

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

**EREĞLİ – ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ**  
**HAVZASININ HİDROJEOLJİSİ**

**Mustafa YILMAZ**

**Mart, 2008**

**İZMİR**

# **EREĞLİ – ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASININ HİDROJEOLJİSİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

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

**Mustafa YILMAZ**

**Mart, 2008**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MUSTAFA YILMAZ, tarafından PROF. DR. GÜLTEKİN TARCAN yönetiminde hazırlanan “EREĞLİ-ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASININ HİDROJEOLJİSİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gültekin Tarcan

Danışman

Doç. Dr. Ünsal Gemici

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali Danışman

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarından dolayı Sayın Hocam Prof. Dr. Gültekin TARCAN'a, çalışmakta olduğum HEMA Endüstri A.Ş.'de bilgisini her zaman benimle paylaşan ve yardımcı olan Ar-Ge Müdürü Sayın Avni Akyüz'e, HEMA çalışanlarına, bu çalışmamda kaynak temin etmemde yardımcı olan TTK Jeoloji Etüd Daire Başkanı Sayın Akın Örek ve çalışma arkadaşlarına, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü'sü çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca bana maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen sevgili Aileme ve bu tezin yazılmasında her zaman yanımda olan sevgili Eşime sonsuz teşekkürler...

Mustafa YILMAZ

# EREĞLİ – ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASININ HİDROJEOLJİSİ

## ÖZET

Bu çalışma Ereğli-Zonguldak Taşkömürü Havzasında yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmaları kapsamaktadır. Zonguldak ve Ereğli Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan önemli bir taşkömürü havzasıdır.

Havzanın temelini Silüriyen ve Karbonifer yaşlı formasyonlar oluşturmaktadır. Mesozoyik yaşlı formasyonlar, transgresyon olayı sonucunda, Paleozoyik yaşlı formasyonları diskordan olarak örtmüş olup, Kretase'de oluşmuşlardır. Bunların üzerinde ise diskordan olarak Paleosen yaşlı bir formasyon ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşan Senozoyik'e ait bir birim bulunmaktadır.

Çalışma sahasında yaygın olarak Barremiyen ve Apsiyen yaşlı kireçtaşları karstik akiferler oluşturmaktadır. Bölgede akifer niteliğinde olabilecek diğer kaya birimleri ise; Vestfaliyen yaşlı kömür içeren kumtaşı, kiltası ve konglomera ardalanmalı birimler ile, Üst Barremiyen-Alt Apsiyen yaşlı kumtaşı, konglomera ve kiltası ardalanmalı birimlerdir.

Çalışma alanı Hersinyen ve Alpin orojenezlerinin etkileri altında kalmış olduğundan tektonik çok gelişmiştir. Bu formasyonlar geçirdikleri tektonizma etkisi ile karstlaşmaya uygun hale gelmiş bu sebepten çalışma sahasında bir çok mağara sistemi oluşmuştur.

Çalışma alanının akifer karakteristiklerini belirlemek amacıyla açılan on üç adet sondajda pompa testleri yapılmıştır. Bu testlerden elde edilen veriler Barremiyen ve Apsiyen yaşlı formasyonların karstik akifer olduklarını göstermektedir. Vestfaliyen ve Alt Apsiyen-Üst Barremiyen yaşlı birimler ise içerdikleri kiltası ardalanmalarından dolayı kendi bünyelerinde basınçlı akiferler oluşturmaktadır.

Çalışma alanının hidrojeokimyasal analizleri incelendiğinde suların çoğunluğunun karbonat sertliği fazla olan sular grubuna girdiği ve benzer kökenli olduğu görölmektedir. Geçmiş yıllarda yapılan izotop analizleri de suların çok güncel ve meteorik kökenli olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Zonguldak, hidrojeoloji, mağara, akifer, karst

# **HYDROGEOLOGY OF EREĞLİ – ZONGULDAK HARDCOAL BASIN**

## **ABSTRACT**

This study covers the geological and hydrogeological studies which were carried out in Ereğli-Zonguldak Hard Coal Basin. Zonguldak and Ereğli are important places to be owner of hard coal basins, placed in north-west part of Turkey.

Origin of the basin are the units of Silurian and Carboniferous formations. According to transgression Mesozoic formations which were discordans for covering the Palaeozoic formations, occurred in Cretaceous. There are two units were discordans to their upper part of these formations are Senozoic that occurred origion Quaternary alluvium and Palaeocene.

In general units forming aquifers of the study area are Barremian and Aptian Limestones. The other rock units which could be aquifers of the study area are; Sandstone, Claystone which having Westphalian coal vein with following by conglomerate and Upper Barremian-Lower Aptian Sanstone, conglomerate with following by claystone.

Cretaceous-Barremian limestones, Cretaceous -Aptian limestones, Cretaceous Aptian sandstones and carboniferous sandstones are suitable to be aquifer in this region. Study area has been effected by Hersinian and Alpine Orogenyses so that folds and faults developed. Limestones under the effect of tectonism became suitable for karsting and so many cavity systems occurred in the working area.

In the past theerteen pumping tests had been done to determine the characteristic properties of the aquifers in the study area. Obtained datas from these tests indicate that the Barramien and Apsien formations are the karstic aquifers and Westphalien, Lower Apsien- Upper Barremien formations are the pressure aquifers from their structure properties of originating the following Claystones.

Investigating the hydrogeochemical analyses of study area, it could be seen that the most of the waters are the similar origin and can be accepted in the strength carbonate group. According to previous studies of isotope analysis indicated that the samples of water are almost actual and have a meteoric origin.

**Key words :** Zonguldak, hydrogeology, cavity, aquifer, karst



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi

### **BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....1**

1.1 Çalışma Alanının Yeri .....	1
1.2 Çalışmanın Amacı .....	1
1.3 Uygulanan Yöntemler.....	1
1.4 İklim.....	3
1.5 Coğrafi Özellikler.....	3
1.6 Zonguldak İlinin Tarihçesi.....	4

### **BÖLÜM İKİ – JEOLOJİ .....6**

2.1 Havzanın Jeolojik Tarihi.....	6
2.2 Stratigrafi .....	7
2.2.1 Hamzafakılı Formasyonu .....	8
2.2.2 Kokaksu Formasyonu.....	8
2.2.3 Alacağzı Formasyonu .....	11
2.2.4 Kozlu Formasyonu .....	11

2.2.5 Karadon Formasyonu .....	12
2.2.6 Zonguldak Formasyonu.....	13
2.2.7 İncüvez Formasyonu .....	14
2.2.8 Kapuz Formasyonu .....	15
2.2.9 Kırimsa Formasyonu .....	16
2.2.10 Velibey Formasyonu .....	17
2.2.11 Himmetoğlu Formasyonu.....	18
2.2.12 Sapça Formasyonu .....	18
2.2.13 Tasmaca Formasyonu.....	19
2.2.14 Cemaller Formasyonu .....	19
2.2.15 Gökçetepe Formasyonu .....	20
2.2.16 Başköy Formasyonu.....	20
2.2.17 Dinlence Formasyonu .....	21
2.2.18 İkse Formasyonu .....	22
2.2.19 Kazpınar Formasyonu .....	22
2.2.20 Alaplı Formasyonu.....	22
2.2.21 Yahyalar Formasyonu .....	23
2.2.22 Alüvyon .....	23
2.3 Jeomorfoloji.....	23
2.3.1 Gököl Mağarası.....	24
2.3.2 Cumayanı Mağarası .....	24
2.3.3 Kapız Mağarası (Merkez).....	25
2.3.4 Çayırköy Mağarası (Çaycuma).....	26
2.3.5 Sofular Mağarası.....	26
2.3.6 Erçek Mağarası .....	27
2.3.7 Ilıksu Mağarası .....	27
2.3.8 İnağzı Mağarası (Merkez) .....	28
2.3.9 Kızılelma Mağarası (Merkez).....	28
2.3.10 Cehennemağzı Mağaraları (Ereğli).....	28

## **BÖLÜM ÜÇ – HİDROJEOLJİ.....29**

3.1 Yağışlar.....	29
3.2 Akarsular.....	33
3.2.1 Filyos Çayı (Yenice Irmak).....	34
3.2.2 Alaplı Çayı.....	37
3.2.3 Devrek Çayı.....	37
3.2.4 Gülüç (Adınlar) Çayı.....	37
3.3 Göller ve Barajlar .....	37
3.3.1 Kızılcapınar Baraj Gölü .....	38
3.3.2 Gülüç Baraj Gölü .....	38
3.3.3 Çobanoğlu Göleti .....	38
3.3.4 Kozlu (Ulutan) Baraj Gölü .....	38
3.3.5 Dereköy Göleti.....	38
3.4 Kaynaklar .....	39
3.5 Kuyular .....	39
3.6 Kayaların Hidrojeolojik Özellikleri.....	40
3.6.1 Geçirimsiz Birimler.....	40
3.6.1.1 Hamzafakıllı Formasyonu.....	44
3.6.1.2 Alacaağzı, Kozlu ve Karadon Formasyonları .....	44
3.6.1.3 İncüvez Formasyonu.....	44
3.6.1.4 Kırımsa, Velibey, Himmetoğlu, Sapça, Tasmaca, Cemaller, Gökçetepe, Başköy, Dinlence, İkse, Kazpınar, Alaplı, Yahyalar Formasyonları .....	44
3.6.1.5 Alüvyon.....	44
3.6.2 Geçirimli Birimler.....	45
3.6.2.1 Viziyen Yaşlı Dolomitik Kireçtaşları .....	45

3.6.2.2 Barremiyen Yaşlı Alt Seviyeleri Dolomitik Kireçtaşları.....	45
3.6.2.3 Apsiyen Yaşlı Kireçtaşları .....	46
3.6.3 Kırıkların Su İletme Özellikleri .....	46
3.7 Kuyularda Pompa Testleri .....	47
3.7.1 Dengeli Rejim.....	47
3.7.2 Dengesiz Rejim.....	47
3.7.3 Statik Seviye .....	48
3.7.4 Dinamik Seviye.....	48
3.7.5 Düşüm .....	48
3.7.6 Düşüm Konisi .....	48
3.7.7 Etki Alanı Yarıçapı .....	49
3.7.8 Gözlem Kuyuları.....	49
3.8 Pompa Testini Etkileyen Etmenler.....	49
3.9 Çalışma Sahasında Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Uygun Olan Yöntemler.....	50
3.9.1 Jacob Yaklaşık Yöntemi.....	51
3.9.1.1 Depolama Katsayısı Hesabı .....	51
3.9.1.2 İletkelik Katsayısının (Transmisivitenin) Hesabı.....	53
3.9.1.3 Düşüm Konisi Etki Alanı Yarıçapının Hesabı .....	54
3.9.2 Thies Yükselim Yöntemi.....	55
3.10 Çalışma Sahasındaki Pompa Testlerine Ait Verilerle Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesi .....	58
3.10.1 Birinci Pompa Testi.....	58
3.10.2 İkinci Pompa Testi .....	68
3.10.3 Üçüncü Pompa Testi .....	77

<b>BÖLÜM DÖRT – HİDROJEOKİMYA.....</b>	<b>86</b>
4.1 Jeokimyasal Hesaplamalar .....	86
4.2 Kimyasal Analiz Sonuçlarının Gösterimi ve Suların Sınıflaması.....	87
4.2.1 Piper (Üçgen) Diyagram Yöntemi .....	88
4.2.2 Durov Yöntemi .....	92
4.2.3 Scholler Yöntemi .....	93
4.2.4 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflandırılması.....	95
4.2.4.1 Genel Tuzluluk Özellikleri.....	96
4.2.4.2 Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri .....	96
4.2.5 Suların Elektriksel İletkenliği.....	99
4.2.6 Suların Sertliği .....	100
4.2.7 Suların Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) .....	103
4.3 Çevresel İzotop Hidrojeolojisi .....	104
4.3.1 <sup>18</sup> O ve <sup>2</sup> H Kararlı İzotopları .....	106
4.3.2 Trityum.....	109
<b>BÖLÜM BEŞ – SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>110</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>112</b>

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

#### 1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı olan Zonguldak Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunmakta, doğusunda Karabük, batısında Düzce ve Karadeniz, güneyinde Çankırı ve Bolu, kuzeydoğusunda Bartın, kuzeyinde de Karadeniz ile çevrilidir. İlin yüzölçümü 3481 km<sup>2</sup>'dir (Şekil 1.1).

#### 1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez kapsamında, çalışma alanının jeolojik ve yapısal özelliklerinin incelenip, bunların bilgisayar ortamına aktarılarak Zonguldak Havzası'nın hidrojeolojisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Havza ile ilgili geçmiş yıllarda yapılmış araştırmalar ve güncel bilgiler karşılaştırılarak bu bölgede akifer oluşturabilecek formasyonlar hakkında yorum yapılmıştır. Ayrıca geçmiş yıllarda yapılan pompa testlerine ait sonuçlar yardımıyla bu bölgenin akifer karakteristikleri belirlenmiştir.

Çalışma alanına ait mevcut kimyasal analizler yardımıyla suların kökenleri, yaşı ve kullanılabilirliği ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

#### 1.3 Uygulanan Yöntemler

Bu çalışmada, geçmiş yıllarda yapılan sondaj verileri RockWorks 2006 (Rockware, 2006) programına girilerek jeolojik kesitler oluşturulmuştur. Bu kesitler geçmiş yıllarda yapılan kesitlerle karşılaştırılmıştır. Sondajlara ait koordinat değerleri



Şekil 1.1 Çalışma sahasının yerbuldurusu haritası

bilgisayara girilerek, uydu görüntüsüne aktarılmıştır. Zonguldak İli'ne ait meteorolojik değerler alınarak su bilançosu hazırlanmıştır. Çalışma alanında 1994 yılında MTA tarafından alanın 53 adet su örneğine ait kimyasal analiz sonuçları AqQA (Rockware, 2003) bilgisayar programına aktarılmıştır. Bu program yardımıyla bölgede soğuk suların jeokimyasal özellikleri araştırılmış ve bu program kullanılarak hidrojeokimyasal hesaplamalar yapılmıştır. Geçmiş yıllarda yapılan pompa testlerine ait veriler bilgisayara aktarılıp grafikler bilgisayarda çizilerek akifer karakteristikleri hesaplanmıştır.

Excell, Word ve Corel paket programları da tezin yazımı ile şekil ve grafiklerin çiziminde kullanılmıştır.

#### **1.4 İklim**

Zonguldak'ta Karadeniz İklimi egemen olup, her mevsimi yağışlı ve ılımandır. Ancak kıyıda iç kesimlere doğru gidildikçe iklim sertleşmektedir. İlde mevsimler arası sıcaklık farkı ile gece-gündüz sıcaklık farkı fazla değildir. İl içinde yağış güneyden kuzeye doğru artmaktadır ve nem oranı oldukça yüksektir.

Zonguldak Meteoroloji İstasyonu'un 1972-2006 yılları arası rasat verilerinin ortalamalarına göre en yüksek sıcaklık 39,5 °C ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise -7,2 °C ile Şubat ayında gerçekleşmiştir.

Yaz günleri olarak değerlendirilen yüksek sıcaklığın maximum 25 °C ve daha yukarı olduğu günler genellikle Nisan ayında başlayıp, Ekim ayında sona ermektedir.

#### **1.5 Coğrafi Özellikler**

İl toprakları dağlık ve engebeli bir arazi yapısına sahip olup, akarsu vadileri ile yer yer derin şekilde parçalanmış, orta yükseklikteki alanlardan oluşmuştur. Zonguldak, Kuzey Anadolu Dağları'nın batı kesimini oluşturan Karadeniz'e paralel iki sıra dağlarla engebelenmiştir. Kıyı dağlarından Küre Dağları ilin kuzeydoğu kesiminde yer alır. Ayrıca kuzeyini kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan Zonguldak Dağları, batı ve güney kesimini de Akçakoca Dağları kaplamaktadır. Zonguldak Dağlarından olan Göl Dağı 771 m, Akçakoca Dağlarından da Orhan Dağı 905 m ile ilin en yüksek kesimleridir. Bunların dışında Baçaklıyayla Tepesi (1637 m), Soğukoluk Tepesi (1268 m), Göktepe (1416 m), Baba Dağı (1120 m), Kızıl Tepe (Kızıлтаş) (1468 m), Ataylası Tepesi (710 m.), Kantar tepe (905 m.), Orhan Tepe (920 m), Arkut Dağı'nın (Gökçeler Dağı) kuzey uzantıları ve Keltepedir (1999 m).



İlin en önemli limanının bulunduğu Ereğli geniş bir koy konumundadır. Baba Burnu, Hisar Burnu Zonguldak'ın Karadeniz'e yönelik çıkıntılarıdır.

Karadeniz sahilinde, Ereğli-İnebolu arasındaki engebeli arazi Mesozoyik çağda oluşmuştur. Bu nedenle de birçok yerde kömür içeren tabakalar yüzeyde kendini gösterir. Kretasenin altındaki Karbonifer şeridi 160 km uzunluğundadır. Filyos Çayı'nın batısında kalan Zonguldak-Kozlu-Kandilli "Batı Kömür Havzası" Filyos Çayı'nın doğusundaki pencereler "Doğu Kömür Havzası" adını alır. Azdavay ve Söğütözü gibi doğu kömür havzasına ait yerlerde üretken kömür damarlarına rastlanmaktadır.

Zonguldak'ın büyük bir bölümünü kaplayan dağlık alanların dışında kalan alanlar platolarla kaplıdır. Başlıca vadiler; Filyos Çayı Vadisi, Alaplı Irmağı Vadisi, Güllüç Irmağı Vadisi ve Üzülmez Deresi Vadisidir. İlin engebeli yapısından ötürü düzlük alanlar fazla değildir. Karadeniz kıyılarında kıyı düzlükleri bulunmamaktadır. Yalnızca Çaycuma ve Ereğli'de akarsu vadi tabanlarının genişlediği kesimlerde küçük ovalar bulunmaktadır.

### **1.6 Zonguldak İlinin Tarihçesi**

Zonguldak İli'nin tarihi, Uzun Mehmet'in 1829 yılında Ereğli İlçesi Kestaneci Köyü'nde taşkömürünü bulması ve 1848 yılında da yörede kömür işletmeciliğine geçmesi olayı ile başlar.

Bu gerçek öncesinde Zonguldak, Devrek İlçesi'ne bağlı küçük bir köydür ve Ereğli, Amasra ve Bartın gibi kendisinden çok eski kentlerin yaşadığı tarihi olaylara bağlı kalmıştır.

Zonguldak adının şehre verilmesine ilişkin kesin bilgi ve bulgulara rastlanmamakla birlikte, İller Bankası İmar Planlama Dairesince 1969-1971 yılları arasında gerçekleştirilmiş olan ve "Zonguldak, Kozlu, Kilimli, Çatalağzı, Analitik Etüdüleri"

adı verilmiş olan yayında şehrin isminin bölgede sıkça rastlanan Songül veya Zongul denen bitkiden kaynaklanmış olabileceğine ilişkin görüşlere yer verilmektedir.

Yüzde 50'si ormanla kaplı olan Zonguldak'ın en önemli akarsuları Filyos ve Gülüç çaylarıdır. Akarsu vadileri dışında önemli ovası yoktur.

## BÖLÜM İKİ

### JEOLOJİ

#### 2.1 Havzanın Jeolojik Tarihi

Kömürlü Karbonifer formasyonlarına sahip Zonguldak Havzası İstanbul-Zonguldak Paleozoyik istifinin doğu kanadında (Ereğli Cide arası) yer almaktadır.

İstif bu bölgede delta ortamında çökelen Sillüriyen yaşlı Hamzafakılı formasyonu ile başlamıştır. Basen Devoniyen ve Erken Karboniferde Neotetis Denizi'nin ilerelemesine maruz kalmıştır ve bu dönemde denizel çökeller istife katılmaya başlamıştır.

Hersiniyen orojenezinin etkisiyle basen gerilme kuvvetlerinin etkisinde kalmış, gravite fayları oluşmuş ve Filyos Çayı vadisinden yarılmıştır. Neotetis Denizi'nin bu bölgede Filyos Grabeni'ne çekilmesi ile önce daha yüksek olan batı kanadında (Zonguldak-Ereğli), sonra doğu kanadında (Amasra-Cide) deniz çekildikçe deltalar oluşmuştur. Namuriyen, Vestfalyen A, Vestfalyen BCD ve Stefaniyen döneminde deltaik karasal çökeller istife katılmıştır. Özellikle Vestfalyen A döneminde yoğun bitki çökelişi ile verimli kömür damarları oluşmuştur.

Daha alçak olan Filyos Grabeni'nin doğusunda zaman zaman deltalar kurumasına rağmen Permian ve Alt Triyasta deltaik çökelim devam etmiştir. Batıda ise Stefaniyenden itibaren deltalar kurumuş, Permian, Triyas ve Jura'da erozyon dönemi yaşanmıştır.

Tetis okyanus tabanının kıta kenarından dalması ile Alpin orojenezi başlamıştır. Alpin orojenezinin neden olduğu sıkışma ile Filyos grabeni kapanmaya başlamış, böylece Neotetis Denizi önce alçak olan doğu kanadından başlamak üzere karalara doğru ilerlemiştir. Alt Kretasede denizel sedimanter çökeller açısız diskordans ile Paleozoik istifi örtmüşlerdir.

Tetis okyanus tabanı dalmaya devam ederek kapanmış ve Neotetis Denizi ile birleşmiştir. Okyanus tabanı Üst Kretase döneminde mağma içinde eriyip volkanlar ile yeniden yeryüzüne çıkmıştır. Böylece basenin yakınlarında volkanik ada yayı oluşmuştur. Bu dönemde ardalanmalı denizel sedimanter ve volkanik çökelim olmuştur.

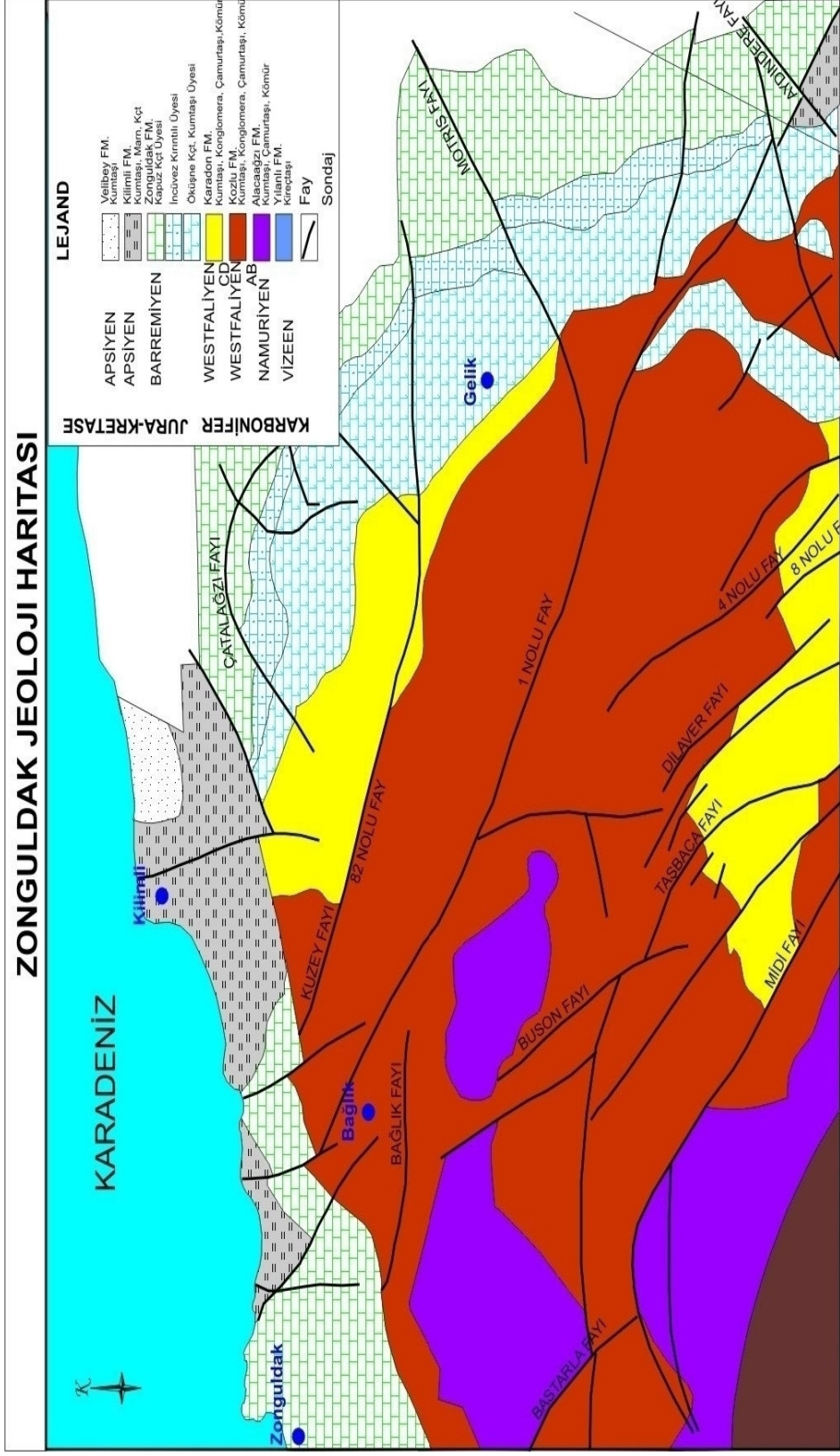
Basen tersiyer ortalarına kadar üzerindeki çökellerin ağırlığı ile 4000 metreye kadar gömülmüştür. Böylece organik maddelerin olgunlaşması da 42 milyon yıl öncesine kadar sürmüştür.

Alpin orojenezinin etkisiyle basen yükselmeye başlamış, üzerindeki yük erozyon ile hafiflemiş ve organik madde olgunlaşması durmuştur.

Antiklinal sırtlarındaki bozuşmalardan başlayarak karasal dönemde karşılaşılan erozyon ile basen bugünkü topoğrafik yapısına ulaşmıştır. Mesozoyik örtünün ince olduğu bölgelerde erozyonla Karbonifer pencereleri açılmış ve kömürlü seriler mostra vermiştir (Şekil 2.1). Bu kısım (Yergök ve diğerleri, 1987a) den derlenerek hazırlanmıştır.

## **2.2 Stratigrafi**

Çalışma sahasında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlarındaki değişik litolojik birimlere sahip formasyonlar vardır. Paleozoyik, Silüriyen ve Karbonifer yaşlı formasyonlar ile temsil edilmiştir. Mesozoyik yaşlı formasyonlar, transgresyon olayı sonucunda, Paleozoyik yaşlı formasyonları diskordan olarak örtmüş olup, Kretase'de oluşmuşlardır. Bunların üzerinde ise diskordan olarak Paleosen yaşlı bir formasyon ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşan Senozoyik'e ait bir birim bulunmaktadır (Özler ve diğerleri, 1992). Havzanın genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.2 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Zonguldak havzası jeolojî haritası (MTA, 1996)

ZAMAN	DEVİR	KAT	KALINLIK	SİMGESİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
SENOZOYİK	KUVATERNER		10 - 60	QAI	AI	ALÜVYON		
	TERSİYER	PALEOSEN	50 - 180	Ty		YAHYALAR FM Marn		
MESOZOYİK	KRETASE	MEASRICHTİYEN	80 - 250	Kra		ALAPLI FM Marn, kıltaşı, silttaşı, killi kireçtaşı		
		TURONİYEN KAMPANIYEN	100 - 600	Krkz			KAZPINAR FM Andezit, tüf, marn	
			50 - 200	Kri			İKSE FM Killi kireçtaşı, kumtaşı, marn, tüfit	
			100 - 200	Krd			DİNLENCE FM Aglomera, tüf, marn	
			350	Krb			BAŞKÖY FM Marn, kumtaşı	
			0 - 500	Krg			GÖKÇETEPE FM Eksfoliasyonlu kumtaşı, kıltaşı, mikrokonglomera	
			250	Krc			CEMALLER FM Kumlu kireçtaşı	
		SENOMANİYEN	0 - 400	Krt			TASMACA FM Marn, kumtaşı, kıltaşı	
			500	Krs			SAPÇA FM Glokonilli kumtaşı, kıltaşı, marn	
		ALBİYEN	70	Krh			HİMMETOĞLU FM Kumtaşı, kıltaşı	
			250	Krv			VELİBEY FM Kumtaşı	
		APSİYEN	700	Krk			KIRIMSA FM Kumtaşı, Karbonatlı kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı	
			250 - 375	JKrk			KAPUZ FM Kireçtaşı	
			50 - 150	JKri			İNCÜVEZ FM Kumtaşı, konglomera, kıltaşı, kumlu kireçtaşı	
		BARREMIYEN	350	JKrz			ZONGULDAK FM Kıraçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, kumlu kıraçtaşı	
			350 - 550	Kka			KARADON FM Konglomera, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, kömür	
		PALEOZOYİK	KARBONİFER	WESTFALİYEN BCA	700 - 900	Kk		KOZLU FM Konglomera, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, kömür
					300 - 700	Ka		ALACAAĞZI FM Kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, kömür
VİZİYEN	1500			Dkk		KOKAKSU FM Dolomitik kıraçtaşı, kıraçtaşı		
SİLURİYEN				Sh		HAMZAFAKILI FM Kuvarsit, mikrokonglomera		

Şekil 2.2 Zonguldak havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özler ve diğerleri, 1992)

### **2.2.1 Hamzafaklı Formasyonu**

Çalışma alanının temelini oluşturan bu formasyon, genel olarak kuvarsit ve meta kumtaşlarından oluşmuştur (Yergök ve diğerleri, 1987a). Rengi kızıl-sarı-kavuniçidir. Formasyon Sillüriyen döneminde plaj ve delta ortamında çökelmiştir. Paleozoyik istifin belirlenen en yaşlı formasyonudur. Tabanı belirlenemediğinden kalınlığı hakkında bilgi yoktur.

Çalışma alanının güneydoğusunda Göldağ yöresinde Kokaksu formasyonu tarafından üzerlenmiş şekilde görülmektedir.

### **2.2.2 Kokaksu Formasyonu**

Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı araldanmasından oluşmuş ve resifli denizel ortamda çökelmiştir. Yaşı Üst Devoniyen ve Alt Karboniferdir (Viziyen). Ortalama kalınlığı 1500 m kadardır (Öktü ve diğerleri, 1996).

Her yerde gelişmiş çatlakları, sekonder kalsit dolgulu ve karstik boşlukludur. Üzerinde her türden karstik şeklin (lapy, dolin, uvala, düden, mağara) bulunduğu formasyonun eğimi kuzeye 40°-70° arasındadır. İnceleme alanının güneydoğusunda bulunan Çimşir Çukurları Mevkii ve Sofular Mağarası'ndaki gözlemlere göre bu formasyonun alt seviyeleri killi ve tebeşirli bir yapıya sahiptir. Orta kısımları dolomitik, üst seviyeleri ise saf kireçtaşından oluşmuştur (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Gökgöl ve Kokaksu yöresinde tabandan tavana kadar en iyi mostrasını vermektedir.

### **2.2.3 Alacağzı Formasyonu**

İnce taneliden orta taneliye kadar değişen boyutlarda kumtaşı, silttaşı ve kiltası araldanmasından meydana gelir. Formasyon konglomeratik seviye içermemesiyle

karakteristiktir. Kumtaşları tabanda ince, orta ve üst kesimlerde ise orta tanelidir. Yaygın olarak bitkisel kalıntılar içeren formasyon, batıda Armutçuk-Kandilli bölgesinde işletilebilir özellikte kömür damarları içermesine karşın, Değirmenağzı Dere'den Göbü'ye kadar olan kesimde merceksi birkaç kömür damarı hariç, sterildir.

Genel olarak tabakalanmanın düzgün olduğu ince ve orta katmanlanmanın yaygın olduğu gözlenmektedir. Paralel tabakalanma, laminasyon, dereceli tabakalanma, çapraz laminalanma, teknesel çapraz tabakalanma, konvolit tabakalanma yük kalıbı, kanal yapısı gibi sedimenter yapılar yaygın olarak gözlenmektedir.

Formasyon Kokurdan ve Sofular Köyü arasından çalışma alanının batı sınırına kadar Kokaksu formasyonu ile bir şerit takımı oluşturarak devam etmektedir. Ayrıca Gelik Antiklinali'nin çekirdeğinde mostra vermektedir. Alacağzı formasyonu altta Kokaksu formasyonu ile faylı, üstte Kozlu formasyonu ile uyumlu ve dereceli geçişlidir. Ayrıca Velibey formasyonu tarafından açısal diskordan olarak örtülmektedir.

İçerdiği sedimanter yapılar itibariyle delta, lagün, gelgit düzlüğü gibi ortamların çökelidir. İçermiş olduğu bitki fosilleri itibariyle yaşı Namuriyen'dir. Formasyonun kalınlığı yayılım alanında yer yer değişiklik göstermekle birlikte ortalama olarak 600 m kadardır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

#### ***2.2.4 Kozlu Formasyonu***

Konglomera, kumtaşı silttaşı, şeyl ve kömür aralanmasından oluşmuştur. Zengin organik madde geliri dolayısıyla verimli kömür damarları oluşmuştur. Taşkın ovası ve örgülü menderes ortamında çökelmiştir (Öktü ve diğerleri, 1996).

Konglomera ve kumtaşları sıkı silis çimentoludur. Kesin olmamakla birlikte yapının tip kesitlerden elde edilen verilere göre formasyonun %50 kumtaşı, %20 kiltası, %20 konglomera, %5 kömürden oluştuğu anlaşılmıştır. Kömür kalınlıkları 0,20-5,00 m arasında değişmekte olup genellikle 1,50 m civarındadır. Bazı



literatürde Kozlu formasyonu'nun altında ayrı bir formasyon olarak düşünülen Kılıç formasyonu, Kozlu formasyonu içerisindedir ve Kozlu formasyonu'nun tam tabanında yer almaktadır. Bu kısımda kömür tabakalarının eğimleri yüksek olup Kozlu'da dört adet kömür damarı tespit edilmiştir (Öktü ve diğerleri, 1996).

Havzanın ortası ile batısı arasında doğu-batı uzanımlı olarak yer almaktadır. Altta Alacağzı formasyonu, üstte ise Karadon formasyonu ile normal geçişlidir. Bağlık ve Gelik yöresinde üstte transgresif olarak Zonguldak formasyonu küçük bir açısız diskordansla gelmektedir (Koçak ve diğerleri, 1977).

Kozlu formasyonu litolojik özellikler ve içermiş olduğu çapraz tabakalarına, paralel laminalanma, derecelenme, boylanma gibi sedimenter yapılar nedeniyle menderesli akarsu ortamını karakterize etmektedir.

Kozlu formasyonu içermiş olduğu bitki fosilleri ile Vestfalyen A yaşını vermektedir. Yüzeysel çalışmaları galerilerden alınan veriler ve sondaj sonuçlarına göre formasyonun kalınlığı 900 m ye kadar ulaşmaktadır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### ***2.2.5 Karadon Formasyonu***

Karadon formasyonu da konglomera, kumtaşı silttaşı, şeyl ve kömür araldanmasından oluşmuştur.

Fasiyes özellikleri bakımından Kozlu formasyonunun devamı niteliğindedir. Yalnız Karadon formasyonundaki konglomeraların taneleri boyut olarak daha büyük, tabakaların kendisi de yüzde olarak daha fazladır. Kalın tabakalı konglomera seviyeleri çok iyi yuvarlaklaşmış iri kuvars çakılları içermekte olup silis çimento ile gevşek tutturulmuştur (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Formasyon içerisindeki şiferton olarak adlandırılan refrakter killeri Karadon ve Kozlu formasyonları arasında kılavuz seviye olarak gözükmektedir.

Karadon formasyonu tabanda Kozlu formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelir. Üst sınırı ise Zonguldak formasyonu tarafından diskordan olarak örtülmüştür.

Kilimli-Cumayanı-Kızılelma arasında bu diskordansın ayrıca Kozlu formasyonu Zonguldak formasyonu diskordansının açısı çok küçüktür. Bu paleotopoğrafik yüzeyler faylar tarafından biraz parçalanmıştır (Koçak ve diğerleri, 1977).

Karadon formasyonu çok yüksek enerjili bir karasal çökelim ortamının ürünüdür. Kozlu formasyonu gibi menderesli akarsu ortamının karakteristiği olan formasyonda çapraz tabakalanma, merceksi yapılar, aşındırılmalı tabanlar mevcuttur.

Flora bakımından Kozlu formasyonundan daha fakirdir. Palinolojik yöntemlerle yapılan yaş tayinlerinden formasyonun yaşının Vestfalyen BCD olduğu saptanmıştır.

Yüzey çalışmaları, TTK galerilerinden alınan veriler ve sondajlardan elde edilen bulgular sonucunda Karadon formasyonunun kalınlığının 600 m ye kadar ulaştığı anlaşılmıştır.

### **2.2.6 Zonguldak Formasyonu**

Alttan yukarıya doğru konglomera, dolomitik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve mikritik kireçtaşlarından oluşmuştur. Resifli denizel ortamda çökelmiştir. Yaşı Üst Jura (Malm) ve Alt Kretasenin Alt Barremiyenidir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Zonguldak formasyonu, kalınlığı 15-50 m arasında değişim gösteren polijenik bir taban konglomerasıyla diskordan olarak başlamaktadır. Karbonat çimentolu olan bu konglomera seviyesi, Paleozoyik çakıllarından oluşmaktadır.

Zonguldak formasyonunda alttan üste doğru üç ayrı seviye ayırtlanabilmektedir. İlki yukarıdaki taban konglomerasını da içeren kalınlığı 150 m kadar olan koyu gri renkli, kompakt yapılı, az miktarda kumlu, dolomittik kireçtaşlarıdır. İkincisi 50 m kadar olan pembe renkli, yer yer killi bireşik yapıdaki konkoidal kırılımlı kireçtaşları

üçüncüsü ise bej renkli çok iyi tabaklanma gösteren konkoidal kırılımlı mikritik kireçtaşlarıdır (Öktü ve diğerleri, 1996).

Karstik yapı olarak mağaralar, subatanlar, dolinler, uvalalar içermektedir. Kireçtaşları her yönde gelişmiş kırıklar, bol miktarda çatlaklar içermekte olup çatlaklar sekonder kalsit dolguludur. Karstik boşlukların bir kısmı killi malzemelerle dolmuştur. Yüksek kotlarda yer alan su yutanlar, ormanlık alanlar içinde kalmıştır. Formasyonda görünür su kaynakları mevcut değildir (Yergök ve diğer, 1987a).

Üstte İse İncüvez formasyonu ile uyumlu olarak örtülmektedir. Doğu kısımda Velibey formasyonu ile aşısız olarak örtülmektedir (Öktü ve diğerleri, 1996).

Formasyon zaman zaman derinliği az çok değişen resif ve resif gerisi bir ortamda çökelmiştir. Bazen karadan kum bazen de çakıllar ile beslenmiştir.

Birimin içerdiği fosiller ile yaşı Barremiyen olarak saptanmıştır. Havzadaki sondajların kestiği tabaka kalınlıkları üzerine yapılan istatistik çalışmalara ve saha gözlemlerine göre bu formasyonun minimum kalınlığı Gelik'te 75 m olarak ölçülmüştür. Çoğunluk oluşturan kalınlıklar ise 175 m – 575 m arasında değişmekte olup ortalaması 425 m dir. Formasyonun Gelik ve Kozlu bölgelerindeki kalınlıklarına göre çok az olmak üzere fazladır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### ***2.2.7 İncüvez Formasyonu***

Formasyon litolojik olarak; kumtaşı, konglomera, kiltası, yer yer de killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kızılımsı kahverenkli oluşu ile karakteristiktir. İncüvez formasyonu, Zonguldak formasyonu ile Kapuz formasyonunu ince bir hat şeklinde birbirinden ayırmaktadır. Böylece İncüvez formasyonu, üstte bulunan ve inceleme alanının en karstik birimi olan Kapuz formasyonunun karst taban düzeyini oluşturur.

Detritik materyalin bolluğunun yarısına formasyonun kızıl kahverenkli oluşu oksidasyona uygun, sığ ve hareketli kıyı boyunca çökelmiş olduğunu kanıtlamaktadır. İncüvez formasyonunun, Kretase denizinin transgresyonunun yavaşladığı, hatta durakladığı bir kıyı şeridi boyunca çökelmiş olduğunu söylemek mümkündür. Çökelme ortamı şelf kontinental olarak adlandırılabilir (Öktü ve diğerleri, 1996).

İçermiş olduğu fosillerle yaşının Üst Barremiyen-Alt Apsiyen olduğu saptanmıştır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Havzadaki sondajların kestiği tabaka kalınlıkları üzerinde yapılan istatistik çalışmalara ve saha gözlemlerine göre bu formasyonun minimum kalınlığı, Zonguldak'ta 14,45 m, maksimum kalınlığı ise Gelik'te 200 m olarak ölçülmüştür. Çoğunluktaki kalınlıklar ise 25-115 m arasında değişmekte olup ortalaması 7.0 m dir. Aynı çalışmaya göre tabaka kalınlıkları az bir farkla da olsa büyüklük sırasına göre Zonguldak, Gelik, Bağlık ve Kozlu'da olmak üzere kendini göstermektedir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.8 Kapuz Formasyonu**

Koyu gri renkli, az dolomitize ve kristalize kireçtaşlarından oluşan formasyon az oranda da kumludur. Genellikle masif yapılı yer yer iyi ve kalın tabakalanma gösterir. Çok çatlaklı oluşları ve kimyasal yapılarında %95'in üzerinde  $CaCO_3$  içermeleri sonucu karstlaşmaya çok elverişlidirler. Yüzeyinde çok miktarda polye, obruk, mağara gibi karstik yapılar bulunmaktadır. Formasyonun yüzeylendiği alanlarda çok sayıda yüzeyden kapalı flüviyal-karstik havza gelişmiştir. Sondajlar esnasında karstik özelliklerinden dolayı çok büyük su kaçakları ve sirkülasyon kesintileri meydana gelmektedir. Kapuz formasyonu, Zonguldak formasyonundan daha çok karstik yapıya sahiptir. Bu kireçtaşları üzerinde Cumayanı Mağarası'ndan boşalan sudan başka kayda değer kaynak yoktur.

Kapuz formasyonu Değirmenağzı Dere'den Ayıçı'ne kadar kesintisiz olarak devam etmektedir. Altta İncüvez formasyonu, üstte ise Kırımsa formasyonu ile uyumlu geçişlidir.

Çökelme ortamı Zonguldak formasyonunun çökelme ortamına benzerlik göstermekte olup su derinliği yer yer değişebilen resif ve resif gerisi bir ortamdır.

İçermiş olduğu fosillerle yaşı Alt Apsiyen-Apsiyen olarak belirlenmiştir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Yapılan yüzey ve sondaj çalışmaları sonucuna göre formasyonun genel olarak kalınlığı 250-350 m. arasında değişmektedir. Sondajlara göre minimum kalınlık Bağlık Bölgesi'nde olup 54 m, maksimum kalınlık ise Gelik Bölgesi'nde 685,2 m dir. Diğer sondaj verilerine göre bunu genelleştirip Gelik Bölgesi'nde bu formasyonun en kalın olduğu ve Bağlık Bölgesi'ne doğru incelendiğini de söyleyebiliriz. Zonguldak, İncüvez ve Kapuz formasyonları Göbü taraflarında bundan sonra bahsedilecek olan filiş fasiyesinde oluşmuş kayaçların altında devam etmektedir. Ancak çok derinlerdedir (Öktü ve diğerleri, 1996).

### **2.2.9 Kırımsa Formasyonu**

Litolojik olarak kıltaşı, killi kireçtaşı, karbonatlı kıltaşı, kumtaşı araldanmasından oluşmuş filiş karakterli bir formasyondur.

Formasyon Bağlık yöresinden başlayıp Kırımsa Köyü'ne kadar devam etmektedir. Altta Kapuz formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Üst kısmı ise Velibey formasyonu ile yine uyumlu olarak örtülmektedir.

Kırımsa formasyonu litolojisi ve sedimentolojik özellikleriyle denizel ortamın ürünüdür.

Stratigrafik konumu ve saptanan fosillere göre formasyona Apsiyen yaşı uygun görülmüştür (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Yüzey çalışmalarına göre formasyonun kalınlığının 700 m kadar olduğu tahmin edilmektedir.

### **2.2.10 Velibey Formasyonu**

Velibey formasyonu silis çimentolu kumtaşı ve iyi yuvarlaklaşmış çakıltaşlarından oluşmuştur. Ortalama %96 oranında kuvarsit ve kuvars tanelerinden oluşan formasyon açık sarı yer yer turuncu renklidir. Genellikle iyi tabakalanma göstermez. Yine de orta-kalın tabakalı seviyeleri iyi çimentolanmıştır. Tabaka yüzeylerinde akıntı yapılarını, dalga ripillerini görmek mümkündür (Öktü ve diğerleri, 1996).

Formasyon havzanın güneyinde Paleozoyik birimleri üzerine açısal diskordansla gelmektedir. Doğu ve kuzeydoğu kesimlerde ise Kırımsa formasyonu üzerine tedrici geçişli olarak gelmektedir. Üstte ise Himmetoğlu ve Sapça formasyonlarıyla uyumludur.

Birim litolojik ve sedimanter yapı özellikleri ile sığ denizel ortamda oluşan kıyı fasiyesi plaj kumu çökelimini karakterize eder.

Formasyon, stratigrafik olarak Kırımsa formasyonu üzerine tedrici geçişli geldiğinden Apsiyen yaşı olarak kabul edilmiştir.

Havzada açılan sondaj verilerine bakıldığında kalınlığının 250 m kadar olduğu görülmektedir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### ***2.2.11 Himmetoğlu Formasyonu***

Himmetoğlu formasyonu, taze yzeyi bal rengi, detritik karbonatlar ise gri, yeşilimsi renkli, kumtaşı ve kiltayından oluşmuştur. Formasyon Sapça dolayında, aldağ yoresinde, Peleozoyik birimleri zzerinde açısal diskordanslı olarak gözlenmektedir. zst kısımlarda Sapça formasyonuna tedrici geçişlidir.

Himmetoğlu formasyonunun karbonat içermesi ve bu karbonatlarda da alg bulunması, okelme derinliğinin 0-50 m arasında değiştiğini göstermektedir. Bu da sığ bir ortama karşılık gelmektedir.

Alg içeren seviyelerden alınan örneklerde yapılan fosil determinasyonlarıyla formasyonun yaşının Albiyen olduğu saptanmıştır.

Formasyonun kalınlığı yaklaşık olarak 70 m kadardır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### ***2.2.12 Sapça Formasyonu***

Formasyon kumtaşı, kiltayı, marn arkalanmasından oluşmuştur. içerisinde yer yer kumlu kireçtaşı seviyeleri de bulunmaktadır. Kumtaşı, kuvars, çoğunlukla glokoni ve metamorfik kayaa parçalarından meydana gelmiştir. Kumtaşları çok iyi tabakalanma göstermektedir. Tabaka kalınlıkları 10 cm den azdır. Renkleri genellikle yeşilimsi gridir.

Sapça formasyonu Velibey formasyonu ile dzyey ve yanal geçişlidir. zst seviyeleri ise Tasmaca formasyonu'yla açısal uyumsuzluk gösterir.

Formasyon, litolojisi, stratigrafik konumu ve içerdiği fosillerle sığ denizel ortamın zrznzdzr.

Fosil bulguları ile Sapça formasyonunun yaşı Albiyen olarak tespit edilmiştir, inceleme alanında kalınlığı 500 m kadardır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.13 Tasmaca Formasyonu**

Marn, kumtaşı, kıltaşı ardalması gösteren mavimsi gri, koyu gri rengi ile karakteristik, ince-orta katmanlı bir formasyondur. Çok seyrek olarak tüf katkılıdır. Taneleri iyi çimentolanmamış, oldukça dağılgandır. Hava ile temasta kolayca ayrışır ve dağılır. Tabaka kalınlığı 1 cm ile 20 cm arasında değişiklikler gösterir.

Çalışma alanının güney ve doğu kesimlerinde yayılım gösterir. Altta Sapça formasyonu, üstte de Cemaller formasyonu ile dokanaklıdır. Doğu yöresinde Gökçetepe formasyonu ile dokanaklıdır.

Kaya türü özellikleri ve kapsadığı fosillere göre Tasmaca formasyonu fazlaca sığ olmayan ve yavaş yavaş derinleşen bir denizde çökelmiştir.

Birimin yaşı içerdiği fosillere göre Senomaniyen olarak saptanmıştır. Kalınlığı ise 0-400 m arasında değişmektedir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.14 Cemaller Formasyonu**

Cemaller formasyonu, kıltaşı, siittaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ve bloklardan meydana gelen fliş niteliğinde bir istifdir. Tabaka kalınlıkları, kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı seviyelerinde lamina mertebesi ile 10 cm arasında değişmektedir. Kumtaşlarında 10-60 cm arasında, konglomeralarda ise 40-100 cm arasında değişiklikler gösterir. Küçük ve büyük ölçekli çapraz katmanlanmalar mevcuttur.

Çalışma alanında, güney kesimde görülen formasyon, alttan Tasmaca formasyonu üstten ise Gökçetepe formasyonu ile sınırlandırılmıştır. Türbiditik özellikler sunan formasyon, derin denizel ortamda çökelmiştir.



Birim, içerisinde derlenen fosil örneklerine göre Senomaniyen yaşını vermektedir. Formasyonun kalınlığı 250 m kadardır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.15 Gökçetepe Formasyonu**

Volcano-klastik olarak izlenen, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, mikro konglomera ardalanmasından meydana gelir (Öktü ve diğerleri, 1996). Her yerinde eksfoliasyon yapılarına rastlamak mümkündür, içerisinde nadir olarak marnlı seviyeler bulunmaktadır. Rengi haki, kirli yeşildir.

Tabaka kalınlıkları killi seviyelerde 20-40 cm arasında, kumtaşlarında ise 20-100 cm arasında değişmektedir.

Gökçetepe formasyonu çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerinde yüzeylenir. Altta Tasmaca formasyonunu uyumsuz olarak örter. Üstten ise Başköy formasyonu ile uyumludur.

Formasyonun oluşumu esnasında volkanik faaliyetler yeni başlamış ve havzaya bol miktarda volkano klast taşınmıştır. Yine çökme ortamı oldukça derin deniz olup, pelajiktir. Karbonatlı seviyelerle birlikte türbiditik bir istif özelliği göstermektedir.

Gökçetepe formasyonunun killi seviyelerinden derlenen fosil örneklerine göre yaşı Turoniyen olarak kabul edilmiştir. Kalınlığı değişken olup 0-500 m arasındadır (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.16 Başköy Formasyonu**

Başköy formasyonu, marn, killi kireçtaşı ardalanmasından meydana gelir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

Ancak yer yer tüfit, kumtaşı ardalımları da mevcuttur. Çok nadir olarak da olistolit içermektedir. Taneler birbirine iyi çimentolanmamıştır. Hava ile temasta dağılgan, kırılma yüzeyleri pürtüklüdür. Rengi sarı, krem, açık yeşildir. Tabaka kalınlıkları 10-40 cm arasında değişmektedir.

Formasyon tabanda Gökçetepe formasyonu ile tedrici geçişlidir. Üstte ise Dinlence formasyonu ile sınırlandırılmıştır. Çalışma alanının doğu kesimlerinde kuzey-güney doğrultulu olarak mostra vermektedir.

Formasyonun yaşı, içerisinde derlenen numunelere göre Turoniyen olarak kabul edilmiştir. Kalınlığı ise 350 m kadardır.

### ***2.2.17 Dinlence Formasyonu***

Dinlence formasyonu aglomera, tüf ardalımlarından meydana gelen oldukça kalın ve yaygın bir birimdir. Marn, kumtaşı, kiltası ara katkıları da formasyon içerisinde izlenmektedir (Öktü ve diğerleri, 1996).

Çalışma alanının doğu kesimlerinde yüzeyleyen formasyon tabanda Başköy formasyonu ile tedrici geçişlidir. Üstte ise İkse formasyonu ile örtülmektedir.

Dinlence formasyonu, yay volkanizmasının ürünü olarak ortaya, çıkmış bir volkano-sedimanter dizilimin bir bölümünü teşkil etmektedir.

Formasyonun yaşı, içerisindeki nadir marn ve karbonatlı kiltası seviyelerinden alınan örneklerle göre Kampaniyen-Santoniyen olarak tesbit edilmiştir. Kalınlığı ise 100-200 m arasında değişmektedir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.18 İkse Formasyonu**

Genellikle marn, killi kireçtaşı, tüfit, kumtaşı, kiltası araldanmasından meydana gelir. Rengi sarı, kırmızımsıdır. Altta Dinence formasyonu, üstte ise Kazpınar formasyonuna geçişlidir.

İkse formasyonu volkanik aktivitenin ürünü olarak çökelmiştir.

İçerisinden derlenen fosillere göre formasyona, Turoniyen-Kampaniyen yaş aralığı uygun görülmüştür (Yergök ve diğerleri, 1987a). Formasyonun kalınlığı ise 50-100 m arasında değişmektedir.

### **2.2.19 Kazpınar Formasyonu**

Andezitten oluşur, denizel ortamda çökelmiştir. Yaşı Üst Kretasenin Erken Kampaniyedir. Ortalama kalınlığı 600 m kadardır. Çalışma alanının doğu kesimlerinde gözlenmektedir.

### **2.2.20 Alaplı Formasyonu**

Alaplı formasyonu genellikle birçok yerde marn olarak izlenir. Ancak ara katkı olarak killi kireçtaşı, kiltası, tuf, nadir siltaşı, kumtaşı seviyeleri de mevcuttur. Rengi genellikle beyaz, açık sarı, yeşil olarak gözlenmektedir.

Formasyon altta Kazpınar formasyonu, üstte Yahyalar formasyonu ile diskordan ilişkilidir.

Alaplı formasyonu düşük enerjili sığ, ancak bazen de derinleşen bir ortamda çökelmiştir.

Çeşitli araştırmacılar derledikleri fosil örnekleriyle formasyona Maastrichtiyen yaşını uygun görmüşlerdir. Kalınlığı ise 80-250 m arasında değişmektedir (Yergök ve diğerleri, 1987a).

### **2.2.21 Yahyalar Formasyonu**

Alt kesimlerinde kırmızımsı şarabi renkli, orta tabakalı kireçtaşından, onun üzerine ise beyaz, açık sarı renkli killi kireçtaşından oluşmuştur.

Havzanın doğu kesiminde Alaplı formasyonu üzerine diskordan olarak gelir.

Yahyalar formasyonu düşük enerjili gittikçe derinleşen denizel bir ortamın ürünüdür.

İçermiş olduğu fosillerle yaşı Paleosen-Eosen olarak saptanmıştır. Kalınlığı 80-150 m arasında değişir (Öktü ve diğerleri, 1996).

### **2.2.22 Alüvyon**

Çalışma alanında, akarsu vadilerinde ve düzlüklerinde oluşmuş çakıl, kum ve çamur depoları şeklinde izlenmektedir. Yaşı Kuvaterner'dir. Kalınlığı ise 0-60 m arasında değişmektedir.

## **2.3 Jeomorfoloji**

Mağara araştırmalarında önceki çalışmalar incelenmiştir. Zonguldak ve yakın çevresinde çok sayıda mağara vardır. Bu ilimiz mağara gelişimi açısından çok müsaittir. Kayaçların litostratigrafik ve yapısal özellikleri, karst taban düzeyi ile morfolojik taban düzeyi arasındaki ilişki, akarsularla derince yarıлма ve iklim mağara oluşumuna uygun ortam sağlamıştır. Mağaraların çoğu aktif-yarı aktif zonda yer alırlar. İçlerinde gölcükler veya yer altı nehirleri mevcuttur (Erduran, 1997).

Yapılan araştırmalarda bölgede 19 adet mağara sistemi tespit edilmiştir (Şekil 2.3). Bunların önemli olanları aşağıda anlatılmıştır.

### **2.3.1 Gökgöl Mağarası**

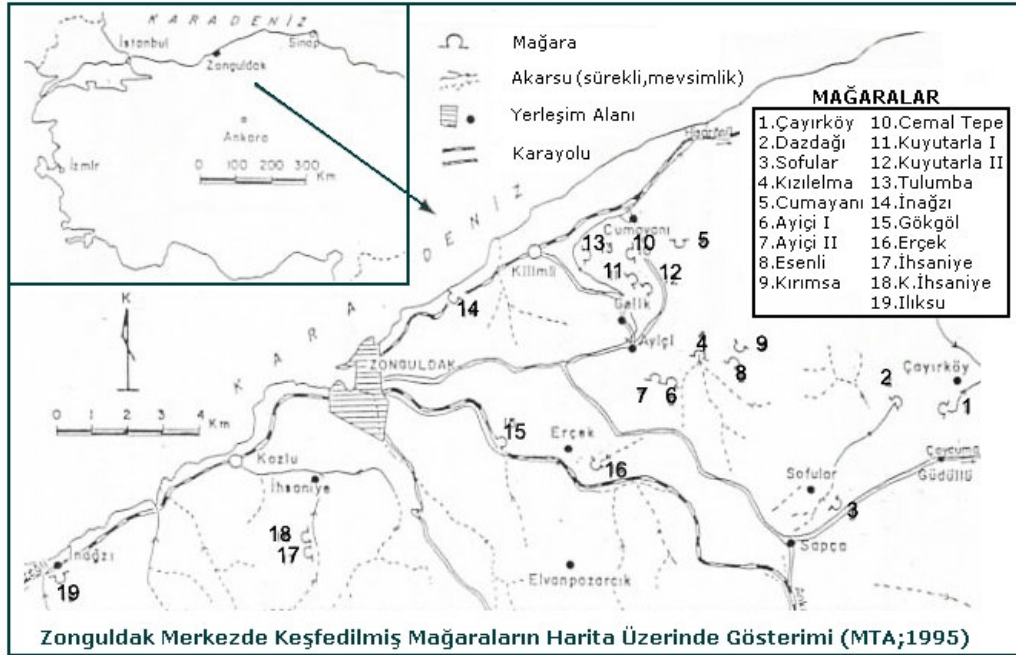
Zonguldak il merkezine 3 km uzaklıkta bulunan Gökgöl Mağarası Zonguldak Kömür Tesislerinin bulunduğu Asma Ocaklarının 1 km güneyinde ve Üzülmaz Deresi'nin sağında bulunmaktadır.

Gökgöl Mağarası jeolojik dönemlerde I. Zaman (Viziyen Paleozoyik) kalkerler içerisinde oluşmuştur (Öktü ve diğeri, 1996). Mağaranın çok büyük bir ağızı bulunmakta olup, buraya 50 m yüksekliğinde dik bir patikadan çıkılmaktadır. Mağara içinin toplam uzunluğu 1 km kadardır. Mağara üç bölümden meydana gelmiştir. Bu bölümler fosil ve aktif kısımlar ile yarı aktif yan kollarıdır. Girişten sonra geniş bir galeri halindeki mağarada 250 m uzaklıkta bulunan bir sifondan suya girilip dar bir çatlak içerisinde ilerlenmekte ve bundan sonra da mağara içerisindeki yeraltı deresinin kaynağına gelinmektedir.

Mağara içerisinde 2-5 m arasında değışen sarkıt ve dikitler bulunmaktadır. Yeraltı deresi bir çöküntü ile son bulduğundan daha ileriye gitmek olanaksızdır. Günümüzde Gökgöl Mağarasının 875 metrelik kısmı turizme açıktır.

### **2.3.2 Cumayanı Mağarası**

Zonguldak Cumayanı Mahallesi'nin 1 km güneydoğusunda bulunan bu mağara II. Zamanın Kretase kalkerleri içerisinde bulunmuştur (Öktü ve diğeri, 1996). Zonguldak yöresinin olduğu kadar Türkiye'nin de en önemli mağaralarından birisidir. Mağara 10 km den fazla bir uzunluğa sahiptir. Mağaranın üç ayrı girişi vardır. Bunlardan biri yöredeki pompa istasyonunun arkasındaki girişten başlayarak çöküntü alanına ve travertene kadar 300 metrelik bir giriştir. İkinci giriş, gölün bitiminde olup, burada üçüncü girişle birleşir. Buradan kumlu bir mekâna ulaşılır ve



Düzenlenmiştir.

Şekil 2.3 Zonguldak Havzası'ndaki mağaraların lokasyon haritası (MTA, 1995)

suyun geldiği yönde de büyük bir salon vardır. Bu galeride aynı zamanda büyük taş bloklardan oluşmuş bir de salon bulunmaktadır.

Bu mağara Kızılelma Mevkiinde bulunan bir düden, Ayiçi, Aydın Dereleri ve Büyükav Deresi'nin sularını yutmaktadır. Düdenin üzerindeki mağara içerisinden yeraltı deresine de inilmektedir. Yeraltı deresi güney-kuzey yönünde 4 km uzaklıktaki Cumayanı Mahallesi'ndeki mağaradan yeryüzüne çıkmaktadır (Öktü ve diğerleri, 1996).

### 2.3.3 Kapız Mağarası (Merkez)

Zonguldak Kapız Mahallesi'nde bulunan bu mağaranın içerisinde küçük bir de yeraltı deresi bulunmaktadır. Tren yolunun altından içerisine girilen bu mağarada sarkıt ve dikitler bulunmakla beraber, üzerindeki yerleşim alanlarının kanalizasyonları buraya akmaktadır. Bu yüzden de turizme açılması olanaksızdır.

### **2.3.4 Çayırköy Mağarası (Çaycuma)**

Zonguldak İli Çaycuma İlçesi Çayırköyü'nde bulunan bu mağaranın Çaycuma'ya olan uzaklığı 10 km dir.

Mağara II. Zamanın Üst Kretase kalkerleri içerisinde yer almıştır. Çayırköy'ün 2 km güneybatısında, Sofular ve Eğridere'nin birleştiği bir çöküntü alanı içerisinde (Öktü ve diğerleri, 1996). Yerin altından 1,5 km uzunluğundaki su Çayırköy Mağarasını meydana getirmiştir. Mağaranın çıkış ağzına yakın bir yerde de büyük bir kuyu bulunmaktadır.

Mağaranın giriş kotu yaklaşık 200 m çıkışı da 165 m dir. Uzunluğu 1,5 km olan mağaranın içerisi oldukça düzdür. İçerisinde yeraltı deresi olduğundan tam orta kısmında bir de sifon bulunmaktadır.

Mağara girişinden çıkan suyun bir bölümü Roma döneminde yapıldığı sanılan bir kanalla çevredeki değirmene ulaştırılmıştır.

### **2.3.5 Sofular Mağarası**

Zonguldak İli, Eski Zonguldak-Çaycuma karayolunun 10. kilometresinde, Sofular Vadisi'nin yamaçlarında bulunan bu mağaranın Prehistorik Çağlarda oluşumu tamamlanmıştır.

Mağara 1,5 km uzunluğunda olup, oldukça dik bir kuyunun sol yanından içerisine inilmektedir. Mağara içerisinde sarkıt ve dikitler bulunmaktadır. Salon şeklinde büyük bir mekanın çevresinde küçük odacıklar bulunmaktadır. Doğal oluşumların son derece güzel bir görünüm veren mağara içerisinde küçük göller bulunmaktadır (Öktü ve diğerleri, 1996).

### **2.3.6 Erçek Mağarası**

Zonguldak-Ankara karayolu üzerinde Erçek Mahallesi'nde bulunan bu mağara Zonguldak il merkezine 5 km uzaklıktadır. Günümüzde bu mağaranın tam bir araştırması yapılamamıştır. Mağaraya ormanlık bir alandan oldukça dar bir suyolundan 30 dakikalık bir yürüyüş ile ulaşılmaktadır.

Mağaranın yalnızca 1 km lik kısmına girilebilmektedir. Ancak mağaranın çok daha uzun olduğu ve iki ayrı katmandan oluştuğu anlaşılmıştır. Mağaranın içerisine az meyilli bir kuyudan inilmekte ve kuyu sonunda da galeri ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan sağdaki kola su gelmekte, soldaki kolda da suyun gittiği ana galeridir. Dar bir delikten içerisine girilen mağarada 30 metrede bir sifon bulunmaktadır. Yaklaşık 4-5 m uzunluğundaki sifon daraldıktan sonra geniş bir salona açılmaktadır. Bundan sonra devam eden mağaranın içerisi travertenlerle kaplıdır (Öktü ve diğerleri, 1996).

### **2.3.7 Ilıksu Mağarası (Merkez)**

Zonguldak-Ereğli karayolu üzerinde, deniz kenarında bulunan bu mağaranın içerisinde yer altı nehri bulunmaktadır. Uzunluğu 800 m olan mağara ağzından içeriye girildiğinde travertenlerle karşılaşmaktadır. Travertenlerin altında sifon bulunmaktadır.

Mağara içerisinde bulunan sudan sonra büyük bir mekana ulaşılmaktadır. Mağara yakınında Ilıksu Kaplıcası vardır.

Kaplıcanın suyunun içme olarak kullanıldığında, mide, bağırsak ve karaciğer safra yolları üzerinde, banyo kürlerinde ise, içerdiği radyoaktif elemanlar sayesinde ağrılı hastalıklarda olumlu etkisi görülmektedir.

Ilıksu Kaplıcası, İl Özel İdaresi tarafından yatırım programına alınmış olup, şu anda kaplıca üzerinde ya da çevresinde herhangi bir tesis bulunmamaktadır.



### **2.3.8 İnağzı Mağarası (Merkez)**

Zonguldak İl merkezinde, İnağzı Mahallesi'nde bulunan bu mağara Zonguldak'a girişteki demiryolu tünelinin sol yanında bulunmaktadır.

Mağara oluşumunu Prehistorik Çağlarda tamamlamıştır. Mağara yaklaşık 600 m uzunluğundadır. Ancak daha da uzun olduğu sanılmaktadır. Mağara 60-70 m den sonra dar ve alçak geçitlerle devam etmektedir. İçerisindeki sifon 1 m yüksekliğindedir. Ayrıca mağara içerisinde küçük akarsular bulunmaktadır.

### **2.3.9 Kızılelma Mağarası (Merkez)**

Zonguldak İl merkezi Gelik Mahallesi, Ayiçi Mevkii'nde bulunan mağaranın uzunluğu 6,5 km yi bulmaktadır. Mağara ağzındaki bir düdenden çevrenin sularını çekmekte ve yer altı suyu olarak içeride devam etmektedir.

Mağara içerisinde galeriler ve yan kollar bulunmaktadır. Ayrıca mağara içerisinde sarkıt ve dikitler bulunmaktadır (Öktü ve diğerleri, 1996).

### **2.3.10 Cehennemağzı Mağaraları (Ereğli)**

Zonguldak İli Ereğli İlçesi İnönü Mahallesi'nde bulunan bu mağaralar Antik Çağlardan itibaren yerleşime sahne olmuş, ayrıca ibadet yeri olarak da kullanılmıştır. Mağara içerisinde yapılan arkeolojik araştırmalarda sütunlar, sütun başlıkları, lahitler, kandil yuvaları, taban mozaikleri bulunmuştur. Bu kalıntılar mağaraların Erken Hıristiyanlık döneminde gizli ibadet yapılan bir yer olduğunu göstermiştir.

Mağaralar Volkano-Klastik kayalar içerisinde gelişmiştir. Mağaraların ikisinin içerisinde göl bulunmaktadır (Öktü ve diğerleri, 1996).

## BÖLÜM ÜÇ

### HİDROJEOLOJİ

#### 3.1 Yağışlar

Zonguldak'ta Karadeniz İklimi egemen olup, her mevsimi yağışlı ve ılımandır. Zonguldak Meteoroloji İstasyonu'nun 1972-2006 yılları arası rasat verilerinin ortalamalarına göre yıllık ortalama yağış 1228,64 mm'dir. 1972-2006 yılına ait verilerin (Tablo 3.1) daha iyi yorumlanabilmesi ve yağış-potansiyel buharlaşma-terleme ilişkilerinin ortaya konması için Thornthwait yöntemine göre buharlaşma-terleme çizelgesi hazırlanmıştır (Tablo 3.2).

Buna göre Thornthwait bağlantıları şöyledir:

$$E_{tp} = 16 (10 t / I)^a$$

Bağintıda t aylık ortalama sıcaklık (°C), I ve a sıcaklığın fonksiyonudur. I= 12 ayın sıcaklık indisi değerlerinin toplamına eşittir. Sıcaklık indisi ise “ i ” harfi ile gösterilir ve şu şekilde hesaplanır.

$$i = (t/5)^{1.514}$$

Bağintıdaki a ise şu şekilde hesaplanır.

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 49,29 \times 10^{-2}$$

Önce her ay için ayrı ayrı i değerleri hesaplanır. 12 aya ait i değerleri toplanarak I elde edilir. I, a'yı veren formülde yerine konur ve a hesaplanır. a bulunduktan sonra her aya ait t değerlerine göre değişen, aylık potansiyel buharlaşma-terleme hesaplanır.

Tablo 3.1 Zonguldak ilinin 1972-2006 yılları arasındaki yağış miktarının aylara dağılışı (Zonguldak Meteoroloji İstasyonu)

YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
1972	58,6	38,4	36,4	79,8	39,9	210,3	34,9	115,6	119,1	175,6	106,5	48,8	1063,9
1973	69,5	79,7	116,7	68,1	93,1	99,7	32,2	30,7	12,5	167,6	359,8	185,8	1315,4
1974	52,5	64,6	52,7	53,8	55,0	19,5	39,0	97,1	46,4	97,9	170,6	217,4	966,5
1975	105,8	96,5	67,9	49,6	170,9	42,6	28,2	46,3	20,4	172,7	213,7	195,0	1209,6
1976	176,4	56,7	49,3	14,5	19,5	32,7	55,8	243,9	96,4	155,9	89,7	193,9	1184,7
1977	75,3	47,5	117,9	99,2	22,0	22,6	74,3	72,9	84,9	59,6	90,5	153,3	920,0
1978	168,1	102,6	44,4	102,0	45,6	33,7	108,3	121,6	168,3	201,3	28,2	176,4	1300,5
1979	177,0	73,8	27,9	64,8	25,7	52,2	127,5	144,8	159,5	97,4	174,7	130,2	1255,5
1980	214,8	60,9	155,6	32,4	75,2	27,3	11,9	48,0	88,8	84,4	173,7	197,5	1170,5
1981	167,4	120,7	110,5	41,2	39,7	26,2	42,8	75,8	110,3	212,8	119,2	186,8	1253,4
1982	160,4	57,7	152,0	72,7	30,8	25,6	83,3	251,2	12,8	58,1	64,8	175,0	1144,4
1983	223,0	85,8	22,7	51,3	20,9	19,3	253,3	87,8	20,6	206,6	115,6	84,7	1191,6
1984	127,6	69,2	64,7	149,8	19,0	120,0	207,5	111,8	6,3	108,1	172,6	40,9	1197,5
1985	150,7	161,8	28,2	63,1	43,0	78,5	51,7	20,8	45,1	255,1	62,2	136,3	1096,5
1986	141,9	101,0	18,0	31,3	40,0	124,9	41,6	1,8	25,0	181,1	163,9	126,6	997,1
1987	228,4	53,1	146,7	84,8	48,2	62,1	65,8	111,6	0,9	211,8	113,1	231,7	1358,2
1988	72,1	87,7	87,5	60,6	36,4	50,2	240,5	28,4	60,9	220,8	271,7	127,7	1344,5
1989	50,2	55,6	28,2	15,0	70,5	51,5	40,2	8,7	332,3	224,5	275,8	100,7	1253,2
1990	94,5	59,2	58,7	65,7	83,9	81,7	91,2	31,7	221,5	164,8	91,8	143,4	1188,1
1991	76,8	104,9	35,1	73,7	112,5	145,0	145,6	114,6	299,8	212,2	110,4	201,3	1631,9
1992	68,4	112,2	78,3	51,1	36,1	180,1	133,2	0,4	95,3	157,2	163,5	141,2	1217,0
1993	104,8	72,6	50,5	30,7	59,2	33,7	12,9	61,8	62,6	23,8	200,6	105,6	818,8
1994	116,8	39,0	45,2	38,8	85,0	64,0	2,0	75,5	0,6	243,8	301,7	183,2	1195,6
1995	152,7	52,1	157,5	84,1	14,2	74,3	142,4	35,4	143,5	112,0	290,4	96,5	1355,1
1996	102,2	84,5	125,7	68,2	22,7	38,3	42,1	77,3	201,4	193,1	34,3	211,7	1201,5

Tablo 3.1'in devamı.

1997	72,9	104,0	12,1	155,2	33,1	105,4	223,4	341,0	24,6	275,5	44,7	165,2	1666,1
1998	117,9	96,9	130,8	38,4	229,9	64,4	100,0	4,3	115,9	169,8	131,0	225,4	1424,7
1999	82,6	127,8	65,2	13,6	32,3	152,4	19,3	108,5	104,1	144,8	205,5	74,5	1130,6
2000	234,7	83,2	131,2	63,9	30,2	227,5	26,3	270,5	353,2	148,1	9,4	161,9	1740,1
2001	51,2	93,1	84,2	68,4	64,6	48,4	26,1	86,1	190,3	34,9	246,0	266,2	1259,5
2002	115,8	14,6	63,0	61,6	47,4	48,4	94,7	151,6	139,5	203,3	93,8	98,8	1132,5
2003	99,9	129,7	84,0	62,5	14,6	0,0	92,0	11,4	200,0	148,9	117,5	174,8	1135,3
2004	173,1	103,0	116,3	31,9	72,4	82,8	17,7	239,5	61,9	44,3	289,3	125,5	1357,7
2005	227,9	79,5	105,4	52,3	15,2	87,8	69,5	13,3	125,8	294,0	176,1	154,5	1401,3
2006	128,2	139,6	80,9	4,5	30,9	59,4	29,7	7,8	120,2	76,0	181,2	65,2	923,6
ORT	126,9	83,1	81,7	60,0	53,7	74,1	80,2	92,9	110,6	158,2	155,9	151,5	1228,6

Tablo 3.2 Çalışma alanının Thornthwait yöntemine göre yapılmış yıllık buharlaşma-terleme çizelgesi

AYLAR KAVRAMLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık Ortalama Sıcaklık (T°C)	5,98	5,89	7,35	11,34	15,33	19,65	21,86	21,75	18,57	15,04	11,07	8,00	-
Aylık İndeks (i)	1,31	1,28	1,79	3,46	5,45	7,94	9,33	9,26	7,29	5,30	3,33	2,04	57,78
Düzeltilmemiş ETP (mm)	16,79	16,44	22,42	41,13	62,71	88,79	103,08	102,35	82,00	61,05	39,74	25,25	661,74
Düzeltilme Katsayısı 41. Enlem	1,04	0,96	0,83	0,81	0,84	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	-
Düzeltilmiş ETP (mm)	17,46	15,79	18,50	33,11	52,36	73,69	106,17	113,61	102,09	76,61	50,47	29,92	689,77
Yağış (P) (mm)	126,86	83,12	81,73	59,96	53,70	74,07	80,20	92,84	110,59	158,22	155,81	151,53	1228,64
Zemin Rezervi	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	74,03	79,24	100,00	100,00	100,00	100,00	1153,26
Zemin Rezervi Değişimi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-25,98	-20,76	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Gerçek Buharlaşma Terleme (ETR)	17,46	15,79	18,50	33,11	52,36	73,69	106,17	113,61	102,09	76,61	50,47	29,92	782,62
Tarımsal Su Açığı	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,98	20,76	0,00	0,00	0,00	0,00	46,74
Yağış Fazlası (P-ETR)	109,40	67,34	63,23	26,85	1,34	0,38	-25,98	-20,76	8,50	81,61	105,35	121,62	446,02
P-ETP	109,40	67,34	63,23	26,85	1,34	0,38	-25,98	-20,76	8,50	81,61	105,35	121,62	-
Aylık Nem (P-ETP / ETP)	6,26	4,27	3,42	0,81	0,03	0,01	-0,24	-0,18	0,08	1,07	2,09	4,07	-

Aylık potansiyel buharlaşma-terleme değerleri, enlem dairesi düzeltme katsayısı ile çarpılarak düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme değerleri elde edilir. İnceleme dönemine ait ayları ilgilendiren değerler toplanarak, dönem için potansiyel buharlaşma-terleme miktarı elde edilir.

Her ay potansiyel buharlaşma-terleme miktarına eşit veya daha küçük değerlere ulaşabilir. Bunun için yağış miktarı ve toprakta mevcut suyun yeterli olması gerekir.

Aylık yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden fazla ise, gerçek buharlaşma-terlemeden fazla ise, gerçek buharlaşma-terleme potansiyel buharlaşma-terlemeye eşit olurken yağış miktarı fazlasıda toprağın su rezervine eklenir.

Aylık yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden az ise, gerçek buharlaşma-terleme aylık yağış miktarına ve potansiyel buharlaşma-terleme miktarına ulaşınca kadar kolayca yararlanılacak rezervin bir kısmına veya tümüne eşit olur (Canik, 1998).

Thorntwaith yöntemine göre hesaplanan değerleri incelediğimizde çalışma sahasında sadece Temmuz ve Ağustos aylarında yağış değeri potansiyel buharlaşma-terleme değerinden küçüktür. Bu aylarda zemin rezervinden ETP ihtiyacı karşılanır.

Yıl içerisinde toplam yağış miktarı 1228,64 mm, Etp ise 689,77 mm'dir. Aradaki 538,87 mm'lik fazlalık yüzey ve yeraltı sularını besler.

Bu verilerin daha iyi yorumlanabilmesi için Thornthwait yöntemiyle hesaplanan yağış ve buharlaşma-terleme değerlerinin diyagramı çizilmiştir (Şekil 3.1).

### **3.2 Akarsular**

Zonguldak akarsu bakımından oldukça zengindir. Burada ilin en önemli akarsularına değinilecektir.



Tablo 3.3 Zonguldak ilinde bulunan akarsular ve ortalama debileri (Çevre Düzeni Araştırma Raporu, 2006)

İlçe	Akarsu Adı	Ortalama Debi (l/s)
MERKEZ	İhsaniye	0,464
	Değirmenağzı	0,350
	Ilıksu	1,100
	Dereköy	0,975
EREĞLİ	Aydınlr (Gülüç)	15,412
	Salı	0,250
	Uğurlar	0,500
	Abacıoğlu	3,600
	Kurtsuyu	5,200
	Akyazı	1,500
ALAPLI	Alaplı Çayı	6,342
	Kavukkavla Deresi	3,150
	Kocaman Deresi	12,500
DEVREK	Devrek Çayı	24,913
	Buldan Çayı	2,600
ÇAYCUMA	Filyos Çayı	102,237
	Beycuma Deresi	2,400





Şekil 3.2 Zonguldak akarsu havzaları (Çevre Düzeni Araştırma Raporu, 2006)

Bölgenin en büyük akarsuyu olan Filyos Nehrinin su toplama havzası 13300 km<sup>2</sup>'dir. Yıllık ortalama 104.6 l/sn olan nehrin debisi Nisan ayında 230 l/sn ile en yüksek, Ağustos ayında ise 28 l/sn ile de en azdır (Çevre Düzeni Araştırma Raporu, 2006).

Nehir araştırma alanında örgülü akış şekli göstermektedir. Araştırma alanında sel karakterli yan derelerle beslenir. Filyos Nehri yan derelerinde çamur sellenmesi egemendir.

### **3.2.2 Alaplı Çayı**

Kdz. Ereğli'ye bağlı Ormanlı Bucağı'nın güneyinde 710 metre yükseklikteki Ataylası Tepesinden doğan oldukça düzensiz akan Alaplı Irmağı'nın vadi tabanı kimi kesimlerde 600 metreyi aşar. Vadi boyunca basmaklar yaparak akan ırmak, ilkbaharda bol su taşır, yazın suyu azalır ve yer yer kurur.

### **3.2.3 Devrek Çayı**

Bolu dağlarından kaynaklanan bu akarsu birçok dere, derecikle beslenerek Devrek İlçesinde Devrek adını alır ve ilçe sınırları dışında Filyos Çayı ile birleşir. Debisi sabit, su kalitesi yüksek olan ırmaktan fiziksel ve kimyasal kirlenme yok denecek kadar azdır.

### **3.2.4 Güülüç (Aydınlı) Çayı**

Zonguldak-Devrek sınırındaki Hörgüç civarında doğan ırmak, birçok dere, dereceğin sularıyla beslenerek Güülüç mevkiinde Güülüç Irmağı adını alır.

## **3.3 Göller ve Barajlar**

İl sınırları içinde doğal göl bulunmamaktadır. Kdz.Ereğli'de Kızılcapınar, Güülüç; Zonguldak Merkezde Kozlu-Ulutan (Ulutan) baraj gölleri ve Çatalağzı Dereköy Göleti ilin bilinen yapay gölleridir.

### **3.3.1 Kızılcapınar Baraj Gölü**

Kdz.Ereğli'ye 21 km uzaklıkta Kızılcapınar Köyünde Aydınlar Çayı üzerinde kurulmuştur. “245” ha büyüklüğündeki bu yatay göl, Erdemir (Ereğli Demir Çelik) Fabrikası'nın kullanma suyunu karşılamaktadır.

### **3.3.2 Gülünç Baraj Gölü**

Kdz. Ereğli'ye 4 km uzaklıkta gülünç mevkiinde Aydınlar Çayı üzerinde kurulan Gülünç Baraj Gölü 127 ha büyüklüğündedir.

### **3.3.3 Çobanoğlu Göleti**

Yapay göl olup alanı 117 ha dır. Çaycuma İlçesinin Karapınar Beldesinde ilin en doğu kısmında Bartın sınırına yakındır. Yalakköprü Deresi üzerine kurulmuştur. Göletten içme ve sanayi suyu olarak faydalanılır.

### **3.3.4 Kozlu (Ulutan) Baraj Gölü**

Zonguldak merkezine 7 km uzaklıkta bulunan Ulutan Barajı, Kozlu ve Üzülmez Derelerinin yan kollarının toplandığı Ulutan merkezinde kurulmuştur. “114” ha'lık bir su alanını içeren baraj gölü, Zonguldak Metropolitan Belediyeler Birliği'ne bağlı belediyelerin su gereksinimini karşılar.

### **3.3.5 Dereköy Göleti**

Çatalağzı'na 1 km uzaklıkta bulunan bu gölet Çatalağzı Termik Santrali'nin su ihtiyacı için kurulmuştur.

### 3.4 Kaynaklar

Çalışma sahasında çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bunlar genel olarak derince yarılmış vadilerin kenarlarında karbonat kayalar ile geçirimsiz birimlerin kontağında veya fay hatları üzerinde açığa çıkmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde en büyükleri Kapuz formasyonunda çıkan Cumayanı Mağara Kaynağı, Cumayanı Kaynağı, Kokasu formasyonundan çıkan Gökgöl Kaynağı, Kokaksu Kaynağı, Çayırköy (Büyük Mağara Dere) Kaynağı ile Hamzafakılı formasyonunda çıkan Almanpınarı'dır.

### 3.5 Kuyular

Çalışma sahasında 1993-1994 yılları arasında MTA tarafından 13 adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajların asıl amacı, açılan bu kuyularda pompa testleri yaparak akifer oluşturabilecek formasyonların akifer karakteristiklerinin belirlenmesidir. Bu sondajları gösterir lokasyon haritası Şekil 3.3'dedir.

Bu kuyular pompa testleri yapabilmek için 9 5/8" çapında açılmıştır. Test edilen formasyonlar filtreli, diğerleri ise kapalı borular ile teçhiz edilmiştir. Bu sondajların derinlikleri 15 ile 642 metre arasında değişmekte olup toplam olarak 1821,60 m'dir.

Kuyulardan elde edilen bilgiler incelendiğinde Apsiyen yaşlı Kapuz kireçtaşları bol kırıklı ve çatlaklıdır. Yüzeylenen bu kireçtaşları geçirdiği tektonik süreçlerden de etkilenmiş ve mağara oluşumu için elverişli hale gelmiştir. Bu sebepten dolayı kuyu ilerlemelerinde bu formasyon genellikle kapalı boruyla geçilmiştir.

Alt Apsiyen yaşlı İncüvez formasyonu ise genellikle kumtaşı biriminden oluştuğundan su bulundurması açısından önemlidir. Bu sebeple de bu formasyon filtreli borularla geçilmiştir. Bu sondajlara ait bu bilgiler özet olarak Tablo 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Pompaj Testi yapılan kuyuları gösterir lokasyon haritası

Bu sondajlara ait litolojik bilgiler bilgisayara girilmiş ve bu bilgiler ışığında bu kuyulardan geçen jeolojik kesitler Şekil 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7 de gösterilmiştir.

### 3.6 Kayaların Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma alanında bulunan birimler su taşıma özelliklerine göre geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere sınıflandırılmışlardır (Öktü ve diğerleri, 1996)

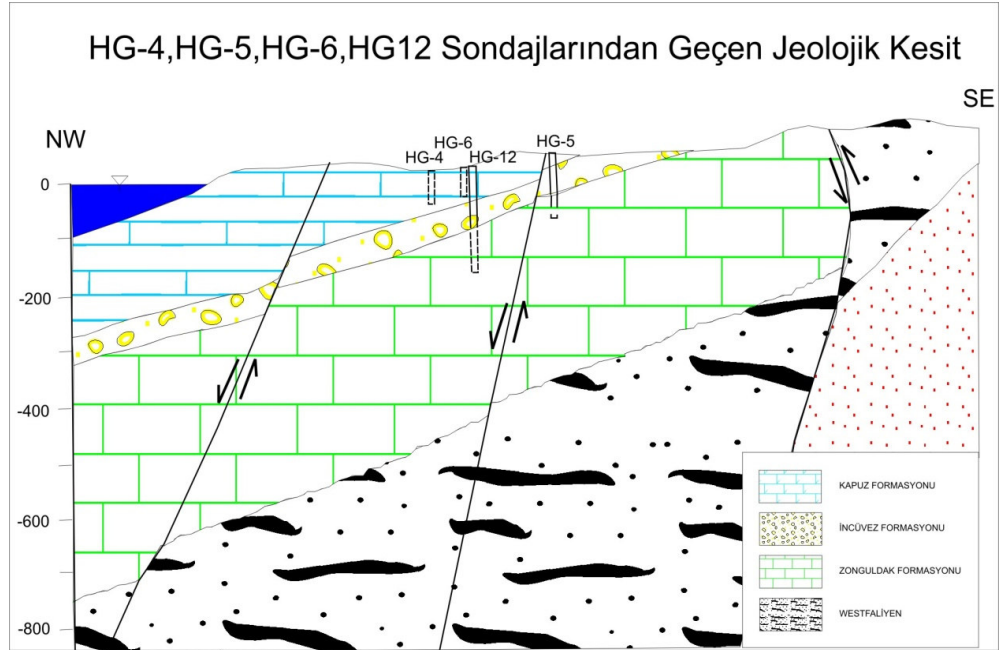
#### 3.6.1 Geçirimsiz Birimler

Çalışma sahasının orta kesimlerinde geniş bir alanda yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı killi siltli kömürlü birimler geçirimsizdir.

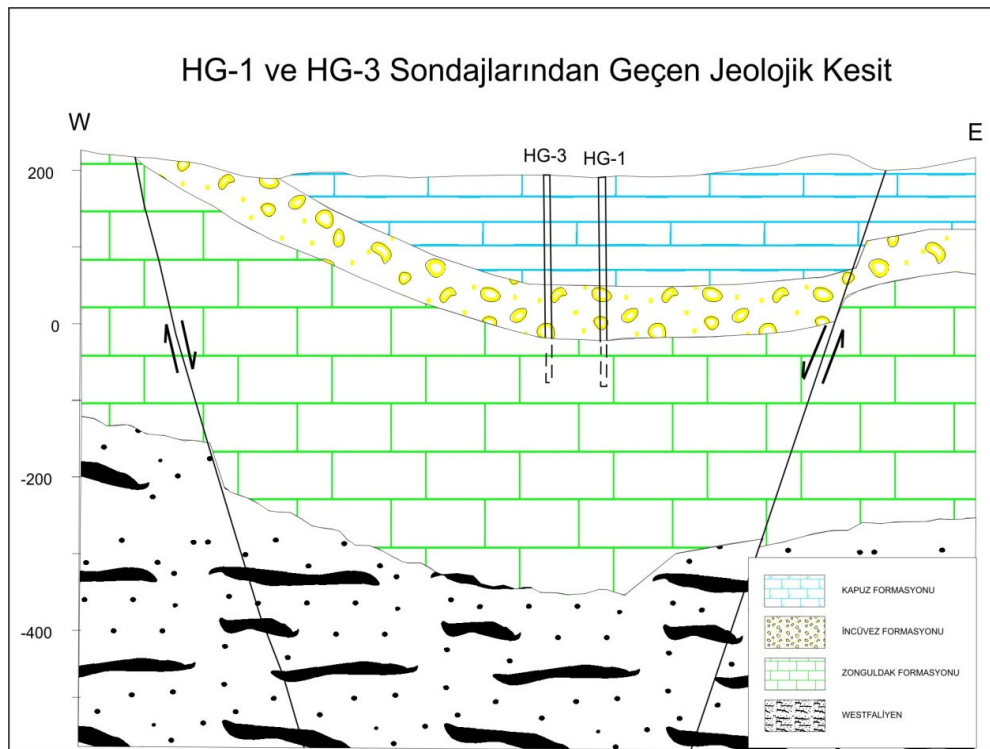
Bunun yanında Üst Barremiyen-Alt Apsiyen yaşlı İncüvez formasyonu da geçirimsiz özelliktedir. Üst Kretase yaşlı filiş karakterinde kumtaşı, kiltası, marn, silttaşı şeklinde çökelen birimlerinde yapılan saha gözlemleri ile geçirimsiz özellikte olduğu saptanmıştır (Öktü ve diğerleri, 1996).

Tablo 3.4 MTA tarafından açılan kuyulara ait özet bilgiler (MTA, 1996)

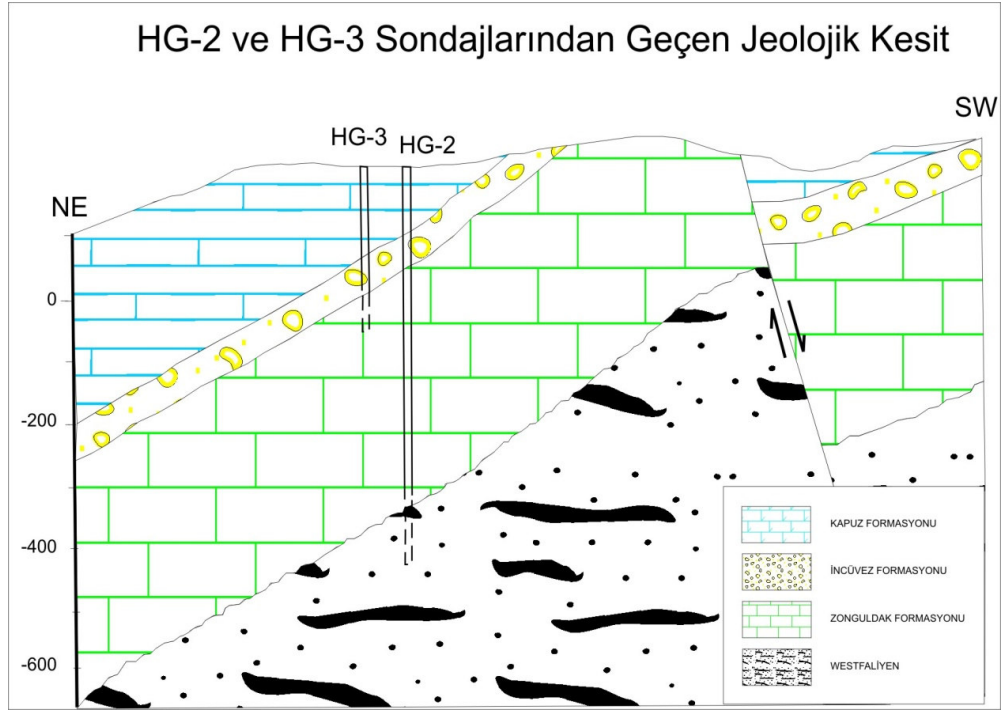
Kuyu Adı	Açılış Tarihi	Derinlik (m)	Filtreli Boru Geçilen Seviyeler
HG-1	1993	272,00	220,00 – 272,00
HG-2	1994	642,00	
HG-3	1993	270,00	
HG-4	1994	51,00	13,00 – 51,00
HG-5	1993	120,00	95,00 – 120,00
HG-6	1994	50,00	3,00 – 50,00
HG-8	1994	83,00	0,00- 54,00
HG-9	1994	21,60	3,00 – 21,60
HG-10	1994	35,50	3,00 – 35,50
HG-11	1994	23,00	3,00 – 16,00
HG-12	1994	192,50	124,00 – 192,50
HG-13	1994	15,00	3,00 – 15,00



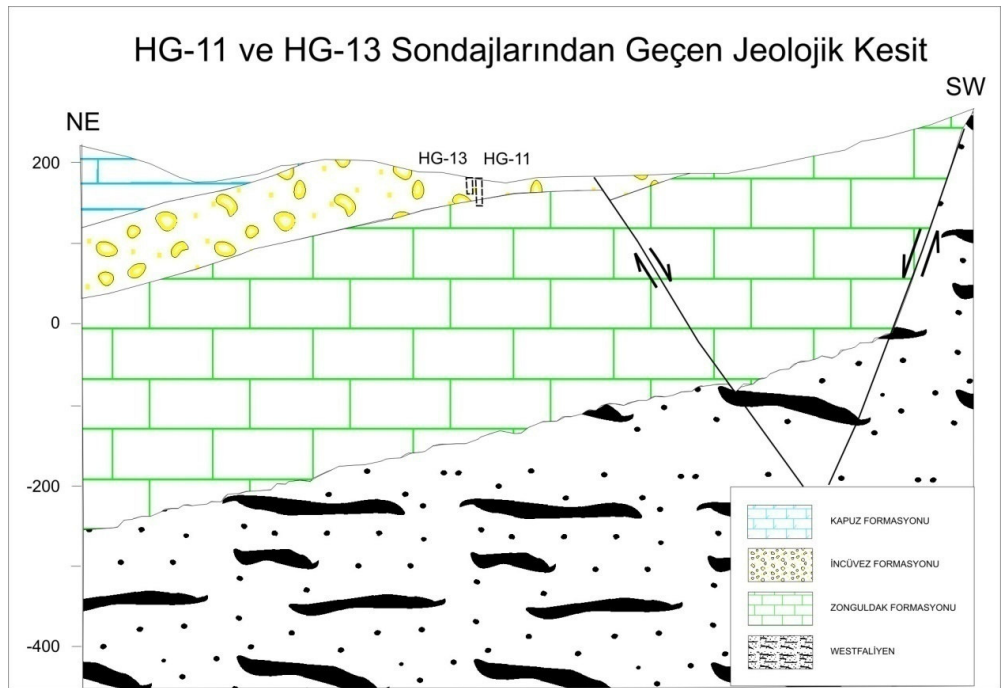
Şekil 3.4 HG-4, HG-5, HG-6 ve HG-12 sondajlarından geçen jeolojik kesit (MTA, 1996)



Şekil 3.5 HG-1 ve HG-3 sondajlarından geçen jeolojik kesit (MTA, 1996)



Şekil 3.6 HG-2 ve HG-3 sondajlarından geçen jeolojik kesit (MTA, 1996)



Şekil 3.7 HG-11 ve HG-13 sondajlarından geçen jeolojik kesit (MTA, 1996)



Bu formasyonlar bazı belirgin özelliklerine göre geçirimsiz olarak kabul edilmişler. Geçirimsiz birimler dik topoğrafya ile buharlaşmadan ve yeraltına süzülmeden yüzeysel akışa geçen birimler olarak kabul edilmiştir.

### ***3.6.1.1 Hamzafakıllı Formasyonu***

Bu birimi oluşturan mikrokonglomeraların sert bir çimentoya sahip olması ve metakumtaşının geçirimsiz olması nedeniyle birimin tamamı geçirimsiz olmaktadır.

### ***3.6.1.2 Alacağzı, Kozlu ve Karadon Formasyonları***

Kömür içeren bu birimler aynı özelliklere sahipler. İçerdikleri kıltaşı ve siltaşı tabakaları geçirimsizlik sağlamıştır.

### ***3.6.1.3 İncüvez Formasyonu***

İncüvez formasyonunun içerisinde bulunan ardalanmalı kıltaşı ve siltaşı tabakaları formasyona geçirimsizlik sağlamıştır.

### ***3.6.1.4 Kırımsa, Velibey, Himmetoğlu, Sapça, Tasmaca, Cemaller, Gökçetepe, Başköy, Dinlence, İkse, Kazpınar, Alaplı, Yahyalar Formasyonları***

Hepsi filiş fasiyesinde oluşmuş kayaçlardır. Kil ve silt tabakalarından dolayı geçirimsizdirler. Velibey formasyonunda ek olarak andezit birimide bu formasyonu geçirimsiz yapmaktadır.

### ***3.6.1.5 Alüvyon***

Bu birim havzada çok az bir kısımdadır ve içerdiği kil ve silt boyu malzemeler sonucunda çok az iletimliğe sahiptir. Bu yüzden geçirimsiz birim olarak kabul edilir.

### 3.6.2 Geçirimli Birimler

İnceleme alanında karstlaşmış üç birim bulunmaktadır. Bunlar;

- Viziyen yaşlı dolomitik kireçtaşları,
- Barremiyen yaşlı alt seviyeleri dolomitik kireçtaşları,
- Apsiyen yaşlı kireçtaşlarıdır.

Yukarda bahsedilen her üç birimde inceleme alanının geçirimli ve aynı zamanda akifer olma özelliğine sahip birimleridir. Bu kayaçların karşılaşmasını sağlayan etmenler litolojik yapı ve tektonizmadır.

Bu birimlerde görülen karstik yapılar genellikle fay ve kırıkların kesiştikleri noktalarda ve litolojinin değiştiği noktalarda gelişmiştir (Erduran, 1997).

#### 3.6.2.1 Viziyen Yaşlı Dolomitik Kireçtaşları

İnceleme alanının güneyinde doğu-batı yönünde uzanım gösteren sparitik ve dolomitik dokudaki kireçtaşları iyi derecede karstlaşmış durumdadır. Tektonik hatlara ve dokusal özelliklere bağlı olarak karstlaşmanın geliştiği Viziyen kireçtaşlarından, ortalama verdileri 50 l/s olan kaynak boşalımları belirlenmiştir. Birim yüzeyinde önemli karstik yapılar gelişmiştir. Kokaksu formasyonunda paleokarstlaşma oldukça önemlidir. Viziyen sonunda başlayan karasallaşma süreci ile oluşan paleokarstik çukurluklarda boksit oluşumlarının gözlenmesi bunun göstergesidir (Öktü ve diğerleri, 1996).

#### 3.6.2.2 Barremiyen Yaşlı Alt Seviyeleri Dolomitik Kireçtaşları

Dolomitik ve kumlu kireçtaşı şeklinde arazide gözlenen bu birim Karbonifer yaşlı kömürlü birimlerle sınır oluşturması açısından oldukça önemlidir. Arazide orta

derecede karstlaşmış olarak gözlemlenen bu birimin yüzeyde boşalımı gözlenmez. Galerilere gelen suyun büyük bir bölümüde bu birim içerisinde gelmektedir. Sondaj kuyularından alınan jeofizik loglarında Barremiyen kireçtaşlarından Karbonifer'e giriş zonlarında önemli boşluk ve çatlak anomalileri elde edilmiştir (Öktü, vd., 1996).

### *3.6.2.3 Apsiyen Yaşlı Kireçtaşları*

Yer yer masif görünümlü yer yer de tabakalı olarak gözlenen birim havzada bulunan kireçtaşları arasında en yoğun karstlaşmayı göstermektedir. Bunun en önemli nedeni kireçtaşlarının oldukça saf bir dokuya sahip olmasıdır. Kızılelma Mağarası-Cumayanı karst "kaynağı sistemi bu birimde gelişmiş en önemli karstik yapıdır.

Yukarıda bahsedilen bu üç birim dışında, bu çalışmanın amacı açısından bir öneme sahip olmayan alüvyon da hidrojeolojik açıdan geçirimsiz sayılabilecek birimlerdenidir.

### *3.6.3 Kırıkların Su İletme Özellikleri*

Havzada kireçtaşı çok çatlaklı olup çatlak aralıkları birkaç cm civarında gözlenmiştir. Çatlakların kalsit, kil, boksit dolgulu olduğu kısımlarda mevcut bu yüzden birimin geçirimsiz özellikte kabul edilmiştir. Geçmiş yıllarda yapılan pompa testlerinden permeabilite, transmissibilite ve etki alanlarının küçük bulunmuştur. Kapuz formasyonu'nun çatlaklı, kırıklı ve boşluklu olduğu anlaşılmış, bu kısımlarda kaçaklar meydana geldiği tahmin edilmektedir. Kapuz formasyonunun Zonguldak formasyonu'ndan farkı daha az kalsit dolgulu çatlaklar içermesidir (Öktü ve diğerleri, 1996).

Havzadaki tektonizmanın şiddetli oluşu fayları oluşturmuş dolayısıyla iletililiği doğrudan etkilemektedir.

### 3.7. Kuyularda Pompa Testleri

Akifer karakteristiklerini belirlemek için açılan kuyularda, formasyonun ve yer altı suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre teçhizatı yapılır. Kuyuyu geliştirme yöntemlerinden uygun görülenler de uygulandıktan sonra, pompa testine geçilmeden önce kuyu yirmidört saat dinlenmeye bırakılır.

Pompaj kuyusundaki zamana karşı düşüm miktarları ölçülürken aynı zamanda gözlem kuyularındaki düşüm miktarları da ölçülerek ayrıca not edilir.

Sondaj kuyusunun temizlenmesi ilk yetmişiki saatlik pompaj sayesinde olur. Pompajın durması halinde, kuyudaki su seviyesinin yükselimi yine aynı hassasiyetle ölçülmelidir. Yükselim ölçümünde, pompa durdurulmadan kuyunun son debisi ölçülerek not edilmelidir.

Suyun fiziksel özellikleri veya bu özelliklerdeki değişmeler not edilir (Suyun sıcaklığı, berraklığı ve bulanıklığı, kokusu, bıraktığı tortu, gaz çıkışı vb).

Elde edilen bu veriler ile formasyonun geçirgenlik (K), iletkenlik (T), depolama katsayısı (S) ve düşüm konisi etki alanı yarıçapı (R) gibi karakteristikleri hesaplanır. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için de aşağıdaki kavramların bilinmesi gerekir.

#### 3.7.1 Dengeli Rejim

Eğer sabit debi ile pompalanan kuyudaki su seviyesi belli bir süreden sonra sabit kalırsa, kuyunun bu denge halindeki durumuna dengeli rejim denir. Bu rejim ancak pompaj debisine eşit bir beslenmeye rastlandığı zaman gerçekleşir.

#### 3.7.2 Dengesiz Rejim

Eğer kuyu sürekli olarak sabit bir debi ile pompalanırken, kuyudaki su seviyesi giderek alçalırsa buna dengesiz rejim denir.

### **3.7.3 Statik Seviye**

İçinden su çekilmemiş veya su ilave edilmemiş bir kuyudaki doğal denge halindeki su seviyesidir.

### **3.7.4 Dinamik Seviye**

İçinden su çekilen kuyunun, bozulan denge halinden sonraki su seviyesidir. Dinamik seviye normal koşullarda statik seviyenin her zaman altındadır. Ancak, kuyuya yapay besleme amacı ile su gönderilirse, bu koşulda dinamik seviye, statik seviyeden daha yüksekte bulunur.

### **3.7.5 Düşüm**

Kuyularda, statik su seviyesi ile içinden su alınan kuyunun dinamik su seviyesi arasındaki farka denir.

### **3.7.6 Düşüm Konisi**

Pompaj veya herhangi bir şekilde, içinden su alınan kuyunun dolayında, kuyudaki su seviyesinin alçalması ile oluşan, dinamik seviyenin koni şeklindeki konumuna denir.

Düşüm konisinin şekli ve boyutu, pompaj debisine, pompaj süresine, hidrolik eğime, kuyu etki alanı içinde bulunan beslenme ve boşalma koşullarına, akiferin depolama katsayısına ve özellikle akiferin iletimliğine bağlı olarak değişir. Diğer koşulların değişmediğini kabullenirsek, iletimlilik ne kadar büyükse, düşüm konisi o oranda az derin olur, fakat çok daha geniş alanlara yayılır. İletimliliği küçük akiferlerde ise düşüm konisinin yayılımı az, fakat derinliği fazladır.

### **3.7.7 Etki Alanı Yarıçapı**

Kuyu merkezinin teorik olarak düşümün sıfır olduğu yere uzaklığıdır. Pratikte ise ölçülmeyecek kadar küçük bir düşüme olan uzaklıktır. Düşümün sıfır olduğu uzaklık türlü kuyu ve akiferler için farklı olduğu gibi, aynı bir kuyuda farklı debi ve pompaj süresine göre de farklı olur. Etki alanı yarıçapı birkaç gözlem kuyusu yardımı ile tayin edilebilir.

### **3.7.8 Gözlem Kuyuları**

Gözlem kuyuları genellikle küçük çaplı sondajlardır. Sondaj kuyusu etrafında pompajdan dolayı oluşan düşüm konisinin gelişimini kontrol etmek için gerekli olduğu gibi, özellikle depolama katsayısının hesaplanması için kesinlikle gereklidir. Depolama katsayısı gözlem kuyularında zaman bağılı olarak ölçülen düşümlere göre hesaplanır.

## **3.8 Pompa Testini Etkileyen Etmenler**

Pompa testinden sonra hesaplanan akifer karakteristiklerinin doğru hesaplanabilmesi için pompa testinin doğru yapılması gerekir. Fakat pompa testinin doğru yapılmasını etkileyen bir çok etken vardır. Bunlar;

- Akiferin kalınlığı çok değiştiği,
- Akiferin kalınlığı azaldığı,
- Akifer formasyon çok az geçirgen olduğu,
- Kuyu yakınında geçirimsiz bir sınırın olduğu,
- Karstik bölgede olduğu gibi, akifer formasyon su tablasının oluşumunda heterojen bir durum gösterdiğinde, yani geniş erimeli boşluklarla karşılaşıldığı,

- Sondaj kuyusu akiferi tüm kalınlığı boyunca kat etmediği durumlardır.

### **3.9 Çalışma Sahasında Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Uygun Olan Yöntemler**

Çalışma sahasında 1. ve 2. Pompaj deneylerinde kuyuların litolojik özellikleri ve statik seviyelerine bakılarak “Basıncılı Akifer” oldukları varsayılmıştır. Bu koşullarda akifer karakteristiklerini belirlerken düşüm-zaman değerlerinde Jacob Yaklaşık Yöntemi kullanılmıştır. Pompaj bittikten sonra kuyudaki su seviyesine ait yükselim-zaman değerleri kullanılarak Thies Yükselim Yöntemi uygulanmıştır. Bu iki yöntemde bulunan değerler karşılaştırılarak yorum yapılmıştır. 3. Pompaj deneyinde ise akiferin serbest akifer olduğu varsayılmıştır. Fakat bu deneyde de Jacob Yaklaşık Yöntemi ve Thies Yükselim Yöntemi kullanılmıştır. Çünkü gecmiş debi etkisi görülmeyen serbest bir akiferde, pompaj kuyusuna doğru ana akım, basınçlı bir akiferdeki pompaj kuyusuna doğru olan akımla eşdeğerlidir (Öktü ve diğerleri, 1996) Ayrıca yükselim testlerinde karstik ortamlara bağlı çalkantılar olmamakta, dolayısıyla yükselimler düşümlere göre daha doğru sonuçlar verdiği için Thies Yükselim Yöntemi uygulanmıştır.

Bu yöntemlerin uygulanırken aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir

- Akifer tabandan basınçlı bir akifer ile sınırlandırılmıştır.
- Tüm jeolojik formasyonlar yatay olup, sonsuz yatay uzanımlıdır.
- Akiferin basınç yüzeyi pompalama başlamadan önce yataydır.
- Akiferin basınç yüzeyi pompalama başlamadan önce değişmemiştir.
- Basınç yüzeyinin konumundaki tüm değişimler sadece pompalama kuyusuna bağlı olarak gerçekleşmiştir.

- Akifer homojen ve izotropdur.
- Kuyuya doğru olan tüm akış ışınsaldır.
- Yer altı suyu akışı yataydır.
- Darcy yasası geçerlidir.
- Yer altı suyunun yoğunluğu ve viskozitesi sabittir.
- Pompalama kuyusu ve gözlem kuyuları akifer tüm kalınlığı boyunca tamamen kesmiş olup, filitrelidir.
- Pompalama kuyusu olabilecek en küçük çapa ve % 100 etkiye sahiptir.

### 3.9.1 Jacob Yaklaşık Yöntemi

Jacob, deneme pompajı sonuçlarını yarı logaritmik kağıt üzerine, logaritmik apsis ekseni üzerine zamanı, ordinat ekseni üzerine de düşüm değerlerini nakletmiştir.

Böylece elde edilen  $\Delta = f \log t$  grafiğinde noktalar genellikle bir doğru üzerine düşerler. Ancak pompajın ilk anlarında  $u \leq 10^{-2}$  koşulu sağlanamadığından buradaki noktalar bir doğru üzerine düşmezler.

#### 3.9.1.1 Depolama Katsayısı Hesabı

Jacob' un düşümü veren yaklaşık formülünden gidilerek hesaplanır:

$$\Delta = (0,183 Q / T \log 2,25) \times (Tt / r^2 S)$$

Diğer terimler bilinirse S'nin hesaplanması olanaklıdır.

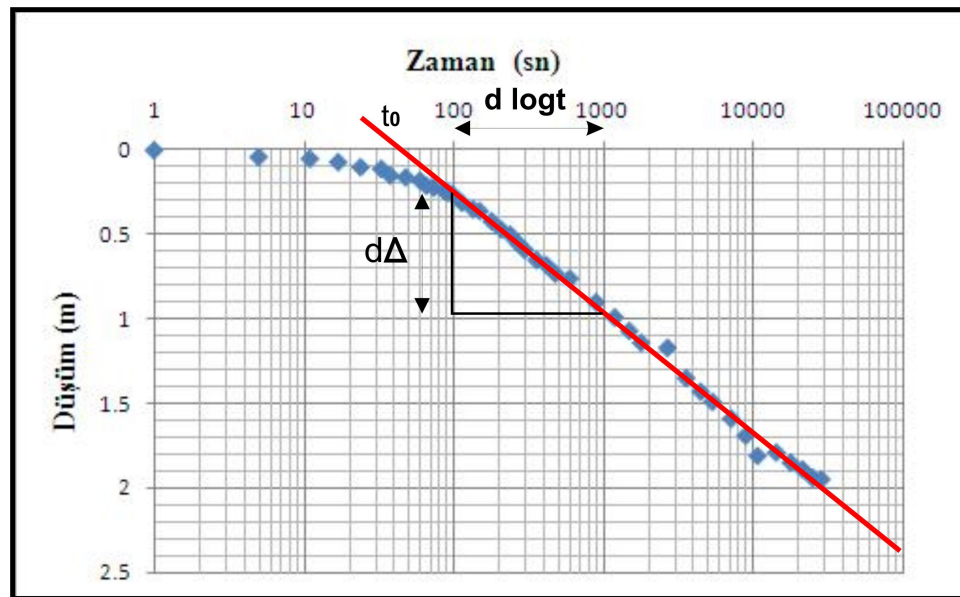
$t_0$  değerinin bulunması ile S'nin hesaplanması:  $t_0$  anı,  $\Delta = f \log t$  eğrisinden bulunur. Çizilen eğri genel eğimi yönünde uzatılırsa bunun apsis eksenini kestiği nokta  $t_0$  noktasıdır (Şekil 3.8).



Bu noktada ordinat ekseninin başlangıç değeri sıfır alındığından,  $\Delta = 0$  'dır. O halde Jacob' un düşümü veren formülü sıfıra eşitlenirse:

$$0 = (0,183 Q / T \log 2,25) \times (T t_0 / r^2 S) \text{ elde edilir.}$$

Bu formülün sıfıra eşit olabilmesi için çarpanlardan birisinin sıfır olması gerekir. Birinci çarpan olan  $0,183 Q / T$  sıfır olamaz. O halde ikinci çarpanın sıfır olması gerekir.



Şekil 3.8 Yarı log düşüm-zaman grafiğinde, Jacob yönteminin uygulanması

$$\text{Log } (2,25 T t_0 / r^2 S) = 0$$

iki tarafın logaritması alınır. Logaritması 0 olan sayı 1' dir.

$$2,25 T t_0 / r^2 S = 1$$

buradan da :

$$S = 2,25 T t_0 / r^2 \text{ S bulunur.}$$

Bu formül serbest ve basınçlı akiferler için geçerlidir.

### 3.9.1.2 İletkenlik Katsayısının (Transmisibilitenin) Hesaplanması

İletkenlik katsayısının hesaplamak için de aynı graftan yararlanılır. Bunun için Jacob'un düşümü veren formülün her iki tarafı Q' ye bölünür ve logaritmik çarpan, iki logaritmik ifadenin toplamı şeklinde yazılırsa:

$$\Delta/Q = 0,183 / T (\log t + \log 2,25 T / r^2 S)$$

elde edilir. Kuyuda pompalama sabit bir Q debisiyle yapıldığı zaman, (  $2,25T / r^2S$  ) değeri de sabit olur. Formülde değişkenlerin türevi alınır;

$$d\Delta / Q = (0,183 / T) d \log t \text{ elde edilir.}$$

Buradan  $d\Delta \times T = Q \times 0,183 \times d \log t$  ve  $T = (0,183Q \ d \log t) / d\Delta$  olup,  $d \log t$ , logaritmik apsis ekseninde bir logaritmik devre karşıt gelen zamandır.  $D \log t = 1$ 'dir. O halde;

$$T = 0,183Q / d\Delta' \text{ dir.}$$

$$T = \text{İletkenlik Katsayısı} - m^2/S$$

$$Q = \text{Pompaj Debisi} - m^3/S$$

$d\Delta = \Delta = f \log t$  grafında apsis ekseninde bir logaritmik devre karşıt gelen ordinat eksenindeki düşüm değeri  $-m$  dir.

Eğer  $\Delta / Q = f \log t$  veya  $\Delta / Q = f \log t / r^2$  eğrisi çizilirse, o zaman  $T = 0,183 / d\Delta$  formülü kullanılır. Ancak buradaki  $d\Delta$ ,  $d\Delta / Q$  eşdeğeri olarak düşünülmelidir.

$\Delta m \geq (1/10) H$  koşulunda, düzeltilmiş düşüm değerleri ( $=\Delta c$ ) hesaplanarak  $\Delta c = f \log t$  grafi çizilir. Bu graftan yararlanarak hesaplanan T değerleri daha gerçek, S değerleri de gerçeğe daha yakındır.

### 3.9.1.3 Düşüm Konisi Etki Alanı Yarıçapının Hesaplanması

Dengesiz rejimde düşümü veren Jacob' un yaklaşık formülü ile, dengeli rejimde basınçlı akiferlerde düşümü veren Dupuit formülleri birbirlerine eşitlenir. Böylece dengeli rejimden dengesiz rejime geçiş koşulu da bulunur.

$$(2,3xQ) / 2x2\pi xT \log (2,25xTxt)/r^2 S = (2,3xQx \log R/ r) / 2x \pi xT \text{ 'dir.}$$

Eşitliğin her iki tarafı  $(2,3xQ) / (2x \pi xT)$  ' ye bölünür sonra 2 ile çarılarak;

$$(2x0,5 \log (2,25 T t) / r^2 S = (\log R / r) x 2 \text{ olur.}$$

Kısaltmalar yapılarak ve logaritma özelliğinden,

$$\log (2,25 T t) / r^2 S = \log R^2 - \log r^2 \text{ yazılır.}$$

Sadeleştirme yapılarak;

$$\log R^2 = \log (2,25 T t) / S \text{ bulunur.}$$

Önce iki tarafın logaritması, sonra karekökü alınarak ;

$$R = 1,5 \sqrt{(T t / S)} \text{ elde edilir.}$$

R= Pompaj kuyusunun etki yarıçapı – m

T= İletkenlik katsayısı –m<sup>2</sup>/s

$t = \text{Pompaj süresi} - s$

$S = \text{Depolama katsayısı} - \%$

R'nin büyümesi akifer formasyonda T ve S sabit olduğundan zamanın karekökü ile orantılıdır. Buradaki 1,5 katsayısı da her zaman sabit olmayıp, değişik araştırmacılara göre 1,5-3 arasında değişmektedir. Genellikle 1,5 olarak alınır.

Düşümün sıfır olduğu anda depolama katsayısını veren formül:

$S = (2,25 T t_0) / r^2$  'idi.  $\Delta \rightarrow 0$  iken,  $r \rightarrow R$  'ye yaklaşır. O halde,

$S = (2,25 T t) / R^2$  alabiliriz.

$R^2 = 1,5 \sqrt{(T t / S)}$  elde edilir.

### 3.9.2 Thies Yükselim Yöntemi

Dengeli akıma ulaşıldıktan sonra pompaj kesilir. Bu yöntemde pompaj bittikten sonra su seviyesi yükselmeye başlarken zamana karşı yükselim değerleri yarı logaritmik kağıda aktarılır (Şekil 3.9). Bu noktadan geçen doğru çizilir ve bu doğrunun  $t'$  eksenini 0 değerinde kesitiği nokta bize  $t_0$  değerini verir. Daha sonra  $(t_1+t') / t'$  değerlerine karşılık artık düşüm değerleri yarı logaritmik kağıda aktarılır (Şekil 3.10). Bu noktalardan geçen doğru çizilir ve 1 logaritmik devirin ordinattaki karşısındaki değeri bize  $d\Delta$  değerini verir.

Daha sonra aşağıdaki bağıntılarla akifer karakteristikleri hesaplanır.

Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25xt_0T / r^2$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

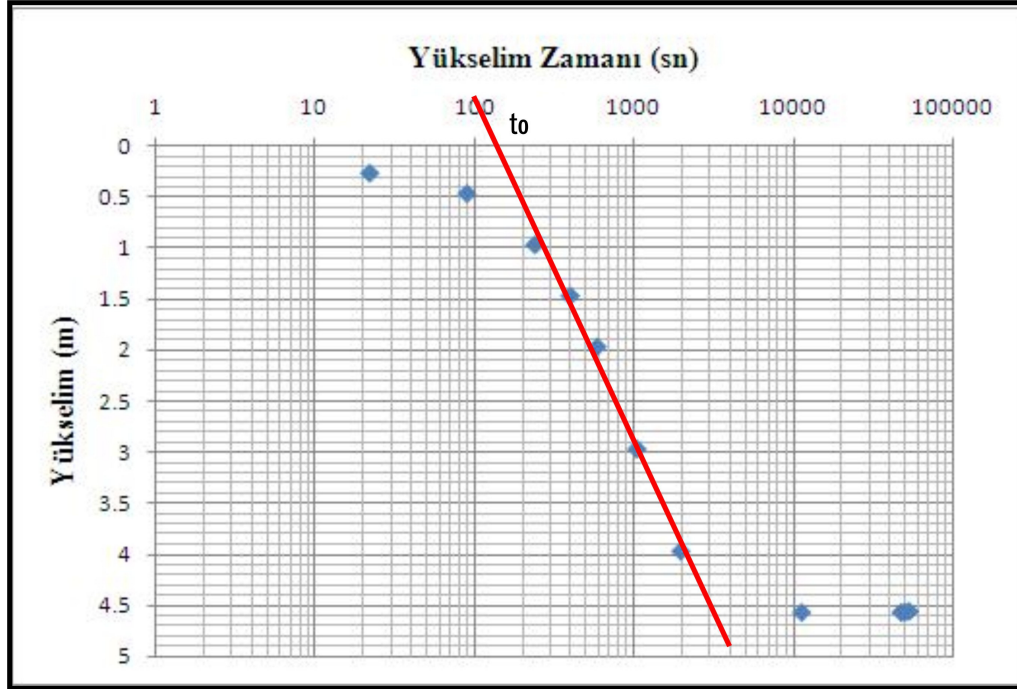
Formuller kullanılarak bulunur.

Burada;

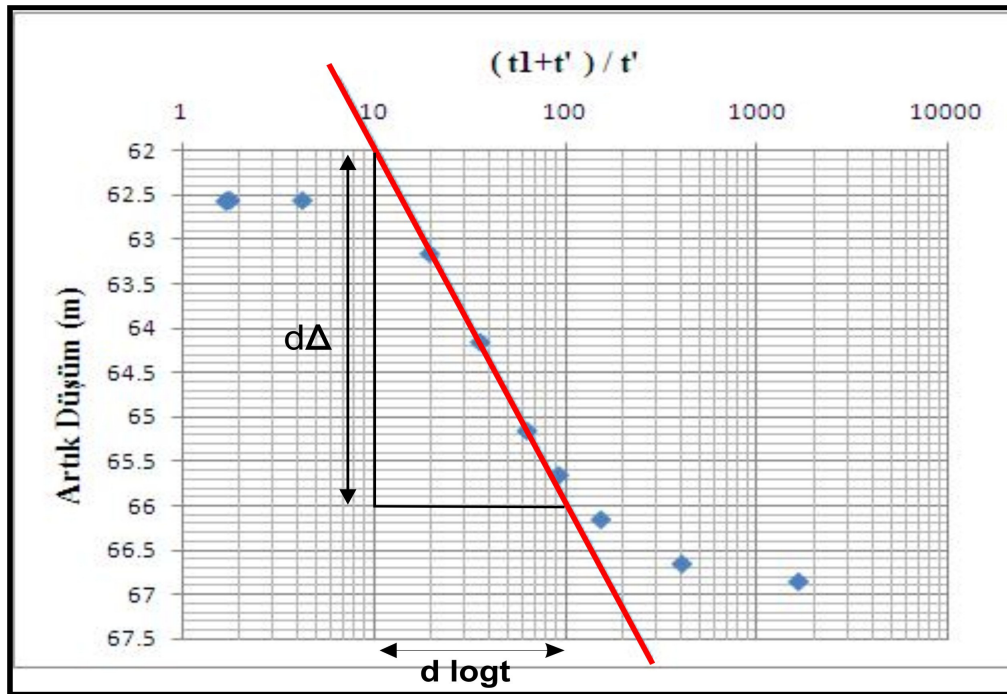
$t_1$  = Pompajın başlangıcından durduğu ana kadar geçen zaman – s

$t'$  = pompajın durduğu andan itibaren yükselimin ölçüldüğü ana kadara geçen zaman-s

$d \Delta$  = Pompajın durduğu anda itibaren kuyu veya gözlem kuyusunda herhangi bir  $t'$  anında ölçülen dinamik seviye yani artık düşüm –m



Şekil 3.9 Thies yükselim yönteminde  $t_0$  değerinin grafik yöntemiyle bulunması



Şekil 3.10 Thies yükselim yönteminde  $d\Delta$  değerinin grafik yöntemiyle bulunması

### **3.10 Çalışma Sahasındaki Pompa Testlerine Ait Verilerle Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesi**

Çalışma sahasında Kozlu, Zonguldak, ve Kapuz formasyonların akifer karakteristiklerini belirlemek ve bu formasyonlara deniz suyunun gelip gelmediğini araştırmak amacıyla MTA tarafından Bağlık ve Gelik bölgelerinde kuyular açılmış ve bu kuyularda pompa testleri uygulanmıştır. Bu testler de Kozlu formasyonun karakteristiklerini belirlerken HG-8 kuyusundan pompaj yapılmış ve HG-9 kuyusu gözlem kuyusu olarak kullanılmıştır. Bu kuyulara ait bilgiler Şekil 3.11 de verilmiştir.

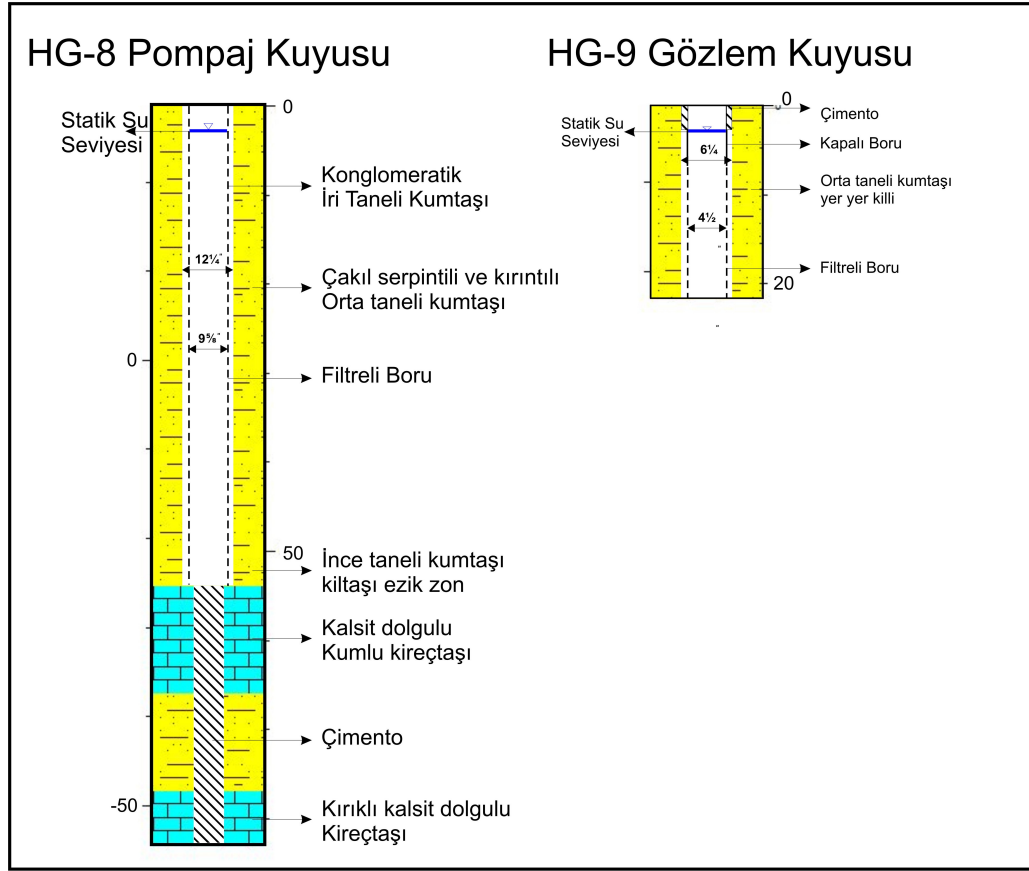
Zonguldak formasyonunun karakteristiklerini belirlerken HG-12 kuyusundan pompaj yapılmış, HG-4, HG-5 ve HG-6 kuyuları gözlem kuyuları olarak kullanılmıştır. Bu kuyulara ait bilgiler Şekil 3.12 de verilmiştir.

Kapuz formasyonunun karakteristiklerini belirlerken HG-4 kuyusundan pompaj yapılmış ve HG-6 kuyusu gözlem kuyusu olarak kullanılmıştır. Bu kuyulara ait bilgiler Şekil 3.13 de verilmiştir.

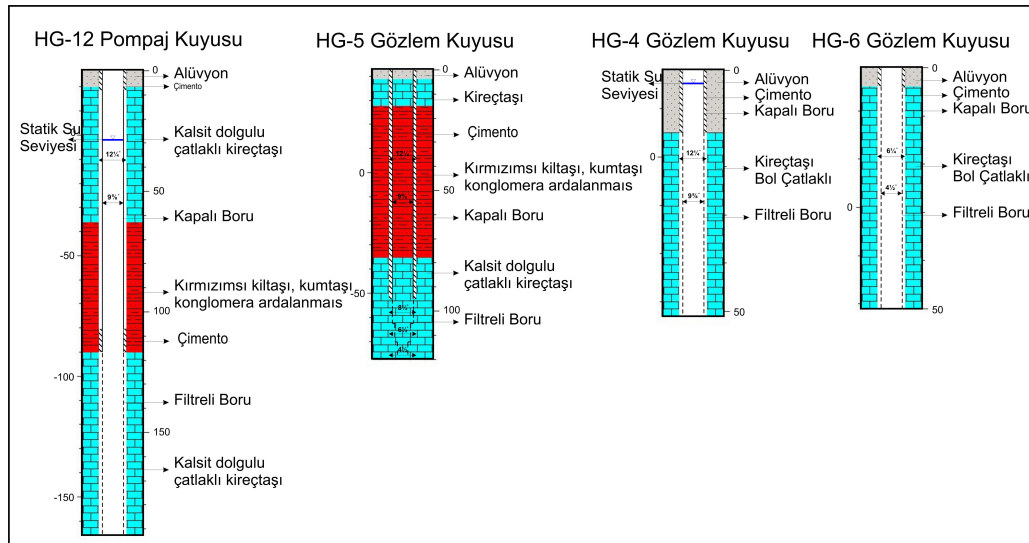
Yapılan bu pompa tetlerine ait sonuçlar (Öktü ve diğerleri, 1996) dan alınmış, gerekli programlar ve temel hidrojeolojik bilgiler kullanılarak derlenmiştir.

#### ***3.10.1 Birinci Pompa Testi***

Testin amacı : Bağlık Bölgesinde kömür içeren Kozlu Formasyonunun akifer karakteristiklerinin bulunması ve pompaj sırasında deniz suyunun Kozlu Formasyonuna gelip gelmediğinin araştırılmasıdır.

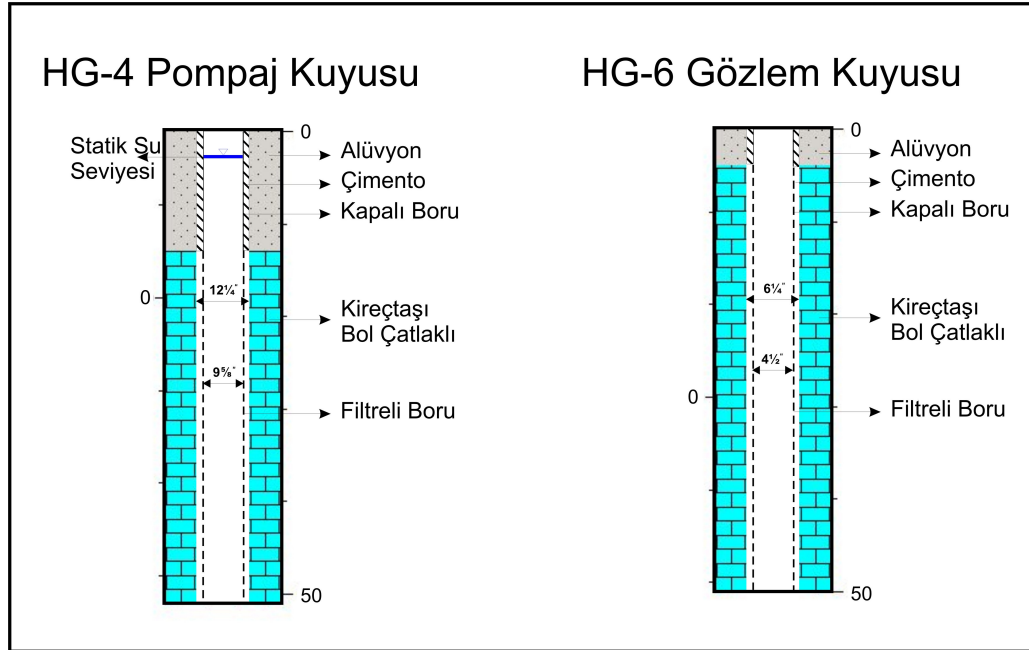


Şekil 3.11 Birinci pompa testinin kuyuları



Şekil 3.12 İkinci pompa testinin kuyuları





Şekil 3.13 Üçüncü pompa testinin kuyuları

HG-8 pompaj kuyusuna ait zamana karşı düşüm değerleri Tablo 3.5 de verilmiştir.

Tablo 3.5 HG-8 pompaj kuyusunda zamana karşı ölçülen düşüm değerleri (MTA, 1996)

ZAMAN (sn)	DÜŞÜM (m)	DEBİ (L/s)	ELEKTRİKSEL KONDÜKTİVİTE ( $\mu\text{mho/cm}$ )	SICAKLIK
0	0,00	0		
5	0,04			
11	0,05			
17	0,07			
24	0,10			
33	0,11			
38	0,15			
48	0,16			
60	0,18	0,2		
66	0,21			
74	0,22			
87	0,24			
92	0,25	0,25		

Tablo 3.5'in devamı.

99	0,26			
114	0,31			
136	0,35			
150	0,36			
180	0,42			
210	0,47			
240	0,50			
270	0,55	0,25		14
300	0,59			
360	0,65			
420	0,68			
480	0,73	0,25		
600	0,76			
900	0,90	0,25	591	14,8
1200	0,99			
1500	1,07			
1800	1,14	0,25	588	14,8
2700	1,17	0,25	581	14,9
3600	1,35	0,25	576	14,96
4500	1,43			
5400	1,49	0,25	568	14,9
7200	1,59	0,25	565	15
9000	1,69	0,25	561	15
10800	1,81	0,25		
14400	1,79	0,25	563	15,2
18000	1,85	0,25	562	15
21600	1,89	0,25	562	14,9
25200	1,94	0,25	561	14,5
28800	1,95 denge	0,25	553	14,6

Düşüm ( $\Delta$ ) : 1,95 m

Pompaj Süresi ( $t_1$ ) : 28800 sn

Denge Debisi ( $\emptyset$ ) :  $0,25 \text{ l/sn} \times 0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sn}$

Kuyu Yarıçapı ( $r$ ) : 0,1222 m

Filtre kalınlığı (h) : 48,81 m

HG-8 pompaj kuyusuna ait düşüm testinden sonra zamana karşı yükselim değerleri Tablo 3.6 da verilmiştir.

Tablo 3.6 Düşüm deneyinden sonraki zamana karşı yükselim değerleri (MTA, 1996)

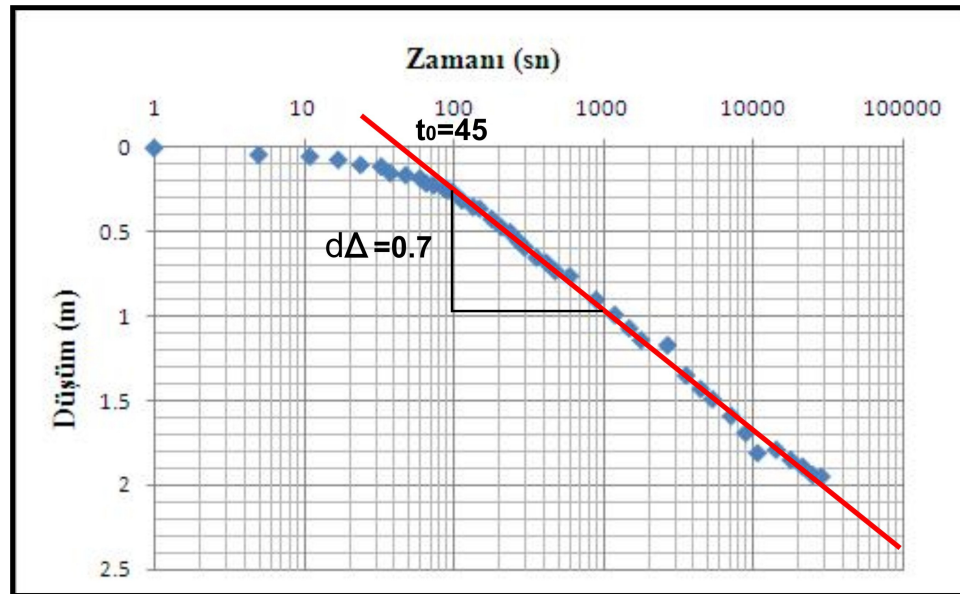
ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)	ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)
0	0,00	2100	1,14
20	0,16	2400	1,19
45	0,24	3000	1,24
55	0,29	3300	1,29
70	0,34	3600	1,29
80	0,39	3900	1,32
90	0,40	4800	1,38
110	0,43	5700	1,43
125	0,47	6600	1,47
135	0,49	7500	1,50
155	0,51	8400	1,54
180	0,54	17400	1,72
195	0,57	28200	1,79
235	0,59	39000	1,82
300	0,64	39900	1,84 denge
420	0,74	40800	1,84
540	0,80	41700	1,84
660	0,86	42600	1,84
900	0,94	43500	1,84
1200	0,99	44400	1,84
1500	1,05	45300	1,84
1800	1,10		

Bu deneye ait verileri incelediğimizde, pompaj testi sırasında elektriksel konduktivite değerinin sabit kaldığını, ortalama olarak 570  $\mu\text{mho/cm}$  değerinde seyrettiğini görüyoruz. Buda Kozlu Formasyonu'nda 0,25 l/sn debi ile su çekildiğinde, deniz suyunun bu formasyona gelmediğini göstermektedir.

Pompaj kuyusunda 0,25 l/sn sabit debi ile pompaj esnasında 1,95 m düşüm elde edilmiştir. Bu kuyundan 9,52 m ötede bulunan gözlem kuyusunda 54 cm lik bir düşüm olmuştur. Bu da bize bu iki kuyunun aynı akifer içerisinde olma ihtimalinin fazla olduğunu göstermektedir.

Pompaj testinden sonra kuyunun akifer karakteristiklerini hesaplamak için bazı hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken sabit bir debi ile pompaj esnasında kuyudaki su seviyesinin sabitlenmesinden dolayı dengeli akım olduğu, pompaj kuyusu yapılan formasyonun içerdiği kıltaşı birimlerinden dolayı basınçlı akifer olduğu varsayılmıştır.

Bu varsayımlar altında akifer karakteristiklerini belirlerken Jacob Yaklaşık Yöntemi kullanılmış ve pompaj kuyusunudaki düşüm verilerinin zamana karşı grafiğini yarı logaritmik kağıda çizilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 HG-8 pompaj kuyusunun düşüm zaman grafiği

Grafikten  $d\Delta=0,7$  m ve  $t_0=45$  sn değerlerini buluyoruz.

Bu veriler eşliğinde gerekli hesaplamalar yapılırsa;

Transmissiblite

$$T= 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,25 \times 10^{-3} / 0,7$$

$$T = 6,54 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 6,54 \times 10^{-5} / 48,81$$

$$K = 1,14 \times 10^{-6} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 45 \times 6,54 \times 10^{-5} / (0,1222)^2$$

$$S = \%44,34$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

$$R = 1,5 (6,54 \times 10^{-5} \times 28800 / 0,4434)^{1/2}$$

$$R = 3,10 \text{ m}$$

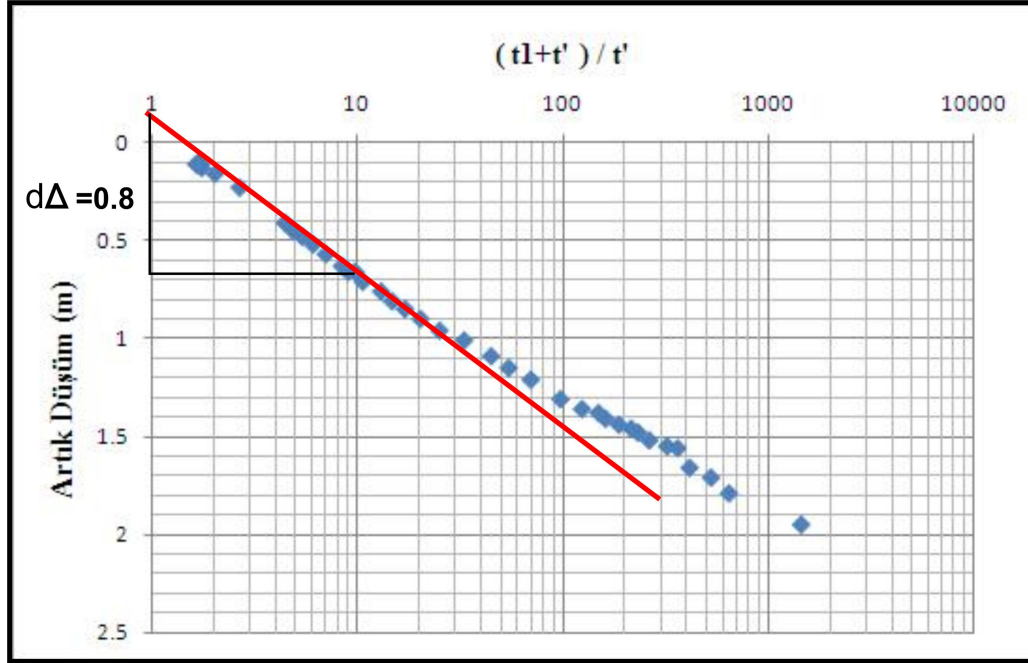
olarak bulunur.

Pompaj testi tamamlandıktan sonra pompaj kuyusunda zaman karşı yükselim değerleri ölçülmüştür. Bu kısımda bu veriler Thies Yükselim Metodu kullanılarak akifer karakteristikleri tekrar hesaplanmıştır. Tablo 3.6 daki düşüm deneyini takip eden yükselim değerleri Thies Yükselim Yöntemine göre düzenlenirse (Tablo 3.7);

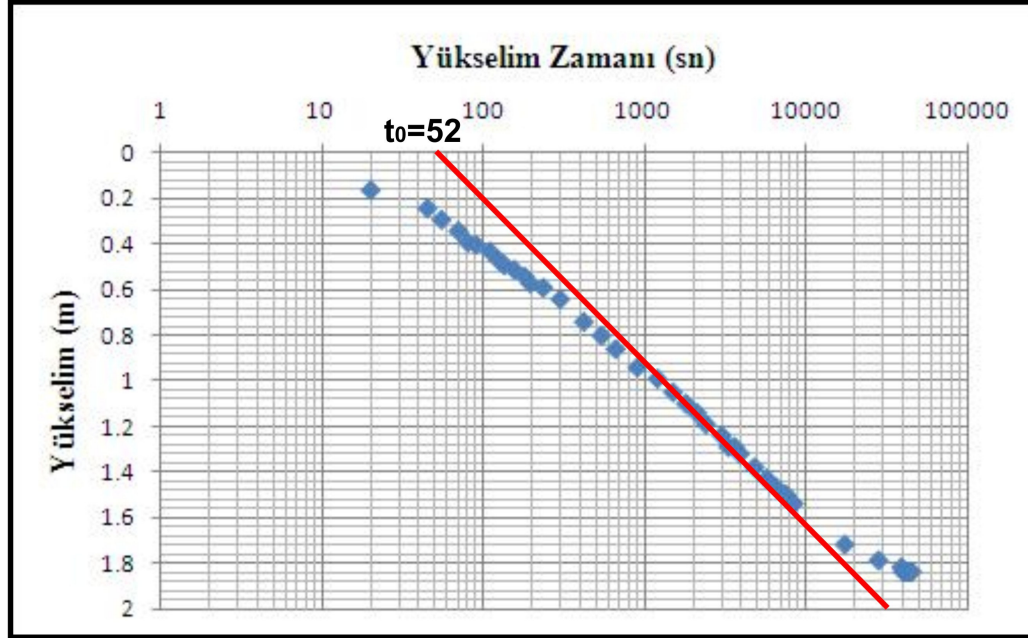
Tablo 3.7 Thies yükselim yöntemine göre düzenlenmiş yükselim değerleri (MTA, 1996)

YÜKSELİM ( $\Delta y$ )(m)	ARTIK DÜŞÜM (m)	YÜKSELİM ZAMANI (sn)	( $t_1+t'$ )/ $t'$	YÜKSELİM ( $\Delta y$ )(m)	ARTIK DÜŞÜM (m)	YÜKSELİM ZAMANI (sn)	( $t_1+t'$ )/ $t'$
0	1,95	0					
0,16	1,79	20	1441,0	1,14	0,81	2100	14,71
0,24	1,71	45	641,0	1,19	0,76	2400	13
0,29	1,66	55	524,64	1,24	0,71	3000	10,6
2,34	1,61	70	412,43	1,29	0,66	3300	9,73
0,39	1,56	80	361,0	1,29	0,66	3600	9,0
0,4	1,55	90	321,0	1,32	0,63	3900	8,38
0,43	1,52	110	262,82	1,38	0,57	4800	7,0
0,47	1,48	125	231,4	1,43	0,52	5700	6,05
0,49	1,46	135	214,33	1,47	0,48	6600	5,36
0,51	1,44	155	186,81	1,5	0,45	7500	4,84
0,54	1,41	180	161	1,54	0,41	8400	4,43
0,57	1,38	195	148,69	1,72	0,23	17400	2,66
0,59	1,36	235	123,55	1,79	0,16	28200	2,02
0,64	1,31	300	97,0	1,82	0,13	39000	1,74
0,74	1,21	420	69,57	1,84	0,11	39900	1,72
0,8	1,15	540	54,33	1,84	0,11	40800	1,71
0,86	1,09	660	44,64	1,84	0,11	41700	1,69
0,94	1,01	900	33,0	1,84	0,11	42600	1,68
0,99	0,96	1200	25,0	1,84	0,11	43500	1,66
1,05	0,9	1500	20,2	1,84	0,11	44400	1,65

Bu tablodan yararlanılarak Thies yükselim yöntemine göre aşağıdaki grafikler çizilmiştir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16);



Şekil 3.15 HG-8 kuyusu için T-K grafiği



Şekil 3.16 HG-8 kuyusu için depolama katsayısı grafiği

Grafiklerden  $d \Delta = 0.8 \text{ m}$   $t_0 = 52 \text{ sn}$  değerlerini buluyoruz.

Bu veriler eşliğinde gerekli hesaplamalar yapılırsa;

Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,25 \times 10^{-3} / 0,8$$

$$T = 5,72 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 5,72 \times 10^{-5} / 48,81$$

$$K = 1,17 \times 10^{-6} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 52 \times 5,72 \times 10^{-5} / (0,1222)^2$$

$$S = \%44,83$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$



$$R=1,5 (5,72 \times 10^{-5} \times 28800 / 0,4483)^{1/2}$$

$$R=2,87 \text{ m}$$

olarak bulunur.

Kumtaşı, konglomera, kömür ve kilitaşı ardalımalı birim içerisinde iki yöntemde de bulunan bu etki yarıçapı değerlerinin 3,10 m ve 2,87 m olması hiç sağlıklı değildir. Çünkü pompaj kuyusunun 9,52 m yanında bulunan gözlem kuyusunda 54 cm lik bir düşüm meydana gelmiştir. Aynı formasyon içerisindeki bu iki kuyuda aynı anda düşüm olmasından dolayı etki yarı çapının minimum bu iki kuyu arasındaki mesafe yani 9,52 m olması gerekir. Ayrıca basınçlı akiferlerde etki yarıçapı değerinin birkaç kilometreyi bile bulduğu grlmektedir. Burada çok düşük bir debiyle çekim yapılması ve düşüm değerlerinin ölçüldüğü sürenin dengeli akım koşullarına ulaştığı sanılarak kısa tutulması hataya sebep olmuştur.

### **3.10.2 İkinci Pompa Testi**

Testin amacı : Barremiyen yaşlı kireçtaşlarının akifer karakteristiklerinin bulunması.

Tarih : 19.12.1994

Pompaj kuyusu : HG-12

Gözlem kuyusu : HG-4, HG-5, HG-6

Statik Seviye : 66,87

HG-12 pompaj kuyusuna ait zamana karşı düşüm değerleri Tablo 3.8 de verilmiştir.

Tablo 3.8 HG-12 pompaj kuyusunda zamana karşı ölçülen düşüm değerleri (MTA, 1996)

Zaman	Düşüm	Debi	Konduktivite	Sıcaklık
0	0	0		
22	1.74	0.2		
33	2.74			
63	4.48			
78	4.67			
114	4.75	0.2		
129	4.95			
176	5.18	0.18		
198	5.26			
235	5.43			
257	5.52			
290	5.68			
330	5.72			
366	6			
415	6.17			
428	6.23			
478	6.43			
504	6.53			
572	6.8	0.16	258	14.8
660	7.13		443	14.9
900	7.95			
1200	9	0.13		
1621	10.24	0.15		
1997	11.46			
2385	12.53			
2700	13.55		450	14
3240	15.18			
3600	16.12			
4500	18.4		458	15.2
5400	20.67			
6840	23.78	0.13		
9000	24.08	0.15	476	15.4
10800	31.63	0.13	480	15.6
12900	35.27		484	16.2
13320	36.13	0.16		
13960	37.72		486	15.9
15660	42.37		480	15.2

Tablo 3.8'in devamı.

17460	46.47		502	15.5
19260	49.93		504	16.4
21060	53.4		508	17.4
22860	56.31		510	17.8
24660	58.13		514	18.2
56460	59.67		522	18
28260	61.05	0.15	524	18.3
30780	62.85		534	18.8
31860	63.55		536	18.7
33660	64.94		541	19.1
35460	65.61	0.11	544	18.4
37260	66.18	0.11	542	18.2
39060	66.53	0.11	548	18.2
40860	66.53	0.11	528	18.2
41760	66.53	0.11	528	18.2
42720	66.53	0.11	520	18

Pompaj süresi :  $t = 39060$  sn

Düşüm :  $\Delta = 66,53$  m m

Denge debisi :  $Q = 0,13$  lt/sn =  $0.13 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/sn

Kuyu yarıçapı :  $r = 0,1095$  m

Filtre kalınlığı :  $h = 68,5$  m

HG-12 pompaj kuyusuna ait düşüm testinden sonra zamana karşı yükselim değerleri Tablo 3.9 da verilmiştir.

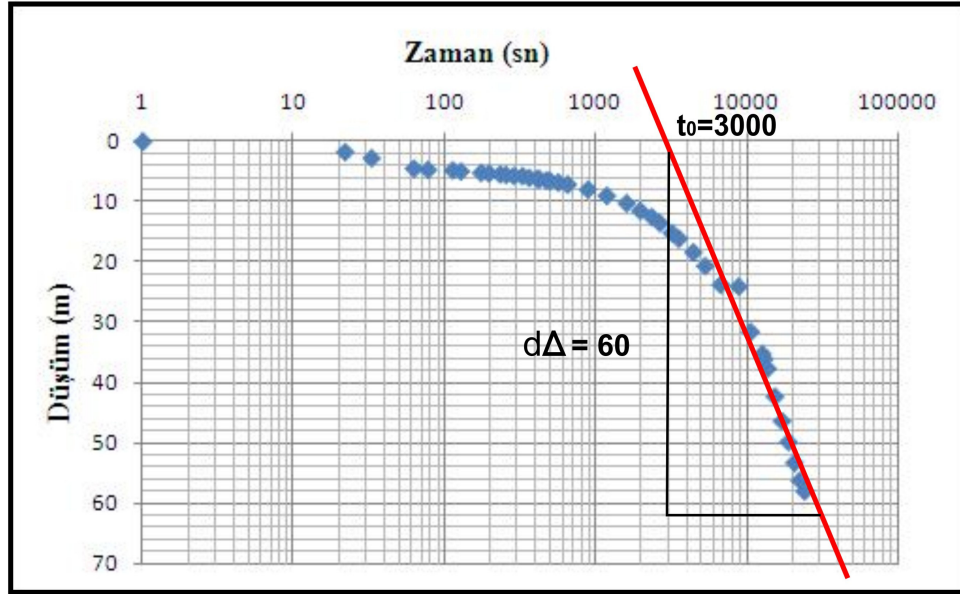
Tablo 3.9 Düşüm deneyinden sonraki zamana karşı yükselim değerleri (MTA, 1996)

ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)	ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)
0	0,00	41400	34,07
105	0,2	43200	35,1
142	0,25	45000	36,3
195	0,3	46800	37,1
245	0,35	48600	38,17
298	0,4	50400	38,95
352	0,45	52200	39,7
402	0,5	54000	40,97
510	0,6	55800	41,62
605	0,7	57600	42,47
820	0,9	59400	43,32
1335	1,4	61200	44,12
1865	1,9	63000	45
2436	2,4	202000	66,87
39600	32,35	225300	66,87

Pompaj süresince pompaj kuyusunda elektriksel konduktivite ve su değerleri, su çekildikçe artmıştır. Burada elektriksel konduktivite değerini arttıracak iki neden bulunmaktadır. Birincisi deniz suyu girişimidir. İkincisi ise çalışma alanının yoğun yerleşim yeri olmasından kaynaklanan bir kirlilik içeren suların, pompaj ilerledikçe kuyuya doğru hareketidir. Pompaj esnasında uzaklıkları 8,25, 21,02 ve 79,64 metre olan gözlem kuyularında bir düşüme rastlanılmamıştır.

Pompaj testinden sonra kuyunun akifer karakteristiklerini belirlemek için bazı hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken sabit bir debi ile pompaj esnasında kuyudaki su seviyesinin sabitlenmesinden dolayı dengeli akım olduğu, pompaj kuyusu yapılan formasyonun üzerinde geçirimsiz bir birimle sınırlı olması ve filtreli geçilen seviye ile statik su seviyesi arasındaki farktan dolayı basınçlı akifer olduğu varsayılmıştır.

Bu varsayımlar altında akifer karakteristiklerini belirlerken Jacob Yaklaşık Yöntemi kullanılmış ve pompaj kuyusunudaki düşüm verilerinin zamana karşı grafiğini yarı logaritmik kağıda çizilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 HG-12 pompaj kuyusunun düşüm zaman grafiği

Grafikten  $d\Delta = 60$  m ve  $t_0 = 3000$  sn değerlerini buluyoruz.

Bu veriler eşliğinde gerekli hesaplamalar yapılırsa;

Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,11 \times 10^{-3} / 60$$

$$T = 3,35 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 3,35 \times 10^{-7} / 68.5$$

$$K = 4,89 \times 10^{-9} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 3000 \times 3,35 \times 10^{-7} / (0,1095)^2$$

$$S = \% 18,85$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

$$R = 1,5 (3,35 \times 10^{-7} \times 39600 / 0,1885)^{1/2}$$

$$R = 0,40 \text{ m}$$

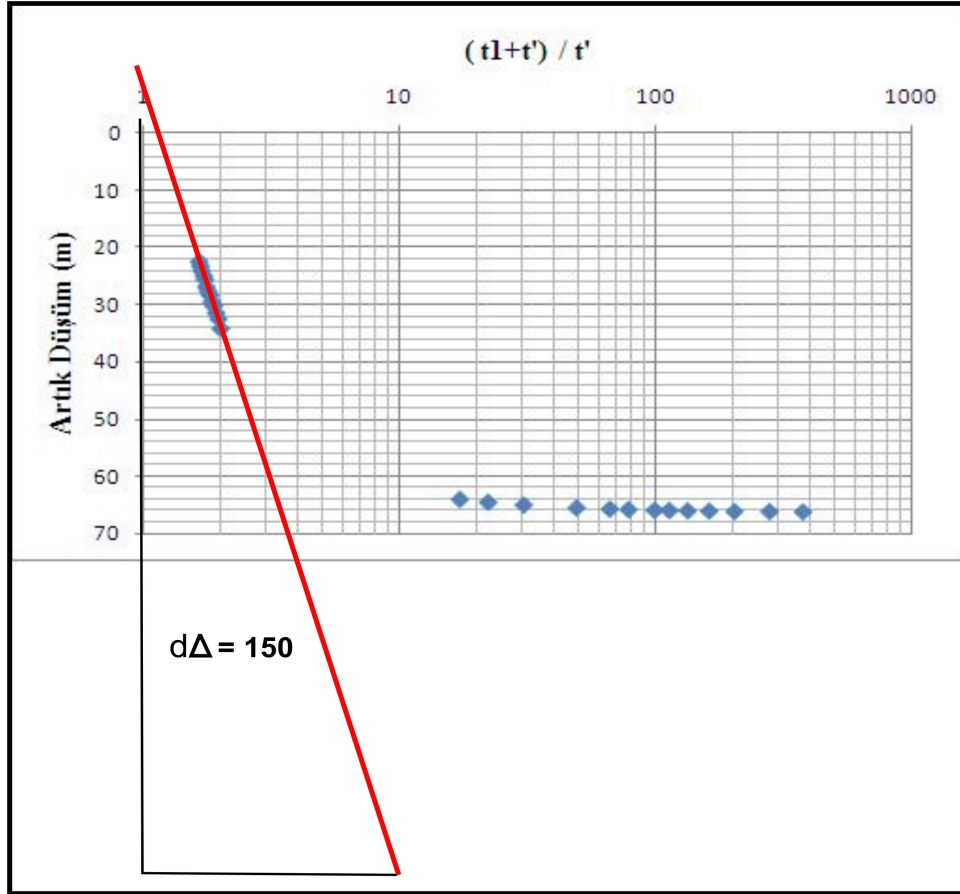
olarak bulunur.

Pompaj testi tamamlandıktan sonra pompaj kuyusunda zaman karşı yükselim değerleri ölçülmüştür. Bu kısımda bu veriler Thies Yükselim Metodu kullanılarak akifer karakteristikleri tekrar hesaplanmıştır. Tablo 3.10 daki düşüm deneyini takip eden yükselim değerleri Theis Yükselim Yöntemine göre düzenlenirse (Tablo 3.11);

Tablo 3.11 Theis yükselim yöntemine göre düzenlenmiş yükselim değerleri (MTA, 1996)

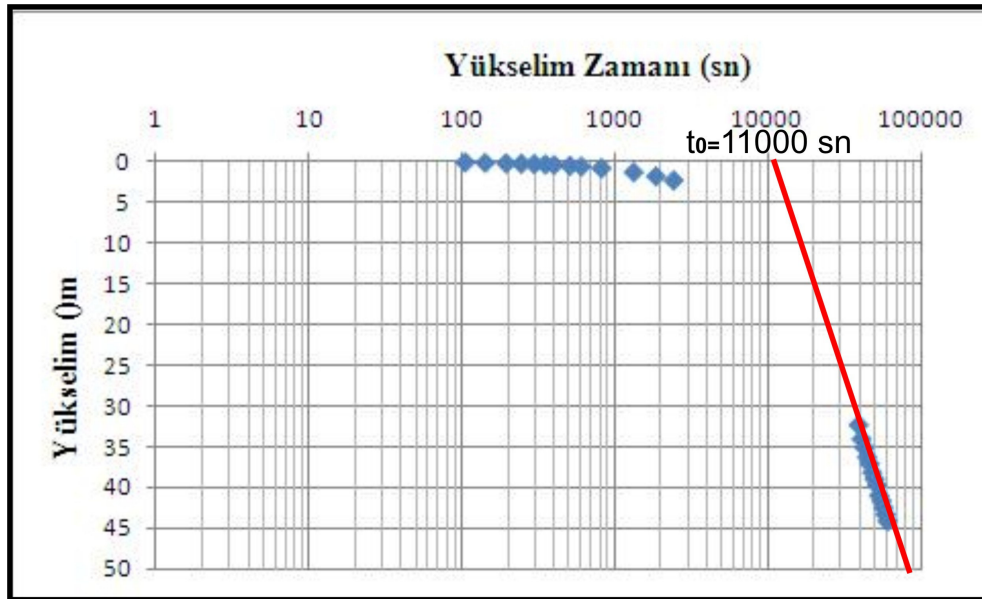
YÜKSELİM ( $\Delta y$ )(m)	ARTIK DÜŞÜM (m)	YÜKSELİM ZAMANI (sn)	$(t_1+t)/t'$
0	66.53	0	$\infty$
0.2	66.33	105	373
0.25	66.28	142	276.07
0.3	66.25	195	201.3
0.35	66.18	245	160.42
0.4	66.13	298	132.07
0.45	66.08	352	111.96
0.5	66.03	402	98.16
0.6	65.93	510	77.58
0.7	65.83	605	65.56
0.9	65.63	820	48.63
1.4	65.13	1335	30.25
1.9	64.63	1865	21.94
2.4	64.13	2436	17.03
32.35	34.18	39600	1.98
34.07	32.46	41400	1.94
35.1	31.43	43200	1.9
36.3	30.23	45000	1.86
37.1	29.43	46800	1.83
38.17	28.36	48600	1.8
38.95	27.58	50400	1.77
39.7	26.83	52200	1.74
40.97	25.56	54000	1.72
41.62	24.91	55800	1.7
42.47	24.06	57600	1.67
43.32	23.21	59400	1.65
44.12	22.41	61200	1.63

Bu tablodan yararlanılarak ilgili grafikler çizilmiştir (Şekil 3.18 ve Şekil 3.19).



Şekil

3.18 HG-12 kuyusu için T-K grafiği



Şekil 3.19 HG-12 kuyusu için depolama katsayısı grafiği



Grafiklerden  $d \Delta = 150$  m ve  $t_0 = 11000$  sn değerlerini buluyoruz.

Gerekli hesaplamalar yapılırsa;

Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,11 \times 10^{-3} / 150$$

$$T = 1,34 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 1,34 \times 10^{-7} / 68,5$$

$$K = 1,96 \times 10^{-9} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 11000 \times 1,34 \times 10^{-7} / (0,1095)^2$$

$$S = \%27,65$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

$$R=1,5 (1,34 \times 10^{-7} \times 39060 / 0,2765)^{1/2}$$

$$R=0,21 \text{ m}$$

olarak bulunur.

Barremiyen yaşlı kireçtaşı içerisinde iki yöntemde de bu etki yarıçapı değerlerinin 0.40 m ve 0.21 m gibi çok küçük değerler olması kireçtaşı içerisinde karstik bir akifer olabileceğini gösteriyor. 8.25 m uzaklıktaki gözlem kuyusunda da hiçbir düşümün meydana gelmemesi bunu doğrulamaktadır. Etki yarıçapı değerinin çok düşük olmasının diğer bir nedeni de düşük bir debiyle çekim yapılması ve düşüm değerlerinin ölçüldüğü sürenin dengeli akım koşullarına ulaştığı sanılarak kısa tutulması olabilir. Bunun da etki yarıçapı değerinin hesaplamasında hataya sebep olması mümkündür.

### 3.10.3 Üçüncü Pompa Testi

Tarih : 17.06.1994

Pompaj kuyusu : HG-4

Gözlem kuyusu : HG-6

Statik Seviye : 2,55

HG-4 pompaj kuyusuna ait zamana karşı düşüm değerleri Tablo 3.12 de verilmiştir.

Tablo 3.12 HG-4 pompaj kuyusunda zamana karşı ölçülen düşüm değerleri (MTA, 1996)

ZAMAN (sn)	DÜŞÜM (m)	DEBİ (L/s)	ZAMAN (sn)	DÜŞÜM (m)	DEBİ (L/s)
0	0	0.058	3300	1.7	
3	0		3600	1.81	0.058
6	0.04		4500	2.14	
11	0.04		5400	2.45	
17	0.04		6300	2.7	

Tablo 3.12'nin devamı.

25	0.05		7200	2.93	0.055
29	0.05		8100	3.15	
36	0.05		9000	3.3	
54	0.08		9900	3.47	
61	0.08		10800	3.67	0.055
77	0.1		11700	3.78	
78	0.11		12600	3.9	
100	0.12		13500	4.05	
110	0.12		14400	4.17	
120	0.15		15300	4.3	
150	0.16		16200	4.37	
180	0.18		17100	4.5	
220	0.21		19800	4.7	
240	0.22		21600	4.8	0.05
270	0.24		23400	4.92	
300	0.26	0.062	26100	5	0.047
360	0.31		27900	5.1	
420	0.33		29700	5.15	0.046
480	0.38		31500	5.22	
540	0.4		33300	5.26	0.046
600	0.44		35100	5.3	
720	0.52		38700	5.35	
840	0.59		42300	5.4	0.045
960	0.67		45900	5.43	
1110	0.75		49500	5.45	
1200	0.8		53100	5.43	0.045
1500	0.95		54000	5.43	
1800	1.1	0.062	54900	5.44	
2100	1.25		55800	5.45	
2400	1.38		56700	5.46	0.045
2700	1.5		57600	5.48	
3000	1.6				

Denge haline ulaşıldığı için deneye son verilmiştir.

Pompaj süresi :  $t = 49500$  sn

Düşüm :  $\Delta = 5,45$  m

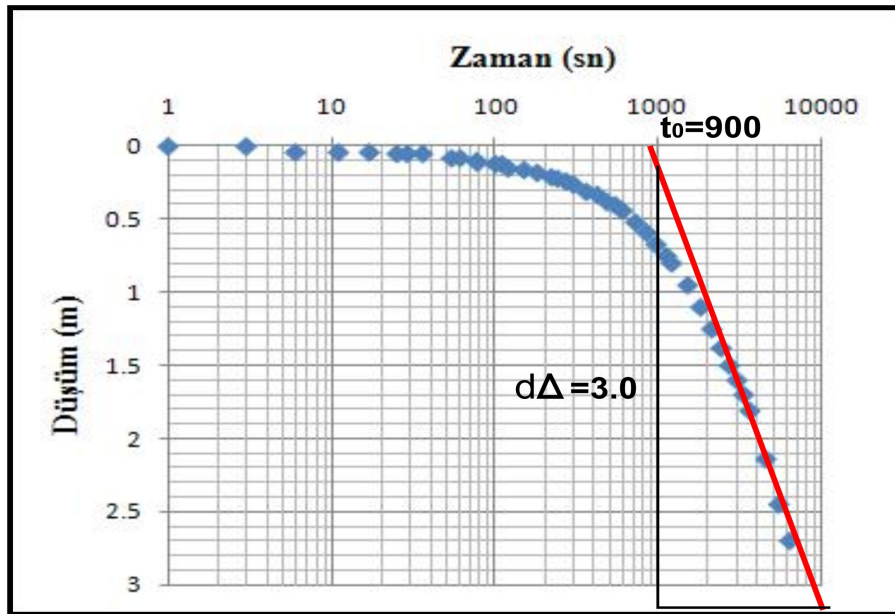
Denge debisi :  $Q = 0,045 \text{ lt/sn} = 0,045 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sn}$

Kuyu yarıçapı :  $r = 0,1222 \text{ m}$

Filtre kalınlığı :  $h = 38 \text{ m}$

Pompaj testinden sonra kuyunun akifer karakteristiklerini belirlemek için bazı hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken sabit bir debi ile pompaj esnasında kuyudaki su seviyesinin sabitlenmesinden dolayı dengeli akım olduğu, pompaj kuyusu yapılan formasyonun üzerinde geçirimli bir birimin ve formasyonun da geçirimli olması nedenleriyle serbest akifer olduğu varsayılmıştır.

Bu varsayımlar altında akifer karakteristiklerini belirlerken Jacob Yaklaşık Yöntemi kullanılmış ve pompaj kuyusunundaki düşüm verilerinin zamana karşı grafiğini yarı logaritmik kağıda çizilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 HG-4 pompaj kuyusunun düşüm zaman grafiği

Grafikten  $d \Delta = 3$  m ve  $t_0 = 900$  sn değerlerini buluyoruz.

Bu veriler eşliğinde gerekli hesaplamalar yapılırsa;

Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,045 \times 10^{-3} / 3$$

$$T = 2,75 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 2,75 \times 10^{-7} / 38$$

$$K = 7,24 \times 10^{-8} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 900 \times 2,75 \times 10^{-6} / (0,1222)^2$$

$$S = \% 37,29$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

$$R=1,5 (2,75 \times 10^{-6} \times 49500 / 0,3739)^{1/2}$$

$$R= 0,91 \text{ m}$$

olarak bulunur.

HG-4 pompaj kuyusuna ait düşüm testinden sonra zamana karşı yükselim değerleri Tablo 3.13 de verilmiştir.

Tablo 3.13 Düşüm deneyinden sonraki zamana karşı yükselim değerleri (MTA, 1996)

ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)	ZAMAN (sn)	YÜKSELİM (m)
0	0	1800	0.92
2	0	2400	1.21
12	0.01	3000	1.45
24	0.04	3600	1.68
37	0.04	4500	1.95
55	0.05	5400	2.24
69	0.04	6300	2.51
85	0.05	8100	2.98
120	0.08	9900	3.38
150	0.1	11700	3.7
180	0.12	13500	3.91
210	0.14	15300	4.11
240	0.15	17100	4.31
300	0.19	20700	4.61
360	0.21	24300	4.84
420	0.24	31500	5.1
480	0.27	38700	5.21
600	0.33	53100	5.37
720	0.4	62000	5.45
840	0.45	67500	5.48
960	0.52	78300	5.5
1200	0.64	117900	5.52
1500	0.79		

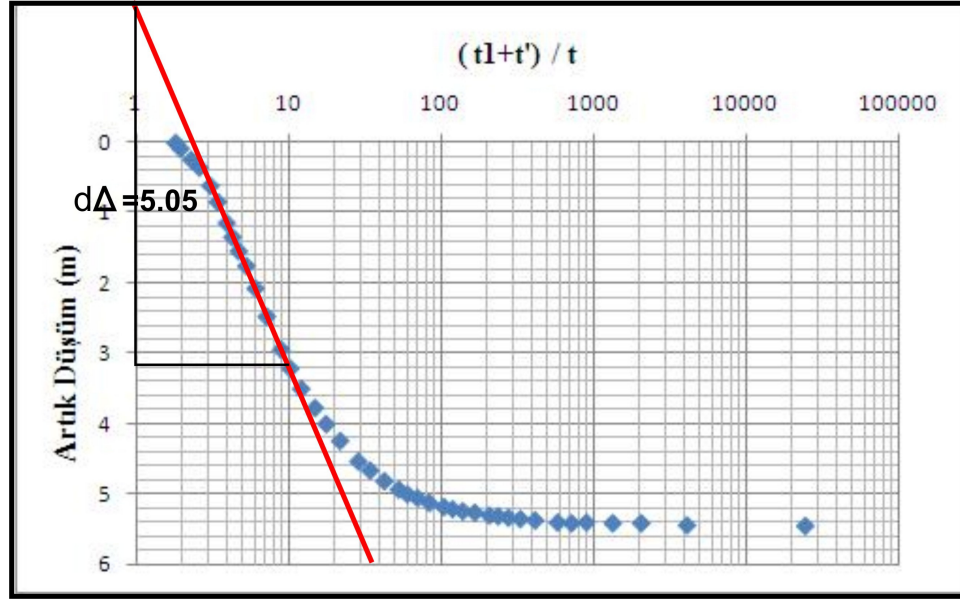
Pompaj testi tamamlandıktan sonra pompaj kuyusunda zaman karşı yükselim değerleri ölçülmüştür. Bu kısımda bu veriler Thies Yükselim Metodu kullanılarak

akifer karakteristikleri tekrar hesaplanmıştır. Tablo 3.13 deki düşüm deneyini takip eden yükselim değerleri Theis Yükselim Yöntemine göre düzenlenirse (Tablo 3.14);

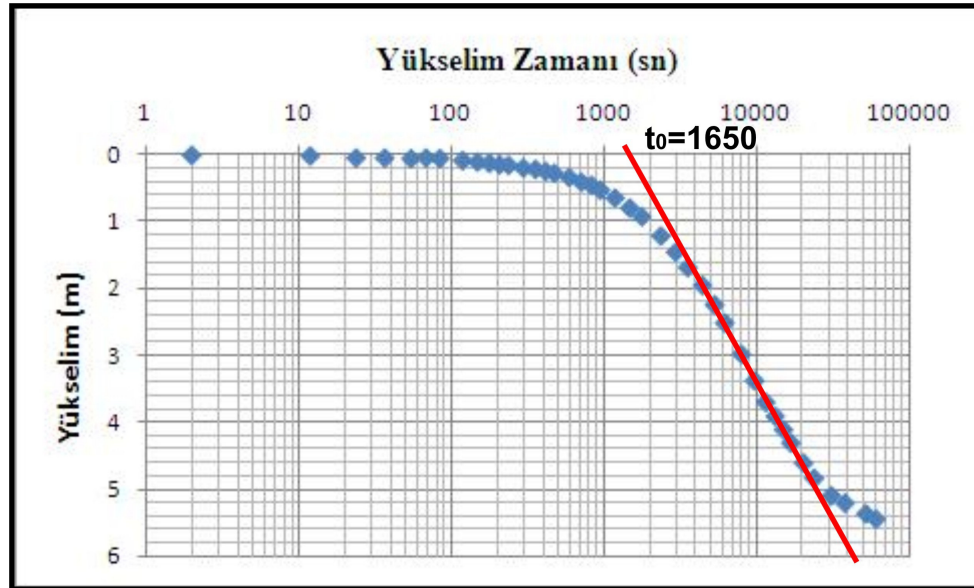
Tablo 3.14 Theis yükselim yöntemine göre düzenlenmiş yükselim değerleri (MTA, 1996)

YÜKSELİM ( $\Delta y$ )(m)	ARTIK DÜŞÜM (m)	YÜKSELİM ZAMANI (sn)	(t1+t')/t'	YÜKSELİM ( $\Delta y$ )(m)	ARTIK DÜŞÜM (m)	YÜKSELİM ZAMANI (sn)	(t1+t')/t'
0	5.45	0	$\infty$	0.64	4.81	1200	42.25
0	5.45	2	24751	0.79	4.66	1500	34
0.01	5.44	12	4126	0.92	4.53	1800	28.5
0.04	5.41	24	2063.5	1.21	4.24	2400	21.62
0.04	5.41	37	1338.8	1.45	4	3000	17.5
0.05	5.4	55	901	1.68	3.77	3600	14.75
0.04	5.41	69	718.39	1.95	3.5	4500	12
0.05	5.4	85	583.35	2.24	3.21	5400	10.16
0.08	5.37	120	413.5	2.51	2.94	6300	8.85
0.1	5.35	150	331	2.98	2.47	8100	7.11
0.12	5.33	180	276	3.38	2.07	9900	6
0.14	5.31	210	236.71	3.7	1.75	11700	5.23
0.15	5.3	240	207.25	3.91	1.54	13500	4.66
0.19	5.26	300	166	4.11	1.34	15300	4.23
0.21	5.24	360	138.5	4.31	1.14	17100	3.89
0.24	5.21	420	118.85	4.61	0.84	20700	3.39
0.27	5.18	480	104.12	4.84	0.61	24300	3.03
0.33	5.12	600	83.5	5.1	0.35	31500	2.57
0.4	5.05	720	69.75	5.21	0.24	38700	2.27
0.45	5	840	59.92	5.37	0.08	53100	1.93
0.52	4.93	960	52.56	5.45	0	62000	1.79

Bu tablodan yararlanılarak ilgili grafikler çizilmiştir (Şekil 3.21 ve Şekil 3.22).



Şekil 3.21 HG-4 kuyusu için T-K grafiği



Şekil 3.22 HG-4 kuyusu için depolama katsayısı grafiği

Grafiklerden  $d\Delta = 5,05$  ve  $t_0 = 1650$  sn değerlerini buluyoruz.

Bu veriler eşliğinde gerekli hesaplamalar yapılırsa;



Transmissiblite

$$T = 0,183Q / d \Delta$$

$$T = 0,183 \times 0,045 \times 10^{-3} / 5,05$$

$$T = 1,63 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Permeabilite katsayısı

$$K = T / h$$

$$K = 1,63 \times 10^{-7} / 38$$

$$K = 4,28 \times 10^{-8} \text{ m/sn}$$

Depolama katsayısı

$$S = 2,25 \times t_0 T / r^2$$

$$S = 2,25 \times 1650 \times 1,63 \times 10^{-6} / (0,1222)^2$$

$$S = \%40,53$$

Etki yarıçapı

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2}$$

$$R = 1,5 (1,63 \times 10^{-6} \times 49500 / 0,4053)^{1/2}$$

$$R = 0,45 \text{ m}$$

olarak bulunur.

Apsiyen yaşlı kireçtaşı içerisinde iki yöntemde de bu etki yarıçapı değerlerinin 0,91 m ve 0,45 m gibi çok küçük değerler olması kireçtaşı içerisinde karstik bir akifer olabileceğini gösteriyor. 84,51 m uzaklıktaki gözlem kuyusunda da hiçbir düşümün meydana gelmemesi bunu doğrulamaktadır. Etki yarıçapı değerinin çok düşük olmasının diğer bir nedeni de düşük bir debiyle çekim yapılması ve düşüm değerlerinin ölçüldüğü sürenin dengeli akım koşullarına ulaştığı sanılarak kısa tutulması olabilir. Bunun da etki yarıçapı değerinin hesaplamasında hataya sebep olması mümkündür.

Akifer karakteristiklerini belirlemek için yapılan pompa testleri sonucunda elde edilen değerler Tablo 3.15 de verilmiştir. HG-12 kuyusu kumtaşı, konglomera ve kiltarı ardalımalı bir birimdir. HG-12 ve HG-4 kuyuları ise kireçtaşıdır.

Tablo 3.15 Çalışma sahasında hesaplanan akifer karakteristikleri.

<b>Kuyu ve Yöntem</b>	<b>T Transmissibilite (m<sup>2</sup>/sn)</b>	<b>K (Permeabilite Katsayısı m/sn)</b>	<b>S (Depolama)</b>	<b>R (Etki yarıçapı) (m)</b>
HG-8 Jacob	6,54 x 10 <sup>-6</sup>	1,14 x 10 <sup>-6</sup>	% 44,34	3,10
HG-8 Thies Yükselim	5,72 x 10 <sup>-6</sup>	1,17 x 10 <sup>-6</sup>	% 44,83	2,87
HG-12 Jacob	3,35 x 10 <sup>-7</sup>	4,89 x 10 <sup>-9</sup>	% 18,85	0,40
HG-12 Thies Yükselim	1,34 x 10 <sup>-7</sup>	1,96 x 10 <sup>-9</sup>	% 27,65	0,21
HG-4 Jacob	2,75 x 10 <sup>-6</sup>	7,24 x 10 <sup>-8</sup>	% 37,29	0,91
HG-4 Thies Yükselim	1,63 x 10 <sup>-6</sup>	4,28x 10 <sup>-8</sup>	% 40,53	0,45

## BÖLÜM DÖRT

### HİDROJEOKİMYA

#### 4.1 Jeokimyasal Hesaplamalar

Yeraltının çeşitli derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kütlelerle temas halindedir. Bu kütleler suda eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda erimiş maddeyi yeraltı sularına karıştırır. Erimiş maddelerin miktarı, yeraltı sularının kütlelere değme süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kütlenin cinsine ve ortamın basıncına bağlı olarak değişir. Diğer taraftan atmosferden aşağı inerken içerisine erimiş halde kimyasal maddeleri alan yağmur suları, yeraltına süzülme sırasında bunların önemli kısmını, beraberlerinde yeraltı sularına taşırlar. Böylelikle yeraltı sularında çeşitli kaynaklardan gelen kimyasal maddeler bulunur.

Bu yüzden yeraltı sularındaki erimiş madde miktarı genellikle yüzey sularındakilerden fazladır. Bu maddelerin belirli sınırları aşması halinde, yeraltı sularının kullanılma alanları da kısıtlanır. Ayrıca bu suların pH, sertlik ve elektriksel geçirgenliği gibi diğer kimyasal özellikleri incelenerek yeraltı sularının kimyasal yönden sınıflandırılması yapılır (Erguvanlı&Yüzer, 1973).

Suyun içerdiği iyonlar kimya tahlilleri ile belirlenir. Başlıca katyonlar: Ca, Mg, Na ve K ; anyonlar ise: Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, ve CO<sub>3</sub> tür. Doğal olarak oluşan ve 0.1 mg/l ile 10 mg/l miktarlar arasında bulunan diğer iyonlar demir, nitrat, florür, stronsiyum ve bordur. Bu iyonlar laboratuarlarda genellikle litrede miligram olarak belirlenir. Ancak eriyik haldeki elemanın kimyasal reaksiyon gücü bunların ağırlıkları ile değil, reaksiyona giren ekivalen sayısı ile ilgilidir. O halde litrede miligram olarak belirlenen katyon ve anyonların litrede miliekiyalen değerinin bilinmesi gerekir.

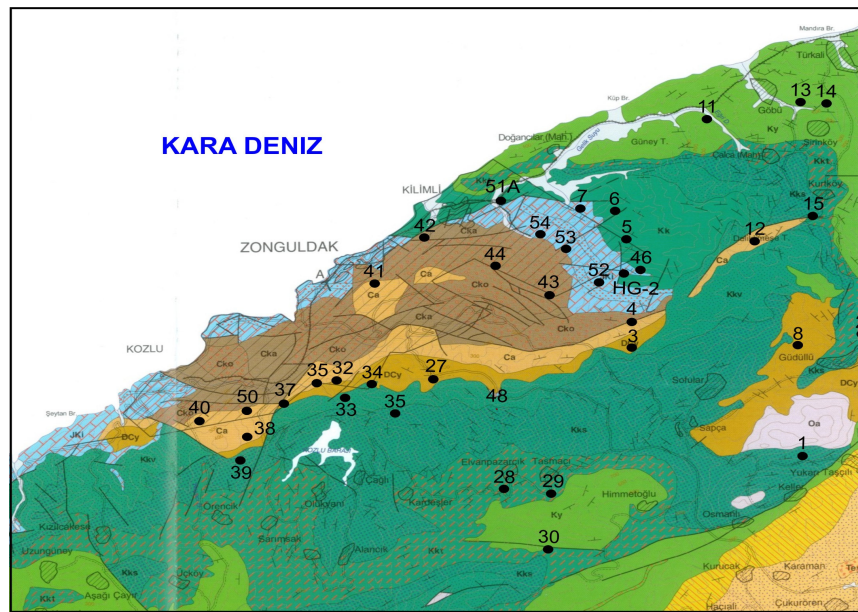
Miliekiyalen değeri, iyonun numunedeki miligram ağırlığının, ekivalen değerine bölünmesi ile elde edilir. Ekivalen değeri ise, iyonun atom veya formül ağırlığının değerliğine bölünmesi ile bulunur. (Canik, 1998)

Kimyasal analiz sonuçları kontrol edilirken genelde katyon-anyon dengesi ele alınır. Bu denge iyon konsantrasyonlarının tümünü litrede eşdeğer birimlere çevrilerek hesaplanır. Anyon ve katyonlar ayrı ayrı toplanarak hesaplanır ve sonuçlar karşılaştırılır. Katyonların toplamı ile anyonların toplamı arasındaki fark yüzde beşten fazla ise, ya kimyasal analizde bir hata vardır ya da belirlenmemiş önemli miktarlarda bir veya daha çok iyon bulunmaktadır.

Bu çalışmada 1994 yılında MTA tarafından 53 adet su noktasından (Şekil 4.1) alınan örneklerin jeokimyasal hesaplamaları ve yorumları yapılmıştır. Su noktalarından alınan örneklerin kimyasal değerleri Tablo 4.1 de verilmiştir.

#### 4.2 Kimyasal Analiz Sonuçlarının Gösterimi ve Suların Sınıflaması

Yer altı suyu incelemelerinde önemli işlemlerden biri, kimyasal verilerin derlenmesi ve uygun bir şekilde görsel analiz yoluyla sunulmasıdır. Bu amaç için geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler ve bu yöntemlerle çalışma sahasındaki su noktalarına ait kimyasal verilerin yorumlanması aşağıda başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

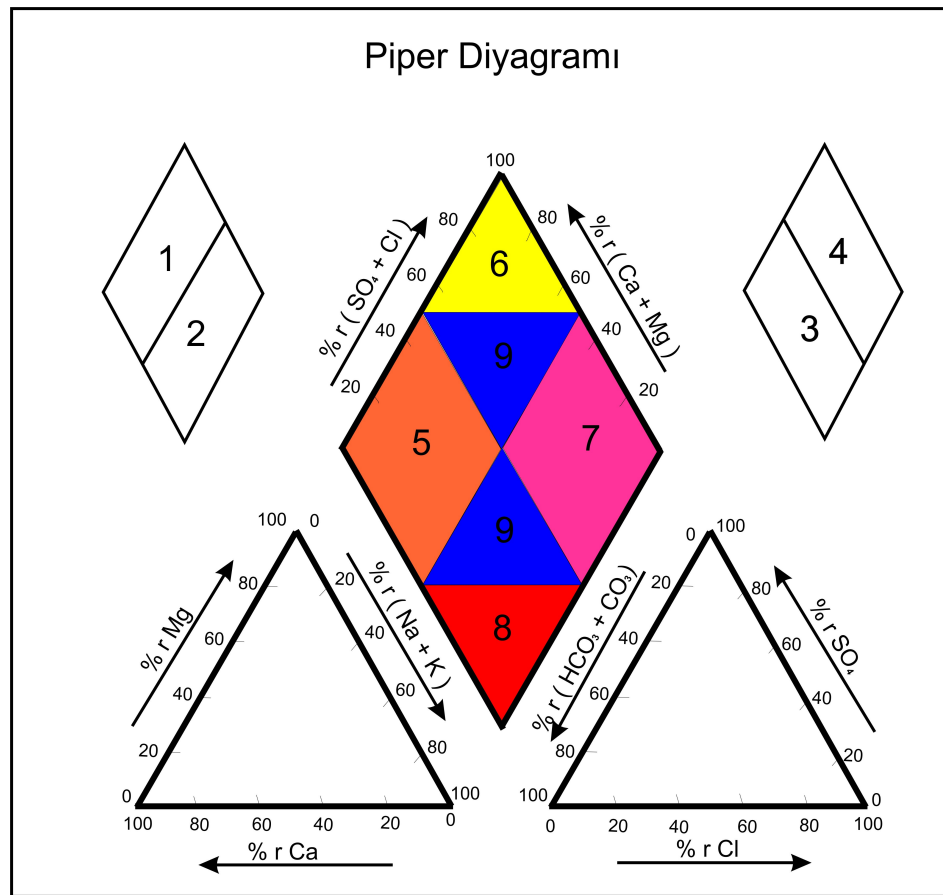


Şekil 4.1 Çalışma alanındaki su örneklerinin lokasyon haritası (MTA, 1996)

#### 4.2.1 Piper ( Üçgen ) Diyagram Yöntemi

İyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri Piper (Üçgen) diyagramıdır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (% meq/l cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Yanyana bulunan eşkenar katyon ve anyon üçgenine, iyonların litrede % mek değerleri işaretlendikten sonra, bulunan bu noktalar iki üçgenin üzerine çizilen bir eşkenar dörtgene taşınarak suyunun sınıfı belirlenir (Şekil 4.2) (Canik, 1998).



Şekil 4.2 Piper Üçgen Diyagramı

Tablo 4.1 Çalışma Alanındaki Su Örneklerine Ait Değerler ( Örnekler MTA ve TTK laboratuvarlarında 1994 yılında analiz edilmiştir.)

No	Örnek Adı	Tarih	T °C	pH	EC µmho/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Sertlik F <sup>o</sup> S°	SAR	Su Tipi	Kaynak
1	Alman Pnani	Nisan 1994	9,8	6,5	410	47	7	3	0,3	6	<10	165	<10	14,64	0,108	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
2	Büyük Mağ.	Nisan 1994	10,8	6,5	364	65	8	3	0,5	8	<10	196	<10	19,00	0,093	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
3	Aydındere (1)	Nisan 1994	11,8	6,5	455	40	1	3	0,4	7	<10	116	<10	10,34	0,128	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
4	Aydındere (2)	Nisan 1994	10,4	6,8	476	70	2	3	0,4	8	<10	221	<10	9,95	0,097	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
5	Kabaklı T.	Nisan 1994	12,5	7,3	-	90	7	9	0,9	14	37	238	<10	25,32	0,246	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
6	Cumayani M.	Nisan 1994	9,9	7,0	360	80	5	6	0,8	10	20	214	<10	22,00	0,176	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
7	Cumayani P.	Nisan 1994	11,8	6,8	441	63	3	6	0,8	15	14	177	<10	16,95	0,200	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
8	Sofular D.	Nisan 1994	11,0	6,8	456	110	6	13	3,6	22	38	207	<10	29,89	0,327	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
10	Muşlu D.	Nisan 1994	12,0	6,7	-	42	4	9	0,6	13	10	140	<10	12,11	0,356	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
12	Emirköy D.	Nisan 1994	11,0	6,7	305	50	3	6	0,7	12	11	159	12	13,70	0,223	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
13	Oruçlar D.	Nisan 1994	10,3	7,0	468	89	5	9	1,2	13	27	165	<10	22,00	0,251	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
14	Acıkiraz D.	Nisan 1994	13,0	6,3	213	16	3	9	0,4	11	<10	67	<10	5,25	0,542	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
15	Kurtköy	Nisan 1994	15,0	7,0	507	85	5	8	0,6	11	11	244	<10	23,23	0,228	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
17	Türkali (1)	Nisan 1994	12,0	6,7	438	50	3	7	0,4	10	<10	159	<10	13,52	0,260	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
18	İsyan D.	Nisan 1994	10,6	6,2	248	40	3	10	0,6	7	6	146	<10	11,20	0,411	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
19	Türkali (2)	Nisan 1994	12,7	7,0	428	72	4	7	0,5	10	10	201	<10	19,61	0,217	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
20	Kocaali Köy	Nisan 1994	14,6	6,5	296	27	6	22	0,2	13	11	134	<10	9,20	0,997	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
21	Abaklı D.	Nisan 1994	14,6	6,5	237	27	6	16	0,6	12	<10	134	<10	9,20	0,725	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
22	Kayaaltı D.	Nisan 1994	16,2	7,3	437	52	7	23	0,8	14	<10	189	<10	15,86	0,795	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
23	Ezber D.	Nisan 1994	13,5	7,3	326	72	7	12	0,6	10	<10	214	<10	20,84	0,362	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
24	Büyük M. D.	Nisan 1994	13,8	7,0	437	68	8	5	0,6	9	<10	195	<10	20,23	0,153	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
25	Küçük M. D.	Nisan 1994	13,1	7,0	326	67	4	5	0,7	10	10	159	<10	18,36	0,160	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
27	Üzülmöz D.	Nisan 1994	10,2	6,7	424	56	3	5	0,8	9	17	159	<10	15,20	0,176	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
28	Elvan D.	Nisan 1994	13,0	7,0	421	57	3	4	0,3	6	<10	177	<10	15,45	0,140	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
29	Pazarcık D.	Nisan 1994	14,1	7,0	347	47	2	5	0,3	6	<10	140	<10	12,36	0,194	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
30	Yayla Çeşme	Nisan 1994	13,2	6,7	330	41	3	5	0,2	6	<10	140	<10	11,50	0,203	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
31	Kaymak Dere	Nisan 1994	10,0	6,3	266	14	2	7	0,2	6	<10	61	<10	4,30	0,463	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
32	Kokakısu (İl.)	Nisan 1994	26,0	7,3	1969	350	100	9	2	10	1200	176	<10	135,46	0,109	Ca-SO <sub>4</sub>	MTA, 1996
33	Kokakısu (M.)	Nisan 1994	14,7	7,0	660	98	20	4	0,8	9	125	195	<10	32,66	0,096	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
34	Kokakısu (Ç.)	Nisan 1994	13,8	6,7	456	77	7	4	0,5	10	25	214	<10	22,09	0,117	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
35	Karagöl D.	Nisan 1994	13,8	7,0	213	43	2	4	0,6	8	<10	127	<10	11,55	0,162	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
36	Ulutan D.	Nisan 1994	16,6	7,1	426	86	13	10	1	18	100	171	<10	26,77	0,266	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
37	Ulutan Pın.	Nisan 1994	13,7	6,7	1117	125	22	4	0,6	10	160	244	<10	40,23	0,087	Ca-SO <sub>4</sub>	MTA, 1996
38	İhsaniye Pın.	Nisan 1994	12,5	7,0	623	78	9	5	0,7	9	36	224	<10	22,95	0,143	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
39	İhsaniye D.	Nisan 1994	15,6	7,0	389	72	4	5	0,9	9	25	183	<10	19,59	0,155	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
40	Kılıçmahalle	Nisan 1994	10,5	6,7	280	18	9	11	1,7	15	10	98	21	8,20	0,529	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
41	Bağlık	Nisan 1994	13,0	6,7	-	21	11	24	4	34	23	83	<10	9,75	1,060	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996

Tablo 4.1'in devamı.

No	Örnek Adı	Tarih	T °C	pH	EC µmho/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Sertlik FS°	SAR	Su Tipi	Kaynak
43	Karadon (1)	Nisan 1994	18,3	7,8	-	67	2,3	144	4,8	37	105	384	<10	26,13	3,870	Na-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
45	Pegendik D.	Nisan 1994	14,4	6,7	395	72	5	8	0,7	10	<10	220	<10	20,29	0,246	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
46	Dereçattı T.	Nisan 1994	10,1	6,8	396	88	7	7	1,1	12	28	244	<10	24,86	0,193	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
47	Kilimli	Nisan 1994	10,0	6,5		19	5	8	1,8	13	15	73	<10	6,80	0,422	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
48	Üzülmöz (K)	Nisan 1994	12,0	7,0	378	89	4	6	0,7	9	18	171	<10	23,86	0,169	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
49	Kaymak D.	Nisan 1994	13,7	6,5	377	34	1	3	0,4	7	9	109	<10	8,89	0,138	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
50	İhsaniye Pın 2	Nisan 1994	10,5	7,2	512	72	7	5	0,8	9	40	189	<10	20,86	0,151	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
51A	Çatal -360 K	Nisan 1994	20,3	7,3	1283	95	36	85	2,4	166	50	305	<10	38,45	1,880	Ca-Cl	MTA, 1996
51B	Çatal -360 0	Nisan 1994	22,9	-	1026	92	35	82	2,5	147	114	299	<10	37,32	1,850	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
52	Gelik -260	Nisan 1994	13,9	7,0	830	78	26	30	2,4	10	120	281	<10	29,88	0,751	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
53	Gelik Yeni K.	Nisan 1994	28,1	7,2	1861	28	<10	550	2,8	15	21	1171	78	7,59	27,90	Na-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996
HG2	HG-2	Nisan 1994	-	11,2	956	80	<10	68	4,9	16	34	9	42	19,96	2,07	Ca-HCO <sub>3</sub>	MTA, 1996

Bölgelere düşen suların yorumu:

1 no'lu alan; Toprak Alkali 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;

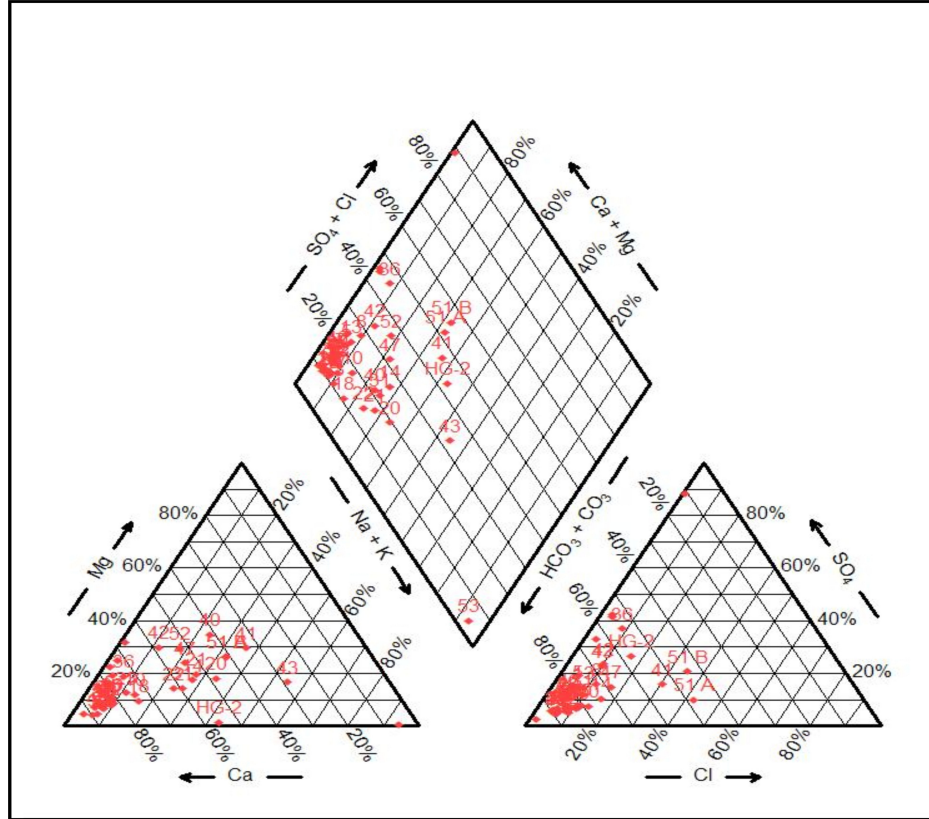
7 nolu alan; Karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sular; NaCl, KCl,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır;

8 nolu alan; Karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu alana girer;

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

Piper (Üçgen) diyagramında (Sekil 4.3), Zonguldak sularından 43, 51B ve 53 nolu örnek dışındaki bütün örnekler 5 nolu alana (Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular), 43 ve 51B nolu sular 9 nolu alana (İyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, karışık sular), 53 nolu örnek ise 8 nolu alana (Karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular) düşmektedir.



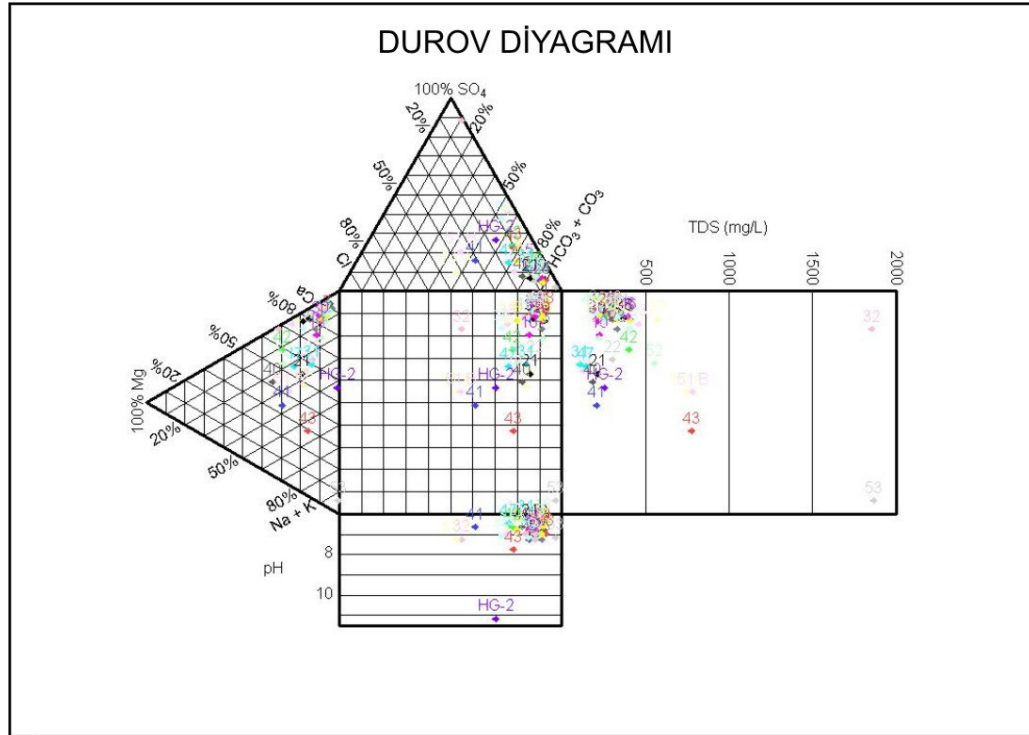


Şekil 4.3 Çalışma Alanındaki Değerlerin Piper Diyagramında Gösterilmesi

Su örneklerinin alındığı formasyonlara bakıldığında Apsiyen yaşlı Kapuz Formasyonu ve Barremiyen yaşlı Kireçtaşı formasyonlarının hakim oldukları ve alınan su örneklerinin de bu kireçtaşlarıyla etkileşiminden dolayı Karbonat sertliği %50 den fazla olan sular grubuna girdiği görülmektedir.

#### 4.2.2 Durov Yöntemi

Piper üçgen diyagramlardaki bazı aksaklıklar, Sovyet literatürüne S.A. Durov tarafından takdim edilen ve İngilizce literatürde Zaporozec (1972) tarafından tamamlanan diyagramlarla giderilmiştir. Şekil 4.4 te gösterilen bu diyagramın temeli, kation ve anyon yüzdelerinin ayrı üçgenlerde gösterilmesidir. Bu açıdan bakıldığında Piper diyagramlarıyla aynıdır. Üçgenler üzerindeki iki örnek noktasından merkezdeki dörtgene doğru uzatılan çizgilerin kesişim noktası, majör iyon bileşimini yüzde cinsinden ifade eden noktayı verir. Çizgilerin bu



Şekil 4.4 Çalışma alanındaki su örneklerinin Durov Diyagramında gösterimi

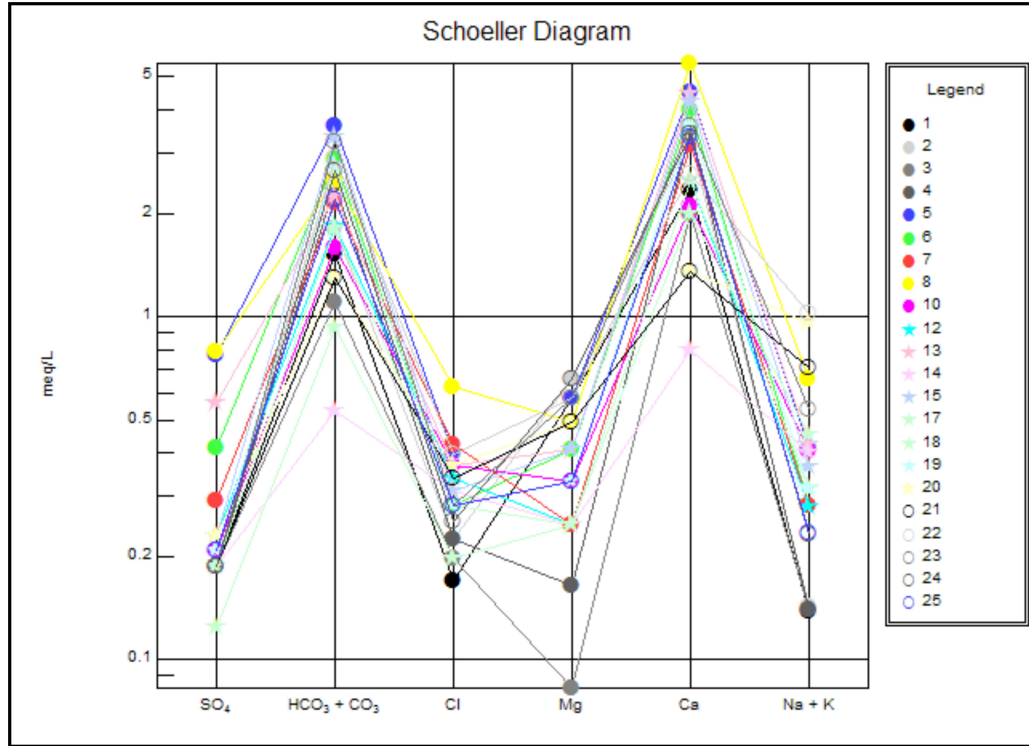
noktadan bitişikteki ölçekli dörtgenlere uzatılmasıyla analizin toplam majör iyon konsantrasyonu, toplam çözülmüş madde, iyonik güç, özgül iletkenlik, sertlik, toplam çözülmüş inorganik karbon veya pH gibi pek çok bileşeni arasında herhangi iki parametrenin gösterilmesi mümkündür. Şekil 4.4 de çalışma alanındaki sulara ait kimyasal parametreler görülmektedir. Benzer özellikteki sular bir arada kümelenirken farklı özellik gösteren suların ayrımı çok net yapılabilmektedir.

#### 4.2.3 Scholler Yöntemi

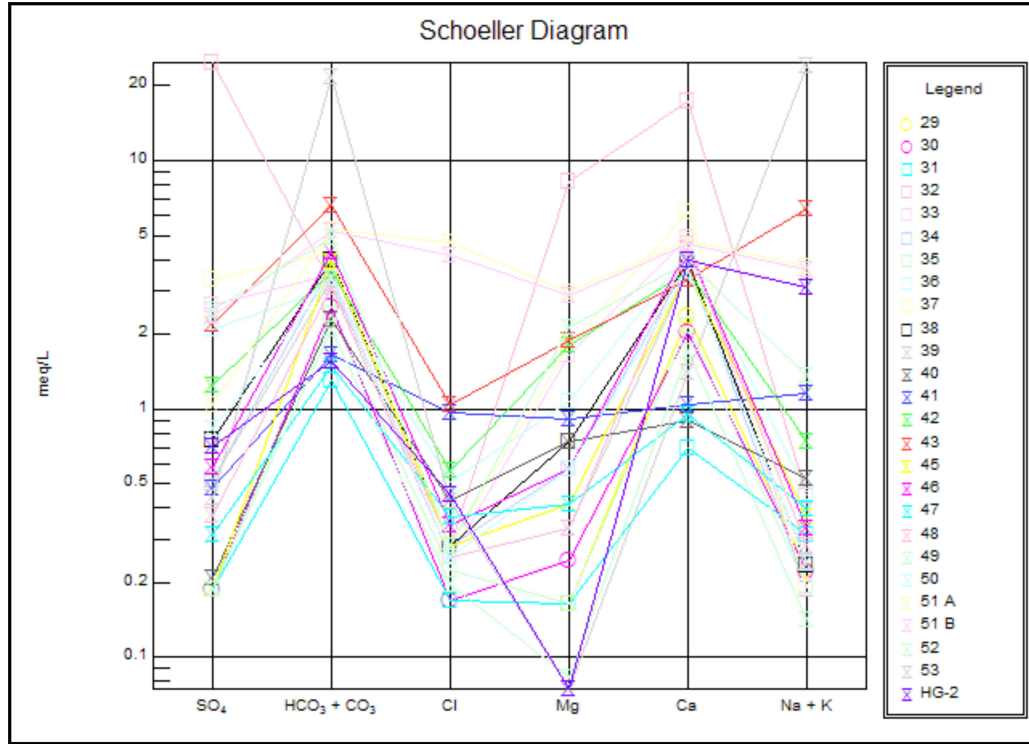
Düşey ekseni logaritmik, yatay ekseni aritmetik ölçekli kağıtlar üzerine eşit aralıklarla yatay eksen üzerine sırası ile  $rCa$ ,  $rMg$ ,  $r(Na+K)$ ,  $rCl$ ,  $rSO_4$  ve  $r(CO_3+HCO_3)$  iyonları yerleştirilir. Her bir iyonun mek/l (r) değerleri logaritmik düşey eksenlere işaretlenerek birleştirilir. Böylece suların kimyasal özellikleri kırık çizgilerle tanımlanmış olur. Yarı logaritmik diyagramlarda, farklı sular ilk bakışta ayırt edilebilir. Buna karşın yüzde ile gösterilen diyagramlarda, kökenleri ve

kimyasal özellikleri çok farklı olan sular bir arada bulunabilir. Ayrıca, bu diyagramda benzer sular kırık paralel çizgiler meydana getirebilirler. Yer altı sularının kimyasal özellikleri bakımından önemli bir yer tutan  $rMg/rCa$ ,  $rSO_4/rCl$ ,  $r(Cl-Na)/rCl$ ,  $rNa/rCa$ ,  $rNa/rMg$  oranları diyagram üzerindeki kırık çizgilerin eğimlerinden izlenebilir. Suların  $CaSO_4$ ,  $CaCO_3$ 'ca doygunluğu, denge pH'ı yarı logaritmik diyagram üzerinde saptanabilir (Şahinci, 1986).

Çalışma alanındaki suların scholler diyagramlarındaki görüntüleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 da gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Çalışma sahasındaki örneklerin Scholler Diyagramında gösterimi



Şekil 4.6 Çalışma sahasındaki örneklerin Scholler Diyagramında gösterimi

Bu diyagramlarda çalışma alanı içerisindeki 32 ve 53 nolu örnekler dışındaki sular benzer kökenli olduğu görülmektedir.

#### 4.2.4 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflandırılması

Sulama sularının sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı 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 değeri, yatay ekseninde EC değerleri bulunur. Bu diyagramın yorumu;

#### 4.2.4.1 Genel Tuzluluk Özellikleri

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

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

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

**C4** (EC 2250  $\mu\text{mho/cm}$ 'den veya  $\mu\text{S/cm}$ 'den büyük), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su erilmelidir.

#### 4.2.4.2 Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri

**S1**, (az sodyumlu sular): Tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.

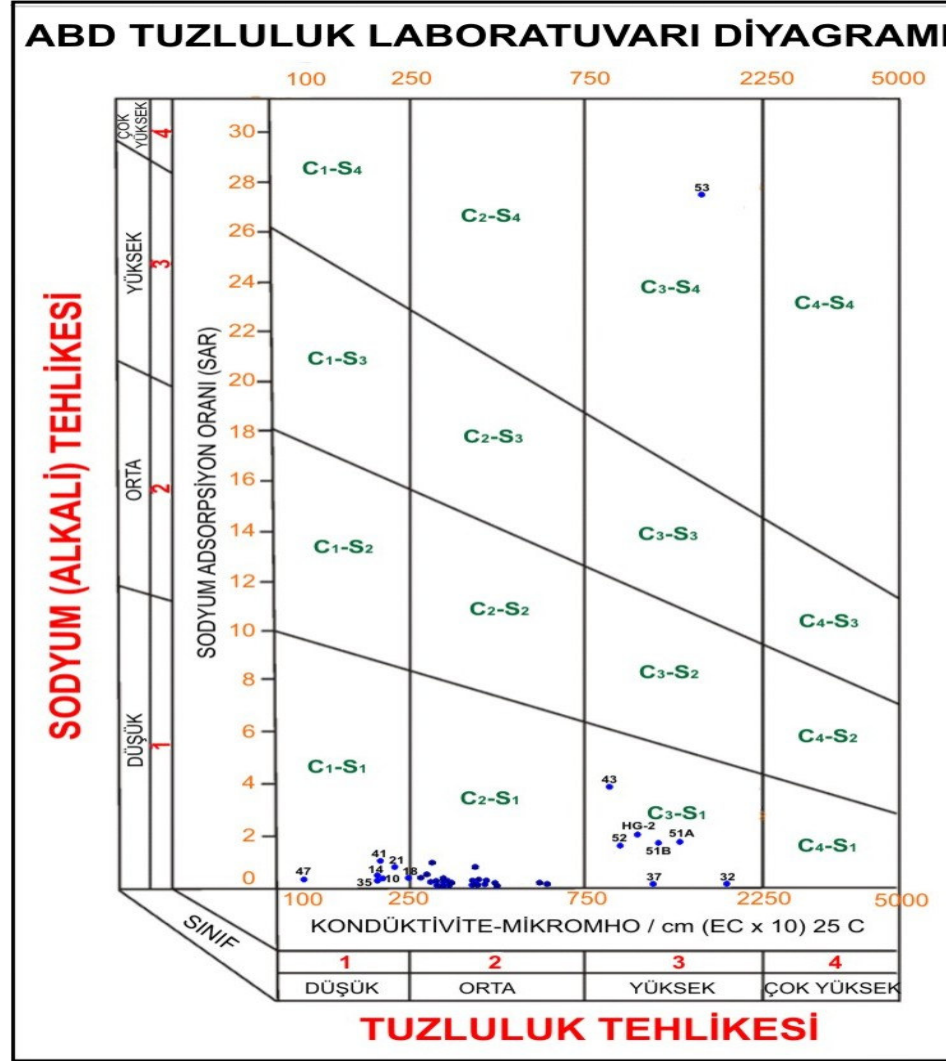
**S2**, (orta sodyumlu sular): Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.

**S3**,(yüksek sodyumlu sular): Birçok toprak cinsinde sodyum tehlikesi yaratabilir.

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

Böylece C<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> her türlü sulamada, C<sub>4</sub>-S<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>-S<sub>2</sub> bazı özel koşullarda kullanılabilir. C<sub>4</sub>-S<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>-S<sub>3</sub> sulamada kullanılmaz. Sulama suyunun pH 'ı 9 u geçmemelidir.

Şekil 4.7 de çalışma alanındaki su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı hazırlanmıştır.



Şekil 4.7 Çalışma alanındaki su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında gösterimi

Şekil 4.7 ye baktığımızda 53 nolu örnek dışındaki tüm örnekler sodyum tehlikesi olmayan sular sınıfına girmektedir. Tablo 4.2 de su örneklerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tablo 4.2 ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramına göre su örneklerinin yorumu

Örnek No	Suyun Sınıfı	Suyun Özelliği	Kullanım Alanı
1	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
2	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
3	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
4	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
5	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
6	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
7	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
8	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
10	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
12	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
13	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
14	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
15	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
17	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
18	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
19	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
20	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
21	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
22	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
23	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
24	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
25	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
27	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
28	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
29	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
30	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
31	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
32	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler
33	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar

Tablo 4.2'nin devamı.

34	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
35	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
36	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
37	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler
38	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
39	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
40	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
41	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
42	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
43	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler
45	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
46	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
47	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Düşük tuz - düşük	Tüm bitki ve topraklar
48	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
49	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
50	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
51A	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler
51B	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	Orta tuz – düşük sodyum	Tüm bitki ve topraklar
52	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler
53	C <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>	Yüksek tuz – yüksek	Tuza dayanıklı bitkiler
HG2	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Yüksek tuz – düşük	Tuza dayanıklı bitkiler

#### 4.2.5 Suların Elektriksel İletkenliği

Saf su elektriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtkandır. Ancak, saf suya çok az miktarda karıştırılan mineral çözeltisi, suyun iletkenliğini yükseltir. 1cm<sup>3</sup> suyun elektriksel iletkenliğine “özgül elektriksel iletkenlik” denir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığına bağlıdır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve birbirleriyle karşılaştırmak için, genellikle 25°C’ ye indirgenerek verilir. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise, çürütme özelliği fazladır. 25°C’ de saf suyun



iletkenliği 0,055 mikromho/cm'dir. Laboratuvarıda elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların 30–2000; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho'dan fazladır (Şahinci, 1991). Suların elektriksel iletkenliğe bağlı sınıflaması Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Suların elektriksel iletkenliğe göre sınıflaması (Şahinci, 1991)

EC	SUYUN SINIFI
< 250	çok iyi
250 – 750	İyi
750 – 2000	Kullanılabilir
2000 – 3000	Őüpheli
> 3000	Kullanılamaz

14, 18, 21 ve 35 nolu su örnekleri çok iyi, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 17 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 45, 46, 48, 49, 50 nolu su örnekleri iyi, 43, 37, 51A, 51B, 52, 53 ve HG-2 nolu su örnekleri kullanılabilir sular sınıfına girmektedir.

#### 4.2.6 Suların Sertliği

Sertlik, su içinde çözülmüş halde bulunan Ca ve Mg bileŐiklerinden ileri gelen bir özelliktedir. Bu bileŐiklerin çoğu Ca ve Mg iyonlarının oluŐturduđu bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ca ve Mg bikarbonatlarından ileri gelen sertliğe “geçici sertlik” denir ve ısıtılmakla  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  çökelerek bu sertlik giderilir.

Suya amonyak ve snmŐ kireç katıldığında geçici sertlik karbonat tuzları Şeklinde kelir (Şahinci, 1991).

Suda kalıcı sertlik ise Ca ve Mg'un karbonatlarından başka tuzlardan ileri gelir ve ısıtılarak giderilemez. Bu sertliğe azaltmak için suya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  konur. Kalıcı ve geçici sertliklerin toplamı ise toplam sertliğe oluşturur.

Suların sertliğini ifade etmek için çeşitli yöntemler vardır. Bir Alman sertliği 1000 ml suda 10 mg Ca miktarıdır. Bir Fransız sertliği 1000 ml suda 10 mg CaCO<sub>3</sub> ve 1 İngiliz sertliği, 700 ml suda 10 mg CaCO<sub>3</sub> olarak tanımlanır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Çeşitli sertliklerin birbirlerine dönüşüm değerleri

	Fransız sertliği	Alman sertliği	İngiliz sertliği
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

Çalışma alanındaki sular Tablo 4.5 verilen sınıflamaya göre yorumlanmıştır.

Tablo 4.5 Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması (Şahinci, 1991)

Fransız sertliği	Suyun sınıfı
0,0 – 7,2	Çok Yumuşak
7,2 – 14,5	Yumuşak
14,5 – 21,5	Az Sert
21,5 – 32,5	Oldukça Sert
32,5 – 54	Sert
54'den fazla	Çok Sert

Bu sınıflamaya göre çalışma alanındaki suların Fransız sertliğine göre sertlik değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Çalışma sahasındaki örneklerin Fransız Sertliği ne göre sınıflaması

Örnek No	Sertlik	Suyun Sınıfı
1	14,64	Az Sert
2	19,00	Az Sert
3	10,34	Yumuşak

Tablo 4.6'nin devamı.

4	9,95	Yumuşak
5	25,32	Oldukça Sert
6	22,00	Oldukça Sert
7	16,95	Az Sert
8	29,89	Oldukça Sert
10	12,11	Yumuşak
12	13,70	Yumuşak
13	22,00	Oldukça Sert
14	2,94	Çok Yumuşak
15	5,25	Çok Yumuşak
17	23,23	Oldukça Sert
18	13,52	Yumuşak
19	11,20	Yumuşak
20	19,61	Az Sert
21	9,20	Yumuşak
22	9,20	Yumuşak
23	15,86	Az Sert
24	20,84	Az Sert
25	20,23	Az Sert
27	18,36	Az Sert
28	15,20	Az Sert
29	15,45	Az Sert
30	12,36	Yumuşak
31	11,50	Yumuşak
32	4,30	Çok Yumuşak
33	135,46	Çok Sert
34	32,66	Sert
35	22,09	Oldukça Sert
36	11,55	Yumuşak

Tablo 4.6 'nın devamı.

37	26,77	Oldukça Sert
38	40,23	Sert
39	22,95	Oldukça Sert
40	19,59	Az Sert
41	8,20	Yumuşak
42	9,75	Yumuşak
43	26,98	Oldukça Sert
45	26,13	Oldukça Sert
46	20,29	Oldukça Sert
47	24,86	Oldukça Sert
48	6,80	Çok Yumuşak
49	23,86	Oldukça Sert
50	8,89	Yumuşak
51A	20,86	Oldukça Sert
51B	38,45	Sert
52	37,32	Sert
53	29,88	Oldukça Sert
HG2	7,59	Yumuşak

#### 4.2.7 Suların Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sulama sularında sodyum iyonunun fazla olması, toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltır. Sulamadan sonra zeminin üst yüzeylerinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir. Ayrıca bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Suların sodyum miktarı % olarak şöyle bulunur (Şahinci, 1991);

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

Yukarıdaki bağıntının farklı biçimde ifadesi şöyledir ;

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

Bağıntılarda iyonlar mek/l alınır.

SAR'a göre sulama suları Tablo 4.7 de verilmiştir.

Tablo 4.7 % SAR'a göre sulama sularının sınıflaması (Sahinci, 1991)

SUYUN NİTELİĞİ	SAR(%)
Çok iyi özellikteki sulama suları	<10
İyi özellikteki sulama suları	10 - 18
Orta özellikteki sulama suları	18 - 26
Fena özellikteki sulama suları	>26

Çalışma alanındaki suların % SAR değerleri Tablo 4.7 de görüldüğü gibi 53 örnek dışında çok iyi özellikteki sulama suları sınıfında girmektedir. 53 nolu örnek de 27,9 luk değeriyle fena özellikteki sular sınıfına girmektedir.

#### **4.3 Çevresel İzotop Hidrojeolojisi**

Çevresel izotoplar doğada doğal olarak oluşan izotoplardır. Karstik akiferlerin farklı noktalarından boşalan yer altı sularının çevresel izotop içeriklerinin incelenmesiyle, su kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi ve işletilmesi sırasında ortaya çıkan ve klasik araştırma teknikleri ile çözülemeyen birçok problemin çözümünde oldukça yararlı bilgiler sağlamaktadır (Canik, 1998).

Çalışma alanında kurak ve yağışlı dönem olmak üzere duraylı izotoplardan Döteryum (D) ve Oksiyen-18 (<sup>18</sup>O) değerleri suların kökenin saptanmasında, Tritiyum değerleri ile de bağıl yaşlarının belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır (Tablo 4.8 ve 4.9).

Hidrolojik olaylar olaylar içindeki miktarlarının ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak değişmesinden dolayı bu izotoplar suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Tablo 4.8 Çalışma alanının kurak döneme ait izotop değerleri (MTA, 1996)

<b>KURAK DÖNEM</b>				
<b>Örnek No</b>	<b>Lokasyon Adı</b>	<b>Oksijen-18</b>	<b>Döteryum</b>	<b>Tritiyum</b>
1	Alman Pınarı 660m	-10,48	-79,20	14,40
2	Büyük Mağara Pınarı 320	-10,26	-74,18	17,20
3	Aydındere 248 m	-10,15	-74,72	20,60
6	Cumayanı Mağara P. 32 m	-8,90	-71,33	17,10
7	Cumayanı Pınarı 20 m	-9,09	-68,33	17,60
15	Kurtköy Kuyu Ağızı	-9,72	-73,53	16,90
18	Yukarı Dere 120 m	-9,29	-69,89	20,40
32	Kokaksu Ilıca 50 m	-10,15	-76,10	2,40
33	Kokaksu 50 m	-10,09	-73,35	12,40
40	Kılıç Mahalle 110 m	-9,52	-69,12	17,90
51	Çatalağzı -360 m	-8,76	-74,26	15,60
51B	Çatalağzı Sıfır Pas -360 m	9,64	-72,68	15,50
52	Gelik -260 m	-11,45	-73,51	17,90
53	Yeni Gelik Kuyu -620 m	-12,44	-88,73	1,80
HG2	Kuyu 300 m	-8,54	-71,51	15,00
HG3	Kuyu 199 m			
	Yağış (Zonguldak) 136 m			

Tablo 4.9 Çalışma alanının yağışlı döneme ait izotop değerleri (MTA, 1996)

<b>YAĞIŞLI DÖNEM</b>				
<b>Örnek No</b>	<b>Lokasyon Adı</b>	<b>Oksijen-18</b>	<b>Döteryum</b>	<b>Tritiyum</b>
1	Alman Pınarı 660m	-10,25	-75,09	14,20
2	Büyük Mağara Pınarı 320	-10,02	-71,54	15,20
3	Aydındere 248 m	-9,97	-69,65	13,20

Tablo 4.9'un devamı.

6	Cumayanı Mağara P. 32 m	-10,15	-71,71	11,40
7	Cumayanı Pınarı 20 m	-9,84	-68,21	14,00
15	Kurtköy Kuyu Ağzı	-9,63	-62,01	18,80
18	Yukarı Dere 120 m	-7,36	-54,00	17,00
32	Kokaksu Ilıca 50 m	-9,62	-65,64	1,70
33	Kokaksu 50 m	-10,00	-68,19	9,70
40	Kılıç Mahalle 110 m	-9,14	-68,39	12,80
51	Çatalağzı -360 m	-8,81	-61,80	10,60
51B	Çatalağzı Sıfır Pas -360 m	-7,72	-55,83	11,00
52	Gelik -260 m	-9,76	-63,45	13,60
53	Yeni Gelik Kuyu -620 m			
HG2	Kuyu 300 m			
HG3	Kuyu 199 m	-10,46	-70,81	10,10
	Yağış (Zonguldak) 136 m		-56,18	12,50

#### 4.3.1 <sup>18</sup>O ve <sup>2</sup>H Kararlı İzotopları

Herhangi bir su numunesinin kararlı izotop içeriği, mutlak değer olarak değil, ağır olan izotopa oranının, belirlenmiş bir standardtan farkı olarak ifade edilir. Kullanılan Standard SMOW ( Standard Ortalama Okyanus Suyu) dur. Bu dtandartan fark olarak ölçülen kararlı izotop içeriği “ binde-% 0 “ olarak ifade edilir ve delta (δ) değeri olarak gösterilir. Buna göre bir numunenin <sup>18</sup>O ve D içeriği;

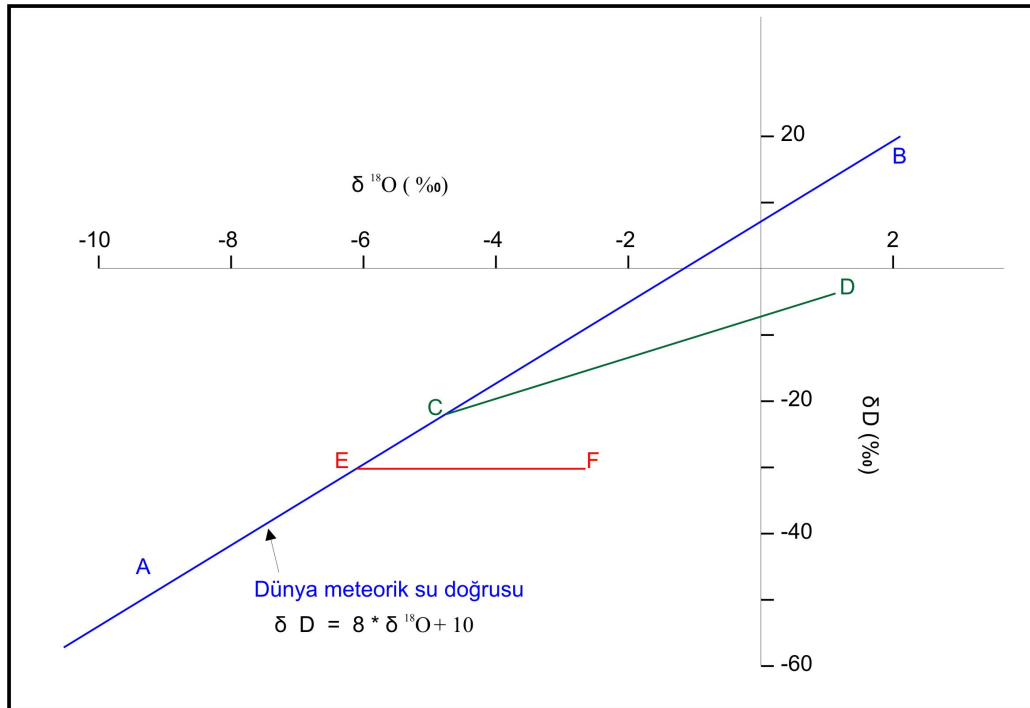
$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \left[ \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{numune}} - \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} \times 1000$$

$$\delta \text{ D} = \left\{ \left[ \left( \frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{numune}} - \left( \frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left( \frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} \times 1000$$

olarak ifade edilir. Yağışlara ait <sup>18</sup>O ve D grafiği ilk defa Friedman (1953) tarafından çizilmiştir. Craig (1961), tatlı suların <sup>18</sup>O ve D ile ilgili olarak şu eşitliği önermiştir.

$$\delta \text{ D} = a \times \delta^{18}\text{O} /_{00} + d$$

Eğer su hiç buharlaşmamışsa a değeri 8 ve ortalama yağışa ait d=(döteryum fazlası) değeri ise 10'dur. Bir bölgedeki yağış ve yer altı suyuna ait izotop değerleri, eğer aynı kökenli ise aynı doğru üzerinde küme içinde toplanır (Şekil 4.8). Bu doğru küresel meteorik su doğrusu (Global Meteoric Water Line = GMWL) olarak adlandırılır. Ortalama deniz suyu bu grafikte her iki eksenin de "0" olduğu noktada bulunur. Bu doğrunun D eksenini kestiği nokta "Döteryum fazlası" olarak tanımlanır. Bu, yağışa kaynak oluşturan, deniz suyunun buharlaşma miktarının bir göstergesidir. Buharlaşma etkisi altında olan sular, eğimi 4 ile 6 arasında değişen C-D doğrusu üzerinde yer alır. Buharlaşma miktarı arttıkça C ve D ye doğru gidilir. E-F doğrusu jeotermal suların yer aldığı doğrudur. Burada Döteryum sabit iken, Oksijen-18 değişmektedir. (Canik, 1998)

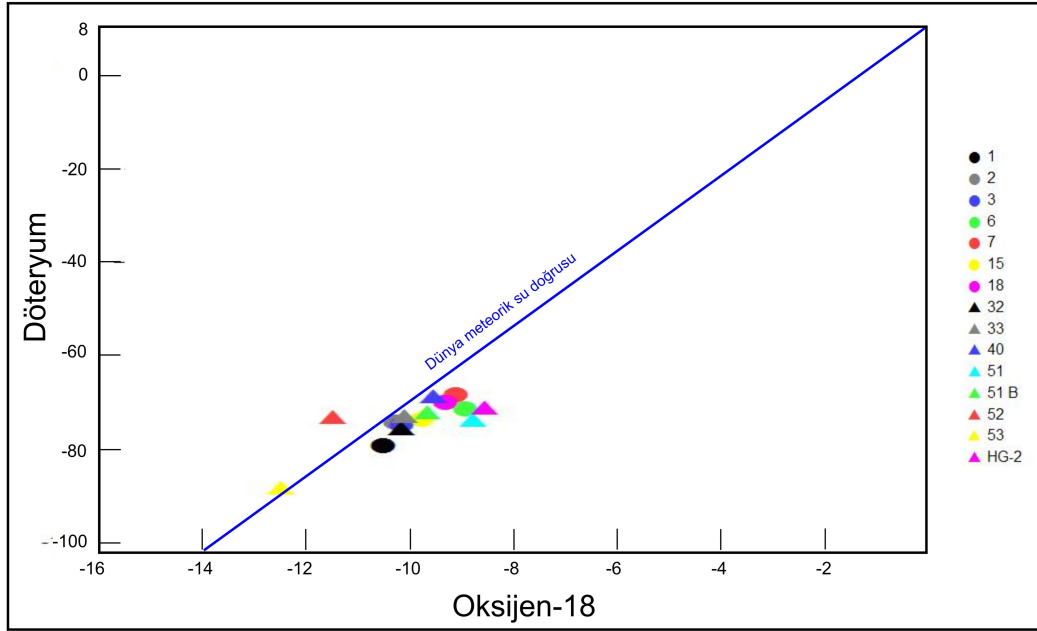


Şekil 4.8 Döteryum Oksijen-18 grafiği

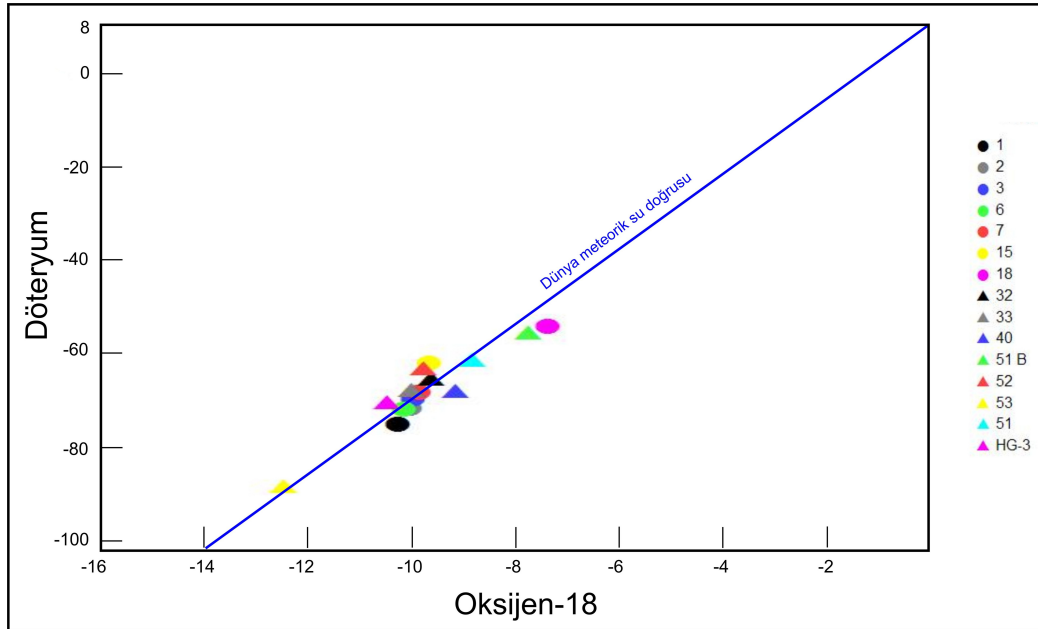
Çalışma alanındaki su örneklerine ait değerlerle kurak ve yağışlı döneme ait Oksijen18-Döteryum grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.9 ve 4.10).



Kurak ve yağışlı dönem grafiklerine göre çalışma alanındaki sular dünya meteorik su doğrusuna yakındır ve 53 nolu örnek dışında bir tarafta kümelenmiştir. Buda bize bu örneklerin kökenlerinin aynı ve meteorik su olduğunu göstermektedir. Bu kümenin dışında kalan 53 nolu örneğin kökeninin farklı olduğunu söyleyebiliriz.



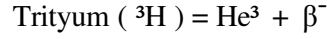
Şekil 4.9 Çalışma alanının kurak dönem Oksijen 18-Döteryum ilişkisi



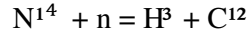
Şekil 4.10 Çalışma alanının yağışlı dönem Oksijen 18-Döteryum ilişkisi

### 4.3.2 Tritiyum

Tritiyum hidrojenin radyoaktif izotopu olup yarılanma yaşı 12,26 yıldır. Eski beta ışınımı yaydığından kolayca radyoaktif sayaçlarda saptanabilir.



Tritiyumun doğal ve yapay iki kökeni vardır. Doğal kökeni kozmik ışınlardaki nötronların ( n ) N<sup>14</sup> üzerine etkimesiyle oluşur.



Tritiyumun yapay kökeni nükleer patlamalardır. 1952 yılından sonra atmosferde nükleer denemeler sonucu trityum miktarı hızla artmıştır. Yağışlarda doğal trityum miktarı, bölge ve iklim kuşaklarına bağlı olarak 5–20 trityum birimi (UT) arasında iken nükleer patlamalar sonucu binlerce trityum birimine erişmişlerdir. Bir trityum birimi (UT), 1x10<sup>8</sup> H<sup>1</sup> atomunun içindeki bir atom trityum miktarıdır.

Çalışma alanındaki su örneklerinin Tritiyum değerleri 53 nolu örnek dışında 10-20 UT arasında değişmektedir. Bu değerler çalışma alanındaki suların çok güncel olduğunu göstermektedir. 53 nolu örneğin ise en az 50 yıl önce yeraltına süzüldüğünü söyleyebiliriz.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Çalışma sahasında Paleozoyik, Mesozoyik, Senozoyik ve Kuvaterner yaşlarındaki değişik litolojik birimlere sahip formasyonlar vardır. Paleozoyik yaşlı Karbonifer serileri kömür içermektedir.

Çalışma alanı Hersinyen ve Alpin orojenezlerinin etkileri altında kalmış olduğundan tektonik çok gelişmiştir. Bu formasyonlar geçirdikleri tektonizma etkisi ile karstlaşmaya uygun hale gelmiştir. Bu sebepten çalışma sahasında bir çok mağara sistemi oluşmuştur.

Kozlu, Zonguldak ve Kapuz formasyonlarının akifer karakteristiklerini hesaplamak amacıyla pompa testlerinde kullanılmak üzere 13 adet sondaj yapılmıştır.

Çalışma sahasında yaygın olarak Barremiyen, Apsiyen ve Viziyen yaşlı kireçtaşları karstik akiferler oluşturmaktadır. Bölgede akifer niteliğinde olabilecek diğer kaya birimleri ise; Vestfalyen yaşlı kömür içeren kumtaşı, kıltaşı ve konglomera aralanmalı birimler ile, Üst Barremiyen-Alt Apsiyen yaşlı kumtaşı, konglomera ve kıltaşı aralanmalı birimlerdir.

Pompa testlerinin sonuçlarına göre depolama katsayısı büyük, permeabilite, transmissibilite ve etki yarıçapı değerleri ise küçüktür. Etki yarı çapı değeri basınçlı akiferlerde birkaç kilometreyi bulurken bu değer buradaki formasyonlarda 0,20 ile 3,00 metre arasındadır. Kozlu formasyonu için bulunan değer hiç sağlıklı değildir. Burada çok düşük bir debiyle çekim yapılması ve düşüm değerlerinin ölçüldüğü sürenin dengeli akım koşullarına ulaştığı sanılarak kısa tutulması hataya sebep olmuştur. Zonguldak ve Kapuz formasyonlarının karstik akifer olmasından dolayı etki yarıçapının küçük bir değer olması mümkündür. Depolama katsayısı için bulunan değer Kozlu formasyonu için normaldir. Fakat kireçtaşları için depolama

katsayıları büyük çıkmıştır. Bu da bize karstik boşlukların çok iyi geliştiğini göstermektedir. Transmissibilite, permeabilite ve etki yarıçapı değerlerinin küçük çıkması da çatlaklar ve boşluklar arası bağlantıların zayıf olduğunu göstermektedir. Bu da bağlantı boşlukların dolgu malzemeyle dolu olmasındandır.

Çalışma alanının hidrojeokimyasal analizleri incelendiğinde suların çoğunluğunun karbonat sertliği fazla olan sular grubuna girdiği ve benzer kökenli olduğu görülmektedir. Geçmiş yıllarda yapılan izotop analizleri de suların çok güncel ve meteorik kökenli olduğunu göstermektedir.

Bölgede kömür madenciliği çok yaygındır. Kömürlü serilerin üzerinde karstik akiferler oluşturan Barremiyen ve Apsiyen yaşlı kireçtaşları mevcuttur. Bölgede kömür üretimi için açılan kuyu ve galerilerde bu kireçtaşlarına dikkat edilmelidir. Çünkü bu formasyonlar yer altı inşaatlarında ciddi derecede su problemleri yaratabilir. Gelik civarındaki bir işletmede yer altı galerisine bu kireçtaşlarında önemli derecede su geliri olmakta ve problem yaratmaktadır.

## KAYNAKÇA

Aydın, M. (1990). *Zonguldak Ulus Sahaları MTA ve TPAO Kuyularından Geçen Jeolojik Kesitler*. Ankara: TPAO.

Canik, B. (1998). *Hidrojeoloji*. Ankara: A.Ü. Fen Fakültesi. 105-180.

Erduran, B. (1997). *Zonguldak-Bağlık-İnağzı-Göbü-Kazköy Kömür Sahalarının Karst Hidrojeolojisi İncelemesi*. Ankara: H.Ü. Müh. Fak. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. (1973). *Yeraltı suları Jeolojisi*, İstanbul: İTÜ Maden Fakültesi.

Fetter, C.W. (1980). *Uygulamalı Hidrojeoloji*. (4). Afşin, M. ve Kayabalı, K. (2004) Ankara: Gazi Kitabevi

Freeze, R.A. (1979) *Applied Hydrogeology*. Kayaabalı, K. (2003). Ankara: Gazi Kitabevi

Gök, M.S. (1970). *Kuzey Anadolu Taşkömürü Havzası Tektonik Yapısı*. Zonguldak: E.K.İ Etüd Dairesi (Yayınlanmamış)

Jeo-Tek (2006). *Zonguldak, Bartın, Karabük Planlama Bölgesi ( 1 / 100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Araştırma Raporu*. Ankara.

Koçak, Ç ve Ergüder, F. (1977). *Kilimli Ayiçi, Kırımsa Arası Alanın Alt Kretase Paleotopografya haritası (Ölçek : 1 / 10.000)*. Zonguldak: T.K.İ. Jeofizik Etüt Arama Dairesi Başkanlığı Yayını.

Nazik, L. (1992). *Zonguldak-Çatalağzı Cumayanı Mağarası ve Gelik Ayiçi Mahallesi ile Kocaoman Deresi Karst Hidrojeolojik Etüt Raporu*. Ankara

- Okcu, G., Erduran, B., Kır, N., Alkılıç, Ç., Köklü, Z., Nazik, L., Bircan, A., Törk, K., Mengi, H., Tunçperçinel, S., Tuncay., Erdoğan, R. (1996). *Zonguldak-Bağlık-İnağzı-Göbü-Kazköy Kömür Sahalarının Hidrojeoloji Etüdü Final Raporu*. Ankara: MTA. 28-196 (Yayınlanmamış).
- Özler, T., Yaver, Y., Kır, N., Canca, N., Tonga, O., Bakan, Z., 1992, *Değirmenağzı ile Göbü Arasında Kalan Alanın Jeolojisi ve Kömür Varlığı*. Ankara: MTA. DerlemeNo: 9599. (Yayınlanmamış)
- Şahinci, A. (1986). *Yeraltı suları Jeokimyası*. İzmir: D.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, MM/JEO-86 EY 99.
- Şahinci, A. (1991b), *Doğal Suların Jeokimyası*. İzmir: D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Yayınları. 175-244.
- Tarcan, G. (2004). *Jeotermal Su Kimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar*. İzmir: Yaz Okulu Ders Kitabı JENERUM D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, 198-245.
- Tezcan, L. (2002) *Akifer Testleri Dersine Ait Ders Notları*. Ankara.
- Tokay, M. 1954, *Filyosçayı Ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağz-Çaycuma Bölgesinin Jeolojisi*. Ankara: MTA. No: 2099
- TS-266, (1997). Türk Standartları İçme Suları. *UDK 663.7.543, 32*
- Türkiye Taşkömürü Kurumu (1992). *Zonguldak Bölgesi'nin Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti*. Zonguldak: TTK Aramalar Dairesi.
- Yergök, A.F., Akman, İL, İplikçi, E., Karabalık, N., Keskin, L., Mengi, H., Umut,

M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, M., Çetinkaya, A. (1987a) *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I*, Ankara: MTA. Derleme No:8273 (Yayınlanmamış).

Yergök, A.F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, M., Arbaş, A., Akat, U., Armağan,F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. (1987a). *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi II*. Ankara: MTA. Derleme No: 8848 (Yayınlanmamış).