

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOKRAĞAN - YUKARI KARACAHİSAR
(BANAZ-UŞAK) KARSTİK KAYNAKLARININ
HİDROJEOLojİK İNCELENMESİ

Mehmet Oruç BAYKARA

Ağustos, 2007

İZMİR

**ÇOKRAĞAN - YUKARI KARACAHİSAR
(BANAZ-UŞAK) KARSTİK KAYNAKLARININ
HİDROJEOLÖJİK İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

Mehmet Oruç BAYKARA

**Ağustos, 2007
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Mehmet Oruç BAYKARA tarafından **Doç. Dr. Ünsal GEMİCİ** yönetiminde hazırlanan **“ÇOKRAĞAN - YUKARI KARACAHİSAR (BANAZ-UŞAK) KARSTİK KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Ünsal GEMİCİ

Yönetici

.....
Prof. Dr. Gültekin TARCAN

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Müjgan ŞALK

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışmamı yöneten ve yönlendiren değerli hocam Doç. Dr. Ünsal GEMİCİ başta olmak üzere,

Çalışmalarım sırasında bilgilerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım, Araş. Gör. Cumhur KOCABAŞ'a, Jeo. Müh. Çağrı ALTAŞ'a, Jeo. Müh. K. Serhat AKSU'ya, Dokuz Eylül Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluğu üyelerine,

Zor zamanlarımda beni hep destekleyen ve her zaman yanımda olan tüm dostlarıma,

Tüm yaşantım boyunca beni maddi ve manevi olarak her zaman destekleyen ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili AİLEME ve HATİCE'me sonsuz teşekkürler.

M. Oruç BAYKARA

ÇOKRAĞAN - YUKARI KARACAHİSAR (BANAZ-UŞAK) KARSTİK KAYNAKLARININ HİDROJEOLojİK İNCELENMESİ

ÖZ

Çokrağın Kaynağı, Uşak İli Banaz İlçesine bağılı Y. Karacahisar Köyü sınırlarında bulunmaktadır. Çokrağın Kaynağı çevresindeki kayaçlar alttan üste doğru; Jurasik yaşlı kumtaşı şist ve rekristalize kireçtaşları, bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelen Tersiyer yaşlı peridotit, serpantinit, dasit tuf, dasit andezit, silisifiye zon ve volkanik konglomera, kumtaşı, bazik tuf birimleri yer alır. En üstte ise açısız uyumsuzlukla gelen alüvyon yer almaktadır.

Çokrağın Kaynağı'na ait debi ölçüm verileri kullanılarak, kurak dönem alçalma eğiminden Maillet eşitliğindeki boşalım katsayıları hesaplanmıştır. Her alçalma dönemi için ayrı ayrı hesaplanan boşalım katsayılarının aritmetik ortalaması alınarak kaynağına ait ortalama boşalım katsayısı bulunmuştur.

Her kurak dönem sonundaki dinamik rezervler hesaplanmış ve ardışık yılların dinamik rezervleri arasındaki farklardan, dinamik rezerv değişimleri bulunmuştur. Hesaplanan bir su yılına ait dinamik rezerv değişimi ile, o su yılı boyunca kaynaktan boşalan su miktarının toplamı ve beslenme miktarı bulunmuştur.

Çokrağın Kaynağı'ndan ve yakın çevresinden çıkan sulardan örnekler alınmış, bu alınan su örnekleri üzerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre suların hidrojeolojik özellikleri ortaya konmuştur. Sular Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramlarında değerlendirilmiştir. Su örnekleri fasiyes tiplerine göre sınıflandırıldıklarında, inceleme alanında yeralan sular genellikle kalsiyum – magnezyum – sülfat – bikarbonat, kalsiyum – magnezyum – sülfat su tipindedir.

Bölgede meydana gelen tektonik hareketlerin etkilerini, yeraltı su seviyelerindeki oynamaları ve bölgenin jeomorfolojik geçmişini belirlemek amacıyla Çokrağın Kaynağı'nın çıkış noktasında yeralan, Çokrağın Mağara'sının jeolojik ve

jeomorfolojik özellikleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda bölgede su seviyesinin iki kere alçaldığı, tektonik hareketlerin şiddetli olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca Çokrağan Mağara'sının çok uzun, metrelerce geniş galerilere sahip olması ve labirentimsi bir yapıda olması, oluştuğu kireçtaşlarında çatlak sistemlerinin iyi geliştiğini ve yeraltı su seviyesinin uzun süreler değişmediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Beslenme Miktarı, Boşalım Katsayısı, Hidrojeoloji, Karst

HYDROGEOLOGICAL PROPERTIES OF COKRAGAN - YUKARI KARACAHISAR (BANAZ-USAK) KARSTIK SPRINGS

ABSTRACT

The Study area covers Cokragan spring and its vicinity which is in Banaz, county of Usak. The oldest rocks of the area is Jurassic aged sandstone schist and recrystallized limestone. These rocks are overlain with unconformity by the Tertiary aged peridotite, serpentinite, dacite tuff, dacite andesite, silicified zone and volcanic conglomerate, sandstone and basic tuff rocks. Quaternary aged alluvial deposits covering the old units with angular unconformity.

To calculate the Cokragan spring recharge and discharge quantity according to years, monthly flow data were taken from State Hydraulic Works (DSI). By using Cokragan spring flow data, dry season inclinations were computed and discharge coefficients were calculated. Cokragan spring's average discharge coefficient was found by calculating mean of separately calculated each dry season discharge coefficients.

Each dynamic reserves, at the end of dry season, were calculated and dynamic reserve changes were computed by the difference between dynamic reserves of consecutive years. By using the calculated dynamic reserve change of a water year, the discharge and recharge quantity of Cokragan Spring was found for the calculated water year.

Water samples were collected from the area to determine the hydrogeological properties. Hydrogeological properties were determined by using geochemical analysis of selected water samples from the study area. Analysis results were evaluated by plotting on the Piper, Schoeller, Wilcox and USA-Salinity diagrams. Hydrochemical facies type of the water samples are generally calcium-magnesium-sulphate-bicarbonate, calcium-magnesium-sulphate.

The geological and the geomorphological properties of Cokragan cave were investigated to define the effects of the tectonic activities, the geomorphological background and the changes in the groundwater level that occurred at the study area. According to these investigations, water levels were declined twice and tectonic activities were not very forcefulness. Furthermore, fissure systems of the rocks that Cokragan cave was formed, are well developed.

Keywords: Recharge volume, Discharge coefficient, Hydrogeology, Karst

İÇİNDEKİLER

Sayfa

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

BÖLÜM BİR - GİRİŞ1

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
--------------------------------------	---

1.2 İnceleme Alanının Yeri, Coğrafik Özellikleri ve Ulaşım.....	3
---	---

1.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
--------------------------------	---

1.4 Önceki Çalışmalar	6
-----------------------------	---

BÖLÜM İKİ - JEOLojİ8

2.1 Bölgenin Jeolojisi	8
------------------------------	---

2.2 Bölgenin Yapısal Jeolojisi	11
--------------------------------------	----

BÖLÜM ÜÇ - HİDROJEOLojİ13

3.1 Kaynak Boşalım Modelleri	13
------------------------------------	----

3.1.1 Tek Hazneli Doğrusal Model (Maillet Modeli).....	14
--	----

3.2 Maillet Modelinin Çokrağan Karstik Kaynağına Uygulanması	24
--	----

3.2.1 Çokrağan Karstik Kaynağı	24
--------------------------------------	----

3.2.2 Çokrağın Kaynağının Yıllara Göre Beslenme ve Boşalım Miktarı....	28
--	----

BÖLÜM DÖRT - HİDROJEOKİMYA34

4.1 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Başlıca İyonlar	34
4.1.1 Kalsiyum (Ca^{+2})	34
4.1.2 Magnezyum (Mg^{+2}).....	34
4.1.3 Sodyum (Na^{+})	36
4.1.4 Potasyum (K^{+}).....	36
4.1.5 Klorür (Cl^{-})	36
4.1.6 Sülfat (SO_4^{-2}).....	39
4.1.7 Bikarbonat (HCO_3^{-}).....	39
4.1.8 Silis (Si).....	39
4.1.9 Alüminyum (Al)	40
4.1.10 Arsenik (As).....	40
4.1.11 Bor (B)	40
4.1.12 Çinko (Zn)	40
4.1.13 Stronsiyum (Sr).....	41
4.1.14 Demir (Fe).....	41
4.1.15 Kurşun (Pb).....	41
4.2 Suların Sınıflaması	41
4.2.1 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflaması	41
4.2.2 Suların Fransız Sertliğine Göre Sınıflaması.....	43
4.2.3 Suların EC Değerine Göre Sınıflaması	44
4.2.4 Suların Piper Diyagramına Göre Sınıflanması	45
4.2.5 Suların Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramına Göre Sınıflanması..	48
4.2.6 Suların Wilcox Diyagramına Göre Sınıflandırılması.....	50
4.2.7 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflandırılması.....	50

BÖLÜM BEŞ - ÇOKRAĞAN MAĞARASI.....	53
5.1 Çokrağın Mağarasının Uzanımı ve Genel Özellikleri	54
5.2 Çokrağın Mağarasının Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri	56
5.2.1 Çokrağın Mağara Haritasından Alınan Kesitlerin Jeomorfolojik Yorumları.....	58
BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKÇA	65
EKLER.....	69

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için en çok ihtiyaç duyduğu unsurlardan biri ‘su’ dur. Çoğu gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de meydana gelen hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme ve sanayileşme, yaşamımızı sürdürebilmemiz için gereken ‘su’ kavramını değiştirmiştir. ‘Su’ kavramı tek başına yetersiz hale gelmiş ve önüne ‘temiz - kullanılabilir’ terimlerini ekleme gerekliliği doğmuştur.

Son yıllarda sıkça bahsedilen ve popüler bir sorun haline gelen iklim değişimleri ve bu iklim değişimlerinin olumsuz etkileri karşısında daha da önem kazanan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ulusal ve uluslararası gündemin en önemli maddesi durumundadır. Birleşmiş Milletler, 2005 – 2015 döneminde çalışmalarının ana temasını ‘yaşam için su’ şeklinde tanımlamıştır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi her şeyden önce etkin bir korumayı gerektirmektedir. Su kaynaklarının miktar ve kalite açısından etkin bir koruma ve yönetim modelinin oluşturulması için su kaynağının bulunduğu sistemin, fiziksel parametreleri (lito-stratigrafi, tektonik, morfoloji) ile dinamik özellikleri (yağış rejimi, süzülme, beslenme, dolaşım, depolama) arasındaki ilişkilerin sağlıklı bir şekilde tanımlanması ve bu ilişkilerin bir ‘hidrojeolojik kavramsal model’ çerçevesinde değerlendirmek gerekmektedir (Aydın ve Ekmekçi, 2005).

Uşak İlının Banaz İlçesine bağlı Yukarı Karacahisar Köyünde bulunan Çokrağan Karstik Kaynağı, bölgenin coğrafik ve jeolojik yapısı nedeniyle, düşük su potansiyeline sahip olmasından dolayı önemli bir su kaynağı konumundadır. Karstik kaynaklar, diğer kaynaklara göre insan aktivitelerinden daha çabuk etkilendiklerinden ve bu olumsuz etkiler çok bir kısa sürede geniş alanlara yayılabildiğinden (Ford ve Williams, 1989) dolayı Çokrağan Karstik Kaynağı iyi korunmalıdır.

Bu nedenle, karstik kaynaklar için ileriye dönük olarak etkin bir koruma ve yönetim modeli oluşturmak amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada; Çokrağan Karstik Kaynağının ve yakın çevresinin hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, kaynaktan ve kaynak civarından su örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinin analizleri, ACME laboratuvarında APHA'ya göre yapılmıştır. Su örneklerinin pH, EC, tuzluluk ve sıcaklık değerleri arazide ölçülmüştür. Analizi yapılan su numuneleri, Aquachem (Calmbach, 1997), Hydrowin (Calmbach, 1995), Excel programları ile değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Devlet Su İşleri'nden alınan Çokrağan Karstik Kaynağına ait debileri kullanarak, kaynaktan su yılı içerisinde boşalan toplam su miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra 'Maillet Eşitliği' yardımıyla her kurak dönemin boşalım katsayısı ayrı ayrı bulunarak aritmetik ortalaması alınmıştır. Boşalım katsayısı belirlenen kaynağın $V(t) = Q(t)/\alpha$ formülü ile ardışık yılların periyot sonundaki dinamik rezervleri hesaplanarak, bu rezervler arasındaki farktan, dinamik rezerv değişimi bulunmuştur. Bulunan dinamik rezerv değişimi ile kaynaktan su yılı içerisinde çıkan toplam su miktarını topladığımızda, o su yılına ait hazneye giren beslenme miktarı bulunmuştur.

Çokrağan Karstik Kaynağının çıkış noktasında yer alan Çokrağan Mağarası, Dokuz Eylül Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluğu tarafından incelenmiş ve haritası yapılmıştır. Mağara içinde yapılan gözlemler ve mağara haritasının plan ve profil çizimleri incelenerek, bölgede meydana gelen tektonik hareketler ve buna bağlı olarak yeraltı su seviyelerinde meydana gelen değişimler incelenmeye çalışılmıştır. Mağara haritasının ölçümü sırasında çelik şerit metre ve Recta marka klinometre ve pusula kullanılmıştır. Elde edilen ölçümler 'Onstation' programına girilerek, harita çizilmiştir.

1.2 İnceleme Alanının Yeri, Coğrafi Özellikleri ve Ulaşım

İnceleme alanı; Ege Bölgesi'nde, Uşak İli, Banaz İlçesine bağlı olan Yukarı Karacahisar Köyü'nün kuzeyinde bulunan Çokrağan Kaynağı ve çevresini kapsar (Şekil 1.1).

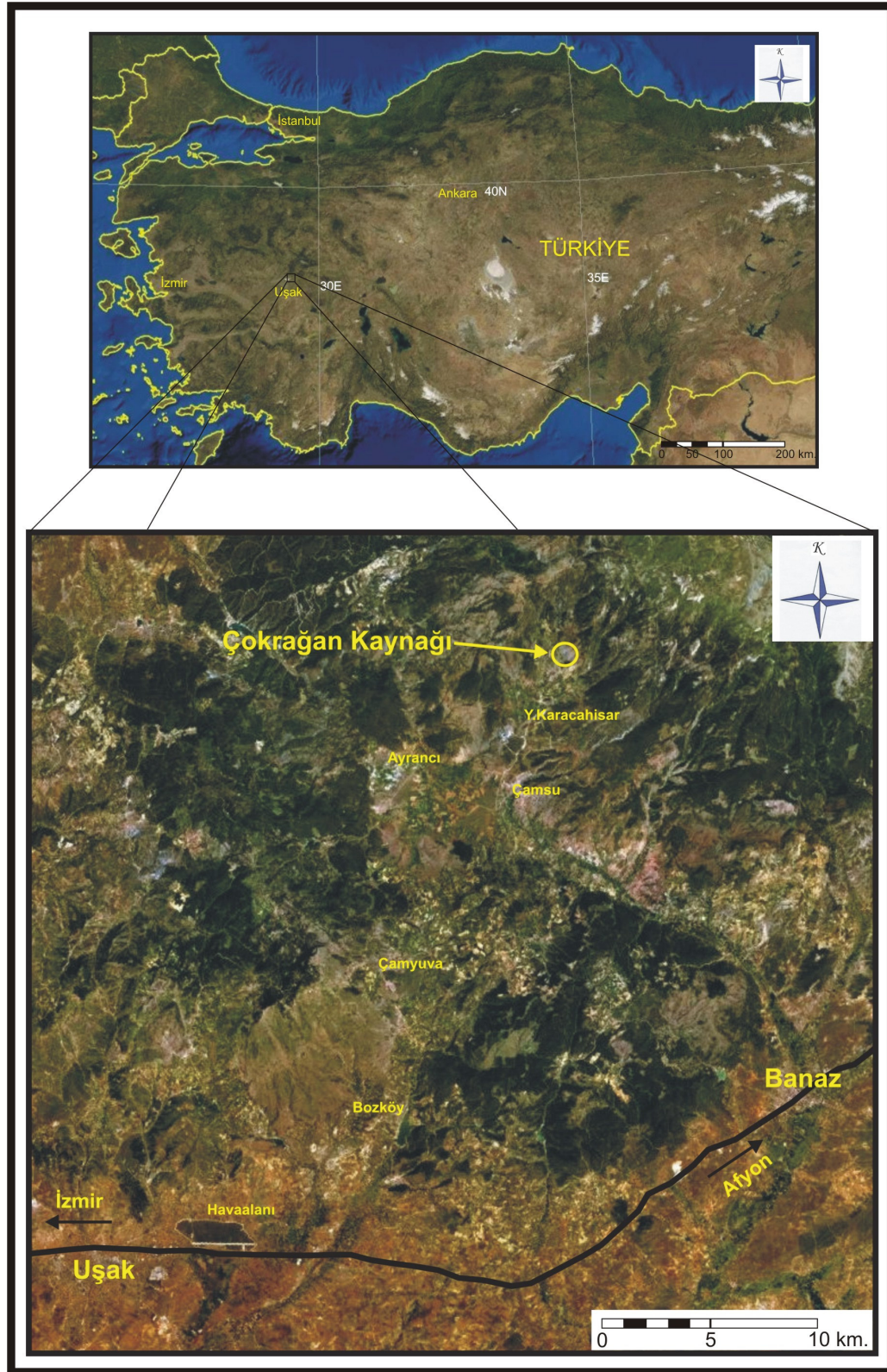
İnceleme alanı, Murat Dağı'nın güney yamacında yer almaktadır ve oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Murat Dağının zirvesi, Kartal T. (2309 m.) Çokrağan Kaynağının kuzey doğusunda yer almaktadır. İnceleme alanındaki diğer belli başlı yükseltiler, kuzeyinde Ekinlik Sr. (1496 m.), kuzeydoğusunda Ekinlik Sr. (1624 m.), güneydoğusunda Sarıtaş T. (1447 m.), güneybatısında Bayram T. (1329 m.), batısında Bakacakkaş T. (1470 m.) ve Ahlatlık T. (1486 m.) yükseltileridir.

Çokrağan Kaynağına ulaşım, Banaz İlçe merkezinden kuzeye, Çamsu Köyüne ayrılan dar asfalt yolla sağlanmaktadır. Banaz'dan yaklaşık 20 km. sonra Yukarı Karacahisar Köyü'ne ulaşılır. Köyden sonra, toprak olan yoldan yaklaşık 3 km. daha kuzeye yol alındıktan sonra kaynağına ulaşılır. Yukarı Karacahisar'a kadar yol asfaltlanmıştır, yoğun kar yağışı olan kış ayları dışında ulaşımında bir problem bulunmamaktadır.

1.3 İklim ve Bitki Örtüsü

Yukarı Karacahisar ve çevresi karasal iklimin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. DSİ tarafından Aşağı Karacahisar meteoroloji istasyonunda ölçülen yağışlar Tablo 1.1'de verilmiştir. 1963-2006 yılları arası yağış verilerine göre yıllık ortalama yağış yaklaşık 650 mm. civarındadır.

Yukarı Karacahisar'ın güneyinde bulunan Ayrancı yaylasında özellikle bakliyat tarımı yapılmaktadır. Yukarı Karacahisar ve civarı oldukça engebeli olduğundan, çok az sayıda tarım yapılabilir. hayvancılık gelişmemiştir. Bölgenin ekonomik seviyesi oldukça düşüktür.



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Tablo 1.1 Uşak-Banaz-Karacahisar bölgesi yağış ölçümleri.

UŞAK BANAZ KARACAHİSAR BÖLGESİ YAĞIŞ ÖLÇÜMLERİ (mm)													
YILLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
1963	127,7	136,3	64,3	69,0	142,6	61,3	14,6	0,0	26,5	68,6	22,9	111,1	844,9
1964	7,0	73,1	147,6	6,6	72,8	40,9	3,3	0,0	43,1	0,0	59,2	167,3	620,9
1965	52,8	144,6	60,4	111,0	103,8	4,6	0,2	0,6	0,0	26,3	114,0	134,6	752,9
1966	211,1	19,0	84,6	55,7	26,0	13,7	25,1	0,0	22,2	1,1	55,5	154,7	668,7
1967	101,5	40,7	32,4	83,3	43,5	6,6	5,2	0,0	47,1	13,8	30,6	110,6	515,3
1968	123,8	78,4	100,9	17,8	13,7	59,7	0,0	16,0	15,8	22,3	59,1	162,1	669,6
1969	144,3	106,3	66,2	73,7	26,1	19,4	21,1	1,2	6,0	43,4	46,5	186,3	740,5
1970	96,3	183,4	63,7	31,0	20,1	15,5	21,7	0,0	5,4	27,6	57,2	80,0	601,9
1971	52,7	73,3	127,2	17,2	69,9	38,7	11,3	24,8	6,8	29,7	90,6	59,5	601,7
1972	19,6	60,9	27,6	45,5	37,8	28,7	35,6	5,8	2,5	102,8	37,0	0,0	403,7
1973	31,9	118,0	47,6	60,4	18,0	9,8	14,8	0,0	0,0	29,7	45,6	79,3	455,1
1974	29,9	102,0	71,1	48,0	63,9	13,7	0,0	19,3	29,0	24,0	59,8	93,2	553,9
1975	41,2	54,7	81,6	46,5	68,4	56,1	2,3	25,5	9,6	17,6	100,6	102,9	607,0
1976	87,8	28,6	23,8	80,2	31,7	30,3	22,6	20,0	2,6	80,4	12,2	152,1	572,3
1977	58,7	63,9	45,9	50,0	3,5	22,0	0,0	8,2	35,0	28,2	60,7	108,2	484,3
1978	160,8	229,9	84,4	77,9	16,0	10,5	0,0	0,0	59,4	74,7	10,5	93,0	817,1
1979	248,1	46,2	37,7	21,3	122,6	40,7	3,1	0,0	1,7	78,5	120,9	108,6	829,4
1980	156,6	32,3	103,0	36,6	33,8	19,3	0,0	18,2	25,0	15,9	113,5	129,8	684,0
1981	115,6	67,3	76,8	26,0	53,6	49,4	11,3	35,1	0,0	53,0	86,7	291,5	866,3
1982	80,4	39,2	59,7	70,7	38,7	11,1	12,7	0,0	12,1	94,0	19,1	77,4	515,1
1983	104,3	84,5	16,3	46,7	46,0	71,7	45,1	0,0	14,4	19,3	271,2	103,0	822,5
1984	114,2	97,7	103,0	134,5	19,5	1,2	30,7	11,2	5,1	0,0	105,8	17,3	640,2
1985	214,2	87,6	48,4	15,7	56,0	8,4	0,0	18,4	0,0	28,3	85,1	67,0	629,1
1986	166,9	140,4	34,4	28,2	14,2	30,9	0,0	2,5	40,0	31,8	14,9	106,9	611,1
1987	208,4	37,2	70,8	71,4	46,4	16,7	20,1	0,0	0,0	40,1	47,7	78,4	673,2
1988	14,1	69,0	126,7	100,6	27,3	5,5	0,0	15,5	0,0	46,7	187,7	71,3	664,4
1989	11,7	17,0	33,3	0,0	38,6	3,4	26,5	0,0	0,0	47,0	129,8	98,9	406,2
1990	8,8	36,5	14,3	103,8	53,2	12,9	7,7	5,6	28,3	33,6	40,4	179,3	524,4
1991	47,6	49,6	59,4	95,2	127,0	38,2	16,9	19,2	9,4	37,1	25,1	53,4	578,1
1992	2,8	17,3	93,2	85,6	17,1	32,6	33,5	7,3	0,0	81,2	55,3	75,4	501,3
1993	83,6	82,4	62,2	55,0	117,4	10,9	0,0	0,0	2,7	6,1	94,0	90,3	604,6
1994	70,0	64,6	67,1	49,3	43,9	47,8	97,1	27,8	0,9	69,8	132,4	65,2	735,9
1995	118,7	15,0	115,9	69,7	14,9	17,5	8,8	14,5	23,5	59,2	117,5	73,1	648,3
1996	17,3	124,0	66,5	49,8	39,3	3,8	15,7	0,0	73,9	26,8	30,6	133,8	581,5
1997	40,7	24,2	18,8	119,6	28,9	34,7	2,2	26,9	15,1	98,1	44,5	137,6	591,3
1998	51,7	106,1	82,4	46,5	126,1	17,6	22,1	0,0	16,5	42,3	94,6	117,9	723,8
1999	104,7	167,3	79,0	31,9	6,9	36,7	42,5	7,9	24,2	18,8	64,0	45,1	629,0
2000	54,4	100,5	95,5	166,9	11,7	5,5	4,6	10,5	1,2	28,1	18,6	50,7	548,2
2001	13,5	77,1	51,2	81,2	75,5	0,8	18,4	18,6	9,8	0,0	182,6	215,8	744,5
2002	44,5	25,6	71,7	106,8	5,8	4,0	79,3	41,5	79,5	51,2	94,0	60,1	664,0
2003	115,1	109,1	22,6	115,4	22,9	20,6	0,0	64,0	5,5	104,0	28,1	109,0	716,3
2004	174,4	47,3	13,7	74,3	35,1	10,8	0,0	7,9	1,6	12,4	101,2	61,0	539,7
2005	34,4	103,5	149,2	56,7	62,3	32,1	75,8	16,9	16,7	28,2	138,8	74,2	788,8
2006	94,0	131,2	92,3	16,2	17,6	19,7	11,9	0,0	43,7	67,6	65,0	7,2	566,4
													649,71

1.4 Önceki Çalışmalar

Philippson (1918), Batı Anadolu'nun 1/3.700.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Bu çalışma ve yeni gözlemler 1/800.000 ölçekli İstanbul, İzmir paftasında yer almıştır. Araştırmacıya göre yeşil kayalar genç Neojen formasyonları tarafından örtülmektedir.

Tokay ve Bayramgil (1947), Gediz Çayı–Elmadağ arasının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Mesozoyik'de denizaltı hendeklerinin meydana geldiğini, Neojen'de göllerin geliştiğini ve Neojen sonrası yükselmelerin olduğunu kabul etmektedir.

Baykal (1954), Alaşehir–Uşak yöresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Bu çalışma sonunda stratigrafi ve yapısal jeoloji ortaya çıkarılmış, metamorik seri ve Tersiyer formasyonlarından başka kumtaşı, grovak ve kireçtaşlarının Mesozoyik yaşlı olabileceğine değinmişlerdir.

Colin (1955), Muratdağının doğusunda yaptığı çalışmalarda Serpantin–Yeşil Şistleri Üst Jurasik–Alt Kretase, çörtlü radyolarit aratabakalı kireçtaşlarını Üst Kretase, en alt yeralan şist-kuvarsitleri Devoniyen yaşlı olarak kabul etmiştir.

Ketin (1960), 1/2.500.000 ölçekli Türkiye tektonik haritasında Ofiyolitleri Alp devresine ait bazik ve ultrabazik kitleler olarak belirtmiştir.

Kalafatçioğlu (1962), çalışma alanının batısında yaptığı jeolojik harita alımında, Paleozoyik'e ait metamorfik serinin uyumsuz olarak taban konglomerasıyla başlayan Mesozoyik formasyonlar tarafından örtülebileceğini kabul etmektedir. Ayrıca Neojen formasyonlarının klastik, tatlı su ve volkanik fasiyesli olduğunu belirtmiştir.

Dubertret ve Kalafatçioğlu (1973), 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası İzmir paftası açıklama notunda 'Murat dağının kuzeyinde ultrabaziklerin altında tabanında

konglomera bulunan kireçtaşları vardır; metomorfik bir dom olan Murat dağı iki fayla üçe bölünmüştür' denilmektedir.

Bingöl (1975), Murat dağını oluşturan ana kayaç birimlerini petrografik ve jeokronolojik olarak tanımlamıştır. Jurasik yaşlı metasedimentlerin Kretase yaşlı melanjin altında yer aldığını, magmatik faaliyetlerin Tersiyer'de etkin olup, Baklan granitinin Paleosen, Karacahisar volkaniklerinin Miyosen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

BÖLÜM İKİ

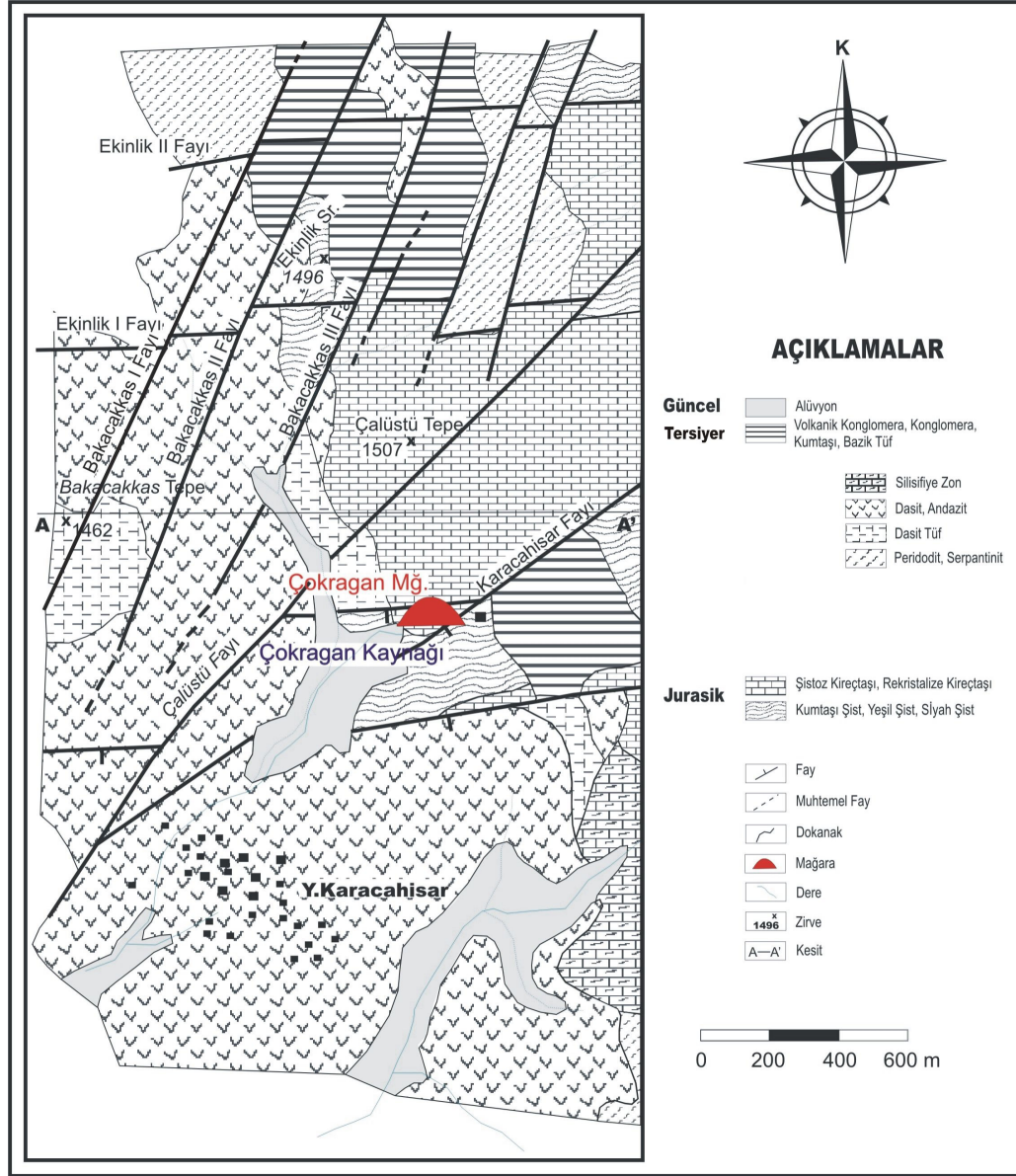
JEOLOJİ

2.1 Bölgenin Jeolojisi

İnceleme alanındaki kayaçlar, bölgesel metamorfikler, Tersiyer yaşlı sedimanter kayaçlar, ultrabazik kayaçlar, andezit ve silisifiye kayaçlardır. Bölgesel metamorfikler kumtaşı şist, yeşil şist ve rekristalize kireçtaşı içerirler. Bu kayaçlar sahanın doğu kısmında yüzlek vermektedirler ve genel bir doğu doğrultusu ile güney dalımına sahiptirler. Tersiyer yaşlı sedimanter kayaçlar, konglomera, volkanik konglomeralar, bazik tüfler ve kumtaşlarından oluşur ve sahanın doğu ve kuzey kısmında bulunmaktadır. Burada, ultrabazik kayaçlar ve bölgesel metamorfikler üzerinde uyumsuz bir şekilde bulunmaktadır. Bu sedimanter kayaçların Erken Tersiyer (Paleosen) yaşlı oldukları tahmin edilmektedir. Çünkü bunlar üzerindeki sıkışma ve pekişme gibi diyajenez etkileri, inceleme alanının dışında bulunan bütün güney kısımda uyumsuz bir şekilde uzanan Neojen kayaçlara oranla daha belirlidir. İnceleme alanında bulunan ultrabazik kayaçlar, bölgesel metamorfiklere sokulum göstermektedir. Ultrabazik kayaçlar özellikle ilginçtir çünkü bu kayaçların bazı kısımları Tersiyer sırasında silisifiye kayaç haline altere olmuştur (Şekil 2.1).

Bölgesel metamorfikleri, ultrabazik kayaçları ve Tersiyer sedimentlerini örten dasit (kısmen andezitik kayaç) ve dasit tuf, Yukarı Karacahisar Köyü ve dolaylarında yüzlek vermektedir (Şekil 2.2).

Kumtaşı şist yeşil-siyah şist; bölgede en eski temeli oluşturan metasedimentler, Çokrağan Kaynağı'nın hemen güneyinde ve Çalüstü Tepesinin kuzeyinde gözlenmektedir. Gri kahverengi, kirli sarı renkli ince ve orta tabakalanmalı kumtaşı şist, yeşil şist ve siyah şist ardalımasından meydana gelmiştir. Bol kırıklı ve geniş kıvrımlıdır. Bu birim üstünde bulunan rekristalize kireçtaşları ile uyumludur.



Şekil 2.1 Çalışma alanının jeolojik haritası (Mariko, 1970' dan uyarlanmıştır).

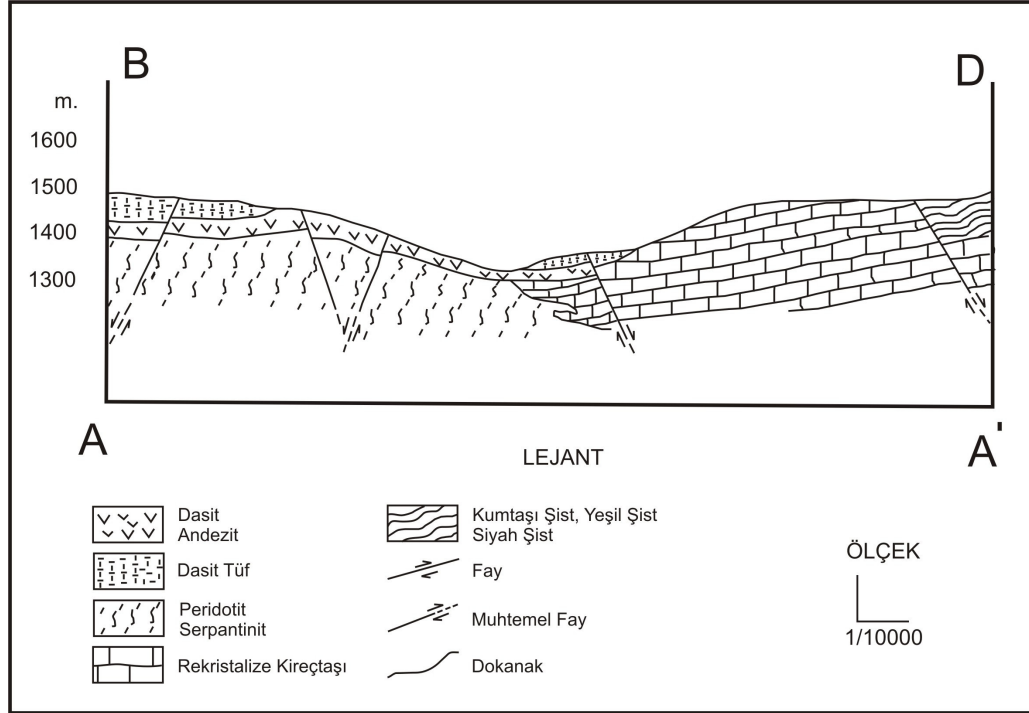
Rekristalize kireçtaşları, Y.Karacahisar'ın kuzeyinde Çalüstü Tepesinde görülmektedir. Genellikle gri-mavimsi, beyaz renkli masif ve yer yer 10-20 cm. kalınlıkta tabakalıdır. İnce taneli şeyl, kumtaşı ve çört bantları kapsar. Masif rekristalize kireçtaşları kırıklı ve erime boşlukludur. Alt kısımlarda metasedimetlerle yanal ve düşey geçişli olup, kumtaşı şistler tarafından katedilmiştir. Bingöl (1975) kireçtaşlarında bulduğu;

Protopeneroplis

Lagenidae

Miliolidae

gibi fosillere göre Orta ve Üst Jurasik yaşını vermiştir.



Şekil 2.2 Çalışma alanının jeolojik kesiti (Mariko, 1970).

Peridotit, serpantinit, melanj içinde en önemli birim olan ultrabazik kayalar, çalışma alanının kuzeyinde yüzlek vermektedir. Genellikle serpantinleşmiş peridotitten (vehrlit, ferzolit, harzburgit, listvanit) oluşmuşlardır. İnce kesitlerinde olivin kalıntıları izlenmiştir. Siyahımsı koyu yeşil renkli, yer yer serpantinleşmenin hakim olduğu büyük kütleler halindedir. Yer yer peridotit içinde merceksi yapıda manyezit yüzlek verirken, sepiyolit ince plakalar halinde eklem dolgusu olarak görülmektedir.

Dasit, andazit, dasidik tüf; dasit andazit ve tüflerden oluşan Karacahisar volkanitleri Yukarı Karacahisar Köyünde mostra vermektedir. Dasitler koyu gri renklidir. Tüflerde ise silisleşme ve kaolinleşme hakimdir. Bingöl (1975) Karacahisar

volkanitlerinden aldığı 3 numunede K-Ar metoduyla jeokronolojik inceleme yapmıştır. Bulunan radyometrik yaş değeri 16.9-20.9 milyon sene olup, Orta Miyosen'dir.

Silisifiye zon; silisleşmiş kayaçlar bölgede oldukça yaygındır. Makroskobik olarak koyu gri, kırmızı, sarı renkli, yer yer breşik görünümlü, kırılması güç, sert ve sıkı dokuludur. Silisleşmiş kayaçların hangi litolojik değişim ve jeolojik olaya bağlı olduğu saptanamamıştır. Faylanmalara bağlı olabileceği gibi serpantinleşmeye ve yörede yaygın olan granit sokulumuna da bağlı olabilir.

Volkanik konglomera, konglomera, kumtaşı, bazik tüf; konglomera, kumtaşı, kilaşına yer yer kireçtaşında eşlik ettiği bu seri kirli sarı renkli 2 cm'den 1 m'ye kadar değişen kalınlıkta tabakalıdır. Tabakalar kıvrımlı olup geniş dalgalı antiklinal ve senklinaler oluştururlar.

Alüvyon; alüvyon Çokrağan Deresi boyunca yayılmıştır. Alüvyon malzemesi çevredeki Murat Dağı melanji, konglomera-kumtaşı-kilaşı oluşturmaktadır.

2.2 Bölgenin Yapısal Jeolojisi

Murat Dağı bölgesindeki bölgesel metamorfik kayaçların jeolojik yapıları, ayrıntıları bakımından çok karmaşık bir durum göstermektedir. Birimlerin büyük bir kısmı, önemsiz birtakım faylar ve kıvrımlara sahiptir. Bu karmaşık duruma rağmen daha büyük litolojik birimler devamlılığı korumaktadır ve esas yapılar göreceli olarak daha sadedir. Karacahisar ocağı bölgesindeki bölgesel metamorfiklerin esas yapısı, genel olarak DB doğrultusuna ve G dalımına sahiptir. Büyük bir ultrabazik kayaç gövdesinin sokulumundan sonra Murat Dağı bölgesinde üç faylanma ve kıvrılma dönemi görülmektedir. Normal faylanma olan en eski faylanmanın, Neojen kayaçlardan daha yaşlı olduğu sanılmaktadır. Ancak, bunların bazıları üzerinde yeni bir takım hareketler meydana gelmiştir ve inceleme alanındaki faylanmanın yaşı hakkında yanlışlığa yol açmaktadır. K60-70B eğilimine sahip bu faylar, Murat Dağı bölgesinin genellikle kuzey kısmında görülmektedirler ancak bunlardan biri olan ve

Sarıtaş Fayı adı verilen normal fay, Sarıtaş Tepesi'nden itibaren bu bölgede GD'ya doğru uzanmaktadır. Bu fay dasit kayaç gövdesini keser. Ancak bu kesme ultrabazik kayaç gövdesindeki kadar büyük değildir. Jeolojik haritada silisifiye zonların, KB doğrultusunda uzanmaya eğilim gösterdikleri gözlemlenmiştir. Bu durum esas alınarak, hidrotermal çözeltilerle meydana gelen silisifikasyonun, KB-GD eğilimiyle çatlaklar ve faylar boyunca meydana geldiği tahmin edilmektedir. En yaşlı fay sistemini ve silisifiye zonları kesen ikinci faylanma, Karacahisar ocak bölgesinin doğu yarısındadır. Alakavak Fayı adını alan bu fay, sistemindeki en geniş normal faylanma olup, Karacahisar Köyü'nün kuzeyinde DB eğilimine sahiptir ve G dalımı yapar. En genç faylanmanın, Murat Dağı bölgesinin güney kısmındaki bu fay sistemi ile kesilen Neojen karasal sedimanter kayaçlardan sonra meydana geldiği tahmin edilmektedir.

Karacahisar ocak bölgesinde küçük faylar, normal faylar görülmektedir ve KKD-GGB yada KD-GB eğilimine sahiptirler. Bu fayların hemen hepsi pek az olarak yatay olarak (offset) ayrılmıştır, ancak belirli bir topoğrafik ifadeye sahiptirler. Karacahisar Fayı adı verilen fay ise, dasit ve silisifiye serpantin arasında bir kontak meydana getirir ve daha büyük bir yatay ayrılmaya sahip olup, KD-GB eğilimlidir ve KD'ya doğru dik bir dalım yapar.

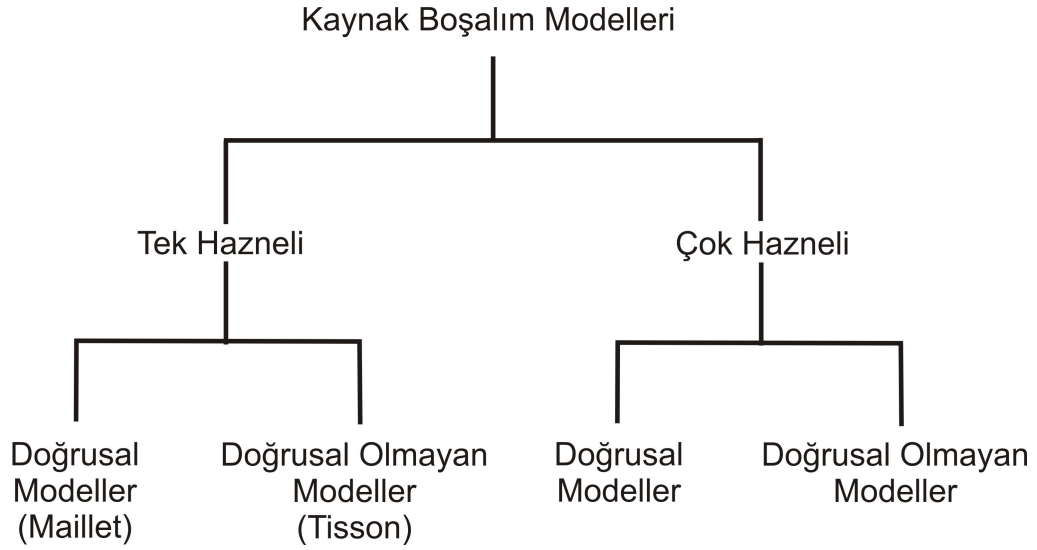
BÖLÜM ÜÇ

HİDROJEOLJİ

DSİ II. Bölge Müdürlüğü'nden alınan Çokrağan Karstik Kaynağına ait 2002-2007 yılları arası debi ölçüm verileri yardımıyla, tek hazneli doğrusal model kullanılarak, kaynağın yıllara göre beslenme ve boşalım miktarları bulunmuştur.

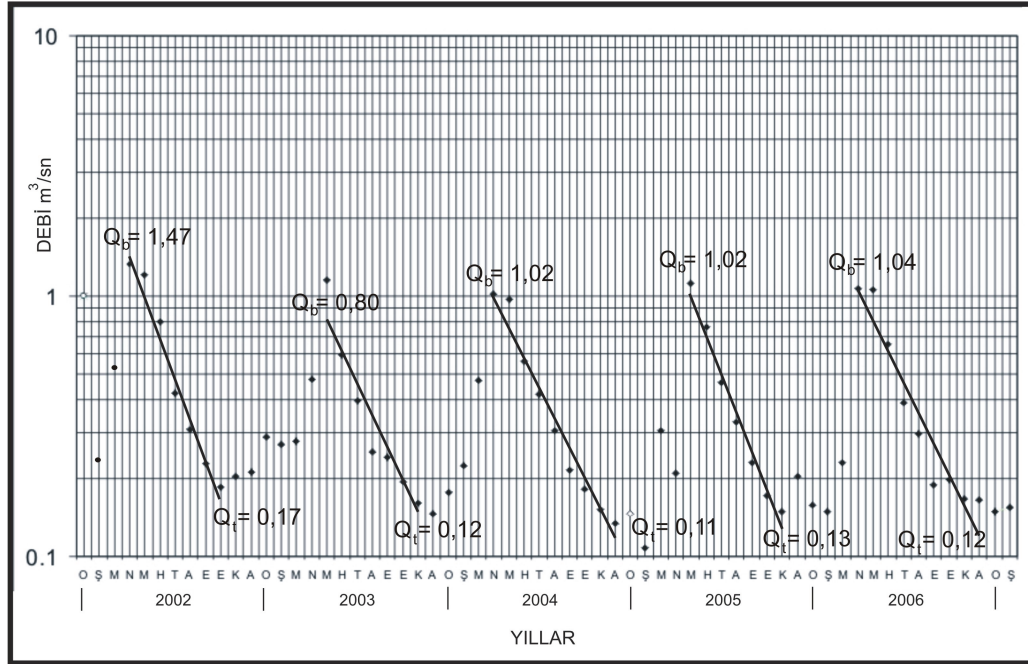
3.1 Kaynak Boşalım Modelleri

Karstik alanlarda uygulanabilecek kaynak boşalım modelleri, tek hazneli ve çok hazneli olmak üzere iki guruba ayrılır. Tek hazneli model, doğrusal modeller (Maillet) ve doğrusal olmayan modeller (Tisson) adı altında iki alt guruba ve çok hazneli model de aynı şekilde doğrusal modeller ve doğrusal olmayan modeller olarak iki alt guruba ayrılır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kaynak boşalım modellerinin sınıflaması.

Bu ayırımı pratikte uygulamak için Çokrağan Kaynağında DSİ tarafından 2002-2007 yılları arasında onbeş günde bir olarak ölçülen ve bu ölçümlerin aylık ortalaması alınan debi verileri, yarı logaritmik kağıda düzenli bir şekilde işlenmiştir. Bu işlenen verilerin azalım eğrileri yaklaşık doğrusala yakındır (Şekil 3.2). Bu durum, tek hazneli doğrusal modellerin tipik davranışlarından biridir.



Şekil 3.2 Çokrağan Kaynağının azalım hidrografik analizleri.

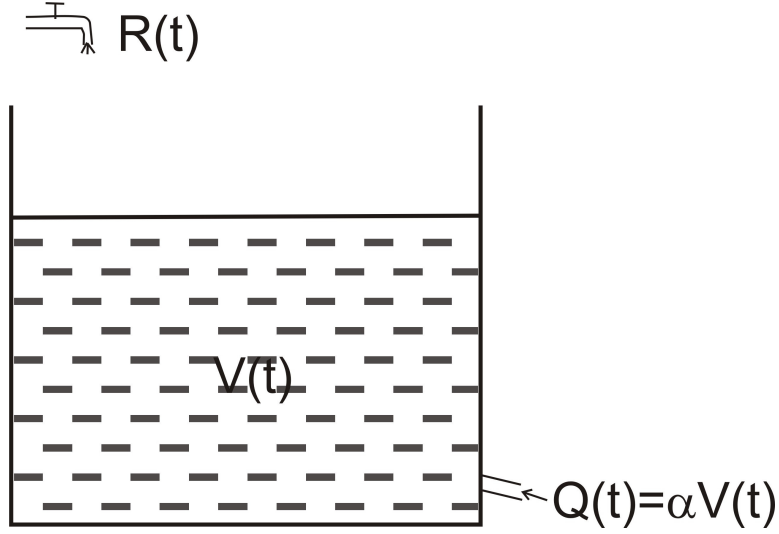
3.1.1 Tek Hazneli Doğrusal Model (Maillet Modeli)

Kaynak boşalım verilerini kullanarak yağış sularının hazneye nekadarının girdiğini yaklaşık olarak bulabilmenin ve bu sistemi formülize edebilmenin oldukça güç olduğu, geçmişte yapılan araştırmaların sonuçlarından anlaşılmaktadır (Chow ve diğ., 1988; Birsoy, 1989,1990; Kresic, 1997).

Genel olarak düşünüldüğünde, yağışlı suları toprağa düştüğü andan itibaren yüzey suları olarak doğrudan akmakta, bitkiler tarafından tutulmakta, buharlaşmakta ve ancak geri kalan su derin sızma (perkolasyon) yoluyla hazneye girebilmektedir.

Hazneye giren suyun (yeraltısuyu beslenmesi, R) miktarını bulabilmek için daha önce de bahsedilen Tek Hazneli Doğrusal Model ilk kez Maillet tarafından 1905 yılında önerilmiştir. Bu model pratikliği nedeniyle günümüzde de geçerliliğini sürdürmekte ve kullanılmaktadır.

Yeraltısuyu haznesini Birsoy (1990), yağış-akış ilişkisini şematik olarak şekildeki gibi basit bir fiziksel modelle temsil etmiştir (Şekil 3.3). Şekilde kullanılan kısaltmalar, $V(t)$; haznede herhangi bir t anında bulunan su miktarı (L^3), $Q(t)$; hazneden birim zamanda boşalan su miktarı (L^3/T), ve α ; boşalım katsayısı (T^{-1}) ile simgelenmiştir.



Şekil 3.3 Tek hazneli doğrusal modelinin şematik gösterimi (Birsoy, 1990).

Yukarıdaki şekilde de görüleceği üzere bu modelde hazneden birim zamanda boşalan su miktarı ($Q(t)$) ile depodaki su miktarı ($V(t)$) arasında kabul edilmiş olan doğrusal ilişkiden ($Q(t) = \alpha V(t)$) dolayı bu modeller doğrusal hazne modeli adını alırlar.

Şekil 3.3’de sembolize edilen haznede süreklilik ilkesi uygulandığında zamana bağlı su miktarı değişimi için;

$$\frac{dV}{dt} + Q(t) = R(t) \quad (1)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikteki $\frac{dV}{dt}$; depodaki su hacminin birim zamandaki değişme miktarını verir (L^3/T).

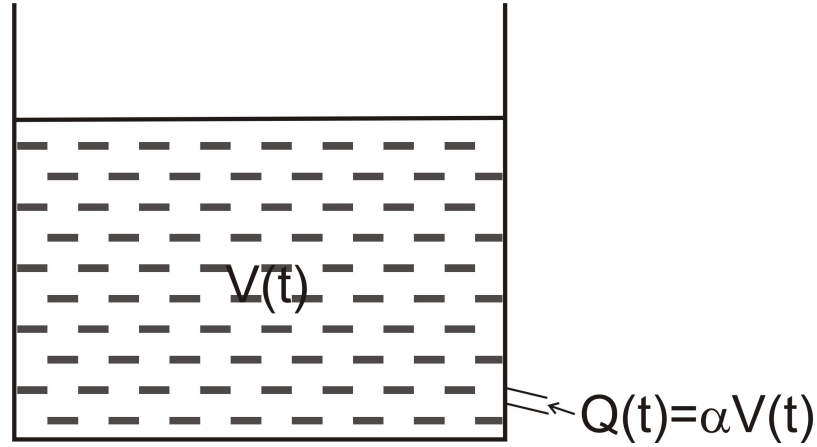
Hazneye su girişı olmadığı kabul edilen kurak dönemde (Şekil 3.4)

$$R_{(t)} = 0$$

olacağından eşitlik 1'den,

$$\frac{dV}{dt} + Q_{(t)} = 0 \quad (2)$$

karstik alanlarda kurak dönem kaynak boşalım problemlerinde çok kullanılan tek hazne modelinin diferansiyel eşitliği elde edilir.



Şekil 3.4 Kurak dönem.

Eşitlik 2'nin çözülebilmesi için bir eşitliğe daha gereksinim vardır. Bu eşitlik akiferden boşalan debinin haznedeki su hacmi ile orantılı olduğu varsayımıdır:

$$Q = \alpha \times V \quad \alpha = \text{boşalım katsayısı (T}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Bu eşitlik, iki bilinmeyenli denklemin çözümünde kolaylık sağlar (Karanjac, 1977; Birsoy, 1990).

Yukarıdaki eşitlikte α ile gösterilen boşalım katsayısı, yeraltı suyu hacmi ile debi arasındaki sabit (doğrusal) bir bağıntı olduğunu göstermektedir. Bu katsayı,

yağışlarla birlikte yeraltı suyunun hacminin artmasıyla, kaynak debisinin, boşalım katsayısı oranında artacağını gösterir.

Eşitlik 3'ün her iki tarafının zamana göre türevi alındığında,

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

ve eşitlik 2, boşalma katsayısıyla çarpılırsa,

$$\alpha \frac{dV}{dt} + \alpha Q = 0 \quad (R=0 \text{ kurak dönem koşulu}) \quad (5)$$

eşitlikleri elde edilir. (5) no'lu eşitlikte $\alpha \left(\frac{dV}{dt} \right)$ yerine (4) no'lu eşitlikten $\frac{dQ}{dt}$, koyulduğunda,

$$\frac{dQ}{dt} + \alpha Q = 0 \quad (6)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik,

$t = t_0$ için $Q = Q_b$ başlangıç koşulu için çözüldüğünde

$$\int_{t_0}^t \frac{dQ}{dt} = -\alpha \int_{t_0}^t dt$$

$$Q_t = Q_b e^{-\alpha (t-t_0)} \quad (7)$$

Maillet (1905)'in doğrusal tek hazne model eşitliği elde edilir. Bu formülde Q_b , Q_t , α , e ve t simgeleri,

$$\begin{aligned}
Q_b &= \text{Kaynağın başlangıç debisi (L}^3\text{/T)}, \\
Q_t &= \text{Herhangi bir t anındaki kaynağın debisi (L}^3\text{/T)}, \\
\alpha &= \text{Kaynağın boşalım katsayısı (T}^{-1}\text{)}, \\
e &= \text{Neperiyen logaritma bazı (eksponansiyel)} \\
t &= \text{Zaman (T)},
\end{aligned}$$

anlamında kullanılmıştır.

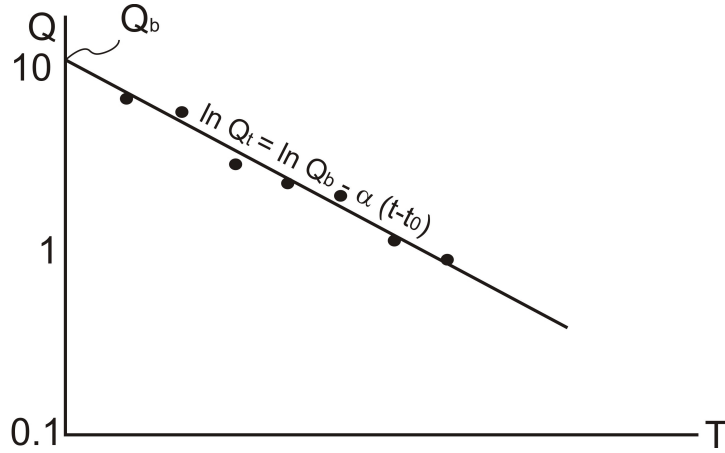
Bu eşitliğin her iki tarafının doğal logaritması alınır,

$$\ln Q_t = \ln Q_b - \alpha (t - t_0) \quad (8)$$

elde edilir. Bu eşitlik; Q eksenli logaritmik, t eksenli lineer bir koordinat sisteminde bir doğruyu ve Maillet'in kaynak azalım eğrisinin bir ifadesi olarak tanımlanır.

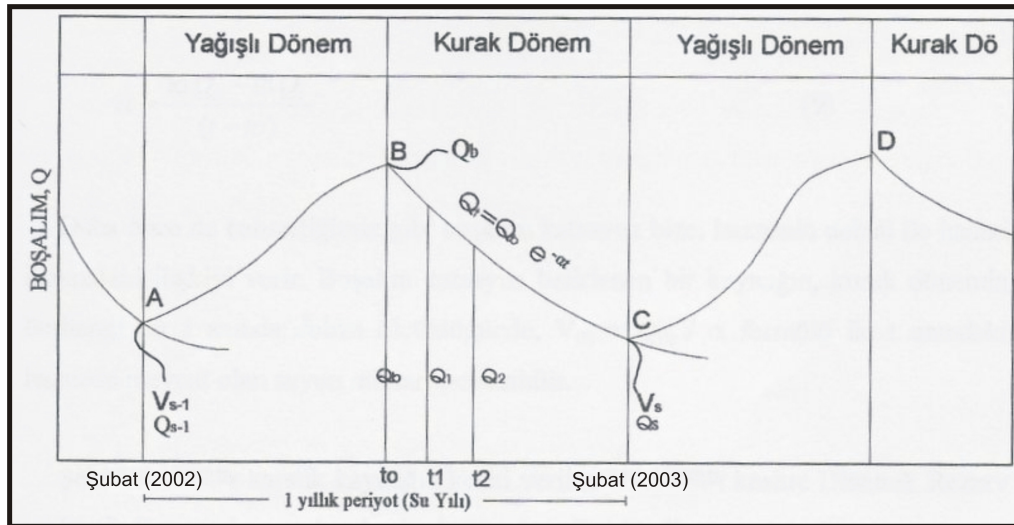
Maillet bağıntısına göre, karstik alanlarda düzgün akımlı kaynakların (eksponansiyel azalan) boşalım katsayılarını bulmak için, yarı logaritmik kağıdın düşey eksenine Q ve yatay aritmetik eksenine t zamanları konularak bir doğru çizilir (Şekil 3.5). Bu doğruya kaynak boşalım eğrisi denir.

Kaynak boşalım eğrilerinin analizleri çok çeşitli yönlerden değerlendirilebilir. Bu eğriler, o havzanın kaynak akımlarının araştırılmasını ve rejimlerinin saptanmasını, kırık-çatlak-eklem sistemlerinin hazne ile ilişkilerini, havzanın tek hazneli veya çok hazneli olmasının tespitini ve uzun yıllarca alınan debi verileriyle kaynakların yeraltısuyu geliştirme potansiyellerinin değerlendirilmesi gibi birçok olanaklar sağlamaktadır.



Şekil 3.5 Maillet eşitliğinin grafik tasarımı.

Kaynak rasat istasyonlarında düzenli aralıklarla alınan debi verilerini, milimetrik kağıda ard arda işlediğimizde eğrilerin, periyodik dizilim şeklinde oluştuğu görülür (Şekil 3.6). Ekimden-Ekime bir yıllık bu periyot su yılı olarak bilinmektedir fakat bu çalışmada da su yılı terimi kullanılmayacaktır. Yağış durumu değişiklik gösterdiğinden dolayı su yılı Şubattan-Şubata olarak kullanılacaktır. Aşağıdaki şekilde görülen A ve C noktaları su yılı sonu olarak ifade edilir. B ve D noktaları, kurak dönem başlangıç debilerini simgelemektedir. Bu noktalar aynı zamanda yağışlı dönem ile kurak dönem geçiş noktalarıdır.



Şekil 3.6 Bir akiferden boşalan debilere göre yağışlı (yükselme) ve kurak (çekilme) dönemleri (Karaş, 2003'den uyarlanmıştır).

Kurak dönem başlangıç noktaları (B ve D gibi), Şekil 3.6'daki hidrograflarda da görüldüğü gibi aynı zamana denk gelmeyebilir. Fakat su yılı dinamik rezerv değişimlerini bulmak için A ve C noktaları hep aynı tarihlerde alınması ve bu noktaların kurak döneme denk gelmesi gerekir.

Yukarıda hidrografik eğride, su yılı sonu yaklaşık olarak Şubat aylarına denk gelmektedir. Bunun nedeni çalışılan bölge için, Şubat aylarının Kurak Dönemin bittiği, Yağışlı Dönemin başladığı (1 su yılı) ayrılım noktası olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat bu durum bölgelere, yağışların durumuna ve akiferin özelliklerine (Ör. gecikme zamanına) göre ayrılım noktası değişebilir.

$t-t_0$ serbest değişken $\log Q_t$ bağımlı değişken olarak ele alındığında Eşitlik (8) bir doğru denklemini verir, bu doğrunun eğimi α 'dır.

Kaynak boşalım verileri (debiler) ve bu verilere karşılık gelen zamanları yarı logaritmik kağıda işledikten sonra Eşitlik (8)'den α çekildiğinde, aşağıdaki eşitlikte, boşalım eğrisinin eğimini veren, boşalım katsayısı kolaylıkla hesaplanabilir,

$$\alpha = \ln Q_b - \ln Q_t / (t-t_0) \quad (9)$$

Daha önce de bahsedildiği gibi boşalım katsayısı, haznenin debisi ile hacmi arasındaki ilişkiyi verir. Boşalım katsayısı belirlenen bir kaynağın, kurak dönemin herhangi bir t anında debisi ölçüldüğünde, $V_{(t)} = Q_{(t)} / \alpha$ formülü ile t anındaki haznede mevcut olan suyun miktarı bulunabilir.

Şekil 3.7'de bir karstik kaynağın kesiti verilmektedir. Bu kesitte Dinamik Rezerv ile Statik Rezerv kavramları basit olarak gösterilmektedir.

Genel olarak su çıkış noktasının üst seviyesinde kalan, kaynak yoluyla (gravitenin etkisiyle) alınan suya Dinamik Rezerv (V_{dm}) denir. Su çıkış noktasının alt seviyesinde kalan, kaynak yoluyla alınamayan, pompaj veya diğer yöntemlerle enerji harcayarak alınan suya ise Statik Rezerv (V_{st}) denir (Şekil 3.7).

$$\Delta V = V_s - V_{s-1} \quad (12)$$

$$\Delta V = \text{Dinamik rezerv değişimi (m}^3\text{)}$$

Dinamik rezerv değişimi ile yıllık boşalan su miktarı toplandığında, çıkan sonuç o su yılında hazneye giren su miktarını (kaynak beslenme miktarı) verir (Eşitlik 13).

$$R_{\text{top}} = Q_{\text{top}} + \Delta V \quad (13)$$

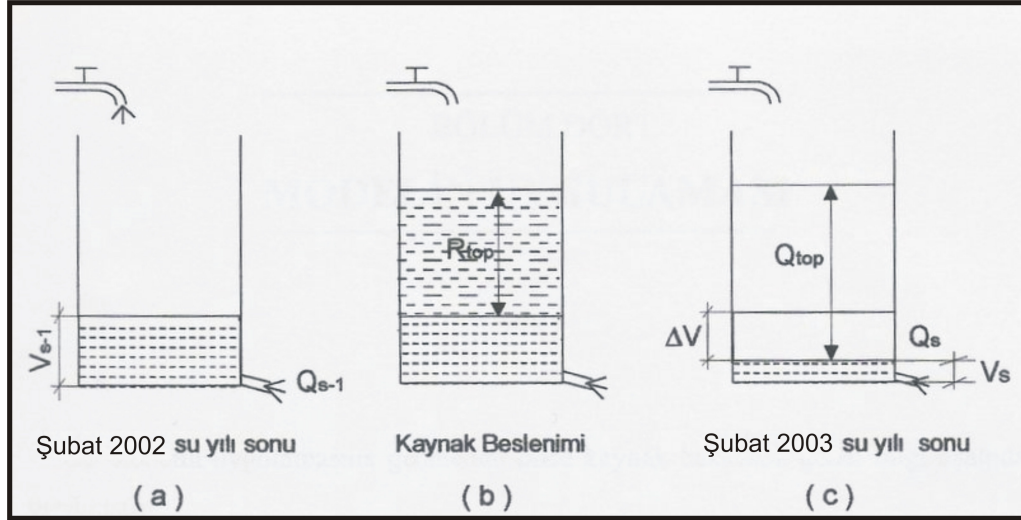
$$R_{\text{top}} = \text{Yıllık beslenme miktarı (m}^3\text{/sn)}$$

$$Q_{\text{top}} = \text{Yıllık boşalım miktarı (m}^3\text{/sn)}$$

$$\Delta V = \text{Dinamik rezerv değişimi (m}^3\text{)}$$

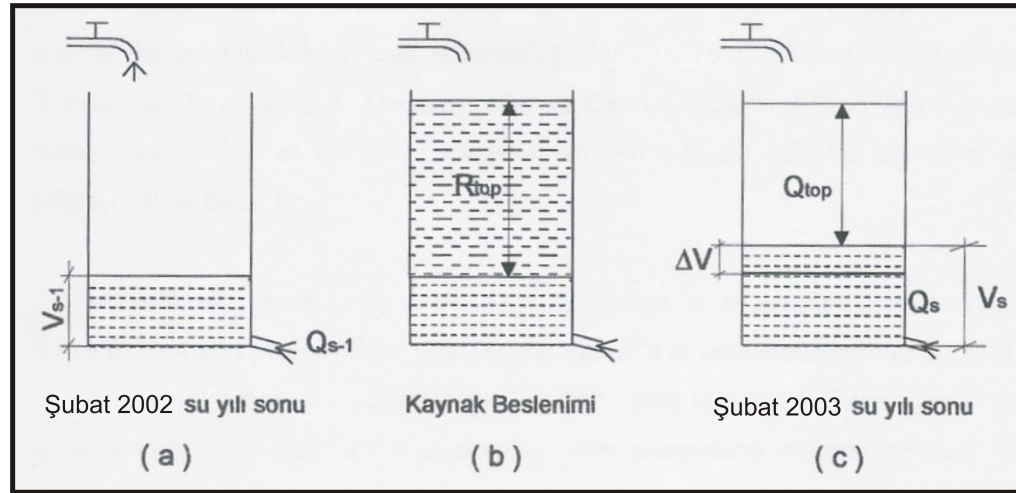
Kaynak besleniminin ve boşalımının daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıdaki şekillerle basit olarak gösterilmiştir. Burada gösterilen şekillerin anlatımında boşalım katsayısının sabit olduğu düşünölmüştür.

Şekil 3.8-a’da su yılı başında haznede V_{s-1} hacmi kadar su bulunmaktadır ve su yılı sonunda V_s hacmi kadar haznede su kalmıştır (Şekil 3.8-c). Burada açıkca görölmektedir ki su yılı sonunda ΔV hacmi kadar su hazneden eksilmiştir. Bu durum yıllık kaynak besleniminin, yıllık kaynak boşalımından az olduğunu göstermektedir ($Q_{\text{top}} > R_{\text{top}}$). Şekil 3.8-c’de gösterilen Q_{top} , (bir su yılı boyunca kaynaktan boşalan su miktarı) aylık olarak öölülen debilerden hesaplanmaktadır. Eğer Q_{top} ile ΔV ’yi toplarsak (aşağıdaki şekle göre ΔV eksi değer alır), su yılı boyunca kaynağa giren su miktarını (Şekil 3.8-b-c) ‘ R_{top} ’ hesaplanır.



Şekil 3.8 Kaynak beslenimi ve boşalımının şematik olarak gösterimi, V_{s-1} : Su yılı başı dinamik rezerv, V_s : Su yılı sonu dinamik rezerv, ΔV : Dinamik rezerv değişimi, R_{top} : Su yılı boyunca kaynak beslenme miktarı, Q_{top} : Su yılı boyunca kaynaktan boşalan su miktarı, Q_{s-1} : Su yılı başı kaynak debisi, Q_s : Su yılı sonu kaynak debisi (Karaş, 2003'den uyarlanmıştır).

ΔV değeri artı değer aldığı durumda yıllık kaynak besleniminin, yıllık kaynak boşalımından daha büyük olduğunu göstermektedir ($Q_{top} < R_{top}$) (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Kaynak beslenimi ve boşalımının şematik olarak gösterimi (Karaş,2003'den uyarlanmıştır).

Eğer ΔV değeri sıfıra eşit çıkması durumunda ($V_{s-1} = V_s$), su yılı başında ve sonunda su miktarı eşit olduğundan yıllık kaynak beslenimi ve boşalımı eşittir ($Q_{top} = R_{top}$).

3.2 Maillet Modelinin Çokrağan Karstik Kaynağına Uygulanması

3.2.1 Çokrağan Karstik Kaynağı

Çokrağan Karstik Kaynağı, UŞAK K23-a2 pafta no'lu topoğrafik haritada, 35 S 0728593 / 4309331 UTM koordinatlarında, Karacahisar Fayı ile Çalüstü Fayı'nın keşistiği noktada yer almaktadır.

Çokrağan Karstik Kaynağı, kaynak konumundaki Çokrağan Mağarası'ndan yeryüzüne çıkmaktadır. Çokrağan Mağara'sından yan yana 3 noktadan farklı karakterlerde su çıkmaktadır. Diğer iki kaynağa göre göreceli olarak ortada kalan kaynak ana su kaynağı konumundadır. DSI'nin mağara ağzına yaptığı kaptajda (Şekil 3.10) toplanan sular Uşak'a içme suyu olarak borular yardımıyla iletilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 Çokrağan Kaynağında yer alan kaptajın dışardan görünümü.



Şekil 3.11 Toplanan suyun borularla iletilmesi ve ana kaynağın kaptaj içerisinden görünümü.

Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü (DSİ), Çokrağan Kaynağı debilerini, 2002 yılından itibaren düzenli olarak yaklaşık onbeş günlük periyotlarla ölçmektedir (Tablo 3.1). Ölçülen en yüksek debi 2006 yılı Nisan ayında $1,488 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve en düşük debi 2005 yılı Şubat ayında $0.108 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak ölçülmüştür. Ayrıca tek hazneli doğrusal modelde kullanmak amacıyla ölçümlerin aylık ortalama debileri hesaplanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.1 Çokrağan Kaynağı debi ölçümleri.

ÇOKRAĞAN KAYNAĞI DEBİ ÖLÇÜMLERİ (m ³ /sn)							
Tarih	Q(m ³ /sn)	Tarih	Q(m ³ /sn)	Tarih	Q(m ³ /sn)	Tarih	Q(m ³ /sn)
14.02.2002	0,236	10.07.2003	0,426	27.10.2004	0,172	06.04.2006	0,645
15.03.2002	0,527	24.07.2003	0,363	11.11.2004	0,150	16.04.2006	1,488
17.04.2002	1,444	07.08.2003	0,316	24.11.2004	0,151	04.05.2006	1,231
29.04.2002	1,211	21.08.2003	0,189	09.12.2004	0,131	22.05.2006	0,889
22.05.2002	1,349	03.09.2003	0,260	22.12.2004	0,137	06.06.2006	0,760
30.05.2002	1,062	17.09.2003	0,221	07.01.2005	0,146	20.06.2006	0,553
14.06.2002	0,831	02.10.2003	0,190	15.02.2005	0,108	12.07.2006	0,424
28.06.2002	0,761	16.10.2003	0,195	03.02.2005	0,108	26.07.2006	0,358
12.07.2002	0,460	06.11.2003	0,163	14.03.2005	0,267	07.08.2006	0,307
26.07.2002	0,388	20.11.2003	0,158	28.03.2005	0,341	18.08.2006	0,284
09.08.2002	0,337	04.12.2003	0,151	11.04.2005	0,124	08.09.2006	0,195
23.08.2002	0,277	18.12.2003	0,141	25.04.2005	0,292	21.09.2006	0,181
06.09.2002	0,239	08.01.2004	0,166	09.05.2005	1,230	04.10.2006	0,200
20.09.2002	0,215	22.01.2004	0,185	23.05.2005	0,999	19.10.2006	0,195
04.10.2002	0,195	06.02.2004	0,215	06.06.2005	0,902	09.11.2006	0,165
18.10.2002	0,174	19.02.2004	0,231	20.06.2005	0,622	23.11.2006	0,166
01.11.2002	0,174	04.03.2004	0,469	04.07.2005	0,466	15.12.2006	0,165
15.11.2002	0,219	18.03.2004	0,482	01.08.2005	0,354	15.01.2007	0,149
29.11.2002	0,214	01.04.2004	0,968	15.08.2005	0,304	16.02.2007	0,154
12.12.2002	0,215	15.04.2004	1,116	12.09.2005	0,244		
26.12.2002	0,207	29.04.2004	0,974	23.09.2005	0,213		
09.01.2003	0,270	12.05.2004	1,237	10.10.2005	0,192		
23.01.2003	0,308	27.05.2004	0,715	24.10.2005	0,151		
06.02.2003	0,269	10.06.2004	0,605	07.11.2005	0,151		
06.03.2003	0,254	24.06.2004	0,518	21.11.2005	0,145		
20.03.2003	0,304	08.07.2004	0,453	05.12.2005	0,222		
04.04.2003	0,334	22.07.2004	0,386	19.12.2005	0,184		
17.04.2003	0,628	05.08.2004	0,317	04.01.2006	0,163		
01.05.2003	1,236	17.08.2004	0,293	20.01.2006	0,150		
15.05.2003	1,359	02.09.2004	0,239	09.02.2006	0,148		
29.05.2003	0,874	16.09.2004	0,210	23.02.2006	0,148		
12.06.2003	0,719	30.09.2004	0,195	13.03.2006	0,236		
26.06.2003	0,472	15.10.2004	0,189	23.03.2006	0,223		

Tablo 3.2 Çokrağın Kaynağı aylık ortalama debi ölçüm verileri.

ÇOKRAĞAN KAYNAĞI DEBİ ÖLÇÜM VERİLERİ ORT. (m ³ /sn)												
YILLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
2002		0,236	0,527	1,328	1,206	0,796	0,424	0,307	0,227	0,185	0,202	0,211
2003	0,289	0,269	0,276	0,481	1,156	0,596	0,395	0,253	0,241	0,193	0,161	0,146
2004	0,176	0,223	0,476	1,019	0,976	0,562	0,420	0,305	0,215	0,181	0,151	0,134
2005	0,146	0,108	0,304	0,208	1,115	0,762	0,466	0,329	0,229	0,172	0,148	0,203
2006	0,157	0,148	0,230	1,067	1,060	0,657	0,391	0,296	0,188	0,198	0,166	0,165
2007	0,149	0,154										

3.2.2 Çokrağan Kaynağının Yıllara Göre Beslenme ve Boşalım Miktarı

Çokrağan Kaynağında aylık olarak ölçülen debi verilerini kullanarak su yılı boyunca hazneden çıkan toplam su miktarını (Q_{top}) bulabiliriz.

Bir su yılı boyunca kaynaktan çıkan su miktarının yaklaşık olarak bulunması için, aşağıda 2003 yılına ait kaynak boşalım hesabı gösterilmektedir.

$$Q_{top} = \text{Debi (2002 Mart–2003 Şubat ayları arası debi toplamaları ortalaması)} \times \text{zaman}$$

$$Q_i = (\text{Debi Toplamı}) = (0,527 \times 31) + (1,328 \times 30) + (1,206 \times 31) + (0,796 \times 30) + (0,424 \times 31) + (0,307 \times 31) + (0,227 \times 30) + (0,185 \times 31) + (0,202 \times 30) + (0,211 \times 31) + (0,289 \times 31) + (0,269 \times 28)$$

$$Q_i = 181,741 \text{ (gün m}^3\text{/sn)}$$

$$Q_{ort} = \frac{Q_i}{365 \text{ gün}}$$

$$Q_{ort} = \frac{181,741}{365} \cong 0,498 \text{ (m}^3\text{/sn)} \quad (\text{Yıllık ortalama debi})$$

$$(1 \text{ gün} = 86400 \text{ sn, } 1 \text{ yıl} = 365 \text{ gün})$$

$$A = 365 \text{ (gün)} \times 86400 \text{ sn} = 31.536.000 \text{ sn} \quad (1 \text{ yıl})$$

$$Q_{top} = Q_{ort} \times A \quad (\text{Yılda toplam boşalan su miktarı})$$

$$Q_{top} 2003 = 0,498 \text{ m}^3\text{/sn} \times 31.536.000 \text{ sn} = 15.704.928 \text{ m}^3\text{/yıl}$$

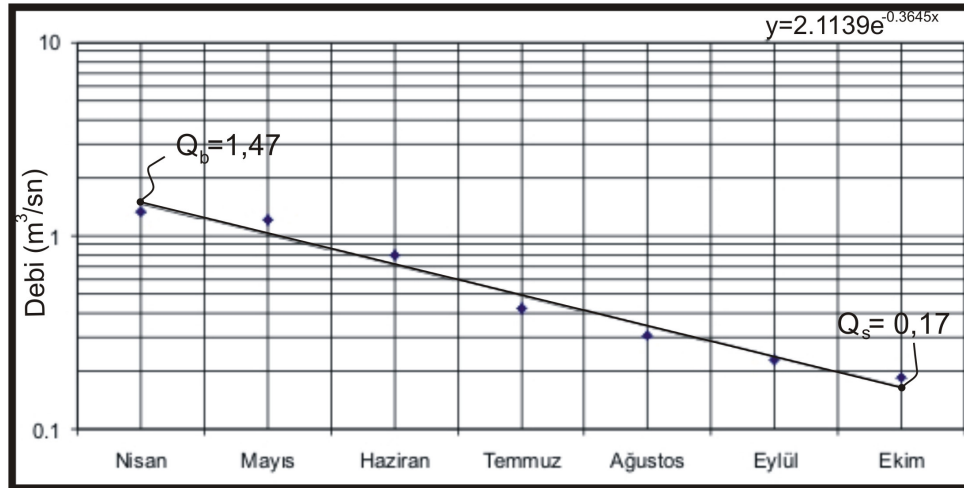
Çokrağan Kaynağı 2002 yılından itibaren ölçülmeye başlandığından dolayı sadece 2002 ve 2007 yılı arasında 5 su yılı boyunca hazneden çıkan su miktarı

hesaplanmıştır (Tablo 3.3). Yaklaşık 15 günde bir ölçülen debi verilerinin aylık ortalaması bir ay boyunca ortalama debi olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.3 Aylık olarak ölçülen debi verilerine göre kaynaktan su yılı boyunca çıkan toplam su miktarı.

Su Yılında Kaynaktan Çıkan Su Miktarı (Q_{top})		
Yıllar	Q_{top} (m^3)	Q_{top} (Milyon m^3)
2003	15.704.928	15,71
2004	11.352.960	11,35
2005	12.362.112	12,36
2006	11.195.280	11,20
2007	12.425.184	12,43

Boşalım katsayısının hesaplamalarında 2002 yılından 2006 yılına kadar ölçülen yılın verileri kullanılmıştır. Bu 5 yılın kurak döneminde model gereği yağış olmamış yada yağış olsa bile azalım eğrisini önemli derecede etkilemeyen ayların azalım eğrileri kullanılmıştır. DSİ tarafından aylık debi ölçümleri 2002 yılının Şubat ayından itibaren başladığından dolayı, veri eksikliği nedeniyle 2002 yılının beslenme ve boşalım miktarları hesaplanamamıştır. Şekil 3.12’de 2002 yılına ait Çokrağan Kaynağının azalım (boşalım) eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 3.12 2002 yılı Çokrağan Kaynağına ait azalım eğrisi.

Yarı logaritmik kağıda işlenen verilerden kurak dönem başlangıç debisi ile kurak dönem t anındaki debi verisi belirlenerek aşağıdaki gibi 2002 yılına ait boşalım katsayısı hesaplanmaktadır. Denklem hesaplamaları ve azalım eğrisi çizimleri “Microsoft Office XP Excel” programı yardımıyla yapılmıştır.

$$Q_b = 1,47 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q_s = 0,17 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\alpha(2002) = \frac{((\ln Q_b - \ln Q_s))}{t - t_0} = \frac{(\ln 1,47 - \ln 0,17)}{180 - 0} \cong 0,012 \text{ gün}^{-1}$$

Tablo 3.4’de 5 yıllık boşalım katsayıları verilmiştir. Boşalım katsayısı değerleri mevsimlere, sıcaklıklara, düzenli-düzensiz yağışlara vb. göre az çok değişmektedir. Boşalım katsayılarının ortalamasını aldığımızda, çıkan sonuç o hazneye ait boşalım katsayısı değerini verir. Ek 1,2,3,4 ‘de boşalım katsayıları analizleri gösterilmiştir.

Tablo 3.4 Çokrağan Kaynağının yıllara göre boşalım katsayı değerleri ve aritmetik ortalama boşalım katsayısı değeri.

Yıllar	t (gün)	Q_b (m ³ /sn)	Q_s (m ³ /sn)	Boş. Katsayısı (α) (gün ⁻¹)
2002	180	1,47	0,17	0,0120
2003	210	0,80	0,12	0,0090
2004	240	1,02	0,11	0,0093
2005	180	1,02	0,13	0,0115
2006	240	1,04	0,12	0,0090
Ortalama Boşalım Katsayısı (α_{ort})				0,0102

Boşalım katsayısı belirlenen bir havzanın, kurak dönemin herhangi bir t zamanında, suyun birim zamanda akış miktarını ölçüp “ $V_t = Q_t/\alpha$ ” formülü kullanıldığında, o anda haznede ne kadar dinamik rezerv olduğu bulunabilir.

Bir su yılı boyunca hazneye giren su (beslenme) miktarını bulmak için, ardışık yıllara ait dinamik rezervlerin (V_{s-1} ve V_s) bilinmesi gerekir. Aşağıda 2002-2003 yıllarına ait dinamik rezervin hesaplanması gösterilmektedir.

$$V_{s-1} = \frac{Q_{s-1} \times 86400}{\alpha} = \frac{0,236 \times 86400}{0,0102} \cong 1,99 \text{ milyon m}^3 \text{ (} Q_{s-1}; \text{ 2002 Şubat debisi)}$$

$$V_s = \frac{Q_s \times 86400}{\alpha} = \frac{0,269 \times 86400}{0,0102} \cong 2,28 \text{ milyon m}^3 \text{ (} Q_s; \text{ 2003 Şubat debisi)}$$

Yukarıda hesaplanan dinamik rezervlerin arasındaki fark, bize dinamik rezerv değişimini verir (ΔV).

$$\Delta V (2003) = V_s - V_{s-1} = 0,29 \text{ milyon m}^3$$

ΔV sonucunun pozitif (+) çıkması, bir önceki su yılı sonuna göre haznede su biriktiğini, negatif (-) çıkması durumunda ise bir önceki su yılı sonuna göre haznede su eksildiğini gösterir. Fakat bu sonucun pozitif veya negatif çıkması, hazneye giren su miktarının bir önceki su yılına göre daha fazla veya daha az olduğu anlamına gelmemektedir.

Yukarıda 2003 yılına ait dinamik rezerv değişimi sonucu pozitif (0.29 milyon m³) çıkmıştır. Bu sonuç bir önceki su yılına göre su rezervinden 0.29 milyon m³ daha fazla su bulunduğunu göstermektedir.

Su yılı boyunca, hazneden çıkan su miktarı (Q_{top}) ile dinamik rezerv değişimini (ΔV) topladığımızda, hazneye giren su miktarını (R_{top}) bulabiliriz.

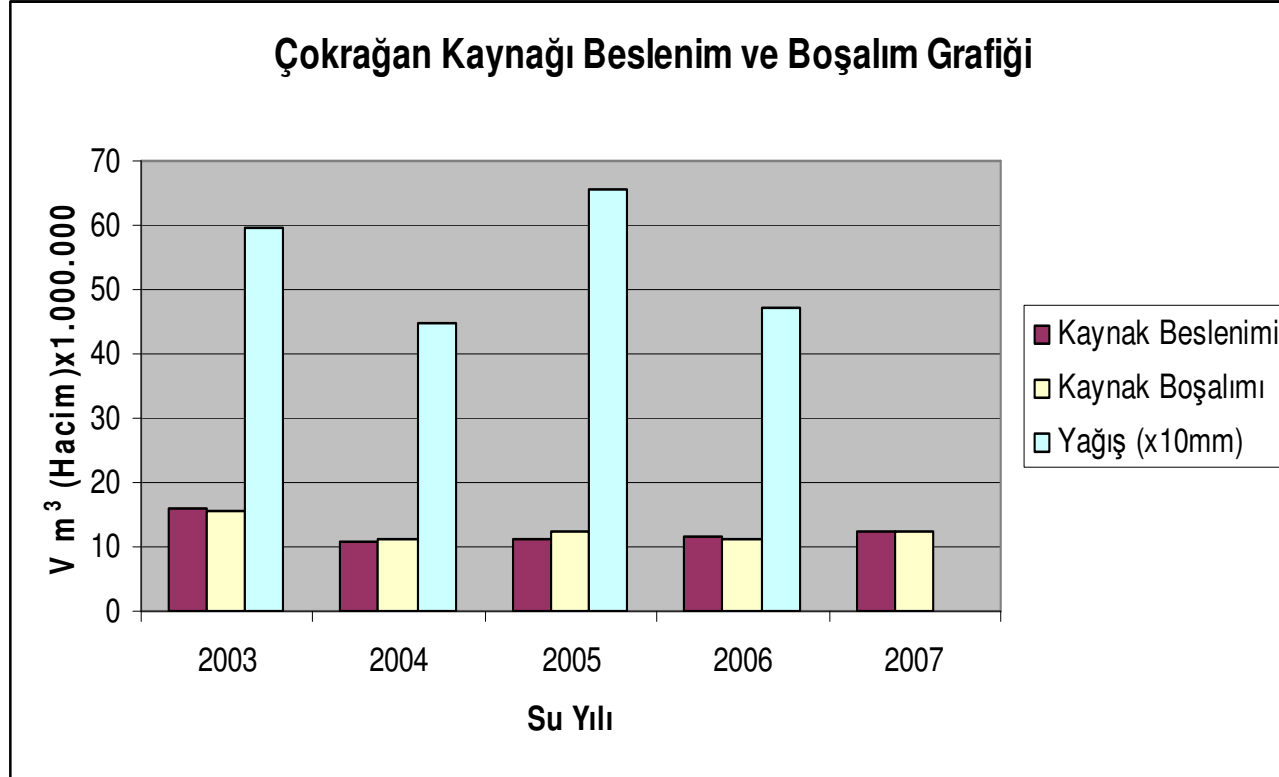
$$R_{top} (2003) = Q_{top} + \Delta V = 15,71 + 0,29 = 16 \text{ milyon m}^3$$

Yukarıdaki sonuca göre 2003 yılında, yağış yoluyla hazneye 16 milyon m³ su girmiştir. Tablo 3.5’de 5 yıla ait beslenme miktarları gösterilmektedir.

Tablo 3.5 Çokrağın Kaynağının yıllara göre beslenme ve boşalım miktarı.

Su Yılı	Şubat Q_{s-1} m ³ /sn	Şubat Q_s m ³ /sn	V_{s-1}	V_s	ΔV	Q_{top}	R_{top}
			(milyon m ³)			(milyon m ³ /yıl)	
2003	0,236	0,269	1,99	2,28	0,29	15,71	16,00
2004	0,269	0,223	2,28	1,89	-0,39	11,35	10,96
2005	0,223	0,108	1,89	0,92	-0,97	12,36	11,39
2006	0,108	0,148	0,92	1,25	0,33	11,20	11,53
2007	0,148	0,154	1,25	1,31	0,06	12,43	12,49
Toplam					-0,68	63,05	62,37
Ortalama						12,61	12,47

Şekil 3.13’de Çokrağın Kaynağı haznesine ait dolum ve boşalım değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Aynı şekilde gösterilen yağış grafiği ise yalnızca dolum ile grafiksel karşılaştırma yapılması içindir.



Şekil 3.13 Çokrağan Kaynağı beslenim ve boşalım grafiği.

BÖLÜM DÖRT

HİDROJEOKİMYA

Çalışma alanından tümü soğuk olmak üzere, 13 adet su örneği alınmıştır. Bunlardan u1, u9, u10, u11, u12, u13 çokrağan karstik kaynağından alınan örneklerdir. Çokrağan Mağarası ağzına yapılan kaptajdan yan yana üç farklı karakterde su çıkmakta olduğu gözlemlenmiştir. Diğer kaynaklara göre ortada kalan kaynak ana su kaynağı konumundadır ve bu çalışmada çokrağan ana kaynağı (ÇAK) olarak adlandırılmıştır. Ana kaynağın solunda kalan kaynağa Çokrağan Yan Kaynağı (ÇYK), sağında kalan kaynağa ise yörede denildiği gibi Çokrağan Sarısu Kaynağı (ÇSK) isimleri kullanılacaktır (Şekil 4.1).

4.1 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Başlıca İyonlar

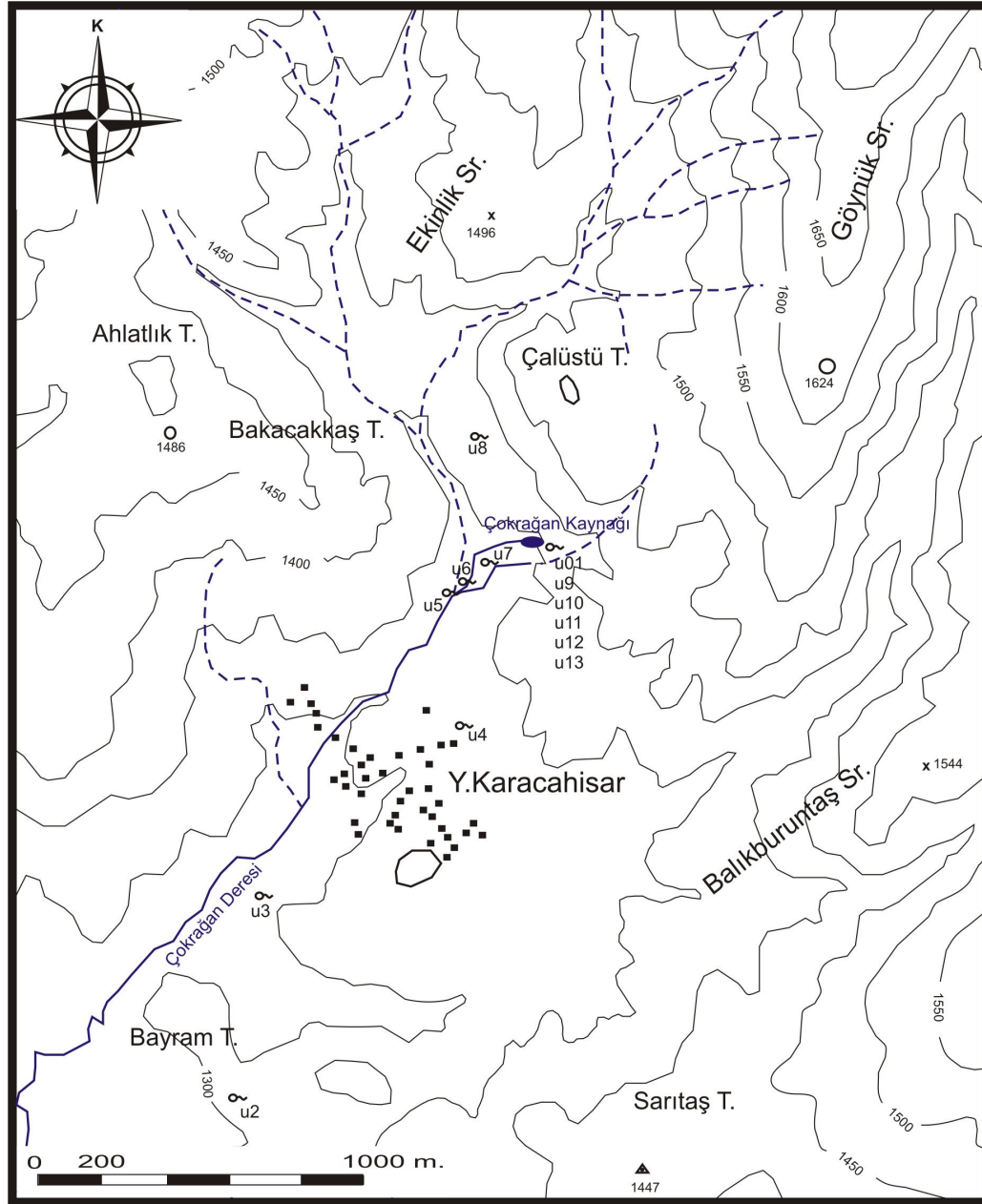
4.1.1 Kalsiyum (Ca^{+2})

Yeraltı sularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, vb. silikatlı olmayan ve albit, anortit, piroksen, amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun erimesiyle girer. İçme sularında kalsiyum miktarının genelde 10- 100 mg/l arasında bulunması istenir. Fazlası suların sertliğini artırır. Ca^{+2} iyonunun atom ağırlığı, 40,08 akb(Atomik Kütle Birimi)'dir (Tarcan, 2004). Çalışma alanından alınan su örneklerinde Ca^{+2} 4,783 mg/l ile 192,676 mg/l arasında değişmektedir. Sadece U1, U2, U3, U4 ve U13 örnekleri 10-100 mg/l limit değerleri arasındadır, diğer örnekler bu limit değerlerin altında ve üstündedir.

4.1.2 Magnezyum (Mg^{+2})

Yer altı sularına magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantinleşme sonucu açığa çıkan $MgCO_3$ 'ün erimesiyle karışır. İçme sularında magnezyum miktarının genelde 10-100 mg/l arasında bulunması istenir. Yeraltının yüzey kısımlarında, özellikle karstik bölgelerde Ca^{+2} miktarı, Mg^{+2} miktarından daha fazladır. Ancak ultrabazik ve ofiyolitik kayalarda Mg^{+2} oranı, Ca^{+2} oranından daha fazladır. Bu tür kayaların bulunduğu ortamdaki sular, Mg^{+2} iyonu yönünden zengindir. Mg^{+2} iyonunun atom

ağırlığı, 24,48 akb'dir (Tarcan, 2004). Alınan bütün su örneklerinde Mg^{+2} istenilen sınır değerleri arasındadır.



Şekil 4.1 Çalışma alanının topoğrafik haritası ve örnek alım noktaları.

4.1.3 Sodyum (Na^+)

Yeraltı sularına plajioklasların ayrışması ile karışır ve kil minerallerindeki iyon değişimi sonucu oluşur. En fazla deniz suyunda bulunur (yaklaşık 20000 mg/l). İçme suyunda ise 10-50 mg/l civarındadır. Na^+ iyonunun atom ağırlığı, 23 akb'dir. Yeraltı suları sulama amaçlı kullanıldığında, özellikle killi topraklar için sodyum miktarı çok önemlidir. Sodyumun fazla olması da insan sağlığı açısından önemlidir (Tarcan, 2004). Çalışma alanında (Na^+) değeri, 0,911 mg/l ile 3,256 mg/l değerleri arasında değişmektedir. (Na^+) değeri, soğuk sular için istenilen sınır değerlerin altındadır (Tablo 4.1).

4.1.4 Potasyum (K^+)

Potasyumun kaynağı ortoklas, mikroklin, biyotit ve muskovit mineralleridir. Bu minerallerin bozunuma uğraması sonucunda potasyum açığa çıkarak yer altı suyuna ve yüzey suyuna karışır. Potasyum, kil mineralleri ve bitkiler tarafından soğrulması nedeniyle yer altı sularında daha az bulunur. Potasyum ve sodyum yer kabuğunda yaklaşık olarak eşit miktarlarda bulunurken; magmatik kayalarda sodyum, çökel kayalarda ise potasyum egemendir. Deniz suyundaki sodyum, potasyumun yaklaşık 28 katıdır. Yerkabuğunda potasyum miktarının büyük bir kısmı feldspatlarda bulunur (Tarcan, 2004). K^+ iyonunun atom ağırlığı, 39,1 akb'dir. Çalışma alanındaki (K^+) değerleri yaklaşık olarak 0,3 mg/l ve 3,3 mg/l değerleri arasında değişmektedir.

4.1.5 Klorür (Cl^-)

Yeraltındaki sulara deniz suyundan, yağmur suyundan ve evaporitlerden karışır. Yağmur suyunda 1 mg/l, deniz suyunda 21000-22000 mg/l, içme suyunda ise 200-600 mg/l arasında bulunmaktadır. Cl^- iyonunun atom ağırlığı, 35,5 akb'dir (Tarcan, 2004). Çalışma alanındaki (Cl^-) değerleri, 1 mg/l ile 20 mg/l arasında değişmektedir.

Tablo 4.1 Çalışma alanına ait su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.

Örnek	Tarih	Koordinat (35S)	pH	EC (µs/cm)	Sıcaklık °C	TDS	SAR	As ppb	Al ppb	B ppb	Ca mg/l	Cl ppm
*U1(ÇAK)	01.07.05	0728593/4309331	6.85	500	11	502.6	0.03	2.6	114	<20	89,281	3
U2	31.08.05	0727674/4307637	7.56	479	25	305	0.06	1.5	49	<20	87,350	3
U3	31.08.05	0727825/4308246	8.44	205	18.3	124.4	0.05	<.5	31	<20	28,465	2
U4	31.08.05	0728336/4308758	8.07	543	20.2	393.8	0.03	1.7	25	<20	81,126	1
U5	31.08.05	0728419/4309215	7.65	963	13.6	812.5	0.02	3.3	34	<20	174,105	1
U6	31.08.05	0728427/4309215	7.45	1032	15.2	842.4	0.03	1.1	35	<20	181,665	1
U7	31.08.05	0728436/4309314	7.56	698	19.1	463.3	0.07	<.5	65	<20	100,692	2
U8	31.08.05	0728397/4309697	8.97	366	16.2	210	0.03	<.5	33	<20	4,783	1
*U9(ÇYK)	01.07.05	0728593/4309331	7.63	797	10	687	0.02	3.4	19	5	125,836	9
*U10(ÇSK)	01.07.05	0728593/4309331	6.95	1026	17	916.8	0.03	1.6	15	9	192,676	20
*U11(ÇYK)	08.01.06	0728593/4309331	7.38	780	8.9	601.2	0.03	3	60	9	111,392	4
*U12(ÇSK)	08.01.06	0728593/4309331	7.19	1028	9.2	848.1	0.04	1.2	68	13	170,817	3
*U13(ÇAK)	08.01.06	0728593/4309331	7.59	463	5.6	364.3	0.03	1.7	55	<5	64,292	2

Tablo 4.1'in devamı.

Örnek	Tarih	Fe ppb	HCO ₃ mg/l	K ppb	Li ppb	Mg mg/l	Na mg/l	Pb ppb	S ppm	Si mg/l	SO ₄ mg/l	Sr ppb	Zn ppb
*U1(ÇAK)	01.07.05	282	123.94	679	0.9	33,934	1.235	1.8	83	5,248	249	1113.51	20.7
U2	31.08.05	246	241.660	507	0.6	14,788	2.170	1.4	26	4,909	78	334.37	5.5
U3	31.08.05	88	136.596	375	0.4	12,986	1.298	0.3	4	2,837	12	44.54	4.9
U4	31.08.05	87	138.945	540	1.1	31,277	1.305	0.4	70	4,808	210	926.1	4.2
U5	31.08.05	203	31.263	478	1	45,356	1.192	0.2	191	5,507	573	2493.93	4.6
U6	31.08.05	132	59.997	644	1.7	47,711	1.765	0.3	193	5,582	579	2408.16	5
U7	31.08.05	135	305.556	3269	6.3	40,527	3.256	0.3	55	11,775	165	575.99	3.8
U8	31.08.05	182	282.133	291	0.4	55,449	0.911	0.6	3	3,020	9	15.12	4.8
*U9(ÇYK)	01.07.05	414	161.715	430	1.3	44,893	1.214	0.4	114	6,483	342	1527.58	3
*U10(ÇSK)	01.07.05	510	161.055	649	2.2	45,529	2.018	0.3	164	6,289	492	2388.75	3.9
*U11(ÇYK)	08.01.06	348	158,048	564	1	42,753	1.411	1.3	103	7,452	309	1526.48	0.4
*U12(ÇSK)	08.01.06	394	161,870	793	1.7	47,041	2.030	1.2	156	7,287	468	2234.3	0.6
*U13(ÇAK)	08.01.06	248	173,476	438	0.7	23,785	1.059	0.7	37	5,413	111	554.41	0.4

4.1.6 Sülfat (SO_4^{2-})

Yeraltındaki sulara jips ve anhidritin çözünmesiyle karışır. SO_4^{2-} iyonunun atom ağırlığı, 96 akb'dir. Çalışma alanındaki (SO_4^{2-}) değerleri 9 mg/l ile 624 mg/l arasında değişmektedir.

4.1.7 Bikarbonat (HCO_3^-)

Yeraltı sularına karbonatlı kütlelerin erimesiyle katılır. İçme sularında bikarbonat miktarı 10-80 mg/l arasındadır. Bulunuş oranı, ortamdaki CO_2 miktarına ve ortamın pH'ına bağlıdır. Örneğin ortamda yüksek miktarda CO_2 varsa pH'ı düşer ve ortam asidik olur. Dolayısıyla ortam karbonatları daha çok eritir ve bikarbonat konsantrasyonu artar. HCO_3^- iyonunun atom ağırlığı, 61 akb'dir (Tarcan, 2004). Çalışma alanındaki (HCO_3^-) değerleri yaklaşık 27 mg/l ile 306 mg/l arasında değişmektedir. U5, U6, U11 örnekleri dışında (HCO_3^-) değerleri istenilen değerlerin çok üstündedir.

4.1.8 Silis (Si)

Silis yerkabuğunda bolluk açısından oksijenden sonra yer alır. Çoğu kayalarda oksit ve metallerle birleşik olarak silikat mineralleri halinde bulunur. Silis içeren kayaların parçalanması doğal sulara süspanse ve kolloidal halde bulunan silis bileşiklerinin başlıca nedenidir. Doğal suların silis içeriği 1-30 mg/l gibi yüksek konsantrasyonlar, doğal sular için pek alışılmış değildir. Ancak bazı tuzlu sular ve deniz sularında silis konsantrasyonları 1000 mg/l'yi aşmaktadır. Endüstriyel amaçlarla kullanılan sulara silis istenmeyen bir parametredir. Bunun nedeni silisin özellikle yüksek basınçlı buhar türbini cihazlarında saf silis birikimlerinin oluşmasına neden olmasıdır. Silis giderme için bazik anyon değiştiriciler veya destilasyon işlemi uygulanır (Şengül ve Türkman, 1998). Çalışma alanındaki (Si) değerleri yaklaşık olarak 2,8 mg/l ile 11,8 mg/l arasında değişmektedir.

4.1.9 Alüminyum (Al)

Çalışma alanındaki (Al) değerleri 15 ppb ile 114 ppb arasında değişmektedir.

4.1.10 Arsenik (As)

Arsenik hidrotermal damarlarda Au, Ag, Cu, Ni ve Co gibi elementlerle, Ni – Cu sülfat yataklarında fosfatlı kayalarda ve oksitlerde izlenir. Çok zehirli olan arsenik elementinin içme ve kullanma sularında 0,05 mg/l' ye kadar kullanılmasına izin verilebilir (TS 266, 1997). Çalışma alanındaki (As) değerleri < 0,5 ppb ile 3,4 ppb arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki arsenik konsantrasyonları sınır değerinin altında kalmaktadır.

4.1.11 Bor (B)

Önemli bir bitki beslenme elementi olan bor, sulama suyunda 2,0 mg/l'den fazla olması halinde bitkilere zarar verir. Bazı bitkiler 1,0 mg/l hatta daha düşük konsantrasyonlardaki bordan bile zarar görürler. İçme sularında 1,0 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlara nadiren rastlanır. Deniz suyunun bor içeriği 5 mg/l oranlarındadır. Büyük miktarda borun vücuda alınması halinde merkezi sinir sistemi etkilenir, bor alınmaya devam edilirse borizm olarak bilinen klinik sendrom görülür (Şengül ve Türkman,1998). Çalışma alanındaki (B) değerleri <0.5 ppb ile 13 ppb arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki örneklerde bor konsantrasyonu düşüktür ve sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur.

4.1.12 Çinko (Zn)

Magmatik kayalarda 710 ppm dolayında olup daha çok ultrabazik ve bazik kayalarda bulunur. İçme sularında çinko değerinin 0,1-5 mg/l dolayında olması istenir (TSE 266, 1997). Çalışma alanındaki (Zn) değerleri 0,4 ppb ile 20,7 ppb arasında değişmektedir.

4.1.13 Stronsiyum (Sr)

Çalışma alanındaki (Sr) değerleri 15,12 ppb ile 2493,93 ppb arasında değişmektedir.

4.1.14 Demir (Fe)

Magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardaki birçok mineralde ve toprakta yaygın olarak bulunan bir elementtir. Demir, oluşturduğu acımsı tatlı, burucu tat nedeniyle içme sularında tepkiyle karşılanan bir elementtir. TS 266'n in önerdiği limit değer 0,3 mg/l, izin verilebilen maksimum miktar ise 1 mg/l' dir. Çalışma alanındaki (Fe) değerleri 87 ppb ile 510 ppb arasında değişmektedir.

4.1.15 Kurşun (Pb)

Metamorfik ve magmatik kayalarda bulunan kurşunun sularındaki konsantrasyonu kayalardan, topraktan ve insan aktivitelerinden geçmektedir. Kurşun içme sularında istenmeyen bir element olup sudaki konsantrasyonu 0,05 mg/l değerini geçmemelidir (TS 266, 1997). Çalışma alanındaki (Pb) değerleri 0,2 ppb ile 1,8 ppb arasında değişmektedir.

4.2 Suların Sınıflanması

4.2.1 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflaması

Genel olarak sular kimyasal, içme, endüstride kullanılan özelliklerine göre sınıflandırılır. İçme amaçlı kullanılan suların kimyasal özelliklerinin yanında fiziksel özellikler (renk, koku, sıcaklık, vb.) ve bakteriyolojik özelliklerde önemlidir.

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

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

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) Sınıflaması'na göre, iyon konsantrasyonu (mek/l), %20'den fazla olan iyonlar dikkate alınır. Bu iyonlar arasında da önce en büyük yüzeye sahip olandan en küçük yüzeye sahip olana doğru sıralanır. Ancak sıralama aşamasında önce katyonlar daha sonra anyonlar gelir. Suların hidrojeokimyasal fasiyes tanımlamasında yaygın olarak bu sınıflama kullanılır (Tarcan, 2004).

Çalışma alanındaki suların hidrokimyasal fasiyes tipine bakıldığında genellikle Ca-Mg-SO₄-HCO₃ oldukları görülür (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Çalışma alanındaki örneklerin kimyasal fasiyes türleri.

Örnek No	Örneklerin Fasiyesleri
U1(ÇAK)	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
U2	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
U3	Ca-Mg-HCO ₃
U4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
U5	Ca-Mg-SO ₄
U6	Ca-Mg-SO ₄
U7	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
U8	Mg-HCO ₃
U9(ÇYK)	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
U10(ÇSK)	Ca-Mg-SO ₄
U11(ÇYK)	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
U12(ÇSK)	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
U13(ÇAK)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄

4.2.2 Suların Fransız Sertliğine Göre Sınıflaması

Suların en önemli özelliği, sertliktir. Suların sertliği, başta kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat iyonları olmak üzere kalsiyum ve magnezyum sülfat, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir. Suların sertliği yada yumuşaklığı halk arasında sabunla köpürme özelliği olarak bilinir. Suların sertliği karbonat ve karbonat olmayan sertlik olmak üzere ikiye ayrılır (Tarcan, 2004).

Karbonat sertliği, kalsiyum ve magnezyum karbonat ile bikarbonatlardan ileri gelmektedir. Bu sertlik, suların kaynatılmasıyla giderilebilir. Kalsiyum ve magnezyum sülfat klorür ve nitrattan ileri gelen karbonat olmayan sertlik ise böyle bir işlem ile giderilemez. Karbonat ve karbonat olmayan ileri gelen sertliğe toplam sertlik denir.

Türkiye’ de Fransız Sertlik Derecesi kullanılmaktadır. 1 lt suda, 10 mg Ca ve Mg – bikarbonat veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların bulunması halinde o suyun sertliği, 1 Fransız Derecesi (1⁰ Fr.) olarak tanımlanır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973) (Tablo 4.3).

Suyun sertliğini ölçmek için değişik yöntemler vardır. Örneğin; 1 Fransız sertliği, 100 ml suda bulunan 1 mg CaCO₃ miktarı ile tanımlanır. 1 Alman sertliği, 100 ml suda bulunan 1 mg Ca miktarıdır. 1 İngiliz sertliği ise, 70 ml suda bulunan 1 mg CaCO₃ miktarıdır (Şahinci, 1991). Sertlikler arasındaki dönüşüm Tablo 4.4’de verilmiştir. Suların sertliğini hesaplamak için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir:

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

Bu değer Fransız sertliği derecesini vermektedir. Çalışma alanından alınan örneklerin Fransız sertliğine göre sınıflaması Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.3 Fransız sertliğine göre sınıflama.

Fransız Sertliği	Suyun Sınıfı
0 – 7,2	Çok Yumuşak Su
7,2 – 14,5	Yumuşak Su
14,5 – 21,5	Az Sert Su
21,5 – 32,5	Oldukça Sert Su
32,5 - 54	Sert Su
>54	Çok Sert Su

Tablo 4.4 Sertlik dönüşüm katsayıları.

	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

Tablo 4.5 Çalışma alanındaki suların Fransız sertliğine göre sınıflandırılması.

Sertlik Derecesi	Su Sınıfı	Örnek Numaraları
11-22	Tatlı Su	U3
23-32	Sert Su	U1,U2,U8,U13
33-54	Çok Sert Su	U4,U7,U9,U11
>55	Çok Fazla Sert Su	U5,U6,U10,U12

4.2.3 Suların EC Değerine Göre Sınıflaması

Genel bütün sular elektriği iletir. İyon konsantrasyonları ile doğru orantılı olarak bu iletkenlik artar. Özgül elektriksel iletkenliğin ölçüsü olarak $\mu\text{S}/\text{cm}$ kullanılır. Bu birim, $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 cm^3 suyun iletkenliğidir. Suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflaması Tablo 4.6'da gösterilmektedir.

Tablo 4.6 Suların elektriksel iletkenliklerine göre sınıflaması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)

EC (25 °C'de $\mu\text{mho/cm}$)	Suyun Sınıfı
<250	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılamaz

Elektriksel iletkenlik, cisimlerin elektriği geçirme özelliğidir ve elektriksel direncin karıştıdır. Su örneklerinde, suda çözünmüş toplam iyon miktarını hızlı bir şekilde tayin etmek için elektriksel iletkenliğe bakılır. Genelde iletkenlik, 50,000 $\mu\text{mho/cm}$ 'ye kadar sudaki iyon konsantrasyonu ile orantılı olup, su içindeki çözünmüş madde miktarı fazla ise EC değerleri de artar (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Çalışma alanındaki suların EC'ye göre sınıflaması Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Çalışma alanındaki suların EC 'ye göre sınıflanması

EC ($\mu\text{mho/cm}$)	Su Sınıfı	Örnek Numaraları
<250	Çok İyi	U3
250-750	İyi	U1,U2,U4,U7,U8,U13
750-2000	Kullanılabilir	U5,U6,U9,U10,U11,U12

4.2.4 Suların Piper Diyagramına Göre Sınıflanması

Bu diyagram, Hill diyagramının değiştirilmiş bir şeklidir. Hill diyagramındaki iki eşkenar üçgen anyon ve katyonlara ayrılmış, diğer ikisi de birleştirilerek tek paralel kenarla gösterilmiştir. Katyon ve anyonların yüzdeleri bulunur ve üçgen diyagramlara, Hill diyagramında olduğu gibi işaretlenir. Her iki üçgendeki A1 ve A2 değerleri şekilde gösterildiği gibi paralel kenar üzerine taşınarak A noktası bulunur (Şekil 4.2). Suyun kimyasal özelliği, Piper'in önerdiği sınıflandırmaya göre yapılır (Şahinci, 1986).

1 nolu bölge : $\text{CO}_3^{=}$ sertliği % 50' den fazla olan sulardır. Yani $(\text{Ca}+\text{Mg} > \text{Na}+\text{K})$ $\text{CO}_3^{=}$ ı fazla olan sulardır. Bu sular, kireçtaşı akiferlerinden gelmektedir. Geçici sertliğe sahiptirler ve $\text{CO}_3^{=}$ ı sular olarak sınıflandırılır.

2 nolu bölge : $\text{CO}_3^{=}$ olmayan sertliği, % 50' den fazla olan sulardır. Bu sular, kalıcı sertliğe sahiptirler.

3 nolu bölge : $\text{CO}_3^{=}$ olmayan alkalinitesi, % 50' den fazla olan sulardır. Bu tür sular, NaCl ve Na_2SO_4 lü sular olup derin kökenli jeolojik sulardır. Yeraltı suyu ile karışmamışlardır. Deniz suyu, acı sular, Tuz gölü, fosil sular ve jeotermal sular genellikle bu bölgede yer alırlar.

4 nolu bölge : $\text{CO}_3^{=}$ alkalinitesi, % 50' den fazla olan sulardır. $(\text{Na} + \text{K})$ ve $\text{HCO}_3^{=}$ ü fazla olan sulardır. Aşırı yumuşak sular, bu bölgede yer almaktadır. Bu tür sular iki türlü oluşabilir.

5 nolu bölge : İyonca % 50' yi geçmeyen karışık suları temsil etmektedir. Belirli bir baskın anyon yada katyon bulunmamaktadır.

6. bölgede: karbonat olmayan sertlik > karbonat sertliği. Böyle sular CaSO_4 ve MgSO_4 lü sulardır. Karbonat olmayan sertliği % 50' den fazla olan sular,

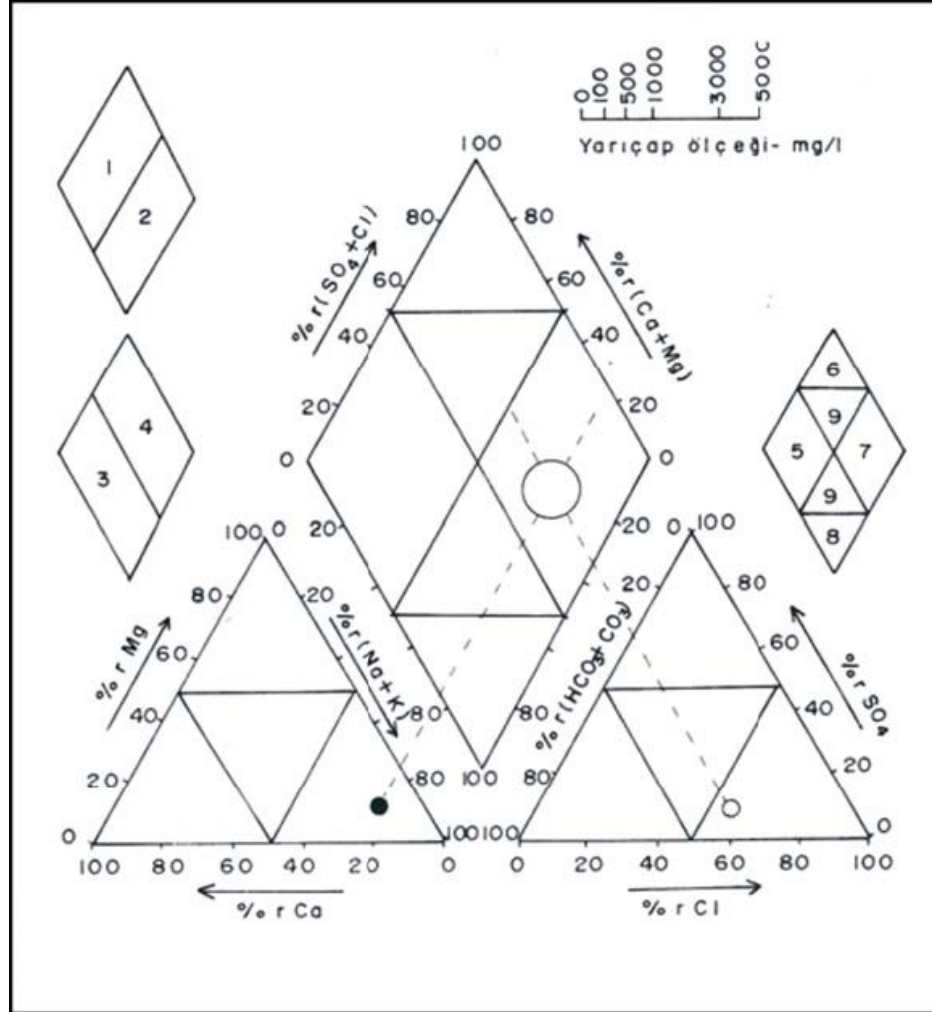
7. bölgede: karbonat olmayan alkalinite > karbonat alkalinitesi. NaCl , NaSO_4 ve KCl lü sular. Karbonat olmayan alkalinitesi % 50' den fazla olan sular. Alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular,

8. bölgede: karbonat alkaliliği > karbonat olmayan alkalilik. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular,

9. bölgede: iyonların hiçbiri % 50' yi geçmeyen karışık bileşimli sular bulunur.

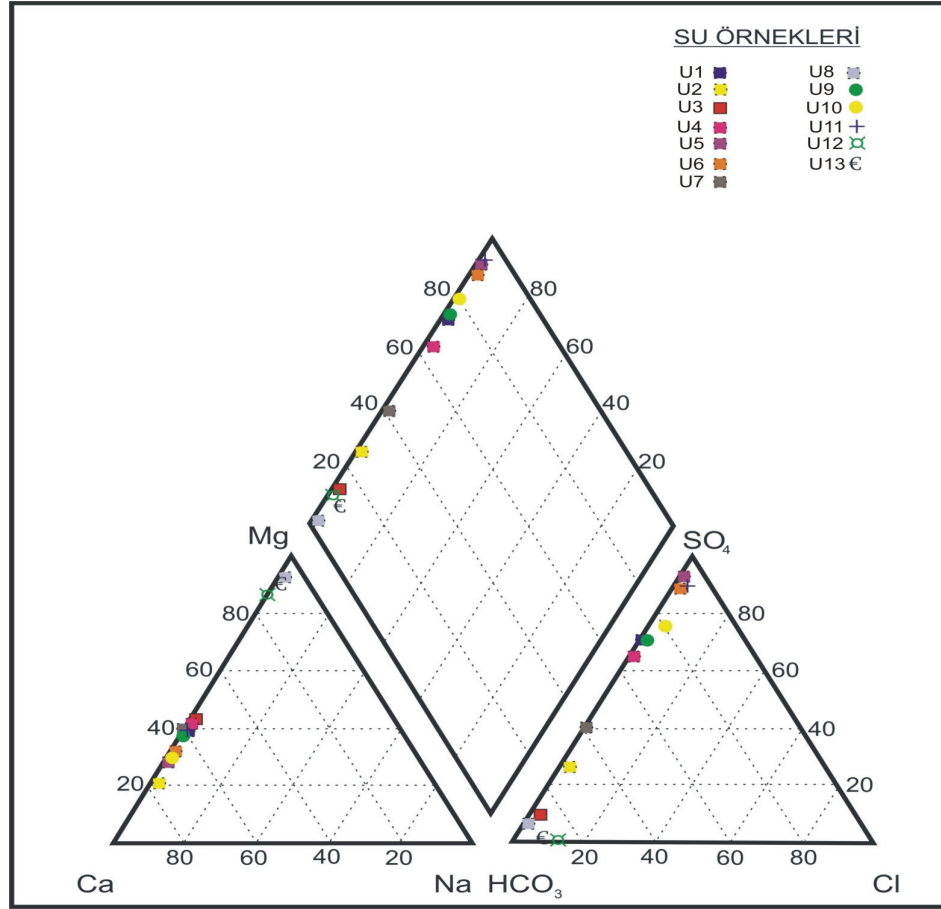
Bazı jeotermal sularda Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları Na^+ ve K^+ iyonları ile yer değiştirebilir.

Memba sularında görülen, feldspatik, volkanik kayalarda su – kayaç ilişkisine göre Na^+ iyonu zenginleşebilir.



Şekil 4.2 Piper üçgen diyagramı

Çalışma alanındaki sular Piper üçgen diyagramına göre yorumlandığında (Şekil 4.3); U1, U4, U5, U6, U9, U10, U11 örneklerinin karbonat olmayan sertliği, karbonat sertliğinden büyüktür yani karbonat olamayan sertliği % 50'den fazladır. Böyle sular CaSO_4 ve MgSO_4 lü sulardır. U2, U3, U7, U8, U12, U13 nolu sular iyonca % 50' yi geçmeyen karışık sular yani belirli bir baskın anyon yada katyon bulunmayan sular olarak değerlendirilir.



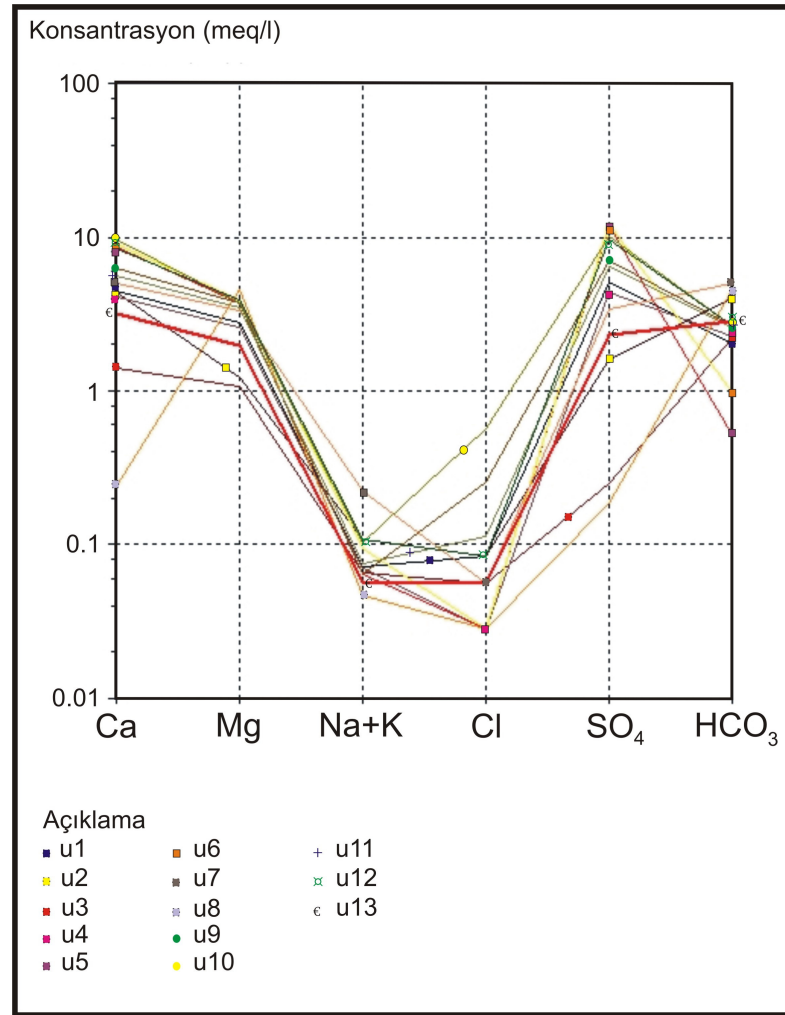
Şekil 4.3 Çalışma alanındaki suların Piper üçgen diyagramındaki görünümü

4.2.5 Suların Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramına Göre Sınıflanması

Düşey eksenini logaritmik, yatay eksenini 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. Herbir 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 ayırdedilebilir. 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. Yeraltı 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 sular Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre değerlendirildiğinde (Şekil 4.4), sular genellikle Ca, HCO_3 ve SO_4 miktarı fazla olan sulardır. U8 nolu su örneğinin Ca miktarı diğer sulara göre oldukça düşüktür.



Şekil 4.4 Çalışma alanındaki suların Schoeller yarı logaritmik diyagramındaki görünüşleri.

4.2.6 Suların Wilcox Diyagramına Göre Sınıflandırılması

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

Çalışma alanındaki sular Wilcox diyagramına göre değerlendirildiğinde (Şekil 4.5), su örneklerin, çok iyi sular, iyi-kullanılabilir sular olarak sınıflandırılabilirler.

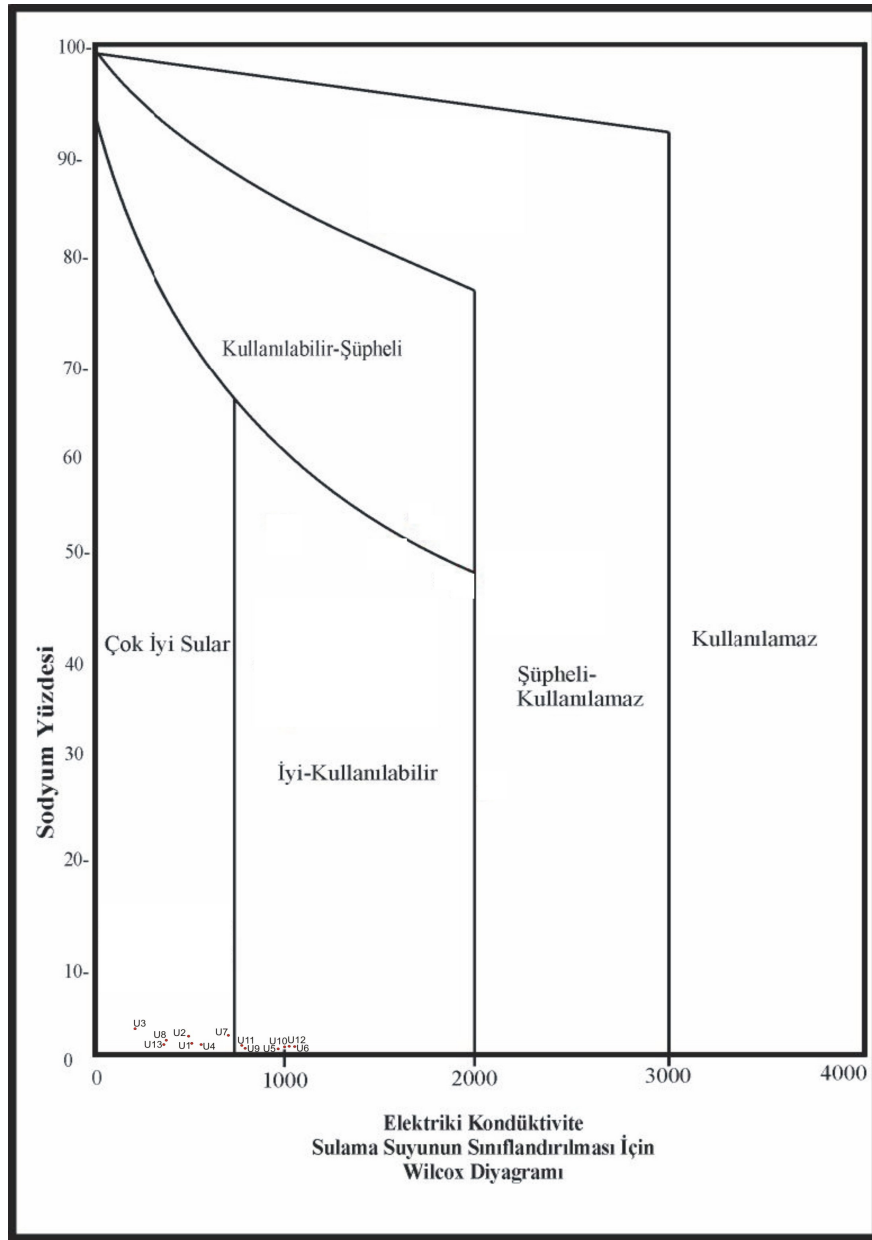
4.2.7 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflandırılması

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.

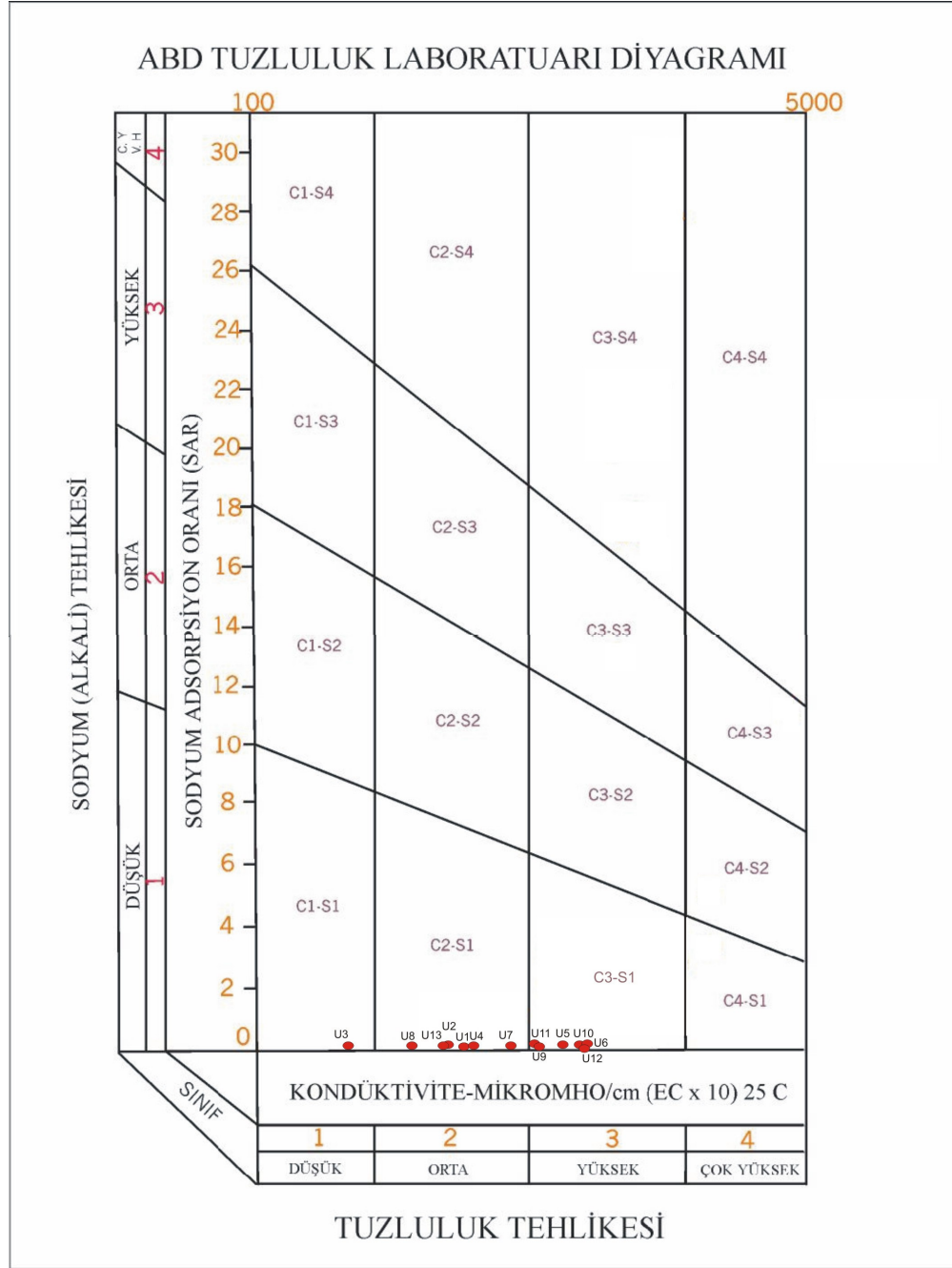
ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, tuzluluk ve sodyum tehlike derecesine göre 16 bölgeye ayrılmıştır. Hangi bölgedeki sudan hangi bitkilerin yararlanacağı belirtilmiştir.

Çalışma alanındaki sular ABD tuzluluk diyagramına göre sınıflandırıldığında (Şekil 4.6), alınan örnekler, az tuzlu-az sodyumlu, orta tuzlu-az sodyumlu ve tuzlu-az sodyumlu sular sınıflarında yer alırlar. Az tuzlu sular her toprakta tüm bitkilerin sulanmasına uygundur. Orta tuzlu sularda, orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir. Tuzlu sular, akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Çok tuzlu sularda, geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi olan topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı olan bitki türleri seçilmelidir. Az sodyumlu sular, her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasında sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir. Orta sodyumlu sular, geçirgen veya bol jipsli

arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır. Yüksek sodyumlu sular, birçok toprak cinsinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanılarak belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir. Çok yüksek sodyumlu sular, genel olarak sulama için uygun değildir. Ancak suyun toplam tuz miktarı düşük ise sulamada kullanılabilir.



Şekil 4.5 Çalışma alanındaki suların Wilcox diyagramına göre sınıflaması.



Şekil 4.6 Çalışma alanındaki suların ABD Tuzluluk diyagramına göre sınıflaması.

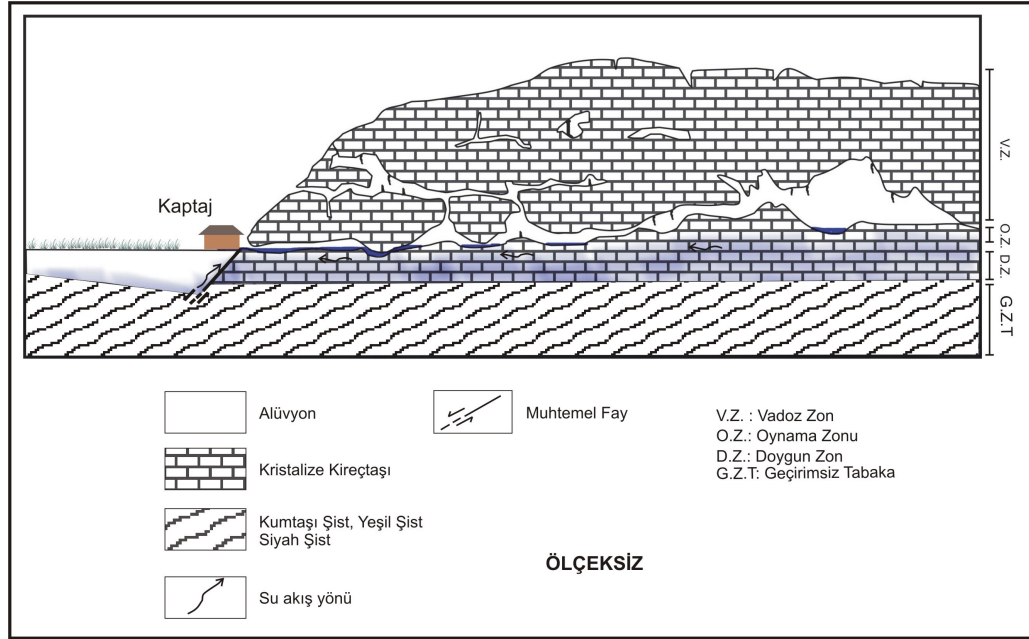
BÖLÜM BEŞ

ÇOKRAĞAN MAĞARASI

Çokrağan Karstik Kaynağı'nın çıkış noktasında bulunan Çokrağan Mağarası farklı dönemlerde gelişmiş çok katlı bir mağaradır. Çokrağan Mağarası, Çalüstü Tepesinde bulunan rekristalize kireçtaşları içinde oluşmuş, Karacahisar Fayı boyunca gelişimini sürdürmüştür (Şekil 5.1). Çokrağan Mağarası üç kattan oluşan farklı seviyelere sahiptir. Farklı dönemleri belirten bu seviyelerden üçüncüsü, güncel seviye olup doymun zonda yeralmaktadır. Zaman içerisinde bölgede meydana gelen tektonik hareketler sonucu yeraltısı seviyesinin düşmesiyle ilk iki seviye vadoz zonda kalmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Çokrağan Mağarası'nın seviyeleri, 1 no'lu seviye en eski kaynak ağız konumundadır; 2 no'lu seviye 3. seviyeden eskidir fakat tektonik hareketlerden dolayı yeryüzüne açılışı kapanmıştır; 3 no'lu seviye güncel seviyedir ve Çokrağan Karstik Kaynağının bugünkü çıkış noktasıdır.



Şekil 5.2 Çokrağan Mağarasının şematik kesiti ve su zonlarının gösterimi.

5.1 Çokrağan Mağarasının Uzanımı ve Genel Özellikleri

Çokrağan Mağarası birbirine bağlı fakat farklı dönemlerde oluşmuş üç ayrı seviyeden meydana gelmiştir. Birinci seviye, kaynağın en eski ağzı konumundadır ve ana galerisinin girişi 1372 m. kotundadır mağaranın ana girişi konumundadır. Birinci seviye KD-GB doğrultusunda ve 400 m. uzunluğunda bir ana galeriden ve bu galeriye bağlı ikincil kollardan oluşmaktadır. Bu galeri KD yönünde 250 m. ilerledikten sonra keskin bir dönüşle GB'ya yönelerek boyutları 20×22 m. olan bir salona ulaşır.

Mağaranın ikinci seviyesini oluşturan galeriye birinci seviyeden 45 m. ilerledikten sonra doğuya ayrılan kolla ulaşılır. Bu galeri KD-GB doğrultusunda ve hemen birinci seviyenin altında gelişmiştir. İkinci seviyeyi oluşturan galerinin uzunluğu 350 m. dir ve birinci seviyede gözlenildiği gibi galeri KD yönünde ilerlerken keskin bir dönüşle GB'ya yönelir ve haritada (Ek 18) Styx'in kapısı olarak adlandırılan dik bir inişle üçüncü seviye ye bağlanır.

İkinci seviye ile üçüncü seviye arasında, gelişimi tam olarak tamamlanmamış (askıda kalmış) bir galeri daha vardır. Bu galeride yoğun olarak damlataş oluşumları bulunmaktadır. Özellikle donmuş şelale şeklindeki bir duvar damlataşındaki kalsit kristallerinin muhteşem pırıltısı büyüleyici bir güzelliktedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 İkinci ve üçüncü seviyelerinin arasında askıda kalan galerideki damlataş oluşumları

Çokrağan Mağarasının üçüncü seviyesi mağaranın en uzun galerisidir. Uzunluğu 1100 m. dir. Bu seviye yarı aktif ve aktif kısımlardan oluşur. Yarı aktif kısımda yeraltı seviyesinin yükselmesine bağlı olarak zaman zaman su altında kalan bölümler bulunmaktadır. Aktif kısımda ise yeraltı deresi 750 m. boyunca gözlenmektedir. Yeraltı deresinin derinliği yer yer 1,5 m.'yi bulur. Yeraltı deresi boyunca birçok sifon ve gölcükler bulunmaktadır (Şekil 5.4). Üçüncü seviyenin sonunda boyutları 50×60×30 m. olan devasa bir salon bulunmaktadır. Ana galerinin son kısmında iri moloz yığınlarından oluşan bir göçük vardır. Yeraltı deresi bu göçüğün arkasında muhtemelen kuzeydoğuya doğru devam etmektedir. Dokuz Eylül

Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluğu'nun 2005'e kadar yaptığı ölçümlerle Çokrağan mağarasının haritalanan toplam uzunluğu 2050 m., girişe göre en derin yeri ise -37 m.' dir.



Şekil 5.4 Üçüncü seviyede gözlenen yeraltı deresinin geniş boşluklarda oluşturduğu göletlere bir örnek.

5.2 Çokrağan Mağarasının Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Çokrağan Mağarası Çalüstü Tepesinde bulunan rekristalize kireçtaşları içinde oluşmuştur. Mağaranın oluştuğu, rekristalize kireçtaşlarının kalınlığının az olması ve tabanının geçirimsiz bir birim olan kumtaşı şist birimiyle sınırlanmasından dolayı, Çokrağan Mağarası karmaşık kollara ayrılmıştır. Geçirimsiz tabanda saldırgan suların toplanması, aşındırmayı hızlandırmış, Çokrağan Mağarası'nın büyük bir mağara sistemi haline gelmesini sağlamıştır.

Çokrağan Mağarası'nın gelişimini, D-B yönlü Çalüstü fayı ve Çalüstü fayını kesen GB-KD yönlü Karacahisar Fayı etkilemiştir çünkü mağaralar tabakaları sınırlayan ve bu tabakaların doğrultularına paralel uzayan ve dik kesen çatlaklar içinde gelişirler (Aygen, 1959).

Mağaralarda gözlenen seviye düşüş farkları o bölgede meydana gelen tektonik hareketleri yansıtır. Tektonik hareketler sonucunda herhangi bir bölgede bulunan ve taban düzeyi durumunda olan bir yer blok halinde alçalır veya yükselir. Blok halinde alçalan bölgelerde dikey şaftlar meydana gelişir (Nazik, 1994). Çalışma alanında, Neojen'de meydana gelen 3 faylanma periyodundaki hareketler sonucu taban seviyesi alçalmış Çokrağan Mağarası da bu hareketler sonucunda etkilenmiş ve seviyeler arası dikey şaftlar meydana gelmiştir.

Birinci seviye mağara sisteminin en eski kısmıdır. 1342 m.'de bulunan bu seviyenin girişi yeraltı deresinin paleokaynak ağzıdır. Birinci seviyede damlataş oluşumları yok denecek kadar az ve mevcut olanlarda oldukça bozulmuş olması faylanma sonucu taban seviyesinin alçalmasına ve buna bağlı olarak da birinci seviyeye su girişinin azalmasına bağlıdır. Daha sonra karst taban düzeyi 15 m. kadar düşmüş ve bunun sonucunda sistemin ikinci seviyesi gelişmeye başlamıştır. Bu dönemde mağara içinde akan yeraltı deresinin yeryüzüne çıktığı ikinci paleokaynak ağzı birinci seviyenin güneyinde ve 15 m. altında oluşmuştur. Son faylanma periyodundaki hareketlerle taban seviyesi bir kez daha düşmüş ve sistemin üçüncü ve son seviyesi oluşmaya başlamıştır.

Çok katlı mağaralarda kuyu şeklindeki bağlantılar o mağaranın bölgedeki tektonik ve jeomorfolojik gençleşmeye ayak uydurduğunu açıklar (Nazik, 1994). Özellikle ikinci seviyedeki galerilerin üçüncü seviyeye kuyu şeklinde şaftlarla bağlanıyor olması, bu kısımda tektonik hareketlere bağlı olarak tektonik ve jeomorfolojik bir gençleşme olduğunu göstermektedir.

Üçüncü seviyedeki galeri, sistemin aktif kısmını oluşturmaktadır. Mağarada akış gösteren yeraltı suyu taban seviyesinin düşmesiyle birlikte ikinci seviyenin yaklaşık

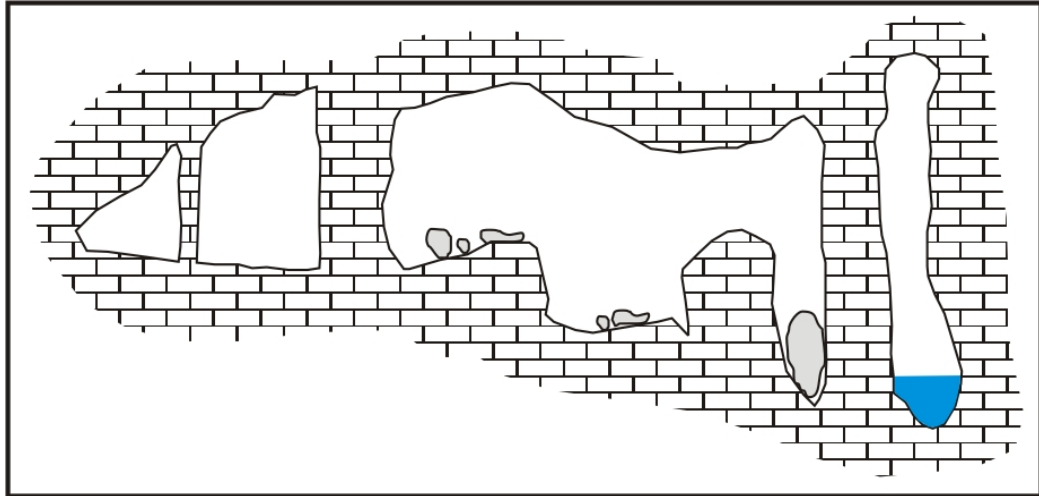
18 m. altından akmaya başlamış ve 1342 m. kotundaki güncel kaynak ağzını oluşturmuştur.

Çokrağan Mağarası'ndaki seviyeler arasında düşüş farklarının az olması, bölgede gelişen tektonik hareketlerin çok şiddetli olmadığını göstermektedir. Mağaradaki galerilerin uzun ve labirentimsi olması, yeraltı su seviyesinin uzun süreler boyunca aynı kotlarda aktığının bir başka değişle tektonik hareketler arasında zaman aralığının fazla olduğunun kanıtıdır (Ek 18).

5.2.1 Çokrağan Mağara Haritasından Alınan Kesitlerin Jeomorfolojik Yorumları

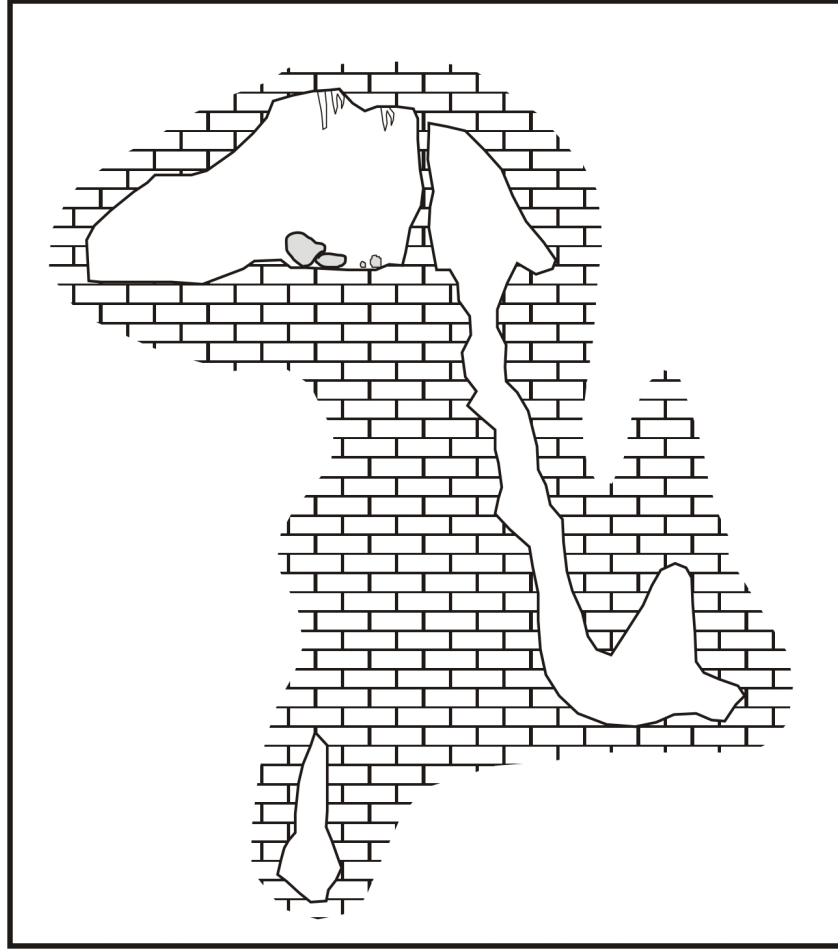
Çokrağan Mağara haritasından (Ek 18) alınan kesitler incelenerek, mağaranın geçirdiği jeomorfolojik evreler incelenmeye çalışılmıştır. Yorumlamalarda sadece mağaranın boşluk geometrisinin oluşturduğu şekiller dikkate alındığı için kesitler abartılarak çizilmiştir ve kesitlerde ölçek ve yön belirtilmeye gerek duyulmamıştır. Kesitler şematiktir.

1-1' kesiti bölgede meydana gelen genişlemeyi ifade etmektedir. Kesitte en solda görülen kısım Çiçek Pasajı'dır ve bu kısım askıda kalmıştır. En sağda kalan ince ve uzun şekilli kısım ise yeraltı deresinin bugünkü yatağıdır (Şekil 5.5).



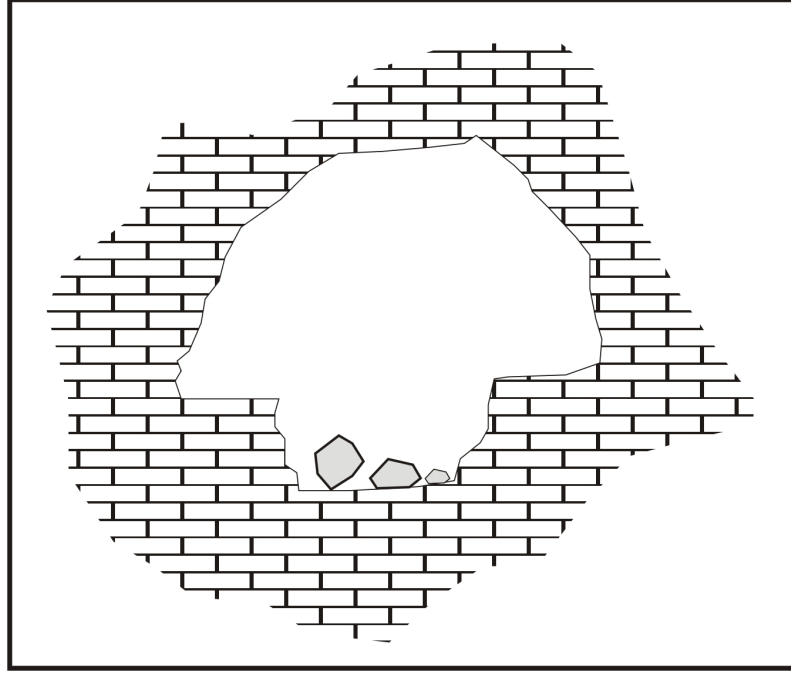
Şekil 5.5 Çokrağan Mağara haritasının 1-1' şematik kesiti.

2-2' kesiti bölgedeki tektonik hareketler sonucu yeraltı su seviyesinin iki kere düştüğünü göstermektedir. Kesitin üst kısmındaki boşluk yeraltı deresinin ilk yatağıdır. Ortadaki kısım ikinci seviyeyi göstermektedir. En alttaki boşluk, mağaralarda doygun zonda oluşan geometrinin tipik şeklidir, burası mağaranın aktif kısmıdır. Birinci seviye ile ikinci seviye arasında 15 m.'lik bir kot farkı vardır (Şekil 5.6).



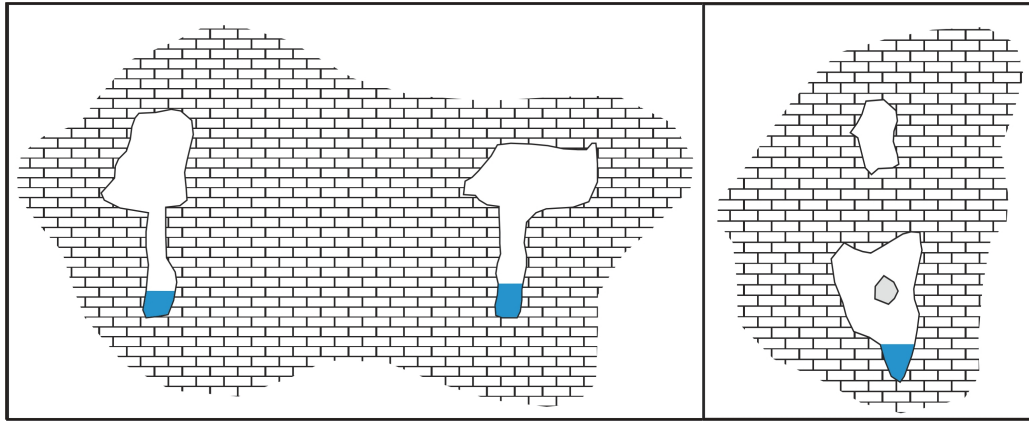
Şekil 5.6 Çokrağan Mağara haritasının 2-2' şematik kesiti.

3-3' kesiti doygun (freatik) zonda gelişen elips kesitli mağara galerisinin ihtiyarlık dönemini temsil etmektedir (Şekil 5.7).



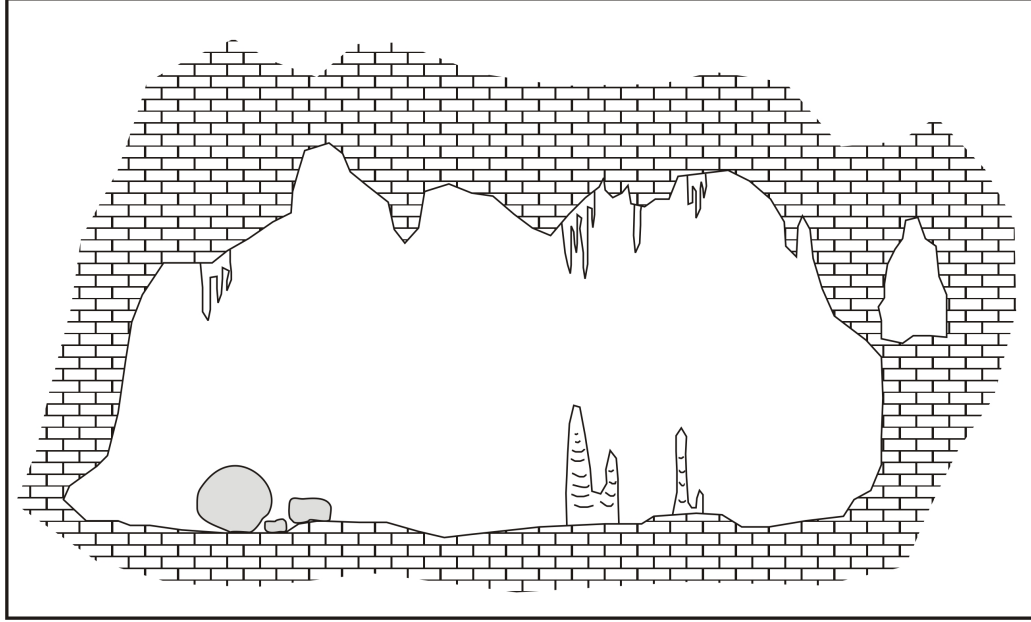
Şekil 5.7 Çokrağan Mağara haritasının 3-3' şematik kesiti.

4-4' kesiti gençleşmeyi en iyi gösteren kesittir. Bu kesit şekline anahtar deliği kesitide denilmektedir. Çok dönemli gelişimi işaret eder. 5-5' kesiti ise taban düzeyinin aynı doğrultuda düştüğünü göstermektedir (Şekil 5.8).



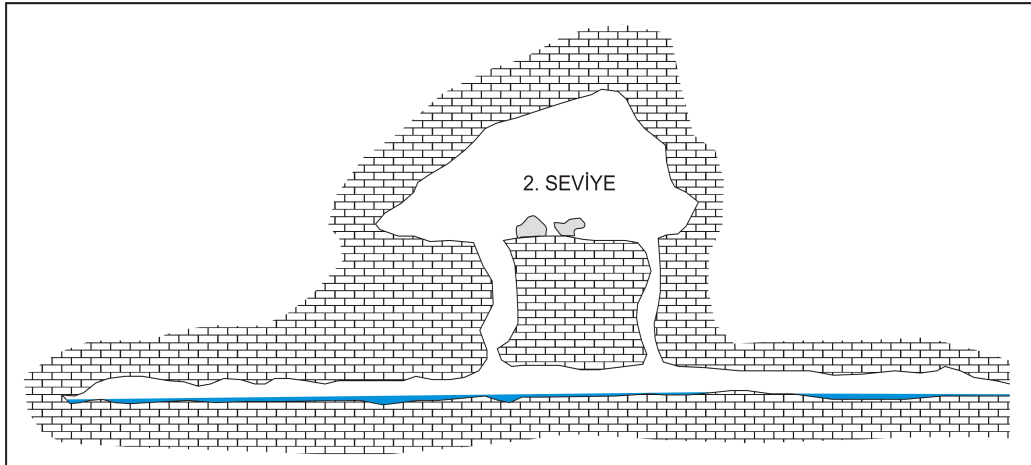
Şekil 5.8 Çokrağan Mağara haritasının 4-4' ve 5-5' şematik kesiti.

6-6' kesiti gençleşmeyi ifade eden kesitlerden bir tanesidir. Sağda askıda kalmış Çiçek Pasajı görülmektedir (Şekil 5.9).



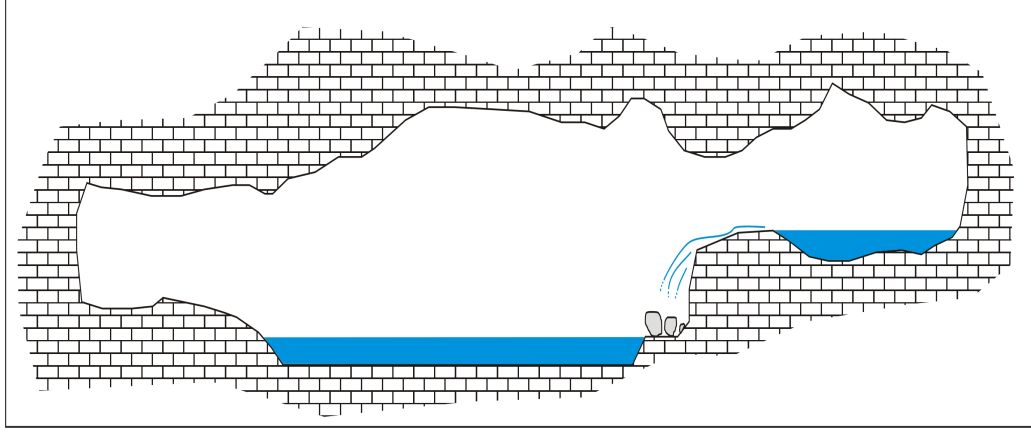
Şekil 5.9 Çokrağan Mağara haritasının 6-6' şematik kesiti.

7-7' kesiti gençleşme sonrasında ikinci seviyenin üçüncü seviyeye (güncel seviye) baca şeklindeki kuyularla (şaft) bağlanması gösterilmektedir (Şekil 5.10).



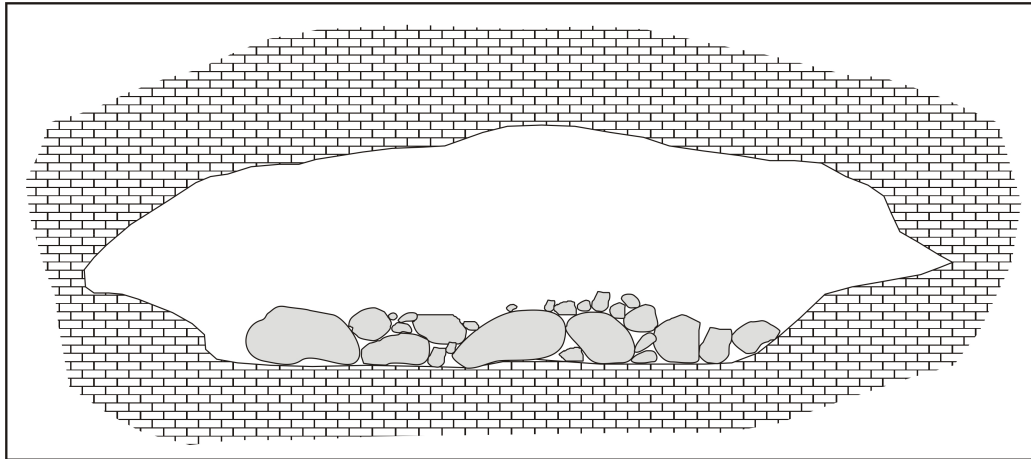
Şekil 5.10 Çokrağan Mağara haritasının 7-7' şematik kesiti.

8-8' kesiti yeraltı deresinin akışı boyunca gözlenen küçük bir şelaleyi göstermektedir (şekil 5.11).



Şekil 5.11 Çokrağan Mağara haritasının 8-8' şematik kesiti.

9-9' kesitinde Çokrağan Mağarası'nın en büyük galerisi belirtilmiştir. Kesitte 50×40×30 m. boyutlarında devasa bir salon görünmektedir. Bu kesit ihtiyarlık dönemini temsil etmektedir (şekil 5.12).



Şekil 5.12 Çokrağan Mağara haritasının 9-9' şematik kesiti.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü'nün (DSİ), 2002-2007 yılları arasında ölçülen Çokrağan Kaynağının ortalama aylık debi verileri, yarı logaritmik kağıda işlenmiştir. Bu işlenen verilerin azalım eğrileri yaklaşık doğrusala yakın çıkmıştır. Bu durum, Çokrağan Kaynağı için doğrusal tek hazne modelinin uygulanabileceğini göstermiştir.

Kullanılan modelde, boşalım katsayısını bulabilmek için kurak dönem debileri kullanılmıştır. Bunun nedeni, yağışlı dönemi de kapsayacak bir matematiksel modelin henüz mevcut olmamasıdır.

Çokrağan Kaynağının ortalama boşalım katsayısı $\alpha_{\text{ort}} = 0,0102 \text{ gün}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Sonuçların farklı çıkması, zaman içerisinde boşalım katsayısının değiştiğini yada debi ölçümlerinin doğru yapılmadığını gösterir.

Ölçülen debi verilerine göre 5 yılın sonuçları; toplam dinamik rezerv değişimi $\Delta V_{\text{top}} = -0,65 \text{ milyon m}^3$, su yılı boyunca kaynaktan çıkan ortalama su miktarı $Q_{\text{ort}} = 12,61 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve hazneye giren ortalama su miktarı, $R_{\text{ort}} = 12,47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Sürekli ölçümlerin devam ettirilmesi durumunda, Çokrağan Kaynağının yağışlarla beslenme miktarlarının, bu çalışmada önerilen yöntemlerle belirlenmesi ve su kullanımı için dinamik rezerv tahminlerinin yapılması mümkündür.

Çalışma alanındaki suların hidrokimyasal fasiyes tipine bakıldığında genellikle Ca-Mg-SO₄-HCO₃ oldukları görülür.

Çalışma alanındaki sular Piper üçgen diyagramına göre yorumlandığında bu bölgedeki sular genel olarak karışık ve karbonat sertliği fazla sulardır.

Çalışma alanındaki sular Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre değerlendirildiğinde, sular genellikle Ca, HCO₃ ve SO₄ miktarı fazla olan sulardır. Suların SO₄'ca zengin olması, çalışma alanının dışında kuzeyde yeralan sıcak sularla karışmış olabileceğini göstermektedir. U8 nolu su örneğinin Ca miktarı diğer sulara göre oldukça düşüktür.

Çalışma alanındaki sular Wilcox diyagramına göre değerlendirildiğinde, örneklerin, çok iyi sular, iyi-kullanılabilir sular olarak sınıflandırılabilirler.

Çalışma alanındaki sular ABD tuzluluk diyagramına göre sınıflandırıldığında sular, az tuzlu-az sodyumlu, orta tuzlu-az sodyumlu ve tuzlu-az sodyumlu sular sınıflarında yer alırlar.

Bölgede meydana gelen tektonik hareketlerin etkileri, Çokrağan Mağarası'nın farklı seviyelerinde oldukça açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Çokrağan Mağarası'nın boyuna açılmış en kesiti incelendiğinde taban seviyesinin iki kez düşmüştür. Bu düşüşler arasındaki farkın az olması bölgedeki hareketlerin kuvvetli olmadığını göstermektedir.

Çokrağan Mağarası'nın çok uzun metrelerce geniş galerilere sahip olması ve labirentimsi bir yapıda olması, olduğu kireçtaşlarında çatlak sistemlerinin iyi geliştiğini ve yeraltı seviyesinin uzun süreler değişmediğini göstermektedir.

Çokrağan Mağarası fiziksel özellikleri nedeniyle ekonomik olarak kullanımı mümkün değildir (turizm, depolama, sığınak). Ayrıca mağaranın girişinde bulunan iskelet ve çömlek parçaları nedeniyle antropolojik açıdan önem taşımaktadır.

Çalışma alanının beslenme alanı bulunarak kirletici unsurlardan korunmalıdır.

KAYNAKÇA

APHA AWWA WPCF, (1975). *Standart methods for examination of water and wastewater*. Fourteenth Edition, Copyright by American Public Health Assoc., Washington D.C., 1193 p.

Aydın, H. ve Ekmekçi, M. (2005). Sızır (Gemerek-Sivas) kaynakları akiferinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri. *Yerbilimleri*, 26 (2), 15-32.

Aygen, T. (1959). *Mağaralar ve yeraltı ırmakları*. D.S.İ. yayınları.

Back, W. (1966). Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. *U.S. Geology Survey Professional paper*, 498-A, pp.42.

Baykal, F. (1954). Alaşehir-Uşak bölgesinin jeolojisi hakkında rapor. *M.T.A. rapor no.2296*

Baykara, M.O. ve Büyüktopçu, M. (2004). Çokrağan mağara sistemi. *Speleoturk, Türkiye Mağaracılar Birliği Yayınları*, 4.

Bingöl, E. (1975). *Muratdağı ana kayaç birimlerinin petroloji ve jeokronolojisi*.

Birsoy, Y.K. (1989). Kaynak boşalımını problemine yeni bir teorik yaklaşım. *Doçentlik Tezi*, İzmir.

Birsoy, Y.K. (1990). Theoretical considerations on karstic springs discharge models. *IESCA 1990*, İzmir.

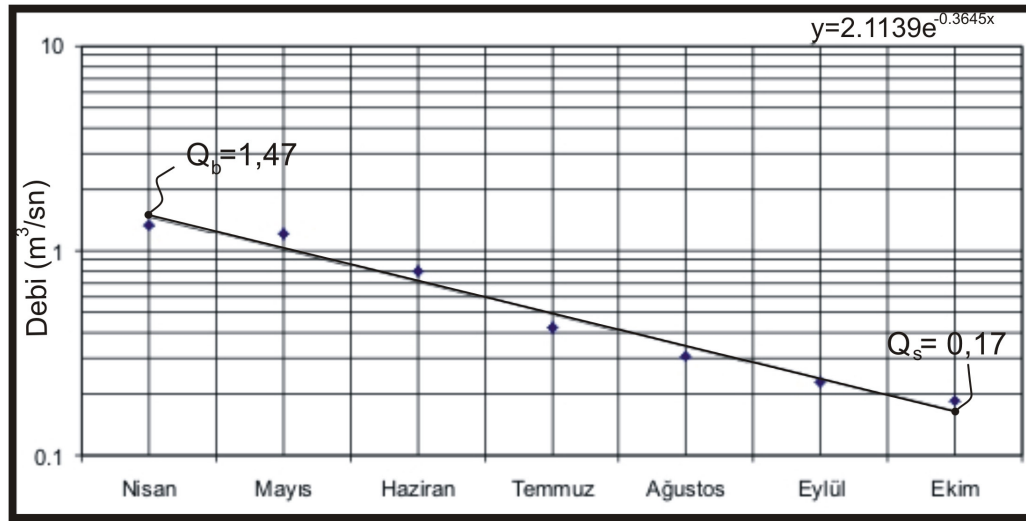
Bögli, A. (1978). Karst hydrographie und physische speleologie. *Berlin : Springer Verlag*.

- Calmbach, L. (1995). *Hydrowin-95 Computer Programme, Version 3.0* Institut de Mineralogie BFSH2 1015 Lausanne.
- Calmbach, L. (1997). *Aquachem Computer Code Version 3.7.42*, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3L3.
- Chow, V.T. & Maidment, D.R. & Mays, L.W. (1988). *Applied hydrology*. Singapore : McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering.
- Colin, H. (1955). Afyonkarahisar 72/2 ve 72/4 paftalarının izahnamesi. *M.T.A. rapor no. 2244*.
- Devlet Su İşleri (2007). Çokrağan kaynağının debi ölçümleri. *Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü*, İzmir.
- Droppa, A. (1966). The correlation of some horizontal caves with river terraces studies in speleology. *Assoc. of the Pengelly Cave Research Centre*, 1 (4).
- Dubertret, L. ve Kalafatçioğlu, A. (1973). 1/500.000 ölçekli İzmir paftası açıklama notu. *M.T.A. yayınları* 107 p.
- Ergüvanlı, K. ve Yüzer, E. (1973). *Yeraltı suları jeolojisi*, İTÜ Maden Fakültesi.
- Elhatip, H. & Günay, G. (1998). Karst hydrogeology of the Kaş-Kalkan springs along the Mediterranean coast of Turkey. *Environmental Geology*, 36 (1-2), 150-158.
- Ford, D. & Williams, P., (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Unwin Hyman.
- Ford, D.C. (1971). *Geological structure and a new explanation of limestone cavern genesis*. Trans. C.R.G., 13 (2).

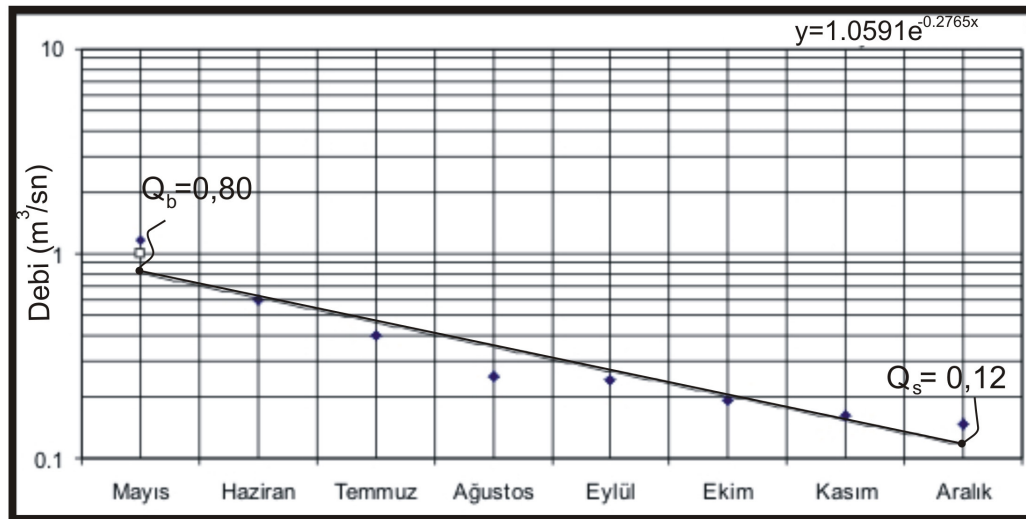
- Ford, T.D. & Cullingford, C.H.D. (1978). *The science of spelology*. London: Academic Pres Inc.
- İça, M. (1976). Muratdağı (Gediz) kaplıcasının hidrojeoloji etüdü. *M.T.A. Ege Bölge Müdürlüğü*, İzmir.
- Kalafatçıoğlu, A. (1962). Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin genel jeolojisi ve serpantin ile kalkerin yaşı hakkında not. *M.T.A. dergisi* sayı 54.
- Karanjac, J. (1977). Karstik akiferlerde azalma hidrografının analizi, *Karst Hidrojeolojisi Semineri*, DSİ-UNDP Project.
- Karaş, M. (2003). Maillet eşitliği yardımıyla yeraltı suyu beslenme miktarının hesabı. *D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, İzmir.
- Ketin, İ. (1960). 1/2.500.000 ölçekli Türkiye tektonik haritası hakkında açıklama. *M.T.A. dergisi* sayı 54
- Kresic, N. (1997). *Quantitative solutions in hydrogeology and groundwater modelling*. Florida: CRC Pres LLC.
- Maillet, E. (1905). Essais d'Hydrolique souterraine et floviale. *Paris: Herman et Cie, 1er Vol.* 1, 218 p.
- Mariko, T. (1970). Karacahisar madeni hakkında Rapor. *M.T.A. Elektronik Rapor Arşivi*, Rapor No: 457402.
- Nazik, L. (1989). Mağara morfolojisinin belirlediği jeolojik-jeomorfolojik ve ekolojik özellikler. *Jeomorfoloji Dergisi*, 17, 53-62, Ankara.

- Nazik, L. (1994). Türkiye karst bölgeleri ve bu bölgelerdeki mağaraların gelişimlerini denetleyen parametreler. *Yerbilimlerinin 25. Yıl Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.*
- Özler, H. M. (2001). Karst hydrogeology of Kusluk-Dilmetas karst springs, Van-Eastern Turkey. *Environmental Geology*, 41, 257-268.
- Öztaş, T. (1993). Boğsak karst kaynağı (Mersin-Taşucu) örneğinde bir karst kaynağı ve akiferinin jeohidrolojik analizi. *Jeoloji Mühendisliği*, 42, 5-14.
- Philipson, A. (1918). *Kleinasien-Handbuch region geologie*. V/2 Heidelberg.
- Şengül, F., ve Türkman A. (1998). *Su ve atıksu analizleri*, TMMOB Çevre Müh. Odası, İzmir, 51,52.
- Şahinci, A. (1986). *Yeraltı suları jeokimyası*. İzmir: D.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, MM/JEO-86 EY 99.
- Şahinci, A. (1991). *Karst*. İzmir: Reform Matbaası.
- Tarcan, G. (2004). Jeotermal su kimyası, Jeotermalde yerbilimsel uygulamalar. İzmir: *Yaz Okulu Ders Kitabı JENERUM D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi*, 306, 198-245.
- Tokay, M. ve Bayramgil, O. (1947). Uşak kuzeyinde bir kristalen şist kütlesi. *T.J.K. Bült.* Cilt 1, sayı 1.
- TS-266, (1997). Türk Standartları İçme Suları. *UDK 663.7.543*, 32 s.

EK

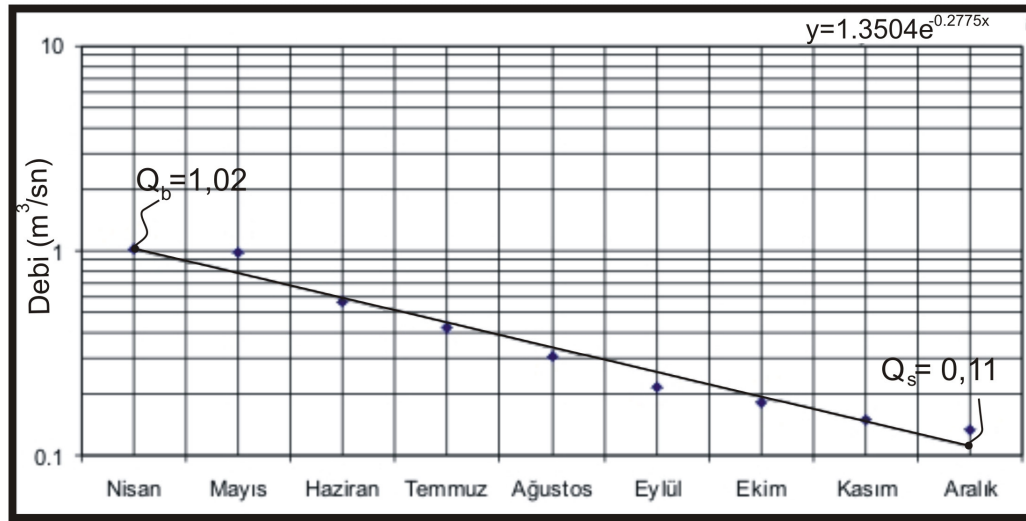


2002 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri

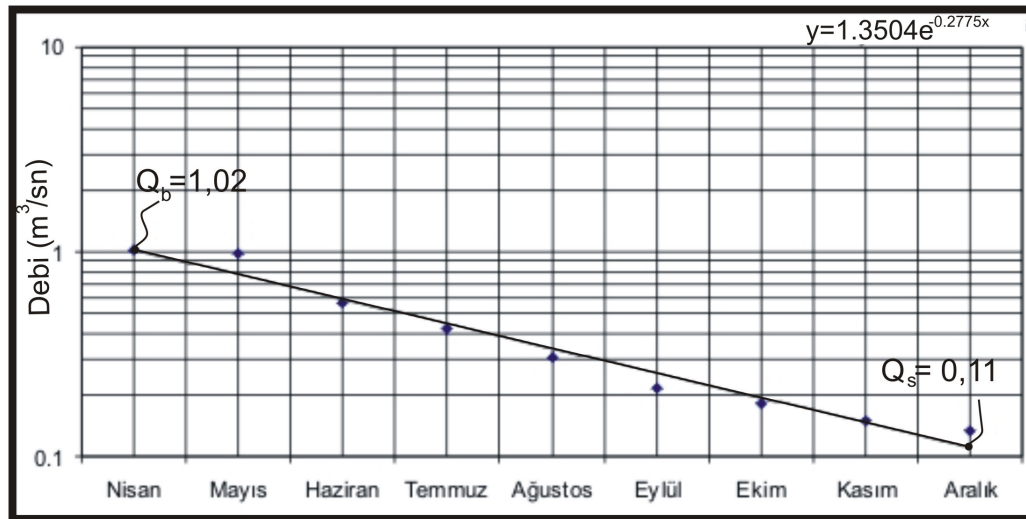


2003 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri

Ek 1. 2002-2003 yılları azalım eğrisi analizi

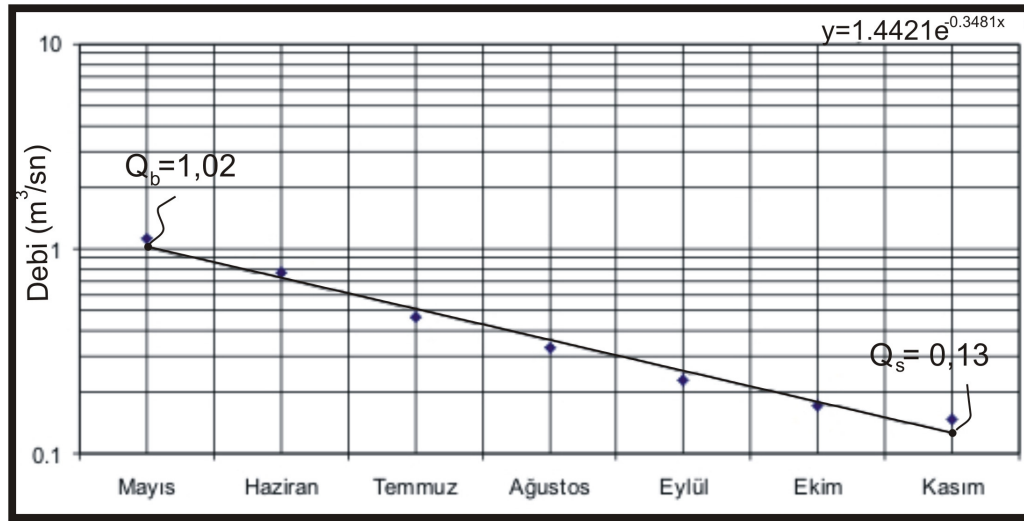


2004 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri

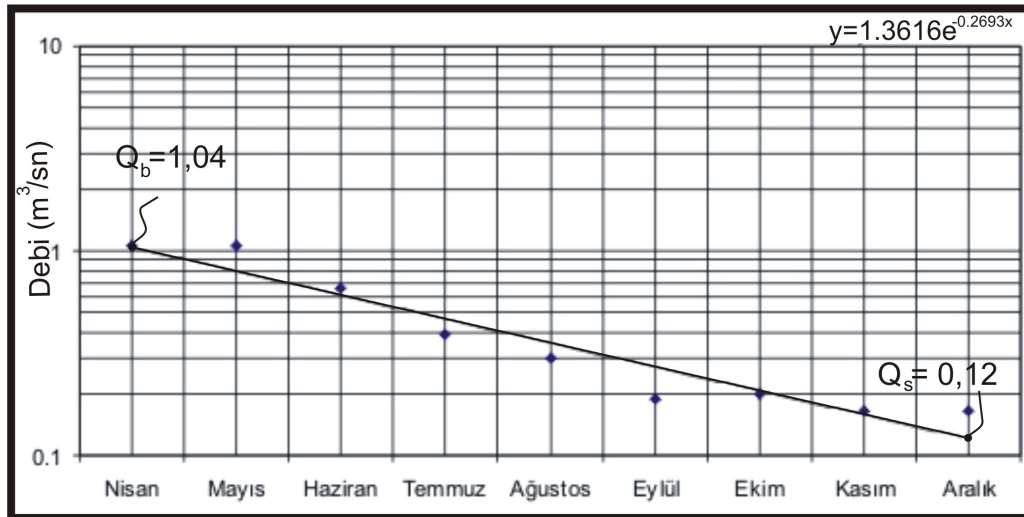


2005 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri

Ek 2. 2004-2005 yılları azalım eğrisi analizi

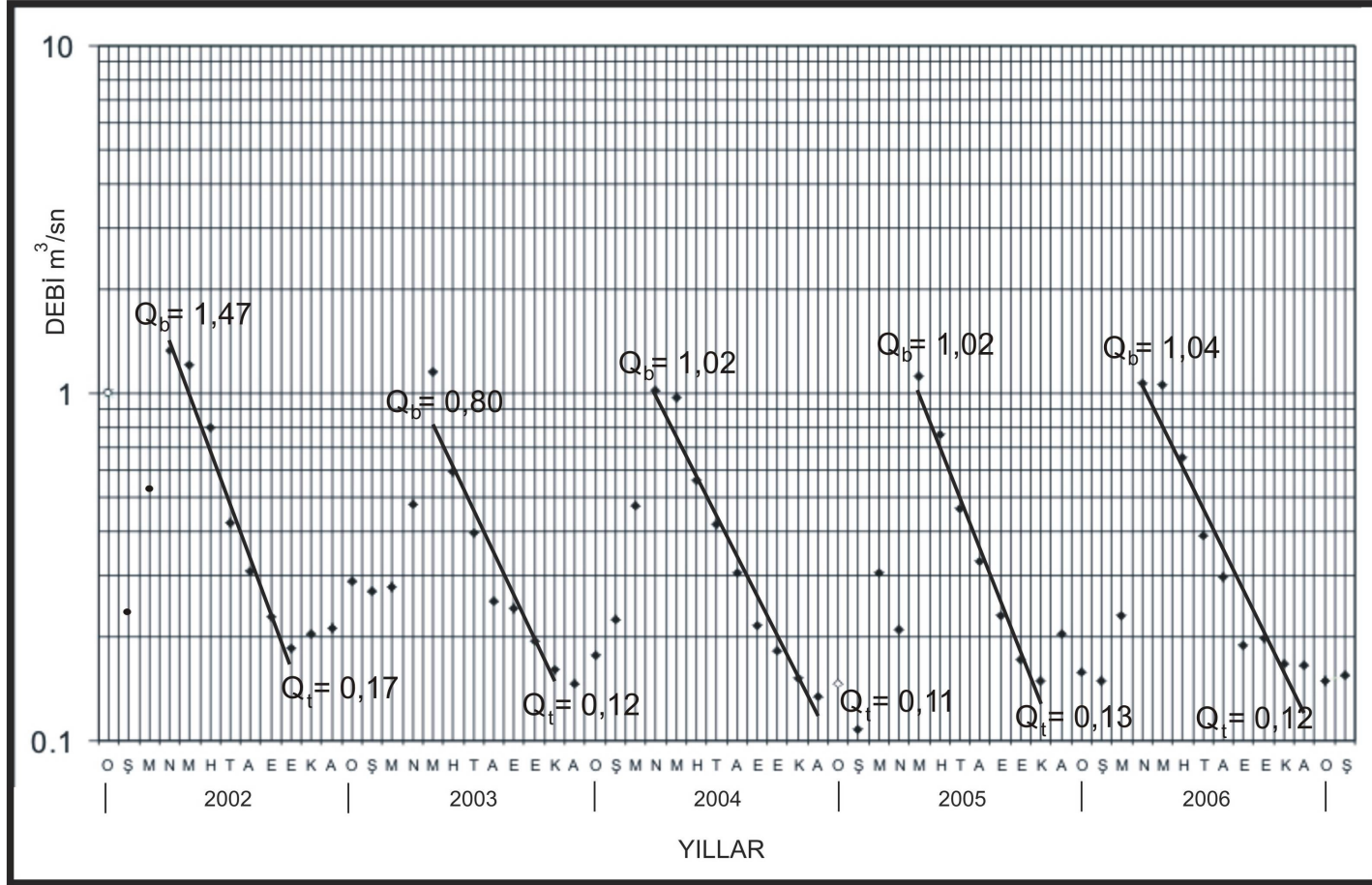


2006 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri



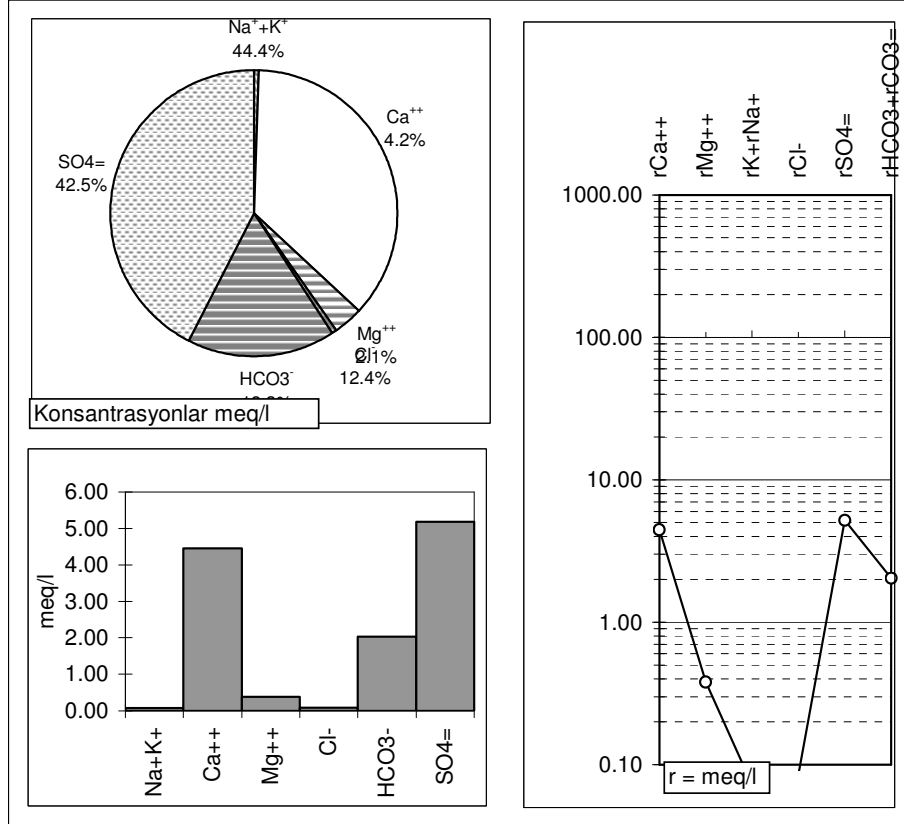
2007 Yılı Çokrağan Kaynağı Verileri

Ek 3. 2006-2007 yılları azalım eğrisi analizi



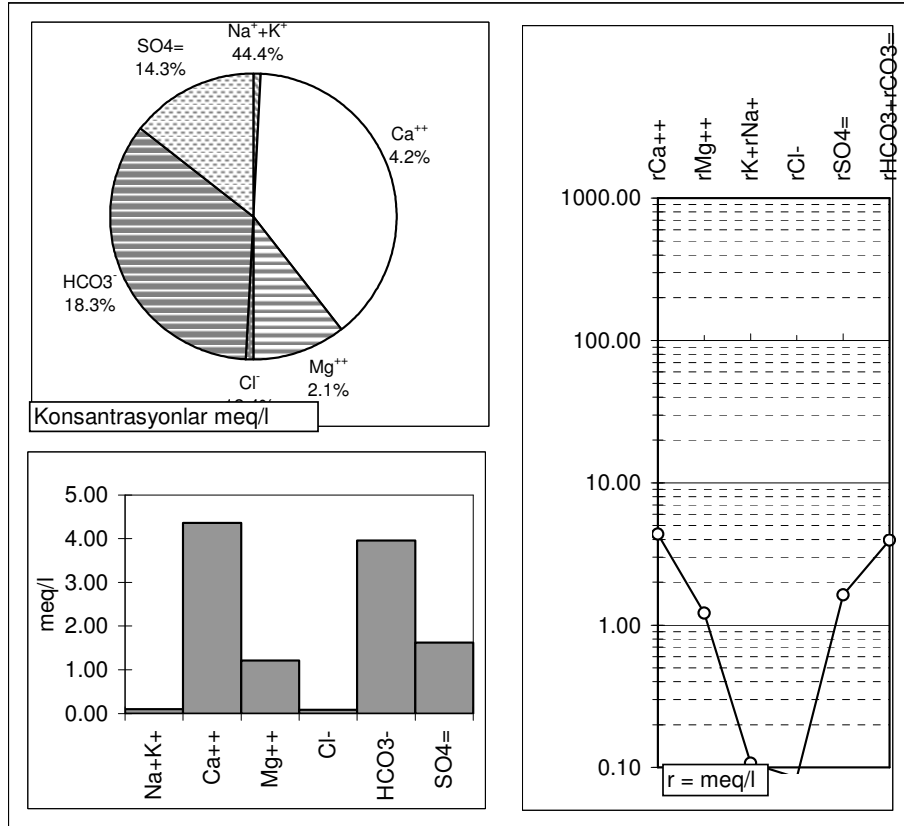
Ek 4. 2002-2006 yılları ait azalım eğrisi analizi

Örnek Adı: u1						pH(-logH)		6.85
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		500
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1.26	0.05	1.12	1.3	0.00005	0.0000	0.90	0.0000
K ⁺	0.68	0.02	0.36	0.7	0.00002	0.0000	0.89	0.0000
Ca ⁺⁺	89.28	4.46	90.79	93.2	0.00223	0.0045	0.67	0.0015
Mg ⁺⁺	4.62	0.38	7.74	4.8	0.00019	0.0004	0.68	0.0001
Cl ⁻	3.00	0.08	1.16	0.8	0.00008	0.0000	0.89	0.0001
HCO3 ⁻	123.94	2.03	27.82	33.0	0.00203	0.0010	0.90	0.0018
SO4 ⁼	249.00	5.19	71.02	66.2	0.00259	0.0052	0.65	0.0017
CO3 ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.65	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4.907	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			95.8
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.304	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			375.9
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				12.211	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			471.8
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.011	% e (Hata Yüzdesi)			-19.63
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.035	Sertlik (Fr)			24.18
rCl / (rSO4+rHCO3+rCO3) Oranı				0.012	rCa/rMg Oranı			11.73
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.647	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)			-0.99
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-1.182	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı			-1.80
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.8	Si (mg / l)			24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO4 -HCO3 -Cl								



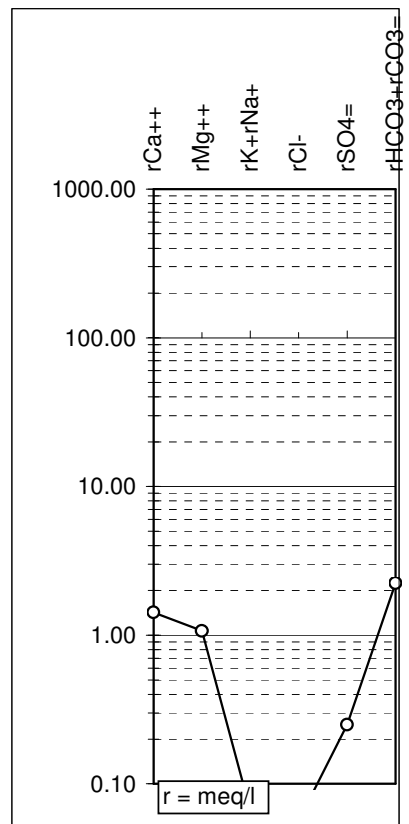
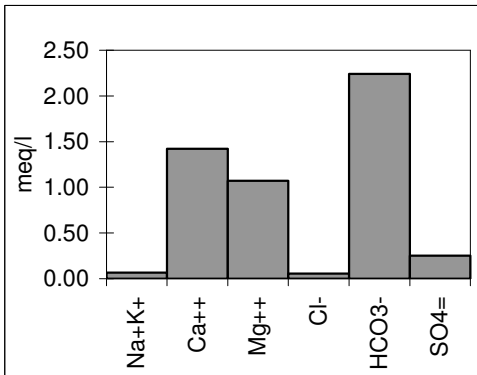
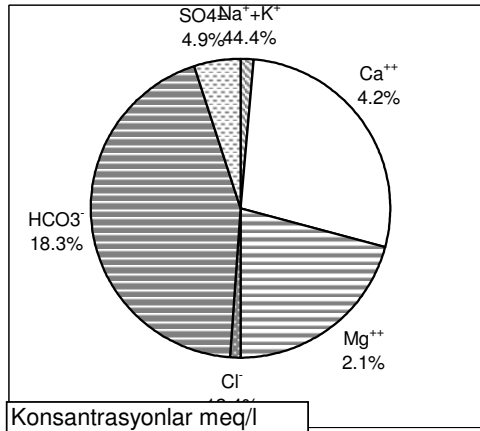
Ek 5. U1 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u2						pH(-logH)		7.56	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(μmho/cm)		479	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	2.17	0.09	1.66	2.1	0.00009	0.0000	0.91	0.0001	
K ⁺	0.51	0.01	0.23	0.5	0.00001	0.0000	0.90	0.0000	
Ca ⁺⁺	87.35	4.36	76.70	83.3	0.00218	0.0044	0.69	0.0015	
Mg ⁺⁺	14.79	1.22	21.40	14.1	0.00061	0.0012	0.70	0.0004	
Cl ⁻	3.00	0.08	1.49	0.9	0.00008	0.0000	0.90	0.0001	
HCO3 ⁻	241.66	3.96	69.86	74.9	0.00396	0.0020	0.91	0.0036	
SO4 ⁼	78.00	1.63	28.65	24.2	0.00081	0.0016	0.67	0.0005	
CO3 ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.68	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5.683	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				104.8
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				5.671	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				322.7
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				11.354	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				427.5
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.009	% e (Hata Yüzdesi)				0.10
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.057	Sertlik (Fr)				27.88
rCl / (rSO4+rHCO3+rCO3) Oranı				0.015	rCa/rMg Oranı				3.58
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.359	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-1.47
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.081	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı				-2.22
Fo (Köpürme Katsayısı)				6.9	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO4 -HCO3 -Cl									



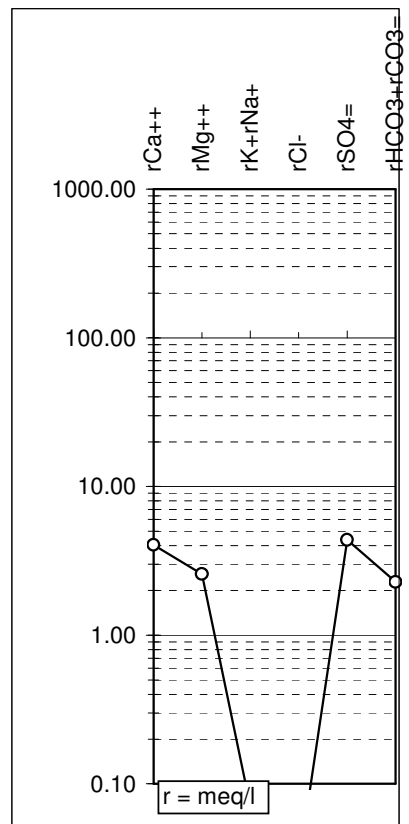
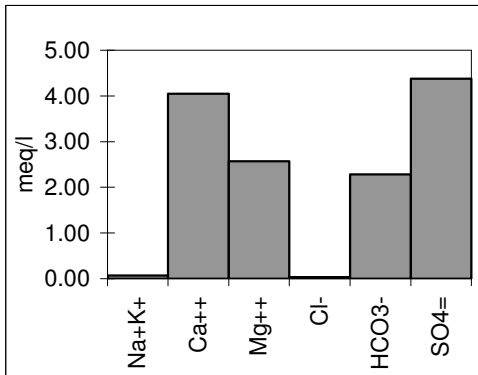
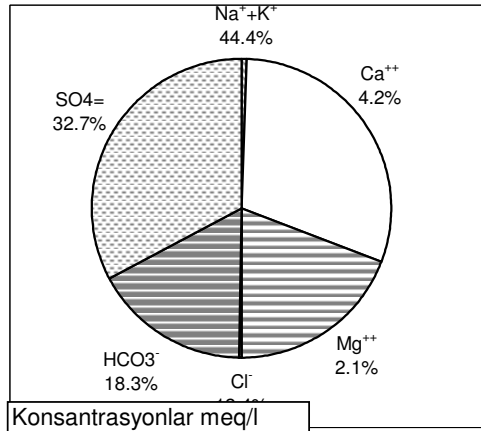
Ek 6. U2 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u3						pH(-logH)		8.44	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		205	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1.30	0.06	2.21	3.0	0.00006	0.0000	0.93	0.0001	
K ⁺	0.38	0.01	0.38	0.9	0.00001	0.0000	0.93	0.0000	
Ca ⁺⁺	28.47	1.42	55.60	66.0	0.00071	0.0014	0.77	0.0005	
Mg ⁺⁺	12.99	1.07	41.81	30.1	0.00053	0.0011	0.78	0.0004	
Cl ⁻	2.00	0.06	2.21	1.3	0.00006	0.0000	0.93	0.0001	
HCO ₃ ⁻	136.60	2.24	87.97	90.7	0.00224	0.0011	0.93	0.0021	
SO ₄ ⁼	12.00	0.25	9.82	8.0	0.00013	0.0003	0.76	0.0001	
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.77	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				2.555	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				43.1
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				2.546	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				150.6
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				5.101	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				193.7
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.004	% e (Hata Yüzdesi)				0.19
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.051	Sertlik (Fr)				12.44
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.023	rCa/rMg Oranı				1.33
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.570	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-2.67
SIđ(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.505	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-3.33
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.3	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl									



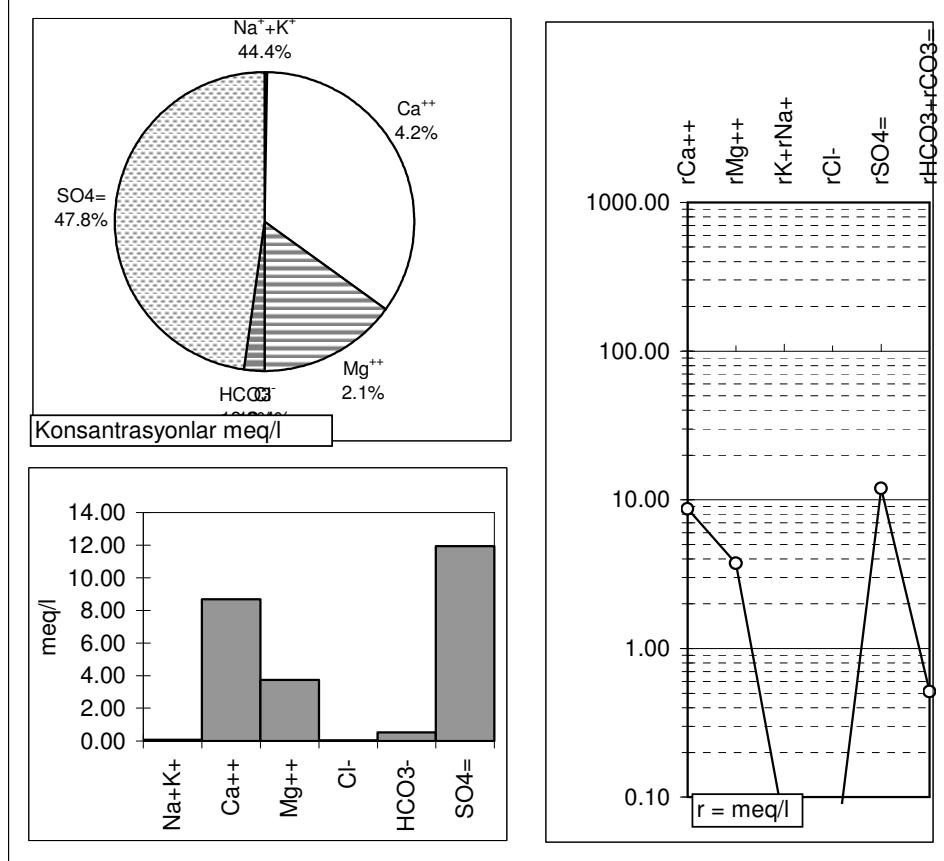
Ek 7. U3 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u4						pH(-logH)		8.07	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		543	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1.31	0.06	0.85	1.1	0.00006	0.0000	0.89	0.0001	
K ⁺	0.54	0.01	0.21	0.5	0.00001	0.0000	0.89	0.0000	
Ca ⁺⁺	81.13	4.05	60.50	71.0	0.00202	0.0040	0.66	0.0013	
Mg ⁺⁺	31.28	2.57	38.44	27.4	0.00129	0.0026	0.67	0.0009	
Cl ⁻	1.00	0.03	0.42	0.3	0.00003	0.0000	0.89	0.0000	
HCO ₃ ⁻	138.95	2.28	34.09	39.7	0.00228	0.0011	0.89	0.0020	
SO ₄ ⁼	210.00	4.38	65.48	60.0	0.00219	0.0044	0.64	0.0014	
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.64	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				6.692	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				114.3
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				6.681	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				350.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				13.373	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				464.2
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.012	% e (Hata Yüzdesi)				0.08
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.031	Sertlik (Fr)				33.10
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.004	rCa/rMg Oranı				1.57
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.572	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-1.12
SIđ(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.474	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-2.97
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.6	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl									



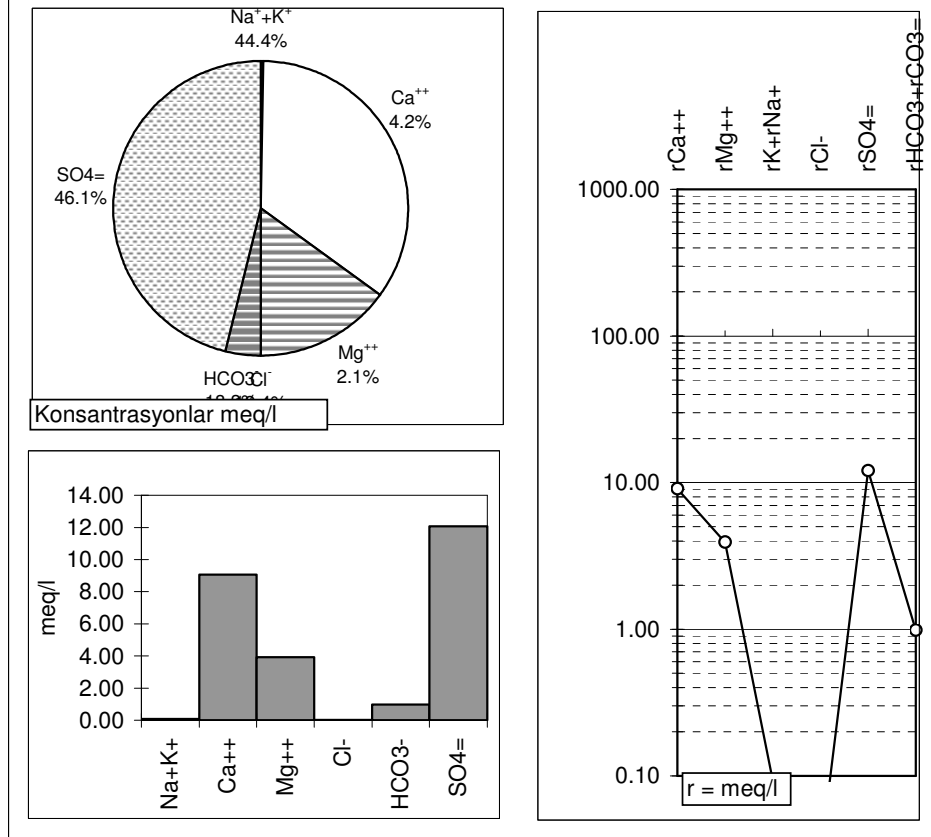
Ek 8. U4 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u5						pH(-logH)		7.65
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		963
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1.20	0.05	0.42	0.5	0.00005	0.0000	0.86	0.0000
K ⁺	0.48	0.01	0.10	0.2	0.00001	0.0000	0.85	0.0000
Ca ⁺⁺	174.11	8.69	69.60	78.7	0.00434	0.0087	0.57	0.0025
Mg ⁺⁺	45.36	3.73	29.88	20.5	0.00187	0.0037	0.60	0.0011
Cl ⁻	1.00	0.03	0.23	0.2	0.00003	0.0000	0.85	0.0000
HCO ₃ ⁻	31.26	0.51	4.11	5.2	0.00051	0.0003	0.86	0.0004
SO ₄ ⁼	573.00	11.94	95.67	94.7	0.00597	0.0119	0.55	0.0033
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.55	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				12.483	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			221.2
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				12.478	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			605.3
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				24.961	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			826.4
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.025	% e (Hata Yüzdesi)			0.02
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.021	Sertlik (Fr)			62.09
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.002	rCa/rMg Oranı			2.33
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.241	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)			-0.48
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.420	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-3.22
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.2	Si (mg / l)			24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl								



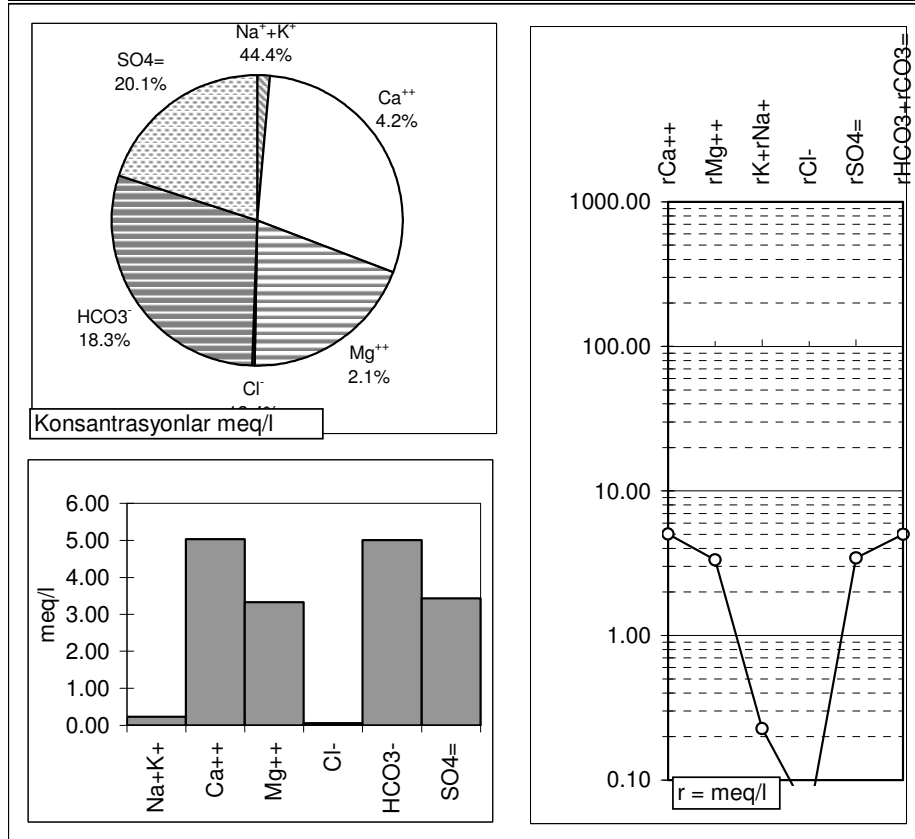
Ek 9. U5 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u6						pH(-logH)		7.45	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		1023	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1.77	0.08	0.59	0.8	0.00008	0.0000	0.86	0.0001	
K ⁺	0.64	0.02	0.13	0.3	0.00002	0.0000	0.85	0.0000	
Ca ⁺⁺	181.67	9.07	69.29	78.4	0.00453	0.0091	0.57	0.0026	
Mg ⁺⁺	47.71	3.92	29.99	20.6	0.00196	0.0039	0.59	0.0012	
Cl ⁻	1.00	0.03	0.22	0.2	0.00003	0.0000	0.85	0.0000	
HCO ₃ ⁻	60.00	0.98	7.52	9.4	0.00098	0.0005	0.86	0.0008	
SO ₄ ⁼	579.00	12.06	92.26	90.5	0.00603	0.0121	0.54	0.0033	
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.55	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				13.082	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				231.8
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				13.074	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				640.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				26.157	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				871.8
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.026	% e (Hata Yüzdesi)				0.03
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.030	Sertlik (Fr)				64.94
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.002	rCa/rMg Oranı				2.31
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.144	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-0.46
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.321	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-2.73
Fo (Köpürme Katsayısı)				6.1	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl									



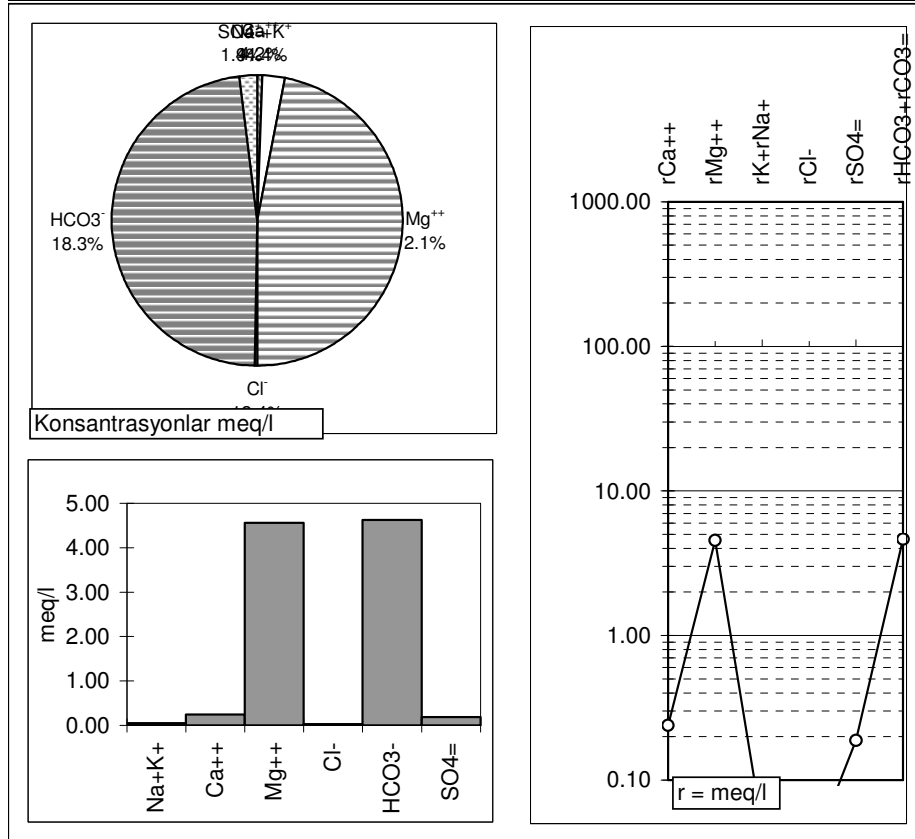
Ek 10. U6 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u7						pH(-logH)		7.56
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		698
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	3.26	0.14	1.65	2.2	0.00014	0.0001	0.89	0.0001
K ⁺	3.30	0.08	0.99	2.2	0.00008	0.0000	0.88	0.0001
Ca ⁺⁺	100.70	5.02	58.54	68.1	0.00251	0.0050	0.64	0.0016
Mg ⁺⁺	40.53	3.33	38.83	27.4	0.00167	0.0033	0.65	0.0011
Cl ⁻	2.00	0.06	0.66	0.4	0.00006	0.0000	0.88	0.0000
HCO3 ⁻	305.56	5.01	58.91	64.7	0.00501	0.0025	0.89	0.0044
SO4 ⁼	165.00	3.44	40.43	34.9	0.00172	0.0034	0.62	0.0011
CO3 ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.62	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				8.584	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		147.8	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				8.503	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		472.6	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				17.087	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		620.4	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.014	% e (Hata Yüzdesi)		0.48	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.069	Sertlik (Fr)		41.79	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.007	rCa/rMg Oranı		1.51	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.481	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-1.16	
SI _d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.393	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2.12	
Fo (Köpürme Katsayısı)				15.4	Si (mg / l)		24.10	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO4 -HCO3 -Cl								



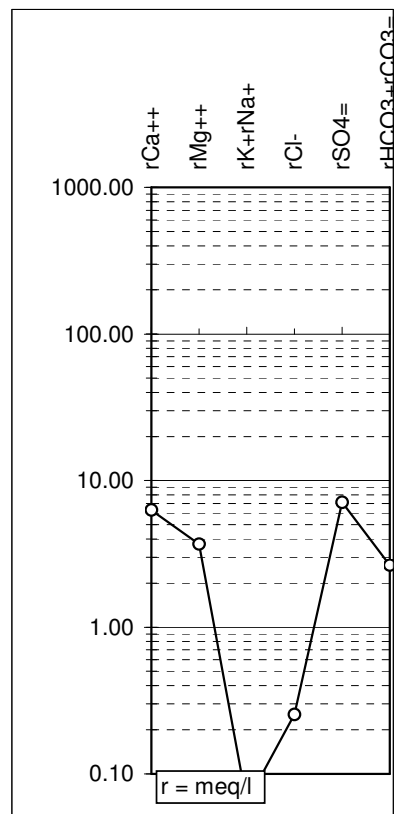
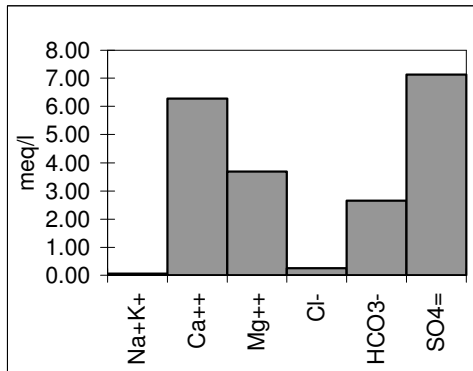
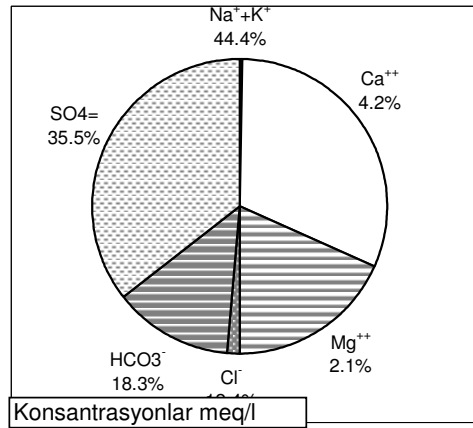
Ek 11. U7 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u8						pH(-logH)		8.97
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		366
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	0.90	0.04	0.81	1.5	0.00004	0.0000	0.91	0.0000
K ⁺	0.30	0.01	0.16	0.5	0.00001	0.0000	0.91	0.0000
Ca ⁺⁺	4.78	0.24	4.92	7.8	0.00012	0.0002	0.71	0.0001
Mg ⁺⁺	55.45	4.56	94.11	90.3	0.00228	0.0046	0.72	0.0016
Cl ⁻	1.00	0.03	0.58	0.3	0.00003	0.0000	0.91	0.0000
HCO3 ⁻	282.13	4.63	95.54	96.6	0.00463	0.0023	0.91	0.0042
SO4 ⁼	9.00	0.19	3.87	3.1	0.00009	0.0002	0.70	0.0001
CO3 ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.70	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4.845	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		61.4	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				4.841	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		292.1	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				9.686	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		353.6	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.007	% e (Hata Yüzdesi)		0.05	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.025	Sertlik (Fr)		23.99	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.006	rCa/rMg Oranı		0.05	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.595	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-3.64	
SIđ (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.234	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-3.55	
Fo (Köpürme Katsayısı)				3.0	Si (mg / l)		24.10	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO4 -HCO3 -Cl								



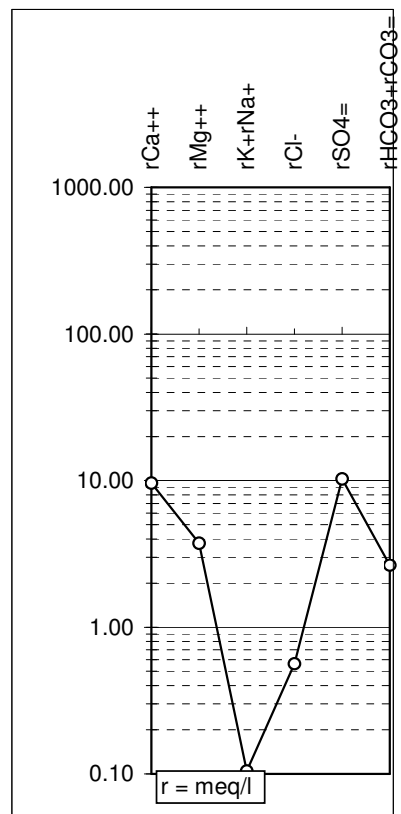
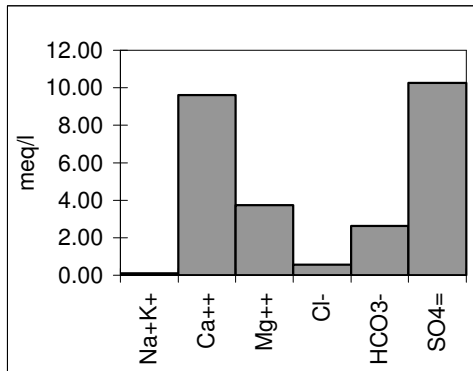
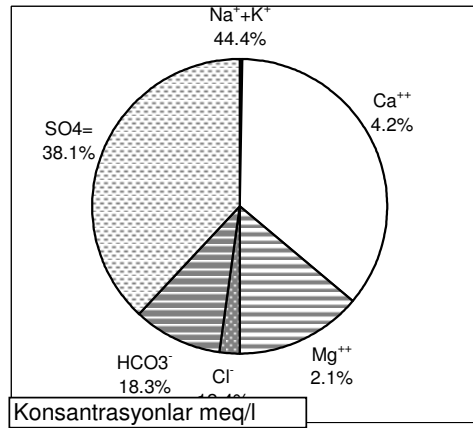
Ek 12. U8 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u9						pH(-logH)		7.63	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		797	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1.21	0.05	0.52	0.7	0.00005	0.0000	0.87	0.0000	
K ⁺	0.43	0.01	0.11	0.2	0.00001	0.0000	0.87	0.0000	
Ca ⁺⁺	125.84	6.28	62.58	73.0	0.00314	0.0063	0.61	0.0019	
Mg ⁺⁺	44.89	3.69	36.79	26.0	0.00185	0.0037	0.63	0.0012	
Cl ⁻	9.00	0.25	2.53	1.8	0.00025	0.0001	0.87	0.0002	
HCO ₃ ⁻	161.72	2.65	26.43	31.5	0.00265	0.0013	0.87	0.0023	
SO ₄ ⁼	342.00	7.13	71.04	66.7	0.00356	0.0071	0.58	0.0021	
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.59	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				10.035	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				172.4
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				10.030	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				512.7
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				20.065	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				685.1
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.019	% e (Hata Yüzdesi)				0.02
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.024	Sertlik (Fr)				49.86
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.026	rCa/rMg Oranı				1.70
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.345	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-0.79
SI _d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.232	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-2.47
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.1	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl									



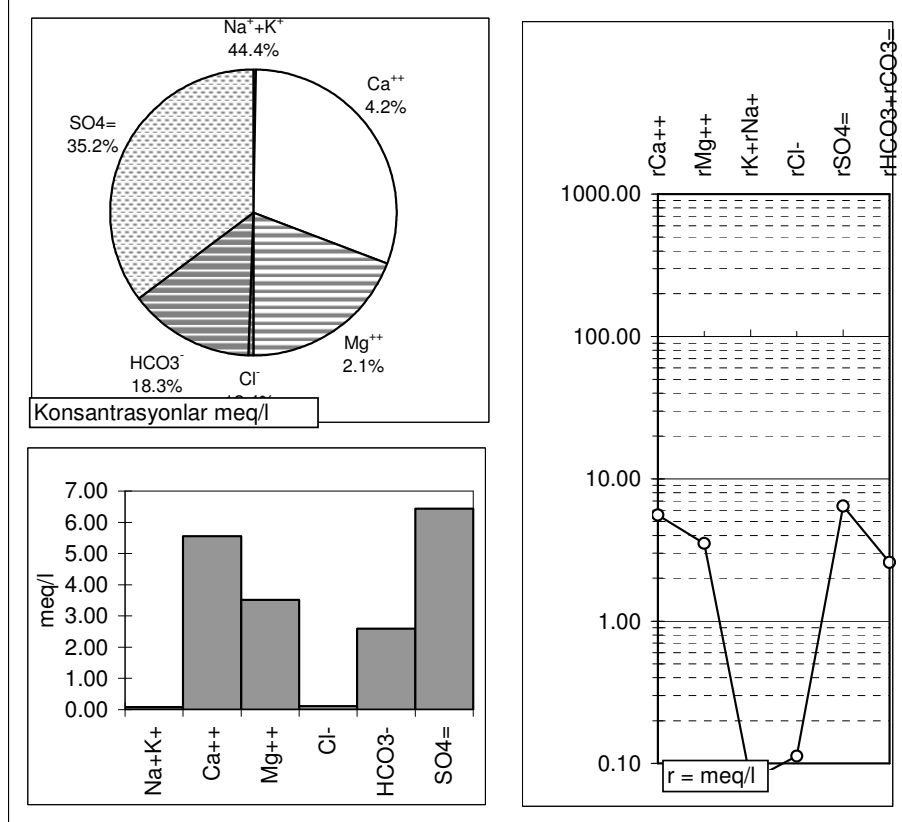
Ek 13. U9 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u10						pH(-logH)		6.95
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		1026
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	2.02	0.09	0.65	0.8	0.00009	0.0000	0.86	0.0001
K ⁺	0.65	0.02	0.12	0.3	0.00002	0.0000	0.85	0.0000
Ca ⁺⁺	192.68	9.61	71.41	80.0	0.00481	0.0096	0.57	0.0027
Mg ⁺⁺	45.53	3.74	27.81	18.9	0.00187	0.0037	0.59	0.0011
Cl ⁻	20.00	0.56	4.19	3.0	0.00056	0.0003	0.85	0.0005
HCO ₃ ⁻	161.10	2.64	19.63	23.9	0.00264	0.0013	0.86	0.0023
SO ₄ ⁼	492.00	10.25	76.18	73.1	0.00513	0.0103	0.54	0.0028
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.55	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				13.464	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		240.9	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				13.455	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		673.1	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				26.918	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		914.0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.025	% e (Hata Yüzdesi)		0.03	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.034	Sertlik (Fr)		66.80	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.044	rCa/rMg Oranı		2.57	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.187	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-0.50	
SI _d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.388	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-1.80	
Fo (Köpürme Katsayısı)				6.7	Si (mg / l)		24.10	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl								



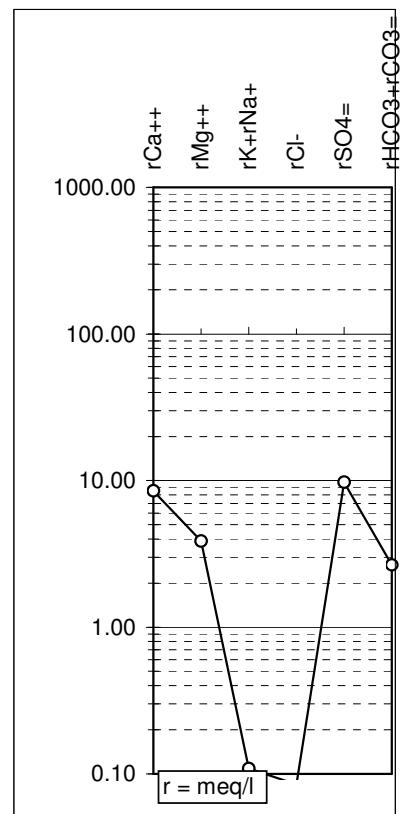
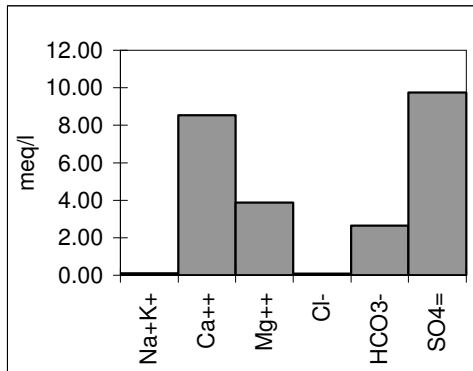
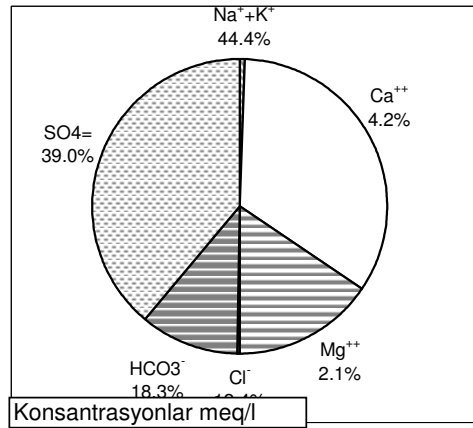
Ek 14. U10 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u11						pH(-logH)		7.38	
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(μmho/cm)		780	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1.41	0.06	0.67	0.9	0.00006	0.0000	0.88	0.0001	
K ⁺	0.56	0.01	0.16	0.4	0.00001	0.0000	0.87	0.0000	
Ca ⁺⁺	111.40	5.56	60.75	71.4	0.00278	0.0056	0.62	0.0017	
Mg ⁺⁺	42.75	3.52	38.42	27.4	0.00176	0.0035	0.64	0.0011	
Cl ⁻	4.00	0.11	1.23	0.8	0.00011	0.0001	0.87	0.0001	
HCO3 ⁻	158.05	2.59	28.34	33.6	0.00259	0.0013	0.88	0.0023	
SO4 ⁼	309.00	6.44	70.42	65.6	0.00322	0.0064	0.60	0.0019	
CO3 ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.60	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				9.150	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				156.1
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				9.141	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				471.1
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				18.291	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				627.2
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.017	% e (Hata Yüzdesi)				0.05
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.029	Sertlik (Fr)				45.37
rCl / (rSO4+rHCO3+rCO3) Oranı				0.012	rCa/rMg Oranı				1.58
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.042	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)				-0.87
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.056	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı				-2.23
Fo (Köpürme Katsayısı)				4.9	Si (mg / l)				24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO4 -HCO3 -Cl									



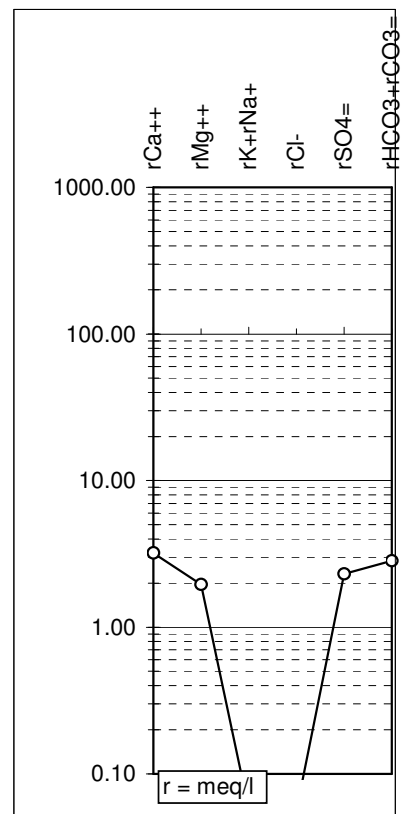
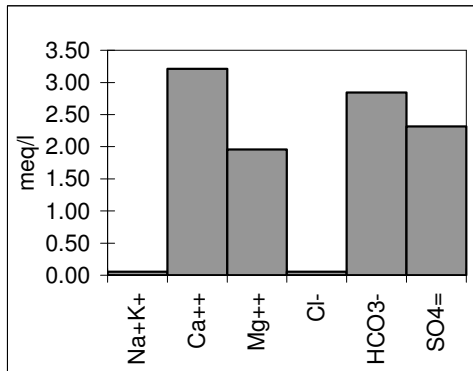
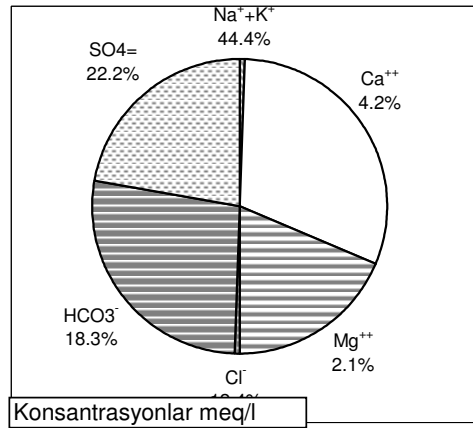
Ek 15. U11 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u12						pH(-logH)		7.19
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		1028
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	2.03	0.09	0.71	0.9	0.00009	0.0000	0.86	0.0001
K ⁺	0.79	0.02	0.16	0.4	0.00002	0.0000	0.86	0.0000
Ca ⁺⁺	170.82	8.52	68.19	77.4	0.00426	0.0085	0.58	0.0025
Mg ⁺⁺	47.04	3.87	30.95	21.3	0.00193	0.0039	0.60	0.0012
Cl ⁻	3.00	0.08	0.68	0.5	0.00008	0.0000	0.86	0.0001
HCO ₃ ⁻	161.87	2.65	21.25	25.6	0.00265	0.0013	0.86	0.0023
SO ₄ ⁼	468.00	9.75	78.07	73.9	0.00488	0.0098	0.55	0.0027
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.56	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				12.501	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		220.7	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				12.488	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		632.9	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				24.989	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		853.6	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.024	% e (Hata Yüzdesi)		0.05	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.035	Sertlik (Fr)		61.96	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.007	rCa/rMg Oranı		2.20	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.011	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-0.56	
SI _d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.157	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2.04	
Fo (Köpürme Katsayısı)				7.1	Si (mg / l)		24.10	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl								

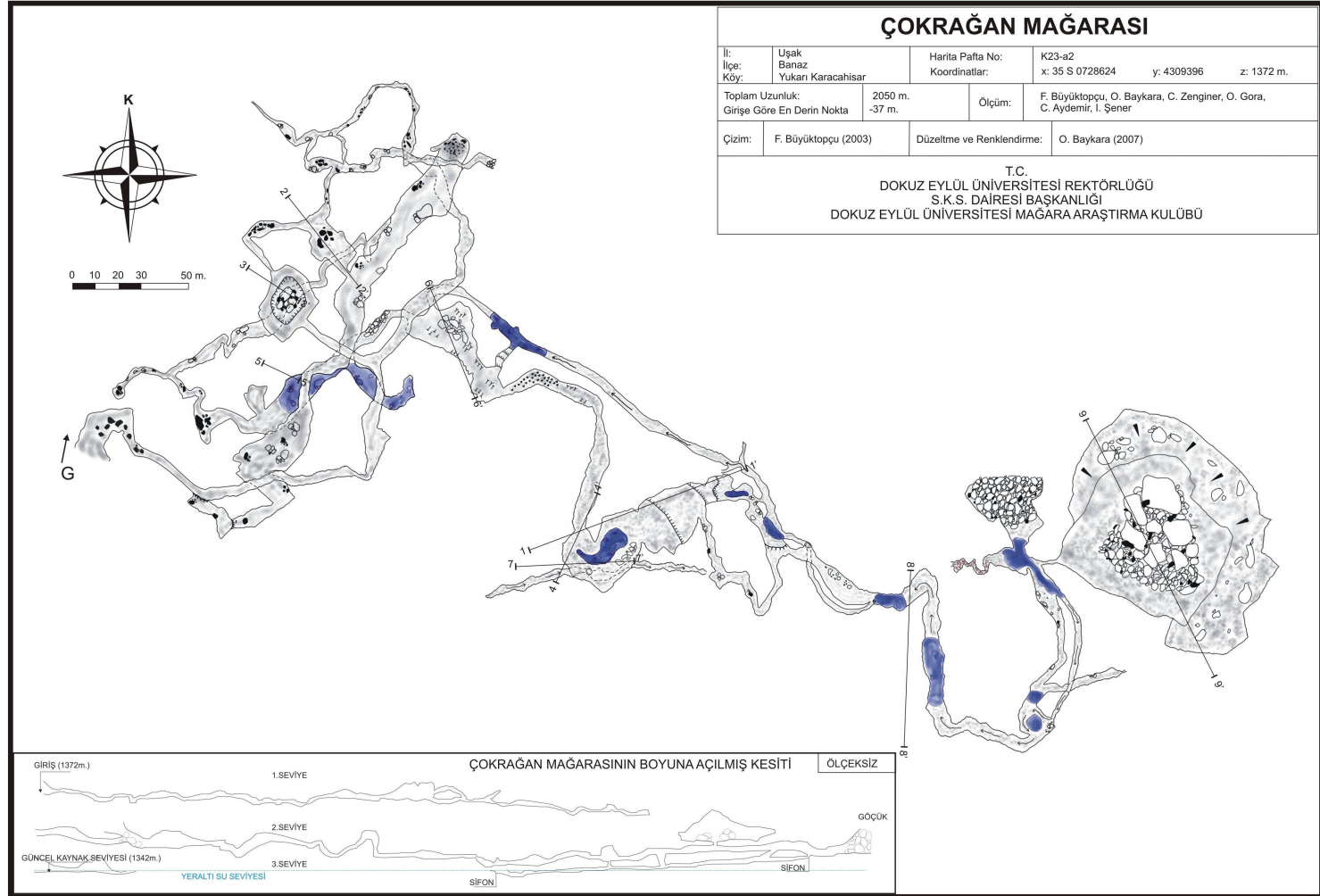


Ek 16. U12 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi

Örnek Adı: u13						pH(-logH)		7.59
Örnekleme Tarihi : 10.12.2003				Lab. :	DEÜ	EC(µmho/cm)		463
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	0.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1.06	0.05	0.88	1.2	0.00005	0.0000	0.91	0.0000
K ⁺	0.44	0.01	0.22	0.5	0.00001	0.0000	0.90	0.0000
Ca ⁺⁺	64.29	3.21	61.44	71.8	0.00160	0.0032	0.69	0.0011
Mg ⁺⁺	23.79	1.96	37.47	26.6	0.00098	0.0020	0.70	0.0007
Cl ⁻	2.00	0.06	1.08	0.7	0.00006	0.0000	0.90	0.0001
HCO ₃ ⁻	173.48	2.84	54.56	60.6	0.00284	0.0014	0.91	0.0026
SO ₄ ⁼	111.00	2.31	44.36	38.7	0.00116	0.0023	0.68	0.0008
CO ₃ ⁼		0.00	0.00	0.0	0.00000	0.0000	0.68	0.0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5.222	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			89.6
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				5.213	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			286.5
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				10.435	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			376.1
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.009	% e (Hata Yüzdesi)			0.09
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.029	Sertlik (Fr)			25.82
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0.011	rCa/rMg Oranı			1.64
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.115	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)			-1.45
SIđ(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.007	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2.39
Fo (Köpürme Katsayısı)				3.7	Si (mg / l)			24.10
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na -SO ₄ -HCO ₃ -Cl								



Ek 17. U13 Noktasından alınan su örneğinin kimyasal analizi



Ek 18. Çokrağan Mağarası'nın Haritası ve Boyuna Açılmış Profili