

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HORATA (MALATYA) KAYNAĞI'NIN HİDROJEOLOJİ
İNCELEMESİ

Osman GÜNAYDIN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

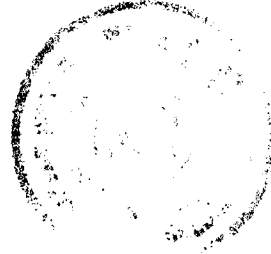
DANIŞMAN : Doç. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

114362

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

114362

ELAZIĞ
2001



T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HORATA (MALATYA) KAYNAĞI'NIN HİDROJEOLJİ
İNCELEMESİ

Osman GÜNAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, Tarihinde Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Başarılı/Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)
Danışman
Doç. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

(İmza)

(İmza)



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HORATA (MALATYA) KAYNAĞI'NIN HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

Osman GÜNAYDIN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

2001, Sayfa: 54

“Horata (Malatya) Kaynağı'nın Hidrojeoloji İncelemesi” başlıklı bu çalışmada Horata Kaynağı'nın hidrojeoloji incelemesi yapılmıştır. Çalışmada kaynağın beslenme alanının jeolojisi çalışılmış ve kaynaktan alınan su numunelerinin kimyasal analizleri yapılmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölge için yapmış olduğu 19 yıllık yağış ortalaması 386.70 mm, sıcaklık ortalaması 13.60 °C' dir.

Çalışma alanında Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen birimler yüzeylenmektedir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru: Permo-Karbonifer yaşlı Malatya Metmorfitleri, Üst Kretase yaşlı Gündüzbey Formasyonu, Üst Eosen yaşlı Yeşilyurt Formasyonu, Kuvaterner yaşlı Taraça ve Alüvyonlar şeklinde sıralanmış göstermektedirler.

Bölgede su taşıyan formasyonlar Malatya Metamorfitleri, Gündüzbey Formasyonu ve Yeşilyurt Formasyonu'dur.

Kimyasal analiz neticelerine göre kaynak ve kuyu suyunda bulunan başlıca anyon ve katyonların kökenleri açıklanmıştır. Bu verilerin yardımıyla suların Schoeller, Üçgen, Sütun, Piper, Stiff, İçilebilme, ABD Tuzluluk Laboratuvarı, Wilcox,

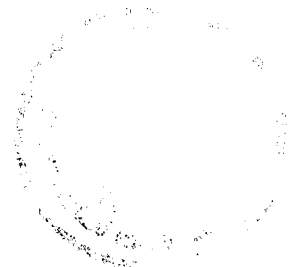
III

Kalsiyum Denge ve Su-Karbonat Denge diyagramları çizilmiştir. Kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat sularında en fazla bulunan iyonlardır.

Horata Kaynağı'nın 20.06.2000–02.10.2000 tarihleri arasında debi değişimi ölçümlerle belirlenmiştir. Buna göre en az debi 22 lt/sn (25 Eylül 2000), en çok debi 1528 lt/sn (15 Mayıs 2000)'dir.

Horata Kaynağı'nda 20 Haziran 1999–15 Eylül 1999 döneminde boşalan su miktarı, $1.08 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak bulunmuştur. 14 Mayıs 2000–25 Eylül 2000 döneminde boşalan su miktarı ise $4.01 \times 10^6 \text{ m}^3$ bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Hidrojeoloji, Horata Kaynağı, Malatya Metamorfitleri, Kaynağın boşalımı, Kalsiyum, Karbonat



ABSTRACT

Masters Thesis

**HYDROGEOLOGY INVESTIGATION
OF HORATA (MALATYA) SPRING WATERS**

Osman GÜNAYDIN

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

2001, Page: 54

In this study, titled as “Hydrogeology Investigation of Horata (Malatya) Spring Waters”, water samles have been studied with respect to their physico-chemical and hydrogeology characteristics.

According to meteorological data the mean precipitation and temperature for the region over 19 years are 386.7 mm and 13.6 °C, respectively.

The study area hosts a variety of lithologies with varying ages from Paleozoic to Cenozoic. These include, progressing upward, Malatya Metamorphics of Permo-Carboniferous age, Gündüzbey Formation of late Cretaceous age, Yeşilyurt Formation of late Eocen age and debris and alluvial deposits of Quaternary age.

Groundwater-bearing formations in the area are the Malatya Metamorphics, Gündüzbey and Yeşilyurt Formations.

Origin of the anions and cations contained by the water samples is explained based on the data acquired from the chemical analyses. A number of diagrams including Schoeller, Piper, Terrary, Stiff, Column, Drinkability, USA Salinity, Wilcox, Calcium balance and Carbonate balance by employing these data. Ca^{+2} , Mg^{+2} , and HCO_3^- are the principle ions contained by the waters analyzed.

Variations in water flow (discharge) of the spring waters were measured during the period between 20.06.2000 and 02.10.2000. According to these measurements, highest discharge was 1528 lt/sec at 15 may 2000, and lowest reading was 22 lt/sec at 25 September 2000.

Water discharge of the Horata spring was 1.08×10^6 cubic meters during the period between 20 June 1999 and 15 September 1999. Whereas, this amount was 4.01×10^6 cubic meters during the period between 14 May 2000 and 25 September 2000.

KEY WORDS: Hydrogeology, Horata Spring, Malatya Metamorphics, Discharge spring, Calcium, Carbonate

KATKI BELİRTME

“Horata Kaynağı'nın Hidrojeoloji İncelemesi” konulu tez çalışmamda bana her konuda yardımcı olan, yol gösteren, bu çalışmayı başından sonuna kadar denetleyerek her türlü katkı ve öneriyi yapan değerli hocam Doç.Dr. Bahattin ÇETİNDAG' a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımda her konuda bana yardımcı olan Yrd.Doç.Dr. Zülfü GÜROCAK ve Arş.Gör. Bülent KALI 'ya teşekkür ederim.

Alınan numunelerin kimyasal analizlerinin yapılmasında yardımcı olan DSİ IX. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı personeline, Arazi çalışmalarımda yardımcı olan jeoloji yüksek mühendisi Yunus AY ve jeoloji mühendisi Abdurrahman TABLACI 'ya, şekil ve diyagramların çiziminde yardım eden Arş.Gör.Mustafa FENER, Arş.Gör. M.Kürşat YALÇIN ve Arş.Gör.Sinan ÇOLAKOĞLU 'na teşekkür ederim.

Çalışma süresi boyunca bana yardımcı olan Konak Belediyesi başkanı ve Horata mesire yeri personeline ve de çalışmam süresince beni devamlı destekleyen eşime içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	IV
KATKI BELİRTME	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	X
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	X
1.GİRİŞ	1
1.1Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2.Çalışma Yöntemleri	1
2.COĞRAFYA.....	1
2.1. Yer Belirleme	1
2.2. İklim.....	3
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
4. STRATİGRAFİ.....	9
4.1. Malatya Metamorfitleri	9
4.2. Gündüzbey Formasyonu	11
4.3. Yeşilyurt Formasyonu.....	14
4.4. Taraça	16
4.5. Alüvyon.....	16
5. YAPISAL JEOLojİ.....	17
6. HİDROJEOLojİ.....	19
6.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar.....	19
6.2. Kaynaklar	19
6.2.1. Horata Kaynağı.....	19
6.2.1.1. Kaynak Sularında Bulunan Başlıca Maddeler.....	20
6.2.1.1.1. Katyonlar.....	22
6.2.1.1.2. Anyonlar.....	23
6.2.1.2. Kimyasal Analizlerin Diyagramla Gösterilmesi.....	24
6.2.1.2.1. Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı	24

VIII

6.2.1.2.2. Üçgen Diyagram	25
6.2.1.2.3. Piper Diyagramı	26
6.2.1.2.4. Sütun Diyagram	29
6.2.1.2.5. Stiff Diyagramı	31
6.2.1.2.6. Suların İçilebilme Diyagramı	32
6.2.1.2.7. ABD Tuzluluk Diyagramı	33
6.2.1.2.8. Wilcox Diyagramı	35
6.2.1.3. Kaynağın Kalsiyum Denge Diyagramı	36
6.2.1.4. Kaynağın Su-Karbonat Denge Diyagramı	37
6.2.1.5. Kaynağın Çeşitli Kriterlere Göre Sınıflandırılması	38
6.2.1.5.1. Suların Sertlik Dereceleri	38
6.2.1.5.2. Kaynakların Debilerine Göre Sınıflandırılması	39
6.2.1.6. Kaynağın Boşalımı	40
6.2.2. Çobandede Kaynağı	47
6.2.3. Diğer Kaynaklar	48
7.SONUÇLAR	50
KAYNAKLAR	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası	2
Şekil 2.2. Yağış ve buharlaşma – terlemenin 1980-1999 yılları arasındaki değişim grafiği.....	6
Şekil 2.3. Yağış ve buharlaşma – terlemenin 1999 yılı değişim grafiği.....	6
Şekil 4.1. Beydağı'nın genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	10
Şekil 4.2. Kaynak beslenme alanının jeoloji haritası ve A-B arasının jeoloji kesiti.....	12
Şekil 5.1. Malatya Metamorfitletlerine ait kayaçların doğrultu yoğunluklarını gösteren gül diyagram.....	18
Şekil 5.2. Yeşilyurt Formasyon'una ait kayaçların doğrultu yoğunluklarını gösteren gül diyagram	18
Şekil 6.1. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı.....	24
Şekil 6.2. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Üçgen diyagramı.....	25
Şekil 6.3. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Piper diyagramı.....	28
Şekil 6.4. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Sütun diyagramı.....	30
Şekil 6.5. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Stiff diyagramı	31
Şekil 6.6. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın İçilebilme diyagramı	32
Şekil 6.7. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın ABD Tuzluluk diyagramı	34
Şekil 6.8. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Wilcox diyagramı	35
Şekil 6.9. Kalsiyum denge diyagramı	36
Şekil 6.10. Sularda çözülmüş toplam CO ₂ miktarını veren diyagram.....	37
Şekil 6.11. Suların çürütme özelliğini gösteren diyagram	38
Şekil 6.12. Horata Kaynağı'nın su yükseklik değerine göre safralı yüzücülerin ulaşım süresi arasındaki ilişki	40
Şekil 6.13. Horata Kaynağı'nın 20 Haziran 1999-2 Ekim 2000 tarihleri arası boşalım grafiği ve aylık yağış değerleri.....	42
Şekil 6.14. Horata Kaynağı'nın yarı log boşalım grafiği.....	44
Şekil 6.15. Akiferlerde yağış-dinamik rezerv korelasyon eğrileri	46

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Bölgenin 1980 – 1999 yılları arası deneştirmeli nem bilançosu	4
Çizelge 2.2. Bölgenin 1999 yılı için deneştirmeli nem bilançosu	5
Çizelge 6.1. Horata Kaynağı ve kuyu suyu analiz sonuçları	21
Çizelge 6.2. Kuyu suyu ile Horata Kaynak suyundaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri.....	29
Çizelge 6.3. Kaynakların debilerine göre sınıflandırılması	39
Çizelge 6.4. Kaynakların debi değişim yüzdelerine göre sınıflanması	40

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 4.1. Yukarıkaragöz köyünün kuzeyindeki Malatya Metamorfitleri'nden bir görünüm.....	11
Foto 4.2. Karatarla Tepe KD'sundaki Gündüzbey Formasyonu'na genel bir bakış.....	13
Foto 4.3. Horata Kaynağı'nın bir kilometre KB'sında Yeşilyurt Formasyonu'na genel bakış.....	15
Foto 4.4. Karatarla Tepe'nin bir kilometre batısındaki taraçalardan bir görünüm	16
Foto 6.1. Horata Kaynağı'nın kaptaj yerinden bir görünüm	20
Foto 6.2. Kaynağın çıkış noktası yakınındaki eşel.....	42
Foto 6.3. Horata Kaynağı'nın 500 m. GD'sundaki Çobandede Kaynağı'nın çıkış noktalarından biri.....	49

1.GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada bölgenin jeoloji yapısı ortaya çıkarılarak, kaynağın hidrojeolojisi aydınlatılmaya çalışılmıştır. Kaynağın onaltı ay boyunca debisi ölçülerek, boşalım hesapları yapılmıştır. Kaynaktan alınan su numunelerinin kimyasal analizleri yapılarak, su kimyası açıklanmaya çalışılmış ve suların içme ve kullanmaya uygun olup olmadıkları araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları kullanılan bu suyun insan hayatıyla yakından ilgili ve bölgenin en önemli kaynaklarından biri olması nedeniyle önem taşımaktadır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

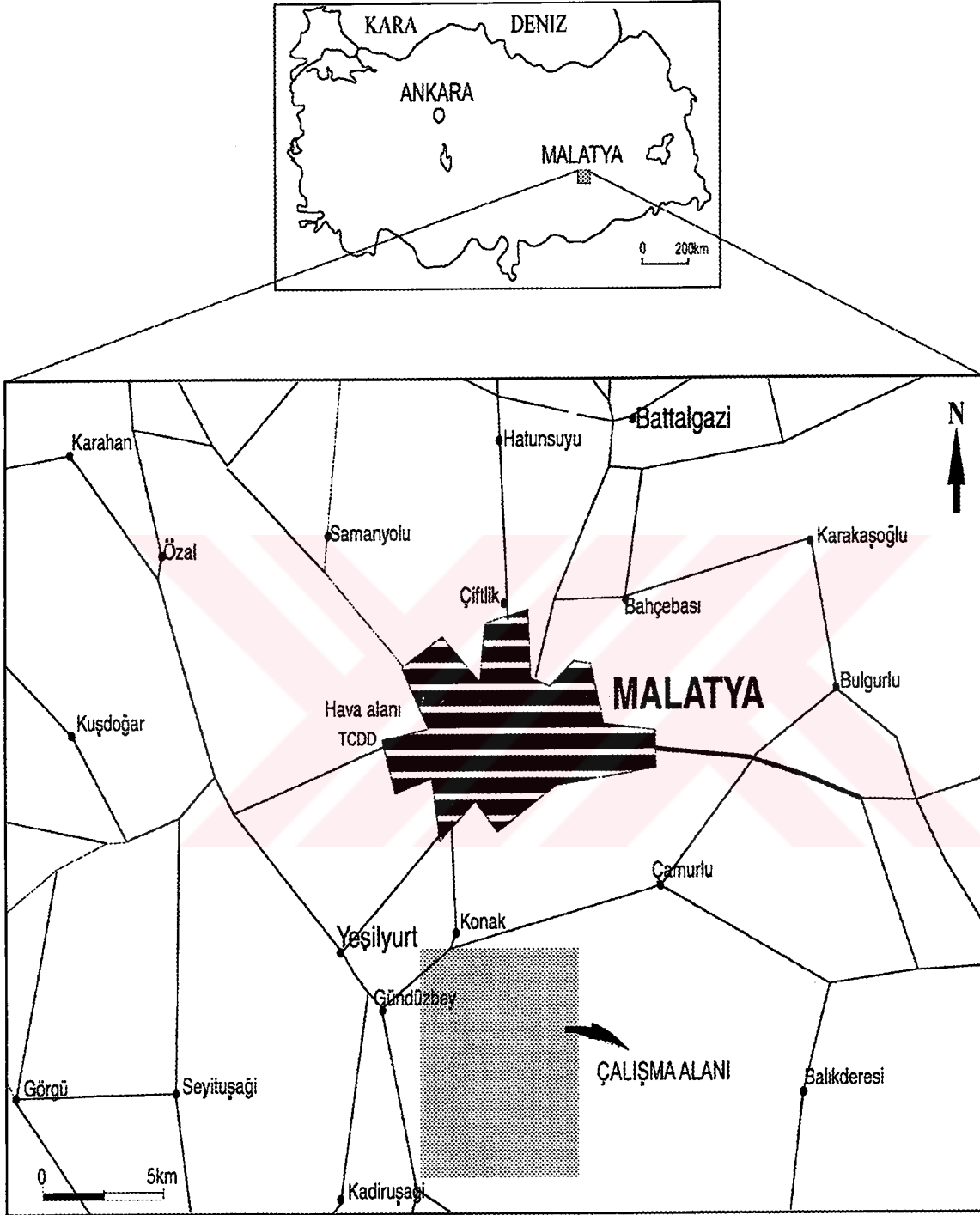
“Horata Kaynağı'nın Hidrojeoloji İncelemesi” başlıklı bu çalışma üç aşamada gerçekleşmiştir.

Kaynağın beslenme alanının jeoloji haritasının yapılması, kaynaktan su örneğinin alınması, beslenme alanından kayaç örneklerinin alınması ve kaynağın debi ölçümleri çalışmanın birinci aşamasını, su numunesinin analizleri ile kayaç örneklerinin ince kesitlerinin laboratuvarında yapılması ikinci aşamayı, tüm bu verilerin büroda değerlendirilip harita yapımı, debi hesaplamaları ile kaynağın boşalımı, diyagram, tablo ve hesaplamaların değerlendirilmesi üçüncü aşamayı oluşturmuştur.

2 . COĞRAFYA

2.1.Yer Belirleme

Çalışma alanı Malatya ilinin 7 km güneyinde Konak Kasabası sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.1). İnceleme alanı 1 / 25 000 ölçekli Malatya L 40 b₄, L 40 b₃, L 40 c₁ ve L 40 c₂ paftaları içerisinde yer almaktadır. Kaynağın beslenme alanı Konak Kasabası'nın güneydoğusu ile Beydağı'nın kuzeybatısı arasındaki 39,6 km²'lik alan olup, birçok tepe bulunduran sarp bir arazidir. İnceleme alanının güneyinde Beydağı, Küçük Beydağı ve Yılmaz Tepe, batısında Daz Tepe, kuzeydoğusunda Yıldız Tepe, kuzeyinde Yumru Tepe ve Bağ Tepe, doğusunda Elma Tepe ve Hacarya Tepe önemli yükseltileri oluşturmaktadır.



Şekil 2.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

2.2 İklim

İnceleme alanının da içerisinde yer aldığı Doğu Anadolu Bölgesi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçen karasal bir iklim tipine sahiptir. Malatya Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 19 yıllık sıcaklık ortalaması $13,60^{\circ}\text{C}$ dir. Bölgede iklimin özelliğini belirleyen en önemli faktör yılın en sıcak ve en soğuk aylarının sıcaklık ortalaması arasındaki farktır. Yaz ve kış ayları arasında büyük sıcaklık farklarının görüldüğü alanda ortalama aylık sıcaklık olarak $34,10^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz en sıcak ay , $-2,40^{\circ}\text{C}$ ile Ocak en soğuk aydır. Malatya Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 19 yıllık (1980-1999) yağış ortalaması $386,70\text{ mm}$ 'dir. En yüksek yağış değeri $53,10\text{ mm}$ ile Mart ayına , en düşük yağış değeri de $0,90\text{ mm}$ ile Temmuz ayına aittir.

İnceleme alanının son 19 yıllık (1980-1999) ortalama yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak Thornwaite (1948) yöntemi ile düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme (Etpc) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr) hesaplanarak deneştirmeli yağış ve buharlaşma-terleme nem bilançosu hazırlanmış (Çizelge 2.1) ve değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 2.2). Buna göre düzeltilmiş buharlaşma-terleme (Etpc) yıllık miktarı $817,29\text{ mm}$, buharlaşma-terleme (Etr) ise $310,58\text{ mm}$, ortalama yıllık yağış $384,50\text{ mm}$ ve su noksanı $506,71\text{ mm}$ 'dir. Bu dönemde ki su fazlası ise $104,29\text{ mm}$ olup, toplam yağışın % 27,10'ü dür ve buharlaşma-terleme ile yağışın % 80,80'i atmosfere geri dönmektedir.

Ayrıca inceleme alanının çalışma dönemine ait sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak deneştirmeli yağış ve buharlaşma-terleme nem bilançosu hazırlanmış (Çizelge 2.2) ve buna ait grafik çizilmiştir (Şekil 2.3). 1999 yılı için düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme (Etpc) miktarı $840,63\text{ mm}$ ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr) ise $249,94\text{ mm}$ dir. 1999 yılı toplam yağış miktarı $253,40\text{ mm}$, su noksanı $590,69\text{ mm}$ ve su fazlası $79,98\text{ mm}$ olup bu değer toplam yağışın % 31,60 'ıdır. Buharlaşma-terleme ile yağışın %10'i atmosfere geri dönmektedir.



Çizelge 2.1. Bölgenin 1980 – 1999 yılları arası denetimli nem bilançosu (Thornthwaite, 1948'e göre).

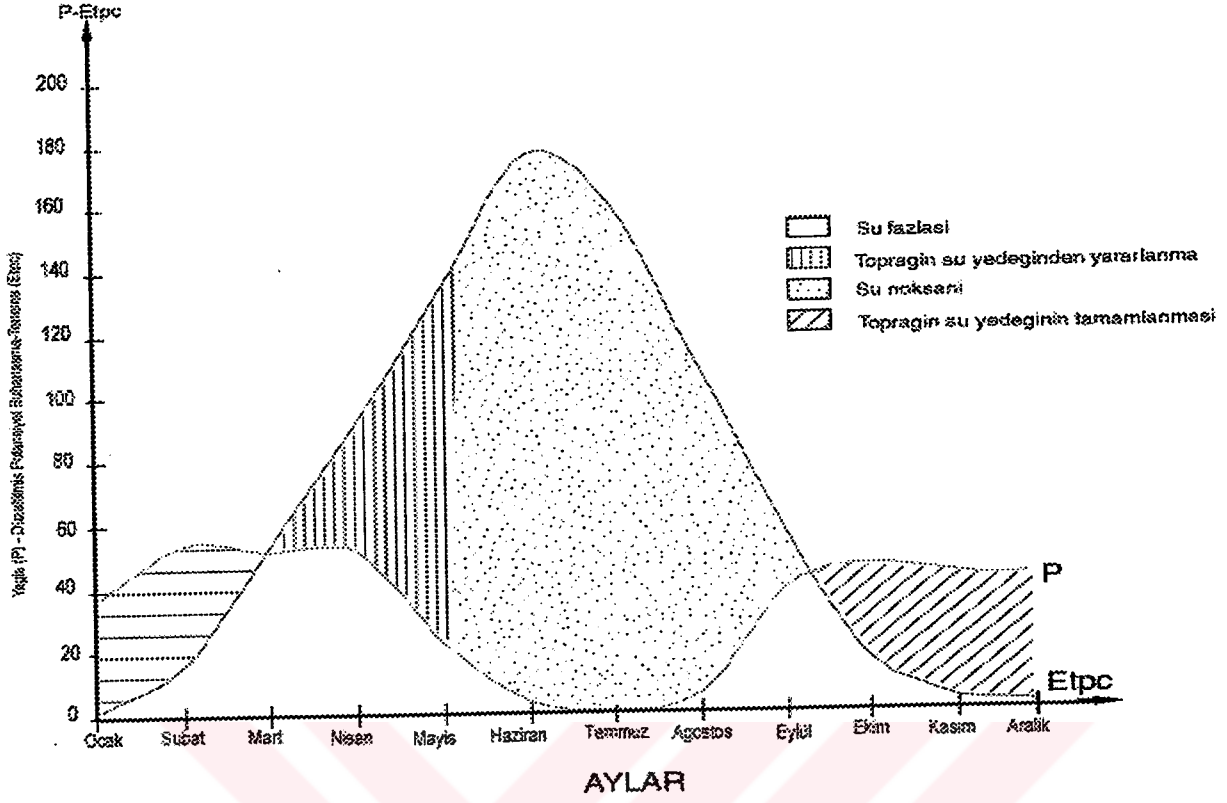
Aylar	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Aylık Sıcaklık Ortalaması C°	0,40	1,40	6,30	13,00	17,80	22,90	27,30	26,70	22,20	15,10	7,10	2,40	13,60
Sıcaklık indisi	0,02	0,15	1,42	4,25	6,84	10,01	13,07	12,63	9,55	5,33	1,70	0,33	65,30
Potansiyel Buharlaşma Terleme Etp mm	0,261	1,69	15,89	48,37	74,67	108,69	141,22	136,63	103,78	58,44	18,98	3,77	
Enlem Düzeltme Katsayısı 38°	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,01	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Etpc	0,22	1,42	16,37	53,20	91,84	134,78	176,50	159,86	107,93	56,10	15,94	3,13	817,29
Yağış (mm)	31,20	37,20	53,90	51,40	51,20	21,60	3,50	0,90	5,70	39,20	45,90	42,80	384,5
Faydalı Su Yedeği	100	100	100	98,2	57,56	0	0	0	0	0	29,96	69,93	
Gerçek Buhar. Terleme (Etr)	0,22	1,42	16,37	53,20	91,84	79,16	3,50	0,90	5,70	39,20	15,94	3,13	310,58
Su Fazlası (mm)	30,98	35,78	37,53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104,29
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	55,62	173	158,96	102,23	16,90	0	0	506,71



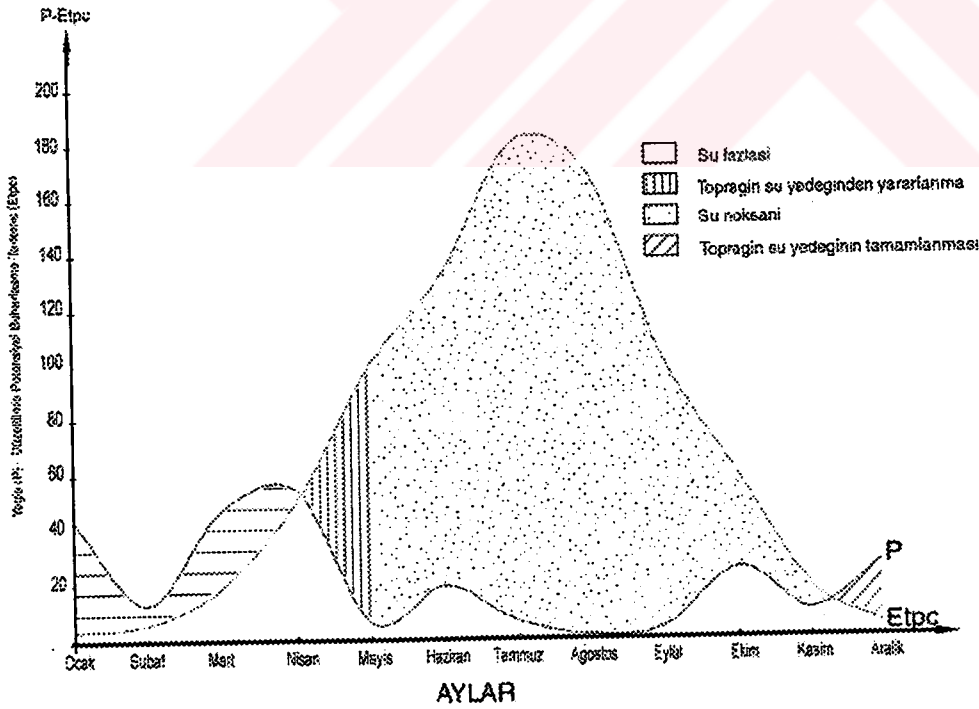
Çizelge 2. 2.. Bölgenin 1999 yılı için denestirneli nem bilançosu (Thornthwaite, 1948'e göre).

Aylar	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Aylık Sıcaklık Ortalaması C ⁰	2,70	4,00	7,50	13,50	19,30	23,10	27,70	27,70	21,70	16,20	8,30	3,20	14,60
Sıcaklık indisi	0,39	0,71	1,85	4,50	7,73	10,15	13,36	13,36	9,23	5,93	2,15	0,51	69,87
Potansiyel Buharlaşma Terleme Etp mm	3,51	6,57	17,92	45,78	80,98	107,28	144,16	144,16	97,64	61,24	21,06	4,60	
Enlem Düzeltme Katsayısı 38 ⁰	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Etpc	2,98	5,52	18,46	50,36	99,61	132,98	180,20	168,67	101,55	58,79	17,69	3,82	840,63
Yağış (mm)	43,60	12,70	46,90	54,10	5,50	18,70	5,80	0,90	3,50	24,80	9,60	27,30	253,40
Faydalı Su Yedeği	100	100	100	100	5,89	0	0	0	0	0	0	23,48	
Gerçek Buhar. Terleme (Etr)	2,98	5,52	18,46	50,36	99,61	24,59	5,80	0,90	3,50	24,80	9,60	3,82	249,94
Su Fazlası (mm)	40,62	7,18	28,44	3,74	0	0	0	0	0	0	0	0	79,98
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	108,39	174,40	167,77	98,05	33,99	8,09	0	590,69

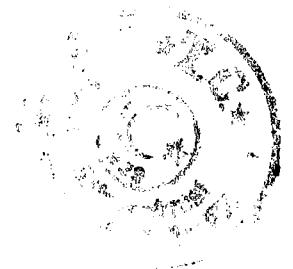




Şekil 2.2. Yağış ve buharlaşma – terlemenin 1980-1999 yılları arasındaki değişim grafiği (Thornthwaite'a göre)



Şekil 2.3. Yağış ve buharlaşma – terlemenin 1999 yılı değişim grafiği (Thornthwaite'a göre)



3.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Stefanski (1941), Malatya bölgesinin ilk jeoloji raporunu hazırlamıştır. Malatya civarındaki volkanik kayaçların genel olarak Alt Kretase yaşlı olduğunu ve Paleozoyik temele ait pelitik kökenli mikaşistlerin yapısal olarak KKD-GGB doğrultuda kıvrımlandığını belirtmiştir.

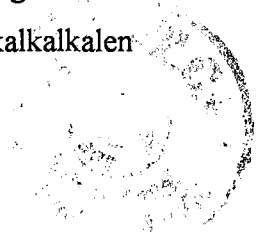
Stchepinsky (1944), Malatya napına ait mermerlerin, paleontolojik verilere dayanarak Permo-Karbonifer yaşta olduğunu ve bu mermerlerin üzerinde de Triyas'ın olduğunu belirtmiştir. Bu birimin üzerinde çakıtaşı, kireçtaşı, kumtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Maestrihtiyen yaşlı flişin transgresif olduğunu belirten araştırmacı, gözlemlerini Malatya güneyinde Yeşilyurt civarında yapmıştır. Farklı tektonik birimlerin üst üste bulunduğu bölgede Malatya napı altındaki Maden Karmaşığı'nın Orta Eosen, Baskil Magmatitleri'nin de Koniasiyen-Santoniyen yaşta olduğunu belirtmiştir.

Turan (1984), Baskil (Elazığ) civarında yaptığı çalışmada Baskil magmatik kayaçlarını ve Keban mermerlerini transgresif olarak örten çökel kayaçların stratigrafisini ve tektonik konumlarını ayrıntılı olarak incelemiştir.

Gözübol ve Önal (1986) Malatya-Çelikhan (Adıyaman) arasında planlanan Çat projesinin isale tüneli güzergahının mühendislik jeolojisi ve baraj su kaçaqları ile ilgili çalışmıştır. Yapılan araştırmalarda bölgenin, Doğu Anadolu Fay zonu içerisinde ve yakın dolayında, yapısal özellikleriyle karmaşık bir kesim olduğu anlaşılmış, çalışmanın fay zonunun tektonik evriminden soyutlanamayacağı, mühendislik jeoloji değerlendirmelerinin, ayrıntılı bir yapısal jeoloji çalışması ve determinasyonu ile götürülmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Önal ve diğ. (1986), çalışmada Yeşilyurt Çelikhan (Malatya-Adıyaman) dolayının hidrojeoloji incelenmesi yapılmış ve bölgedeki stratigrafik istif incelenmiştir. Bölgedeki kaynakların oluşumu karstlaşma, geçirimli ve geçirimsiz litoloji dokanakları ve fayların denetiminde olduğu saptanmıştır. Bu bölge içerisindeki kaynakların debileri ölçülerek su analizleri yapılmıştır.

Asutay ve Turan (1986), Keban Baskil (Elazığ) civarında yaptıkları çalışmada, kalkışist ve mermerlerden oluşan Keban Metamorfitleri'nin Baskil Magmatitleri tarafından kesildiğini belirtmişlerdir. Kıta kenarı mağmatizma özelliğindeki kalkkalkalen

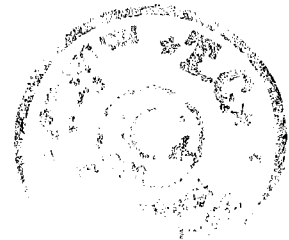


bileşimli Baskil granitinin I-tipi granit olduğunu ve tüm birimleri örten çökellerin Üst Kretaseden Plio –Kuvaterner'e kadar devamlılık gösterdiğini savunmuşlardır .

Yazgan ve diğ.. (1987), Malatya'nın güney doğusunda yaptıkları çalışmada, Pütürge Metamorfitleri üzerinde gelişen Maden Karmaşığı volkanitlerinin kıtasal bir yitim zonunda oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Neo-Tetis okyanusunun güney kolunun kapanarak bir sütur zonu oluşturması ile İspendere-Kömürhan Metaofiyolitleri'nin oluştuğunu, Baskil mağmatik kayaçlarının tipik bir yay mağmatizması özelliğinde olduğu ve radyometrik yaş tayinlerinden bunların Koniasiyen–Santoniyen yaş aralığında oluştuğunu belirtmişlerdir. Doğu Anadolu Fayı'nın jeolojik birimler ile yapısal ilişkilerini inceleyerek Çelikhan–Sincik kuzeyinde bu fayın bükülümüne neden olan sıkışma tektoniğine bağlı olarak oluşan genç bindirmelerin ve yükselmelerin varlığına değinmişlerdir.

Poyraz (1988), Malatya doğusunda yaptığı çalışmada, Doğu Toroslar'ın önemli tektonik birimlerinden birisi olan Kömürhan Ofiyolit ve Metaofiyolitleri'ni incelemiştir. Kömürhan Ofiyolitleri'nde yaptığı jeokimyasal incelemelerde bu kayaçların okyanus tabanı toleyikleri (OFT) özelliğinde olduğu sonucuna varmıştır. Ada yaylarında yada yay ardı basenlerde izlenebilen piroklastik malzemenin Kömürhan Ofiyolitleri'nde bulunması nedeniyle Üst Kretase öncesinde bölgede mevcut olan bir okyanusun ürünü olduğunu savunmuştur.

Karaman (1993), Malatya doğu ve güneydoğusunun jeolojisi ve petrografisi isimli doktora çalışmasında, Doğu Akdeniz'in evrimine yönelik çalışmaların sürdürüldüğünü ve Doğu Toroslar'ın önemli tektonik birliklerinin yer aldığı Malatya ve çevresinin detay jeoloji incelemesini yaparak, bölgenin jeodinamik evriminin çözümüne katkıda bulunmuştur.



4-STRATİGRAFİ

İnceleme alanında gözlenen birimler yaşlıdan gence doğru: Permo-Karbonifer yaşlı Malatya Metamorfitleri, Üst Kretase yaşlı Gündüzbey Formasyonu, Üst Eosen yaşlı Yeşilyurt Formasyonu, Taraça ve Alüvyonlar şeklinde bir sıralanış göstermektedir (Şekil 4.1, Şekil 4.2).

4.1-Malatya Metamorfitleri (Pm)

İnceleme alanında geniş yer kaplayan Malatya Metamorfitleri ilk olarak Stefanski (1941) ve Stchepinsky (1944) tarafından tanımlanmıştır. Daha sonra Perinçek (1979) tarafından Malatya Metamorfitleri olarak tanımlanan birim, Yazgan (1983), Turan (1984) ve Asutay (1988) tarafından Keban- Malatya Metamorfitleri olarak adlandırılmıştır.

Bölgedeki farklı süreçlerdeki şiddetli tektonizmanın etkisiyle kendi içinde oldukça kıvrımlı, kırıklı ve ekaylı bir yapı kazanan Malatya Metamorfitleri, yeşilşist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır (Karaman 1993).

İnceleme alanında Malatya Metamorfitleri şist ve mermer litolojisinde geniş bir alanda gözlenmektedir. Şistler ince-orta tabakalı olup genelde kloritşist, kalkşist olarak gözlenmektedir. Klorit ve kalkşistler yoğun limonit ve demir sıvamalı, bol kırıklı, kırıklar hidrotermal limonit ve kuvars dolgulu görülmektedir. Yoğun tektonizmadan dolayı kuzey-güney yönünde killeşmeler mevcuttur. Klorit şistler bol kırıklı ve ezik olduğundan tabakalanma belirgin değildir.

Kireçtaşları gri, boz renkli olup genelde masif olarak görülmektedir. Bunlar bol kırıklı ve ezik olup kırıklar ikincil kalsit dolguludur. Dolgular 0,5-1 cm kalınlığında ve genel doğrultuları yaklaşık $K 70^0 B$ şeklindedir. Kırıklarda demir sıvamaları görülmektedir.

Dolomitik kireçtaşları koyu gri-gri bej renkli orta-kalın tabakalı olarak görülmektedirler. Dolomitik kireçtaşları yoğun tektonizmaya uğramıştır ve düzensiz kırıklı şistozite düzlemleri gelişmiştir. Bunlar arasında yer yer limonitik zonlar görülmektedir.

Önceki çalışmalarda, Malatya Metamorfitleri'nin üst seviyelerindeki karbonatlardan Permo-Karbonifer yaşı verilmiştir (Perinçek ve Kozlu 1983).

SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	FOSİLLER
TERSIYER	Orta-Üst Eosen	Lütésiye-Priaboniyen	YESİLYURT	Par Tepe	100		Beyaz renkli resifal kireçtaşı	Numulites gr Fabianni Spirocyclus Sp., Silvestriella tetraedra (GUMBEL), Chapmanina gassinensis (SILVESTRİ) Eorupetra magna Le CALVEZ, Borelis ssp. Fabiana cassis OPPENHEIM, Halkyardia minima, Asteroicyclina sp., Discocyclus sp., Orbitolites sp., Alveolina sp., Assilina sp..
				Pınarbaşı	~1500		Kumtaşı, silttaşı, kilttaşı, marn, kilttaşı marn, killi kireçtaşı arıalanması	
KRETASE	Senoniyen	Maestrihtiyen	GUNDUZBEY	Pal. Mon. Çeyik Tepe	50		Çakilttaşı	Planorbulina sp., Eponides sp., Anomalina sp., Lithomiamnium sp..
				Beydağı	100		Tabanında ince ince çakilttaşı olan beyaz krem renkli kireçtaşı	
							Resifal kireçtaşı, beyaz kireçtaşı	
				Ziyaretkaya	~1500		Kumtaşı, kilttaşı, silttaşı arıalanması	Globotruncanella pschadae KELLER, Abathomphalus intermedius (BOLLI), Globotruncanella stuarti (de LAPPARENTI), Rosita cf. contusa (CUHSMAN), Globotruncana gagnebini (TILEV), Orbitoides sp., Morsonella sp., Operculina sp., Globotruncana sp., Rudistidae sp., Rosita sp.
						Çakilli mikritik kireçtaşı		
						Kumtaşı, kilttaşı, marn arıalanması		
						Killi kireçtaşı, kireçtaşı		
						Kumtaşı, silttaşı, kilttaşı, marn arıalanması		
						İnce kumtaşı ve kireçtaşı ara seviyeli, karbonat çimentolu bol metamorfik çakilli tabakalı çakilttaşı		
Permo-Triyas	Üst Triyas	Malatya	Metamorfik	Balkırtı	~350 m		Şist, mermer	Involutina spp.

Şekil 4.1. Malatya Bölgesi'nin Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti (Karaman 1993).

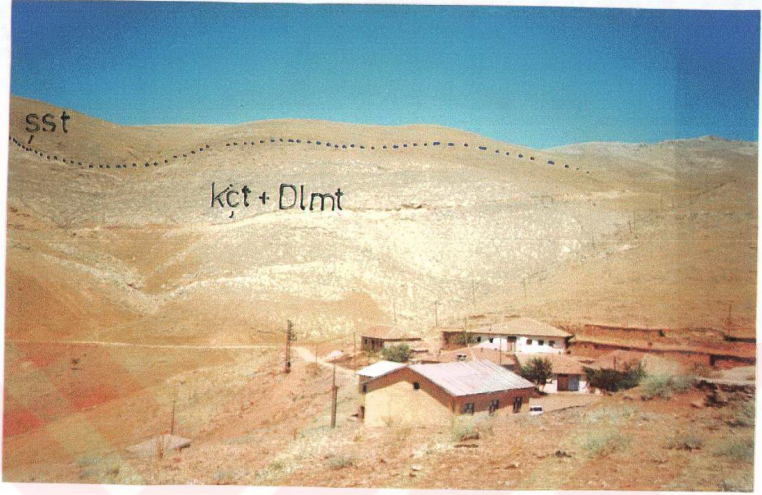
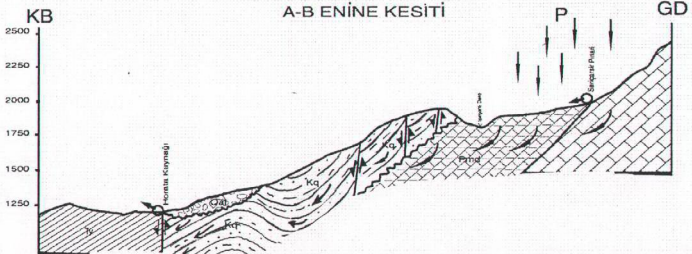
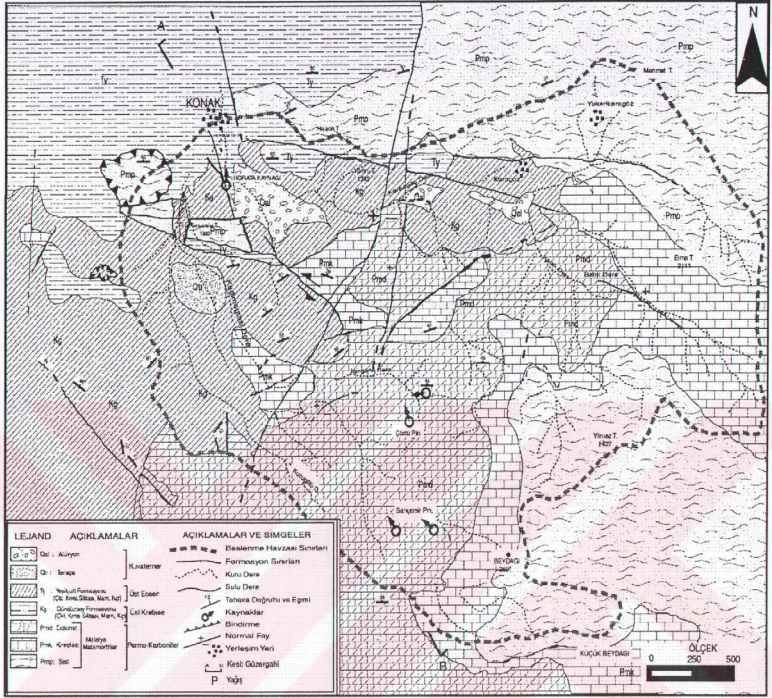


Foto4.1. Yukarıkaragöz köyünün kuzeyindeki Malatya Metamorfitler'inden bir görüntüm (Bakış yönü güneyden kuzey'e).

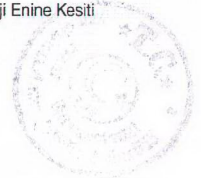
4.2-Gündüzbey Formasyonu (Kg)

Fliş özelliğindeki çakıltası, kireçtaşı, kumtaşı ve marn ar dalanmasından oluşan birim ilk olarak Stchepinsky (1944) tarafından çalışılmış ve Malatya Metamorfitleri üzerine transgresif çakıltasıyla geldiği belirtilmiştir (Karaman 1983). Aynı birim Ketin (1946) tarafından İzolu Formasyonu; Erdoğan (1975), Perinçek (1979) ve Bingöl (1984) tarafından da Harami Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim olarak Gözübol ve Önal (1986) tarafından Gündüzbey Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanında yapmış olduğumuz araştırmalarda geniş yayılıma sahip olan Gündüzbey Formasyonu tabanda çakıltası ile başlayıp kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn ve mikritik kireçtaşı ar dalanmasından oluşmuştur. Çakıltaları tamamen Malatya Metamorfitleri'ne ait çakıl ve bloklardan oluşmaktadır. Mermer, dolomit şist ve gnays çakılları, kızıl renkli karbonatlı kumtaşı, silttaşı özellikli çimentoyla sıkı tutturulmuştur. Çakıltaları kırmızı, kızıl pembe renkli, kötü boylanmalı, iyi yuvarlaklaşmış olup 0,5 - 80 cm' ye kadar çakıl ve bloklar



Şekil 4.2. Kaynak Besleme Alanının Jeolojisi Haritası ve A-B Arasının Jeolojisi Enine Kesiti



içermektedir. Bu birim Karaman (1993) tarafından Balıksırtı üyesi olarak isimlendirilmiştir. Kumtaşı ve silttaşı gri - bej renkli, ince-orta tabakalı; sarı renkli kilttaşları, yeşilimsi gri renkli marnlar ve gri beyaz renkli mikritik kireçtaşları ile devam eder.

Şiddetli deformasyon sonucu Gündüzbey Formasyonu içerisinde budinaj (sucuk) yapısı gelişmiştir. Sert (rijit) yapılu kumtaşlarının nisbeten daha az dayanıklı olan marnlar arasında kalması sonucu tansiyon kuvvetlerinin etkisiyle kırılmış ve budinaj (sucuk) yapıları gelişmiştir. Bunlar Horata Kaynağı'nın 100 metre kuzeyindeki yol yarmasında gözlenmektedir.

Karaman (1993), Gündüzbey Formasyonu'nun kireçtaşlarından derlediği çok sayıdaki örneğin paleontolojik incelemeleri sonucunda, Orta-Üst Maestrihtiyen yaşını bulmuştur.

Karatarla Tepe'nin yakınlarında çekilen fotoğrafta kırmızı renkli çakilttaşlarıyla sarımsı renkli kumtaşı, kilttaşı, silttaşı istifli gözlenmektedir (Foto 4.2).

Foto 4.2. Karatarla Tepe'nin KD'daki Gündüzbey Formasyonu'na genel bir bakış (Bakış yönü doğudan batıya doğrudur).

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**



4.3-Yeşilyurt Formasyonu (Ty)

Perinçek (1979), ilk olarak Van ili güneyinde Kırkgeçit'te incelenmiş ve Kırkgeçit Formasyonu ismini vermiştir. Yeşilyurt Formasyonu'nun en iyi yüzeylemesi Malatya'nın güneybatısında, Yeşilyurt civarında izlenmektedir. Çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, marn ve resifal kireçtaşı litolojisindeki formasyon Önal ve diğ. (1986) tarafından Yeşilyurt Grubu olarak tanımlanarak Orta-Üst Eosen olarak yaşlandırılmıştır. Daha sonraki yıllarda, Malatya ve Elazığ civarlarında yapılan çalışmalarda aynı birim Kırkgeçit Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Avşar 1983, Bingöl 1984, Çetindağ 1985, Çetindağ 1989, Turan 1984, Asutay 1988, Poyraz 1988).

Yeşilyurt Formasyonu inceleme alanının kuzey batısında gözlenmektedir. Tabanda çakıltaşı, yukarıya doğru kumtaşı, silttaşı, marn ve ince mikritik kireçtaşı araldanmasından oluşan fliş karakterli alt seviye üzerine resifal kireçtaşları gelmektedir.

Çakıltaşları; kırmızı ve kahverenkli, orta boylanmalı, kalın ve masif katmanlı daha yaşlı birimlerden türeme polijenik çakıllı olup genellikle Malatya Metamorfitlet'inden kaynaklanmaktadır. Kumtaşları sarımsı kahverenkli ince - orta tabakalıdır. Silttaşı kiltası ve mermerler açık yeşil, yeşilimsi boz renkli laminalıdır. Kireçtaşları resifal nitelikli olup grimsi boz renkli bolca küçük nummulitli, biyosparit ve yer yer biyomikrit yapılıdır.

Karaman (1993), çalışılan saha yakınında yaptığı çalışmalarda;
 Globorotalia cf. Bulprooki (BOLLI),
 Globigerina cf. Senni (BOLLI),
 Globorotalia spp.,
 Globigerina spp.
 fosillerini bularak formasyonu Orta Eosen olarak yaşlandırmıştır.



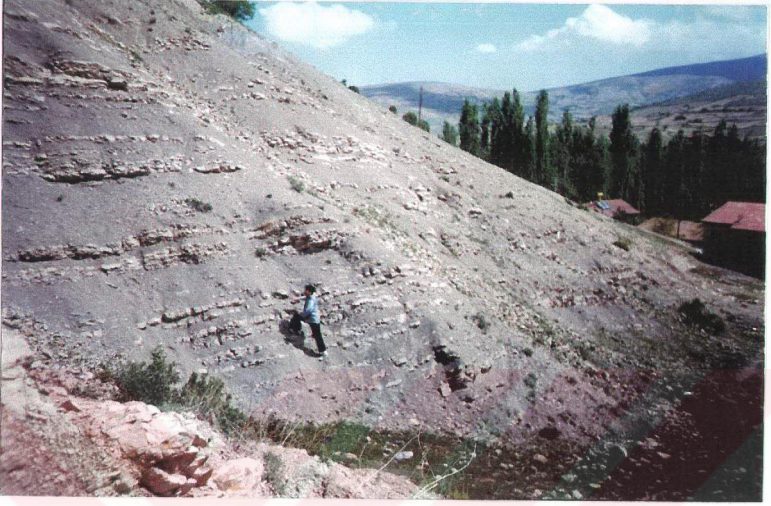


Foto 4.3. Horata Kaynağı'nın bir kilometre KB'sında Yeşilyurt Formasyonu'na genel bir bakış (Bakış yönü güncybatıdan kuzeydoğuya doğrudur).



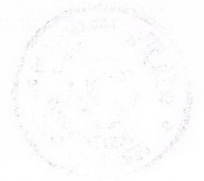
4. 4. Taraça (Qtr)

İnceleme alanında Horata Kaynağı'nın güney ve güney-batısında Kadımağarası sırtı yakınında yersel oluşumlar şeklinde bulunmaktadır. Taraçalar şist, kireçtaşı, fillat, mermer ve kalkıştı çakıllarından oluşmaktadır. Eğimleri 5° - 10° kadar gözlenmektedir.

Foto 4.4. Karatarla Tepe'nin bir kilometre batısındaki taraçalardan bir görünüm (Bakış yönü güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur).

4.5. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında engebeli topoğrafyanın aşınması sonucu oluşmuş alüvyon çökelimleri Horata Kaynağı'nın hemen doğu ve güneydoğusunda, Yumru Tepe'nin doğusunda ve Karagöz köyü güneyinde gözlenmektedir. İnceleme alanındaki tüm birimleri uyumsuzlukla örten alüvyonlar, tutturulmamış kil, kum ve siltten oluşmakta, yer yer de sellenmelerin etkisi ile bölgedeki tüm birimlerden taşınan çakıl ve blokları da içermektedir.



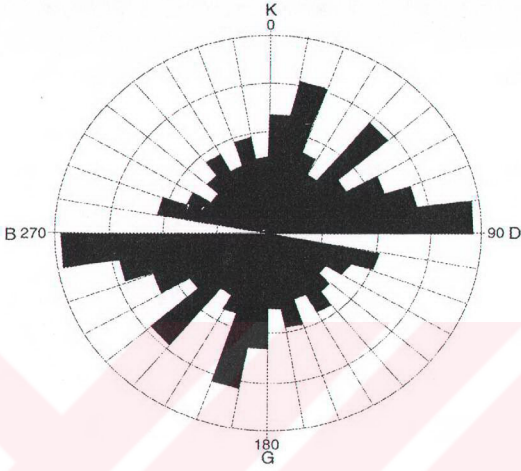
5.YAPISAL JEOLJİ

Doğu Toros orojenik kuşağında, Keban - Malatya mikro kıtasıyla Arap levhası arasında kalan inceleme alanı, Mesozoyik ve Tersiyer'de meydana gelen tektonik rejimlerden etkilenmiştir (Karaman 1993). Bölgede Geç Kretase'den itibaren etkisini sürdüren tektonik hareketler yapısal unsurların bugünkü şeklini almasında önemli rol oynamıştır. İnceleme alanı farklı tektonik ve jeolojik birimlerden oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir. Malatya Metamorfitleri bölgenin allokton birimleridir. Malatya Metamorfitleri üzerinde izlenen Üst Kretase (Üst Maestrihtiyen) yaşlı Gündüzbey Formasyonu ve Orta-Üst Eosen yaşlı Yeşilyurt Formasyonu'ndan oluşan sedimentler istif, Erken Miyosen sonrası gelişen tektonik hareketlerle Malatya Metamorfitleri'nin sırtında taşınarak bugünkü konumunu kazanmıştır (Karaman 1993).

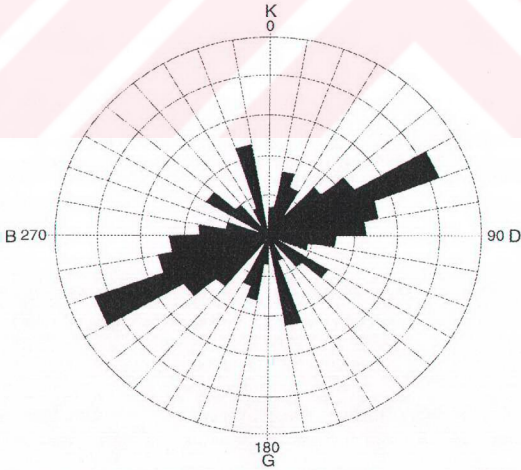
Karaman (1993)'e göre bölgedeki sıkışma rejimine bağlı olarak Geç Kretasede, muhtemelen Kampaniyen'de Keban-Malatya platformu kıvrımlanarak yeşilist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır. Bu sıkışma esnasında Malatya Metamorfitleri kuzeydoğu-güneybatı yönünde kıvrım eksenleri gelişmiştir. Malatya Metamorfitleri'nden alınan toplam 355 doğrultu ve eğim ölçüleri gül diyagramına uygulandığında, tabaka doğrultularının büyük çoğunluğunun kuzeydoğu-batı güneybatı yönünde yoğunlaştığı eğimlerinde buna bağlı olarak kuzey kuzeybatı-güney güneydoğu yönünde oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 5.1).

Geç Kretase'de Malatya Metamorfitleri Gündüzbey Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmüştür. Gündüzbey Formasyonu inceleme alanındaki transgresyon Üst Kretase yaşlı Gündüzbey Formasyonu ikincisi ise Orta-Üst Eosen yaşlı Yeşilyurt Formasyonu çökelimidir. Yeşilyurt Formasyonu Malatya Metamorfitleri ile Gündüzbey Formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla bulunur. İnceleme alanındaki bugünkü konumunu Alt Miyosen sonrası hareketlerle kazanan Yeşilyurt Formasyonu yine bu dönemde kuzeybatı-güneydoğu yönünde kıvrımlanmış ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde kıvrım eksenleri gelişmiştir. Yeşilyurt Formasyonu'ndan alınan toplam 80 doğrultu ve eğim ölçüleri gül diyagramına uygulandığında, tabaka doğrultularının büyük çoğunluğunun KD-GB yönünde yoğunlaştığı görülmüştür ve buna bağlı olarak tabaka eğimleri de kuzeybatı-güneydoğu yönünde yoğunlaşmıştır (Şekil 5.2) (Karaman 1993).

İnceleme alanındaki en genç uyumsuzluklar taraçalar ve alüvyonlar olup diğer birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir.



Şekil 5.1. Malatya Metamorfizmi'ne ait kayaçların doğrultu yoğunluklarını gösteren gül diyagramı (Karaman, 1993).



Şekil 5.2. Yeşilyurt Formasyonu'na ait kayaçların doğrultu yoğunluklarını gösteren gül diyagramı (Karaman, 1993).



6.HİDROJEOLOJİ

6.1.Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar

İnceleme yapılan alanda su taşıyan formasyonlar; Malatya Metamorfileri, Gündüzbey Formasyonu ve Yeşilyurt Formasyonu'dur.

Malatya Metamorfitler'ine ait mermerler ve dolomitik kireçtaşları tektonizmanın etkisiyle oldukça kırıklı ve ekaylı yapı kazanmalarından dolayı iyi bir akifer olma özelliğine sahiptirler. Kaynakların asıl beslenmesi bu metamorfitler tarafından sağlanmaktadır.

Gündüzbey Formasyonu'nun çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşlarında su bulunduran birimlerdenidir. Aynı şekilde Yeşilyurt Formasyonu'nun çakıltaşları, kumtaşları ve kireçtaşları su bulunduran birimlerdir.

6.2.Kaynaklar

İnceleme alanındaki büyük debili kaynaklar Horata Kaynağı ve Çobandede Kaynağı olup diğer kaynaklar küçük debili kaynaklardır.

6.2.1.Horata Kaynağı

Horata Kaynağı Konak Kasabası'nın hemen güneyinde oldukça yüksek debilerde boşalına sahip olup, Gündüzbey Formasyonu ile Yeşilyurt Formasyonu'nun faylı dokanağından çıkmaktadır (Şekil 4.2). İnceleme döneminde kaynaktan ölçülen en düşük debi 25 Eylül 2000 tarihinde 22 lt/sn, en yüksek debi ise 15 Mayıs 2000 tarihinde 1528 lt/sn olarak ölçülmüştür. Kaynağın değişme sabiti (R), 70 bulunmuş olup "debisi çok değişen kaynaklar" olarak sınıflandırılmıştır (Canik 1998). Bu özelliği kaynağın karstik bir akifer olduğunu göstermektedir. Daha sonraki bölümlerde kaynağın karstik bir kaynak olduğu hesaplamalarla çıkartılmıştır. Kaynağın çıkış noktalarının kaptajı yapılmış ve çıkış noktasından itibaren dikdörtgen şeklinde yapılan kanala akması sağlanmıştır. Bu kanalın duvarları örme taş ile yapılmış ve tabanı ise çimentolanmıştır (Foto 6.1). Horata Kaynağı'nın çıkış noktası ve yakın çevresi Konak Belediyesi tarafından düzenlenerek mesire yeri haline getirilmiş ve Malatya ilinin önemli mesire yerlerinden biri olarak kullanılmaktadır.



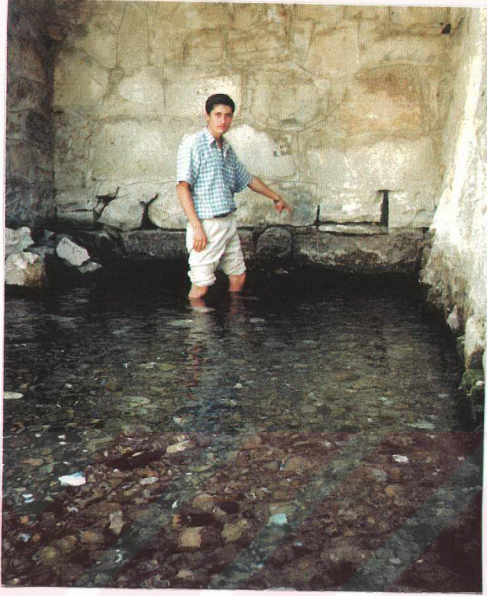


Foto 6.1. Horata Kaynağı'nın kaptaj yerinden bir görünüm

6.2.1.1.Kaynak Sularında Bulunan Başlıca Maddeler

Horata Kaynağı'ndan 10.08.2000 ve 06.05.2001 tarihlerinde su numuneleri alınıp, DSİ IX. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında analiz edilmiştir. Kaynağın bir kilometre güneyinde DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından bir sondaj kuyusu açılmış ve buradan alınan su numunesi DSİ tarafından 09.10.1998 tarihinde analiz edilmiştir. Bunların dışında Önal ve diğ. (1986),'un çalışmalarındaki Horata Kaynağı analiz değerleri ile Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Malatya XI. Bölge Müdürlüğü'nün 05.03.1997 tarihinde ki Horata Kaynağı'nın su analiz değerleri kullanılmıştır. Tüm bu analiz değerleri aşağıdaki çizelge 6.1'de verilmiştir.



Çizelge 6.1. Horata Kaynağı ve kuyu suyu analiz sonuçları

NUMUNE ADI	KATYONLAR						ANYONLAR						F _s ^o (T _{max})	EC 25 ^o (mS/cm)	pH				
	Na		K		Ca		Mg		CO ₃		HCO ₃					Cl		SO ₄	
	Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %				Mek/l	Mek/l %	Mek/l	Mek/l %
Horata Kaynağı (1986)	0,20	4,73	0,02	0,47	2,70	63,98	1,30	30,80	1,20	17,65	4,60	67,65	1,00	14,70	0,00	0,00	20,00	360	7,60
Horata Kaynağı (1986)	0,01	0,16	0,02	0,33	3,90	64,68	2,10	34,83	0,00	0,00	4,30	91,49	0,4	8,51	0,00	0,00	30,00	410	
Sondaj Kuyusu (05.03.1997)	0,12	3,60	0,00	0,00	2,45	72,70	0,80	23,70	0,00	0,00	2,75	81,40	0,14	4,14	0,49	14,50	16,25	325	8,18
Horata Kaynağı (10.08.2000)	0,10	2,87	0,00	0,00	2,52	72,41	0,86	24,71	0,00	0,00	2,82	86,13	0,24	7,33	0,21	6,53	16,90	281	7,26
Horata Kaynağı (06.05.2001)	0,13	4,11	0,01	0,32	1,94	61,39	1,08	34,18	0,00	0,00	1,69	83,25	0,16	7,88	0,18	8,87	15,10	321	7,80



6.2.1.1.1.Katyonlar

Kalsiyum (Ca⁺²) : Horata Kaynağı'nda bu iyon Mayıs 2001 analiz sonuçlarına göre % 61.39 mek/Lt, Ağustos 2000 analiz sonuçlarına göre % 72.41 mek/Lt, Ekim 1998 analiz sonuçlarına göre % 72.70 mek/Lt, Mart 1997 analiz sonuçlarına göre % 64.68 mek/Lt ve 1986 analiz sonuçlarına göre ise % 63.98 mek/Lt olarak saptanmıştır. Yeraltı suyunda ki bu yüksek yüzde değerdeki kalsiyum iyonu inceleme alanında geniş yer kaplayan kireçtaşlarının ve dolomitlerin karbondioksitli suların çözündürmesiyle suya geçmiş olmalıdır.

Magnezyum (Mg⁺²) : Horata Kaynağı'nda bu iyon Mayıs 2001 analiz sonuçlarına göre % 34.18 mek/Lt, Ağustos 2000 analiz sonuçlarına göre % 24.71 mek/Lt, sondaj kuyusunda Ekim 1998 analiz sonuçlarına göre %23.74 mek/Lt, Mart 1997 analiz sonuçlarına göre % 34.83 mek/Lt ve 1986 analiz sonuçlarına göre ise % 30.80 mek/Lt olarak saptanmıştır.

Yeraltı sularında bulunan magnezyumun kökeni dolomit, evaporit, magmatik kayac mineralleri (olivin, biyotit, hornblend, ojitte) ve metamorfik kayalarda bulunan (serpantin, talk, dioksit, tremolit) mineralleridir (Şahinci, 1991). İnceleme alanında magnezyum yeraltı suyuna Malatya Metamorfitleri'nin dolomitlerinden ve Gündüzbey Formasyonu'nun dolomitlerinden geçmiş olmalıdır.

Potasyum (K⁺) : Yeraltı suyunda potasyum Mayıs 2001 analiz sonuçlarında % 0.32 mek/Lt, Mart 1997 analiz sonuçlarında %0.33 mek/Lt,1986 analiz sonuçlarında ise % 0.47 mek/Lt gibi çok düşük değerler saptanmıştır. Ekim 1998 ve Ağustos 2000 analizlerinde ise potasyum iyonu saptanamamıştır.

Sodyum (Na⁺) : Sodyum iyonu Mayıs 2001 analizinde % 4.11 mek/Lt, Ağustos 2000 analiz sonuçlarında % 2.80 mek/Lt, Ekim 1998 analiz sonuçlarında % 3.60 mek/Lt, Mart 1997 analiz sonuçlarında % 0.16 mek/Lt ve 1986 analiz sonuçlarında ise % 4.73 mek/Lt olarak saptanmıştır. Bu iyonun yeraltı suyuna Gündüzbey Formasyonu ve Yeşilyurt Formasyonu'nun marn ve kilttaşlarından geçmiş olmalıdır.



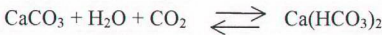
6.2.1.1.2. Anyonlar

Klorür (Cl⁻) : Klorür iyonu Mayıs 2001 analiz sonuçlarında %7.88 mek/lt, Ağustos 2000 analiz sonuçlarında % 7.30 mek/lt, Ekim 1998 analiz sonuçlarında %4.14 mek/lt, Mart 1997 analiz sonuçlarında % 8.51 mek/lt ve 1986 analiz sonuçlarında ise % 14.70 mek/lt olarak saptanmıştır. Bu klorür iyonları yeraltı suyuna Malatya Metamorfitleri'nin şistlerinden ve Gündüzbey Formasyonu ile Yeşilyurt Formasyonu'nun şeyllerinden geçmiştir olmalıdır.

Sülfat (SO₄⁻²) : Sülfat iyonu Mayıs 2001 analiz sonuçlarında % 8.87 mek/lt, Ağustos 2000 analiz sonuçlarında % 6.53 mek/lt ve Ekim 1998 analiz sonuçlarında ise % 14.50 mek/lt olarak saptanmıştır. Horata Kaynağı'nın Ağustos 2000 analiz sonuçlarına göre % 14.40 mek/lt ve Ekim 1998 analiz sonuçlarına göre % 6.50 mek/lt olarak bulunmuştur. Gözübol ve Önal (1986)'ın Malatya Metamorfitleri'nde ki incelemelerin de kireçtaşları içerisinde bitümlü seviyeler olduğunu belirtmişlerdir. Muhtemelen yeraltı suyundaki sülfat bu bitümlü seviyelerden geçmiştir olmalıdır.

Bikarbonat (HCO₃⁻) : Bikarbonat iyonu yeraltı suyunda oldukça yüksek değerlerde bulunmaktadır. Mayıs 2001 analizinde % 83.25 mek/lt, Ağustos 2000 analizinde % 86.13 mek/lt, Ekim 1998 analiz sonuçlarında % 81.36 mek/lt, Mart 1997 analizinde % 91.49 mek/lt ve 1986 analizinde % 67.65 mek/lt olarak saptanmıştır.

Bikarbonatın büyük bir kısmı karbonatlı kayaların karbondioksitin etkisiyle çözünmesi sonucu yeraltı suyuna geçer. Yağmur suları havadaki karbondioksitle, bu gazın basıncıyla orantılı olarak doygun hale gelmiştir. Ayrıca bitki köklerinin solunumu sonucu karbondioksit açığa çıkar (Schoeller 1962). Tüm bu nedenlerle karbondioksitce zenginleşen yeraltı suları kireçtaşlarını çok daha fazla aşındırma gücüne sahip olur. Karbondioksitin kireçtaşlarına etkisi aşağıdaki reaksiyona göre olur:



Analizler neticesinde oldukça yüksek değerlerde çıkan bikarbonat, kaynak suyuna Malatya Metamorfitleri, Gündüzbey Formasyonu kireçtaşları ve Yeşilyurt

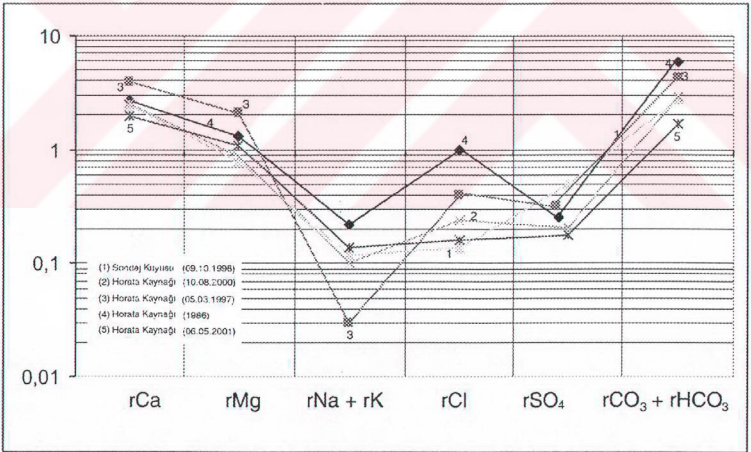
Formasyonu'nun kireçtaşlarının karbondioksitli sularla çözüldürülmesiyle geçmiş olmalıdır.

6.2.1.2. Kimyasal Analizlerin Diyagramla Gösterilmesi

Laboratuvar sonuçlarına göre suların; Schoeller diyagramı, Üçgen diyagram, Piper diyagramı, Sütun diyagram, Stiff diyagramı, suları içilebilme diagramı, ABD tuzluluk diyagramı ve Wilcox diyagramları çizilmiştir.

6.2.1.2.1. Yarı Logaritmik Schoeller Diyagram

Schoeller diyagramı, yatay eksen aritmetik düşey eksen logaritmik kağıt üzerine çizilmiştir. Kağıdın aritmetik yatay eksenine sırasıyla rCa^{+2} , rMg^{+2} , $r(Na^{+} + K^{+})$, rCl^{-} , rSO_4^{-2} ve $r(HCO_3^{-} + CO_3)$ iyonları yerleştirilip, logaritmik düşey eksene ise sondaj kuyusu ve kaynak sularının analiz sonuçları değerlerine göre Schoeller diyagramı çizilmiştir (Şekil 6.1).

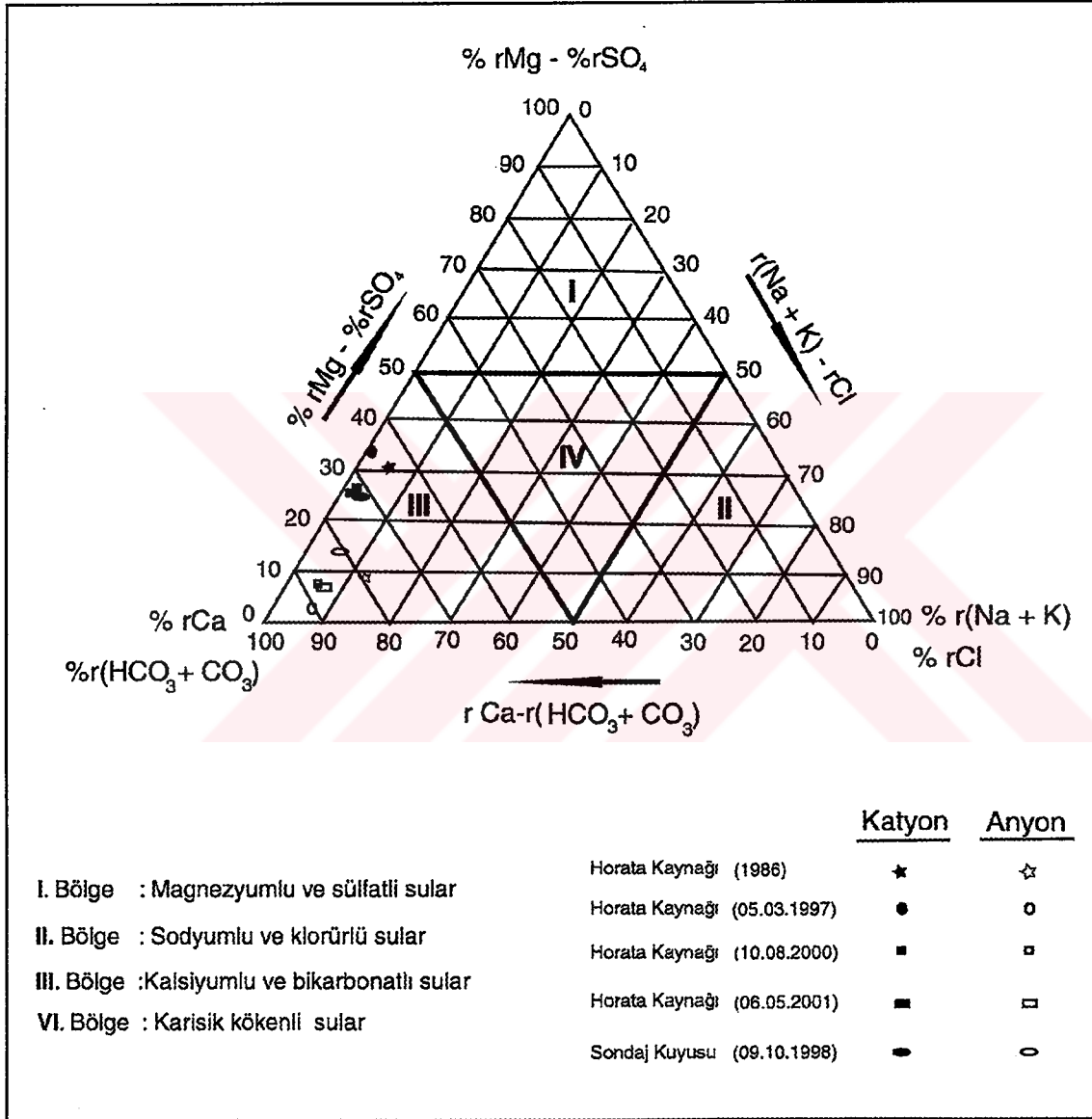


Şekil 6.1. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



6.2.1.2.2. Üçgen Diyagram

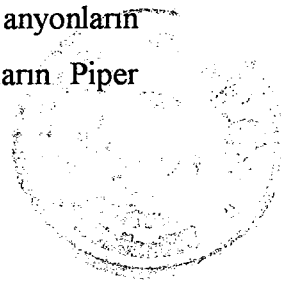
Farklı yıllardaki kaynak suyu analiz sonuçları ile kuyu suyu analiz sonuçlarında ki iyonların % miliekivalen değerlerinden yararlanılarak Üçgen diyagram çizilmiştir (Şekil 6.2). Kuyu ve kaynak suyunun anyon ve katyonları III. Bölgeye yani "Kalsiyumlu ve bikarbonatlı Sular" bölgesinde gruplanmışlardır.



Şekil 6.2. . Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Üçgen diyagramı

6.2.1.2.3. Piper Diyagramı

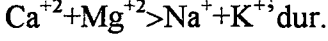
Kaynak suları ve kuyu suyu analiz sonuçlarında bulunan katyon ve anyonların miliekivalen yüzdelerine göre Piper diyagramı çizilmiştir (Şekil 6.3). Suların Piper



diyagramı üzerinde düştüğü bölge şekilde gösterilmiş olup 1., 5. ve 3. bölgelerde gruplanmışlardır.

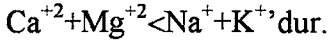
Piper diyagramı üzerindeki bölgelerin özellikleri řu şekilde açıklanmaktadır:

1.Bölge suların özellikleri: Bu bölgeye düşen sularında alkaliler, alkalilerden fazla olup,



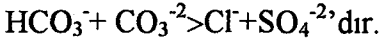
Bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır.

2.Bölge sularının özellikleri: Bu bölge sularında alkaliler toprak alkalilerden fazla olup,



Bu sular tuzlu ve sodalı sulardır.

3.Bölge suların özellikleri: Bu bölgede zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazla olup,



4.Bölge suların özellikleri: Kuvvetli asitler, zayıf asitlerden fazla olup,



5.Bölge suların özellikleri: Karbonat sertliği %50 'den fazladır. Yani karbonat sertliği karbonat olmayan sertlikten büyüktür. Bunlar $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lı sulardır.

6.Bölge suların özellikleri: Karbonat sertliği %50'den fazla olup, karbonat sertliğinden büyüktür. Karbonat sertliği < karbonat olmayan sertlik. Bu bölgedeki sular $CaSO_4$ ve $MgSO_4$ 'lı sulardır.

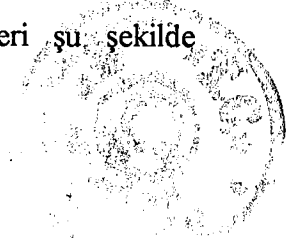
7.Bölge suların özellikleri: Bu bölgede karbonatlı olmayan alkaliler % 50'den fazladır. Yani karbonatlı alkalilerden büyüktür.

Karbonatlı alkakiler < Karbonat olmayan alkaliler. Bunlar NaCl, $NaSO_4$ ve KCl'li sulardır.

8.Bölgede: Karbonatlı alkaliler % 50 'den fazladır. Yani karbonatlı alkaliler, karbonat olmayan alkalilerden büyüktür. Bunlar Na_2CO_3 ve K_2CO_3 'lı sulardır.

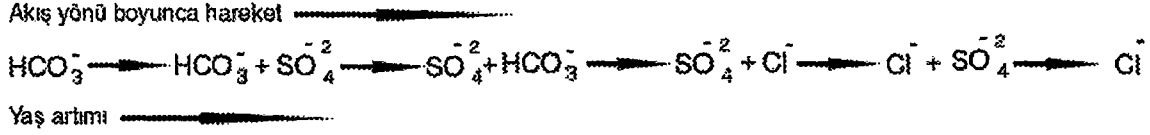
9.Bölgede: Hiç bir iyonu % 50'yi geçmeyen sular bulunur.

1986, Mayıs 2001, Ağustos 2000, Ekim 1998 ve Mart 1997 tarihlerinde incelenen suların Piper diyagramında belirlenen bölgelerinin özellikleri řu şekilde gösterilebilir:



$Ca^{+2}+Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}$ olup bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca suların zayıf asitleri kuvvetli asitlerinden fazla olup $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}>Cl^{-}+SO_4^{-2}$ 'dir. Yani sulardaki hakim iyonlar kalsiyum, magnezyum ve bikarbonatdır.

Major anyonların bölgesel değişikliklerinin takibiyle 3 zon tarif edilmiştir (Feeze and Cherry, 1979).



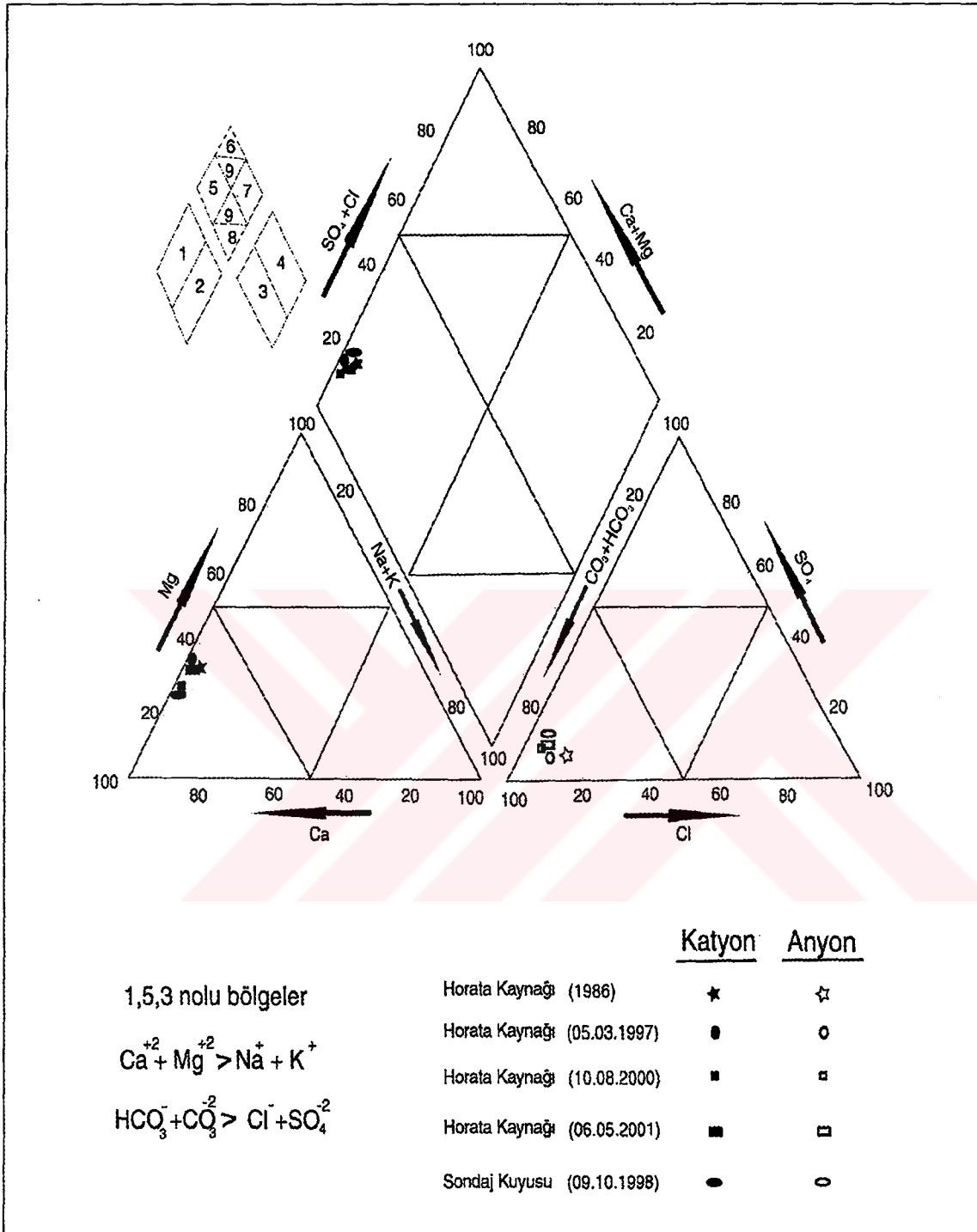
Üst zon; aktif yeraltı suyunun kayalar içinde filtre olmasıyla ifade edilir. Major anyon HCO_3^{-} 'tür ve toplam çözülmüş madde miktarı düşüktür.

Orta zon; yeraltı suyu dolanımı çok azdır. Toplam çözülmüş madde miktarı büyüktür ve SO_4 baskın anyondur.

Alt zon; çok ağır yeraltı suyu hareketi ile karakterize edilir. Cl konsantrasyonu ve çözülmüş madde miktarı büyüktür.

İncelenen bütün bu su analiz sonuçları değerleri "üst zonu" karakterize etmektedir.





Şekil 6.3. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Piper diyagramı

6.2.1.2.4. Sütun Diyagram

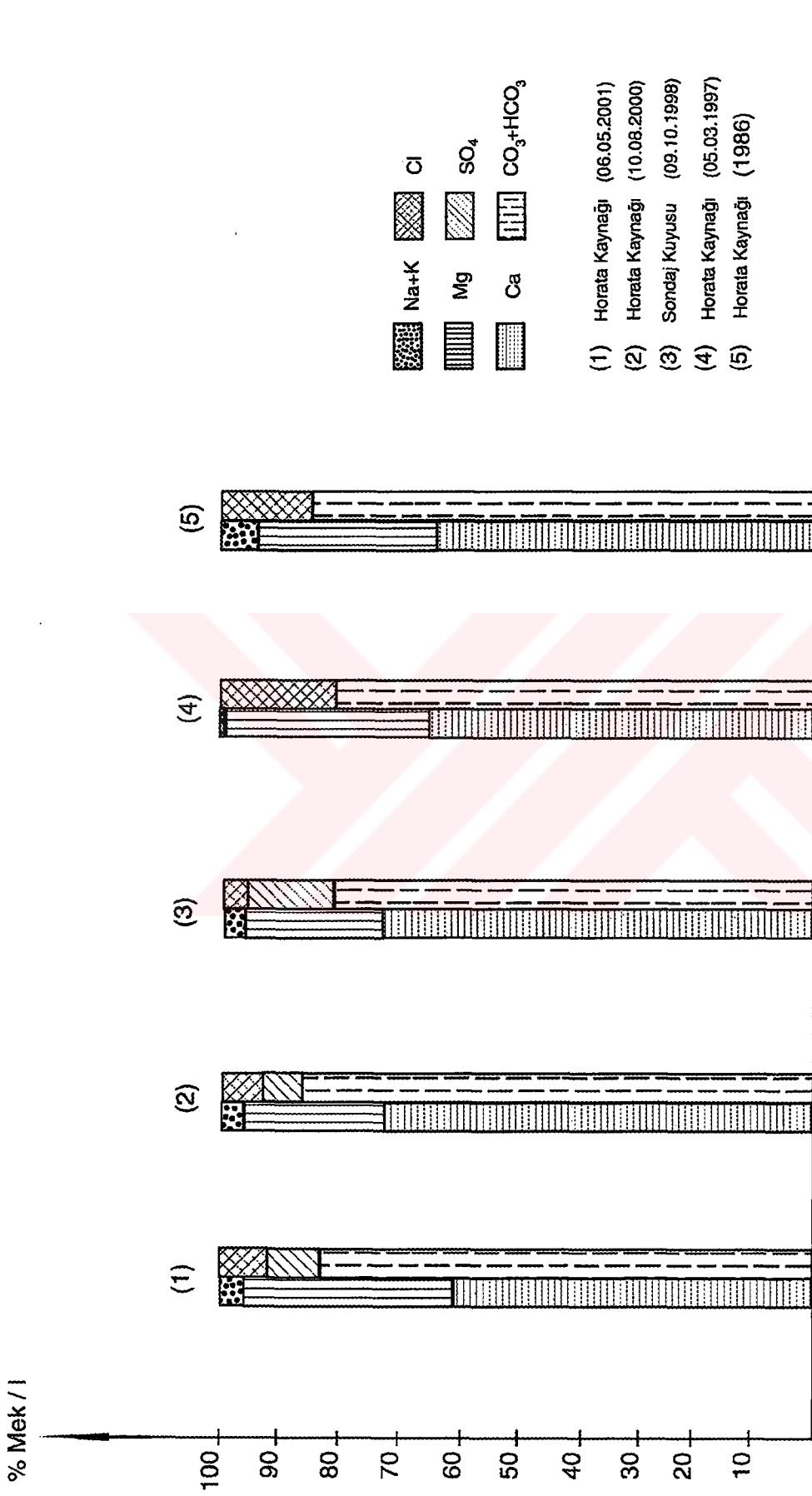
Kaynak suyu ile kuyu suyunun analiz değerlerinde ki iyonların % miliekivalen değerlerinden yararlanarak sütun diyagram çizilmiştir (Şekil 6.4). Bu diyagramda sütunun sağ tarafında anyonlar, sol tarafında ise katyonlar bulunmaktadır.

Sütun diyagramda kuyu ve kaynak sularında en fazla bulunan iyonlar: kalsiyum, magnezyum ve bikarbonattır.

Sütun diyagram yardımıyla sulardaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri hesaplanmıştır. Sulardaki tuzların % değerleri çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı’nda ki tuzların artış veya azalış yüzdeleri.

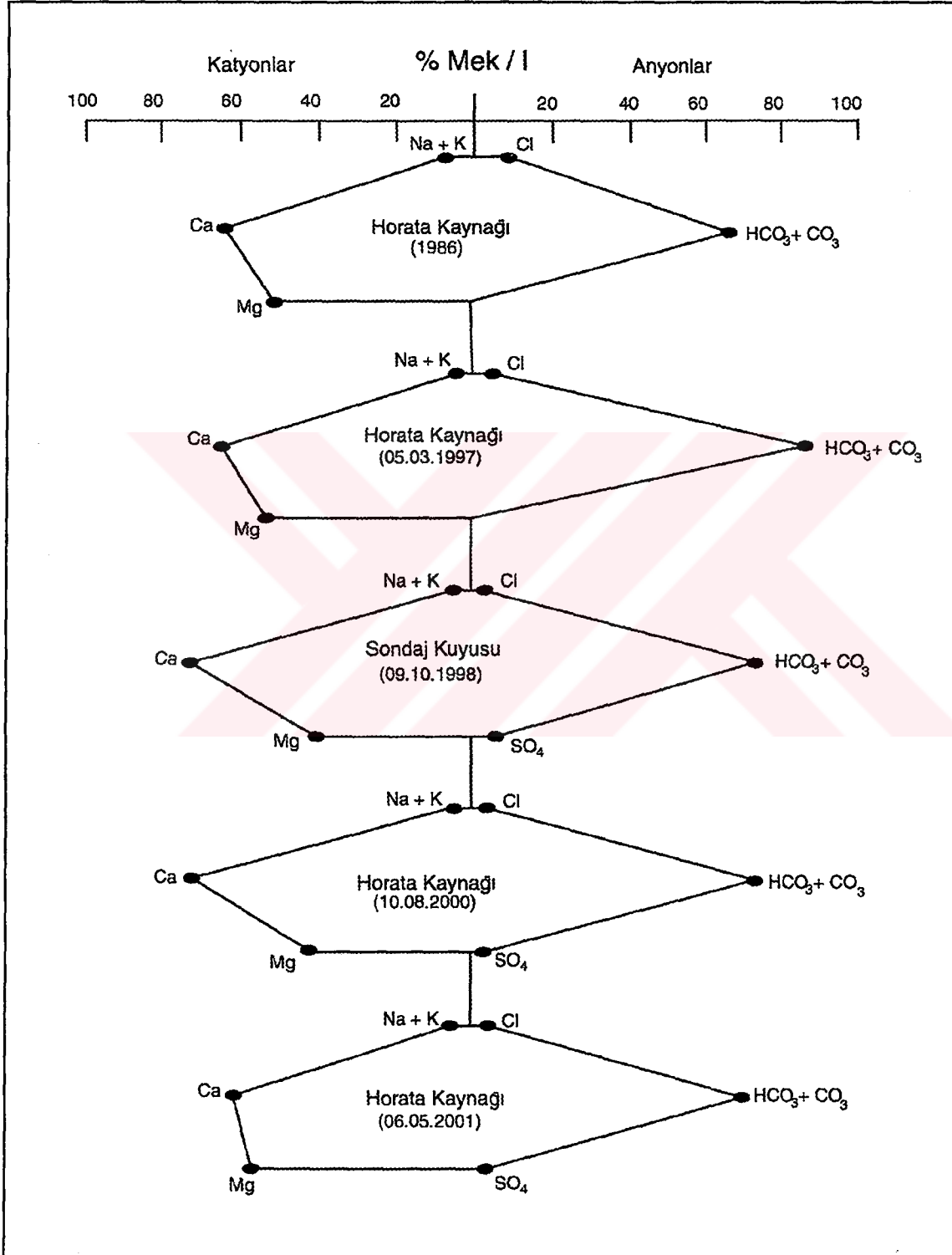
Numune Adı	Ca(HCO ₃) ₂ %	Mg(HCO ₃) ₂ %	MgCl ₂	MgSO ₄ %	NaCl %	KCl %
Horata Kaynağı (1986)	63,98	21,32	9,48	-	4,73	0,49
Horata Kaynağı (05.03.1997)	64,68	26,81	8,02	-	0,16	0,33
Sondaj Kuyusu (09.10.1998)	72,70	8,70	-	15,00	3,60	-
Horata Kaynağı (06.05.2001)	72,41	13,72	-	10,99	2,87	--
Horata Kaynağı (06.05.2001)	61,39	21,86	-	12,32	4,11	0,32



Şekil 6.4. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Sütun diyagramı

6.2.1.2.5. Stiff Diyagramı

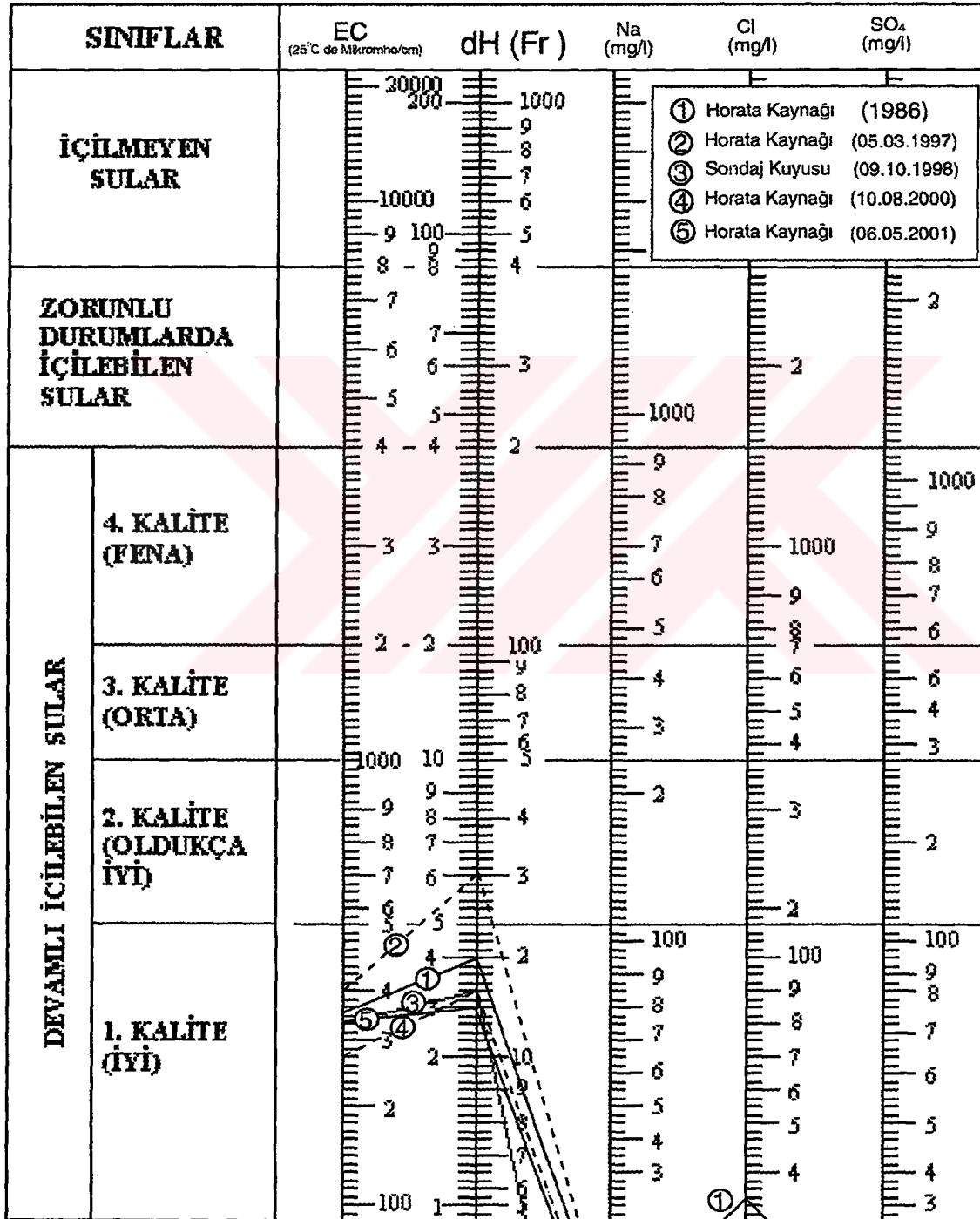
Yatay çizgili diyagram olarakta adlandırılan bu diyagramda anyon ve katyonlar mek/l değerleri yatay çizgiler üzerine işaretlenmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Stiff diyagramı

6.2.1.2.6. Suların İçilebilme Diyagramı

Kaynak ve kuyu suyunun içilebilme özelliklerini araştırmak amacıyla Schoeller'in sınıflamasına göre suların içilebilme diyagramları çizilmiştir (Şekil 6.6). Suların içilebilme diyagramında sular "devamlı içilebilen 1. kalite sular" sınıfında bulunmuşlardır.



Şekil 6.6. Kuyu suyu ile Horata kaynak sularının içilebilme diyagramı

6.2.1.2.7.ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk diyagramı kaynak ve kuyu suyunun sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve elektrik iletkenlik (EC) değerleri hesaplanarak çizilmiştir.

$$SAR = r_{Na} / \{(r_{Ca^{+2}} + r_{Mg^{+2}})/2\}^{1/2}$$

Buna göre sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) Mayıs 2001 analiz sonuçlarına göre 0.074, Ağustos 2000 analiz sonuçlarına göre 0.054, Ekim 1998 analiz sonuçlarına göre 0.094, Mart 1997 analiz sonuçlarına göre 0.005 ve 1986 analiz sonuçlarına göre ise 0.140 olarak bulunmuştur. Horata Kaynağı ve sondaj kuyusu sularının elektrik iletkenliği 25 °C'de laboratuvarında saptanan değerleri ise; Mayıs 2001 analiz sonuçlarına göre 321 mmhos/cm x 10⁶, Ağustos 2000 analiz sonuçlarına göre 281 mmhos/cm x 10⁶, Ekim 1998 analiz sonuçlarına göre 325 mmhos/cm x 10⁶, Mart 1997 analiz sonuçlarına göre 410 mmhos/cm x 10⁶ ve 1986 analiz sonuçlarına göre ise 360 mmhos/cm x 10⁶ olarak bulunmuştur(Çizelge 6.1). Buna göre tüm su analizlerinin sınıfı "C₂-S₁" olarak belirlenmiştir (Şekil 6.7). Bu sınıfların özellikleri şöyledir;

C₁ (EC 250 mikromho/cm'den az) az tuzlu sular: Her toprakta tüm bitkilerin sulanmasına uygundur.

C₂ (EC 250-750 mikromho/cm arası) orta tuzlu sular: Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.

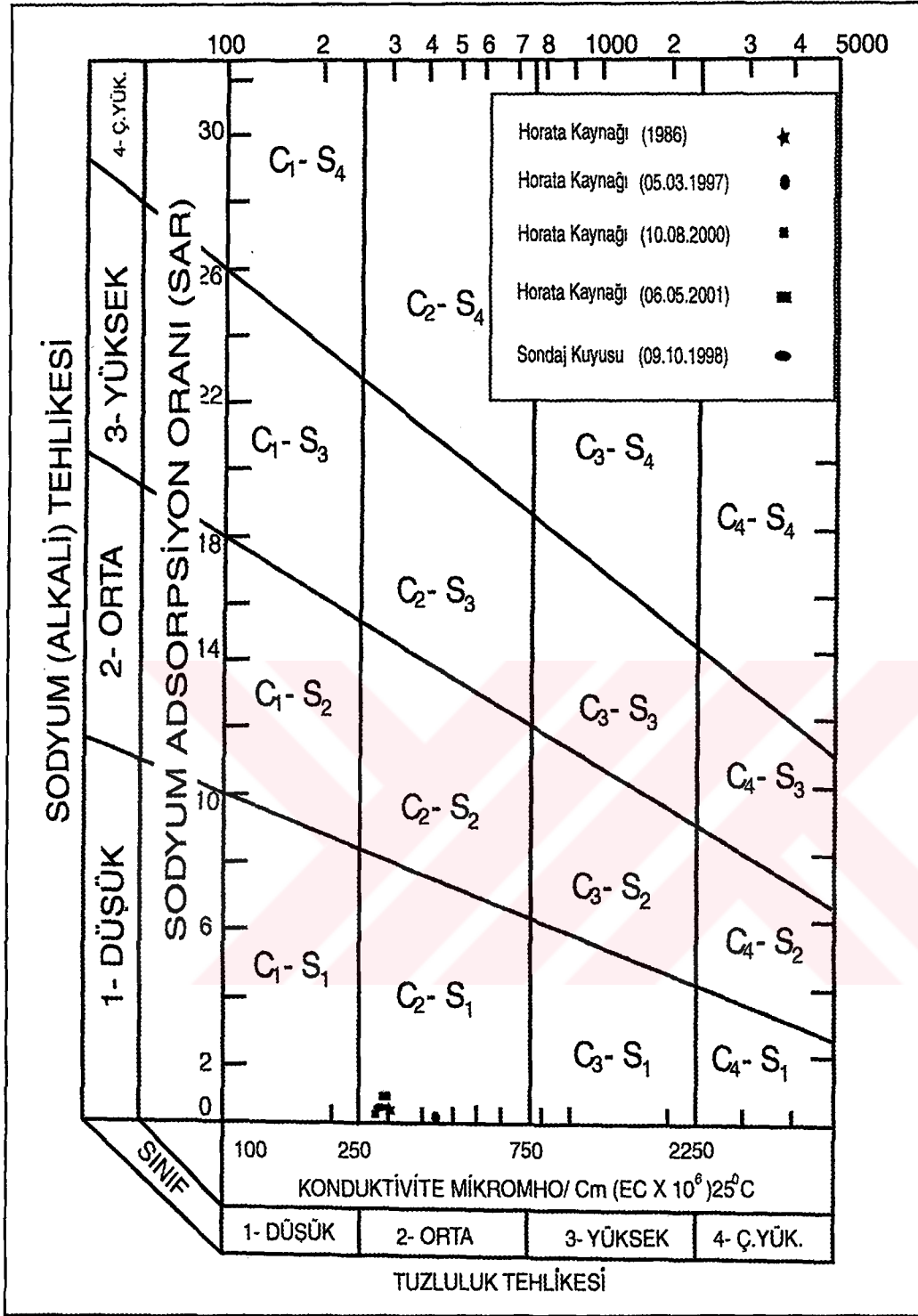
C₃ (EC 250-2250 mikromho/cm arası)tuzlu sular: Akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

S₁ az sodyumlu sular: Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur.

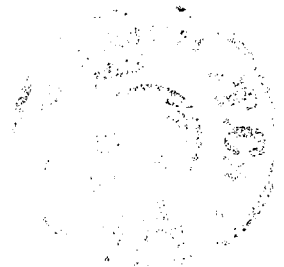
S₂ orta derecede sodyumlu sular: Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygundur.

S₃ fazla sodyumlu sular: Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.

S₄ Çok fazla sodyumlu sular: Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.

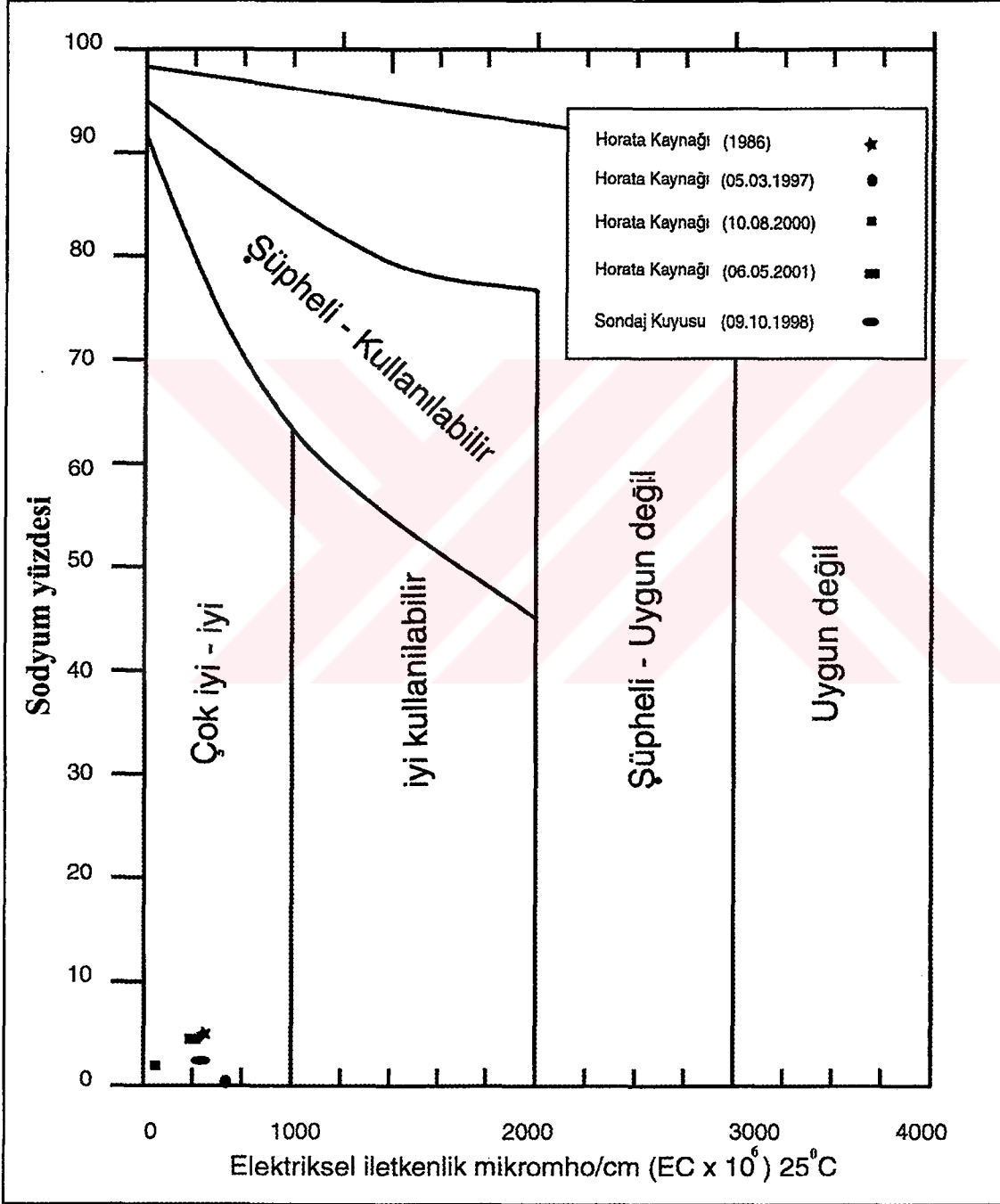


Şekil 6.7. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın ABD Tuzluluk diyagramı



6.2.1.2.8. Wilcox Diyagramı

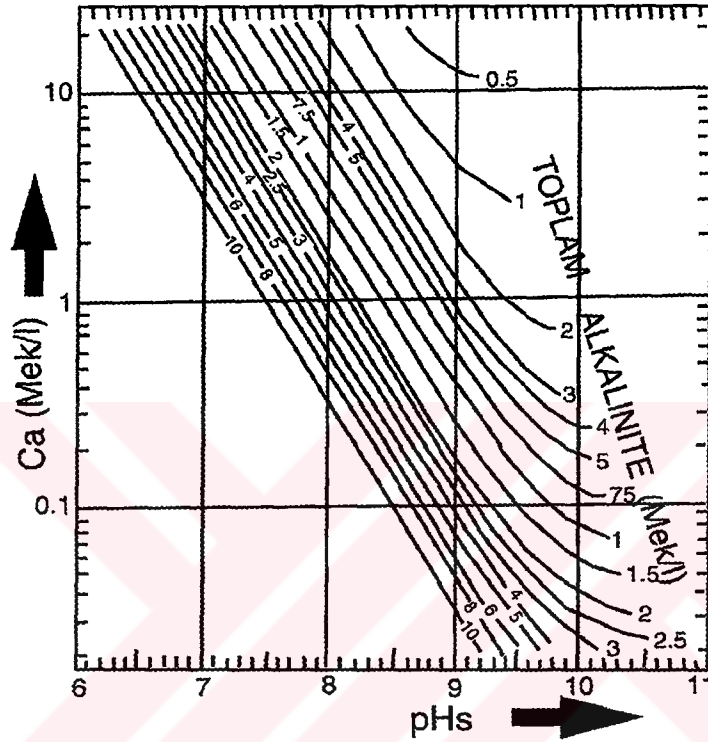
Wilcox diyagramı, suların sodyum yüzdeleri ve elektriksel iletkenliklerine bağlı olarak çizilmiştir. Yapılan su analiz sonuçlarına göre % Na⁺ değeri hesaplanıp diyagram çizilmiştir. Çizilen Wilcox diyagramına göre “çok iyi –iyi” sular sınıfına girmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Kuyu suyu ile Horata Kaynağı'nın Wilcox diyagramı

6.2.1.3. Kaynağın Kalsiyum Denge Diyagramı

Kaynağın karbonat doygunluğunun saptanmasında kullanılan yöntemlerden biri olan kalsiyum denge diyagramında düşey eksene Ca (Mek/l); toplam alkalinite ($\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$) Mek/l olarak eğriler şeklinde bulunmakta olup buradan da yatay eksende suyun denge pH'ı (pH_s) 8,7 bulunmuştur (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Kalsiyum denge diyagramı

Suyun karbonata karşı göstermiş olduğu kimyasal tepkime, diyagramda bulunan pH_s (8,7) ile laboratuvarında ölçülen (Ağustos 2000) pH'ın (7,26) karşılaştırılması ile saptanmıştır.

Buna göre denge indeksi DI şöyledir;

$$\text{DI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{DI} = 7,26 - 8,7$$

$$\text{DI} = -1,44 \quad \text{bulunmuştur.}$$

Denge endeksi DI 'nın yorumu ;

DI > + 0,1 ise suda karbonat çökmesi izlenir,

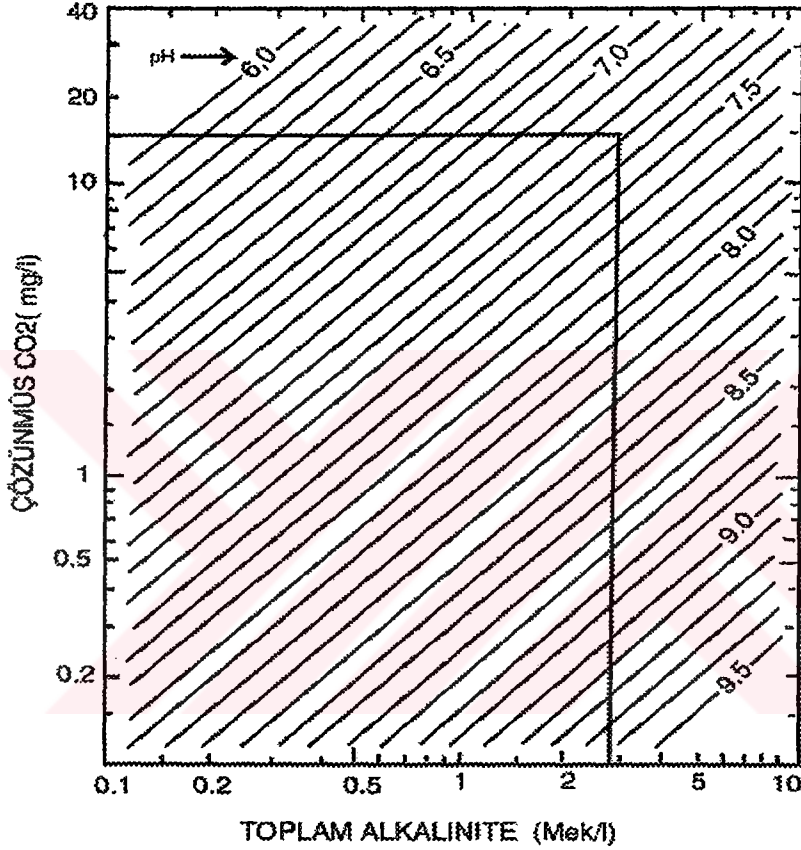
DI = ± 0,1 ise su karbonatça doygundur,

DI < - 0,1 ise su karbonat çözüdürebilir,

Olarak sınıflandırılmış ve buna göre de kaynak suyu "su karbonat çözüdürebilir" sınıflamasına girmiştir.

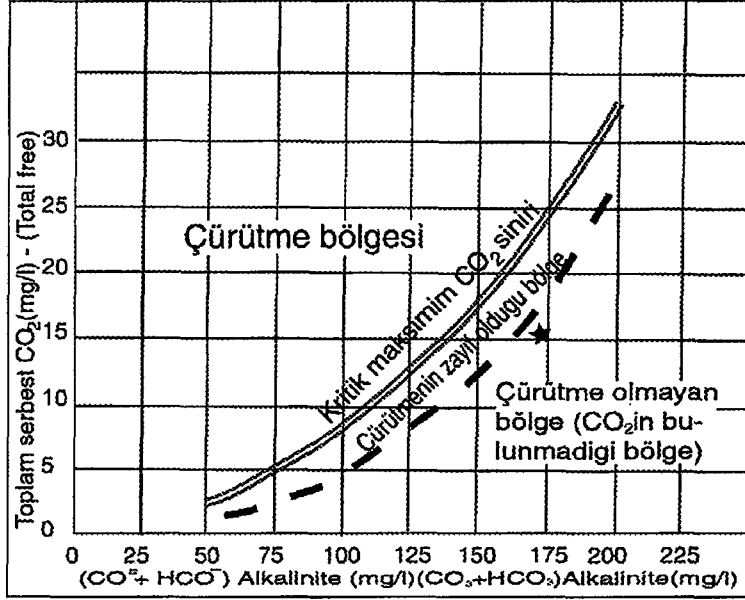
6.2.1.4. Kaynağın Su – Karbonat Denge Diyagramı

Kaynağın toplam alkalinite (2,82 Mek/l) değeri ile pH (7,26)'ı grafikten (Şekil 6.10) yararlanarak çözülmüş CO₂ değeri 15 mg/l bulunmuştur.



Şekil 6.10. Sulara çözülmüş toplam CO₂ miktarını veren diyagram

Kaynağın CaCO₃ 'a göre denge durumunu saptamak için grafikten yararlanarak (Şekil 6.11) suda bulunan serbest CO₂ miktarı (15mg/l) ile toplam alkalinite (172,02 mg/l) 'den yararlanarak hesaplandığında "çürütme olmayan (saldırgan CO₂'in bulunmadığı) bölge" bulunmuştur.



Şekil 6.11. Suların çürütme özelliğini gösteren diyagram

6.2.1.5. Kaynağın Çeşitli Kriterlere Göre Sınıflandırılması

6.2.1.5.1. Suların Sertlik Dereceleri

Suların sertlikleri, su içinde çözülmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum bileşenlerinden gelen özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu kalsiyum ve magnezyumun meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Kalsiyum ve magnezyumbikarbonatlardan ileri gelen sertliğe “geçici sertlik” denir ve kaynatma ile CaCO₃ ve MgCO₃ çökelerek bu sertlik giderilir.

Suda “kalıcı sertlik” ise kalsiyum ve magnezyumun karbonat ve bikarbonat dışındaki tuzlardan ileri gelir. Kalıcı sertlik, kaynatmakla giderilmez. Bunun için toplam sertlik;

“Toplam Sertlik= Kalıcı Sertlik + Geçici Sertlik“ olarak hesaplanır.

Suyun sertliğini ölçmek için değişik yöntemler vardır. Bir Alman sertliği, bir litre suda bulunan 10 mg. CaO’e; bir Fransız sertliği, bir litre suda bulunan 10 mg. CaCO₃’a karşılık gelen sertlik verici tuz veya iyonun oluşturduğu sertliktir. Fransız sertlik derecesi sudaki Ca ve Mg’un mek/lt değerlerinin toplamının beş katı alınarak pratik olarak hesaplanır.

Suların Fransız sertlik derecesine göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir (Şahinci 1991a).

<u>Toplam Sertlik (Fs⁰)</u>	<u>Suyun Sınıfı</u>
0,0-7.2	çok yumuşak
7.2-14,5	yumuşak
14,5-21,5	az yumuşak
21,5-32,5	oldukça sert
32,5-54,0	sert
54'den fazla	çok sert

Mayıs 2001, Ağustos 2000, Ekim 1998, ve 1986 analiz sonuçlarına göre “az yumuşak sular” ve Mart 1997 analiz sonucuna göre “oldukça sert sular” grubuna girmektedirler.

6.2.1.5.2. Kaynakların Debilerine Göre Sınıflandırılması

Genel olarak kaynaklar ortalama debilerine göre 8 türe ayrılabilirler (Şahinci, 1991a).

Çizelge 6.3. Kaynakların debilerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991a).

Kaynak Türü	Ortalama Debi (lt/sn)
1.Tür: Çok fazla yüksek debili kaynaklar	10 000'den fazla
2.Tür: Fazla yüksek debili kaynaklar	10 000 - 1000
3.Tür: Oldukça yüksek debili kaynaklar	1000 - 100
4.Tür: Yüksek debili kaynaklar	100 - 10
5.Tür: Orta debili kaynaklar	10 - 1
6.Tür: Az debili kaynaklar	1 - 0.1
7.Tür: Çok az debili kaynaklar	0.1 - 0.01
8.Tür: Önemsiz debili kaynaklar	0.01'den az

Horata Kaynağı'nın bir yıl içerisindeki ortalama debisi 327 lt/sn ölçülmüş olup, sınıflamaya göre “3.Tür: oldukça yüksek debili kaynaklar” grubuna girmektedir.

Kurak dönem başlangıç debisi (Q_0) ile kurak dönem sonu debisi (Q_k) arasındaki farkın ($dQ = Q_0 - Q_k$) başlangıç debisine oranına “kaynak debi değişim yüzdesi (Q_d)” denir (Şahinci, 1991b).

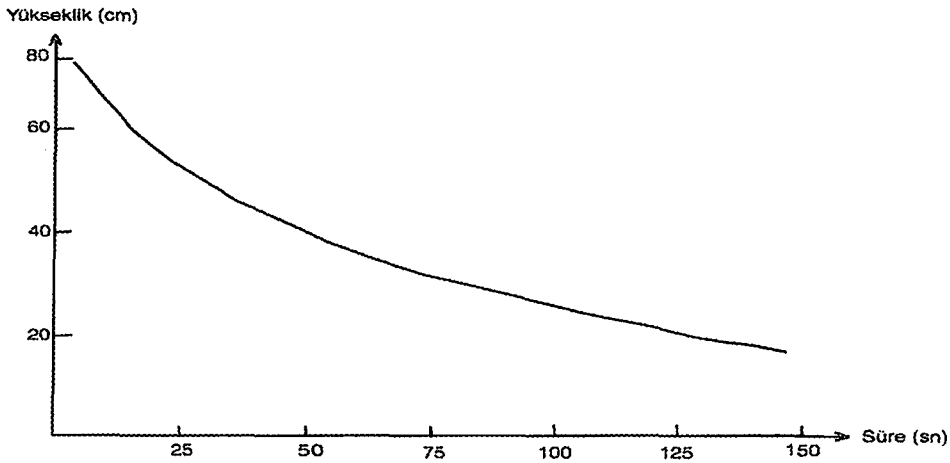
Çizelg 6.4. Kaynakların debi değişim yüzdelere göre sınıflanması (Şahinci,1991a).

Kaynak Türü	$Q_d(\%)$
1.Tür: Debi değişimi az kaynaklar	6'dan az
2.Tür: Debi değişimi orta kaynaklar	6 – 27
3.Tür: Debi değişimi fazla kaynaklar	27 – 92
4.Tür: Debi değişimi çok fazla kaynaklar	92'den fazla

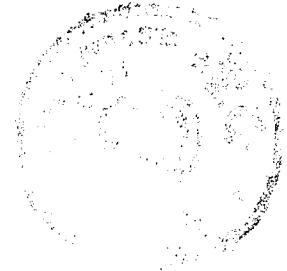
Horata Kaynağı'nın debi değişim yüzdesi (Q_d) % 68 olarak hesaplanmış ve buna göre "3.Tür debi değişimi fazla kaynaklar" grubuna girdiği belirlenmiştir.

6.2.1.6. Kaynağın Boşalımı

Horata Kaynağı'nın debi değişimi 20.06.1999 - 02.10.2000 tarihleri arasında ayda dört ölçüm yapılarak incelenmiştir. Debi ölçümleri safralı yüzücüler yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kaynağın çıkış ağızı kaptaj yapılmış ve dikdörtgen şeklindeki, tabanı çimentolanmış bir kanaldan akmaktadır. Bu kanalın genişliği 3,065 m. ve uzunluğu 8,520 m. olan kısmından safralı yüzücüler kullanılarak suyun hızı bulunmuştur. Suyun hızı her ölçümde ayrı ayrı hesaplanma yoluna gidilmeyip, belirli su seviyesi değerlerindeki su yükseklik değerleri kullanılarak bir abak hazırlanmış ve bu abaktan su seviyesi değişimine göre süre ve buradanda hız hesaplanması yapılmıştır (Şekil 6.12.). Su seviyesini ölçmek için özel hazırlanmış bir eşel kaynağın çıkış ağızına montaj edilmiş ve 16 ay boyunca kaynağın boşalımı hesaplanmıştır (Foto 6.2).



Şekil 6.12. Horata Kaynağı'nın su yükseklik değerine göre safralı yüzücülerin ulaşım süresi arasındaki ilişki.



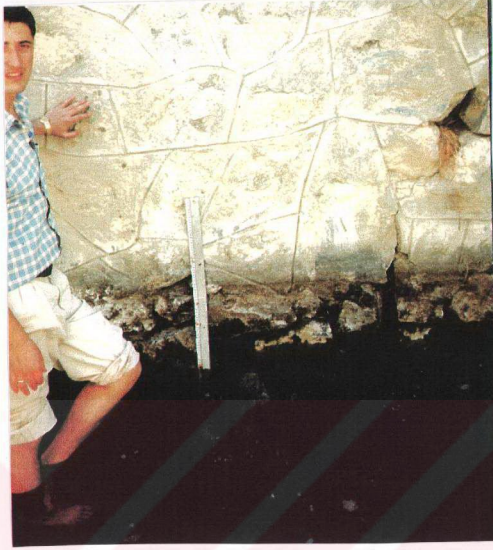


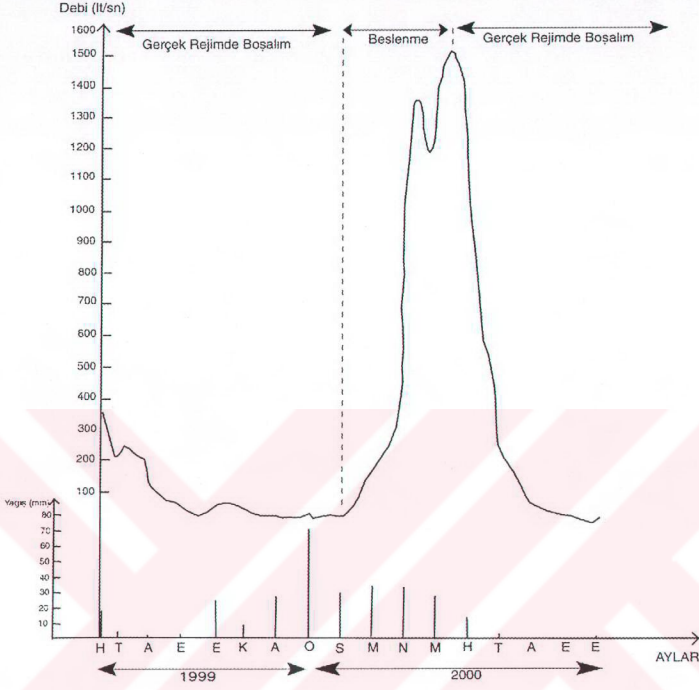
Foto.6.2. Kaynağın çıkış noktası yakınındaki eşel.

Horata Kaynağı'nın Haziran 1999-Ekim 2000 devreleri arasında debi değişim grafi çizilmiştir (Şekil 6.13). Buna göre en az debi 22 lt / sn (25 Eylül 2000), en çok debi 1528 lt /sn (15 Mayıs 2000) dir.

Kaynağın gerçek rejimde boşalımı 20 Haziran 1999-15 Eylül 1999 ve 14 Mayıs 2000-25 Eylül 2000 tarihleri arasında iki dönemde incelenip bu iki dönemin mukayesesi yapılmıştır.

Birinci dönemde 15 Eylül 1999 tarihinden itibaren ikinci dönemde 25 Eylül 2000 den itibaren debide gözlenen artışlar haznenin dolmaya başladığını belirtmektedir.





Şekil 6.13. Horata Kaynağı'nın 20 Haziran 1999-2 Ekim 2000 tarihleri arası boşalım grafiği ve aylık yağış değerleri.

Kaynağın gerçek rejimdeki boşalım değerleri yarı logaritmik kağıda, logaritmik eksene debileri, aritmetik eksene de zamanı taşıdığımızda bütün noktaların eğimleri incelenen iki devrede de farklı iki doğru eksene düştüğü görülür (Şekil 6.14).

Böylece elde edilen doğruların denklemi Maillet formülünden hesaplanmıştır.

$$q = q_0 \times e^{-\alpha(t-t_0)}$$

q : t zamanına karşı gelen debi (m^3/sn)

q_0 : t_0 zamanındaki debi yani gerçek rejimin başlangıç anındaki debisi (m^3/sn)

e : Bir katsayı (2.718)

α : Boşalım katsayısı ($gün^{-1}$)

$t - t_0$: Boşalımın başlangıcından itibaren geçen zaman (gün).



Horata Kaynağı'nın 1999 yılı boşalımında; doğrudan boşalımın başlangıcındaki debi $q_0 : 0,371 \text{ m}^3/\text{sn}$ (20 Haziran 1999), t_0 zamanındaki debi $q : 0,039 \text{ m}^3/\text{sn}$ (15 Eylül 1999) olduğuna göre boşalım katsayıları;

$$q = q_0 \times e^{-\alpha(t-t_0)}$$

$$\log q = \log q_0 - \alpha (t - t_0) \log e \text{ 'den}$$

$$\log 0,039 = \log 0,371 - \alpha (85) 0,434$$

$$\alpha_1 = 0,0265 \text{ gün}^{-1} \text{ hesaplanmıştır.}$$

O halde boşalım doğrusunun denklemi;

$$q = q_0 \times e^{-0,0265t} \text{ şeklindedir.}$$

2000 yılı boşalımında ise $q_0 = 1,528 \text{ m}^3/\text{sn}$ (14 Mayıs 2000), t_1 zamanındaki debi $q = 0,022 \text{ m}^3/\text{sn}$ (25 Eylül 2000) olduğuna göre boşalım katsayıları;

$$q_0 = q \times e^{-\alpha(t-t_0)}$$

$$\log q_0 = \log q - \alpha (t - t_0) \log e \text{ 'den}$$

$$\log 0,022 = \log 1,528 - \alpha (131) 0,434$$

$$\alpha_1 = 0,0324 \text{ gün}^{-1} \text{ hesaplanmıştır.}$$

O halde boşalım doğrusunun denklemi;

$$q_0 = q \times e^{-0,0324t} \text{ şeklindedir.}$$



Boşalım katsayısı (α) bir akiferin hidrodinamik parametreleri ve boyutların fonksiyonu olan bir katsayıdır. Bu katsayının belirli sınır değerleri içerisindeki akiferler, yaklaşık olarak aynı depolama ve iletme özellikleri gösterirler (Korkmaz 1988). Horata Kaynağı'nın boşalımı hesaplarında bulunan boşalım katsayısı (α) değerleri: $0,0265 \text{ gün}^{-1}$ ve $0,0324 \text{ gün}^{-1}$ bulunmuş olup, bu değerler $0,0126 \text{ gün}^{-1}$ 'den büyük olduğundan "4.Tip Akiferler" grubuna girmektedir. Bu akiferler yüksek boşalım özelliklerine sahip akiferler olup ileri derecede karstifikasyona uğramış bulunan karstik akiferler olarak adlandırılmıştır (Korkmaz 1988). Boşalım katsayısına göre akifer tipleri 4 grup halinde toplanmıştır (Şekil 6.15):

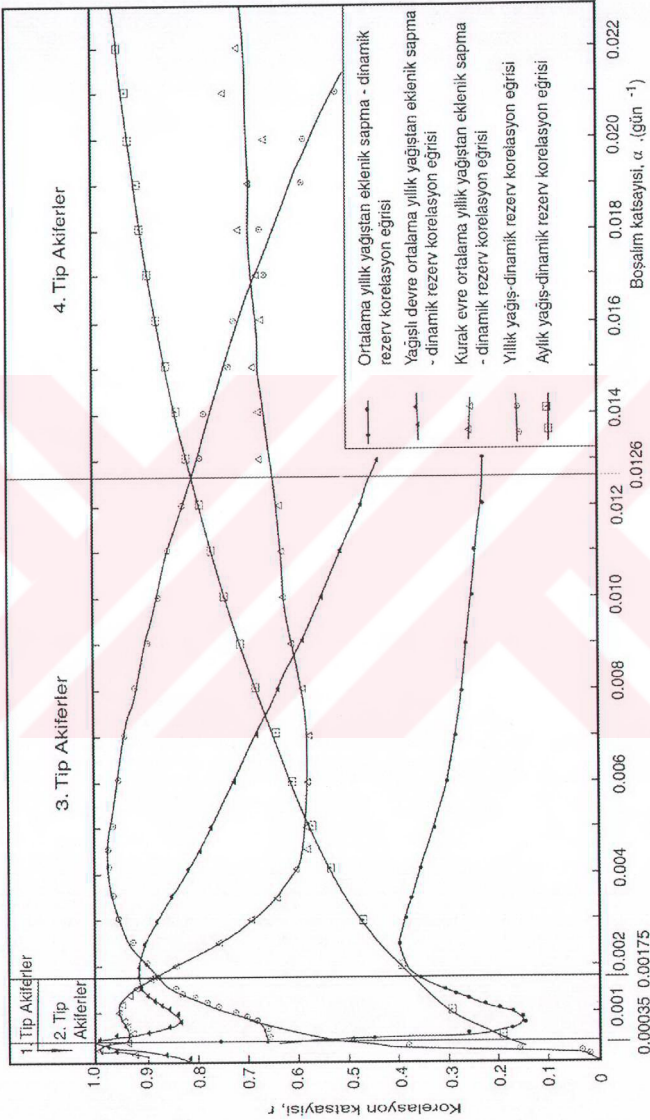
1.Tip Akiferler: Boşalım katsayısı $\alpha \leq 0,00035 \text{ gün}^{-1}$ olan akiferler bu gruba girmektedir. Bu tip akiferlerde dinamik rezerv, su seviyesi ve yeraltı suyu akımı şeklindeki boşalmalar yıllık yağışlardan ziyade ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerlerine bağlı olarak uzun devreli ve düzenli gelişmektedir. Yeraltı suyu akımı boşalmaları yıllık beslenimin değil, dinamik rezervin etkisinde kalmaktadır.

2.Tip Akiferler: Bu gruba boşalım katsayısı $0,00035 \text{ gün}^{-1} < \alpha < 0,0075 \text{ gün}^{-1}$ sınırları içerisindeki akiferler girmektedir. Bu akiferlerde dinamik rezerv, su seviyesi ve yeraltı suyu akımları ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma eğrisinin kurak ve yağışlı periyot değerleri ile ayrı ayrı ilişki vermektedir.

3.Tip Akiferler: Boşalım katsayısı, $0,00175 \text{ gün}^{-1} \leq \alpha < 0,0126 \text{ gün}^{-1}$ sınırları içerisinde kalan akiferlerde dinamik rezerv, su seviyesi ve yeraltı suyu akımları yıllık yağışlarla ilgili beslenime bağlı olarak gelişmektedir.

4.Tip Akiferler: Boşalım katsayısı $\alpha \geq 0,0126 \text{ gün}^{-1}$ olan yüksek boşaltım özelliklerine sahip akiferler bu gruba girmektedir. İleri derecede karstifikasyona uğramış bulunan karstik akiferler bu özellikleri göstermektedir.





Şekil 6.15. Akiferlerde yağış-dinamik rezerv korelasyon eğrileri (Korkmaz, 1988).

Boşalımı bu doğrularla temsil edilen haznenin gerçek rejimde boşalım kodu üstündeki işletme rezervinin hacmi veya haznenin depolama gücü Maillet formülünün, entegrasyonu ile bulunabilir;

$$V = \int q \times dt \text{ entegre edildiğinde}$$

$$V = (q_0 / \alpha) \times 86400 \text{ bulunur.}$$

20 Haziran 1999–15 Eylül 1999 döneminde boşalan su miktarı;

$$V_{ABDE} = [(V_{ABC} - V_{DEC}) / \alpha] \times 86400$$

$$V_{ABDE} = [(0.371 - 0.039) / 0.0265] \times 86400$$

$$V_{ABDE} = 1.08 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ bulunur.}$$

14 Mayıs 2000 - 25 Eylül 2000 döneminde boşalan su miktarı;

$$V_{KLNO} = [(V_{KLM} - V_{ONM}) / \alpha] \times 86400$$

$$V_{KLNO} = [(1.528 - 0.022) / 0.0324] \times 86400$$

$$V_{KLNO} = 4.01 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ bulunur.}$$

6.2.2. Çobandede Kaynağı

Horata Kaynağı'nın 500 metre güneydoğusunda alüvyonlar içerisinde boşalan kaynak yöre halkı tarafından Çobandede Kaynağı olarak isimlendirilmiştir. Kaynak fay zonu boyunca çıkmakta olup bu fay alüvyonlar tarafından örtülmüştür. Bu genç alüvyon çökelleri içerisinde boşalmanın fazla olduğu zamanda bir çok noktadan değişik debilerle çıkışlar gözlenmiştir (Foto 6.3).





Foto 6.3. Horata Kaynağı'nın 500 m. güneydoğusundaki Çobandede Kaynağı'nın çıkış noktalarından biri.

Çobandede Kaynağı inceleme döneminde ilk olarak 05.04.2000 tarihinde akmaya başlamış ve 25.05.2000 tarihinden sonra kaynak kurumuştur. Kaynağın debisi en az 44 lt/sn ve en çok 224 lt/sn olarak ölçülmüştür. Kaynak bahar aylarında havanın ısınmasına bağlı olarak yüksek bölgelerde eriyen kar sularının yeraltı su seviyesini yükseltmesi ile oluşan geçici bir kaynaktır. Bu kaynak Horata Kaynağı'nın yeraltı su seviyesinin yükselmesine bağlı olarak daha üst bir koddta boşalması şeklindedir. Bu kaynaktan akan sular mesire yeri içerisindeki kanallara gelerek burada Horata Kaynağı'nın suları ile birleşerek Horata Dere'yi beslemektedir.

6.2.3. Diğer Kaynaklar

Horata Kaynağı'nın beslenme alanı içerisinde bir çok küçük debili kaynaklar bulunmaktadır. Bunların bazıları; Beydağı'nın 1.5 kilometre kuzeybatısında Çörtü Pınarı ve Sarıçarşır Pınarı, Yılmaz Tepe'nin bir kilometre kuzeybatısında Gül Pınarı, Elma Tepe'nin 700 metre güneybatısında Söğütlü Pınarı ve diğer isim verilmemiş



kaynaklardır. Bu kaynakların debileri 0,16 lt/sn'den 2 lt/sn gibi küçük değerler olarak gözlenmiştir.



7.SONUÇLAR

“Horata Kaynağı’nın Hidrojeoloji İncelemesi” konulu bu çalışmada şu sonuçlara varılmıştır;

1.Çalışma bölgesinin buharlaşma-terleme grafikleri (uzun ve kısa süreli) Thorntwaite (1948)’e göre çizilmiş ve bölgenin iklimi meteoroloji verilerine göre açıklanmıştır.

2.Kaynağın beslenme alanı içerisinde kalan kayaç birimleri incelenmiş ve jeoloji haritası çizilmiştir. Buna göre inceleme alanında yüzeyleme veren birimler yaşlıdan gence doğru; Malatya Metamorfileri (Permo-Karbonifer), Gündüzbey Formasyonu (Üst Kretase), Yeşilyurt Formasyonu (Üst Eosen), Taraça ve Alüvyonlar olarak gözlenmiştir.

3.Çalışma bölgesinde su taşıyan formasyonlar Malatya Metamorfileri, Gündüzbey Formasyonu ve Yeşilyurt Formasyonu’dur.

4.Kaynağın asıl beslenimi Malatya Metamorfileri’inin kireçtaşları ve dolomitleri tarafından karşılanmakta olup diğer birimler de az çok kaynağın beslenmesinde rol oynamaktadır.

5.Horata Kaynağı’nın analiz neticelerine göre en fazla bulunan katyon kalsiyum ve en fazla bulunan anyon ise bikarbonat olarak saptanmıştır.

6.Horata Kaynağı Üçgen diyagramda III. Bölgeye yani “kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular” bölgesinde gruplanmışlardır.

7.Piper diyagramına göre kaynak suyunda $Ca^{+2}+Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}$ olup bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Kaynağın zayıf asitleri kuvvetli asitlerinden fazla olup $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}>Cl^{-}+SO_4^{-2}$ şeklindedir.

8.Kaynak suyu suların içilebilir diyagramında “devamlı kullanılabilen 1. kalite sular” grubuna girmektedir.

9.Horata Kaynağı ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre “C₂-S₁” sınıfındadır.

10.Wilcox diyagramına göre Horata Kaynağı “çok iyi-iyi” sular bölgesindedir.

11.Horata Kaynağı’nın kalsiyum denge diyagramı çizilmiş ve kaynağın denge indeksi (DI) hesaplanmış kaynağın sınıfı “su karbonat çözündürebilir” olarak saptanmıştır.



12.Kaynak su – karbonat denge diyagramına göre “çürütme olmayan (Saldırgan CO₂'nin bulunmadığı) bölge” olarak belirlenmiştir.

13.Horata Kaynağı Fransız setlik skalasına göre “az yumuşak” sular olarak belirlenmiştir.

14.Horata Kaynağı'nın debi değişimi ölçümlerle belirlenmiş ve buna göre en az debi 22 lt/sn, En çok debi 1528 lt/sn olarak belirlenmiştir.

15.Horata Kaynağı'nın değişme sabiti 70 olup “debisi çok değişen kaynaklar” sınıfına girmektedir.

16.Horata Kaynağı'ndan 20 Haziran 1999-15 Eylül 1999 döneminde boşalan su miktarı, 1.08×10^6 m³,14 Mayıs 2000-25 Eylül 2000 döneminde boşalan su miktarı ise 4.01×10^6 m³ bulunmuştur.

17.Horata Kaynağı'nın boşalım katsayısı (α) degerine göre “4.tip akiferler” grubuna birmekte olup bu tip akiferler yüksek boşaltım özelliklerine sahip olup ileri derecede karstlaşmaya uğramış bulunan karstik akiferler olarak adlandırılmıştır.



KAYNAKLAR

- ASUTAY, H.J., 1988, Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Mağmatitleri'nin Petrolojisi M.T.A. Derg. Sayı. 107, s. 49-72. Ankara.
- ASUTAY, H.J. ve TURAN, M.,1986, Doğu Toroslarda Keban-Baskil (Elazığ) Dolaylarının Jeolojisi M.T.A. Gen. Müd. Jeol. Etüt. Dai. Rapor Arşivi, Ankara.
- AVŞAR, N., 1983, Elazığ Yakın kuzeybatısında Stratigrafik ve Mikropaleontolojik Araştırmalar. F.Ü. Doktora Tezi. Elazığ.
- BİNGÖL, A.F. , 1984, Geology Of The Elazığ Area. In The Eastern Taurus Region. In: O. Tekeli and C. Gönçüoğlu (eds), On Geology Of Taurus Belt Proceedings, MTA, p. 209-216. Ankara.
- CANIK, B., 1998, Hidrojeoloji (Yeraltı sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası). Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 286 s., Ankara.
- ÇETİNDAG, B., 1985, Elazığ, Palu-Kovancılar Dolayının Hidrojeoloji İncelemesi, Master Tezi (Yayımlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 133 s., Elazığ.
- ÇETİNDAG, B., 1989, Elazığ-Ören Çayı Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi, Doktora Tezi (Yayımlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 293 s., Elazığ.
- ÇETİNDAG, B., 1994, Elazığ ve Yakın Çevresinin Su Kaynakları Jeolojisi, Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları, Panel 29 Mart 1994, Fırat Üniv. Yayın No:39, 17-28, Elazığ.
- ERDOĞAN, T., 1975, Gölbaşı Yöresinin Jeolojisi. TPAO Arşivi Rapor no. 229. (Yayımlanmamış), Ankara.

- FREEZE, R.A. And CHERRY, J.A., 1979, Graundwater, p. 553, Prentice-Hall, Englewood Chilffs, New Jersey.
- GÖZÜBOL, A.M., ve ÖNAL, M., 1986, Çat Barajı İsale Tünelinin Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekanığı İncelemesi ve Malatya-Çelikhan Alanının Jeolojisi: TÜBİTAK, TBAG 647, Ankara.
- KARAMAN, T., 1993, Malatya Doğu ve Güneydoğusu'nun Jeolojisi ve Petrografisi, Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bil. Enst. 198s. (yayınlanmamış), Konya.
- KETİN, İ., 1946, Elazığ -Palu ve Pertek Bölgesi'nin Jeolojik Etüdüne Ait Rapor. M.T.A. Rap. no. 1708. (yayınlanmamış), Ankara.
- KORKMAZ, N., 1988 Yağış-Yeraltı Suyu Seviyesi İlişkisi ve Su Kaynaklarının Projelendirilmesine Etkisi. DSİ Yayını, No:105,114 s., Ankara.
- ÖNAL, M., ŞAHİNCİ, A., ve GÖZÜBOL, A.M., 1986, Yeşilyurt-Çelikhan (Malatya-Adıyaman) Dolayının Hidrojeolojik İncelemesi. Jeolojik Mühendiliği, s.29, 5-12.
- PERİNÇEK, D.,1979, Guide-Book For Excursion "B", Interrelations Of The Arab And Anatolian Plates: First Geological Congress On Middle East, Turkey. 34 p.
- POYRAZ, N., 1988. İspendere-Kömürhan (Malatya) Ofiyolitleri'nin Jeolojisi ve Petrografisi. Gazi Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, 150 s., Ankara.
- SCHOELLER, H., 1962, Les Eaux Souterraines, 642 p. Masson Et Cie, Paris.
- STCHEPINSKY, V., 1944. Rapport Sur La Geologie Et Les Ressources Minerale De La Region De Malatya Sud. M.T.A. Rap. (Yayınlanmamış), Ankara.
- STEFANSKI, M., 1941. Note Sur l'Etude Geologique Aux Environs De Malatya M.T.A. Rap. (Yayınlanmamış), Ankara.

ŞAHİNCİ, A., 1991a, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548 s., İzmir.

ŞAHİNCİ, A., 1991b, Karst, Reform Matbaası, 173 s., İzmir.

THORNTHWAİTE, C.W., 1948, An approach A Rational Classification Of Climate, The Geographical Review, p. 55-94, volume 38, New York.

TURAN, M., 1984, Baskil –Aydınlar Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği. Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 140 s., Elazığ.

YAZGAN, E., ASUTAY, H.J., GÜLTEKİN, M.C., POYRAZ, N., SİREL, E. ve YILDIRIM, H., 1987 Malatya Güneydoğusunun Jeolojisi ve Doğu Torosların Jeodinamik Evrimi M.T.A. Rap. No. 2268., Ankara.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**