

13127

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

AYDER (ÇAMLIHEMŞİN-RİZE) VE ÇEVRESİNİN JEOTERMAL

ENERJİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Jeol.Müh.Fatma GÜRSEL

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Jeoloji Yüksek Mühendisi"  
Unvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

**T. C.**

**Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11.01.1991  
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20.02.1991

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Remzi DİLEK

Jüri Uyesi : Prof.Dr.Fikret TARHAN

Jüri Uyesi : Y.Doç.Dr.Fikri BULUT

Enstitü Müdürü: Doç.Dr.Temel SAVAŞKAN

*Hicay*  
*Fikret Tarhan*  
*Fikri Bulut*  
*Temel Savaşkan*

OCAK-1991

TRABZON

## ÖNSÖZ

Araştırmanın amacı, Rize İli Çamlıhemşin İlçesi Ayder Kaplıca Kaynaklarının köken, fiziko-kimyasal özellikleri ve jeotermal enerji yönünden incelenmesidir.

Çalışma saha, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Araştırma boyunca yardımcı olan ve çalışmayı yöneten sayın hocam Prof. Dr. Remzi DİLEK'e teşekkür ederim. Arazi çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen sevgili Annem ve Babam'a, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Arş. Gör. Jeol. Yük. Müh. Bülent YALÇINALP'a teşekkür ederim.

Haziran 1991

Fatma GÜRSEL

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
<b>BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>1</b>
1.1. COĞRAFIK KONUM.....	1
1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ.....	1
1.3. TOPOĞRAFYA VE AKARSULAR.....	3
1.4. ULAŞIM VE YERLEŞİM DURUMU.....	4
<b>BÖLÜM 2 GENEL JEOLJİ.....</b>	<b>5</b>
2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.2. STRATİGRAFI VE PETROGRAFI.....	7
2.2.1. Giriş.....	7
2.2.2. Hemşindere Formasyonu.....	7
2.2.3. Ayder Granitoyidi.....	10
2.2.4. Dolerit.....	16
2.2.5. Yamaç Molozu.....	19
2.3. YAPISAL JEOLJİ.....	20
2.3.1. Giriş.....	20
2.3.2. Faylar.....	21
2.3.3. Çatlaklar.....	21
<b>BÖLÜM 3 HİDROJEOLJİ.....</b>	<b>24</b>
3.1. GİRİŞ.....	24
3.2. SICAK SU KAYNAKLARI.....	24
3.3. SICAK SU KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	28
3.4. SICAK VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	28
3.5. SULARDA BULUNAN BAŞLICA İYONLAR.....	28
3.6. KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARININ DİYAGRAMLARLA GÖSTERİLMESİ.....	31

3.7. KAYNAKLARDA KALSİTE GÖRE DOYGUNLUK.....	36
3.8. SICAK SULARIN KÖKENİ.....	40
<b>BÖLÜM 4 AYDER KAPLICA ALANININ JEOTERMAL ENERJİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ.....</b>	<b>41</b>
4.1. GİRİŞ.....	41
4.2. JEOTERMAL GRADYAN VE ISI İLETKENLİĞİ.....	42
4.3. JEOTERMAL ENERJİ SİSTEMLERİ.....	43
4.3.1. Düşük Isılı Jeotermal Sistemler.....	44
4.4. AYDER JEOTERMİK ALANINDA AKIŞKANIN KÖKENİ.....	46
<b>BÖLÜM 5 SICAK SU KAYNAKLARINDAN YARARLANMA.....</b>	<b>50</b>
5.1. GİRİŞ.....	50
5.2. SICAK KAYNAKLARIN RADYOAKTİVİTESİ VE SAĞLIK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	50
5.3. SICAK KAYNAKLARIN KORUNMA ALANLARI.....	51
<b>BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>53</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>55</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>58</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>59</b>

## ÖZET

Ayder (Çamlıhemşin-Rize) Kaplıca kaynaklarının beslenme, köken ve fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaklaşık 40 km<sup>2</sup>'lik bir alanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

Çalışma alanının en yaşlı birimi andezit-bazalt lavlar şeklinde yüzeyleyen Hemşindere formasyonudur. Bu birimi Ayder granitoyidi kesmektedir. Küçük boyutlarda yüzlek veren doleritler ise Ayder granitoyidini kesmektedir.

Çalışma alanında sıcak su kaynaklarının çıkışına neden olan yaklaşık E-W doğrultulu bir fay gözlenmektedir. Hemşindere formasyonunun N 03 W, Ayder granitoyidinin ise N 15 E doğrultulu basınç gerilmelerinin etkisi altında kaldığı saptanmıştır.

İnceleme alanında özellikle Ayder Yerleşmesi'nin bulunduğu bölgede sıcak su kaynaklarının yanısıra sızıntı şeklinde dokanak ve depresyon türü soğuk kaynaklar da gözlenmektedir.

Sıcak su kaynaklarının sıcaklıkları 33°C-47°C arasında debileri ise 0,5-2 l/sn. arasında değişmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre kaynaklardaki toplam çözünmüş madde miktarı 103,7-140,6 mg/l. arasındadır.

İncelenen sıcak su kaynakları fay ve çatlak kaynaklarıdır. 1 nolu sıcak su kaynağı çok sıcak sular, 2 ve 3 nolu sıcak su kaynakları ılık sular sınıfındadır.

Sıcak su kaynaklarının kimyasal analizi sonucunda Ca<sup>++</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonlarının baskın olduğu belirlenmiştir. Suların kalsite doygun olmadığı saptanmıştır.

Çalışılan sıcak sular meteorik kökenlidir. Meteorik sular derinlere sızarak jeotermik gradyanla ısınmışlardır. Isınan bu sular Ayder granitoyidinin çatlaklarında birikmiş ve karşılaştıkları fay zonundan yükselerek yüzeye ulaşmışlardır.

Sıcak su kaynakları toplam çözünmüş madde miktarı ve sıcaklığına göre düşük ısılı jeotermal kaynaklar sınıfındadır.

Kaplıca kaynaklarının dış etkilerle kirlenmesini önlemek için birbirini çevreleyen üç korunma bölgesi önerilmiştir.

## SUMMARY

For the purpose of the investigation of recharge, origin, physico-chemical properties and geothermal energy resources of Ayder Hot Springs, geological map of an area covering approximately 40 km.<sup>2</sup> in the scale of 1/25.000 has been prepared.

The oldest unit in the study area is Hemşindere Formation. These are intruded by Ayder granitoid causing metamorphism along the contact. Dolerites cutting the Ayder granitoid is typical with smaller out crops.

In the investigation area, hot springs leaking from a fault that is approximately E-W direction in the Ayder granitoid found. It has been concluded that the Hemşindere Formation have been subjected to a compressional stress in direction of N 03 W while the Ayder granitoid was effected by a compressional force in a N 15 E direction.

There are a lot of contact and depression cold springs in the form of leaking together with hot springs in the study area and especially in the region of Ayder Hot Spring.

The temperatures and yield of hot springs change between 33°C-47°C and 0,5-2 l/sec. respectively. On the basis of chemical analysis, the amount of the total dissolved matter in the hot springs change between 103,7-140,6 mg/l.

The studied hot springs are fault and fracture spring. Hot springs are classified as hyperthermal and epithermal spring.

Although the dominant ionic pairs are  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{HCO}_3^-$  the hot springs are not saturated to calcite.

The studied hot springs are meteoric waters heated by geothermal gradient. Heated waters accumulated in the fractures of Ayder granitoid and they risen to the surface along the fault zone.

According to the total dissolved matter and temperatures, the hot springs may be classified as low temperature geothermal energy resources.

Three protection regions have been proposed to prevent the pollution of hot springs with the foreign effects.

## BÖLÜM 1

### GENEL BİLGİLER

#### 1.1. COĞRAFİK KONUM

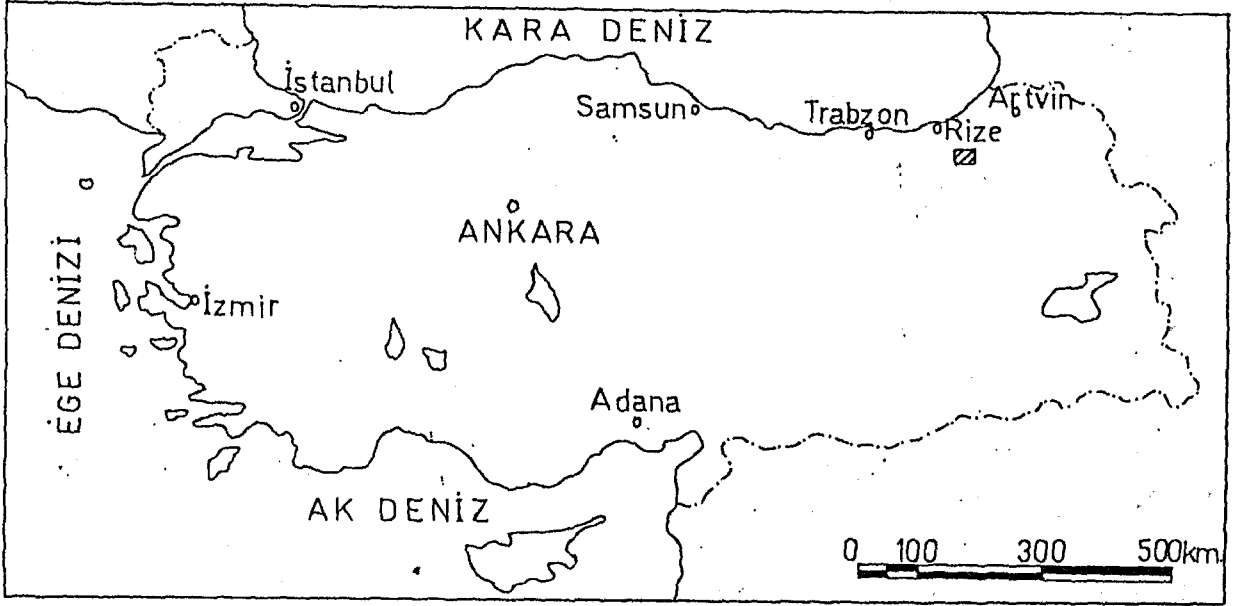
İnceleme alanı olan Ayder Kaplıcası, Rize İli'ne bağlı Çamlıhemşin İlçesi sınırları içinde ve Fırtına Deresi'nin bir kolu olan Kavron Deresi vadisinde yer almaktadır. Çalışma alanı 1/25 000 ölçekli Tortum G46-a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> ve Artvin F46-d<sub>4</sub> paftalarında yaklaşık 40 km<sup>2</sup>.lik alanı kaplamaktadır (Şekil-1.1a, b.). Ayder Kaplıcası Çamlıhemşin'e 17 km., Rize'ye ise 85 km. uzaklıktadır.

#### 1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

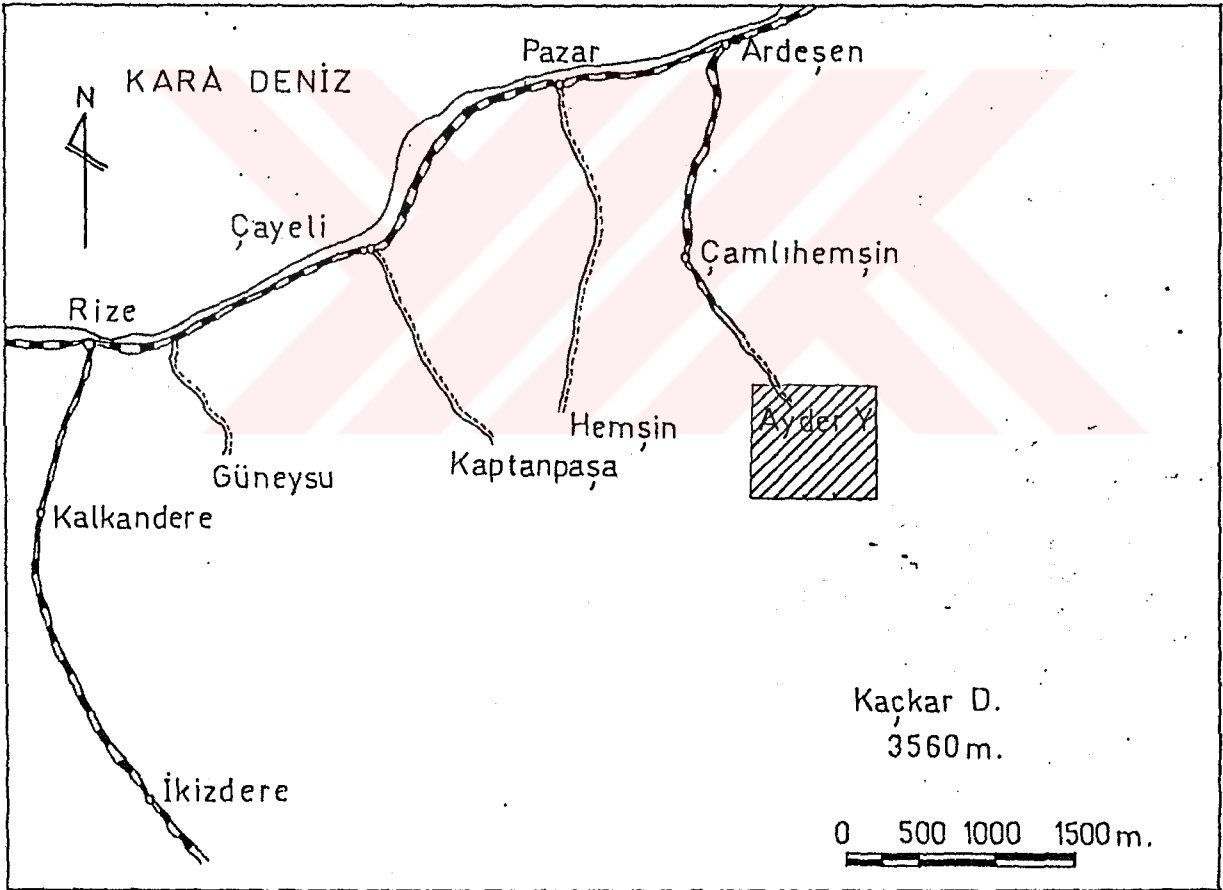
Bölgede her mevsim bol yağışlı Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bölge yüksek nem oranı ve bol yağış sonucu sık ve yüksek ağaçlı ormanlarla kaplıdır.

Çamlıhemşin İlçesi'nde meteoroloji rasat istasyonu bulunmadığı için meteorolojik veriler çalışma alanına en yakın rasat istasyonu olan Pazar Meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Ayrıca Meteoroloji Bülteni, Sulama ve Drenaj (DSİ)'den alınan veriler yardımıyla bölgeye ait aylık potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) değerleri Penman yöntemiyle hesaplanmıştır (Tablo-1.1).

Bu tabloya göre yörede en yağışlı ay 239,85 mm. ile Ekim en kurak ay ise 78,49 mm. ile Mayıs ayıdır. Ortalama sıcaklık değerlerine göre en sıcak ay 25,34 C ile Ağustos, en soğuk ay ise 10,26 C ile Ocak ayıdır. En yüksek buharlaşma-terleme değeri 113,46 mm. ile Temmuz, en düşük buharlaşma-terleme değeri ise 14,57 mm. ile Ocak ayındadır.



(a)



(b)

Şekil-1.1. Yer Bulduru Haritası.



o-1.1 Sıcaklık, yağış ve potansiyel buharlaşma-terleme değerleri.

	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
aklık	10.26	10.65	11.75	15.07	19.16	23.37	24.67	25.34	23.18	19.64	15.99	12.46	17.63
ğış	165	143.71	123.74	86.85	78.49	149.89	128.25	140.72	207.5	239.85	227.71	217.96	1909.66
)	14.57	21.56	40.92	70.50	98.58	116.10	113.46	107.26	72.6	46.5	28.5	11.16	741.71

### 1.3. TOPOĞRAFYA VE AKARSULAR

Çalışma alanı oldukça engebeli bir morfolojiye sahiptir. Ayder Kaplıca kaynaklarının bulunduğu vadi oldukça dik yamaçlardan oluşmaktadır. Özellikle vadinin güney yamacında eğim yaklaşık 90°'e varmaktadır. Vadinin kuzey yamacında eğim daha düşüktür ve genişliği yaklaşık 50-100 m.'ye varan vadi boyunca uzanan az eğimli alanlar bulunmaktadır.

Ayder Yerleşim alanının denizden yüksekliği 1250 m.'dir. Kuzey yamacı oluşturan Seyran Tepe'nin yüksekliği 2451 m., güney yamaçtaki Parnağın Deresi'nin başlangıç noktası ise 2450 m.'dir.

İnceleme alanındaki en önemli akarsu Fırtına Deresi'nin bir kolu olan Kavron Deresi'dir. Ayrıca Kavron Deresi'ne dökülen çok sayıda küçük dereler bulunmaktadır. Bunlardan vadinin güney yamacında bulunanlar Parnağın, Sasut, Salkaban ve Bebedes dereleridir. Kuzey yamaçtaki dereler ise Inceçağıl Pohbadut ve Tart dereleridir.

Ayder yerleşim alanında içme suyu şebekesi yoktur. Yöredeki kaynaklardan alınan su, yerleşmenin çeşitli yerlerindeki çeşmelere ve otellere aktarılmıştır.

#### 1.4. ULAŞIM VE YERLEŞİM DURUMU

Ayder Kaplıcası'na ulaşım genellikle yaz sezonunda Nisan ve Kasım ayları arasında yapılmaktadır. Bu sezonda ulaşım Rize'nin Pazar İlçesi'nden sağlanmaktadır. Ulaşım Çamlıhemşin'e kadar asfalt yolla, Çamlıhemşinden sonra ise 17 km.'lik stabilize köy yolu ile sağlanmaktadır. Bu yol Ayder Yerleşmesi'nden sonra Kavron Deresi boyunca Kavron ve Ceymakcur Yaylaları'na kadar devam etmektedir.

Bölgedeki başlıca yerleşim yerleri Kaplıca Köyü, Ayder ve Hüser Yaylalarıdır. Bu yaylalardaki yerleşim sadece yaz aylarında olmaktadır.



## BÖLÜM 2

### GENEL JEOLJİ

#### 2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bölgede önceki yıllarda çeşitli amaçlar için yapılmış bir çok jeolojik çalışma bulunmaktadır.

BAYKAL, (1949) "Of-Rize-Pazar Kıyıdağları Hakkındaki Rapor" başlıklı çalışmasında, Rize Cimil Dağları'ndan doğuya doğru bir plütonun bulunduğunu ayrıca Cimil Dağları ile Karadeniz sahili arasında başka bir plütonun var olduğunu ve bu plütonların kenarlarından itibaren gelişmiş Üst Kretase yaşlı Andezitik lav ve tüflerle örtülü olduğunu belirtmektedir.

PEHLIVAN, (1971) "Ardeşen-Çamlıhemşin-Hemşin-Arasının Jeolojik Raporu" başlıklı çalışmasında, Tersiyer yaşlı granit ve gabro gibi derinlik kayaçlarının volkanik kayaçları keserek bugünkü konumunu aldığını belirtmektedir.

KARTAL, (1972) "Rize Ayder Kaplıcasına ait Hidrojeolojik Rapor" adlı çalışmasında, çalışma alanında yer alan magmatik kayaçların, uzun süre devam eden bir magmatizmanın ürünü olduğunu ve bu kayaçların magmatik diferansiasyona bağlı olarak oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca çalışma alanındaki volkanik kayaçların, magmatik kayaçlardan daha önce oluştuğunu ve bunların granit-granodiyorit intrüzyonları tarafından metamorfizmaya uğratıldığını belirtmiştir.

Türkiye Maden Suları İ.Ü., (1975) İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Kürsüsü, Cilt 5, Yurdumuzun kaplıca ve maden suları ile ilgili yapılan envanter çalışmaları arasında Ayder Kaplıcaları'nın fiziko-kimyasal özellikleri ve sağlık etkisi hakkında bilgiler verilmektedir.

EROĞLU, (1982) "Rize-Ardeşen-Çamlıhemşin Yöresinin 1/25000 ölçekli Jeoloji Raporu"nda Tortum G46-a1 paftasının kuzeybatısının granit olduğunu belirtmiştir.

GÜNER ve diğ. (1983) "Rize-Çayeli-Fındıklı Yöresinin Jeoloji Raporu" başlıklı çalışmada bölgedeki granitik kayaların Üst Kretase yaşlı serileri katetmiş olarak bulduklarını, bu kayalar içindeki bazik anklavların varlığının intrüzif granitlerin yaşının Üst Kretase'den daha genç yani Tersiyer olabileceğini ortaya koyduğunu belirtmektedir.

ÇETİNER ve diğ. (1987) "Rize Çamlıhemşin Ayder Kaplıcası AK-2 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu ve Korunma Alanları Etüdü" başlıklı çalışmada granit-granodiyorit gibi magmatik kayaların, andezit-bazalt gibi volkanik kayaları kestiği ve dokanağında metamorfizmaya uğrattığı belirtilmiştir. Ayrıca jeoloji ve hidrojeoloji özellikler gözönünde bulundurularak kaplıca kaynaklarının korunma alanlarını belirlemişlerdir. AK-2 sondajı ve kaplıca kaynaklarının fiziko-kimyasal özellikleri hakkında bilgiler verilmektedir.

KORKMAZ ve GEDİK, (1988) Bölgede yaptıkları çalışmada, Hemşindere Formasyonu olarak isimlendirdikleri Üst Kretase yaşlı, yer yer kırmızı kireçtaşı, kumtaşı ve marn arakatmanları içeren andezit-bazalt, dasit lav ve piroklastiklerinden oluşan birimin yer yer granit, granodiyorit, kuvarslı diyorit, gabro ve doleritler tarafından kesildiğini belirtmişlerdir.

KIRCALI ve YÜKSEL, (1987) "Rize-Ayder Kaplıcası Turizm Turizm Merkezi İmar Uygulama Planı Açıklama Raporu"nda kaplıca turizminin ve günübirlik konaklamanın geliştirilmesi amacıyla kaplıca kaynaklarının korunma zonları da dikkate alınarak imar uygulama planı yapılmıştır.

M.T.A., (1988) "Artvin-Yusufeli, Rize-Ardeşen-Çamlıhemşin Yörelere 1/25 000 ölçekli Jeoloji Raporu"nda Artvin F46- d4 paftasındaki andezit-bazalt lav ve piroklastiklerinin Üst Kretase yaşlı olduğu belirtilmektedir.

## 2.2.STRATIGRAFI VE PETROGRAFI

### 2.2.1. Giriş

Ayder (Çamlıhemşin-Rize) Kaplıca kaynaklarının hidrojeoloji çalışmasında bu kaynakların beslenme, köken ve fiziko-kimyasal özelliklerinin araştırılması amacıyla yaklaşık 40 km<sup>2</sup>.'lik bir alanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

Alınan örneklerden yapılan ince kesitlerin incelenmesiyle kayaç birimlerinin özellikleri saptanmış ve harita üzerinde gerekli denestirmeler yapılmıştır.

Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda inceleme alanında dört birim ayırtlanmıştır. Bu birimlerin stratigrafik dizilişi yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir (Şekil-2.1).

- Hemşindere formasyonu
- Ayder granitoyidi
- Dolerit
- Yamaç molozu

### 2.2.2. Hemşindere Formasyonu

Korkmaz ve Gedik (1987), bölgede yaptıkları çalışmada, Üst Kretase yaşlı yer yer kırmızı kireçtaşı, kumtaşı ve marn arakatmanları içeren andezit-bazalt, dasit lav ve piroklastiklerinden oluşan birimi Hemşindere Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Bu çalışmada da andezit bazalt lavlar için aynı adlandırma kullanılmıştır.

Çalışma alanının en yaşlı birimini oluşturan bu formasyon Ayder-Çamlıhemşin karayolunun 7. km.'sinden kuzeye doğru yüzeylenmektedir. Ayder granitoyidi tarafından metamorfizmaya uğratılan Hemşindere formasyonu inceleme alanında Karasal Sırt ve Kaplıca Köylerinde yüzeylenme vermektedir. Bu iki birim arasındaki dokanak Tart Dere ile Karasal Tepe arasında gözlenmektedir (Ek-1). Burada daha bazik bir intrüzyon ile granodiyoritik ünite arasında, asit magmaya yakın kısımlarda metazomatik reaksiyonlar sonucu kontakt metamorfik andezitler

ZAMAN		DEVİR		KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK		TERSIYER				
MESOZYİK		KRETASE		?	+	Hemşindere Formasyonu Andezit-bazalt lav
		ÜST KRETASE				
		EÖSEN		?	+	Ayder Granitoyidi granit-granodiyorit- mikrogranit
		ÜST EÖSEN				
		OLİGOSEN		?	+	Dolerit
		MİYOSEN				
		KUVATER		11 m.	Δ	Yamaç Molozu
		NER			○	

Şekil-2.1. Ayder (Çamlıhemşin-Rize) ve çevresinin dikme kesiti.

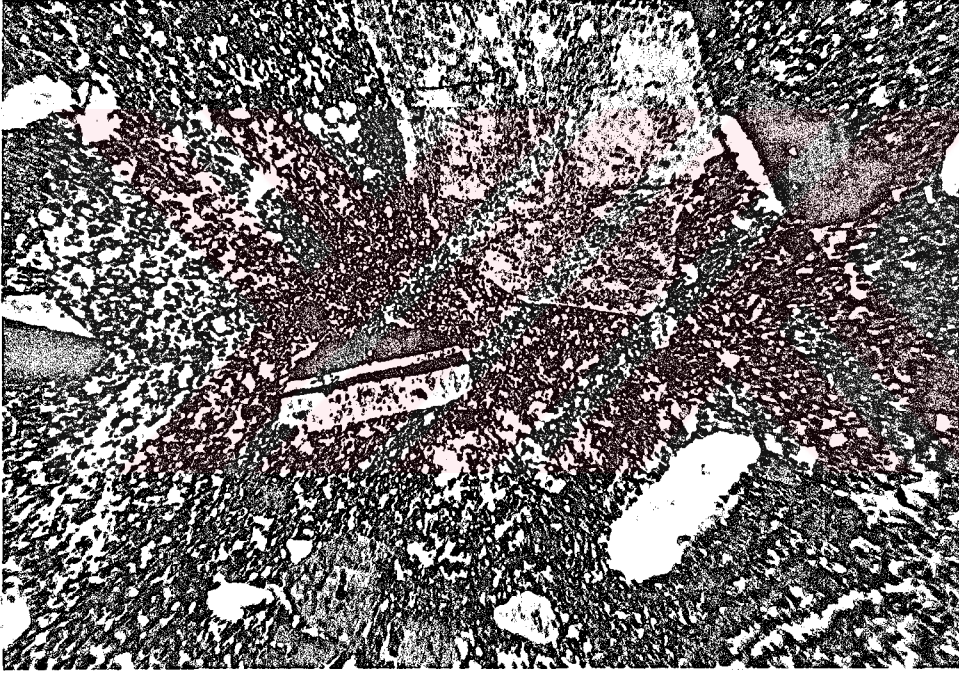
meydana gelmiştir (Kartal, 1972).

Hemşindere formasyonunun tabanı çalışma alanında gözlenmemektedir (Ek-2).

Taze yüzü siyah olan bu lavlar, arazide koyu gri renklidir ve ayrışma az miktardadır. Oldukça çatlaklı olan bu birimde üç yönde gelişmiş çatlaklar gözlenmektedir. Çatlak ara uzaklıkları 10 cm. ile 50 cm. arasında değişmekte ve çatlaklar dolgusuzdur.

Hemşindere formasyonuna ait ince kesitlerin mikroskopik incelenmesinden aşağıdaki özellik ve mineraller belirlenmiştir.

Genellikle mikrolitik porfirik strüktür göstermektedirler (Şekil-2.2).



0 1 mm

Şekil-2.2. Hemşindere formasyonundaki andezit-bazalt lavlarda görülen mikrolitik porfirik strüktür. Ç. N.

Plajiyoklas: Öz ve yarı özşekilli iri kristaller ve mikrolitler şeklinde gözlenmektedirler. Iri kristaller yer yer zonlanma göstermektedirler. Ayrışmanın etkisiyle az miktarda kloritleşme göstermektedirler. Sönme açıları yardımıyla yapılan ölçümlerle plajiyoklas cinsi andezin (%45 An) olarak

belirlenmiştir.

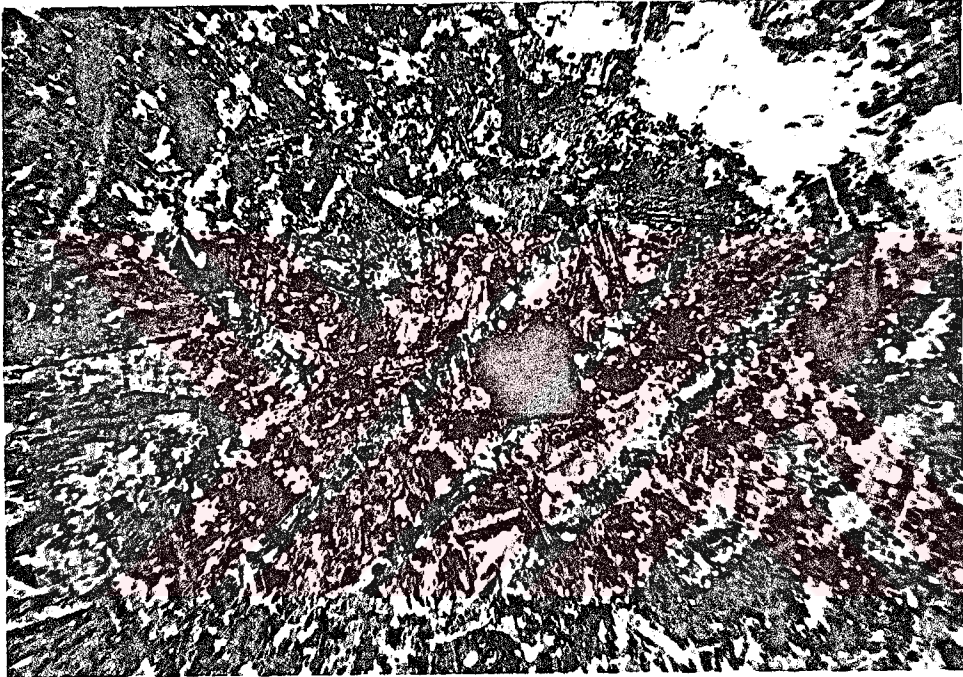
Biyotit: Yarı özşekilli lameller şeklinde gözlenmektedir.

Klorit: Oldukça az miktarda plajiyoklasların ayrışma ürünü olarak gözlenmektedir.

Apatit: Çok küçük çubuklar şeklinde hamurda gözlenmektedir.

Opak Mineral: Değişik şekillerde ve kayaç içine saçılmış olarak görülmektedir.

Hamur: Genellikle plajiyoklas mikrolitlerinden ve opak mineral tanelerinden oluşmaktadır (şekil-2.3).



Şekil-2.3. Hemşindere formasyonundaki andezit-bazalt lavlarda plajiyoklas mikrolitlerinden oluşan hamur. Ç. N.

Hemşindere formasyonunun yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Korkmaz ve Gedik, 1987).

### 2.2.3. Ayder Granitoyidi

Yer yer granit yer yer granodiyorit olarak yüzeylenen bu birim Ayder Yerleşim alanından dolayı Ayder granitoyidi



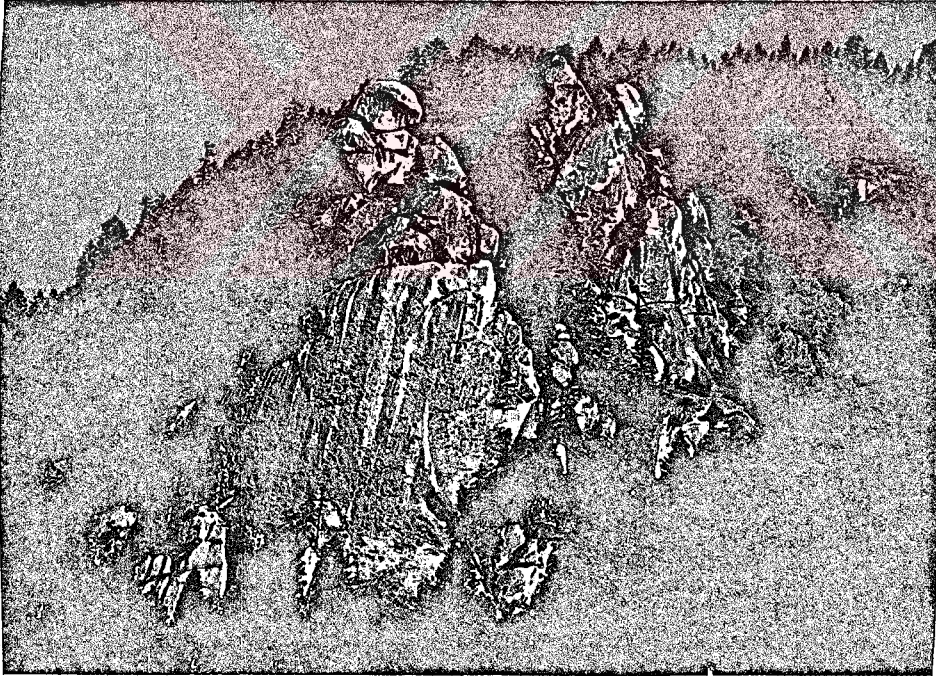
olarak isimlendirilmiştir.

Inceleme alanında oldukça geniş yayılım gösteren bu birim Gürvani, Havmay ve Inceçağıl Sırtlarında, Seyran ve Karasal Tepe'de ve Tıkça Yaylasında yüzeyleme vermektedir (Ek-1). Bu yüzeyleme inceleme alanının güneyine doğru devam etmektedir.

Ayder granitoyidi, Hemşindere formasyonunu kesmektedir. Bunlarla olan dokanağı Tart Dere ile Karasal Tepe arasında gözlenmektedir.

Inceleme alanında çoğunlukla granit-granodiyorit olarak yüzeylenen bu sokulumun andezitlerle dokanak yapan kenar kısımlarında mikrogranitler yüzeylemektedir. Bu birimi dayklar şeklinde kesen doleritlerle olan dokanağında ise kuvarslı mikrodiyoritler yüzeylemektedir.

Ayder granitoyidi arazide genellikle açık gri renk tonuyla belirgindir (Şekil-2.4).



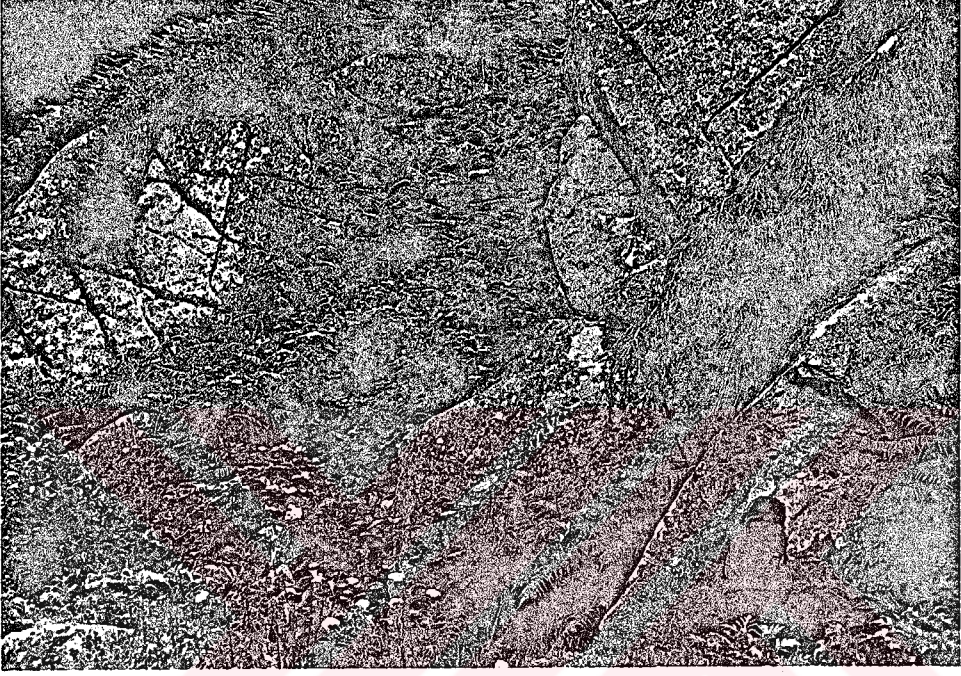
Şekil-2.4. Ayder granitoyidinin genel görünüşü.

Ayder Yerleşim alanınının 1 km. güneydoğusu.

Makroskobik örneklerde pembe renkli iri ortoklas taneleri ve biyotitler dikkati çekmektedir. Ayrışmış kısımlar ise killeşmiş sarımtırak gri renkli bir materyal haline

gelmiştir. Bu materyal içerisinde öz ve yarı özşekilli ortoklas kristalleri bulunmaktadır. Bu kristallerin boyutları 0.5 cm.'den 4 cm.'ye kadar değişmektedir.

Ayrışmamış kısımlarda oldukça fazla üç yönde gelişmiş çatlaklar gözlenmektedir (Şekil-2.5).



Şekil-2.5. Ayder granitoidinde gözlenen değişik yönlerde gelişmiş çatlaklar. Ayder-Yalancı Yayla yolunun 3. km.'sinden.

Çatlak ara uzaklıkları 5 cm.'den 1m.'ye kadar değişmektedir. Çatlaklı olmasından dolayı yer yer iri bloklar görülmektedir.

Mikroskobik incelemelerde bu kayaların genellikle taneli strüktür gösterdiği bazı örneklerde ise mikropegmatitik strüktür gösterdiği gözlenmektedir (Şekil-2.6, 2.7).

Ayder granitoidine ait ince kesitlerin mikroskobik incelemeleri sonucu aşağıdaki mineraller belirlenmiştir:

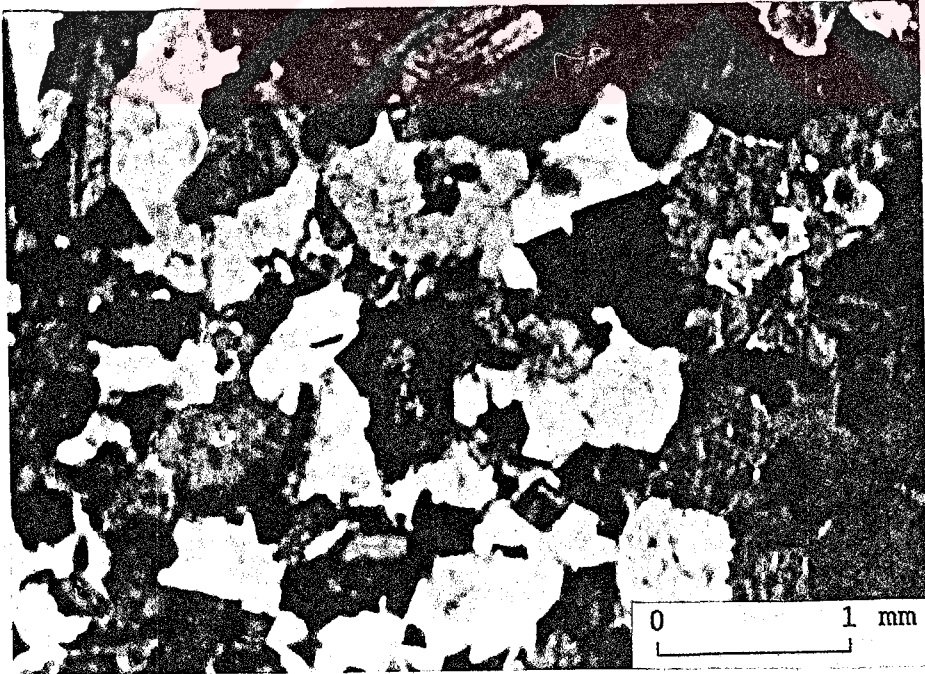
**Kuars:** Alkali feldispat ve plajiyoklas minerallerinin aralarını doldurmakta ve özşekilsiz taneler halinde bulunmaktadır. Kayaç içerisinde yaklaşık %30 hacim oranına sahiptir.

**Alkali Feldispat:** Çoğunluğu ortoklas oluşturmaktadır. Az

miktarda mikroklin gözlenmektedir. Ortoklaslar genellikle yarı özşekilli kristaller şeklindedir. Yer yer pertitik yapı göstermektedirler. Ayrışma ürünleri kil, klorit, serisit ve epidot mineralleridir.

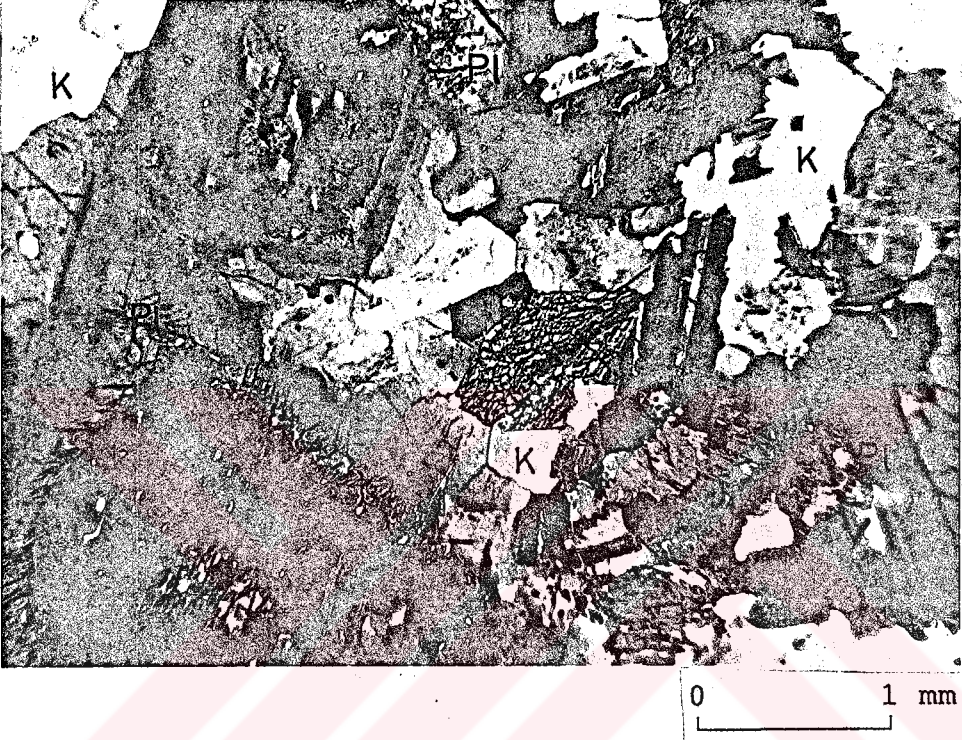


Şekil-2.6. Ayder granitoidindeki granodiyoritlerde gözlenen taneli yapı. K: Kuvars, B: Biotit. Ç. N.



Şekil- 2.7. Ayder granitoidindeki mikrogranitlerde gözlenen mikrogafik yapı. Ç. N.

Plajiyoklaslar: Bazı örneklerde alkali feldispata eşit oranda bulunurken bazı örneklerde daha az oranda bulunmaktadır. Öz ve yarı özşekilli kristaller şeklinde görülmektedirler. Yer yer zonlanma göstermektedirler (şekil-2.8). 010'a dik kesitlerde sönme açıları yardımıyla yapılan tayinlerden plajiyoklas cinsi andezin (%35-40 An) olduğu saptanmıştır.



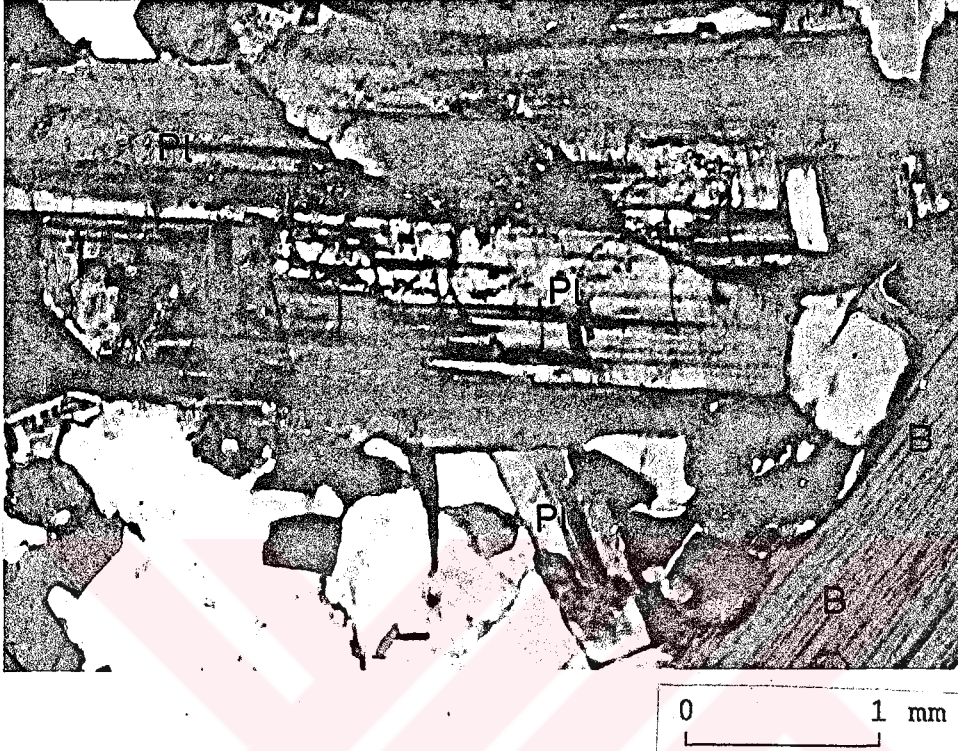
Şekil-2.8. Ayder granitoidindeki granitlerde gözlenen zonlu plajiyoklaslar. K:Kuvars, Pl:Plajiyoklas. Ç. N.

Hornblend: Genellikle yarı özşekili, bazen de özşekilli kristaller şeklinde gözlenmektedir. Çoğunlukla iri lameller şeklinde görüldüğü gibi bazen de küçük ince lameller şeklinde gözlenmektedir.

Biyotit: Ferromagnezyen minerallerin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Yarı özşekilli taneler şeklinde gözlenmektedir, ayrışma ürünü klorittir (şekil-2.9).

Muskovit: Biyotite oranla oldukça az miktarda ve ince çubukumsu tanecikler şeklinde gözlenmektedir.

Klorit:Alkali feldispatların ayrışması sonucu gelişmiştir.



şekil-2.9. Ayder granitoyidindeki granitlerde biyotit ve plajiyoklasların görünüşü. B: Biyotit, Pl: Plajiyoklas. Ç. N.

Epidot: Küçük özşekilsiz taneler şeklinde ayrışma ürünü olarak alkali feldispat mineralleri içinde ve etrafında gözlenmektedir.

Sfen: Özşekilli taneler şeklinde ve biyotit kristalleri etrafında gözlenmektedir.

Apatit: Çok küçük çubukumsu tanecikler şeklinde bulunmaktadır.

Zirkon: Çok nadir olarak gözlenmekte ve oldukça küçük kristaller şeklindedir.

Opak Mineral: Irili ufaklı ve değişik şekillerde, genellikle dağılmış olarak yer yer de kümelenmiş olarak gözlenmektedir.

Türkiye'deki en büyük granitoyid kütlesi olan ve Ispir

Batolit'i diye adlandırılan bu kütle Erzurum-İspir İlçesi kuzeyinden başlayarak kuzey doğuya doğru uzanım gösterir (M.T.A., 1988).

"Rize Masifi" olarak da adlandırılan bu batolit elips şeklindedir. Kretase-Eosen yaşlı, volkanik fasiyesli formasyonlar içerisinde sokulmuş onları dokanaklarında termik değişikliğe uğratmıştır (Ketin, 1983).

Rize Plütону'nun petrolojik ve jeokronometrik olarak incelenmesi sonucu plütону oluşturan çok çeşitli kayaç türleri iki grupta toplanmaktadır. Bunlar;

a- Siyenogabro-Monzonit grubu

b- Granodiyorit-Kuvarsmonzonit-Granit grubu.

Bunlardan a-grubu kayaçlar plütонun güneyinde, b-grubu kayaçlar ise plütонun kuzey kesimlerinde yer almışlardır.

Plütонun sokulumu tek bir magmasal getirilim şeklinde olmamış, kristalleşme ve ayrışma (diferansiasyon) olayı güneyden kuzeye doğru gelişmiştir. Önce a-grubu daha sonra b-grubu sokulumu gerçekleşmiştir (Çoğulu, 1975).

Çeşitli araştırmacılar bu plütонun yaşının Üst Kretase olduğunu söylemesine rağmen bazı araştırmacılar da Üst Kretase yaşlı serileri kat ettiğinden dolayı daha genç yani Tersiyer olabileceğini söylemektedirler.

Batolitin değişik yerlerinden alınan örneklerden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinden plütонizma Kretase başlarında başlamış ve aralıklı olarak Oligosen ve Miyosen'e kadar devam etmiştir (B.M.P. Teknik- Rapor, 1974).

Ayrıca Çoğulu (1975), plütонun sokulum ve yerleşim yaşının 47 milyon yıl olduğunu bunun Orta-Üst Eosen dönemine rastladığını belirtmektedir.

Bu çalışmalara dayanılarak Ayder granitoidinin sokulum ve yerleşiminin Üst Kretase'de başlayıp Tersiyer'e kadar devam ettiği kabul edilmiştir.

#### 2.2.4. Dolerit

Ayder granitoyidi içinde dayklar şeklinde gözlenen doleritler Ayder-Çamlıhemşin karayolunun yaklaşık 3.km.'

sinde, Bebedes Deresi'nin Kavron Deresi'ne döküldüğü yerde yaklaşık 500 m. genişliğinde ve Gürvani Sırtlarında yaklaşık 500 m. genişliğinde yüzeylemektedir. Hüser Yaylası'nda ise biraz daha geniş alanda yüzeylemektedir.

Koyu renkli ve daha ince kristalli olmalarıyla Ayder granitoidinden kolaylıkla ayırteedilebilir.

Inceleme alanındaki diğer birimlere oranla daha az çatlaklıdırlar.

Mikroskobik incelemeler sonucunda bu birimin genellikle ofitik strüktür gösterdiği belirlenmiştir (Şekil-2.10). Bazı örneklerde ise yer yer pösilitik strüktüre geçiş gösterirler.



0 1 mm

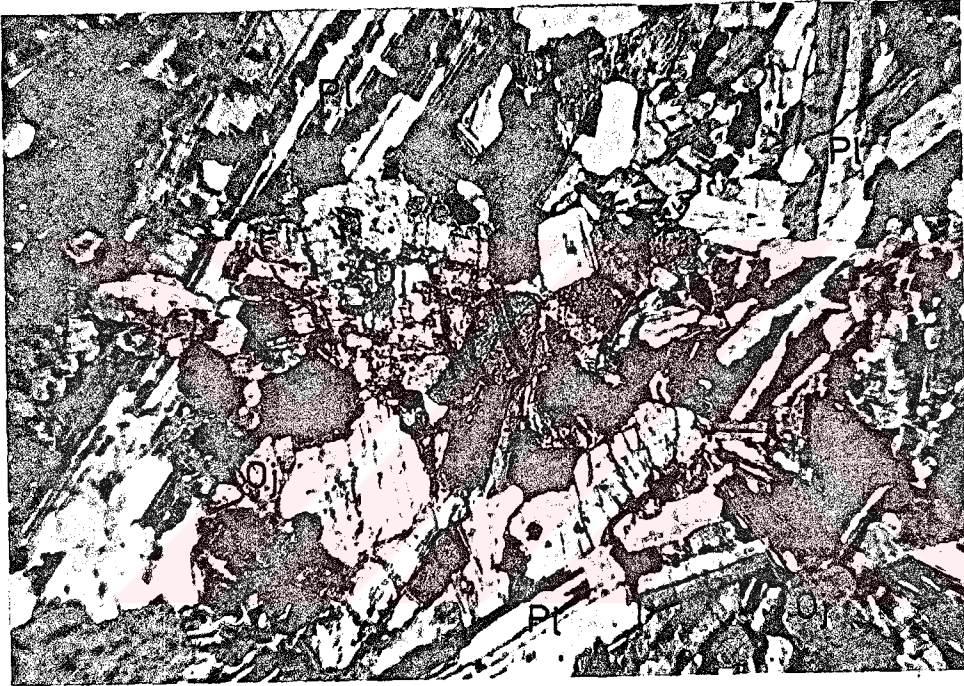
Şekil-2.10. Doleritlerde gözlenen ofitik strüktür. Ç. N.

Doleritlerden alınan örneklere ait incekesitlerin incelenmesi sonucu aşağıdaki mineraller belirlenmiştir.

Plajiyoklas: Yarı özşekilli taneler şeklindedir. İri kristallerde zonlanma gözlenmektedir. Küçük çubukumsu kristaller birbirine yaslanmış durumdadır (Şekil-2.11). Kısmen albitleşme göstermektedirler. Sönme açıları yardımıyla cinsi andezin-labrador (%50-60 An) olarak belirlenmiştir.

Alkali Feldispat: Genellikle ortoklas, az miktarda mikroklin gözlenmektedir. Ortoklaslar yer yer serizitleşme ve epidotlaşma göstermektedirler.

Piroksen: Bol miktarda ojit kristalleri yer yer de enstatit kristalleri gözlenmektedir. Ojitler plajiyoklas lamellerinin aralarını doldurmakta ve genellikle yarı özşekilli taneler olarak görülmektedirler.



Şekil-2.11. Doleritlerde birbirine yaslanmış plajiyoklaslar ve aralarını dolduran ojitler.  
Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit. Ç. N.

Hornblend: Genellikle yarı özşekillidir. Piroksenlerin etrafını çevrelemektedir ve uralitleşme gözlenmektedir. Yer yer de kloritleşmişlerdir.

Biyotit: İri lameller şeklinde yarı özşekilli kristaller halinde gözlenmektedir (Şekil-2.12).

Klorit: Ayrışma ürünü olarak hornblendlerin etrafında gözlenmektedir.

Epidot: Feldispatların ayrışma ürünü olarak çok küçük



tanecikler şeklinde gözlenmektedir.

Opak Mineral: Irili ufaklı ve değişik şekillerde kayacın her tarafına dağılmış olarak gözlenmektedir.



Şekil-2.12. Hornblend ve biyotitlerin görüldüğü dolerit.  
Ho: Hornblend, B: Biyotit. Ç. N.

Doleritler Ayder granitoyidi ile olan dokanaklarında daha ince kristalli, dokanaktan uzaklaştıkça daha iri kristallidirler. Bu da doleritlerin sokulumunun Ayder granitoyidinden daha sonra olduğunu ortaya koymaktadır. Yani doleritlerin sokulumu Eosen'den sonra gerçekleşmiştir.

#### 2.2.5. Yamaç Molozu

Bu birim Kavron Deresi boyunca ve Ayder Yerleşim alanının bulunduğu yerde genişleyen bir yüzeylenme vermektedir. Genişliği ise Inceçağıl Sırt'larından ve Hüser Yaylası eteklerinden başlayarak Kavron Deresi'ne kadar inmektedir.

Bu birim sarp yamaçlardan oluşan vadi tabanına

yükseklerden taşınan çakıl ve blok boyutundaki malzeme ile granitlerin ayrışması sonucu oluşmuş killi kum ve çakılların birikimi ile oluşmuştur.

Mehep Sırtı'nda çakıl ve irili ufaklı blokların birikmesiyle meydana gelen bu ayrık malzemede fosil heyelan belirtilerine rastlanır.

AK-2 sıcak su sondajının yaklaşık 500-600 m. batısında, Kavron Deresi'nin kuzey yamacında vadiye doğru ince taneli yamaç molozu içinde sızıntı şeklinde kaynakların bulunduğu fosil heyelanlar görülür.

## 2.3. YAPISAL JEOLOJİ

### 2.3.1. Giriş

Inceleme alanında yer alan Ayder granitoyidi, Rize Plütonu'nun bir bölümünü meydana getirmektedir. Plüton gibi domsal yapılar sokulum esnasında bir takım tektonik hareketlere neden olurlar.

Withjack ve Schfiner (1982), 'ye göre çoğu domsal yapılar faylanmışlardır. Bunu, sokulumu esnasındaki basınç ve çekme gerilmeleri önemli ölçüde etkilemektedir. Plütonlar sokulum esnasında basınç gerilmesine maruz kalmışsa elips şeklinde, çekme gerilmesine maruz kalmışsa dairesel şekil meydana getirirler. Elips şeklinde oluşan domsal yapılarda normal faylanmalar elipsin uzun eksenine paralel olarak gelişirken, dairesel yapılarda radyal olarak gelişir.

Inceleme alanındaki sokulumun genel şekli elipstir. Bu da plütonun sokulumu esnasında basınç gerilmeleri etkisinde kaldığını göstermektedir.

Granit tektoniği plastik faz ve rijid faz olmak üzere iki ayrı fazda gerçekleşir. Plastik fazın elemanları sistozite, akıcı yapılar, farklılaşmış düzensiz zonlar ve yassı anklav topluluklarıdır. Rijit fazda ise klivaj ve eklemler sözkonusudur. Granitin genel kırıklanması kristalleşme hemen biter bitmez meydana gelmektedir. Genellikle yüksekliği genişliğinden çok küçük kubbe şeklindeki

sokulumlarda, kubbenin üzerinde kubbenin eksenine paralel eklem sistemi bir yelpaze gibi sıralanır (Cloos, 1929).

Çalışma alanındaki plütonda plastik fazın elemanlarına rastlanmamıştır. Ancak çatlak ve fay gibi kırıklı yapılar gözlenmektedir.

### 2.3.2. Faylar

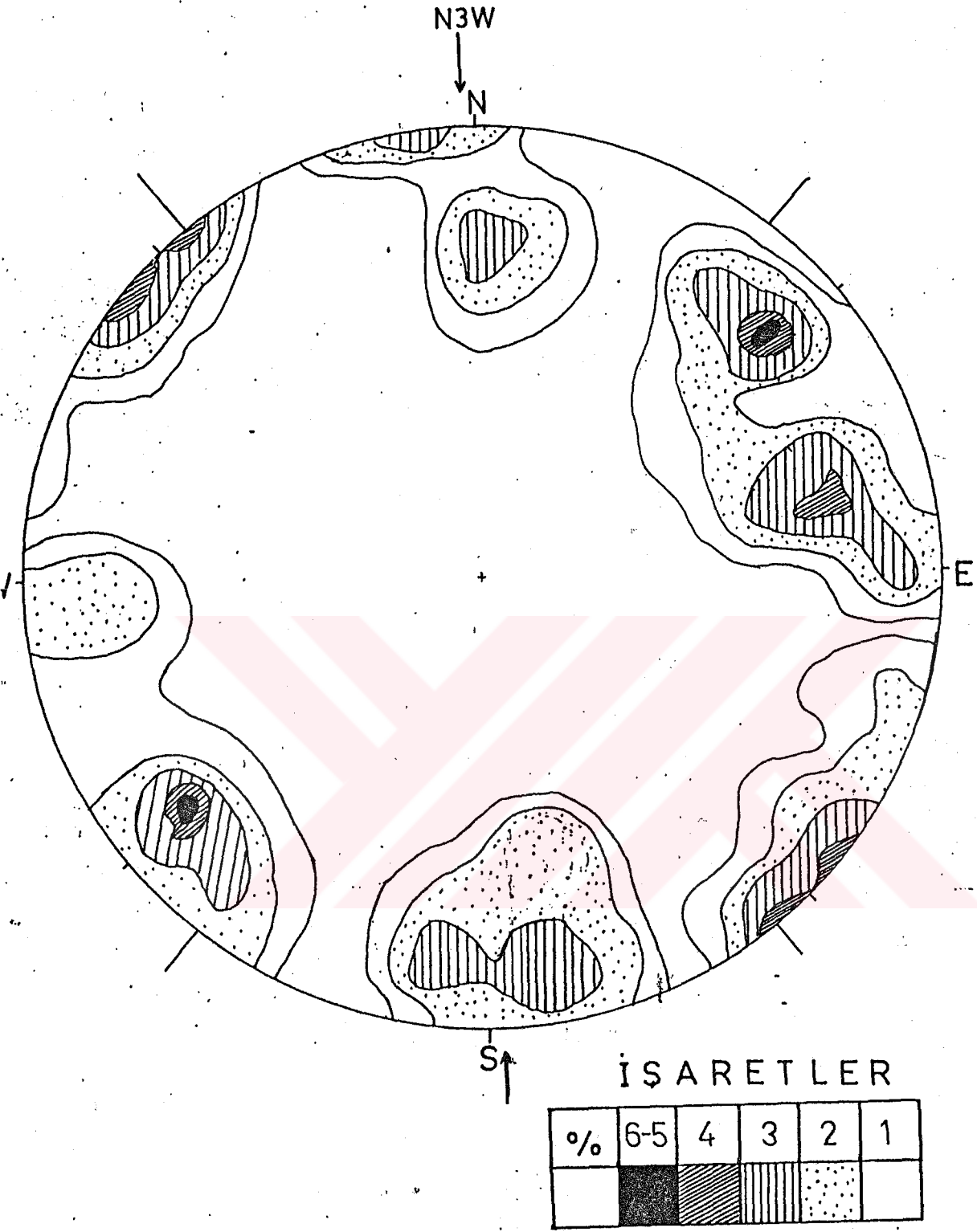
Inceleme alanında üzerinde sıcak su kaynaklarının bulunduğu E-W doğrultulu bir fay gözlenmektedir. Plütonun şekli ile karşılaştırırsak elipsin uzun eksenine paraleldir.

Fayın eğimi jeolojik kesitlerden yaklaşık olarak 28 N olarak belirlenmiştir.

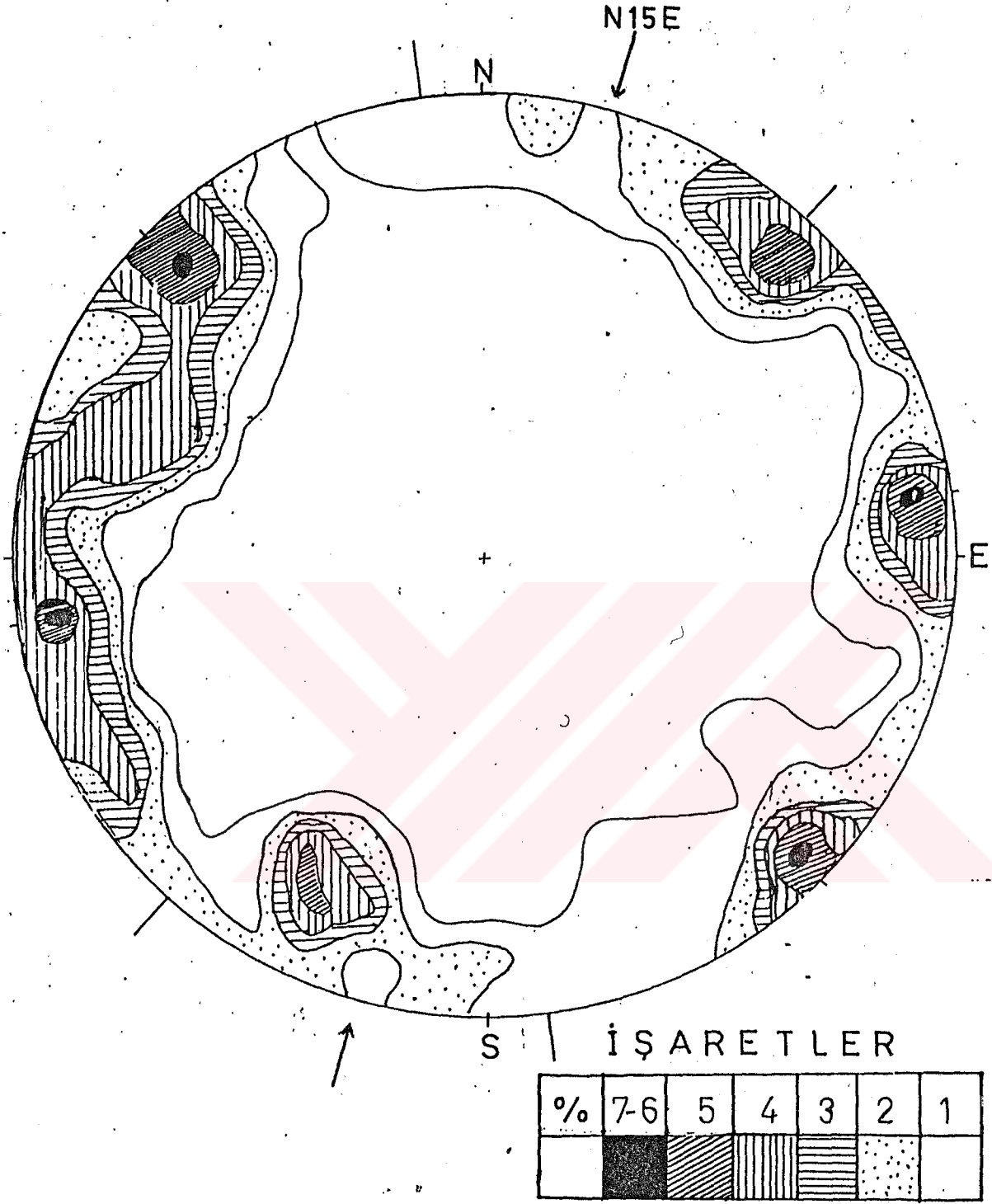
### 2.3.3. Çatlaklar

Inceleme alanındaki birimler oldukça çatlaklıdır. Hemşindere formasyonundan alınan 55 ölçüm için kontur diyagramı hazırlanmıştır (Şekil-2.13). Bu diyagramın incelenmesinden çalışma alanında iki çatlak takımının geliştiği görülmektedir. Bu çatlak takımlarının yönleri N 44 W ve N 40 E'dir. Bu değerlere göre bu birimi etkileyen basınç gerilmesi N 03 W yönündedir.

Ayder granitoidinden alınan 100 çatlak ölçüsü için hazırlanan kontur diyagramından başlıca çatlak yönleri N08 W ve N 48 E olarak belirlenmiş ve birim N 15 E yönlü basınç gerilmesinin etkisinde kalmıştır (Şekil-2.14).



Şekil-2.13. Hemşindere formasyonundan alınan 55 çatlak ölçüsü için hazırlanmış kontur diyagramı.



Şekil-2.14. Ayder granitoidinden 100 çatlak ölçüsü için hazırlanmış kontur diyagramı.

## BÖLÜM 3

### HİDROJEOLOJİ

#### 3.1.GİRİŞ

Bu çalışma da, yörede gözlenen sıcak su kaynakları üzerinde durulmuş ve bunların köken, beslenim ve fiziko-kimyasal özellikleri araştırılmıştır.

Çalışma alanında genellikle magmatik ve volkanik kayalar yer almaktadır. Ayder Yerleşmesi'nin bulunduğu alanda ise yaklaşık 11 m. kalınlığında yamaç molozu yüzeylemektedir.

Yamaç molozunda, bir kısmı Kavron Deresi'ne yakın, bir kısmı da yerleşim yeri ve daha yüksek kotlarda yer alan birçok soğuk su kaynakları bulunmaktadır. Bunlardan Kavron Deresi'ne yakın olanlar "kontakt kaynakları", yüksek kotlarda olanlar ise "depresyon kaynakları" dır (Fetter, 1980).

Kontakt kaynaklar genellikle sızıntı şeklindedir ve debileri 0,04-0,06 l/sn arasındadır.

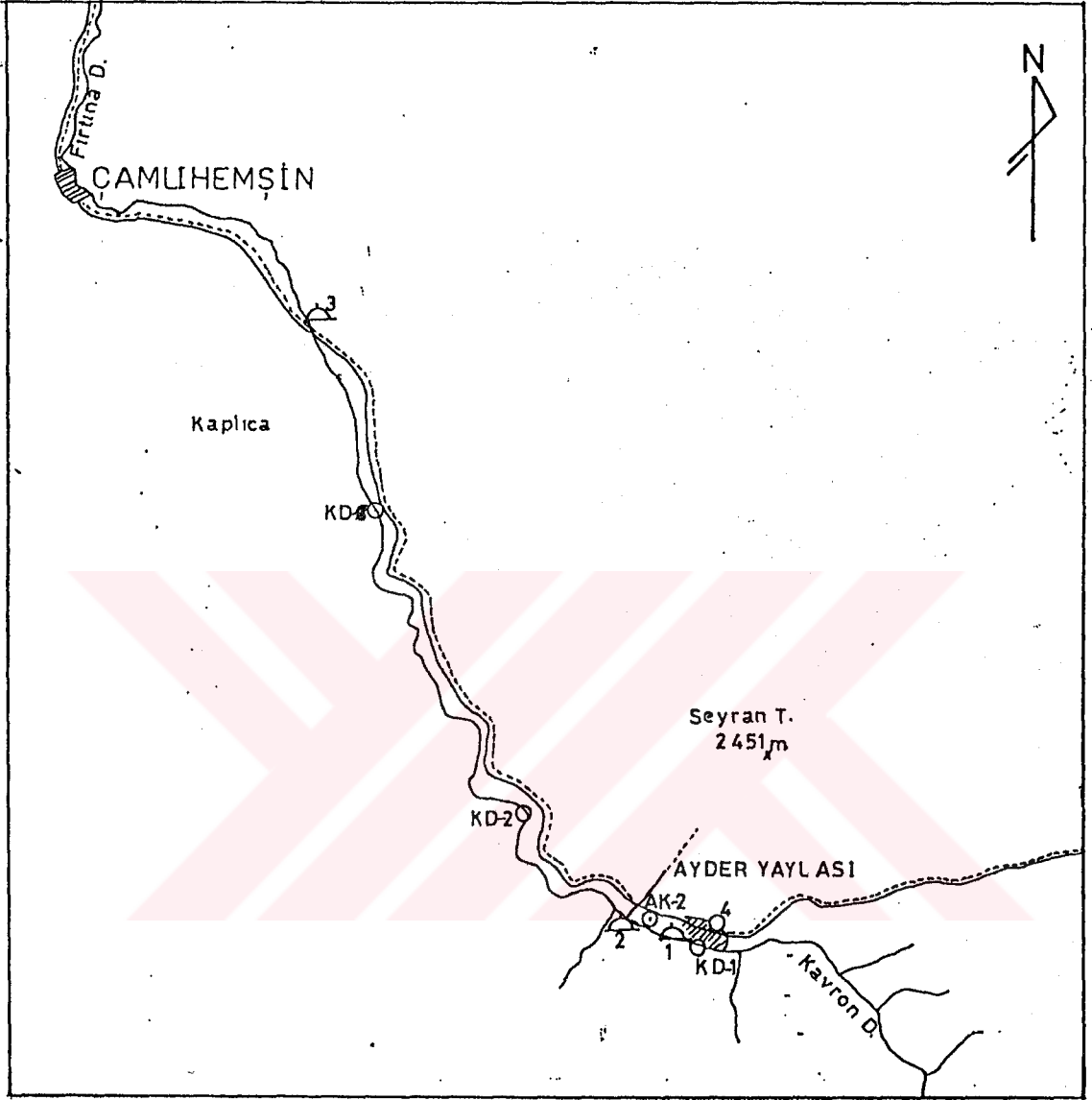
Depresyon kaynaklarının debileri ise 0,5-1 l/sn arasında değişmektedir. Bu kaynakların, debisi yüksek olanlardan alınan sular, yerleşmenin çeşitli yerlerindeki çeşmelere getirilmiş ve içme suyu kullanımına sunulmuştur.

Sözü edilen kaynakların sıcaklıkları Ekim 1989 tarihinde yapılan ölçümlere göre 6-8°C, Temmuz 1990 tarihinde yapılan ölçümlere göre ise 10-11°C arasındadır.

#### 3.2. SICAK SU KAYNAKLARI

İnceleme alanında yer alan sıcak su kaynakları Kavron Deresi'nin karşılıklı iki kenarında yer almaktadır (Şekil-3.1).

# KİMYASAL ANALİZİ YAPILAN SU ÖRNEKLERİNİN YER BULDURU HARİTASI



## İŞARETLER

ÖLÇEK: 1/100.000

	AK 2 Sıcaksu sondajı
	Sıcaksu kaynakları
	Hoşsu çeşmesi
	Kavron Deresi-1-2-3

Şekil-3.1. Analizi yapılan sıcak su kaynaklarının yer bulduru haritası.

Esas kaplıca kaynağı (1 nolu sıcak su kaynağı) Ayder Yerleşmesi mevkiinde Kavron Deresi'nin kuzey yamacında dereye yaklaşık 3 m. uzaklıkta bir taş örme havuzun dibinden çıkmaktadır. Havuzun üzeri kemerli bir yapı ile örtülmüş ve bir hamam özelliği kazanmıştır. Suyun sıcaklığı Ekim 1989 ve Temmuz 1990 tarihlerinde 47°C olarak ölçülmüştür. Sıcak su havuzun dibinden bir kaç gözeden geldiği ve havuza dışardan su getirildiği için debisi sağlıklı olarak ölçülememiştir. Ancak M.T.A.'nın 1986'da yapmış olduğu ölçümlere göre debisi 0,5 l/sn'dir.

Kavron Deresi'nin güney yamacındaki kaplıca kaynağı (2 nolu sıcak su kaynağı) 1 nolu sıcak su kaynağından 300 m. batıdadır. Sıcak su çıktığı yerden hemen borulara aktarılarak iki ayrı çeşmeden akıtılmaktadır. Bir havuza akan bu çeşmeler bir hamamın içindedir. Bu kaynağın sıcaklığı Ekim 1989 tarihinde 32°C, Temmuz 1990 tarihinde ise 34°C olarak ölçülmüştür. Kaynağın debisi yaklaşık 2 l/sn'dir. Bir başka sıcak su kaynağı ise Çamlıhemşin-Ayder karayolunun 3.5 km. sinde Fırtına Deresi'nin doğu yamacında derenin hemen yanında andezit-bazalt lavların çatlaklarından çıkmaktadır (3 nolu sıcak su kaynağı). Sıcak su birkaç kaynaktan sızarak geldiği için debi ölçümü sağlıklı olarak yapılamamıştır. Ancak yaklaşık 0,5 l/sn civarındadır.

Sözü edilen sıcak su kaynaklarının debisi, kaplıcanın geliştirilmesi için yeterli olmadığından Rize Valiliği'nin girişimi üzerine M.T.A. Genel Müdürlüğü tarafından sıcak su miktarını artırmak için kaplıcada bir sıcak su sondajı yapılmıştır. Sondaj çalışmaları 10.7.1986 tarihinde başlamış, 20.10.1986 tarihinde bitirilmiştir.

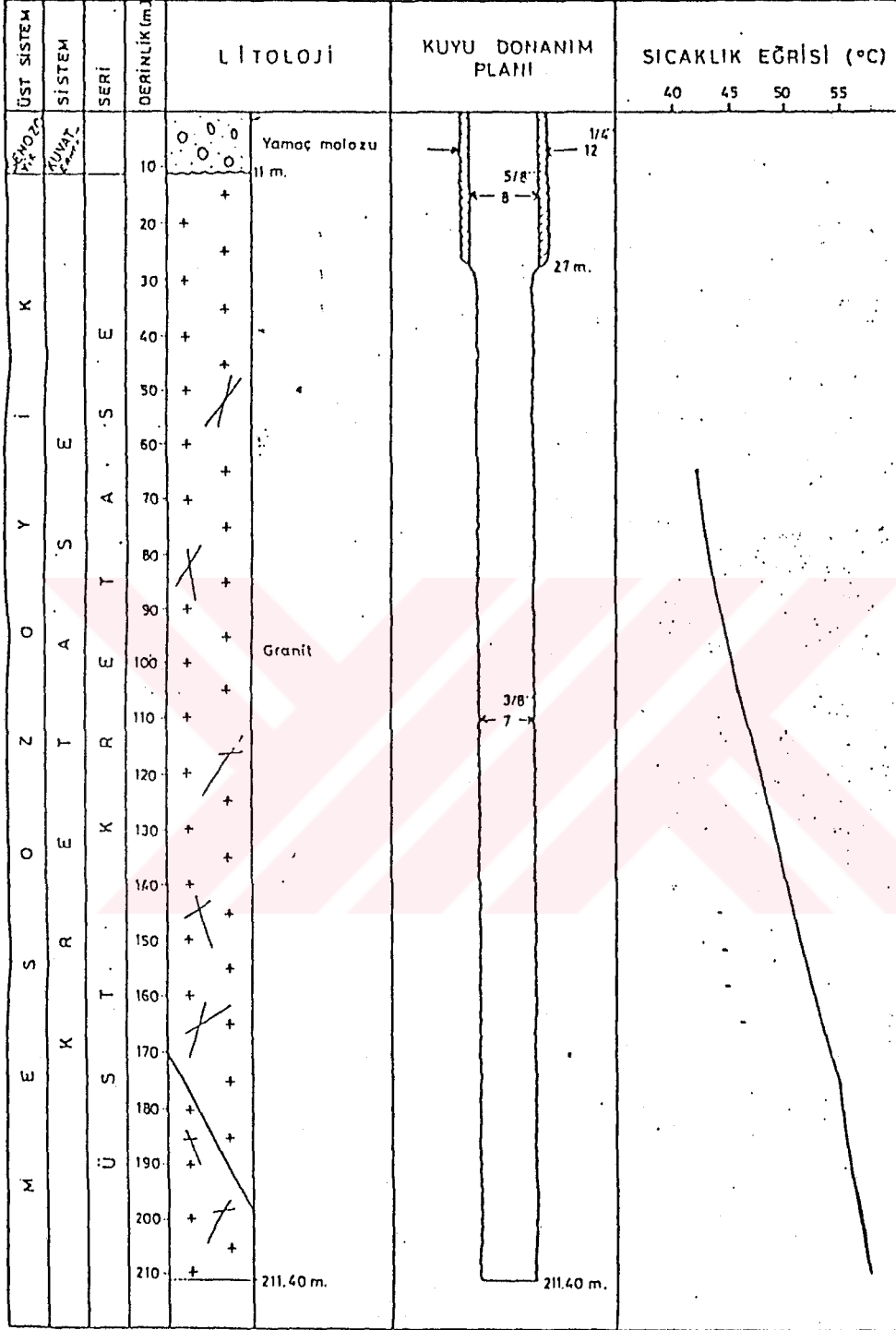
AK-2 olarak isimlendirilen bu sondaj 211,40 m. derinlikte olup, sondajdan artezyen halinde 57°C sıcaklıkta ve 14 l/sn debide sıcak su elde edilmiştir (Çetiner ve diğ., 1987). Ayder Kaplıcası sıcak su sondajı AK-2 kuyu logu, teçhiz planı, sıcaklık eğrisi şekil-3.2'de verilmiştir.

AK-2 sıcak su sondajı 1 nolu sıcak su kaynağının yaklaşık 100 m. kuzeybatısındadır.



RİZE-ÇAMLIHEMŞİN-AYDER KAPLICASI SICAKSU SONDAJİ  
(AK-2) KUYU LOGU, TEÇHİZ PLANI, SICAKLIK EĞRİSİ

ÖLÇEK : 1/1000



Şekil-3.2.AK-2 Sıcak su sondajı kuyu logu, teçhiz planı, sıcaklık eğrisi (M.T.A., 1987).

### 3.3. SICAK SU KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

Sıcak kaynaklar çıkış yerlerinin jeolojisine, sıcaklıklarına, radyoaktivitelerine ve fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olarak sınıflandırılırlar.

İncelenen sıcak sular, kaynak çıkış yerlerinin jeolojisine göre "Fay ve çatlak kaynaklarıdır" (Fetter, 1980).

Sıcaklıklarına göre 34°C ve 33°C sıcaklıklarıyla 2 ve 3 nolu sıcak su kaynakları "Ilık sular", 47°C sıcaklığıyla 1 nolu sıcak su kaynağı "Çok sıcak sular" sınıfındadır (Bogomolov).

1 ve 2 nolu sıcak su kaynakları 2146 pci/l ve 1703 pci/l (Göksel ve Sezginer, 1975) radyoaktivite değerleri ile "Zayıf radyoaktif sular" sınıfına girmektedir.

### 3.4. SICAK VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Kökenlerini araştırmak amacı ile AK-2 sıcak su sondajı, 1 ve 2 nolu sıcak kaynaklarından, yüzey suları ile kimyasal özelliklerini karşılaştırmak amacı ile de Hoşsu çeşmesi ve Kavron Deresi'nin çeşitli yerlerinden su örnekleri alınmıştır. Bu örnekler Temmuz 1990 tarihinde Köy Hizmetleri 11. Bölge Müdürlüğü'nde analiz ettirilmiş ve sonuçlar tablo-3.1'de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre sıcak su kaynaklarının 25°C'deki pH'ı 8,95-10,10 arasında, Kavron Deresi'nden alınan örneklerin pH'ı 9,32- 10,03 arasında ve Hoşsu çeşmesinden alınan örneğin pH'ı ise 8,43'tür.

Bu su örneklerinin fiziksel özellikleri ise tablo-3.2'de verilmiştir.

### 3.5. SULARDA BULUNAN BAŞLICA İYONLAR

Sıcak ve soğuk su örneklerine ait analiz sonuçları karşılaştırıldığında sıcak suların toplam çözünmüş madde miktarı soğuk sulardan daha fazladır.

AK-2 sıcak su sondajından alınan sudaki toplam çözünmüş

Tablo-3.1. Sıcak ve soğuk suların kimyasal analiz sonuçları.

Kaynak ismi	AK-2 Sondajı		1 no'lu S.S.Kay.		2 no'lu S.S.Kay.		Hoşsu Çeşmesi		Kavron Deresi(1)		Kavron Deresi(2)		Kavron Deresi(3)	
	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt	mg/lt	meq/lt
Na <sup>+</sup>	17.48	0.76	13.3	0.57	11.04	0.48	1.84	0.08	0.69	0.03	0.69	0.03	0.69	0.03
Ca <sup>++</sup>	20.0	0.99	16.0	0.79	12.0	0.59	8.0	0.40	4.4	0.21	6.8	0.33	5.6	0.28
Mg <sup>++</sup>	7.2	0.59	4.8	0.40	4.8	0.39	1.2	0.09	1.44	0.11	2.16	0.17	1.44	0.11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62.0	1.01	62.0	1.01	37	0.60	33	0.54	16.6	0.27	16.6	0.27	16.6	0.27
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	11.0	0.36	11	0.36	18	0.60	-	-	5.4	0.17	5.4	0.17	5.4	0.17
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	12.48	0.26	10.56	0.21	13.44	0.27	1.92	0.04	2.4	0.05	1.44	0.02	2.88	0.06
Cl <sup>-</sup>	10.5	0.29	10.50	0.29	7.10	0.20	3.5	0.09	3.5	0.09	3.5	0.09	3.5	0.09
NH <sub>4</sub>	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK
NO <sub>2</sub>	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK
pH (25°C)	10.10		8.95		10.05		8.43		10.03		9.55		9.32	
Spesifik kon- dükktivite(25°C) (mho cm <sup>-1</sup> )	180		145		120		70		40		45		40	
Organik madde (mg/lt)	0.1		0.3		0.1		0.5		1.1		0.5		1.0	
Toplam sertlik (fr)	0.8		0.6		0.5		0.3		1.8		2.5		2.0	
Buharlaşma ka- lıntısı (180°C) (mg/lt)	120		95		80		45		25		30		25	

Tablo-3.2. Sıcak ve soğuk su kaynaklarının fiziksel özellikleri.

Kaynak ismi Fiziksel Öz.	AK-2 Sondajı	1 no'lu S.S.Kaynağı	2 no'lu S.S.Kaynağı	Hoşsu Çeşmesi	Kavron Deresi(1)	Kavron Deresi(2)	Kavron Deresi(2)
Debi (lt/sn)	14.0	0.5	2.0	0.04	-	-	-
Sıcaklık (°C)	56.0	47	34	11	16	17	17
Koku	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Tad	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız
Renk	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Beraklık Bulanıklılık	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak

madde miktarı 140,6 mg/l, 1 ve 2 nolu sıcak su kaynakların da ise 128,2 ve 103,7 mg/l'dir.

Bu değer Hoşsu çeşmesinde 49,5 mg/l, Kavron Deresi'nde ise 34,4- 36,6 mg/l'dir.

Kalsiyum ( $Ca^{++}$ ) sıcak sularda çok fazla olmamasına rağmen diğer katyonlara oranla daha fazladır. Sıcak sulardaki toplam iyonların meq/l değerlerinin % 18,8- 23,2'sini oluşturur.

Magmatik ve metamorfik kayalar içerisindeki apatit, vollastonit, fluorit ve feldispat, amfibol, piroksen grubu minerallerinin ayrışması sonucu  $Ca^{++}$  açığa çıkar (Davis ve DeWiest, 1966).

Çalışma alanındaki sıcak kaynaklar Ayder granitoyidindeki faya bağlı olarak geliştikleri için kayalardaki plajiyoklas ve hornblendleri ayrıştırarak  $Ca^{++}$ 'yi bünyelerine almışlardır.

Sodyum ( $Na^+$ ), sulardaki toplam iyonların meq/l değerlerinin % 14,9-17,8'ini oluşturmaktadır. Suya plajiyoklas minerallerinin ayrışması sonucu karışmış olabilir.

Bikarbonat ( $HCO_3^-$ ) ve Karbonat ( $CO_3^{--}$ ), diğer katyonlardan fazladır. Bikarbonat toplam iyonların meq/l değerlerinin % 19,1-26,4'ünü oluşturmaktadır. Karbonat ise % 8,4-

19,1 oranında bulunmaktadır.

Klörür ( $\text{Cl}^-$ ), sulardaki toplam iyonların meq/l değerlerinin % 6,3- 7,6'sını oluşturur. Sulara klörür yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelmektedir.

Sülfat ( $\text{SO}_4^{--}$ ), toplam iyonların meq/l değerlerinin %5,5- 8,6'sını oluşturmaktadır.

### 3.6. KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARININ DİYAGRAMLARLA GÖSTERİLMESİ

Suların birbiriyle karşılaştırılması ve suların kullanma suyu olarak sınıflandırılması amacıyla kimyasal analiz sonuçları üçgen, yarı logaritmik ve kolon diyagramlarla gösterilmiştir (Şekil-3.3,3.4,3.5). Analiz sonuçlarına ait %r değerleri ise tablo-3.3,3.4'de verilmiştir.

Analiz sonuçlarına ait tablo ve grafiklerin incelenmesi sonucu sıcak su ve soğuk kaynaklara ait su örneklerinde baskın iyon çifti  $\text{Ca}^{++}$  ve  $\text{HCO}_3^-$ 'dir.

Üçgen diyagramların incelenmesi sonucu sıcak su kaynaklarına ait örnekler katyonlarına göre karışık, anyonlarına göre ise bikarbonatlı sular sınıfına girmektedir. Soğuk kaynak ve Kavron Deresi'nden alınan su örnekleri ise katyonlarına göre kalsiyumlu, anyonlarına göre de bikarbonatlı sular sınıfına girmektedirler.

Yarı logaritmik Schoeller Diyagramında kaynaklara göre iyonların sıralanışı aşağıdaki gibidir:

AK-2 Sıcak su sondajı	: $\text{rHCO}_3^- > \text{rCa}^{++} > \text{rNa}^+ > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rSO}_4^{--}$
1 Nolu sıcak su kaynağı	: $\text{rHCO}_3^- > \text{rCa}^{++} > \text{rNa}^+ > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rSO}_4^{--}$
2 Nolu sıcak su kaynağı	: $\text{rHCO}_3^- > \text{rCa}^{++} > \text{rNa}^+ > \text{rMg}^{++} > \text{rSO}_4^{--} > \text{rCl}^-$
Hoşsu çeşmesi	: $\text{rHCO}_3^- > \text{rCa}^{++} > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rNa}^+ > \text{rSO}_4^{--}$
Kavron Deresi (1)	: $\text{rHCO}_3^- > \text{rCa}^{++} > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rSO}_4^{--} > \text{rNa}^+$
Kavron Deresi (2)	: $\text{rCa}^{++} > \text{rHCO}_3^- > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rNa}^+ > \text{rSO}_4^{--}$
Kavron Deresi (3)	: $\text{rCa}^{++} > \text{rHCO}_3^- > \text{rMg}^{++} > \text{rCl}^- > \text{rSO}_4^{--} > \text{rNa}^+$

Sıcak su kaynaklarına ait iyonların meq değerlerini birleştiren doğrular birbirine yaklaşık olarak paraleldir.

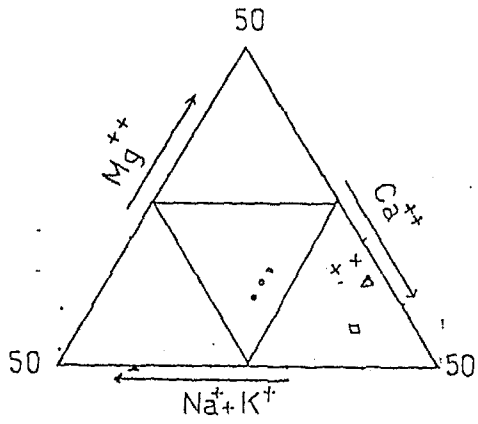
Soğuk kaynak ve Kavron Deresi'ne ait iyonların meq değerlerini birleştiren doğrular çoğunlukla birbirine paralel

Tablo-3.3. Analiz sonuçlarına ait % r değerleri.

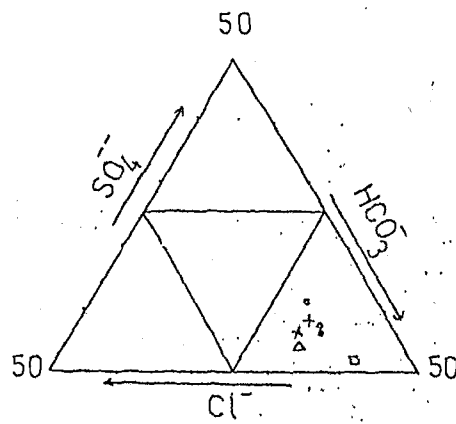
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
AK-2 Sondajı	23.2	13.8	17.8	8.4	23.7	6.8	6.1
1 no'lu S.S.Kay.	20.7	15.4	14.9	9.4	26.4	7.6	5.5
2 no'lu S.S.Kay.	18.8	12.5	15.3	19.2	19.2	6.4	8.6
Hoşsu Çeşmesi	32.3	7.2	6.4	-	43.5	7.3	3.2
Kavron Deresi(1)	22.6	11.8	3.2	18.2	29.1	9.7	5.4
Kavron Deresi(2)	30.8	15.9	2.8	15.9	24.3	8.4	4.7
Kavron Deresi(3)	28.0	11.0	3.00	17.0	26.0	9.0	6.0

Tablo-3.4. Analiz sonuçlarına ait toplam anyon ve katyonlar.

	Toplam Katyonlar	Toplam Anyonlar
AK-2 Sondajı	54.9	45.1
1 no'lu S.S.Kay.	51.0	49.0
2 no'lu S.S.Kay.	46.6	53.4
Hoşsu Çeşmesi	46.0	54.0
Kavron Deresi(1)	37.6	62.4
Kavron Deresi(2)	49.5	50.5
Kavron Deresi(3)	42.00	58.00



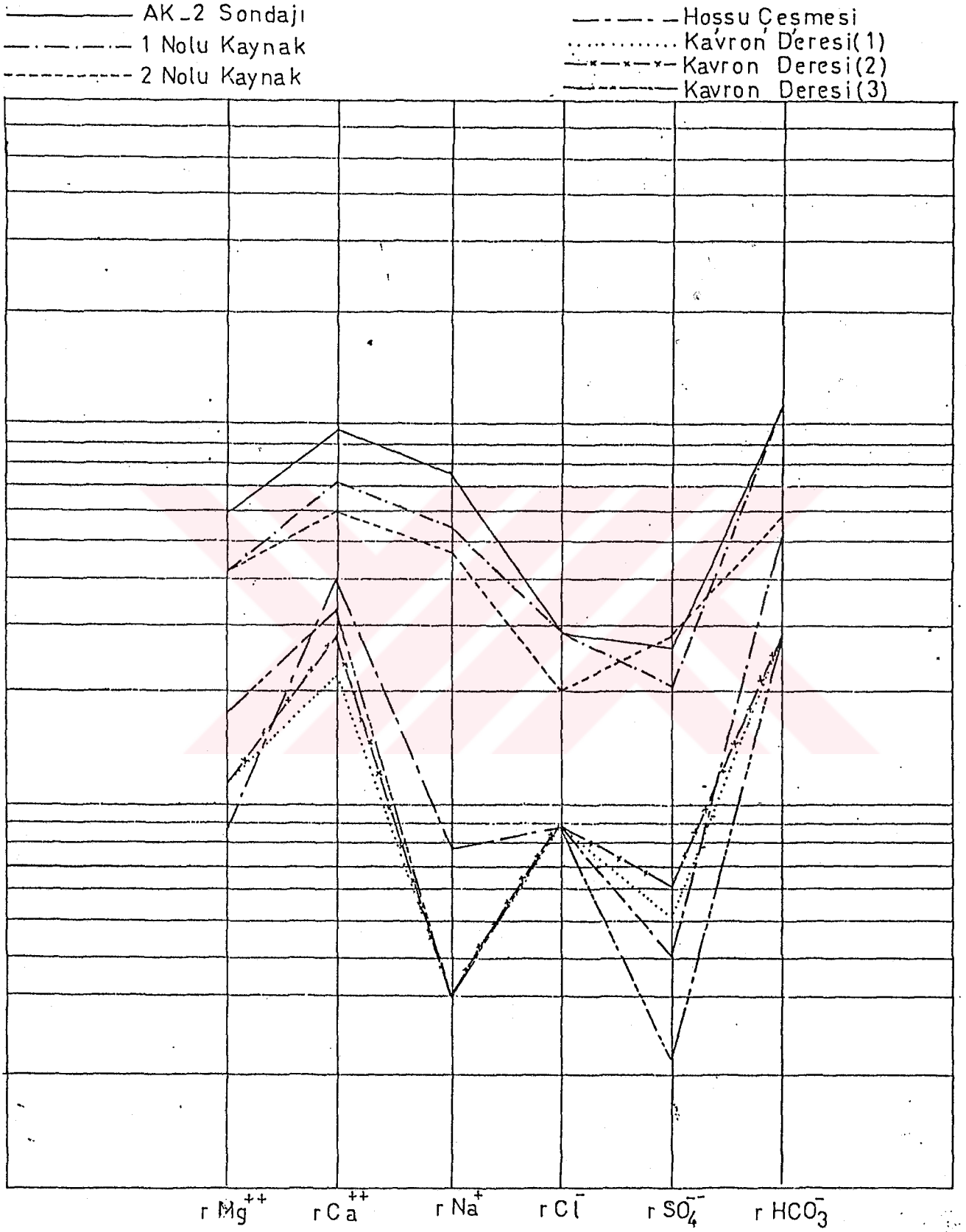
KATYONLAR



ANYONLAR

- AK-2 Sıcaksu sondajı
- 1 Nolu kaplıca kaynağı
- 2 Nolu kaplıca kaynağı
- Hoşsu çeşmesi
- x Kavron Deresi (1)
- + Kavron Deresi (2)
- Kavron Deresi (3)

Şekil-3.3. Sıcak ve soğuk su kaynaklarının kimyasal özellikleri.



Şekil-3.4. Sıcak ve soğuk suların kimyasal özelliklerinin Schoeller diyagramında gösterilmesi.



	$\text{Cl}^-$		$\text{Cl}^-$		$\text{Cl}^-$
$\text{Na}^+$		$\text{Na}^+$		$\text{Na}^+$	
	$\text{SO}_4^{--}$		$\text{SO}_4^{--}$		$\text{SO}_4^{--}$
$\text{Mg}^{++}$		$\text{Mg}^{++}$		$\text{Mg}^{++}$	
	$\text{HCO}_3^-$		$\text{HCO}_3^-$		$\text{HCO}_3^-$
$\text{Ca}^{++}$		$\text{Ca}^{++}$		$\text{Ca}^{++}$	
AK-2 Sondajı		1 Nolu Kaplıca Kaynağı		2 Nolu Kaplıca Kaynağı	

Şekil-3.5. Sıcak su kaynaklarındaki anyon ve katyonların karşılaştırılması.

ve çakışacak durumdadır.

Buna göre sıcak kaynaklar kimyasal bileşim açısından kendi aralarında birbirlerine benzerlik göstermekte, soğuk kaynaklarda kendi aralarında birbirlerine benzerlik göstermektedir.

Analiz sonuçlarına göre sıcak su kaynaklarındaki iyonların toplamı soğuk su kaynaklarındakinden fazladır.

Sıcak kaynaklar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, AK-2 sondajına ait iyonların meq değerleri en büyük, 1 nolu sıcak su kaynağına ait değerler de 2 nolu kaynağa oranla daha büyüktür. Bu farklılık soğuk suların karışımından ileri gelmektedir.

Kolon diyagramlarının incelenmesi sonucu sıcak su kaynaklarındaki aynı anyon ve katyon değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.

### 3.7. KAYNAKLARDA KALSİTE GÖRE DOYGUNLUK HESABI

İncelenen sıcak ve soğuk kaynaklarda baskın iyon çifti  $Ca^{++}$  ve  $HCO_3^-$  olduğundan kaynakların kalsite doymun olup olmadıkları araştırılmıştır.

Bunun için sularda bulunan iyonların molalite değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$10^{-3} \text{ (ppm)}$$

$$\text{Molalite } (m_i) = \frac{\text{Molekül Ağırlık}}{\text{Molekül Ağırlık}} \quad (3.7.a)$$

Hesaplanan  $m_i$  değerleri tablo- 3.5'de verilmiştir.

İyonların molalite değerleri yardımıyla kaynaklara ait iyonik şiddet (I) değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$I = 1/2 \sum m_i z_i^2 \quad (3.7.b)$$

$$I = 1/2 [m_{Ca} \cdot 2^2 + m_{Mg} \cdot 2^2 + m_{Na} \cdot 1^2 + m_{HCO_3} \cdot 1^2 + m_{CO_3} \cdot 2^2 + m_{Cl} \cdot 1^2 + m_{SO_4} \cdot 2^2]$$

Hesaplanan iyonik şiddet (I) değerleri tablo-3.6'da verilmiştir.

Su örneklerinin pH değerleri laboratuvarında 25°C'de

Tablo-3.5. Su örneklerine ait iyonların Molalite ( $m_i$ ) Değerleri. [ $\times 10^{-3}$ ].

	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
AK-2 Sondajı	0.499	0.296	0.760	0.183	0.101	0.296	0.129
1 no'lu S.S.Kay.	0.399	0.197	0.578	0.183	0.101	0.296	0.109
2 no'lu S.S.Kay.	0.299	0.197	0.480	0.290	0.606	0.200	0.139
Hoşsu Çeşmesi	0.199	0.043	0.080	-	0.540	0.098	0.019
Kavron Deresi(1)	0.109	0.059	0.030	0.089	0.272	0.098	0.024
Kavron Deresi(2)	0.169	0.088	0.030	0.089	0.272	0.098	0.015
Kavron Deresi(3)	0.139	0.059	0.030	0.089	0.272	0.098	0.029

Tablo-3.6. Su örneklerine ait iyonik şiddet (I) değerleri [ $\times 10^{-2}$ ].

AK-2 Sondajı	1 no'lu S.S.Kaynağı	2 no'lu S.S.Kaynağı	Hoşsu Çeşmesi	Kavran Deresi(1)	Kavran Deresi(2)	Kavran Deresi(3)
0.357	0.600	0.571	0.089	0.0631	0.0797	0.0612

ölçülmüştür. Ancak kaynakların sıcaklıkları farklı olduğu için sıcaklığa bağlı olarak pH değerleri tablo-3.7'den bulunmuştur (Harberer, 1969 a).

Kendi sıcaklıklarında ki pH değerleri bulunduktan sonra, bu sıcaklıklarda dengedeki pH değeri aşağıdaki formülle hesaplanır (Strohecker, 1936; Langelier, 1936; Larson ve Buswell, 1942).

$$pH_{eq} = pK^* - \log C_{Ca} - \log C_{HCO} + \log f_L \quad (3.7.c)$$

Burada;

$pH_{eq}$  = Dengedeki pH değeri

$pK^*$  = Langelier sabiti ( Tablo-3.8)

$\log C$  = İyonların konsantrasyonu (meq/l)

$\log f_L$  = Bu değer aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\log f_L = \frac{2,5 \sqrt{I}}{1 + 5,3 \sqrt{I} + 5,51} \quad (3.7.d)$$

Tablo- 3.7. Sıcaklığa bağlı olarak pH değerleri.  
(Harberer, 1969 a 'den)

Sıcaklık (°C)	pH
0	7.47
5	7.37
10	7.27
15	7.17
20	7.08
24	7.00
25	6.99
30	6.92
35	6.84
40	6.77
45	6.70
50	6.63
55	6.57
60	6.51

$pH_{eq}$  değerleri her kaynak için hesaplandıktan sonra aşağıdaki formül yardımıyla kalsite doyumlukları araştırılır.

$$\Delta \text{pH} = \text{pH}_k - \text{pH}_{\text{eq}} \quad ( 3.7.e )$$

$\text{pH}_k$  = Kendi sıcaklığındaki pH değeri.

$\Delta \text{pH} < 0$  sular kalsite doymamış,

$\Delta \text{pH} = 0$  dengede

$\Delta \text{pH} > 0$  aşırı doymun olarak tanımlanmaktadır (Strohecker ve diğ., 1936 ve Langelier, 1936).

İncelenen sular bu karşılaştırmaya göre kalsite doymun olmayan yani kalsiti çözen özelliktedir. Bu sonuç kaynakların etrafında ya da borularda herhangi bir çökele rastlanmamış olması nedeniyle, arazi gözlemlerine uyum sağlamaktadır.

Tablo- 3.8. Sıcaklığa bağlı Strohecker- Langelier konsantrasyon sabitleri (Matthess, 1982).

t (°C)	pK* (meq/l)
0	8.901
1	8.878
2	8.851
3	8.825
4	8.798
5	8.771
6	8.745
7	8.718
8	8.692
9	8.665
10	8.639
11	8.614
12	8.589
13	8.565
14	8.540
15	8.515
16	8.492
17	8.468
18	8.445
19	8.422
20	8.400
21	8.376
22	8.354
23	8.333
24	8.311
25	8.288
30	8.196
35	8.100
40	7.996
45	7.923
50	7.844

### 3.8. SICAK SULARIN KÖKENİ

Daha önce de görüldüğü gibi, araştırma alanındaki sıcak sular zayıf mineralli ve çok sıcak sular sınıfında yer alırlar. Suların zayıf mineralli oluşu bunların meteorik kökenli olduklarını ortaya koyar. Sıcaklığın 40°C'den fazla olması buradaki Ayder granitoidinin içindeki yüksek jeotermik gradyan değerinden kaynaklanır. Buradaki sıcak sular 4. bölümde jeotermal enerji yönünden incelenmiştir.

## BÖLÜM 4

### AYDER KAPLICA ALANININ JEOTERMAL ENERJİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

#### 4.1. GİRİŞ

Bilindiği gibi jeotermal enerji, yer kabuğunun işletililebilir derinliklerinde olağan dışı olarak birikmiş ısının oluşturduğu bir enerji türüdür (M.T.A.,1984). Jeotermal enerjiyi oluşturan ısı kaynağı, jeotermik gradyandan kazanılan enerjidir. Yerin derinliklerinde henüz soğumasını tamamlamamış bir magmatik kayaç kütlesi veya bir volkanik aktivite jeotermik gradyan değerinin büyük olduğu ısı kaynaklarıdır. Bu ısı yer altındaki uygun yapılarda depolanan su tarafından yer yüzüne sıcak su kaynakları ve buhar şeklinde veya sondajlarla çıkarılan sıcak su, sıcak su-buhar şeklinde ulaşmaktadır.

Dünyada yeni bir enerji kaynağı olarak araştırılmakta olan ve İtalya, Yeni Zelanda, Amerika, Rusya ve Japonya gibi ülkelerde geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ülkemizin de jeotermal enerji açısından önemli bir ülke olduğunu ortaya koymuştur.

Jeotermal enerji kullanımı, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtmacılık ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

#### 4.2. JEOTERMAL GRADYAN VE ISI İLETKENLİĞİ

Ortalama olarak yerin ısısının yüzeyden itibaren her 33 m.'de 1°C yükseldiği kabul edilmektedir. Ancak yerkabuğunun jeolojik özelliklerine bağlı olarak bu değer bölgeden bölgeye farklılıklar gösterir. Volkanlara yakın bölgeler ve riftleşme bölgeleri jeotermik gradyanın büyük olduğu bölgelerdir. Bu gibi jeotermik ısı gradyanı yüksek olan bölgeler jeotermik enerji açısından önemli alanlardır.

Jeotermik çalışmalarda ısı gradyanı kadar, ısı iletkenliği ve ısı akımının saptanması da önemlidir. Isı iletkenliği, 1°C/cm. ısı gradyanı altında 1 sn.'de 1 cm<sup>2</sup>.alandan iletilen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Bu değer yer altı suyunun akımına, poroziteye, mineraloji ve gözeneklerdeki su içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Çeşitli kayalara ait ısı iletkenliği değerleri tablo-4.1 de verilmiştir (Bullard, 1973).

Tablo-4.1. Çeşitli Kayaç Tiplerindeki Tipik Isı İletkenliği Değerleri.

Kayaç Tipi	Isı İletkenliği (10 <sup>-3</sup> cal/cm°C s)
Granit	6- 9
Dolerit	7- 8
Gnays (foliasyona dik)	5- 9
Gnays (foliasyona paralel)	6- 11
Kuarsit	7- 19
Kireçtaşı	4- 7
Dolomit	9- 14
Kumtaşı	4- 11
Şeyl	3- 6
Kaya Tuzu	13- 17
Islak Okyanus Sedimentleri	1.7- 2.4

İnceleme alanında yapılan sondajlı çalışmalardan yararlanarak yöreye ait ısı gradyanı belirlenmiştir. Buna göre ısı artışı 65-105 m.'ler arasında 11,42 m., 105-175 m.'ler arasında 7,7 m.'de 1°C olarak belirlenmiştir. Yüzeyden 210 m.'ye kadar olan ısı artışı ise 13 m.'de 1°C' dir. Görüldüğü gibi bu değerler normal ısı gradyanı değerinin üzerindedir.



Bölgesel ısı akımı aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir (Nathenson ve diğ., 1982):

$$q = k (dt/dz)$$

Burada;

$$q = \text{Bölgesel ısı akımı (cal/cm}^2\text{s)}$$

$$k = \text{Isı iletkenliği (cal/cm }^\circ\text{Cs)}$$

$$(dt/dz) = \text{Düşey ısı gradyanı (}^\circ\text{C/cm)}$$

dir.

Yukarıdaki bağıntı yardımıyla inceleme alanına ait ısı akımı  $q = 6,07 \cdot 10^{-8}$  cal/cm<sup>2</sup>s'dir. Bu değer yerin normal ısı akımı değerinin üzerindedir.

#### 4.3. JEOTERMAL ENERJİ SİSTEMLERİ

Jeotermal enerji kaynakları başlıca beş tip olarak sınıflandırılır (Bowen, 1979):

1- Sığ derinliklerde yüksek sıcaklıkta su içeren hidrotermal konveksiyon sistemler. Bunlar da kendi arasında ikiye ayrılır:

a- Kızgın buhar üreten ve 150°C'den daha fazla ısı-sı olan buharın baskın olduğu sistemler.

b- Sıcak sıvı veya buhar sıvı karışımı üretilen ve ısınının 90 ile 350°C arasında değiştiği sistemler.

2- Derin sedimanter havzalardaki basınç altındaki kaynaklar .

3- Akışkanın bulunmadığı, ısının 650°C'nin altında olduğu sıcak kuru kayalar.

4- Yer kabuğunun ilk 10 km.'sinde ısının 15°C'den 300°C'ye kadar değişiklik gösterdiği normal gradyanlar.

5- Sıcaklığı 650°C'yi aşan eriyik kaya.

Jeotermik enerji sahaları ayrıca jeotermik sahadan üretilen akışkana bağlı olarak; ı- kuru buhar sahaları, 11- düşük ısıllı (30-100°C) sıcak su sahaları, 111- basınçlı sıcak su veya buhar- sıcak su üreten sahalar olarak sınıflandırılır (Tezcan, 1971).

İnceleme alanında sıcak kaynakların sıcaklıkları dikkate alınırsa "düşük ısıllı sıcak su sahaları" sınıfına girmektedir

Bowen (1979), jeotermal sistemleri basit olarak iki grupta toplamıştır.

1- Rezervuar ısısı  $250^{\circ}\text{C}$  civarında, basınç 30-35 atmosfer olan ve kızgın buhar üretilen buharın baskın olduğu sistemler.

2- Isının düşük olduğu ve basıncın 100- 250 atmosfer olduğu sıvının baskın olduğu sistemler. Bu grupta iki alt gruba ayrılmaktadır.

a- Yüksek entalpili akışkan ( $>200$  cal/gr): Çözünmüş madde miktarı 2 000- 250 000 ppm arasındadır. Sıcaklığı  $388^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselebilir. Başlıca anyonları  $\text{Cl}^-$ , daha az oranda  $\text{SO}_4^{--}$  ve  $\text{CO}_3^{--}$ , katyonları ise  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve daha az oranda ise  $\text{Mg}^{++}$  ve  $\text{Ca}^{++}$ 'dir.

b- Düşük entalpili akışkan ( $< 200$  cal/gr): Bu sistemler çeşitlilik göstermektedir. Anyonlarından  $\text{SO}_4^{--}$  diğerlerine oranla daha fazla olabilir, ancak bazen de  $\text{CO}_3^{--}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  daha baskındır. Tuzluluk (a) grubuna oranla daha azdır. Silika oranı ısıya bağlı olarak azdır. Isı ortalama hava sıcaklığının  $10^{\circ}\text{C}$  üzerinden başlayarak  $200^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar değişir (Bolton ve diğ., 1977).

Çalışma alanındaki sıcak kaynaklar; jeotermal sistemler gözönüne alınarak değerlendirilirse ısı ve içerdiği çözünmüş madde miktarı bakımından " düşük entalpili sıvı baskın sistemler " sınıfına girmektedir.

#### 4.3.1. Düşük Isılı Jeotermal Sistemler

Düşük ısılı jeotermal enerji kaynaklarının alt sınırı yüzeyde ortalama hava sıcaklığının  $10^{\circ}\text{C}$  üzerinde, üst sınır ise  $90^{\circ}\text{C}$ 'dir (Muffler, 1979).

Yaygın olarak bulunan düşük ısılı jeotermal kaynakların nedeni aşağıdaki faktörlerden bir veya birkaçına bağlıdır (Sorey ve diğ., 1982).

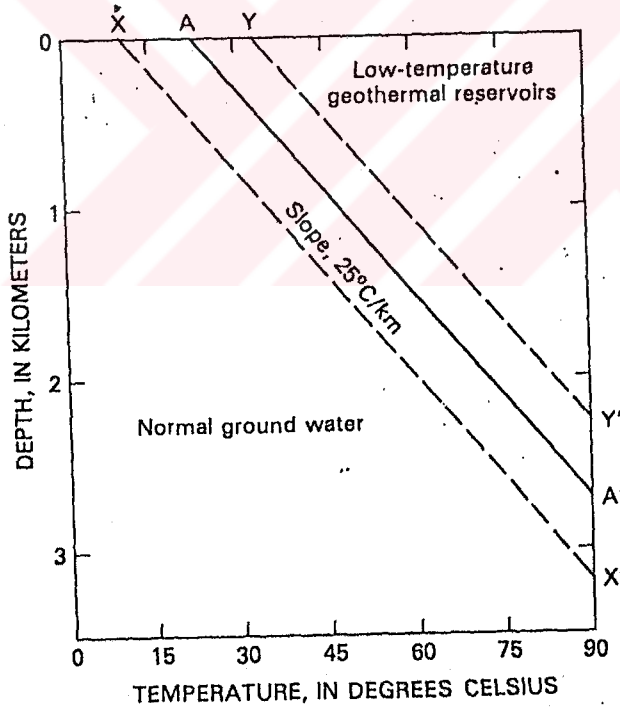
- 1- Yüksek bölgesel ısı akımı
- 2- Genç magmatik sokulumlar
- 3- Bir akiferi örten düşük ısı iletkenliğine sahip kalın bir örtü kaya

4- Sıcak suların faylarla yukarı doğru sirkülasyonu

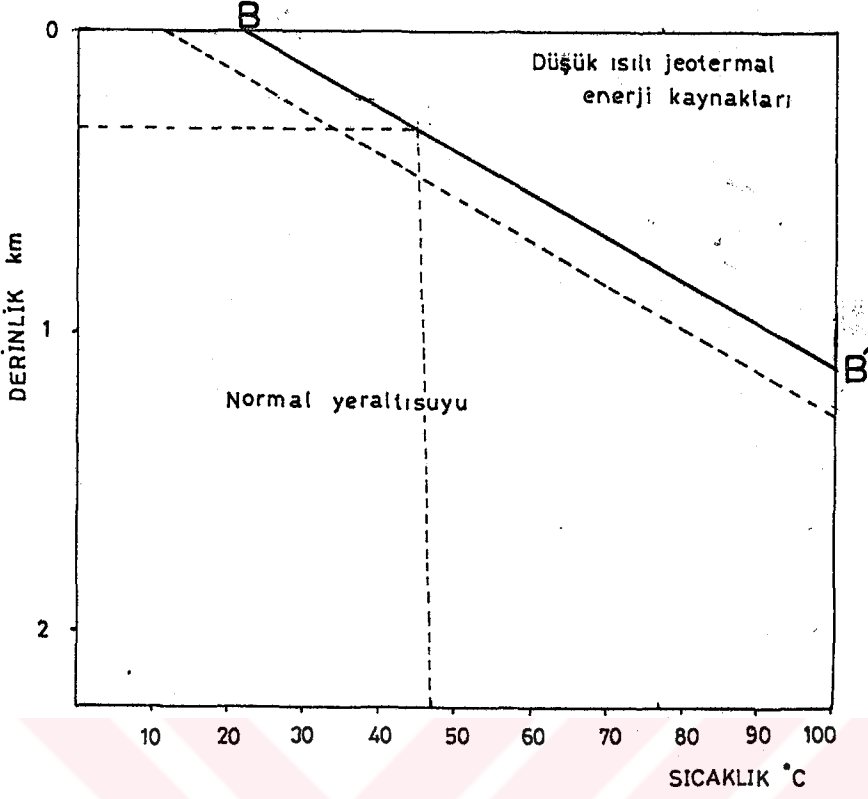
5- Alansal olarak geniş yayımlı bir akifer içinde yukarı doğru akım.

Jeotermik gradyanı  $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$ . ve yüzeyde ortalama hava sıcaklığı  $12^{\circ}\text{C}$  olan bir bölgede düşük ısıllı jeotermal kaynakların her derinlik için sıcaklığını veren grafik şekil-4.1'de verilmiştir (Gass ve diğ., 1979).

Inceleme alanının jeotermik gradyanı  $77^{\circ}\text{C}/\text{km}$ . olarak ve yöredeki ortalama hava sıcaklığı Pazar meteoroloji istasyonundan alınan verilerden yararlanarak ve gerekli düzeltmeler yapılarak yaklaşık  $11^{\circ}\text{C}$  olarak bulunmuştur. Buna göre bölgedeki kaynaklara ait derinlik sıcaklık ilişkisini veren grafik çizilmiştir (Şekil-4.2). Şekildeki B-B' çizgisi her derinlik için minimum kaynak sıcaklığını vermektedir.



Şekil-4.1. Düşük ısıllı jeotermal sistemlerdeki derinlik sıcaklık ilişkisi. (Gass ve diğ., 1979).



Şekil-4.2. Ayder jeotermal alanında sıcak su kaynaklarına ait derinlik sıcaklık ilişkisi.

Bu grafik yardımıyla  $47^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki 1 nolu sıcak su kaynağının derinliğinin yaklaşık 260 m. olduğu saptanmıştır.

Düşük ısıllı jeotermal kaynaklar iki grupta toplanmaktadır (Sorey ve diğ., 1982):

1- Hidrotermal konveksiyon sistemler: Bu sistemlerde suyun yukarı doğru dolaşımı ısı enerjisini sığ derinliklere ya da yüzeye taşır. Bu grup da iki alt gruba ayrılmaktadır:

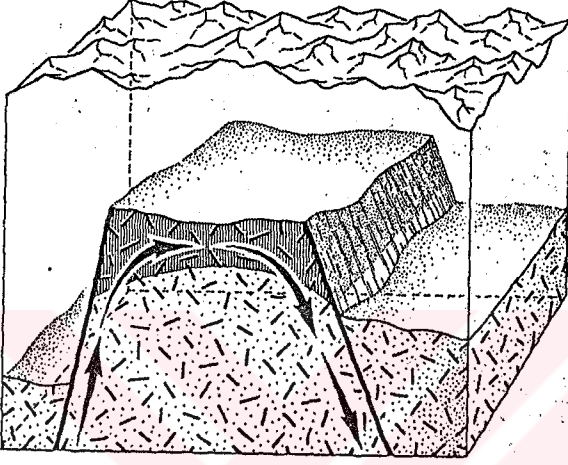
a- İzole olmuş termal kaynak ve kuyular: Böyle alanlarda jeotermal kaynak belirtisi tek bir sıcak kaynak veya sıcak su üreten bir kuyu olabilir.

b- Sınırlandırılmış sıcak rezervuarlar: Bu grup sıcak suyun bir fay boyunca yükselmesi ve bunu takip eden sığ derinliklerde suyun akifere yanal hareketi ile karakteristiktir. Yüzeyde sıcak kaynak boşalımı olabilir ve ya olmayabilir.

Bu grup içerisinde "yanal sızma", "ana kaya yükselimi" ve "havza daralması" gibi modeller geliştirilmiştir.

2- Isı iletiminin baskın olduğu sistemler: Bu sistemlerde kayalardaki yüksek jeotermik gradyan akışkanın yukarı doğru sirkülasyonundan daha önemlidir. Bu şartlar çoğu zaman derin sedimanter havzalar altında oluşur.

Çalışma alanı, gerek yapısal gerekse litolojik özellikler bakımından incelendiğinde " ana kaya yükselimi modeli" ne uygunluk gösterir (Şekil-4.3).



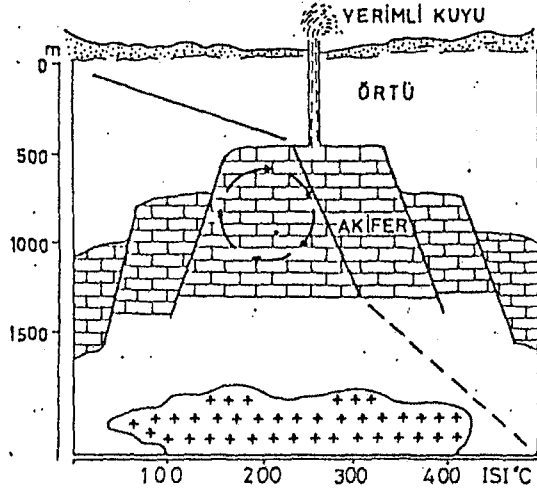
Şekil-4.3. Ana kaya yükselimi modeli (Sorey ve diğ., 1982).

#### 4.4. AYDER JEOTERMİK ALANINDA AKIŞKANIN KÖKENİ

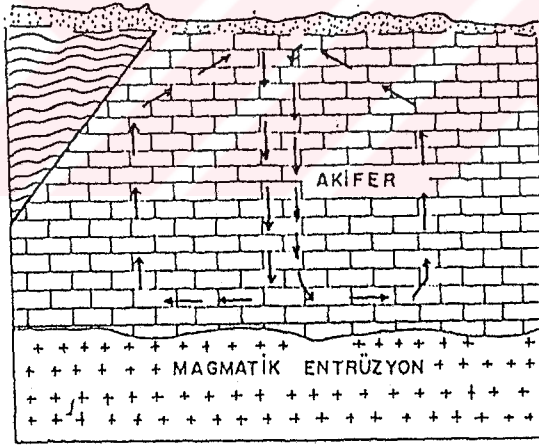
Yapılan çalışmalar jeotermik sahalarda üretilen sıcak suyun kökeninin en azından % 90- 95'inin meteorik kökenli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmalar, bir jeotermal sahada bir ısıtıcı kayalık ve sıcak suyu depolayacak bir rezervuar kayacının olması gerektiğini göstermiştir. Ancak bazen rezervuar kayacın üzerinde geçirimsiz bir örtü kayalık bulunmaktadır (Şekil-4.4).

Bu durumda ısıtıcı kayacın etkisiyle rezervuar kayalık içerisindeki su konveksiyon yoluyla harekete geçer. Konveksiyon sistemi rezervuar kayalık içerisinde üniform bir ısı dağılımı sağlar.



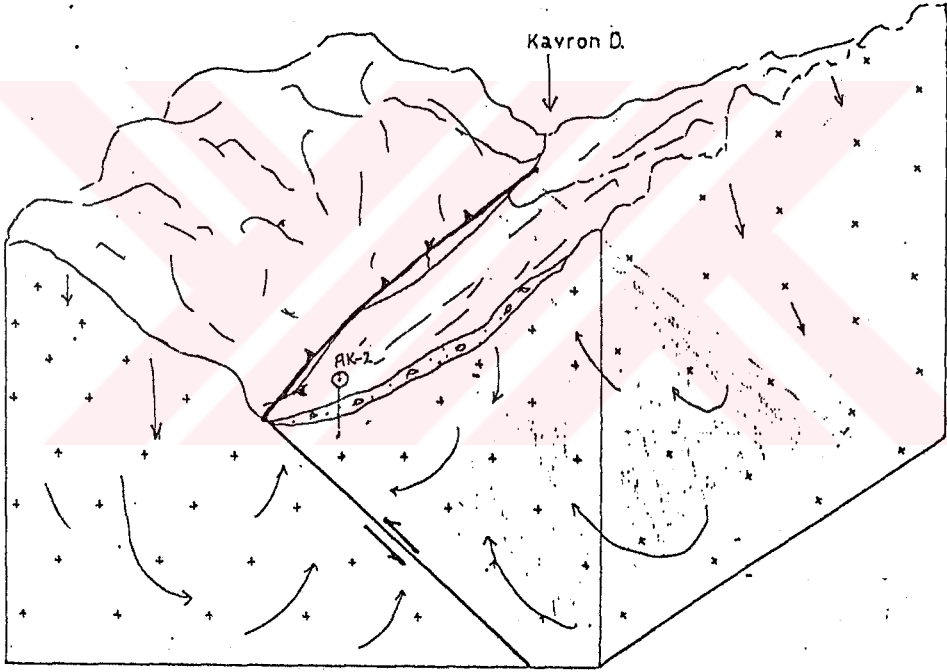
Şekil-4.4. Örtü kayacı bulunan jeotermal sistem.  
Facc'a ve Tonani'nin meteorik teorisi.  
(Şamilgil, 1971'den)



Şekil- 4.5. Örtüsü olmayan jeotermal sistem.  
Isı her derinlikte 100°C'dir.  
(Şamilgil, 1971'den).

Örtü kayacı olmayan durumlarda ise, yüzeyde sıcak kaynaklar gözlenir. Bu durumda basınç 1 atmosfer ve suyun kaynama noktası 100°C'dir. Bu sistemlerde rezervuar kayacının her yerinde ısı 100°C'dir (Şekil-4.5).

Çalışılan sıcak sular, Ayder granitoidindeki fay zone boyunca yükselmektedirler. Bölgede akifer özelliğinde kayalar bulunmamaktadır. Ancak yüzey suları plütonik kütlelerin kırık ve çatlaklarından sızarak yerin derinliklerine doğru inmektedir. Bu iniş esnasında jeotermik gradyana bağlı olarak ısınır. Isınan sular plütonik kütlelerin çatlaklarında bir rezervuar oluşturur. Bu rezervuardaki sular hidrostatik basınca bağlı olarak zayıf zonlar boyunca yükselerek yüzeye ulaşmaktadır (şekil-4.6).



şekil- 4.6. Sıcak su kaynakları ve faylarla ilişkisi.

## BÖLÜM 5

### SICAK SU KAYNAKLARINDAN YARARLANMA

#### 5.1. GİRİŞ

1 ve 2 nolu sıcak su kaynaklarının debisi kaplıca kullanımına yönelik bir turizm aktivitesinin geliştirilmesi için yeterli bulunmadığından yörede AK-2 sondajı açılmıştır. Sondajla 57°C sıcaklıkta ve 14 l/sn debili sıcak su elde edilmiştir.

Termal planlamalarda sıcak suyun tüketim normu 350 l/kişi/gün olarak alınmaktadır (Kırcalı ve Yüksel, 1987). Buna göre kaplıca suyunun depolanarak 24 saatlik akımın tamamının kullanılması halinde günlük debi  $1,2 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{gün}$ , kapasite ise 3400 kişi/gün olarak hesaplanmıştır.

Ayder Kaplıcası alanında kullanılmakta olan sıhhi olmayan ilkel iki adet termal tesis bulunmaktadır. Buna rağmen kaplıcalara ilgi çok fazladır. Yörede halen yapılmakta olan termal tesis bölgenin en büyük tesisi niteliğindedir.

#### 5.2. SICAK KAYNAKLARIN RADYOAKTİVİTESİ VE SAĞLIK AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ

Sıcak su kaynakları 140,66 mg/l değerindeki mineralizasyon içeriği ile maden suyu özelliğinde değildir. Ancak 57°C sıcaklığı ve radyoaktivitesi ile önem taşımaktadır.

20,46 Eman Radon<sup>222</sup> içeriği ile oligometalik termal radyoaktif bir maden suyu özelliği göstermektedir. Kaplıcalara gelenlerin bu suların romatizma ve cilt hastalıklarına iyi geldiğini söylemelerine rağmen, suların



içilerek kullanıldığında böbrekler üzerinde diüretik bir etki yaptığı saptanmıştır (Yenal ve Usman, 1975).

### 5.3. SICAK KAYNAKLARIN KORUNMA ALANLARI

Şifalı sıcak su kaynaklarından sürekli ve sağlıklı olarak yararlanabilmek ve sıcak suların şifalı etkilerinin bozulmaması için biyolojik-kimyasal her türlü kirlenmelerden uzak tutulmaları gerekir.

Bu amaçlarla sıcak su kaynakları çevresinde stratigrafi, litoloji, tektonik, hidrojeoloji ve bakteriyolojik yönlerden iç içe kuşaklar halinde, kaynaklardan uzaklaştıkça önemi gittikçe azalan üç korunma alanı belirlenmiştir.

Korunma alanı sınırları şöyledir (Çetiner ve diğ., 1987):

#### 1. Derece Korunma Alanı

AK-2 sıcak su sondajı kuyusu kuzeyden 20 m., güneyden 10 m., batıdan 20 m. ve doğudan 10 m. uzaktan geçen dairesel bir sınır ile çevrelenmiştir (Ek-3).

1 nolu sıcak su kaynağı, kaynaktan itibaren kuzeybatıya 20 m., güneydoğuya 20 m. ve kuzeydoğuya 5 m. uzaklıktan geçen sınırla belirlenmiştir (Ek-3).

2 nolu sıcak su kaynağı, çevresinin topoğrafyası ya pılanmaya uygun olmadığı için ve derenin güney yamacında olduğu için korunma alanı belirlenmeye gerek duyulmamıştır.

1. Derece Korunma Alanında Alınması Gerekli Önlemler ve İzinli Yönler:

- Alanın her türlü kirlenme ihtimali kesin olarak önlenmeli, çöp ve moloz gibi maddelerin bu alanda birikmesine izin verilmemelidir.

- Bu alan içerisinde yol ve kanalizasyon şebekesi geçmemelidir.

- Alan çim veya temiz tutucu bir madde ile kaplanmalıdır.

- Yakınındaki derelerin taşkın anında alanı basmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

- Bu alanda suyun alınması ve depolanması için gerekli yapılar dışında hiç bir yapıya izin verilmemelidir.

## 2. Derece Korunma Alanı

2. derece korunma alanı güneyde Kavron Deresi, kuzeyde orman bölgesinin alt sınırı ile, batıda Inceçağıl Deresi'nin batı tarafındaki sırt ile, güneydoğuda ise mezarlığın kuzey kenarını takip ederek orman idare binasının doğusuna doğru uzanan hat ile sınırlanmıştır (Ek-3).

2. Derece Korunma Alanında Alınması Gerekli Önlemler ve İzinli Yönler:

- Kirli sular iyi yalıtılmış kapalı borularla, 1. derece korunma alanından geçmeyecek şekilde 3. derece korunma alanı dışına atılmalıdır.

- Kirlenmeye sebep olacak malzemenin depolanmasına izin verilmeyip, var olan malzemeler bu alandan kaldırılıp yeri temizlenmelidir.

- Taş ocağı gibi kazılara ve bunlar için dinamit patlatılmasına izin verilmemelidir.

- Drenajı 1. zona doğru olmamak üzere yol açılabilir.

- Kurulacak kaplıca tesisinde kirli sular, iyice yalıtılmış kanalizasyonla 1. zondan geçmeyecek şekilde bu alanın dışına sevkedilmelidir.

## 3. Derece Korunma Alanı

2. zonun dışındaki 3. derece korunma alanının dış sınırı çizilememiştir.

3. Derece Korunma Alanında Alınması Gerekli Önlemler ve İzinli Yönler:

- Kaplıcadan yukarıda artıklarını Kavron Deresi'ne boşaltarak dere suyunu yoğun biçimde kirletebilecek faaliyetlere izin verilmemelidir.

- Her türlü dinlenme, konaklama tesisleri yapılabilir, yaylacılığa yönelik yerleşme yerleri kurulabilir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Ayder (Çamlıhemşin- Rize) Kaplıcaları ve çevresinde yaklaşık 40 km<sup>2</sup>.lik bir alanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

Bölgede en yaşlı birim olarak Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar bulunmakta, bunları dokanagında metamorfizmaya uğratan Ayder granitoyidi kesmektedir.

2- Sahada yüzeylenen birimlerden alınan çatlak ölçüleri yorumlanarak inceleme alanında egemen makaslama çatlaklarının volkanitlerde N 40 E ve N 44 W doğrultularında geliştiği, deformatsyonu doğuran basınç kuvvetinin N 03 W E doğrultusunda olduğu saptanmıştır. Ayder granitoyidinde ise egemen makaslama çatlaklarının N 08 W ve N 48 E doğrultularında geliştiği ve deformatsyonu doğuran basınç kuvvetinin N 15 E yönünde olduğu saptanmıştır.

3- Yöreeye ait jeotermik gradyan, AK-2 sıcak su sondajı kuyu logundan yararlanarak 13°C/m. olarak bulunmuştur.

Sıcak su kaynakları meteorik suların jeotermik gradyana bağlı olarak ısınması sonucu oluşmuştur.

4- Sıcak su kaynaklarının sıcaklıkları 33°C-47°C arasında, debisi 0,5- 2 l/sn arasında değişmektedir.

M.T.A. tarafından 1986'da açılan AK-2 sıcak su sondajından çıkan suyun sıcaklığı 57°C, debisi 14 l/sn'dir.

5- Sıcak su kaynaklarından alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre toplam çözünmüş madde miktarı 103,74-140,6 mg/l arasındadır. Kaynakların kimyasal bileşimleri birbirleriyle benzerlik gösterir. Analiz sonuçlarına göre anyon ve katyonların dizilişi şöyledir:

anyonlar :  $rCa^{++} > rNa^+ > rMg^{++}$

katyonlar:  $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^{--}$

6- Sıcak su kaynaklarında kalsite doygunluk araştırılmış ve yapılan hesaplamalar sonucu kalsite doygun olmadığı belirlenmiştir.

7- Sıcak su çökel bırakmayacak özelliğe sahip olduğundan konut ısıtmacılığında kullanılabilir. Özellikle kış aylarında banyo amacı ile pek fazla kullanılmadığı için tamamen ısıtmacılıkta kullanılabilir. Dağlık bir alanda olması ve kışın karla örtülü olması nedeniyle yörede kış turizmi geliştirilebilir.

8- Sıcak su kaynakları  $33^{\circ}C-47^{\circ}C$  sıcaklıkları ve 140,66 mg/l toplam mineralizasyonu ile düşük ısıllı jeotermal kaynaklar sınıfına girmektedir.

## KAYNAKLAR

- BAYKAL, F., Of-Rize-Pazar Kıyıdağları Hakkında Rapor, M.T.A. Derleme Rap. No: 2198, Ankara, 1949.
- BOGOMOLOV, G., Hydrogeologie et notions de Geologie d'Ingenieur, Editions de la Paix.
- BOLTON, R.S., BOWEN, R.G., GROH, E.A. and LINDAL, BALDUR, Geothermal energy technology. Section 7 in: Energy Technology Handbook, ed. Douglas M. Consideine. McGraw-Hill Book Company, New York, pp. 1-57., 1977.
- BOWEN, R., Geothermal Resources, Applied Science Publishers Ltd., London, 1979.
- BULLARD, E., Basic theories. In: Geothermal Energy, ed. H. C. Armstead. UNESCO, Paris, pp. 19-29, 1973.
- CLOOS, H., Zur Mechanik der Randzonen von Gletschern, Schollen und Plutonen, Geol. Rundsch., B. 20, S. 66, 1929 (BİNGÖL, E., 1971'den).
- ÇETİNER, H.L., UZEL, Ö.F., BÜYÜK, M., Rize Çamlihemsin Ayder Kaplıcası AK-2 Sıcak Su sondajı Kuyu Bitirme Raporu ve Korunma Alanları Etüdü, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara, 1987.
- ÇOĞULU, E., Gümüşhane ve Rize bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, Doçentlik Tezi, İ.T.Ü., İstanbul, 1975 (KETİN, İ., 1983'den).
- DAVIS, S.N. and DEWIEST, R.J.M., Hydrogeology, John Willey and Sons Inc., Newyork, 1966.
- DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Deniz Suyu Sıcaklıkları, Güneşleme müddeti ve Güneş ışınları şiddeti, Açık ve Kapalı Günler Bülteni, Ankara, 1984.
- DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Ortalama Extrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara, 1984.
- DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Sulama ve Drenaj, Ankara, 1983.
- EROĞLU, C.İ., Rize-Ardeşen-Çamlihemsin Yöresinin 1/25.000 ölçekli Jeoloji Raporu, M.T.A., rapor no: 1905, Trabzon, 1982.
- FETTER, C.W., Applied Hydrogeology, A Bell and Howell Company, Colombus, 1980.

- GASS, T.E., PURDIN, W.H. and ARMITAGE, D.M., Economic Impact of using nonmetallic materials in low to intermediate temperature geothermal well construction, volume 2: National Water Well Association Contract Report (REED, M.J., 1982'den).
- GÖKSEL, S.A., ALKAN, H., SEZGİNER, N., Rize-Çamlıhemşin, Ayder kaplıcası, 1. kaynak, radyoaktivite tayinleri, Türkiye Maden suları, İstanbul, 1975.
- GÜNER, S. GÜLİBRAHİMOĞLU, İ. SARALOĞLU, A., AKINCI, S., TOPÇU, T., KONAK, O., Rize-Çayeli-Fındıklı Yöresinin Jeolojisi, 1/ 25.000 ölçekli M.T.A. Raporu, 342, Ankara, 1983.
- HARBERER, K., Physikalische und chemische, Eigenschaften des Wassers, in: S. W. Souci and K.-E. Quentin, eds., Handbuch der Lebensmittelchemie, Vol.8, Part 14. Heidelberg, Springer, pp. 1-50., 1969 a (MATTHESS, G., 1982'den).
- KARTAL, T., Rize Ayder Kaplıcasına ait Hidrojeolojik Rapor. M.T.A. Derleme Rap. No: 5689, Ankara, 1972.
- KETİN, İ., Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, Birinci baskı, İ.T.Ü. Matbaası, 1983.
- KIRCALI, Ö.R. ve YÜKSEL, O., Rize Ayder Kaplıcası Turizm Merkezi, İmar Uygulama planı Açıklama Raporu, TC. Turizm Bankası A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara, 1987.
- KORKMAZ, S. ve GEDİK, A., Rize- Fındıklı- Çamlıhemşin Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Petrol Oluşumları, Jeoloji Mühendisliği, sayı: 32-33, , Ankara, 1988, **s-15**.
- KRYNINE, D.P., and JUDD, W.R. Principles of Engineering Geology and Geotechnics, McGraw Hill Book Co., New York, 1957.
- MATTHESS, G., The Properties of Groundwater. Translated by HARVEY, C.J., A Willey-Interscience Publication John Wiley and Sons, New York, 1982.
- M.T.A., Jeotermal Enerji, M.T.A. matbaası, Ankara, 1984.
- M.T.A., Artvin-Yusufeli, Rize-Ardeşen-Çamlıhemşin Yöreleri 1/25.000 ölçekli Jeoloji Raporu, Trabzon, 1988.
- MUFFLER, L.J.P., Assessment of Geothermal Resouces of the United States-1978: U.S. Geological survey circular 790, (REED, J.M., 1982'den).

- NATHENSON, M. GUFFANI, M., SASS, J.H. and MUNROE, J.R., Assessment of Geothermal Resources of the United States, Ed. REED, M., J. Geological survey circular 892, U.S. Department of Energy, 1982.
- PEHLIVAN, A.N., Ardeşen-Çamlıhemşin-Hemşin Arasının Jeolojik Etüd Raporu. M.T.A. derleme rapor no: 5021, Ankara, 1971.
- SOREY, M.L., NATHENSON, M., SMITH, C., Methods for Assessing Low-Temperature Geothermal Resources, ed. REED, M.J. Geological survey circular 892, U.S. Department of Energy, 1982.
- ŞAMİLGİL, E., Hidrojeoşiminin, Jeotermik Enerji Araştırılmasındaki Rolü, Türkiye 1. Jeotermal Enerji Simpozyumu, 1971, Ankara, 33-47, Türkiye Jeothermal Enerji Kurumu, Ankara, 1973.
- TEZCAN, K., Sarayköy-Kızıldere Jeotermik Enerji Sahasında Kuru Buhar Üretim İmkkanı, Türkiye 1. Jeotermal Enerji Simpozyumu, 1971, Ankara, 89-100, Türkiye Jeothermal Enerji Kurumu, Ankara, 1973.
- WITHJACK, M.O. and SCHFINER, C., Fault Pattern Associated with Domes-An Experimental and Analytical Study, A.A.P.G. Bull., V. 66, No. 3, 1982, 302-316.
- YENAL, O. ve USMAN, N., Türkiye Maden Suları, cilt 5, birinci baskı, İ.Ü., 1975.

## EKLER

1. 1/25.000 ölçekli Ayder (Çamlıhemşin-Rize) Yöresinin Jeoloji Haritası.
2. 1/25.000 ölçekli Ayder (Çamlıhemşin-Rize) Yöresinin Jeolojik Kesitleri.
3. 1/1000 ölçekli Ayder (Çamlıhemşin-Rize) Kaplıcası Sıcak Su Sondajı ve Sıcak Su Kaynağı Korunma Alanı.





**ÖZGEÇMİŞ**

Fatma GÜRSEL, 1968 yılında Hopa'da doğmuştur. İlk öğrenimini 1972-1977 yılları arasında; orta öğrenimini 1977-1983 yılları arasında Artvin'de tamamlayarak Artvin Kâzım Karabekir Lisesi Matematik kolundan mezun olmuştur.

1983-1984 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Bölümüne başlamış ve 1987 bahar yarıyılında mezun olmuştur. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans çalışmasına başlamıştır.

