

210

DİKİLİ SICAK VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLojİK İNCELENMESİ

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

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

Tuğbanur ÖZEN

119576

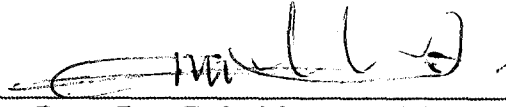
Ağustos, 2002

İZMİR

119576

Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

TUĞBANUR ÖZEN tarafından **DOÇ. DR. GÜLTEKİN TARCAN** yönetiminde hazırlanan “**DİKİLİ SICAK VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLojİK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Gültekin TARCAN

Yönetici



Doç. Dr. Coşkun SARI

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Şevki FİLİZ

Jüri Üyesi

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOĞUMANTASYON MERKEZİ



Prof. Dr. Cahit Helvacı

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ABSTRACT

This study contains hydrogeological and hydrogeochemical assessment of the Dikili-Kaynarca (İzmir) fields. In the study area, the oldest Yuntdağ Volkanic-I is consists of andesite which are altered, biotit. Thertiary Yuntdağ Volkanic-I is the reservoir of the geothermal systems the rock is covered by Demirtaş pyroclastics, which consist of felsic pyroclastics rocks, dasit lava and ignimbrite. Yuntdağ Volkanic-II made up of pyroxene andesites. The youngest Yuntdağ Volkanic-III that consists of Dikili hornlend andesite is dome-shaped volcanoes type. From the point of view hydrogeology, alluvium is the other important unit, among the geological formation in the study area.

Thermal waters are of meteoric origin and since they have hardly any tritium, they are considered to be more than 50 years old. The water types of thermal waters are Na-HCO₃-SO₄ in Dikili Spas and Na-SO₄-HCO₃ in Kaynarca-Thermal waters in the study area represent cycled geothermal system. Meteoric water infiltrate under the crust along the tectonic lines and faults. According to the graben tectonics this meteoric waters are heated by the rising magma and convection heat currents make it comes to the surface along the tectonic lines, due to density difference in the liquids. According to hydrogeological investigations, made by different researchers and isotopical data the recharge area of the reservoir is located in Kozak Region. Depend on the recharge area, the first discharge is started in Kaynarca then continued in Dikili sources.

Outlet water temperatures in the study area vary between 30-100°C. Reservoir temperatures obtained by the different geothermometer methods show 100-120°C in Dikili geothermal area and 130-150°C in Kaynarca. This results showed thing entalphy fluids about 150°C and increases towards Kaynarca thermal springs.

Geothermal energy, which is new clean and renewable energy source, must be used in our country as lack of energy still goes on. Dikili-Kaynarca Geothermal Fields should be used for the purposes of heating, greenhouses and thermal tourism and applied balneological.

Keywords: Dikili, thermal waters, hydrogeology, geothermal, hydrogeochemistry.



ÖZET

Bu çalışma Dikili-Kaynarca jeotermal alanlarında yapılan hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaları kapsamaktadır. İnceleme alanı içerisinde temelde Tersiyer yaşlı Yuntdağ Volcaniti-I bulunur. Bu birim hazne kaya özelliğindedir. Yuntdağ Volcaniti-I'i Demirtaş Piroklastikleri üstler. Bunlar geçirimsiz olduklarından jeotermal alanların örtü kayasını oluşturur. Bunların üzerine gelen Yuntdağ Volcaniti-III'e ait dom yapılı volkanizma şeklinde görülen Dikili biotit-hornblend andezit birimi ısıtıcı kaya özelliğindedir. İnceleme alanı içerisinde akifer olma özelliği taşıyan önemli bir birim de alüvyondur.

İnceleme alanındaki sular devirli system özelliği taşırlar. Derinlere süzülerek inen meteorik sular kondüksiyon yoluyla ısınıp graben ve tektonik zonlarda geçirgenlik ve tektoniğin arttığı seviyelerde toplanarak Jeotermal rezervuarı oluştururlar.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış olan hidrojeolojik etüdler ve izotoplarla yapılan araştırmalara göre rezervuarın beslenme alanı sahanın kuzeyinde bulunan Kozak bölgesidir. İnceleme alanındaki sıcak sular iki ayrı hidrokimyasal fasiyeste olup, Dikili Ilıcalarında $\text{Na}-\text{HCO}_3-\text{SO}_4$, Kaynarca'da $\text{Na}-\text{SO}_4-\text{HCO}_3$ su tipindedirler. Tümü meteorik kökenli ve hemen hemen hiç trityum içermeyen en az 50 yıllık sulardır.

İnceleme alanındaki sıcak suların yüzeye çıkış sıcaklıkları 30-100°C arasında değişmektedir. Uygulanan çeşitli jeotermometre yöntemleri ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları Dikili Jeotermal sahası için 100-120°C, Kaynarca Jeotermal alanı için 130-150°C arasında değişmektedir. Bu verilere dayanarak bölgede Kaynarca'ya

doğru artan (yaklaşık 150°C) yüksek entalpili bir Jeotermal rezervuardan söz edebiliriz.

Bölgenin ılıman iklim özellikleri ve turistik potansiyeli gözönüne alındığında; başta düşük entalpili bir kaynaklar olmak üzere sıcak suların kullanımları başta konut ısıtmacılığının yanısıra sera ısıtmacılığı, balneoterapik ve kaplıca turizmine yönelik amaçlar için kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Dikili, termal sular, jeotermal, hidrojeoloji, hidrojeokimya.



TEŞEKKÜR

Bu tezin tasarlanıp hazırlanmasında bilgi, tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen çok değerli hocalarım Doç. Dr. Gültekin TARCAN'a ve Prof. Dr. Şevki FİLİZ'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen benden esirgemeyen Jeoloji Mühendisleri Dr. Tuncer EŞDER ve Dr. Servet YILMAZER'e, tezimin hazırlanmasına katkılarından dolayı Araş. Gör. Cem KINCAL'a, Onur ŞİMŞEK'e ve Füsün Servin TUT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca bana maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen sevgili AİLEME sonsuz teşekkürler...

Tuğbanur ÖZEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii

Bölüm 1

GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanının Yeri.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
1.3. Uygulanan Yöntemler	3
1.4. İklim	3
1.5. Coğrafi Özellikler.....	4
1.6. Dikili (İzmir) İlçesinin Tarihçesi	4

Bölüm 2

JEOLojİ

2.1. Stratigrafi.....	7
2.1.1. Yuntdağ Volkaniti – I	7
2.1.2. Demirtaş Piroklastikleri	7
2.1.3. Yuntdağ Volkaniti – II.....	10
2.1.4. Yuntdağ Volkaniti – III.....	11
2.1.4.1. Dikili Biotit – Hornblend Andezit	11
2.1.5. Alüvyon	11

2.2. Yapısal Jeoloji.....	11
2.3. Volkanizma.....	12

Bölüm 3

SONDAJ ÇALIŞMALARI	14
--------------------------	----

Bölüm 4

HİDROJEOLOJİ

4.1. Kayaların Hidrojeolojik Özellikleri	21
4.1.1. Yuntdağ Volkaniti – I	21
4.1.2. Demirtaş Piroklastikleri	21
4.1.3. Yuntdağ Volkaniti – II	21
4.1.4. Yuntdağ Volkaniti – III.....	22
4.1.4.1. Dikili Biotit – Hornblend Andezit	22
4.1.5. Alüvyon.....	22
4.2. Dikili – Bergama Jeotermal Alanları.....	22
4.2.1. Dikili – Bergama Jeotermal Alanların Oluşumu	22
4.2.2. Dikili – Kaynarca Jeotermal Alanlarının Tanıtımı	23
4.2.2.1. Dikili Jeotermal Alanı	23
4.2.2.2. Kaynarca Jeotermal Alanı	25

Bölüm 5

HİDROJEOKİMYA

5.1. Temel Jeokimyasal Hesaplamalar	27
-İyonlaşma Gücü (I)	30
-İyon Etkinliği (AC)	30
-İyon Etkinlik Katsayısı (F)	31
5.2. Doğal İzotoplarda (^{18}O , ^2H , ^3H) Suyun Yaşı ve İzlediği Yolun Araştırılması.....	32
5.2.1. Trityum	32

5.2.2. ^{18}O ve $\text{D}(^2\text{H})$ Kararlı İzotopları.....	33
5.3. Suların Mineral Doygunluk Özelliklerinin İncelenmesi	38
5.4. Sıcak Suların Hazne Kaya Sıcaklıklarının Tahmini.....	50
5.4.1. Kimyasal Jeotermometreler	51
5.4.1.1. Niteliksel (Kalitatif) Kimyasal Jeotermometre	
Değerlendirmeleri	51
- SiO_2	51
-Klorür	51
-B, NH_4 , H_2S , Hg, Cl, Na, K, Li, Rb, Cs, As	52
-Na/Ka Oranı	52
-Traverten Çökelmeleri	52
- $\text{Cl}/(\text{HCO}_3+\text{CO}_3)$	52
-Mg ve Mg/Ca Oranı.....	52
-Cl/ SO_4 Oranı.....	52
-Cl/F Oranı	52
- H_2 /Diğer Gazlar (Buhar Dışında) Oranı.....	52
5.4.1.2. Sayısal (Kantitatif) Kimyasal Jeotermometre	
Değerlendirmeleri	53
5.4.1.2.1. Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler.....	53
-Silis Jeotermometresi.....	53
5.4.1.2.2. İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler	56
-Na/Ka Jeotermometresi.....	56
-Na – Ka – Ca Jeotermometresi.....	56
-Magnezyum Düzeltmeli Na-K-Ca Jeotermometresi	57
5.4.1.2.3. İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler	58
-İyon Etkinliğine Bağlı Kalsedon Jeotermometresi.....	58
5.5. Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları.....	61
5.6. Mineral Denge – Sıcaklık Diagramı Jeotermometresi	63
5.7. Suların Sınıflandırılması.....	73
5.7.1. Suların İçerdikleri Anyon ve Katyon Miktarına Göre Sınıflandırılması.....	73
5.7.2. Hidrokimyasal Fasiyes Kavramı	73
5.7.3. Piper (Üçgen) Diyagramı İle Suların Sınıflandırılması.....	75

5.7.4. Suların Elektriksel İletkenliği	76
5.8.1. Suların İçme Özellikleri.....	82
5.8.2. Sulama Sularının Özellikleri.....	82
5.8.2.1. Suların Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)	83
5.8.2.2. Sulama Sularının Wilcox’a Göre Sınıflaması	87
5.8.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	90
-Genel Tuzluluk Özellikleri.....	92
-Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri.....	92

Bölüm 6

JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

6.1. Jeotermal Enerjinin Dünyada ve Türkiye’deki Kullanım Alanları	95
-Elektrik Üretimi	97
-Konut Isıtması	97
-Sera Isıtması	98
-Endüstriyel Uygulamalar	98
-Termal Turizm ve Balneolojik Uygulamalar	98
6.2. Jeotermal Enerjinin Dikili (İzmir) İlçesinde Kullanımı	98

Bölüm 7

SONUÇLAR.....	101
----------------------	------------

Bölüm 8

KAYNAKLAR	104
------------------------	------------

**EK İnceleme Alanındaki Su Örneklerinin Watch 2.1 Bilgisayar Programı İle
Hazırlanan Jeokimyasal Hesaplamaları**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası	2
Şekil 2.1. İnceleme alanının jeolojik haritası ve su noktalarının yeri.....	8
Şekil 2.2. Dikili-Kaynarca jeotermal sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	9
Şekil 3.1. Kaynarca jeotermal alanı ve kuyu lokasyonları.....	16
Şekil 3.2. İnceleme alanı içerisindeki kuyuların litoloji ve sıcaklık kesiti	17
Şekil 3.3. Kaynarca-1 kuyusunun bitirme logu.....	19
Şekil 4.1. Dikili-Bergama jeotermal alanlarının oluşumunu gösteren şematik kesit	24
Şekil 4.2. Dikili Ilıcaları ve çevresinden bir görünüm.....	24
Şekil 4.3. Kaynarca jeotermal alanındaki sıcak su çıkışlarının dağılımı ve sıcak su göllerini	26
Şekil 5.1. Yağış suları ve doğal sularda ^{18}O ve $\text{D}(^2\text{H})$ ilişkileri.....	37
Şekil 5.2. Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi.....	62
Şekil 5.3. İnceleme alanındaki suların mineral denge-sıcaklık diyagramları	64
Şekil 5.4. İnceleme alanındaki suların Schoeller yarı logaritmik diyagramındaki yerleri	74
Şekil 5.5. İnceleme alanındaki suların Piper Üçgen Diyagramındaki görünümü	76
Şekil 5.6. Schoeller içilebilirlik diyagramı	84
Şekil 5.7. Sulama sularının Wilcox'a göre sınıflaması	91
Şekil 5.8. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk Diyagramındaki yeri	93

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 1977 yılında açılan gradyan kuyularına ait özet bilgiler	14
Tablo 3.2 1987 yılında açılan gradyan kuyularına ait özet bilgiler	15
Tablo 3.3. Kaynarca-1 (K-1) kuyusunda geçilen formasyonlar ve bu formasyonlarda ölçülen gradyanlar	18
Tablo 5.1 Çalışma alanında kullanılan mevcut su analizleri.....	28
Tablo 5.2 İnceleme alanı içerisindeki sıcak suların O^{18} , H^2 ve H^3 izotop analizleri	35
Tablo 5.3 İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri	41
Tablo 5.4 Sayısal (niceliksel) değerlendirmede bazı kimyasal jeotermometre eşitlikleri.....	55
Tablo 5.5 Dikili Ilıcaları su örneklerine ait jeotermometre sonuçları	59
Tablo 5.6 Kaynarca Jeotermal alanına ait su örneklerinin jeotermometre sonuçları	60
Tablo 5.7 Suların elektriksel iletkenliğe göre sınıflaması.....	77
Tablo 5.8. Suların elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması.....	78
Tablo 5.9 Çeşitli sertliklerin birbirlerine dönüşüm değerleri.....	80
Tablo 5.10 Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması	80
Tablo 5.11 İnceleme alanındaki suların Fransız sertliğine sınıflaması.....	81
Tablo 5.12 %SAR'a göre sulama sularının sınıflaması	85
Tablo 5.13 İnceleme alanındaki suların SAR'a göre sınıflaması	86
Tablo 5.14 Sulama sularının Wilcox'a göre sınıflaması.....	87
Tablo 5.15 Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflaması	88
Tablo 5.16 Sulama sularının %Na, rCl, rSO ₄ ve EC, B değerleri	89
Tablo 6.1 Jeotermal akışkanın sıcaklıklarına göre kullanım alanlarını belirten Lindall diyagramı.....	96

Bölüm 1

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Yeri

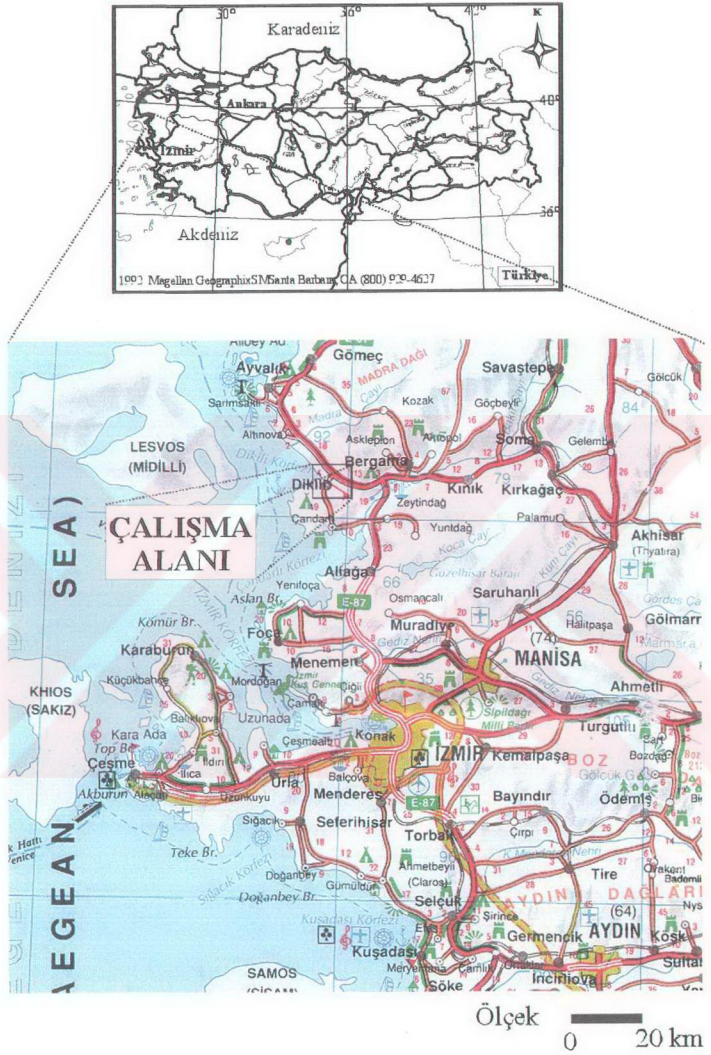
Batı Anadolu'da İzmir ili'ne yaklaşık 100 km uzaklıktaki inceleme alanı J17-c3 paftasında $43^{\circ}20'00''$ - $43^{\circ}25'00''$ kuzey paralelleri ile $29^{\circ}00'00''$ - $29^{\circ}00'00''$ doğu meridyenleri arasında yaklaşık 55 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 1.1).

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada, Dikili-Kaynarca jeotermal alanındaki termal suların hidrojeolojik özellikleri ve mevcut kimyasal analizleri derlenerek hidrojeokimyasal değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda inceleme alanında bulunan sıcak ve soğuk suların geçmiş yıllarda yapılmış su analizlerinden en yeni olanları kullanılarak sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada yeraltı suyu taşıyan birimlerin hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Alandaki sıcak su noktalarının hazne kaya sıcaklıkları, yapılan jeotermometre hesapları ile kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmiş ayrıca çeşitli yöntemlerle tahmin edilmiştir.

Mevcut kimyasal analizlerin ışığında inceleme alanı içerisinde yer alan suların kimyasal özellikleri, suların kökenleri, tarımsal, içilebilirlik ve çeşitli alanlarda



Şekil 1.1 Çalışma alanının yerbulduru haritası.

kullanılabilme özellikleri saptanmıştır. Bunlara ek olarak jeotermal enerjinin Dikili ilçesinde kullanım alanlarından bahsedilmiş, yeni öneriler getirilmiştir.

1.3 Uygulanan Yöntemler

Bu çalışmada, inceleme alanı içerisindeki sıcak ve soğuk suların geçmiş yıllarda yapılmış su analizlerinden en yeni kimyasal analiz sonuçları Hidrowin-95 (Calmbach, 1995) ve Watch 2.1 (Arnórsson ve diğ., 1982 ve Bjarnason, 1994) bilgisayar programlarına aktarılmıştır. Bu programlar yardımıyla çalışma alanındaki sıcak ve soğuk suların jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Watch 2.1 bilgisayar programı, bir kimyasal denge ve türleştirme programı olup, bilhassa yüksek sıcaklıklı alanlar için oldukça kullanışlıdır. Hem su hem buhar örneklerinin aynı anda girilebileceği seçenekler mevcuttur. Bazı temel jeotermometre hesaplarını yaptığı gibi, kimyasal türleştirme, mineral dengeleri ve akifer kimyası hesaplamalarını akifer sıcaklığında ve aynı anda 10 değişik sıcaklıkta yapabilmekte ve ayrıca kaynama sıcaklığında buhar ayrılma varsayımına ve kondüktif soğuma varsayımlarına göre de ayrı ayrı yapılabilmektedir. Watch türleştirme programı bilgisayar DOS ortamında çalışan bir programdır. Watch 2.1 bilgisayar programıyla inceleme alanındaki sıcak suların 100°C'de kaynama sıcaklığı varsayımına göre her 25°C'de bir olmak üzere 8 ayrı sıcaklıktaki akifer kimyası hesaplamaları elde edilmiştir. Her bir su örneği için belirtilen sıcaklıklarda çökel oluşturabilecek minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları ayrı ayrı değerlendirilerek her bir örneğin mineral denge-sıcaklık diyagramları oluşturulmuş ve hazne kaya sıcaklıklarının belirlenmesine yönelik tahminlerde bulunulmuştur. Excell, Word ve Corel paket programları da tezin yazımı ile şekil ve grafiklerin çiziminde kullanılmıştır.

1.4 İklim

Bölgede tipik Akdeniz iklimi özelliklerini taşıyan kışları bol yağışlı ve yumuşak, yazları kurak ve oldukça sıcak bir iklim sürmektedir.

Yazın yağışlar yok denecek kadar azdır. Kuraklık dönemi Haziran ayından Ekim ayına kadar 4 ay sürer. Buna karşılık yağışlar kışın oldukça fazla olup Ocak ayında aylık yağış 150 mm'ye kadar çıkmaktadır. En sıcak ay Temmuz (26.9°C), en soğuk ay Ocak'tır (7.9°C). Nemlilik yazın biraz azalmakla birlikte (%59) yıl boyunca değişiklik göstermemektedir (yıllık ortalama %69). Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 16.9°C'dir.

1.5 Coğrafi Özellikler

Dikili jeotermal kaynaklarının bulunduğu alanın büyük bir bölümü ova şeklinde olup tepeler ani yükseltileri oluşturmaktadır. Güneyde Davulga Tepe, Kızıl Tepe, Pamuk Tepe, Pamuk Tepe, Evrenşen Tepe, Dikili'nin doğusunda yer alan Uçar Tepe, Horoz Tepe ve Katrancı tepe ile kuzeydeki Bozbayır Tepe'dir. Diğer yükseltiler, Çambayır Tepe, Kargın Tepe, Alateke Tepe, Kum Tepe, Bayram Tepe, Küçük Pamuk Tepe ve Ballica Tepe'dir.

İnceleme alanı içerisinde büyük debili akarsu yoktur. Daha çok mevsimsel akışlı dereler gözlenir.

1.6 Dikili (İzmir) İlçesinin Tarihçesi

Ege Bölgesi'nde İzmir İli'ne bağlı ilçe ve ilçe merkezi kasabadır. Yüzölçümü 541 km² dir. Kuzeyde Balıkesir ili, doğuda Bergama ilçesi, güney ve batıda da Ege Denizi ile çevrilidir.

İzmir ili'nin kuzey kesiminde, Dikili Körfezi'ni çevreleyen ve daha güneyde Çandarlı Körfezi'ne kadar uzanan engebeli bir alanda yer alır. İlçenin kuzey kesimini Madra dağlarının batı uzantıları engebelerendirir; güney kısmı oldukça düzdür. Ege Bölgesi'nin önemli akarsularından biri olan Bakırçay, güneyde ilçe sınırlarının hemen dışından Ege Denizi'ne dökülür.

İlçe halkının temel geçim kaynağı tarımdır. Yetiştirilen başlıca ürünler buğday, bakla, pamuk ve patatestir. Ege Bölgesi'nin geleneksel ürünleri olan zeytin ve tütün

çok yetiştirilir. İklim koşullarının elverişli olmasından dolayı turfanda sebzeçilik gelişmiştir. Balıkçılık ve son yıllarda hızla gelişen turizm, özellikle kıyı kesiminde öne çıkan ekonomik etkinliklerdir. Çandarlı yöresinde üç yerde, toplam rezervi 7 milyon tona varan perlit yatakları saptanmıştır. Dikili, Bademli ve Nebiler kaplıcalarından da çok amaçlı olarak yararlanılmaktadır.

Dikili'nin yerleşim tarihi çok eskilere uzanır. İ.Ö. 5-4 yüzyıllara ait antik Aterneus kenti ilçe sınırları içindedir. Kent kalıntıları bugünkü Bergama-Dikili Karayolu üzerindeki Ağılale'de, 177 m. Yüksekliğindeki Kaletepe'nin üstündedir. Ayrıca ilçeye bağlı Çandarlı Bucağı'nda yapılan kazılarda da İ.Ö. 10. yüzyılda kurulduğu sanılan bir antik kent ortaya çıkarılmıştır (Özüdoğru, 1998).

Şemseddin Sami Kamusü'l-Alam'da Dikili'yi Aydın vilayeti İzmir sancağına bağlı Bergama Kazası'nın bir nahiyesi olarak tanımlar. Dikili 13 Haziran 1919'da Yunan işgaline uğramış, 14 Eylül 1922'de kurtarılmıştır. 1928'de ilçe haline getirilmiştir (Özüdoğru, 1998).

İlçe Merkezi Dikili Kasabası, küçük bir kıyı yerleşimi ve canlı bir gümrük kapısıdır. İzmir'e gelen yabancı turistlerin önemli bir bölümü Dikili'den giriş yapar. Dikili'den girenlerin hemen hemen hepsi Bergama (Pergamon) Asklepion'u ile Akropolisi'ni gezip dönen günübirlik turistlerdir. Ama kasabada iç turizm daha ağırlıkta olup Dikili, yakın çevresindeki Bergama ve Soma gibi yerleşimlerin sayfiyesi niteliğindedir. Kasaba ve çevresindeki kıyılarda çok sayıda konut, site ve çeşitli turistik tesisler inşa edilmiştir. Bir çok sayfiyesi olmasının yanı sıra Dikili öteden beri kaplıca konusunda da ilgi görmektedir (Özüdoğru, 1998).

Ege kıyılarını izleyen Çanakkale-İzmir karayolu, Dikili'nin batısından geçer. Eylül 1939'da büyük bir depremde tümüyle yıkılan yerler yeniden inşa edilmiştir.

Dikili Körfezi: Ege Bölgesi'nde Edremit Körfezi'nden daha güneyde yer alan körfezdır. Geniş bir yay biçimindedir. Adını, kıyısındaki kasabadan almaktadır. Körfezin kuzey kıyılarını Madra Çayı, güney kıyılarını ise volkanik yapılı Karadağ kütlesinin petekleri oluşturur. Dikili Körfezi, daha güneyindeki Çandarlı Körfezi'nden de bu volkanik yapılı kütle ile ayrılır. Karşısında Midilli Adası bulunmaktadır. Kıyılarında zeytin ağaçları yoğundur. Dikili Körfezi kıyılarının önemli bir kesimi yaz turizmine açılmaya başlamıştır. Dikili'den güneyde kalan kısımda Bademli, Dikili ile Madra Çayı deltası arasında kalan kesimde ise Kabakum ve Makaron yöreleri turizm bakımından gelişmekte olan yerlerdir.

Bölüm 2

JEOLOJİ

2.1 Stratigrafi

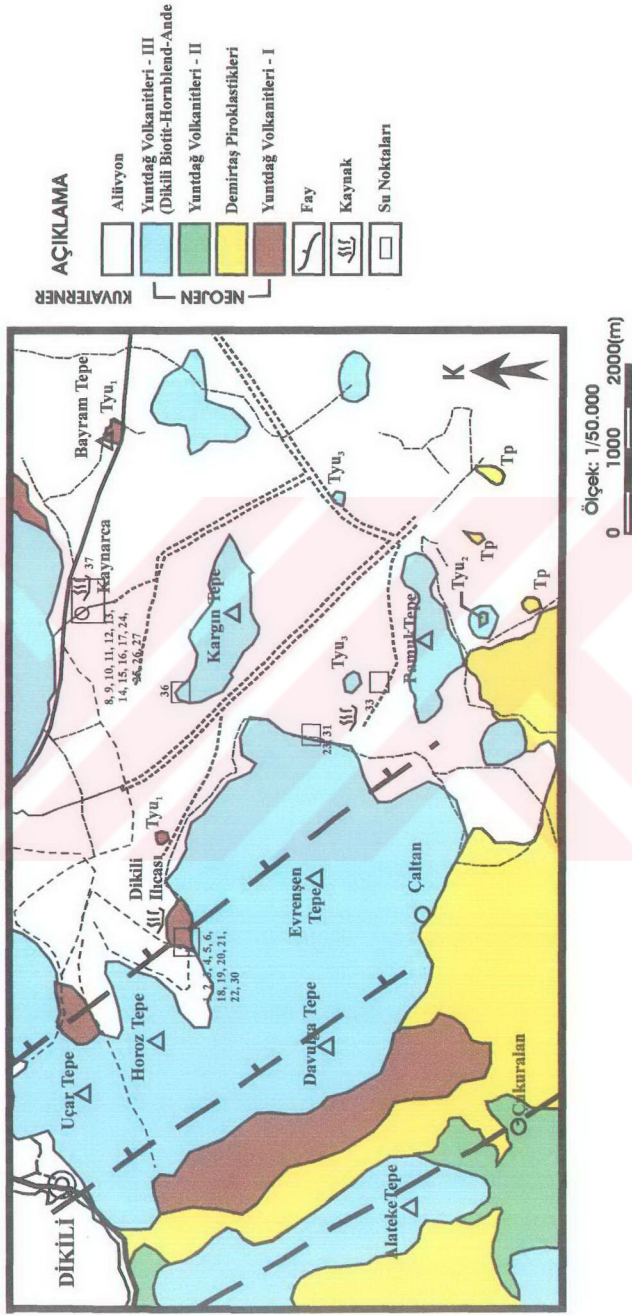
İnceleme alanında gözlenen Yuntdağ volkanitleri üçe ayrılmıştır. Tyu₁, Tyu₂, Tyu₃. Bu volkanik kayaların yaşı Akyürek ve Sosyal (1978) tarafından Miyosen-Pliyosen olarak tahmin edilmiştir. İnceleme alanı içerisinde en yaşlı birim Tersiyer yaşlı Yuntdağ volkaniti-I (Tyu₁) dir. Bunun üzerine sırasıyla Tersiyer yaşlı Demirtaş piroklastikleri, Yuntdağ Volkaniti-II (Tyu₂), Yuntdağ Volkaniti-III (Tyu₃) ve Kuvaterner yaşlı alüvyon gelir (Şekil 2.1 ve 2.2). Bu bölüm MTA-JICA (1987)'den derlenerek hazırlanmıştır.

2.1.1 Yuntdağ Volkaniti -I

Çalışma alanında Dikili Ilıcaları ve ılıcaların kuzeybatı kısımlarında yüzeyler. Çoğunlukla hornblend andezit ve biyotit hornblend andezit türündedir. Bazen aynı kökenli tuf breşi içerir. Çoğunlukla hidrotermal alterasyon etkisindedir ve açık griden koyu-yeşilimsi griye değişen renklerde alterasyon gözlenir (Şekil 2.3). Bu kayalardaki bazı çatlaklar silis minerali, kalsit ve jips dolguludur. Bundan başka silisifiye alterasyon zonları ve killeşmiş zonlara sıkça rastlanır. Yuntdağ volkaniti-I'in maksimum kalınlığı 1500 m'dir. Bu kayalar tektonizmanın etkisinde magmanın yeryüzüne yükselmesi sonucu oluşmuştur.

2.1.2 Demirtaş Piroklastikleri

İnceleme alanında Dikili Ilıcası'nın güneybatısında çok küçük bir bölgede görülmektedir. Bu kayalar, Yuntdağ Volkaniti-I'in üzerini örter. Kalınlıkları 100 m'den azdır.



Şekil 2.1 İnceleme alanının jeolojik haritası ve su noktalarının yeri
(MTA-JICA, 1987 & Jeckelman, 1996)

SENZOYİK										JEOTERMAL AKTİVİTE	
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	SİNGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA					
KUVA TERNER	HALOGEN			Q (Al)							
TERSİYER	PLİYOSEN	Yundag Volkanitleri - 3	Yundag Volkanitleri - 3	Tys				Tyu	Tp		
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1
		Demirtaş Piroklastikleri	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Volkanitleri - 1	Yundag Vol

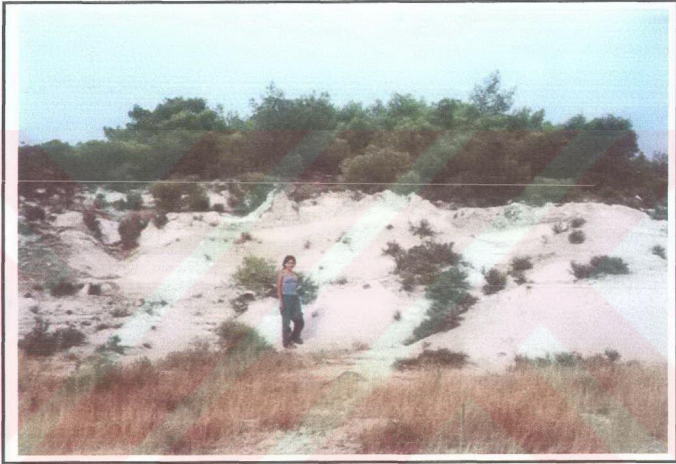
Ölçeksiz

Şekil 2.2 Dikili-Kaynarca jeotermal sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (MTA-JICA, 1987'den derlenmiştir).



Şekil 2.3 İnceleme alanındaki Yundag Volkaniti-I'den bir görünüm

Kaynarca civarındaki depresyon zonunda çok ince çökeller olarak gözlenir. Dikili ılcasının güneyinde bir zayıf alterasyon zonu şeklinde bulunur. Demirtaş piroklastikleri altere olmamış felsik piroklastikler, dasit lav, andezit, ignimbirit ve volkanik çakıllar içerir. Yuntadağ Volkaniti II nin bazaltları ve andezitleri tarafından doğrudan örtülmektedir. Bu kayalar Yuntadağ volkaniti-I ve III'den kolayca ayırt edilebildiği için bölgenin jeolojik yapısını ve jeolojik gelişimini açıklayan bir anahtar tabaka görevi görürler (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 İnceleme alanındaki Demirtaş piroklastiklerinden bir görünüm.

2.1.3 Yuntadağ Volkaniti-II

Dikili'nin güneydoğusunda küçük bir bölgede gözlenir. Bunlar Demirtaş piroklastikleri üzerinde uzanır ve Yuntadağ volkaniti-III tarafından örtülürler.

Bu kayalar koyu-kompak bazalt ve piroksen andezit lav içerirler. Çok küçük birkaç hidrotermal damar gözlenebilir.

2.1.4 Yuntdağ Volkaniti-III

Petrografi ve stratigrafik özelliklerine göre altı gruba ayrılmıştır. İnceleme alanı içerisinde bunlardan Dikili Biotit-Hornblend Andezit birimini görmekteyiz (MTA-JICA, 1986).

2.1.4.1 Dikili Biotit- Hornblend Andezit

Çalışma alanında yaygın biçimde bulunur. Dikili Ilıcısı çevresinde doğrudan Demirtaş piroklastiklerinin üzerine uzanırlar. Dom yapılı volkandan oluşur (Şekil 4.2). Bu birimin bulunduğu alanın topoğrafyası lav domuyla, lav akışının bir karışımıdır. Sıkça gözlenen hidrotermal damarlar boyunca zayıf ve orta dereceli alterasyonlar gözlenir. Kuvars ve kalsit dolgulu damarlar belirli bir yön boyunca uzanmazlar. Bu damarlar jeotermal aktivitenin Dikili lavı sonrası oluştuğunu gösterir (MTA-JICA, 1986).

2.1.5 Alüvyon

Tüm birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Kum, çakıl, kil boyutunda kırıntılı malzemeler içerir. Bunlar inceleme alanının ovalık kesimini oluştururlar.

2.2 Yapısal Jeoloji

Batı Anadolu plakasının doğudan batıya hareket etmesi sonucunda Batı Anadolu'da Miyosen ve Pliyosen zamanında açılma ve gerilme hareketleri sonucu oluşan grabenler ile tektonik zonlarda önemli jeotermal sistemler meydana gelmekte olup, Dikili-Kaynarca jeotermal alanları da bu graben sistemi içinde yer alan önemli bir sahadır.

Kaynarca jeotermal alanında KB-GD, KD-GB doğrultulu faylanmalar hakimdir (Şekil 2.1). Gravite çalışmaları sonucunda grabeni oluşturan kuzeydeki fayın Kaynarca'nın bulunduğu yerden geçerek D-B doğrultusunda uzandığı, aynı şekilde grabenin güneyini sınırlayan fayın da Kargın Tepe kuzeyinden geçtiği belirlenmiştir (MTA-JICA, 1986).

Yapılan araştırmalara göre bir graben üzerinde bulunan Kaynarca jeotermal kaynaklarının y zeylenmesi faylanmalar boyunca olmaktadır. Grabeni oluşturan ana faylar alüvyonla örtülmüştür. Bunun dışında volkanikler içinde etkin faylar da görülmektedir (MTA-JICA, 1987).

MTA-JICA (1987) tarafından tektonik zonda aktif fayların belirlenmesi için jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Bunlar; sıcaklık, gaz  l  mleri (CO₂), hidrotermal alterasyon ve izotoplar ile yapılan araştırmalardır. Jeolojik, jeofizik jeokimyasal çalışmalar sonucunda; Kaynarca yöresi belirlenmiş ayrıca Kaynarca jeotermal alınıdaki kaynakların bulunduğu sahada yaklaşık D-B uzanımlı ve grabeni oluşturan yüzey gravite fayının GB-KD, KD-GB doğrultulu faylarla kesildiği saptanmıştır (MTA-JICA, 1987).

2.3 Volkanizma

Bölgede çeşitli zamanlarda oluşmuş volkanizma dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

1. Miyosen yaşlı andezitik volkanizma (Ty₁)
2. Pliyosen yaşlı andezitik volkanizma (Ty₂)
3. Pliyosen yaşlı mafik volkanizma (T_p)
4. Pliyosen-Pleyistosen yaşlı riiodasitik volkanizma (Ty₃)

Miyosende andezitik volkanizma faaliyetinin bir merkezi Kozak Masifi'nin kuzeybatısında olan maksimum kalınlığı 1.500 metre olan hornblend andezitlerdir. Bunlar Kaynarca etrafında yeraltında kalınca gözlenmektedir. Yaygın hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır. Bölgenin güneybatı kısmında depresyon zonu içinde çamur ve t f birikmiştir. Çalışma alanında gözlenmeyen Soma formasyonu ile piroklastik kayaların kalınlığı güneye doğru yavaş yavaş artar. Bununla beraber bu birikim doğu ve kuzeydoğuda azdır. Gerçekte sedimentlerin birikmemiş olduğu düşünülmektedir (MTA-JICA, 1987).

Pliyosen boyunca Soma formasyonunun sedimentasyonu ve felsik volkanizma bölgenin kuzeyinde oluşmaya başlamıştır. Bu aktivite büyük boyutlu t f ve t f breşi

püskürmeleriyle karakterize edilir. Dasit ve ignimbirit içerir. Volkanizmanın bir merkezi Dikili'nin güneydoğusunda yer alan Demirtaş'ta tabakalar şeklinde olup maksimum kalınlığı 300 metredir (MTA-JICA, 1987).

Bölge içerisinde bu olayları takiben bir yükselti oluşmuştur. Bazalt, piroksen, andezit gibi mafik magma felsik volkanizma üzerine akmıştır. Genç Pliyosende Yuntdağ Volkanitleri-III olarak tanımlanan andezitik volkanizma oluşmuştur. Bu volkanizma Dikili grabeni içinde dom şekilli bir yapı sunar. Eş zamanda DKD-BGB yönlü bir ova Dikili-Bergama arasında oluşmuştur (MTA-JICA, 1987).



Bölüm 3

SONDAJ ÇALIŞMALARI

Dikili – Bergama jeotermal alanında ilk jeoloji ve jeofizik etütlerden sonra bu sahada 1977 yılında MTA tarafından Dikili–Bergama jeotermal alanlarının jeotermal gradyanlarını anlamak için on adet sığ derinlikli sondaj kuyusu açılmıştır. Derinlikleri 50-80 m arasında değişen bu sondajlar çok geniş bir alana yayılmıştır.

1977 yılında MTA tarafından açılan gradyan kuyularında elde edilen sıcaklıklar gradyan dağılımına göre, Kaynarca yöresi grabeninin jeotermal enerji açısından ısıtmaya yönelik olarak önemli bir saha olabileceği belirlenmiştir. Bu kuyulardan çalışma alanında kalan üç kuyuya ait bilgiler Tablo 2.1’de verilmiştir.

**Tablo 3.1 1977 yılında açılan gradyan kuyularına ait özet bilgiler
(Yılmaz&Can, 1978).**

KuyuNo	Tarih	Derinlik (m)	Altöv.Kalınlığı (m)	Sıcaklık (°C)	Ort.Gradyan (°C/m)
DG-6	19-07-1977	71.5	8	25,9	0,34/10
DG-7	28-07-1977	58.5	5	29.5	-
DG-8	18-08-1977	58.5	2	26.5	0,22/10

Dikili-Bergama jeotermal alanı, jeotermal enerji bakımından ümit verici olması nedeniyle Türk-Japon işbirliği ile jeotermal geliştirme programı dahilinde ön etüde alındı. Bu çalışma Haziran 1986’da başlatılarak üç aşama halinde sürdürülmüştür (MTA-JICA, 1987).

İlk aşamada, 80.000 km² lik bir alan Landstad uydu fotoğrafları, 1500 km² lik bir alan hava fotoğrafları ile taranıp, 2200 km² nin prospeksiyonu yapılmıştır. Jeokimya ön etüdlerine toplam 106 numunede kimyasal, izotop, toprak ve gaz analizleri gerçekleştirildi. İlk aşama çalışmaları 24/6/1986' da başlayıp 13/8/1987'da tamamlanmıştır.

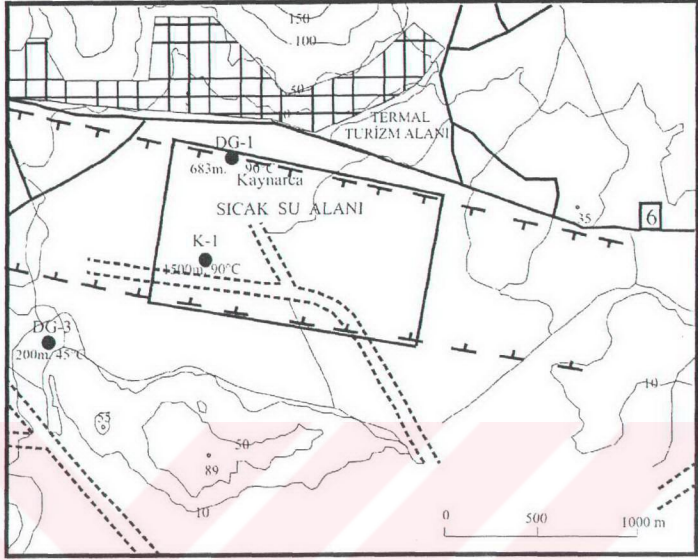
İkinci aşamada, saha 274 km² ye indirgenmiştir. 82 numunede jeolojik, 79 numunede hidrotermal alterasyon, 76 su numunesinde kimyasal ve izotop analizi, 302 numunede toprak-gaz, 302 numunede toprak analizleri yapılmıştır. 300 noktada bir metre derinlikte ısı ölçümü alındı. 81 km² lik bir alanda 693 istasyon ile gravite çalışması gerçekleştirildi. Bu çalışmalar 25.8.1986'da başlayıp 8.12.1986'da tamamlanmıştır (MTA-JICA, 1986).

Üçüncü ve son aşamada ise 424 km² lik alanın detay jeolojisi ile birlikte üç adet toplam derinliği 1083 m. olan gradyan kuyuları açılmıştır (Tablo 3.2, Şekil 3.1). Bu son aşama çalışmaları 1/6/1987'de başlayıp 2/8/87 tarihinde bitirilmiştir.

Bu kuyulardan alınan numunelerin, 21 adetinden ince kesit, 65 adetinden X-Ray, 7 adetinden sıvı kapanım, 71 adetinden kimyasal analiz yapılmıştır.

Tablo 3.2 1987 yılında açılan gradyan kuyularına ait özet bilgiler (MTA-JICA, 1987).

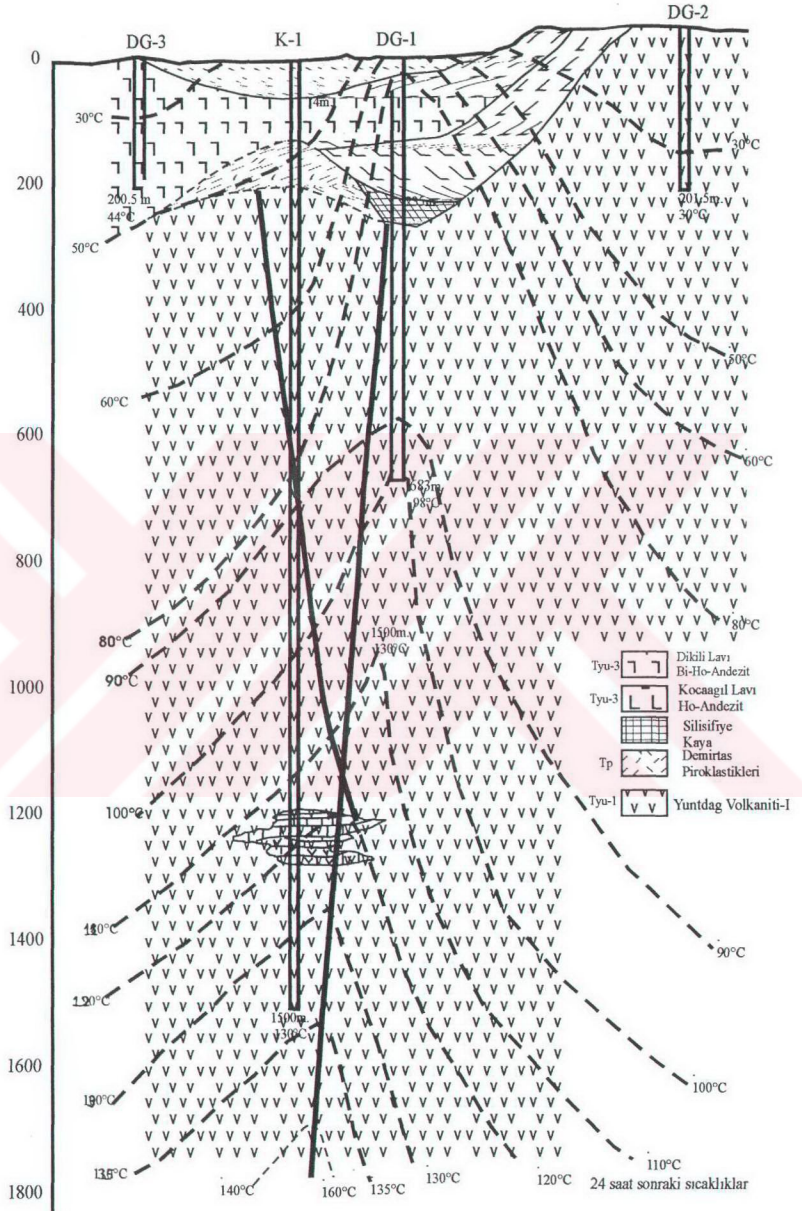
KuyuNo	Tarih	Derinlik (m)	Alüv.Kalınlığı (m)	Sıcaklık (°C)	Ort.Gradyan (°C/m)
DG-1	1987	683	20	98	0,47/10
DG-2	1987	201.5	5	30	0,1/10
DG-3	1987	200.5	2	45	1/10



Şekil 3.1 Kaynarca jeotermal alanı ve kuyu lokasyonları (Yılmaz & Gevrek, 1990)

İnceleme alanı içerisinde yer alan DG-1, DG-2 ve DG-3 kuyularının Şekil 3.2’de kuyular arası litoloji ve sıcaklık kesiti gösterilmiştir. Bu kuyularda sıcaklık yönünden yöredeki en aktif bölgenin Kaynarca alanı olduğu görülmektedir .

Jeotermometrelerle yapılan rezervuar sıcaklık hesapları ve yapılan diğer araştırmalar sonunda daha derinde, daha yüksek sıcaklıkta elektrik üretim amaçlı akışkanın var olup olmadığını saptamak için MTA tarafından 1989 yılında Kaynarca jeotermal alanında 1500 m. derinliğinde Kaynarca-1 (K-1) buhar araştırma kuyusu açılmıştır (Şekil 3.2 ve 3.3, Yılmaz & Gevrek, 1990) (Tablo 3.3).



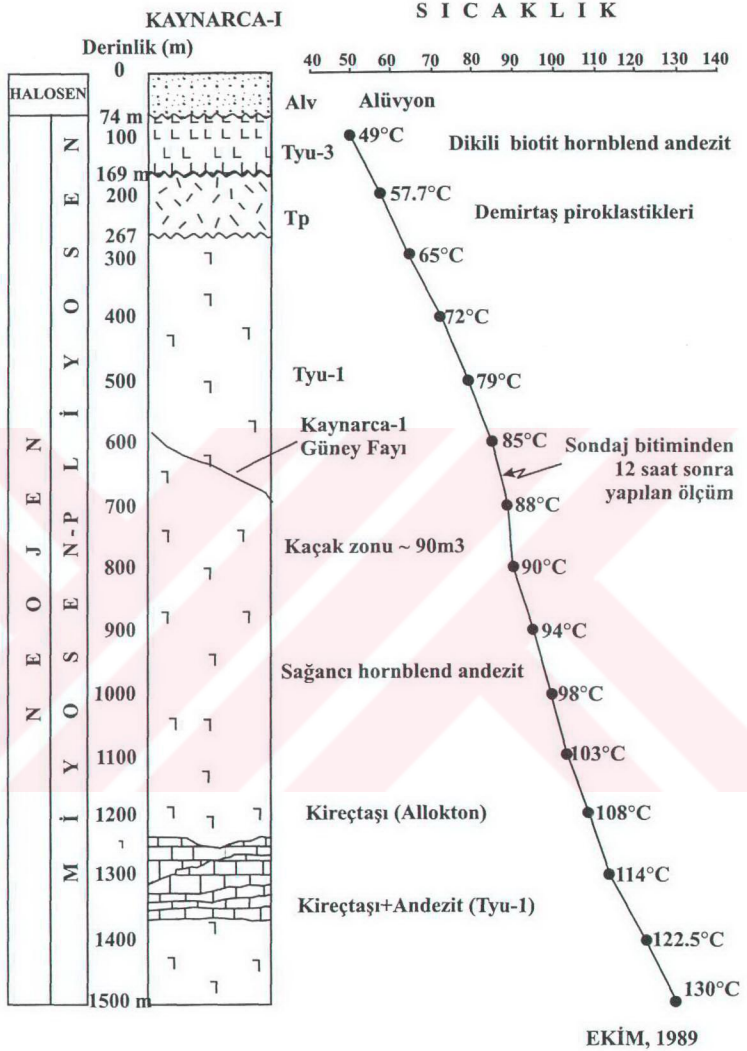
Şekil 3.2 İnceleme alanı içerisindeki kuyuların litoloji ve sıcaklık kesiti (Yılmaz & Gevrek, 1990)

Tablo 3.3 Kaynarca-1 (K-1) kuyusunda geçilen formasyonlar ve bu formasyonlarda ölçülen gradyanlar (Yılmaz&Gevrek, 1990).

Derinlik(m)	Formasyon	Gradyan(°C/10m)
0 - 74	Alüvyon	
74 - 167	Demirtaş piroklastitleri	0.2°C/10
167 - 267	Biyotit-hornblend andezitleri	0.6°C/10
267 -1262	Biyotit-hornblend andezitleri	0.75°C/10
1262 -1325	Volkanik katkılı kireçtaşı	0.94°C/10
1325 -1500	Andezit (Tyu-1) kesilmiştir	0.82°C/10

Sondaj sırasında 600-700 m'ler arasında I. hazne varlığı saptanmıştır ayrıca 90 m³'lük bir çamur kaçağı olmuştur. Bu zonda bol çatlaklı, yaygın alterasyon görülmektedir. Piroklastik kayalar çökme yaptığı için bu zon test edilmeden Casing (Kapalı boru) arkasına alınmıştır. Bu nedenle üretim yapılamadığı için 600-700 m'ler arasındaki akışkan ile ilgili yeterli bilgi sağlanamamıştır. Bu zonda yapılan kuyu içi ölçümlerine göre 80-88 °C'lik bir sıcaklık belirlenmiştir. 750-1500 m'ler arasında ise ortalama gradyan 17.5 m olarak hesaplanmıştır. Sondajla ilgili bilgiler Şekil 3.3'de kuyu bitirme logunda verilmiştir. K-1 kuyusu tabanında 130°C sıcaklık ölçülmüştür. K-1 kuyusu amaçlanan 200°C sıcaklığa erişememiştir (Yılmaz&Gevrek, 1990).

Sonuç olarak, yapılan K-1 sondajında düşünülen ve hesaplanan sonuçlara ulaşamamıştır. Yapılan sondajda 700 m'den sonra gradyan ile gözeneklilik ve geçirgenlik azalmaktadır. Bu nedenle sondaj daha fazla ilerletilmeden 1500 m.'de durdurulmuştur. Sondajla, sahanın 1500 m'lik kesiminin stratigrafik durumu aydınlatılmış olup, Kaynarca ile Kargın Tepe arasında büyük atımlı bir fayın bulunmadığı belirlenmiştir (Yılmaz & Gevrek, 1990).



Şekil 3.3 Kaynarca-1 kuyusunun bitirme logu (Yılmaz&Gevrek, 1990).

1993-1994 yıllarında, Dikili Belediyesi tarafından Dikili'nin ısıtılmasına yönelik dört adet sıcak su kuyusu açılmıştır (B-1, B-2, B-3, B-4). Bu kuyulardan B-1 hariç üç tanesinden toplam 130 l/s debiyle 100°C'nin üzerinde sıcaklığı olan su elde edilmiştir. Bu kuyuların derinlikleri 30-45 m. arasında değişmektedir. Sığ derinlikte hem yüksek sıcaklık, hem de yüksek debinin olması önemlidir (Sözlü görüşme, Dr. Servet Yılmaz, Haziran 2002). 1998 yılında MTA ile İzmir-Dikili Belediyesi arasında imzalanan sözleşme gereği bu üç jeotermal kuyunun ikisinde sıcaklık, basınç, ve debi ölçümleri yapılmıştır. Test çalışmalarının amacı, Dikili çevresinde bulunan çok sayıda sıcak su sahaları içinde en yüksek sıcaklığa sahip ve sondaj çalışmaları sonucu yüksek debili oldukları gözlenen kuyuların üretim performansları ile sıcaklık, basınç değerlerini incelemek olmuştur. Kuyulardan bir tanesinde (B-2), ana vananın altı tamamen kabuk bağladığından test yapılamamıştır (Özdoğan, 1998).

Yapılan bu çalışmalar sonucunda Dikili-Kaynarca jeotermal sahasında mevcut kuyulardaki akışkan miktarından hareketle bu rezervuarın özellikle şehir ısıtımında yeterli olabilecek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ancak kabuklaşmanın oluşum ve gelişim şartlarından dolayı bu debilerde üretim yapacak rezervuara ulaşmanın 300-400 m derinliğe inen kuyularla sağlanabileceği MTA tarafından yapılan testlerle kanıtlanmıştır (Özdoğan, 1998).

Bölüm 4

HİDROJEOLJİ

4.1 Kayaların Hidrojeolojik Özellikleri

Burada ele alınan kaya birimleri MTA-JICA (1987)'den alınmıştır.

4.1.1 Yuntdağ Volkaniti-I

Çalışma alanının yakın çevresini gösteren jeolojik haritada da görülebileceği gibi inceleme alanının en yaşlı birimidir. Yaygın alterasyona uğramış bu kayaların çatlaklarında silis, kalsit ve jips dolguları bulunmaktadır. Tektonik zonlarda ikincil gözeneklilik ve geçirgenlik arttığı için bu kayalar rezervuar özelliği kazanmışlardır.

4.1.2 Demirtaş Piroklastikleri

Genellikle Dikili'nin güney doğusundaki Demirtaş yöresinde yaygın olarak gözlenen bu birim altere olmamış dasit, ignimbirit, felsik piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Düşük porozite özelliğine sahip olmaları nedeniyle örtü kaya özelliğindedir.

4.1.3 Yuntdağ Volkaniti-II

İnceleme alanı içerisinde çok fazla yaygınlık göstermeyen bu kayalar tektonik hatlar boyunca düşük dereceli rezervuar oluşturabilir.

4.1.4 Yuntdağ Volkaniti-III

Genel olarak 6 ayrı volkanizma ürününden oluşup bunlardan inceleme alanında Dikili biotit-hornblend andezit birimi gözlenmektedir.

4.1.4.1 Dikili Biotit-Hornblend Andezit

İnceleme alanı içerisindeki yaygın olarak gözlenen bu birim yüzeyde kaldığından dolayı çok fazla sıcak su içermez.

Yuntdağ Volkaniti-III ısıtıcı kaya özelliğinde olup, sıcak kaynaklar ve altere zonlar bu birimin etrafında bulunmaktadır.

4.1.5 Alüvyon

Çalışma alanı içerisinde akifer özelliği taşıyan en önemli birimdir. Yörede sulama sularının büyük bir bölümü alüvyondan temin edilmektedir.

4.2 Dikili-Kaynarca Jeotermal Alanları

İnceleme alanındaki jeotermal alanları Dikili ve Kaynarca jeotermal alanları olarak iki grupta incelemek mümkündür.

4.2.1 Dikili-Kaynarca Jeotermal Alanlarının Oluşumu

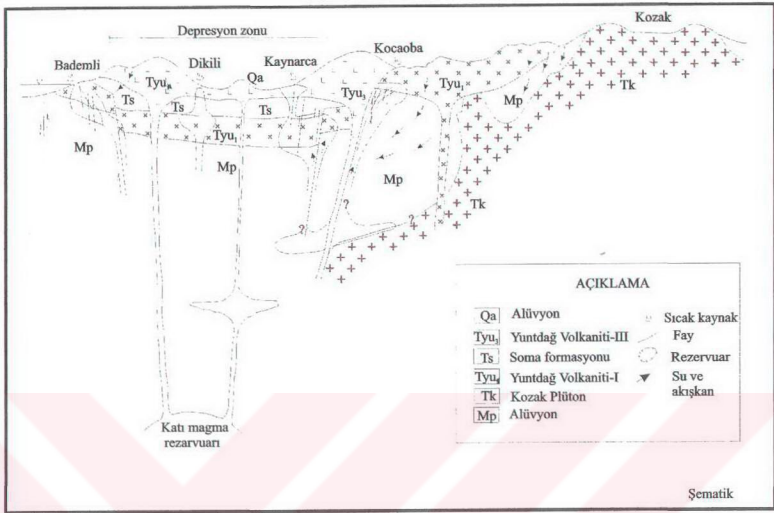
Tektonik hareketlerle oluşan fay zonlarında magmanın yüzeye yaklaşması veya aktivitesini kaybetmemiş magma ısısının konduksiyon yoluyla yeraltı sularını ısıtması sonucunda jeotermal akışkanlar oluşmakta ve bu akışkanlar gaz (CO₂) ve buhar olarak yüzeye çıkarak jeotermal kaynakları meydana getirmektedir (Yılmaz, 1984).

İnceleme alanında MTA-JICA (1987) tarafından yapılan araştırmaların sonucunda Dikili-Bergama jeotermal alanlarının oluşumunu gösteren bir hidrokimyasal model oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Bu modele göre; inceleme alanının kuzeyinde kalan Kozak Plütonu Pre-Tersiyer temel kayaları içerisine sokulum yapmaktadır. Yuntdağ Volkaniti-I kuzeybatıda komşu Kozak Masifi'ni kesmektedir. Dikili'yi içine alan depresyon zonunun bir sonucu oluşan düzlük içinde Yuntdağ Volkaniti-II ve bunu takiben Yuntdağ Volkaniti-III'ün dom yapıları volkanizması oluşmuştur. Jeotermal aktivite bu genç volkanizmanın çevresindeki sıcak kaynaklarda gözlemlenmiştir. Bölgedeki sıcak sular tektonik hatlar boyunca Kozak Bölgesi'nden yeraltına süzülen meteorik suların derinlerde ısınıp, kırık ve faylar boyunca tekrar yüzeylemesi ile oluşan devirli sistem özelliğindedirler. Sıcak sular bu yükselimleri sırasında belirli oranda soğuk yeraltı suları ile karışabilmektedirler.

4.2.2 Dikili-Kaynarca Jeotermal Alanlarının Tanıtımı

4.2.2.1 Dikili Jeotermal Alanı

Dikili-Bergama arasında 5'inci km'de ana yoldan 2 km güneyde, toprak bir yol ve tarlalardan arazi aracı ile gidilebilen kaynaklar üzerindeki yapılar ilkel bir hamam ve üstü kapalı bir çamur havuzudur (Şekil 4.2). Kür için gelenlerin kalabilecekleri odalar oldukça küçüktür. Asfalta çok yakın olmasına rağmen ancak kurak aylarda yararlanılmaktadır. Kaynak sıcaklığı 51°C olup; kaynaklar bikarbonatlı, sodyum sülfatlı, karbondioksitli ve hipetermaldir. Dikili kaynakları D-B yönlü fayın çatlaklarından gelip alüvyon şeridinde birkaç yerden yüzeye çıkarlar. Kaynakların yüksek sıcaklıklı olanları, koyu renkli andezitler (Yuntdağ Volkaniti-III) arasından çıkarak alüvyonlardan boşalmaktadır (Yılmaz, 1984). Bölgedeki kaynaklar 1939 yılında meydana gelen depremden etkilenmişlerdir. Bu sırada beliren sıcak kaynaklardan bir bölümü, kısa zamanda kaybolmuş, kalanlar ise 1941 yılından bugüne kadar özelliklerini korumuşlardır. Yapılan sondajlarla sıcaklık ve debi artırılmıştır. Kaynakların çevresi kaplıca uygulamalarının yanı sıra tarımsal uygulamalar için de oldukça idealdir (Yılmaz, 1984).



Şekil 4.1 Dikili-Bergama jeotermal alanlarının oluşumunu gösteren şematik kesit (MTA-JICA, 1987).

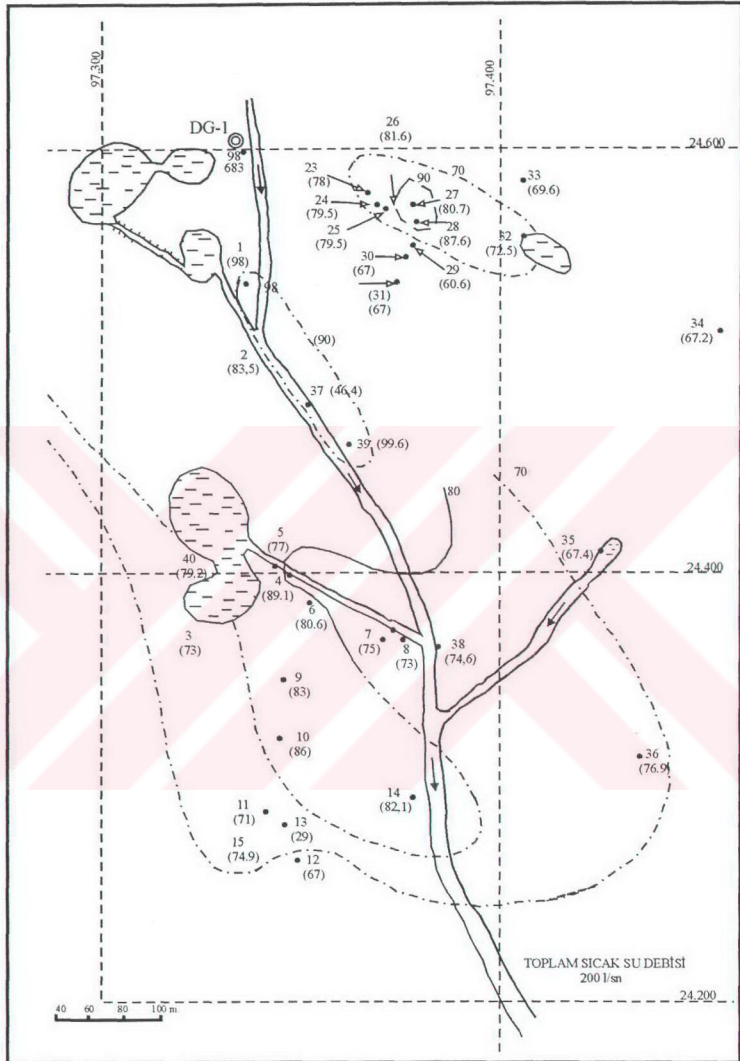


Şekil 4.2 Dikili İlçaları ve çevresinden bir görünüm.

4.2.2.2 Kaynarca Jeotermal Alanı

Çanakkale yolu, Dikili Kavşağı'nın 4,8 km doğusunda alüvyonal alan içinde yer alır. 2500 m² alan üzerinde dört adet sıcak su gölü ile irili ufaklı 80 değişik termal su ve buhar çıkışları vardır (Şekil 4.3). Bu termal suyun oluşumu doğrudan 1939 depreminin bir sonucudur (Jeckelman, 1996). Yalnızca bu alan içerisinde kapsamlı çıkış tahminleri yapılabilir. Dikili'nin ısıtılmasına yönelik yapılan sondajlar da bu alandadır. Bu alandaki doğal sıcak su boşalımının yaklaşık toplam debisi 180-200 l/sn olup ortalama sıcaklığı 80-100°C'dir (Yılmazer, 1984). Kaynaklardan çıkan bu akışkanlar oluşturdıkları kanallardan akarak Bakırçay'a karışır. Bu çay vasıtasıyla da denize akarlar.





Şekil 4.3 Kaynarca jeotermal alanındaki sıcak su çıkışlarının dağılımı ve sıcak su gölleri (Yılmaz & Gevrek, 1990).

Bölüm 5

HİDROJEOKİMYA

5.1 Temel Jeokimyasal Hesaplamalar

Bu çalışmada kaynakları verilen mevcut en yeni kimyasal analizlerden 32 sıcak su ve 5 soğuk su noktası olmak üzere toplam 37 su noktası seçilmiştir. Seçilen su noktaları Şekil 2.1'de belirtildiği gibidir. Bu su noktalarının kimyasal özellikleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Bu bölümde anlatılan bazı temel jeokimyasal tanımlamalar Şahinci (1991a ve 1991b)'den alınmıştır.

Kimyasal analizlerde, yeraltı sularında en çok bulunan iyonlardan Cl^- , $(\text{SO}_4)^{=}$, $(\text{HCO}_3)^-$, $(\text{CO}_3)^{=}$, Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ile Si, Li, Al ve B değerleri litrede miligram (mg/l) olarak verilmiştir. Ayrıca bu noktaların pH ve elektriksel iletkenlikleri yer almaktadır (Tablo 5.1).

Su içindeki iyonlar, litrede gram veya miligram olarak tanımlanır. Miligram/litre (mg/l) en yaygın olarak kullanılan birimdir. Bu birim: Çözülmüş maddenin bir litrede miligram (mg/l) olarak belirtilmesidir.

Bazı kimyasal incelemelerde iyonların su içindeki ağırlıkları yerine kimyasal tepkimeye giren miktarların saptanması istenir. Kimyasal tepkimelerde iyonların miktarı (mek/l) ve molarite (mol/l) olarak tanımlanabilir.

$$\text{mek/l} = (\text{mg/l}) (P/Z)$$

$$\text{molarite} = (\text{mg/l}) P \cdot 10^{-3}$$

P: İyonun atom ağırlığı

Z : İyon değeri

Tablo 5.1 Çalışmada kullanılan, inceleme alanı içerisindeki su noktalarının mevcut su analizleri (Örnek numaraları Şekil 2.1 ile aynıdır).

No	Örn.Yeri	Öz. Tarihli	T °C	Atm °C	pH /cm	Cl mg/l	Br mg/l	F mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	Al mg/l	B mg/l	Cu Mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Su Tipi	Kaynak		
1	Dikilitli İhtisarı	1987	65	30	7.3	2900	97.7	0.2	5.8	564	1090	99	0.04	12.5	37	1	42	7.4	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987	
2	Dikilitli İhtisarı	1987	40	30	7.3	2900	102.5	0.2	5.5	481	1140	109	0.11	11.00	43	5	41	8.6	570	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
3	Dikilitli İhtisarı	1987	40	30	7.3	2900	103.4	1.6	5.4	481	1140	101	0.09	10.6	47	2.7	43	6.9	585	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
4	Dikilitli İhtisarı	1987	66	30	7.1	2800	87.1	<0.1	4.9	465	1040	99	0.1	10.4	42	1.1	38	6.9	555	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
5	Dikilitli İhtisarı	1987	65	30	7.0	2800	88.1	0.2	5.3	473	1060	109	0.09	10.9	50	1.4	38	6.4	545	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
6	Dikilitli İhtisarı	1987	73	30	7.2	2600	89	0.2	3.7	477	1040	99	0.11	10.4	46	1.5	40	6.2	540	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
7	Dikilitli İhtisarı	1987	34	30	7.4	3600	96.7	<0.1	-	565	1620	109	0.10	11.9	41	0.5	35	8.3	820	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
18	Dikilitli İhtisarı	13.4.93	72.1	25	6.2	2560	88.7	-	-	479.8	1034.9	76.8	0.10	-	48.9	0.9	34.6	0.1	570	Na-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
19	Dikilitli İhtisarı	13.4.93	42	25	6.7	2670	100.1	-	-	536.9	1159.3	77.9	0.10	-	49.4	0.8	35.7	0.4	493.7	Na-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
20	Dikilitli İhtisarı	31.9.92	36.2	25	6.4	2540	103.7	-	-	445.3	1006.8	-	0.20	-	46.9	1.7	38.4	0.2	505.1	Na-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
21	Dikilitli İhtisarı	5.9.92	65	25	6.8	2600	84.3	-	-	431.4	1073.9	-	1.25	-	48.6	1.5	38.9	0.2	552.4	Na-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
22	Dikilitli İhtisarı	21.3.94	30.1	25	6.6	3030	89.3	1.3	-	436.8	1488.8	140.9	0.05	7.6	141.7	6.8	41.4	0.8	567.8	Na-Cu-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
23	Eğektepe Yakını	5.8.93	32	25	7.9	3200	111.6	0.6	-	579.6	1403.4	94.3	1.25	12.3	53.0	1.2	31.2	0.1	525.9	Na-HCO ₃ -SO ₄	Jeckelman,1996
30	Dikilitli İhtisarı	28.7.93	18.4	25	7.2	1150	91.4	0.6	-	105.9	482.0	38.5	0.85	0.4	70.6	1.4	1.6	32.2	132.2	Na-Cu-Mg-HCO ₃ -Cl	Jeckelman,1996
31	Eğektepe Yakını	31.7.93	24.3	25	6.7	495	48.4	0.3	-	12.4	158.6	123.2	0.00	0.1	34.6	0.0	7.9	7.6	52.4	Na-Cu-HCO ₃ -Cl	Jeckelman,1996
32	Suluklu Çeşme	28.7.93	24	25	7.2	631	37.2	0.3	-	17.5	298.9	49.2	0.04	0.1	76.6	0.0	7.0	18.2	445.1	Na-Cu-Mg-HCO ₃	Jeckelman,1996
33	Eğektepe Yakını	5.8.93	18	25	7.4	1987	263.7	10.3	-	27.4	1037.3	68.9	1.70	6.5	45.9	4.1	10.0	26.1	445.1	Na-HCO ₃ -Cl	Jeckelman,1996
8	Kaynarca	1987	42	26	8.1	2700	72.8	0.2	7.6	786	598	168	0.11	4.7	33	0.1	36	1.4	570	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
9	Kaynarca	1987	82	27	7.7	2500	68.9	0.2	7.2	735	586	226	0.13	5.1	32	0.1	36	<0.5	530	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
10	Kaynarca	1987	48	27	8.0	2700	72.8	0.2	7.4	774	598	193	0.12	5.0	37	0.1	37	3.8	570	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
11	Kaynarca	1987	53	27	7.7	2500	71.8	<0.1	7.6	753	586	226	0.14	5.0	39	0.1	34	0.5	540	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
12	Kaynarca	1987	80	27	7.8	2600	70.9	<0.1	7.2	735	598	241	0.13	5.1	44	0.2	33	3.3	530	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
13	Kaynarca	1987	74	27	7.4	2600	70.9	<0.1	7.4	781	604	215	0.12	5.1	37	1.1	34	0.5	540	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
14	Kaynarca	1987	99.9	27	8.6	2500	69.9	<0.1	6.8	744	610	203	0.08	5.3	33	0.1	33	0.5	540	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
15	Kaynarca	1987	46	27	8.4	2600	72.8	<0.1	7.6	743	610	165	0.10	5.3	33	0.1	34	1.0	570	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987
16	Kaynarca	1987	83	27	7.4	2600	69.9	<0.1	6.7	615	543	266	0.11	4.9	21	0.1	33	<0.5	520	Na-H-HCO ₃ -SO ₄	MTA-JICA,1987

Tablo 5.1 devam ediyor...

No	Örn.Yeri	Örn. Tarihi	T °C	Atm °C	pH	Cond µS /cm	Cl mg/l	Br mg/l	F mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	Al mg/l	B mg/l	Ca Mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Su Tipi	Kaynak
17	Kaynarca	1987	76	27	7.4	2700	70.9	<0.1	6.8	482	586	178	0.11	-	36	0.1	39	<0.5	530	Na-HCO ₃ -SO ₄	MTAJICA, 1987
24	Kaynarca	1.9.92	88	25	7.4	2530	61.2	-	-	615	561.4	---	0.58	-	34.2	0.6	36.6	2.4	522.8	Na-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
25	Kaynarca kuyu	13.4.93	53.1	25	7.6	2307	44.0	-	-	482	257.5	38.3	0.08	-	64	0.7	16.7	8.6	230.9	Na-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
26	Kaynarca	24.7.93	41	25	7.8	2623	67.9	1.3	-	795.7	555.3	193.5	0.01	6.0	42.2	0.1	29.8	3.0	515.1	Na-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
27	Kaynarca doğusu	26.7.93	70	25	7.1	2560	65.0	1.3	-	746.9	573.6	98.4	0.02	5.7	40.5	0.0	29.1	2.5	464.5	Na-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
28	Kaynarca batısı	15.3.94	32.3	25	7.4	1901	245.5	1.5	-	655.8	464.9	240.8	0.31	0.6	238.8	0.0	15.6	63.4	240.8	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
34	Kaynarca batısı	28.7.93	19.2	25	7.3	3921	910.3	1.3	-	677.3	634.6	72.3	0.02	0.6	281.9	0.2	30.3	128.7	33.8	Na-Ca-Cl-SO ₄ -NO	Jeckelmann, 1996
35	Kaynarca	28.7.93	18	25	7.0	1640	69.2	1.5	-	436.4	396.6	148.8	2.09	0.8	107.9	0.2	3.3	60.4	148.8	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Jeckelmann, 1996
36	DG-1 kuyusu	1987	98	25	9	1800	51.2	<0.3	4.2	553	282	363	0.53	1.7	10.8	6.9	32.1	2.3	363	Na-SO ₄ -HCO ₃	MTAJICA, 1987
37	DG-3 kuyusu	187	45	25	7.7	5500	1530	4.7	0.3	131	251	737	4.30	1.0	3.3	1.0	87.0	63.0	737	Na-Ca-Cl	MTAJICA, 1987

Sudaki anyon ve katyonların mek/l toplamaları birbirine eşit olmalıdır. Anyon ve katyonların kimyasal analizlerinde yapılabilecek hatalar aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$e = \frac{\text{Toplam katyon miktarı (mek/l)} - \text{Toplam anyon miktarı (mek/l)}}{\text{Toplam iyon miktarı (mek/l)}} \times 100$$

Hata yüzdesinin (e) genellikle %5'den küçük olması istenir. Pozitif değer katyon fazlalığına, negatif değer ise anyon fazlalığına karşılık gelir. Analiz yapımı sırasında ortaya çıkan hatalar dışındaki %5 'den yüksek hata, suda analizi yapılmamış iyon türlerinden bazılarının yüksek derişimde olabileceği şeklinde yorumlanmalıdır (Ford ve Williams, 1989).

- İyonlaşma Gücü (I)

Büyüklik olarak iyonların her birinin stokiyometrik molaritesinin (C) yarısı ile iyon değeriği (Z) karesinin çarpımına eşittir (Şahinci, 1991).

$$I = 0,5 (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + + C_n Z_n^2) = 0,5 C_i Z_i^2$$

- İyon Etkinliği (AC)

Tuzların suda çözünürlüğünün iyonlar arası kimyasal tepkime hızlarını etkileyen nedenlerden biridir. İyon etkinliği ile bir iyonun tahlil edilen derişimi (C) arasında şu bağıntı vardır (Şahinci, 1991):

$$AC = F \times C$$

$$AC = \text{İyon etkinliği (gerçek derişim)}$$

$$F = \text{İyon etkinlik katsayısı}$$

$$C = \text{Görünür derişim (molarite)}$$

- İyon Etkinlik Katsayısı (F)

İyon etkinlik katsayısı boyutsuzdur ve genellikle birden küçük olduğunda derişim , görünür derişimden küçüktür. Böylece çözeltilerde bulunan iyonlar, derişimlerinden çok etkinlikleri gerçek derişimleri ile tepkimeleri denetler.

İyon etkinlik katsayılarının hesabı için iyonlaşma gücü (molarite olarak) 0,1'den düşük olan sularda Debye-Hückel bağıntısı kullanılır. Bağıntı şöyledir:

$$\text{Log } F = -A Z_i^2 I^{0,5} / 1 + B r_0 Z^{0,5}$$

A ve B sabitleri sıcaklığa bağlı parametreler olup, 25°C ve 1 atm. koşullarında sırasıyla 0,51 ve 0,33 değerine sahiptir. Ancak hesaplamalar kaynak çıkış sıcaklığına göre yapılmalıdır. Hidratlaşma yarıçapı olan r_0 ise K^+ ve Cl^- için 3, Na^+ , $(HCO_3)^-$ ve $(SO_4)^{2-}$ için 4, $(CO_3)^{2-}$ için 4, 5, Ca^{++} için 6 ve Mg^{++} için ise 8 olarak alınmıştır.

İyonlaşma gücü 0,1 ile 0,5 arasında olan suların iyon etkinlik katsayısının hesabında ise Davies bağıntısı kullanılır (Filiz ve diğerleri, 1998).

$$\text{Log } F = -A Z_i^2 (I^{0,5} / 1 + I^{0,5} - 0,2 I)$$

I = İyonlaşma gücü

F = İyon etkinlik katsayısı

Z = Değerlik

A = Yukarıda belirtildiği gibi sıcaklığa bağlı sabittir.

Burada tanımlanan, iyonlaşma gücü, iyon etkinliği ve iyon etkinlik katsayısı değerleri her bir örnek için Watch 2.1 (Arnórsson ve diğ., 1982 ve Bjarnason, 1994) bilgisayar programı ile elde edilen ve Ek-1'de verilen jeokimyasal hesaplamalar içerisinde mevcuttur.

5.2 Doğal İzotoplarla (^{18}O , ^2H , ^3H) Suyun Yaşı ve İzlediği Yolum

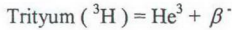
Araştırılması

Hidrojeolojik çevrimin çeşitli kesimlerindeki su hareketlerinin incelenmesi için ^{18}O , ^2H , ^3H izotopları bir izleyici olarak kullanılırlar ve hidrojeolojik sistemlerle ilgili gerek statik ve gerekse dinamik parametrelerin saptanması olanağını sağlarlar.

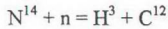
İzotoplar arasında özellikle döteryum ($^2\text{H}=\text{D}$), trityum ($^3\text{H}=\text{T}$) ve ^{18}O , kaynakların beslenme alanlarının ve kökenlerinin belirlenmesinde su-hazne kayaç ilişkilerinin saptanmasında, suların bağlı yaşlarının ve jeotermal sistemlerin hazne kaya sıcaklıklarının saptanmasında ve sıcak-soğuk su karışımları gibi sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada uygulanan yöntemlerde kullanılan izotop analizleri MTA-JICA (1987) ile Jeckelman (1996) dan ayrıca bazı yorumlar Şahinci (1991a) ve Filiz (1982)'den alınmıştır (Tablo 5.2).

5.2.1 Trityum

İzotop hidrojeolojisinde çoğunlukla su molekülünün $\text{H}^3\text{H}^1\text{O}^{16}$, $\text{H}^1\text{H}^1\text{O}^{18}$ ve $\text{H}^1\text{H}^1\text{O}^{16}$ türleri kullanılır. Bunlardan ^3H (trityum) hidrojenin radyoaktif izotopu olup yarılanma yaşı 12,26 yıldır. Eski beta ışınımı yaydığından kolayca radyoaktif sayaçlarda saptanabilir.



Trityumun doğal ve yapay iki kökeni vardır. Doğal kökeni kozmik ışınlardaki nötronların (n) N^{14} üzerine etkimesiyle oluşur.



Trityumun yapay kökeni nükleer patlamalardır. 1952 yılından sonra atmosferde nükleer denemeler sonucu trityum miktarı hızla artmıştır. Yağışlarda doğal trityum miktarı, bölge ve iklim kuşaklarına bağlı olarak 5–20 trityum birimi (UT) arasında

iken nükleer patlamalar sonucu binlerce trityum birimine erişmişlerdir. Bir trityum birimi (UT), $1 \times 10^{18} \text{ H}^1$ atomunun içindeki bir atom trityum miktarıdır.

Radyoaktif izotoplarda parçalanma hızı yan etkilerle değişmez.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-at}$$

bağıntısı, çürüme ile zaman arasındaki doğrusal ilişkiyi verir. Bağıntıda ;

N_t = t anındaki radyoaktif atom sayısı,

N_0 = Başlangıçtaki radyoaktif atom sayısı,

a = Radyoaktif çürüme katsayısı,

t = Zaman olarak verilmiştir.

Bağıntıyı “e” tabanından kurtarıp trityum radyoaktif çürüme katsayısını “a” yerine koyarsak trityum yarı ömrü ,

$$t_{1/2} = \ln 2 / 0,0564 = 12,268 \text{ yıl olarak bulunur.}$$

5.2.2 ^{18}O ve $\text{D}(^2\text{H})$ Kararlı İzotopları

^{18}O ve ^2H (döteryum), su molekülünün duraylı izotoplarındandır. Bunların ölçümleri kütle spektrometresinde yapılmakta ve sonuçlar % 0 δ ile gösterilmektedir. δ değerleri uluslararası başvuru standardı olarak kabul edilmiş olan SMOW (Standart Mean Ocean Water)’a göre verilmektedir. SMOW, Atlas okyanusu sularının çeşitli noktalarından alınmış deniz suyunun bir karışımıdır. 1 δ yaklaşık olarak 2 ppm ^{18}O ve 0,3 ppm ^2H ’yi karşılamaktadır. δ ’nın tanım eşitliği CRAIG tarafından 1961’de geliştirilen bağıntıyla tanımlanır (Filiz, 1982).

$$\delta = (\text{Örneğin izotop oranı} / \text{Standart izotop oranı} - 1) \times 1000$$

Ölçüm duyarlılıkları ^{18}O için yaklaşık olarak % 0.1 δ , ^2H için % 2 δ 'dır. Okyanuslar, hidrojeolojik devrin başlangıcını ve sonunu oluşturması nedeni ile herhangi bir suyun içerdiği ^{18}O miktarı okyanus suları ile karşılaştırılır. Eğer suyun deltası -5 ise bu suyun ağır izotopları, okyanus suları ortalamasına (SMOW)' a göre % 0,5 fakirdir. Tersine delta +5 ise, konu edilen suyun ağır izotopları (SMOW)'a göre % 0,5 daha zengindir. Yerküresinde doğal sulardaki ^{18}O miktarı çok değişiktir. Döteryum da benzer özellik gösterir (Sahrada +150 $\delta^2\text{H}$, güney kutbu kar sularında -150 $\delta^2\text{H}$) (Şahinci, 1991a).

Buharlaşma ve hazne kaya yapısındaki minerallerle akışkan (su) arasındaki kimyasal tepkimelerde H ve O değişimi, suyun ilkel izotop yapısını etkiler. Suyun hafif izotopları buharlaşma ile ortamdan kolayca ayrılırken, ağır izotoplar sıvı faza geçer ve geride kalan artık buhar, ağır izotoplarca fakirleşir.

Böylece birbirini izleyen aynı bulut kütesinden gelen yağışlarda, bulutlar yağışlarının bir kısmını yüksek bölgelere bıraktıklarından, kıta içlerine düşen yağışlar ağır izotoplarca fakirleşir. Şiddetli buharlaşma etkisinde kalan suların ağır izotopları buharlaşma göstermeyen sulara göre daha fazladır. Ağır izotop zenginleşmesi, buharlaşmanın şiddetiyle orantılıdır. Bununla birlikte aynı yörede farklı buharlaşma etkisinde kalan sular ^{18}O döteryum arasında doğrusal bir ilişki gösterirler (Güleç& Mutlu, 2002).

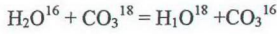
$$\% \delta \text{H}^2 = a \% \delta ^{18}\text{O} + b$$

Bağıntıda “a”, 3’den büyük, 8’den küçüktür, “b” ise 10’dan küçüktür. Buharlaşma doğrusunun eğimi, yağış doğrusunun eğiminden azdır ve yağış eğrisinin sağında, altında yer alır. Bu iki doğrunun kesim noktası, buharlaşmadan önceki suyun izotop içeriğini tanımlar (Şekil 5.1).

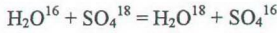
Jeotermal sistemlerin hazne kayalarını oluşturan silikat ve karbonat mineralleri, genellikle ^{18}O 'ce zengindir. Kimyasal tepkime sonucu, hazne kayadaki sıcak akışkanın ^{18}O oranı artar.

Tablo 5.2 İnceleme alanı içerisindeki sıcak suların O^{18} , 2H ve 3H izotop analizleri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Örnek No	Örnekleme Yeri	$\delta^{18}O$ δ (SMOW)	δD δ (SMOW)	3H	Kaynak
1	Dikili İlçaları	-6.3	-41.5	<0.3	MTA-JICA, 1987
2	Dikili İlçaları	-5.8	-44.4	<0.3	MTA-JICA, 1987
3	Dikili İlçaları	-	-	-	MTA-JICA, 1987
4	Dikili İlçaları	-	-	-	MTA-JICA, 1987
5	Dikili İlçaları	-	-	-	MTA-JICA, 1987
6	Dikili İlçaları	-	-	-	MTA-JICA, 1987
7	Dikili İlçaları	-	-	-	MTA-JICA, 1987
18	Dikili İlçaları	-6.4	-43.5	0.7	Jeckelman, 1996
19	Dikili İlçaları	-5.9	-41.5	1.1	Jeckelman, 1996
20	Dikili İlçaları	-6.4	-45.0	8.7	Jeckelman, 1996
21	Dikili İlçaları	-6.3	-45.9	0.9	Jeckelman, 1996
22	Dikili İlçaları	-6.5	-47.1	-	Jeckelman, 1996
23	Dikili İlçaları	-4.7	-39.0	1.1	Jeckelman, 1996
30	Dikili İlçaları	-5.2	-31.7	-	Jeckelman, 1996
31	Eşek Tepe yakını	-5.9	-33.8	-	Jeckelman, 1996
32	Sütlüklü çeşme	-5.4	-32.6	-	Jeckelman, 1996
33	Eşek Tepe yakını	-6.2	-46.8	-	Jeckelman, 1996
8	Sütlüklü Çeşme	-	-	-	Jeckelman, 1996
9	Eşek Tepe yakını	-6.3	-39.3	1.5	MTA-JICA, 1987
10	Kaynarca	-4.9	-37.4	-	MTA-JICA, 1987
11	Kaynarca	-6.1	-39.3	-	MTA-JICA, 1987
12	Kaynarca	-	-	-	MTA-JICA, 1987
13	Kaynarca	-6.1	-39.3	0.8	MTA-JICA, 1987
14	Kaynarca	-6.4	-43.0	<0.3	MTA-JICA, 1987
15	Kaynarca	-4.8	-37.5	-	MTA-JICA, 1987
16	Kaynarca	-	-	-	MTA-JICA, 1987
17	Kaynarca	-	-	-	MTA-JICA, 1987
24	Kaynarca	-5.9	-41.8	<1.1	Jeckelman, 1996
25	Kaynarca	-6.6	-40.6	0.8	Jeckelman, 1996
26	Kaynarca	-4.8	-38.2	0.8	Jeckelman, 1996
27	Kaynarca, kuyu	-6.2	-36.8	<1.3	Jeckelman, 1996
28	Kaynarca	-5.6	-35.5	7.6	Jeckelman, 1996
34	Kaynarca doğusu	-5.0	-30.7	9.9	Jeckelman, 1996
35	Kaynarca batısı	-5.7	-34.7	-	Jeckelman, 1996
36	DG-1 kuyusu	-5.9	-39.2	<0.8	MTA-JICA, 1987
37	DG-3 kuyusu	-5.4	-35.5	<0.8	MTA-JICA, 1987

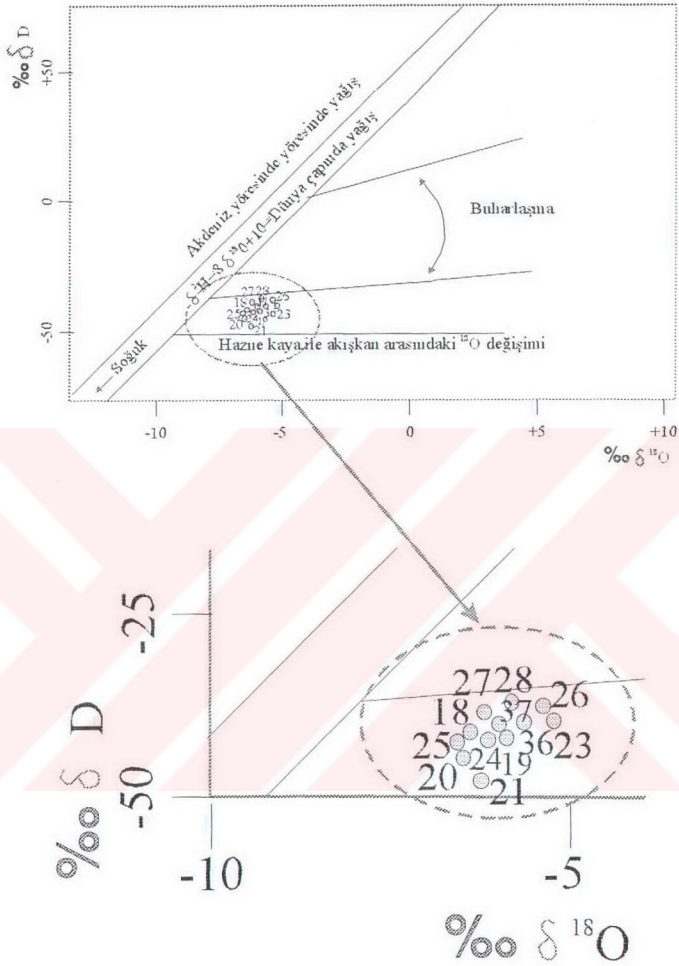


ya da :



Çok yüksek sıcaklıkta kaya - akışkan arasındaki ^{18}O oranları bire erişir. Buna karşın kayalarda hidrojen mineralleri yok denecek kadar az olduğundan , döteryum miktarında fazla bir değişiklik gözlenmez. Böylece $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ diyagramları üzerinde termal sular soğuk yeraltı sularının ve yağış sularının sağında yer alır. Ayrıca yatay bir doğru üzerinde hazne kaya içindeki akışkanın ısı alış verişine bağlı ^{18}O evrimi gözlenebilir (Şekil 5.1). Bu doğrunun yağış suları doğrusunu kestiği nokta ilksel suyun izotop yapısını belirler.

Dikili-Kaynarca jeotermal sistemleri içersinde yapılan izotop analizleri Tablo 5.2’de kaynakları ile birlikte gösterilmiştir. $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ diyagramına da yapılan izotop analiz sonuçlarından bir bölümü işlenmiştir. Bu diyagrama göre inceleme alanındaki sıcak sular meteorik suları gösteren eğrilerin yakınlarında yer almaktadırlar. Filiz (1982), ^{18}O ve ^2H değerlerine göre yöredeki tüm sıcak suların meteorik kökenli olduğunu, Kaynarca sularındaki ^{18}O zenginleşmesinin akışkanın yüksek entalpili bir hazneden gelebileceğini gösterdiğini ve inceleme alanındaki suların en az 50 yıllık bir çevriminin olduğunu belirtmiştir. MTA-JICA, (1987) tarafından yapılan izotop analiz değerlerine göre Dikili kaynaklarından çıkan akışkanın yaklaşık yaşının 75 yıldan büyük olduğu, Kaynarca kaynaklarından çıkan akışkanın yaklaşık yaşının 6-56 yıl olduğu hesaplanmıştır. Filiz (1982)’nin bulguları MTA-JICA (1987) ve Jeckelman (1996) verileri ile doğrulanmaktadır.



Şekil 5.1 Yağış suları ve doğal sularda ^{18}O ve D (2H) ilişkileri.

$\delta D = 8\delta^{18}O + 22$ Akdeniz yöresindeki yağış (IAEA, 1981).

$\delta D = 8\delta^{18}O + 10$ Dünya çapında yağış (Craig, 1961).

5.3 Suların Mineral Doygunluk Özelliklerinin İncelenmesi

Suların mineral doygunlukları su içindeki iyonların ve minerallerin Gibbs serbest enerjileri (ΔG^0) ile iyon etkinliklerinin bilinmesi ile ilişkilidir. Su içindeki kimyasal bir tepkimenin Gibbs serbest enerjisi (ΔG^0) ile tepkimedeki iyon veya bileşiklerin derişimleri arasındaki ilişki aşağıdaki global denklemle yazılabilir.

$$\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K \quad (1)$$

Bağıntıdaki; R, gazların sabiti (0,001987 kcal/mol), T, sıcaklık derecesi (Kelvin), ln doğal logaritma ve K, tepkimenin denge sabitidir. (1) bağıntısı hidrojeokimyada oldukça önemli bir yer tutar. Çünkü kimyasal tepkimelerin serbest enerjileri bilinirse kimyasal denge sabitleri, çözülmüş iyonların çökelebیلme özellikleri, iyon değişimi ve kimyasal bozunum şekilleri önceden tahmin edilebilir. Standart koşullarda kimyasal tepkimelerin standart serbest enerji değişim miktarları tepkime sonu ortaya çıkan maddelerin serbest enerjileri toplamı ($\Sigma \Delta G^0_{ts}$), ile tepkime başlangıcındaki maddelerin toplam serbest enerjileri ($\Sigma \Delta G^0_{tb}$) farkına eşittir (Tarcan, 2002).

$$\Delta G^0 = \Sigma \Delta G^0_{ts} - \Sigma \Delta G^0_{tb} \quad (2)$$

Standart koşullarda herhangi bir kimyasal tepkime şu şekildedir.



Denge sabiti ile tepkime bileşenlerinin derişimleri arasındaki ilişki (3) tepkimeye giren maddelerin iyon etkinlikleri toplamının tepkimeden çıkan maddelerin iyon etkinlikleri tepkimesi dikkate alındığında aşağıdaki şekilde gelişir.

$$K = (aY)^y (aZ)^z / (aB)^b (aC)^c \quad (4)$$

Denklemde a ilgili iyonun etkinliğini (etkin derişimini) tanımlar ve,

$$a = \gamma C \quad (5)$$

ile tanımlanır; Bu denklemde de γ iyon etkinlik katsayısını, C ise molalite olarak iyon derişimini belirtir. (4) no'lu denklem (1) no'lu denklemde yerine konulduğunda

$\Delta G^\circ = -RT \ln [(aY)^y (aZ)^z / (aB)^b (aC)^c]$, denklemde ilgili parametreler (standart koşullarda) yerine konur ve ondalık logaritmaya çevrilirse;

$$\log K = -\Delta G^\circ / 1,3641 \quad (6)$$

$$\log [(aY)^y (aZ)^z / (aB)^b (aC)^c] = -\Delta G^\circ / 1,3641 \quad (7)$$

denklemleri elde edilir. Bu denklemde tepkimeye giren ve çıkan maddelerin dengede olması durumunda eşitliğin her iki yanı birbirine eşittir. Denge durumunun değişmesi ile eşitlik bozularak, tepkimeye girenler veya çıkanlar yönünde değişecektir. Bu yönün tahmin edilmesi mineral doygunluğu hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır. Buradan yola çıkılarak doygunluk indeksi (Dİ) (saturation index = SI) kavramı geliştirilmiştir.

$$Dİ = \log [(aY)^y (aZ)^z / (aB)^b (aC)^c] / (-\Delta G^\circ / 1,3641) = \log (Q/K) \quad (8)$$

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

Tepkimedeki (3 eşitliğindeki) mineral (katı faz) bileşik olarak yazıldığında (bütün katıların iyon etkinlikleri 1 kabul edilir) denge sabiti $K = (aY)^y (aZ)^z$ (tepkimeden çıkan maddelerin iyon etkinlikleri toplamı = IAP) olacağından (8) no'lu denklem de şu şekilde değişecektir

$$Dİ = \log [(aY)^y (aZ)^z] / (-\Delta G^\circ / 1,3641) = \log (IAP/K) \quad (9)$$

Özetle SI, $\log (Q/K)$ veya $\log (IAP/K)$ şeklinde de gösterilebilen logaritmik bir kavramdan oluşur. Her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişen değerler içerir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indeksi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanır (Tarcan, 2002).

SI $(Q/K) = 0$ ise su ilgili mineral ile dengededir (doygundur).

SI $(Q/K) > 0$ ise su ilgili minerale aşırı doygundur (mineral çöktirici özelliğindedir).

SI $(Q/K) < 0$ ise su ilgili minerale doygun değildir (mineral çözündürücü özelliğindedir).

Bu çalışmada inceleme alanına ait sıcak suların mineral doygunluk indeksleri Watch-2.1 (Arnórsson ve diğ., 1982 & Bjarnason, 1994) bilgisayar programı yardımıyla termodinamik koşullar dikkate alınarak kuyuların ve kaynakların yalnızca ölçülen sıcaklığı için değil 25°C–200°C arasında 25°C’de bir artış gösteren sekiz sıcaklık değeri için de hesaplanmıştır. Dikili ve Kaynarca sıcak kaynakları için en çok çökel ürün olarak rastlanabilecek mineraller Tablo 5.3’ de verilmiştir.

Çalışma alanındaki sıcak kaynaklarda tüm mineraller belirli bir sıcaklık derecesine kadar doygunluk üstü (yani akiferdeki su bu mineralleri çöktirici özelliğe) değerler vermektedirler. Tablo 5.3’de görüleceği gibi Dikili jeotermal alanındaki sıcak sulara genel olarak kalsit, mikroklin, albit, lomontit, analsim mineralleri 125°C sıcaklığa kadar doygunluk üstü değerler vermektedirler. Kalsedon 100°C’nin üstündeki sıcaklık değerlerinde doygunluk altı (yani su minerali çözündürücü özelliğe) değerler vermektedir. Kuvars minerali 150°C’ye kadar doygunluk üstü değer verir. Fulorit ve anhidrit mineralleri ise genellikle Dikili jeotermal alanındaki tüm su noktalarında doygunluk altı (su bu mineralleri çözündürücü özelliğe) değerler verirler. Kaynarca jeotermal alanındaki su örneklerinin mineral doygunluk değerlerine baktığımızda genellikle 125°C’ye kadar olan sıcaklık değerlerinde adulya, varyakit, lomontit, 150°C’ye kadar albit, kalsit, mikroklin, analsim, kalsedon mineralleri doygunluk üstü değerler verirler. Florit

minerali 75°C'nin üstündeki sıcaklıklarda, kuvars minerali ise 150°C'nin üstündeki sıcaklıklarda doygunluk altındırlar.

Tablo 5.3 İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Örnek No: 1		Örnekleme Yeri: Dikili İlçaları									
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Muscovite	Analime	Chalcedony	Quartz
25	3.904	5.590	1.189	4.249	1.982	0.254	5.930	7.953	2.904	0.741	1.091
50	2.231	3.444	-0.234	2.721	1.859	-0.51	4.013	4.958	1.728	0.458	0.793
75	0.883	1.732	-1.308	1.494	1.692	-0.271	2.449	2.693	0.781	0.229	0.529
100	-0.203	0.357	-2.115	0.506	1.207	-0.443	1.173	1.657	0.020	0.042	0.302
125	-2.305	-3.234	-5.196	-1.513	-0.387	-0.644	-1.094	-0.327	-1.799	-0.136	0.088
150	-2.082	-2.315	-3.816	-1.222	-0.29	-0.794	-1.015	0.667	-1.330	-0.299	-0.107
175	-2.406	-2.583	-3.666	-1.486	0.351	-0.927	-1.463	-0.110	-1.445	-0.444	-0.280
200	-2.754	-2.974	-3.674	-1.783	0.752	-1.043	-1.917	-1.110	-1.614	-0.575	-0.433

Örnek No:2		Örnekleme Yeri: Dikili İlçaları									
SICAKLIK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Muscovite	Analime	Chalcedony	Quartz
25	4.593	-1.312	6.994	4.884	1.982	0.254	5.930	7.953	2.904	0.741	1.091
50	2.899	-1.123	4.818	3.335	1.859	0.051	4.013	4.958	1.728	0.458	0.793
75	1.511	-0.915	3.037	2.067	1.692	-0.271	2.449	2.693	0.781	0.229	0.529
100	0.372	-0.703	1.570	1.026	1.207	-0.443	1.173	1.657	0.020	0.042	-2.726
125	-2.579	-0.502	-3.692	-1.843	-0.387	-0.644	-1.094	-0.327	-1.799	-0.136	0.088
150	-1.980	-0.304	-2.011	-1.177	-0.029	-0.794	-1.015	0.667	-1.330	-0.299	-0.107
175	-1.944	-0.105	-1.552	-1.369	0.351	-0.927	-1.463	-0.110	-1.445	-0.444	-0.280
200	-2.296	0.099	-1.799	-3.686	0.752	-1.043	-1.917	-1.110	-1.614	-0.575	-0.433

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 3		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	4.363	6.612	2.211	4.645	1.979	0.401	6.389	3.271	0.768	1.118
50	2.682	4.455	0.777	3.108	1.845	0.097	4.464	2.090	0.483	0.818
75	1.316	2.713	-0.327	1.862	1.668	-0.129	2.882	1.131	0.248	0.548
100	0.205	1.295	-1.177	0.849	1.208	-0.309	1.581	0.352	0.052	0.312
125	-2.144	-2.776	-4.738	-1.418	-0.429	-0.524	-0.933	-1.712	-0.128	0.096
150	-1.789	-1.582	-3.083	-0.995	-0.59	-0.652	-0.722	-1.111	-0.291	-0.099
175	-2.025	-1.668	-2.751	-1.172	0.330	-0.768	-1.082	-1.139	-0.436	-0.272
200	-2.355	-2.017	-2.717	-1.451	0.740	-0.875	-1.518	-1.291	-0.567	-0.425

Örnek No: 4		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	4.389	6.739	2.338	4.701	1.850	0.400	6.415	3.318	0.778	1.128
50	2.701	4.573	0.895	3.158	1.697	0.095	4.483	2.132	0.491	0.826
75	1.319	2.804	-0.236	1.896	1.498	-0.136	2.885	1.162	0.251	0.551
100	0.182	1.340	-1.132	0.857	0.985	-0.323	1.558	0.364	0.048	0.308
125	-2.559	-3.512	-5.474	-1.802	-0.605	-0.551	-1.348	-2.088	-0.136	0.088
150	-2.025	-1.958	-3.459	-1.201	-0.229	-0.680	-0.958	-1.309	-0.299	-0.107
175	-2.090	-1.698	-2.781	-1.206	0.164	-0.786	-1.147	-1.165	-0.444	-0.280
200	-2.389	-1.985	-2.685	-1.455	0.576	-0.890	-1.552	-1.287	-0.574	-0.432

Örnek No: 5		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	4.563	7.044	2.643	4.867	1.798	0.581	6.589	3.409	0.853	1.203
50	2.853	4.841	1.163	3.303	1.616	0.268	4.635	2.209	0.559	0.894
75	1.437	3.009	-0.031	2.006	1.403	0.020	3.003	1.215	0.308	0.608
100	0.259	1.470	-1.002	0.926	0.994	-0.188	1.635	0.390	0.092	0.352
125	-3.753	-5.912	-7.874	-3.004	-0.817	-0.466	-2.542	-3.328	-0.98	0.126
150	-2.990	-3.902	-5.403	-2.173	-0.445	-0.618	-1.923	-2.319	-0.261	-0.069
175	-2.393	-2.323	-3.406	-1.517	-0.054	-0.738	-1.450	-1.514	-0.406	-0.242
200	-2.404	-2.035	-2.735	-1.478	0.357	-0.838	-1.567	-1.348	-0.536	-0.394

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 6		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları									
SİCAKLIK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analime	Chalcedony	Quartz
25	4.412	-1.291	6.784	2.383	4.689	1.944	0.399	6.438	3.320	0.765	1.115
50	2.729	-1.097	4.626	0.948	3.152	1.804	0.095	4.511	2.138	0.479	0.814
75	1.360	-0.880	2.879	-0.161	1.903	1.619	-0.132	2.926	1.177	0.243	0.543
100	0.242	-0.655	1.450	-1.022	0.883	1.121	-0.312	1.618	0.393	0.046	0.306
125	-2.133	-0.449	-2.673	-4.635	-1.409	-0.466	-0.534	-0.922	-1.696	-0.136	0.088
150	-1.767	-0.248	-1.454	-2.955	-0.976	-0.093	-0.656	-0.700	-1.084	-0.299	-0.107
175	-1.991	-0.46	-1.514	-2.597	-1.140	0.298	-0.766	-1.048	-1.099	-0.444	-0.280
200	-2.318	0.159	-1.856	-2.556	-1.417	0.709	-0.871	-1.481	-1.248	-0.574	-0.432

Örnek No: 7		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları								
SİCAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analime	Chalcedony	Quartz
25	4.174	6.323	1.922	4.692	2.086	-0.143	6.200	3.361	0.726	1.076
50	2.504	4.172	0.494	3.168	1.999	-0.457	4.286	2.189	0.444	0.779
75	1.189	2.507	-0.533	1.972	1.893	-0.673	2.755	1.263	0.226	0.526
100	0.171	1.250	-1.222	1.053	1.598	-0.823	1.547	0.549	0.059	0.319
125	-1.042	-0.562	-2.524	-0.077	-0.155	-0.990	0.169	-0.401	-0.099	0.125
150	-1.486	-0.975	-2.476	-0.454	0.205	-1.132	-0.419	-0.599	-0.262	-0.070
175	-1.954	-1.528	-2.611	-0.861	0.585	-1.264	-1.011	-0.857	-0.407	-0.243
200	-2.325	-1.963	-2.663	-1.182	0.987	-1.378	-1.488	-1.050	-0.538	-0.396

Örnek No: 18		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları										
SİCAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Muscovite	Analime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	Zoisite
25	3.094	4.992	0.591	3.394	2.191	5.120	6.584	2.432	0.357	5.446	0.405	2.496
50	1.411	2.790	-0.888	1.857	2.167	3.193	3.440	1.252	0.070	3.868	0.201	0.871
75	0.244	1.321	-1.719	0.810	2.141	1.810	1.266	0.426	-0.099	2.680	0.208	-0.189
100	-0.173	1.008	-1.464	0.492	0.629	1.203	3.572	0.099	-0.052	-0.921	-0.017	-1.898
125	-1.042	-0.105	-2.067	-0.294	0.985	0.169	1.445	-0.475	-0.241	-0.856	-0.217	-2.036
150	-1.744	-1.009	-2.510	-0.929	1.353	-0.677	-0.295	-0.926	-0.409	-0.610	-0.396	-1.970
175	-2.296	-1.711	-2.794	-1.421	1.728	-1.353	-1.696	-1.264	-0.560	-0.181	-0.556	-1.689
200	-2.715	-2.223	-2.923	-1.788	2.105	-1.878	-2.820	-1.496	-0.698	0.418	0.418	-1.200

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 19		Örnekleme Yeri: Dikili İlçaları										
SİCAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Muscovite	Analcime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	Zoisite
25	2.883	4.583	0.182	3.180	2.266	4.909	6.106	2.281	0.294	5.204	0.644	2.121
50	1.164	2.308	-1.370	1.607	2.247	2.946	2.883	1.076	-0.004	3.586	0.331	0.433
75	-0.030	0.780	-2.260	0.533	2.249	1.536	0.602	0.233	-0.183	2.405	0.117	-0.659
100	-0.167	0.950	-1.522	0.497	1.169	1.209	2.637	0.106	-0.054	-0.083	0.206	-1.531
125	-1.074	-0.246	-2.208	-0.327	1.489	0.137	0.460	-0.500	-0.249	-0.149	-0.025	-1.805
150	-1.807	-1.215	-2.716	-0.992	1.812	-0.740	-1.282	-0.976	-0.423	-0.28	-0.231	-1.850
175	-2.385	-1.971	-3.054	-1.509	2.134	-1.442	-2.651	-1.331	-0.581	0.269	-0.417	-1.671
200	-2.820	-2.523	-3.223	-1.893	2.449	-1.983	-3.709	-1.576	-0.724	0.731	-0.582	-1.278

Örnek No: 22		Örneklemeye Yeri: Dikili İlçaları										
SİCAKLİK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	Zoisite
25	4.722	-0.737	7.529	3.128	4.974	1.251	6.748	3.360	1.009	3.945	1.359	2.651
50	2.968	-0.576	5.249	1.571	3.365	1.029	4.750	2.126	0.704	2.142	1.039	0.882
75	1.495	-0.400	3.321	0.281	2.010	0.821	3.061	1.087	0.440	0.526	0.740	-0.615
100	0.242	-0.214	1.658	-0.814	0.854	0.554	1.618	0.200	0.210	-1.068	0.470	-1.976
125	-1.156	-0.25	-0.440	-2.402	-0.464	-0.240	0.055	-0.890	0.004	-4.236	0.228	-4.675
150	-2.930	0.124	-3.476	-4.977	-2.175	-1.175	-1.863	-2.419	-0.162	0.030	-0.143	-9.137
175	-2.914	0.316	-3.042	-4.125	-2.103	-0.766	-1.971	-2.198	-0.307	-7.173	-0.143	-7.148
200	-2.909	0.508	-2.718	-3.418	-2.053	-0.339	-2.072	-2.022	-0.437	-5.678	-0.295	-5.393

Örnek No: 23		Örneklemeye Yeri: Eşek Tepe yakını										
SİCAKLİK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	
25	4.849	-1.360	8.118	3.717	5.417	2.221	6.875	4.211	0.602	7.592	0.952	
50	3.185	-1.188	5.963	2.285	3.899	2.159	4.967	3.042	0.322	6.020	0.657	
75	1.923	-0.957	4.374	1.334	2.756	2.078	3.489	2.152	0.121	4.729	0.421	
100	1.042	-0.658	3.346	0.874	1.975	1.641	2.418	1.529	0.000	3.073	0.260	
125	0.093	-0.434	2.042	0.080	1.108	0.260	1.304	0.841	-0.155	-0.614	0.069	
150	-0.532	-0.247	1.273	-0.228	0.551	0.622	0.535	0.463	-0.319	-0.238	-0.127	
175	-1.040	-0.057	0.641	-0.442	0.102	1.003	-0.097	0.165	-0.465	0.272	-0.301	
200	-1.429	0.138	0.174	-0.526	-0.236	1.405	-0.592	-0.045	-0.597	0.951	-0.455	

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 8		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.053	7.632	3.231	5.403	1.480	0.639	7.079	3.803	0.995	1.345
50	3.344	5.430	1.752	3.841	1.366	0.320	5.126	2.605	0.701	1.036
75	1.945	3.630	0.590	2.563	1.263	0.076	3.511	1.624	0.456	0.756
100	0.806	2.172	-0.300	1.524	1.127	-0.118	2.182	0.830	0.249	0.509
125	-0.123	0.992	-0.970	0.680	0.807	-0.282	1.088	0.192	0.067	0.291
150	-1.841	-1.904	-3.405	-0.968	-0.685	-0.485	-0.774	-1.280	-0.096	0.096
175	-1.611	-1.021	-2.104	-0.674	-0.267	-0.569	-0.668	-0.837	-0.241	-0.077
200	-1.852	-1.160	-1.860	-0.860	0.165	-0.652	-1.015	-0.895	-0.371	-0.229

Örnek No: 9		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.609	8.409	4.008	5.926	1.458	0.587	7.635	4.166	1.155	1.505
50	3.885	6.185	2.507	4.350	1.331	0.265	5.667	2.958	0.857	1.192
75	2.461	4.345	1.305	3.047	1.228	0.014	4.027	1.960	0.604	0.904
100	1.291	2.837	0.365	1.977	1.122	-0.189	2.667	1.146	0.386	0.646
125	0.333	1.609	-0.353	1.103	0.962	-0.365	1.544	0.488	0.193	0.417
150	-0.459	0.594	-0.907	0.381	0.506	-0.523	0.608	-0.046	0.020	0.212
175	-1.668	-1.392	-2.475	-0.767	-0.509	-0.772	-0.725	-1.041	-0.129	0.035
200	-1.557	-0.834	-1.534	-0.601	-0.079	-0.850	-0.720	-0.748	-0.260	-0.118

Örnek No: 10		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.320	8.042	3.641	5.657	1.548	0.661	7.346	3.985	1.067	1.417
50	3.604	5.830	2.152	4.089	1.432	0.341	5.386	2.782	0.772	1.107
75	2.194	4.013	0.973	2.800	1.332	0.094	3.760	1.794	0.523	0.823
100	1.041	2.533	0.061	1.747	1.216	-0.103	2.417	0.991	0.311	0.571
125	0.100	1.333	-0.629	0.891	0.997	-0.272	1.311	0.345	0.124	0.348
150	-1.988	-2.283	-3.784	-1.128	-0.710	-0.515	-0.921	-1.492	-0.043	0.149
175	-1.543	-0.977	-2.060	-0.621	-0.295	-0.604	-0.600	-0.835	-0.188	-0.024
200	-1.682	-0.915	-1.615	-0.704	0.135	-0.686	-0.845	-0.791	-0.319	-0.177

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 11		Örneklem Yeri: Kaynarca								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.644	8.608	4.207	5.995	1.450	0.731	7.670	4.225	1.165	1.515
50	3.918	6.380	2.702	4.415	1.315	0.409	5.700	3.014	0.866	1.201
75	2.488	4.532	1.492	3.107	1.205	0.157	4.054	2.013	0.611	0.911
100	1.311	3.014	0.542	2.030	1.095	-0.046	2.687	1.194	0.391	0.651
125	0.346	1.777	-0.185	1.149	0.932	-0.222	1.557	0.531	0.196	0.420
150	-0.457	0.746	-0.755	0.416	0.474	-0.380	0.610	-0.011	0.021	0.213
175	-1.934	-1.772	-2.855	-0.999	-0.534	-0.655	-0.991	-1.273	-0.129	0.035
200	-1.616	-0.801	-1.501	-0.627	-0.101	-0.730	-0.779	-0.774	-0.260	-0.118

Örnek No: 12		Örneklem Yeri: Kaynarca								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.636	8.634	4.233	5.992	1.603	0.724	7.662	4.210	1.177	1.527
50	3.913	6.410	2.732	4.415	1.486	0.403	5.695	3.001	0.878	1.213
75	2.490	4.574	1.534	3.113	1.394	0.153	4.056	2.004	0.626	0.926
100	1.323	3.071	0.599	2.046	1.304	-0.049	2.699	1.192	0.409	0.669
125	0.370	1.853	-0.109	1.177	1.170	-0.222	1.581	0.538	0.217	0.441
150	-0.409	0.863	-0.638	0.467	0.832	-0.376	0.658	0.015	0.045	0.237
175	-1.549	-0.972	-2.055	-0.611	-0.351	-0.619	-0.606	-0.908	-0.106	0.058
200	-1.511	-0.559	-1.259	-0.518	0.079	-0.697	-0.674	-0.688	-0.236	-0.094

Örnek No: 13		Örneklem Yeri: Kaynarca								
SİCAKLİK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Zoisite
25	5.549	8.412	4.011	5.901	1.394	0.682	7.575	4.139	1.157	4.106
50	3.820	6.177	2.499	4.318	1.241	0.358	5.602	2.926	0.857	2.438
75	2.383	4.316	1.276	3.002	1.112	0.102	3.949	1.919	0.600	1.085
100	1.196	2.778	0.306	1.916	0.980	-0.108	2.572	1.093	0.377	0.012
125	0.219	1.517	-0.445	1.023	0.785	-0.290	1.430	0.422	0.179	-0.865
150	-0.626	0.400	-1.101	0.247	0.172	-0.460	0.441	-0.161	0.001	-2.061
175	-2.455	-2.836	-3.919	-1.521	-0.645	-0.776	-1.512	-1.776	-0.148	-6.803
200	-1.882	-1.357	-2.057	-0.893	-0.215	-0.863	-1.045	-1.021	-0.278	-3.314

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 14		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.549	8.412	4.011	5.901	1.394	0.682	7.575	4.139	1.157	1.507
50	3.820	6.177	2.499	4.318	1.241	0.358	5.602	2.926	0.857	1.192
75	2.383	4.316	1.276	3.002	1.112	0.102	3.949	1.919	0.600	0.900
100	1.196	2.778	0.306	1.916	0.980	-0.108	2.572	1.093	0.377	0.637
125	0.219	1.517	-0.445	1.023	0.785	-0.290	1.430	0.422	0.179	0.403
150	-0.626	0.400	-1.101	0.247	0.172	-0.460	0.441	-0.161	0.001	0.193
175	-2.455	-2.836	-3.919	-1.521	-0.645	-0.776	-1.512	-1.776	-0.148	0.016
200	-1.882	-1.357	-2.057	-0.893	-0.215	-0.863	-1.045	-1.021	-0.278	-0.136

Örnek No: 15		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	4.871	7.273	2.872	5.186	1.674	0.592	6.897	3.644	0.937	1.287
50	3.168	5.076	1.398	3.629	1.592	0.0271	4.950	2.449	0.645	0.980
75	1.793	3.312	0.272	2.376	1.518	0.030	3.359	1.485	0.408	0.708
100	0.696	1.917	-0.555	1.379	1.407	-0.156	2.072	0.720	0.214	0.474
125	-0.178	0.820	-1.142	0.590	1.095	-0.311	1.033	0.119	0.049	0.273
150	-1.219	-0.739	-2.240	-0.381	-0.354	-0.472	-0.152	-0.685	-0.103	0.089
175	-1.499	-0.882	-1.965	-0.597	0.057	-0.567	-0.556	-0.752	-0.248	-0.084
200	-1.849	-1.243	-1.943	-0.892	0.483	-0.657	-1.012	-0.919	-0.378	-0.236

Örnek No: 16		Örnekleme Yeri: Kaynarca								
SICAKLIK	Adularia	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz
25	5.824	8.506	4.105	6.147	1.044	0.373	7.850	4.286	1.256	1.606
50	4.089	6.262	2.584	4.558	0.894	0.047	5.871	3.069	0.954	1.289
75	2.645	4.392	1.352	3.236	0.778	-0.210	4.211	2.058	0.695	0.995
100	1.453	2.848	0.376	2.143	0.676	-0.419	2.829	1.228	0.470	0.730
125	0.472	1.586	-0.376	1.247	0.550	-0.600	1.683	0.555	0.270	0.494
150	-0.333	0.555	-0.946	0.511	0.300	-0.762	0.734	0.014	0.090	0.282
175	-2.450	-3.215	-4.298	-1.546	-1.048	-1.157	-1.507	-1.879	-0.069	0.095
200	-1.784	-1.549	-2.249	-0.825	-0.610	-1.245	-0.947	-1.032	-0.199	-0.057

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 17		Örneklemeye Yeri: Kaynarca								
SİCAKLİK	Adullaria	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Fluorite	Microcline	Analclime	Chalcedony	Quartz
25	5.210	7.896	3.495	5.540	1.504	0.585	7.236	3.884	1.051	1.401
50	3.492	5.681	2.003	3.969	1.366	0.265	5.274	2.680	0.755	1.090
75	2.074	3.850	0.810	2.672	1.243	0.016	3.640	1.686	0.504	0.804
100	0.909	2.348	-0.124	1.607	1.093	-0.185	2.285	0.874	0.288	0.548
125	-0.050	1.118	-0.844	0.732	0.803	-0.359	1.161	0.215	0.096	0.320
150	-2.467	-3.166	-4.667	-1.616	-0.803	-0.620	-1.400	-1.949	-0.74	0.118
175	-1.857	-1.531	-2.614	-0.942	-0.390	-0.720	-0.914	-1.126	-0.219	-0.055
200	-1.859	-1.199	-1.899	-0.889	0.038	-0.802	-1.022	-0.946	-0.349	-0.207

Örnek No: 25		Örneklemeye Yeri: Kaynarca, kuyu											
SİCAKLIK	Adullaria	Anhydrite	Laumontite	Albite, low	Calcite	Microcline	Calcite	Muscovite	Analclime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	Zoisite
25	2.058	-0.980	4.315	2.346	1.946	4.084	1.946	5.591	1.604	0.137	5.144	0.487	2.215
50	0.593	-0.785	2.450	1.028	1.848	2.375	1.848	3.011	0.569	-0.76	3.530	0.259	727
75	-0.217	-0.495	1.493	0.338	0.674	1.349	0.674	3.799	-0.022	-0.123	0.149	0.177	-1.224
100	-1.324	-0.255	0.085	-0.669	0.984	0.052	0.984	1.200	-0.774	-0.340	-0.106	-0.080	-1.694
125	-2.227	-0.012	-1.058	-1.490	1.295	-1.016	1.295	-0.872	-1.379	-0.533	-0.172	-0.309	-1.918
150	-2.946	0.233	-1.955	-2.140	1.598	-1.879	1.598	-2.472	-1.843	-0.704	-0.055	-0.512	-1.903
175	-3.500	0.478	-2.626	-1.490	1.890	-3.709	1.890	-2.632	-2.181	-0.854	0.236	-0.690	-1.660
200	-3.906	0.721	-3.088	-2.985	2.170	-3.069	2.170	-4.564	-2.403	-0.988	0.692	-0.846	-1.203

Örnek No: 26		Örneklemeye Yeri: Kaynarca									
SİCAKLIK	Adularia	Anhydrite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Analclime	Chalcedony	Prehnite	Quartz	Zoisite
25	5.716	-1.024	4.637	6.104	1.496	7.742	4.405	1.095	6.870	1.445	5.408
50	3.992	-0.847	3.135	4.528	1.363	5.774	3.196	0.796	5.225	1.131	3.756
75	2.566	-0.651	1.931	3.223	1.247	4.132	2.197	0.543	3.815	0.843	2.423
100	1.394	-0.445	0.986	2.151	1.114	2.770	1.381	0.324	2.583	0.584	1.363
125	0.430	-0.238	0.259	1.271	0.880	1.641	0.719	0.130	1.349	0.354	0.462
150	-0.811	-0.035	-1.194	0.100	-0.840	0.256	-0.264	-0.43	-3.596	0.149	-3.063
175	-1.122	0.186	-0.983	-0.148	-0.425	-0.179	-0.363	-0.188	-2.628	-0.24	-2.032
200	-1.393	0.406	-0.805	-0.363	0.005	-0.556	-0.451	-0.318	-1.659	-0.176	-1.068

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 27		Örneklemeye Yeri: Kaynarca doğusu									
SİCAKLIK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Wairakite	Albite, low	Calcite	Microcline	Analcime	Chalcedony	Quartz	Zoisite
25	4.696	-1.009	6.967	2.566	5.050	0.905	6.722	3.313	1.132	1.482	1.588
50	2.952	-0.836	4.708	1.030	3.452	0.719	4.734	2.089	0.828	1.163	-0.124
75	1.496	-0.645	2.816	-0.224	2.117	0.562	3.062	1.068	0.566	0.866	-1.526
100	0.285	-0.443	1.243	-1.229	1.007	0.398	1.661	0.225	0.337	0.597	-2.662
125	-0.730	-0.238	-0.081	-2.043	0.075	0.136	0.481	-0.480	0.133	0.357	-3.681
150	-2.548	-0.059	-3.141	-4.642	-1.675	-1.522	-1.481	-2.034	-0.48	0.144	-8.864
175	-2.664	0.157	-2.959	-4.042	-1.730	-1.088	-1.721	-1.940	-0.193	-0.029	-7.241
200	-2.769	0.371	-2.836	-3.536	-1.781	-0.639	-1.932	-1.864	-0.323	-0.181	-5.776

Örnek No: 28		Örneklemeye Yeri: Kaynarca batısı									
SİCAKLIK	Adularia	Anhydrite	Laumontite	Na-Montmor.	Sil. amorph.	Microcline	Muscovite	Chalcedony	Quartz		
25	-1.556	-0.459	-3.428	-0.655	-0.082	0.470	0.598	0.790	1.140		
50	-1.641	-0.269	-2.423	1.091	-0.272	0.141	1.474	0.504	0.839		
75	-1.952	-0.059	-2.074	0.423	-0.435	-0.386	1.334	0.259	0.559		
100	-2.397	0.165	-2.164	-1.631	-0.575	-1.021	0.609	0.048	0.308		
125	-2.843	0.396	-2.396	-3.991	-0.698	-1.632	-0.241	-0.138	0.086		
150	-3.238	0.633	-2.647	-6.289	-0.807	-2.171	-1.058	-0.301	-0.109		
175	-3.573	0.874	-2.881	-8.505	-0.903	-2.630	-1.830	-0.446	-0.282		
200	-3.848	1.114	-3.076	-10.682	-0.989	-3.011	-2.577	-0.576	-0.434		

Örnek No: 36		Örneklemeye Yeri: DG-1 kuyusu									
SİCAKLIK	Anhydrite	Calcite	Fluorite	Sil. amorph.	Chalcedony	Goethite	Quartz				
25	-1.044	1.889	-1.257	-0.131	0.741	2.992	1.091				
50	-0.881	1.800	-1.557	-0.323	0.453	2.914	0.788				
75	-0.699	1.692	-1.777	-0.475	0.219	2.695	0.519				
100	-0.502	1.266	-1.935	-0.593	0.030	1.920	0.290				
125	-0.280	-0.182	-2.079	-0.707	-0.147	-0.642	0.077				
150	-0.041	0.174	-2.081	-0.816	-0.310	0.001	-0.118				
175	0.207	0.532	-2.092	-0.913	-0.456	0.550	-0.292				
200	0.464	0.894	-2.087	-0.999	-0.586	0.295	-0.444				

Tablo 5.3 devam ediyor...

Örnek No: 37	Örneklem Yeri: DG-3 kuyusu						
SICAKLIK	Anhydrite	Calcite	Fluorite	Sil. amorph.	Analcime	Chalcedony	Prehnite
25	-1.747	0.895	-0.414	-0.907	2.150	-0.035	3.895
50	-1.515	0.653	-0.663	-1.015	1.163	-0.239	2.128
75	-1.287	0.759	-0.862	-1.195	0.189	-0.501	1.173
100	-1.042	0.867	-1.005	-1.338	-0.576	-0.715	0.463
125	-0.790	0.982	-1.113	-1.452	-1.158	-0.892	0.006
150	-0.535	1.112	-1.198	-1.549	-1.589	-1.043	-0.197
175	-0.283	1.265	-1.270	-1.632	-1.894	-1.175	-0.151
200	-0.033	1.440	-1.334	-1.707	-2.090	-1.294	0.127

5.4 Sıcak Suların Hazne Kaya Sıcaklıklarının Tahmini

Termal kaynak sularının sıcaklıkları genellikle rezervuar sıcaklıklarından daha düşüktür. Sıcak suların yüzeye erişirken soğuk yeraltı suları ile karışmaları, dokanakta bulundukları kayalarla ısı alış veriş, örtü kayanın kalın veya ince oluşu gibi nedenlerden dolayı sıcak suların sıcaklıklarının doğrudan ölçülmesi hazne kayaya kadar inen kuyularla yapılabilir. Sondajların pahalı ve bazı durumlarda ekonomik olmaması, her zaman hazne kayaya inilememesi durumunda hazne sıcaklığının tahmin edilmesinde kimyasal jeotermometreler, doğal izotop jeotermometreleri, hidrotermal bozunum jeotermometreleri kullanılmaktadır (Mutlu, 1999). Bu çalışmada inceleme alanındaki suların hazne kaya sıcaklıklarını tahmin ederken kimyasal jeotermometre uygulamaları ile birlikte kombine (birleşik) jeotermometre ve mineral denge-sıcaklık diyagramı jeotermometresi uygulamalarından yararlanılmıştır.

5.4.1 Kimyasal Jeotermometreler

Diğer Jeotermometre yöntemlerine göre, kimyasal tahlilleri ucuz ve kısa sürede yapıldığından, jeotermal araştırmalarda hazne kaya sıcaklığının tahmininde kimyasal jeotermometrelerden daha fazla yararlanılır.

Kimyasal jeotermometre değerlendirmeleri niteliksel (kalitatif) ve sayısal (kantitatif) olmak üzere iki bölümde incelenebilir ;

5.4.1.1 Niteliksel (Kalitatif) Kimyasal Jeotermometre Değerlendirmeleri

Birçok kalitatif jeotermometreler, uçucu elementlerin sıcak akışkanlarda ve zeminde görelî miktarların, dağılımlarına veya zemin gazlarındaki oranlarına dayanır. Termal akışkanlarda bulunan bazı element, bileşik ve oranların sıcaklık hakkında verdikleri görelî bilgiler aşağıda belirtilmiştir ;

- **SiO₂** :Hazne kaya sıcaklığı hakkında en iyi bilgi veren silistir ve kuvarsın dengelenmesi yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Yüksek sıcaklıktaki suda, yaklaşık 180°C de başlayan silis çökmesi, sıcaklığın düşmesi ile hızla artar. Klorürce fakir, asid sular 100°C civarında kayalardaki silikatları bozundurarak amorf silisçe çok zenginleşebilir. 140°C'nin üzerinde, örtü kaya tıkama malzemesi olarak genellikle kuvars ve kalseduan izlenir. Opal, kristobalit örtü kaya oluşturmuşsa düşük sıcaklığı belirler. Doğal gayzerlerde, yüzeyde amorf silis veya kristalleşmiş silis çökelleri, hazne kaya sıcaklığının 180°C veya daha fazla olabileceğini gösterir.

- **Klorür** : Hazne kaya sıcaklığı 150°C'nin üzerindeki sularda, genellikle 150 ppm' den fazla klorür (kökeni deniz suyu olanlar dışında) ender sıcak su sistemlerinde (200°C'nin üzerinde) ise 40 ppm 'in altındadır. Klorür, sıcak su sistemi ile buhar sistemini ayıran en önemli kriterdir. Bir çok klorür tuzları sıcak sularda çözünür ve sıcak sistemlerde bol bulunur. 400°C'de bile klorür tuzlarının uçuculuğu önemsizdir. Bu nedenle, düşük basınçlı buhar sistemlerinde klorür azdır, 50 ppm' in üzerinde klorür izlenirse sıcak su sistemini belirler (Şahinci, 1991a).

- **B, NH₄, H₂S, Hg, Cl, Na, K, Li, Rb, Cs, As** : Bu gibi element ve bileşiklerin bir veya bir kısmının suda fazla bulunması, hazne kaya sıcaklığının yüksek olabileceğini gösterir.

- **Na/K oranı** : Bu oranın yüksekliği, genellikle hazne kaya sıcaklığının fazla olabileceğini işaret eder. Özellikle bu oran, 20/1 – 8/1 arasında anlamlıdır. Bu oran ile hesaplanan hazne kaya sıcaklığı, suyun keldiği başlangıç derinlik veya yatay uzaklığın sıcaklığını tanımlar. Yüzeydeki sıcak suyun kimyasal tahlillerine göre silis jeotermometresi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklık değeri, Na/K ile bulunandan küçük ise, akışkanın hazne kayadan yüzeye gelişi sırasında soğuk sular ile karışmış olabileceği vurgulanır.

- **Traverten Çökelmeleri** : Hazne kaya sıcaklığının düşük olduğunu (100°C civarında) gösterir. Ancak bikarbonatlı sular yeraltında soğuduktan sonra kireçtaşlarından geçmiş ise, hazne kaya sıcaklığı yüksek olabilir.

- **Cl/(HCO₃ + CO₃)** : Bu oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı fazla olabilir.

- **Mg ve Mg/Ca Oranı** : Mg⁺⁺ miktarı ve Mg/Ca oranı küçük ise hazne kaya sıcaklığı yüksek olabilir.

- **Cl/SO₄ Oranı** : Bu oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı yüksektir.

- **Cl/F Oranı** : Bu değer fazla ise hazne kaya sıcaklığı da yüksek olabilir.

- **H₂/Diğer Gazlar (Buhar Dışında) Oranı** :Oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı fazladır. Sıcaklığın düşmesi ile hidrojen, diğer gazlara oranla azalır.

5.4.1.2 Sayısal (Kantitatif) Kimyasal Jeotermometre Değerlendirmeleri

Kantitatif kimyasal jeotermometrelerin kullanılmasında bazı varsayımlar göz önünde bulundurulur. Bunlardan bazıları şunlardır ;

- Sıcak sulardaki kimyasal maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler, hazne kaya – su arasında gerçekleşmektedir.

- Sıcaklık saptanmasında gerekli maddelerin ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve tepkimelerin hammaddesi hazne kayada boldur.

- Hazne kaya sıcaklığında kaya–su arasında kimyasal denge gerçekleşmiştir.

- Hazne kayadan yüzeye erişen sıcak suyun, soğuma sonucunda kimyasal yapısı değişmez veya yeni bir kimyasal denge gerçekleşmez.

- Hazne kayadan gelen sıcak suların, soğuk yeraltı ve yüzey suları ile bir karışımı söz konusu değildir.

Bu varsayımların ilk üçü SiO_2 ve Na - K - Ca jeotermometreleri için kullanılır. Son iki varsayım tam olarak gerçeği yansıtmaz. Çünkü hazne kayadan yüzeye doğru gelen sıcak suyun soğuması veya soğuk suların karışımı ile kimyasal yapısı değişebilir. Kantitatif kimyasal jeotermometreler çözünürlüğe, iyon değişimine ve iyon etkinliğine bağlı olmak üzere üçe ayrılır ;

5.4.1.2.1 Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler

--Silis Jeotermometresi

Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, hazne kaya sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler $150\text{--}225^\circ\text{C}$ sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedirler. Daha yüksek sıcaklıklarda hazne kayadan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenir. Bu nedenle sıcaklığı 225°C ' nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sularda gerçek sıcaklığı yansıtmaz.

CT (β -kristobalit) ve amorf silikanın çözünürlüğü 20 ile 250°C arasındaki sıcaklıklarda doğrusal bir uzantı sergiler. Silis fazlarının çözünürlüğünü ortaya koyan bu doğrulara ait denklemler Tablo 5.4'te verilmiştir. 300°C'nin altındaki sıcaklıklarda ve ticari amaçlı sondajlarda ulaşılan derinliklerde, basınçtaki değişimlerin kuvars ve amorf silis çözünürlüğü üzerinde fazla bir etkisi yoktur (Fournier ve Potter, 1982a; Fournier ve Rowe, 1977). 300°C'nin üzerinde ise, basınçta ve toplam çözünmüş madde içeriğindeki (TDS) en ufak değişiklik bile dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. 180°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda erimiş silis, kuvars çözünürlüğü tarafından kontrol edilmektedir (Fournier, 1991). Kuvars jeotermometresi aşağıda verilen varsayımlar göze alınarak kullanılır;

- Rezervuardaki akışkanlar kuvars ile denge halindedir,
- Yukarıya yükselme sırasında, soğuk ve sıcak sular arasında herhangi bir karışım yoktur.
- Yükselen su ya kondüktif olarak soğumakta veya 100°C'de buhar ayrılması ile adiyabatik soğuma (kaynama) gerçekleşmektedir.

Arnórsson (1991), kimyasal jeotermometreler kullanılarak rezervuar sıcaklıklarının belirlenmesinde, çözücülerin oluşturduğu komplekslerin genellikle ihmal edildiğini ve analitik konsantrasyonların söz konusu sıvı bileşiklerin aktivitelerine eşit kıldığını belirtmektedir. Silis jeotermometrelerinin uygulanmasında, analiz edilmiş silis konsantrasyonunun genellikle H_4SiO_4 bileşiğinin aktivitesine eşit olduğu varsayılır. Diğer bir ifadeyle, silis jeotermometresinin esas alındığı kuvars ve kalsedon çözünürlük eğrileri H_4SiO_4 sıvı bileşiği ve söz konusu katılar arasında bir dengenin var olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 5.4 Sayısal (niceliksel) değerdendirme bazı kimyasal jeotermometre eşitlikleri (tüm derişimler mg/l, * =mol/l, ** = mek/l) (Tarcan, 2002).

Uygulanan Jeotermometreler	Bağıntılar	Değınilen Belgeler
1.SiO ₂ (Amorf silis)	$t = 731 / (4.52 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
2.SiO ₂ (α Kristobalit)	$t = 1000 / (4.78 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
3. SiO ₂ (β Kristobalit)	$t = 781 / (4.51 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
4. SiO ₂ (Kalsedon)	$t = 1032 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
5. SiO ₂ (Kuars)	$t = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
6. SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	$t = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, (1977)
7.SiO ₂ (Kalsedon, cond.soğ.)	$t = 1112 / (4.91 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
8. SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	$t = 1264 / (5.31 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
9. SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	$t = 1021 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
10.SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	$t = 1164 / (4.9 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
11.SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	$t = 1498 / (5.7 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
12. Na/K	$t = 933 / (0.933 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
13. Na/K	$t = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
14. Na/K	$t = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
15. Na/K	$t = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Truesdell, (1976)
16. Na/K	$t = 1217 / (1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Fournier, (1979b)
17. Na/K	$t = 1178 / (1.470 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Nieva ve Nieva, (1987)
18. Na/K	$t = 1390 / (1.750 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Giggenbach vd., (1983)
17. Na/K* (mol)	$t = 908 / (0.692 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Fournier, (1979a)
18. SiO ₂ (Kalsedon) * (mol)	$t = 1101 / (0.11 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., (1983)
19. K/Mg	$t = 4410 / (13.95 - \log \text{K}^2/\text{Mg}) - 273.15$	Giggenbach, (1988)
20. Na-K-Ca * (mol)	$t = 1647 / (\log \text{Na/K} + \beta \log \sqrt{\text{a/Na} + 2.24}) - 273.15$	Fournier & Truesdell, (1973)
21. Na-K-Ca (R) ** (mek/l) (Magnezyum düzeltilmeli)	$R = (\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Ca} + \text{K}) \times 100$	Fournier & Potter, (1979)
22.Li-Mg	$t = 2200 / (5.470 - \log (\text{Li}/\text{Mg}^{0.5})) - 273.15$	Kharaka & Mariner, 1989
23.Na-Li	$t = 1590 / (0.779 + \log (\text{Na}/\text{Li})) - 273.15$	Kharaka vd., 1982
24.Na-Li (mmol) Cl<0.3 mol/l)	$t = 1000 / (0.389 + \log (\text{Na}/\text{Li})) - 273.15$	Fouillac & Michard (1981)
25. Na-Li (mmol) Cl>0.3 mol/l)	$t = 1195 / (0.130 + \log (\text{Na}/\text{Li}^{0.5})) - 273.15$	Fouillac & Michard (1981)

Arnorsson (1991) bu tür sulardaki silis fraksiyonunun büyük bir bölümünün H₄SiO₄ şeklinde bulunduğundan analiz edilen silis konsantrasyonunun H₄SiO₄ bileşimini temsil etmesi yaklaşımını, pH değeri 9 ile 10 arasında değışen sular için geçersiz olduğunu ve analiz edilmiş silisin ancak rezervuar sıcaklığının 200°C'yi geçtiğı durumlarda H₄SiO₄ bileşiminin yerine kullanılabileceğini vurgulamaktadır. 180°C'nin

altındaki sıcaklıklarda çözünmüş silis konsantrasyonun kalsedon tarafından kontrol edilmesi nedeniyle, silis jeotermometrelerinin kullanımı sakıncalı olabilir. Fournier (1977) ve Arnórsson ve diğ. (1983a) farklı kalsedon jeotermometreleri geliştirmişlerdir (Tablo 5.4).

Fournier (1991), rezervuar sıcaklıkları 190°C'nin altında bulunduğunda, sadece kuvars değil kalsedon jeotermometresini de önermiştir.

5.4.1.2.2 İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler

İyon değişim denge sabitleri sıcaklığın etkisindedir. Suda iyon değişimine uğrayan birçok mineral bulunur ve bunlar jeotermometre olarak kullanılabilir.

-Na / K Jeotermometresi

Bu jeotermometreler suda fazla miktarda Ca^{++} iyonu bulunuyorsa, hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında yüksek değerler verir. Na/K jeotermometrelerinin uygulanacağı sıcak suların pH değeri nötre yakın veya hafif alkali, karbonat çökelmelerinin oluşmaması, $\log (\sqrt{Ca} / Na)$ değerinin 0,5'ten az olması koşulları aranmalıdır. Na/K jeotermometreleri, nötr ve alkali, alkali klorürlü, 180-350°C sıcaklıktaki hazne kayadan gelen sularda iyi sonuçlar vermektedir.

-Na – K – Ca Jeotermometresi

Özellikle Ca/Na (mol/l) oranının birden büyük olduğu durumlarda Na/K jeotermometre bağıntıları, hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında çok yüksek değerler vermektedir. Bu olumsuz yönü gidermek için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından şöyle bir bağıntı önerilmektedir.

$$t^{\circ}C = \frac{1647}{\log (Na / K) + B \log (\sqrt{Ca} / Na) + 2,24} - 273,15$$

Bağıntıda Na, K, Ca, mol/l olarak alınır. B bir katsayıdır. Eğer $\log (\sqrt{Ca} / Na)$ değeri (-) ise $B = 1/3$, (+) ise $B = 4/3$ olarak bağıntıya konur. Ayrıca $B = 4/3$ olarak hesaplanan hazne kaya sıcaklığı 100°C ' den fazla ise $B = 1/3$ alınarak hazne kaya sıcaklığı tekrar hesaplanabilir.

-Magnezyum Düzeltmeli Na – K – Ca Jeotermometresi

Fournier ve Potter (1979), Na–K–Ca jeotermometre bağıntısında bazı koşullarda düzeltmeler yapılmasını önermişlerdir. Buna göre düzeltme katsayısı (R) şu bağıntı ile bulunur ;

$$R = (Mg / Mg + Ca + K) \times 100$$

Bağıntıda iyonlar mek/l olarak ele alınır. Eğer R, 50' den büyük ise, suların oldukça soğuk bir ortamdan geldiği ve hazne kaya sıcaklığının, kaynaktan ölçülen sıcaklığa yakın olduğu düşünülebilir. Bu nedenle Na–K–Ca bağıntısından elde edilen yüksek hazne kaya sıcaklıklarında bağlı düzeltmeler yapılması gereklidir.

Bulunan hazne kaya sıcaklığı 70°C 'nin altında ise düzeltme yapılmaz. Tersine hazne kaya sıcaklığı 70°C 'den fazla ve 5–50 arasında veya daha yüksek ise aşağıda belirtilen bağıntılardan yararlanarak düzeltme hesaplanabilir ve hazne kaya sıcaklığından çıkarılır.

$$t^{\circ}\text{C} = 10,66 - 4,71 R + 325,87 (\log R)^2 - [1,032 - 10^5 (\log R)^2 / T] - [1,968 \times 10^7 - (\log R)^2 / T^2] + 1,605 \times 10^7 (\log R)^3 / T^2$$

Eğer R, 0,5 – 5 arasında ise şu bağıntı kullanılır ;

$$t^{\circ}\text{C} = - 1,03 + 59,971 (\log R) + 145,05 (\log R)^2 - 36711 (\log R)^2 / T - 1,67 \times 10^7 (\log R) / T^2$$

Bağıntılarda $t^{\circ}\text{C}$, magnezyum düzeltme sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), R, düzeltme katsayısı; T, N-K-Ca jeotermometresinde hesaplanan hazne kaya sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{K}$).

5.4.1.2.3 İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler

Bu tür jeotermometrelerde sıcak akışkanların kimyasal tahlillerinde bulunan iyon değerleri yerine bu iyonları hesaplanan iyon etkinlikleri kullanılır.

-İyon Etkinliğine Bağlı Kalsedon Jeotermometresi

Bu tür jeotermometre genellikle $25-180^{\circ}\text{C}$ arasında iyi sonuç vermektedir. Kalsedon jeotermometresi şu bağıntı ile tanımlanır ;

$$t^{\circ}\text{C} = [1101 / 0,11 - \log (\text{SiO}_2)] - 273,15$$

Bağıntıda, silis asitlerinin iyon etkinliği (aH_4SiO_4) mol/l kullanılır.

Her jeotermometrenin kendine göre avantajları ve dezavantajları bulunmakta ve her biri belirli hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal koşullarda geçerlilik göstermektedir. Onun için yapılan tüm jeotermometre uygulamaları bir sentez olarak ele alınarak değerlendirilmelidir. Son 30 yılda birçok ampirik kimyasal jeotermometre bağıntısı geliştirilmiştir. Birçok yazar geliştirilmiş olan bu ampirik jeotermometrelerin geçerliliğini irdelemişler ve buna ilişkin çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu jeotermometrelerin uygulanabilmesi için jeotermometre olarak kullanılan elementlerin kimyasal reaksiyonlarının sıcaklık denetimli olması, yüzeye çıkış sırasında soğuk sularla karışmaması ve yüzeye çıkarken kimyasal yapısında oluşabilecek değişikliklerin ihmal edilebilir boyutlarda olması gerekmektedir (White, 1970).

İnceleme alanına ait seçilmiş sıcak su örneklerinin kimyasal jeotermometre sonuçları Tablo 5.5 ve Tablo 5.6'da verilmiştir. Tablolarda da görüleceği gibi sahadaki sıcak su kaynaklarının hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında kuvars jeotermometrelerinin Dikili jeotermal alanı için $120-150^{\circ}\text{C}$, Kaynarca jeotermal alanı için $160-200^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklık değerleri verirken katyon jeotermometreleri ise

yağış suyu beslemeli bu sıcak suların soğuk sularla karışması nedeniyle hatalı olarak daha yüksek sıcaklığa işaret ederler. Alandaki tüm bu kimyasal sonuçlar değerlendirildiğinde bazı silis jeotermometrelerinin gerçeğe en yakın sonuçlar verdiği söylenebilir (Özen&Tarcan, 2002).

Tablo 5.5 Dikili Ilıcaları su örneklerine ait jeotermometre sonuçları
(Örnek numaraları Tablo 5.1'deki ile aynıdır).

Jeotermometre Adı	Örnek No											
	18	19	22	23	1	2	3	4	5	6	7	37
Na-K-Ca-Mg (Fournier&Potter,1979)	100.37	101.02	71.87	91.76	107.37	102.65	115.44	109.73	116.16	117.09	99.63	89.45
K-Na (Giggenbach,1983)	205.45	205.95	211.81	165.33	198.63	207.31	208.87	203.77	205.07	209.43	172.40	245.90
K-Na (Fournier,1983)	188.31	188.83	195.07	146.07	181.07	190.28	191.94	186.53	187.90	192.54	153.46	231.63
K-Na (Arnorsson et al.,1983)	161.35	161.96	169.20	113.50	153.02	163.63	165.56	159.29	160.88	166.25	121.73	212.55
K-Na (Truesdell,1976)	152.45	153.08	160.66	102.78	143.74	154.83	156.85	150.30	151.96	157.58	111.27	206.42
K-Na (Tonanni,1980)	157.50	158.17	166.15	105.48	148.35	160.01	162.14	155.24	156.98	162.90	114.34	214.57
K-Mg (Nieva&Nieva,1987)	175.73	176.25	182.34	134.46	168.66	177.66	179.29	173.99	175.34	179.87	141.68	218.10
K-Mg (Giggenbach)	99.81	100.58	85.95	93.67	107.92	105.10	109.60	106.07	107.13	109.06	101.18	98.37
K-Mg (Fournier,1988)	172.84	174.92	137.01	156.57	195.41	187.42	200.24	190.14	193.17	198.68	176.78	168.95
Na-K-Ca (Fournier&Truesdell,1973)	148.50	149.93	134.31	149.05	172.10	163.23	163.08	159.78	153.82	158.87	157.56	140.15
Kuvars (Fournier&Potter,1982b)	123.18	123.88	174.52	134.11	136.79	142.23	137.91	136.79	142.23	136.79	142.23	135.14
Kuvars (Arnorsson,1985)	121.47	122.10	165.30	131.16	133.50	138.20	134.46	133.49	138.20	133.49	138.20	132.05
Kristobalit	72.33	73.04	124.08	83.31	86.00	91.47	87.12	86.00	91.47	86.00	91.47	84.34
Kalsedon	94.83	95.60	151.99	106.91	109.87	115.91	111.11	109.87	115.91	109.87	115.91	108.05
Kalsedon (Arnosson et al.,1983b)	94.51	95.23	146.88	105.68	108.41	113.96	109.55	108.41	113.96	108.41	113.96	106.73

Tablo 5.6 Kaynarca Jeotermal alanına ait su örneklerinin jeotermometre sonuçları.
(Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Jeotermometre Adı	Örnek No															
	25	26	27	28	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	36	
Na-K-Ca-Mg (Fournier&Potter,1979)	-	132.17	136.15	136.15	-	158.97	130.72	-	133.07	-	-	168.49	-	-	134.50	
K-Na (Giggenbach,1983)	207.45	192.07	197.64	197.64	199.65	198.10	200.01	197.89	197.12	197.89	195.83	203.73	202.56	201.22	22.68	
K-Na (Fournier,1983)	190.43	174.17	180.03	180.52	182.15	180.52	182.54	180.29	179.48	180.29	178.11	186.48	185.24	183.82	206.66	
K-Na (Amorsson et al.,1983)	163.80	145.08	151.82	152.34	154.25	152.34	154.70	152.12	151.18	152.12	149.62	159.23	157.81	156.17	182.777	
K-Na (Truesdell,1976)	155.01	135.48	142.49	145.03	145.03	143.08	145.50	142.80	141.83	142.80	140.20	150.23	148.75	147.03	174.92	
K-Na (Tonanni,1980)	160.20	139.68	147.03	149.70	149.71	147.65	150.19	147.36	146.34	147.36	144.63	155.17	153.61	151.80	181.20	
K-Na (Nieva&Nieva,1987)	177.80	161.90	167.64	169.72	169.72	168.12	170.10	167.90	167.10	167.90	165.77	173.91	172.74	171.34	193.68	
K-Mg (Giggenbach)	81.36	110.89	113.35	56.72	56.72	128.36	113.92	143.44	112.63	143.44	142.42	136.40	144.43	144.43	117.23	
K-Mg (Fournier,1988)	125.85	203.99	211.24	38.87	38.86	258.37	212.94	311.39	209.10	311.39	307.62	285.89	315.11	315.11	222.93	
Na-K-Ca (Fournier&Truesdell,1973)	100.16	146.74	145.46	68.81	68.80	165.57	163.11	156.30	150.71	158.02	160.31	169.67	178.24	160.04	193.55	
Kıvarca (Fournier&Potter,1982b)	90.25	178.17	177.23	136.47	136.47	168.81	178.12	189.22	193.91	185.66	181.62	167.63	201.29	172.64	66.66	
Kıvarca (Amorsson,1985)	90.63	168.30	167.53	133.21	133.21	160.59	168.26	177.34	181.15	174.43	171.13	159.61	187.12	163.75	66.85	
Kristohalit	36.63	127.79	126.83	85.68	85.68	118.29	127.74	139.07	143.87	135.42	131.30	117.09	151.46	122.17	17.79	
Kalsedon	58.99	156.11	155.04	109.52	109.52	145.56	156.06	168.65	173.99	164.60	160.01	144.24	182.46	149.87	34.40	
Kalsedon (Amorsson et al.,1983b)	61.07	150.61	149.64	108.08	108.08	141.05	150.56	161.92	166.73	158.27	154.13	139.85	174.31	144.96	37.85	

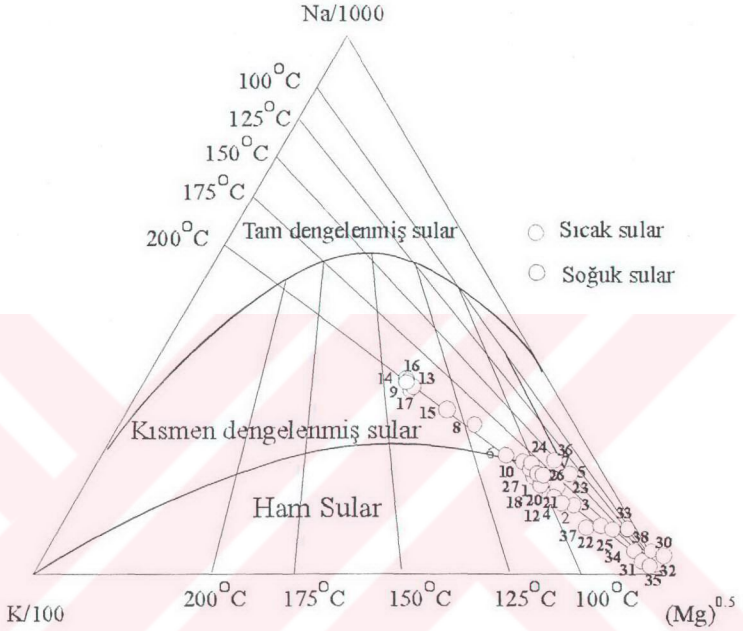
Dikili ve Kaynarca jeotermal sistemi içerisinde açılmış olan K-1 derin kuyusu hazneye inen ve hazne sıcaklığı ölçülmüş kuyudur. Bölüm 3'te belirtildiği gibi bu kuyuda 120-130°C arasında hazne sıcaklığı ölçülmüştür. Bu ölçüm, inceleme alanındaki sıcak sular için kullanılan jeotermometre uygulamalarının geçerliliğinin tartışılması açısından oldukça yararlıdır.

5.5 Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları

(Giggenbach, 1988) tarafından sıcak suların hazne kaya sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleştirilmiş jeotermometresi ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de daha önce belirtilen katyon jeotermometre uygulamalarının geçerliliği sınanmaktadır. (Fournier, 1990) bu diyagram üzerinde bazı revizyonlar yaparak, en güvenilir sonuçların bu üçgen diyagramdan oluşan jeotermometre uygulaması ile alınabileceğini öne sürmektedir. Diyagram kısaca, su kayaç ilişkisinin dengede olduğu, su kayaç ilişkisinin dengede olmadığı (ham sular), su kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu sular olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Diyagramda kısmen olgunlaşmış sularla, olgunlaşmamış suları birbirinden ayıran eğri olgunlaşma indeksinin (MI =maturity index), $MI=2,0$ olduğu eş kimyasal özellikteki noktaların bileşimiyle oluşmuştur (Tarcan, 2002).

Olgunlaşma indeksi, $MI=0,315 \log(K^2/Mg)-\log(K/Na)$ bağıntısıyla tanımlanmıştır. Su kayaç ilişkisinin kısmen ve tamamen dengede olduğu (karışmış sular) alanlar ise eş kimyasal özellikteki noktalar ile K^+-Mg^{+2} ve K^+-Na^+ jeotermometre eşitlikleri ile elde edilen eş sıcaklık (izoterm) değerlerinin kesişim noktalarının oluşturduğu eğriyle ayrılmıştır. Dolayısıyla diyagram aynı anda hem su-kayaç ilişkisinin denge durumunu, hem de jeotermometre sonucunu gösterebilmektedir. Giggenbach (1988), ham sular bölümüne düşen suların katyon jeotermometre sonuçlarına şüpheyle bakılması gerektiğini belirtmektedir. Fournier (1990) ise benzer yorumlar yaparak, yaptığı revizyonla kısmen dengelenmiş alan ile tam dengelenmiş alan sınırını biraz daha aşağıya kaydırmıştır (Janik vd, 1992). Bu çalışmada kullanılan bu Na-K-Mg üçgen jeotermometre değerlendirmeleri

sonucunda inceleme alanındaki sular 200°C 'yi gösteren doğru üzerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 İnceleme alanındaki suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki yeri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

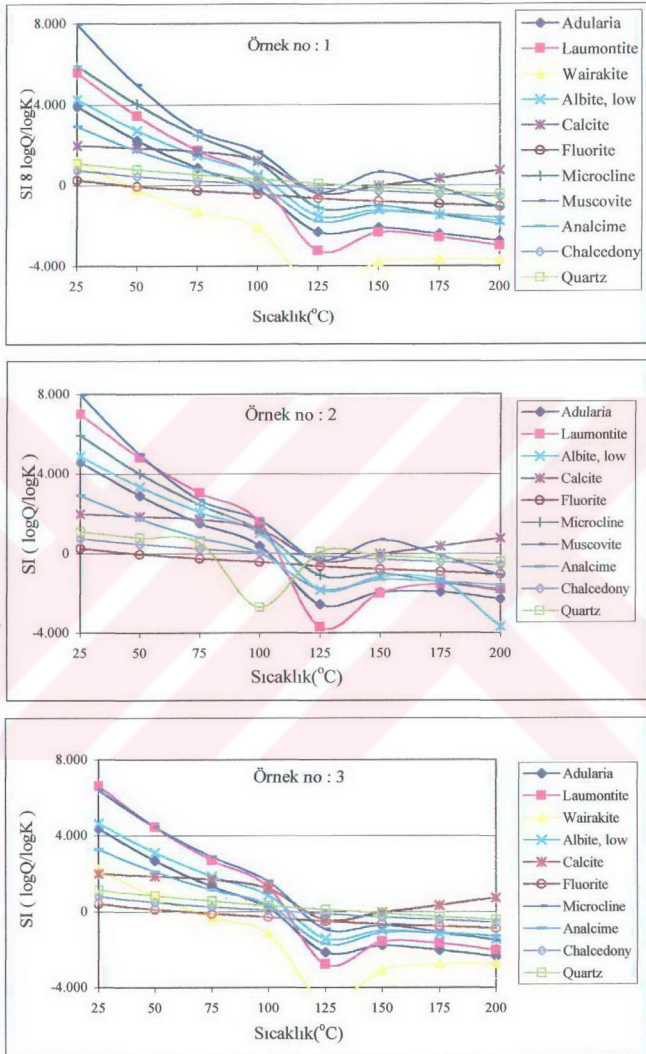
5.6 Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi

Reed ve Spycher (1984), jeotermal alanlardaki hazne sıcaklığının tahmin edilmesinin en iyi yönteminin “her bir suda sıcaklığın bir fonksiyonu olarak pek çok hidrotermal mineral ile denge durumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi olduğunu” belirtirler. Bu yöntem özetle suyun kimyasal analizi sonucunda yukarıda belirtildiği gibi çeşitli mineraller ile bu minerallerin her bir sıcaklık değerinde ayrı ayrı doygunluk indekslerinin hesaplanması ve bu sıcaklık değerleri ile doygunluk

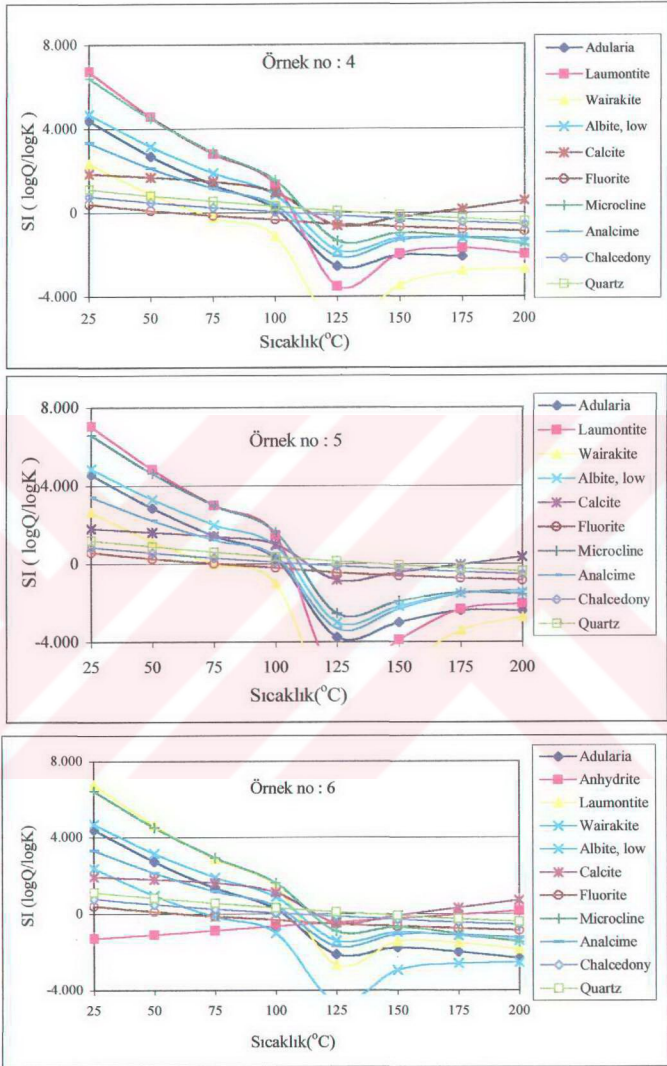
indeksi değerlerinin bire bir doğrularını içeren mineral denge sabitleri sıcaklıkla yakın ilişkili olduğundan, bir grup mineral doğrusu denge doğrusunu ($SI=0$ doğrusunu) belirli bir sıcaklık değeri civarında kesiyorsa, bu doğruların kesişim yerine karşılık gelen sıcaklık değeri en iyi hazne sıcaklığını vermektedir.

Tablo 5.3’de verilen sıcaklık değerlerine karşılık gelen doygunluk indeksleri değerleri Excell 8.0 bilgisayar paket programına işlenerek, her bir su örneği için Sıcaklık-Mineral Denge diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 5.3). İnceleme alanındaki sıcak sular tam dengelenmemiş sular olduklarından grafikteki eğriler tam $SI=0$ doğrusu üzerinde kesişmeyebilirler. Bu diyagramlara baktığımızda genel olarak Dikili jeotermal alanı içerisindeki sıcak suları gösteren grafiklerde eğrilerin yaklaşık denge durumunda kesiştikleri yer olan 100-125°C sıcaklık değerleri ile Kaynarca jeotermal alanındaki sıcak sulara ait diyagramlarda görülen 125-150°C sıcaklık değerleri bu alanların hazne sıcaklıkları olarak yorumlanabilir. Denge çizgisinin ($SI=0$) çizgisi altında eğrilerin çakışmaları da farklı sıcaklıklardaki akışkanların yeraltında sular yüzeyleyinceye kadar karıştığını gösterebilir.

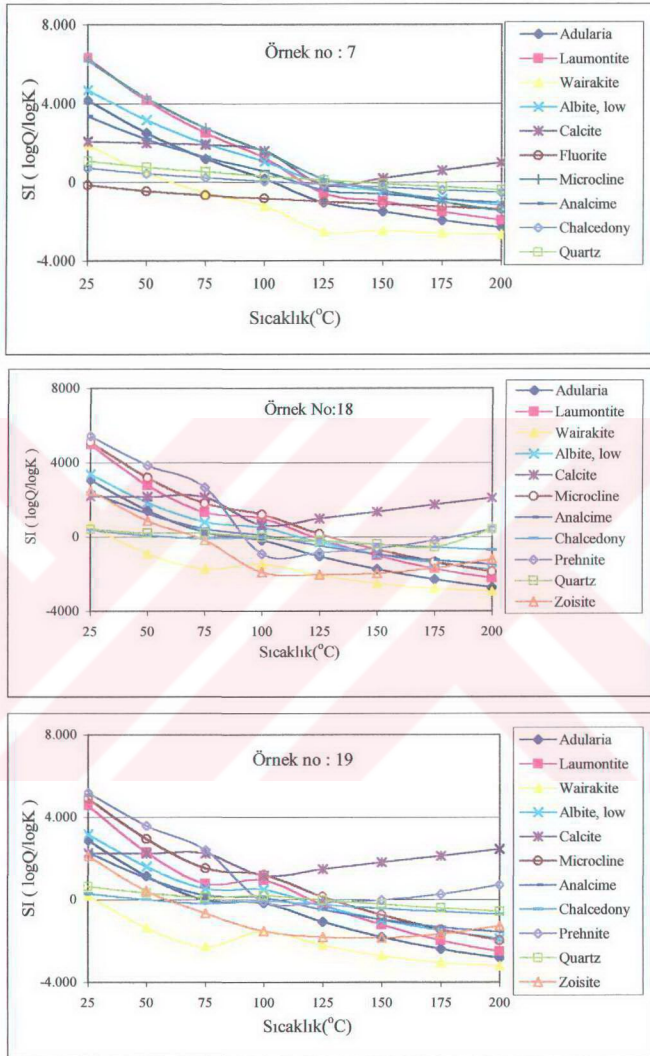
Tüm bu jeotermometre sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, inceleme alanı içerisinde Dikili ılıcalarından Kaynarca’ya doğru artan (yaklaşık 150°C) yüksek entalpili bir jeotermal hazneden söz edilebilir.



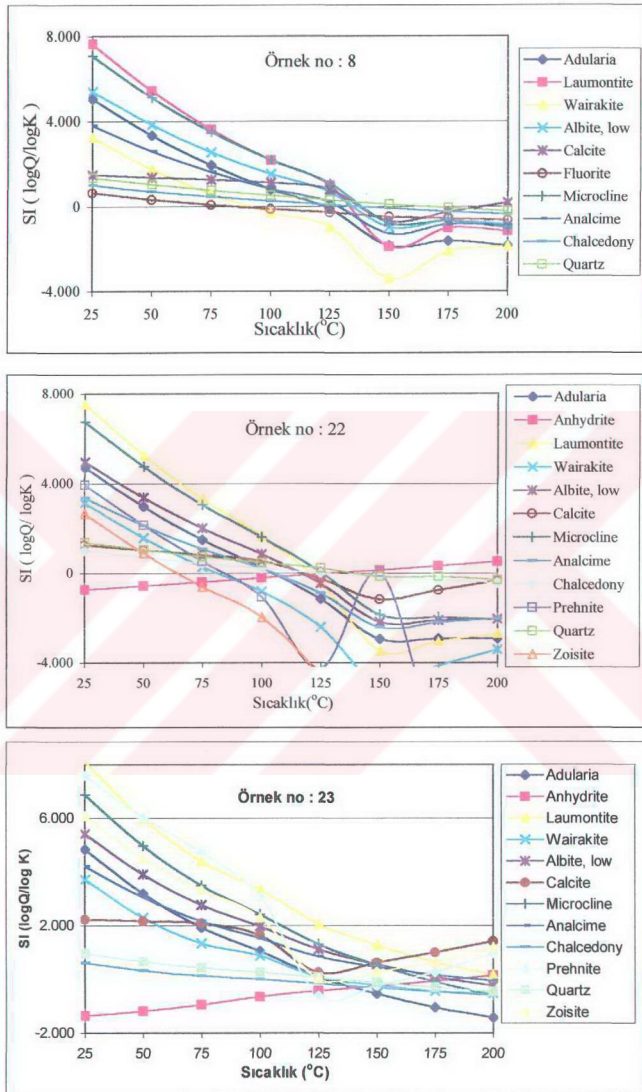
Şekil 5.3 İnceleme alanındaki suların mineral denge-sıcaklık diyagramları (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).



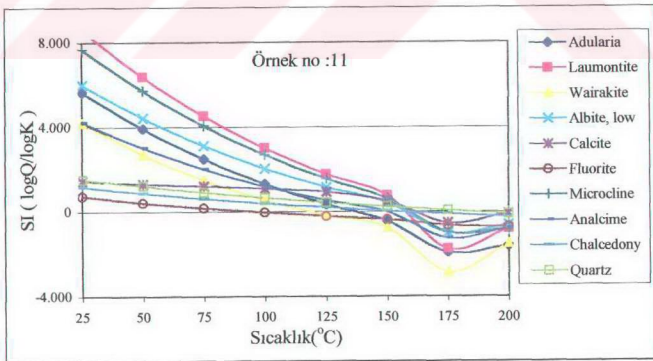
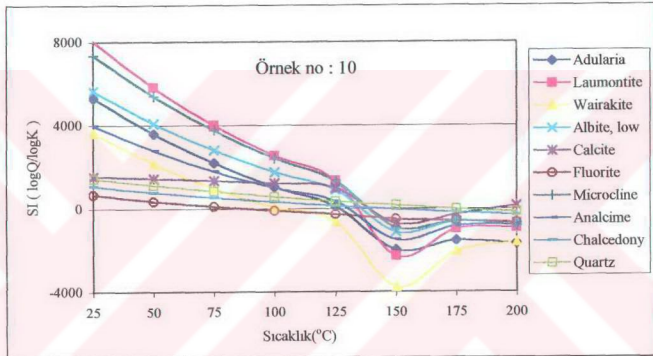
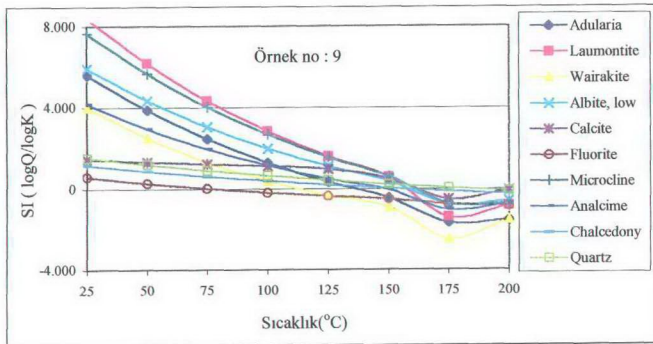
Şekil 5.3 devam ediyor...



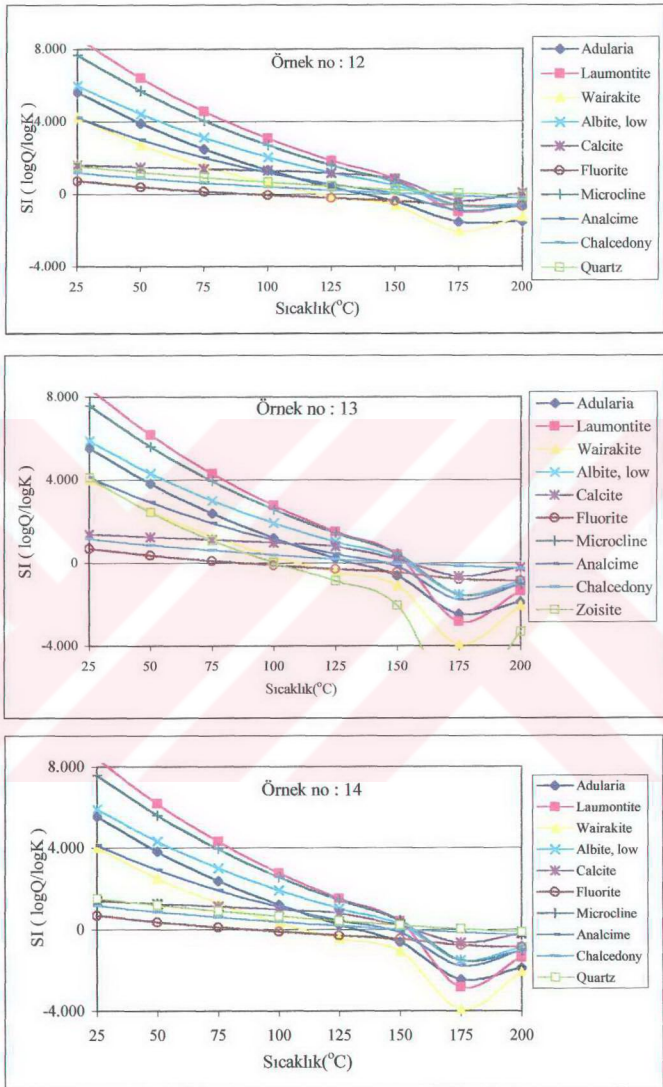
Şekil 5.3 devam ediyor...



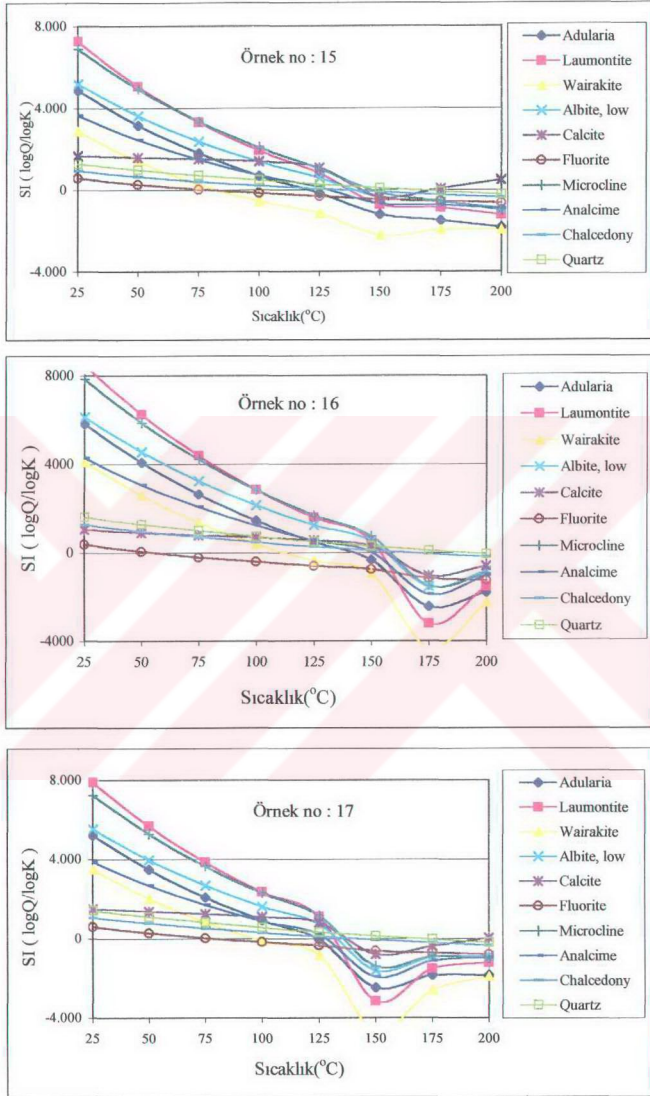
Şekil 5.3 devam ediyor...



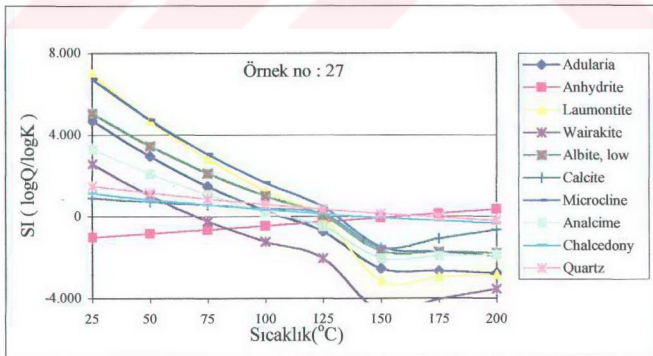
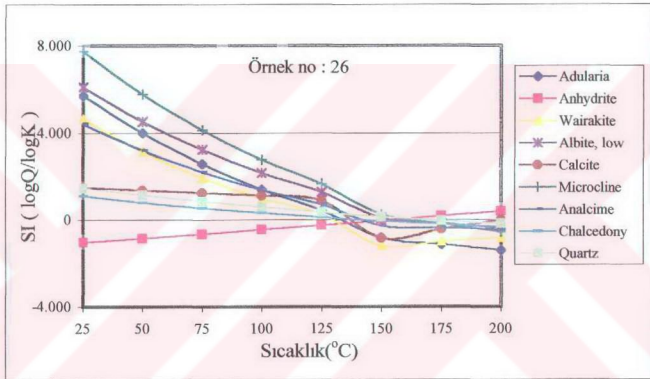
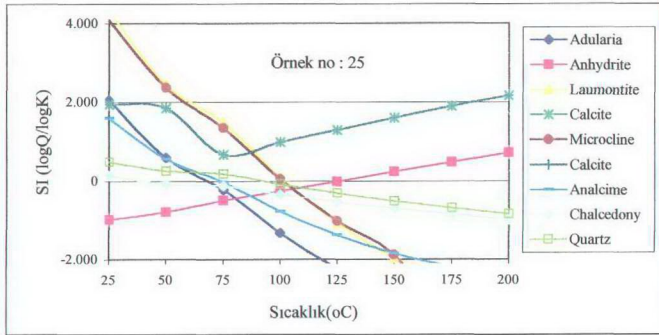
Şekil 5.3 devam ediyor...



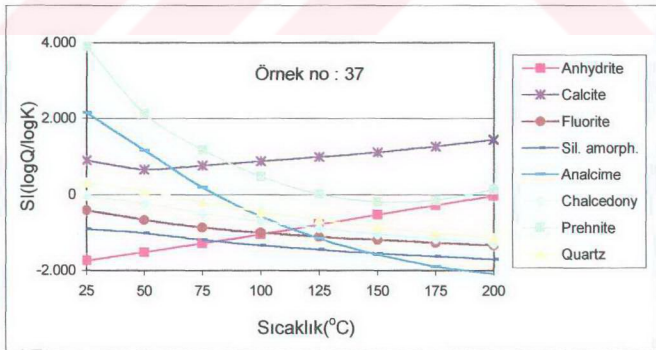
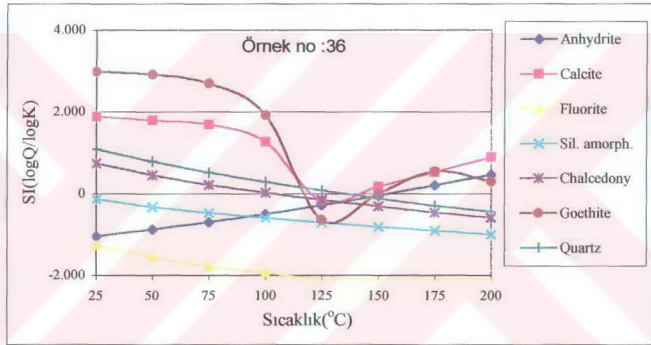
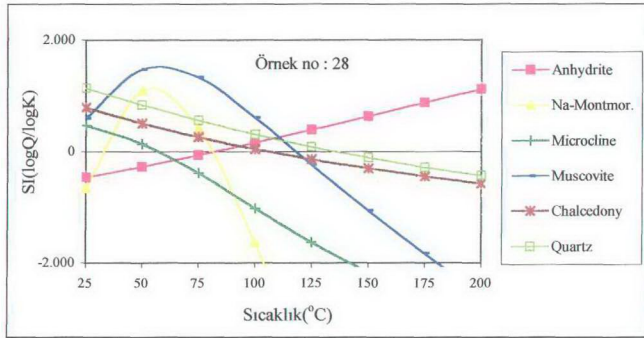
Şekil 5.3 devam ediyor...



Şekil 5.3 devam ediyor...



Şekil 5.3 devam ediyor...



Şekil 5.3 devam ediyor...

5.7 Suların Sınıflandırılması

5.7.1 Suların İçerdikleri Anyon ve Katyon Miktarına Göre Sınıflandırması

Çalışma alanındaki sular, içerdikleri anyon ve katyon miktarlarına (mek/l) göre şöyle sıralanabilir (Tablo 5.1).

Katyonlar

$\text{Na} + \text{K} > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ Dikili İlçaları ve Kaynarca

Anyonlar

$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4^{=} > \text{Cl}^-$ Dikili İlçaları

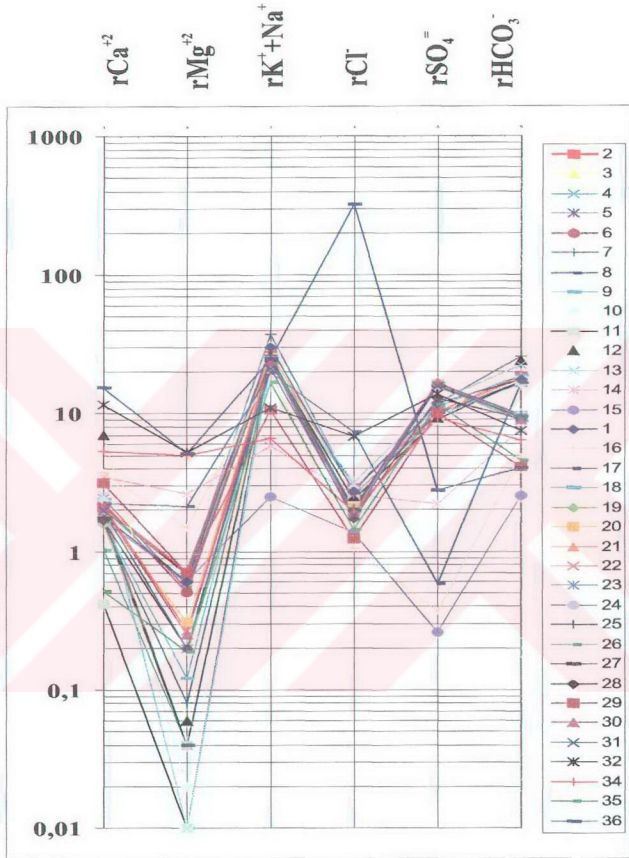
$\text{SO}_4^{=} > \text{HCO}_3^{=} > \text{Cl}^-$ Kaynarca, DG-1

$\text{Cl} > \text{HCO}_3^{=} > \text{SO}_4$ DG - 3

Schoeller yarı logaritmik diyagramında (Şekil 5.4) görüldüğü gibi inceleme alanı içerisindeki suların aynı orijinli oldukları görülmektedir. 36 no'lu Dikili DG-3 kuyusunun ise Cl oranının yüksek olmasından dolayı diğerlerinden biraz farklı bir pik verdiği görülmektedir.

5.7.2 Hidrokimyasal Fasiyes Kavramı

Hidrokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlarındaki izdüşüm yerlerine göre Back, (1966) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre suda çözünen başlıca iyonlardan anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l cinsinden %50'den fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi %50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir. AIH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) sınıflamasında ise suda çözünmüş başlıca iyonların, anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere yine mek/l olarak % 20'den fazla çözünmüş bulunan iyonlar su tipini belirtmektedir (Başkan&Canik, 1983). Bu

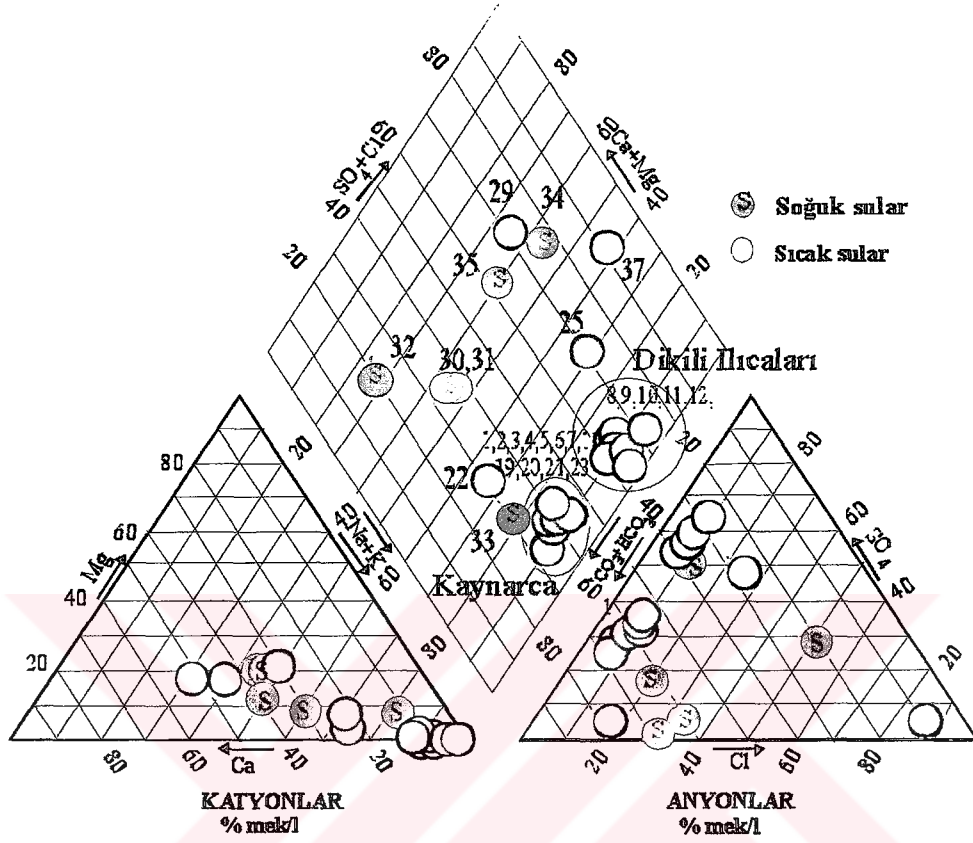


Şekil 5.4 İnceleme alanındaki suların Schoeller yarı logaritmik diyagramındaki yeri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

çalışmada hidrokimyasal fasiyes kavramı AIH sınıflamasına göre uyarlanarak kullanılmıştır. İnceleme alanındaki her bir su noktasına ait hidrokimyasal fasiyes tipleri Tablo 5.1 de görüldüğü gibi Dikili Ilıcaları ve sıcak suları genellikle $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$, Kaynarca sıcak suları ise $\text{Na-SO}_4\text{-HCO}_3$ sular sınıfındadır. DG-3 kuyusu kimyasal analizleri ise Na-Ca-Cl su tipinde olup hafif tuzlu su sınıfına girmektedir. Dikili sahasında açılmış olan DG-3 kuyusu kimyasal analizi sonucunda Cl miktarının yüksek oluşunu sahanın özellikle batı kesiminde denizden bir beslenmenin mümkün olabileceği şeklinde açıklayabiliriz. Dikili Ilıcaları soğuk suları Na-Ca-Mg-HCO_3 , Kaynarca soğuk suları ise Na-Ca-SO_4 su tipinde olup soğuk sular genellikle maden suyu özelliğindedir.

5.7.3 Piper (Üçgen) Diyagramı İle Suların Sınıflandırılması

İyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri Piper (Üçgen) diyagramıdır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (% meq/l cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır. Piper (Üçgen) diyagramında (Şekil 5.5), Dikili Ilıcaları sıcak suları genellikle 9 no'lu alana (iyonların hiçbirisi % 50'yi geçmeyen , karışık suların bulunduğu alana) düşmektedir. Kaynarca sıcak suları ise çoğunlukla 7 no'lu (karbonat olmayan alkalinitesi% 50'den fazla olan suların bulunduğu) alana düşmektedir. İnceleme alanındaki Dikili Ilıcaları sıcak suları $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$, Kaynarca sıcak suları ise $\text{Na-SO}_4\text{-HCO}_3$ su tipindedirler. Seçilen soğuk su örnekleri ise pek fazla baskın iyon içermeyen karışık su tipindedirler. DG-3 kuyusu sıcak suyu Na-Ca-Cl su tipinde olup hafif tuzlu su sınıfına girmektedir.



Şekil 5.5 İnceleme alanındaki suların Piper Üçgen Diyagramındaki Görünümü
(Örnek numaraları Şekil 2.1 ve Tablo 5.1 ile aynıdır).

5.7.4 Suların Elektriksel İletkenliği

Saf su elektriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtkandır. Ancak, saf suya çok az miktarda karıştırılan mineral çözeltisi, suyun iletkenliğini yükseltir. 1cm^3 suyun elektriksel iletkenliğine “özellik elektriksel iletkenlik” denir. Suyun özellik iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığına bağlıdır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve birbirleriyle karşılaştırmak için, genellikle 25°C 'ye indirgenerek verilir. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise, çürütme özelliği fazladır. 25°C 'de saf suyun iletkenliği $0,055$ mikromho/cm'dir. Laboratuvarı elde edilen saf suların elektriksel

iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların 30–2000; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho’dan fazladır (Şahinci, 1991). Suların elektriksel iletkenliğe bağlı sınıflaması Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7 Suların elektriksel iletkenliğe göre sınıflaması (Şahinci, 1991).

EC	SUYUN SINIFI
< 250	Çok iyi
250 – 750	İyi
750 – 2000	Kullanılabilir
2000 – 3000	Şüpheli
> 3000	Kullanılamaz

İnceleme alanındaki sular elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre 28, 31, 32 no’lu su noktaları dışında şüpheli veya kullanılamaz sular sınıfındadır (Tablo 5.8).

5.7.5 Suların Sertliği

Sertlik, su içinde çözülmüş halde bulunan Ca ve Mg bileşiklerinden ileri gelen bir özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu Ca ve Mg iyonlarının oluşturduğu bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ca ve Mg bikarbonatlarından ileri gelen sertliğe “geçici sertlik” denir ve ısıtılmakla CaCO_3 ve MgCO_3 çökelerek bu sertlik giderilir.

Tablo 5.8 Suların elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması
(Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Örnek No	Örnekleme Yeri	EC($\mu\text{mho/cm}$)	Suyun Sınıfı
1	Dikili Ilıcaları	2900	Şüpheli Sular
2	Dikili Ilıcaları	2900	Şüpheli Sular
3	Dikili Ilıcaları	2900	Şüpheli Sular
4	Dikili Ilıcaları	2800	Şüpheli Sular
5	Dikili Ilıcaları	2800	Şüpheli Sular
6	Dikili Ilıcaları	2600	Şüpheli Sular
7	Dikili Ilıcaları	3600	Şüpheli Sular
18	Dikili Ilıcaları	2560	Şüpheli Sular
19	Dikili Ilıcaları	2670	Şüpheli Sular
20	Dikili Ilıcaları	2540	Şüpheli Sular
21	Dikili Ilıcaları	2600	Şüpheli Sular
22	Dikili Ilıcaları	3030	Kullanılamaz
23	Eşek Tepe yakını	3200	Kullanılamaz
30	Dikili Ilıcaları	1150	Şüpheli Sular
31	Eşek Tepe yakını	495	İyi
32	Sülüklü Çeşme	631	İyi
33	Eşek Tepe yakını	1987	Şüpheli Sular
8	Kaynarca	2700	Şüpheli Sular
9	Kaynarca	2500	Şüpheli Sular
10	Kaynarca	2700	Şüpheli Sular
11	Kaynarca	2500	Şüpheli Sular
12	Kaynarca	2600	Şüpheli Sular
13	Kaynarca	2600	Şüpheli Sular
14	Kaynarca	2500	Şüpheli Sular
15	Kaynarca	2600	Şüpheli Sular
16	Kaynarca	2600	Şüpheli Sular

Tablo 5.8 devam ediyor...

17	Kaynarca	2700	Şüpheli Sular
24	Kaynarca	2530	Şüpheli Sular
25	Kaynarca	2307	Şüpheli Sular
26	Kaynarca	2623	Şüpheli Sular
27	Kaynarca doğusu	2560	Şüpheli Sular
28	Kaynarca batısı	1901	Kullanılabilir
34	Kaynarca doğusu	3921	Kullanılamaz
35	Kaynarca batısı	1640	Şüpheli Sular
36	DG-1 kuyusu	1800	Şüpheli Sular
37	DG-3 kuyusu	5500	Kullanılamaz

Suyun ısıtılarak geçici sertliğinin giderilmesinin oldukça pahalı olmasının nedeni ile kimyasal yöntemler uygulanır. Suyu amonyak ve sönmüş kireç katıldığında geçici sertlik karbonat tuzları şeklinde çökelir (Şahinci, 1991).

Suda kalıcı sertlik ise Ca ve Mg'un karbonatlarından başka tuzlardan ileri gelir ve ısıtılarak giderilemez. Bu sertliği azaltmak için suya Na_2CO_3 konur. Kalıcı ve geçici sertliklerin toplamı ise toplam sertliği oluşturur.

Suların sertliğini gidermek için, sulara ilave edilen boraks ($\text{Na}_2\text{BO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), trisodyum fosfat (Na_3PO_4), sodyum metasilikat ($\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) gibi maddeler, bazik özellikleri nedeniyle, sudaki bikarbonat ve karbonat tuzlarını; anyonları ise Ca iyonları ile birleşerek çözünmeyen çökeller meydana getirir. Suların sertliğini ifade etmek için çeşitli yöntemler vardır. Bir Alman sertliği 1000 ml. suda 10 mg. Ca miktarıdır. Bir Fransız sertliği 1000 ml. suda 10 mg CaCO_3 ve 1 İngiliz sertliği, 700ml. suda 10 mg. CaCO_3 olarak tanımlanır (Tablo 5.9).

Tablo 5.9 Çeşitli sertliklerin birbirlerine dönüşüm değerleri.

	Fransız sertliği	Alman sertliği	İngiliz sertliği
1 Fransız sertliği	1,00	0,56	0,70
1 Alman sertliği	1,79	1,00	1,25
1 İngiliz sertliği	1,43	0,80	1,00

Suların sertliği özel olarak hazırlanmış sabun çözeltileri veya değişik kimyasal yöntemlerle doğrudan saptanır. Ancak bazı bağıntılarla suların sertliği hesap edilebilir.

$$\text{Ca}^{++} \text{ mg / l} \times 0,2497 = \text{Ca sertliği}$$

$$\text{Mg}^{++} \text{ mg / l} \times 0,4115 = \text{Mg sertliği}$$

$$\text{Sertlik bütünü} = \text{Ca sertliği} + \text{Mg sertliği}$$

Bu bağıntı Fransız sertliğini verir. Suların sertliği basit olarak Ca ve Mg iyonlarının mek/l cinsinden toplamı 5 ile çarpmakla Fransız sertliği cinsinden bulunur. Suları sertliklerine göre sınıflamak mümkündür. Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması (Şahinci, 1991).

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

Bu sınıflamaya göre çalışma alanındaki suların Fransız sertliğine göre sertlik değerleri Tablo 5.11’de verilmiştir.

**Tablo 5.11 İnceleme alanındaki suların Fransız sertliğine göre sınıflaması
(Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).**

Örnek No	Örnekleme Yeri	Sertlik	Suyun Sınıfı
1	Dikili Ilıcaları	12.28	Yumuşak Su
2	Dikili Ilıcaları	14.28	Yumuşak Su
3	Dikili Ilıcaları	14.58	Az Sert Su
4	Dikili Ilıcaları	13.33	Yumuşak Su
5	Dikili Ilıcaları	15.12	Az Sert Su
6	Dikili Ilıcaları	14.04	Yumuşak Su
7	Dikili Ilıcaları	13.65	Yumuşak Su
18	Dikili Ilıcaları	12.27	Yumuşak Su
19	Dikili Ilıcaları	12.40	Yumuşak Su
20	Dikili Ilıcaları	11.78	Yumuşak Su
21	Dikili Ilıcaları	12.20	Yumuşak Su
22	Dikili Ilıcaları	35.69	Sert su
23	Eşek Tepe yakını	13.26	Yumuşak Su
30	Dikili Ilıcaları	30.89	Oldukça Sert Su
31	Eşek Tepe yakını	11.75	Yumuşak Su
32	Sülüklü Çeşme	26.63	Oldukça Sert Su
33	Kaynarca	22.17	Oldukça Sert Su
8	Kaynarca	8.82	Yumuşak Su
9	Kaynarca	8.20	Yumuşak Su
10	Kaynarca	10.80	Yumuşak Su
11	Kaynarca	9.94	Yumuşak Su
12	Kaynarca	12.34	Yumuşak Su
13	Kaynarca	9.45	Yumuşak Su
14	Kaynarca	8.45	Yumuşak Su

Tablo 5.11 devam ediyor...

15	Kaynarca	8.65	Yumuşak Su
16	Kaynarca	5.45	Çok Yumuşak Su
17	Kaynarca	8.75	Yumuşak Su
24	Kaynarca	9.55	Yumuşak Su
25	Kaynarca,kuyu	19.50	Sert Su
26	Kaynarca	11.79	Yumuşak Su
27	Kaynarca, doğusu	11.11	Yumuşak Su
28	Kaynarca	85.72	Çok Sert Su
34	Kaynarca batısı	95.24	Çok Sert Su
35	Kaynarca	51.78	Sert Su
36	DG-1 kuyusu	3.64	Çok Yumuşak Su
37	DG-3 kuyusu	104.08	Çok Sert Su

5.8 Suların Kullanım Özellikleri

Doğal suların çok değişik kullanma alanları vardır. Bu kullanma alanları suyun kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bir çok yazar tarafından değişik sınıflamalar yapılmıştır. Bu çalışmada incelenen suların içme ve sulamada kullanılabilirliği araştırılmıştır.

5.8.1 Suların İçme Özellikleri

Suların içme özelliklerinin saptanması, iklim koşullarına, su potansiyeline ve jeolojik formasyonlara bağlı olarak ülkeden ülkeye değişir. Genel olarak içme sularının sıcaklığı 7-10°C arasında bulunmaktadır. 5°C alt sınır, 18°C üst sınır kabul edilir (Şahinci, 1991a). İnceleme alanında bulunan içme sularının ortalama sıcaklığı 18°C'dir.

İçme suları renksiz ve kokusuz olmalıdır. İçinde hastalık yapan hiçbir bakterinin bulunmaması gerekir. Elektriksel iletkenlik (EC), 2200 $\mu\text{mho/cm}^2$ 'yi, toplam sertlik

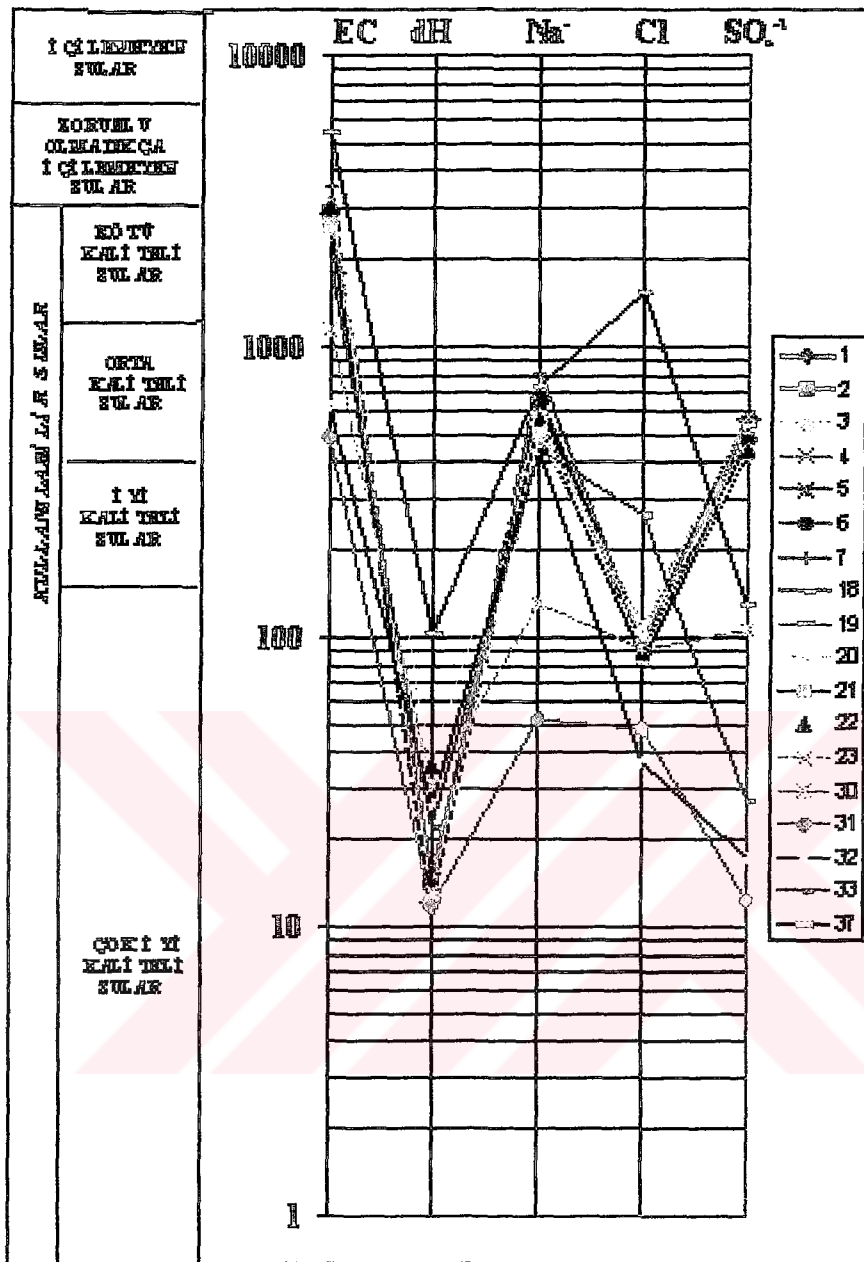
(Fransız) 45'i, buharlaşma kalıntısı 1500 mg/l'yi, klorür miktarı 750 mg/l'yi geçmemelidir. İyi bir içme suyunda toplam iyon miktarı 7,5 mek/l'den daha fazla toplam iyonu bulunan sular ancak zorunlu koşullarda içilebilir. İçme ve kullanma sularının pH'ı 7-8,5 arasında değişir. İçme suları aşındırıcı, çürütücü ve kabuk yapıcı olmamalıdır. Schoeller tarafından geliştirilen ve suyun EC, sertlik(Fr), Na, Cl⁻, (SO₄)⁻ (mg/l) miktarına göre suyun içilebilirlik diyagramı oldukça yaygındır (Şahinci, 1991a). Şekil 5.5'te inceleme alanında bulunan bazı suların kimyasal analiz sonuçlarına göre içilebilme özellikleri verilmiştir.

5.8.2 Sulama Sularının Özellikleri

Suda çözünmüş iyon miktarı fazla ise bitkilere ve tarımsal toprağa fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suların dal ve yapraklara erişmesini engeller. Kimyasal yolla ise bitki metabolizmasını bozarlar. Tuzlu sulardaki sodyum, zemindeki kalsiyum iyonları ile yer değiştirerek toprak geçirgenliğini ve havalanmasını azaltır. Dolayısıyla bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuz derişiminin üst sınırını vermek güçtür.

Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında toprağın akaçlaması da önemli yer tutar. Geçirgenliği fazla, akaçlaması iyi tarım topraklarında su, tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine geçirgenliği ve akaçlaması kötü zeminlerde su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikimleri oluşarak bitkilerin gelişmesi güçleşir.

Sonuç olarak; bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka toprağın cinsi, geçirgenliği, akaçlaması, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri gibi özellikleri de etkiler. Sulama sularının kimyasal özelliklerini saptamak için çeşitli yöntemler önerilmiştir.



Şekil 5.6 İnceleme alanındaki suların Schoeller içilebilirlik diyagramı (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

5.8.2.1 Suların Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

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

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

Yukarıdaki bağıntının farklı biçimde ifadesi şöyledir ;

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

Bağıntılarda iyonlar mek/l alınır.

SAR'a göre sulama suları aşağıda, Tablo 5.12'de verildiği şekilde sınıflanır ;

Tablo 5.12 % SAR'a göre sulama sularının sınıflaması (Şahinci, 1991).

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

İnceleme alanındaki su noktalarının % SAR'a göre sınıflamaları Tablo 5.13'de verilmiştir.

Tablo 5.13 İnceleme alanındaki suların SAR'a göre sınıflandırması (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Örnek No	Örnekleme Yeri	SAR(%)	Suyun Niteliği
1	Dikili Ilıcaları	26.40	Fena özellikteki sulama suları
2	Dikili Ilıcaları	15.20	İyi özellikteki sulama suları
3	Dikili Ilıcaları	21.50	Orta özellikteki sulama suları
4	Dikili Ilıcaları	21.20	Orta özellikteki sulama suları
5	Dikili Ilıcaları	19.00	Orta özellikteki sulama suları
6	Dikili Ilıcaları	20.14	Orta özellikteki sulama suları
7	Dikili Ilıcaları	31.10	Fena özellikteki sulama suları
18	Dikili Ilıcaları	22.80	Orta özellikteki sulama suları
19	Dikili Ilıcaları	19.80	Orta özellikteki sulama suları
20	Dikili Ilıcaları	20.20	Orta özellikteki sulama suları
21	Dikili Ilıcaları	52.90	Fena özellikteki sulama suları
22	Dikili Ilıcaları	13.40	İyi özellikteki sulama suları
23	Eşek Tepe yakını	20.30	Orta özellikteki sulama suları
30	Dikili Ilıcaları	3.30	Çok iyi özellikteki sulama suları
31	Eşek Tepe yakını	2.13	Çok iyi özellikteki sulama suları
32	Sülüklü Çeşme	12.24	Orta özellikteki sulama suları
33	Kaynarca	16.95	Orta özellikteki sulama suları
8	Kaynarca	26.97	Fena özellikteki sulama suları
9	Kaynarca	25.63	Orta özellikteki sulama suları
10	Kaynarca	24.35	Orta özellikteki sulama suları
11	Kaynarca	24.00	Orta özellikteki sulama suları
12	Kaynarca	21.20	Orta özellikteki sulama suları
13	Kaynarca	24.75	Orta özellikteki sulama suları
14	Kaynarca	26.10	Fena özellikteki sulama suları
15	Kaynarca	27.26	Fena özellikteki sulama suları
16	Kaynarca	31.34	Fena özellikteki sulama suları
17	Kaynarca	24.55	Orta özellikteki sulama suları

Tablo 5.9 devan ediyor...

24	Kaynarca	23.71	Orta özellikteki sulama suları
25	Kaynarca,kuyu	7.34	Çok iyi özellikteki sulama suları
26	Kaynarca	20.98	Orta özellikteki sulama suları
27	Kaynarca, doğusu	19.65	Orta özellikteki sulama suları
28	Kaynarca	5.70	Çok iyi özellikteki sulama suları
34	Kaynarca batısı	0.43	Çok iyi özellikteki sulama suları
35	Kaynarca	2.90	Çok iyi özellikteki sulama suları
36	DG-1 kuyusu	26.60	Fena özellikteki sulama suları
37	DG-3 kuyusu	10.13	İyi özellikteki sulama suları

5.8.2.2 Sulama Sularının Wilcox'a Göre Sınıflaması

Wilcox sulama sularının % Na, klorür, sülfat, bor ve elektriksel iletkenliğe karşı duyarlılıklarına göre sınıflar (Tablo 5.14 ve Tablo 5.15).

Tablo 5.14 Sulama sularının Wilcox 'a göre sınıflaması (Şahinci, 1991).

SUYUN SINIFI	% Na	rCl	rSO ₄ ⁻²	EC(μmho/cm)
Çok iyi	< 20	< 4	< 4	< 250
İyi	20 – 40	4 – 7	4 - 7	250 – 750
Kullanılabilir	40 – 60	7 – 12	7 – 12	750 – 2000
Şüpheli	60 – 80	12 – 20	12 – 20	2000 – 3000
Kullanılamaz	>80	>20	>20	>3000

Tablo 5.15 Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflaması (Şahinci, 1991).

Suyun Sınıfı	Suda bulunan Bor (mg/l)		
	Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Az dayanıklı bitkiler
Çok iyi	<0.33	<0.67	<1.00
İyi	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
Kullanılabilir	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
Şüpheli	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
Kullanılmaz	>1.25	>2.50	>3.75

Wilcox ayrıca düşey ekseninde % Na miktarı ve yatay ekseninde EC miktarını belirten suların sulama amacıyla kullanılmasına ilişkin diyagram geliştirmiştir (Şekil 5.6). Verilen EC yatay ekseninde bulunarak, bu noktadan yatay eksene bir dik çıkarılır ve % Na'dan çizilen paraleli kestiği nokta suyun özelliğini verir.

İnceleme alanındaki suların % Na, rCl, rSO₄, EC ve B değerleri Tablo 5.16'da verilmiştir. Buradaki 'r', mek/l'yi tanımlar. Suların Wilcox diyagramındaki yerleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.16'da görüldüğü gibi inceleme alanındaki sıcak suların bor değerleri yüksektir. Özellikle Dikili Ilıcalarına ait sıcak su noktalarının bor konsantrasyonları yüksek değerler taşımaktadır. Bu nedenle geçmiş yıllarda açılmış ve ileride açılacak sondaj kuyularının kullanımı durumunda jeotermal atık suların çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin araştırılması gerekmektedir. Ayrıca bu sıcak sular sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

Tablo 5.16 Sulama sularının %Na, rCl, rSO₄ ve EC değerleri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

Örnek No	Örnekleme Yeri	%Na	rCl	rSO ₄ ⁻²	EC (µmho/cm)	Bor (mg/l)
1	Dikili Ilıcaları	91.54	2.74	11.84	2900	12,5
2	Dikili Ilıcaları	90.27	2.87	10.10	2900	10,9
3	Dikili Ilıcaları	90.35	2.90	10.10	2900	10,6
4	Dikili Ilıcaları	90.62	2.44	9.77	2800	10,4
5	Dikili Ilıcaları	89.02	2.47	9.93	2800	10,9
6	Dikili Ilıcaları	89.99	1.87	10.02	2600	10,4
7	Dikili Ilıcaları	93.22	2.71	11.87	3600	11,9
18	Dikili Ilıcaları	91.51	2.48	10.08	2560	-
19	Dikili Ilıcaları	90.31	2.80	11.28	2670	-
20	Dikili Ilıcaları	90.63	2.90	9.35	2540	-
21	Dikili Ilıcaları	98.32	2.36	9.06	2600	-
22	Dikili Ilıcaları	112.40	2.50	9.17	3030	7,57
23	Dikili Ilıcaları	90.17	3.12	12.17	3200	12,24
30	Dikili Ilıcaları	49.00	2.56	2.22	1150	0,36
31	Eşek Tepe yakını	58.80	1.36	0.26	495	0,08
32	Sülüklü Çeşme	79.01	1.04	0.37	631	0,08
33	Eşek Tepe yakını	81.88	7.38	0.58	1987	0,97
8	Sülüklü Çeşme	93.73	2.04	16.51	2700	6,5
9	Kaynarca	93.78	1.93	15.44	2500	4,7
10	Kaynarca	92.44	2.04	16.25	2700	5,1
11	Kaynarca	92.67	2.01	15.81	2500	5,0
12	Kaynarca	90.87	1.99	15.67	2600	5,0
13	Kaynarca	93.02	1.99	15.81	2600	5,1
14	Kaynarca	93.68	1.96	15.44	2500	5,1
15	Kaynarca	93.85	2.04	16.40	2600	5,3
16	Kaynarca	95.69	1.96	15.62	2600	5,3

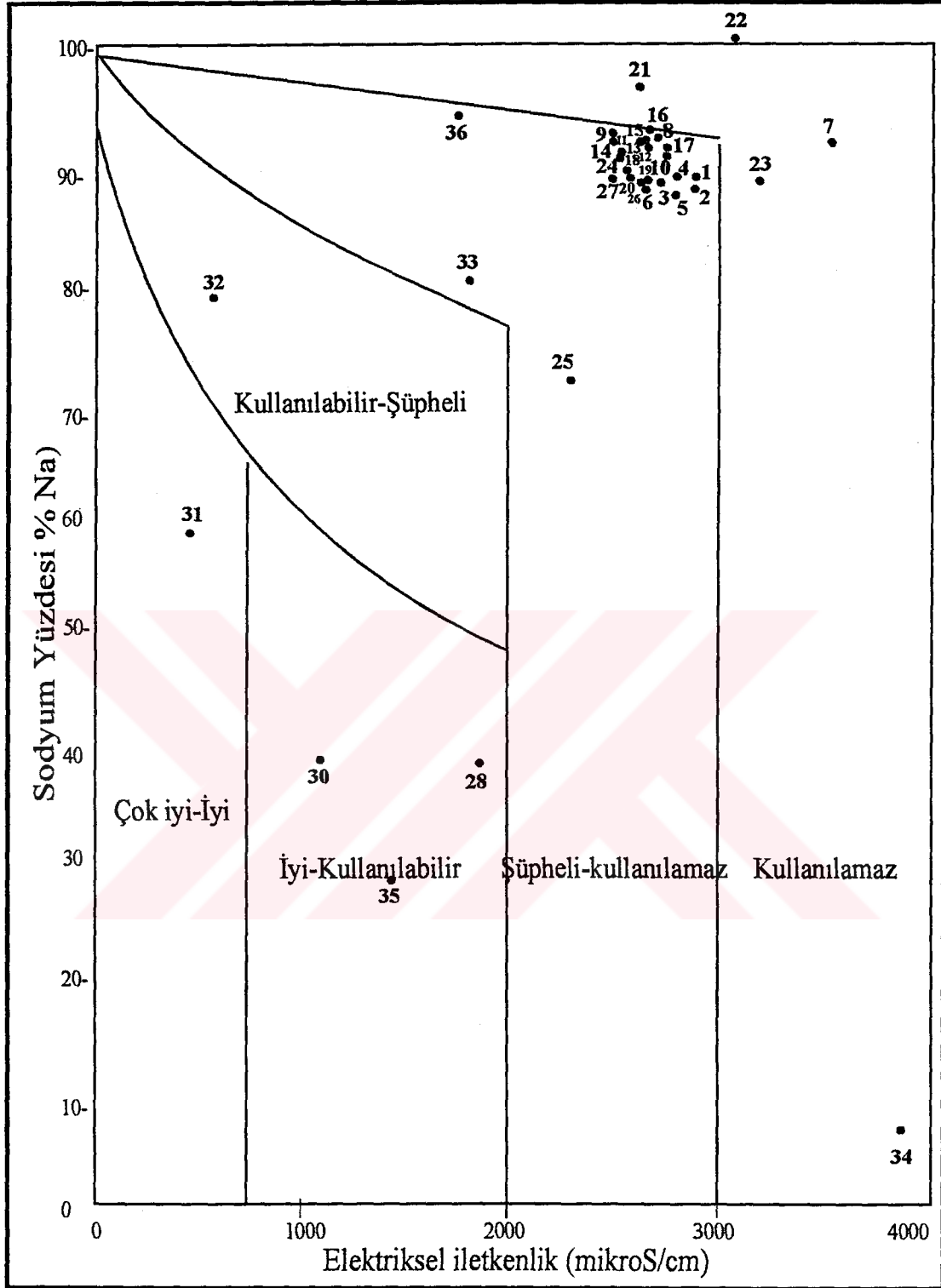
Tablo 5.16 devam ediyor...

17	Kaynarca	93.11	1.99	15.60	2700	4,9
24	Kaynarca	92.72	1.71	12.92	2530	-
25	Kaynarca, kuyu	73.39	1.23	10.12	2307	-
26	Kaynarca	90.99	1.90	16.71	2623	5,95
27	Kaynarca doğusu	90.68	1.82	15.69	2560	5,71
28	Kaynarca batısı	39.43	6.88	13.77	1901	0,56
34	Kaynarca batısı	8.55	25.49	14.22	3921	0,64
35	Kaynarca	39.34	1.94	9.17	1640	0,75
36	DG-1 kuyusu	95.95	1.43	11.61	1800	1,7
37	DG-3 kuyusu	62.84	322.84	2.75	5500	3,7

Şekil 5.7’da verilen Wilcox diyagramına göre inceleme alanındaki sulardan 31 no’lu soğuk su noktası çok iyi-iyi sınıfına girmektedir. Dikili İlçasına ait 30 no’lu soğuk su noktası ile Kaynarca’ya ait 28 ve 35 no’lu soğuk su noktaları iyi-kullanılabilir su sınıfına girerler. 32 no’lu Dikili İlçası soğuk su noktası kullanılabilir-şüpheli su sınıfına girmektedir. Dikili İlçasına ait 7, 21, 22, 23 no’lu sıcak su noktaları ve 37 no’lu DG-3 kuyusu ile Kaynarca’ya ait 34 no’lu sıcak su noktası kullanılamaz su sınıfına girmektedirler. Dikili İlçaları ve Kaynarca’ya ait diğer sıcak su noktaları ise şüpheli-kullanılamaz su sınıfına girmektedirler.

5.8.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (USA Salinity Laboratory Diagram)

Bu diyagramda sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde EC değerleri bulunur (Şekil 5.8). Bu diyagramın yorumu şöyledir (Şahinci 1991a):



Şekil 5.7 Sulama sularının Wilcox'a göre sınıflaması (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

-Genel Tuzluluk Özellikleri :

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

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

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

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

-Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri:

S1, az sodyumlu sular: Tüm topraklarda sodium tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.

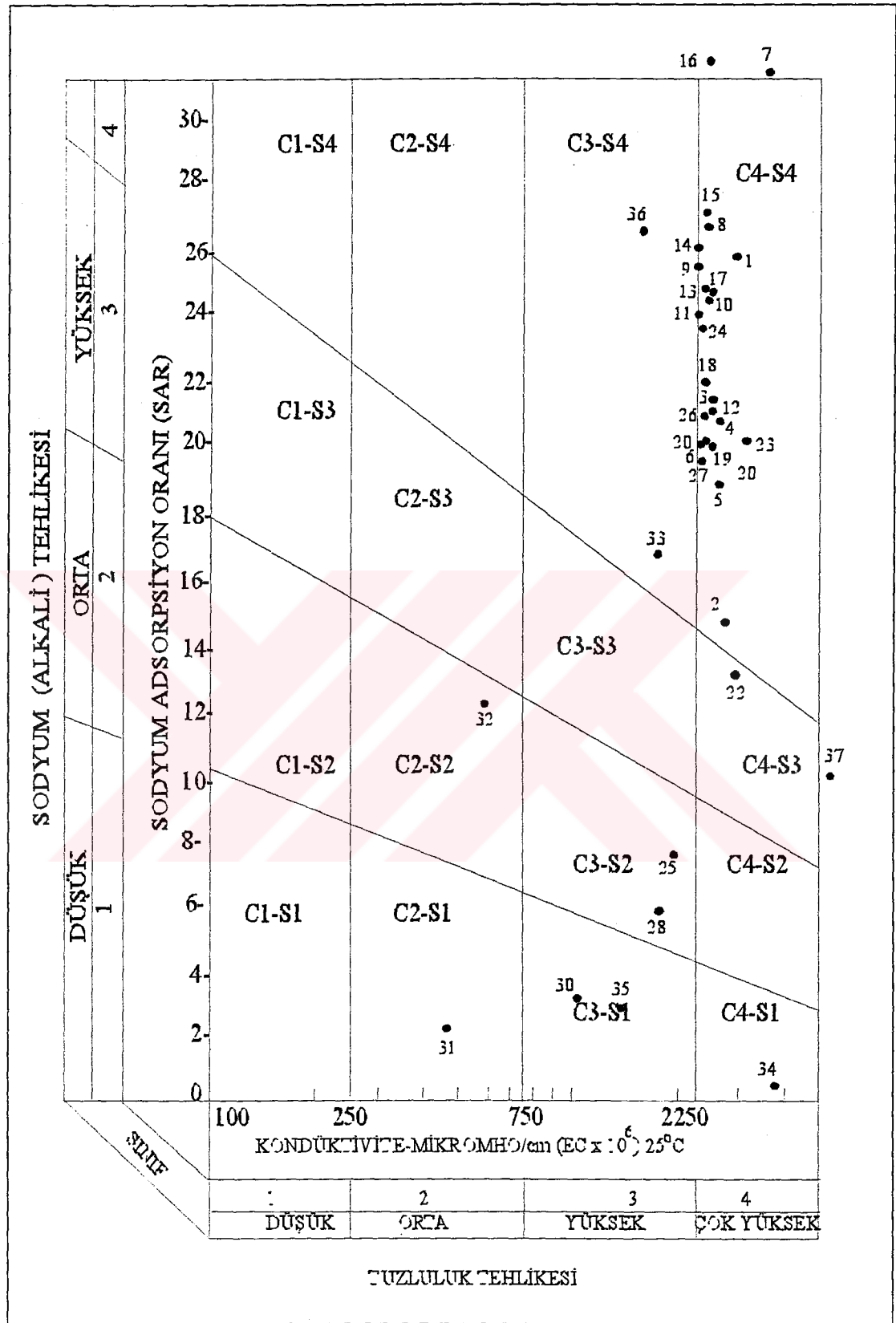
S2, orta sodyumlu sular: Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.

S3, yüksek sodyumlu sular: Birçok toprak cinsinde sodium tehlikesi yaratabilir.

S4, az sodyumlu sular: Genel olarak sular için uygun değildir.

İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk labotatuvarı diyagramındaki yerleri Şeki 5.7'de gösterilmiştir.

İnceleme alanında bulunan sulardan Dikili İlçalarına ait 32 no'lu soğuk su noktası C_2-S_2 sınıfına, 31 no'lu soğuk su noktası C_2-S_1 sınıfına, 30 no'lu soğuk su noktası C_3-S_1 sınıfına, 33 no'lu soğuk su noktası ile 36 no'lu DG-3 kuyusu C_3-S_4 sınıfına, 22 no'lu sıcak su noktası C_4-S_3 sınıfına girmektedir. Kaynarca İlçalarına ait



Şekil 5.5 İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Diyagramındaki yeri (Örnek numaraları Tablo 5.1 ile aynıdır).

25 ve 28 no'lu sıcak su noktaları C_3-S_2 sınıfına, 35 no'lu soğuk su noktası C_3-S_1 sınıfına, 34 no'lu soğuk su noktası C_4-S_1 sınıfına ,37 no'lu DG-1 kuyusu C_4-S_1 sınıfına girmektedir. 9,11,13,14 no'lu Dikili İlçalarına ait sıcak su noktaları C_3-S_4 ile C_4-S_4 sınırında yer almaktadırlar. İnceleme alanına ait diğer sıcak su noktaları ise C_4-S_4 sınıfına girmektedir.



Bölüm 6

JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

6.1 Jeotermal Enerjinin Dünyada ve Türkiye'deki Kullanım Alanları

İnsan yaşamında enerji kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Bu bakımdan insanlar yaradılışından bu güne enerjiye her zaman ihtiyaç duymuştur. Sahip olduğu enerji kaynaklarından olanakları ölçüsünde yararlanmış ve bu kaynakları geliştirmek için sürekli arayış içerisinde olmuşlardır. Bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji başlangıçta sadece kaplıca amaçlı kullanılırken, günümüzde geniş kullanım olanakları sunan bir enerji türüne dönüşmüştür.

İlk çağlardan beri ilksel amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya'da asit borik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra 1904 yılında Larderello (İtalya) yöresinde yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve ilk defa 1912 yılında gücü 250 KWe (Kilowatt Elektrik) olan turbo jeneratör kurulmuştur. 1930'larda ise bu enerji İzlanda'nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında Yeni Zelanda Wairakei sahasında turistik bir otele sıcak su temini amacıyla başlanan sığ sondajlara daha sonra, elektrik elde edilebilme amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında 200Mwe (Megawatt Elektrik) kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960 yılında Amerika'da, 1961 yılında Meksika'da ve 1966'da Japonya'da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımı dünya çapında yayılmıştır. 1999 yılı verilerine göre dünyadaki elektrik kurulu güç kapasitesi 8274 Mwe ve 2000 yılı verilerine göre doğrudan kullanım ise 11.300 MWt (Megawatt Termal) dir (Akkuş, 2002).

Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre çeşitli kullanım alanları vardır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Jeotermal akışkanın sıcaklıklarına göre kullanım alanlarını belirten Lindall diyadramı (Akkuş, 2002).

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanları	
180	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonların buharlaştırılması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma	Elektrik üretimi
170	Diatomitlerin kurutulması, ağır su ve hidrojen sülfid eldesi	
160	Kereste kurutmacılığı, balık kurutmacılığı	
150	Bayer's metodu ile alüminyum eldesi	
140	Konservacilik, çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması	İkincil (Binary)akışkan
130	Şeker endüstrisi, tuz endüstrisi	
120	Distilasyonla temiz su elde edilmesi	
110	Çimento kurutmacılığı	
100	Organik maddeleri kurutma(Deniz yosunu, çimen, sebze) yün yıkama ve kurutma	Isı pompalarıyla alan ısıtma ve soğutma
90	Balık kurutma(stok balık)	
80	Yer ve sera ısıtmacılığı	
70	Soğutma(Alt sıcaklık limiti)	
60	Sera,ahır ve kümes ısıtmacılığı	
50	Mantar yetiştirme, balneolojik hamamlar	
40	Toprak ısıtma	
30	Yüzme havuzları, fermentasyonlar, damıtma	
20	Balık çiftlikleri	

Ülkemizin tektonik açıdan etkili bir zon üzerinde bulunması, jeolojik ve meteorolojik koşullarının da uygun olması, ülkemize jeotermal enerji yönünden oldukça avantajlı bir konum sağlamaktadır. Türkiye jeotermal potansiyel bakımından dünyadaki ülkeler arasında 7. sıradadır. Jeotermal enerjinin kullanımı açısından da ilk 5'e girmektedir. Dünyada kurulu jeotermal elektrik santrali içinde 20.4 MWe kapasitesi ile 14. sırada yer almaktadır. Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları daha çok merkezi ısıtmaya ve kaplıca amaçlı kullanıma uygundur (Akkuş, 2002).

Bugün, ülkemizde yaygın olarak bulunan bu enerji kaynağı henüz tam anlamıyla optimum bir şekilde kullanılmamaktadır. Bilindiği gibi jeotermal enerji içerdiği ısı miktarına göre entegre olarak kullanılabilir. Ancak ülkemizde bu kullanım henüz uygulanamamakta ve bir anlamda kaynak israfı yapılmaktadır. Ülkemizde jeotermal enerjinin kullanıldığı alanlar şöyledir:

-Elektrik Üretimi

20 MWe kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere santrali günümüzde net 12 MWt elektrik üretmektedir. Aydın Germencik'te ise 100 MWe kurulu güce ulaşmayı hedefleyen santral kurulması için girişimler sürdürülmektedir. Elektrik üretimine uygun diğer sahalarda geliştirme çalışmalarının yapılması halinde bugünkü değerlendirmelere göre Türkiye'deki toplam elektrik üretimi 2010 yılında yaklaşık 500, 2020 yılında 1000 MWe'e ulaşabileceği beklenmektedir (Şimşek ve diğ., 2001).

- Konut Isıtması

Ülkemizde bugün için Balıkesir-Gönen'de (20 MWt), Kırşehir'de (19MWt), Kütahya-Simav'da (33MWt), Ankara-Kızılcahamam'da (17MWt), Nevşehir-Kozaklı'da (10MWt) ve İzmir-Balçova'da (Toplam125MWt) kapasite ile merkezi sistem, konut ısıtması yapılmaktadır. Salihli, Çeşme, Dikili ve Sındırgı'da ise yine merkezi sistem ısıtma için inşaatlar devam etmektedir. Bu sistemlerin dışında ülkemizin birçok yöresinde küçük çaplı bina ve sera ısıtmaları da yapılmaktadır (Akkuş, 2002).

-Sera Isıtması

Balçova, Seferihisar, Afyon-Ömer, Sivas-Sıcak Çermik, Edremit-Havran, Sandıklı-Hüdar, Sındırgı-Hisaralan, Dikili-Bergama'da uygulanmaktadır.

-Endüstriyel Uygulamalar

Kızıldere'de jeotermal akışkandan 40.000 ton/yıl karbondioksit üretimi yapılmakta, Gönen'de deri tabaklama, Kızıldere-Sarayköy'de yün ağartmada yararlanılmaktadır.

-Termal Turizm ve Balneolojik Uygulamalar

Balçova, Yalova, Afyon-Ömer-Sandıklı, Gönen, Haymana, Havza ve Bolu'da yapılmış modern tesislerde jeotermal kaynaktan yararlanarak söz konusu hizmetler verilmektedir.

Günümüzde jeotermal enerji, ülke ekonomisine büyük katkı sağlaması yanında olumlu çevresel etkileri nedeniyle gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Jeotermal enerjinin kullanımı sonucunda fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının etkisi azaltılmıştır. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde CO², NO_x, SO_x atımı çok daha düşük olup özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır (Şimşek ve diğ.,2001).

6.2 Jeotermal Enerjinin Dikili (İzmir) İlçesinde Kullanımı

Dikili jeotermal alanları 130°C sıcaklık ile Türkiye'de elektrik üretimine uygun sahalar içerisinde yer almaktadır (Akkuş,2002). Ancak sahada bugüne kadar elektrik üretimine yönelik bir çalışma yapılamamıştır. Isıtmada kullanımı öncelikli bir sahadır. Dikili Bölgesi jeotermal alanında doğal çıkışlı suların toplam görünür ısı potansiyeli 47.000. 000 Kcal/h'tir. Diğer taraftan Kaynarca ve öteki alanlarda mevcut kuyulardan 36.000.000 Kcal/h ısı üretimi olabilecektir. Sonuçta Dikili bölgesi

jeotermal alanlarında sondajlarla ve doğal çıkışlı olarak toplam 83.000.000 Kcal/h ısı potansiyeli vardır (Yılmaz, 2001). Bu kadar büyük jeotermal ısı potansiyeli olan bu bölgede, jeotermal enerjiden yararlanma ne yazık ki oldukça azdır.

Dikili jeotermal alanında bulunan sıcak sular önceki çağlardan günümüze kadar kaplıca amaçlı kullanılmıştır. İnceleme alanında bulunan Dikili Kaplıcası sıcak suları Bölüm 5’de belirtildiği gibi sodyum bikarbonatlı ve sülfatlı olan çamurlu sulardır. Sıcak sular etrafında bulunan ve peloid olarak adlandırılan çamurlar birçok ülkede balneolojik uygulamalarda kullanılmaktadır. Eski Yunanca’daki ‘Pelos’ kelimesinden türetilmiş olan ‘Peloid’ sözcüğü ‘Fiziksel, kimyasal, biyolojik işlevlerle değişime uğrayarak tedavi edici özellikler kazanmış olan jeolojik ve biyolojik kökenli inorganik ve organik maddeler anlamında kullanılmaktadır’. Dikili Kaplıcası sıcak çamurlu suları tıbbi tedavide özellikle dış uygulama tarzında değerlendirilebilecek özelliktedirler (Karagülle ve diğ., 1984).

Dikili ilçesinde jeotermal enerjiden bir başka faydalanma olanağı sera ısıtıcılığında kullanılmasıdır. Bu amaçla bölgedeki özel arazilerde açılmış sondajlar mevcuttur. Seralarda yetiştirilen ürünler taze ve özellikle kurutulularak değişik ülkelere ihraç edilmektedir.

Konut ısıtıcılığına uygun sıcaklıkta jeotermal akışkan içeren bu sahada son günlerde Dikili Belediyesi, Kaynarca jeotermal alanındaki sıcak su kaynaklarını kullanarak Dikili ve çevresini ısıtmaya yönelik proje çalışmaları başlatmıştır. Dikili Ilıcaları ve çevresindeki sıcak suları ise termal turizm yönünde kullanılması düşünülmektedir.

Sonuç olarak inceleme alanı içerisindeki jeotermal alanların özellikle konut ısıtıcılığı, sera ısıtıcılığı, endüstride, termal turizm ve balneolojik uygulamalarda kullanımı bölgenin ekonomisine ve çevreye olumlu yönde katkı sağlayacaktır.

Jeotermal enerjinin doğru kullanılabilmesi için sahanın işletilebilir potansiyelinin ortaya çıkarılmasına yönelik gerekli geliştirme çalışmalarının yapılması, yeni

kuyuların açılması önerilmektedir. Üretim aşamasında her jeotermal alan için bir üretim modeli geliştirilmeli ve atık termal sular mutlaka reenjeksiyon kuyularından hazneye geri basılmalıdır.



Bölüm 7

SONUÇLAR

İnceleme alanında gözlenen Miyosen-Pliyosen yaşlı Yuntdağ Volkanitleri üçe ayrılmıştır. En yaşlı birim Tersiyer yaşlı Yuntdağ Volkaniti-I dır. Bunun üzerine sırasıyla Tersiyer yaşlı Demirtaş Piroklastikleri, Yuntdağ Volkaniti-II, Yutdağ Volkaniti-III ve Kuvaterner yaşlı alüvyon gelir.

İnceleme alanı içerisindeki sıcak sular tektonizma ve volkanizmanın etkisindedir. Batı Anadolu plakasının doğudan batıya hareketi sırasında bölgede Miyosen ve Pliyosen zamanında açılma ve gerilme hareketleri sonucu oluşan grabenler ile tektonik zonlarda önemli jeotermal sistemler meydana gelmekte olup, Dikili – Kaynarca jeotermal alanları da bu graben sistemi içinde yer alan sahadır.

İnceleme alanında bulunan Yuntdağ Volkaniti-I’de yaygın alterasyon gözlenir. Tektonik zonlarda ikincil gözeneklilik ve geçirgenlik arttığı için bu kayalar rezervuar özelliği kazanmışlardır. Alterasyon gözlenmeyen, düşük porozite özelliğine sahip Demirtaş piroklastikleri örtü kaya özelliğindedir. Çalışma alanı içerisinde yaygın olarak gözlenen Yuntdağ Volkaniti-III ısıtıcı kaya özelliğindedir. Akiğer özelliği taşıyan alüvyon yöredeki sulama sularının büyük bölümünü temin eder.

Çalışma alanı içinde bulunan jeotermal alanlar, Kozak Bölgesi’nden yeraltına süzülen meteorik suların derinlerde ısınıp, kırık ve faylar boyunca tekrar yüzeylemesi ile oluşan devirli sistem özelliğindedirler. Sıcak sular bu yükselimleri sırasında belirli oranda soğuk yer altı suları ile karışabilmektedirler.

İnceleme alanında yapılan önceki çalışmalarda örneklemiş olan en yeni ve ayrıntılı 32 sıcak su ve 5 soğuk su noktası analizleri alınmıştır. Mevcut su analiz değerleri Hydrowin 95 ve Watch 2.1 bilgisayar programlarına aktararak değerlendirilmiştir. Watch 2.1 kimyasal türleştirme programı ile her bir su noktasının akifer karakteristikleri ve mineral doygunlukları irdelenmiştir.

Dikili-Kaynarca jeotermal alanları içerisinde yapılan izotop analizleri değerlerine göre yöredeki sıcak suların tümü meteorik kökenli olup bu suların en az 50 yıllık bir çevriminin olduğu hesaplanmıştır. Kaynarca sularındaki ^{18}O zenginleşmesi akışkanın yüksek entalpili bir hazneden gelebileceğini gösterir.

Çalışma alanı içerisindeki Dikili Ilıcaları sıcak suları genellikle $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$, Kaynarca sıcak suları ise $\text{Na-SO}_4\text{-HCO}_3$ sular sınıfındadır. Dikili Ilıcaları soğuk suları Na-Ca-Mg-HCO_3 , Kaynarca soğuk suları ise Na-Ca-SO_4 su tipinde olup, genellikle maden suyu özelliğindedirler. Dikili sahasında açılmış olan DG-3 kuyusu kimyasal analizinde Cl miktarının yüksek oluşu sahanın batı kesiminde denizden bir beslenmenin mümkün olabileceğini gösterir.

İnceleme alanındaki sıcak suların yüzey sıcaklıkları $30\text{--}100^\circ\text{C}$ arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki suların büyük bir çoğunluğunda su kayaç ilişkisi dengelenmemiştir. Bu da katyon jeotermometre uygulamalarının geçici olarak değerlendirilmesini gerektirir. Bir kısım sular ise kısmen dengelenmiş olup, 200°C hazne sıcaklığını gösteren doğru üzerinde yer alırlar. Bu dengelenme mineral denge-sıcaklık diyagramlarında da gözükmemektedir. Ancak mineral denge diyagramlarında çoğunlukla mineraller $120\text{--}150^\circ\text{C}$ civarında sıfır doğrusunu kesmektedir (yani dengede olmaktadır).

Çeşitli jeotermometre yöntemleri ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları Dikili için $100\text{--}120^\circ\text{C}$, Kaynarca için $130\text{--}150^\circ\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. Jeotermometre sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, inceleme alanı içerisinde Dikili Ilıcalarından Kaynarca'ya doğru artan (yaklaşık 150°C) yüksek entalpili bir jeotermal hazneden söz edilebilir.

Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre bu alandaki sular benzer kökenlidir. İnceleme alanında bulunan suların sertlikleri yüksektir. Bu sular genellikle şüpheli-kullanılamaz su sınıfındadırlar.

Çalışma alanındaki sular yüksek bor derişimine sahiptir. Bu nedenle bölgedeki suların kullanımı sırasında çevreye olan etkileri araştırılmalıdır. Bu sular tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

İnceleme alanı içerisindeki jeotermal alanların özellikle konut ısıtmacılığı, sera ısıtmacılığı, endüstride, termal turizm ve balneolojik uygulamalarda kullanımı bölgenin ekonomisine ve çevreye olumlu yönde etki sağlayacaktır.

Jeotermal enerjinin doğru kullanılabilmesi için sahanın işletilebilir potansiyelinin ortaya çıkarılmasına yönelik gerekli geliştirme çalışmalarının yapılması, yeni kuyuların açılması önerilmektedir. Üretim aşamasında her jeotermal alan için bir üretim modeli geliştirilmeli ve atık termal sular mutlaka reenjeksiyon kuyularından hazneye geri basılmalıdır.

Bölüm 8
KAYNAKLAR

- Akkuş, İ. (2002). Jeotermal Uygulamalar ve MTA. Jeothermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (JENARUM) Yaz Okulu ders notları. İzmir, 1-33
- Akyürek, B. & Soysal, Y. (1978). Bergama İzmir Civarının Jeolojisi. MTA, İzmir. Rapor No: 6432.
- Arnórsson, S. (1978). Aquifer chemistry of four high temperature geothermal system in Iceland. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, 523-536
- Arnórsson, S., Swarsson, H., (1982). The chemistry of waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0°C to 370°C. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1513-1532.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., Swarsson, N. (1983a), The chemistry of geothermometry in geothermal investigations. Geochimica et Cosmochimica Acta, 47, 567-577.
- Arnórsson, S. (1983b). The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperatures in geothermal systems. J. Volcanol. Geotherm. Res., V.23, pp.209-335.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., (1985). New gas thermometers for geothermal exploration and development. Geothermal Resources Council Trans., 9, 293-298.

- Arnórsson, S. (1991). Geochemistry And Geothermal Resources In Iceland; in D'amore, F., Co-ordinator. Application of geochemistry in Geothermal Reservoir Development, UNITAR, U. S. A. , pp.145-196.
- Back, W., (1996). Hydrochemical facies and groundwaterflow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. U.S. Geology Survey Professional paper, 498-A, pp.42.
- Başkan M. E.& Canik, B., (1983). IAH Map of mineral and thermal waters of Turkey Aegean Region: MTA, Ankara, rapor No. 189, pp.80
- Bjarnason, J.O. (1994). The Speciation Program WATCH, version 2.1. Orkustofnun, Reykjavik, pp.7
- Brusse, J.J. (1961). Contribution des Methods Geophysiques a la Prospection des Champs Geothermiques. Proceedings of U.N. Conference on New Sources of Energy, Rome, Italy.
- Calmbach, L. (1995). Hydrowin-95 Comuter Programme, Version 3.0 Institut de Mineralogie BFSH2 1015 Lausanne.
- Calvi, W.S. (1939). Dikili-Bergama Zelzele Mıntıkasında Yapılan Tatbikat Raporu. MTA, İzmir. Rapor No: 951.
- Canik, B. (1998). Hidrojeoloji. A.Ü. Fen Fak. Ankara, 5, 105-117.
- Craig H. ,(1961). Isotopic Variations in Meteoric Waters Science, 133, 1833-1834.
- Çetiner, L., Pekatan, R., Çiçekli, K. (2000). Ege Bölgesinde Yer alan Önemli Jeotermal Sahalara Düzenlenen Teknik Gezi Rehberi, MTA, İzmir.
- Eşder T. (1989). Kaynarca (Dikili- Bergama) Jeotermal Alanı İçerisinde Yer alan Kadir Çolak'a Ait Arazi ve Çevresinin Hidrojeolojik Etüdü, İzmir.

- Filiz, Ş. (1982). Ege Bölgesindeki Önemli Jeotermal Alanların O^{18} , H^2 , H^3 , C^{13} İzotoplarıyla İncelenmesi. Doçentlik Tezi. E.Ü.Y.B.F. (Yayınlanmamış).
- Filiz Ş. & Tarcan, G. (1997). Bergama Kleopatra Kaplıcasının Hidrojeolojik İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Konya.
- Filiz, Ş., Tarcan, G., Gemici, Ü. (2000). Dikili-Bergama (İzmir) Jeotermal Alanlarının Hidrojeolojik İncelenmesi. Türkiye Madencilik Kongresi Bildiri Metinleri Kitabı. MTA, Ankara, 487-508.
- Ford, D.C. Williams, P.W., (1989), Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman Ltd London, pp. 601
- Fouillac, C., Michard, G., (1981). Sodium/Lithium ratio in water applied to the geothermometry of geothermal waters. Geothermics, V.10, pp. 55-70.
- Fournier, R. O. And Tuesdall, A. (1973). An Emprical Na-K-Ca Geothermometer for Naturel Waters. Geochim. et Geomochim Acta, V 37.
- Fournier, R.O., Truesdell, A.H., (1974), Geochemical indicators of subsurface temperature-part 2, Estimation of temperature and fraction of hot water mixed with cold water. U.S. Geological survey Journal of Resarch, V.2, no.3, pp. 263-270
- Fournier, R.O. (1977) A Review of Chemical and Isotopic Geothermometers for Geothermal Systems In: Proceeding of the Symp. On Geoth. Energy. Cento Scientific Programme, Ankara, pp.133-143
- Fournier, R.O. (1979a). A Revised Equation for the Na-K Geothermometer. Geothermal Res. Council Trans., 3, 221-224

- Fournier, R.O., (1979b), Geochemical and hydrological considerations and the use of enthalpy-chloride diagrams in the prediction conditions in hot-spring systems. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 5, 1-16.
- Fournier, R. O and Potter R.W. (1979). Magnesium Correction to the Na-K-Ca Chemical Geothermometer. Geochim et Cosmochim Acta, 37, 1255-1275.
- Fournier, R. O. And Potter R.W. (1982). A Revised and Expanded Silice (Quartz) Geothermometer. Geothermal Research Council Bull. V.11. pp. 9.
- Fournier, R.O., (1990)., The interpretation of Na-K-Mg relation in geothermal waters. Geoth.Res.Counc. Trans., 14, 1421-1425.
- Fournier, R.O. (1991). Water Geotermometers Applied to Geothermal Energy; in D'amore, F., Co-ordinator. Application of geochemistry in Geothermal Reservoir Development, UNITAR, U. S. A., pp. 37-69..
- Giggenbach, W.F. Gonfiantini, R., Jangi, B.L. & Truesdell, A.H.,(1983.) Isotopic and Chemical Composition of Parbati Walley Geothermal Discharges, NW Himalaya, Indiano Geothermics, 5, 51-62
- Giggenbach, W.F. (1998). Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52, 2749-2765.
- Güleç, N.&Mutlu, H. (2002). Jeotermal Alanlarda İzotop Jeokimyası. Jeotermal Enerji ve Araştırma ve Uygulama Merkezi (Jenarum) Yaz Okulu ders notları, İzmir, 74-101.
- I.A.E.A.(1981), Stable Isotope Hydrology, deuterium and Oxiygen-18 in Water Cycle. Ed. J.R. Gat and R. Gonfiantini-International Atomic Energy Agency Technical Reports, No: 210, Vienno, 339 pp.

İ.Ü.T.F. (1971), Türkiye Maden Suları- İstanbul.

Janik, H. C., Goffy, F., Fahlquist, L., Adams, A.I., Roldan, M. A., Chipera, J. S., Trujillo, P. E. & Counce, D., (1992). Hydrogeochemical exploration of geothermal prospects in the Tecuamburro volcano region, Guatemala. Geothermics., 21 (4), 447-481.

Jeckelmann, C. (1998). Genese Lokaler Thermal Wasser Vorkommen in der Region. Bergama/W-Türkei, Doktor der Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zurich. (Doktora Tezi, Almanca, İngilizce Özetli).

Karagülle, M. Z., Gürdal, O. H., Yüzbaşıoğlu, N. & Karaçallık, A. (1984). Türkiye’de romatizmal hastalıklarda kaplıca tedavisi kullanımı üzerine anket. Tıb. Ekol. Hidro-Klim. Der., 2, 63-70.

Khraka, Y.K., Lico, M.S., Law, L. M. (1982). Chemical thermometers applied to formation waters, Gulf of Mexico and California Basins. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 66, 558.

Khraka, Y.K., Gunter, W.D., Aggarwall, P.K., Perkins, E.H., & De Braal, J.D. (1988). Solmineq. 88: A computer Program Code for Geochemical Modelling of water-Rock Interactions. I.S n: U. Geological Survey Water Investigations Report 88-05.

Khraka, Y.K. & Mariner, R.H. (1989). Chemical Geothermometers and their Application to formation waters from sedimentary basins. In. N. D. Naser & T. H. Mc Culloh (Eds.), Thermal History of Sedimentary Basins; Methods and Case Histories, pp. 99-117. Springer Verlag.

M.T.A.-J.I.C.A., (1986), Pre-Feasibility Study on the Dikili Bergama Geothermal Development Project in the Republic of Turkey. Progress Report I, MTA, Ankara.

- MTA-JICA, (1987), Pre-Feasibility Study on the Dikili Bergama Geothermal Development Project in the Republic of Turkey. Progress Report II, Final Report, M.T.A., Ankara.
- Mutlu, H. (1999). Kimyasal Modellemedeki Temel Prensipler. JENARUM (Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yaz Okulu Ders Notları), İzmir, 38-54.
- Nieva, D. & Nieva, R., (1987), Development in Geothermal Energy in Mexico, par 12- A Cationic Composition Geothermometer for Prospection of Geothermal Resources. Heat Recovery Systems and CHP, 7, 243-258.
- Öngür, T. (1972). Dikili- Bergama Jeotermal Araştırma Sahasına İlişkin Jeoloji Raporu, M.T.A.
- Özen T. & Tarcan, G., (2001). Dikili (İzmir) Ilıcaları, Çevresinin Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Açısından Değerlendirilmesi. 1. Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir, 351-361.
- Özüdoğru, S. (1988) Dikili-Kaynarca Jeothermal Sahası Testleri. M.T.A. Raporu İzmir.
- Reed, M., Spycher, N., 1984, Calculation of pl_t and mineral equilibria in hydrothermal waters with application to geothermometry and studies of boiling and dilution Geochim-Cosmochim. Acta 48, 1479-1492
- Soydars, C. (1991). Batı Anadolu Sıcak Su, Maden Suyu ve İçmelerin Kimyasal Analizleri. M.T.A. Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi Arşivi.
- Şahinci, A. (1991a). Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. D.E.Ü. Müh.-Mim. Yayınları, İzmir, 83-131.

Şahinci, A. (1991b), Doğal Suların Jeokimyası, D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Yayınları, İzmir, 175-244.

Şimşek, Ş., Mertoğlu, O., Koçal, A., Dokuz, İ., Bakır, N., Durak, S., Dilemre, A., Şahin, H., Aklılı, H., Suludere, Y., Karakaya, C., Tan, E.(2001). "D.P.T. 8. Beş yıllık Kalkınma Planı Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu", Ankara.

Tarcan, G., (2002). Jeotermal Su Kimyası. Jeotermal Enerji ve Araştırma ve Uygulama Merkezi (Jenarum) Yaz Okulu ders notları, İzmir, 230-272

Tonanni, F. (1980). Some remarks of the application of geochemical techniques in geothermal exploratin. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, 428-443.

Truesdell, A. H. (1976). Summary of section III geochemical techniques in geothermal exploration. In: Proceedings. II: United Nations Symposium on the Devalopment and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975, Vol.1, Washington D. C., U. S. Goverment Printing Office, iii-ix.

Türkiye Maden Suları. (1975). İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Hidroklimatoloji Kürsüsü , Ege Bölgesi, cilt 3, 112-123.

White, D. E. (1970). Geochemistry applied to the discovery evaluation and exploration of geothermal resurces. Proc. U. N. Symp. On the Devalopment and Utilization of Geothermal Resources, pisa, 1970, Geothermics. Spec. Issue, V.2, n.1,pp. 58-80.

Yilmazer, S. & Can, A.R. (1978). Dikili-Bergama Gradyan Sondajları Değerlendirme Raporu. Rapor No: 0534, MTA., İzmir.

Yilmazer, S.(1978). Dikili-Bergama jeotermal alanı, Ayvalık-J 17-c paftasının jeolojisi ve hidrojeosimisi. M.T.A. Enerji Dairesi, Rapor No: 111

- Yilmazer, S. (1982). Kozak (İzmir-Bergama) Çevresinde Sıcak Gerdanlık. Yeryuvarı ve İnsan, V.7.
- Yilmazer, S. (1984). Dikili- Bergama (İzmir) Geothermal Field of Turkey, Seminar On Utilization of Geothermal Energy for Electric Power Production and Space Heating, Florence (Italy).
- Yilmazer, S. (1984). Ege Bölgesindeki Bazı Sıcak Su Kaynaklarının Hidrokimyasal ve Hidrojeolojik İncelemeleri. Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yilmazer, S. & Özgüler, M.E (1986). Geological and Geophysical Studies in the Dikili Bergama (İzmir) Geothermal Field of Turkey. MTA, Ankara.
- Yilmazer, S. & Gevrek, A.İ. (1990). Dikili (İzmir) Jeotermal Sistemi ve Yöre Sularının Isıtmada Kullanılması, Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri, Cilt no:2, Ankara.
- Yilmazer, S., Gevrek, A.İ., Aydın, N. (1990). Surface and Subsurface Hydrothermal Alteration Studies of Volcanic Rocks in Dikili Bergama (İzmir) Area. 4th Earth Sciences Congress on Aegean Regions, 1-6 October, 1990, İzmir, Proceedings, vol.2, pp. 474-484.
- Yilmazer, S. (2001). Kıyı Ege ve İzmir İlindeki Jeotermal Kaynakların Değerlendirilmesi. Birinci Yeraltı Suları ve çevre sempozyumu bildiri kitabı, İzmir, 371-381
- Yilmazer, S. (6 Haziran 2002). (Sözlü Görüşme).

EK

İnceleme Alanındaki Su Örneklerinin
Watch 2.1 Bilgisayar Programı İle Hazırlanan
Jeokimyasal Hesaplamaları

□

ICELANDIC WATER CHEMISTRY GROUP

Program WATCH, temporary version / Feb-1997

Örnek no 1 dikili Ilıcası

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling
Steam loss fraction : .0165

Water sample (mg/kg)	Steam sample	Degassing coeff. at sampling : 1.0000
pH/deg.C 7.30/ 30.0	Gas (volume %)	Reference temperature deg.C :108.8(Chalcedony)
CO2 784.80	CO2 .00	
H2S .01	H2S .00	Sampling pressure bar abs. : 1.0
NH3 .00	NH3 .00	Discharge enthalpy kJ/kg : 456. (Calculated)
B .00	H2 .00	Discharge kg/s : .0
SiO2 99.00	O2 .00	Steam fraction at collection : .0000
Na 660.00	CH4 .00	
K 42.00	N2 .00	Measured temperature deg.C : 65.0
Mg 7.400		
Ca 37.00	Liters gas per kg	
F 5.800	condensate/deg.C .00/ .0	Condensate (mg/kg)
Cl 97.70		pH/deg.C .00/ .0
SO4 564.00	Total steam (mg/kg)	CO2 .00
Al 040	CO2 .00	H2S .0
Fe 1.000	H2S .00	NH3 .00
TDS 2212.00	NH3 .00	Na .00

Ionic strength = .03757

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03163524 Anions (mol.eq.) = .03047157 Difference (%) = 3.75

Deep water components (mg/kg)	7331.93	Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B .00	CO2	CO2 .00	CO2 .157E+02
SiO2 97.37	H2S	H2S .00	H2S .406E-04
Na 649.11	NH3	NH3 .00	NH3 .000E+00
K 41.31	H2	H2 .00	H2 .000E+00

Mg	7.278	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	36.39	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	5.704	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	96.09					H2O	.138E+01
SO4	554.69					Total	.171E+02
Al	.0393						
Fe	.983						

TDS 2175.49 Aquifer steam fraction = .0000
 Ionic strength = .03547
 1000/T (Kelvin) = 2.62
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03039615 Anions (mol.eq.) = .02924816 Difference (%) = 3.85
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.185
 Eh H2= 99.999
 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 135.8 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 108.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 152.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 1

Activity coefficients in deep water

H+	.842	KSO4-	.818	Fe++	.463	FeCl+	.806
OH-	.802	F-	.802	Fe+++	.219	Al+++	.219
H3SiO4-	.806	Cl-	.797	FeOH+	.815	AlOH++	.453
H2SiO4--	.453	Na+	.806	Fe(OH)3-	.815	Al(OH)2+	.818
H2BO3-	.792	K+	.797	Fe(OH)4--	.446	Al(OH)4-	.811
HCO3-	.806	Ca++	.463	Fe(OH)++	.446	AlSO4+	.811
CO3--	.437	Mg++	.494	Fe(OH)2+	.818	Al(SO4)2-	.811
HS-	.802	CaHCO3+	.822	Fe(OH)4-	.818	AlF++	.453
S--	.446	MgHCO3+	.806	FeSO4+	.815	AlF2+	.818
HSO4-	.811	CaOH+	.822	FeCl++	.446	AlF4-	.811
SO4--	.428	MgOH+	.826	FeCl2+	.815	AlF5--	.437
NaSO4-	.818	NH4+	.792	FeCl4-	.806	AlF6---	.15

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is

5.368

H+	.01	-5.293	Mg++	2.72	-3.951	Fe(OH) 3	.00	-10.577
OH-	.00	-6.662	NaCl	.74	-4.897	Fe(OH) 4-	.00	-12.132
H4SiO4	155.68	-2.791	KCl	.01	-6.767	FeCl+	.01	-6.937
H3SiO4-	.05	-6.243	NaO4-	34.33	-3.540	FeCl2	.00	-19.341
H2SiO4--	.00	-11.586	KSO4-	6.55	-4.315	FeCl++	.00	-18.348
NaH3SiO4	.02	-6.882	CaSO4	22.05	-3.791	FeCl2+	.00	-20.581
H3BO3	.00	.000	MgSO4	20.13	-3.777	FeCl3	.00	-23.928
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.05	-6.276	FeCl4-	.00	-27.811
H2CO3	9337.60	-.822	MgCO3	.00	-7.403	FeSO4	.56	-5.433
HCO3-	959.82	-1.803	CaHCO3	31.62	-3.505	FeSO4+	.00	-16.136
CO3--	.03	-6.320	MgHCO3+	1.71	-4.698	Al+++	.00	-12.323
H2S	.04	-5.890	CaOH+	.00	-8.745	AlOH++	.00	-10.184
HS-	.00	-7.008	MgOH+	.00	-8.295	Al(OH) 2+	.00	-8.624
S--	.00	-17.373	NH4OH	.00	.000	Al(OH) 3	.00	-7.843
H2SO4	.00	-12.110	NH4+	.00	.000	Al(OH) 4-	.00	-8.285
HSO4-	1.45	-4.826	Fe++	.77	-4.863	AlSO4+	.00	-11.931
SO4--	488.92	-2.293	Fe+++	.00	-18.491	Al(SO4) 2-	.00	-12.456
HF	.17	-5.082	FeOH+	.01	-6.994	AlF++	.00	-8.740
F-	5.47	-3.541	Fe(OH) 2	.00	-10.560	AlF2+	.02	-6.551
Cl-	95.63	-2.569	Fe(OH) 3-	.00	-15.331	AlF3	.09	-5.977
Na+	642.18	-1.554	Fe(OH) 4-	.00	-22.482	AlF4-	.01	-7.014
K+	39.41	-2.997	Fe(OH) ++	.00	-14.004	AlF5--	.00	-9.032
Ca++	17.34	-3.364	Fe(OH) 2+	.00	-11.266	AlF6---	.00	-11.997

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.890	-19.843	Albite, low	-16.182	-18.395	Analcime	-12.974	-15.605
Anhydrite	-5.733	-6.361	Calcite	-9.593	-10.378	Chalcedony	-2.772	-2.791
Mg-Chlorite	-80.102	-100.475	Fluorite	-10.529	-10.972	Goethite	-4.342	-5.461
Laumontite	-26.786	-31.613	Microcline	-18.205	-19.843	Magnetite	-29.029	-29.63
Ca-Montmor.	-83.534	-101.260	K-Montmor.	-40.543	-51.876	Mg-Montmor.	-84.724	-101.819
Na-Montmor.	-40.583	-50.428	Muscovite	-20.656	-23.079	Prehnite	-36.509	-46.038
Pyrrhotite	-95.397	-107.556	Pyrite	-140.610	-121.189	Quartz	-3.020	-2.791
Wairakite	-24.500	-31.613	Wollastonite	10.560	4.247	Zoisite	-35.704	-47.656

Epidote -42.891 -51.499 Marcasite -117.707 -121.189 Talc 15.055 8.275
 Chrysotile 22.941 13.857 Sil. amorph. -2.173 -2.791

örnek no 2 dikili ilçası

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.

Steam loss fraction : .0266

Water sample Gas (volume %) Steam sample

pH/deg.C 7.30/ 30.0

CO2 820.80

H2S .01

NH3 .00

B .00

SiO2 109.00

Na 570.00

K 41.00

Mg 8.600

Ca 43.00

F 5.500

Cl 102.50

SO4 481.00

Al .110

Fe 5.000

TDS 2174.00

Degassing coeff. at sampling : 1.0000

Reference temperature deg.C : 114.2(Chalcedony)

Sampling pressure bar abs. : 1.0

Discharge enthalpy kJ/kg : 479.(Calculated)

Discharge kg/s : .0

Steam fraction at collection : .0000

Measured temperature deg.C : 40.0

Liters gas per kg

condensate/deg.C .00/ .0

Condensate (mg/kg)

pH/deg.C

CO2

H2S

NH3

Na

.00/.0

.00

.00

.00

.00

Ionic strength = .03479

Ionic balance : Cations (mol.eq.) =.02820839

Difference (%) = -4.74

Anions (mol.eq.) = .02957752

Deep water components (mg/kg)

Deep steam (mg/kg)

Gas pressures (bar-abs.)

B .00

SiO2 106.10

Na 554.86

K 39.91

CO2 11918.56

H2S .07

NH3 .00

H2 .00

CO2 .00

H2S .00

NH3 .00

H2 .00

.274E+02

.640E-04

.000E+00

.000E+00

Mg	8.372	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	41.86	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	5.354	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	99.78					H2O	.165E+01
SO4	468.22					Total	.290E+02
Al	.1071						
Fe	4.8672						
TDS	2116.26						
		Aquifer steam fraction =	.0000				
Ionic strength =	.03221						
Ionic balance : Cations (mol.eq.) =	.02666240	Anions (mol.eq.) =	.02798492	1000/T (Kelvin) =	2.58		
Difference (%) =	-4.84						
Oxidation potential (volts) : Eh H2S=	-.177	Eh CH4=	99.999	Eh H2=	99.999	Eh NH3=	99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 140.7 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 114.2 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 164.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 2

Activity coefficients in deep water

H+	.845	KSO4-	.821	Fe++	.470	FeCl+	.811
OH-	.806	F-	.806	Fe+++	.225	Al+++	.225
H3SiO4-	.811	Cl-	.802	FeOH+	.818	AlOH++	.460
H2SiO4--	.460	Na+	.811	Fe(OH)3-	.818	Al(OH)2+	.821
H2BO3-	.797	K+	.802	Fe(OH)4--	.453	Al(OH)4-	.815
HCO3-	.811	Ca++	.470	Fe(OH)++	.453	AlSO4+	.815
CO3--	.445	Mg++	.500	Fe(OH)2+	.821	Al(SO4)2-	.815
HS-	.806	CaHCO3+	.826	Fe(OH)4-	.821	AlF++	.460
S--	.453	MgHCO3+	.811	FeSO4+	.818	AlF2+	.821
HSO4-	.815	CaOH+	.826	FeCl++	.453	AlF4-	.815
SO4--	.436	MgOH+	.829	FeCl2+	.818	AlF5--	.445
NaSO4-	.821	NH4+	.797	FeCl4-	.811	AlF6---	.162

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 5.182

H+	.01	-5.109	Mg++	3.20	-3.881	Fe(OH)3	.00	-9.862
OH-	.00	-6.776	NaCl	.73	-4.901	Fe(OH)4-	.00	-11.549
H4SiO4	169.68	-2.753	KCl	.01	-6.724	FeCl+	.06	-6.148
H3SiO4-	.04	-6.365	NaSO4-	26.56	-3.652	FeCl2	.00	-18.132
H2SiO4--	.00	-11.886	KSO4-	5.79	-4.368	FeCl++	.00	-17.294
NaH3SiO4	.01	-7.066	CaSO4	22.68	-3.778	FeCl2+	.00	-19.498
H3BO3	.00	.000	MgSO4	22.52	-3.728	FeCl3	.00	-22.801
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.04	-6.348	FeCl4-	.00	-26.635
H2CO3	15766.57	-.595	MgCO3	.00	-7.470	FesO4	2.55	-4.775
HCO3-	988.89	-1.790	CaHCO3+	41.04	-3.392	FesO4+	.00	-15.173
CO3--	.02	-6.514	MgHCO3+	2.20	-4.589	Al+++	.00	-11.891
H2S	.07	-5.705	CaOH+	.00	-8.785	AlOH++	.00	-9.821
HS-	.00	-7.011	MgOH+	.00	-8.303	Al(OH)2+	.00	-8.346
S--	.00	-17.514	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.666
H2SO4	.00	-11.677	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.00	-8.237
HSO4-	2.23	-4.638	Fe++	3.87	-4.160	AlSO4+	.00	-11.517
SO4--	404.88	-2.375	Fe+++	.00	-17.567	Al(SO4)2-	.00	-12.093
HF	.26	-4.890	FeOH+	.03	-6.370	AlF++	.00	-8.293
F-	4.90	-3.589	Fe(OH)2	.00	-10.003	AlF2+	.05	-6.098
Cl-	99.30	-2.553	Fe(OH)3-	.00	-14.817	AlF3	.24	-5.540
Na+	549.44	-1.622	Fe(OH)4--	.00	-22.102	AlF4-	.03	-6.609
K+	38.23	-3.010	Fe(OH)++	.00	-13.152	AlF5--	.00	-8.676
Ca++	18.89	-3.327	Fe(OH)2+	.00	-10.461	AlF6---	.00	-11.711

Log solubility products of minerals in deep water

[illegible]

Na-Montmor.	-39.984	-49.064	Muscovite	-20.381	-22.604	Prehnite	-36.368	-45.958
Pyrrhotite	-92.714	-100.468	Pyrite	-136.757	-112.693	Quartz	-2.972	-2.753
Wairakite	-24.387	-31.319	Wollastonite	10.405	3.956	Zoisite	-35.611	-47.415
Epidote	-42.463	-50.723	Marcasite	-114.166	-112.693	Talc	14.732	7.533
Chrysotile	22.530	13.039	Sil. amorph.	-2.146	-2.753			

örnek no 3 dikili ilçası

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling. Steam loss fraction : .0186
 Water sample (mg/kg) Steam sample
 pH/deg.C 7.30/ 30.0 Gas (volume %)

CO2	820.80	CO2	.00		
H2S	.14	H2S	.00	Sampling pressure	bar abs. : 1.0
NH3	.00	NH3	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 461. (Calculated)
B	.00	H2	.00	Discharge	kg/s : .0
SiO2	101.00	O2	.00	Steam fraction at collection	: .0000
Na	585.00	CH4	.00	Measured temperature	deg.C : 40.0
K	43.00	N2	.00		
Mg	6.900				
Ca	47.00	Liters gas per kg			
F	5.400	condensate/deg.C	.00/ .0	Condensate (mg/kg)	.00/ .0
Cl	103.40			pH/deg.C	
SO4	481.00	Total steam (mg/kg)		CO2	.00
Al	.090	CO2	.00	H2S	.00
Fe	2.700	H2S	.00	NH3	.00
TDS	2700.00	NH3	.00	Na	.00

Ionic strength = .03516

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02890295 Anions (mol.eq.) = .02961551

Difference (%) = -2.44

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)	
B	.00	8576.61	CO2	.00
SiO2	99.12	.73	H2S	.00
			CO2	.187E+02
			H2S	.639E-03

Na	574.13	NH3	.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	42.20	H2	.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	6.772	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	46.13	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	5.300	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	101.48			H2O		H2O	.143E+01
SO4	472.06			Total		Total	.202E+02
Al	.0883						
Fe	2.6498						
TDS	2649.84						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03294
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02760738 Anions (mol.eq.) = .02829827 1000/T (Kelvin) = 2.61
 Difference (%) = -2.47

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.194 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 136.8 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 109.9 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 166.5 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 3

Activity coefficients in deep water

H+	.845	KSO4-	.822	Fe++	.471	FeCl+	.811
OH-	.807	F-	.807	Fe+++	.226	Al+++	.226
H3SiO4-	.811	Cl-	.802	FeOH+	.819	AlOH++	.461
H2SiO4--	.461	Na+	.811	Fe(OH)3-	.819	Al(OH)2+	.822
H2BO3-	.798	K+	.802	Fe(OH)4--	.455	Al(OH)4-	.815
HCO3-	.811	Ca++	.471	Fe(OH)++	.455	AlSO4+	.815
CO3--	.446	Mg++	.502	Fe(OH)2+	.822	Al(SO4)2-	.815
HS-	.807	CaHCO3+	.826	Fe(OH)4-	.822	AlF++	.461
S--	.455	MgHCO3+	.811	FeSO4+	.819	AlF2+	.822

HSO4-	v	.815	CaOH+	.826	FeCl++	.455	AlF4-	.815
SO4--		.437	MgOH+	.830	FeCl2+	.819	AlF5--	.446
NaSO4-		.822	NH4+	.798	FeCl4-	.811	AlF6---	.163

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 5.319

H+	.01	-5.246	Mg++	2.68	-3.958	Fe(OH)3	.00	-10.298
OH-	.00	-6.699	NaCl	.72	-4.911	Fe(OH)4-	.00	-11.892
H4SiO4	158.50	-2.783	KCl	.01	-6.719	FeCl+	.03	-6.451
H3SiO4-	.05	-6.281	NaSO4-	26.61	-3.651	FeCl2	.00	-18.743
H2SiO4--	.00	-11.676	KSO4-	5.90	-4.360	FeCl++	.00	-17.950
NaH3SiO4	.01	-6.968	CaSO4	24.77	-3.740	FeCl2+	.00	-20.149
H3BO3	.00	.000	MgSO4	17.74	-3.832	FeCl3	.00	-23.462
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.06	-6.189	FeCl4-	.00	-27.315
H2CO3	11048.56	-.749	MgCO3	.00	-7.429	FeSO4	1.37	-5.044
HCO3-	995.51	-1.787	CaHCO3+	43.05	-3.371	FeSO4+	.00	-15.823
CO3--	.03	-6.363	MgHCO3+	1.79	-4.679	Al+++	.00	-11.897
H2S	.69	-4.696	CaOH+	.00	-8.669	AlOH++	.00	-9.778
HS-	.05	-5.865	MgOH+	.00	-8.325	Al(OH)2+	.00	-8.242
S--	.00	-16.274	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.491
H2SO4	.00	-12.047	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.00	-7.972
HSO4-	1.45	-4.827	Fe++	2.11	-4.423	AlSO4+	.00	-11.548
SO4--	412.47	-2.367	Fe+++	.00	-18.146	Al(SO4)2-	.00	-12.133
HF	.17	-5.062	FeOH+	.02	-6.576	AlF++	.00	-8.336
F-	4.96	-3.583	Fe(OH)2	.00	-10.165	AlF2+	.04	-6.171
Cl-	101.02	-2.545	Fe(OH)3-	.00	-14.957	AlF3	.20	-5.629
Na+	568.71	-1.607	Fe(OH)4--	.00	-22.152	AlF4-	.02	-6.705
K+	40.49	-2.985	Fe(OH)++	.00	-13.681	AlF5--	.00	-8.770
Ca++	21.74	-3.266	Fe(OH)2+	.00	-10.959	AlF6---	.00	-11.788

Log solubility products of minerals in deep water

Theor.	Calc.	Theor.	Calc.
--------	-------	--------	-------

Adularia	-16.850	-19.490	Albite, low	-16.146	-18.107	Analcime	-12.947	-15.324
Anhydrite	-5.749	-6.319	Calcite	-9.613	-10.306	Chalcedony	-2.764	2.783
Mg-Chlorite	-80.082	-100.093	Fluorite	-10.528	-10.945	Goethite	-4.300	-5.186
Laumontite	-26.739	-30.846	Microcline	-18.158	-19.490	Magnetite	-28.944	-28.704
Ca-Montmor.	-83.296	-96.167	K-Montmor.	-40.413	-49.368	Mg-Montmor.	-84.491	-96.832
Na-Montmor.	-40.456	-47.985	Muscovite	-20.598	-22.029	Prehnite	-36.478	-45.239
Pyrite	-94.604			-139.814	Quartz	-3.010	-2.783	Pyrrhotite -
Wollastonite	10.527	4.262	Zoisite	-35.683	-46.508	Wairakite	-24.476	-30.846
Talc	-101.064			8.008	Epidote	-42.803	-50.425	Marcasite -
Chrysotile	22.856	13.573	Sil. amorph.	-2.167				

örnek no 4 dikili ilçası

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling

```
Steam loss fraction : .0165
```

Water sample (mg/kg)

pH/deq.C 7.10/ 30.0 Gas (volume %)

Account	Amount	Account	Amount
CO2	748.80	CO2	.00

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Age	30.00	10.00	18	42
Gender	1.00	0.00	1	1
Marital Status	1.00	0.00	1	1
Education	12.00	1.00	11	13
Income	1.00	0.00	1	1
Occupation	1.00	0.00	1	1
Religion	1.00	0.00	1	1
Political Affiliation	1.00	0.00	1	1
Health Status	1.00	0.00	1	1
Life Satisfaction	1.00	0.00	1	1
Stress Level	1.00	0.00	1	1
Work-Life Balance	1.00	0.00	1	1
Family Support	1.00	0.00	1	1
Community Involvement	1.00	0.00	1	1
Personal Growth	1.00	0.00	1	1
Financial Stability	1.00	0.00	1	1
Emotional Well-being	1.00	0.00	1	1
Physical Health	1.00	0.00	1	1
Mental Health	1.00	0.00	1	1
Social Support	1.00	0.00	1	1
Work Satisfaction	1.00	0.00	1	1
Life Balance	1.00	0.00	1	1
Overall Quality of Life	1.00	0.00	1	1

2711	00	2711	00
NH3	-	NH3	-
00	00	00	00
00	00	00	00

CH ₃	.00	NH ₃	.00
B	.00	H ₂	.00

2008

2007

2006

2005

2004

2003

2002

2001

2000

1999

1998

1997

1996

1995

1994

1993

1992

1991

1990

1989

1988

1987

1986

1985

1984

1983

1982

1981

1980

1979

1978

1977

1976

1975

1974

1973

1972

1971

1970

1969

1968

1967

1966

1965

1964

1963

1962

1961

1960

1959

1958

1957

1956

1955

1954

1953

1952

1951

1950

1949

1948

1947

1946

1945

1944

1943

1942

1941

1940

1939

1938

1937

1936

1935

1934

1933

1932

1931

1930

1929

1928

1927

1926

1925

1924

1923

1922

1921

1920

1919

1918

1917

1916

1915

1914

1913

1912

1911

1910

1909

1908

1907

1906

1905

1904

1903

1902

1901

1900

1899

1898

1897

1896

1895

1894

1893

1892

1891

1890

1889

1888

1887

1886

1885

1884

1883

1882

1881

1880

1879

1878

1877

1876

1875

1874

1873

1872

1871

1870

1869

1868

1867

1866

1865

1864

1863

1862

1861

1860

1859

1858

1857

1856

1855

1854

1853

1852

1851

1850

1849

1848

1847

1846

1845

1844

1843

1842

1841

1840

1839

1838

1837

1836

1835

1834

1833

1832

1831

1830

1829

1828

1827

1826

1825

1824

1823

1822

1821

1820

1819

1818

1817

1816

1815

1814

1813

1812

1811

1810

1809

1808

1807

1806

1805

1804

1803

1802

1801

1800

1799

1798

1797

1796

1795

1794

1793

1792

1791

1790

1789

1788

1787

1786

1785

1784

1783

1782

1781

1780

1779

1778

1777

1776

1775

1774

1773

1772

1771

1770

1769

1768

1767

1766

1765

1764

1763

1762

1761

1760

1759

1758

1757

1756

1755

1754

1753

1752

1751

1750

1749

1748

1747

1746

1745

1744

1743

1742

1741

1740

1739

1738

1737

1736

1735

1734

1733

1732

1731

1730

1729

1728

1727

1726

1725

1724

1723

1722

1721

1720

1719

1718

1717

1716

1715

1714

1713

1712

1711

1710

1709

1708

1707

1706

1705

1704

1703

1702

1701

1700

1699

1698

1697

1696

1695

1694

1693

1692

1691

1690

1689

1688

1687

1686

1685

1684

1683

1682

1681

1680

1679

1678

1677

1676

1675

1674

1673

1672

1671

1670

1669

1668

1667

1666

1665

1664

1663

1662

1661

1660

1659

1658

1657

1656

1655

1654

1653

1652

1651

1650

1649

1648

1647

1646

1645

1644

1643

1642

1641

1640

1639

1638

1637

1636

1635

1634

1633

1632

1631

1630

1629

1628

1627

1626

1625

1624

1623

1622

1621

1620

1619

1618

1617

1616

1615

1614

1613

1612

1611

1610

1609

1608

1607

1606

1605

1604

1603

1602

1601

1600

1599

1598

1597

1596

1595

1594

1593

1592

1591

1590

1589

1588

1587

1586

1585

1584

1583

1582

1581

1580

1579

1578

1577

1576

1575

1574

1573

1572

1571

1570

1569

1568

1567

1566

1565

1564

1563

1562

1561

1560

1559

1558

1557

1556

1555

1554

ST02	99.00	02
ST03	99.00	03

Na	555.00	CH ₄	.00
F	38.00	N ₂	.00

38.00	NZ	.00
K		
:		

Mg 6.900

Ca	Liters gas
42.00	

condensate

87.10 Cl

SO4	465.00	Total stea
-----	--------	------------

Al	.100	CO2
----	------	-----

Fe	1.100	H2S
----	-------	-----

TDS	1952.00	NH3
-----	---------	-----

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z

Ionic strength = .03255

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525

Ionic strength = .03255

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02723663 Anions (mol.eq.) = .02659845
 Difference (%) = 2.37

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar-abs.)	
B	.00	CO2	9951.42	CO2	.221E+02
SiO2	97.36	H2S	.06	H2S	.562E-04
Na	545.83	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	37.37	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	6.786	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	41.31	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	5.311	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	85.66			H2O	.138E+01
SO4	457.32			Total	.235E+02
Al	.0983				
Fe	1.0818				
TDS	1919.75				

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03058
 1000/T (Kelvin) = 2.62
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02609204 Anions (mol.eq.) = .02546022
 Difference (%) = 2.45
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.170 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 135.8 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 108.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 159.7 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 4

Activity coefficients in deep water

H+	.849	KSO4-	.827	Fe++	.482	FeCl+	.817
OH-	.813	F-	.813	Fe+++	.235	Al+++	.235
H3SiO4-	.817	Cl-	.808	FeOH+	.824	AlOH++	.472

H2SiO4--	.472	Na+	.817	Fe(OH)3-	.824	Al(OH)2+	.827
H2BO3-	.804	K+	.808	Fe(OH)4--	.466	Al(OH)4-	.821
HCO3-	.817	Ca++	.482	Fe(OH)++	.466	AlSO4+	.821
CO3--	.458	Mg++	.511	Fe(OH)2+	.827	Al(SO4)2-	.821
HS-	.813	CaHCO3+	.831	Fe(OH)4-	.827	AlF++	.472
S--	.466	MgHCO3+	.817	FeSO4+	.824	AlF2+	.827
HSO4-	.821	CaOH+	.831	FeCl++	.466	AlF4-	.821
SO4--	.449	MgOH+	.834	FeCl2+	.824	AlF5--	.458
NaSO4-	.827	NH4+	.804	FeCl4-	.817	AlF6---	.173

Chemical species in deep water - ppm and log mole

						Deep water pH is	5.181
H+	.01	-5.110	Mg++	2.72	-3.952	Fe(OH)3	.00
OH-	.00	-6.855	NaCl	.57	-5.009	Fe(OH)4-	.00
H4SiO4	155.70	-2.791	KCl	.01	-6.846	FeCl+	.01
H3SiO4-	.03	-6.435	NaSO4-	24.92	-3.679	FeCl2	.00
H2SiO4--	.00	-11.979	KSO4-	5.14	-4.419	FeCl++	.00
NaH3SiO4	.01	-7.138	CaSO4	23.34	-3.766	FeCl2+	.00
H3BO3	.00	.000	MgSO4	17.89	-3.828	FeCl3	.00
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.04	-6.412	FeCl4-	.00
H2CO3	13123.20	-.675	MgCO3	.00	-7.615	FeSO4	.57
HCO3-	865.76	-1.848	CaHCO3+	35.16	-3.459	FeSO4+	.00
CO3--	.02	-6.567	MgHCO3+	1.59	-4.729	Al+++	.00
H2S	.06	-5.749	CaOH+	.00	-8.847	AlOH++	.00
HS-	.00	-7.059	MgOH+	.00	-8.472	Al(OH)2+	.00
S--	.00	-17.624	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00
H2SO4	.00	-11.801	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.00
HSO4-	1.90	-4.709	Fe++	.86	-4.811	AlSO4+	.00
SO4--	400.56	-2.380	Fe+++	.00	-18.244	Al(SO4)2-	.00
HF	.23	-4.937	FeOH+	.01	-7.116	AlF++	.00
F-	4.90	-3.589	Fe(OH)2	.00	-10.864	AlF2+	.05
Cl-	85.30	-2.619	Fe(OH)3-	.00	-15.827	AlF3	.22
Na+	540.79	-1.629	Fe(OH)4--	.00	-23.179	AlF4-	.02
K+	35.88	-3.037	Fe(OH)++	.00	-13.933	AlF5--	.00

Ca++ 20.48 -3.292 Fe(OH)2+ .00 -11.367 AlF6--- .00 -11.771

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.
Adularia	-16.890	-20.101	Albite, low	-16.182	Analcime	-12.974
Anhydrite	-5.733	-6.336	Calcite	-9.593	Chalcedony	-2.772
80.102 -102.347	Fluorite	-10.529	-10.967	Goethite	-4.342	-5.744
Laumontite	-26.785	-31.970	Microcline	-18.205	Magnetite	-29.028
Ca-Montmor.	-83.532	-102.052	K-Montmor.	-40.542	Mg-Montmor.	-84.722
Na-Montmor.	-40.582	-50.938	Muscovite	-20.655	Prehnite	-36.509
Pyrrhotite	-95.392	-108.853	Pyrite	-140.604	Quartz	-3.019
Wairakite	-24.500	-31.970	Wollastonite	10.559	Zoisite	-35.703
Epidote	-42.891	-52.422	Marcasite	-117.701	Talc	15.054
Chrysotile	22.941	12.776	Sil. amorph.	-2.173		7.195

örnek no 5 dikili Ilıcasi

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.

Water sample (mg/kg)	Steam sample	Steam loss fraction
pH/deg.C 7.00/ 30.0	Gas (volume %)	Degassing coeff. at sampling : 1.0000
CO2 763.20	CO2 .00	deg.C : 114.2 (Chalcedony)
H2S .01	H2S .00	
NH3 .00	NH3 .00	
B .00	H2 .00	Sampling pressure bar abs. : 1.0
SiO2 109.00	O2 .00	Discharge enthalpy kJ/kg : 479. (Calculated)
Na 545.00	CH4 .00	Discharge kg/s : .0
K 38.00	N2 .00	Steam fraction at collection : .0000
Mg 6.400		Measured temperature deg.C : 65.0
Ca 50.00		
F 5.900	Liters gas per kg condensate/deg.C .00/ .0	Condensate (mg/kg)
Cl 88.10		pH/deg.C .00/ .0
SO4 473.00	Total steam (mg/kg)	CO2 .00

Al	.090	CO2	.00	H2S	.00
Fe	1.400	H2S	.00	NH3	.00
TDS	1880.00	NH3	.00	Na	.00

Ionic strength = .03268

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02711766 Anions (mol.eq.) = .02654298

Difference (%) = 2.14

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	.00	CO2	18952.68
SiO2	106.10	H2S	.11
Na	530.52	NH3	.00
K	36.99	H2	.00
Mg	6.230	O2	.00
Ca	48.67	CH4	.00
F	5.743	N2	.00
Cl	85.76		
SO4	460.43		
Al	.0876		
Fe	1.3628		
TDS	1830.04		

Ionic strength = .03016

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02560562 Anions (mol.eq.) = .02504454

Difference (%) = 2.22

1000/T (Kelvin) = 2.58

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.152 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 140.7 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 114.2 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 161.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 5

Activity coefficients in deep water

H+	.848	KSO4-	.826	Fe++	.478	FeCl+	.815
OH-	.811	F-	.811	Fe+++	.232	Al+++	.232
H3SiO4-	.815	Cl-	.807	FeOH+	.823	AlOH++	.469
H2SiO4--	.469	Na+	.815	Fe(OH)3-	.823	Al(OH)2+	.826
H2BO3-	.802	K+	.807	Fe(OH)4--	.463	Al(OH)4-	.819
HCO3-	.815	Ca++	.478	Fe(OH)++	.463	AlSO4+	.819
CO3--	.454	Mg++	.508	Fe(OH)2+	.826	Al(SO4)2-	.819
HS-	.811	CaHCO3+	.830	Fe(OH)4-	.826	AlF++	.469
S--	.463	MgHCO3+	.815	FeSO4+	.823	AlF2+	.826
HSO4-	.819	CaOH+	.830	FeCl++	.463	AlF4-	.819
SO4--	.446	MgOH+	.833	FeCl2+	.823	AlF5--	.454
NaSO4-	.826	NH4+	.802	FeCl4-	.815	AlF6---	.170

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 4.900

H+	.02	-4.828	Mg++	2.38	-4.010	Fe(OH)3	.00	-10.927
OH-	.00	-7.060	NaCl	.61	-4.981	Fe(OH)4-	.00	-12.898
H4SiO4	169.70	-2.753	KCl	.01	-6.818	FeCl+	.02	-6.758
H3SiO4-	.02	-6.649	NaSO4-	25.51	-3.669	FeCl2	.00	-18.802
H2SiO4--	.00	-12.458	KSO4-	5.39	-4.399	FeCl++	.00	-17.585
NaH3SiO4	.01	-7.365	CaSO4	28.33	-3.682	FeCl2+	.00	-19.845
H3BO3	.00	.000	MgSO4	17.08	-3.848	FeCl3	.00	-23.209
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.02	-6.603	FeCl4-	.00	-27.108
H2CO3	25829.82	-.380	MgCO3	.00	-7.942	FeSO4	.73	-5.318
HCO3-	841.44	-1.860	CaHCO3+	43.49	-3.366	FeSO4+	.00	-15.393
CO3--	.01	-6.873	MgHCO3+	1.41	-4.781	Al+++	.00	-12.041
H2S	.11	-5.490	CaOH+	.00	-8.974	AlOH++	.00	-10.247
HS-	.00	-7.081	MgOH+	.00	-8.709	Al(OH)2+	.00	-9.048
S--	.00	-17.871	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-8.648
H2SO4	.00	-11.111	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.00	-9.503

HSO4-	4.27	-4.357	Fe++	1.08	-4.713	AlSO4+	.00	-11.654
SO4--	397.70	-2.383	Fe+++	.00	-17.800	Al (SO4)2-	.00	-12.229
HF	.52	-4.589	FeOH+	.00	-7.200	AlF++	.00	-8.419
F-	5.08	-3.573	Fe(OH)2	.00	-11.113	AlF2+	.04	-6.199
Cl-	85.38	-2.618	Fe(OH)3-	.00	-16.211	AlF3	.20	-5.621
Na+	525.35	-1.641	Fe(OH)4--	.00	-23.784	AlF4-	.02	-6.674
K+	35.42	-3.043	Fe(OH)++	.00	-13.662	AlF5--	.00	-8.729
Ca++	23.08	-3.240	Fe(OH)2+	.00	-11.247	AlF6---	.00	-11.757

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.701	-20.985	Albite, low	-16.009	-19.579	Analcime	-12.847	-16.826
Anhydrite	-5.812	-6.294	Calcite	-9.690	-10.776	Chalcedony	-2.733	-2.753
Mg-Chlorite	-80.015	-106.167	Fluorite	-10.527	-10.888	Goethite	-4.136	-5.830
Laumontite	-26.563	-33.752	Microcline	-17.980	-20.985	Magnetite	-28.616	-30.995
Ca-Montmor.	-82.411	-112.573	K-Montmor.	-39.927	-57.643	Mg-Montmor.	-83.624	-113.317
Na-Montmor.	-39.983	-56.237	Muscovite	-20.380	-25.863	Prehnite	-36.367	-48.860
Pyrrhotite	-92.710	-107.620	Pyrite	-136.751	-117.425	Quartz	-2.972	-2.753
Wairakite	-24.387	-33.752	Wollastonite	10.404	3.487	Zoisite	-35.611	-51.299
Epidote	-42.462	-54.691	Marcasite	-114.161	-117.425	Talc	14.731	5.475
Chrysotile	22.529	10.981	Sil. Amorph.	-2.146	-2.753			

örnek no 6

dikili Ilıcası

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.

Steam loss fraction : .0165

Water sample (mg/kg) Steam sample Degassing coeff. at sampling : 1.0000

pH/deg.C	7.20/	30.0	Gas (volume %)	Reference temperature	deg.C :	108.8(Chalcedony)
CO2	748.80		CO2	.00		
H2S	.01		H2S	.00	Sampling pressure	bar abs. : 1.0
NH3	.00		NH3	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 456. (Calculated)
B	.00		H2	.00	Discharge	kg/s : .0

SiO2	99.00	O2	.00	Steam fraction at collection	: .0000
Na	540.00	CH4	.00		
K	40.00	N2	.00	Measured temperature	deg.C : 73.0
Mg	6.200				
Ca	46.00	Liters gas per kg			
F	5.300	condensate/deg.C	.00/ .0	Condensate (mg/kg)	.00/ .0
Cl	89.00			pH/deg.C	.00
SO4	477.00	Total steam (mg/kg)		CO2	.00
Al	.110	CO2	.00	H2S	.00
Fe	1.500	H2S	.00	NH3	.00
TDS	1820.00	NH3	.00	Na	.00

Ionic strength = .03284
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02676002 Anions (mol.eq.) = .02729505
 Difference (%) = -1.98

Deep water components (mg/kg)	Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	8373.28	CO2
SiO2	.00	H2S
Na	97.36	NH3
K	531.08	H2
Mg	39.34	O2
Ca	6.098	CH4
F	45.24	N2
Cl	5.212	Total
SO4	87.53	
Al	469.12	
Fe	.1082	
TDS	1.4752	
	1789.94	

Aquifer steam fraction = .0000
 1000/T (Kelvin) = 2.62
 Ionic strength = .03082
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02560237 Anions (mol.eq.) = .02612100
 Difference (%) = -2.01

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.178 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 135.8 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 108.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 167.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 6

Activity coefficients in deep water

H+	.849	KSO4-	.827	Fe++	.481	FeCl+	.816
OH-	.812	F-	.812	Fe+++	.234	Al+++	.234
H3SiO4-	.816	Cl-	.808	FeOH+	.824	AlOH++	.471
H2SiO4--	.471	Na+	.816	Fe(OH)3-	.824	Al(OH)2+	.827
H2BO3-	.803	K+	.808	Fe(OH)4--	.465	Al(OH)4-	.820
HCO3-	.816	Ca++	.481	Fe(OH)++	.465	AlSO4+	.820
CO3--	.457	Mg++	.510	Fe(OH)2+	.827	Al(SO4)2-	.8
HS-	.812	CaHCO3+	.831	Fe(OH)4-	.827	AlF++	.471
S--	.465	MgHCO3+	.816	FeSO4+	.824	AlF2+	.827
HSO4-	.820	CaOH+	.831	FeCl++	.465	AlF4-	.820
SO4--	.448	MgOH+	.834	FeCl2+	.824	AlF5--	.457
NaSO4-	.827	NH4+	.803	FeCl4-	.816	AlF6---	.172

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 5.274

H+	.01	-5.203	Mg++	2.41	-4.004	Fe(OH)3	.00	-10.557
OH-	.00	-6.762	NaCl	.57	-5.012	Fe(OH)4-	.00	-12.211
H4SiO4	155.69	-2.791	KCl	.01	-6.815	FeCl+	.02	-6.775
H3SiO4-	.04	-6.342	NaSO4-	24.86	-3.680	FeCl2	.00	-19.208
H2SiO4--	.00	-11.792	KSO4-	5.55	-4.387	FeCl++	.00	-18.098
NaH3SiO4	.01	-7.058	CaSO4	25.85	-3.722	FeCl2+	.00	-20.351
H3BO3	.00	.000	MgSO4	16.23	-3.870	FeCl3	.00	-23.728
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.05	-6.275	FeCl4-	.00	-27.651

H2CO3	10873.27	-.756	MgCO3	.00	-7.565	FeSO4	.79	-5.286
HCO3--	888.75	-1.837	CaHCO3+	38.97	-3.414	FeSO4+	.00	-15.892
CO3---	.02	-6.462	MgHCO3+	1.45	-4.771	Al+++	.00	-11.770
H2S	.05	-5.816	CaOH+	.00	-8.721	AlOH++	.00	-9.713
HS-	.00	-7.034	MgOH+	.00	-8.433	Al (OH) 2+	.00	-8.235
S--	.00	-17.505	NH4OH	.00	.000	Al (OH) 3	.00	-7.543
H2SO4	.00	-11.975	NH4+	.00	.000	Al (OH) 4-	.00	-8.084
HSO4-	1.57	-4.791	Fe++	1.17	-4.679	AlSO4+	.00	-11.408
SO4--	411.87	-2.368	Fe+++	.00	-18.217	Al (SO4) 2-	.00	-11.987
HF	.18	-5.037	FeOH+	.01	-6.892	AlF++	.00	-8.224
F-	4.82	-3.595	Fe(OH) 2	.00	-10.548	AlF2+	.06	-6.071
Cl-	87.17	-2.609	Fe(OH) 3-	.00	-15.417	AlF3	.24	-5.541
Na+	526.05	-1.641	Fe(OH) 4--	.00	-22.676	AlF4-	.02	-6.632
K+	37.73	-3.016	Fe(OH) ++	.00	-13.814	AlF5--	.00	-8.714
Ca++	22.16	-3.257	Fe(OH) 2+	.00	-11.156	AlF6---	.00	-11.751

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.890	-19.650	Albite, low	-16.182	-18.271	Analcime	-12.974	-15.480
Anhydrite	-5.733	-6.292	Calcite	-9.593	-10.378	Chalcedony	-2.772	-2.791
Mg-Chlorite	-80.102	-101.014	Fluorite	-10.529	-10.947	Goethite	-4.342	-5.441
Laumontite	-26.786	-31.079	Microcline	-18.205	-19.650	Magnetite	-29.028	-29.584
Ca-Montmor.	-83.533	-97.126	K-Montmor.	-40.542	-49.884	Mg-Montmor.	-84.723	-97.847
Na-Montmor.	-40.582	-48.504	Muscovite	-20.656	-22.287	Prehnite	-36.509	-45.568
Pyrrhotite	-95.394	-106.861	Pyrite	-140.607	-119.782	Quartz	-3.019	-2.791
Wairakite	-24.500	-31.079	Wollastonite	10.559	4.182	Zoisite	-35.703	-46.886
Epidote	-42.891	-51.009	Marcasite	-117.703	-119.782	Talc	15.055	7.592
Chrysotile	22.941	13.173	Sil. amorph.	-2.173	-2.791			

örnek no 7

dikili ilçesi

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.

Steam loss fraction : .0265

Water sample (mg/kg) Steam sample Degassing coeff. at sampling : 1.0000

pH/deg.C 7.90/ 30.0 Gas (volume %) Reference temperature deg.C : 114.1 (Chalcedony)

CO2 1166.40 CO2 .00 Sampling pressure bar abs. : 1.0

H2S .01 H2S .00 Discharge enthalpy kJ/kg : 479. (Calculated)

NH3 .00 NH3 .00 Discharge kg/s : .0

B .00 H2 .00 Steam fraction at collection : .0000

SiO2 109.00 O2 .00 Measured temperature deg.C : 34.0

Na 820.00 CH4 .00

K 35.00 N2 .00

Mg 8.300

Ca 41.00

F 3.700 Liters gas per kg condensate/deg.C .00/ .0 Condensate (mg/kg) .00/ .0

Cl 96.70

SO4 565.00 Total steam (mg/kg) .00 CO2 .00

Al .100 CO2 H2S .00

Fe .500 H2S NH3 .00

TDS 2534.00 NH3 Na .00

Ionic strength = .04600

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03851939 Anions (mol.eq.) = .04005797

Difference (%) = -3.92

Deep water components (mg/kg) Deep steam (mg/kg) Gas pressures (bar-abs.)

B .00 CO2 6796.91 CO2 .00 CO2 .139E+02

SiO2 106.11 H2S .03 H2S .00 H2S .268E-04

Na 798.28 NH3 .00 NH3 .00 NH3 .000E+00

K 34.07 H2 .00 H2 .00 H2 .000E+00

Mg 8.080 O2 .00 O2 .00 O2 .000E+00

Ca 39.91 CH4 .00 CH4 .00 CH4 .000E+00

F 3.602 N2 .00 N2 .00 N2 .000E+00

Cl 94.14 H2O .00 H2O .164E+01

SO4 550.03 Total .156E+02
 Al .0974
 Fe .4868
 TDS 2466.87 Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .04302 1000/T (Kelvin) = 2.58
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03673779 Anions (mol.eq.) = .03822681
 Difference (%) = -3.97
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.218 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 140.6 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 114.1 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 118.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 7

Activity coefficients in deep water

H+	.830	KSO4-	.803	Fe++	.432	FeCl+	.790
OH-	.784	F-	.784	Fe+++	.195	Al+++	.195
H3SiO4-	.790	Cl-	.779	FeOH+	.799	AlOH++	.421
H2SiO4--	.421	Na+	.790	Fe(OH)3-	.799	Al(OH)2+	.803
H2BO3-	.773	K+	.779	Fe(OH)4--	.414	Al(OH)4-	.795
HCO3-	.790	Ca++	.432	Fe(OH)++	.414	AlSO4+	.795
CO3--	.404	Mg++	.467	Fe(OH)2+	.803	Al(SO4)2-	.795
HS-	.784	CaHCO3+	.808	Fe(OH)4-	.803	AlF++	.421
S--	.414	MgHCO3+	.790	FeSO4+	.799	AlF2+	.803
HSO4-	.795	CaOH+	.808	FeCl++	.414	AlF4-	.795
SO4--	.394	MgOH+	.812	FeCl2+	.799	AlF5--	.404
NaSO4-	.803	NH4+	.773	FeCl4-	.790	AlF6---	.131

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 5.653

H+	.00	-5.572	Mg++	2.98	-3.912	Fe(OH)3	.00	-10.028
OH-	.01	-6.293	NaCl	.94	-4.794	Fe(OH)4-	.00	-11.234
H4SiO4	169.58	-2.753	KCl	.01	-6.845	FeCl+	.01	-7.214
H3SiO4-	.12	-5.883	NaSO4-	40.96	-3.463	FeCl2	.00	-19.250
H2SiO4--	.00	-10.907	KSO4-	5.27	-4.409	FeCl++	.00	-18.870
NaH3SiO4	.04	-6.449	CaSO4	18.48	-3.867	FeCl2+	.00	-21.14
H3BO3	.00	.000	MgSO4	21.08	-3.757	FeCl3	.00	-24.493
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	.15	-5.822	FeCl4-	.00	-28.354
H2CO3	7999.76	-.890	MgCO3	.01	-6.884	FeSO4	.25	-5.781
HCO3-	1523.41	-1.603	CaHCO3+	47.61	-3.327	FeSO4+	.00	-16.707
CO3--	.09	-5.825	MgHCO3+	2.95	-4.462	Al+++	.00	-11.654
H2S	.03	-6.085	CaOH+	.00	-8.426	AlOH++	.00	-9.136
HS-	.00	-6.908	MgOH+	.00	-7.884	Al(OH)2+	.00	-7.220
S--	.00	-16.912	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.06	-6.080
H2SO4	.00	-12.587	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.06	-6.169
HSO4-	.83	-5.066	Fe++	.38	-5.162	AlSO4+	.00	-11.298
SO4--	482.39	-2.299	Fe+++	.00	-19.081	Al(SO4)2-	.00	-11.843
HF	.06	-5.526	FeOH+	.01	-6.929	AlF++	.00	-8.245
F-	3.44	-3.742	Fe(OH)2	.00	-10.102	AlF2+	.04	-6.243
Cl-	93.56	-2.579	Fe(OH)3-	.00	-14.436	AlF3	.12	-5.861
Na+	789.99	-1.464	Fe(OH)4--	.00	-21.221	AlF4-	.01	-7.085
K+	32.54	-3.080	Fe(OH)++	.00	-14.219	AlF5--	.00	-9.286
Ca++	15.54	-3.411	Fe(OH)2+	.00	-11.087	AlF6---	.00	-12.435

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.702	-17.718	Albite, low	-16.011	-16.096
Anhydrite	-5.811	-6.479	Calcite	-9.690	-9.994
Mg-Chlorite	-80.016	-93.202	Fluorite	-10.527	-11.471
Laumontite	-26.565	-27.327	Microcline	-17.982	-17.718
Ca-Montmor.	-82.420	-75.332	K-Montmor.	-39.932	-38.967
Na-Montmor.	-39.988	-37.345	Muscovite	-20.382	-17.458
			Analcime	-12.848	-13.342
			Chalcedony	-2.733	-2.753
			Goethite	-4.138	-4.931
			Magnetite	-28.619	-28.185
			Mg-Montmor.	-83.633	-75.799
			Prehnite	-36.369	-41.147

Pyrrhotite	-92.732	-104.299	Pyrite	-136.783	-120.618	Quartz	-2.972	-2.753
Wairakite	-24.388	-27.327	Wollastonite	10.406	4.777	Zoisite	-35.612	-41.017
Epidote	-42.465	-46.077	Marcasite	-114.190	-120.618	Talc	14.734	10.175
Chrysotile	22.533	15.682	Sil. amorph.	-2.146	-2.753			

ICELANDIC WATER CHEMISTRY GROUP

Program WATCH, temporary version / Feb-1997

órnek no 8 kaynarca

Water sample (mg/kg) Steam sample

pH/deg.C 8.10/ 42.0 Gas (volume %) Reference temperature deg.C : 136.9 (Chalcedony)
CO2 311.00 CO2 .00
H2S .01 H2S .00
NH3 .00 NH3 .00 Sampling pressure bar abs. : 1.0
B .00 H2 .00 Discharge enthalpy kJ/kg : 576. (Calculated)
SiO2 168.00 O2 .00 Discharge kg/s : .0
Na 570.00 CH4 .00 Steam fraction at collection : .0000
K 36.00 N2 .00 Measured temperature deg.C : 42.0
Mg 1.400
Ca 33.00
F 7.600
Cl 72.80

Liters gas per kg
condensate/deg.C .00/ .0 Condensate (mg/kg) .00/ .0
pH/deg.C
Total steam (mg/kg)
CO2 .00
H2S .00
NH3 .00
Na .00
TDS 2004.00

Ionic strength = .03457

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02678371 Anions (mol.eq.) = .02533590

Difference (%) = 5.56

Deep water components (mg/kg)

B .00 CO2 311.00 CO2 .00 CO2 .457E-01
SiO2 168.00 H2S .01 H2S .00 H2S .609E-06
Na 570.00 NH3 .00 NH3 .00 NH3 .000E+00
K 36.00 H2 .00 H2 .00 H2 .000E+00

Gas pressures (bar-abs.)

Mg	1.400	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	33.00	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	7.600	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	72.80					H2O	.331E+01
SO4	786.00					Total	.336E+01
Al	.1100						
Fe	.1000						
TDS	2004.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03287
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02591688 Anions (mol.eq.) = .02447510 1000/T (Kelvin) = 2.44
 Difference (%) = 5.72

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.440 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 161.1 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 136.9 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 148.4 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 8

Activity coefficients in deep water

H+	.834	KSO4-	.809	Fe++	.444	FeCl+	.798
OH-	.793	F-	.793	Fe+++	.201	Al+++	.201
H3SiO4-	.798	Cl-	.788	FeOH+	.806	AlOH++	.434
H2SiO4--	.434	Na+	.798	Fe(OH)3-	.806	Al(OH)2+	.809
H2BO3-	.783	K+	.788	Fe(OH)4--	.427	Al(OH)4-	.802
HCO3-	.798	Ca++	.444	Fe(OH)++	.427	AlSO4+	.802
CO3--	.418	Mg++	.475	Fe(OH)2+	.809	Al(SO4)2-	.802
HS-	.793	CaHCO3+	.814	Fe(OH)4-	.809	AlF++	.434
S--	.427	MgHCO3+	.798	FeSO4+	.806	AlF2+	.809
HSO4-	.802	CaOH+	.814	FeCl++	.427	AlF4-	.802
SO4--	.409	MgOH+	.818	FeCl2+	.806	AlF5--	.418

NaSO4-	.809	NH4+	.783	FeCl4-	.798	AlF6---	.141
Chemical species in deep water - ppm and log mole							
H+	.00	-7.645	Mg++	.31	-4.901	Fe(OH)3	.01
OH-	1.93	-3.946	NaCl	.72	-4.906	Fe(OH)4-	.17
H4SiO4	238.48	-2.605	KCl	.01	-6.794	FeCl+	.00
H3SiO4-	24.92	-3.582	NaSO4-	58.35	-3.310	FeCl2	.00
H2SiO4--	.03	-6.522	KSO4-	11.10	-4.086	FeCl++	.00
NaH3SiO4	6.20	-4.280	CaSO4	36.10	-3.577	FeCl2+	.00
H3BO3	.00	.000	MgSO4	5.17	-4.367	FeCl3	.00
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	6.43	-4.192	FeCl4-	.00
H2CO3	23.94	-3.414	MgCO3	.04	-6.275	FeSO4	.00
HCO3-	390.85	-2.193	CaHCO3+	17.58	-3.760	FeSO4+	.00
CO3--	2.14	-4.448	MgHCO3+	.10	-5.938	Al+++	.00
H2S	.00	-7.769	CaOH+	.05	-6.021	AlOH++	.00
HS-	.01	-6.558	MgOH+	.02	-6.377	Al(OH)2+	.00
S--	.00	-14.289	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00
H2SO4	.00	-15.992	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.38
HSO4-	.02	-6.630	Fe++	.00	-7.464	AlSO4+	.00
SO4--	701.41	-2.137	Fe+++	.00	-23.636	Al(SO4)2-	.00
HF	.00	-7.022	FeOH+	.01	-6.749	AlF++	.00
F-	7.60	-3.398	Fe(OH)2	.00	-7.376	AlF2+	.00
Cl-	72.35	-2.690	Fe(OH)3-	.00	-9.063	AlF3	.00
Na+	557.24	-1.615	Fe(OH)4--	.00	-13.581	AlF4-	.00
K+	32.78	-3.077	Fe(OH)++	.00	-16.229	AlF5--	.00
Ca++	12.79	-3.496	Fe(OH)2+	.00	-10.458	AlF6---	.00

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.999	-16.484	Albite, low	-15.371	-15.018
Anhydrite	-6.159	-6.374	Calcite	-10.130	-8.675
Mg-Chlorite	-79.916	-77.285	Fluorite	-10.539	-10.846
Laumontite	-25.763	-25.246	Microcline	-17.138	-16.484
			Analclime	-12.383	-12.413
			Chalcedony	-2.575	-2.605
			Goethite	-3.223	-1.898
			Magnetite	-26.838	-19.707

Ca-Montmor.	-78.509	-89.439	K-Montmor.	-37.759	-45.975	Mg-Montmor.	-79.808	-90.814
Na-Montmor.	-37.875	-44.509	Muscovite	-19.413	-19.367	Prehnite	-35.947	-34.583
Pyrrhotite	-81.255	-90.677	Pyrite	-120.623	-126.155	Quartz	-2.783	-2.605
Wairakite	-24.026	-25.246	Wollastonite	9.792	8.994	Zoisite	-35.402	-36.025
Epidote	-40.707	-36.482	Marcasite	-99.268	-126.155	Talc	13.457	20.251
Chrysotile	20.915	25.462	Sil. amorph.	-2.041	-2.605			

örnek no 9 kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample	
pH/deg.C	7.70/ 82.0	Gas (volume %)	Reference temperature
CO2	415.00	CO2	.00
H2S	.01	H2S	.00
NH3	.00	NH3	.00
B	.00	H2	.00
SiO2	226.00	O2	.00
Na	530.00	CH4	.00
K	36.00	N2	.00
Mg	.500		
Ca	32.00	Liters gas per kg	
F	7.200	condensate/deg.C	.00/ .0
Cl	68.90		
SO4	735.00	Total steam (mg/kg)	
Al	.130	CO2	.00
Fe	.050	H2S	.00
TDS	1928.00	NH3	.00
			Na
			pH/deg.C
			CO2
			H2S
			NH3
			Na
			deg.C : 82.0
			bar abs. : 1.0
			kJ/kg : 670. (Calculated)
			kg/s : .0
			Steam fraction at collection : .0000
			Measured temperature
			deg.C : 82.0
			Condensate (mg/kg)
			.00/ .0
			pH/deg.C
			CO2
			H2S
			NH3
			Na

Ionic strength = .03312

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02470325 Anions (mol.eq.) = .02613951

Difference (%) = -5.65

Deep water components (mg/kg) Deep steam (mg/kg) Gas pressures (bar-abs.)

B	.00	CO2	415.00	CO2	.00	CO2	.907E-01
SiO2	226.00	H2S	.01	H2S	.00	H2S	.773E-06
Na	530.00	NH3	.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	36.00	H2	.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	.500	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	32.00	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	7.200	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	68.90					H2O	.599E+01
SO4	735.00					Total	.608E+01
Al	.1300						
Fe	.0500						
TDS	1928.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03171
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02396660 Anions (mol.eq.) = .02540688
 Difference (%) = -5.83

1000/T (Kelvin) = 2.32

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.478 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 180.5 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcodony 158.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 153.7 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 9

Activity coefficients in deep water

H+	.827	KSO4-	.801	Fe++	.426	FeCl+	.789
OH-	.784	F-	.784	Fe+++	.186	Al+++	.186
H3SiO4-	.789	Cl-	.779	FeOH+	.798	AlOH++	.416
H2SiO4--	.416	Na+	.789	Fe(OH)3-	.798	Al(OH)2+	.801
H2BO3-	.774	K+	.779	Fe(OH)4--	.409	Al(OH)4-	.793
HCO3-	.789	Ca++	.426	Fe(OH)++	.409	AlSO4+	.793
CO3--	.400	Mg++	.457	Fe(OH)2+	.801	Al(SO4)2-	.793

HS-	.784	CaHCO3+	.806	Fe(OH)4-	.801	AlF++	.416
S--	.409	MgHCO3+	.789	FeSO4+	.798	AlF2+	.801
H2SO4-	.793	CaOH+	.806	FeCl++	.409	AlF4-	.793
SO4--	.391	MgOH+	.810	FeCl2+	.798	AlF5--	.400
NaSO4-	.801	NH4+	.774	FeCl4-	.789	AlF6---	.128

Chemical species in deep water - ppm and log mole Deep water pH is 7.706

H+	.00	-7.623	Mg++	.09	-5.433	Fe(OH)3	.01	-7.328
OH-	3.08	-3.742	NaCl	.77	-4.880	Fe(OH)4-	.10	-6.077
H4SiO4	319.64	-2.478	KCl	.02	-6.689	FeCl+	.00	-10.967
H3SiO4-	34.83	-3.436	NaSO4-	63.36	-3.274	FeCl2	.00	-20.178
H2SiO4--	.04	-6.408	KSO4-	13.24	-4.009	FeCl++	.00	-24.295
NaH3SiO4	8.15	-4.161	CaSO4	33.15	-3.614	FeCl2+	.00	-26.657
H3BO3	.00	.000	MgSO4	1.91	-4.800	FeCl3	.00	-29.967
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	8.26	-4.083	FeCl4-	.00	-33.710
H2CO3	46.14	-3.129	MgCO3	.02	-6.654	FeSO4	.00	-9.536
HCO3-	507.78	-2.080	CaHCO3+	24.94	-3.608	FeSO4+	.00	-21.884
CO3--	2.06	-4.463	MgHCO3+	.05	-6.275	Al+++	.00	-21.736
H2S	.00	-7.685	CaOH+	.08	-5.858	AlOH++	.00	-16.254
HS-	.01	-6.564	MgOH+	.01	-6.566	Al(OH)2+	.00	-11.534
S--	.00	-14.117	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.705
H2SO4	.00	-15.487	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.46	-5.319
H2SO4-	.04	-6.334	Fe++	.00	-9.237	AlSO4+	.00	-20.841
SO4--	649.52	-2.170	Fe+++	.00	-25.282	Al(SO4)2-	.00	-21.059
HF	.00	-6.809	FeOH+	.00	-8.204	AlF++	.00	-17.467
F-	7.20	-3.422	Fe(OH)2	.00	-8.440	AlF2+	.00	-14.693
Cl-	68.42	-2.714	Fe(OH)3-	.00	-9.630	AlF3	.00	-13.711
Na+	515.88	-1.649	Fe(OH)4--	.00	-14.011	AlF4-	.00	-14.458
K+	32.16	-3.085	Fe(OH)++	.00	-17.454	AlF5--	.00	-16.286
Ca++	8.99	-3.649	Fe(OH)2+	.00	-11.186	AlF6---	.00	-19.236

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.465	-16.047	Albite, low	-14.888	-14.606	Analcime	-12.044	-12.128
Anhydrite	-6.509	-6.598	Calcite	-10.586	-8.881	Chalcedony	-2.439	-2.478
Mg-Chlorite	-80.208	-77.922	Fluorite	-10.581	-11.074	Goethite	-2.286	-2.325
Laumontite	-25.198	-24.771	Microcline	-16.486	-16.047	Magnetite	-25.073	-21.955
Ca-Montmor.	-75.917	-88.234	K-Montmor.	-36.273	-45.300	Mg-Montmor.	-77.282	-89.987
Na-Montmor.	-36.438	-43.859	Muscovite	-18.757	-19.190	Prehnite	-35.795	-34.009
Pyrrhotite	-70.110	-92.889	Pyrite	-105.358	-128.763	Quartz	-2.621	-2.478
Wairakite	-23.848	-24.771	Wollastonite	9.263	8.913	Zoisite	-35.459	-35.581
Epidote	-39.207	-36.335	Marcasite	-85.068	-128.763	Talc	12.363	19.003
Chrysotile	19.538	23.960	Sil. amorph.	-1.951	-2.478			

örnek no 10 kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample	
pH/deg.C	8.00/ 48.0	Gas (volume %)	Reference temperature deg.C : 146.5 (Chalcedony)
CO2	369.00	CO2	.00
H2S	.01	H2S	.00
NH3	.00	NH3	.00
B	.00	H2	.00
SiO2	193.00	O2	.00
Na	570.00	CH4	.00
K	37.00	N2	.00
Mg	3.800		Measured temperature deg.C : 48.0
Ca	37.00		
F	7.400	Liters gas per kg condensate/deg.C	.00/ .0
Cl	72.80		Condensate (mg/kg) pH/deg.C
SO4	774.00	Total steam (mg/kg)	CO2 .00/ .0
Al	.120	CO2	.00
Fe	.050	H2S	.00
TDS	1988.00	NH3	.00
		Na	.00

Ionic strength = .03504
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02703451 Anions (mol.eq.) = .02620655 Difference (%) = 3.11

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar-abs.)	
B	.00	CO2	369.00	CO2	.631E-01
SiO2	193.00	H2S	.01	H2S	.660E-06
Na	570.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	37.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	3.800	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	37.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	7.400	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	72.80			H2O	.434E+01
SO4	774.00			Total	.440E+01
Al	.1200				
Fe	.0500				
TDS	1988.00				

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03300
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02598331 Anions (mol.eq.) = .02516073 1000/T (Kelvin) = 2.38
 Difference (%) = 3.22

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.457 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 169.7 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 146.6 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 150.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 10

Activity coefficients in deep water

H+	.830	KSO4-	.804	Fe++	.433	FeCl+	.792
OH-	.787	F-	.787	Fe+++	.192	Al+++	.192
H3SiO4-	.792	Cl-	.783	FeOH+	.801	AlOH++	.423
H2SiO4--	.423	Na+	.792	Fe(OH)3-	.801	Al(OH)2+	.804
H2BO3-	.777	K+	.783	Fe(OH)4--	.416	Al(OH)4-	.797
HCO3-	.792	Ca++	.433	Fe(OH)++	.416	AlSO4+	.797
CO3--	.407	Mg++	.465	Fe(OH)2+	.804	Al(SO4)2-	.797
HS-	.787	CaHCO3+	.809	Fe(OH)4-	.804	AlF++	.423
S--	.416	MgHCO3+	.792	FeSO4+	.801	AlF2+	.804
HSO4-	.797	CaOH+	.809	FeCl++	.416	AlF4-	.797
SO4--	.398	MgOH+	.813	FeCl2+	.801	AlF5--	.407
NaSO4-	.804	NH4+	.777	FeCl4-	.792	AlF6---	.133

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.00	-7.643	Mg++	.77	-4.501	Fe(OH)3	.01	-7.265
OH-	2.45	-3.842	NaCl	.79	-4.868	Fe(OH)4-	.10	-6.099
H4SiO4	272.34	-2.548	KCl	.01	-6.727	FeCl+	.00	-10.233
H3SiO4-	29.96	-3.502	NaSO4-	61.87	-3.284	FeCl2	.00	-20.168
H2SiO4--	.03	-6.441	KSO4-	12.21	-4.044	FeCl++	.00	-23.777
NaH3SiO4	7.45	-4.200	CaSO4	38.84	-3.545	FeCl2+	.00	-26.122
H3BO3	.00	.000	MgSO4	14.20	-3.928	FeCl3	.00	-29.451
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	8.64	-4.064	FeCl4-	.00	-33.237
H2CO3	32.42	-3.282	MgCO3	.14	-5.783	FeSO4	.00	-8.742
HCO3-	457.21	-2.125	CaHCO3+	24.23	-3.620	FeSO4+	.00	-21.363
CO3--	2.27	-4.423	MgHCO3+	.31	-5.437	Al+++	.00	-21.136
H2S	.00	-7.745	CaOH+	.07	-5.883	AlOH++	.00	-15.879
HS-	.01	-6.560	MgOH+	.06	-5.818	Al(OH)2+	.00	-11.336
S--	.00	-14.200	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.654
H2SO4	.00	-15.788	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.42	-5.354

Deep water pH is 7.724

HSO4-	.03	-6.512	Fe++	.00	-8.417	AlSO4+	.00	-20.326
SO4--	676.63	-2.152	Fe+++	.00	-24.539	Al (SO4) 2-	.00	-20.578
HF	.00	-6.939	FeOH+	.00	-7.552	AlF++	.00	-17.011
F-	7.40	-3.410	Fe(OH) 2	.00	-7.995	AlF2+	.00	-14.353
Cl-	72.31	-2.690	Fe(OH) 3-	.00	-9.450	AlF3	.00	-13.440
Na+	556.29	-1.616	Fe(OH) 4--	.00	-13.892	AlF4-	.00	-14.223
K+	33.46	-3.068	Fe(OH) ++	.00	-16.941	AlF5--	.00	-16.058
Ca++	12.45	-3.508	Fe(OH) 2+	.00	-10.945	AlF6---	.00	-18.970

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	
15.748	-16.270	Albite, low	-15.143	-14.813	Analcime	-12.221	-12.265		-
Anhydrite	-6.311	-6.423	Calcite	-10.327	-8.684	Chalcedony	-2.513	-2.548	
Mg-Chlorite	-80.000	-74.284	Fluorite	-10.555	-10.898	Goethite	-2.818	-2.247	
Laumontite	-25.491	-24.967	Microcline	-16.833	-16.270	Magnetite	-26.068	-21.167	
Ca-Montmor.	-77.240	-88.907	K-Montmor.	-37.039	-45.692	Mg-Montmor.	-78.571	-89.870	
Na-Montmor.	-37.178	-44.236	Muscovite	-19.094	-19.284	Prehnite	-35.851	-34.182	Pyrrhotite
76.367	-93.023	Pyrite	-113.881	-128.813	Quartz	-2.709	-2.548		-
Wairakite	-23.928	-24.967	Wollastonite	9.552	9.029	Zoisite	-35.397	-35.689	
Epidote	-40.016	-36.429	Marcasite	-93.009	-128.813	Talc	12.961	21.650	
Chrysotile	20.290	26.746	Sil. amorph.	-2.001	-2.548				

örnek no 11

kaynarca

Water sample (mg/kg) Steam sample

pH/deg.C	7.70/ 53.0	Gas (volume %)	Reference temperature deg.C : 159.8	(Chalcedony)
CO2	385.00	CO2	.00	
H2S	.01	H2S	.00	Sampling pressure bar abs. : 1.0
NH3	.00	NH3	.00	Discharge enthalpy kJ/kg : 675. Calculated)
B	.00	H2	.00	Discharge kg/s : .0

SiO2	226.00	O2	.00	Steam fraction at collection	: .0000
Na	540.00	CH4	.00		
K	34.00	N2	.00	Measured temperature	deg.C : 53.0
Mg	.500				
Ca	39.00				
F	7.600				
Cl	71.80				
SO4	753.00				
Al	.140				
Fe	.050				
TDS	1994.00				

Liters gas per kg			
condensate/deg.C	.00/	.0	Condensate (mg/kg)
			pH/deg.C
Total steam (mg/kg)			CO2
CO2	.00		H2S
H2S	.00		NH3
NH3	.00		Na

Ionic strength = .03393
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02558169 Anions (mol.eq.) = .02597196
 Difference (%) = -1.51

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	.00	CO2	.00
SiO2	226.00	H2S	.00
Na	540.00	NH3	.00
K	34.00	H2	.00
Mg	.500	O2	.00
Ca	39.00	CH4	.00
F	7.600	N2	.00
Cl	71.80		
SO4	753.00		
Al	.1400		
Fe	.0500		
TDS	1994.00		

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03186
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02449566 Anions (mol.eq.) = .02489065 Difference (%) = -1.60
 1000/T (Kelvin) = 2.31

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.474 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 181.5 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 159.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 146.4 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 11

Activity coefficients in deep water

H+	.826	KSO4-	.800	Fe++	.424	FeCl+	.788
OH-	.783	F-	.783	Fe+++	.184	Al+++	.184
H3SiO4-	.788	Cl-	.778	FeOH+	.797	AlOH++	.414
H2SiO4--	.414	Na+	.788	Fe(OH)3-	.797	Al(OH)2+	.800
H2BO3-	.773	K+	.778	Fe(OH)4--	.407	Al(OH)4-	.792
HCO3-	.788	Ca++	.424	Fe(OH)++	.407	AlSO4+	.792
CO3--	.398	Mg++	.456	Fe(OH)2+	.800	Al(SO4)2-	.792
HS-	.783	CaHCO3+	.805	Fe(OH)4-	.800	AlF++	.414
S--	.407	MgHCO3+	.788	FeSO4+	.797	AlF2+	.800
HSO4-	.792	CaOH+	.805	FeCl++	.407	AlF4-	.792
SO4--	.389	MgOH+	.809	FeCl2+	.797	AlF5--	.398
NaSO4-	.800	NH4+	.773	FeCl4-	.788	AlF6---	.127

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.00	-7.567	Mg++	.09	-5.439	Fe(OH)3	.01	-7.284
OH-	2.77	-3.788	NaCl	.82	-4.851	Fe(OH)4-	.10	-6.080
H4SiO4	324.01	-2.472	KCl	.02	-6.691	FeCl+	.00	-10.861
H3SiO4-	31.10	-3.485	NaSO4-	66.05	-3.256	FeCl2	.00	-19.991
H2SiO4--	.03	-6.514	KSO4-	12.79	-4.024	FeCl++	.00	-24.106
NaH3SiO4	7.41	-4.202	CaSO4	42.96	-3.501	FeCl2+	.00	-26.452
H3BO3	.00	.000	MgSO4	1.93	-4.795	FeCl3	.00	-29.741
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	8.46	-4.073	FeCl4-	.00	-33.460

Deep water pH is 7.650

H2CO3	48.58	-3.106	MgCO3	.01	-6.755	FeSO4	.00	-9.449
HCO3-	461.57	-2.121	CaHCO3+	29.14	-3.540	FeSO4+	.00	-21.710
CO3--	1.63	-4.566	MgHCO3+	.04	-6.319	Al+++	.00	-21.540
H2S	.00	-7.630	CaOH+	.09	-5.798	AlOH++	.00	-16.093
HS-	.01	-6.569	MgOH+	.01	-6.611	Al(OH)2+	.00	-11.413
S--	.00	-14.168	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.626
H2SO4	.00	-15.346	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.49	-5.287
HSO4-	.05	-6.257	Fe++	.00	-9.158	AlSO4+	.00	-20.632
SO4--	658.71	-2.164	Fe+++	.00	-25.132	Al(SO4)2-	.00	-20.841
HF	.00	-6.719	FeOH+	.00	-8.165	AlF++	.00	-17.234
F-	7.60	-3.398	Fe(OH)2	.00	-8.438	AlF2+	.00	-14.426
Cl-	71.29	-2.697	Fe(OH)3-	.00	-9.660	AlF3	.00	-13.414
Na+	525.48	-1.641	Fe(OH)4--	.00	-14.089	AlF4-	.00	-14.134
K+	30.29	-3.111	Fe(OH)++	.00	-17.340	AlF5--	.00	-15.935
Ca++	11.35	-3.548	Fe(OH)2+	.00	-11.103	AlF6---	.00	-18.863

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.442	-16.025	Albite, low	-14.867	-14.549	Analcline	-12.030	-12.077
6.526	-6.494	Calcite	-10.610	-8.887	Chalcedony	-2.433	-2.472	Mg-Chlorite
Fluorite	-10.584	-10.929	Goethite	-2.238	-2.282		-80.232	-78.250
Laumontite	-25.175	-24.586	Microcline	-16.458	-16.025	Magnetite	-24.985	-21.884
75.815	-87.006	K-Montmor.	-36.213	-44.763	Mg-Montmor.	-77.183	-88.866	Ca-Montmor.
Na-Montmor.	-36.380	-43.288	Muscovite	-18.730	-19.011	Prehnite	-35.793	-33.823
Pyrrhotite	-69.558	-92.140	Pyrite	-104.612	-127.486	Quartz	-2.613	-2.472
23.843	-24.586	Wollastonite	9.238	8.907	Zoisite	-35.468	-35.316	Wairakite
Epidote	-39.140	-36.105	Marcasite	-84.371	-127.486	Talc	12.312	18.669
Chrysotile	19.475	23.614	Sil. amorph.	-1.947	-2.472			

örnek no 12

kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample	
pH/deg.C	7.80/ 80.0	Gas (volume %)	Reference temperature deg.C : 163.2 (Chalcedony)
CO2	391.00	CO2	.00
H2S	.01	H2S	.00
NH3	.00	NH3	.00
B	.00	H2	.00
SiO2	241.00	O2	.00
Na	530.00	CH4	.00
K	33.00	N2	.00
Mg	3.300		Measured temperature deg.C : 80.0
Ca	44.00		
F	7.200	Liters gas per kg condensate/deg.C	.00/ .0
Cl	70.90		Condensate (mg/kg)
SO4	746.00		pH/deg.C
Al	.130	Total steam (mg/kg)	.00
Fe	.200	CO2	.00
TDS	2006.00	H2S	.00
		NH3	.00
		Na	.00

Ionic strength = .03337

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02513072 Anions (mol.eq.) = .02572574 Difference (%) = -2.34

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar-abs.)	
B	.00	CO2	391.00	CO2	.847E-01
SiO2	241.00	H2S	.01	H2S	.758E-06
Na	530.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	33.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	3.300	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	44.00	CH4	.00	CH4	.000E+00

F	7.200	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	70.90					H2O	.669E+01
SO4	746.00					Total	.678E+01
Al	.1300						
Fe	.2000						
TDS	2006.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03148
 1000/T (Kelvin) = 2.29
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02414836 Anions (mol.eq.) = .02475708 Difference (%) = -2.49

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.488 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 184.4 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 163.2 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 145.4 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 12

Activity coefficients in deep water

H+	.825	KSO4-	.799	Fe++	.422	FeCl+	.787
OH-	.782	F-	.782	Fe+++	.182	Al+++	.182
H3SiO4-	.787	Cl-	.777	FeOH+	.796	AlOH++	.412
H2SiO4--	.412	Na+	.787	Fe(OH)3-	.796	Al(OH)2+	.799
H2BO3-	.772	K+	.777	Fe(OH)4--	.405	Al(OH)4-	.791
HCO3-	.787	Ca++	.422	Fe(OH)++	.405	AlSO4+	.791
CO3--	.396	Mg++	.454	Fe(OH)2+	.799	Al(SO4)2-	.791
HS-	.782	CaHCO3+	.804	Fe(OH)4-	.799	AlF++	.412
S--	.405	MgHCO3+	.787	FeSO4+	.796	AlF2+	.799
HSO4-	.791	CaOH+	.804	FeCl++	.405	AlF4-	.791
SO4--	.387	MgOH+	.808	FeCl2+	.796	AlF5--	.396
NaSO4-	.799	NH4+	.772	FeCl4-	.787	AlF6---	.125

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 7.736

H+	.00	-7.652	Mg++	.57	-4.630	Fe(OH)3	.02	-6.785
OH-	3.61	-3.673	NaCl	.82	-4.853	Fe(OH)4-	.42	-5.469
H4SiO4	337.83	-2.454	KCl	.02	-6.689	FeCl+	.00	-10.714
H3SiO4-	39.63	-3.380	NaSO4-	65.50	-3.259	FeCl2	.00	-19.654
H2SiO4--	.04	-6.329	KSO4-	12.61	-4.030	FeCl++	.00	-24.003
NaH3SiO4	9.30	-4.104	CaSO4	46.97	-3.462	FeCl2+	.00	-26.352
H3BO3	.00	.000	MgSO4	12.69	-3.977	FeCl3	.00	-29.634
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	11.80	-3.929	FeCl4-	.00	-33.342
H2CO3	43.07	-3.158	MgCO3	.12	-5.844	FeSO4	.00	-9.324
HCO3-	470.02	-2.113	CaHCO3+	33.63	-3.478	FeSO4+	.00	-21.615
CO3--	1.93	-4.493	MgHCO3+	.28	-5.488	Al+++	.00	-22.106
H2S	.00	-7.695	CaOH+	.13	-5.639	AlOH++	.00	-16.506
HS-	.01	-6.563	MgOH+	.09	-5.661	Al(OH)2+	.00	-11.687
S--	.00	-14.049	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.771
H2SO4	.00	-15.454	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.46	-5.319
HSO4-	.05	-6.307	Fe++	.00	-9.034	AlSO4+	.00	-21.180
SO4--	640.87	-2.176	Fe+++	.00	-25.092	Al(SO4)2-	.00	-21.386
HF	.00	-6.795	FeOH+	.00	-7.906	AlF++	.00	-17.779
F-	7.20	-3.422	Fe(OH)2	.00	-8.033	AlF2+	.00	-14.957
Cl-	70.40	-2.702	Fe(OH)3-	.00	-9.095	AlF3	.00	-13.946
Na+	515.22	-1.650	Fe(OH)4--	.00	-13.419	AlF4-	.00	-14.675
K+	29.34	-3.125	Fe(OH)++	.00	-17.146	AlF5--	.00	-16.494
Ca++	12.03	-3.523	Fe(OH)2+	.00	-10.744	AlF6---	.00	-19.453

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.372	-16.017	Albite, low	-14.804	-14.536	Analclime	-11.987	-12.082
Anhydrite	-6.581	-6.485	Calcite	-10.682	-8.792	Chalcedony	-2.413	-2.454
Mg-Chlorite	-80.310	-73.304	Fluorite	-10.592	-10.954	Goethite	-2.090	-1.787
25.106 -24.554 Microcline	-16.372	-16.017	Magnetite	-24.710	-20.542	Ca-Montmor.	-75.513	-88.414
K-Montmor.	-36.035	-45.493	Mg-Montmor.	-76.890	-89.490			

Na-Montmor.	-36.208	-44.012	Muscovite	-18.652	-19.298	Prehnite	-35.792	-33.556	Pyrrhotite
67.844	-88.526	Pyrite	-102.299	-124.755	Quartz	-2.590	-2.45		
Wairakite	-23.830	-24.554	Wollastonite	9.162	9.120	Zoisite	-35.499	-35.197	
Epidote	-38.938	-35.343	Marcasite	-82.211	-124.755	Talc	12.156	21.681	
Chrysotile	19.279	26.589	Sil. amorph.	-1.934	-2.454				

örnek no 13 kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample		Reference temperature deg.C : 157.3 (Chalcedony)	
pH/deg.C	7.40/ 74.0	Gas (volume %)		Sampling pressure	bar abs. : 1.0
CO2	479.00	CO2	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 664. (Calculated)
H2S	.01	H2S	.00	Discharge	kg/s : .0
NH3	.00	NH3	.00	Steam fraction at collection	: .0000
B	.00	H2	.00	Measured temperature	deg.C : 74.0
SiO2	215.00	O2	.00		
Na	540.00	CH4	.00		
K	34.00	N2	.00		
Mg	.500				
Ca	37.00	Liters gas per kg			
F	7.400	condensate/deg.C	.00/	.0	Condensate (mg/kg)
Cl	70.90	pH/deg.C	.00/	.0	
SO4	753.00	Total steam (mg/kg)			
Al	.120	CO2	.00		.00
Fe	1.100	H2S	.00		.00
TDS	1958.00	NH3	.00		.00

Ionic strength = .03441
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02538169 Anions (mol.eq.) = .02749523 Difference (%) = -7.99

Deep water components (mg/kg) Deep steam (mg/kg) Gas pressures (bar-abs.)

B	.00	CO2	479.00	CO2	.00	CO2	.135E+00
SiO2	215.00	H2S	.01	H2S	.00	H2S	.101E-05
Na	540.00	NH3	.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	34.00	H2	.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	.500	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	37.00	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	7.400	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	70.90					H2O	.577E+01
SO4	753.00					Total	.590E+01
Al	.1200						
Fe	1.1000						
TDS	1958.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03280
 1000/T (Kelvin) = 2.32
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02450233 Anions (mol.eq.) = .02667217
 Difference (%) = -8.48

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.462 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 179.2 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 157.3 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 146.7 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 13

Activity coefficients in deep water

H+	.826	KS04-	.799	Fe++	.423	FeCl+	.787
OH-	.782	F-	.782	Fe+++	.183	Al+++	.183
H3SiO4-	.787	Cl-	.777	FeOH+	.796	AlOH++	.413
H2SiO4--	.413	Na+	.787	Fe (OH) 3-	.796	Al (OH) 2+	.799
H2BO3-	.772	K+	.777	Fe (OH) 4--	.406	Al (OH) 4-	.792
HCO3-	.787	Ca++	.423	Fe (OH) ++	.406	AlSO4+	.792

CO3--	.397	Mg++	.455	Fe(OH)2+	.799	Al(SO4)2-	.792
HS-	.782	CaHCO3+	.804	Fe(OH)4-	.799	AlF++	.413
S--	.406	MgHCO3+	.787	FeSO4+	.796	AlF2+	.799
HSO4-	.792	CaOH+	.804	FeCl++	.406	AlF4-	.792
SO4--	.388	MgOH+	.808	FeCl2+	.796	AlF5--	.397
NaSO4-	.799	NH4+	.772	FeCl4-	.787	AlF6---	.126

Chemical species in deep water ~ ppm and log mole

Deep water pH is 7.571

H+	.00	Mg++	.09	-5.426	Fe(OH)3	.15	-5.854
OH-	2.20	NaCl	.80	-4.866	Fe(OH)4-	2.21	-4.749
H4SiO4	313.68	KCl	.01	-6.714	FeCl+	.00	-9.149
H3SiO4-	25.11	NaSO4-	64.24	-3.268	FeCl2	.00	-18.438
H2SiO4--	.02	KSO4-	12.41	-4.037	FeCl++	.00	-22.345
NaH3SiO4	5.95	CaSO4	37.59	-3.559	FeCl2+	.00	-24.700
H3BO3	.00	MgSO4	1.91	-4.800	FeCl3	.00	-28.005
H2BO3-	.00	CaCO3	7.62	-4.118	FeCl4-	.00	-31.744
H2CO3	68.71	MgCO3	.02	-6.738	FeSO4	.00	-7.718
HCO3-	571.18	CaHCO3+	31.29	-3.509	FeSO4+	.00	-19.942
CO3--	1.75	MgHCO3+	.05	-6.226	Al+++	.00	-21.145
H2S	.00	CaOH+	.06	-5.952	AlOH++	.00	-15.82
HS-	.01	MgOH+	.01	-6.719	Al(OH)2+	.00	-11.269
S--	.00	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-7.595
H2SO4	.00	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.42	-5.354
HSO4-	.06	Fe++	.00	-7.415	AlSO4+	.00	-20.263
SO4--	664.24	Fe+++	.00	-23.310	Al(SO4)2-	.00	-20.482
HF	.00	FeOH+	.02	-6.540	AlF++	.00	-16.887
F-	7.40	Fe(OH)2	.01	-6.938	AlF2+	.00	-14.121
Cl-	70.41	Fe(OH)3-	.00	-8.296	AlF3	.00	-13.140
Na+	526.12	Fe(OH)4--	.00	-12.816	AlF4-	.00	-13.881
K+	30.40	Fe(OH)++	.00	-15.649	AlF5--	.00	-15.697
Ca++	10.43	Fe(OH)2+	.00	-9.554	AlF6---	.00	-18.628

	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.
Adularia	-15.497	-16.134	Albite, low	-14.916	Analcime	-12.064 -12.173
Anhydrite	-6.484	-6.530	Calcite	-10.555	Chalcedony	-2.448 -2.486
Mg-Chlorite	-80.177	-79.176	Fluorite	-10.577	Goethite	-2.351 -.850
Laumontite	-25.230	-24.815	Microcline	-16.526	Magnetite	-25.194 -17.481
Ca-Montmor.	-76.061	-87.091	K-Montmor.	-36.357	Mg-Montmor.	-77.422 -88.900
Na-Montmor.	-36.519	-43.311	Muscovite	-18.793	Prehnite	-35.798 -34.279
Pyrrotite	-70.867	-80.340	Pyrite	-106.383	Quartz	-2.631 -2.486 Wairakite
Zn-Silicate	-24.815	-25.815	Sphalerite	8.698	Zoisite	-35.448 -35.739
Epidote	-39.300	-35.129	Marcasite	-86.025	Talc	12.433 18.179
Chrysotile	19.627	23.152	Sil. amorph.	-1.957		-2.486

Water sample (mg/kg) Steam sample

pH/deg.C	8.60/ 99.9	Gas (volume %)	Reference temperature	deg.C : 124.9 (Chalcedony)
CO2	348.00	CO2	.00	
H2S	.05	H2S	.00	
NH3	.00	NH3	.00	
B	.00	H2	.00	
SiO2	203.00	O2	.00	
Na	540.00	CH4	.00	
K	33.00	N2	.00	
Mg	.500			
Ca	33.00			
F	6.800	Liters gas per kg condensate/deg.C	.00/ .0	
Cl	69.90	pH/deg.C	.00/ .0	
SO4	735.00	Total steam (mg/kg)		
Al	.080	CO2	.00	.00
Fe	.050	H2S	.00	.00
		NH3	.00	.00

TDS 1948.00 NH3 .00 Na .00

Ionic strength = .03319
Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02450339 Anions (mol.eq.) = .02620693
Difference (%) = -6.72

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	.00	CO2	.00
SiO2	203.00	H2S	.771E-02
Na	540.00	NH3	.539E-06
K	33.00	H2	.000E+00
Mg	.500	O2	.000E+00
Ca	33.00	CH4	.000E+00
F	6.800	N2	.000E+00
Cl	69.90		.231E+01
SO4	735.00		.232E+01
Al	.0800		
Fe	.0500		
TDS	1948.00		

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03269
Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02432089 Anions (mol.eq.) = .02602644
Difference (%) = -6.78
1000/T (Kelvin) = 2.51

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.491 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 150.3 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 124.9 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 147.1 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 14

Activity coefficients in deep water

H+	.840	KSO4-	.816	Fe++	.457	FeCl+	.804
OH-	.800	F-	.800	Fe+++	.213	Al+++	.213
H3SiO4-	.804	Cl-	.795	FeOH+	.812	AlOH++	.447
H2SiO4--	.447	Na+	.804	Fe(OH)3-	.812	Al(OH)2+	.816
H2BO3-	.790	K+	.795	Fe(OH)4--	.440	Al(OH)4-	.808
HCO3-	.804	Ca++	.457	Fe(OH)++	.440	AlSO4+	.808
CO3--	.432	Mg++	.488	Fe(OH)2+	.816	Al(SO4)2-	.808
HS-	.800	CaHCO3+	.820	Fe(OH)4-	.816	AlF++	.447
S--	.440	MgHCO3+	.804	FeSO4+	.812	AlF2+	.816
HSO4-	.808	CaOH+	.820	FeCl++	.440	AlF4-	.808
SO4--	.423	MgOH+	.824	FeCl2+	.812	AlF5--	.432
NaSO4-	.816	NH4+	.790	FeCl4-	.804	AlF6---	.152

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.00	-8.383	Mg++	.12	-5.311	Fe(OH)3	.00	-7.783
OH-	7.51	-3.355	NaCl	.57	-5.009	Fe(OH)4-	.10	-6.08
H4SiO4	200.09	-2.682	KCl	.01	-6.914	FeCl+	.00	-10.848
H3SiO4-	103.17	-2.965	NaSO4-	46.85	-3.405	FeCl2	.00	-22.226
H2SiO4--	.62	-5.183	KSO4-	8.63	-4.195	FeCl++	.00	-25.646
NaH3SiO4	24.26	-3.687	CaSO4	23.99	-3.754	FeCl2+	.00	-28.006
H3BO3	.00	.000	MgSO4	1.63	-4.869	FeCl3	.00	-31.427
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	25.82	-3.588	FeCl4-	.00	-35.352
H2CO3	4.21	-4.169	MgCO3	.10	-5.936	FeSO4	.00	-9.188
HCO3-	440.14	-2.142	CaHCO3+	12.66	-3.902	FeSO4+	.00	-23.176
CO3--	14.50	-3.617	MgHCO3+	.04	-6.336	Al+++	.00	-22.960
H2S	.00	-7.804	CaOH+	.15	-5.573	AlOH++	.00	-17.398
HS-	.05	-5.838	MgOH+	.02	-6.261	Al(OH)2+	.00	-12.467
S--	.00	-12.952	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.00	-8.352
H2SO4	.00	-17.760	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.28	-5.529

Deep water pH is 8.459

HSO4-	.00	-7.550	Fe++	.00	-8.813	AlSO4+	.00	-22.300
SO4--	672.83	-2.155	Fe+++	.00	-25.968	Al (SO4) 2-	.00	-22.625
HF	.00	-7.922	FeOH+	.00	-7.560	AlF++	.00	-19.113
F-	6.80	-3.446	Fe (OH) 2	.00	-7.692	AlF2+	.00	-16.689
Cl-	69.55	-2.707	Fe (OH) 3-	.00	-8.946	AlF3	.00	-15.936
Na+	526.01	-1.641	Fe (OH) 4--	.00	-12.840	AlF4-	.00	-16.830
K+	30.50	-3.108	Fe (OH) ++	.00	-18.065	AlF5--	.00	-18.737
Ca++	10.47	-3.583	Fe (OH) 2+	.00	-11.842	AlF6--	.00	-21.649

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.	
16.351	-16.873	Albite, low	-15.691	-15.401	Analcime	-12.614	-12.719		Adularia
Anhydrite	-5.973	-6.452	Calcite	-9.892	-7.905	Chalcedony	-2.656	-2.682	
Mg-Chlorite	-79.915	-75.017	Fluorite	-10.528	-11.010	Goethite	-3.715	-2.719	
Laumontite	-26.158	-25.891	Microcline	-17.562	-16.873	Magnetite	-27.786	-21.494	
Ca-Montmor.	-80.409	-100.185	K-Montmor.	-38.821	-51.339	Mg-Montmor.	-81.665	-101.885	
Na-Montmor.	-38.907	-49.866	Muscovite	-19.886	-21.211	Prehnite	-36.134	-34.037	
Pyrrhotite	-87.338	-96.361	Pyrite	-129.126	-134.434	Quartz	-2.880	-2.682	Wairakite
24.194	-25.891	Wollastonite	10.108	10.314	Zoisite	-35.477	-36.206		
Epidote	-41.620	-36.756	Marcasite	-107.134	-134.434	Talc	14.113	23.162	
Chrysotile	21.745	28.526	Sil. amorph.	-2.095	-2.682				

örnek no 15

kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample	
pH/deg.C	8.40/ 46.0	Gas (volume %)	Reference temperature
CO2	366.00	CO2	deg.C : 131.8 (Chalcedony)
H2S	.01	H2S	bar abs. : 1.0
NH3	.00	NH3	kJ/kg : 554. (Calculated)
B	.00	H2	kg/s : .0

SiO2	165.00	O2	.00	Steam fraction at collection	: .0000
Na	570.00	CH4	.00		
K	39.00	N2	.00	Measured temperature	deg.C : 46.0
Mg	1.000				
Ca	33.00				
F	7.600	Liters gas per kg			
Cl	72.80	condensate/deg.C	.00/	.0	Condensate (mg/kg)
SO4	781.00	pH/deg.C	.00/	.0	
Al	.100	Total steam (mg/kg)			.00
Fe	.050	CO2	.00		.00
TDS	1990.00	H2S	.00		.00
		NH3	.00		.00
			.00	Na	.00

Ionic strength = .03526
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02672652 Anions (mol.eq.) = .02673589
 Difference (%) = -.04

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	.00	CO2	.00
SiO2	165.00	H2S	.00
Na	570.00	NH3	.00
K	39.00	H2	.00
Mg	1.000	O2	.00
Ca	33.00	CH4	.00
F	7.600	N2	.00
Cl	72.80		
SO4	781.00		
Al	.1000		
Fe	.0500		
TDS	1990.00		
		CO2	.321E-01
		H2S	.382E-06
		NH3	.000E+00
		H2	.000E+00
		O2	.000E+00
		CH4	.000E+00
		N2	.000E+00
		H2O	.285E+01
		Total	.288E+01

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03369
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02597205 Anions (mol.eq.) = .02598517
 Difference (%) = -.05

1000/T (Kelvin) = 2.47

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.448 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 156.5 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)

Chalcedony 131.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)

Na/K 156.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 15

Activity coefficients in deep water

H+	.835	KSO4-	.810	Fe++	.446	FeCl+	.798
OH-	.794	F-	.794	Fe+++	.204	Al+++	.20
H3SiO4-	.798	Cl-	.789	FeOH+	.807	AlOH++	.436
H2SiO4--	.436	Na+	.798	Fe(OH)3-	.807	Al(OH)2+	.810
H2BO3-	.784	K+	.789	Fe(OH)4--	.429	Al(OH)4-	.803
HCO3-	.798	Ca++	.446	Fe(OH)++	.429	AlSO4+	.803
CO3--	.420	Mg++	.477	Fe(OH)2+	.810	Al(SO4)2-	.803 HS-
CaHCO3+	.815	Fe(OH)4-	.810	AlF++	.436 S--	.429	MgHCO3+
FeSO4+	.807	AlF2+	.810				.798
HSO4-	.803	CaOH+	.815	FeCl++	.429	AlF4-	.803
SO4--	.411	MgOH+	.819	FeCl2+	.807	AlF5--	.420 NaSO4-
NH4+	.784	FeCl4-	.798	AlF6---	.143		.810

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 7.918

H+	.00	-7.839	Mg++	.23	-5.025	Fe(OH)3	.00	-7.364
OH-	2.63	-3.811	NaCl	.68	-4.933	Fe(OH)4-	.09	-6.137
H4SiO4	221.54	-2.637	KCl	.01	-6.789	FeCl+	.00	-9.871
H3SiO4-	34.92	-3.435	NaSO4-	55.05	-3.335	FeCl2	.00	-20.764
H2SiO4--	.06	-6.183	KSO4-	11.32	-4.077	FeCl++	.00	-23.862
NaH3SiO4	8.65	-4.135	CaSO4	31.75	-3.632	FeCl2+	.00	-26.210
H3BO3	.00	.000	MgSO4	3.56	-4.529	FeCl3	.00	-29.592
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	10.42	-3.982	FeCl4-	.00	-33.460
H2CO3	17.06	-3.561	MgCO3	.06	-6.146	FeSO4	.00	-8.266

HCO3-	469.01	-2.114	CaHCO3+	18.08	-3.748	FeSO4+	.00	-21.411
CO3--	4.23	-4.152	MgHCO3+	.08	-6.003	Al+++	.00	-21.113
H2S	.00	-7.964	CaOH+	.07	-5.932	AlOH++	.00	-15.957
HS-	.01	-6.549	MgOH+	.02	-6.398	Al (OH) 2+	.00	-11.458
S--	.00	-14.133	NH4OH	.00	.000	Al (OH) 3	.00	-7.786
H2SO4	.00	-16.501	NH4+	.00	.000	Al (OH) 4-	.35	-5.433
HSO4-	.01	-6.897	Fe++	.00	-7.917	AlSO4+	.00	-20.397
SO4--	703.28	-2.135	Fe+++	.00	-24.333	Al (SO4) 2-	.00	-20.685
HF	.00	-7.267	FeOH+	.01	-7.094	AlF++	.00	-17.148
F-	7.60	-3.398	Fe (OH) 2	.00	-7.629	AlF2+	.00	-14.619
Cl-	72.38	-2.690	Fe (OH) 3-	.00	-9.249	AlF3	.00	-13.782
Na+	557.42	-1.615	Fe (OH) 4--	.00	-13.617	AlF4-	.00	-14.605
K+	35.72	-3.039	Fe (OH) ++	.00	-16.837	AlF5--	.00	-16.452
Ca++	12.27	-3.514	Fe (OH) 2+	.00	-10.995	AlF6--	.00	-19.324

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.144	-16.583	Albite, low	-15.503	-15.153	Analcime	-12.478	-12.51
Anhydrite	-6.078	-6.387	Calcite	-10.027	-8.394	Chalcedony	-2.609	-2.637
Mg-Chlorite	-79.901	-76.992	Fluorite	-10.534	-10.861	Goethite	-3.435	-2.317
Laumontite	-25.924	-25.471	Microcline	-17.314	-16.583	Magnetite	-27.245	-20.724
Ca-Montmor.	-79.276	-92.346	K-Montmor.	-38.190	-47.383	Mg-Montmor.	-80.558	-93.828
Na-Montmor.	-38.294	-45.954	Muscovite	-19.605	-19.816	Prehnite	-36.018	-34.521
Pyrrhotite	-83.859	-95.515	Pyrite	-124.246	-132.700	Quartz	-2.824	-2.637
Wairakite	-24.092	-25.471	Wollastonite	9.924	9.333	Zoisite	-35.424	-36.138
Epidote	-41.091	-36.838	Marcasite	-102.623	-132.700	Talc	13.733	20.917
Chrysotile	21.263	26.192	Sil. amorph.	-2.064	-2.637			

örnek no 16 kaynarca

Water sample (mg/kg) Steam sample

pH/deg.C	7.40/ 83.0	Gas (volume %)	Reference temperature	deg.C :	173.8	(Chalcedony)
CO2	403.00	CO2	.00			
H2S	.01	H2S	.00	Sampling pressure	bar abs. :	1.0
NH3	.00	NH3	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg :	736. (Calculated)
B	.00	H2	.00	Discharge	kg/s :	.0
SiO2	266.00	O2	.00	Steam fraction at collection	:	.0000
Na	520.00	CH4	.00			
K	35.00	N2	.00	Measured temperature	deg.C :	83.0
Mg	.500					
Ca	21.00	Liters gas per kg				
F	6.700	condensate/deg.C	.00/ .0	Condensate (mg/kg)		
Cl	69.90	pH/deg.C	.00/ .0			
SO4	744.00	Total steam (mg/kg)		CO2	.00	
Al	.110	CO2	.00	H2S	.00	
Fe	.100	H2S	.00	NH3	.00	
TDS	1920.00	NH3	.00	Na	.00	

Ionic strength = .03252

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02390178 Anions (mol.eq.) = .02582706

Difference (%) = -7.74

Deep water components (mg/kg)	Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B		
SiO2	403.00	CO2 .137E+00
Na	.01	H2S .110E-05
K	.00	NH3 .000E+00
Mg	.00	H2 .000E+00
Ca	.00	O2 .000E+00
F	.00	CH4 .000E+00
Cl	.00	N2 .000E+00
SO4	.00	H2O .868E+01
		Total .882E+01

Al .1100
 Fe .1000
 TDS 1920.00 Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03107 1000/T (Kelvin) = 2.24
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02313648 Anions (mol.eq.) = .02506828
 Difference (%) = -8.01

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.495 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 193.8 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 173.8 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 151.0 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 16

Activity coefficients in deep water

H+	.821	KSO4-	.795	Fe++	.413	FeCl+	.782
OH-	.777	F-	.777	Fe+++	.174	Al+++	.174
H3SiO4-	.782	Cl-	.772	FeOH+	.791	AlOH++	.403
H2SiO4--	.403	Na+	.782	Fe(OH)3-	.791	Al(OH)2+	.795
H2BO3-	.767	K+	.772	Fe(OH)4--	.396	Al(OH)4-	.787
HCO3-	.782	Ca++	.413	Fe(OH)++	.396	AlSO4+	.787
CO3--	.387	Mg++	.445	Fe(OH)2+	.795	Al(SO4)2-	.787
HS-	.777	CaHCO3+	.800	Fe(OH)4-	.795	AlF++	.403
S--	.396	MgHCO3+	.782	FeSO4+	.791	AlF2+	.795
HSO4-	.787	CaOH+	.800	FeCl++	.396	AlF4-	.787
SO4--	.378	MgOH+	.804	FeCl2+	.791	AlF5--	.387
NaSO4-	.795	NH4+	.767	FeCl4-	.782	AlF6---	.119

Chemical species in deep water - ppm and log mole

Deep water pH is 7.615

H+	.00	-7.529	Mg++	.08	-5.503	Fe(OH) 3	.01	-7.048
OH-	3.36	-3.705	NaCl	.85	-4.837	Fe(OH) 4-	.21	-5.771
H4SiO4	384.75	-2.398	KCl	.02	-6.609	FeCl+	.00	-11.357
H3SiO4-	33.94	-3.448	NaSO4-	73.51	-3.209	FeCl2	.00	-19.695
H2SiO4--	.03	-6.542	KSO4-	15.39	-3.944	FeCl++	.00	-24.327
NaH3SiO4	7.89	-4.175	CaSO4	24.10	-3.752	FeCl2+	.00	-26.678
H3BO3	.00	.000	MgSO4	1.98	-4.783	FeCl3	.00	-29.932
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	4.52	-4.345	FeCl4-	.00	-33.590
H2CO3	70.17	-2.946	MgCO3	.01	-6.814	FeSO4	.00	-10.002
HCO3-	475.04	-2.109	CaHCO3+	17.59	-3.760	FeSO4+	.00	-21.932
CO3--	1.26	-4.677	MgHCO3+	.04	-6.315	Al+++	.00	-22.288
H2S	.00	-7.535	CaOH+	.06	-5.988	AlOH++	.00	-16.598
HS-	.01	-6.578	MgOH+	.01	-6.486	Al(OH) 2+	.00	-11.737
S--	.00	-14.096	NH4OH	.00	.000	Al(OH) 3	.00	-7.804
H2SO4	.00	-14.963	NH4+	.00	.000	Al(OH) 4-	.39	-5.391
HSO4-	.09	-6.022	Fe++	.00	-9.757	AlSO4+	.00	-21.266
SO4--	655.08	-2.166	Fe+++	.00	-25.627	Al(SO4) 2-	.00	-21.418
HF	.01	-6.597	FeOH+	.00	-8.600	AlF++	.00	-17.848
F-	6.70	-3.453	Fe(OH) 2	.00	-8.662	AlF2+	.00	-14.940
Cl-	69.37	-2.708	Fe(OH) 3-	.00	-9.609	AlF3	.00	-13.885
Na+	503.93	-1.659	Fe(OH) 4--	.00	-13.998	AlF4-	.00	-14.600
K+	30.54	-3.107	Fe(OH) ++	.00	-17.585	AlF5--	.00	-16.430
Ca++	5.08	-3.897	Fe(OH) 2+	.00	-11.053	AlF6---	.00	-19.439

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.168	-15.908	Albite, low	-14.620	-14.454
Anhydrite	-6.758	-6.870	Calcite	-10.919	-9.371
Mg-Chlorite	-80.614	-77.975	Fluorite	-10.623	-11.406
Laumontite	-24.913	-24.863	Microcline	-16.116	-15.908
Ca-Montmor.	-74.675	-88.192	K-Montmor.	-35.531	-45.175
Na-Montmor.	-35.724	-43.722	Muscovite	-18.433	-19.270
			Analcime	-11.864	-12.057
			Chalcedony	-2.353	-2.398
			Goethite	-1.604	-2.056
			Magnetite	-23.817	-21.882
			Mg-Montmor.	-76.077	-89.766
			Prehnite	-35.821	-34.375

Pyrrohotite	-62.305	-89.305	Pyrite	-94.875	-124.437	Quartz	-2.519	-2.398
Wairakite	-23.811	-24.863	Wollastonite	8.926	8.551	Zoisite	-35.634	-36.056
Epidote	-38.341	-36.431	Marcasite	-75.260	-124.437	Talc	11.669	18.532
Chrysotile	18.669	23.328	Sil. amorph.	-1.894	-2.398			

örnek no 17 kaynarca

Water sample (mg/kg)		Steam sample		Reference temperature		deg.C : 142.5 (Chalcedony)	
pH/deg.C	7.60/ 76.0	Gas (volume %)					
CO2	421.00	CO2	.00				
H2S	.01	H2S	.00	Sampling pressure	bar abs. : 1.0		
NH3	.00	NH3	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 600. (Calculated)		
B	.00	H2	.00	Discharge	kg/s : .0		
SiO2	178.00	O2	.00	Steam fraction at collection	: .0000		
Na	530.00	CH4	.00				
K	35.00	N2	.00	Measured temperature	deg.C : 76.		
Mg	.500						
Ca	36.00	Liters gas per kg					
F	6.800	condensate/deg.C	.00/ .0	Condensate (mg/kg)			
Cl	70.90	pH/deg.C	.00/ .0				
SO4	743.00	Total steam (mg/kg)		CO2	.00		
Al	.110	CO2	.00	H2S	.00		
Fe	.500	H2S	.00	NH3	.00		
TDS	1934.00	NH3	.00	Na	.00		

Ionic strength = .03345
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02489609 Anions (mol.eq.) = .02628943
 Difference (%) = -5.44

Deep water components (mg/kg)	Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
-------------------------------	--------------------	--------------------------

B	.00	CO2	421.00	CO2	.00	CO2	.833E-01
SiO2	178.00	H2S	.01	H2S	.00	H2S	.783E-06
Na	530.00	NH3	.00	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	35.00	H2	.00	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	.500	O2	.00	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	36.00	CH4	.00	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	6.800	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	70.90					H2O	.388E+01
SO4	743.00					Total	.397E+01
Al	.1100						
Fe	.5000						
TDS	1934.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .03220
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02422780 Anions (mol.eq.) = .02564485
 Difference (%) = -5.68

1000/T (Kelvin) = 2.41

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.441 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 166.1 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 142.6 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 152.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 17

Activity coefficients in deep water

H+	.833	KSO4-	.808	Fe++	.441	FeCl+	.796
OH-	.792	F-	.792	Fe+++	.198	Al+++	.198
H3SiO4-	.796	Cl-	.787	FeOH+	.805	AlOH++	.431
H2SiO4--	.431	Na+	.796	Fe(OH)3-	.805	Al(OH)2+	.808
H2BO3-	.782	K+	.787	Fe(OH)4--	.424	Al(OH)4-	.801
HCO3-	.796	Ca++	.441	Fe(OH)++	.424	AlSO4+	.801
CO3--	.415	Mg++	.472	Fe(OH)2+	.808	Al(SO4)2-	.80

HS-	.792	CaHCO3+	.813	Fe(OH) 4-	.808	AlF++	.431
S--	.424	MgHCO3+	.796	FeSO4+	.805	AlF2+	.808
HSO4-	.801	CaOH+	.813	FeCl++	.424	AlF4-	.801
SO4--	.406	MgOH+	.816	FeCl2+	.805	AlF5--	.415
NaSO4-	.808	NH4+	.782	FeCl4-	.796	AlF6---	.139
Chemical species in deep water - ppm and log mole							
				Deep water pH is 7.629			
H+	.00	-7.550	Mg++	.11	-5.363	Fe(OH) 3	.07
OH-	1.78	-3.980	NaCl	.70	-4.924	Fe(OH) 4-	.90
H4SiO4	257.90	-2.571	KCl	.01	-6.782	FeCl+	.00
H3SiO4-	22.34	-3.629	NaSO4-	54.79	-3.337	FeCl2	.00
H2SiO4--	.02	-6.664	KSO4~	10.98	-4.090	FeCl++	.00
NaH3SiO4	5.19	-4.357	CaSO4	36.17	-3.576	FeCl2+	.00
H3BO3	.00	.000	MgSO4	1.84	-4.815	FeCl3	.00
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	7.36	-4.134	FeCl4-	.00
H2CO3	43.11	-3.158	MgCO3	.02	-6.690	FeSO4	.01
HCO3-	519.30	-2.070	CaHCO3+	25.35	-3.601	FeSO4+	.00
CO3--	2.15	-4.446	MgHCO3+	.05	-6.255	Al+++	.00
H2S	.00	-7.667	CaOH+	.05	-6.041	AlOH++	.00
HS-	.01	-6.566	MgOH+	.01	-6.838	Al(OH)2+	.00
S--	.00	-14.340	NH4OH	.00	.000	Al(OH) 3	.00
H2SO4	.00	-15.694	NH4+	.00	.000	Al(OH) 4-	.38
HSO4-	.03	-6.478	Fe++	.01	-6.893	AlSO4+	.00
SO4--	663.96	-2.160	Fe+++	.00	-22.932	Al(SO4)2-	.00
HF	.00	-6.919	FeOH+	.05	-6.182	AlF++	.00
F-	6.80	-3.446	Fe(OH) 2	.01	-6.795	AlF2+	.00
Cl-	70.47	-2.702	Fe(OH) 3-	.00	-8.441	AlF3	.00
Na+	518.13	-1.647	Fe(OH) 4--	.00	-13.010	AlF4-	.00
K+	31.82	-3.089	Fe(OH) ++	.00	-15.506	AlF5--	.00
Ca++	12.32	-3.512	Fe(OH) 2+	.00	-9.696	AlF6---	.00

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-15.849	-16.397	Albite, low	-15.235	-14.949	Analcime	-12.286	-12.378
Anhydrite	-6.247	-6.420	Calcite	-10.244	-8.696	Chalcedony	-2.539	-2.571
Mg-Chlorite	-79.956	-79.787	Fluorite	-10.548	-10.964	Goethite	-2.988	-1.150
Laumontite	-25.599	-25.132	Microcline	-16.957	-16.397	Magnetite	-26.390	-17.711
Ca-Montmor.	-77.743	-88.310	K-Montmor.	-37.325	-45.415	Mg-Montmor.	-79.060	-90.131
Na-Montmor.	-37.455	-43.967	Muscovite	-19.221	-19.213	Prehnite	-35.885	-34.591
Pyrrhotite	-78.405	-83.808	Pyrite	-116.682	-118.586	Quartz	-2.740	-2.571
Wairakite	-23.965	-25.132	Wollastonite	9.651	8.819	Zoisite	-35.393	-35.999
Epidote	-40.299	-35.741	Marcasite	-95.612	-118.586	Talc	13.165	18.423
Chrysotile	20.546	23.566	Sil. amorph.	-2.017	-2.571			

örnek no 18

dikili ilçaları

Water sample (mg/kg)	Steam sample
10	10
20	20
30	30
40	40
50	50
60	60
70	70
80	80
90	90
100	100

6.80/ 25.0	Gas (volume %)	Reference temperature	deg.C :	94.9 (Chalcedony)	
746.45	CO2	.00H2S	.00	H2S	Sampling pressure
1.0					bar abs. :
NH3					
.00	NH3				
00	H2.				
76.82	O2				
493.74	CH4				
34.61	K				
8.970	Mg				
48.94	Ca				
.000	F				
88.70	Cl				
479.76	SO4				
.101	Al				
.871	Fe				
.00	NH3				
	TDS				

Ionic strength = .03080

	Cations (mol.eq.)	Anions (mol.eq.)	Difference (%)
Ionic balance :	.02494832	.02467375	

1.11

Deep water components (mg/kg)

abs.)

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar)	
B	.00	CO2	753.46	CO2	.400E+00
SiO2	77.56	H2S	.00	H2S	.000E+00
Na	498.46	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	34.94	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	9.056	O2	.00	O2	-.154E-04
Ca	49.41	CH4	.00	CH4	-.904E-04
F	.000	N2	-.01	N2	-.953E-03
Cl	89.55			H2O	.842E+00
SO4	484.34			Total	.124E+01

Gas pressures (bar-

Al .1020
 Fe .8793
 TDS .00
 Aquifer steam fraction = .0000
 Ionic strength = .02962
 1000/T (Kelvin) = 2.72
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02443695 Anions (mol.eq.) = .02416387 Difference (%) = 1.12
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= 99.999 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999
 Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 123.2 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 94.9 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977) Na/K 162.4 (Arnorsson et al.,
 Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

Örnek no 18

Activity coefficients in deep water

H+	.856	KSO4-	.835	Fe++	.499	FeCl+	.825
OH-	.821	F-	.821	Fe+++	.252	Al+++	.252
H3SiO4-	.825	Cl-	.817	FeOH+	.832	AlOH++	.490
H2SiO4--	.490	Na+	.825	Fe(OH)3-	.832	Al(OH)2+	.835
H2BO3-	.813	K+	.817	Fe(OH)4--	.484	Al(OH)4-	.829
HCO3-	.825	Ca++	.499	Fe(OH)++	.484	AlSO4+	.829
CO3--	.476	Mg++	.528	Fe(OH)2+	.835	Al(SO4)2-	.829
HS-	.821	CaHCO3+	.839	Fe(OH)4-	.835	AlF++	.490
S--	.484	MgHCO3+	.825	FeSO4+	.832	AlF2+	.835
HSO4-	.829	CaOH+	.839	FeCl++	.484	AlF4-	.829
SO4--	.468	MgOH+	.842	FeCl2+	.832	AlF5--	.476
NaSO4-	.835	NH4+	.813	FeCl4-	.825	AlF6--	.189
Chemical species in deep water - ppm and log mole							
H+	.00	-6.705	Mg++	3.98	-3.786	Deep water pH is 6.773	
OH-	.06	-5.482	NaCl	.42	-5.145	Fe(OH)3	.00
H4SiO4	123.03	-2.893	KCl	.01	-6.934	Fe(OH)4-	.00
H3SiO4-	.86	-5.042	NaSO4-	21.19	-3.750	FeCl+	.01
H2SiO4--	.00	-9.055	KSO4-	4.41	-4.487	FeCl2	.00
NaH3SiO4	.20	-5.777	CaSO4	28.71	-3.676	FeCl++	.00
H3BO3	.00	.000	MgSO4	22.34	-3.731	FeCl2+	.00
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	1.35	-4.869	FeCl3	.00
H2CO3	262.32	-2.374	MgCO3	.09	-5.976	FeCl4-	.00
						FeSO4	.43
							-5.544

HCO3--	764.93	-1.902	CaHCO3+	31.28	-3.510	FeSO4+	.00	.000
CO3--	.58	-5.014	MgHCO3+	1.88	-4.658	Al+++	.00	-14.250
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-7.397	AlOH++	.00	-10.982
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-6.993	Al(OH)2+	.00	-8.247
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.04	-6.276
H2SO4	.00	-15.294	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.31	-5.489
HSO4-	.03	-6.459	Fe++	.65	-4.936	AlSO4+	.00	-13.948
SO4--	425.72	-2.353	Fe+++	.00	.000	Al(SO4)2-	.00	-14.547
HF	.00	.000	FeOH+	.09	-5.914	AlF++	.00	.000
Cl-	89.29	-2.599	Fe(OH)3-	.00	-12.155	AlF3	.00	.000
Na+	494.16	-1.668	Fe(OH)4--	.00	-18.098	AlF4-	.00	.000
K+	33.66	-3.065	Fe(OH)++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	28.01	-3.156	Fe(OH)2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-17.427	-17.402	Albite, low	-16.672	-16.000	Analcime	-13.338	-13.107
Anhydrite	-5.535	-6.141	Calcite	-9.352	-8.794	Chalcedony	-2.882	-2.893
Mg-Chlorite	-80.451	-84.679	Fluorite	-10.546	99.999	Goethite	-4.863	99.999
Laumontite	-27.429	-26.169	Microcline	-18.840	-17.402	Magnetite	-30.092	99.999
Ca-Montmor.	-86.837	-78.271	K-Montmor.	-42.343	-40.559	Mg-Montmor.	-87.961	-78.877
Na-Montmor.	-42.338	-39.158	Muscovite	-21.463	-17.407	Prehnite	-36.956	-37.869
Pyrrhotite	-102.361	99.999	Pyrite	-150.764	99.999	Quartz	-3.150	-2.893
Wairakite	-24.847	-26.169	Wollastonite	10.984	7.196	Zoisite	-36.025	-37.872
Epidote	-44.018	99.999	Marcasite	-127.005	99.999	Talc	15.941	16.878
Chrysotile	24.075	22.664	Sil. amorph.	-2.245	-2.893			

örnek no 19 dikili ilicaları

Water sample (mg/kg) Steam sample
pH/deg.C 7.30/ 25.0 Gas (volume %)

Reference temperature deg.C : 94.7

CO2	836.23	CO2	.00
H2S	.00	H2S	.00
NH3	.00	NH3	.00
B	.00	H2	.00

Sampling pressure bar abs. : 1.0
Discharge enthalpy J/kg : 397. Calculated)
Discharge kg/s : .0

SiO2	77.87	O2	.00	Steam fraction at collection	: -.0098
Na	505.08	CH4	1.17		
K	35.65	N2	98.83	Measured temperature	deg.C : 38.4
Mg	9.000				
Ca	49.44	Liters gas per kg			
F	.000	condensate/deg.C	.01/25.0	Condensate (mg/kg)	.00/ .0
Cl	100.05	Total steam (mg/kg)		CO2	.00
SO4	536.93	CO2	5.40	H2S	.00
Al	.095	H2S	.39	NH3	.00
Fe	.759	NH3	.00	Na	.00
TDS	.00				
Ionic strength = .03456					
Ionic balance :		Cations (mol.eq.) = .02542181	Anions (mol.eq.) = .03059350	Difference (%) = -18.47	

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)	Gas pressures (bar-abs.)
B	.00	CO2	.00
SiO2	78.64	H2S	.176E+00
Na	510.05	NH3	-.491E-06
K	36.00	H2	.000E+00
Mg	9.089	O2	.000E+00
Ca	49.93	CH4	.000E+00
F	.000	N2	-.388E-04
Cl	101.04		-.615E-02
SO4	542.22		.837E+00
Al	.0959		.101E+01
Fe	.7665		
TDS	.00		

Aquifer steam fraction = .0000		1000/T (Kelvin) = 2.72
Ionic strength = .03332		
Ionic balance :		Cations (mol.eq.) = .02484739
Anions (mol.eq.) = .03007441		Difference (%) = -19.03
Oxidation potential (volts) :		
Eh H2S= 99.999		Eh CH4= 99.999
Eh H2= 99.999		Eh NH3= 99.999
Chemical geothermometers (degrees C)		
Quartz	123.1	(Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
Chalcedony	94.7	(Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
Na/K	162.7	(Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 19

Activity coefficients in deep water

H+	.850	KS04-	.828	Fe++	.484	FeCl+	.817
OH-	.813	F-	.813	Fe+++	.239	Al+++	.239
H3SiO4-	.817	Cl-	.809	FeOH+	.825	AlOH++	.475
H2SiO4--	.475	Na+	.817	Fe(OH)3-	.825	Al(OH)2+	.828
H2BO3-	.804	K+	.809	Fe(OH)4--	.468	Al(OH)4-	.821
HCO3-	.817	Ca++	.484	Fe(OH)++	.468	AlSO4+	.821
CO3--	.460	Mg++	.514	Fe(OH)2+	.828	Al(SO4)2-	.821
HS-	.813	CaHCO3+	.832	Fe(OH)4-	.828	AlF++	.475
S--	.468	MgHCO3+	.817	FeSO4+	.825	AlF2+	.828
HSO4-	.821	CaOH+	.832	FeCl++	.468	AlF4-	.821
SO4--	.451	MgOH+	.835	FeCl2+	.825	AlF5--	.460
NaSO4-	.828	NH4+	.804	FeCl4-	.817	AlF6---	.175
Chemical species in deep water - ppm and log mole							
H+	.00	-7.182	Mg++	3.78	-3.808	Fe(OH)3	.00
OH-	.17	-5.002	NaCl	.47	-5.093	Fe(OH)4-	.00
H4SiO4	122.67	-2.894	KCl	.01	-6.880	FeCl+	.00
H3SiO4-	2.61	-4.562	NaSO4-	23.58	-3.703	FeCl2	.00
H2SiO4--	.00	-8.087	KSO4-	4.92	-4.439	FeCl++	.00
NaH3SiO4	.60	-5.295	CaSO4	27.47	-3.695	FeCl2+	.00
H3BO3	.00	.000	MgSO4	22.49	-3.729	FeCl3	.00
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	4.75	-4.324	FeCl4-	.00
H2CO3	115.75	-2.729	MgCO3	.33	-5.407	FeSO4	.34
HCO3-	1027.50	-1.774	CaHCO3+	36.72	-3.440	FeSO4+	.00
CO3--	2.41	-4.396	MgHCO3+	2.33	-4.564	Al+++	.00
H2S	.00	.000	CaOH+	.01	-6.974	AlOH++	.00
HS-	.00	.000	MgOH+	.01	-6.548	Al(OH)2+	.00
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.01
H2SO4	.00	-16.217	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.32
HSO4-	.01	-6.898	Fe++	.49	-5.060	AlSO4+	.00
SO4--	482.14	-2.299	Fe+++	.00	.000	Al(SO4)2-	.00
						Fe(OH)2	.00
AlF2+	.00	.000					-7.574
Cl-	100.74	-2.546	Fe(OH)3-	.00	-10.865	AlF3	.00
							.000

Deep water pH is 7.252

Na+	505.20	-1.658	Fe(OH)4--	.00	-16.321	AlF4-	.00	.000
K+	34.57	-3.053	Fe(OH)++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	25.38	-3.198	Fe(OH)2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000
Log solubility products of minerals in deep water								
	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-17.433	-17.385	Albite, low	-16.678	-15.985	Analcime	-13.342	-13.091
Anhydrite	-5.533	-6.159	Calcite	-9.349	-8.247	Chalcedony	-2.883	-2.894
Mg-Chlorite	-80.456	-81.016	Fluorite	-10.546	99.999	Goethite	-4.869	99.999
Laumontite	-27.437	-26.205	Microcline	-18.848	-17.385	Magnetite	-30.104	99.999
Ca-Montmor.	-86.878	-83.887	K-Montmor.	-42.365	-43.333	Mg-Montmor.	-88.001	-84.471
Na-Montmor.	-42.359	-41.933	Muscovite	-21.473	-18.317	Prehnite	-36.962	-37.007
Pyrrhotite	-102.441	99.999	Pyrite	-150.880	99.999	Quartz	-3.151	-2.894
Wairakite	-24.851	-26.205	Wollastonite	10.989	8.097	Zoisite	-36.029	-37.473
Epidote	-44.031	99.999	Marcasite	-127.112	99.999	Talc	15.952	19.645
Chrysotile	24.088	25.433	Sil. amorph.	-2.246	-2.894			

örnek no 22

dikili çamur

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.
 Steam loss fraction : .0547
 Degassing coeff. at sampling : 1.0000
 Reference temperature deg.C : 129.1 (Chalcedony)

Water sample (mg/kg)		Steam sample		Gas (volume %)	
pH/deg.C	6.30/ 25.0				
CO2	1071.93			CO2	.00
H2S	.00			H2S	.00
NH3	.00			NH3	.00
B	7.57			H2	.00
SiO2	140.86			O2	.00
Na	525.98			CH4	.00
K	41.35			N2	.00
Mg	35.690				
Ca	141.72				
F	.000				
Cl	89.26				
SO4	436.80				
Al	.047				
Fe	6.746				
TDS	.00				

Sampling pressure bar abs. : 1.0
 Discharge enthalpy kJ/kg : 542. (Calculated)
 Discharge kg/s : .0
 Steam fraction at collection : .0000
 Measured temperature deg.C : 29.1

Liters gas per kg condensate/deg.C : .00/ .0
 Condensate (mg/kg) pH/deg.C : .00/ .0
 Total steam (mg/kg) CO2 : .00
 CO2 H2S : .00
 H2S NH3 : .00
 NH3 Na : .00

Ionic strength = .03565
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03268330 Anions (mol.eq.) = .02227901 Difference (%) = 37.86
 Deep water components (mg/kg) Gas pressures (bar-abs.)
 B 7.16 CO2 159685.30 Deep steam (mg/kg) CO2 .392E+03
 SiO2 133.16 H2S .00 H2S .000E+00
 Na 497.23 NH3 .00 NH3 .000E+00
 K 39.09 H2 .00 H2 .000E+00
 Mg 33.739 O2 .00 O2 .000E+00
 Ca 133.97 CH4 .00 CH4 .000E+00
 F .000 N2 .00 N2 .000E+00
 Cl 84.38 H2O .263E+01
 SO4 412.93 Total .395E+03
 Al .0444
 Fe 6.3773

TDS .00 Aquifer steam fraction = .0000 1000/T (Kelvin) = 2.49
 Ionic strength = .02848 1000/T (Kelvin) = 2.49
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02855242 Anions (mol.eq.) = .01871592 Difference (%) = 41.62
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= 99.999 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 154.1 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 129.1 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 173.9 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 22

Activity coefficients in deep water

H+	.845	KSO4-	.822	Fe++	.471	FeCl+	.812
OH-	.808	F-	.808	Fe+++	.224	Al+++	.224
H3SiO4~	.812	Cl-	.804	FeOH+	.819	AlOH++	.462
H2SiO4--	.462	Na+	.812	Fe(OH)3-	.819	Al(OH)2+	.822
H2BO3-	.799	K+	.804	Fe(OH)4--	.455	Al(OH)4-	.816
HCO3-	.812	Ca++	.471	Fe(OH)++	.455	AlSO4+	.816
CO3--	.447	Mg++	.500	Fe(OH)2+	.822	Al(SO4)2-	.816
HS-	.808	CaHCO3+	.826	Fe(OH)4-	.822	AlF++	.462
S--	.455	MgHCO3+	.812	FeSO4+	.819	AlF2+	.822
HSO4-	.816	CaOH+	.826	FeCl++	.455	AlF4-	.816

SO4--	.438	MgOH+	.830	FeCl2+	.819	AlF5--	.447
NaSO4-	.822	NH4+	.799	FeCl4-	.812	AlF6---	.164

Chemical species in deep water ~ ppm and log mole

Deep water pH is 3.932

H+	.14	-3.858	Mg++	14.63	-3.221	Fe (OH) 3	.00	.000
OH-	.00	-7.836	NaCl	.70	-4.921	Fe (OH) 4-	.00	.000
H4SiO4	212.99	-2.654	KCl	.01	-6.702	FeCl+	.11	-5.910
H3SiO4-	.00	-7.454	NaSO4-	17.50	-3.833	FeCl2	.00	-16.907
H2SiO4--	.00	-14.206	KSO4-	4.30	-4.498	FeCl++	.00	.000
NaH3SiO4	.00	-8.194	CaSO4	61.71	-3.344	FeCl2+	.00	.000
H3BO3	40.93	-3.179	MgSO4	83.84	-3.157	FeCl3	.00	.000
H2BO3-	.00	-8.063	CaCO3	.01	-7.102	FeCl4-	.00	.000
H2CO3	224321.20	.558	MgCO3	.00	-8.169	FeSO4	2.50	-4.784
HCO3-	651.20	-1.972	CaHCO3+	130.48	-2.889	FeSO4+	.00	.000
CO3--	.00	-8.003	MgHCO3+	7.65	-4.048	Al+++	.00	-7.671
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-9.229	AlOH++	.01	-6.540
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-8.614	Al (OH) 2+	.05	-6.054
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al (OH) 3	.03	-6.402
H2SO4	.00	-9.026	NH4+	.00	.000	Al (OH) 4-	.00	-8.068
HSO4-	39.68	-3.388	Fe++	5.39	-4.016	AlSO4+	.01	-7.377
SO4--	244.45	-2.594	Fe+++	.00	.000	Al (SO4) 2-	.00	-8.108
HF	.00	.000	FeOH+	.00	-7.208	AlF++	.00	.000
F-	.00	.000	Fe (OH) 2	.00	-11.777	AlF2+	.00	.000
Cl-	83.91	-2.626	Fe (OH) 3-	.00	-17.457	AlF3	.00	.000
Na+	493.58	-1.668	Fe (OH) 4--	.00	-25.852	AlF4-	.00	.000
K+	37.84	-3.014	Fe (OH) ++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	64.08	-2.796	Fe (OH) 2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.223	-19.229	Albite, low	-15.575	-17.878
Anhydrite	-6.037	-6.076	Calcite	-9.974	-11.476
Mg-Chlorite	-79.902	-105.314	Fluorite	-10.531	99.999
Laumontite	-26.013	-30.053	Microcline	-17.409	-19.229
Ca-Montmor.	-79.704	-80.559	K-Montmor.	-38.429	-41.827
			Analcime	-12.530	-15.224
			Chalcedony	-2.627	-2.654
			Goethite	-3.545	99.999
			Magnetite	-27.457	99.999
			Mg-Montmor.	-80.976	-80.958

Na-Montmor.	-38.526	-40.477	Muscovite	-19.711	-19.683	Prehnite	-36.060	-46.380
Pyrrhotite	-85.219	99.999	Pyrite	-126.149	99.999	Quartz	-2.846	-2.654
Wairakite	-24.130	-30.053	Wollastonite	9.995	2.086	Zoisite	-35.441	-46.607
Epidote	-41.296	99.999	Marcasite	-104.383	99.999	Talc	13.880	2.408
Chrysotile	21.449	7.717	Sil. amorph.	-2.076	-2.654			

örnek no 23

dikili ilicaları

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.
Steam loss fraction : .0114

Water sample (mg/kg) Steam sample Degassing coeff. at sampling : 1.0000

CO2	1010.44	CO2	.00	Sampling pressure	bar abs. : 1.0
H2S	.00	H2S	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 445.
NH3	.00	NH3	.00	Discharge	kg/s : .0
(Calculated)				Steam fraction at collection	: .0000
B	12.24	H2	.00	Measured temperature	deg.C : 7.9
SiO2	94.32	O2	.00		
Na	820.15	CH4	.00		
K	31.18	N2	.00		
Mg	11.480	Liters gas per kg	.00/		
Ca	52.99	condensate/deg.C	.0		
F	.000	Total steam (mg/kg)			
Cl	111.54	CO2	.00/		
SO4	579.62	H2S	.00		
Al	1.249	NH3	.00		
Fe	1.213	Na	.00		
TDS	.00				

Ionic strength = .04527		Anions (mol.eq.) = .03703335		Difference (%) = 5.70	
Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03920599		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar-abs.)	
Deep water components (mg/kg)		CO2		CO2	
B	12.10	CO2	3312.40	CO2	.544E+01
SiO2	93.24	H2S	.00	H2S	.000E+00
Na	810.76	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	30.82	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	11.349	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	52.38	CH4	.00	CH4	.000E+00

F	.000	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	110.26					H2O	.126E+01
SO4	572.99					Total	.669E+01
Al	1.2347						
Fe	1.1991						
TDS	.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .04269
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .03781803 Anions (mol.eq.) = .03565509 Difference (%) = 5.89
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= 99.999 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)
 Quartz 133.4 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 106.1 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 109.8 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

brnek no 23

Activity coefficients in deep water

H+	.834	HSO4-	.807	Fe++	.442	FeCl+	.794
OH-	.789	F-	.789	Fe+++	.203	Al+++	.203
H3SiO4-	.794	Cl-	.784	FeOH+	.804	AlOH++	.431
H2SiO4--	.431	Na+	.794	Fe(OH)3-	.804	Al(OH)2+	.807
H2BO3-	.778	K+	.784	Fe(OH)4--	.423	Al(OH)4-	.799
HCO3-	.794	Ca++	.442	Fe(OH)++	.423	AlSO4+	.799
CO3--	.413	Mg++	.475	Fe(OH)2+	.807	Al(SO4)2-	.799
HS-	.789	CaHCO3+	.812	Fe(OH)4-	.807	AlF++	.431
S--	.423	MgHCO3+	.794	FeSO4+	.804	AlF2+	.807
HSO4-	.799	CaOH+	.812	FeCl++	.423	AlF4-	.799
SO4--	.404	MgOH+	.816	FeCl2+	.804	AlF5--	.413
NaSO4-	.807	NH4+	.778	FeCl4-	.794	AlF6--	.138

Chemical species in deep water - ppm and log mole
 H+ .00 -5.867 Mg++ 4.48 -3.735
 OH- .01 -6.117 NaCl .98 -4.776
 H4SiO4 148.91 -2.810 KCl .01 -6.865
 H3SiO4- .19 -5.694 NaSO4- 39.62 -3.478
 H2SiO4-- .00 -10.451 KSO4- 4.50 -4.477

Deep water pH is 5.946

NaH3SiO4	.07	-6.249	CaSO4	26.04	-3.718	FeCl2+	.00	.000
H3BO3	69.12	-2.952	MgSO4	28.82	-3.621	FeCl3	.00	.000
H2BO3-	.09	-5.828	CaCO3	.33	-5.478	FeCl4-	.00	.000
H2CO3	3278.54	-1.277	MgCO3	.03	-6.505	FeSO4	.62	-5.392
HCO3-	1332.45	-1.661	CaHCO3+	53.09	-3.280	FeSO4+	.00	.000
CO3--	.16	-5.576	MgHCO3+	3.66	-4.368	Al+++	.00	-10.740
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-8.104	AlOH++	.00	-8.093
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-7.567	Al (OH) 2+	.06	-6.020
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al (OH) 3	1.52	-4.709
H2SO4	.00	-13.353	NH4+	.00	.000	Al (OH) 4-	2.40	-4.598
HSO4-	.34	-5.455	Fe++	.94	-4.773	AlSO4+	.00	-10.419
SO4--	495.71	-2.287	Fe+++	.00	.000	Al (SO4) 2-	.00	-10.973
HF	.00	.000	FeOH+	.03	-6.392	AlF++	.00	.000
F-	.00	.000	Fe (OH) 2	.00	-9.447	AlF2+	.00	.000
Cl-	109.66	-2.510	Fe (OH) 3-	.00	-13.707	AlF3	.00	.000
Na+	802.71	-1.457	Fe (OH) 4--	.00	-20.295	AlF4-	.00	.000
K+	29.52	-3.122	Fe (OH) ++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	23.53	-3.231	Fe (OH) 2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000
Log solubility products of minerals in deep water								
	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.989	-16.353	Albite, low	-16.272	-14.682	Analcime	-13.041	-11.872
Anhydrite	-5.694	-6.268	Calcite	-9.545	-9.545	Chalcedony	-2.793	-2.810
Mg-Chlorite	-80.156	-87.866	Fluorite	-10.531	99.999	Goethite	-4.445	99.999
Laumontite	-26.903	-24.216	Microcline	-18.322	-16.353	Magnetite	-29.236	99.999
Ca-Montmor.	-84.130	-56.501	K-Montmor.	-40.869	-29.685	Mg-Montmor.	-85.308	-56.972
Na-Montmor.	-40.901	-28.014	Muscovite	-20.802	-13.304	Prehnite	-36.586	-37.432
Pyrrhotite	-96.748	99.999	Pyrite	-142.563	99.999	Quartz	-3.044	-2.810
Wairakite	-24.561	-24.216	Wollastonite	10.639	5.496	Zoisite	-35.757	-35.907
Epidote	-43.109	99.999	Marcasite	-119.499	99.999	Talc	15.222	12.264
Chrysotile	23.154	17.884	Sil. amorph.	-2.186	-2.810			

örnek no 25

kaynarca

Water sample (mg/kg) Steam sample
pH/deg.C 7.50/ 25.0 Gas (volume %)
CO2 185.40 CO2
H2S .00 H2S
Reference temperature deg.C : 61.5 (Chalcedony)
.00
.00 Sampling pressure bar abs. : 1.0

NH3 .00 Discharge enthalpy kJ/kg : 257. (Calculated)
 B .00 Discharge kg/s : .0
 SiO2 38.24 Steam fraction at collection : -.0716
 Na 230.89
 K 16.64
 Mg 8.550
 Ca 64.00
 F .000
 Cl 44.04
 SO4 482.08
 Al .083
 Fe .709
 TDS .00
 Measured temperature deg.C : 53.0

Liters gas per kg
 condensate/deg.C .01/25.0
 Condensate (mg/kg)
 pH/deg.C .00/ .0
 CO2 .00
 H2S .00
 NH3 .00
 Na .00

Ionic strength = .02038
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .01367474 Anions (mol.eq.) = .01453355 Difference (%) = -6.09
 Deep water components (mg/kg)

B	.00	CO2	198.35	Deep steam (mg/kg)	CO2	.00	Gas pressures (bar-abs.)	CO2	.187E-01
SiO2	40.98	H2S	.00		H2S	.00		H2S	.000E+00
Na	247.42	NH3	.00		NH3	.00		NH3	.000E+00
K	17.83	H2	.00		H2	.00		H2	.000E+00
Mg	9.162	O2	-.09		O2	.00		O2	-.313E-02
Ca	68.58	CH4	.00		CH4	.00		CH4	-.153E-04
F	.000	N2	-.87		N2	.00		N2	-.696E-01
Cl	47.19							H2O	.214E+00
SO4	516.60							Total	.160E+00
Al	.0889								
Fe	.7598								
TDS	.00								

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .02100 1000/T (Kelvin) = 2.99
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .01422664 Anions (mol.eq.) = .01514849 Difference (%) = -6.28

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= 99.999 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 92.6 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 61.5 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 165.9 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 25

Activity coefficients in deep water

H+	.880	KSO4-	.865	Fe++	.570	FeCl+	.858
OH-	.855	F-	.855	Fe+++	.322	Al+++	.322
H3SiO4-	.858	Cl-	.852	FeOH+	.863	AlOH++	.563
H2SiO4--	.563	Na+	.858	Fe(OH)3-	.863	Al(OH)2+	.865
H2BO3-	.849	K+	.852	Fe(OH)4--	.558	Al(OH)4-	.860
HCO3-	.858	Ca++	.570	Fe(OH)++	.558	AlSO4+	.860
CO3--	.551	Mg++	.593	Fe(OH)2+	.865	Al(SO4)2-	.860
HS-	.855	CaHCO3+	.868	Fe(OH)4-	.865	AlF++	.563
S--	.558	MgHCO3+	.858	FeSO4+	.863	AlF2+	.865
HSO4-	.860	CaOH+	.868	FeCl++	.558	AlF4-	.860
SO4--	.545	MgOH+	.870	FeCl2+	.863	AlF5--	.551
NaSO4-	.865	NH4+	.849	FeCl4-	.858	AlF6--	.263

Chemical species in deep water ~ ppm and log mole

H+	.00	-7.337	Mg++	5.12	-3.677
OH-	.05	-5.529	NaCl	.05	-6.086
H4SiO4	64.61	-3.173	KCl	.00	-7.676
H3SiO4-	.85	-5.050	NaSO4-	8.83	-4.130
H2SiO4--	.00	-8.719	KSO4-	1.81	-4.873
NaH3SiO4	.11	-6.045	CaSO4	44.62	-3.484
H3BO3	.00	.000	MgSO4	18.94	-3.803
H2BO3-	.00	.000	CaCO3	1.52	-4.818
H2CO3	18.29	-3.530	MgCO3	.10	-5.924
HCO3-	249.46	-2.388	CaHCO3+	8.95	-4.053
CO3--	.67	-4.950	MgHCO3+	.67	-5.106
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-7.287
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-7.040
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000
H2SO4	.00	-17.308	NH4+	.00	.000
HSO4-	.00	-7.448	Fe++	.56	-5.002
SO4--	461.33	-2.319	Fe+++	.00	.000
HF	.00	.000	FeOH+	.06	-6.077
F-	.00	.000	Fe(OH)2	.00	-8.792
Cl-	47.16	-2.876	Fe(OH)3-	.00	-13.026

Deep water pH is 7.393

Fe(OH)3	.00	.000
Fe(OH)4-	.00	.000
FeCl+	.00	-7.916
FeCl2	.00	-24.618
FeCl++	.00	.000
FeCl2+	.00	.000
FeCl3	.00	.000
FeCl4-	.00	.000
FeSO4	.42	-5.554
FeSO4+	.00	.000
Al+++	.00	-14.356
AlOH++	.00	-11.195
Al(OH)2+	.00	-8.462
Al(OH)3	.03	-6.458
Al(OH)4-	.28	-5.531
AlSO4+	.00	-14.122
Al(SO4)2-	.00	-14.728
AlF++	.00	.000
AlF2+	.00	.000
AlF3	.00	.000

Na+	245.68	-1.971	Fe(OH)4--	.00	-18.941	AlF4-	.00	.000
K+	17.31	-3.354	Fe(OH)++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	51.29	-2.893	Fe(OH)2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-19.010	-18.537	Albite, low	-18.117	-17.152	Analcime	-14.428	-13.979
Anhydrite	-5.100	-5.719	Calcite	-8.858	-8.346	Chalcedony	-3.180	-3.173
Mg-Chlorite	-82.056	-85.001	Fluorite	-10.664	99.999	Goethite	-6.038	99.999
Laumontite	-29.388	-27.019	Microcline	-20.689	-18.537	Magnetite	-32.644	99.999
Ca-Montmor.	-97.100	-84.121	K-Montmor.	-47.879	-43.916	Mg-Montmor.	-98.030	-84.888
Na-Montmor.	-47.739	-42.530	Muscovite	-23.960	-18.537	Prehnite	-38.540	-38.177
Pyrrhotite	-119.138	99.999	Pyrite	-176.249	99.999	Quartz	-3.500	-3.173
Wairakite	-26.013	-27.019	Wollastonite	12.145	8.476	Zoisite	-37.306	-38.177
Epidote	-46.752	99.999	Marcasite	-150.149	99.999	Talc	18.372	19.954
Chrysotile	27.226	26.299	Sil. amorph.	-2.443	-3.173			

örnek no 26

kaynarca

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.
Steam loss fraction : .0920
Degassing coeff. at sampling : 1.0000

Water sample (mg/kg)	Steam sample	Gas (volume %)	Reference temperature	deg.C : 148.7	(Chalcedony)
pH/deg.C	7.80/ 25.0	CO2	.00		
CO2	399.78	H2S	.00	Sampling pressure	bar abs. : 1.0
H2S	.00	NH3	.00	Discharge enthalpy	kJ/kg : 627.
NH3	.00			Discharge	kg/s : .0
(Calculated)				Steam fraction at collection	: .0000
B	5.95	H2	.00	Measured temperature	deg.C : 36.5
SiO2	193.14	O2	.00		
Na	515.06	CH4	.00		
K	29.79	N2	.00		
Mg	3.030				
Ca	42.24	Liters gas per kg			
F	.000	condensate/deg.C	.00/ .0	Condensate (mg/kg)	.00/ .0
Cl	67.93	Total steam (mg/kg)		pH/deg.C	.00
SO4	795.78	CO2	.00	CO2	.00
Al	.308			H2S	.00

Fe	.108	H2S	.00	NH3	.00
TDS	.00	NH3	.00	Na	.00

Ionic strength = .03465

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02485306 Anions (mol.eq.) = .02673351 Difference (%) = -7.29

Deep water components (mg/kg)		Deep steam (mg/kg)		Gas pressures (bar-abs.)	
B	5.40	CO2	.00	CO2	.287E+02
SiO2	175.37	H2S	.00	H2S	.000E+00
Na	467.67	NH3	.00	NH3	.000E+00
K	27.05	H2	.00	H2	.000E+00
Mg	2.751	O2	.00	O2	.000E+00
Ca	38.35	CH4	.00	CH4	.000E+00
F	.000	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	61.68			H2O	.460E+01
SO4	722.57			Total	.333E+02
Al	.2797				
Fe	.0981				
TDS	.00				

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .02928

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02157220 Anions (mol.eq.) = .02327383 Difference (%) = -7.59

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= 99.999 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

1000/T (Kelvin) = 2.37

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz	171.6	(Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
Chalcedony	148.7	(Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
Na/K	139.9	(Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 26

Activity coefficients in deep water

H+	.835	KSO4-	.811	Fe++	.447	FeCl+	.800
OH-	.796	F-	.796	Fe+++	.203	Al+++	.203
H3SiO4-	.800	Cl-	.791	FeOH+	.808	AlOH++	.437

H2SiO4--	.437	Na+	.800	Fe(OH)3-	.808	Al(OH)2+	.811
H2BO3-	.786	K+	.791	Fe(OH)4--	.431	Al(OH)4-	.804
HCO3-	.800	Ca++	.447	Fe(OH)++	.431	AlSO4+	.804
CO3--	.422	Mg++	.477	Fe(OH)2+	.811	Al(SO4)2-	.804
HS-	.796	CaHCO3+	.816	Fe(OH)4-	.811	AlF++	.437
S--	.431	MgHCO3+	.800	FeSO4+	.808	AlF2+	.811
HSO4-	.804	CaOH+	.816	FeCl++	.431	AlF4-	.804
SO4--	.413	MgOH+	.819	FeCl2+	.808	AlF5--	.422
NaSO4-	.811	NH4+	.786	FeCl4-	.800	AlF6---	.144

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.01	-5.031	Mg++	.56	-4.641	Fe(OH)3	.00	5.109
OH-	.01	-6.440	NaCl	.58	-5.006	Fe(OH)4-	.00	.000
H4SiO4	280.44	-2.535	KCl	.01	-6.910	FeCl+	.00	-7.788
H3SiO4-	.07	-6.105	NaSO4-	50.22	-3.375	FeCl2	.00	-17.647
H2SiO4--	.00	-11.671	KSO4-	8.86	-4.184	FeCl++	.00	.000
NaH3SiO4	.02	-6.878	CaSO4	43.56	-3.495	FeCl2+	.00	.000
H3BO3	30.90	-3.301	MgSO4	10.52	-4.059	FeCl3	.00	.000
H2BO3-	.01	-7.003	CaCO3	.03	-6.581	FeCl4-	.00	.000
H2CO3	14792.89	-.623	MgCO3	.00	-8.489	FeSO4	.08	-6.255
HCO3-	483.76	-2.101	CaHCO3+	30.22	-3.524	FeSO4+	.00	.000
CO3--	.01	-7.037	MgHCO3+	.25	-5.531	Al+++	.00	-10.956
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-8.416	AlOH++	.00	-8.260
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-8.527	Al(OH)2+	.03	-6.285
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.51	-5.183
H2SO4	.00	-10.525	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.31	-5.483
HSO4-	12.60	-3.887	Fe++	.06	-5.935	AlSO4+	.00	-10.124
SO4--	624.11	-2.187	Fe+++	.00	.000	Al(SO4)2-	.00	-10.384
HF	.00	.000	FeOH+	.00	-7.640	AlF++	.00	.000
F-	.00	.000	Fe(OH)2	.00	-10.653	AlF2+	.00	.000
Cl-	61.33	-2.762	Fe(OH)3-	.00	-14.676	AlF3	.00	.000
Na+	457.75	-1.701	Fe(OH)4--	.00	-21.729	AlF4-	.00	.000
K+	24.48	-3.203	Fe(OH)++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	13.54	-3.471	Fe(OH)2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.	Albite, low	Theor.	Calc.	Analcime	Theor.	Calc.
Adularia	-15.694	-16.488	Albite, low	-15.095	-14.981	Analcime	-12.187	-12.446
Anhydrite	-6.346	-6.392	Calcite	-10.373	-11.232	Chalcedony	-2.500	-2.535
Mg-Chlorite	-80.029	-95.883	Fluorite	-10.559	99.999	Goethite	-2.724	99.999
Laumontite	-25.434	-25.117	Microcline	-16.768	-16.488	Magnetite	-25.891	99.999
Ca-Montmor.	-76.980	-59.218	K-Montmor.	-36.890	-31.004	Mg-Montmor.	-78.317	-60.359
Na-Montmor.	-37.034	-29.496	Muscovite	-19.028	-14.567	Prehnite	-35.836	-39.481
Pyrrhotite	-75.250	99.999	Pyrite	-112.351	99.999	Quartz	-2.693	-2.535
Wairakite	-23.910	-25.117	Wollastonite	9.499	3.862	Zoisite	-35.403	-38.520
Epidote	-39.865	99.999	Marcasite	-91.585	99.999	Talc	12.851	5.627
Chrysotile	20.152	10.697	Sil. amorph.	-1.991	-2.535			

örnek no 27

kaynarca

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.

Steam loss fraction : .0903

Degassing coeff. at sampling : 1.0000

Reference temperature deg.C : 147.9 (Chalcedony)

Water sample (mg/kg) 6.90/ 25.0 Gas (volume %)

pH/deg.C 412.96 CO2
H2S .00
NH3 .00

(Calculated)

B 5.71
SiO2 190.49
Na 464.48
K 29.14
Mg 2.450
Ca 40.45

F .000
Cl 65.02
SO4 746.86
Al .024
Fe .000
TDS .00

Liters gas per kg
condensate/deg.C .00/ .0

Total steam (mg/kg)
CO2 .00
H2S .00
NH3 .00

Ionic strength = .03173

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02258116 Anions (mol.eq.) = .02426486 Difference (%) = -7.19

Sampling pressure bar abs. : 1.0
Discharge enthalpy kJ/kg : 623.

Discharge kg/s : .0
Steam fraction at collection : .0000

Measured temperature deg.C : 67.0

Condensate (mg/kg)
pH/deg.C .00/ .0
CO2 .00
H2S .00
NH3 .00
Na .00

Chemical species in deep water -- ppm and log mole				Deep water pH is 4.450	
H+	.04	-4.375	Mg++	.48	-4.707
OH-	.00	-7.111	NaCl	.51	-5.063
H4SiO4	277.17	-2.540	KCl	.01	-6.930
H3SiO4-	.02	-6.774	NaSO4-	41.43	-3.458
H2SiO4--	.00	-13.007	KSO4-	7.97	-4.229
NaH3SiO4	.00	-7.582	CaSO4	41.15	-3.520
H3BO3	29.71	-3.318	MgSO4	8.40	-4.156
H2BO3-	.00	-7.683	CaCO3	.01	-7.274
H2CO3	59892.01	-.015	MgCO3	.00	-9.251
HCO3-	432.21	-2.150	CaHCO3+	27.68	-3.563
CO3--	.00	-7.750	MgHCO3+	.20	-5.639
H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-9.074
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-9.259
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000
H2SO4	.00	-9.264	NH4+	.00	.000
HSO4-	50.82	-3.281	Fe++	.00	.000
SO4--	554.27	-2.239	Fe+++	.00	.000
HF	.00	.000	FeOH+	.00	.000
F-	.00	.000	Fe(OH)2	.00	.000
Cl-	58.84	-2.780	Fe(OH)3-	.00	.000
Na+	414.33	-1.744	Fe(OH)4--	.00	.000
K+	24.20	-3.208	Fe(OH)++	.00	.000
Ca++	13.71	-3.466	Fe(OH)2+	.00	.000

Log solubility products of minerals in deep water				Theor. Calc.	
Adularia	-15.715	-18.253	Albite, low	-15.114	-16.785
Anhydrite	-6.332	-6.409	Calcite	-10.354	-11.912
Mg-Chlorite	-80.017	-105.011	Fluorite	-10.557	99.999
Laumontite	-25.456	-28.618	Microcline	-16.794	-18.253
Ca-Montmor.	-77.083	-75.795	K-Montmor.	-36.949	-39.302
Pyrrhotite	-75.698	99.999	Pyrite	-112.964	99.999
Wairakite	-23.917	-28.618	Wollastonite	9.520	2.558
Epidote	-39.926	99.999	Marcasite	-92.156	99.999
Chrysotile	20.207	6.570	Sil. amorph.	-1.995	-2.540

Theor. Calc.		Theor. Calc.	
-12.201	-14.245	Analcime	-12.201
-2.505	-2.540	Chalcedony	-2.505
-2.761	99.999	Goethite	-2.761
-25.962	99.999	Magnetite	-25.962
-78.418	-77.010	Mg-Montmor.	-78.418
-2.700	-2.540	Quartz	-2.700
-35.400	-44.414	Zoisite	-35.400
12.895	1.490	Talc	12.895

ICELANDIC WATER CHEMISTRY GROUP

Program WATCH, temporary version / Feb-1997

```

örnek no 28      kaynarcaSteam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.
Steamloss fraction : .0159      Water sample      (mg/kg)
Steam sample      Degassing coeff. at sampling :10.000
pH/deg.C : 7.00/ 25.0      Gas (volume %)      Reference temperature deg.C :108.5 (Chalcedony)
CO2 334.76      CO 2 .00
H2S .00      H2S . 00      Sampling pressure bar abs. : 1.0
NH3 .00      NH 3 .00      Discharge enthalpy kJ/kg : 455.      (Calculated)
B .56      H2 .00      Discharge kg/s : .0
SiO2 98.43      O2 .00      Steam fraction at collection : .0000
Na 240.81      CH4 .00
K 15.55      N2 .00      Measured temperaturedeg.C : 28.Mar
Mg 63.420
Ca 238.78
F .000
Cl 245.53
SO4 655.78
CO2 .00
Al .009
Fe .083
TDS .00

Liters gas per kg
condensate/deg.C .00/ .0      Condensate (mg/kg)
pH/deg.      C      .00/.0
Total steam (mg/kg)

CO2 .00      H2S .00
H2S .00      NH3 .00
NH3 .00      Na .00

Ionic strength = .03 713
Ionic balance: Cations (mol.eq.) = .02512595Anions(mol.eq.) = .02407620 Difference (%) = Nis.27
Deep water components (mg/kg)      Deepsteam (m      g/kg)      Gas pressures (bar-abs.)
B. 55      CO2 .      5329.35      CO2 .00      CO2
SiO2 96.8      H2S .      0      H2S 00      H2S
Na 236.97      NH3 .00      NH3 .00      NH3
K 15.30      H2 .00      H2 .00      H2
Mg 62.409      O2 .00      O2 .00      O2
Ca2 34.97      CH4 .00      CH4 .00      CH4
F .000      N2 .00      N2 .00      N2
Cl2 41.62      H2O 1,36E+03      SO4 645.33      Total
Al .0089      Fe .      0817      TDS .00

```

Aquifer steam fraction = .0000
 Ionic strength = .029481000/T (Kelvin) =sub.62
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .02121469 Anions(mol.eq.) = .02018152 Differnce (%) = Nis.99
 Oxidation pot ential (v olts) :Eh H2S= 99.999 Eh CH4=99.999Eh H2= 99.999 Eh NH3=99.999

Chemical geothermometers (degree s C)
 Quartz 135.6 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp.3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 108.5 (Fournier, Geothermics, vol.5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 154.4 (Arnorsson et al., Geochim.Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

örnek no 28

Activity coef ficients in deep water

H+	.851	KSO4-	.829	Fe++	.487	F	eCl+	.819				
OH-	.815	F-		Fe++	.815	Fe++	+	.240	Al+++			.240
H3SiO4-	.819	Cl-		FeOH	.811	FeOH	+	.827	AlOH++			.478
H2SiO4--	.478	Na+		Fe(O	.819	Fe(O	H)3-	.827	Al(OH)2+			.829
H2BO3-	.807	K+		Fe(O	.811	Fe(O	H)4--	.471	Al(OH)4-			.823
HCO3-	.819	Ca++		Fe(O	.487	Fe(O	H)++	.471	AlSO4+			.823
CO3--	.463	Mg++		Fe(O	.516	Fe(O	H)2+	.829	Al(SO4)2-			.823
HS-	.815	CaHCO 3+		Fe(O	.833	Fe(O	H)4-	.829	AlF++			.478
S--	.471	MgHCO 3+		FeSO	.819	FeSO	4+	.827	AlF2+			.829
SO4--	.455	MgOH+		FeCl	.837	FeCl	2+	.827	AlF5--			.463
NaSO4-	.829	NH4+		FeCl	.807	FeCl	4-	.819	AlF6---			.178
Chemical species in deep water -ppm and log moleDeep water pH is 5.19												
OH-	.00	-7.023	NaCl	.70	-4.920	Fe(OH)4-	.00					.000
H4SiO4	154.92	-2.793	KCl	.01	-6.780	FeCl+	.00					-7.588
H3SiO4-	.02	-6.603	NaSO4-	10.40	-4.059	FeCl2	.00					-19.599
H2SiO4--	.00	-12.313	KSO4-	2.03	-4.824	FeCl++	.00					.000
NaH3SiO4	.00	-7.666	CaSO4	164.36	-2.918	FeCl2+	.00					.000
H3BO3	3.15	-4.293	MgSO4	169.26	-2.852	FeCl3	.00					.000
H2BO3-	.00	-8.109	CaCO3	.07	-6.139	FeCl4-	.00					.000
H2CO3	7119.82	-.940	MgCO3	.01	-7.212	FeSO4	.04					-6.564
HCO3-	323.31	-2.276	CaHCO3+	95.65	-3.024	FeSO4+	.00					.000
CO3--	.00	-7.160	MgHCO3+ 5.	85	-4.164	Al+++	.00					-10.129

H2S	.00	.000	CaOH+	.00	-8.151	AlOH++	.00	-8.330
HS-	.00	.000	MgOH+	.00	-7.648	Al(OH)2+	.00	-7.107
S--	.00	.000	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.02	-6.674
H2SO4	.00	-11.499	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	.00	-7.476
HSO4	2.63	-4.568	Fe++	.06	5.936	AlSO4+	.00	-9.788
SO4--	381.82	-2.401	Fe+++	.00	.000	Al(SO4)2	.00	-10.394
HF	.00	.000	FeOH+	.00	-8.405	AlF++	.00	.000
F-	.00	.000	Fe(OH)2	.00	-12.321	AlF2+	.00	.000
Cl-	241.18	-2.167	Fe(OH)3-	.00	-17.456	AlF3	.00	.000
Na+	234.69	-1.991	Fe(OH)4--	.00	-24.978	AlF4-	.00	.000
K+	14.71	-3.425	Fe(OH)++	.00	.000	AlF5--	.00	.000
Ca++	148.64	-2.431	Fe(OH)2+	.00	.000	AlF6---	.00	.000

Log solubilit y product s of miner als in deep water

	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	Theor.	Calc.	
Adularia	-16.901	-19.454	Albite, low	-16.192	-18.016	Analcime	-12.981
Anhydrite	-5.729	-5.486	Calcite	-9.588	-10.237	Chalcedony	-2.775
Mg-Chlorite	-80.108	-96.639	Fluorite	-10.529	99.999	Goethite	-4.354
Laumontite	-26.799	-29.035	Microcline	-18.218	-19.454	Magnetite	-29.052
Ca-Montmor.	-83.599	-84.684	K-Montmor.	-40.579	-44.486	Mg-Montmor.	-84.788
Na-Montmor.	-40.618	-43.048	Muscovite	-20.672	-20.351	Prehnite	-36.517
Pyrrhotite	-95.548	99.999	Pyrite	-140.828	99.999	Quartz	-3.022
Wairakite	-24.507	-29.035	Wollastonite	10.568	4.502	Zoisite	-35.709
Epidote	-42.916	99.999	Marcasite	-117.907	99.999	Talc	15.074
Chrysotile	22.965	14.780	Sil. amorph.	-2.174	-2.793		9.195
							-15.223
							-2.793
							99.999
							99.999
							-85.190
							-43.209
							-2.793
							-43.657
							9.195

Program WATCH, temporary version / Feb-1997

kaynarca

Ionic strength = .02270			
Ionic balance :		Cations (mol.eq.) = .01723989	Anions (mol.eq.) = .01595164
Difference (%) = 7.76			
Deep water components (mg/kg)			
B	1.48	CO2	121.68
SiO2	21.60	H2S	.03
Na	363.00	NH3	.00
K	32.10	H2	.00
Mg	2.290	O2	.00
Ca	10.80	CH4	.00
Deep steam (mg/kg)		CO2	.00
		H2S	.00
		NH3	.00
		H2	.00
		O2	.00
		CH4	.00
Gas pressures (bar-abs.)		CO2	.183E-03
		H2S	.891E-07
		NH3	.000E+00
		H2	.000E+00
		O2	.000E+00
		CH4	.000E+00

F	4.230	N2	.00	N2	.00	N2	.000E+00
Cl	51.20					H2O	.381E-01
SO4	553.00					Total	.383E-01
Al	.5300						
Fe	6.9000						
TDS	.00						

Aquifer steam fraction = .0000

Ionic strength = .02267
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .01722766 Anions (mol.eq.) = .01594246 Difference (%) = 3.32
 1000/T (Kelvin) = 3.32

7.75

Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.327 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 60.4 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 28.1 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 187.3 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)
 Ornek no 36

Activity coefficients in deep water

H+	.883	KSO4-	.868	Fe++	.578	FeCl+	.861
OH-	.858	F-	.858	Fe+++	.331	Al+++	.331
H3SiO4-	.861	Cl-	.855	FeOH+	.866	AlOH++	.570
H2SiO4--	.570	Na+	.861	Fe(OH)3-	.866	Al(OH)2+	.868
H2BO3-	.852	K+	.855	Fe(OH)4--	.565	Al(OH)4-	.863
HCO3-	.861	Ca++	.578	Fe(OH)++	.565	AlSO4+	.863
CO3--	.559	Mg++	.600	Fe(OH)2+	.868	Al(SO4)2-	.863
HS-	.858	CaHCO3+	.870	Fe(OH)4-	.868	AlF++	.570
S--	.565	MgHCO3+	.861	FesO4+	.866	AlF2+	.868
HSO4-	.863	CaOH+	.870	FeCl++	.565	AlF4-	.863
SO4--	.552	MgOH+	.873	FeCl2+	.866	AlF5--	.559
NaSO4-	.868	NH4+	.852	FeCl4-	.861	AlF6---	.271

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.00	-8.909	Mg++	1.58	-4.188	Deep water pH is 8.963
					Fe(OH)3	.00 -9.156

OH-	.24	-4.859	NaCl	.03	-6.307	Fe(OH)4-	.00	-8.363
H4SiO4	29.43	-3.514	KCl	.00	-7.587	FeCl+	.00	-7.546
H3SiO4-	4.36	-4.339	NaSO4-	10.06	-4.073	FeCl2	.00	-27.789
H2SiO4--	.01	-6.873	KSO4-	2.39	-4.753	FeCl++	.00	-23.892
NaH3SiO4	.87	-5.133	CaSO4	5.58	-4.388	FeCl2+	.00	-26.336
H3BO3	5.25	-4.071	MgSO4	2.93	-4.614	FeCl3	.00	-30.289
H2BO3-	3.16	-4.284	CaCO3	1.71	-4.766	FeCl4-	.00	-35.024
H2CO3	.35	-5.244	MgCO3	.31	-5.431	FeSO4	3.24	-4.671
HCO3-	156.31	-2.591	CaHCO3+	.35	-5.456	FeSO4+	.00	-21.024
CO3--	10.32	-3.764	MgHCO3+	.10	-5.922	Al+++	.00	-16.854
H2S	.00	-8.075	CaOH+	.00	-7.553	AlOH++	.00	-13.012
HS-	.03	-6.060	MgOH+	.00	-7.056	Al(OH)2+	.00	-9.473
S--	.00	-13.934	NH4OH	.00	.000	Al(OH)3	.02	-6.632
H2SO4	.00	-21.315	NH4+	.00	.000	Al(OH)4-	1.84	-4.712
HSO4-	.00	-9.374	Fe++	4.19	-4.125	AlSO4+	.00	-16.754
SO4--	534.87	-2.254	Fe+++	.00	-22.282	Al(SO4)2-	.00	-17.371
HF	.00	-9.478	FeOH+	1.97	-4.567	AlF++	.00	-13.831
F-	4.23	-3.652	Fe(OH)2	.01	-6.800	AlF2+	.00	-12.115
Cl-	51.18	-2.841	Fe(OH)3-	.00	-10.782	AlF3	.00	-11.843
Na+	360.88	-1.804	Fe(OH)4--	.00	-15.931	AlF4-	.00	-13.118
K+	31.41	-3.095	Fe(OH)++	.00	-15.921	AlF5--	.00	-15.301
Ca++	8.33	-3.682	Fe(OH)2+	.00	-11.742	AlF6---	.00	-18.216

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-21.080	-18.481	Albite, low	-20.008	-17.187
Anhydrite	-4.739	-6.433	Calcite	-8.513	-7.938
Mg-Chlorite	-84.890	-81.544	Fluorite	-10.931	-11.359
Laumontite	-32.011	-27.529	Microcline	-23.073	-18.481
Ca-Montmor.	-110.162	-88.988	K-Montmor.	-54.909	-45.697
Na-Montmor.	-54.582	-44.403	Muscovite	-27.179	-18.182
Pyrrhotite	-136.551	-108.010	Pyrite	-204.492	-141.785
Wairakite	-27.706	-27.529	Wollastonite	13.569	10.492
Epidote	-49.891	-41.285	Marcasite	-175.517	-141.785
Chrysotile	31.155	33.523	Sil. amorph.	-2.685	-3.514
			Analcime	-15.868	-13.673
			Chalcedony	-3.544	-3.514
			Goethite	-7.176	-3.499
			Magnetite	-35.385	-21.213
			Mg-Montmor.	-110.833	-89.477
			Prehnite	-40.935	-37.786
			Quartz	-3.895	-3.514
			Zoisite	-39.375	-37.636
			Talc	21.317	26.495

Örnekk no 37

dikili

Water sample (mg/kg) 7.70/ 25.0 Steam sample
 pH/deg.C 123.12 Gas (volume %)
 CO2 123.12
 H2S .03
 NH3 .00
 B .74
 SiO2 96.10
 Na 737.00
 K 87.00
 Mg 63.000
 Ca 313.00
 F .270
 Cl 1530.00
 SO4 131.00
 Al 4.300
 Fe .950
 TDS .00

Steam loss at 100.0 deg.C assumed, before sampling.
 Steam loss fraction : .0134
 Degassing coeff. at sampling : 1.0000
 Reference temperature deg.C : 107.2 (Chalcedony)
 .00
 .00 Sampling pressure bar abs. : 1.0
 .00 Discharge enthalpy kJ/kg 449 (Calculated)
 .00 Discharge kg/s : .0
 .00 Steam fraction at collection : .0000
 .00 Measured temperature deg.C : 100.0

Liters gas per kg
 condensate/deg.C .00/ .0 Condensate (mg/kg)
 pH/deg.C .00/ .0
 CO2 .00
 H2S .00
 NH3 .00
 Na .00

Total steam (mg/kg)
 CO2 .00
 H2S .00
 NH3 .00
 Na .00

Ionic strength = .06228

Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .05436071 Anions (mol.eq.) = .04802585 Difference (%) = 12.37

Deep water components (mg/kg)
 B .73
 SiO2 94.81
 Na 727.10
 K 85.83
 Mg 62.153
 Ca 308.79
 F .266
 Cl 1509.44
 SO4 129.24

Deep steam (mg/kg)
 CO2 739.11
 H2S .11
 NH3 .00
 H2 .00
 O2 .00
 CH4 .00
 N2 .00

Gas pressures (bar-abs.)
 CO2 .146E+01
 H2S .935E-04
 NH3 .000E+00
 H2 .000E+00
 O2 .000E+00
 CH4 .000E+00
 N2 .000E+00
 H2O .130E+01
 Total .276E+01

Al 4.2422
 Fe .9372
 TDS .00
 Aquifer steam fraction = .0000
 Ionic strength = .05902
 1000/T (Kelvin) = 2.63
 Ionic balance : Cations (mol.eq.) = .05238084 Anions (mol.eq.) = .04603422 Difference (%) = 12.90
 Oxidation potential (volts) : Eh H2S= -.208 Eh CH4= 99.999 Eh H2= 99.999 Eh NH3= 99.999

Chemical geothermometers (degrees C)

Quartz 134.4 (Fournier & Potter, GRC Bulletin, pp. 3-12, Nov. 1982)
 Chalcedony 107.2 (Fournier, Geothermics, vol. 5, pp. 41-50, 1977)
 Na/K 218.7 (Arnorsson et al., Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 47, pp. 567-577, 1983)

Örnek no 37

Activity coefficients in deep water

H+	.818	KSO4-	.785	Fe++	.400	FeCl+	.769
OH-	.763	F-	.763	Fe+++	.172	Al+++	.172
H3SiO4-	.769	Cl-	.756	FeOH+	.781	AlOH++	.387
H2SiO4--	.387	Na+	.769	Fe(OH)3-	.781	Al(OH)2+	.785
H2BO3-	.749	K+	.756	Fe(OH)4--	.379	Al(OH)4-	.775
HCO3-	.769	Ca++	.400	Fe(OH)++	.379	AlSO4+	.775
CO3--	.368	Mg++	.438	Fe(OH)2+	.785	Al(SO4)2-	.775
HS-	.763	CaHCO3+	.791	Fe(OH)4-	.785	AlF++	.387
S--	.379	MgHCO3+	.769	FeSO4+	.781	AlF2+	.785
HSO4-	.775	CaOH+	.791	FeCl++	.379	AlF4-	.775
SO4--	.357	MgOH+	.796	FeCl2+	.781	AlF5--	.368
NaSO4-	.785	NH4+	.749	FeCl4-	.769	AlF6---	.106

Chemical species in deep water - ppm and log mole

H+	.00	-5.411	Mg++	53.08	-2.661	Deep water pH is	5.499
OH-	.00	-6.534	NaCl	11.49	-3.707	Fe(OH)3	.00 -10.656
H4SiO4	151.56	-2.802	KCl	.38	-5.293	Fe(OH)4-	.00 -12.080
H3SiO4-	.07	-6.113	NaSO4-	4.40	-4.433	FeCl+	.15 -5.796
H2SiO4--	.00	-11.283	KSO4-	1.60	-4.927	FeCl2	.00 -17.172
NaH3SiO4	.02	-6.743	CaSO4	34.52	-3.596	FeCl++	.00 -17.504
						FeCl2+	.00 -18.617

H3BO3	4.17	-4.171	MgSO4	39.36	-3.485	FeCl3	.00	-20.817
H2BO3-	.00	-7.476	CaCO3	.12	-5.914	FeCl4-	.00	-23.516
H2CO3	873.00	-1.852	MgCO3	.01	-6.935	FeSO4	.06	-6.404
HCO3-	129.36	-2.674	CaHCO3+	55.90	-3.257	FeSO4+	.00	-17.447
CO3--	.01	-7.002	MgHCO3+	3.92	-4.338	Al+++	.00	-8.695
H2S	.10	-5.525	CaOH+	.00	-7.492	AlOH++	.01	-6.499
HS-	.01	-6.490	MgOH+	.00	-6.944	Al (OH)2+	.79	-4.888
S--	.00	-16.692	NH4OH	.00	.000	Al (OH)3	7.46	-4.019
H2SO4	.00	-13.344	NH4+	.00	.000	Al (OH)4-	4.44	-4.330
HSO4-	.12	-5.892	Fe++	.82	-4.834	AlSO4+	.00	-9.336
SO4--	68.63	-3.146	Fe+++	.00	-18.751	Al (SO4)2-	.00	-10.799
HF	.00	-6.676	FeOH+	.01	-6.910	AlF++	.01	-6.614
F-	.21	-4.966	Fe (OH)2	.00	-10.401	AlF2+	.08	-5.936
Cl-	1502.23	-1.373	Fe (OH)3-	.00	-15.067	AlF3	.01	-6.835
Na+	721.72	-1.503	Fe (OH)4--	.00	-22.054	AlF4-	.00	-9.305
K+	85.17	-2.662	Fe (OH)++	.00	-14.203	AlF5--	.00	-12.716
Ca++	276.42	-2.161	Fe (OH)2+	.00	-11.428	AlF6---	.00	-17.031

Log solubility products of minerals in deep water

	Theor.	Calc.		Theor.	Calc.		Theor.	Calc.
Adularia	-16.950	-15.631	Albite, low	-16.236	-14.464	Analclime	-13.014	-11.662
Anhydrite	-5.709	-6.154	Calcite	-9.564	-9.996	Chalcedony	-2.785	-2.802
Mg-Chlorite	-80.134	-85.596	Fluorite	-10.530	-12.727	Goethite	-4.405	-5.534
Laumontite	-26.856	-22.650	Microcline	-18.276	-15.631	Magnetite	-29.154	-29.602
Ca-Montmor.	-83.893	-46.562	K-Montmor.	-40.739	-24.785	Mg-Montmor.	-85.075	-47.022
Na-Montmor.	-40.774	-23.618	Muscovite	-20.744	-11.209	Prehnite	-36.555	-35.710
Pyrrhotite	-96.216	-103.698	Pyrite	-141.793	-117.428	Quartz	-3.034	-2.802
Wairakite	-24.537	-22.650	Wollastonite	10.608	5.636	Zoisite	-35.735	-33.499
Epidote	-43.023	-41.243	Marcasite	-118.792	-117.428	Talc	15.156	12.726
Chrysotile	23.070	18.330	Sil. amorph.	-2.181	-2.802			