

Beşparmak Dağları (KITÇC) Karst Akiferlerinin Hidrojeolojisi

Hydrogeology of The Beşparmak (Pentadactiios) Mountains (Trnc) Karstic Aquifers

Barbaros ERDURAN, Osman GÖKMENOĞLU, Erkan KESKİN

MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi, Ankara

ÖZ

Beşparmak Dağları Kıbrıs adasının kuzey kesiminde yer alır Ye denize paralel olarak 160 km uzunluğunda 10 km genişliğinde bir şerit halinde uzanır. Bu çalışmada Beşparmak dağlarının yüksek kesimlerinde bulunan. **Mesozoyik** yaşlı karbonat, **kayaçlanın karstlaşma durumu**, içerdiği **potansiyel** su miktarı ve hidrodinamik yapısı birlikte araştırılmıştır.

İnceleme alanında karstlaşmaya uygun birimleri Mesozoyik yaşlı karbonat, kayaçlan **dolomit**, dolomitik kireçtaşı ve rekristalize **kireçtaştır**. **Karbonat** kayaçların yüzey alanı 84 km² dir., Karst akiferlerinin tanımlanması amacıyla su noktalarında kimyasal ve izotop analizi için su örnekleri toplanmış kuyularda su seviyesi, değişimi gözlemleri yapılmış ve araştırma **kuyuları** açılmıştır,

Yapılan **jeoloji**, hidrojeoloji!, sondaj ve jeofizik çalışmaları sonucunda **Beşparmak Dağları** karst akiferlerinin birbirinden **bağımsız** karstik sistemlerden oluştuğu ve **bunların** toplam dinamik yer **altı** suyu rezervinin **9x10⁶** m³/yıl dolayında olabileceği saptanmıştır.

Anahtar Sözcük: Yer altı suyu potansiyeli Beşparmak Dağları, Karst

ABSTRACT

The Beşparmak Mountains are located on the Northern part of North Cyprus and lay parallel to the sea, 160 km. in length 10 km in width. Karstification, potential constituent and the hydro-dynamic structure of the Mesozoic aged carbonate rocks, located at high altitudes of the Beşparmak Mountains have been investigated in this study. The Mesozoic aged carbonate rock; dolomite, dolomite limestone and reerystallized limestone are the units suitable for karstification in the exploration area. Surface area of the carbonate rocks is 84 hn²., Chemical and isotopic samples have been collected, groundwater fluctuations have been observed and investigation wells have been opened for the definition of the karst aquifers., As the result of the geological hydrogeological, drilling and geophysical investigations it was found that the Beşparmak Mountains Karst Aquifers mas formed of independent karstic systems and a total dynamic groundwater potential of approximately 9 x 10 m /year for these systems has been determined,

*_

GİRİŞ

Karstik akiferlerin - doğal suların etkisiyle eriyebilen karbonatlı kayalar (kireçtaşı ve dolomitler) ve siflatlı kayalar (anhidrit ve jipsler) — akifer olma özellikleri (depolama, iletme, verme) diğer ortam akiferlerinden farklı özellikler göstermektedir. Ortamın heterojen ve anizotrop karakter göstermesi, bu ortamda oluşan çatlak ve erime boşluklarının boyutları, bulunuş, sıralanış ve diğer özellikleri dolayısıyla, yeraltı suyu akım tipinin farklılıklarına neden olmaktadır. Beşparmak dağlarının yüksek kesimlerini oluşturan Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarının hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

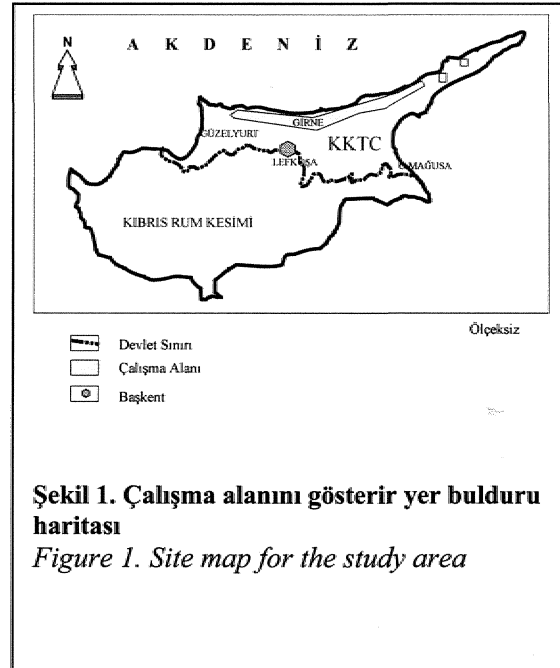
Amaç ve Kapsam

Beşparmak dağlarının yaklaşık 84 km² ilk bölümünü oluşturan Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarının;

- Yayılm ve geometrisinin,
- Bünyesinde depolanabilecek suyun hareket biçimi ile yer ve zaman içerisindeki değişiminin,
- Yatay ve düşey yönde ilişkili formasyonlarla arasındaki yeraltı suyu durumunun,
- Karst yapı ve şekillerinin boyutları ile bunların akiferi ne şekilde etkilediğinin,
- Yağışlar ve yüzey suları ile karstik akifere giren akiferde depolanan, akiferden boşalan su miktarlarının belirlenerek karst akiferindeki potansiyel su miktarının saptanması, dolayısıyla HİDRODİNAMİK YAPF'nın ortaya konulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır,

İncelenle Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı, Kuzey Kıbrıs- Türk Cumhuriyeti sınırları içerisinde yer alan Beşparmak dağları ve yakın dolayını kapsar. Adanın kuzey kesiminde, denize paralel olarak yaklaşık 160 km uzunluğunda 10 km genişliğinde bir şerit halinde uzanan Beşparmak dağları oldukça sarp topografyasıyla çalışmaların güçlükle yürütülmesine neden olmuştur. Çalışmalar Mesozoyik karbonat kayaların oldukça iyi yüzeylendiği, batıda Karşıyaka - Kozan hattından,, doğuda Yedikonuk bölgesine kadar kalan alan içerisinde ağırlıklı olarak yürütülmüştür. Bilindiği üzere bu bölge eski araştırmacılar tarafından da üç alt bölgeye ayrılmaktadır,



Batı Blok Karşıyaka - Kozan hattından Girne boğazına kadar olan bölge, Orta Blok Gime boğazından Alevkaya'ya kadar olan bölge, Doğu Blok ise Tirmen Gedüğinden Alevkaya'ya kadar olan bölgedir, inceleme

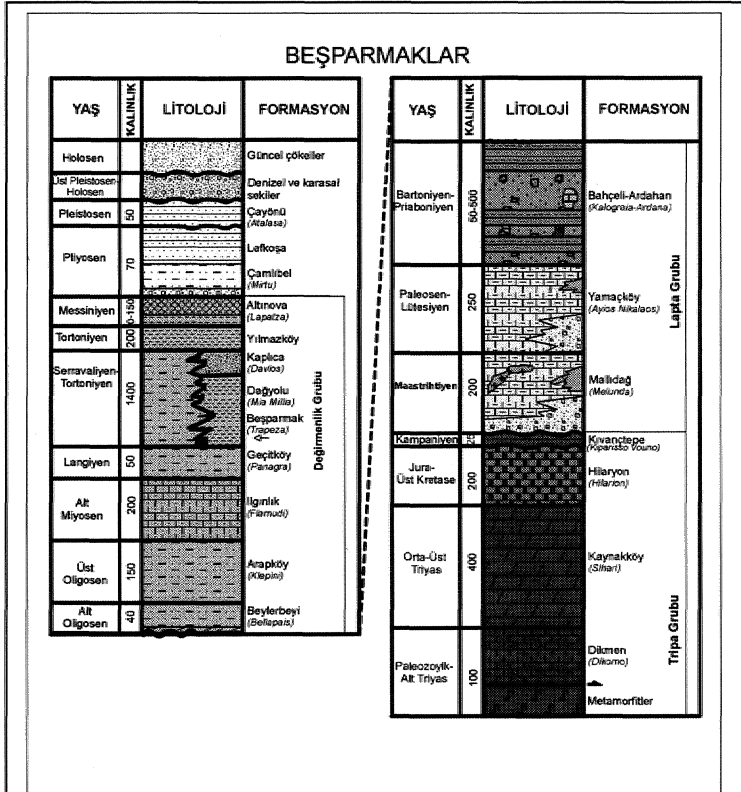
alanında bulunan önemli yükseltiler; batıdan doğuya doğru-Kıvanç Tepe (941 m% Selvili Tepe (1023 m) (KKTC'nin en yüksek noktasıdır), Komando Tepe (935 m), Bufavento Tepe (955 m), Yayla Tepe (927 m), Sinan Tepe (724 m) Kantara Kalesi Tepe (631 m)*dir, Beşparmak dağlarında doğu-batı yönünde bulunan bu yükseltiler aynı zamanda ana su bölflm çizgisini oluşturur ve topografik olarak bölgeyi iki hidrolojik zona ayırır,

Akdeniz iklim tipinin hüküm sürdüğü inceleme alanında kışlar¹ ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak, ve kurak geçer. Kuzey sahil ve Beşparmaklarda bulunan 15 adet Meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama yağış

400 mm dolayındadır. Ortalama sıcaklık ise 18.6°C değeri ile (KKTC geneli) oldukça yüksektir. Beşparmak Dağlarında çam ormanları ile çalılıklar hakim bitki örtüsü konumundadır.

JEOLOJİ

Beşparmak, dağlan bölgesi üç ana kaya grubundan oluşur. Bunlar; Paleozoyik-Üst Kretase yaşlı Tripa grubu, Maastrichtiyen-Geç Eosen yaşlı Lapta Grubu. Alt Oligosen-Messiniyen yaşlı Değirmenlik grubudur. Pliyo-kuvaterner istif ise bu çalışma kapsamı dışında yer almaktadır. Gerek önceki çalışmalar gerekse MTA çalışmalarından elde edilen verilerle bu birimler aşağıda sırayla incelenecektir. Beşparmak dağlarına ilişkin genelleştirilmiş dikme kesit Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Beşparmak Dağlarına İlişkin Stratigrafik Kesit
Figure 2. Stratigraphy section of the Beşparmak Mountains

Tripa Grube

Tripa grubuna ait birimlerin yaşı olası Paleozoyik'ten Üst Kretase'ye kadar¹ uzanır. Grubun en yaşlıları olan yeşil şist derecesinde metamorfizmaya uğramış metamorfiter kuvarsit, metaçört, metaşist, kloritşist, fillit, metatff ve metabazitlerden oluşur.

Diğer birimlerle tektonik dokanaktır. Bunun üzerinde yer alan Dikmen (Dikomo) formasyonu altta dolomitik ve biyoklastik çamurtaşı,, ortada laminalı kireçtaşı ve şeyller üstte ise şeker dokulu dolomitlerden oluşur. Dikmen Formasyonu ile faylı (takanaklara sahip olan

Kaynakköy (Sihari) formasyonu dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ve kristalen dolomitlerden oluşur. Kaynakköy formasyonunu, uyumlu olarak tizerleyen Hilajyon (Hilarion) formasyonu çoğunlukla hreşleşmiş rekristalize kireçtaşı ve dolomitler ile mermerlerden oluşmaktadır. Hilaryon formasyonunun alt kesiminden Jura yaşı alınmıştır (Baroz 1979). Tripa grubu sedimanter istifinin kalınlığı yaklaşık 750 m kadardır.

Lapta Grubu

Tripa grubunu uyumsuz olarak üzerleyen Lapta (Lapithos) grubu Maastrichtiyen - Geç Eosen zaman aralığında çökelmiştir. En altta oligomikritik kireçtaşı breşleriyle başlayarak bazalt, dolerit, ve trakit lavı ara düzeyli pelajik kireçtaşlarına geçen ve en tistte ince kalsitürbidit ara katmanları içeren pelajik karbonatlardan oluşan Mallıdağ (Melunda) formasyonu yer alır. Lapta grubu karbonat istifinin kalınlığı en çok 700 m dolayındadır. Lapta grubunun son üyesi Öрта-Üst Eosen yaşlı Bahçeli-Ardahan (Kalograia-Ardana) formasyonudur (Robertson ve Woodcock, 1986).

• Değirmenlik Grubu

Değirmenlik (Kitrea) grubu istifi Beşparmak Dağları'nın büyük bölümünde Lapta grubu kayalarını uyumsuz olarak üzerler. Kötu katmanlanmalı ve tane destekli konglomeralar Beylerbeyi (Bellapais) formasyonu grubun en alt düzeyini oluşturur. Değirmenlik grubu, bir bölümü bölgesel olarak sınırlanan ve uyumlu dokanak ilişkileri gösteren çok sayıda formasyona ayrılmıştır (Baroz, 1979),, Değirmenlik grubunun maksimum kalınlığı, .kuzey kesiminde. 1000 m,

güney kesiminde de 2200 m olarak verilmektedir (Baroz, 1979, Robertson ve Woodcock 1986). Bu istif, doğu kesimdeki Geçitkale dolaylarındaki bir derin, sondajda 2200 metrelik bir tektonik kalınlık gösterir.

Pliyo-Kuvaterner İstif

Sığ denizel ve karasal çökel karakterli Pliyosen-Kuvaterner istifinde değişik, araştırmacıların farklı düzey ve yanal ilişkilere sahip gördükleri çok sayıda foimasyon ayrılmıştır., Pleistosen, istifi kuzeybatıda ve kuzeydoğuda 20 m kalınlıktaki sığ deniz ve kumul ortamı .kökenli kalkarenitlerden (Atalasa formasyonu) oluşur. Kuzeydoğuda Beşparmakların hemen güneyinde yine yelpaze deltası konglomeraları kalkarenitlerle yanal geçişlidir. Beşparmak dağlarının çevresinde. Geç Kuvaterner yaşlı karasal ve denizel kökenli altı seki düzeyi saptanmıştır (Ducloz 1968, Dreghorn 1978, Baroz 1979).

Tektonik Çatı. ve Paleocoğrafik

Evrım

Geç Triyas'ta başlayan riftleşme ile Afrika'dan ayrılan Anadolu Mikrokitası ile Afrika arasında açılmaya başlayan okyanusun kabuğuna ait kayalar bugün Trodos dağlarında yüzlek verir. Ökyanuslaşma olasılıkla Kretase boyunca gerçekleşmiştir., Geç Kretase'de (Santoniyen?) Kuzey yönünde başlayan dalmanın ardından, Kampaniyen de Beşparmak dağlarının bugünkü güney sınırında, olasılıkla Troodos mikro levhasının saat yönünün tersine 90°lik rotasyonu sonucunda aktif bir sağ yanal doğrultu atımlı fay zonu oluşmuştur. Bu fay boyunca olan hareket,, Erken Tersiyer'den itibaren de

Mesozoyik yaşlı platform karbonatlarının makaslanarak tektonik breşleşmesine, derinde metamorfik kayalann oluşumuna ve bunların yukarı doğru düşeye yakın eğimli fay zonlan boyunca dilimlenerek çıkarılmasına neden olmuştur. Mamonia kompleksi içinde yer alan benzer Mr fay zonu da rotasyona uğrayan Trodos mikrolevhasının güney^ sınınnı meydana getirir. Rotasyon sırasında kuzeydeki Mesozoyik pasif kenarı okyanus kabuğu üzerine itilmiştir (Robertson ve Woodcock, 1986).

Toros kuşağındaki çarpışmalar, geç Eosen'den (Bartoniyen) itibaren Beşparmak dağlarının K-G doğmltusunda sıkışmasına neden olmuştur.. Bunun sonucunda güneye itilmeler ve belki de yerel metamorfizma gerçekleşmiştir. Bu dönemin istifleri, burada filiş, ofiyolit parçaları da içeren olistostrom ve yelpaze deltası çökelleridir, Trodos ofiyoliti'nin kuzey kenarında ise pelajik çökelim, sihmfiştür. Afrika ve Avrasya'nın sûre giden yakınlaşmasını Kıbrıs adasının güneyindeki dalma karşılamış ve Beşparmaklar bölge;esi Oligosen ve Miyosen sırasında bir yay önü havza konumunda kalmıştır. Bölge hızla çökmüş ve kuzeydoğuda, Adana-Kahramanmaraş-Hatay arasında yer alan dev bir denizaltı yelpazesi, kompleksin güneybatı parçasını oluşturarak kalın bir filiş istifi ile örtülmüştür. Ancak Trodos'un kuzey .kenan bu alanın giderek yükselmesi ile sığ bir platforma dönüşmüştür. Tektonik hareketler ve dolgulanmayla başlayıp Messiniyen'de iklimsel nedenlerle izole su alanlarının oluşumuna neden olacak boyut-

lara varan sığlaşma sonucunda Trodos çevresi ve Beşparmaklar güneyinde evaporitler çökelmiştir.

K-G oblik sıkışmanın Miyosen sonunda etkinleşmesiyle Beşparmaklar güneyinde büyük ölçek bindirmeler ile kıvrımlar ve kuzeyinde de ters itkileşmeler meydana gelmiş,, ancak Trodos'un, kuzey kesimi yalnızca çökmeye başlamıştır. Pliyosen- Pleistosen çökeli mi bu tektonizmaya belirlenen havzalarda, güneyde daha kalın olmak üzere gerçekleşmiştir.

Hızlı ve aralıklı yükselim Kuvaterner boyunca sürmüş ve çok sayıda denizel ve karasal sekinin meydana gelmesine neden olmuştur.

HİDROLOJİ

' Akarsular

İnceleme alanında **sürekli** akıma sahip' akarsu bulunmamaktadır. Bunun ana nedeni, bölgenin, **hüküm** süren, 'kurak iklim **koşulları** nedeniyle oldukça az yağış almasıdır. Buna bağlı olarak, sürekli akım oluşturabilecek durumdaki kaynakların, büyük bir çoğunluğu **kurumuştur**. Beşparmak, dağlarının, kuzey ve güney **yamaçlarının** yüksek eğime sahip olması nedeniyle yüzeysel akış ani olarak gerçekleşmektedir.

Kaynaklar

Beşparmgk Dağlarının en önemli kaynaklan Değirmenlik, ve Laptadır. Değirmenlik kaynağı 155 l/s, Lapta kaynağı 56.9 l/s dolayında bir debiye sahipken (1930-1954 yılı ölçümleri), bugün her iki kaynaktaki kurumuş durumdadır. Alsancak kaynağının

debisi de oldukça düşmüştür (0.8 l/s, Temmuz, 1998 ölçümü),, Beşparmak dağlarında güncel karst kaynaklarının görüldüğü en iyi yer Boğaz ile Karşiyaka-Kozan hattı arasında kalan alandır., Kozan alt ve Kozan üst kaynağı, İlgaz, kaynağı, Karşiyaka Pigadulla ve Cileyaz kaynakları bunların en önemlileridir. Bununla birlikte debileri 0.1-0.5 l/s arasında değişen çok sayıda mevsimsel kaynak arazi çalışmaları sırasında gözlenmiştir. Bu kaynaklarla ilgili ölçümler KKTC SİD tarafından periyodik olarak gerçekleştirilmektedir. Kaynaklanıl toplam verimi yaklaşık $0.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ ıdır. Kaynakların çoğunluğu faylı dokanak kaynağıdır.,

Kuyular

Beşparmak dağlarının, kuzey ve güney yamaçlarında açılmış çok sayıda kuyu bulunmaktadır. Bunlar yerleşim yerlerinin büyük bir bölümünün içme ve kullanma suyu gereksinimini karşılamaktadır.

Çalışmalar kapsamında Beşparmak dağlarında karst akiferini tanımlamaya yönelik olarak topografik, jeolojik ve hidrojeolojik koşullar dikkate alınarak toplam 5711,8 m derinliğinde 22 adet araştırma kuyusu açılmıştır. Bu araştırma kuyuları ile akifer seviyeleri, akiferin litolojik özellikleri, akiferin altında ve üstünde yer alan litolojik birimler, tektonik hatların hidrojeolojik özellikleri gibi önemli bilgiler elde edilmiştir. Açılan kuyular daha sonra yapılacak olan gözlem ve test çalışmaları için uygun çapta kapalı ve filtreli borularla teçhiz edilmiştir.,

Karst Yeraltı. Su Seviyesindeki Değişimler

Yeraltı su seviyesindeki değişimler doğal olarak meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik faktörlerin etkisi ile olur. Bunların en önemlisi bilindiği üzere yağıştır. Öte yandan yeraltı suyu seviye' değişimine - özellikle su seviyesinin sürekli, düşmesine- etki eden yapay faktörlerin başında pompaj (su çekimi) gelmektedir. İnceleme alanında bulunan kuyuların bir kısmında periyodik seviye ölçümleri gerçekleştirilmiş,, bunlardan yıllık yeraltı su seviye değişimleri hesaplanmıştır, Kuyuların yoğun olarak bulunduğu ve aşırı pompajın yapıldığı Değirmenlik bölgesinde 1996 yılı ile 1998 yılı seviye ölçümlerine bakıldığında ortalama yılda 2 m lik bir seviye düşmesi gözlenecektir., Benzer şekilde aynı olay diğer bölgelerde (Çatalköy, Dikmen, Tirmen, Lapta) gerçekleşmektedir. Yedikonuk, Tathısu, Kantara dolayında karst akiferinin beslenme alanının fazla olmamasına da bağlı olarak- dolayısıyla karst akiferinio. negatif sınır koşulu oluşturacak litolojik birimlerle çevrili olması nedeniyle - su seviyelerinde ani düşümler gerçekleşmiştir.

Yağış

Sistemin ana girdisi ve yeraltı suyunun esas kaynağı olan yağış, inceleme alanını karakterize eden 15 adet YGÎ da ölçülmüştür. Bu 15 adet YGÎ'deki değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda yıllık ortalama yağışın (1996 Haziran-1998 Haziran) 400 mm dolayında olduğu görülmektedir. (Çizelge 1)

Çizelge 1. KKTC yağışların uzun. yıllara göre ortalaması (KKTC Aylık Meteoroloji Bülteni)

Table 1.. Average precipitation of TRNC for long term annual per ion (TRNC Meteorological Bulletin)

	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
YAĞIŞ (mm)	103.6	38.7	47.3	19.3	14.7	3	0.1	0.6	5.8	31.4	44.5	100.3

Su Bilançosu Hesaplamaları

İnceleme alanına giren çıkan ve depolanan su miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan arazi ve büro çalışmalarından elde edilen verilere dayanılarak su bilançosu hesaplamaları yapılmıştır.

Bu hesaplamalarda maddenin korunumu ve süreklilik yasalarına dayanan temel ilişkiler kullanılmıştır. Bütçe hesaplamalarında hidrolojik sisteme giren (alansal ortalama yıllık yağış) bileşenlerinin, sistemden çıkan (buharlaşma ve akım) bileşenlere dönüştürülmesi üzerinde durulmuştur.

İnceleme alanında potansiyel, olarak bünyesinde su bulundurabilecek formasyonlar; Beşparmak dağlarının 'yüksek kesimlerinde yer alan Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı,, dolomit, dolomitik breş litolojisiyle kışmaya uygun birimlerdir. Bununla birlikte topografyanın yüksek eğimli olması pratik olarak, yüzeysel, akıstan süzülme azaltmaktadır. Bunun yanında karstlaşma sonucu oluşan kapalı havzalardan beslenme daha etkin olmaktadır.

Bilanço hesaplamalarında Karşıyaka-Kozan hattından-tümen gediğine kadar olan alan ile Tinnen Gediğinden Yedikonuk böl-

gesine kadar olan alan kayıp yüzdesi, hidrojeolojik birimler, bitki örtüsü ve karst topografyası dikkate alınarak incelenmiştir.

Sistemin temel girdilerinden biri olan alansal yıllık ortalama yağış 400 mm dolayındadır. Yağış ve sıcaklığın fonksiyonu olarak Turg yöntemiyle hesaplanan gerçek buharlaşma değeri 393 mm'dir.

Beşparmak Dağlarının kuzey ve güney yamaçlarından çıkan kaynakların maksimum dinamik rezervinin 8.6×10^6 m³/yd, minimum dinamik rezervinin 3.8×10^6 m³/yıl olduğu bilinmektedir (DSİ, 1977). Dolayısıyla arazi parametreleri göz önüne alınarak yapılan bilanço hesaplamalarında Beşparmaklarda yıllık beslenimin 9×10^6 m³/yıl olduğu sonucu dinamik rezerv hesapları ile de doğrulanmaktadır. Bununla birlikte, statik rezerv için söz konusu olan su miktarının hesaplanmasında yeraltı geometrisinin çok iyi bilinmesi gerektiği düşünülmesiyle bu hesaplamalardan uzak durulmuştur. Aynı zamanda su seviyelerinin yıldan yıla düşmesi, beslenmeden daha fazla su çekimi yapılması, dolayısıyla statik rezervin azaldığı gözlemlerini doğrulamaktadır.

KARST HİDROJEOLJİSİ

Hidrojeoloji Birimleri

İnceleme alanında bulunan birimler su taşıma özelliklerine göre geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere 3 ana grup altında incelenmiştir.

Geçirimsiz Birimler

İnceleme alanının kuzey ve güney yamacı boyunca uzanan flišoid karakterdeki kumtaşı,

kiltaşı, siltaşı, marn özelliği gösteren Alt-Oligosen-Messiniyen zaman ağırlığında çökelmiş litolojik birimler geçirimsizdir., Aynı şekilde Alt Triyas-Paleozoyik yaşlı metamorfite de geçirimsiz özelliktedir.

Geçirimli Birimler

İnceleme alanında geçirimli özellikte 3 (üç) birim bulunmaktadır. Bunlar;

- Orta-Üst Triyas yaşlı Kaynakköy Formasyonu

- Jura-Üst Kretase yaşlı Hilaryon Formasyonu

- Paleozoyik-Alt . Triyas yaşlı Dikmen Formasyonu

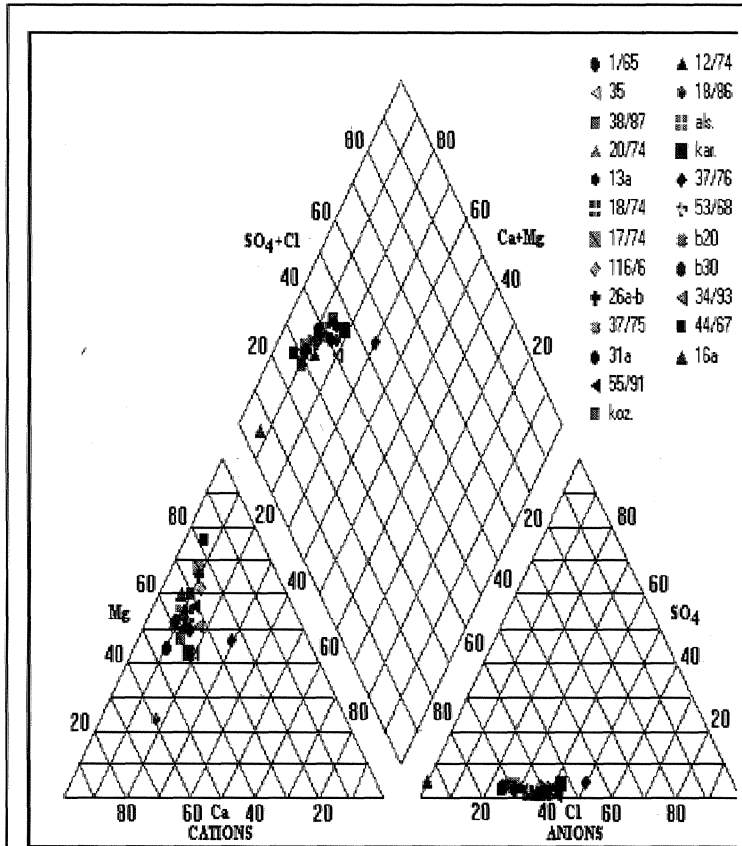
Yukarıda bahsedilen her üç birim de karstlaşmaya uygun birimlerdir. Kayaçların karşılaşmasına neden olan ana faktörlerin başında tektonizma ve litolojik yapı gelmektedir. Bu birimlerde görülen karstik yapılar genellikle fay ve kırıkların kesiştikleri ve litolojinin değiştiği noktalarda gelişmiştir.

Yarı Geçirimi Birimler

İnceleme alanının büyük bir bölümünde geçirimli birimlerle kontak oluşturması ve tektonik hatalarla hidrojeolojik olarak ilişki içerisinde bulunması nedeniyle Kampaniyen -Bartoniyen zaman, ağırlığında çökelen Lapta grubu kayaları yarı geçirimli birimler olarak değerlendirilmiştir..

S11 Kimyası Çalışmaları

İnceleme alanında karstik akiferlerin hidrojeokimyasal karakterlerinin incelenmesi amacıyla-



Şekil 3.: Beşparmak Dağları Karst Akiferinden Alınan Su Örneklerine Ait Piper Diyagramı

Figure 3.: Piper Diagram of the Beşparmak Mountain Karstic Aquifer

la su noktalarının tümünde yerinde ölçüm yapılmış, analiz için örnekler alınmış, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Suların pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), çözülmüş oksijen (DO) gibi özellikleri genelde yerinde ölçülmüştür. İnceleme alanında 34 lokasyonda su örneği alınmıştır. Alman örnekler üzerinde yapılan majör İyon (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , $HCCV$, CO_3^{--} , Cl^- , SO_4^{--}) analizleri KKTC Devlet laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanılarak Mdrojeo-Mmyasal ortam konusunda değerlendirmelere gidilmiştir. Bu amaçla üçgen (piper) diyagramlardan yararlanılmıştır, Şekil 3'de suların majör iyon

içerikleri kullanılarak oluşturulan üçgen diyagramlar görülmektedir. Anyonlar' için hazırlanan (CO_3^{--} , $HC(V)$, SCV ve CO diyagramlarında suların $BCCV+CO_3$ anyonlarının, kationları için hazırlanan diyagramlarda ise Ca^{++} , Mg^{++} kationlarının hakim olduğu sular sınıfında oldukları görülmektedir.

Karst Yeraltısuyu İzlemeleri

inceleme alanında bulunan suların kökenleri ve birbirleri ile olan ilişkilerinin ortaya konmasında yararlı yöntemlerden bir diğeri ise izleme teknikleridir. Yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokhnyasal çalışmalardan elde edilen sonuçlar yardımıyla hidrojeolojik ilişkiler' ortaya konmuştur. Bu ilişkiler çevresel izotop analizleri ile somutlaştırılmıştır.

Çizelge 2: Beşparmak Dağları 1998 Yılı Su Analiz Sonuçları

Table 2.: Chemical analysis results of the yera 1998, Beşparmak Mountains

Tarih	Kuyu No	Kondaktivite	PH	Cl	SO4	HC03	Na	K	Ca	Mg	K.Bakiye	Tuzluluk	Karb. Sert	Kalıcı Sert	Sert.bütünü
MAYIS 1998	MTA-2	630	7.1	1.30	0.88	4.68	1.91	0.05	2.80	2.10	500	76	235	10	245
	MTA-1	650	7.5	1.80	0.24	4.64	1.65	0.05	2.60	2.38	480	105	230	15	245
	Değirmenlik	590	7.4	1.50	0.58	4.60	1.74	0.04	1.76	3.14	480	88	230	15	245
	Güngör	590	7.1	1.80	0.27	4.08	1.52	0.05	2.36	2.22	440	105	205	25	230
	Ciklos	610	7.4	1.40	0.20	4.84	1.30	0.04	2.32	2.78	470	82	240	10	250
	Göçeri	370	7.7	0.90	0.63	2.60	0.96	0.04	1.44	1.69	290	53	130	25	155
	18/74	620	7.4	1.80	0.09	4.36	1.35	0.04	2.44	2.42	440	105	220	25	245
	MTA-3	760	7.6	1.80	0.23	6.20	1.26	0.05	0.84	6.08	570	105	310	35	345
	17/74	800	7.0	1.70	0.48	6.64	1.22	0.05	3.48	4.07	640	99	330	45	375
	50/61	600	7.3	1.30	0.94	4.72	1.83	0.04	3.08	2.01	510	76	235	20	255
	40/71	560	7.2	1.20	0.01	4.48	0.96	0.04	2.80	1.89	420	70	225	10	235
	B 30	570	7.5	1.30	0.45	4.60	1.17	0.04	2.68	2.46	460	76	230	25	255
	18/b	660	7.4	1.90	1.13	4.08	1.52	0.05	2.28	3.26	490	111	205	70	275
	EB/10	570	7.6	1.40	0.23	4.68	1.17	0.04	2.20	2.90	450	82	235	20	255

Çevresel İzotop Analizleri

Hidrodinamik yapının aydınlatılması amacıyla inceleme alanında yer alan 15 adet su noktasından izotop örneği alınmıştır. Yağışlı ve kurak dönemde alınan su örnek-

lerinde Trityum. (T), Oksijen-18 ve Döteryum. analizleri yapılmıştır. Analizler DSİ'nin Ankara Esenboğa'da bulunan izotop laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki izotop değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3: İnceleme alanındaki suların izotop değerleri

Table 3: Isotope analysis results on the investigation area.

LOKASYON ADI	$\delta^{18}D$ (‰)		δD (‰)		T (T:U)	
	Ekim 96	Nisan 97	Ekim 96	Nisan 97	Ekim 96	Nisan 97
Kantara Kuyusu(34/93)	-6.81	-7.51	-30.70	-36.84	3.50±0.85	6.2±0.9
Esentepe 16 A	-7.32	-7.99	-39.30	-44.99	2.50±0.8	3.6±0.8
Dikmen 38/87	-3.89	-7.09	-69.24	-31.40	7.3±0.9	8.7±0.9
Tatlısu 116/65	-6.96		-38.35		0.0±0.8	
Çatalköy 13/30	-7.48		-36.22		1.8±0.8	
Karşıyaka 35	-7.98	-7.11	-50.83	-35.87	4.1±0.75	4.6±0.9
Karşıyaka Pınar	+1.92	-7.01	-17.22	-41.15	6.6±0.9	9.1±0.9
Alsancak Pınar	-6.87	-6.92	-41.27	-55.06	6.0±0.9	10.4±0.95
Beşparmak 20/74	-7.02	-6.89	-39.13	-35.92	1.0±0.8	0.0±0.8
Kozan Alt Pınar	-6.42	-6.96	-39.43	-51.7	4.3±0.9	4.55±0.9
Göçeri 55/91	-7.01	-7.07	-44.89	-22.77	9.55±0.9	4.8±0.9
Bozdağ 1/65	-7.38	-7.18	-43.36	-35.6	4±0.85	3.15±0.8
Tirmen 17/74	-7.04	-6.77	-35.39	-48.33	0.0±0.8	1.6±0.8
Ciklos 12/74	-1.15		-10.02		2.0±0.8	
Değirmenlik 18/74	-3.82		-20.06		3.30±0.8	
Güngör 13a	-6.97		-40.71		4.75±0.85	
Alevkaya Met. İst.		-6.97		-40.75		8.3±0.9
Değirmenlik 37/75		-1.02		-6.52		2.7±0.8

Duraylı İzotoplardan, Döteryum ve Oksijen-18'den suların olası beslenme yüksekliklerinin saptanmasında, Trityumdan ise bağıl yaş ve geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır. Yağışlardan alınan su örneklerinde duraylı izotoplardan Oksijen-18 ve Döteryum. içerikleri arasında dünya yağışlarını temsil eden ilişkinin $SD=8x 5^{18}O+10$ olduğu, bilinmektedir (Yurtsever, 1978), Yağışlardaki ağır izotop miktarı (S D, $8^{18}O$) deniz yüzeyinden yükseldikçe azalır. Deniz suyunun Oksijen-18 ve

döteryum bileşimleri genellikle paralel, olarak değişir. Tatlı sular ağır izotop yönünden deniz suyundan daha küçük değerlere sahiptir. Tatlı sulardaki izotop bileşimi coğrafik enlem. ve yüksekliğin artması ile azalır. Doğal sularda kararlı izotop kompozisyonu $\delta-D$ ‰ ordinat ve $o^{18}O$ ‰ apsis olarak alındığında, beslenme alanına düşen yağışlardan alınan numuneler ile boşalım alanındaki kuyu, ve kaynak gibi su noktalarından alınan numunelere ait kararlı izotop değerleri çizilen grafikte aynı doğru üzerinde bulunur

Çizelge 4: İzotop Örneği Alınan Noktalarda Elektriksel İletkenlik ve sıcaklık okumaları

Table 4: Electrical Conductivity and temperature readings of the water sample locations

Lokasyon No	Yükseklik (m)	EKİM-KASIM 1996		MART-NİSAN 1997	
		EC (μS/cm)	T (°C)	EC (μS/cm)	T (°C)
1/65	435	577	21.7	574	21.3
12/74	350	558	21.6	560	20.3
38/87	360	417	23	421	20
20	331	506	20.2	518	18.4
20/74	310	517	20.3	519	19.7
18/74	315	545	21.9	547	20.4
13a	367	545	23.9	557	21.6
116/65	246	951	21.7	-	18.6
17/74	465	731	19.8	-	-
55/91	390	352	21.4	352	23
Kozan Kayn.	300	680	21.8	670	18
Karşıyaka Kayn.	150	509	20.4	514	19.6
35	310	518	20.4	517	19.8
Alsancak Kayn.	200	509	18.8	530	18.8
34/93	510	706	22.3	-	13.8
16a	450	731	19.8	769	11.7
37/75	330	534	19.7	534	30.6

Genellikle bir bölgedeki yağışlara ait izotop değerleri ile yeraltı suyuna ait izotop değerleri, eğer suların kökeni aynı ise aynı doğru üzerinde ve yeraltı sularına ait değerler aynı Mime içinde toplanır.

Çevresel izotoplardan yararlanılarak suların orijinlerinin araştırılması konusunda kesin bir sonuca varmak,, ancak birbiri ile ilişkisi aranan iki suyun izofopik kompozisyonlarının farklı oluşması ile mümkündür. Eğer iki suyun kararlı izotop içerikleri aynı ise bu iki suyun aynı orijinli sular olduğunu söylemek mümkün olmakla beraber arala-

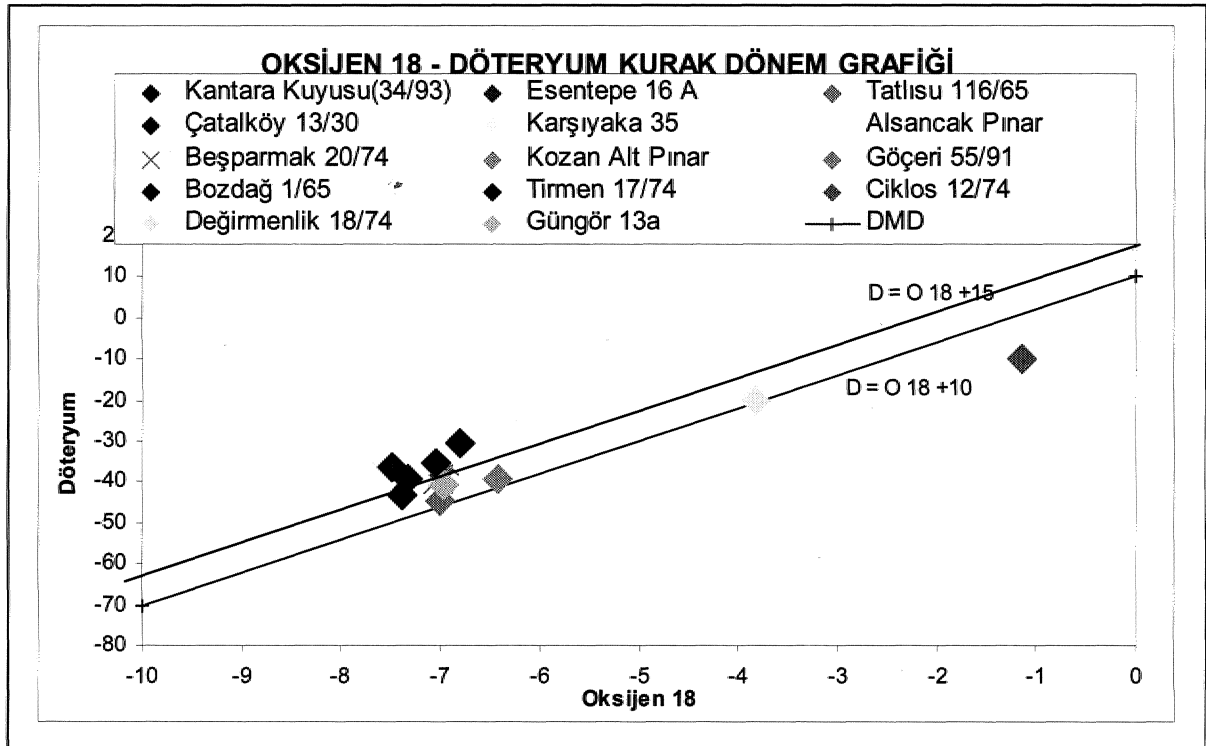
rındaki ilişkiyi belirlemek zordur. Bu nedenle numunelerin bütün izotop değerlerinin ve kimyasal analiz sonuçlarının bir arada değerlendirilmesi çözüme daha iyi yaklaşım getirir.

Duraylı izotop içeriklerinin bağıl konumlan kurak dönem için $S D = 8^{18}O + 15$ doğrusu üzerine düştüklerini göstermektedir (Şekil 4). Yağışlı dönem bağıl konumları ise $8 D = 8^{18}O + 22$ doğrusu ile uyum göstermektedir (Şekil 5).

Duraylı izotop ve sıcaklık okumaları göstermiştir ki yeraltı suları benzer kökenlidir. Her ne kadar bunlar termal su değildir ve Derin dolaşımdan

gelen meteorik sular olarak çıkış noktalarına oldukça yavaş ulaşmaktadır. Bu olay ki-reçtaşı akiferlerinin büyük bir rezervuara sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 6'da Döteryum-Trityum ilişkisi görülmektedir,, örneklerdeki dötetyumun her değeri için düşük trityum, değeri olan. lokasyonlar derin dolaşıma giren sulardır. Alevkaya meteoroloji istasyonlarından alınan yağış örneğindeki Trityum değeri göz önüne alındığında, inceleme alanında bulunan, suların çoğunluğunun bu trityum değerinden oldukça düşük, olduğu görülür.



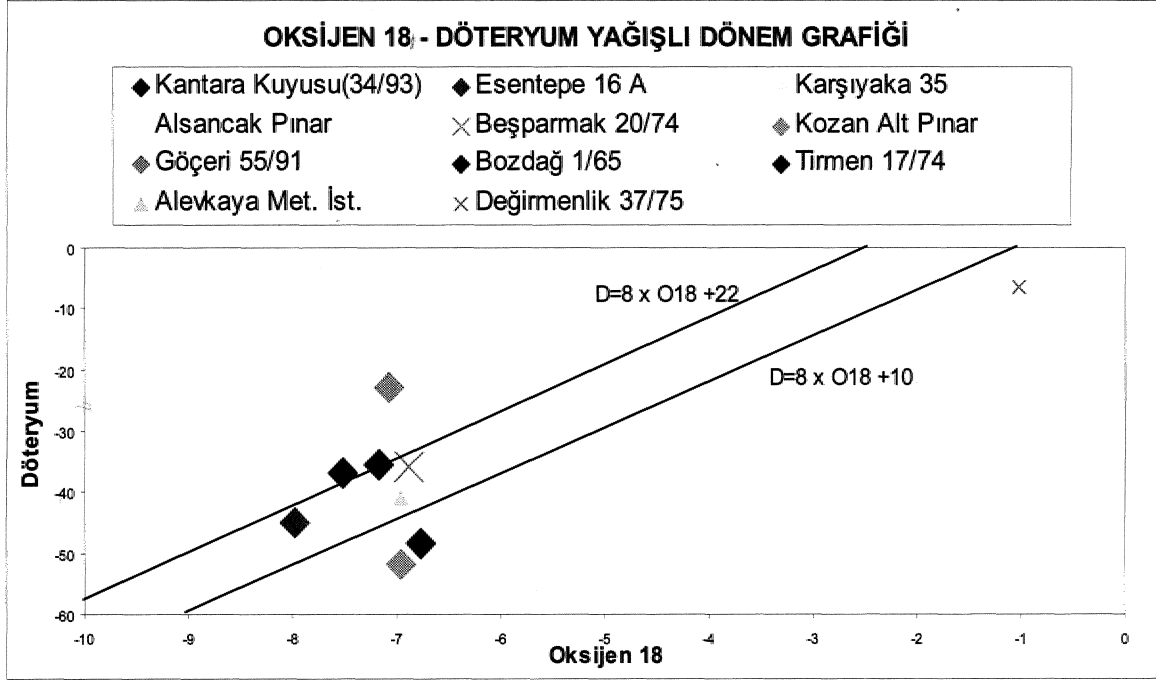
Şekil 4. : Kurak dönem Oksijen-18 Döteryum grafiği

Figure 4: Dry Season Oxygen-18 - Deuterium Graph.

Yeraltı suyu Dolaşımı ve Karstlaşma

İnceleme alanında yapılan arazi gözlemlerinde yeraltı suyu dolaşım tipinin yerel dolaşım akiferlerinde gözlenen yerel dolaşıma (conduit 'type) karşılık geldiği saptanmıştır. Alsancak kaynağı karst sistemi, Kozan kaynakları karst sistemi, Değirmenlik Bölgesi, Çatalköy bölgesi, Tirmen Bölgesi çalışma sahasında yerel dolaşım tipi örneği için en iyi alanlardır. Bunun yanı sıra litolojinin dikey olarak geçirildi ve geçirimsiz katmanların aşılmasından oluşması, yerel asılı su tablalarının görülmesine neden olmaktadır. İnceleme alanında yapılan çok sayıda su amaçlı sondaj kuyularında bu durum gözlenmiştir.

Çalışma alanında karşılaşmaya ilişkin gözlemler arazide yapılan sondajlı çalışmalarla gerçekleştirilmiştir. Yüzeide ve sondajlı çalışmalarla yapılan gözlemler sonucu karbonatlı kayaların bol kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Çatlakların birkaç mm dolayında kırıkların 1.5-2 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Bununla beraber arazide yer yer kireçtaşları üzerinde görülen karst şekilleri (Uvala, dolin, polye, karst kaynağı) kanal akımının, (conduit flow) bir göstergesidir. Karstlaşma genellikle zayıf zonlar boyunca, faildi litolojilerin, dokanaklarında ve fay zonlarında, aynı litolojideki kırık çatlak ve tabaka düzlemleri arasında gelişen karstlaşmadan daha ileri derecelerde gözlenmiştir.

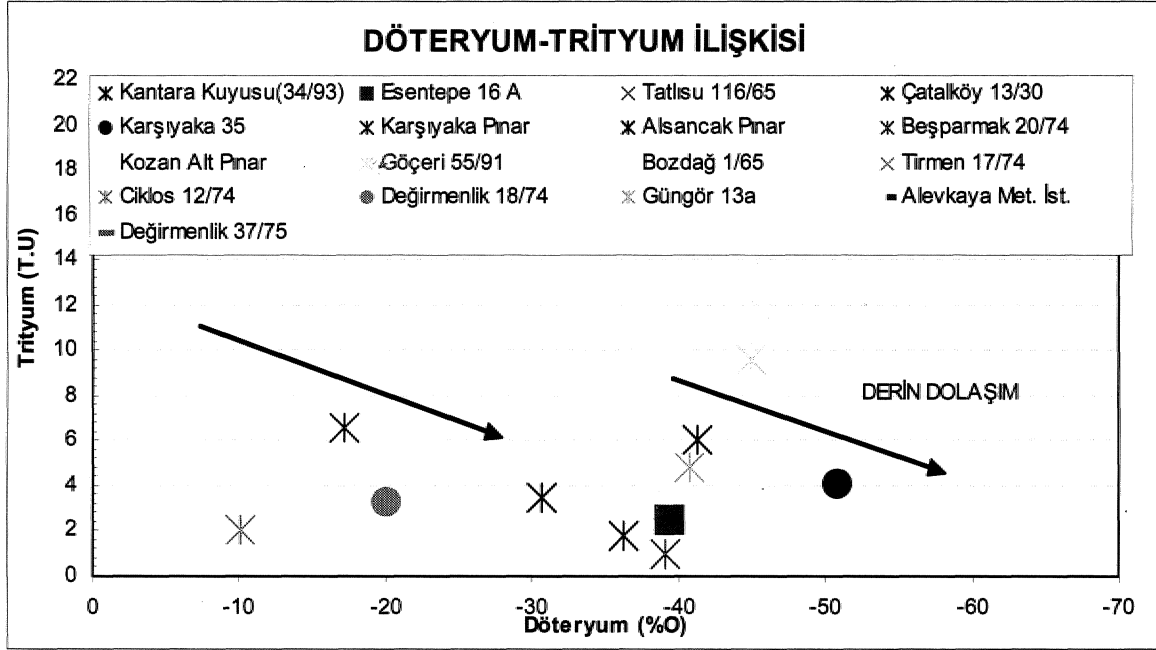


Şekil S. : Yağışlı dönem. Oksijen-18 Döteryum grafiği

Figure 5: Wet season Oxygene 18 - Deuterium Graph

Beşparmak dağlarında karsüaşabilen birimlerde karstlaşma Miyosen sonunda hızlı kıta yfkselimine bağlı olarak gelişmeye başlamış olmalıdır. Orta Triyas - Jura yaşlı Sihari formasyonu, Jura - Alt Kretase yaşlı Hilaryon formasyonu bölgenin karstik özelliklerine sahip birimlerdir. İnceleme alanını batıdan doğuya doğru, kat eden bu formasyonlarda karşılaşmaya en uygun olanı Hilaryon kireçtaşıdır, Sihari formasyonu da ise karstlaşma daha az görülmektedir.

Miyosen sonu - Pliyosen başında başlayıp günümüze kadar devam eden, yarı kurak iklim koşullarındaki bir karstlaşmadan söz edilebileceğimiz inceleme alanında karst yüzey şekilleri Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında gelişmiştir. Karst yüzeyini oluşturan morfolojik şekiller genelde kareler, aktif ve fosil kaynaklar, kura vadiler, mağaralar, travertenler ve kaybolan 'yüzey drenajı' şekilleridir.



Şekil 6 : Beşpınar Dağları Karst Akiferinden alınan su örneklerinde Döteryum-Trityum ilişkisi
Figure 6: Deuterium-Trithium graph of the Beşpınar Mountains Karst Aquifer water samples.

Pratik olarak Lapta tebeşirlerinde karşılaşma gözlenmemektedir., Kireçtaşları ve dolomitlerle kaplı arazilerin kimyasal bozulmasına en iyi örnek Batıda Şehit Kıvanç Tepesi ve St. Hilaryon arasında kalan alan ile doğuda Yayla tepe ile Tirmen gediği arasında kalan alandır.. Hilaryon kireçtaşlarından gelişen karsta ait en iyi örneklerin görüldüğü, bölge; Yanıkkonvoy mevki, Hilaryon kalesi atış alanı, Kilise ardı ve Meydanlık düzü alanlarıdır.

Bunlardan, en önemlileri; Yanıkkonvoy bölgesinde gelişen 1.7 km uzunluğunda 0.4 km, genişliğinde ortalama 500 m yükseltide oluşmuş karstik çöküntü alanıdır. Hilaryon kalesinin 100 m doğusunda bir 50X100 m. boyutlarında bulunan karstik. erime ve çökme yapısı inceleme alanında gözlenen en iyi karst yapı şekillerinden biridir.

Dolomitik kireçtaşı, dolomit ve breşik dolomitik kireçtaşlarından oluşan Sihari formasyonu, erime için sınırlayıcı bir faktör olan dolomiti bünyesinde bulundurması nedeniyle Hilaryon kireçtaşlarına göre daha az karşılaşmış durumdadır. Sihari formasyonunda güncel karsta ait örneklerin en iyi görüldüğü, yer ise Kozan, köyü kaynaklarıdır.

SONUÇLAR

- Çalışma alanında özellikle Beşpınar dağlarının yüksek kesimlerinde Paleozoyik alt Triyas'tan Oligo-Miyosen'e kadar değişen yaşlarda litolojik birimler mevcuttur., Bunlardan Alt Triyas-Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Alt Oligosen-Mjessiniyen zaman, aralığında çökelmiş birimler geçirimsiz., Orta-Üst Triyas yaşlı Kaynakköy formasyonu ile

Jura-Üst Kretase yaşlı Hilaryon formasyonu ile Paleozoyik alt Triyafa yaşlı Dikmen formasyonu geçirimi!, Kampaniyen-Bortaniyen zaman aralığında çökelmiş Lapta grubu kayaları yan geçirindi birimler olarak değerlendirilmiştir.

- Hilaryon. Kireçtaşları ile Kaynakköy formasyonu, bölgenin karşılaşmaya uygun birimleridir. Hilaryon kireçtaşları litolojik özelliğinden dolayı Sihari formasyonuna göre* daha iyi karşılaşmış durumdadır. Karslaşma süreçleri göz önüne alındığında orta derecede karstlaşmadan bahsedilebilir. Çalışma alanında bulunan kaynakların büyük çoğunluğu, karst akiferinden aşırı çekim, nedeniyle bugün kurumuş durumdadır, Bu kaynakların çıkış mekanizması bölgenin geçirmiş olduğu şiddetli tektonik hareketler nedeniyle faylı dokanak kaynağı özelliği göstermektedir. Karslaşmayı sağlayan ve bölgesel yeraltı suyu dolaşımını denetleyen faktörlerin başında bu tektonik hareketler gelmektedir.
- Beşparmak Dağları karst akiferinin, yıllık ortalama beslenimi $9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yü}$ olarak bulunmuştur. Bu değer daha önceki dinamik rezerv hesapları ile de doğrulanmaktadır.
- İnceleme alanında 22 adet araştırma sondajı açılmıştır. Bunlardan toplam 185 l/s dolayında su elde edilmiştir.
- Beşparmak Dağları karst akiferinde periyodik olarak hidrojeokimyasal çalışmalar yapılmış, yapılan analizler sonucu suların ağırlıklı olarak Ca-Mg ve HCO_3 iyonu içerikli oldukları saptanmıştır.
- Beşparmak dağları karst akiferi, kaynak kotları ve kuyulardaki su seviyeleri karşılaştırıldığında, faylar ve diğer tektonik özelliklerle birbirinden bağımsız birçok alt akiferden oluştuğu saptanmıştır

Değerlendirilen Belgeler

- Baroz, F., 1979 ,Etude Geologie Dans Le Pentadaktilos Et La Mesoaria, 365 p, Ph.d. Thesis Universty of Nancy.
- Dixey, F., 1972, "The Geology and Hydrogeology of the Kyrenia Range, Cyprus, Ministry of Overseas Development, London.
- Dreghorn, W., 1978, Landforms in the Gime Range, Northern Cyprus, MTA Enstitüsü Yayınları, No: 172, 220 s., Ankara.
- Ducloz, C., 1968,, Les Formations Quaternaires De La Region De Kiepini Et Leur Place Dans Cronoloquie Du Quaternaire Méditerranéen, Archs ScL, Genova
- DSI, 1977, Kıbrıs Beşparmak Dağlarının Fotojeoloji Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Mbrius, L., Kreysing, A., 1963-1964, Hydrogeological Investigations and Groundwater Development, in the Kyrenia Range of Cyprus.
- Robertson, A., Woodcock, N.J.H.L, 1986, The Role Of The Kyrenia Range Lineament, Cyprus, In The Geological Evolution of The Eastern Mediterranean. Area, PhiloTrans. R. Soc. London.
- Stavrinou, Y. H.I, 1963, Groundwater resources of the karstic regions of Cyprus, B. Sc., London.
- UNDP, 1970, Survey of Groundwater Mineral Resources Cyprus, United Nations Development Programme, Genova

