

# KIRŞEHİR ÇİÇEKDAĞI-BULAMAÇLI KAPLICASININ HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ

## HYDROGEOLOGICAL STUDY OF BULAMAÇLI THERMAL WATER SOURCE, IN KIRŞEHİR, ÇİÇEKDAĞI

Baki CANİK

*Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Konya*

ÖZ. — Bulamaçlı sıcak su kaynaklarının köken, beslenme ve fiziko-kimyasal nitelikleri aydınlatılmaya çalışılmış ve debisini çoğaltmaya yönelik yapılması önerilen sondajın özellikleri verilmiştir. İnceleme alanında Paleosen yaşlı granit üzerine Alt Eosen yaşlı riyolitler gelmektedir. Bunların üzerinde uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı çakıltaşı bulunur. Bu çakıltaşı üzerine kireçtaşı ve marn gelir. Sıcak su D-B yönlü bir fay boyunca çıkar. Sıcaklığı 44.5° C, debisi 1.45 lt/sn dir. Kaplıcalarda, içme küründe kullanılan diğer bir kaynağın sıcaklığı 29.5° C, debisi de günde 3.36 m<sup>3</sup> tür. Her iki su da jeotermik gradyanla ısınmış, iç kökenli kimi iyon ve gazların da etkisiyle kendine özgü niteliği kazanmış, karışık kökenli sulardır. Kimyasal bileşim yönünden de sınıflanması eşitli olup, «sodyumlu, klorürlü, bikarbonatlı, radyoaktif ve karbondioksitli sıcak su» dur. Suların farklı zamanlarda yapılan kimya tahlillerinde toplam erimiş madde miktarı 4107-5413 mg/lt arasında değişir. Sıcak su kaynaklarını dış etkilerden korumaya yönelik birbirini çevreleyen kuşaklar şeklinde üç korunma alanı önerilmiştir. Bulamaçlı'da modern bir termal merkez yaratma amacıyla sıcak suyun debisinin artırılma yolları aranmıştır. Bunun için kaplıcada, 500 m derinlikte bir sondaj önerilmiştir. Bölgede termal turizmin gelişebilmesi için bu sondaj savsaklanmamalıdır.

ABSTRACT. — This study includes the origin, feeding and physical-chemical qualities of Bulamaçlı thermal water spring, and, also the type of drilling suggested to increase its discharge. In the studied area it is found that Paleocene age granites are overlaid by Lower Eocene rhyolites, then by Middle Eocene age sandstones extending unconformably. Then comes limestones and marls at top» Thermal waters extract through a faulting along E-W. Temperature of water is 44.5° C and discharge is 1.45 lt/sec. Another thermal water drunk with an aim of curing in thermal-baths has a temperature of 29.5° C and a discharge of 3.36 m<sup>3</sup> a day.

Both waters have heated by geothermal gradient, and have Properties partly resulted from some internal ions. Classification in Chemical composition is equated and it is a thermal water with «sodium, chlor, Carbonate, radioactive and carbondioxide». Chemical analyses in various times showed the solved material about 4107-5413 mg/lt. 3 protecting areas surrounding each other have been suggested to eliminate the external effects on thermal water springs.

Discharge of thermal water should be increased for the establishment of a modern thermal center in Bulamaçlı. A drillhole 500 m deep will help this increase which should be opened without delay if thermal tourism of the area is wanted develop.

## GİRİŞ

Bulamaçlı kaplıcasının hidrojeoloji incelemesi 1978-1979 yıllarında, MTA Enstitüsü ve Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesinin işbirliğiyle gerçekleştirilmiştir. İncelemenin amacı, Bulamaçlı kaplıca suyunun kökeni, fiziko-kimyasal nitelikleri ile sıcak suyun debi ve sıcaklığını artırma olanaklarının araştırılması, ayrıca sıcak suyun her türlü kirlenmesine engel olacak önlemlerin saptanmasıdır.

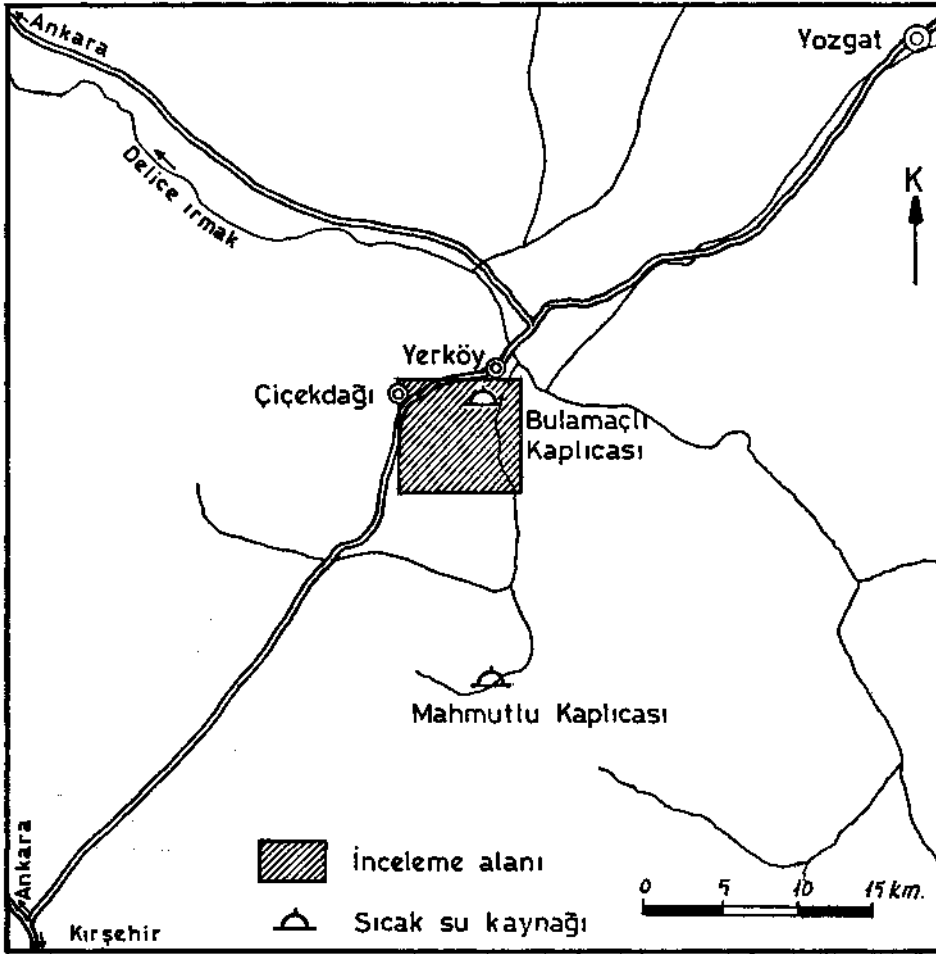
Kaplıca dolayında yaklaşık 50 km<sup>2</sup> lik bir alanın jeoloji haritası alımında, 1:25 000 ölçekli I 32 - C<sub>2</sub> - C<sub>3</sub> paftalarından yararlanılmıştır.

## Önceki incelemeler

Çalışma alanı ve dolayında Arni ve Ladame (1936) Yerköy linyit sahasının jeoloji haritasını, Ketin (1954) 1:100 000 ölçekli jeoloji harita alımını, Erguvanlı (1954) Kırşehir doğusundaki maden yatakları ve sıcak suların hidrojeolojisini, Ayan (1963) doktora çalışması olarak jeoloji ve petrografi incelemelerini, Çağlar (1961) ve Yenal (1975) sıcak suların kimya tahlilleri ile tıbbî değerlendirmesini yapmışlardır.

## COĞRAFYA

Bulamaçlı kaplıcası, Çiçekdağı ilçe merkezinin 5 km doğusunda, Yerköy'ün 3 km güneyindedir (Şek. 1). Çiçekdağı ilçesinin sınırları içindeki kaplıcayı ilçe merkezine bağlayan ham yol, yağışsız zamanlarda arazi araçlarının gidebileceği niteliktedir. Yerköy'ü kaplıcaya bağlayan yel ise stabilize olup, her mevsim gidilebilir durumdadır.



Şek. 1 - Yer belirleme haritası.

## Morfoloji

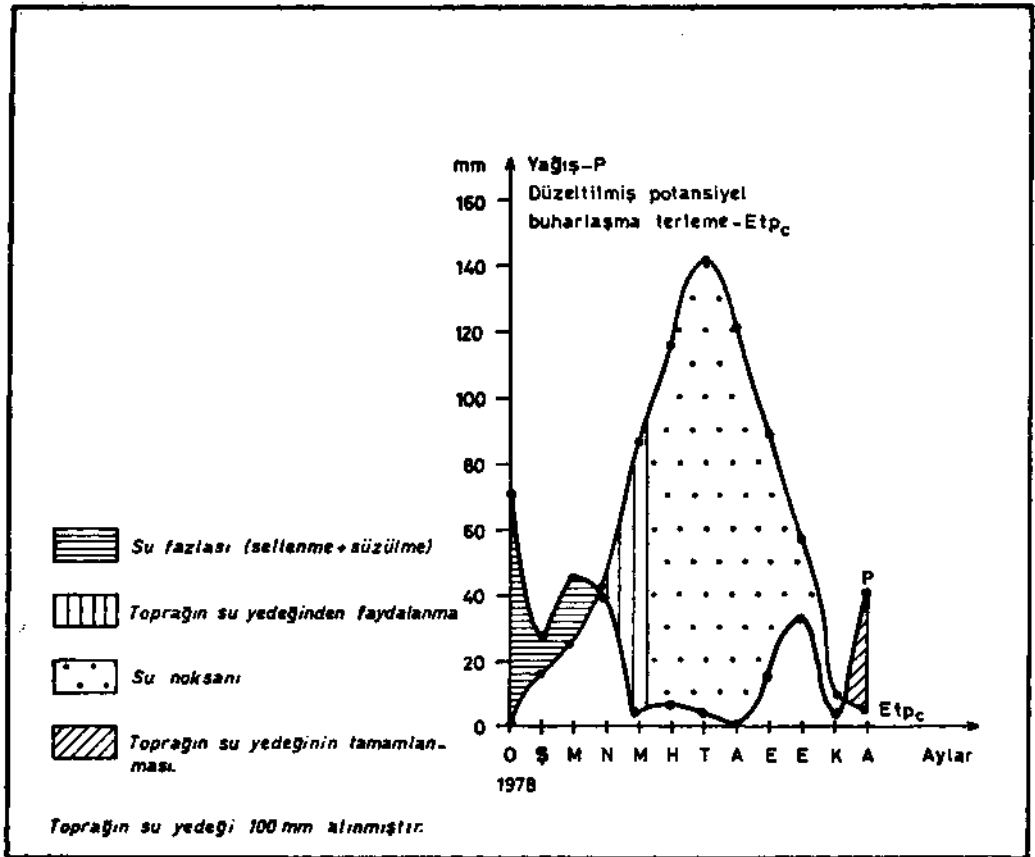
Çalışma alanında en düşük rakım kuzeyde 760 m ile Yerköy dolayındır. Güneye doğru artan yükselti Kuluk tepede 1077 m, Kara tepede 1091 metreye ulaşır. Tortul kayalarla örtülü alanlarda topografya yumuşak, volkanitlerin oluşturduğu alanlarda oldukça sarpır.

## Hidrografya

Bölgenin en önemli akarsuyu olan Delice çayı, çalışma alanının kuzeydoğusundan geçer. Bunun ilgili alandaki aktif kolu G-K yönünde akan Cender deredir. Diğer dereler mevsimlidir.

## iklim

Çiçekdağı meteoroloji istasyonunun verilerine göre, 1978 yılında ortalama sıcaklık  $12.3^{\circ} C$ , toplam yağış 297.9 mm dir. Aynı istasyonun sekiz yıllık ortalama sıcaklığı  $12.1^{\circ} C$ , ortalama yağış ise 308.4 mm dir. Yazarın Thornthwaite (1948) formülüne göre hazırladığı denetirmeli nem bilançosu ve suyun yıllık değişim grafinde, mart sonuna kadar su fazlalığı, hazirandan aralık ayına kadar da su noksanı görülmektedir (Çizelge 1; Şek. 2). Toprağın su yedeği ocak ayı başında tamamlanmaktadır. Thornthwaite'in formülleri kullanılarak çalışma alanı için belirlenen iklim formülü  $DB'_2 s_2 b'_3$  tarzındadır. Formülde; D nemlilik indisine göre yarı kurak,  $B'_2$  ikinci mesotermal iklimi,  $s_2$  yağış düzenine göre yazın çok kuvvetli su noksanını,  $b'_3$  sıcaklık rejimine göre üçüncü mesotermale eşit sıcaklık yeterliliğinde bir iklimi belirler.



Şek. 2 - Suyun yıllık değişim grafi.

Çizelge 1 - Çiçekdağı bölgesinin denestirmeli nem bilançosu, 1978 (Thorntwaite'e göre)

<i>Aylar</i>	<i>Ocak</i>	<i>Şubat</i>	<i>Mart</i>	<i>Nisan</i>	<i>Mayıs</i>	<i>Haziran</i>	<i>Temmuz</i>	<i>Ağustos</i>	<i>Eylül</i>	<i>Ekim</i>	<i>Kasım</i>	<i>Aralık</i>	<i>Yıllık</i>
Aylık sıcaklık ort. (°C)	0.6	6.4	7.5	10.5	16.5	20.2	23.4	21.6	18.9	14.4	4.4	3.1	12.3
Sıcaklık indisi	0.04	1.45	1.84	3.07	6.09	8.28	10.34	9.16	7.48	4.96	0.82	0.48	54.01
Potansiyel buharlaşma- terleme: Etp (mm)	0.8	20.0	25.0	39.0	71.5	93.7	114.2	102.5	85.7	59.5	12.2	7.6	631.7
Enlem düzeltme katsayısı	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82	
Düzeltilmiş Etpc (mm)	0.7	16.8	25.7	43.3	87.9	116.2	143.9	121.0	89.1	57.1	10.2	6.2	718.1
Yağış (mm)	72.3	26.2	46.1	40.2	3.5	6.5	4.7	0	17.1	35.4	3.6	42.3	297.9
Faydalı su yedeği (mm)	100	100	100	96.9	12.5	0	0	0	0	0	0	36.1	
Gerçek buharlaşma- terleme: Etr (mm)	0.7	16.8	25.7	43.3	87.9	19.0	4.7	0	17.1	35.4	3.6	6.2	260.4
Su fazlası (sellenme- süzülme) (mm)	0	9.4	20.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.8
Su noksanı (mm)	0	0	0	0	0	97.2	139.2	121.0	72.0	21.7	6.6	0	457.7

### Bitki örtüsü

Çalışma alanı bozkır görünümünde olup, akarsu kenarı ve kimi köylerin etrafında söğüt ve meyve ağaçları görülür. Buğday ekimi yaygındır.

### STRATİGRAFİ

İnceleme alanında en yaşlı tortullar olarak Orta Eosen yaşlı çakıltası, kireçtaşı, marn ve çamurtaşı bulunur. Kuvaternerde seki çakılları, traverten ve alüvyon vardır.

*Çakıltası.* — Granit ve riyolit üzerine gelir. Kötü dağda riyolit üzerinde aşınım - taşımından korunabilmiş birkaç mostrası bulunur. Cender dere batısında riyolit üzerine gelen mostrası süreklidir. Bulamaçtı kaplıcasının kuzeydoğu ve doğusunda dar alanda; güneyinde Kızıltepe, Baraklıköyü ve Delik tepe dolayında ise sürekli ve geniş alanda mostradadır. İnceleme alanı batısında granit üzerine gelir ve mostrası K-G doğrultusunda uzanır.

Granit, riyolit ve silisli kayaların çakıl ve blokları kırmızı renkte çamurtaşı ve killi çimento ile gevşek tarzda bağlanmışlardır. Taban çakıltası kırmızı şarap rengi ile uzaktan kolayca ayırt edilebilmektedir. Riyolitin hemen üzerine gelen çakıltanın alt seviyesinde bloklar oldukça iri olup, kimisinin uzun eksenli 1 metreye ulaşabilmektedir. Cender dere vadisinin ancak batı yamacında tabakalanma sunar. Burada kalın ve çok kalın tabakalı olup, kumtaşı ile ardalanmalıdır. Arada boz ve bej rengi seviyeler bulunur. Tabakaların genel doğrultusu KD - GB olup, eğimleri 15° - 20° kuzeybatıdır. Çakıltanın elemanları üste ve batıya doğru küçülür. Buralarda kumtaşı ve çamurtaşı yaygınlaşır. Taban çakıltasının kalınlığı 350 - 400 m kadardır.

*Kireçtaşı.* — Bulamaçlı kaplıcasının kuzeydoğu ve doğusunda taban çakıltası üzerine gelir. Diğer bir mostrası Hamam tepededir. Küçük bir mostrası da Kaletepe'nin güneybatı yamacında doğrudan riyolit üzerine gelir. Kireçtaşı, altta çakıllı, kumlu, üste doğru killidir. Batıya, havza ortasına doğru marnla yanal geçişlidirler (Şek. 3,4,5). Sarımsı ve bej renkte olup, orta ve kalın tabakalanmalıdır. Tabaka doğrultusu K-G ile KB - GD, eğimler batı ve kuzeybatıya olup, 18° - 22° arasındadır. Sürekli mostrası yoktur. Çökeltme koşullarına göre mercer veya kama şeklinde bulunurlar. Kaplıcanın 750 m kuzeydoğusundan derlenen numunelerdeki fosiller, E. Sirel ve H. Gündüz'ün tanıtımına göre Lütesiyen yaşındadır:

*Rotalia trochidiformis* Lamarck

*Nummulites* sp.

*Alveolina* sp.

Kireçtaşının kalınlığı 100 m dolayındadır.

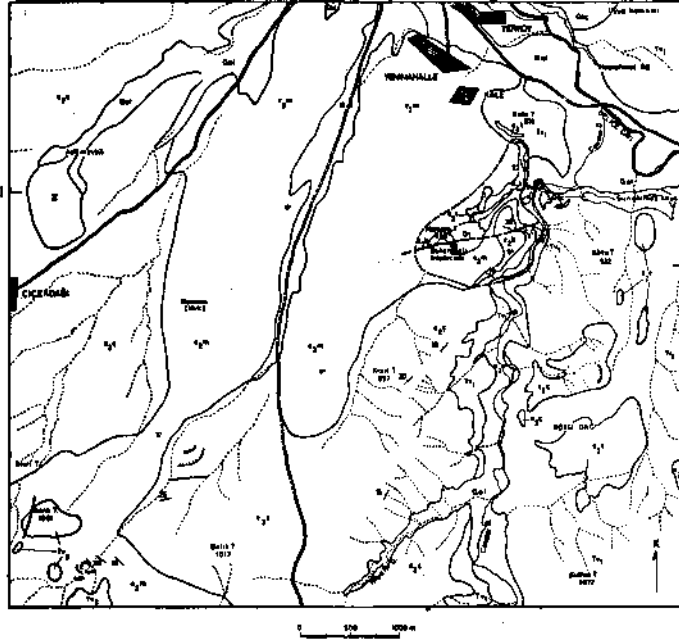
*Marn.* — Kireçtaşı ile yanal geçişli ve onların üzerine gelir. Kaletepe batısında riyolit üzerine, kaplıcalar batısında kireçtaşı üzerine, Kızıltepe ile Cender dere arasında ve çalışma alanı batısında, Yerköy ile Sivri tepe arasında çakıltası üzerine gelir. Çalışma alanındaki yayılımı geniştir. Mavimsi, yeşilimsi ve bej renklidir. Arada, tabakalanma sunan kumlu ve siltli seviyeler vardır. Çiçekdağı - kaplıca arasında, üst seviyede marn ve killer arasında jips vardır.

Kaplıcanın 1750 m batısından derlenen numunede M. Erkan Orta Eosen fosilleri tanıtmıştır:

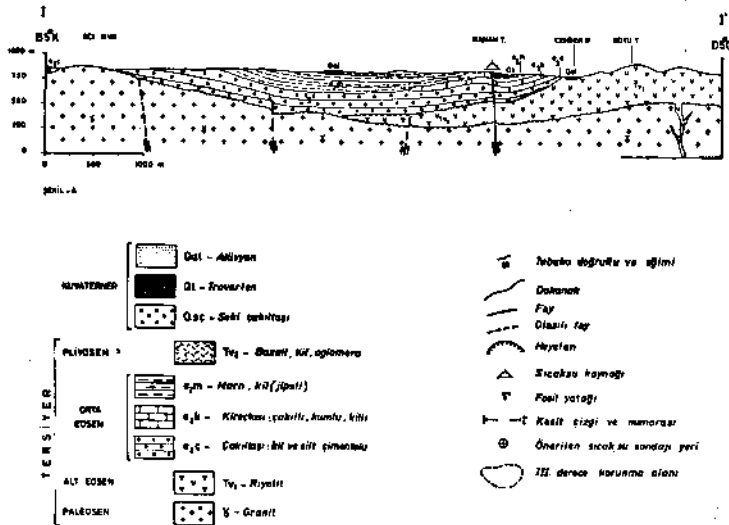
*Globigerina trilobuloides* Plummer

*Globigerapsis index* (Finlay)

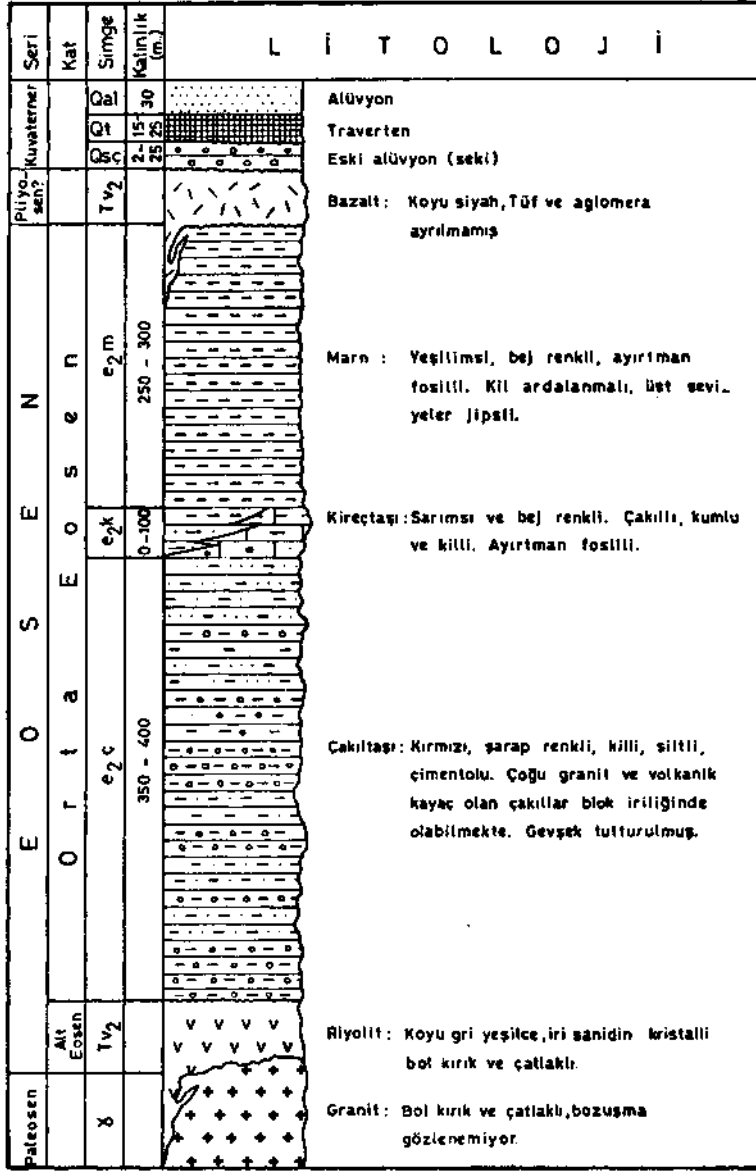
*Globigerina* cf. *eocaena* Gümbel



Şek. 3 - Bulamaçlı kaplıcası dolayının jeoloji haritası.



Şek. 4 - Bulamaçlı sıcak su kaynağından geçen jeoloji kesiti.



Şek. 5 - Stratigrafi kesiti.

Kaplıcanın 2.5 km güneybatısından derlenen numunede ise E. Sirel tarafından Lütisen fosilleri saptanmıştır:

*Nummulites globulus* Leymerie

*Nummulites laevigatus* Brugier

Marnın kalınlığı 250 - 300 metredir.

*Seki çakılları.* — Bunlar kaplıca kuzeydoğusunda Cender dere vadi yamaçlarında ve Yerköy'ün güneydoğusu ile Kötü tepe kuzeyinde gözlenir. Gevşek çakıltaşı ve kumtaşından oluşurlar. Çakılların çoğu volkanik kayalara ait olup, üstte serbest çakıl şeklindedirler. Bunlar, dolaylarındaki vadi alüvyonlarından 5 - 30 m daha yüksektedirler.

*Traverten.* — Kaplıca dolayında mostradadır. Sıcak suların yüzeyden akarken, içerdikleri CO<sub>2</sub> in uçması ve kirecin çökmesiyle oluşmuşlardır. Çok ince ve ince tabakalı olup, çoğu bej ve sarımsı renktedir; arada suların bıraktığı maddelere göre siyah, kahverengi ve koyu kırmızımsı seviyeler vardır. Kalınlığı 15-25 m arasındadır.

*Alüvyon.* — Akarsu ve kimi kuru vadi tabanlarındaki, sıkışmamış çakıl, kum, kil ve siltten oluşmuştur. Kalınlığı Yerköy dolayında 30 metreye ulaşabilir.

*Magmatik kayalar.* — Harita alanında intrüzyon kayaları ve volkanitler bulunur.

*Intrüzyon kayaları:* Çiçekdağı ile Acı mevki arasında yaklaşık 0.5 km<sup>2</sup> lik bir alanda, Lütesiyen çakıltaşı altından mostralanır. Alınan numune, G. Elgin tarafından yapılan mineralojik incelenmesinde granit olarak tanımlanmıştır. Numunenin O. Nuri Aydın ve diğerleri tarafından yapılan kimya tahlilinde ise, %60.02 SiO<sub>2</sub>, % 5.30 CaO, % 4.0 K<sub>2</sub>O, % 4.80 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1.52 MgO, % 0.01 S, % 19.65 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 3.6 Na<sub>2</sub>O bulunduğu anlaşılmıştır. Granitler bol kırık ve çatlaklıdır. Bunlar, Kırşehir granit masifinin kuzeybatı uzanımı olup, yaşını, harita alanındaki saha incelemeleriyle aydınlatmak mümkün olmamıştır. Eosen yaşlı çakıltaşı içinde granit çakılları da vardır. Daha geniş alanlarda çalışanlara göre yaşı Paleosendir (Ayan, 1963).

*Volkanitler:* Çalışma alanında Cender derenin doğusunda geniş alana yayılan riyolitlerle Kara tepe dolayında bazaltlar vardır,

*Riyolitler.* — Orta Eosen çakıltaşı altında mostradadır. Kötü dağdan alınan riyolit numunesi G. Elgin'in mikroskop tanıtımına göre özetlenirse, fenokristaller ve mikrofenokristaller halinde kuvars, sanidin içerir; mikroluğu halinde kuvars ve camı materyelden oluşur. Riyolitinin O. Nuri Aydın ve diğerlerince yapılan kimya tahlilinde % 57.04 SiO<sub>2</sub>, % 5.30 CaO, % 4.4 K<sub>2</sub>O, % 5.06 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1.01 MgO, % 0.11 S, % 19.28 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 3.3 Na<sub>2</sub>O bulunduğu anlaşılmıştır.

Çalışma alanında riyolit çıkışı Alt Eosende olmalıdır.

*Bazaltlar.* — Çiçekdağı'nın 2-3 km güney ve güneydoğusundaki Kara tepe ve dolayında dar alanlarda mostradadır. Lav, tüf ve aglomeradan oluşur. Orta Eosen oluşuklarını keser durumdadır. Daha geniş alanlarda çalışanlar Orta Anadolu volkanizmasının Üst Miyosende başladığını ve Kuvarternerde de devam ettiğini belirtirler (Ketin, 1963). Bu nedenle çalışma alanındaki bazaltın yaşı kuşku Pliyosendir.

## HİDROJEOLOJİ

Bulamaçlı sıcak su kaynaklarının fiziko - kimyasal niteliklerinin nedenlerini aydınlatmak, sıcak suyun beslenme ve boşalım koşullarının belirlenmesiyle olanaklıdır. Kaplıca alanında düşük sıcaklıktaki ve içme küründe kullanılan kaynağın, sıcak su ile ilişkisi belirlenecektir. Ayrıca, kaynakları kirletici etkilerden korumaya karşı gerekli önlemlerin alınması ile sıcak suyun debisinin artırılma olanakları incelenecektir.

### **Kayaların hidrojeoloji özellikleri**

Harika alanında granit ve riyolitlerle dar alanda mostradaki bazaltlar soğumaları süresinde ve daha sonraki tektonik hareketlerle ikincil gözeneklilik ve geçirimsizlik kazanmışlardır. Ancak derinlere doğru yarık ve çatlak açıklığı azalmalıdır. Granit-riyolit dokanağı geçirimsizlik yönünden yararlı bir kuşak oluşturmaktadır.

Eosen çakıltaşının çimentosu killi olduğundan, geçirirliliği fazla değildir. Kireçtaşının çakıl, kum ve fosiller nedeniyle gözenekliliği yüksektir. Bunlar ayrıca ikincil gözeneklilik de kazanmışlardır. Marnlı seviyeler geçirimsiz bir tabaka oluştururlar. Kirecin ve fosilin bolluk kuşağında, geçirirliliği merceksel kuşak şeklinde artabilir.

#### Sıcak su kaynakları

Bulamaçlı sıcak sularından eski çağlardan beri insanların faydalandığını kanıtlayan kimi yapılar vardır. Şimdiki kaplıcanın eski Eti hamamı üzerine yapılmış olması muhtemeldir (Çağlar, 1961).

*Çıkış yerleri ve sıcaklıkları.* — Sıcak sular, Hamam tepenin güney yamacından, yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan kaplıcalar fayı boyunca çıkar. Kaptaj alanı kapalı olup, kaplıca binasında suyun kullanıldığı havuzlara uzaklığı 100-110 m kadardır. Su, kaptaj alanından yaklaşık 30-40 m doğudaki dağıtım yerine gelmektedir. Buradaki sıcaklığı 1979 ocak ayı sonunda 44.5° C dir. Dağıtım yeri ile kaplıca binaları arasında, halkın içme küründe yararlandığı içme çeşmesinin sıcaklığı eşitli tarihte 29.5° C ölçülmüştür. Kaplıca binaları doğusunda birçok yerden, sıcaklıkları 18° C-25° C arasında değişen sızıntı şeklinde sular çıkmaktadır. Bunların çıkışı da kaplıcalar fayı ile ilgili olmalıdır.

İnceleme konusu olan kaynakların sıcaklıkları 29.5° C-44.5° C arasında değişir. Çiçekdağı'nda 1978 yılı sıcaklık ortalaması 12.3° C olup, 8 yıllık ortalama da 12.1° C dir. Genel tanımlamaya göre bölgede, sıcak sulara,  $12.1 + 6 = 18.1^{\circ}\text{C}$  ve daha çok sıcak olan suları dahil ediyoruz (Canik, 1980).

*Debileri.*— Bulamaçlı kaplıcasını besleyen sıcak suyun debisi, banyoluklarda ve idare binası önündeki çeşmede bilinen hacim yöntemi ile ocak 1979 da ölçülmüştür. Erkekler hamamının debisi 0.72 lt/sn, kadınlar hamamının debisi 0.61 lt/sn, idare binası önündeki çeşmede 0.12 lt/sn olup, toplam debi 1.45 lt/sn dir. içme çeşmesinin debisi ise günde 2.36 m<sup>3</sup> tür.

Kaynakların değişik araştırmacılarca, değişik zamanlarda ölçülen debi değerleri farklıdır. Çağlar (1949), kaynağın dakikada 20 litre su verdiğini belirtirken, Yenal ve diğerleri (1975), sıcak suyun miktarını «debisi fazladır» tarzında belirtmişlerdir. Yazar, 1973 yılında yaptığı bir ön çalışmada erkekler hamamında debiyi 0.8 lt/sn, içme çeşmesinde ise 1.95 m<sup>3</sup>/gün ölçmüştür (Canik, 1973).

*Sıcak suların fiziko - kimyasal özellikleri.* — Sıcak suların fiziko - kimyasal özellikleri ile bunların yaklaşım oranlarını öğrenmek amacıyla inceleme dönemindeki tahlil sonuçları daha önce yapılan aynı kaynağa ait tahlil sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Çizelge 2).

Sıcak sulardaki erimiş madde miktarı tahlil yapılan yıllara göre değişiklik göstermektedir. Bu değer 4106.85 - 5412.7 mg/l arasında değişmektedir. Kaplıca ve içmece kaynağında en çok bulunan iyonlar sodyum ve klorürdür. Sodyum, iyonların toplam miliekivalenlerinin % 46.43, klorür ise % 34.32 sini oluşturur (Çizelge 3). Sodyum ve klorür iyonlarından çoğu iç kökenli ve bölgedeki genç volkanizma ile ilgili olmalıdır.

Bikarbonat, kireçtaşı ve marnın türlü etkenlerin karıştığı kimya olaylarıyla erimesinden türemiştir. Kalsiyumun bir kısmının kökeni de aynıdır. Ancak, kalsiyumun bir kısmı da, sülfat ile birlikte, Üst Eosen marn ve kili içindeki jipsin yağmur sularıyla eriyerek yerin içerisine süzülmesiyle sıcak sulara geçer.

Bulamaçlı sıcak su kaynağında radyoaktivite Çağlar (1961) tarafından 100 eman, Yenal ve diğerlerince (1975) radon<sup>222</sup>, 10 592 pci/lt olarak, ayrıca a ve P aktivitesi ölçülmüştür. Sulardaki a ve p aktivitesi ile radon, silisçe zengin asit özellikli ve çok derinlerde bulunmayan granit veya bunların üzerinde oldukça yaygın olan riyolitlerden gelmelidir.

Çizelge 2 - Bulamaçlı sıcak sularının kimya tahlilleri (mg/l)

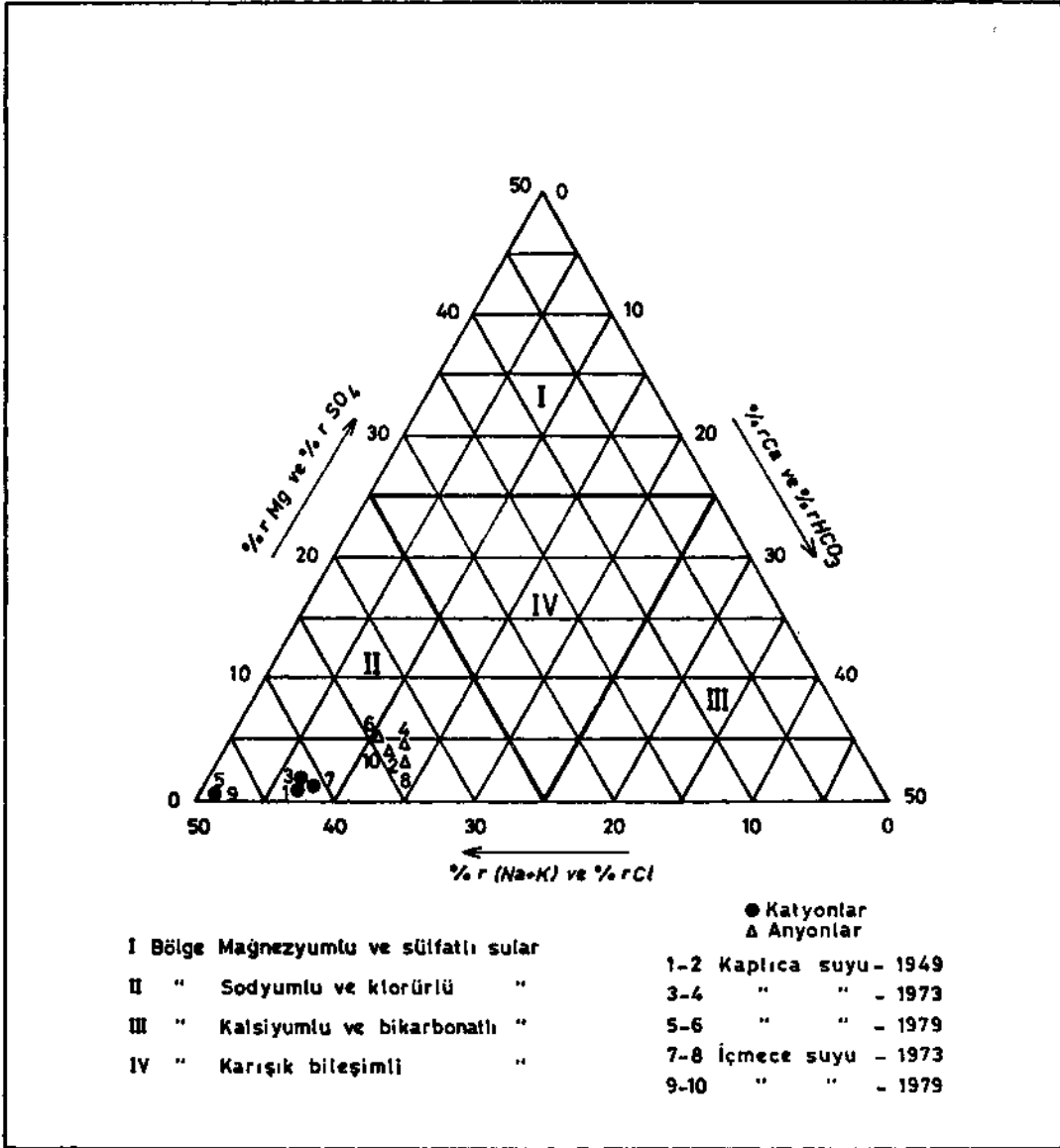
	<i>K. Ö. Çağlar</i> (ağustos, 1949)	<i>O. Yenal ve diğerleri</i> (haziran, 1970)	<i>B. Canik</i> (ağustos, 1973)	<i>B. Canik</i> (ocak, 1979)
Ca	211	202.5	228.4	38
Mg	13.2	14.3	29.1	9
Na	1 446.1	701.1	1 387.5	1 550
K	4.8	0.20	116.2	88
Cl	1 822.8	779.9	1 808.3	1 790
SO <sub>4</sub>	322.0	344.0	362.9	362
HCO <sub>3</sub>	1 024.8	976.0	1 162.2	958
Fe	7.35	3.49	0.05	0
Mn	—	1.20	—	0
Al	1.3	1.90	—	—
As (toplam)	—	0.54	0	0
S	—	0.13 (H <sub>2</sub> S)	0	0
I	0.12	0.20	0.91	0
Br	2.9	0.06	—	2.8
F	—	4.02	4.10	2.7
B (toplam)	—	12.51 (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	4.86	3.8
NO <sub>2</sub>	—	—	0.03	0
NO <sub>3</sub>	Eser	0.24	0	0
CO <sub>2</sub>	440.0	836.0	—	—
SiO <sub>2</sub>	—	—	79.0	150
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	115.5	102.25	—	—
PO <sub>4</sub>	0.6	0.83 (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	—	0
Erimiş madde miktarı	5 412.7	4 106.85	5 206.33	4 954.3
Kalıcı sertlik (Fr S°)	—	—	0	0
Rezistivite (ohm/cm)	—	185	—	180
pH (18°C)	6.80	6.43	6.68	6.60
Radon <sup>222</sup>	100 eman	10 592 pci/lt	—	—

*Kimya tahlillerinin diyagramla gösterilmesi.* — Sıcak suların tahlil sonuçları diyagramlara işlenerek bunların birbirleriyle karşılaştırılması ve kimi kimyasal özelliklerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Bu amaçla suların üçgen ve yarı logaritmik diyagramları çizilmiştir.

Çizelge 3 - Bulamaçlı sıcak sularının kimya tablilleri

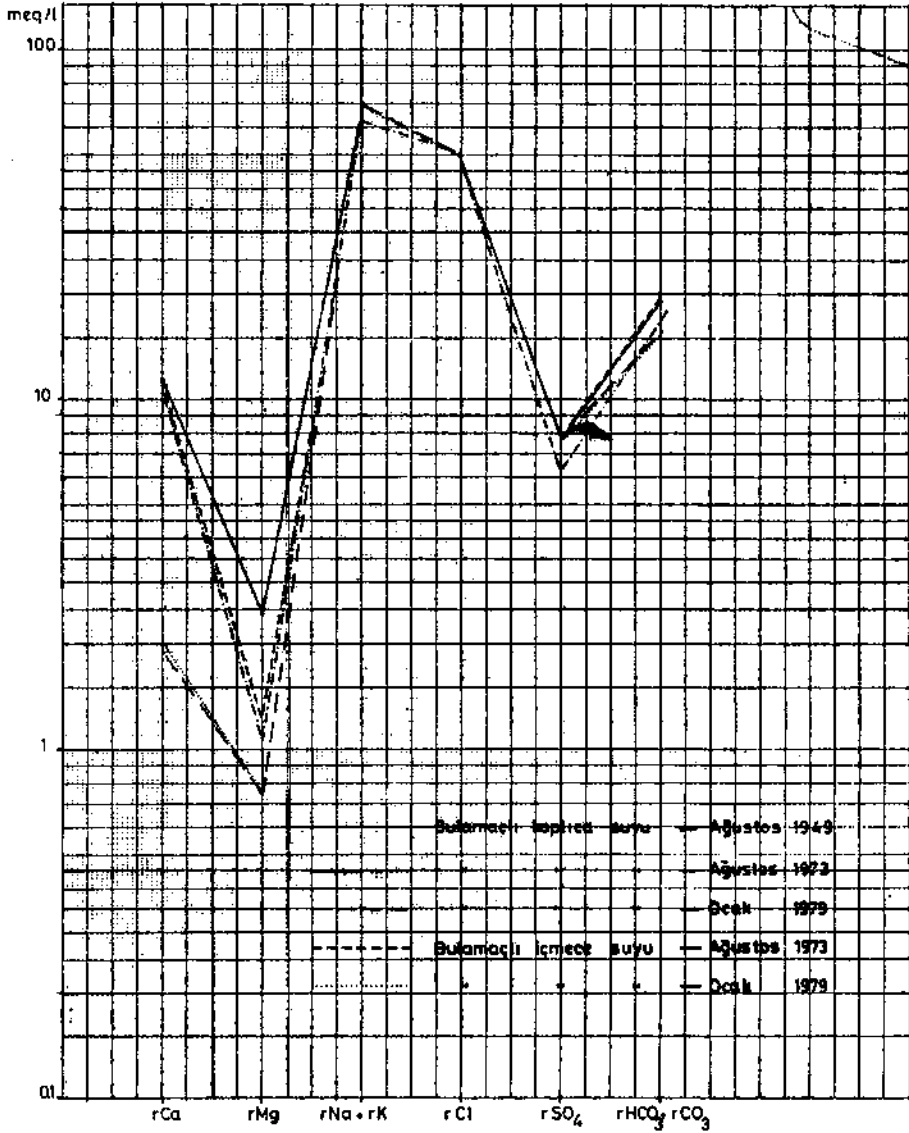
	1949, ağustos		1973, ağustos		1973, ağustos		1979, ocak		1979, ocak	
	K. Ö. Çağlar - kaplıca meq/l	% meq	B. Canik - kaplıca meq/l	% meq	B. Canik - içme meq/l	% meq	B. Canik - kaplıca meq/l	% meq	B. Canik - içme meq/l	% meq
Ca	10.55	7.00	11.40	7.36	11.40	7.50	1.89	1.28	2.09	1.42
Mg	1.09	0.74	2.40	1.55	1.20	0.79	0.74	0.50	0.74	0.50
Na	62.87	41.96	60.36	38.90	59.60	39.12	68.20	46.43	68.20	46.32
K	0.12	0.08	2.97	1.92	2.84	1.86	2.25	1.53	2.45	1.66
Cl	51.34	34.28	51.01	33.07	50.21	33.00	50.50	34.32	50.50	34.20
SO <sub>4</sub>	6.70	4.46	7.56	4.88	7.79	5.11	7.70	5.24	7.41	5.20
HCO <sub>3</sub>	16.80	11.48	19.05	12.32	19.21	12.62	15.70	10.70	15.80	10.70
İyonik kuvvet	0.083		0.086		0.084		0.077		0.077	

1. Üçgen diyagramlar: Bulamaçlı kaplıca ve içmece sularının içerdikleri başlıca katyon ve anyonların miliekivalen % leri hesaplanarak kimi kimya özelliklerini belirten üçgen diyagramları çizilmiştir. 1949 yılından beri yapılan tüm tahlillere ait noktaların eşit alanda gruplandığı, tüm suların sodyumlu ve klorürlü nitelikte bulunduğu görülmektedir (Şek. 6). Aynı diyagramda 1979 yılında yapılan kaplıca suyu ile içmece suyunun anyon ve katyonlarının üstelendiği görülür.



Şek. 6 - Suların üçgen diyagramı.

2. Yarı logaritmik diyagramlar: Sıcak suların yarı logaritmik diyagramlarından şu özellikleri görülmektedir (Şek. 7):



a. İyonların sıralanışı 1949 ve 1973 yılında yapılan kaplıca ve içmece suyu tahlillerinde eşitli olup, aşağıdaki gibidir\*:

$$rNa + rK > rCl > rHCO_3 > rCa > rSO_4$$

1979 yılında yapılan kaplıca ve içmece suyu tahlilinde ise  $rSO_4$ ,  $rCa$  dan daha büyük değerlerde görülmektedir :

$$rNa + rK > rCl > rHCO_3 > rSO_4 > rCa$$

b. Kaplıca ve içmece sularına ait diyagramlarda iyonların miliekivalen değerlerini birleştiren doğrular birbirine çok yakın paralel geçmekte veya üstelenmektedir. Ancak 1979 yılına ait tahlillerde  $rCa$  iyonu 5-8 misli azalmış görülmektedir. Diğer iyonlar daha önceki yıllarda bulunan değerlere yakındır.

\* Metin ve diyagramlardaki r harfi, önünde bulunduğu iyonun miliekivalen değerini anlatır.

c. Tüm tahlillerde rCa ve rMg iyonlarında görülen değişmeler, suların süzülme ve yükselmeleri sırasında katettikleri kayalarda, eşitli iyonların yıkanmasıyla açıklanabilir. Bilindiği gibi iyonlar, yıkanma süresinin uzunluğu ve yıkanan alanın genişliğiyle artmaktadır (Schoeller, 1962).

d. Diyagramlardan, suların iyonik kuvveti ve hareketli denge pH çizelgesi yardımı ile laboratuvarında ölçülen pH değerleri karşılaştırılarak, sıcak suların kirece doygunluk durumları araştırılmıştır (Schoeller, 1969). İncelenen sular kalsiyum karbonata az veya çok miktarda aşın doygunudur. Bu nedenle kaynak dolayında sulardaki CaCO<sub>3</sub> çökerek travertenleri oluşturmuştur.

*Sıcak suların kökenleri.* — Bulamaçlı kaplıca ve içmece suyunun kimyasal tahlillerindeki iyonların birbirine yakın değerleri, bu iki suyun eşit kökenli olduğunu belirlemektedir. Bunların çoğu, yağıştan bir kısmının yerçekimi ile suyun hareketine uygun gözenek, çatlak, yarık ve fay kuşakları boyunca derinlere süzülürken, jeotermik gradyanla ısınmasından türemiş sulardır, inceleme alanı ve dolayında Tersiyer yaşlı intrüzyon kayaları ve volkanitlerin yaygınlığı, jeotermik gradyanın 33 metrelik normal değerinin azalmasına neden olabilir. Sularda radyoaktivitenin 10 592 pci/l gibi değere ulaşabilmesi, ısınmaya radyoaktif dönüşümünde etken olabileceğini düşündürmektedir (Moret, 1946). Derinlerde ısınan su, hareketi için uygun kaplıca fayı boyunca oluşan hidrotermal oluklardan yükselerek yeryüzüne ulaşır (Şek. 8).

Sıcak suyun az bir kısmı da magma kökenli juvenil su olmalıdır. Kaynak alanından çıkan CO<sub>2</sub>, radon vb. gibi iç kökenli gazlar da, bu suların kendine özgü niteliğini kazanma yolunda etkili olmuştur. O halde Bulamaçlı sıcak suları karışık kökenli sulardır. Bulamaçlı içmece suyunun kimyasal özelliklerinin kaplıca suyuna çok benzediği, ancak sıcaklığının 15° C daha düşük olduğu görülür. Bu durum, derinde aynı akiferden hareketle farklı hidrotermal oluklardan yükselmeye açıklanabilir. İçmece suyu çok daha yavaş olarak yeryüzüne yükselmekte ve bu arada sıcaklığını daha çok yitirmektedir.

Sıcak suyun derinliği için bir yaklaşım şu formülle hesaplanır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973):

$$D = (S_k - S_o) / J_g$$

Burada, D sıcak suyun geldiği derinlik (m), S<sub>k</sub> incelenen kaynağın sıcaklığı (C°), S<sub>o</sub> kaynak alanının yıllık ortalama sıcaklığı (C°), J<sub>g</sub> alanın jeotermik gradyanıdır (m). Çiçekdağı bölgesinde sekiz yıllık sıcaklık ortalaması 12.1° C dir. Ortalama jeotermik gradyan, genç volkanizma faaliyetleri göz önüne alınarak 30 m kabul edilirse 44.5° C deki kaplıca suyunun geldiği derinlik 972 m hesaplanır. Bu derinliğe jeotermik gradyanın artış göstermediği yüzey kuşağı eklenirse, Bulamaçlı kaplıca suyunun 1000 metreden daha derinden geldiği anlaşılır.

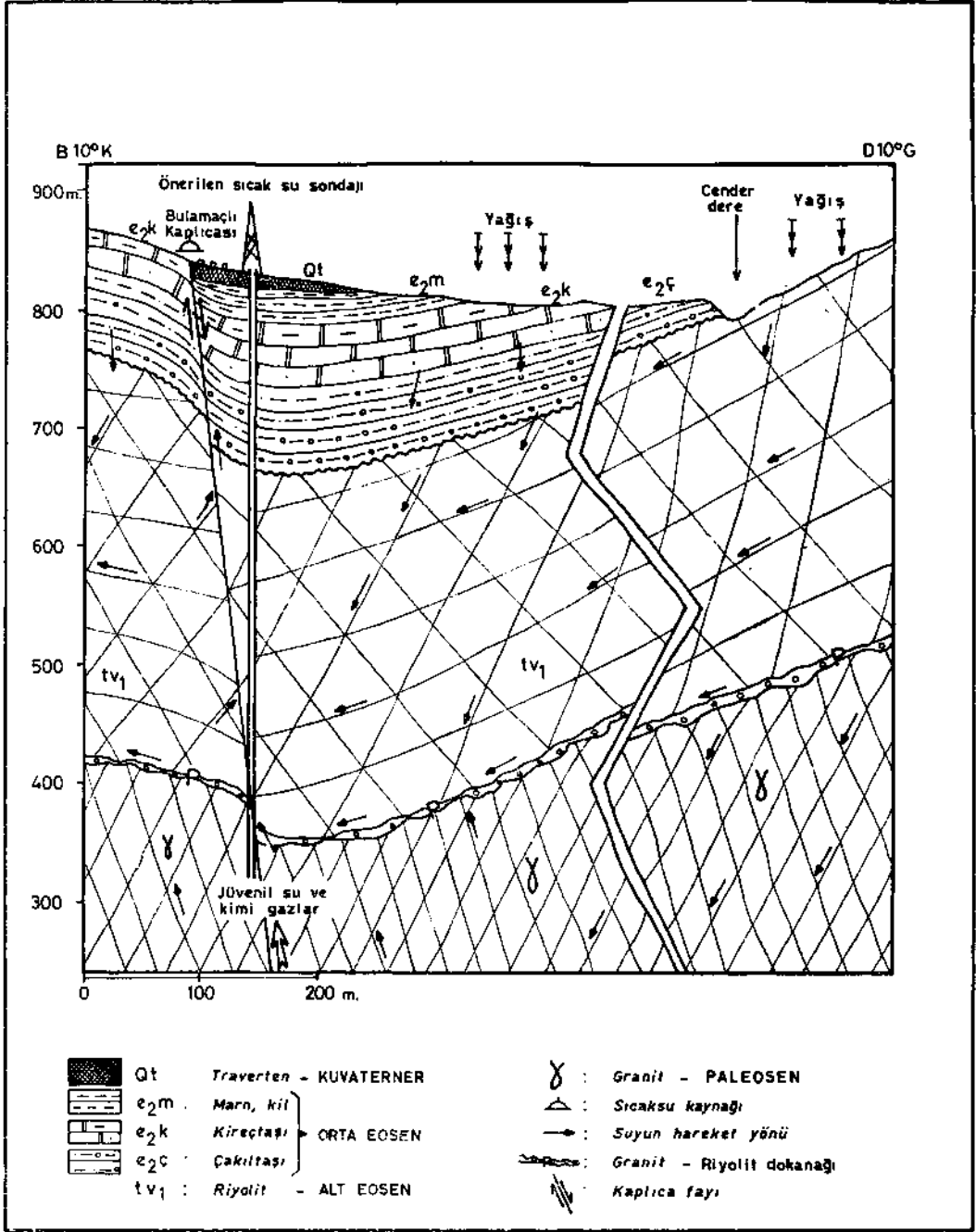
*Sıcak suların sınıflandırılması.* — Bulamaçlı sıcak suları çıkış yerlerinin jeolojisi ve kimi fiziko-kimyasal özelliklerine göre şu tarzda sınıflanabilir:

1. Çıkış yerinin jeolojisine göre sınıflama: Sıcak sular fay boyunca çıktıklarından, bunlar fay kaynaklarıdır (Moret, 1946 ve Schoeller, 1962).

2. Sıcaklığa göre sınıflama: Bulamaçlı kaplıca suyunun sıcaklığı 44.5° C, içmece suyunun sıcaklığı ise 29.5° C dir. Mouren'e göre kaplıca suyu termal sular, içmece suyu ise hipotermal sular grubundadır (Schoeller, 1962).

3. Radyoaktiviteye göre sınıflama: Kaplıca suyunun radyoaktivitesi 100 eman (Çağlar, 1949) ve 10 592 pci/l (Yenal ve diğerleri, 1975) olarak ölçülmüştür. Bu değeri ile sular orta radyoaktif sular sınıfındadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

4. Kimya bileşimine göre sınıflama: Uluslararası Tıbbî Hidroloji Derneğince önerilen sınıflamaya göre (Höll, 1968); kaplıca ve içme suyu sodyumlu, klorürlü ve bikarbonatlı, radyoaktif ve karbondioksitli sıcak su, olarak sınıflanır.



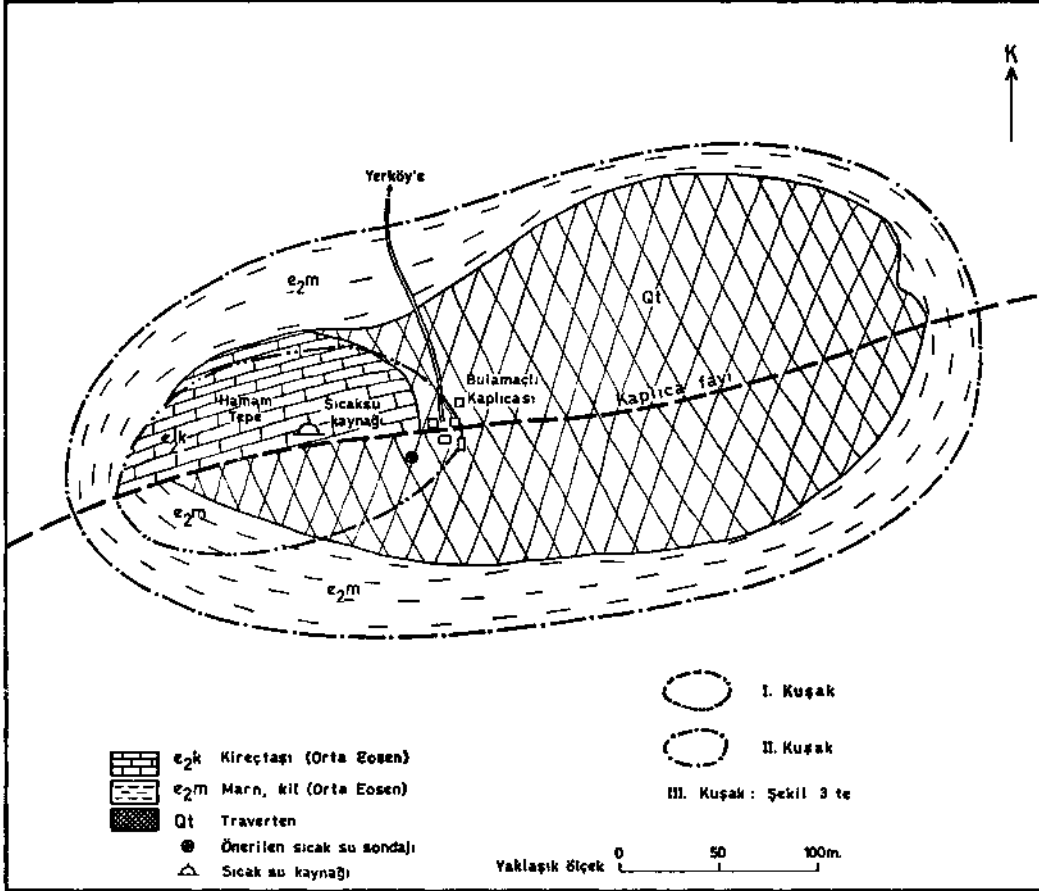
Şek. 8 - Sıcak suyun kökenini belirleyen jeoloji kesiti.

*Sıcak kaynakların korunma alanları\**. — Bulamaçlı sıcak sularından halk çimme ve içme tarzında şifa aramaktadır. Bu nedenle suyun fiziksel ve kimyasal bileşimi dış etkilerle bozulmamalı, hastalık yapan bakterili yüzey sularıyla karışmamalıdır.

\* Şifalı kaynakların korunma alanları ile ilgili «Nordrhein-Westfalen» Eyaletinin Bakanlık talimatı, 21 cilt, no. 111, 1968, Düsseldorf.

Kaynakların korunma alanları, jeoloji, hidrojeoloji ve koruma hekimliği vb. yönlerinden iç içe üç kuşak olarak önerilmiştir.

Birinci kuşak: Burası birinci derece korunma alanıdır. Saptanmasında sıcak suyun çıktığı fay çizgisi ile kaynak yakınındaki kireçtaşı ve traverten gözetilmiştir. Bu kuşak D-B doğrultusunda fay boyunca uzayan bir elips şeklindedir. Sınırlarının kaynaktan uzaklığı 100 m batıya, 75 m doğuya, 50 m kuzeye ve 50 m güneye kadar devam eder (Şek. 9).



Şek. 9 - Korunma alanı (birinci ve ikinci kuşak).

ikinci kuşak: Hamam tepe kireçtaşı mostrasını ve travertenleri içine alacak tarzda belirlenmiştir. Kaynaktan batıya 125 m, doğuya 350 m, kuzeye 100 m ve güneye 100 m devam eden bir elips şeklindedir.

Üçüncü kuşak: Bu, batıda kaynaktan 300 m, doğuda Cender dere vadisine, güneyde kaynaktan 350 m ve kuzeyden de 250 m uzaklıktan geçen düzensiz bir şekildir (Şek. 3).

Kuşaklarda koruma önlemleri ve izinli yönler: Her kuşak için koruma önlemi değişik olup, dıştaki kuşak için gerekli önlemler içteki kuşaklarda da uygulanmalıdır.

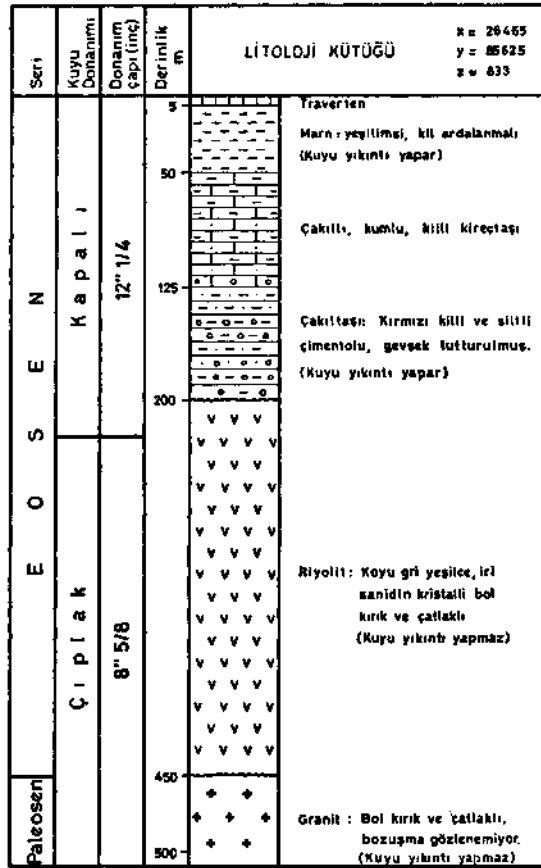
Birinci kuşak: Bu kuşak içinde bulunan kulübeler ve tuvaletler kaldırılmalıdır. Kaynak yakınındaki çöplük yeri temizlenmeli ve tüm kuşak çim, beton, asfalt vb. gibi temiz tutucu bir madde ile örtülmelidir. Bu kuşakta yalnız suyun alınması ve depolanması için gerekli yapılara izin verilmelidir.

ikinci kuşak: Bu kuşak içindeki fosseptik çukurları ve çöplükler kaldırılıp, yerleri temizlenmelidir. Artık suları üçüncü kuşak dışına akıtılmak koşuluyla buraya banyo tesisleri, park ve çocuk bahçeleri yapılabilir.

Üçüncü kuşak: Halen tesis bulunmayan bu kuşakta, kirletici etkisi olacak hiç bir yapılaşmaya izin verilmemelidir.

*Sıcak suyun debisinin artırılması.*— Bulamaçlı kaplıcası, çok eskiden beri halkın şifa aramak için geldiği ve sularından yararlandığı bir sıcak su merkezidir. Özellikle yaz ayları çok iptidaî yapılmış olan kerpiç kulübelerde dahi yer bulmak güç olmaktadır. Kaplıcanın geliştirilmesi ve modern bir sıcak su merkezine dönüştürülmesi, önce mevcut suyun debisinin artırılması ve yeni bir yerleşim planının yapılmasıyla olanaklıdır. Bu şekilde bölgede termal turizmin gelişmesi de sağlanacaktır.

*Sondaj önerisi.* — Sıcak suyun debisinin artırılması sondajlı çalışmalarla olanaklı görülmektedir. Sıcak su derinde granit ve riyolitlerin yarık ve çatlaklarıyla bu iki kütlelerin dokanağında toplanma ve hareket etme durumundadır. Böylece sıcak su derinde yarık, çatlak sistemi akiferi oluşturmaktadır (Şek. 8).



Şek. 10 - Bulamaçlı sıcak su sondajı olası logu.

Kaynağın 50 m güneydoğusuna ve kaplıca fayının 25 m güneyine yapılacak bir sondaj, belirlenen kuşaklarda toplanan sıcak suyun kaptajını sağlayacaktır. Sondaj derinliği 500 m dolayında olmalıdır (Şek. 10). Sondaj, ağızdan, riyolit içinde 25 m derinliğe kadar 12" 1/4 kapalı boru ile donatılacak şekilde açılmalıdır. Sondajda kapalı geçilecek bu derinlik, jeoloji kesitinden 200 m dolayında hesaplanmıştır. Kapalı borunun arkası çimentolanmalıdır. Riyolit ve granit içinde donatılmayacak olan sondaj 8" 5/8 çapında açılmalıdır. Sondaj granit içinde en az 50 m ilerlemelidir. Böyle bir sondajda kaynak debisinden fazla bir suyun fışkıran artezyen yapabileceği düşünülmelidir. Ayrıca kuyudan pompa ile kaynak debisinin birkaç misli sıcak su alınabilecektir. Derindeki akiferde bulunan su, sondajla çok daha çabuk yüze ulaşacağından, sıcaklığında birkaç derecelik artış beklenmelidir. Suyun kuyudan pompa ile çekilmesi halinde, bu sıcaklık artışı daha fazla olacaktır.

### SONUÇLAR

1. Bulamaçlı kaplıcası dolayında yaklaşık 50 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1:25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.
2. Eosen için ayırtman fosiller bulunmuştur.
3. Bölgede riyolit volkanizmasının Orta Eosenden önce olduğu saptanmıştır.
4. Kaplıca ve içmece suları fay boyunca yükselen 44.5° C ve 29.5° C sıcaklıktaki karışık kökenli sular olup, çoğunu meteorik vadoz sular oluşturmaktadır.
5. Sularda toplam erimiş madde miktarı değişik zamanlardaki tahlillere göre 4106.85 - 5412.7 mg/l arasında değişmektedir.
6. Sodyum ve klorürün büyük kısmı ile CO<sub>2</sub> iç kökenli olup, Tersiyer volkanizması ile ilişkilidir.
7. Kaplıca suyu; sodyumlu, klorürlü ve bikarbonatlı, radyoaktif ve karbondioksitli termal su olarak sınıflanır.
8. Sıcak su derinde, riyolit ve granit içinde yarık çatlak sistemi akiferi oluşturmaktadır.
9. Kaynak ve dolayının dış etkilerden korunmasını sağlamaya yönelik, iç içe kuşak şeklinde üç korunma alanı belirlenmiştir.
10. Kaplıca suyunun debisini ve sıcaklığını artırmak olanaklıdır. Bunun için sıcak su akiferini katedecek yaklaşık 500 m derinliğinde bir sondaj yeri bildirilmiştir.

### KATKI BELİRTME

Bu çalışma olanağını sağlayan MTA Enstitüsü Genel Direktörlerinden Prof. Dr. Nezih Camteze teşekkür ederim. Paleontoloji tanıtımları E. Sirel, H. Gündüz, M. Erkan ve A. Güngör; petrografi tayinleri G. Elgin; su tahlilleri ise O. Nuri Aydın tarafından yapılmıştır.

*Yayma verildiği tarih, 20 Mayıs 1981*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Arni, P. ve Ladame, G., 1936, Yerköy linyit mıntıkası hakkında rapor: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., 124 (yayımlanmamış), Ankara.
- Ayan, M., 1963, Contribution à l'etude petrographique et geologique de la region situee au Nord-Est de Kaman (Turquie): Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayınl., 115, Ankara.
- Canik, B., 1973, Ayaş içmece ve kaplıcasının jeoloji-hidrojeoloji etüdü: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 80.
- , 1980, Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi: S. Ü. Fen Fakültesi Yayınl., Yerbilimleri, 1, 74, Doçentlik tezi, Konya.
- Çağlar, K. ö., 1961, Türkiye maden suları ve kaplıcaları: Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayınl., 107, 4, Ankara.
- Erguvanlı, K., 1954, Kırşehir doğusunun jeolojik etüdü hakkında rapor: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., 2373 (yayımlanmamış), Ankara.
- ve Yüzer, E., 1973, Yeraltı suları jeolojisi: İ.T.Ü. Yayını, 967.
- Höll, K. P., 1968, Wasser. Untersuchung-Beurteilung. Aufbereitung. Chemie, bakteriologie, biologie, Eruyter et co, Berlin.
- Ketin, İ., 1954, Yozgat bölgesinin jeolojik lövesi hakkında memuar: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., 2141 (yayımlanmamış), Ankara.
- , 1963, 1:500 000 Ölçekli jeolojik harita ve izahnamesi (Kayseri): Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayınl., Ankara.
- Moret, L., 1946, Les sources thermominerales hydrogeologie, geochimie, biologie: Masson et Gie., Paris.
- Schoeller, H., 1962, Les eaux souterraines: Masson et Gie., Paris.
- , 1969, L'acide carbonique des eaux souterraines: Hydrogeologie, bulletin du BRGM, Bölüm III, 1, Paris.
- Thornthwaite, C. W., 1948, An approach a rational classification of climate: The Geographical Review, New York 38.
- Yenal, O. ve diğerleri, 1975, Türkiye maden suları, İç Anadolu Bölgesi: İ.Ü. Tıp Fakültesi Hidro-Klimatoloji Kürsüsü, 4.