

## Tendürek volkanı çevresindeki yüksek florür içerikli kaynak sularının hidrojeolojisi

*Hydrogeology of the spring waters with high F content from the surroundings of Tendürek volcano*

NAZMİ ORUÇ

Atatürk Üniversitesi, Erzurum

NAZMİ ALPMAN

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

İ. HAKKI KARAMANDERESİ

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

**ÖZ:** Türkiye'nin doğusunda yer alan Tendürek volkanı çevresindeki sulama ve içme amaçlarıyla kullanılan kaynaklardan örnekler alınmış, analiz edilmiştir. Fek çok kaynak sularının örnekleri 2,5-12,5 ppm. arasında değişen yüksek miktarlarda florür içerir. Florürlü su içeren bir bölgede 2 yaşındaki bir koyun incelenmiş ve bunun ön dişleri ve azı dişlerinin kahverengi veya siyah lekeler ile kaplı olduğu ve dişlerin aşırı derecede ve düzensiz olarak kırıldığı izlenmiştir. Çalışmalar sırasında bölgeye gelen sağlık ekibi yerli halkta diş florozu rahatsızlığı saptamıştır. Bu sağlık ekibi florür - ce zengin bu suların daha az florürlü başka sularla karıştırılıp florür miktarının istenilen düzeye düşürülmesi ve böylece florür'ün canlı hayvanlar ve insan sağlığı üzerindeki etkisinin azaltılması ve aynı zamanda toprak ve otlaklardaki florür miktarının da düşürülmesini sağlamayı önermişlerdir.

Anadolu'nun genç volkanlarından olan Tendürek dağı ve çevresindeki şu birimler ayırtlanmıştır: Paleozoyik (?) yaşlı mikaşist, mermer ve kuvarsitlerden oluşan metamorfikler, Permo-Karbonifer yaşlı kristalize kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı spilit, serpantinit ve kireçtaşlarından kurulu ofiyolitler, Paleosen yaşlı kireçtaşları, Eosen yaşlı fliš kumtaşı ve kireçtaşları, Miyosen yaşlı kum taşı, kıltaşı, miltaşı ve kireçtaşları ile genç Tersiyer yaşlı lâvlardır. Bölgenin tümü ise Tendürek volkanı'nın çok genç bazaltik lav akıntılarıyla örtülmüştür.

Sular bu lavlar, fliš ve ofiyolitteki kireçtaşları ve mermerlerden çıkmaktadır. Kimyasal analizleri yapılan 10 sudan yüksek florürlü olanlar  $\text{NaHCO}_3$  türü, düşük florürlü olanlarsa  $\text{Ca-MgHCO}_3$  türü sulardır. Fümerollerle taşman ya da camsızlaşan lavlardan kaçan fluor lavların bazı mineral yüzeylerinde tutulmuş daha sonra yüksek pH'lı yeraltı sularının  $\text{OH}^-$  ile yer değiştirerek Tendürek volkanı eteklerinden boşalan yüksek florürlü sulara katılmıştır.

**ABSTRACT:** Water samples from some springs which are used for drinking and irrigation purposes were collected in Tendürek volcano region, located in the Eastern Turkey. Most of the spring water samples contain very high amounts of fluorine ranging from 2,5 to 12,5 ppm. The incisors and molars of a two-year-old sheep, obtained from the fluorotic conditions, exhibited brown to black staining and excessive and irregular wear. During the surveying of the area, dental fluorosis was observed in the local population by the medical team. Dilution of fluorine rich waters with other suitable waters down to a safe level was recommended to alleviate effects of fluorine on livestock and human health and also on the contamination of soils and pastures.

The following units have been identified around the Tendürek mountain which is one of the young volcanoes of Anatolia: Metamorphic rocks which are composed of micaschists, marble and quartzites and are thought to be Paleozoic in age, crystalline limestones which are Permo-Carboniferous in age, Upper Cretaceous ophiolites containing spilites, serpentinites and limestones, Paleocene limestones, Eocene flysch and limestone, sandstone, claystone, siltstone and limestones of Miocene age, and Tertiary lava flows. The whole succession is covered by young basaltic lava flows of Tendürek volcano.

Spring waters are coming from these lavas, limestones in flysch and ophiolite, and marbles in basement. Ten samples were analysed from these springs. High F- waters are  $\text{NaHCO}_3$  type, and low F- waters are  $\text{Ca-MgHCO}_3$  type. F-, which might be transported by fumaroles or escaped from devitrified lavas, could be held on the surface of some minerals and then exchanged with  $\text{OH}^-$  of underground waters with high pH. At the end of this hypothetic process these waters might be discharged as high F- water at the foothills of Tendürek volcano.

## GİRİŞ

Fluorür arz kabuğunda ortalama %0,03 oranında ve genellikle fluoritler halinde bulunan kimyasal aktivitesi çok yüksek bir elementtir. Florspar ( $\text{CaF}_2$ ), Kriyolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), Florapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_{12}$ ), Mika, Topaz, Hornblend ve Turmalin fluorüre en zengin olan minerallerdir. Topraklardaki total fluorür miktarı normal olarak 100-300 ppm. (mgm/lt), bitkilerdeki miktarı ise genellikle 10-20 ppm. arasında değişmektedir. Yüzeysel sularında fluorür konsantrasyonu genellikle 1 ppm'in altındadır. Buna karşılık fluorüre zengin minerallerle veya fluorür içeren ve basınç altında bulunan gazlarla temas eden derin yeraltı sularında veya sıcak kaynak sularında bu miktar 20-53 ppm'e kadar çıkmaktadır. (Mitchell ve Edman, 1952; MacIntine, 1945; Robinson ve Edgington, 1946; Bear, 1957; WHO, 1970.)

Türkiye'de analizi yapılan bazı sularında fluorür konsantrasyonu Bolu Büyükşehir'de 2,10, Bursa Kükürtlü hamamda 2,80, Sarayköy Tekkeköy'de 14,00 ve Sarayköy Kızılder'e 19,00 olarak bulunmuştur (Yenal, 1970).

Birleşik Amerika'da içme suyunda 1,0-1,5 ppm. fluorürün dış çürümelerini azalttığı, 8,0 ppm'e kadar ise omurganın etkilenmediği, Hindistan'da ise 0,5-0,8 ppm. arasında fluorürün dış çürümelerini önlediği, 3,0-4,0 ppm. fluorürün de kemiklerde sertleşmeye yol açtığı belirtilmektedir (WHO, 1970). Mitchell ve Edman (1952) Avustralya'da 19 ve 5,6 ppm. fluorür ihtiva eden iki arteziyenik sudan içen koyunların dişlerinde florosis görüldüğünü kaydetmekte, Bear (1957) de içme suyunda 10-20 ppm. arasında fluorür bulunmasını hayvan sağlığı bakımından tehlikeli olarak kabul etmektedir.

Çiftlik hayvanlarının fluorür almasına yol açan faktörler arasında:

- 1 — Endüstri bölgelerinde fluorürün yem bitkilerine havadan bulaşması,
- 2 — Doğal veya endüstri artığı yüksek dozda fluorürlü su,
- 3 — Yeme eklenen fluorürlü bileşikler,
- 4 — Fazla fluorürlü topraklarda yetişen bitkiler,
- 5 — Fluorürle bulaşmış meralarda aşırı otlatma sayılmaktadır (Hobbs, 1954; Shupe ve Olson, 1970).

Tendürek volkanının kuzeyinde kalan Doğubayazıt ve güneyinde kalan Çaldıran ovalarından 10 adet kaynak suyu örneği alınmıştır. Fluorür tâyini distilasyona tabi tutulmamış olan örneklerde asitizirkonyum alizarin yöntemi göre yapılmış ve okumalarda Beckman model B Spektrofotometresi kullanılmıştır (Yenal, 1970).

Ekibimiz 1974 çalışma yılında yukarıdaki verilerden hareket ederek Ağrı ili Doğubayazıt ilçesi ve güneyinde kalan Çaldıran ovasında bulunan kaynakların hidrojeolojisini ve çevre sağlığına etkisi ile Önlemlerini açıklamaya çalıştı.

Arazi çalışmalarında yüksek debili kaynak içeren kayaların beslenme alanlarına ve litoloji cinslerine göre 1/25 000 ölçekli topografya haritaları, ve 1/35 000 ölçekli hava fotoğraflarından faydalanılarak alanın 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası yapıldı (Şekil 1).

Sahadaki çeşitli litoloji birimlerini temsil eden 10 adet yüksek debili kaynak seçildi. Bu kaynaklardan derlenen distilasyona tabi tutulmamış örneklerin arazide Spadns yöntemi ile portatif spektrofotometre de (HACH marka portatif çantada) anyon ve katyonları saptandı. Merkezde ise fluor tâyinleri, Orion spesifik iyon analizörü özel fluor elektrodu ile yapıldı.

## JEOLOJİ

Tendürek çevresinde bulunan sularındaki fluorürün önce kökenini bulmak gerekli görülmüştür. Bu nedenle önce bölgenin genel jeolojisini gözden geçirmekte fayda olduğu kanısındayız.

Anadolulun genç volkanlarından olan Tendürek dağı ve çevresinde üstten alta doğru (Oluş zamanları dikkate alınarak) şu litoloji birimleri gözlenir:

- Alüvyonlar,
- Volkanikler (Tendürek ürünleri),
- Miyosen çökelleri,
- Alt Eosen çökelleri, Eosen fliş formasyonu,
- Paleosen kireçtaşları,
- Üst Kretase kireçtaşları,
- Üst Kretase ayrılmamış (Ofiyolitler),
- Fermo-Karbonifer kristalize kireçtaşları,
- Paleozoyik (?) yaşlı metamorfikler.

Bölgenin tümü Tendürek volkanının çok genç bazaltik lav akıntılarıyla örtülüdür. 1/100 000 ölçekli haritada 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası standartlarına uyulmaya çalışılmış ve buna göre her birim ayrı ayrı incelenmiştir (şekil 1).

## Metamorfikler (Paleozoyik (?))

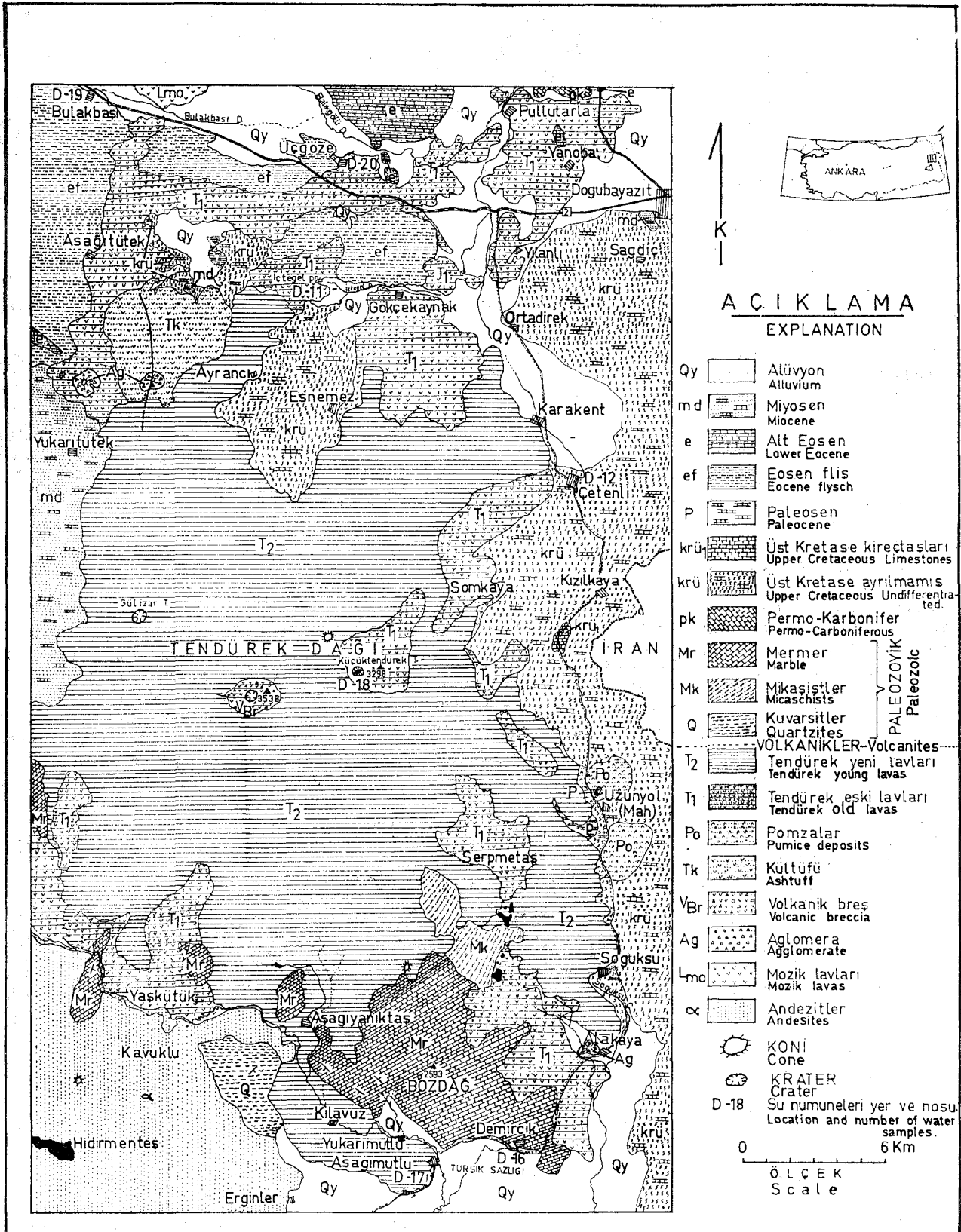
Mikaşistler, mermerler ve kuvarsitlerden oluşmaktadır. Alttan üste doğru incelenirlerse:

a) Mikaşistler: En altta görülen mikaşistler Çaldıran ovası kuzeyinde Serpmetag köyü güneyinde mostra verirler. Muskovit, serizit ve epidotlardan oluşmaktadır. Renkleri kırmızı kahve ve yeşildir. İnce tabakalı, bol eklemli bir yapı gösterirler. Tabakalanma KB-GD yönündedir. Alt sınırları görülmemektedir. Üste doğru ise kuvarsitlere ve mermerlere geçtiği görülmektedir. Eklemelerdeki serizitler kolayca al tere olmakta ve su süzülmesini engellemektedir. Aynı litoloji birimleri Pamir (1950) ve Altınlı (1964) taraflarından da tanımlanmıştır.

b) Mermerler: Çok geniş bir yayılma alanına sahip olan mermerler gri, beyaz ve kirli beyaz renklindedir. İnce ve kalın tabakalı, bol eklemlidirler, erime boşlukları yaygındır. Bozdağ ve Yaşkütük bölgelerinde görülen mermerler Tendürek lavlarından süzülen sular ile beslenmekte ve Turşik sazlığında olduğu gibi Çaldıran ovasını besleyen birçok kaynak mermerlerden boşalmaktadır. Mermerlerin üzerlerinde ise Kavuklu ve Klavuz köyleri arasında kuvarsitler görülür. İçlerinde herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ami (1938), Pamir (1950) ve Altınlı (1964) taraflarından mikaşistler ve kuvarsitlerle birlikte Paleozoyik (?) yaşlı kabul edilmiş olup biz de bu düşünceye katılıyoruz.

c) Kuvarsitler: Klavuz köyü batısında mostra veren kuvarsitler gri, beyaz ve sarı renklindedir. İnce ve kalın tabakalıdır. Kuvarsitlerde eklemelerin bolca gelişmesi nedeniyle bol su süzülmesi olanaklıdır. Kuzeyden Tendürek lavları ile güneyden Hıdırmenteş andezitleri ile örtülmüşlerdir. Volkaniklerden süzülen sularla beslenmektedirler.

Metamorfiklerin tümü Tendürek lavlarının sıcak teması ile kontakt metamorf izmaya uğramışlardır (Pamir, 1950). Biz tamamının önceden ayrıca



Şekil 1: Tendürek dağı ve çevresinin jeoloji haritası.

Figure 1: Geological map of the Tendürek volcano and surroundings.

bir metamorfizma geçirmiş oldukları düşüncesindeyiz.

Kristalize Kireçtaşları (Permo-Karbonifer ?)

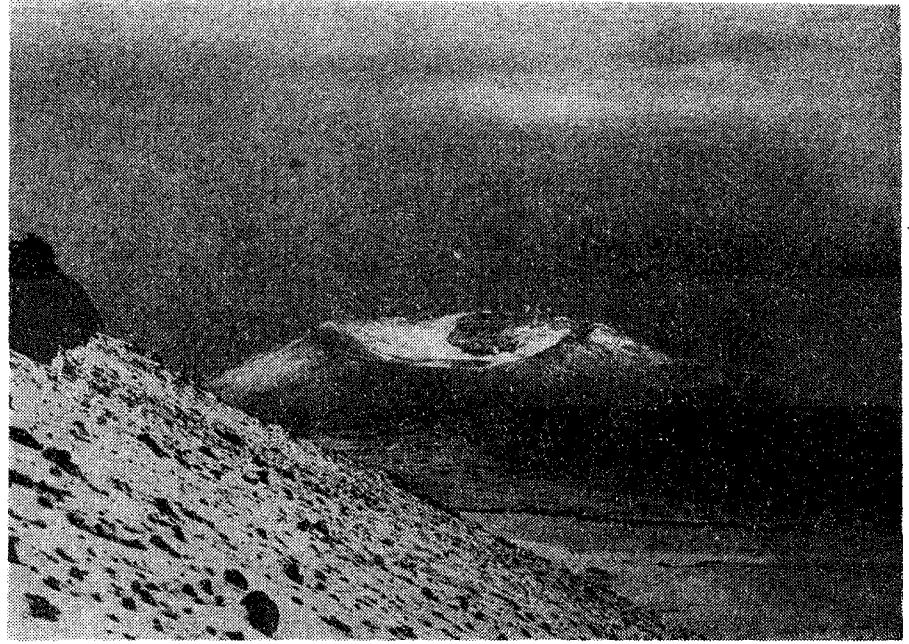
Doğubayazıt ovası, Pullularla köyü yöresinde mostra veren kristalize kireçtaşları Kaluz dağı'nı oluşturur. Genellikle siyah renkli, sert, eklemli, az gisti, levhamsı, kalsit tanelidir. Dış yüzeyleri sıvama çakıllı olup çakıl elemanları gnays, kuvarsit ve kendi malzemesinden oluşmuştur. Çatlaklı olup çatlakları kalsit dolguludur. Yer yer milonitik kireçtaşıdır. Fazla kalınlığı bulunmadığından bölgedeki kaynaklar için beslenme ve hazne kaya yeteneği yoktur. Altınlı (1964) kireçtaşlarının İnce kesitlerinde bolca *Fuzulinidae*'lex gördüğünü belirtmektedir. Bizce de aynı görüş kabul edilmiştir.

Üst Kretase (Ayrılmamış)

Tendürek dağı doğu ve kuzeyinde mostra veren serpantin, spilit ve kireçtaşı karmaşıkları 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritasında Üst Kretase (Ayrılmamış) birimi içerisinde ele alındığından yeni bir terim karışıklığına meydan vermemek amacı ile aynı isimlendirme kullanılmıştır. Geniş bir alan kaplayan bu birim koyu renkli spilit lavları ve serpantinlerden oluşmaktadır. Renkleri grimsi koyu yeşil mostralı ve taze kırık yüzünde koyu yeşildir. Lavlar yer yer pillövu görülürler. Pillövlar arasında bazen kireç çamuru da görülür. Tendürek dağı doğusunda ise İran hududu boyunca serpantin ve spilitik lavlar çok girift görülür. İçlerinde Kızılkaya, Çetenli, Esnemez köyü kuzeyinde görülen *Globotruncana*'h kireçtaşları, Soğuksu köyü, Uzunyol mah. ise Paleosen yaşlı beyaz renkli bol mikrofosilli kireçtaşları da görülebilir. Aynı birimler Pamir (1950) ve Altınlı (1964) tarafından Üst Kretase (Ayrılmamış) olarak isimlendirilmiştir.

Üst Kretase Kireçtaşları

Tendürek dağı çevresinde geniş bir yayılım gösteren, kırmızı, pembe renkli bol mikrofosilli kireçtaşları genellikle içlerinde görülen *Globotruncana*'lax nedeniyle Üst Kretase Kireçtaşları olarak bilinir. Bunlar serpantin ve spilit karmaşıkları üzerinde yüzer vaziyette ve büyük bloklar şeklinde gözlenir. Kızılkaya, Çetenli, Yılanlı ve Esnemez köyleri civarlarında tipik mostraları görülebilir. Bilhassa Doğubayazıt güneyindeki mostraları tipiktir.



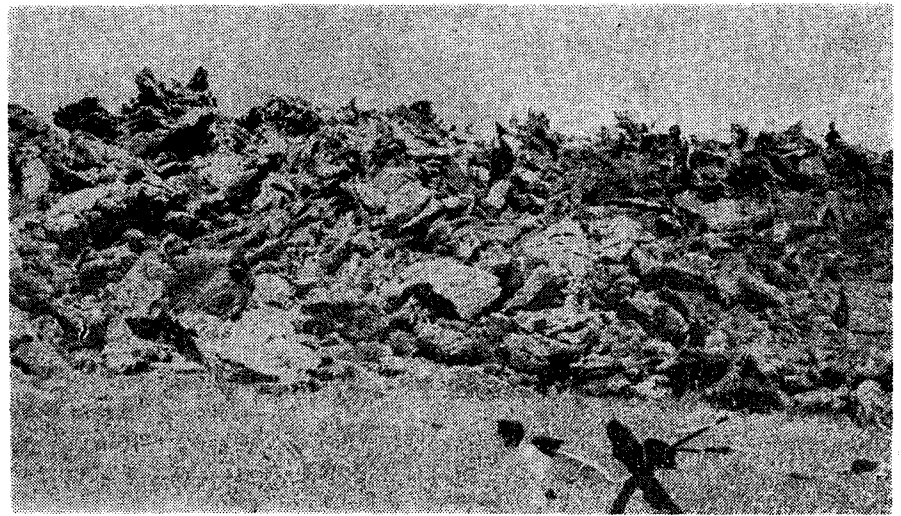
Şekil 2: Tendürek doğu kraterinin batıdan genel görünüşü.

Figure 2: East Crater of Tendürek, view from west.

Bol kılıklı, eklemli, eklemli kalsit dolgululu olup yer yer pillövu lavlarla yastıklı yapı gösterirler. Erime ve kırılma boşluklarının varlığı bol su süzme yeteneği kazanmalarını sağlar. D-12 nolu kaynak bu tip bir mostradan özelikle seçilmiştir. Pamir (1950) ve Altınlı (1964) bu kayalardan ayrıntılı olarak söz etmektedirler.

Paleosen

Çalışma alanında çok küçük mostraları olan bu birim Uzunyol mah. civarında iki küçük mostra ile gözlenir. Beyaz renkli bol mikrofosilli kalsit çamurundan oluşmuştur. Pamir (1950), Arni (1938) ve Altınlı (1964) bunların varlığından geniş olarak söz etmişlerdir. Problemimize etkisi olacak kadar



Şekil 3: Tendürek lavlarının Çaldıran ovası yönünde akmış olan dilim lavlarından bir görünüşü.

Figure 3: A view from slab lavas of Tendürek Lava flows which flowed to the direction of Çaldıran plain.

geniş bir mostraya sahip olmadığından burada kısaca varlığına değinmekle yetiniyoruz.

#### Eosen Fliş Formasyonu

Tendürek dağı' kuzey yamaçlarında ve Diyadin'e doğru yaygın görülen türbiditik kumlu kireçtaşları ve kumtaşları bu birim içerisinde düşünülmüştür. Türbiditik kumtaşı, kireçtaşı ve kumlu-kireçtaşları hâki, yeşil, gri renklidirler. Kumtaşları ince silt boyutundan kaba kumtaşına kadar değişen boylarda taneler içerirler. Kumtaşları ince tabakalıdır (10-50 cm). İçlerinde çok zaman türbiditik yapıların tamamı gözlenebilmektedir. Derecelenme, laminalanma, boylanma, dalga kırışıklıkları v.b. Bunların alt sınırı saptanamamıştır. Üstte Eosen kireçtaşları ile sınırlandırılmıştır. Kumtaşları ve üzerlerinde görülen kireçtaşları bolca su süzebilmekte ve bu nedenle türbiditik kumtaşlarında bölgede analiz edilebilecek bir su kaynağı bulunamamıştır.

Pamir (1950) ve Altınlı (1964)'nin bu birimleri Üst Kretase'ye dahil etmiş olmalarına rağmen biz eldeki verilerin ışığı altında Alt Eosen demekle yetiniyoruz.

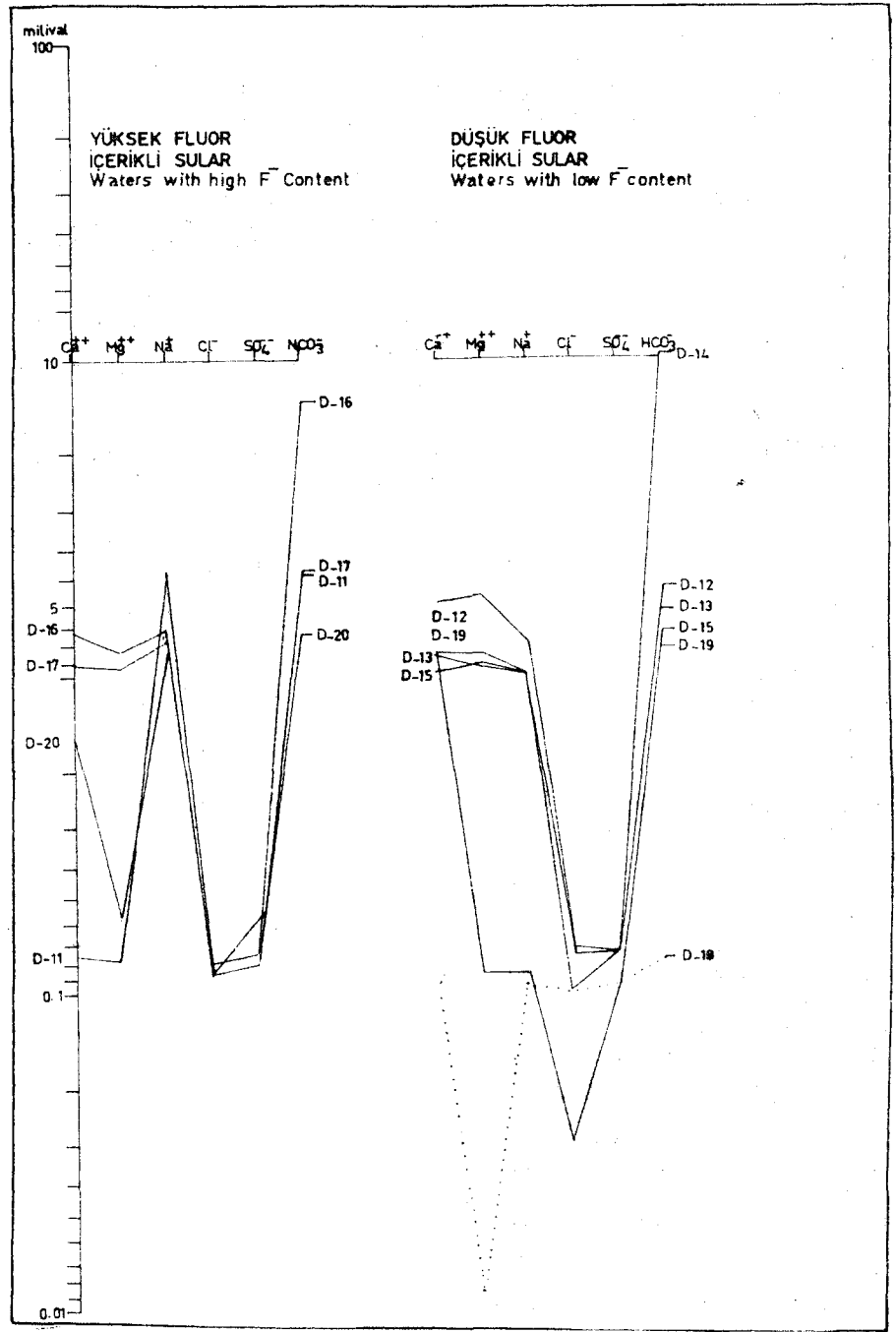
#### Alt Eosen

Çalışma alanında yaygın bir dağılıma sahip Alt Eosen yaşlı kumlu kireçtaşları ve kireçtaşları görülmektedir. Bunlar özellikle Üçgöze köyü kuzeyinde yaygın görülürler. Pembe, beyaz, sarı ve bunların karışımı renklerde dir. Kırıklı, kıvrımlı, kırık dilinimlidirler. Genellikle Eosen flişi üzerinde bulunurlar ve bolca su süzerler, bunlardan beslenen kaynaklar Eosen flişi ile olan dokanaklardan yüzeye çıkarlar. Bulakbaşı köyündeki kaynak harita sahası doğusunda gözlenen bu tip kireçtaşlarından süzülür. D-19 nolu kaynak bu tip bir kaynağı niteler. Önceki bölümde de belirttiğimiz gibi Alt Eosen yaşındadır demekle yetiniyoruz.

Alt Eosen çökelleri üzerinde ise batıda Diyadin ve Ağrı, Taşlıçay dolaylarında Miyosen çökelleri ve Alüvyonlarla Tendürek lavları görülür.

#### Miyosen

Tendürek dağı batısında ve Doğubayazıt'ta eski çalışmalardan bilinen Miyosen çökelleri geniş bir dağılım göstermektedir. Bunlar kumtaşı, mutası, kumlu kireçtaşı, çakıltası ve yer yer resifal kireçtaşları tiplerinde görülebilir. Tendürek dağı doğusunda Doğuba-



Şekil 4: Tendürek volkanı çevresi kaynak sularının kimyasal bileşimleri.

Figure 4: Chemical compositions of spring waters around the Tendürek volcano.

yazıt'ta ve batısında ise Yukarıtütek köyü güneyinde yaygın görülürler.

Hepsinin üzerinde diğerlerinde de olduğu gibi Tendürek lavları görülmektedir.

#### Tendürek lavları

Esas sorunumuzu ve inceleme konusunu oluşturan Tendürek dağı volka-

nizması ve ürünleri bir bütün halinde ele alınmıştır. Bunlar şekil 1'de görüldüğü gibi Büyük ve Küçük Tendürek ile çevredeki ikincil bacalardan çıkan volkanik gereçten oluşmuş bir bütündür. Bunlar çok küçük mostralara halinde Yukarıtütek, Alakaya köylerinde görülen aglomeralar, Ayrancı, Aşağıtütek köyleri arasında görülen kültürleri, So-

ğuksu köyü Uzun yol mañ. civarında görülen pomzalar, Büyük ve Küçük Tendürek kraterleri çevrelerinde görülen volkanik breşler ile T<sub>2</sub> ve T<sub>3</sub> ile işaretlenmiş bulunan eski ve yeni Tendürek lavlarından oluşmaktadır.

Bölgedeki yeraltı suyu hareketiyle eski ve yeni Tendürek lavları yakından ilişkilidir. Tendürek lavlarının ilk fazdaki etkinlikleri doğu konisine bağlı olarak gelişmiştir (şekil 2). Buna asalak koniler de eşlik etmiştir. Bunların yüzey yapılan kaybolmuştur. Genç lavların arasında adalar şeklinde görüldüğü gibi doğu konisini de kurmaktadır. Koninin yapısında ayrıca renkli kultağı görünümü bir lav da yer almaktadır. Soğanlı tepe tamamıyla eski lavlardan kuruludur. Bunların dışında her yerde genç Tendürek lavları yer almaktadır.

Genç Tendürek lavları Pahoehoe lavlarından kuruludur. Koyu siyah renkli afanitik lavlardır. Birinci fazın lavları kısmen altere ve okside olmuşlardır. Oldukça genç olan ikinci fazın lavları birçok akıntı biriminden kuruludur. Akıntılarının kenarlarında yan sedirler üstlerinde basınç sırtları, cepelerde dilim (Slab) (şekil 3) yığılmaları görülür. Birimlerin yüzeylerinde yaygın olarak halatsı (ropy) yapılan, eğer de olsa barsak (entail) yapıları, Kemerik yayla mevkilerinde gözlenir. Çoğu yerde akma kanalının boşalması ve kabuğun çökmesi ile küçük çökekler oluşmuştur. Bu kadar karmaşık soğuma şekilleri gösteren Tendürek lavları oldukça uzun mesafelerde akmıştır. Güneyde Çaldıran ovası, kuzeyde ise Ortadirek, Doğubayazıt çukurlukları doldurmuştur.

Küçük Tendürek tepesinde Tendürek Krater gölü görülür (D-18). Büyük Tendürek tepesinde ise 200 m derinliğinde bir krater çukuru bulunmasına rağmen herhangi bir su birikintisi yoktur.

Her iki Tendürek kraterinde de muhtelif deliklerden su buhan ve Büyük Tendürek tepesi doğu kenarında ise H<sub>2</sub>S ve su buhan çıkışlarının devam ettikleri Pamir (1950) ve tarafımızdan da gezi sırasında görülmüştür.

Haritanın güneybatı köşesinde ise görülen Hıdırmenteş. andezitlerine ve Bulakbaşı kuzeydoğusundaki Mozik lavlarına çevrede görülen volkanikler olarak burada kısaca değinmeye değer kanısındayız.

## SULARIN KİMYASI

Çevrede florür içeriği düşük ya da yüksek olan on adet soğuk kaynak

suunun kimyasal analizi yapılmıştır. Böylece florürün öbür bileşenler ve jeolojili durumla anlamlı ilişkilerinin bulunup bulunmadığı araştırılmak istenmiştir (çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1: Bölgede seçilmiş kaynakların numara, yer ve isimleri.

Table I: Sample number, Location, and names of selected springs in the region.

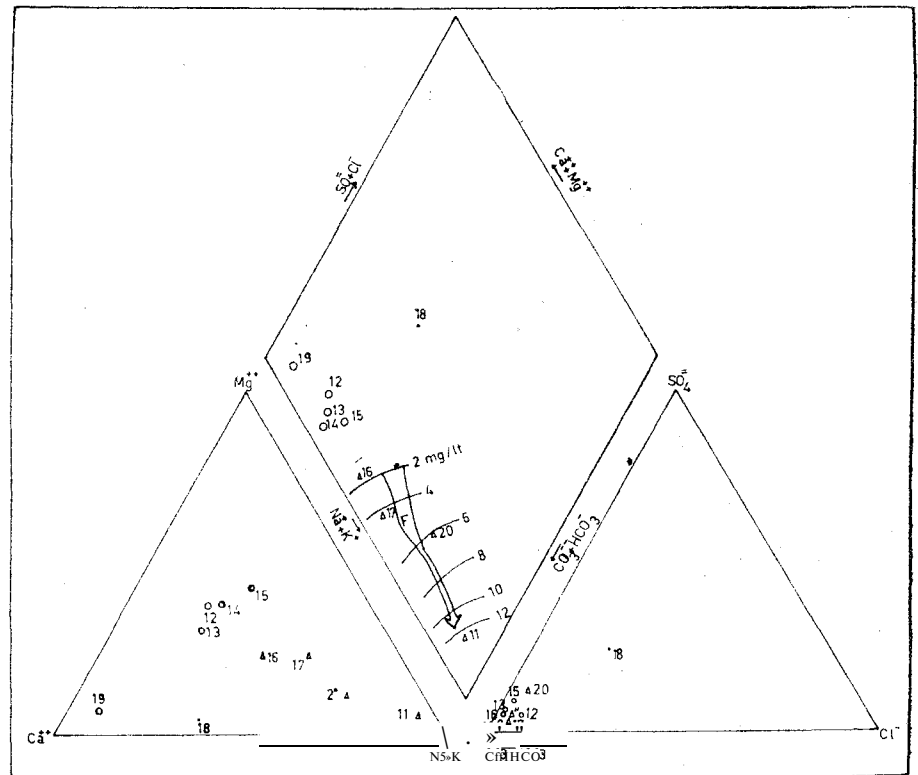
D-11	Ağrı-Dogubayazıt, İtegel kaynağı.
D-13	Ağrı-Dogubayazıt, Çetenli (Teberiz) kaynağı.
D-13	Ağrı-Dotubayazıt, Hekim pınarı kaynağı.
D-14	Ağrı-Dogubayazıt, Ekşi pınarı kaynağı.
D-15	Ağrı-Dogubayazıt, Karabulak kaynağı.
D-16	Van-Caldıran, Turgik sızlığı kaynağı.
D-17	Van-Caldıran, Mutlu köyü kaynağı.
D-18	Ağrı-Dotubayazıt, Tendürek krater gölü.
D-19	Ağrı-Dogubayazıt, Eulakbaşı kaynağı.
D-20	Ağrı-Dogubayazıt, Üsgöze kaynağı.

Kaynakların hemen hepsi yüksek debili olan kaynaklardan seçilmiştir. Sahadaki çeşitli litoloji birimlerini temsil eden akiferlerin hepsi seçilen kaynaklarla denetlenmek istenmiştir. Kaynakların bir bölümü flişin kumtaşı ve kireçtaşlarından, bir bölümü Tendürek lavlarından, öbürleri eski lav, mermer ve ofiyolitlerden boşalmaktadır.

Suların tümü karbonat ve bikarbonat egemen sulardır. Sülfat ve klor içeriklerinde belirgin bir farklılaşma yoktur. Katyonlarda farklı iki grup görülür. Bir bölümü kalsiyum - magnezyum - sodyumlu sulardır. Arda kalanlar egemen olarak sodyumlu sulardır. Birinci gruptakiler eski lavlar, kireçtaşları ve ofiyolitlerden (şekil 4 ve 5), ikinci gruptakiler ise ya Tendürek lavları ya da bunların çok yakınlarından boşalmaktadır.

Kalsiyum - magnezyumlu sulardaki demir, arsenik ve silis, sodyumlu sulardaki rubidyum, sezyum ve iyot öbür grup sulardakinden fazla bulunmaktadır.

Grupların kendi içlerindeki katyon farklılaşmaları yerel akifer değişmelerine bağlanabilmektedir, örneğin sodyumlu sular grubunda Mutlu ve Turgik sızlığındaki kaynak sular, Tendürek lavları ile birlikte akifer olarak mermerlerden de yararlandıklarından kalsiyum ve magnezyum değerleri nisbeten yüksektir. Kalsiyum - magnezyumlu sular grubundaki Bulakbaşı kaynağı doğrudan kireçtaşlarından boşaldığından magnezyum, sodyum ve klor değerleri grubundakilerin çok altındadır (şekil 4).



şekil 5: Tendürek volkanı çevresi kaynak sularının kimyasal bileşimleri ve florür içerikleri. chemical compositions and V- contents of spring waters around the Tendürek volcano.

Çizelge 1: Bölgedeki çeşitli suların temsil Men soğuk kaynak, sularından alınmış, on adet kaynak suyunun kimyasal analizi neticeleri.  
Table 1: Chemical analysis results of ten spring water samples obtained from cold water spring's representing various aquifers of the region.

Miktarlar mg/lit (in mg/lit)	D-11	D-12	D-13	D-14	D-15	D-16	D-17	D-18	D-19	D-20
Sample No.										
<b>Anyon ve katyonlar.</b>										
<b>Anions and cations</b>										
Na+	143.80	28.75	25.40	73.10	28.50	94.30	77.00	0.65	5.30	7.20
K+	7.92	4.47	2.10	5.52	1.90	8.45	9.30	3.85	0.50	5.65
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.09	Yok	0.03	0.16	0.05	0.18	0.03	0.28	Yok	0.08
Rb+	3.50	2.00	1.20	2.30	1.00	3.20	3.3	2.00	0.20	2.50
Cs+	12.50	2.30	1.50	6.0	3.00	7.50	7.00	0.1	Yok	6.00
Ca++	6.81	51.02	47.33	103.49	21.84	72.75	24.07	4.61	50.82	18.76
Mg++	3.60	29.60	17.33	65.71	22.93	29.01	18.60	0.29	2.60	6.13
Fe (Total)	0.03	0.09	0.08	0.94	0.08	0.16	0.13	0.17	0.13	0.16
As (Total)	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	Yok	0.04	0.03	0.01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	348.80	344.04	286.76	802.76	104.92	567.30	362.95	19.52	163.48	192.76
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16.80	Yok	Yok	Yok	60.00	10.80	10.80	Yok	4.80	10.20
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	16.05	16.87	17.28	18.93	18.11	17.69	13.17	6.58	6.17	24.28
S <sup>-</sup>	0.08	0.024	Yok	0.08	Yok	0.37	0.56	0.11	0.08	0.37
Cl <sup>-</sup>	10.23	13.05	4.23	11.64	3.88	10.23	7.40	3.88	2.82	8.81
I <sup>-</sup>	0.58	0.38	Yok	Yapılamadı	0.11	0.52	Yok	Yok	0.11	Yok
F <sup>-</sup>	12.90	0.80	0.27	0.30	0.44	1.90	4.30	0.18	0.33	6.50
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.005	Yok	0.005	0.005	0.020	Yok	0.005	0.025	0.015	0.020
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.50	11.0	0.75	0.01	5.25	1.75	3.10	0.62	5.50	5.50
B	0.87	1.08	0.27	1.57	0.76	0.68	0.22	0.14	0.16	0.24
SiO <sub>2</sub>	34.00	37.50	78.90	84.25	56.50	18.25	23.25	1.00	9.60	23.25
Ph (25°C)	8.90	7.70	7.70	8.30	8.60	7.70	8.10	7.10	8.00	8.30

Suların fluofür değerlerine gelince» bu değerler de sözü edilen gruplaşmaya uymaktadır. Sodyum bikarbonatlı suların fluofür değerleri olağanın üzerindedir (şekil 5). öbür grup sularında görünür bir otagandışılık yoktur. Sodyum bikarbonatlı sulardaki fluofür miktarları ile kalsiyum ve magnezyum miktarları arasında, ters orantılı bir ilişki vardır. Fluofür arttıkça kalsiyum - magnezyum azalmaktadır (şekil 6). Fluofür ile sodyum ya da anyonlar arasında böyle bir ilişki görülmemektedir. Kaynakların boşaldığı akiferler göz önüne alındığında yüksek fluofürlü suların Tendürek lavlarından gelen Sodyum bicarbonatlı sular olduğu anlaşılmaktadır.

Fluor halojen grubunun en hafif üyesidir. Kimyasal davranışları diğer

halojenlerden oldukça farklıdır. Tim. elemanları en. elektronegatif olanıdır. Eriyiklerde eksi bir değerli fluofür iyonu şeklinde bulunur\* Hidroksil iyonu ile aynı, yük ve neredeyse aynı. çapa sahip olduğundan yer değiştirebilirler., Noble ve diğerlerine (1.967) göre camısı volkanik kayalarda bulunan halojen niiktan. -JGEİ3talleşmiş olanlarınkinden yüksektir ve camısızlaşma sırasında kayadan ayrılmaktadır (Taylor ve: Stoiber» 1.973). Bazı, mineral yüzeyleri anyonları tutabilmektedir (Ellis ve Mahon» 1964). Fümerol etkinlikleri ya da camısızlaşan volkan canından ayrılan fluofür söz konusu, mineral yüzeylerinde tutulmuş olabilir. Yüksek pH\*lı yeraltı suyu ile temas gelen fluofür yerini OH- ile değiştirme eğilimindedir. Nitekim tonumuz olan. suların pH\*ları S dolayındadır., Açüdüanan bu süreç kanımızca Tendürek volkanına, sızan suların genç ve çok; gözenekli lavlardan süzülüşleri arasında fluofürce zenginleşmesinin ve eteklerden, boşalan tüm. kaynak, sularının yüksek fluofür İsermesinin nedeni.

#### SONUÇ VE TAKRİŞMA

Tendürek volkanı çevresindeki barm köylerde insan» hayvan ve bitki sağlığı yönünden Önem taşıyan 9 adet su, örneğinde tespit edilen, fluofür miktarları çizelge 3'te verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi analize tabi tutulan içme suları insan ve hayvanlar için tok-

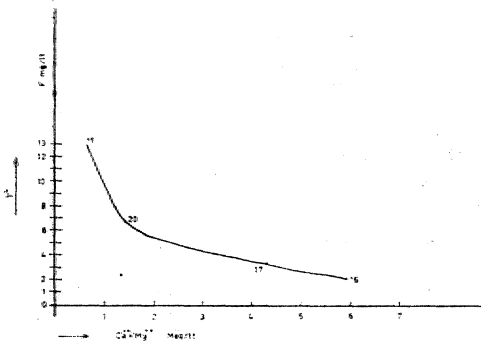
sik sayılacak seviyelerde fluofür içermektedir.

Çizelge 3: Tendürek volkanı çevresindeki bazı kaynak sularındaki fluofür miktarları.

Table 3: Fluorine content of some springs around the Tendürek volcano.

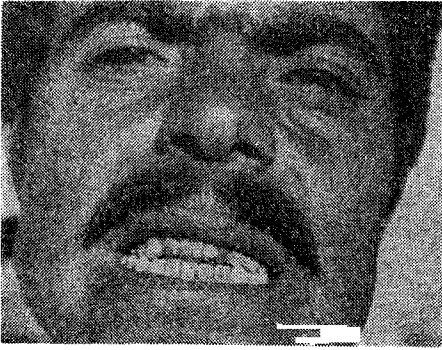
Suyun alındığı yer location.	fluofür ppm.
Gttksekaynak kaynağı (D-11)	11,70
Girnevik kaynağı	12,50
Celal köyü (Bataklık)	5,00
Kanikork (Dogubayasıt içme soyu tesisleri)	9,70
AŞ.agimutta. köyü (D-17)	7,50
Alakaya, köyü	5,00
İSoğüksİj. deresi	2,50
Bendimahi çayı	3,50
Toplatan kaynağı	8,00

Atatürk Üniversitesi Ziraat, Tıp ve Diş Hekimliği fakülteleri elemanlarından kurulu ekibin bölgede yaptığı inceleme gezisinde diş florozu tespit edilen bir hasta şekil 7'de görülmektedir., Diş florozu devamlı, dişlerin mine bölgesinde meydana gelen, bir renklenme (koyu sarı, kahverengi) hastalığı olup ilk plânda kesici ve köpek, dişlerinde görülmektedir. Litresinde. 3-4 mg'in tizerinde fluofür içeren suyun kemiklerin oluşum. devresinde' sürekli olarak, alınması faaliyete ise dişlerde görülen belirtilere ek olarak Mftin vücutta ve ekstremitele genel, uyuşukluk ve yanma hissine sebep olan, skeletal florozda meydana geldiği belirtilmektedir (WHO, 1970). Dogubayasıt ilçe merke-



Şekil 6: Ca++ — Mg++ ve F- arasındaki ilişki.

Figure 6: Relation between Ca++ — Mg++ and F-



**Sekil 7:** Yüksek dozda Fluorürlü suyu uzun süre kullanmış bir kişinin ön dişlerinde meydana gelen renklenme.

Figure 7: Staining on the frontal teeth of a man who used high F- water for a long time.

zinin içme suyunu sağlayan tesis, suda yüksek seviyede florür (çizelge 3) bulunması nedeniyle üç sene kullanıldıktan sonra kapatılmıştır (İller Bankası, 1967).

Şekil 8'de Gökçekaynak köyünden temin edilen iki yaşındaki bir koyuna ait kesici dişler görülmektedir, içme suyu veya diğer bir yolla kalıcı dişlerin teşekkül devresinde yüksek dozda ve devamlı olarak bünyeye alındığında sığır ve koyunların dişlerinde bazı belirtilerin ortaya çıktığı çeşitli yazarlar tarafından kaydedilmektedir (Mitchell



**Sekil 8:** Gelişme devresinde bünyesine yüksek dozda ve sürekli olarak Fluorür girmiş olan 2 yaşındaki bir koyunda kesici dişlerde meydana gelen renklenme, anormal ağınma ve kırılmalar.

Figure 8: Abnormal corrosion, fracturing, and staining on the frontal teeth of a two-year old sheep, which continuously drank high doses of F- rich water.

ve Edman, 1952; Hobbs, 1954; Garner, 1963). Büyük ve küçük ruminantların büyüme devrelerinde bünyeye herhangi bir yolla belirtilen sınırların üstünde florür alınması halinde ilk önce kesici ve daha sonra öğütücü dişlerde lekelenmeler meydana gelmekte ve dişlerde zamanla anormal aşınmalar ve kırılmalar ortaya çıkmaktadır. Dişlerdeki bu belirtiler hayvanların yeterince beslenmelerini önlediğinden hayvanlar ölmekte veya düşük fiyatla elden çıkarılmaktadır. Bölgede sekiz-on bin civarında insan ve yüz bin civarında büyük ve küçük baş hayvan yüksek dozda florür içeren sulan içmektedir.

Jeoloji gözlemleri bölgedeki şu litoloji birimlerinin akifer oluşturduğunu saptamıştır: mermerler, Üst Kretase kireçtaşları, Eosen fliš formasyonu ve Tendürek lavları. Ancak suların kimyası bölümünde anlatılan verilerden, yüksek florür içeren kaynaklar, Tendürek lavlarından süzülen sularla dolaylı yollardan da temas gelseler fluorürce zenginleştikleri görülmüştür. Bunların neticesi bölgede yapılacak su projelerinde Tendürek lavlarından süzülen sularla beslenebilecek akiferlerden boşalan kaynakların, kullanılmadan önce mutlaka florür analizlerinin yapılmasının gerekliliği ortaya konmuştur.

## ÖNERİLER

1 — Bazı kimyasal maddelerin eklenmesi veya suların rezinlerden geçirilmesi yolu ile sudaki fazla fluorürün azaltılması teorik olarak mümkündür. Ancak bu işlemler büyük ölçüde teknik güç ve masrafı gerektirdiğinden uygulanması olanaksızdır.

2 — Söz konusu bölgede sayıları elliye geçen yerleşme merkezine ayrı ayrı içme suyu getirilmesi ekonomik yönden çok pahalı olacaktır. Ayrıca yüksek dozda fluorürlü su ile bulaşmış mera ve çayırılar aracılığı ile hayvanların fluorür almasının önlenmesi de gerekmektedir. Bu nedenle her yerleşme merkezine ayrı ayrı içme suyu yerine fluorürce zengin olan kaynak sularının, temiz kaynak suları ile karıştırılma olanaklarının bölge çapında araştırılıp değerlendirilmesi gerekmektedir.

3 — Bundan sonra yapılacak su projelerinde genç Tendürek lavlarından beslenen sulardan özellikle kaçınılmalı veya diğerleri ile karıştırılarak kullanılmalıdır.

4 — Kullanma amacı ile incelenecek olan kaynak sularında mutlaka bir jeolojik etüdün varlığına ve seçilen kaynakların kimyasal analizlerinde insanlar ve hayvanlar için toksik miktarda da bulunması zararlı olabilecek anyon ve kationların analizlerinin doğru olarak yapılmasına dikkat edilmelidir.

## KATKI BELİRTME

Saha çalışmalarında bölgede çalışmış bulunan Yük. Jeo. Müh. Tahir öngür, Yük. Jeo. Müh. M. Refik Ünlü ve Yük. Jeo. Müh. Yaşar Suludere'nin 1/25 000 ölçekli çalışmalarından yararlanılmıştır. Kendilerine ve bu arada emeği geçmiş diğer arkadaşlara teşekkür etmeyi bir borç biliriz.

Yayıma verildiği tarih: Nisan, 1975

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, İ.E., 1964, Türkiye Jeoloji Haritası, 1/500000 ölçekli, Van paftası; MTA Yayını.
- Arni, P., 1938, Van vilâyetinin jeolojisi hakkında rapor: MTA Derleme Rap. no. 88, yayınlanmamış.
- Bear, F.E., 1957, Toxic elements in soils: 1957 year book of agriculture USDA, 167-168.
- Ellis, A.J. ve Mahon, W.A.J., 1964, Natural hydrothermal systems and experimental hot-water/rock interactions: Geochim. et Cosmochim. Acta, 28, 1323-1357.
- Garner, R.J., 1963, Fluorine. Veterinary Toxicology, 2nd ed., Williams and Wilkins Company, Baytımore, 83-91.
- Hobbs, C.S., 1954, Fluorosis in cattle and sheep: Üniv. of Tennessee Agricultural experiment station, Knoxville, Bull.
- İller Bankası, 1967, Doğubayazıt içme suyu raporu, İUer Bankası su ve kanalizasyon müdürlüğü, yayınlanmamış.
- Mac İntire, W.H., 1945, Soil content of fluorine and its determination; Soil Sci., 59, 105-109.
- Mitchell\* H.H. ve Edman, M., 1952, The fluorine problem in livestock feeding: The commonwealth bureau of animal nutrition, Nutrition Abs. and Reviews, 21, 4.
- Noble, D.C., Vertie, C.S. ve Peck, L.C., 1967, Loss of halogens from crystallized and glassy silicic volcanic rocks: Geochim. et Cosmochim. Acta, 31, 215-223.
- Pamir, H.N., 1950, Aladağ ve Tendürek bölgelerinde yapılan jeoloji tetkiklerine ait rapor: MTA derleme, Rap. no. 2195, yayınlanmamış.
- Robinson, W.O. ve Edgington, G., 1946, Fluorine in soils: Science, 61, 341-353.
- Shupe, J.L., ve Olson, A.E., 1970, Clinical aspect of fluorosis in horses: Jour. Amer. Veterinary Medical Assoc., 158, 2.
- Taylor, P.S. ve Stoiber, R.E., 1973, Soluble material on ash from active central American volcanoes: Geol. Soc. America Bull., 84, 1031-1042.
- WHO, 1970, Florides and human health: WHO, Monograph series, 59, Geneva.
- Yenal, O., 1970, Türkiye Maden Suları: İstanbul Üniv. Tıp Fak. Hidroklimatoloji kürsüsü yayını, İstanbul.