

**8.ÖZDEMİR, M.A., ve ÖZGEN, M., “Keban Barajında Su Kaçakları ve Doğal Turizm”; Afyon Kocatepe Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt VI , Sayı 1,s.65-85. Haziran 2004.**

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 1999 yılından günümüze cilt 1, Sayı 2 den itibaren hakemli olarak yılda iki sayı (Haziran ve Aralık) halinde çıkmaktadır.

## KEBAN BARAJINDAN SU KAÇAKLARI VE SUNDUĞU DOĞAL POTANSİYEL

### *Water Leakage In Keban Dam and Its Natural Potantial*

M. Ali ÖZDEMİR\*

N.ÖZGEN\*\*

#### ÖZET

Dünyanın ve Türkiye'nin sayılı büyük barajlarından biri olan Keban barajı, Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat havzasında, Elazığ'ın 40 km kuzeybatısında Fırat nehrinin dar ve derin boğazında, Permo-Karbonifer yaşlı kalk şistler ile mermerlerin kontağı üzerine inşa edilmiştir. Tektonik hareketlere bağlı olarak mermerleri parçalayan çatlaklar ve faylar karstlaşmayı hızlandırmış ve yönlendirmiştir. Paleokarst nedeniyle mermerler her yönde yeraltı suyu taşımaktadır. Bu durum etüt ve inşa aşamasında baraj rezervuarında suyun tutulup tutulamayacağı endişesini ortaya çıkarmıştır. Barajda 4 Kasım 1973 yılında su tutulmaya başlanmış, ancak 1974 ve 1975, özellikle yağışlı geçen 1976 yılında rezervuarda yer alan mermerlerin paleokarstik boşluklarında su kaçakları ortaya çıkmış ve endişeler gerçeğe dönüşmüştür. Su kaçaklarını önlemek amacıyla yapılan masraflar barajın maliyetini neredeyse ikiye katlamıştır. Baraj gölünden kaçak sular, baraj ve gölüne ek olarak turizm, elektrik üretimi ve balıkçılık için, yeni bir potansiyel ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada, Fırat vadisinde karstik arazide yapılan Keban barajının su kaçakları ile ilgili durumu belirtilmiş, inşaatın sağladığı bilgi ve tecrübe birikimine değinilmiş, inşaat ve sonrası gelişmelerin olumlu ve olumsuz yönleri, turizm potansiyeli değerlendirilmiştir.

#### ABSTRACT

*Keban dam, which is one of big dams in Turkey and World, was built on the river Euphrates in Upper Euphrate basin on a epigenetic gorge and Permo - Carboniferous old calc schists and marbel contact. Because of the tectonic movements, joints and faults which break up marbels, formated, and made faster the karstification. Because of the paleokarst, marbles contain ground water in every side. This condition construct an anxiety about whether the water is captured or not. Water was started to be blocked or captured in 4 November 1973, water fountains were seen in karstic holes*

\* Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fak. Coğrafya Bölümü AFYON

\*\* Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü Elazığ

*of the marbles in reservoirs in 1974-1975 and especially in 1976 which was a rains year. Thus anxiety turned into reality. In addition to Keban dam and lake, the water leakage gave an additional opportunity for tourism, electric and fishing.*

*In this study, it was reported the condition of the water leakage of Keban dam which was built in Euphrate valley on karstic land and also it was indicated that knowledge and experiment which come from constructions. In addition to this, the tourism potential and the positive and negative sides of the developments during and after the constructions was discussed.*

## **GİRİŞ**

### **Keban barajı ve Fırat nehri**

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri de mermerlerden oluşan karstik arazinin baraj inşaatında ortaya çıkardığı sorunları belirtmek ve tecrübe birikimini sunmaktır. Bu amaca ulaşmak için doğal olarak **DSİ arşivlerinden** ve baraj inşaatının tüm aşamalarında inşaat mühendisi olarak çalışan ve bu çalışmanın da yazarlarından biri olan **N. Özgen'in** gözlemlerinden faydalanılmıştır. Tarafımızdan günümüzdeki doğal durum, karst morfolojisi, doğal turizm ve ekonomik potansiyel değerlendirilmiştir.

Önce Fırat nehri, Keban barajı ve su kaçakları hakkında literatüre dayalı olarak mümkün olduğunca kısa bilgiler verilecektir. Uluslar arası nehirlerden olan Fırat nehri 2800 km uzunluğunda olup bunun 971 km.'si Türkiye topraklarındadır. Havzası 120917 km<sup>2</sup>, ortalama akımı 33480 m<sup>3</sup>/sn.'dir. Yağmurlu-karlı rejime sahip olan nehrin debisi yağmur yağışları ve karların erimesi ile Nisan ayından itibaren Haziran sonuna kadar artmaktadır. Yaz kuraklığı ile akım düşmekte, güz yağmurları ve azalan sıcaklıkla birlikte Ekim ve Kasım aylarında hafifçe artmakta, Ocak ve Şubat aylarında kar yağışları ve donma nedeniyle ikinci defa düşmektedir (Atalay,2000, s. 122 ve 125).

Fırat; suyu tükenmeyen, en büyük nehir anlamına gelmektedir. Bu büyük nehir üzerine Keban, Karakaya, Atatürk ve Birecik ve Karkamış gibi bir dizi büyük baraj yapılmış ve yenileri yapılmaktadır. Bu barajların ilki olan Keban barajı ülkemizde daha sonra yapılacak olan barajlar için öğrenme, tecrübe ve bilgi birikimi sağlamış, teknik elamanların yetişmesi için adeta bir üniversite olmuştur. Baraj inşaatına 1964 yılında başlanmış ve ilk dört ünitesi 1974 yılında, diğer dört ünite ise 1981 yılında faaliyete geçmiştir (Özgen, 2000,s.37).

Dünyanın ve Türkiye'nin sayılı büyük barajlarından biri olan Keban barajı, Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat havzasında, Fırat nehrinin dar ve

derin vadisi üzerinde, Permo-Karbonifer yaşlı kalk şistler ile mermerlerin kontağı üzerine inşa edilmiştir. Baraj inşaatının tüm safhalarında rezervuardaki karstik yapı nedeniyle barajda su tutulup tutulamayacağı endişesi bir kabus gibi sürmüştür. Nitekim barajda su tutulmasıyla önemli su kaçakları oluşmuş, bunları araştırmak ve önlemek için de çok titiz çalışmalar yapılmıştır. Bu harcamalar barajın maliyetini neredeyse ikiye katlamıştır.

Keban barajı, Atatürk ve Karakaya'dan sonra Türkiye'nin üçüncü büyük barajı olup, kaya dolgu ve beton ağırlık tipinde inşa edilmiştir (Foto 1 ve 2). Gövde yüksekliği 210 m., göl derinliği ise maksimum 160 m.dir. Elektrik enerjisi üretmek amacıyla 1974 yılında yapılmıştır. Maksimum seviye 845, minimum işletme kotu 813 m., normal göl hacmi 31, ölü göl hacmi 14, faydalı su miktarı 16.9 milyar m<sup>3</sup>' tür. Baraj çıkışında Fırat nehrinin yatağı 692 m.dir. Yıllık ortalama üretim ilk dört ünite için 4.8 milyar kwh, biri yedek olmak üzere diğer üç ünite ile toplam 6.484823529, yaklaşık 6.5 milyar kwh' tır. Göl havzası 64 100 km<sup>2</sup>, maksimum göl alanı 681 km<sup>2</sup> dir. 8 ünitesiyle 1330 mw kurulu güce sahiptir (Özgen, 2000).

Fırat Nehri ayrı ayrı çökme havzalarını kapmalarla birbirine bağlamış, Kuvaterner başında dengeli bir yatak profiline erişmiştir. Fırat sistemi Pleistosen süresince taban düzeyi değişmelerinin etkisiyle menderesleri ile birlikte olduğu gibi gömülmüş dayanıklı kayalar içerisinde epijenik boğazlar oluşturmuştur. Bu boğazlar büyük barajların inşa edildiği yerlerdir (Erol ve diğ.,1987;Tonbul 1985 ve 1987).

Keban Barajı, Fırat nehri kollarından Karasu, Peri suyu, Murat ve Munzur nehirlerinin birleştiği aşağı bölümde, epijenik özellikteki Keban boğazının başlangıç bölümü üzerine inşa edilmiştir. Baraj öncesinde düzlüklerin geniş yer tuttuğu Keban-Pertek oluğu ve Uluova'nın bir bölümü önemli rezervuar alanıdır. Kurak geçen 1999, 2000 ve 2001 yıllarında baraj gölü seviyesi minimum işletme kotuna kadar düşmüş, sekiz tribünden sadece ikisi çalıştırılabilmiştir.

Elektrik üretmek amacıyla yapılan baraj gölünden yakın çevredeki bağ ve bahçelerin yanı sıra Uluova'nın sulamasında da faydalanılmaktadır. Şengün'e (2000) göre, Uluova 356 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Baraj gölünün maksimum seviyesi olan 845 m. kotuna göre, Keban barajının yapılmasıyla Uluova'nın Altınova adı verilen bölümünün 120 km<sup>2</sup>'si su altında kalmıştır. 2002 yılında yaz mevsiminde göl seviyesi 838 m. kotuna indiğinde 28 km<sup>2</sup>, 821 kotunda ise 48 km<sup>2</sup> lik bir alan Uluova'da su üzerinde kalmış, bu arazide en fazla karpuz yetiştirilmiştir. Bu durum, devlete (DSİ) ait arazi üzerinde, kamulaştırma öncesi mülkiyet sahiplerinin sahiplenme kavgasına yol açmıştır.

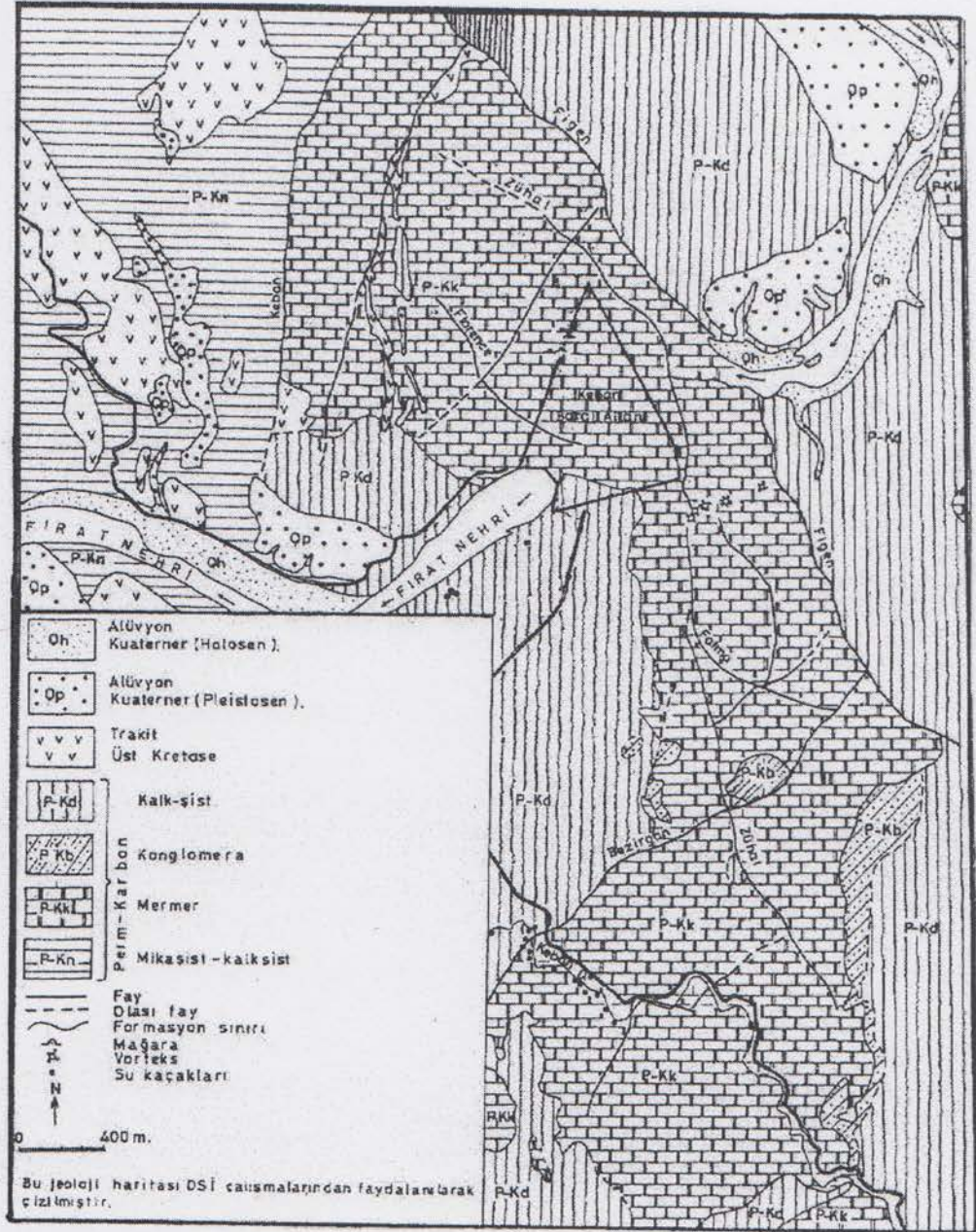
**Keban baraj inşaatı süresince ortaya çıkan karst hidrolojisi ve jeomorfolojisi ile ilgili problemler:**

Keban barajı karstik morfolojiye sahip bir boğaz üzerine inşa edilmiştir. Baraj inşaat ve rezervuar alanında yapıyı mermerler ve kalkıştler oluşturmaktadır (Şekil 1). Mermerler, farklı doğrultularda çatlaklı ve faylı yapıda olup yoğun bir şekilde karstlaşmaya uğramıştır. Bu nedenle çatlaklı ve faylı olan mermerler mağaralar, yeraltı su yolları ve travertenlerden oluşan paleo karstik şekiller içermektedir.

Temelde bulunan kalkıştler geçirimsiz özellikte, üstteki mermerler ise geçirimlidir. Bu özellikler mermerleri birbiriyle bağlantılı, her yönde su taşımaya uygun, etkili porozitesi yüksek bir ortam haline getirmiştir. Fırat ve su kaçaklarının ortaya çıktığı Keban deresi vadilerinde masif mermerlerin yüzeyinde mağara ağızları ve değişik şekillerde karstik boşluklar bulunmaktadır. Bu zemin özellikleri baraj inşaatı öncesinde, inşaat devam ederken ve inşaat bittikten sonra **karst hidrolojisi** ile ilgili **su kaçakları problemini** ortaya çıkarmıştır.

Baraj alanında yüzeyde görülemeyen paleokarstik şekiller, özellikle mağaralar ve yer altı kanalları bulunmaktadır. Bunlardan biri de ilk defa DSİ (1976) tarafından, kontrol sondajları sırasında tespit edilen, 520 m. yükseltisindeki, boşluk hacmi 104 000 m<sup>3</sup> civarında olan Yengeç mağarasıdır. Baraj temeli altında böyle bir boşluğun ortaya çıkarılması, barajda su tutulduktan sonra mağara girişlerinden kaçak olabileceği endişesini doğurmuş, mağara suyu ile nehir ve çevre kaynakları arasındaki ilişki araştırılmış, sonuçta nehir suyu ile ilişkili olmadığı anlaşılmıştır. Ancak, su kaçağı olabilir kaygısı ile bu mağaranın büyük kısmı özel bir enjeksiyon malzemesiyle doldurulmuştur (DSİ,1976).

İnşaat sırasında; çevirme tüneli açılması, santral binası yeri kazısı, temeldeki kontrol ve enjeksiyon galerilerinin açılması sırasında paleokarstik galerileri izleyen sular kaynaklar halinde ortaya çıkmıştır. Çevirme tüneli içinde 500 lt/sn debili kaynak belirmiş ve baraj stabilitesi açısından önemli görülmüştür. Su tutulmadan önceki debileri 100 lt/sn olan kaynaklar, su tutulmasından sonra artarak drenaj suları ile birlikte 150-200 lt/sn.'ye yükselmiştir (Aklan, 1976).



Şekil 1: Keban baraj inşaat alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası

Figure 1: Building-construction area of Keban dam and the geological map of nearby.

### **Keban baraj gölü su kaçaklarını önleme çalışmaları:**

Keban baraj gölünden su kaçaklarını önlemek amacıyla enjeksiyon takviye ve drenaj amaçlı sondajlar yapılmıştır. Su kaçakları öncesinde ve baraj inşa çalışmaları esnasında sondajlar, boya deneyleri, fiziksel, kimyasal ve izotop çalışmaları yapılmıştır.

Baraj inşaatı sırasında aks boyunca temeldeki muhtemel su kaçaklarını önlemek amacıyla barajın oturacağı zeminin tabanından 150 m. derinliğe kadar enjeksiyon perdesi oluşturulmuştur. Baraj aksında 1 km. boyunca enjeksiyon perdesi geçirimsiz olan şist kantağına bağlanmıştır. Baraj gövdesi ve membaindaki tüm mağara ağızları temizlenerek dış dolgusu gibi beton tıkaç yapılmış, fay hatları ıslah edilmiş ve ondan sonra su tutulmaya başlanmıştır. Keban baraj gölünde, yukarıda belirtilen su kaçaklarını azaltmak ve yollarını tespit etmek amacıyla faylar haritalanmış, mermerlerin yayılışı araştırılmış, önceki yapısal haritalar revize edilmiştir. Siyah-beyaz pankromatik hava fotoğrafları, Band 5 ve false color, 1/100.000 ölçekli ERST A görüntülerinden saha bir bütün olarak değerlendirilmiş ve çizgisellikler haritalanmıştır. Kaynaklarla göl arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla bir çok sondaj kuyusu açılmıştır. Sol sahilde piezometrik değerlendirme ve boya deneyleri için 251 kuyu açılmıştır.

Ne var ki, tüm bu çalışmalara rağmen 4 Kasım 1973'te barajda su tutulmasıyla birlikte su hacminin zemine yaptığı basınç paleokarst'a ait su yollarını canlandırmış, göl yüzeyinde vorteksler-girdaplar halinde su kaçakları meydana gelmiştir. Bu arada vorteks kavramını açıklamakta fayda görüyoruz. **Vorteks**; nehirlerde görülen girdaplardan farklıdır. Şöyle ki, nehir akışı esnasında su bir engele çarptığında ve bir çukura düştüğünde türbülans sonucunda girdap meydana gelir. Sular dönerek zaman zaman kaynar ve kabarır. Ancak yeraltına doğru su kaçıışı meydana gelmez. Vortekste yeraltına su kaçıışı vardır. Vorteks gölden yeraltına su kaçıışı esnasında merkezkaç kuvveti etkisiyle helezonik dalgalarla huni şeklindeki su hareketidir. Vorteksin çapı kaçan suyun miktarına bağlıdır. Gölün seviyesi arttığında su basıncı vorteks oluşumunu engellemektedir. Suda dalgalanma oluştuğunda vorteksin ağız kısmı kapanmaktadır. Kaçak üzerindeki su kalınlığı azaldıkça veya göl seviyesi düştükçe huninin çapı büyümekte ve daha fazla ses çıkarmaktadır. Bu ses vorteks hunisinin dip kısmında sıkışan havadan kaynaklanmaktadır. Vorteksler helezonik dalgalarla su yüzeyindeki çöpleri merkezine doğru çekip yutmaktadır. Küçük vorteksler göl dalgasız olduğu zaman görülmemektedir.

Göl yüzeyinde oluşan dalgalar sol sahili yıkamış, çatlakları bağlayan kil dolgularını söküp atmıştır. Gölden kaçan sular Keban deresinde nehir gibi, baraj mansabında ve Zeryan deresinde büyük kaynaklar halinde ortaya

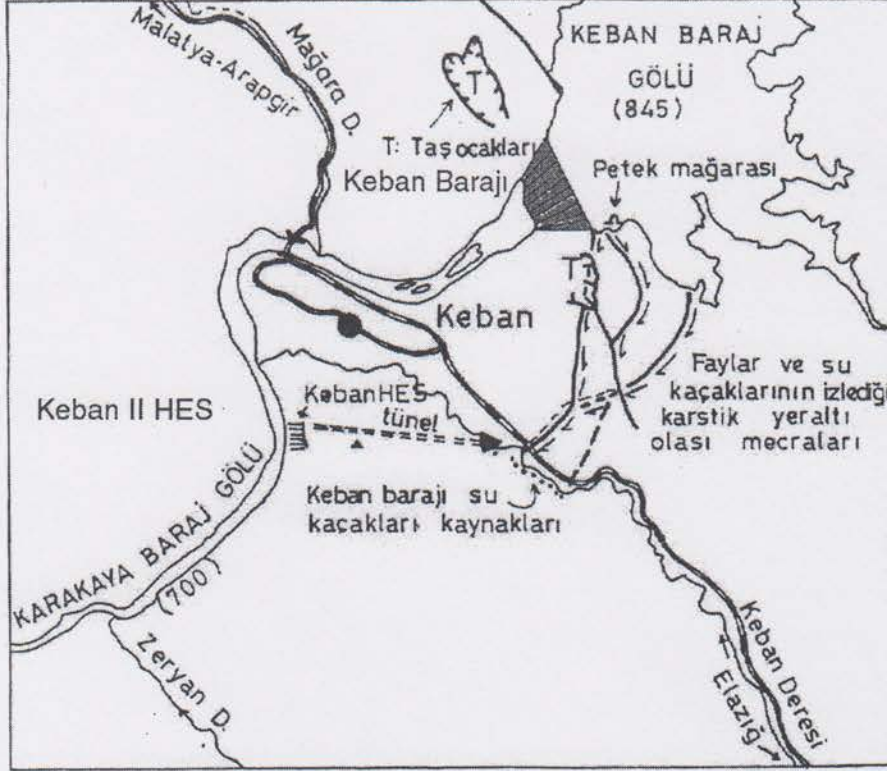
çıkıştır (Şekil 3). Bunun üzerine kaçak yollarını tespit ve kapatma çalışmaları yapılmıştır.

11 Mayıs 1976 tarihinde DSİ tarafından T8 vorteksi olarak adlandırılan girdap meydana gelmiştir (Foto 2). Vorteksin ağzı zaman zaman 2 m. çapını bulmuştur. Bunun üzerine dolu savak kapakları açılmış, göl seviyesi 836 m. kotu altına düşürülmüş, su kaçağına bağlı girdabın tabanı ve Petek mağarası ağzı açığa çıkarılmıştır. Mağara içinde 3500 m<sup>2</sup> lik yüzey alanı olan göl, yaklaşık 2 000 000 m<sup>3</sup> büyük kubbeli bir salon bulunmuştur (Foto 3). En fazla su kaçağının meydana geldiği Petek mağarası, baraj aksından 200 m. membada, 836 m. kotundadır. 25 Mayıs'ta mağaraya açılan vorteksin huni çapı 1m., dönme alanı çapı 10 m., tahmini su kaçağı 5 m<sup>3</sup> /sn. olmuştur. Sol sahil kaynaklarından 5 nolu kaynağın kenarında 30 lt/ sn debili yeni bir kaynak ortaya çıkmıştır. 3 Haziran 1977 tarihinde yüzeiden başlamak üzere mağara merkezine doğru şaft açılmıştır. 4 Haziran 1976'da sol sahil su kaçakları debi ve sıcaklıkları şöyle ölçülmüştür: SSK 5-260 lt/sn 18 C°, SSK 6-721 lt/sn 17 C° SSK 9-108 lt/sn 18 C° .

Sol sahilde ve beton barajdan başlayarak 450 m. menbaya doğru 825 ile 845 m. kotları arasında, **Petek mağarasına** yakın sol sahil yamacı 17. 000 m<sup>3</sup> lük betonla kaplanmıştır (Foto 5). Bu sırada mağara içine yaklaşık 2.000.000 m<sup>3</sup> lük kum, çakıl ve kırma taş doldurulmuş, mağaranın üstündeki 48 m. kalınlığındaki kalkerler üzerine yaklaşık 200 000 m<sup>3</sup> çimento şerbeti enjeksiyonu yapılmıştır. Mağara girişi doldurulduktan sonra ağzı 3 cm. kalınlığında sacıla kapatılmıştır. Bu çalışma sonucunda Zeryan deresindeki kaçaklar tamamen kurumuş, Keban deresindeki kaçaklar 26 m<sup>3</sup>/sn. den ortalama 7 m<sup>3</sup>/sn'ye düşmüştür (Özgen, 2000).

Su kaçaklarının meydana geldiği bir diğer mağara da 104.000 m<sup>3</sup> hacimli **Yengeç mağarasıdır**. Petek mağarasından sonra ikinci büyük mağara olan Yengeç mağarası 60 000 m<sup>3</sup> kısmı çimento bentonit su karışımı bir enjeksiyon malzemesi ile doldurulmuştur. Baraj aksının 7 km. kaynak tarafında Ziyaret tepe yamacındaki su kaçaklarına beton tıkaç ıslahı yapılmıştır. 26 Ekim 1977 tarihine kadar 48.50 m. inilerek yengeç mağarası tavanına ulaşılmıştır. 15 Kasım 1977 tarihinden başlayarak 14 Mart 1979 tarihine kadar mağarada 317 m. derinliğinde açılan şafttan (baca) dolgu olarak 592.450.000 m<sup>3</sup> taş, kum, pasa ve çakıl atılarak mağara doldurulmuştur. Böylece baraj mansabındaki su kaçaklarında üçte iki azalma olmuştur.





Şekil 3: Keban baraj gölünde meydana gelen kaçak alanları. Su kaçakları ve yapılan ek masraflar baraj yeri seçilirken paleokarst ve karst morfolojisi ile ilgili çalışmaların önemini ortaya koymuştur.

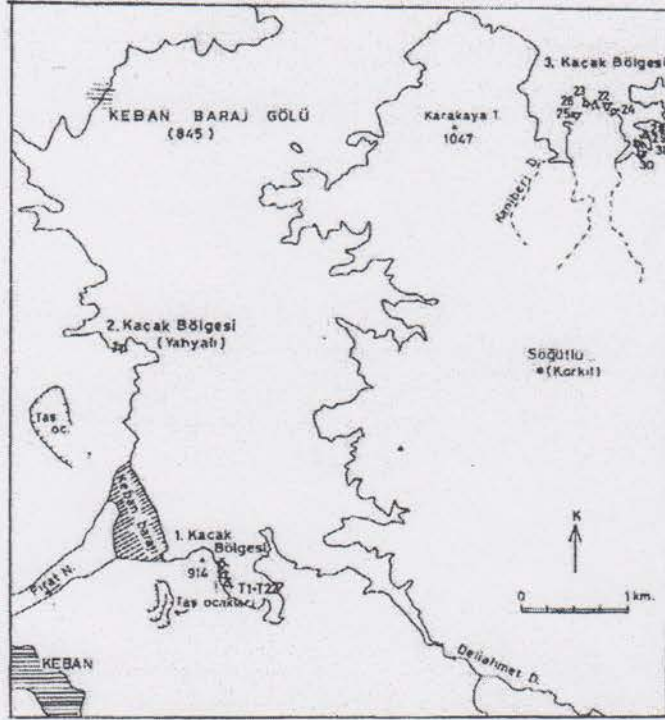
Figure 3: The areas of water leakage in Keban dam lake. As the location of dam is chosen, water leakage and expenditures indicate importance of the studies about paleokarst and karst morphology.

#### Baraj gölünden paleo-karstik yapıya bağlı su kaçakları

Keban barajında ilk olarak 4 Kasım 1973'te su tutulmaya başlanmış, ilkbaharı yağışlı geçen 1976 yılında su kotu 844.03 m. olmuştur. 159 m.lik su sütunu göl sahasına 30 milyar tonluk yük bindirmiştir. Bunun sonucunda baraj gölü sol sahilinde büyük bir girdap oluşmuş, 15 km. uzunluğundaki yamaç boyunca sayısı 30'u geçen vorteksler veya girdaplar meydana gelmiştir. Böylece yeraltı su seviyesi yükselmiş, kaynakların debilerinde ani ve büyük artışlar görülmüştür (Özgen, 2000).

Keban baraj gölünde beklenen ve korkulan su kaçakları baraj gölü kıyısında mağaralarda ve paleokarstik döneme ait su yolları boyunca gerçekleşmiş, bunlarla ilişkili yeni kaynaklar ortaya çıkmıştır. Su kaçakları

göl yüzeyinde konik vorteksler halinde gözlenmiştir (Foto 3). Baraj gölünde su kaçakları, mermerlerin yapıyı teşkil ettiği üç bölgede yoğunlaşmıştır. Bunlar, 1. baraj gövdesinin sol sahilinde 914 rakımlı tepe kuzeyi ve doğusundaki bölge. 2. Sağ sahilde 1.2 km. içerde, Yahyalı mahallesi çevresinde, Safa tepe yakınındaki körfezde. 3. Karakaya (1047 m ) tepesi doğusundaki körfezdedir. Her üç su kaçağı bölgesinde yapıyı Permo-Karbon yaşlı paleokarstik mermerler oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Keban baraj gölünde su kaçağı alanları (DSİ 1976 ve 1977).

Figure 2 The areas of water leakage in Keban dam lake.

Keban barajı-deprem ve karstik su yolları ilişkisi konusu önemli ve araştırılması, izlenmesi gereken bir konudur. Barajların yapımı esnasında bölgenin depremselliği incelenir ve bu depremsellik barajın inşaatında göz önünde bulundurulur. DSİ tarafından Keban barajının 8 şiddetindeki bir depreme dayanıklı yapıldığı belirtilmiştir.

Keban barajı orta şiddetli depremlerle birkaç defa denenmiştir denilebilir. Örneğin 9 Mayıs 1998'de merkez üssü Elazığ'ın Baskil ilçesi olan 4.7 şiddetinde bir depremde Baskil ve Elazığ'da bazı binalarda çatlaklar meydana gelmiş, bazı iş yerlerinde camlar kırılmış, Elazığ Sanayi camisinin minaresi kaymıştır. Baraj çevresinde, Keban'da hafif ve orta

şiddette depremler meydana gelmiş Keban barajına bir etkisi olmamıştır. Karstik yapı ve bölgesel tektonik hareketler nedeniyle yörede hafif ve orta şiddetli depremler olağandır.

Keban barajının yapılması ile birlikte önceden hava dolu mağaralara suyun dolması ve buradaki gazın patlama ile kaçması, baraj gölünün seviyesi düşünce ise büyük mağaralardan suyun çekilmesi ve bu boşluğa havanın dolması sonucu gaz patlamaları oluşmaktadır. Bu patlamalar sarsıntıya yol açmış ve açmaktadır. Ayrıca, karstik mağara boşluklarının çökmesi de hafif ve orta şiddette depremler oluşturmaktadır. Bunların dışında yörede fayların gençleşmesi ile depremler meydana gelmektedir. Keban barajı, çok çatlaklı, ileri derecede karstlaşmış mermerler ile kalkıştelerin kontağı üzerine inşa edilmiştir. Mermerlere bağlı mağaralar ve doğal yeraltı tünelleri bulunmaktadır. Bunlardaki çökmeler dar alanlı, küçük ve orta şiddette depremlere yol açmaktadır.

Muhtemel şiddetli bir depremde, barajın durumu, karstik su yollarının nasıl etkileneceği, yeni su kaçaklarının oluşup oluşmayacağı, eski su yollarının ne durumda olacağı (büyümesi, küçülmesi ve ortadan kalkması) bir risk olarak kalmaktadır.

#### **Keban ( Çırçır ) şelalesinin Oluşumu ve potansiyeli**

DSİ raporlarına göre, 4 Kasım 1973 yılında barajda su tutulmaya başlanmıştır. Baraj gölü seviyesi 840 m. seviyesine ulaştığında, baraj gölünden; Ziyaret tepe yamaçları, Petek mağarası ve sol sahil yamacı olmak üzere üç bölgede su kaçağı tespit edilmiştir. Keban doğusunda fayın şistlerle mermerleri karşı karşıya getirerek geçirimsiz zon oluşturması, Keban ilçe merkezindeki evlerin temelinde ve simli kurşun maden ocaklarında su çıkışını doğal olarak önlemiştir.

Keban barajından kaçan sular önce 2.8 km yatay mesafedeki, Keban deresi sol sahilinde, 10-11 gün sonra ise 3-3.5 km. (kaçak ve kaynak arasındaki) yol alıp, Zeryan deresinde çıkmıştır.

2 Mayıs 1974 tarihinde, baraj gölünden kaçan sular, ilk olarak barajın 2800 m. güneyinde Keban deresi kanyonunda, sol sahil yamacında gür kaynaklar halinde ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu su kaçaklarını izlemek için fluoressen boya enjekte ve sudaki Cl miktarından faydalanılmıştır. Klor miktarı; baraj öncesinde Keban mermerleri içindeki yeraltı suyunda 6-8 mg/l'ten, baraj gölünde 20-24 mg/l'tir. Baraj yapımı sonrasında Keban deresi kaynaklarında 17-19 mg/l'tir. Bu durum, Keban deresi kaynaklarının gölden geldiğini kesin olarak kanıtlamıştır.

2 Mayıs 1974 tarihinden itibaren, göl kotu 788.58 m. iken **Keban deresi sol sahilinde**, Çırçır deresi karşısında, 754.50 m. kotunda, mermer

şist kondağında başlangıçta sızıntı halinde, sonradan debisi ve sayıları hızla artan kaynaklar ortaya çıkmıştır. Su kaçakları ile birlikte Keban deresi vadisinde Hasan Dağ'a ait bahçe girişinde 200 m<sup>3</sup> lük bir heyelan olmuştur. Ayrıca evin temelinde su çıkmıştır. Heyelanın altında 4 lt/sn su çıkışı ölçülmüştür. Tahir Toprak'a ait bahçede sızıntılar artmış, 400 m<sup>3</sup> lük bir heyelan meydana gelmiştir. Dere kenarındaki istinat duvarı çökmüş, ağaçlar devrilmiştir.

**Keban deresi sol sahilinde** baraj gölünden su kaçaklarına bağlı büyük bir kaynak ortaya çıkmıştır. Kaynağın debisi ilk bir ayda 1.5 m<sup>3</sup>/sn'ye ulaşmıştır. Yamacın 600 m.lik kesimi boyunca, 2.5.1974 ile 7.6.1974 tarihleri arasında, 753.22 ile 765.9 m. kotlarında 11 kaynak ortaya çıkmıştır. Çıkış noktası 787 m. kotuna kadar yükselmiş olup günümüzde 767 m.lerdedir. Son yıllarda debisi 12 ile 4.5 m<sup>3</sup> /sn arasında değişmekle birlikte ortalama 7 m<sup>3</sup> /sn'dir. 1976 yılı itibariyle gölden bu kaynaklara suyun ulaşma süresi 13 gün iken, 2000 yılı itibariyle bu süre yeraltı nehrinin yatağını aşındırması ve yeraltı su seviyesinin alçalması nedeniyle 11 gün'e düşmüştür.

1974 yılında göl seviyesi 788 ile 802 m.'ye yükseldiğinde, Keban deresi kaçaklarının debisi 3500 lt/sn'ye ulaşmıştır. 1975 yılında göl seviyesi 828.5 m. ye yükselmiş kaynakların debisi 7000 lt/sn'ye yükselmiştir. 1976 yılında ise göl seviyesi 844 m.'ye, kaçakların debisi 23000 lt/sn'ye yükselmiştir. Bununla birlikte baraj gövdesi önünde yeraltı su seviyesi yükselerek 805-810 m. ye ulaşmıştır. Göl seviyesi yükseldiğinde kaynakların debisinde de artış görülmüştür. DSİ tarafından T8 olarak numaralandırılan vorteks oluştuğunda Keban deresindeki kaynakların debisi 5.400 den 10.000 m<sup>3</sup>/sn'ye yükselmiştir. T8 girdabının oluşumundan 10-12 gün sonra Keban deresi kaynaklarının debisi 26 000 lt/sn ulaşmıştır. Bu durum kaynaklarla vorteksler arasındaki ilişkiyi açık şekilde ortaya koymuştur. Nitekim, göl seviyesi yükseldikçe yeraltı su seviyesi, kaçaklar ve kaçak debileri artmakta, düşükçe azalmaktadır.

Keban baraj gölünden kaçan suların Fırat nehrine (günümüzde Karakaya baraj gölüne) kavuşan bir yan dere olan Keban deresi vadisinin göl tarafındaki yamaç yerine, sol veya karşı yamaçta ortaya çıkması da ilginçtir. Baraj gölünden Petek mağarası ağız kesimi ile kaçan sular Keban deresi su kaçakları kaynağı arasındaki yatay mesafe 2800 m. dir. Bu su yolunun gerçek mesafesi bilinmemektedir. Çıkış yeri ile Keban dere yatağı arasında 13 m.lik yükseklik farkı bulunmaktadır.

Karstik bölgelerde suların yeraltına girdikleri nokta ile tekrar yer yüzüne çıktığı noktalar arasındaki bağlantı diğer yapılardan farklıdır.

Akarsuların altında, akış yönünden farklı akarsular olabilmektedir (Pekcan, 1999,s. 82).

Keban kaynağı da mermerlerin paleokarstlaşması ile oluşmuş eski yeraltı mecralarının, baraj gölünün hidrostatik basıncı nedeniyle yeniden canlanması ile oluşmuştur. Bu nedenle kaynağın günümüz morfolojisi ile ilgisi yoktur. Baraj gölünün yapay su kütlesi olduğunu hatırlarsak, Keban kaynağı göl sularının yeraltına girdikten sonra tekrar yeryüzüne çıktığı karstik yörelerin "resürjans" kaynak tipine benzetebiliriz. Kaynağın vadinin baraj tarafındaki yamaçta değil, karşı yamaçta çıkması paleokarstlaşmaya ve vadinin yapısına bağlıdır. Keban vadisinde temelde geçirimsiz özellikteki mikaşist ve amfibolitşist, bunların üzerinde de geçirimli mermerler bulunmaktadır. Geçirimsiz zonu oluşturan mikaşist ve mermer kantağının vadinin baraj tarafında daha yüksek, karşı yamaçta ise daha alçak topografya oluşturması nedeniyle su kaçakları sol yamaçtan çıkmıştır. Sular, mermerler ile mikaşistler arasındaki fay hattını, mermerler içinde karstlaşma ile oluşmuş galerileri ve mermer mikaşist kantağını izlemiştir.

Kaynak, kanyon şeklindeki vadide 13 m yüksekliğinde, harika görünüşlü şelale oluşturarak gürültü ile akmaktadır. Doğal görünümündeki güzellik nedeniyle Keban şelalesi Elazığ ve yakın çevreden gelenler için farklı, görülmesi gereken bir ortam ve manzara oluşturmaktadır. Ayrıca bu bilgilerin turistlere ve teknik gezi amacıyla gelen ziyaretçilere sunulması veya bilgi verilmesi hem ziyaretçi sayısını arttıracak hem de yeni ziyaretçilerin gelmesine katkıda bulunacaktır.

Keban deresi sol sahilinde, mermer ve şist kantağının üzerinde meydana gelen kaçak sahası önceleri çıplak ve kayalık iken, zamanla söğüt, böğürtlen, sazlar ve su bitkileri ile kaplanmıştır. Gür şelale (çağlayan) oluşturan bu suların üzerinde alabalık üretim tesisleri kurulmuştur. Ayrıca vadi haşin topografyası, barajdaki su kaçaklarının oluşturduğu şelalesi ile mikroklimanın sunduğu ekolojik ortam görülmeğe değer özelliktedir (Foto 10). Karstik bir alana yapılan bir baraj gölünden yeraltı su yoluyla giden su kaçaklarının oluşturduğu bu şelale sayfiye yeri olarak düzenlemeye ve balık üretimi amaçlı kullanıma daha uygundur. Nitekim özel sektör tarafından bu dik yamaçta yamaç düzenlemesi yapılmış, 15 m sekisi üzerine balıkçı lokantası ve alabalık üretim havuzları inşa edilmiştir. Ayrıca şelaleye giden yol yapılarak ulaşım da sağlanmıştır. Bu alan piknik alanı şeklinde de düzenlenebilir ve dinlenme tesisleri kurularak ziyaretçilerin istifadesine sunulabilir.

Keban deresindeki kaynaklar sadece turizm ve balıkçılık açısından değil, aynı zamanda elektrik üretimi bakımından da büyük bir potansiyel sunmaktadır.

Keban çayının oluşturduğu Keban deresi boğazı; Fırat'a (günümüzde Karakaya baraj gölüne) kadar 10 km uzunluğunda, yatak eğimi % 025' dir. Piran dağları içinde 700-800 m'lik bir gömülme ile oluşmuştur. Kanyon vadi içinde saplanmış menderese ait izler ve kayma yamacı taraçaları bulunmaktadır. Keban boğazının oluşumunda Fırat vadisi gibi epijenik ve antesedant özellikler görülmektedir (Tonbul, 1987). Fırat'a bir yan dere olarak kavuşan Keban deresi ve boğazı su kaçaklarının değerlendirileceği küçük bir hidroelektrik santrali yapımına uygun özellikler taşımaktadır.

Nitekim, su kaçaklarının yer aldığı dar ve derin Keban deresi vadisinde küçük ölçekte bir santral yapımı planlanmıştır. Bu amaçla Keban deresi hidroelektrik santrali inşaatına yap-işlet-devret modeli çerçevesinde başlanmıştır. Beton ağırlık tipindeki barajın temel kotu 744, temelden yüksekliği 18 m., gövde uzunluğu 71.5 m. olacaktır. 1753 m. enerji iletim tüneli yapılacaktır. İki yıl sonra bitirilmesi planlanan santral 20 yıl boyunca ürettiği elektriği TEDAŞ'a satacaktır (Şekil 3). Keban I barajından kaçan sular böylece Keban II barajında elektriğe dönüştürülecektir. Bu amaçla, 2000 yılında Keban II baraj inşaatına başlanmış, 2002 yılında ödenek yokluğu nedeniyle inşaat yarım kalmıştır. Ayrıca, bu özellik üniversite öğrencileri için bir uygulamalı eğitim alanı sunmaktadır. Nitekim Fırat, Atatürk, Dicle gibi yakın çevre üniversiteleri Keban Barajı ve çevresine teknik geziler düzenlemektedir. Ancak, bu güzel şelalenin baraj suları altında kalmasına izin verilmemelidir.

Turizmle ilgili olması nedeniyle giriş kısmında sözü edilen çevre ile ilgili bazı özellikleri tekrarlamak faydalı olabilir. Keban barajı Elazığ'ın 60 km. kuzeybatısında, Malatya ovasını Keban-Pertek çukurluğuna bağlayan Keban boğazının giriş kısmına inşa edilmiştir. Baraj, Kayseri-Van karayolunun uzağında kalmaktadır. Yolcular, çoğunlukla Kömürhan köprüsünde gördükleri Karakaya baraj gölünü Keban baraj gölü sanmaktadır. Oysa, Keban bu yol güzergahında Elazığ'ın 10 km. doğusunda, Uluova özellikle Gülüşkür köprüsü çevresinde görülebilmektedir.

Rekreasyonel faaliyetlerde çeşitlilik gün geçtikçe tercih nedeni olmaktadır. Bu çerçevede Keban çevresini de değerlendirmek uygun olabilir.

Elazığ ili, Keban ilçesi yakınında Fırat nehri üzerinde, 1974 yılında Keban barajının ilk dört ünitesi faaliyete geçmiştir. Geride 675 km<sup>2</sup> alan kaplayan Keban baraj gölü meydana gelmiştir. Keban baraj gölü çevresi balık tutmak, gölde gezinti yapmak açısından uygundur. Keban Baraj gölü üzerinde feribotla gezinti mümkündür. İçme nahiyesi çevresinde balık lokantaları ve dinlenme tesisleri bulunmaktadır. Keban'da DSİ 100. yıl

parkı, DSİ içerisindeki Turan Esen parkı, Keban ilçe merkezinde hakim bir tepe üzerindeki Atapark çevre güzelliğinin en iyi görüldüğü seyir yerleridir. Baraj önünde, Orta Doğu ve Balkanların en büyük alabalık üretim tesisleri kurulmuştur. Bu tesisler günümüzde verimli işletmeden uzaktır. Özel sektör tarafından, Keban köprüsü çevresinde, Karakaya baraj gölünün Keban barajına sokulduğu kesimde kafes alabalıkçılığı yapılmaktadır.

Keban Baraj gölüne bağlı bir diğer güzel oluşum Karin obruk gölüdür (Foto 11). Karasu üzerinde Ağın ilçesi Dürümlü köyü karşısında büyük adanın 1 km. kuzey batısındadır. 200 m. çapında 50 m. derinliğinde, kalkerler içinde oluşmuş daire şeklindedir. Baraj gölünün yapılması ile gölden bu doline su sızmış, böylece baraj settine bağlı obruk meydana gelmiştir. Baraj gölü seviyesi yükseldikçe dolin içindeki gölün seviyesi yükselmekte, alçaldıkça düşmektedir. Baraj gölünün maksimum seviyeye ulaştığı 1976 yılında göl suları doğrudan bu çukurluğu doldurmuştur.

#### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Fırat vadisinde karstik arazide yapılan Keban barajının su kaçakları ile ilgili durumu belirtilmiş, inşaatın sağladığı bilgi ve tecrübe birikimine değinilmiş, inşaat ve sonrası gelişmelerin olumsuz ve olumlu yönleri tartışılmış, turizm açısından değerlendirilmiştir.

Dünyanın ve Türkiye'nin sayılı büyük barajlarından biri olan Keban barajı, Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat havzasında, Fırat nehri üzerinde, epijenik bir boğazda ve Permo-Karbonifer yaşlı kalk şistler ile mermerlerin kontağı üzerine inşa edilmiştir. Mermerleri etkileyen tektonik hareketler çatlaklar ve faylar oluşturmuş, bu yapılar karstlaşmayı hızlandırmış ve yönlendirmiştir. Paleokarstik şekillerin olduğu mermerler her yönde yeraltı suyu taşımaktadır. Bu durum etüt ve inşa aşamasında baraj rezervuarında suyun tutulup tutulamayacağı endişesini ortaya çıkarmıştır.

Barajda 4 Kasım 1973 yılında su tutulmaya başlanmış, ancak 1974 ve 1975 özellikle yağışlı geçen 1976 yılında rezervuarda yer alan mermerlerin karstik boşluklarında su kaçakları ortaya çıkmış ve endişeler gerçeğe dönüşmüştür. Su kaçaklarını önlemek amacıyla ek harcamalar yapılmıştır. Bunun sonucunda su kaçakları bütünüyle önlenememiş ancak önemli ölçüde azaltılmıştır. Keban baraj gölündeki su kaçakları beraberinde bazı olumlu sonuçlar da ortaya çıkarmıştır. Kaçak suları, baraj ve gölüne ek

olarak turizm, elektrik üretimi ve balıkçılık için yeni bir potansiyel sunmuştur.

Keban baraj gölü kaçak suları, bileşik kaplarda olduğu gibi, paleokarstik yer altı su yollarını izleyerek 1750 m. yatay mesafeden sonra baraj güneyindeki Keban deresinin sol yamacında, ortalama debisi 7 m<sup>3</sup>/sn. olan gür bir kaynak halinde çıkmış ve kanyon şeklindeki vadide, 13 m. yüksekliğinde, harika görünüşlü çağlayan (şelale) oluşturmuştur. Bu kaynaktan sağlanan sular ile alabalık üretimi yapılmaktadır.

Kaçak sularının elektrik enerjisine dönüştürülmesi amacıyla Keban I barajının 2 km güneyinde Keban II hidroelektrik santrali yapılmaktadır. Şelale tesisleri ile Elazığ'da yerli ve az sayıda da olsa yabancı turistlerin uğrak yeri haline gelmiştir. Keban ilçe merkezi, barajı ve şelalesi turizm bakımından sayfiye yeri olarak planlanmalı, kaynağın tanıtımı yapılmalı ve turizme kazandırılmalıdır.

Hazar gölünde yaşanan çevre kirliliğinin burada da yaşanmaması için yerel yönetimler gerekli önlemleri almalıdır. Ayrıca yakın çevre üniversiteleri başta olmak üzere Keban barajı ve yakın çevresi teknik geziler düzenlemesi için son derece zengin niteliklere sahiptir. Yöre, yerbilimleri ile ilgili nadir bulunabilecek uygulama imkanı ve ortamı sunmaktadır.

İkinci derece deprem bölgesinde yer alan baraj alanında, yapımından günümüze kadar olan zaman aralığında, orta şiddette depremler meydana gelmiştir. Bu nedenle yağış miktarı, karst morfolojisi, su kaçakları ve sismik aktivite ilişkisinin izlenmesinde yeni bilgiler ve tecrübeler kazanılması bakımından fayda vardır.

#### **Kaynakça**

- AKKAN,E.,1972, Elazığ ve Keban Barajı Çevresinde Coğrafya Araştırmaları: Coğrafya Araş.Derg.Sayı: 5-6, s.175-214, Ankara.
- AKLAN,T., 1976; Keban baraj yerinde su kaçakları ile ilgili çalışmalar; DSİ Ankara.
- ALTUNKAYNAK, M., 1975, Keban Baraj Yeri Dolayındaki Kaçaklar Hakkında Yeraltı Suyu Hidroloji Raporu; DSİ Ankara
- ATALAY, İ., 2000, Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği, Ege Üniversitesi, İzmir
- ÇİTÇİ, D. ve ÖZDEMİR, M.A., 1999, Elazığ'ın Bölge Turizmi İçindeki Yeri, Doğal ve Kültürel Turizm Potansiyeli; Cumhuriyetin 75. Yılı Kutlamaları Çerçevesinde Dünü ve Bugünüyle Harput, Bilim, kültür, Çevre, Turizm II, Türk Diyanet Vakfı Elazığ şubesi Yayınları No: 8., s.411-418.



- DSİ, 1976, Keban Barajı Kaçaklarının Kimyasal Analizler Yoluyla Araştırılması; Yay No: 603 Ankara
- DSİ, 1977, Keban Baraj Gölündeki Vorteksleri Oluşturan Boşlukların Açıldığı Petek Mağarasının Su Kaçakları İle İlişkisinin Aydınlatılması Yönünden Yapılması İstenen Boya Deneyi Hakkında Rapor, (Yayınlanmamış).
- DSİ, 1985, Jeoteknik Seminer; Cevizli-İstanbul 207 s.
- EROL, O., AKKAN, E., ELİBÜYÜK, M. ve DOĞU, A.F.,1987, Aşağı Fırat Bölgesi'nde Bugünkü ve Kuvaterner'deki Doğal Çevre Koşulları: ODTÜ. Aşağı Fırat Projesi, 1978-1979 Çalışmaları. Aşağı Fırat Projesi Yayınları.Seri I,No.3 Ankara.
- ERTAN, i., 1979, Keban Barajı İle İlgili İzotop Çalışmaları. Çizelge 3-10 DSİ. Ankara
- ÖZGEN, N., 2000, Keban Barajı ve Tarihçesi; DSİ Vakfı yayın No:1 Ankara
- PEKCAN, N.,1999, Karst Jeomorfolojisi. Filiz Kitabevi. İstanbul
- SEYHUN, S.,1968, Keban Barajında Enjeksiyon Çalışmaları Hakkında Rapor (Yayınlanmamış).
- ŞENGÜN,T., 2000, Uluova'da Jeomorfolojik Ana Birimlerle Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler; F.Ü.Sos.Bil.Enst. Yüksek Lisans tezi (yayınlanmamış), Elazığ.
- TONBUL, S., 1985, Kuzova-Hasandağı ve Çevresinin (Elazığ Batısı) Fiziki Coğrafyası. F.Ü. Sos.Bil.Enst. Doktora Tezi. (Yayınlanmamış), Elazığ.
- TONBUL, S., 1987, Elazığ Batısının Genel Jeomorfolojik Özellikleri Ve Gelişimi: Jeomorfoloji Derg. S.15, s. 37-52.

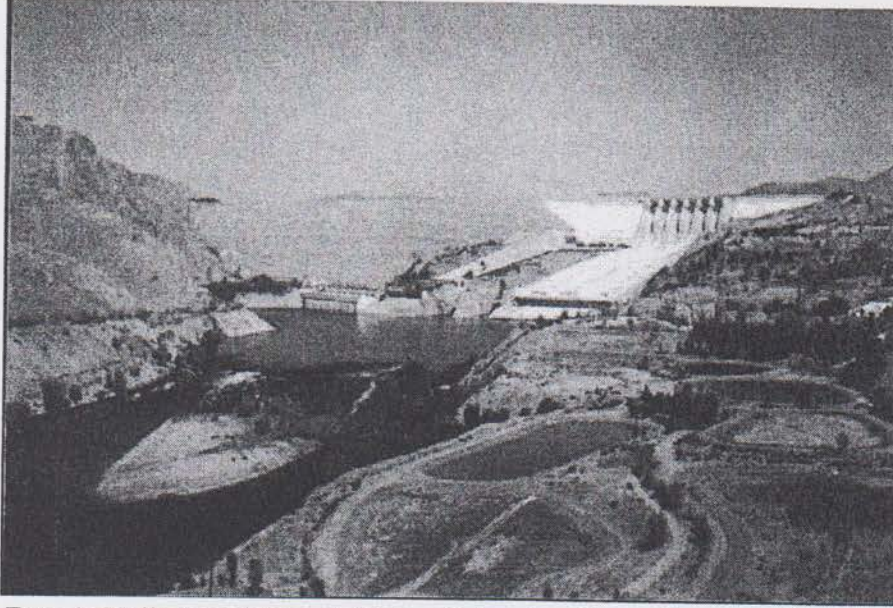


Foto 1: Nallıziyaret tepe eteğinden Keban barajının görünüşü. Ön planda, Fırat'ın baraj önündeki bölümü ve sol sahilde yapıldığı yıl itibariyle Balkan ve Orta Doğu ülkelerinin en büyük balık yetiştirme havuzları görülmektedir. Ne var ki, bu havuzlardan beklenen fayda sağlanamamıştır.

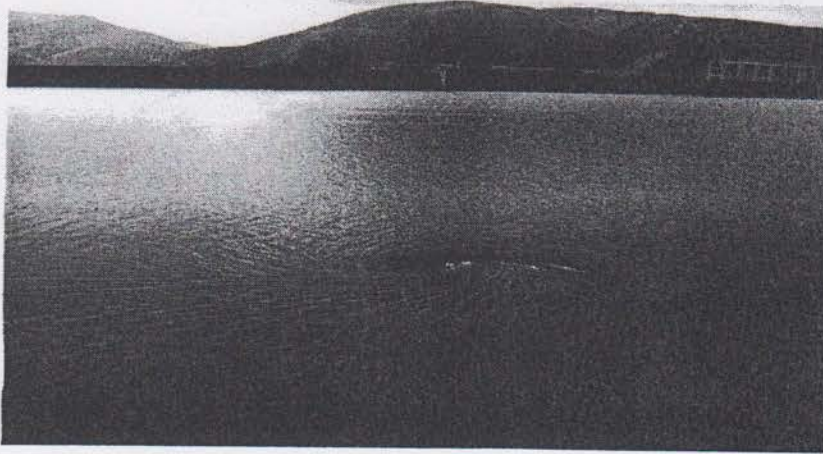


Foto 2: 11 Mayıs 1976 yılında baraj gölü 841.61 m kotunda iken Petek mağarası ağız kısmına karşılık gelen bölge üzerinde su kaçaklarına bağlı olarak oluşan vorteks veya girdap (Foto DSİ arşivinden alınmıştır.) görülmektedir.

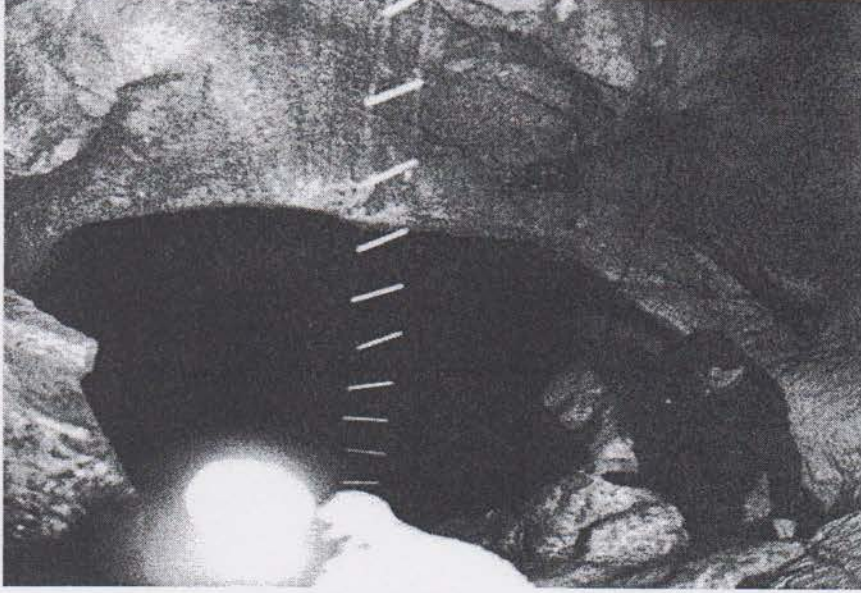


Foto 3: Baraj alanında bulunan Petek mağarası ve tabanındaki mağara gölü, paleokarstlaşma ile oluşmuştur (Foto: N.Özgen).

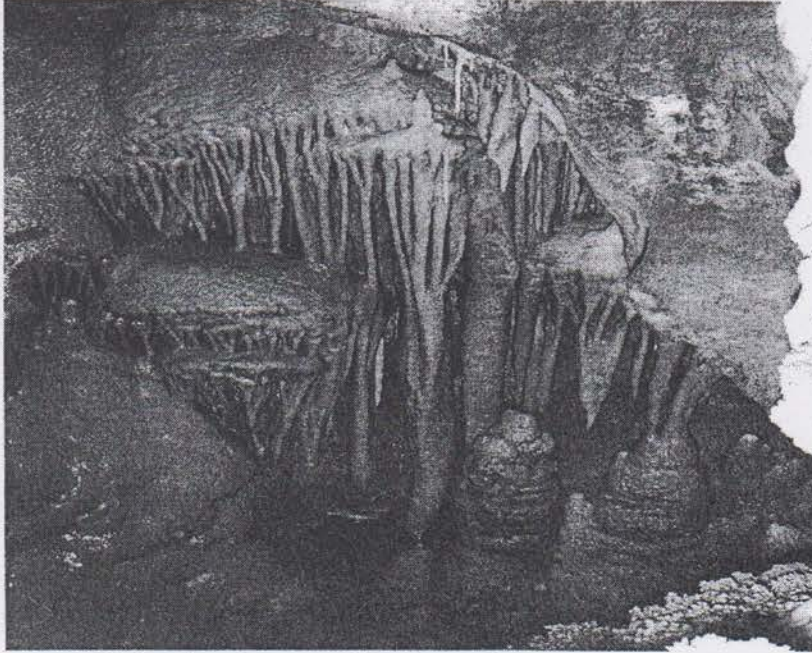


Foto 4: Keban barajı sağ sahilinde Apel mağarası ve bu mağara içindeki sarkıt, dikit ve sütunlar görülmektedir (Foto: N.Özgen).



Foto 5: Keban barajı sol sahilinde su kaçaklarını önlemek amacıyla yapılmış çalışmalar. Burada bulunan Petek mağarası ağız kısmı hafriyatla doldurulmuş ve yamaç beton dökülerek kaplanmıştır. Bu durum Keban barajının maliyetinin çok artmasına neden olmuştur.



Foto 6: Keban Baraj gölü 832.5 m kotunda iken oluşan 80 cm. çapındaki su kaçağı boşluğu görülmektedir (Foto: N.Özgen).



Foto 7: İlk olarak 1976 yılında Keban baraj gölünden kaçan suların çıktığı Keban deresi sol sahil kaynakları. Dik yamaçta aynı kotlarda bir kuşak boyunca çıkmıştır. O zaman yamaçta sadece step türleri mevcuttur.



Foto 8: Su kaçaklarının çıktığı alanın yirmi yıl sonra, 1996 yılındaki görünümü. Yamaç böğürtlen, sazlar ve nemcil bitkilerle kaplanmıştır. Bu yıllarda bu kaynakların değerlendirilmesi düşünülmüş, 2000 yılında alabalık yetiştirme havuzları ve şelaleye giden yol yapılmaya başlanmış ve aynı yıl tamamlanmıştır.

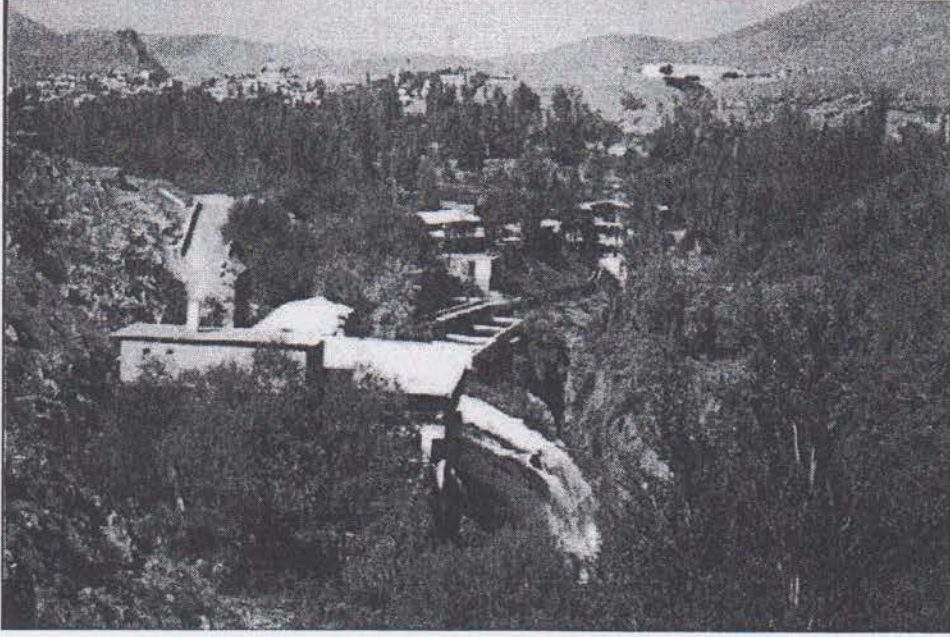


Foto 9: 2000 yılında Keban deresi sol sahil kaynakları ve yeni yapılan alabalık tesisleri görülmektedir

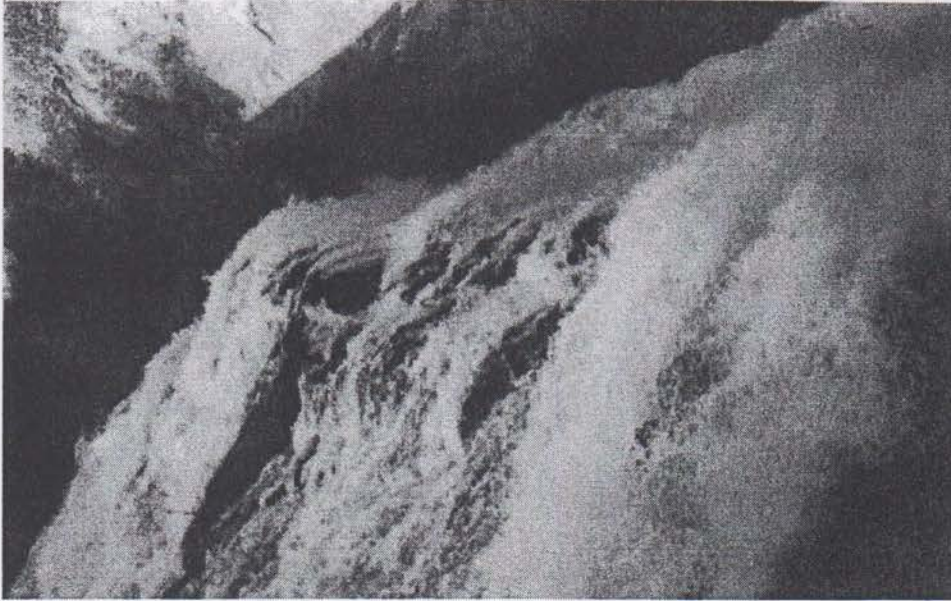


Foto 10: Baraj gölünden kaçan suların oluşturduğu 15 m yüksekliğindeki Keban şelalesi.



Foto 11: Keban deresi sol sahilinde Keban baraj gölünden kaçan suların bileşik kaplarda olduğu gibi paleokarstik memeler içindeki eski yer altı mecralarını izleyerek büyük bir kaynak halinde çıkışı.

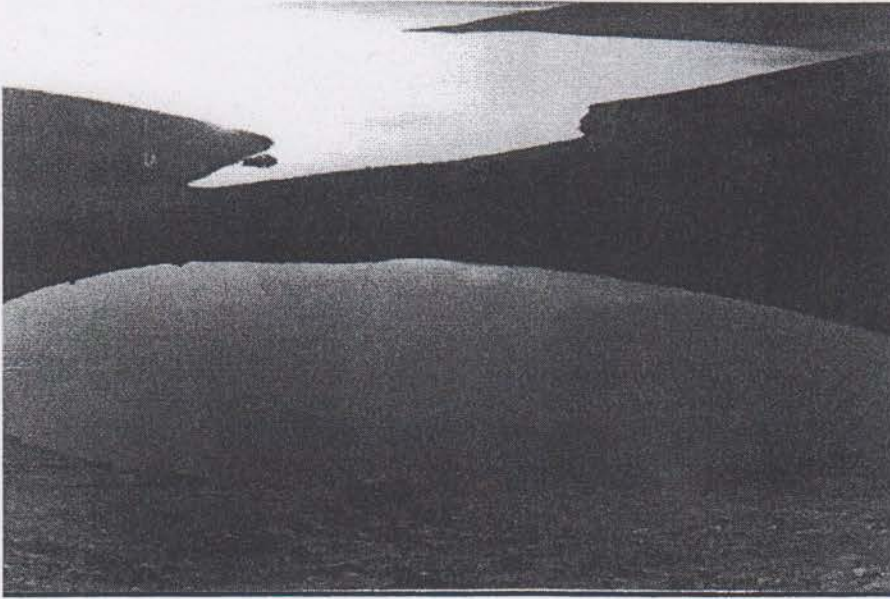


Foto 12: Karin karstik çukuru ve geride Keban baraj gölü görülmektedir.