



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi

Nemrut Kaldera göllerinin batimetrisi, hidrojeokimyasal özellikleri ve Nemrut Volkanı
çevresindeki kaynaklarla olan ilişkisi

(03 G 074)

SONUÇ RAPORU

Yard. Doç. Dr. Türker KURTTAŞ (Proje Yürütücüsü)

YARDIMCI ARAŞTIRICILAR

Prof. Dr. Hasan BAYHAN

Yard. Doç. Dr. Levent TEZCAN

Prof. Dr. Erkan AYDAR

Dr. Özlem ATİLLA

Dr. Berrin Selçuk AKAN

Dr. Teoman MERİÇ

Esin ÖNCEL

Fusun MUSLU

Temmuz 2013

Özet

Ülkemizde bulunan volkanik göller su kaynakları potansiyeli olarak önemli bir yer tutmaktadır. Göller ile ilgili olarak birçok çalışma yapılmış ve yapılmakla birlikte, volkanik göllerin hidrojeolojik koşullarına ait sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Tatlı su kaynağı potansiyeli açısından uygun hidrojeokimyasal özellikleri olan göllerin önemi büyüktür. Bu proje kapsamında Türkiye'deki volkanik göllerden olan ve Tatvan ve Bitlis illerinin su kaynağını oluşturabilecek potansiyeli bulunan Nemrut Krater Göllerinin uzamsal yayılımı ve hidrojeokimyasal özellikleri çevresindeki yeraltısuyu kaynakları ile birlikte incelenmiştir. Ülkemizde bulunan göllerin hidrojeokimyasal özellikleri genel olarak araştırılmış olmakla beraber, volkanik göllerin özelliklerini üç boyutlu olarak tanımlamak üzere özel bir çalışma bulunmamaktadır. Bu proje kapsamında Nemrut Krater Gölü'nün batimetrisi ve buna bağlı olarak hidrojeokimyasal özellikleri derinlik boyunca incelenmiştir. Nemrut krateri içinde ve dışındaki kaynaklar incelenerek krater gölleri ile olan hidrojeolojik ilişkileri araştırılmıştır. Gölün ve kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri yerinde yapılacak fiziksel ölçümler ile desteklenmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Batimetri, Hidrojeokimya, Su kalitesi, Krater, Volkan

Abstract

Volcanic lakes in our country is important to occupy a place as a water resources potential. There has been many studies carried out about the lakes but there are limited number of studies about hydrogeological situation of the volcanic lakes. Lakes having appropriate hydrogeochemical properties is very important as to be potential fresh water resources. In this research, hydrochemical properties and their spatial variation in the Nemrut Crater lakes. Which can be considered as the potential water resources of the Bitlis city and Tatvan, have been studied with the groundwater sources around it. Even hydrochemical properties of the lakes in Turkey has been studied in general, there is no research focused on the three-dimensional description of the volcanic lakes. In the extent of this research, bathymetry of the Nemrut Crater lakes and their spatial hydrochemical properties have been studied. Springs within and out of the Crater were studied and relation between crater lakes and springs were evaluated. Hydrochemical properties of the lakes and springs were supported by in-situ physical measurements.

Keywords:

Bathymetry, Hydrogeochemistry, Water quality, Crater, Volcano

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

1. Amaç ve Kapsam	7
2. Önceki Çalışmalar	8
3. Çalışma Alanı	10
4. Yapılan Çalışmalar	12
1.1. Ölçüm ve analiz yöntemleri	12
1.2. Ölçüm ve analiz sonuçları	14
5. Göl Batimetrisi	17
6. Projeden elde edilen katkılar	20
7. Proje kapsamında yayınlanan makale ve bildiriler	20
8. Teşekkür	21
9. Referanslar	22

Çizelgeler Dizini

Çizelge 4.1. Su örneklerinin yerinde/laboratuvarda ölçüm teknikleri	13
Çizelge 4.2. Hidrojeokimyasal örnekleme için izlenen yöntemler	13
Çizelge 5.1 Örnekleme yapılan lokasyonlar ve analiz sonuçları	15

Şekiller Dizini

Şekil 3.1. Nemrut Kalderası Yer Bulduru Haritası ve Örnek Lokasyonları	11
--	----

Şekil 5.1.Topoğrafya ve batimetri (a) Soğuk su gölünün batimetrisi, keikli çizgi süreksizlik olarak yorumlanan yapıları göstermektedir. Beyaz oklar topoğrafik değişimleri göstermektedir. b) Batimetrik verilerin eğim haritası (c) Çizgiselliklerin Topoğrafik verilerden çıkarılması (d) Sayısal arazi modelinden çıkarılan bakı haritası. Keskin, çizgisel ve ters değişimler oklar ile ifade edilmiştir. (Ulusoy vd., 2008)19

1. Amaç ve Kapsam

Yeryüzündeki tüm canlılar için yaşamın temel kaynağı olan su bilinçsiz kullanım ve insan kaynaklı kirlenme sonucu giderek azalmaktadır. Dünyamızın %70'i sularla kaplı olmasına rağmen, tatlı su kaynakları bunun yalnızca %2,5 'unu oluşturmaktadır. Bugün yeryüzü nüfusunun beşte biri su kaynaklarının yanlış kullanımı, kirlilik, alan kaybı gibi nedenlerden dolayı sağlıklı, temiz ve içilebilir suya sahip değildir. Günümüzde yaklaşık 1,3 milyar kişi su sıkıntısı çekmektedir ve gelecek 25 yılda bu sayının 2 katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de benzer oranlar olmamakla beraber bu ihtiyacın doğacağı açıktır. Dünyadaki su gereksinimi son 25 yıl içinde % 60 artmıştır. Bir ülkenin su zengini olabilmesi için kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarının en az 10.000m³ olması gerekirken, bu miktar Türkiye'de 1.430 m³ civarındadır ve bu rakam, bilinenin aksine Türkiye'nin su zengini olmadığını göstermektedir. Ülkemiz su kaynaklarının kişi başına düşen su gereksinimi açısından gerekli miktara getirmek önemli bir görev olmaktadır.

Türkiye' de çapı 1 km² den büyük 104 adet göl bulunmaktadır. Bu göller içinde değişik amaçlar için kullanılan (tuz, soda üretimi vs.) göller bulunmakla beraber sulama ve kullanım amaçlı olarak işletilenleri de vardır. Türkiye gölleri ülke su kaynakları açısından önemli bir yere sahip olmasının yanı sıra, gerek morfolojik gerekse hidrolojik açıdan farklı karakterlere sahiptir. Oluşumları, suların kimyasal özellikleri ve derinlik, boyut gibi morfometrik özellikleri açısından farklılık gösteren göller, bu yönleri ile birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir.

Van Gölü ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen 15 km batısındaki Nemrut Gölü bu açıdan detayları fazla bilinmeyen bir göl olarak görünmektedir. Nemrut Kalderası içinde iki farklı karakterde göl bulunmaktadır. Kabaca soğuk ve sıcak su olarak ayırtlayabileceğimiz iki gölü oluşturan beslenme kaynaklarının farklı olduğu düşünülmektedir. Göreceli olarak hem tuzlu ve hem de sıcak olan gölün kıyısında ve kıyıya yakın uzaklıklarda sıcak su çıkışları göz ile görülebilmektedir. Değişik çalışmalarda Nemrut Gölü sınırlı sayıda hidrojeokimyasal örnekleme ile tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu proje kapsamında Nemrut Kaldera göllerinin boyutları, su potansiyeli olarak hacmi ve yenilenme süreci tanımlanmaya çalışılacaktır. Kaldera içinde hidrojeolojik açıdan beslenme/boşalım ilişkileri açıklanacak ve çevredeki kaynaklar ile göl suyu arasındaki ilişki/ilişkisizlik belirlenecektir. Bunu anlamak için göl sularının özellikleri ve üç boyuttaki dağılımları incelenecek ve içme, sulama ve kullanım suyu açısından potansiyelleri belirlenecektir. Bu çalışma benzer yapıdaki volkanik göllerin araştırılmasına katkıda bulunacak ve benzer volkanik göllerin araştırılmasında bilgi alt yapısını oluşturacaktır.

Projenin değişik aşamalarında Üniversitemizde yürütölmekte olan iki adet güdümlü projenin alt yapıları kullanılacak ve diğerleri ile entegre bir proje halinde olacaktır. Yukarıda sözü edilen araştırmaların gerçekleştirilmesi amacı ile Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi 'nin (UKAM) mevcut hidrojeokimya Laboratuvarları olanaklarından yararlanılmıştır. Ayrıca bu proje Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yürütölmekte olan 01 01 602 020 no'lu "Aktif Nemrut Volkanı'nın Patlama Riskinin Etkin Olarak Gözlemlenmesi ve Sivil Savunma Koordinasyonu'nun Sağlanması" başlıklı güdümlü projenin hedeflerini destekleyici veriler üretilmiştir. Böylece Üniversitemiz bünyesinde yürütölmekte olan iki değişik projenin entegrasyonu da sağlanmıştır.

Proje kapsamında 2003 yılının Ağustos ayında arazi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada tekne ile göller üzerinde batimetrik ölçümler alınmıştır. Suların özellikleri ve içerdikleri bazı bileşenlerin miktarı, örnek alımından beş-on dakika veya birkaç saat sonra önemli ölçüde değişmektedir. Bu özellik ve bileşenlerin arazide yerinde ölçümü, eğer güvenilir veriler isteniyorsa, zorunludur (Wood, 1976; APHA et al, 1981). Sularda kısa sürede değişen parametrelerin (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen) ölçümü arazide su noktasından örnek alımı sırasında yapılmıştır. Arazi çalışması süresince tatlı ve acı su gölünün derinlik boyunca fiziksel ve kimyasal özellikleri ölçölmüştür. Yerinde yapılan ölçümler/örneklemeler kirlenmeyi önlemek açısından kapasitesi elverdiği ölçüde UKAM Hidrojeoloji Laboratuvarlarında bu amaç için kullanılmakta olan peristaltik pompa aracılığı ile yüzeye çekilen göl sularında yapılmıştır. Ölçölen parametreler derinlik, Sıcaklık (T), Elektriksel iletkenlik (EC), Tuzluluk (TDS), pH/ORP, Çözünmüş Oksijen (DO) dir. Bu sonuçlara bağlı olarak göl kimyasını temsil edici noktalardan derinlik boyunca hidrojeokimyasal amaçlı örneklemeler yapılmıştır. Derinlięin fazla olmadığı tuzlu su gölünde batimetri, ölçüm ve örnekleme çalışmaları benzer şekilde yapılmıştır.

Kaldera içindeki göller ile birlikte kaldera içinde ve dışında hidrojeolojik açıdan ilişkisi olduğu düşünölen kaynakların hidrojeokimyasal ve izotop amaçlı örneklenmiş ve yerinde fiziksel ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak Nemrut Kalderası içinde bulunan iki adet göle ait hidrojeokimyasal veriler ve göllerin fiziksel özellikleri elde edilmiştir. Bu verilerin ışığında göllerin ve çevre kaynakların su kaynağı olarak kullanım potansiyelleri belirlenmiş olacaktır.

2. Önceki Çalışmalar

Nemrut Kalderası çevresinin jeolojisi ve volkanizması üzerine Özpeker (1977), Le Pennec vd (1990), Yılmaz vd. (1998) gibi araştırıcıların kısmi çalışmaları vardır. Degens and

Kurtman (1978) tarafından editörlüğü yapılan çalışmada Van gölü ve çevresine ait kapsamlı jeolojik bilgiler verilmektedir. Bu derlemede araştırmacılar tarafından Van Gölü'ne ait değişik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Van gölünün batimetrisi yapılmış, havadan bölgenin manyetik incelenmesi yapılmış, Van Gölü drenaj alanı ve çevresinin hidrografyası çıkarılmış, Van Gölü sularının hidrojeokimyasal ve izotop içerikleri incelenmiş ve göl su bütçesi çıkarılmış bu kapsamda Nemrut Gölü suyu da örneklenmiş ve genel karakteri verilmiştir. Ancak Nemrut Kalderası ile ilgili detaylı bir hidrojeolojik çalışma yapılmamıştır.

Türkiye Gölleri ile ilgili olarak son yıllarda yapılan çalışmalardan en önemlileri Kazancı vd.1999 ve Kazancı vd. 1998 olarak gösterilebilir. Kazancı vd.1999 da Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarıklı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu Gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk Bataklığının ve yine Kazancı vd. 1998 'de Burdur Gölü ve Acıgöl'ün limnolojisi ile çevre kalitesi ve biyolojik çeşitliliği incelenmiştir. Bunların dışında münferit çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bir bütünlük gösteren yukarıdaki çalışmalar dikkate değerdir. Nemrut Kalderası ve çevresi ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle jeolojisine, jeomorfolojisine ve volkanolojisine dönük çalışmalardır. Literatürde Nemrut Kalderası'nın hidrojeolojisine yönelik yapılmış özel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Birçok çalışma kapsamında ve sınırlı sayıda olmak üzere hidrojeokimyasal amaçlı örneklemeler yapılmıştır ve genel sistemi tanımlamak olanaklı olmamaktadır. Bu kapsamda Güler ve Dirican (1998) tarafından gerçekleştirilmiş Van Gölü ve Çevresindeki Suların İzotopik ve Kimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Su Dengesinin İncelenmesi çalışması önemli bir altlık oluşturmaktadır. Bu çalışmada Van Gölü ve Van Gölü'ne boşalan yüzey sularından hidrojeokimyasal ve izotopik amaçlı örneklemeler yapılmıştır ancak Nemrut Gölü, Van Gölü sistemi içinde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Nemrut Kalderası'nın hidrojeolojisine ve içinde bulunan göllerinin hidrojeolojik açıdan tanımlanmasına yönelik özel bir çalışma yapılmamıştır.

Nemrut stratovolkanı, Türkiye'de bulunan diğer tüm volkanik oluşumlar gibi, volkanoloji literatüründe pek tanınmamaktadır. Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 1987 yılından beri bu konuda eleman yetiştirilmesine gayret ederek Türk-Fransız Bilimsel ve Teknik İşbirliği Programları çerçevesinde volkanoloji konusunda uzman olan bir grup oluşturmuştur. Bu kapsamda Hidrojeoloji Mühendisliği ABD elemanları volkanik arazilerdeki su kaynakları konusunda katkıda bulunmak üzere bu grup ile birlikte çalışmaktadır.

Nemrut Kalderası, büyük bir ignimbiritik patlama sonucu çökmüştür. Bununla ilgili volkanik malzeme, K ve KD da büyük alanlar kapladığı gibi, G kesimde de Bitlis vadisini doldurmuştur. Kaldera içinde de bir çok maar ve dom sokulumlarına rastlanılmakta olup,

bunlar genelde çok genç oluşumlardır. Özellikle 1441 patlaması böyle bir kaldera içi patlama olup, hidrovolkanik ürünler çevreye yayılmıştır. Bu tefra tipi patlama ürünlerine Van Gölü tabanında yapılan sedimantolojik çalışmalarda rastlanılarak, 1441 Varv yaşı verilmiştir. Ayrıca, bölgenin tarihi ile ilgili olan Şerefname adlı kitapta da (1597 yılı), Nemrut'un kuzey yamacında bulunan bazaltik lav yayılmaları doğrudan gözlem olarak sunulmaktadır. Nemrut Kalderası içinde en derin noktası 156 m olduğu belirtilen 13 km²'lik yüzey alanına sahip büyük bir göl ile 4 adet küçük göl bulunmaktadır. Göllerden ikisi mevsimlik karakterde olup yağış ve eriyen kar sularının yüzeyde birikmesi sonucu oluşmaktadır. Göllerden süreklilik gösteren birinde sıcak su çıkışları izlenmekte, diğer göl ise tatlı su karakterindedir. Ayrıca bir dom üzerinde de sıcak gaz çıkışları izlenmektedir. Bu durum gözönüne alındığında Nemrut Kalderası içindeki gaz ve sıcak su çıkışları, kaldera içi faaliyetlerin çok genç ve bol miktarda oluşu, kaldera içinde önemli bir su varlığı gibi özellikleri vardır. Nemrut aktif bir volkan olup, yaklaşık 135.000 vatandaşımız doğrudan doğruya Nemrut'un etkisi altında yaşamaktadır.

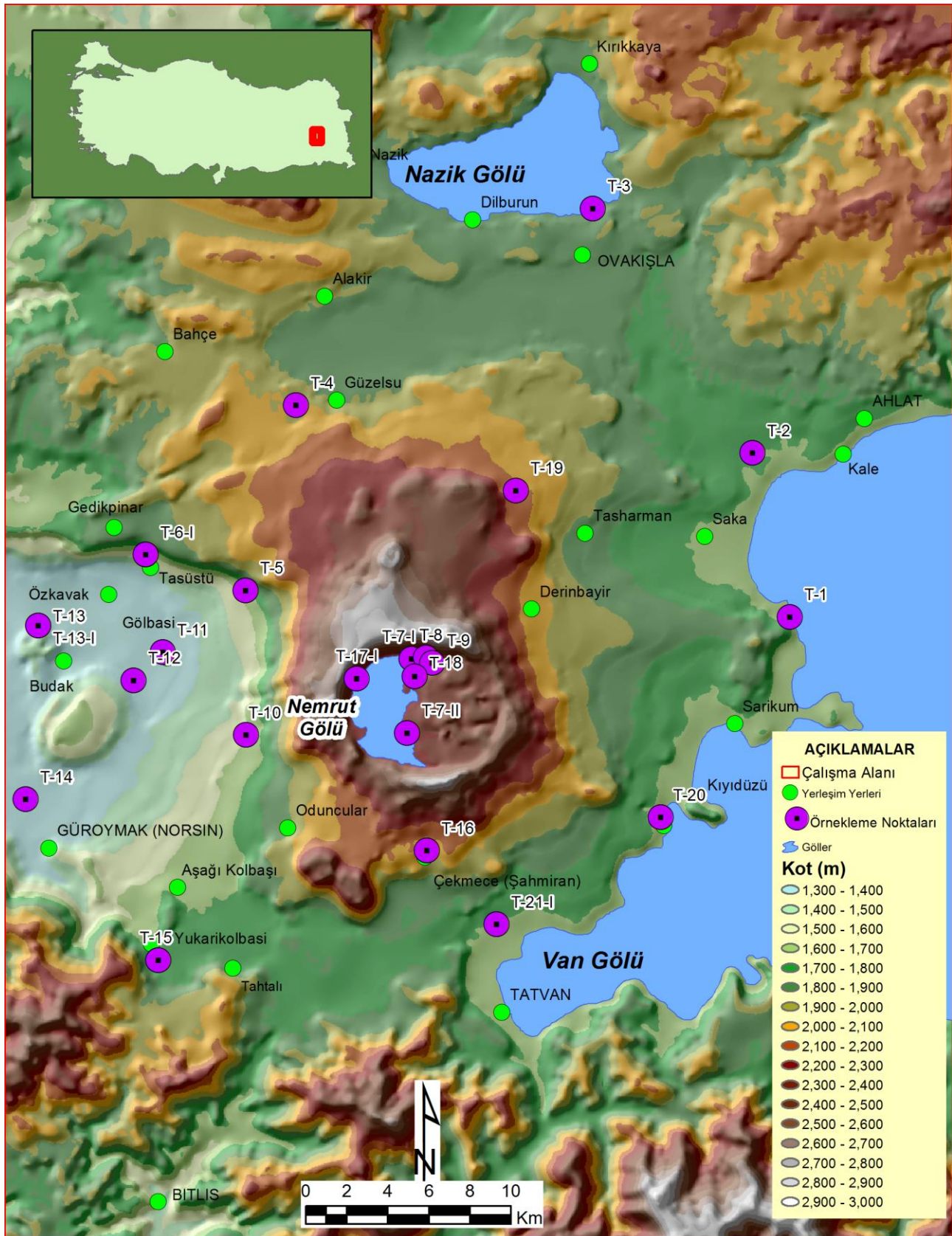
Yukarıda açıklanan nedenlere dayalı olarak Nemrut Kaldera göllerinin hidrojeolojik açıdan tanımlanması özel bir anlam kazanmaktadır. Bu amaç ile Nemrut gölleri ve muhtemel hidrojeolojik ilişkisi olduğu düşünülen kaynaklar incelenmiştir. Batimetri çalışması ile tanımlanan geometrik özellikleri hem rezerv olarak kullanımın planlamak açısından ve hem de gelecekte ortaya çıkması muhtemel kullanım problemlerinin çözülmesini ve sağlayacaktır. Su kaynakları planlamasında önemli olan temel bilgilerde elde edilmiş olacaktır. Proje sonunda oluşturulmuş olan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile mevcut durumun bilinmesi ve olası durumlar öngörülebilecek ve ileride elde edilen bilgiler sayısal ortamda saklanarak araştırmacıların kullanımına sunulmuştur.

3. Çalışma Alanı

Bu projede Türkiye'nin su kaynağı potansiyeli olarak düşünülen volkanik göllere dönük pilot bir çalışma yapılması düşünülmüştür. Bu kapsamda Doğu Anadolu bölgemizde önemli oranda göç alan Bitlis ili ve bu ilimize bağlı Tatvan ilçesi yakınlarındaki yüzey ve yeraltı su kaynaklarının belirlenmesine dönük bir çalışma başlatılmıştır. İleride doğacak olan su gereksinimini karşılamak üzere alternatif oluşturabilecek Nemrut Kalderası içerisindeki göller ve bununla ilişkileri olan çevre kaynaklar incelenmiştir (Şekil 3.1).

Nemrut Kalderası gölleri ve çevresindeki kaynakların hidrojeolojik ilişkileri ve su kaynağı potansiyellerini araştırmak üzere hidrojeokimyasal teknikler kullanılmıştır. Kaldera ışındaki kaynaklar ile göllerin beslenme kaynaklarının aynı ya da farklı olması göl suyunun kullanımını sınırlayacak önemli bir bulgudur. Kaldera dışındaki kaynakların krater

göllerinden beslendiği düşüncesi yaygın bir kanıdır. Bunun dışındaki alternatif ise hem



Şekil 3.1. Nemrut Kalderası Yer Bulduru Haritası ve Örnek Lokasyonları

göllerin ve hem de çevre kaynakların benzer beslenme mekanizmaları olmasıdır. Bu durumda göl suyunun yıllık beslenimi düşük olabilir ve bölge için önemli bir su kaynağı olarak kullanımı söz konusu olmayabilir. Ayrıca tatlı su gölü içindeki kimyasal farklılık gösteren ve sıcak su çıkışının gerçekleştiği zonların varlığının belirlenmesi durumunda su kaynağı olarak kullanımı zorlaşabilecektir. Bir su kaynağı planlamasında temel amaç doğal denge ve güzelliklerin korunarak yararlanılması olmalıdır. Eğer ülkemizin korunması gereken doğal güzellikleri ve kaynakları geri dönülmez bir şekilde örselenirse gelecek kuşakların iyileştirmesinin zor olacağı bir çevre bırakılmış olacaktır. Bu yaklaşımla Nemrut gölleri ve çevre kaynakların özelliklerinin iyi tanımlanması gerekmektedir.

4. Yapılan Çalışmalar

Bu projede Türkiye'nin önemli su kaynağı potansiyeli olarak düşünülen Nemrut kraterindeki göllere ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin açıklanması ve göllerin su kaynağı olarak potansiyellerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Ağustos-Eylül 2003 döneminde bir arazi çalışması yapılmıştır. Çalışma alanı ülkemizin doğusunda ve karasal iklimin hakim sürdüğü bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle kış dönemi arazi çalışması yapmaya olanak vermemektedir. Kar örtüsü Nemrut Kalderasında Haziran-Temmuz sonlarına kadar kalmaktadır. Bu nedenlerle projenin ilk altı ayı süresinde gerekli olan alet/ekipmanın alımının yapılması ve mevcut olan bilgilerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi ve düzenlenmesi şeklinde planlanmıştır. Ancak arazi çalışmasında kullanılacak multiprobe ekipmanı proje bitiminde satın alınabilmiştir. İkinci altı aylık kesiminde ise arazi çalışması ve bunun sonucunda üretilecek verilerin değerlendirilmesi söz konusu olmuştur. Kış aylarında da arazi çalışması planlanmış gerek ulaşım ve gerekse terör olayları nedeni ile gerçekleştirilememiştir. Daha sonraki yıllarda da bölgeye giden araştırmacılardan örnek almaları rica edilmiş ve sınırlı sayıda örnekleme yapılabilmektedir. Arazide elde edilen veriler değerlendirmiş ve Nemrut Kalderasındaki hidrojeolojik sisteme ait ipuçları elde edilmeye çalışılmıştır. Kaldera içindeki göller ile kaldera dışındaki su kaynakları arasındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır. Göllerin karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla her iki gölün batimetrisi çıkarılmış ve derinlik boyunca hidrojeokimyasal örneklemeler yapılmıştır. Ayrıca kaldera içi ve dışındaki kaynak kuyu ve diğer su kaynaklar aynı şekilde örneklenmiştir.

1.1. Ölçüm ve analiz yöntemleri

Su noktalarından toplanmış örnekler üzerinde incelenmiş parametreler ve ölçüm analiz yöntemleri Çizelge-1 de toplu halde sunulmuştur. Ölçüm ve analizlerde kullanılan yöntemlerin büyük çoğunluğu APHA et al (1981) tarafından yayımlanan "Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water" adlı kaynakçada verilmiştir.

Analiz türlerine göre örnek miktarları ve koruyucu önlemler Çizelge 2’de verilmiştir. Su kalitesi araştırmalarında incelenen parametrelere göre gerekli olan su örneği miktarları, örnek kabı türü, koruyucu önlemler ve bozulmadan bekleme süresi ile ilgili detaylı bilgiler APHA et al (1981), Gamsız ve Ağacık (1981) ve Scalf et al (1981) tarafından verilmektedir.

Örnekleme sırasında her bir su noktasından anyon ve katyon analizleri için 125 ml’lik çift kapaklı plastik örnek şişeleri kullanılmıştır. Anyon ve katyon örnekleri 45µ’luk kağıt filtre ile süzölmüş ve katyonlar ve iz element analizi için alınan su örneklerine pH<2 olacak şekilde nitrik asit (HNO₃) veya sülfürik asit (H₂SO₄) eklenmiştir.

Çizelge 4.1. Su örneklerinin yerinde/laboratuvarda ölçüm teknikleri

Gözlenen Parametre	Ölçüm/Analiz Ayrıtıcı	Duyarlık (±)	Yöntem
pH, EC, S, T, DO	Çoklu parametre probu	Değişik	değişik elektrodlar
Cl ⁻	Titrasyon	0.01 mg/l	Arjantometri
Ca ⁺⁺ , Mg ⁺ , Na ⁺ ve K ⁺	Perkin-Elmer AAS Model 2380	0.001 mg/l	APHA
NO ₂ (Nitrit)	Spektrofotometre Bauch-Lomb	0.001 mg/l	α-Naftilamin
NO ₃ (Nitrat)	Spektrofotometre Bauch-Lomb	0.001 mg/l	Brusin sülfat
NH ₃ (Amonyak)	Spektrofotometre Bauch-Lomb	0.001 mg/l	Neslerizasyon
PO ₄ (Fosfat)	Spektrofotometre Bauch-Lomb	0.001 mg/l	Amonyummolibdat
Mn, Cr, Co, Pb, Cd, Cu, Fe, Zn, Ni	Perkin-Elmer AAS Model 2380	0.001 mg/l	APHA

Analitik hataların saptanmasında yine APHA et.al. (1989) da önerilen standart yöntemler kullanılmış ve hatalı analizler tekrar edilmiştir Yağmur ve kar örneklerinde (EC<100) hata %5-10 diğer örneklerde ise (EC≥100) %5 olarak sağlanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.2. Hidrojeokimyasal örnekleme için izlenen yöntemler

Örnekleme Amacı	Örnek Miktarı	Koruyucu	Filtreleme *
Anyon	125 ml plastik şişe	Yok	evet
Katyon	125 ml plastik şişe	HNO ₃ veya H ₂ SO ₄ , 2<pH	evet
İz elementler (Fe, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, Od, Mn)	125 ml plastik şişe	HNO ₃ veya H ₂ SO ₄ , 2<pH	evet
Kirlilik			
Nitrit ve nitrat	200 ml plastik şişe	+4°C de 24 saat içinde	evet
Amonyak	100 ml plastik şişe	0.8 ml H ₂ SO ₄ /l	evet
Toplam Fosfat	100 ml cam şişe	1 ml HCl/l örnek	hayır
Trityum	500 ml plastik şişe	Yok	hayır
Döteryum ve ¹⁸ O	50 ml plastik şişe	Yok	hayır
Sülfür	100 ml plastik şişe	4 damla çinkoasetat	hayır
Radon	500 ml plastik şişe	Yok (48 saat içinde)	hayır
Alkalinite	500 ml plastik şişe	Yok	hayır

* eğer örnekler çok fazla asılı madde içeriyorsa filtrelenecektir

Örneklere ait EC değerleri sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmesi amacıyla, 25 °C deki eşdeğerine APHA et. al. (1989) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik ile çevrilerek kullanılmıştır.

$$EC_{25^{\circ}C} (\mu S / cm) = \frac{EC_{arazi} * K}{[1 + 0.0191(t_{arazi} - 25)]}$$

burada,

K : Konduktivimetre hücre sabiti ($K=1cm^{-1}$)

$EC_{25^{\circ}C}$: 25 °C deki elektriksel iletkenlik ($\mu S/cm$)

EC_{arazi} : arazide ölçülen elektriksel iletkenlik ($\mu S/cm$)

t_{arazi} : örneğin arazide ölçülen sıcaklığı

Örneklerin laboratuvarda yapılacak analizleri; majör anyonlar ve katyonlar CO_3 ve HCO_3 , Cl, SO_4 , Ca, Mg, Na, K, kirlilik analizleri, NO_2 , NO_3 , NH_3 , PO_4 ve metaller; Mn, Cr, Co, Pb, Cd, Cu, Fe, Zn dur. Analizlerin tümünde APHA et al. (1989) in önerdiği standart yöntemler kullanılmıştır.

1.2. Ölçüm ve analiz sonuçları

Projenin değişik aşamalarında UKAM hidrojeokimya laboratuvarlarının analiz alt yapısından ve tamamlanmış olan Prof. Dr. Erkan Aydar tarafından yürütülen, Proje No.: 01 01 602 020, Aktif Nemrut Volkanı'nın Patlama Riskinin Etkin Olarak Gözlemlenmesi ve Sivil Savunma Koordinasyonu'nun Sağlanması" kapsamında geliştirilen alt yapı ve lojistik olanaklarından yararlanılmıştır. UKAM bünyesinde bulunan arazi ekipmanları araştırmanın sürdürülmesi sırasında kullanılmıştır.

Proje çalışması süresince Ağustos-Eylül 2003 tarihlerini kapsayan bir arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışması süresince toplam 25 noktada (

Çizelge 4.3 ve Şekil 3.1) hidrojeokimyasal amaçlı örnekleme ve ölçüm yapılmıştır.

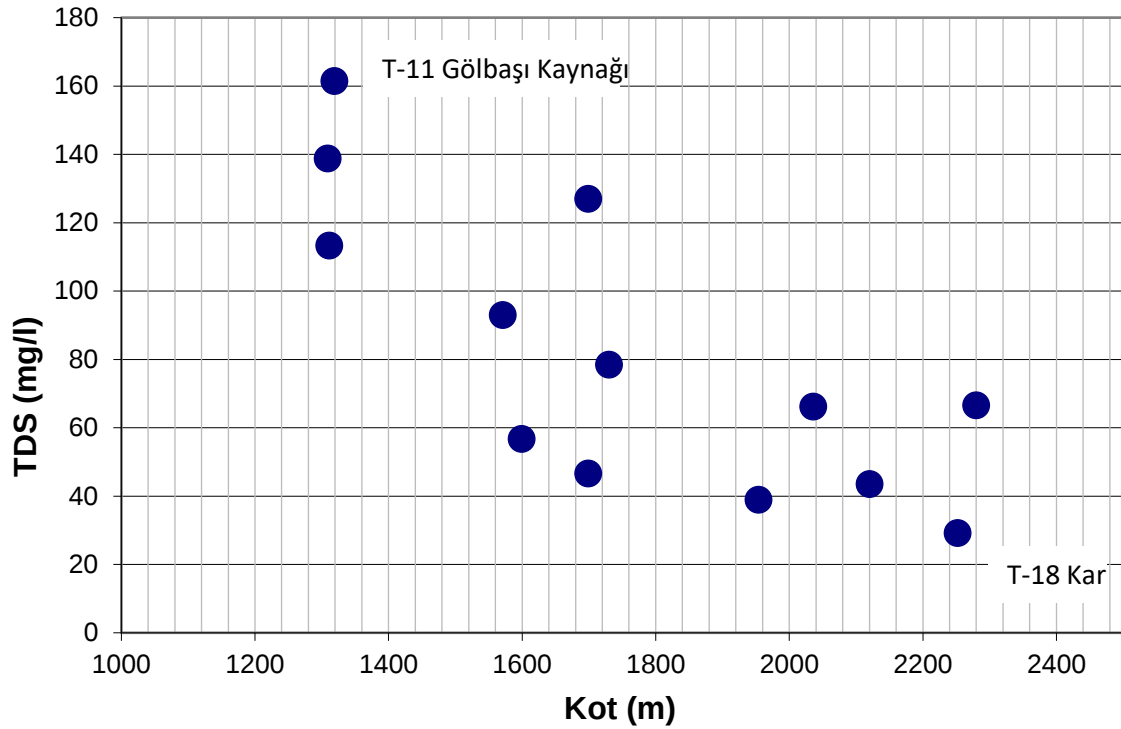
Bu noktalardan alınan su kimyası örnekleri **Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi**, Su Kimyası Laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

Alınan su örneklerine ait su kimyası analiz sonuçları Çizelge 4.3' de verilmiştir. İnceleme alanındaki suların kökensel evrimlerinin açıklanması amacı ile Piper Diyagramları çizilmiş ve suların dolaşım mekanizması içindeki evrimleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Örneklemeye yapılan lokasyonlar ve analiz sonuçları

Sıra	Kod	Ad	Tip	Tarih	Kot	T	EC (25°C)	TÇM	pH	DO	Cl	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	Denge	Anyon	Kasyon
				gg/aa/yyyy	(m)	°C	µS/cm	mg/l		mg/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	%		
1	T-18	Kar Örneği	Kar	9/5/2002	2280	23*	104	67	7.92	nm	0.15	0.00	0.57	0.03	0.29	0.07	0.22	0.11	3.4	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Na>K>Mg
2	T-17-II	Çırcuruk I	K	9/5/2002	2252	7.0	46	29	6.32	9.0	0.02	0.00	0.31	0.04	0.09	0.02	0.18	0.04	3.6	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
3	T-19	Taşharman-Arnis	K	9/5/2002	2120	7.2	68	44	6.38	9.3	0.04	0.00	0.33	0.09	0.12	0.03	0.20	0.09	3.3	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>K>Mg
4	T-16	Çekmece Köyü-Şahmıran	K	9/5/2002	2036	8.0	103	66	6.98	9.4	0.05	0.00	0.48	0.10	0.16	0.05	0.26	0.14	2.8	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
5	T-4	Biyoke-Güzelsu	K	8/31/2002	1954	7.0	61	39	6.80	8.4	0.01	0.00	0.35	0.08	0.15	0.06	0.14	0.05	4.2	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Na>Mg>K
6	T-15	Yukarı kolbaşı	K	9/4/2002	1730	6.7	123	78	6.88	10.4	0.03	0.00	0.75	0.10	0.56	0.15	0.10	0.03	1.6	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
7	T-2	Aydoğdu-Popicik	K	8/31/2002	1699	9.5	198	127	7.52	8.8	0.32	0.53	1.05	0.06	0.65	0.40	0.64	0.46	-4.8	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Na>K>Mg
8	T-5	Gedikpınar-Ganeraaj	K	8/31/2002	1699	8.5	73	47	6.99	4.9	0.03	0.00	0.41	0.06	0.13	0.04	0.25	0.07	2.1	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
9	T-6-II	Taşüstü I	K	9/1/2002	1599	8.0	89	57	7.20	6.4	0.03	0.00	0.62	0.06	0.16	0.09	0.35	0.07	3.1	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>Mg>K
10	T-10	Kavepur Çeşmesi	K	9/4/2002	1571	12.2	145	93	7.10	6.1	0.10	0.00	0.70	0.53	0.60	0.32	0.24	0.10	2.6	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
11	T-11	Gölbaşı Köyü Kaynağı	K	9/4/2002	1319	12.0	252	161	5.84	9.8	0.08	0.61	1.84	0.07	0.72	0.67	0.98	0.21	0.6	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
12	T-14	Güroymak-Bel Havuzu	K	9/4/2002	1311	11.0	177	113	7.15	8.8	0.05	0.26	1.05	0.12	0.78	0.36	0.26	0.08	-0.2	HCO ₃ >CO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
13	T-12	Manzik	K	9/4/2002	1309	10.0	217	139	6.58	6.5	0.12	0.70	1.36	0.10	0.52	0.30	1.41	0.12	-1.7	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
14	T-7-I	Nemrut Gölü	Göl	9/3/2002	2231	20.0	436	279	8.40	6.6	0.52	1.23	3.29	0.23	1.07	0.49	3.72	0.18	-2.0	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
15	T-7-II	Nemrut Gölü	Göl	9/3/2002	2231	19.5	447	286	8.43	6.4	0.51	1.75	2.81	0.22	1.05	0.53	3.77	0.19	-2.4	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
16	T-3	Nazik Gölü	Göl	8/31/2002	1819	23.0	265	170	8.86	12.0	0.32	0.61	2.11	0.18	1.00	0.74	1.48	0.28	-4.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
17	T-20	Kıyıldüzü	K	9/5/2002	1655	11.0	749	480	6.21	8.4	4.35	0.70	1.75	1.17	1.35	0.58	5.56	0.24	1.5	Cl>HCO ₃ >SO ₄ >CO ₃	Na>Ca>Mg>K
18	T-21-I	Şifalı su	K	9/5/2002	1679	13.5	1088	696	5.64	1.2	1.38	1.58	10.61	0.07	3.54	3.99	4.92	0.23	3.6	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
19	T-9	Sıcak su gölü	Göl	9/3/2002	2256	23.0	1247	798	7.67	8.3	1.12	3.68	10.53	0.02	1.20	0.82	12.11	0.59	2.1	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
20	T-8	Sıcak su gölü	K	9/3/2002	2256	41.2	1453	930	6.11	0.5	1.91	4.56	10.97	0.03	1.45	0.66	13.71	0.90	2.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>K>Mg
21	T-13-II	Budaklı-Hamam	K	9/4/2002	1293	37.7	2296	1469	6.01	0.8	2.29	4.39	20.97	0.00	5.44	6.25	14.12	1.38	0.8	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
22	T-13	Budaklı-Kaynak	K	9/4/2002	1290	37.2	2314	1481	5.95	0.6	2.31	4.56	20.53	0.01	5.04	6.42	14.23	1.41	0.6	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
23	T-1	Van Gölü	Göl	9/5/2002	1646	21.0	25974	16623	10.03	7.4	190.13	106.14	28.95	47.05	0.27	5.02	332.90	10.10	3.3	Cl>CO ₃ >SO ₄ >HCO ₃	Na>K>Mg>Ca
K : Kaynak																					

Çizelge 4.3'deki örnek lokasyonları örnekleme sırasına göre değil toplam çözünmüş madde içeriğine göre sıralanmıştır. Böylece beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru suların iyon içeriği açısından izlenmesi mümkün olacaktır. Bu ilişkiyi TDS-Kot ilişkisinden açıkça görmek mümkündür (Şekil 4.1).



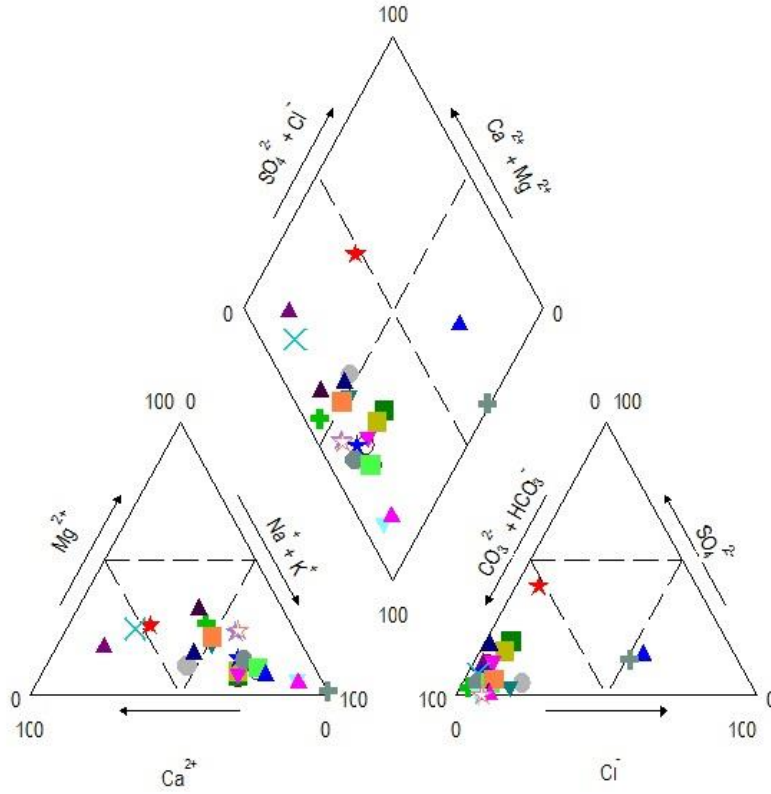
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki kaynaklara ait TDS-Kot grafiği

Bu grafikteki örnekler Çizelge 4.3'deki örneklerden sıra numarası 1-13 arasındaki olanları kapsamaktadır. Su örneklerinin akış yolunun uzunluğu ile içerdiği mineral miktarı arasındaki doğrusal ilişkiyi yansıtmaktadır. Nemrut krateri ve çevresindeki yüksek kotlardan gerek yağış ve gerekse göl suyu olarak yeraltısuyu sistemine katılan suların evrimine ilişkin ipuçları vermektedir. Bu suların aşağı kotlara doğru hareketi ile mineral içeriğinin artmasını göstermektedir. Bu ilişki, Nemrut göllerinden su kaynağı olarak yararlanılması düşünüldüğünde dikkate alınmalı ve ileri hidrojeolojik çalışmalar ile sayısal olarak ifade edilmelidir..

Su kimyası analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve suların kökensel olarak gruplandırılması amacı ile analiz sonuçları Piper diagramında da gösterilmiştir (Şekil 4.2).

AÇIKLAMALAR

- T-18
- T-17-II
- T-19
- T-16
- ▲ T-4
- ▲ T-15
- ▼ T-2
- ▼ T-5
- ★ T-6-II
- ★ T-10
- ✚ T-11
- ✚ T-14
- T-12
- T-7-I
- T-7-II
- T-3
- ▲ T-20
- ▲ T-21-I
- ▼ T-9
- ▼ T-8
- ★ T-13-II
- ★ T-13
- ✚ T-1



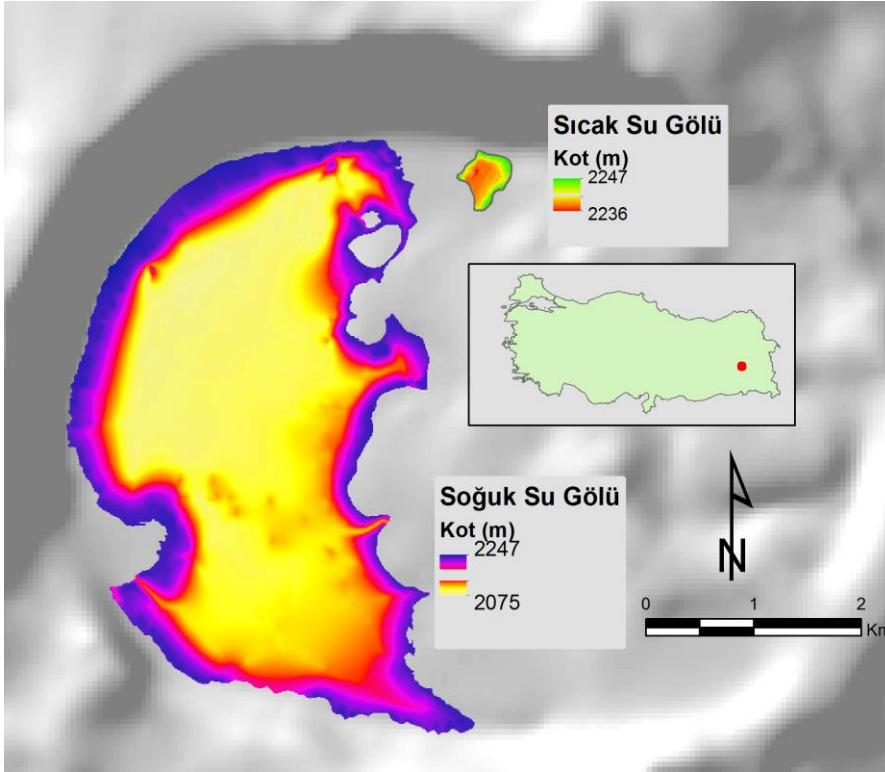
Şekil 4.2. Su kimyası Öneklerine ait Piper Diyagramı

Piper diyagramından anlaşılacağı üzere Van Gölü (T-1), Krater Gölleri (T8, T9), Budaklı sıcak su kaynakları (T13-I and T13-II), Kıyıldüzü and Şifalı su (T21-I) kökenleri farklı olan karışım sularını temsil etmektedir.

5. Göl Batimetrisi

Ağustos-Eylül aylarını kapsayan arazi çalışması esnasında gölün batimetrisine ait çalışmada yapılmıştır. Göl batimetrisi ve dolayısıyla hacminin çıkarılması için Garmin GPS 235 Sounder cihazı kullanılmıştır. Çalışmanın başlangıç aşamalarında göl hidrojeokimyasal özelliklerini alansal ve derinlik boyunca değişimini belirlemek üzere Çizelge 1 'de verilen ekipmanlar kullanılmıştır. Projede alınması önerilen multiparametre cihazı proje sonunda alınabildiği için UKAM ve Hidrojeoloji Mühendisliği ABD 'de mevcut arazi ekipmanları kullanılmıştır.

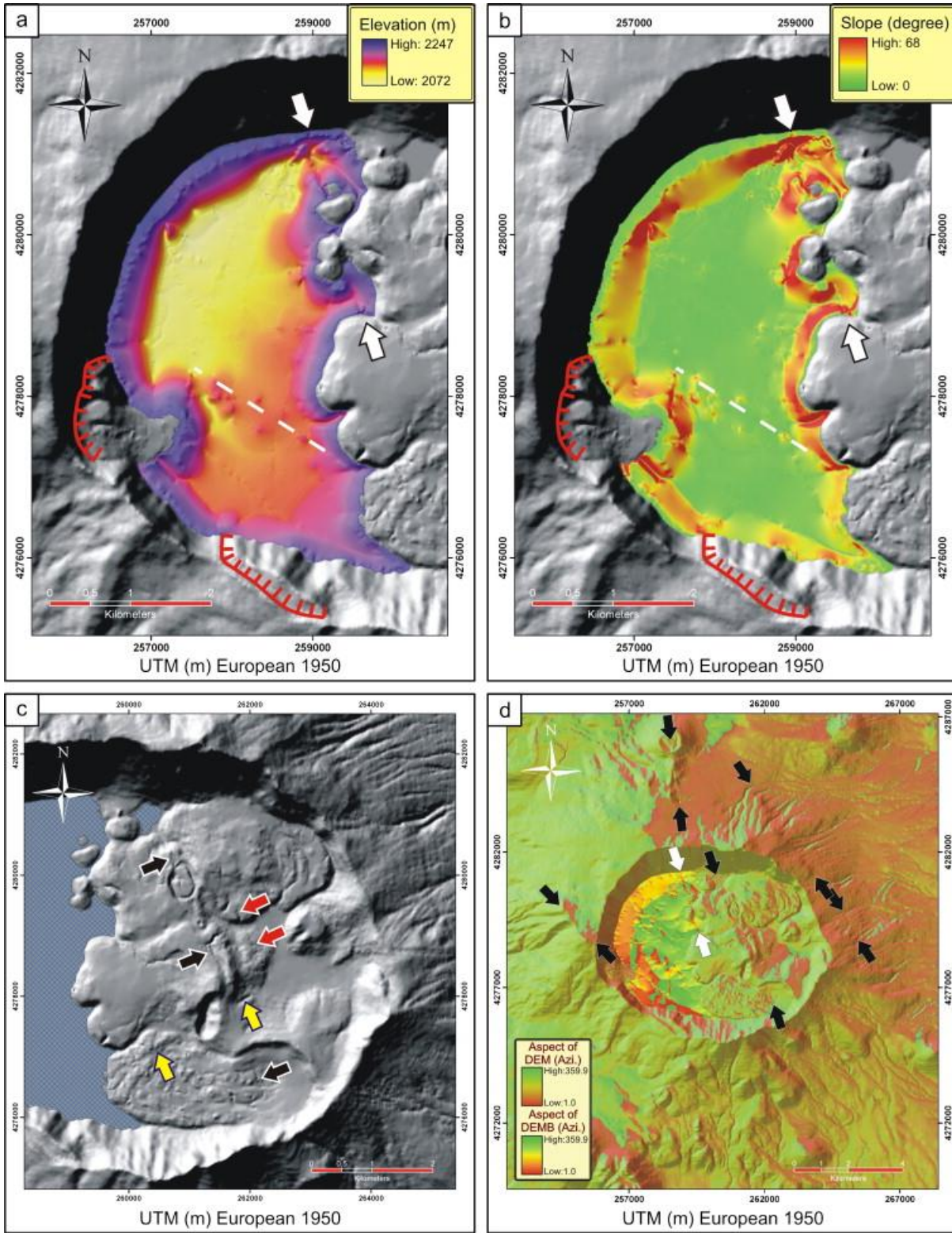
Nemrut Kraterindeki büyük tatlı su gölü kraterin batı kısmında yer alır ve yaklaşık 12.36 km² lik bir alana yayılmıştır. Batimetri çalışması sonucunda soğuk su gölünde 20075 ve sıcak su gölünde ise 2238 noktada derinlik ölçümü alınmıştır. Göl seviyesinin kotu 2247m dir. Batimetri çalışması sonucunda soğuk su gölünün maksimum derinliği 176m ve sıcak su gölünün derinliği ise 11m ölçülmüştür (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Sıcak ve soğuk su gölleri batimetri haritası

Soğuk su gölü çeyrek küre şeklindedir ve ortalama derinliği 140m civarındadır (Şekil 5.2a). Gölün en derin noktası 172 m ve hacmi ise 1264 km³ olarak hesaplanmıştır. Gölün kuzey ve güney bölümü WNW uzanımlı bir çizgisellik tarafından ikiye ayrılmaktadır. (Şekil 5.2a,b). Bu düzensizlik kubbe şeklindeki Topoğrafik yapı ile belli olmaktadır. Güney bölüm Topoğrafik olarak kuzey bölümünden daha yukarıdadır. Bazı yapısal unsurları topoğrafyadan itibaren belirlemek olasıdır. Kaldera duvarının batı ve SSW tarafında iki ana çöküntü bölgesi gözlenmiştir (Şekil 5.2c). Batı tarafındaki çöküntünün izleri batimetri haritasından da belirlenmiştir.

Sayısal arazi modelinden türetilen bakı haritası Topoğrafya-Yapısal unsurlar ilişkisini incelemek üzere elde edilmiştir (Şekil 5.2d). Bakı haritasından kaldera merkezinde NNW yönlü çizgisellik izlenmekte ve kaldera tabanı ile doğudaki kara bölgesini ikiye bölmektedir.



Şekil 5.2. Nemrut gölü ve çevresi topoğrafya ve batimetri verileri

(a) Soğuk su gölünün batimetrisi, kesikli çizgi süreksizlik olarak yorumlanan yapıları göstermektedir. Beyaz oklar topoğrafik değişimleri göstermektedir. b) Batimetrik verilerin eğim haritası (c) Çizgiselliklerin Topoğrafik verilerden çıkarılması (d) Sayısal arazi modelinden çıkarılan bakı haritası. Keskin, çizgisel ve ters değişimler oklar ile ifade edilmiştir. (Ulusoy vd., 2008)

6. Projeden elde edilen katkılar

Proje personeli belirlenirken volkanoloji, kayaç kimyası ve hidrojeoloji konularında uzman kişilerin bulunmasına dikkat edilmiştir. Hidrojeolojinin değişik disiplinlerinde (hidroloji, sıcak sular, CBS sistemleri v.b.) uzman araştırmacılar bu alandaki bilgi birikimleri ile katkıda bulunmuşlardır.

Projeden elde edilen veriler ilksel veri olarak Nemrut ve çevresindeki su noktalarına ait bilgi vermektedir. Bu kaynakların doğru bir şekilde kullanılması krater ve çevresindeki hidrojeolojik yapının anlaşılması amacıyla yapılacak detaylı bir hidrojeolojik çalışma ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu çalışma mevcut potansiyel su kaynaklarının geri dönülmez bir şekilde yok olmasını önleyecektir. Nemrut göllerinin yenilenme sürelerinin belirlenmesi aşırı kullanımı engelleyecek tedbirlerin alınmasını sağlayacaktır. Bu şekilde Doğu Anadolu bölgemizdeki büyük yerleşim yerlerinden biri olan Bitlis İli ve buna bağlı Tatvan ilçemizin ileride karşılaşılabileceği su kaynağı problemine dönük somut önerilerde bulunulabilecektir. Oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi ile geliştirilecek matematiksel modeller gereksinim duyulan zamanda uygun su kaynağından yararlanma koşullarının belirlenmesini kolaylaştıracaktır. Ayrıca bu bölgede ileride çalışma yapacak araştırmacılara iyi bir temel bilgi ortamı hazırlanmıştır. Su kaynaklarının uygun kullanımı açısından çalışma alanındaki karar verici unsurların ellerinde hangi tür ve ne miktarda ve ne kalitede su kaynağı olduğu konusunda temel veriler elde edilmiştir.

Volkanik göller ile ilgili temel bir uygulama olduğuna inandığımız bu çalışma, ülkemizdeki volkanik ortamlarda bulunan gölleri karakterize eden özelliklerin tanımlanması için temel olacak ve Nemrut gölleri dışındaki volkanik gölleri çalışmak üzere örnek bir uygulama olacaktır. Değişik karakterlerdeki volkanik göllerin hepsinin aynı karakterde olması şüphesiz beklenemez, ancak oluşum mekanizmaları ve su kaynaklarının gelişimindeki karakterlerinin tanımlanması açısından bir başlangıç olacağını ümit etmekteyiz.

7. Proje kapsamında yayınlanan makale ve bildiriler

Bu proje Prof. Dr. Erkan Aydar tarafından yürütülmüş olan 01 01 602 020 no'lu "Aktif Nemrut Volkanı'nın Patlama Riskinin Etkin Olarak Gözlemlenmesi ve Sivil Savunma Koordinasyonu'nun Sağlanması", Yard. Doç. Dr. Levent Tezcan tarafından yürütülen 05 D09 602 003 nolu "Nemrut Kaldera Gölü İzotop Araştırması" projelerinin tamamlayıcısı bir

çalışma olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle bu üç projeden üretilen bilimsel çalışmalar her bir projeden bölümler içermektedir.

Makaleler

- ⇒ Ulusoy, İ., Labazuy, P., Aydar, E., Ersoy, O. and Çubukçu, E., 2008. Structure of the Nemrut caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and associated hydrothermal fluid circulation. J. Volcanol. Geotherm. Res.,174(4): 269-283.
- ⇒ Aydar, E., Gourgaud, A., Ulusoy, İ., Digonnet, F., Labazuy, P., Sen, E., Bayhan, H., Kurttaş, T. and Tolluoglu, A.U., 2003. Morphological analysis of active Mount Nemrut stratovolcano, eastern Turkey: evidences and possible impact areas of future eruptions. J. Volcanol. Geotherm. Res., 123: 301-312.

Bildiriler

- ⇒ Ulusoy, İ., Aydar, E. and Labazuy, P. 2007. Nemrut kalderasının gelişimi, tarihsel aktivitesi ve gözlenmesi. Uluslararası Tatvan ve çevresi sempozyumu, Tatvan, Bitlis, Türkiye.
- ⇒ Ulusoy, İ., Ersoy, O., Labazuy, P., Aydar, E., Cubukcu, E., Bayhan, H., Gourgaud, A., and Kurttaş, T., 2006. Self-Potential and image analysis of Mount Nemrut (Eastern Turkey): An approach to the hydrothermal system. Fourth Conference of Cities on Volcanoes, Abstracts Volume. pg. 76.
- ⇒ Ulusoy, İ., Labazuy, P., Aydar, E., Ersoy, O., Cubukcu, E., Bayhan, H., Gourgaud, A., Tezcan, L. and Kurttaş, T., 2006. Pioneer Seismic Network installed on an Anatolian volcano: Mount Nemrut (Eastern Turkey). Fourth Conference of Cities on Volcanoes, Abstracts Volume. pg. 113.
- ⇒ Ulusoy, İ., Artuner, H., Aydar, E., Bayhan, H., Tezcan, L., Ersoy, O., Çubukçu, E., 2004. Close-up real time observation of the active Nemrut volcano using the seismic method. CeBIT Eurasia Bilişim Workshop, poster.

8. Teşekkür

Bu çalışmayı destekleyen ve çalışmanın her aşamasında bize destek ve kolaylık sağlayan, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 'nde görevli tüm personele teşekkürü bir borç biliriz.

9. Kaynakça

- APHA, AWWA and WPCF, 1989, Standart Methods For The determination Of Water And Waste Water, American Public Health Association Publication, 17th Ed., 1391p., Washington.
- APHA-AWWA-WPCF, 1981, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (fifteenth ed): American Public Health Association, Washington, USA, 1134 p.
- Appelo, C.A.J. and Postma, D., 1992, Geochemistry, Groundwater and Pollution Free University, Lecture notes, Amsterdam (unpublished)
- Atalay, 1977, Muş ovası ve çevresinin fiziki coğrafyası, Atatürk Üniv. Edebiyat Fakültesi, Ders notu.
- Atalay, İ., 1982, Türkiye Jeomorfolojisine giriş, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü yayınları, no.9, 284s.
- Atilla, A.Ö., 1996, Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Teknikleri Kullanılarak Hidrojeokimyasal Verilerin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, 145s., Ankara.
- Davis, J.C., 1986, Statistics and Data Analysis in Geology, John Willey & Sons Inc., 646p., New York
- Degens, E. T. And F. Kurtman, 1978, The eology of Lake Van, MTA yayınları, no 169, Ankara,
- Gamsız, E., Ağacık, G., 1981, Su ve Analiz Metodları: DSİ Gn. Md. yayını, 158 s.
- Güler, S. Ve Dirican, A., 1998, Van Gölü ve Çevresindeki Suların İzotopik ve Kimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Su Dengesinin İncelenmesi, TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın no:920, 59s
- FAO, 1985, Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage paper 29, Rev. 1, FAO, Rome, 174.p
- Kazancı, N., S. Girgin, M. Dügel, D. Oğuzkurt (1998): Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi III (ed. N. Kazancı): Burdur Gölü ve Acıgöl'ün Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği. Form Ofset, 117 s. Ankara
- Kazancı, N., S. Girgin, M. Dügel, D. Oğuzkurt, B. Mutlu, Ş. Dere, M. Barlas, M. Özçelik (1999): Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi IV (ed. N. Kazancı): Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarıklı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu Gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk

Bataklığı'nın Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği. Form Ofset. 372 s. Ankara

- Le Pennec, J.L., Aydar, E., Deniel, C., Feraud, J., et Gourgaud, A., 1990. Aperçu sur le volcanisme quaternaire de l'est de la Turquie. Bull. Sect. Volcan. De Soc. Geol. Fran., "Special Turquie", 32-34.
- Özpeker, I., 1973. Nemrut yanardagının petrojenezi. ITU Mad. Fak., Y-No:3-14, 70 p.
- Salf, M.R., McNabb, J.F., Dunlap, W.J., Cosby, R.L., Freyberger, J.S., 1981, Manual of ground-water quality sampling procedures: U.S Environmental Protection Agency, EPA-600/2-81-160, Oklahoma,93 p.
- Salf, M.R., McNabb, J.F., Dunlap, W.J., Cosby, R.L., Freyberger, J.S., 1981, Manual of ground-water quality sampling procedures: U.S Environmental Protection Agency, EPA-600/2-81-160, Oklahoma,93 p.
- TSE, 1986, İçme suları: Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 97 s.
- Ulusoy, İ., Labazuy, P., Aydar, E., Ersoy, O. and Çubukçu, E., 2008, Structure of the Nemrut caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and associated hydrothermal fluid circulation. J. Volcanol. Geotherm. Res.,174(4): 269-283.
- Wood, W.W., 1976, Guidelines for collection and field analysis of ground water samples for selected unstable constituents: Techniques of Water Resources Investigations in the United States Geological Survey, Chapter D2, Book 1, U.S. Government Printing Office, Washington, 24 p.
- Yalçınlar,İ, 1973, Nemrut sönmüş volkanı ve kalderası (Doğu Anadolu), Coğrafya Enst. Dergisi, 18-19, s. 253-274
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 1998. Geology of the quaternary volcanic centers of the east Anatolia. J. Volcanol. Geotherm. Res., 85, 173-210.