

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

NEMRUT KRATERİNDE BULUNAN BÜYÜK GÖLÜN
İZOTOP ATOM DÜZEYİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
AYŞE GÜL ÇETİNARSLAN

DANIŞMAN
DOÇ.DR. ENGİN YILMAZ

EYLÜL 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

NEMRUT KRATERİNDE BULUNAN BÜYÜK GÖLÜN
İZOTOP ATOM DÜZEYİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE GÜL ÇETİNARSLAN

ORCID: 0000-0003-2752-9206

DANIŞMAN
DOÇ.DR. ENGİN YILMAZ

EYLÜL 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ETİK BEYANI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum “**Nemrut Kraterinde Bulunan Büyük Gölün İzotop Atom Düzeyinin İncelenmesi**” başlıklı tezde sunduğum verileri. Bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

02/09/2024

İmza

Ayşe Gül

ÇETİNARSLAN

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ

TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI

“Nemrut Kraterinde Bulunan Büyük Gölün İzotop Atom Düzeyinin İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır. 02/09/2024

Tezi Hazırlayan

İmza

Ayşe Gül ÇETİNARSLAN

Danışman

İmza

Doç.Dr. Engin YILMAZ

Prof. Dr. Fatih Çağlar ÇELİKEZEN

Kimya Anabilim Dalı Başkanı

İmza

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENTİTÜSÜ

TEZ ONAY SAYFASI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı öğrencisi tarafından hazırlanan “**Nemrut Kraterinde Bulunan Büyük Gölün İzotop Atom Düzeyinin İncelenmesi**” adlı Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı 02/09/2024 tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

JÜRİ

İMZA

DANIŞMAN: Doç. Dr. Engin YILMAZ

Bitlis Eren Üniversitesi

ÜYE: Doç. Dr Murat GENÇ

Adıyaman Üniversitesi

ÜYE: Dr. Öğr. Üyesi: Dilara BAŞAT DERELİ

Bitlis Eren Üniversitesi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek lisans tezi olarak kabulü onaylanmıştır.

...../...../2024

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL

Enstitü Müdürü

T.C.
Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı
**NEMRUT KRATERİNDE BULUNAN BÜYÜK GÖLÜN İZOTOP ATOM
DÜZEYİNİN İNCELENMESİ**
Yüksek Lisans Tezi
Ayşe Gül ÇETİNARSLAN
Danışman: Doç.Dr. Engin YILMAZ
Eylül 2024

ÖZET

Nemrut Gölü Dünyanın ikinci, Türkiye'nin en büyük krater gölü olup, Van Gölü havzasının batısında, Bitlis ilinin Tatvan, Ahlat ve Güroymak ilçeleri arasında yer almaktadır.

Nemrut Kraterinde bulunan büyük gölün kıyı şeridindeki farklı noktalardan su numunesi alınmıştır.

Numuneler analiz sonucunda Döteryum değerleri -27,37 ile -28,39 aralığında, Trityum değerleri 4,31 ile 5,28 aralığında, Oksijen-18 değerleri ise -3,65 ile -3,76 aralığında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nemrut, Krater, Göl, İzotop atom

Republic of Türkiye
Bitlis Eren University Graduate School
Department of Chemistry
INVESTIGATION OF THE ISOTOP ATOMIC LEVEL OF GREAT LEAK IN
NEMRUT CRATER
Master's Thesis
Ayşe Gül ÇETİNARSLAN
Supervisor: Assoc. Prof.Dr. Engin YILMAZ
September 2024

ABSTRACT

Lake Nemrut is the second largest crater lake in the world and the largest crater lake in Turkey and is located in the west of Lake Van basin, between Tatvan, Ahlat and Güroymak districts of Bitlis province.

Water samples were taken from different points on the shoreline of the large lake in Nemrut Crater.

As a result of the analysis of the samples, Deuterium values were between -27,37 and -28,39, Tritium values were between 4.31 and 5.28, and Oxygen-18 values were between -3.65 and -3.76..

Anahtar Kelimeler: Nemrut, Crater, Lake, Isotope atom.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
RESİMLER DİZİNİ	IV
HARİTA DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İzotop Atomlar.....	2
1.1.1.Karbon İzotopu	3
1.2. Analiz Yöntemleri	4
1.2.1 Spektroskopik Yöntemler.....	4
1.2.2 Elektroanalitik Kimya	5
1.2.3. Kromatografik Yöntemler.....	7
1.2.4. Termal Analiz Yöntemleri.....	9
1.3 Tritiyum ölçüm yöntemleri.....	9
1.3.1.Sıvı Sintilasyon cihazı	9
1.3.2.İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (IRMS)	9
1.4. Literatür Araştırması	10
2. MATERYAL ve YÖNTEM	14
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	16
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	17
KAYNAKLAR	18

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1. Nemrut krateri	1
Resim 1.2. Moleküler spektroskopideki uyarılma ve gevşeme durumları	5
Resim 1.3. Potansiyometrik Hücre	6
Resim 1.4. Kulometrik hücre	6
Resim 1.5. Örnek bir voltametrik hücre	7
Resim 1.6. Gaz Kromatografisi Cihazı.....	8
Resim 1.7. HPLC cihazı şeması	8
Resim 2.1 İzotop Analizlerinin Yapıldığı Cihaz	15



HARİTA DİZİNİ

Harita 1.1. Nemrut Krater gölü yol güzergahı	2
Harita 2.1. Nemrut Kraterinin Görünüşü	14



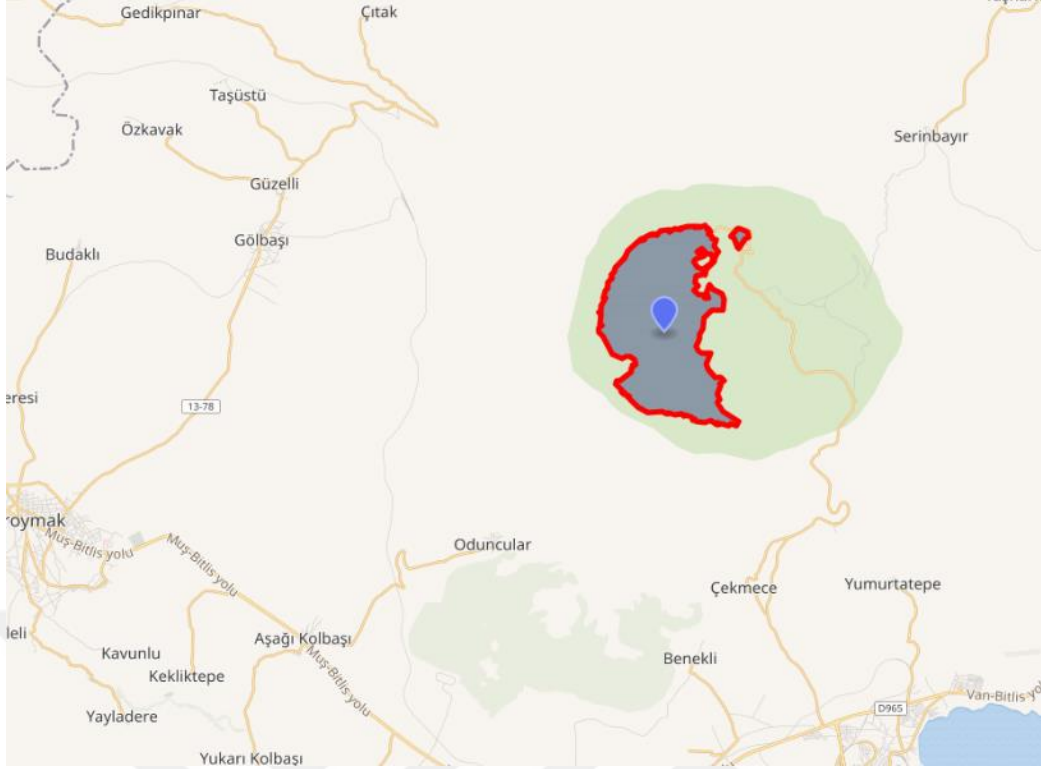
1. GİRİŞ

Dünyanın ikinci büyük krater gölü olan Nemrut, Bitlis ilinin Tatvan, Ahlat ve Güroymak ilçeleri arasındadır. Krater gölü Nemrutta patlamalar sonucunda oluşan kraterin ağız genişliği 48 km², taban genişliği 36 km² dir. Nemrut kalderasında deniz seviyesinde 2.247m yükseklikteki krater alanı içinde ikisi büyük toplam 5 tane göl bulunmaktadır. Nemrut Kalderası tabanının batı yarısı göl ile kaplıdır. Zirvede ikisi devamlı, üçü mevsimlik olmak üzere beş göl bulunmaktadır. Nemrut göllerinin en büyük olanı yarım ay şeklindeki Nemrut Gölü'dür. Bu gölün ortalama derinliği 100 m civarındadır. Gölün kuzey batı kenarındaki bir noktada 155 m. derinlik ölçülmüştür. Nemrut Gölü'nün görünür bir dışa akışı yoktur [1]. Resim 1.1 de Nemrut Krater Gölüne ait resim verilmiştir.



Resim 1.1. Nemrut krateri

Bitlis ili sınırları içerisindeki kratere ulaşmak için izlenmesi gereken yol haritası aşağıda verilmiştir.



Harita 1.1. Nemrut Krater gölü yol güzergahı

Nemrut volkanik bir bölge olduğu için çok sayıda çalışma ve araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar arasında bölgenin bitki örtüsü, bölgedeki böcek türleri ve krater içerisinde bulunan göldeki suyun kalitesini sayabiliriz. Nemrut krateri ile ilgili yapılan yayınlar literatür araştırması başlığı altında verilmiştir.

Kraterde büyük ve küçük olmak üzere iki göl bulunmaktadır. Göl suyunun kimyasal içeriği farklı çalışmalarda ortaya konmuştur. Büyük gölün izotop düzeyleri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından dolayı; bu tez çalışmasında Nemrut kraterinde bulunan büyük göldeki izotop analizleri üzerine yapıldı.

Aşağıda izotop atomlar ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

1.1. İzotop Atomlar

Atom, çekirdek ve çekirdeğin etrafında yer alan elektronlardan meydana gelir. Çekirdek içerisinde (+) yüklü proton ve yüksüz nötron yer alır. Bunlara nükleon adı verilir. Elektronlar ise (-) yüklü tanecikleridir ve çekirdeğin etrafında belirli bir yörüngede bulunurlar. Proton, nötron ve elektron atomaltı parçacıklar olarak da bilinmektedir.

İzotop atom, proton sayıları aynı kütle numarası (nükleon sayısı) farklı atomlardır. Aşağıda bazı izotop atomlar ve kullanım alanları ile ilgili temel bilgiler verilmiştir.

1.1.1. Karbon İzotopu

^{13}C kararlı ve radyoaktif izotoplardan biridir ve organik bileşiklerin yapılarının aydınlatılmasında kullanılmaktadır. ^{14}C dünyamızın atmosferinde doğal radyoaktif bozunma sonucunda oluşur. Arkeolojik kazılarda içinde karbon elementi bulunan çeşitli buluntular elde edilir. Karbon elementi bulunan kazılarda eser miktarda bulunan radyoaktif ^{14}C izotopunun yoğunluğu ya da radyoaktivitesi ölçülerek buluntular tarihlendirilebilir.

1.1.2. Azot İzotopu

^{15}N izotopu hidrolojide daha çok yer altı suyunda azot kirliliğinin kökenini belirlemekte kullanılmaktadır. ^{15}N izleme, azot döngüsünü incelemek için kullanılan bir tekniktir.

1.1.3. Argon İzotopu

^{40}Ar dünyada bulunan argonun büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. ^{40}Ar kayaçların yaşının saptanmasında kullanılmaktadır. ^{39}Ar asal gaz olması nedeniyle reaksiyonlara girmemektedir ve bu nedenle yaş belirlenmesinde kullanılmaktadır.

1.1.4. Oksijen İzotopu

Oksijen yer kabuğunda en fazla rastlanılan elementtir. Oksijenin kararlı izotopları hidrolojik çalışmalarda genellikle izleyici olarak kullanılmaktadır.

1.1.5. Hidrojen İzotopu

Hidrojen evrenin en temel enerji kaynağıdır. Hidrojenin izotopları ^1H , ^2H , ^3H olarak bilinmektedir. Bunlardan ^2H nükleer füzyon için potansiyel yakıt olarak kullanılmaktadır. ^3H ise radyoaktif olmasından dolayı uğradığı zamansal değişim nedeniyle yer altı sularının bağlı yaşının belirlenmesinde kullanılır. Ayrıca yer altı sularının rezervuarlarında yenilenme sürelerinin tahmini yapılmaktadır. Sularda ölçüm yapılırken birimi Tritiyum Ünitesi (TU) olarak verilmektedir. 1 TU; 0,118Bq/L değerine eşittir.

Kimyada yapılan analizleri temel olarak iki başlık altında inceleyebiliriz

1.2. Analiz Yöntemleri

Analitik yöntemler temel olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir. Bunlar

- a. Yaş analiz yöntemleri: Bu analizlerde karmaşık cihazlar kullanılmaz ve analizi yapılacak türün farklı özellikleri ölçülür. Ölçülen özelliklere göre analize farklı isimler verilir.
- b. Enstrümental analiz yöntemleri

Enstrümental analiz yöntemlerini de 4 başlık altında incelemek mümkündür

- a. Spektroskopik yöntemler: Numune ile elektromanyetik ışının etkileştirilerek absorpsiyon, emisyon, floresans ve fosforesans gibi özelliklerden birinin ölçüldüğü analiz türüdür.
- b. Elektroanalitik kimya: Bu analiz yönteminde ise akım, potansiyel, yük, iletkenlik gibi parametreler ölçülür
- c. Kromatografik yöntemler: Numune durgun faz olarak adlandırılan bir yüzey üzerinde, hareketli faz olarak adlandırılan çözücü veya çözücü karışımları ile hareket ettirilir. Numunede bulunan türlerin durgun faza olan ilgisine göre de ayırma işlemi yapılarak daha saf türler elde edilir. Sonrasında ise türlerin durgun fazdaki tutunma sürelerine göre analiz yapılır
- d. Termal analiz yöntemleri: Temel olarak bu analiz türünde numune ısıtılır ve kütleinde meydana gelen değişiklikler kaydedilerek yapı belirlenmeye çalışılır [2].

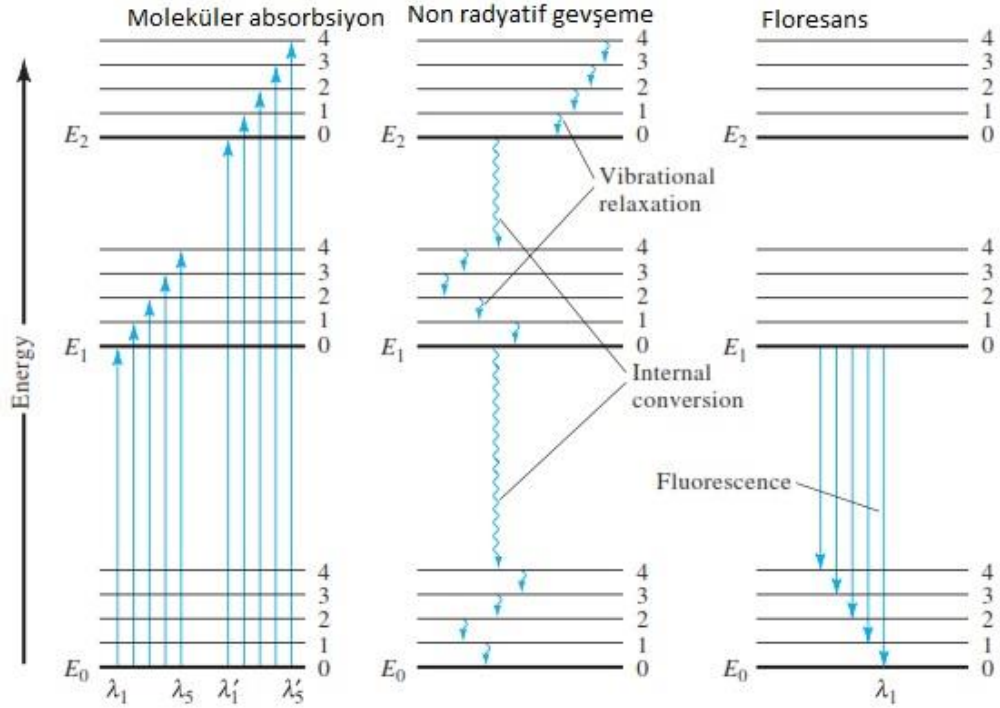
1.2.1 Spektroskopik Yöntemler

Spektroskopi, bir örnekteki atom, molekül veya iyonların, bir enerji düzeyinden diğerine enerji düzeyine geçişi sırasında absorplanan veya yayılan elektromanyetik ışımının ölçülmesi ve yorumlanmasıdır. Temel olarak elektromanyetik alan ile numune etkileştirilir sonrasında aşağıda yer alan parametrelerden herhangi biri ölçülür. Ölçülen özelliğe göre farklı spektroskopik yöntemler

- Ultraviyole-görünür bölge absorpsiyon spektroskopisi
- Floresans ve fosforesans spektroskopisi
- Atomik absorpsiyon spektroskopisi

- Atomik emisyon ve atomik floresans spektroskopisi
- İnfrared (IR) spektroskopisi
- Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi
- Kütle spektrometrisi [2].

Moleküler spektroskopideki uyarılma ve gevşeme durumları aşağıdaki resimde verilmiştir.

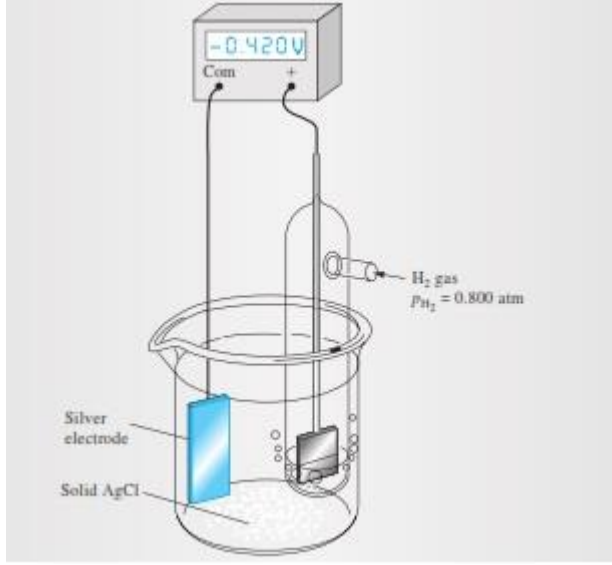


Resim 1.2. Moleküler spektroskopideki uyarılma ve gevşeme durumları [3].

1.2.2 Elektroanalitik Kimya

Elektroanalitik yöntemler, analitik kimyada, analiti içeren bir elektrokimyasal hücredeki potansiyeli (volt) ve/veya akımı (amper) ölçerek inceleyen bir teknikler sınıfıdır. Bu yöntemler, hücrenin hangi yönlerinin kontrol edildiğine ve hangilerinin ölçüldüğüne bağlı olarak birkaç kategoriye ayrılabilir. Belli başlı dört ana kategori aşağıdaki şekilde sıralanabilir [2].

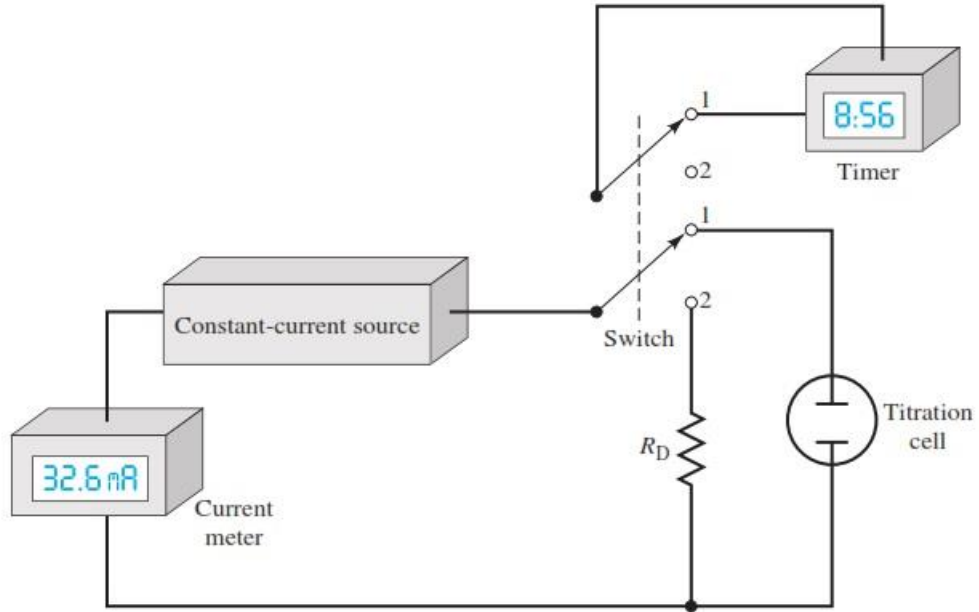
Potansiyometri: Analizlerde potansiyelin ölçüldüğü analiz grubudur. Örnek bir hücre aşağıda verilmiştir.



Resim 1.3. Potansiyometrik Hücre [3]

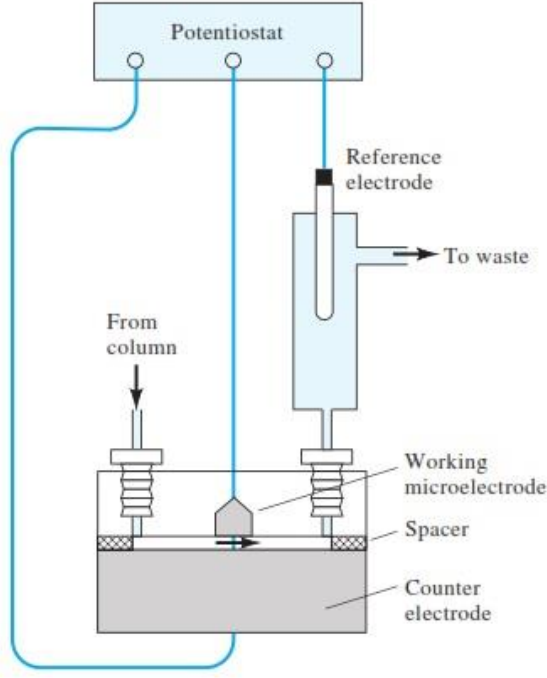
Amperometri: Analizlerde akım değerinin ölçüldüğü yöntemlerdir

Kulometri: Farklı yükseltgenme durumlarında analitin dönüşümü için gerekli olan yükün ölçüldüğü yöntemdir



Resim 1.4. Kulometrik hücre [3]

Voltametri: Uygulanan potansiyelin bir fonksiyonu olarak elektrokimyasal hücredeki ölçülen akım ile analitin türü ve miktarı hakkında bilgi veren elektroanalitik yöntemler gurubudur.



Resim 1.5. Örnek bir voltametrik hücre [3]

1.2.3. Kromatografik Yöntemler

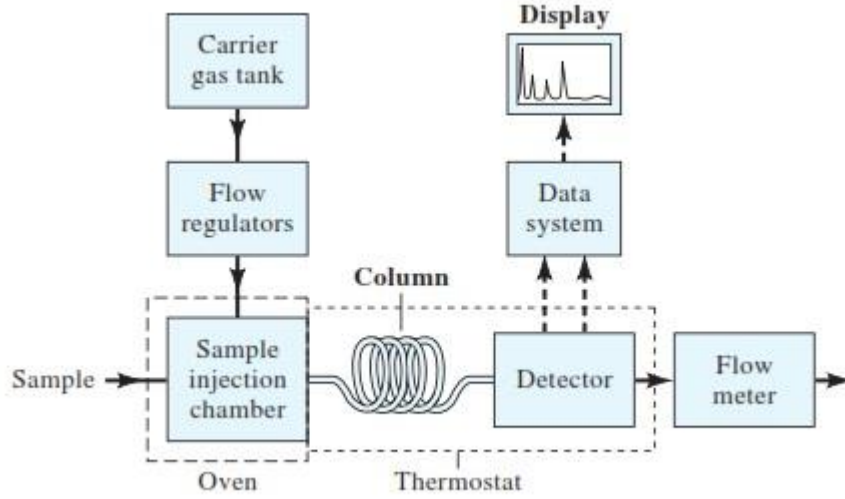
Kromatografi: Bir sâbit faz üzerinden hareketli faz geçirilerek, bir numunedeki bileşenlerin dağılma ve adsorpsiyon gibi mekanizmalar yoluyla farklı zaman süreçlerinde taşınma ve ayrılması işlemidir. Bütün kromatografik metotlar numune içerisindeki maddelerin sabit ve hareketli fazla etkileşimi sonucu ayrışmaları esasına dayanır. Bu ayrışmanın nedeni, maddelerin hareketli veya sabit faza olan farklı ilgileridir. Uygulama biçimine göre [2]

1)Kağıt kromatografisi: Örnek çözücü kullanılarak kağıt üzerinde yürütülerek bileşenlerine ayrılır. Tutunma sürelerine göre de bileşenlerin türü ve miktarı belirlenmeye çalışılır

2)İnce tabaka kromatografisi (İTK): Kağıt yerine silikajel kaplı kağıtlar kullanılarak yapılan analiz yöntemidir

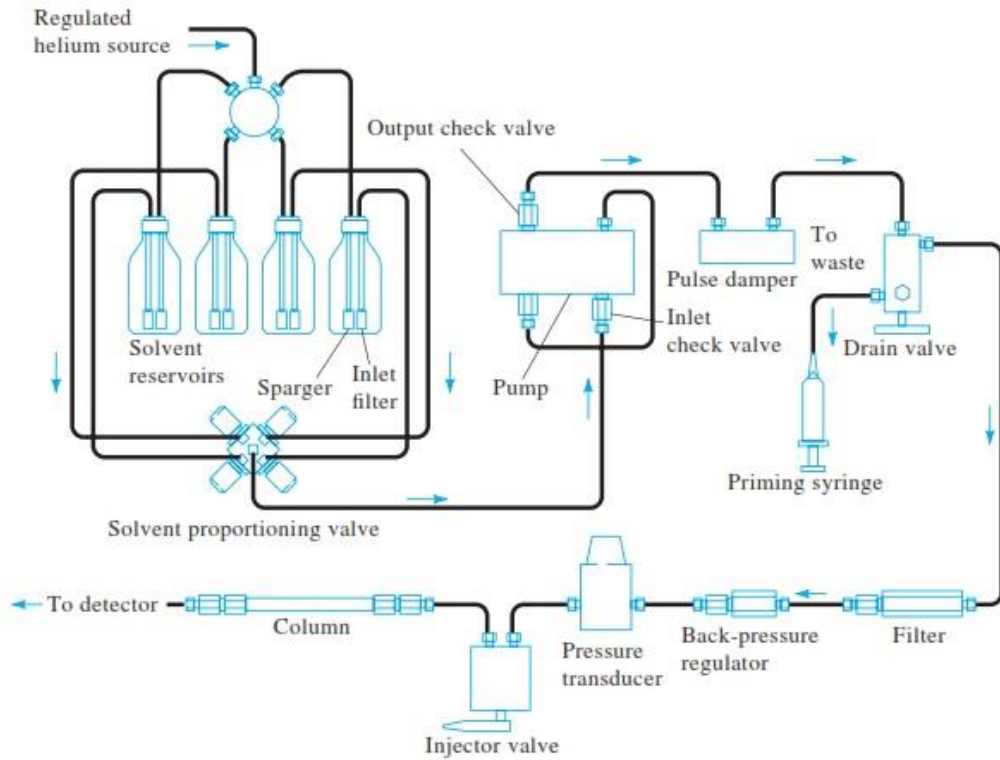
3)Sütun (kolon) kromatografisi (CC): Analiz yapılırken kolon ya da cam boru alınır. Borunun içi özel dolgu malzemeleri ile doldurulur ve ayırma/analiz işlemi bu şekilde yapılır

4)Gaz kromatografisi (GC): Numune gaz fazına geçirilir ayırma/analiz yapılır.



Resim 1.6. Gaz Kromatografisi Cihazı

5)Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC): Ayırma işleminde yüksek basıncın kullanıldığı sıvı kromatografisi tipidir.



Resim 1.7. HPLC cihazı şeması [3]

Ayrılma mekanizmalarına göre

1)Adsorpsiyon kromatografisi

- 2)Dağılma (Partisyon) kromatografisi
- 3)İyon deęiřtirme kromatografisi
- 4)Moleküler eleme kromatografisi (Jel krom.)
- 5)Afinite kromatografisi (Kimyasal krom.)

1.2.4. Termal Analiz Yöntemleri

Örneęe ait bir fiziksel özelliğin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü veya bir tepkimede absorplanan veya açığa çıkan ısının izlendiği yöntemlere Termal Analiz Yöntemleri denir [2]

Termogravimetrik analiz (TGA)

Diferansiyel Yöntemler

Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

Termometrik Titrasyon (TT)

1.3 Tritiyum ölçüm yöntemleri

1.3.1. Sıvı Sintilasyon cihazı

Bu cihaz temel olarak fotoçoğaltıcı tüp, puls amplifikatörü, sayıcı ve kaydediciden oluşmaktadır ve radyoaktivite ölçümlerinde kullanılmaktadır. Numuneler çevresel olabildiği gibi ayrıca biyolojik numunelerde de ölçümler yapılmaktadır. Numunedeki α ve β yayan radyonüklidlerin bu yöntemler analizlenmektedir. Ölçümler sintilatör içerisinde yapılmaktadır. Bu yöntemde numunenin homojen olarak dağıldığı varsayılır. Yöntemin avantajlarından birisi öz soğurma riskinin olmamasıdır. Örnek hazırlaması zahmetsizdir. Bu yöntemin diğer bir avantajı da bir örnekte hem α hem de β değerleri ölçülebilmektedir.

1.3.2. İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (IRMS)

Bu cihazla $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ izotop oranları ölçülebilmektedir. İzotop oranı göreceli üniversal standart olarak verilir (δ). Bu değer aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\delta = 1000(\text{Örnek-Standart})/\text{Standart}$$

Kütle spektrometreleri; tek quadropol, iyon tuzağı ve uçuş zamanlıdır. Bu spektrometrelerin doğada meydana gelen izotop bolluğuna duyarlılığı ve ölçümlerdeki kesinlikleri iyi değildir. Ölçümlerde izotop seyreltmesi yapıldığında iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu sebeple izotop oranı ölçümleri yapılırken daha spesifik cihazlar kullanılmaktadır. Burada çoklu-kollektör manyetik sektör kütle spektrometresi (IRMS) olarak bilinir. Cihazın hassasiyetinin ölçümü ile ilgili yapılan çalışmalarda kesinliğin %0,1 olduğu bulunmuştur. En düşük belirleme limiti monoaromatik bileşikler için $0,35 \pm 0,07$ ppb, halojenlenmiş hidrokarbonlar için ise bu değer $27 \pm 0,76$ ppb olarak bulunmuştur. Cihaz markasına göre ölçüm hassasiyetinin incelendiği diğer bir çalışmada ise 3 farklı Gaz kromatografisi IRMS cihazı kullanılmış ve kesinlik değerinin ortalama %0,12 olduğu bulunmuştur [4].

1.3.2.1. Elemental Analiz IRMS

Bu yöntem bir örnekte bulunan izotopların ortalama sinyallerini veren toplu bir tekniktir. Numune hazırlama işlemi zahmetsiz olmasına rağmen her bir türün ortalama değere katkısı hakkında bilgi vermez. Uçucu olmayan sıvılar ve katı numunelerde ölçüm yapılırken; numune tartılarak kalay veya gümüş bir kapsüle konur. Kapsül daha sonra otosampler ile yakma fırınına indirilir. Yüksek sıcaklık altında O_2 , NO_x , CO_2 , SO_2 ya da H_2O akışı altında yakılır. Hangi izotopun analizi yapılacaksa ona göre girişim yapan türler ortamdan uzaklaştırılarak analiz yapılır.

1.4. Literatür Araştırması

Gerek bitki örtüsü gerekse böcek türleri açısından zengin olan Nemrut Kraterinde 2017-2018 yılları arasında yapılan bir çalışmada 93 adet Pyroloidea 52 adet Geometridae türü tespit edilmiştir [5]. Nemrut kraterindeki su kaynakları ile ilgili de çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan biri Kurttaş ve Tezcan tarafından 2017 yılında yapılmıştır. Çalışmada Nemrut göllerindeki su kaynak potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada alınan su örneklerinde anyon ve katyon analizi yapılmış ve bu suların kullanılabilirliği çalışılmıştır [6]. Bölge ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada ise Nemrut kraterinde bulunan bitkilerin ağır metal konsantrasyonları çalışılmıştır. Çalışmada bölgedeki toprak ve bitkilerdeki ağır metal düzeylerinin Dünya Sağlık Örgütünün kabul ettiği düzeylerde olduğu bulunmuştur [7]. Nemrut kraterinde yapılan diğer bir çalışmada ise, kayaçların XRF cihazı ile yapılan analizlerinde SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi bileşiklerden oluştuğu ve kayaçların stabil yapıda oldukları ve kayaçlardaki ağır metal

sızıntılarının çok az olduğu tespit edilmiştir [8]. Krater Göl suyunda yapılan diğer bir çalışmada ise Na, Ca ve K düzeylerinin sırasıyla 350, 38,38 mg/L düzeyinde olduğu tespit edilmiştir [9]. Nemrut krateri ile ilgili olarak 2024 yılında Ulusal Tez merkezinde yayınlanmış iki tane teze rastlanmıştır. Bunlardan birincisinde Krater gölünün su kalitesi incelenmiş ve *Aphanius mentotürün*ün tanımlanması ve larva gelişimi incelenmiştir. Mevcut tez çalışmasında krater gölü suyunun içmeye ve kullanmaya uygun olduğu belirlenmiştir [10]. İkinci tezde ise göldeki sediment ve bitki örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir [11].

Zhou vd [12] Avustralyanın Avoca nehrinde izotop atom düzeylerini çalıştılar. Nehirdeki ^{18}O , ^2H ayrıca ^{222}Rn , ^3H , ^{14}C ve ^{36}Cl düzeylerini incelediler. ^3H düzeyini 1,64-5,11 TU aralığında buldular. Çalışma normal kabul edilen değerin 2,8-3,2 TU olduğunu ve kendi buldukları değerin normalin üstüne olanlarının kış mevsiminin geç gelmesine bağlamaktadırlar. ^2H , ^3H , ^{18}O düzeylerinin incelendiği bir diğer çalışma ise Tibet'te yapılmıştır. Çalışma Tibet platosunun kuzeyinde buludan Kaindam Havzasında yapılmıştır. Çalışmada ^{18}O düzeyi -14,8 ile 3,97 aralığında bulunmuştur [13]. Yeraltı su kaynaklarının dolumu süreçlerinin incelendiği çalışma 2013-2016 yılları arasında Avustralya'nın Pottnest Adasının Perth kıyılarında yapılmıştır. ^2H düzeyinin -18,4- (-16,5), ^3H düzeyi 0,74-1,16 son olarak ta ^{18}O düzeyi -4,2- (-3,9) aralığında bulunmuştur [14]. Yugoslavyanın farklı alanların yapılan diğer bir çalışmada ^2H değişimi " $\delta^2\text{H} = 7.9 \delta^{18}\text{O} + 8.5$ " şeklinde bulunmuştur [15]. Kralik vd Avusturyanın farklı bölgelerinde ^2H , ^3H , ^{18}O düzeylerini incelediler. Avusturya'daki en yüksek ^3H düzeyini Danube nehrinde tespit ettiler [16]. Göllerden farklı olarak Portekizin Lizbon kompleksinde de izotop düzeyi çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlarda ^{18}O iosotop düzeyindeki farklılığın yaklaşık %1, ^2H için %10 olduğunu bulmuşlardır [17]. Mevcut çalışmada çok fazla ayrıntı verilmemiştir. Cezair Quargla havzasında yapılmıştır. Çalışmada ^{18}O ve ^2H düzeyleri çok yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bunun sebebinin sudaki aşırı buharlaşmaya bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir [18]. İzotop düzeyi ölçümü ile ilgili diğer bir çalışma da Avusturyanın Mur nehrinin Grazer ve Leibnitzer gölgelerinde yapılmıştır. Grazer bölgesinde 18 ve Leibnitzer bölgesinden 13 nokta olmak üzere toplamde 31 noktadan farklı zaman dilimlerinde su numuneleri alınmış ve izotop düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada 13 ve 27 metre derinliklerden su numuneleri alınmıştır. Su numunleri 2009 ile 2011 yılları arasında yapılmıştır. ^{18}O düzeyi -10,5 ile -6,8 ve -9,5 ile -5,2 aralığında bulunmuştur. ^2H düzeyi ile ^{18}O izotop düzeyi arasında iyi

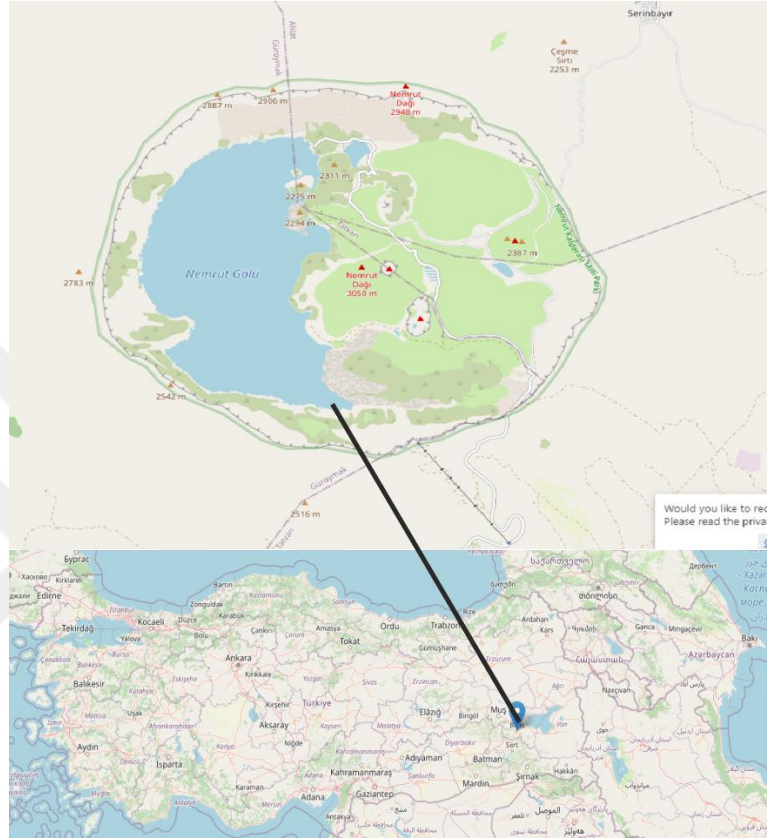
bir kolerasyon belirlenmiştir. ($^2\text{H}=7,840+7,19$). Leibnitzer bölgesindeki kolerasyon denklemi de ($\delta^2\text{H} = 4,38 \times \delta^{18}\text{O} - 22,14$) olarak belirlenmiştir. ^3H düzeyleri de 6-10,1 Tritiyum ünitesi (TU) ve 7,11- 11,7 aralığında belirlenmiştir. (Leibnitzer) [19]. Costa Lima vd Brezilya San Fransisko havzasındaki izotop düzeylerini incelediler. 18 O düzeyi -6,52-(-2,78) aralığında bulunmuştur. ^2H düzeyi de -42,9 –(-11,1) aralığında bulunmuştur [20]. Çalışmalardan biri Yurteri tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Seyfe Gölündeki sulak alanlarda izotop içeriği incelenmiştir. Bu çalışma ile Seyfe Gölü havzasındaki hidrojeolojik süreçlerin anlaşılmasına yardımcı olacak izotop teknikleri kullanılmıştır. Bu çalışmada trityum analizleri yapılamamıştır [21]. İzotop teknikleri ile yapılan bir diğer çalışma ise Akan'a aittir. Yapılan bu çalışmada termal suların kökeni ve yüzeye çıkışları sırasındaki geçirilen süreçler hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. Bu bilgiler izotop tekniklerinin kullanımı ile edinilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ^2H , ^{18}O izotopları kullanılmıştır [22]. Deniz vd. Çan Jeotermal alanında çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada da yine ^2H , ^3H ve ^{18}O izotopları bakılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bu bölgedeki termal suların meteorik kökenli ve en az 45-50 yıllık olduğu sonucuna varılmıştır [23]. Okwir vd. [24] Babati Gölünde izotop çalışmaları yapmıştır. ^{18}O ve ^2H izotopları kullanılarak yer altı suyu ve yüzey suyu arasındaki etkileşim açıklanmaya çalışılmıştır. Pierchala vd. [25] yapmış olduğu çalışmada izotoplarla çalışmıştır. Çalışma sonucunda yer altı sularının akışları sistemleri hakkında bilgiler edinildi .Kjellman vd. [26] yapmış olduğu çalışmasında bölgedeki göl suyunun izotopik değişkenliğinin mevsimsel yağışlarla ilgili olduğu hakkında sonuçlara ulaşmıştır. Çalışmasında ^{18}O ve ^2H izotop değerlerinden yararlanmıştır. Wang vd. [27] bu çalışmasında iklim stresi hakkında bilgi edinebilmek için göl suyundaki izotop bileşimlerini incelemiştir. Ve elde ettiği bilgiler ışığında araştırmalarını sonuçlandırmıştır. Wang vd. [28] kararlı izotop tekniklerini kullanarak göldeki buharlaşma kayıpları ve su buharı döngüsü hakkında araştırmalarını yapmıştır. Bu çalışmada tuzlu göllerin kararlı izotop değerlerine bakılmıştır. Cheng vd. [29] yapmış olduğu çalışmada oksijen izotop miktarlarına bakarak buharlaşmanın izotop değerleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Doyle vd. [30] Kanada'da Ontario gölünde çalışmalar yapmıştır. Yapılan bu çalışmada izotoplardan yararlanılarak buzul tabakasının buzullaşması ve sonrasında eriyen su akışının zamanlaması hakkında bilgilere ulaşmıştır. Henderson vd. [31] yapmış olduğu çalışmada izotop atomlardan yararlanarak atmosferik sirkülasyon ve nem değişkenlerinin göl üzerindeki etkilerini yorumlamıştır. Gibson vd. [32] yapmış olduğu çalışmasında göllerin kararlı izotop dengesini

incelemiştir. Bu çalışmasında izotop dengesinin buharlaşma ile büyük ölçüde değiştiğine dair bilgilere ulaşmıştır. Jiang vd. [33] izotoplar kullanarak çöküntü gölünde yer altı suyu deşarjı ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Esquivel-Hernandez vd. [34] yapmış olduğu çalışmada izotopları kullanarak gölde mevsimsel değişiklikler üzerinde bilgiler edinmiştir. Keskin vd. [35] çalışmasında siderit oluşumunun kökeni hakkında bilgiler edinebilmek için izotop atomlardan yararlanmıştır. Demer [36] yapmış olduğu çalışmasında hidrojen ve oksijen izotoplarını kullanarak yer altı sularının kökeni hakkında detaylı bilgilere ulaşmıştır. Davraz vd. [37] yapılan çalışmada oksijen ve hidrojen izotoplarını kullanarak kaynak suları ile araştırmalarda bulunmuş ve kaynak sularının meteorik su olduğu kanısına varmıştır. Uras vd. [38] yapmış olduğu çalışmalarında izotop atomlardan yararlanarak suların kökenine ve kaynak sularının kalitesi hakkında bilgilere ulaşmışlardır. Bastam vd. [39] yapmış olduğu çalışmada izotop tekniklerinden yararlanarak suların kökeni hakkında bilgilere ulaşmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında Nemrut Krater göl suyundaki izotop atomları ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından; Nemrut Kraterinde bulunan büyük gölde $2H$, $3H$, $18O$ izotop oranlarının araştırıldı.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

İzotop bileşimlerini incelemek için Nemrut Kraterindeki Büyük Gölün kıyı şeridinin farklı noktalarından farklı zaman dilimlerinde su numuneleri alınarak DSİ izotop analizi laboratuvarına gönderildi.



Harita 2.1. Nemrut Kraterinin Görünüşü

Analizin yapıldığı cihaza ait resim aşağıdadır.



Resim 2.1 İzotop Analizlerinin Yapıldığı Cihaz

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma, Bitlis İli Sınırları içinde bulunan Nemrut Kraterinde bulunan büyük göldeki ^2H , ^3H ve ^{18}O düzeyleri incelendi. Çalışmada gölün farklı bölgelerinden farklı zaman dilimlerinde su örnekleri alınarak Ankara DSİ İzotop analizi laboratuvarına gönderilerek analizler yaptırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre öre ^2H izotopu düzeyi -27,37 ile -28,39 arasında ve ^{18}O değerleri ise -3,65 ile -3,76 aralığında bulundu. Ayrıca ^3H değerleri ise 4,31 ile 5,28 aralığında bulunmuştur.

Elde edilen bulgular, göl suyunun izotopik bileşimini anlamak ve göl ekosisteminin hidrolojik süreçlerini belirlemek için önemli bir bilgi kaynağı sağlamaktadır. İlk olarak, ^2H , ^3H izotoplarının bulunması, göl suyunun hidrolojik döngüsünü ve kaynaklarını belirlemede kritik öneme sahiptir. ^2H izotopu, suyun geçmiş kaynaklarını ve hidrolojik döngüdeki değişimleri izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, ^2H /H oranındaki değişimler, yağış rejimlerinin, yeraltı su kaynaklarının ve buzulların katkılarının izlenmesinde önemli bir göstergedir. ^3H izotopu ise göl suyunun gençlik derecesini belirlemede kritik bir araçtır. ^3H izotopu nükleer testlerden kaynaklanan bir izotop olup, doğal su sistemlerinde izlenmesi, suyun tazelemesini ve karışımını anlamak için önemlidir. Bu çalışmada tespit edilen ^3H izotopu seviyeleri, göl suyunun genellikle genç ve hızla yenilendiğini göstermektedir. Oksijen izotopları (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) da suyun kaynağını ve döngüsünü belirlemede önemli ipuçları sağlar.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, gölden alınan su numunesinin izotop bileşimi üzerine yapılan analizlerin sonuçlarını sunmaktadır. ^2H , ^3H ve ^{18}O izotoplarının tespit edilmesiyle, suyun kaynağı ve jeokimyasal özellikleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. ^2H izotopu değerleri -27,37 ile -28,39; ^{18}O değerleri ise -3,65 ile -3,76 aralığında bulundu. Bu izotoplar jeotermal sular ile kayalar arasındaki etkileşimi (su-kaya ilişki) anlamada büyük öneme sahiptir. Bu izotoplar ile suların izledikleri yollar ve kökenleri hakkında önemli bilgiler alınabilmektedir. Özellikle, jeotermal bir sistemin bulunduğu bölgede, jeotermal rezervuar sıcaklığını tahmin etmede yardımcı olabilmektedir. Aynı zamanda bu izotoplar, jeotermal bir sistemin evrimini ortaya çıkarmaktadır. ^2H izotopu ile ^{16}O izotopu ve ^2H ile ^{18}O izotopları jeotermal bir sistemi yorumlamada doğrudan ilgilenilmesi gereken iki izotopdur. Çünkü ^2H ile ^{16}O izotopunun, ^2H ^{18}O izotopuna göre daha yüksek buhar basıncı vardır. Böylece su buharlaştığı zaman, buhar ^{16}O ve H bakımından zenginleşirken, ^{18}O ve ^2H sıvı halde kalır [40]. ^3H değerleri ise 4,31 ile 5,28 aralığındadır. Çalışma alanındaki suların ^3H analizlerine göre gölden alınan su numunelerindeki TU değerinin 5'e yakın olduğu anlaşılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar neticesinde TU değeri 1-8 aralığındaki sular güncel ve eski suların karışımı olarak ifade edilebilir. Bulgularımız, göl ekosisteminin hidrolojik döngüsü ve su kalitesi üzerindeki etkilerini anlamak için değerli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca, bu çalışma, benzer göllerde yapılabilecek gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturmaktadır. Sonuç olarak, suyun izotop bileşiminin analizi, göl ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi ve korunması için önemli bir araçtır.

Bu tez çalışması, göl ekosistemlerinin hidrolojik döngüsü ve su kalitesi üzerindeki izotopik etkileri incelemektedir. Benzer çalışmaların devam etmesi, farklı göl ekosistemlerinin hidrolojik özelliklerini anlamak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunmak için önemlidir. Gelecekteki araştırmalar, farklı coğrafi bölgelerdeki göllerde benzer izotop analizlerinin yapılmasını ve elde edilen bulguların karşılaştırılmasını içerebilir. Ayrıca, suyun izotop bileşiminin mevsimsel ve iklimsel değişimlerle nasıl etkilendiğini anlamak için uzun vadeli izleme çalışmaları önerilebilir. Bu öneriler, göl ekosistemlerinin korunması ve yönetimi için bilgi tabanını genişletmeyi amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] “Nemrut Gölü”, *Vikipedi*. 07 Ocak 2024. Erişim: 28 Şubat 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Nemrut_G%C3%B6lü%C3%BC&oldid=31017760
- [2] T. Gündüz, *İnstrümental Analiz*, 11. Baskı. Ankara: Gazi Kitabevi, 2012.
- [3] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, ve S. R. Crouch, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 9. Baskı. Mary Finch, 2014.
- [4] W. W. Wong, D. L. Hachey, S. Zhang, ve L. L. Clarke, “Accuracy and precision of gas chromatography/combustion isotope ratio mass spectrometry for stable carbon isotope ratio measurements”, *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, vol. 9, no 11, pp. 1007-1011, Oca. 1995, doi: 10.1002/rcm.1290091107.
- [5] K. Akin ve E. Seven, “Investigations on the Fauna of Pyraloidea and Geometridae (Lepidoptera) of Nemrut Caldera Natural Monument”, *Biol. Divers. Conserv.*, vol. 13, no 1, pp. 88-95, Nis. 2020, doi: 10.46309/biodicon.2020.730109.
- [6] T. Kurttaş ve L. Tezcan, “Nemrut Kaldera Göllerinin Su Kaynakları Potansiyeli”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 22, no 2, p. 823, Ara. 2017, doi: 10.19113/sdufbed.93985.
- [7] Ş. Hayta ve E. Firat, “Determination of heavy metal concentrations and soil samples of *Betula pendula* and *Populus tremula* in Nemrut Crater Lake”, *Int. J. Second. Metab.*, vol. 9, no 4, pp. 504-512, Ara. 2022, doi: 10.21448/ijsm.1082781.
- [8] E. Avşar ve E. Işık, “Environmental Toxicity Characteristics Of Nemrut Volcanism Pyroclastic, Bitlis/Turkey Case”, *Sigma J. Eng. Nat. Sci.*, vol. 38, no 3, pp. 1203-1215, 2021.
- [9] A. Biçer, “Physical Properties and Evaluation of Some Geothermal Waters in Bitlis, Van and Bingöl provinces”, *Uluslar. Doğu Anadolu Fen Mühendis. Ve Tasar. Derg.*, vol. 5, no 1, pp. 20-30, Tem. 2023, doi: 10.47898/ijeased.1210378.
- [10] A. Serpil, “Nemrut Krater Gölü (BİTLİS) Su Kalitesi, Gölde Yaşayan *Aphanius mento* (Heckel, 1843)’nın Larval Ontogenisi ve Osmoregülatör Kapasitesinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye, 2020.
- [11] N. C. Dizdaroğlu, “Nemrut Krater Gölü’nün Sediment ve Bazı Sucul Bitki Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, 2019.
- [12] Z. Zhou, I. Cartwright, U. Morgenstern, ve L. K. Fifield, “Integrating major ion geochemistry, stable isotopes (^{18}O , ^2H) and radioactive isotopes (^{222}Rn , ^{14}C , ^{36}Cl , ^3H) to understand the interaction between catchment waters and an intermittent river”, *Sci. Total Environ.*, vol. 908, p. 167998, Oca. 2024, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167998.
- [13] N. Yang ve G. Wang, “Moisture sources and climate evolution during the last 30 kyr in northeastern Tibetan Plateau: Insights from groundwater isotopes (^2H , ^{18}O ,

- 3H and 14C) and water vapour trajectories modeling”, *Quat. Sci. Rev.*, vol. 242, p. 106426, Ağu. 2020, doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106426.
- [14] E. Bryan, K. T. Meredith, A. Baker, M. S. Andersen, V. E. A. Post, ve P. C. Treble, “How water isotopes (18O, 2H, 3H) within an island freshwater lens respond to changes in rainfall”, *Water Res.*, vol. 170, p. 115301, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.watres.2019.115301.
- [15] N. Horvatinčić, I. Krajcar-Bronić, J. Pezdič, D. Srdoč, ve B. Obelić, “The distribution of radioactive (3H, 14C) and stable (2H, 18O) isotopes in precipitation, surface and groundwaters of NW Yugoslavia”, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. Mater. At.*, vol. 17, no 5-6, pp. 550-553, Kas. 1986, doi: 10.1016/0168-583X(86)90210-7.
- [16] M. Kralik, R. Benischke, S. Wyhlidal, ve R. Philippitsch, “First Water-Isotope-Map ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, 3H) of Austria: Applications, Extremes and Trends”, *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 17, pp. 924-927, 2017, doi: 10.1016/j.proeps.2017.01.021.
- [17] P. M. Carreira vd., “Geochemistry and Environmental Isotopes as Natural Tracers of Groundwater Flow in Shallow Aquifer Systems within Lisbon Volcanic Complex (Portugal)”, *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 17, pp. 634-637, 2017, doi: 10.1016/j.proeps.2016.12.170.
- [18] T. Abdeldjebar, H. Mohammed, ve H. Messouad, “Origin and Age of the surface water and groundwater of the Ouargla basin-Algeria”, *Energy Procedia*, vol. 157, pp. 111-116, Oca. 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.170.
- [19] M. Kralik vd., “Using 18 O/ 2 H, 3 H/ 3 He, 85 Kr and CFCs to determine mean residence times and water origin in the Grazer and Leibnitzer Feld groundwater bodies (Austria)”, *Appl. Geochem.*, vol. 50, pp. 150-163, Kas. 2014, doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.04.001.
- [20] G. F. C. Lima vd., “Establishing a water baseline for the unconventional gas industry: A multiple environmental isotopes assessment (18O, 2H, 3H, 13C, and 14C) of surface and groundwater in the São Francisco Basin, Brazil”, *Appl. Geochem.*, vol. 159, p. 105818, Ara. 2023, doi: 10.1016/j.apgeochem.2023.105818.
- [21] C. Yurteri, “Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasındaki Su Kaynaklarının Duraylı İzotop İçeriklerinin İncelenmesi”, *Mühendis. Bilim. Ve Tasar. Derg.*, vol. 8, no 3, pp. 883-903, Eyl. 2020, doi: 10.21923/jesd.769987.
- [22] B. Akan, “Jeotermal Sistemlerde Yapılan İzotop Hidrolojisi Çalışmaları: Afyon Ömer-Gecek Jeotermal Sistemi”, program adı: Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana, 2002.
- [23] O. Deniz, A. Baba, ve G. Tarcan, “Çan Jeotermal Alanı’nın Hidrojeokimyasal ve Hidrojeolojik İncelenmesi”, *Türkiye Jeol. Bül.*, c. 53, sy 2-3, ss. 159-184, Ağu. 2010.
- [24] G. Okwir, S. Kumar, K. S. Pramod, H. Gao, ve K. N. Njau, “Conceptualization of groundwater-surface water interaction with evidence from environmental isotopes and hydrogeochemistry in lake Babati Basin in Northern Tanzania”, *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 21, p. 100940, May. 2023, doi: 10.1016/j.gsd.2023.100940.

- [25] A. Pierchala, K. Rozanski, M. Dulinski, ve Z. Gorczyca, “Triple-isotope mass balance of mid-latitude, groundwater controlled lake”, *Sci. Total Environ.*, vol. 814, p. 151935, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151935.
- [26] S. E. Kjellman, E. K. Thomas, ve A. Schomacker, “Arctic and sub-Arctic lake water $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ along a coastal-inland transect: Implications for interpreting water isotope proxy records”, *J. Hydrol.*, vol. 607, p. 127556, Nis. 2022, doi: 10.1016/j.jhydrol.2022.127556.
- [27] Y. Wang vd., “Evaporation dominates the loss of plateau lake in Southwest China using water isotope balance assessment”, *Sci. Total Environ.*, vol. 873, p. 162415, May. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162415.
- [28] Z. Wang, X. Li, Y. Deng, X. Liu, ve Y. Zhang, “Stable isotope tracing internal recycling and evaporation losses in saline lakes on the Qinghai-Tibet Plateau”, *Sci. Total Environ.*, vol. 903, p. 166614, Ara. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166614.
- [29] Y. Cheng, C. Zhang, Y. Li, X. Li, W. Liu, ve C. Zhao, “Increasing lake evaporation over the Holocene revealed by oxygen stable isotope in Indian-monsoon dominated southwestern China”, *Glob. Planet. Change*, vol. 228, p. 104217, Eyl. 2023, doi: 10.1016/j.gloplacha.2023.104217.
- [30] R. M. Doyle, N. Bumstead, C. F. M. Lewis, ve F. J. Longstaffe, “~14 000 years of geochemical and isotopic data from Lake Simcoe, Canada”, *Data Brief*, vol. 44, p. 108541, Eki. 2022, doi: 10.1016/j.dib.2022.108541.
- [31] A. C. G. Henderson, J. A. Holmes, ve M. J. Leng, “Late Holocene isotope hydrology of Lake Qinghai, NE Tibetan Plateau: effective moisture variability and atmospheric circulation changes”, *Quat. Sci. Rev.*, vol. 29, no 17-18, pp. 2215-2223, Ağu. 2010, doi: 10.1016/j.quascirev.2010.05.019.
- [32] J. J. Gibson, S. J. Birks, ve Y. Yi, “Stable isotope mass balance of lakes: a contemporary perspective”, *Quat. Sci. Rev.*, vol. 131, pp. 316-328, Oca. 2016, doi: 10.1016/j.quascirev.2015.04.013.
- [33] C. Jiang, D. Liu, C. Jiang, Q. Wang, M. Sadat-Noori, ve H. Li, “Tracing groundwater discharge into a coal mining subsidence lake in eastern China: Observations from water stable (δD and $\delta^{18}\text{O}$) and radon (^{222}Rn) isotopes”, *Appl. Geochem.*, vol. 156, p. 105757, Eyl. 2023, doi: 10.1016/j.apgeochem.2023.105757.
- [34] G. Esquivel-Hernández, R. Sánchez-Murillo, E. Vargas-Salazar, ve A. Quesada-Román, “Water stable isotopes reveal the hydrological response of Costa Rican glacial lakes to climate variability”, *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 120, p. 104091, Ara. 2022, doi: 10.1016/j.jsames.2022.104091.
- [35] S. Keskin ve T. Ünlü, “Attepe Bölgesindeki Siderit Oluşumlarının Mineralojik Özellikleri ve Jeotektonik Ortamı (Kayseri-Adana Havzası, Türkiye)”, *Yerbilim. Üniversitesi Yerbilim. Uygul. Ve Araşt. Merk. Derg.*, vol. 37, no 2, Eyl. 2016, doi: 10.17824/yrb.55328.
- [36] S. Demer, “Isparta Ovası Yeraltısularının İzotop Jeokimyası”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 14, no 3, pp. 285-292, 2010.
- [37] A. Davraz ve E. Şener, “Anamasdağı (Yenişarbademli Kuzeyi / Isparta) Karst Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 11, no 1, pp. 64-74, 2007.

- [38] Y. Uras, Y. Uysal, M. N. Yılmaz, ve M. Paksoy, “Yedioluk-Kozan (Adıyaman) Bölgesi İçme Sularının Karakteristiklerinin Hidrojeolojik Açıdan İncelenmesi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendis.-Mimar. Fakültesi Derg.*, vol. 33, no 4, pp. 45-56, Ara. 2018, doi: 10.21605/cukurovaummfd.522974.
- [39] E. Tahmasebzadeh Bastam ve F. GültekiN, “Değirmendere (Trabzon) Havzası Kaynak Sularında Su-Kayaç Etkileşimi”, *Jeol. Mühendisliği Derg.*, ss. 1-1, Haz. 2017, doi: 10.24232/jmd.314585.
- [40] S. Tonkul, C. Şimşek, ve A. Baba, “İzotop Özelliklerinin Kullanılarak Su-Kayaç Etkileşiminin İncelenmesi: Alaşehir Alt Havzası Örneği”, *DSİ Tek. Bül.*, vol. 0, no 134, pp. 1-9, 2019.