

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜ KUZEY HAVZASI'NDA BULUNAN ÇAMUR VOLKANINA AİT  
GÖZENEK SUYUNUN KÖKENİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Serdar TAŞDELEN  
DANIŞMAN: Dr.Öğr.Üyesi Ayşegül Feray MEYDAN

VAN-2018



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜ KUZEY HAVZASI'NDA BULUNAN ÇAMUR VOLKANINA AİT  
GÖZENEK SUYUNUN KÖKENİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Serdar TAŞDELEN

Bu çalışma VAN YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2015-FBE-  
YL215 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2018





## KABUL VE ONAY SAYFASI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr.Öğr.Ü. Ayşegül Feray Meydan danışmanlığında, Serdar Taşdelen tarafından sunulan "Van Gölü Kuzey Havzası'nda Bulunan Çamur Volkanına Ait Gözenek Suyunun Kökeni" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 16/03/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Sefer ÖRÇEN

İmza:

Üye: Dr.Öğr.Ü. Arif Emre DURSUN

İmza:

Üye: Dr.Öğr.Ü. Ayşegül Feray MEYDAN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30/03/2018 tarih ve 2018/117-1 sayılı kararı ile onaylanmıştır.





## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Serdar TAŞDELEN



## ÖZET

### VAN GÖLÜ KUZEY HAVZASI'NDA BULUNAN ÇAMUR VOLKANINA AİT GÖZENEK SUYUNUN KÖKENİ

TAŞDELEN, Serdar  
Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Ayşegül Feray MEYDAN  
Mart 2018, 51 sayfa

Bu tez çalışmasının amacı, Van Gölü'ne varlığı sismik verilerle saptanan çamur volkanına ait gözenek suyunun kökenini saptamaktır. Bu amaç doğrultusunda çamur volkanından 70 cm uzunluğunda bir adet sediman karot alınmıştır. Sediman karotun en üst seviyesinden dip suyu ve sediman karot içinden gözenek suyu örnekleme yapılmıştır.

Dip suyu ve gözenek suyu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen ICP-MS ve iyon kromatografisi analiz sonuçlarına göre suların benzer kimyasal özellikler gösterdiği saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre çizilen Piper Diyagramı, Durov Diyagramı ve Schoeller Diyagramına göre, su örneklerinin benzer kökene sahip olduğu ve genel olarak drenaj havzasından etkileşmekle birlikte benzer kökene sahip oldukları ortaya konulmuştur. Çamur volkanı olarak tanımlanan noktada volkanik bir oluşumdan söz etmenin mümkün olmadığı görülmüştür. Gözenek suyundan elde edilen verilere göre tuzluluk üzerine yoruma gidilmiş ve göl su seviyesi değişimleri ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre 15 ve 35 cm seviyesinde suyun kimyasal olarak farklı biçim göstermesi bu dönemlerde göl su seviyesinin yükseldiğine işaret ettiği sonucuna varılmıştır. MS 1885 ve MS 1698 yıllarına denk gelen bu zamanların daha soğuk ve yağışlı olduğu ve Kuzey Yarımküre'de hüküm süren Mini Buzul Çağı'nın bir sonucu olduğu kanısına varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çamur volkanı, Gözenek suyu, Piper Diyagramı, Van Gölü.



## ABSTRACT

### THE ORIGIN OF PORE WATER OF THE MUD VOLCANO IN THE LAKE VAN NOTHERN BASIN

TAŞDELEN, Serdar  
M.Sc., Geological Engineering Science  
Supervisor: Asst.Prof.Dr. Ayşegül Feray MEYDAN  
March 2018, 51 pages

The aim of this thesis is to determine the origin of the pore water of the mud volcano which existence is determined by the seismic data of the Lake Van. For this purpose a sedimentary core was taken 70 cm long from the mud volcano. Bottom water sample was taken from the top of the sediment core and pore water samples were taken from the sedimentary core.

ICP-MS and ion chromatography analysis on bottom water and pore water samples showed similar chemical properties of waters. According to the Piper Diagram, Durov Diagram and Schoeller Diagram plotted according to the results of the analysis, it was found that the water samples had similar origin and generally had similar origin while interacting with the drainage basin. It is not possible to mention a volcanic formation at the point defined as a mud volcano. The interpretation of salinity according to the data obtained from the pore water was interpreted and the lake was evaluated by lake level changes. According to this evaluation, the chemical composition of the water at 15 and 35 cm indicates that the lake water level has risen in these periods. It came to the conclusion that these times coinciding with the years of AD 1885 and AD 1698 were colder and rainy and this may result from Little Ice Age at the Northern Hemisphere.

**Key words:** Mud Volcano, pore water, Piper Diagram, Lake Van.



## ÖN SÖZ

Daha önceki çalışmalar Van Gölü'nün daha çok oluşum yaşı, paleoiklimi ve paleoortamsal özelliklerini konu edinmiştir. Bu bağlamda yapılan bu tez çalışmasında daha önce araştırılmamış olan Van Gölü'nde yeri sismik çalışmalar ile saptanan çamur volkanı yapılarının gözenek suyunun jeokimyasının ortaya konulmasını amaçlamıştır. Bu çalışma, YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2015-FBE-YL215 No'lu proje olarak desteklenmiştir. Tez çalışması süresince yardımlarını esirgemeyen danışmanım Dr.Öğr.Ü. Ayşegül Feray MEYDAN'a, ve yine tez jüri üyelerinden Prof.Dr. Sefer ÖRÇEN ve Dr.Öğr.Ü. Arif Emre DURSUN'a, arkadaşarımdan Debbie Carter'a ,Amcam Nurettin Tasdelen'e vede sevgili annem Neslihan Tasdelen ve babam Mehmet Tasdelen'e teşekkürlerimi sunarım.

2018

Serdar TAŞDELEN





# İÇİNDEKİLER

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| ÖZET .....  | i            |
| ABSTRACT .....  | iii          |
| ÖN SÖZ.....   | v            |
| İÇİNDEKİLER.....  | vii          |
| ÇİZELGELER LİSTESİ .....                                      | ix           |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....   | xi           |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                 | xiii         |
| 1. GİRİŞ.....   | 1            |
| 1.1. Çalışmanın Amacı ve kapsamı .....                        | 1            |
| 1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı .....                          | 2            |
| 1.2.1. Jeoloji .....  | 3            |
| 1.2.2. Çalışma alanının taban morfolojisi.....                | 6            |
| 1.2.3. Hidroloji ve su kimyası .....                          | 9            |
| 1.2.4. Drenaj havzası ve su kimyası .....                     | 10           |
| 1.2.5. İklim .....  | 10           |
| 2. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                    | 13           |
| 2.1. Materyal .....   | 13           |
| 2.2. Yöntem .....   | 13           |
| 2.2.1. Karot alımı.....                                       | 13           |
| 2.2.2. Gözenek suyu örnekleme.....                            | 14           |
| 2.2.3. İyon kromatografisi ile anyon analizi.....             | 15           |
| 2.2.4. ICP-MS analizi .....                                   | 17           |
| 3. BULGULAR .....   | 19           |
| 3.1. Suyun Fiziksel Özellikleri .....                         | 19           |
| 3.1.1. pH .....   | 19           |
| 3.1.2. Elektiriksel iletkenlik.....                           | 20           |
| 3.2. İyon Kromatografisi ile Anyon Analizleri Sonuçları ..... | 21           |
| 3.2.1. Klor (Cl <sup>-</sup> ) .....                          | 21           |
| 3.2.2. Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....          | 22           |

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| 3.2.3. Karbonat (CO <sub>3</sub> ) ve Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> )..... | 23           |
| 3.3. ICP-MS Analizleri Sonuçları .....                                    | 24           |
| 3.3.1. Sodyum (Na <sup>+</sup> ) .....                                    | 24           |
| 3.3.2. Potasyum (K <sup>+</sup> ) .....                                   | 25           |
| 3.3.3. Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> ).....                                  | 26           |
| 3.3.4. Magnezyum (Mg <sup>+2</sup> ) .....                                | 27           |
| 3.3.5. Bor (Ba <sup>+3</sup> ) .....                                      | 28           |
| 3.3.6. Lityum (Li <sup>+</sup> ).....                                     | 29           |
| 3.5. Su Örneklerinin İyon Denge diyagramları .....                        | 30           |
| 3.6. Su Örneklerinin Fasiyes Tipleri ve Sınıflandırması .....             | 35           |
| 3.6.1. Piper diyagramına göre su sınıflandırması .....                    | 36           |
| 3.6.2. Schoeller Diyagramına göre su sınıflandırması .....                | 39           |
| 3.6.3. Durov Diyagramına göre su sınıflandırması .....                    | 40           |
| 4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....  | 43           |
| KAYNAKLAR.....  | 47           |
| ÖZGEÇMİŞ.....   | 51           |

## ÇİZELGELER LİSTESİ

| Çizelge  | Sayfa |
|--|-------|
| Çizelge 1.1. Van Gölü ve drenaj havzasının bazı özellikleri..... | 3     |
| Çizelge 3.1. Derinliklere göre yaşlar .....                      | 36    |
| Çizelge 3.2. Su tipleri ve ilgili yaşlar .....                   | 39    |





## ŞEKİLLER LİSTESİ

| Şekil  | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1.Çalışma alanı .....  | 2     |
| Şekil 1.2.Van Gölü yakın çevresinin jeoloji haritası .....                                 | 4     |
| Şekil 1.3.Van Gölü Havzası'nın Holosen öncesine ait stratigrafik kesiti .....              | 6     |
| Şekil 1.4. Van Gölü'nün batimetrisini ve örnek noktalarını gösteren harita.....            | 7     |
| Şekil 1.5. Van Gölü'nün KB ve GD yönünde Kuzey ve Tatvan Havzası'nın geochirp profili..... | 8     |
| Şekil 1.6. Çamur volkanına ait sismik kesit ve örnek noktası.....                          | 8     |
| Şekil 1.7. Van Gölü su seviyesinin değişimleri.....  | 9     |
| Şekil 1.8. Van Gölü havzasını etkileyen iklim sistemleri.....                              | 11    |
| Şekil 2.1. Sediman karot alımı .....   | 14    |
| Şekil 2.2. Rhizon örnekleyiciler ile gözenek suyu alımı .....                              | 15    |
| Şekil 2.3.İyon Kromatograisi.....  | 16    |
| Şekil 2.4. ICP –MS cihazı .....  | 18    |
| Şekil 3.1. Van 16-03 karotu Gözenek suyu pH değerleri.....                                 | 19    |
| Şekil 3.2. Van 16-03 karotu gözenek suyu EC değerleri.....                                 | 20    |
| Şekil 3.3. Van16-03 karotu gözenek suyu klor değerleri .....                               | 21    |
| Şekil 3.4. Van16-03 karotu gözenek suyu sülfat değerleri.....                              | 22    |
| Şekil 3.5. Van 16-03 karotu gözenek suyu karbonat değerleri.....                           | 23    |
| Şekil 3.6. Van 16-03 karotu gözenek suyu bikarbonat değerleri.....                         | 24    |
| Şekil 3.7. Van16-03 karotu gözenek suyu sodyum değerleri.....                              | 25    |
| Şekil 3.8. Van16-03 karotu gözenek suyu potasyum değerleri .....                           | 26    |

| <b>Şekil</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 3.9. Van16-03 karotu gözenek suyu kalsiyum değerleri .....              | 27           |
| Şekil 3.10. Van16-03 karotu gözenek suyu magnezyum değerleri .....            | 28           |
| Şekil 3.11. Van16-03 karotu gözenek suyu bor değerleri .....                  | 29           |
| Şekil 3.12. Van16-03 karotu gözenek suyu Lityum değerleri .....               | 30           |
| Şekil 3.13. Dip suyu iyon denge diyagramı.....                                | 31           |
| Şekil 3.14. Van16-03 karotu 5 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....      | 31           |
| Şekil 3.15. Van16-03 karotu 15 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 32           |
| Şekil 3.16. Van16-03 karotu 25 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 32           |
| Şekil 3.17. Van16-03 karotu 35 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 33           |
| Şekil 3.18. Van16-03 karotu 45 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 34           |
| Şekil 3.19. Van16-03 karotu 55 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 34           |
| Şekil 3.20. Van16-03 karotu 65 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı .....     | 35           |
| Şekil 3.21. Piper Diyagramına göre alanlar.....                               | 37           |
| Şekil 3.21. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının piper diyagramı .....     | 38           |
| Şekil 3.22. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının Schoeller Diyagramı ..... | 40           |
| Şekil 3.23. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının Durov Diyagramı .....     | 41           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| <b>Simgeler</b>   | <b>Açıklama</b>         |
|-------------------|-------------------------|
| B                 | Bor                     |
| Ca                | Kalsyum                 |
| CaCO <sub>3</sub> | Kalsyum Karbonat        |
| Cl                | Klor                    |
| CO <sub>3</sub>   | Karbonat                |
| Cs                | Sezyum                  |
| HCO <sub>3</sub>  | Bikarbonat              |
| K                 | Potasyum                |
| kg                | kilogram                |
| km <sup>3</sup>   | Kilometre küp           |
| km <sup>2</sup>   | Kilometre kare          |
| L                 | litre                   |
| Li                | Lityum                  |
| m                 | Metre                   |
| meq               | miliekuvalent           |
| mg                | miligram                |
| Mg                | Magnezyum               |
| mm                | Milimetre               |
| Na                | Sodyum                  |
| °C                | Santigrad derece        |
| P                 | Fosfat                  |
| Pb                | Kurşun                  |
| pH                | Asitlik Bazlık Derecesi |
| SO <sub>4</sub>   | Sülfat                  |



| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>   |
|--------------------|---|
| AFAD               | Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı                      |
| cP                 | Karasal Soğuk Hava Kütlesi                                  |
| cT                 | Karasal Sıcak Hava Kütlesi                                  |
| DAF                | Doğu Anadolu Fay Hattı                                      |
| DSİ                | Devlet Su İşleri  |
| EC                 | Elektrik İletkenliği  |
| GÖ                 | Günümüzden önce   |
| ICDP               | Uluslar arası Kıta Delme Programı                           |
| ICP-MS             | İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – kütle spektrometresi |
| ITCZ               | Dönencelerarası Yakınlaşma Zonu                             |
| KAF                | Kuzey Anadolu Fay Hattı                                     |
| MS                 | Milattan sonra  |
| MTA                | Maden Tetkik Arama  |
| mP                 | Denizel Soğuk Hava Kütlesi                                  |
| mT                 | Denizel Sıcak Hava Kütlesi                                  |
| STJ                | Dönencealtı Akımı   |



# 1. GİRİŞ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Van Gölü'nde yer alan çamur volkanına ait sıvı ve gazların kökeninin belirlenmesine yönelik yapılmıştır. Bu bölümde çalışmanın amacı ve çalışma alanının tanıtımı ile ilgili genel bilgiler literatür özeti ile harmanlanarak verilmiştir.

## 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Van Gölü kapladığı hacim ( $607 \text{ km}^3$ ), alan ( $3750 \text{ km}^2$ ) ve derinliği bakımından (451 m) Türkiye'nin en büyük ve dünyanın en büyük dördüncü gölüdür. Bunun yanı sıra dünyanın en büyük sodalı gölü olma özelliğini taşımaktadır (Kempe ve ark., 1991; Kadioğlu ve ark., 1997).

Karasal olarak uzun bir geçmişi simgelemesi (buzul ve buzul arası dönemler,), Sibirya Yüksek Basınç, Kuzey Atlantik ve Orta Enlem-Subtropikal sistemlerinin keşiştiği yerde ve iklime duyarlı bir konumda bulunması ve gölsel çökellerin yıllık laminalanma göstermesi nedeniyle Van Gölü, paleoklimatolojik, paleoortamsal ve paleotektonik çalışmaları için karakteristik bir örnek teşkil etmektedir. Bu bağlamda Van Gölü 2010 yılında uluslar arası bir proje olan ve ICDP (International Continental Scientific Drilling Program) tarafından desteklenmiştir. Van Gölü'nün oluşum yaşı bu çalışmalara bağlı olarak yaklaşık olarak Orta Pleyistosen olarak güncellenmiştir.

PaleoVan projesinin sonuçlarına göre Van Gölü 600 bin yıl önce tatlı su koşullarına sahiptir ve GÖ 600 bin yıldan bu yana 600'den fazla volkanik, tektonik ve ortamsal değişimlere ait seviyeler gözlenmiştir. Volkanik aktiviteler GÖ 513 bin yıla denk gelen dönemde meydana gelmiş ve en dramatik aktivite GÖ yaklaşık 260 bin yıl önce gözlenmiştir. İklim değişimine bağlı olan yaklaşık beş adet buzul – buzularası döngü gözlenmiştir (Reimer ve ark., 2009; Litt ve ark., 2009; Cukur ve ark., 2012; Litt ve ark., 2012; Stoeckle ve ark., 2012; Litt ve ark., 2014; Stoeckle ve ark., 2014; Cukur ve ark., 2014).

Daha önceki çalışmalar Van Gölü'nün daha çok oluşum yaşı, paleoiklimi ve paleoortamsal özelliklerini konu edinmiştir. Bu bağlamda yapılan tez çalışmasında, Van



Çizelge 1.1. Van Gölü ve drenaj havzasının bazı özellikleri

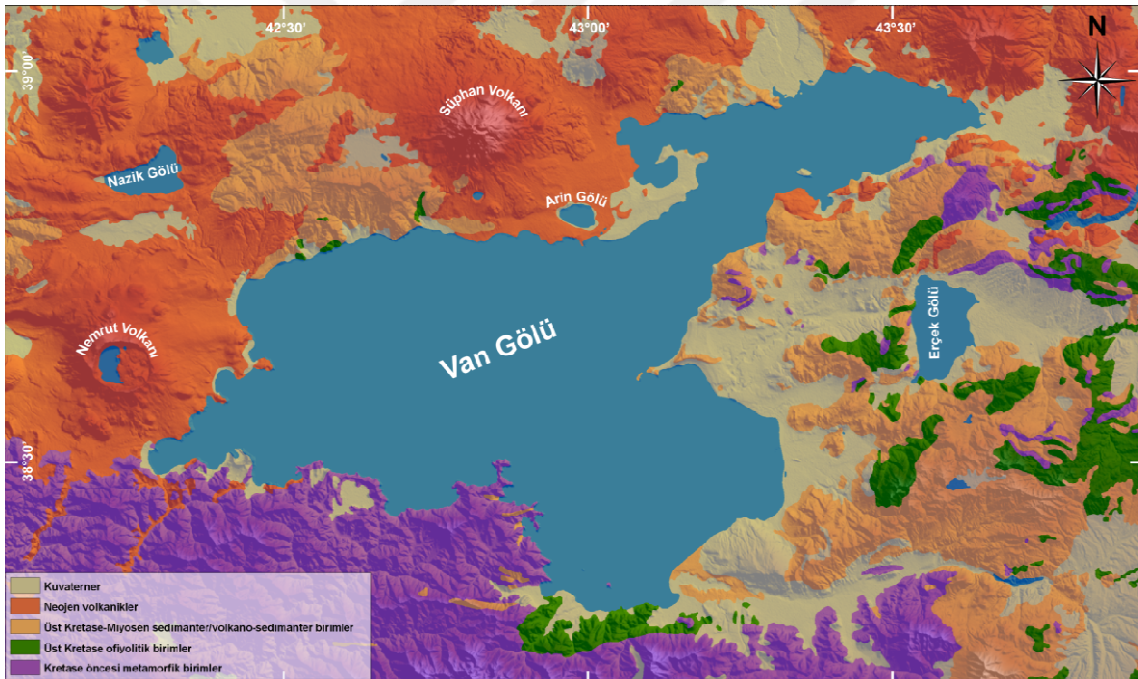
| Parametre                      | Değer                            |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Göl seviyesi                   | 1648m (1984'den bu yana: 1650 m) |
| Göl hacmi                      | 607 km <sup>3</sup>              |
| Göl yüzey alanı                | 3522 km <sup>2</sup>             |
| En geniş kesit                 | 119km (NE-SW)                    |
| Ortalama Derinlik              | 170m                             |
| Maksimum Derinlik              | 457m                             |
| Havza alanı                    | 12522 km <sup>2</sup>            |
| Göl üzerindeki yağış oranı     | 1.73 km <sup>3</sup> /yıl        |
| Havzadaki yağış oranı          | 6 km <sup>3</sup> /yıl           |
| Buharlaşma                     | 4.2 km <sup>3</sup> /yıl         |
| Yıllık ortalama hava sıcaklığı | 8.9 °C                           |
| Yıllık maksimum hava sıcaklığı | 22.3 °C                          |
| Yıllık minimum hava sıcaklığı  | -3.6 °C                          |

### 1.2.1. Jeoloji

Van Gölü, güneyinde yer alan Afro/Arap Plakası ile kuzey ve doğudaki Avrasya Plakalarının çarpışmaları sonucunda oluşan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayının (DAF), kesiştiği noktanın doğusunda ve tektonik olarak oldukça aktif bir noktada yer almaktadır. Çalışma alanını içine alan Doğu Anadolu'nun neotektonik rejiminin, Miyosen'in Serravaliyen katının (10-14 Milyon yıl) son dönemlerinde başladığı farklı araştırmalarda ortaya koyulmuştur (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1983; Şengör ve ark., 1985; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz ve ark., 1987; Koçyiğit ve ark., 2001). Bu araştırmaların sonucuna göre; 12 milyon yıl önce Avrasya ve Arap plakalarının çarpışması nedeniyle Neotetis okyanusunun tabanı tamamen yok olmuş ve magmatik aktivite başlamıştır. Kıta – kıta çarpışmasını takiben kabuk kısılması ve kalınlaşması ile bölge yükselmeye başlamıştır (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Kıta – kıta çarpışmasının olduğu bölgede Bitlis Kenet kuşağı yer almaktadır. Çalışma alanı Bitlis Bindirme Kuşağı'nın kuzeyinde yer almakta ve Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova Ekleme ve Zagros Fay Zonu arasında yer almaktadır. Tektonik konumu nedeniyle Van Gölü Havzası depremlere ve volkanik aktivitelere sahiptir. M.S. 1900' den beri magnitüdü 5'in üzerinde 30 tane deprem

meydana gelmiştir. 23 Ekim 2011 tarihinde yaşanan 7.2 ve 9 Kasım 2011 tarihinde yaşanan 5.6 büyüklüğündeki yıkıcı iki büyük depremin ardından büyüklüğü 1.5 ile 5.0 arasında 11000'den fazla artçı şok meydana gelmiştir.

Çalışma alanının batı ve kuzey kesiminde ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu bir hat üzerinde bir dizi volkanik sistem gelişmiştir. En yakın iki volkan Nemrut ve (3050 m) ve Süphan (3800 m) dır. Daha uzakta olanlar kuzeydoğuda Meydan ve Tendürek dir. Nemrut aralarında en genci olup hala aktif bir volkanıdır (Alkali Magmatizma). Yapılan araştırmalara göre Nemrutta meydana gelen en son patlamaların MS 1441 de ve MS 1597'de olduğu kanısına varılmıştır (Kempe ve Degens, 1978; Landmann ve ark., 1996a). Daha sonraki araştırmalara göre ise en son patlamanın 27 Ekim 1650 yılında meydana geldiği yolundadır (Haroutiunian, 2006).



Şekil 1.2. Van Gölü yakın çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2002'den değiştirilerek alınmıştır, ölçek: 1/500000).

Önceki çalışmalara göre, çalışma alanını içine alan Doğu Anadolu'nun jeolojik evriminde dört yapısal dönem ayırt edilebilmektedir (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986) ve yaşlıdan gence doğru şöyle sıralanabilir;

1. Dönem; havzanın en yaşlı kaya topluluğu olan metamorfik kayalar oluşturur ve Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı olabilecekleri düşünülmektedir (Boray, 1975;

Perinçek, 1980; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yılmaz ve ark., 1987; Göncüoğlu ve Turhan, 1983; Çağlayan ve ark., 1983).

2. Dönem; ofiyolitik melanjdan oluşmaktadır. Bu topluluk Üst Kretase’de birinci dönem kayaları üzerine tektonik dokanakla yerleşmiş bazik, ultrabazik kayalar ile kumtaşı, kireçtaşı ve tuf bloklarından oluşmuştur (Demirtaşlı ve Pisoni, 1965; Ketin, 1977; Yılmaz ve ark., 1987).

3. Dönem; Eosen-Alt Miyosen yaşlı olup, alttaki birimleri uyumsuz olarak örten bir çökel istif niteliğindedir. Bu dönemin kırıntılı çökeller ile kireçtaşlarından oluşur ve alttan üste doğru sığlaşan bir deniz ortamına işaret eder. Eosen yaşlı çökel birim fliş türündendir. Oligosen yer yer fliş görünümünde olmasına rağmen Eosen’e göre daha sığ ortamda geliştiği kireçtaşlı ve jipsli düzeylerden anlaşılmaktadır. Alt Miyosen killi kireçtaşı, kireçtaşı litolojisinde olup resifal özellikte ve yaygın gözlenmektedir.

4. Dönem; Üst Miyosende-günümüz arasında, karasal ortamlarda gelişmiş, silis kırıntılı ve karbonatlı çökeller ile volkanik kayalardan oluşan bir istiftir. Alttaki birimler üstünde uyumsuzlukla yer alan bu dönem kayalarında, stratigrafik boşluk ve aşmalar bulunmaktadır (Yılmaz ve ark., 1987). Bu topluluk, neotektonik döneminin ürünüdür. Van Gölü Havzası’nın Holosen öncesine ait genelleştirilmiş stratigrafik kesiti aşağıda verilmiştir (Şekil 1.3).

Çalışma alanının drenaj havzasını oluşturan birimlerin jeolojisini daha da açacak olursak; Van Gölü’nün kuzey ve batısını neredeyse tamamen kaplayan Senozoyik yaşlı karasal volkanik kayaçlar gözlenmektedir. Kıta – kıta çarpışmasına bağlı olarak volkanik aktivite Geç Miyosen’de başlamış ve yakın tarihsel dönemlere kadar devam etmiştir. Van Gölü’nün güneybatısından, Tatvan’dan kuzeydoğuya doğru Ahlat, Adilceviz, Erciş, Muradiye hattı boyunca konumlanan Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı dağları volkanik ve volkanoklastik ürünler vermişlerdir. Van Gölü’nün kuzeybatısında Erken Miyosen’de sarımsı beyaz – beyaz renkli, kalın – çok kalın katmanlı bol fosilli resifal kireçtaşı çökelmiştir. Bu birimler Adilceviz Kireçtaşı olarak bilinmekte ve Adilceviz’in batı ve kuzeybatı kısımlarında geniş yüzlekler vermektedir (Acarlar ve ark, 1991). Ayrıca, Van Gölü’nün kuzeybatısında, çok bileşenli çakıl taşlarından oluşan ve sınırlı alanlarda mostra veren, Orta Miyosen yaşlı Aktaş Formasyonu ile Geç Miyosen yaşlı Yağlık Bazaltı bulunmaktadır.

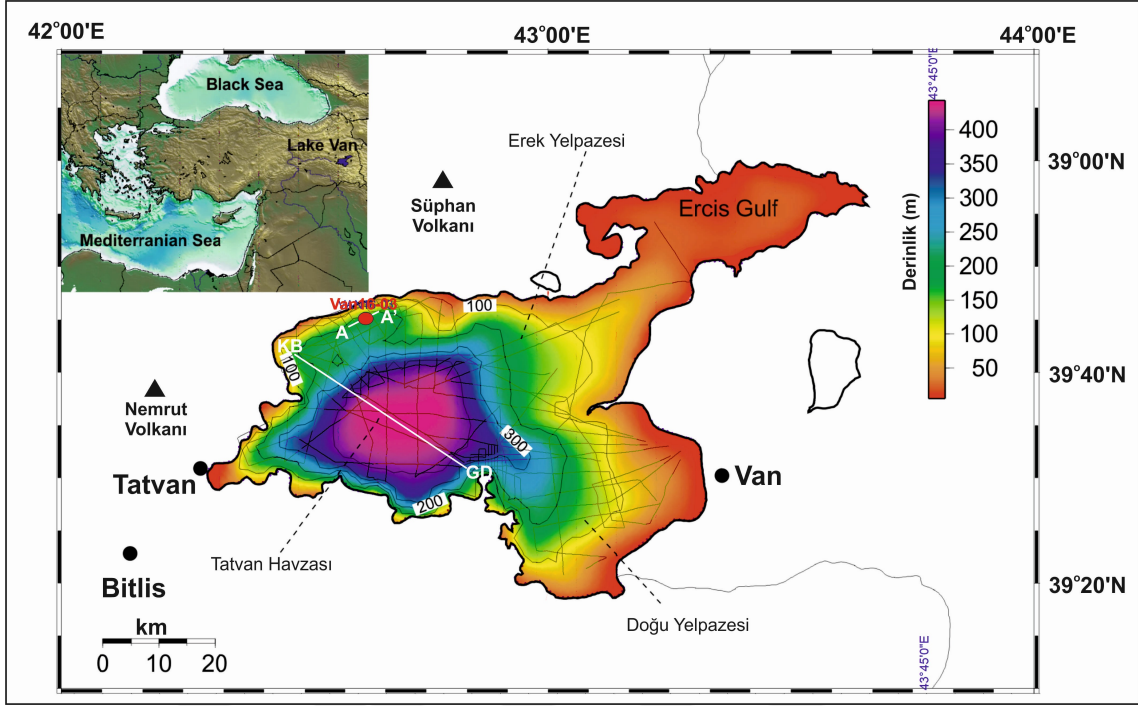
| YAŞ        | FORMASYON             | AÇIKLAMALAR  |  |
|------------|-----------------------|--|--|
| Pleistosen | Edremit Travertenleri | Trakitik, bazaltik lav akıntıları ve piroklastikler.           |  |
|            | Nemrut Volkanitleri   |  |  |
| Pliyosen   | Beyüzümü Formasyonu   | Fosilli kireçtaşı  |  |
|            | Yağlık Bazaltı        | Bazaltik lav akıntıları  |  |
| Miyosen    | Adilcevaz Kireçtaşı   | Çamurtaşı, marn, ve detritik kalstiklerle geçişli kireçtaşları |  |
| Oligosen   | Van Formasyonu        | Kıltaşı, kumtaşı marn  |  |
| Eosen      | Kırkgeçit Formasyonu  | Çamurtaşı, marn aralanmaları                                   |  |
| Paleosen   | Tekmal Formasyonu     | Fosilli kireçtaşları   |  |
|            | Toprakkale Formasyonu |  |  |
| MESOZOYİK  | KRETASE               | Gevaş Ofiyoliti  | Serpantinitlet                               |
|            |                       | Yüksekova Karmaşığı  | Denizel lav akıntıları Ve türbiditiler       |
|            | JURA                  | Hasandağ Grubu   | Rekriztalize kireçtaşları ve meta kumtaşları |
| PALEOZOYİK | Bitlis Metamorfitleri | Mermer, şist, gözlü gnays ve kuvarsit                          |  |

Şekil 1.3. Van Gölü Havzası'nın Holosen öncesine ait stratigrafik kesiti (Işık ve Çiftçi, 2002'den alınmıştır).

### 1.2.2. Çalışma alanının taban morfolojisi

Van Gölü'nün güncel göl sedimanlarının yapı ve stratigrafisini ortaya koymak amacıyla, 2004 yılında ICDP- PALEOVAN projesinin hazırlık çalışmaları esnasında Chirp akustik profilleri alınmıştır. Dip sedimanları iyi tabakalanmış ve geniş yayımlıdır (Şekil 1.4). Bu yapılar gösel çökeller olarak yorumlanmıştır. Van Gölü'nün batimetre haritası ve örnekleme noktasını gösteren harita aşağıda verilmiştir.

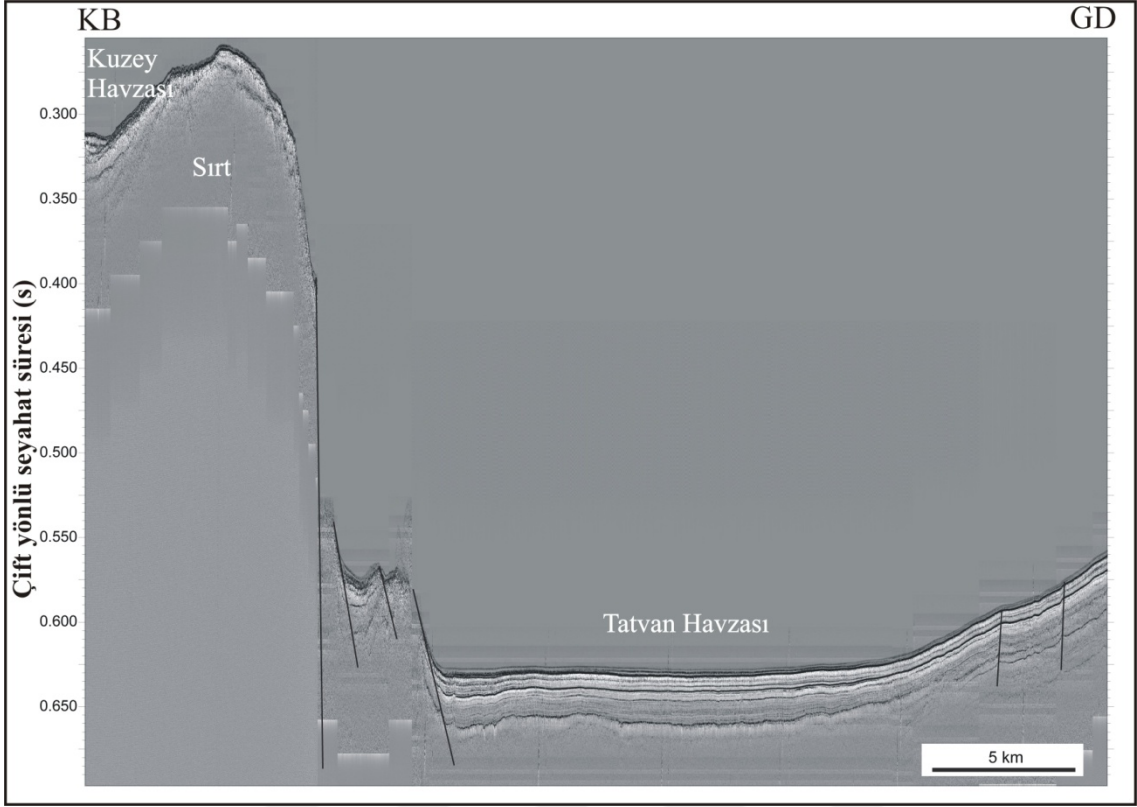




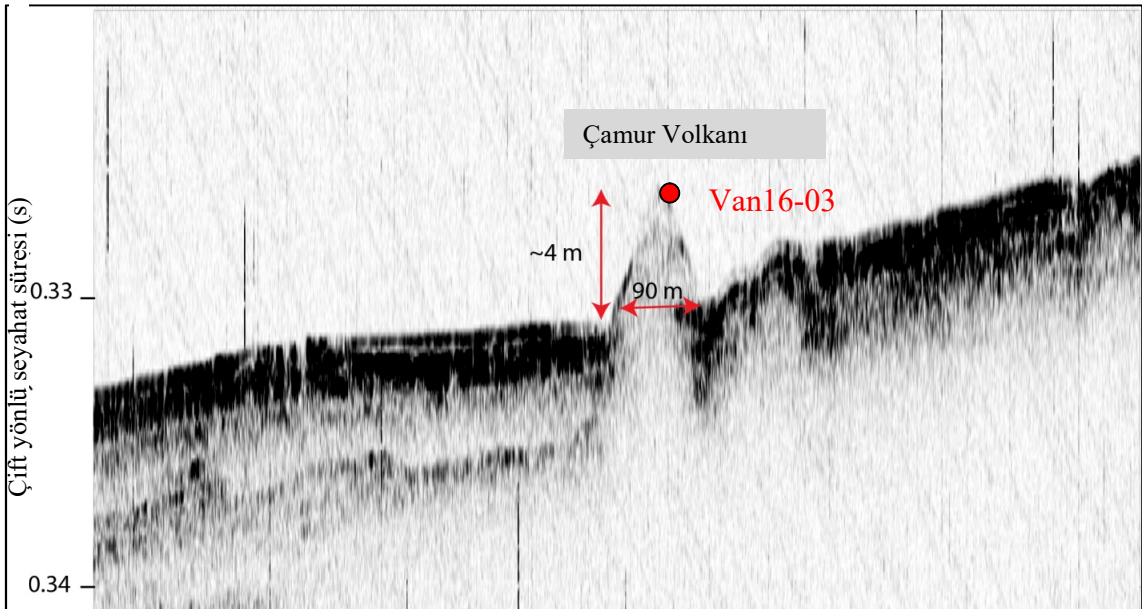
Şekil 1.4. Van Gölü'nün batimetrisini ve örnek noktalarını gösteren harita (Çukur ve ark. 2012'den değiştirilerek alınmıştır).

Van Gölü'nün en derin yeri olarak tanımlanan derin havza, Van Gölü'nün batı kesiminde yer alan Tatvan Çukurluğu'dur. 440 km<sup>2</sup> alana sahip bu çukurluk dairemsi şekilli bir havzadır ve bu havzanın batı ve doğu kenarları normal faylarla çevrilidir. Tatvan Havzasının maksimum su derinliği 460 metreye varır. Tatvan Havzasının kuzey ucunda 375 m su derinliğinde özel bir morfolojik özellik gösteren KD – GB uzanımlı bir sırt bulunmaktadır. Bu sırt Ahlat Sırtı olarak adlandırılmıştır. (Litt ve ark., 2009). 260 metre su derinliğine sahip Kuzey Havzası, Tatvan Havzası'ndan Ahlat Sırtı ile belirgin bir biçimde ayrılmaktadır (Şekil 1.5).

Tezin konusunu oluşturan çamur volkanı kuzey havzada ortalama 240 metre su derinliğinde yer almaktadır (Şekil 1.6). Bu çamur volkanı 90 metre genişliğinde ve 4 metre yüksekliğe sahiptir. Bu noktadan alınan 70 cm uzunluğundaki karotun örnekleme noktası aşağıdaki sismik kesit üzerinde verilmiştir.



Şekil 1.5. Van Gölü'nün KB ve GD yönünde Kuzey ve Tatvan Havzası'nın geochirp profili. Bu profilde Kuzey Havzası (260 m), Tatvan Çukuru'ndan Ahlat Sirtı ile belirgin bir biçimde ayrılmaktadır (Çukur ve ark. 2012'den değiştirilerek alınmıştır).

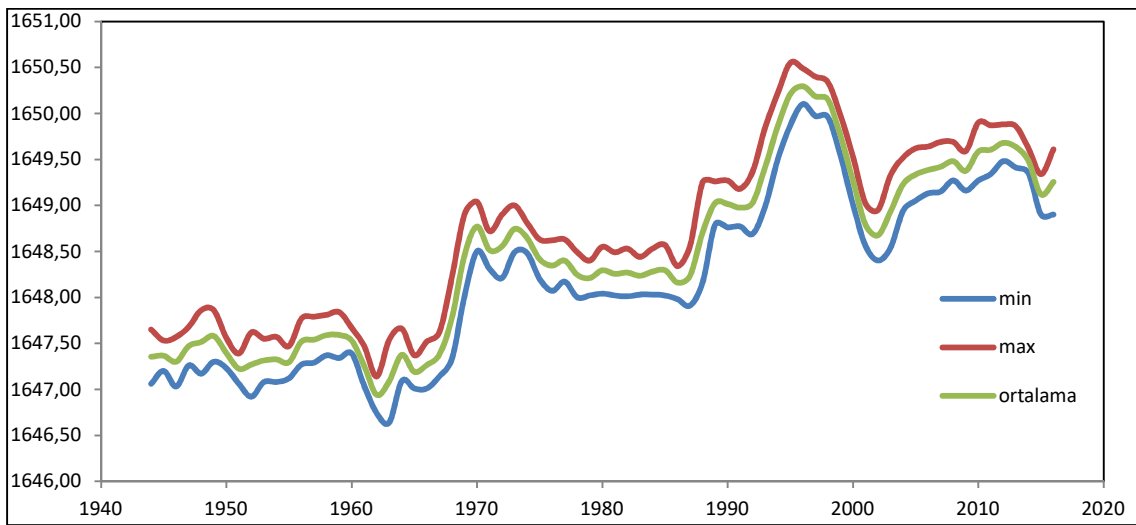


Şekil 1.6. Çamur volkanına ait sismik kesit ve örnek noktası (A-A').

### 1.2.3. Hidroloji ve su kimyası

Van Gölü suyu buharlaşma, hidrotermal aktivite ve su toplama havzasındaki volkanik kayaların kimyasal ayrışmasından dolayı bazik ve tuzludur (alkalinite 155 meq/l, pH; 9.81, tuzluluk; 22.8%) Van Gölü'ndeki çözünmüş karbonat oranı deniz suyuna kıyasla 70-100 kat daha fazladır ve alkali iyonlarla ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) dengelenir (Degens ve Kurtmann, 1978; Reimer ve ark., 1992).

Van Gölü hidrografik açıdan kapalı bir havza olmakla birlikte; su bütçesi, su girdisi (gölü besleyen akarsular ve göle düşen yağış miktarı) ve su çıktısı (buharlaşma) tarafından kontrol edilir. Su altı girdilerinin (pınarlarının) göldeki toplam su kütlesine katkısı önemsiz derecededir. Su dengesi ve buna bağlı olarak su seviyesi ve su kimyası iklim değişimlerine bağlanmaktadır. Günümüzde göl su seviyesi Ocak ayından Haziran ayına kadar yükselmekte ve Temmuz ayından, Aralık ayına kadar ise düşmektedir (Kadıoğlu ve ark; 1997). Genellikle Van Gölü'ndeki su kütlesi yaz ayları boyunca tabakalaşma gösterir ve kış ayları boyunca karışır (Peeters ve ark; 2000) Van Gölü monomiktik bir üst tabakaya (70-100m) sahip olan meromiktik göl olarak sınıflandırılabilir (Kipfer ve ark, 1994). Devlet Su İşlerinden edinilen göl seviyesi ölçümlerine göre, göl su seviyesi 1994'den beri, karasız bir şekilde salınımlar göstermektedir (Şekil 1.7). 1994'den itibaren göl su seviyesinde 4 m'ye varan yükselme gözlenmiştir (Kılınçaslan, 2000).



Şekil 1.7. Van Gölü su seviyesinin değişimleri (DSİ, 2016).

İz elementlerle yapılan çalışmalarla, derin sudaki %50 lik yıllık yenilenmenin, 1994'e kadar meydana geldiği ortaya konmuştur (Kipfer ve ark; 1994). Van Gölü'ne su girişi ve bu suyun tabakalanma oluşturarak daha derindeki suyun yenilenmesini engellemesi ile 300 metrenin altında oksijensiz koşulların geliştiği gözlenmiştir (Litt ve ark., 2009). 2004 yılında su örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, He konsantrasyonunun 1990'lı yıllardakinden daha yüksek olduğu gözlenmiş ve derin su karışımının neredeyse göl su seviyesindeki yükselmelerin meydana geldiği zamandaki kadar yavaş olduğu belirlenmiştir (Litt ve ark., 2009).

#### **1.2.4. Drenaj havzası özellikleri ve su kimyası**

Çamur volkanı, Van Gölü'nün kuzeyinde, kuzey havzası olarak adlandırılan noktada yer almaktadır. Bu nedenle drenaj havzası Van Gölü'nün kuzeyi ve kuzeybatısı olarak sınırlandırılmıştır.

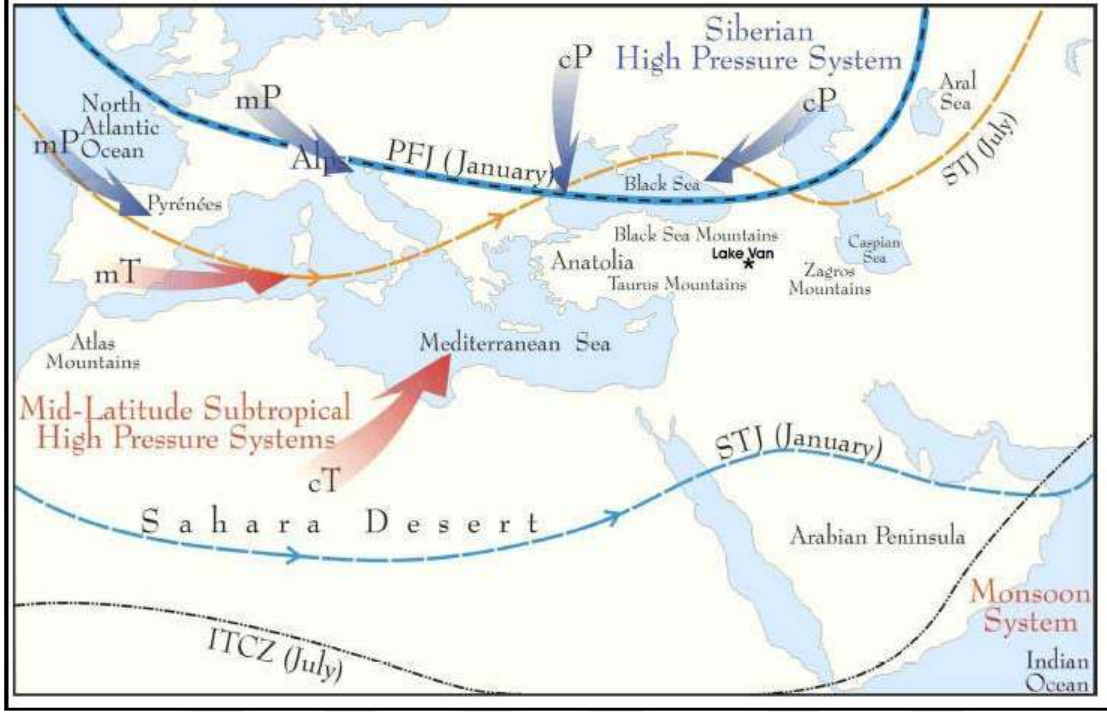
Kuzeyde yer alan Murat Su olarak adlandırılan dere bikarbonat ve toprak alkali metallerce zengin suları göle boşaltır (Reimer,1995). Murad Suyu drenaj havzasında yer alan kireçtaşlarını drene ederler ve yüksek miktarda kalsiyum içeriği ile karakterize edilirler. Bikarbonatca zengin sular, gölün kuzeybatısını drene eden Sufresor (Karmuç) deresi tarafından göle boşaltılır. Bu akarsuyun drenaj havzası volkanik kayalarla temsil edilmektedir (Reimer, 1995).

Sualtı çıkışları karbonatca zengin yer altı suyunu göle verir. Bu nedenle bu kaynakların etrafında boyu 40 metreye varan organosedimanter yapılar (mikrobiyalitler) gözlenmiştir (Kempe ve ark., 1991). Sütun biçimli mikrobiyalitler, Adilcevaz'ın güneyinde Muradsu'ya yakın bir alanda da bulunmaktadırlar. Bu sütunlar kokkoidal siyanobakteri etkinliği sonucunda çökelen kalsit ve aragonitten oluşmaktadır (Kempe ve ark., 1991).

#### **1.2.5. İklim**

Van Gölü Havzası üç iklim sisteminin (Sibirya Yüksek Basınç Sistemi, Orta Enlem Subtropik Yüksek Basınç Sistemi ve Muson Sistemi) etkisi altındadır (Şekil 1.8).

Karakteristik olarak karasal iklim özelliklerini gösteren soğuk, yağışlı kışlar ve sıcak, kurak yazlar'ın yaşandığı iklime sahiptir.



Şekil 1.8. Van Gölü havzasını etkileyen iklim sistemleri (Akçar ve Schlüchter, 2005).

Uzun yılları içeren meteorolojik verilere bakıldığında, su toplama havzası güneydoğu'dan (600-800 mm/y), kuzeydoğuya doğru (300-400 mm/y) yüksek miktarda yağış almaktadır. Maksimum yağış Mart-Mayıs, ve Ekim-Aralık ayları arasında meydana gelir (Landmann ve ark., 1996a; Schweizer, 1975; Wick ve ark., 2003). Kış süresince yağış Doğu Anadolu'da tipik olan kar yağışı şeklindedir. Tatlı su girdisinin en yüksek oranı, ilkbahar aylarında, özellikle karın erimesinin ve yoğun yağmur tipi yağışların gerçekleştiği nisan ayında görülür. Yıllık ortalama sıcaklık 9-10°C civarındadır. Temmuz-Eylül periyodu en kurak ve sıcak dönem olarak tanımlanabilir. Buharlaşma Temmuz-Ağustos süresince maksimumdur (Kadioglu ve ark., 1997). Yıllık rüzgar hızı yaz mevsimi süresince ortalama 1.3 m/sn, ilkbahar süresince ortalama 1.8 m/sn arasında değişir (Devlet Meteoroloji İşleri).



## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu başlık altında, tezin amacına uygun alınan örnekler materyali, bu materyal üzerinde gerçekleştirilen analizler, yöntemi oluşturmaktadır. Materyal ve yöntem aşağıda iki ana alt başlık altında ayrıntılı olarak verilmiştir.

### **2.1. Materyal**

Tez çalışması kapsamında kullanılan materyal çamur volkanı üzerinden alınan sediman karottan elde edilen gözenek suyu örneklerinden oluşmaktadır.

### **2.2. Yöntem**

Tezin amacına uygun olarak sediman karotun alımı, gözenek suyunun örnekleme ve bu örneklerin analiz yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

#### **2.2.1. Karot alımı**

Çalışmanın amacına uygun olarak, volkan çamuru üzerinden 2016 yılında 1 adet kısa karot alınmıştır. Karot alınırken UWİTEC marka bir gravite karotlayıcı ile dış çapı 65 mm olan şeffaf tüpler kullanılmıştır (Şekil 2.1). Gravite karotlayıcısı ile herhangi bir ek çakma yada delme yöntemine ihtiyaç duyulmadan, karotiyerin üzerine yerleştirilen ağırlık vasıtası ile karot alınabilmektedir. Bu yöntemle aynı zamanda karotlarda meydana gelebilecek deformasyon ve/veya kontaminasyonun önüne geçilebilmektedir. Su derinliği (240 m) ve aktif su altı akışı nedeni ile bu noktadan birçok deneme yapılmış fakat en uzununu 70 cm olan sediman karot elde edilmiştir.





Şekil 2.1. Sediman karot alımı.

### 2.2.2. Gözenek suyu örnekleme

Gözenek suyu örnekleme, örneklerin en hızlı şekilde (tekne şartları uygunsa arazi çalışması esnasında) alınması ve içeriğinin bozulmaması için kimyasallarla desteklenerek analize yollanması esasına dayanmaktadır. Karotların yapısına zarar vermemek için sondaj tüpleri önceden her 5 cm’de bir delinmiş ve sedimanlarda meydana gelecek kaybin önüne geçmek için delik açılan noktalar bantlanmıştır. Karot alımının ardından örneklerden laboratuvar ortamında rhizon örnekleme aracı ile gözenek suyu örnekleme yapılmıştır (Şekil 2.2). Rhizon örnekleme aracı bir şırınga ve bu şırınganın ucunda mevcut olan bir adet gözenekli (0.15  $\mu\text{m}$ ) aparatından oluşmaktadır. Şırınga ile çekilen su gözenekli aparat içerisinde filtre edilmektedir ve hiçbir iyon değişimi olmadan analize hazır olarak gözenek suyunu elde etmeye olanak sağlamaktadır.





Şekil 2.2. Rhizon örnekleyiciler ile gözenek suyu alımı.

### 2.2.3. İyon kromatografisi ile anyon analizi

İyon kromatografisi ise maddelerin iyonik grupları ile iyon değiştiricideki iyonik grupların eşdeğer miktarlarının karşılıklı yer değiştirmesi esnasına dayanır. Bu yöntem kullanılarak  $\text{NO}_3^-$  (nitrat),  $\text{NO}_2^-$  (nitrit),  $\text{SO}_4^-$  (sülfat),  $\text{Cl}^-$  (klor),  $\text{PO}_4^-$  (fosfat),  $\text{HCO}_3^-$  (bikarbonat) anyonlarının gözenek örneklerindeki konsantrasyonları ölçülmüştür. Ölçümü yapılacak örnekler otomatikleştirilmiş bir cihaz yardımıyla merkezi Kanada'da olan ACME laboratuvarlarında yapılmıştır (Şekil 2.3).

Klor, yeryüzünde en çok rastlanan anyondur. Başta deniz suları olmak üzere bütün sular klorür içerir. Tüm klorür tuzları suda çok kolay çözünür. Bunun sonucu olarak yüzeysel sulara klorür karışır. Sağlık açısından herhangi bir sakınca oluşturmaz. Suyun kimyasal bileşimine bağlı olarak çeşitli konsantrasyonlarda klorür tuzu ve lezzet meydana getirir. Fazla klorür bulunan suda kalsiyum ve magnezyum iyonları hakimse tuzlu tat duyulmayabilir.

Su içinde azot genellikle amonyum, nitrit ve nitrat halinde bulunur. Amino guruplar toprak içinde ve suda daha çok çürüyen bitkisel proteinlerden kaynaklanır.

Amonyum iyonu su ve toprakta bulunan mikro organizmaların etkisi ile nitrit ve nitrate dönüşür, bazı bakteriler de nitrit ve nitratı moleküller azota dönüştürür. Sudaki nitrit amonyağın yükseltgenmesi veya nitratın indirgenmesi ile meydana gelir. Proteinli bazı organik maddelerin biyolojik bozulmasından da nitrit meydana gelir, toksik etkilidir. Nitrit oksijen bulunan ortamda kararlı olmayıp nitrate yükseltgenir. Doğal sularda nitrit kısa sürede nitrate dönüşür. Suda nitrit varlığı biyolojik kirliliğin işaretidir.



Şekil 2.3. İyon Kromatografisi.

Nitrat, azot devrindeki (döngüsündeki) azotun en yüksek yükseltgenme basamağıdır. Bitkiler havadaki azotu alarak kökleri ile toprağa nitrat verirler. Nitrat, hayvan ve bitki artıklarının parçalanması ile de oluşurlar. Biyolojik kökenli oluşumların yanında en önemli nitrat kaynaklarından biri de atmosferik azotun, şimşek çakması sonucu havadaki oksijenle birleşerek azot oksidi haline dönüşmesinden kaynaklanır. Oluşan azot oksitler nitrik aside dönüşerek yağmur suları ile toprağa karışır, bu yüzden yüzey sularında ve sığ kuyularda nitrate çok rastlanır. Tarımda kullanılan gübre artıkları da drenaj yoluyla doğal sulara karışır. Nitratlı gübreler atık sular doğal sular da önemli ölçüde nitratı yükseltirler. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlardaki doğal su

kaynaklarında nitrat düzeyinde artış görülmektedir. Yüzey ya da yer altı sularında 10 mg/l'te kadar nitrat doğaldır.

Fosfor, nitrojen ve diğer besin maddeleri yaşlı su ekosistemlerinde yavaş yavaş artar. Su sistemlerindeki besin maddesine dönüştürülebilen organik malzemenin artması, sistemin üretkenlik düzeyini artırır. Özellikle drenaj havzasından sürüklenerek gelen toprak canlı artıkları içerir. Su yüzeyinde toplanan alg ve mikroskobik organizmalar güneş ışınlarını engeller ve su altındaki oksijen emilimini engeller ve ötrifikasyon meydana gelir. Ötrifikasyonun diğer bir adı fosfat kirlenmesidir. Çünkü ötrifikasyon özellikle fosfattan kaynaklanmaktadır. Doğal ötrifikasyonun yanında kültürel ötrifikasyon denen bir ötrifikasyon çeşidi vardır ki bu çeşit insan etkisinden kaynaklanmaktadır. Kültürel ötrifikasyonda bir sisteme kanalizasyon, temizlik malzemesi ve gübre gibi besin maddesi içeren maddeler boşaltılarak sistemin yaşlanma süreci hızlandırıldığında meydana gelir. Bir su sisteminde  $PO_4^-$  miktarı 0.01 – 0.03 mg/l ise fosfat kirlenmesi yoktur, 0.025 -0.1 mg/l aralığında bitki büyümesi başlangıç aşamasındadır denilebilir. 0.1 mg/l değeri ötrifikasyonu önlemek için kabul edilen maksimum sınırdır ve bu değer arttığında ötrifikasyon problem yaratacak hızdadır denilebilir.

Sülfür, su içinde bikarbonat ve klorürden sonra en çok bulunan iyondur. Suya sülfat topraktan geçer. Toprakta sülfür minerallerinin oksidasyonu ile kükürtlü bileşikler kalsiyum sülfat haline dönüşür. Sülfat tabiatta çok yaygın olup sularda birkaç bin mg/l'te kadar değişen konsantrasyonlarda bulunur. Doğal sularda yaklaşık 5-200 mg/l sülfat bulunur.

Bikarbonatın büyük kısmı karbonatlı kayaların karbondioksit etkisi ile çözünmesi sonucu suya karışır. Doygun hale gelmesi ise yağış suları ve havadaki karbondioksit ve bu gazın basıncı ile orantılı olarak sağlanır.

#### **2.2.4. ICP-MS analizi**

Gözenek suyu örneklerinin elemental içeriklerinin araştırılması için ACME laboratuvarlarında ICP-MS analizi yapılmıştır. İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – kütle spektrometresi olarak tanımlanan ICP-MS a) indüktif olarak eşleştirilmiş plazma (ICP) ve b) kütle spektrometresi (MS) olmak üzere iki üniteden oluşmaktadır (Şekil

2.4). Analiz edilmek istenen örnekteki elementler ICP de iyonlaştırılır ve MS' e kütle/yük ( $m/z$ ) oranlarına göre ölçülürler. Periyodik tablodaki birçok elemetin birinci iyonlaşma enerjileri argonun iyonlaşma enerjisinden (15.76 eV) düşük olduğu için ICP-MS'de argon plazması kullanılır. Bu nedenle örnekteki elementler argon plazması içersinde pozitif iyonlarına dönüşürler.



2.4. ICP-MS cihazı.

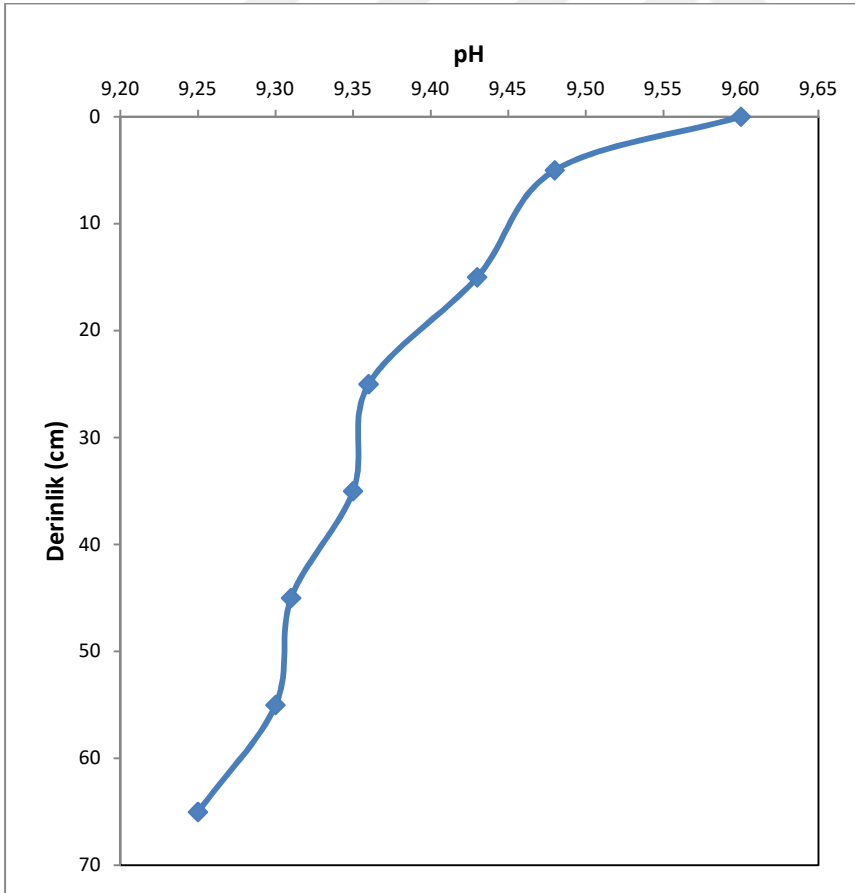
### 3. BULGULAR

#### 3.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

##### 3.1.1. pH

Hidrojen potansiyeli olan pH'ın tanımı, bir çözeltilerdeki asitlik veya alkalilik yoğunluğunun ölçümü ile elde edilen birimdir. 0 – 14 aralığında olan bir skalaya sahiptir. Suyun içinde fazla miktarda hirojen ( $H^+$ ) iyonu varsa sıvı daha asidiktir. Sıvı içinde daha fazla hidroksil iyonu ( $OH^-$ ) varsa sıvı daha alkalidir denilebilir.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyunun pH değerleri aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.1). Bu grafiğe göre, pH miktarı en yüksek değerini 9.60 ile dip suyunda verirken, en düşük değerini 9.25 ile 65 cm derinlikte vermektedir.

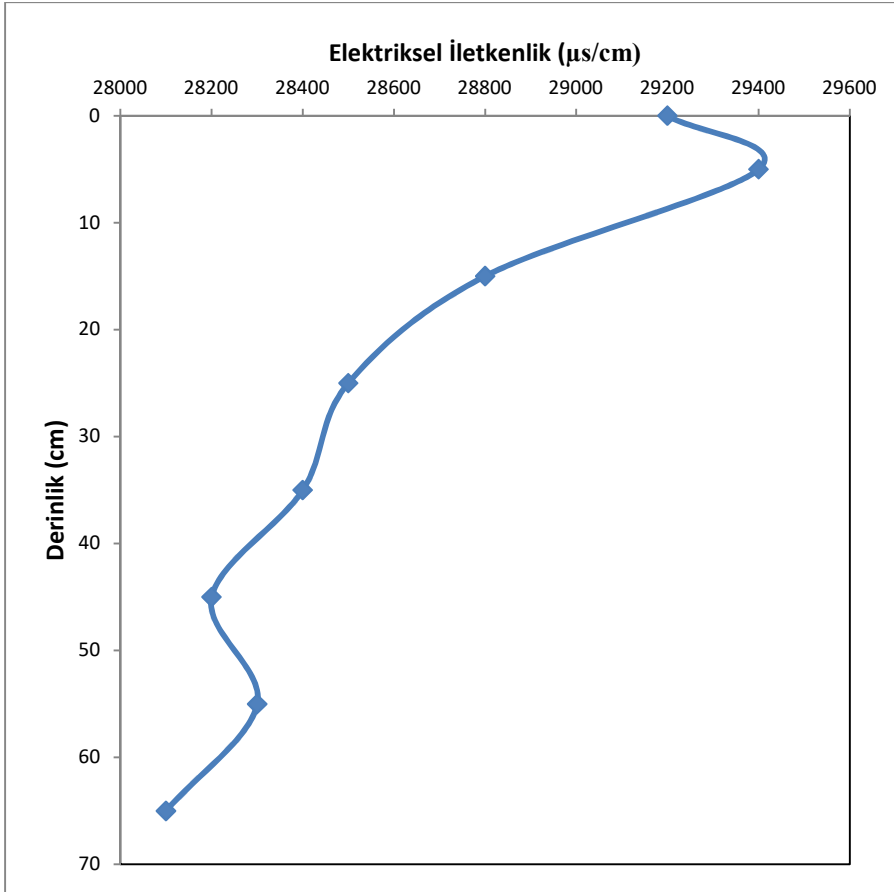


Şekil 3.1. Van16-03 karotu gözenek suyu pH değerleri.

### 3.1.2. Elektriksel iletkenlik

Su örneklerinin elektriksel iletkenliği (EC) içinde çözünmüş olan CO<sub>2</sub> ve mineral tuzlarından kaynaklanır. Su örneklerinin elektrik iletme kabiliyeti “elektrik iletkenlik” olarak ölçülmüştür. Birimi  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (mikrosiemens/santimetre) dir.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyunun elektriksel iletkenlik değerleri aşağıdaki grafikte verilmiştir (şekil 3.2). Bu grafiğe göre, EC miktarı en yüksek değerini 29400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile 5cm’de verirken, en düşük değerini 28100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile 65 cm derinlikte vermektedir.



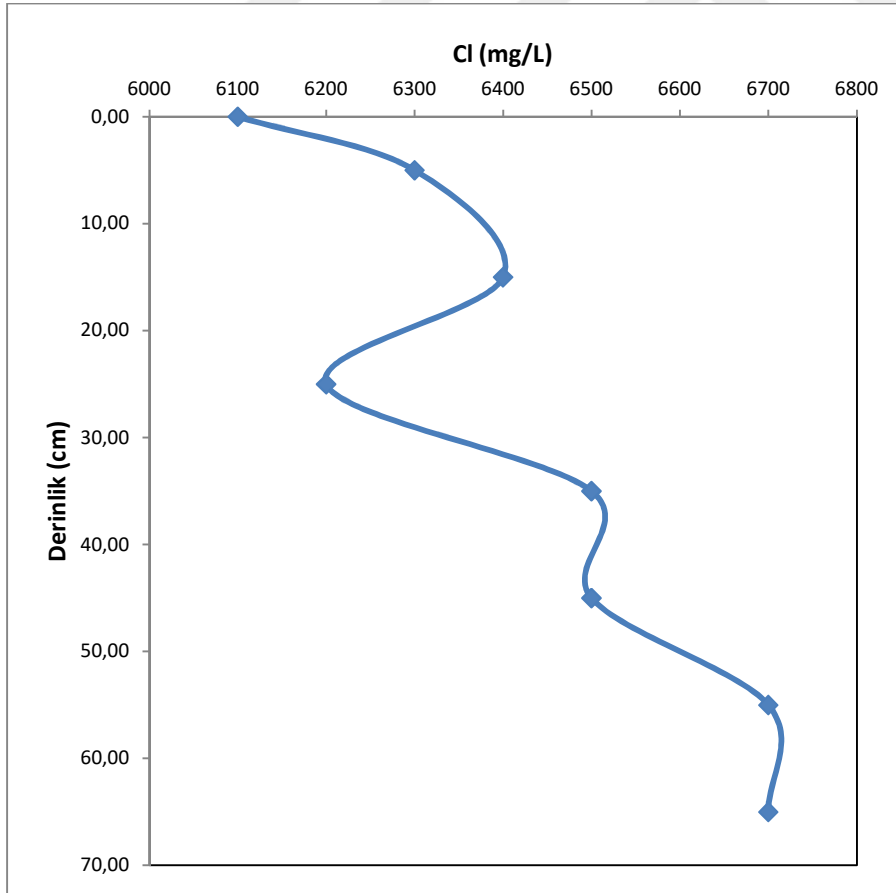
şekil 3.2. Van16-03 karotu gözenek suyu elektrikselsel iletkenlik değerleri.

### 3.2. İyon Kromatografisi ile Anyon Analizleri Sonuçları

İyon kromatografisi analizi sonucunda elde edilen anyon değerleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Bununla birlikte nitrit, nitrat ve fosfat değerleri okunamadığından verilmemiştir.

#### 3.2.1. Klor (Cl)

Başta deniz suları olmak üzere tüm sular klor içermektedir. Klorür tuzları suda kolay çözünmektedir. Bu nedenle yüzeysel sulara çabuk karışmaktadır. Klorürün göl suyundaki kaynakları; akarsular, evaporitler, yağmur ve kar suları veya atmosfer olabilir. Klorürün yerlatı sularındaki miktarı ortalama 1 mg/L iken, bu oran deniz sularında 20.000 mg/L seviyesine çıkabilir. Yağışlı bölgelere kıyasla kurak bölgelerde yer alan doğan sularda klorür miktarı daha fazladır.



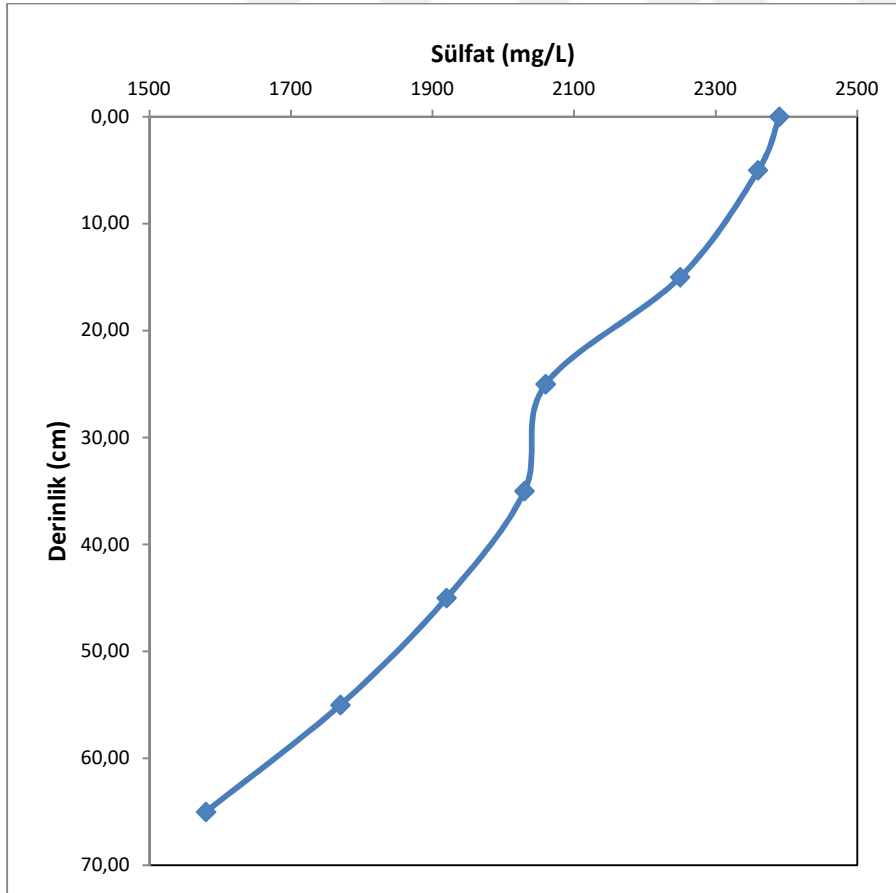
Şekil 3.3. Van16-03 karotu gözenek suyu klor değerleri.

Van16-03 karotunda elde edilen klor miktarı yukarıdaki grafikde verilmiştir (Şekil 3.3). Bu grafiğe göre, klor miktarı en düşük değerini 6100 mg/L ile dip suyunda verirken, en yüksek değerini 6700 mg/L ile 55-65 cm derinliklerinde vermektedir.

### 3.2.2. Sülfat (SO<sub>4</sub>)

Doğal sularda mevcut olan sülfatın büyük kısmı; drenaj havzasındaki jips ve kalsit gibi kayaçlarından çözünmektedir. Sülfat doğal sularda çok yaygın olup sularda birkaç bin mg/lt ye kadar değişen konsantrasyonlarda bulunur. Ülkemizde doğal sodyum sülfat üretimi alkali göllerden elde edilmektedir.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki sülfat miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.4). Bu grafiğe göre, sülfat miktarı en yüksek değerini 2390 mg/L ile dip suyunda verirken, en düşükdeğerini 1580 mg/L ile 65 cm derinliklerinde vermektedir. Derinlikle birlikte azalan bir salınım göstermektedir.



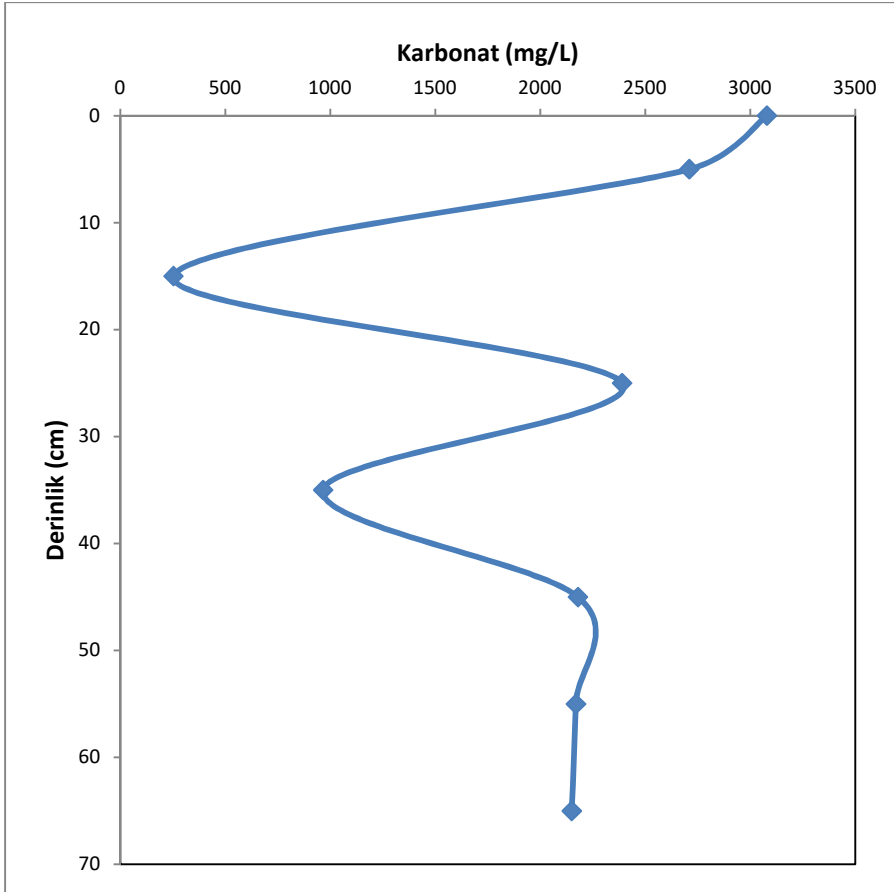
Şekil 3.4. Van16-03 karotu gözenek suyu sülfat değerleri.



### 3.2.3. Karbonat ( $\text{CO}_3$ ) ve Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ )

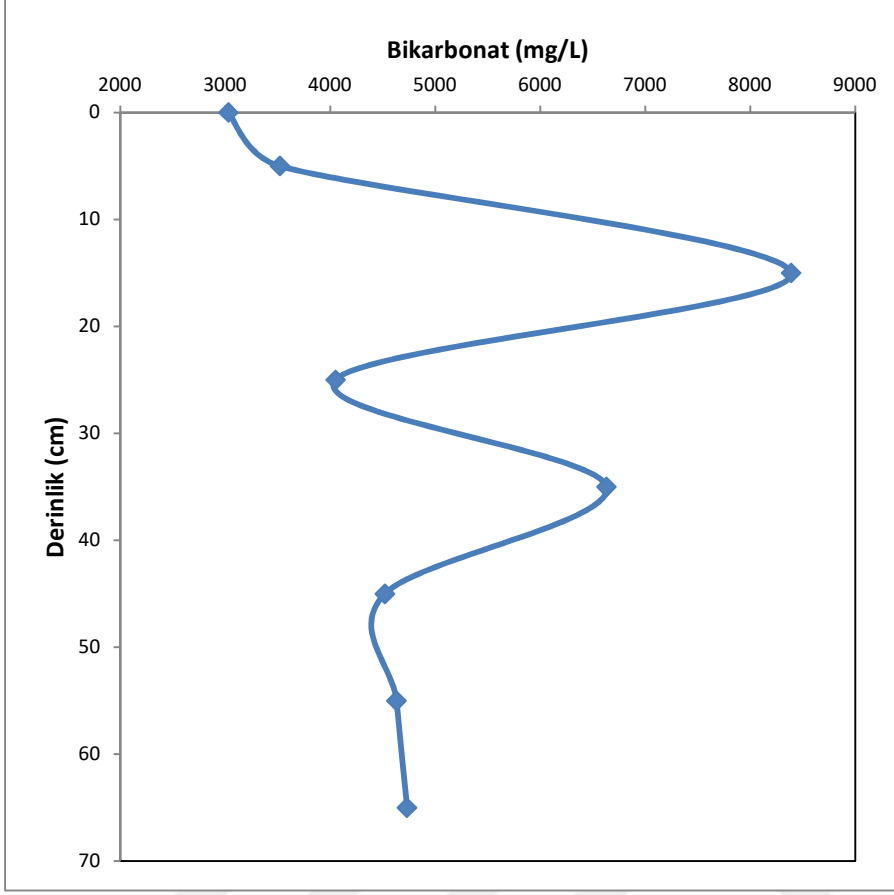
Karbonat ve bikarbonatın büyük kısmı karbonatlı kayaçların karbondioksit etkisi ile çözünmesi sonucu suya karışır. Doymun hale gelmesi ise yağış suları ve havadaki karbondioksit ve bu gazın basıncı ile orantılı olarak sağlanır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki karbonat miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.5). Bu grafiğe göre, karbonat miktarı çeşitli salınımlar göstermekle birlikte, en yüksek değerini 3080 mg/L ile dip suyunda verirken, en düşükdeğerini 253 mg/L ile 15 cm derinliklerinde vermektedir.



Şekil 3.5. Van16-03 karotu gözenek suyu karbonat değerleri.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki bikarbonat miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.6). Bu grafiğe göre, bikarbonat miktarı çeşitli salınımlar göstermekle birlikte, en yüksek değerini 8390 mg/L ile 15 cm gözenek suyunda verirken, en düşükdeğerini 3030 mg/L ile dip suyunda vermektedir.



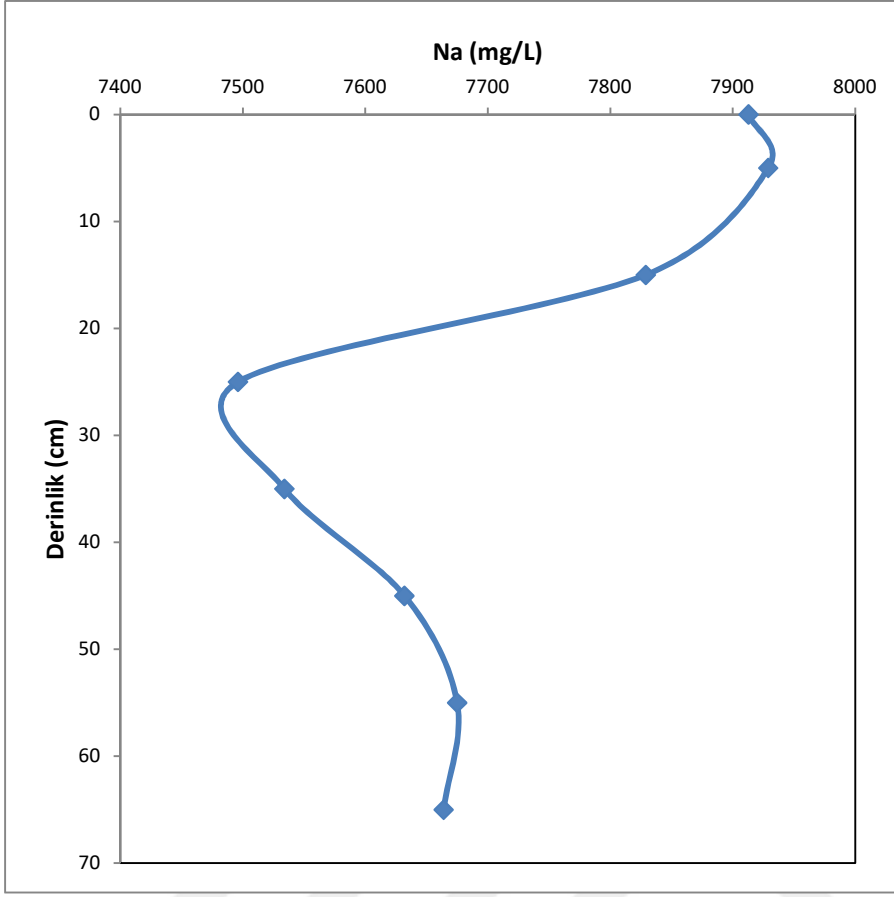
Şekil 3.6. Van16-03 karotu gözenek suyu bikarbonat değerleri.

### 3.3. ICP-MS Analizleri Sonuçları

#### 3.3.1. Sodyum ( $\text{Na}^+$ )

Sodyum miktarı doğada en fazla deniz suyunda ve  $\text{NaCl}$  şeklinde bulunmaktadır. Bu miktar 10.000 mg/l seviyelerindedir. Na elementi, doğal sulara çoğunlukla plajyoklazların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışmaktadır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki sodyum miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.7). Bu grafiğe göre, sodyum miktarı en yüksek değeri 7929 mg/L ile 5 cm seviyesinde, en düşük değerini 7496 mg/L ile 25 cm seviyesinde göstermiştir.

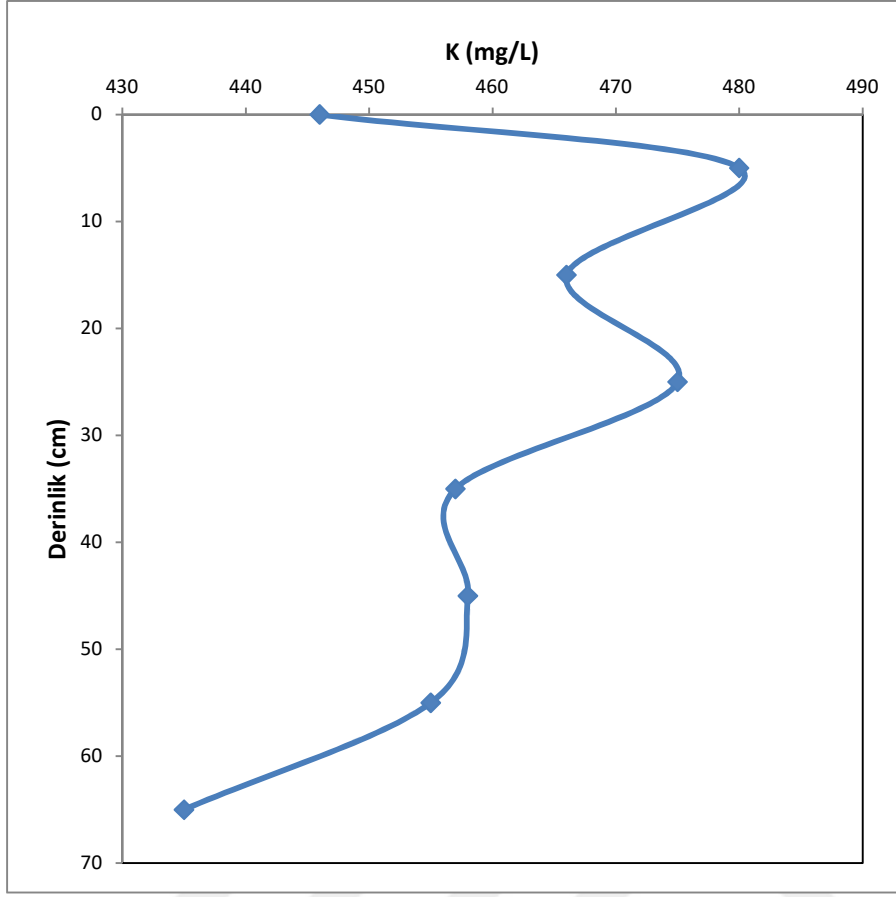


Şekil 3.7. Van16-03 karotu gözenek suyu sodyum değerleri.

### 3.3.2. Potasyum ( $K^+$ )

Yerkabuğunda sodyum ve potasyum miktarları yaklaşık olarak eşit miktarlarda yer almaktadır. Bununla birlikte magmatik kayalar sodyum açısından, sedimanter kayalar ise potasyum açısından zengindir. Yer kabuğundaki potasyum miktarının büyük miktarı feldispatlardan kaynaklanmaktadır. Deniz suyunda sodyum miktarı, potasyum miktarından 28 kat fazladır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki potasyum miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.8). Bu grafiğe göre, sodyum miktarı en yüksek değeri 480 mg/L ile 5 cm seviyesinde, en düşük değerini 435 mg/L ile 65 cm seviyesinde göstermiştir.

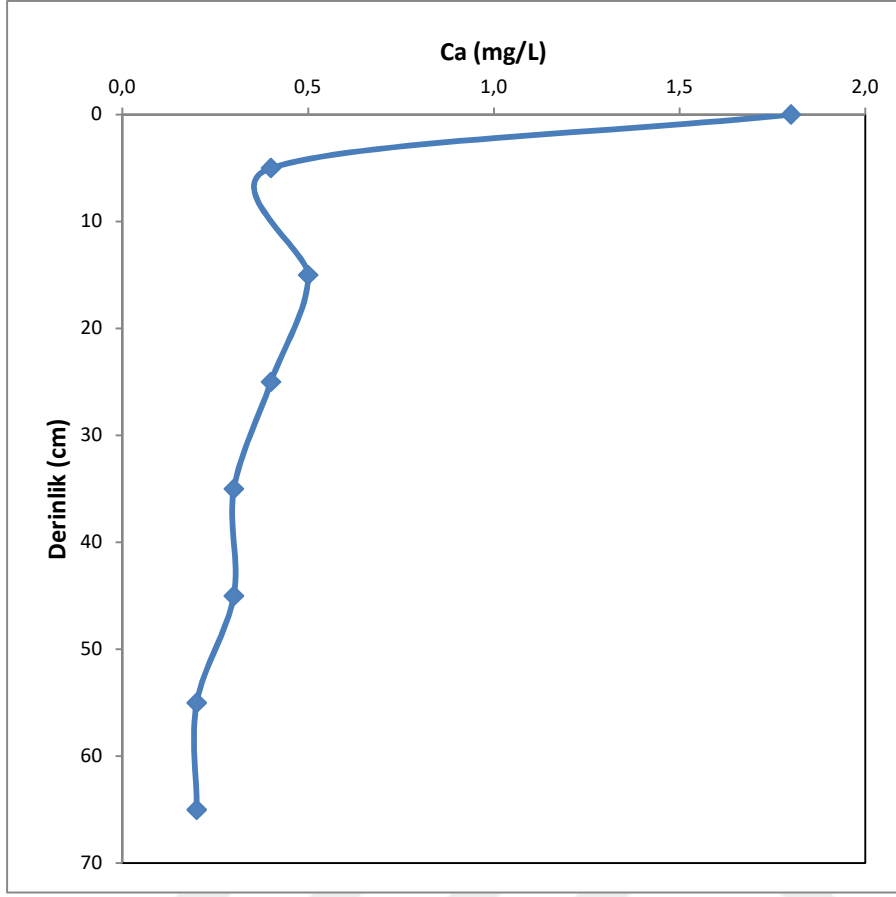


Şekil 3.8. Van16-03 karotu gözenek suyu potasyum değerleri.

### 3.3.3. Kalsiyum ( $Ca^{+2}$ )

Kalsiyumun doğal sulara katılması, drenaj havzasında mevcut olan kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jipsli kayalarla etkileşime girmesi ile şekillenir. Bu kayaların yanı sıra magmatik ve metamorfik kayaç mineralleri olan apatit, vollastonit, florit, amfibol ve piroksen grupları ile bazı feldispatların bozunması sonucu ortaya çıkan kalsiyum iyonları da doğal sulara katılmaktadır (Tarcan, 2004). Suda bulunan  $H^+$  iyonu, kalsiyumun eritilmesini kolaylaştırır. Bunun yanı sıra atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması, sudaki kalsiyum miktarının artmasına neden olur.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki kalsiyum miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.9). Bu grafiğe göre, kalsiyum miktarı en yüksek değeri 1,8 mg/L ile dip suyunda, en düşük değerini 0,2 mg/L ile 65 cm seviyesinde göstermiştir.

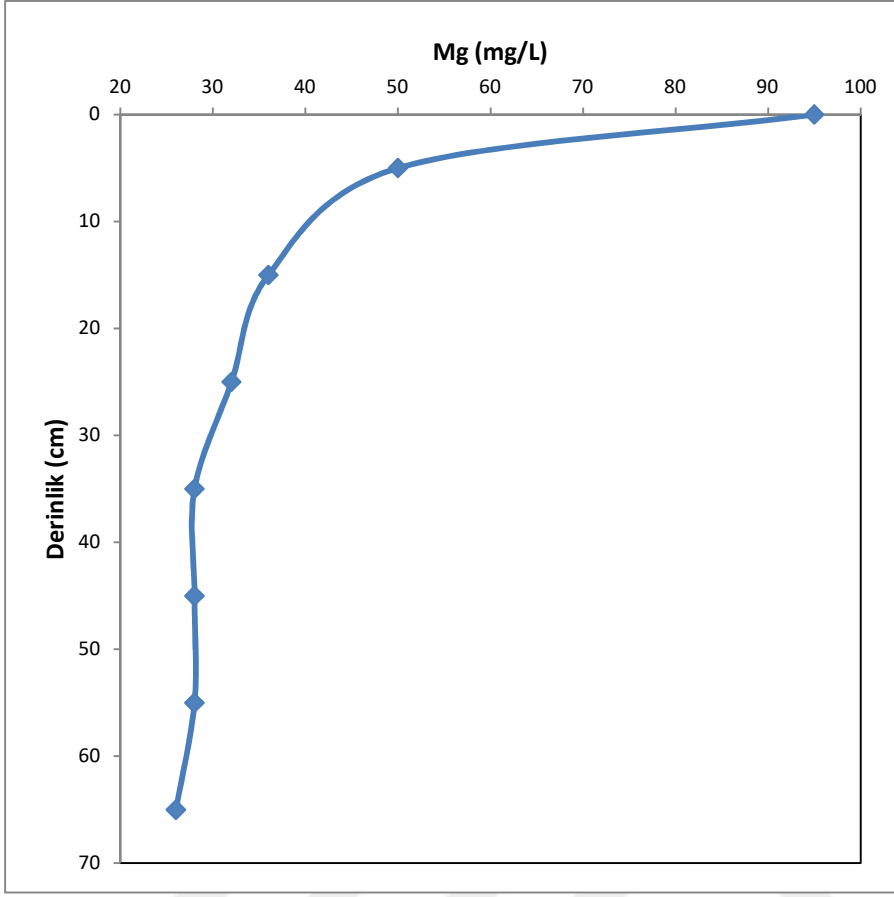


Şekil 3.9. Van16-03 karotu gözenek suyu kalsiyum değerleri.

### 3.3.4. Magnezyum ( $Mg^{+2}$ )

Magnezyumun; drenaj havzasında yer alan dolomit ve evaporitlerin yanı sıra magmatik kayaç mineralleri olan olivin, biyotit ve hornblend mineralleri ile metamorfik kayaç mineralleri olan serpantin, talk ve tremolit minerallerinin doğal sularla etkileşime girmesi sonucu göl ve deniz suyuna karışır. Deniz sularında bulunan  $Mg^{++}$  iyonları, doğal sulara nazaran  $Ca^{++}$  iyonlarından 5 kat daha fazla bulunmaktadır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki magnezyum miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.10). Bu grafiğe göre, kalsiyum miktarı en yüksek değeri 95 mg/L ile dip suyunda, en düşük değerini 26 mg/L ile 65 cm seviyesinde göstermiştir.



Şekil 3.10. Van16-03 karotu gözenek suyu magnezyum değerleri.

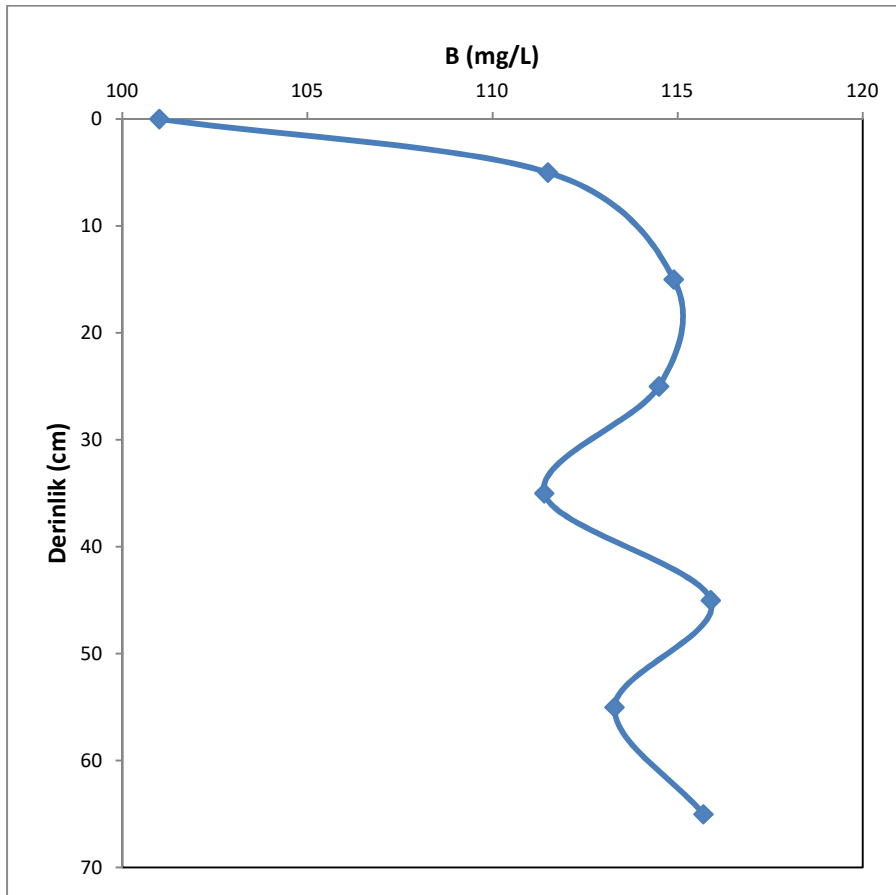
### 3.3.5. Bor ( $B^{+3}$ )

Bor, mika ve serpantin minerallerini içeren kayalarda oldukça fazladır. Fillosilikatlar bünyelerinde diğer silikatlara nazaran daha yüksek miktarda bor taşır. Özellikle muskovit, paragonit, serizit, illit, montmorillonit ve serpantin borca zengindir. Gnays ve şistler ise çoğunlukla borca fakirdirler. Çamur ve şeyl gibi tortul kayalar en fazla bor içeren birimlerdir.

Akarsularda denizlere oranla bor miktar 400 kat daha fazladır. Akarsulardaki bor; magmatik, metamorfik ve tortul kayaların hidrotermal alterasyonu neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bazı durumlarda ise hidrotermal sulara çözülmüş durumda bulunan bor akarsulara katılır. Kurak iklimlerdeki akarsuların bünyelerindeki bor miktarı nemli iklimlerdeki akarsulara kıyasla daha yüksektir. Okyanus sularında ise ortalama 4.45 mg/L dolaylarında bor bulunur. Deniz suyunun bor içeriği 5 mg/l

düzeyindedir. Göllerde bor miktarı farklılık göstermektedir. En fazla sodalı, en az  $\text{CaCl}_2$  ve magnezyumlu göl sularında bor bulunmaktadır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki bor miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.11). Bu grafiğe göre, bor miktarı en düşük değeri 101 mg/L ile dip suyunda, en yüksek değerini 116 mg/L ile 45 cm ve 65 cm seviyesinde göstermiştir.

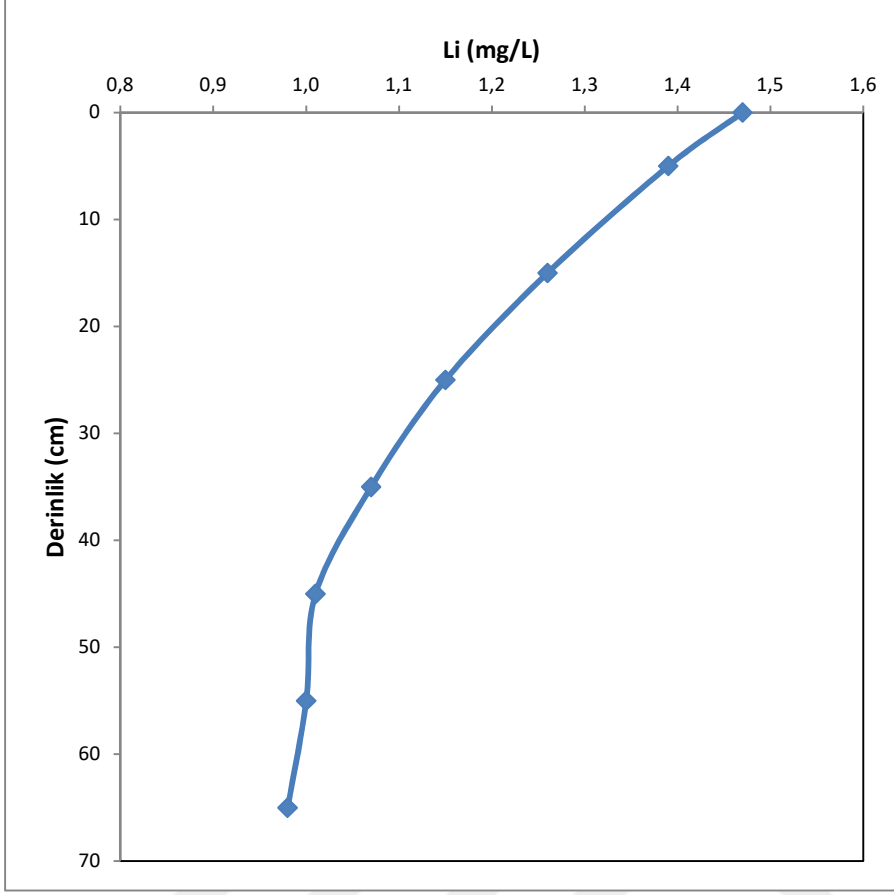


Şekil 3.11. Van16-03 karotu gözenek suyu bor değerleri.

### 3.3.6. Lityum ( $\text{Li}^+$ )

Lityum doğal sulara genellikle düşük seviyelerde bulunmakla birlikte, kökeni, bünyesinde lityum içeren magmatik ve metamorfik kayalardır.

Van16-03 karotundan elde edilen gözenek suyundaki lityum miktarı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.12). Bu grafiğe göre, lityum miktarı en yüksek değeri 1.47 mg/L ile dip suyunda, en düşük değeri 0.98 mg/L ile 65 cm seviyesinde gözlenmiştir.



Şekil 3.12. Van16-03 karotu gözenek suyu Lityum değerleri.

### 3.5. Su Örneklerinin İyon Denge diyagramları

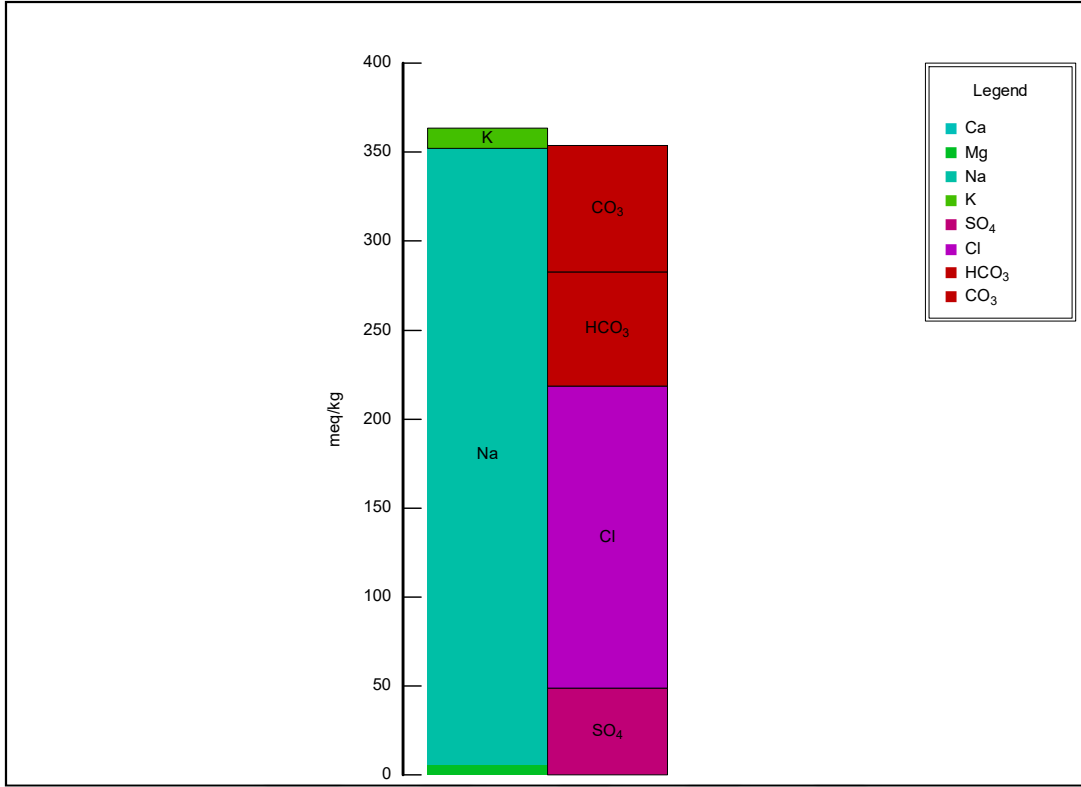
Van16-03 karotunun en üst seviyesinden alınan su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.13). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > CO_3 > HCO_3 > SO_4$  şeklindedir.

Van16-03 karotunun 5 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.14). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > HCO_3 > CO_3 > SO_4$  şeklindedir.

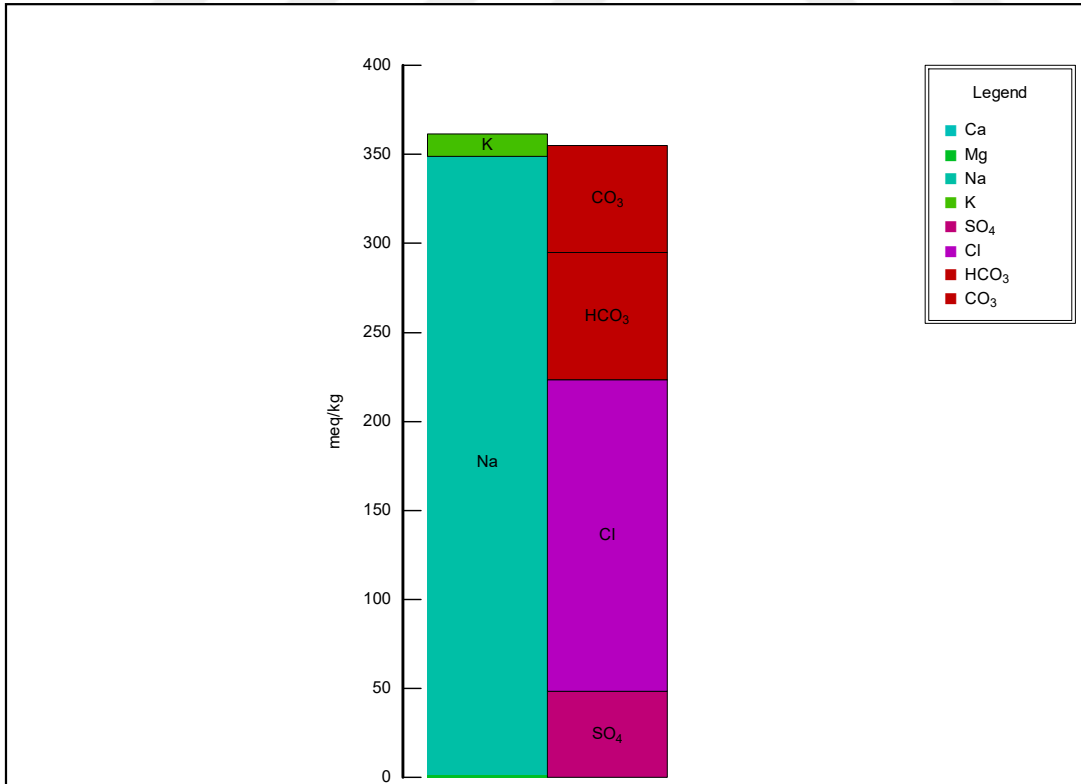
Van16-03 karotunun 15 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.15). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $HCO_3 > Cl > SO_4 > CO_3$  şeklindedir.

Van16-03 karotunun 25 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.16). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > HCO_3 > CO_3 > SO_4$  şeklindedir.

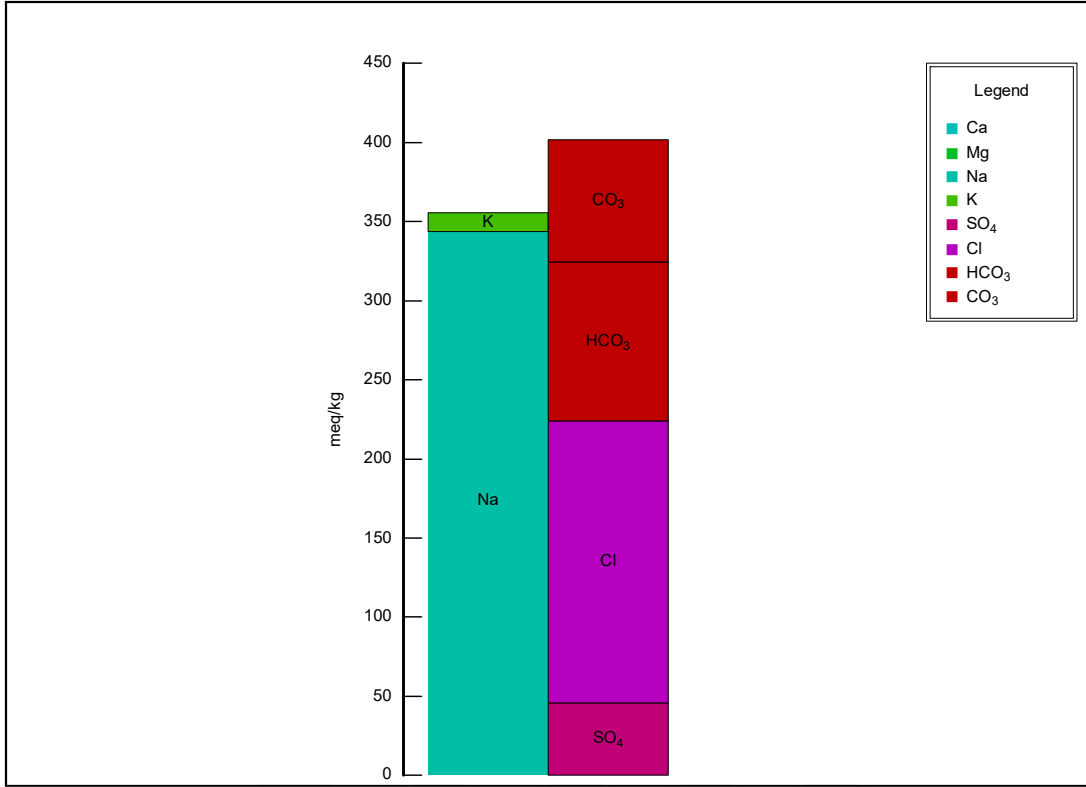




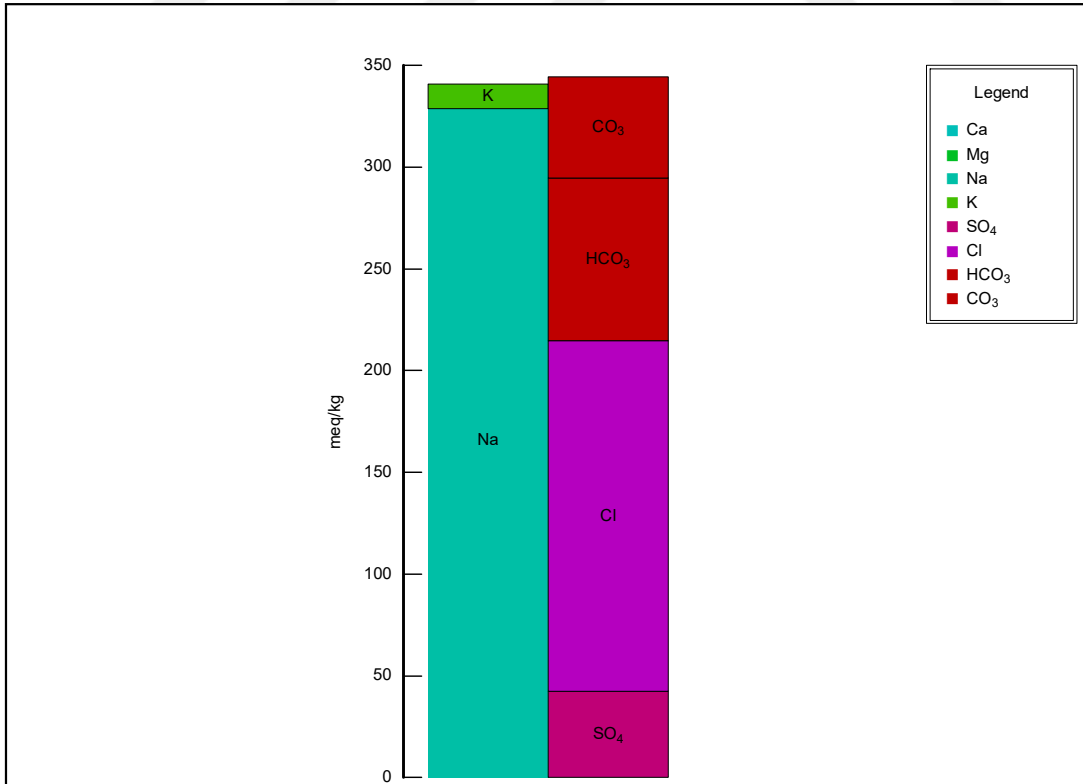
Şekil 3.13. Dip suyu iyon denge diyagramı.



Şekil 3.14. Van16-03 karotu 5 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.



Şekil 3.15. Van16-03 karotu 15 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.



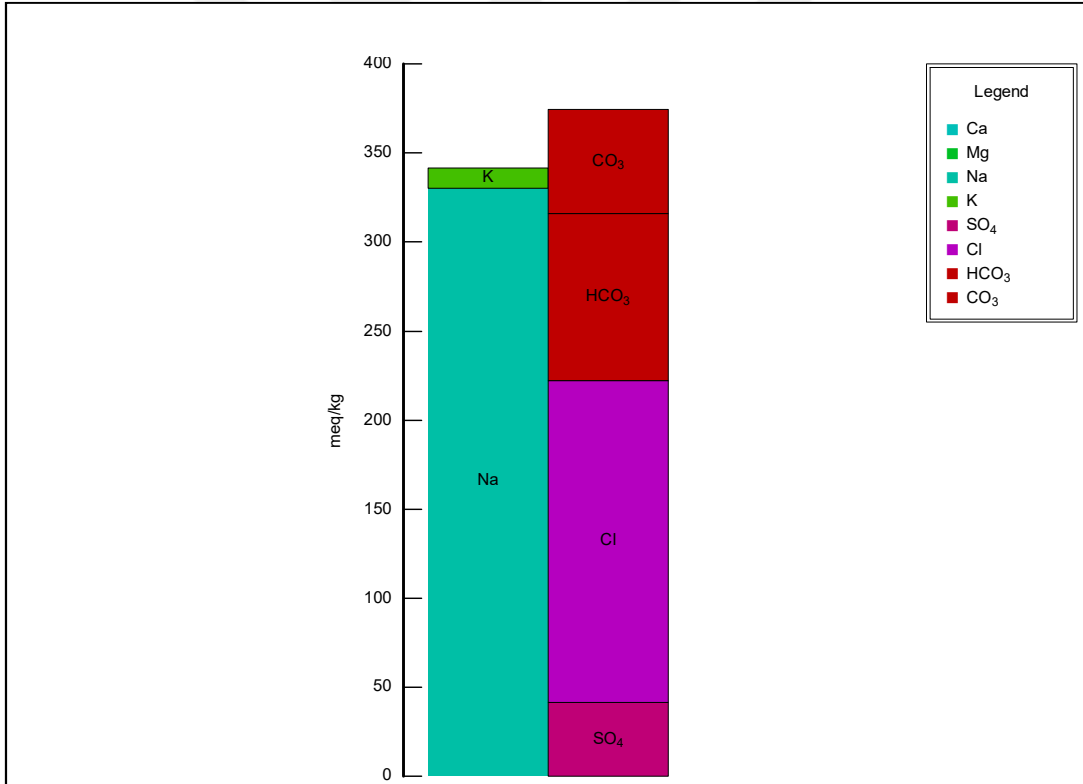
Şekil 3.16. Van16-03 karotu 25 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.

Van16-03 karotunun 35 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.17). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $HCO_3 > Cl > SO_4 > CO_3$  şeklindedir.

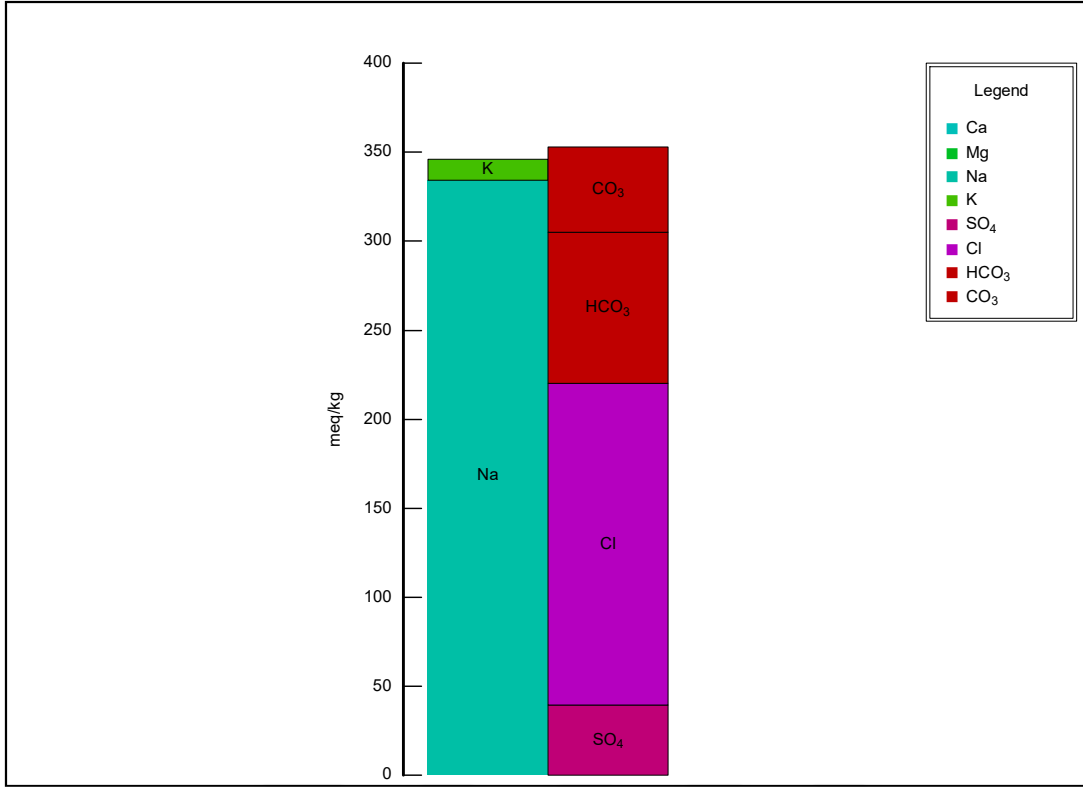
Van16-03 karotunun 45 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.18). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > HCO_3 > CO_3 > SO_4$  şeklindedir.

Van16-03 karotunun 55 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.19). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > HCO_3 > CO_3 > SO_4$  şeklindedir.

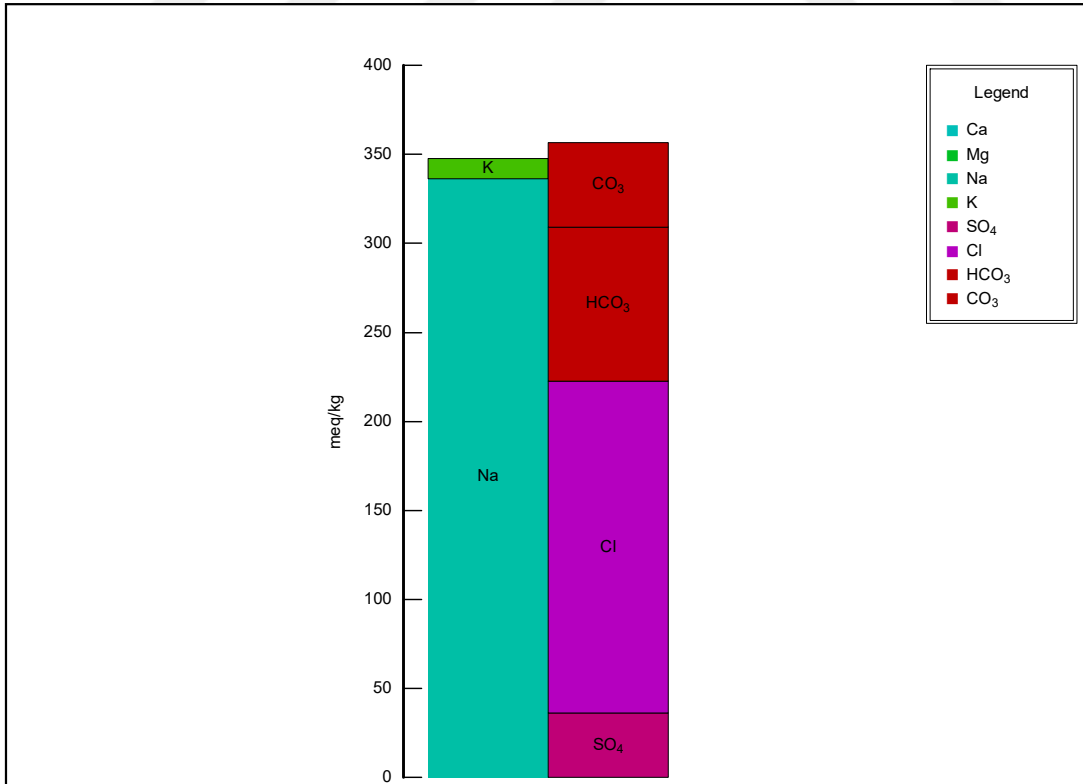
Van16-03 karotunun 65 cm seviyesinden alınan gözenek su örneğinden elde edilen iyonların denge grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 3.20). Bu grafiğe göre katyonlar  $Na > K > Mg > Ca$  şeklindedir. Anyonlar ise  $Cl > HCO_3 > CO_3 > SO_4$  şeklindedir.



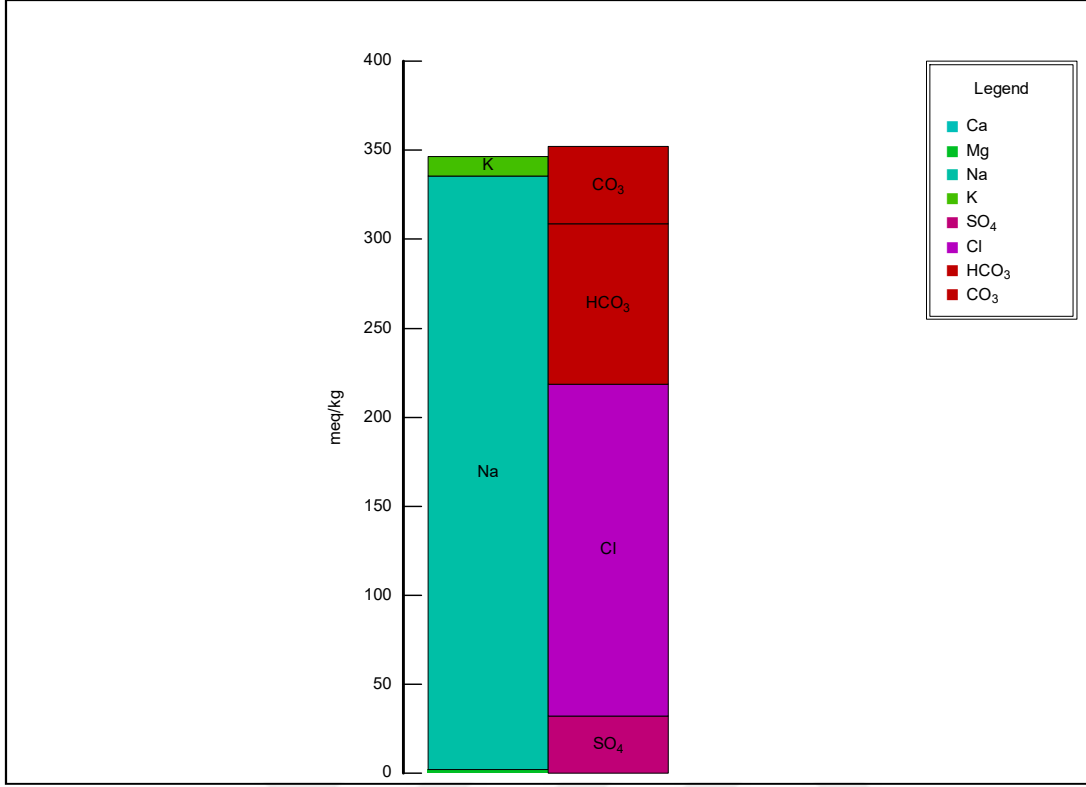
Şekil 3.17. Van16-03 karotu 35 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.



Şekil 3.18. Van16-03 karotu 45 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.



Şekil 3.19. Van16-03 karotu 55 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.



Şekil 3.20. Van16-03 karotu 65 cm gözenek suyu iyon denge diyagramı.

### 3.6. Su Örneklerinin Fasiyes Tipleri ve Sınıflandırması

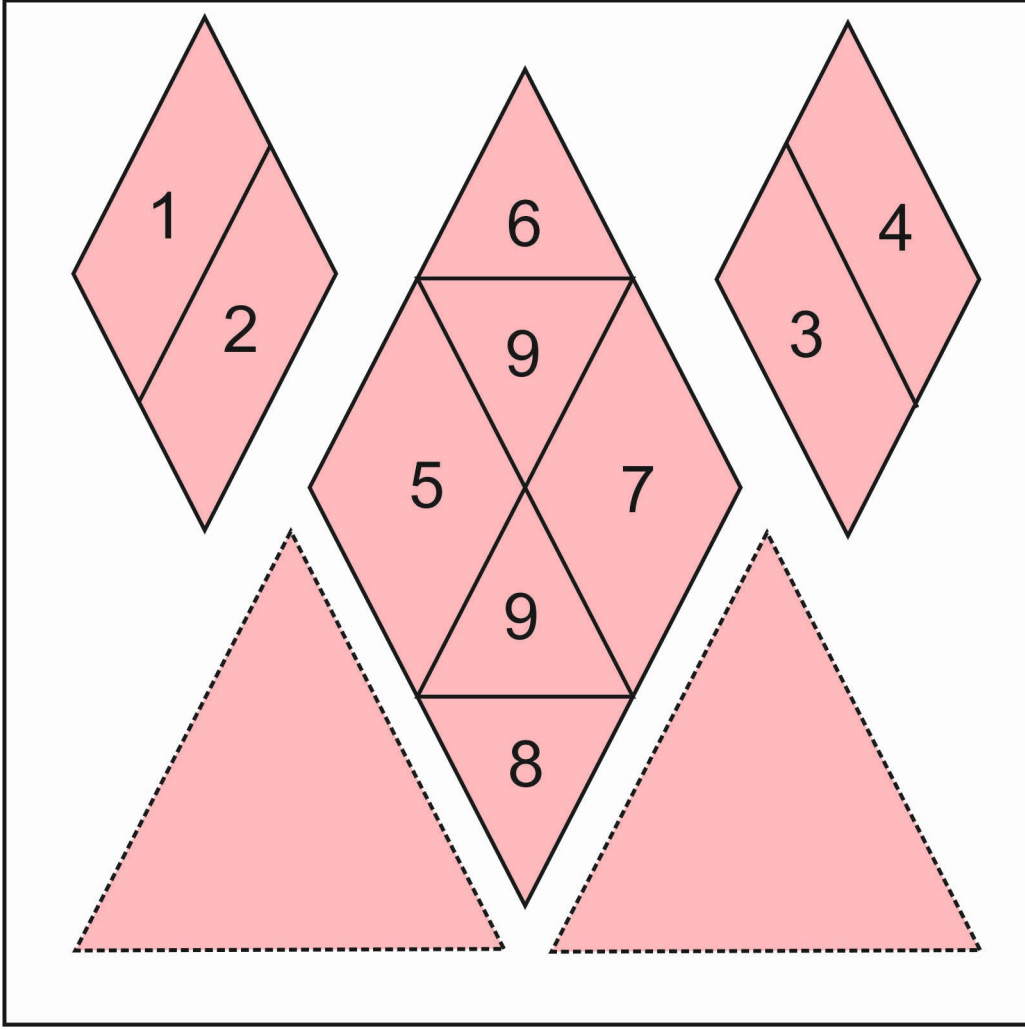
Bu bölümde, Van16-06 karotundan elde edilen su örneklerinin çeşitli teknikler, farklı diyagramlar ve tablolar kullanılarak kökeninin belirlenmesi ve sınıflandırılması yapılmıştır. Bu fasiyes ve sınıflandırmalar açıklanırken verilerin güvenilirliği istatistiksel metotlarla sınanmış ve jeolojik açıdan yaşlarla birlikte değerlendirilmesi yapılmıştır. Yaş değerlendirmesi yapılırken önceki çalışmalar baz alınmıştır. Van16-03 karotu önceden üzerinde çalışılan bir karotla (Van09-01) benzer noktadan alınmıştır (Meydan, 2013). İlgili çalışmada bu karot için sedimantasyon oranının hesaplanması için CS:CF modellemesine göre yapılmış ve bu noktada sedimantasyon hızı 1.1 mm/y olarak bulunmuştur. Buna göre ilgili seviyeler için hesaplanan yaşlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Derinliklere göre yaşlar

| Su örnekleri | Yaş     |
|--------------|---------|
| Dip suyu     | Günümüz |
| 5 cm         | MS 1971 |
| 15 cm        | MS 1885 |
| 25 cm        | MS 1789 |
| 35 cm        | MS 1698 |
| 45 cm        | MS 1607 |
| 55 cm        | MS 1516 |
| 65 cm        | MS 1426 |

### 3.6.1. Piper Diyagramına göre su sınıflandırması

Su sınıflaması için kullanılan diyagramların arasında sık kullanılan ve kapsamlı bilgi veren diyagramlardan biri Piper Diyagramı'dır. Diyagram üzerindeki değerler, bileşenlerin mek/l değerlerinin katyon ve anyonların kendi aralarındaki yüzdeleri alınarak kullanılır. Bu diyagram, numune analiz sonuçlarının üzerinde katyon ve anyon bileşenleri için hazırlanmış iki adet üçgen üzerine yerleştirilmesi esasına bağlıdır. Sonrasında üçgenler üzerinde işaretlenen noktalar diyagramın orta kısmındaki eşkenar dörtgen üzerinde kaydırılarak okunur. Diyagramın ortasında yer alan eşkenar dörtgen çeşitli bölgelerden oluşmaktadır. Bu bölgelerin herhangi birinin üzerine düşen su numunesi, bölgenin belirttiği su sınıflaması içerisine dahil olur. Aşağıda, Piper Diyagramı üzerindeki bölgeler ve sınıflama tanımları yer almaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.21. Piper diyagramına göre alanlar.

Piper diyagramına göre;

1 numaralı alanda kalan suların alkali toprak elementleri (kalsiyum + magnezyum), alkali elementlerden (sodyum + potasyum) fazladır.

2 numaralı alanda kalan suların alkali toprak elementleri (kalsiyum + magnezyum), alkali elementlerden (sodyum + potasyum) azdır.

3 numaralı alanda kalan suların zayıf asit kökleri (karbonat + bikarbonat), güçlü asit köklerinden (klor + sülfat) fazladır.

4 numaralı alanda kalan suların zayıf asit kökleri (karbonat + bikarbonat), güçlü asit köklerinden (klor + sülfat) azdır.

5 numaralı alanda kalan suların karbonat sertliği %50'den fazladır.

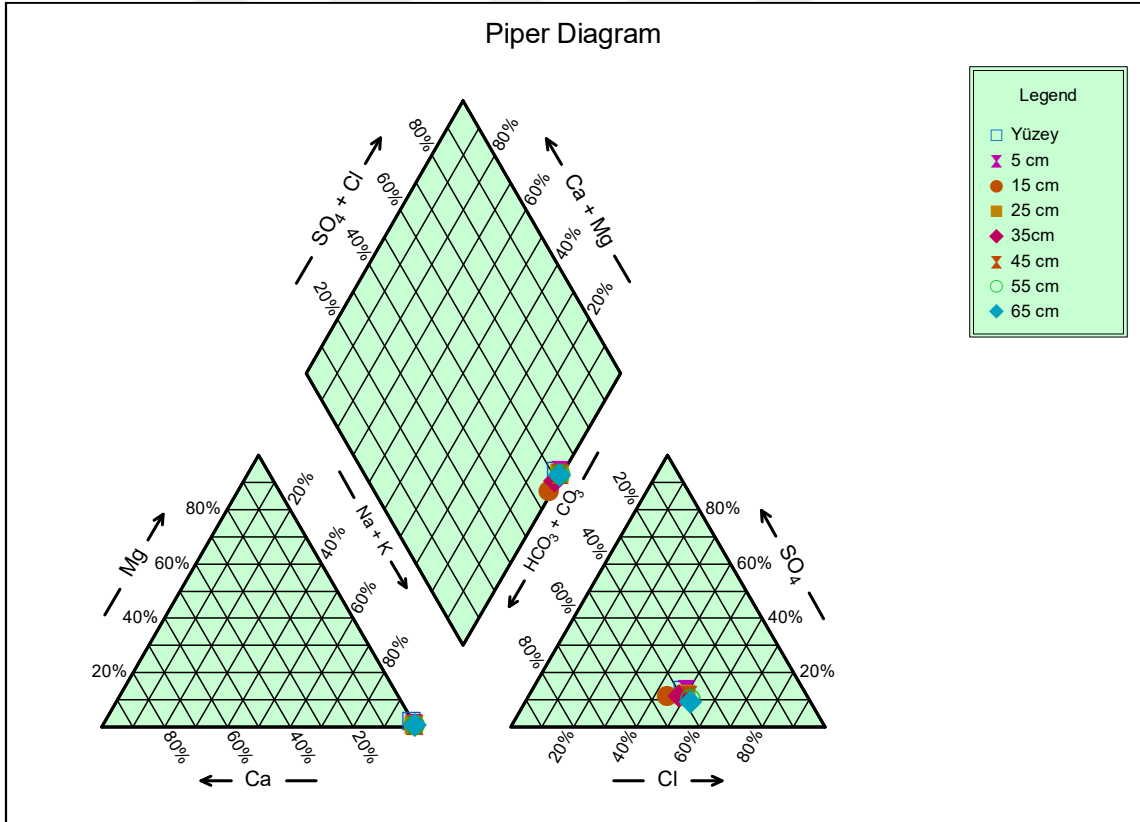
6 numaralı alanda kalan sular, karbonat olmayan ve sertliği %50'den fazla olan sulardır.

7 numaralı alanda kalan sular karbonat olmayan ve alkalitesi %50'den fazla olan sulardır. NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, alkaliler ve güçlü asitler egemdir. Deniz suları ve çok acı sular bu gruptadır.

8 numaralı alanda kalan sular karbonat alkalileri %50'den fazla olan sulardır. Doğada rastlanan aşırı yumuşak sular bu gruba girmektedir.

9 numaralı alan iyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık sular bu gruba girmektedir.

Van16-03 numaralı karot boyunca elde edilen suların analiz sonuçları, Piper diyagramına aktarılmış ve yorumlanmıştır (Şekil 3.22). Yaş verileri ve ilgili su tipleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.22. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının piper diyagramı.

Bu diyagrama ve bilinen yaşlara göre Van Gölü'nden alınan ve çamur volkanına ait olan suların son 600 yıldaki su sınıflaması aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.



Diyagrama göre son 600 yıllık süreçte su fasiyesinde önemli bir değişikliğin olmadığını ve 15 cm ve 35 cm derinlikteki gözenek suyu haricinde tüm suların Na-Cl su tipinde olduğunu söylemek mümkündür. 15 cm ve 35 cm derinlikten alınan gözenek suyunun Na-HCO<sub>3</sub> su tipini yansıttığını söylemek mümkündür.

Çizelge 3.2. Su tipleri ve ilgili yaşlar

| Su örnekleri | Su Tipi             | Yaş     |
|--------------|---------------------|---------|
| Dip suyu     | Na-Cl               | Günümüz |
| 5 cm         | Na-Cl               | MS 1971 |
| 15 cm        | Na-HCO <sub>3</sub> | MS 1885 |
| 25 cm        | Na-Cl               | MS 1789 |
| 35 cm        | Na-HCO <sub>3</sub> | MS 1698 |
| 45 cm        | Na-Cl               | MS 1607 |
| 55 cm        | Na-Cl               | MS 1516 |
| 65 cm        | Na-Cl               | MS 1426 |

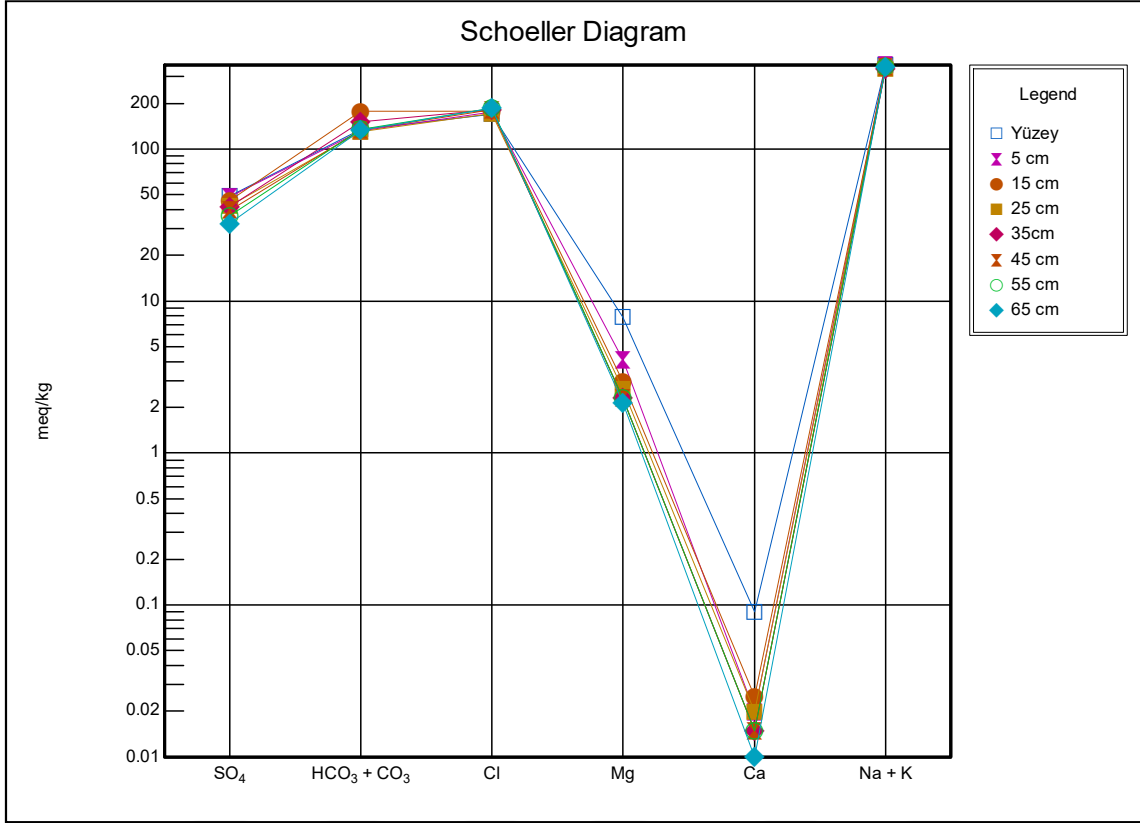
### 3.6.2. Schoeller Diyagramına göre su sınıflandırması

Bu diyagram kullanılırken, suların analiz sonuçlarının meq/kg değerlerinin alınır ve schoeller diyagramın düşey ekseninde bulunan logaritmik kısmında ilgili numunenin ilgili bileşenine ait miktar meq/kg değerinde işaretlenmesiyle aynı numunenin aynı noktaları çizgilerle birleştirilir.

Bu işlem sonucunda her bir gözenek suyu için ayrı bir grafik elde edilmiş ve bu sayede örneklerin birbirine göre durumları incelenmiştir. Diyagramda oluşturulan grafikler sayesinde su örneklerinin kimyasal özellikleri kırık çizgilerle tanımlanmıştır. Diyagram üzerinde oluşan çizgilerde, benzer kırık çizgiler oluşturan suların benzer kökenlere sahip olduğu yorumunu yapmak doğru bir yaklaşımdır.

Yine diyagram üzerinde oluşan grafiklerdeki benzer pik veren numuneler için, aynı hazneye ve aynı beslenme alanına sahip sular yorumu da yapılabilir. Böylelikle, yarı logaritmik diyagram üzerinde farklı kökenlere sahip sular rahatlıkla ayırt edilebilmektedir.

Van16-03 karotunun derinliklerine göre elde edilen Schoeller Diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 3.23).

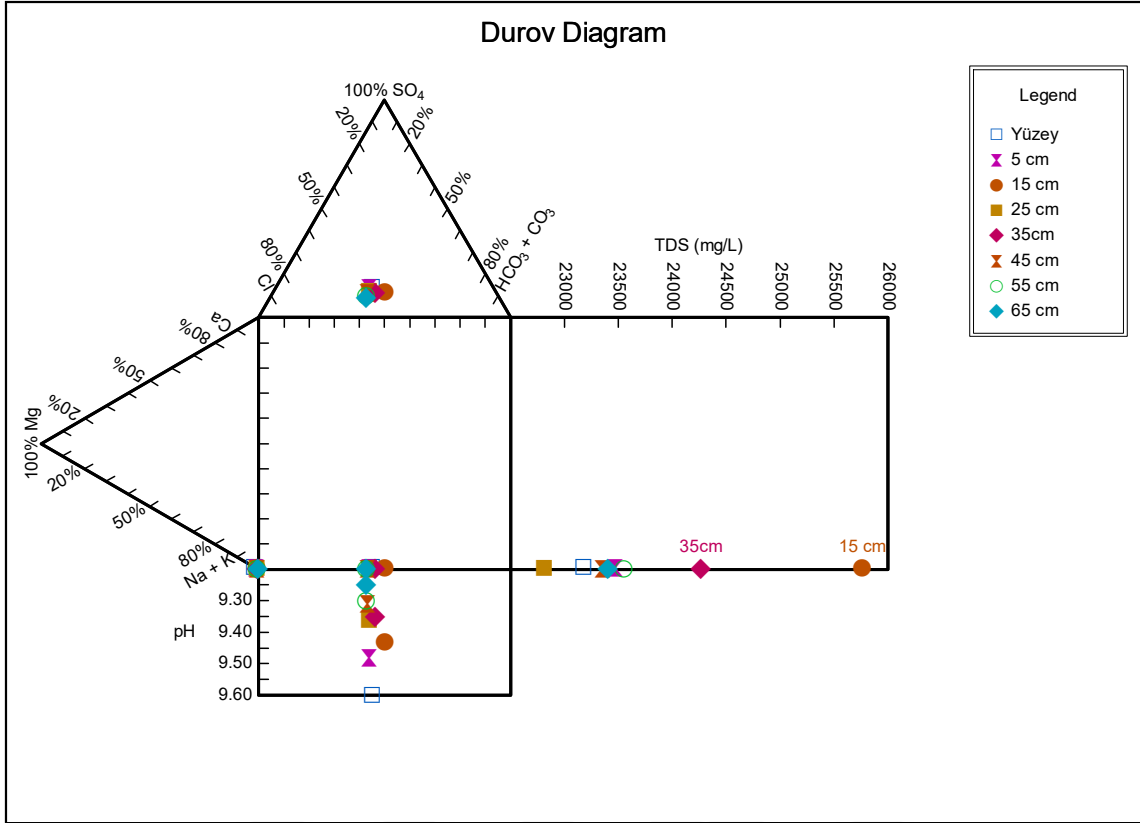


Şekil 3.23. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının Schoeller Diyagramı.

Bu grafiğe göre suların aynı kökene sahip olduğunu söylemek mümkündür. Grafikte gözlenen en önemli fark 15 cm ve 35 cm derinlikteki suyun bikarbonatça zengin su özelliği gösterdiği yönündedir.

### 3.6.3. Durov Diyagramına göre su sınıflandırması

Durov diyagramlarında suların ana iyonlarının yanında TDS ve pH özellikleride göz önünde bulundurulmuştur. Van16-03 karotu boyunca alınan su örneklerinin Durov Diyagramı üzerinde yaklaşık olarak aynı bölgelerde toplanmaları suların aynı alandan beslendiğini göstermektedir. Ayrıca ana anyonun Cl ve kationun Na olduğu gözlenmektedir. En çok çözülmüş katı miktarının 15 cm derinden alınmış gözenek suyunda olduğu gözlenmektedir. pH ise derinlere gidildikçe düşüş göstermektedir.



Şekil 3.23. Van16-03 karotuna ait gözenek sularının Durov Diyagramı.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması ile birlikte varlığı Van Gölü'nde sismik verilerle kanıtlanmış olan çamur volkanından elde edilen gözenek suyu örneklerinin ilk defa hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiş ve kökenine dair tanımlamalar yapılmıştır. Aynı zamanda karot alımı esnasında gölün dip suyu elde edilmiş ve bu su ile kıyaslaması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda gölde mevcut olan dip suyu ile gözenek suyundan elde edilen su örneklerinin köken bakımından benzer özellikler gösterdikleri söylenebilir.

Dip suyu ve gözenek sularında ölçülen pH miktarı 9'un üzerindedir ve zaman içerisinde büyük bir değişiklik sergilememiştir. Tez çalışması kapsamında su örneklerinin iyon dengesi göz önünde bulundurulduğunda dip suyu, 5 cm, 25 cm, 45 cm, 55 cm ve 65 cm derinliklerden elde edilen su kimyaları birbirine benzedir ve Na-Cl iyonlarının baskın olarak gözlemlendiği bir su tipinden söz edilebilmektedir. Buna karşın 15 ve 35 cm derinlikteki gözenek suyu örneklerinde ise  $\text{HCO}_3$  miktarı, Cl miktarını geçmektedir ve Na-  $\text{HCO}_3$  iyonlarının baskın olduğu bir su tipinden söz etmek mümkündür. Bu durumu önceden yapılan yaş verileri ile kıyaslayacak olursak MS 1698 ve MS 1880 yıllarında su kimyasının değiştiğini söylemek mümkündür. Bu dönemde Cl miktarındaki düşüş kuraklığın azaldığı ve bikarbonat miktarındaki artış, yağışlarla birlikte drenaj havzasından gelen karbonat miktarının arttığını göstermektedir. Van Gölü'nde yapılan ve gözenek suyu kimyasından yola çıkılarak göl su seviyesi değişimlerinin yorumlandığı bir çalışmada klor miktarındaki ani düşüşler, göl su seviyesi düşüşü ile ilişkilendirilmiştir (Tomonaga ve ark., 2017). Tez çalışmasında ele alınan seviyelerdeki gözenek suyundaki kimyasal değişimleri, kuzey yarım kürede yaşanan ve 15. Yüzyılda başlayan ve 19. Yüzyılın ortalarına kadar süren serin periyoda bağlamak mümkündür (Eddy, 1976). Önceki çalışmalara göre Mini Buzul Çağı'nın izleri bu dönemde Van Gölü'nde gözlenmiş ve havzadan gelen kırıntılı miktarındaki artış bu dönemde bölgenin soğuk ve yağışlı iklim koşullarına hakim olduğu yönündedir (Meydan, 2013).

Piper diyagramına aktarılan su analizi sonuçları benzer yoruma götürmektedir ve su örneklerinin hepsinin 8. bölgede yer alması ve ilgili lokasyondan gaz ölçümü

yapılamaması nedeni ile aktif bir volkanik oluşumdan söz etmenin mümkün olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte dip suyundan alınan örneklerle kıyaslandığında benzer kimyasal özellikler göstermektedir ve suyun drenaj havzasındaki kayalardan etkileşimi sonucu bu özelliği kazandığı söylenebilir. Yine 15 cm derinliğindeki gözenek suyunun piper diyagramı üzerindeki yerleşimi su tipinin Na-HCO<sub>3</sub> yönünde değiştiğini göstermektedir.

Çizilen Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre sular benzer kimyasal kökene sahiptirler ve bununla birlikte içeriklerine göre gösterdikleri değişime göre aşağıdaki şekilde yorumlanabilirler.

Dip suyu Ca ve Mg iyonlarınca gözenek suyu örneklerine göre daha zengindir. Bu durumu aktif olarak suda çözünmüş karbonat miktarına bağlamak mümkündür. Çünkü bu seviyede herhangi bir çökelim başlamamıştır ve Ca ile Mg iyonu suda serbest olarak dolaşmaktadır denilebilir. Benzer durum Na ve K iyonları için gözlenmektedir.

SO<sub>4</sub> miktarı derinlere inildikçe düşüş göstermektedir ve bu durumu sedimanların çökelimi ve gömülmeye bağlı olarak, sediman ve su arasındaki iyon alışverişine bağlamak mümkündür.

Karbonat ve bikarbonat miktarı 15 cm ve 35 cm derinliklerden elde edilen sularda en yüksek oranı sergilemektedir ve iyon dengesi grafiği ve piper diyagramı ile doğru orantılı olarak su tipinin değiştiği söylenebilir. Bu seviyelerin yağışlı iklim koşullarına işaret ettiği ve göl su seviyesinin MS 1885 ve MS 1698 yıllarında yükseldiği söylenebilir.

Cl miktarı en yüksek olarak 55 cm ve 65 cm derinlikteki gözenek suyundan elde edilmiştir, burada tuzluluğun en yüksek seviyede olduğu söylenebilir ve yaş verileri ile kıyaslandığında MS 1426 ve MS 1516 yıllarında kuraklığın arttığı ve hatta göl su seviyesinin azaldığı söylenebilir.

Diğer taraftan Bor elementinin gözenek sularındaki göreceli bolluğu ekonomik açıdan ele alınabilir niteliktedir ve bundan sonraki çalışmalara yol göstermesi açısından önemlidir.

Tez çalışması kapsamında gözenek suyu ve dip suyu analizlerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre çizilen Durov Diyagramına göre toplam çözünmüş katı madde miktarı kimyasal köken ile birlikte yorumlanabilir. Diyagrama göre en fazla çözünmüş katı madde miktarı 15 cm ve 65 cm derinliklerinden elde edilen gözenek suyunda

mevcuttur. Bu durum bu seviyelerde havzadan göle yüksek miktarda malzeme girdisi olduğunu ve dolayısı ile bu dönemlerde göl su seviyesinin yükseldiğine işaret etmektedir. Köken olarak bu diyagramda da gözlenen durum su örneklerinin benzer kimyasal kökene işaret ettiği yönündedir.

Bu tez Van Gölü'nde mevcut olan ve çamur volkanı olarak adlandırılan noktadan alınan karottan elde edilen dip suyu ve gözenek suları üzerinde ilk jeokimyasal çalışmadır. Elde edilen tüm veriler kıyaslandığında suyun güncel kimyası ve gözenek suyu kimyası arasında kökensel açıdan bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte çalışma kapsamında elde edilen verilerden yola çıkarak bu noktada aktif bir volkanik oluşumdan söz etmek mümkün değildir. Bunun yerine gözenek suyu örneklerinde mevcut olan klor ölçümlerinin tuzluluk değişimlerini yorumlamada dolayısı ile göl su seviyesindeki değişimler ile kıyaslamamanın daha doğru olacağı yönündedir.

Bu tez kapsamında ilk defa çalışılmış olan çamur volkanına ait bulgulara ek olarak; asal gaz ölçümlerinin yapılması ve hatta daha derin karot alınması ile birlikte daha detaylı çalışmalar yapılabilecektir. Bu bağlamda bu çalışma daha sonra yapılacak olan çalışmalara öncülük etmiş ve farklı bir bakış açısı kazandırmıştır.





## KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, A.Z., Elibol, E., Erkal, T., Gedik, İ., Güner, E., Hakyemez, Y., Şen, A.M., Oğuz, M.F., Umut, M., 1991, *Van Gölü Doğu ve Kuzeyinin Jeolojisi*, MTA Arşiv No: 9469, 93 s.
- Akcar, N. & Schlüchter, C., 2005. Palaeoglaciations in Anatolia: A Schematic Review and First Results. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 102-121.
- Boray, A., 1976. Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması: *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 18/1, 81-84.
- Çağlayan, A., İnal, N.R.; Şengün, M., Yurtsever, A., 1983. Structural setting of Bitlis Massif. *Geology of Taurus Belt da., International Symposium*. Ankara, Turkey.
- Çukur, D., Krastel, S., Demirel-Schlüter, F., Demirbag, E., Imren, C., Niessen, F., Toker, M., Paleo Van Working Group, 2012. Sedimentary evolution of Lake Van (Eastern Turkey) reconstructed from high resolution seismic investigations. *Int J Earth Sci* 102:571–585.
- Çukur, D., Krastel, S., Schmincke, H. U., Sumita, M., Cagatay, N., Meydan, A. F., Damci, E., Stockhecke, M. 2014. Seismic stratigraphy of Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews*. 104, 63-84.
- Degens E. T., Kurtman F., 1978. *Geology of Lake Van*. The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publication No:169, Ankara, 158.
- Degens E. T., Wong, H. K., Kempe, S., Kurtmann, F., 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geol Rundsch*, 73:701–773.
- Demirtaşlı, E., Pisoni, C., 1965. Ahlat - Adilcevaz Bölgesinin Jeolojisi (Van Gölü Kuzeyi). *MTA*, 65: 22-36.
- Eddy, J.A., 1976. The Maunder Minimum. *Science*, 192:1189-1202.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., 1983. Geology of the Bitlis Metamorphic belt: *Geology of Taurus Belt da. International Symposium*. Ankara-Turkey.
- Haroutunian, R. A., 2006. The historical volcanoes of Armenia and adjacent areas revisited. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 155: 334-337.
- Işık, A., ve Çiftçi, Y., 2002. Van Gölü Havzasının jeolojik özellikleri. *DAJEO* 2002. Van.
- Kadioğlu M, Şen Z, Batur E, 1997. The greatest sodawater lake in the world and how it is influenced by climatic change. *Annales Geophysicae*, 15: 1489-1497.
- Kempe, S., Degens E. T., 1978. Lake Van varve record: the past 10,420 years. *Geology of Lake Van* (Editors: E. T. Degens, F. Kurtman). MTA, 169, Turkey. 158.
- Kempe, S., Kaz'mierczak, J., Landmann, G., Konuk, T., Reimer, A., Lipp, A., 1991. Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey. *Nature*, 349: 605–608.
- Ketin, İ., 1977. Van Gölü ile İran sınırı arasındaki bölgede yapılan jeoloji gözlemlerinin sonuçları hakkında kısa bir açıklama, *Türk. Jeol. Kur. Bült.*, 20: 79-85.
- Kılınçaslan, T., 2000. The rising water level in Lake Van: environmental features of the Van basin which increase the destructive effect of the disaster. *Water Science and Technology*, 42(1-2): 173-177.
- Kipfer, R., Aeschbach-Hertig, W., Baur, H., Hofer, M., Imboden, D. M., Signer, P., 1994. Injection of mantle type Helium into Lake Van (Turkey): the clue for quantifying deep water renewal. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 125: 357-370.

- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian plateau (Turkey) and lesser caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, (14): 177-195.
- Lahn, E., 1948. *Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd*. M.T.A. Ens. Yay., Seri B, No:12 Ankara.
- Landmann, G., Reimer, A., Lemcke, G., Kempe, S., 1996. Dating Late Glacial abrupt climate changes in the 14.570 yr long continuous varve record of Lake Van, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 122: 107-118.
- Lemcke, G., Sturm, M., 1997.  $\delta^{18}\text{O}$  and Trace Element Measurements as Proxy for the Reconstruction of Climate Changes at Lake Van (Turkey): Preliminary Results. *NATO ASI Series (149)*: 653-676.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G., Franz, S.O., Ülgen, U.B., Niessen, F., 2009. "PALEOVAN", International Continental Scientific Drilling Program, (ICDP): Results of a recent site survey and perspectives. *Quaternary Science Reviews* 28: 1555-1567.
- Litt, T., Anselmetti, F.S., Baumgarten, H., Beer, J., Çagatay, N., Cukur, D., Damci, E., Glombitza, C., Haug, G., Heumann, G., Kallmeyer, J., Kipfer, R., Krastel, S., Kwiecien, O., Meydan, A.F., Örcen, S., Pickarski, N., Randlett, M.-E., Schmincke, H. U., Schubert, C.J., Sturm, M., Sumita, M., Stockhecke, M., Tomonaga, Y., Vigliotti, L., Wonik, T., The PALEOVAN Scientific Team, 2012. "500,000 years of environmental history in Eastern Anatolia: the PALEOVAN drilling Project". *Scientific Drilling Journal*. 14, 18-29.
- Litt, T., Pickarski, N., Heumann, G., Stockhecke, M., Tzedakis, P. C. 2014. "A 600,000 year long continental pollen record from Lake Van, eastern Anatolia (Turkey)" *Quaternary Science Reviews*. 104, 30-41.
- Meydan, A.F., 2013. *Van Gölü'ne Güncel Fluvyal Çökl Girdisi ve Gölsel Sedimentasyon İlişkisi* (doktora tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Peeters, F., Kipfer, R., Achermann, D., Hofer, M., Aeschbach-Hertig, W., Beyerle, U., Imboden, D.M., Rozanski, K., Fröhlich, K., 2000. Analysis of deep-water exchange in the Caspian Sea based on environmental tracers. *Deep-Sea Res.*, I 47(4): 621-654.
- Perinçek, D., 1980. Volcanic of Triassic Age in Bitlis Metamorphic rocks, *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 23: 201-211.
- Perinçek, D., Özkaya, I., 1981, Arabistan Levhası Kuzey Kenan Tektonik Evrimi: *Yerbilimleri*, 8.
- Reimer, A. 1995. *Hydrochemie und Geochemie der Sedimente und Porenwasser des hochalkalinen Van Sees in der Osttürkei*. (Ph.D. thesis). Universität Hamburg, Hamburg).
- Reimer, A., Landmann, G., Kempe, S. 1992. Wasserchemie des Van Sees, seiner Zuflüsse und der Porenwasser. *DFG Abschlussbericht*. 11, 12.
- Reimer, A., Landman, G., Kempe, S. 2009. Lake Van, Eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aquat Geochem*, 15: 195 – 222.
- Schweizer, G., 1975. *Untersuchungen zur Physiogeographie von Ostanatolien und Nordwestiran. Geomorphologische, klima- und hydrogeographische Studien im Vansee- und Rezaiyehsee-Gebiet*. Tübinger Geographische Studien. 60/9.

- Stockhecke, M., Anselmetti, F.S., Meydan A.F., Odermatt, D., and Sturm, M., 2012. The annual particle cycle in Lake Van (Turkey). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 333–334:148–159.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler: Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24. 39-50.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri. *MTA Dergisi* 107. 73-94.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (eds.): Strike-slip faulting and basin formation. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral*, 37: 227-264.
- Şengör, A. M. C., Kidd, W. S. F., 1979. The post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian Plateau and a comparison with Tibet: *Tectonophysics*, 55, 361-376.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1983. Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım: *Türkiye Jeol. Kur. Yerbilimleri özel Dizisi*, 1,75.
- Tomanaga, Y., Brennwald, M.S., Livingstone, D.M., Kwiecien, O., Randlett, M.E., Stockhecke, M., Unwin, K., Anselmetti, F.S., Beer, J., Haug, G.,H., Schubert, C.J., Sturm, M., Kipfer, R., 2017. Porewater salinity reveals past lake-level changes in Lake Van, the Earth's largest soda lake. *Nature*. 313, 1-10.
- Wick, L., Lemcke, G., Sturm, M., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *The Holocene* 13: 665-675.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1987, İnitiation of the neomagmatism in East Anatolia: *Tectonophysics*, 134, 177-199.



## ÖZ GEÇMİŞ

Serdar TAŞDELEN, 1982 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladıktan sonra, 2000 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde öğrenimine başladı ve 2004 yılında mezun oldu.



T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 07/03/2018

Tez Başlığı / Konusu:

Van Gölü Kuzey Havzası'nda Bulunan Çamur Volkanına Ait Gözenek Suyunun Kökeni

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 46 sayfalık kısmına ilişkin, 07/03/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2 (iki) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

07.03.2018  
Tarih ve İmza  
S.P.

Adı Soyadı: Serdar Taşdelen

Öğrenci No: 49111510031

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Jeoloji Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans  Doktora

DANIŞMAN ONAYI  
UYGUNDUR



Dr. Öğr. Üyesi: Ayşegül Feray Meydan

ENSTİTÜ ONAYI  
UYGUNDUR

Prof. Dr. Serdar Taşdelen  
Enstitü Müdürü

(Unvan, Ad Soyad, İmza)