T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARADENİZ HAVZASI SU SÜTUNU ÇÖZÜNMÜŞ GAZ BİLEŞİMİNİN BELİRLENMESİ

Ceren AKAGÜNDÜZ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hakan HOŞGÖRMEZ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 01.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Hakan HOŞGÖRMEZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Esra SUNGUR
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Murat YILMAZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 27264 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Batı Karadeniz Akçakoca kıtasal yamacında hidrokarbon gazlarının bileşimleri ve potansiyelleri araştırılmış, bu kapsamda hidrojeokimya çalışmaları yapılmıştır.

Öncelikle araştırma konusunu öneren ve çalışmalarıma sabırla destek veren değerli hocam, sayın Prof. Dr. Hakan Hoşgörmez'e,

Çeşitli konularda yardımlarını aldığım Araş. Gör. Doğacan Özcan ve Araş. Gör. Murat Beren'e,

Arazi çalışmalarım ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yanımda olan arkadaşlarım Bilgehan Toksoy Ediş ve Simin Erkan'a,

Her konuda ve her zaman bana destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019 Ceren AKAGÜNDÜZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1. ÇALIŞMA ALANIN YERİ 1
1.2.ARAŞTIRMANIN AMACI 2
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. STRATİGRAFİ 3
2.1.1. Yedigöller Formasyonu (Pey) 6
2.1.2. Kocatöngel Formasyonu (Oko) 6
2.1.3. Kurtköy Formasyonu (Ok) 7
2.1.4. Aydos Formasyonu (Oa) 7
2.1.5. Ereğli Formasyonu (ODe) 8
2.1.6. Yılanlı Formasyonu (DCy) 8
2.1.7. Alacaağzı Formasyonu (Ca) 9
2.1.8. Çakraz Formasyonu (PTrç) 10
2.1.9. İnaltı Formasyonu (JKi) 10
2.1.10. Kilimli Formasyonu (Kk) 11
2.1.10.1. Velibey Üyesi (Kkv) 11
2.1.11. Yemişliçay Formasyonu (Ky) 12
2.1.11.1. Kapanboğazı Üyesi (Kyk) 13
2.1.12. Akveren Formasyonu (KTa) 13
2.1.12.1. Sermi Kireçtaşı Üyesi (KTas) 14
2.1.13. Çaycuma Formasyonu (Teç) 14
2.1.14. Örencik Formasyonu (Tplö) 15
2.1.15. Alüvyon (Qal) 15

2.2. YAPISAL JEOLOJİ 16
2.3. JEOLOJİK EVRİM 18
2.4. BATI KARADENİZ'İN HİDROKARBON POTANSİYELİ VE PETROL SİSTEMİ 19
2.4. ESKİ ÇALIŞMALAR 20
3. MALZEME VE YÖNTEM 22
3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI 22
3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI 22
3.2.1. Gaz Kromatografisi (GC) 23
3.2.2. İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle spektrometresi (ICP-MS) 25
3.3. BÜRO ÇALIŞMALARI 26
4. BULGULAR 27
4.1. GAZ KROMATOGRAFİSİ ÖLÇÜMLERİ 27
4.1.1.Gaz Kromatografisi İle Elde Edilen Analiz Sonuçları 27
4.2. ICP-MS ÖLÇÜMLERİ 28
4.2.1. ICP-MS Yöntemi ile Elde Edilen Analiz Sonuçları 28
4.3. SPSS ANALİZ TEKNİĞİ İLE PEARSON KORELASYON KATSAYISI 32
4.3.1. Pozitif Yönde Korelasyon Temsil Eden Veriler 40
4.3.2. Negatif Yönde Korelasyon Temsil Eden Veriler 41
4.4. HİDROJEOKİMYA 42
4.4.1. Suların Fiziksel Özellikleri 42
4.4.1.1. Sıcaklık 42
4.4.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC) 42
4.4.1.3. pH değeri 42
4.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri 43
4.4.2.1. Sodyum (Na^+) – Potasyum (K^+) 43
4.4.2.2. Kalsiyum (Ca^{+2}) – Magnezyum (Mg^{+2}) 43
4.4.2.3. Bikarbonat (HCO_3^-) 43
4.4.2.4. Klorür (Cl^-) 44
4.4.2.5. Sülfat (SO_4^{-2}) 44
4.4.2.6. Bromür (Br^-) 44
4.4.2.7. Florür (F^-) 44
4.5. SULARIN SINIFLAMASI 45
4.5.1. Schoeller Diyagramı 45
4.5.2. Piper Diyagramı 47

4.6. BATI KARADENİZ AKÇAKOCA AÇIKLARININ HİDROKARBON POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ 49
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 59
KAYNAKLAR 62
EKLER 67
EK 1 68
EK 2 69
EK 3 70
EK 4 71
EK 5 72
EK 6 73
ÖZGEÇMİŞ 74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.....1

Şekil 2.1: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 4

Şekil 2.2: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 5

Şekil 3.1: Gaz kromatografisi analizi.....24

Şekil 3.2: İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – kütle spektrometresi cihazı.....26

Şekil 4.1: İnceleme alanından alınan su numunelerine göre Schoeller diyagramı 46

Şekil 4.2: İnceleme alanından alınan su numunelerine göre Piper diyagramı 48

Şekil 4.3: Metan gazının deniz suyunda çözünürlük – basınç grafiği (Blount ve diğ., (1979), O'Sullivan ve diğ., (1970)'ten değiştirilerek çizilmiştir). 49

Şekil 4.4: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın hidrokarbon gaz verileri ile inceleme alanından alınan su numunelerinin hidrokarbon gaz verilerinin karşılaştırılması (C1; metan, C2; etan, C3; propan, n-C4; n-bütan, C5; pentan).....50

Şekil 4.5: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği metan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki metan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı) 51

Şekil 4.6: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği etan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki etan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı).....52

Şekil 4.7: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği propan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki propan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı) 53

Şekil 4.8: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği bütan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki bütan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı) 54

Şekil 4.9: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği pentan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki pentan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı) 55

Şekil 4.10: İnceleme alanındaki çözünmüş gaz bileşimi potansiyeli (C1: metan, C2: etan, C3: propan, C4: n-bütan, C5: pentan).....56

Şekil 4.11: Metan gazının deniz suyunda çözünürlük – basınç grafiği (İnceleme alanında $NaCl_{ort}$ = 0,92 m, T= 9^0C, Blount ve diğ., (1979), O'Sullivan ve diğ., (1970)'ten değiştirilerek çizilmiştir).....57

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1: Hidrokarbonların kimyasal özellikleri (McAuliffe, 1966'dan değiştirilmiştir). 27

Tablo 4.2: Alınan su numunelerinden Gaz Kromatografisi ile elde edilen analiz sonuçları 27

Tablo 4.3: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....28

Tablo 4.4: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....28

Tablo 4.5: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....28

Tablo 4.6: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....29

Tablo 4.7: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....29

Tablo 4.8: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....29

Tablo 4.9: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....29

Tablo 4.10: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları (sudaki anyon çözünürlüğü ile suyun fiziksel özellikleri) 30

Tablo 4.11: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 33

Tablo 4.12: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 33

Tablo 4.13: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 34

Tablo 4.14: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 34

Tablo 4.15: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 35

Tablo 4.16: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 35

Tablo 4.17: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 36

Tablo 4.18: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 36

Tablo 4.19: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 37

Tablo 4.20: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 37

Tablo 4.21: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 38

Tablo 4.22: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 38

Tablo 4.23: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 39

Tablo 4.24: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 39

Tablo 4.25: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 40

Tablo 4.26: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler 40

Tablo 4.27: İnceleme alanından alınan su örneklerinin fiziksel ölçüm değerleri.....43

Tablo 4.28: Schoeller klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması (Şener ve Güneş, 2014'ten değiştirilmiştir). 45

Tablo 4.29: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın hidrokarbon gaz verileri.....50

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
PY	: Piroliz verimliliği
HI	: Hidrojen indeksi
T	: Sıcaklık, ^{0}C
EC	: Elektriksel iletkenlik
pH	: Hidrojen potansiyeli
y	: Eğilim çizgisi
R^2	: Korelasyon katsayısı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARADENİZ HAVZASI SU SÜTUNU ÇÖZÜNMÜŞ GAZ BİLEŞİMİNİN BELİRLENMESİ

Ceren AKAGÜNDÜZ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hakan HOŞGÖRMEZ

İnceleme alanındaki deniz suyunun çözünmüş hidrokarbon gazı potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanındaki suların fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı bir şekilde çalışılmış, metandan pentana kadar olan hidrokarbon gazlarının bu sularda hangi koşullarda bulunabildiği, birbirleri ve suda çözünen iyonlar ile birlikteliği araştırılmıştır.

Çalışma arazisi kıtasal yamaç ve şelf bölgelerini kapsadığından, bu arazi dolayının jeolojik birimleri eski çalışmalar yardımıyla açıklanmıştır. Bölgedeki birimler alttan üste doğru, Yedigöller formasyonu, Kocatöngel formasyonu, Kurtköy formasyonu, Aydos formasyonu, Ereğli formasyonu, Yılanlı formasyonu, Alacaağzı formasyonu, Çakraz formasyonu, İnaltı formasyonu, Kilimli formasyonu, Yemişliçay formasyonu, Akveren formasyonu, Çaycuma formasyonu, Örencik formasyonu ve alüvyon şeklindedir.

Belirli derinliklerden hassasiyetle örneklenen suların laboratuvar ortamında analizleri yapılmış, fiziksel özellikleri, içerisindeki çözünmüş gazlar ile çözünmüş iyonlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

İnceleme alanındaki hakim hidrokarbon gazı CH_4 (metan), hakim katyon Na (sodyum) ve ona en yakın değerlerde B (bor) ve Sr (stronsiyum), hakim anyon Cl (klorür) ve SO_4 (sülfat)'tır.

İnceleme alanı pH değerleri 7,88 – 8,31 arasında değişmektedir. Buna göre inceleme alanındaki sular hafif bazik sular grubuna girmektedir.

Araştırma kapsamında, metan gazının deniz suyundaki çözünürlüğünün derinliğe bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Diğer gazların çözünürlükleri, metan gazına göre önemli oranda daha düşük ölçülmüştür.

İnceleme alanının metan gazı potansiyelinin yüksek olduğu ve gaz hidrat enerji kaynağı bakımından zengin olabileceği düşünülmektedir.

Haziran 2019, 90 sayfa.

Anahtar kelimeler: hidrokarbon, metan, karadeniz, gaz

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF WATER COLUMN DISSOLVED GAS COMPOSITION IN WESTERN BLACK SEA

Ceren AKAGÜNDÜZ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hakan HOŞGÖRMEZ

The potential of dissolved hydrocarbon gas of the sea water in the investigation area is believed to be quite high. In accordance with this purpose, physical and chemical properties of the sea water in this area has been examined in details. In addition to that, the existing circumstances of all gases ranging from the coal gas (methane) to pentane and their association with the other water-soluable ions and each other have been examined.

Due to the fact that the area of investigation has comprised of the continental slopes and shelves, the geological units of the investigated land surroundings were reported by the help of previous studies.

The bottom-up range of the geological units in this area can be demonstrated as followed: The Yedigöller formation, The Kocatöngel formation, The Kurtköy formation The Aydos formation, The Ereğli formation, The Yilanli formation, The Alacaağzı formation, The Çakraz formation, The Inalti formation, The Kilimli formation, The Yemişliçay formation, The Akveren formation, The Çaycuma formation, The Örencik formation and aluvion.

Sensitively sampled water samples extracted from the various depths have been analyzed rigorously in the laboratory.

On the other hand their physical properties, the dissolved ions and the dissolved gases in the water samples have been detected. It can be clarified that, the hydrocarbon CH4 (methane), cation Na (sodium) and with the proximately values B (boron) and Sr (strontium) have been existed as the dominant gases in the investigated area.

The pH value of the area is varied between 7,88-8,31. As a result of that, it can be reported that the types of water in the investigation area are involved in gentle alkaline group. Furthermore, it has been found out that the solubility level of the methane gas in the sea water has risen in accordance with the depth of water. The solubility rates of the other gases have been evaluated considerably less in amount than the methane gas. Additionally, the methane gas potential is supposed to be high and the mentioned area might be accepted as hydrate rich in a regard to energy source.

June 2019, 90 pages.

Keywords: hydrocarbon, methane, black sea, gas

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMA ALANIN YERİ

Çalışma alanı Batı Karadeniz bölgesinin Akçakoca kıtasal yamacını kapsamaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanındaki su kolonu derinlikleri yaklaşık olarak 1314 metre ile 1357 metre arasında değişmektedir. İnceleme alanında Karadeniz'in şiddetli dalgaları sonucunda meydana gelen yer yer yalıyarlar bulunmaktadır.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası

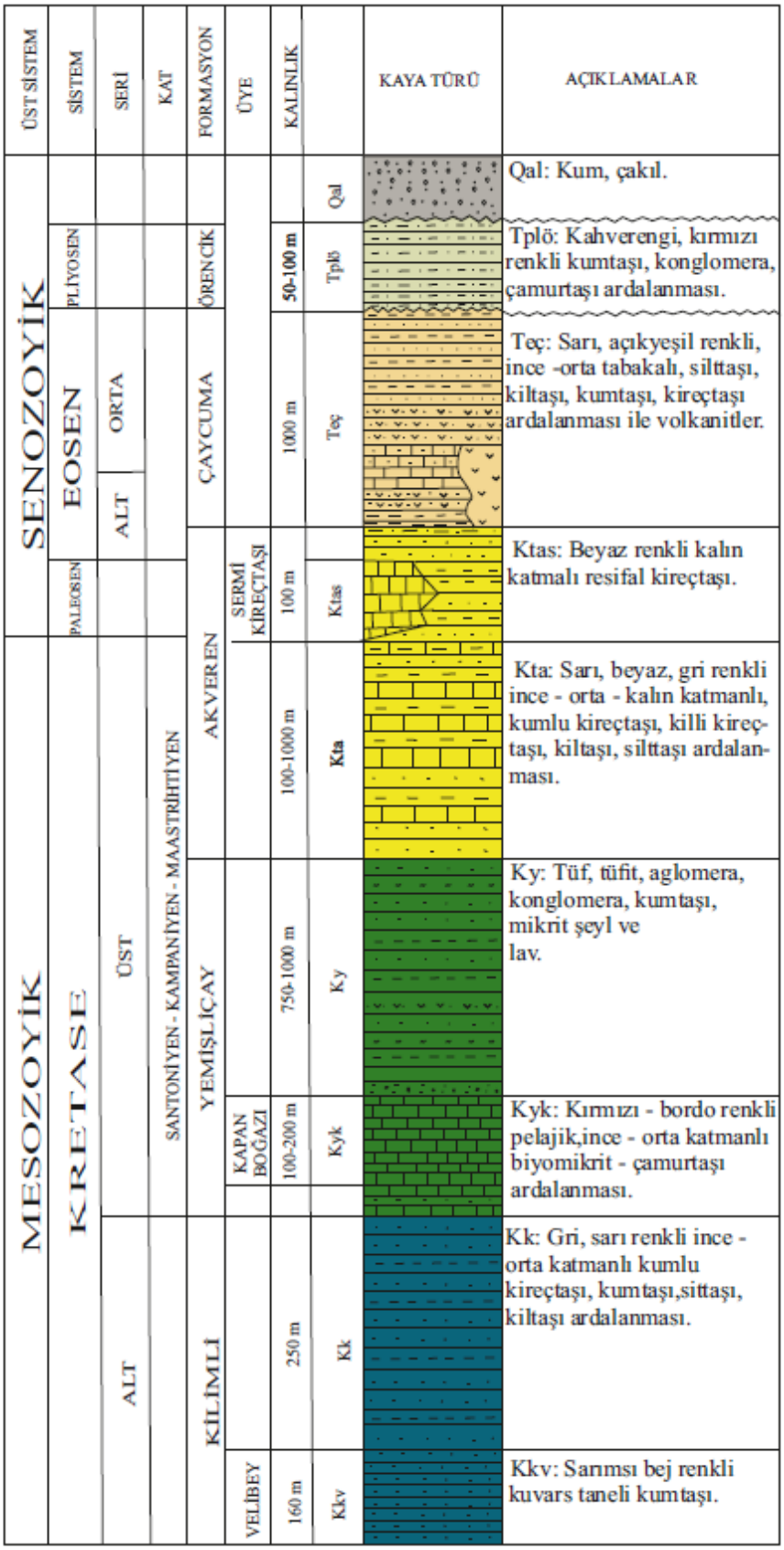
1.2.ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, Batı Karadeniz, Akçakoca kıtasal yamacında deniz suyunun hidrojeokimyasal özelliklerinin tespit edilmesi, çözünmüş gazların sudaki elementel yoğunluk ile ilişkisinin araştırılması, su kolonları boyunca var olduğu düşünülen çözünmüş gazların bileşim ve miktarlarının belirlenmesi ile hidrokarbon potansiyelinin ortaya konulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, belirlenen noktalardan su örnekleri alınarak saha çalışmaları yapılmış ve daha sonra örnekler laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Analizlerin bir kısmı tarafımızdan İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Gaz Jeokimyası Laboratuvarında, bir kısmı da Kanada Acme Analitik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Alınan numunelerde gazların miktar ve bileşimleri belirlenmiş, deniz suyu içerisinde major anyon – katyon analizi yapılmış, özgül elektriksel iletkenlik, asit – baz derecesi ve alkalinitesi incelenmiştir. Farklı su derinliğinden alınan bu örneklerin gaz miktarı değişimleri ve elementel yoğunlukları arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için çizelgeler oluşturulmuştur. Bu çizelgeler yardımı ile suların sınıflaması yapılmış, gaz yoğunluğunun arttığı bölgeler belirlenmiştir.

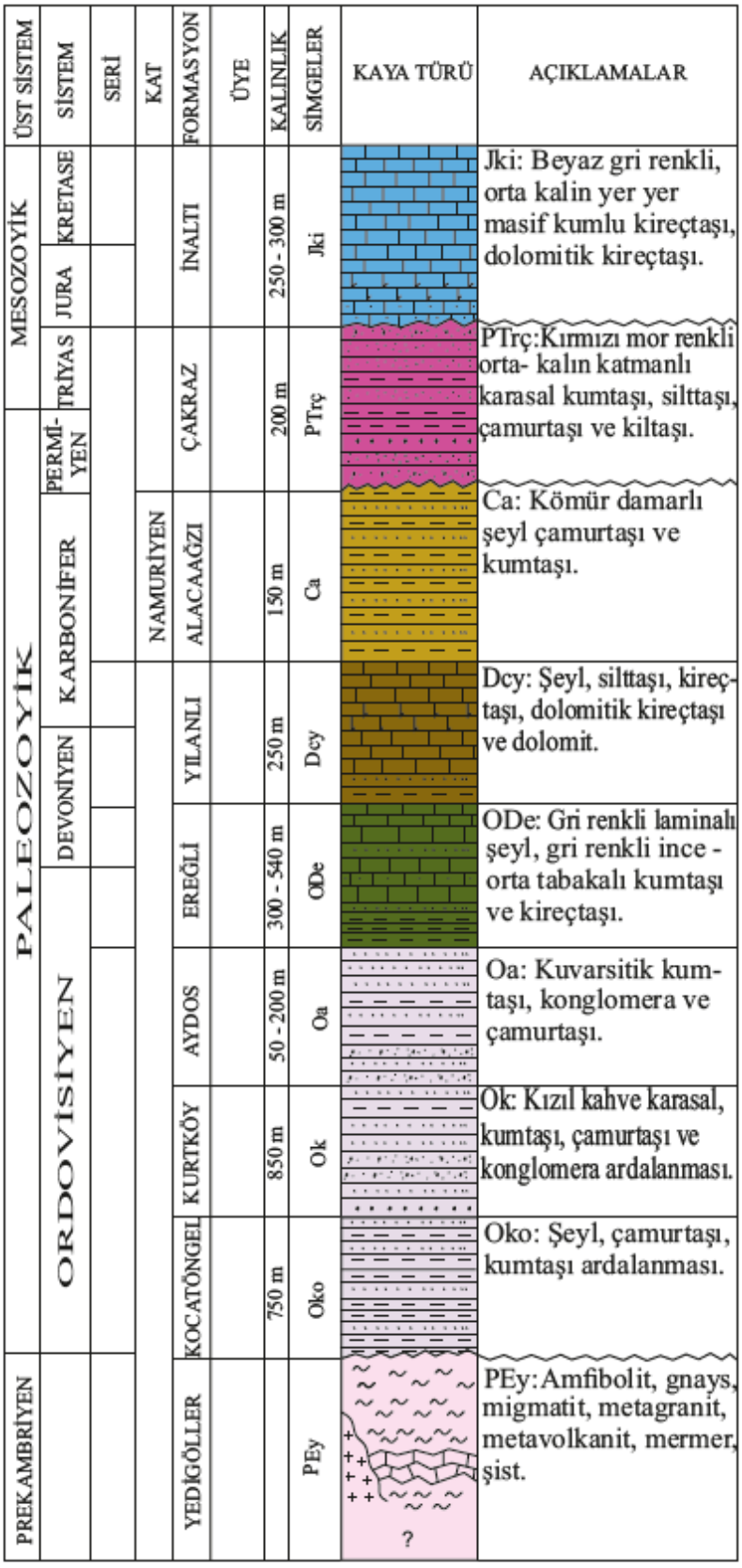
2. GENEL KISIMLAR

2.1. STRATİGRAFİ

Araştırmaların yapıldığı çalışma alanında, alttan üste doğru Ordovisyen öncesi yaşlı Yedigöller formasyonu, Alt Ordovisyen yaşlı Kocatöngel formasyonu, Kurtköy formasyonu, Aydos formasyonu, Orta Ordovisyen - Alt Devoniyen yaşlı Ereğli formasyonu, Orta Devoniyen - Alt Karbonifer yaşlı Yılanlı formasyonu, Namuriyen yaşlı Alacaağzı formasyonu alttan üste doğru birbirleri ile geçişli ancak Yedigöller formasyonu üzerinde açısal uyumsuz olarak bulunur. Üzerini örttüğü birimler üzerinde açısal uyumsuz olarak bulunan Permo Triyas yaşlı Çakraz formasyonu, onun üzerinde yine açısal uyumsuz Üst Jura - Alt Kretase yaşlı İnaltı formasyonu bulunur. İnaltı formasyonu üzerine geçişli olarak Alt Kretase yaşlı Kilimli formasyonu ve bu formasyonun Velibey üyesi, Üst Kretase yaşlı Yemişliçay formasyonu ve bu formasyonun Santoniyen - Kampaniyen yaşlı Kapanboğazı üyesi, Üst Kampaniyen - Alt Eosen yaşlı Akveren formasyonu ve bu formasyonun Maastrihtiyen - Paleosen yaşlı Sermi üyesi, Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma formasyonu gelir. Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu ve güncel çökeller kendinden yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. MTA tarafından hazırlanan Ereğli F-26 paftasına ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritasındaki adlandırmalar temel alınarak bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de, bölgenin jeoloji haritası EK6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.1: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti



Şekil 2.2: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

2.1.1. Yedigöller Formasyonu (Pey)

Birim Serdar ve Demir (1983) tarafından Yedigöller formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Genel olarak amfibolit, gnays, migmatit, metagranit, metavolkanit, mermer, şist gibi kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar grimsi yeşil, beyaz renklerde olup çok çatlaklıdır. Metamorfizma nedeniyle ilksel yapı ve doku özelliklerini kaybetmişlerdir.

Tektonik olarak çeşitli kaya topluluklarından meydana gelmiş olan formasyonun kalınlığı hakkında bir şey söylenememektedir.

Birimin yaşının stratigrafik konumuna göre Prekambriyen olduğu düşünülmektedir. Çünkü üzerine açısal uyumsuz olarak Ereğli güneybatısında Alt Ordovisyen yaşlı şeyl, çamurtaşı ve kumtaşları içeren Kocatöngel formasyonu ile karasal sedimentlerden oluşan Kurtköy formasyonu gelmektedir (Arpat ve diğ. 1978).

2.1.2. Kocatöngel Formasyonu (Oko)

Kocatöngel formasyonu Kaya (1982) tarafından isimlendirilmiştir. En iyi mostralarını Akçakoca' nın güney ve güneydoğusunda vermektedir.

Birim şeyl, çamurtaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Birimin, grimsi yeşil renkli laminalı şeyller ile ince taneli kumtaşlarından oluştuğu gözlenmektedir. Genellikle sert – orta sert kayalardan oluşmaktadır. Baklava şekilli kırılma özelliği göstermektedir (Gedik ve diğ., 2002).

Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 750 metredir (Altun ve Aksay, 2002).

Açısal uyumsuzla Yedigöller formasyonunu üzerlerken, üst seviyeleri Kurtköy formasyonuna geçiş göstermektedir.

İçerisinde belirgin fosil bulgusu olmayan Kocatöngel formasyonuna eşdeğer birim olan Bakacak formasyonunun *Acritarch* fosillerine göre, birimin yaşı Alt Ordovisyen (Tremodosiyen) olarak belirlenmiştir (Dean ve diğ., 1997).

Kumtaşı seviyelerinin üste doğru sıklaşması, bunların tabaka kalınlığının ve tane boyunun büyümesi, akarsu çökellerinden oluşan Kurtköy formasyonuna dereceli olarak geçmesi,

Kocatöngel formasyonun delta ortamında çökelmiş olduğunu göstermektedir (Gedik ve diğ., 2002).

2.1.3. Kurtköy Formasyonu (Ok)

İlk kez Kurtköy tabakaları (Haas, 1968), daha sonra Kurtköy arkoz birimi (Kaya, 1978) olarak ve günümüz haliyle Önalan (1982) tarafından Kurtköy formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Birim kumtaşı, çamurtaşı ve konglomeradan oluşmaktadır. Genel olarak pembemsi mor renkte litarenit ve arkoz türünde kumtaşları ile pembemsi gri renkte şeyller ve konglomeraların ardalanmasından oluştuğu gözlemlenmiştir.

Altta Kocatöngel üstte Aydos formasyonları ile geçişli olan birimin kalınlığı yaklaşık olarak 850 m.'dir (Gedik ve Önalan, 2001).

Fosil bulgusu olmayan birimin yaşı üzerine geçişli olarak gelen Landoveriyen yaşlı Gözdağ formasyonundan dolayı Ordovisyen olarak belirlenmiştir (Önalan, 1982). Safranbolu – Araç arasındaki Karadere vadisindeki Bakacak formasyonunun Alt Ordovisyen yaşı (Dean ve diğ., 1997) göz önüne alındığında birim Alt Ordovisyen yaşta kabul edilmiştir.

Derman ve Özçelik (1993) Kurtköy formasyonunun da Aydos formasyonu gibi karasal olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.4. Aydos Formasyonu (Oa)

İlk kez Kaya (1978) tarafından Aydos kuvars arenit birimi olarak tanımlanan bu birim daha sonra Önalan (1982) tarafından Aydos formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, Ereğli güneyinde kendini belli eden yüzlekler vermektedir (Altun ve Aksay, 2002).

Birimin altere rengi bej – açık kahve, taze yüzey rengi ise beyazımsı pembedir. Büyük bölümüyle çakıllı kuvars kumtaşı ve kuvars konglomeralarından oluştuğu gözlenmiştir. Çeşitli kesimlerinde değişen oranda ara katkılar halinde killi milli şeylleri kapsamaktadır. Genel olarak çok sert kayalardan oluşan bu birimde tabakalanma gözlenmemektedir.

Birimin kalınlığı Karadere vadisinde 510 m'dir (Dean ve diğ., 1997).

Aydos formasyonu, altta Kurtköy ve üstte Ereğli formasyonları ile geçiş göstermektedir.

İz fosilleri dışında pek fazla fosil içermediği gözlenen birimin üzerine geçişli olarak gelen Ereğli formasyonunun yaşı Orta Ordovisyen-Alt Devoniyen olduğundan sebep Aydos formasyonunun yaşı Alt Ordovisyen kabul edilmiştir (Kaya, 1978; Önalan, 1982).

Aydos formasyonu çökellerinin sahil-sığ deniz ortamında oluştuğu belirlenmiştir (Önalan, 1982).

2.1.5. Ereğli Formasyonu (ODe)

İlk kez Serdar ve Demir (1983) tarafından adlandırılan birim genel olarak şeyl, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Alttan üste doğru yeşilimsi gri renkte laminalı şeyl ve gri renkte ince-orta tabakalı kumtaşı ardalanması, koyu siyah renkte şeyl ve yeşilimsi gri renkte laminalı şeyl ve kumtaşlarının ardalanması şeklinde oluştuğu gözlenmektedir.

Birimin kalınlığı 400 metre dolayındadır (Gedik ve Önalan, 2001).

Altta Aydos formasyonu ile geçişli olan birimin üzerine uyumsuz olarak Çakraz formasyonu, Yemişliçay formasyonu ve Akveren formasyonu gelmektedir.

İnceleme alanının dışında bulunan Çamdağ'ın güney istifinde gözlenen birimin alt seviyelerinde Gedik ve Önalan (2001) tarafından bulunan Pelecypod fosillerine (Gedik ve Önalan, 2001) göre yaşı Orta Ordovisyen ile başlamakta, yine aynı çalışma kapsamında bulunan Orthoceras ve Monograptus fosillerine göre yaşı Silüryen'i kapsamakta ve üst seviyelerde rastlanan Brachiapod fosillerine göre Alt Devoniyen ile son bulmaktadır (Gedik ve Önalan, 2001).

Ereğli formasyonu alttan üste doğru sığ şelf, derin şelf, havza yamacı ve tekrar şelf ortamına geçiş göstermektedir (Gedik ve Önalan, 2001).

2.1.6. Yılanlı Formasyonu (DCy)

Birim ilk kez Saner ve diğ. (1979) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında, Akçakoca doğusunda, Aktaş tepe dolayında yüzlekler sunmaktadır.

Genel olarak şeyl, silttaşı, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin, altta yer yer şeyl ve yumrulu kireçtaşı ardalanması ile başladığı ve üste doğru açık gri-siyah renkli laminalı kireçtaşı ve dolomit ardalanması şeklinde devam ettiği gözlenmektedir.

Birimin kalınlığı bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte Zonguldak dolayında yaklaşık 1000 metre olduğu tespit edilmiştir (Aydın ve diğ., 1987; Derman ve Özçelik, 1993).

Birimin *yaşı Endotyra sp., Calcisphaera sp.* vb. fosil bulgusuna göre Orta-Üst Devoniyen -Alt Karbonifer olarak belirlenmiştir (Aydın ve diğ., 1987).

İnceleme alanında birim altta Kocatöngel, üstte Çakraz formasyonu ile açısal uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Birim şelf ortamını temsil etmektedir (Gedik ve Önalan, 2001).

2.1.7. Alacaağzı Formasyonu (Ca)

Birimin tanımı ilk kez Alacaağız katı olarak Ralli (1933) tarafından yapılmıştır.

Çalışma alanı çevresinde, Ereğli'nin kuzeydoğusunda, sahil kesimlerinde gözlenmektedir.

Birim, genel olarak yeşil, kirli sarı ve siyah renkte kömür damarlı şeyl, çamurtaşı, kumtaşları ile özellikle alt seviyelerinde brachiapod ve trilobit fosilleri içeren kireçtaşlarından oluşmaktadır (Kerey, 1982).

Altta Yılanlı formasyonu ile geçişli olup, üzerine uyumsuz olarak İnaltı formasyonu gelmektedir. (Altun ve Aksay, 2002).

Derman ve Özçelik (1993) birimin kalınlığının 1200 m'den fazla olduğunu söylemektedirler.

Birimin yaşının palinojik bulgu, *Archaiediscus sp., Tetrataxis sp., Pachyspahaerina sp., Omphalotis sp.* gibi fosil içeriklerine göre Vizeniyen-Namuriyen olduğu belirtilmektedir (Aydın ve diğ., 1986).

Birim alt kesimlerde sığ denizel, üst kesimler ise delta ortamını karakterize etmektedir (Aydın ve diğ., 1986).

2.1.8. Çakraz Formasyonu (PTrç)

Birim ilk kez Akyol ve diğ. (1974) tarafından Çakraz kumtaşı olarak tanımlanmış daha sonra Çakraz formasyonu şeklinde isimlendirilerek kullanılmıştır (Aydın ve diğ., 1986).

Birimin tümüyle karasal çökellerden oluştuğu gözlenmektedir. Genel olarak kırmızı renkli konglomera, ince – kalın ve çapraz tabakalı çakıltaşı, mikalı çamurtaşı ve kiltaşlarından oluştuğu gözlenmiştir. Birimdeki çakıltaşları kötü boylanma göstermektedir (Altun ve Aksay, 2002).

Birim, alt ve üst dokanağında bulunan tüm diğer birimlerle açısal uyumsuzluk göstermektedir (Altun ve Aksay, 2002).

İnceleme alanı çevresinde yaklaşık olarak 200 metre kalınlıkta olduğu belirtilmiştir (Altun ve Aksay, 2002).

Birimde fosil bulgusuna rastlanılmamıştır, Geç Karbonifer yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak çökelmesi, üstte de Geç Triyas yaşlı olan Çakrazboz formasyonu ile geçişli olarak bulunması sebebiyle birimin Triyas yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Alişan ve Derman, 1995). Farklı araştırmacılar birimin alt seviyelerinin Permiyen yaşlı olabileceği düşüncesi ile Permo-Triyas yaşı kabul etmişlerdir (Akyol ve diğ., 1974; Aydın ve diğ., 1986, 1987; Akman, 1992).

Çakraz formasyonu, akarsu ortamı çökelimi göstermektedir (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

2.1.9. İnaltı Formasyonu (JKi)

Birim, Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanı çevresinde, Ereğli kuzeybatısının sahil kesimlerinde iyi mostralar sunmaktadır.

Birim, bej ve beyaz renklerde karbonat istifi ile temsil edilmektedir. İçerisinde yer yer kırmızı renkte konglomera, çakıllı kumtaşı gözlenen seviyeler bulunmaktadır. Tabanda sığ denizel kırıntılı çökeller ile başlayan birim transgresif bir istif sunmaktadır ve genel olarak sığ denizel karbonatlardan oluşmaktadır (Tüysüz ve diğ., 2004).

Birimin kalınlığı 150-1200 metre arasında değişmektedir (Derman ve Sayılı, 1995).

İnaltı formasyonu, yanal olarak Kilimli formasyonu ile girintili çıkıntılıdır (Altun ve Aksay, 2002).

Bentik foraminifer içeriğine dayanarak Ketin ve Gümüş (1963) birimin yaşının Malm-Alt Kretase olduğunu belirtmişlerdir. Derman (1997) ve Akman (1992) birimin Üst Oksfordiyen - Berriasiyen olduğunu söylemişlerdir. Bunun çalışmalar dışında Akman (1992) birimin bazı kesimlerinde yaşının Valanjiniyen' e kadar çıktığını öne sürmüştür.

İnaltı formasyonu, sığ denizel ortamda çökelmiştir (Ketin ve Gümüş, 1963).

2.1.10. Kilimli Formasyonu (Kk)

Birim Saner ve diğ. (1981) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Ereğli' nin kuzeydoğusunda iyi mostralar sergilemektedir.

Silt ve kumtaşı ara katkılı, yeşilimsi gri renkli topraksı görünümlü belirsiz tabakalı marnlardan oluşmaktadır ve kum oranı istifin üst seviyelerine doğru gidildikçe artmaktadır (Saner ve diğ., 1980).

Birimin kalınlığı Siyako ve diğ. (1980) tarafından 0-400 metre arasında verilirken, Yergök ve diğ. (1987) tarafından en fazla 700 metre olarak kabul edilmiştir.

Birimde Kilimli çevresinde fosil bulunamadığından dolayı, alt ve üstteki birimlerle birlikte yaşı Alt Kretase olarak kabul edilmiştir (Siyako ve diğ., 1980). Amasra civarında bulunan *Ammonit* fosilleri dolayısıyla birime Apsiyen-Albiyen yaşı verilmiştir (Yergök ve diğ., 1987).

Kilimli formasyonu, sığ deniz-derin deniz ortamı çökellerini temsil etmektedir (Altun ve Aksay, 2002).

2.1.10.1. Velibey Üyesi (Kkv)

Birim ilk kez Arni (1931) tarafından formasyon olarak incelenmiş ancak Aksay ve diğ. (2001)' nin çalışmasında Kilimli formasyonunun bir üyesi olarak değerlendirilmiştir. Birim çalışma alanı çevresinde, Ereğli'nin kuzeydoğusunda, sahil kesiminde iyi mostralar sergilemektedir.

Birim açık sarı ve turuncu renkleriyle göze çarpmaktadır. Kuvars ve kuvars çakılları içeren kumtaşı seviyelerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Kum ve çakıl malzemeleri köşeli, yassı, yarı yuvarlak ve yuvarlak olabilmektedir.

Velibey Üyesi, Kilimli formasyonunun alt kesimlerini oluşturmaktadır ve yaklaşık olarak 160 metre Kalınlıkta olduğu tespit edilmiştir (Altun ve Aksay, 2002).

Birim altta İnealtı, üstte Kilimli formasyonu ile geçişlidir (Altun ve Aksay, 2002).

İçerdiği *Parahoplites melchiorrs* ANTHULA (Tokay, 1952), Agordhroilopsis cretacease LEMONIE, Archaeolithothamnium rude LEMONIE, Ticinella sp., Globigerinella sp. (Yergök ve diğ., 1987'den) gibi fosillere dayanarak birimin yaşı Alt Kretase kabul edilmiştir.

Birimin çökelme ortamı sahil-plaj ortamı ile karakterizedir (Altun ve Aksay, 2002).

2.1.11. Yemişliçay Formasyonu (Ky)

Volkanik-volkanojenik birime ilk kez Ketin ve Gümüş tarafından (1963) Yemişliçay formasyonu adı verilmiştir.

Birim genel olarak tüf, tüfit, aglomera, konglomera, kumtaşı ve volkanitlerden oluşmaktadır ve genel olarak bordo, yeşil ve sarımsı gri renklidir (Altun ve Aksay, 2002).

Toplam kalınlığı kuzey kesimlerinde 2000 metre olan Yemişliçay formasyonunun, güneye doğru gidildikçe kalınlığı azalmaktadır (Aydın ve diğ., 1987).

Altta Kilimli formasyonu ile geçişli, üstte Akveren formasyonu ile geçişlidir (Altun ve Aksay, 2002).

Birim içindeki *Globotruncana cf. Arca, Globotruncana lapparenti, Heterohelix sp.* vb. foraminiferlere göre yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Aydın ve diğ., 1987).

Yemişliçay formasyonu, sığ denizel ortamda çökelmiştir (Aydın ve diğ., 1987).

2.1.11.1. Kapanboğazı Üyesi (Kyk)

İlk defa Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılan birim kırmızı renkli pelajik kireçtaşları ile karbonatlı çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Bu formasyonu üye mertebesinde, Aksay ve diğ. (2001, hazırlanmakta) incelemişlerdir.

Birim, tüf-tüfit ara katkılı, pembemsi kırmızı renkli mikritlerden oluşmaktadır.

Kapanboğazı üyesi yaklaşık olarak 750-1000 metre arası kalınlık göstermekle birlikte, yüzlek verdiği alanın güney kesimlerinde daha incedir (Altun ve Aksay, 2002).

Altta Yemişliçay formasyonu litolojileri veya Kilimli formasyonu ile, üstte Yemişlicay formasyonunun diğer litolojileri ile geçişli olarak bulunmaktadır (Altun ve Aksay, 2002).

İçerdiği *Marginotruncana sp., Globotruncana sp., Ticinella sp.,* vb. fosillerine göre yaşı Santoniyen-Kampaniyen olarak verilmiştir (Deveciler ve diğ., 1989).

Birim, sığ denizel ortamı karaterize etmektedir (Aydın ve diğ., 1987).

2.1.12. Akveren Formasyonu (KTa)

Birimin adlandırılması Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Akveren formasyonu olarak tanımlanmıştır. İstifin altında yer alan kireçtaşları Akyol ve diğ. (1974) tarafından Hisarköy formasyonu kireçtaşı üyesi olarak tanımlanmıştır. Üst seviyelerindeki Resifal kireçtaşları ise Sermi kireçtaşı üyesi adı altında incelenmiştir (Altun ve Aksay, 2002).

Genel olarak beyaz, bej, pembe renklerde ince – orta tabakalı kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve karbonatlı çamurtaşlarından oluşmaktadır. Akveren Formasyonu, üst kesimlerinde, türbiditik kireçtaşı katmanlarının arasına kırmızı renkli marn, çamurtaşı litolojilerinin girmesiyle kılavuz seviye özelliği kazanır (Aydın ve diğ., 1986, 1987).

Birimin kalınlığı genel olarak 600 metre civarındadır (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

Birime, içerisindeki *Globotruncana stuarti* (Dalapparent), *Heterohelix sp., Orbitoides medius* (D'archiac), *Soderolites calcitro poides* (Lamarck), *Suleoperculine sp.* gibi fosillere göre Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Maastrihtiyen, Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Maastrihtiyen - Paleosen, Akman (1992) tarafından Kampaniyen - Paleosen yaşları verilmiştir.

Akveren formasyonunun çökelme ortamı şelf-derin şelf-yamaç ortamıdır (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

2.1.12.1. Sermi Kireçtaşı Üyesi (KTas)

Birime ilk kez Kaya ve diğ. (1986) tarafından Semur kireçtaşı adı verilmiştir. Aksay ve diğ. (2001, hazırlanmakta) ise bu kireçtaşı birimini Sermi üyesi olarak incelemişlerdir.

Birimin hakim rengi beyaz olmakla birlikte, masif, kalın katmanlıdır.

Birim, Akveren formasyonunun diğer litolojileri ile alt ve üst dokanağında geçişli olarak bulunur (Altun ve Aksay, 2002).

Kalınlığının 100 metreden fazla olduğu saptanmıştır (Altun ve Aksay, 2002).

Sermi kireçtaşı üyesi içerisinde tespit edilen G*lobigerina triloculinoides., Neodiscocyclina barkeri., Globorotalia sp.* vb. fosillerine göre yaşı Maastrihtiyen-Paleosen kabul edilmiştir (Kaya ve diğ., 1986).

Sermi kireçtaşı üyesi şelf ortamında çökelmiştir (Altun ve Aksay, 2002).

2.1.13. Çaycuma Formasyonu (Teç)

Tokay (1954-1955) tarafından adlandırılan birim genel olarak kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ardalanması ile kireçtaşı, tüfit ve marn ara seviyelerinden oluşmaktadır. İnceleme alanı çevresinde Akçakoca'nın batısında Ereğli'nin güneyinde geniş yüzlekler vermektedir.

Birimde kumtaşı, silttaşı ve kiltaşları açık yeşil, gri renkte ve ince-orta katmanlıdır, kireçtaşı sarı, gri-beyaz renkte ve orta-kalın katmanlıdır, volkanitler ise siyah koyu gri renkte, bazaltik, andezitik lav, tüf ve aglomeralardan oluşmaktadır (Altun ve Aksay, 2002).

Birimin kalınlığı yaklaşık 300 metre civarındadır (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

Çaycuma formasyonu alt dokanağında Akveren formasyonu ile geçişli iken, üst dokanağı genç birimlerle örtülmüştür (Altun ve Aksay, 2002). İçerisindeki foraminifer ve nannofosil bulgularına göre birimi yaşı Alt-Orta Eosen olarak kabul edilmiştir (Yergök ve diğ., 1987).

Birim, derin denizden şelf ortamına doğru değişmektedir (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

2.1.14. Örencik Formasyonu (Tplö)

İnceleme alanı ve çevresinde bulunan en genç çökellerin oluşturduğu birimdir. Birim Aydın ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır.

Kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan formasyon genelde az tutturulmuş ve orta-kalın tabakalanma göstermektedir (Altun ve Aksay, 2002).

Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 3 – 30 metredir (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

Formasyon kendinden yaşlı bütün birimler üzerinde açısal uyumsuzlukla bulunur.

İçerisinde fosil tespit edilemediğinden dolayı stratigrafik konumuna göre Pliyosen yaşı verilmiştir (Altun ve Aksay, 2002).

Örencik formasyonu akarsu ve göl ortamında çökelmiştir (Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2007).

2.1.15. Alüvyon (Qal)

Akarsu tarafından taşınan, kil, kum, çakıl gibi kütlelerin ufalanmış parçalarının suyun akış hızının azalması sonucu elverişli bölgelere birikmesiyle meydana gelen tortullardır.

2.2. YAPISAL JEOLOJİ

Karadeniz'in, birçok araştırmacı tarafından, Albiyen'de oluşmaya başlayan Neo-Tetis okyanusunun kuzeye hareketiyle oluşan Pontid magmatik yayının kuzeyinde gelişen, Geç Kretase-Paleojen yaşlı, yay ardı havzası olduğu düşünülmektedir (Finetti ve diğ., 1988; Görür 1988; Okay ve diğ., 1994; Dachev ve Georgiev 1995; Robinson ve diğ., 1995; Banks ve Robinson 1997; Nikishin ve diğ., 2003). Ketin (1966) tarafından Pontidler olarak adlandırılan birliğin, İstanbul-Zonguldak arasında kalan batı bölümü İstanbul Zonu olarak isimlendirilmiştir. Bu birlik aynı zamanda İstanbul Paleozoyiği ya da Batı Pontid temeli olarak da bilinir. Karadeniz havzası, kabuk yapısı bakımından okyanus ortası sırtı ile birbirinden ayrılan Batı ve Doğu rift-tipi sedimanter havzalardan oluşmaktadır. Her iki havza da yapısal özellikleri, stratigrafileri ve çökel dolgularının kalınlıklarına göre birbirinden farklıdır (Okay ve diğ., 1994). Sırt, Batı Karadeniz Havzası ve Doğu Karadeniz Havzası' nın pasif kıyılarını oluşturan antitetik normal fay sistemi ile çevrelenmiştir (Okay ve diğer., 1994; Tokat, 2012).

Batı Karadeniz Havzası, Senomaniyen'de açılmaya başlayan ve okyanusaldan yarı okyanusala değişen kabuk malzemesi ile 14-16 km kalınlığındaki sedimanter istif tarafından meydana gelmiştir (Görür 1988; Okay ve diğ., 1994; Robinson ve diğ., 1995; Banks ve Robinson 1997; Nikishin ve diğ., 2003).

Doğu Karadeniz Havzası, litosferik incelmeye maruz kalmış, kıtasal kabukla örtülmüştür. Koniyasiyen ya da Paleojen başlangıcında açılmaya başlamıştır ve sedimanter dolgunun kalınlığı yaklaşık 12 km'dir (Robinson ve diğ., 1995; Nikishin ve diğ., 2003).

Batı Karadeniz Bölgesi, Avrupa kıtasal sınırında yer alır ve Alpin orojenezinin kuzeydeki bir bölümünü kapsar. Bölgenin Mesozoyik-Tersiyer evrimi, Kuzey Peri-Tetis şelf sistemindeki jeodinamik süreçlerle yönetilmiştir (Nikishin ve diğ., 2003). Şistiyen ve Moesiyen bloklarının güney kenarları, sık sık Mesozoyik riftleşme döngüleri tarafından etkilenmiş, sıkışmış ve sıkıştırmalı olaylar tarafından takip edilmiş ve bu olay Büyük Kafkaslar'da sürekli gelişen bir sıkışmaya yol açmıştır (Nikishin ve diğ., 2003).

Okay ve diğ., (1994)'e göre Batı ve Doğu Karadeniz Havzaları birbirlerinden farklı kökenlere sahiptir. Batı Karadeniz Havzası'nın büyük bir kısmı, Geç Kretase'de, riftleşmiş (Görür, 1988) ve iki transform fay ile sınırlanmış İstanbul Zonu'nun Odessa şelfinden kopmasıyla açılmıştır.

Okay ve diğ., (1994) tarafından Batı Karadeniz fayı olarak adlandırılan sağ yanal atımlı fay, tahminen İstanbul'un batısında karaya çıkmakta ve İstanbul ile Istranca zonları arasındaki tektonik dokanağı oluşturmaktadır (Okay ve diğ., 1994). İstanbul Zonu'nun güneyde yer alan Sakarya Zonu ile çarpışması sonucuyla Batı Karadeniz Havzası'nın açılması, Erken Eosen'de son bulmuştur ve böylece Karadeniz'in gerilme rejimi sona ermiştir. Çarpışmadan sonra Odessa şelf alanının dışında kalan kesimlerde çok sayıda bindirmeler oluşmuştur (Okay ve diğ., 1994).

İstanbul Paleozoyiği altında gözlenen mostralarda, Batı Karadeniz Bölgesi'nin en yaşlı birimleri bulunur. İstanbul Zonu Bolu-Akçakoca bölümünün doğusunda kalan bölgede Jura döneminde iki transgresyon olmuş ve kısa sürmüş olup, regresif kırıntılı istif ile sona ermiştir. İstanbul Zonu'nda Oksfordiyen-Berriaziyen yaşlı gelişen ve daha uzun süre devam eden diğer transgresyon, Bolu-Akçakoca bölgesinin doğusunda karbonat istifinin oluşmasına neden olmuştur (Aydın ve diğ., 1987).

Çok daha karmaşık bir yapıda olan Doğu Karadeniz Havzası ise Doğu Karadeniz Bloğu'nun Kretase döneminde saat yönü tersine olan dönme hareketiyle açılmaya başlamıştır ve bu hareket Neojen'e kadar devam etmiştir (Okay ve diğ., 1994).

Altun ve Aksay (2002), inceleme alanı içinde kalan bölgede, Çaycuma ve Akveren formasyonlarının dokanak sınırında KD-GB uzanımlı bindirme ve KB-GD uzanımlı normal fay, Çakraz-Yemişliçay formasyonlarının dokanak sınırında KD-GB uzanımlı yeri yaklaşık tanımlanmış fay ile Kocatöngel formasyonunu kesen D-B yönelimli yeri yaklaşık tanımlanmış faylardan bahsetmişlerdir.

2.3. JEOLOJİK EVRİM

Karadeniz'in yassı biçimli bir basen olduğu ve kuzeyde Kafkas ve Kırım güneyde Kuzey Anadolu arasında kaldığı Şengör ve Yılmaz, (1981); Görür, (1988); Okay ve diğ., (1994), Finetti ve diğ., (1988); Robinson ve diğ., (1996) araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Karadeniz'in güneyinin bu basen oluşması sırasında etkin olan riftleşme tektoniğinin etkilerini taşıdığı, yapılan sismik çalışmaların incelenmesi sonrasında ortaya konulmuştur (Ergün ve diğ., 2001). Üst Kretase ya da Mesozoyik sonundan Paleosen'e kadar sürede devam eden bu riftleşme tektoniğinin üzerine sıkışma tektoniği etkileri de gelmiştir (Finetti ve diğ., 1988). Karadeniz, Avrasya'nın güneyindeki Tetis Okyanusu'nun kuzeye doğru batmasıyla, bu okyanusun yay ardında iki temel genişleme havzası olarak oluşmuştur. Yapılan sismik çalışmalarla anlaşılmıştır ki Karadeniz KB-GD yönünde uzanan Orta Karadeniz yükselimi ile iki temel genişleme havzasına ayrılmıştır (Ergün ve diğ., 2001). Batı Karadeniz, Batı ve Orta Pontid kuşaklarının Odessa ve Moesian şelflerinden ayrılmasıyla oluşmuştur (Okay ve diğ., 1994). Kırım'ın batısındaki Shatsky sırtı ve Orta Karadeniz yükselimi arasında ise Doğu Karadeniz açılmıştır. Doğu Karadeniz tabanı oldukça incedir buna rağmen Batı Karadeniz tabanı okyanusal kabuk yapısına sahiptir (Ross, 1978). Karadeniz, Alp-Kimmerid kıvrımı içerisinde, Avrasya tektonik levhası içerisinde bulunmaktadır. Karadeniz baseninde gerçekleşen hızlı çökelme tabanda kalın bir sedimanter istifin birikmesine neden olmuştur. Sedimanter örtüye karşılık kabuğun izostatik dengesinden dolayı, basende kuvvetli çökme meydana gelmiştir. Burada Kuvaterner yaşlı çökellerin üst seviyeleri, halen, kıta yamaçlarında deniz tabanı ile uyumludur. Bu durum, basen gelişiminin devam ettiğini ve çökmenin hala aktif olduğunu göstermektedir (Ergün ve diğ., 2001).

2.4. BATI KARADENİZ'İN HİDROKARBON POTANSİYELİ VE PETROL SİSTEMİ

Batı Karadeniz Bölgesi, tüm Bulgaristan ve Romanya açık deniz bölgesini, Odessa Körfezi'nin batı kısmından Ukrayna'ya uzanan açık deniz bölgesini ve Türkiye'nin en batı açık deniz hattını kapsar.

Georgiev, (2011)'e göre Türkiye'nin Batı Karadeniz Zonu'nu temsil eden yarı graben geometrisine sahip Burgaz havzası, kuzeybatıya dönük ve Batı Karadeniz havzasının güneybatısında, çoğunlukla deniz kıyısında yer almaktadır (Turgut ve diğ., 1991; Okay ve diğ., 2010). Havza, Orta-Geç Eosen, Oligosen ve Neojen klastik sedimanlarını ve killerini içermektedir ve gelişimi temel olarak Neojen ve Kuvaterner dönemlerinde gerçekleşmiştir (Georgiev, 2011).

Georgiev, (2011) çalışmalarında Geç Eosen – Oligosen şeyli toplamda 300 – 500 metre arası kalınlığa sahip ve gömülme deriniği ise 800 – 1200 metre arasındadır. TOC (toplam organik karbon) 1,5 – 2 % arasında, PY (piroliz verimliliği) 7 kg/s ve HI (hidrojen indeksi) 300 civarındadır. Türkiye zonu için iyi kaynak parametreleri gösterdiğini söylemiştir. Buna göre; linyit kömürlerinde ve sığ denizel şeyllerde piroliz verimliliği 41,6 kg/s ve hidrojen indeksi 387'ye kadar ulaşmıştır. Genel itibariyle bu birimin esas olarak gaz meyilli, hatta biyojenik gaz üretimine yatkın olduğunu belirtmiştir. İğneada dolayında Kirazlı formasyonu içinde açmış oldukları 28 kömür yatağı kuyusu mevcut olup bu zengin kömür yataklarında kayda değer miktarda gaz üretimi olduğunu ve Batı Karadeniz kıyı şerindinde ekonomik potansiyelde ana hidrokarbon sistemleri olduğunu söylemiştir. Andrew G. Robinson, (1997)'nin çalışmalarında volkanoklastik Yemişliçay formasyonu içerisinde gaz belirtilerine rastlanmıştır ancak volkanoklastik yapısı nedeniyle potansiyel bir kaynak kaya olmadığı saptanmıştır. Ereğli dolaylarında Eosen yaşlı sedimanın içinde açtıkları Akçakoca-1 adını verdikleri kuyuda ve Yılanlı formasyonu ile Alacaağzı formasyonlarında da gaz oluşumlarına rastlanmıştır. Bahsi geçen formasyonlar, inceleme alanında mevcuttur.

2.4. ESKİ ÇALIŞMALAR

Bölgede yapılan çalışmalardan başlıcaları şunlardır;

Reeburgh ve diğ. (1991), Karadeniz'in sınırlı bir alanında, su sütunu metan oksidasyon oranlarını iki bağımsız radyoterapi tekniği kullanılarak ölçülmüşlerdir. Tortu metan konsantrasyonu ve oksidasyon oranı dağılımları, raf ve eğim sedimanlarının metan kaynağı olduğunu söylemişlerdir. Metan konsantrasyonunun ilk 100 m'de 10 μM, 550 m'de 11 μM' ye yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Amouroux ve diğ. (2002), Batı Karadeniz'deki biyojenik gazların (CH_4, N_2O) oluşumunu ve atmosfere salınımını araştırmışlardır. Bahsi geçen biyojenik gazların denizel emisyonlarına, çoğunlukla Karadeniz'in kuzeybatı şelflerinde rastladıklarını söylemişlerdir. Bu gazların doyum oranları ile tuzluluk ilişkilerini incelemişlerdir.

Yalçın ve diğ. (2002), Bu çalışmada Batı Karadeniz'in Karbonifer kömür ve şeyllerini kaynak yatak, Kretase çökellerini rezervuar, Kretase şeylleri ve marnlarını kaynak kayaları olarak düşünmüşlerdir. Çalışmanın evrimsel değerlendirilmesini petrol sistemi yaklaşımını kullanılarak yapmışlardır. Araştırmaları sonucunda kömür ve şeyllerin, gaz için iyi ve çok iyi bir kaynak potansiyeline sahip olduğunu, buna bağlı olarak Kretase kumtaşlarının iyi birer rezervuar kaya olduğunu ortaya koymuşlardır.

Erduran ve diğ. (2003), Bölgede yürütülen karst hidrojeolojisine yönelik çalışmanın bir parçası olan izotop hidrolojisi, Zonguldak kömür madeni sahalarında, kömürlü birimlerle jeolojik olarak dokanak halinde bulunan karstik kireçtaşlarının yeraltı suyu açısından ilişkilerinin araştırılmasına yönelik çalışma yapmışlardır. Yüzey ve yeraltı sularından izotop analizi amacıyla örnekleme çalışmaları yürütmüşler, toplanan örneklerde Döteryum ($_2H$), Oksijen -18 ($_{18}O$) ve Trityum ($_3H$) analizleri yapmışlardır. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile beslenme kotu-alanı, suların kökeni ve sistemdeki geçiş süreleri konularında saptamalar yapmışlardır.

Lüdmann ve diğ. (2004), Sınırlı bir alanda ilk kez BSR uygulaması yapmışlardır. Batı Karadeniz' in kuzeyinde bulunan Dinyeper Kanyonu çevresinde bir gaz hidrat sahasındaki ısı akışı ve metan gazı çıkışını araştırmışlardır.

Özel ve diğ. (2013), Doğu Karadeniz'de belirlenen alanlarda gaz hidrat oluşumlarını ve hidrokarbon birikimlerini haritalamışlar ve tortulların hem fiziksel hem de akustik özelliklerini incelemişlerdir. Aynı zamanda çalışma alanının doğusundaki sismik kesitlerde BSR, parlak nokta ve gaz kolonları gözlenmişler, kesitlerde iki adet çamur volkanı belirlemişler ve bunları İzmir ve Pusan olarak isimlendirmişlerdir. Gözlenen akustik saydam bölgelerin tortullarda mevcut olabilecek gazın varlığını işaret ettiğini ve bu bölgelerin etrafında gözlenen yüksek genlikli ve ters polariteli yansımaların da bunu doğruladığını belirtmişlerdir. Elde ettikleri veriler ışığında, gaz birikimlerini; AVO analizlerinden elde edilen grafiklerle yapılan çapraz-korelasyon sonucunda belirlemişler ve bunun birinci sınıf AVO anomalisi olduğunu tespit etmişlerdir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu araştırmada Batı Karadeniz Akçakoca kıtasal yamacında deniz suyunun hidrojeokimyasal özelliklerinin tespit edilmesine, su kolonları boyunca alınan deniz suyu örneklerinde gazların bileşim ve miktarlarının belirlenmesine ve hidrokarbon potansiyelinin tespit edilmesine çalışılmıştır. Arazi çalışması niteliğinde deniz suyu numunelerinin belirli bir rutin halinde dikkatlice toplanması, laboratuvar çalışması kapsamında alınan numunelerin analizleri ve daha sonra büro çalışmaları yapılmıştır.

3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Akçakoca sınırları içerisinde kalan bölgede su kolonları incelenmesine yönelik olarak yaklaşık 1300 metre derinlikten deniz suyu numuneleri alınmıştır. Alınan su numuneleri özel sızdırmaz 200 ml hacmindeki polietilen şişelere konulmuştur. Numune şişelerine 150 ml su örneği doldurulmuş ve 50 ml boşluk kalması sağlanmıştır. Numune şişelerinin ağzı parafilm ile kapatılmış ve numaralandırılmıştır. Headspace numunesi olarak isimlendirilen (Hachenberg ve Schmidt, 1976) bu numuneler belirli bir süre 4^0C sıcaklıkta bekletilmiş ve alınan örnek içerisindeki gazın, kabın üst kısmındaki boşluğa toplanması sağlanmıştır. Toplam 5 adet headspace numune alınmıştır.

3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Laboratuvar çalışmaları öncesinde deniz suyu numuneleri, sızdırmaz polietilen kaplarda, 4^0C sıcaklıktaki soğutuculardа saklanarak korunmuştur. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeokimya Laboratuvarı'nda Gaz Kromatografisi (GC) cihazı ile headspace gazların miktar ve bileşimleri belirlenmiştir. Kanada ACME Analitik Laboratuvarı'nda İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma – Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile alınan su numunelerinin içerisindeki major katyonlar (Ag, Al, B, Ba, Ca, Co, Cr, Hg, K, Li, Mn, Mg vb.) ve major anyonlar (Cl, SO_4, Br, NO_2, NO_3, F) ile su numunelerinin özgül elektriksel iletkenlikleri, asit – baz dereceleri ve alkaliniteleri incelenmiştir.

3.2.1. Gaz Kromatografisi (GC)

Skoog (1981), belirttiği gibi kromatografi, biri hareketli biri sabit faz olmak suretiyle bir karışımda bulunan iki maddenin, iki fazlı sistemde ayrılması esasına dayanmaktadır. Sabit faz, katı veya katı yüzey üzerindeki tutturulmuş sıvı maddeyi temsil ederken, hareketli faz ise gaz veya sıvı maddeyi temsil etmektedir.

Katı-Gaz ve Sıvı-Gaz karışımlarda gaz halinde olan bileşenleri birbirinden ayırmak için gaz kromatografisi yöntemi kullanılır. Bu yöntem güvenilir ve tekrarlanabilen, hızlı sonuç veren bir analiz yöntemidir.

Gaz-sıvı kromatografisinde (GLC) sabit faz, inert bir katı yüzey üzerinde tutturulmuş bir sıvıdır. Numune, kolonun tepesinden bir şırınga yardımı ile gaz halinde verilir. Numune enjeksiyonu mümkün olabildiği doğrultuda hızlı yapılmalıdır. Enjekte edilen numunede bulunan maddelerin sabit sıvı fazdaki çözünürlükleri farklıdır ve gaz fazı ile sabit sıvı faz arasında denge kanununa dağılırlar. Genellikle taşıyıcı gaz olarak helyum, hidrojen ve azot kullanılmaktadır. Helyum, yaygın olarak kullanılan inert gazdır. Kolon boyunca hareket eden maddelerin hızı, sıvı fazdaki çözünürlüklerine bağlıdır. Sıvı faz ile kuvvetli etkileşim gösteren madde, etkileşim derecesi düşük olan maddeye göre kolonda daha fazla oyalanmaktadır. Bu nedenle etkileşim derecesi düşük olan madde gaz faza hızlıca geçmekte ve alıkonma süresi kısalmaktadır. Ayrılan bileşenler kolondan dedektöre aktarılır. Dedektörden elde edilen elektronik sinyaller, gaz kromatografisi cihazının bağlı olduğu bilgisayara kromatogram olarak kaydedilir.



Şekil 3.1: Gaz kromatografisi analizi

Gaz kromatografisinde örnek enjeksiyonu numunenin yapısına göre değişmektedir. Enjekte edilen örneğin hacmi olabilecek en düşük düzeyde tutulmalıdır.

Gaz-sıvı kromatografisinde açık boru veya kapiler kolonlar ve dolgulu kolonlar olmak üzere iki tip kolon kullanılmaktadır. Kapiler kolonlar, kapiler tüpten yapılmışlardır, iç çapları 0,3-0,5 mm arasındadır. Kapiler kolonların içleri 1 mikro litre kadar kalınlıkta sıvı ile kaplanmıştır. Dolgulu kolonların iç çapı 1-8 mm aralığındaki cam veya metal tüplerden yapılmaktadır ve uzunlukları 2-20 m arasındadır. Dolgulu kolonlar katlanmış veya sarımlar şeklindedir, böylece termostat içine sığabilecek boyutlara getirilmişlerdir.

Kolonlar, paslanmaz çelikten, saf bakırdan, camdan veya alüminyumdan yapılmaktadır. Sabit sıvı faz ile kaplanmış halde bulunan katı tanecikler kolona akıtılarak doldurulur. Doldurulan kolon eğrilir, bükülür veya uygun bir sarım şeklinde fırının içine konulur.

Gaz-sıvı kromatografisinde algılama sistemleri, kolondan geçen maddeleri hassasiyetle ve hızla algılayabilmektedir. Taşıyıcı gazdaki madde konsantrasyonu yaklaşık olarak binde bir seviyededir ve kromatografideki dedektörün, bu seviyenin çok altındaki değerleri algılayabilmesi gerekmektedir. İdeal bir dedektör yeterli derecede duyarlı olmalı ve kısa sürede cevap verebilecek kapasitede olmalıdır. Gaz kromatografisinde kullanılan dedektörlerden en yaygın olarak kullanılanı alev iyonlaşma dedektörüdür. Tarafımızca yapılan gaz kromatografisi analizlerinde kullanılan dedektör tipi de budur. Alev iyonlaşma dedektörü su, organik madde, azot ve kükürt gazlarının tayin edilmesine uygun olarak geliştirilmiştir.

3.2.2. İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle spektrometresi (ICP-MS)

ICP-MS katı veya sıvı örneklerde çok sayıdaki elementin hassas ve hızlı bir biçimde ölçülmesine olanak sağlayan ileri bir analiz tekniğidir. ICP-MS sayesinde katı veya sıvı örneklerde periyodik tablodaki çoğu element aynı anda ve çok düşük konsantrasyonlarda hassas, hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilebilmektedir. ICP-MS ile tek bir örneğin analizi birkaç dakika içinde gerçekleşebilmektedir. Birçok elementin mg/L değerinde kalibrasyon grafikleri çizilmektedir ve aynı zamanda elementlerin gözlenebilme sınırı ppb seviyesinden düşüktür.

ICP-MS tekniğinde çözeltiler klasik veya ultrasonik bir sisleştirici ile aktarılır. Örnek, hamlaçta yüklerine iyonlaştırılır. Daha sonra kuadrupole aktarılan iyonlar burada kütlelerine göre ayrıştırılır.



Şekil 3.2: İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – kütle spektrometresi cihazı

Analize tabii kılınacak sıvı örnekteki maddelerin cihaza zarar vermemesi açısından muayyen sınır değerlerin altında olması tercih edilmelidir. Sıvı örneklerdeki toplam çözünmüş katı maddenin % 0,1'in, organik madde içeriğinin %2'nin altında olması gerekmektedir. Sıvı örnekler ayrıca askıda katı parçacıklar içermemelidir. Analiz edilecek bu örnekler analizden önce 0,45 mikronluk filtreden geçirilmelidir.

3.3. BÜRO ÇALIŞMALARI

Büro çalışması kapsamında kimyasal analizler GC-MS ve ICP-MS analiz cihazları yardımıyla gerçekleştirildikten sonra değerlendirmeleri yapılmış, grafik ve diyagramlar SPSS Analiz Tekniği - Pearson korelasyon metodu ile hazırlanıp tez yazımı gerçekleştirilmiştir. İşbu çalışmada Pearson korelasyon metodu ile elde edilen değerlerden faydalanılmıştır. Elde edilen veriler ile Aquachem programı kullanılarak, Schoeller diyagramı ile Piper diyagramları çizilerek su sınıflamaları yapılmıştır. Hidrokarbonların sudaki miktar ve bileşimlerini gösterebilmek amacıyla çizelgeler ve barchart grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar oda şartlarındaki hidrokarbon gazı çözülümü ve inceleme alanı şartlarındaki çözünürlük ile kıyaslanarak anlatılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. GAZ KROMATOGRAFİSİ ÖLÇÜMLERİ

Serbest gazlar şırınga yardımıyla alınarak kromatografa enjekte edilmektedir. Gazların molekül ağırlıkları ve bu sebeple hızları da farklı olduğundan dolayı gazların hareketleri kolon boyunca farklıdır. Taşıyıcı helyum gazıyla kromatografik kolon içerisinden dedektöre ulaşan ilk gaz molekül ağırlığı en düşük olan metan gazıdır. Dedektör, analiz işlemini Pentan gazına kadar sürdürür ve sonuçlar dedektör tarafından bilgisayara aktarılır. 10 dakikalık analiz süresince analiz ve temizlik işlemleri makine tarafından yapılmaktadır. Hidrokarbonların 1 atm basınçta ve oda sıcaklığındaki kimyasal özelliklerini içeren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Hidrokarbonların kimyasal özellikleri (McAuliffe, 1966'dan değiştirilmiştir).

GAZ TÜRÜ	GAZIN FORMÜLÜ	MOLEKÜL AĞIRLIĞI	25°C SUDA ÇÖZÜNÜRLÜK (ppm)	KAYNAMA DERECESİ °C (1atm)
Metan	CH_4	16.04	24.4	-162
Etan	C_2H_6	30.07	60.4	-89
Propan	C_3H_8	44.09	62.4	-42
Izobütan	C_4H_{10}	58.12	48.9	-12
n-Bütan	C_4H_{10}	58.12	61.4	-1
Izopentan	C_5H_{12}	72.15	47.8	30
n-Pentan	C_5H_{12}	72.15	38.5	36

4.1.1.Gaz Kromatografisi İle Elde Edilen Analiz Sonuçları

Gaz Kromatografisi tekniği ile yapılan analiz sonuçlarına göre; CA 18-3 numunesinde 4.026,515930 ppm ile en yüksek C1 (metan gazı) değeri ölçülmüştür. Daha sonraları çoktan aza doğru sıralandığında ise CA 18-2 numunesinde 2.467,619450 ppm, CA 18-5 numunesinde 1.911,796280 ppm, CA 18-4 numunesinde 1.832,551720 ppm, CA 18-1 numunesinde 1.660,500860 ppm değerlerinde metan gazı ölçülmüştür. Elde edilen değerler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Alınan su numunelerinden Gaz Kromatografisi ile elde edilen analiz sonuçları

	Miktar (ppm)				
	C1	C2	C3	n-C4	C5
CA 18-1	1.660,500860	1,831330		93,071180	
CA 18-2	2.467,619450	67,242760	0,624005		
CA 18-3	4.026,515930	11,677950			
CA 18-4	1.832,551720	2,010940			90,747170
CA 18-5	1.911,796280			48,451580	

4.2. ICP-MS ÖLÇÜMLERİ

Doğal sular ya da düşük miktarda katı madde bulunduran çözeltiler ICP-MS yöntemi ile doğrudan analiz edilmektedir. Ölçümün prosesi doğrultusunda, yüksek miktarda katı madde içeren çözeltilerin, 10 kez seyreltilerek analiz edilmesi gerekmektedir. Tüm bu analiz yöntemini uygulayabilmek için en az 50 ml su örneği gerekmektedir.

İncelememiz için Kanada Acme Analitik Laboratuvarı'na gönderilen su numuneleri, laboratuvarın belirlediği SO200 paketi doğrultusunda analiz edilmiş, elde edilen veriler aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir (Tablo 4.3-4.10).

4.2.1. ICP-MS Yöntemi ile Elde Edilen Analiz Sonuçları

Tablo 4.3: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	Seyrelme	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br
		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	1,00	0,05	1,00	0,50	0,05	5,00	0,05	0,05	0,05	5,00
CA 18-1	10,00	<100	<600	<3000	<500	3389,00	221,00	*	<3000	*
CA 18-2	10,00	<100	<600	<3000	<500	3199,00	149,00	*	<3000	*
CA 18-3	10,00	<100	<600	<3000	<500	3184,00	157,00	*	<3000	*
CA 18-4	10,00	<100	<600	<3000	<500	3188,00	160,00	*	<3000	*
CA 18-5	10,00	<100	<600	<3000	<500	2980,00	<80	*	<3000	*

Tablo 4.4: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	Ca	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	0,05	0,05	0,01	1,00	0,02	0,50	0,01	0,10	0,01	0,01
CA 18-1	303,70	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
CA 18-2	305,10	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
CA 18-3	298,10	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
CA 18-4	303,10	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
CA 18-5	304,90	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*

Tablo 4.5: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	K
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm
	0,01	10,00	0,05	0,01	0,05	0,02	0,10	0,01	0,01	0,05
CA 18-1	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	280,00
CA 18-2	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	272,00
CA 18-3	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	273,00
CA 18-4	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	273,00
CA 18-5	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	273,00

Tablo 4.6: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni
	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb
	0,01	0,10	0,01	0,05	0,05	0,10	0,05	0,01	0,01	0,20
CA 18-1	<200	<1000	*	858,00	<50	<300	7814,00	*	*	<300
CA 18-2	<200	<1000	*	846,00	<50	<300	7787,00	*	*	<300
CA 18-3	<200	<1000	*	849,00	<50	<300	7862,00	*	*	<300
CA 18-4	<200	<1000	*	855,00	<50	<300	7825,00	*	*	<300
CA 18-5	<200	<1000	*	860,00	<50	<300	7915,00	*	*	<300

Tablo 4.7: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	P	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm
	10,00	0,10	0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	1,00
CA 18-1	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	610,00
CA 18-2	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	615,00
CA 18-3	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	600,00
CA 18-4	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	606,00
CA 18-5	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	607,00

Tablo 4.8: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	0,05	1,00	0,50	40,00	0,02	0,05	0,01	0,02	0,01	0,05
CA 18-1	<2000	*	*	*	*	*	5518,00	*	*	*
CA 18-2	<2000	*	*	*	*	*	5500,00	*	*	*
CA 18-3	<2000	*	*	*	*	*	5382,00	*	*	*
CA 18-4	<2000	*	*	*	*	*	5479,00	*	*	*
CA 18-5	<2000	*	*	*	*	*	5544,00	*	*	*

Tablo 4.9: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	0,05	10,00	0,01	0,01	0,02	0,20	0,02	0,01	0,01	0,50	0,02
CA 18-1	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
CA 18-2	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
CA 18-3	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
CA 18-4	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
CA 18-5	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*

ICP-MS tekniği ile yapılan analiz doğrultusunda, deniz suyundan alınan numunelerde kesin değer veren sonuçlara göre;

- B katyonu 2980,00 – 3389,00 ppb aralığında yakın değerlerde,
- Ba^{+2} katyonu CA 18-5 numunesinde <80 ppb değerinde (düşük), diğer numunelerde 149,00 – 221,00 ppb aralığında,
- Ca^{+2} katyonu 298,10 – 305,10 ppm aralığında,
- K^{+} katyonu 272,00 – 280,00 ppm aralığında,
- $Mg+^{2}$ katyonu 846,00 – 860,00 ppm aralığında,
- Na^{+} katyonu 7787,00 – 7915,00 ppm aralığında,
- S^{-} anyonu 600,00 – 615,00 ppm aralığında,
- Sr^{+2} katyonu 5382,00 – 5544,00 ppb aralığında ölçülmüştür.

Tablo 4.10: ICP-MS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları (sudaki anyon çözünürlüğü ile suyun fiziksel özellikleri)

	Ölçü Birimi	**CA 18-1**	**CA 18-2**	**CA 18-3**	**CA 18-4**	**CA 18-5**
Anyonlar						
Nitrit (N)	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Nitrat (N)	mg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
İnorganikler	mg/l					
Florür (F)	mg/l	0,65	0,63	0,65	0,65	0,63
Alkalinite (CaCO3)	mg/l	206	204	203	206	184
Bikarbonat (HCO3)	mg/l	251	249	248	251	224
Karbonat (CO3)	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hidroksit (OH)	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Anyonlar	mg/l					
Bromür (Br)	mg/l	42,00	42,00	43,00	43,00	41,00
Sülfat (SO4)	mg/l	1680,00	1720,00	1690,00	1720,00	1750,00
Klorür (Cl)	mg/l	12000,00	13000,00	13000,00	12000,00	12000,00
Fiziksel Özellikler						
Kondüktivite	uS/cm	35100	35100	35100	35200	35300
pH	pH	8,31	8,29	8,15	8,12	7,88

ICP-MS yöntemiyle elde edilen veriler ile Gaz Kromatografisi analiziyle elde edilen veriler doğrultusunda metan gazı ile diğer elementler incelendiğinde;

- GC sonuçlarına göre metan gazı (C1) 4.026 ppm olarak en yüksek değerde iken 1357 metre derinliğinden alınan aynı numunede ICP-MS sonuçlarına göre bor (B) en düşük değerde 3184 ppm olarak ölçülmüştür (Tablo 4.2, Tablo 4.3).
- GC sonuçlarına göre 1323 metre derinlikten alınan örnekte metan gazı (C1) 1.660 ppm ile en düşük değerde ölçülmüş iken, aynı örnekte ICP-MS tekniği ile baryum (Ba^{+2}) en yüksek değerde 221 ppm olarak ölçülmüştür (Tablo 4.2, Tablo 4.3).
- GC sonuçlarına göre metan gazı (C1) 4.026 ppm ile en yüksek değerde iken, 1357 metre derinlikten alınan aynı numunede ICP-MS tarafından kalsiyum (Ca^{+2}) 298,10 ppm olarak en düşük değerde ölçülmüştür (Tablo 4.2, Tablo 4.4).
- Metan gazı (C1), GC sonuçlarına göre 1323 metre derinlikten alınan numunede 1.660 ppm en yüksek değerinde ölçülmüş iken, aynı numunede ICP-MS ile potasyum (K^{+}) 280 ppm en düşük değerinde ölçülmüştür (Tablo 4.2, Tablo 4.5).
- GC ve ICP-MS analiz sonuçlarına göre metan gazı (C1) ve magnezyum (Mg^{+2}) arasında herhangi bir ilişki görülmemiştir.
- GC ve ICP-MS verilerine göre metan gazı (C1) ve sodyum (Na^{+}) arasında herhangi bir ilişki görülmemiştir.
- GC verilerine göre metan gazı (C1) 1357 metre derinliğinden alınan örnekte en yüksek değerde 4.026 ppm olarak ölçülmüş olup, ICP-MS sonuçlarına göre aynı örnekte sülfür (S^{-2}) en düşük değerde 600 ppm olarak ölçülmüştür (Tablo 4.2, Tablo 4.7).
- GC analizinde metan gazı (C1) 1357 metre derinlikten alınan numunede 4,026 ppm olarak en yüksek sonucu vermiş iken, ICP-MS analizinde aynı numunede stronsiyum (Sr^{+2}) 5382 ppm olarak en düşük sonucu göstermiştir (Tablo 4.2, Tablo 4.8).

4.3. SPSS ANALİZ TEKNİĞİ İLE PEARSON KORELASYON KATSAYISI

Korelasyon analizi, iki değişken değer arasındaki veya tek bir değişken değerin iki veya daha çok değişken değer arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesidir. Korelasyon pozitif yönde olabileceği gibi negatif yönde de olabilmektedir.

Pearson korelasyonu için değişkenlerin normal dağılımda olması gerekmektedir. Değişkenler normal dağılımda değil ise Spearman korelasyonu tercih edilmektedir.

Korelasyon katsayısı matematiksel olarak +1 ile -1 arasındaki değerdedir. Korelasyon katsayısının (Pearson veya Spearman) işareti pozitif ise değişkenlerden biri artarken diğeri veya diğerleri de artar ya da değişkenlerden biri azalırken diğeri veya diğerleri de azalır. Korelasyon katsayısının işareti negatif ise değişkenlerden biri artarken diğeri veya diğerleri azalır ya da bu olayın tam tersi gerçekleşir. İki değişkenin arasındaki katsayı değerinin sıfıra yaklaşması veya sıfır olması, ilişki olmadığını göstermektedir. İki değişken birbiriyle mükemmel ilişki gösteriyorsa, korelasyon katsayısı 1 değerini alır (R. J. Rummel, 1976).

İnceleme alanından alınan örneklerin ICP-MS yöntemiyle elde edilen analiz sonuçları, birbirleriyle bu korelasyon yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.11: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		B	Ba	Ca	K	Mg	Na
B	Pearson Correlation	1	,980*	-,128	,737	-,149	-,749
	Sig. (2-tailed)		,020	,837	,155	,811	,145
	N	5	4	5	5	5	5
Ba	Pearson Correlation	,980*	1	,190	,999**	,809	-,072
	Sig. (2-tailed)	,020		,810	,001	,191	,928
	N	4	4	4	4	4	4
Ca	Pearson Correlation	-,128	,190	1	,078	,324	-,170
	Sig. (2-tailed)	,837	,810		,900	,595	,784
	N	5	4	5	5	5	5
K	Pearson Correlation	,737	,999**	,078	1	,494	-,205
	Sig. (2-tailed)	,155	,001	,900		,398	,741
	N	5	4	5	5	5	5
Mg	Pearson Correlation	-,149	,809	,324	,494	1	,549
	Sig. (2-tailed)	,811	,191	,595	,398		,338
	N	5	4	5	5	5	5
Na	Pearson Correlation	-,749	-,072	-,170	-,205	,549	1
	Sig. (2-tailed)	,145	,928	,784	,741	,338	
	N	5	4	5	5	5	5

Tablo 4.12: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		S	Sr	Fluorit (F)	Alkalinite (Total as CaCO3)	Bikarbonat (HCO3)
B	Pearson Correlation	,226	-,141	,621	,842	,836
	Sig. (2-tailed)	,715	,821	,263	,074	,078
	N	5	5	5	5	5
Ba	Pearson Correlation	,128	,476	,457	,601	,601
	Sig. (2-tailed)	,872	,524	,543	,399	,399
	N	4	4	4	4	4
Ca	Pearson Correlation	,847	,947*	-,647	-,298	-,313
	Sig. (2-tailed)	,070	,015	,238	,626	,607
	N	5	5	5	5	5
K	Pearson Correlation	,131	,269	,474	,281	,266
	Sig. (2-tailed)	,834	,662	,419	,647	,665
	N	5	5	5	5	5
Mg	Pearson Correlation	-,128	,592	,092	-,502	-,522
	Sig. (2-tailed)	,837	,293	,883	,389	,367
	N	5	5	5	5	5
Na	Pearson Correlation	-,589	,049	-,192	-,858	-,856
	Sig. (2-tailed)	,296	,938	,758	,063	,064
	N	5	5	5	5	5

Tablo 4.13: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		Çözünmemiş Bromit (Br)	Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Çözünmemiş Klorit (Cl)	Kondaktivite	pH
B	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,803	,900*
	Sig. (2-tailed)				,102	,037
	N	0	0	0	5	5
Ba	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,236	,526
	Sig. (2-tailed)				,764	,474
	N	0	0	0	4	4
Ca	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	,388	-,056
	Sig. (2-tailed)				,519	,929
	N	0	0	0	5	5
K	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,308	,434
	Sig. (2-tailed)				,615	,465
	N	0	0	0	5	5
Mg	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	,668	-,520
	Sig. (2-tailed)				,218	,370
	N	0	0	0	5	5
Na	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	,752	-,918*
	Sig. (2-tailed)				,143	,028
	N	0	0	0	5	5

Tablo 4.14: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		C1	C2	C3	n-C4	C5	Total
B	Pearson Correlation	-,094	-,346	.[b]	1,000**	.[b]	-,079
	Sig. (2-tailed)	,880	,654				,900
	N	5	4	1	2	1	5
Ba	Pearson Correlation	-,516	-,524	.[b]	.[b]	.[b]	-,522
	Sig. (2-tailed)	,484	,476				,478
	N	4	4	1	1	1	4
Ca	Pearson Correlation	-,844	,442	.[b]	-1,000**	.[b]	-,842
	Sig. (2-tailed)	,072	,558				,074
	N	5	4	1	2	1	5
K	Pearson Correlation	-,404	-,513	.[b]	1,000**	.[b]	-,403
	Sig. (2-tailed)	,500	,487				,501
	N	5	4	1	2	1	5
Mg	Pearson Correlation	-,659	-,818	.[b]	-1,000**	.[b]	-,674
	Sig. (2-tailed)	,227	,182				,212
	N	5	4	1	2	1	5
Na	Pearson Correlation	,122	-,648	.[b]	-1,000**	.[b]	,099
	Sig. (2-tailed)	,845	,352				,874
	N	5	4	1	2	1	5

Tablo 4.15: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		B	Ba	Ca	K	Mg	Na
S	Pearson Correlation	,226	,128	,847	,131	-,128	-,589
	Sig. (2-tailed)	,715	,872	,070	,834	,837	,296
	N	5	4	5	5	5	5
Sr	Pearson Correlation	-,141	,476	,947*	,269	,592	,049
	Sig. (2-tailed)	,821	,524	,015	,662	,293	,938
	N	5	4	5	5	5	5
Fluorit (F)	Pearson Correlation	,621	,457	-,647	,474	,092	-,192
	Sig. (2-tailed)	,263	,543	,238	,419	,883	,758
	N	5	4	5	5	5	5
Alkalinite (Total as CaCO3)	Pearson Correlation	,842	,601	-,298	,281	-,502	-,858
	Sig. (2-tailed)	,074	,399	,626	,647	,389	,063
	N	5	4	5	5	5	5
Bikarbonat (HCO3)	Pearson Correlation	,836	,601	-,313	,266	-,522	-,856
	Sig. (2-tailed)	,078	,399	,607	,665	,367	,064
	N	5	4	5	5	5	5

Tablo 4.16: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		S	Sr	Fluorit (F)	Alkalinite (Total as CaCO3)	Bikarbonat (HCO3)
S	Pearson Correlation	1	,692	-,564	,103	,095
	Sig. (2-tailed)		,195	,322	,869	,879
	N	5	5	5	5	5
Sr	Pearson Correlation	,692	1	-,550	-,442	-,461
	Sig. (2-tailed)	,195		,337	,456	,435
	N	5	5	5	5	5
Fluorit (F)	Pearson Correlation	-,564	-,550	1	,643	,638
	Sig. (2-tailed)	,322	,337		,242	,247
	N	5	5	5	5	5
Alkalinite (Total as CaCO3)	Pearson Correlation	,103	-,442	,643	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,869	,456	,242		,000
	N	5	5	5	5	5
Bikarbonat (HCO3)	Pearson Correlation	,095	-,461	,638	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,879	,435	,247	,000	
	N	5	5	5	5	5

Tablo 4.17: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		Çözünmemiş Bromit (Br)	Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Çözünmemiş Klorit (Cl)	Kondaktivite	pH
S	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,142	,429
	Sig. (2-tailed)				,820	,471
	N	0	0	0	5	5
Sr	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	,509	-,195
	Sig. (2-tailed)				,381	,753
	N	0	0	0	5	5
Fluorit (F)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,408	,344
	Sig. (2-tailed)				,495	,571
	N	0	0	0	5	5
Alkalinite (Total as CaCO3)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,829	,876
	Sig. (2-tailed)				,082	,052
	N	0	0	0	5	5
Bikarbonat (HCO3)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,839	,877
	Sig. (2-tailed)				,075	,051
	N	0	0	0	5	5

Tablo 4.18: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		C1	C2	C3	n-C4	C5	Total
S	Pearson Correlation	-,583	,666	.[b]	1,000[**]	.[b]	-,570
	Sig. (2-tailed)	,302	,334				,315
	N	5	4	1	2	1	5
Sr	Pearson Correlation	-,899[*]	,196	.[b]	-1,000[**]	.[b]	-,902[*]
	Sig. (2-tailed)	,038	,804				,036
	N	5	4	1	2	1	5
Fluorit (F)	Pearson Correlation	,179	-,989[*]	.[b]	1,000[**]	.[b]	,183
	Sig. (2-tailed)	,773	,011				,768
	N	5	4	1	2	1	5
Alkalinite (Total as CaCO3)	Pearson Correlation	,143	-,468	.[b]	1,000[**]	.[b]	,163
	Sig. (2-tailed)	,819	,532				,794
	N	5	4	1	2	1	5
Bikarbonat (HCO3)	Pearson Correlation	,167	-,468	.[b]	1,000[**]	.[b]	,187
	Sig. (2-tailed)	,788	,532				,763
	N	5	4	1	2	1	5

Tablo 4.19: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		B	Ba	Ca	K	Mg	Na
Çözünmemiş Bromit (Br)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Klorit (Cl)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Kondaktivite	Pearson Correlation	-,803	-,236	,388	-,308	,668	,752
	Sig. (2-tailed)	,102	,764	,519	,615	,218	,143
	N	5	4	5	5	5	5
pH	Pearson Correlation	,900*	,526	-,056	,434	-,520	-,918*
	Sig. (2-tailed)	,037	,474	,929	,465	,370	,028
	N	5	4	5	5	5	5

Tablo 4.20: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		S	Sr	Fluorit (F)	Alkalinite (Total as CaCO3)	Bikarbonat (HCO3)
Çözünmemiş Bromit (Br)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Klorit (Cl)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Kondaktivite	Pearson Correlation	-,142	,509	-,408	-,829	-,839
	Sig. (2-tailed)	,820	,381	,495	,082	,075
	N	5	5	5	5	5
pH	Pearson Correlation	,429	-,195	,344	,876	,877
	Sig. (2-tailed)	,471	,753	,571	,052	,051
	N	5	5	5	5	5

Tablo 4.21: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		Çözünmemiş Bromit (Br)	Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Çözünmemiş Klorit (Cl)	Kondaktivite	pH
Çözünmemiş Bromit (Br)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Klorit (Cl)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Kondaktivite	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	1	-,924*
	Sig. (2-tailed)					,025
	N	0	0	0	5	5
pH	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,924*	1
	Sig. (2-tailed)				,025	
	N	0	0	0	5	5

Tablo 4.22: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		C1	C2	C3	n-C4	C5	Total
Çözünmemiş Bromit (Br)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Çözünmemiş Klorit (Cl)	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	0	0	0	0	0	0
Kondaktivite	Pearson Correlation	-,428	-,397	.[b]	-1,000**	.[b]	-,445
	Sig. (2-tailed)	,472	,603				,452
	N	5	4	1	2	1	5
pH	Pearson Correlation	,060	,448	.[b]	1,000**	.[b]	,080
	Sig. (2-tailed)	,924	,552				,898
	N	5	4	1	2	1	5

Tablo 4.23: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		B	Ba	Ca	K	Mg	Na
C1	Pearson Correlation	-,094	-,516	-,844	-,404	-,659	,122
	Sig. (2-tailed)	,880	,484	,072	,500	,227	,845
	N	5	4	5	5	5	5
C2	Pearson Correlation	-,346	-,524	,442	-,513	-,818	-,648
	Sig. (2-tailed)	,654	,476	,558	,487	,182	,352
	N	4	4	4	4	4	4
C3	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	1	1	1	1	1	1
n-C4	Pearson Correlation	1,000**	.[b]	-1,000**	1,000**	-1,000**	-1,000**
	Sig. (2-tailed)						
	N	2	1	2	2	2	2
C5	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	1	1	1	1	1	1
Total	Pearson Correlation	-,079	-,522	-,842	-,403	-,674	,099
	Sig. (2-tailed)	,900	,478	,074	,501	,212	,874
	N	5	4	5	5	5	5

Tablo 4.24: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		S	Sr	Fluorit (F)	Alkalinite (Total as CaCO3)	Bikarbonat (HCO3)
C1	Pearson Correlation	-,583	-,899*	,179	,143	,167
	Sig. (2-tailed)	,302	,038	,773	,819	,788
	N	5	5	5	5	5
C2	Pearson Correlation	,666	,196	-,989*	-,468	-,468
	Sig. (2-tailed)	,334	,804	,011	,532	,532
	N	4	4	4	4	4
C3	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	1	1	1	1	1
n-C4	Pearson Correlation	1,000**	-1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)					
	N	2	2	2	2	2
C5	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	1	1	1	1	1
Total	Pearson Correlation	-,570	-,902*	,183	,163	,187
	Sig. (2-tailed)	,315	,036	,768	,794	,763
	N	5	5	5	5	5

Tablo 4.25: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		Çözünmemiş Bromit (Br)	Çözünmemiş Sülfat (SO4)	Çözünmemiş Klorit (Cl)	Kondaktivite	pH
C1	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,428	,060
	Sig. (2-tailed)				,472	,924
	N	0	0	0	5	5
C2	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,397	,448
	Sig. (2-tailed)				,603	,552
	N	0	0	0	4	4
C3	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	1	1
n-C4	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	2	2
C5	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	1	1
Total	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	-,445	,080
	Sig. (2-tailed)				,452	,898
	N	0	0	0	5	5

Tablo 4.26: Pearson Korelasyon Yöntemi ile elde edilen değerler

		C1	C2	C3	n-C4	C5	Total
C1	Pearson Correlation	1	,129	.[b]	-1,000**	.[b]	1,000**
	Sig. (2-tailed)		,871				,000
	N	5	4	1	2	1	5
C2	Pearson Correlation	,129	1	.[b]	.[b]	.[b]	,139
	Sig. (2-tailed)	,871					,861
	N	4	4	1	1	1	4
C3	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	1	1	1	0	0	1
n-C4	Pearson Correlation	-1,000**	.[b]	.[b]	1	.[b]	-1,000**
	Sig. (2-tailed)						
	N	2	1	0	2	0	2
C5	Pearson Correlation	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]	.[b]
	Sig. (2-tailed)						
	N	1	1	0	0	1	1
Total	Pearson Correlation	1,000**	,139	.[b]	-1,000**	.[b]	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,861				
	N	5	4	1	2	1	5

(Sarı*, sarı**: kesine yakın pozitif korelasyon, turuncu: kesinliği belli olmayan pozitif korelasyon, açık yeşil*, açık yeşil**: kesine yakın negatif korelasyon, koyu yeşil: kesinliği belli olmayan negatif korelasyon)

4.3.1. Pozitif Yönde Korelasyon Temsil Eden Veriler

Bor (B) katyonunun sudaki çözünürlüğü arttıkça, baryum (Ba^{+2}) katyonunun sudaki çözünürlüğünün arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.11). CA 18-1 numunesinden elde edilen veriye göre B katyonu en yüksek değerde (3389,00 ppb) iken Ba^{+2} katyonunun çözünürlüğü de en yüksek değerini (221,00 ppb) vermektedir.

Bor (B) katyonunun sudaki çözünürlüğü arttıkça, pH değerinin yükseldiği gözlemlenmiştir (Tablo 4.13). CA 18-1 numunesinde B çözünürlüğü en yüksek seviyede iken (3389,00 ppb), pH değerinin 8,31 olduğu görülmektedir.

Baryum (Ba^{+2}) katyonunun sudaki çözünürlüğü arttıkça, (K^{+}) katyonunun çözünürlüğü arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.11). CA 18-1 numunesinde Ba^{+2} çözünürlüğü en yüksek değerde (221,00 ppb), K^{+} çözünürlüğünün de en yüksek değerde (280, 00 ppm) olduğu gözlemlenmiştir.

Kalsiyum (Ca^{+2}) katyonunun sudaki çözünürlüğü azaldıkça, stronsiyum (Sr^{+2}) katyonunun çözünürlüğünün azaldığı görülmektedir (Tablo 4.12). CA 18-3 numunesinde Ca^{+2} en düşük değerde (298,00 ppm) olduğu görülürken, Sr^{+2} da en düşük değer (5382,00 ppb) verdiği görülmektedir.

4.3.2. Negatif Yönde Korelasyon Temsil Eden Veriler

Sodyum (Na^{+2}) katyonunun sudaki çözünürlüğü arttıkça, suyun pH değerinin azaldığı görülmektedir (Tablo 4.13). CA 18-5 numunesinde Na^{+2} katyonunun çözünürlüğü en yüksek (7915, 00 ppm) iken, pH değeri en düşük seviyededir (7,88).

Metan gazı (C1) çözünürlüğü arttıkça, stronsiyum (Sr^{+2}) katyonunun çözünürlüğünün azaldığı görülmektedir (Tablo 4.24). CA 18-3 numunesinde metan gazı çözünürlüğü en yüksek değerde (4.026,515930 ppm) iken, Sr^{+2} katyonunun çözünürlüğü en düşük değerde (5382,00 ppb) olduğu gözlemlenmektedir.

Etan gazı (C2) çözünürlüğü arttıkça, Florür (F^{-}) çözünürlüğünün azaldığı görülmektedir (Tablo 4.24).

Suyun pH değerinin arttıkça, elektriksel iletkenliğinin (Ec) azaldığı görülmektedir (Tablo 4.21).

4.4. HİDROJEOKİMYA

İnceleme alanındaki deniz suyunun alınan örnekler çerçevesinde, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, örnekleme yapılan farklı derinlik ve konumdaki suların birbirleri ile olan ilişkilerini ve sınıflamalarını yapabilmek amacıyla belirlenen lokasyonlardan örnekleme, analiz ve ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda uygulanan malzeme ve metoda önceki kısımlarda değinilmiştir.

4.4.1. Suların Fiziksel Özellikleri

4.4.1.1. Sıcaklık

Temmuz 2018 ayında alınan örneklerdeki suların sıcaklıkları 9^0C olarak ölçülmüştür.

4.4.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Özgül elektriksel iletkenlik, diğer bir adıyla kondüktivite, suyun elektrik akımını iletebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Özyurt ve diğ. (2001)'e göre elektriksel iletkenliğin azalması, deniz suyunun toplam çözünmüş iyon içeriğinin de azaldığı anlamına gelmektedir. Yazın deniz suyunun elektriksel iletkenliği, diğer mevsim aylarına göre daha yüksektir. Açık su kütlelerinde çözünmüş iyon içeriğinin azalmasındaki en etkili proses, akarsu beslenimi ve yağmur suyunun deniz suyunu seyreltmesi ve deniz suyunda meydana gelen buharlaşmadır.

İnceleme alanında alınan sulardaki EC değerleri 35100 – 35300 µS/cm arasındadır (Tablo 10).

4.4.1.3. pH değeri

Bir çözeltinin asitlik ya da bazlık derecesini tanımlayan ölçü birimine denir. Bir diğer ifade ile çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun bir ölçüsüdür. Çözeltideki bikarbonat, karbonat iyonları çözeltinin bazikliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ise çözeltinin asitliğini arttırmaktadır.

Alınan örneklerdeki pH değerleri 7.88 – 8.31 arasındadır. CA 18-1 numaralı örneğin çözünmüş karbonat ve bikarbonat oranı en yüksek iken pH değerinin de en yüksek oluşu, suyun baziklik özelliğinin arttığının kanıtıdır (Tablo 4.10).

Tablo 4.27: İnceleme alanından alınan su örneklerinin fiziksel ölçüm değerleri

No	Su türü	T (°C)	EC (µS/cm)	pH
CA 18-1	Deniz suyu	9	35100	8,31
CA 18-2	Deniz suyu	9	35100	8,29
CA 18-3	Deniz suyu	9	35100	8,15
CA 18-4	Deniz suyu	9	35200	8,12
CA 18-5	Deniz suyu	9	35300	7,88

Elde edilen analiz sonuçlarına göre gerçekleştirilen Pearson Korelasyonun da desteklediğine göre, suyun asitleri nötralize etme kapasitesinin ($CaCO_3$) ve bikarbonat (HCO_3) çözünürlüğünün arttıkça, bazikliğinin arttığı görülmektedir.

4.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri

4.4.2.1. Sodyum (Na^+) – Potasyum (K^+)

Sodyum klorür (NaCl) ve potasyum klorür (KCl) birbirlerine kimyasal özellikleri bakımından çok benzer olan ve deniz suyunda bulunan başlıca bileşiklerdendir. Tuzlu sularda en büyük oran sodyum klorüre aittir.

İnceleme alanından alınan numuneler içerisine elementel çerçeveden bakıldığında Na ve K değerleri sırasıyla 7787 – 7915 ppm ile 272 – 280 ppm arasındadır (Tablo 4.5, Tablo 4.6).

Pearson korelasyonunun da desteklediğine göre sudaki sodyum çözünürlüğü ile bikarbonat ve karbonat çözünürlüğü, dolayısıyla suyun pH'ı arasında negatif bir anomali söz konusudur.

4.4.2.2. Kalsiyum (Ca^{+2}) – Magnezyum (Mg^{+2})

Deniz suyunda erimiş başlıca tuzlardan olan kalsiyumun ve magnezyumun, çalışma alanından alınan suların Ca ve Mg değerleri sırasıyla 298,10 – 305,10 ppm ile 846 – 860 ppm arasındadır (Tablo 4.4, Tablo 4.6).

4.4.2.3. Bikarbonat (HCO_3^-)

Doğal sulardaki bikarbonat, suyun karbondioksite doygunluğuna bağlı olup karbonatlı kayaçların metamorfizmasıyla ortaya çıkar. Çalışma alanındaki suların HCO_3 değerleri 224 – 251 mg/l arasındadır (Tablo 4.10).

4.4.2.4. Klorür (Cl^-)

Deniz suyunun major iyonlarından biri olan klorür, sodyum klorür ve kalsiyum klorür gibi tuzların, su içerisinden ayrışmasından meydana gelir.

$NaCl(s) = Na^+ (aq) + Cl^-(aq)$

$CaCl_2(s) = Ca^{2+} (aq) + 2Cl^- (aq)$

İnceleme alanında 12000 – 13000 mg/l değerleri arasındadır (Tablo 4.10).

4.4.2.5. Sülfat (SO_4^{-2})

Sülfat, deniz suyunda bulunan ana iyonlardan biri olup doğal sular sıklıkla rastlanır. Deniz suyunda bulunan sülfat iyonu, sülfürün ana rezervuarıdır. Sülfür, deniz suyu ve deniz sedimentlerinde, oksitlenmiş hali olan sülfat ve sülfat mineralleri şeklinde ya da indirgenmiş hali olan hidrojen sülfür (H_2S) gazı ve sülfit (SO_3^-) mineralleri olarak bulunur.

İnceleme alanında sülfat, 1680 – 1750 mg/l değerleri arasındadır (Tablo 4.10).

4.4.2.6. Bromür (Br^-)

Yeniden kazanılabilir bromür, doğada en fazla deniz suyunda, tuz göllerinde ve tuzlu su kuyularında bulunmaktadır.

Çalışma sahasında bromür, 41 – 43 mg/l değerleri arasındadır (Tablo 4.10).

4.4.2.7. Florür (F^-)

Deniz suyu bileşiminde bulunan bir diğer inorganik madde olan florür, çalışma alanında 0,63 – 0,65 mg/l değerleri arasındadır (Tablo 4.10).

4.5. SULARIN SINIFLAMASI

4.5.1. Schoeller Diyagramı

Yarı logaritmik bir diyagram olan Schoeller diyagramı ana anyon ve katyonların yardımı ile çizilir. Diyagramda yatay eksende sudaki ana iyonlar sıralanırken, düşey eksen ise logaritmik ölçeklidir. Her bir numunedeki her bir iyona ait meq/l değeri noktalarla temsil edilir ve bu noktalar tek bir çizgi ile bağlanır. Elde edilen bu çizgiler bir su numunesini betimler (Pehlivan ve Yılmaz, 2005).

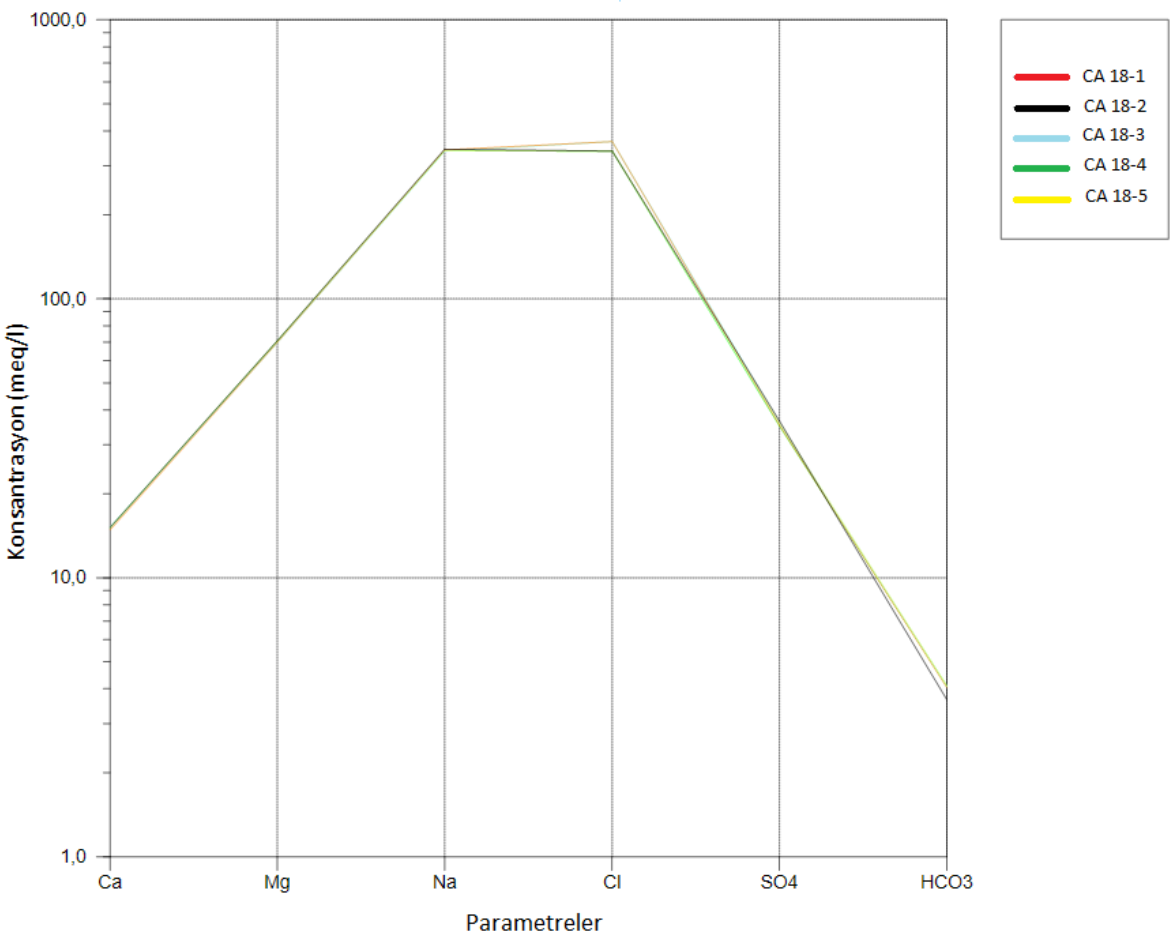
Tablo 4.28: Schoeller klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması (Şener ve Güneş, 2014'ten değiştirilmiştir).

	Su sınıfı	Klorür miktarı (meq/l)
	Hiperklorür sular	>700
	Klorotalastik sular	420-700
Klorür sınıflaması	Klorürce zengin sular	140-420
	Orta klorürlü sular	40-140
	Oligoklorürlü sular	15-40
	Olağan klorürlü sular	<15
	Su sınıfı	Sülfat miktarı (meq/l)
	Hiposülfatlı sular	>58
Sülfat sınıflaması	Sülfatlı sular	24-58
	Oligosülfatlı sular	6-24
	Olağan sülfatlı sular	<6
	Su sınıfı	Karbonat-Bikarbonat (meq/l)
Karbonat- Bikarbonat	Hiperkarbonatlı sular	>7
sınıflaması	Olağan karbonatlı sular	2-7
	Hipokarbonatlı sular	<2

Schoeller'e göre inceleme alanından alınan su numuneleri sınıflandırıldığında tüm hepsinin;

- Na-Cl karakterinde, olağan karbonatlı ($2<rHCO_3<7$),
- Sülfatlı ($24<rSO_4<58$),
- Klorürce zengin ($140<rCl<420$) sular olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen Schoeller diyagramında tüm çizgilerin üst üste gelmesinin sebebi alınan ve sınıflandırılan her örneğin aynı su sınıfında bulunuyor olmasıdır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: İnceleme alanından alınan su numunelerine göre Schoeller diyagramı

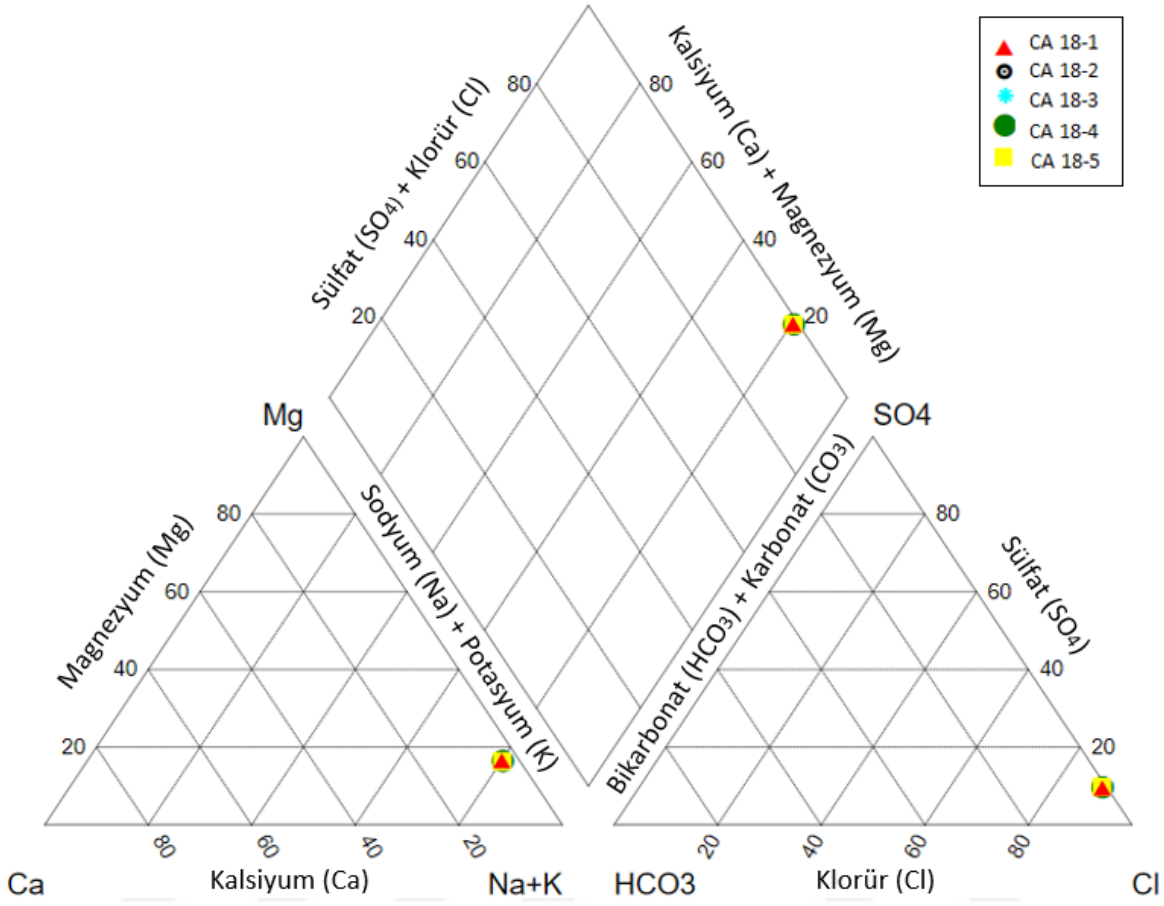
4.5.2. Piper Diyagramı

Piper diyagramında major anyon ve katyonlar (meq/l cinsinden) birbirinden ayrı iki temel üçgende gösterilir. Katyon üçgeninin belirlenmiş iyonları kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum, anyon üçgeninin belirlenmiş iyonları bikarbonat, klorür, sülfattır. Orta kısım, tüm iyonların bir arada gösterildiği eşkenar dörtgendir. Özetle Piper diyagramı, su numunesi ya da numunelerinin hidrojeokimyasal fasiyeslerini belirlemede ve suların karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Pehlivan ve Yılmaz, 2005).

İnceleme alanından alınan su numuneleri Piper'e göre sınıflandırıldığında, 5 farklı örneğin de;

- $Na+K > Ca+Mg$ (tuzlu ve sodalı sular),
- $Cl+SO_4 > HCO_3 + CO_3$ (karbonat olmayan sertlik > karbonat sertliği, güçlü asit kökleri toplamı > zayıf asit kökleri toplamı) fasiyesinde olduğu görülmüştür.

Elde edilen Piper diyagramında her bir üçgen ve bir dörtgen üzerindeki noktaların üst üste bulunuyor olmasının sebebi alınan her numunenin aynı su sınıfında bulunuyor olmasıdır (Şekil 4.2).

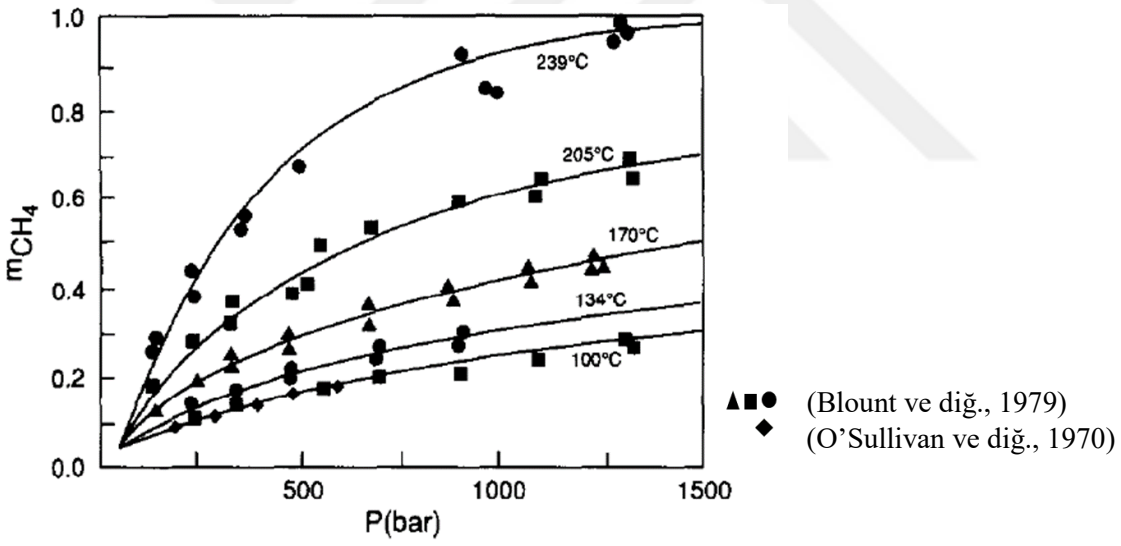


Şekil 4.2: İnceleme alanından alınan su numunelerine göre Piper diyagramı

4.6. BATI KARADENİZ AKÇAKOCA AÇIKLARININ HİDROKARBON POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Metanın sulu çözeltilerdeki çözünürlüğü geniş bir sıcaklık – basınç aralığı boyunca belirlenir ve basıncın artmasıyla bu gazın çözünürlüğünün de arttığı söylenebilir. Charles ve Price, (1982)'a göre çözünmüş metan gazı içerikli bir sulu çözeltiye, küçük miktarlarda CO_2 ve etan gazı eklenmesi metan gazının çözünürlüğünü arttırmakta, solüsyon içerisinde yüksek oranda çözünmüş gazların varlığı, metan gazının çözünürlüğünü azaltmaktadır. Metan gazı, doğal tuzlu sulardaki baskın gaz iken, diğer hidrokarbon gazları ile birlikte de bulunabilir.

Duan, Z. ve diğ. (1992)'de, metanın 0 – 250^{0}C sıcaklık ile 0-1600 bar basınç arasında, tuzlu sulardaki çözünürlüklerini deneysel olarak incelemişler ve deniz suyunda, hatta karmaşık olarak nitelendirdikleri jeotermal tuzlu suyunda, belirtilen basınç ve sıcaklık değerleri arasında metan çözünürlüğünü, modellemeleri ile doğrulamışlardır.



Şekil 4.3: Metan gazının deniz suyunda çözünürlük – basınç grafiği (Blount ve diğ., (1979), O'Sullivan ve diğ., (1970)'ten değiştirilerek çizilmiştir).

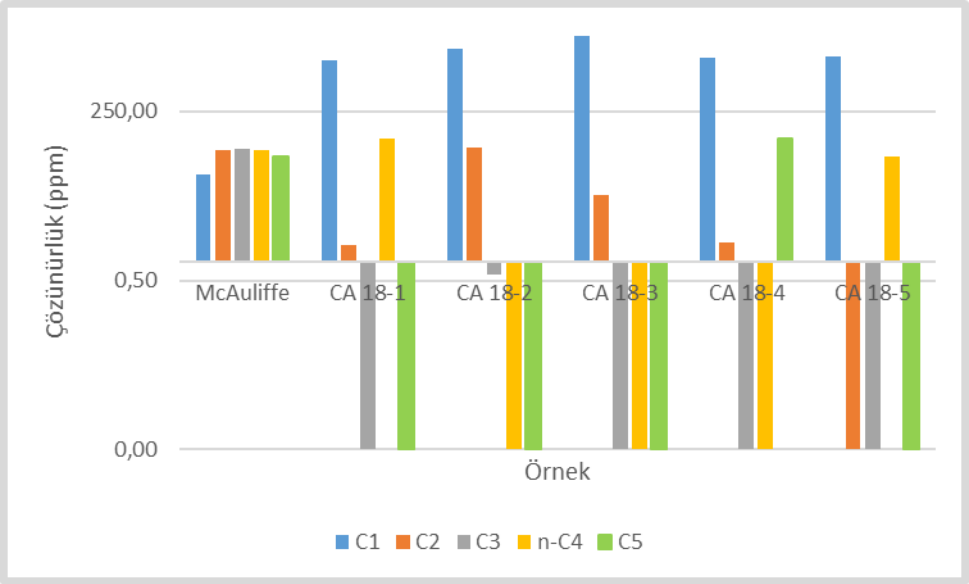
Deneysel çalışmalar ile deniz suyunda ve doğal sularda metan gazının çözünürlüğünü araştıran Blount ve diğ.(1979) ve O'Sullivan ve diğ., (1970)'e göre deniz suyu içerisindeki metan gazı çözünürlüğünün, basınç ve sıcaklık ile orantılı bir şekilde arttığı söylenebilir.

Tablo 4.29: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın hidrokarbon gaz verileri

GAZ TÜRÜ	GAZIN FORMÜLÜ	MOLEKÜL AĞIRLIĞI	25°C SUDA ÇÖZÜNÜRLÜK (ppm)	KAYNAMA DERECESİ °C (1atm)
Metan	CH_4	16.04	24.4	-162
Etan	C_2H_6	30.07	60.4	-89
Propan	C_3H_8	44.09	62.4	-42
Izobütan	C_4H_{10}	58.12	48.9	-12
n-Bütan	C_4H_{10}	58.12	61.4	-1
Izopentan	C_5H_{12}	72.15	47.8	30
n-Pentan	C_5H_{12}	72.15	38.5	36

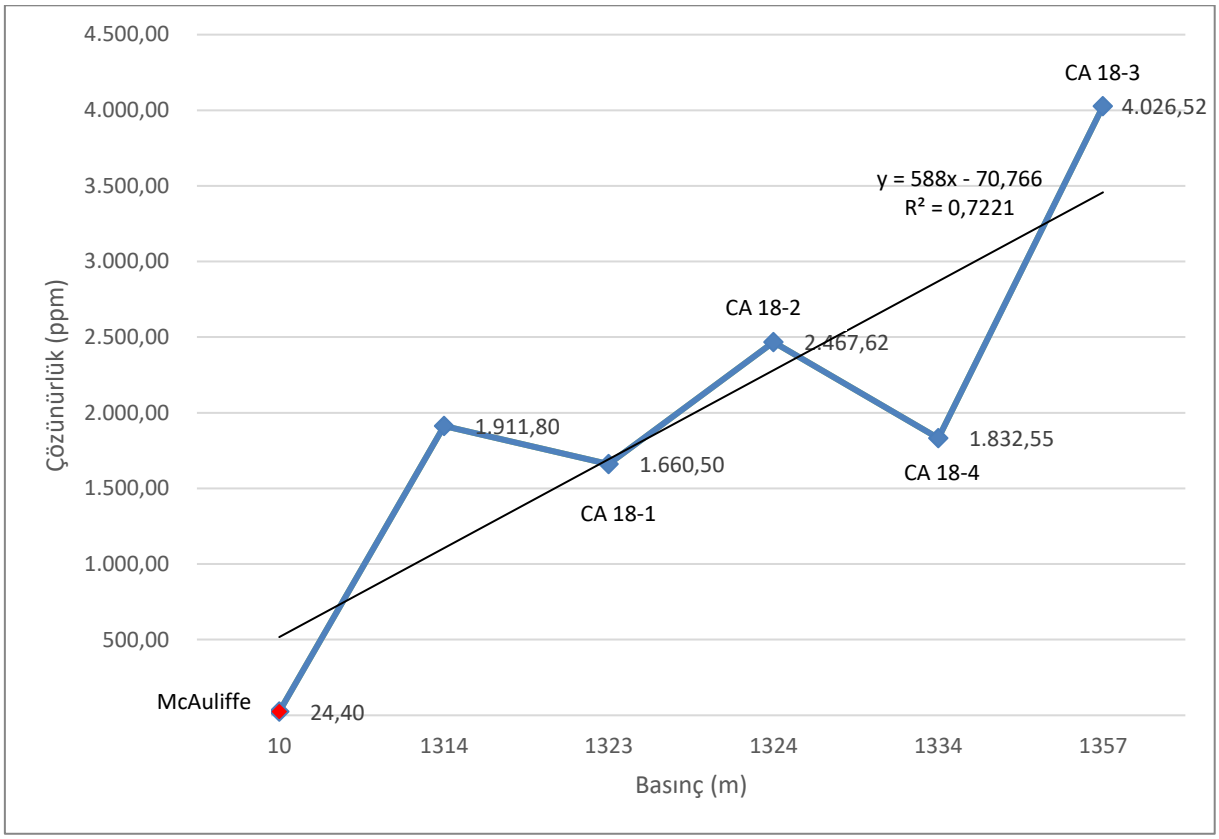
Oda koşullarında (1 atm basınç, 25^0C sıcaklıkta çözünürlük) hidrokarbon gazları sırasıyla C1 24,4 ppm; C2 60,4 ppm; C3 62,4 ppm; n-C4 61,4 ppm; C5 47,8 ppm olarak McAuliffe (1966) tarafından ölçülmüştür.

Buna göre, oda koşullarındaki hidrokarbon çözünürlükleri ile inceleme alanından alınan numunelerdeki hidrokarbon çözünürlükleri bir arada, bir diyagram üzerinde gösterilmiştir. Oda koşullarında elde edilen gaz verileri birbirlerine yakın iken, araştırma kapsamında yapılan analiz sonuçlarına göre, bölgedeki metan gazı potansiyelinin en yüksek olduğu, propan gazının çözünürlüğünün ise en düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.4).



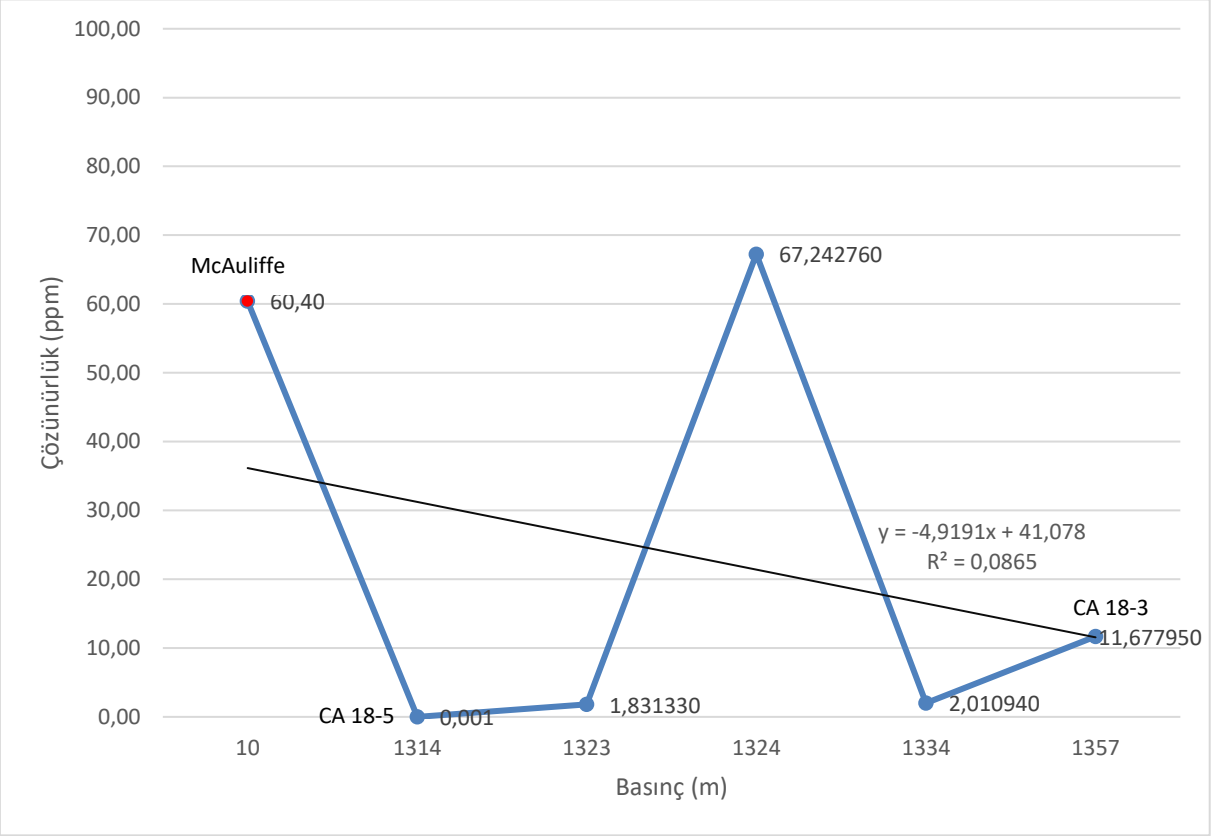
Şekil 4.4: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın hidrokarbon gaz verileri ile inceleme alanından alınan su numunelerinin hidrokarbon gaz verilerinin karşılaştırılması (C1; metan, C2; etan, C3; propan, n-C4; n-bütan, C5; pentan)

Oda koşullarında hidrokarbonların çözünürlüklerine göre, çalışma alanından alınan su örneklerinin içerisindeki çözünmüş hidrokarbon potansiyelleri kullanılarak, değişkenler arasında regresyon analizi yapılmıştır. Böylece, her bir hidrokarbon türüne göre ayrı ayrı çizilen grafikler ışığında çözünürlüğün derinlikle olan ilişkisi saptanmaya çalışılmıştır.



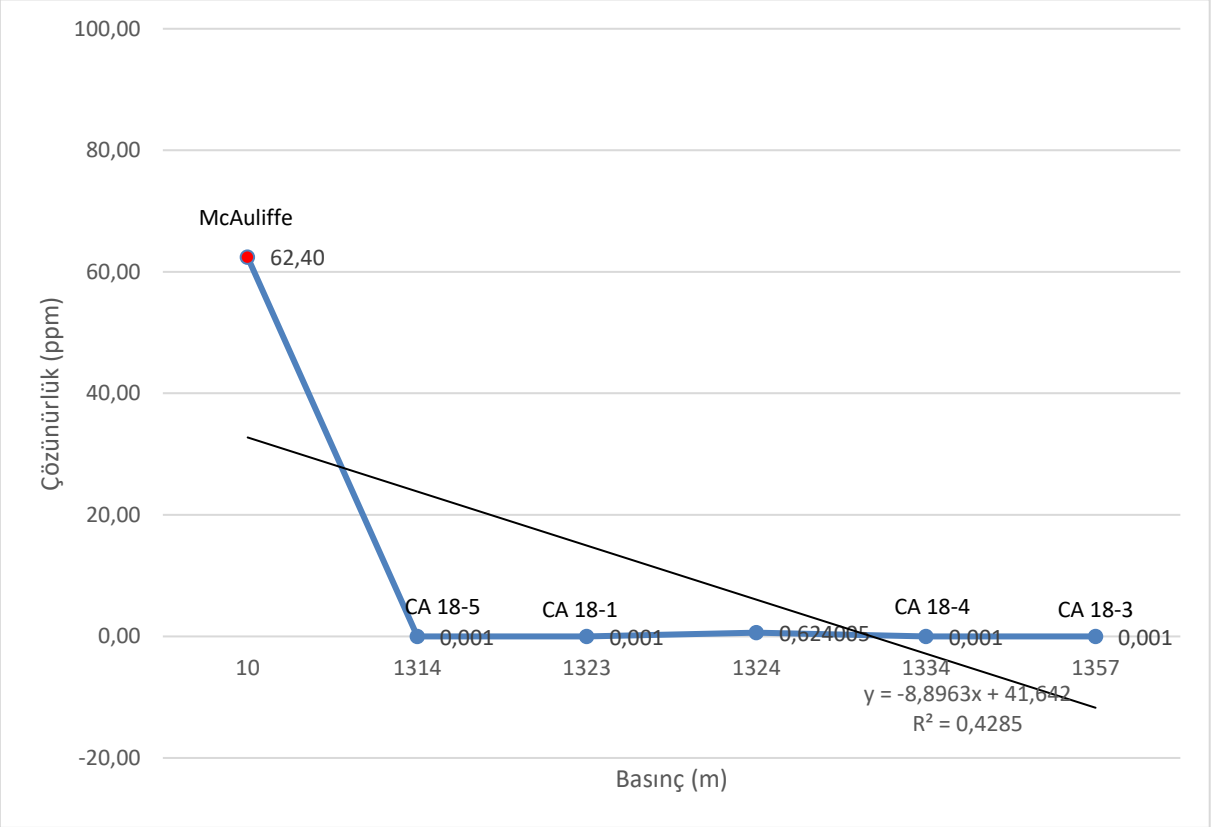
Şekil 4.5: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği metan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki metan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı)

İnceleme alanında en derin noktadan alınan CA 18-3 su numunesinde belirgin olarak en yüksek metan gazı değeri 4.026,52 ppm olarak ölçülmüştür. Elde edilen grafik sonucuna göre metan gazının derinliğe bağlı olarak arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.5).



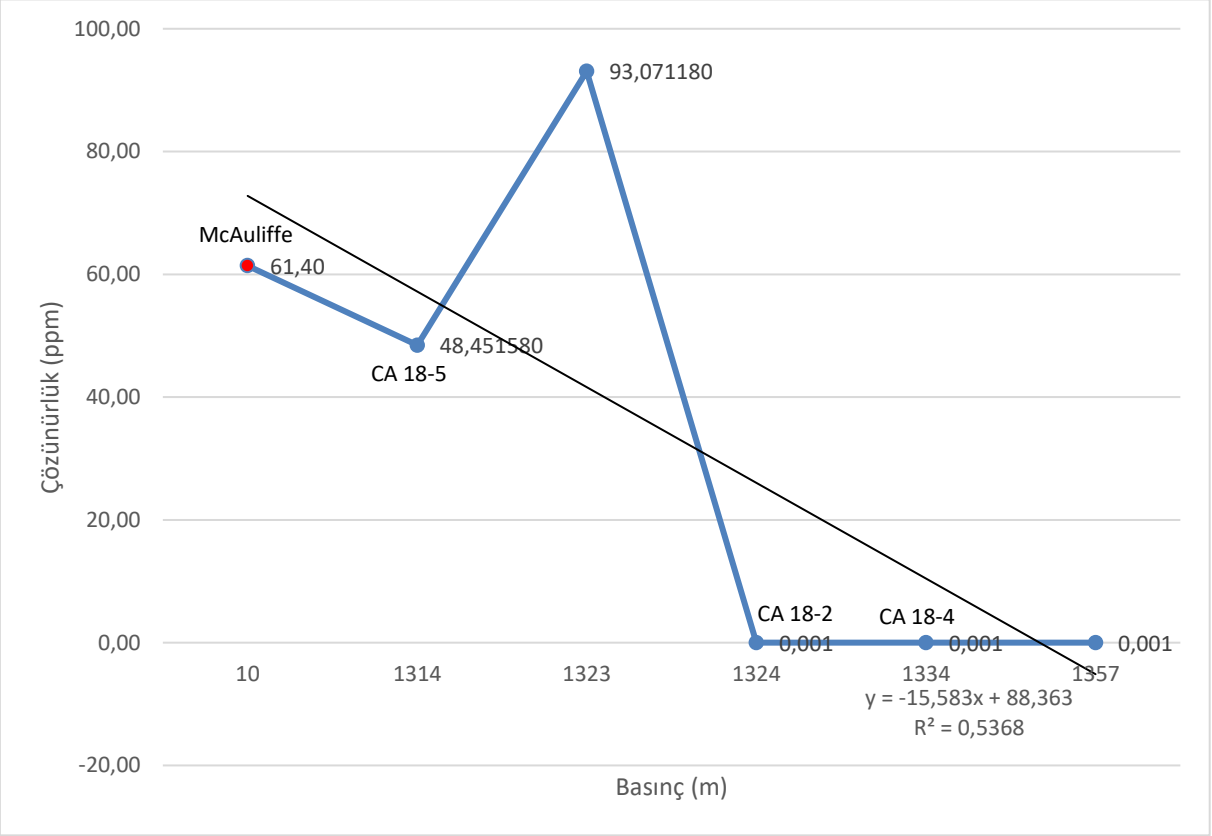
Şekil 4.6: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği etan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki etan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı)

İnceleme alanından alınan su numunelerinin etan gazı potansiyelleri ile elde edilen grafik, etan gazının ortamda derinliğe bağlı olarak azaldığını düşündürmektedir (Şekil 4.6).



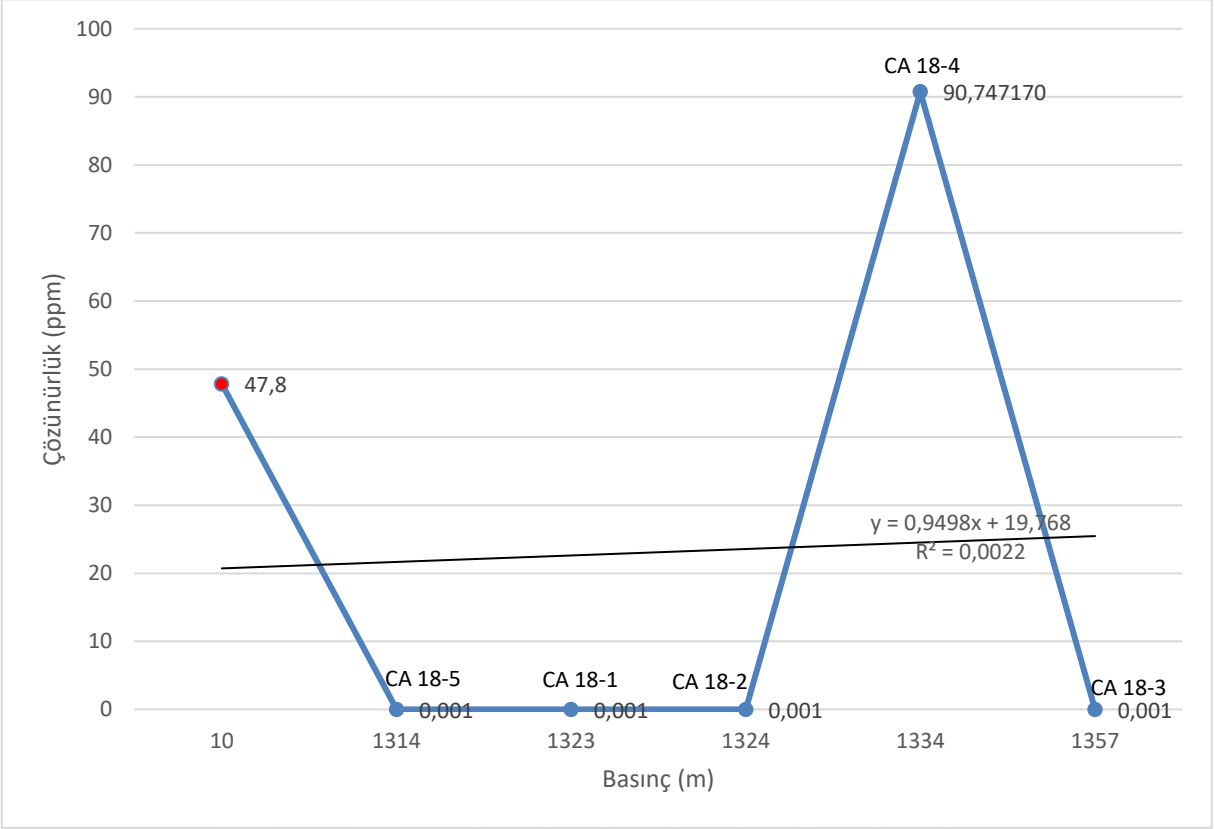
Şekil 4.7: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği propan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki propan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı)

İnceleme alanından alınan su numunelerinin propan gazı potansiyelleri ile elde edilen grafik, propan gazının, çalışma alanında derinlik arttıkça azaldığını göstermektedir (Şekil 4.7).



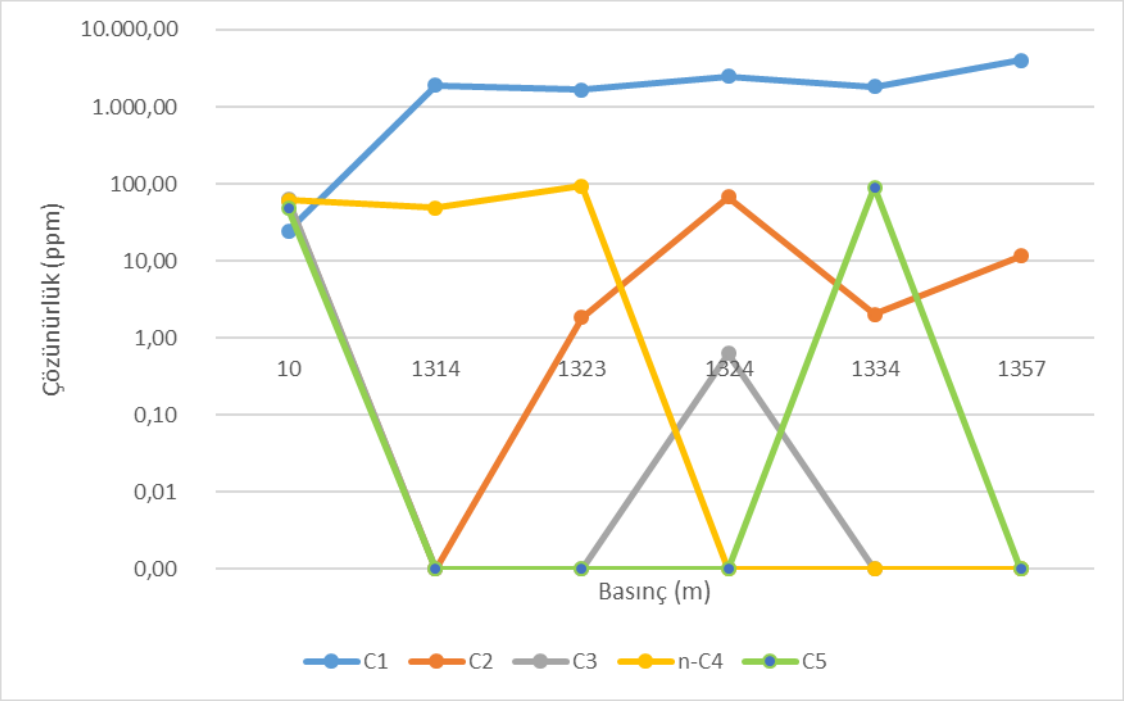
Şekil 4.8: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği bütan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki bütan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı)

İnceleme alanından alınan su numunelerinin bütan gazı potansiyelleri ile elde edilen grafik, bütan gazının çalışma ortamında derinliğe bağlı olarak azaldığını belirtir (Şekil 4.8).

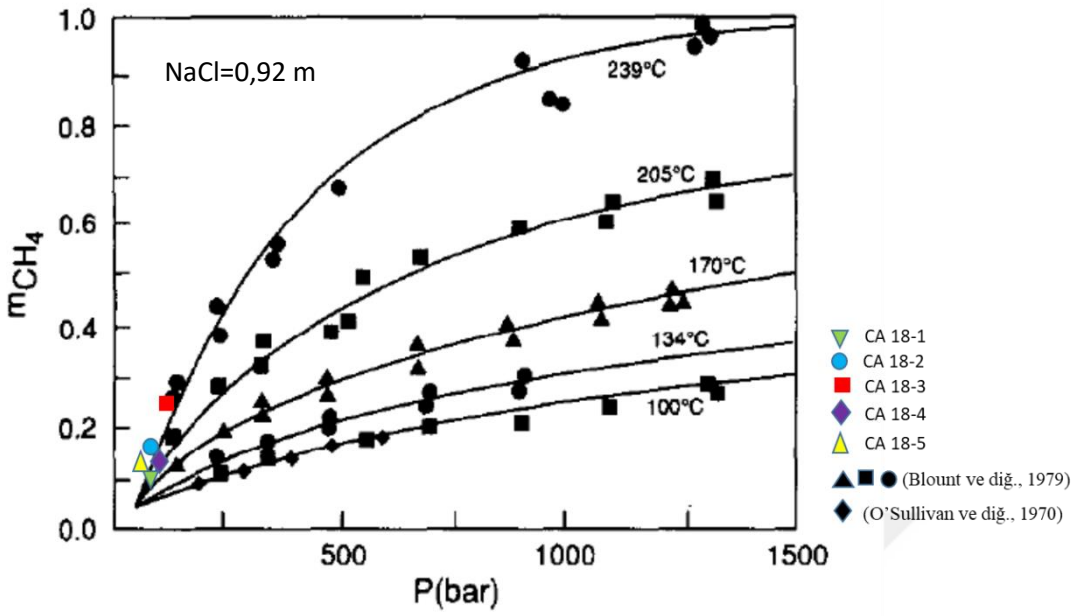


Şekil 4.9: Oda koşullarında McAuliffe (1966)'nın belirlediği pentan gazı çözünürlüğü ve inceleme alanından alınan su numunelerinin içerisindeki pentan gazı çözünürlüğü (y: eğilim çizgisi denklemi, R^2: korelasyon katsayısı)

İnceleme alanından alınan su örneklerinin pentan gazı potansiyeli incelendiğinde, çözünürlüğünün derinlikle olan ilişkisi hakkında güvenilir bir sonuca ulaşılmamıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.10: İnceleme alanındaki çözünmüş gaz bileşimi potansiyeli (C1: metan, C2: etan, C3: propan, C4: n-bütan, C5: pentan)



Şekil 4.11: Metan gazının deniz suyunda çözünürlük – basınç grafiği (İnceleme alanında $NaCl_{ort}$ = 0,92 m, T= 9^0C, Blount ve diğ., (1979), O'Sullivan ve diğ., (1970)'ten değiştirilerek çizilmiştir).

İnceleme alanından örneklenen su numuneleri içerisindeki NaCl ve CH_4 çözünürlük değerleri ppm olarak ölçülmüştür. Literatürde geçen çalışmalar ile karşılaştırabilmek ve sebep sonuç ilişkisi kurabilmek amacıyla tüm ppm değerleri, molalite cinsinden hesaplanmış, aşağıda formüller ile gösterilmiştir. İnceleme alanındaki $NaCl_{ort}$= 0,34 m olarak bulunmuştur. Şekil içerisinde inceleme alanından alınan 5 farklı örneğin metan gazı çözünürlüğü renkli simgeler ile belirtilmiştir (Şekil 4.11)

NaCl değerleri

- CA ⟶ 18-1 7814,00 ppm

(7814 x 10^{-3} g) / (23 g/m) = 0,339 m

- CA ⟶ 18-2 7787,00 ppm

(7787 x 10^{-3} g) / (23 g/m) = 0,338 m

- CA ⟶ 18-3 7862,00 ppm

(7862 x 10^{-3} g) / (23 g/m) = 0,341 m

- CA ⟶ 18-4 7825,00 ppm

(7825 x 10^{-3} g) / (23 g/m) = 0,340 m

- CA ⟶ 18-5 7915,00 ppm

(7915 x 10^{-3} g) / (23 g/m) = 0,344 m

CH_4 değerleri

- CA ⟶ 18-1 1660 ppm

(1660 x 10^{-3} g) / (16,042 g/m) = 0,103 m

- CA ⟶ 18-2 2467 ppm

(2467 x 10^{-3} g) / (16,042 g/m) = 0,153 m

- CA ⟶ 18-3 4026 ppm

(4026 x 10^{-3} g) / (16,042 g/m) = 0,250 m

- CA ⟶ 18-4 1832 ppm

(1832 x 10^{-3} g) / (16,042 g/m) = 0,114 m

- CA ⟶ 18-5 1911 ppm

(1911 x 10^{-3} g) / (16,042 g/m) = 0,119 m

İnceleme alanından alınan su numunelerinin metan gazı çözünürlükleri, basınç değişimine göre, Blount ve diğ. (1979) ile O'Sullivan ve diğ. (1970)'in yaptığı çalışma ile karşılaştırılmıştır. Yapılan kıyaslamada, önceki çalışmayı destekler nitelikte, tuzlu sularda, metan gazının derinliğe bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. İnceleme alanındaki su sıcaklığı ortalama 9^0C olarak ölçüldüğünden sıcaklık hakkında kesin sonuç ortaya konulamamıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu proje, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında, Batı Karadeniz – Akçakoca kıtasal yamacında deniz suyu içindeki elementel yoğunluk ile su sütunları içinde çözünmüş gazların bileşim ve miktarları araştırılmıştır.

Arazi çalışması niteliğinde deniz suyu numuneleri toplanmış, laboratuvar ortamlarında hem gaz kromatogramı hem ICP-MS yöntemi ile numunelerin analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar tablolar halinde özetlenmiştir.

Numunelerden elde edilen veriler kapsamında Pearson Korelasyon Katsayısı kullanılarak sudaki anyon – katyonlar ve hidrokarbon gazlarının birbirleriyle olan ilişkisi ortaya konulmuş, inceleme alanındaki toplam gaz potansiyelinin, basınç, sıcaklık ve tuzluluğa bağlı ilişkisi araştırılmıştır.

Su kolonları boyunca örneklenen suların, metan, etan, propan, bütan ve pentan gazlarının miktarları ölçülmüştür.

Buna göre ölçülen metan gazı (C1) çözünürlüğü CA 18-1 numunesinde 1.660,50 ppm, CA 18-2 numunesinde 2.467,61 ppm ppm, CA 18-3 numunesinde 4.026,51 ppm, CA 18-4 numunesinde 1.832,55 ppm, CA 18-5 numunesinde 1.911,79 ppm şeklindedir.

Etan gazı (C2) çözünürlüğü CA 18-1 numunesinde 1,83 ppm, CA 18-2 numunesinde 67,24 ppm, CA 18-3 numunesinde 11,67 ppm, CA 18-5 numunesinde 2,01 ppm, CA 18-5 numunesinde 0 ppm olarak ölçülmüştür.

Propan gazı (C3) çözünürlüğü yalnızca CA 18-2 numunesinde 0,62 ppm olarak ölçülmüştür.

Bütan gazı (n-C4) CA 18-1 numunesi içinde 93,07 ppm ile CA 18-5 numunesi içide 48,45 ppm olarak ölçülmüştür.

Pentan gazı sadece CA 18-4 numunesinde 90,74 ppm değerinde ölçülmüştür.

Metan gazının, inceleme alanındaki baskın gaz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Su kolonları boyunca alınan örneklerde anyon – katyon analizleri yapılmıştır. Buna göre su içerisindeki ppm / ppb ölçülerinde analiz edilen elementler Bor, Baryum, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum, Sodyum, Kükürt ve Stronsiyum şeklindedir. B: 2980-3389 ppb, Ba: <80-221 ppb, Ca: 298,10-305,10 ppm, K: 272-280 ppm, Mg: 846-860 ppm, Na: 7787-7915 ppm, S: 600-615 ppm, Sr: 5382-5544 ppb aralığında ölçülmüştür.

Örneklenen sularda F: 0,63 – 0,65 mg/l, $CaCO_3$: 184 – 206 mg/l, HCO_3: 224 – 251 mg/l, CO_3: <1,0, OH: <1,0 mg/l, Br: 41,00 – 43,00 mg/l, SO_4: 1680 – 1750 mg/l, Cl: 12000 – 13000 mg/l, Kondüktivite: 35100 – 35300 µS/cm, ph: 7,88 – 8,31 arasında ölçülmüştür.

Alınan su numunelerinde pozitif korelasyon ve negatif korelasyon gösteren katyon ve anyonlar incelenmiş, Pearson korelasyon katsayısı ile ortaya konulmuştur.

Buna göre; sudaki B çözünürlüğü arttıkça Ba çözünürlüğünün ve suyun pH'ının arttığı, sudaki Ba çözünürlüğü arttıkça K çözünürlüğünün arttığı ve sudaki Ca çözünürlüğü arttıkça, Sr çözünürlüğünün arttığı söylenebilir.

Na içeriği arttıkça suyun asidik özellik kazandığı, CH_4 çözünürlüğü arttıkça Sr çözünürlüğünün azaldığı, C_2H_6 çözünürlüğü arttıkça F çözünürlüğünün azaldığı ve suyun pH'ının arttıkça elektriksel iletkenlik özelliğinin zayıfladığı söylenebilir.

Arazi çalışması kapsamında, sular 2018 yılının Temmuz ayında örneklenmiş olup, suların sıcaklıkları 9^0C olarak ölçülmüştür.

İnceleme alanı suları Schoeller diyagramına yerleştirildiğinde tüm suların Na-Cl tipinde ve ($2<rHCO_3<7$), ($24<rSO_4<58$), ($140<rCl<420$) su sınıflamasında olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanı suları Piper diyagramına yerleştirildiğinde, 5 farklı örneğin de Na+K > Ca+Mg, $Cl+SO_4 > HCO_3+CO_3$ (tuzlu ve sodalı sular) fasiyesinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında bulunan en hakim gaz olan metan gazının ve diğer hidrokarbon gazlarının, derinliğe bağlı çözünebilirliği incelenmiştir. Metan gazının derinliğe bağlı olarak çözünürlüğünün arttığı, etan, propan ve bütan gazlarının derinlikle birlikte çözünürlüğünün azaldığı söylenebilir. Pentan gazı için bu soruya kesin ya da kesine yakın bir cevap bulunamamıştır.

Alınan sulardaki metan gazı çözünürlükleri, basınç değişimine göre, Blount ve diğ. (1979) ile O'Sullivan ve diğ. (1970)'in yaptığı çalışma ile karşılaştırıldığında önceki çalışmayı destekler nitelikte tuzlu sularda, metan gazının derinliğe bağlı olarak arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Akman, A. Ü. (1992). Karadeniz çevresi havzalarının açılış mekanizmaları ve yaşı, *KB Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, Ankara.*

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, L., Tütüncü, K., ve Uysal, Ş. (1974). 1/50.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, Zonguldak E29 a, E29 b, E29 c, E29 d, Kastamonu E30 a, E30 d. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara.

Alişan, C. ve Derman, A. S., (1995). The first palynological ager, sedimentological and stratigraphic data for Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea. Geologi of the Black Sea Region. *General Directorate of Mineral Researc and Exploration and Chamber of Geological Engineers,* Ankara, Turkey, 93-98.

Altun, İ. E. ve Aksay, A. (2002). 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No: 27 Ereğli – F-26 paftası. MTA yayınları.

Amouroux, D., Roberts, G., Rapsomanikis, S., Andreae, M. O. (2002). Biogenic Gas (CH_4, N_2O, DMS) Emission to the Atmosphere from Near- shore and Shelf Waters of the North – western Black Sea. Volume 54, 575-587.

Arni, P. (1931). Zur Stratigraphie und Tektonik der Kreideschichichten östlich Ereğli an der Schwarzmeerküste. *Eclogae geol.* Helvetiae, 24, 305-345.

Arpat, E., Tütüncü, K., Uysal, Ş., ve Göğer, E. (1978). Safranbolu yöresinde Kambriyen – Devoniyen istifi. *Türkiye Jeoloji Kurumu, 32. Bilimsel ve teknik Kurultayı bildiri özetleri* 67-68.

Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. ve Özçelik, Y., (1987). Çamdağ (Sakarya)- Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,* 30, 1 – 14.

Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar H.S., Özçelik, Y., Akarsu, I., Üngör, A., Çokuğraş, R., ve Kasar, S., (1986). Ballıdağ – Çangaldağı (Kastamonu) arasındaki bölgenin jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,* 29, 2, 1-16.

Banks, C. J., Robinson, A. G, (1997). Mesozoic strike-slip back-arc basins of the Western Black Sea. In Robinson, A. G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. *American Association of Petroleum Geologist Memoir,* vol. 68, 53 – 62. Tulsa, OK.

Blount C. W., Price L. C. Wenger, L. M., Tarullo, M. (1979). Methane solubility in aqueus NaCl solutions at elevated temperatures and pressures. *Proc. 4th US Gulf Coast Geopressured-geothermal Energy Conference 3,* 1225 – 1262.

Blount, C. W., and Price L. C. (1978 – 1982). Solubility of methane in water under natural conditions a laboratory study. Department of Geology Idaho State University Pocatello, Idaho, 83209, 208,236,3565.

D.A.Skoog, D.M. West, II. Ed., (1981). Principles of Instrumental Analysis.

Dachev, C., and Georgiev, G., (1995). Rift tectonic problems in the Western Black Sea basin. IGCP Project No: 369. *Comparative Evolution of Peri – Tethyan Rift Basins, 2nd Annual Meeting,* Mamaya-Romania, Abstracts Volume.

Dean W. T., Martin, F., Monod, O., Demir, O., Rickards, R. B., Bultynck, P. ve Bozdoğan, N., (1997). Lower Paleozoic stratigraphy, Karadere – Zirve area, Central Pontides, northern Turkey (Early Paleozoic Evolution in NW Gondwana). *IGSP Project No: 351, Third International Meeting. November geologist, Ankara, Special Publication* No: 3, 32-38.

Derman, A. S. ve Özçelik, Y., (1993). Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Paleozoyik birimlerinin stratigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve yörenin muhtemel paleocoğrafik evrimi. *A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler,* Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2-5, 11-20.

Deveciler, E., Akat, U., Akçaören, F., Altun, İ. E., Keskin, E., Sevin, M., Acar, Ş., Armağan, F., Erdoğan, K. ve Şengün, M., (1989). Çatalzeytin (Kastamonu) dolayının jeolojisi. *MTA Rap.* No: 8617, *yayımlanmamış.*

Duan, Z., Moller, N., Greenberg, J., Weare J. H., (1992). The prediction of methane solubility in natural waters to high ionic strength from 0 to 250^0C and from 0 to 1600 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol, 56. 1451-1460.

Erduran, B., Törk, K. ve Öktü, G., (2003). Zonguldak ve Çevresindeki Yeraltısularının İzotop Hidrolojisi İncelemesi. *MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi*.

Ergün, M., Çiftçi, G., Dondurur, D. (2001). Karadeniz Sedimentlerinde Gaz Hidrat Oluşumu ve Etkilerinin Araştırılması. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu.* No: 100Y078.

Finetti, I., Bricchi, G., Del Den, A., Pipan, M. and Xuan, Z., (1988). Geophysical Study of the Black Sea. *Bollentino Di Geofisica Teorika Ed Applicata*, 30, 197-324.

Gedik, A. ve Korkmaz, S., (1984). Sinop Havzası'nın jeolojisi ve petrol olanakları, Jeoloji Mühendisliği, V: 19.

Gedik, I. ve Önalan, M., (2001). Çamdağ (Sakarya ili) Paleozoyik stratigrafisine ait yeni gözlemler. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi,* 14, 1-2, 61-76.

Gedik, I., (2002). Kocaeli Yarımadası ve Çamdağ (Sakarya ili) Alanında Yeni Adlanan ve Adları Değiştirilen Litostratigrafi Birimleri. *Türkiye Stratigrafi Komitesi Çalıştayı, Batı Karadeniz Bölgesi'nin Litostratigrafi Adlamaları,* MTA Genel Müdürlüğü, 17-18.

Georgiev G., (2011). Geology and Hydrocarbon Systems in the Western Black Sea. *Turkish Journal of Earth Sciences,*Vol 21, 2012 pp. 723-754.

Görür, N., (1988). Timing of opening of Black Sea basin. *Tectonophysics,* 147, (3-4), 247-262.

Haas, W., (1968), Das Alt – Paleozoikum von Bithynien (Nordwest-Türkie). *N. Jb. Geol. Paleont. Abh.,* 132, 2, 178-242.

Hachenberg, H. and Schmidt, A. P., (1976). Gas Chromatographic Headspace Analysis. Heyden & Son Ltd, Spectrum House, London, 123.

Kaya, O., (1978). İstanbul Ordovisteni ve Silüryeni. *Yerbilimleri,* 4, 1-, 1-22.

Kaya, O., (1982). Ereğli, Yığılca, Bolu, Kuzey Mengen alanalrının stratigrafisi ve yapısal özellikleri. *TPAO Rap.* No: 1639.

Kaya, O., Dizer, A., Tansel, I. ve Öner, S., (1986). Yığılca (Bolu) alanı Üst Kretase ve Paleojenin stratigrafisi. *MTA Derg.* 107, 13-32.

Kerey, İ. E., (1982). The evolution of the Upper Carboniferous in Northwestern Turkey. The Geological evolution of the Eastern Mediterranean Sea. *Doğu Akdeniz'in Jeolojik Evrimi Uluslararası Toplantısı.* Edinburgh, İskoçya.

Ketin, İ. ve Gümüş. A., (1963). Sinop – Ayancık arasında 3. bölgeye dahil sahaların jeolojisi. *TPAO Rap.* No: 288, 37.

Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (2007). Kocaeli İl Çevre Durum Raporu

Lüdmann, T., Wong, H. K., Konerding, P., Zillmer, M., Petersen, J., Flüh, E., (2004). Heat flow and quantity of methane deduced from a gas hydrate field in the vicinity of the Dnieper Canyon, northwestern Black Sea. *Geo- Marine Letters,* Vol. 24, 182 – 193.

McAuliffe, C. (1966). Solubility in Water of Paraffin, Cycloparaffin, Olefin, Acetylene, Cycloolefin and Aromatic Hydrocarbons. *Chevron Research Company,* La Habra, California, Vol 70.

Nikishin, A. M., Korotaev, M. V., Ershov, A. V. and Brunet, M., (2003). The Black Sea basin: tectonic history and Neogene – Quaternary rapid subsidence modeling. *Sedimantary Geology,* 156, 149-168.

O'Sullivan T.D. and Smith N. O., (1970). The solubility and partial molar volume of nitrogen and methane in water and in aqueous sodium chloride from 50 to 125^{0}C and 100 to 600 atm. *J. Phys. Chem.* 74, 1460-1466.

Okay, A., Şengör, A. M. C. ve Görür, N., (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology,* 22, 267-270.

Önalan, M., (1982). Pendik bölgesi ile adaların jeolojisi ve sedimanter özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fak. Jeoloji Bölümü, İstanbul, Doçentlik tezi, yayımlanmamış.*

Özel, S., Çiftçi, G., Okay, S., Dondurur, D., Er, M., Kim, D. C., Bae, S. H., 2013, Doğu Karadeniz'de Gaz Hidratların ve Sığ Gaz Birikimlerinin Akustik Özellikleri ile İlgili Yapılan AVO Analizi. *19th International Petroleum and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey.*

Pehlivan, R. ve Yılmaz, O., 2005, Hidrojeokimya. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,* 160.

Popescu, I., Lericolais, G., Panin, N., Batist, M., Gillet, H., 2007, Seismic Expression of Gas and Gas Hydrates Across the Western Black Sea. *Geo – Marine Letters,* Vol. 27, Issue 2 – 4, 173 – 183.

Ralli, G., 1933, Zonguldak – Ereğli havzası kömür durumu. *MTA Rap*. No: 12.

Reeburgh, W. S., Stephen, B. B. W., Whalen, C., Sandbeck, K. A., Kilpatrickt, K. A., Kerkhof L. J., 1991, Deep Sea Research, Part A. *Oceanographic Research Papers*, Vol. 38, 1189 – 1210.

Robinson, A. G., 1997, Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir 68.

Robinson, A. G., Spadini, G., Cloething, S. and Rudart, J., 1995, Stratigraphic evolution of the Black Sea: Inferences from basin modeling. *Marine and Petroleum Geology,* 12, 821-835.

Ross, D. A., 1978, Summary of results of Black Sea drilling. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. 42. *Government Printing Office,* Washington, US. Pt. 2. 2, 1149-1178.

Rummel, R.J., 1976, Understanding Correlation. Honolulu Department of Political Science University of Hawaii.

Saner, C., Taner, I., Aksoy, Z., Siyako, M. ve Bürkan, K. A., 1980, Safranbolu havzasının jeolojik yapısı ve Tersiyer paleocoğrafyası. *Türkiye Beşinci Petrol Kongresi, Bildiriler,* 111-122.

Serdar H. S. ve Demir, O., 1983, Bolu, Mengen, Devrek ve dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. *TPAO Rap.* No: 1781, yayımlanmamış.

Siyako, M., Aksoy, Z., Bürkan K. A. ve Demir, O., 1980, Zonguldak dolayının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *TPAO Rap.* No: 1536

Şener, Ş. ve Güneş, D., 2014, Aksu (Isparta) Ovası Yüzey ve Yeraltu sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.* 21 (6), 260 – 269.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics,* 75, 181-241.

Tokat, G. B., 2012, Doğu Karadeniz Bölgesi Denizel Alanda Yapılan Akustik Çalışmalar, *Lisans Tezi,* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Tokay, M., 1952, Karadeniz Ereğlisi – Alaplı – Kızıltepe – Alacaağzı Bölgesinin jeolojisi. *MTA Derg.* 42/43, 35-78.

Tokay, M., 1954-1955, Filyos Çayı Ağzı – Amasra – Bartın – Kozcağız – Çaycuma Bölgesinin jeolojisi. *MTA Derg.* 46/47, 58-74.

Turgut, S., Türkarslan, M. ve Perinçek, P., 1991, Evolution of the Thrace sedimentary basin and its hydrocarbon prospectivity. In: Spencer, A. M. (ed), *Generation, Accumulation and Production of Europe's Hydrocarbons.* EAGE Special Publication No. 1, Oxford University Press, 415-137.

Tüysüz, O., Aksay, A. ve Yiğitbaşı, E., 2004, Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. *Stratigrafi Komitesi Litostratigrafisi Birimleri Serisi -1 MTA Genel Müdürlüğü Yayınları,* Ankara.

Yalçın, M. N., İnan S., Hoşgörmez, H. ve Çetin., S., 2002, A new Carboniferous coal / shale driven gas play in the Western Black Sea Region. *Marine and Petroleum Geology,* Vol. 19

Yergök, A. F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N. N., Keskin, I., Mengi, H., Umut, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. Ve Çetinkaya, A., 1987, Batı Karadeniz Bölgesinin jeolojisi. *MTA Rap.* No: 8273.

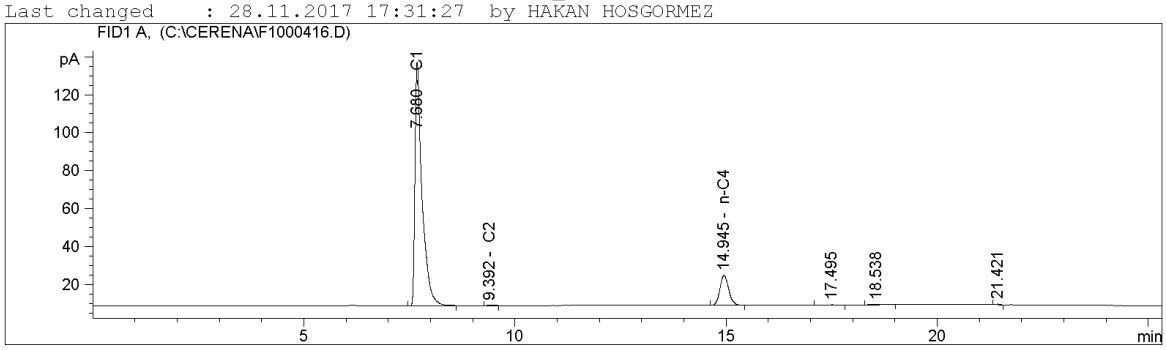
EKLER

EK 1

Data File C:\CERENA\F1000416.D Sample Name: CA 18-1

1,5 ml

```
======================================================================
Injection Date  : 02.03.2018 11:02:40
Sample Name     : CA 18-1                          Location : Vial 1
Acq. Operator   : HAKAN HOSGORMEZ                      Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\Q-MS_7F3.M
Last changed    : 24.11.2017 15:34:08  by HAKAN HOSGORMEZ
Analysis Method : C:\HPCHEM~1\1\METHODS\Q-MS_7F6.M
Last changed    : 28.11.2017 17:31:27  by HAKAN HOSGORMEZ
```




```
======================================================================
                        External Standard Report
======================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      18.10.2017 10:38:37
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A,

RetTime  Type     Area     Amt/Area    Amount   Grp   Name
 [min]           [pA*s]                 [ppm]
-------|------|----------|----------|----------|--|------------------
  7.680 PB     1491.41882    1.11337 1660.50086    C1
  9.392 PB        2.93336 6.24312e-1    1.83133    C2
 13.988            -          -          -     -   C3
 14.945 BB      225.57880 4.12588e-1   93.07118    n-C4
 15.530            -          -          -     -   C5
 19.562            -          -          -     -   C6

Totals :                              1755.40338

 Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Amount limits exceeded

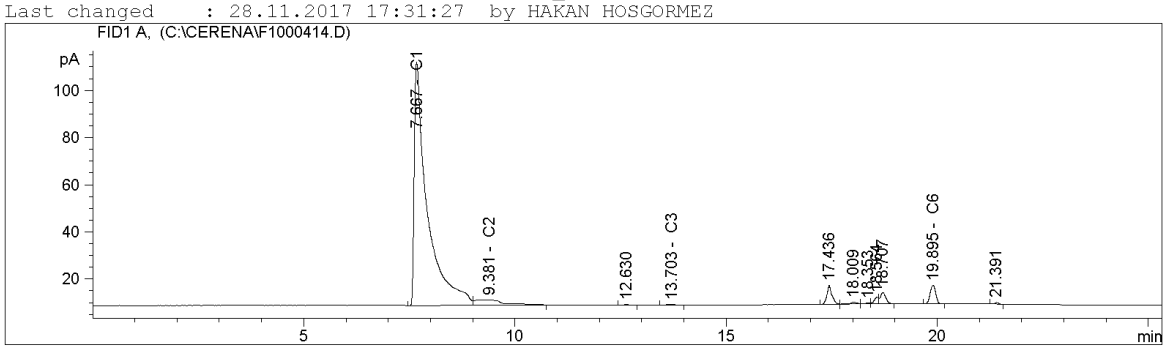
======================================================================
                          *** End of Report ***
```

EK 2

Data File C:\CERENA\F1000414.D Sample Name: CA 18-2

1,5 ml

```
======================================================================
Injection Date  : 02.03.2018 09:50:25
Sample Name     : CA 18-2                          Location : Vial 1
Acq. Operator   : HAKAN HOSGORMEZ                      Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\Q-MS_7F3.M
Last changed    : 24.11.2017 15:34:08  by HAKAN HOSGORMEZ
Analysis Method : C:\HPCHEM~1\1\METHODS\Q-MS_7F6.M
Last changed    : 28.11.2017 17:31:27  by HAKAN HOSGORMEZ
```




```
======================================================================
                        External Standard Report
======================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      18.10.2017 10:38:37
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A,

RetTime  Type     Area     Amt/Area    Amount   Grp   Name
 [min]           [pA*s]                 [ppm]
-------|------|----------|----------|----------|--|------------------
  7.667 PV     2216.35181    1.11337 2467.61945    C1
  9.381 VB      107.70704 6.24312e-1   67.24276    C2
 13.703 BP        2.71532 2.29809e-1 6.24005e-1    C3
 14.818            -          -          -     -   n-C4
 15.530            -          -          -     -   C5
 19.895 PB       72.50862 3.15676e-1   22.88922    C6

Totals :                              2558.37542

 Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Amount limits exceeded

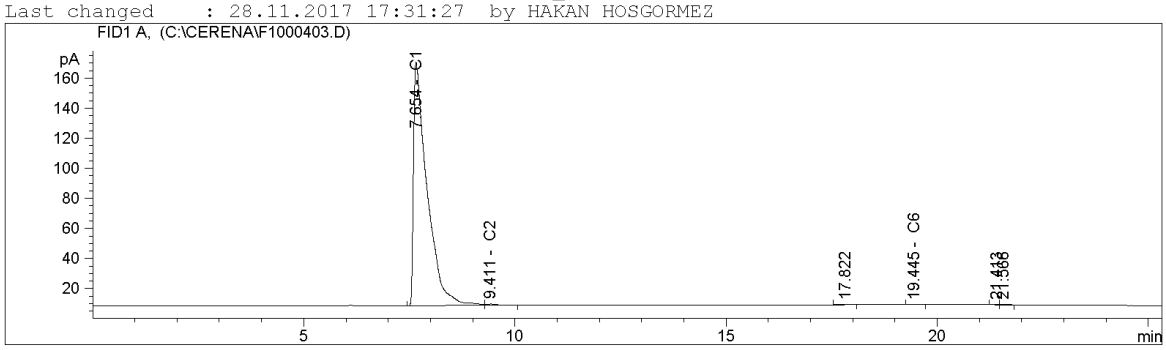
======================================================================
                          *** End of Report ***
```

EK 3

Data File C:\CERENA\F1000403.D Sample Name: **CA 18-3**

1,5 ml

```
======================================================================
Injection Date  : 28.02.2018 10:47:17
Sample Name     : CA 18-3                          Location : Vial 1
Acq. Operator   : HAKAN HOSGORMEZ                      Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\Q-MS_7F3.M
Last changed    : 24.11.2017 15:34:08  by HAKAN HOSGORMEZ
Analysis Method : C:\HPCHEM~1\1\METHODS\Q-MS_7F6.M
Last changed    : 28.11.2017 17:31:27  by HAKAN HOSGORMEZ
```




```
======================================================================
                        External Standard Report
======================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      18.10.2017 10:38:37
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A,

RetTime  Type     Area     Amt/Area    Amount   Grp   Name
 [min]          [pA*s]                 [ppm]
-------|------|----------|----------|----------|--|------------------
  7.654 PV     3616.51221    1.11337 4026.51593    C1
  9.411 VB       18.70532 6.24312e-1   11.67795    C2
 13.988            -          -          -     -   C3
 14.818            -          -          -     -   n-C4
 15.530            -          -          -     -   C5
 19.445 BB        1.25845 3.15676e-1 3.97261e-1    C6

Totals :                              4038.59114

 Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Amount limits exceeded

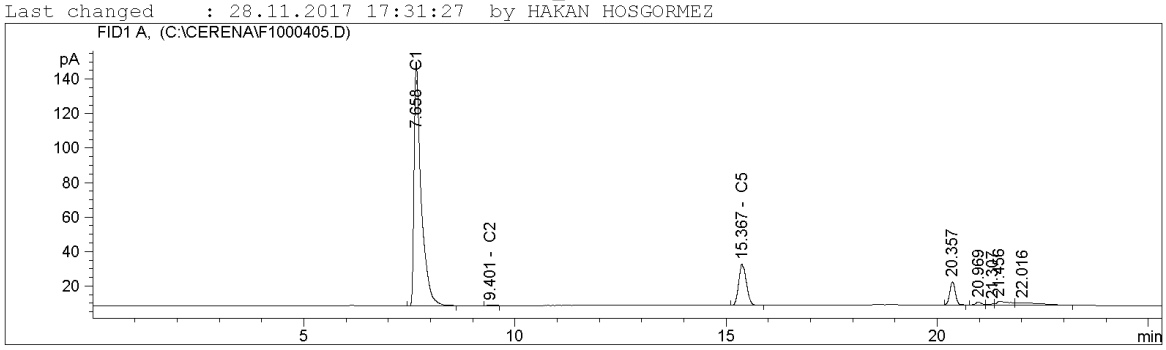
======================================================================
                          *** End of Report ***
```

EK 4

Data File C:\CERENA\F1000405.D Sample Name: CA 18-4

1,5 ml

```
======================================================================
Injection Date  : 28.02.2018 11:48:43
Sample Name     : CA 18-4                          Location : Vial 1
Acq. Operator   : HAKAN HOSGORMEZ                      Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\Q-MS_7F3.M
Last changed    : 24.11.2017 15:34:08  by HAKAN HOSGORMEZ
Analysis Method : C:\HPCHEM~1\1\METHODS\Q-MS_7F6.M
Last changed    : 28.11.2017 17:31:27  by HAKAN HOSGORMEZ
```




```
======================================================================
                      External Standard Report
======================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      18.10.2017 10:38:37
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A,

RetTime  Type     Area     Amt/Area    Amount   Grp   Name
 [min]           [pA*s]                 [ppm]
-------|------|----------|----------|----------|--|------------------
  7.658 PB     1645.95044    1.11337 1832.55172    C1
  9.401 PB        3.22105 6.24312e-1    2.01094    C2
 13.988            -          -          -     -   C3
 14.818            -          -          -     -   n-C4
 15.367 BB      301.04196 3.01444e-1   90.74717    C5
 19.562            -          -          -     -   C6

Totals :                              1925.30983

 Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Amount limits exceeded

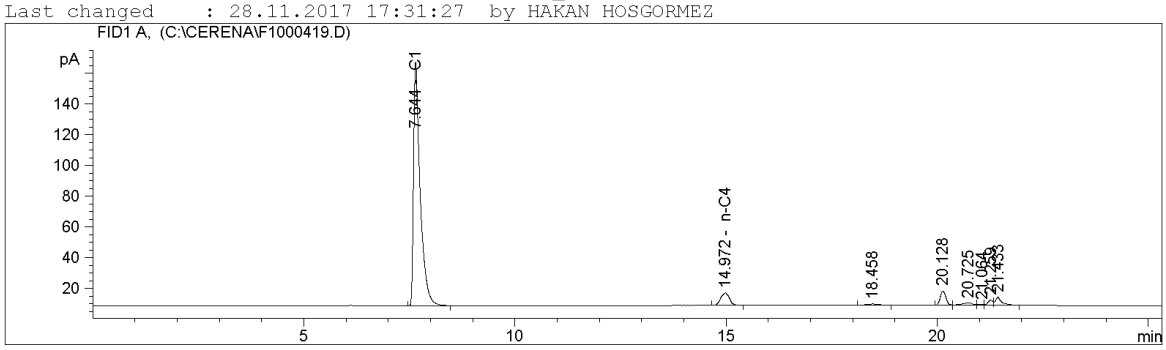
======================================================================
                          *** End of Report ***
```

EK 5

Data File C:\CERENA\F1000419.D Sample Name: CA 18-5

1,5 ml

```
======================================================================
Injection Date  : 02.03.2018 12:32:53
Sample Name     : CA 18-5                          Location : Vial 1
Acq. Operator   : HAKAN HOSGORMEZ                      Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\Q-MS_7F3.M
Last changed    : 24.11.2017 15:34:08  by HAKAN HOSGORMEZ
Analysis Method : C:\HPCHEM~1\1\METHODS\Q-MS_7F6.M
Last changed    : 28.11.2017 17:31:27  by HAKAN HOSGORMEZ
```




```
======================================================================
                        External Standard Report
======================================================================

Sorted By             :      Signal
Calib. Data Modified  :      18.10.2017 10:38:37
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 A,

RetTime  Type     Area     Amt/Area    Amount   Grp   Name
 [min]           [pA*s]                 [ppm]
-------|------|----------|----------|----------|--|------------------
  7.644 PB     1717.12585    1.11337 1911.79628    C1
  9.409            -           -          -     -   C2
 13.988            -           -          -     -   C3
 14.972 BB      117.43323 4.12588e-1   48.45158    n-C4
 15.530            -           -          -     -   C5
 19.562            -           -          -     -   C6

Totals :                              1960.24786

 Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Amount limits exceeded

======================================================================
                          *** End of Report ***
```

EK 6

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ceren Akagündüz
Doğum Yeri	Üsküdar
Doğum Tarihi	19.05.1991
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05343909655
E-Posta Adresi	cerenakagunduz@outlook.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2014

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeoloji Mühendisliği

Makale ve Bildiriler