Sabri Orkun TURGAY

İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY BÖLGESİ HİDROKARBON POTANSİYELİNİN HİDROJEOKİMYASAL METOTLARLA BELİRLENMESİ

Sabri Orkun TURGAY

PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

EYLÜL 2020

PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EYLÜL 2020

HATAY BÖLGESİ HİDROKARBON POTANSİYELİNİN HİDROJEOKİMYASAL METOTLARLA BELİRLENMESİ

Sabri Orkun TURGAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül, 2020

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ☑ Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- ☑ Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ☑ Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ☑ Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- ☑ Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ☑ Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sabri Orkun TURGAY

15/09/2020

HATAY BÖLGESİ HİDROKARBON POTANSİYELİNİN HİDROJEOKİMYASAL METOTLARLA BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sabri Orkun TURGAY

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2020

ÖZET

Bu çalışmada farklı literatürden toplanan veriler farklı yöntemlere göre petrol arama amaçlı değerlendirilerek sonuçlar tartışılmıştır. Ağırlıklı olarak jeokimyasal veriler ve hidrojeokimyasal verilerin değerlendirilmesi ile Hatay Bölgesi petrol ve doğal gaz imkanları araştırılmıştır. Çalışma, uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama yöntemleri ile desteklenmiş, literatürde kabul gören hidrokarbonların dikey göç teorisi ve mikrosızıntı modeli Hatay bölgesine uyarlanmıştır. Literatür verilerinin değerlendirme sonuçlarına göre, Hatay bölgesinde üretilebilir hidrokarbon yataklarının varlığı teorik olarak ispatlanmıştır. Bunun için kavramsal göç teorisine göre daha önceden yapılmış toprak gazı çalışmaları ve makro sızıntı verileri yeniden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların ise uzaktan algılama çalışmaları ile sağlaması yapılmıştır. Hidrojeokimya çalışmaları ile de sığ akiferlerde hidrokarbon rezervuar suyu etkisi çeşitli araştırmacıların sınıflama sistemlerine göre değerlendirilip tespit edilmiştir. Çalışma ile Hatay Bölgesinde teorik olarak petrol ve doğal gaz varlığı ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler	:	Hidrokimya, Yakın Yüzey Jeokimyası, Arama, Hidrokarbonlar
Sayfa Adedi	:	226
Danışman	:	Prof. Dr. Ergül YAŞAR

DETERMINING HYDROCARBON POTENTIAL OF HATAY PROVINCE WITH HYDROCHEMICAL METHODS

(Master of Science Thesis)

Sabri Orkun TURGAY

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE AND ENGINEERING

September 2020

ABSTRACT

Different literature datas were collected and evaluated by different research subjects for hydrocarbon prospection purpose in Hatay province. Petroleum and natural gas possibilities were researched mainly geochemical and hydrochemical datas. Study is supported by remote sensing methods with satellite imagery and the vertical migration theory on microseepage model of the hydrocarbons accepted in the literature were adapted to the Hatay province. According to the results of the evaluation of the literature datas, the existence of hydrocarbon deposits that can be produced in the Hatay has been theoretically proved. For this, previously conducted soil gas studies and macro seepage data were reevaluated according to the conceptual migration theory. The findings were provided by remote sensing studies. With the hydrogeochemistry studies, the effect of hydrocarbon reservoir water in shallow aquifers has been evaluated and determined according to the classification systems of various researchers. With the study, the existence of oil and gas was theoretically proved in the Hatay region.

Keywords : Hydrochemistry, Near Surface Geochemistry, Exploration, Hydrocarbons

Number of Pages : 226

Supervisor : Prof. Dr. Ergül YAŞAR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarıma desteklerinden dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Ergül YAŞAR hocama ve İskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği bölümü personellerine, beni her zaman kardeşi gibi gören Arş. Gör. Onur Eser KÖK'e teşekkür eder, minnetlerimi sunarım. Çalışmamın sebebi olan jeoloji mühendisi Sn. Adil ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca doğruyu bulma yolunda attığım her adımı düzelten, doğru karar verebilmemi sağlayan ve önümü görmemde yardımcı olan Ümit TURGAY ağabeyime teşekkürü borç bilirim.

Uzaktan algılama konusunda ufkumu açan Sn. Haydar ERKOÇ'a, Hatay bölgesi hakkında görüşleriyle bana katkıda bulunan Sn. Prof. Dr. Bülent ÇOŞKUN, Polonya AGH Üniversitesi doktora öğrencisi Sn. Anna TWAROG ve E&P Geo Field Services Başkan Vekili Sayın Dr. Dietmar SCHUMACHER'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK BEYAN iv
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ x
SİMGELER VE KISALTMALAR xiii
1. GİRİŞ 1
2. MATERYAL VE METOD 16
2.1. Materyal 16
2.2. Metod 16
2.2.1. Hidrojeokimyasal yöntemler 17
2.2.2. Kavramsal mikrosızıntı teorisi ve yüzey jeokimyası yöntemleri 23
2.2.3. Yüzey jeokimyası yöntemleri ile mikrosızıntıların tespiti 30
2.2.3.1. Alterasyonların uzaktan algılama teknikleriyle tespit edilmesi 55
3. ARAŞTIRMA BULGULARI 57
3.1. Hidrojeokimya Analizleri 57
3.1.1. Sulin (1946) Sınıflaması Sonuçları 61
3.2. Eş Su Kimyası Eğrilerine Olası Hidrokarbon Sahalarının Belirlenmesi 66
3.3. Makrosızıntı Verilerinin Değerlendirilmesi ve Sonuçları 69
3.4. Yüzey Jeokimyası: Toprak Gazı Verilerinin Değerlendirilmesi 72
3.4.1. Radon verileri ve değerlendirilmesi 72
3.4.2. Helyum verileri ve değerlendirilmesi 78

Sayfa

3.5. Uzaktan Algılama Çalışmaları ve Değerlendirmesi 86

4. TARTIŞMA, DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR 94

4.1. Sonuçlar 94

4.2. Öneriler 97

KAYNAKÇA 98

ÖZGEÇMİŞ 105

EKLER 106

EK-1. Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları 107

EK-2. Sulin (1946) Sınıflaması Sonuçları 112

EK-3. Schoeller (1955) Sınıflaması Sonuçları 113

EK-4. Chebotarev (1955) Sınıflaması Sonuçları 114

EK-5. Wei ve diğerleri (1996) Sınıflaması sonuçları 115

EK-6. Buljan (1963) ve Jamil (2004) Sınıflaması Sonuçları 116

EK-7. Özdemir ve Turgay (2017) Sınıflaması sonuçları 117

EK-8. Hatay Civarı Radon Verileri (Yüce vd., 2017; Gülbay, 2015) 118

EK-9. Hidrokarbon Kaynaklı Alterasyonların Uzaktan Algılama ile Tespitindeki Ölçütler ve Yöntemler (Assadzadeh vd., 2017) 124

EK-10. HYDROPET Kaynak Kodları 128

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 1.1. Jeokimyasal yöntemlerle kuyu yeri seçiminin başarısı (Schumacher, 2012 8

Çizelge 1.2. Hatay bölgesi genel stratigrafik durum…….. 12

Çizelge 2.1. Sulin sınıflaması kriterleri (Collins 1975; Yang, 2017)……. 19

Çizelge 2.2. Bojarski (1970) sınıflaması (Collins, 1975)……... 19

Çizelge 2.3. IBE baz değişim indeksinin bulunuşu (Collins, 1975)…….. 20

Çizelge 2.4. Chebotarev su kimyasına göre sınıflaması (Collins, 1975)…… 21

Çizelge 2.5. Chebotarev su hareketliliğine göre sınıflaması (Collins, 1975)……..... 21

Çizelge 3.1. Araziden alınan numunelerin iyot ve klorür analiz sonuçları……. 60

Çizelge 3.2. Bojarski (1970) sınıflaması sonuçları……. 64

Çizelge 3.3. Schöneich ve Vel'kov Sınıflaması sonuçları……..... 66

Çizelge 3.4. Hatay Bölgesi makro gaz sızıntıları ve bu sızıntıların petrol olanakları açısından değerlendirilmesi (veri seti: Yüce vd., 2014; D'Alessandro, 2016)…….. 71

Çizelge 3.5. Çalışma alanında önceden yapılmış Helyum değerleri (Yüce vd., 2014 ve D'Alessandro vd., 2016'dan derlenmiştir.)…… 79

Çizelge 3.6. Çalışma alanında ölçülen Helyum ve izotopik R/Ra oranları ve Değerlendirmeleri (Ham veriler: D'Alessandro vd., 2017 ve Yüce, G vd., 2014)…… 83

Çizelge 3.7. Hatay civarı delta C değerleri (D'Alessandro vd., 2016; D'Alessandro vd., 2018)…….. 85

Çizelge 3.8. Landsat-7 ETM+ uydusu, hidrokarbon kaynaklı alterasyon belirleme kriterleri (Zhang, vd., 2007-2011 ve Garain vd., 2019)……... 88

Çizelge 4.1. Jeokimyasal hidrokarbon anomalilerini gösteren tablo…… 96

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Amerikan Geofrontiers arama şirketinin toprak gazı toplama amaçlı sonda aracı 6

Şekil 1.2. Amerikan Geofrontiers arama şirketinin toprak gazı toplama amaçlı sonda aparatı 6

Şekil 1.3. Çeşitli havzalarda şirketlerce çeşitli yöntemlerle kazılan kuyular 7

Şekil 1.4. Hatay jeoloji haritası 10

Şekil 1.5. Tektonik unsurları gösterir Hatay haritası 10

Şekil 2.1. Araziden ve literatürden alınan su numunelerinin lokasyonlarını gösteren harita 18

Şekil 2.2. Dikey göç ilk aşaması 25

Şekil 2.3. Dikey Göç İkinci Aşama 25

Şekil 2.4. Dikey göç üçüncü aşama 26

Şekil 2.5. Dikey göç dördüncü aşama 26

Şekil 2.6. Dikey göç beşinci aşama 27

Şekil 2.7. Şematik sızıntı modeli 27

Şekil 2.8. Mikrosızıntı tespitinde kullanılan farklı yöntemlere göre anomali tiplerinin modellenmesi 28

Şekil 2.9. Mikrosızıntının yeryüzündeki (mostradaki) tezahürü ve açıklamaları 29

Şekil 2.10. Mikrosızıntılar ve neden oldukları jeokimyasal ile jeofiziksel belirteçler29

Şekil 2.11. Toprak gazı verilerinin gösterimi (alkanlar) 32

Şekil 2.12. Toprak gazı verilerinin gösterimi (alkenler) 32

Şekil 2.13. Radyometrik anomali ve kavramsal mikrosızıntı modeli 34

Şekil 2.14. Farklı kapan tiplerine göre Radyometrik halo anomalisi türleri 35

Şekil 2.15. Mikrosızıntı ve Radon anomali kesiti 35

Şekil 2.16. Goldenspike sahası (ABD) radyometrik ölçüm kesiti 36

Şekil 2.17. Radyometri profilinin yorumu 36

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.18. Radon anomali kesitlerinin gösterilişi 37

Şekil 2.19. Radon anomali kesitlerinin 3 Boyutlu gösterilişi 37

Şekil 2.20. Trakya Baseni Umurca ve Osmancık sahaları iyot araştırması 43

Şekil 2.21. Petrol sondajı esnasında sondaj çamurundan alınan iyot örneklerinin derinliğe bağlı derişimi..... 44

Şekil 2.22. İyot ile petrol/su oranı arasındaki ilişki 45

Şekil 2.23. Mikrosızıntı modeline göre mineralojik alterasyonların dağılımları..... 55

Şekil 3.1. Suların petrol hidrojeokimyası açısından tipleri..... 58

Şekil 3.2. Sudan iyot numunelerinin lokasyonu 59

Şekil 3.3. Petrol ve doğalgaz sahası sularının I/Cl –Cl grafiğindeki yeri 61

Şekil 3.4. Hatay bölgesi sularının Na/Cl grafiği (1'den küçük olanlar fosil su)..... 63

Şekil 3.5. Hatay bölgesi sularının 100*SO4/Cl grafiği (1'den küçük olanlar hidrokarbonlar ile ilişkili)..... 65

Şekil 3.6. Schoeller Baz Değişim İndeksi (IBE) kontur haritası. 67

Şekil 3.7. Eş Na/Cl(epm) kontur haritası 68

Şekil 3.8. Sulin ve Schoeller sınıflamalarının Google Earth üzerinde gösterimi 69

Şekil 3.9. Hatay'daki makro sızıntılar P = Petrol, G = Gaz, PG = Petrol & Gaz, A = Asfalt 71

Şekil 3.10. Çalışma alanının Radon dağılım haritası (krigging yöntemine göre)..... 73

Şekil 3.11. Radon Cv dağılım haritası ve yakalanan halo anomalileri (Krigging yöntemine göre)..... 74

Şekil 3.12. Sulin ve Schoeller hidrohipslerinin üzerine bindirilmiş Radon anomalilerinin Google Earth üzerinde gösterimi. 75

Şekil 3.13. Daha önce açılan sondaj kuyularının yerleri ve radon haritasının Google Earth üzerinde gösterimi..... 76

Şekil 3.14. Amik-1 kuyusuna ait sismik kesit (Coşkun,1994)..... 77

Şekil 3.15. Kuyu yerinin yapısal jeoloji kesiti (Coşkun, 1994) 77

Sayfa **Şekil**

Şekil 3.16. Helyum değerlerinin normal olasılık grafiği 78

Şekil 3.17. Çalışma alanı Helyum haritası ve renkli helyum profil hatları..... 80

Şekil 3.18. Kırmızı Mavi ve Siyah hatlardan alınan helyum miktarına bağlı profiller. . 81

Şekil 3.19. Helyum kökenini değerlendirmek için Hydropet yazılımındaki grafik (Wang vd., 2016)..... 82

Şekil 3.20. Karbonun çeşitli formlarındaki C-13 izotopunun değer aralıkları (Birkle vd., 2014)..... 84

Şekil 3.21.. Waples'a göre Karbon 13 izotopunun çeşitli formlardaki dağılım aralıkları 86

Şekil 3.22. Radon ve Hidrojeokimyasal verilere göre muhtemel rezervuarın olabileceği dört alan. Kırmızı: Radon verileri Yeşil: Hidrojeokimyasal (Sulin ve Shoeller sınıflaması) veriler. 87

Şekil 3.23. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 1357-3, B: 3457-4 kompozit görüntüsü 89

Şekil 3.24. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 3457-4, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü 90

Şekil 3.25. Landsat-7 ETM+ PCA R:1345-3, G: 2357-4, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü 91

Şekil 3.26. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 1357-3, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü 92

Şekil 3.27. Aster Uydusu ile tespit edilen mikrosızıntılar (Hosseinpour, 2020 yöntemine göre)..... 93

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
BR	Bant Oranı
$CaCl_2$	Kalsiyum Klorit
FCC	Yalancı Renk Kompoziti
IBE	Baz Değişim İndeksi
IBE	Temel Değişim Endeksi
$MgCl_2$	Magnezyum Klorit
Na/Cl	Sodyum / Klorür oranı
PCA	Temel Bileşenler Analizi
ppm	Milyonda bir
WGF	Islak Gaz Fraksiyonu

1. GİRİŞ

Petrol keşif yöntemleri jeofiziksel ve jeokimyasal yöntemler olarak ikiye ayrılır. Genel olarak sadece jeofiziksel yöntemlerin kullanıldığı bilinse de aksine dünyada jeokimyasal yöntemlerle de aramacılık yapılmaktadır (Tedesco, 1995; Schumacher, 2017). Yapılan çalışmalarda jeofiziksel ve jeokimyasal yöntemlerin bir arada kullanımı ile başarı oranı artmaktadır (Schumacher, 2017). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ağırlıklı olmak üzere yapılan arama çalışmalarında jeokimyasal yöntemler ile kuyu açılıp açılmamasında verilen kararların isabetli olduğu görülmüştür (Schumacher, 2017). Arama maliyetlerini düşürmek açısından, diğer jeofizik yöntemleri içinde barındıran sismik dışı jeofizik yöntemler ile jeokimyasal yöntemler arama çalışmalarında başarı kaydetmiştir (Schumacher, 2017). Jeokimyasal yöntemlerden, toprak gazı yöntemleri ile arama riskleri minimize edilebilir (Schumacher, 2017) , jeolojik açıdan kompleks alanlarda arama yapılabilir (Schumacher ve Claverau, 2017), faylı – kıvrımlı jeolojik yapıya sahip alanlarda arama yapılabilir (Schumacher ve Claverau, 2017; Schumacher ve Claverau, 2016), ölçümün kaliteli alınmasına yönelik iyileştirmeler yapılabilir (Schumacher, 2016), içi hidrokarbonlarla dolu ve boş olan kapanlar birbirinden ayırt edilebilir (Schumacher, 2017), az aranmış sahalarda araştırma yapılabilir ve hidrokarbonlar yakalanabilir (Schumacher ve Claverau, 2016). Jeokimyasal yöntemler ise katı, sıvı ve gaz numunelerin yorumlanmasından ibarettir. Tabii ki bölge jeolojisi göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmalıdır ancak jeokimyasal numuneleme aşaması çok zahmetli ve zaman alan bir işlemdir. Bu tez çalışmasında hidrojeokimyasal numunelerin değerlendirme yöntemleri ve gaz numunelerin değerlendirme yöntemlerine değinilmiştir. Hidrojeokimyasal değerlendirme için bilgisayar programı kodlanmış, gaz numuneleri için ise maden prospeksiyon yöntemlerinden faydalanılmıştır (Özdemir vd., 2018).

Bu tez çalışmasında, Hatay Bölgesi keşfedilebilir potansiyel hidrokarbon yatakları, jeokimyasal ve hidrojeokimyasal yöntemlerle araştırılmıştır. İlk olarak, hidrojeokimyasal yöntemlerle değerlendirilen toplanan ve elde edilen yeni veriler Hydropet programında işlenmiş, sular 10 farklı araştırmacıya göre sınıflandırılmıştır. Uzaktan algılama teknolojisinden yararlanarak hidrokarbon kaynaklı yüzeysel alterasyonlar tespit edilmiştir (Zhang vd., 2011; Zhang vd., 2007; Zhang vd., 2009; Garain vd., 2019). İşlenen jeokimyasal verilerden elde edilen kimyasal oranlara göre anomali haritaları yapılmış, anomali kesitleri ise yorumlanmıştır (Kalkan vd., (1994);Yüce vd., 2014; Öktü vd., 1994; Yüce; 2001;

Brehme, 2009; Yüce, 2007; Yüce, (2017), D'Alessandro vd., (2016), D'Alessandro vd., (2018), D'Alessandro vd., (2016)) Hidrokarbon kaynaklı alterasyonların dağılım haritaları elde edilmiştir. İkinci yöntem ise literatürden elde edilen yüzey jeokimyasal verilerinin yorumlanıp petrol hidrojeokimyası verileri ile birlikte kuramsal makro-mikrosızıntı modeli çalışma alanı için uyarlanmıştır. Böylece elde edilen birçok harita çakıştırılarak muhtemel rezervuar/ların kuramsal mikrosızıntı modeli Hatay bölgesine uyarlanmıştır.

Petrol hidrojeokimyası 1920'lerde ilk defa Sovyetler tarafından petrol aramak amaçlı su kimyasının değerlendirilmesi ile başlamış, daha sonra Sulin, Chebotarev, Schoeller gibi araştırmacılar tarafından geliştirilip çeşitlendirilmiştir. Literatürde bulunan en kapsamlı kitap, A. Gene Collins'in yazdığı Geochemistry of Oilfield Waters adlı 1975 basımı kitaptır. Türkiye'de ise TPAO'da Jeoloji Yüksek Mühendisi Murat Kaya Çoban tarafından 2013'te Petrol Hidrojeolojisi-I ve 2017'de yayımladığı Petrol Hidrojeolojisi - II adlı kitapları ile bilinen bu yöntem petrolün arama ve üretimine dair suyun önemini göstermektedir. Arama çalışmaları için genelde verilere ulaşım kolaylığı açısından su kimyası verileri kullanılmaktadır. Yöntemler çeşitli araştırmacılar tarafından çeşitli koşullara bağlanmıştır. Konsept olarak rezerervuar altındaki suyun kimyası, suyun hidrodinamik özellikleri çeşitli sınıflamacılara göre farklı formüller ve şartlara göre ayırt edilmiştir.

Hydropet yazılımı yaklaşık on farklı sınıflamacının kurallarını bir araya getirerek, su kimyası verileri girildiğinde her sınıflamacının koşullarına göre su tipi ve suyun hareketliliği, fasiyesleri belirlenmek amacıyla kodlanmıştır. Petrol aramalarında, en değerli su tipi fosil su olarak adlandırılan rezervuarda petrol kolonunun altında bulunan hareketsiz, paleo deniz suyudur. Arama yapılan sahada bu suları işaret eden meteorik sulara benzeyen karışım suları vardır. Karışım suları genel olarak karasal veya denizel olabilir, durgunluk bakımından fosil sulara göre daha hareketlidir. Meteorik sular ise bu iki gruba girmeyen, güncel, hareketli karasal sulardır (Chebotarev, 1955). Hemen hemen her su tipinde bulunabilen, iyot, denizel hidrokarbon kaynaklı oluşan bir elementtir ve günümüzde Japonya'da güncel yosunların işlenmesi ile Türkmenistan, İran ve Azerbaycan'da ise petrol sahası sularından ya da fosil sulardan endüstride kullanılmak üzere işletilmektedir (Özdemir, 2018) Petrol araştırmalarında, hem yüzey toprağında pozitif anomali vermesiyle hem de çalışma alanındaki farklı su tiplerinde 1 mg/l den fazla bulunmasıyla bölgedeki hidrokarbon varlığına işaret etmektedir (Bojarski, 1976). Son çalışmalarda, iyot-klor ile kıyaslanarak bu

limit daha da aşağı çekilmiştir (Özdemir, 2018). Hatta ve hatta iyot klor kıyaslaması ile muhtemel kerojen tipi belirlenebilmektedir (Özdemir, 2018).

Yüzey jeokimyası, sızıntıların incelenmesine dayanan yönteme göre petrol, rezervuarı doldurduktan sonra örtü kayayı delip zayıf zonlardan yukarı çıkmak isteyecektir, zayıf zonlar aynı baca görevi görüp petrolü farklı faz ve formlarda, genelde gaz halinde yukarı taşıyacaktır (Tedesco, 1995). Rezervuarda gelişen bir fay, kırık gibi tektonik yapılar hidrokarbonun gözle görülebilir halde yüzeyde Yanartaş, petrol, asfalt, asfaltit ya da gaz sızıntısı gibi hallede bulunmasına neden olacaktır. Mikrosızıntılar çeşitli formlarda olabilir, bunlar; yüzeyde topraktan ölçülen radon, helyum ve hidrokarbon gazlarının (Metan, Etan, Propan, Bütan, Pentan) istatistik yardımıyla toprak gazı verilerinin değerlendirilmesi ile muhtemel rezervuar yeri tespit edilebilmektedir. Jeokimyasal yöntemlerle bulunan yerlerde açılan kuyuların başarı oranı jeofiziksel yöntemlere göre daha yüksektir (Schumacher, 2012) Ayrıca bir yere kuyu açılıp açılmamasında karar vermek adında da jeokimyasal yöntemler kullanılmaktadır (Schumacher, 2012). Toprak gazları yöntemi ile Tunus – Sfax sahasında araştırma yapılmıştır. (Baklouti vd., 2017a ve Baklouti vd., 2017b). Aynı yöntem ile Polonya'da yüzey jeokimyası anomalilerine rastlanmıştır (Sechman vd., 2016a ve Sechman 2016b). Çin'de ise mikrobiyal yöntemlerle yüzey araştırması yapılmıştır (Tang vd., 2016 ve Ding vd., 2017). Denizel ortamda kapanlanmanın yakalanması adına çalışmalar yürütülümüştür (Abrams, 2017). Bu değerlendirme yöntemleri genelde rezervuarın olduğu ve olmadığı yerlerde farklı sinyal tiplerinin görülmesiyle rezervuarın nerede olabileceğini anlatmaktadır. Yapılan çalışmalarda Fernandez vd., (2015) ve Tedesco, (1995), iki halo anomalisinin arasında rezervuar olması şansı yüksek olduğu görülmüştür. Ölçülen gazın tipine göre yorumu da farklıdır ancak temelde yapılan iş aynıdır. Ölçülen değerler istatistik yardımıyla düzeltilir, çalışma sahasından alınan ölçümler lineer ise hat boyunca ölçümler grafiğe geçirilir, eğer lineer değilse dağılım grafikleri Krigging gibi farklı istatistiki kabullere göre yapılabilir. Hatay bölgesinde Prof. Dr. Galip Yüce ve ekibinin Radon çalışmaları Yüce vd., (2017) ve Gülbay (2015) ile sulardan almış oldukları helyum örneklerinin hidrokarbon potansiyeli açısından değerlendirmesi bu çalışmada yapılmıştır. Mikrosızıntıların neden olduğu hidrokarbon kaynaklı alterasyonlar rezervuar üzerindeki sedimanter kayalarda ve topraklarda çeşitli şekilde görülmektedir. Bunlar, sedimanter kayalardaki uranyumun artışı, kil minerallerindeki değişimler, karbonat çimentolanması ve kırmızı renkli kumtaşları ile kırmızı kumtaşlarının ağarması gibi sıralanabilir (Tedesco, 1995). Yüzeydeki bu değişimler uydu görüntüleri yardımıyla tespit edilebilmektedir. Tez

çalışmasında Hatay bölgesinden literatürden elde edilmiş olan su verileri değerlendirilmiş ve buna ek olarak çalışma için alınan sudan iyot numuneleri ile desteklenmiştir. Toprak gazı verileri, mikro ve makro sızıntı verileri literatürden edinilmiştir ve bu veriler mikrosızıntı teorisine göre değerlendirilmiştir. Hidrokarbon kaynaklı yüzey alterasyonları ise uzaktan algılama çalışmaları kapsamında çeşitli yöntemler ile tespit edilmiştir.

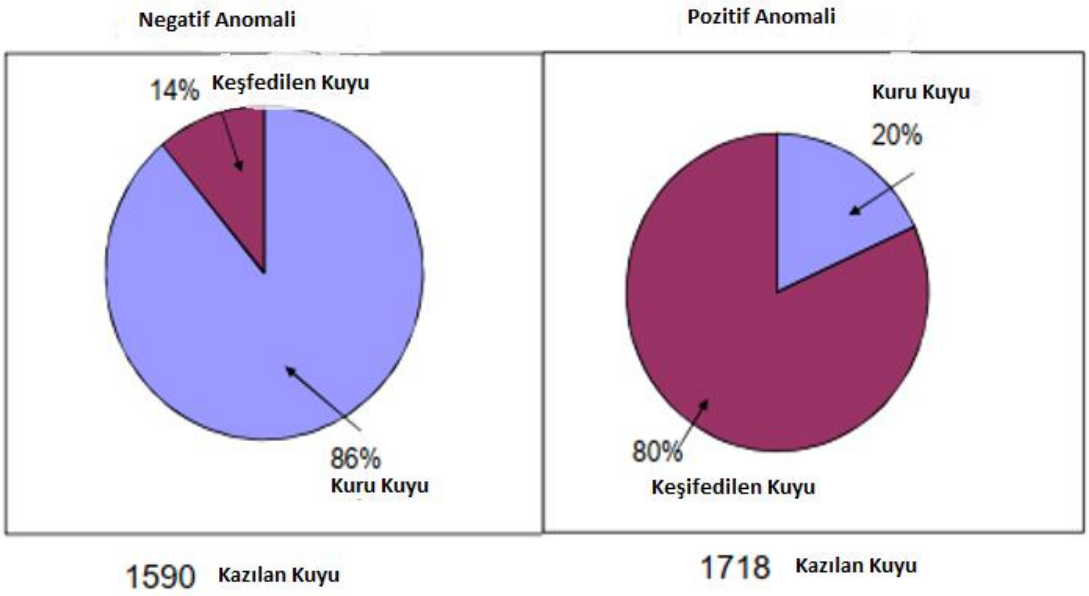
Kavramsal Çerçeve

Hidrokarbon aramaları için 1900'lü yıllardan bu yana çeşitli teknikler denenmiş ve uygulanmıştır. Ancak, 1920'lerden beri tahtını koruyan jeokimyasal yöntemler, günümüzde gelişen teknoloji sayesinde veri toplama ve yorumlamanın daha kolaylaşmasıyla halen başarılı yöntemlerden biridir. Jeokimyasal maden aramalarında temel amaç, ruhsat sahası alanının (A_1) çeşitli metotlar ile daraltmak ve sonrasında sondaj yapılacak alanları jeokimyasal ve jeofiziksel tekniklerle tespit etmektir. Jeokimyasal yöntemlerle petrol aramanın kavramsal çerçevesi sahanın jeolojisine dayanır. Sahanın jeolojisi belirlendikten sonra numuneleme safhasına geçilir. Katı, sıvı ve gaz numuneler çeşitli sistematikler dahilinde toplanır, analiz edilir ve yorumlanır, saha ile ilgili haritalar elde edilir ve alan daraltmak için rezervuarın olabilecek yerler harita üzerinde belirlenir. Gaz numunelerin yorumlanmasında genel olarak yüksek gaz derişiminin olduğu yerler gömülü fayları temsil eder (Tedesco, 1995). Düşük derişimin olduğu yerler fayların bulunmadığı, ancak rezervuar olabilecek yerleri temsil ettiği şeklinde yorumlanmaktadır (Tedesco, 1995). Bazı mineral ve elementler rezervuarların üzerinde ya da kenarlarında bulunmaktadır (Tedesco, 1995). Hatta sadece rezervuarların üzerinde yaşayan bitki türlerininin bilinmesiyle bile alan daraltma işlemi yapılabilmektedir. Uzaktan algılama metotları ile öncel haritaların yapılması jeologlara sahada kolaylık sağlamaktadır. Spektral indisler ile mikrosızıntılar tespit edilebilir (Dubucq ve Achard, 2018). Makro sızıntılar tespit edilebilir (Mruma, 2017). Mikrosızıntılar tespit edilip karakterize edilebilir (Assadzadeh vc Filho, 2016; Assadzadeh vc Filho, 2017a; Assadzadeh vc Filho, 2017b; Garain vd., 2019;Putra vd., 2019; Lord, 2017;Salati vd., 2019; Susantoro vd., 2017; Zhao vd., 2019). Büyük ölçekli mikrosızıntılar yüksek teknolojili bilgisayarlarda veri işlem metotları ile tespit edilebilmektedir (Gianinetto vd., 2016). Mikrosızıntılar ayrıca alterasyon mineralojisinden faydalanılarak tespit edilebilmektedir (Chen vd., 2016). Bitki örtüsünden faydalanılarak vejetasyon stresi ile hidrokarbon yatakları aranmaktadır (Krupnik vd., 2017). Yerin üzerinden yerin altındaki oluşumun varlığını tahmin etmek kolay değildir. Bu bakımdan, sahanın etrafında bulunan sızıntılar ve bu

sızıntılardan alınan örneklerin laboratuvarda test edilip değerlendirilmesi sonucu pozitif durum ile karşılaşılırsa, saha hidrokarbon açısından pozitiftir. Kavramsal mikrosızıntı teorisine göre, rezervuar içerisinde, rezervuarı doyuran hidrokarbon örtü kayayı delerek, örtü kayada zayıf zonların oluşmasına sebep olur ve daha sonra bu zonlar baca görevi görerek hidrokarbonları çeşitli formlarda yukarı taşır (Tedesco, 1995). Bu olay mikrosızıntı (microseepage) olarak tanımlanır. Bu sebeple rezervuar etrafında bulunan bir fay, kırık çatlak eğer rezervuara ulaşmışsa, ya da bacalardan fay sistemine ulaşan hidrokarbonlar var ise bu sefer faylar birer baca görevi görüp hidrokarbonları fay boyunca yukarı çıkaracaktır (Tedesco, 1995). Buna ise makrosızıntı (macroseepage) denmektedir. Rezervuarların üzerinde mikrosızıntılar her daim vardır. Mikrosızıntılar, rezervuar üzerindeki kayaçlarda çeşitli değişiklikler yaratır. Bu olaya ise hidrokarbon kaynaklı alterasyonlar (hydrocarbon induced alterations) denir. Alterasyonlar çeşitli formlarda görülebilir. Yüksek miktarda kil mineralleri, karbonat mineralleri, ferri-ferro demir, uranyum mineralleri içeren sedimanter kayaçlar araziden alınan örneklerin laboratuvarda test edilmesiyle tanımlanabilir. Ayrıca bu alterasyonlara sebep olan, karbonat mineralleri, ferri-ferro demir, uranyum mineralleri içeren sedimanter kayaçlar araziden alınarak örneklerin laboratuvarda test edilmesiyle tanımlanabilir.

Şekil 1.1. Amerikan Geofrontiers arama şirketinin toprak gazı toplama amaçlı sonda aracı (Geofrontiers, 1993)

Şekil 1.2. Amerikan Geofrontiers arama şirketinin toprak gazı toplama amaçlı sonda aparatı (Geofrontiers, 1993)



Şekil 1.3. Çeşitli havzalarda şirketlerce çeşitli yöntemlerle kazılan kuyular (Schumacher, 2017)

Jeokimyasal aramanın temel konsepti, mikrosızıntıların neden olduğu değişikliklerin ayırt edilmesi ve muhtemel rezervuar yerinin tespit edilmesidir. Günümüzde sismik çalışmaların yüksek maliyeti nedeniyle sismik olmayan yöntemlerle de hidrokarbon arama çalışmaları yapılmaktadır (Schumacher, 2017). Düşük maliyetli olması nedeniyle sismik olmayan yöntemler, jeolojik ve sismik harici jeofizik yöntemleri içerisinde barındırmaktadır. Jeokimyasal yöntemler tek başına yüksek doğrulukta keşif ihtimali sunmasına rağmen hem sismik hem de sismik olmayan jeofizik yöntemlerle kombine edilerek arama çalışmalarında kullanılabilmektedir. Hidrojeokimyasal araştırma için ise Hydropet adlı program geliştirilmiştir (Özdemir vd., 2018). Program sayesinde su kimyası bilinen numune petrol hidrojeolojisinde yaygın olarak bilinen tüm sınıflamacıların sınıflama sistemlerine göre numunenin sınıfını, türünü, su tipini hidrokarbonlar ile ilişkisini göstermektedir.

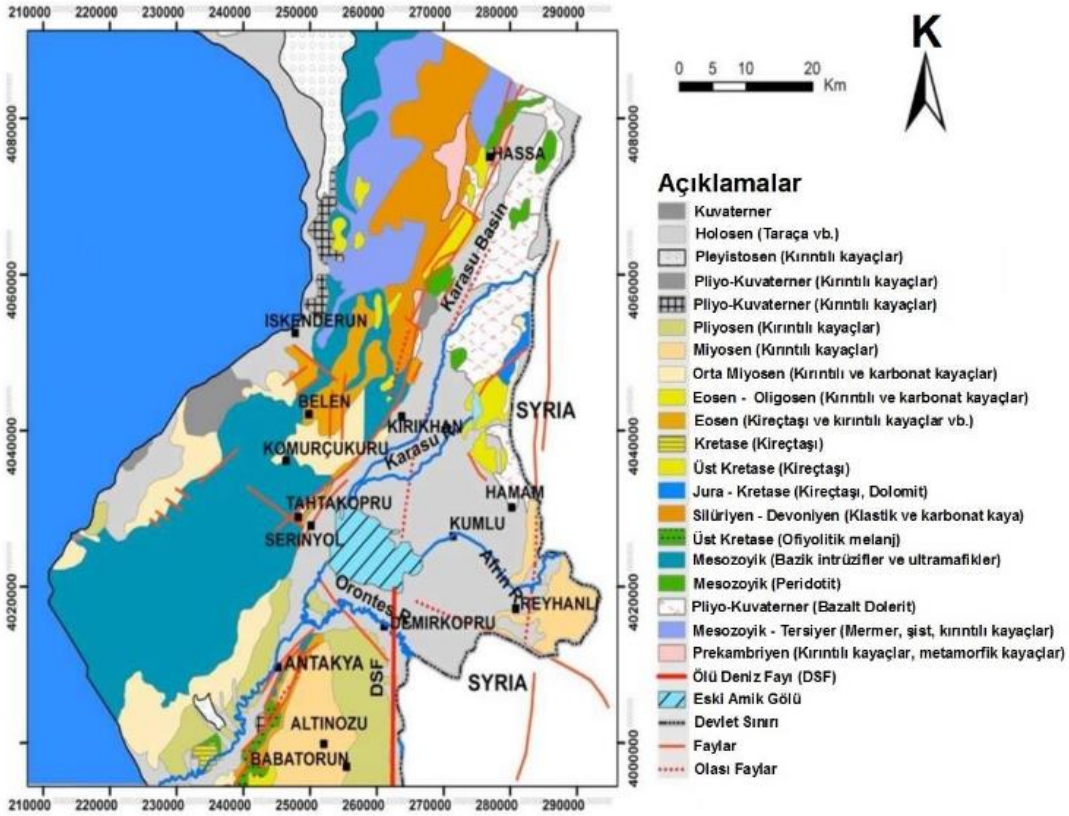
Jeokimyasal çalışmalar ile her zaman, hem kendi içlerinde hem de jeofizik yöntemlerle bir arada değerlendirilirerek kuyu yerinin tespit edilmesine yardımcı olan çalışmalardır (Çizelge 1.1).

Çizelge 0.1. Jeokimyasal yöntemlerle kuyu yeri seçiminin başarısı (Schumacher, 2012)

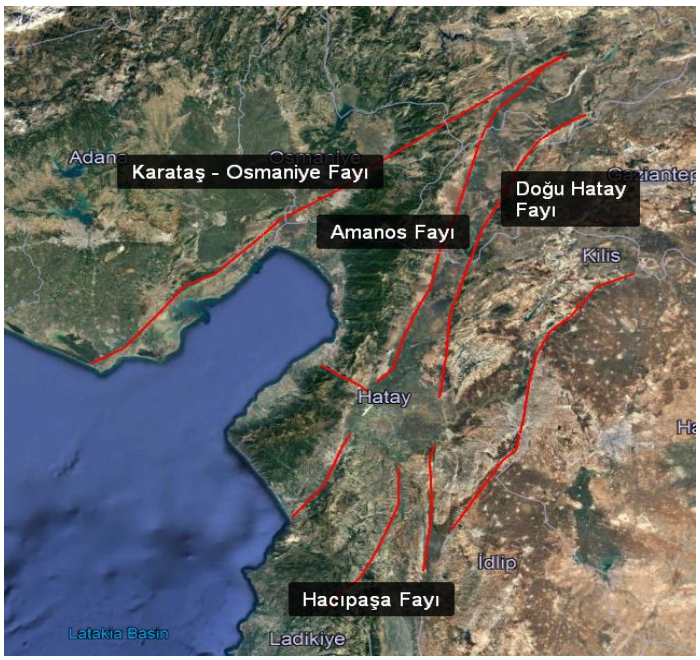
Lokasyon	**Negatif Anomali**	**Pozitif Anomali**
Brazilya, Amazon Havzası	18/19 kuru kuyu	6/16 keşfedilen kuyu
(Petrobras, mikrobiyal)	**95%**	**38%**
ABD - Denver Havzası	33/33 kuru kuyu	3/6 keşfedilen kuyu
(Barringer, mikrobiyal)	**100%**	**50%**
Western Kanada	30/38 kuru kuyu	10/14 keşfedilen kuyu
(Canadian Hunter, Toprak gazı)	**79%**	**71%**
ABD - Kansas	14/24 kuru kuyu	9/10 keşfedilen kuyu
(Axem/Murfin, Toprak gazı)	**58%**	**90%**
ABD - Kansas	55/68 kuru kuyu	13/18 keşfedilen kuyu
(Phillips Petroleum, mikrobiyal)	**81%**	**72%**
ABD - Williston Havzası	43/54 kuru kuyu	30/39 keşfedilen kuyu
(Sun Oil, Radyometri)	**80%**	**77%**
ABD - Powder River Havzası	18/31 kuru kuyu	50/60 keşfedilen kuyu
(W. Curry, Radyometri)	**58%**	**83%**
ABD and International	42/43 kuru kuyu	74/98 keşfedilen kuyu
(Santa Fe Minerals, Toprak gazı)	**98%**	**76%**
Arjantin, San Jorge Bsn	0 sondaj	155/164 keşfedilen kuyu
(Vintage Petroleum, Toprak gazı)		**95%**
ABD - CO, WY, ND, IL	53/58 kuru kuyu	27/31 keşfedilen kuyu
(Thomasson Partners, iyot)	**91%**	**87%**
ABD and International	20/23 kuru kuyu	109/128 keşfedilen kuyu
(GMT, mikrobiyal)	**87%**	**85%**
Kuzey Batı Avrupa	112/117 kuru kuyu	83/103 keşfedilen kuyu
(Çeşitli şirketler, mikrobiyal)	**96%**	**81%**
Kanada - Alberta	8/11 kuru kuyu	35/37 keşfedilen kuyu
(Topaz, mikromanyetik)	**73%**	**95%**
ABD - Colorado, Kansas	353/404 kuru kuyu	212/283 keşfedilen kuyu
(Foote, mikromanyetik)	**87%**	**75%**
ABD - Oklahoma	127/146 kuru kuyu	88/99 keşfedilen kuyu
(Foote, mikromanyetik)	**87%**	**89%**
ABD - Utah	20/21 kuru kuyu	19/21 keşfedilen kuyu
(Foote, mikromanyetik)	**95%**	**90%**
ABD - Alabama	297/312 kuru kuyu	52/67 keşfedilen kuyu
(Foote, mikromanyetik)	**95%**	**78%**
ABD – Meksika Körfezi	27/28 kuru kuyu	125/150 keşfedilen kuyu
(Foote, mikromanyetik)	**96%**	**83%**
SONUÇLARIN ÖZETİ	1267/1430 kuru kuyu	1097/1344 keşfedilen kuyu
TÜM 2774 KUYU İÇİN	**89%**	**82%**

Hatay Bölgesinin Jeolojik Durumu

Hatay bölgesinde genç tektonik aktiviteler Amanos dağlarını, İskenderun körfezini ve Hatay grabenini oluşturmuştur. Amanos dağları Kızıldağ ofiyolitinin bir devamıdır. Kızıldağ ofiyoliti tabakalı gabrolar ve izotropik gabrolarla birlikte tektonit peridotitlere maruz kalmıştır. Burada Arabistan'dan Kuzey-Kuzey Doğu'ya ve batıdaki Anadolu blok hareketlerinden başlayarak genç tektonik hareketler göz önünde bulundurulmaktadır. Hatay bölgesi çok karmaşık tektonizmaya sahiptir ve üç zon arasında bir kavşak bölgesinde yer almaktadır: sol-yanal atımlı Doğu Anadolu Fayının (EAF) güney ucu, sol yanal atımlı Ölü Deniz Fayının (DSF) kuzey ucu ve Kıbrıs Antakya Transform fayı (CAT). Bu alan Arabistan/Anadolu, Afrika/Arabistan ve Anadolu/Afrika'nın göreceli hareketlerini barındırmaktadır. Ölü Deniz Fay Zonu (DSF) bölgesi 1000 km'lik tektonik bir yapıdır. Ölü Deniz'den başlayıp Hatay'da biter. K.Maraş'tan başlayarak Güney-Kuzey doğrultusunda Ölü Deniz'e doğru uzanan DSF, Hatay grabenini oluşturan ana fay sistemidir. Ayrıca EAF yaklaşık 500 km uzunluğundadır ve Doğu Anadolu'daki Karlıova'dan güneye doğru İskenderun Körfezi'ne kadar uzanır. Şaroglu vd., (1992) Antakya yakınlarında EAF ve DSF plaka sınırları ile Reyhanlı Fayı adında küçük bir NNW-SSE eğilimli dekstral lokal segment arasında üçlü bir kavşak tanımlamıştır ve bu da açıkça herhangi bir plaka, alt plaka veya blok sınırını temsil etmemektedir. Amik Havzası çevresinde birbirine yakın, Arabistan / Anadolu, Afrika / Arabistan ve Anadolu / Afrika arasındaki deformasyona uyum sağlamak için üçlü bir kavşak (Antakya üçlü kavşak) oluşturmaktadır (Özdemir ve Şahinoğlu, 2018).



Şekil 1.4. Hatay jeoloji haritası (Yüce vd., 2013)



Şekil 1.5. Tektonik unsurları gösterir Hatay haritası (Tarı vd., 2013)

Kretase yaşlı Kızıldağ ofiyolitinden itibaren diskordans ile örten Eosen Kireçtaşı litolojisinde Midyat Grubu yer almaktadır. Gildirli Formasyonu Midyat grubunu diskordans ile örtmektedir. Gildirli Formasyonu üzerinde Miyosen yaşlı Karaisalı Kireçtaşı bulunmaktadır. Karaisalı Formasyonu üzerinde ise Miyosen yaşlı Şenoba Formasyonu yer almaktadır. Şenoba Formasyonu üzerinde diskordan olarak Pliyosen yaşlı birimler üzerine yine diskordan olarak gelen Kuvaterner karasal taraça, denizel taraça yamaç molozu, traverten ve alüvyonlar en genç birimlerdir (Tekeşin, 2011). Amik Havzası tektonik olarak Prekambriyen'den Geç Kretase'ye kadar durgundur. Torid birimleirinin Arap Şelfi ile çarpışması Geç Kratese ve Miyosen'de gerçekleşmiştir. Paleozoik sırasında karbonatlarla kırıntılı çökeller yer alırken Triyas Jura ve Kretase boyunca Neotetis güneyinin devamlı pasif kenarı şelfinde karbonatlar depolanmıştır. Tüm bu oluşumlara otokton alandaki ve GD Türkiye allokton bölgesinin altındaki derin araştırma kuyularında rastlanmıştır. Üst Kratese Mardin Grubu rezervuar birimleri özellikle otokton Arap Şelfi'nde yaygındır. Geç Konasiyen –Erken Maastrichtian'de Arap ve Anadolu plakalarının çarpışması Kastel Havzası sedimanlarının ve okyanus kabuğu malzemelerinin kuzeyden güneye itilmesine neden olmuştur. Sonuç olarak birçok bindirme fayı ve ters fay ile en-eşelon kıvrımlar kıta bölgesinde ön ülke havzasında pozitif yapılar oluşmuştur. İkinci önemli tektonik faz çok sayıda napın yerleşmesinde ve Ölü Deniz Fayı'ının oluşmasına neden olmuştur (Coşkun, 1994). İskenderun Baseni ise Alt Serravaliyen döneminde temelde bulunan ofiyolit yükselimleri üzerine transgresif sığ karbonat gelişimlerini temsil eden Horu kireçtaşları çökelmiştir. Alt kesimlerde ise organik maddece zengin şeyl ve marnlardan oluşan Menzelet Formasyonu çökelmiştir. Üst Serravaliyen – Tortoniyen döneminde yukarı doğru kabalaşan deltaik fasiyesler ve onunla ilişkili deltayik derin deniz fasiyeslerini içeren Kızıldere Formasyonu bulunmaktadır. Bu regresif istifin üzerinde sırası ile önce yer yer deniz seviyesi düşmesi sonucu oluşan Haymaseki evaporit çökelimleri ve sonrasında Messiniyen çökellerinden oluşan Haymaseki klastikleri bulunmaktadır. Erken Pliyosen dönemine ait klastik birimlerden oluşan Aktepe Formasyonu uyumsuz olarak Miyosen sedimanlarını örtmektedir. İstifin en üstünde ise Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Erzin Formasyonu yer almaktadır (Akçay vd., 2013).

Çizelge 1.2. Hatay bölgesi genel stratigrafik durum

ZAMAN/KAT>ÇALIŞMA		Coşkun, 1994 - Amik Reyhanlı Baseni	Tekeşin, 2011 -Samandağ	Lom, 2011 - Antakya	Zorlu, 2003 - Samandağ/Yayladağ
KUVATERNER		Volkanik Birimler	Alüvyon, traverten, Y. Molozu, Karasal ve Denizel Taraça	Alüvyon, traverten, Y. Molozu, Karasal ve Denizel Taraça	Alüvyon
PLEİSTOSEN					
PLİYOSEN		Samandağ Fm.	Samandağ Fm.	Samandağ Fm.	Samandağ Fm.
MİYOSEN		Üst M: Altınözü Fm.	Sebenoba Fm.	Sebenoba Fm.	Tepehan Fm.
		Orta M: Teknepınar Fm.	Karaisalı Fm.	Karaisalı Fm.	Sofular Fm.
		Orta M: Sakseydi Fm.	Gildirli Fm.	Gildirli Fm	Balyatağı Fm.
OLİGOSEN					
EOSEN		Midyat Gr.	Midyat Grubu	Midyat Grubu	Kışlak Fm.
PALEOSEN					Okçular Fm.
KRATESE	ÜST	Koçali Karadut Ofiyolitleri	Kızıldağ Ofiyoliti	Kızıldağ Ofiyoliti	Kaleboğazı Fm.
		S.Dere Fm			Yalaz Fm.
		K.Boğaz Fm			Kızıldağ Ofiyoliti
		Mardin Fm.			
	ALT	Cudi Grubu			Yayıkdamar Fm.
JURA	ÜST				
	ORTA				
	ALT				
TRİYAS	ÜST				
	ORTA				
	ALT				
DEVONİYEN	ÜST	Dadaş Fm.			
	ORTA				
	ALT				
SİLÜRİYEN	ÜST	Bedinan Fm			
	ORTA				
	ALT				
ORDOVİSİYEN	ÜST	Sosink Fm.			
	ORTA	Koruk Fm.			
	ALT				
KAMBRİYEN	ÜST	Zabuk Fm			
	ORTA	Sadan Fm.			
	ALT				
PREKAMBRİYEN		İntrüzifler			

Erentöz (1955), İskenderun güneyinde yaptığı detaylı çalışmalarla, bölgedeki serpantinlerin örtü kaya olabileceği ve serpantin altı sedimanların ise petrol içerebileceğini ortaya koymuş ve detaylı jeofizik çalışmaların yapılmasını önermiştir.

Erentöz ve Ternek (1959), yapmış olduğu kapsamlı çalışmalarında, İskenderun bölgesini çok ümitli sahalar sınıfına sokarak Helvesiyen yaşlı birimlerde petrol üretimi yapıldığını, Tortoniyen birimlerinin ise örtü kaya niteliği taşıdığını belirtmişlerdir.

Collins**,** (1975), petrol sahası sularının kimyasının iyon iyon ele alındığı kitap, türünün ilk örneğidir. Kaya Çoban'ın kitabındaki bilgilerin ilksel halidir. Petrol sahası sularının değerlendirilmesi, Sulin ve Schoeller sınıflamaları gibi bilgiler literatürde ilk defa bu kitapta derlenmiştir.

Coşkun, (1994), sismik kesitlerden üçgen zonların dupleks yapı olarak tanımlandığı makalede Amik-1 Kuyusunun Kuzey – KD kesimlerinde petrol olanaklarının güçlü olduğu, Mestridyen birimlerinin petrol içerdiği, Koçali-Karadut klastiklerinin aramacılık açısından değerlendirilebileceğini anlatmaktadır.

Tedesco, (1995), petrol aramalarında kullanılan yüzey jeokimyası verilerinin nasıl alınacağı nasıl değerlendirileceği ve nasıl haritalanması gerektiği hakkında bilgi veren kitap bu tezin bir bölümünün ana dayanağını oluşturmaktadır. Kitaptaki yüzey jeokimyası yöntemleri olan radyometrik yöntemler, toprak gazları, helyum ve halojenler bölümünden bu tezde yararlanılmıştır.

Yüce, (2001), çalışmada Yeşilkent ovasının yer altı suyu aküm yönü, Burnaz kaynağının jeolojik özellikleri ve boşaldığı akifer, yeraltı suyu kimyası veslenme ve yağış etkisi araştırılmıştır.

Roberts ve Peace, (2007), yapılan çalışmada Levant baseninin petrol bakımından değerlendirilmesi olumlu görülmüş, İskenderun Baseni ise stratigrafik kesitte korele edilmiştir. Buna göre Kreatese yaşlı Karadut formasyonu kaynak kaya olarak yorumlanmıştır.

Korkmaz ve Karataş, (2011), makalede Hatay'da farklı lokasyonlardaki mineralli sular incelenmiş ve sınıflandırılmıştır.

Brehme, vd., (2011), bölgenin hidrojeolojik karakteristikleri velirlenmiş boşalım, su tablası gibi parametreler belirlenmiştir. Çalışmaya göre jeolojik ve antropojenik etki görülmüş ancak deniz suyu girişimi yoktur.

Yüce, (2013), hidrojeopolitik öneme sahip Yenişehir ve Cüdeyde karstik akiferleri ve kaynaklarının kapasiteleri, debi değişim katsayıları, baz akım boşalımı gibi parametreler ortaya çıkarılmış su kimyası ortaya konulmuştur.

Yüce, (2013), çalışmasında, 22 adet alınan gaz örneği analiz edilmiş ve gazların kökeni belirlenmiştir. Amik havzasında manto kökenli gazların akışkanlara geçtiği tespit edilmiş. Manto kökenli gazların akışkanlara geçmesinin sebebi ise Ölü Deniz Fayı ve diğer yapısal unsurlar olarak açıklanmıştır.

Yüce vd., (2014), Amik havzasında dolaşıımda olan akışkanların jeokimyasal özellikleri araştırılmış, çeşitli sızıntılardan gaz örnekleri incelenmiştir. Çalışmaya göre çözünmüş metan dominant gaza sahip derin dolaşımlı sular hidrokarbon yatakları ile ilişkilidir. Karbondioksitçe zengin gazlar bölgesel sızıntı aktivitesi ile ilişkilidir. Ayrıca serpantinizasyon sonucu mantodan türeyen akışkanlardan bağımsızdır. Yazarlara göre CO2'ce zengin akışkanlar manto tipi helyumu taşımış ve ağır karbonca zenginleşmiştir.

Egeran, (2015), Hatay bölgesinin de içinde bulunduğu Adana havzasındaki İskenderun Eosen birimlerinin petrol bakımından önemli olabileceğini önermiş, İskenderun körfezinde ise petrol barındırabilecek jeolojik yapıların bulunması gerektiğini öngörmüştür.

Gülbay (2015) yüksek lisans tezi çalışmasında Güzelburç kırığı üzerinden alınan radon ve karbondioksit numuneleri değerlendirilmiştir.

Çoban (2017), petrol yataklarının aranması ve geliştirilmesi için hidrojeolojik yöntemleri anlatmaktadır. Tezin ana konusunu kitabın hidrojeokimyasal yöntemleri anlatan kısımları oluşturmuştur.

Kılınç ve Kaplan (2018), çalışmasında Arsuz Hatay bölgesinde bulunan Kızıldere formasyonundan toplanan kiltaşlarının TOC değerlendirilmesi, mekânsal konum analizi yapılmış ve orta yüksek seviyede organik madde bulunan formasyonun petrol kaynak kayası olarak değerlendirlmiş formasyonun kumtaşlı kısımları ise rezervuar kaya olarak

belirtilmiştit. Yazarlara göre evaporitik jipsli seri içeren Haymaseki formasyonu ise örtü kayadır.

Özdemir (2018), Petrol hidrojeokimyası yöntemlerinin petrol aramacılığında nasıl kullanılması gerektiğine dair bilgiler içeren, Collins ve Çoban'ın kitabındaki bilgilere ek olarak daha eski verileri de ekleyip derlenen bu makalede araştırmacılar petrol hidrojeokimyası yöntemlerini tek bir çatıda toplayan yazılım geliştirmişlerdir. Yazılım yüzlerce makale verisinin denenmesi ile işe yararlılığını ortaya koymuştur.

Turgay ve Yaşar (2018), çalışmasında Hydropet yazılımı ile 6 sınıflama sistemine göre sular değerlendirilmiş, rezervuarların kırıklı olduğu Chebotarev ve Wei vd. sınıflamalarına göre su kimyasından anlaşıldığını ifade etmişlerdir.

Turgay ve Yaşar (2018), bu tezin ön adımları atılmış ve Hydropet programı ile Hatay'dan alınan daha önceki çalışmalarda kullanılmış su verileri değerlendirilmiştir.

D'Alessandro vd., (2018), Kızıldağ ofiyolitik kompleksindeki gazları incelemişlerdir. Çalışmaya göre hidrojen oluşumu boyunca düşük sıcaklıklı serpantinizasyon süreci ve sonrasında abiyojenik metan oluşumu Fischer-Tropsch tipi rekasiyonlar boyunca oluştuğunu ifade etmişlerdir. Birkaç örnekte az miktarda mikrobiyal ve termojenik tip köken var olduğu tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Çalışmanın parçası olan bütün su numuneleri kuyubaşından alınmıştır (Şekil 2.1). Alınan su numuneleri iyot değerlerinin tespit edilmesi amacıyla TPAO laboratuvarlarında analiz ettirilmiştir.

Hidrojeokimyasal değerlendirme için Hatay bölgesinin detaylı literatür araştırması yapılmış, Kalkan vd., (1994); Yüce vd., 2014; Öktü vd., 1994; Yüce; 2001; Brehme, 2009; Yüce, 2007; Yüce, (2017) çalışmalarından Hatay bölgesinin hidrojeokimyasal veri seti oluşturulmuştur.

Radon veri seti için Yüce vd., (2017) makalesi ve Gülbay, A.H., (2015) yüksek lisans tezinden yararlanılmıştır.

Helyum verileri Yüce vd., (2014) çalışmasından alınmıştır.

Makro gaz sızıntısı verileri için Yüce vd.,(2014) ve D'Alessandro vd., (2016) çalışmalarından faydalanılmıştır.

Delta Karbon-13 verileri için ise D'Alessandro vd., (2016) ve D'Alessandro vd., (2018) makalelerinden veriler alınmıştır.

Uzaktan algılama çalışmaları için Landsat-7 ETM+ ve ASTER uydu görüntüleri kullanılmıştır.

2.2. Metod

1-Numunelerden iyot analizi: Araziden alınan 7 adet iyot numunesi TPAO laboratuvarlarında Hasch (1992) yöntemi esas alınarak, titrasyon ve UV spektrometre cihazlarıyla analizleri yaptırılmıştır.

2-Alınan su numunelerinin hidrojeokimyasal değerlendirilmesi yapılarak sınıflamasının yapılması,

3- Radon ve Helyum verilerinin değerlendirilmesi; Tedesco, (1995) kitabı temel alınmış radon verilerinin veri işlem yöntemi Liu vd., (2018)'in önerdiği yönteme bağlı kalınarak işlenmiştir.

4- Makro gaz sızıntılarının değerlendirilmesi; Pixler, (1969), Haworth, (1985); Hashimov,(2015); Schumacher (2016) yöntemleri temel alınarak değerlendirilmiştir.

5- Landsat-7 ETM+ uydusundan alınan görüntülerin değerlendirilmesi; Habib vd., (2018); Yang vd., (2002); Garain vd., (2017)'de önerilen yöntemlere göre değerlendirilmiştir.

Tez Çalışmasında, literatürdeki veri zenginliğine göre, Landsat 7 ETM ve ASTER uydu görüntülerinden uzaktan algılama yöntemleri Hatay bölgesine uygulanmıştır.

Tez kapsamında uzaktan algılama çalışmasının genel akış şeması şu şekildedir;

Uydu görüntüsünün temini

Nasa, earthexplorer sitesinden Landsat verileri alınmıştır.

Radyometrik kalibrasyon ve Atmosferik Düzeltme

Görüntü Zenginleştirme

FCC, Bant oranlama, PCA,

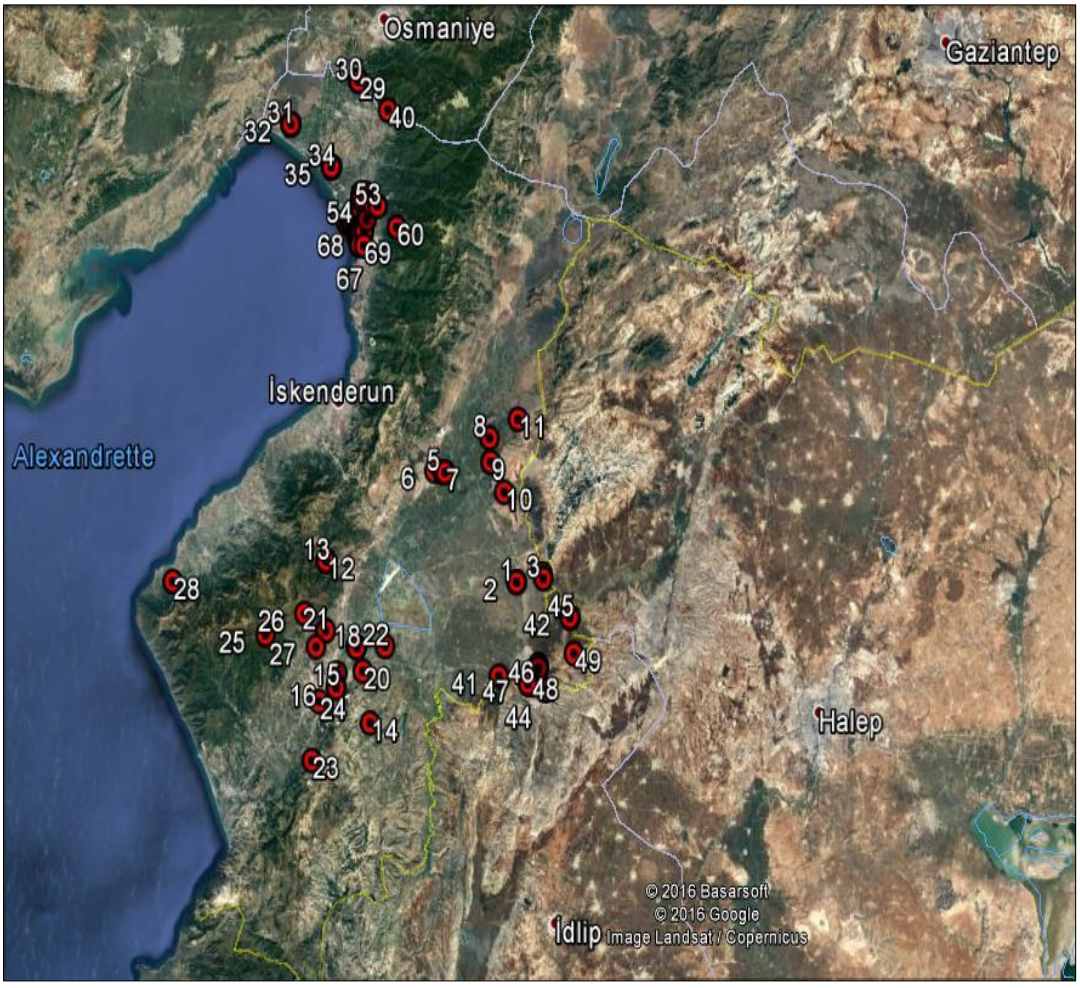
Uzaktan algılama görüntü işleme ve ön işlem adımları ENVI yazılımı ile yapılmıştır.

Landsat sensörleri için literatürde yapılmış olan çalışmalardan elde edilen verilerin derlenmiş hali Çizelge 2.7'de verilmiştir.

2.2.1. Hidrojeokimyasal yöntemler

Çizelge 3.1'deki su analiz sonuçları Hydropet (EK-10) bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir. Yazılım 10 farklı kimyasal 5 farklı izotopik değerlendirmeyi yapabilmekte ve buna göre çıkan sonuçları ekrana yazdırmaktadır. Hydropet yazılımında

Sulin (1946), Chebotarev (1955), Schoeler (1955), Bojarski (1970), Rosenthal (1997), Buljan ve Jamil (1964; 2007), Wei vd., (1994), Schoeneich (1971), Vel'kov (1961) ile Özdemir ve Turgay (2017) sınıflamaları petrol potansiyeli açısından hidrojeokimyasal değerlendirmesi yapılmıştır. Wang vd. (2016), Waples (1985), Clark (2015) Reich vd. (2013) ile Allagre (2008) sınıflamalarında izotopik değerlendirme yapılmış ve petrol potansiyeli açısından değerlendirilmiştir. Hidrojeokimyasal ve izotopik değerlendirme yapan Hydropet programı İngilizce ve Türkçe olmak üzere iki farklı dilde programlanmıştır.



Şekil 2.1. Araziden ve literatürden alınan su numunelerinin lokasyonlarını gösteren harita (Turgay ve Yaşar, 2018)

Sulin (1946) ve Bojarski (1970) sınıflamaları

$NaSO_4$ (Sodyum Sülfat) tip sular genellikle meteorik suları ifade etmektedir, $NaHCO_3$ (sodyum bikarbonat ya da sodyum hidrokarbonat) Genellikle sodyum hidrokarbonat terimi kullanılmaktadır. Sodyum hidrokarbonat tip sular ise karışım sularını göstermektedir. $MgCl_2$

(Magnezyum Klorür) ve $CaCl_2$ (Kalsiyum Klorür) tip sular ise fosil (konne) sulardır. Bu iki su tipi, hidrokarbonun depolanabileceği ortamlarda bulunmakta ve durgun su koşullarını göstermektedir (Çizelge 2.1). Sulin sınıflamasının ortaya koyduğu sonuçlar Bojarski (1970) tarafından modifiye edilmiştir. Sulin $CaCl_2$ tip suları hidrokarbonlar ile ilişkilendirirken Bojarski, $CaCl_2$ tip suları Na/Cl oranına göre zonlara ayırıp her zonun hidrokarbon içerme potansiyelini ayırtlamıştır (Çizelge 2.2). Ayrıca İyot > 1 mg/l, $100*SO_4/Cl<1$ ve $Cl/Br<350$ ile Br>300 mg/l gibi şartlar ile Sulin'in (1946) belirlediği suların bu şartları sağlaması durumunda hidrokarbonlar ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Yang (2017)'de Sulin sınıflamasından elde edilen su tiplerini jeolojik ortamlara uyarlamış ve hangi su tipinin hangi jeolojik ortamda oluştuğunu ortaya koymuştur. Yang (2017)'nin ortam değerlendirmesine göre $CaCl_2$ tip suların kesinlikle Tip III kerojen ile ilişkili olduğu Na-HC tip suların ise Tip I kerojen ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.1. Sulin sınıflaması kriterleri (Collins 1975; Yang, 2017)

Na/Cl Oranı (epm)	Parametre	Su Tipi	Ortam (Yang, 2017)
Na / Cl > 1	Na - Cl/ SO_4 < 1	$NaSO_4$	Karasal yıkanma (karasal yüzey suları)
	Na - Cl/ SO_4 > 1	$NaHCO_3$	Karasal yatak (petrol ve doğalgaz sahası suyu)
Na / Cl < 1	Cl - Na / Mg < 1	$MgCl_2$	Denizel yatak (petrol ve doğalgaz sahası suyu)
	Cl - Na / Mg > 1	$CaCl_2$	Derin örtülü yatak (doğalgaz sahası suyu)

Çizelge 2.2. Bojarski (1970) sınıflaması (Collins, 1975)

Su Sınıfı	Su Tipi	Na/Cl Oranı (epm)	Özellik
1	**$CaCl_2$**	**> 0,85**	Aktif hidrodinamik zon, hidrokarbonların yapılarda korunma şansı çok zayıf
2	**$CaCl_2$**	**0,85 – 0,75**	Hidrodinamik ile daha çok hidrostatik kuşak arası geçiş zonu, hidrokarbonların korunma şansı zayıf
3	**$CaCl_2$**	**0,75 – 0,65**	Hidrokarbonların korunması için oldukça uygun ortanı, hidrostatik ortama yakın
4	**$CaCl_2$**	**0,65 – 0,50**	Hidrokarbonların korunması için uygun ortam, hidrostatik koşulların sürdüğü kuşak
5	**$CaCl_2$**	**< 0,50**	Fosil deniz suyu orijinal depolanma alanında bozuşmuş, hidrokarbonların birikimi için çok uygun ortam

Schoeller (1955) sınıflaması

Schoeller çalışmasında, petrol sahası (rezervuar) sularının IBE (temel değişim indeksi – index of base exchange)(Çizelge 2.3) indeksinin pozitif ve yüksek Cl iyonlarına sahip olduğunu belirtir. Negatif IBE değerleri ise, düşük Cl değerlerine sahiptir. Petrol sahası sularında veya petrolle dokanak halindeki sularda IBE > 0,129 ve Cl/Na > 1,17 dir. Ayrıca, petrolle dokanak halindeki sularda diğer seçenekler Cl/Ca > 26,8, Cl/Mg > 5,13 ve Mg/Ca > 5,24'dür. Sedimanlardaki fosil suya meteorik su girişi ve karışmasıyla IBE < 0,129 ve Cl/Na < 1,17 olur. Ayrıca, Mg/Ca değeri artmasına rağmen Mg/Ca < 5,24'tür (Çoban, 2017; Collins, 1975).

Çizelge 2.3. IBE baz değişim indeksinin bulunuşu (Collins, 1975)

Cl > Na	**IBE = (Cl - Na + K) / Cl**
Na > Cl	**IBE = (Cl - Na + K) / (SO_4 + HCO_3 + CO_3)**

Chebotarev (1955) sınıflaması

Chebotarev Sınıflamasında sular, kimyasına göre 5 farklı tipe (Çizelge 0.4) bulunduğu hareketliliğine göre ise 3 farklı tipe (Çizelge 0.5) ayrılmıştır. Klorit tip sular petrol sahası sularına yani Sulin sınıflamasındaki fosil sulara denk gelmektedir. Chebotarev ayrıca, ilgili su örneği için hidrokarbon rezervuarının jeolojik yapı tipini ve göreceli derinliğini de belirtmiştir. Chebotarev, 917 petrol sahası suyunda yaptığı çalışmada, petrol sahası sularının % 73,7 oranında klorit, % 23 oranında bikarbonat ve % 3,3 oranında sülfat tipinde olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 2.4. Chebotarev su kimyasına göre sınıflaması (Collins, 1975)

Ana su grubu	Su sınıfı ve tipi		Reaksiyon değeri (%)						Türediği kaya
			$HCO_3 + CO_3$	Cl	SO_4	$Cl + SO_4$	$HCO_3 + Cl$	$HCO_3 + SO_4$	
Bikarbonat sular	I	Bikarbonat (Bazik)	> 40	-	-	< 10		-	Magmatik ve metamorfik kayaların günlenmesinden türemiş su
	II	Klorit Bikarbonat (Tuzlu - bazik)	30-40	-	-	10-20		-	Magmatik ve metamorfik kayalardan, silis ve karbonatlı birikimlerden türemiş su
	III	Bikarbonat Klorit (Bazik - tuzlu)	15-30	-	-	20-35		-	Karbonatlı birikimlerden türemiş su
Sülfat sular	IV	Sülfat Klorit (Tuzlu) Sülfat (Tuzlu)	5-15 -	< 25 -	> 25 > 40	- -	< 10	-	Alüvyon ve jips içeren kayalardan türemiş su
Klorit sular	III	Bikarbonat Klorit (Bazik - tuzlu)	15-30	> 20	-	-	-	-	Karbonatlı birikimlerden türemiş su
	IV	Sülfat Klorit (Tuzlu)	5-15	> 20	-	-	-	< 25	Alüvyon ve jips içeren kayalardan türemiş su
	V	Klorit (Tuzlu)	< 5	> 40	-	-	-	< 10	Denizel sedimanlardan türemiş su

Çizelge 2.5. Chebotarev su hareketliliğine göre sınıflaması (Collins, 1975)

Hidrodinamik Kuşaklar		Su Jeokimyası				Jeolojik Ortam		
Dolum-Boşalım Döngüsü	Su Hareketliliği	Su Sınıfı	Hidrokimyasal Fasiyes	Tuzluluk (%)	Su Tanımı	Yapılar	Su ile İlişkili	Derinlik
Dolum zonu	Aktif su değişimi	I, II (bazen III)	Düşük Tuzlu	0 - 2	Tatlı	Değişken	Hareketli	Genellikle 150 m'den az
			Geçiş	2 - 9	Acı	Yapıların derin kısımları ve özel jeokimyasal ortamlar	Yavaş hareketli	1550 - 2100 m
			Yüksek Tuzlu	9 - 35	Tuzlu		Duraklamış hareket	
Basınç zonu	Gecikmeli değişim (Yavaşlamış su hareketi)	III ve IV	Düşük Tuzlu	0 – 0,2	Tatlı	Değişken	Yetersiz hareket	Genellikle 300 m'den az
			Geçiş	0,2 - 1,1	Acı	Yapıların derin kısımları, kıvrımlı zonlar		900 - 1200 m
			Yüksek Tuzlu	1,1 - 3,8	Tuzlu		Dolaşım ve sınırlı drenaj	
Hidrokarbon birikim zonu	Durgun koşullar	V	Düşük Tuzlu	0 – 0,25	Tatlı veya tuzlu su	Değişken	Yıkama ile tuz çökeltimi	Değişken
			Geçiş	0,25 – 0,7	Tuzlu su ve salamura	Yapıların derin kısımları, aşırı kıvrımlı zonlar		2400 - 3900 m
			Yüksek Tuzlu	0,7 – 1,9	Salamura		Jeolojik zaman değişimi nedeniyle su kimyası farklılaşması	

Wei vd. (1997) sınıflaması

Wei vd., (1997) çalışmasında yaptıkları çalışmada su kimyasına göre kapanlanma şartını değerlendirmiştir. Su kimyasının Çizelge 2.6'ya göre değerlendirilmesi ile rezervuar ve örtü kayadaki deformasyonun ne derecede olduğu, rezervuarın yeterince örtülü mü değil mi ya da faylanmalara maruz kalıp kalmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 2.6. Wei vd.(1997) sınıflaması kriterleri

Petrol ve Doğalgaz Rezervuarı Sınıflaması		Tahribatsız (I)	Az tahribatlı (II)		Fazla tahribatlı (III)	
			Çok az tahrip edilmiş (II_1)	*Farklı tahribat oranlarına sahip (II_2)*	*Sızdıran tip (III_1)*	*Tektonik tahrip edilmiş tip (III_2)*
Petrol Sahasının Hidrojeolojik Parametreleri	Na/Cl	< 0,85	> 1,00	> 1,00	> 1,00	0,85-1,00
	$(SO_4$ x 100) / Cl	0,02-2,00	0,00-2,25	0,20-20,00	> 3,5	0,00-3,50
	Na/Ca	2,50-10,00	8-12	10-50	30-175	15-55
	Su Tipi	$CaCl_2$	$NaHCO_3$	$NaHCO_3$	$NaHCO_3$	Baskın olarak $CaCl_2$
Petrol Jeolojisi Özellikleri	Kapan Tahribat Derecesi	Tahribatsız	Sığ derinlikteki formasyon suyu ile ilişkili yerel faylar	Yeryüzü ile yerel ilişkili, göreceli olarak aktif ve pasif faylar	Rezervuar tahribatı nedeniyle yüzeye hidrokarbon sızıntısı	Aşırı tektonik yükselme, yüzeye taşınmış faylar
	Petrol Sahası Suyu Hareketliliği	Durgun petrol sahası suyu	Yerel sodyum bikarbonat tip su, yerel yüzey suyu girişi	Faylar boyunca yüzey suyu girişi	Yağmur suyu girişi ve yıkaması	Petrol sahası suyu nispeten yüksek hareketli, yüzey suyu girişi
	Diğer Petrol Jeolojisi Özellikleri	Tamamen örtülü kapan	Kısmen örtülü kapan	Başka alanlara kısmi hidrokarbon göçü, az miktarda petrol ve doğalgaz kaçışı	Örtü kaya yok, yüksek miktarda petrol ve doğalgaz kaçışı	Yetersiz örtü kaya, yüksek miktarda petrol ve doğalgaz kaçışı

Diğer Sınıflamalar

Schoeneich (1971), Polonya petrol sahalarındaki sularda yaptığı çalışmasında, I > 10 mg/l, Cl /Br < 120, SO_4 < 0,7 g/lt, SO_4/HCO_3 < 2 şartlarını sağlayan suların hidrokarbon rezervuarları ile ilişkili sular olduğunu belirtmiştir.

Vel'kov (1960), Rusya'nın Saratov sahasında yaptığı çalışmasında, SO_4/HCO_3 < 3 oranına sahip suları petrol havuzu ile kontakta olan veya yakınındaki sular, SO_4/HCO_3 > 3 oranına sahip suları da petrol havuzundan uzak veya üretken olmayan zonların suları olarak tanımlamıştır.

Roshental (1997), Q = $Ca/(SO_4 + HCO_3)$, Na/Cl < 0,80, Mg/Ca < 0,5 ve Cl/Br ≤ 286 oranlarına sahip olan suları, kalsiyum klorür tip su olarak tanımlamıştır.

Buljan ve Jamil (1962-1963), doğal sular (petrol sahası salamuraları da dahil) için B.S (sülfat dengesi) ve I.A (hava alma indeksi) olmak üzere iki önemli özellik tanımlamıştır. Doğal suların, bu özelliklere dayalı olarak petrol potansiyellerinin değerlendirilebilmesi için de öneriler getirmiştir. BS ve IA değerleri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$B.S = (SO_4)_{numune} - (SO_4)_t \quad \text{Eşitlik 2.1}$$

$$I.A = [(SO_4)_{numune} / (SO_4)_t] \times 100 \quad \text{Eşitlik 2.2}$$

$$(SO_4)_t = 0{,}1394 \times (Cl)_{numune} \quad \text{Eşitlik 2.3}$$

Deniz suyu için BS = 0 ve IA = 100'dür. Hidrokarbon yataklarının BS değerleri negatif ve 1000'den büyük değerler sunar. IA değeri pozitif ve 0-10 ise yüksek petrol potansiyeli, 10-100 arasında ise iyi petrol potansiyeli ve 100-1000 ise az petrol potansiyelini ifade eder. Doğal sülfür kaynaklarının BS ve IA değerlerinin her ikisi de pozitif ve 100-1000 değerleri arasındadır. Doğal sülfür kaynakları ile ilişkili sular (genel olarak jipslerle ilişkili), yüksek pozitif BS ve yüksek IA değerlerindedir (Jamil, 2004).

Özdemir vd., (2018) üretim yapılan petrol ve doğalgaz sahaları ile ilişkili suların en az **1 mg/l Li ve en az 3 mg/l B** iyonlarını birlikte içerdiğini tespit etmişlerdir.

2.2.2. Kavramsal mikrosızıntı teorisi ve yüzey jeokimyası yöntemleri

Yüzey jeokimyasal yöntemleri anlamak için petrolün dikey göçünü açıklayan mikrosızıntı teorisini anlamak gerekmektedir.

1. Kavramsal mikrosızıntı teorisi

Mikrosızıntılar için birçok teori ortaya atılmışsa da bunların hepsini kapsayıcı olan bilim dünyası tarafından kabul edilmiş olanı "Kavramsal Mikrosızıntı Modeli – Conceptual Microseepage Model" dir (Tedesco, 1995). Buna göre;

1. Dikey göç, kapan dolduktan sonra başlar (Şekil. 2.1) Rezervuar üzerindeki örtü kaya tamamen homojen değildir, barındırdığı süreksizlikler (fay, kırık, çatlak, mikro kırık ve çatlak sistemleri) boyunca hidrokarbonlar kaçmaya başlar. Salting-out (tuzlanma ile çökelme) etkisi ile bir süre immobilize olan hidrokarbonlar mobilize olur ve örtü kayadaki bu göç yolları artık mikrosızıntılar için "Transition Zone" (Geçiş Zonu) haline gelir (Şekil.

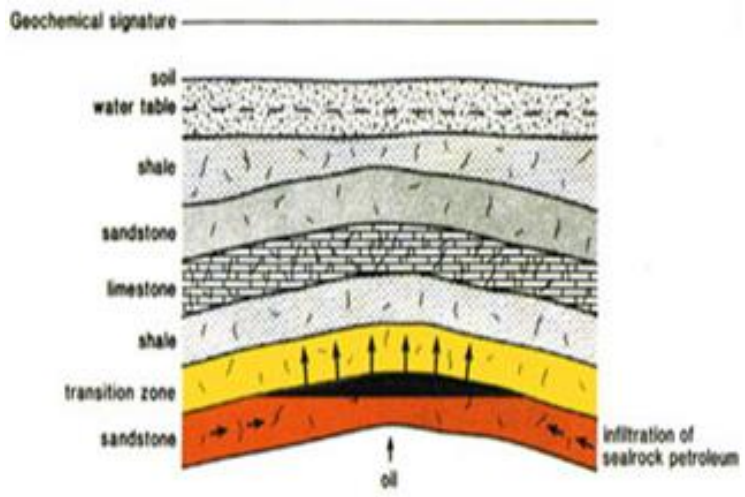
2.4). Rezervuardaki HC doygunluğu rezervuar kayada %20'lere ulaştığında yüzdürme, batmazlık (Buoyancy) oluşur.

2. Batmazlık ya da hidrostatik kaldırma gücü ile dolan kapandaki hidrokarbonlar, geçiş zonlarından yukarı doğru yükselir ancak geçiş zonları homojen değildir. Kapan petrole doymakta iken geçiş zonlarına difüzyon ile gelen hidrokarbonlar alt zonlarda daha yoğun bulunmasına karşın üst zonlarda daha azdır. Geçiş zonundaki mikro kırıklar rezervuara nefes aldırdır (venting) (Şekil 2.3). Böylece gazlar toprağa ulaşır. Başlangıçta dikey göç kolloidal gaz kabarcıkları şeklinde hidrostatik kaldırma gücü iledir. Bazı arama ve üretim sondajlarında karşılaşıldığı üzere örtü kaya üzerinde sedimanter birimlerde hidrokarbonlarla karşılaşılması bu teori ile açıklanmıştır ancak havza geneli (basinal) göç sistemi bununla açıklanamamaktadır.

Hidrokarbonların dikey göçü kendilerine en kolay yolu seçmeleri ile meydana gelir. *Yoğun kırık ve çatlakların olduğu yerlerden sızarak ölçümlerde yüksek anomali verirler.*

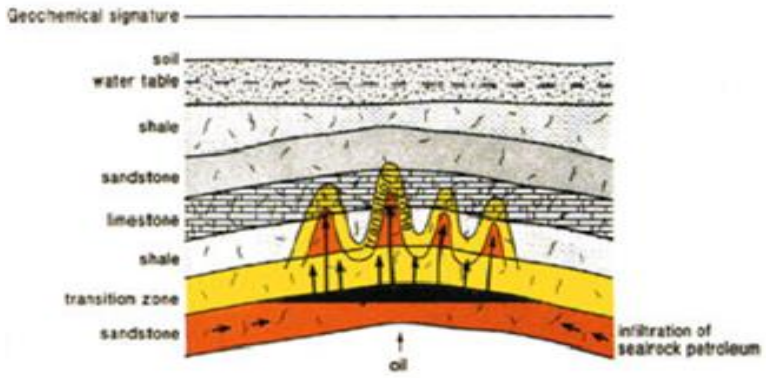
3. Sızıntı miktarı arttıkça toprakta ve örtü kaya üzerindeki zonlarda bazı kimyasal değişiklikler olur (hidrokarbon alterasyonları). Redüksiyon zonları Fe'ce zengin metallerce manyetik ya da manyetik olmayan karbonat minerallerince zenginleşir. Petrol birikimi bu zonun altındadır. Hidrokarbonlar topraktan atmosfere doğru da yükselebilir. Su tablası üzerinde ağır hidrokarbonlar birikirken nem etkisi ile hafif hidrokarbonlar daha üstte bulunmakta ve yüzeye kadar ulaşabilmektedir.

4. Sondaj sonrasında ölçüm değerlerinde hafifleme görülür (diminishing). Daha sonra rezervuar basıncı nedeniyle üst zonlara artezyen yapan kuyudan sızıntı arttığı tespit edilmiştir (Tedesco, 1995).



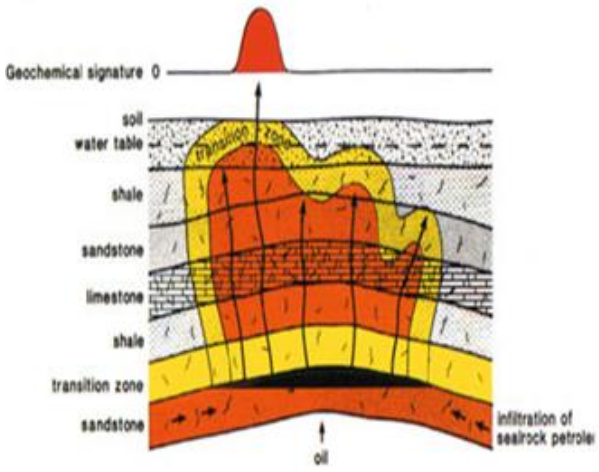
Şekil 2.2. Dikey göç ilk aşaması (Tedesco, 1995)

Birinci aşama: rezervuar hidrokarbona minimum %20 doyar ve hidrokarbonlar örtü kayaya doğru yükselir. Bu aşamada jeokimyasal sinyal sıfıra eşittir.



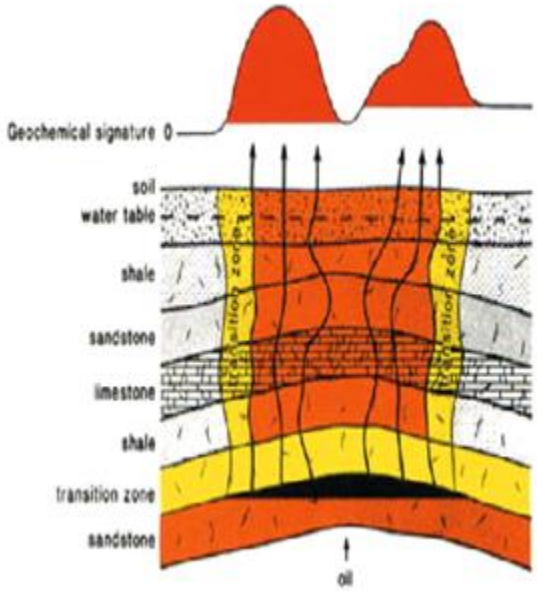
Şekil 2.3. Dikey Göç İkinci Aşama (Tedesco, 1995)

İkinci aşama: Örtü kayadaki zayıf zonlardan yükselen hidrokarbonlar örtü kayada geçiş zonları oluşturur.



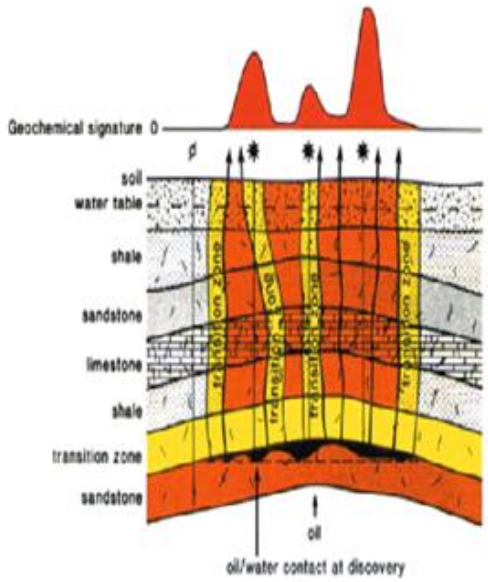
Şekil 2.4. Dikey göç üçüncü aşama (Tedesco, 1995)

Üçüncü aşama: Hidrokarbonlar yüzeye yani toprağa kadar ulaşır ve böylece geçiş zonları baca halini alır, rezervuar nefes alır (venting), jeokimyasal işaret artık pozitiftir.



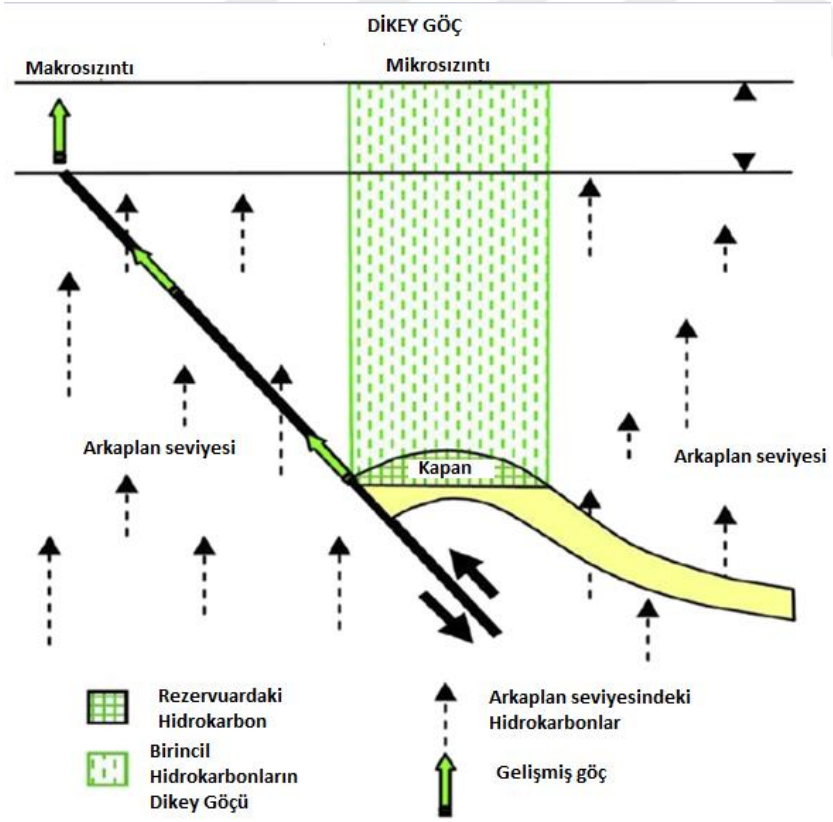
Şekil 2.5. Dikey göç dördüncü aşama (Tedesco, 1995)

Dördüncü Aşama: Hidrokarbonlar artık yüzeyde daha çok alan kaplar ve jeokimyasal işaret çoğu yerde pozitiftir.

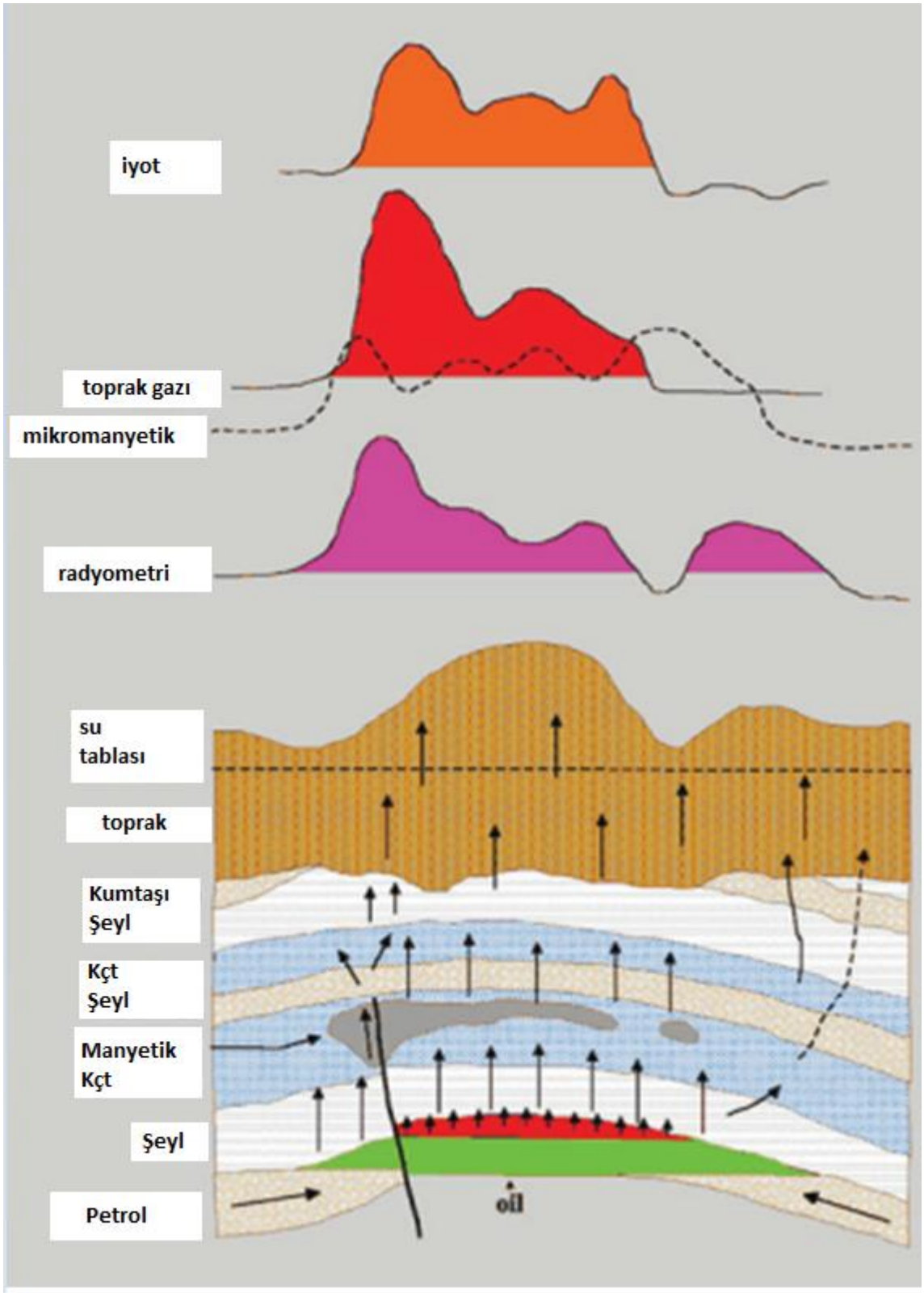


Şekil 2.6. Dikey göç beşinci aşama (Tedesco, 1995)

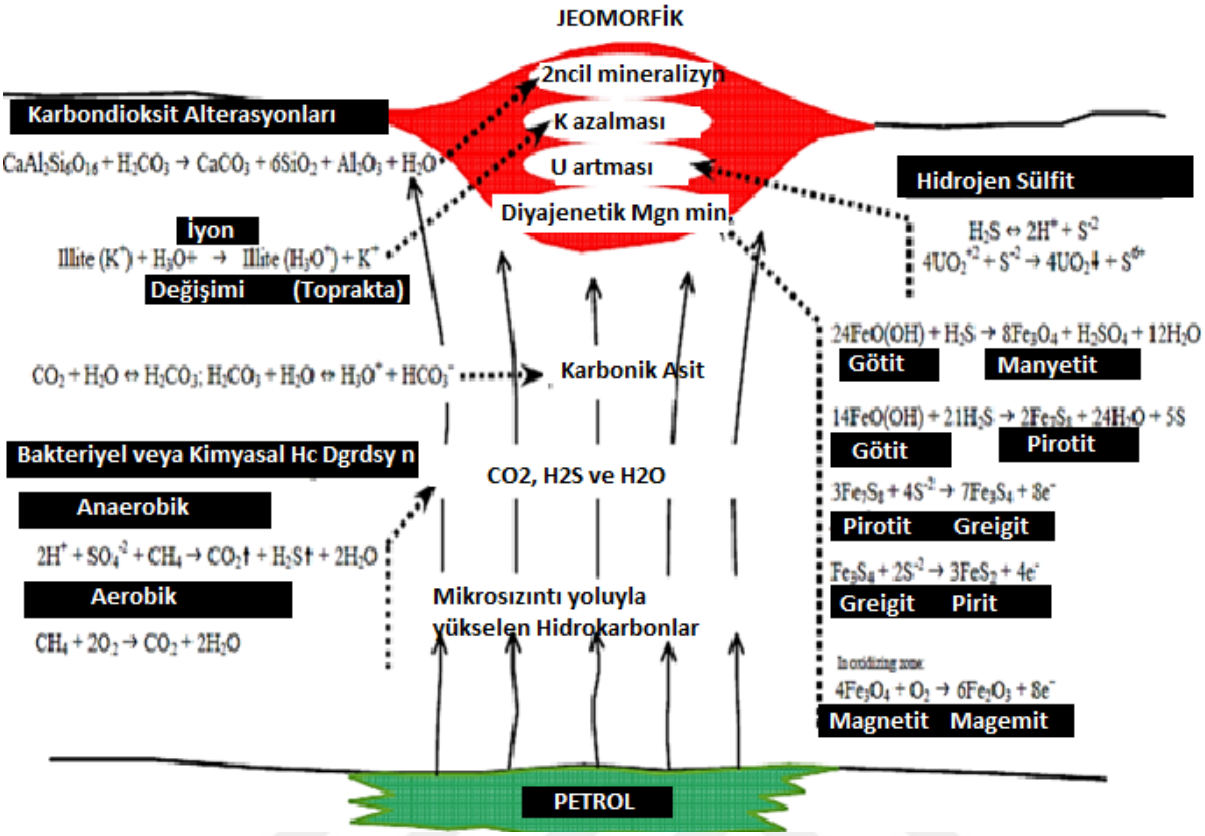
Beşinci Aşama: Rezervuardaki HC dikey göç ile azalmakta ve dikey göç yeni geçiş zonları boyunca sürmektedir.



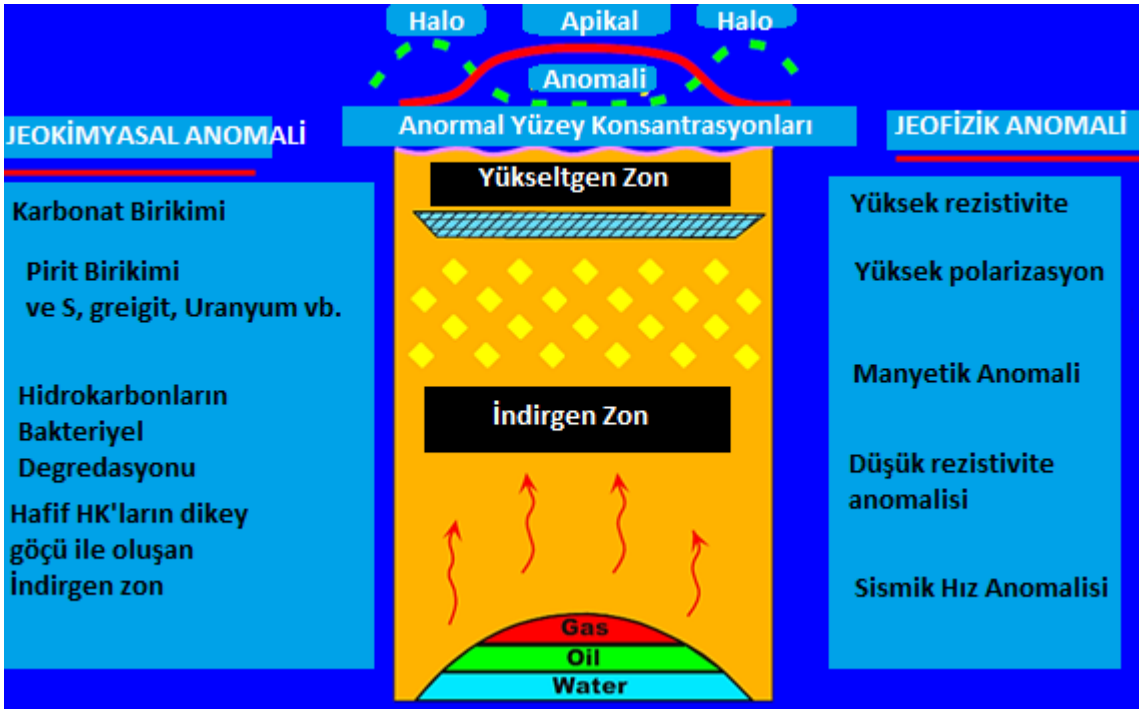
Şekil 2.7. Şematik sızıntı modeli (Rasheed vd., 2015)



Şekil 2.8. Mikrosızıntı tespitinde kullanılan farklı yöntemlere göre anomali tiplerinin modellenmesi (Tedesco, 1995)



Şekil 2.9. Mikrosızıntının yeryüzündeki (mostradaki) tezahürü ve açıklamaları (Fernandez vd., 2015)



Şekil 2.10. Mikrosızıntılar ve neden oldukları jeokimyasal ile jeofiziksel belirteçler (Schumacher ve Clavereau, 2017)

2.2.3. Yüzey jeokimyası yöntemleri ile mikrosızıntıların tespiti

Petrol aramalarında yüzey jeokimyası çalışılmasının amacı rezervuarın olası yerini tespit etmek olsa da seçilen yöntem ve toplanan verilerin hatasız olması, değerlendirme ve yorumlamalardaki hataların önüne geçecektir. Arazide gerek toprak gazı ölçüm cihazları gerekse toprak burgu aleti ile numuneler alınmaktadır. Arama için karar verilen yönteme göre numune toplama yöntemi değişkenlik göstermektedir. Mikrosızıntıların tespit edilmesindeki ana amaç çeşitli değerlendirme yöntemleri ile olası rezervuar lokasyonlarını tespit etmektir. Toprak gazları, radon, helyum, radyometri ve iyot araştırmaları jeofizik yöntemlere göre düşük maliyetle yapılmaktadır. İyot hem toprak hem de suda iyonik ya da katı olarak bulunur ancak diğerleri gaz halindedir. Bu yüzden toprak gazları, helyum ve radon için gaz numuneleri alınır. Numuneler alındıktan sonra derişimleri belirlenir ve elde edilen veri setinin istatistiği çıkartılır. Daha sonra çeşitli istatistiksel yöntemlerle eşik değer belirlenir. Eşik değere göre yorum yapılır ve anomali değeri belirlenir. Helyum ve Radon için rezervuar, eşik değerin altındaki değerlerle temsil edilen bölgede bulunmalıdır. Anomali ve eşik değerden yüksek değerleri faylar veya gömülü faylar temsil eder. İyot ise organik madde kökenli bir elementtir. Pozitif anomali sunan iyot değerlerini temsil eden bölgeler petrol yataklarını işaret etmektedir.

Mikrosızıntı teorisinde sığ akiferlere, radon, iyot hidrokarbonlar derinlerden gelip karışabilir.

1-Toprak Gazı Yöntemi (Soil Gas Method)

Amaç, aramacılık için belirlenen hat boyunca toprak içerisinden örneklenen numunelerin barındırdığı gaz miktarını ölçmektir. Toprakta Hidrokarbonlar C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 ve CO_2 ile N olarak bulunur. Toprakta metan, etan, propan, bütan (izo ve –n), pentan ve n-pentan, hekzan ve karbondioksit olarak bulunur. C-8 ile C-12 arası hidrokarbonların bulunuşu biyojenik aktiviteyi göstemekte olup arazide bu gruba sık rastlanılır. Toprak gazı numuneleri toplanmadan önce yapılacak araştırma için numunelerin alınacağı hedef derinliğin baştan belirlenmesi gerekir. Çünkü toprak ile atmosfer arasındaki sıcaklığa göre gaz alışverişi, mevsimsel ve meteorik duruma göre değişecektir. Bu da yapılan ölçümün çok sığ derinlikte sağlıksız olmasına yol açacaktır.

Toplanan numunelerden alınan veriler, örnekleme noktalarına karşılık gelecek şekilde grafiğe dökülür. Genellikle ölçüm alınan hattın jeolojik enine kesiti ve varsa sismik kesitinin üzerine bu grafik yerleştirilir. Hem alınan ham veri hem de istatistiksel yöntemler kullanılarak ham verilerin işlenmiş hali grafiğe dökülür. Abrams vd., (2015) yaptığı çalışmada Davis (1973) ve Howarth, (1983) önerdiği veri işleme yöntemini kullanmıştır.

$X_w = \frac{A_i - \bar{x}}{\sigma}$ olarak ifade etmiştir. Eşitlik 2.1

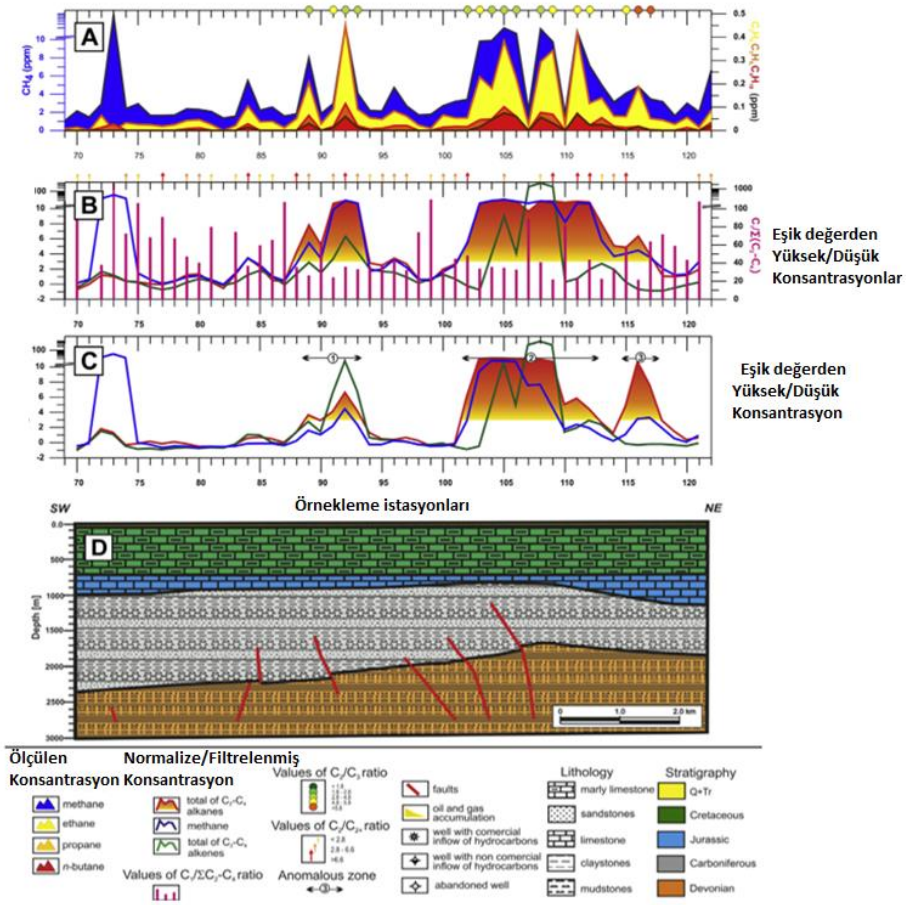
X_w : Verinin normalize edilmiş halini,

A_i : Laboratuvardan alınan ya da sahadan alınan ham veriyi,

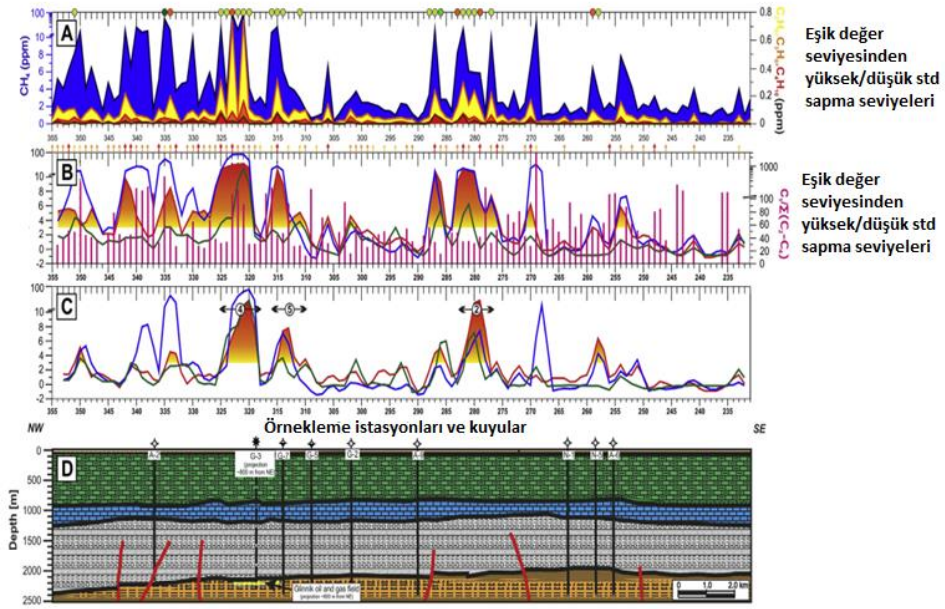
$\bar{x}$: Ham verilerin ortalaması ya da eşik değeri,

σ: Ham verilerin standart sapmasını,

göstermektedir.



Şekil 2.11. Toprak gazı verilerinin gösterimi (alkanlar) (Sechman vd. 2015)



Şekil 2.12. Toprak gazı verilerinin gösterimi (alkenler) (Sechman vd. 2015)

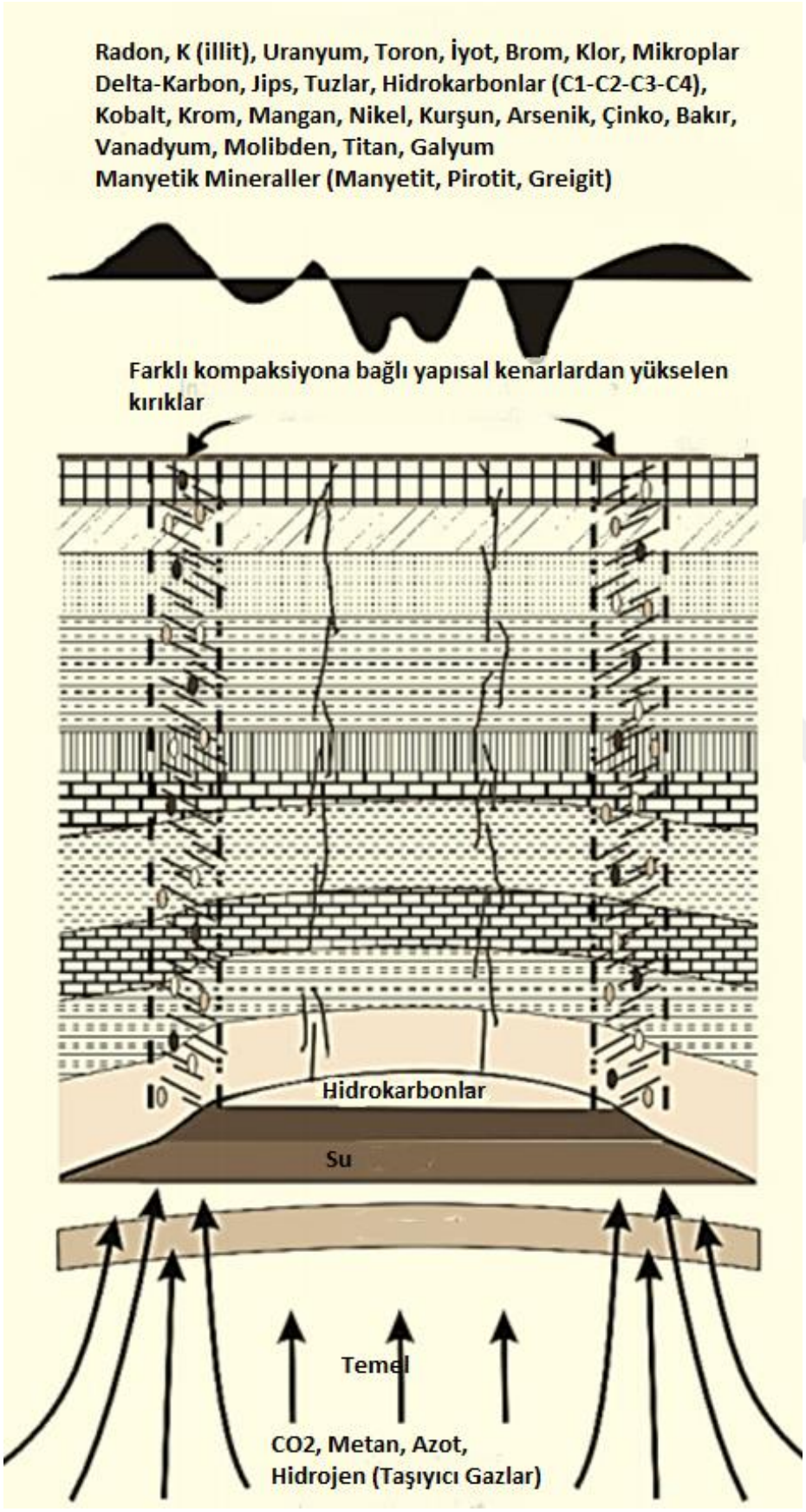
Düşük pozitif anomali veren zonlar, rezervuarlara işaret ederken, yüksek pozitif anomali veren zonlar ise fay olarak yorumlanmaktadır (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11)

Şekil 2.8'de üretim kuyusunun düşük metan değerinde olduğu ancak sonradan etrafındaki metan değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu üretim yapıldıktan sonra sızıntının arttığını göstermektedir. Kuyunun rezervuara göre lokasyonu, tam geçiş zonu üzerine kazıldığını göstermektedir.

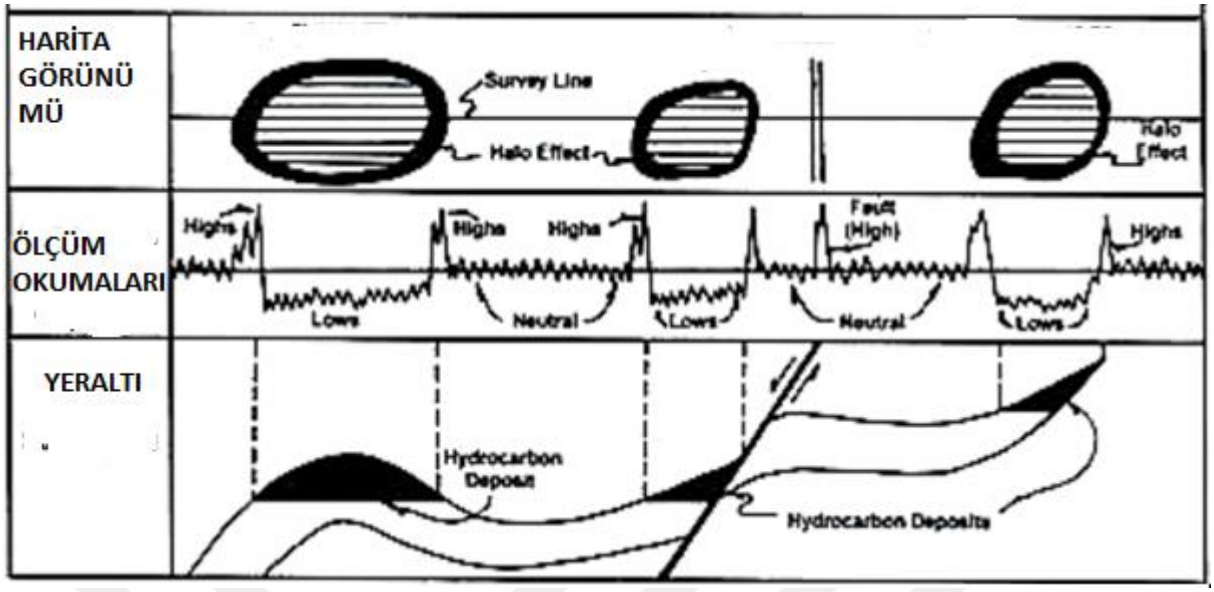
2- Radyometrik Yöntemler

Toplam Gama ışınındaki değişimler ölçülmekle beraber radyoaktif bir gaz olan Radon gazı derişimi ölçülür. Radon, U-Th, U-Ra bozunma serisinin bir sonucu olarak oluşur. Radonun kökeni kaynak kayadaki uranyumdur. Uranyum organik maddede daha yaygındır. Kil tabakaları genellikle kilin mevcut uranuyumun çoğunu emebilme kabiliyeti nedeniyle uranyum açısından zengin sıvıların göüne veya yayılmasına izin vermez. Toryum ve uranyum, UO^{2+} ve Th^{4+} 'nın hidratlanmış katyonlarını oluşturur ve bu, metallerin geniş bir pH aralığında çözünürlüğünü etkilemektedir (Harmsen ve de Haan, 1980). Çeşitli organik asitler toryum ve uranyumun çözünürlüğünü arttırır. Bununla birlikte, uranyum ve toryumun hareketliliği killer ve organik madde ve daha az çözünen fosfat ve oksitler üzerindeki emilim sonucunda sınırlıdır. Uranyum muhtemelen uranil iyonu şeklinde taşınmaktadır. Silikon ve organik madde kalıntısı varlığında, U_3O_8'in potansiyel olarak ekonomik sedimanter çökelleri oluşur. Petrol bir uranyum türevi olan peçblend depolanır (Brookins, 1988). Bununla birlikte, birçok uranyum bileşiği, Eh-pH koşullarına ve karbonatların, demir sülfürlerin ve demirin yokluğuna veya varlığına bağlı olarak çökelebilir (Tedesco, 1995).

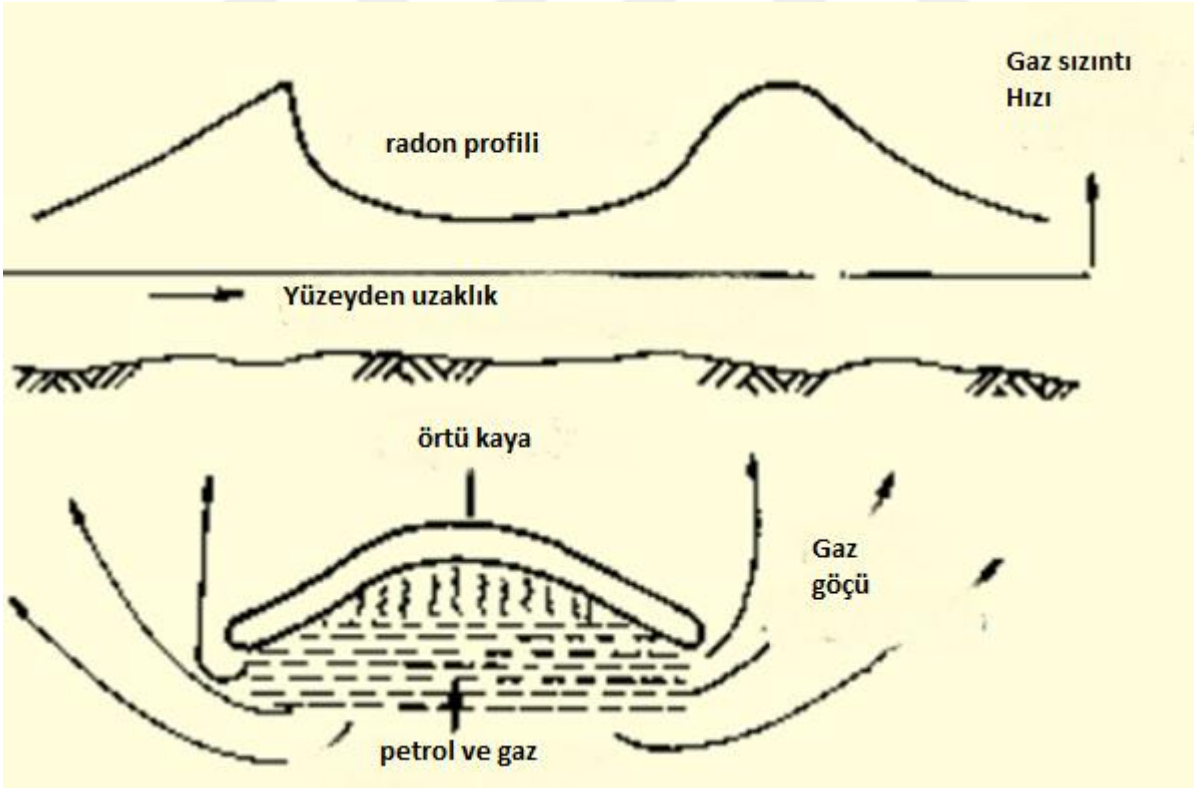
Bazı araştırmacılar, radyoaktif anomalilerin, topraktaki veya kayadaki hidrokarbonların doğrudan varlığı nedeniyle oluştuğu kavramını ileri sürmüştür. Sikka (1962A, 1962B, 1963), bir antiklinal yapının kanatlarında başlayan, yukarı doğru ilerleyen ve petrol birikiminden uzak yüzeyde ortaya çıkan doğrusal bir kırık sistemi teorisini öne sürmüştür. Bu kırıkların, yükselen hidrokarbonlar, yeraltı suyu ve radyoaktif elementler ve bileşikler için kolay çıkışlar sağlayacağı öne sürülmüştür (Tedesco, 1995).



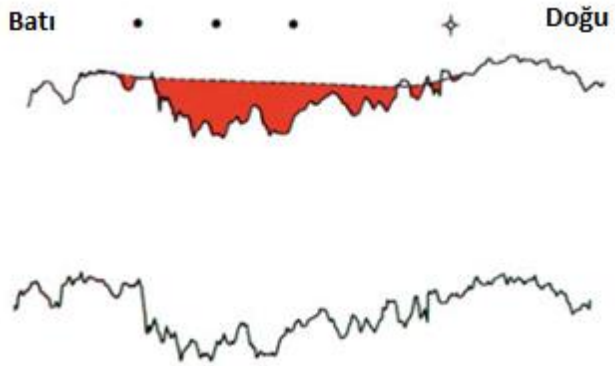
Şekil 2.13. Radyometrik anomali ve kavramsal mikrosızıntı modeli (Fernandez vd., 2015)



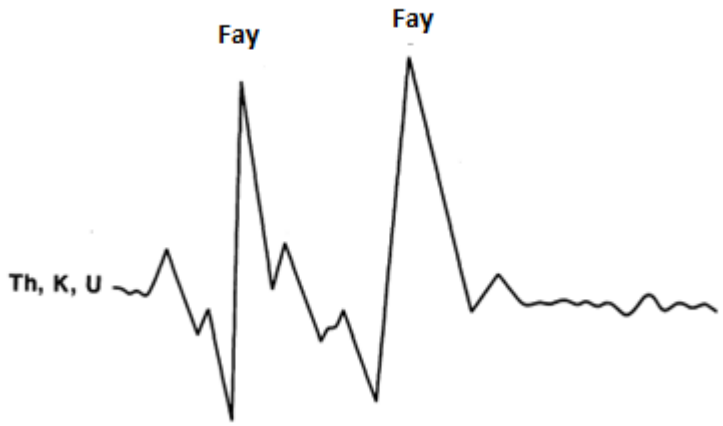
Şekil 2.14. Farklı kapan tiplerine göre Radyometrik halo anomalisi türleri (Fernandez vd., 2015)



Şekil 2.15. Mikrosızıntı ve Radon anomali kesiti (Fernandez vd., 2015)

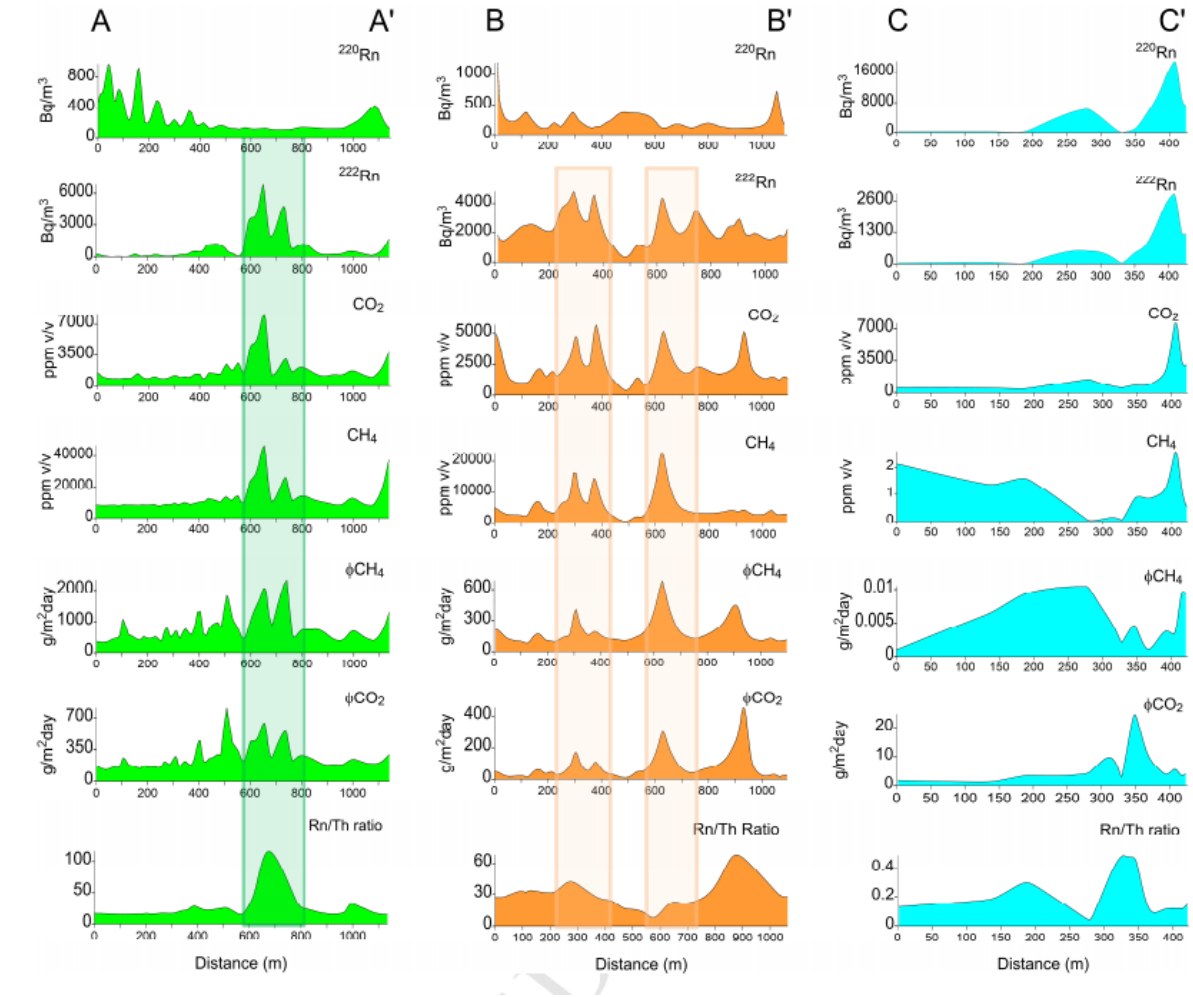


Şekil 2.16. Goldenspike sahası (ABD) radyometrik ölçüm kesiti (Tedesco, 1995)

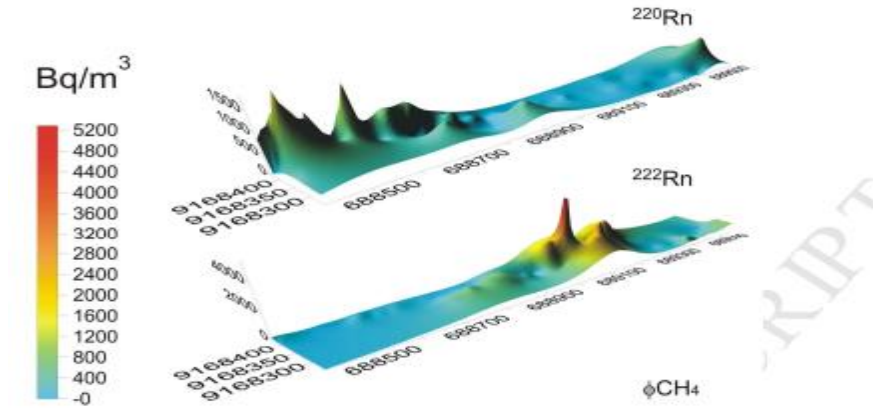


Şekil 2.17. Radyometri profilinin yorumu (Tedesco, 1995)

Radon, Radyum, ve Toron ölçümlerinden alınan veriler eşik (treshold) yani eşik değer bulunur. Eş kontur haritaları çizilir ve ölçüm alınan hat boyunca kesit/profil alınır. Harita üzerinde maksimum eş konturların olduğu yerlere halka ya da halo denir. Anomali haritasından önce ölçüm alınan hat boyunca sonra da belirlenen bir hat boyunca kesit alınır. Kesit üzerinde eşik değerin altında kalan yerler rezervuar olabilecek yerleri, halo anomalisini oluşturan pikler ise fay veya mikrosızıntıların takip ettiği kırık çatlak sistemlerini temsil eder. Hem eşik değer altında hem de iki pik arasında kalan bölge ise potansiyel rezervuarları temsil eder. Yapılan yorum ile hedef gösterilen bölge kesitte gösterilir. Radon genellikle CO_2 ve N_2 gibi gazlarla taşınır. Bu nedenle taşıyıcı gazlarla beraber ölçüm alınır. Radon çalışması yapıldıktan sonra taşıyıcı gazlar ile birlikte miktar ve akış için aynı yöntem yapılmalıdır (Tedesco, 1995).



Şekil 2.18. Radon anomali kesitlerinin gösterilişi (Sciarra vd., 2017)



Şekil 2.19. Radon anomali kesitlerinin 3 Boyutlu gösterilişi (Sciarra vd., 2017)

3- Helyum

Anormal helyum birikimleri, hem rezervuarın kendisinde hem de petrol yatakları ile ilişkili olarak tanımlanmıştır. Tarihsel olarak, helyumun petrol için arama aracı olarak kullanıldığı

zaman zaman aralıklar olmuştur. Bu teknik, bir kapanla ilişkili fay ve kırık sistemlerinin bulunmasında yararlı olmuştur (Tedesco, 1995). Doğal olarak oluşan iki helyum izotopu vardır. En bol olan 4-He ve daha az yaygın olan 3-He'dir. Her iki izotop da ilksel veya radyojenik kökenli olabilmektedir. 4-He'un çoğunluğu radyojeniktir ve doğal olarak oluşan radyonüklidlerin alfa bozunumundan meydana gelir. 4He'un ana kaynakları, 238U, 232Th, 206Pb ve 208Pb bozunumudur. Bir inert gaz olarak, 4He diğer elementlerle kararlı bileşikler halinde reaksiyona girmez. Sızıntının sonunda, yeraltından yeryüzünün atmosferine nispeten düşük hızda ve daha sonra da nispeten düşük hız ile uzaya göç edecektir. He-4'ün uranyum sahalarında, jeotermal kaynaklar ve petrol yatakları için olası bir yol gösterici kullanımı Pogorski ve Quirt (1981), Butt and Gole (1984) ve Roberts (1981) tarafından belgelenmiştir. Helyum, difüzyon yoluyla yüzeye doğru hareket eder ve çok dağınık bir halo oluşturur. Konsantrasyonlar kırık ve faylı bölgelerle ilişkili olma eğilimindedir çünkü He bu kanallardan göç eder (Tedesco, 1995). Helyum veri değerlendirmesi de aynı radon değerlendirmesi gibi yapılır, yorumlanması da aynıdır. Tek fark eşikten düşük radon hidrokarbon birikimlerini gösterirken helyumda bu geçerli değildir. Ancak anormal derecede yüksek radon ve helyum gömülü fayları işaret etmektedir.

4- Halojenler

Halojen grubu klor, flor, brom ve iyottan oluşmaktadır. Halojenler, özellikle hidrojenle bağlandığında birçok bileşik tipinin önemli bileşenleridir. Halojenler petrol türevi organikler ile yakından ilişkilidir; İyot, özellikle hidrokarbonların aranmasında kullanılmıştır. Tüm halojenler, çinko, bakır ve altın cevherlerini ayırmak için kullanılmıştır (Boyle, 1987; Levinson, 1980). Bununla birlikte, sadece iyot petrol kapanlarını tanımlamak için sürekli bir şekilde kullanılmıştır (Kudelsky, 1977; Gallagher, 1984; Kudel'sky., 1977 Allexan ve diğ, 1986; Singh ve diğ, 1987;. Gordon ve Ikramuddin, 1988; ve Tedesco ve Goudge, 1989;Tedesco, 1995) .

İyot, altın, petrol ve doğal olarak oluşan organik bileşiklerle güçlü bir yakınlığa sahiptir. Petrol aramalarında birkaç yıl, özellikle Ruslar, daha sonra Kanadalılar tarafından ve son zamanlarda ABD tarafından kullanılmıştır. Arka plan değerleri, 0,6 ila 1 ppm moleküler iyot aralığındadır." "Anormal değerler tipik olarak 2,0 ppm moleküler iyotun üzerindedir. Eşik değerleri ile alanla ilişkili anormal değerler arasındaki ölçümler, küçük anomalileri veya bir geçiş bölgesini temsil eder. İyotun altınla ilişkisi Boyle (1987) tarafından belgelenmiştir.

Altın ve petrol yatakları genellikle birlikte bulunmaz (Nevada Havzası ve Range Bölgesi gibi alanlar hariç). Klor ve Flor de petrol hidrokarbonları ile ilişkili gibi görünmektedir, ancak bunların uygulanabilirliğini ve etkinliğini belirlemek için yayınlanmış bir veri bulunmamaktadır. Brom, Gallagher (1984) tarafından topraklarda, bazılarının değil, petrol sahalarının hepsinde var olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, incelenen alanların her birinde iyot sürekli olarak anormal miktarlarda bulunmaktadır. (Tedesco, 1995)"

"Halojenler, halojenizasyon veya fotokimyasal reaksiyonlar ile organik bileşikler ile birleşir. Halojenizasyon, esas olarak sentetik veya sert çevresel koşullar altında meydana geldiği düşünülen ve normal şartlarda genellikle bulunmayan bir süreçtir. Halojenleşme, alglerde doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Dehalojenleşme reaksiyonları, ortamda ya hidroliz ya da orantısızlık reaksiyonları olarak daha kolay ortaya çıkar (Moore ve Ramamoorthy, 1984). Halojen bileşikleri, halojen ve karbon atomları arasındaki bir yük kaybı nedeniyle hidrolize duyarlıdır. Fotokimyasal reaksiyonlar, halojenlerin organik moleküller tarafından emilmesini sağlayan yapısal değişikliklerin daha muhtemel nedenidir. Bu reaksiyonlar, elektromanyetik radyasyonun ultraviyole aralığındaki (240- 700 nm) etkisinden kaynaklanır. İyonlaştırıcı radyasyon, moleküler değişikliklere neden olmak için yeterince konsantre formda değildir. Bu nedenle, halojen konsantrasyonları ya (1) elektronların ya da enerjinin bir ara foto-hassaslaştırıcı ya da (2) doğrudan emilime neden olan deaktivasyon reaksiyonları ile gerçekleşmesidir (Tedesco, 1995)."

"İyotun, petrol birikimleri ile derinlemesine yüzey ilişkisi önerilmesi, toprak / hava ara yüzeyine ulaşan hidrokarbon gazları ile başlar. Kızılötesi ve ultraviyole ışık altında, hidrokarbonlar iyot ile reaksiyona girer ve iyodorganik bileşikler oluştururlar. Hidrokarbon gazlarının topraktan uzaklaştırılması, zamanla, mevcut olan iyodorganik bileşiklerin miktarını azaltacak fiziksel ve biyolojik süreçlere neden olur. İyotun kaynağının başlangıçta deniz spreyi etkisi veya atmosfer olduğu düşünülmüştür (Vinogradov, 1959; Chudecki, 1960; Karelina, 1961; Fuge, 1974). Bu durum, eşik ve anormal değerlerin kıyıdan uzaklaştıkça ve sahile yakın alınan örneklerin iyot akışındaki büyük değişiklikler nedeniyle yorumlanması zor olacağını ileri sürülmüştür. Ancak, deniz sprey konsepti çelişkili sonuçlar vermiştir. (Tedesco, 1995)."

1, "Amerika Birleşik Devletleri'nin doğusunda bulunan Colorado eyaletindeki normal toprak iyot değerleri ve Marmara Denizi'nin hemen kuzeybatısındaki iyot değerleri yaklaşık olarak aynı arka plana veya normal toprak değerlerine sahiptir, 0,5 ila 1,0

ppm moleküler iyot (Allexan et al., 1986; Tedesco ve Goudge, 1989). Doğu Colorado ve kuzeybatı Türkiye benzer toprak tiplerine sahiptir. Bir deniz spreyi etkisinden nispeten uzak olan güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Central Texas, 3,0 ila 6,0 ppm moleküler iyot normal arka plan değerlerine sahiptir (Allexan ve diğerleri, 1986).”

2, “İyot değerleri başlangıçta derinlikle artar, ancak daha sonra hızla 10 ft'nin altında düşer (Runyon ve Rankin, 1936; Hitchon ve diğerleri, 1971). Ancak Collins ve Egleson (1967), Collins (1969, 1975), Kudel'ski (1977) ve Levinson (1980), belirli havzalarda petrol sahaları ile ilişkili olarak iyot açısından zengin salamuraları belgelemiştir. Bu, kızıl ötesi ışığın katalizör olmayabileceği ve diğer reaksiyon ve mekanizma türlerinin meydana gelebileceğini düşündürmektedir. Anormal iyot bileşikleri, boş bir katyon bölgesine veya zayıf bir şekilde bağlanmış bir başka elementin yerine geçerek IO_4^- ve IO_3^- oluşturulmaktadır. I^- emilimi, emilen toplam iyotun sadece % 30'udur. IO_4^- IO'dan daha güçlü bir şekilde emilir, - ve her ikisi de asidik çözeltilerde kolayca absorbe edilir, ancak alkalin koşullarında daha azdır. Demir oksitler ve alüminyum oksitler üzerinde absorpsiyon gerçekleşmesine rağmen, iyot kolayca buharlaşır ve giderilir. Bileşik IO_3^- tercihen demir oksitler üzerinde emilir. Petrol depolanması ile ilgili tüm iyot bileşiklerinin formu belirlenmemiştir, ancak bir tür muhtemelen CH_3I'dir (Moore ve Ramamoorthy, 1984). Bu bileşiğin, 55 günlük bir yarı ömre sahip olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, petrol birikimlerinin saptanmasında analiz edilen iyot bileşikleri daha uzun bir stabilite süresine sahip gibi görünmektedir. Bu, birkaç aylık depolanmadan sonra tekrar analiz edilen örneklere dayanmaktadır. Sonuçlar orijinal değerlerin % -40'ı arasındadır. İyot tipik olarak çeşitli minerallerin küçük bir bileşeni olarak ortaya çıkar, ancak genellikle ayrı mineraller oluşturmaz. İyotun oluşturduğu bazı bileşikler şunlardır: CuI, CuI(OH) (IO_3) 'AgI, polihalidler, iyodat ve periodatlar (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992). İyot bileşikleri kolayca çözünür. Sorpsiyon kapasitesine bağlı olarak topraktaki organik maddeler, killer ve karbon tarafından emilir. (Tedesco, 1995).”

“Prince ve Calvert (1973), indirgeyici ortamların, oksitleyici ortamlardan daha fazla miktarda iyot içerdiğini göstermiştir. Metan tek başına iyot artışlarına neden olmaz. Organik maddenin normal ayrışması iyotta bir artışa neden olur, fakat tipik olarak petrol kaynaklı hidrokarbonların toprağa eklendiği zamanki gibi daha yüksek

miktarlarda olmaz. Bu CBM ve biyojenik gazın geri kazanılabilir bir kaynak olduğu havzalarda örnekleme ile teyit edilmiştir (Tedesco, 1995).”

“Ana akım düşünce, iyotun bir veya daha fazla ağır hidrokarbonla ilişkili olmasıdır. Petrol birikimlerinin üstünde bulunan topraklarda bulunan iyodorganik bileşikler üzerinde çok az araştırma yapılmıştır. Çalışmaların çoğunda organik madde, humus ve toprakta iyot zenginleşmesi olduğu belirtilmektedir (Kovda ve Vasileyvskaya, 1958; Gallego ve Oliver, 1959; Vilgusevich ve Bulgakov, 1960; Zyrin ve Bykova 1960, Karelina, 1961, Zimovets ve Zelenova, 1963; Glushenko ve diğerleri, 1964; Tikomirov ve arkadaşları, 1980). Organik madde veya kil içeriği veya her ikisi de arttıkça, topraktaki iyot miktarı da artar.”

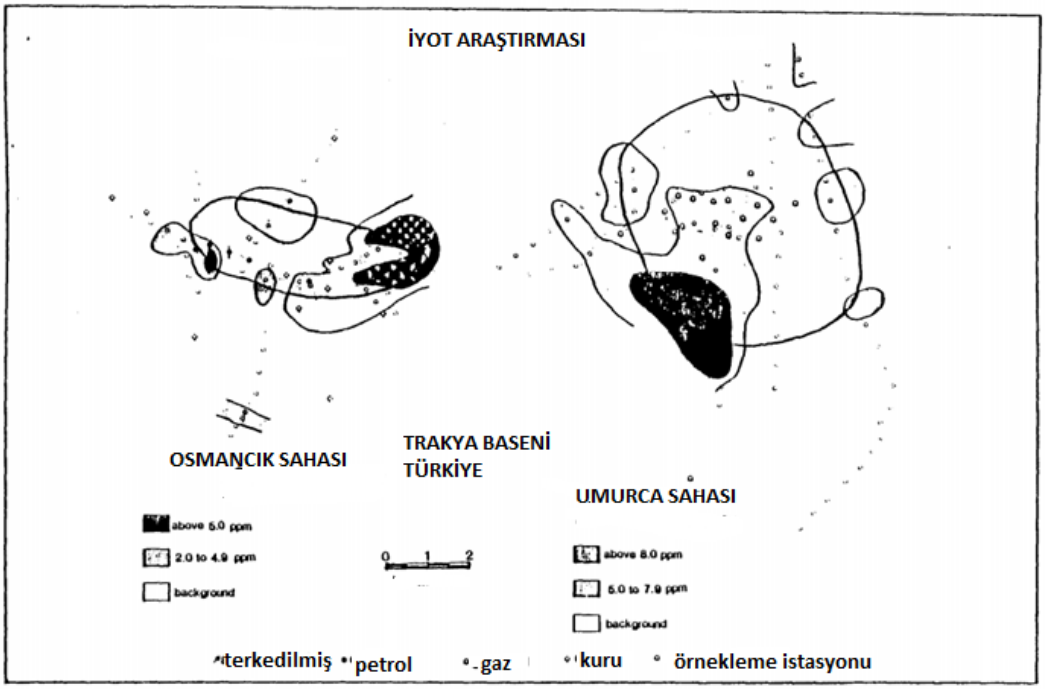
“Kay (1987), farklı organik madde türlerinin farklı oranlarda ve farklı miktarlarda iyot absorbe ettiğini bulmuştur. Karbonat ana materyalden türeyen topraklar, halojenlerin karbonat absorpsiyonu nedeniyle daha fazla miktarda iyot göstermiştir (Katalymov, 1964; Gallego ve Oliver, 1959). Aynı bölgedeki karbonatsız topraklara kıyasla artış sergiler. Yayınlanan çalışmaların çoğu örneklerin genellikle A horizonundan alındığını göstermektedir. Bir çalışmada elluvial bölge, organik madde ile ilintili olmayan iyot içeriğinde belirgin azalmalar olduğunu göstermiştir (Zyrin ve Bykova, 1960). Toplanan toprak örneklerinin mevcut petrol sahalarına ya da petrol havzalarına yakın olduğu çalışmaların hiçbirinde bildirilmemiştir. Bu nedenle, geniş aralıktaki değerlerin toprağa göç etmiş petrolün bir sonucu olup olmadığını belirlemek zordur. Aşağıdan toprağa göçen veya buralardan sızan hidrokarbonların miktarı genellikle ppm ve bazen ppb olarak ölçülür. Organik madde genellikle ppt olarak toplam toprağın bir yüzdesidir. Küçük miktarlarda petrol, topraklar tarafından biriken miktarın 1,5 ila 50 katı arasında bulunan iyot miktarını artırabilir. Petrol birikimiyle ilişkili olarak elde edilen tuzlu suların iyotlaşması, daha çok organik asitler olarak adlandırılan deniz kaynaklı kısa zincirli alifatik asit anyonları ile korelasyon göstermiştir (Means ve Hubbard, 1985). Bu hidrokarbonlar yüzeye çıktığında, iyot tercihen emilir. Petrol sahası tuzlu sularında yapılan çalışmalar iyotta çarpıcı artışlar göstermiştir (Runyon ve Rankin, 1936; Collins ve Egleson, 1967; Collins, 1969; Levinson, 1980). Petrol gibi altere olan organik madde, iyot bileşiklerinin oluşmasında kimyasal olarak daha reaktiftir. Ancak, organik madde ve kil, topraktaki iyotun artışında rol oynar (Tedesco, 1995).”

Organik madde ve kil miktarı, toprakta petrol tarafından ek olarak biriktirilebilecek iyot miktarını kontrol etme eğilimindedir. Genel olarak kumlu toprakta 1 ppm altında, değerlere

sahiptir, ve petrol alanları ile bağlantılı kumlu toprakta iyot birikimleri tipik olarak 4 ppm'i aşmamaktadır. Organikler ve killer açısından zengin topraklarda ve 4'ten 8 ppm'e kadar, anomali değerleri tipik olarak 10 ila 40 ppm arasında iyot değerleri olmaktadır (Tedesco, 1995).

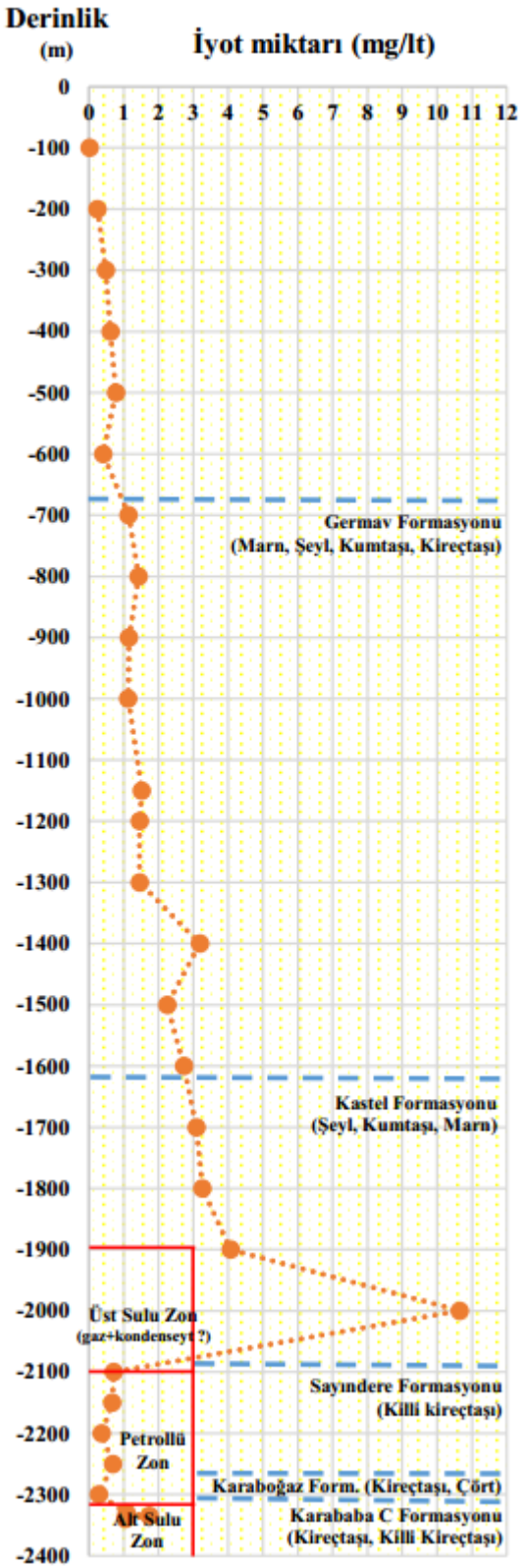
Tüm halojenlerden sadece iyot, mevcut petrol sahalarını tanımlamak ve yenilerini bulmak için başarıyla kullanılmıştır. Toprakta etan ve daha ağır hidrokarbonların varlığının iyotta artışa neden olduğu veya yakından ilişkili olduğu görülmesine rağmen iyot yöntemini kabul etmede bazı zorluklar olmuştur. İyottaki diğer artışlar veya varyasyonlar genellikle petrolden daha azdır. Bir İyot araştırmasında, anormal değerlerin varlığından önce, arka plan değerlerini oluşturmak için çok sayıda örnek gerekir. Toprak gazı, örnek başına iyota göre 5 ila 20 arasındadır. Toprak gazının toplanması ve ölçülmesine göre iyot numunelerinin elde edilmesi, ele alınması ve analiz edilmesi çok daha kolaydır. Yeterli örnek elde edilirse yorum nispeten kolaydır. Zemin özellikleri, araştırma sırasında meydana gelen çarpıcı değişiklikler bilindiğinde ve toprağın ikinci katına kadar sınırlandırıldığı sürece, bir faktör gibi görünmemektedir. İyot kullanmanın bir avantajı tekrarlanabilirliğidir. Gazlar veya sıvılardan farklı olarak, iyodorganik bileşikler nispeten sabittir; Barometrik basınçtaki dalgalanmalardan, mevcut gaz miktarındaki hızlı değişimlerden, toprakların ıslanmasından ve kurumasından ya da gaz ölçümü yöntemlerini kolayca etkileyebilecek su tablasındaki değişikliklerden kolayca etkilenmezler. Örnekleme ve analizlerin basitliği de hata olasılığını azaltır. İyot yönteminin dezavantajları, doğru bir yorumlama için gerekli olan çok sayıda örnek ve karşılaştırma için bir modele ihtiyaç duymasıdır (Tedesco, 1995)."

Topraktan iyot yöntemi ile Trakya baseninde yapılan çalışmalarla Osmancık sahasındaki topraktaki iyot derişiminin gösterdiği halo anomalilerinin petrol kuyularını kapsadığı görülmüştür. Umurca sahasında ise, gaz üretimi yapılan kuyuların halo anomalisi içerisinde daha dar alanda olduğu görülmüştür (Şekil 2.20) (Allexan vd., 1986).

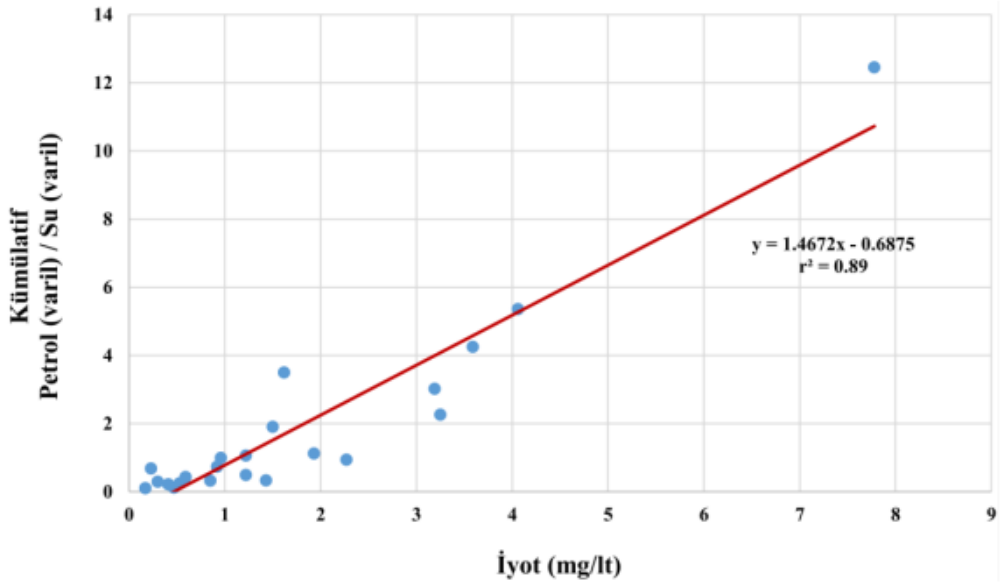


Şekil 2.20. Trakya Baseni Umurca ve Osmancık sahaları iyot araştırması (Allexan vd., 1986)

Endüstriyel hammadde olarak iyotun büyük kaynağı, petrol ve doğal gaz sahalarındaki fosil sulardır (Özdemir, 2018a). İyot toprakta hümik asitle ilişkilidir (Bowley vd., 2016) Petrol sahası sularındaki bu iyotun kaynağı ise denizel ortamdaki algal ve yosun gibi deniz suyundaki iyotu toplayan organizmalardır (Özdemir, 2018b). Ötrofikasyon ile birlikte bu canlıların çökelip anakaya bünyesine geçmesi ve zamanla petrol oluşumu için gerekli koşulların sağlanması ile ana kayada gözenek sularında iyotun hapsolması ile açıklanır (Özdemir, 2018c). Derin denizel ortamlarda sıkışma ile birlikte iyotça zengin akışkanlar daha gözenekli ortamlara itilir. Organik madde petrole dönüşürken bünyesindeki iyotu fosil sulara bırakmaktadır. Buna göre, sudaki iyot miktarı ne kadar fazla ise oluşan petrol miktarı da o kadar fazladır (Şekil 2.21) (Özdemir, 2018d).



Şekil 2.21. Petrol sondajı esnasında sondaj çamurundan alınan iyot örneklerinin derinliğe bağlı derişimi (Özdemir, 2018)



Şekil 2.22. İyot ile petrol/su oranı arasındaki ilişki

Özdemir, (2018) çalışmasında "Ankara Hasanoğlan Petrol Sistemi"ni çarpıcı olarak kerojen tipine kadar suda TPH ve iyot araştırması ile belirlemiştir. Makaledeki iyot bölümüne göre, Br/I oranı organik maddece zengin denizel ve karasal kayaçları ve akışkanın kökenini ayırt etmek için kullanılmıştır. İyot miktarı denizel ortamda yüksek, karasal ortamda düşüktür. Karasal ortam yüksek Br/I, denizel ortam ise düşük Br/I oranına sahiptir. Denizel ortamda bu oran 0,5-2,5 aralığındadır. Hasanoğlan çalışma sahasından alınan numunelerin hepsi 0,4-1 aralığında olduğu için denizel ortamı yansıtmaktadır. Organik madde ile etkileşimde olan suların I/Cl oranı yüksektir. Meteorik su girişimi ya da suyun tuzluluğunun artması ile bu oran değişmez. Deniz suyunda iyot konsantrasyonu düşük, I=0,05mg/L, I/Cl=2,6x10^{-6} petrol sahası sularında iyot miktarı daha yüksek olduğu için bu oran 10^{-5} mertebesindedir. Güneydoğu Anadolu ve Trakya basenleri petrol sahası sularının I/Cl oranı deniz suyundan yüksektir. Çalışmaya göre, Hasanoğlan çalışma sahasından alınan suların tamamı petrol ve doğal gaz yatakları ile ilişkili sulardır. Bu yöntem iyot derişimi 1 mg/L'den düşük olan suların petrol yatakları ile ilişkili olup olmadıklarını belirlemek için en etkili yöntemdir. Çünkü iyot derişimi meteorik su girişimi ya da tuzluluk artışı ile su tipinin değişimine göre oynaklık gösterebilmektedir ancak bu yöntem köken belirlemek için kullanılır.

5- Majör ve Minör Elementler

İz ve ana elementler, belirli izotoplar ve dahil oldukları bileşikler petrol mikrosızıntısını tanımlamak için kullanılmıştır. Bu formları uygulamasında, tipik yüzey jeokimyasal yöntemlerden bir sapmadır ve petrol birikimlerini hedeflemek için toprak gazı dışında daha güvenilir teknikler bulma girişimini temsil eder. Bununla birlikte, toprak gazı sonuçları, radyometri veya iyotun yerini almayı garantilemek için yeterince güvenilir, tekrarlanabilir veya uygun maliyetli olmamıştır. Son çalışmaların çoğunluğu manyetik ve manyetik olmayan demir mineralleri üzerinedir. Literatürde ayrıca, anormal miktarda karbonat, delta C (karbon), vanadyum, krom, nikel, kobalt, manganez, cıva, bakır, molibden, uranyum, çinko, kurşun ve zirkonyumun petrol yataklarının pozitif göstergeleri olduğunu göstermektedir (Alekseev vd., 1961, Miodrag, 1975 ve Duchscherer, 1984).

Birçok yüzey ve yeraltı jeokimyasal anomalilerin hidrokarbon yatakları ile doğrudan ilişkisi olduğu gözlenmiştir. Manganez, vanadyum, nikel ve bakır eser elementlerin yanı sıra radyoaktif elementler olan uranyum ve radyum, eski Sovyetlerde bulunan Kyurov-Dag Petrol Sahası çevresinin etrafından daha fazla salındığı görülmüştür. (Alekseev ve diğerleri, 1961). Bazı havzalarda, bakır ve manganezin, muhtemelen yerel yeraltı suyu redoks potansiyeline (Eh) bir değişimin bir sonucu olarak, petrol ve gaz kapanlarının yakınında konsantrasyonda artış gösterdiği gösterilmiştir. Sikka (1964), toprağın iz metal analiziyle bulunan 25 petrol ve gaz birikimini göstermiştir. Zak (1964) tarafından yapılan ön sonuçlar, nikel göçünden kaynaklanan herhangi bir eser element anomalisini gösterememiştir (Tedesco, 1995).

5.1- Demir ve Demir ile ilişkili Mineraller

Demir (Fe), özellikle monoklinal pirotit (Fe_7S_9), hematit (Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4) ve greigit (Fe_3S_4) gibi manyetik topluluklarda, çoğu jeokimyasal incelemenin ana odağı olmuştur. Donovan vd., (1979, 1984), Foote (1984) ve Saunders ve Terry (1985), toprak manyetik duyarlılık araştırmalarını, petrol ve gaz üretimini bulmak için diğer jeokimyasal yöntemlere ek olarak kullanmışlardır. Varsayım, hidrokarbonların bazı Fe bileşiklerinin manyetik bir forma dönüştürüldüğü bir indirgeyici ortam yaratmasıdır. Bu mineraller, doğal olarak meydana gelen anaerobik ve indirgen koşullar altında bakteriyel süreçlerle oluşabilmektedir (Machel ve Burton, 1991). Herhangi bir mineralin oluşması için termodinamik denge mevcut

olmalı, ancak kimyasal dengesizlik nedeniyle mümkün olmayabilir. Manyetik minerallerdeki artışlar, petrol birikiminin üzerindeki çeşitli tabakalardan yapılan sondajlarda rapor edilmiştir (Donovan, 1974; Donovan vd., 1979, 1986). Kuru kuyularda, manyetik veya demir bakımından zengin minerallerde önemli artışlar bildirilmemiştir. Reynolds vd., (1991), üç farklı alanın (Cement Oil Sahası, Oklahoma; Simpson Petrol Sahası, Alaska ve Wyoming-Idaho Sahası, Utah bindirme kuşağı) üç farklı manyetik yapıya sahip olduğunu bulmuşlardır. İki alandaki manyetik anomaliler, muhtemelen mikro, ilgili ötijenik minerallerden kaynaklanmıştır. Bazı jeolojik ortamlar manyetik mineral oluşumunu artırabilir. İndirgeyici ortam ve süreçleri, tabakalar ve toprakta zaman içinde oluşumu ve korunmasına elverişli bir süreçtir. Bu yöntemin kullanımını etkileyen faktörler, manyetit veya diğerlerini sindiren veya üreten mikropların varlığıdır. Ayrıca, normal kimyasal süreçler bu mineralleri oluşturabilir. Manyetit içinde doğal olarak yüksek, özellikle de gömülü kanal sistemlerinde veya fosfat / demir bakımından zengin karbonatlarda kaba gecikme birikintileri vardır. Manyetik ölçümler, yüzeyden 50 ila 150 ft örnekleme ile onaylanmalıdır. Manyetit duyarlılık ölçümleri için örneklenen topraklar genellikle sıfırdan 0,3 m'ye kadar çok sığ derinliklerde alınır. Ağır mineraller ayrılır ve manyetik bir duyarlılık (suseptibilite) birimi kullanılarak analiz edilir. Bu, manyetik verileri toplamak için ucuz bir yoldur (Tedesco, 1995).

5.2- Manganez

Manganez, petrol birikimlerinin etrafında meydana gelen anormal miktarlarda rastlanan yaygın bir metaldir. Metalinin sayısız oksidasyon hali vardır. Spesifik olarak, mangan dioksit (MnO), kristal veya amorf bir fazda topraklarda bulunur (Clark, 1992). Amorf faz, düzensiz şekli nedeniyle muazzam bir yüzey alanı içerir ve çok sayıda metal ile ametal iyonlardır. MnO, amorf formun, arsenik, selenyum ve molibdenin apikal anomaliler oluşturduğu, Nevada'da bulunan Sleeper Mine boyunca apikal bir formda anormal miktarda iyot, Br, CI, Uranyum ve Toryum içerdiği bulunmuştur. Aynı zamanda petrol birikiminde ve civarında da benzer bir olgunun meydana geldiğini ileri sürmek için ek veriler sunulmuştur. Bu anormal birikimlerin A ve C horizonlarında bulunmadığı bulunmuştur. Böylece, B horizonunu tanımlamak için detay toprak profili gereklidir (Tedesco, 1995).

5.3- Karbon ve Delta Karbon

Mikrosızıntı hidrokarbonların neden olduğu oksidasyon, yer altı sularına ve toprağın gözeneklerinde bulunan suya karışan karbondioksit üretir. Çözünmüş karbon dioksit kalsiyum karbonat veya kalsit üretmek için kalsiyum ile reaksiyona girer. Bu işlemde, karbonat kafesine manganez veya indirgenmiş demir gibi diğer küçük elementler dahil edilecektir. Görünür karbonat yatakları en az bir durumda büyük bir petrol sahasında araştırmayı yönlendirmek için kullanılmıştır. Piceance Havzası, Colorado'da bulunan Rangely Sahası, 600 MMbbl petrol ve 700 Bcf'den fazla gaz üreten büyük bir antiklinal yapıdır. İlk geliştirme çalışmaları sırasında, bir alanın potansiyelini belirleme tekniklerinden biri, topraktaki kalsit damarlarının varlığını veya yokluğunu tespit etmektir. Çok sayıda kalsit damarının varlığı tipik olarak üretken bir alanı göstermektedir. Mikrosızıntı hidrokarbonların oksidasyonu toprakta indirgenme koşulları yaratır. Demir, indirgenmiş (demirli) halde oksitlenmiş (ferrik) durumdan daha fazla çözünürdür. Ferroan kalsit (siderit) Duchscherer (1984, 1985) ve Duchscherer ve Mashburn (1987), 1940'larda bir keşif aracı olarak geliştirilen delta C yöntemiyle ilgili birkaç makale yayınlamışlardır. Bir toprak numunesi, tercih edilen 1,5 ila 2 m (5-7 ft) numune ile 0,3 m (1 ft) ila 3 m (10 ft) derinliklerde toplanır (Tedesco, 1995).

5.4- İz Metaller

Petrol tarafından absorbe edilen birçok metalin varlığı bilinmektedir. Nikel, vanadyum ve daha az ölçüde bakır, yararlı olarak tanımlanan en yaygın üç metaldir. Nikel ve vanadyum toprakta sızan hidrokarbonlar ile ilişkilendirilmiştir (Tedesco, 1995).

Nikel (Ni), granitte 5-15 ppm, tortul kayaçlarda 90 ppm ve ultramafik kayalarda 1400 ila 2000 ppm arasında değişmektedir. Fe ve kum ile yakından ilişkilidir. Tipik olarak topraklarda organik olarak bağlanır. Nikel kolayca bozunmaktadır. Sulu çözeltilerde nispeten stabildir ve uzun mesafelerde göç yapabilir. Nikel bir Mn ve Fe oksitleri ile güçlü ilişkilidir. Ancak diğer bazı elementler kadar kuvvetli değildir. Ni'nin toprak profili tipik olarak organik madde, kildeki değişikliklerle ilgilidir. Toprakların Ni içeriği büyük ölçüde ana malzemeye bağlıdır. Ni'nin killer tarafından emilebilme yeteneğini etkileyen organik asitler ve pH, Ni'nin karbonat ve oksitlerden salınmasını artırır (Şekil 8-8). İndirgeyici koşullar altında, Ni, +2 durumunda ve nötr pH'ın üstünde, Ni (OH), oluşturur. Çeşitli

topraklar, toplamda 19 ppm'lik, çok çeşitli Ni içeriği <5 ila 700 ppm arasındadır (Shacklette ve Boemgen, 1984). Nikel açısından zengin topraklar genellikle killidir. Yarı kurak ve kurak bölgelerdeki yükseltgeyici katkılar organik gübre topraklarında bulunabilir. (Tedesco, 1995)

Vanadyum (V), mafik kayalarda ve şeyllerde yoğunlaşmıştır. Vanadyum genel olarak diğer metalleri (Fe, Ti ve AI) topraklarda indirger ve davranışı, +2, +3, +4 veya +5 olabilen oksidasyon durumuna bağlıdır. Topraklarda V, Mn ve K. Vanadyum ile güçlü bir ilişki gösterir. Organik maddeler, özellikle kömür ve petrol ve Fe oksitlerinde görülür. Hümik asitler V ile kompleksler oluşturur, bu da onu oldukça hareketli kılar. Vanadyum, çoğu toprak profilinde oldukça homojen olarak bulunur. Varyasyonları özellikle ana malzeme ile ilgilidir. Tipik olarak, V, 7 ila 500 ppm arasında değişmektedir, toplamda 80 ppm'dir (Shacklette ve Boerngen, 1984). Kirli topraklar, ana malzemedeki konsantrasyonları aşan V (150-460 ppm) miktarları içerir. Turba toprakları en düşük konsantrasyona (5-25 ppm) sahiptir (Tedesco, 1995).

Bakır (Cu), mafik ve ortaç kayaçlarda bol miktarda bulunur ve karbonatlarda çok düşüktür. Bakır son derece hareketli bir elementtir. Diğer birçok elementle kompleks oluşturur ve özellikle hava koşullarında kolayca çözülür. Bakır karbonatlar, hidroksitler ve sülfürler halinde çökelir. Toprak profillerinde Cu, nispeten az değişkenlik gösterir. Bununla birlikte, konsantrasyon genellikle üst tabakalarda meydana gelir ve aşağı doğru göç en azdır. Bakır, 1 ile 700 ppm arasında değişmektedir ve topraklar için ortalama 25 ppm'dir (Shacklette ve Boerngen, 1984). Cu içeriği herhangi bir özel toprak ana malzeme ve devam eden süreçler tarafından kontrol edilir. Organik asitler Cu ile kararlı kompleksler oluşturur (Tedesco, 1995).

Örnekleme Derinliği: İz metaller için numuneler tipik olarak 0,3 ila 1 m (1-3 ft) derinlikte alınır ancak çoğu makalede 2-3 metre derinlikten alındığı görülmüştür. Ni, V ve Cu'nun ölçümleri genellikle delta karbon ile ilişkili olarak ikincil bir analiz olarak ortaya çıkar. Kil fraksiyonu ayrılır ve bir kütle veya plazma spektrometresi üzerinde analiz edilir. Tüm elementler, biriken ve mikrosızıntı ile ilişkilendirilen miktarların bir yansıması olmayan toplam miktarlar olarak rapor edilir. (DPTA) ve (EPTA) yöntemleri sadece çözünür formda olanları tanımlar. Sızan hidrokarbonların neden olduğu indirgeyici ortam, artan miktarda çözünebilir Ni, V ve Cu göstermelidir (Tedesco, 1995).

6- *Uzaktan Algılama Yöntemleri: "Hidrokarbon Kaynaklı Alterasyonlar"*

Uzaktan algılama, bir cisimle temas olmaksızın dış görünüşü ve fiziksel özelliklerini anlamaya çalışmaktır. Uydu görüntüleri yardımı ile bir bölgenin jeolojisi, morfolojisi ve yüzey suları, bitki örtüsü hakkında bilgi edinilebilmektedir. Uydu ve görüntüleme teknolojilerinin ABD'de gelişmesi ile jeoloji-maden-enerji, su ve çevre alanlarında uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir.

Petrol arama amaçlı uzaktan algılama yöntemlerinde amaç kayalarda hidrokarbon mikrosızıntılarının neden olduğu değişimleri çeşitli yazılımlarda çeşitli metotlarla uydu görüntülerinin işlenmesiyle haritalayabilmektir. Kayalardaki hidrokarbon kaynaklı alterasyonlar şu şekillerde olmaktadır;

i. *Diyajenetik Karbonatlar:* Diyajenetik karbonatlar ve karbonat çimentoları petrol sızıntılarıyla en sık görülen hidrokarbon kaynaklı alterasyonların başında gelmektedir. Açık denizlerde (Offshore) levha, moloz ve karbonat tepecikleri halinde gözenek dolgulu kalsit kalinde ve ramplasman kalsit halinde görülmektedir. Bunlardan gözenek dolgu kalsit ile ranplasman kalsit en yaygınıdır. Yüzey diyajenetik kalsitin bu oluşum şekli petrol özellikle metanın oksidasyonunun bir sonucudur. Aerobik ve Anaerobik ortamda metan oksidasyonu şu şekilde açıklanmaktadır;

$CH_4 + 2O_2 + Ca^{2+} = CaCO_3 + H_2O + 2H^+$ (Aerobik)

$CH_4 + SO_4^{2-} + Ca = CaCO_3 + H_2S + H_2O$ (Anaerobik)

Bu reaksiyonlar olduğunda, karbondioksit oluşur ve su ile reaksiyona girer ve bikarbonat oluşur. Bikarbonat kalsiyum ve magnezyum ile yeraltı suyunda birleşir ve karbonat, karbonat çimentosu şeklinde çökelir. Ana hidrokarbonun izotopik imzası burada halen bulunmaktadır. Normal kalsit eğer karbonu atmosfer, tatlısu ya da denizel ortamdan türediyse izotopik değerleri -10 ile +5% arasındadır. Ancak çoğu ham petrolün karbon izotopik bileşimi -20 ila -32% arasındadır. Buna karşılık petroldeki metanın izotopik değeri -30 ile -90% arasında değişmektedir. Okside petrol bileşenlerinden oluşan izotopik karbonun organik kaynağı tipik olarak -20%'den daha negatiftir. Okside karbonun hidrokarbonoranına

göre izotopik bileşim son ürün olan karbonda -10 ile -60 arasında değiştiği görülmüştür (Schumacher, 1996).

ii. *Sülfitler:* İkincil pirit ve diğer sülfitlerin oluşumu çoğu sahada kaydedilmiştir. Pirit hidrokarbon kaynaklı alterasyonların görüldüğü yerlerde en dominant sülfittir ancak pirotit, markazit, galenit, sfalerit ve nagatif sülfür de çoğu yerde lokal olarak sıkça görülmektedir. Oluşum mekanizmaları Sassen(1980), Oehler ve Stenberg (1984), Sassen vd (1988,1980), Goldhaber ve Reynolds (1991) ve Reynolds vd., (1990,1993) makalelerinde tartışılmıştır. Pirit redoks ortamında çökelerek kükürt ve demirin kaynağını oluşturur. Petrol sahalarındaki kükürtün ana kaynağı petrolün kendinden kaynaklanan H_2S (Hidrojen sülfit) gazıdır. Aerobik bakteriyal aktivite ya da petrolün oksidasyonu ile yüzeyde görülür. Demirin kaynağı kum taşlarındaki demiroksitli sıvamalar ile klorit gibi gözenek dolgusu killeri, kayaç parçaları kapanımları ve derin metorik sulardır. H_2S ile demir (hematit kökenli demir) pirit veya markaziti çökeltir (Schumacher, 1996).

$$Fe_2O_3 + H_2S = 2FeS_2 + 3H_2O + 2\,H^+ + 2e^-$$

Bir pirit alterasyon zonunun gelişimi petroldeki kükürt içeriği ve yeraltı suyunun jeokimyasına ve doğal bakteriyel degredasyona bağlıdır (Hughes vd., 1986). Şöyle ki, petroldeki kükürt içeriği yüksek ve yeraltı suyu demirce zenginse pirit çökelimi herhangi bir derinlikte göç sorgucunda bu işlem yeterli porozite varsa oluşabilir. Eğer petrol kükürtçe fakirse pirit oluşumu için gerekli kükürt bakteriyal degredasyon ile sağlanır. Bu durumda pirit çökelimi yüzey sedimanları içinde bakteriyal aktivitenin kısıtlı olduğu ortamlarda oluşur. Pirit hidrokarbon sızıntısındaki yükselimlerde oluşacaktır (Hughes vd.,1986).

Tüm pirit anomalileri hidrokarbonlarla ilişkili değildir Oehler ve Sternberg, (1984) çalışmasında ters pirit anomalisini üretken olmayan bir saha prospeksiyonunda tanımlamışlardır. Üretken olmayan sahada (Texas) pirit oluşumları iyi taneli organik maddece zengin çamurtaşlarından kaynaklanmaktadır. Bunun petrol birikimi ya da sızıntısı ile bir ilgisi yoktur. Pek çok petrol ve gaz sahasında yüksek pirit konsantrasyonları gözlenirken, bu tür mineralleşme sadece sığ stratigrafi ve jeokimyasal ortamının uygun olduğu yerlerde meydana gelir (Schumacher, 1996).

iii. *Bozlaşmış/Ağarmış Kırmızı Yataklar:* Petrol yatakları üzerinde bozlaşmış ya da rengi değişmiş kırmızı kumtaşlarının varlığı yaygın olarak kaydedilmiştir. Ancak ayrıntılı çalışmalar azdır. Kırmızı yatakların bozlaşması asidik veya indirgen akışkanların varlığının ferrik demiri (hematit) yok etmesidir. Bu koşullar ayrıca pirit ve siderit oluşumunu desteklemektedir. Hematitin çözülmesi sırasında salınan demirden. Petrol birikimlerinin üzerinde kırmızı yatakların bozlaşmasından sorumlu muhtemel indirgeme ajanları arasında hidrokarbonlar, H_2S ve CO_2 bulunur. Petrol ve gaz birikintileri üzerinde ağartılmış kırmızı yatakların varlığı, hidrokarbonun neden olduğu değişimin oldukça görünür bir tezahürü olsa da, gözlenen renk bozulmasına neden olan indirgeyici sıvıların hidrokarbonlarla sınırlı olmadığını ve hidrokarbonlar ile sığ biyojenik metanı temsil edebileceğini unutmamak gerekir (Schumacher, 1996).

iv. *Altere Killer:* Yakın yüzeydeki topraklarda ve sedimanlarda hidrokarbonların mikrobiyal oksidasyonundan kaynaklanan CO_2, H_2S ve organik asitlerin üretimi, feldspatların diyajenetik günlenmesini kil üretmek üzere hafifleten, hafif asidik koşullar oluşturabilir ve normal olarak stabil illitik killerin Kaolinite dönüşümüne neden olabilir. Bu şekilde oluşan killer, ortamları değişmediği sürece kimyasal olarak kararlı kalırlar. Utah'ın Lizbon Vadisi sahasında, Segal ve ark. (1984, 1986). Sahanın hemen üzerine gelen Wingate Kumtaşı'nın bozlaşmış kısımlarının öncelikle kaolinit killeri içerdiğini, sahadan uzakta bulunan kumtaşının bozlaşmamış alanlarının taze plajiyoklaz ve muskovit içerdiğini bildirmiştir. Bozlaşmış Wingate, bozlaşmamış kayadan üç ila beş kat daha fazla kaolinit içerir. Kaolinitin coğrafi dağılımı ile ters orantılıdır. Karışık tabakalı illit - smektit killerinki, kaolinitin zenginleşmesinin aynı zamanda diğer feldspatların alterasyonu ile değil, aynı zamanda diğer kil minerallerinin tükenmesi ile de ilişkili olduğunu göstermiştir (Conel ve Alley, 1985). Kil mineral diyajenezi de belgelenmiştir. Oklahoma'da bulunan ve eski kökenli kaolinit ve karışık tabakalı illit-smektit killerinin kırmızı yataklardaki illitin yerini aldığı Cement-Chickasha sahası (Lilburn ve Al-Shaieb, 1983, 1984). Hidrokarbonun sebep olduğu kaolinit oluşumunun üçüncü bir oluşumu Reid vd., (1992) Denver'a yakın olan Turkey Creek petrol sızıntısından belgelenmiştir. Turkey Creek, Kretase "J" kumtaşının yüzeyinde aktif petrol sızıntısı nedeniyle gelişen oksidasyon-redüksiyon zonudur. İri taneli ötijenik kaolinit, ağırlık olarak %2'ye kadar konsantrasyonlarda bulunur (Schumacher, 1996).

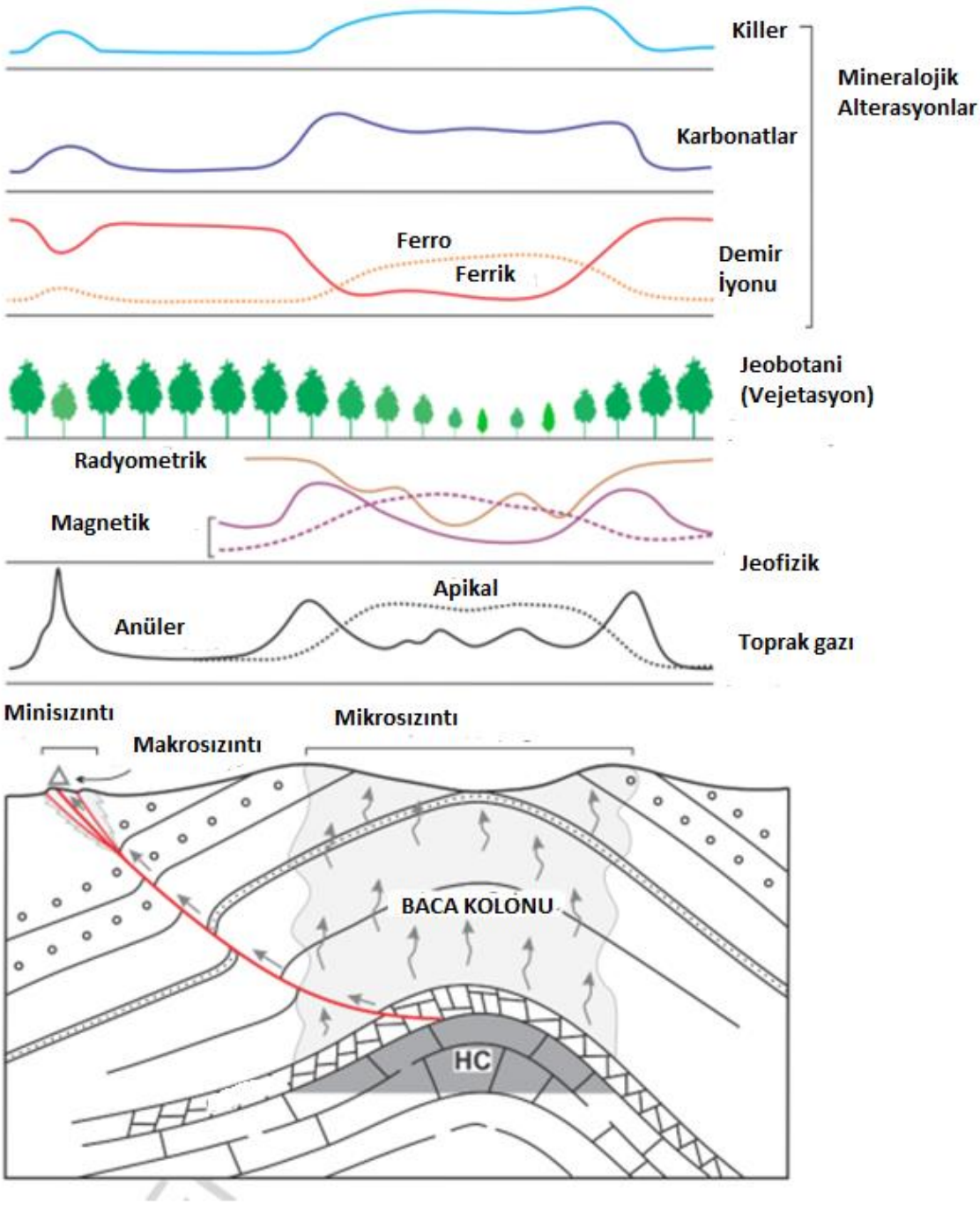
v. *Uranyum:* Uranyum oluşumu birçok yazar tarafından petrolle ilişkilendirilmiştir (Eargle ve Weeks, 1961; Al-Shaieb, 1977; Goldhaber ve diğerleri, 1978, 1983; Curiale ve diğerleri,

1983). Petrol ve uranyum (ve kurşun, çinko ve hatta altın gibi) gibi ağır metaller arasındaki ilişki, hidrokarbonların ve ilişkili akışkanların göç etmesiyle oluşan indirgenme ortamının uranyum ve diğer ağır metallerin çökelmesini desteklemesi gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Oksitlenmiş uranyum (UO_2^{2+}), yer altı sularında çözünür, ancak azaldığında, nispeten çözünmeyen, uraninit (U02) olarak çözeltiden çökelir. Oklahoma Cement sahasında ticari bir uranyum birikintisi meydana gelmektedir (Olmstead, 1975; Allen ve Thomas, 1984). Lizbon Vadisi alanında, Utah, Triyas Chinle Formasyonu'ndaki uranyum birikintilerinin, ağartılmış Wingate Kumtaşı mostraları ve yeraltı petrol ve gaz birikiminin coğrafi sınırlarının yakın mekânsal ilişkisi, aralarında genetik bir ilişki olduğunu göstermektedir (Conel ve Alley, 1985). Denver, Colorado yakınlarındaki Turkey Creek petrol sızıntısı, Teksas ve Teksas'taki uranyum roll-front tortularına benzer jeolojik ve jeokimyasal özelliklere sahiptir. Birçoğu petrol yatakları ile mekansal olarak ilişkili olan Colorado Platosu, (Reid vd.,, 1992). Eargle ve Weeks (1961), Teksas, Karnes County'deki uranyum yatakları ile alttaki petrol ve gaz sahaları arasında bir ilişki olduğunu bildirmiştir; H_2S sızıntısının Uranyum ve beraberindeki pirit çökeltmeden sorumlu indirgen ortamı yarattığını iddia etmişlerdir. Benzer bir ilişki, Oakville fayı boyunca birçok uranyum madeninin bulunduğu Texas Live Oak County'den de tanımlanmıştır (Eargle ve Weeks, 1973). Petrol, gaz ve H_2S sızan faydan ve pirit ve uranyum birikimini teşvik eden indirgeyici ortam yaratmakta olduğu belgelenmiştir (Schumacher, D., 1996; Goldhaber vd., 1978, 1983).

vi. *Manyetik Mineraller:* Petrol ve gaz sahaları üzerindeki manyetik anomalilerin varlığı birkaç on yıl boyunca not edilmiştir, ancak göreceli olarak son yıllarda bu fenomen eleştirel olarak incelenmiştir. Uranyum ve pirit oluşumunu destekleyen aynı hidrokarbonun neden olduğu indirgeme ortamı, manyetit dahil olmak üzere çeşitli manyetik demir oksitlerin ve sülfürlerin çökelmesine neden olabilir (Fe_3O_4), maghemit (γ-Fe_2O_3), piritit (Fe_7S_8) ve gregit (Fe_3S_4). Donovan vd., (1979), Oklahoma Cement sahasını çevreleyen altere Permiyen kayalarında manyetit olduğunu bildirmiş ve derinlerden göç eden hidrokarbonla ilişkili salamuraların hematitin azalmasına ve magnetit oluşumuna neden olduğunu iddia etmiştir. Reynolds vd. (1984, 1988, 1990), Cement sahasındaki manyetit oluşumunu yeniden incelemiş ve sondaj kirliliğini temsil ettiği sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, ferrimagnetik pirotitlerin varlığını belgelemişlerdir ve hidrokarbon sızıntısı ve alterasyonu sonucu çökeltildiğini öne sürmüşlerdir. Cement sahasında otijenik manyetit bulunmamasına rağmen, oluşumları Elmore ve ark. (1987) ve McCabe ve ark. (1987) tarafından çalışılmıştır. Birkaç ABD Körfez Kıyısı tuz domunda hidrokarbon sızma ortamlarında piritit ve diğer

metallerin oluşumu Sassen vd., (1988, 1989). Diğer çalışmalar, petrol birikimlerinin üzerindeki yüzeye yakın sedimentlerde greigit ve maghemitlerin varlığını belgelemiştir ve bu minerallerin, petrol ve gaz alanlarıyla ilişkili manyetik anomalilerin çoğundan sorumlu olabileceğini öne sürmektedir (Foote, 1987; Foote and Long, 1988; Foote, Foote ve Long, 1988; Foote). Petrol birikimleriyle ilişkili manyetik mineralleşmenin varlığı, kökeni ve keşif önemi tartışmalı kalmaya devam etmektedir ve yakın zamanda Gay ve Hawley (1991), Machel ve Burton (1991a, b), Gay (1992), Reynolds ve ark. (1993) ve Machel (bu cilt). Genel kabul hafif hidrokarbon toprak gazı anomalileriyle toprakların ve sedimanların manyetik duyarlılığının artması, hidrokarbon mikrosızıntısının yakın yüzey topraklarda ve sedimanlarda manyetik anomaliler oluşturabileceği hipotezini desteklemektedir (Henry, 1988; Saunders ve diğerleri, 1991; Ellwood ve Burkart, bu cilt). Gay (1992), petrol sahalarındaki toprak manyetik duyarlılığının son ölçümlerinin, hidrokarbon sızıntısı sıvılarıyla ilişkili anormal yüzeye yakın mıknatıslanma için kanıt teşkil ettiğini kabul eder. Bununla birlikte, tüm sığ manyetik anomalilerin kökenini, detrital manyetit, manyetik tortul oluşumları ve yanmış kömür seviyeleri gibi olası sinjenetik manyetik kaynaklar göz önüne alınmadan, sızıntıya bağlı alterasyonu göstermektedir. Meseleyi daha da karıştırmak için, toprakta manyetik duyarlılıktaki artışların, topraklarda manyetit ve maghemitin pedojenik oluşumuna bağlı olabileceği ve bu oluşumların hidrokarbon sızıntısına değil, yağış ve iklime yakından bağlı olduğu belgelenmiştir (Schumacher, D., 1996; Maher ve Thompson, 1991, 1992; Liu ve arkadaşları, 1994).

vii. Şekil 2.22'den görüldüğü üzere, kapanın hemen üzerinde yüksek kil, karbonat ve ferro demir ile düşük ferrik demir bulunmaktadır. Bununla birlikte kapanın hemen üzerinde kısa boylu bitkiler varken kenarında uzun boylu bitkiler yer almaktadır.



Şekil 2.23. Mikrosızıntı modeline göre mineralojik alterasyonların dağılımları (Assadzadeh, 2017)

2.2.3.1. Alterasyonların uzaktan algılama teknikleriyle tespit edilmesi

Çeşitli araştırmacılar uzaktan algılamada farklı sensör verilerini kullanarak hidrokarbon kaynaklı alterasyonları tespit etmişlerdir. Landsat 7 ETM+ sensörü görüntülerinden ise hem bant oranlaması hem de temel bileşenler analizi yöntemleri yapılmıştır. Gelişen uydu

görüntüleri ve görüntü işleme teknolojileri sayesinde günümüzde ASTER ve Landsat 8 görüntüleri ile çalışmalar daha detaylı yapılmaktadır. ASTER uydusu görüntüleri her zaman doğal kaynak aramada birinci seçenek olmuştur Literatürde Landsat 7 verileri ile yapılan çalışmalar daha fazladır. Landsat 8 görece diğer tüm uydulara göre daha yeni olduğundan literatürde bu uydudan petrol arama çalışmalarının daha az yapıldığı görülmektedir. Özel ve büyük şirketler genelde uzaktan algılama çalışmalarını ruhsat sahasının olduğu alanı geniş tutarak ve veri tabanlarını geniş tutarak çalışmaktadır. Örneğin, X sahasında yapılacak arama çalışmalarından önce uzaktan algılama çalışmaları, Landsat 5-7-8, Aster ve Hyperion ile Sentinel Uydularının belirli tarih aralıklarında görüntüledikleri veriler ekip çalışması ile toparlanıp daha sonra işlenmekte ve en sonunda tüm uydulardan alınan veriler tek bir haritada birleştirilmektedir. İtalyan Eni firmasının Afrika'da yaptığı çalışma buna örnek olarak gösterilebilir.

Uzaktan algılamada yapılan işler, görüntü ön işlem, görüntü işleme ve nihai haritanın oluşturulmasıdır.

Görüntü Ön İşlem: Atmosferik etki ve radyometrik kalibrasyonun yapılması ve görüntünün üzerinde işlem yapılacak hale getirilerek hazırlanmasıdır.

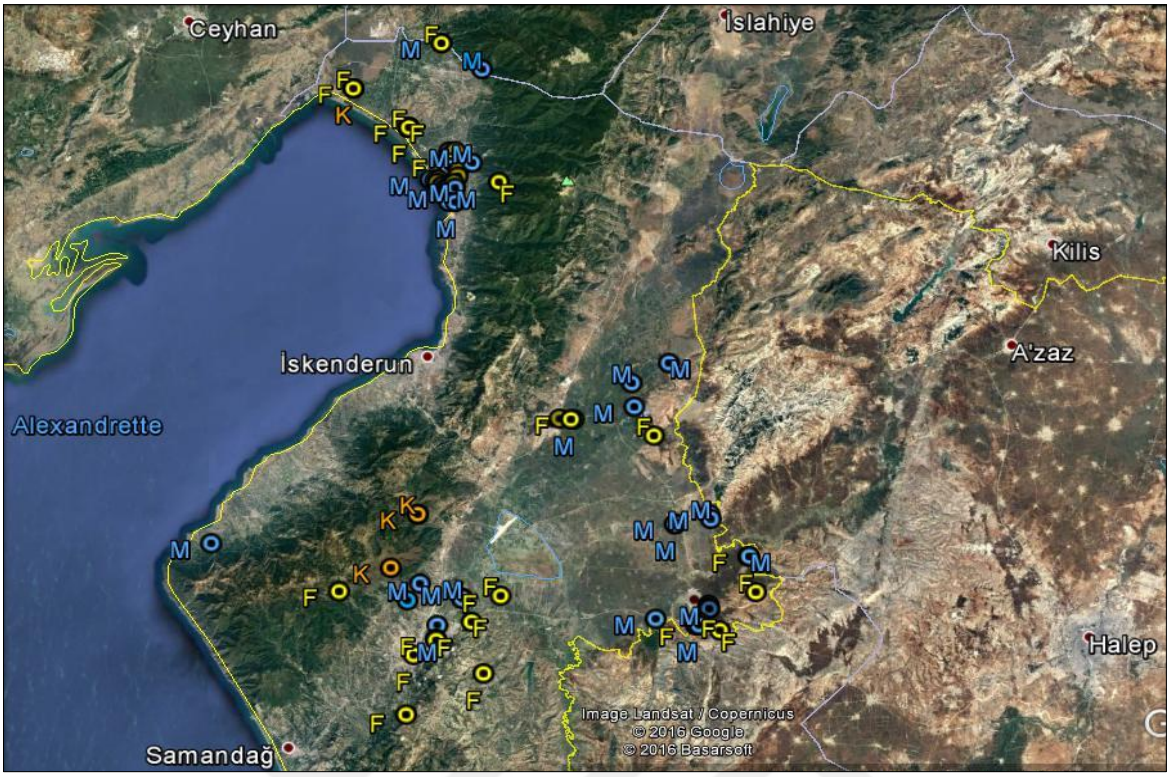
Görüntü İşleme: Radyometrik ve atmosferik düzeltmelerin yapıldığı görüntülerin, çeşitli görüntü zenginleştirme metotları ile jeolojik açıdan litolojilerin ayırtlanmasıdır. Görtüntü zenginleştirme False color composite, band ratioing (bant oranlama) ve çeşitli dönüşüm tekniklerinin uygulanmasıdır (PCA, ICA, MNF vb.).

Nihai Haritaların Oluşturulması: Zenginleştirilmiş görüntünün sınıflandırılarak litolojilerin net sınırlarının belirlenmesidir. Çeşitli algoritmaların kullanılması ile son uzaktan algılama görüntüsü elde edilir ve bu aşamadan sonra GIS ortamında, uzaktan algılamadan elde edilen harita altlık olarak kullanılarak son harita oluşturulur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Hidrojeokimya Analizleri

Hidrojeokimyasal analizlerin (EK-1) amacı farklı araştırmacıların ortaya koyduğu değerlendirme yöntemlerini uygulayıp potansiyel alanları ortaya çıkartmaktır (Şekil 2.7). Hydropet yazılımında her numune için tek elde edilen sonuçlar ile hidrojeokimyasal kavramsal potansiyel hidrokarbon birikim alanları eş su tipi eğrileri oluşturularak tespit (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6) edilmiştir I/Cl değerlendirmesi (Çizelge 3.1) ile suların denizel kökenli olduğu tespit edilmiştir. Hidrojeokimyasal değerlendirmenin ana konsepti, bir yerde petrol ve doğal gaz depolanmasına müsait yerleri tespit etmektir. Başka bir deyişle hidrojeokimyasal değerlendirme ile bir yerde hidrokarbon depolanması için gereken şartların (durgun su koşulları, tektonik ortam, sızdırabilirlik, sızdıramazlık, organik madde varlığı) çoğunlukla inorganik parametreler ile az da olsa organik parametrelerle tespit edilmesi ve yorumlanmasıdır. Durgun su yani milyon yıllardır hareketsiz olan su, Sulin, Schoeller, Bojarski sınıflamaları ile tektonik ortam, sızdırabilirlik ise Wei sınıflaması ile organik maddenin doğrudan etkisi ise iyot ve iyot/klorür değerlendirmeleri ile tespit edilmektedir. Her numune için her sınıflamanın parametresi kaydedilip istatistiksel yöntemler ile sahanın eş hidrojeokimyasal hidrohipsleri çizdirilir. Böylece tanımlı eş hidrohips haritasındaki parametreye göre potansiyel alanlar tespit edilebilir (Şekil 2.7).



Şekil 3.1. Suların petrol hidrojeokimyası açısından tipleri (F: Fosil, M: Meteorik, K: Karışım)

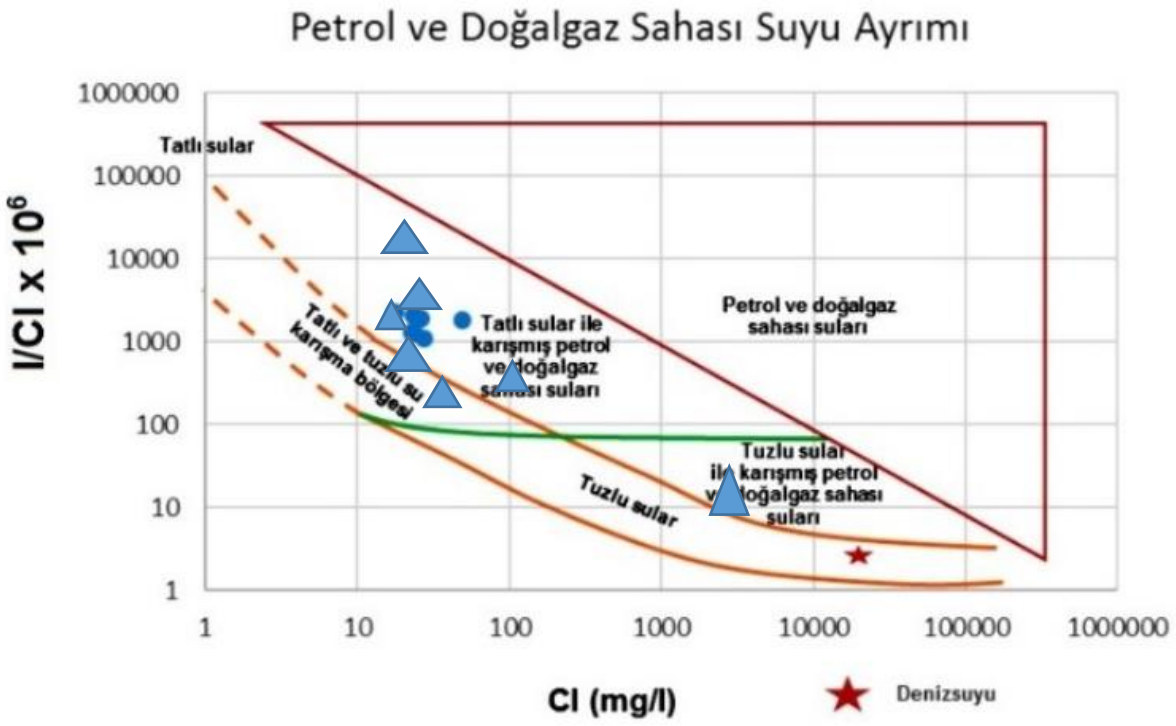
Şekil 3.2. Sudan iyot numunelerinin lokasyonu

Deniz suyunda İyot/Klorür oranı 10^{-6} mertebesinde, petrol ve doğal gaz ile ilşkili sularda ise yüksek iyot konsantrasyonu nedeniyle bu oran 10^{-5}'ten büyüktür (Çizelge 3.2). Güneydoğu Anadolu ve Trakya havzalarındaki petrol sahası sularının I/Cl oranları da deniz suyundan

yüksektir. I/Cl oranları, evaporitlerden türeyen tuzlu sular ile petrol sahası sularını ayırt etmek için kullanılmıştır (Özdemir, 2018). Özdemir, (2018) çalışması sonucunda, I/Cl oranının kullanılmasının genellikle petrol ve doğalgaz sahası sularının ayırt edilmesinde en iyi yöntem olduğu belirtilmiştir. I/Cl oranına göre, alınan numunelerin çoğu tatlı sular ile karışmış petrol ve doğalgaz sahası suları sınıfına girmekte olup hidrokarbonlar ile ilişkili oldukları belirlenmiştir (Özdemir, 2018).

Çizelge 3.1. Araziden alınan numunelerin iyot ve klorür analiz sonuçları.

KAYNAK/KUYU ADI	X	Y	I (mg/l)	Cl (mg/l)	I/Cl
KUZEY TEPE	36,2738°	36,1471°	0,07	231	3,00E-04
HONDA KUYUSU	36,1800°	36,2584°	0,07	4640	1,50E-05
KİSECİK KAYNAĞI	36,2869°	36,0484°	0,04	45,8	8,70E-04
TAHTAKÖPRÜ KAYNAĞI	36,3835°	36,1636°	0,02	47,6	4,20E-04
BURNAZ KAYNAĞI	36,938025°	36,066012°	0,05	31,95	1,60E-03
GÖKDERE KÖYÜ	36,996007°	36,200699°	0,16	31,7	5,00E-03
YENİYURT CAMİ	36,885256°	36,150632°	0,27	23,8	1,10E-02



Şekil 3.3. Petrol ve doğalgaz sahası sularının I/Cl –Cl grafiğindeki yeri (Özdemir,2018)

3.1.1. Sulin (1946) Sınıflaması Sonuçları

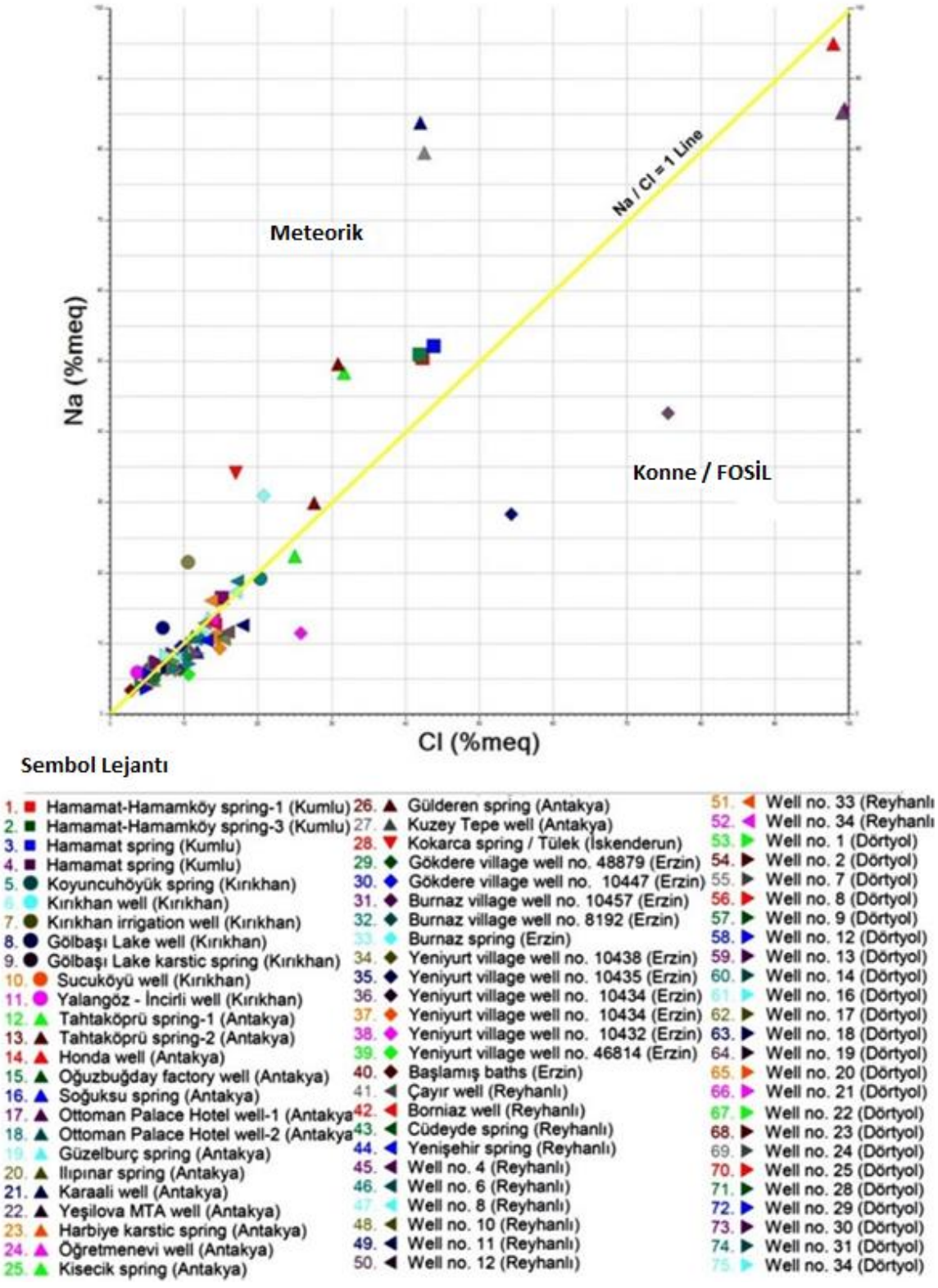
EK-2'de görüldüğü şekliyle, 75 numunenin 33'ü fosil su sınıfına girmektedir. Bunlardan Ottoman Palace -1 kuyusu $CaCl_2$ tip yani eski derin denizel sedimanlar arasında arta kalan, Na/Cl oranının 0,39 çok düşük olmasıyla derinlik bakımından hidrokarbon birikimine uygun, durgun koşullar açısından gayet uygun, doğal gaz tipinde hidrokarbonlar için mükemmel ortam koşullarının Sulin sınıflamasına göre sağlandığı belirlenmiştir (Şekil. 3,2). Diğer 32'si ise $MgCl_2$ tip su olarak çeşitli Na/Cl oranlarına sahip sular, denizel kökenli petrol ve doğal gaz açısından değerlendirilecek şekilde belirlenmiştir. $MgCl_2$ sular petrol ve doğal gazı işaret ederken $CaCl_2$ sular ise derin denizel ortamda sadece doğal gazı işaret etmektedir. 28 adet su HCNa tip su olarak belirlenmiştir. Bunlar ise karasal kökenli rezervuarları işaret etmekle beraber $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ sular ile $NaSO_4$ tip sular arasında geçiş niteliğinde karışım suyu olarak nitelendirilebilir (Turgay ve Yaşar, 2018).

Schoeller (1955) Sınıflaması Sonuçları: EK-3'te görüldüğü üzere, 48 adet fosil, 10 adet karışım, 17 adet meteorik su tipi belirlenmiştir. Meteorik sular dolaşım halindeki, fosil sular IBE katsayısının durumuna göre belirlenmekle beraber diğer Cl/Na > 26,8, Cl/Ca > 5,13 ve

Mg/Ca > 5,24 değerleri de hesaba katılarak yapılan analizde, fosil suların petrol ile ilişkide ve/veya dokanak halinde olduğu belirlenmiştir (Turgay ve Yaşar, 2018).

Chebotarev (1955) Sınıflaması Sonuçları: EK-4'te görüldüğü üzere, Chebotarev, suları bikarbonat sülfat ve klorit olarak sınıflamış, yaptığı çalışmalar neticesinde petrol sahası sularının % 73,7 oranında klorit, % 23 oranında bikarbonat ve % 3,3 oranında sülfat tipinde olduğunu belirtmiştir. Buna göre bölgede 70 adet bikarbonat, 2 adet sülfat ve 3 adet klorit tip su belirlenmiştir. Klorit tip sular birikim depolanma koşulları açısından petrol ve doğal gaz için uygun ortamı belirtmekle beraber, yüksek tuzlulukta suları işaret etmektedir (Turgay ve Yaşar, 2018).

Wei vd.,(1996) Sınıflaması Sonuçları: Wei ve arkadaşları Sulin sınıflamasına dayanarak su kimyasından rezervuarların tektonik deformasyon durumunu ve kapanlanma durumunu tanımlamışlar. Buna göre çalışma alanında, 39 numune hiç tahrip edilmemiş mükemmer rezervuarları, 36 numune ise tahrip olmuş ve sızdıran tipteki rezervuarları temsil etmektedir. EK-5'te 21'i çok az tahrip olmuş, 4'ü ise tektonik deformasyon neticesinde yüksek miktarda meteorik su girişi olan rezervuarları göstermektedir. (Turgay ve Yaşar, 2018)



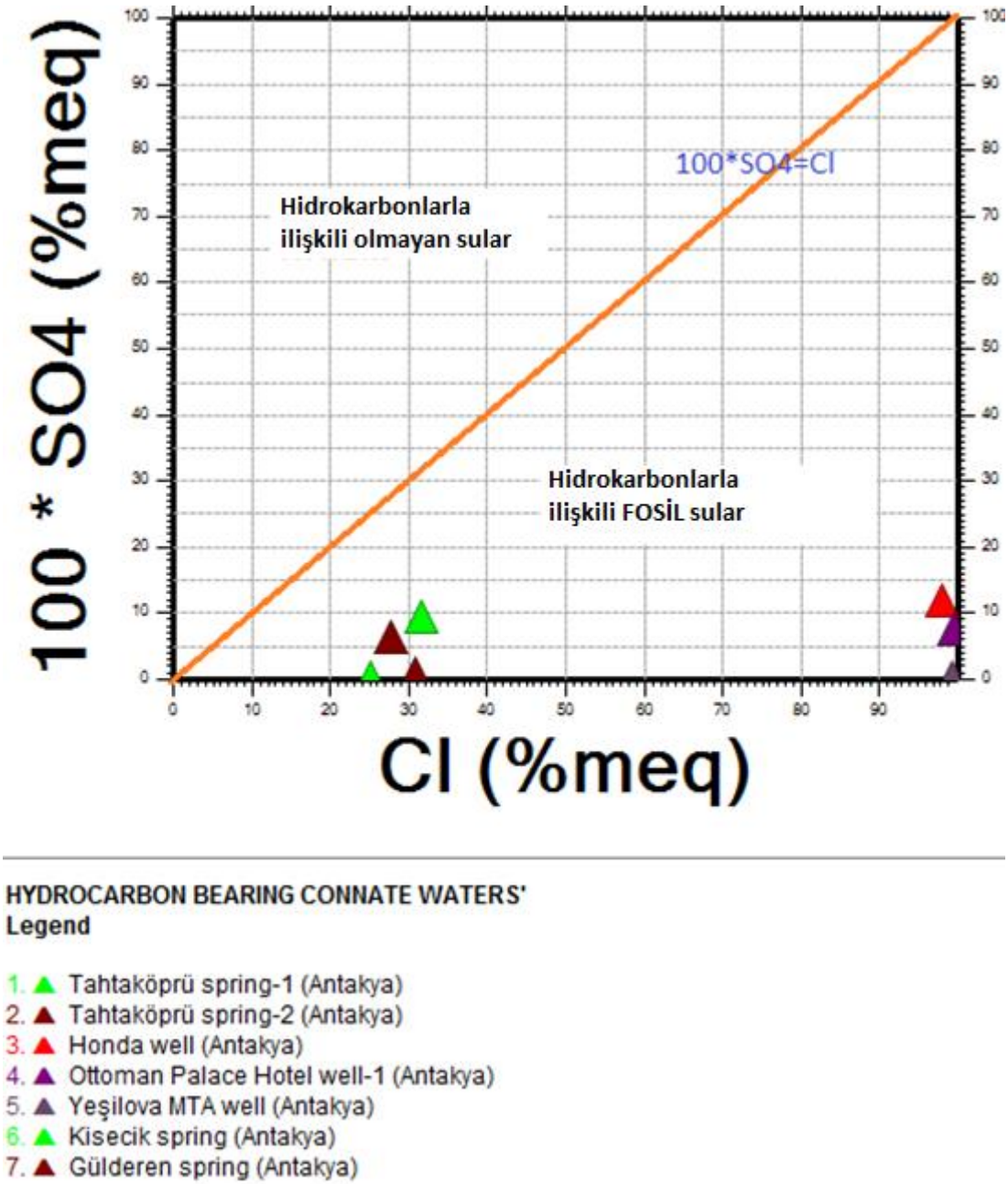
Şekil 3.4. Hatay bölgesi sularının Na/Cl grafiği (1'den küçük olanlar fosil su)

Bojarski (1970) Sınıflaması Sonuçları: Bojarski, su sınıflamasında Sulin sınıflamasını temel alan ama sadece $CaCl_2$ tip suların Na/Cl ve SO4 * 100 / Cl (Şekil 2.4) ve belirttği diğer oranlara göre petrol sahası suları olup olmadığını tanımlamıştır (Çizelge 3.2). Na/Cl oranına göre petrolün rezervuardaki depolanma koşullarını belirtmiştir. Buna göre çalışma alanında, 5 adet numune SO4 *100 /Cl oranının 1 den küçük olmasıyla petrol sahası suyudur (Şekil 2.4), (Turgay ve Yaşar, 2018).

Çizelge 3.2. Bojarski (1970) sınıflaması sonuçları

Fosil Su
Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)
Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)
Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)
Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)
Kisecik kaynağı (Antakya)

Özdemir vd., (2018) Sınıflaması: Bu sınıflama sisteminde, Sulin sınıflamasındaki Meteorik su koşulları dikkate alınarak, $NaSO_4$ tip sularda Cl/SO_4 oranının 7 den düşük olması durumunda, Doğal kükürt kaynağı, HCNa Tip sularda aynı oranın 7'den düşük olması durumunda, petrol ve gaz sahaları ile ilişkili su olarak tanımlanmıştır. Cl/SO_4 oranı 7 ile 45 arasında ise iyi potansiyelli petrol ve gaz sahaları ile ilşkili su, 45'ten büyük olması durumunda ise yüksek potansiyelli hidrokarbon sahaları ile ilişkili suların olduğu tespit edilmiş, ayrıca petrol sahası sularının 1 mg/l'den yüksek lityum, 3 mg/l'den yüksek bor iyonlarını birlikte içerdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı (EK-7) ile ilgili verilerin lityum ve bor verisi olmadığı için dolaylı yoldan, 34 numune hidrokarbon rezervuarı ile ilişkili, 8 tanesi iyi potansiyelli hidrokarbon rezervuarları ile ilişkili su, geri kalan 2 tanesi yüksek potansiyelli hidrokarbon rezervuarları ile ilişkili suları göstermektedir (Turgay ve Yaşar, 2018).



Şekil 3.5. Hatay bölgesi sularının 100*SO_4/Cl grafiği (1'den küçük olanlar hidrokarbonlar ile ilişkili)

Vel'Kov(1960) ve Schoeneich(1971) Sınıflamalarının Sonuçları: Vel'kov'a göre SO4/HCO3<3 oranı, petrol havuzu ile temasta ya da yakınındaki suları göstermekte olup Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin) hariç tüm kuyular bu şartı sağlamaktadır. Schoeneich' a göre ise bu oranın 2 den küçük olması halinde suyun hidrokarbon içeren rezervuarlar ile ilişkide olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında tüm kuyular bu şartı sağlamaktadır (Çizelge 3.8) (Turgay ve Yaşar, 2018) .

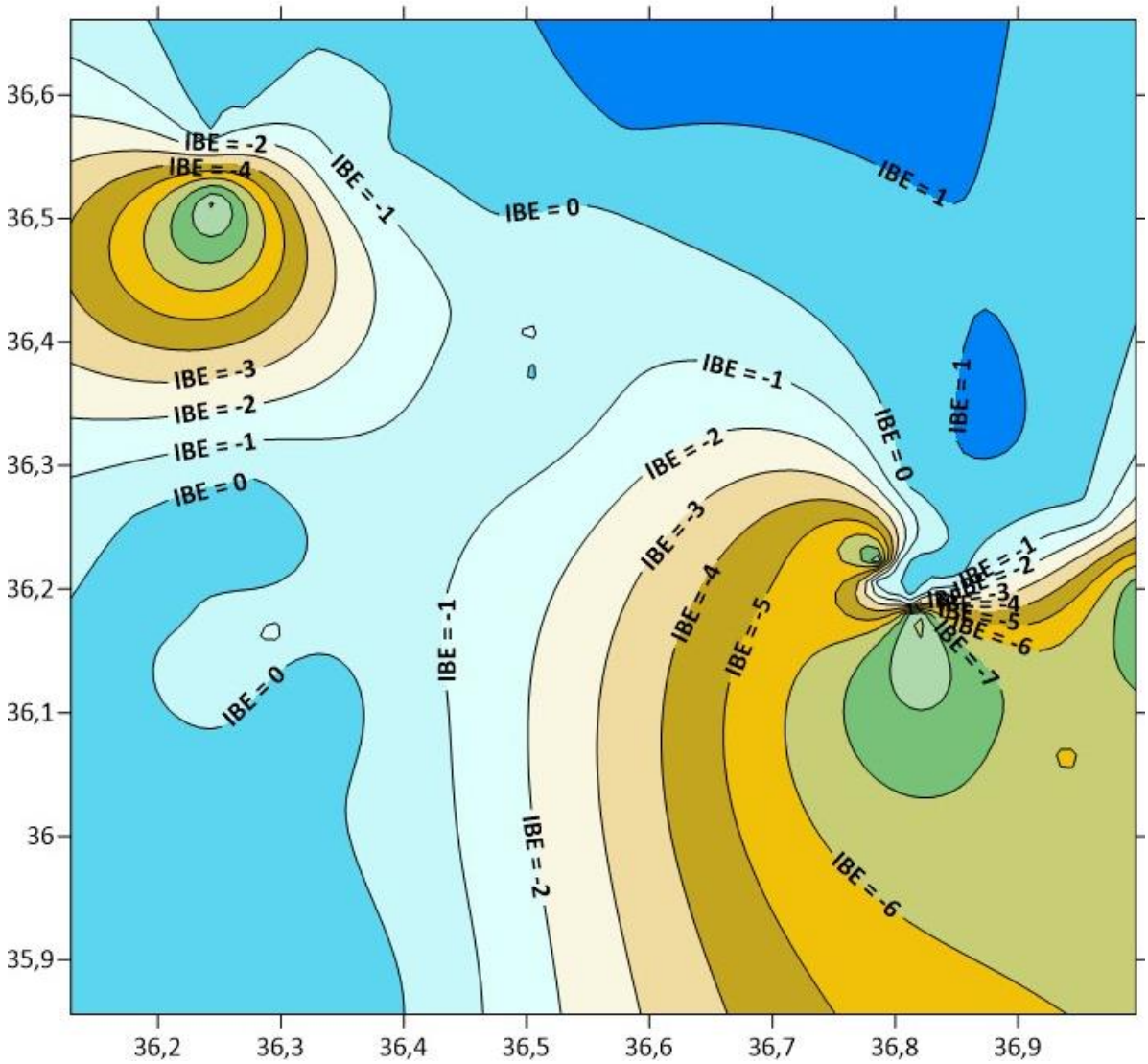
Çizelge 3.3. Schöneich ve Vel'kov Sınıflaması sonuçları

Hidrokarbon Rezervuarı ile ilişkili su
Tüm Kuyular $SO_4/HCO_3<2$
Petrol havuzu yakınındaki ya da havuzu ile kontak halindeki su
Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin) **hariç** tüm kuyular $SO_4/HCO_3<3$

Buljan(1963) ve Jamil(2004) Sınıflaması Sonuçları: Sülfat dengesi (BS) ve hava alma indeksi(IA) değerleri, IA > 0 ve 0 <IA <10 ise yüksek petrol potansiyelini, 10<IA<100 iyi petrol potansiyeli ve 100< IA<1000 ise az petrol potansiyelini ifade eder. Doğal sülfür kaynaklarının BS>0 ve IA>0 ve 100 -1000 değerleri arasındadır. Doğal sülfür kaynakları ile ilişkili sular (genel olarak jipslerle ilişkili), yüksek pozitif BS ve yüksek IA değerlerindedir. Buna göre Çalışma alanındaki (Çizelge 3.9 – EK- 6) suların 65 tanesi doğal kükürt kaynağı, 4 tanesi iyi petrol potansiyelli, 6 tanesi ise yüksek petrol potansiyelli suları temsil etmektedir (Turgay ve Yaşar, 2018).

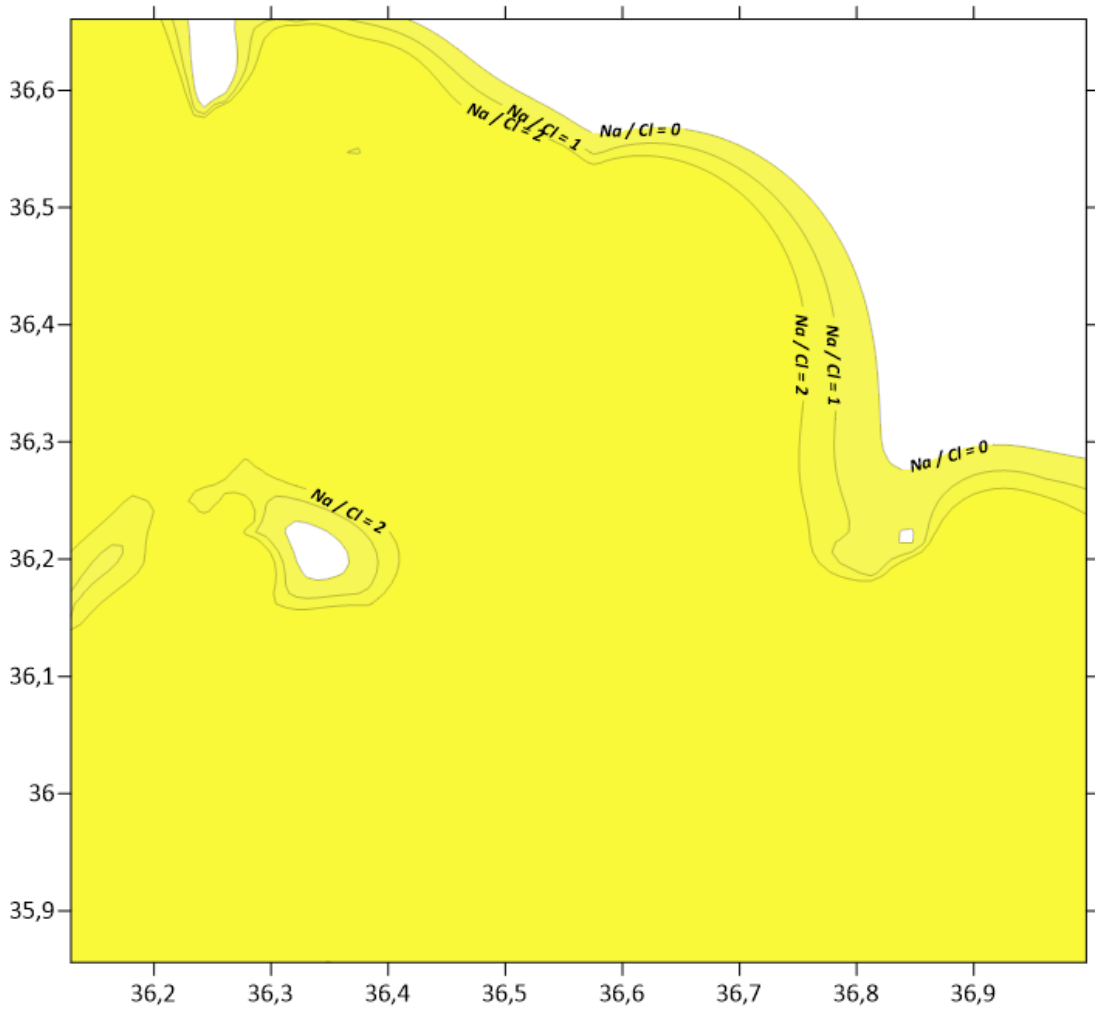
3.2. Eş Su Kimyası Eğrilerine Olası Hidrokarbon Sahalarının Belirlenmesi

Schoeller'e göre IBE'nin 0 dan büyük olduğu yerler hidrokarbonlar ile ilişkide olan suları ifade etmektedir buna göre haritadaki 0'dan büyük mavi alanlar Schoeller sınıflamasına göre potansiyel hidrokarbon aramacılığının yapılacağı yerler olarak değerlendirilebilir (Şekil 3.5) (Turgay ve Yaşar, 2018)



Şekil 3.6. Schoeller Baz Değişim İndeksi (IBE) kontur haritası.

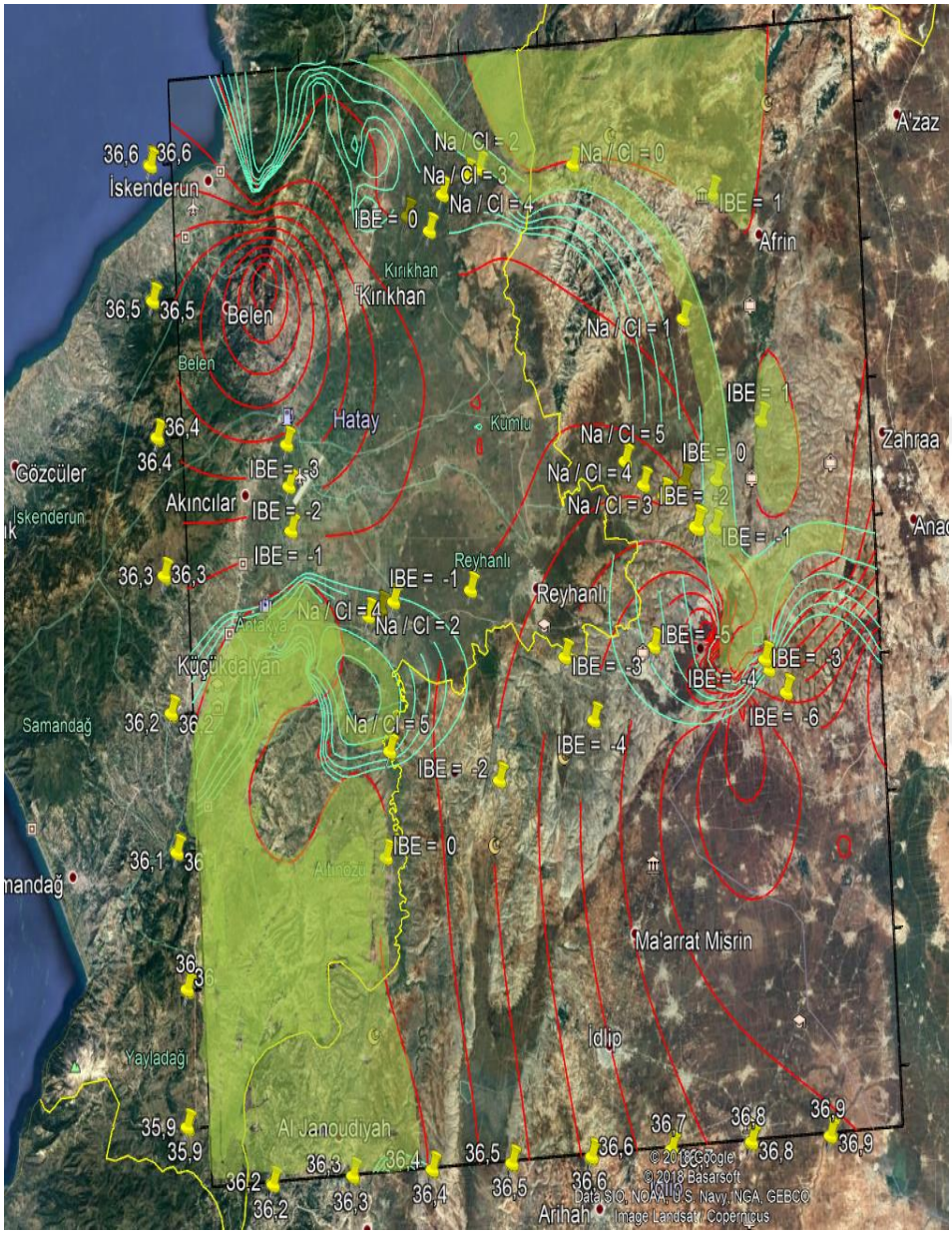
Sulin sınıflamasında Na/Cl oranının 1'den küçük olması durumunda hidrokarbon ile ilişkide olan sular haritada görülmektedir. Na/Cl 1 ve 0 arasındaki yerler harita üzerinde potansiyel hidrokarbon aramacılığının yapılabileceği alanları göstermektedir (Şekil 3.6) (Turgay ve Yaşar, 2018)



Şekil 3.7. Eş Na/Cl(epm) kontur haritası

Aramacılık açısından alan daraltmak amacıyla her iki sınıflama sisteminin kesiştiği yerlerin daha kesin sonuca ulaştıracağı düşünülmektedir. IBE'nin sıfırdan büyük olduğu (Şekil. 3,5) ile Na/Cl<1 şartının sağlandığı yerler (yeşil işaretli alanlar) (Şekil 3.6) hidrokarbon potansiyeli açısından önemlidir (Turgay ve Yaşar, 2018). Buna göre Şekil. 2,7'de Bohşin, Apaydın, Madenboyu, Avsuyu, Yarseli, Boynuyoğun yerleşim birimlerinin oluşturduğu çember Sulin Na/Cl<1 koşullarının sağlandığı alanı işaret etmektedir. Bozhöyük ve Madenboyu köyleri arası çember yayının bir kısmı hem Sulin hem de Schoeller şartlarının kapsandığı alana düşmektedir. Güneyde, Güveççi köyü kuzeyde Antakya Merkez, Antakya'nın güneyinde Altınözü'nün güneybatı kesimleri ise Schoellerin pozitif IBE şartını sağlayan alana düşmektedir. Haritanın kuzeyinde Camuzkışlası köyü ve doğuda Suriye kısımlarında kalan alan da pozitif IBE şartını sağlamaktadır ancak ülkemiz sınırları içerisinde Camuzkışlası köyü kalmaktadır. Camuzkışlası'nın batısından güney doğuya

doğru Bektaşlı köyü ve devamında Kamışlar, Demirkonak ve İncirli köylerinin olduğu hat ise Sulin Na/Cl < 1 şartını sağlayan kuşakta kalmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.8. Sulin ve Schoeller sınıflamalarının Google Earth üzerinde gösterimi

3.3. Makrosızıntı Verilerinin Değerlendirilmesi ve Sonuçları

Makro sızıntıların ham verileri, D'Alessandro vd., (2018) ve Yuce vd., (2014) makalelerinden alınmış olup (Çizelge 3.11) değerlendirme yöntemleri çeşitli araştırmacılara göre yapılmış, önceki çalışmacıların uyguladığı yöntemler alınan ham veriler üzerinde denenmiştir. Literatürden ise bilinen makro sızıntı verileri Google Earth ortamına işlenmiştir (Şekil 3.8). Değerlendirme kriterleri bölmesinde ise Hashimov,(2015) ve Schumacher,

(2016) yöntemlerine göre sınıflaması yapılmış olup, (C1:Metan, C2:Etan, C3:Propan, C4:Bütan, C5:Pentan) Çizelge 3.11'de bu sınıflamanın değerlendirme aralıkları verilmiştir.

C1/C2 oranı 2-10 arasında ise petrol zonunu, 10-35 arasında ise gaz zonunu, C1/C3 oranı 2-14 arasında ise petrol zonunu, 14-35 arasında ise gaz zonunu göstermektedir. C1/C4 oranı 2-21 arasında ise petrol zonu, 21-200 arasında ise gaz zonunu göstermektedir. C2/C3 oranı 1-2,5 arası petrol, 2,5-4 ise petrol ve gaz zonunu göstermektedir (Hashimov, 2015 ve Schumacher, 2016).

Buna göre bu sızıntıların daha önce yapılmış kromatografi sonuçları bu yöntemlere göre değerlendirildiğinde koyu yeşil renkler petrolü, açık yeşil renkli yerler ise doğal gazı işaret eder (Çizelge 3.11).

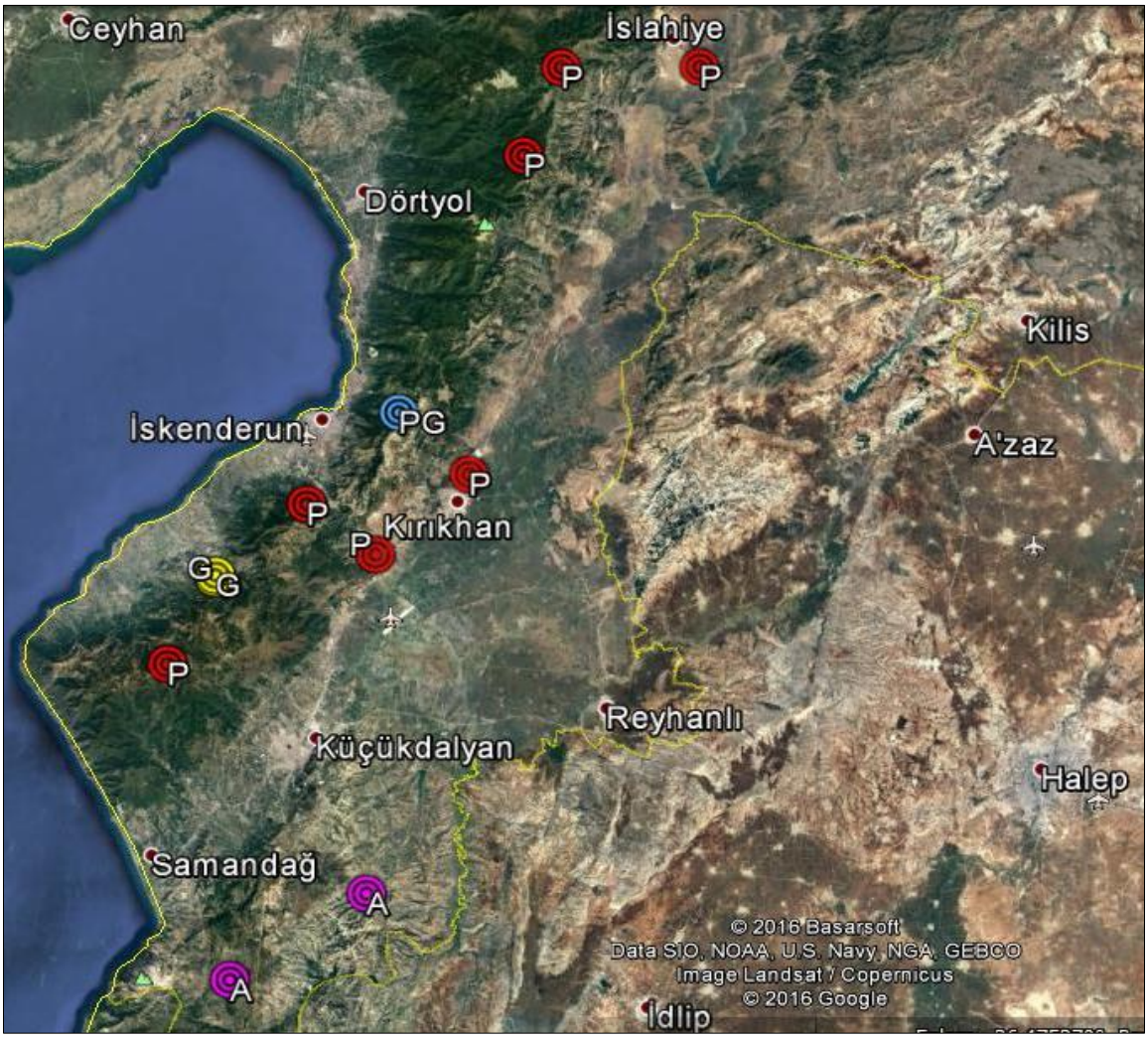
Islak Gaz Fraksiyonu (Wet Gas Fraction, WGF) C2-C5/C1-C5 olarak tanımlanır (Hashimov, 2015). Metan/Etan, C1/C2 oranı 4-10 arasında ise petrol, 10-20 arasında ise petrol ve doğal gaz, 20-100 arasında ise termojenik kuru metan, 100'den büyükse biyojenik metan olarak sınıflandırılır. Çalışma alanında Schumacher (2016) yöntemine göre A13 ve A-12-2 makro sızıntıları petrole işaret etmektedir. C1/C2, C1/C3, C1/C4 oranları ise pixler oranı olarak geçmektedir.

Islanımlılık Oranı (Wetness ratio, Wh), Denge Oranı (Balance ratio, Bh) ve Karakter Oranı (Character ratio, Ch) oranları petrol potansiyeline dair fikir edinmek amacıyla açıklanmalıdır. Buna göre Islanımlılık Oranı (Wh) 100*(C2+C3+C4+C5/C1+C2+C3+C4) olarak ifade edilir. Balance ratio, (Bh) ise C1+C2/C2+C3+C4 olarak ifade edilir. Character ratio (Ch), ise C5+C4/C3 olarak tanımlanmıştır. Wh oranının 0,5 ten düşük olduğu değerler üretim kapasitesi olmayan petrol zonunu, 0,5 ile 17,5 arası gaz kapasitesinin arttığını, 17,5 - 40 arası petrol kapasitesinin arttığını 40'tan büyük değerler ise üretilemeyecek rezidüel petrolü gösterir. Aynı şekilde Bh>100 olan kısımlar hafif gazları, Bh<100 ve Wh > 0,5 şartının sağlanması, muhtemel üretilebilir hafif gazları, 0,5<Wh < 17,5 ve Wh > Bh ve Wh < 100 şartının sağlanması durumunda, kondensant ya da hafif petrolü, Wh > Bh ve 17,5 < Wh < 40 şartının sağlanması ise petrolü işaret etmektedir. C1/Ctoplam oranına göre yorum ise, 0,6<C1/Ctoplam<0,85 oranı muhtemel üretilebilir petrolü, 0,6'dan küçük olması ise kalıntı petrolü göstermektedir. Bu değerlendirmeler sızıntılara uyarlandığında çıkan sonuç, Hatay bölgesinin petrol aramacılığı açısından ümitli olduğunu göstermektedir (Çizelge

3.11). Kalıntı petrol varlığı, petrol kapanlanması için uygun ortamın olduğunun ispatıdır. A-13 Sızıntısından alınmış numune ise muhtemel üretilebilir petrolü göstermektedir.

Çizelge 3.4. Hatay Bölgesi makro gaz sızıntıları ve bu sızıntıların petrol olanakları açısından değerlendirilmesi (veri seti: Yüce vd., 2014; D'Alessandro, 2016)

ample Nam	C1	C2	C3	C4	C5	C1/C2	C1/C3	C1/C4	C2/C3	Bh	Ch	Wh	Wh Eval						Wh Bh Eval				1/sum ev	Pixler Eval	
A23	603,8	5120	1420	1410	1090	0,11793	0,425211	0,428227	3,605634	1,460153	1,760563	93,73898	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	--
A24	607,4	5090	1390	1290	861	0,119332	0,436978	0,470853	3,661871	1,608981	1,547482	93,42527	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	--
A24-2	602,9	5040	1360	1330	855	0,119623	0,443309	0,453308	3,705882	1,591791	1,606618	93,43811	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	--
A24-3	390,3	3500	989	1020	775	0,111514	0,394641	0,382647	3,538928	1,397378	1,814965	94,1522	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	--
A13	102,5	24	11	16	12	4,270833	9,318182	6,40625	2,181818	3,24359	2,545455	38,06647	--	--	Oil increa	--	--	--	--	oil	--	--	possible p	--	productive
A12-2	120,3	30	19	29	25	4,01	6,331579	4,148276	1,578947	2,058904	2,842105	46,12629	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	productive
A12	94,4	40	19	32	26	2,36	4,968421	2,95	2,105263	1,745455	3,052632	55,34532	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	productive
A12-C	121,3	35	15	28	30	3,465714	8,086667	4,332143	2,333333	2,141096	3,866667	47,09987	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	productive
A12-2	120,3	30	19	29	25	4,01	6,331579	4,148276	1,578947	2,058904	2,842105	46,12629	--	--	--	Nonprodu	--	--	--	--	--	--	--	residual oi	productive



Şekil 3.9. Hatay'daki makro sızıntılar P = Petrol, G = Gaz, PG = Petrol & Gaz, A = Asfalt (Taşman, 1950; Egeran, 1952; Erentöz ve Ternek, 1959; Kavak vd., 2010; Yüce vd., 2014; Turgay ve Yaşar, 2018)

3.4. Yüzey Jeokimyası: Toprak Gazı Verilerinin Değerlendirilmesi

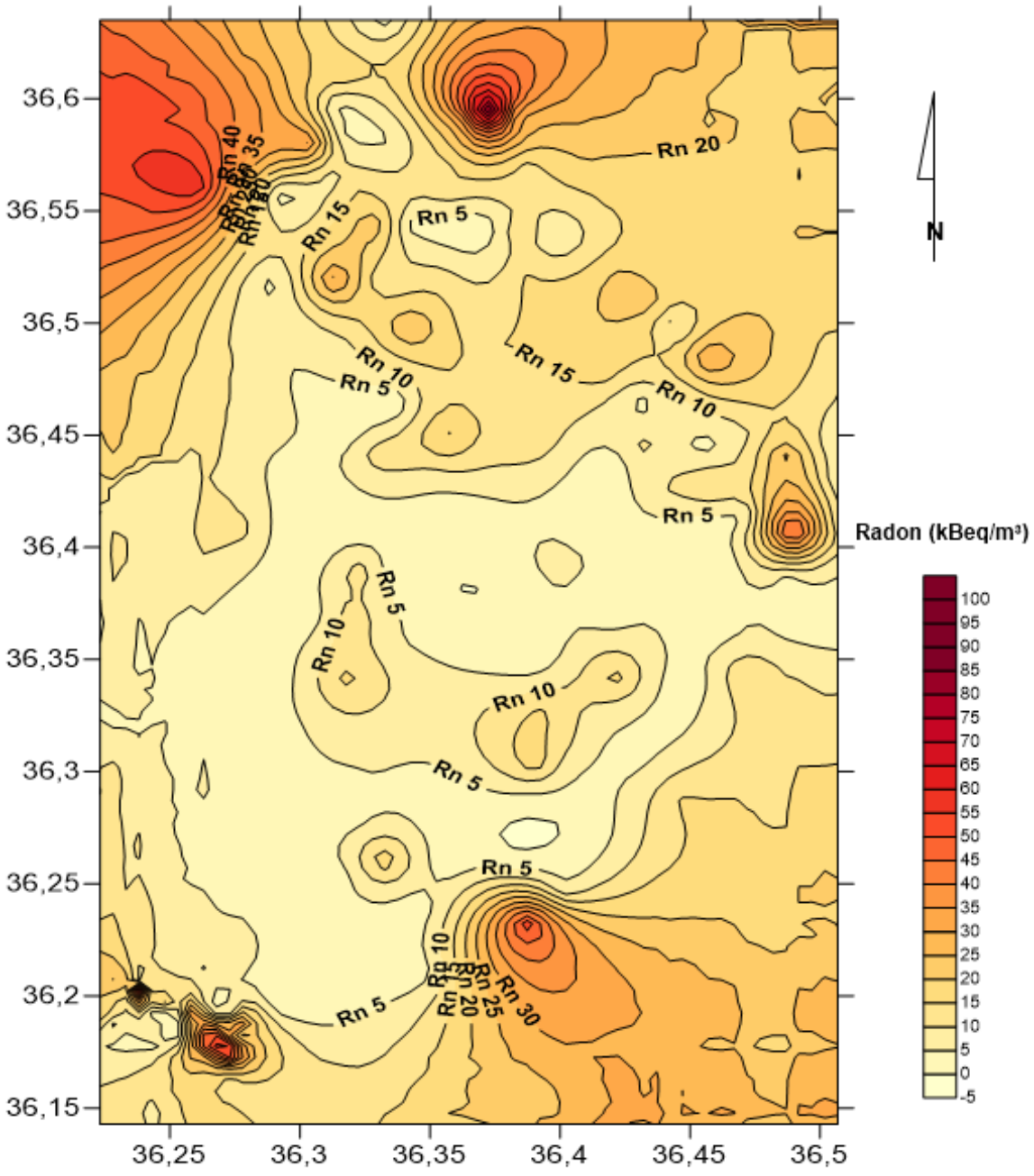
3.4.1. Radon verileri ve değerlendirilmesi

Radon verileri, Yüce vd., (2017) ve Gülbay (2015) yüksek lisans tezi çalışmalarından derlenmiştir (Ek-8). Radon değerlendirilmesi yapılırken, Liu ve arkadaşlarının (2018) jeoelektrokimyasal uranyum aramacılığında verilerinin değerlendirme hakkında önerdiği yönteme bağlı kalarak tüm hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre,

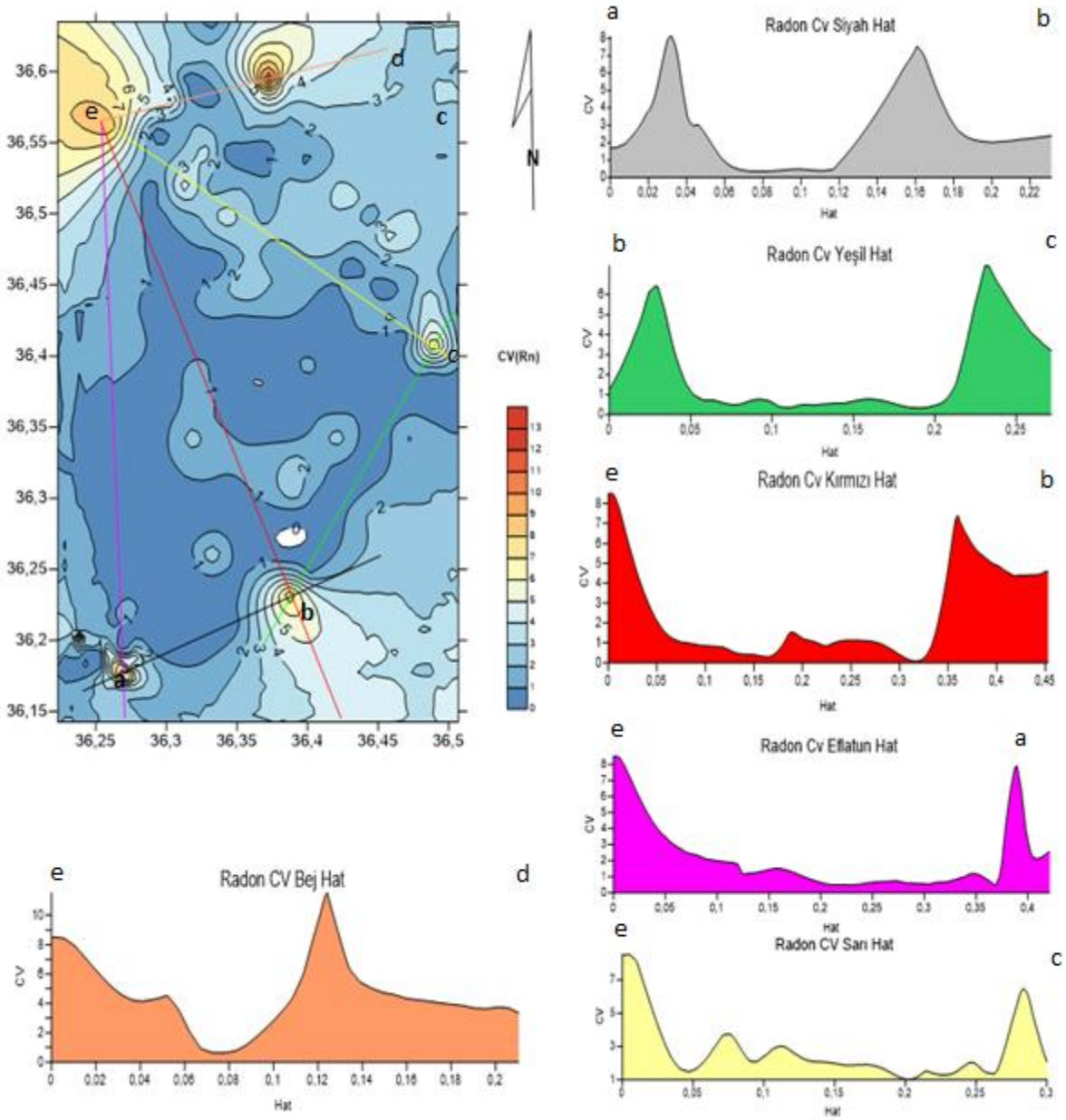
$$\mathbf{C_o} = \sqrt[n]{c1 * c2 * c3 \dots ci} \qquad \text{Eşitlik 3,1}$$

$$\mathbf{CV} = C_i / C_o \qquad \text{Eşitlik 3,2}$$

C_0, eşik değer, n numune sayısı ve **C_i** element içeriği hesaplanmalıdır. (Liu vd., 2018) , CV> 1, (Çizelge 3.12 Ek-1), elementlerin göreceli zenginleşmesi ile CV <1, elementlerin göreceli tükenmesi anlamına gelmektedir (Liu vd., 2018). Radon verilerinin (CV) hesabı Liu vd., (2018)'e göre hesaplanmış olup Çizelge 3.12'de son sütunda verilmiştir. Radon verilerinin C_0 değeri 6,808 olarak hesaplanmıştır.



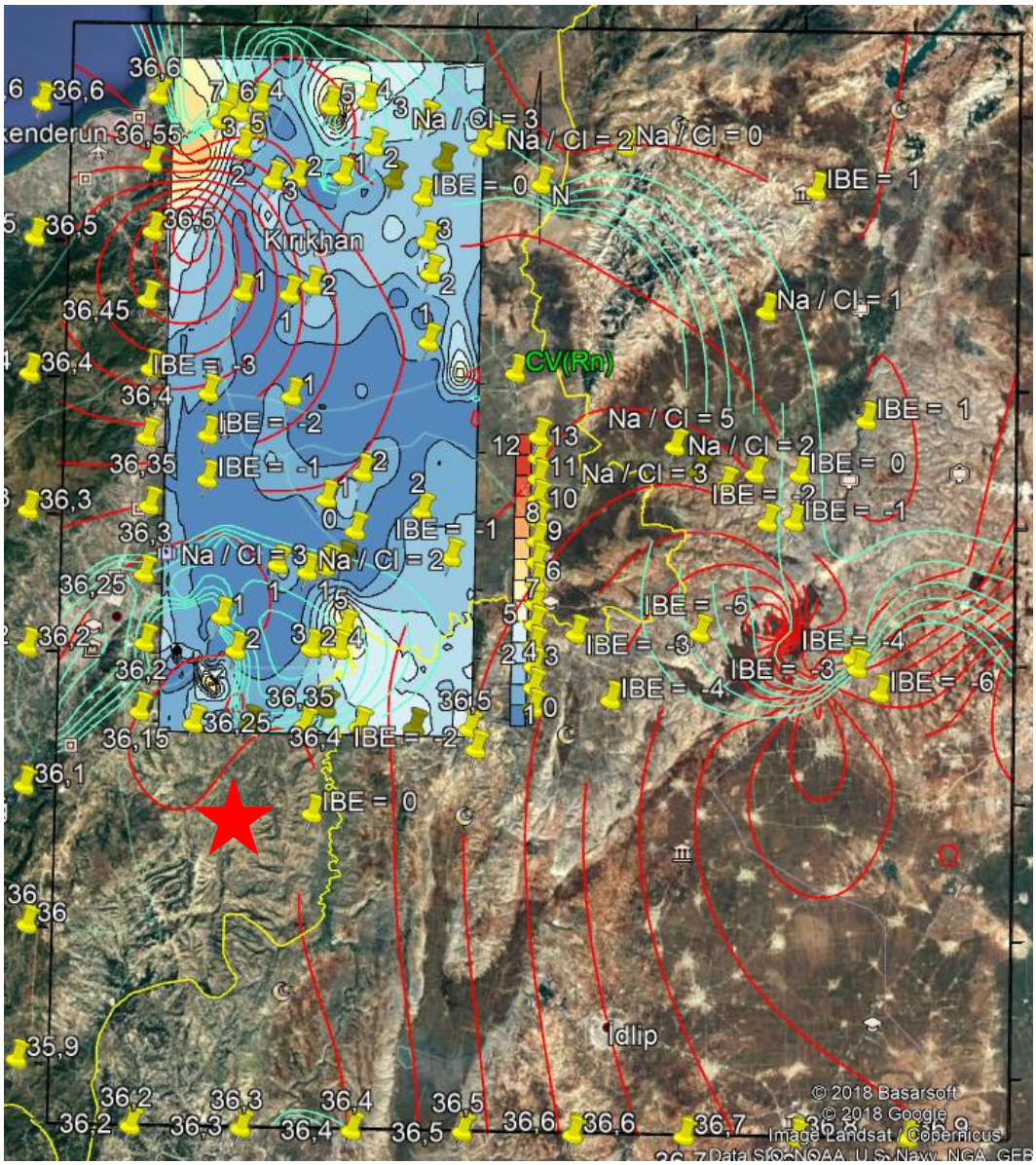
Şekil 3.10. Çalışma alanının Radon dağılım haritası (krigging yöntemine göre)



Şekil 3.11. Radon Cv dağılım haritası ve yakalanan halo anomalileri (Krigging yöntemine göre)

Liu ve arkadaşlarının (2018) önerdiği modele göre (EK-8), Cv değerinin 1'den büyük olması, mineral aramalarında nispi mineral zenginleşmelerini göstermektedir. Bu kural radona uyarlanıp petrol aramacılığı için çıkarım yapılacak olunursa, Cv değerinin 1 ve 1'den düşük olması radon değerlendirmesinin ana konseptini oluşturmaktadır. Cv değerlerinin 1'den büyük olduğu yerler radonun fazla olduğu bir fay ya da gömülü fay olması gerektiğini, hidrokarbon yatakları için bu yüksek radon değerlerinin olduğu yerler rezervuarın kenarına işaret etmektedir. Cv değerinin 1'den düşük olduğu yerler ise muhtemel petrol ve doğal gaz rezervuarına işaret etmektedir (Şekil 3.10 ve Şekil 3.9). Görüldüğü üzere Halo anomalileri

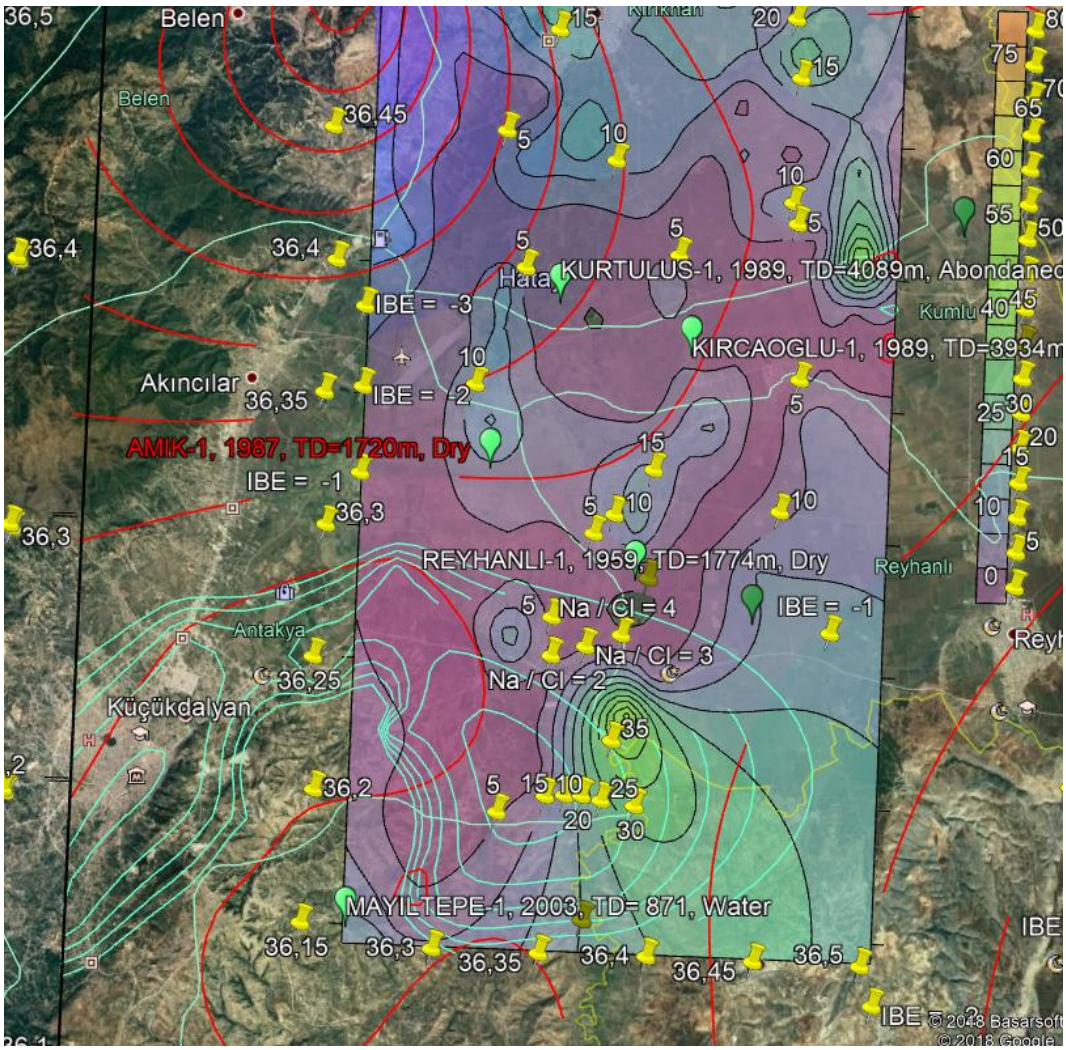
önceden toplanmış verilerin işlenmesiyle yakalanmış olup kritik değeri (Cv=1) aşan pikler faylardan sızan radonu, kritik değerin altındaki beyaz bölgeler ise rezervuar ya da rezervuarın olabileceği muhtemel depolanma alanlarını göstermektedir. Buna göre Hidrokarbon aramacılığı bu kritik değerlerin altındaki düşük seviyeli Radon sızıntılarının olduğu yerlerde yapılmalıdır.



Şekil 3.12. Sulin ve Schoeller hidrohipslerinin üzerine bindirilmiş Radon anomalilerinin Google Earth üzerinde gösterimi.

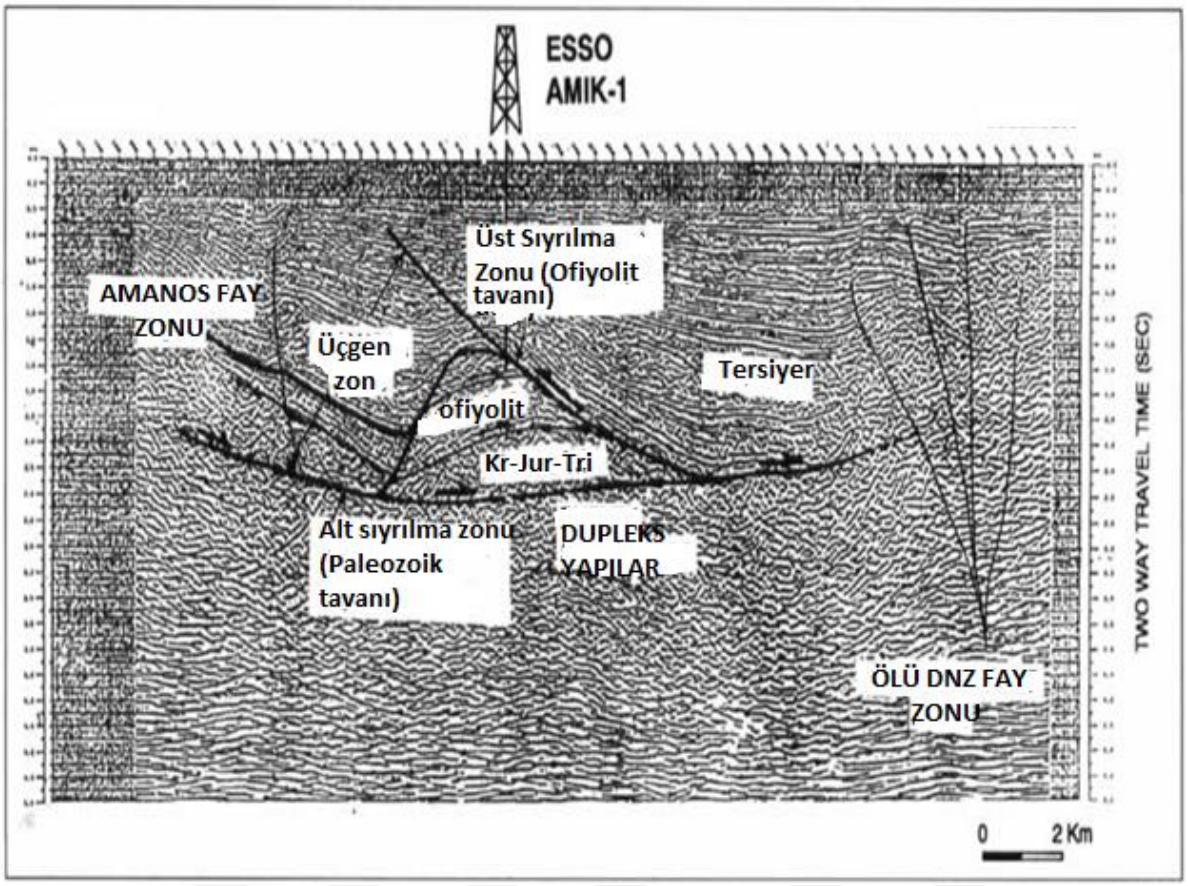
Radon haritasına bakıldığı zaman, düşük derişimdeki Radon ölçümlerinin alındığı yerler hidrokarbon potansiyeli açısından önemlidir. Haritaya göre mavi-mor alanlar potansiyel rezervuarların yerlerini temsil etmektedir. Halo anomalileri ise profilde tepeden tepeye veya pikten pike olan hatları temsil etmektedir. Kesitlerde tepeden tepeye kadar olan hattaki düşük

yerler mavi alanlara düşmektedir. Buna göre; En doğuda Aygırgölü köyü ile güneye doğru Başpınar batısında, Topboğazı, güneyinde Kumlu, Akkerpiç daha güneyde Demirköprü ve Avsuyu köylerinin kuzeyinde kalan alan radon düşük alanı temsil etmektedir. Hidrojeokimyasal anomaliler ile birlikte yorumlandığında, Üzümdalı, Madenboyu ve Bozhöyük köyleri her iki petrol hidrojeokimyası koşulunu sağlamakla birlikte düşük radon şartını da sağlamaktadır. Ancak bu köylerin içinde kaldığı çember yayının devamını sağlayan doğu kısmında kalan diğer köyler daha yüksek radon değerleri sergilemektedir.

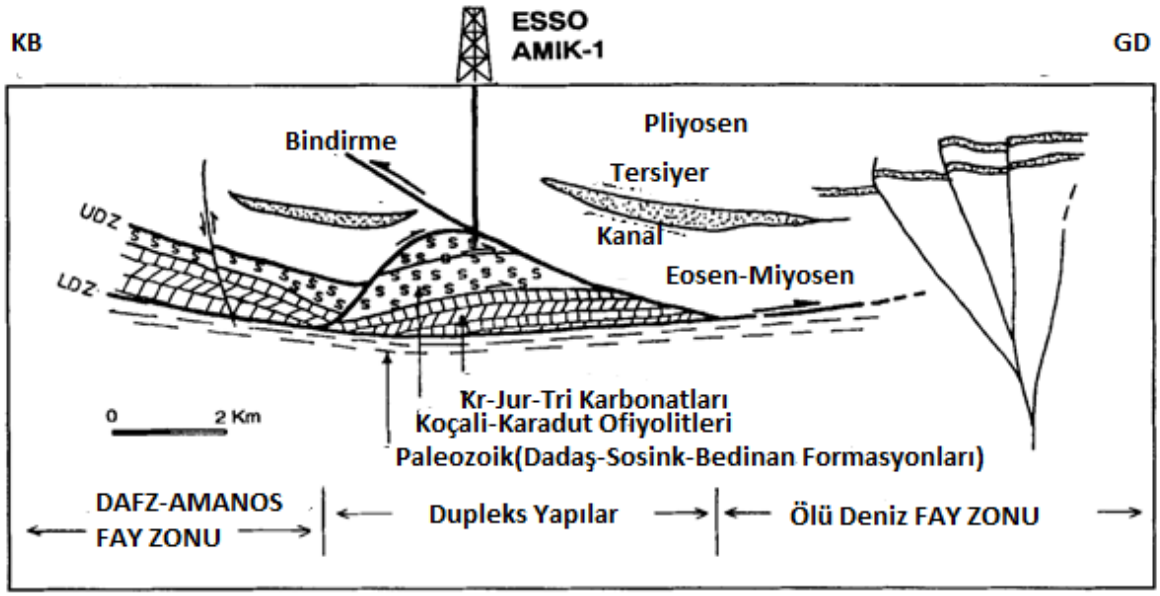


Şekil 3.13. Daha önce açılan sondaj kuyularının yerleri ve radon haritasının Google Earth üzerinde gösterimi

Daha önce açılan sondaj kuyularının yerleri radon verileri ile uyumludur. Faylanma ve bindirmelerden kaynaklanan dupleks yapılar bir antiklinal yapısının oluşumuna neden olmuş ve Amik-1 kuyusu açılmıştır (Coşkun, 1987).



Şekil 3.14. Amik-1 kuyusuna ait sismik kesit (Coşkun,1994)

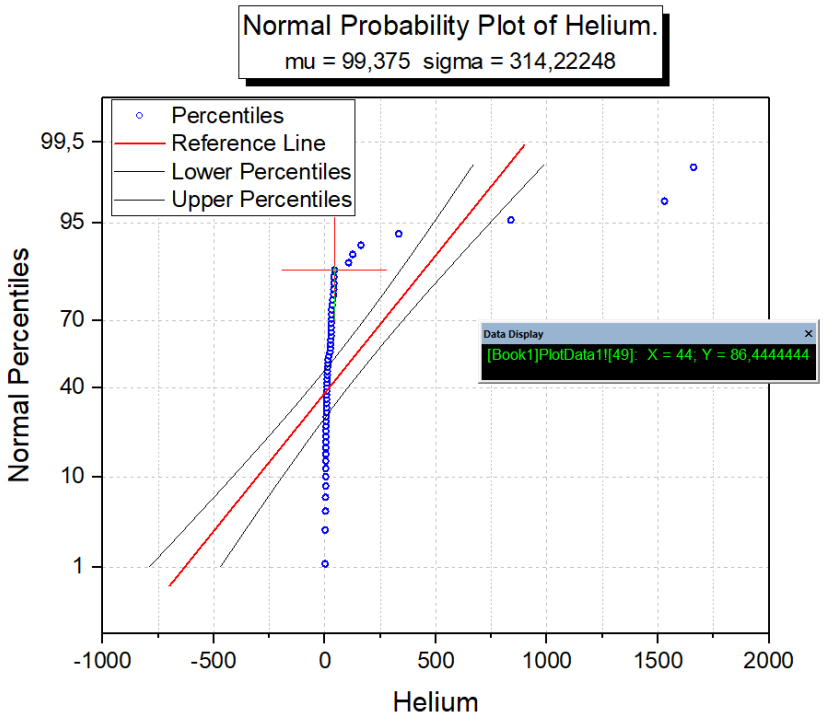


Şekil 3.15. Kuyu yerinin yapısal jeoloji kesiti (Coşkun, 1994)

Aslında bakıldığı zaman, radon verilerinin tutması mikrosızıntı teorisi ile açıklanabilir. Sonuçta antiklinal bir yapı ve kenarlarından radon sızan, yapının üzerinde daha az radon verileri olan bir bölgede kuyu açılması mantıklıdır. Bindirme sebebi ile antiklinal yapılar oluşturan duplex yapılar sadece sismik yöntemlerle keşfedilebilir. Ancak petrol için uygun ortam olup olmadığı sadece sismik yöntemlerle değil, sismik yöntemlere ek olarak derindeki yapıların yüzeydeki analoglarının jeokimyasal değerlendirmesi ile de yer altı hakkında fikir edinilebilir.

3.4.2. Helyum verileri ve değerlendirilmesi

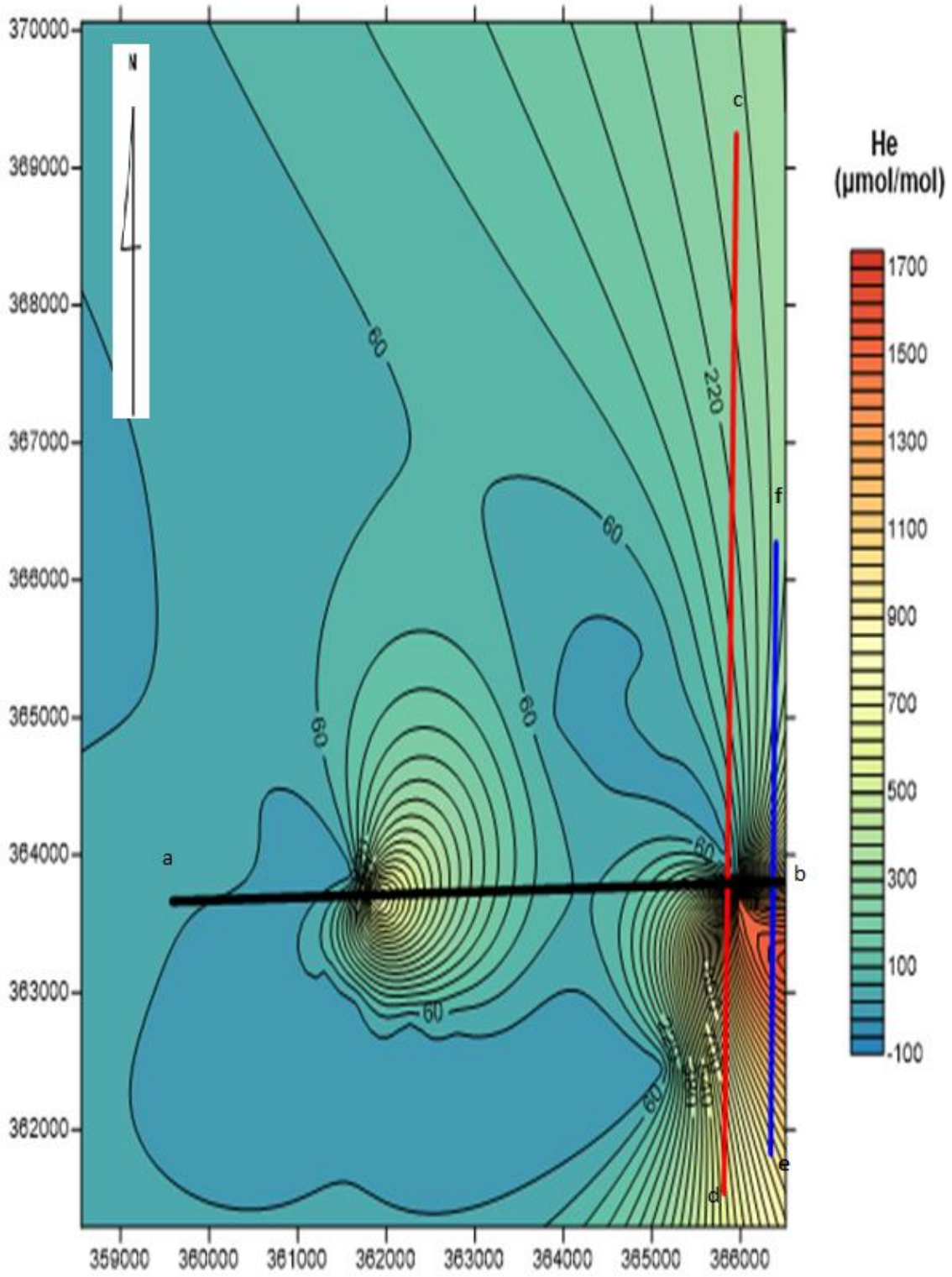
Çalışma alanında önceden yapılmış Helyum değerleri Yüce vd., (2014) ve D'Alessandro vd., (2016)'dan derlenmiştir. Bu veriler (Çizelge 3.14) istatistik programı olan Origin Pro'da küçükten büyüğe doğru sıralanıp normal probability grafiği çizdirilmiştir ve eşik değer grafiğin kırıldığı ilk yer olan 44 olarak okunmuştur. Helyum tek başına yorumlanamaz ancak tek başına yorumu sadece pik yapan yüksek değerlerin fayları göstermiş olmasıdır. ABD'de San Andreas Fayından helyum çalışmaları yapılmış olup pik veren yerlerin fay lokasyonunu gösterdiği tespit edilmiştir.



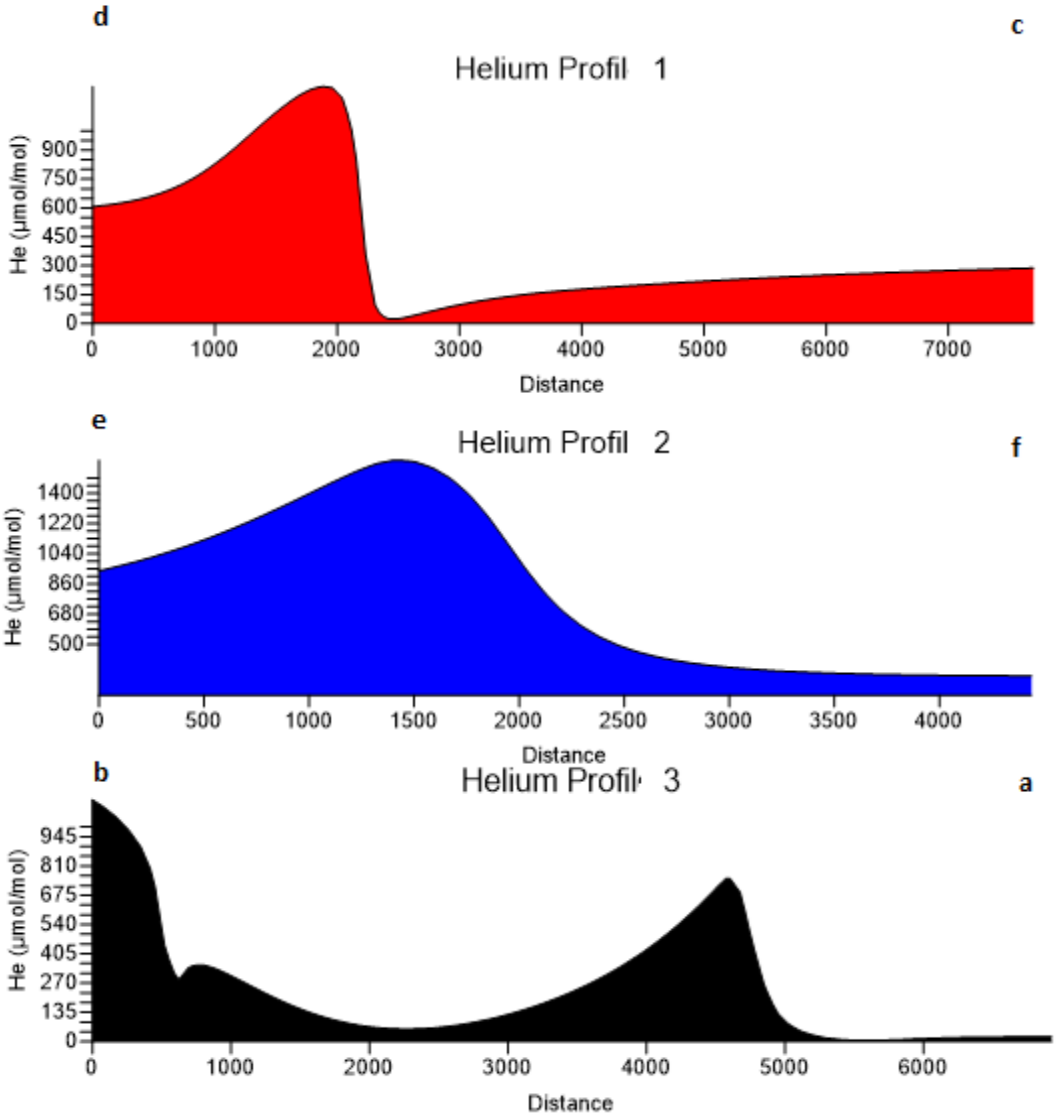
Şekil 3.16. Helyum değerlerinin normal olasılık grafiği

Çizelge 3.5. Çalışma alanında önceden yapılmış Helyum değerleri (Yüce vd., 2014 ve D'Alessandro vd., 2016'dan derlenmiştir.)

No	X	Y	He (µmol/mol)	No	X	Y	He (µmol/mol)
1	360416	364018	29	29	362010	370063	107
2	360429	364047	29	30	362010	370063	126
3	360429	364046	26	31	361883	362243	9,3
4	360429	364047	15	32	361889	362223	6
5	361636	363835	1,7	33	361903	362416	5,5
6	361636	363835	30,1	34	362255	362766	11,4
7	361636	363835	4,5	35	362276	362746	5,1
8	361636	363835	3,6	36	362411	362453	9,9
9	361632	363834	3,6	37	365124	362460	6,1
10	361632	363834	4	38	366508	363235	1660
11	360484	362869	7,9	39	365963	363720	1530
12	360484	362869	7,8	40	365947	363780	10,5
13	360484	362869	4	41	361800	362584	7,9
14	360485	362867	4	42	361636	363835	40,2
15	360485	362867	4	43	361636	363835	333
16	360485	362867	7,7	44	361656	362948	18,7
17	361242	363159	40,8	45	363741	365034	44
18	361242	363159	4	46	363953	365022	11,2
19	361865	363693	837	47	364825	365479	12,6
20	361292	363127	4	48	364857	365173	33,7
21	361292	363127	163	49	361442	361291	30,5
22	362255	362766	29	50	361553	362042	15,2
23	361800	362584	29	51	360416	364018	8,1
24	362255	362766	26	52	360429	364047	23,6
25	362255	362766	1,7	53	358558	363486	34,7
26	362779	362779	30,1	54	360484	362869	39,5
27	361636	363835	4,5	55	365142	364798	25,6
28	360484	362869	7,9	56	361636	363835	40,8



Şekil 3.17. Çalışma alanı Helyum haritası ve renkli helyum profil hatları

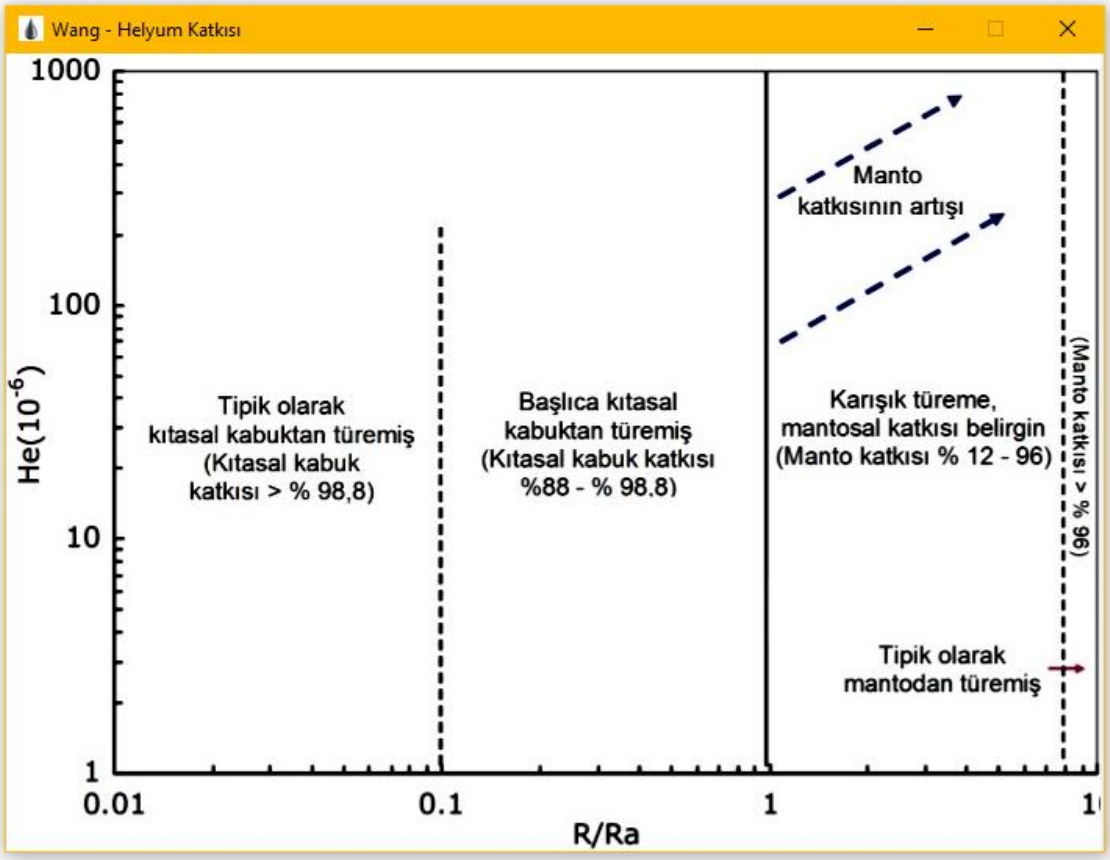


Şekil 3.18. Kırmızı Mavi ve Siyah hatlardan alınan helyum miktarına bağlı profiller.

Şekil 2.18'de Görüldüğü üzere son profilde (b-a hattı) halo anomalisi yakalanmış olup sivri uçlar fayları temsil etmektedir. Eşik değer altındaki yerler ise prospektif alanlardır. Halo anomalisinin varlığı düşey göç eden hidrokarbonların varlığıyla topraktaki okside kalsit çimentosu ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Pikler, yani profildeki keskin yerler, yüzeye düşük dikey göç eden hidrokarbonlara işaret ederken iki pik arası yerlerin yüksek dikey göç potansiyeline işaret etmiş olduğu düşünülmektedir. Michigan Baseninde lineer trendde bulunan Helyum anomalisi Ordovisiyen tortulları içerisinde bulunan kırıklı rezervuarları göstermektedir (Tedesco,1995). Görüldüğü üzere ilk iki profil lineer trend göstermektedir. Ancak Helyum tek başına bir hidrokarbon arama aracı olarak kullanılamaz, diğer yöntemler ile birlikte çalışmak gerekir.

Çalışma Bölgesindeki Helyum'un Kökeni

Waples sınıflamasına göre R/Ra değeri 1-0,1 arasında ise Atmosferik + Mantosal kökeni belirtmekle beraber hidrokarbon kökeni ise biyojenik olarak tanımlanmıştır. 1 ile 8 arasındaki R/Ra değerleri Helyum kaynağı olarak Kabuk + Manto kökenini göstermekte, hidrokarbon kökeni olarak ise Abiyojenik kökenin yanında biyojenik katkıyı da göstermektedir. Buna göre daha önceki çalışmalardan alınan R/Ra değerlerinin yorumu tablo olarak altta verilmiştir. Bölgede lokal olarak biyojenik katkı görülmektedir (Çizelge 3.6).



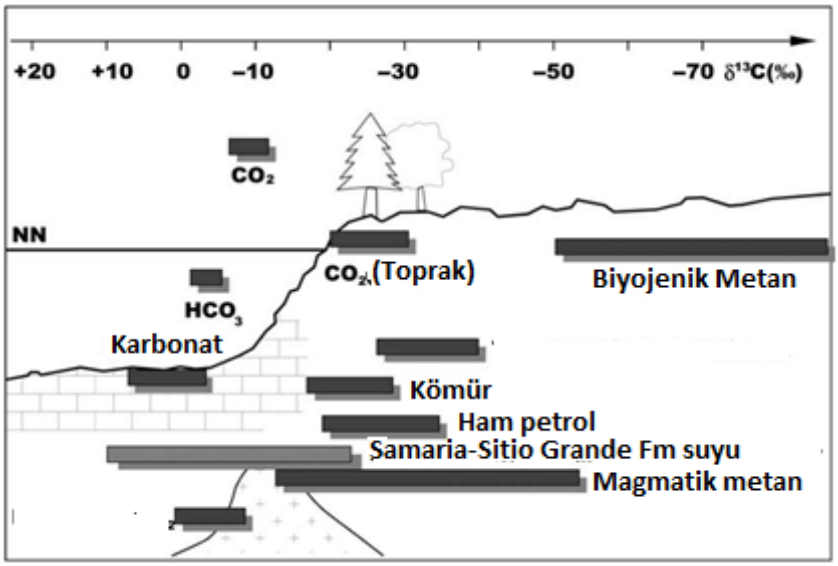
Şekil 3.19. Helyum kökenini değerlendirmek için Hydropet yazılımındaki grafik (Wang vd., 2016)

Çizelge 3.6. Çalışma alanında ölçülen Helyum ve izotopik R/Ra oranları ve Değerlendirmeleri (Ham veriler: D'Alessandro vd., 2017 ve Yüce, G vd., 2014)

Lokasyon	ID	He (umol mol-1)	R/Ra	Helyumun Kaynağı	Kökeni
Kurtbağı	A23 (*)	29,0	1,33	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kurtbağı	A24 (*)	29,0	1,24	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kurtbağı	A24-2 (*)	26,0	1,39	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Tahtaköprü	A13 (*)	1,7	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A12 (*)	30,1	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A12-4	3,6	0,77	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A12	1,6	0,92	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A12C	<5	0,92	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Kisecik	A35 (*)	7,9	0,99	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Kisecik	A35-4	7,8	0,84	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gülderen	A39 (*)	40,8	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gülderen	A39	<5	0,86	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gülderen -B	A69	163	0,82	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gökdere	A71	107	3,14	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Soğuk su Karstik Kayn	A2	6	0,97	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Güzelburç	A3	5,5	0,99	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Ottoman Palace	A5	11,4	1,01	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Ottoman Palace	A6	5,1	0,54	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Ilıpınar	A7	9,9	0,93	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Hamamat	A9	1660	1,04	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Hamamat	A9-2	1530	1,12	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Hmamat Soğuk Kayn.	A10	10,5	0,89	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Honda Kuyusu	A11	34,7	0,31	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A14	7,9	0,7	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Kırıkhan Kuyusu	A15	40,2	1,01	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kırıkhan Sulama Kuyusu	A16	333	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gölbaşı Karstik Kayn	A18	18,7	1,16	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Gölbaşı Karstik Kayn	A18-2	44	1,14	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Harbiye Karstik Kaynağı	A19	11,2	0,9	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Antakya Öğretmen Evi	A22	12,6	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Kokarca Kaynağı	A25	33,7	0,5	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Sucu Kuyusu	A36	30,5	1,23	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Yalangöz İncirli	A37	15,2	1,34	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kuzeytepe	A40	8,1	0,62	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Ottoman Palace	A4	23,6	0,35	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Honda Kuyusu	A11	34,7	0,31	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Honda Kuyusu	A11-2	39,5	0,29	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Yeşilova MTA kuyusu	A38	25,6	0,41	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Kurtbağı	A23	29	1,33	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kurtbağı	A24	29	1,24	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kurtbağı	A24-2	26	1,39	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Tahtaköprü	A13	1,7	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköpr	A12	30,1	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Tahtaköprü	A12-2	39,5	1,96	Kabuk + Manto (Karışım)	Biyojenik + Abiyojenik
Kisecik	A-35	7,9	0,99	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik
Gülderen	A39	40,8	0,98	Atmosferik + Mantosal Helyum	Biyojenik

Çalışma Alanında Delta Karbon'un Kökeni

Waples sınıflamasına göre karbon -13 değeri, -17 den düşükse Organik Karbon (fotosentez) ile üretilen karbon, -10'dan büyükse İnorganik yani bikarbonat yoluyla reaksiyona giren karbon, -10 ile -17 arasında ise doğal karbondioksit olarak tanımlanır. Eğer karbon -17 ile -34 arasında ise Kerojen, petrol ve etan kökenli olarak sınıflandırılır (Şekil 3.19). Buna göre, Samaria- Sitio Grande petrol sahası suları fotosentez ile üretilen organik karbon kökenlidir ve Amik havzası sularından alınan numuneler ise daha geniş bir aralıkta dağılmaktadır (Çizelge 3.7). Samaria – Sitio Grande formasyon suyu -Samaria Sitio Grande formasyon suyunun karbon-13 izotop değer aralığı ise -20 ila +10 arasında değişmektedir.- ile hemen hemen aynı aralığa denk gelmesi Amik havzasında organik köken etkisinin var olabileceği şüphesini uyandırmıştır. Helyum R/Ra değerlerine bakıldığı zaman bu numuneler biyojenik + abiyojenik helyuma işaret etmektedir. Öyle ki, havza petrol aramacılığı açısından jeokimyasal olarak ümitli bir havzadır.

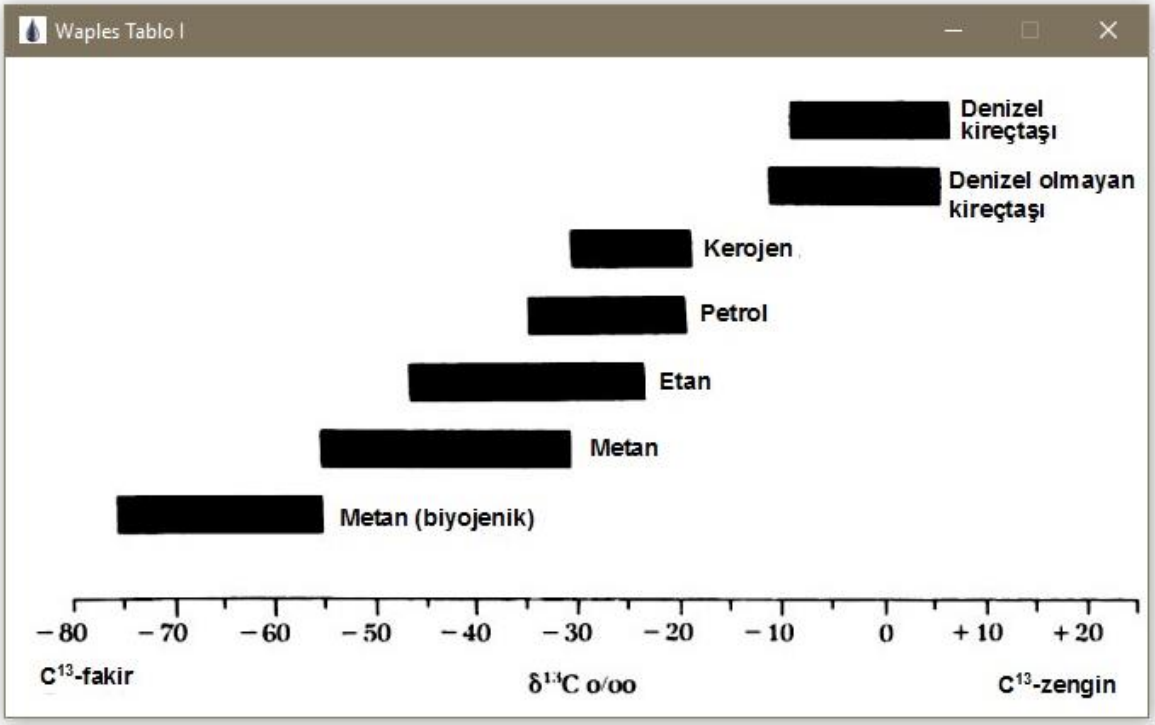


Şekil 3.20. Karbonun çeşitli formlarındaki C-13 izotopunun değer aralıkları (Birkle vd., 2014)

Çizelge 3.7. Hatay civarı delta C değerleri (D'Alessandro vd., 2016; D'Alessandro vd., 2018)

Numune Kodu	**Delta C**
A1	-14,28
A2	-12,94
A3	-15,99
A5	-14,7
A6	-13,57
A7	-12,41
A8	-8,66
A9	-5,63
A10	-11,32
A14	Nd
A15	-13,74
A16	-9,43
A17	Nd
A18	-8,74
A19	-12,93
A22	-14,83
A25	-14,56
A1-2	Nd
A2-2	Nd
A3-2	Nd
A9-2	-5,4
A18-2	Nd
A36	-13,49
A37	-12,45

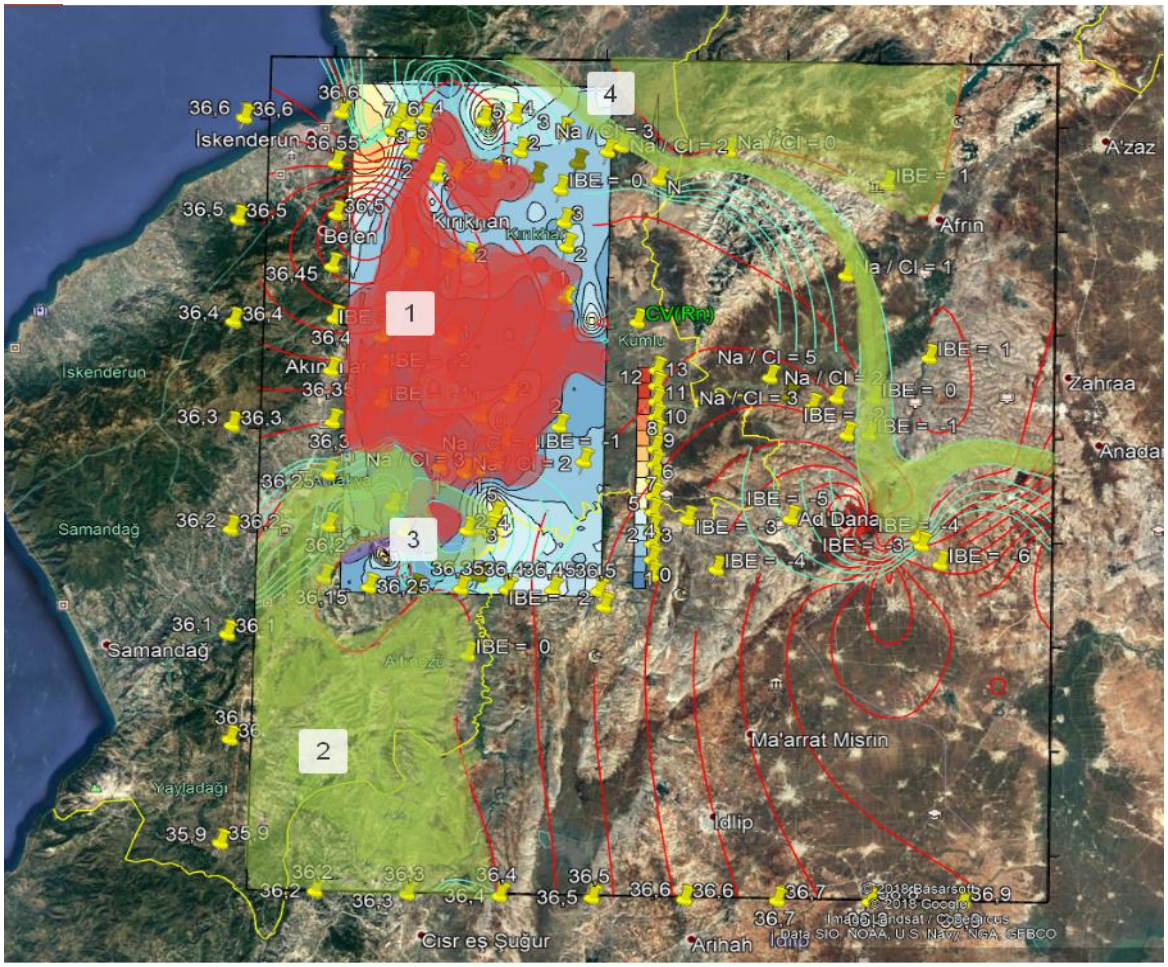
Amik havzasından alınan su örneklerindeki C izotop değerleri -16 ile -5 arasında değişmektedir. Birkle vd., (2014) çalışmasında Samaria – Sitio Grande petrol sahasından alınan numunelerin izotop değerleri ise +10 ila -15 arasında değişmektedir.



Şekil 3.21. Waples'a göre Karbon 13 izotopunun çeşitli formlardaki dağılım aralıkları

3.5. Uzaktan Algılama Çalışmaları ve Değerlendirmesi

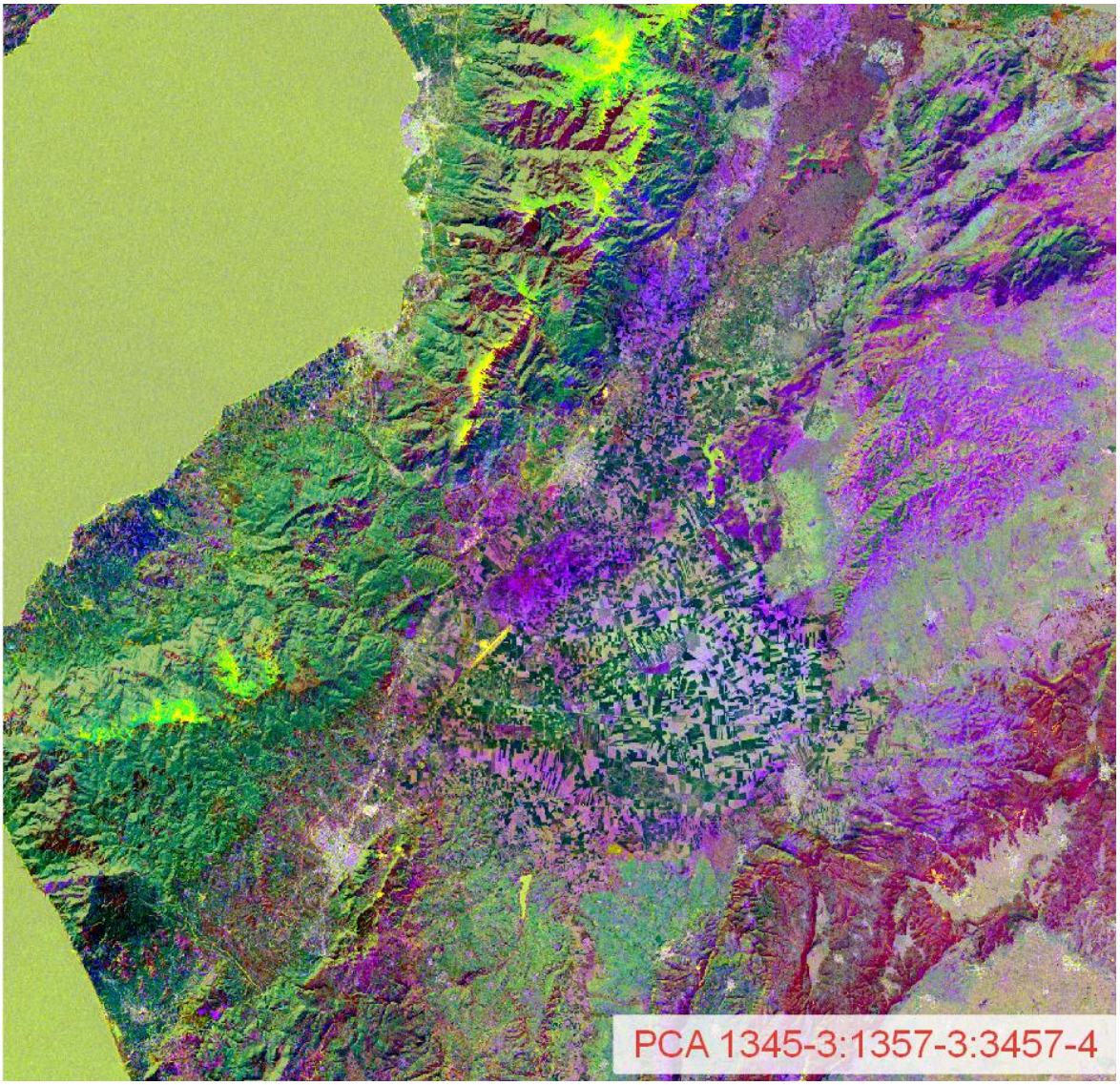
Uzaktan algılama metotları ile hidrojeokimyasal ve toprak gazı verilerinin işaret ettiği alanlar üzerine çalışılmıştır. Uzaktan algılama yönteminde ve farklı kaynaklardan (Habib vd., 2018; Yang vd., 2002; Garain vd., 2017) çeşitli bant oranlaması tekniği ile hidrokarbonun tezahür ettiği, hidrokarbon kaynaklı yüzey alterasyonları yakalanmaya çalışılmıştır. Bunun için çalışma USGS Earthexplorer sisteminden Hatay bölgesinin Landsat 7 ETM+, uydu görüntüleri üzerinde ENVI 5,3 yazılımı ile sürdürülmüştür. Görüntü işlemeden önce radyometrik düzeltme ve atmosferik düzeltmeler yapılmıştır. Tüm bu işlemler için haritadan üç numaralı alan hedef olarak seçilmiştir (Şekil 3.21) ve (Çizelge 3.7). Radyometrik ve atmosferik düzeltme için layer stacking ile bantlar birleştirildikten sonra, yazılımda ilk önce radyometrik kalibrasyon yapılmış, Dark Object Substraction ile atmosferik düzeltme yapılmıştır. Aster verisi ise SWIR ve VNIR bantları radyometrik olarak düzeltildikten sonra IARR atmosferik kalibrasyonu ile kalibre edilmiş daha sonra Aster verisinden mikrosızıntılar tespit edilmiştir (Hosseinpour, 2020).



Şekil 3.22. Radon ve Hidrojeokimyasal verilere göre muhtemel rezervuarın olabileceği dört alan. Kırmızı: Radon verileri Yeşil: Hidrojeokimyasal (Sulin ve Shoeller sınıflaması) veriler.

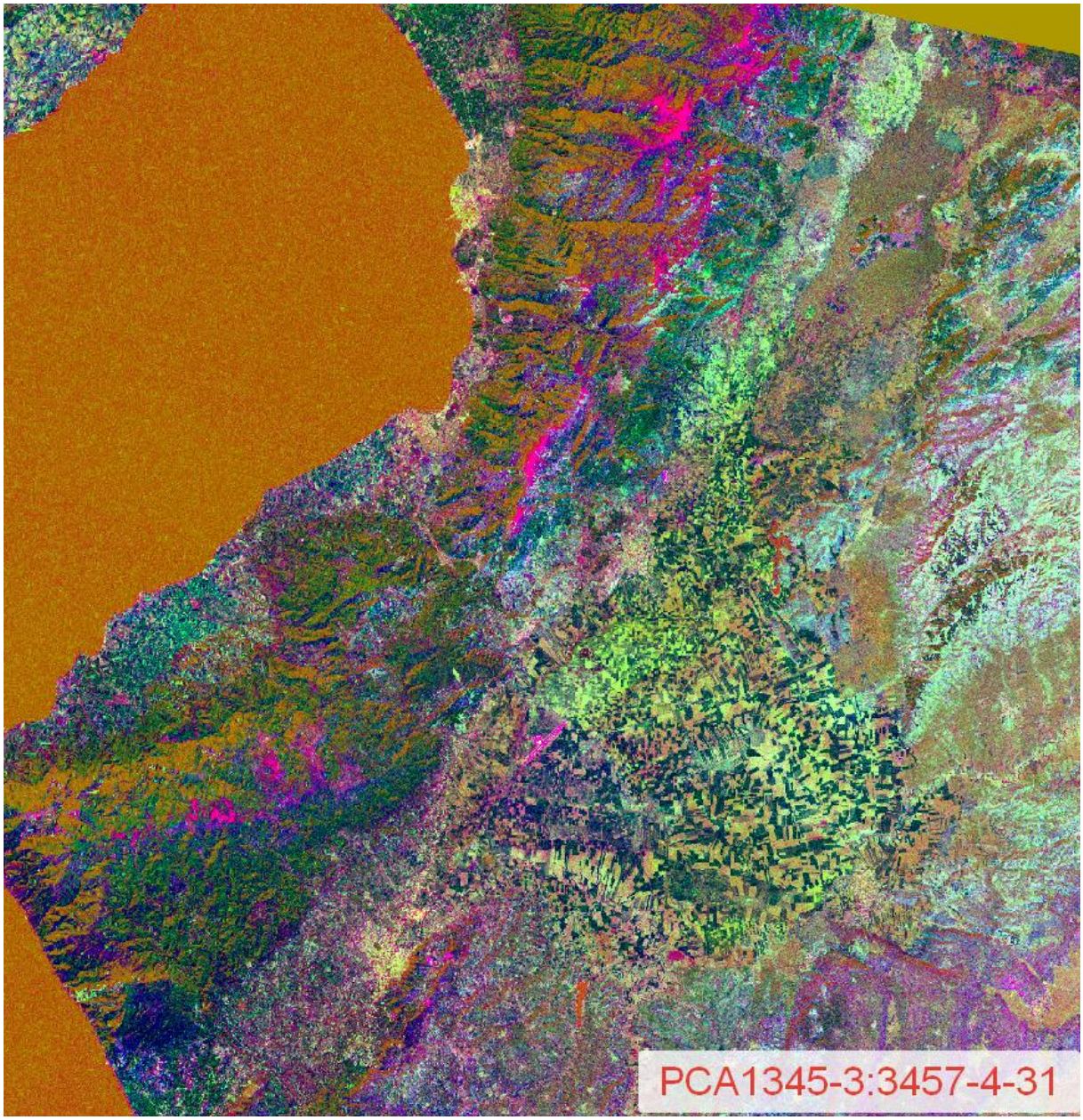
Çizelge 3.8. Landsat-7 ETM+ uydusu, hidrokarbon kaynaklı alterasyon belirleme kriterleri (Zhang, vd., 2007-2011 ve Garain vd., 2019)

RGB;FCC;PCA Yöntem	**Yorum**	**Sensör**	**Referans Çalışma**
1345PC3-1357PC3-3457PC4	koyu mavi ve kırmızımsı menekşe yerler hidrokarbon alterasyonları	**LANDSAT 7 ETM+**	Zhang vd., 2011
3/1-4/3-7/5	bahar yeşili ve açık çelik mavisi yerler hidrokarbon alterasyonları		
1345PC3-3/1-7/5	kahverengi ve koyu grimsi mor yerler hidrokarbon alterasyonları		
1345PC3-3457PC4-3/1	koyu mor ve zeytin yeşili yerler hidrokarbon alterasyonları		
1345PC3-2357PC3-3/1	sarı, koyu mor ve mavi renkler yerler hidrokarbon alterasyonları		
1357PC3-2357PC3-7/5	olivin yeşili yerler hidrokarbon alterasyonları		Zhang vd., 2007
1357PC3-3457PC4-(4/3-2/3)	mavimsi mor yerler hidrokarbon alterasyonları		
1345PC3-1357PC3-3/1	zeytuni yeşil; asker yeşili yerler hidrokarbon alterasyonları		
3/1-1357PC3-123457PC4	Ağarmış kumlar, kil+karbonat ve ferro demir düşük piksel		Zhang vd., 2009
7/5-1357PC3-123457PC4	Ağarmış kumlar, kil+karbonatlar düşük piksellerde		
3/1-3457PC4-1345PC3	Ferro demir, killer ve karbonatlar, ağarmış kumtaşları düşük piksellerde		
4/3-7/5-3/1	Ağarmış kum yatakları, kil mineralleri ve ferro demir düşük piksellerde		
1457PC3	parlak pikseller ferri demirce az yerleri, koyu pikseller ağarmış kumtaşlarını gösterir		Garain vd., 2019
3457PC4	düşük pikseller kil karbonatı gösterir		
1345PC2	koyu pikseller ferro demir, parlak pikseller vejetasyon		
(3/1)	parlak pikseller ferri demir, ferri demirce zayıf koyu pikseller		
(2+5)/(3+4)	parlak pikseller ferro demir		
(7/5)	düşük pikseller kil karbonatı gösterir		



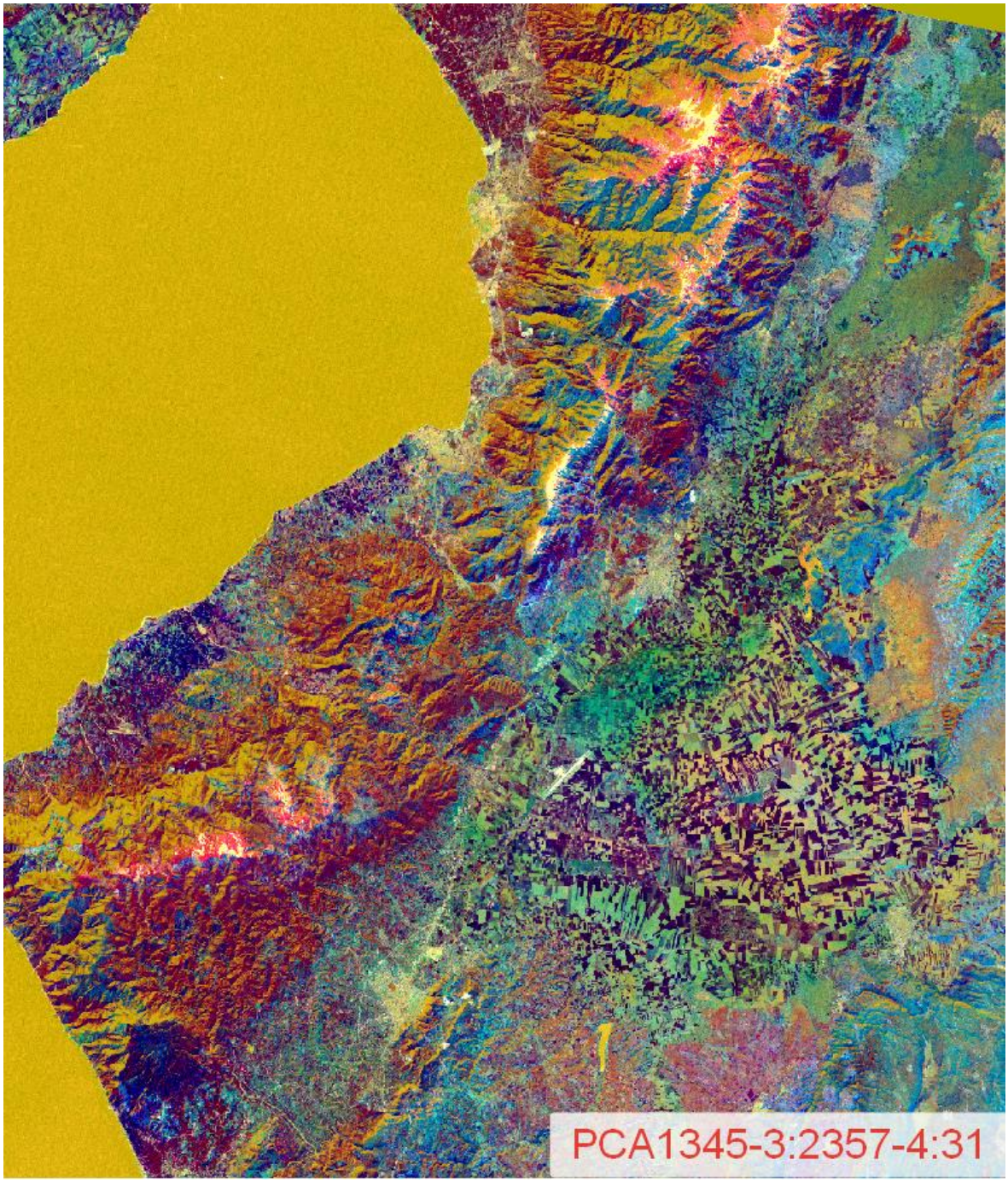
Şekil 3.23. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 1357-3, B: 3457-4 kompozit görüntüsü

Görüntüde koyu mavi, kırmızımsı menekşe renkler hidrokarbon kaynaklı altere alanları temsil etmektedir (Şekil. 3,22).



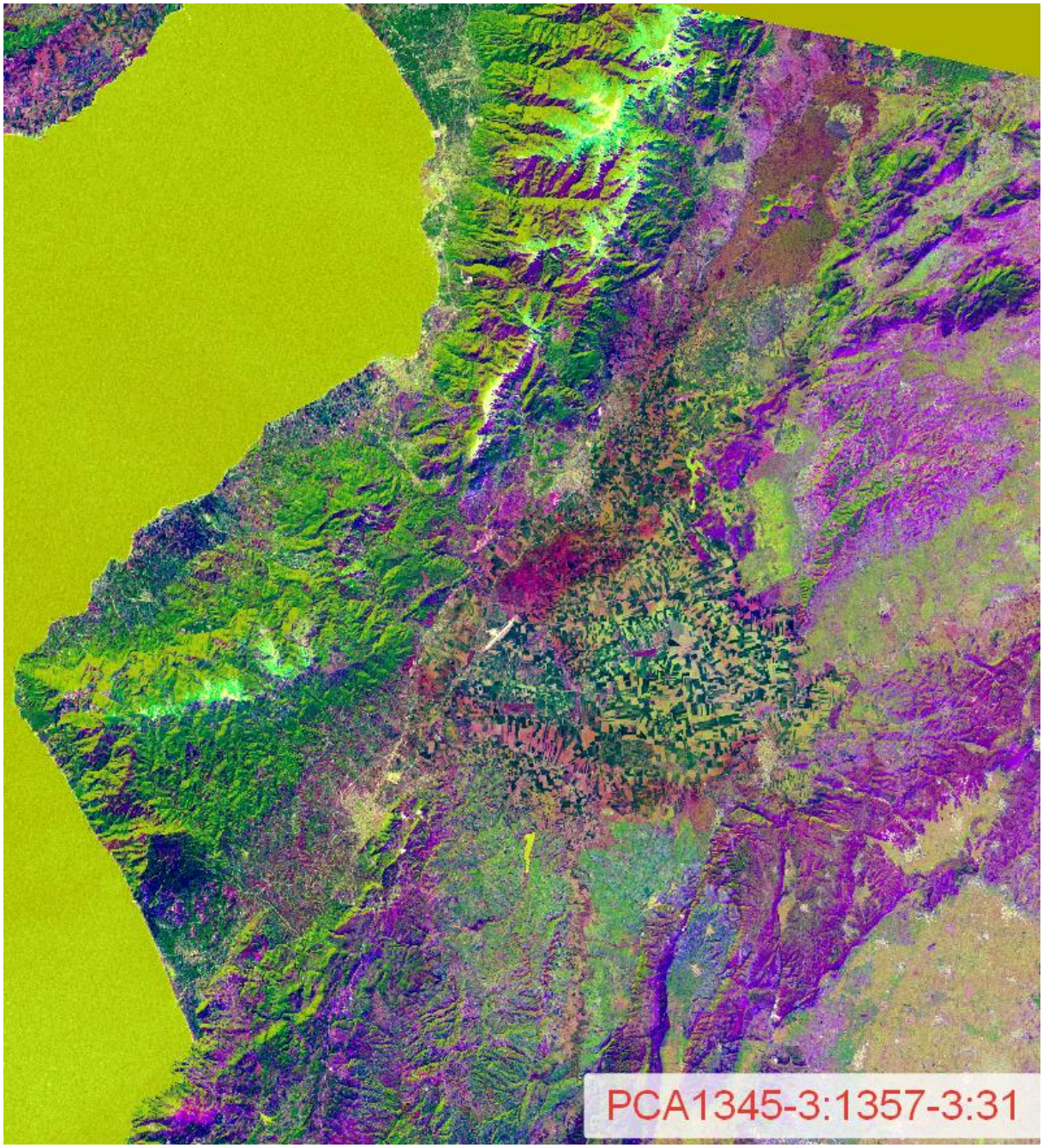
Şekil 3.24. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 3457-4, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü

Görüntüde, zeytin yeşili alanlar hidrokarbon kaynaklı altere bölgeleri temsil etmektedir (Şekil. 3,23).



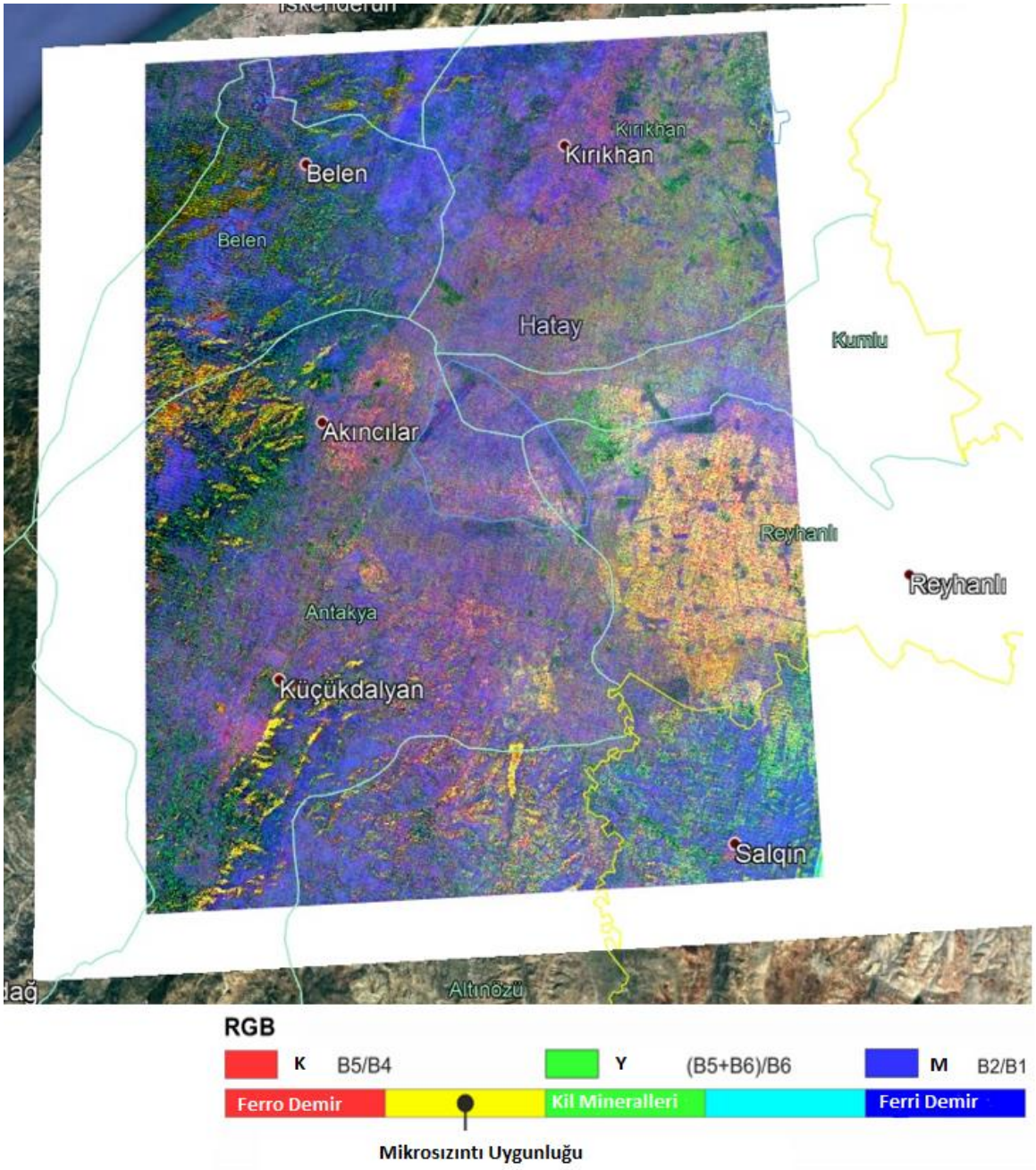
Şekil 3.25. Landsat-7 ETM+ PCA R:1345-3, G: 2357-4, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü

Şekil 3.24'te sarı, koyu mor ve mavi renkli alanlar hidrokarbon altere alanları temsil etmektedir.



Şekil 3.26. Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 1357-3, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü

Şekil 3.25'te zeytuni alanlar, hidrokarbon altere alanları göstermektedir.



Şekil 3.27. Aster Uydusu ile tespit edilen mikrosızıntılar (Hosseinpour, 2020 yöntemine göre)

Şekil 3.27'de mikrosızıntılar sarı renk ile temsil edilmektedir. Buna göre Reyhanlı batısı büyük bir mikrosızıntı alanı içermektedir.

4. TARTIŞMA, DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışmaya İskenderun havzasının ümitli olduğu görüşüyle başlanmışken, çalışma sırasında elde edilen bulgular, Amik Havzası'nın da hidrokarbon açısından değerli olduğunu göstermiştir. Radon gazı sonuçlarının değerlendirilmesi ile Amik havzasını işaret ettiği ve uydu görüntülerinden elde edilen hidrokarbon kaynaklı alterasyonların yine Amik Havzası'nda ve Hatay Graben'inde Reyhanlı batısında yoğunlaştığı görülmektedir. Hidrojeokimyasal ve yüzey jeokimyası verilerinin değerlendirildiğinde hidrokarbon çalışmaları açısından Amik Baseni'ni işaret etmesi ileri bilimsel ve ticari çalışmalarda değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. . Çalışma sonunda elde edilen veri işlem sonuçlarına göre Amik havzası ve Reyhanlı batısının, İskenderun havzasına nazaran daha ümitli olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1. Sonuçlar

Hidrokarbon varlığına dair jeokimyasal yöntemler ile araştırma yapılmış olup aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

1- Hidrojeokimyasal değerlendirme sonucunda bölgedeki hidrokarbon varlığı $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ tip suların varlığı.

1.a – I/Cl oranının derin denizel kökenli sulara işaret ettiğini.

2- Sızıntı verilerinin değerlendirilmesine göre ekonomik, üretilebilir petrol ve doğalgaz potansiyeli;

2.a Önceki çalışmalardan elde edilen A-13 sızıntı (gaz) numunesinin (Çizelge 3.11) "muhtemel **üretilebilir petrol**" niteliğinde olması, Amik havzasında petrol, Yeşiltepe Köyü'nde doğal gaz üretiminin yapılması ile İskenderun havzasında doğal gazın olması Hatay Bölgesinin hem petrol hem doğal gaz açısından ümitli olduğunu göstermektedir.

3- Helyum ve Karbon izotoplarının kökenleri incelendiğinde organik katkı belirtecinin görülmesi;

3.a Helyum R/Ra değerlerinin **biyojenik** ve abiyojenik kökene işaret ettiğini (Çizelge 3.6)

3.b Delta Karbon değerlerinin bir petrol sahası ile kıyaslandığında yakın değerlerde olduğunu(Çizelge 3.7).

4- Radon, Helyum gibi gazlardan elde edilen anomali değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi;

4.a Radon dağılım haritalarından "**HALO**" anomalilerinin yakalanması ve bu anomalilerin normal şartlar altında rezervuar olabilecek alanları gösterdiğini.

4.b Helyum verilerinin kısıtlı olmasına rağmen lineer trend göstermesi ve radon verileri ile uyuştuğunu ve potansiyel rezervuar olabilecek lokasyonların belirlendiğini.

5- Hidrokarbon kaynaklı yüzey alterasyonlarının görülmesi;

5.a Kaolinit ağırlıklı killerin, manyetik minerallerin ve karbonatlaşmaların yüzeyde varlığı.
5.b Mikrosızıntı sonucu bozlaşmış sedimanların varlığı tespit edilmiştir.

6- Bu çalışmalarla beraber düşük maliyetli hidrokarbon aramacılığında yeni metodoloji geliştirilmiştir (Şekil 4.1). Buna göre pahalı jeofizik yöntem olan sismik yöntem uygulanmadan, ülkedeki bakir olmayan provenslerde petrol armak için temel amaç alan daraltarak ilerlemektir. Jeolojisi belirli-bilinen sahalarda (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Siirt ve Trakya vs.) sismik olmayan yöntemlerle ya da düşük maliyetle sondaj öncesi hidrokarbon aramaları için yapılacak işlemler Çizelge 4,1'de açıklanmıştır.

Çizelge 4.1. Jeokimyasal hidrokarbon anomalileri ve kapana göre konumları

Hidrokarbon Belirteçleri	Rezervuar Üstü	Rezervuar Kenarı	Verilerin Yorumlanması
Makro Sızıntılar: (Dikey Göç Teorisi)	YOK!	Gaz sızıntıları, petrol sızıntıları, asfaltit oluşumları, gaz içeren su kaynakları	Makro Gaz sızıntılarından kalıntı, üretilebilir termojenik hidrokarbonların tespit edilmesi
Mikrosızıntılar: Dikey Göç Teorisi			
Radon	Düşük	Yüksek	Toprak Gazları, İz elementler, Radyometrik yöntemlerle direkt numune alınarak yorumlanır. Uzaktan algılama ile mikrosızıntının yüzey etkileri araştırılır. Uzaktan Algılama ile Kil oluşumları, Karbonat mineralleri ve Bozlaşmış demirli formasyonlar araştırılır.
Helyum	Düşük	Yüksek	
Hafif HC Gazları(C1, C2, C3, C4, C5,)	Orta-Düşük	Yüksek	
Halojenler (İyot: Toprakta)	Yüksek	Az ya da Hiç yok	
Manyetik Mineraller (Götit, Manyetit, Pirotit, Greigit)	Yüksek	Düşük	
Toprakta İz Elementler: Cu, Br, Zn, As, Br/I oranı	Düşük ya da Az Düşük	Yüksek	
Kil Mineralleri(İllit, Montmorilonit,Kaolinit)	Yüksek	Düşük	
Karbonat Mineralleri(Kalsit, Dolomit, Karbonat damarları)	Yüksek	Düşük	
Hg (Cıva)	Yüksek	Düşük	
Hidrojeokimyasal Belirteçler: Suyun Yanal Hareketi			
Su Sınıflama Sistemi	Parametre	Su Tipi	Hidrokarbonlarla İlişki
Sulin Sınıflaması	Na/Cl < 1	MgCl2 ya da CaCl2 (Fosil Su Tipleri)	Hidrokarbonların oluşum ortamlarını yansıtırlar
Bojarski Sınıflaması	İyot > 1 mg/l(ppm)	Yüzeyde herhangi bir su tipinde görülebilir.	İyot hümik asitlerle - organik madde ile ilişkilidir. Herhangi bir su tipinde 1 mg:l'den fazla görülmesi hidrokarbon varlığına işarettir. Petrol sahası fosil sularında daha yüksek derişimlerde bulunması normaldir. Çünkü Petrol sahası fosil suları aynı zamanda endüstriyel hammadde olarak iyotun üretimi için birincil kaynaktır.
	$100*SO_4/Cl<1$ ve $Cl/Br<350$, $Br>300$ mg/l	Yüzeyde herhangi bir su tipinde görülebilir.	Hidrokarbonlarla ilişkide olan sular olarak yorumlanır.
Yang Sınıflaması	$MgCl_2$ Tip	$CaCl_2$ Tip	HCNa Tip
	Petrol ve Doğal Gaz Sahası Suları	Doğal Gaz Sahası Suları	Laküstrin kökenli kerojen
Chebotarev Sınıflaması	Su Tipi	Suyun Hareketliliği	Su Sınıfı
	Bikarbonat	Aktif Su Değişimi - Hareketli Ortam	I, II, III
	Sülfat	Gecikmeli Değişim - Yavaşlayan Su Hareketi	III, IV
	Klorit	Durgun Koşullar	V
Schoeneich Sınıflaması	Parametreler	Su Tipi	Hidrokarbonlarla İlişki
	$I > 10$ mg/l, $Cl/Br < 120$, $SO_4 < 0,7$ g/lt, $SO_4/HCO_3 < 2$	Fosil Su	Hidrokarbonlarla ilişkili sular
Vel'kov Sınıflaması	$SO_4/HCO_3 < 3$	Petrol Havuzu ile Kontakta Olan Sular	Hidrokarbonlarla ilişkili sular
Rosenthal Sınıflaması	$Q = Ca/(SO_4 + HCO_3)$, $Na/Cl < 0,80$, $Mg/Ca < 0,5$ ve $Cl/Br \leq 286$	$CaCl_2$ Tip	Fosil Su

4.2. Öneriler

Düşük maliyetli petrol arama yöntemlerinin değerlendirildiği Hatay bölgesi, hidrokarbon lokasyonları tespit edilmiştir. Yer altı jeolojisinin sismik verilerle desteklenmesi çalışmalarının yapılarak tez çalışmasının sonuçları ile karşılaştırılması yerinde olacaktır. İleri hidrokarbon aramalarının değerlendirilmesi jeokimyasal veriler üzerine sismik, gravite ve manyetik yöntemler ile belirledikleri alanları kombine ederek çalışmaları şiddetle önerilir. Bölge üzerindeki sızıntıların varlığı daha önceki çalışmacılar tarafından bilinip yorumlansa da bu çalışmada bu sızıntıların hidrokarbonlarla ilişkili sızıntı olabileceği ortaya konulmuştur. Kaynak kaya ve göç sistematikleri üzerine çalışmalar daha sonraki çalışmacılar tarafından yapılması önerilir. Ayrıca Hatay bölgesinde radyometrik gamma ray (K-Th-U) yöntemi hakkında çalışma yapılması gerektiği ortaya konulmuştur. Amanoslar ve Hatay civarı, İskenderun basenindeki tüm karbonatlı formasyonlardan C-13 izotopuna bakılmak suretiyle derinlerdeki hidrokarbonların yüzey etkisi araştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Abrams, M.A. (2017). Evaluation of Near-Surface Gases in Marine Sediments to Assess Subsurface Petroleum Gas Generation and Entrapment. *Geosciences* **2017**, *7*, 35,

Akçay, Y., Kansu, E., Yılmaz, H.(2013). İskenderun Körfezi Petrol Sistemi ve Basen Modellemesi, TPJD Bülteni, Cilt. 25, Sayı. 2, Yıl, 2013, Pp. 31-59,

Allexan, S., 1, Fausnaugh, C. Goudge, and S. Tedesco (1986). The use of iodine in geochemical exploration for hydrocarbons, **Association of Petroleum Geochemical Explorationists Bulletin,** Vol. 2, No.1, pp. 71-93,

Asadzadeh S., , Filho, C., (2017) A review on spectral processing methods for geological remote sensing, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 47, 2016, Pages 69-90, ISSN 0303-2434, https://doi.org/10,1016/j.jag.2015,12,004,

Asadzadeh, S., de Souza Filho, C.R., Characterization of microseepageinduced diagenetic changes in the Upper-Red Formation, Qom region, Iran. Part I: Outcrop, geochemical, and remote sensing studies, Marine and Petroleum Geology (2020), doi: https:// doi.org/10,1016/j.marpetgeo.2019,104149,

Asadzadeh, S., Filho, C., (2017). Spectral remote sensing for onshore seepage characterization: A critical overview. Earth(2017), doi: 10,1016/j.earscirev.2017,03,004

Baklouti, S., Ahmadi, R., Bougi, M.S.M., Rasheed, M.A., Rao, P.L.S., Hasan, S.Z., Ksibi, M., Surface geochemical prospection for hydrocarbons in the oriental platform; the case of Guebiba oilfield, Sfax region, Tunisia, **Journal of Petroleum Science and Engineering** (2017), doi: 10,1016/j.petrol.2017,10,019,

Birkle, P. and Angulo, M., (2005). Conceptual hydrochemical model of late Pleistoceneaquifers at the Samario-Sitio Grande petroleum reservoir, Gulf of Mexico, Mexico. Applied Geochemistry, 20, 1077-1098,

Birkle, P., (2006). Application of 129I/127I to define the source of hydrocarbons of the Pol-Chuc, Abkatún and Taratunich-Batab oil reservoirs, Bay of Campeche, southern Mexico. Journal of Geochemical Exploration, 89,15-18

Birkle, P., (2016a). Geochemical fingerprinting of hydraulic fracturing fluidsfrom Qusaiba Hot Shale and formation water fromPaleozoic petroleum systems, Saudi Arabia. Geodluids, doi: 10,1111/gfl.12176

Birkle, P., (2016b). Recovery rates of fracturingfluids and provenance ofproduced water from hydraulicfracturing of Silurian Qusaibahot shale, northern SaudiArabia, with implications onfracture network. AAPG Bulletin, 100(6), 917-941

Birkle, P., Aragon, J.J.P., Portugal, E.and Aguilar, J.L.F., (2002). Evolution and origin of deepreservoir water at theActivo Luna oil field,Gulf of Mexico, Mexico. AAPG Bulletin, 86(3), 457-484

Birkle, P., García, B.M. and Padrón, C.M.M., (2009a). Origin and evolution of formation water at the Jujo-Tecominoacán oil reservoir,Gulf of Mexico. Part 1: Chemical evolution and water-rock interaction, Applied Geochemistry, 24, 543-554

Birkle, P., García, B.M. and Padrón, C.M.M., (2009b). O Origin and evolution of formation water at the Jujo–Tecominoacán oil reservoir, Gulf of Mexico. Part 2: Isotopic and field-production evidence for fluid connectivity, 24, 555-573

Birkle, P., Jenden, P.D. and Al-Dubaisi, J.M., (2013). Origin of formation water from the Unayzah and Khuffpetroleum reservoirs, Saudi Arabia. Procedia Earth and Planetary Science, 7, 77-80

Bojarski, L., (1970). Die Anwendung der hydrochemischen Klassifikation bei Sucharbeiten auf Erdol. 2, Angew. Geol., 16:123-125,

Brehme, M., Scheytt, T., Çelik, M., Dokuz, U. E. (2010). Hydrochemical characterisation of ground and surface water at Dörtyol/Hatay/Turkey. Environmental Earth Sciences, 63(6), 1395–1408, doi:10,1007/s12665-010-0810-1

Buljan, M., (1962). Nova geochemijska metoda za razlikovanje prirodnihvoda. Croat. Chem. Acta, 23, Zagreb, pp.12-23 (in Jamil, A.K., 2004, Hydrogeochemical indices for the prospecting of hydrocarbon and native sulphur deposits. Iraqi Jour. of Earth Sci., 4 (2), 1- 10)

Buljan, M., (1963). An aspect of geochemical significance of sea water among the naturalwaters. Rapp. Et Proc,-Verb. Des reunions de la Commis. Hnt. Expl. Sci. MerMediterrane, XVII (3), Paris (in Jamil, A.K., 2004, Hydrogeochemical indices for the prospecting of hydrocarbon and native sulphur deposits. Iraqi Jour. of Earth Sci., 4 (2), 1-10)

Chebotarev, I.I., (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering, 1-3, Geochim. Cosmochim. Acta, 8: 22-48, 137- 170, 198-212

Chen, S., Zhao, Y., Zhao, L. *et al.* Hydrocarbon micro-seepage detection by altered minerals mapping from airborne hyper-spectral data in Xifeng Oilfield, China. *J. Earth Sci.* **28,** 656–665 (2017). https://doi.org/10,1007/s12583-015-0604-1

Collins, A, G., (1975), Geochemistry of oilfield waters, Vol.1, Elsevier, January, 1975, eBook ISBN: 9780080868554

Collins, W. (1963). Gamma radiation survey of the Gilbertown area, Alabama, Information Series No. 31, **Geological Survey of Alabama.**

Coskun, B. (1994), Oil Possibilities of Duplex Structures in the Amik-Reyhanli Basin, SE TURKEY. Journal of Petroleum Geology, 17: 461-472, doi:10,1111/j.1747-5457,1994,tb00151,x

Çoban, M.K., (2017), Petrol hidrojeolojisi petrol arama ve üretiminde jeolojik, hidrodinamik ve fizikokimyasal değerlendirmeler, Poyraz Ofset, JMO Yayınları, Ankara.

D. Dubucq and V. Achard, "Onshore Hydrocarbon Remote Sensing," *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Valencia, 2018, pp. 8282-8284, doi: 10,1109/IGARSS.2018,8519047

D'Alessandro, W., Yüce, G., Italiano, F., Bellomo, S., Gülbay, A. H., Yasin, D. U., & Gagliano, A. L. (2018). Large compositional differences in the gases released from the Kizildag ophiolitic body (Turkey): Evidences of prevailingly abiogenic origin. Marine and Petroleum Geology, 89, 174–184, doi:10,1016/j.marpetgeo.2016,12,017

Ding, L., Wu, Y., Liu, X., Liu,F., Mei, H., (2017). Application of Microbial Geochemical Exploration Technology in Identifying Hydrocarbon Potential of Stratigraphic Traps in Junggar Basin, China, AIMS Geosciences,3,4,576,589,2017-12-19,geosci-03-00576,

Egeran, N., Adana Havzası Jeolojik Karakterleri ve Petrol İmkanları, M. T. A. E. Mecmuası, No. 39, 194,

Erentöz, C., (1955), Kışlaköy Strüktürü, MTA Dergisi, Ankara.

Erentöz, C., ve Ternek, Z., (1959), Türkiye Sedimantasyon Havzalarında Petrol İmkanları, MTA Dergisi, Ankara.

Fernández, D. P., Fusella, E., Avila, Y., Salas, J., Teixeira, D., Fernández, G., Regalado, J. (2015). Soil gas radon and thoron measurements in some Venezuelan oilfields. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 307(1), 801–810, doi:10,1007/s10967-015-4354-4

Garain, S., Mitra, D. & Das, P. Detection of hydrocarbon microseepage-induced anomalies by spectral enhancements of Landsat 7 ETM+ images in part of Assam–Arakan Fold Belt, India. *J Petrol Explor Prod Technol* **9,** 2573–2582 (2019). https://doi.org/10,1007/s13202-019-00747-w

Gülbay, A, H.,(2015). Gaz Ölçümleri ile örtülü kırık zonların belirlenmesi: Güzelburç Kırığı, Antakya, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

H.E. Bowley, S.D. Young, E.L. Ander, N.M.J. Crout, M.J. Watts, E.H. Bailey,Iodine binding to humic acid,Chemosphere,Volume 157,2016,Pages 208-214,ISSN 0045-6535,https://doi.org/10,1016/j.chemosphere.2016,05,028

Hashimov, S. (2015) Gas ratio Analysis in Hovsan Oil Field, Journal of Geological Resource and Engineering I (2015), 42-48, Doi:10,17265/2328-2193/2015,01,006

Hosseinpour, M. (2020). Relationship between hydrocarbon micro-seepages and structures by detection of altered minerals using ASTER remote sensing data in the West of Coastal Fars, Zagros, Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(13). doi:10,1007/s12517-020-05568-4

Italiano, F., Yüce, G., Di Bella, M., Rojay, B., Sabatino, G., Tripodo, A., Martelli M., Rizzo A.I., Misseri, M. (2017). Noble gasses and rock geochemistry of alkaline interplate volcanics from Amik and Ceyhan-Osmaniye areas, SE Turkey, Chemical Geology, 469(2017), 34-46,

Karatas, A., (2016), "Sustainable Water Management in Hatay: Hydrographic Planning Approach", in Water Resources Management in the Lower Asi-Orontes River Basin: Issues and Opportunities, Geneva: Graduate Institute of International and Development Studies; Istanbul: MEF University, 2016, p. 111–123

Kavuzlu, M., (2006). Altınözü(Antakya) ve Yakın Civarının Tektono-stratigrafisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Korkmaz, H., ve Karataş, A., (2011), Hatay İli Mineralli Su Kaynakları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 393-410, İstanbul, 2011,

Krupnik, D., and Khan, S. (2017), "Hydrocarbon microseepage-related geobotanical analysis in and around oil fields," *The Leading Edge* 36: 12–23,https://doi.org/10,1190/tle36010012,1

Liu, P., Luo, X., Wen, M., Zhang, J., Zheng, C., Gao, W., & Ouyang, F. (2018). *Geoelectrochemical anomaly prospecting for uranium deposits in southeastern China. Applied Geochemistry, 97, 226–237,* doi:10,1016/j.apgeochem.2018,07,010

Lom, N., (2011). Antakya ve Çevresindeki Aktif Fayların Araştırılması ve Haritalanması, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Lord, B. (2017), "Remote sensing techniques for onshore oil and gas exploration," *The Leading Edge* 36: 24–32,https://doi.org/10,1190/tle36010024,1

M. Gianinetto, M., Frasy, F., Marchesi, A., Maianti, P., de Paulis, R., Biffi, P., Nodari, F., (2016). "Mapping large-scale microseepage signals for supporting oil and gas exploration in new ventures," *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Beijing, 2016, pp. 5430-5433, doi: 10,1109/IGARSS.2016,7730414,

Mruma, A., (2017), Detection of Hydrocarbons Seeps Using Remote Sensing Technique In The Rufiji Onshore Basin, University of Dodoma

Muji, T., Wikantika, K., Saskia, A., & Saepuloh, A. (2017). Impact of oil and gas field in sugar cane condition using landsat 8 in Indramayu area and its surrounding, West Java province, Republic of Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 54, 012019, 10,1088/1755-1315/54/1/012019,

Özdemir A., 2018, Relationships of formation, migration and trapping between petroleum and iodine. **Natural and Engineering Sciences**, 3(3), 110-153

Özdemir, A., (2018). İyotça Zengin Yüzey ve Yeraltı Sularının Oluşum Mekanizmaları ve Petrol ve Doğalgaz Yatakları ile İlişkileri. 10,28979/comufbed.440738,

Özdemir, A., (2018). Türkiye'nin İyotça Zengin Suları ve Kara Alanlarının Petrol ve Doğalgaz Potansiyeli, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi 1(2):103-150,

Özdemir, A., 2018, İyotça zengin yüzey ve yeraltı sularının oluşum mekanizmaları ve petrol ve doğalgaz yatakları ile ilişkileri. Çanakkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(2), 149-185

Özdemir, A., Şahinoğlu, A. (2018). "Prospective areas for Petroleum Exploration and Oil & Gas Potential of the onshore Hatay", 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2018), Conference Paper.

Özdemir, A., Turgay, S. O., Şahinoğlu, A. (2018). "High Accuracy Estimation with Computer-Aided Hydrochemical Methods of Oil and Gas Deposits in Wildcat Sedimentary Basins", Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG), vol. 6, no. 4, pp. 62-104, 2018,

Putra, M., & Nurul H., Fida, A., Supriatna S., (2019). Onshore oil and gas reservoir detection through mapping of hydrocarbon microseepage using remote sensing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 311, 012083, 10,1088/1755-1315/311/1/012083,

Rasheed M. A., Rao, P.L.S.,Annapurna, B., Hasan, S.Z., (2015), Implication of Soil Gas Method for Prospecting of Hydrocarbon Microseepage, International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering, Vol.1, Issue. 1, June 2015, pp. 31-41,

Salati, S., van Ruitenbeek, F., & van der Meer, D. (2019): The influence of cap rock composition on hydrocarbon seep type in the Zagros oil fields, a study using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer mineral map, International Journal of Remote Sensing, DOI: 10,1080/01431161,2019,1577577

Schoeller, H., (1955). Geochemie des eaux souterraines. Rev. Znst. Fr. Pet., 10:181-213,219-246, 507-552 [124]. Schoeller, H.J., 1962, Les Eaux Souterraines: Hydrologie Dynamique et Chimique : Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources. 642 p.

Schoeller, H., (1955). Geochemie des eaux souterraines. Rev. Znst. Fr. Pet., 10:181-213,219-246, 507-552,

Schoeller, H.J., (1962). Les Eaux Souterraines: Hydrologie Dynamique et Chimique : Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources. 642 p.

Schoeneich, K., (1971). Indices of oil bearing deposits as based on the formation waters of Poland. Nafta (Pol.), 27, 154-157,

Schumacher D., Clavereau L., (2017). Geochemical Exploration Strategies for Myanmar and Other Geologically Complex Areas: Opportunities for Surface Geochemical and Non-Seismic Hydrocarbon Detection Methods.

Schumacher, D., (2016). Improving Success of Surface Geochemical Surveys: 7 Pitfalls to Avoid, AAPG Datapages

Schumacher, D., (2017), Minimizing Exploration Risk: The Impact of Hydrocarbon Detection Survets for Distinguishing Charged from Uncharged Traps, AAPG, Search and Discovery Article, 42073(2017).

Schumacher, D., (2017). Minimizing Exploration Risk: The Impact of Hydrocarbon Detection Surveys for Distinguishing Charged from Uncharged Traps, AAPG Datapages

Schumacher, D., Clavareau, L., (2016). Hydrocarbon Exploration Survey Strategies for Frontier Basins and Other Under-Explored Areas, AAPG Datapages

Schumacher, D., Clavareau, L., (2016). Petroleum Exploration in Geologically Complex Areas: Opportunities for Geochemical and Non-Seismic Hydrocarbon Detection Methods, AAPG Datapages

Schumacher, D., Clavareau, L., (2017). Geochemical Exploration Strategies for Myanmar and Other Geologically Complex Areas: Opportunities for Surface Geochemical and Non-Seismic Hydrocarbon Detection Methods, AAPG Datapages

Sechman, H., & Kuoemierek, J., & Machowski, G., & Guzy, P., & Dzieniewicz, M., (2016). Surface geochemical anomalies in the vicinity of the wańkowa oil field (Se Polish Carpathians). Annales Societatis Geologorum Poloniae. 86, 219-235, 10,14241/asgp.2016,006,

Sechman, H., Izydor, G., Guzy, P., & Dzieniewicz, M. (2015). Surface geochemical exploration for hydrocarbons in the area of prospective structures of the Lublin Trough (Eastern Poland). Marine and Petroleum Geology, 61, 22–38, doi:10,1016/j.marpetgeo.2014,12,001,

Sechman, H., Kuœmierek, J., Machowski, G., Guzy, P. & Dzieniewicz, M., 2016, Surface geochemical anomalies in the vicinity of the Wańkowa Oil Field (SE Polish Carpathians). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 86:219–235

Sikka, D. B. (1963). Possible modes of formation of radiometric anomalies, **Geophysical Abstracts,** No. 206-265, p. 227,

Sikka, D. B. (1964). Possible modes of formation of radiometric anomalies, **Geophysical Abstracts,** No. 206-265, p. 227,

Sikka, D. B. **(I** 962A). Aeroradiometric survey of Redwater oil field, Alberta, Canada, **Metals and Minerals Review,** June, pp. 5-51,

Sikka, D. B. (l962B). Radiometric survey of Ten Section Oil Field, California, U.S.A., **Research Bulletin of the Punjab University,** Vol. 13, Parts I-II, pp. 149-161,

Sulin, V.A., 1946, Waters of Petroleum Formations in the System of Nature Waters. Gostoptekhizdat, Moscow, 96 p. (in Russian).

Tang, J., Xu, Y., Wang, G., Etiope, G., Han, W., Yao, Z., and Huang, J. (2017), Microseepage of methane to the atmosphere from the Dawanqi oil-gas field, Tarim Basin, China, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 4353– 4363, doi:10,1002/2016JD026385.

Tarı, U., Tüysüz O., Genç Ş. C., İmren, C., Bonnie A.B. Blackwell, Lom, N., Tekeşin, Ö., Üsküplü, S., Erel, L., Altıok, S., & Beyhan M., (2013). The geology and morphology of the Antakya Graben between the Amik Triple Junction and the Cyprus Arc, Geodinamica Acta, 26:1-2, 27-55, DOI: 10,1080/09853111,2013,858962

Tedesco S.A. (1995). Surface Geochemistry in Petroleum Exploration, Boston, MA: Springer US.

Tekeşin, Ö., (2011). Hatay (Antakya) – Samandağ Arasındaki Neotektonik Dönem Yapılarının Araştırılması, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Turgay S. O., Yaşar, E.,(2018), HYDROPET Yazılımı ile Hatay Bölgesinin Hidrokarbon Potansiyelinin Değerlendirilmesi, 8, Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Antalya, 2018

Vel'kov, A.M., 1960, Hydrochemical indicators of gas-oil productivity. Petroleum Geology: A digest of Russian literature on Petroleum Geology, 4, 9B, 539-541,

Waples, D. (198 l). **Organic Geochemistry in Exploration,** Burgess Publishing Co., Minneapolis, MN, p. 157,

Waples, D. (1985). **Geochemistry in Petroleum Exploration,** International Human Resources Development Corp., Boston.

Waples, D.W., (1985).Geochemistryin PetroleumExploration. D. Reidel Publishing Company. International Human Resources Development Corporation. 232 p.

Yang, S., (2017). Fundamentalsof Petrophysics. Springer-Verlag GmbH, 502 p.

Yıldız, H. ve Taptık, M.A., (2003). Hatay ilinin Jeolojisi. MTA.

Yuce et al.(2013)]{2013EGUGA..1512441Y} Yuce, G., Italiano, F., Yang, T.~F., et al.\ 2013, EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU2013-12441,

Yuce, G., Fu, C.C. D'Alessandro, W., Gulbay, A.H., Lai, C.W., Bellomo, S., Yang, T.F, Italiano, F. ,Walia, V., (2017), Geochemical characteristics of soil radon and carbon dioxide within the Dead Sea Fault and Karasu Fault in the Amik Basin (Hatay), Turkey Crossref DOI link: https://doi.org/10,1016/J.CHEMGEO.2017,01,003

Yuce, G., D'Alessandro, W., Italiano, F., Bellomo, S., Yasin, D. and Gülbay, A. H. (2016). Characteristics of the gases and waters issuing from the Kizildag and Erzin ophiolites (Hatay/Turkey): Comparison with the remnants of the peri-Arabian Ophiolitic Belt including Semail ophiolite.

Yüce et al (2014), Origin and interactions of fluids circulating over the Amik Basin(Hatay, Turkey) and relationships with the hydrologic, geologic and tectonic settings, Sept, 2014, Chemical Geology, ISSN: 0009-2541, Vol: 388, Page: 23-39,10,1016/j.chemgeo.2014,09,006

Yüce, G., (2007). Yenişehir Ve Cüdeyde (Reyhanlı – Hatay) Karst Kaynaklarının Boşalım Hidrodinamiği Ve Hidrojeokimyasal Özellikleri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (2) , 159-188 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/ogummf/issue/30184/325745

Yüce, G., (2001), Hatay (Erzin) Yeşilkent Ovası ve Burnaz Kaynağının Hidrojeolojik Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği, 25 (2) 2001

Yüce, G., (2001). Hatay-Erzin (Yeşilkent) ovası ve Burnaz kaynağının hidrojeolojik özellikleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. 25(2), 21-44,

Zhao, L., Wang, D., Chen, S. *et al.* Remote Detection of Hydrocarbon Microseepage in a Loess Covered Area. *J. Earth Sci.* **31,** 207–214 (2020). ttps://doi.org/10,1007/s12583-019-1235-8

Zorlu, K., (2003). Samandağ-Yayladağı (Hatay) Arasının Tektono-Stratigrafik İncelemesi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.

Geofrontiers, 1993, https://geofrontiers.com/site%20images/ASV%20Scout.jpg,

01.01.2018

Geofrontiers, 1993, https://geofrontiers.com/,01.01.2018

EKLER

EK-1. Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları

No	Spring / Well Name and Location	Coordinates		Well depth (m)	T (°C)	EC (µS/cm)	pH	Eh (mV)	Na^{+} (mg/l)	Ca^{++} (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	Cl^{-} (mg/l)	$SO4^{-}$ (mg/l)	$HCO3^{-}$ (mg/l)	$CO3^{-}$ (mg/l)	TDS (mg/l)	Charge Balance Error (%)	18O (‰)	δD (‰)	δ13c (‰)	R/RA	References
		Latitude	Longitude																				
1	Hamamat-Hamamköy spring-1 (Kumlu)	36,366164°	36,543304°	0	3,,5	-	8,26	-	265	150	38	21	350	323	439	1	1622	1,02, 1943	-	-	-	-	Kalkan et al, (1994)
2	Hamamat-Hamamköy spring-3 (Kumlu)	36,366164°	36,543304°	0	37,9	-	6,9	-	270	152	36	23,04, 2020	350	326	445	1	1643,4	1,02, 2029	-	-	-	-	
3	Hamamat spring (Kumlu)	36,3720°	36,5963°	0	37,7	2461	6,61	15	315	166	40,6	29,06, 2020	411	376	461,8	0	1840	1,01, 1970	−6,97	−39,5	−5,63	1,04, 2020	Yüce et al, (2014)
4	Hamamat spring (Kumlu)	36,3780°	36,5947°	0	25,8	619	6,93	-	27,02, 2020	87,2	18,04, 2020	1,01, 1932	36,5	27,08, 2020	329,38	0	555	0,52	−6,79	−36,7	−11,32	1,12, 2020	
5	Koyuncuhöyük spring (Kırıkhan)	36,502319°	36,390986°	0	33	-	6,8	-	88	176	83	8,08, 2020	135	544	250	0,5	1342,8	1,12, 2020	-	-	-	-	Öktü et al, (1994)
6	Kırıkhan well (Kırıkhan)	36,5034°	36,3741°	56	28,9	990	7,07	252	28,5	87,1	66	1,03, 1961	47,1	101	452,29	0	831	1,01, 2020	−6,81	−35,5	−13,74	1,01, 2020	Yüce et al, (2014)
7	Kırıkhan irrigation well (Kırıkhan)	36,5022°	36,3953°	96	31,2	1347	6,92	239	80,1	133	67,8	1,09, 1976	59,2	469	295,04	0	1183	0,97	−6,56	−34,8	−9,43	0,98	

8	Gölbaşı lake well (Kırıkhan)	36,5479°	36,4825°	44	22	662	7,3	263	21,6	58,4	45	0,21	18,06, 2020	104	302,89	0	597	0,61	−6,83	−36,1	-	-	
9	Gölbaşı lake karstic spring (Kırıkhan)	36,5173°	36,4857°	0	23,1	639	6,92	283	10,2	72,6	32,4	1,01, 1994	12,04, 2020	88,3	284,66	0	526	0,53	−7,27	−39,4	−8,74	1,01, 2016	
10	Sucuköyü well (Kırıkhan)	36,4798°	36,5142°	100-150	21,8	705	6,93	40	21,2	94,6	31,9	1,01, 1943	40,4	38,8	380,67	0	641	0,7	−6,28	−33,2	−13,49	1,01, 2023	
11	Yalangöz - İncirli well (Kırıkhan)	36,5730°	36,5384°	100-150	22,1	573	7,26	67	9,7	80,6	31,2	1,01, 1932	9,01, 2020	64,3	335,87	0	553	0,38	−7,20	−38,0	−12,45	1,01, 1934	
12	Tahtaköprü spring-1 (Antakya)	36,3835°	36,1636°	0	33,7	819	10,59	−870	49,9	44,7	0,13	1,01, 1977	47,6	0,2	182,5	0	327	0,35	−8,74	−45,0	-	0,98	
13	Tahtaköprü spring-2 (Antakya)	36,3835°	36,1636°	0	33	786	11,61	−507	50,3	42,1	0,42	2,07, 2020	44,5	0,02	177,42	0	317	1,02, 1947	−8,11	−42,1	-	1,01, 1996	
14	Honda well (Antakya)	36,2584°	36,1800°	1200	32,6	12470	7,96	−151	2960	81,7	25,02, 2020	19,02, 2020	4640	8,02, 2020	166,58	0	7922	0,61	−4,53	−25,1	-	0,31	
15	Oğuzbuğday factory well (Antakya)	36,2243°	36,1883°	0	20	560	7,15	-	13,3	67,7	31	1,02, 1962	23,03, 2020	40,1	312,28	0	517	0,28	−6,39	−31,1	−14,28	-	
16	Soğuksu spring (Antakya)	36,2223°	36,1889°	0	21	502	7,49	-	11,9	59,3	27,04, 2020	0,86	24,01, 2020	32	280,24	0	456	1,01,1960	−6,46	−31,3	−12,94	0,97	
17	Ottoman Palace Hotel well-1 (Antakya)	36,2766°	36,2255°	1270	42,8	43300	7,3	-	10100	1030	224	68,2	17600	18,06, 2020	148,8	0	29208	1,01,2017	−1,82	−8,5	-	1,01, 2020	
18	Ottoman Palace Hotel well-2 (Antakya)	36,2746°	36,2276°	130	22,1	648	7,55	-	15,5	58,5	29,05, 2020	0,69	23,05,20 20	15,08, 2020	314,41	0	501	0,89	−5,63	−26,3	−14,70	0,35	
19	Güzelburç spring (Antakya)	36,2416°	36,1903°	60	21	1076	7,19	-	42,6	55	106	0,95	60,8	89,9	597,45	0	985	0,14	−6,10	−29,8	−15,99	0,99	
20	Ilıpınar spring (Antakya)	36,2453°	36,2411°	0	22,6	587	7,4	-	16	60,7	37,1	1,01, 2027	25,02, 2020	37,2	340,73	0	547	1,01, 1988	−6,39	−31,7	−13,57	0,54	
21	Karaali well (Antakya)	36,2948°	36,1656°	80	30,3	1112	9,02	128	257	28,01 , 2020	0,15	28,01, 2020	178	335	1,10, 1945	0	866	1,04, 1953	−7,11	−37,1	-	0,7	
22	Yeşilova MTA well (Antakya)	36,2779°	36,2842°	750	26,8	37500	7,91	−28	11000	1020	360	57,5	19900	0,48	308,82	0	32662	0,51	−0,98	−8,0	-	0,41	
23	Harbiye karstic spring (Antakya)	36,1291°	36,1442°	0	16,3	450	7,14	476	5,73	67,4	16,07, 2020	0,6	1,09,199 1	1,06, 1966	270,8	0	394	1,01, 1945	−7,15	−36,1	−12,93	0,9	
24	Öğretmenevi well (Antakya)	36,2042°	36,1553°	110	19,7	760	7,1	291	28,3	77,2	47,3	0,61	43,4	33,6	423,79	0	709	0,67	−6,44	−31,2	−14,83	0,5	

25	Kisecik spring (Antakya)	36,2869°	36,0484°	0	25,5	1090	1,11,1958	−185	28,6	83,4	0,79	0,93	45,8	0,005	244,235	0	404	1,01,1983	−7,87	−40,2	-	0,99	
26	Gülderen spring (Antakya)	36,3159°	36,1242°	0	21,7	1469	1,12,2015	−590	55	110	0,1	1,01, 2022	72,1	0,23	336,12	0	575	1,02, 1940	−7,90	−41,3	-	0,98	
27	Kuzey Tepe well (Antakya)	36,2738°	36,1471°	450	37,6	1806	7,5	-	276	41,1	10,03, 2020	1,05, 1938	231	361	96,02	0	1050	1,01, 1981	−7,17	−36,2	-	0,62	
28	Kokarca spring / Tülek (İskenderun)	36,3486°	35,8558°	0	22,5	1152	7,4	105	105	29,01 ,2020	86,6	1,02, 2022	73,5	184	406,08	0	896	1,02, 1950	−4,63	−23,6	−14,56	-	
29	Gökdere village well no, 48879 (Erzin)	36,996007°	36,200699°	-	21	710	8,4	-	8,05	14	72	0,78	14,02, 2020	1,03,1984	356	18	296,87	0,55	-	-	-	-	Yüce (2001)
30	Gökdere village well no, 10447 (Erzin)	36,996007°	36,200699°	-	20	970	7,8	-	21,6	30	86,4	1,04, 2029	31,95	26,04,2020	506,3	0	706,5	0,5	-	-	-	-	
31	Burnaz village well no, 10457 (Erzin)	36,938025°	36,066012°	-	21	870	7,9	-	12,65	22	84	1,01, 1956	28,04, 2020	30,72	445,3	0	624,63	0,82	-	-	-	-	
32	Burnaz village well no, 8192 (Erzin)	36,938025°	36,066012°	-	20	740	7,8	-	18,7	14	72	1,02, 1973	31,95	15,36	384,3	0	538,51	0,1	-	-	-	-	
33	Burnaz spring (Erzin)	36,938025°	36,066012°	0	18,5	450	8,1	-	29,44	22	20,04, 2020	1,01, 2020	31,95	17,28	195,2	0	331,09	1,04, 1940	-	-	-	-	
34	Yeniyurt village well no, 10438 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	23,5	1170	7,6	-	16,79	28	114	1,01, 1995	35,5	99,84	530,7	0	826,78	0,95	-	-	-	-	
35	Yeniyurt village well no, 10435 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	22,2	1556	7,7	-	100,5	44	104,4	1,02, 1934	294,6	24,94	408,7	0	979,56	1,01, 2020	-	-	-	-	
36	Yeniyurt village well no, 10434 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	25	2090	7,5	-	204,9	58	106,8	1,03, 1951	560,9	13,92	305	0	1253,06	1,01, 2020	-	-	-	-	
37	Yeniyurt village well no, 10434 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	23	970	7,8	-	20,7	22	91,2	1,01, 2017	49,7	16,08,2020	488	0	691,41	1,01, 2014	-	-	-	-	
38	Yeniyurt village well no, 10432 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	22,2	1200	8,1	-	31,74	36	104,4	1,01, 1995	106,5	63,84	463,6	0	808,03	0,48	-	-	-	-	
39	Yeniyurt village well no, 46814 (Erzin)	36,885256°	36,150632°	-	20	1160	7,5	-	14,95	24	115,2	1,01, 1995	42,6	73,4	542,9	0	815,04	1,10, 2020	-	-	-	-	
40	Başlamış baths (Erzin)	36,959333°	36,263180°	0	33		6,8		46	135	594	6,06, 2020	57	237	3271	0,5	4468,6	2,03, 2020	-	-	-	-	Öktü et al, (1994)
41	Çayır well (Reyhanlı)	36,2460°	36,5124°	100	23,3	959	7,1	-	33,6	129	38,8	1,04, 2027	50	176	383,73	0	836	0,72	−6,00	−32,5	−12,41	0,93	Yüce et al, (2014)
42	Borniaz well (Reyhanlı)	36,3235°	36,6508°	450	29	747	7,3	-	24,8	94,3	30,2	1,04, 1974	39,3	78,5	322,46	0	615	1,02, 2020	−6,71	−36,6	−8,66	-	

43	Cüdeyde spring (Reyhanlı)	36,262708°	36,590490°	0	-	633,25	7,7	-	16,7	64,7	29,05,2020	4,08, 2020	33,7	43,3	274,4	0	467,1	1,01, 2020	-	-	-	-	Yüce (2007)
44	Yenişehir spring (Reyhanlı)	36,237870°	36,570832°	0	-	599,6	7,64	-	15,2	53,3	34,4	3	27,07, 2020	34,6	284,1	0	451,78	0,55	-	-	-	-	
45	Well no, 4 (Reyhanlı)	36,323471°	36,652310°	-	-	640	7,6	-	26,4	58,9	51,6	5,07, 2020	39,9	58,9	362,8	0	589,9	1,07, 2020	-	-	-	-	
46	Well no, 6 (Reyhanlı)	36,237415°	36,576393°	-	-	805	7,6	-	35,6	50,1	47,4	5,7	47,9	93,8	292,7	0	570,75	0,04	-	-	-	-	
47	Well no, 8 (Reyhanlı)	36,237694°	36,573364°	-	-	980	7,3	-	37,9	73,1	48	5,7	56,7	125	338,4	0	686,55	1,01, 1986	-	-	-	-	
48	Well no, 10 (Reyhanlı)	36,240707°	36,577640°	-	-	650	7,9	-	16,1	68,1	27,9	3,8	35,5	43,3	292,7	0	483,9	1,01, 1959	-	-	-	-	
49	Well no, 11 (Reyhanlı)	36,278096°	36,660739°	-	-	458	8,2	-	13,8	66,1	8,5	3,8	28,4	28,8	146,3	24	316,6	1,06, 2020	-	-	-	-	
50	Well no, 12 (Reyhanlı)	36,230354°	36,606477°	-	-	570	8,02,2020	-	16,01, 2020	64,1	23,1	3,8	31,9	52,,9	207,3	12	408,6	0,84	-	-	-	-	
51	Well no, 33 (Reyhanlı)	36,259273°	36,589512°	-	-	675	7,05,2020	-	25,03, 2020	53,1	35,2	3,8	31,9	48,1	298,8	0	495,3	0,41	-	-	-	-	
52	Well no, 34 (Reyhanlı)	36,257732°	36,591717°	-	-	600	7,04,2020	-	19,01, 2020	56,1	29,02, 2020	3,8	29,4	33,7	282,3	0	451,87	0,24	-	-	-	-	
53	Well no, 1 (Dörtyol)	36,837187°	36,246587°	-	14,5	405	7,08,2020	-	7,02, 2020	27,08,2020	30,06, 2020	1,01, 1953	9,04, 2020	22,06, 2020	232	0		1,03, 2021	-	-	-	-	Brehme et al, (2009)
54	Well no, 2 (Dörtyol)	36,838530°	36,236482°	-	16,4	429	8	-	7,07, 2020	28,06,2020	31,9	1,01, 1951	10,06, 2020	20,04, 2020	250	0		1,04, 2029	-	-	-	-	
55	Well no, 7 (Dörtyol)	36,839232°	36,208697°	-	16,4	462	8	-	7,07, 2020	28,08,2020	37,7	0,97	15,01, 2020	15,09, 2020	268	0		1,02, 1951	-	-	-	-	
56	Well no, 8 (Dörtyol)	36,846401°	36,211206°	-	18,8	890	7,05,2020	-	14,06, 2020	47,8	81,3	0,96	29,04, 2020	43	519	0		1,02, 1950	-	-	-	-	
57	Well no, 9 (Dörtyol)	36,852972°	36,211292°	-	18,4	609	7,08,2020	-	6,03, 2020	25,02,2020	61,6	0,4	10,04, 2020	42,5	366	0		4,12, 2020	-	-	-	-	
58	Well no, 12 (Dörtyol)	36,853353°	36,221012°	-	18,9	637	7,09,2020	-	6	24,04,2020	67,1	0,34	13	39,2	397	0		1,04, 1965	-	-	-	-	
59	Well no, 13 (Dörtyol)	36,832524°	36,210880°	-	16,8	303	8,02,2020	-	6,01, 2020	25,02,2020	18,05, 2020	0,68	9,08, 2020	9,03, 2020	177	0		1,04, 1981	-	-	-	-	
60	Well no, 14 (Dörtyol)	36,810475°	36,287634°	-	16	370	8,02,2020	-	6,05, 2020	32,2	24,04, 2020	0,68	14,06, 2020	12,02, 2020	201	0		0,59	-	-	-	-	
61	Well no, 16 (Dörtyol)	36,816689°	36,194721°	-	15,9	200	8,01,2020	-	7,03, 2020	33,6	23	0	12,07, 2020	16	207	0		1,02, 1949	-	-	-	-	
62	Well no, 17 (Dörtyol)	36,814850°	36,189722°	-	16	375	8	-	7	32,7	25,04, 2020	0,7	12,04, 2020	13,06, 2020	220	0		1,02, 1937	-	-	-	-	
63	Well no, 18 (Dörtyol)	36,827205°	36,225388°	-	17,3	540	7,08,2020	-	9,03, 2020	45	42,1	1,01, 2025	15,06, 2020	17,05, 2020	311	0		2,11, 2020	-	-	-	-	

64	Well no, 19 (Dörtyol)	36,820073°	36,224862°	-	–	242	8,03, 2020	-	5,02, 2020	16,06, 2020	18,02, 2020	1,01, 2025	11,02, 2020	11,08, 2020	134	0		1,03, 2027	-	-	-	-	
65	Well no, 20 (Dörtyol)	36,811293°	36,218958°	-	16,4	458	7,09, 2020	-	7,09, 2020	27,06, 2020	43,2	0,83	15,01, 2020	10,03, 2020	275	0		1,01, 1941	-	-	-	-	
66	Well no, 21 (Dörtyol)	36,798602°	36,210016°	-	16,9	536	7,09, 2020	-	7,06, 2020	30,07, 2020	54,6	0,63	10,09, 2020	12,02, 2020	336	0		1,02, 1942	-	-	-	-	
67	Well no, 22 (Dörtyol)	36,786880°	36,210867°	-	18,4	453	8,01, 2020	-	7,03, 2020	26,06, 2020	45,9	0,57	10,01, 2020	12,05, 2020	270	0		1,04, 1946	-	-	-	-	
68	Well no, 23 (Dörtyol)	36,805071°	36,220338°	-	17,5	590	7,09, 2020	-	9,04, 2020	35,1	60,1	0,85	14,02, 2020	10,05, 2020	391	0		0,69	-	-	-	-	
69	Well no, 24 (Dörtyol)	36,786329°	36,220814°	-	17,6	575	7,07, 2020	-	9,04, 2020	51,3	46,7	0,9	14	21,09, 2020	372	0		0,84	-	-	-	-	
70	Well no, 25 (Dörtyol)	36,807428°	36,212060°	-	17,9	706	7,08, 2020	-	9,08, 2020	39,1	69,4	1,01, 2015	13,07, 2020	11	420	0		1,03, 1994	-	-	-	-	
71	Well no, 28 (Dörtyol)	36,798015°	36,204961°	-	17,4	783	7,06, 2020	-	11,08, 2020	43	81,3	0,75	18,05, 2020	20,01, 2020	488	0		1,02, 1933	-	-	-	-	
72	Well no, 29 (Dörtyol)	36,804579°	36,205137°	-	18,1	657	7,08, 2020	-	9,09, 2020	36	63,6	0,87	14,02, 2020	12,09, 2020	433	0		1,01, 1988	-	-	-	-	
73	Well no, 30 (Dörtyol)	36,808056°	36,200450°	-	15,4	309	8,02, 2020	-	5,09, 2020	21,07, 2020	25,03, 2020	0,53	8,01, 2020	12,08, 2020	201	0		1,04, 1992	-	-	-	-	
74	Well no, 31 (Dörtyol)	36,812061°	36,193736°	-	16,8	735	7,07, 2020	-	12,07, 2020	52,6	62,5	1,01, 2024	23,08, 2020	14,03, 2020	427	0		1,02, 1934	-	-	-	-	
75	Well no, 34 (Dörtyol)	36,816484°	36,182646°	-	17,2	404	7,09, 2020	-	9,01, 2020	40,2	26,07, 2020	1,01, 2019	13	18,06, 2020	256	0		1,03, 1936	-	-	-	-	

EK-2. Sulin (1946) Sınıflaması Sonuçları

CaCl2 Tip Fosil	**MgCl Tip Fosil**		**HCNa Tip Karışım**	
Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)	8 nolu kuyu (Dörtyol)	Gülderen kaynağı (Antakya)	Kırıkhan kuyusu (Kırıkhan)
$NaSO_4$ Meteorik	Ilıpınar kaynağı (Antakya)	9 nolu kuyu (Dörtyol)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	Kırıkhan sulama kuyusu (Kırıkhan)
Hamamat-Hamamköy kaynağı-1 (Kumlu)	Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)	12 nolu kuyu (Dörtyol)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	Gölbaşı gölü kuyusu (Kırıkhan)
Hamamat-Hamamköy kaynağı-3 (Kumlu)	Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	13 nolu kuyu (Dörtyol)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)	Gölbaşı gölü karstik kaynağı (Kırıkhan)
Yalangöz - İncirli kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	14 nolu kuyu (Dörtyol)	Burnaz köyü 10457 nolu kuyu (Erzin)	Sucuköyü kuyusu (Kırıkhan)
Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	16 nolu kuyu (Dörtyol)	Burnaz kaynağı (Erzin)	Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)
Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)	Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)	17 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)	Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)
Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)	Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)	18 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)	Honda kuyusu (Antakya)
Başlamış İçmeceleri (Erzin)	Kuyu no: 10 (Reyhanlı)	19 nolu kuyu (Dörtyol)	Çayır kuyusu (Reyhanlı)	Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)
Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	Kuyu no: 11 (Reyhanlı)	20 nolu kuyu (Dörtyol)	Borniaz kuyusu (Reyhanlı)	Soğuksu kaynağı (Antakya)
Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	Kuyu no: 12 (Reyhanlı)	21 nolu kuyu (Dörtyol)	Hamamat kaynağı (Kumlu)	Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)
Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)	1 nolu kuyu (Dörtyol)	22 nolu kuyu (Dörtyol)	Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	Güzelburç kaynağı (Antakya)
Kuyu no: 33 ort (Reyhanlı)	2 nolu kuyu (Dörtyol)	23 nolu kuyu (Dörtyol)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	Karaali kuyusu (Antakya)
Kuyu no: 34 ort (Reyhanlı)	7 nolu kuyu (Dörtyol)	25 nolu kuyu (Dörtyol)	Kisecik kaynağı (Antakya)	Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)
24 nolu kuyu (Dörtyol)	30 nolu kuyu (Dörtyol)	28 nolu kuyu (Dörtyol)		
34 nolu kuyu (Dörtyol)	31 nolu kuyu (Dörtyol)	29 nolu kuyu (Dörtyol)		

EK-3. Schoeller (1955) Sınıflaması Sonuçları

Fosil Su				Karışım Suyu	Meteorik Su	
Kırıkhan kuyusu (Kırıkhan)	Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)	Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Çayır kuyusu (Reyhanlı)	Hamamat kaynağı (Kumlu)	Hamamat-Hamamköy kaynağı-1 (Kumlu)	21 nolu kuyu (Dörtyol)
Kırıkhan sulama kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz köyü 10457 nolu kuyu (Erzin)	Kisecik kaynağı (Antakya)	Borniaz kuyusu (Reyhanlı)	Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	Hamamat-Hamamköy kaynağı-3 (Kumlu)	22 nolu kuyu (Dörtyol)
Sucuköyü kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)	Gülderen kaynağı (Antakya)	Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)	Gölbaşı gölü kuyusu (Kırıkhan)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)	23 nolu kuyu (Dörtyol)
Yalangöz - İncirli kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz kaynağı (Erzin)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)	Gölbaşı gölü karstik kaynağı (Kırıkhan)	Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	24 nolu kuyu (Dörtyol)
Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)	Kuyu no: 10 (Reyhanlı)	Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)	Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	25 nolu kuyu (Dörtyol)
Honda kuyusu (Antakya)	Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	Kuyu no: 11 (Reyhanlı)	14 nolu kuyu (Dörtyol)	Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)	Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)	30 nolu kuyu (Dörtyol)
Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	Kuyu no: 12 (Reyhanlı)	16 nolu kuyu (Dörtyol)	Güzelburç kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 33 ort (Reyhanlı)	34 nolu kuyu (Dörtyol)
Soğuksu kaynağı (Antakya)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	7 nolu kuyu (Dörtyol)	17 nolu kuyu (Dörtyol)	Karaali kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 34 ort (Reyhanlı)	
Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)	Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)	8 nolu kuyu (Dörtyol)	18 nolu kuyu (Dörtyol)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	1 nolu kuyu (Dörtyol)	
Ilıpınar kaynağı (Antakya)	Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)	9 nolu kuyu (Dörtyol)	19 nolu kuyu (Dörtyol)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	2 nolu kuyu (Dörtyol)	
Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)	Başlamış İçmeceleri (Erzin)	12 nolu kuyu (Dörtyol)	20 nolu kuyu (Dörtyol)			
31 nolu kuyu (Dörtyol)	29 nolu kuyu (Dörtyol)	13 nolu kuyu (Dörtyol)	28 nolu kuyu (Dörtyol)			

EK-4. Chebotarev (1955) Sınıflaması Sonuçları

Bikarbonat Tip				Sülfat Tip
Hamamat-Hamamköy kaynağı-1 (Kumlu)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	22 nolu kuyu (Dörtyol)	23 nolu kuyu (Dörtyol)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)
Hamamat-Hamamköy kaynağı-3 (Kumlu)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)	Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)	Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)
Hamamat kaynağı (Kumlu)	Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)	Güzelburç kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)	**Klorit Tip**
Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	Burnaz köyü 10457 nolu kuyu (Erzin)	Ilıpınar kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 10 (Reyhanlı)	Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)
Kırıkhan kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)	Karaali kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 11 (Reyhanlı)	Burnaz kaynağı (Erzin)
Kırıkhan sulama kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 12 (Reyhanlı)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)
Gölbaşı gölü kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 33 ort (Reyhanlı)	
Gölbaşı gölü karstik kaynağı (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 34 ort (Reyhanlı)	
Sucuköyü kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)	Kisecik kaynağı (Antakya)	1 nolu kuyu (Dörtyol)	
Yalangöz - İncirli kuyusu (Kırıkhan)	Başlamış İçmeceleri (Erzin)	Gülderen kaynağı (Antakya)	2 nolu kuyu (Dörtyol)	
Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)	Çayır kuyusu (Reyhanlı)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	7 nolu kuyu (Dörtyol)	
Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)	Borniaz kuyusu (Reyhanlı)	24 nolu kuyu (Dörtyol)	8 nolu kuyu (Dörtyol)	
Honda kuyusu (Antakya)	Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)	25 nolu kuyu (Dörtyol)	9 nolu kuyu (Dörtyol)	
Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)	Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)	28 nolu kuyu (Dörtyol)	12 nolu kuyu (Dörtyol)	
Soğuksu kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	29 nolu kuyu (Dörtyol)	13 nolu kuyu (Dörtyol)	
20 nolu kuyu (Dörtyol)	18 nolu kuyu (Dörtyol)	30 nolu kuyu (Dörtyol)	14 nolu kuyu (Dörtyol)	
21 nolu kuyu (Dörtyol)	19 nolu kuyu (Dörtyol)	31 nolu kuyu (Dörtyol)	16 nolu kuyu (Dörtyol)	
		34 nolu kuyu (Dörtyol)	17 nolu kuyu (Dörtyol)	

EK-5. Wei ve diğerleri (1996) Sınıflaması sonuçları

Tip I		Tip II	Tip III
Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)	Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)
Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)	Kuyu no: 10 (Reyhanlı)	Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)	Ilıpınar kaynağı (Antakya)
Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)	Kuyu no: 11 (Reyhanlı)	Honda kuyusu (Antakya)	Karaali kuyusu (Antakya)
Güzelburç kaynağı (Antakya)	Kuyu no: 12 (Reyhanlı)	Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)
Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)	1 nolu kuyu (Dörtyol)	Soğuksu kaynağı (Antakya)	Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)
Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	2 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)	Burnaz kaynağı (Erzin)
Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	7 nolu kuyu (Dörtyol)	Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)
Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	8 nolu kuyu (Dörtyol)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)
Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)	9 nolu kuyu (Dörtyol)	Kisecik kaynağı (Antakya)	Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)
Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)	12 nolu kuyu (Dörtyol)	Gülderen kaynağı (Antakya)	Başlamış İçmeceleri (Erzin)
Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	13 nolu kuyu (Dörtyol)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	Çayır kuyusu (Reyhanlı)
Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	14 nolu kuyu (Dörtyol)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	Borniaz kuyusu (Reyhanlı)
23 nolu kuyu (Dörtyol)	16 nolu kuyu (Dörtyol)		
24 nolu kuyu (Dörtyol)	17 nolu kuyu (Dörtyol)		
25 nolu kuyu (Dörtyol)	18 nolu kuyu (Dörtyol)		
28 nolu kuyu (Dörtyol)	19 nolu kuyu (Dörtyol)		
29 nolu kuyu (Dörtyol)	20 nolu kuyu (Dörtyol)		
30 nolu kuyu (Dörtyol)	21 nolu kuyu (Dörtyol)		
31 nolu kuyu (Dörtyol)	22 nolu kuyu (Dörtyol)		

EK-6. Buljan (1963) ve Jamil (2004) Sınıflaması Sonuçları

Doğal Kükürt Kaynağı				İyi Petrol Potansiyelli Su
Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	Hamamat-Hamamköy kaynağı-1 (Kumlu)	1 nolu kuyu (Dörtyol)	Karaali kuyusu (Antakya)	Gülderen kaynağı (Antakya)
Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)	Hamamat-Hamamköy kaynağı-3 (Kumlu)	2 nolu kuyu (Dörtyol)	Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)
Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)	Hamamat kaynağı (Kumlu)	7 nolu kuyu (Dörtyol)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	16 nolu kuyu (Dörtyol)
Başlamış İçmeceleri (Erzin)	Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	8 nolu kuyu (Dörtyol)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	**Yüksek Petrol Potansiyelli Su**
Çayır kuyusu (Reyhanlı)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)	9 nolu kuyu (Dörtyol)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	Tahtaköprü kaynağı-1 (Antakya)
Borniaz kuyusu (Reyhanlı)	Kırıkhan kuyusu (Kırıkhan)	12 nolu kuyu (Dörtyol)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)	Tahtaköprü kaynağı-2 (Antakya)
Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)	Kırıkhan sulama kuyusu (Kırıkhan)	13 nolu kuyu (Dörtyol)	Burnaz köyü 10457 nolu kuyu (Erzin)	Soğuksu kaynağı (Antakya)
Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)	Gölbaşı gölü kuyusu (Kırıkhan)	14 nolu kuyu (Dörtyol)	Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)	Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)
Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	Gölbaşı gölü karstik kaynağı (Kırıkhan)	17 nolu kuyu (Dörtyol)	Burnaz kaynağı (Erzin)	Yeşilova MTA kuyusu (Antakya)
Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	Sucuköyü kuyusu (Kırıkhan)	18 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)	Kisecik kaynağı (Antakya)
Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)	Yalangöz - İncirli kuyusu (Kırıkhan)	19 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	
Kuyu no: 10 (Reyhanlı)	Honda kuyusu (Antakya)	20 nolu kuyu (Dörtyol)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	
Kuyu no: 11 (Reyhanlı)	Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)	21 nolu kuyu (Dörtyol)	28 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 12 (Reyhanlı)	Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)	22 nolu kuyu (Dörtyol)	29 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 33 ort (Reyhanlı)	Güzelburç kaynağı (Antakya)	23 nolu kuyu (Dörtyol)	30 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 34 ort (Reyhanlı)	Ilıpınar kaynağı (Antakya)	24 nolu kuyu (Dörtyol)	31 nolu kuyu (Dörtyol)	
		34 nolu kuyu (Dörtyol)		

EK-7. Özdemir ve Turgay (2017) Sınıflaması sonuçları

Doğal Kükürt Kaynağı	Hidrokarbon Rezervuarı ile İlişkili Su		İyi Potansiyelli Hidrokarbon Yatağı ile İlişkili Su	Yüksek Potansiyelli Hidrokarbon Yatağı ile İlişkili Su
Hamamat-Hamamköy kaynağı-1 (Kumlu)	Hamamat kaynağı (Kumlu)	Kokarca kaynağı / Tülek (İskenderun)	Gökdere köyü 10447 nolu kuyu (Erzin)	Ottoman Palace Otel kuyusu-1 (Antakya)
Hamamat-Hamamköy kaynağı-3 (Kumlu)	Hamamat soğuksu kaynağı (Kumlu)	Gökdere köyü 48879 nolu kuyu (Erzin)	16 nolu kuyu (Dörtyol)	Kisecik kaynağı (Antakya)
Yalangöz - İncirli kuyusu (Kırıkhan)	Koyuncuhöyük kaynağı (Kırıkhan)	Burnaz köyü 10457 nolu kuyu (Erzin)	17 nolu kuyu (Dörtyol)	
Harbiye karstik kaynağı (Antakya)	Kırıkhan kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz köyü 8192 nolu kuyu (Erzin)	25 nolu kuyu (Dörtyol)	
Yeniyurt köyü 10432 nolu kuyu (Erzin)	Kırıkhan sulama kuyusu (Kırıkhan)	Burnaz kaynağı (Erzin)	28 nolu kuyu (Dörtyol)	
Başlamış İçmeceleri (Erzin)	Gölbaşı gölü kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10438 nolu kuyu (Erzin)	29 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 4 ort. (Reyhanlı)	Gölbaşı gölü karstik kaynağı (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10435 nolu kuyu (Erzin)	30 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 6 ort. (Reyhanlı)	Sucuköyü kuyusu (Kırıkhan)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)	31 nolu kuyu (Dörtyol)	
Kuyu no: 33 ort (Reyhanlı)	Honda kuyusu (Antakya)	Yeniyurt köyü 10434 nolu kuyu (Erzin)		
Kuyu no: 34 ort (Reyhanlı)	Oğuzbuğday fabrikası kuyusu (Antakya)	Yeniyurt köyü 46814 nolu kuyu (Erzin)		
1 nolu kuyu (Dörtyol)	Ottoman Palace Otel kuyusu-2 (Antakya)	Çayır kuyusu (Reyhanlı)		
2 nolu kuyu (Dörtyol)	Güzelburç kaynağı (Antakya)	Borniaz kuyusu (Reyhanlı)		
7 nolu kuyu (Dörtyol)	Ilıpınar kaynağı (Antakya)	Cüdeyde kaynağı ort. (Reyhanlı)		
8 nolu kuyu (Dörtyol)	Karaali kuyusu (Antakya)	Yenişehir kaynağı ort. (Reyhanlı)		
9 nolu kuyu (Dörtyol)	Antakya Öğretmenevi kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 8 ort. (Reyhanlı)		
12 nolu kuyu (Dörtyol)	Kuzey Tepe kuyusu (Antakya)	Kuyu no: 10 (Reyhanlı)		
13 nolu kuyu (Dörtyol)		Kuyu no: 11 (Reyhanlı)		
14 nolu kuyu (Dörtyol)		Kuyu no: 12 (Reyhanlı)		
24 nolu kuyu (Dörtyol)				
34 nolu kuyu (Dörtyol)				

EK-8. Hatay Civarı Radon Verileri (Yüce vd., 2017; Gülbay, 2015)

No	Enlem	Boylam	Rn (kBeq/m^3)	CO2 (ppm)	CO2 (g/(m^2gün^{-1})	CV (Radon)
G-1	36,224183	36,189941	2,92	5000	8,66	0,42887567
G-2	36,224790	36,189717	9,27	10700	11,74	1,361533377
G-3	36,225223	36,189525	20,75	26500	30,83	3,047661012
G-4	36,226104	36,188737	4,97	3250	9,25	0,729969891
G-5	36,225790	36,189023	4,14	3600	6,31	0,60806345
G-6	36,226872	36,188213	8,3	5500	6,75	1,219064405
G-7	36,227078	36,188670	4,57	4200	9,53	0,671219799
G-8	36,223133	36,189308	35,23	15700	9,08	5,174414335
G-9	36,224061	36,189054	14,5	6900	-	2,129690828
G-10	36,225271	36,191178	3,14	3700	9,52	0,461188221
G-11	36,225110	36,188850	2,54	5500	8,14	0,373063083
G-12	36,224384	36,189678	24,82	19500	13,20	3,645443196
G-13	36,226421	36,190400	11,33	7450	2,64	1,66409635
G-14	36,225937	36,190210	39,67	15600	14,37	5,826540354
G-15	36,226899	36,189972	12,16	11800	14,67	1,786002791
G-16	36,227685	36,189109	3,4	2180	2,20	0,49937578
G-17	36,228799	36,188471	3,65	2650	6,45	0,536094588
G-18	36,227995	36,190891	5,74	5350	17,38	0,843063817
G-19	36,227677	36,192031	12,27	9700	7,33	1,802159066
G-20	36,228942	36,190093	16,26	20800	29,39	2,388191232
G-21	36,230092	36,189304	17,76	4450	8,08	2,608504076
G-22	36,230067	36,190936	8,28	5200	6,47	1,2161269
G-23	36,229659	36,191811	23,37	19000	8,23	3,432474113
G-24	36,228403	36,193875	7,8	2255	1,97	1,14562679
G-25	36,228911	36,192860	9,47	6000	23,51	1,390908423
G-26	36,231205	36,190331	22	15000	12,77	3,231255049
G-27	36,232189	36,189343	8,27	3350	16,16	1,214658148
G-28	36,234902	36,190852	14,8	2200	2,31	2,173753396
G-29	36,225606	36,190038	4,6	2200	2,23	0,675626056
G-30	36,228678	36,191660	20,9	8000	9,04	3,069692296
G-31	36,230719	36,192675	7,8	8000	11,89	1,14562679
G-32	36,232149	36,191433	7,8	4430	5,14	1,14562679
G-33	36,233543	36,189968	8,5	3000	2,65	1,248439451
G-34	36,230138	36,194190	10,5	5500	4,85	1,54218991
G-35	36,231741	36,194769	14,5	5100	4,99	2,129690828
G-36	36,232610	36,193071	12,5	7500	25,10	1,835940369
G-37	36,234227	36,191774	4,8	1820	4,11	0,705001102
G-38	36,236380	36,192635	10,63	55000	6,31	1,56128369
G-39	36,236034	36,190853	8,9	4150	3,67	1,307189542
G-40	36,236842	36,189370	5	1900	10,56	0,734376147
G-41	36,239425	36,190184	12,3	16000	5,24	1,806565323
G-42	36,240126	36,191502	13	61000	59,25	1,909377983
G-43	36,238671	36,191267	2,5	1500	3,26	0,367188074

G-44	36,238633	36,193864	33,9	32000	7,33	4,97907028
G-45	36,240815	36,189073	3,6	3400	11,22	0,528750826
G-46	36,241407	36,190026	10,5	15500	29,30	1,54218991
G-47	36,241741	36,190963	6	3550	4,10	0,881251377
G-48	36,242144	36,188878	15,3	25800	23,00	2,247191011
G-49	36,244372	36,189733	16,3	63000	21,03	2,394066241
G-50	36,244356	36,188647	10,7	15000	10,71	1,571564956
G-51	36,245559	36,191816	4,8	5350	2,43	0,705001102
G-52	36,248388	36,191804	3,9	1500	4,10	0,572813395
G-53	36,246981	36,189679	4,25	3450	5,86	0,624219725
G-54	36,249023	36,187578	3,3	2650	2,57	0,484688257
G-55	36,250175	36,189779	1,4	2000	3,57	0,205625321
G-56	36,223225	36,187591	13,5	23100	12,89	1,982815598
G-57	36,224303	36,187987	9,5	23300	19,93	1,39531468
G-58	36,225909	36,187743	2,6	2650	6,30	0,381875597
G-59	36,223677	36,190712	10,9	9350	23,88	1,600940001
G-60	36,236013	36,194585	22	11500	11,47	3,231255049
G-61	36,252889	36,187981	3,2	5000	12,16	0,470000734
G-62	36,252535	36,190008	-	10500	14,34	0,014687523
G-63	36,251142	36,195002	1,8	4200	3,51	0,264375413
G-64	36,242199	36,193364	1	1900	2,58	0,146875229
G-65	36,240702	36,194700	20	84000	44,25	2,93750459
G-66	36,243601	36,195463	12,5	13300	7,33	1,835940369
G-67	36,245895	36,197706	14,9	15400	4,54	2,188440919
G-68	36,238100	36,188774	8,6	4800	4,84	1,263126974
G-69	36,236413	36,187685	3,5	1450	3,22	0,514063303
G-70	36,231691	36,187714	9,8	5650	2,93	1,439377249
G-71	36,230863	36,186683	5,4	1450	9,18	0,793126239
G-72	36,229201	36,185920	-	1150	2,31	0,014687523
G-73	36,243460	36,187912	5	3700	4,84	0,734376147
G-74	36,247169	36,185702	6	1500	4,98	0,881251377
G-75	36,245157	36,184195	7,5	14750	29,36	1,101564221
G-76	36,242336	36,184100	11,24	17000	36,33	1,650877579
G-77	36,251079	36,184440	1	3100	1,61	0,146875229
G-78	36,234727	36,195675	7,5	6600	4,05	1,101564221
G-79	36,240197	36,196460	35	31200	21,58	5,140633032
G-80	36,243082	36,199841	12	5900	2,25	1,762502754
G-81	36,240375	36,200047	11	5200	12,66	1,615627524
G-82	36,237872	36,197710	32,5	17700	19,14	4,773444959
G-83	36,235611	36,199037	15,2	3550	5,60	2,232503488
G-84	36,233757	36,198530	21	14000	21,48	3,084379819
G-85	36,224947	36,184820	14	5250	4,41	2,056253213
G-86	36,223248	36,182055	5,1	3475	4,80	0,74906367
G-87	36,227830	36,180442	6,1	7600	12,74	0,8959389
G-88	36,225844	36,192557	18	15500	10,29	2,643754131
G-89	36,227188	36,193329	19,7	15000	11,02	2,893442021
G-90	36,229802	36,195662	13	5400	6,20	1,909377983

G-91	36,233017	36,198894	7,5	3400	8,95	1,101564221
G-92	36,235848	36,203547	8,7	10000	8,18	1,277814497
G-93	36,243553	36,179268	2,2	4350	6,01	0,323125505
G-94	36,248865	36,179690	4,7	4930	2,82	0,690313579
G-95	36,254566	36,181241	5,5	4200	8,94	0,807813762
G-96	36,248214	36,197506	21	2500	3,66	3,084379819
G-97	36,237130	36,212901	10	6800	13,12	1,468752295
G-98	36,233456	36,211303	19,5	22000	60,91	2,864066975
G-99	36,231951	36,207164	26,5	12000	11,89	3,892193582
G-100	36,264058	36,186676	37,6	9300	13,55	5,522508629
G-101	36,264091	36,194959	3,6	9700	5,03	0,528750826
G-102	36,259343	36,193557	41,5	6200	5,79	6,095322024
G-103	36,266481	36,182043	54,2	28100	4,42	7,960637438
G-104	36,276088	36,188192	41	11000	14,59	6,021884409
G-105	36,275651	36,182527	13	5570	8,48	1,909377983
G-106	36,271408	36,175342	72,5	3300	15,20	10,64845414
G-107	36,271465	36,191656	2,9	28500	-	0,425938166
G-108	36,275042	36,196668	9,3	9700	-	1,365939634
G-109	36,237040	36,201431	95	9300	-	13,9531468
G-110	36,237560	36,206807	9	9200	-	1,321877065
G-111	36,228862	36,200159	19,5	9600	-	2,864066975
G-112	36,261340	36,179534	46,8	23300	27,78	6,87376074
G-113	36,265490	36,172128	25	11000	13,33	3,671880737
G-114	36,273115	36,164994	15	5200	7,30	2,203128442
G-115	36,287024	36,151882	12	11150	20,93	1,762502754
G-116	36,256505	36,170457	24	12700	13,16	3,525005508
G-117	36,247880	36,172023	12,5	25350	10,91	1,835940369
74	36,50137	36,44789	8,2	10,500	5,5	1,204376882
75	36,50681	36,43022	4,7	5700	5,0	0,690313579
76	36,50643	36,41295	10,5	11,100	3,9	1,54218991
77	36,50373	36,39340	8,7	33,700	0,8	1,277814497
78	36,50092	36,37476	3,3	13,700	24,1	0,484688257
79	36,27353	36,14708	17,2	93,000	15,6	2,526253947
80	36,27702	36,14272	18,7	28,300	1,0	2,746566792
81	36,28661	36,15165	6,6	17,650	4,0	0,969376515
82	36,45686	36,48423	31,0	25,560	11,5	4,553132114
83	36,44416	36,49910	7,0	17,200	7,1	1,028126606
84	36,43428	36,50901	22,4	23,500	9,8	3,290005141
85	36,42369	36,51937	22,4	37,500	4,1	3,290005141
86	36,39920	36,53771	4,5	10,000	14,9	0,660938533
87	36,38422	36,54086	13,9	44,000	35,4	2,04156569
88	36,36979	36,54261	0,4	1000	22,9	0,058750092
89	36,34230	36,54338	3,2	2000	13,7	0,470000734
90	36,34230	36,54338	15,8	22,600	2,1	2,320628626
91	36,32952	36,54368	24,1	14,000	3,8	3,539693031
92	36,31384	36,54440	15,5	9150	4,9	2,276566057
93	36,30036	36,54779	7,8	7200	5,8	1,14562679

94	36,29202	36,55744	2,2	1920	2,8	0,323125505
95	36,26044	36,56067	59,6	11,000	9,9	8,753763678
96	36,29047	36,51860	3,0	5200	2,7	0,440625688
97	36,29724	36,49794	5,2	5300	1,7	0,763751193
98	36,29536	36,47366	5,0	5100	14,2	0,734376147
99	36,29396	36,45300	6,5	6800	9,7	0,954688992
100	36,31270	36,51909	31,9	21,100	8,7	4,685319821
101	36,27864	36,40825	11,5	6300	23,2	1,689065139
102	36,29660	36,43402	1,9	7300	0,2	0,279062936
103	36,29528	36,41046	1,6	5100	3,9	0,235000367
104	36,32130	36,41124	1,8	4700	1,4	0,264375413
105	36,33907	36,41307	2,6	2600	4,3	0,381875597
106	36,35984	36,41373	0,3	8800	0,9	0,044062569
107	36,37772	36,41587	3,9	1500	26,9	0,572813395
108	36,40728	36,40403	0,6	6900	1,0	0,088125138
109	36,42540	36,38725	3,2	1800	1,4	0,470000734
110	3,644,809	3,638,296	23,0	1580	8,4	3,378130278
111	36,47326	36,37427	5,5	39,500	9,7	0,807813762
112	36,48899	36,36539	2,4	33,000	15,9	0,352500551
113	36,47065	36,34396	14,8	7600	1,7	2,173753396
114	36,45565	36,31610	7,1	55,000	11,4	1,042814129
115	36,44546	36,28808	15,5	24,000	7,4	2,276566057
116	36,41722	36,27231	3,8	20,500	3,0	0,558125872
117	36,40117	36,24619	7,1	5800	7,9	1,042814129
118	36,38752	36,23281	53,8	11,120	5,7	7,901887347
119	36,34720	36,21083	2,5	12,250	8,6	0,367188074
120	36,33098	36,20390	3,7	4000	3,9	0,543438349
121	36,31335	36,20030	1,6	20,900	3,6	0,235000367
122	36,29180	36,19595	0,6	13,900	1,8	0,088125138
123	36,31293	36,43665	4,3	3000	5,7	0,631563487
124	36,31742	36,45199	1,5	11,400	4,9	0,220312844
125	36,33587	36,46373	0,3	3900	5,7	0,044062569
126	36,33001	36,44181	13,1	12,000	6,9	1,924065506
127	36,32088	36,47731	7,0	12,400	5,8	1,028126606
128	36,31948	36,49563	10,9	5200	3,2	1,600940001
129	36,33154	36,51901	9,7	7850	18,2	1,424689726
130	36,34234	36,49799	25,4	22,650	12,2	3,730630829
131	36,35670	36,47623	14,7	19,700	15,5	2,159065874
132	36,35551	36,44890	21,8	36,800	14,2	3,201880003
133	36,35044	36,43348	8,5	19,200	14,3	1,248439451
134	36,36768	36,50022	11,3	2350	12,1	1,659690093
135	36,37350	36,52456	7,3	16,430	5,4	1,072189175
136	36,35297	36,52009	13,1	9100	19,8	1,924065506
137	36,38546	36,52055	15,6	33,333	6,1	2,29125358
138	36,37858	36,49107	15,2	15,650	8,9	2,232503488
139	36,37952	36,46764	9,6	6100	7,4	1,410002203
140	36,37282	36,44279	11,8	32,100	1,7	1,733127708

141	36,38921	36,44757	14,0	18,000	35,9	2,056253213
142	36,48819	36,38737	4,2	16,400	31,0	0,616875964
143	36,46635	36,39322	3,8	29,500	6,4	0,558125872
144	36,47123	36,41414	3,9	14,300	10,4	0,572813395
145	36,47139	36,43486	11,4	6000	11,9	1,674377616
146	36,48679	36,44076	26,1	25,700	15,5	3,83344349
147	36,48783	36,42351	29,1	23,490	8,0	4,274069178
148	36,48951	36,40707	51,8	47,000	2,7	7,608136888
149	36,45409	36,40801	0,9	2500	9,4	0,132187707
150	36,45873	36,42781	16,3	13,000	8,1	2,394066241
151	36,45538	36,44445	2,8	17,500	0,2	0,411250643
152	36,47144	36,44985	8,9	4300	0,9	1,307189542
153	36,44879	36,47011	12,7	6350	7,9	1,865315415
154	36,43130	36,49175	16,8	31,200	4,9	2,467503855
155	36,41661	36,47770	17,8	36,000	15,4	2,614379085
156	36,39205	36,32566	16,3	44,300	11,5	2,394066241
157	36,41360	36,32490	7,4	14,350	13,2	1,086876698
158	36,42127	36,34253	17,2	23,000	11,5	2,526253947
159	36,40503	36,34542	8,3	22,600	23,3	1,219064405
160	36,41985	36,36808	2,6	11,300	15,6	0,381875597
161	36,43427	36,36520	5,3	7000	2,3	0,778438716
162	36,44048	36,39897	0,7	770	10,7	0,102812661
163	36,42812	36,41080	3,5	5000	4,8	0,514063303
164	36,44249	36,42279	10,3	26,900	10,4	1,512814864
165	36,43158	36,44528	11,4	39,700	19,6	1,674377616
166	36,43034	36,46487	3,1	12,700	10,1	0,455313211
167	36,41837	36,43702	1,0	3000	7,1	0,146875229
168	36,41466	36,38367	0,7	1650	3,7	0,102812661
169	36,40112	36,39455	10,6	15,000	8,5	1,556877433
170	36,40348	36,37077	4,8	12,200	6,7	0,705001102
171	36,38854	36,34987	0,6	1850	8,6	0,088125138
172	36,39044	36,30356	18,1	56,000	4,7	2,658441654
173	36,40339	36,30252	6,7	21,500	3,6	0,984064038
174	36,42780	36,30769	2,6	3700	-	0,381875597
175	36,43932	36,32195	2,8	5300	9,7	0,411250643
176	36,44885	36,33968	0,7	2300	4,3	0,102812661
177	36,45953	36,36649	0,5	830	7,3	0,073437615
178	36,30956	36,22718	2,9	16,600	1,7	0,425938166
179	36,33083	36,22496	2,1	4000	4,1	0,308437982
180	36,34623	36,23969	2,1	8650	4,3	0,308437982
181	36,40231	36,28063	0,5	2100	20,4	0,073437615
182	36,38685	36,28562	1,4	3000	5,9	0,205625321
183	36,35758	36,36845	0,7	2000	2,1	0,102812661
184	36,35637	36,39454	0,4	1850	8,7	0,058750092
185	36,35260	36,34241	6,4	6400	16,5	0,940001469
186	36,33514	36,35701	5,9	21,100	8,2	0,866563854
187	36,33659	36,38799	0,5	21,430	24,3	0,073437615

188	36,31969	36,36709	12,9	69,000	11,1	1,89469046
189	36,32381	36,38927	12,9	36,700	30,3	1,89469046
190	36,30131	36,39747	0,7	2250	4,4	0,102812661
191	36,30291	36,36972	1,0	820	-	0,146875229
192	36,38565	36,38565	1,0	3000	50,3	0,146875229
193	36,28092	36,36312	1,0	2500	4,1	0,146875229
194	36,28883	36,34099	1,4	3800	27,6	0,205625321
195	36,29433	36,31865	3,2	8000	-	0,470000734
196	36,38369	36,25928	1,5	9000	4,9	0,220312844
197	36,35057	36,28848	1,3	4400	2,0	0,190937798
198	36,35416	36,31026	6,6	28,000	4,8	0,969376515
199	36,31768	36,34142	16,5	15,600	16,4	2,423441287
200	36,33896	36,32378	7,5	28,800	1,6	1,101564221
201	36,29836	36,28798	4,2	3000	2,0	0,616875964
202	36,32026	36,28155	1,6	7600	7,0	0,235000367
203	36,29887	36,26129	0,9	4200	-	0,132187707
204	36,31811	36,25394	4,1	2400	12,6	0,602188441
205	36,29288	36,23866	0,6	2500	-	0,088125138
206	36,27563	36,22248	8,5	27,500	3,5	1,248439451
207	36,35617	36,25967	1,5	6770	5,4	0,220312844
208	36,33195	36,26032	19,2	25,300	5,7	2,820004406
209	36,32849	36,29528	4,7	7200	4,4	0,690313579
210	36,43351	36,52712	16,8	11,300	5,6	2,467503855
211	36,39131	36,55572	10,8	4700	6,0	1,586252479
212	36,37956	36,56102	13,2	7255	1,9	1,938753029
213	36,38666	36,57135	14,2	8280	7,3	2,085628259
214	36,38291	36,59279	31,6	6400	5,3	4,641257252
215	36,40413	36,56781	18,7	8400	29,6	2,746566792
216	36,37287	36,59420	83,9	11,000	0,9	12,32283175
217	36,36142	36,58893	29,6	5200	16,6	4,347506793
218	36,35728	36,57041	14,7	10,980	12,1	2,159065874
219	36,34470	36,56211	11,4	10,000	10,2	1,674377616
220	36,33534	36,58228	4,9	6400	7,1	0,719688625
221	36,31623	36,58312	5,2	2780	20,6	0,763751193
222	36,31865	36,61131	19,1	9700	2,0	2,805316883
223	36,33256	36,63502	2,9	1600	5,0	0,425938166
224	36,35634	36,55997	14,3	10,000	5,0	2,100315782
225	36,33451	36,56066	12,0	4160	25,0	1,762502754
226	36,31968	36,56235	14,6	4800	-	2,144378351
227	36,31259	36,56464	7,6	1400	3,8	1,116251744
228	36,31398	36,59635	3,4	3920	55,4	0,49937578
229	36,30403	36,58026	35,9	31,600	-	5,272820739

EK-9. Hidrokarbon Kaynaklı Alterasyonların Uzaktan Algılama ile Tespitindeki Ölçütler ve Yöntemler (Assadzadeh vd., 2017) *RGB; Kırmızı, Mavi, Yeşil Kanallar, FCC; False Colour Composite, Yalancı Renk Kompoziti, PCA; Principal Component Analysis, Ana-Temel Bileşenler Analizi –

Lokasyon	Saha Karakteristikleri			Jeolojik/Mineralojik Özellikler			Uzaktan Algılama Yaklaşımı		
	HC Birikimi	Kapan	Sızıntı Aktivitesi & Tipi	Mostra Litolojisi	Yaş	Aramacılık Özellikleri	Uzak Alet	Yakın Alet	İşleme Metodu
Lisbon Valley, Utah, **ABD**	Petrol ve Gaz	Yapısal (Fay kapanı)	Aktif	Wingate Kum taşı	Erken Jura	- Bozlaşmış kırmızı yataklar - Yüksek kil içeriği - Limonit ve karbonatın aşırı çökelmesi - Anormal günlenme etkisi	MSS TMS, TM	Spektroskopi	BR
							ASTER JERS	Spektroskopi	ML, PCA
							HyMap	ASD Spektroskopi	SAM, SFF
Navajo, Utah, **ABD**	Petrol - Gaz	-	Eski	Navajo Kum taşı	Jura	- Demir oksit ağarması & götit - Killer - Karbonat (kalsit)	HyMap	ASD & FTIR Spektroskopi	MF
Patrick Draw Wyoming, **ABD**	Petrol	Stratigrafik	Aktif	Kalkerli/siltli Kum taşı	Eosen	- Killer (illit, kaolinit/smektit) - Demir oksitler (ferrihidrit, götit)	Hyperion	ASD Spektroskopi	SAM
Santa Barbara County, **ABD**	Ağır Petrol	Yapısal	Aktif (Mini sızıntı)	Saugus ve Fernando Fm?	Pliyosen	- Jarosit, siderit, calcit	AVIRIS	-	SAM, SFF
Ventura, Santa Barbara, **ABD**	Petrol	Yapısal	Aktif (Mini sızıntı)	Fernando Fm.	Pliyosen	- Makrosızıntılar etrafında götit ve kalsit karakterize halolar	Probe-1 (HyMap)	-	SAM, CCSM
Dutton Basin, Wyoming, **ABD**	Petrol	Antiklinal	Eski/ İnaktif (Mini sızıntı)	Nugget/Chugwater Fm. (Silt taşı, Kum taşı)	Triyas	- Demir hidroksitler (götit) - Kalsit damarnarı	AVIRIS	Spektrometre	BR
Paradfurdo, Matra Mount. **Hungary**	Gaz	?	Aktif? (Mini sızıntı)	?	?	- Botanik anomali - Mineralojik alterasyonlar	DAIS	Spektrometre	Unmixing Knowledge-based method
Sheep Mountain, Bighorn basin, Wyoming, **ABD**	Petrol	Antiklinal	Aktif	Cleverly Fm. (Kum taşı, shale)	Triyas	- Şeyl içinde kaolinit bulunmaması - Bozlaşmış kırmızı yataklar	TM	Spektrometre	BR
North Tucano Basin, **Brezilya**	Gaz	Antiklinal	Aktif	Marizal Fm. & Tona Sequence (Kum taşı, Silt taşı)	Tersiyer	- Bozlaşma ve/veya limonitik sarı topraklar - Kil minerallerinin gelişimi - Silisleşme & kaolinit azalması - Botanik anomaliler	ASTER ETM+	ASD Spektroskopi	BR, PCA SAM, MTMF, NN
							TM	ASD Spektroskopi	BR (2/3, 4/3)
Remanso do Fongo, **Brezilya**	Gaz	?	Aktif (Mini sızıntı)	Alüvyal Sedimanlar	Holosen	- Ferric demir and Kaolinit - Botanik anomaliler	ASTER TM	-	BR, PCA
Table Rock, Wyoming, **ABD**	Gaz	Antiklinal	Aktif?	Green River & Wasatch Fm. (Kum taşı, mudstone, etc.)	Eosen	- Karışık-katmanlı illit-smectit, kaolinit, klorit - Hematit, pirit, jarosit, jips - Karbonat çimento	TMS	Airborne spectroradiome ter	- Visual interpretation - BR

EK 9. Devamı.

Lokasyon	Hedef Özellikleri				Saha çalışması ve Numuneleme					Analitik Yaklaşım	Sonuçlar	Referanslar
	Anomali Tipi	Anomali Şekli	Haritalanan hedef(ler)	İlişki	Lokalite		Strateji		No #			
					On	Off	Seçimli	Çapraz				
Lisbon Valley, **ABD**	Spektral anomali	Kıvrımın hinge noktasındaki uzun yamalar halinde görülür.	Limonitçe fakir yüksek killi kayalar	Orta	x	x	x	-	15	- XRD - Petrografi - Tüm kaya jeokimyası	Ümitli	(Segal and Merin, 1989; Segal et al., 1986)
	Mineral Haritası		Bozlaşmış fasiyes	Orta	x	-	x	-	7	- ICP-AES - Petrografi	Ümitli	(Petrovic et al., 2008)
	Mineral Haritası		Kaolinit, kalsite, hematit	Orta	x	x	x	-	37	- Petrografi - ICP-MS/AES - İzotop çalışması: O, C	Ümitli	(Petrovic et al., 2012)
Navajo; **ABD**	Mineral Haritası	Uzanımlı mineral yamaları	Götit, hematit, karbonat	Orta	x	x	x		170	- Petrografi - XRD & ICP-MS	Mükemmel	(Bowen et al., 2007)
Patrick Draw; **ABD**	Mineral Haritası	Dağılımlı yamalar	Ağarma/Bozlaşma?	Düşük	x	-	x	-	40	- ICP - XRD - İzotop çalışması: C	Ortalama	(Khan and Jacobson, 2008)
Santa Barbara; **ABD**	Mineral Haritası	Dağınık yamalar	?	Doğrulanmamış	vk	İr	-	-	-	-	Zayıf	(Freeman, 2003)
Ventura; **ABD**	Mineral Haritası	Küçük yamalar	Götit	Zayıf		-	-	-	-	-	Ortalama	(van Der Meer et al., 2002)
Dutton Basin, Wyoming, **ABD**	Mineral Haritası	Noktasal	Götit	Orta	x	-	x	-	3	- XRD	Ortalama	(Jengo and Vincent, 1999)
Paradfurdo, **Hungary**	Spektral anomali	Dağınık yamalar	Killer?	Orta	x	-	x	-	56	-	Ümitli	(van der Werff, 2006)
Sheep Mount. **ABD**	Tonal anomali	?	Bozlaşma	?	x	x	x	-	Birkaç	- XRD - Ph ölçümü	Ortalama	(Malhotra et al., 1989)
North Tucano Basin, **Brezilya**	Spektral anomali	Saha üzerinde Dağınık	Killer, demir oksitler	Orta	x	-	x	-	7	- Gazometri	Ümitli	(Lammoglia et al., 2008)
	Spektral anomali	Gaz anomalisi üzerinde birleşik	Demir oksitler	Yüksek	x	-	-	x	25	- Gazometri - Radyometri - Petrografi	Ümitli	(Almeida-Filho et al., 2002; Almeida-Filho et al., 1999)
Remanso do Fongo, **Brezilya**	Spektral anomali	Birleşik	Kaolinit demir oksitler	Orta	-	-	-	-	-	- Radyometri - Manyetik araştırma	Ortalama	(Curto et al., 2011; Souza Filho et al., 2008)
Table Rock, **ABD**	Tonal Anomali & Mineral Haritası	Doruk noktası boyunca Antiklinal ile entegre	?	Yüksek	x	-	-	x	10s	- XRD - Petrografi - Ph ölçümü	Ortalama	(Marrs and Paylor., 1987)

EK-9. (Devamı)

Lokasyon	Saha karakteristikleri			Jeolojik/Mineralojik Özellikler			Uzaktan algılama yaklaşımı		
	HC tipi	Kapan	Sızıntı aktivitesi & tipi	Mostra litolojisi	Yaş	Aranan özellikler	Uzak alet	Yakın alet	Veri işlem yöntemi
Palm Valley, Amadeus basin, **Avustralya**	Gaz	Antiklinal	Aktif	Hermannsburg Kum taşı	Devoniyen	- Fe anomali (magnetit Yüksek and hematite düşük) - Karbonat (dolomit, kalsite) - Killer (montmorillonit and Kaolinit) - Yüzey günlenmesi/kabuk	TM TMS	IRIS Spektrometre	BR
							GEOSCAN AMSS	IRIS Spektrometre	SFF
Los Chihuidos, **Arjantin**	Gaz & Petrol	İşletilen Rezervuar		Huincul Fm. (Kum taşı)	Üst Kratese	- HC göçü ile kırmızı yatakların bozlaşması	ETM+	-	Visual Interpretation
Baku Region, **Azerbaycan**	Petrol	Yapısal	Aktif (Mini sızıntı)	Alüvyal (Kil and Kum)	Pliyosen	- Killer (Montmorillonit, chlorit, illit, Kaolinit) - Ağarmış/renksizleşmiş kırmızı Kum taşları - Demirli karbonat	ASTER InSAR	FieldSpec FR Spektrometre	VMESMA
Ramhormoz, **İran**	Petrol ve Gaz	Antiklinal	Aktif (Mini sızıntı)	Gachsaran & Mishan Fm. (Marn)	Miyosen	- Jips oluşumu ve Marnlı kireçtaşında Kükürt varlığı. - Demir oksitlerin yok oluşu and kalsit	ASTER WorldView-2	ASD Spektroskopisi (Laboratuvarda)	BR, PCA BRT
Masjed Soleiman, **İran**	Petrol	Antiklinal	Aktif (Mini sızıntı)	Gachsaran Fm. (jips)	Miyosen	- Jips anhidritte azalış (Gach-e-Turush) - Yüksek Kükürt (S) Kalsitte, dolomitt, aragonitte, - Jarosit, Na-alunit, illit, montmorillonit	-	-	-
Kor Mor Field, Kuzey Irak, **Irak**	Petrol	Antiklinal	Aktif	Üst & Alt Fars Fm. (Kum taşı, Silt taşı, marn)	Miyosen	- Kalsit, Dolomit - Illit, chlorit - Demir oksitler + jarosit	ETM+ ASTER	ASD Spektroskopisi (Laboratuvarda)	BR, PCA SFF, SAM
Qiulitage Antiklinal, **Çin**	Petrol	Thrust-and-fold	Aktif	Kırmızı Yataklar (Kum taşı & jips)	Pliyosen	- Bozlaşma - Karbonatlar & Jips - Kil & OH-içeren mineraller	ASTER	ASD Spektroskopisi (Laboratuvarda)	BR (2/1, 4/9)
Fula'erji, Songliao Basin, **Çin**	Ağır Petrol	Stratigraphic	İnaktif	Alüvyal flood-plain	Holosen	- Bozlaşma ve kil anomalisi?	ETM+	-	BR, PCA
Dushanzi Antiklinal, **Çin**	Petrol	Yapısal	Aktif	Konglomera ara katkılı kırmızı yataklar	Pliyosen	- Ağarma (hematitik-Fe^{3+}) nin (para-Fe^{3+})'e - Karbonat (kalsit, siderit) - Klorit	ASTER	ASD Spektroskopisi (Laboratuvarda)	BR (2/1, 4/6, 4/8)
Karamay Field, **Çin**	Petrol ve Gaz	Yapısal	Aktif	Kumlu breş, kaba Kum taşı	Triyas	- Killer (Klorit, montmorilonit) - Karbonat (siderit)	Hyperion	ASD Spektroskopisi	MTMF, SAM
Lake Albert Basin, **Uganda**	Petrol ve Gaz	Yapısal	Aktif	Alüvyal Sedimanlar	Pleistosen-Holosen	?	ASTER/ETM QuickBird	-	?
Ordos Basin, **Çin**	Petrol	Yapısal?	Aktif	Yanchang Fm. (Kum taşı, Silt taşı)	Üst Triyas	- Killer (Illit, Kaolinit) - Karbonat (Siderit, Kalsit)	CASI/SASI	ASD Spektroskopisi	SFF
East-Sichuan Fold Belt, **Çin**	Gaz	Yapısal	Aktif	?	Triyas?	- Killer (montmorillonit, illit, Kaolinit, Klorit) - Karbonatlar (kalsit ve dolomit) - Ferrik & ferro demir	TM	Hitachi VIS-NIR Spektrometresi	BR

EK-9. (Devamı)

Lokasyon	Hedef Özellikler				Saha çalışması ve numuneleme					Analitik Yaklaşım	Sonuçlar	Referanslar
	Anomali tipi	Anomali şekli	Haritalanan Hedef(ler)	Benzerlik	Lokalite		Strateji		No #			
					On	Off	Seçimli	Çapraz				
Palm Valley, **Avustralya**	Tonal anomali	Birleşik	Muhtemel demir oksitler	Orta	x	?	-	x	60 spectra	- Gazometri - Isotope studies - Ph ölçümü	Ortalama	(Simpson et al., 1991)
	Mineral Haritası	Birleşik	Kalsit, silika	Orta	x	-	x	-	birkaç	-	Ortalama	(Agar, 1999)
Los Chihuidos Yüksek, **Argentina**	Spektral anomali	Yaygın halo	Bozlaşmış yataklar	Yüksek	x	x	-	x (7 profil)	40	- Petrografi - ICP-AES/MS; XRD - FTIR Spektroskopi	Ümitli	(Rainoldi et al., 2014)
Baku Region, **Azerbaycan**	Mineral Haritası	Çamur volkanları üzerinde yamalar	Smektit, Kaolinit	-	x	-	x	-	birkaç	-	Ümitli	(Scholte, 2005; Scholte et al., 2003)
Ramhormoz, **İran**	Spektral anomali	Noktasal	Ağarma?	Zayıf	x	-	x	-	88	- ICP-OES; XRD - Stable isotopes: C,O,S	Zayıf	(Salati et al., 2014a; Salati et al., 2014b)
Masjed Soleiman, **İran**	-	-	-	-	x	-	x	-	18	- ICP-AES; XRD - İzotop çalışması: C - Ph ölçümü	Ümitli	(Tangestani and Validabadi, 2014)
Kor Mor Field; **Iraq**	Mineral Haritası	Yaygın apikal	Ağarma, kalsit	Çok Yüksek	x	-	x	-	>30	-	Ümitli	(Perry and Kruse, 2010)
Qiulitage Ant. **Çin**	Spektral anomali	Yaygın apikal	Bozlaşmış yataklar	Yüksek	x	x	x	-	10	- Petrografi - SEM; XRD	Mükemmel	(Shi et al., 2012)
Fula'erji, **Çin**	Tonal anomali	?	?	?	-	-	-	-	19	- Magnetic susceptibility - Delta carbonate	Zayıf	(Zhang et al., 2009)
Dushanzi Ant. **Çin**	Tonal anomali	Yaygın apikal	?	Çok Yüksek	x	-	x	-	8	- XRD; XRF - Mössbaur Spektroskopisi - XANES	Mükemmel	(Fu et al., 2007; Zheng et al., 2010)
Karamay Field, **Çin**	Mineral Haritası	Yakın çizgisel yamalar	Siderit, Killer	Zayıf	x	-	-	x?	?	-	Zayıf	(Qin et al., 2016)
Lake Albert, **Uganda**	Microseepage anomali?	Yaygın apikal	Altere birimler?	Çok Yüksek	-	-	-	-	-	-	Mükemmel	(Frassy et al., 2015)
Ordos Basin, **Çin**	Mineral Haritası	Saha boyunca dağınık	Siderit, kalsit, illit, Kaolinit	Orta	x	-	x	-	12	- XRD - AAS	Ortalama	(Chen et al., 2016)
D-Sichuan, **Çin**	Spektral anomali	Dağınık & Yamalı	Killer, boz fasiyes	Düşük	x	x	-	x	23	- XRD - Kimyasal Analiz	Zayıf	(Wang and Ding, 2000)

TM: Landsat Thematic Mapper, **ETM+**: Landsat Enhanced Thematic Mapper plus, **TMS**: Thematic Mapper Simulator, **ASTER**: The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, **ASD**: Analytical Spectral Aygıtlar, **BR**: Band Oranlama, **PCA**: Temel Bileşen Analizi, **ML**: Maximum Likelihood, **SAM**: Spectral Angle Mapper, **SFF**: Spectral Feature Fitting, **MF**: Matched Filtering, **MTMF**: Mixture Tuned Matched Filtering, **CCSM**: Cross-Correlogram Spectral Match, **NN**: Neural Network, **VMESMA**: Variable Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis, **BRT**: Boosted Regression Tree, **XANES**: X-ray Absorption Near-edge Structure analysis, **XRD**: X-Ray Diffraction, **SEM:** Scanning Electron Microscope, **XRF**: X-Ray Fluorescence, **ICP**: Inductively Coupled Plasma, **AAS**: Atomic Absorption Spektroskopisi.

EK-10. HYDROPET Kaynak Kodları

```
using System;

using System.Collections.Generic;

using System.ComponentModel;

using System.Data;

using System.Drawing;

using System.Linq;

using System.Text;

using System.Threading.Tasks;

using System.Windows.Forms;

namespace HydroPet_v17En

{

public partial class Form1 : Form

{

public Form1()

{

InitializeComponent();

}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)

{

}
```

```
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
Form2 sulin = new Form2();
sulin.Show();
}
private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
{
Form3 che = new Form3();
che.Show();
}
private void groupBox16_Enter(object sender, EventArgs e)
{
}
private void groupBox13_Enter(object sender, EventArgs e)
{
}
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void groupBox8_Enter(object sender, EventArgs e)
{
```

```
}

private void button1_Click_1(object sender, EventArgs e)

{

////////////////////////////TANRI TÜRK'Ü KORUSUN VE YÜCELTSİN////////////////////////////

//kullanıcıdan sayıları istiyoruz

double Na = float.Parse(textBox1,Text.Replace(",", ".")); //nokta virgül farketmeksizin işlem yapıyoruz

double Nam = Na * 0,0435; // aldığımız mg/l cinsinden veriyi meq/litreye çeviriyoruz

double Ca = float.Parse(textBox2,Text.Replace(",", "."));

double Cam = Ca * 0,0499;

double Mg = float.Parse(textBox3,Text.Replace(",", "."));

double Mgm = Mg * 0,0823;

double K = float.Parse(textBox4,Text.Replace(",", "."));

double Km = K * 0,0256;

double Si = float.Parse(textBox2,Text.Replace(",", "."));

double Cl = double.Parse(textBox5,Text.Replace(",", "."));

double Clm = Cl * 0,0282;

double CO3 = float.Parse(textBox6,Text.Replace(",", "."));

double CO3m = CO3 * 0,0333;

double HCO3 = float.Parse(textBox7,Text.Replace(",", "."));

double HCO3m = HCO3 * 0,0164;

double HCO3g = HCO3 * 1000; //Schoeneich Sınıflaması için gram cinsine çeviriyoruz
```

```
double SO4 = float.Parse(textBox8,Text.Replace(",", "."));

double SO4m = SO4 * 0,0208;

double SO4g = 1000 * SO4; //Schoeneich sınıflaması için grama çevir.

double I = float.Parse(textBox9,Text.Replace(",", "."));

double Br = float.Parse(textBox10,Text.Replace(",", "."));

//Helyum iyonlarını alıyoruz

double izotop = float.Parse(textBox13,Text.Replace(",", "."));

//iyot izotoğp alıyoruz

double iyozot = float.Parse(textBox12,Text.Replace(",", "."));

float us = float.Parse(textBox14,Text.Replace(",", ".")); ////iyot izotop 10 üzeri kısmı

float karbon = float.Parse(textBox15,Text.Replace(",", "."));  //karbon13 izotop alıyoruz

float oksijen = float.Parse(textBox16,Text.Replace(",", "."));  //oksijen-18 izotop

float doteryum = float.Parse(textBox17,Text.Replace(",", "."));  //döteryum izotop

float stronsiyum = float.Parse(textBox18,Text.Replace(",", "."));  //stronsiyıum izotop

float dic = float.Parse(textBox19,Text.Replace(",", "."));

//////////////özdemir ve turgay 2017 sınıflaması için lityum ve bor'u alıyoruz mg/l cinsinden

double Lityum = float.Parse(textBox21,Text.Replace(",", "."));

double Bor = float.Parse(textBox20,Text.Replace(",", "."));

double Katyonmeq = Nam + Km + Cam + Mgm; //meq cinsinden katyonlar

double Anyonmeq = Clm + HCO3m + CO3m + SO4m; //meq sinsinden anyonlar

double TDS = Na + K + Mg + Ca + Cl + HCO3 + SO4 + CO3; // ppm cinsinden TUZLULUK
```

```
double tedese = Na + K + Mg + Ca + Si + Cl + HCO3 + SO4; //ppm cinsinden TDS

richTextBox16,Text = tedese.ToString("0,##");

double TDSmeq = Anyonmeq + Katyonmeq; //meq cinsinden TDS - Tuzluluk

double Hata = ((Katyonmeq - Anyonmeq) / (Katyonmeq + Anyonmeq)) * 100; //analiz hatası yüzdesi meq

richTextBox6,Text = Math.Abs(Hata).ToString("0,##"); //analiz hatasını yazdırıyoruz virgülden sonra 2 basamak al.

//////////////Schoeller Yüzdeleri

double Nay = ((Nam * 100) / Katyonmeq / 100);

double Cay = ((Cam * 100) / Katyonmeq / 100);

double Mgy = ((Mgm * 100) / Katyonmeq / 100);

double Ky = ((Km * 100) / Katyonmeq / 100);

double Cly = ((Clm * 100) / Anyonmeq / 100);

double SO4y = ((SO4m * 100) / Anyonmeq / 100);

double HCO3y = ((HCO3m * 100) / Anyonmeq / 100);

double CO3y = ((CO3m * 100) / Anyonmeq / 100);

//////////////////////////////////////////////////sulin - Bojarski yüzdeleri

double Katyonmeqs = Cam + Mgm + Nam;

double Anyonmeqs = Clm + SO4m + HCO3m;

double Nas = ((Nam * 100) / Katyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski ve sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Cas = ((Cam * 100) / Katyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski  sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri
```

double Mgs = ((Mgm * 100) / Katyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski ve Schoeller sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Cls = ((Clm * 100) / Anyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski ve Schoeller sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double SO4s = ((SO4m * 100) / Anyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski ve Schoeller sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double HCO3s = ((HCO3m * 100) / Anyonmeqs / 100); //Sulin-Bojarski ve Schoeller sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

//////////////////Cheboratev yüzdeleri

double Clyy = ((Clm * 50) / Anyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double SO4yy = ((SO4m * 50) / Anyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double HCO3yy = ((HCO3m * 50) / Anyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double CO3yy = ((CO3m * 50) / Anyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Nayy = ((Nam * 50) / Katyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Cayy = ((Cam * 50) / Katyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Mgyy = ((Mgm * 50) / Katyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

double Kyy = ((Km * 50) / Katyonmeq); //Cheboratev sınıflamasında kullanılacak olan %meq değeri

```
//////////////////////analiz hatası//////////////////////////////

////////////////////////////////////Sulin ve Borjarski sınıflamalarında bakılacak şartlar

double x = Nas / Cls;

double z = (Nas - Cls) / SO4s;

double y = ((Cls - Nas) / Mgs);

double t = (100 * SO4s) / Cls;

////////////////////////////////////// //sulin sınıflaması

if (x < 1) { richTextBox2,Text = "Connate water"; }   //Sulin Fosil Su Şartı

if (x < 1 && y < 1) { richTextBox3,Text = "MgCl2 ( Recent Marine )   "; }  //Sulin Fosil Su Tipi

if (x < 1 && y > 1) { richTextBox3,Text = "CaCl2 ( Old Marine )  "; }

if (x > 1) { richTextBox2,Text = "Meteoric water  "; }          //Sulin Meteorik su şartı

if (x > 1 && z < 1) { richTextBox3,Text = "NaSO4 ( Old Meteoric )   "; }          //Sulin Meteorik su tipi

if (x > 1 && z > 1) { richTextBox3,Text = "HCNa - Sodium Hydrocarbonate ( Mixing Water )  "; }

richTextBox10,Text = Math.Abs(x).ToString("0,##");

/////////////////////////////////////////////Bojarski fosil su kontrolü

if (x > 1) { richTextBox4,Text = "Meteoric water "; }

if (x > 1 && z > 1) { richTextBox4,Text = "Mixing Water  "; }

if (x < 1 && y > 1) { richTextBox4,Text = "CaCl2   "; }

if (x < 1 && y < 1) { richTextBox4,Text = "MgCl2   "; }

if (t < 1) { richTextBox4,Text = "Connate water [ ( 100*SO4 )/Cl < 1 ] "; }
```

```
if (Br > 300) { richTextBox4,Text = "Connate water ( Br > 300 mg/l )"; }

if (I > 1) { richTextBox4,Text = "Connate water ( I > 1 mg/l )"; }

if (Cl / Br < 350) { richTextBox4,Text = "Connate water ( Cl/Br < 350 )"; }

//////////////////////////Bojarski zonlar

if (x < 1 && y > 1 && x < 0,5) { richTextBox5,Text = "presence of ancient residual sea water"; }

if (x < 1 && y > 1 && x > 0,5 && x < 0,65) { richTextBox5,Text = "good zone for the preservation of hydrocarbons "; }

if (x < 1 && y > 1 && x > 0,65 && x < 0,75) { richTextBox5,Text = "fairly favorable environment for the preservation of hydrocarbons "; }

if (x < 1 && y > 1 && x > 0,75 && x < 0,85) { richTextBox5,Text = "poor zone for hydrocarbon preservation  "; }

if (x < 1 && y > 1 && x > 0,85 && x < 1) { richTextBox5,Text = "zone of little prospect for the preservation of hydrocarbon deposits  "; }

if (x > 1) { richTextBox5,Text = " - - -  "; }

//////////////////////Schoeller Sınıflaması

//meq birimler kullanılacak!

double c = Clm / Nam; // Klor/sodyum oranını çekiyoruz

double d = Mgm / Cam; // magnezyum /ca oranını çekiyoruz

double p = Clm / Cam;

double f = Clm / Mgm;

double IBE1 = (Clm - Nam) / Clm; // fosil su şartındaki ibe tanımı

double IBE2 = (Clm - Nam) / (SO4m + HCO3m + CO3m); //karışım şartındaki ibe tanımı
```

```
//Fosil Su şartı

if (Clm > Nam && IBE1 > 0) { richTextBox9,Text = "Connate water "; }

else if (Clm < Nam && IBE2 < 0 && x > 1 && z > 1) { richTextBox9,Text = "Mixing water"; } else { richTextBox9,Text = "Meteoric water"; }

richTextBox12,Text = IBE1,ToString("0,##");

//klor kons

if (Clm > 700) { richTextBox13,Text = "Very high "; }

if (Clm < 700 && Clm > 420) { richTextBox13,Text = "Marine "; }

if (Clm < 420 && Clm > 140) { richTextBox13,Text = "High "; }

if (Clm < 140 && Clm > 40) { richTextBox13,Text = "Average "; }

if (Clm < 40 && Clm > 10) { richTextBox13,Text = "Low "; }

if (Clm < 10) { richTextBox13,Text = "Normal "; }

//sülfat kons

if (SO4m < 6) { richTextBox18,Text = "Normal "; }

if (SO4m > 6 && SO4m < 24) { richTextBox18,Text = "Average "; }

if (SO4m > 24 && SO4m < 58) { richTextBox18,Text = "High "; }

if (SO4m > 58) { richTextBox18,Text = "Very high"; }

//Caso4 doygunluğu

double anhidrit = Cam * SO4m;

double anhd = Math.Sqrt(anhidrit);

if (anhd > 70) { richTextBox14,Text = " Saturated  "; } else { richTextBox14,Text = "Unsaturated"; }
```

```
richTextBox19,Text = anhd.ToString("0,##");

//bikarbonat + karbonat doygunluğu

double bi = HCO3m + CO3m;

double bikare = bi * bi;

double bica = bikare * Cam;

double bidoy = Math.Pow(bica, 1 / 3);

if (bidoy < 2) { richTextBox15,Text = "Low "; }

else if (bidoy < 7 && bidoy > 2) { richTextBox15,Text = "Normal "; }

else if (bidoy > 7) { richTextBox15,Text = "High "; }

richTextBox47,Text = p.ToString("0,##");

richTextBox48,Text = f.ToString("0,##");

richTextBox49,Text = d.ToString("0,##");

//////////////////////////////////////Schoeneich Sınıflaması

if (Cl / Br < 120) { richTextBox11,Text = "water associated with hydrocarbon bearing reservoirs  ( Cl/Br < 120 ) "; }

else if (I > 10) { richTextBox11,Text = "water associated with hydrocarbon bearing reservoirs  ( I>10 mg/l ) "; }

else if (SO4g / HCO3g < 2) { richTextBox11,Text = "water associated with hydrocarbon bearing reservoirs  ( SO4/HCO3 < 2 ) "; }

else if (SO4g < 0,7) { richTextBox11,Text = "water associated with hydrocarbon bearing reservoirs ( SO4 < 0,7 g/l )  "; }

//////////////////////////////////////////Cheboratev sınıflaması

double g2 = HCO3yy + CO3yy;
```

```
double g4 = Clyy + SO4yy;

double g6 = HCO3yy + Clyy;

double g8 = HCO3yy + SO4yy;

//////////////////Su Tipi

//bkarbonat

if (g2 > 40 && g4 < 10)

{ richTextBox1,Text = "B1: Bicarbonate (alkaline) "; }

else if (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10)

{ richTextBox1,Text = "B2: Bicarbonate-chloride (alkaline-saline)  "; }

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)

{ richTextBox1,Text = "B3:Chloride-bicarbonate (saline-alkaline)  "; }

//sülfat

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)

{ richTextBox1,Text = "S1: Sulfate-chloride (saline)   "; }

else if (SO4yy > 40 && g6 < 10)

{ richTextBox1,Text = "S2: Sulfate (saline)   "; }

//klorit

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)

{ richTextBox1,Text = "K1: Chloride-bicarbonate (saline-alkaline)  "; }

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25)

{ richTextBox1,Text = "K2: Chloride-sulfate (saline)  "; }
```

```
else if (g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10)

{ richTextBox1,Text = "K3: Chloride (saline)  "; }

richTextBox8,Text = TDS.ToString("0,##");

//Hidrodinamik Kuşak

if (g2 > 40 && g4 < 10)

{ richTextBox36,Text = "Zone of rechange "; }

else if (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10)

{ richTextBox36,Text = " Zone of rechange  "; }

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)

{ richTextBox36,Text = " Zone of rechange  "; }

//sülfat

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)

{ richTextBox36,Text = "Zone of pressure "; }

else if (SO4yy > 40 && g6 < 10)

{ richTextBox36,Text = "Zone of pressure  "; }

//klorit

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)

{ richTextBox36,Text = "Zone of accumulation  "; }

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25)

{ richTextBox36,Text = "Zone of accumulation  "; }

else if (g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10)
```

```
{ richTextBox36,Text = "Zone of accumulation"; }

if (g2 > 40 && g4 < 10)

{ richTextBox37,Text = "Active exchange "; }

else if (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10)

{ richTextBox37,Text = "Active exchange  "; }

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)

{ richTextBox37,Text = "Active exchange "; }

//sülfat

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)

{ richTextBox37,Text = "Delayed Exchange "; }

else if (SO4yy > 40 && g6 < 10)

{ richTextBox37,Text = "Delayed Exchange "; }

//klorit

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)

{ richTextBox37,Text = "Stagnant conditions "; }

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25)

{ richTextBox37,Text = "Stagnant conditions "; }

else if (g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10)

{ richTextBox37,Text = "Stagnant conditions "; }

//////////////////su sınıfı

//bkarbonat
```

```
if (g2 > 40 && g4 < 10)

{ richTextBox26,Text = "B1: Class I "; }

else if (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10)

{ richTextBox26,Text = "B2: Class II "; }

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)

{ richTextBox26,Text = "B3: Class III "; }

//sülfat

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)

{ richTextBox26,Text = "S1: Class IV "; }

else if (SO4yy > 40 && g6 < 10)

{ richTextBox26,Text = "S2: Class IV "; }

//klorit

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)

{ richTextBox26,Text = "K1: Class III "; }

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25)

{ richTextBox26,Text = "K2: Class IV "; }

else if (g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10)

{ richTextBox26,Text = "K3: Class V "; }

////////////////////////////////jeolojik Ortam

//bkarbonat

if (g2 > 40 && g4 < 10)
```

```
{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of igneous/metamorphic rocks";
}

else if (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of igneous/metamorphic
derived silicates and calcareous accumulations  "; }

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of calcareous accumulations  ";
}

//sülfat

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of alluvium and gypsum  "; }

else if (SO4yy > 40 && g6 < 10)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of alluvium and gypsum "; }

//klorit

else if (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of calcareous accumulations ";
}

else if (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of alluvium and gypsum"; }

else if (g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10)

{ richTextBox27,Text = "Products derived from weathering of marina sediments"; }

////////////////////////////////////yüzde tuzluluk

//bkarbonat
```

if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox28,Text = "0 - 2"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox28,Text = "2 - 9"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox28,Text = "9 - 35"; }

//sülfat

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox28,Text = "0 - 0,2"; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox28,Text = "0,2 - 1,1 "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox28,Text = "1,1 - 3,8"; }

//klorit

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox28,Text = "0 - 0,25"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox28,Text = "0,25 - 0,7"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox28,Text = "0,7 - 1,9"; }

//////////////////////hidrokimyasal fasiyes

//bkarbonat

```
if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox7,Text = "Low saline facies "; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox7,Text = "Transitional (typical) facies "; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox7,Text = "High saline facies "; }

//sülfat

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox7,Text = "Low saline facies  "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox7,Text = "Transitional (typical) facies   "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox7,Text = "High saline facies "; }

//klorit

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox7,Text = "Low saline facies"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox7,Text = "Transitional (typical) facies"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox7,Text = "High saline facies";
}
```

//////////////////su tanımı

//bkarbonat

```
if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox32,Text = "Fresh water"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox32,Text = "Brackish water"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox32,Text = "Saline water"; }
```

//sülfat

```
else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox32,Text = "Fresh water"; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox32,Text = "Brackish water "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox32,Text = "Saline water"; }
```

//klorit

```
else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox32,Text = "Fresh and saline water"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox32,Text = "Saline water and brines "; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox32,Text = "Brines "; }
```

//////////////////////////jeolojik Ortam

////////////Yapılar

//bkarbonat

if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox29,Text = "Different"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures with peculier geochemical environment "; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures with peculier geochemical environment "; }

//sülfat

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox29,Text = "Different "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures, folded zones "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures, folded zones "; }

//klorit

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox29,Text = "Different "; }

```
else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures,highly folded zones"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox29,Text = "Deeper portions of structures,highly folded zones"; }

///////////////Su ilişkisi

//bkarbonat

if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox30,Text = "Intensive flush"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox30,Text = "Delayed flush "; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox30,Text = "Hampered flush"; }

//sülfat

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox30,Text = "Inadequate flush"; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox30,Text = "Circulation and drainage limited"; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox30,Text = "Circulation and drainage limited"; }

//klorit
```

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox30,Text = "Salt accumulation prevails upon leaching"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox30,Text = "Water exchange manifests on geological scale time "; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox30,Text = "Water exchange manifests on geological scale time "; }

//////////////Derinlik

//bkarbonat

if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10)) && TDS < 2400 && TDS > 180) { richTextBox31,Text = "Usually less than 150 m (500 feet)"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 11400) && TDS > 2400) { richTextBox31,Text = "Sometimes 1550 - 2100 m (5000 - 7000 feet)"; }

else if (((g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 > 40 && g4 < 10) && TDS < 37800) && TDS > 11400) { richTextBox31,Text = "Sometimes 1550 - 2100 m (5000 - 7000 feet)"; }

//sülfat

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 2500 && TDS > 400) { richTextBox31,Text = "Usually less than 300 m (1000 feet)"; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS < 7400 && TDS > 2500) { richTextBox31,Text = "Sometimes 900 - 1200 m (3000 - 4000 feet) "; }

else if (((SO4yy > 40 && g6 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) && TDS > 7400 && TDS < 19300) { richTextBox31,Text = "Sometimes 900 - 1200 m (3000 - 4000 feet) "; }

//klorit

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 1500 && TDS < 20000) { richTextBox31,Text = "Different "; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 20000 && TDS < 90000) { richTextBox31,Text = "Sometimes 2400 - 3900 m (8000 - 13000 feet)"; }

else if (((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && g8 < 25) || (g2 < 30 && g2 > 15 && Clyy > 20)) && TDS > 90000) { richTextBox31,Text = "Sometimes 2400 - 3900 m (8000 - 13000 feet)"; }

if (g2 > 40 && g4 < 10) { richTextBox52,Text = "Residual"; }

else if ((g2 > 40 && g4 < 10) || (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)) { richTextBox52,Text = "Sialic Drift"; }

else if ((g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)) { richTextBox52,Text = "Calcerous Accumulation"; }

else if ((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) { richTextBox52,Text = "Chloride and Sulfate Accumulation"; }

if (g2 > 40 && g4 < 10) { richTextBox54,Text = "4, Phase"; }

else if ((g2 > 40 && g4 < 10) || (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)) { richTextBox54,Text = "2nd phase and partially 1st faz"; }

else if ((g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25) || (g2 < 40 && g2 > 30 && g4 < 20 && g4 > 10) || (g2 < 30 && g2 > 15 && g4 < 35 && g4 > 20)) { richTextBox54,Text = "3th phase and partially 1st phase"; }

```
else if ((g2 < 5 && Clyy > 40 && g8 < 10) || (g2 < 15 && g2 > 5 && SO4yy > 25 && Clyy < 25)) { richTextBox54,Text = "1st phase"; }

//////////////////////////////chebo son

//Velkov sınıflaması

double v = SO4 / HCO3;

if (v < 3) { richTextBox20,Text = "water in contact with the oil or located near an oil pool (SO4/HCO3 < 3)"; } else { richTextBox20,Text = "- - -"; }

// Li Wei Sınıglaması

// kullanılacaklar

// na/cl so4*100/cl na/ca cacl tip nahc tip su

double ww = Nas / Cls;

double qq = (100 * SO4s) / Cls;

double rr = Nas / Cas;

// x > 1 && z > 1 :HCNA

// x < 1 && y > 1 CACL

//TİP

if ((ww < 0,85)) { richTextBox17,Text = "I: Non-destructive  "; }

else if ((ww > 0,85 && ww < 1)) { richTextBox17,Text = "III: Strongly destructive - Tectonically destructive type (III2) "; }

else if ((ww > 1 && rr < 12 && qq < 2,25)) { richTextBox17,Text = "II: Weakly destructive - Slightly weakly destructive (II1) "; }

else if ((ww > 1 && rr < 50 && rr > 10 && qq < 20)) { richTextBox17,Text = "II: Weakly destructive - Unevenly destructive  "; }
```

```
else if ((ww > 1 && rr > 30 && qq > 3,5)) { richTextBox17,Text = "III: Strongly destructive - Oil bed-exposed type  (III1) "; }

//kAPAN TAHRİP DERECESİ

if ((ww < 0,85)) { richTextBox21,Text = "Not destroyed   "; }

else if ((ww > 1 && rr < 12 && qq < 2,25)) { richTextBox21,Text = "Local faults interlinked with formation water at shallow depth   "; }

else if ((ww > 1 && rr < 50 && rr > 10 && qq < 20)) { richTextBox21,Text = "Faults relatively developed, locally interlinked with the Earth's surface  "; }

else if ((ww > 1 && rr > 30 && qq > 3,5)) { richTextBox21,Text = "Exposed-on-the surface oil beds suffering denudation  "; }

else if ((ww > 0,85 && ww < 1)) { richTextBox21,Text = "Strong tectonic uplifting, faults leading to the surface   "; }

//fm suyu aktivitesi

if ((ww < 0,85)) { richTextBox22,Text = "Oilfield water tending to be stagnant  "; }

else if ((ww > 1 && rr < 12 && qq < 2,25)) { richTextBox22,Text = "NaHCO3-type water present locally, surface water permeating locally  "; }

else if ((ww > 1 && rr < 50 && rr > 10 && qq < 20)) { richTextBox22,Text = "Surface water permeating through faults "; }

else if ((ww > 1 && rr > 30 && qq > 3,5)) { richTextBox22,Text = "Leached by rain water, surface water permeating "; }

else if ((ww < 1 && ww > 0,85)) { richTextBox22,Text = "Oilfield water relatively strongly active, surface water permeating  "; }

//diğer özellikler

if ((ww < 0,85)) { richTextBox23,Text = "Complete cover strata "; }
```

```
else if ((ww > 1 && rr < 12 && qq < 2,25)) { richTextBox23,Text = "Incompletely closed cover strata "; }

else if ((ww > 1 && rr < 50 && rr > 10 && qq < 20)) { richTextBox23,Text = "Oil and gas lost in small amounts, partly migrating to other location "; }

else if ((ww > 1 && rr > 30 && qq > 3,5)) { richTextBox23,Text = "No cover strata, oil and gas lost in large amounts"; }

else if ((ww > 0,85 && ww < 1)) { richTextBox23,Text = "Incomplete cover strata, oil and gas lost in large amounts "; }

//su tipi

if ((ww < 0,85)) { richTextBox24,Text = "CaCl2"; }

else if ((ww > 1 && rr < 12 && qq < 2,25)) { richTextBox24,Text = "NaHCO3"; }

else if ((ww > 1 && rr < 50 && rr > 10 && qq < 20)) { richTextBox24,Text = "NaHCO3 "; }

else if ((ww > 1 && rr > 30 && qq > 3,5)) { richTextBox24,Text = "NaHCO3"; }

else if ((ww > 0,85 && ww < 1)) { richTextBox24,Text = "CaCl2 dominantly  "; }

//////////////////////////////Buljan ve Jamil Sınıflaması

double SO4t = 0,1394 * Cl;

double BS = SO4 - SO4t;

double IA = (SO4 / SO4t) * 100;

//Sülfür kaynakları

if (BS < 0  && IA < 10 ) { richTextBox55,Text = "Reservoir of high potential of oil"; }

if (BS < 0 &&  IA < 100 && IA > 10) { richTextBox55,Text = "Reservoir of good oil potential"; }

if (BS < 0 &&  IA > 100) { richTextBox55,Text = "Reservoir of less oil potential"; }
```

```
if (BS > 0 ) { richTextBox55,Text = "Natural Sulphur Deposits"; }

richTextBox53,Text = IA.ToString("0,##");

richTextBox56,Text = BS.ToString("0,##");

//////////////////İZOTOPİK SINIFLAMA

///wang helyum

if (izotop > 0,01 && izotop < 0,1)  { richTextBox34,Text = "Athmospheric + Crustal Helium"; }

else if (izotop > 0,1 && izotop < 1) { richTextBox34,Text = "Athmospheric + Crustal Helium"; }

else if (izotop > 1 && izotop < 8) { richTextBox34,Text = "Crustal + Mantle Originated (Mixing) Helium"; }

else if (izotop >= 8) { richTextBox34,Text = "Mantle Originated Helium"; } else { richTextBox34,Text = "- - - "; }

//köken

if (izotop > 0,01 && izotop < 0,1) { richTextBox33,Text = " Biogenic "; }

else if (izotop > 0,1 && izotop < 1) { richTextBox33,Text = "Biogenic "; }

else if (izotop > 1 && izotop < 8) { richTextBox33,Text = "Biogenic + Abiogenic "; }

else if (izotop >= 8) { richTextBox33,Text = "Abiogenic "; } else { richTextBox33,Text = "- - - "; }

//kaynak oranı

if (izotop > 0,01 && izotop < 0,1) { richTextBox35,Text = "Typical Crustal derived (Crustal proportion > 98,8% ) "; }

else if (izotop > 0,1 && izotop < 1) { richTextBox35,Text = "Main crustal derived (Crustal proportion 88%  - 98,8% )   "; }
```

```
else if (izotop > 1 && izotop < 8) { richTextBox35,Text = "Obvious mantle derived mixing (Mantled proportion 12%  - 96% )  "; }

else if (izotop >= 8) { richTextBox35,Text = "Typically mantle derived (Mantled proportion > 96% )  "; } else { richTextBox35,Text = "- - - "; }

///reich - iyot

if (iyozot > 10 && iyozot < 100) { richTextBox25,Text = "Reservoir"; }

else if (iyozot > 101 && iyozot < 500) { richTextBox25,Text = "Marine pore fluid"; }

else if (iyozot > 700 && iyozot < 1000) { richTextBox25,Text = "Magmatic fluid"; }

else if (iyozot > 1500 && iyozot < 2000) { richTextBox25,Text = "Surface reservoir (Meteoric or shallow subsurface water)"; }

else if (iyozot > 1500 && iyozot < 2000) { richTextBox25,Text = "Deep crustal fluid"; } else { richTextBox25,Text = "- - - "; }

//iyot izotopundan yaş


double ornekus = Math.Pow(10, us); //kullanıcının girdiği sayıyı 10 üzerü us şekline getir

double iyotornek = iyozot * ornekus; ///iyot ornek kullanıcının girdiği sayıyı X * 10 Üzeri Y haline getir

double lamdaus = Math.Pow(10, -8); /// iyotwater ın 10 üzeri -8 kısmı

double lamda = 4,39 * lamdaus; ///// lamda129

double waterus = Math.Pow(10, -15);// lamdanın 10 üzeri -15 kısmı

double iyotwater = 1500 * waterus; ///iyotwater

double kısım2 = Math.Log(iyotornek / iyotwater ); //ln(iç)

double kısım1 = 1 / lamda;//1/lamda
```

```
double ahey = kısım2 * kısım1;

double yas = ahey / 1000000;

richTextBox38,Text = yas.ToString("###.##"); //milyon yıl cinsinden yaş

////////////////jeolojik zaman tablosu

if (yas < 66) { richTextBox39,Text = "Cenozoic"; } //////////senozoik

else if (yas <= 2,6) { richTextBox40,Text = "Quaternary"; }

else if(yas <= 0,01) { richTextBox41,Text = "Holocene"; }

else if (yas > 0,01 && yas < 2,6) { richTextBox40,Text = "Pleistocene"; } else { richTextBox40,Text = "- - - "; }

//neojen

if (yas < 23 && yas > 2,6) { richTextBox40,Text = "Neogene"; }

else if (yas < 5,3 && yas > 2,6) { richTextBox41,Text = "Pliocene"; }

else if (yas < 23 && yas > 5,3) { richTextBox41,Text = "Miocene"; } else { richTextBox40,Text = "- - - "; }

//paleojen

if (yas < 66 && yas > 23) { richTextBox40,Text = "Paleogene"; }

else if (yas < 33,9 && yas > 23) { richTextBox41,Text = "Oligocene"; }

else if (yas < 56 && yas > 33,9) { richTextBox41,Text = "Eocene"; }

else if (yas < 66 && yas > 56) { richTextBox41,Text = "Paleocene"; }

//////////////////////////////////////////////////////mezozoik

if (yas < 252 && yas > 66) { richTextBox39,Text = "Mesozoic"; }

else if (yas < 145 && yas > 66) { richTextBox40,Text = "Crateceous"; } ////////////kratese katları
```

```
else if (yas < 100 && yas > 66) { richTextBox41,Text = "Upper Crateceous"; }

else if (yas < 145 && yas > 100) { richTextBox41,Text = "Lower Crateceous"; }

if (yas < 201 && yas > 145) { richTextBox40,Text = "Jurassic"; } ////////////jura Katları

else if (yas < 164 && yas > 145) { richTextBox41,Text = "Malm"; }

else if (yas < 174 && yas > 164) { richTextBox41,Text = "Dogger"; }

else if (yas < 201 && yas > 174) { richTextBox41,Text = "Lias"; }

if (yas < 252 && yas > 201) { richTextBox40,Text = "Triassic"; } ////////triyas katları

else if (yas < 237 && yas > 201) { richTextBox41,Text = "Upper Triassic"; }

else if (yas < 247 && yas > 237) { richTextBox41,Text = "Middle Triassic"; }

else if (yas < 252 && yas > 247) { richTextBox41,Text = "Lower Triassic"; }
```

//paleozoik

if (yas < 540 && yas > 252) { richTextBox39,Text = "Paleozoic"; }

else if (yas < 299 && yas > 252) { richTextBox40,Text = "Permian"; } //////////permiyen katları

else if (yas < 260 && yas > 252) { richTextBox41,Text = "Lopingian"; }

else if (yas < 272 && yas > 260) { richTextBox41,Text = "Guadalopian"; }

else if (yas < 299 && yas > 272) { richTextBox41,Text = "Cisuralian"; }

if (yas < 359 && yas > 299) { richTextBox40,Text = "Carboniferous"; } //////////karbonifer katları

else if (yas < 232 && yas > 299) { richTextBox41,Text = "Pensilvannian"; }

else if (yas < 359 && yas > 233) { richTextBox41,Text = "Mississipian"; }

if (yas < 419 && yas > 359) { richTextBox40,Text = "Devonian"; }

else if (yas < 383 && yas > 359) { richTextBox41,Text = "Late Devonian "; }

else if (yas < 393 && yas > 383) { richTextBox41,Text = "Middle Devonian "; }

else if (yas < 419 && yas > 393) { richTextBox41,Text = "Early Devonian "; }

if (yas < 444 && yas > 419) { richTextBox40,Text = "Silurian"; }

else if (yas < 419 && yas > 423) { richTextBox41,Text = "Pridoli"; }

else if (yas < 427 && yas > 423) { richTextBox41,Text = "Ludlow"; }

else if (yas < 433 && yas > 427) { richTextBox41,Text = "Wenlock"; }

else if (yas < 444 && yas > 433) { richTextBox41,Text = "Liandovery"; }

if (yas < 485 && yas > 444) { richTextBox40,Text = "Ordovisian"; }

else if (yas < 458 && yas > 444) { richTextBox41,Text = "Late Ordovisian"; }

```
else if (yas < 470 && yas > 458) { richTextBox41,Text = "Middle Ordovisian"; }

else if (yas < 485 && yas > 470) { richTextBox41,Text = "Early Ordovisian"; }

if (yas < 541 && yas > 485) { richTextBox40,Text = "Cambrian"; }

else if (yas < 497 && yas > 485) { richTextBox41,Text = "Furongian"; }

else if (yas < 521 && yas > 497) { richTextBox41,Text = "Middle Cambrian"; }

else if (yas < 541 && yas > 521) { richTextBox41,Text = "Terrnovian"; }

//////////////////////////////////////////////////////////prekambriyen

else if (yas < 4600 && yas > 541) { richTextBox39,Text = "Paleozoic"; }

if (yas < 2500 && yas > 541) { richTextBox40,Text = "Proterozoic"; }

else if (yas < 1000 && yas > 541) { richTextBox41,Text = "Neo Proterozoic"; }

else if(yas < 1600 && yas > 1000) { richTextBox41,Text = "Mezo Proterozoic"; }

else if (yas < 2500 && yas > 1600) { richTextBox41,Text = "Neo Proterozoic"; }

if (yas < 4000 && yas > 2500) { richTextBox40,Text = "Archean"; }

else if (yas < 2800 && yas > 2500) { richTextBox41,Text = "Neo Archean"; }

else if (yas < 3200 && yas > 2800) { richTextBox41,Text = "Mezo Archean"; }

else if (yas < 3600 && yas > 3200) { richTextBox41,Text = "Paleo Archean"; }

else if (yas < 4000 && yas > 3600) { richTextBox41,Text = "Eo Archean"; }

else if (yas < 4600 && yas > 4000) { richTextBox40,Text = "Hadean"; }

else if (yas < 4600 && yas > 4000) { richTextBox41,Text = "Hadean"; }

////////////////c13 wapples

if (karbon < -17) { richTextBox42,Text = "Organic Carbon - Photosyntesis "; }
```

```
else if (karbon > -10) { richTextBox42,Text = "Inorganic Carbon - reaction via HCO3  "; }

else if (karbon < -10 && karbon > -17) { richTextBox42,Text = "Natural Carbondioxide  "; }    else

{

richTextBox42,Text = "---";

}

if (karbon < -17 && karbon > -34) { richTextBox43,Text = "Kerogen, Oil, Ethane"; }

else if (karbon < -17 && karbon < -34 && karbon > -55) { richTextBox43,Text = "Ethane, Methane"; }

else if (karbon < -17 && karbon < -55 && karbon > -75) { richTextBox43,Text = "Biogenic Methane"; } else { richTextBox43,Text = "---"; }

////////////////////////////Clark 2015

//sistem tipi

if (HCO3 > 0 && HCO3 < 120 && dic > -10,5) { richTextBox44,Text = "Open System"; }

else if (HCO3 > 160 && dic < -11) { richTextBox44,Text = "Closed System"; }

else if (HCO3 > 120 && HCO3 < 160 && dic < -10,5 && dic > -11) { richTextBox44,Text = "Transition System"; } else { richTextBox44,Text = "---"; }

////////basınclı akifer ve paleo iklim

if (doteryum > -46 && doteryum < -38 && oksijen < -6 && oksijen > -6,8) { richTextBox45,Text = "Unconfined Aquifer - Humid Climate"; }

else if (doteryum > -38 && doteryum < -33 && oksijen < -5 && oksijen > -6) { richTextBox45,Text = "Confined Aquifer - Arid Climate"; } else { richTextBox45,Text = "---"; }
```

```
////////Türediği kaya

if (stronsiyum > 0,710) { richTextBox46,Text = "Derived from granitic rocks"; }

else if (stronsiyum > 0,707 && stronsiyum < 0,709) { richTextBox46,Text = "Derived from calcerous rocks"; } else { richTextBox46,Text = "---"; }

///////////////salamura tipi

if (Clm > Nam && IBE1 > 0 && x < 1 && oksijen < 16 && oksijen >= -10 && doteryum < -20) { richTextBox51,Text = "Basin Brine"; }

else if (Clm > Nam && IBE1 > 0 && x < 1 && oksijen < -10 && doteryum > -110) { richTextBox51,Text = "Shield (Craton) Brine"; } else { richTextBox51,Text = "---"; }

///////////////Özdemir ve Turgay sınıflaması

if (Lityum >= 1 && Bor >= 3) { richTextBox50,Text = "Connate water or the water is near of petroleum and natural gas reservoir (Li>1 , B>3)"; } else { richTextBox50,Text = "---"; }

double oran = Cl / SO4;

richTextBox57,Text = oran.ToString("0,##");

if (oran<7 && x > 1 && z < 1) { richTextBox58,Text = "Natural Sulphur Deposit"; }

if (oran < 7 && x > 1 && z > 1) { richTextBox58,Text = "Water associated with oil and gas reservoir"; }

if (oran>7 && oran < 45) { richTextBox58,Text = "Reservoir of good potential of oil and gas"; }

if (oran > 45) { richTextBox58,Text = "Reservoir of high potential of oil and gas"; }

/// rosenthal 1997 cacltip sular

//meq/l cinsinden veriler alınır

double Q = Cam / (SO4m + HCO3m);

double nac = Nam / Clm;
```

```
double mgm = Mgm / Cam;

double clb = Cl / Br;

if (Q > 1) { richTextBox59,Text = "CaCl2 type water [Q>1 - (meq)]"; }

else if (nac <0,80 ) { richTextBox59,Text = "CaCl2 type water [Na/Cl<0,80 -(meq)]"; }

else if (mgm <0,5) { richTextBox59,Text = "CaCl2 type water [Mg/Ca<0,5 - (meq)]"; }

else if (clb < 286) { richTextBox59,Text = "CaCl2 type water [Cl/Br<286 - (mg/l)]"; } else
{ richTextBox59,Text = "N/A"; }

}

private void button2_Click_1(object sender, EventArgs e)

{

textBox1,Text = " ";

textBox2,Text = " ";

textBox3,Text = " ";

textBox4,Text = " ";

textBox5,Text = " ";

textBox6,Text = " ";

textBox7,Text = " ";

textBox8,Text = " ";

textBox9,Text = " ";

textBox10,Text = " ";

textBox11,Text = " ";

textBox12,Text = "";
```

textBox13,Text = "";

textBox14,Text = " ";

textBox15,Text = " ";

textBox16,Text = " ";

textBox17,Text = " ";

textBox18,Text = " ";

textBox19,Text = "";

textBox20,Text = " ";

textBox21,Text = " ";

richTextBox1,Text = " ";

richTextBox2,Text = " ";

richTextBox3,Text = " ";

richTextBox4,Text = " ";

richTextBox5,Text = " ";

richTextBox6,Text = " ";

richTextBox7,Text = " ";

richTextBox8,Text = " ";

richTextBox9,Text = " ";

richTextBox10,Text = "";

richTextBox11,Text = " ";

richTextBox12,Text = " ";

```
richTextBox13,Text = " ";

richTextBox14,Text = " ";

richTextBox15,Text = " ";

richTextBox16,Text = " ";

richTextBox17,Text = " ";

richTextBox18,Text = " ";

richTextBox19,Text = "";

richTextBox20,Text = "";

richTextBox21,Text = "";

richTextBox22,Text = "";

richTextBox23,Text = "";

richTextBox23,Text = "";

richTextBox24,Text = "";

richTextBox25,Text = "";

richTextBox26,Text = "";

richTextBox27,Text = "";

richTextBox28,Text = "";

richTextBox29,Text = "";

richTextBox30,Text = "";

richTextBox31,Text = "";

richTextBox32,Text = "";
```

richTextBox33,Text = "";

richTextBox34,Text = "";

richTextBox35,Text = "";

richTextBox36,Text = "";

richTextBox37,Text = "";

richTextBox38,Text = "";

richTextBox39,Text = "";

richTextBox40,Text = "";

richTextBox41,Text = "";

richTextBox42,Text = "";

richTextBox43,Text = "";

richTextBox44,Text = "";

richTextBox45,Text = "";

richTextBox46,Text = "";

richTextBox47,Text = "";

richTextBox48,Text = "";

richTextBox49,Text = "";

richTextBox50,Text = "";

richTextBox51,Text = "";

richTextBox52,Text = "";

richTextBox53,Text = "";

```
richTextBox54,Text = "";

richTextBox55,Text = "";

richTextBox56,Text = "";

richTextBox57,Text = "";

richTextBox58,Text = "";

richTextBox59,Text = "";

}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)

{

Form11 time = new Form11();

time.Show();

}

private void button5_Click_1(object sender, EventArgs e)

{

}

private void button4_Click(object sender, EventArgs e)

{

}

private void button7_Click(object sender, EventArgs e)

{

Form4 reichtable = new Form4();
```

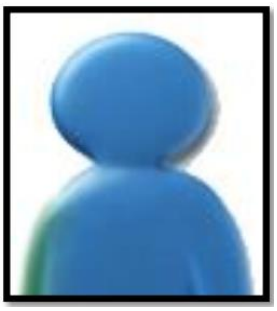
```
reichtable.Show();

}

private void button8_Click(object sender, EventArgs e)

{

Form5 waples1 = new Form5();

waples1,Show();

}

private void button9_Click(object sender, EventArgs e)

{

Form6 waples2 = new Form6();

waples2,Show();

}

private void button10_Click(object sender, EventArgs e)

{

}

private void button11_Click(object sender, EventArgs e)

{

Form8 clarke2 = new Form8();

clarke2,Show();

}

private void button10_Click_1(object sender, EventArgs e)
```

```
{
Form7 clarke = new Form7();
clarke.Show();
}
private void button12_Click(object sender, EventArgs e)
{
Form9 clarke3 = new Form9();
clarke3,Show();
}
private void groupBox15_Enter(object sender, EventArgs e)
{
}
private void Table_Click(object sender, EventArgs e)
{
Form10 wang = new Form10();
wang.Show();
}
private void button6_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
Form12 che = new Form12();
che.Show();
```

```
}
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
}
private void button13_Click(object sender, EventArgs e)
{
Form13 pozisyon = new Form13();
pozisyon.Show();
}
private void button5_Click_2(object sender, EventArgs e)
{
Form14 cond = new Form14();
cond.Show();
}
private void button4_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
Form15 pro = new Form15();
pro.Show();
}
}
},
```

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı	TURGAY, Sabri Orkun
Uyruk	T.C.
Doğum Tarihi-Yeri	5,12,1990 - Niğde
Medeni Durum	Bekar
Telefon	-
Mail	orkun.turgay@aol.com



Yüksek Lisans	İskenderun Teknik Üniv. Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği 2020
Lisans	Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 2017
Lise	Kütahya Ali Güral Lisesi

Jeomodel: Jeoloji için Uzaktan Algılama Girişimcisi

Yayınlar // https://www.researchgate.net/profile/Orkun_Turgay

* Adil Özdemir, **S. Orkun Turgay**, Alperen Şahinoğlu," **High Accuracy Estimation with Computer-Aided Hydrochemical Methods of Oil and Gas Deposits in Wildcat Sedimentary Basins.** "IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG) 6,4 (2018): 62-104, – TEZDE BU ÇALIŞMADAN FAYDALANILMIŞTIR

***S. Orkun Turgay**, Ergül Yaşar, **Detecting Petroleum Potential of Hatay Region using Hydropet**, 8,th Geochemistry Symposium, May, **2018**, Antalya, Turkey. – TEZDE BU ÇALIŞMADAN FAYDALANILMIŞTIR

***S. Orkun Turgay**, Ergül Yaşar, **Adıyaman Hidrokarbon Sahası Sularının Petrol Hidrojeokimyası Yönünden Değerlendirilmesi**, **2018**, Cappadoccia Earthsciences Symposium, October, Niğde Ömer Halisdemir Univeristy **(Poster Sunum) .**

***S. Orkun Turgay**, Ergül Yaşar, **Hydropet as an Exploration Tool**, 2020, 2, International European Conference on Interdisciplinary Scientific Researches, Ankara/TURKEY, sayfa no:372-386

Hobi: Bilgisayar-İnternet-Müzik-Jeoloji

A

Amik-1 Kuyusuna ait sismik kesit · ix, 85

B

Bojarski (1970) Sınıflaması Sonuçları · 68
Buljan ve Jamil (1962-1963), · 25
Buljan(1963) ve Jamil(2004) Sınıflaması Sonuçları · 70

C

Chebotarev (1955) · 22
Chebotarev (1955) Sınıflaması Sonuçları · 66

Ç

Çalışma Alanında Delta Karbon'un Kökeni · 95
Çalışma alanının Radon dağılım haritası · 79

D

Düşük maliyetle sondaj öncesi hidrokarbon aramaları için yapılacak işlemler · 106

E

Eş Na/Cl(epm) kontur haritası · 72

F

Farklı kapan tiplerine göre Radyometrik halo anomalisi türleri · 39

G

GİRİŞ · 1

H

Halojenler · 42
Hatay bölgesi sularının 100*SO4/Cl grafiği (1'den küçük olanlar hidrokarbonlar ile ilişkili) · 69
Hatay Bölgesi sularının Na/Cl grafiği · 67
Hatay'daki makro sızıntılar · 77
Helyum haritası ve renkli helyum profil hatları · 89
helyum miktarına bağlı profiller · 90
Hidrojeokimya Analizleri · 63
Hidrojeokimyasal Yöntemler · 18
Hidrokarbon Kaynaklı Alterasyonların Uzaktan Algılama Teknikleriyle Tespit Edilmesi · 61

İ

İyot · 42

J

Jeokimyasal yöntemlerle araştırmanın doğruluğunu gösteren çalışmaların derlenmiş hali (Schumacher, 2012) · Bakın

K

Kavramsal Çerçeve · 3
Kavramsal Mikrosızıntı Teorisi · 26
Kuyu yerinin yapısal jeoloji kesiti · 85

L

Landsat-7 ETM+ PCA R: 1345-3, G: 1357-3, B: 3/1 bant oranı kompozit görüntüsü · 103
Landsat-7 ETM+ uydusu, hidrokarbon kaynaklı alterasyon belirleme kriterleri · 99

M

Majör ve Minör Elementler · 50
Makro Sızıntı Verilerinin Değerlendirilmesi ve Sonuçları · 75
Materyal · 17
MATERYAL VE METOD · 17
Metod · 18
Mikrosızıntı modeline göre mineralojik alterasyonların dağılımları · 60
Mikrosızıntı tespitinde kullanılan farklı yöntemlere göre anomali tiplerinin modellenmesi (Tedesco, 1995) · 31
Mikrosızıntı ve Radon anomali kesiti · 39
Mikrosızıntının yeryüzündeki (mostradaki) tezahürü ve açıklamaları · 32

Ö

Özdemir vd., (2018) · 25
Özdemir vd., (2018) Sınıflaması · 68

P

Petrol Aramalarında Yüzey Jeokimyası Yöntemleri ile Mikrosızıntıların Tespiti · 33
Petrol sondajı esnasında sondaj çamurundan alınan iyot örneklerinin derinliğe bağlı derişimi · 48
Petrol ve doğalgaz sahası sularının I/Cl –Cl grafiğindeki yeri (Özdemir,2018) · 65

R

Radon anomali kesitlerinin gösterilişi · 41
Radon Cv dağılım haritası ve yakalanan halo anomalileri · ix, 80
Radon ve Hidrojeokimyasal verilere göre muhtemel rezervuarın olabileceği dört alan. Kırmızı: Radon verileri Yeşil: Hidrojeokimyasal (Sulin ve Shoeller sınıflaması) · 98
Radon verileri ve Değerlendirilmesi · 78
Radyometri profilinin yorumu · 40
Roshental (1997) · 25

S

Schoeller (1955) · 21
Schoeller (1955) Sınıflaması Sonuçları · 66
Schoeneich · 25
SİMGELER VE KISALTMALAR · x
Sonuçlar · 104
Suların petrol hidrojeokimyası açısından tipleri · 64
Sulin (1946) Sınıflaması Sonuçları · 66
Sulin (1946) ve Bojarski (1970) · 20
Sulin ve Schoeller hidrohipslerinin üzerine bindirilmiş Radon anomalilerinin Google Earth üzerinde gösterimi. · 82
Sulin ve Schoeller sınıflamalarının Google Earth üzerinde gösterimi · 74

Ş

Şematik sızıntı modeli · 30

T

Toprak gazı verilerinin gösterimi (alkanlar) · 35
Toprak Gazı Yöntemi · 34
Trakya Baseni Umurca ve Osmancık sahaları iyot araştırması (Allexan vd., 1986) · 47

U

Uzaktan Algılama Haritaları ve Değerlendirmesi · 98

V

Vel'kov · 25
Vel'Kov(1960) ve Schoeneich(1971) Sınıflamalarının Sonuçları · 70

W

Wei vd. (1997) · 24
Wei vd.,(1996) Sınıflaması Sonuçları · 66

TEKNOVERSİTE

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

teknoversite AYRICALIĞINDASINIZ

İSTE