



**ÇAVDARHİSAR (KÜTAHYA) HAVZASINDAKİ SEDİMANTER
BİRİMLERİN MİNERALOGİSİ VE JEOKİMYASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan ER

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

Bu tez çalışması 20.FEN. BİL.35 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAVDARHİSAR (KÜTAHYA) HAVZASINDAKİ SEDİMANTER
BİRİMLERİN MİNERALOGİSİ VE JEOKİMYASI

Hakan ER

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Hakan ER tarafından hazırlanan “Çavdarhisar (Kütahya) Havzasındaki Sedimanter Birimlerin Mineralojisi ve Jeokimyası” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 27/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak** kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY

Başkan : Prof. Dr. Ahmet YILDIZ
Afyon Kocatepe Ün. Mühendislik Fakültesi İmza

Üye : Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK
Konya Teknik Ün. Müh. ve Doğa Bil. Fakültesi İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY
Afyon Kocatepe Ün. Mühendislik Fakültesi İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27/07/2022

Hakan ER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇAVDARHİSAR (KÜTAHYA) HAVZASINDAKİ SEDİMANTER BİRİMLERİN MİNERALOGİSİ VE JEOKİMYASI

Hakan ER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY

Bu çalışmada Çavdarhisar havzasında bulunan sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile oluşum etkenleri belirlenerek kökensel özelliklerinin incelenmesi, aynı zamanda havzanın stratigrafik gelişiminin aydınlatılması amaçlanmıştır. Çavdarhisar Havzası KD-GB gidişli uzanıma sahip olup, Gediz ve Emet havzaları ile bağlantılı bir havzadır. Paleozoyik-Orta-Üst Triyas yaşlı mermer ve şistlerden oluşan Sarıcasu formasyonu havzadaki temel kayaçları oluşturmaktadır. Sarıcasu formasyonu üzerine uyumlu olarak Jura yaşlı Arıkaya formasyonuna ait mermerler gelmektedir. Serpantinist, yeşilist, radyolarit, talkşist ve kalkşistten oluşan Üst Kretase yaşlı Dağardı Ofiyolitik melanji tektonik uyumsuz olarak Arıkaya formasyonu üzerine gelir. Kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomit, kilitaşı, karbonatlı kilitaşı ve kumtaşından oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı Çokköy formasyonu birim üzerine uyumsuz olarak gelir. Kilitaşı ara düzeyleri içeren kireçtaşı, marn ve çamurtaşından oluşan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Emet formasyonu Çokköy formasyonunu uyumlu olarak üzerler. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar Emet formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

Bu çalışmada TKİ Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılan derinlikleri 132 m ve 236 m olan iki adet derin sondajdan ve mostradan örnekler alınmıştır. Sondajlarda birkaç seviyede 5cm ve 10cm kömür kesilmiştir. XRD çalışmaları ile kil mineralleri, feldispat, kuvars, kalsit, dolomit, aragonit, jips ve sölestin belirlenmiştir. Kil mineralleri Ca-simektit, illit, klorit, kaolinit, paligorskit ve sepiyolitden oluşmaktadır. SEM incelemelerinde yarı özşekilli, özşekilli kalsit ve özşekilsiz, yarı öz şekilli romboedrik

dolomit kristalleri üzerinde yer yer büyüme izleri gözlenmiştir. Jipsler öz şekilli, yarı öz şekilli, levhamsı, lifsi ve prizmatik kristaller şeklinde olup, jipslerle birlikte tam gelişmemiş dolomit, illit ve simektitler tespit edilmiştir. Paligorskitler genelde lifsi-ipliksi sepiyolitler ise lifsi-ipliksi, yumak görünümlü, yer yer düzlemsel agregatlar şeklindedir.

İnceleme alanındaki sedimanter kayaçların nemli, kurak-yarı kurak iklim koşullarında oluştuğu, asidik köken kayaçtan türediği tespit edilmiştir. Çavdarhisar havzasındaki karbonatlardan elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ duraylı izotop değerleri ‰0.81 ile ‰-8.45 (V-PDB) arasında, $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerleri, ‰-8.6 ile ‰0.43 (V-PDB) arasında bulunmuştur. İnceleme alanı, izotop analizlerine göre düşük tuzlulukta yeraltı suları ile beslenen bir havza olup, sonrasında kurak iklim koşullarının egemen olması ile göldeki su seviyesi azalarak devam etmiştir. Negatif $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri göl alanında sınırlı havalandırma koşullarının etkili olduğunu işaret etmekte ve CO_2 üretimi yerel biyogenik kaynaklara bağlanmaktadır.

2022, xii + 74 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karbonat, Kil, Jeokimya, Çavdarhisar Havzası, Batı Anadolu.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE SEDIMENTARY UNITS IN THE ÇAVDARHISAR BASIN (KÜTAHYA)

Hakan ER

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geology Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Tülay ALTAY

In this study, it is aimed to determine the mineralogical and geochemical characteristics and formation factors of the sedimentary units in the Çavdarhisar basin, to examine their originary characteristics, and to illuminate the stratigraphic development of the basin. Çavdarhisar Basin, which has NE-SW trending extension, is a basin connected with Gediz and Emet basins. The Sarıcasu formation, consisting of Paleozoic-Middle-Upper Triassic aged marble and schists, forms the basement rocks in the basin. Marbles belonging to the Jurassic aged Arikaya formation, conformably overly the Sarıcasu formation. The Upper Cretaceous aged Dağardı Ophiolitic melange, consisting of serpentineschist, greenschist, radiolarite, talcschist, and calcshist, tectonical unconformably overlies the Arikaya formation. The Middle-Upper Miocene aged Çökköy formation, consisting of limestone, clayey limestone, dolomite, claystone, carbonated claystone and sandstone, unconformably overlies the unit. The Upper Miocene-Pliocene aged Emet formation, which consists of limestone, marl and mudstone containing claystone interlayers, conformably overlies the Çökköy formation. Quaternary aged alluviums unconformably overlie the Emet formation.

In this study, samples were taken from two deep drillings with depths of 132 and 236 m made by the General Directorate of TKI and outcrops. In the drillings, 5cm and 10cm of coal were cut in several levels. Clay minerals, feldspar, quartz, calcite, dolomite, aragonite, gypsum and celestine have been determined by XRD studies. Clay minerals consist of Ca-simectite, illite, chlorite, kaolinite, paligorskite and sepiolite. In SEM

examinations, growth traces were observed on the subhedral, euhedral calcite and anhedral, subhedral rhombohedral dolomite crystals. The gypsum are in the form of euhedral, subhedral, platy, fibrous and prismatic crystals, and not fully developed dolomite, illite and smectites were detected together with gypsum. Paligorskites are generally fibrous-filamentous, and sepiolites are fibrous-filamentous, floppy-looking, locally planar aggregates.

It was determined that the sedimentary rocks in the study area were formed in humid, arid-semi arid climatic conditions and derived from the rock of acidic origin. $\delta^{13}\text{C}$ stable isotope values obtained from carbonates in the Çavdarhisar basin were found between ‰0.81 and ‰-8.45 (V-PDB), and $\delta^{18}\text{O}$ stable isotope values were between ‰-8.6 and 0.43 (V-PDB). According to isotope analyses, the study area is a basin fed by groundwater with low salinity, and then the water level in the lake continued to decrease with the dominance of arid climatic conditions. Negative δ isotope values of ^{13}C indicate that limited ventilation conditions are effective in the lake area, and CO_2 production is attributed to local biogenic sources.

2022, xii + 74 pages

Keywords: Carbonate, Clay, Geochemistry, Çavdarhisar Basin, West Anatolia.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı 20.FEN. BİL.35 numaralı proje ile maddi olarak destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim. Arazi ve sondaj çalışmalarındaki desteklerinden dolayı TKİ Genel Müdürlüğü'nün kömür aramaları proje ekibine teşekkür ederim.

Bu araştırmanın konusu kapsamında deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY' a, labarotuvan çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı hocalarım, Dr. Öğr. Üyesi Can BAŞARAN ve Arş. Görevlisi Mustafa GÜRSOY'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı eşim Selda ER'e ve aileme teşekkür ederim.

Hakan ER

Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İnceleme Alanının Yeri, İklimi ve Coğrafi Özellikleri.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	3
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Önceki Çalışmalar.....	4
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1 Arazi Çalışması.....	10
3.2 Laboratuvar Çalışması	10
3.2 Büro Çalışması.....	12
4. BULGULAR	13
4.1 Bölgesel Jeoloji.....	13
4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi	15
4.2.1 Sarıcasu Formasyonu (Ts)	15
4.2.2 Arıkaya Formasyonu (Ja).....	19
4.2.3 Dağardı Ofiyolitik Melanjı (Kd)	21
4.2.4 Çökköy Formasyonu (Mç)	22
4.2.5 Emet Formasyonu (Pe).....	26
4.2.6 Alüvyon (Qal)	28
4.3 Sondaj Litolojisi.....	29
4.3.1 Çavdarhisar-1 Sondajı (Ç-1) Karot İncelemeleri	29
4.3.2 Çavdarhisar-2 Sondajı (Ç-2) Karot İncelemeleri	30
4.4 Analiz Sonuçları	35
4.4.1 X-Işınları Kırınımı (XRD)	36
4.4.2 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM)	44

4.4.3 Jeokimya	48
4.4.3.1 Ana Element Kimyası	48
4.4.3.2 İz ve Nadir Toprak Element Kimyası.....	53
4.4.4 Duraylı İzotop Analizi ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$)	60
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	63
6. KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	74



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Å	Angstrom
δ	Delta
km ²	Kilometrekare
m	Metre
m ²	Metrekare
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
O	Oksijen
°C	Santigrat derece
Cm	Santimetre
%	Yüzde

Kısaltmalar

Cal	Kalsit
Clt	Sölestin
Dol	Dolomit
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
Gp	Jips
Fsp	Feldispat
İlt	İllit
Kln	Kaolinit
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
MTA	Maden Tetkik ve Arama
Plg	Paligorskit
SEM	Taramalı Elektron Mikroskop
Sep	Sepiyolit
Sme	Simektit
TKİ	Türkiye Kömür İşletmesi
Qz	Kuvars
XRD	X- Işınları Difraksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	1
Şekil 1.2 Çalışma alanı ve çevresinin topoğrafik haritası	2
Şekil 4.1 Çalışma alanı yakın çevresinin bölgesel jeoloji haritası	13
Şekil 4.2 Çalışma alanının jeoloji haritası..	16
Şekil 4.3 MTA 2011 Türkiye Jeoloji Haritasından faydalanılarak hazırlanan çalışma alanı genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	17
Şekil 4.4 Sarıcasu formasyonuna ait şistlerden görünüm	18
Şekil 4.5 Sarıcasu formasyonuna ait şistler	19
Şekil 4.6 Arıkaya formasyonuna ait kristalize kireçtaşları	20
Şekil 4.7 Dağardı ofiyolitik melanja ait görüntü.....	22
Şekil 4.8 a) Çökköy formasyonuna ait killi dolomit, karbonatlı kilitaş, kilitaş ardaanması b) Kilitaş ve killi dolomit c) Ölçülü dikme kesit	23
Şekil 4.9 a) Çökköy formasyonuna ait dolomit, kilitaş, killi dolomit ardaanması, b) Ölçülü dikme kesiti.....	24
Şekil 4.10 Çökköy formasyonu kilitaş, kireçtaşı ve mercek şeklinde kumtaşı	25
Şekil 4.11 Çökköy formasyonuna ait normal fay görüntüsü (Afşar köyü yakını ocak sahası	25
Şekil 4.12 Emet formasyonuna ait çamurtaşı ve kireçtaşı.	26
Şekil 4.13 Çavdarhisar fayı üstü Emet formasyonuna ait kireçtaşları içindeki silisli seviyeler.....	27
Şekil 4.14 Emet formasyonuna ait kireçtaşlarından bir görüntü	27
Şekil 4.15 Ç-1 sondajı ölçülü dikme kesiti	30
Şekil 4.16 Ç-1 (Çavdarhisar-1), sondaj kuyusu karot sandığı resimleri	30
Şekil 4.17 Ç-2 sondajının ölçülü dikme kesiti	31
Şekil 4.18 Ç-2 no.lu sondaj kuyusuna ait karot resimleri	34
Şekil 4.19 1-5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.....	38
Şekil 4.20 1-7 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.....	39
Şekil 4.21 2-10 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.....	40
Şekil 4.22 Ç1-100.5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.	40
Şekil 4.23 Ç1-111 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.	41

Şekil 4.24 Ç2-56.9 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.	41
Şekil 4.25 Ç2-92.75 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.	42
Şekil 4.26 Ç2-142.5 no.lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.	42
Şekil 4.27 1-4 no'lu örneğin kil boyu X-ışınları difraktogramı.	43
Şekil 4.28 Ç2-86.4 no'lu örneğin kil boyu X-ışınları difraktogramı.....	43
Şekil 4.29 Ç1-111 no'lu örneğin kil boyu X-ışınları difraktogramı.....	44
Şekil 4.30 a) ve b) Trigonal kalsit kristalleri ve üzerlerinde gözlenen büyüme izleri, c) kalsitin EDS analizi, d) trigonal kalsit kristalleri ve bunları saran kil mineralleri.	45
Şekil 4.31 a) Romboedrik dolomit kristalleri ve üzerlerinde gözlenen aşamalı büyüme izleri, b) kalsitin EDS analizi.	46
Şekil 4.32 a) Levhamsı jips kristali, b) Lifsi jips kristalleri, c) Prizmatik ve lifsi jips kristallerinin elektron mikroskop görüntüsü, d) jipsin EDS analizi.....	46
Şekil 4.33 a), b), c) ve d) Yarı özşekilli trigonal kalsit kristalleri ve kalsitleri bir ağ gibi saran paligorskit lifleri-iplikler.....	47
Şekil 4.34 a), b) Yumak görünümlü, yer yer düzlemsel agregatlar şeklindeki sepiyolit lifleri-iplikleri.	47
Şekil 4.35 Örneklerin bazı ana element , oksitler arasındaki ilişki.	50
Şekil 4.36 Örneklerin TiO_2 ' ye karşılık Ni grafiği.	51
Şekil 4.37 Örneklerin paleoiklimsel koşulları gösteren SiO_2 'ye karşılık $(Al_2O_3+K_2O+Na_2O)$ grafiği.....	51
Şekil 4.38 Kesit örneklerinin iz elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.....	55
Şekil 4.39 Sondaj örneklerinin iz elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.....	55
Şekil 4.40 Kesit örneklerinin iz elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.....	56
Şekil 4.41 Sondaj örneklerinin iz elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.....	56
Şekil 4.42 Kesit örneklerinin nadir toprak elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.	57

Şekil 4.43 Sondaj örneklerinin nadir toprak elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.	57
Şekil 4.44 Kesit örneklerinin nadir toprak elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.	58
Şekil 4.45 Sondaj örneklerinin nadir toprak elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.	58
Şekil 4.46 Örneklerin Th/Co-La/Sc ilişkisini gösterir diyagram.	60
Şekil 4.47 Çavdarhisar havzası örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin diyagram üzerindeki dağılımı.....	62



ÇİZELGELER DİZİNİ

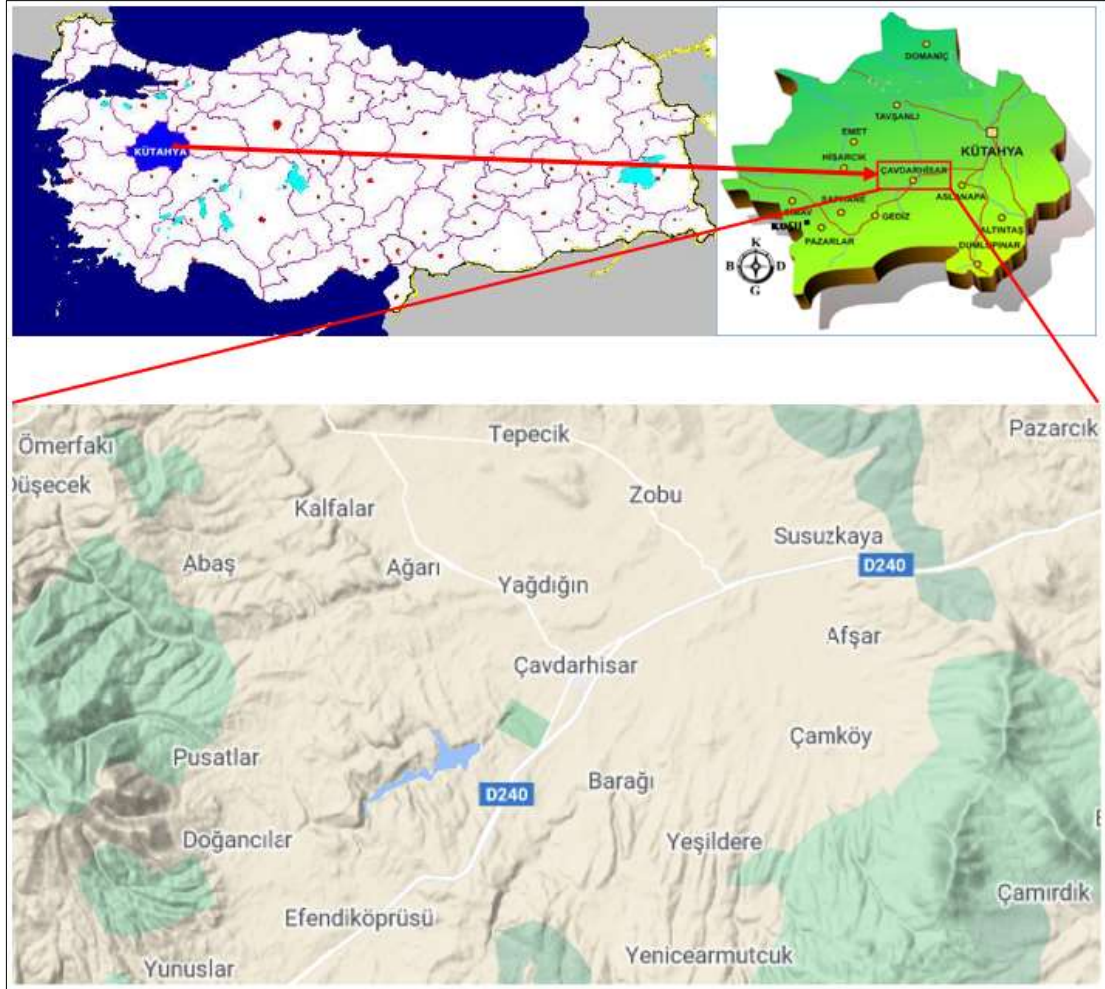
Sayfa

Çizelge 4.1 Çalışma alanına ait kesit ve sondaj loglarından derlenen örneklerin litolojisi ve yapılan analizler	35
Çizelge 4.2 Örneklerin mineralojik bileşimleri ve yarı nicel içerikleri (%).	37
Çizelge 4.3 Örneklerin Ana Element Oksit, Ateşte kayıp (AK), Toplam C, Toplam S İçerikleri (%)	48
Çizelge 4.4 Analiz yapılan örneklerin majör oksit ve iz element konsantrasyonlarının korelasyon katsayıları.	52
Çizelge 4.5 Örneklerin iz element içerikleri (ppm).	53
Çizelge 4.6 Örneklerin nadir toprak element içerikleri (ppm).	54
Çizelge 4.7 Örneklerin nadir toprak elementlerinin anamoli ve oranları.	59
Çizelge 4.8 Karbonat içerikli örneklere ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranları, MgO, CaO ve CO_2 içerikleri	61

1. GİRİŞ

1.1 İnceleme Alanının Yeri, İklimi ve Coğrafi Özellikleri

İnceleme alanı Kütahya ilinin güney batısında, Kütahya'ya uzaklığı 59 km. olan Çavdarhisar İlçesi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Çavdarhisar havzası, İç Ege de Emet, Gediz, Aslanapa havzaları arasında yer alır. İnceleme alanı Kütahya-Uşak Devlet Karayolu (D 240) üzerinde bulunmakta olup, D-240 Devlet Karayolu Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgesini bağlayan ulaşım ağı içinde erişilebilirliği yüksek önemli bir yoldur. 1/25000 ölçekli Kütahya j22b3, j22c2, j22c3, j23a3, j23a4, j23b4, j23c1, j23d1 ve j23d2 paftaları içerisinde yer alır (Şekil 1.1).

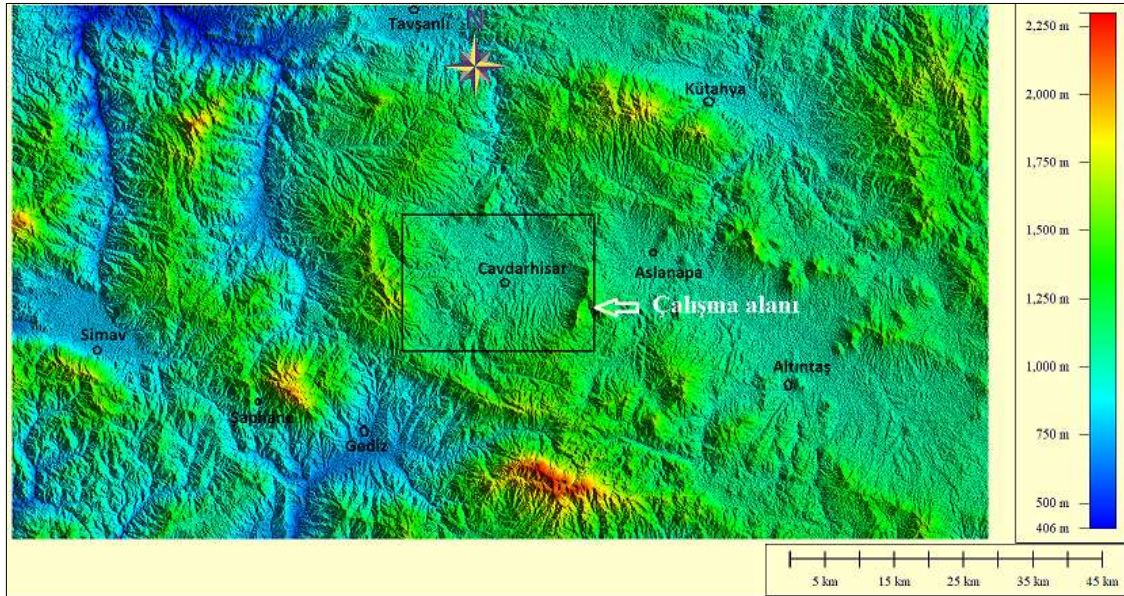


Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Çavdarhisar'ın yüzölçümü 298 km² rakımı ise 1000 m'dir. Genellikle ovalık ve bazı kesimleri de ormanlardan oluşmaktadır. İlçede Ege ve İç Anadolu'nun karasal iklimi hakimdir (İnt. Kyn. 1). Bitki örtüsü bakımından İç Anadolu, Ege ve Marmara bölgelerinin özelliğini taşır. Bölgenin hâkim bitki topluluğu kara ikliminin bitkileri olmasına rağmen, Akdeniz tesirinin görüldüğü kesimlerde Akdeniz bitki örtüsü yer alır. Ormanlar yüksek kesimlerde olup, karaçam, ardıç ve meşe ağaçları çoğunluktadır (İnt. Kyn. 2).

Çavdarhisar çevresindeki yerleşim yerleri Kütahya, Tavşanlı, Simav, Gediz, Şaphane, Aslanapa ve Altıntaş olup ilçeye bağlı 22 köy vardır (İnt. Kyn. 2).

Çalışma alanında sedimanter kayalar genellikle küçük tepeler ve geniş düzlükleri oluşturur, temel birimlerin bulunduğu sahalar daha yüksek topografyaya sahiptir (Şekil 1.2). İnceleme alanı içerisinde bulunan belli başlı tepeler, kuzeyde, Akçalı Tepe (1059 m), kuzey batıda, Mantarık Tepe (1149 m), kuzey doğuda, Susuzkaya Tepe (1027 m), güneyde, Tükmenler Tepe (1236 m), güneydoğuda Kocaçam Tepe (1173 m), Kekik Tepe (1190 m), güneybatıda, Bozeyrek Tepe (1183 m), batıda Akya Tepe (1169 m) ve Kayabaşı Tepe (1190 m) dir (Şekil 4.2).



Şekil 1.2 Çalışma alanı ve çevresinin topoğrafik haritası.

İnceleme alanı içerisinde bulunan belli başlı akarsular Kocaçay, Barağı Çayı, Boğçalar Deresidir. Çavdarhisar içerisinden geçen Kocaçay güneybatı-kuzeydoğu yönünde

akmakta olup, Kocaçay üzerinde bulunan Çavdarhisar Barajı içme, sulama amaçlı yapılmış bir barajdır (Şekil 4.2).

Anadolu'da M.Ö 1'inci yüzyıldan günümüze kadar en iyi şekilde ulaşabilmiş ve dünyada Zeus adına yapılan ve sağlam kalmış tapınaklardan biri olan ve kendine has özel bir mimariye sahip Zeus Tapınağı, dünyanın ilk ticaret borsa binası, ikisi ayakta kalmış beş köprü, iki agora, gymnasium, Meter Steunene kutsal alanı, nekropoller, antik bir bent, suyolları, kapı yapılarının içinde bulunduğu Aizanoi Antik Kenti Çavdarhisardadır. Selçuklular döneminde Çavdar Tatarları tarafından Aizanoi Antik Kenti olarak kullanılmasından dolayı buraya Çavdarhisar adı verilmiştir (İnt. Kyn. 3).

1.2 Çalışmanın Amacı

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olan bu çalışma ile Çavdarhisar (Kütahya) ve yakın çevresinde bulunan sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile oluşum etkenleri belirlenerek kökensel özelliklerinin incelenmesi, aynı zamanda havzanın stratigrafik gelişiminin aydınlatılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Önceki Çalışmalar

Nebert (1960), Tavşanlı çevresinde linyit içeren Neojen yaşlı birimlerin stratigrafisi ve tektoniği ile ilgili çalışmasında birimlerin Miyosen yaşlı Tunçbilek serisi ve Pliyosen yaşlı Domaniç serisinden oluştuğunu belirtmiştir.

Akkuş (1962), Kütahya-Gediz arasındaki sahada yaptığı çalışmada fillit, klorit, serisit şistlerin Paleozoyik yaşlı olduğu, ofiyolitik serinin Mesozoyik yaşlı olduğunu, göl kalkerleri olarak nitelendirdiği kireçtaşı ve marnların fosil içerikleri nedeni ile Alt Pliyosen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Kalafatçioğlu (1962), Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ile ilgili yaptığı çalışmada bölgedeki en yaşlı kayaların Paleozoyik yaşlı gnayslar üstüne mermer mercceklerinden oluşan muhtelif şistler olduğunu belirtmiştir. Metamorfik seri üzerine Permien yaşlı kumtaşı ve kireçtaşlarının geldiğini belirtmiştir. Mesozoyik'in, Üst Kretase yaşlı altta kalın tabakalı kalker serisi ve üstünde filiş serisinden oluştuğunu, filiş ofiyolitik serinin serpantin, volkanik breş, diyabaz ve şistler ile karışık durumda olduğunu, altta bulunan kalker serisinin üst kısmındaki kireçtaşlarında bulunan fosil içerikleri nedeni ile Maastrichtiyen yaşında olduğunu belirtmiştir. Neojen birimlerin konglomeralar ile başladığını, kum, kil, marn, kireçtaşı, kumtaşı, silisli kireçtaşı, silis yumru ve tabakaları ve tuf ile devam ettiğini ifade etmiştir.

Kaya (1972), Tavşanlı civarında yaptığı çalışmasında, Paleozoyik yaşlı birime İkibaşlı formasyonu ismini vermiş formasyonun alttan itibaren: şist, talk şist, metakonglomera, şistlerden oluştuğunu belirtmiştir. Mesozoyik yaşlı birimleri Jura, Kretase ortası ve Kretase sonu olarak üç kısma ayırmıştır. Jura yaşlı birimler alttan üste ultrabazikler, lavsonit, albitişist (Kızıltepe formasyonu), metagrovak, sleyt ve kireçtaşından oluşan Üyücek formasyonu, rekrystalize kireçtaşından oluşan Kayaardı kireçtaşı birimidir. Kretase ortasını Ovacık grubu (Değirmendere formasyonu, Pırnallı formasyonu, Gölcük formasyonu, Gelbirtepe formasyonu) olarak tanımlamış, Kretase sonunun ise şeyl,

kumtaşı biriminden oluşan Karaçalı forması ile tabanı kumtaşı olan Budağan kireçtaşıdan oluştuğunu belirtmiştir.

Helvacı ve Firman (1977), Emet Havzasında yaptığı çalışmasında, Orta Oligosen yaşlı tortul oluşumların Emet Nehrine paralel uzandığını bahsetmiştir. Daha önce Neojen olarak bilinen Emet havzasındaki birimlerin Orta Oligosen olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Emet borat havzasının bir göl dizilimi olarak kil, marn ve kalkerden oluştuğunu, yaklaşık 400 m borat yataklı kil, tuf ve marnlar seviyesi, 100 m konglomera, kömürlü kumtaşı, kil, marn kireçtaşı ve jips bantlı seviye, 125 m ince tabakalı alt marn ve tuf mercekli kireçtaşı seviyesi olduğunu ve altta ise yaklaşık 150 m uyumsuz olarak bulunan mermer, mikaşist ve kalkışist tipinde olduğunu belirtmiştir. Borat yatakları içeren birbiri ile bağlantılı orta Triyas yaşlı playa göllerin, Orta Oligosen termal akışkanlar ve yüzey suları ile beslendiklerini, iklim kurak ve yarı kurak olduğunu bildirmiştir.

Akdeniz ve Konak (1979), Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci civarında Menderes masifi ile ilgili stratigrafik ve yapısal sorunlar hakkında çalışma yapmışlardır. Menderes masifinin çekirdeğini oluşturan migmatitlerin; Prekambriyen'de çökelmiş killi, pelitik sediman ve grovaklardan türediğini bildirmişlerdir. Triyas ile Erken Jura'yı detritik karbonat geçişi, Geç Jura-Erken Kretasen'in karbonat ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. Tersiyer başlarındaki yükselmesi sonucu olarak Simav grabeninin kırık sisteminin yerleştiğini, Neojen çökellerin bu bölgedeki çukurluklarda depolandığını belirtmişlerdir. Miyosen volkanik kayaların görsel çökellerle yanal geçişli olduğunu, bugünkü morfolojisini kazanmaya başlayan bölgede masifin yükseliminin devam ettiğini, Miyosen öncesi başlayan epirojenik hareketlerin günümüzde de süregeldiğini bildirmişlerdir.

Gün vd. (1979), Gediz, Emet Havzaları güneyinde yaptıkları çalışmada Üst Kretase ve öncesini temel kayalar olarak adlandırmış Menderes masifinin örtü şistlerinin Paleozoyik yaşlı olduğunu, kuvarsit ve mermerlerin Triyas yaşlı olduğunu, dolomitik kireçtaşlarının Orta-Üst Jura yaşlı olduğunu, ofiyolitik melanjin Üst Kretase yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Bölgenin Neojen stratigrafisini ve birimlerin kesin yaş tayinlerini polen analizi, bitki ve hayvan fosilleri ile saptamışlardır. Miyosen ve Pliyosen birimleri arasında açısal uyumsuzluk olduğunu söylemişlerdir.

Tokay ve Doyuran (1979), Gediz dolaylarında gerçekleştirdikleri sismotektonik çalışmalarında, bölgenin karmaşık blok faylanmasıyla etkilendiğini ve etkili bir deprem kuşağı içerisinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bölgede izlenen fayların düşey atımlı normal faylar olduğunu tespit etmişlerdir.

Ercan vd. (1983), Simav çevresinde yaptıkları çalışmada Orta-Üst Miyosen yaşlı volkanik evre sonrasında, Alt Pliyosen'de akarsu ve göl ortamlarında konglomera, kumtaşı, tüfit, kıltaşı, marn aralanmalı birimler oluştuğunu, bu birimlerin üzerine gelen Alt-Orta Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşı birimi sonrasında, Orta-Üst Pliyosen'de başlayan ikinci volkanik evrede birimlerin üzerinin bazaltik lavlar ile örtüldüğünü belirtmişler ve üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı birimlerin geldiğini ve yine üzerine üçüncü evre volkanizmanın bazaltik ürünlerin geldiğini belirtmişlerdir. Son bazaltik ürünleri Burgaz volkanitleri ile eşlenebileceğini, Burgaz volkanitlerinin de Borsi vd. (1972)'e göre 1.1 milyon yıllık K/Ar yaşı saptadıklarını belirtmişlerdir. Volkanitlerde yaptıkları petrokimyasal çalışmada Orta Miyosen'de başlayan kalkalkalin nitelikli volkanizmanın zamanla alkaline nitelik kazandığını ve Pliyosen'den sonra alkali bazaltik volkanitlerin görüldüğünü belirtmişlerdir.

Baş (1986), Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz yöresinin Tersiyer jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi çalışmasında; Tavşanlı-Oğulcak tepede Erken Eosen yaşlı sarımsı pembe renkli kireçtaşları, kömür içeren orta Miyosen yaşlı konglomera, kum ve kilden oluşan Beke formasyonu, marn, kil, kumtaşı, konglomera ve kireçtaşından oluşan polen analizi ve ostrakod fosillerine dayanarak Üst Miyosen yaşlı Tunçbilek formasyonu, Civandağı tüflerini, konglomera, kumtaşı, marn, tuf, tüfit, kireçtaşı ara düzeyleri içeren Alt Pliyosen yaşlı Saruhanlar formasyonu, Karaköy volkanitleri, Çokköy formasyonu, Üst Pliyosen yaşlı Emet formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Kocaayak Tepe formasyonuna ait birimleri tanımlamıştır. Miyosen fosil türlerine dayanarak ortamın tatlı ve hafif tuzlu göl ortamı olduğunu, göllerin grabenleşme sonucu ortaya çıktığını, gölsel ortamın ve volkanizmanın etkinliğini Pliyosen sonuna kadar sürdürdüğünü belirtmiştir.

Şener ve Gevrek (1986), Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonlarını çalışmışlardır. Emet yöresindeki Dereli de ofiyolitik melanaj ve kireçtaşlarının

olduğu bölgede klorit zonunun gözleendiğini iyon alışverişinin yaygın olduğunu, Aşağıyoncağa da ise kireçtaşı ve tüflerin egemen olduğu ve kalk alüminyum silikat zonun hakim olduğunu belirlemiştir. Emet Yöresinde 150-200 °C'lik rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkandan söz etmişlerdir.

Baş (1987), Tavşanlı-Domaniç (Kütahya) volkanitlerinin özellikleri ve Batı Anadolu Senozoyik volkanizmasındaki çalışmasında Miyosen volkanitlerinin subalkali özellik gösterdiğini, çöküntü havzalarının sınırlarını volkanitlerin belirlediğini, Miyosen yaşlı dasit-riyolitlerin kimyasal bileşen açısından üst kıta kabuğuna, Pliyosen yaşlı andezitlerin alt kabuğuna uyduğunu belirlemiştir.

Arık (2002), Gümüşköy (Kütahya) gümüş yataklarının jeokimyasal modellemesi çalışmasında, çalışma alanının da düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayalardan oluşan Karbonifer-Permiyen yaşlı Şahin formasyonunun temeli oluşturduğunu, tuf, karbonat ve kil bileşimli kayalardan oluşan Çokköy formasyonunun Alt Pliyosen yaşlı olduğunu, karbonatlı kayalardan oluşan Emet formasyonunun ise Üst Pliyosen yaşlı olduğunu belirtmiştir. Gümüş cevherinin Şahin formasyonuna ait metamorfik kayalar, Tavşanlı volkanitlerine ait riyodasitik ve riyolitik tüfler ve Emet formasyonuna ait kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları içerisinde olduğunu belirtmiştir.

İlhan (2006), Emet ve Hisarcık (Kütahya) civarı bor yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelemesi çalışmasında kıltaşı-silttaşı, tuf, tüfit, kireçtaşı, kıltaşı-kömür, kıltaşı-tuz aralanmalarında bor cevher zonları tespit etmiştir. Petrografik ve mineralojik incelemelerde tüflerin volkan camı ile çimentolandığını kireçtaşlarının ise mikritik olduğunu borların türlerinin ise kolemanit, üleksit ve probertit olduğunu belirlemiştir. Bu bölgede probertit varlığını ilk kez tespit etmiştir. Kimyasal analizlerde yüksek Sr ve As içeriklerinin tunelit, viçit-A, terujit ve kahnit minerallerinin olabileceğini tespit etmiştir.

Özburan (2009), Kütahya ve çevresinin neotektonik incelemesi çalışmasında İzmir-Ankara Okyanusu'nun kapanma süreciyle K-G yönlü sıkışmalı tektonik rejimin Pliyosen sonuna kadar hüküm sürdüğünü ancak, Miyosen ortasından itibaren etkinin azaldığı ve bu dönemde göl sularının yükseldiğini, daha geniş havza oluşturarak çökelmenin devam

ettiğini, Çokköy formasyonunun bu sedimantasyonun ilk ürünü olduğunu, Geç Miyosen den itibaren Emet formasyonu karbonatları çökellerinin hakim olduğunu belirtmiştir. Pliyosenin sonundan itibaren sıkışmalı rejimin yerini KD-GB yönlü gerilmeye bıraktığını Kütahya Grabeninin oluşmaya başladığı bu dönemin neotektonik dönemin başlangıcı olarak değerlendirmiştir.

Göncüoğlu (2011), Kütahya-Bolkardağı Kuşağının (KBK) jeolojisi çalışmasında; KBK'nın Menderes Masifini kuzey, doğu ve güneyden çeviren Miyosen öncesi örtü birimleri olduğunu, bu birimlerin Bornova Filiş Zonu, Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Likya Napları, Kiklat Napları isimleri ile anıldığını, KBK'ya ait istiflerin Torit-Anatolit platformunun Alpin sıkışma evresi hakkında sağlıklı veriler taşıdığını belirtmiştir.

Okay (2011), Kuzeybatı Anadolu'da, Karakaya Kompleksi, Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonu olmak üzere üç metamorfik kuşağa ayırmıştır. Kütahya-Bolkardağı Kuşağını kuzeyden güneye azalan metamorfizma koşulları gözetilerek mavi şist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiş Tavşanlı Zonu, yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiş Afyon Zonu olmak üzere iki ayrı zona ayırmıştır.

Şahin (2013), Çavdarhisar (Kütahya) ve yakın civarının Geç Senozoyik yaşlı gerilme durumları ve aktif tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması çalışmasında 184 adet fay düzlemi ölçmüş, yaptığı kinematik analizlere göre Geç Pliyosen öncesi iki, Geç Pliyosen ve Geç Pliyosen sonrası birer adet olmak üzere toplam dört tektonik rejimin varlığını tespit etmiştir. Çavdarhisar Havzası batısında bulunan Çavdarhisar Fayının Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu birbirine paralel birkaç fay ile fay zonu görünümünde olduğunu Çavdarhisar Fayı ile doğusunda görülen fayların saha gözlemlerinden normal fay olduğunu, bölgenin deprenselliğini kontrol eden tektonik rejimin genişlemeli rejim olduğunu belirtmiştir.

Fidan (2016), Çalıştığı bölgede Sarıcasu formasyonunun metamorfizmaya uğramış fillitlerden oluştuğunu ve bu birim içerisinde stratiform bir şekilde manganez yataklandığını belirtmiştir. Ayrıca cevherleşmenin sedimanter bir şekilde başlayarak sonrasında yan kayaçla metamorfizmaya uğradığını ve şisti yapı geliştiğini tespit etmiştir.

Şener ve Karakuş (2017), Tavşanlı ovasında yaptıkları çalışmada fiziksel ve hidrojeolojik olarak Sarıcasu formasyonu ve Çokköy formasyonunun akıtarı, Dağardı ofiyolitik melanjinin akıfı, Emet formasyonu ve alüvyonların akifer birimler olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bölgedeki suları bazik karakterli yumuşak sular olarak değerlendirmiş, su örneklerinin Ca-Mg-HCO₃ ve Mg-HCO₃'lı sular olduğunu, bu durumun kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit birimleri ile kayaç-su etkileşimine bağlı olarak geliştiğini belirtmişlerdir.

Cihan (2018), Kütahya civarı jeotermal kaynaklarının araştırılması çalışmasında, Batı Anadolu'daki tektonik rejim nedeniyle yükselen üst mantonun, bölgedeki jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturduğunu belirtmiştir. Kalkan formasyonuna ait gnaysların çok tektonize olması nedeniyle hazne kaya özelliği taşıyabileceğini belirtmiş, Kalkan formasyonu üstündeki Simav metamorfikleri içindeki mermerler ile Balıkbashi formasyonunun ideal hazne kaya özelliği taşıdığını, Sarıcasu formasyonuna ait şistler ile Miyosen yaşlı bazaltların örtü kayaları olduğunu belirtmiştir.

Soyakıl (2018), Gediz (Kütahya) kuzeyinde yaptığı çalışmada temel birimlerin Miyosen'den itibaren Neojen birimlerince üzerlendiğini, Neojen birimlerin volkanik birimler tarafından kesildiği ve sürecin ise Erken-Orta Miyosen boyunca devam ettiğini sıkışmalı rejim nedeniyle akarsu çökellerinin depolandığını bildirmiştir.

Acar (2021), Emet havzasında Miyosen volkanitleri ile ilgili çalışmasında, K-Ar yaşlandırmasına göre Köprücek volkanitlerinin Erken Miyosen, Dereköy volkanitlerinin ise Orta Miyosen yaşında olduğunu belirlemiştir. Stratigrafik olarak Dereköy volkanitlerinin üzerinde bulunan Emet formasyonunun yaşını Orta Miyosen olarak kabul etmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

Çavdarhisar Havzasında bulunan birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya koyulması aynı zamanda havzanın stratigrafik gelişiminin aydınlatılması için jeolojik gözlemler, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları yapılmıştır.

3.1 Arazi Çalışması

Arazi çalışmaları 26.09.2020-02.11.2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Araziden belirlenen lokasyonlardaki birimlerin kalınlıkları ölçülerek sistematik olarak örnekler alınmıştır. Akpınar köyü kuzey batısında Bedir Deresi mevkiinden (Kesit-1) 7 örnek, Akpınar köyü doğusu yol kenarından (Kesit-2) 12 örnek alınmıştır. İnceleme alanında araziden nokta ve kesit alınan örnek yerleri harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.2).

Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından Hacıbekir köyü yakınında yapılmış olan (Ç-1) 132 m ve Hacımahmut köyü yakınında yapılmış olan (Ç-2) 236 m derinliğindeki sondajlardan toplam 18 adet sistematik örnekler alınmıştır. Örnekler alındığı metreye göre isimlendirilmiştir. Arazi ve sondaj çalışmaları ile tüm formasyon ve birimlerden toplam 68 adet örnek alınmıştır.

3.2 Laboratuvar Çalışması

Alınan örneklerden çalışmanın amacına uygun olarak seçilen 36 adet örnek X-ışını kırınımı (XRD) analizi için havada kurutularak halkalı değirmende -100 µm boyutunda öğütülmüştür. Örnekler toz haline getirildikten sonra tüm kayaç mineralojik bileşimleri X-ışınları difraktometre analizi ile belirlenmiştir. X Işınları çekimleri ile elde edilen difraktogramlardan itibaren mineral tanımlamaları JCPDS (1993) kartlarından faydalanarak yapılmıştır. Gündoğdu (1982) kütle absorpsiyon katsayıları kullanılarak minerallerin % içerikleri tespit edilmiştir. Bu metodun nispi doğruluğu % ± 15 olarak tespit edilmiştir.

Tüm kaya XRD grafikleri değerlendirildikten sonra kil içeriği yüksek 6 adet örnek kil ayırma işlemi yapıldıktan sonra, normal, etilen glikol ve 550 °C fırınlı XRD çekim işlemlerine geçilmiştir. Etilen glikol ile örnek 60 °C’de etüvde en az 1 saatten az olmamak üzere bekletilmiş sonrasında ara vermeden XRD analizi yapılmıştır. Fırınlı çekimde ise örnek 550 °C etüvde 1 saatten az olmamak üzere bekletilmiştir. Yaklaşık 20 dakika kadar soğuduktan sonra XRD analizi yapılmıştır. Normal difraktogramı $2\theta=2^{\circ}-70^{\circ}$, etilen glikollü ve fırınlı difraktogramı $2\theta=0^{\circ}-30^{\circ}$ aralığında yapılmıştır. X-ışınları çözümlmeleri, Afyon Kocatepe Üniversitesinde Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) laboratuvarında Shimadzu 6000 model ve Bruker D8 Advance X-ışınları difraktometreleri kullanılarak yapılmıştır.

Mineralojik analizlerin değerlendirilmesinden sonra çalışmanın amacına uygun olarak seçilen 20 adet örnek jeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için Acme (Kanada) Laboratuvarlarında, ana element oksit, iz ve nadir toprak elementleri, toplam C (TOT/C), toplam S (TOT/S) içerikleri belirlenmiştir. Analizlerde ICP-MS ve EAS (Inductial Couple Plazma – Mass Spectrometry, Emission Spectrometry) ile ana oksit ve iz element, ateşte kayıp (kil, karbonat ve sülfatlarda), Leco analizi ile karbonat ve sülfat içeren örneklerde toplam C ve S analizleri yaptırılmıştır.

Seçilen 10 adet karbonat veya karbonatça zengin örnek Ortadoğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezinde (MERLAB) $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranı tayini deneyi yaptırılmıştır. Deneyler Gas Bench-Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometry (DeltaPlus XP Isotope Ratio Mass Spectrometer-ThermoFinnigan) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karbonat örnekleri, 0.2-0.4 mg arasında hassas terazide tartılıp örnek haznelerine yerleştirilmiştir. Her örnek Ortho-Phosphoric acid-99% (MERCK) (yaklaşık 0.1 ml) ile yaklaşık 70 °C’de tutulan otomatik örnekleyici tablada bir süre (yaklaşık 2 saat) tepkimeye bırakılmıştır. Bu tepkime sonucu açığa çıkan CO_2 gazı, Gas Bench ara birimi tarafından saflaştırıldıktan sonra kütle spektrometresine izotoplarına ayrılması için yollanmaktadır. CO_2 gazına ait iyon oranları ISODAT software tarafından ham izotopik oranlara dönüştürülmektedir. Analizlerde ana standart olarak “NBS19 Limestone (NIST)” ($\delta^{13}\text{C}$:1.95 ‰ ve $\delta^{18}\text{O}$: -2.20 ‰) standardı örnekler ile birlikte her deney setinde analiz edilmiş ve cihaz tarafından belirlenen

örneklere ait ham izotop oranların gerçek izotopik değerlere dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar permil-‰0 cinsinden VPDB'ye (Vienna Pee Dee Belemnite) göre belirlenmektedir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranlarına ilişkin 1σ hata payları 0.2 ‰'i aşmamaktadır.

Seçilen örneklerin Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezinde (TUAM) LEO VP-1430 model taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri ile minerallerin morfolojileri ile neoforma minerallerin ilişkileri, kristal büyüklükleri belirlenmiştir. EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) analizleri yapılarak minerallerin yarı nicel kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Örneklerin yüzey nemi uzaklaştırıldıktan sonra mineral görüntülerinin daha net olması amacıyla karbon ile kaplatılmıştır.

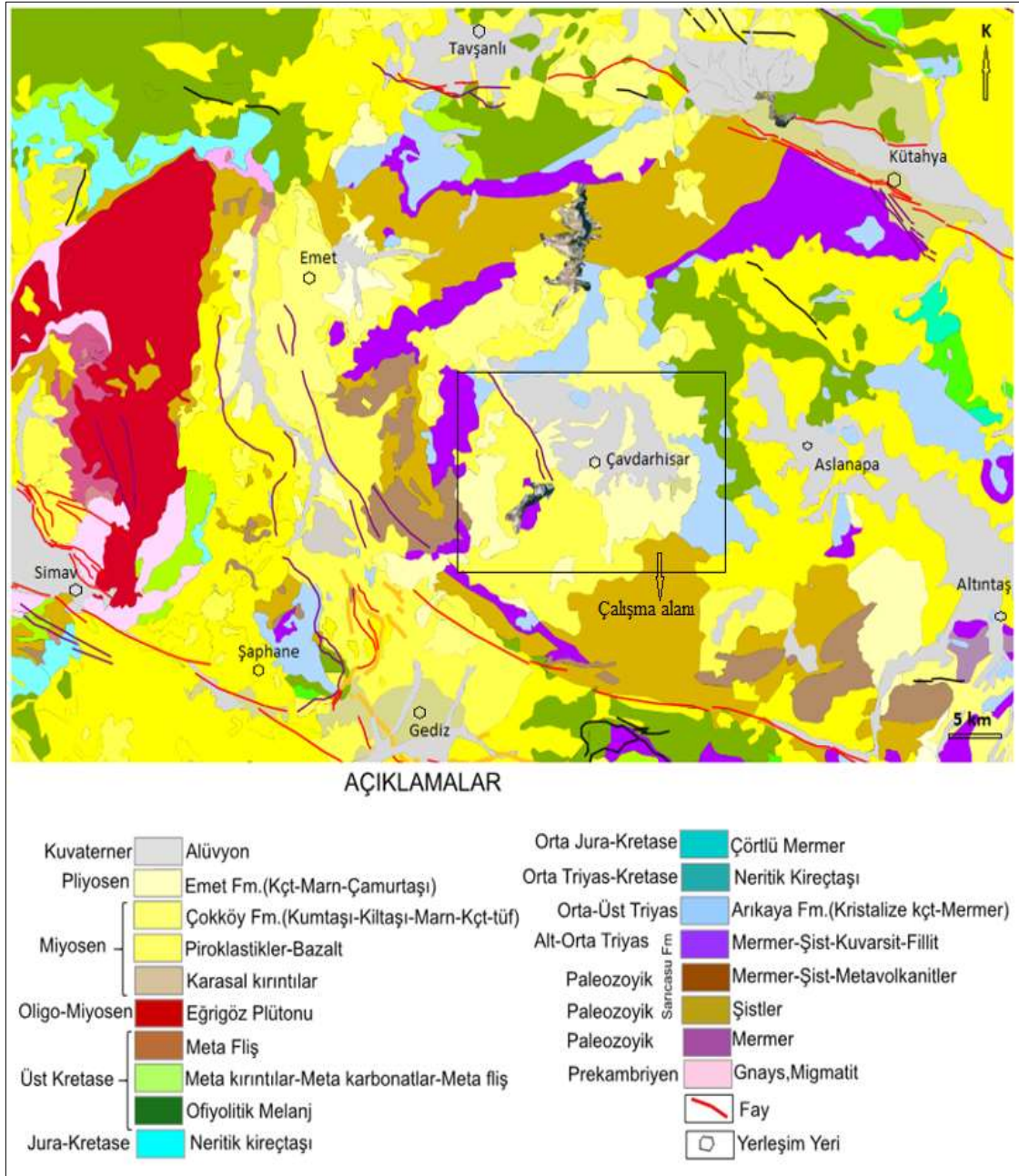
3.2 Büro Çalışması

Arazide yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler ile çeşitli laboratuvarlarda yapılan analiz sonuçları yorumlanarak, tablolar, diyagramlar, kesitler çizilerek değerlendirilmiş ve çıkan sonuçlara göre yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Büro çalışmalarında MS Office programlarından, jeoloji haritalarının çiziminde Netcad 7 GIS programından faydalanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı ve yakın çevresinin temelini Prekambriyen yaşlı migmatit ve gnayslar ile Paleozoyik yaşlı gnays, çeşitli şistler ve mermerlerden oluşan kayaçlar oluşturmaktadır olup, üstüne Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler gelmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışma alanı yakın çevresinin bölgesel jeoloji haritası (MTA Türkiye Jeoloji Haritası 2011 ve 2013 Türkiye Diri Fay Haritasından değiştirilerek alınmıştır).

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Menderes Masifi'nin temelini gözlü gnays, granitik gnays, bantlı gnays ve migmatitten yapıli gnays biriminden oluşmakta olup, temel kayaları metavolkanitler, şistler ve şistleri ise platform tipi kireçtaşlarından türemiş mermerler uyumlu olarak üzerler (Dora vd. 1992). Migmatit ve gnayslar Simav çevresinde, Paleozoyik yaşlı gnays şist ve mermerler Tavşanlı, Emet, Gediz, arasında kalan bölgede yüzlek vermiştir. Bu kaya birimleri Menderes masifinin kuzey, kuzeydoğu ucunu temsil etmekte olup, faylarla sınırlı çoğunlukla Miyosen yaşlı sedimanter birimler ile görülmektedir.

Kütahya'nın güney batısında çok geniş alanda, Tavşanlı güneyinde Çavdarhisar güney ve batısında görülen mikaşistler ve mermerler KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır. Çalışma alanımızda görülen Üst Paleozoyik yaşlı mermerler ve şistler Sarıcasu formasyonu, kristalize kireçtaşı ve mermer birimleri ile temsil edilen birim ise Arıkaya formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Tavşanlı çevresinde, Kütahya kuzey kesimlerinde Çavdarhisar, Aslanapa kuzeyinde görülen Ofiyolitik Melanj serpantin şist, talkşist, kalkşist, killer ve blok kireçtaşlarından oluşur. Çalışma alanımızın doğusunda görülmüş olup Dağardı ofiyolitik melanjı olarak adlandırılmıştır. Akdeniz ve Konak (1979)'a göre melanjın Eosen yaşlı çökeller tarafından örtülmesi nedeniyle yaşının Kretase -Eosen olabileceğini belirtmiştir.

Çalışma alanımızın batısında ise Simav kuzey kesiminde Eğrigöz plütunu bulunmaktadır. Eğrigöz Graniti tipik olarak granit, monzogranit ve granodiyoritten oluşur. Aplit, pegmatit daykları içerir ve Oligo-Miyosen yaşlıdır. Bu magmatik kayaç topluluğu Menderes Masifinin metamorfik kayalarını ve Kretase yaşlı meta kırıntıları, meta karbonatları kesmiş, Miyosen'e ait piroklastikler ve sedimanter birimlerce uyumsuzlukla üzeri örtülmüştür (Erdoğan vd. 2003). Eğrigöz plütunu batısındaki volkanik kayaçlar Miyosen yaşlı olup, andezit, tuf, andezitik tuf ve riylitten ibarettir (Gündoğdu vd. 2015).

Neojen yaşlı birimler çalışma alanı yakın çevresinde çok geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Çoğunlukla Tavşanlı, Emet, Simav, Çavdarhisar, Aslanapa, Altıntaş yerleşim yerleri yakınında topoğrafyanın alçaldığı bölgelerde yüzeylemektedir. Neojene ait birimlerden piroklastikler sadece Eğrigöz plütunu batısında görülmektedir. Diğer Neojen birimleri ise kumtaşı, çamurtaşı, marn ve kireçtaşları veya bu birimlerin

ardalanmaları şeklindedir. Çavdarhisar güney ve batısında görülen kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşlarından oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı birim Çokköy formasyonu olarak adlandırılmıştır. Pliyosen yaşlı çoğunlukla gölsel karbonatlar ve marnlı seviyelerle temsil edilen birim ise Emet formasyonu olarak adlandırılmıştır ve Emet güneyi ile Çavdarhisar yakın çevresinde yüzlek vermektedir. Simav grabeninin, Emet ve Aslanapa havzasının dolgusunu oluşturan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise diğer birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler bulunmakta olup, Paleozoyik, Orta-Üst Triyas yaşlı mermer ve şistler temel kayaçları oluşturur (Şekil 4.2, Şekil 4.3).

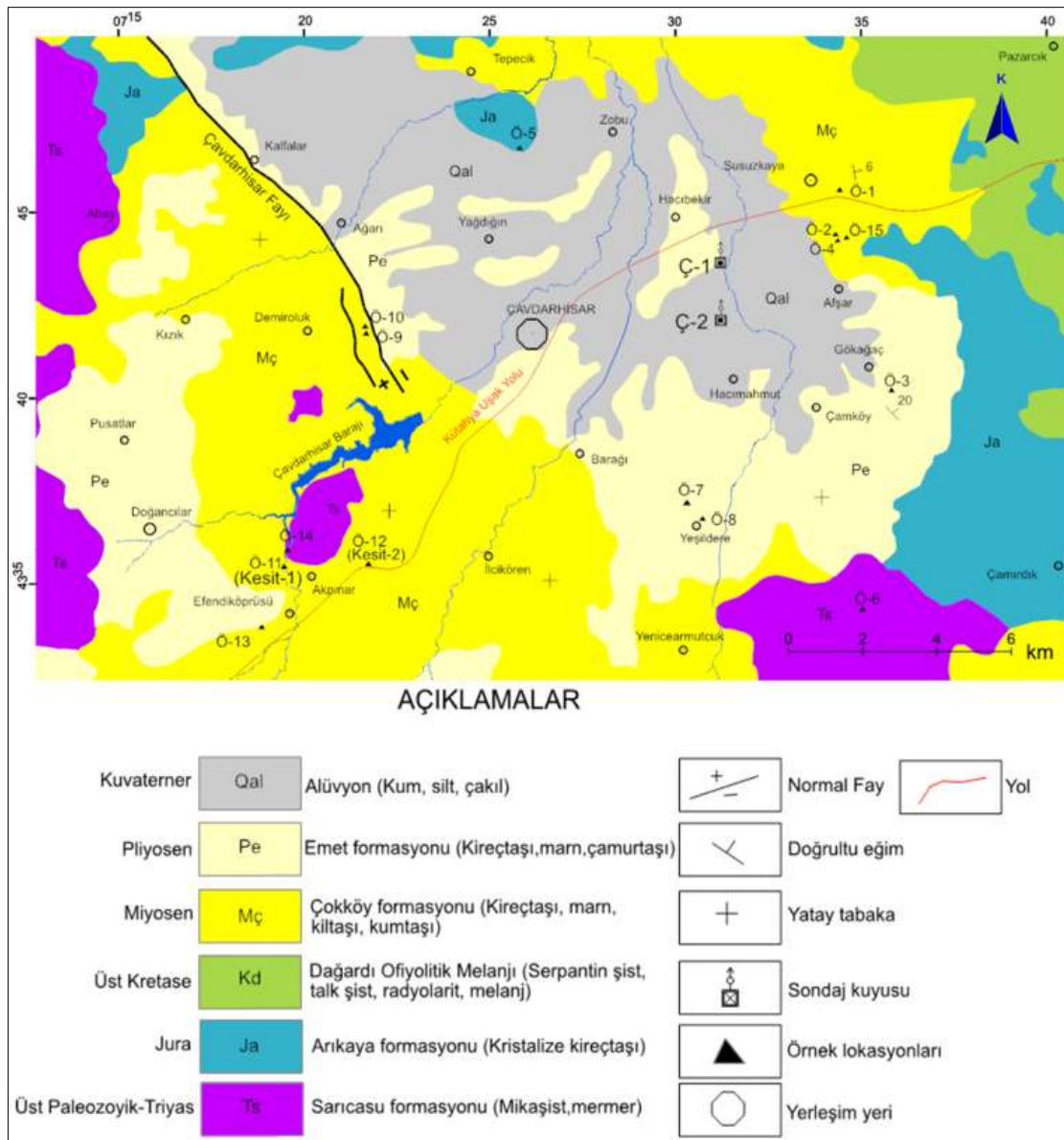
Paleozoyik-Orta Üst Triyas yaşlı Sarıcasu formasyonu üstünde uyumlu olarak Jura yaşlı Arıkaya formasyonu kristalize kireçtaşları bulunmaktadır. Kretase yaşlı Dağardı Ofiyolitik melanjı Arıkaya formasyonu üzerinde tektonik olarak yer almakta olup Neojen yaşlı Çokköy formasyonu ile Emet Formasyonu Mesozoyik yaşlı birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 4.3).

4.2.1 Sarıcasu Formasyonu (Ts)

Sarıcasu formasyonu inceleme alanımızın temelini oluşturan en yaşlı birimdir. Akdeniz ve Konak (1979) tarafından ilk kez adlandırılmıştır. Birim mermerler ve kalkışist, fillit, kuvarsit, mikaşist, serisit şistlerden oluşur (Şekil 4.3).

Kaya (1972), Tavşanlı yöresindeki çalışmasında şist ve düğümlü şistlerden bahsetmiş ve birimi İkibaşlı formasyonu olarak adlandırmıştır. Özcan vd. (1989)'a göre İhsaniye Metamorfik Karmaşığı, Arık ve Temur (2003), tarafından ise Şahin formasyonu adı altında incelenmiştir. Bacak (2003), tarafından ise taban metamorfikleri (Eğrigöz metamorfikleri) olarak adlandırmıştır. Birimin muskovitli ve serisitli kalkışist, kuvarslı-serisitsist, kuvarslı-serisitli talkışist türü metamorfiklerden oluştuğunu belirtmiştir.

Özburan (2009), birimin başlıca fillit, kuvarsit metakonglomera, kalkışist ve mikaşistten oluştuğunu bildirmiştir. Okay (2011), kuvars ve mikaşistlerden oluşan metamorfik seriyi Kocasu formasyonu olarak adlandırmıştır. Göncüoğlu (2011), İhsaniye metamorfik kompleksi adlandırmasını kullanmış birimin mikaşist, metagranitik kayalar ile mermer, grafitşist ve kuvarsit içerdiğini belirtmiştir. Özen (2012), Simav metamorfiklerini kuvars-muskovit şistler, albit, klorit, muskovit, serisitşistler ile yanal ve düşey geçişli mermerler olarak tanımlamış, birimin orta kesimlerinde metamorfik, metaultramafik seviyeler olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.2 Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 2011 Türkiye Jeoloji Haritası ve 2013 Diri Fay Haritasından değiştirilerek hazırlanmıştır), örnek, kesit ve sondaj lokasyonları.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon	Qal		Kum, silt, çakıl
					Uyumsuzluk	
	NEOJEN	PLİYOSEN	Emet formasyonu	Pe		Kireçtaşı, marn, çamurtaşı
					MIYOSEN	Çökköy formasyonu
		Uyumsuzluk				
		MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	Dağardı ofiyolitik melanj	Kd
JURA	Ankaya formasyonu					
TRİYAS						
PALEOZOYİK	ÜST		Sarıcasu formasyonu	Ts		Mermer (Mr), kalkışist, fillit kuvarsit, mikaşist, serisitşist (Sc)
		Mr			Sc	

Şekil 4.3 Maden Teknik Arama 2011 Türkiye Jeoloji Haritasından faydalanılarak hazırlanan çalışma alanı genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Ölçeksizdir).

Çalışma alanımızda mikaşistler ve serisitşistler ile mermerler görülmüştür. Sarıcasu formasyonunu oluşturan bu birimler çalışma alanımızın güneydoğusunda bulunan Yeniarmutcuk köyünün doğusundaki (Almaalan Yaylası mevki) şistler, Doğancılar köyü batısında görülen mermerler ve Çavdarhisar Barajı'nın güneyinde Bozeyrek Tepe (1183 m) ve Aktülüş Tepe (1146 m) mevkiinde gözlenmiş olan mikaşistlerdir.

Almaalan Yaylası mevkiinde bulunan şistlere en düşük 1145 m kotunda en yüksek 1445 m kotunda rastlanılmıştır. Doğancılar köyü batısında görülen gri-beyaz renkli mermerlere ise en düşük 1182 m en yüksek 1570 m kotunda rastlanılmıştır. Serisitşistler koyu krem gri tonlarda, belirgin yapraklanmalı ve ipeksi parlaklığa sahiptir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Sarıcasu formasyonuna ait şistlerden görünüm (Almaalan Yaylası, Lokasyon:735042-4334338).

İnceleme alanımızda görülen mikaşistlerin rengi mat açık yeşil ve yeşilin diğer soluk tonlarına sahiptir (Şekil 4.5). Taze kırık yüzeylerde az parlak olup mineral parajenezi olarak yapılan incelemede, muskovit, biyotit, kuvars, feldispat ve az miktarda kalsit dolguları bulunduğu görülmüştür. Mikaşistlere en düşük 1085 m kotunda Çavdarhisar Barajı güneyinde, en yüksek 1470 m kotunda Doğancılar köyü güneybatısında rastlanılmıştır.



Şekil 4.5 Sarıcasu formasyonuna ait şistler (Bozeyrek Tepe, Lokasyon:719578-4335936).

Kalafatçioğlu (1962), birime Paleozoyik, Kaya (1972), birime Üst Paleozoyik yaşını vermiştir. Özgül (1976), Bolkardağı Kuşağı olarak adlandırılan, şist, kuvarsit ve mermer bloklarından oluşan kesimine Permien yaşını vermiştir. Akdeniz ve Konak (1979), bölgede yaptığı çalışmada formasyona ait çakılların fosilli Orta-Üst Triyas birimleri içerisinde gözlemlemişler, bu sebeple birimin yaşının Permien-Alt Triyas olduğunu bildirmişlerdir. Göncüoğlu vd. (1992), Karbonifer-Permien yaşında olduğunu belirtmiştir. Arık (2002), birimin Karbonifer-Permien yaşlı düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayalardan oluştuğunu belirtmiştir.

(Özburan 2009) formasyonun üst seviyelerinde görülen karbonat blokları nedeniyle Arıkaya formasyonu tarafından uyumlu olarak overlendiğini belirtmiştir.

4.2.2 Arıkaya Formasyonu (Ja)

Mermer ve kristalize kireçtaşı olarak tanımlanan birim ilk olarak Akdeniz ve Konak (1979) tarafından adlandırılmıştır. Akkuş (1962), çalışmada birim için Mesozoyik mermerleri adlandırmasını kullanmıştır. Kalafatçioğlu (1964) Balıkesir-Kütahya arasındaki çalışmada benzer birimleri kalker serisi olarak tanımlamıştır. Kaya (1972) Tavşanlı yöresindeki çalışmada rekristalize kireçtaşlarını Kayardı kireçtaşı olarak adlandırmıştır. Servais (1982), Kocasu formasyonu üzerine gelen mermer serisini İnönü

mermerleri olarak adlandırılmıştır. Arık (2002), gri renkli mermerler için Karaağaç formasyonu adlandırmasını kullanmıştır.

Birime Afşar köyü batısı ve güneybatısı Çamırdık köyü civarı, Tepecik-Zobu köy yolu güneyi, Tepecik köyü kuzey batısı ve Ömerfakı köyü doğusunda, Abaş köyü batı kesimlerinde rastlanmıştır. Abaş köyü Ömerfakı köyü civarında Sarıcasu formasyonu ve Çokköy formasyonu ile yanal düşey geçişlidir (Şekil 4.2).

Çalışma alanında birime en düşük Tepecik-Zobu köyleri arasında 1004 m kotunda, en yüksek Afşar köyü doğusunda 1484 m kotunda rastlanılmıştır. Birim, gri renklere oldukça çatlaklı olup, bazı çatlaklar kalsit dolguludur (Şekil 4.6). Konak (1982), kristalize kireçtaşının basınç ikizlenmesi sunan kalsitten oluştuğunu belirtmiştir. Arık ve Temur (2003), birimin gronablastik dokuda ve ana bileşenin kalsit olduğunu, kuvars, plajiyoklaz ve muskovitin ikincil bileşen olduğunu bildirilmiştir. Özburan (2009)'a göre formasyonun yaklaşık kalınlığının 400 m'dir.



Şekil 4.6 Arıkaya formasyonuna ait kristalize kireçtaşları (Tepecik-Zobuköy arası, Lokasyon: 725816-4346748).

Kaya (1972), çalışmasında Kayaardı kireçtaşı olarak adlandırdığı kristalize kireçtaşlarına Jura yaşı vermiştir. Fosil içerikli Orta-Üst Triyas yaşı Budağan kireçtaşları tarafından örtülmesi ve yakın çevredeki Permien fosilli kireçtaşı ile olan litolojik benzerliği

Arıkaya formasyonu için kuşkuyla Permien yaşını düşündürmektedir (Akdeniz ve Konak 1979). Akdeniz ve Konak (1979), birimin fosilli Orta-Üst Triyas yaşlı kayaçlar tarafından (Kırkbudak formasyonu) üzerlendiğini belirtmiştir. Özburan (2009), tarafından birimin yaşı Üst Permien-Alt Triyas olarak uygun görülmüştür.

Arıkaya formasyonu üstüne tektonik uyumsuzlukla Ofiyolitik melanj yerleşmiştir (Şekil 4.3).

4.2.3 Dağardı Ofiyolitik Melanjı (Kd)

Çalışma alanımızda birime ilk olarak Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Dağardı ofiyolitik melanji adlandırması kullanılmış ve serpantinşist, yeşilşist, radyoloritler, yer yer kireçtaşı blokları ve yastık lavlardan oluştuğu belirtilmiştir. Kalafatçıoğlu (1962), Tavşanlı-Dağardı yöresinde serpantin ve kalkerlerin yaşı hakkında çalışmış birime karışık seri adını vermiştir. Kaya (1972) Ovacık grubu olarak adlandırmış, Özburan (2009), Kütahya ve çevresinin neotektonik incelemesinde peridotit, serpantin, diyabaz, serpantinleşmiş harzburjit ve harzburjitlerden oluşan birimi Kınık ofiyoliti olarak adlandırmıştır.

Çalışma sahamızda birim, serpantinşist, yeşilşist, mavişist, radyolarit, talkşist, kalkşist, yastık yapılı lavlar, killler, blok kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 4.3, Şekil 4.7). Çamköy doğusunda 1454 m Pazarcık güney kesiminde Kütahya Uşak Karayolu kenarında 1085 m kotunda görülmüştür (Şekil 4.2). Bacak ve Uz (2003), ofiyolitlerin okyanus ortası sırtı karakterinde olduğunu belirtmişlerdir. Ofiyolitli melanj içerisindeki serpantin şistler arasında manyezit, radyolaritler ve lavlar arasında mangan cevherleşmeleri yer almaktadır (Şahin 2013).

Gün vd. (1979), Gediz Emet güneyinde yaptığı çalışmada çörtlü kireçtaşı, radyolorit blokları içeren ofiyolitik melanjin Üst Kretase yaşlı olduğunu belirtmiştir. Akdeniz ve Konak (1979), çalışma alanında Dağardı melanjinin Eosen yaşlı çökeller tarafından örtülmesinden dolayı melanjin yaşının Üst Kretase-Eosen arasında olabileceğini bildirmiştir. Bacak (2003) ve Özburan (2009) Dağardı ofiyolitik melanji için Üst Kretase yaşı vermişlerdir.



Şekil 4.7 Dağardı ofiyolitik melanja ait bir görüntü (Göynükören kuzeybatısı, Lokasyon: 738919-4346418).

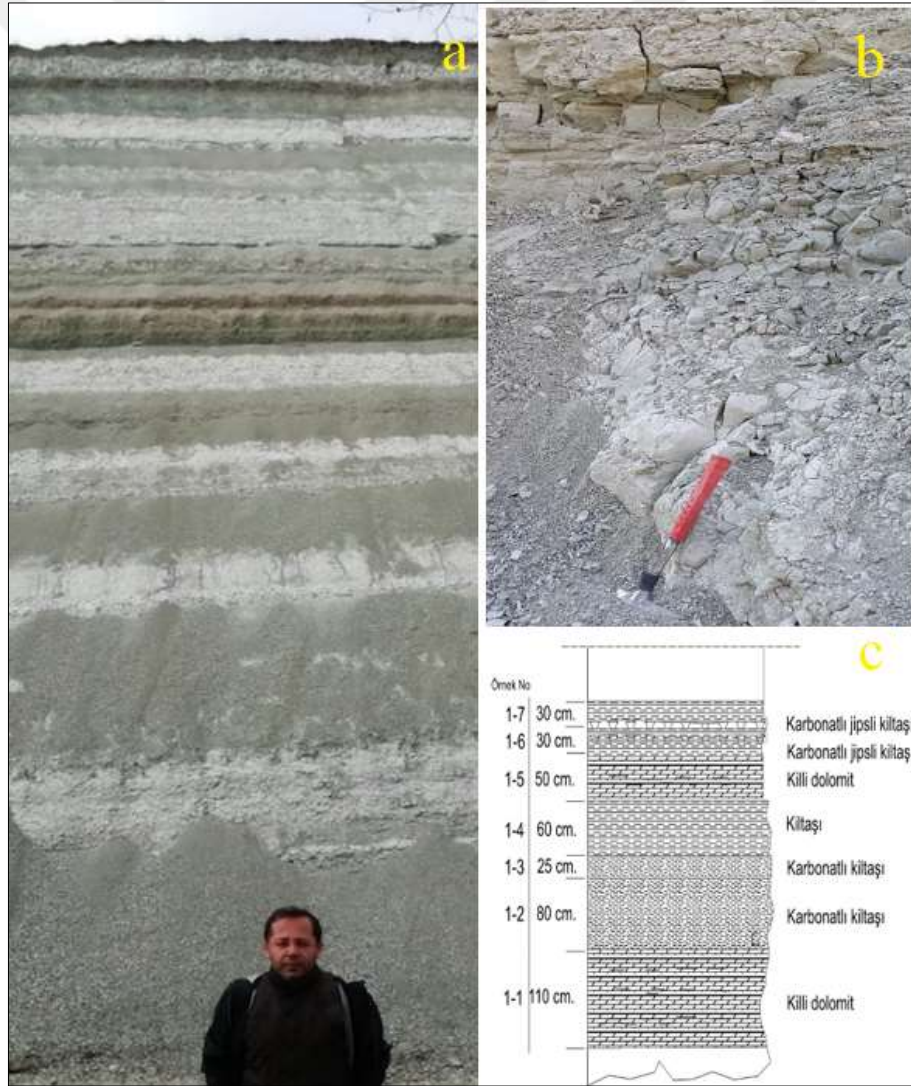
Şahin (2013), açısal uyumsuzlukla melanjin üzerine karasal kırıntılar ve karbonatların geldiğini belirtmiştir. İnceleme alanımızda Çokköy formasyonu uyumsuzlukla birimin üzerine gelmektedir (Şekil 4.3).

4.2.4 Çokköy Formasyonu (Mç)

Başlıca marn, kil, kumtaşı, konglomera, tuf, tüfit ve kireçtaşından oluşan birimi ilk olarak Baş (1986), Domaniç havzası Çokköy kuzeyindeki tipik kesitinden dolayı Çokköy formasyonu olarak adlandırmıştır. Nebert (1960) Tavşanlı-Tunçbilek havzasında havza dolgusunu altta Tunçbilek serisi üstte Domaniç serisi olarak ikiye ayırmıştır. Akdeniz ve Konak (1979), Erken-Orta Miyosen gölsel çökelleri olan çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı ve marndan oluşan birimi Hisarcık formasyonu olarak adlandırmıştır. Özbüran (2009) çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn, tuf, tüfit ve kireçtaşından oluşan birim Çokköy formasyonu adıyla tanıtmıştır.

İnceleme alanımızda oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren birim, Abaş, Kızık, Demirogluk, Akpınar, Efendiköprüsü, İlcikören, Yeniarmutçuk, Çamırdık güneyi,

Susuzkaya, Tepecik köyleri civarında yüzeylemektedir (Şekil 4.2). Çokköy formasyonu çalışma alanımızda çoğunlukla dolomit, killi dolomit, kilitaşı, killi kireçtaşı ardalanmaları ve üstte kumtaşı şeklinde yüzlek vermiştir. Yatay ve yataya yakın (10 dereceden küçük eğimli) dolomitler krem renkli, killi dolomit ve killi kireçtaşları ise koyu krem ve açık yeşil tonlarda, kilitaşları koyu krem açık mat yeşil renklerde, kumtaşları açık kahve renklerde. Kilitaşları içerisinde istifin alt seviyelerinde az miktarda jips bulunmaktadır. Bedir deresi ve Akpınar köyü doğusunda formasyona ait bu birimlerden ölçülü kesitler alınmıştır (Şekil 4.8, Şekil 4.9). Afşar köy yolu yakını ocak sahasında ince kömür bantları görülmüştür. Birim çalışma alanımızda en düşük 1015 m kotunda en yüksek 1250 m kotunda görülmüştür.



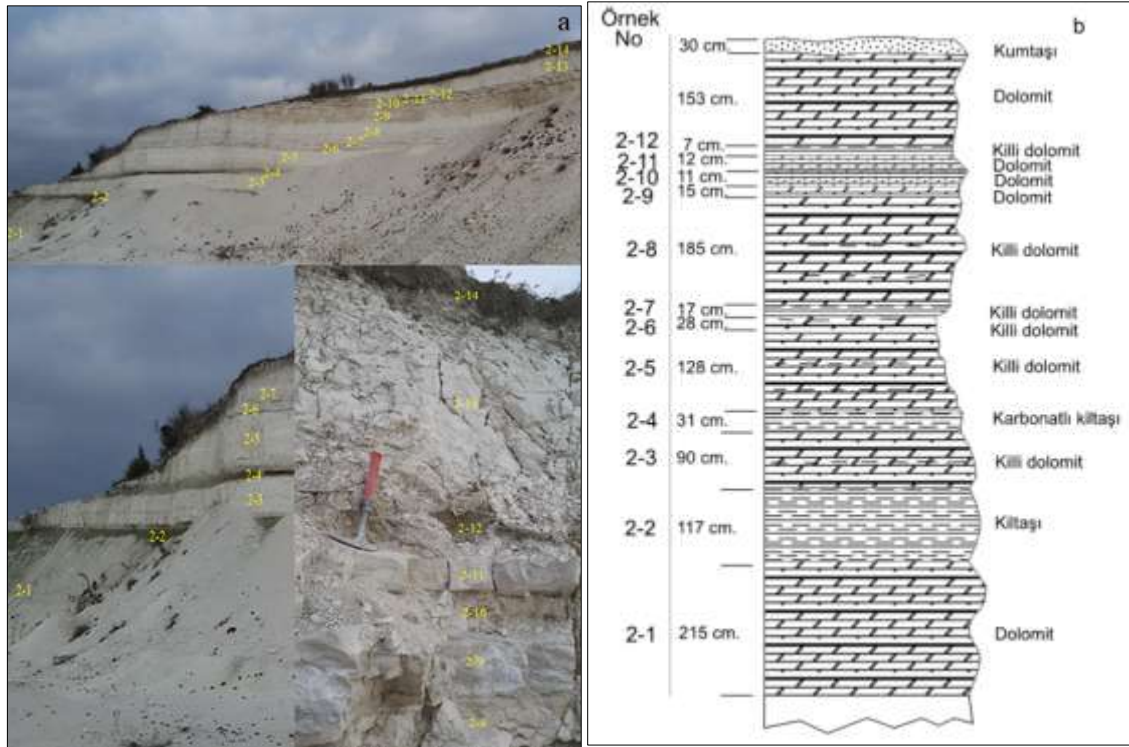
Şekil 4.8 a) Çokköy formasyonuna ait killi dolomit, karbonatlı kilitaşı, kilitaşı ardalanması (Bedir deresi, Lokasyon:719453-4335448), b) Kilitaşı ve killi dolomit, c) Ölçülü dikme kesiti (Kesit 1).

Birim Efendiköprüsü köyü civarında yol yarmasında marn, kumtaşı ar dalanması şeklinde olup, kum mercekleri görülmüştür (Şekil 4.10).

Özburan (2009), çalışmasında Çokköy ve Emet formasyonlarını Seyitömer ve Sabuncupınar Grabenleri ile Karaöz Horstunu ve Yellice Horstunu örten bir paleo gölün ürünleri olarak tanımlamıştır.

Çokköy formasyonu içinde Afşar köyü yakınlarında ocak sahasında normal fay gözlenmiş, inceleme alanında Çokköy formasyonu içinde başka faya rastlanılmamıştır (Şekil 4.11).

Birim, Baş (1983, 1986)'a göre içerdği gastropod ve ostrakod fosillerinden dolayı Alt-Orta Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Kapan-Yeşilyurt (2000), Domaniç yöresinde yaptığı çalışmadaki ölçülü stratigrafik kesitinde birimi Dasiyen (Alt Pliyosen) olarak yaşlandırmıştır. Özburan (2009), birimin üstüne gelen ve yer yer geçişli olan tüflerin radyometrik yaş tayinine göre stratigrafik olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı olarak kabul etmiştir.



Şekil 4.9 a) Çokköy formasyonuna ait dolomit, kilitaşı, killi dolomit ar dalanması (Akpınar köyü doğusu yol kenarı, Lokasyon:721797-4335467) b) Ölçülü dikme kesiti (kesit 2).



Şekil 4.10 Çokköy formasyonu kıltaşı, kireçtaşı ve mercek şeklinde kumtaşı (Efendiköprüsü, Lokasyon: 718867-4333847).



Şekil 4.11 Çokköy formasyonuna ait normal fay görüntüsü (Afşar köyü yakını ocak sahası, Lokasyon: 734540-4344223).

Birim üzerine Emet formasyonu uyumlu olarak yerleşmiştir (Şekil 4.3) (Şener ve Karakuş 2017).

4.2.5 Emet Formasyonu (Pe)

Kireçtaşı ve marn ile temsil edilmekte olan birim ilk olarak Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Emet formasyonu olarak adlandırılmıştır. Özpeker (1969), birimi örtü kalker, Helvacı (2015), Üst kireçtaşı olarak, Akbulut vd. (1984)'ne göre birim kireçtaşı, marn, kiltası ve çakıltaşından oluşmakta olup, örtü birimi olarak adlandırılmıştır. Yalçın (1984) Emet formasyonu, Dündar vd. (1986)'ne göre Üst örtü kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanımızın büyük bir kısmında alüvyonlar ve Çokköy formasyonu ile iç içe yatay ve düşey geçişli olarak Kızık köyü güney ve kuzeyinde, Pusatlar, Doğancılar köyleri çevresi, Efendiköprüsü köyü batısı, Çavdarhisar Fayı boyunca Kalfalar, Ağarı ve Demirogluk köyü doğusunda, Hacıbekir, Gökağaç, Yeşildere köyleri civarında Çavdarhisar fayı doğu ve batısında yüzlek vermiştir (Şekil 4.2). Emet formasyonu çalışma alanımızda kireçtaşları, marn ve çamurtaşları ile temsil edilmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 a ve b Emet formasyonuna ait çamurtaşı ve kireçtaşı (Yeşildere köyü doğusu, Lokasyon: 730735 -4336755)

Çelik (1999), bölgedeki kireçtaşlarında yaptığı çalışmalarda, kireçtaşlarının mikritik, oolitlik ve silis bantlı ara seviyeler içerdiğini belirtmiştir. İnceleme alanında Emet formasyonu Çavdarhisar batısında bulunan Çavdarhisar Fayı üzerinde silisifiye

kireçtaşları içermektedir. Birimin taban seviyelerdeki kireçtaşları kirli beyaz, açık gri, st seviyelerde çamurtaşları soluk kırmızı tonlardadır (şekil 4.12, şekil 4.13, şekil 4.14).



şekil 2.13 avdarhisar fayı st Emet formasyonuna ait kireçtaşları içindeki silisli seviyeler (Lokasyon: 721646-4341912).



şekil 4.14 Emet Formasyonuna ait kireçtaşlarından bir görüntü (Gkaa köyü, Lokasyon: 735826-4340241).

Birim en düşük kotta Zobu köy kuzeyinde 990 m kotunda olup alüvyonlarla birlikte genelde 1000-1010 m kotundadır. En yüksek görüldüğü kot pusatlar köyü batısında şist ve mermerlerle beraber görüldüğü 1350 m kotudur. Birim birçok noktada yatay ve yataya yakın tabakalınmış olup sadece Gökağaç köyü güneyinde K40B/20 derece kuzeydoğuya eğimli olduğu görülmüştür (Şekil 4.2).

Birimin kalınlığı ile ilgili farklı görüşler ortaya atılmıştır. Helvacı ve Firman (1977), birimin 400 m, Akdeniz ve Konak (1979), 50-250 m arasında olduğunu bildirmiştir. Yalçın (1984) birimin bol çört içeren üst kısmının 50 m kalınlığa sahip olduğunu belirtmektedir. Dünder vd. (1986)'ne göre birim 50-150 m arasında bir kalınlığa sahiptir. Gökağaç (2010) birimin kalınlığını yaklaşık 100 m olarak bildirmiştir.

Çalışmalar esnasında arazide birim içerisinde fosile rastlanmamıştır. Baş (1986), çalışmasında birimin bol gastropod fosili içerdiği ve akarsuların etkili olduğu, bulunan fosil türlerinden ortamın tatlı ve hafif tuzlu göl ortamını karakterize ettiğini belirtmiştir.

Emet formasyonu, Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Orta-Üst Pliyosen, Baş (1983, 1986), bulunan gastropod fosillerine dayanarak Orta-Üst Pliyosen, Yalçın vd. (1985)'e göre Emet havzasında ostracod faunasına nedeniyle Geç Miyosen olarak yaşlandırılmıştır. Koçyiğit ve Bozkurt (1997) birime, stratigrafik konumuna göre Geç Miyosen yaşını vermişlerdir. Özkul (2008), birimin Orta Miyosen yaşlı, Özburan (2009), ise Alt Pliyosen yaşlı olduğunu kabul edilmiştir. (Şahin 2013) Emet formasyonu içerisinde bulunduğu fosiller üzerinde yaptığı çalışma ile birime Geç Pliyosen yaşını vermiş ve ortamın karasal olduğunu bildirmiştir. Acar (2021), stratigrafik olarak İçdeköy formasyonu ve Dereköy volkanitlerinin üzerinde olması nedeniyle Orta Miyosen yaşını vermiştir.

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

4.2.6 Alüvyon (Qal)

Çalışma alanımızın orta ve kuzey kesimlerinde Tepecik Zobu köyleri güneyinde, Kalfalar, Ağarı köyleri doğusunda Çavdarhisar, Hacıbekir, Hacımahmut çevresinde,

Gökağaç, Afşar Susuzkaya doğusunda görülmekte olup, bu lokasyonlar aynı zamanda Kocaçay, Barağı Çayı, Boğçalar Deresinin akış eğiminin azaldığı lokasyonlardır (Şekil 4.2).

Kum, çakıl, kil ve silt boyutunda malzemelerden oluşan alüvyonlar kahverengi mat kırmızı renklindedir. Birim en düşük 990 m kotunda Hacıbekir köyü batısında en yüksek 1054 m kotunda görülmüştür.

4.3 Sondaj Litolojisi

Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından Hacıbekir köyü yakınında 132 m (Çavdarhisar-1 sondajı) ve Hacımahmut köyü yakınında 236 m (Çavdarhisar-2 sondajı) derinliğinde iki adet sondaj yapılmıştır (Şekil 4.2).

4.3.1 Çavdarhisar-1 Sondajı (Ç-1) Karot İncelemeleri

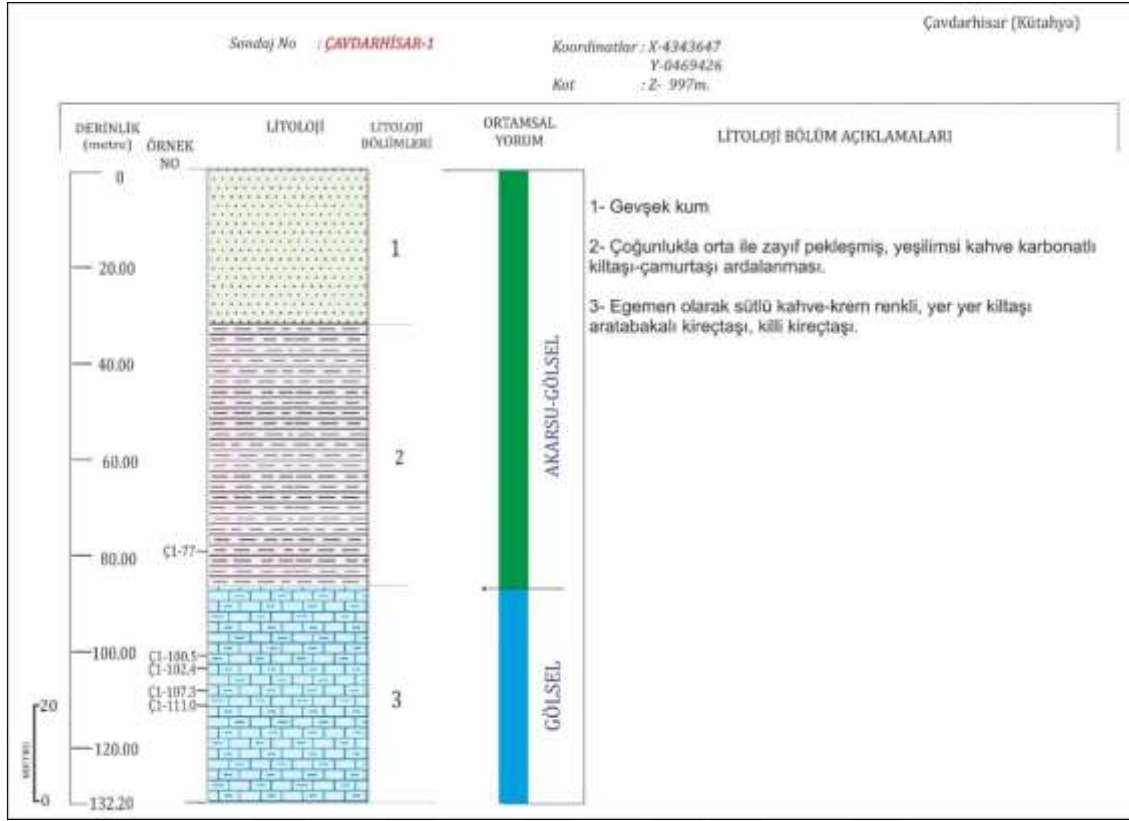
Bu sondajda 0-132.2 metreler arasında elde edilen karotların değerlendirilmesi aşağıda özetlenmiş ve çizilen detaylı sondaj kesiti Şekil 4.15'te verilmiştir. Sondajda, ana çizgilerde akarsu ve gölsel ortamda çökelmiş Neojen istif kesilmiştir.

Bu sondaj da başlangıçta 32.5 metreye dek, daha çok Kuvaterner yaşlı alüvyonlara ait kırıntılı tortullar içinde karotsuz ilerlenmiş ve daha sonra karotlu ilerleme tercih edilmiştir. Emet formasyonuna ait çamurtaşı, karbonatlı kilitaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı birimleri kesilmiştir. Sondajda kesilen litolojiyi en iyi temsil edici numuneler alınmıştır.

0-32.5 m Gevşek kum (akarsu ortamı)

32-82.5 m Çoğunlukla orta ile zayıf pekleşmiş, yeşilimsi kahve karbonatlı kilitaşı-çamurtaşı ardalanması (Akarsu-gölsel ortam)

85-132.2 m Egemen olarak sütlü kahve-krem renkli, yer yer kilitaşı ara tabakalı, kireçtaşı, killi kireçtaşı (Gölsel ortam) (Şekil 4.16).



Şekil 4.15 Ç-1 sondajının ölçülü dikme kesiti (TKİ Kömür Arama Projeleri Raporu, 2018). Analizler için seçilen örnekler kesit üzerinde gösterilmiştir (Sondajların haritadaki yeri için Şekil 4.2 ye bakınız).

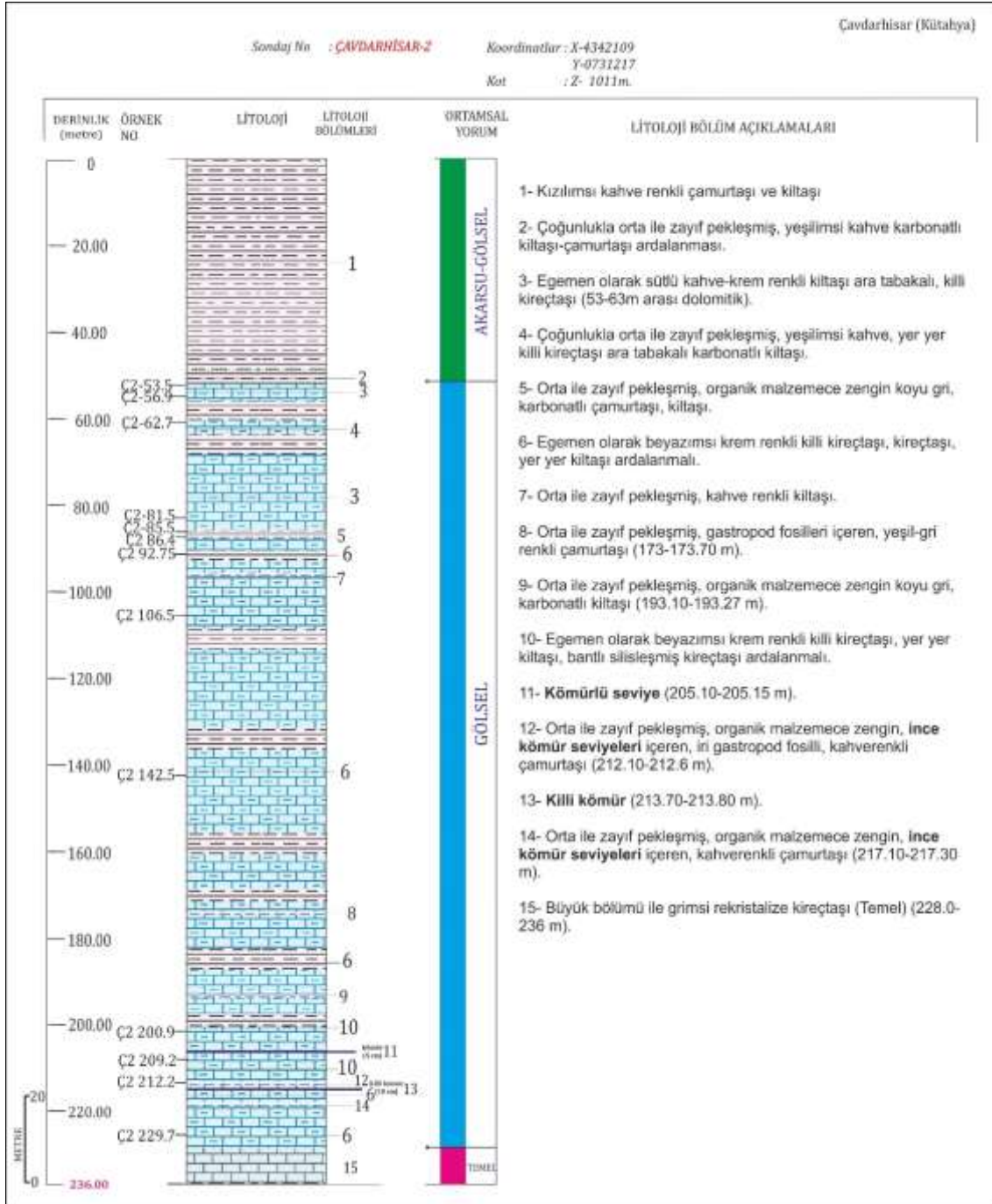


Şekil 4.16 Ç-1 sondaj kuyusuna ait karot fotoğrafı (TKİ Kömür Arama Projeleri Raporu, 2018).

4.3.2 Çavdarhisar-2 Sondajı (Ç-2) Karot İncelemeleri

Bu sondajda **0-236.0** metreler arasında elde edilen karotların değerlendirilmesi aşağıda özetlenmiş ve çizilen detaylı sondaj kesiti Şekil 4.17’de verilmiştir.

Sondaja 236 metrede, rekristalize kireçtaşlarına ulaşıldığı için son verilmiştir. Bu sondajda, ana çizgilerde Emet formasyonuna ait gölsel ortamda çökelmiş kalın bir Neojen istif kesilmiştir.



Şekil 4.17 Ç-2 sondajının ölçülü dikme kesiti (TKİ Kömür Arama Projeleri Raporu, 2018) Analizler için seçilen örnekler kesit üzerinde gösterilmiştir (Sondajların haritadaki yeri için Şekil 4.2 ye bakınız).

Bu sondaj da başlangıçta 50 metreye dek, daha çok Kuvaterner yaşlı alüvyonlara ait kırıntılı tortullar içinde karotsuz ilerlenmiş ve daha sonra karotlu ilerleme tercih edilmiştir.

0-50 m Egemen olarak kızılımsı kahve renkli çamurtaşı ve kilaşları (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18a).

50-53 m Çoğunlukla orta ile zayıf pekleşmiş, yeşilimsi kahve karbonatlı kilaşı-çamurtaşı araldanması.

53-54.2 m Egemen olarak sütlü kahve-krem renkli karbonatlı kilaşı ara tabakalı killi kireçtaşı.

54.2-70 m Çoğunlukla orta ile zayıf pekleşmiş, yeşilimsi kahve, yer yer killi kireçtaşı, killi dolomit ara tabakalı karbonatlı kilaşı.

70-86.35 m Egemen olarak sütlü kahve-krem renkli kilaşı ara tabakalı killi kireçtaşı.

86.35-86.50 m Orta ile zayıf pekleşmiş, organik malzemece zengin koyu gri, karbonatlı çamurtaşı, kilaşı.

86.50-92.70 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kilaşı araldanmalı.

92.70-92.85 m Orta ile zayıf pekleşmiş, kahve renkli kilaşı.

92.85-173 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kilaşı araldanmalı. **112-137 m** arasında ve **161.7-171.7 m** arasında karotsuz ilerlenmiştir. Bu seviyelerde de aynı birim devam etmektedir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18b).

173-173.70 m Orta ile zayıf pekleşmiş, gastropod fosilleri içeren, yeşil-gri renkli çamurtaşı.

173.70-193.10 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kilaşı aralanmalı. **178-190 m** arasında karotsuz ilerlenmiştir. Bu seviyelerde de aynı birim devam etmektedir. Killi kireçtaşlarında yer yer silisleşmeler gözlenmiştir.

193.10-193.27 m Orta ile zayıf pekleşmiş, organik malzemece zengin koyu gri, karbonatlı kilaşı.

193.27-205.10 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kilaşı, bantlı silisleşmiş kireçtaşı aralanmalı.

205.10-205.15 m kömürlü seviye

205.15-209.15 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, yer yer kilaşı, bantlı silisleşmiş kireçtaşı aralanmalı.

209.15-209.30 m Orta ile zayıf pekleşmiş, organik malzemece zengin, kömürlü, gastropod fosilli, karbonatlı çamurtaşı.

209.30-212.10 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kilaşı, bantlı silisleşmiş kireçtaşı aralanmalı.

212.10-212.6 m Orta ile zayıf pekleşmiş, organik malzemece zengin, ince **kömür seviyeleri** içeren, iri gastropod fosilli, kahverenkli çamurtaşı (Şekil 4.18c).

212.6-213.7 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, kilaşı aralanmalı.

213.70-213.80 m Killi kömür.

213.80-217.10 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kilaşı aralanmalı.

217.10-217.30 m Orta ile zayıf pekleşmiş, organik malzemece zengin, **ince kömür seviyeleri** içeren, kahverenkli çamurtaşı.

217.30-228.0 m Egemen olarak beyazımsı krem renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, yer yer kiltası araldanmalı. **222.3-227.3 m** arasında karotsuz ilerlenmiştir.

228.0-236 m Büyük bölümü ile grimsi rekristalize kireçtaşı (Temel) (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18d).

229.8-235.0 m arasında karotsuz ilerlenmiştir.



Şekil 4.18 Ç-2 nolu sondaj kuyusuna ait karot fotoğrafları (TKİ Kömür Arama Projeleri Raporu, 2018). a) Sondajın üst seviyelerindeki kahve renkli, kuruma çatlaklı çamurtaşı seviyeleri, b) kireçtaşı ve organik maddece zengin kiltası seviyeleri, c) bej, yeşil renkli kiltası seviyeleri d) Temele ait kristalize kireçtaşı.

4.4 Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında, Çavdarhisar havzasında bulunan sedimanter kayaçların mineralojik özelliklerini, oluşum koşullarını daha iyi anlayabilmek ve paleoortamsal yorumlar yapabilmek amacıyla, mineralojik, kimyasal, duraylı izotop ve elektron mikroskop analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sondaj karotlarından (16 adet) ve araziden alınan kesit örneklerinden (19 adet) faydalanılmıştır. Litolojinin en iyi temsil edildiği her seviyeden numuneler sistematik olarak seçilmiştir. Aşağıda sırasıyla çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler ve elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde verilmektedir. Çalışma alanına ait kesit ve sondaj loglarından derlenen örnekler ve örnek litolojisi ile yapılan analizler bir tablo halinde Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Çalışma alanına ait kesit ve sondaj loglarından derlenen örneklerin litolojisi ve yapılan analizler (Örnek yerleri için ilgili ölçülü stratigrafik kesitlere ve sondaj loglarına bakınız).

Sondaj /Kesit Adı	Örnek No	Litoloji	XRD	Jeokimya	Duraylı İzotop	Kil Çekimi	SEM
Ç-1	77	Karbonatlı kiltası	X	X			
	100.5	Kireçtaşı	X	X	X		X
	102.4	Kireçtaşı	X				
	107.3	Killi kireçtaşı	X				
	111	Kiltası	X	X		X	X
Ç-2	53.5	Karbonatlı kiltası	X	X			
	56.9	Killi dolomit	X	X	X		
	62.7	Karbonatlı kiltası	X				
	81.5	Killi kireçtaşı	X	X	X		
	85.5	Kiltası	X	X		X	
	86.4	Kiltası	X	X		X	X
	92.75	Kiltası	X	X		X	
	106.5	Killi kireçtaşı	X	X	X		
	142.5	Kireçtaşı	X	X	X		X
	200.9	Kireçtaşı	X	X	X		
Kesit-1	209.2	Killi kireçtaşı	X	X			
	1	Killi dolomit	X	X	X		
	2	Karbonatlı kiltası	X	X			
	3	Karbonatlı kiltası	X	X			
	4	Kiltası	X	X		X	X
	5	Killi dolomit	X	X	X		X
	6	Karbonatlı jipsli	X	X			
Kesit-2	7	Karbonatlı jipsli	X	X			X
	1	Dolomit	X		X		
	2	Kiltası	X			X	
	3	Killi dolomit	X				
	4	Karbonatlı kiltası	X				
	5	Killi dolomit	X				
	6	Killi dolomit	X				
	7	Killi dolomit	X				
	8	Killi dolomit	X				
	9	Dolomit	X				
	10	Dolomit	X	X	X		X
	11	Dolomit	X				
	12	Killi dolomit	X				

4.4.1 X-Işınları Kırınımı (XRD)

X-ışınları toz difraksiyon çalışmaları ile araziden alınan 20 adet ve sondajlardan alınan 16 adet örneğin mineralojik bileşimleri ve içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). X Işınları çekimleri ile elde edilen difraktogramlardan mineral tanımlamaları JCPDS (1993) kartlarından faydalanarak yapılmış olup, değerlendirme sonucu kalsit, dolomit, aragonit, feldispat, kuvars, kil mineralleri, jips ve sölestin tespit edilmiştir. Tespit edilen kil mineralleri simektit, illit, kaolinit, klorit, paligorskit ve sepiyolittir.

Akpınar köyü kuzey batısı Bedir Deresi mevkiinden alınan kesitte (Kesit 1) kil (simektit, illit, kaolinit, klorit), dolomit, kalsit, kuvars, feldispat, jips, sölestin tespit edilmiştir. (Çizelge 4.2). Kalsit, kuvars, feldispat ve sölestin mineralleri az miktarda (%5'in altında) bulunmaktadır. Genel olarak örneklerde kil mineralleri yüksek oranda bulunmakta olup, dolomit içeriği de yüksektir. İstifin alt seviyelerinde bulunan 1-6 ve 1-7 numaralı örneklerde yüksek oranda jips minerali tespit edilmiştir. Akpınar köyü doğusu Kütahya – Uşak karayolu kenarından alınan kesitte (Kesit 2) yaygın olarak dolomit ve kil (simektit, sepiyolit, kaolinit) tespit edilmiştir. Kalsit, kuvars ve feldispat minerallerinin %5'in altında olduğu görülmüştür. Sadece kesitin üst seviyesinde bulunan 2-12 nolu örnekte kalsit içeriği yüksektir. Hacıbekir köyü yakınında yapılan Ç-1 sondajında Ç1-100.5 ve Ç1-102.4 örneklerin saf kalsit olduğu, Ç1-111 nolu örneğin yüksek oranda paligorskit minerali içerdiği, diğer örneklerin az miktarda (%10' dan az) dolomit, kuvars, feldispat içerdiği görülmüştür. Hacımahmut köyü yakınında yapılan, Ç-2 sondajında, Ç2-85.5, Ç2-86.4 ve Ç2-92.75 nolu örneklerin kil mineral (simektit, sepiyolit, paligorskit) içeriğinin yüksek olduğu, Ç2-142.5 ve Ç2- 200.9 nolu örneklerin kalsit içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ç2-209.2 nolu örnekte aragonit ve sölestin tespit edilmiştir. Sondajın üst seviyelerindeki örneklerde (Ç2-53.5, Ç2-56.9 ve Ç2-62.7) belirgin dolomit minerali gözlenmiştir. Kuvars ve feldispata %10'da az olmak üzere örneklerin büyük bir kısmında rastlanılmıştır.

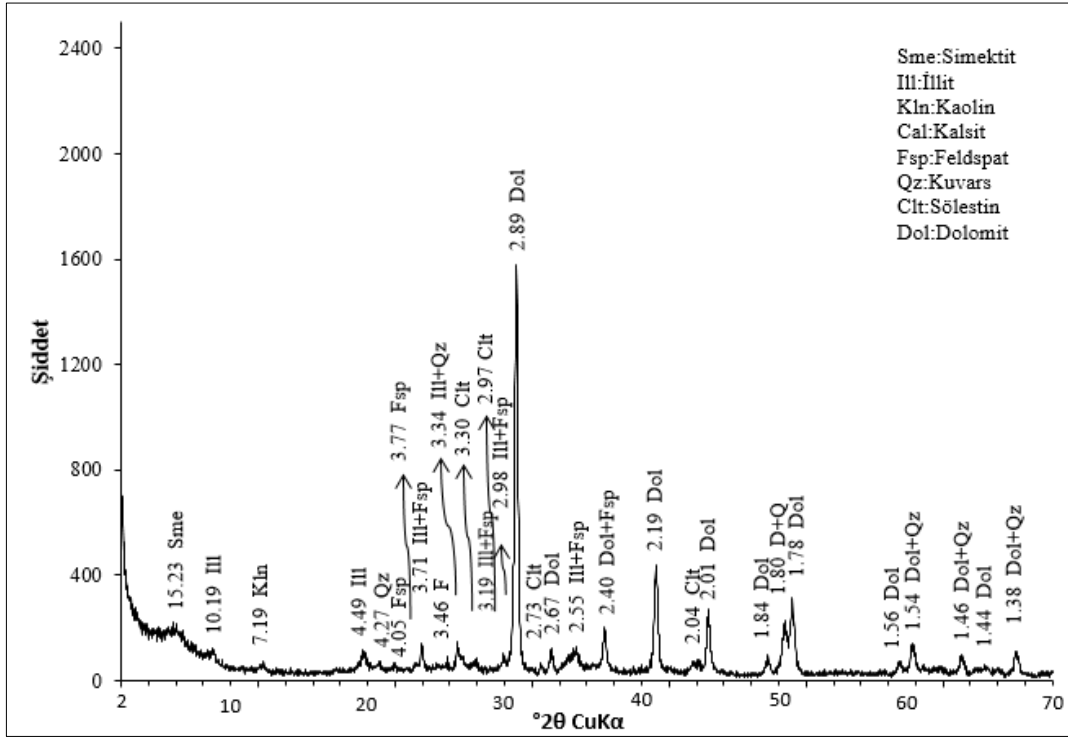
İnceleme alanında karbonat minerallerinden, kalsit 3.03 Å daki karakteristik pik ile tanımlanmıştır. Ayrıca kalsit için tipik olan diğer pikler 3.86 Å, 2.84 Å, 2.49 Å, 2.28 Å, 2.09 Å, 1.92 Å, 1.91 Å, 1.87 Å, 1.62 Å, 1.60 Å, 1.52 Å, 1.50 Å, 1.47 Å, 1.43 Å ve 1.42 Å

olarak gözlenmiştir (Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26).

Çizelge 4.2 Örneklerin mineralojik bileşimleri ve yarı nicel içerikleri (%).

Örnek No	Kil	Kalsit	Dolomit	Kuvars	Feldispat	Jips	Sölestin	Aragonit
Kesit-1								
1	42	5	48.5	1.5	2	1		
2	63	2.5	28.5	2.5	3.5			
3	58		38	1	2	1		
4	87		5.5	2	5.5			
5	39		53	5	2		1	
6	50	0.5	18			31.5		
7	42	0.5	17	0.5		40		
Kesit-2								
1			100					
2	89.5		4	3	3.5			
3	21.5		78	0.5				
4	60	3	37					
5	22	1.5	75	1.5				
6	20	6	74					
7	49		48	0.5	2.5			
8	16.5	1.5	82					
9		3	93	4				
10	5		95					
11	6	1	93					
12	40	19	39		2			
Çavdarhisar-1 (Ç-1) sondajı								
77	55	29	4	10	2			
100.5		99.5		0.5				
102.4		99.5		0.5				
107.3	49.5	49		1.5				
111	83	5		3.5	8.5			
Çavdarhisar-2 (Ç-2) sondajı								
53.5	52	34.9	11	0.1	2			
56.9	43		53.5	3	0.5			
62.7	51.5	2	40	5	1.5			
81.5	26	72		2				
85.5	98	1.5		0.5				
86.4	90	4		3	3			
92.75	86	3		11				
106.5	44.5	48.5		7				
142.5	4	95		1				
200.9		100						
209.2	40	43			4		1	12

X ışınları çekimleri sonucunda dolomit için 2.88 Å ve 2.89 Å da karakteristik olan şiddetli pikleri gözlenmiştir. Ayrıca 4.03Å, 3.70 Å 2,68 Å, 2.54Å, 2.40Å, 2.19Å, 2.06 Å, 2.01 Å, 1.88 Å, 1.80 Å, 1.56 Å 1.54 Å ve 1.46 Å da dolomitin diğer tanımlayıcı pikleri gözlenmiştir (Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.24). Aragonit 3.39 Å'daki karakteristik pik ile tanımlanmıştır. Aragonit için tanımlayıcı olan diğer pikler 2.70 Å, 2.47 Å, 1.97 Å, 1.88 Å, 1.86 Å, 1.85 Å, 1.74 Å olarak gözlenmiştir.

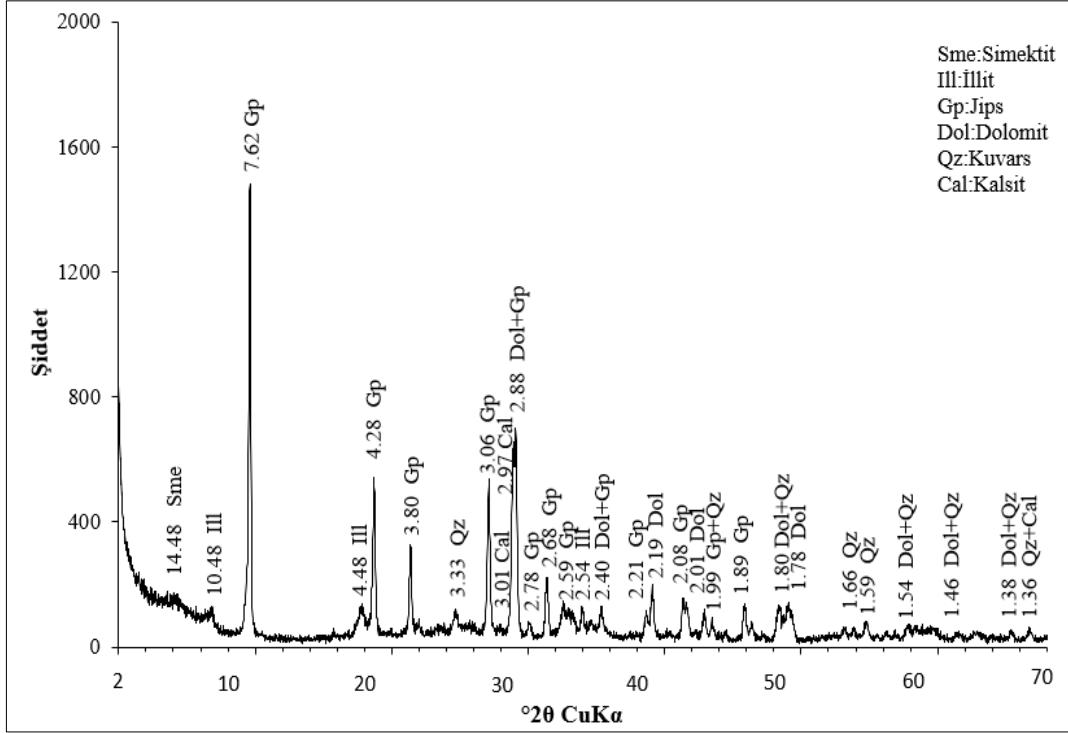


Şekil 4.19 1-5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.

Sülfat minerallerinden jipsin 7.67 Å, 7.62 Å da karakteristik olan şiddetli pikleri gözlenmiştir. Jips için tanımlayıcı olan diğer pikler 4.29 Å, 3.81 Å, 3.07 Å, 2.89 Å, 2.79 Å, 2.68 Å, 2.59 Å, 2.49 Å, 2.40 Å, 2.22 Å, 2.08 Å, 2.07 Å, 1.99 Å, 1.90 Å ve 1.81 Å da gözlenmiştir (Şekil 4.20). Sölestin 3.30 Å, 3.18 Å, 2.73 Å, 2.04 Å daki pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4.19).

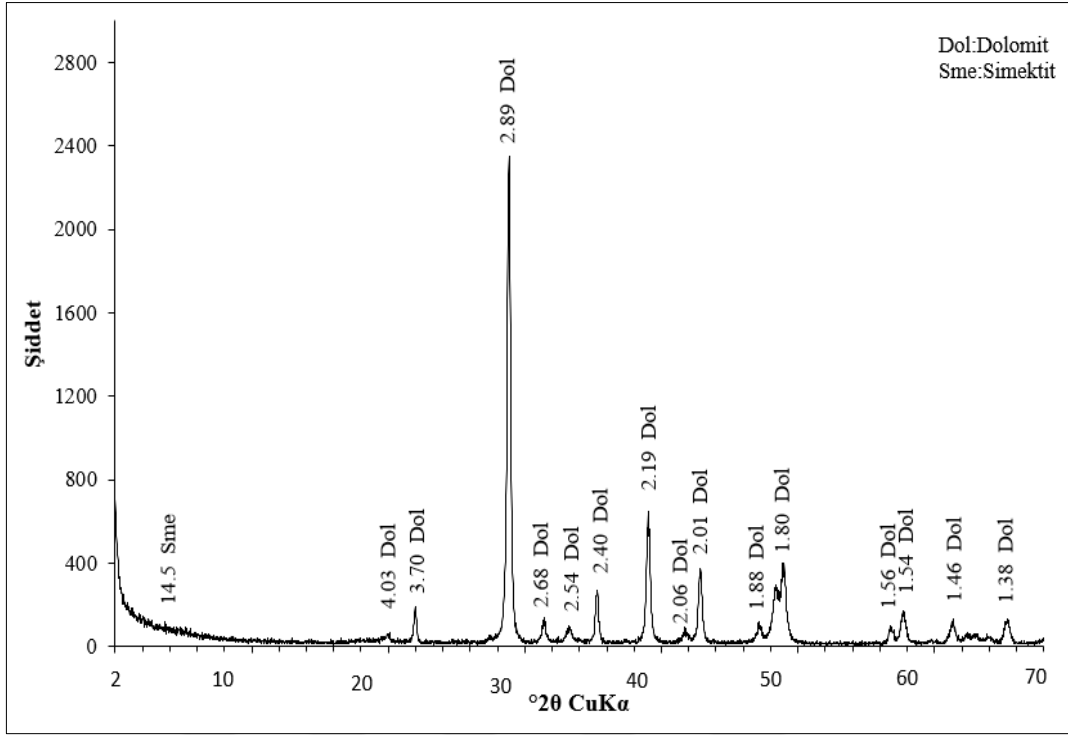
Silikat minerallerinden kuvars, feldspat ve kil mineralleri tespit edilmiştir. X ışınları çekimi sonucunda 3.33 Å ve 3.34 Å da ki kuvars için karakteristik olan şiddetli ve kristalinitesi yüksek olan pikler gözlenmiştir. Ayrıca kuvars için tipik olan diğer piklerde 4.27 Å, 4.25 Å, 2.46 Å, 2.28 Å, 2.24 Å, 2.13 Å, 1.98 Å, 1.81 Å, 1.67 Å, 1.54 Å, 1.39 Å

ve 1.37 Å daki piklerdir (Şekil 4.19, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26). X-ışınları çekimleri sonucunda 3.22 Å da feldispat minerallerinin karakteristik piki tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra 3.86 Å, 3.67 Å, 3.24 Å, 2.60 Å ve 2.54 Å da feldispatın diğer tanımlayıcı pikleri gözlenmiştir (Şekil 4.19, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24).

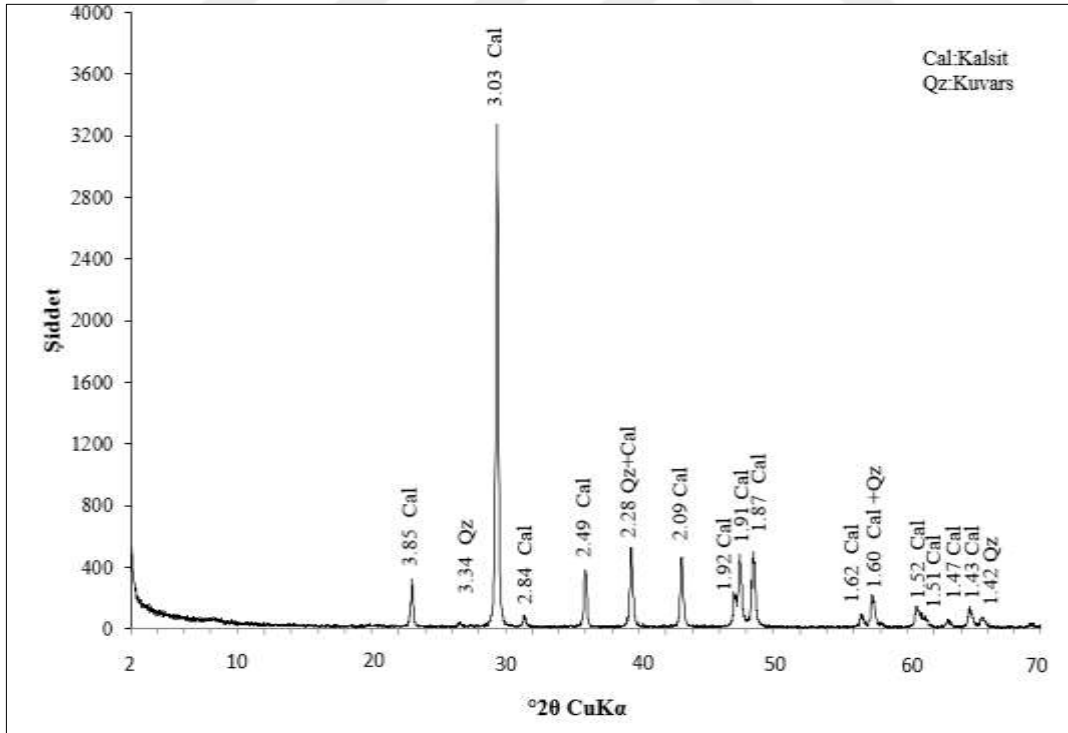


Şekil 4.20 1-7 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.

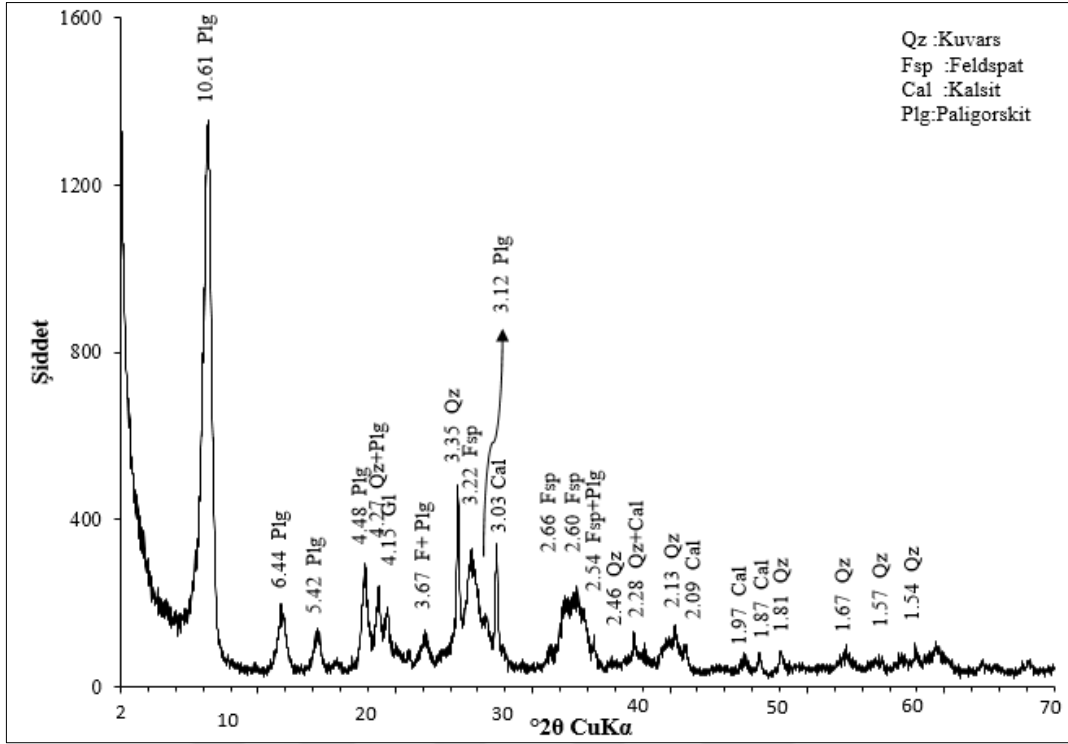
Kil fraksiyonu analizi için Ç-1 ve Ç-2 sondajları ile 1 ve 2 numaralı kesitlerden 6 adet örnek seçilmiştir (Çizelge 4.1). Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile sondaj örneklerinde sepiyolit, paligorskit ve Ca-simektit tespit edilirken, araziden alınan kesit örneklerinde Ca-simektit, klorit, illit ve kaolinit tespit edilmiştir. Klorit mineralinin 14.19 Å da pik verdiği gözlenmiştir (Şekil 4.27). Paligorskitin normal çekimde (Havada kurutulmuş) 10.47 Å ve 10.64 Å da arasında verdiği piklerle tanımlanmıştır (Şekil 4.28 ve Şekil 4.29). Sepiyolit normal çekimdeki 12.17 Å ve 12.18 Å ve fırında (550 °C) 10.06 Å değerleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4.28). Ca-simektitin etilen glikolle muamele edilmiş çekimde 17.01 Å ile 17.43 Å arasında pikleri, normal çekimdeki 14.42 Å ve 14.89 Å arasındaki pikleri gözlenmiştir (Şekil 4.27 ve Şekil 4.28). İllitin 9.98 Å -10.06 Å arasında ve kaolinitin 7.03 Å-7.08 Å arasındaki pik değerleri gözlenmiştir (Şekil 4.27).



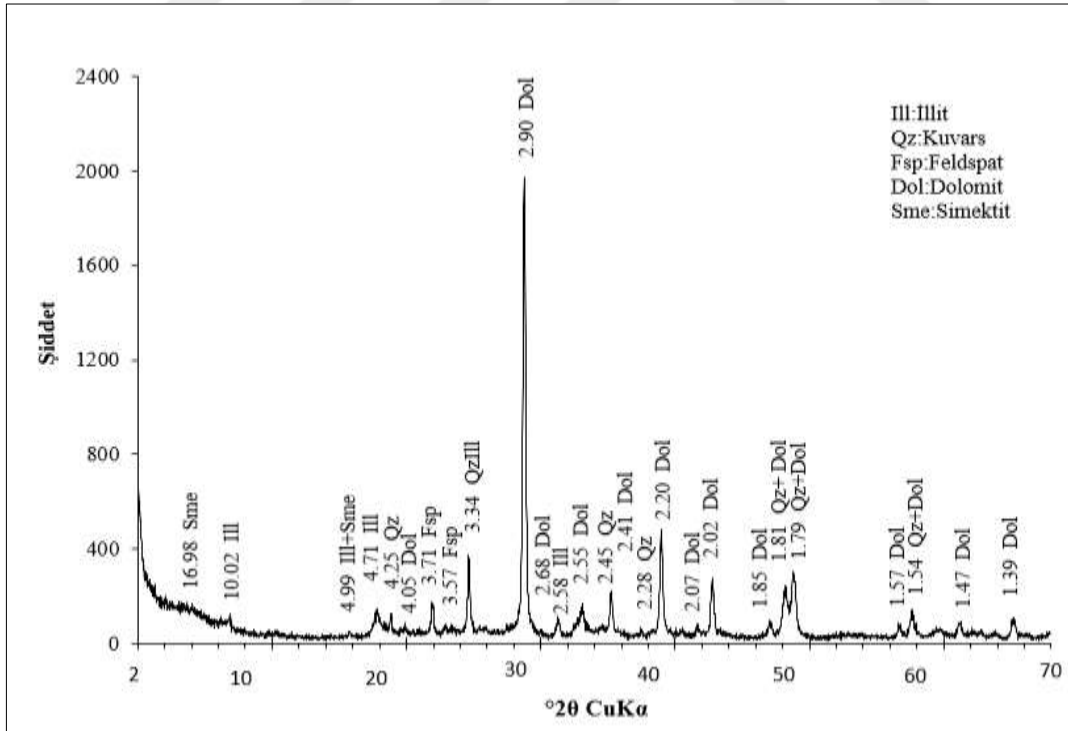
Şekil 4.21 2-10 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.



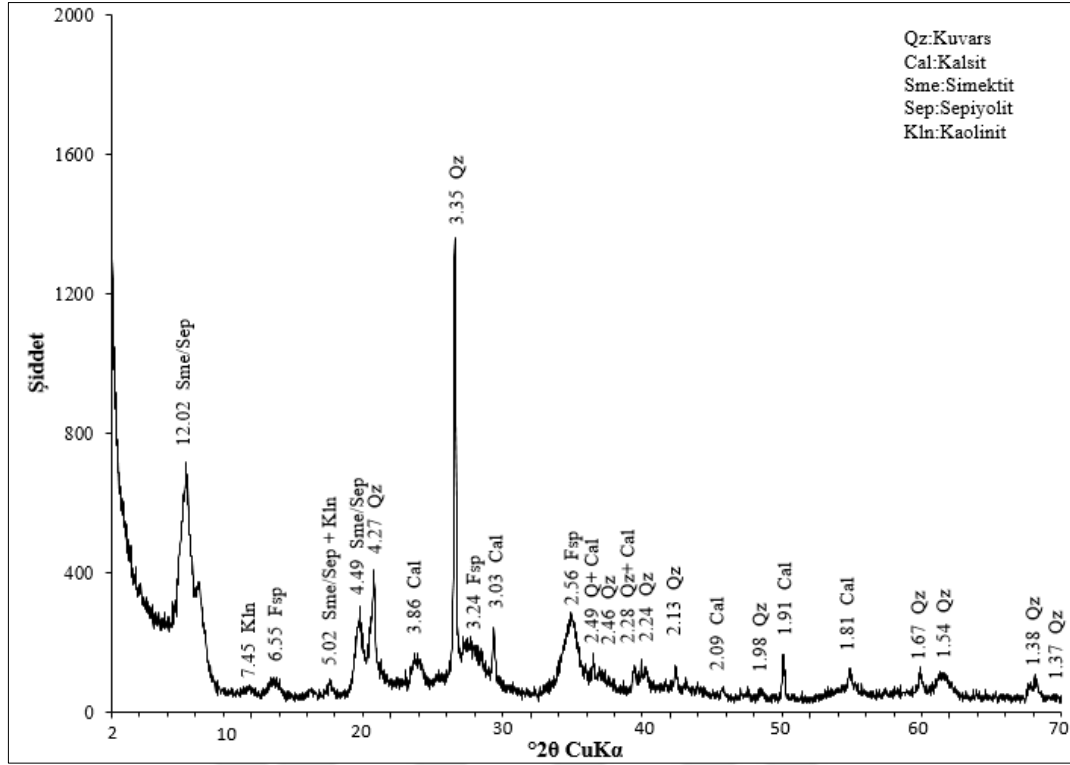
Şekil 4.22 Ç1-100.5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.



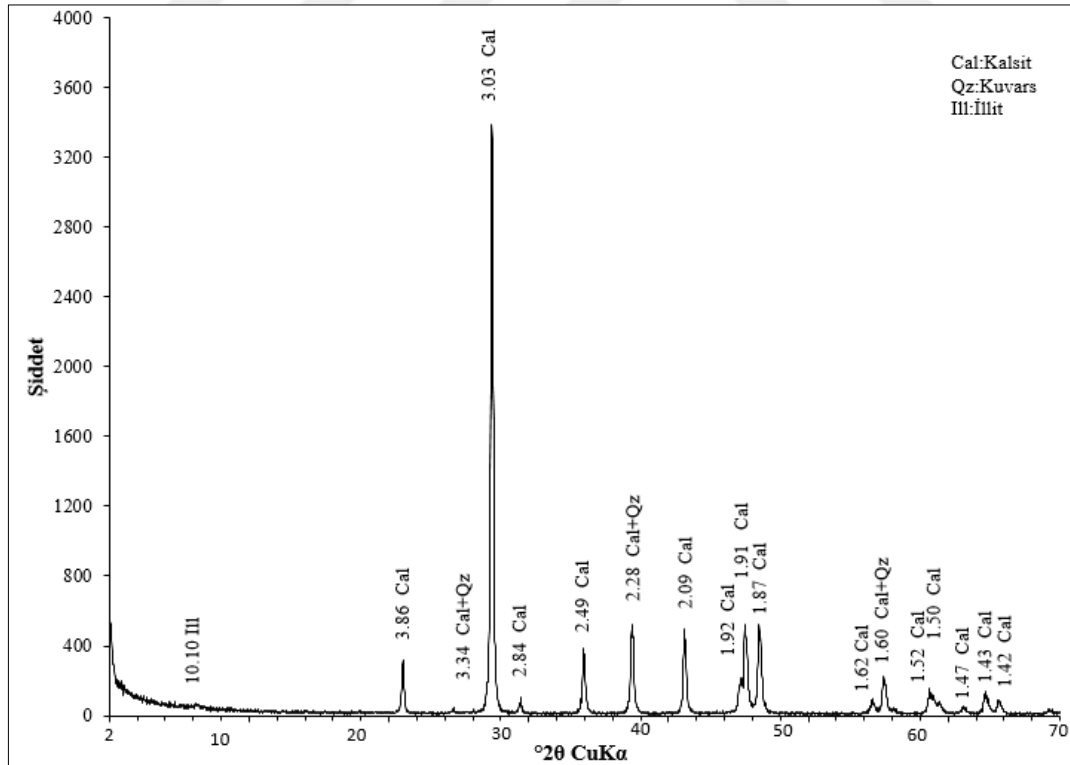
Şekil 4.23 Ç1-111 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.



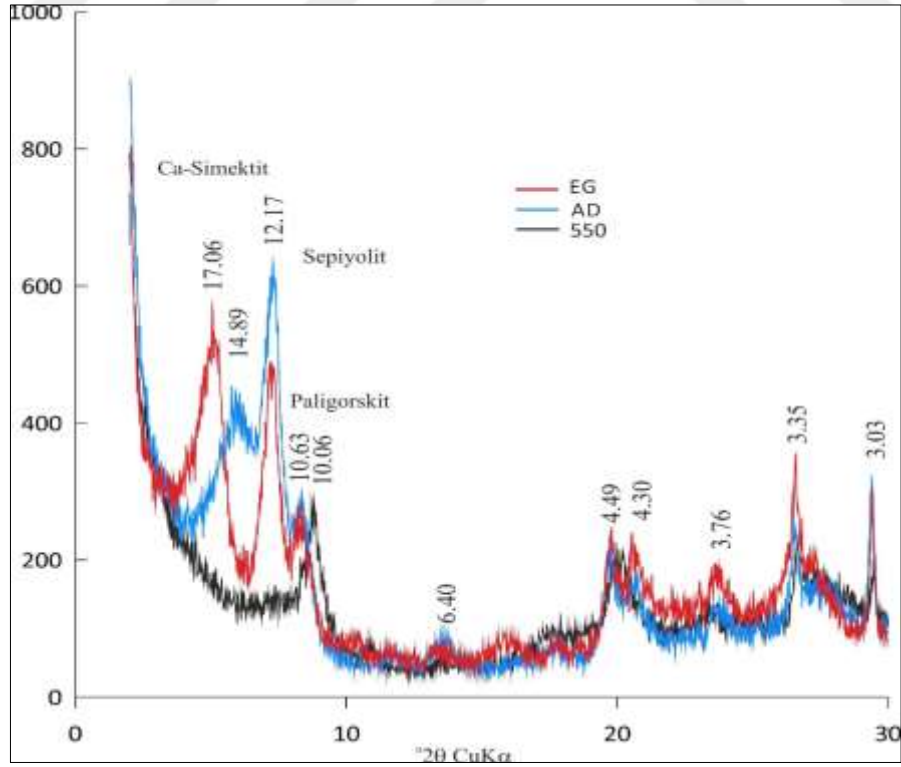
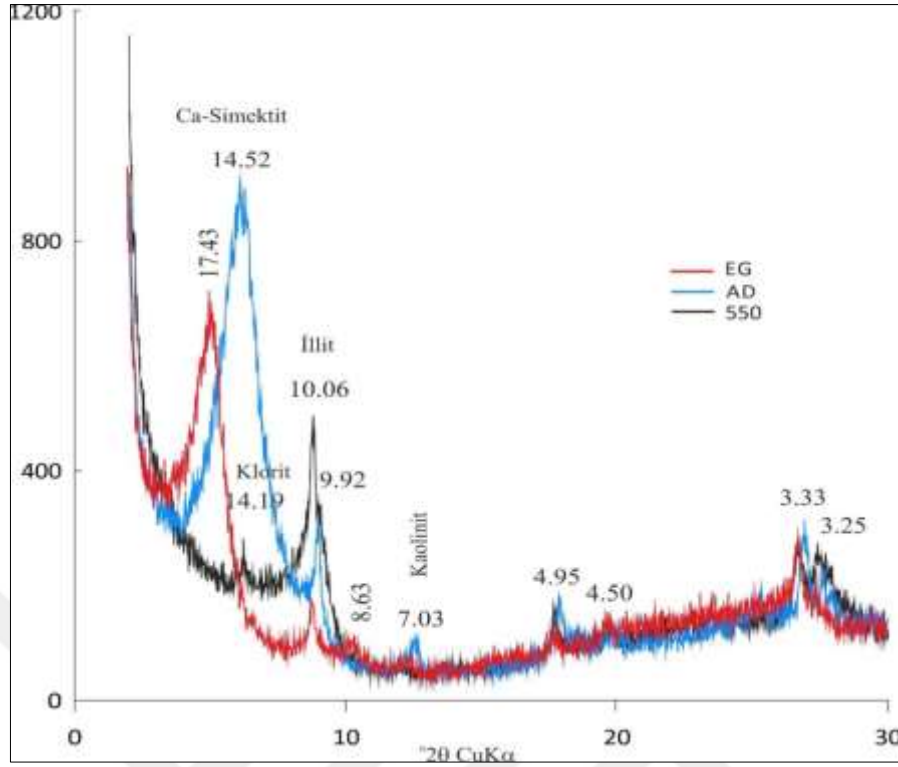
Şekil 4.24 Ç2-56.9 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.

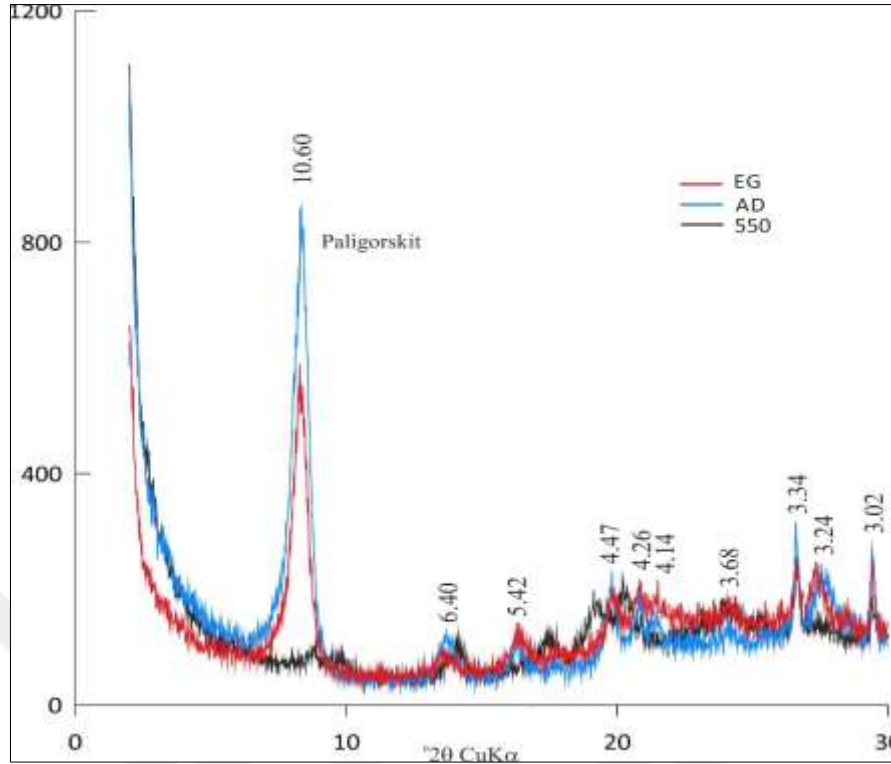


Şekil 4.25 Ç2-92.75 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.



Şekil 4.26 Ç2-142.5 no.lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.



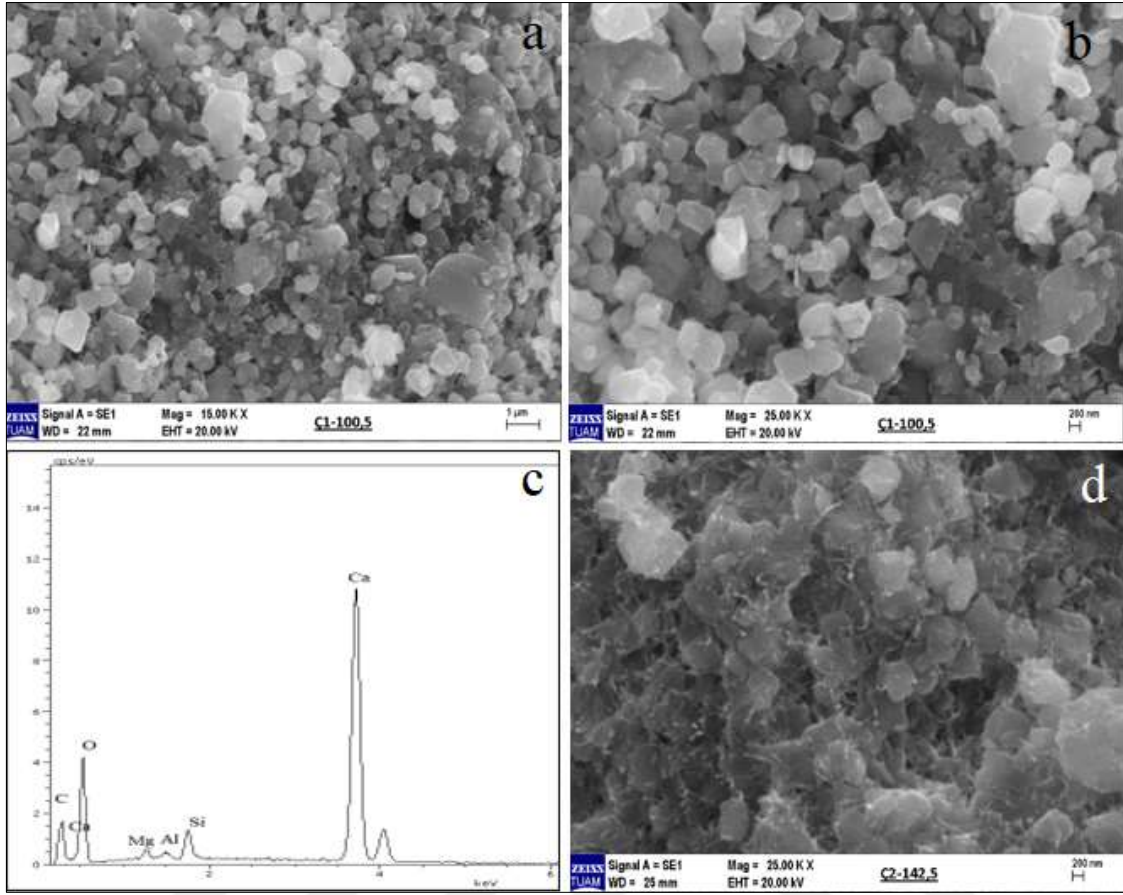


Şekil 3.29 Ç1-111 no'lu örneğin kil boyu X-ışınları difraktogramı (AD: Havada kurutulmuş, EG: Etilen glikol ile muamele edilmiş, 550: 550 °C'de fırınlanmış).

4.4.2 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM)

Araziden ve sondajlardan seçilen dörder adet örneğin taramalı elektron mikroskop (SEM) ve yarı nicel kimyasal bileşimleri (EDS analizleri) incelenmiştir. İncelemeler mineralojik analiz sonuçlarına göre karbonat, sülfat ve kil mineral içeriği yüksek olan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

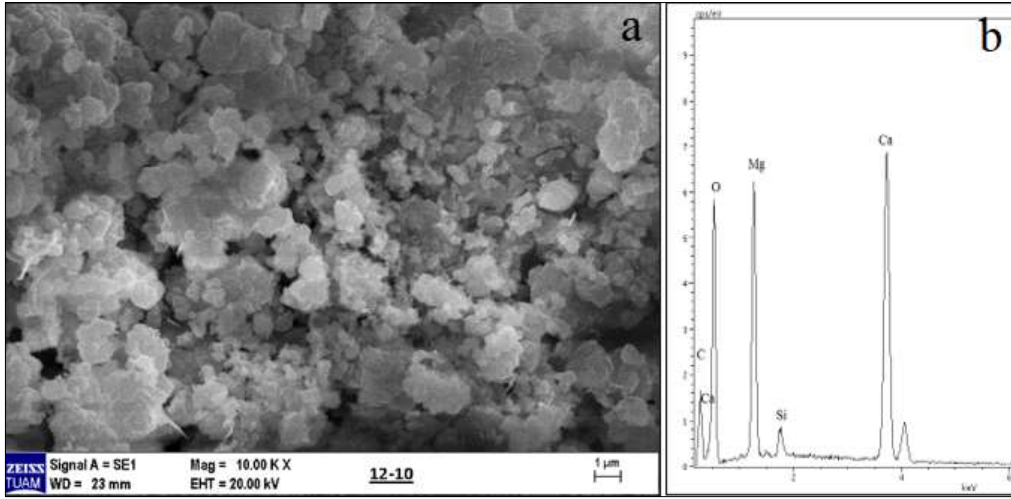
Sondajlardan seçilen safa yakın kalsit örneklerinde (Ç1-100.5 ve Ç1-142.5) yapılan SEM incelemelerinde kalsitlerin yarı özşekli, özşekli, yer yer özşekilsiz, trigonal kristalleri tespit edilmiştir. Kalsitler de yer yer aşamalı olarak büyüme izleri gözlenmiştir (Şekil 4.30a, b). EDS analizinde kalsit bileşiminde %37.13 CO₂, %0.40 MgO, %0.67 Al₂O₃, %3.07 SiO₂, %58.73 CaO tespit edilmiştir (Şekil 4.30c). Ç1-142.5 nolu örnekte kalsitlerin kil mineral lifleri ile sarıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.30d).



Şekil 4.30 a) ve b) Trigonal kalsit kristalleri ve üzerlerinde gözlenen büyüme izleri, c) kalsitin EDS analizi, d) trigonal kalsit kristalleri ve bunları saran kil mineralleri.

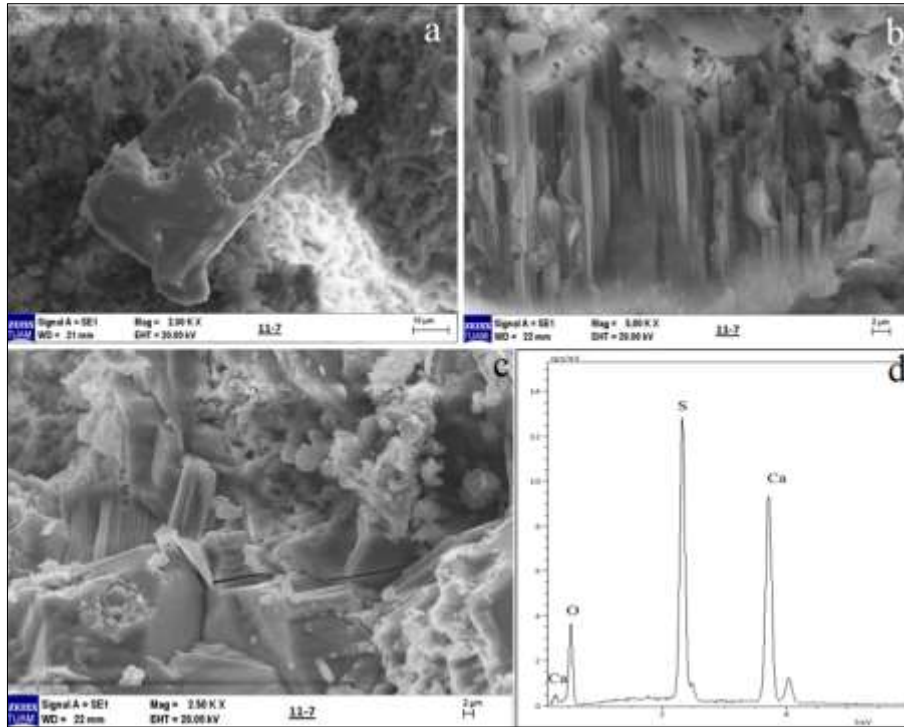
Çokköy formasyonu 2-10 numaralı safa yakın dolomit örneğine yapılan SEM incelemelerinde dolomitlerin özşekilsiz, yarı öz şekilli romboedrik kristalleri gözlenmiştir. Dolomit kristallerinin aşamalı olarak büyüdüğü ve büyüme izleri gözlenmiştir (Şekil 4.31a). EDS analizinde bileşiminde %42.08 CO₂, %14.98 MgO, %2.92 SiO₂, %40.02 CaO tespit edilmiştir (Şekil 4.31b).

1-7 numaralı örneğe yapılan SEM incelemelerinde jipsler öz şekilli, yarı öz şekilli, levhamsı, lifsi ve prizmatik kristaller şeklinde gözlenmiştir. Jips kristallerinin EDS analizinde %60.90 SO₃, %39.10 CaO tespit edilmiştir. Jipslerle birlikte özşekilsiz tam olarak gelişmemiş dolomitler, illit ve simektitler görülmüştür (Şekil 4.32).

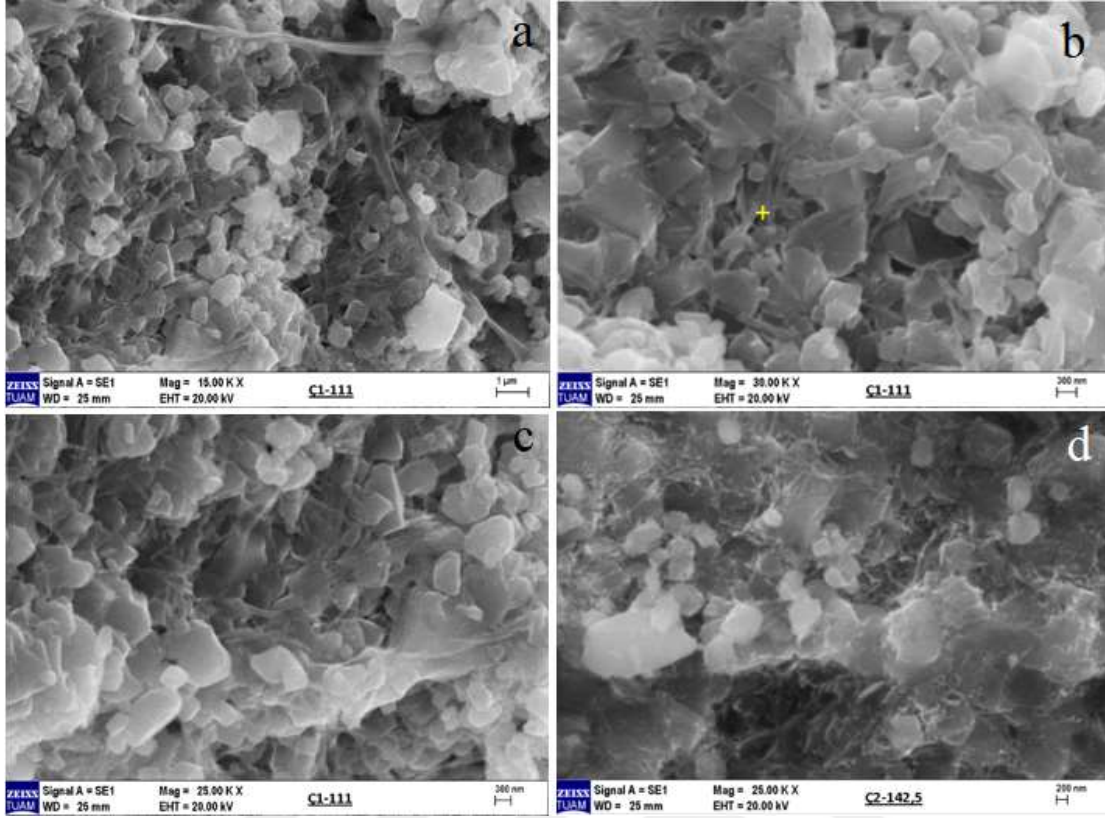


Şekil 4.31 a) Romboedrik dolomit kristalleri ve üzerlerinde gözlenen aşamalı büyüme izleri, b) kalsitin EDS analizi.

Ç1-111 numaralı paligorskit içeriği yüksek örneğin SEM incelemelerinde lifsi-ipliksi paligorskit ve yarı özşekilli trigonal kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Paligorskitin kalsit kristallerini bir ağ gibi sardığı gözlenmiştir (Şekil 4.33a,b,c,d). Ayrıca safa yakın Ç2-142.5 nolu kalsit örneğinin XRD analizinde belirlenmeyen yer yer yoğun ipliksi kil minerallerinin varlığı gözlenmiştir (Şekil 4.33 d).

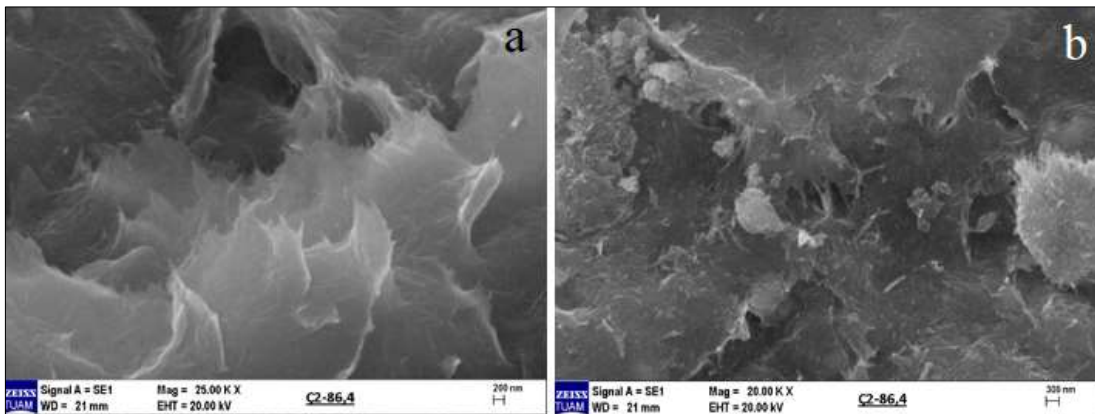


Şekil 4.32 a) Levhamsı jips kristali, b) Lifsi jips kristalleri, c) Prizmatik ve lifsi jips kristallerinin elektron mikroskop görüntüsü, d) jipsin EDS analizi.



Şekil 4.33 a), b), c) ve d) Yarı özşekli trigonal kalsit kristalleri ve kalsitleri bir ağ gibi saran palgorskit lifleri-iplikleri.

Ç2-86.4 numaralı kil mineral içeriği yüksek örneğin SEM incelemelerinde ipliksi-lifsi, yumak görünümlü, yer yer düzlemsel agregatlar şeklinde sepiyolit tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 a), b) Yumak görünümlü, yer yer düzlemsel agregatlar şeklindeki sepiyolit lifleri-iplikleri.

4.4.3 Jeokimya

4.4.3.1 Ana Element Kimyası

Çalışma alanını temsil eden kesitlerden seçilen 8 adet, sondajlardan seçilen 12 adet örneğin kimyasal analizleri yapılmış ana element oksit, toplam karbon ve toplam kükürt içerikleri Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Kesitlere ait örneklerin;

- SiO₂ içerikleri %4.53 ile %46.75 arasında,
- Al₂O₃ içerikleri %0.51 ile %12.17 arasında,
- Fe₂O₃ içerikleri % 0.33 ile %4.95 arasında,
- MgO içerikleri % 9.66 ile %19.01 arasında,
- CaO içerikleri %2.65 ile %30.31 arasında,
- Na₂O içerikleri %0.08 ile 0.43 arasında,
- K₂O içerikleri %0.1 ile 2.68 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Örneklerin ana element oksit, ateşte kayıp (AK), toplam C, toplam S içerikleri (%)

Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	AK	Top	Toplam C	Toplam S
1-1	21.42	6.02	2.9	16.64	18.41	0.21	1.52	0.23	0.07	0.07	0.022	32.1	99.67	7.76	0.53
1-2	35.17	8.56	3.53	15.92	10.34	0.34	2.01	0.33	0.19	0.06	0.025	23.4	99.86	3.91	0.11
1-3	29.07	8.12	3.6	15.94	13.7	0.27	2.07	0.31	0.16	0.09	0.021	26.5	99.87	5.6	0.48
1-4	46.75	12.17	4.95	13.86	2.65	0.43	2.68	0.39	0.16	0.04	0.03	15.7	99.82	0.74	<0.02
1-5	20.32	4.99	2.61	17.13	18.82	0.14	1.22	0.18	0.11	0.1	0.027	33.2	98.95	8.76	0.46
1-6	31.88	8.46	4.16	14.11	13.34	0.15	2.07	0.34	0.14	0.05	0.024	25	99.8	2.36	3.83
1-7	22.71	6.67	3.31	9.66	17.88	0.14	1.9	0.26	0.1	0.04	0.02	24.6	87.34	2.43	6.67
2-10	4.53	0.51	0.33	19.01	30.31	0.08	0.1	0.02	0.04	0.01	0.003	44.8	99.78	12.54	0.03
Ç1-77	39.88	8.28	5.15	3.91	17.85	0.14	1.67	0.41	0.09	0.1	0.06	22.2	99.88	4.1	<0.02
Ç1-100.5	2.49	0.63	0.31	0.75	52.85	0.01	0.12	0.05	0.06	<0.01	0.002	42.6	99.92	12.37	<0.02
Ç1-111	58.98	9.16	3.75	9.18	2.95	0.04	0.97	0.49	0.07	<0.01	0.016	19.2	99.87	0.72	<0.02
Ç2-53.5	20.9	7.52	3.24	4.23	30.15	0.09	1.28	0.27	0.07	0.13	0.017	31.9	99.84	7.55	<0.02
Ç2-56.9	20.98	7.66	3.31	12.23	20.24	0.11	1.29	0.28	0.07	0.17	0.02	33.2	99.73	7.91	0.05
Ç2-81.5	14.72	3.63	1.59	2.28	40.54	<0.01	0.53	0.14	0.04	0.02	0.005	36.4	99.89	9.11	<0.02
Ç2-85.5	50.58	15.03	5.76	5.91	1.99	0.02	2.00	0.45	0.03	0.02	0.022	18	99.86	0.33	<0.02
Ç2-86.4	51.49	12.32	3.51	8.7	3.53	0.14	1.35	0.47	0.12	0.02	0.007	18.1	99.86	0.74	<0.02
Ç2-92.75	56.02	10.72	2.59	9.45	1.97	0.18	1.38	0.29	0.03	0.02	0.015	17.2	99.87	0.65	<0.02
Ç2-106.5	32.37	5.31	2.66	4.93	25.43	0.06	1.05	0.29	0.69	0.03	0.033	27	99.86	5.6	<0.02
Ç2-142.5	2.43	0.41	0.21	0.78	53.33	<0.01	0.07	0.02	0.02	0.03	<0.002	42.6	99.94	12.08	<0.02
Ç2-209.2	16.74	0.64	0.34	9.62	34.33	0.06	0.2	0.04	0.13	<0.01	<0.002	37.4	99.54	10.91	0.45
Min	2.43	0.41	0.21	0.75	1.97	<0.01	0.07	0.02	0.02	<0.01	<0.002	15.7	87.34	0.33	<0.02
Mak	58.98	15.03	5.76	19.01	53.33	0.43	2.68	0.49	0.69	0.17	0.06	44.8	99.95	12.54	6.67
MDL	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	-5.1	0.01	0.02	0.02

Örneklerin TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve Cr_2O_3 içerikleri ise genel olarak %1'den küçüktür. Toplam karbon içeriği %0.74 ile %12.54 arasında, toplam kükürt içeriğinin ise %0.02 ile %6.67 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Dolomitin ideal bileşimi %30,4 CaO , %21.7 MgO ve %40.8 CO_2 dir. Çalışma alanımızda bulunan 2-10 nolu örnek %30.31 CaO , %19.01 MgO ve %45.98 CO_2 içermektedir. Örneğin safa yakın dolomit olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge.4.8).

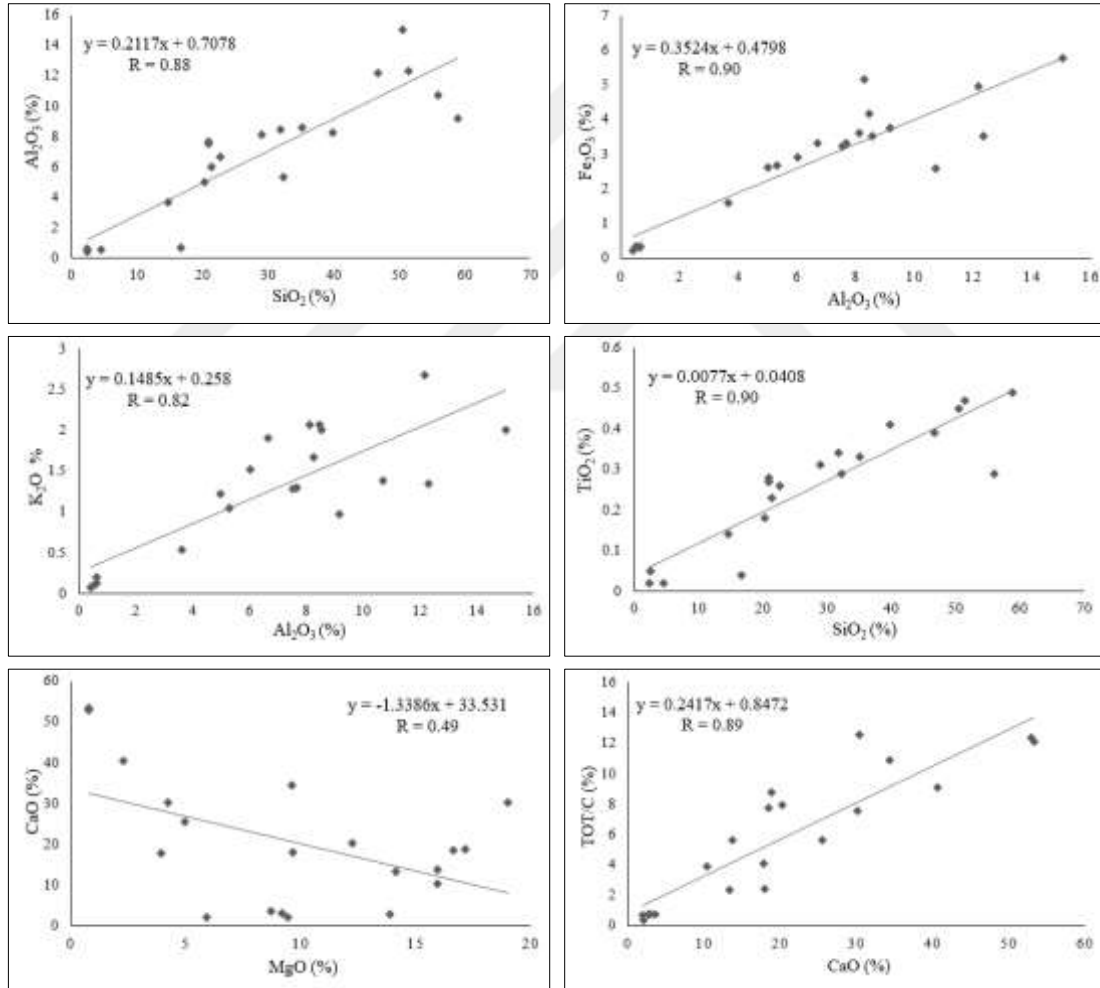
Sondaj örneklerinin;

- SiO_2 içerikleri %2.43 ile %58.98 arasında,
- Al_2O_3 içerikleri %41 ile %15.03 arasında,
- Fe_2O_3 içerikleri % 0.21 ile %5.76 arasında,
- MgO içerikleri % 0.75 ile %9.68 arasında,
- CaO içerikleri %1.97 ile %53.33 arasında,
- K_2O içerikleri %0.07 ile %2 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3).

Örneklerin Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve Cr_2O_3 içerikleri ise genel olarak %1'den küçüktür. Toplam karbon içeriği %0.33 ile %12.37 arasında, toplam kükürt içeriğinin ise Ç2-209.2 örneğinde %0.45, diğer örneklerde %0.02 den küçük değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Kalsitin ideal bileşimi CaO %56 ve CO_2 %44 içermektedir. Sondaj örneklerinden safa yakın olan Ç1-100.5 kalsit örneğinde CaO %52.85, CO_2 %45.36, Ç2-142.5 safa yakın kalsit örneğinde CaO %53.33, CO_2 %44.29 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.8).

Kil minerallerinin SiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri oldukça yüksek olup paligorskit ve sepiyolit içeren örneklerde (Ç1-111, Ç2-85.5, Ç2-86.4 ve Ç2-92.75) SiO_2 oranının %50'nin üzerinde olduğu görülmüştür. Toplam C kalsit ve dolomite bağlı olarak artmış, toplam S ise jips mineraline bağlı olarak artmıştır. Toplam S miktarı 1-6 numaralı örneğinde % 3.83, 1-7 numaralı örnek de ise % 6.67 olarak tespit edilmiştir. Ateşte kayıp içerikleri safa yakın kalsit ve dolomitlerde %40'ın üzerinde olup, artan kil mineral yüzdesine bağlı olarak ateşte kayıp içeriklerinin azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.3).

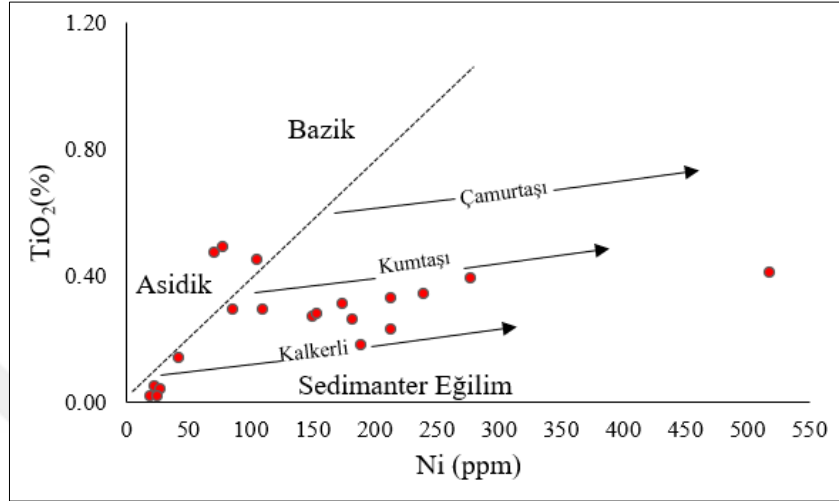
Çalışma alanımızdaki tüm örneklerden Al_2O_3 ile Fe_2O_3 arasında, TiO_2 ile SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 arasında çok yüksek pozitif korelasyon gözlenmiştir. SiO_2 ile Al_2O_3 ve Fe_2O_3 arasında, Al_2O_3 ile K_2O arasında ve Fe_2O_3 ile K_2O arasında yüksek pozitif korelasyon tespit edilmiştir. CaO ile SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O ve TiO_2 arasında yüksek negatif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 4.35, Çizelge 4.4). CaO ile toplam C ve AK arasında yüksek pozitif korelasyon tespit edilmiştir. CaO ile MgO arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Toplam C ile SiO_2 , Al_2O_3 arasında çok yüksek negatif korelasyon, Toplam C ile Fe_2O_3 , K_2O arasında yüksek negatif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 4.35, Çizelge 4.4).



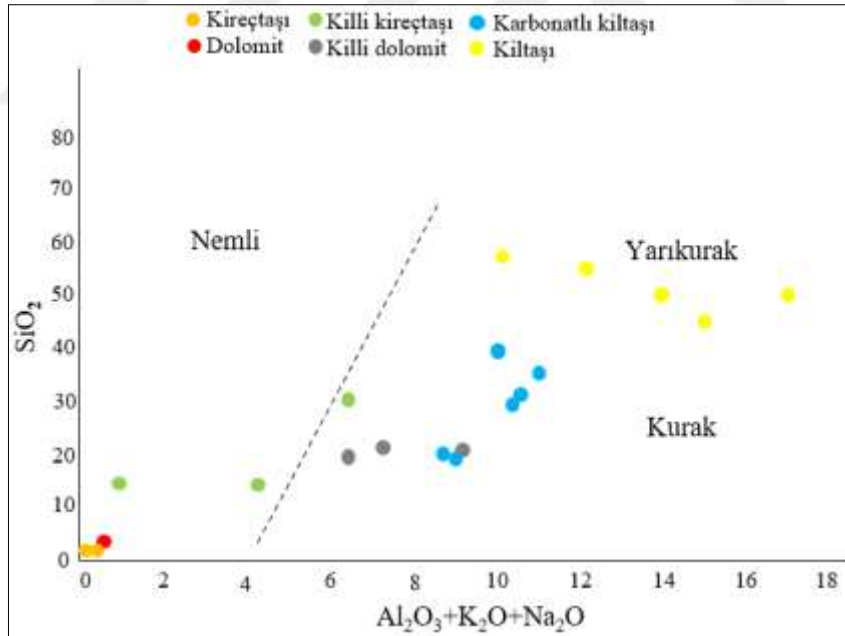
Şekil 4.35 Örneklerin bazı ana element oksitler arasındaki ilişki.

Çalışma alanından alınan örneklerin TiO_2 ye karşılık Ni grafiklerine (Floyd vd. 1989) göre havzada bulunan birimlerin kökeninin sedimentasyon işlemi sonucu asidik kayalara yakın olduğu görülmüştür (Şekil 4.36). Ayrıca SiO_2 'ye karşılık $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$

grafiğinde (Suttner ve Dutta 1986) kireçtaşları, killi kireçtaşları ve dolomitin nemli iklim koşullarında oluştuğu, killi dolomitlerin kurak iklim koşullarında, karbonatlı kilttaşlarının kurak iklim koşullarında, kilttaşlarının ise yarı kurak iklim koşullarında oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.37).



Şekil 4.36 Örneklerin TiO_2 'ye karşılık Ni grafiği.



Şekil 4.37 Örneklerin paleoiklimsel koşulları gösteren SiO_2 'ye karşılık $(Al_2O_3+K_2O+Na_2O)$ grafiği.

Çizelge 4.4 Analizi yapılan örneklerin majör oksit ve iz element konsantrasyonlarının korelasyon katsayıları.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ PO ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Ba	Ni	Sc	AK	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	TOT/C	TOT/S
SiO ₂	1.00	0.88	0.76	0.09	-0.89	0.24	0.62	0.90	0.12	-0.18	0.32	0.01	0.24	0.62	-0.95	0.64	0.26	0.83	0.79	0.87	0.28	0.73	0.85	-0.31	0.77	0.75	-0.32	0.17	0.39	0.77	0.51	-0.93	0.22
Al ₂ O ₃		1.00	0.90	0.14	-0.89	0.35	0.82	0.92	0.00	0.01	0.31	0.21	0.34	0.84	-0.92	0.74	0.42	0.66	0.99	0.91	0.34	0.89	0.74	-0.32	0.83	0.86	-0.27	0.57	0.34	0.83	0.62	-0.92	0.27
Fe ₂ O ₃			1.00	0.16	-0.80	0.36	0.89	0.91	0.08	0.24	0.66	0.22	0.66	0.95	-0.85	0.46	0.69	0.46	0.76	0.78	0.40	0.82	0.34	-0.23	0.46	0.74	-0.19	0.86	0.42	0.75	0.75	-0.83	0.37
MgO				1.00	-0.49	0.54	0.39	0.09	-0.01	0.13	0.00	0.22	0.11	-0.11	-0.12	-0.06	0.22	0.13	-0.01	0.19	0.23	0.22	-0.15	0.41	0.13	0.29	0.59	0.26	0.17	0.27	0.41	-0.12	-0.53
CaO					1.00	-0.45	-0.78	-0.85	-0.06	0.04	-0.32	-0.17	-0.32	-0.65	0.90	-0.71	-0.38	-0.74	-0.82	-0.85	-0.34	-0.80	-0.80	0.10	-0.82	-0.80	0.03	-0.42	-0.38	-0.78	-0.64	0.89	-0.24
Na ₂ O						1.00	0.70	0.25	0.03	-0.01	0.27	0.05	0.47	-0.11	-0.41	0.28	0.47	0.02	0.14	0.58	0.17	0.32	0.24	-0.10	0.38	0.70	0.01	0.35	-0.14	0.71	0.71	-0.33	-0.13
K ₂ O							1.00	0.75	0.13	0.18	0.56	0.18	0.64	0.58	-0.80	0.38	0.68	0.35	0.58	0.79	0.47	0.80	0.27	-0.16	0.56	0.84	-0.13	0.79	0.28	0.81	0.86	-0.78	0.42
TiO ₂								1.00	0.15	0.10	0.46	0.18	0.44	0.77	-0.92	0.79	0.50	0.66	0.79	0.86	0.34	0.75	0.53	-0.35	0.51	0.73	-0.31	0.58	0.64	0.79	0.64	-0.91	0.31
P ₂ PO ₅									1.00	-0.09	0.33	-0.11	0.04	-0.24	-0.16	0.40	0.05	-0.07	-0.24	0.17	0.05	-0.01	-0.17	-0.04	-0.19	0.03	0.00	-0.17	-0.10	0.18	0.29	-0.11	0.04
MnO										1.00	0.35	0.69	0.41	-0.02	0.13	-0.36	0.66	-0.43	-0.27	-0.08	-0.06	-0.17	-0.63	0.32	-0.42	0.08	0.19	0.47	-0.11	0.04	0.46	0.21	-0.36
Cr ₂ O ₃											1.00	0.05	0.91	0.38	-0.43	-0.13	0.84	-0.09	-0.01	0.30	0.15	0.22	-0.09	0.07	-0.05	0.29	-0.04	0.47	0.04	0.32	0.70	-0.33	0.14
Ba												1.00	0.13	-0.10	-0.02	-0.16	0.32	-0.14	-0.12	0.11	-0.01	0.01	-0.28	0.15	-0.22	0.21	0.13	0.25	-0.11	0.09	0.23	-0.01	-0.23
Ni													1.00	0.34	-0.40	-0.12	0.95	-0.15	0.00	0.34	0.27	0.22	-0.10	-0.02	-0.02	0.39	-0.02	0.64	0.10	0.39	0.70	-0.33	0.33
Sc														1.00	-0.68	0.44	0.29	0.37	0.85	0.52	0.23	0.74	0.42	-0.34	0.57	0.48	-0.36	0.66	0.39	0.44	0.16	-0.65	0.12
AK															1.00	-0.65	-0.41	-0.72	-0.84	-0.92	-0.35	-0.81	-0.83	0.32	-0.85	-0.84	0.35	-0.35	-0.34	-0.84	-0.65	0.98	-0.50
Be																1.00	-0.14	0.28	0.72	0.82	0.29	0.37	0.51	-0.60	0.56	0.62	-0.41	0.23	0.26	0.79	0.11	-0.60	-0.27
Co																	1.00	-0.15	-0.05	0.40	0.26	0.25	-0.25	0.04	-0.13	0.46	0.02	0.71	0.06	0.44	0.77	-0.34	0.16
Cs																		1.00	0.57	0.60	0.21	0.67	0.64	-0.26	0.58	0.51	-0.22	-0.01	0.49	0.48	0.23	-0.75	0.28
Ga																			1.00	0.82	0.13	0.81	0.79	-0.46	0.83	0.76	-0.45	0.42	0.24	0.72	0.08	-0.81	-0.05
Hf																				1.00	0.29	0.72	0.80	-0.37	0.84	0.93	-0.29	0.40	0.18	0.96	0.67	-0.89	0.15
Nb																					1.00	0.36	-0.08	-0.13	0.23	0.35	-0.16	0.28	0.81	0.27	0.31	-0.43	0.40
Rb																						1.00	0.56	-0.25	0.67	0.72	-0.21	0.51	0.37	0.67	0.54	-0.82	0.39
Sn																							1.00	-0.66	0.90	0.71	-0.42	-0.07	-0.11	0.63	0.17	-0.71	-0.39
Sr																								1.00	-0.36	-0.30	0.79	-0.18	-0.18	-0.30	0.03	0.36	-0.21
Ta																									1.00	0.90	-0.35	0.09	0.13	0.71	0.18	-0.80	0.16
Th																										1.00	-0.22	0.48	0.14	0.90	0.73	-0.80	0.14
U																											1.00	0.08	-0.18	-0.21	0.10	0.37	-0.38
V																												1.00	0.32	0.50	0.67	-0.35	0.08
W																													1.00	0.14	0.10	-0.46	0.36
Zr																														1.00	0.71	-0.80	0.06
Y																															1.00	-0.58	0.06
TOT/C																																1.00	-0.68
TOT/S																																	1.00

Çok yüksek pozitif korelasyon

Yüksek pozitif korelasyon

Çok yüksek negatif korelasyon

Yüksek negatif korelasyon

4.4.3.2 İz ve Nadir Toprak Element Kimyası

İnceleme alanımızdan alınan analizi yapılan örneklerle ait iz element içerikleri Çizelge 4.5'te, nadir toprak element içerikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Örneklerden kalsit ve dolomitlerin iz ve nadir toprak element içeriklerinin düşük seviyede olduğu, kil oranı arttıkça toplam iz ve nadir toprak element miktarının arttığı görülmüştür. Saf kalsit ve dolomit örneklerinin (2-10, Ç1-100.5, Ç2-142.5) en düşük iz element içeriklerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5). Kil içeriği yüksek örneklerde (1-4, Ç1-111, Ç2-85.5, Ç2-86.4 ve Ç2-92.75) ise iz element içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Örneklerin Ba içeriği 35-172 ppm, Ni içeriği <20-278 ppm, Cs içeriği 3.8-259.5 ppm, Nb içeriği 0.2-23.7 ppm, Rb içeriği 5.2-343 ppm, Sr içeriği 115.1-8270 ppm, Th içeriği 0.4-24.1 ppm, Zr içeriği 9.3-170.3 ppm ve Y içeriği 0.70-18.9 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Örneklerin iz element içerikleri (ppm).

Örnek No	Ba	Sc	Ni	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y
1-1	541	6.00	213	1	15.6	60.1	6.1	1.6	7.2	108.7	1	2186	0.4	7.3	8.7	47	1.2	71.6	9.70
1-2	196	8.00	213	3	16.6	84	10.3	3	13.4	172.8	2	359.1	0.9	14.2	3.2	54	1.5	138.5	15.20
1-3	192	8.00	174	2	15.7	83.6	10.1	2.9	12	170.4	2	267.3	0.7	12.6	4.9	54	1.4	125.2	18.90
1-4	216	10.00	278	4	18.9	82.1	15.4	5	23.7	190.3	3	363.6	1.5	24.1	3.4	65	1.7	262	18.60
1-5	338	6.00	189	<1	14.4	51.5	4.9	1.3	5.6	87.5	<1	8270	0.4	6	28.3	46	0.9	62.7	15.00
1-6	221	9.00	240	3	16.8	76.4	8.9	2.3	105	157.2	1	944.2	0.8	11.1	2.2	56	10.3	90.8	12.60
1-7	176	7.00	182	1	12.8	58.3	7.6	1.8	7.9	143.7	1	1192	0.6	8.3	1.7	46	1	71.1	10.30
2-10	35	<1	25	<1	1.1	16.4	<0.5	0.3	0.2	8.6	<1	1617	<0.1	0.6	19.4	<8	<0.5	13.6	0.90
Ç1-77	238	11.00	518	2	33.9	13.9	9.3	2.5	9.9	81.1	2	359.5	0.6	9	1.4	60	1.4	97.2	14.90
Ç1-100.5	63	<1	23	<1	1.7	9.8	<0.5	0.5	1.1	8.1	<1	480.3	<0.1	1.1	1.3	<8	0.5	18.9	1.50
Ç1-111	139	9.00	78	<1	6	259.5	11.2	2.8	13.2	132	2	210.5	0.7	8.5	1	46	7.6	116.1	9.20
Ç2-53.5	264	8.00	150	<1	18.5	13.5	8.8	2	8.6	74.2	1	815.8	0.5	10.8	3.2	54	1.7	79.3	11.00
Ç2-56.9	1472	8.00	154	2	16.8	13.9	8.8	1.9	8.5	76.8	1	1647	0.5	11.2	6.8	58	1.3	74.5	11.70
Ç2-81.5	217	4.00	42	<1	3.7	32.9	3.7	1	3.9	59.3	<1	567.2	0.2	3.1	2.2	28	0.5	40.4	5.90
Ç2-85.5	175	14.00	106	3	6.9	172.8	18	3	16	343.6	3	182.8	1.2	12.3	1	62	4.1	110.4	7.90
Ç2-86.4	439	8.00	71	4	7.4	111.1	13.3	4.4	11.8	131.2	3	240.3	1	13.3	1.2	38	1.1	170.3	7.10
Ç2-92.75	176	8.00	86	2	5.2	199.7	12.3	3.6	20.1	163	4	115.1	1.7	19.5	1	24	1.2	110.2	10.80
Ç2-106.5	114	6.00	110	<1	7.2	52.2	5.8	2.3	7.5	79.4	<1	534.1	0.4	5.8	4.9	32	0.8	86	11.80
Ç2-142.5	49	<1	<20	<1	1	3.8	<0.5	0.2	0.3	5.2	<1	342.2	<0.1	0.4	0.7	<8	<0.5	9.3	0.70
Ç2-209.2	110	<1	27	<1	3.2	10.6	<0.5	0.3	0.8	11.1	1	3589	<0.1	0.5	0.9	14	0.5	11.4	1.20
Min	35	<1	<20	<1	1	3.8	<0.5	0.2	0.3	5.2	<1	115.1	<0.1	0.4	0.7	<8	<0.5	9.3	0.9
Mak	1472	14.00	518	4	33.9	259.5	15.4	4.4	23.7	343.6	4	8270	1.7	24.1	28.3	65	10.3	262	18.9
MDL	1	1	20	1	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	1	0.5	0.1	0.2	0.1	8	0.5	0.1	0.1

Sr içeriğinin karbonat ve sülfat içeren örneklerde kil içeriği yüksek olan örneklerle göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kalsit ve dolomit örneklerinde (2-10, Ç1-100.5, Ç2-142.5) Sr içeriği sırası 1617ppm, 480.3ppm ve 342.2ppm dir. Jips içeren örneklerde ise (1-6 ve I-7) Sr içeriği sırası 944.2ppm ve 1192ppm dir. Sr içeriği sölestin içeren iki örnekte (1-5:8270ppm, Ç2-209.2:3589ppm) en yüksek seviyede tespit edilmiştir. Safa

yakın kil içeren örneklerde ise (1-4, Ç1-111, Ç2-85.5, Ç2-86.4 ve Ç2-92.75) Sr içeriği 115.1ppm ve 363.6ppm arasında olup en düşük seviyelerdedir (Çizelge 4.5). Örneklerin toplam nadir toprak element (NTE) içerikleri 5.55 ppm ile 183.02 ppm arasında değişmektedir. Dolomit ve kalsitlerin toplam NTE içerikleri 5.54-14.08 (ppm) arasında iken, killerde 66.65-183.02 (ppm) arasında değişmektedir (Çizelge 4.7).

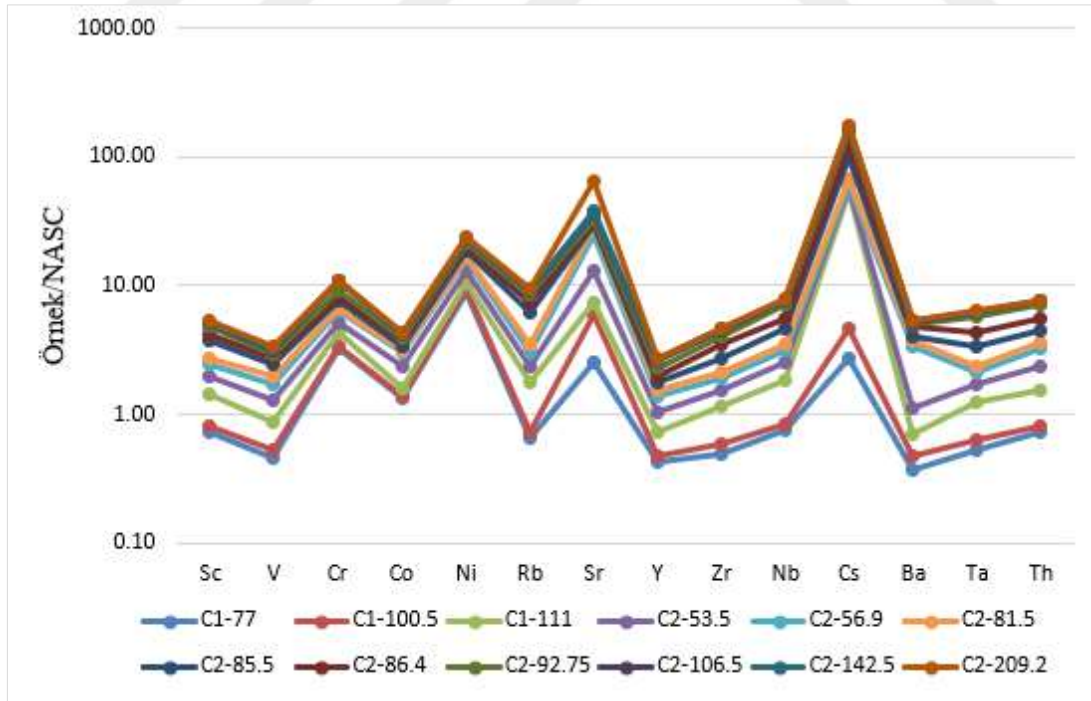
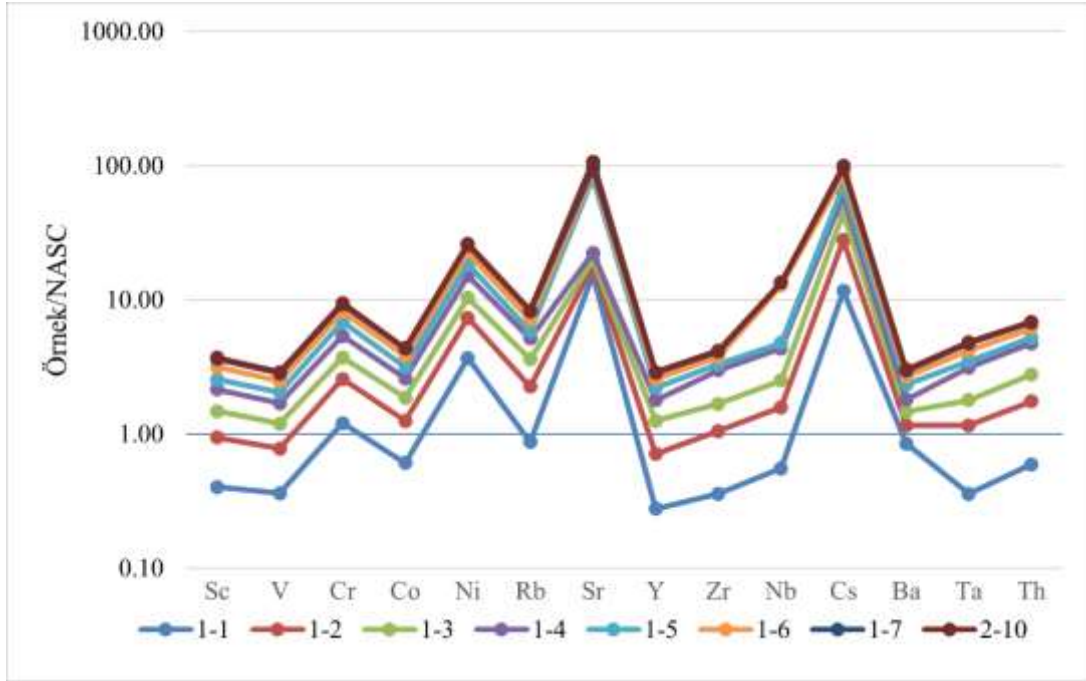
Araziden alınan kesitlere ve sondajlara ait örneklerin iz element ve nadir toprak element (NTE) içerikleri, Average North American Shale (NASC) (Gromet vd. 1984, Taylor ve McLennan 1985) ve Kondrit'e göre (Boynton 1984, Sun ve McDonough 1989) normalize edilmiş değerleri gösteren örümcek diyagramları Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te verilmiştir.

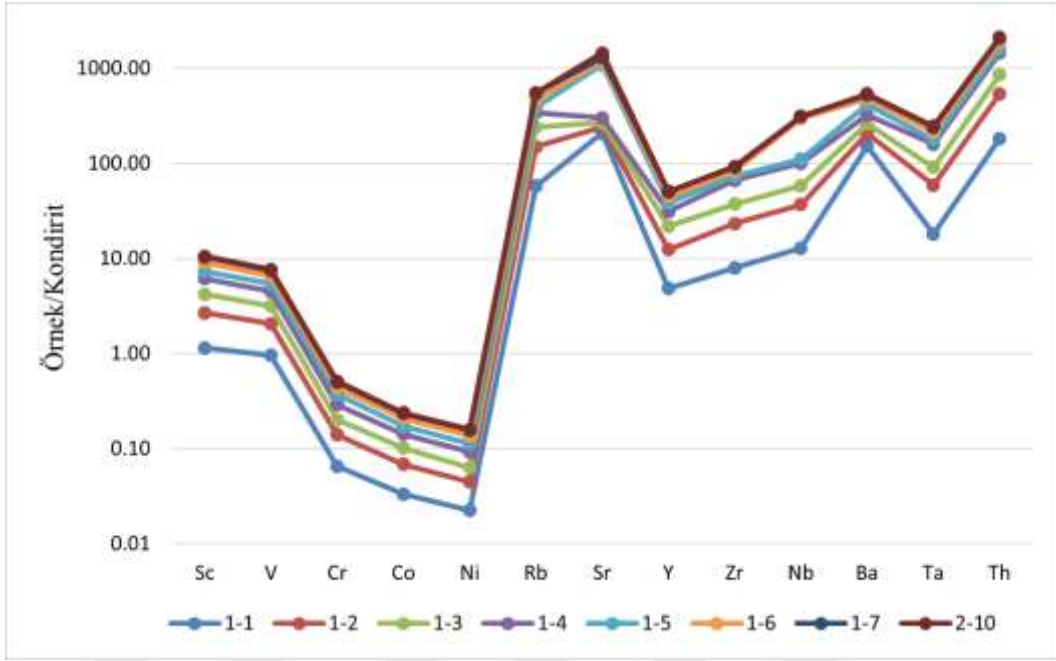
Çizelge 4.6 Örneklerin nadir toprak element içerikleri (ppm).

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1-1	16.50	32.70	3.51	11.80	2.19	0.37	2.05	0.30	1.71	0.32	0.99	0.15	0.92	0.15
1-2	29.20	57.80	5.94	20.10	3.62	0.50	3.20	0.48	2.68	0.52	1.54	0.23	1.56	0.23
1-3	30.90	57.20	6.16	21.80	3.88	0.52	3.49	0.54	3.04	0.65	2.07	0.28	1.94	0.30
1-4	42.20	82.50	8.67	30.10	5.07	0.51	4.12	0.62	3.62	0.69	2.09	0.32	2.18	0.33
1-5	23.10	42.20	4.36	16.00	3.07	0.51	2.85	0.42	2.43	0.49	1.40	0.21	1.36	0.21
1-6	22.56	42.80	4.67	16.20	2.98	0.54	2.68	0.39	2.16	0.46	1.28	0.20	1.32	0.19
1-7	16.80	34.30	3.67	12.90	2.35	0.39	2.11	0.31	1.88	0.35	1.09	0.16	1.07	0.16
2-10	1.40	2.30	0.27	1.10	0.12	0.04	0.18	0.02	0.17	0.02	0.08	<0.01	0.09	0.01
Ç1-77	22.90	43.00	4.93	17.90	3.32	0.75	3.03	0.45	2.67	0.51	1.52	0.22	1.46	0.22
Ç1-100.5	3.60	5.80	0.71	2.50	0.40	0.11	0.30	0.05	0.29	0.04	0.12	0.02	0.12	0.02
Ç1-111	17.80	32.20	3.82	13.50	2.28	0.49	1.88	0.30	1.68	0.34	0.97	0.15	1.00	0.16
Ç2-53.5	21.10	35.60	4.01	14.20	2.47	0.54	2.23	0.34	1.97	0.37	1.10	0.17	1.05	0.16
Ç2-56.9	20.40	37.60	4.07	14.90	2.67	0.54	2.30	0.34	1.95	0.40	1.17	0.18	1.12	0.17
Ç2-81.5	8.60	14.40	1.78	6.60	1.26	0.25	1.30	0.18	1.04	0.21	0.62	0.08	0.63	0.09
Ç2-85.5	16.70	27.50	3.34	11.30	1.90	0.34	1.43	0.23	1.40	0.28	0.90	0.15	1.01	0.17
Ç2-86.4	17.70	54.00	4.02	14.50	2.57	0.52	1.95	0.28	1.35	0.27	0.79	0.11	0.82	0.13
Ç2-92.75	19.70	42.10	4.49	15.50	3.08	0.35	2.57	0.40	2.13	0.41	1.13	0.16	1.11	0.18
Ç2-106.5	17.60	34.50	3.68	14.20	2.47	0.53	2.28	0.34	1.94	0.36	1.11	0.16	1.03	0.16
Ç2-142.5	1.50	2.20	0.25	0.90	0.15	0.03	0.15	0.02	0.14	0.03	0.09	<0.01	0.07	0.01
Ç2-209.2	2.00	3.20	0.34	1.40	0.19	0.04	0.23	0.03	0.24	0.04	0.10	0.01	0.12	0.01
Min	1.40	2.20	0.25	0.90	0.12	0.03	0.15	0.02	0.14	0.02	0.09	<0.01	0.07	0.01
Mak	42.20	82.50	8.67	30.10	5.07	0.75	4.12	0.62	3.62	0.69	2.09	0.32	2.18	0.33
MDL	0.1	0.1	0.02	0.3	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01

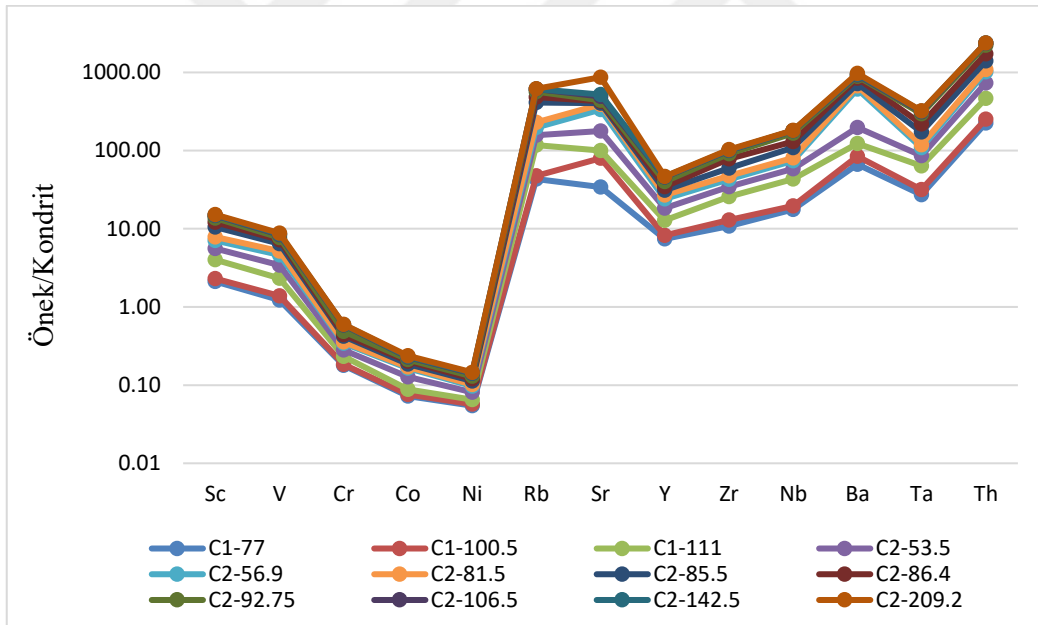
Örneklerin NASC'a göre normalize edilmiş iz element değerlerine ait grafiklerinin benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Grafiklerde tüm örneklerde Cr, Ni, Sr ve Cs elementlerinde zenginleşme; V, Co, Rb, Y elementlerinde fakirleşme görülmüştür. (Şekil 4.38 ve Şekil 4.39). Örneklerin Kondrit'e göre normalize edilmiş iz element grafiklerinde de benzerlik görülmektedir. Grafiklerde Ni elementinde oldukça yüksek fakirleşme

görülürken, Cr, Ni, Y, Ta da fakirleşme, Sr, Th, Ba, ve Rb elementlerinde zenginleşme olduğu görülmüştür (Şekil 4.40 ve Şekil 4.41).



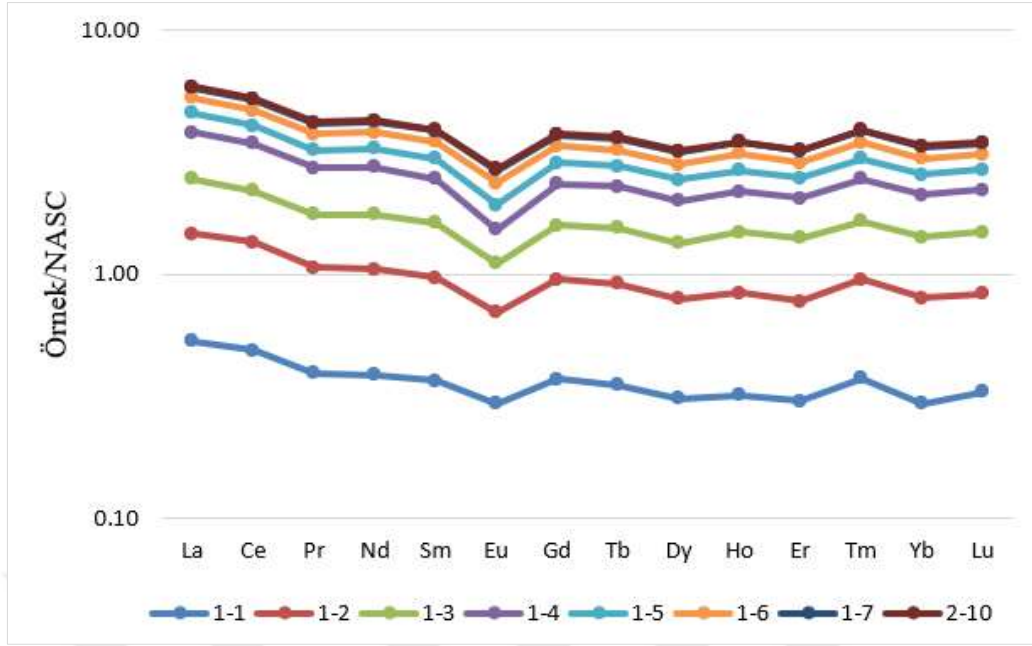


Şekil 4.40 Kesit örneklerinin iz elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.

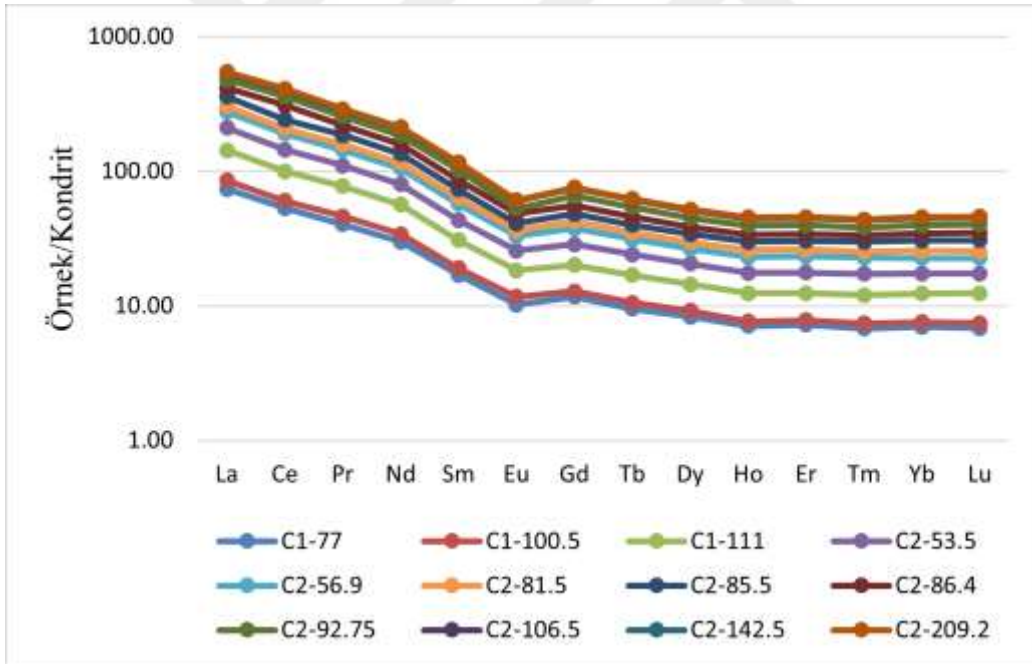


Şekil 4.41 Sondaj örneklerinin iz elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.

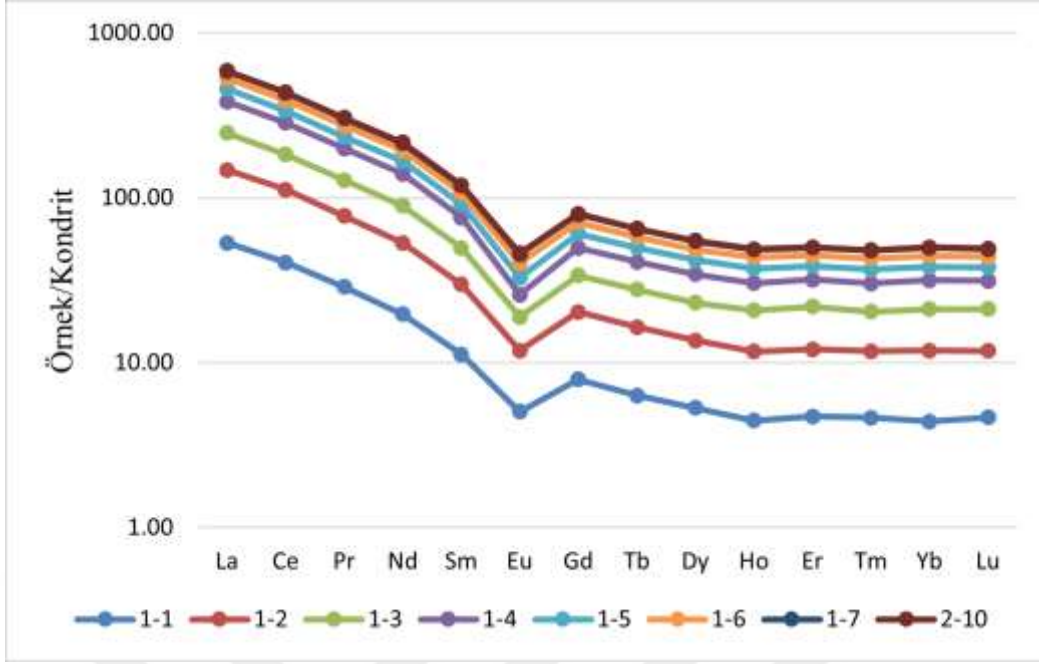
Örneklerin NASC'a göre normalize edilmiş NTE grafiklerinde, trendlerin NASC değerlerine paralel ve yataya yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.42 ve Şekil 4.43). Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE grafiklerine bakıldığında ise hafif nadir toprak elementleri, ağır nadir toprak elementlerine göre zenginleşme göstermektedir ve belirgin negatif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 4.44 ve Şekil 4.45).



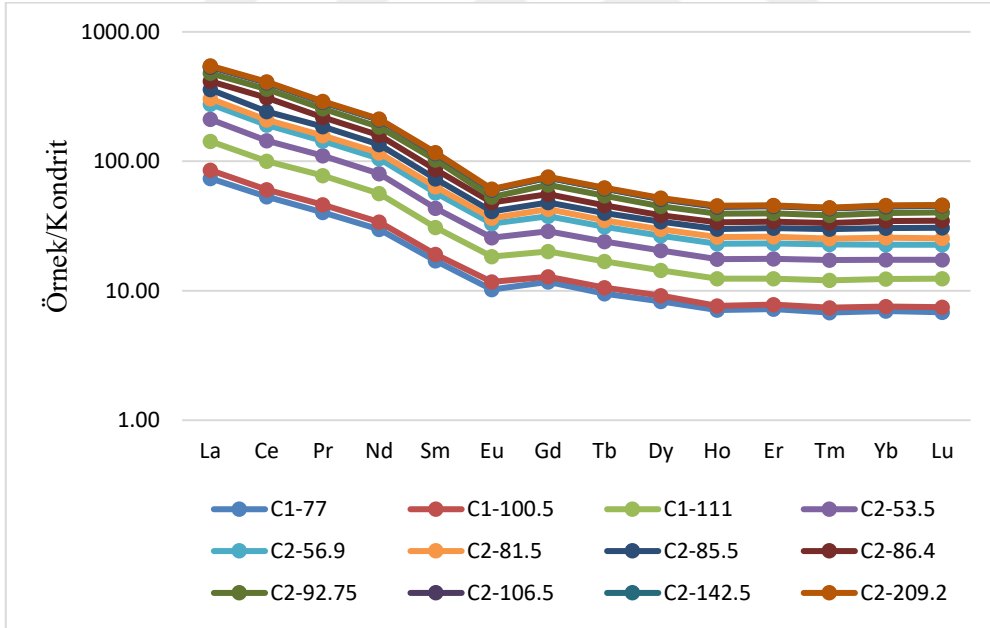
Şekil 4.42 Kesit örneklerinin nadir toprak elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.



Şekil 4.43 Sondaj örneklerinin nadir toprak elementlerinin NASC'a göre değişimlerini gösteren diyagram.



Şekil 4.44 Kesit örneklerinin nadir toprak elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.



Şekil 4.45 Sondaj örneklerinin nadir toprak elementlerinin Kondrit'e göre değişimlerini gösteren diyagram.

Kondrit'e göre tüm örneklerde negatif Eu* anomali (0.34-0.97) gözlenirken, NASC'a göre Kesit 1'e ait örneklerin tamamında negatif anomali (0.51-0.88), Kesit 2 ye ait dolomit örneğinde (2-10) pozitif anomali gözlenmiştir (1.25). Ç1 sondaj örneklerinde pozitif Eu* anomali (1.08-1.46) gözlenirken, Ç2 sondaj örneklerinde ise Eu* anomalisi

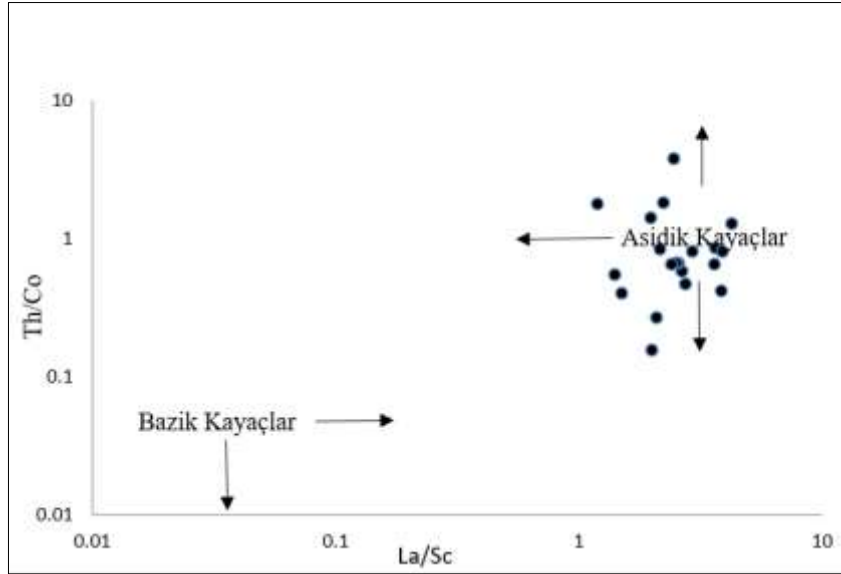
oldukça değişkendir. Kondrit ve NASC'ın Ce*anomalı değerleri benzerlik gösterdiği, yakın değerlerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Örneklerin HNT/ONT (hafif nadir toprak element/ortalama nadir toprak element) oranları 7.40 ve 13.00 arasında değişmektedir. Örneklerin HNT/ANT (Hafif nadir toprak elementler/ağır nadir toprak elementler) oranları 25.29-48.47 arasında değişmektedir. Ağır nadir toprak elementlerine göre hafif nadir toprak elementlerinde belirgin zenginleşme tespit edilmiştir.

Kil, marn, kireçtaşı ve dolomit örneklerinin Th/Co-La/Sc ilişkisine (Cullers 2002) bağlı olarak köken kayacın asidik kayaç bölgesine düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.46).

Çizelge 4.7 Örneklerin nadir toprak elementlerinin anamoli ve oranları.

Örnek	NASC'a göre		Kondrite göre		HNT/ ONT	HNT/ ANT	Toplam NTE
	Eu/Eu*	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Ce/Ce*			
Ç1-77	1.08	1.00	0.72	0.97	8.27	25.94	102.88
Ç1-100.5	1.46	0.90	0.97	0.87	10.60	45.04	14.08
Ç1-111	1.09	0.97	0.72	0.94	9.66	29.53	76.57
Ç2-53.5	1.06	0.96	0.70	0.93	9.46	30.21	85.31
Ç2-56.9	1.00	1.02	0.67	0.99	9.39	29.16	87.81
Ç2-81.5	0.90	0.91	0.60	0.89	7.40	22.10	37.04
Ç2-85.5	0.95	0.91	0.63	0.89	10.54	26.39	66.65
Ç2-86.4	1.07	1.59	0.71	1.54	13.00	48.77	99.01
Ç2-92.75	0.57	1.11	0.38	1.08	9.15	31.70	93.31
Ç2-106.5	1.02	1.06	0.68	1.03	8.84	28.45	80.36
Ç2-142.5	0.92	0.89	0.61	0.86	9.33	26.94	5.55
Ç2-209.2	0.88	0.96	0.59	0.93	9.01	28.92	7.95
1-1	0.80	1.07	0.53	1.03	9.30	29.19	73.66
1-2	0.67	1.09	0.45	1.06	10.28	31.75	127.60
1-3	0.65	1.03	0.43	1.00	9.58	25.29	132.77
1-4	0.51	1.07	0.34	1.04	11.17	33.23	183.02
1-5	0.79	1.04	0.53	1.01	8.77	26.94	98.61
1-6	0.88	1.03	0.58	1.00	9.36	28.84	98.43
1-7	0.80	1.08	0.54	1.05	9.16	27.29	77.54
2-10	1.25	0.93	0.83	0.90	9.22	26.68	5.81

Not: $Eu/Eu^* = Eu_N/[Sm_N Gd_N]^{1/2}$, $Ce/Ce^* = Ce_N/[La_N Pr_N]^{1/2}$



Şekil 4.46. Örneklerin Th/Co-La/Sc ilişkisini gösterir diyagram.

4.4.4 Duraylı İzotop Analizi ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$)

Karasal karbonatları çökelten suyun kökeni hakkında fikir sahibi olmak ve aynı zamanda iklim değişimleri konusunda da gerekli verileri elde edebilmek için, inceleme alanından seçilen 10 adet kalsit ve dolomit örnekleri üzerinde $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranı tayini yapılmıştır. Örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ izotop içerikleri ‰-8.6 ile ‰0.43 arasında değişmektedir. Kalsit örneklerindeki $\delta^{18}\text{O}$ izotop içeriği dolomit örneklerine göre daha düşük değerde olup ‰-7.27 ile ‰-8.6 arasındadır. Dolomit örneklerinde bu oran ‰0.43 ile ‰-4.42 arasındadır. Aragonit içerikli kalsit örneğinde ise ‰-4.99 olduğu görülmüştür. Örneklerin $\delta^{13}\text{C}$ izotop içerikleri ise ‰0.81 ile ‰-8.45 arasındadır. Kalsit ve dolomit örneklerinde benzer yakınlıkta sonuçlar gözlenirken aragonit içeren örneğin ise ‰0.81 değeriyle diğer örneklere göre yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).

Sıcaklık, yaz, kış yağışları, evaporasyon ve havzanın büyüklüğü gölsel ortamlardaki $\delta^{18}\text{O}$ değişikliklerini etkiler. $\delta^{13}\text{C}$ bileşimi göl ve gölü besleyen suların bileşimi, atmosfer ve göl suyu arasındaki CO_2 değişimi ve göl içindeki su bitkilerinin fotosentezleri hakkında bilgi verir (Leng ve Marshall 2004). Ilıman iklimlerde aylık ortalama yağış değerlerinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri tipik olarak ‰2-8 arasındadır ve bu aralık bölgenin karasallığı ile artar. Bu tür bölgelerde kış yağışları, yaz eşdeğerinden önemli ölçüde daha fazla negatif $\delta^{18}\text{O}$ 'ya sahiptir. Kapalı göller, özellikle su kaybının esas olarak buharlaşma yoluyla

olduğu kurak bölgelerdekiler, değişken ve yüksek oksijen izotop bileşimi içeren sulara sahiptir (Leng ve Marshall 2004).

Çizelge 4.8 Karbonat içerikli örneklerle ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranları, MgO, CaO ve CO_2 içerikleri

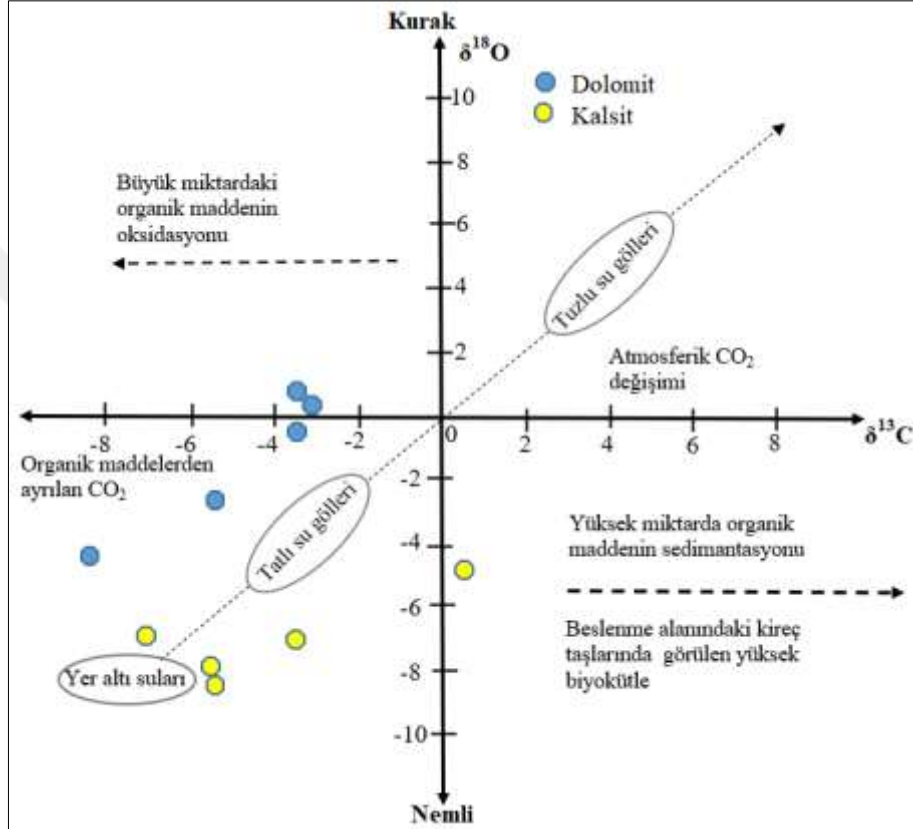
Örnek Adı	Karbonat Mineralojisi	$^{13}\text{C}(\text{‰})$ V-PDB	$^{18}\text{O}(\text{‰})$ V-PDB	MgO (%)	CaO (%)	CO_2 (%)
1-1	Dolomit	-3.22	0.43	16.64	18.41	28.45
1-5	Dolomit	-3.36	0.81	17.13	18.82	32.12
2-1	Dolomit	-3.61	-0.57	-	-	-
2-10	Dolomit	-5.49	-2.55	19.01	30.31	45.98
Ç2-56.9	Dolomit	-8.45	-4.42	12.23	20.24	29
Ç2-81.5	Kalsit	-7.01	-7.46	2.28	40.54	33.4
Ç1-100.5	Kalsit	-5.85	-8.6	0.75	52.85	45.4
Ç2-106.5	Kalsit	-5.5	-8.2	4.93	25.43	20.5
Ç2-142.5	Kalsit	-3.51	-7.27	0.78	53.33	44.3
Ç2-200.9	Kalsit-Aragonit	0.81	-4.99			

$\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizi, göl ortamlarının iklimsel ortamları ve hidrolojik koşullar hakkında bilgi verir aynı zamanda göl ortamında tuzluluk değişimleri ile göl alanı değişim süreçlerinin çözülmesine katkı sağlar (Talbot 1990; Talbot ve Kelts 1990). Oksijen izotop ($\delta^{18}\text{O}$) analiz değerleri karbonatların göl ortamlarındaki oluşumlarında göl sularının bileşimleri ve sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Göl ortamında oluşan karbonatların pozitif oksijen izotop değerleri evaporasyonun ve kuru iklim koşullarının göstergesidir (Gonfiantini 1986; Gasse vd. 1987).

Karbon izotop ($\delta^{13}\text{C}$) değeri fotosentez yoluyla oluşan karbondioksitin CO_2 toprak yoluyla göle taşınması ile karbon izotop değerinde (‰10-28) düzeyinde azalmalara neden olur (Salomons ve Mook 1986). Atmosferik kaynaklar eksilen $\delta^{13}\text{C}$ yeniden dengelenmesini sağlar (Gonfiantini 1986; Hoefs 2018).

İncelenen dolomit örneklerindeki $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerlerinin kalsitlerdeki oksijen izotop ($\delta^{18}\text{O}$) değerlerine göre daha düşük olduğu, aragonit içeren kalsit örneğinin ortalama $\delta^{18}\text{O}$ izotop değere sahip olduğu gözlenmiştir. İncelenen kalsit örneklerindeki düşük $\delta^{18}\text{O}$ izotop değeri tuzluluğun olmadığını ya da çok düşük seviyede olduğunu ve havzanın yeraltı suları ile beslendiğini göstermektedir. Sonrasında $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerinde başlayan yükselme havzadaki su seviyesinin düştüğünü, göl su seviyesinin azalması ve kurak iklim

koşullarının kendisini göstermesi sonucunda da evaporasyonun hız kazanmaya başladığını göstermektedir. İncelenen kalsit ve dolomit örneklerindeki negatif $\delta^{13}\text{C}$ izotop değeri biyolojik kaynaklardan üretilen CO_2 'den kaynaklandığını düşündürmektedir. Organik maddeden ayrılan CO_2 sonucu su asidik karakter kazanmış $\delta^{13}\text{C}$ değerinde azalma görülmüştür (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 Çavdarhisar havzası örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerini gösteren diyagram (Leng ve Marshall 2004'ten uyarlanmıştır).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Başlıca KD-GB gidişli bir uzanıma sahip olan Kütahya-Çavdarhisar havzası, ana çizgilerde kömür içeren Gediz ve Emet havzaları ile bağlantılı olan bir havzadır. Çavdarhisar havzası, Kütahya-Gediz ve Kütahya-Emet havzalarından Menderes masifine ait metamorfik temel yükseltisi ile ayrılır. Çalışma alanı, Batı Anadolu bölgesinin genç ve aktif tektoniği açısından önemli bir bölgesinde yer almaktadır. Çalışma alanının, kuzeyinde Kütahya Fayı, batısında Emet Fay zone ve güneyinde ise Simav Fayı yer almaktadır. Çalışma sahası içerisinde ise, Çavdarhisar havzasını batıdan sınırlayan Çavdarhisar Fayı bulunmaktadır. Bu fay, KKB-GGD doğrultulu bir uzanıma sahip olup, birbirine paralel bir kaç fay ile bir fay zone görünümündedir.

Havzayı çevreleyen metamorfik temel kayaları, daha çok Menderes metamorfik masifinin en üst bölümünde bulunan örtü şistlerini ve bunlara eşlik eden mermerleri temsil etmektedir. Kütahya-Çavdarhisar havzasını dolduran Neojen istifli akarsu ve gölsel tortullardan oluşur. Büyük olasılıkla havza içi fayların etkisi ile yüksek hızda gelişen sübsidansa bağlı olarak derin sayılabilecek gölsel koşullar ortaya çıkmaktadır. Akarsu tortullarını egemen olarak çakıltı, çapraz katmanlı kumtaşı, kıltaşı, çamurtaşı bileşenlerinden meydana gelir. Bölgedeki gölsel tortullar, başlıca marn, karbonatlı çamurtaşı, kıltaşı, kumtaşı, dolomit, killi kireçtaşı ve gölsel kireçtaşı düzeylerinden ve ardalanmasından oluşur. Başlıca andezitlerden ve piroklastik tüflerden oluşan Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanitler, özellikle Çavdarhisar havzasına komşu olan Gediz ve Emet havzalarında geniş yayılım gösterir.

Yapılan arazi gözlemleri ve alınan ölçülü kesitler incelendiğinde Çokköy formasyonuna ait birimler akarsu ve gölsel ortamda oluşmuş kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomit, jipsli kıltaşı, kıltaşı, karbonatlı kıltaşı ve kumtaşından oluştuğu belirlenmiştir. Sondajlarda Emet formasyonuna ait akarsu ve yaygın olarak gölsel ortamda oluşmuş kireçtaşı, killi kireçtaşı, kıltaşı ve çamurtaşından oluşan birimler kesilmiştir. Formasyonun kalınlığının 228m olduğu belirlenmiştir. Sondaj istifinin alt bölümünde, yaklaşık 200 m’den itibaren Emet formasyonunda, koyu gri ve koyu kahverengi organik maddece zengin

sayılabilecek, gastropod fosilli, kömürlü kıltaşı, çamurtaşları ve ince kömür seviyeleri (5-10 cm) yer alır.

Seçilen sondajlardan ve kesitlerden alınan örneklerin XRD analizleri ile başlıca kalsit, dolomit, aragonit, jips, sölestin, feldispat, kuvars ve kil mineralleri tespit edilmiştir. Karbonat mineralleri her örnekte tespit edilmiştir. Havzada ana karbonat minerali kalsit ve dolomittir. Kalsit yaygın olarak sondaj istiflerinde bulunurken, dolomit ise mostradan alınan kesit örneklerinde ana karbonat mineralidir. Jips ise dolomit ve kil mineralleri ile birlikte 1 nolu kesitte gözlenmiştir. XRD çalışmaları ile dolomit mineralinde Ca/Mg oranı belirlenmiş ve havza da bulunan dolomitlerin bir kısmının ideal dolomit (2.88-2.89 Å), bir kısmının ise Ca-dolomit (2.90) olduğu belirlenmiştir (Goldsmith ve Graf 1958). Havzada tespit edilen kil mineralleri ise Ca-simektit, illit, klorit, kaolinit, paligorskit ve sepiyolit. İnceleme alanında sondaj istiflerinde paligorskit minerali saf halde, yer yer sepiyolit ve Ca-simektit ile birlikte gözlenmiştir. Mostralardan alınan kesitlerde ise Ca-simektit, illit, kaolinit ve klorit tespit edilmiştir.

Tatlı su sistemlerinde genellikle kalsit (CaCO_3) oluşur, ancak artan buharlaşma ile aragonit (CaCO_3) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) gibi diğer formlar da oluşabilir (Talbot ve Kelts 1990). Ortam tuzluluğunun ve alkalinitesinin kısmen artması ile Mg'ca zenginleşme dolomitin çökelişini sağlamıştır (Eugster ve Hardie 1978). SEM incelemelerinde yarı özşekilli, özşekilli yer yer özşekilsiz trigonal kalsit ve özşekilsiz, yarı özşekilli romboedrik dolomit kristalleri üzerinde yer yer büyüme izleri gözlenmiştir. Jips, kalsitin Mg'ca zengin çözeltilerden itibaren dolomite dönüşümü esnasında dolomit ile birlikte oluşur. SEM çalışmalarında jipsler özşekilli, yarı özşekilli, levhamsı, lifsi ve prizmatik iri kristaller şeklinde gözlenmiş olup, jipslerle birlikte tam gelişmemiş dolomit, illit ve simektitler tespit edilmiştir. Dolomit ile birlikte bulunan jipsler genellikle birincildir ve prizmatik, levhamsı şekillerde oluşur. Kalsit örneklerinde yer yer kalsit kristallerini paligorskitin bir ağ gibi sardığı SEM çalışmalarında gözlenmiştir. Paligorskitler genelde lifsi-ipliksi, sepiyolitler ise lifsi-ipliksi, yumak görümlü, yer yer düzlemsel agregatlar şeklinde gözlenmiştir.

Paligorskit gölsel sıg basenlerde yerel olarak bulunabilen bir mineraldir. Al ve Mg'ca zengin bir mineraldir ve ayrıca Si içeriği de yüksektir ($Mg, Al_2Si_4O_{10}(OH)_4H_2O$). Gölsel oluşumları, kimyasal bozunmanın yüksek olduğu ve kuvvetli evaporasyon ile taze su getiriminin olduğu alanlarda görölmektedir. Taze su getirmisi sayesinde paligorskit oluşumu için gerekli olan pH aralığını ($pH=8-9$) ve hafif tuzluluk koşulları sağlanır. Basen kenarına yakın bölgede detritik malzeme getirmisi paligorskit oluşumu için gerekli olan Al konsantrasyonunun sağlanmasında etkili olmaktadır (Velde 1995). Sepiyolit ise Mg ve Si'ce zengin bir mineraldir ($Mg_4Si_6O_{15}(OH)_26H_2O$). Sepiyolit oluşumu SiO_2 ve MgO miktarlarının yüksek olduğu, paligorskitin aksine Al_2O_3 değerin düşük veya yok olduğu, alkali ($pH: 8-9$) tuzlu ortamlarda gerçekleşmektedir (Milton ve Eugster, 1959; Isphording 1973; Starkey ve Backmon 1979; Velde 1995; Weaver ve Beck 1977).

Karasal karbonat çökellerinin duraylı izotop değeri ($\delta^{13}C$ ve $\delta^{18}O$), karbonatlardaki CO_2 kaynağını belirleyerek, sıcaklık, toprak ve bitki gelişimi gibi önemli parametrelerin elde edilmesinde ve böylelikle paleoortamsal yorumlamalarda oldukça önemli veriler sunmaktadır (Andrews 2006). Karbon izotop değeriindeki değışim, akış sırasında sıcaklığın düşmesi, buharlaşma, toprak zonundan veya yüzey sularından katılım yanında, fotosentez gibi biyogenik süreçlerle de mümkün olabilmektedir (Chafetz vd. 1991; Guo vd. 1996). Oksijen değeriindeki pozitif değışim bölgedeki buharlaşma ile doğru orantılıdır. $\delta^{18}O$ derişimindeki pozitif değeri artışı, daha hafif olan $\delta^{16}O$ 'nın ortamdan uzaklaşmasına ve bu durum, bölgede yaşanan sıcaklık artışına bağlı olarak değışmektedir. Yağışın bol yaşandığı dönemlerde, hafif izotop olan $\delta^{16}O$ 'nın ortamda artış göstermesi, daha ağır olan $\delta^{18}O$ izotop değeri düşürmekte ve bu durum, buharlaşmanın daha az olduğu, yağışlı dönemlere işaret etmektedir (Walker 2005).

Çalışma kapsamında, Çavdarhisar havzasındaki karasal karbonatlarından elde edilen $\delta^{13}C$ duraylı izotop değeri $\text{‰}0.81$ ile $\text{‰}-8.45$ (V-PDB) arasında, $\delta^{18}O$ duraylı izotop değeri, $\text{‰}-8.6$ ile $\text{‰}0.43$ (V-PDB) arasında değışmektedir. İncelenen dolomit örneklerindeki $\delta^{18}O$ izotop değeri kalsitlerdeki oksijen izotop ($\delta^{18}O$) değeri göre daha yüksek olduğu, aragonit içeren kalsit örneğinin ortalama $\delta^{18}O$ izotop değeri sahip olduğu gözlenmiştir. Negatif $\delta^{18}O$ izotop değeri kalsit örneklerinin düşük tuzlulukta yeraltı suları ile beslenen tatlı su göllerinde oluştuğunu göstermektedir.

Dolomitlerdeki daha yüksek $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri su eksilmesi ile daha kurak iklim koşullarının egemen olduğunu gösterir. $\delta^{13}\text{C}$ 'n negatif değerleri ortamdaki yüksek bakteri faaliyetini gösterir. İncelenen örneklerdeki negatif $\delta^{13}\text{C}$ değerleri gl alanında sınırlı havalandırma koşullarının etkili olduğunu işaret etmekte ve CO_2 retimi yerel biyogenik kaynaklara bağlanmaktadır (Talbot 1990).

İncelenen rneklerde SiO_2 'ye karşılık ($\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) grafiğine bakıldığında birimlerin nemli, kurak/yarı kurak iklim koşullarında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hafif nadir toprak elementlerinin ağır nadir toprak elementlerine göre zenginleşmesi ve negatif Eu^* anomalilerinin varlığı kilin feldispatın bozuşması ile olduğunu göstermektedir. Pozitif anomali gözlenmesi volkanit bir köken kayacı gösterir (Toulkeridis et al. 1998). Örneklerin Th/Co-La/Sc diyagramına bakıldığında örneklerin asidik köken kayac bölgesine düştüğü belirlenmiştir. Bu durum havzadaki sedimanter kayacların kaynağının çalışma alanımızın batısında buluna andezit, andezitik tüf ve riyolitler olduğunu göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Acar U R, 2021, Emet (Kütahya) Havzası'ndaki Miyosen Volkanitlerinin Petrografisi, Petrolojisi, İzotop Jeokimyası ve Jeodinamik Gelişimi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 230s, Kütahya.
- Akbaş B, Akdeniz N, Aksay A, Altun İ E, Balcı V, Bilginer E, vd., 2011, 1:250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Akbulut A, Aygün A, DüNDAR A, 1984, Emet Yöresi Bor Tuzu Sahalarının Jeolojisi ve Çökel Ortamları, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 101-102, 20-46.
- Akdeniz N, Konak N, 1979, Simav-Emet-Dursunbey-Demirci Yörelerinin Jeolojisi, MTA Rap. No: 6547.
- Akkuş M F, 1962, Kütahya-Gediz Arasındaki Sahanın jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 58, 21-30.
- Andrews J E, 2006, Paleoclimatic Record From Stable Isotopes In Riverine Tufas: Synthesis And Review, Earth-Science Reviews, 75, 85-104.
- Arık F, 2002, Gümüşköy (Kütahya) Gümüş Yatağının Jeokimyasal Modellemesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 318s, Konya.
- Arık F, Temur S, 2003, Köprüören-Gümüşköy-Yoncalı Civarının Stratigrafisi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18/1, 21-36.
- Bacak G, 2003, Dağardı Güneyi (Tavşanlı-Kütahya) Ofiyoliti'nin Mineralojik Petrografik ve Petrojenetik İncelemesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 307s, İstanbul.
- Bacak G, Uz B, 2003, Dağardı Güneyi (Tavşanlı-Kütahya) Ofiyoliti'nin Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri, İ.T.Ü. Dergisi Ağustos Sayısı, 86-99.
- Baş H, 1983, Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya Yörelerinin Tersiyer jeolojisi ve volkanitlerinin, petrolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7293.

- Baş H, 1986, Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya Yörelerinin Tersiyer Jeolojisi. Jeoloj Mühendisliği Dergisi, 27, 11-18.
- Baş H, 1987, Tavşanlı-Domaniç Volkanitlerinin Özellikleri ve Batı Anadolu Tersiyer Volkanizmasındaki Önemi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 30, 67-80.
- Boynton W V, 1984, Cosmochemistry of the Rare Earth Elements; Meteorite Studies. In: Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. 63-114.
- Chafetz H S, Rush P F, Utech N M, 1991 a, Microenvironmental Controls On Mineralogy And Habit Of CaCO₃ Precipitates: An Example From An Active Travertine System: Sedimentology, 38, 107-126.
- Çelik Y, 1999, Domaniç (Kütahya) Neojen Havzasının Sedimentolojisi ve Kömür Potansiyeli, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 205s, İstanbul.
- Cullers R L, 2002, Implications Of Elemental Concentrations for Provenance, Redox Conditions, And Metamorphic Studies Of Shales And Limestones Near Pueblo, CO, USA: Chemical Geology, 191 (4), 305-327.
- Dora O Ö, Kun N, Candan O, 1992, Menderes Masifinin Metamorfik Tarihçesi ve Jeotektonik Konumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 1-14.
- Dündar A, Güngör N, Gürsel T, Özden M, Özyegin E, 1986, Kütahya- Emet Bölgesi Bor Tuzu Yatağı Nihai Değerlendirme Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No:7984, 156s.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Elmacı H, Olgun Ş, Şaroğlu F, Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Ölçek 1:250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi-30, Ankara.
- Ercan T, Günay E, Savaşın M Y, 1983, Simav ve Çevresindeki Senozoyik Yaşlı Volkanizmanın Bölgesel Yorumlanması, Maden Tetkik Arama Dergisi, 97/98, 86401.
- Erdoğan B, Güngör T, Akay E, Hasözbeke A, 2003, Eğrigöz Granit Masifi'nin Jeolojisi, Petrolojisi ve Yerleşim Mekanizması, TÜBİTAK Projesi Final Raporu, Rapor No: 101Y014, 102s.

- Fidan H, 2016, Kayı Köyü (Kütahya-Emet) Manganez Yatağının Jeolojisi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Kütahya.
- Floyd P A, Winchester J A, Park R G, 1989, Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from the early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland, *Precambrian Research*, 45, 203-214.
- Gasse F, Fontes J C, Plaziat J C, Carbonel P, Kaczmarzka I, De Deckker P, vd., 1987, Biological Remains, Geochemistry And Stable Isotopes For The Reconstruction Of Environmental And Hydrological Changes In The Holocene Lakes From North Sahara, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeocol.*, 60, 1-46.
- Goldsmith J R, Graf D L, 1958, Relations Between Lattice Constants And Compositions Of The Ca-Mg Carbonates, *Am. Miner.*, 43, 84-101.
- Gonfiantini R, 1986, Environmental Isotopes In Lake Studies: Fritz P, Fontes JCh, ed. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, 2. Elsevier Sc. Publ, Amsterdam, 113-168.
- Gromet L P, Dymek R F, Haxin L A and Korotev R L, 1984, The “North American Shale Composite”: its compilation, major and trace element characteristics, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 2469-2482.
- Göktaş M, 2010, Emet ve Çavdarhisar (Kütahya) Neojen Havzalarının Stratigrafisi ve Stratigrafik Korelasyonu, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Adana.
- Göncüoğlu M C, Özcan A, Turhan N, Işık A, 1992, Stratigraphy of the Kütahya Region, Guide Book, A Geotraverse Across Suture Zones in NW Anatolia, Publication of the General Directorate of Mineral Research and Exploration, 3-8.
- Göncüoğlu M C, 2011, Kütahya-Bolkardağı Kuşağının Jeolojisi, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 142, 227-282.
- Guo L, Andrews J, Riding R, Dennis P, Dresser Q, 1996, Possible Microbial Effects On Stable Carbon Isotopes In Hot-Spring Travertines: *Jour. Sedim. Res.*, 66, 468-473.
- Gün H, Akdeniz N, Günay E, 1979 Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve Yaş Sorunları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 8, 3-13.

- Gündoğdu N, 1982, Neojen Yaşlı Sedimanter Basenin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 386s, Ankara.
- Gündoğdu E, Özden S, Güngör T, 2015, Simav (Kütahya) ve Yakın Civarının Senozoyik Yaşlı Jeodinamik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 58, 23-37.
- Helvacı C, 2015, Bor Yataklarını İçeren Neojen Havzalarının Jeolojik Özellikleri: Yatakların Genel Değerlendirmesi ve Gelecek Öngörüsü, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 151, 173-219.
- Helvacı O, B J Firman, 1977 Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 1, 17-28.
- Hoefs J, 2018, Stable Isotope Geochemistry, Springer International Publishing AG, Springer Nature, İsviçre
- İlhan A, 2006, Emet ve Hisarcık (Kütahya) Civarı Bor Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s, Ankara.
- JCPDS, 1993, Mineral Powder Diffraction File Databook, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, 781pp.
- Kalafatçıoğlu A, 1962, Tavşanlı-Dağardı Arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve Serpantinlerle Kalkerlerin Yaşı Hakkında Malumat, Maden Tetkik Arama Dergisi, 58, 34-36.
- Kalafatçıoğlu A, 1964, Balıkesir Kütahya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 9/1-2, 46-62.
- Kapan-Yeşilyurt S, 2000, Gaziemir-Manisa-Kütahya Yöresi Neojen Stratigrafisi ve Mollusk Faunası, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, , Doktora Tezi, 186s, Ankara.
- Kaya O, 1972, Tavşanlı Yöresi Ofiyolit Sorununun Ana Çizgileri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 15, 26-108.
- Koçyiğit A, Bozkurt E, 1997, Kütahya-Tavşanlı Çöküntü Alanının Neotektonik Özellikleri, TUBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: YDABÇAG-126, 78.

- Konak N, 1982, Simav Dolayının Jeolojisi ve Metamorfik Kayaçlarının Evrimi, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 3,1-2.
- Leng M J, Marshall J D, 2004, Palaeoclimate İnterpretation of Stable Isotope Data From Lake Sediment Archives, Quaternary Science Reviews, 23,811-831.
- Milton C, Eugster H P, 1959, Mineral Assemblages Of The Gren River Formation, Researchs in Geochemistry, 118-150.
- Nebert K, 1960, Tavşanlı Batı Ve Kuzeyindeki Linyit İhtiva Eden Neojen sahasının Mukayeseli Stragtigrafisi Ve Tektoniği, Maden Tetkik Arama Dergisi, 54, 7-35.
- Okay A İ, 2011, Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu, Maden Tetkik Arama Dergisi, 142.
- Özburan M, 2009, Kütahya ve Çevresinin Neotektonik İncelemesi, Kocaeli üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 227s, Kocaeli.
- Özcan A, Göncüoğlu C, Turhan N, 1989, Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Raporu, Rapor No: 8974, 142s.
- Özen Y, 2012, Ahmetli (Simav-Kütahya)-Pınarbaşı (Gediz-Kütahya) Arasındaki Polimetalik Cevherleşmelerin Jenetik Modellemesi, Selçuk üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 336s, Konya.
- Özgül N, 1976, Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 65-78, Ankara.
- Özkul C, 2008, Emet (Kütahya) Neojen Havzası Bor Prospeksiyonu: Hedef Saptamada Jeokimyasal Yöntem Geliştirme, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 158s, Kocaeli.
- Özpeker I, 1969, Batı Anadolu Borat Yataklarının Mukayeseli Jenetik Etüdü, Ak Matbaası, 116s, İstanbul.
- Salomons W, Mook W G, 1986, Isotope Geochemistry Of Carbonates In The Weathering Zone, Handbook of Environmental Geochemistry, Elsevier Sc. Publ., 2, 239-269.
- Servais M, 1982, Collision et Suture Téthysienne en Anatolie Centrale, étude Structurale et Métamorphique (HP-BT) de la Zone Nord Kütahya. Ph.D. Thesis, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 374 s.

- Soyakil M, 2018, Gediz (Kütahya) Kuzeyindeki Miyosen Yaşlı Volkanitlerin Petroğrafisi ve Jeokimyası, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61s, Mersin.
- Starkey H C, Backmon P D, 1979, Clay Mineralogy Of Pleistocene Lake Tacopa, Inyo Country, U.S. Geological Survey, 34.
- Sun S S, McDonough W F, 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications of for mantle compositions and processes. In: Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society Special Publication, 42, 313-345.
- Suttner L J ve Dutta P K, 1986, Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework minerology, International Journal of Sediment Research, 56: 329-345.
- Şahin G, 2013, Çavdarhisar (Kütahya) ve Yakın Civarının Geç Senozoyik Yaşlı Gerilme Durumları ve Aktif Tektonik Özellikleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Çanakkale.
- Şener M, Gevrek A İ, 1986, Simav-Emet-Tavşanlı Yörelerinin Hidrotermal Alterasyon Zonları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28, 43-49.
- Şener Ş, Karakuş M, 2017, Tavşanlı (Kütahya) Ovasının Hidrojeolojik ve Su Kimyası Açısından İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(3), 312-321.
- Talbot M R, 1990, A Review Of The Palaeohydrological Interpretation Of Carbon And Oxygen Isotopic Ratios In Primary Lacustrine Carbonates: Chem, Geol, 80, 261-279.
- Talbot M R, Kelts K, 1990, Paleolimnological Signatures From Carbon And Oxygen Isotopic Ratios In Carbonates From Organic Carbon-Rich Lacustrine Sediments: Katz Bj, Rosendahl B R, ed., Lacustrine Exploration: Case Studies and Modern Analogues, Am. Assoc. Pet. Geol, Memoir, 50, 99- 119.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M, 1985, The continental Crust: Its Composition and Evolution, Blackwell, London, p. 312.
- Tokay M, Doyuran V, 1979, Gediz ve Dolaylarının Sismotektonik Özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 22, 200-210.

- Velde B, 1995, Origin And Mineralogy Of Clays, Clays And The Environment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 154-202.
- Walker M, 2005. "Quaternary Dating Methods". John Wiley & Sons Ltd, England. 286p.
- Weaver C E, Beck K C, 1977, Miocene Of The S.E. United States: A model For Chemical Sedimentation In a Peri-Marine Environment, Sedimentary Geology, 17, 1-236.
- Whitney D L, Evans B W, 2010, Abbreviations For Names Of Rock-Forming Minerals, American Mineralogist, 95, 185-187, Seattle.
- Yalçın H, 1984, Emet Neojen Gölsel Baseninin Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 297s, Ankara.
- Yalçın H, Semelin B, Gündoğdu N M, 1985, Emet Gölsel Neojen Baseninin Jeolojik İncelenmesi (Hisarcık güneyi), Yerbilimleri Dergisi, 11, 12:39-52.

İnternet Kaynakları

- 1- <http://cavdarhisar.gov.tr/15.11.2020>
- 2- <http://cografya.gen.tr/01.05.2022>
- 3- <http://kutahya.gov.tr/15.11.2020>