

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2021 Cilt 64 Sayı 2
April 2021 Volume 64 Issue 2

ISSN 1016-9164



TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / President
Faruk İLGÜN	İkinci Başkan / Vice President
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yazman / Secretary
D. Malik BAKIR	Sayman / Treasurer
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Seçkin GÜLBUDAK	Yayın Üyesi / Member of Publication

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / Publication Board

Editör / Editor

Erdoğan YİĞİTBAŞ
eyigitbas@comu.edu.tr

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Mustafa AVCIOĞLU
m_avcioglu@comu.edu.tr

Ismail Onur TUNÇ
onurtunc@comu.edu.tr

İngilizce Editörleri / English Editors

Catherine YİĞİT

Graham Howard LEE

Editör Kurulu / Editorial Board

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)	ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)	ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)	PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)	PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)	PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)	ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)	SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)	SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SEYİTOĞLU Güröl (Ankara, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)	SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	ŞENGÜLER İlker (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)	TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
GÜRSOY Halil (Sivas, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
HATİPOĞLU Murat (İzmir, Türkiye)	TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)	VAŞELİ Orlando (Floransa, İtalya)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)	YAGBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
KUŞÇU İlker (Muğla, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
MESCİ B. Levent (Sivas, Türkiye)	YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YALTIRAK Cenk (İstanbul)
ÖBERHANSLI Roland (Potsdam, Almanya)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)	YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)	ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)	

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayın şekli / Frequency	: Yılda 3 sayı (Türkçe -İngilizce) / 3 issues per year (Turkish - English)
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayın İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Nisan 2021
Baskı Adedi	: 500

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2021 Cilt 64 Sayı 2

April 2021 Volume 64 Issue 2

İÇİNDEKİLER CONTENTS

- Muhittin Şenalp, Sema Tetiker, Murat Şentürk**
Güneydoğu Türkiye'deki Paleozoyik İstiflerinin Sekans Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Hidrokarbon Potansiyeli
Sequence Stratigraphy, Sedimentology and Hydrocarbon Potentials of the Paleozoic Successions in Southeast Turkey..... 143
- Aslı Karabaşoğlu, Özgür Karaoğlu, Rifat Kuvanç**
Van Çevresindeki (Doğu Türkiye) Urartu Yerleşim Merkezlerinde (Van Kalesi, Aşağı ve Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt ve Menua Kanalı Tarihi Yerleri) Kullanılan Kayaçlara İlişkin Petrografik Gözlemler
Petrographic Observations Related to Rocks used in Urartu Settlements (Van Castle, Aşağı and Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt and Menua Canal Historical Sites) around Van (Eastern Turkey) 199
- Maan Hasan Abdullah Al-Majid**
Porosity Prediction for Some Geological intervals in the East Baghdad Oil Field Using New Empirical Equations 223
- Nizamettin Şentürk, Halim Mutlu**
Uludağ'ın (Bursa) Güneybatısındaki Jeotermal Kaynak ve Madensularının Kökenine Jeokimyasal Bir Yaklaşım
A Geochemical Approach to the Origin of Geothermal and Mineral Waters Southwest of Uludağ Mountain (Bursa)..... 233
- Nizamettin Kazancı**
Çibaniyen Katı'nın İlanı, Bilimsel ve Sosyal Arka Planı
Defining of the Chibanian Stage and its Scientific and Social Background..... 249

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos Indeks ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos Indeks and ULAKBİM TR Dizin Databases.

TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey



Güneydoğu Türkiye’deki Paleozoyik İstiflerinin Sekans Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Hidrokarbon Potansiyeli
Sequence Stratigraphy, Sedimentology and Hydrocarbon Potentials of the Paleozoic Successions in Southeast Turkey

Muhittin Şenalp¹, Sema Tetiker^{2*}, Murat Şentürk³

¹*Saudi Aramco (Retired Sr. Geological Consultant), Saudi Arabia*

²*Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

³*Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*

• Geliş/Received: 08.02.2020 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 08.04.2020 • Kabul/Accepted: 26.06.2020
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.01.2021 • Baskı/Printed: 30.04.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada sekans stratigrafisinin tüm kurallarının eksiksiz bir şekilde uygulanması, farklı jeolojik işlemlerle oluşan aşınma ve transgresyon yüzeylerinin özelliklerinin anlaşılması sonucu Gondwana Kıtası'nın kuzeyini oluşturan Güneydoğu Türkiye'nin stratigrafik istifleri, hidrokarbon yönünden zengin Suudi Arabistan'ın aynı yaş aralığındaki istifleri ile kolayca ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmalar sonunda yeni formasyonlar ve üyeler tanımlanmış, tektonik veya buzul kökenli aşınma yüzeyleri yardımıyla bazı formasyonların sınırları değiştirilmiştir. Neoproterozoyik kristalin temel (Telbesmi Formasyonu) ile Erken Ordovisiyen (Konur Formasyonu) arasında uzanan stratigrafik istif Derik İlçesi'nin yakınındaki Zabuk Vadisi boyunca kesintisiz olarak temsil edilmiştir. Orta-Geç Ordovisiyen yaşlı stratigrafik istif Kızıltepe İlçesinin batısındaki Bedinan (Gürmeşe) ile Yurteri köyleri arasında tüm açıklığı ile korunmuştur. Erken Siluriyen (Dadaş Formasyonu) ile Geç Permiyen-Erken Triyas (Gomanibrik Formasyonu) arasında uzanan stratigrafik istif Hazro ilçesinin kuzeybatısında temsil edilmiştir. Yukarıda sayılan bölgelerde çok sayıda stratigrafik ve sedimentolojik kesit ölçülmüş yaş tayinleri için denizel şeyl fasiyeslerinden, rezervuar potansiyellerini ortaya çıkarmak için kumtaşlarından örnekler alınmıştır. Orta Kambriyen yaşlı stromatolitik algli kireçtaşları (Koruk Formasyonu) potansiyel kaynak kaya ve rezervuar kaya olma özelliklerine sahiptir. Erken Ordovisiyen yaşlı Konur Formasyonu'nun deltayik kumtaşları yeni bir hazne kaya potansiyeli oluşturur. Bedinan Formasyonu'nu derince kazan buzul kökenli Yurteri Formasyonunun buzul-fluviyal kumtaşlarından bu bölgede ve Gondwana kıtası üzerindeki tüm ülkelerde önemli miktarlarda petrol ve gaz üretimi yapılmaktadır. Siluriyen yaşlı Dadaş Formasyonu'nun tabanındaki organik maddece zengin şeyller tüm Paleozoyik istifleri için verimli bir kaynak kaya oluşturur. Geç Siluriyen yaşlı Hazro Kumtaşından uzun süredir petrol üretimi yapılmaktadır. Yeni açılacak arama kuyularının lokasyonlarının sağlıklı bir şekilde tespit edilebilmesi için hidrokarbon potansiyeline sahip tüm formasyonların çökelme ortamları göz önünde bulundurularak, onların kaynak ve rezervuar kayaları için fasiyes ve izopak haritalarının hazırlanması ve özellikle, kaynak kayasında oluşan hidrokarbonların potansiyel rezervuar fasiyesine olan göç yollarının belirlenmesi arama ve üretimden sorumlu jeoloğun en önemli görevlerindedir.

Anahtar Kelimeler: Gondwana buzullaşma dönemleri, hidrokarbon potansiyeli, kaynak kaya, örtü kaya, Paleozoyik istifleri, rezervuar kaya.

Abstract: The hydrocarbon potentials of the carbonates and siliciclastic rocks forming the continuous Paleozoic successions in Southeast Turkey are well understood. In this study, every aspect of the sequence stratigraphy was investigated and the erosional unconformity surfaces of different origin and transgressive surfaces were defined.

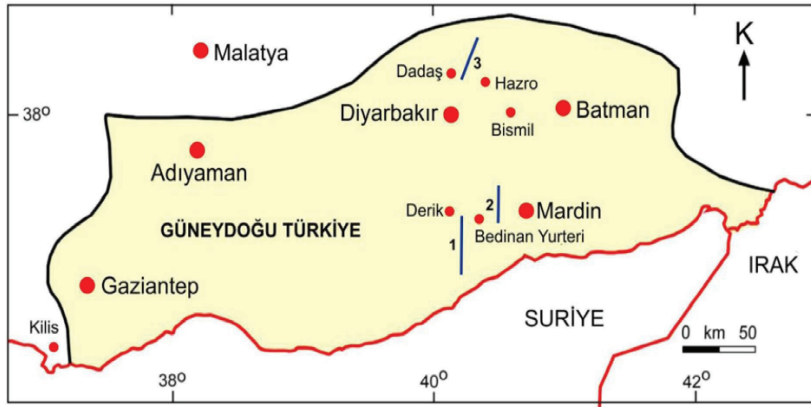
In this way, the Paleozoic successions of Southeast Turkey were correlated with the hydrocarbon-producing Paleozoic successions of Saudi Arabia. Based on fieldwork, new formations and members were defined and formation boundaries were slightly modified. The stratigraphic sequence extending between the Neoproterozoic igneous basement (Telbesmi Formation) and the Early Ordovician (Konur Formation) is best represented along Zabuk Valley (Derik town). Middle-Late Ordovician successions are exposed between Bedinan (Gürmeşe) and Yurteri villages, west of Kızıltepe town. The stratigraphic sequence between the Early Silurian (Dadaş Formation) and Late Permian-Early Triassic (Gomanibrik Formation) is represented northwest of Hazro town. In these areas, many stratigraphic and sedimentologic sections were measured, and shale and sandstone samples were collected for palynological and petrographic examination to evaluate their reservoir quality. The outcrops and subsurface indicated that the thick Middle Cambrian stromatolitic algal limestone (Koruk Formation) has both source rock and reservoir rock potentials. The glaciogenic Yurteri Formation has deeply incised into the Bedinan Formation. The well-sorted and porous glaciofluvial sandstones produce oil and gas in southeast Turkey and other countries located on the Gondwana continent. The organic rich shale deposited at the base of the Silurian Dadaş Formation forms a very productive source rock for the entire Paleozoic successions. Crude oil has been produced from the Late Silurian Hazro sandstone. In order to locate exploration wells in the right place, depositional environment models of all the formations, their lithofacies, isopach maps and hydrocarbon migration pathways were prepared. This is crucial for geological exploration and oil and gas production.

Keywords: Cap rock, Gondwana glaciation, hydrocarbon potentials, source rock, Paleozoic successions, reservoir rock.

GİRİŞ

Güneydoğu Türkiye’de temsil edilen kalın ve eksiksiz Paleozoyik yaşlı formasyonlar, geniş Gondwana Kıtası’nın kuzeybatı köşesi üzerinde çökelmiş sedimanter istiflerin ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Arap ve Afrika platformları üzerinde yer alan Suudi Arabistan, Libya, Irak, Ürdün, Suriye ve Güneydoğu Türkiye gibi çok sayıdaki ülkelerde yüzeylenen Erken Kambriyen’den (541 MYÖ) Geç Permiyen’e (260,4 MYÖ) kadar eksiksiz olarak temsil edilmiş Paleozoyik istifleri içinde bulunan karasal ve denizel ortamlarda çökelmiş kumtaşı ve karbonat rezervuarlarından önemli miktarlarda petrol ve gaz üretilmeye başlanması bu istiflerin önemini son derece artırmıştır. Bu amaca yönelik çalışmalar, özellikle tüm Suudi Arabistan ve Güneydoğu Türkiye’de temsil edilen Neoproterozoyik kristalin kayalar ve Paleozoyik yaşlı sedimanter istiflerin yüzey mostraları ve bu bölgelerde açılmış arama ve üretim kuyuları üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Arazideki stratigrafik ve sedimantolojik çalışmalar, Mardin (Derik, Bedinan, Yurteri ve Konur köyü ve Şıp deresi),

Diyarbakır (Hazro, Dadaş, Gomanibrik ve Kuşdamı köyü) ve Adıyaman (Kâhta, Tut ve Kaplan deresi) bölgelerindeki istifler üzerinde yapılmıştır (Şekil 1). Yüzeyde görülen tüm istiflerden 1,5 m uzunluğundaki Jakop çubuğu kullanılarak ve sekans stratigrafinin tüm kurallarını uygulayarak ayrıntılı sedimantolojik kesitler ölçülmüş ve çok sayıda örnekler toplanmıştır. Bu çalışmalar sırasında istif içerisinde yer alan tektonik ve buzul kökenli bölgesel aşınma yüzeyleri, bölgesel ve yerel transgresyon yüzeyleri tespit edilmiş ve bu yöntemin, uygulanmasıyla aşınma olaylarının neden olduğu stratigrafik kesiklikler ve formasyonların çökme ortamları ve formasyonlar arasındaki yanal kalınlık ve fasiyes değişimleri daha kolayca ve daha güvenli bir şekilde anlaşılmıştır. Bu stratigrafik kesit ölçme yöntemi, bu yayının birinci yazarı tarafından Suudi Arabistan’ın Paleozoyik istiflerinde de uygulandığı için Gondwana kıtası üzerinde yer alan iki ülkenin istifleri arasındaki korelasyon bilinçli olarak yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanlarının lokasyon haritası ve ölçülmüş kesitlerin yerleri.

Figure 1. Location map of the studied areas and measured sections.

Suudi Arabistan ve Güneydoğu Türkiye'deki yeraltı stratigrafik ve sedimantolojik çalışmalar Paleozoyik'e kadar inen tüm kuyulardan elde edilen karot ve loglar üzerinde yapılmış ve yüzeyde tespit edilen formasyonlar ve bu birimlerin arasındaki dokunak ilişkileri paleontolojik ve palinolojik verilerin yardımıyla loglar üzerinde de tanınmaya çalışılmıştır. Kuyular arasındaki korelasyonlarda tektonik ve buzul kökenli aşınma yüzeyleri, bölgesel ve yerel transgresyon yüzeyleri kullanılmış ve böylece hidrokarbon karbon aramaları için hayati önem gösteren kaynak kaya ve rezervuar kaya fasiyeslerinin özellikleri ve ortaya çıkan hidrokarbonların göç yolları anlaşılmasına çalışılmıştır. Bu amaca yönelik olarak, aşınma yüzeylerinin yapı kontur haritaları kaynak kaya ve rezervuar kaya fasiyeslerinin eşit kalınlık (izopak) haritaları, daha sağlıklı olmaları düşüncesiyle el yöntemiyle çizilmiştir. Bu şekillere gizlilik nedeniyle bu yayında yer verilmemiş fakat elde edilen veriler eksiksiz olarak kullanılmıştır.

STRATİGRAFİ BİRİMLERİ

Güneydoğu Türkiye'de Neoproterozoyik ile Geç Permiyen yaşları arasında temsil edilen stratigrafik istifler Mardin, Diyarbakır, Batman ve Adiyaman bölgelerinde çalışılmış olup bu istifi oluşturan formasyonlar yaş sırasına göre aşağıdaki

bölgelerde tanıtılmaya çalışılmıştır (Şekil 2 ve 3).

Telbesmi Formasyonu (Neoproterozoyik, 630-541 MYÖ)

Arap-Nubiyan Kalkanı'nın kuzey yöndeki bir devamı olan Geç Neoproterozoyik yaşlı Telbesmi Formasyonu Mardin-Derik ilçesinin 3-5 km güneyindeki Telbesmi (Tepebağ) köyü ve Tut (Adiyaman) ilçesinin Penbeğli köyü Kaplan Dere vadisinin tabanında yüzeylemeler vermektedir. Bu formasyon Derik bölgesinde, başlıca farklı bileşimlerdeki volkanik ve magmatik kayalardan oluşmaktadır (Moses, 1936; Ketin, 1966). Prekambriyen'de bölgenin kriatalin temelini oluşturduğu varsayılan, Telbesmi Formasyonu, farklı bileşimlerdeki volkanik ve magmatik kayalardan yapılmıştır. En yaygın olarak aglomera, bazalt (egemen olarak spilitik bazalt), ojit-andezit ve riolit daykları ile temsil edilmektedir (Siyako vd., 2015; Nayiroğlu, 2019). Mardin Grubu Kretase yaşlı karbonat istifi açısıl bir uyumsuzlukla Telbesmi Formasyonu'nun aglomeraları üzerine oturur (Şekil 4a ve b). Oldukça faylı ve tümüyle karmaşık istif içerisinde beyaz renkli ve çok yaşlı olduğu anlaşılan kristalin kireçtaşı mostraları bulunur. Bu kireçtaşının blokları, Sadan Formasyonu'nun alt kısımlarında yer alan konglomeralar içine taşınıp moloz

akıntılarıyla çökeltmiştir. Telbesmi Formasyonu içinde görülen bu kireçtaşlarının Marinoan buzullaşması sonunda çökelen örtü karbonatlarının bir parçası olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Penbeği Köyü'nün civarındaki Kaplan Deresinde tanımlanmış Meryemuşağı Formasyonu'nda ise bu volkanik kayalarla birlikte önemli miktarda ortoklaz yönünden zengin kırmızı renkli büyük

granit blokları bulunmaktadır. Erken Kambriyen (541 MYÖ) yaşlı sedimanter bir istif olan Sadan Formasyonu, kristalin temeli temsil eden Telbesmi Formasyonu'nun üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Bu kristalin temel, Telbesmi Formasyonu'nun tektonik yükselimi sonucu faylanmış (Ketin, 1966; Siyako vd., 2015; Şenalp vd., 2018).

STRATİGRAFI		KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK TANIMLAMA VE ÇÖKELME ORTAMLARI	İSTİF STRATİGRAFİSİ
YAŞ	BİRİM				
SİLÜRİYEN	DADAŞ FM			Koyu gri- siyah renkli organik maddece zengin kaynak kaya şeyli	
ORDOVİSİYEN	YURTERİ FM			Tabanı buzul vadileri ile derince kazılmış, çakıllı kumtaşları ile doldurulmuş buzul fasiyesi istifi. Kuvars ve çört çakılları cıalanmış ve çizilmiştir.	MDS S10 (260 MYÖ)
	BEDİNAN FM			Siğ deniz ortamında çökelmiş, koyu gri mikalı şeyli, kahverenkli ince tabakalı, fosilli, tümseki-çapraz tabakalanmalı, dalga kırışıklı, kumtaşı ardalanması. Açık deniz-kıyı yüzü plaj ortamı.	Buzul-Kökenli Aşınma ve Uyumsuzluk Yüzeyi
	KONUR FM			Siğ deniz ortamında çökelmiş, şeyli, milttaşı ve kumtaşı ardalanması sonucu gelişen, üste doğru kalınlaşan paraistifler. Kanal dolgularının sayısı, kalınlığı ve içindeki kumtaşlarının taneboyu üste doğru artar. Potansiyel rezervuar fasiyesi	Bölgesel Transgresyon (470 MYÖ)
KAMBRIYEN	SOSİNK FM			Şeyli, milttaşı ve kumtaşı ardalanması sonucu oluşan ve üste- doğru incelen, üste- doğru kalınlaşan para-istifler. Oygu-dolgu yapıları çok yaygındır. Denize doğru ilerleyen dalga-egemen delta istifi tarafından çökeltilmiştir.	
	KORUK FM			Kalın karbonat istifi. İstifin sadece en üst kısmı açık deniz şeylleri ve kumtaşları ile aratabakalıdır. İstifin alt ve orta kısımları kahve renkli, kalın tabakalı, küçük tepeler şeklinde algal dolomitik kireçtaşı fasiyesler içerir.	MDS S10 (260 MYÖ) MDS Ca20 (509 MYÖ) mfs Ca20 (514 MYÖ) mfs Ca20 (516 MYÖ)
	ZABUK FM			Kumtaşı, çamurtaşı, milttaşı ve kilttaşından yapılmış istif. Alt kısmı örgülü nehir ortamında çökelmiş, çapraz-tabakalı kumtaşlarıdır. Orta kısmı, menderesli ortamın nokta barları içinde çökelmiş kumtaşları ve taşkın ovası çamurtaşlarıdır. İstifin üzerine gel-git düzlüğü ortamında çökelmiş kumtaşı ve çamurtaşı istifleri gelir. İstifin üzerine, deniz kıyısı ortamında çökelmiş eoliyen kumtaşları gelir. Tüm Zarqa Formasyonu deniz seviyesinin yükselmesi sonucu ortaya çıkan transgresif bir çökeltme modelini temsil eder.	MDS Ca15 (521 MYÖ)
	SADAN FM			Siğ deniz ortamında çökelmiş algli stromatolitik kireçtaşları	Tip-1 İstif Sınırı
				Nokta barı kumtaşı ve çamurtaşı fasiyesi	MDS Ca10 (540 MYÖ)
NEOPROTEROZOYİK	TELBESMİ FM			Kristalin temel kayaları, dayklar ve örtü karbonat kayacı blokları	Uyumsuzluk Yüzeyi (541 MYÖ)

Şekil 2. Erken Paleozoyik yaşlı formasyonların Zabuk Vadisi (Derik İlçesi) boyunca ve Bedinan (Gürmeşe) köyü çevresinde ölçülen kesitteki stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri (Şenalp vd., 2018).

Figure 2. Stratigraphy and sedimentology of the Early Paleozoic formations, measured along the Zabuk Valley (Derik town) and around Bedinan (Gürmeşe) villages (Şenalp et al., 2018).

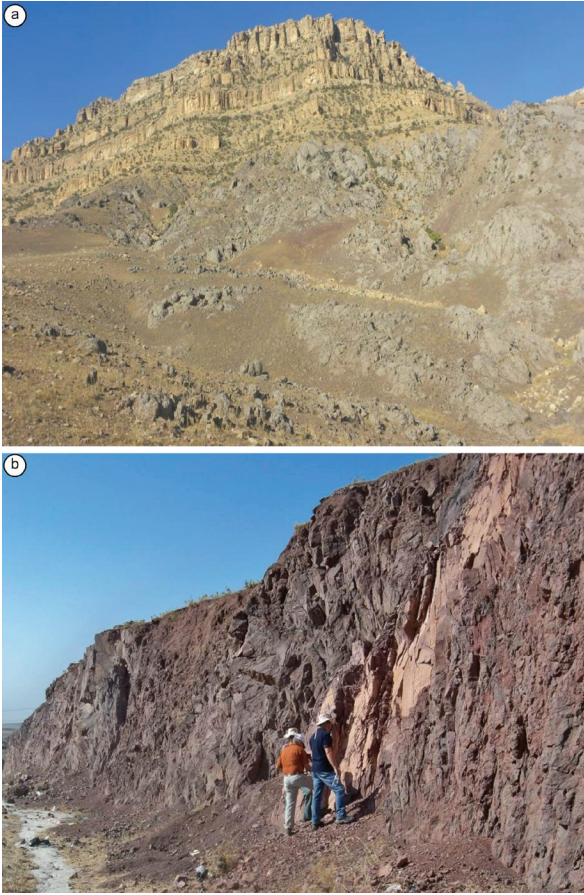
STRATİGRAFI		KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK TANIMLAMA VE ÇÖKELME ORTAMLARI	İSTİF STRATİGRAFİSİ
YAŞ	BİRİM				
	GOMANİBRİK FM				
PERMİYEN	KAŞ FM			Aratabakalı şeyl, kömürlü şeyl, kömür seviyeleri ve derince kazılmış halic vadileri ile doldurulmuş rezervuar kumtaşları	MDS P20 (260 MYÖ)
	KUŞDAMI FM			Kırmızı renkli, masif, kumlu çamurtaşı. Yeraltında evaporitler içerir. Karasal playa ortamında çökelmiştir.	Kaş-Öncesi Uyumsuzluk Yüzeyi (269 MYÖ)
DEVONİYEN	KAYAYOLU FORMASYONU			Aratabakalı kireçtaşı, dolomit, algal dolomit, şeyl ve ince-çok ince taneli, tümsekli çapraz tabakalı kumtaşı istifi. Sığ Deniz	Birleşmiş (Hersiniyen ve Kuşdamı-Öncesi) Uyumsuzluk Yüzeyleri
SİLURİYEN	DADAŞ FORMASYONU			Gri renkli, masif şeyl üste doğru şeyl, miltası ve dalga-kırıksıklı kumtaşı fasiyesine geçer. Açık yeşil renkli masif- laminalanmış şeyl miştası ve tümsekli- çapraz tabakalanmalı, dalga- kırışıklı kumtaşı Masif dolomitik kireçtaşı ve ara-tabakalı fosilli kireçtaşı ve şeyl. Koyu gri- siyah renkli organik maddece zengin kaynak kaya şeyli	Kaledoniyen Uyumsuzluk Yüzeyi
ORDOVİSİYEN	YURTERİ FM			Tabanı buzul vadileri ile derince kazılmış, çakıllı kumtaşları ile doldurulmuş buzul fasiyesi istifi. Kuvars ve çört çakılları cilalanmış ve çizilmiştir.	MDS S10 (260 MYÖ)
	BEDINAN FORMASYONU			Sığ deniz ortamında çökelmiş, koyu gri mikalı şeyl, kahverenkli ince tabakalı, fosilli, tümsekli-çapraz tabakalanmalı, dalga kırışıklı, kumtaşı araldanması. Açık deniz-kıyı yüzü plaj ortamı.	Buzul-Kökenli Aşınma ve Uyumsuzluk Yüzeyi

Şekil 3. Geç Paleozoyik yaşlı formasyonların Zabuk Vadisi (Derik İlçesi) boyunca ve Bedinan (Gürmeşe), Dadaş (Hazro ilçesi) çevresinde ölçülen kesitteki stratigrafik ve sedimantolojik özellikleri (Şenalp vd., 2018).

Figure 3. Stratigraphy and sedimentology of the Early Paleozoic formation, measured around Bedinan (Gürmeşe) and Dadaş villages (Şenalp et al., 2018).

Mardin-Derik ilçesi ve Adıyaman'ın Kaplan Deresi vadisi boyunca mostralara veren Neoproterozoyik yaşlı Telbesmi Formasyonu Arap-Nubiyan Kalkanı'nın kuzey yönündeki uzantısını oluşturmaktadır. Bu nedenle Telbesmi Formasyonunun bileşimi, içyapısı ve tektonik gelişimi ilişkili bulunduğu tüm Neoproterozoyik kristalin temel karmaşığı ile aynı özellikleri göstermekle birlikte, önemli miktarda altın ve gümüş gibi kıymetli metaller içeren bu kayalar Suudi Arabistan'da ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elde edilen bu değerli bilgiler nispeten daha az bilinen Telbesmi Formasyonu'nun anlaşılması yönünde olumlu katkılar sağlayacağını umuyoruz.

Arap-Nubiyan Kalkanı, Kızıldeniz'in her iki kanadı üzerinde yüzeye çıkmış ve geniş alanlar kaplayan Prekambriyen yaşlı kristalin kayalardan yapılmış ve coğrafi olarak, kuzeyden güneye doğru, Güneydoğu Türkiye, İsrail, Ürdün, Mısır, Suudi Arabistan, Sudan, Eritre, Habeşistan, Yemen ve Sudan gibi ülkeleri içine alan en eski bir temeldir (Şekil 5). Suudi Arabistan'ın batısında Yemen'den kuzeyde Sina Yarımadası ve Ürdün'e kadar uzanan kesiksiz yüksek dağ silsileleri oluşturan bu kristalin temel ve içindeki kayalar tüm açıklığı ile yüzeyde görülmektedir (Şekil 6a ve b).



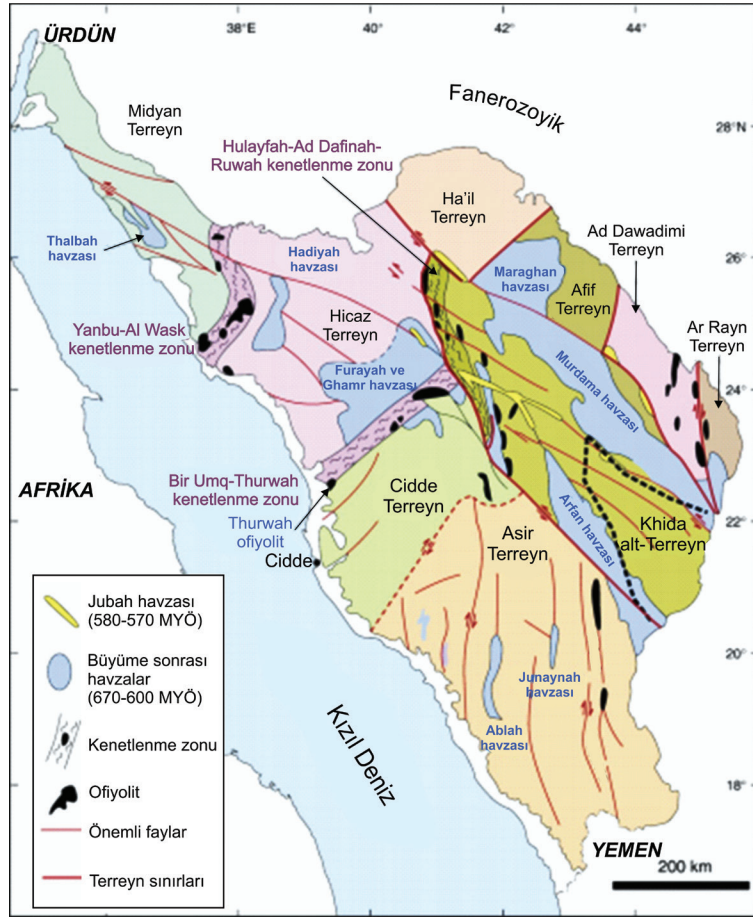
Şekil 4. a) Derik İlçesi girişinde görülen Neoproterozoyik yaşlı Telbesmi Formasyonu ve üzerine gelen Kretase yaşlı Mardin Grubu karbonatları. **b)** Telbesmi (Tepebağ) Köyü ile Derik Kazası arasındaki ana yol üzerinde mostra veren ekaylanmış ve parçalanmış volkanik kayalar ve riyolit daykı (Şenalp vd., 2018).

Figure 4. a) Neoproterozoic Telbesmi Formation and the unconformably overlying Upper Cretaceous carbonates of the Mardin Group, exposed near Derik town. **b)** Faulted and fractured volcanic rocks and rhyolite dikes in the Neoproterozoic Telbesmi Formation exposed near Tepebağ village and Derik highway (Şenalp et al., 2018).

Güneydoğu Türkiye, Suudi Arabistan ve kuzey Afrika ülkelerinden başka bölgelerden bu Neoproterozoyik yaşlı kabuk Paleozoyik ve daha genç istiflerle örtüldüğü için bu kayalara ulaşabilmek ancak jeofizik ve bilimsel amaçlı

yapılan sondajlardan alınan örneklerle mümkün olmaktadır (Nehlig vd., 2002; Johnson ve Kattan, 2001). Bu veriler ışığında, Arap-Nubiyan Kalkanı'nın yüzey mostraları üstünde görülen ve yeraltında jeofizik yöntemler sonucu toplam genişliğinin 2.725.000 km² olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Jeofizik çalışmalar, Arap-Nubiyan Kalkanı'nın kabuk kalınlığının yaklaşık 40-45 km olduğunu ve bu nedenle de onun önemli bir kıta kabuğu olduğu hakkında hiçbir kuşku bulunmadığını göstermektedir. Adıyaman'ın Kaplan Deresi vadisi boyunca mostralar veren Neoproterozoyik yaşlı Telbesmi Formasyonu içinde büyük, ortoklas yönünden zengin pembe renkli granit kütlelerinin bulunması bu görüşü doğrulamaktadır (Şenalp vd., 2018).

Arap-Nubiyan Kalkanı, oluşumu Neoproterozoyik'de oldukça kısa bir zaman süresi içinde (yaklaşık 900 ile 550 milyon yıl arasında) okyanuslar içindeki ada yaylarının ofiyolitlerle sınırlandırılmış çok sayıda terreynlerin (tektonik birliklerin) yan yana gelerek kenetlenme (suturing) ve eklenme zonları boyunca büyümeleri suretiyle oluşmuşlardır (Johnson, 1996, 2003; Johnson vd., 1999, 2004; Johnson ve Kattan, 1999, 2001, 2012). En son kenetlenme olayı 732-540 milyon yıl önce gerçekleşmiş ve bu kenetlenme olayları sonucunda tektonostratigrafik olarak geniş ölçekli terreyn (tektonik birlikler) oluşumuyla sonuçlanmıştır (Stern, 1994; Bakor vd., 1976; Gass, 1981; Bentor, 1985; Kröner, 1985; Stoeser ve Camp, 1985; Vail, 1985; Pallister vd., 1988; Quick, 1991; Al-Saleh vd., 1998; Johnson, 1996). Bu alanlar önemli kenetlenme zonları veya kuzeybatı-yönlü önemli faylarla birbirlerinden ayrılmışlardır (Şekil 5). Kenetlenme zonları çoğunlukla kuzey ve kuzeydoğu yönlü serpantinleşmiş ultramafik kayaç (ofiyolitler ve tektonik dilimler) dizileri tarafından birbirinden ayrılmışlardır (Kröner, 1985; Kröner vd., 1992; Stoeser ve Camp, 1985; Johnson, 1996; Stern vd., 2004; 2006; 2011).



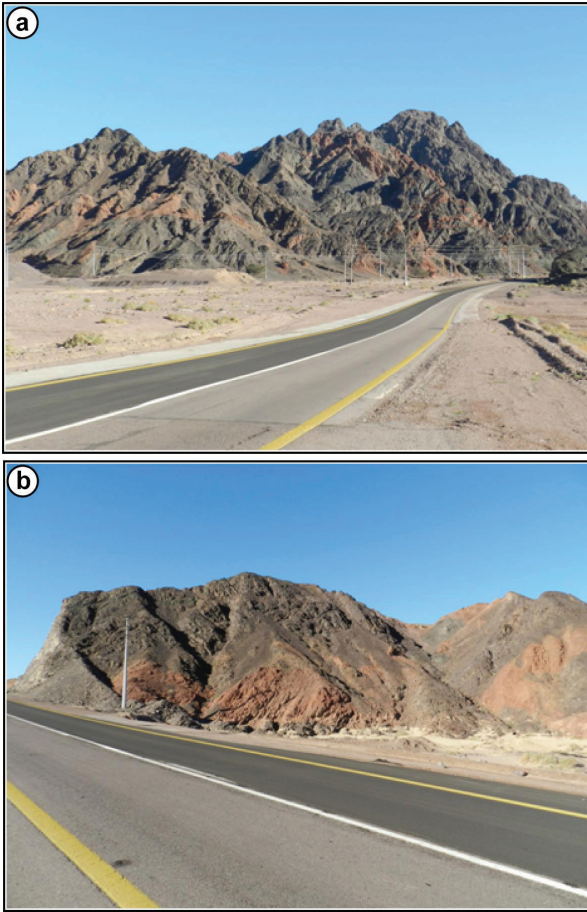
Şekil 5. Arap Kalkanı'nın Proterozoyik temelini oluşturan önemli tektono-stratigrafik terreynleri, terreyn sınırlarını, ofiyolitik kuşakları, kenetlenme ve önemli fay zonlarını ve büyüme sonrası Arabistan'ın batı kısmında ortaya çıkan molas havzalarının basitleştirilmiş haritası (Nehlig vd., 2002).

Figure 5. Simplified map of the Proterozoic Basement (Arabian Shield), showing distribution of the major tectonostratigraphic terranes, terrane boundaries, ophiolite belts, sutures and major fault zones, and post-accretionary molasse basins occupying the western part of Saudi Arabia (after Nehlig et al., 2002)

Terreyn Analizi: Arap Kalkanı'nı temsil eden okyanusal ve kıtasal-okyanusal kökenli iki tektonostratigrafik bölümü, bölgenin en temel tektonik özelliklerinden olup bu bölümler kalkanın üzerinde farklı tektonik olaylar sonucu türeyen terreynlerin birleşip bütünleşerek oluştuğunu göstermektedir. İki veya daha fazla sayıdaki terreynlerin birleşip kenetlenmeleri, günümüzde orojenik kuşakların analizlerinde günümüzde en yaygın kullanılan ve en önemli kavramdır. Suudi Arabistan'da Arap Kalkanı'nın jeolojik yapısı, terreynler ve bunları birbirinden ayıran kenetlenme

zonları Şekil 5 de gösterilmiştir. Oluşumları çok ayrıntılı olarak çalışılıp tespit edilen terreynler kuzeyden güneye doğru; (1) Midyan Terreyni, (2) Ha'il Terreyni, (3) Afif Terreyni, (4) Ad Dawadimi Terreyni, (5) Hijaz Terreyni, (6) Ar Rayn Terreyni, (7) Jiddah Terreyni, (8) Asir Terreyni ve (9) Khida Terreyni olarak tanımlanmıştır (Şekil 4). Bu terreynleri birleştiren ve ofiyolitik kayaçlar içeren en önemli kenetlenme zonları ise yukarıdan aşağı; (1) Yanbu-Al Wask Kenetlenme Zonu, (2) Bir Umq Thurwah Kenetlenme Zonu, (3) Al Amar Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Ai-Husseini,

1989; Johnson, 1996; Nehlig vd., 2002; Stern ve Johnson, 2010). Bu terreyinler, jeolojik harita alımı, yapısal, tektonik, jeokimyasal çalışmalar ve içerdikleri ofiyolitik ve granitik kayalar üzerindeki jeokronolojik yaş tayinleri ayrıntılı olarak yürütülmüştür ve böylece Arap Kalkanı'nın yapısal ve jeolojik evrimi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.



Şekil 6. a) Neoproterozoyik yaşlı Arap Kalkanı Midyan Havzası içinde yer alan Al-Bad'-Magna karayolunun her iki tarafında tüm açıklığı ile görülebilir. Magna, Akabe Körfezi'nin kıyısında yer alan bir sahil şehridir. **b)** Neoproterozoyik kristalin temel (635-541 MYÖ) Kızıl Deniz'in kuzeybatı kanadı boyunca 1,800 km uzanır. Kristalin temel başlıca ultramafik, metavolkanik, metasedimanter ve granitik plütönlardan yapılmış olup bu karmaşık çok çeşitli bazaltik, riyolitik ve doloritik dayklarla kesilmiştir (Şenalp, 2016)

Figure 6. a) The Neoproterozoic Arabian Shield is best seen exposed on both sides of the Al-Bad'-Magna highway in the Midyan Area. Magna is a town located on the south coast of the Gulf of Aqaba. **b)** These Neoproterozoic crystalline basement rocks (600-700 Ma) lie 1,800 km. along the northeast flank of the Red Sea. They are made of ultramafic, metavolcanic, metasedimentary rocks, and granitic plutons, which in turn are intruded by a variety of basaltic, rhyolitic, and doleritic dykes (Şenalp, 2016).

Jeokronolojik yaş tayinleri 500'den fazla örnek (ofiyolitik gabro, diyorit ve plajioklas-granit) üzerinde U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, K-Ar ve Ar-Ar yöntemleriyle yapılmıştır (Al-Saleh vd., 1998; Johnson vd., 1997). Bu çalışmaların neticesinde Arap Kalkanı'nı oluşturan terreyinlerin 900 ile 550 milyon yıl arasında üç (850-715, 715-630, 630-550) önemli zaman döneminde okyanusların açılması (rifting) ofiyolitiklerin oluşumu ile terreyinlerin kenetlenmesini ortaya çıkarmıştır (Stoeser ve Stacey, 1988; Stoeser ve Frost, 2006). Yeni çalışmaların ışığı altında elde edilen bu yaş aralıkları ile daha değişebilir. Kenetlenmenin bölgenin batısından doğusuna doğru gerçekleştiği, kalkanın doğuya doğru büyüdüğü ve böylece kalkanın doğu kısmındaki terreyinin daha genç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Arap Kalkanı'nın en kuzeyindeki Midyan ve doğusundaki Ha'il ve Ad-Dawadami terreyinlerin 550 milyon yıl önce Arap-Nubiyan Kalkanı'na eklenecek Gondwana Kıtasının gelişimi tamamlanmıştır. Suudi Arabistan'da Neoproterozoyik (Ediakaran) Jubayla (Jibalah) Grubu'nun sedimanter kayaları üzerinde yapılan yaş tayinleri sonucu, bu kayaların yaklaşık 635 ile 541 milyon yıl arasında çökelediği ortaya konulmuştur (Al-Husseini, 2000, 2011). Bu bilgilerin ışığı altında, kuzey-batı Suudi Arabistan'da yer alan Midyan Terreyini'nin kuzey yöndeki bir uzantısı olan Telbesmi Formasyonu'nun yaş aralığı 630-541 milyon arasında olduğu düşünülmüştür. Derik ilçesi içindeki plütönik kayalar içindeki kristalize kireçtaşlarının Marinoan buzullaşması

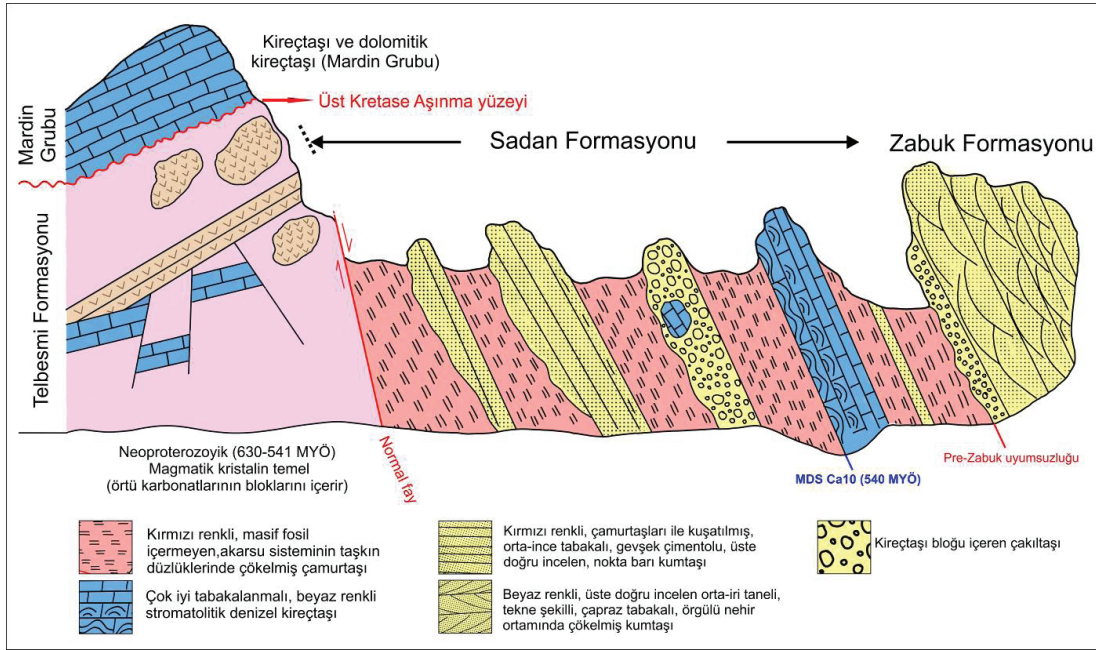
(yaklaşık 630 milyon) dönemini temsil eden örtü karbonatları olduğu önemli bir veri kaynağıdır (Şenalp vd., 2018)

Sadan Formasyonu (Erken Kambriyen, 541-529 MYÖ)

Erken Kambriyen yaşlı birim ilk defa Ketin (1966) tarafından Sadan köyünde (Derik ilçesi) tanımlanmıştır. Sadan Formasyonu, Neoproterozoyik kristalin temel üzerine diskordans olarak gelir, üst kısmı ise Zabuk Formasyonu'nun tabanında gelişen tektonik kökenli bölgesel bir aşınma yüzeyi ile sınırlandırılmıştır (Siyako vd., 2015; Şenalp vd., 2018; Nayiroğlu, 2019). Tipik kesiti Derik ilçesinin yaklaşık 4 km doğusunda, Sadan köyünün hemen batısında kuzey-güney yönünde uzanan Zabuk Vadisi boyunca 186 metre olarak ölçülmüştür (Şekil 7).

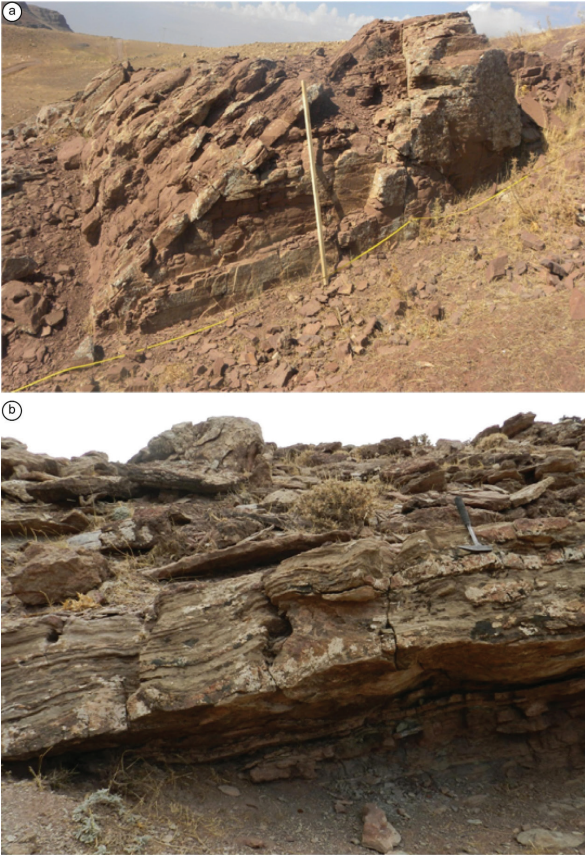
Erken Kambriyen yaşlı kırmızı renkli Sadan Formasyonu; Neoproterozoyik yaşlı kristalin temel özelliğindeki Telbesmi Formasyonu'ndan türemiş kırıntılı malzemenin geniş bir platform üzerinde çökelmiş olduğu kırmızı kumtaşı, konglomera, çamurtaşı, beyaz renkli stromatolitik algli kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı fasiyesleriyle temsil edilmiştir.

Kama-şekilli ve üste doğru tabaka kalınlığında ve tane boyunda dereceli olarak incelen bu kumtaşları taşkın düzlüklerinde çökelmiş masif kırmızı çamurtaşları ile kuşatılmıştır. İçlerindeki tekne-şekilli çapraz tabakalanma ve yanal büyüme yüzeyleri bu kumtaşlarının menderesli nehir sistemleri içindeki nokta barlarında çökeldiklerini gösterir. Bazı durumlarda bu kumtaşı birimleri düşey ve yanal yönde üst üste istiflenmiş olabilir (Şekil 8a).



Şekil 7. Neoproterozoyik Telbesmi Formasyonu ile Zabuk Formasyonları arasında yer alan Erken Kambriyen yaşlı Sadan Formasyonu'nun Zabuk Vadisi boyunca ölçülmüş Sadan Formasyonu'nun stratigrafisi ve sedimentolojisi (Şenalp vd., 2018).

Figure 7. Stratigraphic and sedimentologic features of the Early Cambrian Sadan Formation extending between the Neoproterozoic Telbesmi and Middle Cambrian Zabuk formations, measured along the Zabuk Valley (Şenalp et al., 2018)



Şekil 8. a) Sadan Formasyonu'nun alt kısımlarında menderesli nehir sistemlerinin nokta barlarında çökelmiş kumtaşları, **b)** Erken Kambriyen yaşlı algal stromatolitik sığ deniz kireçtaşı, Cm 10 (540 MYÖ) temsil eder (Şenalp vd., 2018).

Figure 8. a) Point bar sandstone unit, deposited in the meandering fluvial system of the Sadan Formation, **b)** shallow marine algal stromatolitic limestone representing Ca MFS 540 Ma) transgression (Şenalp et al., 2018).

Daha az yaygın olan konglomeralar tabakalanmasız ve kötü boylanmış olup başlıca Telbesmi Formasyonu'nun magmatik ve metamorfik kayalarından türemiş çakıl ve kum boyu bileşenlerini ve az sayıda küçük kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı blokları içerir. Şenalp vd., (2018) çalışmalarında karbonatların Marinoan (Genç Cryogenian, 635-650 MYÖ) buzullaşması sonucu bölgesel ölçekte gelişen deniz

transgresyonu sırasında deniz suyunun ısınması sonucu örtü karbonatları olarak çökelmiş oldukları tarzında yorumlamış ve “Kartopu Dünyası” teorisini (Hofmann ve Schrag, 2000) destekler yönde katkı sağlayacağını bildirmişlerdir.

Sadan Formasyonu istifinin tam ortasında playa ortamında çökelmiş, ince-taneli kırmızı renkli çamurtaşı fasiyesleri arasında onlarla uyumlu olarak çökelmiş 14 m kalınlıkta sığ deniz ortamını temsil eden stromatolitik algli kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları bulunur (Şekil 8b). Bu kireçtaşları Ketin (1966) tarafından Dolomit formasyonu olarak tanımlanmış ve genellikle kırıntılı kayalardan oluşan alt Kambriyen istifleri arasında geniş yayımlı olan bu birimin bölgesel korelasyonlar için güvenilir bir kılavuz seviye oluşturduğunu rapor etmiştir. Doğu İran'da, Kerman ile Sagand arasındaki bölgede geniş alanlar kaplayan Kambriyen istifleri Huckriede vd. (1962) ve Stöcklin vd. (1964) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Rizu serisi olarak tanımlanan bu istifler Arap Kalkanı'nın devamı olan Bariz Formasyonu üzerine açılmal bir diskordanla gelir. Tabanında 12 metre kalınlıkta bir konglomera içeren bu formasyonun üzerinde 150-200 metre kalınlıkta kırmızı renkli çamurtaşı, miltaşı ve dolomitik kireçtaşı ardalanmasını içeren Rizu Formasyonu'nun yaşı Kambriyen başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Suudi Arabistan'da Neoproterozoyik yaşlı Arap Kalkanı'nın kristalin temeli ile Orta Kambriyen yaşlı Burj Formasyonu arasında uzanan istif Siq Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Khursaniyah-81 derin sondaj kuyusundan alınan karotlar üzerinde yapılan palinolojik çalışmalarda elde edilen acritarch fosil topluluğuna dayanarak Sadan Formasyonu ile benzer özellikler gösteren Siq Formasyonu'nun yaşı en Erken Kambriyen (Fortuniyen; 541-529 MYÖ) olarak belirtilmiştir (Hadley ve Schmidt, 1980; Molyneux ve Al-Hajri, 2000). Umman'da Ara Grubu içindeki Birba Formasyonu'nu oluşturan bu denizel karbonat istifi içinde en Erken Kambriyen yaşını gösteren acritarch

(*Cloudina Namacalathus*) ve önemli stromatolit (*Conophyton*) fosilleri bulunmuştur (Amthor, 2005).

Suudi Arabistan, Güneydoğu Türkiye ve İran ile yapılan bölgesel korelasyonlar bu stromatolitik kireçtaşlarının ve dolomitik kireçtaşlarının çökmesini gerçekleştiren deniz transgresyonunun bölgesel bir özellikte olduğunu göstermiştir. Şenalp vd., (2018) çalışmalarında Paleozoyik istifleri içindeki bu en Erken Kambriyen yaşlı deniz transgresyonunu Maksimum Deniz Seviyesi (MDS Cm10, 540 MYÖ) olarak tanımlamıştır. Sadan Formasyonu'nun tüm litofasiyes özellikleri bu formasyonun Telbesmi Formasyonu'nun tektonik yükselmesi sonucu gelişen yarı-graben özelliğindeki havza içinde alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiş olduğunu göstermektedir. İstif içinde playa ortamında çökelmiş bol miktarda evaporitik çamurtaşlarının ve bunların arasında uyumlu olarak denizel stromatolitik kireçtaşlarının çökelmiş olması söz konusu olan Sadan grabeninin açık deniz ortamından fazla uzak olmayan bir bölgede gelişmiş olduğu görüşünü desteklemektedir (Şenalp vd., 2018).

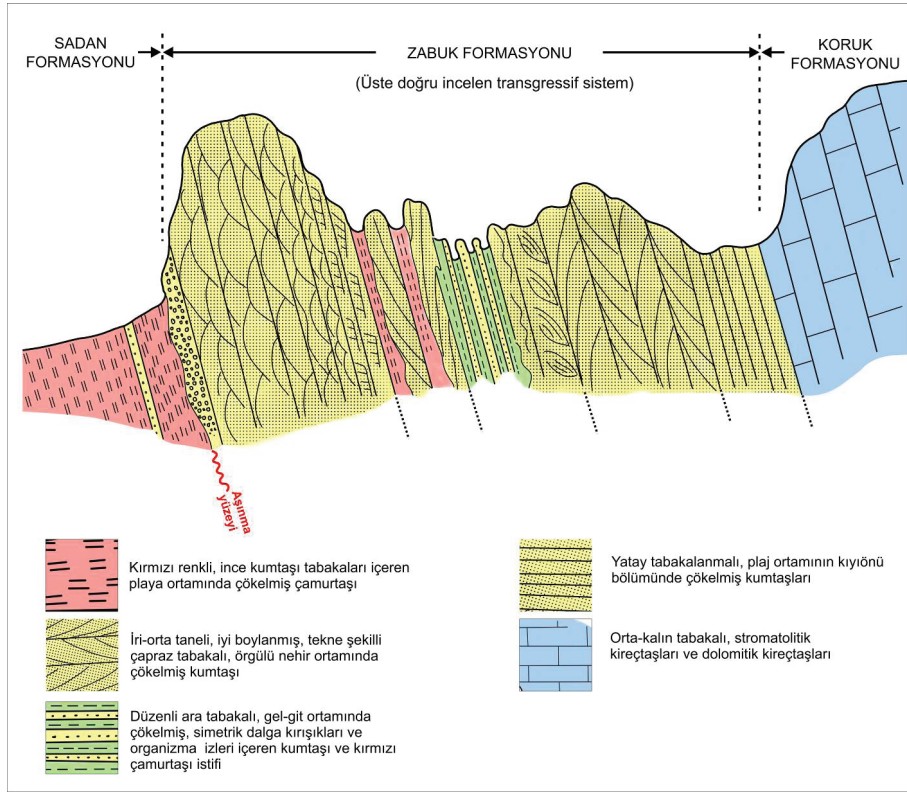
Zabuk Formasyonu (Erken Kambriyen, 529–514 MYÖ)

Zabuk Formasyonu ilk defa Schmidt (1965) tarafından Zabuk vadisi içinde ve Sadan Formasyonu üzerine çok belirgin ve tektonik kökenli bir aşınma yüzeyi üzerine diskordan olarak gelen kumtaşlarını tanımlamak için kullanılmıştır. Birim, Orta Kambriyen'de zamanında sığ su ortamında çökelmiş karbonat kayaçları (Koruk Formasyonu) ile uyumlu olarak örtülmüştür. Zabuk Formasyonu sedimantolojik yönden eksiksiz bir transgresif çökme sistemini temsil eder ve deniz seviyesinin yükselmesini işaret eden genetik-ilişkili litofasiyeslerden oluşur.

Zabuk Formasyonu'nun tip kesiti Zabuk Vadisi boyunca 300 metre olarak ölçülmüş

(41.30479 K; 61.6074D) ve farklı litofasiyes özellikleri gösteren kumtaşı, çamurtaşı, miltaşı ve kiltası litolojilerini içermektedir (Şekil 9). İstifin en tabanı tekne-şekilli çapraz tabakalanmanın göze çarptığı, kumun baskın olduğu yönünden egemen yüksek enerjili örgülü nehir ortamında çökelmiş kumtaşı fasiyesi ile başlar. Zabuk Formasyonu'nun en üst kısmı, plaj ortamının kıyı önü bölümünde yüksek enerji koşulları altında çökelmiş yatay-tabakalı orta-taneli ve iyi-boylanmış kumtaşları ile temsil edilmiştir. Ölçülmüş tip kesit içinde deniz seviyesinin yükselmesini işaret eden genetik ilişkili beş çökme birimi ayırtlanmış ve Zabuk Formasyonu'nun litofasiyesleri olarak tanımlanmışlardır (Şenalp vd., 2018). Bu litofasiyesler alttan üste doğru: a) Örgülü nehir fasiyesi, b) Menderesli nehir fasiyesi, c) Gelgit düzlüğü fasiyesi, d) Kıyı eoliyen fasiyesi ve e) Kıyıönü plaj fasiyesidir. Olası hidrokarbon birikimleri için potansiyel rezervuar kaya oluşturan kumtaşları örgülü nehir ve kıyıönü fasiyesleri içindedir.

a) Örgülü nehir fasiyesi: Bu fasiyes Sadan Formasyonu'ndan çok belirgin ve dalgalı bir aşınma yüzeyi ile ayrılmıştır (Şekil 10a). Üst sınırı ise çok yakın ilişkili olduğu menderesli nehir fasiyesi'nin kumtaşı ve çamurtaşları ile uyumludur. Bu örgülü nehir fasiyesi 60 metre kalınlıkta olup, genellikle kırmızı renkli, orta-kalın tabakalı ve çok kuvvetli tekne-şekilli çapraz tabakalanma gösteren, ince-orta taneli ve iyi-boylanmış temiz kuvars kumtaşlarından yapılmıştır (Şekil 10b). Her bir çapraz tabakalı birimin kalınlığı 1,5 metreyi aşmaktadır. Kumtaşları yanal ve düşey yönde istiflenmiş geniş ve sığ flüviyal kanallar içerisinde çökelmiştir. Kumtaşlarının tabakalanma kalınlıkları, çapraz tabakalanma setlerinin kalınlığı ve kumtaşlarının tane boyu kanal içindeki su derinliğinin dereceli olarak azalması ve enerji seviyesinin düşmesi sonucu üste doğru azalır. Bu fasiyes, yüksek enerji ortamında ve aşırı miktarda kum yüklü olan sığ örgülü kanallar ve bu kanalları ayıran barlar içinde çökelmiştir.



Şekil 9. Sadan Formasyonu ile Koruk Formasyonları arasında yer alan Zabuk Formasyonu'nun farklı litofasiyelerini ve sedimentolojik özelliklerini gösteren enine kesit (Şenalp vd., 2018).

Figure 9. Sedimentologic cross-section showing various lithofacies of the Zabuk Formation between the Sadan and Koruk formations, represented along the Zabuk Valley (Şenalp et al., 2018).

b) Menderesli nehir fasiyesi: Bu fasiyesi oluşturan çökeller, alttaki örgülü nehir fasiyesinin çökelleri üzerine uyumlu olarak oturur (Şekil 11a). Bu yakın ilişki, kaynak alanındaki tektonik yükselmenin yavaşladığını ve özellikle kaba taneli çökellerin aşınma miktarındaki belirgin bir azalmayı temsil eder. Bu azalma; yamaç eğiminin düşmesi, bölgesel deniz seviyesinin yükselmesi veya iklim değişiklikleri ile bağlantılı da olabilir. Menderesli nehir fasiyesi, üstüne gelen gelgit düzlüğü üyesinin tabanındaki ince-taneli gelgit arası çökelleri tarafından transgresif olarak üstlenir. Ölçülen tipik kesit 48 metre kalınlıkta olup, başlıca koyu kırmızı

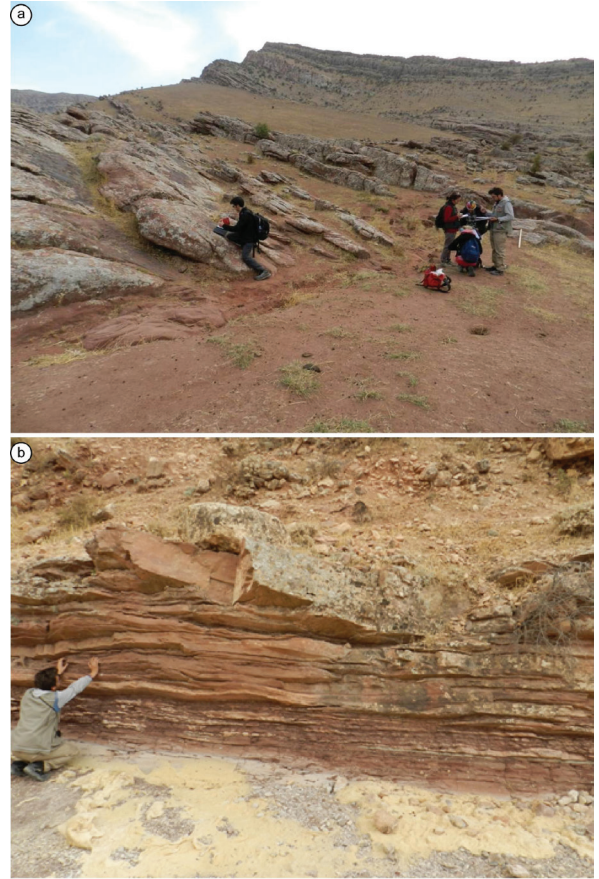
renkli kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kumtaşlarının kalınlığı 2,10 ile 2,55 metre arasında olup genişlikleri ise 10-12 metre arasında değişen, düşey yönde istiflenmiş kamaşekilli nokta barları olarak çökelmiştir (Şekil 9a). Kumtaşlarının tane boyu ve boylanmaları alttan üste doğru dereceli olarak belirgin bir azalma gösterir. Çapraz tabakalanma ve yanal büyüme yüzeyleri aktif çökelenin meydana geldiği nokta barları kumtaşlarının alt kısımlarında görülür. Bu nokta barları birbirleriyle kısmen bağlantılı olabildiği gibi tümüyle çamurtaşları tarafından kuşatılmış olabilir.



Şekil 10. a) Zabuk Formasyonu'nun örgülü nehir sistemi kumtaşlarının genel görünüşü, **b)** Zabuk Formasyonu'nun alttaki Sadan Formasyonu ile olan Zabuk-öncesi aşınma yüzeyi ve örgülü nehir sistemi kumtaşlarının yakından görünüşü (Şenalp vd., 2018).

Figure 10. a) General view of braided fluvial sandstones of the Zabuk Formation, and **b)** erosional unconformity surface (Pre-Zabuk Unconformity) cutting into the Sadan Formation with close view of the braided fluvial sandstones (Şenalp et al., 2018).

c) Gelgit düzlüğü fasiyesi: Gelgit düzlüğü fasiyesi, alttaki karasal özellikteki menderesli nehir fasiyesi üzerine transgresif olarak gelir. Bu transgresyon yüzeyi Gondwana Kıtası üzerinde ilk defa bu bölgede gözlemlenmiş olup, Şenalp (2015) tarafından MDS Cm15 (521 MYÖ) olarak tanımlanmıştır. Bu sınır oldukça keskin olup kumtaşlarının tabanında iz fosillerin bol olarak görülmesiyle belirgindir.



Şekil 11. a) Zabuk Formasyonu'nun menderesli nehir sistemini temsil eden kumtaşlarının ve çamurtaşlarının genel görünüşü, **b)** Zabuk Formasyonu'nun gel-git ortamını temsil eden kumtaşlarının ve çamurtaşlarının genel görünüşü (Şenalp vd., 2018).

Figure 11. a) General view of braided fluvial sandstones of the Zabuk Formation and **b)** erosional unconformity surface (Pre-Zabuk Unconformity) cutting into the Sadan Formation with close view of the braided fluvial sandstones (Şenalp et al., 2018).

Gelgit düzlüğü fasiyesinin, kıyı eoliyen fasiyesi ile olan üst sınırı, kısmi bir aşınma yüzeyi olup deniz seviyesinin bir miktar alçalması sonucudur. Bu fasiyesin tipik kesitteki kalınlığı 62 metre olup, başlıca açık bordo veya kırmızı renkli bol iz fosilleri içeren kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşının düzenli bir şekilde ardalanmasıyla temsil edilmiştir. (Şekil 11b). Bu fasiyes içerisinde düşey olarak sıralanmış kalınlığı 13-18 metre arasında

değişen, tabaka kalınlığının ve çökellerin tane boyunun dereceli olarak üste doğru arttığı dört farklı para-istif gözlemlenmiştir.

Bu istiflerin tabanında yaklaşık 4 metre kalınlıkta ve düzenli ardalanmalı miltaş ve çamurtaş istifi bulunur. Bunun üzerine dereceli geçişli olarak 4-5 metre kalınlıkta miltaş, çamurtaş ve ince-tabakalı kumtaşından yapılmış, simetrik dalga kırışıkları, tırmanan simetrik dalga kırışıkları, merceksel kumtaş tabakaları ve flaser tabakalanma gibi önemli sedimanter yapılar içeren bir istif gelir. Üste doğru kalınlaşan istifin en üst bölümü 5-7 metre kalınlıkta olup gelgit kanalları içinde çökelmiş, ince-orta tabakalı, ince-orta taneli kumtaşlarından yapılmış olup, balık iskeletine benzer iki yönlü çapraz tabakalanma ve sigmoidal gelgit tabakalanma yapıları çok iyi gelişmişlerdir. Kumtaş tabakalarının tabanında çok yaygın olarak yük kalıpları ve iz fosilleri bulunur. Bu iz fosillerinden *Planolites* ve *Cruziana* en kolay tanınabilenlerdir. İstifte gözlemlenen 4 para-istifin her biri sığ, fakat açık deniz ortamında gelgit deltaları olarak çökelmiştir. Delta istiflerinin kalınlığının denizin derinliği ile yakın ilişkili olduğu düşünülürse, su derinliğinin 20-25 metre olduğu tahmin edilir. Gelgit delta sisteminin, git (cezir) aşamasında ve denize geri dönen akıntılar tarafından çökeltildiği olduğu yorumu yapılabilir.

d) Kıyı eoliyen fasiyesi: Zabuk vadisi içinde 110 metre olarak ölçülen kıyı eoliyen fasiyesi kırmızı renkli, orta-kalın tabakalı, ince-orta taneli ve çok büyük çapraz tabakalanmalı kumtaşlarından yapılmış olup, iz fosilleri bu üye içinde tümüyle kaybolmuştur. Bu durum deniz seviyesinin bir miktar düşmesi sonucu gelişmiş olup, oluşan kara alanları üzerine kıyı bölgelerinde çökelen kıyı kumulları ilerlemiştir (regresyon). Bu fasiyesin eoliyen kumtaşları üzerine kıyıönü plaj kumları transgresif olarak oturur. Alt yüzeyleri teğetsel olan büyük ölçekli tekne-şekilli çapraz tabakalanma yaygın ve çok güzel gelişmiştir.

Çapraz tabakaların içinde eğimleri 34 dereceye varan laminalar farklı tane boylarından yapıldıkları için iyi gelişmiş bir şerit yapısı gösterirler. Çapraz tabakalanma eğiminin 34 dereceyi geçtiği durumlarda duraylılığını kaybedip yıkılan tabakalar bu fasiyesin başka bir özelliğidir. Büyük ölçekli teğetsel çapraz tabakaların üst kısımları dalga uzunluğu çok geniş olan simetrik rüzgâr kırışıkları ile kaplanmıştır. Mil boyu laminalardan yapılmış ince seviyeler kalın kumtaş tabakaları arasında görülebilir ve havada uçuşan tozların rüzgârın etkisinin kaybolduğu zamanlarda eoliyen kumları üzerinde çökeldiğini gösterir. Kıyı eoliyen fasiyesini oluşturan orta-kalın tabakalı, ince-orta taneli ve oldukça iyi boylanmış ve yüksek enerji koşulları altında çökelmiş eoliyen kumtaşları çok iyi rezervuar kaya özelliğine sahip olup, bunlardan dünyanın pek çok yerinde üretim yapılmaktadır. Kalın ve yanal yönde geniş yayımlı eoliyen kumtaşları genellikle iklimin kurak olduğu Erken Paleozoyik ve Permiyen ile Erken Jura zaman aralığında yaygındır (Koçurek ve Neilson, 1986; Weber, 1987). Eoliyen sedimanlarının, çoğu rüzgârla çökeltilmiş çöl çökelleri ve kıyı kumullarından oluşur. Kalın ve yanal olarak geniş yayımlı kumtaş rezervuarları oluşturabilirler. Eoliyen kumtaş rezervuarları genellikle jeolojik kayıta, erken Paleozoyikte ve Permiyen ile Erken Jura arasında iki zaman aralığında bulunur.

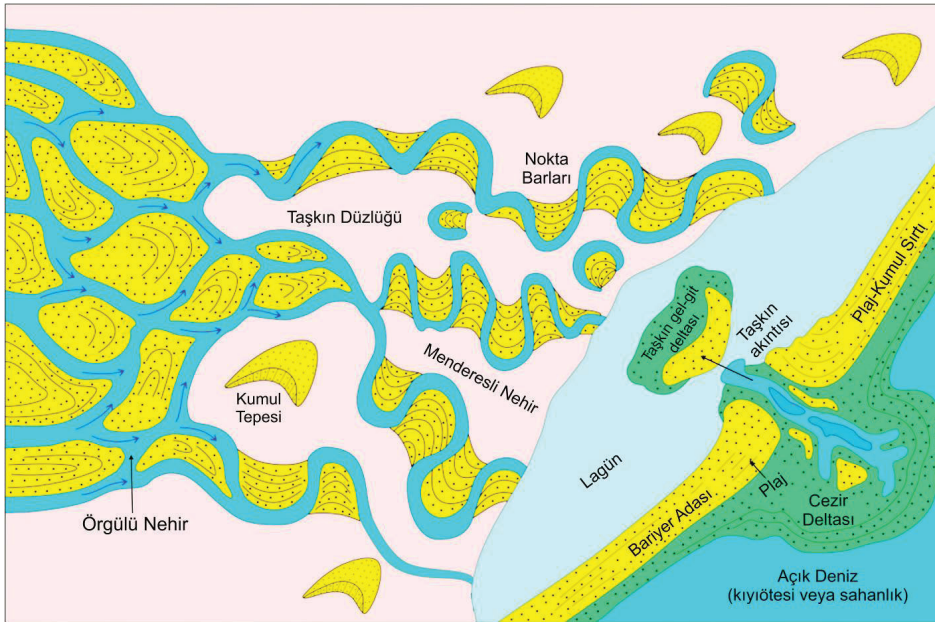
e) Kıyıönü plaj fasiyesi: Zabuk Formasyonu'nun en üst birimini oluşturan yaklaşık 28 metre kalınlıktaki kıyıönü plaj fasiyesi deniz seviyesinin yükselmesi sonucu alttaki kıyı eoliyen fasiyesi üzerine transgresif olarak gelir. Bu transgresyon yüzeyi Orta Kambriyen (514 MYÖ) zamanının başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Bu fasiyes, transgresyon yapan sığ denizin, istifin altındaki eoliyen kumlarını aşındırıp yeniden deniz tabanında çökelttiği beyaz-açık pembe renkli, orta-kalın tabakalı (80 cm ile 1,25 m arasında), paralel düzlemsel tabakalı, ince laminalı kumtaşlarından yapılmıştır. Farklı enerji seviyelerini yansıtan

genellikle ince-orta taneli, seyrek olarak iri-taneli, oldukça iyi boylanmış, gözenekli (yaklaşık %10-15) ve yüksek enerji koşulları altında çökelmiş bu transgresif kumtaşları çok iyi rezervuar özelliğine sahiptir. Enerji seviyesinin yüksek olması nedeniyle sedimanter yapılar ve organizma izleri gelişmemiştir. Kumtaşı tabakaları içinde farklı tane boyları ile temsil edilmiş laminalar 3-5 derece arasında deniz yönünde eğimli ve dalgaların kırıldığı plaj yüzünü temsil eder. Bu kumtaşları üste doğru dereceli olarak Koruk Formasyonu'nun algal kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarına geçer ve deniz seviyesinin yükselmesinin devam ettiğini gösterir. Kumtaşları kalsit çimentoludur ve dolomitlerin tabanında kuvars kumları bulunur. Kıyıönü kumtaşı fasiyesi üzerine çökelmiş algal stromatolitik kireçtaşları ve dolomitlerin kaynak kaya olabilme özelliklerine sahip olması ve burada oluşan hidrokarbonların aşağı yönde göç etmesi durumunda bu kıyıönü plaj fasiyesi önemli bir hidrokarbon potansiyeli oluşturur. Zabuk

Formasyonu'nu oluşturan üyelerin çökme ortam modelleri ve bu ortamların birbirleriyle olan yanall ilişkileri Şekil 12'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Koruk Formasyonu (Orta Kambriyen, 514-497 MYÖ)

Adını, Derik ilçesinin 4-5 km güneydoğusundaki Koruk köyünden alan Orta Kambriyen (514-497 MYÖ) yaşlı Koruk Formasyonu ilk defa Ketin (1966) tarafından tanımlanmıştır. Koruk Formasyonu'nun kalın karbonat istifi, Zabuk Formasyonu'nun kıyıönü plaj fasiyesinin kumtaşları üzerine uyumlu olarak oturur ve deniz seviyesinin dereceli olarak yükselmesini temsil eder. Formasyonun üst kısmı dereceli olarak, gittikçe derinleşen bir su ortamında çökelmiş olan Sosink Formasyonu'na geçer. Genellikle kumtaşı ve şeyl ardalımalı Sosink Formasyonu'nun tabanında ince kireçtaşı tabakaları bulunur (Şekil 13).



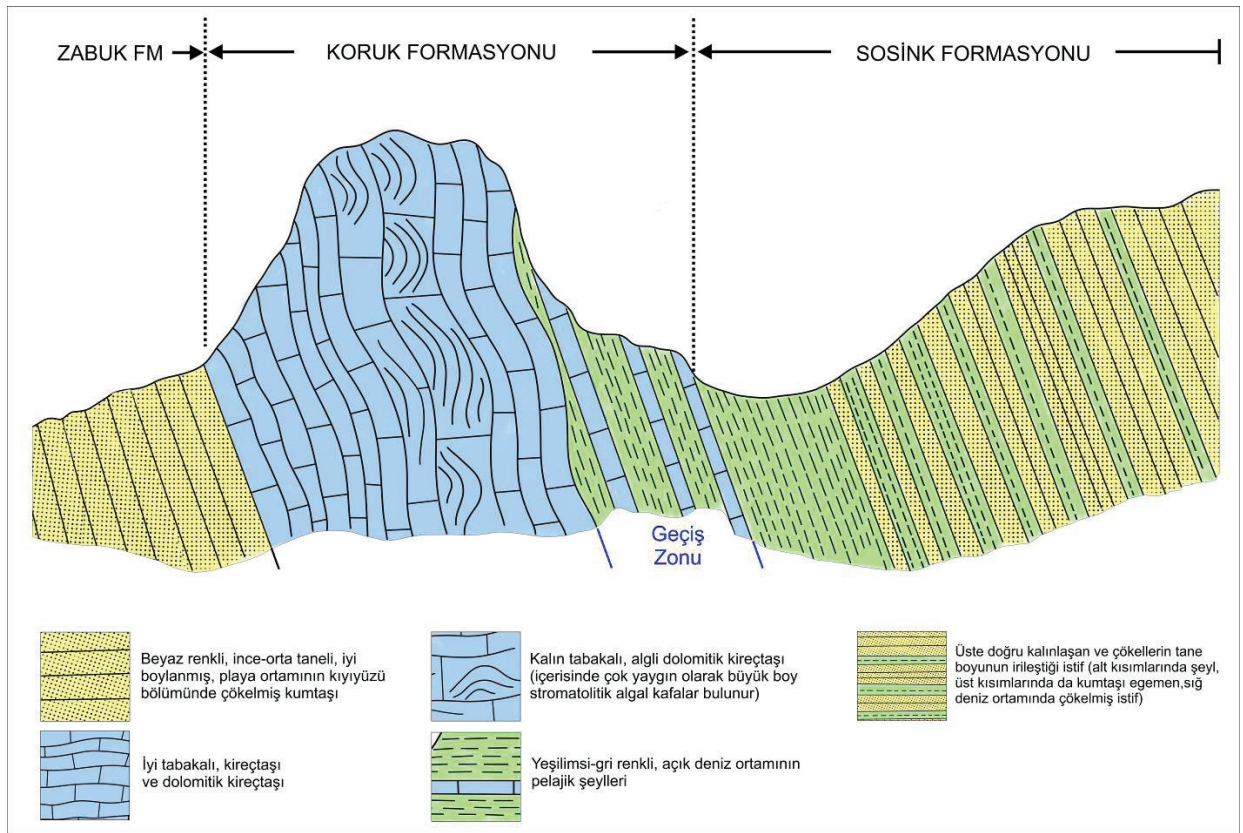
Şekil 12. Zabuk Formasyonu'nu oluşturan organik nehir, menderesli nehir, gel-git düzlüğü, kıyı eolien ve kıyıönü plaj üyelerinin çökme ortamı modeli Zabuk Vadisi boyunca temsil edilmiştir (Şenalp vd., 2018).

Figure 12. Depositional model of the Zabuk Formation, consisting of braided meandering stream, tidal flat, and coastal eolian and foreshore units exposed along the Zabuk Valley (Şenalp et al., 2018).

İki formasyon arasındaki sınır bu çakışmada, dalga kırışıkları gösteren kumtaşı tabakasının tabanına yerleştirilmiştir. Koruk Formasyonu'nun tipik kesiti Zabuk Vadisi boyunca ölçülmüştür. Ayrıca, Konur Formasyonu'nun alt ve üst sınır ilişkileri ve içerdikleri farklı karbonat fasiyesleri, Derik ile Mazıdağı ilçeleri arasında uzanan Şıp Deresi boyunca çok iyi temsil edilmiştir (Şenalp vd., 2018).

Geniş yayımlı Koruk Formasyonu yaşı, litolojik özellikleri ve çökme ortamları yönünden büyük benzerlik gösteren Çal Tepe

Formasyonu Beyşehir (Konya) ve Göksun (Kayseri) bölgelerinde çok iyi mostralar verir (Dean ve Monod, 1970; Özgül, 1971; Özgül ve Gedik, 1973). Koruk Formasyonu'nun Zabuk Vadisi içinde tanımlan tipik kesitteki kalınlığı 150 m olarak ölçülmüştür. Formasyonu oluşturan karbonat istifinin tabaka kalınlığı istifin üst seviyelerine doğru dereceli olarak inceler ve dolomitler üste doğru dolomitik kireçtaşlarına ve daha sonra da tümüyle kireçtaşlarına geçer. Bu özelliği nedeniyle istif alttan üste dört ayrı litofasiyese bölünmüştür (Şekil 14).



Şekil 13. Zabuk Formasyonu ile Sosink Formasyonu arasında yer alan Orta Kambriyen yaşlı Koruk Formasyonu'nun litofasiyes özellikleri (Şenalp vd., 2018).

Figure 13. The lithofacies characteristics of the Middle Cambrian Koruk Formation, which is situated between the Zabuk and Sosink formations (Şenalp et al., 2018).

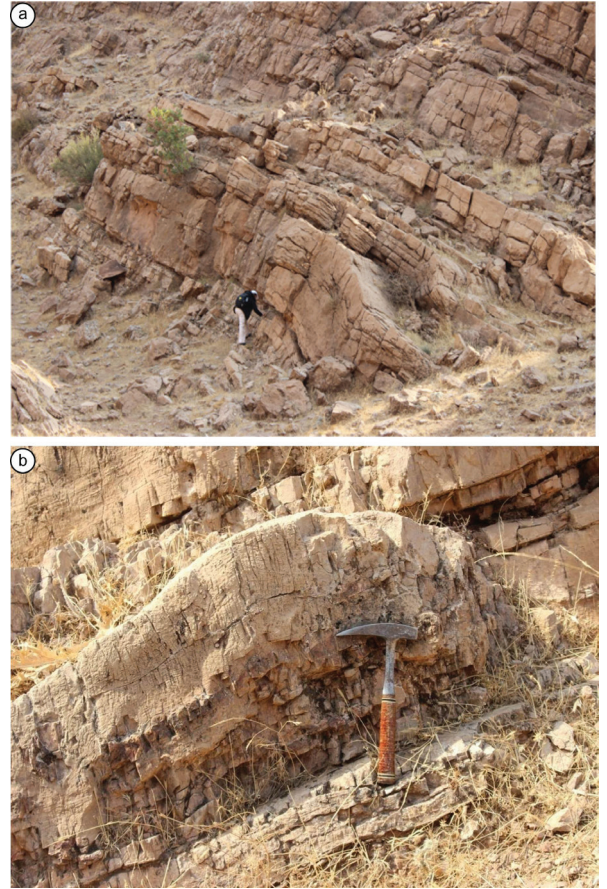
Stratigrafi		Kalınlık (m)	Litoloji	Litolojik Tanımlama	Çökeltme ortamı
Yaş	Birim				
				Şeyl	Kıyıötesi sahanlık
Orta Kambriyen (Drumiyen, Guzhanıyen)	Birim c	150		Aratabakalı şeyl, ince tabakalı, dalga kırışıkları içeren kumtaşı ve yumru kireçtaşı	Sığ deniz sahanlığı
	Birim b	140		Beyaz renkli, ince-tabakalı mikritik kireçtaşı	
	Birim a	130		İyi tabakalanmış, ince tabakalı, beyaz renkli biyoklastik mikritik kireçtaşı	
Erken Kambriyen Zabuk Formasyonu		10		Büyük boy stromatolitler içeren çörtlü dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ve dolomit	Kıyıötesi
		20		Düzlemsel, tablamsı çapraz tabakalanma gösteren, temiz, iyi boylanmış kumtaşı	

Şekil 14. Zabuk Vadisi boyunca ölçülmüş kesitte Koruk Formasyonu'nun stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri (Şenalp vd., 2018).

Figure 14. Stratigraphic and sedimentologic section of the Koruk Formation, measured along the Zabuk Valley (Şenalp et al., 2018).

Litofasiyes 1: Yaklaşık 30 metre kalınlıkta, yaygın olarak iri çakıl boyunda çört yumruları içeren kahve renkli, çok sert, orta-çok kalın tabakalı dolomit (dolosparit) ve çok az miktarda dolomitik kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 15a). Dolomitler bazı yerlerde büyük boy stromatolitlerden yapılmış olup lahanaya benzer çok ince laminalanmalar gösterir (Şekil 15b).

Litofasiyes 2: Yaklaşık 78 metre, orta-tabakalı ve daha düzgün paralel tabakalanmalı olup başlıca dolomitik kireçtaşı ve biyoklastik kireçtaşlarından oluşmaktadır.



Şekil 15. a) Koruk Formasyonu'nun büyük bir kısmını oluşturan kalın ve masif algal dolomitik kireçtaşları. **b)** Koruk Formasyonu içinde büyük boyda ve tipik kubbe-şeklindeki algal dolomitik kireçtaşlarının yakından görünüşü (Şenalp vd., 2018).

Figure 15. a) Thick and massive algal dolomitic limestones form a large part of the Koruk Formation. **b)** Close-up view of the large, dome-shaped algal dolomitic heads of the Koruk Formation (Şenalp et al., 2018).

Litofasiyes 3: Yaklaşık 22 m kalınlıkta olan bu litofasiyes, düzgün, ince-orta tabakalı, beyaz veya açık krem renkli mikritik kireçtaşı ile temsil edilmektedir.

Litofasiyes 4: İstifin en üst bölümünü oluşturan 21 metre kalınlıktaki bu fasiyes, üstüne gelen Sosink Formasyonu arasındaki bir geçiş zonunu temsil eder. Bu çalışmada şeyl, marn ve

ince kumtaşları ile ara tabakalı olarak çökelmiş yumrulu kireçtaşları Koruk Formasyonu içine dahil edilmiştir (Şenalp vd., 2018).

Koruk Formasyonu, karadan gelmiş hiçbir kırıntılı malzemenin bulunmadığı bir açık deniz ortamında çökelmiştir. Tabaka kalınlıklarının alttan üste doğru azalması, litofasiyelerin üste doğru diziliş biçimleri ve formasyonun üstteki daha derin deniz ortamına dereceli geçişi Koruk Formasyonu'nun içinde çökelmiş olduğu denizin seviyesinin yavaşça yükselmiş olduğunu gösterir. Koruk Formasyonu'nun alt ve orta kısımlarını oluşturan Litofasiyes 1 ve Litofasiyes 2 nispeten sığ bir deniz ortamındaki kıta sahanlığı üzerinde fakat Litofasiyes 3 ve Litofasiyes 4 daha derin ve açık bir deniz ortamındaki kıta sahanlığı üzerinde çökelmiştir. Formasyonun önemli bir bölümünü oluşturan stromatolitik algli kireçtaşı fasiyesinin kaynak kaya olma potansiyeli yüksektir. Koruk Formasyonu'nun kıta sahanlığı üzerinde çökmesinin hemen sonrası deniz seviyesinin derinleşmesi sonucu Sosink Formasyonu'nun tabanında çökelen derin deniz şeyl fasiyesi tarafından örtülmüş olması, algler içindeki organik maddenin indirgeyici koşullar altında korunmasına ve bu nedenle, hidrokarbon oluşumuna olumlu yönden olanak sağladığı çok önemlidir. Zabuk Vadisi ve Şıp Deresi boyunca kalın istifler oluşturan algal stromatolitik dolomit ve dolomitik kireçtaşları içindeki organik madde oksitlenerek bozulmuş olduğundan çalışmaların kuyulardan alınacak karotlar üzerinde yapılması daha doğru sonuçlar verebilir. Suudi Arabistan'ın Al Jawf bölgesinde Koruk Formasyonu'na çok benzeyen fakat Devoniyen yaşlı Qasr Formasyonu hafif petrol için çok önemli bir kaynak kaya ve rezervuar kaya fasiyesi oluşturur.

Koruk Formasyonu Arap Platformu üzerinde geniş bir yayılım sunar ve bölgesel korelasyonlar için çok yararlı anahtar bir seviyeyi oluşturur. Bu karbonat istifi, Ürdün'ün güneyinde ve Akabe Körfezi'nin hemen kuzeyinde, Ölü Deniz'in

güneydoğu köşesinde kalın ve dik bir istif oluşturan Khirbet Burj (Kale) lokasyonda Burj Formasyonu (Burj Kireçtaşı) ile aynı yaşta olup (Erken Orta Kambriyen) aynı fasiyes özellikleri gösterir (Wolfart, 1981). Burj Formasyonu Suriye, Batı Irak ve Ürdün'de iyi-tanımlanmış bir sismik seviye oluşturur. Bu formasyonun kalınlığı Ürdün'ün güneyindeki Wadi Sirhan'da 60 metre olduğu halde Irak-Ürdün sınırında 180 metreye ve Irak'ın Rutba bölgesinde 200 metreye ulaşmaktadır. Burj Formasyonu içindeki trilobit ve brakiyopod fosilleri, bu formasyonun yaşının Erken-Orta Kambriyen olduğunu göstermiştir. Buna karşın formasyon içinde yapılan daha ayrıntılı palinolojik çalışmalarda bulunan *Celtiberrium cf. dedalinum* formasyonun yaşını Orta Kambriyen (Andrews vd., 1991) olarak daha dar bir alana yerleştirmiştir. Aynı yaş ve bezir özelliklere sahip karbonat istifi Suudi Arabistan'da birkaç derin arama kuyusunda rastlanılmış ve istif Burj Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon, Khursaniyah-81 derin petrol arama kuyusunda 65 m olarak tespit edilmiş ve tüm istiften karot alınmıştır. Şenalp (2006a) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmış bu formasyon, genellikle ince-orta tabakalı ve bol gözenekli algal kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, killi kireçtaşı fasiyesleri, daha az miktardaki kırmızı renkli çamurtaşları ile ara tabakalı olarak çökelmiştir. Bu çökellerden alınan çok sayıdaki örneklerin palinolojik çalışmaları sonunda değişik acritarch fosilleri bulunmuştur. Bu topluluk içinde en yaygın olan *Annulum squamaceum* fosili Burj Formasyonu'nun yaşını Erken-Orta Kambriyen olarak göstermiştir (Molyneux ve Al-Hajri, 2000).

Sosink Formasyonu (Geç Kambriyen, 497-485 MYÖ)

Geç Kambriyen yaşlı Sosink Formasyonu ilk defa Taylor (1955) tarafından Derik ilçesinin Zabuk Vadisi'nde yer alan Sadan ile Sosink köyleri arasında ölçtüğü yüzey kesitinde tanımlanmıştır.

Bölgede Sosink Formasyonu'nun çok iyi mostra verdiği başka bir bölge ise Şıp Deresi boyuncadır. Sosink Formasyonu'nun, Koruk Formasyonu ile olan alt sınırı uyumlu ve dereceli geçişli, fakat Konur Formasyonu (yeni tanımlama) ile olan üst sınırı ise kolayca tespit edilecek özellikte değildir (Şekil 13), çünkü her iki formasyonun litolojik özellikleri ve içerdikleri sedimanter yapılar çok yakın benzerlikler gösterir. Fakat çökme ortamları oldukça farklıdır. Bu geçiş zonunda bölgesel bir faylanma sonucu tabakaların doğrultu ve eğim yönlerinde önemli dönme hareketleri görülmüştür (Şenalp vd., 2018). Sosink Formasyonu'nun tipik kesitte ölçülmüş kalınlığı 353 metredir ve çok düzgün tabakalanma gösteren şeyl, miltası ve kumtaşı ardalanmasından yapılmıştır (Şekil 16). Etkin dalga tabanının altında, nispeten derin, geniş yayımlı ve düşük eğimli şelf ortamında çökelmiş şeyl fasiyesi daha egemendir. İstif içerisinde, kuvvetli fırtınaların ve kasırgaların egemen olduğu dönemlerde, dalga boyunun artması ve etkin dalga tabanının önemli ölçüde derinleşmesi sonucu ortaya çıkan çalkantılı ve yüksek enerjili çökme ortam koşullarını simgeleyen tümsekli- çapraz tabakalanma, oyguve dolu- yapıları iyi temsil edilmiştir. Fırtınalı dönemlerin sona ermesi ve düşük enerjili deniz ortamının yeniden egemen olması koşullarını simgeleyen simetrik dalga kırışıkları tüm istif içine yayılmıştır. Bu fiziksel sedimanter yapılarla birlikte yatay ve düşey yöndeki organizma iz fosilleri tabakaların içinde, alt ve üst yüzeylerinde yaygındır ve iyi korunmuştur (Şekil 17a ve b).

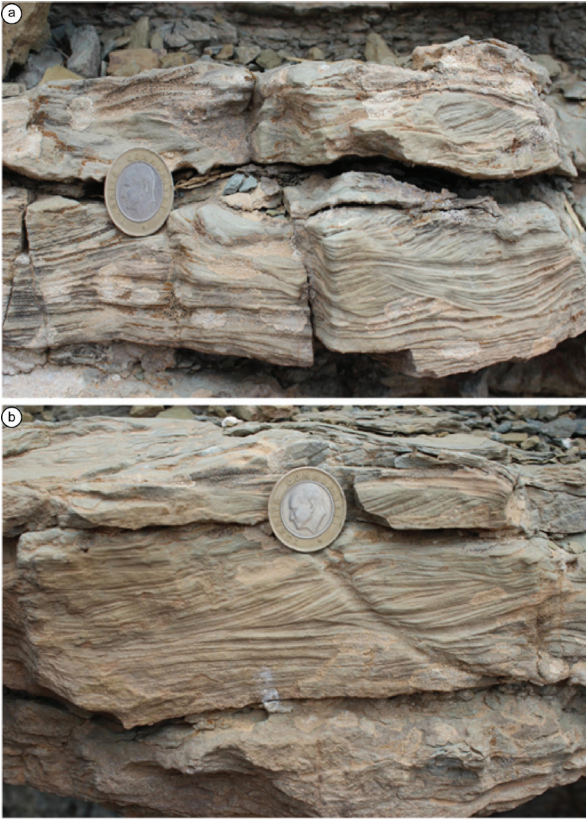
Sosink Formasyonu'nu oluşturan farklı tane-boyundaki kırıntılı kayalar üste doğru dereceli olarak tabakaların düzenli olarak kalınlaştığı ve çökellerin tane boyunun dereceli olarak irileştiği regresif bir istif modeli oluştururlar. Bu regresif istif, kıyı çizgisinin sürekli olarak açık denize doğru ilerlemesinin sonucunda ortaya çıkmıştır. Sedimanter yapıların istif içindeki sıralanışları çökme sırasındaki enerji seviyesinin değişimleri

ile uyumludur. Bütün bu özellikler göz önüne alındığında; Sosink Formasyonu'nun, deniz seviyesinin sürekli dalgalanmalar gösterdiği geniş bir kıta sahanlığı üzerinde fırtınaların egemen olduğu plaj ortamının aşağı ve yukarı kıyı-yüzü bölümlerinde çökeldiği, anlaşılır. Geç Kambriyen yaşlı Sosink Formasyonu Gondwana Kıtası'nın önemli bir bölümünü oluşturan Arap Platformu üzerinde geniş bir yayılım gösterir. Sosink Formasyonu ile aynı yaş aralığında çökelmiş istifler, Suriye'de Sosink Formasyonu, Ürdün'de Disi Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Aqrawi, 1998a, 1998b; Konert vd., 2001; Sharland vd., 2001). Irak'da ise bu istif henüz tanımlanmamıştır.



Şekil 16. Koruk Formasyonu'nun üstüne gelen Sosink Formasyonu'nun alt kısmında genellikle şeyl fasiyesi egemendir, fakat üste doğru dalga kırışıklı ve tümsekli-çapraz tabakalanma gösteren kumtaşlarının daha egemen olduğu bir istife geçer. Bu istif şelf ortamında çökelmiş kıyıönü fasiyesini temsil eder (Şenalp vd., 2018).

Figure 16. The lower part of the Sosink Formation, overlying the transitional zone with the Koruk Formation, is shale-dominated but upward it passes gradually into an interbedded shale and sandstone sequence and finally into wave-rippled, hummocky-cross-bedded sandstone facies deposited in the lower-to upper shoreface environment (Şenalp et al., 2018).



Şekil 17. a, b) Sosink Formasyonu'nun kumtaşları içinde görülen değişik çökeltme yapıları (Tümsekli çapraz-tabakalanma, simetrik dalga-kırıksıkları ve akıntı kırışık-markaları, oyuğu- ve dolgu-yapıları) çok iyi korunmuştur (Şenalp vd., 2018).

Figure 17. a, b) Various sedimentary structures (hummocky cross-bedding, symmetrical wave-ripples, current-ripples, cut-and fill-structures) are well represented in the sandstones (Şenalp et al., 2018).

Konur Formasyonu (Erken Ordovisiyen 485-470 MYÖ)

Erken Ordovisiyen yaşlı Konur Formasyonu ilk olarak Şenalp vd. (2018) tarafından Zabuk Vadisi içinde ve Konur köyüne yakın bir bölgede tanımlanmıştır. Aynı istif, Derik-Mazıdağı karayoluna paralel olarak uzanan Şıp Deresi boyunca kesiksiz olarak temsil edilmiştir. Bedinan Formasyonu, Konur Formasyonu üzerine transgresif olarak gelir. Başlıca kumtaşı, şeyl ve az miktardaki miltaşı ile temsil edilmiş olan

Konur Formasyonu, Zabuk Vadisinde 242 metre olarak ölçülmüştür. Tüm formasyon düşey yönde istiflenmiş ve ortalama kalınlıkları 45 m ile 70 m arasında değişen, üste doğru tabakaların düzenli olarak kalınlaştığı ve kumtaşlarının tane boyunun dereceli olarak irileştiği regresif bir istif modeli sunar. İçerdiği litofasiyesler ve sedimanter yapılar değerlendirildiğinde, Konur Formasyonu'nun kıta sahanlığı üzerinde çökelmiş çok sayıdaki delta loblarından meydana geldiği anlaşılır. İstif içindeki düzenli ve düzlemsel tabakalı birim delta dış ağız barı (Şekil 18a), buna karşılık kalın tabakalı ve tekne şekilli çapraz tabakalanma gösteren delta kanal dolguları birimi iç ağız barı (Şekil 18b) ortamlarını temsil ederler. Konur Formasyonu, Derik-Mazıdağı yolu üzerinde bulunan Konur Köyü'nün doğusunda uzanan Şıp Deresi boyunca farklı bir fasiyesle temsil edilmiştir. Burada yapılan sedimentolojik çalışmalar bu kumtaşlarının delta kanal dolguları olduğunu ve Zabuk Vadisi içindeki deltaları beslediğini ortaya koymuştur. Konur Formasyonu'nun kalın ve kumtaşı egemen delta fasiyesi her yönü ile hidrokarbon için çok iyi bir rezervuar kaya potansiyeli oluşturur. Özellikle, delta dağıtım kanallarının denize açıldığı kıyı alanlarında çökelen kumtaşı barlarının üzerine transgresif olarak gelen Bedinan Formasyonu'nun tabanındaki şeyllerin organik madde kapsamı yüksek olması durumunda bu formasyonun önemi daha fazla artar ve hidrokarbonlar basınç farkından dolayı aşağı doğru göçerler (Şenalp 2000b, 2006a; Şenalp vd., 2018). Organik maddece zengin kaynak kaya fasiyeslerinin bölgesel deniz transgresyonların en erken aşamasında çökeldikleri anlaşılmıştır. Bu nedenle bu yayında bu transgresyon yüzeylerinin önemi vurgulanmıştır. Bedinan Formasyonu'nun tabanında erken transgresyon süresinde çökelmiş şeyllerin üzerine kalın ve geniş yayımlı masif şeyl ve onun üzerine de ara tabakalı şeyl ve kumtaşı istifi gelir ve önemli bir basınç oluşturur. Kalın ve geçirimsiz olan bu birim geniş yayımlı olduğu için hidrokarbonların düşey yönde göçmesi

zordur, ancak bu istifin faylanma nedeniyle yukarı yönde itilmesi gerekir. Buna karşın, istifin en tabanında bulunan transgresif şeylde ortaya çıkan hidrokarbonların, üzerine geldikleri yüksek enerjili sığ deniz ortamında çökelmiş kumtaşları içine göçmesi daha kolaydır. Kısa bir zaman önce Bismil bölgesinde açılan kuyularda Konur Formasyonu içinde önemli gaz birikimleri keşfedilmiş olup bu rezervuarlar hidrolik çatlatma yöntemiyle üretime açılacaktır.



Şekil 18. a) Konur Formasyonu'nun büyük bir bölümünü oluşturan ve nehir-egemen delta ortamının nehir ağız barlarını oluşturan gözenek ve geçirimsizliği yüksek olan dış ağız barı ve onun üzerine gelen iç nehir ağız barı kumtaşı fasiyesleri. **b)** Delta istifinin en üstünü oluşturan yüksek enerjiye sahip sığ su ortamında çökelmiş, kalın-tabakalı, çapraz tabakalı, orta-iri taneli, iyi-boylanmış, gözenekli ve geçirimli potansiyel rezervuar kumtaşları (Şenalp vd., 2018).

Figure 18. a) Fluvial-dominated deltaic sequence forms the uppermost part of the Konur Formation, consisting of prodelta shales and distributary mouth bar facies. These lithofacies consist of outer distributary mouth bar and inner distributary mouth bar sandstones. **b)** The inner mouth bar sandstones were deposited in a high energy shallow marine environment. The sandstones are thick-bedded, trough cross-bedded, medium- to coarse-grained, well-sorted, porous and permeable, having high reservoir potential (Şenalp et al., 2018).

Konur Formasyonu'nun tabanındaki *Cruziana* iz fosilleri içeren denizel şeyl seviyesinin bölgesel özellikteki Ordovisiyen transgresyonunu (yaklaşık, MDS O10, 485 MYÖ) temsil ettiği anlaşılmış ve formasyonun yaşı Tremadosiyen olarak kabul edilmiştir (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001a). Konur Formasyonu üzerine bölgesel bir transgresyonla gelen Bedinan Formasyonu'nun en tabanını oluşturan açık deniz şeyllerinin yaşı ise Llanvirn (yaklaşık 470 MYÖ) olarak tespit edilmiştir (Cobb, 1957; Kellogg, 1960; Yılmaz ve Duran, 1997; Monod vd., 2003). Güneydoğu Anadolu'nun Mardin bölgesindeki Zabuk Vadisi ve Şıp Deresi içinde Şenalp vd. (2018) tarafından tanımlanmış Konur Formasyonu, Toros Dağları kuşağında Konya ilinin Seydişehir ilçesi dolayında ilk kez Blumenthal (1947) tarafından tanımlanan Seydişehir Formasyonu ile kısmen aynı yaş aralığında çökelmiş olduğu düşünülür. Buna rağmen Seydişehir Formasyonu'nun yaşı sürekli olarak değişmektedir. Ayrıntılı paleontolojik çalışmalara dayanarak Seydişehir Formasyonu'nun yaşı Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen olarak tespit edilmiştir (Dean ve Monod, 1970; Özgül, 1971; Özgül ve Gedik, 1973). Zabuk Vadisi içinde ölçülen kesitte bu zaman süresi içinde Sosink ve Konur Formasyonları çökelmiştir. Başlıca şeyl-miltaşı ardalansından oluşan Seydişehir Formasyonu'nun litolojik özellikleri Konur Formasyonu'ndan çok farklıdır. Bu gerçeklere dayanarak bu çalışmada Erken Ordovisiyen yaşlı ve önemli hidrokarbon potansiyeline sahip istif Konur Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Kambriyen ve Erken Ordovisiyen yaşlı istifler Suriye’de Khanaser Formasyonu, Ürdün’de ise Umm Sahm Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Al-Hadidy, 2007).

Bedinan Formasyonu (Orta-Geç Ordovisiyen 470-445 MYÖ)

Bedinan Formasyonu ilk defa Cobb (1957) tarafından Mardin ilinin Kızıltepe ilçesinin 18 km kuzey-batısında tanımlanmış veya Derik ilçesinin yaklaşık 20 km güney-doğusundaki Bedinan (Gürmeşe) köyü civarındaki Orta-Geç Ordovisiyen yaşlı istif için kullanılmıştır. Formasyonun tipik kesiti bu köy ile Yurteri köyü arasında ölçülmüştür (Şenalp vd., 2018). Bedinan Formasyonu, alttaki Konur Formasyonu’nun beyaz renkli, kalın-tabakalı delta ağız barı kumtaşları üzerine transgresif olarak oturur ve istifin tabanı koyu gri renkli, bol graptolit fosilleri içeren açık denizel şeylleri ile temsil edilmiştir. Bu çok önemli bölgesel ölçekteki deniz transgresyon yüzeyi Arap Levhası üzerindeki tüm bölgelerde tanınmış ve bölgesel korelasyonlarda güvenli olarak kullanılmıştır. Bedinan Formasyonu’nun üst kısmı ise Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) yaşlı Gondwana buzullaşmasının sebep olduğu aşınma yüzeyi tarafından derince kazılmıştır. Bedinan Formasyonu ile üzerine gelen Yurteri Formasyonu’nun tabanını temsil eden buzul vadisinin oluşturduğu aşınma yüzeyi en belirgin şekilde Bedinan (Gürmeşe) köyünün doğusunda ölçülmüş kesitte görülür. Bedinan Köyü’nün bulunduğu bölgede ise formasyonun önemli bir kısmı Kretase yaşlı Mardin Grubu’nun tabanındaki uyumsuzluk yüzeyi tarafından derince aşındırılmıştır.

Bedinan Formasyonu’nun tipik kesitte ölçülen kalınlığı 638 metredir. Bu ölçülen kalınlık Mardin Grubu’nun tabanındaki Kretase yaşlı uyumsuzluk nedeniyle formasyonun gerçek kalınlığı ölçülen bu değerden daha fazladır. Akçakale-1 kuyusunda da Bedinan Formasyonu Konur Formasyonu’nun delta ağız barı kumtaşları üzerine transgresif olarak

oturur. Formasyonun kalınlığı 843 metre olup alt kısmını oluşturan masif şeyl fasiyesinin kalınlığı 793 metredir. Formasyonun en üstündeki 50 metrelik kısmı kumtaşı ve şeyl araldanmasından yapılmıştır (Yılmaz ve Duran, 1997).

Arazide ölçülen tipik kesitte, Bedinan Formasyonu en altta, başlıca gri renkli şeyl, mikalı şeyl, miltaşı ve açık kahve renkli ince-tabakalı (tabaka kalınlığı 10-20 cm arasında), ince-taneli, orta derecede boylanmalı bol fosilli kumtaşlarının düzenli olarak araldanmasından oluşmaktadır (Şekil 19a). İstifin alt kısımlarında şeyl, üst kısımlarında ise kumtaşı fasiyesleri daha egemendir. Kumtaşlarının tabaka kalınlığı ve tane boyu üste doğru artar ve böylece beraber çökeldikleri şeyl ve miltaşı fasiyesleri ile birlikte üste doğru kalınlaşan ve kabalaşan bir paraistif oluşturur (Şekil 19b). Ölçülen bu kesit içerisinde 10 adet paraistif ayırtlanmıştır. Kumtaşları içinde, simetrik-dalga kırışıkları, tümsekli-çapraz tabakalanma, denizel kökenli iz fosiller ve biyotürbasyon yapıları çok yaygın olarak görülür. Büyük ölçekli tümsekli-çapraz tabakaların kalınlığı fazla olup tabanları aşınma yüzeyini temsil eder. Dalgalı aşınma yüzeyleri formasyon içi çakıllarla kaplanmıştır. Bu tabakaların üst kısımları ise enerji seviyesinin düşmesi sonucu çok iyi gelişmiş simetrik dalga kırışıkları ile kaplanmıştır. Bol miktarlarda ve farklı bentonik fosilleri içeren kumtaşları limonitleşme gibi bozuşma özellikleri göstermektedir (Şenalp vd., 2018).

Tüm fiziksel ve biyojenik sedimanter yapılar ve içerdiği litofasiyeslerin yanal yönde devamlı olmaları, Bedinan Formasyonu’nun çok fazla derin olmayan tatlı eğimli kıta sahanlığı üzerinde çökelmiş olduğunu gösterir. İstifin alt kısmını oluşturan şeyller etkin dalga tabanı altındaki kıyı-ötesi ortamında çökelmiştir. İstifin çökeltme ortamının derinliği üste doğru azalmaktadır. Kumtaşları içinde tümsekli-çapraz tabakalanma, fırtınaların baskın olduğu kıyı-yüzü ortamını işaret eder.



Şekil 19. a) Bedinan Formasyonu bölgesel bir transgresyonla başlar ve tabanında oldukça kalın ve koyu gri renkte masif şeyl fasiyesi çökelmiştir. Bu fasiyesin organik madde yönünden oldukça zengin olması ona kaynak kaya özelliğini kazandırır. **b)** Üste doğru kumtaşı/shyl oranının arttığı, kumtaşı tabakalarının kalınlaştığı ve tane boylarının irileştiği bir istif şeklinde çökelmiştir. Kumtaşları içinde en yaygın sedimanter tümsekli çapraz-tabakalanma, simetrik dalga kırışıklarıdır (Şenalp vd., 2018).

Figure 19. a) The base of the transgressive Bedinan Formation consists of thick, massive, dark-gray organic-rich open marine shales with potential source rock. **b)** The shale dominated lower parts are gradually overlain by the interbedded sandstone and shale sequence and present a coarsening- and thickening-upward sequence. The most common sedimentary features are hummocky cross-stratification (HCS), and wave and current ripples (Şenalp et al., 2018).

Kıyı yüzü ortamında çökelmiş kumtaşı birimlerinin istifin üst kısımlarında daha kalın ve sık olarak görülmeleri, tabaka kalınlıklarının ve kum tanelerinin ortalama boylarının artması deniz seviyesinin gittikçe sığlaştığını işaret etmektedir. Ölçülen kesit içinde plaj ortamının en üst kısmını oluşturması beklenen ve yüksek enerji ortamını temsil eden kalın-tabakalı kumtaşı birimlerinin buzul vadileri tarafından kesilip aşındırıldığı düşünülmüştür (Şenalp vd., 2018). Bedinan Formasyonu'nun transgresyon yüzeyinin tabanındaki açık deniz ortamında çökelmiş kalın şeyl istifinin hidrokarbonlar için potansiyel kaynak kaya oluşturma olasılığı yüksektir. Bu şeyl fasiyeslerinin üzerine uyumlu olarak gelen kumtaşları ince-tabakalı ince-taneli oldukları ve şeyllerle çok yakın ara-tabakalı olarak çökeldikleri için özellikle Mardin bölgesinde potansiyel bir rezervuar fasiyesi oluşturma olasılığı azdır. Buna karşın istifin tabanındaki bölgesel pelajik şeyller içinde oluşan petrol ve gaz alttaki Konur Formasyonu'nun delta kumları içine göçebilir. Bu nedenle transgresif pelajik şeyllerin muhtemel bir ana kaya fasiyesi olabilme özellikleri araştırılmaktadır. Yapılan bölgesel çalışmalar, Arap ve Afrika Platformu üzerinde çökelmiş Paleozoyik istifleri içindeki petrol ve gazın kaynak kaya fasiyeslerinin büyük bir kısmının bölgesel transgresyonların tabanındaki pelajik şeyller olduğu kanıtlanmıştır.

Bedinan Formasyonu'nun tip kesiti boyunca başlıca Kellogg (1960), Dean (1967, 1983), Dean ve Monod (1990) ve Monod vd. (2003) yapılan geniş kapsamlı paleontolojik çalışmalar özellikle trilobit (*Calmenalla boisseli*, *Dreyfussina* sp.), acritarch (*Evittia* sp., ve *Multiplicispharidium* spp.) ve chitinozoan topluluğu *Euconochitina* gr. *lepta*, *Acanthochitina barbata* ve *Acanthochitina nigerica*, topluluğu Ashgill (Geç Ordovisiyen) yaşı için güvenli bir veri oluşturur (Monod vd., 2003). Bu bilgilerin ışığı altında Bedinan Formasyonu'nun yaşı Orta ve Geç Ordovisiyen olarak belirlenmiştir. Bedinan Formasyonu'nun

en tabanını oluşturan açık deniz şeyllerinin yaşı Llanvirn (yaklaşık 470 MYÖ) olarak tespit edilmiş olup, 471–445 milyon yılları arasındaki Llanvirn ve Katiyen katlarını içerir (Dean, 1967, 1983; Şenalp vd., 2018). Bedinan Formasyonu, ayrıntılı stratigrafik çalışmalar ve palinolojik yaş tayinlerine dayanarak, Bedinan Formasyonu güvenli bir şekilde Suudi Arabistan'ın Qasim Formasyonu ile deneştirilmiştir (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001a). Qasim Formasyonu'nun en yaşlı Hanadir Üyesi, Bedinan Formasyonu'nun tabanındaki koyu gri renkli graptolitik şeyllerle deneştirilmiştir (Şekil 20). Organik maddece zengin bu şeyl fasiyesi de bölgesel transgresyonun tabanında çökelmiş ve çökme hızı çok hızlı olduğu için denizden gelen mikro organizmalar korunmuş ve hidrokarbonlar için kaynak kaya fasiyesi oluşturmuşlardır. Ortaya çıkan hidrokarbonlar çoğu durumlarda üzerinde çökelmiş oldukları gözenekli ve geçirimli kumtaşları içine göçerler. Bu modelin uygulanmaya başlamasıyla birlikte hidrokarbon arama ve üretim faaliyetlerinde önemli başarılar sağlanmıştır (Şenalp 2006a, 2006b).

Hanadir Üyesi'nin kaynak kaya fasiyesi olarak önem kazanmasıyla birlikte hem yüzey mostralarında hem de sondaj kuyularından alınan karotlar üzerinde paleontolojik ve palinolojik çalışmalar yürütülmüştür. Graptolitlerden *Didymograptus murchisoni* Zonu Hanadir Üyesinin tabanında ve orta kısımlarında yaygın olarak bulunmuş ve Geç Llanvirn yaşı tespit edilmiştir (Vaslet vd., 1987). Kahfah-1 arama kuyusundan alınan karot örneklerinde Hanadir Üyesi'nin alt kısımlarında Llanvirn yaşını gösteren *Siphonochitina Formosa* ve *Laufeldochitina robusta* Chitinozoan fosilleri bulunmuştur (Al-Hajri, 1995). Buna karşın aynı arama kuyusundaki Hanadir Üyesi'nin yukarı kısımlarından alınan örneklerde Llandeilo yaşını gösteren *Linochitina pissotensis*, *Pognochitina spinifera* ve *Hercochitina spp.* Chitinozoan fosilleri bulunmuştur (Al-Hajri, 1995). Hanadir Üyesi'nin tabanındaki bol miktarda *Didymograptus* içeren Llanvirn yaşlı şeyller Bedinan Formasyonu'nun tabanındaki graptolitik şeyller ile deneştirilip

bu bölgesel ölçekte transgresyona neden olan deniz yüzeyi, Şenalp ve Al-Duaiji (2001b) tarafından MDS O30 (470 MYÖ) olarak tanımlanmıştır. Bedinan Formasyonu Irak'ta Khabour Formasyonu, Suriye'de ise altta Swab Formasyonu ve üstte Afandi Formasyonu olarak iki ayrı formasyon olarak tanımlanmıştır. Ürdün'de ise yine altta Hiswah Formasyonu ve üstte Dubaydib Formasyonu olarak iki ayrı formasyona ayrılmıştır.



Şekil 20. Suudi Arabistan'nın Qasim Formasyonu'nun tabanındaki Hanadir ve Kahfah Formasyonlarının oluşturduğu üste-doğru kalınlaşan istif. Bu istif GD Türkiye'nin Bedinan Formasyonu'na karşılık gelir (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b; Şenalp vd., 2018)

Figure 20. Lower coarsening- and thickening-upward wave-dominated progradational sequence of the Qasim Formation, consisting of the Hanadir and Kahfah members of Saudi Arabia. The Hanadir member correlates with the Bedinan Formation of SE Turkey (Şenalp and Al Duaiji, 2001a; Şenalp et al., 2018).

Geç Ordovisiyen (Hirnansiye, 445-444 MYÖ) Gondwana buzullaşmasının önemi

Geç Ordovisiyen kıtasal buzullaşmanın etkileri ve ortaya çıkan çok farklı özelliklerdeki buzul çökelleri, Arabistan ve Afrika Platformları üzerindeki ülkelerde çok yaygın olup bu ülkelerin Erken Paleozoyik istiflerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Bu önemli Gondwana buzullaşması

Hiransiyen (445 MYÖ) ile Erken Siluriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) zamanında ortaya çıkmış ve yaklaşık bir milyon yıl gibi kısa bir süre içinde tüm ülkelerde çok etkili olmuştur. Buzulların erimeye başladığı dönemlerde orta çıkan buzul-flüviyal sistemler geniş yayımlı kıta sahanlıkları üzerinde örgülü delta ortamlarında potansiyel rezervuar kumtaşları çökeltilmişlerdir. Erken Siluriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) zamanında buzulların tamamen erimesi sonucu büyük hacimlerdeki sular okyanuslara geri dönmüş, deniz seviyesi yükselmiş ve platformlar üzerinde hızlı transgresyonları gelişmiştir. Bu geniş yayımlı deniz transgresyonlarının tabanında organik maddece zengin potansiyel kaynak kaya şeylleri buzul kökenli rezervuar kumtaşları üzerine çökelmiştir (Craig vd., 2009; Craig vd., 2010; Huuse vd., 2012; Girard vd., 2012). Buzul kökenli rezervuar kumtaşları ile kaynak kaya şeyl fasiyesi arasındaki yakın genetik ilişkiler ve özellikle, ortaya çıkan petrol ve gazın hidrostatik basınç farklılıklarından dolayı aşağı yönde gözenekli kumtaşları içine göçmeleri ilk defa (Şenalp, 2006a) tarafından Suudi Arabistan'da açılan arama ve üretim kuyularının ayrıntılı incelenmesiyle ortaya çıkarılmıştır.

Geç Ordovisiyen Gondwana kıtasal buzullaşması ve buzulların erimesi sonucu ortaya çıkan hızlı bölgesel Erken Siluriyen transgresyonunun hidrokarbon yönünden önemi tüm Kuzey Afrika, Suudi Arabistan ve Orta Doğu ülkelerinde çok iyi anlaşılmıştır. Bu amaca yönelik olarak, Cezayir (Hirst vd., 2002; Rubino vd., 2003; Moreau, vd., 2005), Libya (Le Heron vd., 2009; Sayılı vd., 2012), Suudi Arabistan (Vaslet, 1990; Şenalp ve Al-Laboun; Şenalp 2006a), Ürdün (Turner ve Makhlof, 2005) ve Güneydoğu Türkiye'de (Monod vd., 2003; Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020) gibi ülkelerde ayrıntılı stratigrafik ve sedimantolojik çalışmalar yapılmıştır. Bir milyon yıldan daha kısa sürmüş bu bölgesel buzullaşma olayı, Kuzey Afrika ve Arap Platformu üzerindeki ülkelerin Paleozoyik istifleri

arasında korelasyonlar yapılmasında güvenilir veriler sunar. Bu buzullaşmanın en önemli özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Geç Ordovisiyen zamanında ortaya çıkan kısa süreli buzullaşma olayının etkisiyle, deniz seviyesi yaklaşık 125-130 metrelik bir alçalma göstermiş ve tüm dünya kıyıları söz konusu deniz seviyesi alçalmasından dolayı olarak etkilenmiştir. Deniz seviyesinin alçalmasıyla birlikte sığ kıta sahanlıkları su üstüne çıkmış ve yeni kara alanları oluşmuştur. Yamaç eğiminin, deniz seviyesinin alçalmasına bağlı olarak artması, flüviyal sistemin kıta sahanlığı üzerinde ilerlemesine ve daha da önemlisi, kıta sahanlığı üzerinde yeni vadilerin kazılmasına, daha çok kırıntılı çökellerin aşındırılıp açık denize taşınmasına neden olmuştur. Kıyı çizgisinin, denizin derin bölgelerine doğru ilerlemesiyle birlikte önceden çökelmiş deltalar daha da ilerleme olanağı bulmuştur. Böylece hidrokarbon oluşumu ve birikmeleri için gerekli olan rezervuar kumtaşı ve kaynak kaya şeyl fasiyeslerinin çökeltme alanları genişlemiş ve kalınlıkları önemli derecede artmıştır (Şenalp ve Tetiker, 2020).

2. Buzul vadileri, buzul örtülerinden açık denize doğru birbirlerine paralel olarak uzanırlar. Bu vadilerin oluşum yerleri, gidiş yönleri ve derinlikleri alttaki temelin tektonik, topografik ve litolojik özelliklerinden önemli ölçüde etkilenir. Buzullaşma öncesi, temel üzerinde bir graben çukurluğunun bulunması derin ve düzgün bir buzul vadisinin oluşmasına ve içerisinde çok kalın buzul çökelleri ve buzullaşma dönemi sonrasında organik maddece zengin daha kalın kaynak kaya şeyllerinin çökeltmesini gerçekleştirecektir.

3. Yaklaşık bir milyon yıldan daha kısa süren Ordovisiyen kıtasal buzullaşmasının sona erip buzulların erimeye başlamasıyla birlikte deniz seviyesi hızlı bir şekilde yeniden yükselmiştir. Kıta sahanlığı üzerinde buzulların tabanındaki erime sularının kazdığı derin tünel vadileri buzul-flüviyal kökenli kumlarla doldurulup dar, derin ve

uzun vadi dolguları ortaya çıkmıştır. Bu vadiler ve onların oluşturdukları örgülü deltalar içinde çökelen kumtaşları en verimli rezervuar kaya fasiyesini oluştururlar.

4. Erken Siluriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) zamanında buzul örtüleri tümüyle erimiş ve bölgesel özellikteki deniz transgresyonu kara yönünde hızlı bir şekilde ilerleyerek ilk aşamada buzul vadilerinin tümüyle doldurulmamış sığ çukurluklarını ve kalın buzul örtüsünün ağırlığı nedeniyle topoğrafik yüzey üzerinde geniş yamalar şeklinde oluşmuş çöküntü alanlarını doldurmuştur. Transgresyonun en erken aşamasında yamalar şeklindeki bu çukur alanlarda oksijensiz (anoksik) ortam koşulları altında çökelen şeyller içindeki mikro-organizmalar iyi korunmuş ve içerdikleri organik madde bozulmamış ve hidrokarbonlara ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu alanlarda tüm Paleozoyik istifi içindeki petrol ve gazın en önemli kaynak kaya fasiyesini oluşturan organik maddece zengin siyah şeyller (hot shale) çökelmiştir (Lüning vd., 2000, 2003, 2005; Şenalp ve Tetiker, 2020).

5. Deniz seviyesinin sürekli olarak yükselmesi sonucu deniz suyundaki oksijen oranı artmış, deniz ortamı dalgalar ve gelgit akıntılarıyla hareketlilik kazanmış ve bu koşullar altında organik maddenin kaynağını oluşturan mikro-organizmalar parçalanmış ve organik madde oksitlenerek kaybolmuştur. Deniz seviyesinin en yüksek olduğu ve iklimin sıcak olduğu süreçte örtü kaya nitelikli karbonat kayaçları çökelmiştir (Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020).

Gondwana buzullaşmasının petrol ve gaz oluşumu yönünden önemi Suudi Arabistan, Kuzey Afrika, Ortadoğu Ülkeleri ve Güneydoğu Türkiye’de çok iyi anlaşılmış ve son yıllarda bu ülkelerde önemli miktarda petrol ve gaz üretimi yapılmaya başlanmıştır (Craig vd., 2009; Craig vd., 2010; Huuse vd., 2012; Girard vd., 2012). Arazide ve arama kuyularında yapılan stratigrafik

ve sedimantolojik çalışmalar, Paleozoyik istifleri içinde hidrokarbon birikimleri için potansiyel rezervuar oluşturacak kalın buzul-flüviyal kumtaşı birimleri ile üstlerine gelen Erken Siluriyen transgresyonunun tabanında yamalar şeklinde çökelmiş kaynak kaya fasiyesi ile olan genetik ilişkilerini ortaya koymuştur (Şenalp ve Tetiker, 2020).

Suudi Arabistan’ın Geç Ordovisiyen yaşlı buzul çökelleri Zarqa ve Sarah formasyonları olarak adlandırılmıştır. Bu iki farklı özellikteki formasyonlar iki ayrı buzullaşma devrini temsil eder. Zarqa Formasyonu çeşitli bileşim ve buzul tektoniğini yansıtan tümüyle masif ve boylanmasız moren ve tillit gibi geçek buzul çökelleriyle temsil edilmiştir. Petrol ve gaz üretiminin yapıldığı Sarah Formasyonu, batı-doğu ve çok seyrek olarak da güney-kuzey gidişli yaklaşık 40-50 km uzunlukta buzul vadileri ve onların çökelttiği örgülü deltalar ile temsil edilmiştir. Daha sonra bu buzulların erimesi sonucu deniz tabanına düşen malzeme ile denizin normal çökellerinin ara tabakalı olduğu buzul-denizel istiflerle temsil edilmiştir. Buzul kökenli rezervuar kumtaşları üzerine Erken Siluriyen yaşlı organik maddece zengin (%14 TOC) Qalibah Formasyonu’nun Qusaiba Üyesi’nin şeylleri çökelmiştir. (Vaslet, 1990; Şenalp ve Al-Laboun, 2000; Şenalp, 2006a; Şenalp ve Tetiker, 2020).

Irak’ta Geç Ordovisiyen (Hirnansiyen, 445 MYÖ) yaşlı kanal dolguları içindeki altta buzul-flüviyal ve üstte buzul-denizel kökenli kumtaşları, Akkaş-1 petrol üretim kuyusunda Khabour Formasyonu’nun K1 Üyesi olarak tanımlanmıştır (Al-Hadidy, 2007). Yaklaşık 48 metre kalınlıkta olan bu kumtaşı Üst Kalın Kumtaşı üyesi olarak adlandırılmıştır. K1 kumtaşı üyesinin alttaki K2 Üyesi olarak tanımlanan 150 metre kalınlıktaki denizel Üst Kalın Şeyl üyesi ile olan alt sınırı çok keskin olup üste doğru incelen bir çökelleme istifi modeli sunar. Bu üyenin en üstündeki buzul-denizel kumtaşları ile ara tabakalı şeyl

fasiyesi dereceli olarak Akkaş Formasyonu'nun Hoseiba Üyesi'nin tabanındaki Erken Silüryen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) yaşlı alt sıcak kaynak kaya siyah şeyl üyesine geçer ve bölgesel transgresyonun tabanını temsil eder.

Ürdün'deki Ordovisiyen-Silüriyen sistemi, kuzey Suudi Arabistan'ın Tabuk-Nafud Havzası ve batı Irak'taki Rutbah Yükseliminin bir parçasıdır. Kuzey-doğu Ürdün'deki Risha gaz sahası ve Güney-doğu Ürdün'deki Sirhan-4 kuyularında Akkas Formasyonu içindeki buzul-flüviyal ve buzul-denizel kökenli kumtaşlarından önemli miktarlarda gaz ve hafif petrol üretimi yapılmaktadır (Turner vd., 2005; Naylor vd., 2013). Bu Geç Ordovisiyen yaşlı (Hiransiyen) rezervuar kumtaşları Dubaidib Formasyonu ve Risha gaz sahasında Risha Kumtaşı olarak tanımlanmıştır. Dubaidib Formasyonu içinde buzul vadileri içinde çökelmiş iki belirgin konglomeratik flüviyal kanal-dolgusu çökelleri bulunur. Bu iki buzul-flüviyal kanal dolguları sığ deniz ortamında çökelmiş tümsekli-çapraz tabakalanma gösteren, orta-taneli, mikalı kumtaşları ile birbirinden ayrılmıştır. İstifin altındaki kanal dolgusu Mudawwara Formasyonu, istifin üstündeki kanal dolgusu ise Kisha Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu buzul vadileri buzul-öncesi Tubeiliyat Formasyonu'nun denizel çökelleri içine kazılmış ve tektonik kökenli derin grabenler içinde çökelmişlerdir. Silüriyen'in tabanındaki sıcak şeyllerin petrol oluşturması için potansiyel kaynak kaya oluşturdukları kanıtlanmıştır. Bu formasyonlar Suriye'nin Tarif (veya Abba) formasyonları (Turner vd., 2005) ile denestirilmiştir.

Güneydoğu Türkiye'de hidrokarbon üretimi yapılan buzul-flüviyal kumtaşları Yurteri Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020). Önceki çalışmalarda bu buzul çökelleri Bedinan Formasyonu'nu oluşturan denizel istifler içine dahil edilmiş ve hidrokarbon potansiyelleri araştırılmamıştır. Şenalp (2006a) Suudi Arabistan'ın tüm

bölgelerinde açılan arama ve üretim kuyularında yapmış olduğu çalışmalardan kazandığı deneyimle Güneydoğu Türkiye'nin Paleozoyik istiflerini Mardin ve Diyarbakır bölgelerinde önce yüzey mostralarında ve daha sonra da çok sayıdaki arama kuyularından alınan karotları ve kuyu loglarını incelemiştir. Suudi Arabistan'ın Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) Sarah Formasyonu'nu oluşturan buzul kökenli, iyi boylanmış, gözenekli kumtaşlarından üretim yapılan petrol ve gazın kaynak kayasının Qalibah Formasyonu'nun Erken Silüriyen (Rhuddaniyen, 444 MYÖ) yaşlı Qusaiba Üyesi olduğu petrol parmak izi (oil finger print) yöntemi uygulanarak kanıtlanmıştır. Günümüzde, Ürdün'e komşu Tayma-Tabuk bölgesinde ve Merkezi Arabistan'daki Ghawar sahasında açılan kuyularda Sarah Formasyonu'ndan önemli gaz ve petrol üretimi yapılmaktadır. Bu formasyondan alınan karotlar hemen incelendiği zaman gaz kabarcıklarının gözeneklerden fişkırdığı gözlemlenmiştir. Bazı kuyulara ait veriler ve kuyu logları Şenalp ve Tetiker (2020) tarafından yayınlanmıştır. Söz konusu olan bu çökeltme modeli, petrol ve gazın aşağı yöndeki göçmesi Sarah Formasyonu ile benzer özellikleri gösteren ve aynı yaş aralığında çökelmiş Yurteri Formasyonu'nun örgülü buzul deltası ortamında çökelmiş kumtaşı rezervuarlarında gözlemlenmiştir. Bu kumtaşlarının üzerine Erken Silüriyen transgresyonunun tabanında çökelmiş Dadaş-1 üyesinin siyah renkli organik maddece zengin kaynak kaya şeylleri çökelmiştir. Bu fasiyesin üzerine kalın ve geçirimsiz örtü karbonatları (Dadaş-2) ve onun da üzerine kalın, masif ve organik madde içermeyen delta-önü (prodelta) şeyl fasiyesi (Dadaş-3) gelir. Dadaş-1 kaynak kaya şeyllerinde oluşan yüksek basınca sahip petrol veya gazın yukarı yöndeki göçmesi özellikle geçirimsiz örtü karbonatları kalın şeyl fasiyesi tarafından engellenir. Kaynak kaya içinde ortaya çıkan iç basınç ve üzerine gelen kalın istifin basıncı nedeniyle yukarı yönde göçme olanağı bulamayan hidrokarbonlar çok kolay ve kısa

yönden aşağı yönde basıncın daha düşük olduğu gözenekli ve geçirimli buzul-flüviyal kumtaşlarının içine göçerler. Yurteri Formasyonu'ndan üretim yapılan kuyularda Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmını oluşturan kalın-orta tabakalı, orta-iri taneli çok iyi boylanmalı delta-ağzı kum barları olarak çökelmiş Hazro rezervuarında üretim yapılacak hidrokarbon bulunmayışı aşağı yöndeki göçün en iyi kanıtıdır. Bu göç modeli iyi anlaşılabilir elde edilen verilerle daha önceden açılmış fakat Yurteri Formasyonu'na kadar ulaşmadan bırakılmış kuyular yeniden derinleştirilmeye başlanmıştır. Yurteri Formasyonu'ndan günde 600 varil üretim yapılabilen kuyulardaki (Bahar-1) kumtaşlarının kalınlığı 27-40 metre arasında değişmektedir. Bu kuyulardan üç tanesine ait kuyu logları ve aralarındaki stratigrafik korelasyon Şenalp ve Tetiker (2020) tarafından yayınlanmış ve ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Ayrıntılı jeofizik çalışmalar, stratigrafik kesitler ve yapı kontur haritaları Hazro Rezervuarı'ndan üretilen hidrokarbonların, Dadaş-1 üyesinin tabanındaki kaynak kaya şeyl fasiyesinin etkili bir faylanma sonucu deltayik kumtaşlarına yakın bir duruma geldiği ve hidrokarbonların yanal veya yukarı yönde doğrudan veya fay düzlemleri boyunca göçmüş olduğu gerçeğini ortaya koymuştur (Şenalp vd.,2018).

Geç Ordovisiyen Gondwana buzullaşmasının oluşturduğu rezervuar kumtaşları ile onların üzerine çökelen Erken Siluriyen yaşlı kaynak kaya şeyl fasiyeslerinin genetik ilişkileri ve bu ilişkilerin hidrokarbon oluşumları yönünden olan önemi Suudi Arabistan ve Güneydoğu Türkiye'de açılmış çok sayıda üretim kuyularından bu yayının birinci yazarı tarafından elde edilen gerçek verilere dayandırılmıştır. Bu formasyonların stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri aşağıdaki bölümlerde tartışılmıştır.

Yurteri Formasyonu (Hiransiyen, 445–444 MYÖ)

Yurteri Formasyonu ilk defa Şenalp vd. (2018) tarafından Bedinan (Gürmeşe) köyü ile Yurteri köyleri arasında çok iyi mostra veren ve Bedinan Formasyonu'nu derince kesen buzul vadileri içinde çökelmiş masif, tabakalanmasız, çakıllı kumtaşlarından ve paralel tabakalı kumtaşlarından yapılmış kalın ve hidrokarbon yönünden çok önemli olan istif tanımlamak için önerilmiştir (Şekil 18). Bu birim daha önce kuyu logları üzerinde, Bedinan Formasyonu'nun en üstünde (Bedinan-4) adı altında resmi olmayan bir şekilde tanımlanmıştır. Geç Ordovisiyen buzullaşmasının etkilerinin tüm Güneydoğu Türkiye'de anlaşılması üzerine söz konusu buzul kökenli çökeller (genellikle buzul-denizel), Sarız-Saimbeyli (Kayseri), Anamur-Alanya-Ovacık arasındaki bölgede ve Mardin'in batısında Halevikdere Formasyonu olarak tanımlanmış ve tüm bu bölgelerdeki istifler Ghienne vd. (2001), Monod vd. (2003), ve Ghienne vd. (2010) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiş fakat bu formasyonun hidrokarbon yönünden olan önemi tartışılmamıştır. Bedinan (Gürmeşe) ile Yurteri köyleri arasında dar bir alanda mostra veren 330 metre derinlikteki Yurteri buzul vadisi yukarıda belirtilen çalışmalarda yer almamıştır. Halevikdere Formasyonu üzerine yapılan tüm çalışmalar Şenalp ve Tetiker (2020) tarafından tüm ayrıntılarıyla ve eksiksiz olarak açıklanmıştır

Bu bölgede ve Derik-Mazıdağı karayolunun üzerinde mostra veren buzul-flüviyal sistemin çökeltiği örgülü delta kumtaşlarının sedimentolojik özellikleri incelenerek rezervuar potansiyelleri ortaya çıkarılmıştır. Bu amaca yönelik olarak Mardin, Batman, Diyarbakır ve Bismil bölgelerinde açılan arama ve üretim kuyularından alınan karot ve loglarda buzul kökenli birimler, tabanlarındaki belirgin aşınma yüzeylerinin yardımıyla kolayca tanımlanmış ve böylece izopak haritalarının güvenli bir şekilde hazırlanması sağlanmıştır (Şenalp vd., 2018;

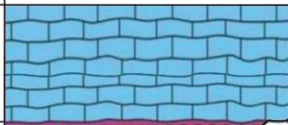

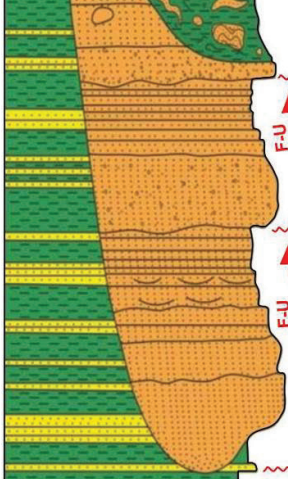



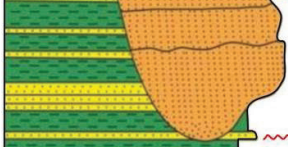




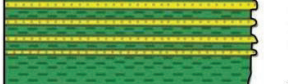
Şenalp ve Tetiker, 2020). Yurteri Formasyonu'nun tabanı, Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) zamanında ortaya çıkan Gondwana kıtasal buzullaşması ile ilişkili olarak derince kazılmış, U-şekilli buzul vadilerinin tabanında oluşan aşındırma yüzeyidir. Yurteri Formasyonu'nun üzerine buzullaşmanın tümüyle sona ermesiyle birlikte Erken Siluriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) zamanında tüm bölgeleri etkisi altına alan deniz transgresyonunun tabanında organik madde kapsamı çok yüksek olan ve bu nedenle de tüm Paleozoyik istifi için potansiyel kaynak kaya oluşturan Dadaş Formasyonu çökelmiştir.

Yurteri Formasyonu'nun tipik kesiti Gürmeşe (Bedinan) köyünün yaklaşık 3 km doğusundaki Bedinan Formasyonu'ndan ölçülen tipik kesitin devamıdır (Şekil 21). Kesitin başlangıç noktası, Bedinan Formasyonu'nun en üst kısmında bulunan yeşilimsi gri renkli denizel şeyllerin içine kazılmış buzul vadilerini dolduran masif ve kalın tabakalı, çakıllı kumtaşlarının tabanıdır. Tipik kesitin en üst noktası ise Mardin Gurubu karbonatlarının tabanındaki koyu kırmızı renkli Kretase diskordans yüzeyidir. Yurteri Formasyonu kökensel (genetik) ilişkili üç belirgin buzul fasiyesi ile temsil edilmiştir. Bunlar: 1. Tünel-vadisi çökelleri, 2. Buzul-flüviyal örgülü delta (braid delta) çökelleri ve 3. Buzul-denizel çökeller.

1. Tünel-vadisi çökelleri: Bu fasiyesi temsil eden çökeller, buzulların tabanındaki erime sularının kazdığı derin tünel vadileri içinde çökelmiş olup, Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) zamanında ortaya çıkan Gondwana kıtasal buzullaşmasının önemli fiziksel ve sedimantolojik özelliklerini temsil eder. Tipik kesitte, Yurteri Formasyonu, Bedinan Formasyonu'nun denizel çökelleri içine kazılmış, K45°D yönünde uzanan U-şeklindeki dar ve derin bir buzul vadisi içinde çökelmiştir (Şekil 22a ve b). Bu tünel vadisi çökelleri Kretase yaşlı Mardin Grubu'nun karbonatları tarafından örtüldüğü için

vadiler içindeki buzul çökellerinin yanal fasiyes değişimlerini kuzeydoğu yönünde gözlemlemek olanağı yoktur. Bu bölgeye en yakın buzul çökelleri Yurteri köyünün yaklaşık 50 km kuzeyinde Derik-Mazıdağı kara yolunun üzerinde geniş alanlar kaplayan buzul-flüviyal sistemlerin çöktüğü, örgülü delta ortamlarının yanal ve düşey yönde istiflenmiş kanal dolgusu kumtaşlarıdır.

Yurteri buzul vadisinin iyi belirlenmiş bu gidiş yönü Ürdün ve KB Suudi Arabistan ülkelerinde mostra veren aynı yaştaki buzul vadilerinin gidiş yönlerine paraleldir. Buzul vadisinin içini dolduran, 330 metre kalınlıktaki masif veya kalın-tabakalı, çakıllı kumtaşı ve kaba taneli kumtaşından yapılmış buzul kökenli bu istif yalnızca kesit ölçülen dar bir bölgede görülür. Ölçülen kesit, çok belirgin aşınma yüzeyleriyle sınırlandırılmış, üç ayrı üste-doğru incelen birimlerden oluşur. Aşınma yüzeylerinin üzerine gelen ilk çökeller genellikle masif veya kalın-tabakalı ve çok iri-taneli, kötü boylanmış çakıllı kumtaşlarıdır (Şekil 22a, b). Buzulların tabanında sürüklenen çakılların yüzeyleri sürtünme nedeniyle Şekil 22b de görüldüğü gibi, kesilmiş (faceted), cilalanmış (polished) ve çiziklenmiştir (striated). Vadinin en tabanındaki çakıllı kumtaşları, buzulların ilerlemesi aşamasını temsil eden gerçek buzul çökelleri olup erime sularıyla kısmen yıkanmıştır. Vadinin büyük bir bölümü, yatay, tablamsı-tabakalı, orta- ve ince-taneli, orta dereceden boylanmalı, kısmen çapraz-tabakalı kumtaşlarıyla doldurulmuştur. Hidrokarbon birikimleri için önemli potansiyel rezervuar oluşturacak bu kumtaşları, buzul-arası dönemlerde buz kütlelerinin geri çekilmeleri ve kısmen erimesiyle birlikte ortaya çıkan suların oluşturduğu buzul-flüviyal sistemler bünyesine çöktürülmüştür. Formasyonun en üstünde ve tepeye yakın bir bölgesinde granit blokları (Şekil 19c) bulunur ve kısmen korunmuş çizikler buzul vadilerinin KD- GB yönünde uzandığını göstermiştir (Şenalp ve Tetiker, 2020).

Stratigrafi		Litoloji	Açıklamalar ve Çökeltme Fasiyesleri	İstif Stratigrafisi
Kretase	Mardin Grubu		Dolomitik kireçtaşı	
Orta - Geç Ordovisiyen (470-445 MYÖ)	Bedinan Formasyonu (843 m) + Yurteri Formasyonu (330 m)		Toprak profili	Kretase Aşınma Yüzeyi
			Koyu gri, kısmen yapraklanmalı, kısmen masif şeyl (içerisinde buzul tabanından düşmüş büyük bloklar ve çakıllar bulunur)	Buzul Erimesi
Erken Ordovisiyen	Konur Fm		Kalın tabakalı, kötü boylanmış, cilalı ve çizikli çakıllar içeren kumtaşı	Buzul Aşınma Yüzeyi
			Kalın tabakalı, kötü boylanmış, cilalı, çizikli çakıllar içeren kumtaşı	
			Düzensel tabakalanmalı, iyi boylanmış, orta taneli, kısmen çapraz-tabakalı, buzul-fluviyal kökenli kumtaşı	MDS 020 (470 MYÖ)
			Kalın tabakalı, iri taneli, cilalı, çizikli çakıllar içeren kötü boylanmış kumtaşı (Buzulların kestigi, dar ve derin vadilerin tabanında çökelmiştir).	
	Ara tabakalı, şeyl ve kumtaşı istifi (Şeyl, açık gri renkli, kısmen miltaşı laminasyonları içerir. Kumtaşları, ince-orta tabakalı, ince-orta tanelidir. Simetrik dalga kırışıklıkları ve tümsekli çapraz tabakalanma ile organizma iz fosilleri içerir)			
	Ara tabakalı, gri renkli şeyl ve ince taneli, ince tabakalı kumtaşı (kıyı ötesi ve kıyı yüzü ortamı)			
	İnce tabakalı, ince taneli, dalga kırışıklı kumtaşı-şeyl ardalanması			
	Yeşilimsi-gri, masif şeyl kıyı ötesi fasiyesi			
	İnce-orta taneli, üste doğru kalınlaşan ve irileşen deltayik istif (dış ve iç delta ağız barı fasiyesi),			

Şekil 21. Bedinan ve Yurteri Formasyonları'nın tipik lokasyonlarında ölçülmüş stratigrafik ve sedimantolojik kesiti (Şenalp vd., 2018).

Figure 21. The stratigraphic and sedimentologic section of the Bedinan and Yurteri formations were measured at their localities (Şenalp et al., 2018).



Şekil 22. a, b) Yurteri buzul vadisinin Bedinan Formasyonu ile olan taban ve vadinin doğu ve batısındaki yan sınırları. Buzul vadisi, Bedinan Formasyonu içine 330 metre kazılmıştır. U-şeklindeki vadi K45D gidişlidir. c) Buzul vadisi dolgusu içindeki cilalanmış ve çizilmiş çört, kuvars çakılları ve granit bloğu (Şenalp vd., 2018).

Figure 22. a, b) The erosional contacts at the base and on the east and west sides of the glacial valley of the Yurteri Formation cut 330 meters into the Bedinan Formation. The U-shaped valley runs in N45E direction. c) There are polished and striated chert and quartz pebbles and granite blocks in the sandstones (Şenalp et al., 2018).

Yurteri Formasyonu'nun yeraltındaki kalınlığı bölgeden bölgeye ve buzul çökme ortamının yerine göre önemli değişiklikler gösterir. Hiç kuşkusuz dar fakat derin kazılmış vadiler bölgenin en güneyinde, Suriye, Irak, Ürdün ve Suudi Arabistan gibi ülkelerin yer aldığı Arap Platformu'nun kuzeyinde bulunur. Bu vadiler Güneydoğu Anadolu bölgesinde, Akçakale-1 (273 m), Harran-1 (295 m), Ceylanpınar-1 (290 m), Yurteri mostrası (330 m), Ambarcık-1 (110 m), Gercüş-2 (82 m), Siverek-2 (96 m), Girmeli-1(80 m), ve Kaldırım-1 (53 m) kuyularında rastlanmıştır. Bu vadiler Güneybatı-Kuzeydoğu yönünde uzanır ve Ceylanpınar-1, Yurteri mostrası (ölçülmüş kesit), Ambarcık kuyuları aynı bir buzul vadisinin içindedir. Güneyden kuzeye doğru gidildikçe vadilerin derinlikleri (kalınlıkları) azalır, genişlikleri artar ve sonunda tamamen yelpaze şeklinde yayılarak buzulların erimesi sonucu

ortaya çıkan akarsu sisteminin oluşturduğu delta ortamlarına geçerler.

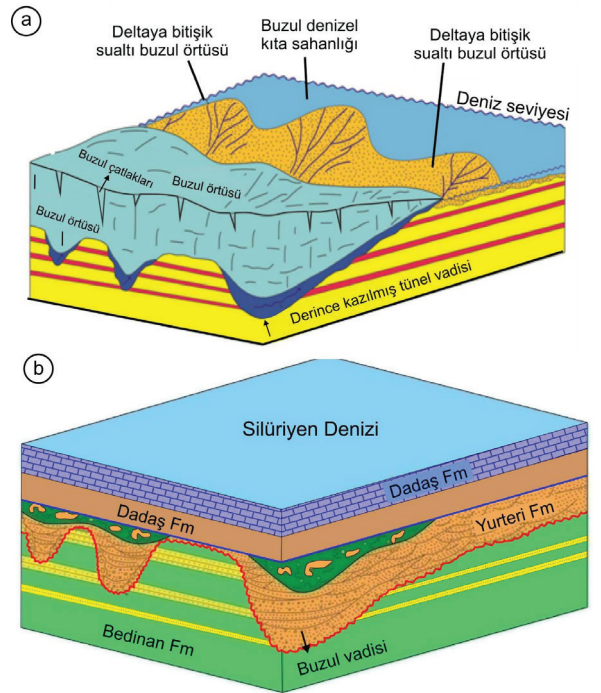
2. Buzul-fluviyal örgülü delta çökelleri:

Yurteri Formasyonu'nun buzul kökenli kumtaşı fasiyesi, buzulların eriyip geri çekilme aşamasında tünel vadilerinin ön cephelerinde buzul erime sularının geliştirdiği fluviyal sistemin çökelttiği örgülü deltalar içindedir ve Yurteri köyünün yaklaşık 50 km kuzeyinde Derik-Mazıdağı kara yolunun üzerinde geniş alanlar kaplar. İstifin tabanı Bedinan Formasyonu'nu keser, üst kısmı ise Kretase yaşlı Mardin Grubu'nun tabanındaki uyumsuzluk yüzeyi tarafından önemli derecede aşındırılmıştır. Burada ölçülen kesit 20 m kalınlıkta olup, düşey ve yanal yönlerde istiflenmiş, kama- veya mercecek-şekilli, orta-ince taneli, iyi-boylanmış, hafifçe çapraz tabakalanma gösteren kanal-dolgusu kumtaşlarıyla temsil edilmiştir.

Dar fakat derin kazılmış buzul vadileri başlıca Batman ve Diyarbakır bölgelerinde geniş yayımlı örgülü deltalar oluştururlar. Bu örgülü deltalar içinde yüksek enerji ortamında çökelmiş kumtaşları, Dadaş Formasyonu'nun tabanında çökelen organik maddece zengin şeyl fasiyesi tarafından örtüldüğü için çok önemli rezervuar fasiyesi oluştururlar. Arama kuyuları bilinçli olarak doğru lokasyonlara yerleştirdiği takdirde verimli üretim kuyuları ortaya çıkar. Önemli miktarda petrol üretimi Bahar-1 (27 m), Derindere-1 (38 m), Çeltikli-1 (31 m), Akköy-1 (36 m), Babahaki-2 (20 m), Yarımca-1 (25 m), Bismil-1 (22 m), Mollacabir-1 (23 m), Çaytepe-2 (21 m), ve K. Migo-2 (19 m) kuyularından yapılmaktadır (Şenalp vd., 2018).

3. Buzul-denizel çökeller: Yurteri Formasyonu'nun bu fasiyesi, buzul vadilerinin içini dolduran buzul-flüviyal kumtaşlarının üzerine uyumlu olarak oturur ve Yurteri Formasyonu'nun tipik kesitin 3 km doğusunda yer alır. İklimin ısınmasıyla birlikte buzulların erimeye başlaması ve deniz seviyesinin yükselmesi sırasında buzul-denizel işlemlerin müşterek etkileri altında sığ deniz ortamında çökelmiştir. Bu fasiyes Monod vd. (2003) tarafından Sarız (Kayseri) bölgesinde tanımladıkları aynı yaştaki Halevikkere Formasyonu'na karşılık gelir. Bu istif 75 m kalınlıkta olup kökensel ilişkili üç ayrı çökelfasiyesiyle temsil edilmiştir. İstifin tabanındaki buzul aşınma yüzeyi üzerine oturan fasiyes 15 m kalınlıkta olup, masif veya kabaca-tabakalanmalı, konglomeratik kumtaşı ile temsil edilmiştir (Şekil 21). İçinde 1-10 cm çapında cilalanmış ve çizikli kuvars çakılları, granit, aplit ve riyolit çakılları ve 1-4 m çapında sıkça kıvrımlanmış ve tümüyle denizel şeyl birimi içine gömülmüş büyük kumtaşı blokları içerir. Bu fasiyesi temsil eden çökeller, eriyen buzların buzuldan sürükledikleri ve deniz ortamı içine taşıdığı çökeller olarak yorumlanmıştır. Bu istifin üzerine gelen fasiyes 60 m kalınlıkta olup alttaki orta-taneli kumtaşından üste doğru miltaşı ve koyu-gri renkli laminalı

şeyllere geçiş gösterir. İstifin en üstündeki birim koyu gri renkli, masif veya laminalı şeyl olup içinde küçük çakıl boyu diyamiktler içerir. Bu çökeller gerçek bir buzul-denizel fasiyesini temsil eder ve buzulların büyük ölçüde erimesiyle ilişkili olarak deniz seviyesinin yükselmesini işaret eder. Deniz seviyesinin yüksek bir düzeye eriştiği durumda çökelen organik maddece zengin şeyller Mardin Grubu'nun tabanındaki uyumsuzluk yüzeyi tarafından aşındırılmıştır (Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020). Bedinan Formasyonu, Yurteri buzul vadileri ve Erken transgresyon denizi ile bunların üzerine gelen Dadaş Formasyonu aralarındaki stratigrafik ve sedimentolojik ilişkiler blok diyagramlar olarak sunulmuştur (Şekil 23a ve b).



Şekil 23. a) Buzulların deniz seviyesinin altında aşındırması sonucu ortaya çıkan buzul vadilerinin oluşum modeli. **b)** Geç Ordovisiyen yaşlı buzul çökelleri (derin buzul vadileri, buzul-flüviyal örgülü delta ve buzul-denizel) Erken Silüriyen transgresyonu tarafından Dadaş Formasyonu'nun tabanında çökelmiş

organik maddece zengin şeyl fasiyesi (Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020).

Figure 23. a) Predicted depositional model of the formation of the glacial valleys through sub-glacial erosion below sea level. **b)** Late Ordovician glacial deposits (deep glacial valley, glacio-fluvial braid delta and glacio-marine) are directly overlain by organic rich shale facies (hot shale facies of the Dadaş Formation) at the base of the Early Silurian transgression (Şenalp et al., 2018; Şenalp and Tetiker, 2020).

Dadaş Formasyonu (Silüriyen (444 – 419 MYÖ))

Dadaş Formasyonu ilk defa Kellogg (1960) tarafından Diyarbakır ilinin Hazro ilçesinin kuzey-batısında bulunan Dadaş köyü dolayında tanımlanmıştır. Dadaş Formasyonu, Geç Ordovisiyen (Hirnsaniyen, 445 MYÖ) zamanında tüm Gondwana Kıtasını kaplayan kalın kıtasal buz kütlelerinin hızlı bir şekilde erimesini takiben Silüriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) zamanında ortaya çıkan ve tüm kıtayı kaplayan bölgesel ölçekte transgresyona neden olan denizin içinde çökelmeye başlamıştır. Dadaş Formasyonu'nun Kayayolu Formasyonu ile olan üst sınırı belirgin bir aşınma yüzeyidir. Bu tektonik kökenli-aşınma yüzeyi Geç Silüriyen (Pridoli, 423 MYÖ) ile Erken Devoniyen (Lokoviyen, 419 MYÖ) zamanında ortaya çıkan Kaledoniyen Orojenezi sonucu gelişmiştir. Bu yüzey, farklı kalınlıklardaki kırmızı renkli karasal çökellerle temsil edilmiştir.

Dadaş Formasyonu'nun tipik kesiti, Hazro ilçesinin 6,23 km kuzey-batısında yer alan Dadaş köyüdür (38°16'29,3"K, 40°43'07,6"D). Kesitin başlangıç noktası köyün yaklaşık 300 metre doğusundadır. Ölçülen bu kesit üste doğru Devoniyen ve Permiyen yaşlı genç formasyonları da içerecek şekilde devam ettirilmiş ve Gomanibrik Formasyonu'nun masif karbonatlarının tabanında sonlandırılmıştır. Tipik kesitin ölçülen kalınlığı 135 metredir, fakat istifin tabanındaki yaklaşık 20 m kalınlığa sahip olan ve önceki çalışmalarda Dadaş-1 üyesi tanımlanmış organik maddece zengin şeyl fasiyesi burada açığa çıkmamıştır. Formasyonun en üstünü oluşturan

Hazro kumtaşları Kaledoniyen orojenezinin neden olduğu aşınma yüzeyi ile kesilmiştir. Tüm istif Kayayolu-4 kuyusunda 495 metre olarak tespit edilmiştir. Özdemir ve Ünlügenç (2013) Dadaş Formasyonu'nun mostra veren yerlerde eksiksiz olarak temsil edilmediğini ve kalınlığının da 90-220 m arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bu veriler de Kaledoniyen Orojenezi'nin güçlü ve bölgesel aşındırma etkisini ortaya koyar.

Kaledoniyen Orojenezi tüm Arabistan Platformu üzerinde hem yüzeyde hem de açılan tüm kuyularda tespit edilmiştir. Aşınmanın etkisi bölgeden bölgeye hatta birbirine iki yakın Silüriyen istifi arasındaki görülen kalınlık değişimleriyle kolayca tespit edilmiştir. Bu kalınlık değişimlerin nedeni istifin üstten kesilmesi sonucudur. Irak-Ürdün sınırında Silüriyen istifinin kalınlığı 2.300 metre olarak tespit edilmiştir. Bu önemli kalınlığa karşın Kuzey Doğu Ürdün'ün Suriye-Ürdün sınırı boyunca tüm Silüriyen istifi (örneğin Risha-2 kuyusu) Kaledoniyen orojenezinin neden olduğu aşınma yüzeyi ile kesilmiştir. Güneydoğu Suriye'de Silüriyen istifi kısmen veya tümüyle aşındırılmıştır. Ortadoğu ülkelerinde görülen Üst Silüriyen ile Alt Devoniyen arasındaki tektonik kökenli uyumsuzluk ilişkisi aynı ölçüde Suudi Arabistan istifleri içinde de gözlemlenmiştir. Bu ülkede Dadaş Formasyonu'na karşılık gelen Qalibah Formasyonu'nun alttaki Qusaiba ve üstteki Sharawra Üyeleri Erken Devoniyen (Lohkoviyen) yaşlı Tawil Formasyonu'nu oluşturan örgülü nehir sistemiyle çökelmiş orta-iri taneli, tekne şekilli çapraz-tabakalı ve çok iyi boylanmış rezervuar kumtaşları tarafından kesilmiştir. Çok yaygın durumlarda Tawil Formasyonu'nun tabanında oluşan tektonik kökenli aşınma yüzeyi organik maddece zengin ve Paleozoyik istiflerinin en önemli kaynak kayasını oluşturan (%17 TOC) Erken Silüriyen (Ruddaniyen) yaşlı Qusaiba Üyesine kadar inmiştir. Böylece, burada oluşan hidrokarbonların kolayca ve kısa yoldan üste doğru kumtaşları içine göçmesine olanak sağlamıştır (Şenalp 2006a, 2006b).

Dadaş Formasyonu alttan üste doğru düzenli, devamlı ve dereceli geçişli olarak şeyl, kireçtaşı, miltaşı ve kumtaşı fasiyesleri ile temsil edilmiştir (Şekil 24). Bu silisiklastik kayalar, tabaka kalınlığının, tane-boylarının ve içerdikleri sedimanter yapıların üste doğru düzenli olarak arttığı, dalga ve gelgit olaylarının egemen olduğu

bir delta ortamında çökelmiş paraistif takımını (parasequence set) temsil eder. Güneydoğu Türkiye’de açılmış olan kuyularda, Dadaş Formasyonu alttan üste doğru Dadaş-I üyesi, Dadaş-II üyesi ve Dadaş-III üyesi şeklinde gayri resmi olarak üç üyeye ayrılmıştır

Stratigrafi		Litoloji	Açıklamalar ve Çökelme Ortamı	İstif Stratigrafisi
PERMİYEN	Assiliyen - Lopingiyen (299-252)	Gomanibirik Fm		MDS P20 (260 MYÖ)
		Kaş Fm	Ara tabakalı şeyl, kömürlü şeyl, kömür tabakaları ve halic ortamında çökelmiş kalın kanal dolgusu kumtaşları	Pre-Kaş Uyumsuzluğu
		Kuşdamı	Kırmızı renkli, masif kumlu çamurtaşı	
DEVONİYEN	Lokoviyen (419-411)	Kayayolu Fm	Ara tabakalı kireçtaşı, dolomit, algal dolomit ve şeyl (Havza tamamen doldurulup kuruduğu zaman, evaporitler çökelmiştir)	Hersiniyen ve Pre-Kuşdamı Uyumsuzluğu
SİLURİYEN	Ruddaniyen - Pridoli (444-423)	Dadaş Formasyonu	Alta ince tabakalı, üste kalın tabakalı, iyi boylanmış rezervuar kumtaşı (delta ağzı kum barları)	Kaledoniyen Uyumsuzluğu (419 MYÖ)
			Üste doğru kalınlaşan delta istifi	
ORDOVİSİYEN	Hirmansiyen	Yurteri Fm	Yeşil renkli kısmen laminalı, şeyl, miltaşı kumtaşı aralanması (İstifin tabaka kalınlığı ve tane boyu üste doğru artar).	Deniz taşkın yüzeyi
			Masif dolomitik kireçtaşı veya ara tabakalı fosilli kireçtaşı ve siyah şeyl örtü karbonat fasiyesi	Deniz taşkın yüzeyi
			Organik madde kapsamı yüksek şeyl fasiyesi	MDS S10 (444 MYÖ)
			Buzul-flüviyal kumtaşları	

Şekil 24. Dadaş Vadisi (Diyarbakır, Hazro) boyunca ölçülen Geç Paleozoyik istiflerinin stratigrafisi ve çökelme ortamlarını temsil eden düşey log (Şenalp vd., 2018).

Figure 24. Stratigraphy and depositional environments of the Late Paleozoic successions measured along the Dadaş Valley (Şenalp et al., 2018).

Şenalp vd. (2018) Hazro-Dadaş bölgesinde ve çok sayıda arama kuyuları üzerinde yapmış olduğu çalışmalardan elde edilen verilerin ışığı altında Dadaş Formasyonu gayri resmi dört üyeye bölünmüştür. Aynı ortam içinde birbirleriyle yakın genetik ilişkili olarak çökelmiş bu litofasiyeler istifin altından üstüne doğru aşağıdaki şekilde sıralanıp isimlendirilmiştir. 1. Organik şeyl (hot shale) fasiyesi, 2. Örtü karbonat (cap carbonate) fasiyesi, 3. Ara-tabakalı şeyl ve kumtaşı fasiyesi ve 4. Deltayik kumtaşı fasiyesi (Hazro kumtaşı). Özdemir ve Ünlügenç (2013), Hazro ilçesi dolayındaki tipik kesitte yaptıkları çalışmalarda Dadaş III üyesi ile üzerine gelen sığ deniz kumtaşları arasındaki dokanağın uyumlu olduğunu gözlemlemiş olmalarına rağmen, önceki gayri resmi tanımlamaya uyarak, söz konusu delta kumtaşlarını Hazro Formasyonu ve yaşını da Devoniyen olarak yayınlamışlardır.

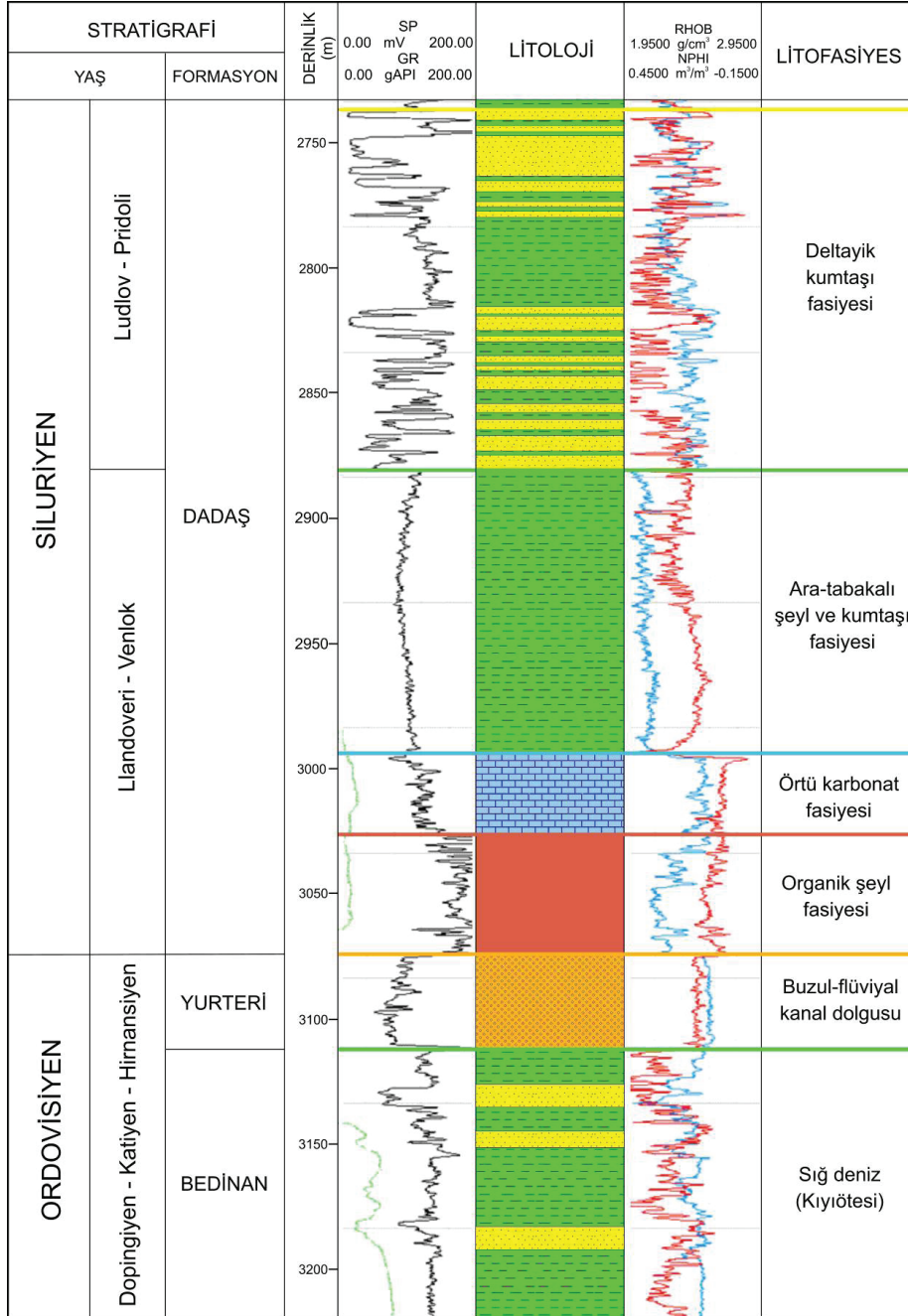
Dadaş Formasyonu'nu temsil eden tüm Silüriyen istifi, istifin altındaki Yurteri Formasyonu ve Bedinan Formasyonu'nun en üst kısmı Derindere-1 kuyusunda 2.740 ile 3.222 metre aralarında tespit edilmiştir (Şekil 25). Bu istifi oluşturan kaya türleri farklı elektrik logları ve kuyuda kesilmiş kırıntılıların incelenmesiyle güvenli bir şekilde tanımlanmıştır. Bu istifin en altındaki Bedinan Formasyonu 3.110 ile 3.222 metre arasında uzanır ve genellikle ara tabakalı masif şeyl ve ince kumtaşı tabakaları ile temsil edilmiş olup tipik kesitte ölçülen birimlere çok benzemektedir. Yurteri Formasyonu'nun Bedinan Formasyonu ile arasındaki buzul kökenli keskin aşınma yüzeyi 3.110 metrede çok belirgindir. Geç Ordovisiyen (Hirnsaniyen, 445MYÖ) yaşlı Yurteri Formasyonu 38 metre (3.074-3.112 m) olup buzul kanalı içinde çökelmiş masif ortairi taneli kumtaşları ile temsil edilmiştir. Dadaş Formasyonu'nun en tabanındaki organik şeyl fasiyesi 42 metre (3.032-3.074 m) ile yüksek GR özelliği ile çok belirgindir. Örtü karbonat fasiyesi 38 m (2.994-3.032 m), ara-tabakalı şeyl ve kumtaşı fasiyesi 114 metre (2.880-2.994 m) olarak tespit

edilmiştir. Dadaş Formasyonu'nun en üstünü oluşturan Hazro kumtaşı veya Hazro rezervuarı olarak tanımlanmış ve bu deltayik kumtaşı fasiyesi Derindere-1 kuyusunda 142 metre (2.738-2.880 m) olarak çok iyi temsil edilmiştir. Bu delta istifi 34 metre kalınlıktaki bir şeyl birimi ile birbirinden ayrılmış iki delta dağıtım kanalı kum barları ile temsil edilmiş olup bu özelliği nedeniyle Dadaş tipik kesitinde ölçülmüş Hazro kumtaşı fasiyesine çok benzerlik gösterir.

1. Organik şeyl fasiyesi: Bu Ruddaniyen (544 MYÖ) yaşlı fasiyesi, Silüriyen istifinin en tabanında ve Yurteri Formasyonu'nun buzul-flüviyal kumtaşların üzerinde çökelmiştir ve Suudi Arabistan'ın Qusaiba Üyesine karşılık gelir (Şekil 26). Bu fasiyesi, Dadaş köyü yerleşme alanının altında kapalı olduğu için tüm açıklığı ile yüzeye çıkmamıştır. Buna karşın, Adıyaman ilinin Gerger ilçesinin kuzeyindeki Çat Yaylası olarak adlanan bölgedeki küçük bir alanda iki fay sistemi arasında yükselmiş ve burada inceleme olanağı sağlamıştır. Çok koyu veya siyah renkli, masif, paralel laminalı kil boyu malzemeden yapılmış, hiç miltası veya kumtaşı laminalanması içermeyen ve organik maddece çok zengin, petrol ve doğal gazın potansiyel kaynak kayası olarak bilinen şeyller, önceki çalışmalarda Dadaş-1 üyesi olarak adlandırılmıştır (Şekil 27). Bu önemli kaynak fasiyesi Diyarbakır, Batman ve Bismil bölgelerinde açılan kuyularında radyoaktif özelliklerinin yüksek olması nedeniyle GR loglarında kolayca tanınabilir. Ürdün'de Silüriyen yaşlı Batra Formasyonu'nun en tabanındaki organik maddece zengin kaynak kaya şeyl fasiyesi içine bulunan bol graptolit fosilleri yardımıyla bu Silüriyen istifinin tabanının Erken Llandovery (Ruddaniyen) yaşında olduğu anlaşılmıştır. Tüm Gondwana Kıtası üzerinde yer alan ülkelerin Paleozoyik yaşlı hidrokarbon birikimlerinin kaynak kayasını oluşturan bu önemli fasiyesi Yarımca-1 (71 m), Bahar-1 (45 m), Bismil (54 m), Derindere-1 (42 m) olarak tespit edilmiştir. Suudi

Arabistan'da bu kalın bir istif oluşturan bu organik maddece çok zengin bu şeyl fasiyesi (%14 TOC) Qalibah Formasyonu'nun Qusaiba Üyesi (Şekil

26) olarak tanımlanmıştır (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001a; Şenalp, 2006a; Şenalp vd., 2018).



Şekil 25. Diyarbakır bölgesinde açılan Derindere-1 kuyusunda tüm Dadaş Formasyonu'nun temsil edildiği Derindere-1 kuyusu içindeki elektrik logları.

Figure 25. Various logs representing the complete Dadaş Formation in the Derindere-1 well, drilled in Diyarbakır region.



Şekil 26. Suudi Arabistan'ın Silüriyen istifini oluşturan Qalibah Formasyonu'nun Qusaiba Üyesi'nin tabanında çökelmiş organik maddece zengin kaynak kaya şeyl fasiyesi (Şenalp 2006a; Şenalp vd., 2018).

Figure 26. The organically rich potential source rock and hot shale facies of the Qusaiba Member of the Qalibah Formation deposited during the Early Silurian transgression (Şenalp 2006a, Şenalp et al., 2018).



Şekil 27. Dadaş Formasyonu'nun tabanını oluşturan siyah renkli, organik madde yönünden çok zengin kaynak kaya şeyl fasiyesi bazı arama kuyulardan alınan karotlarda incelenmiştir (Şenalp vd., 2018).

Figure 27. The cores of organic-rich potential source rock facies deposited at the base of the Dadaş Formation were studied, as cut from the exploration wells (Şenalp et al., 2018).

2. Örtü karbonat fasiyesi: Beyaz renkli, tümüyle kavkı parçalarından ve genellikle kireçtaşından yapılmış olan bu fasiyes Dadaş-2 üyesine karşılık gelir. Bu 40 m kalınlıktaki karbonat fasiyesi masif veya kalın-tabakalı olabildiği gibi siyah şeyl fasiyesi ile ara tabakalı olarak da çökelmiş olabilir. Arama kuyularının incelenmesi sonucu, bu fasiyesin bazı bölgelerde çok daha ince veya hiç çökmemiş olduğu anlaşılmıştır. Örtü karbonat fasiyesi, bölgesel ölçekte transgresyona neden olan Silüriyen denizinin ulaşabildiği en yüksek seviyeyi temsil eder. Örtü karbonat kayaçlarının çok kalın ve geçirimsiz olduğu durumlarda, istifin tabanında oluşan petrol ve gaz istifin en üstündeki deltayık kumtaşlarına göçemez ve basınç farkından dolayı aşağı doğru buzul-flüviyal kumtaşları içine göçer. Bu tür göçme mekanizması Geç Ordovisiyen buzullaşmasının hidrokarbon yönünden olan önemlerinin çok iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Güneydoğu Türkiye'de Geç Ordovisiyen yaşlı kumtaşlarından (Yurteri Formasyonu) üretim yapılan kuyularda etkili bir geçirimsiz örtü kaya oluşturan karbonat kaya fasiyesi Yarımca-1 (12 m), Bismil (27 m), Derindere-1 (39 m) ve Harman-1 (39 m) olarak tespit edilmiştir.

3. Ara-tabakalı şeyl ve kumtaşı fasiyesi: Bu fasiyes Dadaş Formasyonu'nun en kalın bir bölümünü oluşturur, alt ve üst sınırları dereceli geçişlidir (Şekil 25, Şekil 28a). Ölçülen tipik kesitte kalınlığı 41 m olduğu halde, Kayayolu-4 kuyusunda 425 metre ve Derindere-1 kuyusunda 114 metre olarak tespit edilmiştir. İstif tümüyle şeyl ve kumtaşı araldanmasından yapılmış olmasına rağmen alt kısımlarında açık gri renkli şeyl ve üst kısımlarında ince-tabakalı, ince-taneli, simetrik dalga kırışıkları ile birlikte organizma iz

fosilleri içeren kumtaşı ve şeyl araldanması daha egemendir. İstifin en üstündeki kalın-tabakalı delta-ağzı kumtaşı litofasiyesi ile birlikte deltayik bir istif oluşturur. Bu istif içinde belirgin bir kıyı-ötesi masif şeyl fasiyesi ile ayrılmış iki belirgin üste doğru kalınlaşan paraistif gözlemlenmiştir. Bu kalın ve geçirimsiz istif hidrokarbonların yukarı yönde göçmelerini etkili bir şekilde engeller. Faylanmanın mevcut olduğu bazı durumlarda bu göçme gerçekleşebilir ve petrol veya gaz üstteki Hazro Kumtaşları içinde kapanlanır (Şenalp ve Tetiker, 2020). Dadaş köyü yakın çevresindeki dar bir alanda mostra veren Hazro kumtaşlarının tümüyle biyodegradasyona uğramış petrolle doymuş oldukları göz önüne alındığında, yukardaki göç senaryosunun yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Çünkü göç sırasında var olan ve göç için etkili olmuş fay zonlarının da bölgede bulunması gerekmektedir. Bu faylar, tüm kuyular arasında yapılan stratigrafik enine kesitlerde ve 3D jeofizik profillerinde tanımlanmıştır. Buna karşın, zaman kısıtlaması ve danışmanlık projesi tüm Paleozoyik istiflerini kapsadığı için mevcut fayların incelenmesi mümkün olmamıştır.

Ürdün'de Siluriyen istifini temsil eden Batra Formasyonu'nun üst kısmında bulunan *Monoclimacis flumendosar* ve *Pristograptus dubius* fosilleri Dadaş Formasyonu'nun Ara-tabakalı şeyl ve kumtaşı fasiyesine karşılık gelen istifin yaşını Orta Wenlok olarak belirlemiştir (Andrews vd., 1991).

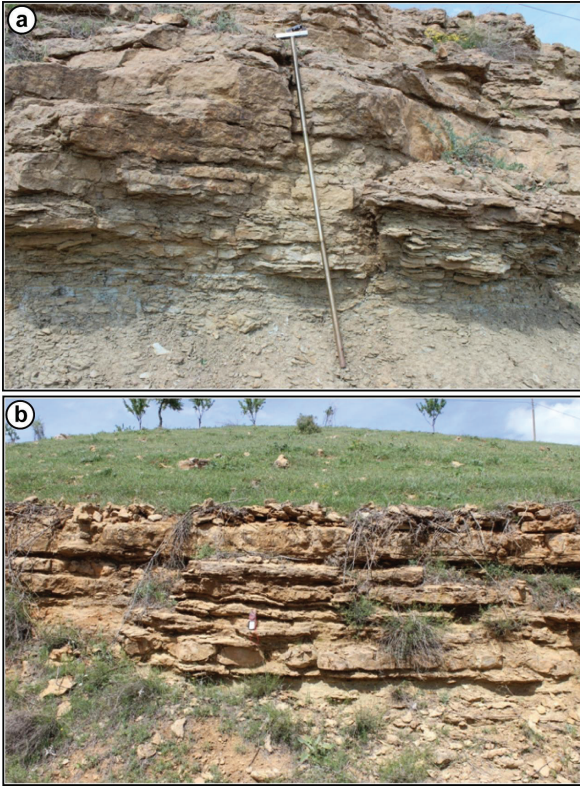
4- Deltayik kumtaşı fasiyesi (Hazro Kumtaşı): Ölçülen Dadaş tipik kesitinde 55 m kalınlıkta ölçülmüş bu fasiyes, alttaki ara-tabakalı şeyl ve kumtaşı fasiyesi ile dereceli geçişlidir ve genetik ilişkilidir (Şekil 25 ve Şekil 28a). Hazro kumtaşı kıyı yönünde ilerleyen deltayik istifin en üst bölümünü oluşturur ve ekonomik yönden Paleozoyik istifin en önemli bir unsurudur. Bu fasiyes, deniz ortamının dereceli olarak sığlaşması ve denize gelen kum miktarının ve tane-boylarının önemli ölçüde artması sonucu kıyı çizgisinin

sürekli olarak deniz yönünde ilerlemesi sonucu gelişen regresif bir istifin en sığ bölümünde delta-ağzı kum barları olarak çökelmiştir. İstifin alt kısmını oluşturan düzlemsel tabakalı, ince-orta taneli, simetrik dalga kırışıkları ve organizma iz fosilleri içeren istif dış-delta ağzı kum barları olarak çökelmiştir (Şekil 28a ve b). Bu kumtaşları dereceli olarak daha sığ ortamda çökelmiş yüksek-eğimli çapraz tabakalanma gösteren, orta-iri taneli, çok iyi boylanmış iç-delta ağzı kum-barlarına geçer. Hazro rezervuarının önemli bir bölümünü oluşturan bu birim çoğu durumlarda belirgin iki ayrı lobdan oluşmuştur (Şekil 29). Bu lobların her biri kıyı ötesi şeyl fasiyesi ile ayrılmış dış-delta ağzı kum barlarını ve. Delta ağzı kum barlarının üzerine ince bir delta ovası düzlüğü çökelleri gelir. Söz konusu olan delta ağzı kum-barı kumtaşları Hazro-Dadaş karayolunun doğu tarafında ve yol kenarında çok iyi mostra verir ve kumtaşı içindeki tüm sedimanter yapılar kolayca gözlemlenerek bu kumtaşı fasiyesinin çökme ortamının doğru yorumlanmasında çok büyük bir katkı sağlar (Şekil 30a, b). Elde edilen bu güvenli verilerin ışığı altında Dadaş deltasının çökmesinde flüviyal, dalga ve gelgit olayları aynı derecede etkili olmuştur.

Kayayolu Formasyonu (Devoniyen, 419–359 MYÖ)

Diyarbakır ilinin Hazro ilçesinin 17 km kuzey batısında ve Dadaş köyünün 3,5 km kuzeyinde mostra veren Devoniyen istifi, alttan ve üstten önemli tektonik olayların neden olduğu aşınma olaylarını temsil eden bölgesel diskordans yüzeyleriyle sınırlandırılmıştır. İstifin Siluriyen yaşlı Hazro kumtaşı fasiyesi ile olan alt sınırı belirgin bir aşınma yüzeyidir. Bu tektonik kökenli-aşınma yüzeyi Geç Siluriyen (Pridoli, 423 MYÖ) ile Erken Devoniyen (Lohkoviyen, 419 MYÖ) zamanında ortaya çıkan Kaledoniyen Orojenezi'nin neden olduğu aşınma yüzeyini temsil eder. Bu aşınma yüzeyi üzerinde farklı kalınlıklarda kırmızı renkli karasal kalkerli

kumtaşları çökelmiştir. Silüriyen istifinin derin arama kuyularında tespit edilen çok farklı kalınlık değişimleri ve özellikle hidrokarbonlar oluşturan Hazro kumtaşı fasiyesinin kısmen veya tümüyle aşındırılmış olması Kaledoniyen Orojenezi'nin olumsuz etkisinin bir tespitidir. Bu nedenle Şenalp vd. (2018) söz konusu olan Kaledoniyen Orojenezi'nin bölgesel nitelikteki olumsuz etkisini ortaya çıkarmak için bu yüzeyin ayrıntılı olarak yapı kontur haritasının hazırlanmasının önemini vurgulamıştır.



Şekil 28. a) Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmında delta dağıtım kanallarının çökelttiği dış delta-ağız kum barları ile ara-tabakalı kumtaşı ve şeyl fasiyesi arasındaki dereceli geçiş dokunağı. **b)** Orta-tabakalı, ince-orta taneli dış delta ağzı kum barı kumtaşı fasiyesi (Şenalp vd., 2018).

Figure 28. a) The gradual contact between the interbedded shale and sandstone facies of the overlying outer distributary mouth bar sandstones of the deltaic facies (Hazro Sandstone) in the uppermost part of the

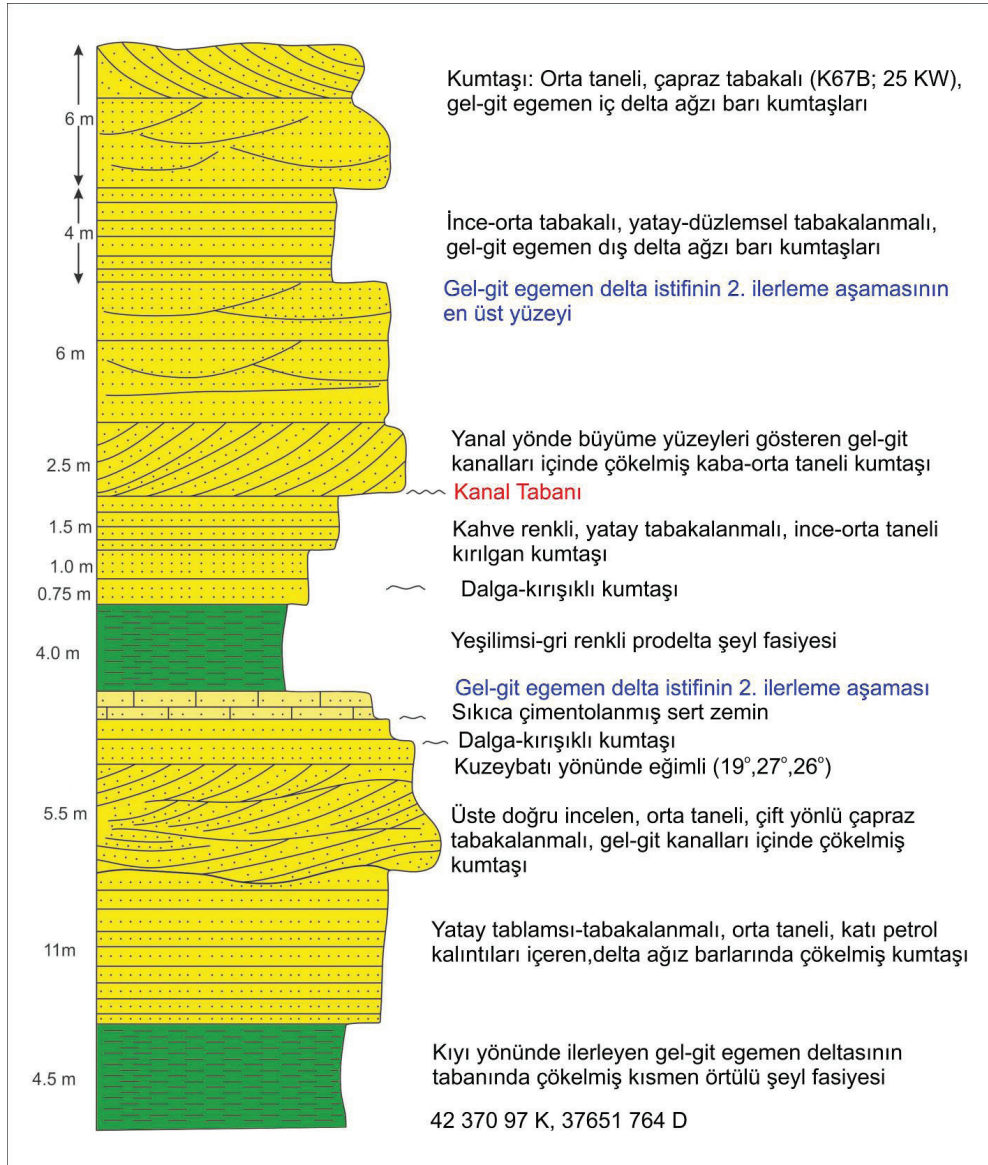
Dadaş Formation. b) Medium-bedded, thin-medium grained outer distributary mouth bar sandstone facies (Şenalp et al., 2018).

Devoniyen istifinin üst sınırında bulunan derin aşınma yüzeyinin etkisi daha önemli ve belirgin olup tüm Gondwana kıtası üzerindeki tüm ülkelerin Paleozoyik istiflerinde bazı formasyonların eksik olmasıyla kolayca tanınmıştır. Permo-Karbonifer zamanında ortaya çıkan tektonik kökenli Hersiniyen Orojenezi (yaklaşık 305 MYÖ) ve onu takip eden Permo-Karbonifer yaşlı Gondwana buzullaşması (yaklaşık 300 MYÖ) sırasında derin kesilmiş buzul vadilerinin bu aşınmalara neden olan olaylar olduğu anlaşılmıştır. Bu önemli tektonik ve buzullaşma olaylarının ortak etkileriyle Hazro bölgesinde çökelmiş olan Karbonifer-Permokarbonifer ve Üst Devoniyen istiflerini tümüyle kesip aşındırmıştır (Şekil 31). Suudi Arabistan'da, Hersiniyen Orojenezi'nin güçlü aşındırma etkisi sonucu, Erken-Orta Devoniyen yaşlı Tawil Formasyonu'nun karasal kumtaşları, açısal bir uyumsuzluk yüzeyi ile Erken Silüriyen yaşlı açık deniz ortamında çökelmiş Qusaiba Üyesi'nin şeylleri üzerine oturur (Şekil 32). Geç Permiyen zamanında çökelmiş karasal özellikteki Kuşdamı ve sığ deniz ve kıyı fasiyesi özelliğindeki Kaş Formasyonu'nun taban yüzeyleri de Gondwana Kıtası üzerinde yer alan tüm ülkelerde tanınmıştır. En belirgin aşınma yüzeyi Kuşdamı Formasyonu'nun tabanında olup çoğu durumlarda bu formasyon alt Devoniyen istifi üzerine doğrudan oturur. Bu nedenle Devoniyen istifinin formasyon tanımlaması istifin oldukça iyi korunduğu arama kuyularında yapılmıştır.

Kayayolu Formasyonu ilk defa Bozdoğan vd. (1987) tarafından Diyarbakır bölgesinde açılan Kayayolu-2 ve Kayayolu-4 arama kuyularında tanımlanmıştır. Formasyonu'nun Kayayolu-2 kuyusundaki kalınlığı 188 metredir. Formasyonu'nun alt ve üst sınırları tüm Gondwana kıtasında gözlemlenebilen tektonik kökenli bölgesel aşınma yüzeyleriyle temsil edilmiştir.

(Şenalp, 2006b; Şenalp vd., 2018). Kayayolu Formasyonu'nun Dadaş Formasyonu ile olan alt sınırı Kaledoniyen Orojenezi ile ortaya çıkan belirgin bir aşınma yüzeyidir. Üst sınırı ise benzer şekilde tektonik kökenli Hersiniyen Orojenezi (305 MYÖ) ve bunu talip eden Gondwana buzullaşmasının (yaklaşık, 300 MYÖ) ortaya

çıkardığı bölgesel aşınma yüzeyleri ile temsil edilmiştir (Şenalp vd., 2018). Ölçülen kesit ve bazı arama kuyularında Kayayolu Formasyonu'nun üstüne Erken Permiyen (Artinskiyen, 290 MYÖ) yaşlı, karasal ortamda çökelmiş kırmızı renkli masif çamurtaşı, kumtaşı ve bir miktar evaporitik seviyeler içeren Kuşdamı Formasyonu gelir.



Şekil 29. Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmında delta dağıtım kanallarının çökelttiği iç-delta ağzı kum barlarından ölçülmüş stratigrafik ve sedimentolojik kesit (Şenalp ve diğ., 2018).

Figure 29. Measured stratigraphic and sedimentologic section from inner-delta distributary mouth bar sandstones, deposited by distributary channels in the uppermost part of the Dadaş Formation (Şenalp et al., 2018).



Şekil 30. a, b) Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmında iç- delta ağzı kumbarları olarak çökelmiş kumtaşları (Hazro Rezervuarı), Hazro-Dadaş yolu üzerinde çok güzel mostra verir (Şenalp, vd., 2018).

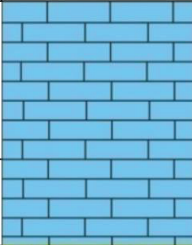













Figure 30. a, b) The inner-delta distributary mouth bar sandstones of the Hazro Reservoir forming the uppermost part of the Dadaş Formation are well-exposed along the Hazro-Dadaş highway (Şenalp et al., 2018).

Kayayolu Formasyonu, Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmını oluşturan Hazro kumtaşı ile Gomanibrik Formasyonu arasında uzanan ve iyi yüzeylemeler veren bir kesitte (42 37695 K, 37 651 504 D) kalınlığı 42 metre olarak ölçülmüştür. İstifin tabanı, bölgesel uyumsuzluk yüzeyini temsil kısmı kırmızı renkli karasal çamurlu kumtaşları üzerine oturur. Koyu gri renkli 4m kalınlıktaki masif şeyl birimi Erken Devoniyen (Lochkoviyen) bölgesel deniz transgresyonunun tabanında çökelmiştir. Bu birim üste doğru dereceli olarak 6m kalınlıkta, ince-tabakalı, ince-taneli, simetrik dalga kırışıklıkları ve iz fosilleri içeren plaj ortamında çökelmiş kumtaşlarına geçer. Bu kumtaşlarının üzerine uyumlu olarak

18m kalınlıkta ve seyrek olarak ince kumtaşı tabakaları içeren laminalı şeyller gelir. Bu denizel istif uyumlu olarak 10 m kalınlıkta, masif görünümlü, sarımsı gri renkli sığ deniz ortamında çökelmiş algal stromatolitik resifal kireçtaşları ile örtülmüştür (Şekil 33a ve b). Formasyonun en üstünü oluşturan istif 6m kalınlıkta olup yeşilimsi gri renkli karbonatlı şeyl (marn) ile temsil edilmiş. Üst kısmı Kuşdamı Formasyonu'nun tabanını temsil eden uyumsuzluk yüzeyi tarafından kesilmiştir. Bu bölgede ölçülen Kayayolu istifi, Hazro ilçesinin kuzeyinde Dadaş ile Kuşdamı köyleri arasında yanal yönde kesiksiz bir şekilde devamlı olup aynı fasiyeslerle temsil edilmiştir. Kayayolu Formasyonu'nun yaşının Devoniyen olması yönünde hiçbir kuşku yoktur, fakat bu formasyonun alt ve üst sınırlarının bölgesel aşınma yüzeyleri ile temsil edilmesi nedeniyle formasyonun yaşı bölgeden bölgeye önemli değişiklikler gösterebilir ve bu nedenle bölgesel ölçekte korelasyon yapmak olanağı yoktur.

Kuşdamı Formasyonu (Erken-Orta Permiyen, 290 – 269 MYÖ)

Kuşdamı Formasyonu, ilk defa Şenalp vd. (2018) tarafından Hazro ilçesinin İncekavak mahallesinin (38°064'23,18"K., 40°90'30,7"D.) Kuşdamı Mezrası'ndan gayri resmi olarak Şenalp vd. (2018) tarafından resmi olarak tanımlanmıştır. Kayayolu Formasyonu'nun resifal karbonatları ile Kaş Formasyonu'nun tabanındaki kömürlü şeylleri arasında yer alan koyu kırmızı renkli karasal çökeller çok belirgin olarak Dadaş ile Gomanibrik köyleri arasında devamlı bir kuşak şeklinde uzanır (Şekil 25). Bu formasyon, Hazro bölgesinde açılan Varınca-1 (61 m), Katin-2 (43 m), Güney Hazro- 1 (31 m), Güney Hazro- 4 (30 m), Didan-1 (22 m), Bismil-1 (10 m) kuyularında tespit edilmiş, kuyu loglarında ve bu kuyuların bazılarında alınan karotlarda koyu kırmızı renkli masif çamurtaşları ile ara tabakalı olarak çökelmiş evaporitik (genellikle anhidrit) seviyelerinin bulunmasıyla kolayca tanınmışlardır (Şenalp vd., 2018).

STRATİGRAFİ		KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK TANIMLAMA	ÇÖKELME ORTAMI
YAŞ	BİRİM				
PERMO-TRİYAS	GOMANİBRİK FORMASYONU	60		Kireçtaşı: Beyaz-açık gri, iyi boylanmalı	Açık sığ deniz
PERMİYEN (Vordiyen-Kapitanien)	KAŞ FORMASYONU	50		MDS P20 (260 Ma) Kumtaşı: Keskin taban yüzeyli, üste doğru incelen iri-çok ince taneli, üst yüzeyi dalga kırışıklı	Kıyı deniz ortamı (Haliç kanalları içeren kıyı ovası)
				Ara-tabakalı Şeyl ve Kömür: Koyu gri-siyah yapraklı şeyl	
				Kumtaşı: Keskin taban yüzeyli, üste doğru incelen orta-ince taneli, üst yüzeyi dalga kırışıklı	
				Şeyl: Koyu gri-siyah yapraklı, piritik, kömürlü şeyl, ince tabakalı ve dalga kırışıklı kumtaşları ile ara tabakalıdır	
				Kumtaşı: Keskin tabanlı, çok ince taneli, dalga kırışıklı	
				Şeyl: Koyu gri-siyah kömürlü	
PERMİYEN (Kunguriyen Rodaniyen)	KUŞDAMI FM	20		Kumtaşı: İnce-çok ince taneli, üste doğru kabalaşan para-istif	Derin kanal çökelleri
				Şeyl: Koyu gri-siyah kömürlü	
				Kumtaşı: İnce taneli, tümsekli-çapraz tabakalı	
PERMİYEN (Kunguriyen Rodaniyen)	KUŞDAMI FM	10		Şeyl: Yeşilimsi-gri, yapraklı	Karasal Playa
				Çamurtaşı: Kırmızı renkli, masif, kısmen mil ve kum içerikli, yeraltında evaporitli seviyeler	
DEVONİYEN	KAYAYOLU FM			Şeyl: Yeşilimsi gri, yapraklı	Açık Deniz
				Algal stromatolitik dolomitik kireçtaşı	

Şekil 31. Hazro (Diyarbakır) bölgesinde mostra veren Kayayolu Formasyonu (Devoniyen) ile Kaş Formasyonu (Geç Permiyen) arasında ölçülen stratigrafik ve sedimentolojik kesiti temsil eden log (Şenalp vd., 2018).

Figure 31. Measured stratigraphic and sedimentologic sections between the Kayayolu Formation (Devonian) and Kaş Formation (Late Permian) in the Hazro (Diyarbakır) area (Şenalp et al., 2018).



Şekil 32. Suudi Arabistan'ın Al Jawf bölgesinde yüzey mostrası veren Erken Devoniyen yaşlı Tawil Formasyonu ile Qalibah Formasyonu'nun Erken Silüriyen yaşlı Qusaiba Üyesi arasında Kaleoniyen Orojenezi sonucu ortaya çıkan aşınma yüzeyi (Şenalp 2006b)

Figure 32. Caledonian erosional unconformity surface between the Early Devonian Tawil Formation and the Early Silurian Qusaiba Member exposed in the Al Jawf region of Saudi Arabia (Şenalp, 2006b).

Kuşdamı Formasyonu'nun Kayayolu Formasyonu ile olan alt sınırı ve Kaş Formasyonu ile olan üst sınırı tüm Arap Platformunda görülen tektonik kökenli bölgesel aşınma yüzeylerini temsil eder. Neotetis Okyanusu'nun açılmasıyla birlikte Kaş Formasyonu'nun denizel çökelleri Kuşdamı Formasyonu'nun karasal çökelleri üzerine oturur. Arazide ölçülen tipik kesitte, Kuşdamı Formasyonu'nun kalınlığı 32,10 metre, fakat Varınca-1 kuyusunda 61 metre ve masif görünümü koyu kırmızı renkli çamurtaşları ve bunların içindeki mercek şekilli tatlı su ortamında çökelmiş kireçtaşları ile temsil edilmiştir (Şekil 34a ve b). Bu bölgelerde açılan arama kuyularında bu çökeller ile ara tabakalı olarak kalınlıkları 2 ile 5 metre arasında değişen evaporitli seviyeler vardır. Bu formasyonun tüm özellikleri onun sıcak ve kurak iklim koşulları altında alüvyon yelpazesi ortamının dış kısımlarında ve ona komşu playa adı verilen geçici göllerde çökelmiş olduğunu işaret eder.

Kuşdamı Formasyonu Suudi Arabistan'da Unayzah Formasyonu ve Umman'da Gharif Formasyonu ile aynı yaşta olup aynı tip

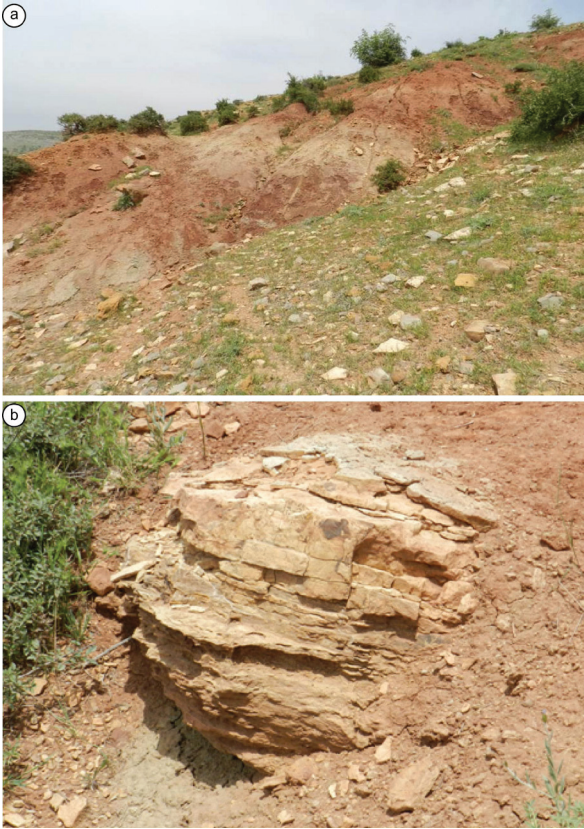
ortamlarda ve aynı iklim koşulları altında çökelmiş olup, yaşları Erken-Orta Permiyen (290-269 MYÖ) olarak tespit edilmiştir (El-Khayal ve Wagner, 1985; Broutin vd., 1995; Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b). Bu zaman süreci Artinskiyen, Kunguriyen ve Rodiyen katlarını içerir. Aynı yaş aralığı Kuşdamı Formasyonu için de geçerli olabilir. Unayzah Formasyonu içindeki eoliyen dün kumtaşları ve flüviyal kumtaşları Paleozoyik hedefli açılan ilk arama kuyularında rastlanılmış ve çok hafif petrol ve gaz üretimi bu rezervuardan yapılmıştır (Şekil 35a, b). Petrol ve gazın kaynak kayası Erken Silüriyen yaşlı organik maddece zengin şeyllerdir (Guit vd., 1995; Şenalp ve Al-Duaiji, 1995, 2001b; Şenalp 2006b). Aynı petrol sistemleri Kuşdamı Formasyonu için de geçerlidir.



Şekil 33. a) Kayayolu Formasyonu'nun tabanında bulunan aratabakalı kumtaşı ve şeyl istifinin mostraları. Bu istif transgresif olarak Dadaş Formasyonu üzerine

oturur. **b)** Kayayolu Formasyonu'nun en tabanını oluşturan resifal fasiyesteki dolomitik algal kireçtaşı (Şenalp vd., 2018).

Figure 33. a) Interbedded sandstone and shale sequence at the base of the Kayayolu Formation. This sequence is transgressive over the Dadaş Formation. **b)** Algal dolomitic limestone represents the lower part of the Kayayolu Formation (Şenalp et al., 2018).



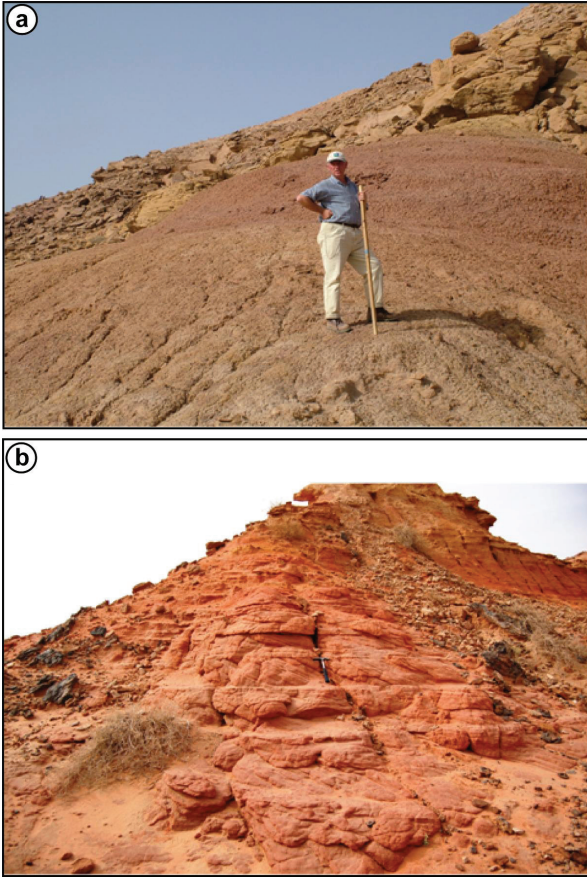
Şekil 34. a) Kuşdamı Formasyonu'nun büyük bir bölümünü oluşturan kurak iklim kuşağı altında, karasal playa ortamı içinde çökelmiş kırmızı renkli, masif çamurtaşları. **b)** çamurtaşları içinde çökelmiş merceksel tatlı su kireçtaşları (Şenalp vd., 2018).

Figure 34. a) Red-colored, massive mudstones of the Kuşdamı Formation were deposited in a continental environment under hot and arid environmental conditions. **b)** Lenticular fresh water limestones deposited in a continental playa environment under hot and dry climatic conditions (Şenalp et al., 2018).

Kaş Formasyonu (Geç Permiyen, 269–260 MYÖ)

Kaş Formasyonu ilk kez Bozdoğan vd. (1987) tarafından, Hazro ilçesinin 6 km batısındaki Dadaş köyünün Kaş mahallesinde ve Tanin Grubu içinde tanımlanmıştır. Bu tanımlamada formasyonun yaşı Geç Permiyen olarak rapor edilmiştir. Kaş Formasyonu, Diyarbakır bölgesinde sadece Hazro ilçesinin kuzey batısında görülür ve Gomanibrik karbonatlarının altında batı-doğu istikametinde Kaş ile Gomanibrik köyleri arasında uzanır ve Dadaş köyünün kuzeyindeki dik eğimli yamaçta uzak mesafeden görülebilir. Kaş Formasyonu, alttaki kırmızı renkli karasal çamurtaşlarından yapılmış olan Kuşdamı Formasyonu üzerine Neotetis Okyanusu'nun açılması sonucu transgresif olarak gelir (Şenalp vd., 2018). Bu iki formasyon arasında kurak ve sıcak iklim koşulları altında çökelmiş ve çökelmezlik yüzeyini temsil eden kireçtaşı yumruları içeren eski toprak sevileri vardır. Bu çökelmezlik yüzeyi iki formasyon arasında önemli bir zaman boşluğunun bulunduğunu işaret eder.

Kaş Formasyonu, Neotetis Okyanusu'nun kıyısında ve açık denize doğru ilerleyen flüviyal-kökenli bir deltanın aşağı delta düzlüğü ortamında çökelmiş bir istif temsil eder. Deniz seviyesinin dereceli olarak yükselmesi sonucu bu istif üzerine Gomanibrik Formasyonu'nun karbonatları uyumlu olarak oturur (Şekil 31). Gomanibrik Formasyonu'nun tabanı, deniz seviyesinin en yüksek olduğu durumu temsil eder ve MDS P20 (yaklaşık, 260,14 MYÖ) olarak tanımlanmıştır (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001a; Şenalp, 2006b; Şenalp vd., 2018). Burada tanımlanan Permiyen Maksimum Deniz Seviyesi, Suudi Arabistan, Umman ve Katar ülkelerinin istifinde bulunan kalın karbonat ve evaporitik Khuff Formasyonu'nun tabanını temsil eder (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b; Şenalp, 2006b).



Şekil 35. a) Suudi Arabistan'da Orta Permiyen yaşlı Unayzah Formasyonu'nun önemli bir bölümünü oluşturan kurak iklim kuşağı altında, karasal playa ortamı içinde çökelmiş kırmızı renkli masif çamurtaşları, **b)** Çamurtaşları içinde çökelmiş geniş yayımlı, çapraz-tabakalanmalı, ince-orta taneli ve iyi boylanmış petrol ve gaz üretimi yapılan eolien çöl kumtaşları (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b; Şenalp vd., 2018).

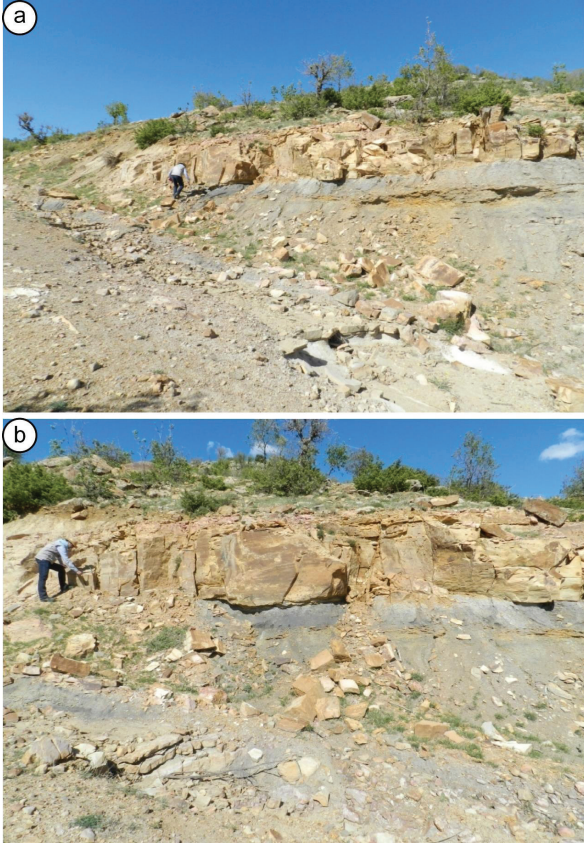
Figure 35. a) Red-colored, massive mudstones of the Unayzah Formation (Middle Permian) were deposited in a continental environment under hot and arid environmental conditions. **b)** Cross-bedded, thin-medium grained, oil and gas producing sandstones of the Unayzah Formation were deposited as desert eolian sandstones under hot and dry climatic conditions. (Şenalp and Al-Duaiji, 2001b; Şenalp et al., 2018).

Kaş Formasyonu'nun ölçülmüş tipik kesitteki kalınlığı 45,15 metre olup başlıca yeşilimsi gri

renkli şeyl, kömürlü şeyl ve ince kömür seviyeleri ile ara tabakalı olarak çökelmiş delta dağıtım kanalları içinde çökelmiş kumtaşları ile temsil üste doğru kalınlaşan regresif bir istifte temsil edilmiştir (Şekil 31). İstifin en tabanındaki 3 m kalınlığındaki yeşilimsi gri renkli şeyl açık deniz ortamını temsil eder. Üzerine gelen 7 m kalınlıktaki ara tabakalı gri şeyl ve ince-tabakalı, ince-taneli, tümsekli-çapraz tabakalı kumtaşı istifi, plaj ortamının aşağı kısımlarında çökelmiştir. Kaş Formasyonu'nun orta kısmında, 17 m kalınlığındaki istif düzenli ara tabakalı şeyl ve kumtaşı ile temsil edilmiştir. Şeyl tabakaları koyu gri ve siyah renkli, yapraklanmalı olup bol miktarda pirit kristalleri ve ince kömür bantları içerir. Kumtaşları keskin-tabanlı, ince-tabakalı olup simetrik dalga kırışıkları içerir. İstifin en üstündeki 18,3 m kalınlığındaki çökeller yaklaşık 7 m kalınlığında ince kömür bantları içeren siyah kömürlü şeyl fasiyesi ile birbirinden ayrılmış iki kanal-dolgusu kumtaşları ile temsil edilmiştir (Şekil 36a, b). Bu kumtaşlarının tabanı belirgin bir aşınma yüzeyini temsil eder. Kanalların tabanındaki kumtaşları kalın tabakalı olup tabaka kalınlığı üste doğru inceler. Kumtaşlarının tane boyu dereceli olarak üste doğru inceler. Tabakaların üstünde simetrik dalga kırışıkları yaygındır. Kömür seviyelerinin ekonomik yönden önemli olduğu anlaşılmış ve özellikle Kaş Formasyonu'nun bu üst seviyesinde açılmış çok sayıda kömür ocakları vardır. Günümüzde terk edilmiş durumda olan bu kömür ocaklarının bazıları Dadaş köyünün gerisindeki kuzey yamaçlarında görülebilir. Kavak (2007) kömür seviyeleri içeren Üst Permiyen yaşlı Kaş Formasyonu'nun sığ deniz, fluviyal-gelgit etkili aşağı delta düzlüğü ve gösel kıyı bataklığı ortamında çökelmiş olduğunu rapor etmiştir.

Diyarbakır bölgesinde, açılan bazı arama kuyularında çökeltme havzasının derinliğinin artması nedeniyle, Kaş Formasyonu'nun tüm kalınlığı ve istifin en üstündeki delta dağıtım kanal-dolgusu kumtaşları ve dağıtım kanallarının çökeltiltiği delta ağzı kumbarı kumtaşlarının kalınlığı önemli derecede artış gösterir. Çok sık

durumlarda iki veya üç kanal-dolgu kumtaşı yanal ve düşey yönde istiflenerek 10-20 metre kalınlığa erişen kumtaşı birimi oluştururlar. Güneydoğu Türkiye’de Kaş Formasyonu Ceylanpınar-1 (84 m), Kayayolu-2 (95 m), Kayayolu-4 (91 m), Varınca-1 (46 m), Babahaki (36 m), Bismil-1 (33 m), Güney Hazro-1 (27 m), Güney Hazro-4 (44 m), Didan-1 (23 m), Girmeli-1 kuyularında tespit edilmiştir.



Şekil 36. Kaş Formasyonu’nu oluşturan flüviyal ve haliç kökenli kumtaşı kanal dolguları ve bunların arasındaki taşkın ovalarında çökelmiş şeyl ve ekonomik önemi olan kömürlü seviyeler Paleozoyik istifinin en üstünü oluşturur (Şenalp et al., 2018).

Figure 36. a) Sand-filled fluvial and estuarine channels of the Kaş Formation are interbedded with flood plain shales and b) coal seams represent the uppermost part of the Paleozoic succession (Şenalp et al., 2018).

Çok sayıdaki palinolojik (spor ve polen) çalışmaları sonunda bu formasyonun yaşı Geç Permiyen (Vordiyen ve Erken Kapitanien) olarak güvenli bir şekilde tespit edilmiştir (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b; Stephenson ve Filatoff, 2000a; 2000b; Şenalp, 2006b; Stolle, 2010; Stolle vd., 2011). Kaş Formasyonu’nun tipik kesitinin ölçülmesinden elde edilen sedimantolojik veriler (litofasiyeler, litofasiyes ilişkileri, sedimanter yapılar, sedimanter yapıların sıralanışları, kumtaşlarının geometrisi), petrol kuyularından elde edilen kuyu logları ve karotların incelenmesinden toplanan verilerin tümü değerlendirilerek yorumlanmıştır. İstif içindeki gri renkli denizel fosil içeren şeyller ve ara tabakalı olarak çökelmiş ince-taneli, tümsekli-çapraz tabakalanma (hummocky-cross bedding) ve simetrik dalga kırışıkları içeren kumtaşları sığ deniz ortamında çökelmiştir. İstifin üst kısmına doğru şeyller içinde kömür laminaları görülmeye başlar. İstifin en üstünde kömür tabakaları içeren şeyller flüviyal kökenli kanal-dolgu kumtaşlarıyla ara-tabakalı olarak çökelmiştir. Bu verilerin ışığı altında Kaş Formasyonu’nun sığ deniz ortamında açık denize doğru ilerleyen flüviyal sistemin etkili olduğu delta sistemi (fluvio-marine delta) tarafından çökeldiği tarzında yorumlanmıştır.

Kaş Formasyonu, Hazro bölgesinde ölçülen kesitteki kumtaşlarının içinde ve arama kuyularından alınan karotlarda petrol emareleri vardır. Bazı kuyularda (örneğin Hazro-4) derin kazılmış vadiler içinde, yüksek enerji ortamında çökelmiş ve kalınlığı 50 metreye ulaşan iyi-boylanmış kumtaşlarının hidrokarbon rezervuarları oluşturmaları yönünden olan önemi büyüktür. Kaş Formasyonu Suudi Arabistan’ın Ash-Shiqqah Formasyonu, Umman’ın Gharif Formasyonu ile aynı yaşta olup benzer sedimantolojik özelliklere sahiptir. Kaş Formasyonu üzerine transgresif olarak gelen Gomanibrik Formasyonu’nun kalın karbonat istifi Suudi Arabistan, Bahreyn, Umman ve Katar gibi ülkelerde Khuff Formasyonu olarak bilinir ve bu transgresif istifin tabanı Maksimum

Deniz Seviyesi Permiyen 20 (MDS P20, 260 MYÖ) olarak kabul edilmiştir (Şenalp ve Al-Duaiji, 2001b; Şenalp, 2006b).

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Güneydoğu Türkiye'nin Diyarbakır, Mardin ve Adıyaman bölgelerindeki geniş yayımlı Paleozoyik istiflerinin hidrokarbon potansiyellerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılan ayrıntılı stratigrafik ve sedimantolojik çalışmaların sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Güneydoğu Türkiye'nin Paleozoyik istifleri Gondwana Kıtası'nın kuzeybatısında çökelmiş ve son yıllarda bu bölgelerde açılan arama kuyularından bu istifler içindeki kumtaşı ve karbonat kayaçlarının hidrokarbon potansiyellerinin çok önemli olduğu anlaşılmıştır.

Paleozoyik istifleri, Arap Kalkanı olarak bilinen Neoproterozoyik yaşlı (yaklaşık 635-541 MYÖ) magmatik kristalin bir temel üzerine oturur. Üzerine gelen sedimanter istif Erken Kambriyen'den (541 MYÖ) Geç Permiyen'e (260,4 MYÖ) kadar temsil edilmiş, fakat tektonik ve buzul kökenli bölgesel aşınma yüzeylerinden son derecede etkilenmiştir.

Bu çalışma başlıca Derik (Mardin) ilçesinin yakınındaki Zabuk Vadisi ve Şıp Deresi boyunca, Bedinan (Gürmeşe) köyü çevresinde, Hazro (Diyarbakır) ilçesinin Dadaş-Gomanibrik köyleri arasındaki bölgede ve Penbeğli (Tut, Adıyaman) köyünün Kaplan Deresi'nde yürütülmüştür. Tektonik kökenli Kaledoniyen aşınma yüzeyi, Dadaş (Siluriyen) ve Kayayolu (Devoniyen) formasyonları arasında tespit edilmiştir. Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) buzul kökenli aşınma yüzeyi Bedinan ile Yurteri formasyonları arasında tespit edilmiştir (Şenalp vd., 2018).

Organik madde kapsamı yüksek ve tüm Paleozoyik kumtaşı rezervuarlarına potansiyel

kaynak kaya oluşturan şeyl fasiyesi bölgesel deniz transgresyonlarının tabanında çökelmiştir. En verimli kaynak kaya fasiyesi, Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) Gondwana kıtasal buzulların erimesi sonucu hızlı bir şekilde gelişen Erken Siluriyen (Ruddaniyen, 444 MYÖ) yaşlı bölgesel transgresyonun tabanındaki Dadaş Formasyonu içinde çökelmiştir. İlk çökeltme, buzulların erimesi sonucu ortaya çıkan topografik yüzeyin çukur alanlarındaki oksijensiz ortam koşulları altında çökelmiştir. Organik madde kapsamı daha az düzeyde olmasına rağmen benzer kaynak kaya şeylleri Orta Ordovisiyen (Dapingiyen, 470 MYÖ) yaşlı Bedinan Formasyonu'nun tabanında ve Geç Permiyen (Vordiyen, 268 MYÖ) yaşlı Kaş Formasyonu'nun bölgesel Neotetis transgresyonunun tabanında çökelmiştir. Ayrıca, Kaş Formasyonu içindeki delta düzlüğü ortamında çökelmiş kömürlerin gaz üretme özelliği ise yüksektir. Orta Kambriyen (514-497 MYÖ) yaşlı Koruk Formasyonu'nun kalın algal stromatolitik karbonat kayaçları hem kaynak kaya hem de rezervuar kaya özelliklerine sahiptir (Şenalp vd., 2018).

Potansiyel rezervuar kaya özelliklerine sahip kumtaşları, genellikle kum yüklü örgülü nehir ortamında çökelmiş Zabuk Formasyonu veya üste doğru kalınlaşan ve açık denize doğru ilerleyen delta ortamlarının en sığ kısımlarındaki dağıtım kanallarının ağız kısımlarında kum barları olarak çökelmiş Sosink, Konur ve Dadaş formasyonlarıdır. Dadaş Formasyonu'nun en üst kısmını oluşturan Hazro Kumtaşı ve Konur Formasyonu kumtaşlarının verimli hidrokarbon rezervuarları oldukları bilinmektedir. Arazide ölçülen kesitler sırasında kumtaşlarının rezervuar kalitesini ve uğradıkları diyajenetik değişimleri ve bu değişimlerin gözeneklilik ve geçirimsizlik etkilerini ortaya çıkarmak için çok sayıda örnek toplanmıştır.

Geç Ordovisiyen (Hiransiyen, 445 MYÖ) Gondwana kıtasal buzullaşması hidrokarbon

oluşumları için özel bir önem taşımaktadır. Buzulların kestiği derin vadiler ve genetik ilişkili örgülü flüviyal delta ortamında çökelmiş kumtaşlarından (Yurteri Formasyonu) Diyarbakır, Bismil ve Batman bölgelerinde açılan kuyularda petrol ve gaz üretimi yapılmaktadır. Bu çökme ortamının önemli olması, rezervuar kumtaşlarının Silüriyen transgresyonunun tabanında çökelen organik madde kapsamı yüksek şeyllerle örtülmesi ve burada oluşan hidrokarbonların hidrostatik basınç nedeniyle istifin altındaki gözenekli ve geçirimli kumtaşlarına göçmesi sonucudur (Lüning vd., 2000, 2003, 2005; Şenalp, 2006a; Şenalp vd., 2018; Şenalp ve Tetiker, 2020).

Güneydoğu Türkiye’de açılacak arama kuyularının lokasyonlarının bilinçli olarak seçilebilmesi için farklı ortamlarda çökelmiş fasiyeslerin yanıl ve düşey yöndeki dağılımları, kalınlık (izopak) haritalarının çökme ortamları göz önünde tutularak haritalanması ve rezervuar fasiyesleri ile kaynak kaya fasiyeslerinin birlikte çökeldikleri alanların tespit edilmesi gerekir. Bu amaçla jeologların ve jeofizikçilerin yakın iş birliği yapmaları çok önemlidir.

EXTENDED SUMMARY

The Paleozoic successions of Southeast Turkey rest directly on the igneous Proterozoic Basement (Arabian Shield) and the sedimentary sequence was deposited continuously from the Early Cambrian (541 Ma) to Late Permian (260 Ma) times. In recent years, non-associated gas, condensate, and light oil were discovered in the sandstones and carbonates of the Paleozoic successions deposited on the Arabian Platform. Stratigraphic and sedimentologic studies of outcrop sections and the exploration and production wells from these multiple reservoirs have yielded an immense amount of data on the subsurface geology of both reservoir and non-reservoir formations. Similar successions are also present and have great exploration potentials in southeast Turkey, forming

the northern margin of the Arabian Platform (Şenalp et al., 2018). Outcrops of Neoproterozoic and Paleozoic siliciclastic and carbonate rocks were studied in the Derik (Mardin), Hazro (Diyarbakır), and Kahta (Adıyaman) regions of Southeast Turkey and provided excellent opportunities for the analysis of sedimentary facies and the development of a sequence stratigraphic framework. In the present study, the thick Paleozoic successions were subdivided into the several formations and members by their tectonically- and glacially-driven unconformities, Type-1 Sequence Boundaries, marine flooding surfaces (mfs), and Maximum Flooding Surfaces (MFS), as well as detailing the environment of their deposition.

Tectonically-induced unconformities are the result of Caledonian (419 Ma) and Hercynian (305 Ma) Orogenesis. The glacially-induced unconformities were formed as result of the lowering of sea level during both the Late Ordovician (Hirnantian, 445 Ma) and Permo-Carboniferous (Late Stephanian to Early Sakmarian 295-285 Ma) Gondwana Land Glaciations. Therefore, in some places, the Late Devonian, Carboniferous and Permo-Carboniferous successions were either eroded completely or truncated and reduced in thickness. The regional transgressions, covering Gondwana entirely, occurred as result of the melting of the thick ice mass during Early Silurian (Rhuddanian 444 Ma) and Early Permian (300 Ma) times. Additionally, several stratigraphic breaks (major unconformities and various orders of sequence boundaries) were also recognized in the successions.

In Southeast Turkey, the Neoproterozoic Crystalline Basement (Telbesmi Formation) and the lower Paleozoic (from Early Cambrian to Silurian) successions are fully preserved and well exposed in the Derik (Mardin) and Kahta (Adıyaman) areas. The most convincing evidence of the Late Ordovician Gondwana Land Glaciation (deep and narrow glacial valleys) is exposed in

Yurteri village (Derik). The upper Paleozoic successions (from Early Silurian to Late Permian) are exposed in the Hazro (Diyarbakır) area. The impacts of both Caledonian and Hercynian tectonic orogenesis can also be seen in this area where some of the Devonian, Carboniferous and Permo-Carboniferous sections were either not deposited or are now completely eroded.

In our study, the Cambrian system (541 - 485 Ma) in southeast Turkey was subdivided into the Sadan (529 - 514 Ma), Zabuk (529 - 514 Ma), Koruk (514 - 497 Ma), and Sosink formations (497 - 485 Ma). On the Arabian Platform, the MFS Cm10 (540 Ma) was recognized only in the marine algal limestone facies in the middle of the overall siliciclastic Sadan Formation. The thick, medium-grained and well-sorted sandstones deposited in the high energy braided fluvial system have high reservoir rock potential. The thick carbonate section of the Koruk Formation (Early Middle Cambrian) represents the MFS Ca20 (510 Ma). These shallow marine carbonate rocks have both source rock and reservoir rock potentials.

In Southeast Turkey, the Ordovician successions are also fully preserved and well represented along the Zabuk Valley (Derik) and in the vicinity of Bedinan (Gürmeşe) villages (Kızıltepe, Mardin). In many respects, this succession is very similar to the Ordovician succession of Saudi Arabia and other countries located on the Arabian and African Platforms (Şenalp and Al-Laboun, 2000; Şenalp, 2006a; Şenalp et al., 2018). The significant impact of the Late Ordovician glaciation was recognized and its hydrocarbon potential was fully understood. The succession consists of the Konur (485 - 470 Ma), Bedinan (470-444 Ma), and glacially-formed Yurteri Formations (445-444 Ma). The Konur Formation is a thick coarsening- and thickening-upward progradational fluvial- and wave-dominated deltaic sequence. It consists of massive shale in the lower part, interbedded shale and sandstone in the middle part, and thick,

uniform distributary mouth bar sandstone in the upper part. The base of the formation represents the Early Ordovician open marine transgression and is defined as MFS O10 (485 Ma). The thick-bedded, medium- to coarse-grained sandstone facies forming the inner mouth bar and subaqueous distributary channel-fills of the Konur Formation show great reservoir potentials. The main problem is the absence of source rock facies below this section. Recently, sweet gas and light oil were discovered in these sandstones. It is very likely that the hydrocarbon was generated in the offshore marine shale at the base of the overlying Bedinan Formation and migrated downward due to pressure differences.

The base of the Bedinan Formation is an open marine transgression on the Konur Formation and represents the MFS O20 (470 Ma). The type section of this formation consists of only one single, continuous coarsening- and thickening-upward sequence. The offshore marine shales in the lower parts of the section are gradually overlain by the interbedded shale and sandstone facies of the lower shoreface environment. After deposition of the Bedinan Formation, the entire Gondwana Land was affected by the Late Ordovician (Hirnantian 445 Ma) glaciation. The Bedinan Formation was deeply incised by narrow and U-shaped glacial valleys formed at the base of the Yurteri Formation, as defined Şenalp et al. (2018). This glaciation was short-lived (less than one million years) but affected the intracratonic basins of Mauritania, Morocco, Algeria, Libya, Egypt, Saudi Arabia, Iraq, and some parts of Turkey. The Yurteri Formation has three well-defined and genetically related glaciogenic deposits. These are: 1. Tunnel-valley deposits, 2. Glaciofluvial braided delta deposits, and 3. Glaciomarine deposits. The deep, narrow and U-shaped valleys consist of massive and thick-bedded, coarse- to medium-grained sandstone, including polished and striated pebbles (Şenalp et al., 2018). The glaciofluvial braided delta deposits consist of fining-upward, medium-fine-

grained well-sorted sandstones deposited in the lens- or wedge-shaped, vertically and laterally-stacked channels, forming a very productive hydrocarbon reservoir facies in Southeast Turkey. The glaciomarine deposits form the uppermost part of the Yurteri Formation and are composed of dark gray shale, diamictite and strongly folded sandstone blocks, slumped from the banks of glacial valleys during the deglaciation (melting phase) period of the ice mass.

The base of the Silurian system is a regional marine transgressive surface, developed as the result of fast melting of the Gondwana ice sheet. Organic rich black shale (hot shale facies) occupies the lowermost part of the section and has been dated as Early Llandovery (Rhuddanian), representing the MFS S10 (444 Ma). This hot shale facies is the most prolific source rock covering the entire Arabian and African plates (Lüning et al., 2000, 2003, 2005). In Southeast Turkey, the Silurian succession is called the Dadaş Formation. It consists of one single coarsening- and thickening-upward fluvial- and tide-dominated deltaic sequence. The section was divided by Şenalp et al. (2018) into four informal members (hot shale, cap carbonate, lean shale, deltaic sandstone). The distributary mouth bar sandstones, just below the Devonian section, is the oil-producing Hazro reservoir. The hydrocarbons formed in the organic rich hot shale facies of the Dadaş Formation have migrated downward into the glaciofluvial sandstones due to hydrostatic pressure or migrated upward through fault systems into the deltaic sandstones of the Hazro reservoir (Şenalp et al., 2018; Şenalp and Tetiker, 2020). In the measured type section and in some exploration wells, the upper part of the Hazro reservoir was partly or completely eroded by the regional unconformity surface formed by the Caledonian Orogenesis (419 Ma). The lower part of the section consists of greenish gray shale overlain by interbedded sandstone and shale facies. The upper part of the measured section is represented by thickly-bedded algal dolomitic limestone.

The Devonian succession of southeast Turkey is defined as the Kayayolu Formation and is exposed in the Hazro area of the Diyarbakır region. This region was tectonically active during the entire Paleozoic era; therefore, the Devonian succession was severely affected by these multiple tectonic events and only the lowermost part of the succession is preserved. This explains why the type section of the formation has been defined in the exploration wells Kayayolu-2 and Kayayolu-4 by Bozdoğan et al. (1987). In the Hazro area, its upper part was cut and eroded by the Hercynian Unconformity (305 Ma) and only the lower part of the formation resting on the Caledonian erosional has been preserved. It is composed mainly of algal stromatolitic limestone and thin beds of shale. The reservoir quality of the carbonate section, studied at the outcrop measured, is very poor for hydrocarbon accumulation. At outcrops in the Diyarbakır region, the Carboniferous and Permian-Carboniferous successions are not represented. They may have not been deposited in the first place or may have been eroded by younger unconformities when the region was uplifted during the Early Permian period.

The stratigraphic succession deposited during the Permian system in the Hazro area extends between the Pre-Kuşdamı Unconformity surface (290 Ma) at the base and the Maximum Flooding Surface P20 (MFS P20, 260 Ma) that developed at the base of the thick carbonate succession of the Gomanibrik Formation. This succession includes the continental red bed sequence of the Kuşdamı Formation and the shallow marine Kaş Formation. These two formations are separated by the Pre-Kaş Unconformity surface. The Kuşdamı Formation correlates with the Unayzah Formation in Saudi Arabia and the Gharif Formation in the Sultanate of Oman. The Kaş Formation correlates with the Ash-Shiqqah Formation of Saudi Arabia (Şenalp and Al-Duaiji, 2001b).

The Early-Middle Permian Kuşdamı Formation was first defined by Şenalp et al. (2018) who studied the outcrop exposed between

the Dadaş and Kuşdamı villages. The continental sediments sit directly on the algal limestones of the Devonian section, and are overlain by the coal-bearing deltaic sediments of the Kaş Formation. The formation is also encountered in the cores cut in the exploration wells drilled in Diyarbakır region. The Kuşdamı Formation is 32.10 m thick and consists of red colored, massive-looking mudstones and lenticular freshwater limestones. In the subsurface, there are 2 to 5 m thick evaporites (mainly anhydrite) interbedded with these red mudstones deposited in the inland playa environment.

The Late Permian Kaş Formation was first defined by Bozdoğan et al. (1987) near the village of Dadaş in Hazro county in Diyarbakır region. The marine sediments at the base transgressively overlie the continental red bed mudstones of the Kuşdamı Formation. There is a thick caliche-formed paleosol between these two formations, indicating a significant time gap in the section. This transgression is directly related with the opening of the Neotethys Ocean. The type section is 45.1 m thick, and consists of interbedded shale, carbonaceous shale, thick coal beds and well developed thick delta distributary channel-fill sandstones, indicating a prograding shallow marine and fluvial-dominated deltaic environment (Şenalp et al., 2018). The lens- and wedge-shaped sandstones are generally isolated in the coaly shale facies. In some cases, two channel-fill sandstones are vertically- and laterally-stacked, forming a promising reservoir facies. The carbonates of the Gomanibrik Formation conformably overlie the Kaş Formation. The base of the carbonates represents MFS P20 (260 Ma) and correlates with the base of the Khuff Formation of Saudi Arabia, Qatar and Oman (Şenalp and Al-Duaiji, 2001; Şenalp, 2006b).


KATKI BELİRTME

Bu çalışma, birinci yazarın 30 yılı aşkın bir süre Suudi Arabistan'ın ulusal şirketi Suudi Aramco Petrol Şirketi'nde ve TPAO Arama

Grubu çatısı altında Paleozoyik projesi çerçevesi içinde yaptığı stratigrafik ve sedimantolojik çalışmalara dayandırılmıştır. Kurumların arazi çalışmaları ve ofiste yapmış oldukları desteklerden dolayı teşekkürlerimizi arz ederiz. Sayın Prof. Dr. Nizamettin Kazancı ve Prof. Dr. Cemal Göncüoğlu'na bu yayının hazırlanıp ortaya çıkmasındaki bilimsel katkı ve desteklerinden dolayı kendilerine teşekkür ederiz. Ayrıca arazi çalışmalarına yaptığı lojistik katkılarından dolayı Batman Üniversitesi Yüksek Lisans öğrencisi Hasan Taş ve bazı şekillerin çizimindeki katkılarından dolayı Mahir Kaya'ya teşekkür ederiz.

ORCID

Muhittin Şenalp  <https://orcid.org/0000-0003-2144-0091>

Sema Tetiker  <https://orcid.org/0000-0001-5158-7364>

Murat Şentürk  <https://orcid.org/0000-0002-9672-3021>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Al-Hadidy, A.H. (2007). Paleozoic Stratigraphic Lexicon and Hydrocarbon Habitat of Iraq. *GeoArabia*, 12(1), 63-130.
- Al-Hajri, S. A. (1995). Biostratigraphy of the Ordovician Chitinozoa of northwestern Saudi Arabia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89, 27-48.
- Al-Husseini, M.I. (1989). Tectonic and depositional model of Late Precambrian–Cambrian Arabian and adjoining plates. *AAPG Bulletin* 73(9), 1117–1131. <https://doi.org/10.1306/44B4A54B-170A-11D7-8645000102C1865D>
- Al-Husseini, M.I. (2000). Origin of the Arabian plate structures: amar collision and Najd rift. *GeoArabia* 5, 527–542.
- Al-Husseini, M. (2011). Late Ediacaran to early Cambrian (Infracambrian) Jibalah group of Saudi Arabia. *GeoArabia*, 16, 69–90.
- Al-Saleh, A. M., Boyle, A. P. & Mussett, A. E. (1998). $^{40}\text{Ar}/^{30}\text{Ar}$ dating of the Halaban ophiolite and associated units: evidence for two-stage orogenesis in the eastern Arabian shield. *Journal*

- of the Geological Society* 155, 165–175. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.155.1.0165>
- Amthor, J. E., Grotzinger, J. P., Schroder, S., Bowring, S. A., Ramezani, J., Martin, M. W. & Matter, A. (2003). Extinction of Cloudina and Namalathus at the Precambrian-Cambrian boundary in Oman. *Geology*, 31(5), 431–434. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2003\)031<0431:EOCAN A>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2003)031<0431:EOCAN A>2.0.CO;2)
- Andrews, I. J. (1991). *Palaeozoic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan*. Subsurface Geology Bulletin, 2: Geology Directorate, NRA, Amman.
- Aqrawi, A. A. M. (1998a). Paleozoic stratigraphy and petroleum systems of the western and southwestern deserts of Iraq. *GeoArabia*, 3(2), 229-248.
- Aqrawi, A. A. M. (1998b). Errata: Paleozoic Stratigraphy and petroleum Systems of the western and southwestern deserts of Iraq. *GeoArabia*, 3, 417-418.
- Bakor, A. R., Gass, I. G., Neary, C. R. (1976). Jabal al Wask, northwest Saudi Arabia: an Eocambrian back-arc ophiolite. *Earth and Planetary Science Letters*, 30, 1–9.
- Bentor, Y. K. (1985). The Crustal Evolution of the Arabo-Nubian Massif with Special Reference to the Sinai Peninsula. *Precambrian Research*, 28, 1-74.
- Bozdoğan, N., Bayçelebi, O. ve Willink, R. (1987). Güneydoğu Anadolu Hazro Bölgesinde (X. Bölge Kuzeyi) Paleozoyik Stratigrafisi ve Petrol Üretkenliği. Jeoloji Bildirileri. *Türkiye 7. Petrol Kongresi*, Ankara, 117-130.
- Blumenthal, M. M. (1947). *Seydişehir-Beyşehir hinterlandındaki Toros Dağlarının Jeolojisi* (Seri D, no. 2). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Broutin, J., Roger, J., Platel, J.-P., Angiolini, L., Baud, A., Bucher, H., Marcoux, J. & Al Hashmi, H. (1995). The Permian Pangea. Phytogeographic implications of new paleontological discoveries in Oman (Arabian peninsula). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Série II Fascicule a-Sciences De La Terre Et Des Planetes*, 321, 1069–1086.
- Cobb, R. E. (1957). *Columnar section Bedinan-Kanisorik-Paleozoic* (Arşiv no. 576). TPAO Arama Grubu.
- Craig, J., Thurow J., Thusu B., Whitham, A. & Abutarruma Y. (2009). Global neoproterozoic petroleum systems and the emerging potential. In J. Craig, J. Thurow, B. Thusu, A. Whitham, & Abutarruma (Eds.), *North Africa* (pp. 1–24). Geological Society, London Special Publications, 326.
- Craig, J., Grico D., Reborra A., Serrafin, G. & Tebaldi A. (2010). Petroleum Geology: From Mature Basins to New Frontiers. In B. A. Vining, S C. Pickering, (Eds), *Proceedings of the 7th Petroleum Geology Conference From Neoproterozoic to Early Tertiary: exploring the potential of older and deeper hydrocarbon plays across North Africa and the Middle East*. Geological Society, London, 673–705.
- Dean, W. T. (1967). The correlation and Trilobite fauna of the Bedinan formation (Ordovician) in South-eastern Turkey. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. *Geology*, 15, 81-123
- Dean, W. T. (1983). Additional Faunal data for the Bedinan Formation (Ordovician) of south-eastern Turkey. *Special Paper in Palaeontology* 30, 99-105.
- Dean, W.T. & Monod, O. (1970). The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey, I. Stratigraphy. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. *Geology*, 19, 413-426.
- Dean, W. T. ve Monod, O. (1990). Revised stratigraphy and relationships , of the Lower Palaeozoic rocks, eastern Taurus Mountains, south central Turkey. *Geological Magazine*, 127, 333-347.
- El-Khayal, A. A., Chaloner, W. G. & Hill, C. R. (1980). Paleozoic Plants from Saudi Arabia. *Nature*, 285, 33-34. <https://doi.org/10.1038/285033a0>
- El-Khayal, A. A. & Wagner, R. H. (1985). Upper Permian Stratigraphy and Megaflores of Saudi Arabia: Paleogeographic and Climatic Implications. *Compte Rendu X Congress International Stratigraphie Geologie Carbonifere, Madrid*, 17-26.
- Gass, I. G. (1981). Pan African (Upper Proterozoic) plate tectonics of the Arabian-Nubian shield. In A. Kröner (Ed.), *Developments in Precambrian Geology, Precambrian Plate Tectonics* (pp.387-405). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(08\)70020-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(08)70020-3)

- Ghienne, J. F., Kozlu, H., Dean, W. T., Günay, Y. & Monod, O. (2001). Discovery of the Northernmost Gondwanan evidence of an Upper Ordovician Glacier: Southern Turkey. In: EUG XI, Strasbourg, Abstracts.
- Ghienne, J. F., Monod, O. & Dean, D. W. (2010). Cambrian-Ordovician sequences in the Middle East: A perspective from Turkey. *Earth-Science Reviews*, 101(3-4), 101-146.
- Girard, F., Ghienne, J. F. & Rubino, J. L. (2012). Channelized sandstone bodies ('cordons') in the Tassili N'Ajjer (Algeria & Libya): snapshots of a Late Ordovician proglacial outwash plain. In M. Huuse, J. Redfern, D. Le Heron, R.J. Dixon, A. Moscariello & J. Craig (Eds.), *Glaciogenic Reservoirs and Hydrocarbon Systems, Special Publications 368* (pp.355-379). Geological Society, London. <https://doi.org/10.1144/SP368.3>
- Guitt, F. A., Al-Lawti, M. H. & Nederlof, R. J. R. (1995). *Seeking New Potential in the Early-Late Permian Gharif Play, West Central Oman*. In M. I. Hussein (Ed.), Middle East Petroleum Geosciences Conference. GEO'94 Gulf PetroLink, Bahrain, 2, 447-462.
- Hadley, D. G. & Schmidt, D. L. (1980). Sedimentary rocks and basins of the Arabian Shield and Their evolution. In P.G. Cooray, S.A.Tahoun (Eds.), *Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield, Bulletin 3, Volume 4*, (pp. 26-50). Institute of Applied Geology, King Abdulaziz University: Jiddah, Saudi Arabia.
- Hirst, J. P. P., Benbakir, A., Payne, D. F. & Westlake, I. R. (2002). Tunnel Valleys and Density Flow Processes in the upper Ordovician glacial succession, Illizi Basin, Algeria: influence on reservoir quality. *Marine and Petroleum Geology*, 25, 297-324.
- Hoffman, P.F. & Schrag, D. P. (2000). Snowball Earth. *Scientific American*, 282(1), 68-75.
- Huckriede, R., Kürsten, M. & Venzlaff, H. (1962). *Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran)*. In Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 51, (197 p). Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung.
- Hughes, G.W. & Filatoff, J. (1995). New biostratigraphic constraints on Saudi Arabian Red Sea pre-and syn-rift sequences. In M.I. Al-Husseini (Ed.), *Middle East Petroleum Geosciences GEO'94* (517-528). Gulf PetroLink, Bahrain, 2.
- Hughes, G.W. & Johnson, R. S. (2005). Lithostratigraphy of the Red Sea Region. *GeoArabia*, 10(3). 49-129.
- Huuse, M., Le Heron, D. P., Dixon, R., Redfern, J., Moscariello, A. & Craig, J. (2012). Glaciogenic reservoirs and hydrocarbon systems: an introduction. In M. Huuse, J. Redfern, D. Le Heron, R. J. Dixon, A. Moscariello & J. Craig (Eds.), *Glaciogenic Reservoirs and Hydrocarbon Systems, Special Publications 368* (pp.1-28). Geological Society, London. <https://doi.org/10.1144/SP368.19>
- Johnson, P. R. (1996). *Proterozoic Geology of Western Saudi Arabia, East-central Sheet* (Open-File Report USGS-OF-96-4, scale 1:500,000). Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources.
- Johnson, P. R. (2003). Post-amalgamation basins of the NE Arabian shield and implications for Neoproterozoic III tectonism in the northern East African orogen. *Precambrian Research*, 123(2-4), 321-337. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00074-3](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00074-3)
- Johnson, P. R. & Kattan, F. (1999). The Ruwah, Ar Rika, and HalabanZarghat fault zones: northwest-trending Neoproterozoic brittle-ductile shear zones in west-central Saudi Arabia. In: H. de Wall, R. O. Greiling, (Eds.), *Aspects of Pan-African Tectonics* (pp. 75-79). International Cooperation, Bilateral Seminars of the International Bureau 32, Forschungszentrum Jülich, Germany,
- Johnson, P. R. & Kattan, F. H. (2001). Oblique sinistral transpression in the Arabian shield: the timing and kinematics of a Neoproterozoic suture zone. *Precambrian Research*, 107 (1-2), 117-138. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(00\)00157-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(00)00157-1)
- Johnson, P. R. & Kattan, F. H. (2012). *The geology of the Saudi Arabian Shield*. Jeddah, Saudi Geological Survey.
- Johnson, P. R., Kattan, F. H. & Al-Saleh, A. M. (2004). Neoproterozoic ophiolites in the Arabian Shield: Field relations and structure. T.M. Kusky (Ed.), *Precambrian Ophiolites and related rocks: Developments in Precambrian Geology* (13, 129-162). Elsevier, Amsterdam.
- Kavak, O., (2007). *Hazro Bölgesinin Kömür Potansiyeli ve Hidrokarbon Özellikleri*. 16th International Petroleum and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey, May, 2007. Organizations: TAPG.

- Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO.
- Ketin, İ. (1966). Güneydoğu Anadolu'nun Kambriyen teşekkülleri ve bunların Doğu İran kambriyen ile mukayesesi. *MTA Dergisi*, 66, 75-87.
- Kocurek, G. & Nielson, J. (1986). Conditions favourable for the formation of warm-climate eolian sand sheets. *Sedimentology*, 33(6), 795-816.
- Konert, G., Afifi, A. M., Al-Hajri, S. A., Al Naim, A. A. & Droste, H. J. (2001). Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian plate. *AAPG Memoir*, 74, 483-515.
- Kröner, A. (1985). Ophiolites, and the evolution of tectonic boundaries in the late Proterozoic Arabian-Nubian shield of Northeast Africa and Arabia. *Precambrian Research* 27, 277-300.
- Kröner A., Todt, W., Hussein, I. M., Mansour, M. & Rashwan, A. (1992). Dating of late Proterozoic ophiolites in Egypt and the Sudan using the single grain zircon evaporation technique. *Precambrian Research*, 59(1-2), 15-32. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(92\)90049-T](https://doi.org/10.1016/0301-9268(92)90049-T)
- Lüning, S., Craig, J., Loydell, D. K., Storch, P. & Fitches, W. (2000). Lowermost Silurian hot shales in north Africa and Arabia: regional distribution and depositional model. *Earth Science Reviews*, 49, 121-200.
- Lüning, S., Kolonic, S., Loydell, D. K. & Craig, J. (2003). Reconstruction of the original organic richness in weathered Silurian shale outcrops (Murzuq and Kufra basins, southern Libya). *GeoArabia*, 8, 299-308.
- Lüning, S., Shahin, Y. M., Loydell, D., Al-Rabi, H. T., Masri, A., Tarawneh, B. & Kolonic, S. (2005). Anatomy of a world-class source rock: distribution and depositional model of Silurian organic-rich shales in Jordan and implications for hydrocarbon potential. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 89, 1397-1427.
- Molyneux, S. G. & Al-Hajri, S. (2000). Palynology of Problematic Lower Paleozoic Lithofacies in Central Arabia. In: Al-Hajri and B. Owens (Eds.), *Stratigraphy of the Paleozoic of Saudi Arabia* (pp. 277-294). GeoArabia Special Publication 1. Gulf Petrolink.
- Monod, O., Kozlu, H., Ghienne, J.-F., Günay, Y., Le Herisse, A., Paris, F. & Robardet, M. (2003). Late Ordovician glaciation in southern Turkey. *Terra Nova* 15, 249-257.
- Moreau, J. (2005). *Architecture stratigraphique et dynamique des dépôts glaciaires ordoviciens du Bassin de Murzuk (Libye)* [Unpublished doctoral dissertation]. Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Moses, H.F. (1936). *Geological report on the Mardin-Cizre region. Southeastern Turkey* (Derleme No:212). sbkdrndrodoMaden Tetkik Arama Enstitüsü.
- Nayıroğlu, Ü. (2019). *3B Sismik Yorumlamada Farklı Hız Modellerinin Kullanılması ve Derinlik Dönüşümüne Katkılarının incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Naylor, D., Al-Rawi, M., Clayton, M., Fitzpatrick, M. J. & Green, P. F. (2013). Hydrocarbon Potential of Jordan. *Journal of Petroleum Geology*, 36(3), 205-236. <https://doi.org/10.1111/jpg.12553>
- Nehlig, P., Genna, A., Asfirane, F., Dubreuil, N., Guerrot, C., Eberlé, J. M., Kluyver, H. M., Lasserre, J. L., Le Goff, E., Nicol, N., Salpeteur, N., Shanti, M., Thiéblemont, D. & Truffert, C. (2002). A review of the Pan-African evolution of the Arabian Shield. *GeoArabia*, 7, 103-124.
- Özdemir, F. ve Ünlügenç, U. C. (2013). Gökiçi (Diyarbakır) Yapısının Stratigrafisi ve Hidrokarbon Potansiyeli Açısından İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 127-141.
- Özgül, N. (1971). Orta Torosların kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 14(1), 85-101. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/54938/753186>
- Özgül, N. ve Gedik, İ. (1973). Orta Toroslar'da Alt Paleozoyik yaşta Çaltepe kireçtaşı ve Seydişehir formasyonunun stratigrafisi ve konodont faunası hakkında yeni bilgiler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 16 (2), 39-52.
- Pallister, J. S., Stacey, J. S., Fischer, L. B. & Premo, W. R. (1988). Precambrian ophiolites of Arabia: Geologic settings, U-Pb geochronology, Pb-

- isotope characteristics, and implications for continental accretion. *Precambrian Research*, 38, 1–54
- Quick, J. E. (1991). Late Proterozoic transpression of the Nabitah fault system implications for the assembly of the Arabian shield. *Precambrian Research*, 53, 119–147.
- Rubino, J. L., Deynoux, M., Ghienne, J. F., Moreau, J., Blanpied, C., Lafont, Andres-Calatrava, F. R., Galeazzi, S. Mynth, T. & Sommer, F. (2003). Late Ordovician Glaciation in Northern Gondwana, Reappraisal and Petroleum Implications. *Geology*, 19, 117–142.
- Sayılı, A., Tandırcıoğlu, A., Temel, R. Ö., Can, H. & Yılmaz, E. (2012). *Paleozoic Petroleum Geology and New Oil Fields Discoveries in Area-147/3-4, Murzuq Basin in Libya, A Field Trip Guide Book*. Kayseri, Turkey. Erciyes University.
- Sharland, R. P., Archer, R., Casey, R. B., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D. & Simmons, M. D. (2001). *Arabian Plate Sequence Stratigraphy*. GeoArabia Special Publication 2.
- Schmidt, G. (1965). Proposed rock unit nomenclature, Petroleum District V, SE-Turkey (autochthonous terrain). Chart 1. In *Stratigraphic Committee*, Turkish Association of Petroleum Geologists, Ankara.
- Siyako, M., Şeker, H., Bahtiyar, İ., Özdemir, İ., Kılınç, S. F., Arslan, M. D., Karaçay, A., Özsoy, S. ve İşdiken, B. (2015). *Batman, Beşiri, Kurtalan, Raman ve Gercüş Civarının Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları* (Rapor no. 5546). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu.
- Stephenson, H. M. & Filatoff, J. (2000a). Correlation of Carboniferous-Permian Palynological Assemblages from Oman and Saudi Arabia. In S. Al-Hajri & B. Owens (Eds.), *Stratigraphic Palynology of the Paleozoic of Saudi Arabia* (pp. 168-191). GeoArabia Special Publication 1. Gulf PetroLink, Bahrain.
- Stephenson, H. M. & Filatoff, J. (2000b). Description and Correlation of Late Permian Palynological Assemblages from the Khuff Formation, Saudi Arabia and Evidence for the Duration of the pre-Khuff Hiatus. In S. Al-Hajri & B. Owens (Eds.), *Stratigraphic Palynology of the Paleozoic of Saudi Arabia* (pp. 192-215). GeoArabia Special Publication 1. Gulf PetroLink, Bahrain.
- Stern, R. J. (1994). Arc assembly and continental collision in the Neoproterozoic East African orogen. Implications for the consolidation of Gondwanaland. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 319-351.
- Stern, R. J., Johnson, P. R., Kroner, A. & Yibas, B. (2004). Neoproterozoic ophiolites of the Arabian-Nubian Shield. *Developments in Precambrian Geology*, 13, 95–128.
- Stern, R. J. & Johnson, P. (2010). Continental Lithosphere of the Arabian Plate; a Geologic, Petrologic, and Geophysical Synthesis. *Earth Science Reviews*, 101, 29-67.
- Stern, R. J., Avigad, D., Miller, N. R. & Beyth, M. (2006). Evidence for the snowball Earth hypothesis in the Arabian-Nubian Shield and the east African Orogen. *Journal of African Earth Sciences*, 44(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.10.003>
- Stern, R. J., Johnson, P. R., Ali, K. A. & Mukherjee, S. (2011). Evidence for early and mid-cryogenian glaciation in the northern Arabian-Nubian Shield (Egypt, Sudan, and western Arabia). In E. Arnaud, G. P. Halverson, & G. Shield-Zhou (Eds), *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciation* (pp. 277–284). Geological Society, London.
- Stoeser, D. B. & Camp, V. E. (1985). Pan-African microplate accretion of the Arabian Shield. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 917-826.
- Stoeser, D. B. & Frost, C. D. (2006). Nb, Pb, St, and O isotopic characterization of Saudi Arabian Shield terrenes: *Chemical Geology*, 226, 163-188.
- Stoeser, D. B. & Stacey, J. S. (1988). Evolution, U-Pb geochronology, and isotope geology of the Pan-African Nabitah orogenic belt of the Saudi Arabian Shield. In S. El-Gaby & R. O. Greiling, (Eds.), *The Pan-African Belt of Northeast Africa and Adjacent Areas* (pp. 227–288). Braunschweig/Wiesbaden, Vieweg and Sohn.
- Stolle, E. (2010). Recognition of southern Gondwanan palynomorphs at Gondwana's northern margin and biostratigraphic correlation of Permian strata from SE Turkey and Australia. *Geological Journal*, 45(2-3), 336–349. <https://doi.org/10.1002/gj.1215>
- Stolle, E., Yalçın, N. & Kavak, O. (2011). The Permian Kas Formation of SE Turkey palynological

- correlation with strata from Saudi Arabia and Oman. *Geological Journal*, 46, 561–573.
- Stöcklin, J., Ruttner, A. & Nabavi M. (1964). *New data on the Lower Paleozoic and Precambrian of North Iran* (Report no. 1). Geological Survey of Iran.
- Şenalp, M. (2006a). *Stratigraphy and Sedimentology of the Paleozoic Successions in Saudi Arabia, (Volume 1)*. Upstream Ventures Department of Saudi Aramco.
- Şenalp, M. (2006b). *Stratigraphy and Sedimentology of the Paleozoic Successions in Saudi Arabia, (Volume 2)*. Upstream Ventures Department of Saudi Aramco.
- Şenalp, M. (2016). Kızıldeniz'in Açılımı ve Midyan Havzası'nın Stratigrafik Evrimi (KB Suudi Arabistan. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 28(1), 29-58.
- Şenalp, M. & Al-Duaiji, A. A. (1995). *Stratigraphy and Sedimentation of the Unayzah Reservoir Central Saudi Arabia*. In M. I. Hussein (Ed.), Middle East Petroleum Geosciences Conference. GEO'94 Gulf Petrolink, Bahrain, 2, 837-847
- Şenalp, M. & Al-Duaiji, A. A. (2001a). Qasim Formation: Ordovician storm- and tide-dominated shallow marine siliciclastic sequences, Central Saudi Arabia. *GeoArabia*, 6, 233-268.
- Şenalp, M. & Al-Duaiji, A. A. (2001b). Sequence Stratigraphy of the Unayzah Reservoir in Central Saudi Arabia. *The Saudi Aramco Journal of Technology*, 20-43.
- Şenalp, M. & Al-Laboun, A. (2000). New Evidence on the Late Ordovician Glaciation in Central Saudi Arabia. *Saudi Aramco Journal of Technology*, 11-40.
- Şenalp, M., Bahtiyar, I., Isikalp, U., Uz, E. & Kaya, M. 2018. *Sequence Stratigraphy and Sedimentology of the Paleozoic Successions on the Arabian Platform and Their Impact to Hydrocarbon Explorations in Southeast Turkey*. Turkish Association of Petroleum Geologists, 396 p.
- Şenalp, M. & Tetiker, S. (2020). Sedimentology and Hydrocarbon Potentials of the Late Ordovician glacial deposits on the Arabian Platform and Southeastern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(3), 455-500.
- Taylor, S.R. (1955). *Stratigraphic studies Bozova (Urfa) area (Mobil Exploration Mediterranean Inc. Report)*. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu No. 1.
- Tromp, S. W. (1941). *Preliminary compilation of the stratigraphy, structural features and oil possibilities of Southeastern Turkey and a comparison with neighboring areas*. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınları, Seri A, No.4, 19-34.
- Turner, R. B., Makhoulouf, M. I. & Armstrong A. H. (2005). Late Ordovician (Ashgillian) glacial deposits in Southern Jordan. *Sedimentary Geology*, 181, 73-91.
- Vail, J. R. (1985). Panafrican (late Precambrian) tectonic terrains and the reconstruction of the ArabianNubian Shield. *Geology*, 13, 839–842.
- Vaslet, D. (1990). Upper Ordovician glacial deposits in Saudi Arabia. *Episodes*, 13, 147-161.
- Weber, K. J. (1987). Computation of initial well productivities in aeolian sandstone on the basis of a geological model, Leman gas field, UK. In R. W. Tillman & K. J. Weber (Eds.), *Reservoir Sedimentology* (333–354). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 40. <https://doi.org/10.2110/pec.87.40.0333>
- Wolfart, R. (1981). Lower Paleozoic rocks of the Middle East, In: C. H. Holland (Ed.), *Lower Paleozoic rocks of the Middle East, Eastern and Southern Africa, and Antarctica* (6-130). Wiley, Chichester.
- Yılmaz, E. ve Duran, O. (1997). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton ve Allohton Birimler Stratigrafi Adlana Sözlüğü*. TPAO Araştırma Grubu, Ankara, Eğitim Yayınları No: 31.



Van Çevresindeki (Doğu Türkiye) Urartu Yerleşim Merkezlerinde (Van Kalesi, Aşağı ve Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt ve Menua Kanalı Tarihi Yerleri) Kullanılan Kayaçlara İlişkin Petrografik Gözlemler

*Petrographic Observations Related to Rocks used in Urartu Settlements
(Van Castle, Aşağı and Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt and Menua Canal Historical Sites) around Van (Eastern Turkey)*

Aslı Karabaşoğlu^{1*}, Özgür Karaoğlu², Rifat Kuvanc³

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, 03200 Afyonkarahisar

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Meşelik Yerleşkesi 26480 Eskişehir

³ Iğdır Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sanat Tarihi Bölümü, 76000 Iğdır

• Geliş/Received: 18.06.2020 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 05.10.2020 • Kabul/Accepted: 16.11.2020
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.01.2021 • Baskı/Printed: 30.04.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Van ve yakın çevresi, tarihin en erken dönemlerinden itibaren birçok uygarlığın izlerini taşıyan yerleşimlere sahip önemli bir bölgedir. Bu bölgedeki uygarlıklardan geriye kalan en görkemli kalıntılar MÖ 9. yüzyılın ortalarından itibaren Van merkezli olarak kurulmuş olan Urartu Krallığı'na aittir. Urartu Krallığı'nın başkenti Van Gölü'nün hemen doğu kıyısında yükselen Van Kalesi Kayalıklarında kurulmuş olan Tuşpa'dır (Van Kalesi). Urartu Krallığı'nın başkenti Tuşpa'nın yanı sıra çok sayıda kale, kent yerleşimi, içinde baraj ve kanalların da bulunduğu çok sayıda diğer mimari projelerden geriye kalan mimari kalıntılar, Van Gölü'nün doğu kesiminde yoğun bir biçimde gözlenmektedir. Bu merkezi bölgenin jeolojik yapısını göz önüne aldığımızda, Tuşpa'nın, bölgenin temel kayalarını oluşturan Bitlis Metamorfikleri, Üst Kretase ofiyolitleri ve "Tersiyer" yaşlı denizel çökeller ve karasal kayaçlardan oluşan Van Formasyonu üzerine kurulduğu görülmektedir. Bu çalışma; Urartu Krallığı'na ait Van Kalesi, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran Kalesi, Körzüt Kalesi ve Menua Kanalı'nda yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taş türlerini oluşturan kayaçların petrografik özelliklerini belirlemek ve litolojik sınıflamasını yapmak, ayrıca bu doğal taşların, hangi ocaklardan çıkarıldıklarına dair jeolojik kökenlerinin tespitine yönelik olarak yaklaşımlarda bulunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Urartu yerleşim merkezlerindeki mimari yapılarda ve kalıntılarında kullanılan doğal taşlardan temsili örnekler alınmış ve bu örneklerin ince kesitleri hazırlanarak, polarizan petrografi mikroskobunda incelenmiş ve petrografik özellikleri tayin edilerek litolojik olarak sınıflandırılmıştır. Urartu yerleşimlerindeki mimari yapı grupları incelendiğinde farklı türde yapı malzemelerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu yapıların inşa edilmesinde kullanılan doğal taşların kayaç türleri genel olarak magmatik ve sedimanter kökenliler olarak iki ana grup altında sınıflandırılmıştır. Van Gölü Havzası'ndaki merkezlerde, ana yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşlarda kireçtaşı, traverten ve kumtaşı türündeki sedimanter kökenli kayaçlar kullanılmıştır. Van Gölü'nün kuzey ve batısında yer alan merkezlerde ise gabro, bazalt, andezit ve serpantin türündeki magmatik kayaçlar daha yoğun olarak tercih edilmiştir. Urartu merkezlerinde kullanılan doğal taş kaynak alanlarının tespiti konusunda ise Urartular'ın öncelikle en yakındaki ocaktan malzeme temini yaptıkları gözlenmektedir. Bu kaynak kullanımı, özellikle yapının üzerinde inşa edildiği kayalık veya yakındaki başka bir bölgede de mümkün olabilmektedir. Ancak özellikle çivi yazıtlarında ve tapınak gibi anıtsal mimari yapılarda kullanılan yapı malzemeleri doğrultusunda ise uzak kaynaklardan da doğal taş temininin gerçekleştiği görülmektedir. Bölgenin jeolojisi dikkate alındığında ve yapılan incelemeler doğrultusunda,

Urartu merkezlerindeki mimari yapı ve kalıntılara ait doğal taşlardan, magmatik kökenlilerden kireçtaşlarının Van Gölü'nün kuzey ve batısında yer alan bölgelerden; sedimanter kökenlilerden kireçtaşlarının Erçek Gölü'nün güney kesiminden, travertenlerin ise Edremit bölgesindeki ocaklardan getirilmiş olduklarına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal taş, kaleler, mimari yapılar, petrografi, Urartu Krallığı, Van.

Abstract: *Van and its vicinity have been a prominent region with settlements recording many civilizations since the earliest periods in history. The most stunning remains of civilizations in this region belong to the Urartian Kingdom, which was established in the centre of Van from the middle of the 9th century BC. The capital city of the Urartian Kingdom was Tushpa (Van Castle), which was established on the Van Castle rock cliffs rising on the eastern shore of Lake Van. In addition to Tushpa, the capital of the Kingdom of Urartu, the architectural remains of many castles, urban settlements, and other architectural structures, including dams and water canals, are extensively observed in the eastern part of Lake Van. Considering the geological structure of this central region, it appears that the Kingdom's settlements and architectural structures were founded on the Van formation, which consists of Bitlis Metamorphics, Upper Cretaceous Ophiolites and Tertiary deep-sea sediments that form the basement rocks in the region. This study was carried out to determine petrographic characteristics and classify rock types of natural stones used as building materials in Van Castle, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran Castle, Körzüt Castle and Menua Canal belonging to the Urartian Kingdom. A secondary purpose was to use a geological approach to determine the quarries from which they were extracted. For this purpose, representative natural stone samples were taken from the architectural structures and their remains in the settlement centres of Urartian Kingdom in order to prepare rock thin sections of natural stone samples. The thin sections were examined under polarising petrographic microscope to determine petrographic features and classify the rock types. When the architectural building groups in Urartian settlements are examined, different natural stones were mostly used as building materials. The rock types of these natural stones used in construction of these structures are generally classified under two main groups as igneous and sedimentary origin. Sedimentary rock types such as limestone, travertine and sandstone were preferred as the main building material in settlement centres around the Lake Van Basin. Additionally, igneous rocks types such as gabbro, basalt, andesite and serpentinite were preferred more intensely in centres which are located around the north and western part of Lake Van. At the point of determining the sources of rock types used as natural stone building materials in the Urartian centres, it was concluded that Urartu primarily supplied those materials from the nearest quarry sites. The use of this material is also possible especially from rocky or other nearby areas on which the structure was built. However, in line with the materials used in cuneiform inscriptions and monumental architectural structures such as temples, etc, the supply of building materials was also provided by distant sources. Considering the geology of the region, it is suggested that essential findings were obtained showing that igneous rocks were brought from the areas north and west of Lake Van, while sedimentary rocks are represented by limestones from the southern part of Lake Erçek, and travertine rocks from quarries in the Edremit region.*

Keywords: *Architectural structures, castles, natural stones, petrography, Urartian, Van.*

GİRİŞ

Urartu Krallığı, başkent Tuşpa'nın (Van Kalesi) yer aldığı Van Gölü Havzası'nda MÖ 9. yüzyılın ortalarında kurulmuştur. Bölgede bulunan mimari yapılarından başlıca; saraylarını, sütunlu kabul salonlarını, kule biçimli tapınak yapılarını içinde barındıran ve güçlü surlarla korunan kaleler ile kalelerin etrafındaki geniş aşağı yerleşimler Urartu döneminde inşa edilmiştir. Tarımsal ürünlerin elde edildiği verimli ovaları sulayan sulama sistemleri, yollar, kalelerde yer alan ve en güzel örnekleri

Tuşpa'dan bilinen kaya mezarları, rizalitli ve kare planlı tapınaklar bölgeye Urartu'ların getirdiği yenilikler arasındadır (Salvini, 2006).

Urartu yerleşimlerinden günümüze ulaşan mimari kalıntıların önemli bir bölümü doğal taş malzemeleri oluşturan farklı tür ve kökendeki kayalardan meydana gelmektedir. Gerek kazı gerekse arazi çalışmaları ile Urartu yapılarında ana yapı malzemesi olarak farklı doğal taş türlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin çivi yazıtlı yapı blokları ile stellerin büyük kısmında

doğal taş olarak volkanik kökenli kayaçlar kullanılmıştır (Belli, 2000). Aynı zamanda kalker (kireçtaşı), traverten ve kumtaşı gibi farklı türdeki sedimanter kökenli kayaçların da kullanımı söz konusudur (Kuvanç, 2017a). Bu doğal taş türleri birçok yayında genel hatları ile değerlendirilmiş ancak petrografik özellikleri ve litolojik özellikleri sınıflamaları ayrıntılı değerlendirilmemiştir (Belli, 2000).

Urartu Krallığı'na ait yerleşimler, Van Gölü Havzası'nda Paleozoyik yaşlı mermerlerden Kuvaterner yaşlı bazaltik bileşimdeki kayaçlara kadar oldukça zengin bir kayaç grubu yüzeylendiği bölgelerde yer almaktadır. Urartu kalelerindeki yapı malzemeleri içinde bazalt ve andezit türü volkanik kayaçlar oldukça yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Belli, 2000; Kuvanç, 2017a).

Van Gölü kuzeyi ve batısındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik alanlar; bazalt, andezit ve ignimbirit (Ahlat Taşı) gibi volkanik kayaçlar, bu yapılarda kullanılan doğal taş malzemeler için potansiyel kaynak alanlarını temsil etmektedir (Karaoğlu vd., 2005). Bazı Urartu yerleşimlerin yer aldığı Esrük ve Grekol Dağları, Van Gölü'nün kuzey ve kuzeybatısındaki volkanik ve volkanoklastik kayaçlar için önemli potansiyel kaynak alanları arasında sayılabilir.

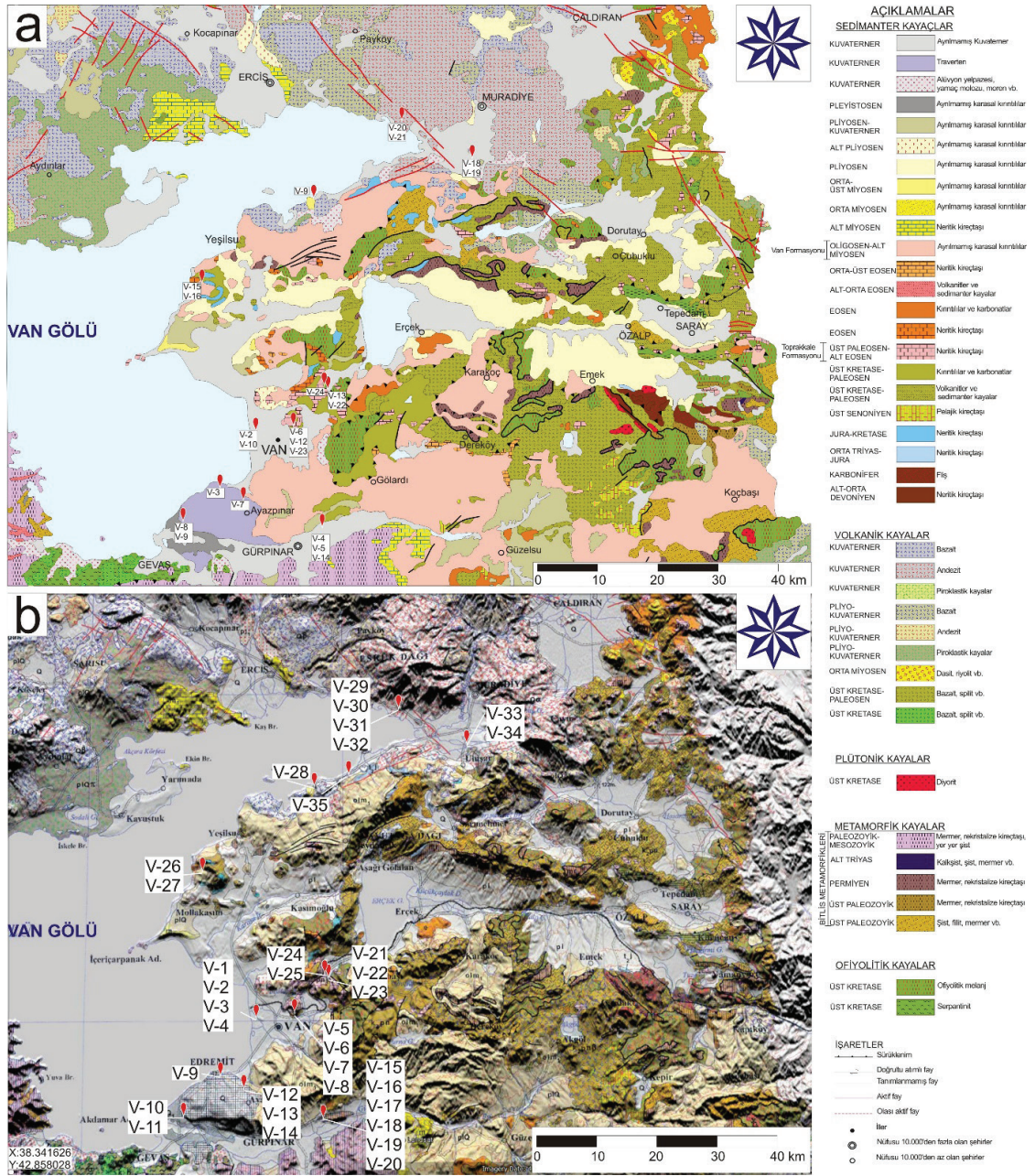
Urartu yerleşimleri Van Gölü havzasının doğu kesiminde yoğun bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 1). Bu bölgedeki Urartu mimarisinde kullanılan doğal taşların oluşturduğu kayaçlar, bölgenin jeolojik çeşitliliğiyle paralel olarak oldukça zengin çeşitlilik sunmaktadır. Van Gölü güney kesimini oluşturan "Bitlis Metamorfikleri" olarak adlandırılan birimi oluşturan kayaçların Urartu yerleşimlerinde oldukça sınırlı olarak kullanıldığı gözlenmektedir.

Çalışma kapsamında, öncelikli olarak Van Gölü Havzası'ndaki; Van Kalesi, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Anzaf Kaleleri, Aliler ve Körzüt Kalesi ile Şamran (Menua) Kanalı gibi önemli Urartu yerleşim

merkezlerindeki (Şekil 1 ve 2) mimari yapılarda kullanılan doğal taş türlerinin oluşturduğu kayaçlardan temin edilen örneklerin petrografik özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek, kullanılan bu kayaçların litolojik sınıflamasının yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca, elde edilen bu veriler ışığında, bölgenin jeolojisi göz önüne alınarak, muhtemel doğal taş kaynak alanlarının tespitine ilişkin çıkarımların daha sağlıklı bir biçimde yapılması düşünülmektedir. Bu bağlamda, Urartu yerleşimlerinde kullanılan doğal taş malzemeleri oluşturan kayaç türlerinin petrografik özelliklerinin belirlenmesi ve litolojik sınıflamasının yapılması, Urartuların duvarcılık pratiklerinin de daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada ana kayayı oluşturan mostralara ve yapılardan alınan doğal taş örneklerin birbirleriyle karşılaştırılması, yapı inşa malzemelerinin kaynağının tespit edilmesinde ve taş ocakçılığı ile malzemelerin nakli noktasında önemli bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

GENEL JEOLJİ

Van Gölü Havzası, Avrasya ve Arap plakaları arasında Orta Miyosen'de gerçekleşen çarpışma sonucu yükselen Doğu Anadolu Platosu'nda bulunmaktadır (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Keskin vd., 1998). Geç Pliyosen'de oluşan Van Gölü Havzası (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986), Bitlis Metamorfikleri, Üst Kretase Ofiyolitleri ve "Tersiyer" yaşlı denizel çökellerden (Van Formasyonu) oluşan bir temel üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Van Gölü Havzası çökelleri, güney kesimde Bitlis Metamorfikleri'nin oluşturduğu temel kayaçları üzerine, kuzey kesimde ise Nemrut ve Süphan volkanlarına ait Kuvaterner yaşlı volkanikler ve bunlarla eş yaşlı gölsel çökeller (Van Gölü Formasyonu) üzerine ise uyumsuz olarak gelmektedir. Havza çökel dolgusunu Geç Kuvaterner yaşlı travertenler ve pekleşmemiş güncel akarsu sedimanları oluşturmaktadır (Üner vd., 2010), (Şekil 1).



Şekil 1. a) Van Gölü ve çevresinin 1/500.000 ölçekli Jeoloji haritası, (Konak ve Ercan, 2002) **b)** Van Gölü ve çevresinin rölyef efektli jeoloji haritası üzerinde kayaç örneklerinin alındığı lokasyonlar (V1-V4; Van Kalesi, V5-V8; Toprakkale Kalesi, V9; Kotur Deresi, V10-V11; Menua Kanalı, V12-V14; Zivistan Kalesi, V15-V20; Çavuştepe Kalesi, V21-V23; Yukarı Anzaf Kalesi, V24-V25; Aşağı Anzaf Kalesi, V26-V27; Ayanis Kalesi, V28; Timar, V29-V32; Keçikıran Kalesi, V33-V34; Körzüt Kalesi, V35; Aliler Kalesi.

Figure 1. a) 1/500000 scale geologic map of Van Lake and surroundings, (Konak and Ercan, 2002). **b)** Locations where rock samples were taken on the relief-effect geological map of Lake Van and surroundings (V1-V4; Van Fortress, V5-V8; Toprakkale Fortress, V9; Kotur River, V10-V11; Menua Canal, V12-V14; Zivistan Fortress, V15-V20; Çavuştepe Fortress, V21-V23; Yukarı Anzaf Fortress, V24-V25; Aşağı Anzaf Fortress, V26-V27; Ayanis Fortress, V28; Timar, V29-V32; Keçikıran Fortress, V33-V34; Körzüt Fortress, V35; Aliler Fortress.



Şekil 2. Google Earth uydu görüntüsü üzerinde Van Gölü doğusu boyunca Urartu Uygarlığını temsil eden örneklerin alındığı tarihi lokasyonlar.

Figure 2. Historical locations where samples representing the Urartian Settlements were obtained in the east of Lake Van on Google Earth satellite image.

Van Gölü Havzası çevresinde 4 ana temel kayaç grubu gözlenir (Şekil 1). Havzanın doğu ve kuzey kesiminde Geç Kretase yaşlı Ofiyolitik Kayaçları genel olarak (i) ultramafik karakterli peridotit ve (ii) mafik karakterli gabro ve troktolitler temsil etmektedir. Havzanın kuzey kesimlerinde (i) Alt-Orta Devoniyen Neritik Karbonat Kayaçları, (ii) Eosen dönemindeki kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar ve (iii) Miyosen ve Pliyosen dönemi denizel ve karasal kireçtaşı ve kırıntılı kayaçlar yüzeylemektedir (Şekil 1 ve 2). Volkanik kayaçlardan özellikle bazaltik bileşimde olanlar, Van Gölü'nün kuzey kesimlerinde gözlenirken, riyolitik bileşimdeki obsidyen kayaçlar gölün doğu bölgesinde Tımar bölgesi ve gölün kuzey tarafında gözlenmektedir (Şekil 1). Havzanın özellikle güney kesiminde ise Prekambriyen-Kretase yaşlı Bitlis metamorfikleri yer almaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Urartu mimarisinin farklı dönemlerini temsil eden kale, burç, yazıt vs. gibi yapılarda kullanılan doğal taşların oluşturduğu kayaç malzemelerinin incelenmesi amacıyla, Van Gölü Havzası'ndaki 14 farklı lokasyondan, 35 adet kayaç türü örneği alınmıştır. Örnek alınan lokasyonlardan onbiri Urartu merkezlerine aittir. Bu örneklerin önemli bir kısmı mimari yapı kalıntılarında alınmıştır. Bunun yanı sıra Van Kalesi, Zivistan ve Körzüt Kalelerinin üzerinde yükseldiği ana kayadan birer örnek alınmıştır. Ana kayadan alınan örnekler bize kaynak noktaları hakkında bilgi sağlamakla birlikte yapı malzemesi olarak kullanılan kayaçların daha uzaktan alındığı düşünülen Edremit Kotur Deresi, Gölkaşı Köyü traverten oluşumları ve Tımar sütun bazalt oluşumlarının olduğu 3 diğer noktada araştırma kapsamında örneklerin alındığı bölgeler olmuştur. Örnek alınan Urartu merkezleri; Urartu döneminde inşa edilmiş kalelerdir. Kaynak kaya olduğu düşünülen örnekler ise; Edremit traverten kayaları (Menua kanalı yakını), Tımar Bölgesi sütun bazaltları ve Zivistan Kalesi traverten kayalarıdır. Temin edilen kayaç örneklerinin ince kesitleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarlarında hazırlanmıştır. İnce kesitler Yüzüncü Yıl Üniversitesi Petrografi Laboratuvarında incelenmiştir. Magmatik kökenli örnekler polarizan petrografi mikroskobunda, sedimanter kökenli örnekler ise polarizan petrografi ve üstten aydınlatmalı binoküler mikroskoplar ile incelenmiştir.

DOĞAL TAŞ YAPI MALZEMELERİNİ OLUŞTURAN KAYAÇLARIN KÖKENSEL SINIFLAMASI

Urartu mimari yapılarından ve kalıntılarında alınarak incelenen doğal taş yapı malzemelerini oluşturan kayaç örnekleri başlıca; magmatik (Tablo 1) ve sedimanter kökenli kayaçlar (Tablo 2) olmak üzere iki ana grup altında sınıflanmıştır.

Tablo 1. İnceleme alanında yapı malzemesi olarak kullanılan magmatik kökenli kayaların petrografik özellikleri.
Table 1. Petrographic features of igneous rock used as building materials in the study area.

Örnek No ve Alındığı Yer	Litoloji	Kayaç Grubu	Kayaç Oluşturan Esas Mineraller ve oranları	Açıklama	Muhtemel Kaynak Alanı
V8 (Toprakkale Kalesi)	Gabro (Gabronorit)	Plütonik Kayaç	%60 Plajiyoklaz + %40 Piroksen	Piroksenler özşekilli ve yarı öz şekilli olmakla beraber genelde klinopiroksen olarak bulunuyor. Yer yer opasitleşmeler gözleniyor. Ayrıca yer yer kalsitleşmeler dikkat çekiyor.	Yeşilsu, Amik çevresi
V16-V19-V20 Çavuştepe Kalesi	Gabro (Troktolit)	Plütonik Kayaç	%75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin	Genelde eş boyutlu plajiyoklazlardan oluşmaktadır.	Yeşilsu, Amik çevresi
V35 Aliler Kalesi	Gabro (Troktolit)	Plütonik Kayaç	%75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin	Genelde eş boyutlu plajiyoklazlardan oluşmaktadır.	Yeşilsu, Amik çevresi
V26-V27 Ayanis Kalesi	Gabro (Troktolit)	Plütonik Kayaç	%75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin	Genelde eş boyutlu plajiyoklazlardan oluşmaktadır	Yeşilsu, Amik çevresi
V30 Keçikıran Kalesi tapınak alanı	Gabro (Troktolit)	Plütonik Kayaç	%75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin	Genelde eş boyutlu plajiyoklazlardan oluşmaktadır.	Yeşilsu, Amik çevresi
V6 Toprakkale Mozaik bezeme halkası	Serpantinit	Plütonik Kayaç	%50 Olivin %50 Serpantinit	Serpantinleşme izlenmekte. Olivinler adacıklı ve elekli doku göstermektedir.	Özalp İlçesi ve çevresi
V29-V32 Keçikıran Kalesi	Andezit	Volkanik Kayaç	%75 Plajiyoklaz + %20 Biyotit + %5 Kuvars + Volkanik cam	Tüm fenokristaller plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşan bir volkanik hamur içinde gözleniyor.	Esrük Dağı ve Muradiye civarı
V28 Tımar Sütun Bazalt oluşumları	Bazalt	Volkanik Kayaç	%85 Plajiyoklaz + %15 Piroksen + %5 Olivin + Volkanik cam	Fenokristaller mikrolit oluşan bir volkanik hamur içinde gözleniyor.	Timar Bölgesi, Gedikbulak Köyü çevresi
V33-V34 Körzüt Kalesi ve ana kayalık	Bazalt	Volkanik Kayaç	%80 Plajiyoklaz + %20 Piroksen + Volkanik cam	Fenokristaller mikrolit oluşan bir volkanik hamur içinde gözlenmektedir	Timar Bölgesi, Gedikbulak Köyü çevresi ve kalenin üzerinde inşaa edildiği ana kaya

Magmatik Kökenli Kayaçlar

Bu gruptaki kayaçlar oluşum derinliklerine göre; plütonik (derinlik) ve volkanik (yüzey) kayaçlar olmak üzere iki grup altında ayırılarak incelenmiştir. Plütonik kayaçlardan; gabro, troktolit, gabro-norit ve serpantinit; volkanik kayaçlardan ise bazalt ve andezit, Urartu mimarisinde en çok kullanılan kayaç türleri

arasındadır (Tablo 1). Magmatik kayaçların adlandırılması ve sınıflaması modal mineralojik bileşimleri dikkate alınarak “Streckeisen Sınıflama Diyagramı” (Streckeisen, 1978) kullanılarak yapılmıştır. İnce kesitleri hazırlanan örnekler arasında Tablo 1’de yer alan yalnızca 9 tane magmatik kökenli kayaç örneği bu çalışmada detaylı olarak tanımlanmıştır.

Tablo 2. İnceleme alanındaki sedimanter kayaçların paleontolojik özellikleri.

Table 2. Palaeontological features of sedimentary rocks in the study area.

Örnek No	Litoloji	Saptanan fosiller-açıklama	Muhtemel kaynak Alanı
V1 Van Kalesi Sardurburç Yapısı	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V3 Van Kalesi Sitadel Surları	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V9 Edremit Kotur Deresi traverten yatakları	Traverten	-	Edremit
V10 Meşketak (Gölkaşı) Köyü Minua Kanalı Set Duvarı	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V11 Meşketak (Gölkaşı) Köyü Minua Kanalı üstü traverten yatakları	Traverten	-	Edremit
V12 Zivistan kalesi Güneybatı sur duvarı	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V13 Zivistan Kalesi Kuzeybatı Sur Duvarı	Traverten	Charophyta Alg	Edremit-Gevaş
V14 Zivistan Kalesi Güneydoğu kayalığı	Traverten	Ostracoda	Edremit
V17 Çavuştepe Kalesi Yukarı Kale Kuzey Sur Duvarı	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V4 Van Kalesi Doğu Hendeği	Kireçtaşı	Rotalioidea (<i>Rotalia</i> sp.), Miliolidae (<i>Idalina</i> sp., <i>Pyrgo</i> sp.), Alveolinidae (<i>Borelis</i> sp.), Ekinit dikenli	Tuşpa
V15 Çavuştepe Kalesi Aşağı Kale Güney Sur Duvarı	Kireçtaşı	Alg, mercan	Tuşpa
V18 Çavuştepe Kalesi Yukarı Kale tapınak yapısı	Traverten	-	Edremit-Gevaş
V23 Yukarı Anzaf Kalesi Tapınak Alanı Kireçtaşı	Kireçtaşı	-	Ana kayalık veya Beyaztaštepe?
V24 Aşağı Anzaf Kalesi Sur Duvarları	Kireçtaşı	<i>Pseudolituonella</i> sp.?,	Ana kayalık veya Beyaztaštepe?
V31 Keçikıran Kalesi Tapınak Alanı	Kireçtaşı	Miliolidae (<i>Biloculina</i> sp.), Textularidae, Ekinit dikenli, Alg (Kırmızı alg), (<i>Planorotalites</i> sp.?, <i>Cibicides</i> sp.?)	Ana kayalık
V21 Yukarı Anzaf Kalesi Sitadel alanı	Kumtaşı	Kayaç parçasının >feldispat, kalsit çimentolu, Litik Arenit	Kalecik, Alabayır ve çevresi

Sedimanter Kökenli Kayaçlar

Urartu mimarisinde volkanik kayaçların yanı sıra, sedimanter kökenli kayaçlar olarak sınıflandırılan, kırıntılı türden olan kumtaşları ve karbonatlı

türden ise kireçtaşı ve travertenler yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Van ve çevresindeki Urartu merkezlerinde, özellikle kalelerin sur duvarlarında, birçok eski çalışmada “kalker” adıyla geçen

kireçtaşı tercih edilmiştir. Kireçtaşlarının en tipik özellikleri mikro ve makro ölçekte fosil içerebilmeleridir. Urartu mimarisinde kullanılan kireçtaşlarının fosil içerikleri ışığında, doğal taş malzemenin potansiyel kaynak alanı konusunda önemli bilgiler elde edilmiştir.

Bu çalışmada, mimari yapılardan temin edilen kireçtaşları, bol fosil içermekte olup, Rotaliina, Miliolidae, Textularidae ailesine ait bentik foraminiferler ve alglerin yaygın olarak bulunduğu zengin bir fosil topluluğuna sahiptir. Travertenler ise genellikle göl ortamıyla ilişkili yer yer sıcak su girdilerinin gözlemlendiği, bol gözenekli ve karbonat çökelimi sebebiyle bantlı görünümüne sahip çökelleri temsil etmektedir.

DOĞAL TAŞ YAPI MALZEMELERİNİ OLUŞTURAN MAGMATİK KÖKENLİ KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ, LİTOLOJİK SINIFLAMASI VE KULLANILDIĞI YERLER İLE KAYNAK ALANLARI

Bölgede, yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşları oluşturan magmatik kökenli kayaç örneklerinin (Gabro, bazalt, andezit ve serpantinit) tespit edildiği önemli Urartu merkezleri;

Toprakkale, Çavuştepe, Ayanis, Keçikıran, Körzüt ve Aliler kaleleridir. Bu yapı malzemeleri kayaç türleri ve yerleşim bölgelerine göre iki ayrı başlıkta incelenmiştir.

Gabro

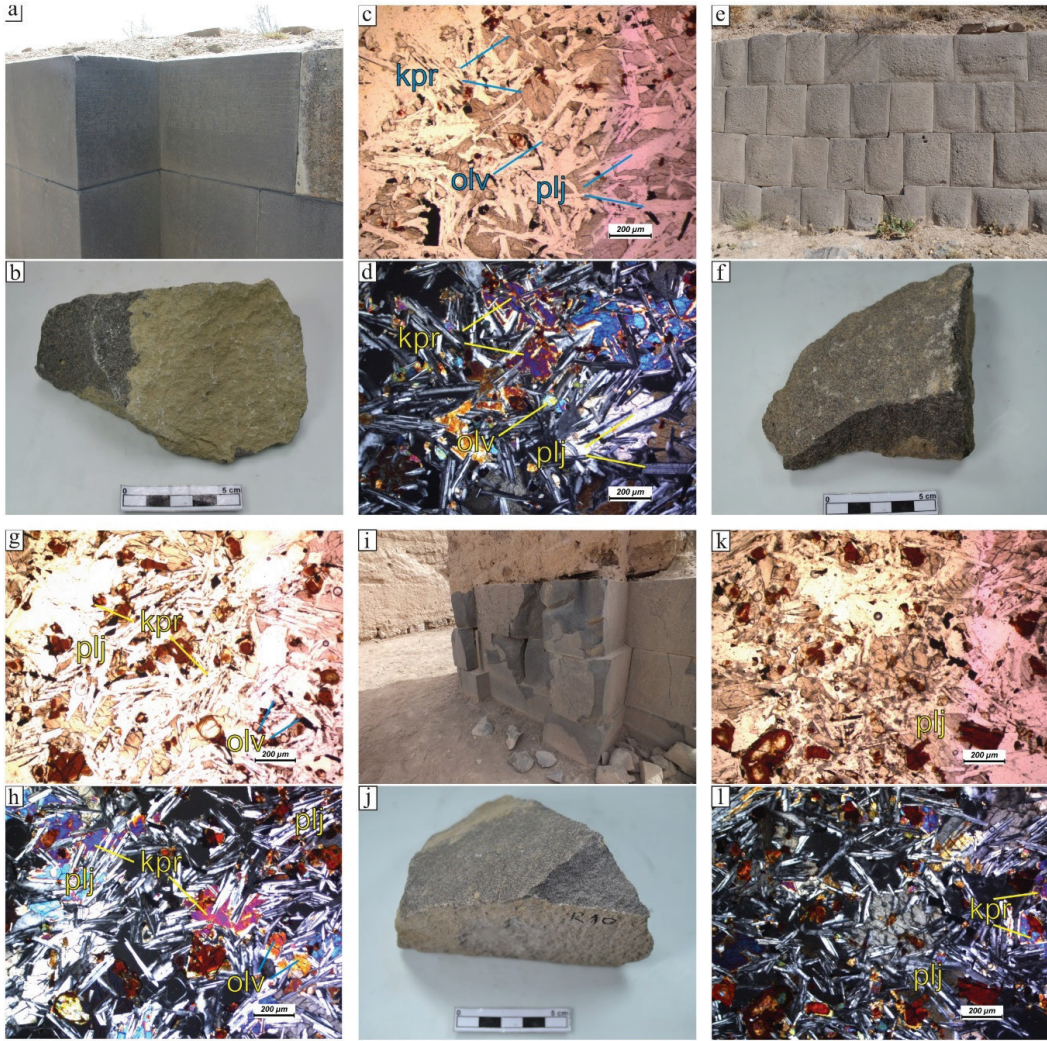
Urartu mimarisinde gabro türü kayaçlar en çok kullanılan yapı malzemeleri arasında sayılabilir. Plajiyoklaz ve piroksen, kayacı oluşturan esas ana minerallerden olup, genelde özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halinde gözlenmektedir. Plajiyoklazlarda zaman zaman kırılmalı kuyruğu yapıları, plajiyoklazlarla beraber yer yer kümülatlar

halinde de gözlenmektedir. Piroksenlerden, ojit, tüm gabro grubu kayaçlarının ortak piroksen türüdür. Kayaç içerisinde, yer yer özşekilsiz olivin mineralleri gözlenmekte olup, bu kayaçlar, “gabro-norit” olarak isimlendirilmişlerdir (Tablo 1). Kayaçta, holokristalen doku egemen olup, ofitik doku da oldukça yaygındır. Ayrıca bazı piroksence fakir (<%10) gabro türü kayaçlar ise Troktolit olarak adlandırılmıştır.

Kayacın el örnekleri; genelde griden siyaha değişen renklerde koyu renkli bir görünüme sahiptirler. Bu kayaçların Van bölgesinde Çavuştepe (Şekil 3), Toprakkale, Ayanis, Aliler ve Keçikıran kalelerinde kullanıldığı gözlenmiştir (Örnek No: V8, V16, V19, V20, V26, V27, V30, V35). Urartu mimarisi içinde özellikle sur, tapınak, saray ve sütunlu salon gibi önemli sitadel yapıları ile çivi yazıtlı veya yazıtsız Urartu stellerinde de bu doğal taş türünün tercih edildiği izlenmektedir. Bu doğal taş türünün yoğun olarak kullanımında özellikle parlak görümlü olması yanında pürüzsüz bir yüzey sağlamaya yönelik ince dokulu mineral yapısının da önemli olduğunu söylemek mümkündür.

Çavuştepe Kalesi

Van ilinin 25 km güneydoğusunda, Gürpınar Ovasında doğu-batı doğrultusunda yükselen Bol Dağı üzerinde kurulmuş Çavuştepe Kalesi'nin (Şekil 3a, b, c ve d) İrmuşini Tapınağı cephesindeki bu doğal taş türü; parlak ve pürüzsüz yüzeye sahip, oldukça düzgün yerleştirilmiş bloklar ile temsil edilmektedir (Örnek no; V16, V19, V20). Olivin ve plajiyoklaz bakımından oldukça zengin gabro türü kayaçlarda piroksen oranı <%10 civarında gözlenmiştir. Bu kayaçlar Troktolit olarak adlandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. a, b) Çavuştepe Aşağı Kale, Irmuşini Tapınağı Cephesi'ndeki çivi yazıtlı bloklar. Çavuştepe Aşağı Kale yüzeyden alınan örneğin makro görüntüsü. **c, d)** Gabro (Troktolit) Kayacının Polarizan Mikroskop altındaki Tek Nikol ve Çift Nikol görüntüsü. Modal mineralojik bileşim: %75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin. **e, f)** Ayanis Kalesi Güney Sur Duvarı ve buradan alınan örneğin makro görüntüsü. **g, h)** Gabro (Troktolit) Kayacının Polarizan Mikroskop altındaki Tek Nikol ve Çift Nikol görüntüsü. Modal mineralojik bileşim: %75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin. **i, j)** Ayanis Kalesi Tapınak Alanı (Paye) ve buradan alınan örneğin makro görüntüsü. **k, l)** Gabro (Troktolit) Kayacının Polarizan Mikroskop altındaki Tek Nikol ve Çift Nikol görüntüsü. Modal mineralojik bileşim: %75 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %15 Olivin. (kpr: Klinopiroksen; olv: Olivin; plj: Plajiyoklaz)

Figure 3. a, b) Çavuştepe Lower Fortress, cuneiform blocks in Irmuşini Temple façade and macro image of the sample taken from the façade of Çavuştepe Lower Fortress. **c, d)** Gabbro (troctolite) micro image in polarised and cross polarised light under polarising microscope. It comprises 75% plagioclase + 10% pyroxene + 15% olivine. **e, f)** Ayanis Fortress South fortification and macro image of the sample taken from here. **g, h)** Gabbro (troctolite) micro images in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. It is composed of 75% plagioclase + 10% pyroxene + 15% olivine. **i, j)** Ayanis Fortress Temple Area (Paye) and macro image of the sample taken from here. **k, l)** Gabbro rock (troctolite) micro image in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. It is composed of 75% plagioclase + 10% Clinopyroxene + 15% olivine. (plj: Plagioclase; kpr: Clinopyroxene; olv: Olivine)

Ayanis Kalesi

Van Gölü'nün doğu kıyısında yer alan ve Ayanis (Ağartı) Köyü yakınındaki kayalık bir tepe üzerine inşa edilen kale, Van iline 38 km mesafededir. Kalede yapılan arkeolojik kazılar sonucunda anıtsal sur duvarları, bir tapınak, saray ve depo mekânları ortaya çıkarılmıştır (Çilingiroğlu, 2011). Kaledeki belirgin yapı malzemesi doğal taş ve kerpiçtir. Urartu Kralı II. Rusa döneminde kurulan kalenin güney sur duvarları, tapınak yapısı ve bu alandaki taş payelerden alınan örnekler bu alanlarda kullanılan malzemelerin “gabro” olarak sınıflandırılan kayaçlar olduğunu göstermektedir (Örnek No; V26, V27), (Şekil 3e, f, g, h, i, j, k ve l).

Daha önceki çalışmalarda andezit ve bazalt olarak tanımlanan kayaçlar bu çalışmada gözlenmemiştir. Andezit ve bazalt olarak tanımlanan bu kayaçların en yakın kaynak alanının Ayanis Kalesi'ne yaklaşık 25 km uzaklıkta bulunan Timar Mevkii'nden getirildiği öne sürülmüştür (Çilingiroğlu, 2004; Çilingiroğlu, 2011; Karabıyıkdoğan vd., 2019). Bu tespiti kontrol etmek amacıyla Timar mevkiiden de örnekler alınmıştır.

Bazalt

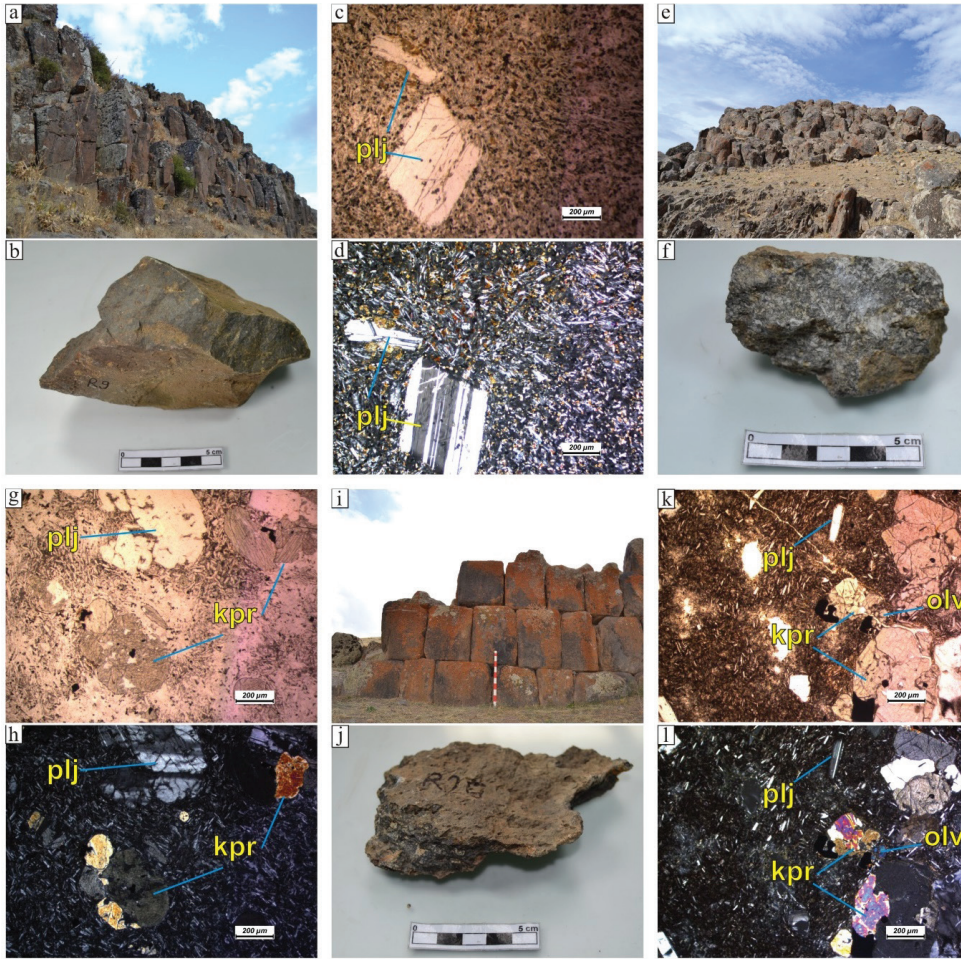
Volkanik kayaçlar iki örnekteki “andezit” hariç, diğerlerinde “bazaltik lav” kayacı ile temsil edilmektedir. Bazaltlar genelde blok ve sütünsal şekilde olup, hamurdaki cam miktarlarına göre farklılıklar göstermektedirler. İnce kesit örneklerinde, volkanik matriks malzemesi içerisinde plajiyoklaz, piroksen ve olivin mineralleri gözlenmiştir (Şekil 4c ve d). Plajiyoklaz fenokristalleri çoğunlukla özşekilli ve yarı özşekilli, piroksenler ise daha çok yarı özşekilli olarak gözlenmektedir. Piroksenler; ojit olarak tayin edilmiş olup bazı örneklerde

oldukça iri kristal formları sergilemektedir. Plajiyoklazlarda; polisentetik ikizlenme ve zonlu dokular bir arada gözlenmektedir. Ayrıca, plajiyoklazlarda yer yer kenarlarından itibaren reaksiyon kuşaklarının gelişmesi de ilgi çekicidir. Kayacın hamurunda, volkan camının artması ile birlikte hipokristalen intersertal dokudan hipohyalin dokuya geçişler gözlenmektedir. Timar bazaltlarında gerçekleştirilen petrografik gözlemler bu yapıtaşlarında gerçekleştirilen petrografik çalışmaları ile oldukça uyumludur (Açlan vd. 2020).

El örnekleri koyu gri ve siyah arasında değişen renklere sahiptirler (Şekil 4a ve b). Van Gölü ve çevresinde, volkanik kökenli kayaçlar içerisinde bazalt oluşumlarını yaygın bir şekilde görmek mümkündür (Şekil 4a, b, c ve d.). Urartu Kaleleri içerisinde; Körzüt, Kancıklı, Keçikıran, Ayanis, Adilcevaz Kef Kalesi ve Kayalıdere Kaleleri bu doğal taş malzemeden oluşan kayaç türünün kullanıldığı merkezler arasında sayılabilir. Bunun yanı sıra Timar bölgesi bazaltları kaynak yapı malzemesi olabilecek niteliktedir. Timar bölgesindeki bazaltların sütünsal özellikte olması, benzer boyutlarda kullanılan sütünsal bazaltların Timar'dan getirilme potansiyelini güçlendirmektedir. Ayrıca Timar sütun bazaltların olduğu bölgede eskiden ocak olarak işletilmiş alanlarda gözlenmektedir. Körzüt Kalesi surlarından ve ana kayadan ve Timar bölgesi sütun bazaltlarından alınan örnekler incelenerek, aşağıda değerlendirilmiştir.

Timar Bölgesi

Erçek Gölü'nün kuzeyinde, Gedikbulak Köyünde yer alan Timar bölgesi sütun bazaltları geniş bir alanda gözlenmektedir. Bu bölgede herhangi bir arkeolojik kalıntı mevcut değildir. Alınan örnekler kaynak kayadan alınmıştır. (Örnek no: V28) (Şekil 4a, b, c ve d).



Şekil 4. a, b) Van Gölü çevresi, Timar sütun bazalt kaynakları ve buradan alınan örneğin makro görüntüsü. c, d) Bazalt Kayacının Polarizan Mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Fenokristaller mikrolit şeklindeki volkanik hamur içinde gözleniyor. Modal mineralojik bileşim: %85 Plajiyoklaz + %10 Piroksen + %5 Olivin + Volkanik cam. e, f) Körzüt Kalesi ana kaya ve buradan alınan örneğin makro görüntüsü. g, h) Bazalt kayacının polarizan mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Fenokristaller mikrolit şeklindeki volkanik hamur içinde gözleniyor. Modal mineralojik bileşim %80 Plajiyoklaz + %20 Piroksen + Volkanik cam. i, j) Körzüt Kalesi güneydoğu surları ve buradan alınan bazalt örneğin makro görüntüsü. k, l) Bazalt (Olivinli bazalt) kayacının polarizan mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Fenokristaller mikrolit ve volkanik camdan oluşan hamur içinde gözleniyor. Modal mineralojik bileşim: %80 Plajiyoklaz + %10 Olivin + %10 Piroksen + Volkanik cam. (kpr: Klinopiroksen; olv: Olivin; plj: Plajiyoklaz)

Figure 4. a, b), Timar columnar basalt source near Lake Van and macro image of the sample taken from here. c, d) Basalt rock micro images in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. Phenocrystals are observed as microliths in a volcanic matrix consisting of: 75% plagioclase + 10% pyroxene + 5% olivine + volcanic glass. e, f) Körzüt Fortress bedrock and macro image of the sample taken from here. g, h) Basalt rock micro images in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. Phenocrystals are observed as microliths in volcanic matrix consisting of 80% plagioclase + 20% pyroxene + volcanic glass. i, j) Körzüt Fortress Southeast Fortification Wall and macro image of the sample taken from here. k, l) Basalt (olivine basalt) rock micro image in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. Phenocrystals are observed as microliths in volcanic matrix consisting of: 80% plagioclase + 10% olivine + 10% pyroxene + volcanic glass. (plj: Plagioclase; kpr: Clinopyroxene; olv: Olivine)

Körzüt Kalesi

Kale, Muradiye ovasının güneydoğu köşesini sınırlayan dağ silsilesinden 1759 m rakımlı Arapkale Tepe'nin kuzeybatı eteğinin uzantısında, bazalttan oluşan büyük bir doğal kaya kütlesi üzerinde kurulmuştur. Kalenin üzerinde yükseldiği kayalıktan ve sur duvarlarından alınan örnekler kaledeki temel inşa malzemesinin bazalt kayaları olduğunu göstermektedir (Örnek no: V33, V34), (Şekil 4e, f, g, h, i, j, k ve l). Körzüt Kalesinde kullanılan bazaltlar daha çok masif haldeki bazaltların, kübik geometrik şekillere benzer şekilde yeniden işlenmesi ile elde edilmiştir. Sütünsal bazaltlar gözlenmemektedir. Bazaltlarda olivin, piroksen ve plajiyoklaz bir volkanik hamur içerisinde bulunmaktadır. Hamur içindeki miktrolit oranı Tımar bazaltlarına göre oldukça düşüktür. Bu özelliğiyle dokusal olarak ayırt edilmektedir. Ayrıca olivin fenokristallerinin boylarının Tımar bazaltları içindeki olivin kristallerine göre daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Andezit

Diğer volkanik bir kayaç türü olan andezitler genelde lav akıntıları şeklinde gözlenmektedir. Renkleri genelde açık gri ve gri tonlarında olabildiği gibi koyu gri ve siyah renklerde de olabilmektedir. Örnekler içerisinde bu doğal taş türünün kullanıldığı tek merkez Keçikıran Kalesi'dir. Bununla birlikte tıpkı diğer kayaç türleri gibi bu kayaç da tapınak ve sur yapısı gibi anıtsal mimaride kullanılmıştır.

Andezitler; matriks içerisinde polisentetik ikizlenme ile zonlu doku gösteren plajiyoklaz mineralleri ile karakteristiktir. Ayrıca prizmatik formlarda biyotit fenokristalleri de gözlenmektedir.

Keçikıran Kalesi

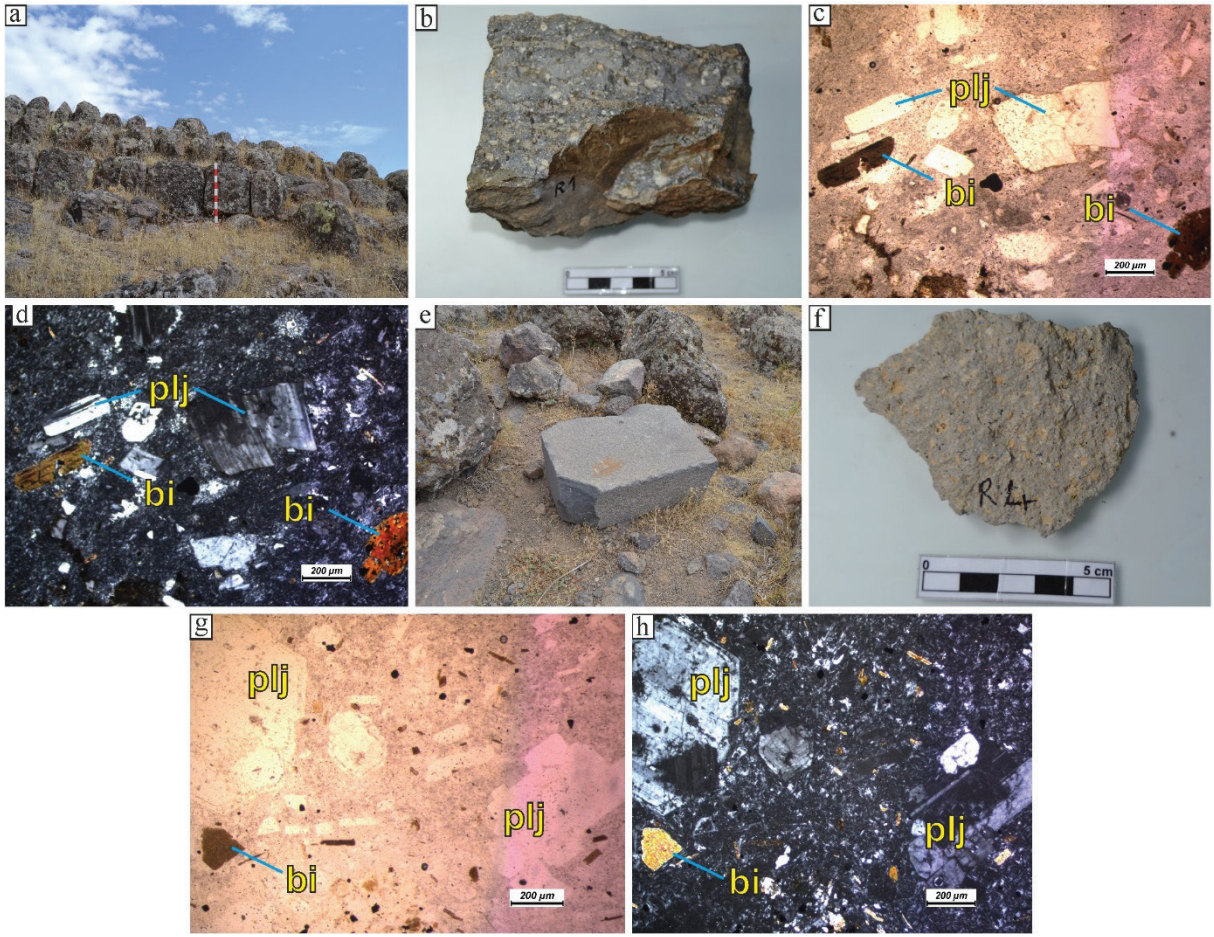
Körzüt Kalesi'nin 13 km kuzeybatısında yer alan kale, Van-Erciş karayolunun 350 m kuzeyindeki yaklaşık 100 m yüksekliğindeki bir kayalık alan üzerinde inşa edilmiştir. Güney ve güneybatısında surlarla çevrilmiş kalenin zirvesinde, temelleri ile günümüze ulaşmış bir Urartu yapısı ve kaçak kazılarla ortaya çıkarılmış birtakım yapı temelleri mevcuttur (Sevin, 2006). Buradan alınan örnekler kalede; gabro, kireçtaşı ve andezit türündeki kayalardan oluşan doğal taş bloklarının kullanıldığını ortaya çıkarmıştır (Örnek no; V29, V32), (Şekil 5a, b, c, d, e, f, g ve h). Keçikıran bölgesi ve çevresine en yakın andezitik kayalar Muradiye ve Esrük Dağı çevresindeki lav serileri olarak görülmektedir.

Serpantin

Bu kayaç türünün, Urartu mimarisinde mimari süsleme elemanı olarak kullanıldığı gözlenmiştir. Bu tür kayalar; Van Bölgesi'nde özellikle Özalp ve Saray çevresinde jeolojik olarak kuşaklar halinde izlenmektedir. İnce kesitlerde; olivinin alterasyon sonucunda serpantinleşme süreci net bir şekilde izlenmektedir. (Şekil 6c). Yıllantaşı olarak da bilinen bu kayalar genellikle yeşil renktedir. Ayrıca, alterasyona bağlı olarak; siyah, sarı, beyaz ve kırmızı renkte de olabilmektedirler. Urartularda bu doğal taş türünün boncuk ve mühürlerde de kullanıldığı bilinmektedir.

Toprakkale Kalesi

Yapılan kazılardan ele geçen mozaik bezeme halkalarından, siyah renkte olan parçanın serpantin kayacından olduğu yapılan ince kesit analizleri ile ortaya çıkmıştır (Örnek no: V6), (Şekil 6).



Şekil 5. a, b) Keçikıran Kalesi Batı Surları ve buradan alınan andezit örneğinin makro görüntüsü. c, d) Andezit kayacının polarizan mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Tüm fenokristaller; plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşan bir volkanik hamur içinde gözleniyor. Modal mineralojik bileşim: %75 Plajiyoklaz + %20 Biyotit + %5 Kuvars + Volkanik cam. e, f) Keçikıran Kalesi Tapınak Alanının güneyindeki andezit blok taş ve el örneği. g, h) Andezit kayacının Polarizan Mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Tüm fenokristaller plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşan bir volkanik hamur içinde gözleniyor. Modal mineralojik bileşim: %80 Plajiyoklaz + %15 Biyotit + %5 Kuvars + Volkanik cam. (bi: Biyotit; plj: Plajiyoklaz)

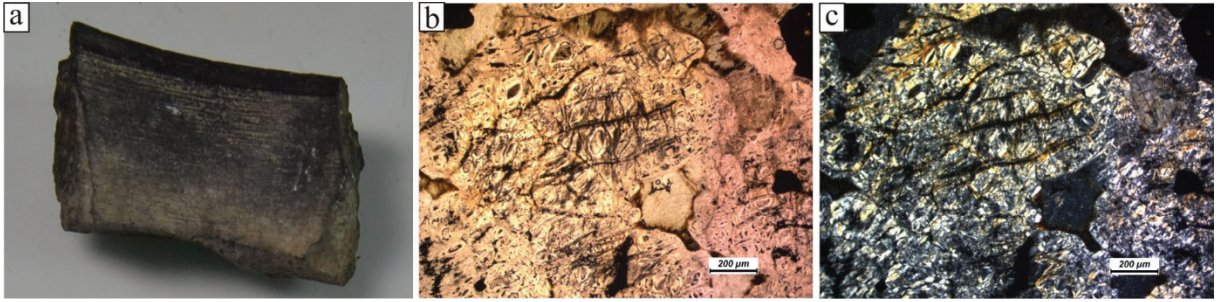
Figure 5. a, b) Keçikıran Fortress West fortification wall and macro image of the sample taken from here. c, d) Andesite rock micro images in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. Phenocrystals are observed as microliths in a volcanic matrix consisting of 75% plagioclase + 10% olivine + 20% biotite + 5% quartz + volcanic glass. e, f) Andesite stone block and macro sample images in the south of Keçikıran Fortress Temple area. g, h) Andesite rock micro image in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. Phenocrystals are observed as microliths in volcanic matrix consisting of 80% plagioclase + 15% biotite + 5% quartz + volcanic glass. (bi: Biotite; plj: Plagioclase)

Van Gölü merkezli olarak kurulan ve yaklaşık olarak 250 yıl boyunca geniş bir coğrafi alanda hâkimiyet gösteren Urartu Krallığı'nda kullanılan kayaç türleri, yukarıda özellikleri anlatılanlar

ile sınırlı değildir. Özellikle, Ayanis Kalesi kazılarında yapılan analizler daha farklı türdeki kayaçların da kullanımını ortaya koymuştur. Ayanis Kalesi tapınak alanından alınan örnekler

sonucunda, tapınak cellasındaki (cella: kutsal oda) beyaz renkli ve kazıma bezemeli platformun oniks (alabaster) taşından olduğu tespit edilmiştir. 2015 yılı kazılarında tapınak alanının doğusunda yapılan yeni kazılar ile açığa çıkarılan bir mekândaki beyaz renkli taban taşlarının da tapınak cellasındaki platform ile aynı özellikler gösterdiği görülmektedir (Karabıykoğlu vd., 2019). Bu durum, Ayanis Kalesi'nde oniks taşının iç mekânlarda hem kaplama hem de mimari bezeme elemanı olarak yoğun biçimde kullanımını ortaya koymaktadır.

Bu kalelerde ana yapı malzemesi olarak kireçtaşı yoğun biçimde kullanılmıştır. Özellikle Aşağı ve Yukarı Anzaf Kalesi'ndeki bütün Urartu yapıları buna örnek olarak verilebilir. Van Kalesi sitadelinin en erken kral yapısı olan Sardurburç, sitadel surları ve eski saray olarak adlandırılan temel duvarları ile Toprakkale Kalesi'nin özellikle tapınak alanındaki bloklarında ise traverten türündeki kayaları kullanılmıştır (Kuvanç 2017b). Urartu merkezlerinden elde edilen kayaç örnekleri, kalenin sur yapılarından sitadaldeki kral ve dini yapılarının inşasında aynı yapı



Şekil 6. a) Toprakkale Kalesi Serpantinit kayacından yapılmış bezeme mozaik halkası. **b, c)** Kayacın, polarizan mikroskop altındaki tek ve çift nikoldeki görüntüsü. Kayacın, tamamen olivinlerden oluşmakta ve alterasyon sonucu serpantinleşmeden dolayı adacıklı ve elekli doku göstermektedir. Modal mineralojik bileşim %50 Olivin + %50 Serpantin.

Figure 6. a) Toprakkale Fortress decoration mosaic ring made of serpentinite. **b, c)** Rock micro images in polarised and cross polarised light under the polarising microscope. It consists of entirely of olivine and due to alteration occurring serpentinite rock shows islet and fabric texture and consists of 50% Olivine + 50% Serpentine.

DOĞAL TAŞ YAPI MALZEMELERİNİ OLUŞTURAN SEDİMENTER KÖKENLİ KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ, LİTOLOJİK SINIFLAMASI VE KULLANILDIĞI YERLER İLE KAYNAK ALANLARI

Urartu Krallığı'nın kurulduğu Van Bölgesi'nde, Paleosen-Miyosen döneme tarihlendirilen çok sayıda kireçtaşı oluşumu görülmektedir. Van Ovası'ndaki; Van Kalesi, Toprakkale, Kalecik, Aşağı ve Yukarı Anzaf Kaleleri, Ayanis ve Kevenli Kalesi ile Gürpınar Ovası'nda yer alan Çavuştepe Kalesi kireçtaşından oluşan kayalık alanlar üzerinde yükselen Urartu merkezleridir.

malzemelerin kullanılmadığını göstermektedir. Örneğin Ayanis Kalesi'nin doğu surları tamamen kireçtaşı kullanılarak inşa edilmiş iken güney sur duvarı ve tapınak alanında ise yoğun olarak gabro türündeki kayaçların kullanımı gözlenmiştir. Benzer biçimde, Çavuştepe, Toprakkale veya Adilcevaz Kef Kalesi kireçtaşından oluşan kayalık alanlar üzerine inşa edilmiş olmasına rağmen, yapılarda kullanılan malzemenin farklılaşması söz konusudur. Kale yapılarında ana yapı malzemesi olarak genellikle en yakındaki kaynak noktaları tercih edilirken, Çavuştepe Kalesi İrmuşini Tapınağı'nın cephesinde de görülebileceği üzere tapınak gibi dini yapılarda farklı malzemenin

kullanılmasının bilinçli olarak tercih edildiği düşünülmektedir (Şekil 3a ve b).

Kumtaşı

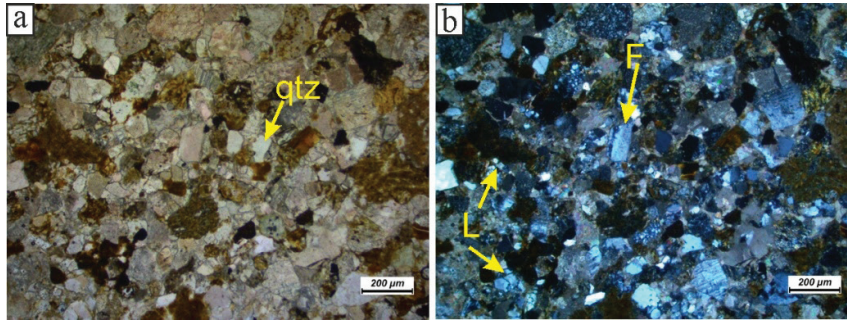
Van Bölgesi, kumtaşı oluşumları bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Kumtaşı; traverten ve kireçtaşı gibi sedimanter kayaç grubunda yer almasına karşın, bu kayaçlardan farklı olarak kırıntılı bir yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı, işlenmesi daha kolay olmasına rağmen yukarıda açıklanan diğer kayaç türlerine nazaran Urartu mimarisinde daha az miktarda kullanılmıştır. Zivistan, Aşağı Anzaf ve Yukarı Anzaf kalelerindeki çivi yazılı veya yazısız

sütun altlıkları bu kayaç türünden olup, duvar mimarisinden ziyade daha çok iç mekânlarda kullanıldığına işaret etmektedir (Şekil 7 ve 8). Yine Anzaf Kalesi sitadelinde kerpiç bedenli yapıların temelinde de bu tür doğal taşlardan oluşan kayaçların kullanımı gözlenmektedir. Çavuştepe Kalesi'nden bilinen depo yazıtlarının hepsi kumtaşındandır. Yine sarnıçların yer aldığı alanda bu taşların avlu, oda ve salon gibi iç mekânlarda döşeme taşı olarak tercih edildiği görülmektedir. Urartu kabartma sanatı içerisinde sadece tek bir örnekle temsil edilen ve günümüzde Van Müzesi'nde teşhir edilen savaş arabası sahneli bir alçak kabartma da yine kumtaşındandır. Van Formasyonu'na ait bu kayaçlar Kalecik, Alabayır ve çevresinde geniş alanlarda yüzeylemektedir.



Şekil 7. a, b, c) Yukarı Anzaf Kalesi sitadel alanındaki yapı temellerinde kullanılan kumtaşı bloklar ile yazısız kumtaşı bir sütun altlığı ve kayaç örneği (Örnek No: V21).

Figure 7. a, b, c) Sandstone blocks used in the building foundations of Upper Anzaf Fortress citadel area, with an inscribed sandstone column base and sandstone sample (Sample No: V21).



Şekil 8. Kumtaşı Kayacının Polarizan Mikroskop altındaki tek ve çift nikol görüntüsü. Kayacı oluşturan tanelerin bağlayıcı çimentosu karbonat bileşimlidir. Modal mineralojik bileşim: > %50 Kayaç parçası, %20 Kuvars + %20 Feldispat + Matriks). (F: Feldispat; qtz: Kuvars; L: Kaya kırıntısı)

Figure 8. Sandstone rock micro image in polarised light under the polarising microscope. Carbonate-cemented sandstone consists of >50% rock fragments, 20% Quartz + 20% Feldspar + Matrix. (F: Feldspar; qtz: Quartz; L: rock fragments)

Yukarı Anzaf Kalesi

Van-İran karayolu yakınında yüksek bir tepe üzerine kurulmuştur. Van şehir merkezinin yaklaşık 8 km güney doğusunda, Dereüstü Köyü mevkiinde yer alır (Belli, 2003). Kalenin sitadel alanından alınan kayaç örneğinin petrografik incelemesinde kayaç parçasının, feldispat oranından fazla olduğu karbonat bağlayıcılı kumtaşı, Pettijohn vd. (1987) doku ağırlıklı sınıflamasına göre litik arenit olduğu saptanmıştır (Örnek no: V21).

Traverten ve Kireçtaşı

Urartu mimarisinde inşa edilen kalelerin özellikle sur duvarlarında traverten ve kireçtaşı türündeki doğal taş malzemelerinin genellikle beraber kullanıldığını söylemek mümkündür. Buna karşın traverten kayacı daha yoğun miktarda kullanılmıştır.

Toprakkale

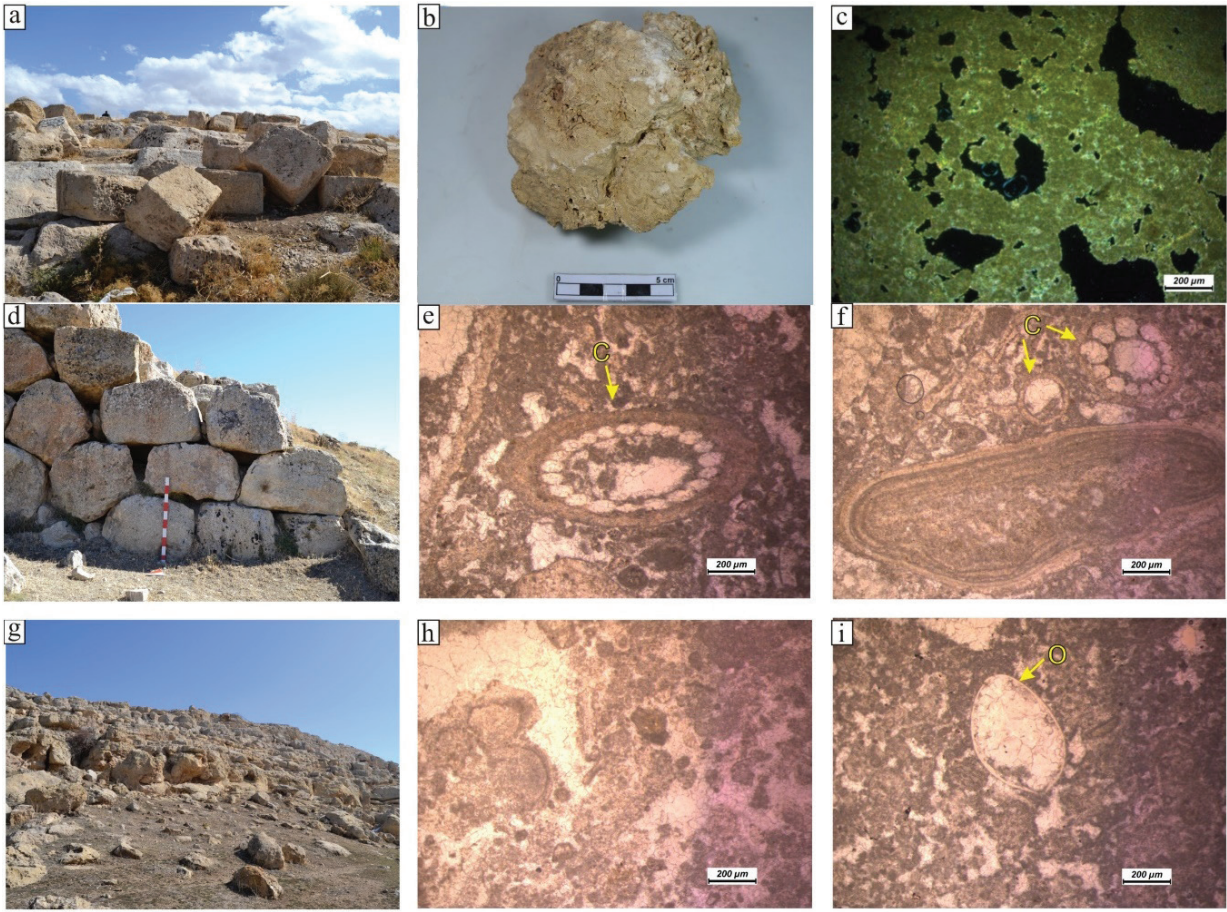
Toprakkale Kalesi, Van Kalesi'nin yaklaşık 5,5 km. kuzeyinde yer alan ve Van Ovası'nın kuzeydoğusundaki kireçtaşından oluşan Zızmım Dağı kayalıklarının Van Ovası'na devam eden uzantısı üzerinde kurulmuştur (Şekil 9). İnce kesit analizlerinin ortaya çıkardığı önemli bir sonuç traverten bloklarının Toprakkale Kalesi'nde de kullanılmış olmasıdır (Örnek no: V5). MÖ 7. yüzyılın başlarında kurulmuş olan kalenin tapınak alanında, traverten bloklarının kullanılması Urartu taş ustalarının bir yüzyıl önce Sardurburç yapısı ile başlayan traverten ocak üretimini devam ettirdiklerini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca traverten taş ocaklarının bulunduğu alan ile yeni inşa edilen kale arasındaki mesafe uzamasına rağmen bu doğal taş türünün kullanımı devam etmiştir (Şekil 9a, b ve c).

Zivistan Kalesi

Van İl merkezine 12 km uzaklıkta yer alan Elmalık Mahallesi'nin yaklaşık 1,5 km güneydoğusundaki kale, kireçtaşından oluşan alçak bir kayalık tepe üzerinde inşa edilmiştir. Kalenin batı ve güney yüzünde kısmen daha iyi olarak günümüze ulaşan sur duvarları ile kalenin doğu uç noktasında yer alan bir sarnıç yapısı ön plana çıkan mimarlık kalıntılarıdır (Burney ve Lawson 1960). Bu kale oldukça tahrip olmuş, yalnızca birkaç sıra temel taş dizisinden oluşmaktadır. Urartu dönemine ait taş çıkarma, kesme ve yontma izleri günümüzde de gözlenmektedir. Yapının MÖ 9. yüzyılda Kral İşpuini döneminde inşa edildiği, ele geçirilen yazıtlar ve mimari tarzı ile kanıtlanmaktadır (Burney, 1957; Salvini, 2008). Kalenin sur duvar bloklarından ve güneydoğu kayalığından alınan doğal taş örneklerinin traverten türünde olduğu tespit edilmiştir. Buradaki travertenler alg ve ostrakod fosilleri içermektedir (Örnek No: V12, V13, V14), (Şekil 9 d, e, f ve i).

Kotur Deresi Vadisi

Edremit İlçesi'nin hemen güneyindeki kayalık tepeler günümüzde modern konut alanı olarak kullanılmaktadır. Bu bölge 2011 yılında meydana gelen depremden sonra yoğun bir şekilde yerleşim amacıyla imara açılmıştır. Buradaki konutlar arasında yer alan Kotur Deresi güneyden kuzeye doğru Van Gölü'ne akmaktadır. Dere yatağı travertenlerden oluşmaktadır (Şekil 9g ve h). Bu alanda yapılan incelemeler sonucunda kesilmiş ve işlenmeye müsait traverten bloklarının varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu alandan alınan kayaç örneklerinin analiz sonuçları bu bölgedeki oluşumların traverten olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Hem ince kesit incelemeleri hem de arkeolojik veriler ışığında, Sardurburç yapısındaki temel taşlarının bu kaynak alanından getirildiği ortaya çıkmaktadır (Kuvanç, 2017b).



Şekil 9. a, b, c) Toprakkale Kalesi Tapınak Alanı'ndaki traverten bloklar ve buradan alınan örneğin makro ve polarizan mikroskop görüntüsü. d, e, f) Zivistan Kalesi kuzeybatı sur duvarı ve buradan alınan örneğin polarizan mikroskop görüntüsü. g, h) Edremit Kotur Deresi Vadisi ve buradan alınan kayaç örneğine ait polarizan mikroskop görüntüleri. i) Zivistan Kalesi güneydoğu kayalığından alınan örneğin polarizan mikroskop görüntüsü. (c: Karofita Alg (Yeşil Alg) fosili; o: Ostrakod fosili)

Figure 9. a, b, c) Travertine stone blocks in Toprakkale Fortress Temple Area and macro and micro images of the rock sample taken from here. d, e, f) Zivistan Fortress northwest fortification wall and micro image of the rock sample taken from here. g, h) Edremit Kotur Valley and micro images of travertine rock sample taken from here. i) Micro image of the rock sample taken from the southeast of Zivistan Fortress. (c: Charophyta Algae fossil; o: Ostracoda fossil in travertine)

Şamram (Menua) Kanalı

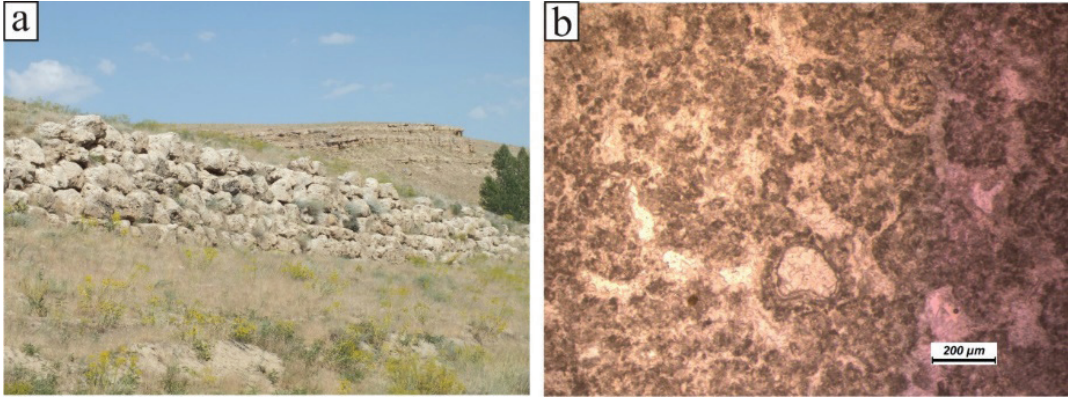
Urartu Krallığı'nın merkezini oluşturan Van Ovası'na su taşıma amacıyla inşa edilen Şamram (Menua) kanalı yaklaşık 55 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Gürpınar Ovası'ndan başlayan kanal bazı noktalarda yüzeye açılmış toprak bir yatak içerisinde akmaktadır. Özellikle, Gürpınar-

Edremit bölgesinde traverten oluşumları içerisinde izlenir. Kanalin set duvarları travertenlerden inşa edilmiştir. Bu duvarların en iyi görebildiği noktalar ise Kadembas, Gölkaşı (Meşketak) Köyü ve Bakımlı (İşhanikom) olarak adlandırılan bölgelerdir. Meşketak Köyü sınırları içerisindeki set duvarları ile bu set duvarlarının

hemen yakınındaki bölgelerden alınan örnekler, kullanılan malzemenin traverten olduğu ortaya çıkarmıştır. Kanal boyunca kullanılan traverten blokların hemen yakındaki traverten oluşumlardan elde edilmiş olması muhtemeldir (Şekil 10). Sonuç olarak yerleşim merkezlerinin, su tesislerinin veya kalelerin en yakındaki uygun alanlardan malzeme temini Urartu taş ocakçılığının ön plana çıkan belirgin özelliklerindedir.

Van Kalesi

Van gölünün yaklaşık 1-1,5 km doğusunda masif denizel kireçtaşından oluşan kaya blokları üzerinde yükselen Van Kalesi, il merkezine yaklaşık 5 km mesafededir. Urartu Krallığı'na başkentlik yapan ve Tuşpa olarak adlandırılan kalenin inşa edildiği kireçtaşı ana kayasından, doğu hendeği, Sardurburç yapısı ve sitadel duvarlarından örnekler alınmıştır (Şekil 11; 12a, b, c ve d).



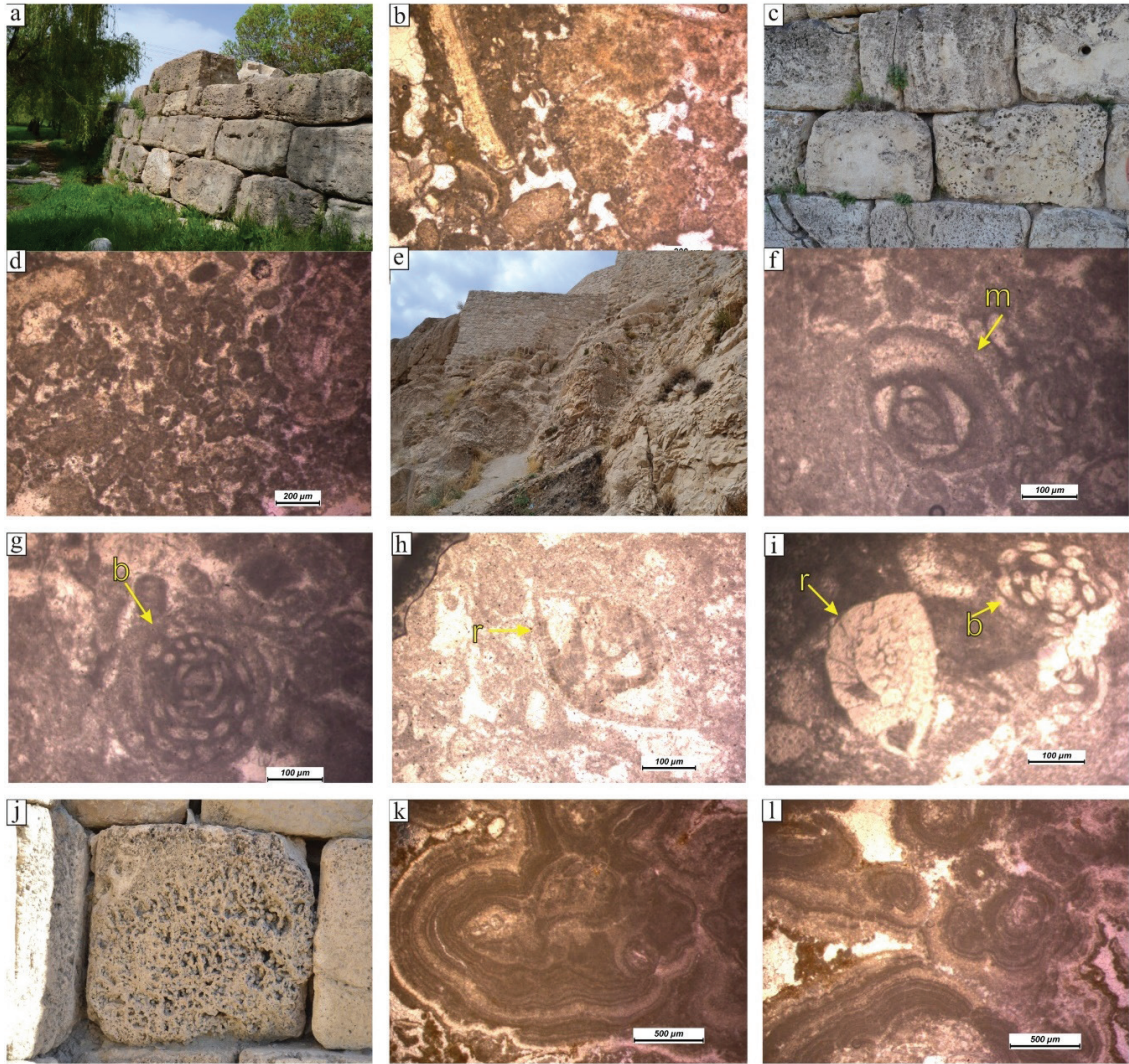
Şekil 10. Gölkaşı (Meşketak) sınırları içerisinde Menua Kanalı set duvarı ve buradan alınan traverten kayacı örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.

Figure 10. Menua Canal set wall within the borders of Gölkaşı (Meşketak) and micro image of travertine rock sample taken from here.



Şekil 11. Van Kalesi'nden alınan kayaç örneklerinin lokasyonları, 1: Sardurburç Yapısı (Örnek no: V1), 2: Sitadel Surları (Örnek no: V3), 3: Doğu Hendeği (Örnek no: V4).

Figure 11. Rock sample locations taken from Van Fortress, 1: Sardurburç structure (Example no: V1), 2: Citadel walls (Sample no: V3), 3: Eastern trench (Sample no: V4).



Şekil 12. a, b) Van Kalesi Sardurburç yapısı ve bu lokasyondan alınan traverten kayacı örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü. **c, d)** Van Kalesi Sitalde Surları ve bu lokasyondan alınan traverten kayacı örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü. **e, f, g, h, i)** Van Kalesi doğu Hendeği ve bu lokasyondan alınan kireçtaşı kayacı örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü. **j, k, l)** Çavuştepe Aşağı Kale kuzey sur duvarı ve buradan alınan traverten kayacı örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü. (b: *Borelis* sp.; m: *Miliolidae*; r: *Rotalioidea* foraminifer)

Figure 12. a, b) Van Fortress Sardurburç structure and thin section image of travertine rock sample taken from here. **c, d)** Van Fortress citadel walls and thin section image of travertine rock sample taken from here. **e, f, g, h, i)** Van Fortress East Moat and thin section image of limestone rock sample taken from here. **j, k, l)** Çavuştepe Lower Fortress, north fortification wall and thin section image of travertine rock sample taken from here. (b: *Borelis* sp.; m: *Miliolidae*; r: *Rotalioidea* foraminifera).

Urartuların ilk Kralı I. Sardur döneminde inşa edilen yapı, Van Kalesi kayalık alanının kuzeybatı ucunda yer almaktadır (Sevin, 2012). Bu yapıda kullanılan kayaçların türünü tespit etme amacıyla

yapının temel bloklarından örnekler alınmıştır (Şekil 11 ve 12). Yapılan incelemeler sonucunda; örnekler traverten olarak tanımlanmıştır (Şekil 12).

Van Kalesi Sitadel Sur Duvarları

Van Kalesi'nin en zirve noktasındaki Urartu yapılarının önemli kısmı sonraki dönemlerde özellikle Osmanlı döneminde kalenin yoğun kullanımından dolayı sadece temel duvarları ile günümüze ulaşmıştır. Bu alandaki temel taşları Sardurburç yapısında olduğu gibi traverten kayacından oluşmaktadır (Şekil 12c ve d). Van Kalesi'nin doğu hendeğinden alınan kireçtaşı örneğinin mikroskop incelemesinde Rotaliolidea foraminifer (*Rotalia* sp.), *Borelis* sp., *Amphistegina* sp., *Pyrgo* sp., Miliolidae ve ekinit dikenli fosilleri saptanmıştır. (Şekil 12e, f, g, h ve i). Bu fosil içeriğine göre kireçtaşı örneği Toprakkale Formasyonu'nun neritik kireçtaşlarıyla hem stratigrafik seviye (Paleosen-Eosen) hem de litoloji bakımından benzer kireçtaşlarıdır. En yakın kaynak kaya alanı Tuşpa kayalığıdır.

Çavuştepe Kalesi

Urartu Kralı II. Sarduri tarafından MÖ 764-734 tarihleri arasında yaptırılmıştır. Tümüyle kayaya oyulmuş görkemli sarayı, özenli işçiliği açısından bir benzerinin olmayan "Uç Kale" yapısı ve ilginç kapı sistemiyle önemli bir yapıdır (Sevin, 2014). Bu kalenin sur duvarından alınan örneklerin mikroskop incelemesinde; traverten ve kireçtaşı türünde kayaçlar olduğu tespit edilmiştir (Örnek no: V17, V18). Traverten kayacı bol gözenekli, sazlık boşluklu yapısıyla Edremit bölgesindeki traverten kayaçlarına benzerlik gösterir (Şekil 13a ve b). Kalenin sur duvarında farklı bloktan alınan bir diğer kayaç örneği tipik denizel alg fosilleri içeren kireçtaşı kayacı olduğu belirlenmiştir (Şekil 13c).



Şekil 13. a, b) Çavuştepe Aşağı Kale güney sur duvarı ve buradan alınan traverten kayaç örneğinin makro görüntüsü. c) Aynı yere ait başka bloktan alınmış kireçtaşı kayacına ait örneğin polarizan mikroskop görüntüsü ve kesit içinde görülen denizel alg fosili.

Figure 13. a, b) Çavuştepe Lower Fortress south fortification wall and macro image of travertine rock sample taken from here. c) Thin section image of limestone rock sample taken from another block from the same location and view of marine algae fossils in thin section.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Van Gölü'nün doğusu kesimi boyunca uzanan Van ili ve çevresindeki önemli Urartu merkezlerindeki mimari yapılarda ve kalıntılarda ana yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşları oluşturan kayaç türlerinden alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan incelemeler, Urartu Krallığı'nın Orta

Demir Çağı boyunca gerçekleştirmiş oldukları inşaa faaliyetleri hakkında önemli sonuçlara ulaşmamızı sağlamıştır. Urartu Krallığı'ndan günümüze ulaşan mimari yapı kalıntıları yoğun bir inşaat faaliyetinin varlığını göstermektedir. Buna karşın, bu krallığa ait yapıların inşaa edilmesinde kullanılan doğal taşları oluşturan kayaçların çıkarıldığı taş ocaklarına ait veriler oldukça sınırlıdır. Bu yapıların taş bloklarından

alınan örneklerde; Van Kalesi, Zivistan Kalesi, Toprakkale Kalesi, Çavuştepe Kalesi ve Menua Kanalında ana yapı malzemesi olarak çoğunlukla traverten kayacı kullanılmıştır. Urartu Krallığı'nın merkezi konumundaki Van Bölgesi'nde traverten taş ocağı üretiminin krallığın kuruluşu ile beraber başladığını ve bölgedeki krallığa ait merkezlerde yoğun bir biçimde kullanımı görülmektedir. Söz konusu merkezlerdeki traverten blokların temini noktasında ise Edremit Bölgesi kaynak alanı ön plana çıkmaktadır. Nitekim, hem Şamram Kanalı hem de Edremit Kotur Deresi Vadisi'nden alınan örnekler de bu durumu doğrulamaktadır. Yine Urartu Krallığı'nın ilk krallığa ait projesi Sardurburç yapısında hem traverten hem de kireçtaşı blokların kullanımı tespit edilmiştir. Kireçtaşı blokların, krallığın başkenti Tuşpa'nın üzerinde yükseldiği Van Kayalığı'ndan getirildiğini özellikle kale kayalığındaki taş ocakçılığında geriye kalan üretim basamakları da ortaya koymaktadır.

Çavuştepe Kalesi'nden elde edilen örnekler, krallığın MÖ 8. yüzyılda da traverten taş ocakçılığını devam ettirdiği görülmektedir.

Van Kalesi, Toprakkale, Ayanis Kalesi (özellikle doğu sur duvarları), Aşağı ve Yukarı Anzaf kalelerinde (Erçek Gölünün güneybatısı) de kireçtaşları kullanılmıştır. Bu kireçtaşlarının içerdiği fosillere göre saptanan yaşının Paleosen-Eosen olduğu söylenebilir. Önceki çalışmalarda jeolojik oluşum yaşı saptanmış, fosil içeriğine göre benzer fosilleri içeren bu bölgeye en yakın Paleosen - Eosen yaşlı kireçtaşları Toprakkale, Kalecik, Beyüzümü, Gölyazı ve çevresinde geniş alanlarda yüzeyleyen Toprakkale Formasyonu'dur.

Zivistan, Aşağı Anzaf ve Yukarı Anzaf Kalelerinde kullanılan kumtaşlarının bölgeye en yakın Kalecik, Alabayır ve çevresinde gözlenen Van Formasyonu'na ait kumtaşlarından getirilmiş olabileceğini söyleyebiliriz.

Van Gölü'nün kuzeyindeki merkezlerde ise yoğun bir biçimde magmatik kökenli kayaçlar

doğal taş yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Urartu kralı Arğışti oğlu Rusa döneminde inşa edilen Ayanis Kalesi'nin güney sur duvarları ve tapınak alanında yapı malzemesi olarak gabro türündeki kayaçların kullanımı söz konusudur. Yine Van-Erciş karayolu üzerindeki Aliler Kalesi'nde de bu tür kayaçlar kullanılmıştır.

Gabro, Çavuştepe Kalesi'nin İrmuşini Tapınağı'nda ise sadece cephede kullanılmıştır. Van Gölü'nün kuzeyindeki merkezlerde özellikle kullanımı yoğun olan bu kayacın getirilebileceği en yakın kaynak alanı lokasyonları; Yeşilsu (Amik Köyü) ve çevresi olabileceği düşünülmektedir.

Andezit kayaçların ise Urartu merkezlerinde yapı malzemesi olarak kullanımı sınırlı olarak gözlenmiştir. Keçikıran Kalesi'nin sitadel kısmında ve batı surlarında bu türden kayaçlar kullanılmıştır. Bu kayacın getirilebileceği en yakın kaynak alanı ise Van Gölü'nün kuzey doğusu boyunca Muradiye ve Esrük Dağı çevresinde yüzeyleyen andezitler olabileceği düşünülmektedir.

Diğer magmatik kökenli kayaçlardan bazaltlar; Erciş ilçesinin doğusu ve batısı boyunca ve Van Gölü Doğu kesiminde Yaylıyaka ve Kumluca çevresinde yayılım göstermektedir. Özellikle, Körzüt Kalesi'nin üzerinde yükseldiği kayalık alanın da bu tür kayaçlardan meydana geldiğini göz önüne aldığımızda, Urartu Krallığı'nın mimari inşa uygulamalarına da paralel olarak en yakın noktadaki kaynağın taş ocağı olarak üretimi ve kullanımı söz konusudur. Bunun yanı sıra, çok sayıda yapı taşı blokları için öngörülen en önemli kaynak noktalarının başında sütun bazalt oluşumlarına sahip Timar Bölgesi gelmektedir.

Urartu Krallığı'nın merkezlerindeki yapıların özellikle iç mekânlarında süsleme elemanı olarak da farklı kayaç türlerinin kullanımı bilinmektedir. Ayanis Kalesi ve Toprakkale Kalesinden bulunan mozaik bezemelerde kullanılan serpantin kayacının getirilebileceği kaynak alanlarının ise Erçek Gölü doğusu Özalp ilçesi ve çevresi

olabileceği düşünülmektedir. Saha gözlemleri Özalp bölgesindeki serpantinitle yapı ve doku özelliklerinin söz konusu kalelerde kullanılan serpantinitle kayaçları ile benzerlikler sunmaktadır.

EXTENDED SUMMARY

Van and its vicinity have been a prominent region with settlements bearing the records of many civilizations since the earliest periods in history. The most stunning remains of civilizations in this region belong to the Urartu Kingdom, which was established in the centre of Van city from the middle of the 9th century BC. The capital city of the Urartu Kingdom was Tushpa (aka Van Castle), which was established on the Van Castle rock cliffs, which rise on the eastern shore of Lake Van. In addition to Tushpa, the capital of the Kingdom of Urartu, many castles, urban settlements, and other architectural structures, including dams and water canals are known. Considering the geological structure of the region, it appears that the Kingdom's settlements and architectural structures were founded on the Van Formation, which consists of Bitlis Metamorphics, Upper Cretaceous Ophiolites and Tertiary deep-sea sediments that form the basement rock in the region.

Precambrian-Cretaceous aged metamorphic rocks belonging to the Bitlis Group are mainly observed across the southern part of the basin. The Lake Van Basin sediments unconformably overlie the Bitlis Group, of which the largest unit is Bitlis Metamorphic rocks in the southern part of Lake Van. In the northern part, these sedimentary rocks overlie Quaternary volcanic rocks (Nemrut and Süphan volcanoes) and lacustrine sediments (Lake Van Formation). This formation deposited in the Lake Van Basin is mainly composed of travertine and unconsolidated fluvial sedimentary rocks. There are four widely-known rock groups in this basin. Upper Cretaceous-aged ophiolitic basement, which comprises mainly ultramafic

peridotite, mafic gabbro and troctolite rocks, is well-preserved across the entire eastern and northern parts of the basin. In the northern part of the Lake Van Basin, Lower-Middle Devonian neritic rocks and clastic and carbonate sedimentary rocks were deposited during the Eocene period. This deposition continued with marine and continental limestone and clastic rocks during the Miocene and Pliocene era. Volcanic rocks such as basalt and andesites chiefly dominate the northern part of the Lake Van Basin. Rhyolitic lavas, particularly obsidian rocks, in the eastern part of Lake Van are emplaced in the vicinity of the Timar region.

Considering the geology of the region, it is suggested that essential findings were obtained showing that igneous rocks were brought from the areas north and west of Lake Van, while sedimentary rocks are represented by limestones from the southern part of Lake Erçek and travertine rocks from the quarries in the Edremit region.

Igneous rocks were widely used as building material in the Urartian architectural structures in the northern part of Van Lake. Yeşilsu (Amik Village) and its surrounding area are notable as the closest and the most likely resource area where these rocks were extracted. Andesite rocks were used in a limited way as a building material. It is thought that these rocks were brought from Muradiye and the Mt. Esriik region. Commonly-used basaltic rocks in the Urartian structures are observed in the east and also west of Erciş district, Yaylıkaya and Kumluca region in the eastern part of Lake Van. Additionally, columnar basaltic lavas outcropping in the Timar region constitute one of the most widely-used primary materials in Urartu architecture. Considering the closest regions where serpentinite rocks outcrop, the Özalp region to the east of Erçek Lake can be considered as a potential region.

This study was carried out to determine petrographic characteristics and classify rock


types of natural stones used as building material in Van Castle, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran Castle, Körzüt Castle and Menua Water Canal belonging to the Urartu Kingdom. A secondary purpose was to use a geological approach to determine the quarries from which they were extracted. For this purpose, representative natural stone samples were taken from the architectural structures and their remains in the settlement centres of the Urartu Kingdom in order to prepare rock thin sections. The thin sections were examined under polarising petrographic microscope in order to determine their petrographic features and classify the rock types. When the architectural building groups in Urartu settlements are examined, different natural stones were mostly used as building material. The rock types of these natural stones used in the construction of these structures were generally classified under two main groups as igneous and sedimentary origin. Sedimentary rock types such as limestone, travertine and sandstone were preferred as the main building material in settlement centres around the Lake Van Basin. Additionally, igneous rock types such as gabbro, basalt, andesite and serpentinite were preferred more intensely in centres located around the north and western part of Lake Van. At the point of determining the sources of rock types used as natural stone building materials in the Urartian centres, Urartu primarily supplied materials from the nearest quarry sites. The use of material is also possible from the rocky or other nearby area on which the structure was built, especially. However, in line with the materials used in cuneiform inscriptions and monumental architectural structures such as temples, etc, the supply of building materials was also provided from distant sources.

KATKI BELİRTME


Van Gölü Havzası'ndaki Urartu merkezlerinden elde edilen taş örneklerinin sınıflandırılmasını

amaçlayan ince kesit çalışmaları Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Rıfat Kuvanç tarafından yapılan "Urartu Mimarisinde Malzeme ve Teknik" isimli doktora çalışması kapsamında, Van Müze Müdürlüğü'nün izni ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu doktora tez çalışması Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminin 2012-SOB-D041 No'lu projesi ile desteklenmiştir. Bölgede arkeolojik kazı çalışmalarının gerçekleştirdiği Van Kalesi ile Ayanis Kalesi'ndeki örnekler üzerinde çalışma yapılmasına izin veren Eski Van Şehri, Kalesi ve Höyüğü kazı başkanı Doç. Dr. Erkan Konyar ile Ayanis Kalesi kazı başkanı Prof. Dr. Mehmet Işıkli'ya teşekkür ederiz.

ORCID

Aslı Karabaşoğlu  <https://orcid.org/0000-0001-6980-0194>

Özgür Karaoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-2627-4686>

Rıfat Kuvanç  <https://orcid.org/0000-0003-0198-8754>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.
- Belli O. (2000). Urartu Krallığı Döneminde Van Bölgesi'nde İşletilen Taş Ocakları ve Atölyeleri. *Türkiye Arkeolojisi ve İstanbul Üniversitesi (1932-1999)* (s. 415-422).
- Belli, O. (2003). Van-Aşağı ve Yukarı Anzaf Urartu Kaleleri Kazısı: Bir Ara Değerlendirme (1991-2002). *Colloquium Anatolicum, II* (s. 1-49). Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları.
- Burney, C. A. (1957). Urartian Fortresses and Towns in Van Region. *Anatolian Studies*, 7, 37-53.
- Burney, C. A. & Lawson, G. R. J. (1960). Measured Plans of Urartian Fortresses. *Anatolian Studies*, 10, 177-196.

- Çilingiroğlu, A. (2004). How was an Urartian Fortress Built?. In A. Sagona (Ed.), *A View from the Highlands: Archaeological Studies in Honour of Charles Burney (Ancient Near Eastern Studies)* (pp. 205-231). Peeters Publishers.
- Çilingiroğlu, A. (2011). Ayanis Kalesi. K. Köroğlu, E. Konyar (Ed.ler), *Urartu: Doğu'da Değişim* (s. 338-365). Yapı Kredi Yayınları.
- Karabıyıkoglu, M., Aras, O., Beşikçi, B. ve Işıklı, M. (2019). Ayanis Kalesi Taşlarının Kaynak Sorunu. *Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, 34 (s. 467-474).
- Karaoğlu, Ö., Özdemir, Y., Tolluoğlu, A. Ü., Karabıyıkoglu, M., Köse, O. & Froger, J. L. (2005). Stratigraphy of the volcanic products around Nemrut Caldera: implications for reconstruction of the caldera formation. *Turkish Journal of Earth Science* 14, 123-143.
- Keskin, M., Pearce J. A. & Mitchell J. G. (1998). Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 355-404.
- Konak, N. ve Ercan, T. (2002). *1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)) Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Kuvanç, R. (2017a). *Urartu Mimarisinde Malzeme ve Teknik* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kuvanç, R. (2017b). Urartu Krallığı'nın İlk Devlet Yatırımı Sardurburç Yapısı Işığında Urartu Taş Ocakçılığına İlişkin Gözlemler. *Anadolu Araştırmaları*, 20, 115-134.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>
- Salvini, M. (2006). *Urartu Tarihi ve Kültürü* (Çev. B. Aksoy). Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- Salvini, M. (2008). *Corpus Dei Testi Urartei, Vol. I-III, (CTU I-III)*. Istituto di Studi Civiltà Dell'e Egeo Del Vicino Oriente, Documenta Asiana, Roma.
- Sevin, V. (2006). Keçikıran: Van Bölgesinden Yarım Kalmış Bir Urartu Projesi. A. Öktü, E. Özgen, ... A. Rennie (Ed.ler), *Hayat Erkanal'a Armağan, Kültürlerin Yansıması* (s. 667-674). Homer Kitabevi ve Yayıncılık.
- Sevin, V. (2012). *Van Kalesi, Urartu Kral Mezarları ve Altıntepe Halk Mezarlığı*. Ege Yayınları.
- Sevin, V. (2014). Çavuştepe Aşağı ve Yukarı Kale Kapıları: Urartu mimarlığında sıra dışı uygulamalar. B. Helving, B. Uysal, A. Engin (Ed. ler), *Armizzi-Engin Özgen'e Armağan/Studies Honour of Engin Özgen* (s. 227-235). Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları.
- Streckeisen, A. (1978). IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilite Rocks. Recommendations and Suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 143, 1-14.
- Şaroğlu, F. & Yılmaz, Y. (1986). Geological evolution and basin models during neotectonic episode in the eastern Anatolia. *Bulletin Mineral Research and Exploration*, 107, 61-83.
- Şengör, A. M. C. & Kidd, W. S. F. (1979). Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian Plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, 55(3-4), 361-376. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(79\)90184-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(79)90184-7)
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-4)
- Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T. ve Üner, T. (2010). Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, 31(1), 53-66.



Porosity Prediction for Some Geological intervals in the East Baghdad Oil Field Using New Empirical Equations

Maan Hasan Abdullah Al-Majid

University of Mosul, College of Petroleum and Mining Engineering, Mosul-Iraq

• Geliş/Received: 09.07.2020 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 01.02.2021 • Kabul/Accepted: 02.02.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 07.04.2021 • Baskı/Printed: 30.04.2021

Research Article/Araştırma Makalesi

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: This study examines the evaluation of empirical equations related to primary seismic velocity with density and porosity. The empirical equations have been used in 128 sites based on a seismic grid covering the east Baghdad oil field. The average of density of the geological formations between each seismic reflectors and another (each interval) was extracted from well log data for four wells scattered in the field. Those reflectors were arranged from top to bottom of the studied Formations (Fatha, Hartha, Tanuma, Ahmadi, Shuaiba, and Gutnia Formations). In order to determine the best empirical equations, several previous equations were tested to obtain the best that correspond to the density rates taken from well records. The most suitable equations were used in calculating density for all intervals in the whole field. Using the strong relationship (porosity-density) taken from the well log data, the porosity values for all the studied intervals were found. Later, the porosity and density contour maps for each interval in the whole field were established. The locations of high porosity zones were identified and related to the petroleum distribution in the field.

Keywords: Density, East Baghdad oil field, petrophysical parameters, porosity, new empirical equations, seismic velocity analyses.

INTRODUCTION

The oil field of East Baghdad is one of Iraq's largest oil fields. It is about 120 km long and about 20-30 km wide and occupies an area of around 1000 km² and is directed towards NW-SE (Figure1). The structure was highly faulted due to the transverse motion of the basement blocks, which led to the formation of the early Cenomanian longitudinal wrench faults. Many of these faults resemble positive flower structures on seismic sections (Harding and Lowell, 1979).

The oil field in eastern Baghdad was established in 1976 as a group of oil fields, the

first oil field production in 1980. In this field many oil wells have been drilled which reach the Cretaceous formations, one of which penetrates all of the Cretaceous formations and extends to Chiagara Formation in the Upper Jurassic. Ratawi and Zubair Formations are regarded as the main source rocks for accumulation of hydrocarbons which constitute a petroleum system. (Darweesh, et al, 2017).

As indicated by C.F.P. (1981) and Khaiwka (1989), the structural complexity of east Baghdad oil field was resulted from oblique-slip growth faults and later folding and faulting.

* Correspondence / Yazışma: maanabdalla@yahoo.com

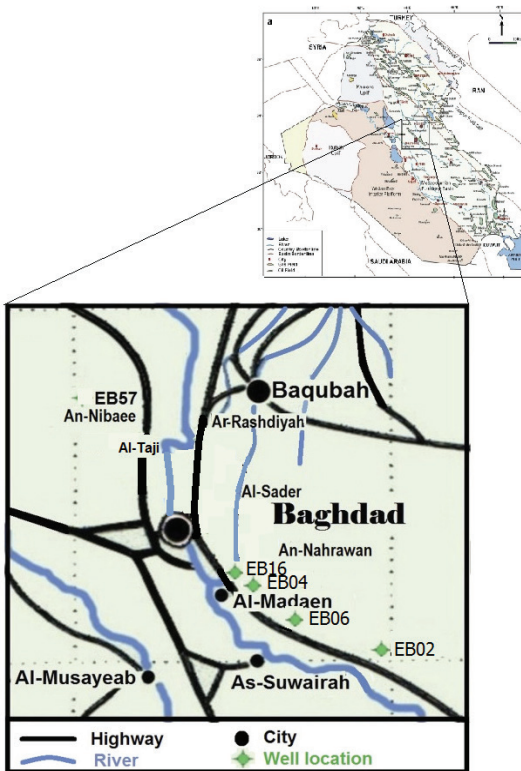


Figure 1. Location map of the study area. (Al-Ameri et al, 2016).

There are two main faults in the seismic section (Figure 2), the first is normal with NE dipping and cutting the tops of Ahmadi, Shuaiba, Chiagara and Gotnia Formations, while the second fault is normal, it is semi-vertical and it cuts the tops of the same formations as those mentioned above. Such faults make a good way to allow oil migration along the permeable calcareous sand and shale beds in Chiagara Formation in the horizontal movement to a route through faults in vertical movement and finally to the traps of the anticline.

From the crest to the spill plane, the termination of these traps is filled; where oil spills under the trap into permeable beds nearby. The spilled oil migrates through friction joints until it is trapped in the seal of Lower Fars Anhydrite (Al-Ameri, 2011).

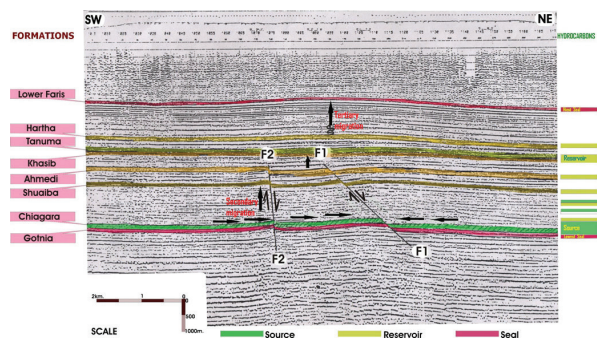


Figure 2. Seismic cross section played with hydrocarbon source, reservoir, and seal rock units in East Baghdad Oil Field. Double lines arrow indicate directions of migration pathways while F1 and F2 are normal faults (Al-Ameri, 2011).

The stratigraphic section includes several types of rock deposited in the marine and lagoon zones. The deposits range from Jurassic, Cretaceous and Pliocene in geological period (Al-Ameri, 2011) (Figure 3).

MATERIALS AND METHODS

The density of the rock depends on the mineral content, porosity, water saturation and the hydrocarbon type. It will provide critical details to identify the reservoir or to schedule the location of the new well generated or injected.

Cross-plots of rock properties and pore fluid and lithology show that density makes the biggest distinction of hydrocarbon reservoirs and other types of rock fluid, making exact density estimates significant for characterization of the reservoir (Van Koughnet et al., 2003).

Conventional petrophysical investigations are focused on a P-wave seismic velocity analysis for predicting density information. The propagation of acoustic waves on porous material depends on the studied formation's lithology and porosity. There are a number of empirical equations which describe the P-wave velocity as a density and porosity function (Brocher, 2005).

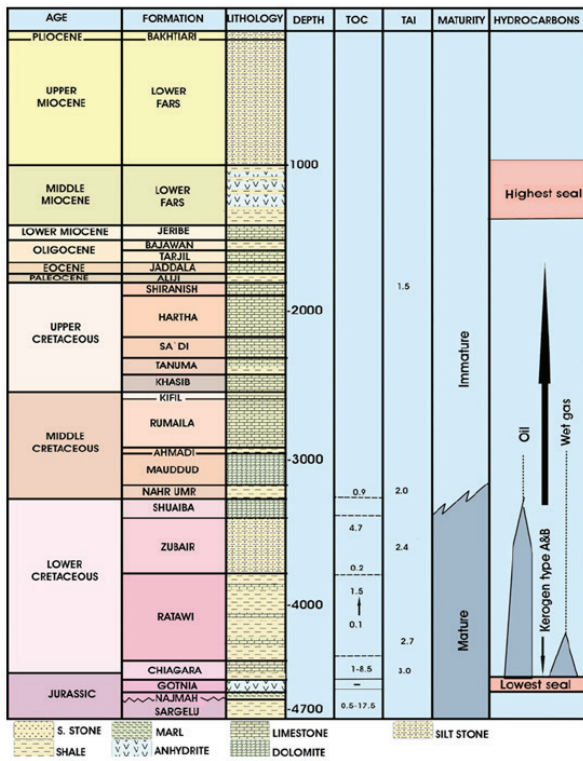


Figure 3. East Baghdad Oil field stratigraphy with parameters of hydrocarbon production and sealing within the total petroleum system. (Al-Ameri, 2011).

For the determination of sonic log data and the precise detection of pore fluids, velocity-porosity relationships are important. In order to interpret the sonic log data, it is important to assess the relationships between velocity in the sediments and rock lithology. The knowledge of accurate ties between velocity and other petrophysical parameters, such as porosity or density, are crucial for the measurement of impedance models (Han and Batzle, 2004).

If density and porosity details are not available, it is often calculated from P-wave velocity (VP) by various relationships (Gardner et al, 1974; Lindseth, 1979; Barnola and White, 2001; and else.).

Data Sources

The data collected in this work were obtained from two primary sources. The first was based on a seismic data set taken from (Al-Majid, 1992) to derive information about the reflectors (depths and velocities). These data were used with different empirical equations to generate the porosity and density values for intervals (Fatha-Hartha, Hartha-Tanuma, Tanuma-Ahmadi, Ahmadi-Shuaiba, and Shuaiba-Gutnia). The seismic data comprised 128 sites scattered over a net of 22 seismic lines (Fig. 4).

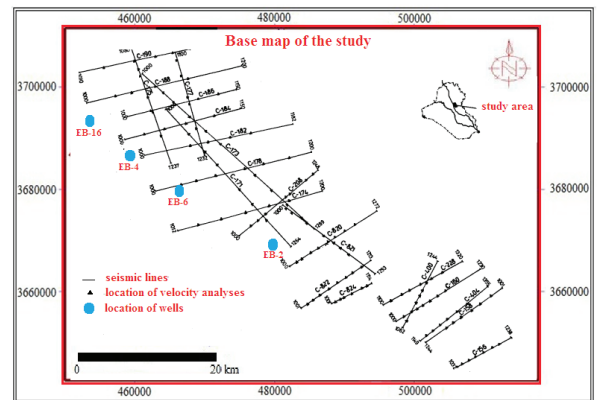


Figure 4. Location map of the seismic lines in the study area (modified after Al-Majed, 1992).

The second source was collected from log data of four wells dispersed in the field to measure the mean density and porosity values at various depths (reflector depths). The density rates taken from the well information were compared with the density values calculated using the previous empirical equations. Well log data were collected from the Iraqi Ministry of Oil for the four wells (EB2, EB4, EB6, and EB16). Such data provide details on the reservoir's petrophysical properties. The analysis of well log data requires the removal of any external factors, such as the mud cake and the effect of the drilling mud or other, that cause errors on reading logs.

Corrections must be made for shaliness to determine porosity values with greater precision. After estimating shale volume from Gamma ray, the neutron-density measurements are adjusted for the shale effect. The log readings in this research have been corrected by using the interactive petrophysics software (IP) to make environmental corrections.

Previous Empirical Equations

Based on field and laboratory observations of salt-sated rocks, except evaporates, from different sites and depths, Gardner et al. (1974) found the empirical equations between density and velocity, given by:

$$\rho = a (V)^m \quad (1)$$

Where ρ is density and V is P-wave velocity. Standard values of (a) and (m) in densities of g/cm^3 and P-wave velocity in m/s are 0.31 and 0.25, respectively. The relationship of Gardner is a good approximation for shales, sandstones and carbonates, while coals and evaporates vary greatly from the predicted behavior. (Gardner, et al, 1974).

(Han et al., 1986) carried out detailed analyses on 75 sandstone cores of various porosity and clay content. The samples used are saturated with a pressure of 40 MPa. The equation (Eq.) derived from this dataset is:

$$\rho = 0.019 VP^{.58} \quad (2)$$

For a set of 13 limestone cores, (Kuiper et al., 1959) used the following equation:

$$\rho = 0.026 Vp^{.54} \quad (3)$$

The associations between velocity and density are high for limestone data, but they are dispersed for sandstone data. Subsequently, Gardner et al.

(1974) correlated the variability of bulk density with P-wave velocities for specific sedimentary rocks from a wide range of ages, basins, and depths. The relationship of Gardner et al. (1974) is:

$$\rho = 0.31 (VP)^{0.25} \quad (4)$$

Whereas the default coefficients (a) and (b) in the original Gardner equation are 0.31 and 0.25, respectively. (Nwozor, et al, 2017) applied the Gardner curve to its local results, leading in a coefficient of 0.33 and 0.29 for shales and sands, respectively, when the exponent is held at the default value.

$$\rho = 0.29 (VP)^{0.25} \text{ (for Shale)} \quad (5)$$

$$\rho = 0.33 (VP)^{0.25} \text{ (for Sand)} \quad (6)$$

RESULTS

Interval velocity (IV) results for all intervals Fatha-Hartha, Hartha-Tanuma, Tanuma-Al-Ahmadi, Ahmadi-Shuaiba and Shuaiba-Gutnia were obtained from (Al-Majid, 1992). In order to determine the suitability of the empirical equations mentioned above in the calculation of the density values, these equations were tested to obtain the best that will be used to calculate the density on the whole field. This test was carried out on the well log information of the five wells distributed in the field. The average density values for all intervals produced from log data were compared with the others calculated by applying the empirical equations mentioned above (Table 1).

From Table 1, the average density values calculated by Eq.2 have roughly consistent with the well log data for the two intervals (Tannuma-Ahmadi and Ahmadi-Shuaiba), but the others have none except those for Shuaiba-Gutnia interval that calculated by Eq.5

Table 1. Comparison between the average density values (Avg ρ) observed in the well logs data for five intervals and the others calculated by different empirical equations.

Interval	Top Depth m	Bottom Depth m	Avg ρ Well log gm/cc	Avg ρ Eq.2 gm/cc	Avg ρ Eq.3 gm/cc	Avg ρ Eq.4 gm/cc	Avg ρ Eq.5 gm/cc	Avg ρ Eq.6 gm/cc
Fatha- Hartha	1200	1650	2.4811	2.2271	2.1941	2.4161	2.2602	2.5665
Hartha-Tannuma	1600	2020	2.4141	2.3548	2.3110	2.4748	2.3151	2.6345
Tannuma-Ahmadi	2000	2950	2.4251	2.4133	2.3644	2.5011	2.3400	2.6625
Ahmadi-Shuaiba	2950	3260	2.499	2.4881	2.4325	2.5338	2.3703	2.6972
Shuaiba-Gutnia	3260	3820	2.3605	2.4584	2.4055	2.5212	2.3585	2.6838

According to the equations concluded by (Nworoz, et al 2017) using two values of parameter a (0.29, and 0.33), five new equations for the five intervals in the study area were created with variable values of a range from 0.29 to 0.32 and constant b parameter (0.25).

$$\rho = a (VP)^{0.25} \tag{8}$$

These equations were established for the purpose of obtaining the best match in density values calculated from velocity data and those produced by well log information (Table 2).

The parameter (a) was explained as a variable lithological parameter ranging from 0.29 in Shuaiba-Gutnia interval (containing the low density Shale) to 0.32 in Fatha-Harth interval (containing the high density anhydrite).

The new five equations were used to estimate the density values for each interval in the whole field. Later, five density maps for the five intervals were produced. (Figure 5).

Table 2. Comparison between the average density values observed in the well logs data for all intervals and the others produced by the new empirical equations with variable parameters of (a) and constant (b) (according to this study).

Interval	Top depth in m	Bottom depth in m	Avg ρ well log in gm/cc	Avg ρ New Eq.(8) in gm/cc	(a)	(b)	Error
Fatha- Hartha	1200	1650	2.4811	2.48096935	0.32	0.25	-0.00013
Hartha-Tannuma	1650	2000	2.4141	2.418924857	0.303	0.25	0.00482
Tannuma-Ahmadi	2000	2950	2.4251	2.420440637	0.30	0.25	-0.00465
Ahmadi-Shuaiba	2950	3260	2.499	2.501071976	0.306	0.25	0.00207
Shuaiba-Gutnia	3260	3820	2.3605	2.358514119	0.29	0.25	-0.00198

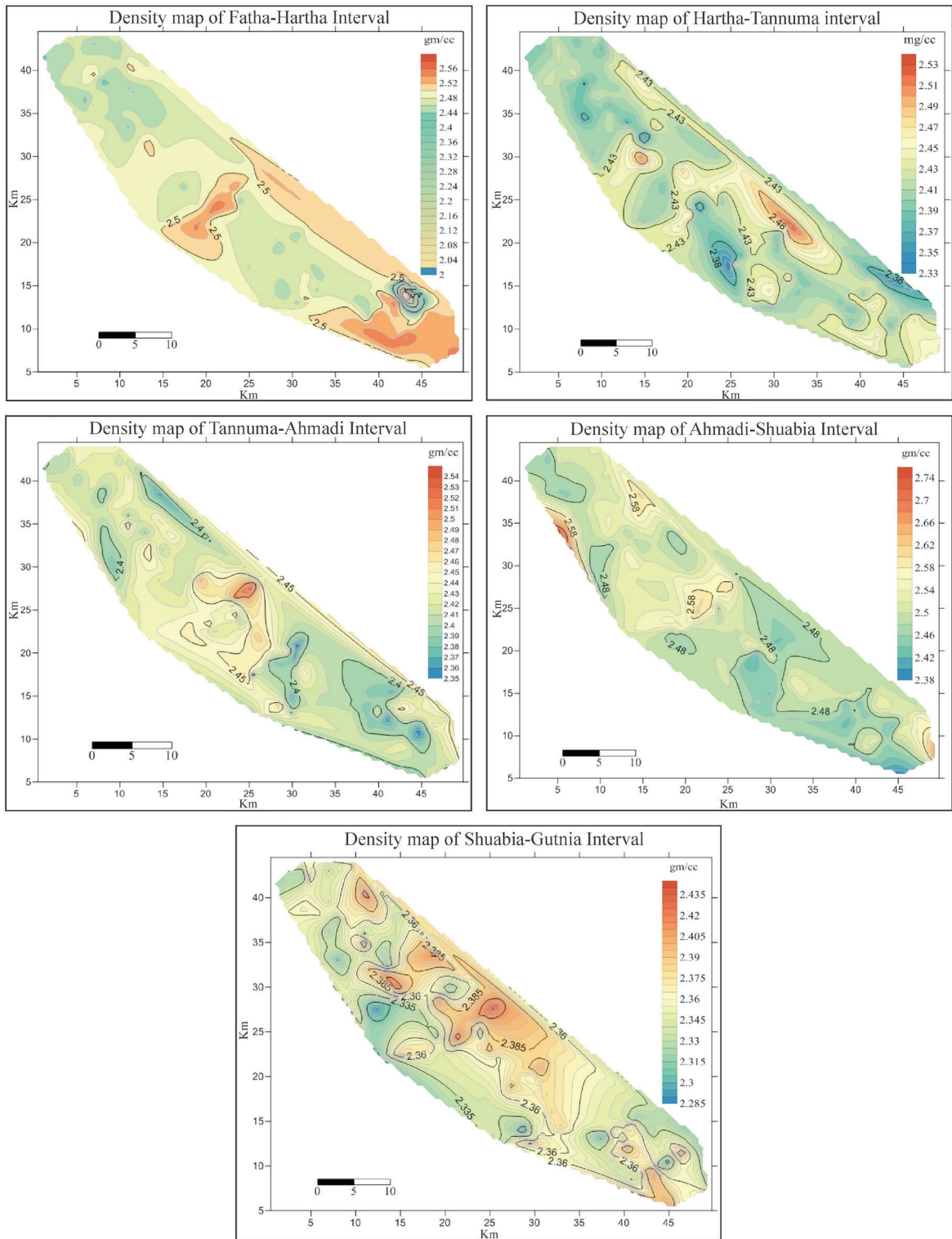


Figure 5. The density maps for each interval in the study area produced by using Surfer program v.13.

For porosity values in the field, porosity and density data from five well logs in the field were used to establish a new empirical relationship between them with high correlation coefficient (R=0.9) (Figure 6).

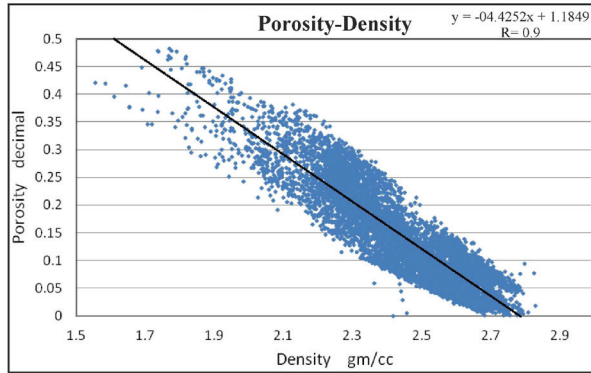


Figure 6. A relationship between porosity and density values recorded in the well logs and its parameters.

For more accuracy, the best porosity – density equations for each interval were deduced as shown in Table 3.

Table 3. The best Porosity – density equations for all intervals in the study area, where Φ is the porosity in decimal, ρ is the density in gm/cc, and R is the correlation coefficient between.

Interval	Porosity-Density Best equation	R
Fatha-Hartha	$\Phi = -0.5304\rho + 1.434$	0.91
Hartha-Tannuma	$\Phi = -0.6596\rho + 1.7619$	0.996
Tannuma-Ahmadi	$\Phi = -0.5079\rho + 1.3895$	0.94
Ahmadi-Shuaiba	$\Phi = -0.3195\rho + 0.9028$	0.79
Shuaiba-Gutnia	$\Phi = -0.364\rho + 1.0495$	0.87

These equations were used to calculate the porosity values for each interval in the whole field. Later, five porosity maps for the five intervals in the whole field were derived (Figure7).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

After conducting the necessary tests on previous equations to obtain the best relationship between seismic velocity and density, the best equation

for each interval was established. According to lithological section in each interval, the variable (a) in the equations was ranging between 0.29 and 0.32. It appears as an index factor to knowledge of rock types in the study sections. This study concludes a new (a) value for each interval by best fit the calculated average densities with those produced from well log.

The Fatha-Hartha interval which has variable and successive lithological cycles (Limestone, Dolomite, Anhydrite, Marl, Claystone, and Salt rocks) with an average density of about 2.48, showed the highest value of the factor (a), which is about (0.32).

The Hartha - Tannuma interval which is the main component of Limestone with average density of about (2.41) gm/cc has a value of (a) about 0.303, that may be considered as a characteristic value of limestone in the field.

The Tannuma-Ahmadi interval has a value of (a) about (0.30) for sequences of limestone layers with thin overlays of Shale. The average density calculated of this interval is about (2.425). The Shale effect reduces the value of (a) from 0.303(for only Limestone layer) to 0.30 (for thickly Limestone with thin layers of Shale). This may be mean that the shale effect on (a) value in this interval is about (0.003).

In the Ahmadi-Shuaiba interval which consists of thick Dolomite layers with some layers of Shale, the (a) value was increased to about (0.306). Although the Shale layers in this interval have a more thickness than Tannuma-Ahmadi interval, the values of (a) were increased. This may have occurred due to the replacement of dolomite instead of limestone, which may give an idea of the effect of dolomite on increasing the value of (a). The Shuaiba - Ahmadi interval consists mainly of Shale which reduces the value of (a) to (0.29). The (a) value in this interval was corresponded to the value derived by (Nwozor, et al, 2017) from their study for a number of Shale samples.

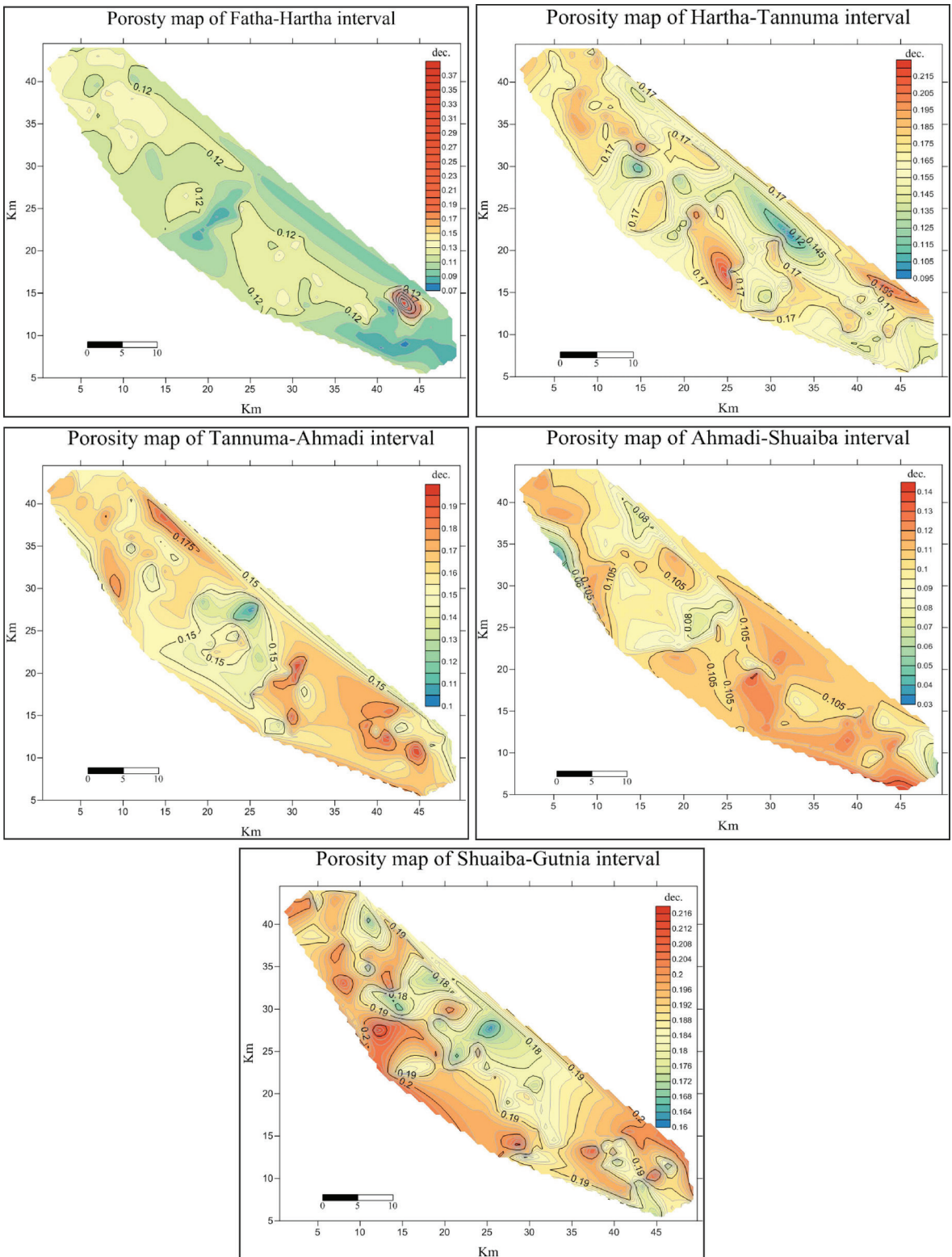


Figure 7. The porosity maps of each interval in the study area produced by using Surfer program v.13

Based on wells information, the new relationships between porosity and density were obtained for each interval with a high correlation coefficient (R) ranges from 0.78 to 0.99. The equations deduced from these relationships were applied to density values calculated above for the purpose of obtaining porosity values for each interval.

Density and porosity maps were plotted for each period. The high porosity areas were determined to provide important evidence on the sites of hydrocarbons in the study area.

The presence of Shale in the Stratigraphic section is considered the greatest effect on the increase of porosity in the study area, but this effect decreases with increasing depth due to the effect of overburden pressure except in the last interval (Shuaiba-Gutnia), where porosity increases despite the increase in depth. This may occur when the pore pressure is effective. This assumption may give a clear picture of the distribution of hydrocarbons in that interval.

ORCID

Maan Hasan Abdullah Al-Majid  <https://orcid.org/0000-0002-3951-4880>

REFERENCES

- Al-Ameri, T.K. (2011). Khasib and Tannuma oil sources, East Baghdad oil field, Iraq. *Marine and Petroleum Geology*, 28(4), 880-894. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2010.06.003>
- Al-Ameri, T. K., Al-Temimi A. K. & Zumberge J. (2016). Assessments of oil characterization, source affinities, and hydrocarbon dynamic of East Baghdad oil fields, Central Iraq. *Marine and Petroleum Geology*, 77, 353-375. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.03.009>
- Al-majid, M. (1992). *The study of compaction in the east Baghdad oil field by using seismic velocity analyses* (Unpublished MSc thesis). University of Mosul, Iraq.
- Barnola, A. S. & White, R. E. (2001). Gardner's relation and AVO inversion. *First Break*, 19(11), 607-611.
- Brocher, T. M. (2005). Empirical relations between elastic wave speeds and density in the Earth's crust. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95(6), 2081-2092.
- C.F.P. (Compagnie FranGaise du Pdrole) (1981). *East Baghdad field: sedimentological study of the carbonate reservoirs*. Oil Exploration Co, Baghdad [Unpublished report].
- Darweesh, H. A., Obed, A. M. & Albadran, B. N. (2017). Structural study of East- Baghdad oil field, Central-Iraq. *World Journal of Engineering Research and Technology*, 3(6), 56 -66.
- Gardner, G. H. F., Gardner, L. W. & Gregory, A. R. (1974). Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps. *Geophysics*, 39, 770-780.
- Han, D. H., Nur, A. & Morgan, D. (1986). Effects of porosity and clay content on wave velocities in sandstones. *Geophysics*, 51, 2093-2107.
- Han, D. H. & Batzle, M. (2004). Gassmann's equation and fluid-saturation effects on seismic velocities. *Geophysics*, 69, 398-405.
- Harding, T. P. & Lowell, J. D. (1979). Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum province. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63(7),1016-1058.
- Khawka, M. H. (1989). *Structural evolution of the East Baghdad oilfield, central Iraq*. Proc. 5th Sci. Con., Scientific Research Council, Baghdad, 2,(1), 17-27.
- Kuiper, J., Van Ryan, W. M. L. & Kocfoed, O. (1959). Laboratory determinations of elastic properties of some limestones. *Geophysical Prospecting*, 7(1), 38-14.
- Lindseth, R. O. (1979). Synthetic sonic logs - a process for stratigraphic interpretation. *Geophysics*, 44, 3-26.

- Nwozor, K. K., Onuorah, L. O., Onyekuru, S.O. & Egbuachor, C. J. (2017). Calibration of Gardner coefficient for density–velocity relationships of tertiary sediments in Niger Delta Basin. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 7, 627–635. <https://doi.org/10.1007/s13202-017-0313-7>
- Van Koughnet, R. W., Skidmore, C. M., Kelly, M. C. & Lindsay, R. (2003). Prospecting with the density cube. *The Leading Edge*, 22, 1038-1045.



Uludağ'ın (Bursa) Güneybatısındaki Jeotermal Kaynak ve Madensularının Kökenine Jeokimyasal Bir Yaklaşım
A Geochemical Approach to the Origin of Geothermal and Mineral Waters Southwest of Uludağ Mountain (Bursa)

Nizamettin Şentürk¹ , Halim Mutlu² 

¹ Madensuyu Üreticileri Derneği (MASUDER), Ankara

² Ankara Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Gölbaşı Yerleşkesi, Ankara

• Geliş/Received: 21.01.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 09.03.2021 • Kabul/Accepted: 16.03.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 14.04.2021 • Baskı/Printed: 30.04.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada, Uludağ'ın (Bursa) güneybatısındaki jeotermal kaynaklar ile maden sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve kökensel ilişkileri incelenmiştir. Termal suların sıcaklıkları 37-64,5 °C maden sularının sıcaklıkları ise 15,6-22,5 °C arasında değişmektedir. Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 451-2.026 mg/l arasında ölçülmüştür. Örneklerin pH değerleri sıcak sular için 7,1-7,3 arasında maden suları için daha asidik karakterde olup 6,2-6,7 aralığındadır. Sıcak sular Na-Ca-HCO₃ fasiyesi ile temsil edilirken maden suları Mg-Na-Ca-HCO₃ tip özellik sergiler.

Bursa mineralli sularının trityum içerikleri 0,34 ile 5,96 TU arasında değişmektedir. Trityum sıcak sular için 0,34-1,95 TU arasında, maden suları için ise 1,57'den 5,46 TU'ya kadar değişmektedir. Bu sonuçlar akışkanların büyük bir kısmının modern sular olduğuna işaret etmektedir. Örneklerin δ¹⁸O değeri ‰-11,08 ile -7,97 (VSMOW) arasında δD değerleri ise ‰-73,81 ile -57,64 (VSMOW) arasında değişmektedir. Duraylı izotop bileşimleri Küresel ve Akdeniz Meteorik Su Çizgileri arasında kalan Bursa termal ve maden suları meteorik kökenlidir.

Bursa mineralli sularında çözünmüş inorganik karbonda (HCO₃) ölçülen δ¹³C ‰-15,3 ile +10,12 (VPDB) arasındadır. Sıcak suların karbon izotop bileşiminin maden sularına göre yaklaşık ‰15 düşük olması bu sulardaki karbonun organik madde kaynaklı olduğunu gösterir. Maden sularında çözünmüş karbon ise denizel kireçtaşlarından türemiştir. Döteryum-yükseklik ilişkisi kullanılarak Bursa sıcak sularının 1180-2300 m arasında bir rakımdan itibaren beslendikleri bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Bursa, hidrojeokimya, izotop, jeotermal kaynak, maden suyu, Uludağ.

Abstract: In this study, hydrogeochemical characteristics and the origin of geothermal springs and mineral waters southwest of Uludağ (Bursa) Mountain were investigated. Temperatures of thermal waters are 37-64.5 °C and those of mineral waters range from 15.6 to 22.5 °C. Total dissolved solid (TDS) content of waters is in the range of 451 to 2026 mg/l. The pH of mineral waters (6.2 - 6.7) is much more acidic than thermal waters (7.1 - 7.3). Thermal waters are represented by Na-Ca-HCO₃ facies type, while mineral waters are Mg-Na-Ca-HCO₃ type.

Tritium measured in the Bursa mineral waters is 0.34 to 5.96 TU. Thermal waters (0.34 to 1.95 TU) have lower tritium content than mineral waters (1.57 to 5.46 T). These results indicate that most of studied fluids are regarded as modern waters. δ¹⁸O of samples is -11.08 to -7.97‰ (VSMOW) and δD values are in the range of -73.81 to -57.64‰ (VSMOW). Stable isotope compositions of Bursa mineral water are located between Global and Mediterranean Water Lines, indicating meteoric origin.

$\delta^{13}C$ values measured in dissolved inorganic carbon (HCO_3^-) are between -15.3 and +10.12‰ (VPDB). Carbon isotope compositions of thermal waters are about 15‰ lower than those of mineral waters, implying that carbon in thermal springs is derived from an organic source. Carbon in mineral waters originates from marine limestones. Using the deuterium-altitude relationship, the recharge zone for Bursa mineral waters was at 1180-2300 m.

Keywords: Bursa, Geothermal spring, hydrogeochemistry, isotope, mineral water, Uludağ.

GİRİŞ

Avrasya ve Afrika plakalarının Mesozoyik'ten itibaren birbirlerine yakınlaşması ve buna bağlı olarak bu plakalar arasındaki küçük kıtasal parçacıkların çarpışması, rotasyonu ve deformasyonu Alp-Himalaya dağ kuşağında yer alan Türkiye'de geniş yayımlı magmatizma ve tektonik hareketlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Dewey ve Şengör, 1979). Söz konusu kıtasal blokların sınırları genç volkanikler ve aktif faylar ile kuşatılan sismik kuşaklar şeklindedir. Anadolu'daki jeotermal sahaların büyük bir kısmı bu kuşaklar üzerindeki Neojen-Kuvaterner volkanizması ve ana faylar boyunca görülür. Örneğin, Doğu Anadolu bölgesinde jeotermal kaynaklar çok sayıda aktif fay sistemi (Çaldıran ve Kağızman fayları gibi) ve Neojen volkanizması (ör. Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı Yanardağları) ile ilişkilidir (Aydın vd., 2020). İç Anadolu bölgesindeki sıcak suların büyük çoğunluğu tarihsel olarak aktif olan yanardağların (ör. Hasandağ) çevresinde yer alırken, açılma rejiminin hüküm sürdüğü ve bunun sonucunda kabuğun incelmeye başladığı Batı Anadolu'da ise jeotermal kaynaklar daha çok grabenleri (B. Menderes, Simav, Alaşehir) sınırlayan fay sistemleri boyunca ortaya çıkmışlardır (Mutlu ve Güleç, 1998). Deprem odak noktalarının çok derinde yer aldığı Kuzey Anadolu Fay Zonunda (KAFZ), doğrultu-atımlı faylar sıcak suların pek çok alanda yüzeye ulaşmasında önemli rol oynamıştır (de Leew vd., 2010). Ancak genç magmatik sistemlerin KAFZ boyunca çok sınırlı bulunması akışkan sıcaklıklarının düşük olmasına yol açmıştır (Süer vd., 2008).

KAFZ'nun güney kolu Yenişehir-Bursa-Manyas-Gönen-Pazarköy güzergâhını takip

ederek Edremit körfezine ulaşır. Bu hat boyunca, termal suların sıcaklıkları fay zonunun diğer kısımlarındaki kaynaklara göre nispeten daha yüksektir (Mutlu, 2007). Bununla birlikte, Bursa ilinin güneyinde yer alan Uludağ'ın eteklerinde çok sayıda maden suyu çıkışı mevcuttur. Türkiye maden suyu üretimimin yaklaşık yarısı bu bölgede yapılmaktadır. Uludağ yükselimini kuzeyden sınırlayan ve halen aktif olan normal bileşenli D-B doğrultulu Bursa Fayı ve Uludağ'ın güneyinde İnegöl yöresi diri fayları (Şaroğlu vd., 1987) boyunca sıcak su kaynakları yer alır. Bursa ili ve çevresindeki sıcak suların jeokimyasal özellikleri bilinmesine karşın (ör. Tut Haklıdır, 2013), Uludağ maden suları ile termal suların ilişkisine yönelik detaylı bir araştırma bulunmamaktadır. Literatürdeki söz konusu boşluğu doldurmak amacıyla, bu çalışmada, Uludağ'ın güneybatısındaki ve kuzeydoğusundaki sıcak ve maden sularının hidrojeokimyasal özellikleri ile duraylı izotop sistematiği incelenerek kökensel ilişkileri ortaya konmuştur.

MALZEME VE YÖNTEM

Uludağ sıcak ve mineralli su kaynaklarından 2020 Mart ayında 11 adet maden suyu ve 2 adet sıcak su, 1 adet çeşme suyu örneği toplanmıştır. Suların pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, TDS ve sıcaklık gibi fiziko kimyasal parametreleri Lovibond SD 335 Multi modeli ile örnekleme noktasında ölçülmüştür (Şekil 1a). Anyon-kasyon, izotop ve trityum analizleri için örnekler sırasıyla 250 ml, 500 ml ve 1 litrelik HD-polietilen kaplara toplanmıştır. Maden suları işletme olan tesislerde suyun üretime girdiği noktalardan, diğerlerinde ise kuyu başı veya kaynaktan örneklenmiştir (Şekil 1b). Sıcak sular kaplıca tesislerinden toplanmıştır.



Şekil 1. a) Çaybaşı maden suyu. Kaynaktan üretim sığ bir kuyu vasıtasıyla yapılmaktadır, **b)** İnegöl maden suyu kaynağına ait kuyubaşı manometresi

Figure 1. a) Çaybaşı mineral water: Production from the spring is made from a shallow well, **b)** Wellhead manometer for İnegöl mineral water spring.

Örneklerin majör iyon analizleri Uludağ İçecek Ar-Ge Merkezi laboratuvarlarında (Yenice, Bursa) yapılmıştır. Bikarbonat titrasyon yöntemiyle tespit edilmiş, diğer iyon analizleri ise iyon termal iletkenlik dedektör (TCD) bağlantılı kromatografi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz edilene kadar soğuk ortamda (+4 °C'de) saklanan örnekler gözenek çapı 0,45 µm olan membrandan geçirilerek filtre edilmiştir. Örneklerin metal analizleri için elektrotermal atomik absorpsiyon spektroskopisi (ET-AAS) yöntemi kullanılmıştır. Cıva ise hidrür buharı-AAS yöntemi ile bulunmuştur. Örneklerin anyon-kasyon dengesi %5 civarındadır.

Tritiyum (^3H) analizleri Hacettepe Üniversitesi-Su Kimyası ve Çevresel Tritiyum Laboratuvarında Quantulus 1220 model beta sintilasyon spektrometre sistemi ile analiz edilmiştir. Analiz hassasiyeti 0,3 tritiyum birimidir (TU).

Suların oksijen-hidrojen ve kireçtaşlarının karbon-oksijen izotop analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Merkezi Laboratuvarı'nda Delta Plus XP duraylı izotop oranı kütle spektrometresi ile ölçülmüştür. Sular için VSMOW olarak belirtilen sonuçların standart sapması $\delta^{18}\text{O}$ ve δD için sırasıyla $\leq 0,3\%$ ve $\leq 3\%$ 'tür. 0,2 - 0,4 mg ağırlıktaki karbonat örnekleri %99 saflıktaki ortofosforik asit ile 70 °C'de yaklaşık iki saat tepkimeye bırakılmıştır. Tepkime sonucunda açığa çıkan CO_2 gazı izotoplarına ayrılması için kütle spektrometresine yollanmıştır. Analizlerde "NBS19 Limestone (NIST)" ($\delta^{13}\text{C}$: ‰1,95 ve $\delta^{18}\text{O}$: ‰-2,20) standart olarak kullanılmıştır. Sonuçlar ‰ cinsinden VPDB'ye (Vienna Pee Dee Belemnite) göre belirlenmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranlarına ilişkin 1σ hata payları ‰0,2'yi aşmamaktadır.

BÖLGESEL JEOLJİSİ

Batı Anadolu, Tetis okyanusal litosferinin kuzeye dalmasıyla başlayan ve Paleojen'de gerçekleşen kıta-kıta çarpışması ile bir araya gelen her biri belirgin stratigrafik, yapısal ve metamorfik özellik sergileyen çok sayıda kıtasal levhadan meydana gelmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1989). İnceleme alanının da içinde bulunduğu bölge, üç önemli tektonik birlikten oluşmaktadır. Ofiyolit kenet kuşağıyla ayrılan ve birbirleriyle tektonik ilişkileri olan bu birlikler, Bursa'nın kuzeyinde İstanbul Zonu, güneyde Tavşanlı Zonu ve ortada Sakarya Zonu olarak adlandırılmıştır (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay 1987). Sakarya Zonu, Geç Triyas'ta metamorfizma geçirmiş kırıntılı ve volkaniklerden oluşan bir temelden yapıli olup Jura-Eosen yaşli sedimanter birimler tarafından uyumsuz olarak örtüldür. Sakarya Zonunun güneyi İzmir-Ankara kenedi ile sınırlanmıştır. Kenet zonunun güney kısmında yer alan Anatolid-Torid bloğu Paleozoyik kırıntılıları ile bunların üzerine gelen Mesozoyik yaşli masif platform karbonatlarını kapsar (Okay vd., 1998). Bölgedeki temeli oluşturan Paleozoyik yaşli Uludağ Karışığı şist, mermer, amfibolit, gnays ve granitlerden oluşmaktadır (Ketin, 1947). Bursa ve civarı Paleozoyik-Kuvaterner zaman aralığındaki metamorfik, ofiyolitik, volkanik ve plütonik birimlerle temsil edilmektedir.

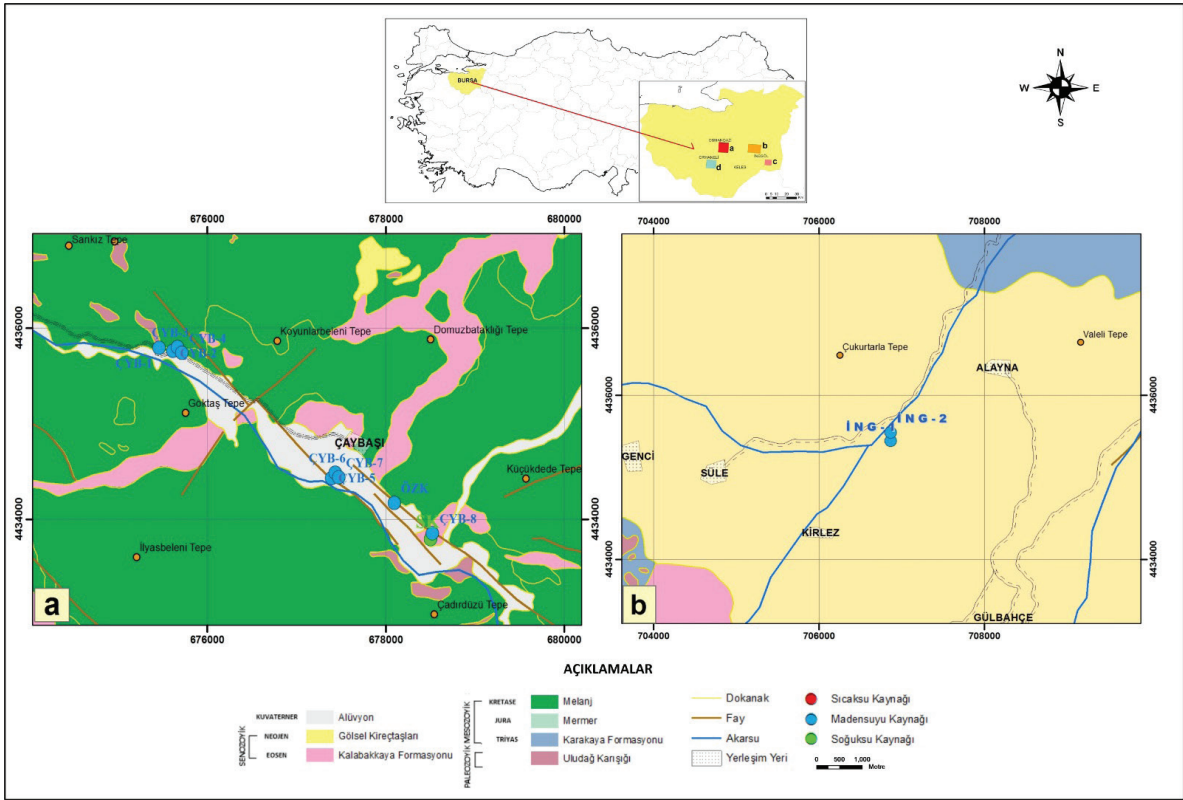
Örneklenen kaynakların lokasyonları esas alınarak çalışma bölgesi 4 kısma ayrılmıştır (Şekil 2 ve 3). Çaybaşı kaynak grubunun bulunduğu alanda temeldeki Paleozoyik yaşli Uludağ Karışığı şist, mermer, amfibolit, gnays ve granitlerden oluşmaktadır (Ketin, 1947). Karışık içerisindeki şistler alacalı renkli olup yer yer mermer ve serpantin ile ardalanmalıdır. Mermerler gri-beyaz renkli, ince orta tabakalı ve tektonik etkiler nedeniyle bloklu haldedir. Bölgedeki en geniş yayılım gösteren birim olan Üst Kretase yaşli

ofiyolitik melanj Üst Jura-Alt Kretase yaşli bir aşınma yüzeyi üzerine yayılmıştır (Bingöl vd.,1973). Bu birimin tabanında dünit, peridotit ve piroksenitler ile kromit yatakları görülür. Çaybaşı bölgesinde, Neojen Triyas yaşli birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Kuvaterner alüvyon ve traverten çökelleri ile temsil edilir. Alüvyonlar özellikle Nilüfer deresi boyunca sellenme ile yuvarlanmış irili ufaklı kırıntılı malzemeden meydana gelmektedir. Alüvyonun kalınlığı, Bursa ovasında 80-200 m arasında değişmekte olup yayılım alanı ise yaklaşık 200 km²'dir. Ova alüvyonları genellikle iri blok, çakıl ile kumdan oluşur. Nilüfer deresi boyunca alüvyonun kalınlığı 15 metreye ulaşmaktadır.

İnegöl maden suyu kaynaklarının bulunduğu alanda Neojen yaşli gölsel kireçtaşları geniş yayılım gösterir (Şekil 2). Oylat Kaplıcasının bulunduğu alanda ise, temeldeki Paleozoyik yaşli metamorfik kayalar (mikaşist, mermer ve kristalize kireçtaşları) ile temsil edilen Uludağ Karışığı üzerine uyumsuz olarak konglomera, kıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşından oluşan Eosen çökeller gelir. En üstte ise Kuvaterner yaşli traverten yer alır (Şekil 3).

Aslanlı sıcak suyu beyaz-pembe renkli mikritten oluşan kısmen metamorfizmaya uğramış mermerlerden yüzeye ulaşır. Bu birimin yaklaşık kalınlığı 300-350 m arasında değişmektedir (Şekil 3).

Genel olarak bir değerlendirme yapılacak olursa; serpantin ve kireçtaşı bloklarından oluşan Triyas yaşli Karakaya Formasyonu Uludağ Karışığı üzerine gelmektedir (Bingöl vd., 1973). Kireçtaşı blokları bol kırık ve çatlaklı yapı gösterir. Bu formasyonu breş, konglomera ve kumtaşlarından oluşan Eosen yaşli Kalabakkaya Formasyonu örtmektedir. Gölsel kireçtaşlarından oluşan Neojen sedimanları bu birimlerin üzerinde görülür.



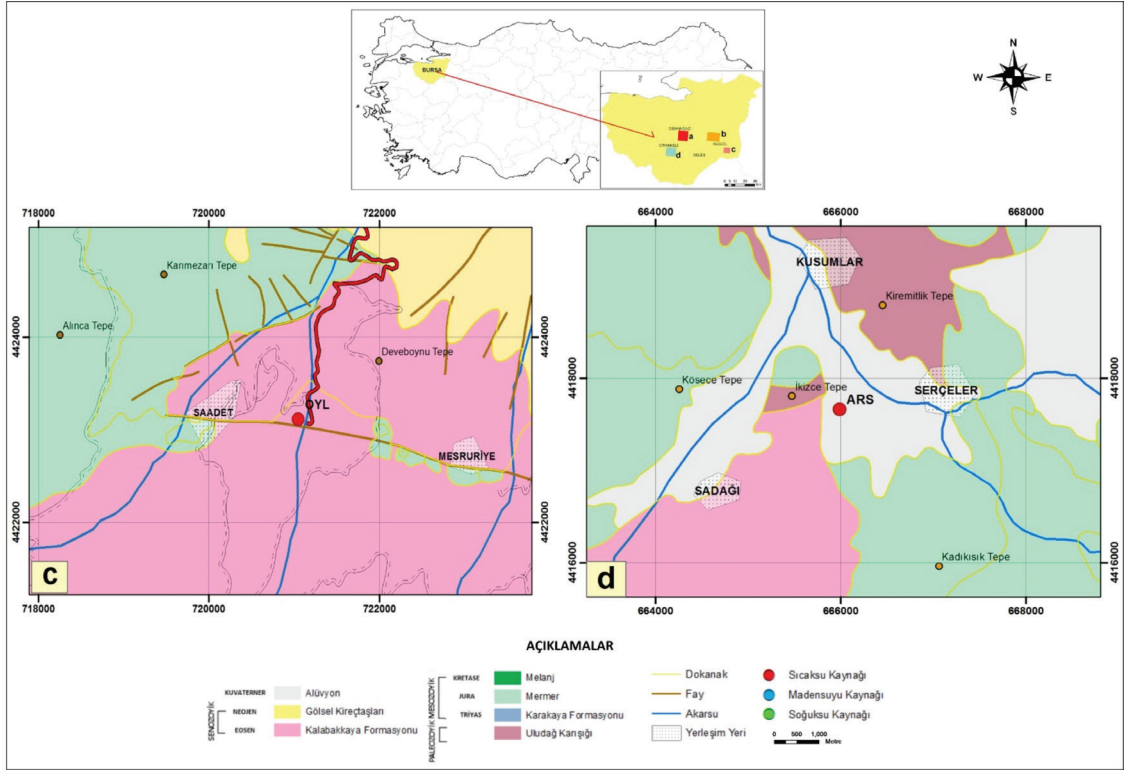
Şekil 2. İnceleme alanlarının yer bulduru ve jeoloji haritaları. **a)** Çaybaşı çevresi, **b)** İnegöl çevresi (jeoloji haritaları Ergül, 1980'den revize edilmiştir).

Figure 2. Location and geological maps of the study areas. **a)** Çaybaşı area, **b)** İnegöl area (geological maps revised from Ergül, 1980).

Çalışma alanı, kuzeybatı Türkiye'de tektonik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fayı ile yakından ilişkili çok sayıda fay mevcuttur. Türkiye deprem haritasına göre 1. derece deprem kuşağında yer alan bölgede tarihsel dönemlerde ve son yüz yılda yoğun deprem aktivitesi kaydedilmiştir (Ateş vd., 2009). İncelenen kaynakların yüzeye çıkışları büyük ölçüde tektonik hatlar tarafından denetlenir. Özellikle bölgenin güneyinde yer alan maden suları Nilüfer vadisindeki faya bağlı gelişen kırık ve çatlaklar boyunca yüzeye ulaşmaktadır. Ancak bu sular alüvyonun altında bulunduğundan mineralli suların üretilmesi alüvyonda sığ kuyuların açılmasıyla mümkün olabilmektedir (Şentürk, 2006). Uludağ Karmaşığı içerisindeki granit ve mermerler, Karakaya Formasyonuna ait

kireçtaşı blokları ve Aslanlı kaplıcası civarında geniş yayılım gösteren Jura yaşlı mermerler tektonizmanın etkisiyle kırıklı ve çatlaklı yapı göstermeleri nedeniyle iyi bir rezervuar kayaç özelliği taşırlar. Neojen birimlerinin kalınlıkları 500-600 m arasında olup çok az yeraltı suyu içerirler. Bu birimlerdeki killi-siltli seviyeler örtü kaya olarak düşünülebilir.

Bursa ilinde DSİ tarafından açılmış sığ kuyularda statik su seviyesinin 0 - 44 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Nilüfer çayı yakınlarında ise statik seviye yüzeye yakındır. Uludağ'ın büyük bölümünün gnays ve mikaşist gibi geçirimsiz birimlerden oluşması nedeniyle, ovadaki yeraltı suyu yağmur ve eriyen kar sularının yüzeysel akışa geçmesi ile beslenmektedir.



Şekil 3. İnceleme alanlarının yer bulduru ve jeoloji haritaları. **c)** Oylat Kaplıcası, **d)** Aslanlı Kaplıcası (jeoloji haritaları Ergül, 1980'den revize edilmiştir).

Figure 3. Location and geological maps of study areas **c)** Oylat hot spring, **d)** Aslanlı hot spring (geological maps revised from Ergül, 1980).

BULGULAR

Su Kimyası

Uludağ'ın güney batısındaki jeotermal kaynak ve maden sularının, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, toplam çözülmüş katı madde ve pH değerleri kaynak başında ölçülmüş olup, topluca Çizelge 1'de verilmiştir.

Jeotermal suların sıcaklıkları 37 °C ve 64,5 °C'dir. Maden sularının sıcaklıkları ise 15,6 - 22,5 °C arasında değişmektedir. Suların elektriksel iletkenlikleri 746 ile 2.276 µs/cm arasındadır. Tuzluluk değerleri ise 0,1 - 1,2 ppt arasında olup, toplam çözülmüş madde miktarı (TDS) 451 - 1770 mg/l arasında ölçülmüştür. Örneklerin pH değerleri sıcak sular için 7,1 - 7,3 arasında maden suları için (İNG-1 nolu örnek hariç: 7,54) daha asidik karakterde olup 6,21 - 6,75 aralığındadır.

İnceleme alanında 2 adet jeotermal kaynak (sıcak su), 11 adet maden suyu (mineralli su) ve 1 adet soğuk su kaynağı (çeşme) olmak üzere toplam 14 su örneğinden kimyasal analiz yapılmıştır. Alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir.

IAH (1979) sınıflamasına göre, incelenen sıcak sular Na-Ca-HCO₃ tipinde olup maden sularının bileşimi ise Na-Mg-Ca-HCO₃ ağırlıklıdır. Soğuk su dışında, örneklerin Na⁺ ve Ca²⁺ konsantrasyonları sırasıyla 19,9 - 690 ve 7,9 - 217,4 mg/l arasında geniş bir aralıkta değişmektedir. Sulardaki en baskın iyon olan HCO₃⁻ 130 - 1.807 mg/l arasındadır. SO₄⁻² konsantrasyonları sıcak sular ve maden suları için sırasıyla 103 - 280 ve 12 - 433 mg/l olarak ölçülmüştür. Klor derişimleri 7 - 128 mg/l arasında geniş bir aralıktadır.

Çizelge 1.İnceleme alanındaki sıcak su ve madensularının fizikokimyasal özellikleri.**Table 1.** Physicochemical characteristics of thermal and mineral waters in the study area.

Kaynak Cinsi	Örnek No	Koordinatlar		Yükseklik (m)	T (°C)	EC (µs/cm)	Tuzluluk (ppt)	TDS (mg/l)	pH
		X	Y						
Sıcak Su	OYL	4423112	721054	706	37,0	846	0,3	451,5	7,30
	ARS	4417662	665992	417	64,5	2004	0,8	2026	7,10
Maden Suyu	ÇYB-1	4435790	675465	466	16,9	926	0,3	1333	6,38
	ÇYB-2	4435758	675619	485	16,0	877	0,1	1630	6,37
	ÇYB-3	4435800	675672	495	18,8	1377	0,8	1014	6,21
	ÇYB-4	4435738	675721	493	20,3	2130	1,2	1500	6,42
	ÇYB-5	4434431	677396	539	17,1	1180	0,7	903	6,51
	ÇYB-6	4434486	677437	541	19,0	1160	0,4	910	6,72
	ÇYB-7	4434438	677479	540	22,5	1165	0,5	980	6,30
	ÇYB-8	4433852	678528	654	16,9	926	0,3	712	6,73
	ÖZK	4434171	678099	576	18,7	746	0,6	1009	6,75
	İNG-1	4435443	706867	450	15,6	1373	0,9	1090	7,54
İNG-2	4435543	706868	440	16,3	2276	1,4	1770	6,96	
Soğuk su	SK	4433791	678506	648	16,8	631	0,4	760	7,84

Çizelge 2.İncelenen suların iyon konsantrasyonları (mg/l).**Table 2.** Ion concentrations of studied waters (mg/l).

Kaynak Cinsi	Örnek No	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Su Tipi (IAH)
Sıcak Su	OYL	19,9	2,48	7,2	123,8	130,1	280,2	7,1	0,61	Na-Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	ARS	203,2	5,1	1,1	155,1	901,1	103,2	22,5	3,83	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
Maden Suyu	ÇYB-1	23,6	23,6	81,1	217,4	1130,1	37,2	34,9	0,4	Ca-Mg-HCO ₃
	ÇYB-2	238,9	34,1	81,1	204,4	1678,1	53,9	42,6	0,5	Na-Ca-Mg-HCO ₃
	ÇYB-3	116,5	24,1	89,8	141,3	1203,1	35,6	19,5	0,5	Mg-Ca-Na-HCO ₃
	ÇYB-4	293,6	37,1	112,5	182,1	1807,2	22,1	66,3	0,5	Na-Mg-Ca-HCO ₃
	ÇYB-5	112,7	16,4	58,5	136,1	943,1	27,8	62,9	1,51	Na-Mg-HCO ₃
	ÇYB-6	135,6	15,5	86,5	143,4	984,1	39,7	98,8	0,7	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	ÇYB-7	163,7	26,1	75,2	199,7	1305,1	35,3	90,7	2,4	Na-Mg-HCO ₃
	ÇYB-8	28,8	3,5	91,1	110,7	829,6	12,1	25,1	0,1	Mg-Ca-HCO ₃
	ÖZK	43,6	5,3	114,4	70,3	872,1	34,8	22,6	0,6	Mg-Ca-HCO ₃
	İNG-1	305,5	1,8	41,8	69,1	894,1	297,4	19,3	0,3	Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
İNG-2	689,9	0,7	4,6	7,9	1012,1	433,4	128,1	0,6	Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄	
Soğuk su	SK	0,8	0,08	120,5	9,9	554,8	42,1	34,9	0,7	Mg-HCO ₃

Schoeller diyagramındaki (Schoeller, 1962) kimyasal bileşim desenleri incelenen suların yoğunluklu olarak kireçtaşları olmak üzere ofiyolit ve granit gibi magmatik kayalarla etkileştiklerine işaret etmektedir (Şekil 4). Çaybaşı köyü kaynaklarından ÇYB-1 örneği Ca-Mg-HCO₃,

ÇYB-2 örneği Na-Ca-Mg-HCO₃, ÇYB-3 örneği Mg-Ca-Na-HCO₃, ÇYB -4 örneği Na-Mg-Ca-HCO₃, ÇYB-5 ve ÇYB-7 örnekleri Na-Mg-HCO₃, ÇYB-6 örneği Ca-Mg-Na-HCO₃ ve ÇYB-8 ve ÖZK nolu örnekler ise Mg-Ca-HCO₃ sular sınıfına girmektedir. SK örneğinin Mg-HCO₃

bileşimine sahip olması bu kaynağın ofiyolit birimi boyunca yüzeye boşalması ile uyumludur. İnegöl civarındaki İNG-1 ve İNG-2 suları ise Na-Mg-HCO₃-SO₄ su sınıfındadır. Aynı bölgede bulunan Oylat kaplıca örneği (OYL) ise Na-Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Orhaneli bölgesindeki Aslanlı kaplıcasından alınan ARS nolu örnek ise Na-Ca-SO₄-HCO₃ karakterindedir. Sulardaki katyon-anyon sıralaması ARS, ÇYB-2, ÇYB-4, ÇYB-1 ve ÇYB-2 örnekleri için rNa+rK>rCa+rMg ve rHCO₃>rCl+rSO₄ diğer örneklerde ise rCa+rMg>rNa+rK ve rHCO₃>rCl+rSO₄ şeklinde olup sodyum bikarbonatlı ve kalsiyum bikarbonatlı suları işaret etmektedir. Örneklerin Schoeller diyagramındaki desenleri belirli bir gruplaşmanın olmadığını ve tüm suların büyük ölçüde benzer kimyasal özellikler taşıdığını göstermektedir (Şekil 4).

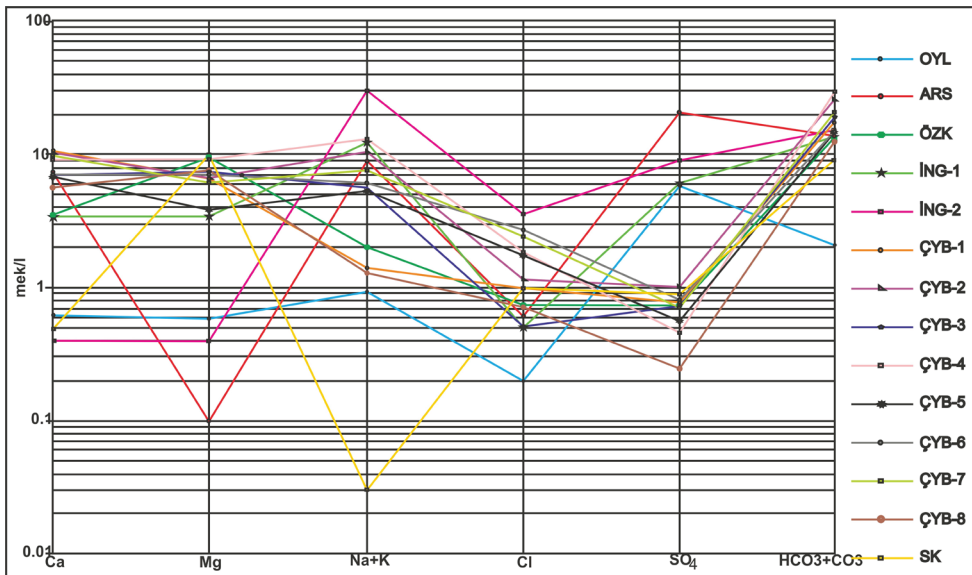
Bursa sularının kimyasal bileşimini denetleyen jeokimyasal süreçler Piper diyagramında (Piper, 1944) değerlendirilmiştir (Şekil 5). Ca-Mg-HCO₃ bileşimine sahip ÇYB-1, ÇYB-8 ve ÖZK nolu sular muhtemelen karbonatlı birimleri yıkayarak yüzeye ulaşmışlardır. Na-HCO₃ karakterli İNG-

1 ve İNG-2 örneklerinin bileşimi feldispatların çözünmesi ile denetlenmiştir. OYL ve ARS sıcak suları başlangıçta Ca-HCO₃ bileşimli olmalarına karşın derin dolaşım vasıtasıyla Cl içerikleri göreceli olarak artmıştır (Aydın vd., 2020). Bu sulara ait yüksek sodyum konsantrasyonları da (Çizelge 2) su-kayaç etkileşim derecesinin nispeten yüksek veya yeraltı dolaşım süresinin uzun olduğunu teyit etmektedir.

İzotop bileşimleri

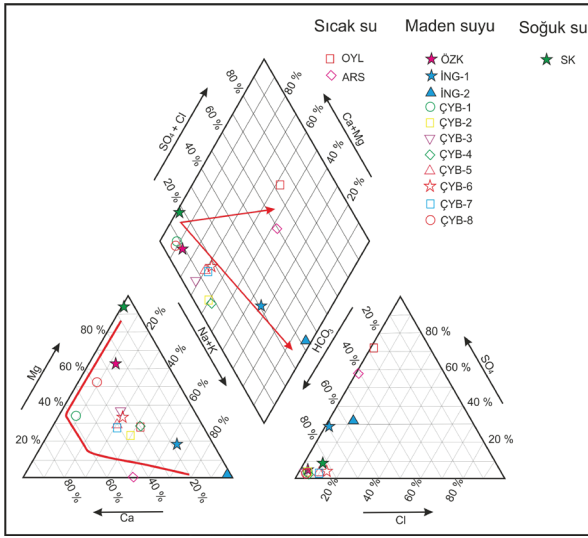
Trityum

Radyoaktif olması nedeniyle, trityum suların yeraltı dolaşım süresinin belirlenmesinde oldukça kullanışlıdır (Clark ve Fritz,1997). Trityum konsantrasyonu sığ dolaşımli sularda yüksek iken derin dolaşımli sularda düşüktür. Derin dolaşımli sularda değer çoğunlukla sifira yakındır. İncelenen alandaki kaynakların trityum değerleri 0,34 ile 5,96 TU arasında değişmektedir (Çizelge 3). Trityum konsantrasyonu sıcak sular için 0,34 - 1,95 TU arasında iken maden suları için 1,57'den 5,46 TU'ya kadar değişmektedir. Çeşme örneği



Şekil 4. Schoeller diyagramı (Schoeller, 1962).

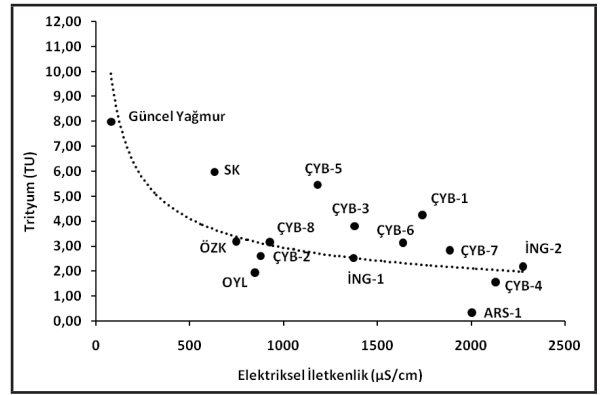
Figure 4. Schoeller diagram (Schoeller, 1962).



Şekil 5. Piper diyagramı (Piper, 1944).
Figure 5. Piper diagram (Piper, 1944).

(5,98 TU) incelenen sular arasında sirkülasyon süresi en düşük olan kaynaktır. Güncel yağış suyunun trityum değerinin 8,0 TU olduğu düşünülürse (Clark ve Fritz, 1997), suların büyük bir kısmının güncel sular olduğu söylenebilir.

Bursa sularının yeraltındaki dolaşım derinliği ile toplam çözünmüş madde içerikleri arasındaki ilişki elektriksel iletkenlik-trityum diyagramında incelenmiştir (Şekil 6). Örneklere ait düşük trityum değerleri yeraltı dolaşım süresinin ve/veya kayalarla etkileşim derecesinin arttığına işaret eder. Yüksek elektriksel iletkenlik (EC) değerleri de bu durumun göstergesidir. Güncel yağış suyundan itibaren bölgedeki en düşük trityum ve en yüksek EC değerlerine sahip örneklere (ARS, ÇYB-4 ve İNG-2) doğru bir karışım söz konusudur. Oylat (İnegöl) kaplıca örneğinin (OYL) göreceli yüksek ³H içeriği söz konusu suyun sık bir dolaşımında olması veya yeraltı suyu ile karışması ile açıklanabilir. Sonuç olarak, en düşük trityum bileşimi ile Aslanlı (ARS) suyunun bölgedeki en yaşlı akış süresine sahip suyu temsil etmektedir.



Şekil 6. Tritiyum değerlerine karşı elektriksel iletkenlik diyagramı.

Figure 6. Tritium vs. electrical conductivity diagram.

Oksijen-hidrojen izotop bileşimleri

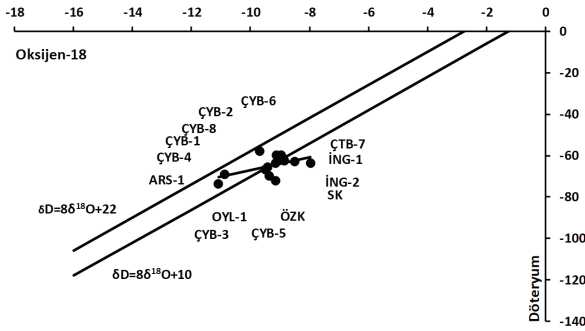
Oksijen ve hidrojen duraylı izotopları hidrojeokimya çalışmalarında suların kökeni ve beslenme yüksekliğinin belirlenmesinde oldukça faydalı bir araçtır (Craig, 1961). Meteorik sular magmatik sulara göre hafif izotoplarca (¹⁶O - ¹H) zengin olup negatif $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerine sahiptir (Clark ve Fritz, 1997). Artan sıcaklık ve ayrıca silikat ve karbonatlı kayalar ile gerçekleşen su-kayaç etkileşimi sonucunda meteorik akışkanların özellikle oksijen izotop bileşimi pozitif yönde sapma gösterebilir. Bununla birlikte, hidrojenin kayaların ana bileşenlerinden biri olmaması suların δD değerini önemli oranda etkilemez.

Bursa termal ve maden su örneklerinin oksijen-hidrojen izotop bileşimleri Çizelge 3'te verilmiştir. Örneklerin oksijen izotop ($\delta^{18}\text{O}$) değerleri ‰-11,08 ile -8,49 (VSMOW) arasında, hidrojen izotop (δD) değerleri ise ‰-73,81 ile -57,64 (VSMOW) arasında değişmektedir (Çizelge 3). Genel olarak sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - δD değerleri maden sularına göre daha düşüktür. Oksijen-hidrojen izotop grafiğinde (Şekil 7), Bursa termal ve maden sularının Küresel Meteorik Su Çizgisi ($\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$; Craig, 1961) ile Akdeniz Meteorik Su Çizgisi ($\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 22$; Gat ve Carmi, 1987) arasında kaldıkları görülür. Bu bulgular Bursa mineralli sularının meteorik kökenli olduklarını göstermektedir.

Çizelge 3. Bursa bölgesinden alınan su ve kayaç örneklerinin duraylı izotop (‰) ve trityum analiz sonuçları.

Table 3. Results of stable isotope (‰) and tritium analyses for water and rock samples collected from the Bursa region.

Kaynak Cinsi	Örnek No	³ H (TU)	δ ¹⁸ O (VSMOW)	δD (VSMOW)	δ ¹³ C (VPDB)	δ ¹³ C (Kçt) (VPDB)	δ ¹⁸ O (Kçt) (VPDB)
Sıcak Su	OYL	1,95±0,46	-10,87	-68,98	-0,27	2,17	-8,02
	ARS	0,34±0,44	-11,08	-73,81	-5,58	2,17	-12,62
	ÇYB-1	4,26±0,48	-9,42	-65,42	4,78		
	ÇYB-2	2,61±0,43	-9,16	-63,80	4,72		
	ÇYB-3	3,81±0,47	-9,36	-69,71	4,26	0,92	-2,99
	ÇYB-4	1,57±0,42	-9,49	-66,73	5,64		
	ÇYB-5	5,46±0,51	-9,15	-72,06	6,23		
	Maden Suyu	ÇYB-6	3,14±0,45	-8,89	-61,50	10,12	-0,30
ÇYB-7		2,84±0,43	-8,84	-62,55	9,81		
ÇYB-8		3,17±0,46	-9,70	-57,64	2,72		
ÖZK		3,19±0,44	-9,12	-59,89	2,74		
İNG-1		2,53±0,47	-8,49	-62,84			
İNG-2		2,19±0,47	-7,97	-63,55	-7,04		
Soğuk Su	SK	5,98±0,54	-8,97	-59,58	-15,3		



Şekil 7. Oksijen-hidrojen izotop grafiği.

Figure 7. Oxygen-hydrogen isotope graph.

Sıcak suların (OYL ve ARS) oksijen-hidrojen izotop sistematiplerinin maden sularına göre belirgin şekilde düşük olması (δ¹⁸O için ~‰3 ve δD için ~‰12) termal suların daha yüksek rakımlardan beslendiklerini göstermektedir. İNG-2 nolu maden su örneğinin δ¹⁸O değeri diğer sulardan ‰2 kadar pozitif sapma göstermiştir (Çizelge 3 ve Şekil 7). Bu suda ölçülen TDS içeriğinin bölgedeki en yüksek değer olması İNG-

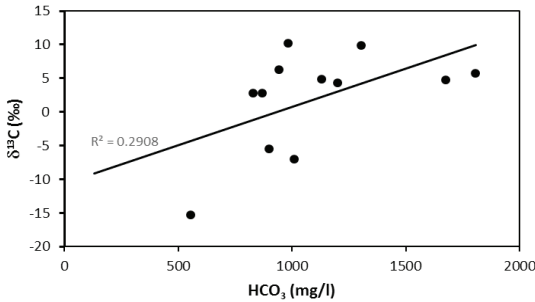
2 maden suyunun rezervuar kayaçlarla uzun süreli etkileşimde bulunduğunu ve böylece oksijen izotop bileşiminin arttığını doğrulamaktadır. Diğer sular için δ¹⁸O değerini belirgin ölçüde etkileyecek su-kayaç etkileşimi söz konusu değildir. Bununla birlikte, örneklerde gözlenen ufak çaplı izotop değişimlerinin beslenme yüksekliği farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karbon izotop bileşimleri

Karbonatlı kayaçların çözünmesi, atmosferik kökenli karbon ve toprak organik maddesinden açığa çıkan CO₂ suda çözülmüş karbonun başlıca kaynaklarını oluşturur. Bu farklı rezervuarlardaki karbonun izotop bileşimi de (δ¹³C) oldukça değişkendir. Denizel kireçtaşlarının δ¹³C değeri ‰-3 ile +3 arasındadır. Buna karşın, organik kökenli karbon ‰-50'ye kadar uzanan oldukça düşük δ¹³C değerleri ile temsil edilir. Atmosferik ve manto kaynaklı karbondioksit ise ‰-7 ile -6 arasında dar bir aralıkta yer alır (Clark ve Fritz, 1997).

Bursa mineralli sularında çözülmüş inorganik karbonda (HCO_3) ölçülen $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰-15,3 ile +10,12 (VPDB) arasında değişmektedir (Çizelge 3). Sıcak suların (‰-5,58 ile -0,27) karbon izotop bileşimi maden sularına (‰-7,04 ile +10,1) göre yaklaşık ‰15 düşüktür. Maden sularının büyük bir kısmının karbon izotop değerleri denizel kireçtaşları için önerilen aralıklar ile (‰-3 ile +3 arasında) örtüşmektedir. Sıcak sular ile soğuk su örneği (‰-15,3) ise organik madde kaynaklı karbon içermektedir.

Bursa mineralli sularının karbon izotop bileşimleri ile HCO_3 konsantrasyonları arasında orta dereceli pozitif bir ilişki mevcuttur (Şekil 8). Suların karbonatlı kayalarla çözmesi sonucu sulardaki bikarbonat konsantrasyonu ve dolayısıyla $\delta^{13}\text{C}$ değeri giderek artmıştır (Mutlu, 2007; Akıllı ve Mutlu, 2018). Bölgedeki başlıca rezervuar kayacı oluşturan kireçtaşlarından elde edilen karbon izotop değerleri de bu durumu desteklemektedir.



Şekil 8. Bursa mineralli suları için HCO_3 - $\delta^{13}\text{C}$ ilişkisi.

Figure 8. HCO_3 - $\delta^{13}\text{C}$ association for Bursa mineral waters.

Kireçtaşlarında ölçülen $\delta^{13}\text{C}$ ‰-0,3 ile 2,17 (VPDB) arasında dar bir aralıkta değişmektedir. Oylat kaplıca (OYL) ve ÇYB-3 maden suyunda belirlenen karbon izotop bileşimi aynı sahalardaki kireçtaşından elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ile örtüşürken Aslanlı kaplıca kaynağı (ARS) ve ÇYB-6 maden suyuna ait karbon izotop sistematiği kireçtaşı eşleniklerinden sapma göstermektedir (Çizelge 3). Bu durum söz konusu sulardaki

karbonun yüksek sıcaklıkta oluşmuş kayalardan (örneğin mermer) türediğini düşündürmektedir.

TARTIŞMA

Maden Sularının Kökeni

Maden sularının termal sularla kökensel açıdan ilişkili olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Truesdell vd., 1977; Fournier, 1979; Mutlu, 1998). Sıcak suyun soğuması üç temel işlev vasıtasıyla gerçekleşir: kaynama, karışım ve kondüktif soğuma (Fournier, 1979; Truesdell 1991). Yüksek sıcaklıklı akışkanın ani basınç düşmesi sonucu kaynaması soğumaya neden olur. Bu işlev akışkandan buhar ayrılmasını sonuçladığı için kalıntı akışkandaki iyon derişimi artar. Termal akışkanın soğuk yeraltı suyu veya kendisinden düşük sıcaklığa sahip diğer sularla karışması ise soğuma ile birlikte iyon konsantrasyonunun azalmasına yol açar. Kondüktif (temas yolu ile) soğuma işlevi, termal suların yüzeye hareketi sırasında ısılarını yan kayalara iletmesi prensibine dayanır. Ancak nispeten hızlı gerçekleşen bu süreç boyunca su-kayaç etkileşimi sınırlı ölçüde olduğundan termal suların iyon derişimi değişmez.

Maden sularının ortak özellikleri HCO_3 (CO_2) konsantrasyonlarının yüksek buna karşılık pH değerlerinin sıcak su eşleniklerine göre düşük olmasıdır (Mutlu, 1998; Marques vd., 2006). CO_2 bakımından zengin termal ve maden sularında, akışkanların kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkileyen temel parametrenin sıcaklıktan ziyade karbondioksit olduğu belirtilmiştir (Criaud ve Fouillac 1986; Greber 1994). Su basıncı sistemlerde CO_2 'in çözünürlüğü azalan sıcaklıkla arttığından bu tür sulardaki su-kayaç etkileşimi düşük sıcaklıkta gerçekleşir. Bu süreç suların pH değerini düşürmekle birlikte su-kayaç etkileşim derecesini artırır (Marques vd., 2006).

Bursa maden sularının oksijen izotop ($\delta^{18}\text{O}$) değerlerinin sıcak sulara göre ~‰3 fazla olması yüksek CO_2 eşliğinde mermer ve silikatlı kayalarla uzun süreli etkileşimde bulduklarını

işaret etmektedir. Stumm ve Morgan (1981) artan CO₂ kısmi basıncı ile albit mineralinin çözünürlüğünün arttığını ortaya koymuşlardır. Bursa mineralli sularında 2000 mg/l'ye kadar varan HCO₃ konsantrasyonları sulardaki P_{CO2} değerlerinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Helyum izotop bileşimindeki (³He/⁴He) değişimler farklı tektonik ortamlarda gerçekleşen kabuk ve manto kaynaklı uçucuların etkileşimlerin anlaşılmasında oldukça kullanışlıdır. İlk kökenli (yerküre yığılmasından arta kalan) olan ³He halen mantodan salınım yapmaktadır. Buna karşın ⁴He, U ve Th minerallerinin radyoaktif bozunması sonucu ortaya çıkar. Kabuk ve mantonun izotop bileşimlerinin oldukça farklı olması nedeniyle, kıtasal ortamlardaki doğal sulara yürütülen helyum izotop çalışmaları manto kökenli akışkanların kabuksal rezervuarlara eklenmesine yönelik önemli bilgi sağlar (Hilton vd., 2002). Helyum sulu akışkanlarda daha çözünür olduğundan buhar kaybı sırasında tercihli olarak buhar fazına katılır.

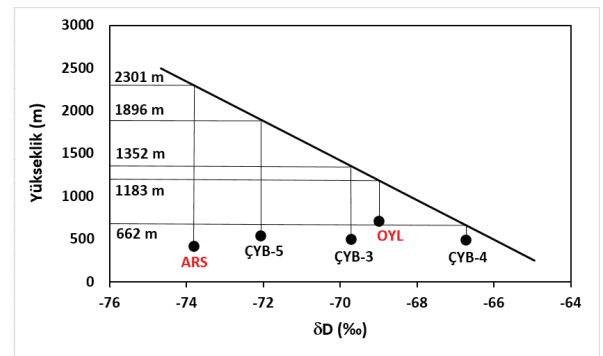
Bursa sıcak sularından elde edilen helyum izotop (³He/⁴He) değerleri (0,19 - 0,79 Ra) CO₂'ce zengin maden sularına (0,81 - 1,36 Ra) göre daha düşüktür (Parlaktuna vd., 2008). Ancak her iki su tipinden de alınan bu değerler kabuksal litolojilerdeki radyojenik helyum üretiminden belirgin şekilde yüksektir (ortalama RA=0,05; Farley ve Neroda, 1998; Barry vd., 2014). Kabuksal (0,05 Ra) ve manto kaynaklı (8 Ra) helyum bileşenleri arasında basit ikili karışım düşünüldüğünde, Bursa sıcak ve maden sularındaki mantosal helyum katkısı %2,4 - 16,9 arasında bulunmuştur.

Beslenme yüksekliği

Oksijen ve hidrojen izotopları akış sırasında bileşimleri değişmediği veya bölümlenmedikleri varsayımıyla beslenme yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Yağış suyuna ait izotop bileşiminin yükseklikle değiştiği

(yükseklik etkisi) göz önüne alındığında izotop kompozisyonu bilinen herhangi bir suyun beslenme alanı tespit edilebilir (Clark ve Fritz, 1997). Beslenme zonlarının belirlenmesi için hem oksijen hem de hidrojen izotop verileri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Giggenbach vd., 1983; James vd., 2000; Schürch vd., 2003; Aydın vd., 2020; Gökğöz vd., 2021). Önceki çalışmalarda 100 metrelik yükseklik artışı için δ¹⁸O ve δ²H içeriklerinin sırasıyla ‰0,15 - 0,50 (VSMOW) ve ‰1,0 - 4,0 (VSMOW) arasında azaldığı ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, su-kayaç etkileşiminin neden olacağı olası etkileri ortadan kaldırmak için beslenme yüksekliği hesaplarında oksijen izotopları yerine hidrojen izotop verisi kullanılmıştır. Bursa mineralli suları için δ¹⁸O ve δ²H değerlerinin rakım ile değişimleri ‰0,24/100 m ve ‰1,22/100 m olarak tespit edilmiştir (Tut Haklıdır, 2013). Bu veriler esas alınarak döteryum-yükseklik denklemi (δ²H = (-0,00432 x yükseklik) - 63,87) olarak bulunmuştur (Tut Haklıdır, 2007). Bu eşitlik kullanılarak incelenen sıcak ve maden suları için elde edilen beslenme yükseklikleri sırasıyla 1.180-2.300 m ve 660-1.890 m arasındadır (Şekil 9). Bu sonuçlar sıcak suların Uludağ'ın (2.540 m) daha yüksek alanlarından beslendiğini göstermektedir.



Şekil 9. Bursa mineralli suları için yükseklik-δD ilişkisi.

Figure 9. Elevation-δD relationship for Bursa mineral waters.

SONUÇLAR

Uludağ'ın güneybatısındaki jeotermal kaynaklar ile maden sularının toplam çözünmüş madde (TDS) içeriği 451-2.026 mg/l arasında geniş bir aralıktadır. Sıcak sulara göre daha asidik karakterde (pH = 6,2 - 6,7) olan maden suları düşük sıcaklık altında CO₂ eşliğinde mermer ve silikatlı kayalarla uzun süreli etkileşim sonucunda oluşmuşlardır. Bursa mineralli suları Na-Ca-HCO₃ ve Mg-Na-Ca-HCO₃ fasiyesleri ile temsil edilmektedir. Sularda ölçülen trityum sıcak sular için 0,34 - 1,95 TU arasında maden suları için ise 1,57'den 5,46 TU'ya kadar değişmektedir. Bu değerler akışkanların büyük bir kısmının güncel sular olduğunu göstermektedir.

Suların δ¹⁸O değerleri ‰-11,08 ile -7,97 (VSMOW) arasında δD değerleri ise ‰-73,81 ile -57,64 (VSMOW) arasındadır. Oksijen-hidrojen sistematiği Küresel ve Akdeniz Meteorik Su Çizgileri arasında kalan Bursa termal ve maden suları meteorik kökenlidir.

İnorganik karbonda (HCO₃) ölçülen δ¹³C ‰-15,3 ile +10,12 (VPDB) arasındadır. Sıcak suların karbon izotop değerleri organik madde kaynağına işaret ederken maden sularında çözünmüş karbon ise denizel kireçtaşlarından türemiştir. Döteryum değerleri esas alınarak Bursa sıcak sularının beslenme yüksekliği 1.180-2.300 m arasında bulunmuştur.

Türkiye'deki maden suyu üretiminin büyük bir kısmının Uludağ bölgesinde yapılması nedeniyle, yıllık su beslenme ve boşalım miktarlarının belirlenmesi sürdürülebilir üretim açısından büyük önem taşımaktadır.

EXTENDED SUMMARY

It was shown that thermal and cold mineral waters share a genetic link (Truesdell et al., 1977; Fournier, 1979; Mutlu, 1998). Cooling of thermal waters occurs by a combination of processes including boiling and conductive cooling of thermal water and mixing of thermal water with cold water (Fournier, 1979; Truesdell 1991). Boiling of high-temperature water due to

a sudden pressure drop results in cooling which, in turn, gives rise to steam separation from the fluid and an increase in the ion concentration of the residual fluid. Conductive cooling is based on the principle that thermal waters transfer their heat to surrounding rocks along their route to the surface. However, TDS values of thermal waters remain almost unchanged since water-rock interaction occurs on a limited scale. It is a common feature of mineral waters that their HCO₃ (CO₂) concentration is high, whereas pH values are lower than those of thermal waters (Mutlu, 1998; Marques et al., 2006). It was pointed out that carbon dioxide rather than temperature is the main parameter affecting the physicochemical characteristics of CO₂-rich thermal and mineral waters. Since the solubility of CO₂ increases with increasing temperature in water-dominated systems, water-rock interaction in these waters occurs at low temperatures. This process lowers the pH of waters but increases the degree of water-rock interaction (Marques et al., 2006).

Nearly half of the mineral water production in Turkey (775 million liters) is from the Bursa district, northwestern Turkey. Although mineral waters in this region have great potential, geochemical controls on these mineralized fluids have not been investigated. Therefore, in this study, various geochemical and water-rock interaction mechanisms responsible for the occurrence of Bursa thermal and cold mineral waters were examined. The material in the study comprised 11 mineral waters, 2 thermal waters and one cold water in the southwest and northeast parts of Uludağ mountain in the Bursa district. The pH, electrical conductivity, TDS and temperature of the waters were measured at the sampling sites.

Major ion, tritium and stable isotope (δ¹⁸O, δD and δ¹³C) compositions of water samples and carbon-oxygen isotope values (δ¹⁸O - δ¹³C) of carbonate rocks were measured. Temperatures of thermal waters are in the range of 37 to 64.5 °C and those of mineral waters vary from 15.6 to 22.5 °C. Total dissolved solid (TDS) content of waters are between 451 and 2,026 mg/l. The pH of mineral waters (6.2 to 6.7) is more acidic than

thermal waters (7.1 to 7.3). Thermal waters are represented by Na-Ca-HCO₃ facies type, whereas mineral waters are Mg-Na-Ca-HCO₃ type.

Geochemical processes controlling the chemical composition of Bursa waters were examined on the Piper diagram (Piper, 1944) (Figure 3). Some of waters with Ca-Mg-HCO₃ composition probably interacted with carbonate units. The composition of İnegöl waters (samples İNG-1 and İNG-2) with Na-HCO₃ type is controlled by feldspar dissolution. Moreover, some waters such as OYL and ARS initially had Ca-HCO₃ composition and their Cl content relatively increased as a result of deep circulation (Aydın et al., 2020). High Na concentration of these waters (Table 2) also supports a relatively high degree of water-rock interaction or much longer underground residence time.

Tritium content of shallow-circulating waters is high, whereas deep-circulating waters are represented by lower tritium values (nearly zero). Tritium concentrations of the studied waters are 0.34 to 5.96 TU (Table 3). Tritium contents of thermal waters are 0.34 - 1.95 TU and those of mineral waters are 1.57 to 5.46 TU. The relationship between circulation depth and total dissolved solid (TDS) content of Bursa waters was examined on an electrical conductivity-tritium diagram (Figure 4). Low tritium contents of samples may imply longer residence time and/or intense water-rock interaction. This is also supported by high electrical conductivity (EC) values of samples. There is mixing between modern precipitation and samples with the highest EC values and the lowest tritium contents.

Oxygen and hydrogen isotope compositions are very helpful for investigating the origin of waters and discharge elevation (Craig, 1961). Meteoric waters are enriched in light isotopes (¹⁶O - ¹H) and have negative $\delta^{18}\text{O}$ and δD values (Clark and Fritz, 1997). Because of interactions with silicate and carbonate rocks at high temperatures, the oxygen isotope composition of meteoric fluids shifts positively. Since hydrogen is not a major component in most silicate minerals, δD values remain unchanged.

Oxygen and hydrogen isotope compositions of Bursa mineral and thermal waters are -11.08 to -8.49‰ (VSMOW) and -73.81 to -57.64‰ (VSMOW), respectively (Table 3). On the oxygen and hydrogen isotope graph (Figure 5), both types of waters plot between the Global Meteoric Water Line ($\delta\text{D}=8\delta^{18}\text{O}+10$; Craig, 1961) and Mediterranean Meteoric Water Line ($\delta\text{D}=8\delta^{18}\text{O}+22$; Gat and Carmi, 1987). These results imply that Bursa mineral and thermal waters have meteoric origin. In general, $\delta^{18}\text{O}$ - δD values of thermal waters are lower than those of mineral waters (~3‰ for $\delta^{18}\text{O}$ and ~12‰ for δD) which indicates that thermal waters are recharged from higher elevations.

$\delta^{13}\text{C}$ values of Bursa waters measured in dissolved inorganic carbon (HCO₃) vary from -15.3 to +10.12‰ (VPDB) (Table 3). Carbon isotope compositions of thermal waters (from -5.58 to -0.27‰) are about 15‰ lower than those of mineral waters (-7.04 to +10.1‰). Carbon isotope values of most mineral waters are consistent with the array proposed for marine limestones ($\pm 3\%$). Carbon in thermal waters and the cold water sample (-15.3‰) has an organic source. There is a moderate correlation between $\delta^{13}\text{C}$ values and HCO₃ concentrations of Bursa mineral waters (Figure 6). As the waters dissolve the carbonate rocks, their bicarbonate contents and carbon isotope compositions are increased (Mutlu, 2007; Akilli and Mutlu, 2018). This finding agrees well with carbon isotope values for limestones, which comprise the main reservoir rocks in the region.

Oxygen and hydrogen isotope compositions can be used to estimate the recharge elevation of waters assuming that they are not modified or fractionated during the flow. Considering that isotope composition of rainwater changes with altitude, the recharge elevation of any water with known isotope composition might be estimated (Clark and Fritz, 1997). Both oxygen and hydrogen isotopes were successfully used for determination recharge zones (Giggenbach et al., 1983; James et al., 2000; Schürch et al., 2003; Aydın et al., 2020). In previous studies, with every 100 m elevation increase $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ are found to decrease

0.15-0.50‰ (VSMOW) and 1.0-4.0‰ (VSMOW), respectively.

In this study, in order to eliminate possible effects of water-rock interaction, hydrogen isotope compositions were used for the recharge elevation estimation. In previous studies, the decrease in $\delta^{18}O$ and δ^2H values with elevations were found to be 0.24‰/100 m and 1.22‰/100 m (Tut Haklıdır, 2013) and the resulting deuterium-elevation equation is given as $\delta^2H = (-0.00432 \times \text{elevation}) - 63.87$ (Tut Haklıdır, 2007). Based on this equation, the recharge elevations for Bursa thermal and mineral waters are 1,180-2,300 m and 660-1,890 m, respectively. These results show that thermal waters are recharged from higher parts of Uludağ Mountain (2,540 m).

KATKI BELİRTME

Yazarlar örneklerin kimyasal analizlerine yönelik sağladığı olanak için Uludağ İçecek Türk A.Ş.'ye ve ayrıca görüş ve önerileriyle makaleye katkı sağlayan hakemlere teşekkürü borç bilirlir.

ORCID

Nizamettin Şentürk  <https://orcid.org/0000-0002-2296-2441>

Halim Mutlu  <https://orcid.org/0000-0002-4100-1363>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akıllı, H. ve Mutlu, H. (2018). Polatlı ve Haymana (Ankara) sıcak sularının kökenine yönelik kimyasal ve izotopik sınırlamalar. *Yerbilimleri*, 39(1), 41-64.
- Aydın, H., Karakuş, H. & Mutlu, H. (2020). Hydrogeochemistry of geothermal waters in eastern Turkey: geochemical and isotopic constraints on water-rock interaction. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 390, Article 106708. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.106708>
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Bulut Üstün, A., Özata, A., Özerk, O.C., Karakaya Gülmez, F., ve Osmançelebioğlu, R. (2009). *Bursa İli ve Kentsel Alanların Yer Bilim Verileri* (Derleme no: 11163). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Barry, P. H., Hilton, D. R., Füre, E., Halldórsson, S. A. & Gronvold, K. (2014). Carbon isotope and abundance systematics of Icelandic geothermal gases, fluid sand subglacial basalts with implications for

mantle plume-related CO₂ fluxes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 134, 74-99.

- Bingöl E., Akyürek B. ve Korkmazer B. (1973). Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonun Bazı Özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Ankara* (s. 70-76).
- Clark, I. D. & Fritz, P. (1997). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers, New York.
- Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1833-1834.
- Criaud, A. & Fouillac, C. (1986). Etude de seaux thermo minerales carbogaze uses du Massif Central Français. II. Comportment de quelquesmetaux en trace, de l'arsenic, de l'antimoine et dugermanium. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50, 1573-82.
- De Leew, G. A. M., Hilton, D. R., Güleç, N. & Mutlu, H. (2010). Regional and temporal variations in CO₂/3He, 3He/4He and d13C along the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Applied Geochemistry*, 25, 524-539.
- Dewey, J. F. & Şengör, A. M. C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin, Part I*, 90, 84-92.
- Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M. Z. (1980). *Balıkesir İli-Marmara Denizi arasının Jeolojisi* (Derleme No: 6760). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (yayımlanmamış).
- Farley, K. A. & Neroda, E. (1998). Noble gases in the Earth's mantle. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 26, 189-218.
- Fournier, R. O. (1979). Geochemical and hydrologic consideration sand theuse of enthalpy-chloride diagrams in the prediction of underground conditions in hot-spring systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 5, 1-16.
- Gat, J. R. & Carmi, I. (1987). Effect of climate changes on the precipitation pattern sand isotope composition of water in a clima tetransition zone - case of the eastern Mediterranean Sea area. In S. I. Solomon, M. Beran, & W. Hogg (Eds.), *The Influence of Climate Changeand Climate Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources* (pp. 513-523) IAHS Publications.
- Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B. L. & Truesdell, A. H. (1983). Isotopic and chemical composition of Parbati Valley geothennal discharges, north-west Himalaya. *India. Geothermics*, 12, 199-222.
- Gökgöz, A., Mutlu, H., Özkul, M. & Yüksel, A. K. (2021). Multiple fluid-mineral equilibria approach to constrain the evolution of thermal waters in the

- Hisaralan geothermal field, Simav graben, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30, 182-203.
- Greber, E. (1994). Deep circulation of CO₂-rich palaeowaters in a seismically active zone (Kuzuluk/ Adapazarı, North western Turkey). *Geothermics*, 23(2), 151-74.
- Hilton, D. R., Fischer, T. P. & Marty, B. (2002). Noble gases and volatile recycling at subduction zones. In: D. Porcelli, C.J. Ballentine & R. Wieler, (Eds.), *Noble Gases in Geochemistry and Cosmochemistry. Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 47(1), 319-370
- IAH., (1979). *Map of Mineral and Thermal Water of Europe, Scale: 1:500.000*. International Association of Hydrogeologists, United Kingdom.
- James, E. R., Manga, M., Rose, T. P. & Hudson, G. B. (2000). The use of temperature and the isotopes of O, H, C, and noble gases to determine the pattern and spatial extent of groundwater flow. *Journal of Hydrology*, 237, 100-112.
- Ketin, İ. (1947). *Uludağ Masifinin Jeoloji İncelemesi* (Derleme No: 1930). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (yayımlanmamış).
- Marques, J. M., Andrade, M., Carreira, P. M., Eggenkamp, H. G. M., Graça, R. C., Aires-Barros, L. & Da Silva, M.A. (2006). Chemical and isotopic signatures of Na/HCO₃/CO₂-rich geofluids, North Portugal. *Geofluids*, 6(4), 273-287.
- Mutlu, H. (1998). Türkiye'deki maden sularının kimyasal özellikleri ve oluşumu. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 53, 67-74.
- Mutlu, H. (2007). Constraints on the origin of the Balıkesir thermal waters (Turkey) from stable isotope (d¹⁸O, dD, d¹³C, d³⁴S) and major-trace element compositions. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 13-32.
- Mutlu, H. & Güleç, N. (1998). Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 495-515.
- Okay, A. I. (1987). *Notes on the geology of Northwest Turkey. Guide book on the geology of the western Anatolia for the IGCP Project number five*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Okay, A. I. (1989). Tectonic unit sand sutures in the Pontides, northern Turkey. In A. M. C. Şengör, (Ed.), *Tectonic Evolution of the Tethyan Region* (pp. 109-115). Kluwer, Dordrecht.
- Okay, A. I., Harris, N. B. W. & Kelley, S. P. (1998). Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in North West Turkey. *Tectonophysics*, 285, 275-299.
- Parlaktuna, M., Güçer, Ş., Güleç, N., Savaşçın, Y., Mutlu, H., Tut, F. S., Erhan, Z., Süer, S., Arkan, S., Gök, E. & Çetinoğlu, A. (2008). *Geothermal Energy Potential Assessment of Bursa, Turkey* (102Y156). TÜBİTAK - JULICH (yayımlanmamış).
- Piper, A. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Transactions. American Geophysical Union*. 25(6): 914-928.
- Schoeller, H. (1962). *Les Eaux Souterraines, Hydrologie Dynamique et Chimique, Recherche, Exploitation et Évaluation des Ressources*. Masson et Cie, Paris.
- Schürch, M., Kozel, R., Schotterer, U. & Tripet, J-P. (2003). Observation of isotopes in the water cycle—the Swiss National Network (NISOT). *Environmental Geology*, 45, 1-11.
- Stumm, W. & Morgan, J. J. (1981). *Aquatic Chemistry, an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters, 2nd ed.* Wiley-Interscience, New-York.
- Süer, S., Güleç, N., Mutlu, H., Hilton, D. R., Çifter, C. & Sayın, M. (2008). Geochemical monitoring of geothermal waters (2002-2004) along the North Anatolian Fault Zone, Turkey: spatial and temporal variations and relationship to seismic activity. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 17-43.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. & Boray, A. (1987). *Türkiye'nin diri fayları ve deprenselliği* (Derleme No: 8174). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şentürk, N. (2006). *Uludağ Maden Suyu Kaynakları Jeoloji-Hidrojeoloji İncelemesi ve Koruma Alanları Çalışması*. Uludağ İçecek Türk A.Ş. (yayımlanmamış).
- Truesdell, A. (1991). Effects of physical processes on geothermal fluids. In F. D'Amore, (coordinator), *Applications of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*. (71-92). UNITAR/UNDP Publications.
- Truesdell, A. H., Nathenson, M. & Rye, R. O. (1977). The effects of subsurface boiling and elution on the isotopic compositions of Yellowstone thermal waters. *Journal of Geophysical Research*, 82, 3964-3707.
- Tut Haklıdır, F. S. (2007). *Bursa İli ve Çevresindeki Termal, Maden ve Yeraltı Sularının Jeokimyasal İncelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tut Haklıdır, F., 2013. Hydrogeochemical evaluation of thermal, mineral and cold waters between Bursa city and Mount Uludağ in the South Marmara region of Turkey. *Geothermics*, 48, 132-145.



Çibaniyen Katı'nın İlanı, Bilimsel ve Sosyal Arka Planı
Defining of the Chibanian Stage and its Scientific and Social Background

Nizamettin Kazancı

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830 Gölbaşı, Ankara

• Geliş/Received: 26.12.2020 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 04.01.2021 • Kabul/Accepted: 04.01.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 16.01.2021 • Baskı/Printed: 30.04.2021

Haber/News

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Jeolojik Zamanlar Çizelgesi'ndeki Orta Pleyistosen, Çibaniyen olarak tescillendi. Bu yeni Kat'ın zamanı 0,774 My ile 0,129 My arasındadır. Alt sınırı MIS (denizel izotop Katı) 19 ve Matuyama-Brunhes manyetik kutup terslenmesine karşılık gelir. Veri kaynağı ve yeri Chiba istifidir (Japonya). Denizel Chiba istifinin ayrıntılı inceleme ve tarihlendirilmesi ile bu kesit Ocak 2020'de Çibaniyen katının stratotipi olarak açıklandı. Chiba kesiti artık uluslararası Jeosit ve Jeolojik Miras'tır.

Anahtar Kelimeler: Chiba, Çibaniyen, Jeosit, Stratotip kesit.

Abstract: *The Middle Pleistocene stage in the International Chronostratigraphic Chart has been ratified as Chibanian. Its time interval is from 0.774 Ma to 0.129 Ma. Lower boundary of this stage corresponds to the MIS 19 (marine isotope stage - 19) and also palaeomagnetic polarity reversal of Matuyama-Brunhes. The data source and locality are the Chiba section (Japan). Based on investigation in detail and dating by different methods of the marine Chiba deposits, the relevant section has been adopted as the stratotype section and type locality of the Chibanian stage in January 2020. Chiba section is now an international geosite and geological heritage.*

Keywords: *Chiba, Chibanian, Geosite, Stratotype section.*

GİRİŞ

Jeoloji araştırmalarının dikkat çekmeyen ve fakat en önemli manivelası Uluslararası Kronostratigrafik Çizelge'dir (Jeolojik Zaman Tablosu, Jeolojik Zaman Çizelgesi, Jeokronoloji birimleri, Kronostratigrafi Birimleri vb. adları da kullanılır). Çizelge ve çizelgedeki bütün birimler çok yönlü bilimsel araştırmalara bağlı olarak "Uluslararası Stratigrafi Komisyonu" tarafından oluşturulur ve güvenilirliği hiç tartışılmaz. Anılan bu "Zamanlar Çizelgesi" nin önemi, jeolojik geçmişteki olayların açıklanabilmesi, ilaveten jeolojik evrimdeki olayların oluş sırasını anlamamızı

kolaylaştırmasıdır. Kişisel arşivlerimize bakarken bile fotoğraf veya belgelerin üzerinde tarih yoksa, zaman ve olaylar hakkında tereddüt hissederiz, hangi durumun daha önce ya da sonra olduğunu belirtmeye çalışırız. Yerbilimciler ise araziden aldığı tek örnek, incelediği istif, ya da bir şey bulma amacıyla kazı yaptığı kayaç hakkında ilk düşündüğü o kayacın *ne zaman* oluştuğu, ikincisi ise alttaki ve üstteki birimle *stratigrafik ilişkisidir*. Bunlar yerbilimcinin aklına gelen ciddi sorular değil, otomatikman bulması gerektiğini hissettiği cevaplardır. İşte bu otomatik düşüncüyü ve kendine güveni oluşturan içselleştirdiği "Jeolojik Zaman

Çizelgesi” dir. Bu kapsamda jeolojik geçmiş hem rakamlarla ifade edilen mutlak zaman aralıklarına bölünmüş (jeokronoloji birimleri), hem de o zaman aralıklarında meydana gelen olayları temsil eden kayaç grupları ile (kronostratigrafi birimleri) adlandırılmıştır (bkz <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/stratigrafi>). Güvenilir bilimsel verilerin olmadığı veya eksik kaldığı durumlarda jeolojik dönemler “Erken-Orta-Geç” veya “alt-orta-üst” şeklinde genel ifadelerle bırakılmıştır. Son yıllardaki artan hassas analiz teknikleri ve bunların karşılaştırmalı sonuçları, özellikle Kuvaterner stratigrafisindeki bu gibi boşlukların doldurulmasını hızlandırmıştır (Head, 2019). Bunlardan birisi de “Orta Pleyistosen’in yeni bir kat (= Chibanian / Çibaniyen) olarak adlandırılmasıdır (yerli kat isimlendirmesi Türkiye Stratigrafi Komisyonu Genel Kurulu kararı ile yapılır, burada kullanılan Çibaniyen adı henüz kesinleşmiş değildir). Orta Pleyistosen katının yerbilimciler açısından ayrı bir önemi vardır, çünkü manyetik kutup terslenmelerinden birisi bu katın başlangıcında gerçekleşmiş, kutuplar 180° yer değiştirmiştir. Yaklaşık 780 By önce gerçekleşen ve denizel karasal bütün tortullarda tespit edilen bu terslenme Erken-Orta Pleyistosen’in sınırı kabul edilmiştir. Çibaniyen katı ile zaman sınırının tortul karşılığı da ortaya konulmuştur. Aşağıda bu kat ve adlama süreci açıklanmaktadır.

Çibaniyen (Chibanian) Katı

Jeolojik Zamanlar Çizelgesi’nde “Orta Pleyistosen” adı ile bilinen, 781.000 (0,781 My) ile 126.000 (0,126 My) yılları arasındaki yaklaşık 655.000 yıllık zaman dilimi ve olaylar dizisi, Uluslararası Stratigrafi Komisyonu’nun 17 Ocak 2020’deki kararı ile Çibaniyen olarak isimlendirilmiş, bu yeni Kat’ın zaman sınırları 0,774 My ile 0,129 My arası gösterilmiştir (<https://stratigraphy.org/news/132>). Orta Pleyistosen, daha önce İtalya kıyılarındaki bir istiftenden elde edilen

verilere dayanarak “İoniyen (Ionian)” şeklinde önerilmiş (Cita vd., 2006), ancak Akdeniz’deki hızlı deniz seviyesi değişiklikleri nedeniyle veriler tartışmalı hale geldiğinden Kat isminin kullanılması 2010’dan itibaren durdurulmuştur. Çibaniyen, Chiba istifinden (Japonya) elde edilen ayrıntılı verilerle 2017’de önerilmiş, 2020’de onaylanmıştır (GSSP Proposal Group, 2019; Haneda vd., 2020). Kat adı Çibaniyen (Chibanian), stratotip kesiti Chiba kesiti, stratotip yeri Chiba kesitinin başlangıç noktasıdır. Bu stratotipin bir başka önemi ve özelliği Matuyama-Brunhes manyetik polarite değişikliğini de kapsamasıdır.

Chiba istifi

Çibaniyen’e isim kaynağı olan Chiba istifi, Japon Denizi kıyısında, Tokyo’ya 25 km mesafede, Chiba kenti sınırlarındadır. Yaklaşık kuzey-güney uzanımlı Japon hendeğinin batısında, bindiren levha üzerindedir. Veri kaynağı, kıta yamacı-derin deniz ortamında depolanmış denizel bir istiftir ve 100 m’yi aşan kalınlığa sahiptir. Kalın ve kaba taneli tuf seviyesi ile başlar. Silt-killerden kurulu olan istif sürekli ve sakin şartlarda çökelmeyi temsil eder. İçinde türbidit veya ani depolanmayı işaret edecek tortul yoktur. Buna karşılık üç adet, anahtar seviye halinde tuf-tefra tabakası bulundurulur (Haneda vd., 2020). Araştırmalar istifin başlangıç kısmı üzerinde yoğunlaştırılmıştır çünkü Erken-Orta Pleyistosen sınırını açık şekilde ortaya koymak asıl hedefdir. Bu denizel istif sedimantoloji, mikro- ve makro-paleontoloji, polen, jeokimya, oksijen izotopları bakımından ayrıntılı şekilde incelenmiş ve değişik yöntemlerle tarihlendirilmiş, başlangıç kısmının MIS19’a karşılık geldiği belirlenmiştir. Tuf-tefra seviyeleri de ayrı ayrı ele alınmış ve sonuçları yayınlanmıştır (Xuan vd., 2020). Değişik merkez ve araştırmacıların katılımı ile tekrar edilen tefra çalışmaları, istif içinde manyetik kutup değişikliğini gösteren verileri açıkça ortaya koymuştur. Bu veri ve gelişmeler adı geçen kaynaklarda genişçe

açıklanmıştır (bkz Haneda vd. 2020; Xuan vd., 2020). Chiba kesiti, artık hem stratotip hem de uluslararası Jeosit'tir.

Jeo-kültür: Chiba Valisi ve Halkın Mutluluğu

Dergi ve gazetelerde çıkan çok sayıda haberlerden anlaşıldığına göre, Chiba kesitinin stratotip olarak önerilmesi yöneticilerde ve halkta büyük heyecan uyandırmış, “Japonya jeolojiye damga vurdu” gibi yazılar yayınlanmış, projede çalışan uzmanlar taltif edilmiştir. Chiba Valisi, “kentimiz artık devamlı anılacak ve ziyaret edilecek” diyerek toplumsal sevincin sebebini ortaya koymuştur. Yöre ve ülke halkı heyecan içindedir. Chiba kesitinin olduğu yere ziyaret sınırlandırılmış, fotoğrafların yayınlanmasına bile izin alma zorunluğu getirilmiştir.

SONUÇLAR

Jeolojik Zamanlar Çizelgesi'ndeki “Erken-Orta-Geç” şeklindeki genel ifadeler hızla yerlerini Çağ adlarına ve stratigrafik kat isimlerine bırakıyor. Çibaniyen katı bunun son örneğidir. Artık Orta Pleyistosen yerine Çibaniyen tanımı kullanılacaktır. Bu katın tescillenmesi sürecindeki birbirini destekleyen çok sayıdaki araştırma, güvenilir sonuçlar elde etmenin de örneğini oluşturmuştur.

EXTENDED SUMMARY

The Geological Times Table and/or International Chronostratigraphic Chart plays a key role for earth scientists in understanding and explaining geological evolution. In particular, the Quaternary Period is important to researchers, since it includes abrupt climate changes, development of the present landscapes and evolution of the hominoids. Thus, the separation of the Quaternary at the stage level is important in terms of deciphering the geological events. A new progress has been made recently in

this regard. A Quaternary unit known until now as the Early / Middle Pleistocene, was ratified as Chibanian stage in January 2020. The lower limit of this new stage is 0.774 Ma, and the upper limit is 0.129 Ma. The sedimentary sequence that name source of this stage is in Chiba, a port city of the Sea of Japan. The sequence consists of silt and clay deposited in slope and deep marine environment. It contains a good deal of pollen and microfossil species and three levels of tuff-tephra. Various sedimentological, paleontological, isotope and geochemistry investigations have been carried out in the sequence, in addition, it has been dated with different methods. The starting level of the Chiba section and / or the lower limit of the Chibanian layer corresponds to MIS 19 (marine isotope stage-19). This boundary also represents Matuyama-Brunhes magnetic polar reversal. Chiba section is now a significant stratotype (for Chibanian) together with being an international geosite and geological heritage.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma hazırlanırken kat adının Şibaniyen veya Çibaniyen olması konusunda tereddüt yaşanırken, Dr. K.M. Erturaç, kelimenin Japonca kökenli olmasından hareketle Çibaniyen olması gerektiğini belirtmiş ve O'nun önerisine uyulmuştur. Yazar katkı için teşekkür eder.

ORCID

Nizamettin Kazancı  <https://orcid.org/0000-0003-0724-2347>

KAYNAKLAR / REFERENCES

Cita, M. B., Capraro, L., Ciaranfi, N., Di Stefano E., Marino, M., Rio, D., Sprovieri, R. & Vai, G. B. (2006). Calabrian and Ionian: A proposal for the definition of Mediterranean stages for the Lower and Middle Pleistocene. *Episodes* 29(2), 107-114. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2006/v29i2/004>

- GSSP Proposal group (2019). A summary of the Chiba Section, Japan. *Journal of the Geological Society of Japan* 125, 5-22. <https://doi.org/10.5575/geosoc.2018.0056>
- Haneda, Y., Okada, M., Suganuma, Y. & Kitamura, T. (2020). A full sequence of the Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal in the Chiba composite section, Central Japan. *Progress in Earth and Planetary Science* 7, Article 44. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00354-y>
- Head, M.J. (2019). Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International*, 500, 32–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.018>
- Xuan, C., Jin, Y., Sugisaki, S., Satoguchi, Y. & Nagahashi, Y. (2020). Integrated Pliocene–Pleistocene magnetostratigraphy and tephrostratigraphy of deep-sea sediments at IODP Site U1424 (Yamato Basin, Japan Sea). *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, Article 60. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00373-9>



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa jeoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeokronoloji, jeokimya, sedimantoloji, biyostratigrafi, paleontoloji, mineraloji, magmatik ve metamorfik petroloji, maden yatakları, jeofizik, jeomorfoloji yanı sıra Çevre ve Kent Jeolojisi ile Ekonomik Jeoloji öncelikli konulardır. Bu konularda güncel bilim düzeyinde hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde yayın kabul edilmektedir. Yayınlarda öncelik Türkiye ve çevresi, Doğu Akdeniz, Orta Doğu, Balkanlar, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresi olmakla birlikte Dünya'nın diğer tüm kritik bölgelerinde yapılan düzeyli yayınlara da açıktır. Bu kapsamda yapılan araştırmaların bilimsel düzeyi yüksek sonuçlarını içeren makaleler hiçbir ücret almadan yayınlanmaktadır. Açık erişimli bir dergidir. Derginin hedef okuyucu kitlesi bu konu ve kapsamla ilgili tüm yerbilimcilerdir. Dergide daha çok orijinal araştırma makaleleri ve daha az sayıda derleme ve diğer bilimsel nitelikli yayınlara yer verilmektedir. Türkiye Jeoloji Kongresi ve diğer Ulusal ve uluslararası toplantıların seçilen oturumları, hakemli yayın işlemlerinden sonra özel sayı(lar)da yayınlanabilmektedir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

MAKALE SUNUM SÜRECİ ve ETİK BİLDİRİMİ

Tüm makaleler internet üzerinden <http://dergipark.gov.tr/tjb> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce DergiPark sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

YAZIM KURALLARI

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd)
- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2,5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numarası da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri ORCID kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
(e-posta:husnu56@mta.gov.tr)

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe, hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

DEĞİNİLECEK BELGELER (KAYNAKLAR BÖLÜMÜ)

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır.

A. Süreli yayınlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin başlığı. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa numaraları.

Hoek, E., David, M., 1990. Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27 (3), 220-229.

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi, Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa) Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa numaraları.

Ünal, E., Özkan, İ., Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 – Rock Characterization, Chester, UK., 14-17 September 1992, J. A. Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

C. Kitaplar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın adı (ilk harfleri Büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

Goodman, R.E., 1998. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.

Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı 869, 520 s.

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bölüm Adı, (Kitap adı, Editör(ler):). Kitap yayınevi, basıldığı şehrin adı, Bölüme ait sayfa nolar.

Altunel, E., D'Andria, F., 2019. Pamukkale Travertines: A Natural and Cultural Monument in the World Heritage List (Landscapes and Landforms of Turkey, Eds.: Kuzucuoğlu, C., Çiner A., Kazancı N.). Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, 219-229.

E. Raporlar ve Tezler:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), Doktora veya Yüksek Lisans tezi, sayfa sayısı, (yayımlanıp yayımlanmadığı).

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji rezerv ön raporu. MTA Derleme No: 6234, 17 s., (yayımlanmamış).

Sönmez, H., 1996. TKİ. ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99 s., (yayımlanmamış).

F. Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun adı, Tarih. Web adresi, web adresine girildiği tarih.

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; σ_1 , σ_2). Karekök işareti yerine

parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; $c_{mass}=s0.5$). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda “*” işareti tercih edilmelidir (örneğin; $y=5*10^{-3}$). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine “/” işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} ve CO_3^{--} -yerine $Ca(2+)$ ve $CO_3(2-)$ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere “eşitlik (1)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyorsa, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15,8 x 22,5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7,3 cm-Genişlik) veya çift (15,8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininin sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak “Şekiller Dizini” başlığıyla verilmeli, ayrıca “Şekil 1” olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (Genişlik) x 22,5 cm (Uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a,b,c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller levha olarak değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-2130

e-posta: eyigitbas@comu.edu.tr

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden Editör'e göndermelidir. Makaleler *DOCX biçiminde hazırlanmalıdır. Tüm şekiller Corel Draw ile çizilmelidir. Bununla birlikte, şekillerin çözünürlükleri 300 dpi den az olmamalıdır. Hem çizim (CDR) hem de resim (JPG) dosyaları DergiPark Sistemi üzerinden gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) yayıncı ve kullanıcıları (Baş Editör, editörler, alan editörleri, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından belirlenen etik kurallara ve sorumluluklara uymalıdır.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.* hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Ocak, Nisan ve Ağustos aylarında yılda üç kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. *Türkiye Jeol. Bül.*'nin 1947 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları ve TUBITAK - DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.* derginin basılı ve elektronik versiyonları için herhangi bir ücret ya da abonelik bedeli, yazarlar için ise yayın ücreti ya da benzeri bir ödeme talep etmez.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*, yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*'ne devreder. **Telif Hakkı Devri Formu**'nun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur. Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir. Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*'ne devretmelidir. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*'nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımı için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bült.*'ne Dergipark sistemi üzerinden göndermelidir.

İntihal Politikası: Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için "iThenticate İntihal Tespit Yazılımı" veya "Turnitin" veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporu yanı sıra, imzalanan "**Telif Hakkı Devri Formu**" ve "**Etik Bildirim Formu**"nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20'nin altında olmalıdır.

Yazar Katkısı Beyanı ve Çıkar Çatışması/Çakışması Beyanı: Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Makalenin tüm yazarları, hatalı durumlarda geri çekme veya düzeltme yapmakla yükümlüdür.

Yazarlar, yazılarını sisteme yükleme aşamasında gerek benzer konularda araştırma yapan diğer araştırmacılar bakımından ve gerekse potansiyel hakemlik konularında her türlü çıkar çatışmasını/çakışmasını açıkça belirtmelidir. Çıkar çatışması/çakışması bulunmadığını düşündüğü durumda ise bu husus açıkça belirtilmelidir.

Kör hakemlik: *Türkiye Jeol. Bült.*'nde tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa; a) Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması, b) Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmış olması, c) Aynı kurumda görev yapıyor olmaması, d) Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması, e) Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması, f) Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması g) Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması, h) Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması vb durumlar dikkate alınır. Dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemlerin de böyle bir durumda editörlüğü uyarması gerekir. Ayrıca hakemlerin;

- Sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirmeleri,
- Değerlendirmeyi tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmaları,
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasal düşünce, ticari kaygılar vb nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemeleri,
- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları,
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri istenir.

Değerlendirme İşlemi:

Ön Kontrol (Hakem değerlendirme öncesi) Süreci: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne sunulan makale ilk olarak, Baş Editör tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım açısından ve çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir. Değerlendirme sürecinde yazarlar editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası geçerli bir neden olmaksızın 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Hakem Değerlendirme Süreci: Makalelerin tüm bölüm içerikleri incelenip hakem değerlendirmesi için uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınır. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir. Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde yukarıda açıklanan çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir. Hakemler değerlendirme süreciyle ilgili hiçbir kimseyle bilgi ve belge paylaşmayacaklarını garanti etmek zorundadır. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir. Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Makale Geri Çekme: Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar), konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-mail adresi tjbdergi@gmail.com üzerinden yayın kuruluna iletirler. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Yazar(lar), bizzat kendilerine ait olmayan verileri kullanma hakkına sahip olduklarını, araştırma/analiz ile ilgili gerekli olabilecek izinleri gösteren belgelere sahip olmalıdır.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri dikkatle takip eder. *Türkiye Jeol. Bült.* Yayın Kurulu basım aşamasında, değerlendirme aşamasında veya yayınlanmış bir makale için telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda, makaleyle ilgili bir soruşturma başlatır. Yapılan soruşturma sonucunda, makalede telif hakkı ve intihal şüphesi tespit edilmesi durumunda, Yayın Kurulu makaleyi detaylı açıklama yaparak değerlendirme aşamasından geri çekme işlemini yazar(lar)a en geç 15 gün içerisinde bildirir.

Gizlilik: *Türkiye Jeol. Bült.* sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Sorumluluk Reddi: Baş Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

AIM and SCOPE

The Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) is one of the oldest and best-known journals in Turkey, published since 1947. It is published by the Chamber of Geological Engineers (CGE) with three issues every year. The journal accepts articles about earth science topics apart from engineering geology. Primary topics include geology, tectonics, structural geology, geochronology, geochemistry, sedimentology, biostratigraphy, paleontology, mineralogy, magmatic and metamorphic petrology, mineral deposits, geophysics and geomorphology, in addition to environmental and urban geology along with economic geology. Articles are accepted in both Turkish and English at current scientific levels in relation to these topics. Articles include primarily Turkey and surroundings, eastern Mediterranean, Middle East, Balkans, Black Sea and Caspian Sea areas, along with ranked articles from all other critical regions of the world. Articles including results with high scientific level from research completed within this scope are published without any fee. The journal is open access. The target audience for the journal is all earth scientists interested in these topics and this scope. The journal includes mainly original research articles and lower numbers of reviews and publications with other scientific qualities. Selected sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Paper should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

SUBMISSION PROCESS and ETHICAL STATEMENT

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system DergiPark at <http://dergipark.gov.tr/tjb>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the

manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else's ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgements, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading

CONCLUSIONS

EXTENDED SUMMARY

ANCKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)

- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuoğlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdüler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 keywords which reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, keywords should not be provided.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

REFERENCES

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

A. Journals:

Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol. (No), pages.

Hoek, E., David, M., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from Hoek-Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27 (3), 220-229.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages.

Ünal, E., Özkan, İ., Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 – Rock Characterization, Chester, UK., 14-17 September 1992, J. A. Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

C. Books:

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher, total pages.

Goodman, R.E., 1998. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 p.

Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı 869, 520 s.

D. Chapter in book:

Author(s), Date. Chapter Name, (Name of Book, Editor(s):) Name and Location of Publisher, Page numbers of the chapter.

Altunel, E., D'Andria, F. 2019. Pamukkale Travertines: A Natural and Cultural Monument in the World Heritage List (Landscapes and Landforms of Turkey, Eds.: Kuzucuoğlu, C., Çiner A., Kazancı N.). Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, 219-229.

E. Unpublished Reports and Thesis:

Author(s), Date. Title of report or thesis. Name of the Organization or Institution , Report No. (if any), PhD or Msc Thesis, total pages, (published or unpublished).

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s., (Unpublished).

Beccaletto L., 2004. Geology, Correlations and Geodynamic Evolution of the Biga Peninsula, Northwest Turkey. University of Lousanne, PhD Dissertation, 187 p. (Unpublished)

F. Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

“Where is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle.” Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d , x_2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol “*” can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} instead of Ca^{++} and CO_3^{--} . In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength, etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as "Figures" and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin "Figure 1." etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal's single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figure 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Papers should be submitted electronically through web site DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR IN-CHIEF

Prof. Dr. Erdiñç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-2130

e-mail: eyigitbas@comu.edu.tr

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors' manuscripts are admitted to publication, authors should send revised final copies of their manuscripts to Editor through the DergiPark System. Manuscripts should be issued in *DOCX format. All images, should be issued in Corel Draw. Besides, the resolution of the figures should not be less than 300 dpi. Both drawing (CDR) and image (JPG) files must be submitted through the DergiPark System.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

ETHICAL PRINCIPLES AND PUBLICATION POLICY

The publisher and users (chief editor, editors, field editors, authors, reviewers, readers, etc.) of the Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) must abide by the ethical rules and responsibilities determined by the Committee of Publication Ethics (COPE).

Journal Policy:

Open Access Policy: The *Geol. Bull. Turkey* is a peer-reviewed journal. It publishes in print and online in the electronic environment and has an open-access system. Journal issues are published three times per year in the months of January, April and August. Publication processes ensure sharing of information produced freely and objectively with the scientific method. The review process for articles applies a blind review system. All issues of the *Geol. Bull. Turkey* published since 1947 are archived as both print and electronic versions by the publishing organization, the Chamber of Geological Engineers (CGE), and as electronic versions by TUBITAK – DergiPark.

Price Policy: The publishing organization of the *Geol. Bull. Turkey* is the CGE. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* do not demand any fee or subscription costs for printed and electronic versions of the journal or any publishing costs or similar from authors.

Copyright Transfer: The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive written permission from authors to obtain the copyrights of articles that will be published. The relevant authors, as writer/owner in their own name and the name of other authors, transfer copyright of the article offered to the journal to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. It is mandatory to complete the **Copyright Transfer Form** and upload it to the journal system when submitting the manuscript. The responsible author must guarantee that this manuscript has not been published in similar form in other places, that the manuscript is original and that it will not be sent for publication elsewhere. All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and all copyright for the article to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive the right to use all or part of the relevant article in future works like lessons/lesson notes, reports and textbooks/printed books without any payment and to copy the relevant manuscript for their own use. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* reserve all rights apart from copyright, such as patent rights, except for commercial purposes.

Article submission: The authors of articles submitted for assessment by *Geol. Bull. Turkey* must first be members of DergiPark. The corresponding author must submit the study (original article, review, etc.) to *Geol. Bull. Turkey* through the DergiPark system.

Plagiarism Policy: In addition to the corresponding author submitting the article to the journal, they must upload a similarity report using “iThenticate Plagiarism Detection Software” or “Turnitin” or equivalent plagiarism program, along with the signed **Copyright Transfer Form** and the **Ethics Report Form** to the DergiPark system. The similarity index rate for articles must be below 20%, excluding the reference list.

Author Contribution Statement and Conflict / Conflict of Interest Statement: Each of the authors need to have made significant scientific contributions to each article, so every author is accepted as carrying equal ethical responsibility. All authors of an article are obliged to recall or make corrections in situations involving mistakes.

The authors must clearly state all types of conflict/conflict of interest in relation to topics such as other researchers studying similar topics and potential reviewers. In situations where no conflict/conflict of interest is considered to exist, this must be clearly stated.

Blind review: *Geol. Bull. Turkey* applies a blind review system with the aim of ensuring objective assessment of all scientific publications. In the stage of assigning reviewers for an article, care is taken that there is no conflict/conflict of interest between reviewers and author(s). With this aim, care is taken that between reviewers and author(s) a) there are no thesis advisor/student relationships, b) no common research or publications between author(s) and reviewers in the recent past (last 2 years), c) they are not employed in the same organization, d) they have not contributed to the manuscript submitted to the journal in terms of form or content, e) author(s) and reviewer have no disputes that were referred to judiciary or ethical committees, f) there is no kinship between reviewer and author(s), g) no publicly stated prejudice of the reviewer toward the author(s), h) no commercial relationship between reviewer and author(s), etc. In case of situations missed by the journal editors, the reviewers must warn the editors of such a situation. Additionally, reviewers are requested;

- To only assess articles that are within their field of expertise,
- To perform assessments unbiased, objectively and confidentially,
- To avoid bias in assessments due to reasons such as nationality, sex, religious beliefs, political leanings, commercial concerns, etc.,
- To provide opinions and recommendations within academic etiquette, with constructive and academic language, avoiding language which will create personal polemic,
- To avoid delaying assessments in a way which lengthens the publication process without reason.

Evaluation Process:

Preliminary Check (before reviewer assessment): Firstly, manuscripts submitted to *Geol. Bull. Turkey* are reviewed by the chief editor for suitability in terms of the aims and scope of the journal. If manuscripts do not abide by the aim and scope of the journal, they are rejected within 15 days maximum and information is sent to the author. Manuscripts which are suitable for the aim and scope are first investigated for spelling, language and expression and study plan before reviewer assessment. Authors of manuscripts which are inadequate in this regard will be requested to revise the manuscript. During assessment, authors are responsible for responding to the opinions, recommendations and criticisms of the editor and reviewers. The authors must respond to questions asked based on reviewer opinions, assess opinions and recommendations, and provide positive or negative responses to criticisms with evidence in a detailed letter to the editor. Academic etiquette must be used in the letter, personal discussions should be avoided. If a corrected copy of manuscripts with revision requested in line with reviewer opinions is not received without a valid reason within 30 days, the editor reserves the right to reject the manuscript when it is re-submitted. After revisions, the revised manuscript may be sent by the editor for reviewer assessment again or may be directly accepted or rejected by the editor.

Peer Review Process: Manuscripts found suitable for peer review after investigating the content of all sections will be sent to the reviewers. However, articles that are not suitable for peer review for any reason will be rejected with the editor's assessment report. Information will be given to the authors within 15 days. Manuscripts sent for reviewer assessment will be sent to at least three reviewers by the editor from within or outside the journal pool according to content and area of expertise. Care will be taken about elements within the scope of conflict/conflict of interest mentioned above when determining reviewers for manuscripts. Reviewers must guarantee that they will not share any information or documents related to the review process with anyone. The duration for the review process is 30 days. Revision recommendations from the reviewers or editor must be completed by the authors within 30 days. Reviewers will investigate corrections on the article and decide on suitability or if necessary, request more revisions. The review result and opinions of reviewers will be investigated by the editor within maximum 15 days. As a result of the investigation, the editor will communicate the final decision about the manuscript to the author. Rejected manuscripts will be archived.

Article Withdrawal: Author(s) who wish to withdraw their manuscript during assessment must communicate a memo related to the topic with wet signature to the publication board via the journal email address tjbdergi@gmail.com. The Publication Board will investigate the withdrawal request and respond within maximum 15 days. Author(s) of manuscripts with request denied by the Publication Board will not be able to send their manuscript to another journal. If the author(s) become aware of any mistakes or errors related to the study after publication, in the early submission or review stages, they are obliged to cooperate with the journal editor. The author(s) must have the right to use any data which does not belong to themselves and must have documents showing necessary permissions related to the research/analysis.

The editors carefully manage processes to ensure development of the journal and increase the quality of published studies. In situations with suspicions raised about copyright or plagiarism for any manuscript in the publication stage, review stage or as unpublished manuscripts, the Publication Board of *Geol. Bull. Turkey* will begin an investigation related to the manuscript. If the investigation identifies copyright and plagiarism suspicions related to the manuscript, the Publication Board will withdraw the manuscript in the review stage making a detailed explanation and report to the author(s) within 15 days.

Confidentiality: All personal information in the *Geol. Bull. Turkey* system is used for scientific purposes and will not be shared with third parties.

Disclaimer: The chief editor and Publication Board members are not responsible for the opinions of authors or manuscript content. The authors are responsible for the ethical originality and possible errors in their manuscripts. The authors are responsible for all errors before final reading (proofreading) and that may occur when formatting pages. Errors occurring after final proofreading are the responsibility of the journal authorities.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2021 Cilt 64 Sayı 2
April 2021 Volume 64 Issue 2

Muhittin Şenalp, Sema Tetiker, Murat Şentürk

Güneydoğu Türkiye'deki Paleozoyik İstiflerinin Sekans Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Hidrokarbon Potansiyeli

Sequence Stratigraphy, Sedimentology and Hydrocarbon Potentials of the Paleozoic Successions in Southeast Turkey..... 143

Aslı Karabaşoğlu, Özgür Karaoğlu, Rifat Kuvanç

Van Çevresindeki (Doğu Türkiye) Urartu Yerleşim Merkezlerinde (Van Kalesi, Aşağı ve Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt ve Mena Kanalı Tarihi Yerleri) Kullanılan Kayaçlara İlişkin Petrografik Gözlemler

Petrographic Observations Related to Rocks used in Urartu Settlements

(Van Castle, Aşağı and Yukarı Anzaf, Çavuştepe, Ayanis, Toprakkale, Zivistan, Keçikıran, Aliler, Körzüt and Mena Canal Historical Sites) around Van (Eastern Turkey)..... 199

Maan Hasan Abdullah Al-Majid

Porosity Prediction for Some Geological intervals in the East Baghdad Oil Field Using New Empirical Equations..... 223

Nizamettin Şentürk, Halim Mutlu

Uludağ'ın (Bursa) Güneybatısındaki Jeotermal Kaynak ve Madensularının Kökenine Jeokimyasal Bir Yaklaşım

A Geochemical Approach to the Origin of Geothermal and Mineral Waters Southwest of Uludağ Mountain (Bursa)..... 233

Nizamettin Kazancı

Çibaniyen Katı'nın İlanı, Bilimsel ve Sosyal Arka Planı

Defining of the Chibanian Stage and its Scientific and Social Background..... 249

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos İndeks ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos İndeks and ULAKBİM TR Dizin Databases.

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr