

# ALKÜ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ



ALANYA  
**ALAADDİN  
KEYKUBAT**  
ÜNİVERSİTESİ

*Cilt: 3 Sayı: 2 (Mayıs - Ağustos 2021)*

*Volume: 3 Issue: 2 (May - August 2021)*

**ALKU**  
**JOURNAL of SCIENCE**

e-ISSN 2667-7814

**Alanya**  
**Alaaddin Keykubat University**

## **DERGİNİN KÜNYESİ / JOURNAL INFO**

**Derginin Adı / Journal Name:** ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi / ALKU Journal of Science

**Kısa Adı/ Short Name:**

**e-ISSN:** 2667-7814

**Doi prefix:** 10.46740/alku.

**Yayın Dili / Publication Language :** Türkçe / English

**Yayın Periyodu / Publication Period:** Yılda üç kez (Nisan, Ağustos ve Aralık) / Three times a year (April, August, and December)

**Sahibi / Owner:** Prof. Dr. Ekrem KALAN, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rektörü

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Publishing Manager:** Prof. Dr. Mehmet KANOĞLU

**Kuruluş / Establishment:** ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi tarafından tüm mühendislik bilimleri ve temel bilimler alanında yılda 3 kez yayınlanan hakemli bir dergidir. Dergimizde, Türkçe ve İngilizce dillerinde orijinal araştırma çalışmaları ve derlemeler yayımlanmaktadır. Bu dergi, hakemli ve açık erişimli bir uluslararası mühendislik bilimleri ve temel bilimler dergisidir. Değerlendirme ve yayınlanma süreçlerinde yazarlardan ücret talep edilmez.

ALKU Journal of Science is an international, peer-reviewed journal which is published by Rafet Kayış Engineering Faculty of Alanya Alaaddin Keykubat University in all areas of engineering and basic science. ALKU Journal of Science is a triannually published open access journal operating an online submission and peer review system which allows authors to submit articles online and track their progress. No charges are required from the authors in all of the publication steps.

**Dizinler ve Platformlar / Indexing and Platforms:** Google Scholar, Cosmos Impact Factor, ResearchBip, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Asos Index, International Innovative Journal Impact Factor(IIJIF), Scientific Indexing Services(SIS)

**Web Adresi/ Web address :** <https://dergipark.org.tr/tr/pub/alku>

**Yayınlayan Kuruluş / Publisher :** Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi / Alanya Alaaddin Keykubat University

**Makale gönderim ve takip sistemi / Article submission and tracking system:** ULAKBİM Dergi Sistemleri, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/alku>

**Web barındırma ve teknik destek / Web hosting and technical support:** Dergipark Akademik <http://dergipark.gov.tr/>

**İletişim / Contact:** Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Alanya, Antalya. E-mail: [alkufenbilimleridergisi@alanya.edu.tr](mailto:alkufenbilimleridergisi@alanya.edu.tr) Tel/Phone: 0242 5106060 (2545)

## EDİTÖR / EDITOR

**Prof. Dr. Mehmet KANOĞLU**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya

## ALAN EDİTÖRLERİ / SUBJECT EDITORS

**Dr. Öğr. Üyesi Bertan Beylergil**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Mechanical Engineering  
Alan: Makine Mühendisliği

**Dr. Öğr. Üyesi Murat Aksel**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Alanya, Antalya  
Subject: Civil Engineering  
Alan: İnşaat Mühendisliği

**Dr. Öğr. Üyesi Ciğdem Dülgerbaki**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Chemistry  
Alan: Kimya

**Dr. Öğr. Üyesi İrem Küçükkoğlu**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Mathematics  
Alan: Matematik

**Doç. Dr. Fikri Serdar Gökhan**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Electrical-Electrical Engineering  
Alan: Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gökhan**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Genetic Engineering  
Alan: Genetik Mühendisliği

**Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Aktar Küçükarslan**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Food Engineering  
Alan: Gıda Mühendisliği

**Dr. Öğr. Üyesi Emir Hüseyin Özder**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya  
Subject: Industrial Engineering  
Alan: Endüstri Mühendisliği

## **YAYIN VE TEKNİK EDITÖRLERİ / PUBLISHING AND TECHNICAL EDITORS**

**Arş .Gör. Gökhan Canbolat**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya

**Arş .Gör. Mustafa Altuğ Peker**, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. Alanya, Antalya

## **YAYIN KURULU / PUBLISHING BOARD**

Hüseyin AKILLI (Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi)

Gökhan APAYDIN (Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Naci ÇAĞLAR (Prof. Dr., Sakarya Üniversitesi)

Hakan ÇELEBİ (Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi)

Rossana DIMITRI (Dr., University of Salento)

Tamio ENDO (Prof. Dr., Mie University)

John GELEGENIS (Prof. Dr., Technological Educational Institute of Athens)

Viktor GRIBNIAKN (Prof. Dr., Vilnius Gediminas Technical University)

Anastas IVANOV IVANOV (Doç. Dr., Todor Kableshkov Higher School of Transport)

İlker Murat KOÇ (Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi)

Anatoli I POPOV (Prof. Dr., University of Latvia)

Bilsay SÜMER (Dr., Hacettepe Üniversitesi)

Cevat SARIOĞLU (Prof. Dr., Marmara Üniversitesi)

Francesco TORNABENE (Dr., University of Bologna)

Jamal Seyyed Monfared ZANJANI (Dr., University of Twente)

## ALKÜ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ 2021:3(2)

## ALKU JOURNAL OF SCIENCE 2021:3(2)

### İçindekiler / Contents

1. Efemçukuru Altın Yatağının Bulunduğu Seferihisar Yükselimi'nin (İzmir) Petrol ve Doğalgaz Potansiyelinin Suda Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH) Analizi ve Gravite-Manyetik Verilerle İncelenmesi / *Investigation of Oil and Gas Potential of the Seferihisar High (İzmir) Containing Efemçukuru Gold Deposit by Using Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water Analysis and Gravity-Magnetic Data*  
Ali Özdemir, Atilla Karataş, Yıldırım Palabıyık, Alperen Şahinoğlu  
.....1-28
2. Doğal Defne Sabunu / Natural Laurel Soap  
Tahsin Özer, Fatma Zehra Sert, Ali İhsan Öztürk  
.....29-37
3. Farklı gözenekli çelik petek kirişlerin eğilme analizi için sonlu elemanlar yaklaşımı / *Finite Element Approach for the Bending Analysis of Castellated Steel Beams with Various Web openings*  
Silda Ghazi Doori, Ahmad Reshad Noori  
.....38-49
4. Kent Kıyılarının ve Suyun Kamusal Sanatla Dönüşümü / *The Transformation of Water and Urban Coast with Public Art*  
Cemre Kılınç, Mehmet İnceoğlu, Sema Balçık  
.....50-63
5. Arguvan linyitinden kül ve kükürt uzaklaştırılmasında farklı gravite yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi / *Determination of the Effect of Different Gravity Methods on the Removal of Ash and Sulfur from Arguvan Lignite*  
Aydan Aksoğan Korkmaz, İsmail Bentli  
.....64-81
6. Prekast UHPC Panellerindeki Kaldırma Soketlerinin Çekme-Çıkarma ve Kesme Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi / *Experimental Investigation of Pull-Out and Shear Behavior of Lifting Sockets in Precast UHPC Panels*  
Muhammed Marasli, Serkan Subasi, Heydar Dehghanpour, Volkan Ozdal, Beni Kohen  
.....82-93

## Efemçukuru Altın Yatağının Bulunduğu Seferihisar Yükselimi'nin (İzmir) Petrol ve Doğalgaz Potansiyelinin Suda Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH) Analizi ve Gravite-Manyetik Verilerle İncelenmesi

Adil ÖZDEMİR<sup>1\*</sup> , Atilla KARATAŞ<sup>2</sup> , Yıldırım PALABIYIK<sup>3</sup>  Alperen ŞAHİNOĞLU<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Adil Özdemir Mühendislik ve Danışmanlık, Ankara, Türkiye.

ORCID ID 0000-0002-3975-2846

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye.

ORCID ID 0000-0001-9159-6804

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. ORCID ID 0000-0002-6452-2858

<sup>4</sup>İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye. ORCID ID 0000-0002-1930-6574

\*adilozdemir2000@yahoo.com

### Özet

Literatürde, hidrokarbon birikimleri ve altın cevherleşmeleri arasındaki bağlantılar incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, altın ve hidrokarbonların aynı hidrotermal akışkanlar tarafından taşındığı ve çöktüğü tespit edilmiştir. Seferihisar Yükselimi'nde, Türkiye'nin kanıtlanmış en büyük altın cevheri rezervine sahip Efemçukuru Altın İşletmesi bulunmaktadır. Bu nedenle, Seferihisar Yükselimi'nin petrol ve doğalgaz potansiyelinin soğuksu kaynaklarından alınan örnekler üzerinde Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH) analizleri yapılarak araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, su numunelerinin tamamında hidrokarbonlar tespit edilmiştir. Sularda tespit edilen hidrokarbonların kaynağının belirlenmesi için organik jeokimyasal yöntemler kullanılmıştır. Su numunelerinde belirlenen n-alkan hidrokarbonlar, olgun petrol hidrokarbonlarıdır. Bu olgun petrol hidrokarbonları, çalışma alanında çalışan bir petrol sisteminin varlığı için jeokimyasal bir kanıttır. Dolayısıyla, gravite ve manyetik verilere göre çalışma alanında belirlenen maksimum 765 m derinliğindeki yapının bir petrol ve/veya doğalgaz rezervuarı olma potansiyeli oldukça yüksek olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** rezervuar hedefli petrol ve doğalgaz arama, suda TPH analizi, hidrokarbonca zengin su, Bornova Filiş Zonu, altın yatağı

## Investigation of Oil and Gas Potential of the Seferihisar High (İzmir) Containing Efemçukuru Gold Deposit by Using Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water Analysis and Gravity-Magnetic Data

## Abstract

In literature, the links between hydrocarbon accumulations and gold mineralizations have been examined. According to the results obtained from these studies, it has been reported that gold and hydrocarbons are carried and deposited by the same hydrothermal fluids. In the Seferihisar High, the Efemçukuru Gold Operation possesses the largest proven gold reserves of Turkey. For this reason, in this study, it is aimed to investigate the oil and gas potential of the Seferihisar High by conducting Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses on the samples taken from the natural cold-water resources. As a result of the analyses conducted, hydrocarbons have been detected in all the water samples. Organic geochemical methods have been used to determine the source of hydrocarbons detected in the water resources. The n-alkane hydrocarbons found in the water samples are the mature petroleum hydrocarbons, which are the geochemical evidence for a working petroleum system in the study area. Therefore, the main structure in a maximum of 765 m depth determined in the study area according to gravity and magnetic data has a significant hydrocarbon potential to become an oil and/or gas reservoir.

**Keywords:** reservoir-targeted oil and gas exploration, TPH in water analysis, hydrocarbon-rich water, Bornova Flysch Zone, gold deposit

## 1. GİRİŞ

Sedimanter havzalar, hem fosil enerji kaynakları hem de birçok metalik maden yatağı için değerli depolama alanları içermektedir. Özdemir ve Palabıyık [1,2], işletilebilir boyutta yatak oluşturabilmiş altın yataklarının petrol ve doğalgaz birikimleri için sığ ve güvenilir bir belirteç olduğunu belirtmiştir. Özdemir ve Palabıyık [1,2], yüzeyde kaynak kaya mostrası, petrol veya doğalgaz sızıntısı, petrol veya doğalgaz sahası gibi hiçbir hidrokarbon emaresi bulunmayan, fakat işletilebilir boyutta bir altın yatağının bulunduğu havzalarda ve bölgelerde, suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin uygun maliyetli ve güvenilir bir petrol ve doğalgaz arama yöntemi olarak kullanılabilmesine işaret etmektedirler. Bunun yanı sıra, önerilen bu yeni tekniğin (rezervuar hedefli), klasik organik jeokimyasal yöntemlerle (kaynak kaya hedefli) başarı oranı %10-20 dolayında olan (yüksek riskli) petrol ve doğalgaz aramalarının, risk ve maliyetlerini oldukça düşürerek keşif başarı oranını artıracağına düşünüldüğü belirtilmiştir.

Daha önce yapılan çok sayıda çalışmada, altın cevherleşmeleri ile hidrokarbon rezervuarları arasında yakın ilişkiler kurulmuştur [1-44]. Aynı sedimanter havzadaki altın yatakları ile hidrokarbon rezervuarlarının, aynı sedimanter havzada oluşan altın ve hidrokarbonların aynı akışkan tarafından havzaya birlikte taşınması ve biriktirilmesi sonucunda oluştuğu gösterilmiştir [1,2, 35, 45]. Gu ve diğ. [35], hem altın yatakları hem de petrol sahaları içeren Youjiang Havzası'ndaki (Güney Çin) petrol rezervuarları ve sedimanter yankayaçlı altın cevherleşmeleri arasındaki bağlantıları incelemiştir. Çalışmanın sonuçları, Youjiang Havzası'ndaki altın yataklarının ve hidrokarbon rezervuarlarının, altın ve hidrokarbon taşıyan bazik (alkalin) bir akışkan tarafından birlikte taşınması ve biriktirilmesi sonucunda oluştuğunu göstermektedir. Bahsi geçen çalışmada bir rift havzasında, derin su, organik madde ve altınca zengin çamurtaşı, silttaşı ve mikrit, hem altın yatakları hem de paleo-petrol rezervuarları için kaynak olarak kullanılmıştır. Altın ve hidrokarbonlar, diyajenez sırasında gözeneklerden ayrılmış ve akışkanlarla birlikte taşınmıştır. Topoğrafik yükselme ve havzanın sıkışması sonucunda sıklaşan sedimanlardan türeyen bu altın ve hidrokarbon içeren akışkanlar, akiferler boyunca yatay olarak göç etmiş ve altın cevherleşmesi ile hidrokarbon birikiminin farklı çökeltme ve kapanlanma mekanizmaları ile gerçekleştiği ana ve alt havzadaki faylar boyunca havzanın kenarlarına ve paleo-yükselime dikey olarak yönelmiş ve altın yatakları ve petrol rezervuarlarını oluşturmuştur. Altın; faylar, kırık bölgeleri ve uyumsuzluk yüzeylerinde cevherli akışkanların uygun jeokimyasal bariyerlerle karşılaştığı alanlarda çökmüştür. Hidrokarbonlar ise, stratigrafik, litolojik ve yapısal kapanlarda birikmiştir. Farklı çökeltme ve kapanlanma mekanizmaları nedeniyle, altın cevherleşmeleri ve hidrokarbon rezervuarlarının çökeltme ve birikme alanları bir dereceye kadar konumsal olarak farklıdır. Yanshanian orojenezi, Youjiang Havzası'nın yükselmesine ve kıvrımına, havzadaki hidrokarbon

rezervuarlarının bir kısmının yüzeylenmesine ve tahribatına, yaygın olarak ta yüzeyde bitüme dönüşmesine sebep olmuştur [35]. Altın cevherleşmesi ve cevher yan kayacındaki organik madde (hidrokarbon kaynağı) ortak bir kaynağa sahiptir [23].

Seferihisar Yükselimi'nde, Türkiye'nin kanıtlanmış en büyük altın cevheri rezervine sahip altın işletmelerinden birisi olan Efemçukuru altın işletmesi bulunmaktadır (Şekil 1). Efemçukuru cevherleşmesi, stok ve ornatma ile birlikte damar tipi epitermal altın cevherleşmesine tipik bir örnektir. Damarlar, Neojen volkanizmasının riyolitleri tarafından istila edilmiş olan İzmir-Ankara yöresi kayaçları olan Geç Kretase-Paleojen fliş fasiyesinde bulunmaktadır. Bölgedeki altın cevherleşmesi, magmatik hidrotermal aktivite ile ilişkilidir. Cevherleşme; KB-GD yönlü faylar tarafından kontrol edilmekte olup, kuzeydoğu yönünde 60-80° atımlarda oluşmuştur [46]. Saha, 2011 yılında işletilmeye başlanmış olup, çıkarılacak toplam cevher yapılan rezerv çalışmalarına göre yaklaşık 8.5 milyon tondur. Cevherin ortalama tenörü, altın (Au) için ortalama 7.31 gr/ton olarak belirlenmiştir [47]. Dolayısıyla, bu çalışmada önemli miktarda altın cevheri rezervine sahip olan Seferihisar Yükselimi'nin petrol ve doğalgaz potansiyelinin bölgedeki bazı doğal su kaynaklarından alınan numuneler üzerinde yapılan Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH) analizleri ile araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, su numunelerinin tamamında olgun petrol hidrokarbonları tespit edilmiştir. Tespit edilen olgun hidrokarbonlar, çalışma alanındaki petrol sistemi için bir kanıt olarak değerlendirilmiştir.

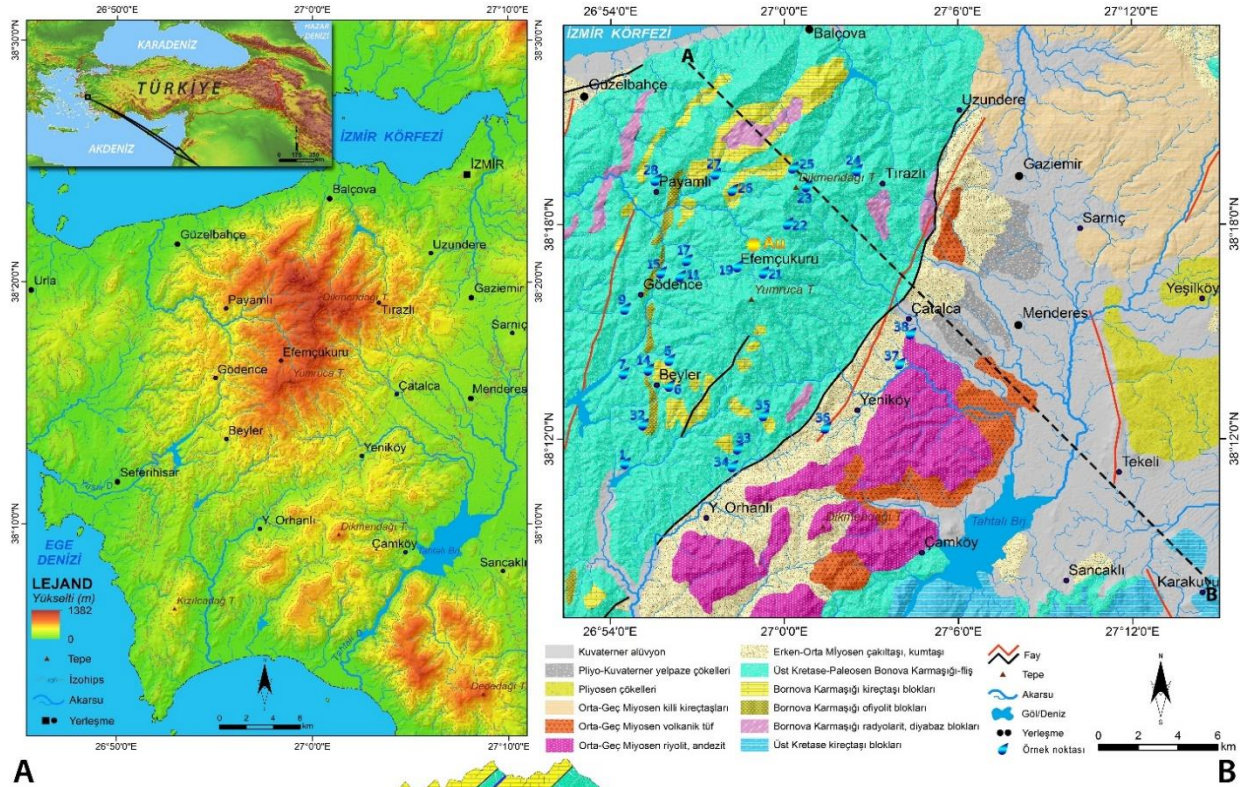
## 2. JEOLJİK YAPI

Çalışma alanı olan Batı Anadolu, Ege Denizi ve çevresindeki bölgeleri kapsayan Ege genişleme alanının doğu kısmında yer almaktadır (Şekil 1). Bölge, kompleks bir horst-graben sistemidir. D-B uzantılı graben, drenaj ağını kontrol etmektedir [48] ve birçok önemli jeotermal alana ev sahipliği yapmaktadır. Güçlü graben tektoniğinin bir sonucu olarak tüm bölge, temelden alüvyona kadar tüm stratigrafik kolonu kesen, düşey doğrultu atımlı ve aktif normal faylar tarafından etkilenmektedir. Bu durum, tüm kaya birimleri arasındaki hidrolojik temas yüzeylerini kolaylaştırmaktadır. Filiş sekansındaki kırık sistemleri, hidrotermal bir sistem oluşturmuştur [49]. Çalışma alanı, Üst Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Menderes metamorfikleri, Üst Kretase-Paleosen yaşlı İzmir-Ankara Zonu kayaçları, Neojen yaşlı tortul kayaçlar ve volkanitler ile Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozlarının içinde bulunduğu bir alan içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi, birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır [48,50,51]. Araştırmacılara göre bölgede, Paleozoyik-Mezozoyik Menderes metamorfikleri, Kretase-Paleosen Filiş (Bornova Karmaşığı) (>2000 m), Miyosen Yeniköy formasyonu (800 - 1500 m), Pliyosen Cumaovası volkanikleri (300-500 m), Kuvaterner yamaç molozu ve alüvyondan oluşmaktadır. Menderes Masifi olarak da tanımlanan şist ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfikler temel kayayı oluşturmaktadır [48]. Metamorfiklere, Seferihisar Horstu'nda yaklaşık 2500 m derinlikte girildiği tahmin edilmektedir. Buna karşılık, Seferihisar Yükselimi'nin güneyindeki Doğanbey Bölgesi'nde sismik hatlar metamorfik kayaçların yükseldiğini ve 500 metreden daha az derinlikte olduğunu göstermektedir [52].

Üst Kretase - Paleosen yaşlı birimler, Balçova tepelerinden Seferihisar sahillerine kadar yayılım gösterirler (Şekil 1). İzmir-Ankara Zonu kayaçları başta kumtaşı-şeyl ardalanması olmak üzere çeşitli kireçtaşları, mafik ve ultramafik kayaçlar, masif kumtaşları, serpantinit, spilit, diyabaz ve kireçtaşlarından oluşmaktadır [53,54]. Filiş, kumtaşı, silttaşı ve şeyller baskın olmak üzere fillitler, sleytler, rekristalize kireçtaşları ve metamorfizmaya uğramış çeşitli bloklar, spilit-diyabaz, radyolarit ve serpantinit gibi ofiyolitler ile riyolit ve granodiyorit vb. gibi magmatik birimlerden oluşmaktadır [48]. Bornova Karmaşığı, deforme olmuş ve yer yer metamorfizma geçirmiş kireçtaşları, metakumtaşları, serpantinitler ve spilitik lavlardan oluşmaktadır. Filiş içerisindeki 20 km'yi bulan kireçtaşı kütleleri, Kampaniyen-Daniyen'de filişin oluşumu sırasında havza içine taşınarak filişin içerisindeki kireçtaşı blokları olarak yerini almıştır. İzmir-Ankara Zonu'nun Bornova ile Seferihisar arasındaki bölümünü kapsayan ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı olan Bornova Filiş Zonu, Menderes Masifi kayalarının üzerinde doğrultu atımlı faylar boyunca yer almaktadır. Filiş biriminin tabanına rastlanamamıştır [53,54]. Balçova'da yapılmış en derin jeotermal sondaj olan 1100



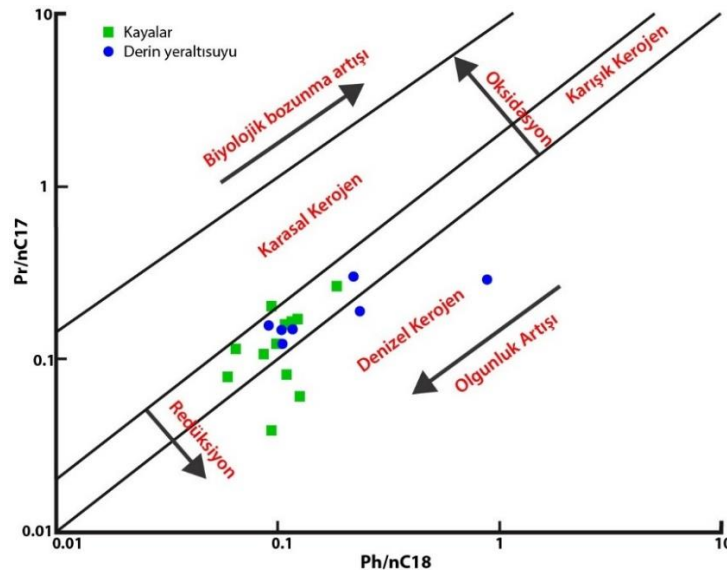
metrelik kuyuda dahi, filiş altındaki metamorfik temele ulaşamamıştır. Balçova ve Seferihisar'da MTA tarafından yapılan sondajlarda, filiş biriminin güneye doğru kalınlığının azaldığı ve 300 metreye kadar düştüğü bilinmektedir. Birimin kalınlığı birçok yerde yapılmış sondajların kuyu loglarına göre, Ürkmez'de birkaç yüz metre iken, Balçova'da 2 km'den fazladır. Seferihisar Yükselimi'nde, birim kalınlığının 1500 metre civarında olduğu tahmin edilmektedir [55]. Bornova Filiş Zonu'nun yarı-geçirimli ve bölgedeki esas jeotermal rezervuar olduğu belirtilmiştir [56-58]. Bornova Filiş Zonu'nun geçirimsizliği, genelde ikincil olup, faylar, kırıklar, metakumtaşlarının ardanlanması ve volkanik sokulundan kaynaklanmaktadır [59]. Birim, çalışma alanı çevresindeki Neojen ve Kuvaterner birimler tarafından örtülmektedir.



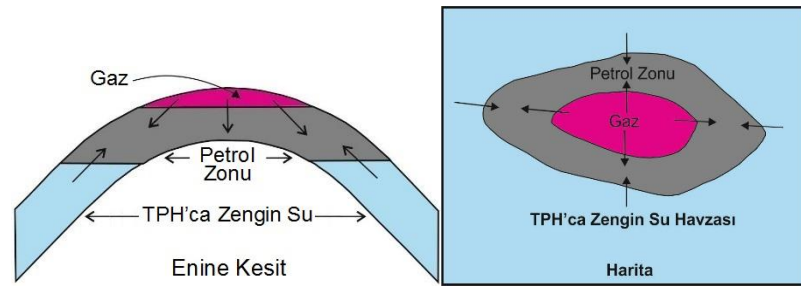
Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası ([60]'dan).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Eymold ve diğ. [61], kaya gazı içeren havza formasyonları üzerindeki sıg yeraltısularının hidrokarbonlarca zengin olduğunu belirlemişlerdir. Hidrokarbonlarca zengin bu sulardaki hidrokarbonların, derindeki kaynak kayalardan sıg akiferlere göç ettiğini belirtmişlerdir. Kreuzer ve diğ. [62], petrolü havzalardaki fayların, jeolojik zaman boyunca hidrokarbonlarca zengin suların kaynak kayalar üzerindeki akifer litolojilerine taşınmasını kolaylaştırdığını ve sıg yeraltısularının jeokimyasını etkileyerek bu sulara hidrokarbon zenginleşmesine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Dultsev ve Chernykh [63], yeraltındaki hidrokarbon birikimleri etrafındaki hidrokarbonca zengin suların petrol ve doğalgaz aramak için çok iyi bir jeokimyasal araç olduğunu belirtmişlerdir. Günümüzde, kaynak kayaların mostra vermediği (yüzeyde görülmediği) örtülü veya kaynak kayaların tüketilmiş olduğu havzalarda/bölgelerde hidrokarbonlarca zengin suların ve organik jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesine imkan sağlayan suda TPH analizi petrol ve doğalgaz aramacılığında kullanılmaya başlanmıştır [64-70]. Çünkü, güncel çalışmalarda kaynak kaya ve gaz numuneleri üzerinde yapılan tüm organik jeokimyasal analizlerin, suda TPH analizi ile belirlenen petrol hidrokarbonlarınca zengin yüzey ve yeraltı suları üzerinde de uygulanabildiği, aynı havzalarda/bölgelerde aynı analiz ve yorumlama sonuçlarına ulaşıldığı belirlenmiştir (Şekil 2) [71,72]. Bu çalışmalara göre, bir bölgede bir petrol ve/veya doğalgaz rezervuarının var olması durumunda, çalışma alanındaki yeraltısularının olgun petrol hidrokarbonlarınca zengin olması gereklidir (Şekil 3). Dolayısıyla, suda TPH analizi rezervuar hedefli petrol ve doğalgaz arama aktivitesine hizmet edecektir.



Şekil 2. Aynı araştıma bölgesinden alınan kaynak kaya ve derin yeraltısuyu numunelerinin Pr/n-C17-Ph/n-C18 diyagramı [72] (Pr: Pristan ve Ph: Fitan izoprenoid hidrokarbonlar, n-C17 ve n-C18: n-alkanlar).



Şekil 3. Birincil yöntemlerle üretim yapılan antiklinal bir petrol rezervuarının bileşenleri [71].

TPH değeri, yeraltısularının hidrokarbon kirliliği hakkında bilgi vermektedir. Sudaki TPH konsantrasyonlarını belirlemek için gaz kromatografisi (GC) analizleri yapılmaktadır. Suda TPH tayininde, TS EN ISO 9377-2, 2000 sayılı *Hidrokarbonların Tayini - Bölüm 2: Çözücü Ekstraksiyonu ve Gaz Kromatografi Yöntemi* standart testi kullanılmaktadır (diğer yöntemler, EPA Metot 1664 ve ASTM D7678-11). Bu analiz yönteminde yerüstü, yeraltı ve dağıtım sularından alınan örneklerdeki hidrokarbonlar ayrılmakta ve su numunesindeki toplam petrol hidrokarbonlarının miktarı tayin edilmektedir. Numunelerde buharlaşma veya biyodegradasyon gibi hidrokarbon miktarını etkileyebilecek olayları önlemek için bu numuneler asitlenerek saklanmaktadır. Numuneler, eğer asitleme işlemi yapılmışsa 14 gün, yapılmamışsa 7 gün içerisinde analiz edilmekte ve analiz öncesinde  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$  sıcaklık aralığında muhafaza edilmektedir.

Çalışma kapsamında, bölgedeki doğal soğuksu çeşmelerinden 1 lt ölçekli plastik kaplarla 25 adet soğuk su numunesi alınmıştır (Şekil 1 ve 4). Su örnekleri, şebeke suyu ile ilişkili olmayan ve arıtılmamış/işlem görmemiş su kaynaklarından alınmıştır. Su örnekleri, standart prosedürlere (ISO 5667-3) göre toplanmış ve muhafaza edilmiştir. Çalışma alanından toplanan numunelerin, toplandıktan birkaç gün sonra analizinin yapılması nedeniyle, numunelerde asitleme işlemi yapılmamıştır. Numuneler, laboratuarda standart yöntemler (ISO 9377-2) kullanılarak sudaki TPH açısından analiz edilmiştir. Alınan su numunelerinde, organik jeokimyasal değerlendirmelere veri oluşturmak amacıyla gaz kromatografi cihazı ile TPH analizleri yapılmıştır. Bu analizler ile su numunelerinin doğrudan TPH konsantrasyonları (mg/lt cinsinden) belirlenmiş ve gaz kromatogramlarından jeokimyasal parametreler hesaplanmıştır. Jeokimyasal değerlendirmelerde, TPH konsantrasyonları ve hesaplanan parametreler kullanılmıştır.



Şekil 4. Çalışma alanındaki doğal soğuksu kaynaklarından ölçekli plastik kaplarla su numunesi alınmasından bir görünüm.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanından alınan su numuneleri üzerinde yapılan TPH analiz sonuçları esas alınarak; sulardaki hidrokarbonların miktarı, bozunma durumu ve kaynağı, uygunluğu ve çökeltme ortamının redoks koşulları jeokimyasal açıdan incelenmiştir. Ayrıca, inceleme alanı için hazırlanan havadan manyetik ve gravite haritaları jeolojik ve tektonik açıdan yorumlanmış ve hidrokarbonların kavramsal oluşum, göç ve birikme modelinin kurgulanması amaçlanmıştır.

#### 4.1 Sulardaki Hidrokarbonların Miktarı, Bozunma Durumu ve Kaynağı

Liu ve diğ. [72], hidrokarbon içeriği 0.05 mg/lt'yi aşan yeraltısuyunu orijinal hidrokarbonca zengin yeraltısuyu olarak tanımlamıştır. Yüze ve yeraltı suları için önerilen TPH sınır değerleri Tablo 1'de verilmiştir. TPH değerleri, Tablo 1'deki değerleri aşan yüze ve yeraltı suları, hidrokarbonca zengin sulardır. İnceleme alanındaki su numunelerinin tamamında n-alkan hidrokarbonlar tespit edilmiştir. Su numunelerinin TPH değerlerinin, yüze ve yeraltısularında bulunması gereken hidrokarbon sınır değerlerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 1 ve 2). Dolayısıyla, su-kayaç-hidrokarbon etkileşimi, inceleme alanındaki sulara hidrokarbon zenginleşmesine sebep olmuştur.

Kaynak, olgunlaşma, göç ve biyolojik bozunma, hidrokarbonların bileşimindeki farklılıklardan sorumlu ana faktörlerdir. Ph/n-C18 değeri < 1 ise, biyolojik olarak bozunmamış hidrokarbonları göstermektedir [73]. Su numunelerinin tümünün Ph/n-C18 değeri, < 1'dir (Tablo 2). Bu değerlere göre, su numunelerindeki hidrokarbonlar biyolojik olarak bozunmamıştır.

Hidrokarbon bileşiklerinin genel dağılımlarını görmek, organik madde tipi, olgunlaşma ve çökeltme ortamları hakkında bilgi sağlamak amacıyla gaz kromatografisi analiz sonuçları kullanılarak Pr/Ph oranı, izoprenoid/n-alkan oranı ve Karbon Tercih İndeksi (CPI) hesaplanarak yorumlamaya gidilmektedir. Bu çalışmada, n-alkan dağılımlarından yararlanılarak su numuneleri Pr/Ph oranı, CPI indeksi, Pr/Ph - CPI, Pr/n-C17-Ph/n-C18 ve Pr/n-C17-Pr/Ph diyagramlarında jeokimyasal açıdan yorumlanmıştır.

Tablo 1. Yüze ve yeraltısuları için önerilen TPH sınır değerleri.

TPH (mg/lt)	Referans
< 0.05	[71]
< 0.1	[74]
< 0.5	[70]
< 0.2	[75]
< 0.02	[76]

CPI, n-alkan kaynağının bir göstergesidir. Tek ve çift karbon numaralı n-alkan miktarları arasındaki bir oran olan CPI, gaz kromatogramlarındaki piklerin yükseklikleri veya alanları ölçülerek belirlenmektedir. Bu kromatogramlarda hâkim pikler, n-alkanlardır. CPI indeksinin hesaplanmasında, farklı araştırmacılar farklı formüller önermişlerdir. Bu indeks, karbon dizisinin herhangi bir aralığına uygulanabilmektedir. CPI, tek ve çift numaralı n-alkanların birbirlerine göre bolluğu, organik madde tipi, çökeltme ortamı ve ısısal olgunluğu yorumlamada kullanılmaktadır. CPI değerinin belirgin bir şekilde > 1 (tek n-alkan tercihli) veya < 1 (çift n-alkan tercihli) olması ısısal ortamlarla ilişkili petrol ve bitümlerde gözlenmektedir [77,78]. Yüksek CPI değeri, yüksek karasal bitkilerden türemiş, olgunlaşmamış veya olgunluğu düşük organik maddeyi yansıtmaktadır [79]. CPI değerlerine göre (Tablo 2), incelenen su numunelerindeki n-alkanların kaynağı petrojenik hidrokarbonlar ve organik maddece zengin yaşlı sedimanlardır (Tablo 3).

Petrojenik kaynaklar terimi, ham petrol, kömür vb. gibi yanmamış fosil kaynakları tanımlamaktadır. Bu kaynaklar, milyonlarca yıl önce ve orta sıcaklıklarda (100-300 °C arasında) çok yavaş bir şekilde oluşmuştur [80]. Ortamdaki hidrokarbonların kaynağını (doğal veya petrol n-alkan) değerlendirmek için NAR (Doğal n-alkan Oranı) olarak tanımlanan bir parametre önerilmiştir [81]. Bu oran, petrol hidrokarbonları ve ham petroler için sıfır veya sıfıra çok yakındır. Diğer kaynaklar için ise, daha yüksek olarak belirtilmiştir. NAR parametresine göre (Tablo 2), incelenen su numunelerindeki n-alkanlar, petrojenik hidrokarbonlardır.

#### 4.2 Sulardaki Hidrokarbonların Olgunluğu ve Çökeltme Ortamının Redoks Koşulları

Olgun hidrokarbonların CPI değeri, 1'dir veya 1'e yakındır [81]. Çok tuzlu karbonat veya evaporitik ortamlarla ilişkili petrol ve bitümlerin CPI değerleri, 1'den küçüktür [77,78]. Onojake ve diğ. [83] çalışmalarında, CPI değerlerini esas alarak hidrokarbonları olgunluklarına göre sınıflandırmışlardır (Tablo 4). Bu sınıflamaya göre, incelenen su numunelerindeki (Tablo 2) hidrokarbonlar olgundur (fazla okside veya redükte).

Tablo 2. Su numunelerinin TPH analiz sonuçları ve hesaplanan jeokimyasal parametreler.

Numune No	Su kaynağı	Koordinatlar		TPH (mg/lt)	CPI	NAR	Pr/Ph	Pr/n-C17	Ph/n-C18
		X	Y						
1	Doğal soğuksu	4226530	491680	0.59	1.03	0.32	1.43	0.08	0.03
5	Doğal soğuksu	4231706	493898	< 0.40	0.84	0.40	0.53	0.02	0.07
6	Doğal soğuksu	4231152	493727	0.52	1.50	0.26	3.83	0.08	0.04
7	Doğal soğuksu	4231153	491612	0.55	1.19	0.30	3.71	0.06	0.03
9	Doğal soğuksu	4234482	491688	0.53	1.17	0.30	0.25	0.01	0.07
11	Doğal soğuksu	4235990	493949	0.79	1.55	0.26	1.68	0.02	0.03
14	Doğal soğuksu	4231337	493022	< 0.40	1.08	0.30	3.73	0.11	0.07
15	Doğal soğuksu	4236299	493512	0.50	1.11	0.29	1.56	0.04	0.06
17	Doğal soğuksu	4237099	494776	0.53	1.29	0.32	0.36	0.01	0.08
19	Doğal soğuksu	4236666	497594	0.62	1.55	0.29	1.99	0.08	0.11
21	Doğal soğuksu	4236543	498736	< 0.40	-	-	-	-	-
22	Keson kuyu	4238885	499805	0.49	1.56	0.27	2.73	0.10	0.11
23	Doğal soğuksu	4241197	501068	0.59	-	0.21	0.56	0.02	0.09
24	Doğal soğuksu	4241660	503544	0.44	1.35	0.14	0.04	0.00	0.06
25	Keson kuyu	4241752	500169	0.68	1.27	0.31	6.12	0.21	0.08
26	Doğal soğuksu	4240550	497158	< 0.40	-	0.06	1.38	0.04	0.08
27	Doğal soğuksu	4241444	496236	0.52	-	0.31	0.75	0.04	0.12
28	Doğal soğuksu	4241107	493370	0.49	-	0.31	0.62	0.04	0.17
32	Keson kuyu	4228440	492582	0.48	-	0.22	2.43	0.04	0.05
33	Doğal soğuksu	4227266	497300	0.55	-	0.29	1.96	0.04	0.06
34	Doğal soğuksu	4226280	497226	0.45	-	-	0.45	0.03	0.16
35	Doğal soğuksu	4228961	498662	0.42	-	-	0.20	0.04	0.37
36	Doğal soğuksu	4228160	501945	< 0.40	-	-	0.19	0.04	0.36
37	Doğal soğuksu	4231737	505712	0.53	-	-	0.21	0.03	0.36
38	Doğal soğuksu	4233155	506246	0.46	-	0.10	0.57	0.06	0.25

$CPI = \frac{[(C23+C25+C27) + (C25+C27+C29)]}{[2 * (C24+C26+C28)]}$  [84,85],  $NAR = \frac{[\sum n-alk (C_{19-32}) - 2\sum \text{Çift } n-alk (C_{20-32})]}{\sum n-alk (C_{19-32})}$  [81], - : hesaplanamadı

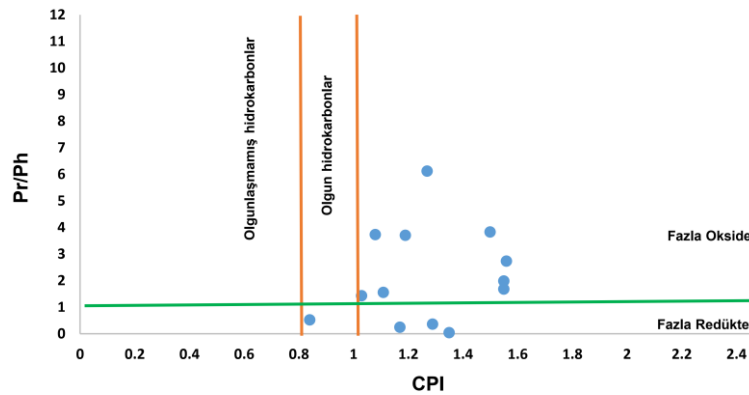
Tablo 3. CPI değerine göre sudaki n-alkanların kaynağı [71].

CPI	Kaynak
> 2.3	Güncel karasal sedimanlar (biyojenik hidrokarbonlar)
1.2 - 2.3	Organik maddece zengin yaşlı sedimanlar (denizel şeyller, karbonatlar vb.)
≤ 1.2	Petrojenik hidrokarbonlar (< 1 değerler bozunmuş hidrokarbonlar)

Tablo 4. CPI değerine göre hidrokarbonların olgunluk derecesi ([83]'den düzenlenmiştir) (bkz. Şekil 5).

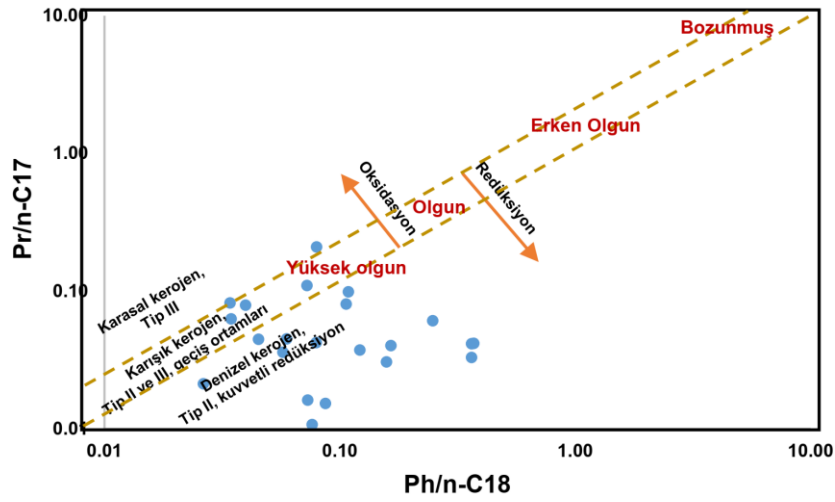
CPI	Olgunluk
> 1	Olgun (fazla okside-redükte)
0.8 - 1	Olgun
< 0.8	Olgunlaşmamış

İzoprenoid/n-alkan oranlarında, gaz kromatogramlarındaki izoprenoidlere en yakın n-alkanlar kullanılmaktadır. Pr/Ph oranı, iyi bir korelasyon parametresidir. Pristan (Pr) ve fitan (Ph), özellikle fototropik organizmalardaki klorofilin yan zinciri olan fitilden türemektedir. Anoksik koşullar altında fitil yan zinciri koparak fitolü ve fitolde indirgenerek fitanı oluştururken, oksik koşullar altında ise fitol pristana indirgenmektedir [78]. Dolayısıyla, Pr/Ph oranı, çökeltme ortamının redoks potansiyelini yansıtmaktadır. Pr/Ph < 1 ise anoksik, Pr/Ph > 1 ise oksik çökeltme ortamını işaret etmektedir. Yüksek Pr/Ph oranları, oksik bir paleoortamda birikmiş, önemli bir karasal katkı olan kaynak kayadan türeyen hidrokarbonları gösterir [73,86]. İncelenen su numuneleri, 0.04 - 6.12 arasında değişen Pr/Ph oranına sahiptir. Dolayısıyla, incelenen su numunelerinin yaklaşık yarısı anoksik (Pr/Ph < 1), diğer yarısı da oksik ortamda (Pr/Ph > 1) çökelmiş sedimanlardan türemiş hidrokarbonları içermektedir (Tablo 2). Pr/Ph oranı, olgunluk hakkında da bilgi sağlamaktadır [87]. Pr/Ph-CPI diyagramında, incelenen su numunelerindeki hidrokarbonların çoğunluğunun fazla okside bir kısmının da fazla redükte alanda yer aldığı ve benzer olgunluk seviyelerinde olduğu görülmektedir (Şekil 5).

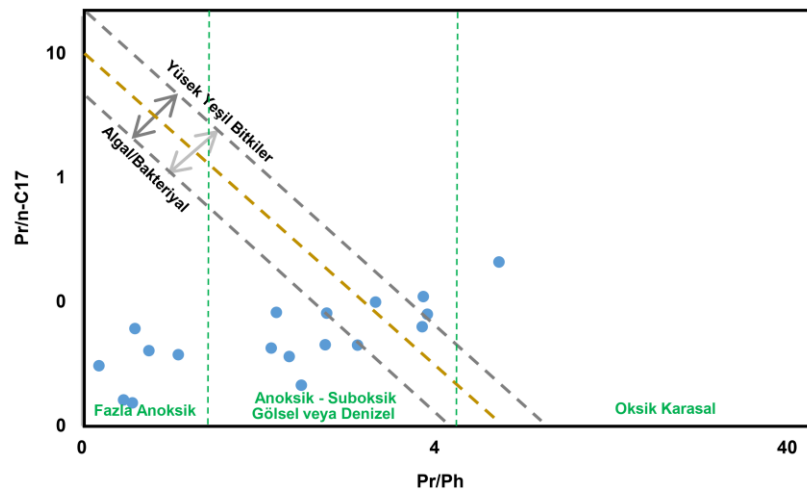


Şekil 5. Su numunelerinin Pr/Ph - CPI diyagramı (diyagram: [83]'den).

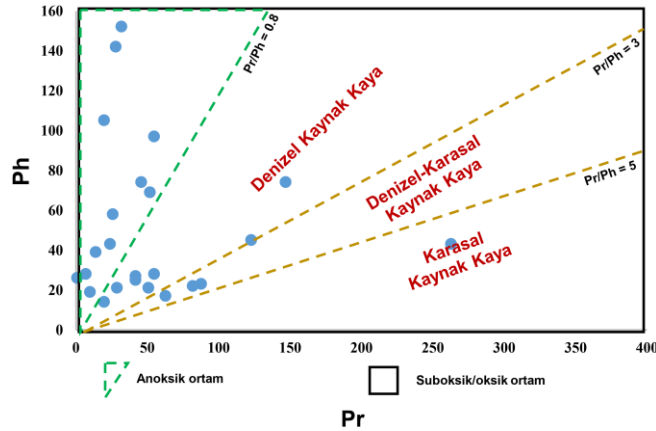
Pr/n-C17 ve Ph/n-C18 oranları, hidrokarbon korelasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek pristan (Pr) içeren numuneler oksitleyici, yüksek fitan (Ph) içeriği ise redükleyici bir kaynağı yansıtmaktadır. Dolayısıyla, petrol veya bitümleri sınıflandırmak için Pr/nC17'nin Ph/nC18'e karşı çizildiği diyagramlar kullanılmaktadır [73]. Pr/Ph oranının 1.5 üzerinde olması, standart jeokimyasal yorumlamaya göre oksijenli bir ortamdaki çökeltme koşullarına işaret etmekle birlikte, Pr/Ph oranlarının anoksik çökeltme ortamları için 1'in üzerinde olabileceği de iyi bilinmektedir. Daha düşük değerler, aynı sekansın diğer bölümlerine kıyasla daha az oksik koşulları gösterebilir [88]. İzoprenoid/n-alkan oranı, kırılma ile kerojenden daha çok n-alkan serbest kaldığı için olgunluğun artması ile azalmakta olup [73,77] biyolojik bozunmaya uğramamış petrol ve bitüm örnekleri için olgunluğun bir ölçütü olarak kullanılmaktadır. Bu oran, n-alkanların daha kolay yok olmasından dolayı biyolojik bozunma ile artmakta [73], organik madde girdisi ve ikincil işlevler tarafından da etkilenmektedir. İncelenen su numunelerinin Pr/n-C17 - Ph/n-C18 ve Pr/n-C17 - Pr/Ph diyagramlarındaki konumlarına göre, hidrokarbonları türeten kaynak kayaların yüksek anoksik-suboksik denizel (Tip-II kerojen) ve anoksik-suboksik geçiş ortamda (Tip II-III kerojen) çöktüğü ve hidrokarbonların olgun-yüksek olgun seviyede oldukları görülmektedir (Şekil 6-9 ve Tablo 5).



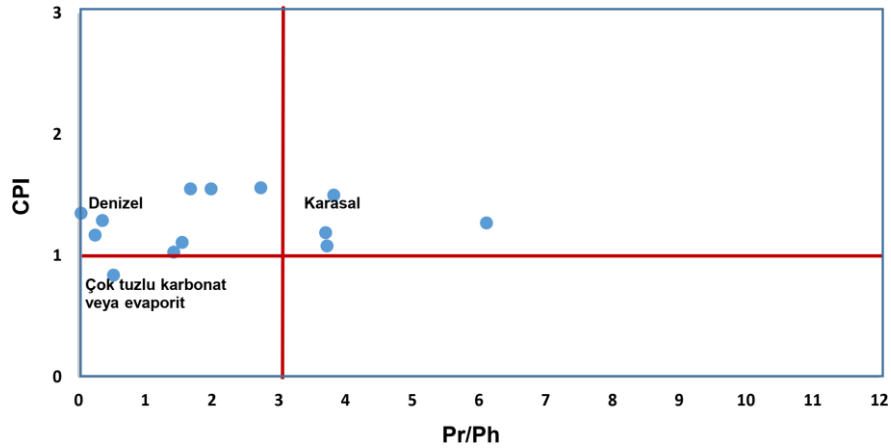
Şekil 6. Su numunelerinin Pr/n-C17-Ph/n-C18 diyagramı (diyagram: [89]'den)



Şekil 7. Su numunelerinin Pr/n-C17-Pr/Ph diyagramı (diyagram: [90-92]'den)



Şekil 8. Su numunelerinin Ph/Pr diyagramı (diyagram: [93]'den)



Şekil 9. Su numunelerinin CPI - Pr/Ph diyagramı (diyagram: [94]'den)

Tablo 5. Pr/Ph değerine göre hidrokarbonların kaynak kayası ve ortam ([93]'den düzenlenmiştir) (bkz. Şekil 8)

Pr/Ph	Kaynak kaya	Pr/Ph	Ortam
< 3	Denizel	< 0.8	Anoksik
3 - 5	Denizel - Karasal	> 0.8	Suboksik-Oksik
> 5	Karasal		

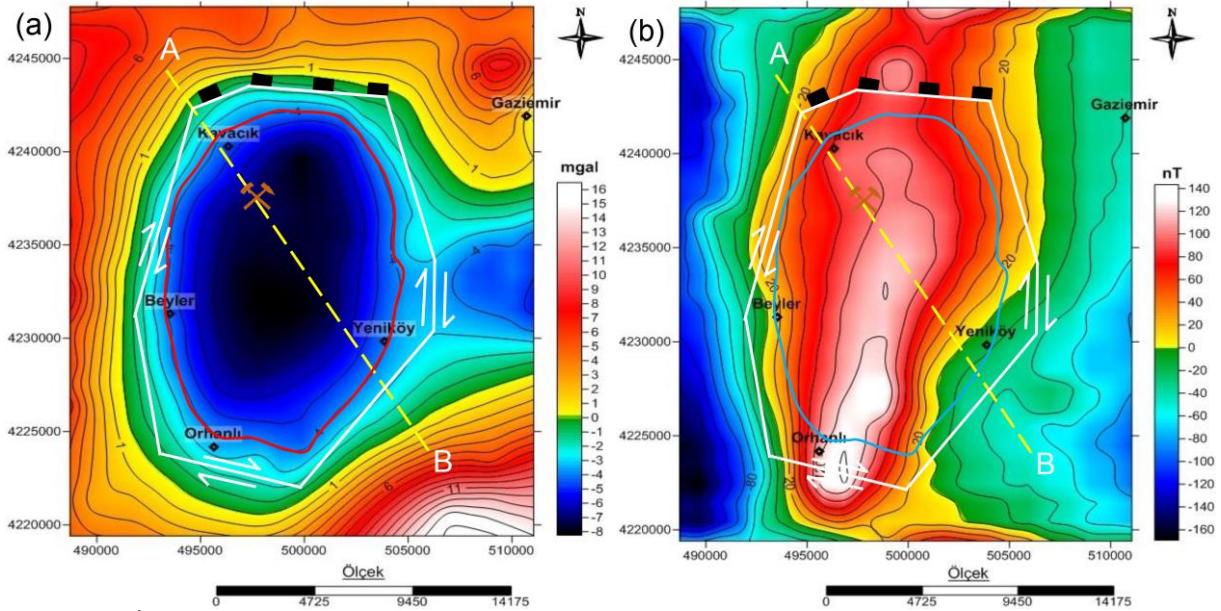
### 4.3. İnceleme Alanının Havadan Manyetik ve Gravite Haritaları ve Jeolojik Yorumları

Gravite ve manyetik verilerinin petrol ve doğalgaz aramalarında kullanımına yönelik yöntemleri ve saha uygulamalarını içeren çok sayıda çalışma mevcuttur (64-68,95-106). Gravite ve manyetik anomali analizi, Batı Sibirya'da hidrokarbon arama ve keşfinin yarım yüzyıldan bugüne kalıcı bir bileşeni olmuştur [103]. İnceleme alanında olduğu gibi, jeokimyasal araştırmalarla petrol hidrokarbonları varlığı kanıtlanmış (olgun hidrokarbonlarca zengin sular belirlenmiş) olan bölgelerdeki petrol ve/veya doğalgaz rezervuarının (kapanımın) yerinin belirlenmesi için özellikle sismik ölçümler çok önemlidir. Ancak, çalışma alanında değerlendirmeye esas olabilecek sismik ölçüm hatları bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma alanının yeraltı jeolojisi MTA Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş olan gravite ve manyetik verilerden hazırlanan haritalar kullanılarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.



Hazırlanan gravite haritasında (Şekil 10), düşük yoğunluklu sedimanter kökenli kayalardan oluşan genç çökeller (silttaşı, çamurtaşı, kiltası, çakıltası, şeyl vb.) ve metamorfik kayalar (sleyt, fillit vb.) koyu mavi, açık mavi ve yeşil renk tonları ile yoğunluğu nispeten daha büyük olan kayalar ise turuncu, kırmızı ve sarı renk tonları ile temsil edilen yoğunluğu nispeten yüksek kayalardan (kristalize kireçtaşı, mermer, kuvarsit, şist vb.) kaynaklanan bir anomali yer almıştır. Gravite haritasında belirlenen yapısal unsurlar, Uzel ve Sözbilir [51] ve Özdemir ve diğ. [60] çalışmaları ile uyumludur.

Hazırlanan havadan manyetik haritada (Şekil 10), mavi, yeşil ve açık yeşil renkli alanlarda manyetik özelliği olmayan tamamen sedimanter (kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı, çamurtaşı, kiltası, çakıltası, şeyl vb.) ve metamorfik kayalar (kristalize kireçtaşı, mermer, şist vb.) bulunmaktadır. Sarı, kırmızı ve beyaz renkli alanlarda ise, manyetik özelliği olan kayalar yer almaktadır (volkanik çakıllı kumtaşları, ofiyolitler, dayklar vb.). Çalışma alanında, baskın olarak sedimanter kayalardan oluşan Bornova Filiş Zonu birimlerinin yüksek manyetik anomalilere sahip olması, Seferihisar Yükselimi'ndeki keşfedilmemiş altın yatakları ve hidrokarbon rezervuarının bir göstergesi olabilir. Gadirov ve diğ. [96] ve Gadirov ve Eppelbaum [99], petrol ve/veya doğalgaz sahalarının bulunduğu alandaki sedimanter birimlerin yüksek manyetik anomalilere sahip olduğunu üretim yapılan sahalarından örnek çalışmalarla göstermişlerdir.

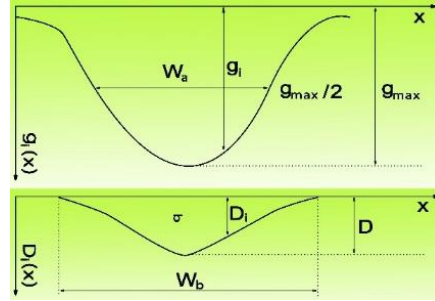


Şekil 10. İnceleme alanının gravite (a) ve havadan manyetik (b) anomalilerinin renk kontur haritası.

Muhtemel petrol ve/veya doğalgaz kapanı: gravite haritasında kırmızı renkli, manyetik haritada mavi renkli poligon, beyaz renkli çizgiler: doğrultu atımlı faylar, siyah renkli tırnaklar: normal fay, A-B hattı: yapı derinliğini belirlemek için alınan profil (Şekil 14), çekiç ve orak: Seferihisar Altın İşletmesi

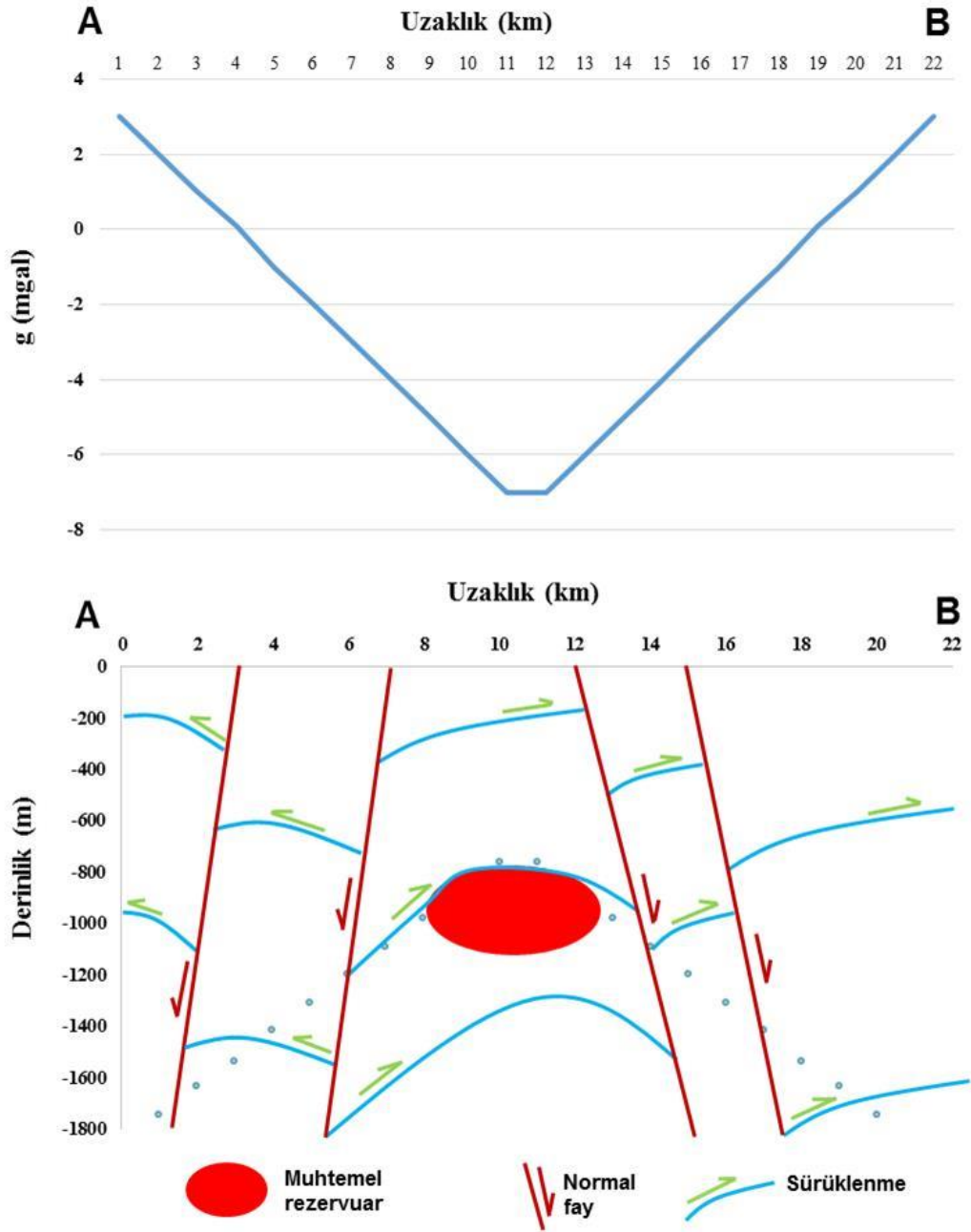
Çalışmada, iki boyutlu rezidüel gravite anomalilerini derinlik değerlerine dönüştürebilmek ve bir havza ve yapının derinliğini belirlemek amacıyla, Svancara [107] ve Töpfer [108] tarafından önerilen yorumlama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, yoğunluk kontrastının bilinmesi durumunda gravite anomalisi ve parametreler arasında kurulan basit ilişkilerle sedimanter bir havzanın ve yapının derinliği belirlenebilmektedir. Yorumlamanın ilk adımı, anomalinin karakteristik parametrelerini belirlemektir (Şekil 11).  $A = g_{max}/W_a \times \sigma$  şeklinde tanımlanır (birimsizdir).  $g_{max}$  : gravite anomalisinin maksimum genliğidir (mgal).  $W_a$  : gravite anomalisinin yarı genlik ( $g_{max}/2$ ) değerine karşılık gelen uzaklıktır (birimi m'dir).  $\sigma$  : yoğunluk kontrastıdır ( $gr/cm^3$ ).  $W_b$  : gravite anomalisinin tam genişliğidir (birimi m'dir) ve  $W_b/W_a = (-0.056 \times A) + 1.827$  formülü ile belirlenir (birimi m'dir).  $D_i, g_i$  : gravite anomali değerine karşılık gelen derinliktir (birimi m'dir).  $D_o$  : düz-plaka formülünden elde edilen derinliktir (birimi m'dir).  $D_o = 23.866 \times g_{max}/\sigma$  formülü ile belirlenir ve birimi m'dir.  $D$  : maksimum derinliktir ve aşağıdaki formül ile belirlenir. 0

$< A < 9$  şartı için  $D/D_0 = 0.072 \times A + 1.00$ ,  $9 < A < 13$  şartı için  $D/D_0 = 0.12 \times A + 0.57$  şeklindedir [108]. Çalışma alanının rezidüel gravite anomali haritasından bir A-B profili alınmıştır (Şekil 10). A-B profile ait anomalilere göre, yapının maksimum derinliği ( $D$ ) = 765 m olarak belirlenmiştir (Şekil 12).

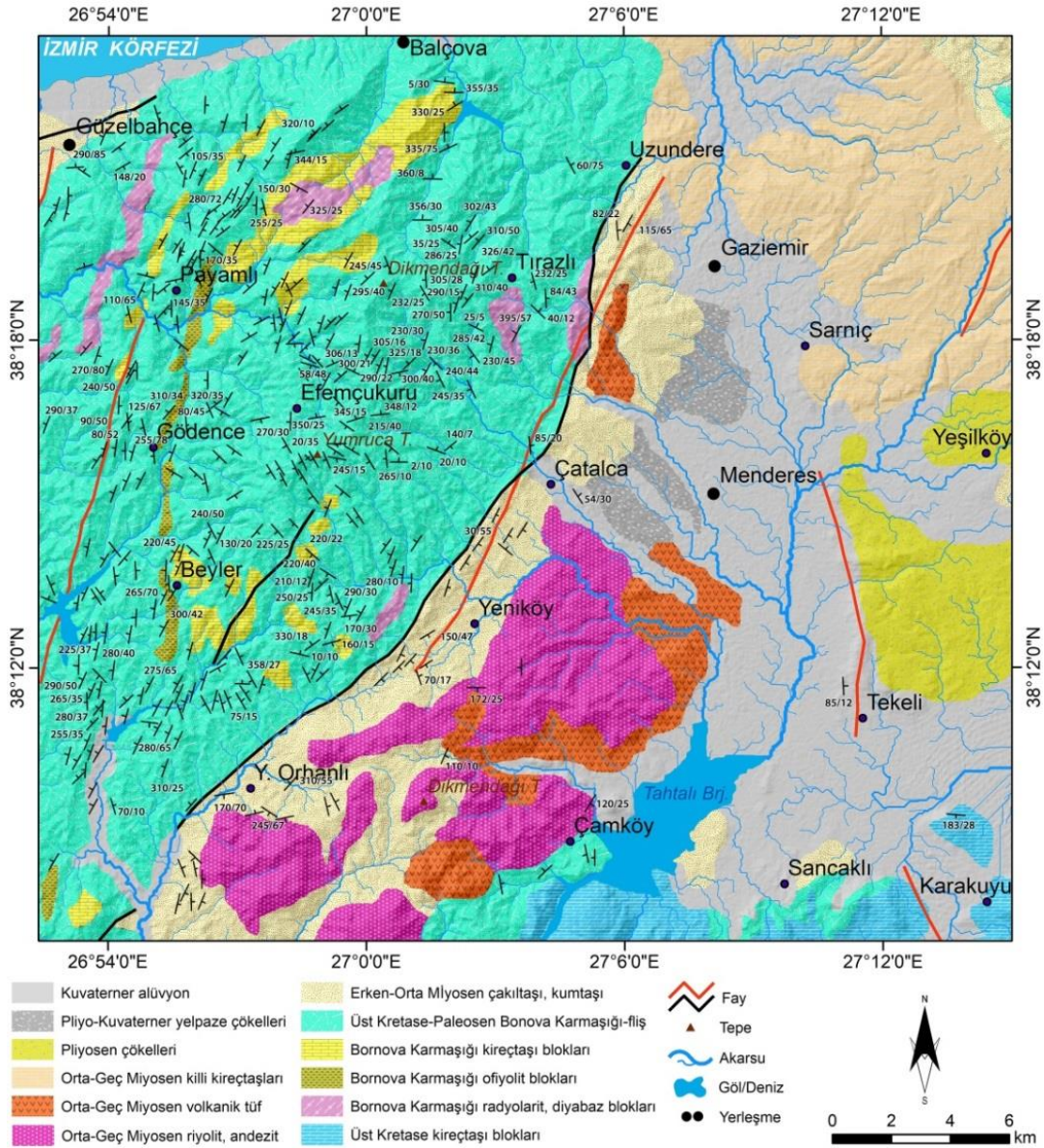


Şekil 11. İdeal bir havza gravite anomalisi ve karakteristik parametreler [107].

Seferihisar Yükselimi'nde tabakaların K00-30B ve K00-30D olarak yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 13). Bornova Filiş Zonu birimlerinde gerçekleştirilen 450'ye yakın tabaka ölçümüne göre, tabakaların tüm bölgede genel olarak KD-GB gidişli ve KB'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Seferihisar Yükselim Bölgesi'nde, KB'dan GD'ya doğru birbirine paralel 3-4 hat boyunca dizilen tabaka yönelimlerinin egemen olarak KB'ya doğru olması, yükselim bölgesinin KB-GD yönünde sıkıştığı ve bu yönde sürüklenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bölgede birbirine paralel 4 hat boyunca dizilen kireçtaşı ve ofiyolitik blokların uzun eksenlerinin KD-GB yönünde olması da bu sürüklenimin olabileceği görüşünü desteklemektedir [60].



Şekil 12. A-B profilinin jeolojik yorumu ve inceleme alanındaki muhtemel petrol ve/veya doğalgaz kapanının derinliği (bkz. Şekil 10).



Şekil 13. Seferihisar Yükselimi'nin jeolojisi üzerine aktarılmış tabaka yönelimleri [60].

Olgun hidrokarbonlarca zengin su numuneleri, çalışma alanında çalışan bir petrol sistemi için önemli bir kanıttır. Olgun petrol hidrokarbonlarının zengin yüzey ve yeraltı suları, hidrokarbon türeten etkin petrol kaynak kayaları ve yeraltındaki bir petrol ve/veya doğalgaz rezervuarı ile ilişkilidir. Derindeki kaynak kayalardan ve/veya rezervuardan yüzeye göç eden hidrokarbonca zengin sular, yüzeyde ve yüzeye yakın jeolojik ortamlarda (yüzey ve yeraltılarında) tanımlanabilir hidrokarbon konsantrasyonu değişikliklerine sebep olur [71]. İncelenen su numunelerindeki hidrokarbonlar, derinlerdeki hidrokarbonca zengin jeolojik birimlerden su-kayaç-hidrokarbon etkileşimi sonucunda ve/veya gravite ve manyetik haritalarla belirlenen olası rezervuardan (Şekil 12 ve 14) çıkan sular yüzeye/yüzeye yakın bölümlere göçü sonucunda zenginleşmiş olmalıdır. Birbirleri ile oldukça uyumlu olan gravite ve manyetik haritaları ile belirlenen, baskın olarak KD-GB doğrultulu, hidrokarbonların kapanlabileceği ve korunabileceği doğrultulu atımlı faylarla sınırlandırılmış antiklinal, bölgedeki olası petrol ve/veya doğalgaz rezervuarıdır (Şekil 10 ve 14).

Yapının doğrudan atımlı faylarla sınırlanmış olması, hidrokarbonların bu yapılarda birikmiş olma ihtimalini kuvvetlendirmektedir.



Şekil 14. İnceleme alanındaki muhtemel petrol ve/veya doğalgaz kapanı (kırmızı renkli poligon). Petrol hidrokarbonları içeren su numuneleri (sarı renkli rakamlı daireler); Efemçukuru altın işletmesi ruhsatı (pembe renkli polygon); doğrudan atımlı faylar (beyaz renkli çizgiler), normal fay (beyaz renkli tırnaklar); A-B hattı: yapı derinliğini belirlemek için alınan profil (Şekil 12),

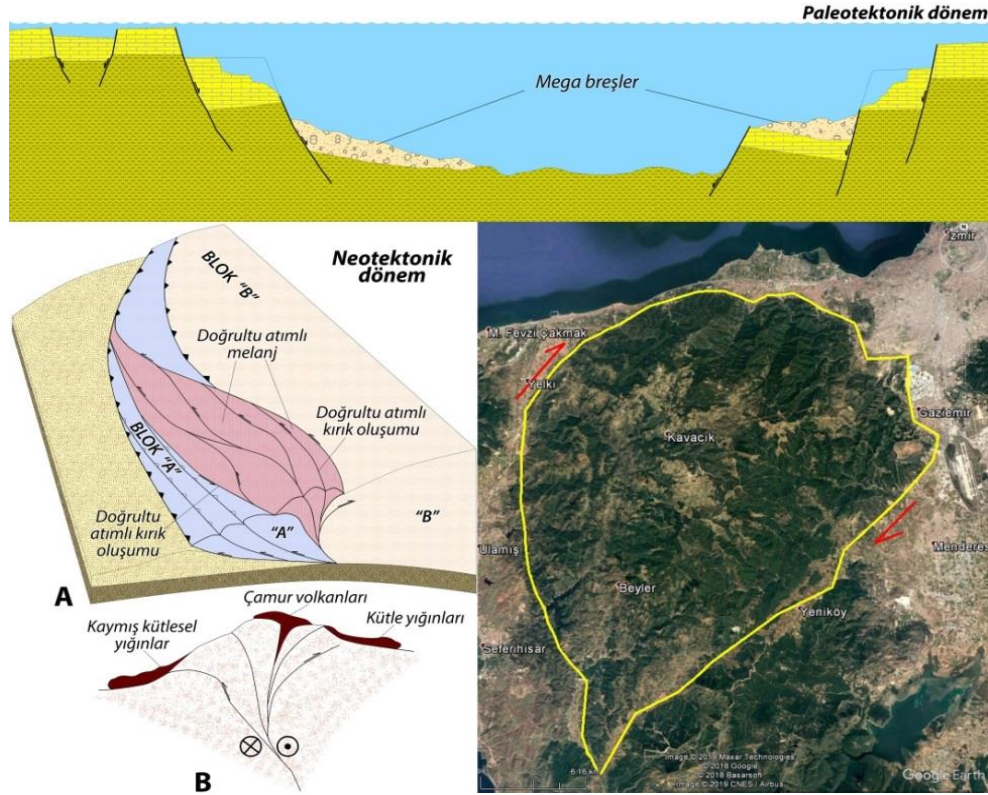
#### 4.4. Çalışma Alanındaki Hidrokarbonların Kavramsal Oluşum, Göç ve Kapanlanma Modeli

Menderes Masifi ve Karaburun Yarımadası, Triyas'dan Kampaniyen sonuna kadar karbonat çökelinin geliştiği duraylı bir platform alanıdır. Kampaniyen - Erken Mestrihtiyen'de Bornova ile Seferihisar arasındaki bölgedeki ilk alçalma gerçekleşmiş ve bu havza içerisinde bloklu Bornova Filiş Zonu oluşmuştur. Matriksi filiş, mafik volkanikler, kalkerli şeyller ve çakıltaşlarından oluşan Bornova Filiş Zonundaki platform tipi kireçtaşı blokları, birkaç yüz metre hatta kilometrelerce uzunlukta ve kalınlıkta megabloklar halindedir. Bornova Filiş Zonu, iç yapısı ile bir yığılma prizması özelliği göstermektedir. Doğrudan ortama taşınan blokların yerleşimi sırasında, yumuşak olan matriks tabanından yukarıya doğru 5-6 km çamur enjeksiyonları (çamur volkanları) oluşmuştur (Şekil 15). Mestrihtiyen-Daniyen arasında ve filiş çökeli sırasında, platformun naplar şeklinde havza içerisine başlayan bu ilk deformasyonun ardından, Bornova Filiş Zonu büyük boyutta tektonik taşınmalarla Menderes Masifi üzerine itilmiştir. Orta Miyosen'den başlayarak bölgede Neotektonik evreye geçilmiş ve tansiyonel rejim altında Seferihisar Yükselimi gibi graben ve horst yapıları oluşmuştur [53].

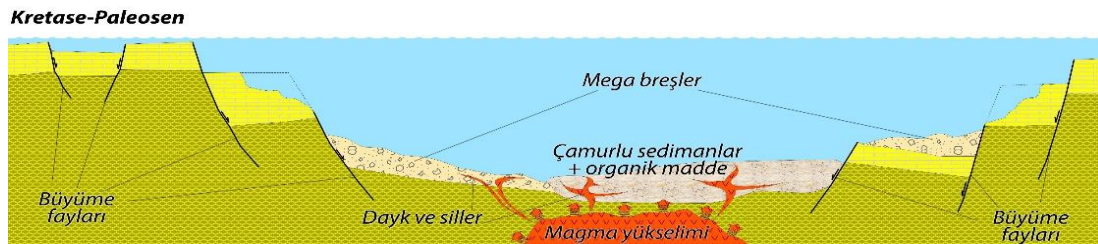
Festa ve diğ. [109], melanjların oluşum süreçlerini incelemiş ve melanjları sınıflandırmışlardır. Bu çalışmada, genişleme tektoniği ile ilişkili melanjlar Tip 1, doğrudan atımlı tektonizma ile ilişkili melanjlar da Tip 3 olarak sınıflandırılmıştır. Tip 1 melanjlar, genişleyen bir karbonat platformunda normal faylanma ile tetiklenen megabreş birikimini içerir. Ayrıca, genişlemeli riftleşme sırasında oluşan melanj örnekleridir. Tip 3 melanjlar, doğrudan atımlı tektonizma sonucunda, hem kırık hem de tektonik melanj oluşumunu içerir. Bu tip melanjlarda, pozitif ve negatif çiçek yapılarına bağlı olarak sedimanter melanjlar (çeşitli toplu kütle taşınma olayları ile oluşan yığınlar) ve çamur volkanları oluşabilir [109]. Seferihisar Yükselimi, Tip 1 (Paleotektonik dönem) ve Tip 3 (Neotektonik dönem) melanj oluşumlarının kombinasyonudur. Bornova

Filiş Zonu matriksindeki mafik volkanikler [53] ve diyabaz blokları (Şekil 13) [60], Bornova Filiş Zonu'nun oluşum sürecinde bir riftleşmenin varlığına işaret etmektedir (Şekil 15).

Özdemir ve Palabıyık [110,111], petrol ve doğalgaz kaynak kayalarının okyanus ortası sırtlarda ve kıta içi riftlerde -yayımla merkezleri- oluştuğunu belirtmişlerdir. Menderes Masifi ve Karaburun Yarımadası, Triyas'dan Kampaniyen sonuna kadar karbonat çökelinin geliştiği duraylı bir platform alanıdır. Bu duraylı platform alanı, Kretase - Paleosen'i ifade eden Paleotektonik dönemdeki genişleme ile birlikte riftleşmeye maruz kalmış ve çalışma alanı su numunelerindeki hidrokarbonları türeten kaynak kayalar bu riftleşme sonucunda gelişen rift havzasında oluşmuş olmalıdır (Şekil 16). Çünkü, incelenen su numunelerindeki hidrokarbonlar hem denizel hemde karasal kaynak kayalardan türemiştir (Şekil 6-9). Neotektonik dönemde, Tip 1 melanj oluşumu sırasında da göç etmiş ve kapanlanmış olmalıdır.



Şekil 15. Genişleme (Tip 1) ve doğrultu atımlı (Tip 3) tektonizma ile ilişkili kombine bir melanj olan ([109]'in sınıflamasına göre) tamamen Bornova Filiş Zonu birimlerini içeren Seferihisar Yükselimi'nin oluşumu ve yapısı için önerilen model



Şekil 16. Bornova Filiş Zonu'nda petrol kaynak kayası oluşumu için önerilen kavramsal modeli ([53,109-111]'den uyarlanmıştır).

Seferihisar Yükselimi su numunelerindeki hidrokarbonlar, Bornova Filiş Zonu birimlerindeki çalışan petrol sistemleri için jeokimyasal bir kanıttır. Bu veri, İzmir-Balıkesir-Manisa illerinde geniş bir yayılıma sahip olan Kretase - Paleosen yaşlı Bornova Filiş Zonu birimlerinde çalışan petrol sistemleri için önemli bir potansiyel bulunduğunu (Şekil 17), dolayısıyla bu birimlerde bu çalışmada kullanılan jeokimyasal analiz ve yorumlama yöntemleri esas alınarak detaylı jeolojik ve jeofizik arama çalışmalarının yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 17. Bornova Filiş Zonu'nun Batı Anadolu'daki yayılımı (Üstteki harita, [112]'den değiştirilerek). Au: altın yatakları ve zuhurları ([113]'den).

Çamur volkanı adı verilen çamur enjeksiyonu oluşumları ile petrol ve doğalgaz sahaları arasında oldukça yakın bir ilişki bulunmaktadır. Gaz ve su çıkışları ile sıkı ilişkili olan bu volkanlar, genellikle antiklinal doruklarına veya kıvrımlanma sonucu oluşan kırıklara yakın yerlerde oluşurlar [114]. Çamur volkanları ve petrol sistemleri arasındaki yakın ilişki, birçok çalışmada kanıtlanmıştır [115-129]. Dolayısıyla, Erdoğan [53] ve Festa ve diğ. [109]'nin çalışmalarında belirtildiği gibi, Bornova Filiş Zonu'nun tektonik evrimi sırasında oluşmuş çamur volkanlarının konumlarının ve özelliklerinin belirlenmesi, Bornova Filiş Zonu'ndaki petrol sistemlerinin çözülmesi açısından önemlidir.

## 5. SONUÇ

Seferihisar Yükselimi'nin petrol ve doğalgaz potansiyelinin soğuk su kaynaklarından alınan örnekler üzerinde yapılan TPH analizleri ile araştırılması amaçlanan çalışmada, toplanan su numunelerinde yapılan TPH analizi sonuçlarına göre, su numunelerinin tamamında hidrokarbonlar tespit edilmiştir. TPH değerleri, yüzey ve yeraltılarında bulunması gereken hidrokarbon sınır değerlerinden oldukça yüksektir. Su numunelerindeki n-alkanların kaynağı, petrojenik hidrokarbonlar ve organik maddece zengin yaşlı sedimanlardır. Su-kayaç-hidrokarbon etkileşimi, inceleme alanındaki sulara hidrokarbon zenginleşmesine sebep olmuştur. Hidrokarbonlar, biyolojik olarak bozunmamıştır. Hidrokarbonları türeten kaynak kayalar, yüksek anoksik-anoksik-suboksik denizel (Tip-II kerojen) ve anoksik-suboksik geçiş ortamında (Tip II-III kerojen) çökelmiş olup, hidrokarbonlar olgun-yüksek olgundur.

Olgun hidrokarbonlarca zengin su numuneleri, çalışma alanında çalışan bir petrol sistemi için önemli bir kanıttır. Çalışma alanında, baskın olarak sedimanter kayaçlardan oluşan Bornova Filiş Zonu birimlerinin yüksek manyetik değerlere sahip olması, Seferihisar Yükselimi'ndeki keşfedilmemiş altın yatakları ve hidrokarbon rezervuarının bir göstergesi olarak düşünülmektedir. Birbirleri ile oldukça uyumlu olan gravite ve manyetik haritaları ile belirlenen, baskın olarak KD-GB doğrultulu hidrokarbonların kapanabileceği ve korunabileceği doğrultu atımlı faylarla sınırlandırılmış antiklinal, bölgedeki olası petrol ve/veya doğalgaz rezervuarıdır. Yapının doğrultu atımlı faylarla sınırlandırılmış olması, hidrokarbonların bu yapılar da birikmiş olma ihtimalini kuvvetlendirmektedir. İncelenen su numunelerindeki hidrokarbonlar, gravite ve manyetik haritalarla belirlenen olası rezervuardan yüzeye/yüzeye yakın bölümlere göçmüş ve sığ yeraltıları ile karışmış olmalıdır.

Çalışma alanında, baskın olarak sedimanter kayaçlardan oluşan Bornova Karmaşığı birimlerinin yüksek manyetik değerlere sahip olması, Seferihisar Yükselimi'ndeki keşfedilmemiş altın yatakları ve hidrokarbon rezervuarının bir göstergesidir. Ayrıca, sular da belirlenen hidrokarbonlar ile bölgedeki altın yatakları arasında jeokimyasal ve minerajolojik-petrografik yöntemlerle belirlenebilecek bir ilişkinin olduğu açıktır.

## TEŞEKKÜR BÖLÜMÜ

Bu çalışma, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Projeleri Birimi Koordinatörlüğü tarafından finansal olarak desteklenen SOS-A-100719-0267 nolu projenin bulgularının bir kısmını içermekte olup, çalışmaya sağladığı destek için Koordinatörlüğe ve numunelerin laboratuvar analizlerini titizlikle yapan başta Sn. Serkan Çelebi olmak üzere SGS Supervise Gözetleme Etüt Kontrol Servisleri A.Ş. uzmanlarına teşekkür ederiz.

## REFERANSLAR

- [1] Özdemir, A. and Palabiyik, Y., (2019). A shallow and reliable indicator for deep oil and gas accumulations in the subsurface: Metallic ore deposits. IV. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi - Mühendislik Bilimleri (BILMES EN), 07 - 10 Kasım 2019, Ankara, 40-57



- [2] Özdemir, A. and Palabiyik, Y., (2019). Significance of relationships between hydrocarbons and metallic ore deposits in oil and gas exploration: Part I. Gold deposits. BİLTEK Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilgilerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu, 21-22 Aralık 2019, Ankara, 219-229
- [3] Radtke, A.S. and Scheiner, B.J., (1970). Studies of hydrothermal gold deposition (I). Carlin gold deposit, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition. *Economic Geology*, 65, 87-102
- [4] Sverjensky, D.A., (1984). Oil field brines as ore-forming solution. *Economical Geology*, 17, 23-37
- [5] Radtke, A.S. (1985). Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. US Geological Survey Professional Paper 1267, 124 p.
- [6] Ilchik, R.P., Brimhall, G.H., and Schull, H.W., (1986). Hydrothermal maturation of organic matter at the Alligator Ridge gold deposits, Nevada. *Economic Geology*, 81, 113-130
- [7] Gorzhevskiy, D.I., (1987). On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review*, 29(2), 207-217
- [8] Parnell, J., (1988). Metal enrichments in solid bitumens. *Miner Deposita*, 23, 191-199
- [9] Nelson, C.E., (1990). Comparative geochemistry of jasperoids from Carlin-type gold deposits of the western United States. *Journal of Geochemical Exploration*, 36, 171-195
- [10] Nelson, C.E., (1991). Metalliferous marine black shales and fossil petroleum reservoirs - source rock and host environment for Carlin-type gold deposits. *Geology and Ore Deposits of the Great Basin - Symposium Proceedings*, Geological Society of Nevada, 249-254
- [11] Disnar, J.R., Sureau, J.F., (1990). Organic matter in ore genesis: Process and perspectives. *Advances in Organic Geochemistry*. 16(1-3), 577-599
- [12] Berger, B.R. and Bagby, W.E., (1991). The geology and origin of Carlin-type gold deposits. *in R. P. Foster (Ed.), Gold Metallogeny and Exploration*, 210-248
- [13] Percy, E.C. and Burruss, R.C., (1993). Hydrocarbons and gold mineralization in the hot-spring deposit at Cherry Hill, California. *in J. Parnell, H. Kucha, P. Landais (editors), Bitumens in Ore Deposits*, 117-137
- [14] Gize, A.P. and Manning, D.A.C., (1993). Aspects of the organic geochemistry and petrology of metalliferous ores. *In Organic Geochemistry: Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko (eds), 565-580
- [15] Hulen, J.B. and Collister, J.W., (1999). The oil-bearing, Carlin-type gold deposits of the Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Economic Geology*, 94, 1029-1049
- [16] Hulen, J.B., Collister, J.W., Stout, B., Curtiss, D.K., and Dahdah, N.F., (1998). The exhumed "Carlin-type" fossil oil reservoir at Yankee Basin. *JOM*, 50, 30-34. <https://doi.org/10.1007/s11837-998-0303-9>
- [17] Hulen, J.B., (1993). Assessing the role of ancient and active geothermal systems in oil-reservoir evolution in the Eastern Basin and Range Province, Western USA. Office of Basic Energy Sciences, Division of Engineering and Geosciences, U.S. Department of Energy, 21 p.
- [18] Nicholson, K., (1994). Fluid chemistry and hydrological regimes in geothermal systems: a possible link between gold-depositing and hydrocarbon-bearing aqueous systems. *in Parnell, J. (ed.), Geofluids: Origin*,

- Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins. Geological Society Special Publication 78, 221-232
- [19] Kuehn, C.A. and Rose, A.W., (1995). Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and overpressured fluids. *Economic Geology*, 90, 17-36
- [20] Arehart, G.B., (1996). Characteristics and origin of sediment-hosted gold deposits: a review. *Ore Geology Review*, 11, 383-403
- [21] Robb, L.J., Charlesworth, E.G., Drennan, G.R., Gibson, R.L., and Tongu, E.L., (1997). Tectono-metamorphic setting and paragenetic sequence of Au-U mineralisation in the Archaean Witwatersrand Basin, South Africa. *Australian Journal of Earth Sciences*, 44(3), 353-371
- [22] Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M., Ren, C.G., and Zou, D.G., (1999). Crude oil as carrier of gold: petrological and geochemical evidence from the Lannigou gold deposit in southwestern Guizhou, China. *Science China D: Earth Sciences*, 42, 216-224
- [23] Bao, Z., (2001). Geochemistry of the Sediment-hosted Disseminated Gold Deposits in Southwestern Guizhou Province, China. Universite du Quebec, PhD Thesis, 245 p.
- [24] Bao, Z., Zhao Z., Guha, J., (2005). Organic geochemistry of sedimentary rock-hosted disseminated gold deposits in Southwestern Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica*, 79(1), 120-133
- [25] Bao, Z. and Guha, J., (2007). Metallogeny of the Lannigou sedimentary rock-hosted disseminated gold deposit in Southwestern Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica*, 81(1), 121-134
- [26] Emsbo, P., Hutchinson, R.W., Hofstra, A.H., Volk, J.A., Bettles, K.H., Baschuk, G.J., and Johnson, C.A., (1999). Syngenetic Au on the Carlin trend: implications for Carlin-type deposits. *Geology*, 27, 59-62
- [27] Mossman, D.J., (1999). Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 66, 241-247
- [28] Parnell, J. and McCready, A., (2000). Paragenesis of gold- and hydrocarbon-bearing fluids in gold deposits. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 38-52
- [29] Sherlock, R., (2000). The association of gold-mercury mineralization and hydrocarbons in the coastal ranges of northern California. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399
- [30] Mastalerz, M., Bustin, R.M., Sinclair, A.J., Stankiewicz, B.A., and Thomson, M.L., (2000). Implications of hydrocarbons in gold-bearing epithermal systems: Selected examples from the Canadian Cordillera. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399
- [31] Drennan, G.R. and Robb, L.J., (2006). The nature of hydrocarbons and related fluids in the Witwatersrand Basin, South Africa: Their role in metal redistribution, *in Reimold, W.U., and Gibson, R.L., Processes on the early Earth: Geological Society of America Special Paper 405*, 353-385

- [32] Mossman, D.J., Minter, W.E.L., Dutkiewicz, A., Hallbauer, D.K., George, S.C., Hennigh, Q., Reimer, T.O., Horscroft, F.D., (2008). The indigenous origin of Witwatersrand "carbon". *Precambrian Research*, 164, 173-186
- [33] Schaefer, B.F., Pearson, D.G., Rogers, N.W., and Barnicoat, A.C., 2010. Re-Os isotope and PGE constraints on the timing and origin of gold mineralisation in the Witwatersrand Basin. *Chemical Geology*, 276, 88-94
- [34] Large, R.R., Bull, S.W., and Maslennikov, V.V., (2011). A carbonaceous sedimentary source-rock model for carlin-type and orogenic gold deposits. *Economic Geology*, 106, 331-358
- [35] Gu, X.X., Zhang, Y.M., Li, B.H., Dong, S.Y., Xue, C.J., and Fu, S.H., (2012). Hydrocarbon- and ore-bearing basinal fluids: a possible link between gold mineralization and hydrocarbon accumulation in the Youjiang basin, South China. *Miner Deposita*, 47:663-682
- [36] Gu, X.X., Liu, J.M., Schulz, O., Vavtar, F., and Zheng, M.H., (2002). Syngenetic origin for the sediment-hosted disseminated gold deposits in NW Sichuan, China: ore fabric evidence. *Ore Geology Review*, 22, 91-116
- [37] Gaboury, D., (2013). Does gold in orogenic deposits come from pyrite in deeply buried carbon-rich sediments?: Insight from volatiles in fluid inclusions. *Geology*, 41, 1207-1210
- [38] Stein H.J., (2014). Dating and Tracing the History of Ore Formation. *in* Holland H.D. and Turekian K.K. (eds.) *Treatise on Geochemistry*, Second Edition, Vol. 13, 87-118
- [39] Wenzhi, Z., Suyun, H., Wei, L., Tongshan, W., and Hua, J., (2015). The multi-staged "golden zones" of hydrocarbon exploration in superimposed petroliferous basins of onshore China and its significance. *Petroleum Exploration and Development*, 42(1), 1-13
- [40] Liu, J., Dai, H., Zhai, D., Wang, J., Wang, Y., Yang, L., Mao, G., Liu, X., Liao, Y., Yu, C., Li, Q., (2015). Geological and geochemical characteristics and formation mechanisms of the Zhaishang Carlin-like type gold deposit, western Qinling Mountains, China. *Ore Geology Reviews*, 64, 273-298
- [41] Molnár, F., Oduro, H., Cook, N.D.J., Pohjolainen, E., Takács, A., O'Brien, H., Pakkanen, L., Johanson, B. and Wirth, R., (2016). Association of gold with uraninite and pyrobitumen in the metavolcanic rock hosted hydrothermal Au-U mineralisation at Rompas, Peräpohja Schist Belt, northern Finland. *Miner Deposita*, 51, 681-702
- [42] Migdisov, A.A., Guo, X., Xu, H., Williams-Jones, A.E., Sun, C.J., Vasyukova, O., Sugiyama, I., Fuchs, S., Pearce, K., and Roback, R., (2017). Hydrocarbons as ore fluids. *Geochem. Persp. Let.*, 5, 47-52
- [43] Frimmel, H.E., (2018). Episodic concentration of gold to ore grade through Earth's history. *Earth-Science Reviews*, doi:10.1016/j.earscirev.2018.03.011
- [44] Crede, L.S., Evans, K.A., Rempel, K.U., Brugger, J., Etschmann, B., Bourdet, J., and Reith, F., (2019). Revisiting hydrocarbon phase mobilization of Au in the Au-Hg McLaughlin Mine, Geysers/Clear Lake area, California, *Ore Geology Reviews*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103218>
- [45] Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M., Ren, C.G., Zou, D.G., (1999). Crude oil as carrier of gold: petrological and geochemical evidence from the Lannigou gold deposit in southwestern Guizhou, China. *Science China D: Earth Sciences*, 42, 216-224

- [46] Oyman, T., Minareci, F., and Pişkin, Ö., (2003). Efemçukuru B-rich epithermal gold deposit (İzmir, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 23, 35-53
- [47] Tüprag, (2020). <http://www.tuprag.com.tr/en/projects/efemcukuru-gold-mine/8/-introduction-and-purpose-of-the-project/29>
- [48] Genç, S.C., Altunkaynak, S., Karacık, Z., Yazman, M., and Yılmaz, Y., (2001). The Çubukludağ graben, south of İzmir: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 14 (1/3), 45-55
- [49] Akar, A.T., (2012). Seferihisar ve Balçova Jeotermal Alanlarında ve Çevre Akiferlerinde Akışkan Akımının Modellenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora Tezi, 194 s.
- [50] Drahor, M.G. and Berge, M.A., (2006). Geophysical investigations of the Seferihisar geothermal area, Western Anatolia, Turkey. *Geothermics*, 35, 302-320
- [51] Uzel, B. and Sözbilir, H., (2008). A First record of strike-slip basin in western Anatolia and its tectonic implication: The Cumaovası basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559-591
- [52] Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. and Kuşçu, I., (2004). Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strikeslip faulting in the Aegean extensional province. *Tectonophysics*, 391, 67-83
- [53] Erdoğan, B., (1990). İzmir - Ankara zonunun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologlar Derneği*, 2(1), 1-19
- [54] Erdoğan, B., (1990). İzmir-Ankara zonu ile Karaburun tektonik kuşağının ilişkisi. *Maden Tetkik ve Arama dergisi*, 110, 1-15
- [55] Şalk, M., Göktürkler, G., Özel, M., Karaman, I.H., and Sarı, C., (1999). Crustal temperature distributions in the Western Turkey. Second Balkan Geophysical Congress and Exhibition, İstanbul, Turkey, July 5-9, Book of Abstracts, 174-175
- [56] Eşder, T. and Şimşek, Ş., (1975). Geology of İzmir (Seferihisar) geothermal area, Western Anatolia of Turkey: determination of reservoirs by means of gradient drilling. In: *Proceedings of the Second UN Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources*, San Francisco, CA, 349-361
- [57] Aksoy, N., Serpen, U., and Filiz, S., (2008). Management of the Balçova-Narlidere geothermal reservoir, Turkey. *Geothermics*, 37, 444-466
- [58] Aksoy, N., Şimşek, C., and Gündüz, O., (2008). Groundwater contamination mechanism in a geothermal field: A case study of Balçova, Turkey. *Journal of Contaminant Hydrogeology*, 103(1-2), 13-28
- [59] Eşder, T. and Şimşek, Ş., (1977). The relationship between the temperature gradient distribution and geological structure in the İzmir-Seferihisar geothermal area, Turkey. in *Symposium on Geothermal Energy CENTO Scientific Programme*, Ankara, 93-111
- [60] Özdemir, A., Demirtaş, R. ve Arabacı, F., (2015). Seferihisar Yükselimi Jeolojik Etüt Raporu. 180 s (Yayımlanmamış)

- [61] Eymold, W.K., Swana, K., Moore, M.T., Whyte, C.J., Harkness, J.S., Talma, S., Murray, R., Moortgat, J.B., Miller, J., Vengosh, A., and Darrah., T.H., (2018). Hydrocarbon-rich groundwater above shale-gas formations: A Karoo basin case study. *Groundwater*, 56(2), 204-224
- [62] Kreuzer, R.L., Darrah, T.H., Grove, B.S., Moore, M.T., Warner, N.R., Eymold, W.K., and Poreda, R.J., (2018). Structural and hydrogeological controls on hydrocarbon and brine migration into drinking water aquifers in Southern New York. *Groundwater*, 56(2), 225-244
- [63] Dultsev, F.F., and Chernykh, A.V., (2020). Geochemistry of water-dissolved gases of oil-and-gas bearing deposits in Northern and Arctic Regions of Western Siberia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 459, 042024, doi:10.1088/1755-1315/459/4/042024
- [64] Özdemir, A., (2019). Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(6), 748-763
- [65] Özdemir, A., (2019). Mamak (Ankara) çalışan petrol sistemini jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonlarca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17, 244-260
- [66] Özdemir, A., (2019). Büyük Menderes grabeni (Batı Anadolu) Neojen öncesi petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları ve potansiyel kapanlar. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16, 325-354
- [67] Özdemir, A., Palabiyik, Y., Karataş, A. and Sahinoglu, A., (2020). Organic geochemical evidence of the working petroleum system in Beypazarı Neogene Basin and potential traps (Northwest Central Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Geosciences*, 1(2), 35-52
- [68] Özdemir, A., Palabiyik, Y., Karataş, A. and Sahinoglu, A., (2022). Mature petroleum hydrocarbons contamination in surface and subsurface waters of Kızılırmak Graben (Central Anatolia, Turkey): Geochemical evidence for a working petroleum system associated with a possible salt diapir. *Turkish Journal of Engineering*, 6(1), 1-15
- [69] Palabiyik, Y. ve Özdemir, A., (2020). Türkiye’de petrol ve doğalgaz aranması için suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin kullanımı: Batı, Kuzeybatı ve Orta Anadolu’dan örnek çalışmalar ve önemli sonuçlar. Türkiye IV. Bilimsel ve Teknik Petrol Kongresi, 18-20 Kasım 2020, Ankara (baskıda)
- [70] Özdemir, A. ve Palabiyik, Y., (2020). Doğu Pontidler’de olasılıkla Jura-Kretase riftleşmeleri ile ilişkili hidrokarbon oluşumu ve türümü için bulgular. 4. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 28-30 Eylül 2020, 390-398
- [71] Özdemir, A., (2018). Suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye’den ilk önemli sonuçlar. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(4), 615-636
- [72] Liu, S., Qi, S., Luo, Z., Liu, F., Ding, Y., Huang, H., Chen, Z., and Cheng, S., (2018). The origin of high hydrocarbon groundwater in shallow Triassic aquifer in Northwest Guizhou, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(1), 415-433
- [73] Hunt, J.M., (1995). *Petroleum Geochemistry and Geology*. W.H. Freeman and Company, New York. 743 p

- [74] Zemo, D.A. and Foote, G.R., (2003). The technical case eliminating the use of the TPH analysis in assessing and regulating dissolved petroleum hydrocarbons in groundwater. *Ground Water Monitoring & Remediation*, 23(3), 95-104
- [75] Tarım ve Orman Bakanlığı, 2004. Türkiye Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>
- [76] Tarım ve Orman Bakanlığı, 2004. Türkiye Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>
- [77] Tissot, B.P. and Welte, D.H., (1984). *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer-Verlag, 699 p.
- [78] Peters, K.E. and Moldowan, J.M., (1993). *The Biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*. Englewood Cliffs, Jersey, Prentice Hall, 339-363
- [79] Tran, K.L. and Philippe, B., (1993). Oil and rock extract analysis. in *Applied Petroleum Geochemistry* (M.L., Bordenave, eds.), p. 373-394
- [80] Beyer, J., Jonsson, G., Porte, C., Krahn, M.M. and Ariese, F., (2010). Analytical methods for determining metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) pollutants in fish bile: a review. *Environ. Toxicol Pharmacol*, 30(3), 224-244
- [81] Mille, G., Asia, L., Guiliano, M., Malleret, L. and Doumenq, P., (2007). Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos area, France). *Marine Pollution Bulletin*, 54, 566-575
- [82] Waples, D.W., (1985). *Geochemistry in Petroleum Exploration*. International Human Resources Development Corp., 232 p.
- [83] Onojake, M.C., Osuji, L.C. and Oforka, N.C., (2013). Preliminary hydrocarbon analysis of crude oils from Umutu/Bomu fields, south west Niger Delta Nigeria. *Egyptian Journal of Petroleum*, 22, 217-224
- [84] Bray, E.E. and Evans, E.D., (1961). Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 22, 2-15
- [85] Bray, E.E. and Evans, E.D., (1965). Hydrocarbons in non-reservoir-rock source beds: Part 1. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49, 248-257
- [86] Didyk, B.M., Simoneit, B.R.T., Brassel, S.C. and Englington, G., (1978). Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature*, 272, 216-222
- [87] Volkman, J.K. and Maxwell, J.R., (1986). Acyclic isoprenoids as biological markers. In: *Biological Markers in the Sedimentary Record* (R.B. Johns, eds.), Elsevier, New York; pp. 1-42
- [88] Hartkopf-Fröder, C., Kloppisch, M., Mann, U., Neumann-Mahlkau, P., Schaefer, R.G. and Wilkes, H., (2007). The end-Frasnian mass extinction in the Eifel Mountains, Germany: new insights from organic matter composition and preservation. *Geological Society, London, Special Publications*, 278, 173-196. doi: 10.1144/SP278.8
- [89] Shanmugam, G., (1985). Significance of coniferous rain forests and related oil, Gippsland Basin, Australia. *AAPG Bulletin*, 69, 1241-1254

- [90] Larasati, D., Suprayogi, K. and Akbar, A., (2016). Crude oil characterization of Tarakan basin: Application of biomarkers. The 9th International Conference on Petroleum Geochemistry in the Africa - Asia Region Bandung, Indonesia, 15 -17 November 2016
- [91] Devi, E.A., Rachman, F., Satyana, A.H., Fahrudin, and Setyawan, R., (2018). Geochemistry of Mudi and Sukowati oils, East Java basin and their correlative source rocks: Biomarkers and isotopic characterisation. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Forty-Second Annual Convention & Exhibition, May 2018
- [92] Syaifudin, M., Eddy, A., Subroto, E.A., Noeradi, D. and Kesumajana, A.H.P., (2015). Characterization and correlation study of source rocks and oils in Kuang area, South Sumatra basin: The potential of Lemat formation as hydrocarbon source rocks. Proceedings of Indonesian Petroleum Association, Thirty-Ninth Annual Convention & Exhibition, May 2015, IPA15-G-034
- [93] Banga, T., Capuano, R.M. and Bissada, K.K., (2011). Petroleum generation in the southeast Texas basin: Implications for hydrocarbon occurrence at the South Liberty salt dome. AAPG Bulletin, 95(7), 1257-1291
- [94] Hakimi, M.H., Al-Matary, A.M. and Ahmed, A., (2018). Bulk geochemical characteristics and carbon isotope composition of oils from the Sayhut sub-basin in the Gulf of Aden with emphasis on organic matter input, age and maturity. Egyptian Journal of Petroleum, <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.06.002>
- [95] Nettleton, L.L., (1976). Gravity and Magnetics in Oil Prospecting. McGraw-Hill, 464 p.
- [96] Aydın, A., (1997). Gravite Verilerinin Normalize Edilmiş Tam Gradyan, Varyasyon ve İstatistik Yöntemleri ile Hidrokarbon Açısından Değerlendirilmesi, Model Çalışmalar ve Hasankale-Horasan (Erzurum) Havzasına Uygulanması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 151 s.
- [97] Aydın, A., (2004). Gravite anomalilerinin doğrudan yorum yöntemleri ile değerlendirilmesi: Hasankale-Horasan bölgesinden bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(1), 95-102
- [98] Gadirov, V.G., Eppelbaum, L.V., Kuderavets, R.S., Menshov, O.I., and Gadirov, K.V., (2018). Indicative features of local magnetic anomalies from hydrocarbon deposits: examples from Azerbaijan and Ukraine, Acta Geophysica, doi: 10.1007/s11600-018-0224-0
- [99] Gadirov, V.G. and Eppelbaum, L.V., (2012). Detailed gravity, magnetics successful in exploring Azerbaijan onshore areas. Oil and Gas Journal, 5, 60-73
- [100] Gadirov, V.G., (1994). The physical-geological principles of application of gravity and magnetic prospecting in searching oil and gas deposits. Proceed. of 10th Petroleum Congress and Exhibition of Turkey, Ankara, pp. 197-20
- [101] Geist, E.L., Childs, J.R., and Scholl, D.W., (1987). Evolution and petroleum geology of Amlia and Amukta intra-arc summit basins, Aleutian Ridge. Marine and Petroleum Geology, 4, 334-352
- [102] Lyatsky, H.V., Thurston, J.B., Brown, R.J. and Lyatsky, V.B., (1992). Hydrocarbon exploration applications of potential field horizontal gradient vector maps. Canadian Society of Exploration Geophysicists Recorder, 17(9), 10-15
- [103] Piskarev, A.L. and Tchernyshev, M.Y., (1997). Magnetic and gravity anomaly patterns related to hydrocarbon fields in northern West Siberia. Geophysics, 62(3), 831-841

- [104] Satyana, A.H., (2015). Subvolcanic hydrocarbon prospectivity of Java: Opportunities and challenges. Proceedings, Indonesian Petroleum Association. Thirty-Ninth Annual Convention & Exhibition, May 2015. IPA15-G-105
- [105] Stephen, O.I. and Iduma, U., (2018). Hydrocarbon potential of Nigeria's Inland Basin: Case study of Afikpo basin. *Journal of Applied Geology and Geophysics*, 6(4), 1-24
- [106] Eke, P.O. and Okeke, F.N., (2016). Identification of hydrocarbon regions in Southern Niger Delta Basin of Nigeria from potential field data. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 5(11), 96-99
- [107] Svancara, J., (1983). Approximate method for direct interpretation of gravity anomalies caused by surface three-dimensional geologic structures. *Geophysics*, 48(3), 361-366, <https://doi.org/10.1190/1.1441474>
- [108] Töpfer, K.D., (1977). Improved technique for rapid interpretation of gravity anomalies caused by two-dimensional sedimentary basins. *Journal of Geophysics*, 43, 645-654 (in Švancara, J., 1983. Approximate method for direct interpretation of gravity anomalies caused by surface three-dimensional geologic structures. *Geophysics*, 48(3), 361-366, <https://doi.org/10.1190/1.1441474>)
- [109] Festa, A., Pini, G.A., Dilek, Y. and Codegone, G., (2010). Mélanges and mélange-forming processes: a historical overview and new concepts. *International Geology Review*, 52(10-12), 1040-1105
- [110] Özdemir, A., Palabıyık, Y., (2020). Petrol ve doğalgaz kaynak kayası, ofiyolitler, manto sorgucu ve toplu yokolma arasındaki ilişkilere göre Türkiye'nin petrol ve doğalgaz potansiyeli. 4. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 28-30 Eylül 2020, 428-440
- [111] Özdemir, A. ve Palabıyık, Y., (2020). Türkiye'nin Paleozoyik - Miyosen jeolojik zaman aralığındaki petrol ve doğalgaz kaynak kaya varlığının paleocoğrafik ve paleotektonik veriler ışığında kapsamlı bir değerlendirmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 120-146
- [112] Beccalotto, L., (2003). Geology, correlations, and geodynamic evolution of the Biga Peninsula (NW Turkey). Université de Lausanne, PhD Thesis, 140 p.
- [113] Yiğit, O., (2009). Mineral deposits of Turkey in relation to Tethyan Metallogeny: Implications for future mineral exploration. *Economic Geology*, 104, 19-51
- [114] İnan, A., (1982). Azerbaycan'ın çamur volkanları. *Yeryuvarı ve İnsan*, 7(1), 4-5
- [115] Guliev, I.S., Mamedov, P.Z., Feyzullayev, A.A., Huseynov, D.A. Kadırov, F.A., Aliyeva, E.H.-M. and Tagiyev, M.F., 2003. Hydrocarbon Systems of the South Caspian Basin. Baku, Nafta-Press, 206 p.
- [116] Guliev, I.S. and Feizullayev, A.A., (1996). Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan. in D. Schumacher and M. A. Abrams, eds., Hydrocarbon migration and its near-surface expression: AAPG Memoir 66, 63-70
- [117] López-Rodríguez, C., Stadnitskaia, A., De Lange, G.J., Martínez-Ruiz, F., Comas, M., and Sinninghe Damsté, J.S., (2014). Origin of lipid biomarkers in mud volcanoes from the Alboran Sea, western Mediterranean. *Biogeosciences*, 11, 3187-3204
- [118] Mazzini, A. and Etiope, G., (2017). Mud volcanism: An updated review. *Earth-Science Reviews, Earth-Science Reviews*, 168, 81-112



- [119] Mazzini, M., Svensen, H., Planke, S., Guliyev, I., Akhmanov, G.G., Fallik, T. and Banks, D., (2009). When mud volcanoes sleep: Insight from seep geochemistry at the Dashgil mud volcano, Azerbaijan. *Marine and Petroleum Geology*, 26,1704-1715
- [120] Oppo, D., Capozzi, R., Nigarov, A. and Esenov, P., (2014). Mud volcanism and fluid geochemistry in the Cheleken Peninsula, Western Turkmenistan. *Marine and Petroleum Geology*, 57, 122-134
- [121] Oppo, D. and Capozzi, R., (2016). Spatial association of mud volcano and sandstone intrusions, Boyadag Anticline, Western Turkmenistan. *Basin Research*, 28(6), 827-839
- [122] Planke, S., Svensen, H., Hovland, M., Banks, D.A. and Jamtveit, B., (2003). Mud and fluid migration in active mud volcanoes in Azerbaijan. *Geo-Mar. Lett.* 23, 258-268
- [123] Stadnitskaia, A., Blinova, V., Ivanov, M.K., Baas, M., Hopmans, E., van Weering, T.C.E., and Sinninghe Damste, J.S., (2007). Lipid biomarkers in sediments of mud volcanoes from the Sorokin Trough, NE Black Sea: Probable source strata for the erupted material. *Organic Geochemistry*, 38, 67-83
- [124] Özdemir, A., Palabiyik, A. ve Karataş, A., (2020). Türkiye Denizlerinin Petrol ve Doğalgaz Potansiyeli, Gelecek Hidrokarbon Araştırmaları için Hedef Alanlar ve Sondaj Lokasyonları. Enerji Araştırmaları (Editör: Neşeli, S.), İksad Yayınevi, 53-123
- [125] Nakada, R., Takahashi, Y., Tsunogai, U., Zheng, G., Hiroshi Shimizu, H., and Hattori, K.H., (2011). A geochemical study on mud volcanoes in the Junggar Basin, China. *Applied Geochemistry*, 26(7), 1065-1076
- [126] Tassi, F., Bonini, M., Montegrossi, G., Capecchiacci, F., Capaccioni, B., Vaselli, O., (2012). Origin of light hydrocarbons in gases from mud volcanoes and CH<sub>4</sub>-rich emissions. *Chemical Geology*, 294-295, 113-126
- [127] Alizadeh, A.A., Guliyev, I.S., Kadirov, F.A., and Eppelbaum, L.V., (2017). Mud Volcanism. *in Geosciences of Azerbaijan Volume I: Geology*. Springer, 215-233
- [128] Babadi, M.F., Mehrabi, B., Tassi, F., Cabassi, J., Pecchioni, E., Shakeri, A., and Vaselli, O., (2020). Geochemistry of fluids discharged from mud volcanoes in SE Caspian Sea (Gorgan Plain, Iran). *International Geology Review*, <https://doi.org/10.1080/00206814.2020.1716400>
- [129] Bonini, M., Tassi, F., Feyzullayev, A.A., Aliyev, C.S., Capecchiacci, F., and Minissale, A., (2013). Deep gases discharged from mud volcanoes of Azerbaijan: New geochemical evidence. *Marine and Petroleum Geology*, 43 450-463

## Natural Laurel Soap

Tahsin ÖZER<sup>1,\*</sup> , Fatma Zehra SERT<sup>2</sup>, Ali İhsan ÖZTÜRK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Osmaniye Korkut Ata University Bahçe Vocational School, Bahçe, Osmaniye, Turkey*

<sup>2</sup> *Osmaniye Korkut Ata University Faculty of Arts and Sciences, Chemistry Osmaniye, Turkey*

\**tahsinozer@osmaniye.edu.tr*

### Abstract

Food and cleaning products are the most basic living materials. Soap is a cleaning agent. The first known record of the production of soap, belong the Sumerians in BC 2500 years. Soap making has been developed and has survived to the present day. The products of olive and laurel plants are used in the construction of natural laurel soap. Olive and daphne are typical plants of the Mediterranean climate. Olive is among the first plants to be tamed. The laurel plant grows naturally in the Mediterranean climate. The laurel plant is not cultured. The construction of the natural laurel soap used today is transferred to the literature and presented to interest of the researchers and developers.

**Keywords:** Soap, laurel soap, olive, daphne.

## Doğal Defne Sabunu

### Özet

Gıda ve temizlik ürünleri en temel yaşam malzemeleridir. Sabun bir temizlik maddesidir. Sabun yapımı ile ilgili bilinen ilk kayıt, M.Ö. 2500 yıllarında Sümerlere aittir. Sabun yapımı geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir. Doğal defne sabunun yapımında zeytin ve defne bitkisinin ürünleri kullanılmaktadır. Zeytin ve defne Akdeniz ikliminin tipik bitkilerindendir. Zeytin, evcilleştirilen ilk bitkiler arasında yer almaktadır. Defne bitkisi Akdeniz ikliminde doğal olarak yetişmektedir. Kültürü yapılmamaktadır. Günümüzde kullanılan doğal defne sabunu yapımı literatüre aktarılarak araştırmacı ve geliştiricilerin ilgisine sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Sabun, defne sabunu, yağ, defne.

### 1. INTRODUCTION

Food and cleaning products have always been indispensable for humanity. They have always been in search of new products to provide them. He always tried to get better and more functional product. New inventions may lead to the development of new products or the transfer of the acquired knowledge to the future. With the invention of writing, this transfer was easier and more permanent.

One of the most basic living products is soap. B.C. In the 2500 years of the Sumerian tablets, there were articles related to soap making. Teutons after Christ; oil and  $K_2CO_3$  (tree and moss ash) were able to produce soap [1]. Teuton soap has become a popular export material and has been used as hair dye and ointment in Rome. A.D. In the IIth century the Roman imperial physician Galen introduced the soap to the Romans as a means of washing and cleaning. A.D. In 385, Theodorus Priscianus recommended the use of soap for hair wash. Muslim chemists in the golden ages of Islam; adding ash to liquid oil such as olive oil and aromatic oil such as oregano oil by produced the actual soap. Soap was produced in Palestine (Nablus), Iraq (Kufa) and Basra since the beginning of the seventh century. These soap recipes have remained unchanged until today. Arab soaps have been colored and enriched by adding perfume. Some of the soaps are liquid and some are solid. Al-Razi, a Moroccan chemist, gave a detailed description of the soap in the 13th century. Sesame oil, potash, alkali and some lime are mixed and boiled. After cooking, pour into molds and dried. Thus, solid soap is obtained. XIII. Towards the end of the century, household soap making was developed during the Charlemagne Empire and soap making in the empire countries had been a popular job. In the IXth century, the Spanish people spreaded the art of soap making in the coasts of the Mediterranean, especially in Marseille, Venice and Genoa [2].

XIII. It was known as a mechanical mixture of soap, oil and alkaline until the turn of the century. Later, French chemist Chevreul showed that soap formed by a chemical reaction [3].

Antakya bay soaps are being made for centuries. Soap making has been translated from tongue to tongue, from generation to generation. Current knowledge has been transferred to the literature. This knowledge can be developed by other researchers.

## 2. THE SOAP

Products obtained as a result of the reaction of vegetable and animal fats or fatty acids with alkali hydroxides and used as cleansers are called soap. According to the consistency of soap, hard and soft soaps are divided into two. Hard soaps are sodium salts of saturated fatty acids. For this purpose, lauric, myristic, palmitic and stearic acids or salts containing these acids are used. Soft soaps are the potassium salts of unsaturated fatty acids. Sunflower oil containing linoleic and linolenic acid is used in the construction.

Soap and water are used as cleaning agents. Only water is a weak cleaner. Polar water molecules are connected to each other by hydrogen bridges, so they cannot affect the apolar surface formed by the oil molecules. Cleaning effect of soap molecules; wetting, dispersing impurities, emulsifying and absorption molecules are due to the long apolar alkyl chain and polar end. Soap is easily soluble in water. When a small amount of soap is dissolved in water, soap molecules form a monomolecular layer on the water surface. In this layer, the apolar part of the molecule settles on the surface of the water while the polar end is directed towards the water. This positioning of the molecules facilitates foaming by reducing the surface tension of the water. Therefore, as the concentration of soap molecules increases and the surface becomes saturated, the soap molecules are grouped to form colloidal particles. These particles, known as micelles, form apolar media in aqueous solution. The apolar side of the micelles attracts the fat molecules and the polar side water molecules. In this way, a durable emulsion is formed from water and oil molecules and removed from the surface [4].

## 3. THE OIL

### 3.1 The Olive Oil

Olive trees; winters are temperate and rainy, the autumn is cool and partly rainy, the summers are dry, under the sea climate and without entering much more, grows near the beach [5]. Olive is a Mediterranean plant. Where climatic conditions are appropriate, they do not show much selectivity in terms of soil quality. They can be grown here [6].

Olive oil is produced by squeezing the ripe fruits of the olive tree. They are liquid at room temperature. Used as cooking oil. Calorie value is high. It is the source of fatty acids. It is also the depot of Fat-soluble A, D, E, K vitamins are store. Olive oil has a unique taste and smell. It is an important oil which can be consumed naturally and preferred to other oils with this feature [7].

The extraction of olive oil has been one of the most important occupations of humanity since the early ages. Mankind investigated ways and means of extracting more fat from olive fruit. Many tools and machines have been developed over time. By using methods similar to the techniques in which grape was crushed, the plants such as flaxseed, juniper seed, sesame and almond were crushed, and oil was extracted. In other words, the tools and methods developed for each of these products facilitated the processing of other plants. It is clear that the same tool facilitates the processing of more than one plant. In a recent history of Anatolia; In the stone presses, which are used jointly by people living in many villages, have crushed their wheat and crushed olive fruits in these stone presses [8]. Oil extracted from olive fruit was used for lighting at first, then; has been a tool to beautify her hair and skin. In the end, it was crowned in the kitchen.

Olive has taken its place everywhere in every stage of human life. There is no consensus between historians, archaeologists and archaeo botanists about the age of the wild olive tree, which is so important in human life, and where the homeland is [9].

### 3.2 The Laurel Oil

Maki flora, which grows in the Mediterranean region. It is a perennial, evergreen plant. Since ancient times in the Mediterranean coast, were grown as decorative trees in gardens and parks. It grows in Turkey, Marmara, Aegean and Mediterranean regions in small groups of up to 700 meters height as forest areas. It is also seen in some parts of the Black Sea region [10]. The laurel has a chickpea-sized, black-colored, and olive-like fruit. Although the outer part of the seed grains is thin, it is quite oily.

Leaves, fruit and essential oils; used in perfumery, pharmacology and food technology. Dried leaves are often used in canned and as seasoned. Laurel extract is used in medicine, liquor industry, dermatology and rheumatism drugs [11].

Laurel oil is used in perfumed soap making, food, drink, medicine, chemistry and cosmetics industry. Laurel soaps have good cleansing and healing properties of pimples. It softens hair and shows anticepressive effect. Due to these properties, it is used for the treatment for hair treatment, body rash and eczema [10].

Laurel oil is used in perfumed soap making, food, drink, medicine, chemistry and cosmetics industry. Laurel soaps have good cleansing and healing properties of pimples. It softens the hair and acts as an anti-dandruff. Because of these properties, it is used in the treatment of hair, body rash and eczema [12].

Black grains (fruits) formed in the laurel tree are collected. Specially cooked in large boilers. The cooked fruits are crushed under the strainer and the water and oil are filtered. The filtered water and oil are re-boiled. After the boil is boiled, the boiler is left to rest. Thus, when the water collapses, the oil remains on the surface. The oil on the surface is collected.

The laurel oils obtained from laurel fruits are mostly used in soap industry. The obtained laurel oil is mixed with olive oil in the ratio of 1/4 and 2/5 and soap is produced. Soaps from laurel oil are like oleum soaps. Therefore, they melt easily in water and give plenty of foam [13].

### 3.3 Olive Oil Laurel Soap Making

Traditional laurel soaps are made from the oil of the seed of the laurel plant, olive oil, clay water, rock salt and water. Synthetic and dyestuffs are not used in the production of soaps. The laurel soaps are a historic soap produced in accordance with the traditional formulation and production techniques. Production of this soap by conventional method;

The olive oil brought to the soap households is drained into the wells here. If it is brought as olive fruits and not as olive oil, squeeze and oil is extract. The extracted oils are taken into the wells. The oil in the wells, ie under the ground, will be filled in the cooking pots by pulling them when they are being processed. The cooking boilers are made of iron and are in the form of a truncated cone. The cooker section is under the floor. The chimney rises to the top of the roof. Thus, the smoke of the furnace will be thrown out. In order to prevent the overflow during cooking, the boiler is not fully filled, so it is left a little lacking. Olive oil begins to boil in about two hours. After the olive oil begins to boil, add 14% laurel oil and 11% water. Then the cooker is closed. Cooker is left to rest until the next day.

On the second day, the soap still did not lose its warmth and fluency. The soap is poured into a cylindrical mixer (plateau) by pulling it with the long handle buckets (savata). In order to mix all the soap in the cooking boilers, the plateau should be filled 6-7 times. At each filling, 17% laurel oil is added to the mixture. After mixing of the soap, the buckets (satı) are poured into molds. Soap is pulled up from a rectangular space in the center of the tonnage on the ground floor to be transferred to the molds upstairs. The soap poured into the molds is brought to an average thickness of 5 cm by flattening. Soap, which is at the bottom of the boiler, is taken with the savata, which cavities with holes in the base, and the water is kept in the boiler. This slurry is filled into the cans from the valves at the bottom of the boiler.

On the third day, when the olive oil is filled in the boiler, the soap production process starts again. until the olive oil boils; the solidified soap in the upper floor molds is cut. The soap in the molds is cut longitudinally and transversely with the special soap knife. After the cutting process is complete, the soap is stamped with the seal of the soap households. The soaps collected by sealing are stacked on top of each other a shaped truncated cone. Soaps are now ready for sale. The soap crumbs in the molds are evaluated by pouring into the boiling olive oil [14].

### 3.4. Antakya Laurel Soap Production Using Caustic

In making this soap; There are two methods used to be dry and aqueous system. Optionally, olive oil and laurel oil ratios are selected. These rates are as follows;

25% laurel oil 75% olive oil

30% laurel oil 70% olive oil

50% laurel oil 50% olive oil

Of these ratios, the most used and preferred is 25% laurel oil and 75% olive oil. As the laurel oil ratio increases, the soap dissolves quickly.[14].

#### 3.4.1 Dry system

First, olive oil is placed in the boiler (tin, barrel) in preferred proportions. After the olive oil in the boiler is warmed up to burn the hand, laurel oil is added to it. Olive and laurel oil continue to be heated. In a separate bowl 1/6 ratio of caustic solution is prepared. 1/6 ratio, one caustic and six indicates the fat content. Water is added to the system as much as the caustic solution. The caustic solution is slowly added onto the heated olive-laurel oil mixture. If the caustic solution suddenly enters the boiler quickly, it will swell and overflow. The stick used to mix the boiler is called "mahlek". While the caustic solution is added to the boiler, the boiler is mixed with mahlek. After the addition of this caustic solution, the foams accumulate on the boiler. Soap is poured into molds and is expected to freeze. Soap, which is cut to dryness in the molds, is cut into molds with special soap knife. The cut soaps are sealed and packaged after final drying [14].

#### 3.4.2 Aqueous system

First, the olive-laurel oil mixture as much water, put into the boiler. For example, if there is 40 kg of oil, 40 kg of water is added. The water in the boiler is boiled. First olive oil and later laurel oil are added to the boiling water. The olive-laurel oil and water mixture are continued to boil. In a separate container, caustic solution is prepared in a 1/6 to 1/10 ratio. The prepared caustic solution is slowly

added into the boiling mixture. If this mixture overflows add water. If it is incomplete, caustic solution is added. The caustic solution is added until the container used for mixing the soap there is no oil smear or glare. In this system, the soap material (caustic, olive-laurel oil mixture) is collected in the upper part of the boiler. The water is collected at the bottom of the boiler. The supernatant is discharged into molds by taking a container. The soap discharged into the molds is left to dry for 2- 6 hours. At the end of this period the soap is cut. Cut soaps are packed and sold as in dry system [14].

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

B.C. In the 2500 years of Sumerian tablets, there were records of soap making. Soap making has been transferred from tongue to tongue, from generation to generation and has been developed to the present day. Nowadays, by using the products of olive and laurel plants, natural laurel soap is made by adhering to the traditional method.

The soap production process starts with the collection of olive fruit and laurel seeds. In this process, the fats are extracted first. Soap contains 66% laurel oil and 33% olive oil. In other words, 25 kg olive oil corresponds to 50 kg laurel oil. 2 kg rock salt is used in soap making. 50 liters of water is used to wash the soap during the cooking process. Oak ash and clay soil water are used to ensure saponification. The saponification process can also be done with caustic. The cooking time of the soap takes approximately four hours.

Some water is boiled in the boiler for soap making. The ash water (Figure 1-a) is added to the boiling water using scales. Then all of the olive oil is added, and the mixture is boiled. The color of olive oil instantly turns into a sweet green color. Ash and clay water are added to the boiler at different time intervals. The olive oil, which begins to soap, begins to be swelling and begins to produce large bubbles. In order to remove the harmful substances in the soap and reduce the temperature of the oil, water is sprinkled on the soaped oil. To maintain saponification, heat must be kept at a certain level. To keep the heat at a certain level, the boiler is quenched and re-burned. The laurel oil is slowly added to the olive oil soap, which starts to solidify (Figure 1-b). The color of the soap is now darker green. Add all of the rock salt to the boiling soap for a while. Rock salt makes the soap harden. It prevents dusting like powdered sugar on drying process. If too much salt is added, it will harden the soap very well and prevent good foaming. Therefore, it is necessary to pay attention to the amount of salt involved in the mixture.



Figure 1: The ash water (a), saponification of oil with ash water (b).

After the baking process is completed, all the soap filled into the buckets is poured equally into the molds, and the soap is molded to dry (Figure 2). Mold in which soap is poured; fixed height, nylon

coated and made of wood or iron profile. Soap poured into molds is flattened with a trowel. So, the soap is leveled. In other words, the height of the soaps is equalized (Figure 3).



Figure 2. Pouring the soap paste into molds and leaving it to dry.



Figure 3. Drying of soap in molds with fixed height and nylon coated [14].

The soap spilling in the mold is hardened in about 48 hours. Hardened soap is ready for cutting. Hardened soap is cut to transverse and longitudinal with the help of soap cutting knife prepared according to certain dimensions. Cut soaps are reversed. The cut soaps are sealed with the seal of the manufacturer. Since the top of the soap is harder, the soft and glossy bottom part is preferred for text and logo. The seal can be made of metal, as well as from the wood. It is preferable to use wooden seal because it is suitable for traditional forms. Sealed soap molds are removed from each other and turned sideways. It is allowed to dry (Figure 4). Drying process is quite tedious. Once a week, soaps are reversed.



Figure 4. Drying of cut and sealed soaps.

Completely hardened soaps are stacked in towers where they are left to the final drying (Figure 5). Drying time is 6 - 8 months. The elongation and shortening of this time depend on the season in which the soap is cooked. Soaps that are finished to dry are put in special stitched bags. Telis bag allows soap to breathe and does not make perspiration. Finally, the pouches are labeled with labels containing the manufacturing information. Now the soap is ready for consumption.



Figure 5. Final drying of soaps sorted like a tower [14].

The laurel soap has a color close to the cream color, not lush. Weight varies depending on the drying time. Also laurel soap does not contain a very sharp laurel smell [14].

The use of natural products is an alternative to the negative effects of unnatural synthetic and chemicals. The construction of natural laurel soap made by traditional methods was transferred to the literature and presented to the researchers and developers.



## 5. ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by OKÜBAP (Scientific Research Projects Unit of Osmaniye Korkut Ata University) with the project number OKÜBAP-2020-PT3-002.

## REFERENCES

- [1] S. R. Alpar, *Organik sınıai kimya*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No:1834, 1973.
- [2] K. Schumann and K. Siekmann, "Soaps," in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000.
- [3] R. N. Shreve, A. B. Joseph, and A. İ. Çataltaş (Çevirmen), "Kimyasal Proses Endüstrileri," *İnkılap Kitapevi*, 1985. .
- [4] S. Özeriş, *Temel organik kimya*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No:54, 1983.
- [5] R. Tunalioglu, *Türkiye'de Zeytin-Orman İlişkilerinin Çeşitli Açılardan İncelenmesi*. İzmir: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1991.
- [6] C. Arıkbay and S. Yıldırım, *Zeytinin değerlendirilmesindeki kayıplar ve önleme yolları*. Ankara: Millî Prodüktivite Merkezi yayınları, 1990.
- [7] A. Oktar, A. Çolakoğlu, T. Işıklı, and H. Acar, *Zeytinyağı ve Teknolojisi*. İzmir: Tarım ve Orman Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, 1983.
- [8] Z. İren Buynudelik, *Zeytin Kitabı: Zeytinden Zeytinyağına*. İstanbul: Oğlak Yayınları, 2012.
- [9] A. Ünsal, *Ölmez Ağacın Peşinde, Türkiye'de Zeytin ve Zeytinyağı*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2006.
- [10] H. Hafizoğlu and M. Reunanen, "Studies on the Components of *Laurus nobilis* from Turkey with Special Reference to Laurel Berry Fat," *Fett Wiss. Technol. Sci. Technol.*, vol. 95, no. 8, pp. 304–308, Jan. 1993, doi: 10.1002/lipi.19930950806.
- [11] İ. Acar, *Defne (Laurus nobilis L.) yaprağı ve yaprak eterik yağının üretilmesi ve değerlendirilmesi*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları teknik bülten serisi no : 186, 1987.
- [12] S. N. Garg, M. S. Siddiqui, and S. K. Agarwal, "New fatty acid esters and hydroxy ketones from fruits of *laurus nobilis*," *J. Nat. Prod.*, vol. 55, no. 9, pp. 1315–1319, Sep. 1992, doi: 10.1021/np50087a023.
- [13] DPT, *Defneyağı ve Esansı Fizibilite Raporu*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, 1974.
- [14] F. Z. Sert, "Hatay yöresi zeytinyağlı defne sabunu," Harran Üniversitesi, 2012.

## Finite Element Approach for the Bending analysis of Castellated Steel Beams with Various Web openings

Silda Ghazi DOORI<sup>1\*</sup> , Ahmad Reshad NOORI<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Istanbul Gelisim University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, Istanbul, Turkey,

\*eng.seldagazi@gmail.com

### Abstract

The use of perforated steel beams (PSBs) has become of great importance due to their wide application in building construction and their beneficial uses as they are economical in terms of cost in addition to their lightweight. The aim of this study is to investigate the static behavior of castellated beams with different web openings. A 3D finite element analysis is performed using ABAQUS, to find out which type of beam gives the best performance under the same distributed load and fixed support condition. Different shapes are used for the web openings and compared with the basic shape of the hexagon, taking the same area into consideration for all shapes. In this paper, a new design model is developed using more than one shape in the web opening. Displacement and stress results are carried out and compared for various cases.

**Keywords:** Finite element method, Castellated beams, Steel structures, Static response

## Farklı gözenekli çelik petek kirişlerin eğilme analizi için sonlu elemanlar yaklaşımı

### Özet

Bina inşaatında geniş uygulama alanına sahip ve hafif olmalarının yanı sıra maliyet açısından da ekonomik olmaları nedeniyle petek çelik kirişlerin kullanımı büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı, farklı gözenekli petek kirişlerin statik davranışını incelemektir. Benzer üniform yayılı yük ve sınır şartları etkisinde, hangi kiriş tipinin daha iyi performans gösterdiğini belirlemek için ABAQUS yardımıyla 3D sonlu eleman analizi gerçekleştirilmiştir. Gözenekler için aynı alana sahip çeşitli geometrik şekiller kullanılmış olup, altıgen gözenekli durum ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, birden fazla gözenek şekli kullanılarak yeni bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Yer değiştirme ve gerilme sonuçları, çeşitli durumlar için elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu elemanlar, Petek kirişler, Çelik yapılar, Statik davranış

## 1. INTRODUCTION

Engineers always try to improve the structural elements to reach the best economic and suitable engineering design. The castellated steel beam is one of the important elements in the design of steel structures. Due to the fact that this type of beam is lighter than the other with the same measurements and used as a long span system, economically it reduces the cost of steel structures. One of its practical applications is shown in Figure 1., where these beams are used as roof supports. These important structural elements have occupied an important place in this field. In view of the advantages of castellated members in construction, the finite element method is used to obtain results by using the ABAQUS software. There are various studies that have led to the emergence of several new structural elements like beams of different shapes for web openings or different diameters. The main objective of using the castellated beam is to decrease the cost. Part of the previous works were devoted to developing new methods for analyzing the static and dynamic behavior of these structures.

Few examples were selected from the literature and many of them were interested in changing the shape and diameter of the web openings among these, Deepha et al. [1] used lateral stiffeners for castellated structure and it was found that the ultimate strength can be increased up to 54% and the possibility of reducing the stress concentrations by giving fillets on the corners of the web openings. Mehetre and Talikoti [2] investigated the castellated beam with fillet radius and analyzed the beam by the finite element method using ANSYS software, the result shows the suggested beam has less deflection and it was observed that the bending moment bearing capacity of sinusoidal beam is more than the hexagonal opening beam. Nawar et al. [3] investigated the castellated beam with sinusoidal and elongated circular web opening and from the results, it was concluded that by using these shapes, the bearing capacity of the castellated beams was increased. Wakchaure and Sagade [4] used a Castellated steel beam with a depth of  $0.6h$ , it was observed when the depth of web opening increases, stresses increase, and flexural stiffness of castellated beams decreases. Yustisia et al. [5] used three types of web opening; Hexagonal  $60^\circ$ , Diamond  $45^\circ$ , Octagonal  $60^\circ$ . They obtained the following results; the value of the displacement for the hexagonal profile is 12.839mm, 14.433mm for diamond profiles, and 14,972 for the profile of the octagonal. After comparing the performance graph profile of each type it was found that the hexagonal  $60^\circ$  type has the best performance among other profiles. Preetha et al. [6] made a comparison between the I section steel beam and the rectangular steel beam and the analysis shows the rectangular section gives the best convergence and they have indicated the possibility of enhanced the convergence by improving the mesh or removing rigid body motion. Morkhade et al. [7] used a large depth of beam web openings and used the reinforcement around the web openings to increase the stiffness of castellated beams. There is a 36% increase observed in strength and 44% in the robustness of stiffeners beams compared with reinforced web openings. Khartode et al. [8] investigated the deflection and essential shear buckling strength of hybrid plate girders for various yield stress. Erdal and Saka [9] used the finite element method to verify the results of the experimental work test and investigate the nonlinear analysis of web-post buckling of steel cellular beams and nonlinear behavior of bending. Grilo et al. [10] determined the shear resistance and proposed a new formulation for cellular castellated beams and it gives better results than those obtained numerically. Sweedan [11] was interested in studying the elastic lateral buckling of cellular beams. Bihina et al. [12] made a comparison between the numerical and the experimental results depended on thermal and thermomechanical analysis. Lawson et al. [13] were interested in analyzing the composite asymmetric cellular beams and presented the influence of large web openings. Mohebkah and Azandariani [14] analyzed the ultimate shear resistance of non-compact castellated beams (CLBs) and proposed a theoretical formula of limit analysis. Janini et al. [15] investigated the numerical modeling on fatigue failure for the various designs of web opening under sinusoidal vibration. Kharode et al. [16] increased the bearing capacity of the castellated beams by using stiffeners. Zakwan et al. [17] studied the nonlinear behavior of cellular steel beam (CSB) when exposed to fire under the applied load.

In this study, the bending response of castellated beams for five different designs of the web openings is investigated by means of the finite element method. Results of displacement and stress are presented for all of the considered cases.



Figure 1: Roof support beams [18].

## 2. ABAQUS ANALYSIS PROCEDURE

### 2.1 Element Type and Materials Properties

In this study, the finite-element method (FEM) using ABAQUS [19] software is utilized to investigate the static response of PSBs with various web openings. The geometric dimensions of the web openings are shown in figure 2. The span length of the beam is considered to be 12000 mm. The five different types of web openings used in this study are presented in figure 3. Properties of the web opening are listed in Table 1. The material properties used in this study are; Young's modulus  $E = 2.0 \times 10^5$  MPa and Poisson's ratio  $\nu = 0.27$ . In FEM analysis with ABAQUS, S4R element is used. S4R is a 4-node doubly curved thin or thick shell, reduced integration, quadrilateral and stress/displacement shell element, it has a large-strain formulation and reduced integration. For more detailed information about the model see Khennane [20]. Description of the element S4R can be seen from ABAQUS Analysis User's Manual [21].

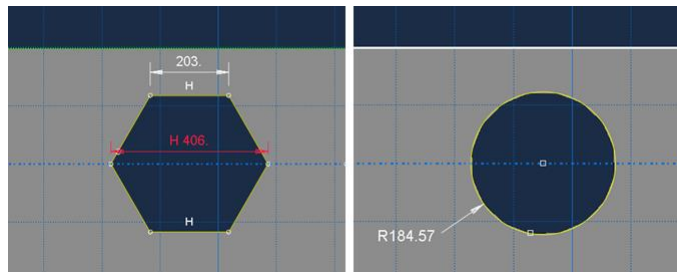


Figure 2: Geometric dimensions of the web openings

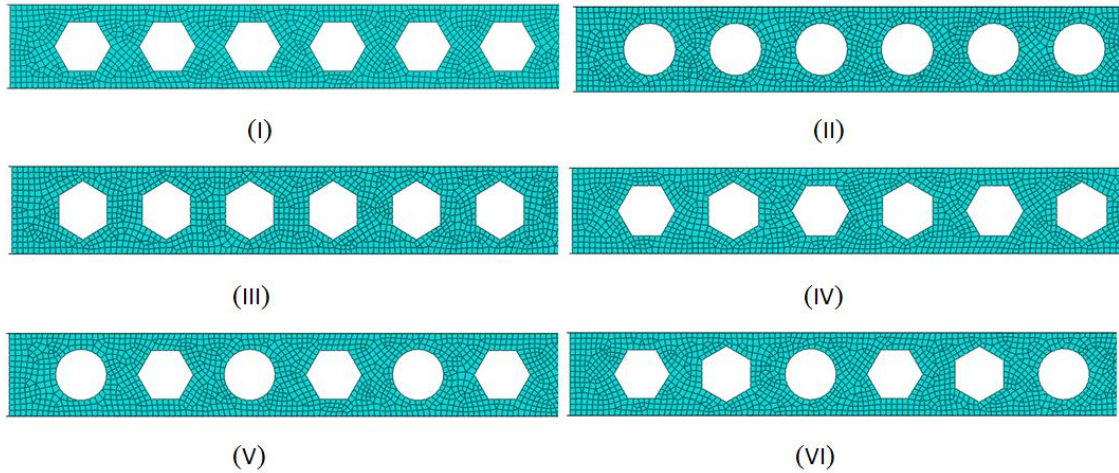


Figure 3: Type of web openings for castellated beam; (I) Type-A hexagonal web opening, (II) Cellular web opening, (III) Type-B hexagonal web opening , (IV ) Type-A and Type-B hexagonal web opening,(V) Cellular- hexagonal web opening, (VI) Complex beam web opening.

Table 1. Geometric properties of web openings

Case	Type of web Opening	Area of opening (mm <sup>2</sup> )	Center to-center distance (mm)	Number of openings
(I)	Type-A Hexagonal (HA)	184.57	609	19
(II)	Cellular (C)	184.57	609	19
(III)	Type-B Hexagonal (HB)	184.57	609	19
(IV)	Type-A and Type-B hexagonal (HAB)	184.57	609	19
(V)	Cellular- hexagonal (CH)	184.57	609	19
(VI)	Complex (CO)	184.57	609	19

## 2.2 Mesh and Boundary Conditions

In this study, the approximate global size of 40 is used to mesh the considered beam. The boundary conditions are fixed-fixed. The beam is assumed to be subjected under the uniformly distributed load of 1 N/mm<sup>2</sup>. To determine the boundary conditions in ABAQUS, linear and rotational displacements at both ends of the beam are restricted. The loading is illustrated in figure 4.

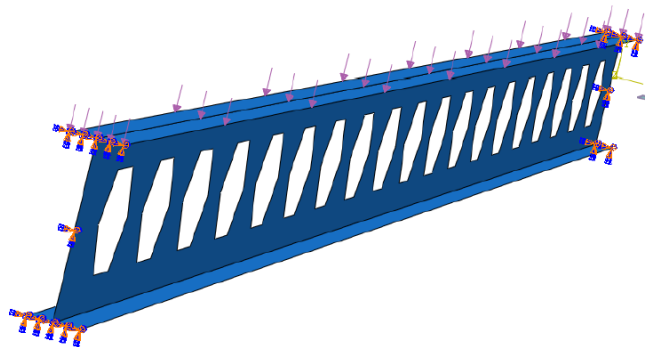


Figure 4: Fixed-fixed castellated beam subjected to uniformly distributed loading

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 DEFLECTION OF CASTELLATED BEAM

The bending response of the castellated beam is investigated under the given loading in the previous section for HA, C, HB, HAB, CH, and CO web openings. In this section, displacement and rotations are obtained. The transverse displacement values for HA (case I) web opening are presented in Figure 5. From the figure, it can be seen that in this case, the maximum value of the vertical displacement is 125.8 mm. In the same manner, vertical displacement results are obtained and shown in figures 6 – 10 for Case II-VI.

From the comparison of the given figures (5-10) it can be clearly seen that the largest vertical displacement occurs in Case III, while the lowest vertical displacement occurs in case II. The results of the case I and case III are very close to each other. This shows that the displacements obtained for both types of hexagonal web openings are approximately equal. The results of Case V appear to be close to those of case I. The lowest vertical displacement values of the castellated beams with circular web openings (Case II) and the ease of application have caused such beams to be used a lot in practice.

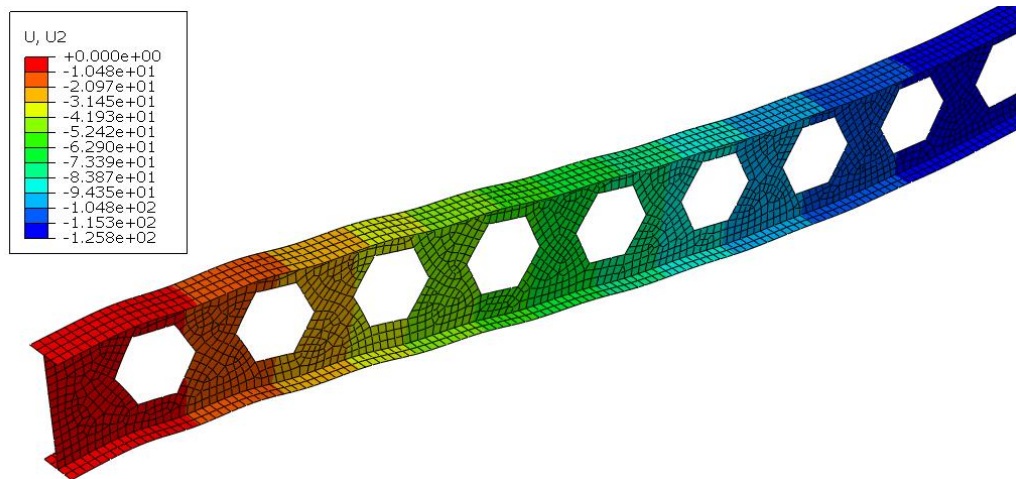


Figure 5: Transverse displacement of fixed-fixed supported HA castellated beam

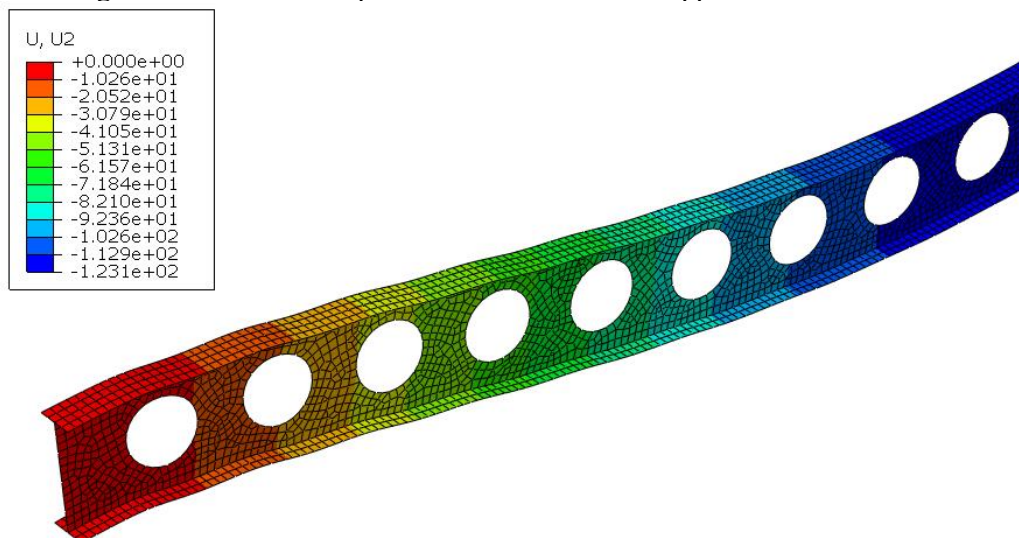


Figure 6: Transverse displacement of fixed-fixed supported C castellated beam

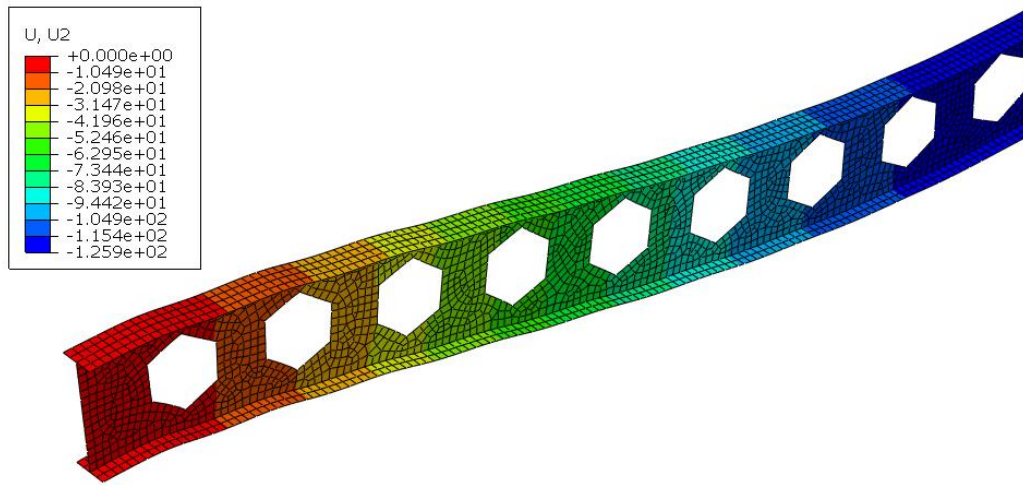


Figure 7: Transverse displacement of fixed-fixed supported HB castellated beam

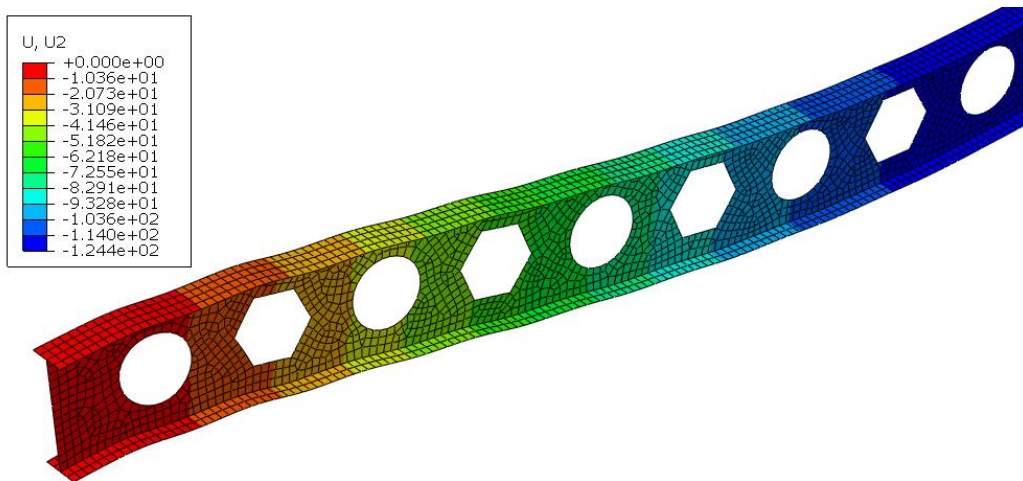


Figure 8: Transverse displacement of fixed-fixed supported CH castellated beam

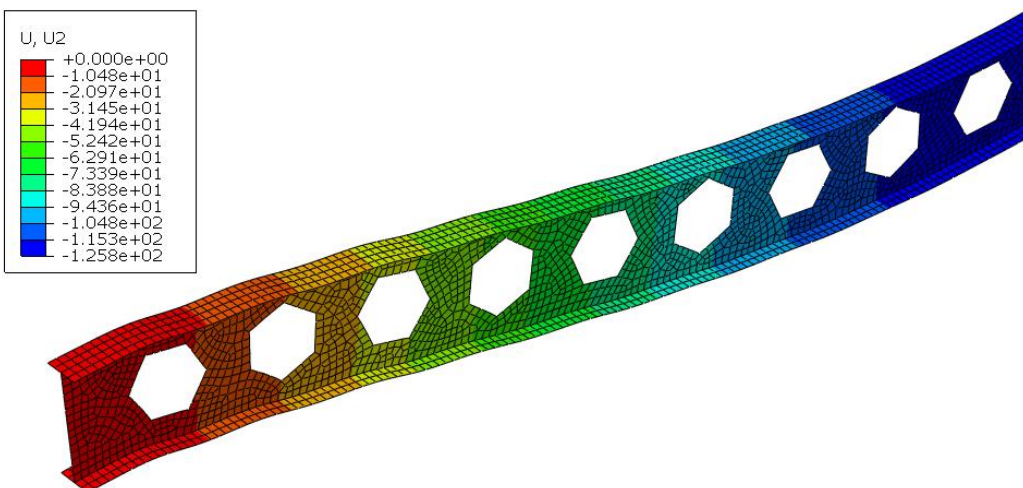


Figure 9: Transverse displacement of fixed-fixed supported HAB castellated beam

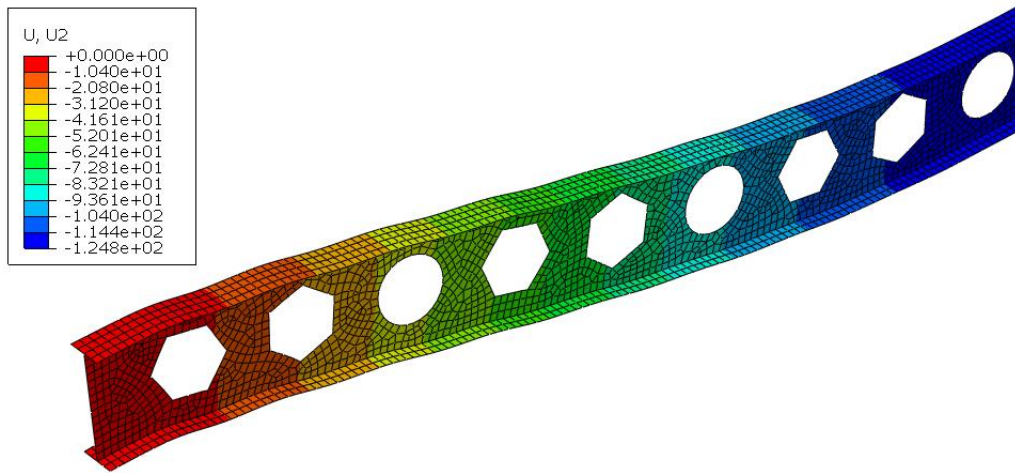


Figure 10: Transverse displacement of fixed-fixed supported CO castellated beam

### 3.2 STRESS ANALYSIS

In this section, the stress analysis of the considered castellated beams is carried out with the help of the finite element package program ABAQUS. Von Mises stress values are presented for Case III and Case II in figures 11-12. The comparison of figures 11-12 demonstrates that values of the Von Mises stress have the largest value in Case II and lowest values in Case III. But, it must be noticed that the Von Mises stress generated in the flange of the beam for Case III is greater than those of Case II.

Results for the maximum principal stresses are also compared. Results are presented in figure 13 for Case II and in figure 14 for case III. From the given figures it can be carried out that maximum principal stresses generated in Case II are greater than those of Case III. It has been found the Case II gives the best result of maximum principal stresses.

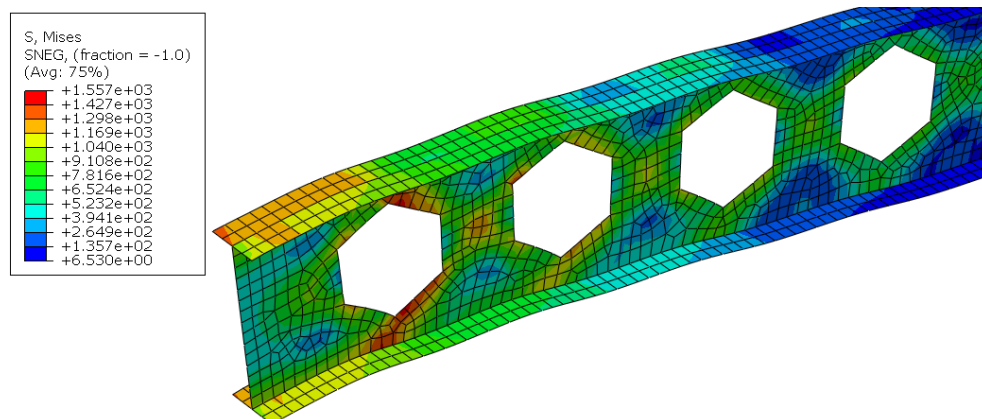


Figure 11: Von-Mises stress values of fixed supported HB castellated beam



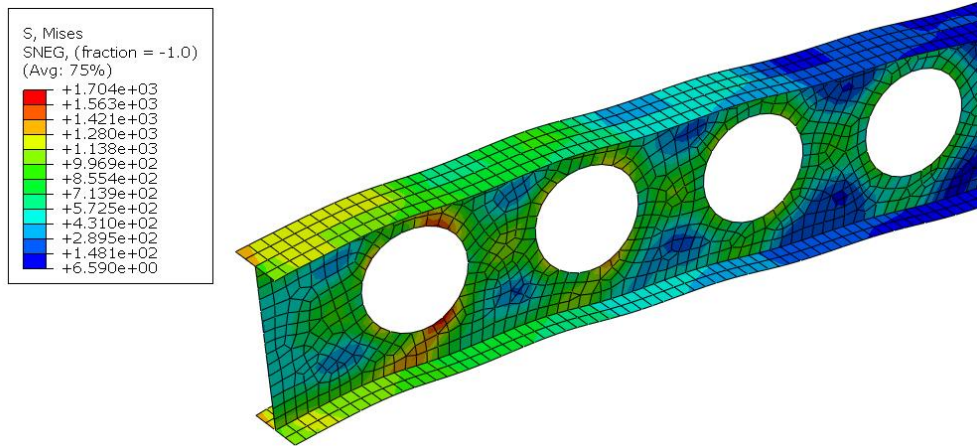


Figure 12: Von-Mises stress values of fixed supported C castellated beam

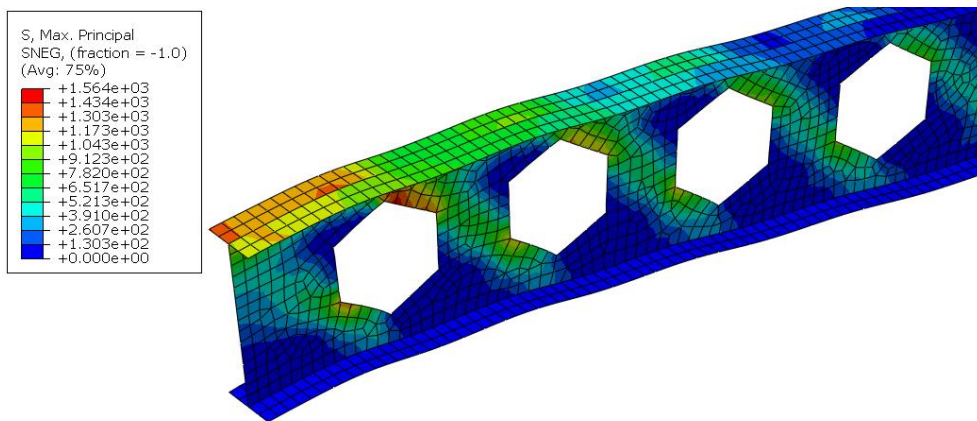


Figure 13: The maximum principal stress fixed supported HB castellated beam

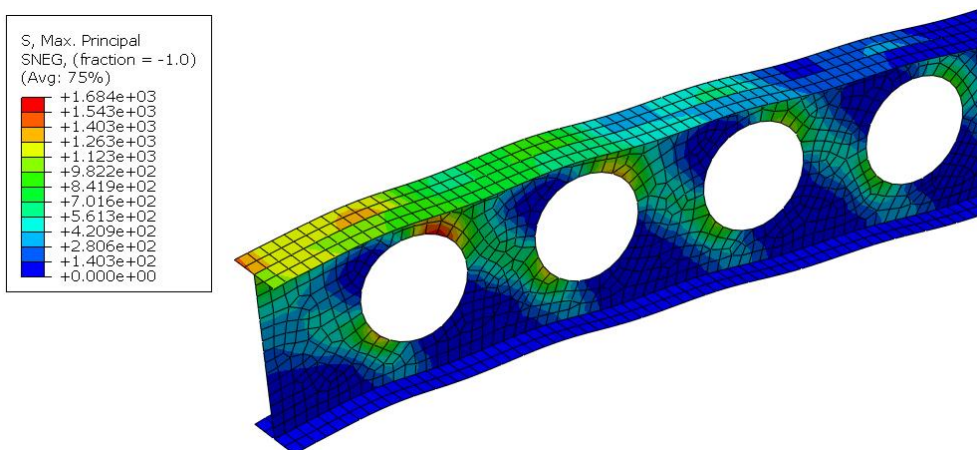


Figure 14: The maximum principal stress fixed supported C castellated beam

Comparison of maximum transverse displacements ( $U_2$ ), lateral displacements ( $U_3$ ), and rotational angle about the axis of the beam ( $UR_1$ ) are presented in figures (15-17) for all of the considered cases. The loading and boundary conditions are the same as in the previous sections.

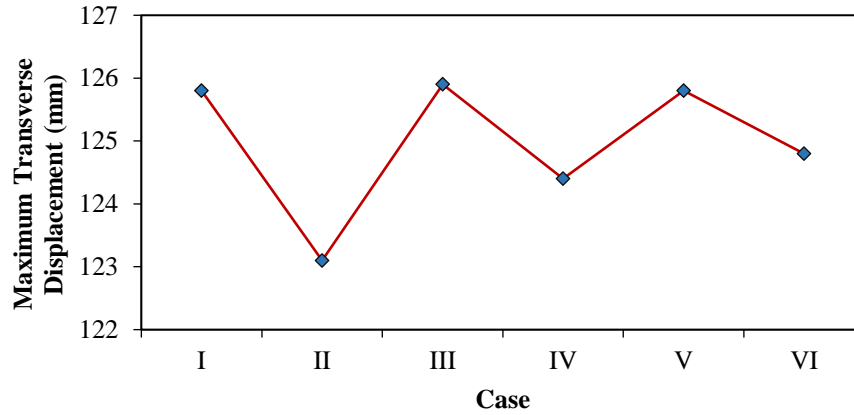


Figure 15: Maximum transverse displacement (mm)

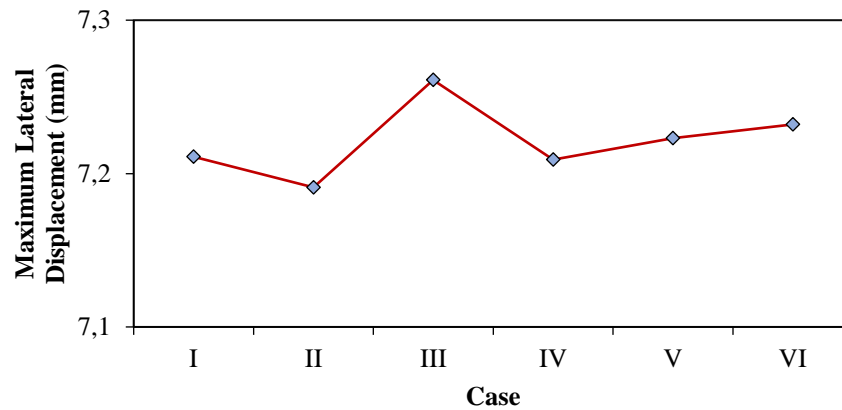


Figure 16: Maximum lateral displacement (mm)

Also, the axial displacement ( $U_1$ ), transverse displacement ( $U_2$ ), lateral displacement ( $U_3$ ) and rotation about the axis of the beam ( $UR_1$ ), rotation about the normal axis ( $UR_2$ ) and rotation about the bi-normal axis ( $UR_3$ ) are obtained for all of the cases discussed in the previous section. Results are compared in Table 2.

The comparison studies presented in the given figures (15-17) and Table 2 show that the vertical and lateral displacements have the maximum values when the web opening of the beam is HB (Case III), and the rotation about the axis of the beam has the greatest value in Case VI. As a result of the comparison, it can be found that the most critical web opening against bending and lateral buckling is HB (Case III). On the other hand, the most appropriate web opening is Case II based on the values of linear displacements and rotations.

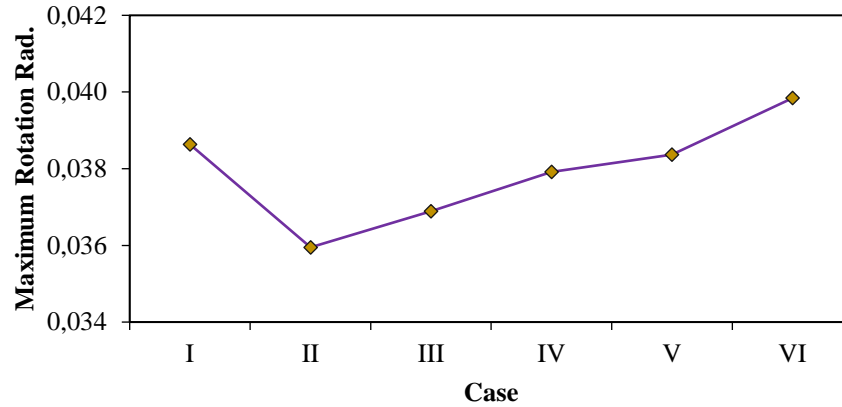


Figure 17: Maximum rotation

Table 2. Comparison of the displacements and rotations of various web openings

Case	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	UR1 (Rad)	UR2 (Rad)	UR3 (Rad)
I	0.01504	125.80000	7.21100	0.03863	0.00174	0.00459
II	0.14630	123.10000	7.19100	0.03595	0.00174	0.00413
III	0.14860	125.90000	7.26100	0.03689	0.00175	0.00440
IV	0.14990	124.40000	7.20900	0.03792	0.00175	0.00458
V	0.15080	125.80000	7.22300	0.03837	0.00175	0.00456
VI	0.14980	124.80000	7.23200	0.03984	0.00174	0.00454

#### 4. CONCLUSION

In this paper, the static response of castellated beams is investigated for various types of web opening by means of the finite element method. Displacement and stress results are obtained and compared. Based on the comparison given in the paper the conclusions are as follows:

- The largest transverse and lateral displacements occur in case III, while the lowest transverse and lateral displacement occur in case II.
- The rotation about the axis of the beam has the greatest values when the web opening is CO and it has the smallest values when the beam is cellular.
- Based on the comparison of the maximum principal and Von-mises stresses it is found that the most appropriate web opening is C.

#### REFERENCES

- [1] Deepha, R., Jayalekshmi, S. ve Jagadeesan, K., 2020, Nonlinear analysis of castellated ISMB150–I beam with hexagonal openings–A finite element approach, *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.369>
- [2] Mehetre, A. T., Talikoti, R. S., 2020, Effect of Fillet Radii on Moment Carrying Capacity of Sinusoidal Web Opening Castellated Steel Beams in Comparison with Hexagonal Web Openings, *RS Iranian Journal of Science Technology*, *Transactions of Civil Engineering*, 44, 151–161. <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00378-w>
- [3] Nawar, M. T., Arafa, I. T. ve Elhosseiny, O., 2020, Numerical investigation on effective spans ranges of perforated steel beams, *Structures*, 398-410. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.03.026>
- [4] Wakchaure, M. S., Sagade, A.V., 2012, Finite element analysis of castellated steel beam, *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2 (1), 365-370.
- [5] Yustisia, V., Suswanto, B., Irawan, D. ve Iranata, D., 2020, The structural behavior of castellated beam with shape variation using finite element methods, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 012051.
- [6] Preetha, V., Hariharan, S., Santhoshkumar, P., Suseendran, S. ve Gowtham, P., 2020, Effect of linear and non-linear behavior of steel beam sections, *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.074>
- [7] Morkhade, S. G., Lokhande, R. S., Gund, U. D., Divate, A. B., Deosarkar, S. S. ve Chavan, M. U., 2020, Structural behaviour of castellated steel beams with reinforced web openings, *Asian Journal of Civil Engineering*, 21, 1067-1078. <https://doi.org/10.1007/s42107-020-00262-y>
- [8] Khartode, R. R., Godase, A. A., Narule, G. ve Ahiwale, D., 2020, A Parametric Study of Hybrid Steel Plate Girder, *Gis Science Journal*, 7 (11), 1045 - 1058.
- [9] Erdal, F. ve Saka, M. P., 2013, Ultimate load carrying capacity of optimally designed steel cellular beams, *Journal of constructional steel research*, 80, 355-368. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2012.10.007>
- [10] Grilo, L. F., Fakury, R. H. ve de Souza Veríssimo, G., 2018, Design procedure for the web-post buckling of steel cellular beams, *Journal of Constructional Steel Research*, 148, 525-541. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2018.06.020>
- [11] Sweedan, A. M., 2011, Elastic lateral stability of I-shaped cellular steel beams, *Journal of constructional steel research*, 67 (2), 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2010.08.009>
- [12] Bihina, G., Zhao, B. and Bouchaïr, A., 2013, Behaviour of composite steel–concrete cellular beams in fire, *Engineering Structures*, 56, 2217-2228. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.09.002>
- [13] Lawson, R., Lim, J., Hicks, S. ve Simms, W., 2006, Design of composite asymmetric cellular beams and beams with large web openings, *Journal of Constructional Steel Research*, 62 (6), 614-629. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2005.09.012>
- [14] Mohebkah, A. ve Azandariani, M. G., 2020, Shear resistance of retrofitted castellated link beams: Numerical and limit analysis approaches, *Engineering Structures*, 203, 109864. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109864>
- [15] Jaini, Z., Kit, S. H., Feng, Y. , 2020, Numerical Assessment on Fatigue Failure of Castellated Steel Beams under Sinusoidal Vibration, *International Journal of Sustainable Construction Engineering*, 11 (1), 273-283.
- [16] Khartode, R., Nimbalkar, D., Pise, A., Pote, S., Purigosavi, S., Morkhade, S., Ahiwale, D. ve Raut, K., 2020, Finite Element Analysis of Hybrid Steel Welded I Section using ANSYS Software, *Journal of Seybold Report* ISSN NO, 1533, 9211.
- [17] Zakwan, F., Krishnamoorthy, R., Ibrahim, A. ve Ismail, R., 2020, Finite Element Analysis of Coated (Intumescent Coating Protection) Cellular Steel Beam (CSB) Expose to Fire, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 012032.
- [18] Fares, S. S., Coulson, J. ve Dinehart, D. W., 2016, Castellated and cellular beam design, *American Institute of Steel Construction*.
- [19] (ABAQUS)
- [20] Khennane, A., 2013, *Introduction to finite element analysis using MATLAB® and abaqus*, CRC Press, p.
- [21] (ABAQUS MANUAL) *ABAQUS Analysis User's Manual (v6.6)*

## Kent Kıyılarının ve Suyun Kamusal Sanatla Dönüşümü

Cemre Kılınç<sup>1\*</sup> , Mehmet İnceoğlu<sup>2</sup> , Sema Balçık<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Eskişehir, Türkiye

<sup>3</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Eskişehir, Türkiye

\*ckilinc@bingol.edu.tr

### Özet

Kamusal sanat toplumu oluşturan birbirinden farklı bireyleri bir araya getirerek, fikirlerin, istek ve ihtiyaçların ifade edilebileceği bir alan sunmaktadır. Bu anlamda kentsel mekânlarda yer alması toplum yaşamına katkı sağlamaktadır. Kamusal sanat ürünleri günümüzde kentsel mekânların vazgeçilmezi olmaya başlamıştır. Geçici ya da kalıcı olarak yerleştikleri andan itibaren kamusal alana getirdiği dinamizm mekâna yeni bir soluk olmaktadır. Özellikle son yıllarda kıyı ile ilişki kuran, su ile temas eden, ona dokunan geçici kamusal sanat ürünleri yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada yumuşak bir zemin olarak suyun ve kent kıyılarının kamusal sanatla olan temasını içeren örnekler kentsel kalite parametreleri doğrultusunda irdelenmiş ve Antalya-Konyaaltı Sahili çerçevesinde yapılan kent mobilyaları şeklindeki kamusal sanat ürünleri incelenerek alana dair önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kamusal Sanat, Kıyı, Su Ögesi, Kentsel Mekân ve Sanat

## The Transformation of Water and Urban Coast with Public Art

### Abstract

Public art offers a space where ideas, desires and needs can be expressed by bringing together the different individuals that make up the society. In this sense, taking place in urban spaces contributes to community life. Public art products have become indispensable for urban spaces today. The dynamism it brings to the public space from the moment they settle temporarily or permanently is a breath of fresh air to the space. Especially in recent years, temporary public art products that have contact with the coast, touch and touch the water are becoming widespread. In this study, the examples containing the contact of water and city coasts with public art as a soft ground were examined in line with the urban quality parameters and public art products in the form of urban furniture made within the framework of Antalya-Konyaaltı Beach were examined and suggestions were made regarding the area.

**Keywords:** Public Art, Coast, Water Element, Urban Space and Art

## 1. GİRİŞ

Kamusal sanat en basit haliyle halkın kolaylıkla görebileceği, herkes tarafından ulaşılabilir mekânlarda yapılan sanat olarak tanımlanabilir [1]. Günümüzde kamusal sanata olan ilgi giderek artmakta ve toplumsal bir gereksinime dönüşmektedir. 21. Yüzyıl ile gelişen teknoloji sayesinde sanatsal faaliyetler çeşitlenerek kamusal mekânın vazgeçilmezi olmaya başlamıştır. Bireyin günlük hayatta karşılaştığı geçici kamusal sanat ürünleri kanıksadıkları mekâna yeni bir soluk ve dinamizm getirmektedir. Bu bakımdan kamusal sanat ürünleri bir kamusal mekânı yeniden tanımlama gücünü elinde bulundurmaları bakımından oldukça önemlidir.

Sanatın yeni düşünce ve uygulamaların denendiği bir laboratuvar oluşu [2] ve sürecin deneyimlenebildiği, test edilebildiği bir alan olarak kamusal mekânlarda, 2000’li yıllar itibarıyla sıkça görmeye başladığımız pavyon, enstalasyon, kent mobilyaları gibi kamusal sanat ürünleri mekâna getirdiği canlılık, dinamizm ve estetikle dikkat çekmekte ve mekânın kalitesini artırmaktadır. Mekânsal kalite, Rapoport tarafından tasarımda fark edilen, göze çarpan farklılıklar olarak tanımlanmıştır [3]. Estetik ve mekâna ait işlevsel değerler doğrultusunda mekân kalitesi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Sherwin Greene [4], tasarımı ilişkili mekân kalitesini sınıflandırırken işlev, düzen, kimlik, cazibe/çekim parametreleri olduğunu ifade etmiştir. Kamusal sanat ürünlerinin, konumlandığı kent mekânlarının kalitesini artırırken o mekâna kimi zaman yeni bir işlev ve düzen kazandırdığı, kimi zaman o mekânı yeniden tanımlama gücüyle yeni bir kimlik kazandırdığı, kimi zamansa o mekânı bir cazibe/çekim noktası haline getirdiğini ifade etmek yanlış olmayacaktır. Çalışmada nitel araştırma yönteminden yararlanılarak çalışmanın kapsamını oluşturan kent kıyılarında ve su üzerinde bulunan beş farklı kamusal sanat çalışması derlenmiştir. Bu örneklerin seçiminde buldukları yerle ilişkileri, işlevleri, su ile kurdukları ilişki ve mekân kalitesine etkileri belirleyici olmuştur. Bu doğrultuda çalışmada dünya üzerinde yer alan kent kıyıları ve su ile ilişkili kamusal sanat ürünlerinin kentsel mekân kalite parametreleri üzerinden irdelenerek Antalya Konyaaltı Sahili’nin kamusal sanat ürünleri üzerinden incelenmesi ve çeşitli önerilerde bulunulması amaçlanmıştır.

## 2. KAMUSAL SANAT ÜRÜNLERİ: KENT KİYILARI VE SU ÖGESİ İLE İLİŞKİSİ

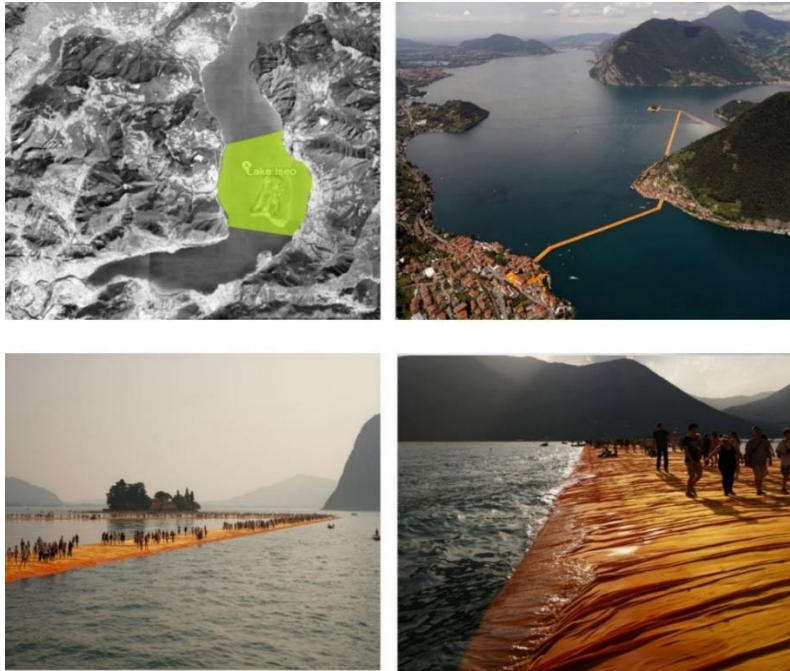
En genel anlamıyla sanat, “Pratik hatta mekânik bir yeteneğin, yaratıcılıkla yoğrulup ortaya sıra dışı bir eser halinde dökülmesi ve kişinin içindekileri ruh, zekâ, duygu ve beden harmonisiyle dışarıya yansıtması olarak ifade edilmektedir [5].” Sanat öznel gerçekliği nesnelleştiren aynı zamanda doğaya ait dışsal deneyimleri de öznelleştiren bir kavramdır [6]. Sanat, sanatçının bir dizi iletişimsel etkiyi kendi yarattığı özgür kompozisyonu her izleyicinin kendine göre anlamlandıracağı şekilde düzenleme uğraşının son ürünüdür [7] gibi tanımlar da mevcuttur. Sanatçının, dışsal deneyimleri geniş ve herkesin erişebileceği bir izleyici kitlesine sunmasıyla ve kamusal mekânda sanat-tasarımın bir araya gelmesiyle oluşan bu dışa vurum kamusal sanat olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kamusal sanat toplumun farklı kesimlerinin bulunduğu, düşüncelerin, arzu ve ihtiyaçların ifade edildiği bir alandır. İzleyici-mekân-sanat ürünü arasında her zaman karşılıklı ilişki bulunmaktadır [8]. Sanat alanı kamusal alandır ve iletişim kurulabilecek bir platform isteğiyle oluşturulur [9]. Bu iletişim kamusal açık alanlarda mevcut mekâna heyecan katması açısından mekâna kimlik kazandırır [10]. Sanatçılar, mimarlar, kentsel tasarımcılar, plancılar, sosyologlar yani toplumun ayrı kesimleri arasındaki paylaşımlar yere ait olanın ortaya çıkarılmasını sağlar [11]. İster maddesel ister sanal ya da hayali olsun sanatsal bir mekân yaratmak, kimlik oluşumuna katkı sağlaması, yere özgü olanı açığa çıkarması, toplumun bir yansımını yaratması ve kamu mekânının kullanımını kamusal mekândaki davranış biçimlerini anlamlandırması açısından oldukça önemlidir [12]. Bir temsil biçimi olarak sanat birey ile dünya arasında bir mekâna yerleşerek bireyin çevresine bakışını, algılayışını değiştirebilir.

Kıyılar tarih boyunca seçkin mekânlar olmuşlardır. Kara parçası ile su arasında bir ara mekân oluşturarak eşik görevi gören kıyılar aynı zamanda toplumların da ihtiyacı olmuştur [13]. Kıyıların su ögesi ile kurduğu ilişkiler sadece denizler ile sınırlı olmamakla beraber nehir, göl, akarsu gibi alanlarda da değişkenlik gösterebilmektedir. Sert zemin olan kıyılarla yumuşak zemin olarak nitelendirilebilen su ögeleri kimi zaman farklı kullanımlara şahit olmaktadır. Kamusal sanat ise bu kullanımların başında gelmektedir. Kamusal sanat 21. Yüzyıl ile başlayan süreçte çok farklı mekânlarda sergilenmeye başlamıştır. Kent meydanından, kırsal bir araziye, sokaktan meydana, kıyılardan su ögesinin üzerine ve hatta havada dahi çeşitlenerek sergilenmeye başlayan pavyon, enstalasyon ve kent mobilyaları konumlandıkları yerde bireylerin kanıksadıkları mekâna farklı bakış açılarıyla bakarak orayı yeniden keşfetmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda kamusal sanat, kısa süreli olarak “hoşa giden biçimler yaratma gayesidir [14]”. Bu anlamda geçici sanat ürünlerindeki zamansallık durumu kentlilerin ilgisini, merakını arttırarak günlük yaşantıyı ve kent mekânlarının kullanımını zenginleştirmektedir. Bu doğrultuda literatür çalışması kapsamında su ögesi üzerinde ve kent kıyılarında yer alan dünya örneklerinden “The Floating Piers” Enstalasyonu (İtalya-2016), “1/4 Mile Arc” Enstalasyonu (Amerika-2017), “Three Matrix” Pavyonu (Amerika- 2017), “Triennale Brugge” Pavyonu (Hollanda-2018) ve “Russian Creativity Week” Pavyonu (Rusya-2020) incelenmiştir. Bu örnekler Sherwin Greene [4] tarafından belirlenen *işlev, düzen, kimlik, cazibe/çekim* kalite parametreleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

## 2.1 “The Floating Piers” (Yüzer İskele) Enstalasyonu, İtalya- 2016

Tasarım aşaması aslında 1970 yılından itibaren başlamış ve sonrasında devam etmiş olan Christo-Jeanne Claude tasarımı olan enstalasyon 2016 yılında İtalya’da bir yumuşak zemin olarak Iseo Gölü’nün yüzeyinde sergilenmiştir. Gölün kıyısından başlayıp denizin üstüne taşan tasarım, adaları su üzerine kurulan platform ile birbirine bağlamıştır. San Paolo adasına doğru yürüyen ziyaretçiler gölü çevreleyen dağları, fark edilmeyen açılırları deneyimleme fırsatı yakalayıp göle olan bakış açılarını yenilemiş ve eşsiz anlara şahit olmuşlardır.



Şekil 1. ‘The Floating Piers’ Enstalasyonu, İtalya, 2016 [15].

Tasarım gece gündüz 24 saat boyunca herkesin kullanımına açık bir şekilde ziyaretçilere suyun üstünde yürüme deneyimi yaşatmıştır. Tasarımın halka açık olmasıyla ilgili Christo, “Bilet yok, rezervasyon yok ve mal sahibi yoktu. ‘Yüzer İskele’ sokağın bir uzantısıydı ve herkese aitti [16].” diyerek enstalasyonun kamusallığını öne çıkarmıştır. Oluşturulan iskele 3 kilometre uzunluğunda, 16 metre genişliğinde ve eğimli kenarları yaklaşık 35 santimetre yüksekliğindedir. Platform sarı-turuncu bir kumaşla kaplanmıştır. Tasarımın kıyıyla kurmuş olduğu ilişkide kumaşın sadece deniz üstündeki platform üzerinde eğil,uzantısının göl kıyısındaki sokakların içlerine sızarak 1.5km boyunca devam etmiş olması sürekliliği sağlayarak kentte bir bütünlük yaratmıştır [17].



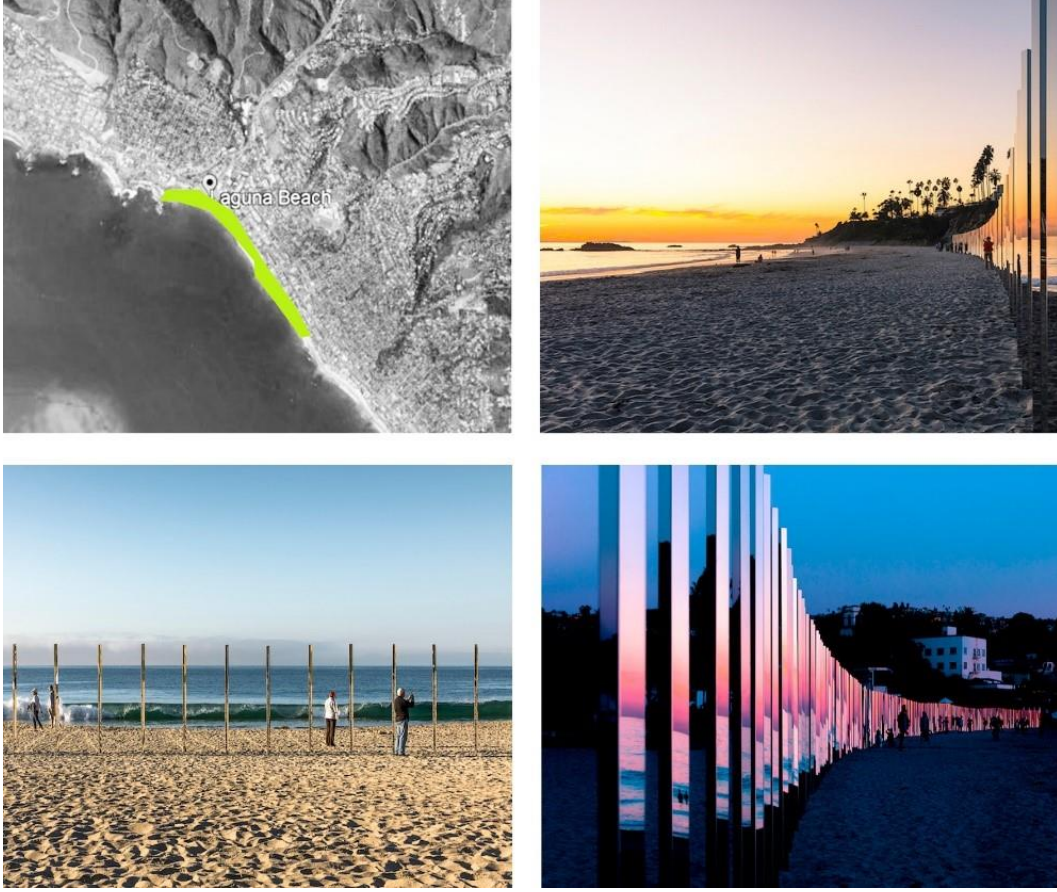
Şekil 2. Kumaş malzemenin iç sokaklara uzanarak, enstalasyonun kentle olan bütünlüğü sağlanmıştır [15].

Yapım aşamasında 220.000 tane polietilen küp kullanılmıştır. Küpler dalgıçlar yardımıyla suyun altından birbirine bağlanmış ve sonrasında 100.000 metrekarelik kumaşla kaplanmıştır. Hazırlık aşaması toplam üç ay süren enstalasyon sadece 16 gün boyunca sergilenmiştir. Sonrasında ise tüm malzemelerin geri dönüşüme gönderildiği bilinmektedir [15]. Bu anlamda tasarımcı Chisto “Biz kalıcılığı insanların belleklerinde sağlamak istedik [16]” sözleriyle geçici kamusal sanat ürünlerindeki zamansallığı farklı bir açıdan değerlendirmiştir.

## 2.2 “1/4 Mile Arc” Enstalasyonu, Amerika- 2017

Kaliforniyalı sanatçı Phillip K Smith’in ürettiği, *1/4 Mile Arc* adlı interaktif sanat eseri 2017 yılında bir sert zemin olarak deniz ve kıyı arasında ara mekân olan plajda sergilenmiştir. Entalasyonda dalgaları kalıcı olarak yansıtmak için kıyı kıvrımını takip eden 250 adet ayna yerleştirilmiştir. Yerleştirilen aynalar tasarım prensibi olarak kıyıyla; okyanus, kumsal ve gökyüzünün gün içerisinde değişen ışık-renk doğrultusundaki yansımalarının mekân algısının dönüşümüne dair bir ilişki kurmaktadır [18].



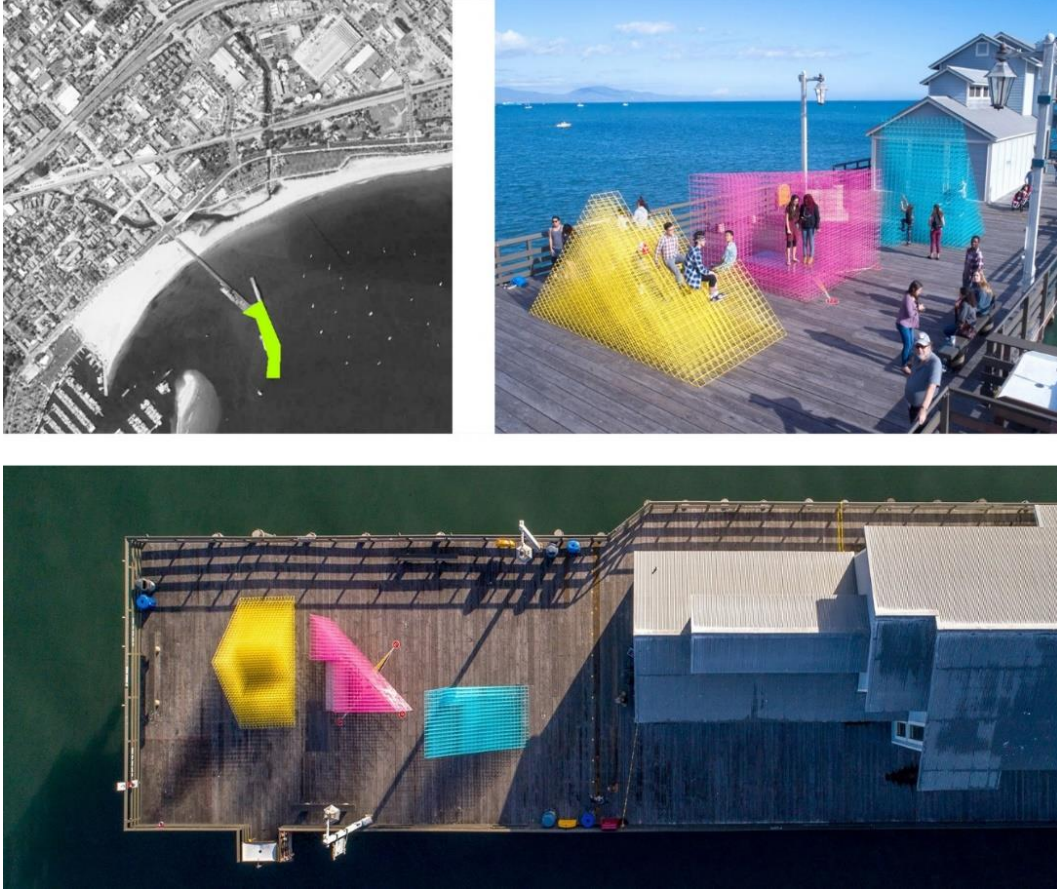


Şekil 3. '1/4 Mile Arc' Enstalasyonu ve gün ışığı döngüsü ile dönüşümü Amerika- 2017 [19].

Mekâna dinamizm, canlılık getiren kamusal sanat eserindeki aynalar gün içinde farklı tonlardaki güneş ışıklarını yansıtarak plaj ile bütünleşmiştir. Yatay düzlemde uzayarak devam eden plaja 250 metre boyunca entegre olan aynalar plaja kattığı düşeylikle zıtlık oluşturmuştur. Bölge halkının birebir deneyimlediği enstalasyon geçici olarak sergilense de hafızalarda kalıcı olmuştur [19].

### 2.3. "Three Matrix" Pavyonu, Amerika- 2017

Mimarlık ve sanat tabanlı tasarım ofisi *Sports*, Kaliforniya şehri Santa Barbara için canlı bir işaret olarak 2017 yılında deniz üstünde mevcutta bulunan zeminde "Three Matrix" Pavyonu'nu sergilemiştir. Havanın estetik kalitesini mimarileştirmek amacıyla yapılan strüktür objeler canlı bir görsel ortamı vurgulamıştır. Camgöbeği, macenta, sarı renklerdeki grid sistemli tellerden oluşan üç platform, içindeki binlerce doğrusal öge ile yoğun bir bulanıklık oluşturmuştur. Ayrıca strüktürler içinde barındırdığı boşluklarla çeşitli gölgeleme seçenekleri sunmuştur [20]. Basit geometri formlarındaki grid nesnelere; kullanıcılar için oturma bankı, dinlenip uzandıkları mekân, hatta doğaçlama bir performans sahnesi oluşturan bir dizi olası yönelim sunmuştur. Kıyıda uzanan platforma yerleştirilen tasarım kentsel dekor nesnelere olarak manzaraya cesur ve canlı bir kimlik kazandırmıştır. Kıyıda uzakta konumlanan bu objeler bireylere aynı anda kıyıya, kente ve suya farklı açılardan bakma olanağı sunmuştur.



Şekil 4. 'Matrix' Pavyonu ve kıyı üzerindeki platformun kamusal sanatla dönüşümü Amerika- 2017 [20].

#### 2.4. "Triennale Brugge" Pavyonu, Hollanda- 2018

İdeolojilerin ve yaşam biçimlerinin tehdit altında olduğu hızla değişen dünyamızda, 2018 Bruges Trienali bir soru öne sürüp "Bruges gibi tarihi bir şehir, artık hiçbir şeyin kesin olmadığı bir çağda ne kadar esnek, akıcı ve dayanıklı olabilir?"i sorgulamak istemiştir. Buna paralel olarak, şehrin kendi coğrafyasında yatan, suyla sarmalanmış ve örülmüş bir şehir olan Bruges, bu trienalde birçok kamusal sanat ürününün kendisine bir metafor olmuştur. Şehrin akışkanlığı ve sanatsal mirasının pitoresk enstalasyonlara dönüştüğü trienalde ziyaretçiler bu yaratıcı sürecin bir parçası olmuşlardır. SelgasCano tasarımı olan pavyonun ise ince, esnek, geçirgen örtüsüyle oluşturduğu renkli mekânda; suyun üzerinde katılımcılara farklı bir dünyaya giriyormuş hissiyatı vermesiyle trienalde sergilenen diğer kamusal sanat ürünlerinden ayrıştığı düşünülmektedir.



Şekil 5. 'Triennale Brugge' Pavyonu, Hollanda- 2018 [21].

Tasarım ekibi, ziyaretçilerin dalış yapabilmeleri için bir yumuşak zemin olarak Coupure Kanalı'nda hareketli bir yüzen pavyon tasarlamıştır. Dış katman, ışığın uzayda şakacı bir şekilde dolaşmasına izin vererek eski şehrin doğal algısını bozmuş ve fotoğrafçılar için bir ilham perisi görevi görmüştür [22]. Platform, yüzen bir enstalasyon olmasının yanı sıra, toplantı ve aktiviteler için bir alan olarak da hizmet vermiştir. Pembe-turuncu vinil ile çevrelenmiş çelik bir iskeletten oluşan pavyona sarı ahşap bir platform eklenerek ziyaretçilerin kanalda yüzmelerine ve dalış sporu yaparak su ögesi ile ilişki kurmalarına izin verilmiştir. Bu özellikleriyle pavyon bulunduğu kent özelinde bireylere interaktif deneyimler sunmuştur. Geçici kamusal sanat ürünü ışığın, renklerin oyunculuğu ve ziyaretçilerle etkileşim yaratma çabası ile dinamik ifadeye bürünerek hafızalardaki deneyimini sürdürmüştür [21].

## 2.5. "Russian Creativity Week" Pavyonu, Rusya- 2020

Eylül 2020'de, çeşitli kurum ve kuruluşların birçok temsilcisini bir araya getiren ilk Rus Yaratıcı Endüstriler Festivali kapsamında 14 adet tematik pavyon birimleri bir sert zemin olarak deniz kıyısında sergilenmiştir. Birimler konferans salonunun yanı sıra toplantı alanları, basın kabinleri ve bir bilgi merkezi içeren pavyonlar şeklinde oluşturulmuştur. Geniş bir izleyici kitlesinin ilgisini çeken ve geçici bir süre ile kıyıda konumlanan pavyonlar, düzenlenen konferanslar, eğitim programları, sergiler aracılığıyla renklenmiştir. Çok yüzlü pavyonlar, yüksek tavanlı bir düzleme ve dersler için renkli bir iç mekâna sahip olmuştur. Biçim ve renkleriyle kıyuyu kısa süreli dönüştüren pavyonlar salgın dönemindeki kurulumu nedeniyle sosyal mesafe ihtiyacı göz önünde bulundurularak her konferans salonunun maksimum 60 ziyaretçi kapasitesi

bulunacak şekilde tasarlanmıştır [23]. Bu durum hem tasarım hem de mekânın kullanımının pandemi doğrultusunda şekillendiğini göstermektedir.

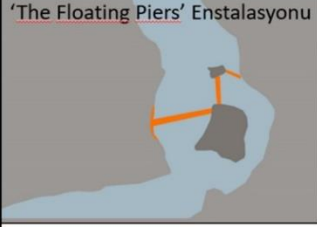
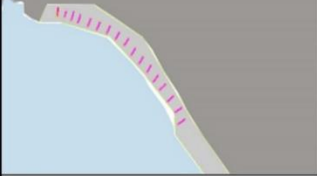


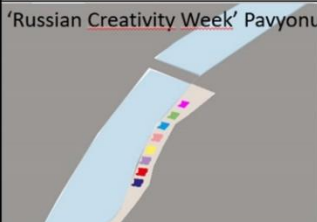


Şekil 6. 'Russian Creativity Week' Pavyonu ve farklı renklerdeki pavyonların gündüz ve gece mekânı dönüştürmesi, Rusya- 2020 [24].

Çeşitli renklerde tasarlanmış olan pavyonlar geceleri canlı bir parlıltı yayarak Gorky Park'ın manzarasını değiştirip başka bir atmosferi yaratmıştır. Aynı zamanda renk şeması pavyonlar arası navigasyonu basitleştirmiş ve pavyonlar arasındaki geçiş yolu, ziyaretçilerin konferans salonlarından geçmesine ve festivalin diğer bölgelerine kolayca ulaşmasına olanak tanımıştır [24].

Çalışma kapsamında incelenen su ögesi veya kıyı ile ilişkili "The Floating Piers" Enstalasyonu, "1/4 Mile Arc" Enstalasyonu, "Three Matrix" Pavyonu, "Triennale Brugge" Pavyonu ve "Russian Creativity Week" Pavyonu Sherwin Greene'nin belirlemiş olduğu kalite parametreleri [4] doğrultusunda aşağıdaki tablolar aracılığıyla irdelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İncelenen Kamusal Sanat Ürünlerinin Kentsel Kalite Parametreleri Üzerinden Değerlendirilmesi

'The Floating Piers' Enstalasyonu	Enstalasyonun Kimlik Bilgisi  Mekan   Su üstü	İşlev		Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
		Bağlantı	Güvenlik	Tutarlılık	Açıklık	Odak	Birlik	Ölçek	Uygunluk	Canlılık	Uyum
		Bağlantı	●	Tutarlılık		Odak	●	Ölçek			
		Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk			
		Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●		
		Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum			
'1/4 Mile Arc' Enstalasyonu	Enstalasyonun Kimlik Bilgisi  Mekan   Kumsal	İşlev		Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
		Bağlantı		Tutarlılık		Odak	●	Ölçek			
		Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk			
		Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●		
		Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum			
'Matrix' Pavyonu	Pavyonun Kimlik Bilgisi  Mekan   Su üstü	İşlev		Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
		Bağlantı		Tutarlılık		Odak	●	Ölçek			
		Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk			
		Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●		
		Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum			
'Triennale Brugge' Pavyonu	Pavyonun Kimlik Bilgisi  Mekan   Su üstü	İşlev		Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
		Bağlantı		Tutarlılık		Odak	●	Ölçek			
		Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk			
		Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●		
		Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum			
'Russian Creativity Week' Pavyonu	Pavyonun Kimlik Bilgisi  Mekan   Kıyı	İşlev		Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
		Bağlantı		Tutarlılık		Odak	●	Ölçek			
		Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk			
		Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●		
		Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum			

İncelenen tablolarda su ile ilişkili olan kamusal sanat ürünleri kalite parametreleri bakımından değerlendirilecek olursa, ilk olarak *İşlev* parametresinin dört kamusal sanat ürününde de çeşitlilik sağladığı, aynı zamanda "The Floating Piers"da bağlantı noktası oluşturduğu da görülmektedir. Bir diğer kalite

parametresi olan *Düzen*'in tutarlılık, açıklık, devamlılık, denge anlamında herhangi bir özelliği taşımadığı görülmüştür. Bu durum sanatın bu tarz parametreleri vaat etmemesi ve sınırlar anlamında özgür olmasından kaynaklanmaktadır. *Kimlik* parametresi doğrultusunda incelenen kamusal sanat ürünlerinin bulunduğu kentsel mekânda bir odak noktası oluşturduğu, o noktayı çekici hale getirdiği ve o mekâna bir karakter kattığı düşünülmektedir. Bir diğer kalite parametresi olan *Cazibe/Çekim* noktası bakımından ise dört kamusal sanat ürününün de bulunduğu mekâna canlılık kattığı görülmüştür.

### 3. ANTALYA-KONYAALTI SAHİLİNİN KAMUSAL SANAT BAĞLAMINDA İRDELENMESİ

Değişim kaçınılmaz bir şekilde kentlerde, teknolojiye, inşaatta, ulaşım ve sağlık gibi alanlarda kendini göstermektedir ve geleceği yönlendirmektedir. Kentlerdeki dönüşümü harekete geçiren, hızlandıran belli başlı aktörler söz konusudur. Bu aktörler; sosyal, kültürel, idari, siyasi, değişimlere bağlı olarak kenti şekillendirebilmektedir. Kentleri biçimlendiren bu aktörler *mimari ve kentsel dönüşümün*; özellikle "*kıyı ortamında*" ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Kıyı, yerleşimler için önemli bir sınır, aynı zamanda bir etkileşim [25] ve iletişim alanıdır. Yumuşak bir zemin olarak su ögesi ve bu ögenin sert zemin olan kentle ilişkisini sağlayan kıyılar, kentlerdeki planlamada ara mekân olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Bu doğrultuda Antalya-Konyaaltı sahili de bir yarışma projesi aracılığıyla 2018 yılında yeniden düzenlenmiştir [26].

Tablo 2. Konyaaltı Sahili kamusal mekân düzenlemeleri, Balçık (2020) arşivinden.



Kamusal sanat olarak değerlendirilebilecek olan kent mobilyalarıyla düzenlemeler kıyıya yeni bir soluk getirmiştir. Antalya kent kimliğini şehrin sahip olduğu en önemli değer olan deniz kıyısı üzerinden yeniden güçlendirme hedefiyle yola çıkan proje kentsel kıyıyı her türden kullanıcı için erişilebilir ve algılanabilir

kılmaya çalışmıştır. Kıyı kullanımını zenginleştiren uygulamalar kıyıyı rekreasyon, spor ve kültür faaliyetleri ile çoklu ve karma kullanımlı yeniden işlevlendirmiştir. Kıyı şeridi boyunca denize paralel mekânsal sürekliliğe olanak verecek yatay kent mobilyaları odak alanlarda ve dikey bağlantı güzergâhlarında farklı fiziksel tasarım kurguları çerçevesinde sistemli tipolojik farklılaşmaları sağlamıştır [26]. Kıyı kotu ile ilişki kuran üst örtülü oturma-dinlenme mekânları, yarı açık mekân üretimleri, etkinlik alanları, su aktivite alanları çocuk oyun alanları, kentsel donatı elemanları şeklinde çeşitlenen parametrelere sahip olan uygulamalar kentin kıyı kullanımı açısından zenginliğini göstermektedir [27].

Tablo 3. Antalya-Konyaaltı Sahili'ndeki kamusal sanat ürünlerinin kullanım parametreleri

PARAMETRELER	KULLANIM TÜRÜ	
	Kıyı (Sert Zemin)	Su (Yumuşak Zemin)
üst örtülü oturma dinlenme mekanları	●	-
yarı açık mekân üretimleri	●	-
etkinlik alanları	●	-
çocuk oyun alanları	●	-
kentsel donatı elemanları	●	-

Mevcut parametrelerin kıyı düzenlemeleri ile ilgili birçok veriyi sağladığı görülmüştür. Kıyı (sert zemin) kullanımları çeşitlenip değişkenlik gösterirken, su ögesi anlamında kullanım olarak eksiklikler görülmüştür. Yerin kalitesi ile yaşam kalitesi arasında bağ kurulmaya çalışıldığı ve bu doğrultuda sahilin çeşitli kamusal sanat ürünleriyle yeniden düzenlendiği görülmüştür. Konyaaltı sahili Sherwin Greene [4] tarafından belirlenen parametreler doğrultusunda değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 1. Antalya-Konyaaltı Sahili'nin Kalite Parametreleri Üzerinden Değerlendirilmesi

Konyaaltı Sahili	Kimlik Bilgisi	İşlev	Düzen		Kimlik		Cazibe/Çekim			
			Tutarlılık	Açıklık	Birlik	Özellik	Ölçek	Uygunluk		
		Mekan   Kıyı	Bağlantı		Tutarlılık		Odak	●	Ölçek	
			Güvenlik		Açıklık		Birlik		Uygunluk	
			Konfor		Devamlılık		Karakter	●	Canlılık	●
			Çeşitlilik	●	Denge		Özellik		Uyum	

Konyaaltı sahilindeki kamusal sanat düzenlemelerinde *İşlev* parametresinin çeşitlilik anlamında zengin olduğu görülmektedir. *Kimlik* parametresi ele alındığında, mekânda birden fazla kamusal sanat ürünü olduğu için odak noktaları anlamında tek bir noktadan ziyade bölünmelere uğradığı sonucuna varılmaktadır. *Cazibe/Çekim* parametresi ise Konyaaltı Sahili'ne canlılık özelliği kazandırmıştır. Bu doğrultuda Konyaaltı sahili için kıyıyla kurulan ilişki bakımından çeşitlilik sağladığı söylenebilir.

#### 4. SONUÇ

Kıyı tasarımları bireylerin su ile iletişiminde etkin rol oynamaktadır. Kullanıcıların suya erişimleri, su ile ilişkisi tasarımın tanıdığı imkanlarla sağlanmaktadır. Dokunma, seyretme veya işitme eylemleri su ile iletişim kurmanın duyuşal yöntemleridir. Kamusal sanat ürünleri bu eylemler aracılığıyla buldukları mekânların deneyimlenmesini ve algılanmasını sağlamaktadır. Su ile ilişki kuran, kimi zaman ona dokunan,

onu çevreleyen kimi zamansa su ile arasına mesafe koyup onu uzaktan seyrederek kullanımı çeşitlendiren kamusal sanat ürünleri bu bağlamda oldukça değerli görülmektedir. Çalışma kapsamında incelenen “The Floating Piers” Enstalasyonu, “1/4 Mile Arc” Enstalasyonu, “Three Matrix” Pavyonu, “Triennale Brugge” Pavyonu, “Russian Creativity Week” Pavyonu kamusal sanat ürünleri Sherwin Greene (1992)’nin belirlemiş olduğu kentsel mekanda kalite parametreleri doğrultusunda irdelenmiştir. Kıyı ve su ile ilişki kuran bu tasarımlar kalite parametreleri bakımından olumlu görülmesiyle beraber geçici süreyle sergilenmeleri de bu durumu desteklemektedir. Bu zamansallık durumu kamusal sanat ürünlerinin konumlandığı kent mekanlarına yeni bir soluk getirdiğini göstermektedir. Öyle ki; belirli bir süreyle sergilenen bu tasarımlar hem kentliye hem kent dışından bireylere davetkar nitelikte olmaktadır. Bu durum ise tasarımı görmek için farklı kent ve hatta farklı ülkelerden gelen bireylerin o sanat ürününün bulunduğu kente turizm ve ekonomik açıdan katkı sağladığı anlamına gelmektedir.

Antalya Konyaaltı Sahili’ndeki kamusal sanat ürünlerinin kentsel mekanda kalite parametreleri doğrultusunda elde edilen olumlu özelliklerinin yanında su ile temas etme, suya dokunma gibi özellikler açısından geri planda kaldığı görülmektedir. Bu bağlamda öneri olarak yumuşak ve sert zeminin kesişerek, su ögesi ile doğrudan ilişki sağlayacak, su üzerinde kurulacak bir bağlantı platformuyla kente geçici şekilde hizmet verebilecek bir kamusal sanat ürününün tasarlanabileceği düşünülmektedir. Böylesi bir tasarım hem kıyıya ve su ögesine hem de kente yeni bir tanım getirecektir. Bu kapsamda Antalya-Konyaaltı sahilindeki kıyı kullanımının su ile ilişkilenebileceği ara yüz tasarımları önerilmektedir. Özellikle yarışma projelerinin önem kazandığı günümüzde bir turizm kenti olan Antalya için her yıl bir kamusal sanat yarışması ile tekrarlanacak, dinamizm sağlayacak, su ve kıyı ile ilişki kuracak geçici bir tasarım; kente turizm, ekonomik ve sosyal açıdan katkı sağlayacaktır. Bir nevi eşik mekân olarak nitelendirilebilecek su üstü kullanımlarının kent panoramasına katkı sunacağı, kentin mevcut yüzüne yeni bir tanım getireceği ve geçicilik durumunun belleksel anlamda bireylere katkı sağlayacağına inanılmaktadır.



**REFERANSLAR**

- [1] Hayden, D. (1995). *The Power of Place: Urban Landscapes as Public History*. Cambridge Massachusetts, London: The Mit Press.
- [2] Hanru, H. (2007). "Sürekli Yenilenen Kamusalıği Kurmak ve Kolektif Eylem." P. Tan, & S. Boynik (Dü) içinde, *Olasılıklar, Duruşlar, Müzakere Güncel Sanatta Kamusal Alan Tartışmaları*; 139-142. İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- [3] İnceoğlu, M., Aytuğ, A. (2009). "Kentsel Mekânda Kalite Kavramı." *Megaron*; 131-146.
- [4] Greene, S. (1992). "Cityshape: Communicating and Evaluating Community Design, American Planning Association." *Journal of the American Planning Association*, 58(2); 177-189.
- [5] Aydın, R. E. (2015). "Kamusal Alan ve Sanat" Konusuna Eleştirel Bir Yaklaşım. <https://ronyaemel.wordpress.com/2015/04/07/kamusal-alan-ve-sanat-konusuna-estirel-bir-yaklasim/>  
Erişim Tarihi: 08.02.2020
- [6] Langer, S. K. (2012). *Sanat Problemleri*. (F. Korur, Çev.) Topkapı / İstanbul: Mitos-Boyut TEM Yapım Yayıncılık.
- [7] Eco, U. (2001). *Açık Yapıt. Alexander Calder'in Açık Yapıtları*. (M. Bulat, S. Bulat, & B. Aydın, Dü) İstanbul.
- [8] Reiss, J. H. (1999). *From Marginto Center: The Spaces of Installation Art*. Cambridge: MIT Press. Mow, V. C., Gu, W. Y. and Chen, F. H. (2005).
- [9] Bayram, B. (2007). *Kamusal Mekân Kalitesinin Yükseltilmesinde Yöntemler ve Kamusal Sanatın Rolü*. Yüksek Lisans Tezi; 69.
- [10] Carr, S., Francis, M., Rivlin, L. G., and Stone, A. M. (1992). *Public Space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [11] Ercan, M. (2013). "Kamusal Sanatın 'Kamusalıği': Erişim, Aktör, Fayda Yaklaşımı." *İdealkent Dergisi* (10); 220-255.
- [12] Gökçen, Ş. (2018). "Kamusal Sanat ve Kültür Eksenli Kentsel Dönüşüm." *Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art*, 3(6).
- [13] Çelik, K. (2015). "Kıyı Alanlarının Planlanmasında Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi." *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 2(1); 36-43
- [14] Read, H. (1960). *Sanatın Anlamı*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- [15] <https://christojeanneclaude.net/artworks/the-floating-piers/>
- [16] Baal-Teshuva, J. (2016). *Christo and Jeanne-Claude*. Cologne, Germany: Taschen.
- [17] Kılınç, C. (2020). *Kamusal Sanatın Deneyselliği Üzerine Bir İrdeleme*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir.
- [18] Howarth, D. (2016). Phillip K Smith III's Quarter Mile Arc reflects sea and sky at Laguna Beach. *dezeen*: <https://www.dezeen.com/2016/12/19/phillip-k-smith-iii-quarter-mile-arc-reflects-sea-sky-laguna-beach-california-design-installation/> Erişim Tarihi: 13.03.2021
- [19] <http://www.fubiz.net/2017/01/11/majestic-installation-made-of-250-mirrors-in-california/>

- [20][https://worldarchitecture.org/architecturenews/cvcch/three\\_matrix\\_pavilions\\_by\\_sports\\_are\\_scattered\\_in\\_different\\_parts\\_of\\_santa\\_barbara.html](https://worldarchitecture.org/architecturenews/cvcch/three_matrix_pavilions_by_sports_are_scattered_in_different_parts_of_santa_barbara.html)
- [21][https://www.archdaily.com/894445/selgascano-adds-a-splash-of-color-to-the-bruges-triennale-with-new-installation?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/894445/selgascano-adds-a-splash-of-color-to-the-bruges-triennale-with-new-installation?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)
- [22] Stouhi, D. (2018). SelgasCano Adds a Splash of Color to the Bruges Triennale with New Installation. Archdaily: <https://www.archdaily.com/894445/selgascano-adds-a-splash-of-color-to-the-bruges-triennale-with-new-installation> Erişim Tarihi: 13.03.2021
- [23]Pintos, P. (2020). Pavilion Russian Creativity Week 2020 / SKNYPL. Archdaily: [https://www.archdaily.com/951848/pavilion-russian-creativity-week-2020sknypl?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/951848/pavilion-russian-creativity-week-2020sknypl?ad_source=search&ad_medium=search_result_all) Erişim Tarihi: 13.03.2021
- [24][https://www.archdaily.com/951848/pavilion-russian-creativity-week-2020-sknypl?utm\\_medium=email&utm\\_source=ArchDaily%20List&kth=4,733,698](https://www.archdaily.com/951848/pavilion-russian-creativity-week-2020-sknypl?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20List&kth=4,733,698)
- [25] Erdoğan, B. (2012). "Bir Kıyı Yerleşmesinde Kimlik Dönüşümü: Tarihsel Süreç İçinde Karşıyaka'nın (İzmir) Kıyı Kullanımında Gözlenen Değişimler." Ege Coğrafya Dergisi.
- [26] http-6: <http://www.arkiv.com.tr/proje/1-odul-konyaalti-sahili-mimari-ve-kiyi-duzenlemesi-fikir-projesi-yarismasi/3995>
- [27] Balçık, S., İnceoğlu, M. (2020). "Yenilenen Antalya / Konyaalti Kıyı Düzenlemesinin Alan Kullanım Çeşitliliği Açısından Değerlendirilmesi." Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AKSOS) (8); 57-70.

## Determination of the effect of different gravity methods on the removal of ash and sulfur from Arguvan lignite

Aydan Aksoğan Korkmaz<sup>1\*</sup> , İsmail Bentli<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Department of Mining Technology, Malatya Turgut Özal University, Malatya, Turkey.

<sup>2</sup> Department of Mining Engineering, İnönü University Malatya, Turkey.

\*aydan.aksogan@ozal.edu.tr

### Abstract

This study, it is aimed to find out the beneficiation of Malatya-Arguvan lignite by gravity methods. First of all, the washability of lignite has been investigated with sink-float experiments. It has been determined that lignite washability from washing curves is generally difficult but may be possible with controlled washing at a density of 1.68 g/cm<sup>3</sup>. Then, to remove ash and sulfur from lignite by shaking table, spiral and Falcon concentrator tests were conducted. Clean coals are obtained from all other methods except Falcon were found to decrease in ash and sulfur content and increase in calorific value. Clean coals with the lowest ash and sulfur content were obtained with a spiral concentrator. Reichert spiral results showed that the ash content decreased from the lignite of 37.77% to 26.50% and the sulfur content from 3.85% to 2.08%. The calorific value increased from 2576 kcal/kg to 4590 kcal/kg. Arguvan lignite has very limited usage due to its lower calorific value, high ash and sulfur content. Although enrichment has been carried out, it has been concluded that lignite needs to be further improved by using different methods.

**Keywords:** Lignite, Falcon concentrator, Reichert spiral, Shaking table, Sink-Float tests

## Arguvan linyitinden kül ve kükürt uzaklaştırılmasında farklı gravite yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi

### Özet

Bu çalışmada gravite yöntemleriyle Malatya-Arguvan linyitinin zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle, yüzdürme-batırma deneyleriyle linyitin yıkanabilirliği araştırılmıştır. Yıkama eğrilerinden linyitin yıkanabilirliğinin genel olarak zor olduğu, 1,68 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta kontrollü olarak yıkanabileceği belirlenmiştir. Daha sonra, linyitten kül ve kükürdü uzaklaştırmak için sallantılı masa, spiral ve Falcon konsantratör deneyleri yapılmıştır. Falcon hariç diğer tüm yöntemlerden elde edilen temiz kömürde kül ve kükürt içeriğinin azalmış, kalorifik değer ise artmıştır. En düşük kül ve kükürt içeriğine sahip olan temiz kömürler spiral konsantratör ile elde edilmiştir. Reichert spirali sonuçları linyitteki kül içeriğinin %37,77'den %26,50'ye ve kükürt içeriğinin ise %3,85'den %2,08'e azalmış olduğunu göstermiştir. Kalorifik değer 2576 kcal/kg'dan 4590 kcal/kg'a yükselmiştir. Düşük kalorifik değeri, yüksek kül ve kükürt içeriği yüzünden Arguvan linyiti sınırlı bir kullanıma sahiptir. Her ne kadar zenginleştirme gerçekleşse de, farklı yöntemler kullanılarak linyitin daha da iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Linyit, Falcon konsantratör, Reichert spiral, Sallantılı masa, Yüzdürme-Batırma deneyleri

## 1. INTRODUCTION

Sulfur is one of the major undesirable constituents of coal; it contributes to air pollution and causes operational problems during combustion such as slagging, corrosion, equipment wear, etc. More importantly, the emission of sulfur dioxide into the atmosphere during coal combustion is of serious ecological concern. Therefore, sulfur dioxide emissions can be reduced by various preparation methods such as gravity concentration and flotation methods [1].

Gravity separation is a method based on the specific gravity difference between coal and impurities such as ash-forming substances and sulfur [2]. Gravity-based methods are much more efficient than flotation, especially for medium-sized particles. Methods based on specific gravity differences are widely used to separate coal and mineral substances from each other [3].

Coal washing is a process that depends on the density difference between coal and impurities [4]. In the float-sink analysis, heavy liquids of increasing density have to be prepared. For coal, they can be the solutions of  $ZnCl_2$  of density ranging from 1.3 to 1.8  $g/cm^3$  as coal density is from 1.17 to 1.35 while for ash forming minerals from 1.8 to 5.2  $g/cm^3$ . The sample of the material is first immersed in the lightest liquid (1.3  $g/cm^3$ ). The sinking particles were directed to another container of higher density (1.4  $g/cm^3$ ) and a subsequent density fraction was obtained. It contained particles within a density range from 1.3 to 1.4  $g/cm^3$ . The procedure is repeated until the last separation provides two fractions: floating particles having a density from 1.6 to 1.8  $g/cm^3$  and sinking particles with a density higher than 1.8  $g/cm^3$  [5, 6]. Thus, in the prepared heavy environment, coal and other components can be easily separated by the floating of the coal particles containing lighter minerals and the sinking of the heavier mineral-containing materials [7].

The formation of stratified particles on the shaking table, is the result of many forces including gravity forces, the friction forces between particles and the table which are caused by the table plate movement and liquid movement, the force of liquid pressure on particles, and the force of inertia. The ordering force acting on particles is the sum of vectors representing the forces. This stratification force for heavy particles has a slightly different direction than that for light particles. This is caused by the fact that the stratification force for heavy particles is mainly determined by the inertia forces, while other forces (friction, gravity, and water pressure force) are of low values. The shaking tables can be used to process nonferrous metal ores containing particles smaller than about 3 mm. In the case of coal, because of its considerably lower density, larger particles (up to 6 mm in diameter) should be used. For fine particles of about 0.1 mm in size smooth surfaces of the shaking table are recommended. In other cases, the surface of the shaking table is modified by grooves and strips. An additional factor improving separation is the use of asymmetric shaking of the table [8, 9].

In the spirals, the centrifugal force is a result of the shape of the separator. The material travels down through a stationary spiral with many turns of a mean radius of 20 cm with a fall per turn of about 28 cm. The forces affecting particles in the spiral separator are centrifugal, gravity, friction, and liquid pressure. The forces which determine separation are friction and liquid pressure operate in the same direction as a horizontal component of the gravity forces, as well as the horizontal component of the centrifugal force. In the spiral separator, the tailing containing light particles is collected in the lowest coil. The clean coal is collected from the neighboring 2-3 coils through the holes in the coil surface bottom. Particles larger than about 0.05 mm diameter are suitable for separation [8].

Gravity separators such as the enhanced Multi-Gravity Separator (MGS), Falcon, and Knelson concentrators are suitable for removing ash and sulfur from coal grains <0.25 mm in size [3]. Falcon is a centrifugal gravity concentrator with similar features to the Knelson concentrator. The concentration is achieved in a fast-spinning bowl (up to 300 G). The device is fed from its bottom and employs centrifugal

force to drain the slurry as a thin flowing film at its wall. The heavier particles are retained inside the bowl while the lighter minerals flow out with the fluid [10, 11].

There are some studies on the removal of coal from ash and sulfur by gravity methods. Özgen et al. (2011) enriched two lignite ores containing 66% and 53% ash with Multi-Gravity Separator (MGS) [12]. As a result, they obtained clean coal containing approximately 23% ash with a recovery of 49-60%. Honaker et al. (1996) using the Falcon concentrator, 60-70% of the ash in the fine coal was removed with a gain greater than 85% [13]. In another study, Honaker et al. (1995) using the Falcon concentrator, removed about half of the ash and sulfur content in the fine coal, with a recovery of 90% [14]. Rath et al. (2011) used the Falcon concentrator and the flotation method to remove ash from the coal [15]. They concluded that the Falcon concentrator was not as effective as flotation in reducing ash content. While the Falcon removed a maximum of 47.5% of the ash with 35% efficiency, they removed 60% ash with 23% efficiency by flotation. Das et al. (2010) tried a combination of gravity separation and Jameson cell separation to clean fine coal that does not show good floatability [16]. As a result, they managed to reduce the ash content from 30.4% to 12%. Özbakir et al. (2017) used a combined optimization of hydrocyclone and multi-gravity separation device to remove ash and sulfur from the coal preparation plant tailings [17]. As a result, they managed to reduce the ash content from 54.82% to 24.52%.

Malatya Arguvan lignite used in this study is one of the less-studied lignites. Only sink-float, flotation and agglomeration enrichments of this lignite have been studied, and there are no studies on gravity methods. Therefore, this study, made with Arguvan lignite, will be a first in its field. The results obtained from the experiments will give an idea especially for other researchers who will work with this lignite. In the present study, to remove ash and sulfur from lignite, sink-float, shaking table, spiral, and Falcon concentrator tests were conducted.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Material

The original lignite samples used in this study were provided by Arguvan Coşkunlar Coal Management. Representative samples of lignite were reduced by coning and quartering sampling methods. The samples were prepared according to the Astm Standards for proximate, total sulfur, gross calorific value, XRD, and FTIR. All analyses for the samples were carried out in triplicate and mean values have been reported.

Results of the proximate analysis of Arguvan lignite are given in Table 1. As seen in Table 1, that the total sulfur content is 3.85%, ash content is 37.77% and the lower heating value is 2576 kcal/kg (on the air-dried basis).

Table 1. Proximate analysis results of Arguvan lignite [18]

Components	As received	Air-dried	Dried
Moisture (%)	22.67	7.96	-
Ash (%)	31.73	37.77	41.04
Volatile matter (%)	21.56	25.66	27.88
Fixed C (%) (by difference)	24.04	28.61	31.08
Total S (%)	3.23	3.85	4.18
Upper calorific value (kcal/kg)	2116	2624	2899
Lower calorific value (kcal/kg)	2068	2576	2851

XRD and FTIR results for Arguvan lignite are shown in Figure 1 and Figure 2, respectively. As seen in Figure 1, the main inorganic impurities existing in lignite include montmorillonite, gypsum, pyrite, and clay minerals.

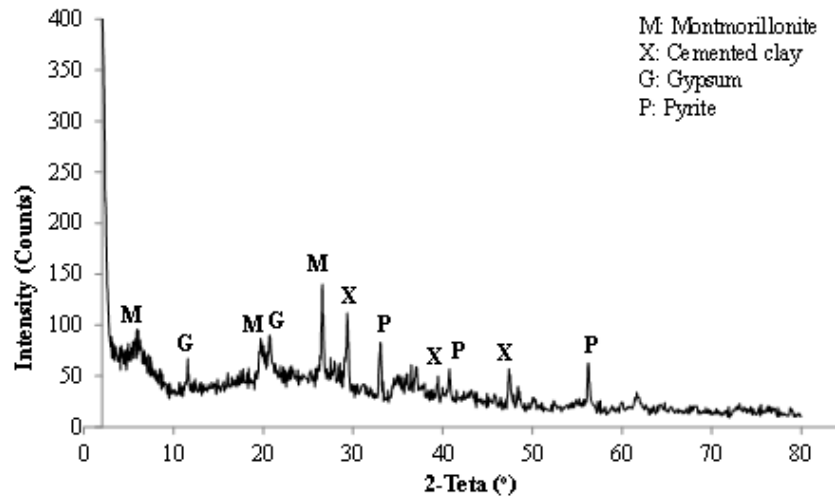


Figure 1. XRD pattern of Arguvan lignite [18]

The FTIR spectrum was recorded in the region of 4000 to 400  $\text{cm}^{-1}$  (Fig. 2). The peaks approximately at 3413  $\text{cm}^{-1}$  and 2920  $\text{cm}^{-1}$  are due to  $-\text{OH}$  stretching and the existence of aliphatic groups in coal samples, respectively. Just about at 1618  $\text{cm}^{-1}$  peak corresponds to aromatic  $\text{C}=\text{C}$  ring stretching structure. The aliphatic  $-\text{CH}$  deformations are observed at 1436  $\text{cm}^{-1}$ . The peak at 1038  $\text{cm}^{-1}$  is due to aliphatic ether  $\text{C}-\text{O}$  and alcohol. The complex bands at 915  $\text{cm}^{-1}$  and 799  $\text{cm}^{-1}$  indicate the aromatic structures within the coal. The band at 524  $\text{cm}^{-1}$  is because of  $\text{Si}-\text{O}$  deformations [19-21].

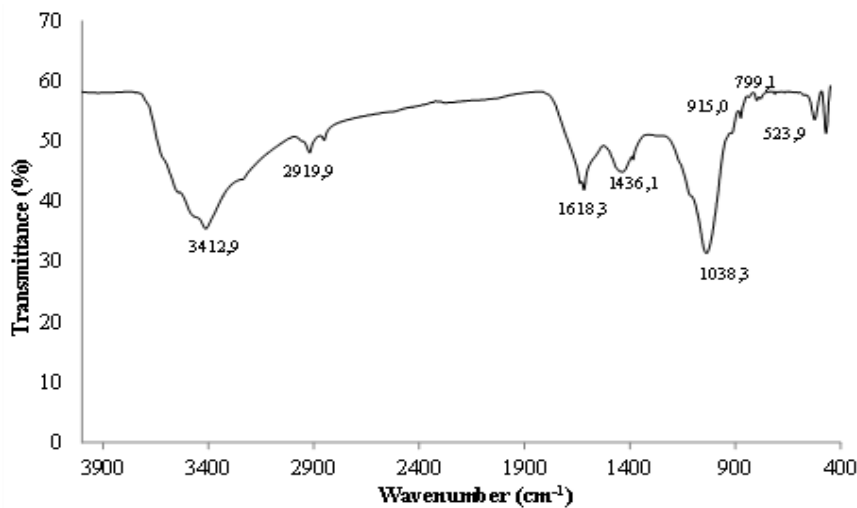


Figure 2. FTIR spectrum of Arguvan lignite [18]

The petrographic analysis results of Arguvan lignite carried out in MTA laboratories. According to the results of the petrographic analysis (Figure 3 a, b, c), it was seen that the maseral distribution was 59% vitrinite (huminite), 7% exinite (liptinite), and 6% inertinite group. Mineral distribution was determined to be composed of 6% framboidal pyrite and 22% other mineral substances. Microlitotype distribution; 31% clarite, 21% duroclarite, 12% vitrite, 29% carbominerite and 7% other microlithotypes. According to these results, it was found that Arguvan lignite was composed of 15% monomaseralic, 34% bimaceralic, 22% trimaseralic, and 29% carbominerite groups. These results are compatible with the work of Abakay Temel & Majumder (2016) [22].

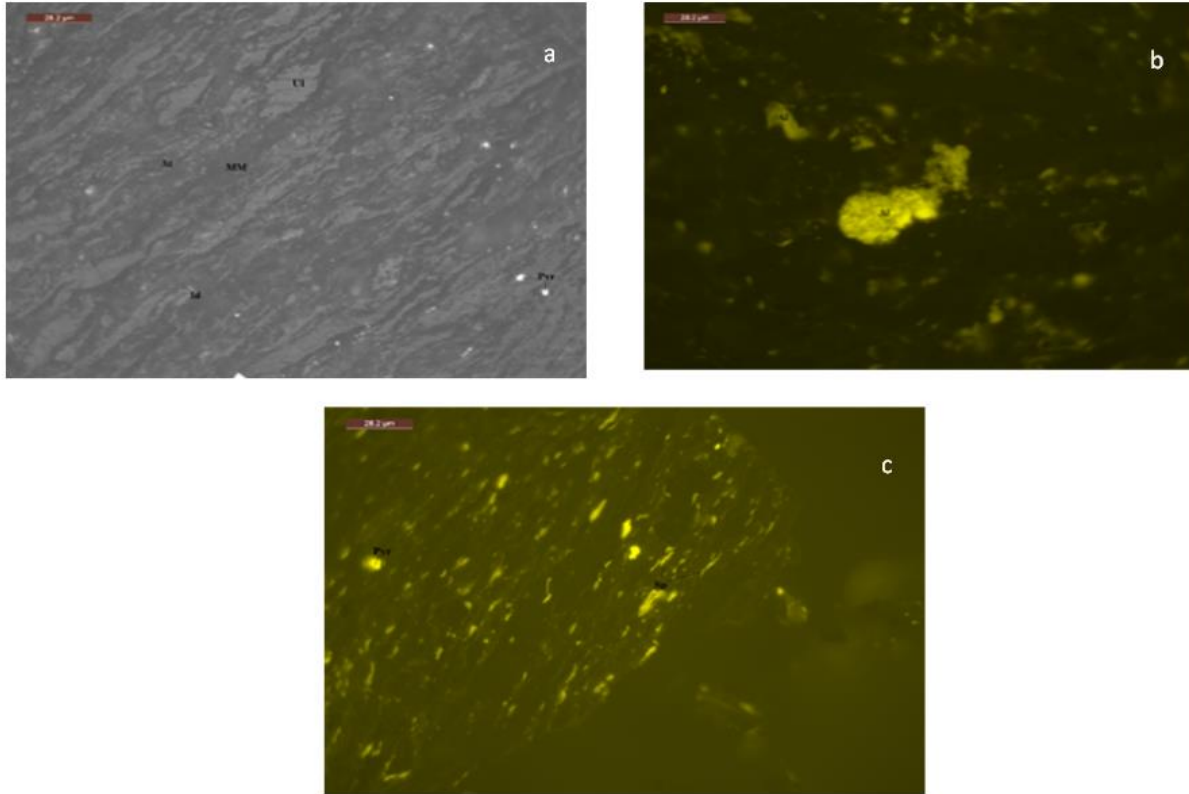


Figure 3 (a, b, c). Polarized microscope image of Arguvan lignite (Ul: Ulminite, At: Atrinite, Id: İnertodetrinite, Pyr: Framboidal pyrite, MM: Mineral matter, Sp: Sporinite, Al: Alginite)

In Figure 3, it is seen that the impurities in the lignite (clay, limestone, etc.) are very finely dispersed. This suggests that the impurities are contaminated during coalification (syngenetic). In Figure 3, significant amounts of framboidal (spherical) pyrite have been observed to be distributed at a very fine size (less than about 30 microns). Also, the amount of mineral matter together with pyrite is 28% by volume, suggesting that beneficiation will be difficult.

## 2.2 Method

The experimental flow chart is given in Figure 4. Removal of lignite, whose characteristics were determined, from ash and sulfur, was carried out with Sink-Float, Shaking Table, Reichert Spiral, and Falcon Concentrator.

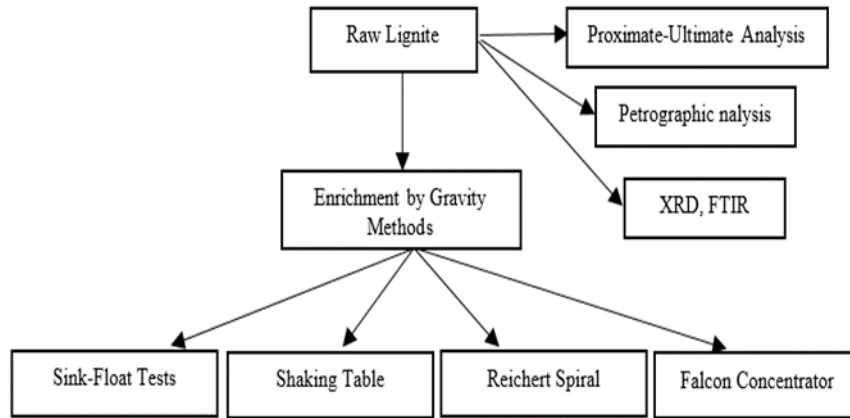


Figure 4. The experimental flow chart

For sink-float tests, the original lignite samples were air-dried, screened, and fractionated into three different particle sizes. The size fractions labelled as coarse (-31.5+19 mm), medium (-19+4.75 mm) and fine (-4.75+0.5 mm). The lignite samples which were -0.5 mm have been disregarded because of very fine particles. Float-sink tests were carried out in above size fractions using ZnCl<sub>2</sub> (Zinc chloride), at densities of 1.4, 1.5, 1.6, 1.7 and 1.8 g/cm<sup>3</sup>. After the sink-float test, both floating (-1.4, -1.5, -1.6, -1.7 and -1.8 g/cm<sup>3</sup>) and sinking fractions (+1.8 g/cm<sup>3</sup>) were washed, air dried, weighed and analyzed for ash and sulfur content. The ash and sulfur contents of Arguvan lignite for sink-float tests by combining different size fractions are shown in Table 2. It is seen that the ash contents range from 15.77 to 65.98, sulfur contents range from 2.52 to 4.83.

Table 2. Ash content of Arguvan lignite size fractions for sink-float tests (on a dry basis)

Fractions	Particle size (mm)	Weight (%)	Ash (%)	Sulfur (%)
Coarse size	19-31.5	5.52	30.13	2.52
Medium size	4.75-19	32.70	36.86	3.66
Fine size	0.5-4.75	61.78	38.93	4.83

Shaking table and spiral tests were performed in -3.35+2, -2+1.18 and -1.18+0.15 mm size fractions. The lignite samples which were -0.15 mm have been disregarded because of very fine particles. The ash and sulfur contents of different particle sizes are shown in Table 3.

The shaking table tests were performed using a Wilfley table. The tests were done at different shaking frequencies (100, 150 and 200 rpm) and a different table slope (2, 4 and 6°).

The spiral tests were performed using a Reichert spiral with 5-launders. The spiral tests were done at different solid/liquid ratios (7.5, 15, 25 and 35% solid by wt.) and different splitter settings (90, 120 and 150°).



Table 3. Ash content of Arguvan lignite size fractions for shaking table and spiral tests (on a dry basis)

Particle size (mm)	Weight (%)	Ash (%)
2 -3.35	29.34	35.91
1.18 -2	29.60	35.39
0.15 -1.18	31.27	34.97
Below 0.15	9.79	59.48
Feed	100.00	37.77

For the Falcon tests, the lignite sample was first broken down to 30 mm with a jaw crusher, then down to 3 mm with a hammer crusher. Then, the crushed sample was milled with a ball mill and screened to below 500 µm, 212 µm and 150 µm. Falcon tests were carried out in -500, -212 and -150 µm size fractions and different speeds of rotation (20, 78, 176 and 300 G) using a laboratory-scale Falcon L40 concentrator. The water pressure and the solid concentration were maintained at 4 psi and 30% by wt., respectively.

The products obtained as a result of all these experiments are dried air, weighed and ground to below 106 µm to analyze for ash, sulfur and calorific values.

Combustible recovery and ash/sulfur removal efficiencies were calculated according to the following equations [23, 24];

$$R_{comb.}(\%) = \frac{c \times (100 - c)}{F \times (100 - f)} \quad (1)$$

$$R_{ash/s.}(\%) = \frac{T \times t}{F \times f} \quad (2)$$

where  $R_{comb}$  and  $R_{ash/s}$  are the combustible recovery and ash/sulfur removal, respectively. C, T, F, and c, t, f represent the yields and the ash contents of the concentrate, tailings, and feed, respectively.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Sink-Float tests

The washability data by combining different size fractions are given in Table 4. As seen in Table 4, in the medium with a density of -1.4 g/cm<sup>3</sup> for the coarse size, the floating part by weight is about 22% and the ash content is 16.3%. The floated product from the media of 1.4-1.5 g/cm<sup>3</sup> comprises the majority of coarse size coal sample and accounts for 42.4%, however, its ash content increases to 29.1%.

Table 4. Coal washability data obtained float-sink tests

Size (mm)	1	2	3	4		5		6	7
	Sp. grav. (g/m <sup>3</sup> )	Wt (%)	Ash (%)	Cumulative float		Cumulative sink		Ordinat z	±0.1 dens. fract.
				%Wt	%Ash	%Wt	%Ash		
Coarse size (-30+19)	-1.4	21.9	16.3	21.9	16.3	100.0	32.6	11.0	
	+1.4-1.5	42.4	29.1	64.3	24.8	78.1	37.2	43.1	61.0
	+1.5-1.6	18.6	39.5	82.9	28.1	35.7	46.8	73.6	25.1

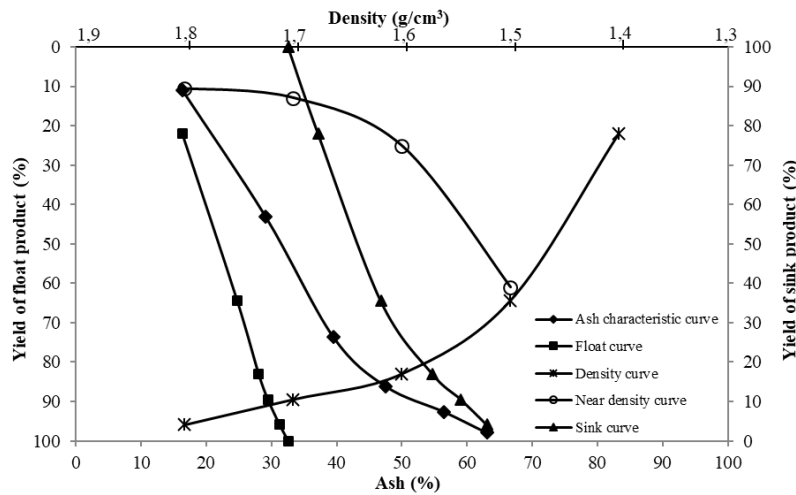
	+1.6-1.7	6.5	47.6	89.4	29.5	17.1	54.7	86.2	12.9
	+1.7-1.8	6.4	56.5	95.9	31.3	10.6	59.1	92.7	10.6
	+1.8	4.1	63.1	100.0	32.6	4.1	63.1	97.9	
Medium size (-19+4.75)	-1.4	10.0	14.5	10.0	14.5	100.0	37.0	5.0	
	+1.4-1.5	35.7	24.3	45.7	22.1	90.0	39.6	27.9	50.5
	+1.5-1.6	14.9	34.0	60.6	25.0	54.3	49.6	53.1	28.3
	+1.6-1.7	13.4	40.0	74.0	27.7	39.5	55.5	67.3	20.4
	+1.7-1.8	6.97	48.5	81.0	29.5	26.0	63.5	77.5	
	+1.8	19.1	69.0	100.0	37.0	19.1	69.0	90.5	
	Fine size (-4.75+0.5)	-1.5	17.9	17.3	17.9	17.3	100.0	39.4	8.9
+1.5-1.6		15.8	23.5	33.8	20.2	82.08	44.2	25.8	32.1
+1.6-1.7		16.3	29.7	50.0	23.3	66.25	49.2	41.9	25.7
+1.7-1.8		9.4	34.9	59.4	25.1	49.97	55.5	54.7	
+1.8		40.6	60.3	100	39.4	40.58	60.3	79.7	

According to Table 4, in the medium with a density of  $-1.4 \text{ g/cm}^3$  for the medium size, the floating part by weight is 10% and the ash content is 14.5%. The floated product from the media of  $1.4-1.5 \text{ g/cm}^3$  comprises the majority of medium-size coal samples and accounts for 35.7%, however, its ash content increases to 24.3%. The material with a density of  $+1.8 \text{ g/cm}^3$  is 19.1% by weight, and the ash content is 69%.

For the fine size, at a density of  $-1.4 \text{ g/cm}^3$ , the entire material is floated. In the medium with a density of  $-1.5 \text{ g/cm}^3$  for the fine size, the floating part by weight is 17.9% and the ash content is 17.3%. The material with a density of  $+1.8 \text{ g/cm}^3$  is 40.6% by weight, and the ash content is 60.3%. As expected, the ash content of the coal increased as the density of the medium increased in all particle sizes.

Since  $\pm 0.1$  density fraction values are greater than 20 for all grain sizes at  $+1.4-1.5$  and  $+1.5-1.6 \text{ g/cm}^3$  densities in Table 4, it can be said that separation at these densities will be very difficult. It was determined that although the separation in coarse size was moderately difficult at densities of  $+1.6-1.7$  and  $+1.7-1.8 \text{ g/cm}^3$ , it would be very difficult to separate for other sizes.

Belonging to coarse, medium and fine sizes of Arguvan lignites washability curves were given in Figure 5a, 5b and 5c, respectively.



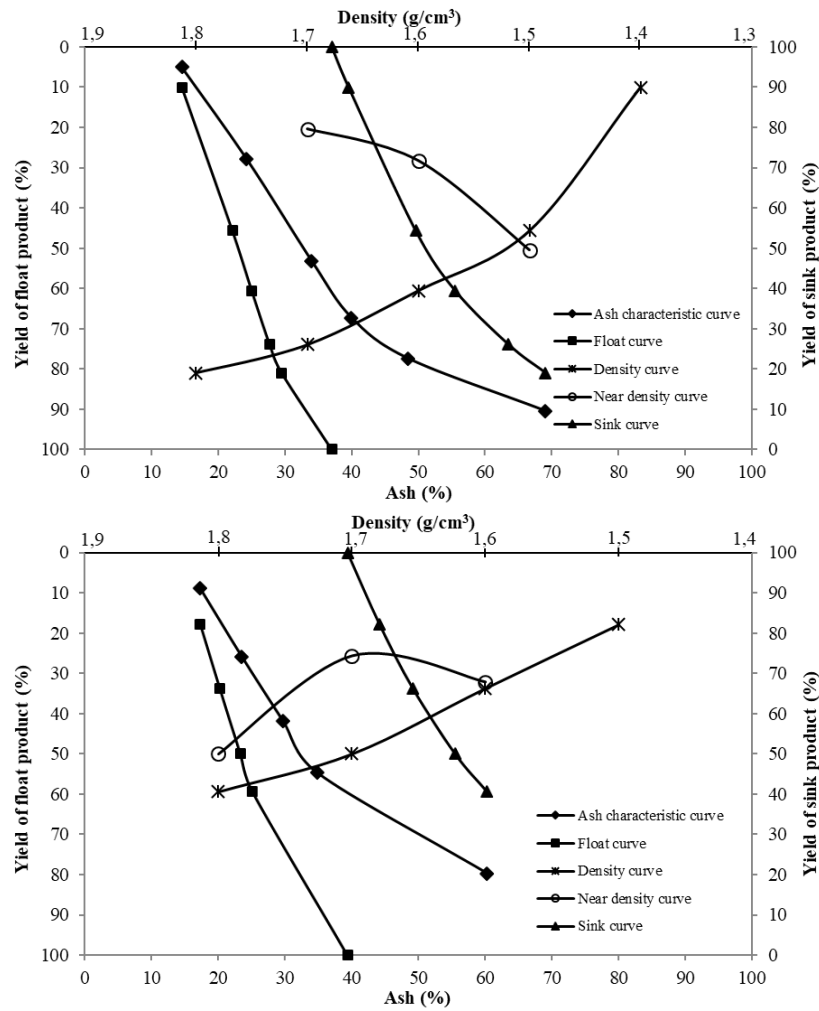


Figure 5. Coarse (a), medium (b) and fine (c) sizes of Arguvan lignites washability curves [18]

As can be seen in Figure 5, neither the shape of ash characteristic curves nor the shape of float curves is ‘L’ shaped rather, they seem like a slightly right inclined straight line for all sizes tested. This indicates the difficulty of washing Arguvan lignite at a certain density. These results are compatible with the literature [18, 25, 26]. Therefore, as a washing method, heavy-medium cyclone or equivalent device (spiral/table) for +0.5 mm coal can be used [27]. It is known from various studies in the literature that lignites can be floated in a narrow density range [28, 29].

### 3.2 Shaking table tests

The slope of the table and frequency of stroke were optimized to obtain clean coal. The slope was maintained as 4° and the effect of shaking table amplitude was studied 100, 150 and 200 rpm stroke frequency (shaking speed) for all size fractions. The effects of the variation of stroke frequency on the ash and combustible recovery according to different size fractions are given in Figure 6a.

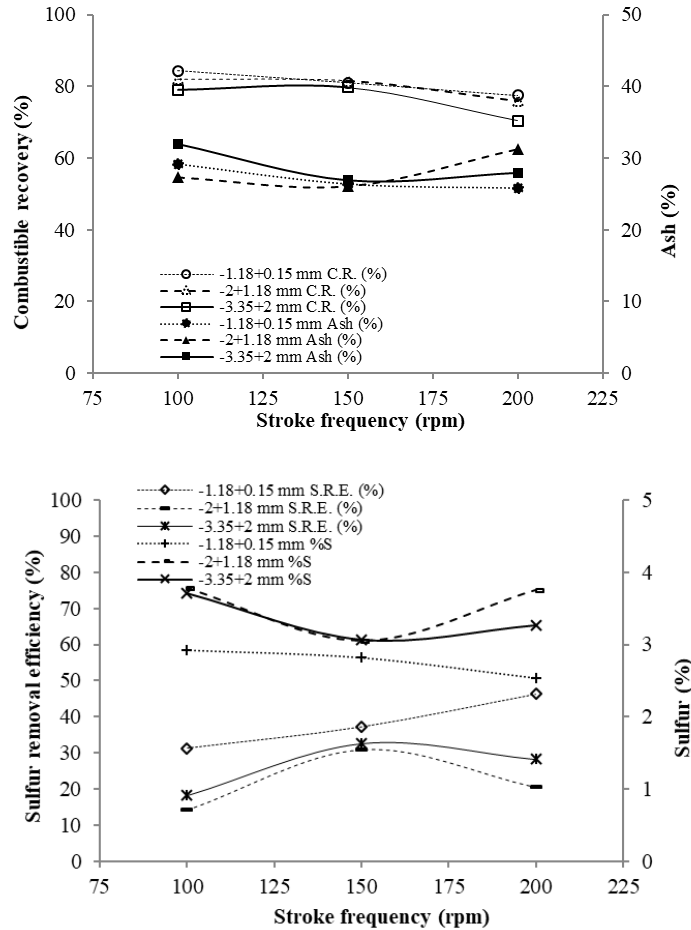


Figure 6. The effect of table stroke frequency change (at 4° table slope) on ash & combustible recovery (a) and sulfur & sulfur removal (b) efficiency according to different size fractions, respectively

According to Figure 6a, it has been found that is appropriate to work at high table speeds (150 rpm) in fine size fractions and low table speeds in coarse size fractions. A stroke frequency of 150 rpm with the lowest ash content was determined as optimum. These results are consistent with the literature [30, 31]. In the same way, it has been determined that there is an inverse relationship between clean coal ash and combustible recovery [31]. As optimally, the ash content of 37.77% in raw lignite was reduced to 25.87% with 77.5% combustible recovery and the calorific value is increased from 2576 kcal/kg to 4315 kcal/kg for -1.18+0.15 mm size fractions. Aydin et al. (2018), reduced the ash content of the -4+2 mm Seyitömer lignite from 44.69% to 24.26% with 46.7% combustible recovery by the shaking table [32].

When the shaking table speed is evaluated in terms of total sulfur removal, Figure 6b is obtained. As seen in Fig. 6b, shaking table speed is not very effective in total sulfur removal. As optimally, the sulfur content of 3.85% in raw lignite was reduced to 2.54% with 46.4% S removal efficiency for -1.18+0.15 mm size fractions.

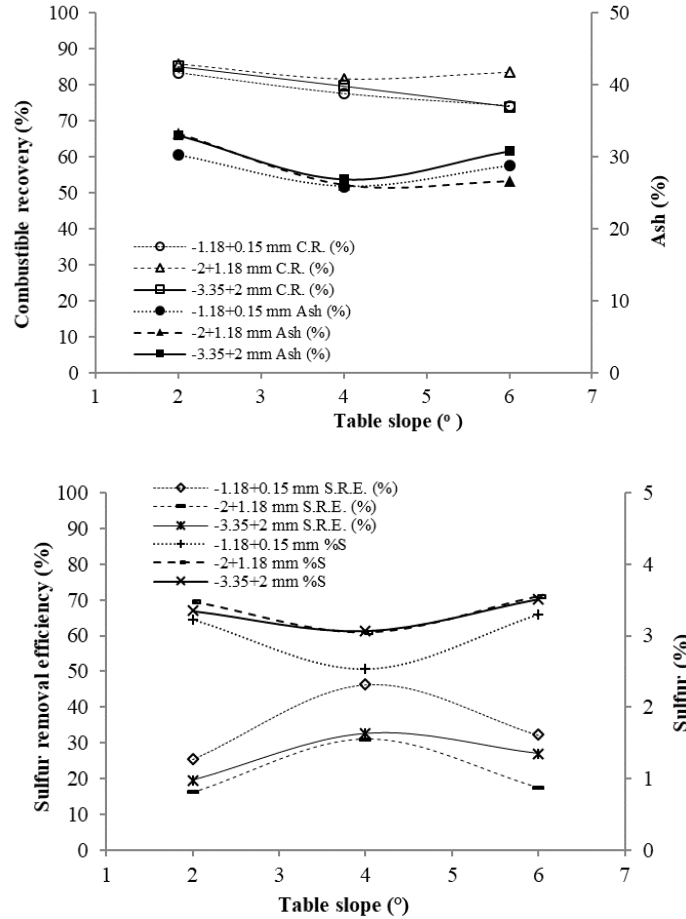


Figure 7. The effect of table slope change (at optimally stroke frequency) on ash & combustible recovery (a) and sulfur & sulfur removal efficiency (b) according to different size fractions, respectively

For all size fractions, the shaking table results obtained by varying the table slope are shown in Figure 7. From Figure 7a, it has been understood that all fractions should be worked at a 4° slope. When assessed from the point of view of clean coal ash, the table speed results are better than the table slope results. This shows that table speed is a more effective parameter for separation. According to Fig. 7b, it has been found that shaking table tests are not a significant influence on total sulfur removal efficiency.

As a result of the shaking table experiments, ash content of 37.77% in raw lignite has been reduced to 25.87% with 77.5% combustible recovery for -1.18+0.15 mm, 26.05% with 81.5% combustible recovery for -2+1.18 mm, 26.89% with 79.8% combustible recovery for -3.35+2 mm size fractions. The calorific values are increased from 2576 kcal/kg to 4315, 4148 and 4119 kcal/kg, respectively. Sulfur contents of 3.85% has been reduced to 2.54% with 46.4% sulfur removal efficiency for -1.18+0.15 mm, 3.05% with 31% sulfur removal efficiency for -2+1.18 mm, 3.07% with 32.6% sulfur removal efficiency for -3.35+2 mm size fractions.

### 3.3 Reichert spiral tests

To optimally determine the solid/liquid ratio, which is an important parameter, the fixed position of the splitter is maintained at 150°. For all size fractions, the spiral results obtained by varying the solid/liquid ratio are shown in Figure 8.

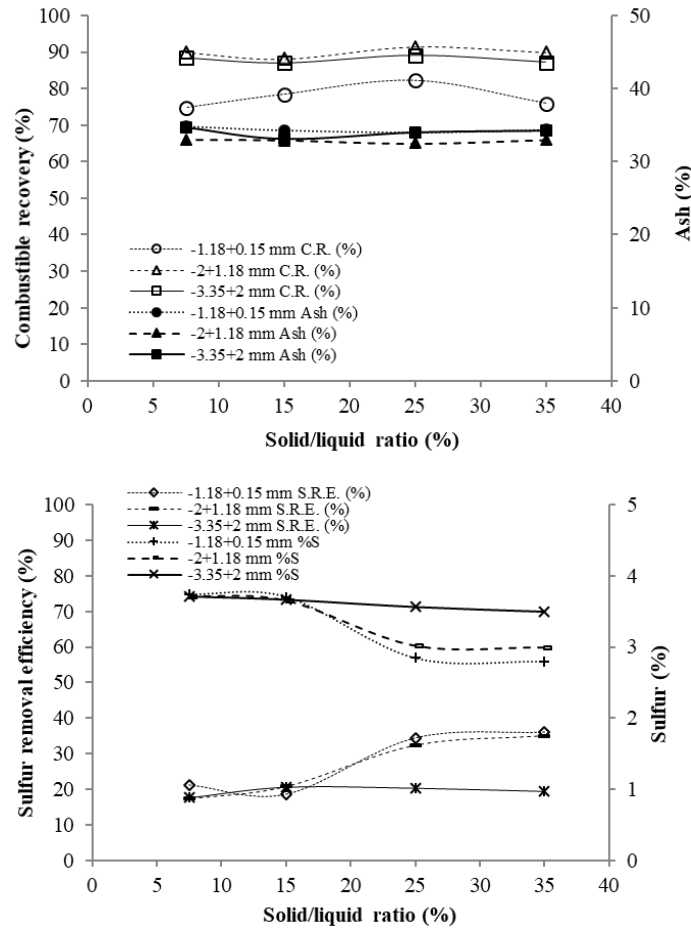


Figure 8. The effect of solid/liquid ratio change (at 150° position of splitter) on ash & combustible recovery (a) and sulfur & sulfur removal efficiency (b) according to different size fractions, respectively

According to Figure 8a, the lowest ash contents were obtained as 15% solids ratio for -3,35+2 mm size fraction, 25% solids ratio for -1,18+0,15 mm and -2+1,18 mm size fractions. The experimental data were compatible with the literature [33, 34]. As a result of solid/liquid ratio experiments, ash content of 37.77% has been reduced to 33.94% with 82.2% combustible recovery for -1.18+0.15 mm, 32.50% with 91.4% combustible recovery for -2+1.18 mm, 33.16% with 86.9% combustible recovery for -3.35+2 mm size fractions. The calorific values are increased from 2576 kcal/kg to 3201, 3366 and 3197 kcal/kg, respectively. As can be seen from Figure 8b, as the particle size decreased, the sulfur content decreased and the sulfur removal efficiency increased. Sulfur contents of 3.85% has been reduced to 2.85% with 34.4% S removal efficiency for -1.18+0.15 mm, 3.02% with 32.3% S removal efficiency for -2+1.18 mm, 3.67% with 20.7% S removal efficiency for -3.35+2 mm size fractions. Kangal et al. (2018), reduced the ash content of the +0.7 mm coal preparation plant tailings from 61.48% to 36.33% with 25.4% combustible recovery by the Reichert spiral [35]. Uçar et al. (2021) enriched the slime coal of the Garp Lignites

Enterprise with spirals. They obtained clean coal with a size of  $-1+0.212$  mm, containing 81.74% carbon with a combustible recovery of 93.09% [36].

After the solid/liquid ratio was determined, the experiments were continued by changing the position of splitter settings to  $90^\circ$  and  $120^\circ$ . The results obtained by changing the position of splitter settings are shown in Figure 9.

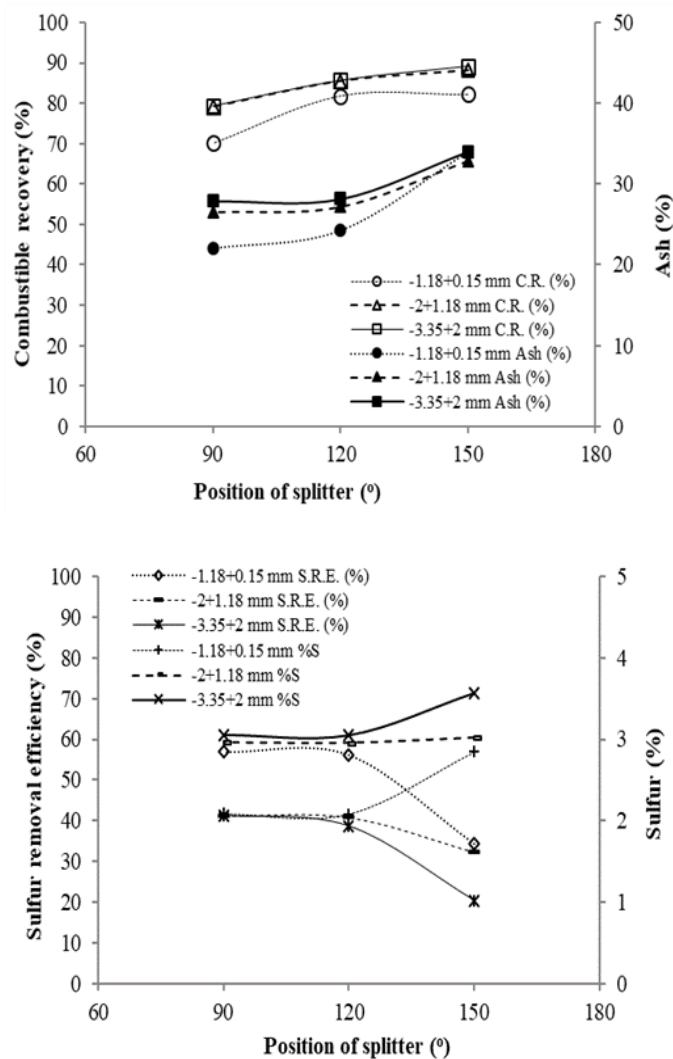


Figure 9. The effect of the position of splitter change (at optimally feed rate) on ash & combustible recovery (a) and sulfur & sulfur removal efficiency (b) according to different size fractions, respectively

From Figure 9a it is seen that the lowest ash values in all size fractions are in the  $90^\circ$  position of the splitter.

However, it has been decided that the choice of  $120^\circ$  position of the splitter is appropriate due to the low combustible recovery. It has been determined that the splitter setting position is an important parameter for separation. As a result of the spiral experiments, the ash content of 37.77% has been reduced to 22.10% with 70.1% combustible recovery for  $-1.18+0.15$  mm, 26.50% with 79.2% combustible recovery for  $-2+1.18$  mm, 27.9% with 79.3% combustible recovery for  $-3.35+2$  mm size fractions. The calorific values

are increased from 2576 kcal/kg to 4590, 4110 and 3925 kcal/kg, respectively. As can be seen from Figure 9b, it was determined that the position of the splitter is effective in sulfur removal as well as in ash removal. As the position of the splitter decreased, the sulfur content decreased and the sulfur removal efficiency increased. Sulfur contents of 3.85% has been reduced to 2.08% with 45.4% S removal efficiency for  $-1.18+0.15$  mm, 2.96% with 41.2% S removal efficiency for  $-2+1.18$  mm, 3.05% with 41.3% S removal efficiency for  $-3.35+2$  mm size fractions. Based on these results, it can be assumed that the results of desulfurization are relatively successful.

### 3.4 Falcon concentrator tests

Falcon concentrator test results are presented in Figure 10. As it can be seen from Figure 10, the ash content of 37.77% was reduced to 32.57% with 70.36% combustible recovery at a particle size of  $-500 \mu\text{m}$  and a force of 300 G. Clean coal was obtained with the highest combustible yield (97.1%) at 20 G. However, the desired reduction in ash content was not achieved (36.14%). However, it has been determined that sufficient ash reduction cannot be achieved in all G forces operating at  $-500 \mu\text{m}$  particle size.

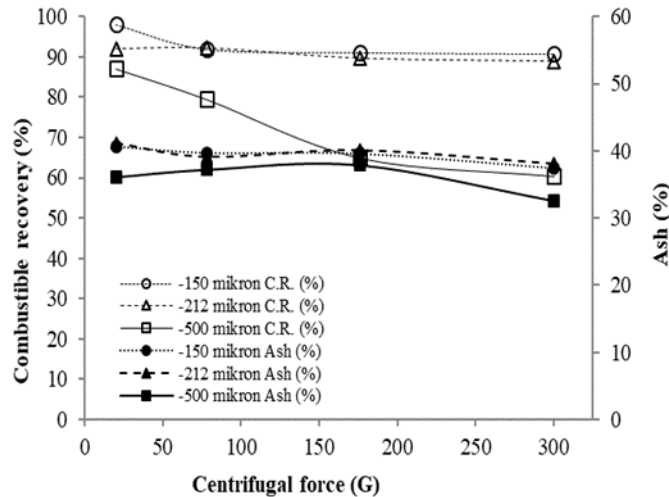


Figure 10. Effect of gravity force on ash and combustible recovery according to different size fractions

Falcon experiments were continued at  $-212$  and  $-150 \mu\text{m}$  particle sizes. The ash content varies between 38.10% and 41.11% for all G forces studied with a particle size of  $-212 \mu\text{m}$ . These results show that as the particle size decreases, the clay minerals are combined with clean coal and therefore no separation occurs. Falcon concentrator experiments performed below the size of  $150 \mu\text{m}$  are similar to the previous experiments.

Falcon concentrator results are consistent with coal studies in the literature [37-41]. On the other hand, there are also studies that the Falcon concentrator is successful in hard lignite [42-45]. The total sulfur content of clean coal obtained from the Falcon concentrator ranged from 3.76 to 3.80%. This showed that the removal of sulfur with the Falcon concentrator was not successful.



#### 4. CONCLUSIONS

The beneficiation of Arguvan lignite has been investigated with sink-float, Wilfley table, Reichert spiral and Falcon concentrator. The following results were obtained:

The amount of floating material in  $\pm 0.1$  density values indicates that for Arguvan lignite washability is very difficult. In sink-float experiments (at  $1.7 \text{ g/cm}^3$ ), the ash content decreased from 37.77% to 28.42% and the sulfur content from 3.85% to 2.64%. The calorific value increased from 2576 kcal/kg to 3780 kcal/kg.

The best results of the table tests have been observed with a particle size of  $-1.18+0.15 \text{ mm}$ . The ash content decreased from 37.77% to 26.27% and the sulfur content from 3.85% to 2.54%. The calorific value increased from 2576 kcal/kg to 4192 kcal/kg.

The best results of the spiral tests have been observed with a particle size of  $-1.18+0.15 \text{ mm}$ , too. The ash content decreased from 37.77% to 26.50% and the sulfur content from 3.85% to 2.08%. The calorific value increased from 2576 kcal/kg to 4590 kcal/kg. The Arguvan lignite is estimated to have about 50% pyritic sulfur and up to about 50% sulfite by chemical analysis and enrichment tests. According to this, 45.4% sulfur removal efficiency with Reichert spiral means that almost all of the pyritic sulfur can be removed. It is thought that the content of 2.69% S in clean coal is caused by the sulfur content.

Falcon concentrator experiments did not provide the desired distinction in terms of both ash and sulfur removal.

In the experiments, it was observed that the fine clay minerals coalesced with the coal. It is thought that separation did not occur for this reason. Therefore, this study has shown that physical methods are insufficient in removing ash and sulfur from Arguvan lignite. It was determined that lignite should be ground to finer sizes and liberated. Then, its enrichment with chemical methods such as acid and alkali leaching, solvent extraction, etc. should be investigated. Thus, it has been concluded that it is beneficial to carry out detailed studies by considering different enrichment methods.

In the literature review, it has been determined that such a detailed study has not been done on Arguvan lignite. Therefore, it will be important for this study to inform researchers who will work with Arguvan lignite and similar coal.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my gratitude to my supervisor Assoc. Prof. İsmail Bentli for all his guidance and helpful advice throughout this study. The research presented in this publication was funded by the Inonu University Scientific Research Projects (BAP) unit (Project No. 2015/34).

#### REFERENCES

- [1] Ceylan, K. and Küçük, M.Z. (2004), "Effectiveness of the dense medium and the froth flotation methods in cleaning some Turkish lignites", *Energy Conversion and Management* 45, 1407-1418.
- [2] Demir, U. (2017), "Characterization and desulfurization possibilities of high sulfur Gediz-Turkey coal", *Journal of Environmental Science and Engineering A* 6, 31-38.
- [3] Meshram, P., Purohit, B.K., Sinha, M.K., Sahu, S.K. and Pandey, B.D. (2015), "Demineralization of low-grade coal – A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 745-761.

- [4] Cheng, W., Yang, R., Zhang, Q., Luo, B. and Jia, Y. (2018), "Washability and distribution behaviors of trace elements of a high-sulfur coal, SW Guizhou, China", *Minerals* 8.59, 1-15.
- [5] Sivrikaya, O. (2014), "Cleaning study of a low-rank lignite with DMS, Reichert spiral and flotation", *Fuel* 119, 252-258.
- [6] Zhang, Q., Tian, Y., Qui, Y., Cao, J. and Xiao, T. (2011), "Study on the washability of the Kaitai coal, Guizhou Province China", *Fuel Processing Technology* 92, 692-698.
- [7] Rahman, M., Pudasainee, D. and Gupta, R. (2017), "Review on chemical upgrading of coal: Production processes, potential applications and recent developments", *Fuel Processing Technology* 158, 35-56.
- [8] Falconer, A. (2003), "Gravity separation: Old technique/New methods", *Physical Separation in Science and Engineering* 12.1, 31-48.
- [9] Lee, S-J., Cho, H-C., and Kwon, J-H. (2012), "Beneficiation of coal pond ash by physical separation techniques", *Journal of Environmental Management* 104, 77-84.
- [10] İbrahim, S.S., Anadoly, B.E., Farahat, M.M., Selim, A.Q., and Menshawy, A.H. (2014), "Separation of pyritic sulfur from Egyptian coal using Falcon concentrator", *Particulate Science and Technology* 32, 588-594.
- [11] Xia, W., Xie, G. and Peng, Y. (2015), "Recent advances in beneficiation for low rank coals", *Powder Technology* 277, 206-221.
- [12] Özgen, S., Malkoç, Ö., Doğancık, C., Sabah, E. and Oruç Şapçı, F. (2011), "Optimization of a Multi Gravity Separator to produce clean coal from Turkish lignite fine coal tailings", *Fuel* 90.4, 1549-1555.
- [13] Honaker, R.Q., Wang, D. and Ho, K. (1996), "Application of the Falcon concentrator for fine coal cleaning", *Minerals Engineering* 9.11, 1143-1156.
- [14] Honaker, R.Q., Paul, B.C., Wang, D. and Ho, K. Enhanced gravity separation: an alternative to flotation. *Proceedings of high efficiency coal preparation: an international symposium. Colorado (USA): 1995;* 70-80.
- [15] Rath, R.K., Singh, R. and Bhattacharya, K.K. Processing of coal waste by enhanced gravity separation and froth flotation. *Proceedings of International Conference on Coal and Coke. 2011 April 7-8; Jamshedpur (India): 2011;* 1-8.
- [16] Das, A., Sarkar, B., Ari, V. and Roy, S. (2010), "Efficient recovery of combustibles from coking coal fines", *Mineral Processing Extraction Metallurgy Rev.* 31, 236-249.
- [17] Özbakir, O., Koltka, S. and Sabah, E. (2017), "Modeling and optimization of fine coal beneficiation by hydrocyclone and multi-gravity separation to produce fine lignite clean coal", *Particulate Science and Technology* 35.6, 712-722.
- [18] Aksoğan Korkmaz, A. and Bentli, İ. (2017), "Determination of washability characteristics of Arguvan-Malatya lignite by different washability index methods", *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 39.14, 1572-1580.
- [19] Elbeyli, İ.Y. and Pişkin, S. (2006), "Combustion and pyrolysis characteristics of Tunçbilek lignite", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 83.3, 721-726.
- [20] Feng, J., Li, W-Y. and Xie, K-C. (2006), "Thermal decomposition behaviors of lignite by pyrolysis-FTIR", *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 28, 167-175.

- [21] Lievens, C., Ci, D., Bai, Y., Ma, L., Zhang, R., Chen, Y.J., Gai, Q., Long, Y. and Guo, X. (2013), "A study of slow pyrolysis of one low rank coal via pyrolysis-GC/MS", *Fuel Processing Technology* 116, 85-93.
- [22] Abakay Temel, H., Majumder, A.K. (2016), "Investigation of the effectiveness of desliming and flotation in cleaning Malatya-Arguvan lignite", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 38, 1048-1054.
- [23] Boylu, F. (2013), "Modeling of free and hindered settling conditions for fine coal beneficiation through a Falcon concentrator", *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 33, 277-289.
- [24] Boylu, F. (2014), "Autogenous medium fine coal washing through Falcon concentrator", *Separation Science and Technology* 49, 627-633.
- [25] Birinci, M. Determination of washability characteristics of Parcikan (Malatya) lignite. *Proceedings of the 17th International Coal Preparation Congress. 2013 October 1-6; İstanbul (Turkey): 2013; 189-192.*
- [26] Abakay Temel, H., Majumder, A.K. and Bakir, Y. (2015), "An assessment of Malatya-Arguvan lignite and Southeastern Anatolia region lignites (Turkey)", *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 37, 1202-1209.
- [27] Ünlü, M. The washability characteristics and washing possibilities of Turkish lignites. *Proc. 3rd. International Mineral Processing Symposium. 1990 September 11-13; İstanbul (Turkey): 1990; 274-286.*
- [28] Aksoğan Korkmaz, A. and Bentli, İ. (2018), "Elbistan Linyitlerinin Ağır-Ortam Yöntemi ile Yıkabilirlik İndekslerinin Belirlenmesi", *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi* 21(4), 295-304.
- [29] Arsoy, Z., Çiftçi, H. and Ersoy, B. (2018), "Koyunağılı (Mihalıççık) Linyitlerinin Yıkabilirliğinin Araştırılması", *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 11(2), 76-83.
- [30] Wills, B.A. (2007), *Mineral Processing Technology 4thEd.* Pergamon Press., New York, USA.
- [31] Laskowski, J.S. (2001), *Coal Flotation and Fine Coal Utilization.* Elsevier, Canada.
- [32] Aydın, A., Vuran, S., Canieren, Ö. and İnce, A.S. (2018), "Investigation of Washability of Seyitömer B3 Coal Seam, Turkey", *Int. J. Econ. Environ. Geol.* 9(1), 39-43.
- [33] Altun, N.E. and Hiçyılmaz, C. Evaluation of Alpagut-Dodurga waste coals. *Proceedings of the 13th Turkish Coal Congress. 2002 May 29-31; Zonguldak (Turkey): 2002; 113-123.*
- [34] Öney, Ö., Tanriverdi, M. and Çiçek, T. Enrichment of Zonguldak fine coals with spiral separator. *Proceedings of the 19th Turkish Coal Congress. 2014 May 21-23; Zonguldak (Turkey): 2014; 217-225.*
- [35] Kangal, M.O., Özer, M., Burat, F. and Akın, S. (2018), "Evaluation of Thrace Region fine coal tailings", *Bull. Min. Res. Exp.* 157, 207-215.
- [36] Uçar, A., Karaca, S., Ediz, N., Şahbaz, O. and Ediz, İ.G. (2021), "Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Şlam Kömürlerinin Spiral ile Zenginleştirilebilirliğine Tane Boyutunun Etkisi", *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences* 7(2), 234-243.
- [37] Can, M.F., Özgen, S. and Sabah, E. A study to recover coal from Turkish lignite fine coal tailings: comparison of Falcon concentrator and multi gravity separator. *International Pittsburgh Coal Conference. 2010 October 11-14; İstanbul (Turkey): 2010; 1897-1912.*

- [38] Oruç, F., Özgen, S. and Sabah, E. (2010), “An enhanced-gravity method to recover ultra-fine coal from tailings: Falcon concentrator”, *Fuel* 89, 2433-2437.
- [39] Zhu, X., Tao, Y and Sun, Q. (2017a), “Separation of flocculated ultrafine coal by enhanced gravity separator”, *Particulate Science and Technology* 35.4, 393-399.
- [40] Honaker, R.Q. (1998), “High capacity fine coal cleaning using an enhanced gravity concentrator”, *Minerals Engineering* 11.12, 1191-1199.
- [41] Honaker, R.Q., Singh, N. and Govindarajan, B. (2000), “Application of dense-medium in an enhanced gravity separator for fine coal cleaning”, *Minerals Engineering* 13.4, 415-427.
- [42] Tao, Y., Luo, Z., Zhao, Y. and Tao, D. (2006), “Experimental research on desulfurization of fine coal using an enhanced centrifugal gravity separator”, *J.China Univ. of Mining and Technology* 16.4, 399-403.
- [43] Zhu, X., Tao, Y., Sun, Q. and Man, Z. (2017b), “Enrichment and migration regularity of fine coal particles in enhanced gravity concentrator”, *International Journal of Mineral Processing* 163, 48-54.
- [44] Zhu, X., Tao, Y., Sun, Q. and Man, Z. (2017c), “The low efficiency of lignite separation by an enhanced gravity concentrator”, *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 39.8, 835-842.
- [45] Zhang, L., Tao, Y., Yang, L. and Man, Z. (2017), “Spatial distribution of fine high-sulfur lean coal in enhanced gravity field”, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 39.22, 2098-2104.

## Experimental Investigation of Pull-Out and Shear Behavior of Lifting Sockets in Precast UHPC Panels

Muhammed Marasli<sup>1</sup> , Serkan Subasi<sup>2</sup> , Heydar Dehghanpour<sup>3\*</sup> , Volkan Ozdal<sup>4</sup> , Beni Kohen<sup>5</sup> 

<sup>1,3,4,5</sup> Fibrobeton Company, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Düzce University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Duzce, Turkey.

\*heydar.dehghanpour@yahoo.com

### Abstract

The increasing demands and needs of human beings reveal the need to increase the performance of construction techniques and materials in the construction sector. Recently, the use of ultra high performance concrete (UHPC) on building facades has been increasing due to their superior mechanical and physical properties. Since UHPC products are relatively heavy, it is important to examine the lifting apparatuses for safety. In this study, pull-out and shear behavior of lifting sockets embedded in UHP precast panels produced in real geometry and dimensions were investigated. UHPCs consist of two different mixtures as A and B. Two different types of lifting sockets with the trade names RD and TF were used. Pull-out and shear test results proved that lifting sockets are sufficient as safety in both mixtures. The results obtained can contribute to the literature in this area and provide insight into the reliable lifting and handling procedure of precast facade panels.

**Keywords:** UHPC, lifting socket, pull-out, shear, precast panel

## Prekast UHPC Panellerindeki Kaldırma Soketlerinin Çekme-Çıkarma ve Kesme Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

### Özet

İnsanoğlunun artan istek ve ihtiyaçları, inşaat sektöründe yapı teknikleri ve malzemelerinin performansının artırılması ihtiyacını ortaya koymaktadır. Son zamanlarda, bina cephelerinde ultra yüksek performanslı beton (UHPC) kullanımı üstün mekanik ve fiziksel özellikleri nedeniyle artmaktadır. UHPC ürünleri nispeten ağır olduklarından dolayı kaldırma aparatlarının güvenlik açısından incelenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada gerçek geometri ve boyutlarda üretilen UHPC prekast panellerine gömülü olan kaldırma soketlerinin çekme-çıkarma ve kesme kuvvetlerine karşı davranışları incelenmiştir. UHPC paneller A ve B olmak üzere iki farklı karışımdan elde edilmiştir. Ticari isimleri RD ve TF olan iki farklı tip kaldırma soketi kullanılmıştır. Çekme-çıkarma ve kesme test sonuçları kaldırma soketlerinin her iki karışımda da güvenlik açısından yeterli olduğunu kanıtlamıştır. Elde edilen sonuçlar, literatüre bu alanda katkı sağlayabilir ve prekast cephe panellerinin güvenilir bir şekilde kaldırma ve taşıma prosedüründe fikir oluşturabilir.

**Anahtar Kelimeler:** UHPC, kaldırma soketi, çekme-çıkarma, kesme; prekast panel

## 1. INTRODUCTION

Recently, the application of ultra high performance concretes (UHPCs) as precast panels for building facades has become widespread. UHPCs are concrete types that have many advantages in terms of both structural, durability and architecture. High strength and modulus of elasticity, continuity and long life, low creep, low permeability and long-term cost reduction are most important of the features of ultra-high performance concretes (UHPCs). The most important usage areas of UHPCs can be modern building facades, shell structural elements and bridge elements. In the last two decades, with significant developments in concrete technology, significant efforts have been made for UHPCs that can be used in modern bridge engineering [1, 2]. According to different classifications, the compressive strength of UHPCs should be over 120 MP. In order to produce such a concrete, fine aggregate (< 5 mm), micro silica fume, high performance cements and other powder additives must be included in the mixture [3,4]. To significantly reduce the water need, select SP additives must be used. Also, the flexural, tensile and shear strength of the UHPC to be produced can be increased by adding an amount of fibers that do not adversely affect the compressive strength. Considering the number of articles published on UHPCs related since 2015, a significant increase is observed. This shows how much application potential UHPCs have in the construction industry [3]. In addition, the durability of UHPCs against chemical and physical factors has been examined by many researchers and it has been confirmed that they have superior performance compared to conventional concretes [5–7].

For the production of UHPC, Portland cement with a strength class of CEM I 42.5 MPa or CEM I 52.5 MPa and low C3A ratio is generally preferred. In order to eliminate the brittleness due to high compressive strength, approximately 2% of steel fibers are used in volume. C-S-H gels are formed as a result of the reaction of slaked lime formed as a result of cement hydration with silica fume. Silica fume fills even the very fine spaces between cement and aggregates, creating a denser, more homogeneous, tighter micro structure and a high strength matrix. Microstructure develops due to pozzolanic reactions between C-H resulting from hydration of cement and complementary materials such as silica fume and nanosilica [8]. Well-chosen steel fiber dosage can increase ductility and reduce autogenous shrinkage of UHPC, which is very important especially for fragile materials. Adding the amount of steel fiber can increase the tensile stresses of the concrete, but the added high amount of fiber can reduce the workability of the UHPC mixture and cause a decrease in the compressive strength [9].

Steel sockets are embedded in UHPC elements produced for building facades for both carrying-lifting and mounting purposes. In either case, the bond level between the socket and the UHPC is very important as security. The bond between the embedded socket and the UHPC is directly related to the adherence strength. The adherence between concrete and steel socket consists of three main parts; Chemical bond, slip and geometry of the socket. The chemical part is related to content of concrete and additives used and should not be ignored [10]. Superplasticizer additives used can have a positive or negative effect between the socket and the UHPC. Using the optimum amount of pozzolanic additives can increase the contact area between the socket and UHPC and lead to the development of adherence strength. In the design of cement-based structural elements, the bond level between the steel bar and the matrix has an important effect as engineering, and for this reason, it is very important to carry out different analysis and experimental studies in this area [11–13].

In this study, pull-out and shear tests of two types of sockets used in UHPC precast panels applied in real size and geometry were experimentally considered. The sockets are used for convenience during carrying and lifting by connecting with the crane. The aim of this study is to examine the connection of sockets with UHPC composites in order to avoid possible safety problems during lifting at the construction site. Studies conducted for similar purposes in the literature are quite limited. Therefore, the results obtained in this study will contribute to closing the gaps in the literature in this field.

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Materials

Precast facade panels are produced from two different UHPC mixtures. CEM I / 52.5 R white Portland cement has been used as a binder in the mixtures. Silica sand with a grain size range of 90-850  $\mu\text{m}$  and quartz powder with a grain size range of 2-850  $\mu\text{m}$  were used as filling material. The  $\text{SiO}_2$  content of the quartz sand used is 96% (minimum), its specific gravity and specific surface area are 2.2  $\text{g/cm}^3$  and 15 $\text{m}^2/\text{g}$  (minimum), respectively. Microwhite silica fume (SF) was added to the mixtures as pozzolanic material. This pozzolanic material is often used to improve the properties and performance of high performance concrete and specialty mortar formulations. This SF, which is also reactive, is often used to improve the properties and performance of high performance concrete and special mortar formulations. Stainless micro steel fiber (MSF) with a length of 12.5 mm and a diameter of 0.175 mm was preferred as the fiber in mixtures. The tensile strength and modulus of elasticity of the fiber used are 2800 MPa and 210 GP, respectively. Polycarboxylate ether based plasticizer was used in all mixtures. Two types of sockets known as RD and TF were used. RD socket had a Diameter of 12 mm and a length of 300 mm. Also, TF socket had a Diameter of 15 mm and a length of 70 mm. The connecting portions of both sockets had diameters of 17 mm. After the sockets were fixed on wooden molds in 40 x 25 x 7 cm dimensions as shown in Fig.1, prepared UHPC mixtures were placed in the molds. For each test, 3 samples were produced from the same mixture. Since the main aim of this study is to determine the load capacity carried by the lifting sockets used, it was not deemed appropriate to share the mixture detail also due to the company's privacy policy.

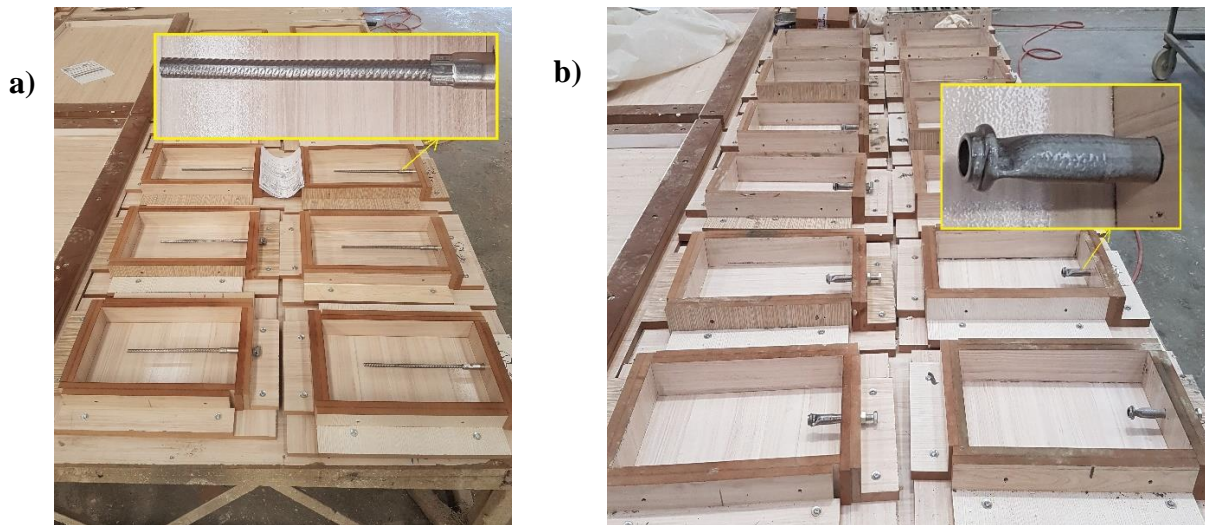


Fig. 1. RD (a) and TF (b) socket connected molds.

### 2.2. Test Methods

Pull-out and shear test methods were performed on the precast panel samples produced. Test setup image for both test methods is given in Fig. 2. For the realization of pull-out and shear tests, suitable support apparatuses were previously prepared and mounted on the device in order to ensure that the samples were attached to the test device as fixed. The apparatus used in the pull-out test setup was L-shaped, the horizontal part was fixed to the device, and the plate sample was fixed to the vertical part (Fig. 2-a). A bolt-shaped apparatus was connected to the hole of the socket embedded in the sample and subjected to tensile with a 10-ton universal test device. Pull-out tests are generally performed on cubic or cylindrical samples in accordance with standards such as ASTM C900 [14], ACI 440.3R-04 [15], CAN/CSA S806-02 [16] and

ASTM C234 [17]. However, the samples used in this study were produced in real size, to be applied in Fibrobeton's own projects. In the shear test, the sample was placed horizontally on the apparatus fixed to the device and connected to the apparatus with rigid elements (Fig. 2-b). A bolt-shaped apparatus was attached to the hole of the socket embedded in the sample and subjected to a tensile load perpendicular to the socket. Images in Fig 2 are typically given. The connection types were the same for the precast plates (RD and TF and A-B mixes) used in all tests. The RD socket was 300 mm long, 12 mm diameter ribbed anchor type and the TF was 70 mm long, 15 mm diameter flat pipe type. However, as shown in the figure, the end of the TF socket has been crushed in a special way and made recessed-protruding for better adherence in the concrete.

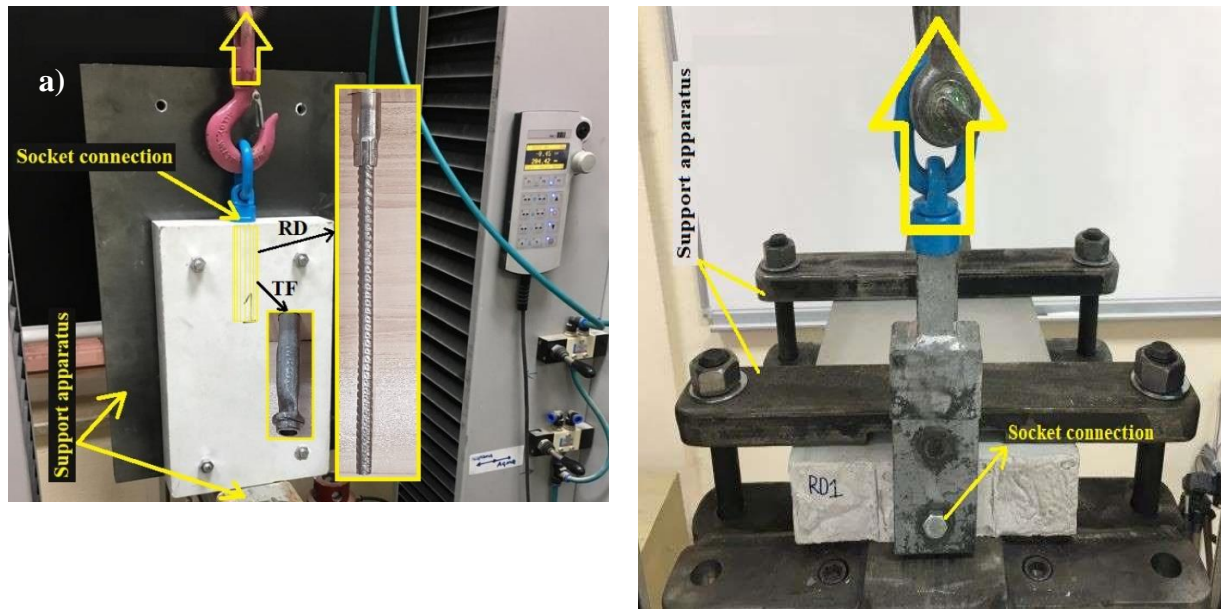


Fig. 2. Pull-out (a) and shear (b) test setups.

### 3. Results and Discussion

Slump flow diameters of the produced A and B UHPC mixtures were measured as 240 and 235 mm, respectively, according to the ASTM-C 1611 / C 1611M - 05 standard [18]. Also, compressive and flexural strengths were obtained as 116 and 18.5 MPa for mixture A and 140 and 19.5 MPa for mixture B, respectively. According to EN 206: 2013 standard, the compressive strength of the UHPC should be above 100 MPa [3]. Also, ASTM C1856 [19] has specified the compressive strength of UHPC at least 120 MPa and the amount of slump flow between 20-25 mm.

The force-displacement curves obtained after the pull-out test applied to two different lifting sockets embedded in two different UHPC precast panels are compared in Fig 3. According to the results, RD socket showed a higher pull-out strength than TF. When the RD embedded A and B mixtures were compared, the pull-out strength of the panel obtained from the B mixture was found to be 15% higher than the panel obtained from the A mixture. Mix B contains more fiber than A, and this difference in strength may be due to this. Also, the displacement behavior of the panel produced from the B mixture after the pull-out experiment was 17% more than A. The strength of the RD socket embedded in the A mixture first decreased rapidly and increased again at about 28 mm displacement. This is because the fibers intervene and prevent the socket from being removed.



Considering the pull-out behavior of the TF sockets in A and B mixtures, behaviors similar to that of the mix difference in RD sockets were observed. In other words, both maximum pull-out strength and displacement values of the panels consisting of B mixture were higher than A. The maximum load value and maximum displacement value of TF-B panel were high than TF-A panel, as % 38 and % 50, respectively. When the pull-out maximum load level is compared according to the socket type, the lifting load of the RD type socket was 94% higher in the A mixes than the TF type socket. Also, the lifting load of the RD type socket was 58% higher than the TF type socket in the B mixes. Similarly, the RD socket showed 36% displacement in the A mix and 6% in the B mix, more than the TF socket.

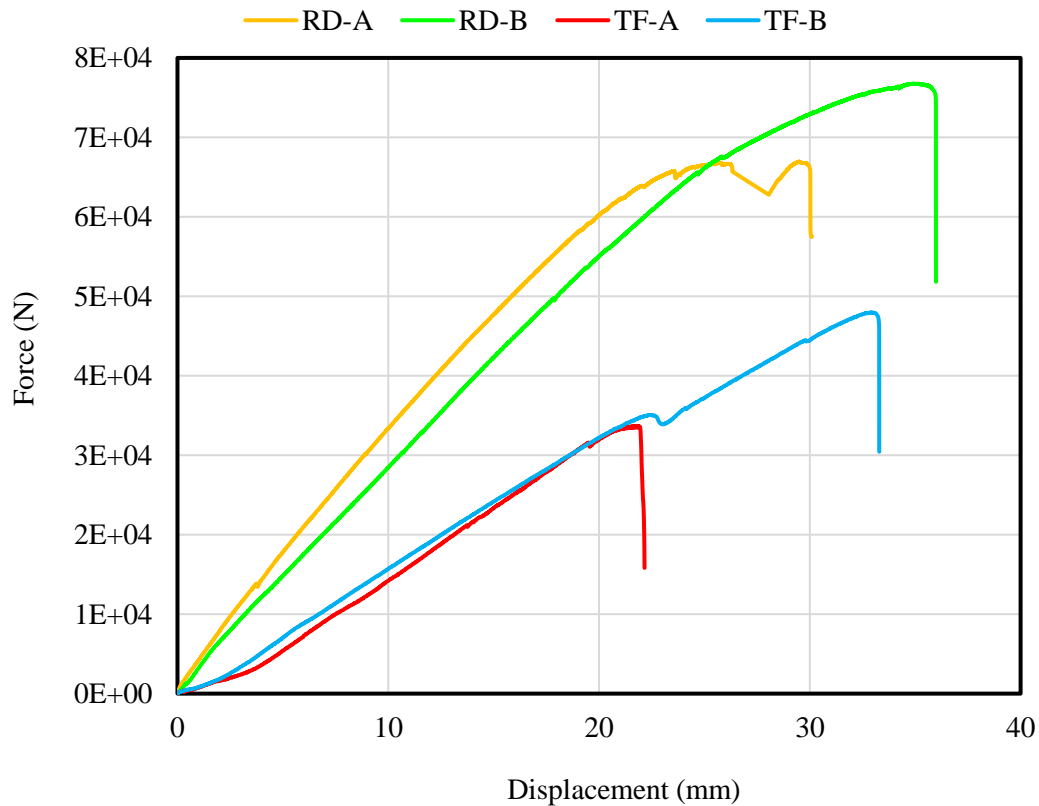


Fig. 3. Force-displacement curves of two different lifting sockets after pull-out test.

The damaged views of precast UHPC panels containing two different socket (RD and TF) types produced from two different mixtures (A and B) are given in Fig. 4. As the slipping continued, the ribbed anchor was constantly stopped with the steel fibers in the UHPC mixture, increasing the amount of load. Considering the RD-A, as shown Fig. 3, the interaction between the socket and the concrete completely disappeared, with a crack formed in the specimen parallel to the socket ( Fig. 4) after the maximum load was obtained after approximately 28 mm slipping. Similarly, in the RD-B sample, the amount of load has been increased as the socket slipped. After 76.7 kN loading, approximately 36 mm slip was observed in the socket. In this case, the socket came to its ultimate strength and suddenly broke. However, no damage was observed in the UHPC sample. This is related to the fact that the B mixture is stronger than the A mixture, as mentioned above. The damaged images of TF-A and TF-B samples were similar, however, as with the RD samples, the TF socket showed greater resistance to tensile load in B mixture. Mixture A deformed after the TF socket slipped 22mm, whereas the sample with mix B was deformed after the socket slipped 33 mm. As a result, a great effect of steel fibers against slipping of sockets through concrete was observed. This interaction is provided by ribs in RD sockets and recessed-protruding in TF sockets. Many studies have

confirmed that steel fibers increase the toughness of the concrete and improve the adhesion between the reinforcing elements [20–22].

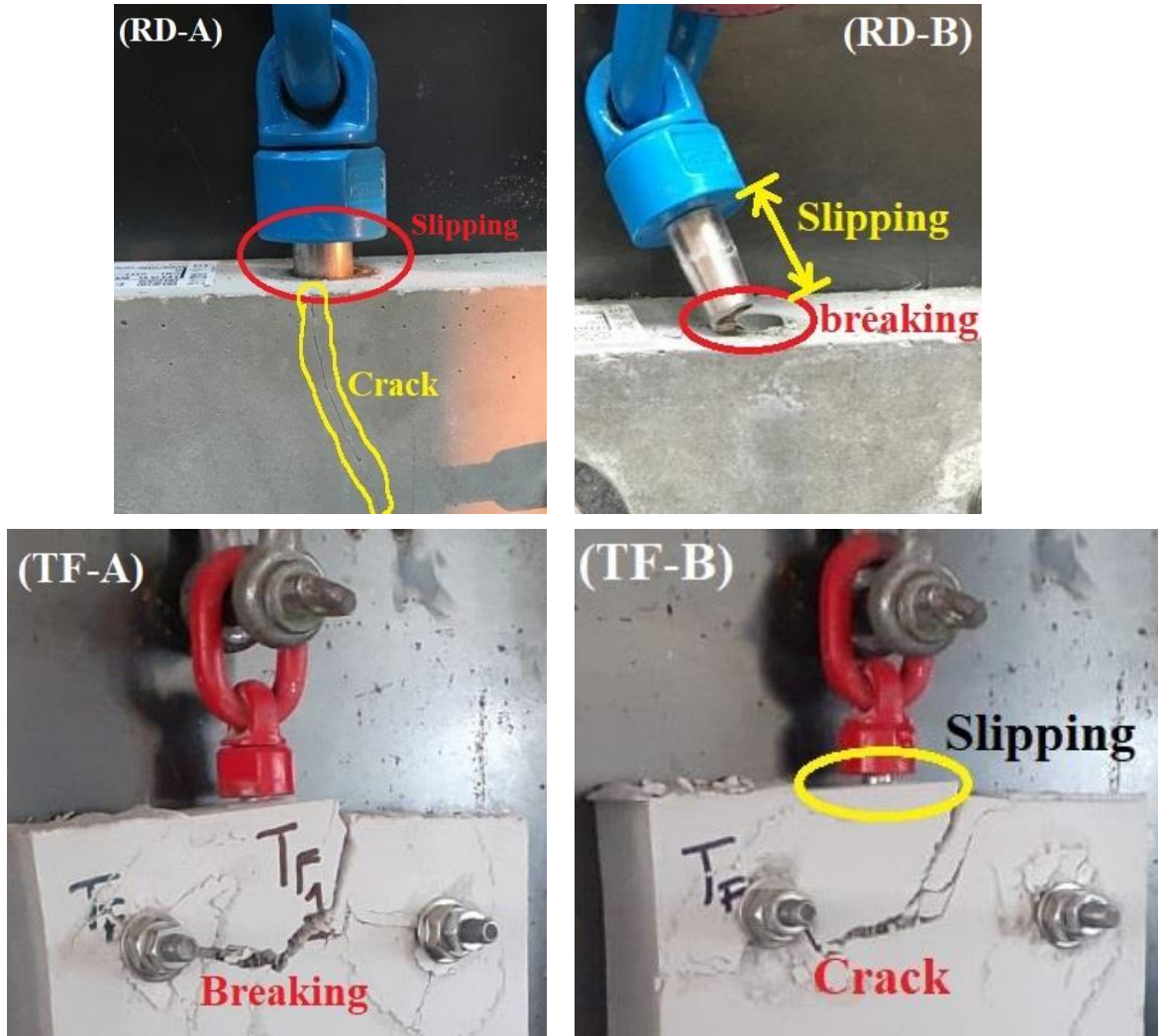


Fig. 4. Damage appearance of RD-A, RD-B, TF-A and TF-B samples after pull-out test.

Bond stress between concrete and socket can be calculated from the tensile load values obtained as a result of pull-out test. Using the ultimate tensile loads in this study, bond stress has been calculated from Equation 1, assuming an even bond stress distribution along the bond length. In this equation,  $\tau_{max}$  is the bond strength, MPa;  $P$  is the ultimate pull-out load, kN;  $d$  is the socket diameter, mm; and  $l_a$  is the bond length, mm.

$$\tau_{max} = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_a} \quad (1)$$

Maximum pull-out loads and bond stress values are compared according to two different mixtures and sockets in Fig. 5. The bond stress between the RD socket and the B mix was 13% higher compared to the A mix. Also the bond stress between the TF socket and the B mix was 39% higher compared to the A mix. This situation is parallel to the pull-out loads obtained for two different mixtures. While the maximum pull-out loads of RD sockets are higher compared to TFs, the bond stress values on the contrary are obtained as low. The reason why RDs have high maximum pull-out loads is that these sockets are longer compared to

TFs. The reason why TFs have high bond stress is due to the notch on the ends of these sockets. Of course, the reason why the bond stress of RD is half low may be that the diameter of the RD socket is thin. The bond length of TF was 23% of RD, the maximum pull-out load was 56% and the bond stress was 195%. Bond stress between a steel bar and concrete is affected by the interaction between the bar and cement, cracks in the concrete and steel fibers in the concrete mixture. Due to these factors at the beginning of the loading, the bar resists elusion, but after reaching the maximum bond-stress, it is stripped from the concrete with a constant friction coefficient [23]. Bond between reinforcement and concrete is measured as a shear stress, or bond stress, at the interface between the two materials, distributed over the surface of the rebar along the embedded length. Following this definition, bond stress is the ratio between the rate of change in axial force along the rebar and the area of rebar surface over which this change takes place. In addition to this shear stress there are other aspects involved, especially in the case of deformed, ribbed rebars [24,25]. A shear component, parallel to the rebar axis, and a radial component which affects the surrounding concrete. Therefore, bond implies not only bond stresses but radial stresses as well [13].

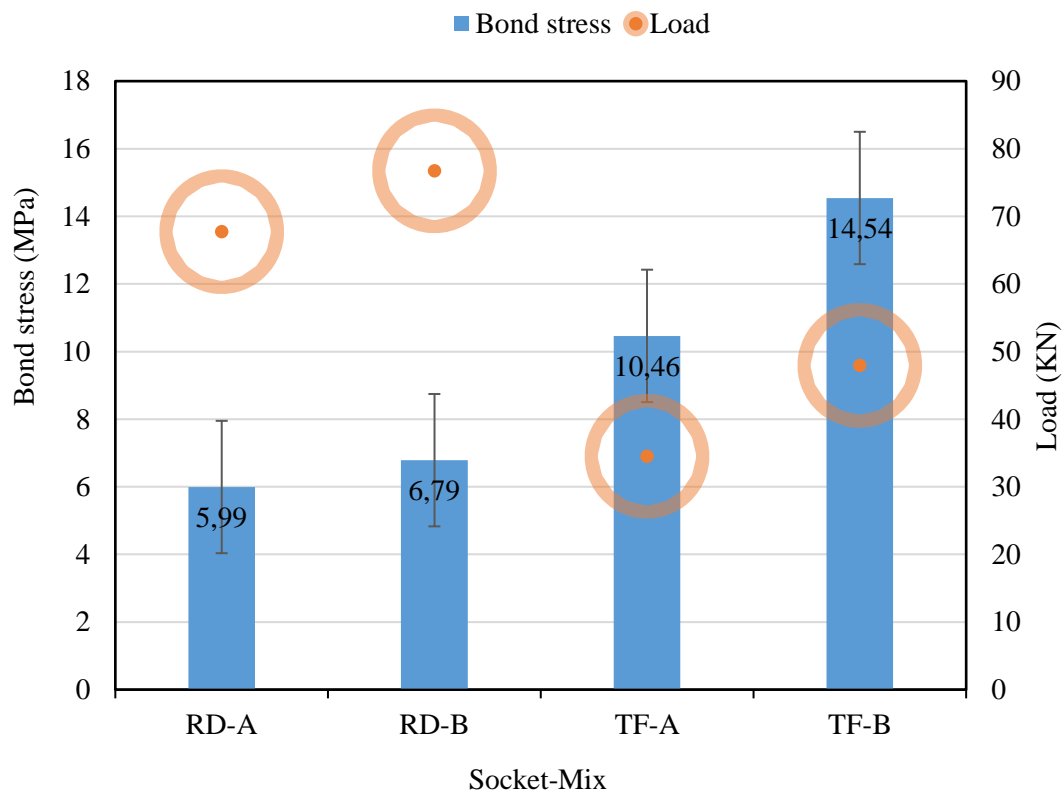


Fig. 5. Comparison of bond stress and lifting load on RD and TF sockets.

The behavior of two different types of socket against shear load is compared in Fig. 6. When the results are evaluated in terms of minimum-maximum values, a parallelism is observed with the pull-out test results. This applies to both load and displacement. RD socket carried 16% higher shear load in the B mix compared to the A mix. Also TF socket carried 4% higher shear load in the B mix compared to the A mix. Considering the displacement results in shear loading, the displacement value of the RD socket was 31% higher in the A mix than the B mix. Also, the displacement value of the TF socket was 27% higher in the B mix than the A mix. When examined according to different socket types in the same mixture, it has been observed that both sockets in the A mixture bear the same load. Also, it was shown that the RD socket carries 11% more load than the TF socket in the B mixture. Similarly, when displacement values are examined according to

the same mixtures, the RD socket showed 91% more displacement in the A mixture than the TF socket. Also, 14% more displacement of the RD socket was observed in the B mixture compared to the TF socket. Fluctuations in force-displacement curves are caused by fibers in concrete. This was also noticed by the sound of the fibers being broken in tandem during the test. When the shear force coincides with the large volume of the fibers, larger peaks are formed in the downward curves with the breaking of the fibers after a certain strength.

In this study, the socket pull-out and shear tests of the experimentally investigated plate samples were subjected to higher loads than the loads carried in practice. The load that the sockets are exposed to during transport and assembly is only the loads of the precast plates themselves. The values obtained from the pullout and shear test results can be used for the production of larger sized precast plates in future studies.

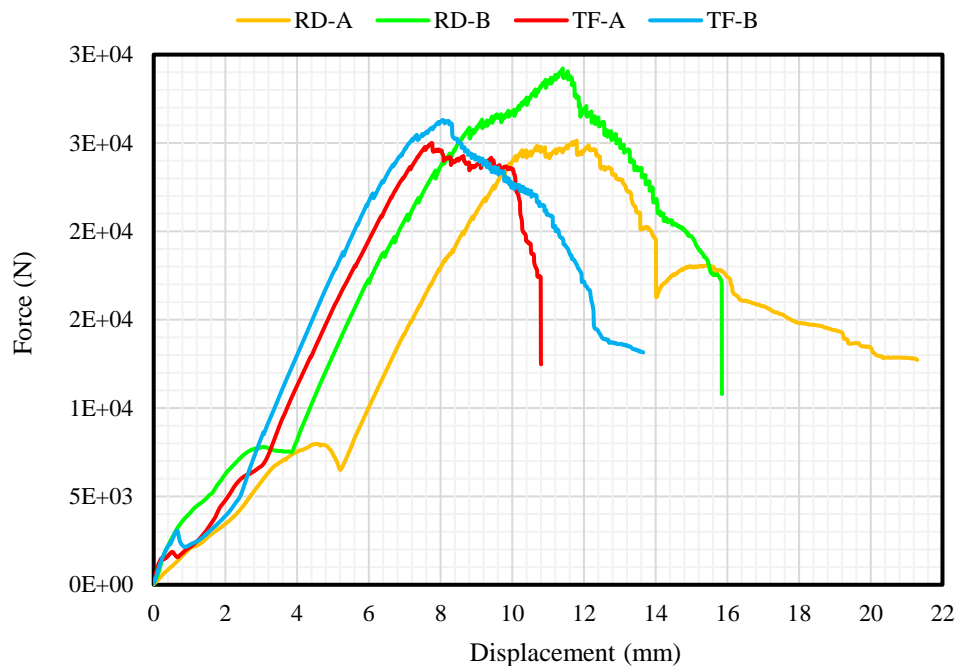


Fig. 6. Force-displacement curves of two different lifting sockets after shear test.

The shear test is generally designed to indicate the shear strength of UHPC panels, not sockets. The damage to the samples after testing is shown in Fig. 7. The reason why the test setup was designed in this way is to specify the strength of the samples in case they are lifted in this way at the construction site. The reason for the gap in the middle of the steel support placed on the sample is that the socket and the concrete surrounding the socket can be released while the shear force is applied.

When the RD-A and RD-B samples are examined, it is observed that RD-A is more deformed although RD-B carries more load. In the RD-A sample, the socket suddenly suffered fiber breakage after displacement of 5 mm. This case during 7.3 kN loading and visible cracks occurred in the concrete. For this reason, there was a decrease in the loading, then other fibers stepped in and the load amount increased up to 25 kN. After reaching this level of load, the bond between the socket and the concrete was completely lost and the specimen became completely deformed from both sides of the socket, as seen in Fig. 7. Considering the damage condition of the RD-B sample, it is understood that it is more elastic and stronger than the other mixture, as seen in the curve in Fig. 6. Similarly, strength loss was observed in the RD-B sample after 4 mm displacement, then the load amount exceeded 28 kN by effect of other fibers surrounding the sockets. In addition, while the RD-A specimen fractured more symmetrically and softly, RD-B was deformed on one side. This is again due to the compactness of the B-mixture and the intervention of the fibers against breakage. When the damage conditions of the samples containing TF socket were examined,

the damage status of TF-A was observed more than TF-B due to the strength of the B mixture. The load-displacement behavior of this socket also confirmed this in two different mixtures.

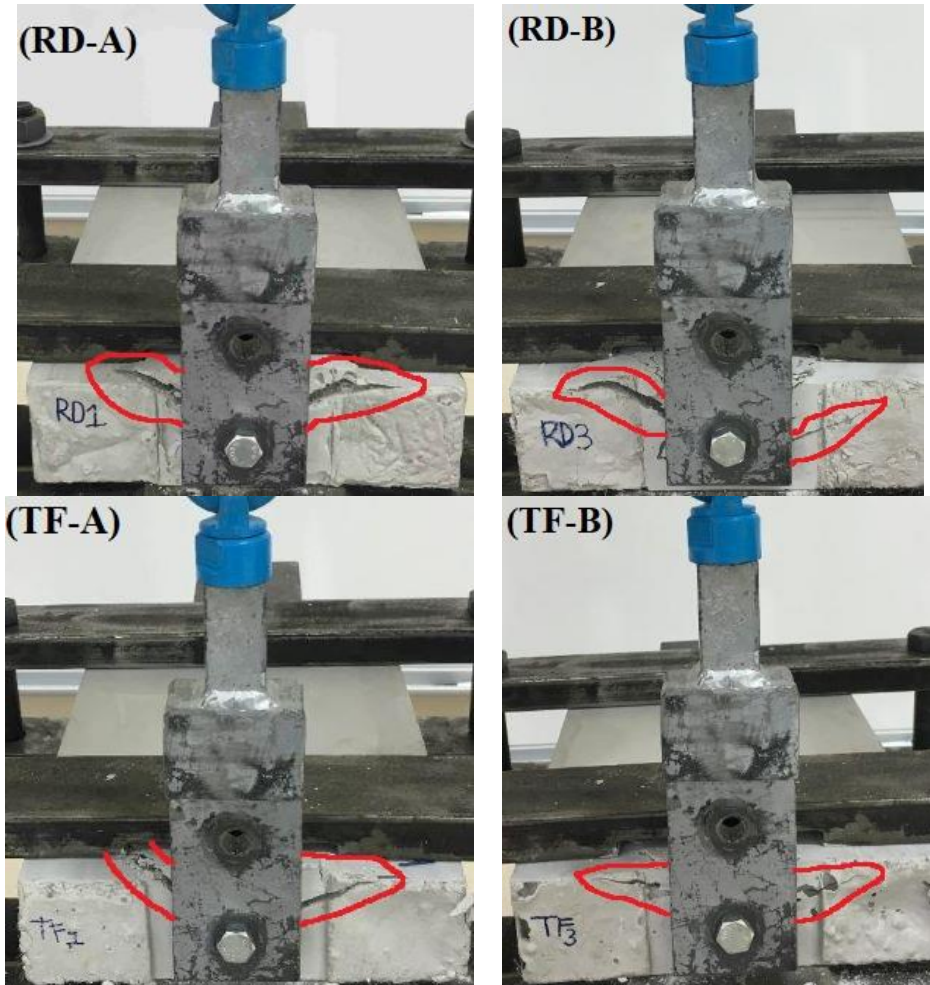


Fig. 7. Damage appearance of RD-A, RD-B, TF-A and TF-B samples after shear test.

#### 4. CONCLUSIONS

In the present study, based on experimental test methods, the behavior of two different types of lifting sockets embedded in real-size UHPC precast panels against pull-out and shear loads was investigated. Two different mixtures, A and B, were used as the UHPC mixture, and three samples were produced for each test and average results were obtained. Bond stress behavior was evaluated according to socket type and mixture properties. The following results can be obtained from the data obtained.

When the compressive and flexural strengths of the produced UHPC samples were compared with the literature, it was found that the results were satisfactory. It is stated that the compressive strength of UHPC elements used in building facades is generally above 100 MPa. The compressive strengths of the A and B mixtures used in this study provide this criterion as 116 and 140 MPa, respectively.

The RD socket showed a maximum pull-out load capacity of 67 KN in the A mixture and 76 KN in the B mixture. TF socket showed 22 and 47 KN, respectively. The B mixture, which has high compressive and

bending strength, exhibited superior results compared to the A mixture due to its high adhesion and friction feature with the socket in pull-out tests. Bond stresses of RD and TF sockets were also calculated, and TF was obtained approximately 2 times higher than RD. It was explained that this was due to the notch on the ends of the TF sockets.

According to the shear test results, the RD socket withstood a load of 24 and 29 KN, respectively, in the mixture of A and B. For the TF socket, 25 KN and 26 KN shear forces were recorded, respectively, in the same mixtures. According to the pull-out and shear test results, mix B exhibited higher displacement for both sockets compared to mix A.

As a result, the suitability of both sockets used in the Project in terms of safety has been confirmed. The results particularly proved that RD sockets can be used as lifting sockets for larger precast plates to be produced from the same mixtures. This study may be useful in the safety examination of the lifting socket, mounting apparatus and other embedded additional elements that are planned to be implemented for precast UHPC facade elements in the future.

## 5. ACKNOWLEDGEMENT

In this study, we would like to thank Fibrobeton Company and R&D personnel who contributed to material supply, test production and some tests

## REFERENCES

- [1] A. TOPBAS, F.Ö. TULEN, M. MARASLI, B. KOHEN, A Prefabricated GFRC-UHPC Shell Pedestrian Bridge, IASS Annual Symposium 2019 – Structural Membranes. (2019).
- [2] A. TOPBAS, T. Ateser, F.O. TULEN, M. MARASLI, B. KOHEN, Physical Modeling and Design Development of Precast UHPC Shell Bridge, Proceedings of the IASS Annual Symposium 2020/21 and the 7th International Conference on Spatial Structures. (2020).
- [3] J. Xue, B. Briseghella, F. Huang, C. Nuti, H. Tabatabai, B. Chen, Review of ultra-high performance concrete and its application in bridge engineering, *Construction and Building Materials*. 260 (2020) 119844. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119844>.
- [4] P. Richard, M. Cheyrezy, S.D. Bouygues, S. Quentin, (Refereed) (Received January 5: in final form April 12.1995), 25 (1995) 1501–1511.
- [5] J. Li, Z. Wu, C. Shi, Q. Yuan, Z. Zhang, Durability of ultra-high performance concrete – A review, *Construction and Building Materials*. 255 (2020) 119296. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119296>.
- [6] M. Ghous, R. Kahraman, N. Al, B. Gencturk, Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes, *Journal of Building Engineering*. 33 (2021) 101669. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101669>.
- [7] N. Roux, C. Andrade, M.. Sanjuan, Experimental study of durability of reactive powder concretes, (1996) 1–6.
- [8] M. MOHABBI, S. VAROLGÜNEŞ, Manyetize Edilmiş Suyun, RPB Betonların Özellik ve Davranışları Üzerindeki Etkisi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 6 (2019) 21–29. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.559662>.

- [9] M. Seis, S. Subasi, B. Isbilir Kula, M. Marasli, Karbon nanotüplerin ultra yüksek performanslı betonların Mekanik ve fiziksel özelliklerine etkileri, Cumhuriyet Zirvesi ,4. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi. (2021) 148–157.
- [10] H.H. Abrishami, D. Mitchell, Simulation of Uniform Bond Stress, *Materials Journal*. 89 (1992) 161–168.
- [11] D. Gao, H. Yan, D. Fang, L. Yang, Bond strength and prediction model for deformed bar embedded in hybrid fiber reinforced recycled aggregate concrete, *Construction and Building Materials*. 265 (2020) 120337. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120337>.
- [12] J. Eiras-López, S. Seara-Paz, B. González-Fonteboa, F. Martínez-Abella, Bond Behavior of Recycled Concrete: Analysis and Prediction of Bond Stress–Slip Curve, *Journal of Materials in Civil Engineering*. 29 (2017) 04017156. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002000](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002000).
- [13] E. Garcia-Taengua, J.R. Martí-Vargas, P. Serna, Bond of reinforcing bars to steel fiber reinforced concrete, *Construction and Building Materials*. 105 (2016) 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.044>.
- [14] ASTM C900, Standard test method for pullout strength of hardened concrete., American Society for Testing and Materials West Conshohocken, USA. (2013).
- [15] ACI 4403 R, Guide test methods for FRPs for reinforcing or strengthening concrete structures., Michigan, USA: American Concrete Institute. (2004).
- [16] CAN/CSA S806, Design and construction of building components with fibre reinforced polymers., Toronto, Canada: Canadian Standards Association. (2002).
- [17] ASTM C234-91a, Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel, American Society for Testing and Materials West Conshohocken, PA, 1991. (2000).
- [18] C 1611/C 1611M, Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete, American Society for Testing and Materials. (205AD).
- [19] ASTM C1856/C1856M-17, Standard Practice for Fabricating and Testing Specimens of Ultra-High Performance Concrete, American Society for Testing and Materials. (2017).
- [20] T.A. Söylev, The effect of fibers on the variation of bond between steel reinforcement and concrete with casting position, *Construction and Building Materials*. 25 (2011) 1736–1746. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.093>.
- [21] Ş. Yazıcı, H.Ş. Arel, The effect of steel fiber on the bond between concrete and deformed steel bar in SFRCs, *Construction and Building Materials*. 40 (2013) 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.098>.
- [22] L. Huang, Y. Chi, L. Xu, P. Chen, A. Zhang, Local bond performance of rebar embedded in steel-polypropylene hybrid fiber reinforced concrete under monotonic and cyclic loading, *Construction and Building Materials*. 103 (2016) 77–92. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.11.040>.
- [23] D. Shen, X. Shi, H. Zhang, X. Duan, G. Jiang, Experimental study of early-age bond behavior between high strength concrete and steel bars using a pull-out test, *Construction and Building Materials*. 113 (2016) 653–663. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.094>.

- [24]J. Cairns, G.A. Plizzari, Towards a harmonised European bond test, *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*. 36 (2003) 498–506. <https://doi.org/10.1617/13887>.
- [25]P.F. Bamonte, P.G. Gambarova, High-Bond Bars in NSC and HPC: Study on Size Effect and on the Local Bond Stress-Slip Law, *Journal of Structural Engineering*. 133 (2007) 225–234. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2007\)133:2\(225\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2007)133:2(225)).