

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science

12(1), 27-46, 2025

DOI: 10.35193/bseufbd.1409558

e-ISSN: 2458-7575 (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bseufbd>)

Araştırma Makalesi - Research Article

Konya Meyil Obruk Gölü'nün Karakteristik Özellikleri, Bazı Siyanobakteri ve Diyatom Taksonlarının İzolasyonu, Onların Moleküler-Morfolojik Teşhisleri

Characteristic Features of Konya Meyil Sinkhole Lake, As Well As The Isolation and Molecular-Morphological Species Identification of Some Cyanobacteria and Diatoms In Lake

Zeliha Demirel^{1*}, Şeyda Parlar², Berkant Coşkun³, Arzu Yıldırım⁴, Meltem Conk Dalay⁵, Yaşar Eren⁶

Geliş / Received: 25/12/2023

Revize / Revised: 06/05/2024

Kabul / Accepted: 11/06/2024

ÖZ

Bu çalışmada, Obruk Platosunda (Karapınar-Konya) bulunan Meyil Obruk gölünün fiziksel ve jeolojik özelliklerinin araştırılması ve iklim değişikliği nedeniyle gölün suyundaki renk değişimine neden olan mikroorganizmaların belirlenmesi amaçlanmıştır. Meyil Gölü'nün uzun eksen 650 m, kısa eksen 540 m'dir. 2020 yılı itibarıyla obruğun suya kadar olan derinliği 80 m ve ağız alanı 0,3 km² dir. Obruğun ağız kesiminin en üst seviyedeki kotu 1050 m'dir. Meyil Obruğu Miyosen-Pliyosen yaşlı göl sel kireçtaşı-marn-çamurtaşı-kıltaşı ardalanması şeklindeki kayalar içinde oluşmuştur. Küresel ısınma ve aşırı su kullanımı nedeniyle su seviyesi düşmüş ve gölün alanı oldukça küçülmüştür. Ayrıca obruk içinde günümüzde tekrar hareketlenmeyi gösteren dairesel yarıklar bulunmaktadır. Çalışma kapsamında gönderilen su örneğinden siyanobakteri taksonlarından *Phormidium* sp., *Toxifilum* sp., *Geitlerinema* sp. (1, 2), *Leptolyngbya* sp. (1, 2) ve diyatom taksonlarından *Pseudostaurosira* sp. ve *Nitzschia amphibia* izole edilerek morfolojik ve moleküler tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. İzole edilen taksonları muhafaza etmek için Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümünde bulunan mikroalg kültür koleksiyonuna (EGE-MACC) taksonların eklenmesi ve korunması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler- *Meyil Obruk Gölü, Siyanobakteri; Diyatom, İzolasyon, Moleküler-Morfolojik Tanımlama*

^{1*}Corresponding Author Contact: zeliha.demirel@ege.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-3675-7315>)

Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Ege University, İzmir, Türkiye

²Contact: sparlar@ktun.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-1048-0100>)

Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, Konya, Türkiye

³Contact: bcoskun@ktun.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-9798-8793>)

Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, Konya, Türkiye

⁴Contact: arzu.yildirim@ege.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-9836-3181>)

Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Ege University, İzmir, Türkiye

⁵Contact: meltemconkdalay@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-1718-7292>)

Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Ege University, İzmir, Türkiye

⁶Contact: veren@ktun.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-7899-8507>)

Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, Konya, Türkiye

ABSTRACT

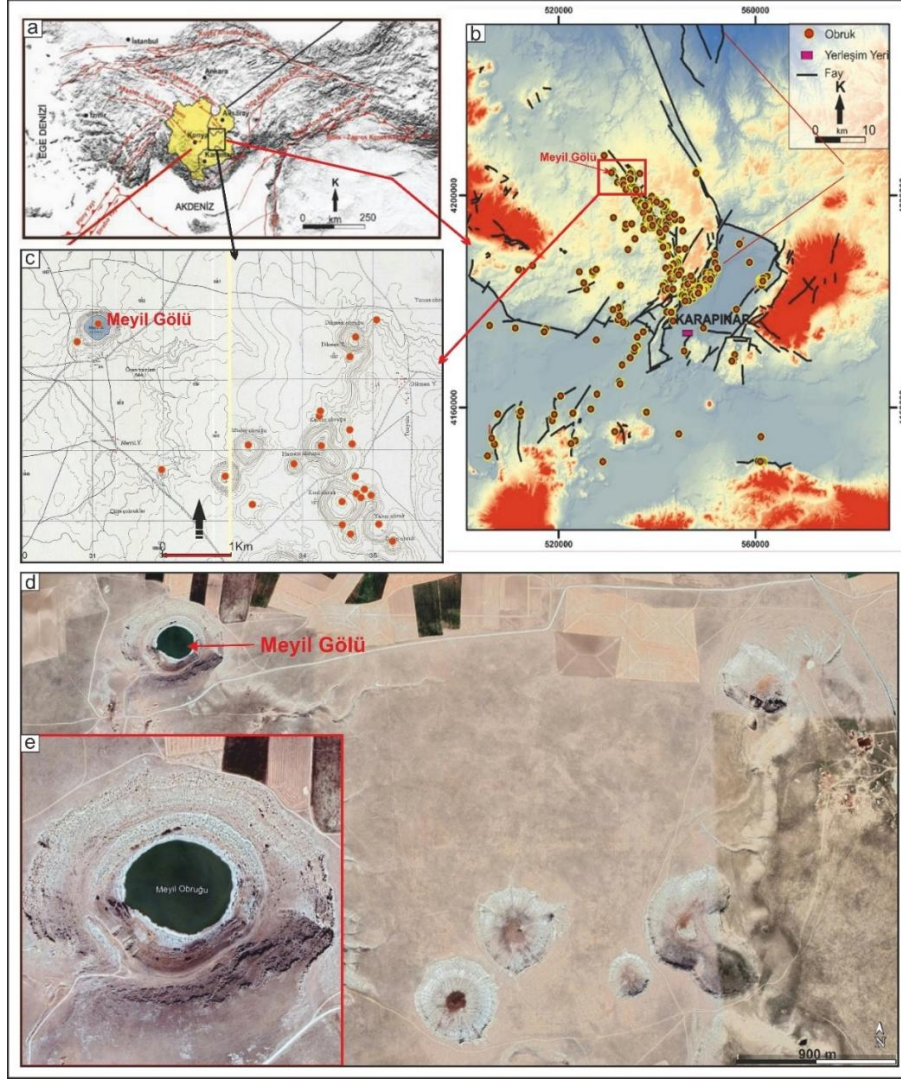
This study aims to investigate the physical and geological properties of Meyil Sinkhole Lake located on the Sinkhole Plateau (Karapınar-Konya), and to determine the microorganisms that cause color change in the lake's water due to climate change. The long axis of Meyil Lake is 650 m and the short axis is 540 m. As of 2020, the sinkhole up to the water is depth 80 m and the mouth area is 0.3 km². The highest level of the mouth of the sinkhole is 1050 m. The Meyil Sinkhole was formed within Miocene-Pliocene aged lacustrine limestone-marl-mudstone-claystone alternation rocks. Due to global warming and excessive water use, the water level has decreased, and the area of the lake has shrunk considerably. In addition, there are circular fissures in the sinkhole, which indicate that there is activity again today. Within the scope of the study, the water sample sent from Lake Sinkhole was isolated, and then their morphological and molecular identifications were carried out. Afterward, microalgae species were detected from cyanobacteria species *Phormidium* sp., *Toxifilum* sp., *Geitlerinema* sp. (1, 2), *Leptolyngbya* sp. (1, 2), and diatom species *Pseudostaurosira* sp. and *Nitzschia amphibia*. To preserve the isolated species, the species were added and preserved to the microalgae culture collection (EGE-MACC) in the Department of Bioengineering at Ege University.

Keywords- *Meyil Sinkhole Lake, Cyanobacteria, Diatom, Isolation, Molecular-Morphological Identification*

I. GİRİŞ

Obruklar (sinkholes, dolins), karstik bölgelerdeki küçük ve kapalı çöküntülerdir [1, 2]. Ana kayanın çözünmesi, çökmesi, aşağıya doğru yıkanması, örtü çökmesi vb. süreçlerle oluşurlar ve buna göre sınıflandırılırlar [2-4]. Karst genellikle kireçtaşı, dolomit, jips gibi karbonatlı ve evaporitik kayalarda gelişir ve dünyanın hemen her ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de yaygın olarak görülür.

Toros karstlarında ve Konya ilinin doğusunda Karapınar ve çevresinde Obruk Platosu içinde değişik boyutlarda, farklı yapısal özelliklerde ve farklı oluşum mekanizmalarına sahip çok sayıda obruk (yerel halk dili:opan) bulunmaktadır (Şekil 1a ve b).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası, a. Türkiye'nin ana faylarını b. Karapınar çevresindeki fayları ve obrukları, c. Meyil Gölü ve çevresinin topoğrafik haritasını ve d-e. Meyil Gölü ve çevresinin Google Earth uydu görüntüsünü gösteren haritalar.

Obruk Platosu içinde yer alan bu bölgede her biri birer doğa harikası olan ve farklı oluşum yaşlarına sahip eski oluşumlu obruklar bulunmaktadır (Şekil 1b). Obruk Platosu, çevredeki Kuvaterner yaşlı havzalara göre ortalama 100 m'yi aşan yükselti sunan bir zondur. Obruk Platosu'nda, her biri birer doğal anıt olan çeşitli boyutlarda 205 obruk tanımlanmıştır [5, 6] (Şekil 1b). Plato üzerinde çapı 800 m' ye, derinliği görünürde 130 m'ye varan çok sayıda obruk bulunmaktadır. Kızören, Meyil, Çıralı, Dikmen, Potur, Cehennem, Karain, Akvıran, Akobruk, Kangallı, Hamam yöredeki önemli ve büyük çaplı obruklardandır. Bu obruklar 3-12 milyon yıl yaşlı kireçtaşlarında binlerce hatta milyonlarca yıl içinde gelişen ve bölgede insan yerleşimlerinden önce oluşan, yani oluşumunda insan etkisinin olmadığı obruklardır. Obruklar ortalama 13,2 m derinliğe sahiptirler ve çevre uzunlukları 4,4 m–2296 m, alanları ise 1,3 m² ile 413267,35 m² arasında değişmektedir. Karapınar-Konya bölgesinde eski oluşumlu obruklar bulunduğu gibi, güncel obruk oluşumları da sık sık gözlenmektedir. Ayrıca bölgedeki güncel düşey çökmelere bağlı olarak eski oluşumlu obrukların bir kısmında tekrar hareketlenmeyi gösteren dairesel yarıklar, bir kısmında da daha küçük çaplı güncel obruklar oluşmaya başlamıştır.

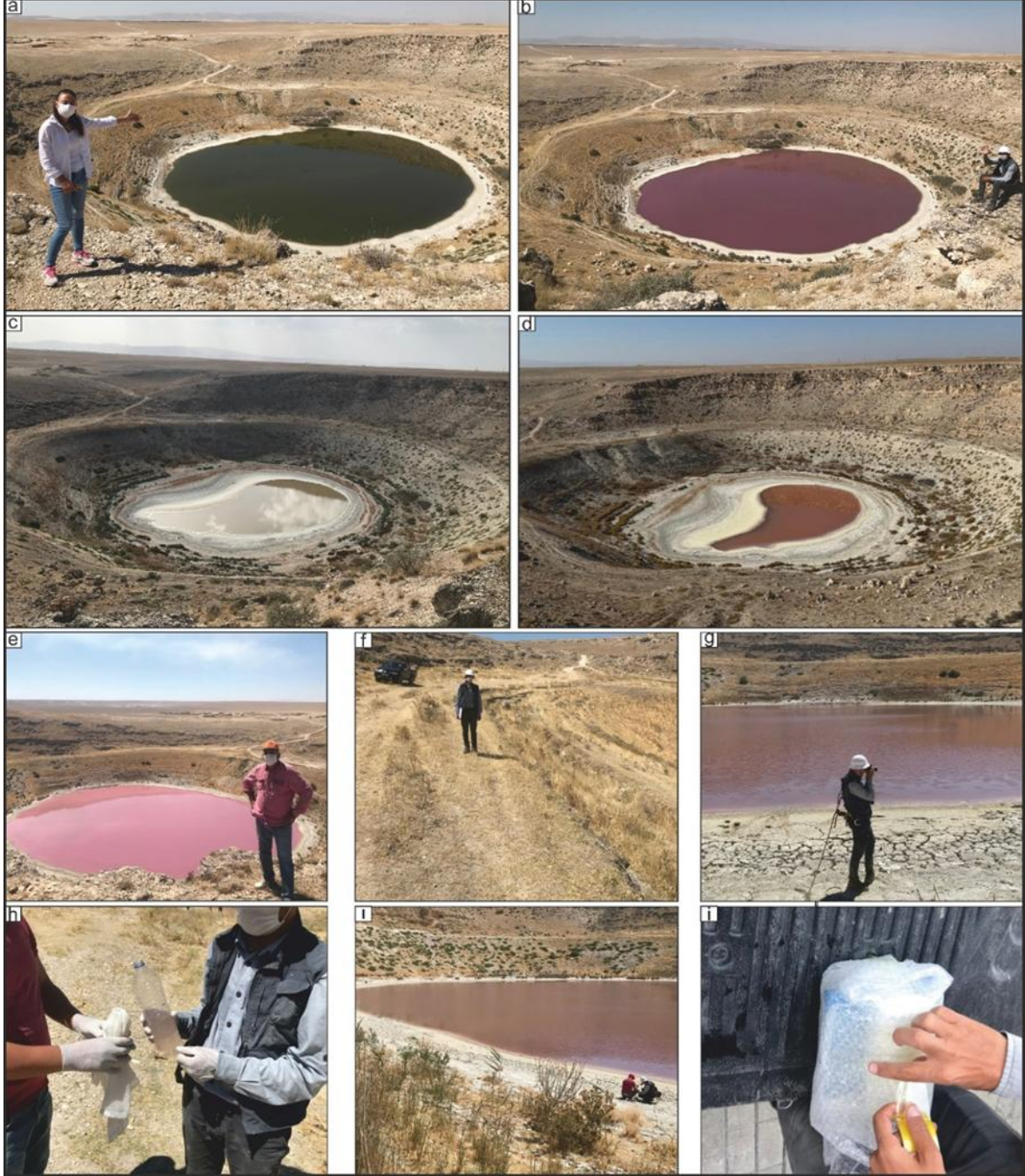
Obruğun tabanı su tablasının altındaysa, sıklıkla bir göl oluşmaktadır (Örn. Kızören, Çıralı, Meyil, Timraş, Apa). Son yıllarda küresel ısınma ve aşırı su kullanımı sonucu yer altı suyu seviyesinin düşmesi nedeniyle sulu obruklardan Çıralı gölü tamamen kurumuş, Timraş ve Meyil obruk gölleri ise kurumak üzeredir.

Meyil Obruk Gölü (Şekil 1c, 1d, 1e ve 2a, 2b), Konya-Karapınar Obruk Platosu üzerindeki en göz alıcı ve ilginç obruklardan biridir. Bölgede geçmiş yıllarda farklı konularda çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir [6-34].

Göçmez (2011) [26] ve KOP (2012) [34] raporu obrukların oluşumu ve morfolojik özellikleri, Erol (1986) [35] jeomorfolojik gelişimi, Yılmaz (2010) [36] yeraltı suyu seviye değişimlerine bağlı çevre sorunları, Bozyiğit

ve Tapur (2009) [37] turizm potansiyeli, Fikirdeşici Ergen (2021) [38] Meyil Obruk Gölü sedimentlerinin kirlilik analizleri, Akdemir (2008) [39] Meyil Obruk Gölü'ndeki ostrakodlar hakkında çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca Akdemir (2004) [40] Acıgöl, Meke ve Meyil Gölleri'nin ostrakod faunası ve Durmaz (2019)[41] Meyil ve Kızören Obruk Gölleri'nin zooplankton faunası konularında yüksek lisans tezleri hazırlamışlardır.

Yöredeki obrukların çok büyük bir bölümü su bulundurmamaktadır. Yörede 2023 yılı itibarıyla sadece Kızören ve iyice azalsa da Meyil Obruğu su bulundurmaktadır. Genelde yeşil ve gri renk tonlarında gözlenen (Şekil 2a) Meyil Gölü'nün rengi yöre halkının ifadesi ile ilk defa 19.08.2020 tarihinde pembe-mor renge dönüşmüştür (Şekil 2b). 02.09.2020 tarihinde tekrar gidildiğinde gölün eski rengine döndüğü görülmüş ve sadece kenarlarında 0,5 m-1 m genişliğindeki bir zonda göle pembe mor renk veren kalıntıların kaldığı görülmüştür. 2021 ve 2022 yıllarında gölün su seviyesi biraz düşse de normal özelliğini korumuştur. 28.10.2023 tarihinde gidildiğinde ise gölün suyunun büyük oranda çekildiği (Şekil 2c) ve 14.11.2023 tarihinde göl suyunda tekrar renklenme olduğu gözlenmiştir (Şekil 2d).



Şekil 2. Meyil Gölü'nün a. normal göl suyu rengi b. e. 26.08.2020 tarihinde göl suyunda pembe renklenme c. 28.10. 2023 tarihinde gölün suyunun çekilmesi d. 14.11.2023 tarihinde göl suyunda tekrar mor-alacalı renklenme f. Meyil Gölü içindeki dairesel yarıklar g-i. 26.08.2020 tarihinde Meyil Gölü'nde gerçekleştirilen su örnekleme çalışmaları

Bu renk değişimlerine neden olabilecek mikrobiyal yaşam formları bu çalışma ile araştırılmıştır. Farklı haber kaynaklarında, pembe renk oluşumunun *Dunaliella salina* nedeniyle olduğu bildirilmesine rağmen Meyil Obruğunda tuz konsantrasyonu düşüktür [42]. Gölde oluşan rengi siyanobakterilerde bulunan protein pigment kompleksi olan fikobiliproteinlerin gerçekleştirdiği düşünülmektedir. Fikobiliproteinler (PBP'ler), fuşya, mor-mavi ve camgöbeği dahil olmak üzere çeşitli renklerde floresan proteinlerdir ve fikobilizomlar (PBS) adı verilen yardımcı fotosentetik komplekslerde ışık enerjisinin yakalanmasına olanak tanır [43]. Elektron mikroskobu deneylerinde, PBS'nin açıkça tanımlanmış 2 alt yapıya (çubuklar ve çekirdek) sahip olduğunu belirtilmiştir. Çubuklar, fikoeritrin (PE-kırmızı/pembe) ve fikoeritrosiyanin (PEC-menekşe/viyolet) olmak üzere iki veya üç PBP'den oluşur; bunlar çekirdekten en uzak PBP'lerdir. Çubuklar ayrıca çekirdeğe en yakın fikobiliprotein olan fikosiyaninden (PC-mavi) oluşur. Ancak PE ve PEC her zaman fikobilizomların çubuklarının bir parçası olmayabilir [44].

Siyanobakteriler, taksonomik açıdan fototrofik prokaryotlardır. Bu algler tüm göllerde bulunabilir ve göl ekosisteminin doğal bir parçasını oluşturur. Siyanobakteriler, yeryüzündeki tüm sucul ortamlarda yaygın olarak görülebilmektedir. Ortamdaki yüksek besin konsantrasyonu ve sıcaklık onların aşırı çoğalmalarına neden olabilir [45]. Taksonomik kategorizasyonda algaebase.org veri tabanı kullanılmıştır [46].

Bu çalışmanın amacı, Konya-Karapınar Obruk Platosunda bulunan Meyil Obruk gölünün karakteristik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması ve iklim değişikliği nedeniyle gölün su kütlesindeki renk değişimine sebep olabilecek mikroorganizmaların belirlenmesidir. Obruk Göl suyu içerisinde bulunan alg taksonlarının laboratuvar koşullarında izolasyonu ve tanımlanmasını içermektedir.

II. MATERYALVE METOT

A. Örnek Transferi

Gölün pembe-mor rengini sergilediği 26.08.2020 tarihinde tek bir istasyondan steril pet şişelerde pelajik su örnekleri alınmış, uygun olarak paketlenmiş (Şekil 2g-2i) ve aynı gün hızlı kargo ile Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümüne gönderilmiştir.

Laboratuvara gönderilen su örneği önceden hazırlanan farklı pH'lar da (6,5-7-8,5) BG-11, CHU-10, Basal, N-free BG-11 kültür ortamlarına ekilerek 50 µmol/m²s ışık şiddetinde 37±2°C sıcaklıktaki inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır.

1. Taksonların İzolasyon ve Saflaştırma Yöntemleri

Filtrasyon; Düşük vakum altında kaba filtre kullanılarak filamentli taksonların ortamdan ayrılması sağlanarak ayırım yapılmaya çalışılmıştır.

Seri dilüsyon (seyreltme); 15 mL tüplere 9 mL seçilen kültür ortamı ilave edilerek yaklaşık 1mL stoktan ilave edilerek 10³ -10⁴ dilüsyonlar hazırlanarak inkübasyona bırakılmıştır.

Agarlı petri kaplarına ekimi; Dilüsyon örnekleri agarlı petri kutularına yayma ve çizgi ekim teknikleri kullanılarak ekilip inkübasyona bırakılarak petri yüzeyinde gelişen farklı kolonilerden ayırma saflaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bazı hızlı gelişen mikroalg türlerinin baskılanmasında bazı kimyasallar özellikle germanyum dioksit (diyatomların uzaklaştırılmasında); NaOCl epifit türlerin eliminasyonunda ve akinetlerin yok edilmesinde kullanılmıştır [47].

2. İzole Edilen Taksonların Morfolojik ve Moleküler Yöntemlerle Tanımlanması

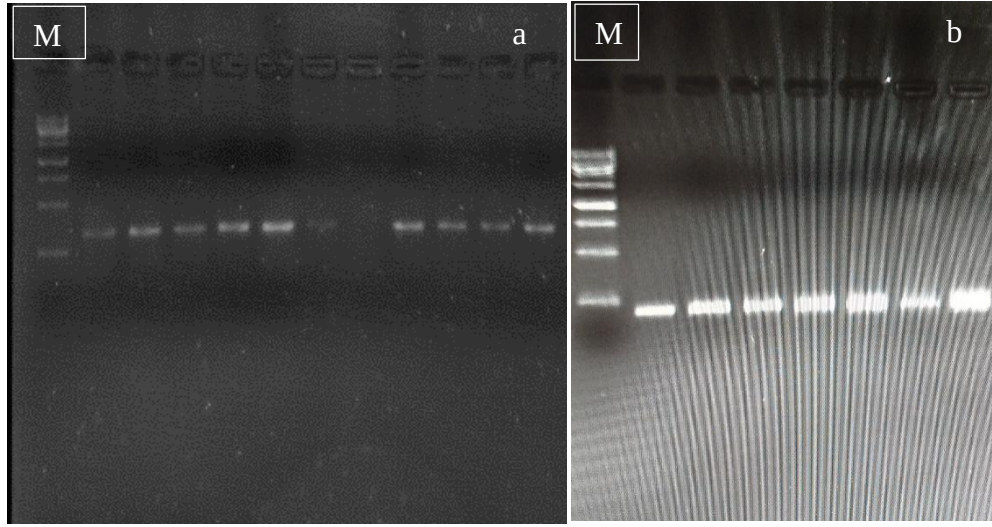
Taksonların teşhisleri morfolojik olarak ışık, faz-kontrast ve taramalı elektron mikroskopta (SEM) teşhis edilmiş, teşhiste ilgili veri tabanları ve kaynaklardan yararlanılmıştır [46, 48-52].

Morfolojik ışık mikroskobu için örnek hazırlama; mikroalg ve siyanobakteri örnekleri sıvı ortamdan santrifüj tüpüne alınarak 3500 rpm de 5 dakika santrifüjlendikten sonra süpernatant uzaklaştırılmıştır. Pellette bulunan hücreler lam ve lamel arasında ışık ve faz-kontrast mikroskopta bakılarak incelenmiştir. Kalan hücre yığını liyofilize edilerek kuru şekilde SEM analizi için nem almayacak biçimde paketlenerek karanlıkta muhafaza edilmiştir. Diyatomların çeper süsleri içerisindeki protoplastlarından uzaklaştırılması için ticari olarak kullanılan sodyum hipoklorit (% 5,25) çözeltisi kullanılmıştır. Kalan organik materyalin uzaklaştırılması için H₂SO₄ (% 98 h/h) içerisinde 50°C lik su banyosunda 15 dakika tutulduktan sonra, santrifügasyon ile pellet elde edilmiştir. Silis çeper süsleri (früstelller), kenar ve rafe çizgi bağlantıları gözlemlenerek sistematikleri belirlenmiştir. Olympus BX53 ışık mikroskobu ve Olympus XC30 kamera, cellSens Entery programı kullanılarak fotoğraflar çekilmiştir. SEM görüntülenmesi için, temizlenen çeper süsleri liyofilizasyon ile kurutulduktan sonra EGE-MATAL

bünyesinde bulunan SEM mikroskobu tablaları üzerine yapıştırılan çift yönlü bantların üzerine aktarılan örnekler, vakum altında 10 dakika altın kaplaması yapıldıktan sonra taramalı elektron mikroskopunda görüntülenmiştir.

SEM analizi Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden (EGE-MATAL) hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir.

Moleküler tanımlamada taksonların DNA izolasyonu Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümünde: Saflaştırılan taksonlar 10^6 hücre/mL olacak şekilde yoğunlaştırıldıktan sonra Zymo Research Fungal/Bacterial DNA Kiti kullanılarak DNA'ları elde edilmiştir. DNA'lar jel elektroforezinde yürütülmüş ve UV görüntüleme cihazı kullanılarak saptanmıştır. Agaroz jel üzerinde görüntülen DNA'lar daha sonra polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yöntemi ile istenilen gen bölgeleri çoğaltılmıştır. Kullanılan primerler çiftleri Tablo 1 de gösterilmektedir. 16S DNA gen bölgeleri çoğaltılarak (94°C de 4 dakika, 35 döngü 94°C 1 dakika, Tablo 1 ve Tablo 2'de belirtilen bağlanma zamanında 1 dakika ve 72°C de 1 dakika, final 72°C de 10 dakika) elde edilen PCR ürünleri %1'lik agaroz jel elektroforezinde görüntülenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. PCR ürünlerinin agaroz jelde görüntüsü (M: 1kb DNA ladder ve a,b: siyanobakterilerin farklı 16S gen bölgeleri)

Tablo 1. Çalışmada kullanılan primer çiftleri [53-56]

	Primer dizisi (5'-3')	PCR Bağlanma Isısı
16S-F	CGG ACG GGT GAG TAA CGC GTG A	60 °C
16S-R1	GAC TAC TGG GGT ATC TAA TCCCAT T	
16S-R2	GAC TAC AGG GGT ATC TAA TCCCTT T	
18S-F	YACCTGGTTGATCCTGCCAGTAG	55 °C
18S-R	GCTTGATCCTTCTGCAGGTTACAC	

Diyatom örneklerinin DNA' ları için SSU (Kısa alt birim) 18S ribozomal RNA üzerinden belirlenen primer çifti (18S F 5'YACCTGGTTGATCCTGCCAGTAG 3'; 18S R 5'GCTTGATCCTTCTGCAGGTTACAC 3') Gene Mark (2X PCR Dye Master Mix II) marka PCR kiti kullanılarak PCR ürünleri her bir DNA örneği için hazırlanmıştır. Hazırlanan PCR ürünleri ve Tablo 2 bağlanma ısısı 56°C ve 35 döngü çoğaltılmıştır.

Siyanobakteri taksonları için DNA'lar elde edildikten sonra, 16S ribozomal RNA dan hazırlanan primerler 16S-F 5'CGGACGGGTGAGTAACGCGTGA 3' ve 2 adet 16S-R1 5'GACTACTGGGGTATCTAATCCCAT 3'; 16S-R2 5'GACTACAGGGGTATCTAATCCCTTT 3' primerleri kullanılarak Tablo 2 deki bağlanma ısısı 61°C olarak belirlenmiş ve 35 döngü de çoğaltılmıştır.

Tablo 2. Mikroorganizmalar için PCR da çoğaltılan primerlerinin döngü parametreleri

Adım	PCR döngü parametreleri		
	Sıcaklık (°C)	Zaman (Dakika)	Döngü
Başlangıç Denatürasyon	94	4	1
Denatürasyon	94	1	
Bağlanma	56 ve 61	1	35
Uzama	72	1	
Son Uzama	72	10	1

PCR sonuçları %1 lik TBE (Tris-Borik asit- EDTA) tamponu ile hazırlanan jele SYBR jel boyası eklenerek uygun voltta ürünler yürütülmüştür. Daha sonra jel UV görüntüleme sistemi ile görüntülenmiştir. Çoğaltılan ve jelde görüntülenen PCR ürünler MEDSANTEK tarafından genetik analiz cihazında nükleotid sekanslanma işlemleri tamamlanmıştır. Sekans sonuçları NCBI-Blast nükleotid (NCBI-Standard Nucleotide BLAST) programı ile örneklerin gen dizileri karşılaştırılarak araştırılmıştır.

Elektroforez üzerinde çoğalan temiz bant bölgeleri sekans analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla Medsantek Şirketine dizi analizine gönderilmiş ve elde edilen kromatogramlar NCBI, PhycoBank genebase gibi sistemlerle eşleştirilerek genetik olarak taksonlar tanımlanmıştır [53].

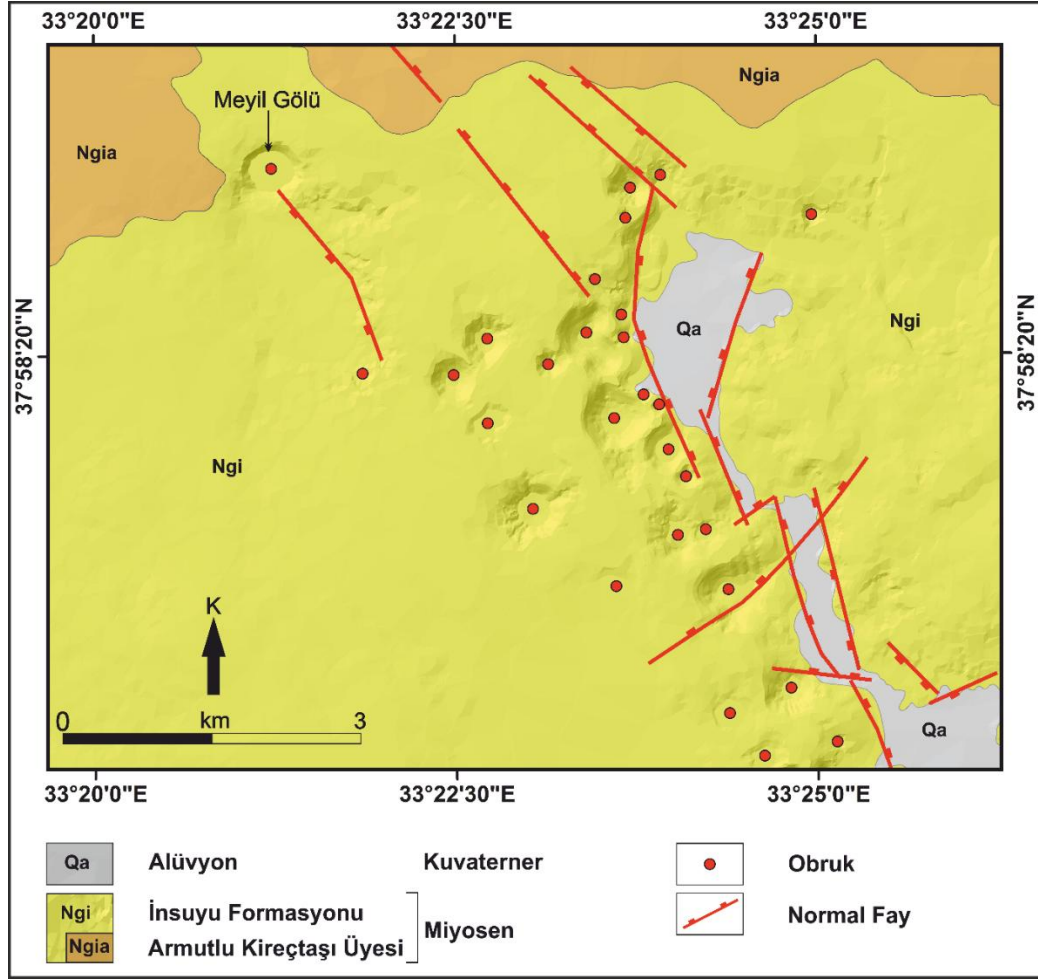
3. Göle Ait Ölçüm Parametrelerin Belirlenmesinde Kullanılan Cihaz ve Yöntemler

Arazi çalışmaları esnasında tablete yüklü uydu görüntüleri kullanılarak obruğun uzun ve kısa eksenleri yerinde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar gerektiğinde çelik şerit metre ölçümleri ile arazi çalışmalarıyla denetlenmiştir. Bunun yanı sıra Meyil gölünün morfolojik özelliklerini belirlemede bölgeye ait 1/25,000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalardan elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM-SYM) kullanılmıştır. Oluşturulan SYM ArcGIS ortamında değerlendirilerek Meyil gölüne ait uzunluk, derinlik, alan, eğim ve eğim yönleri gibi özellikleri saptanmıştır. Meyil Göl suyunun pH, tuzluluk, çözünmüş oksijen ve iletkenlik ölçümü AZ86555 ve AZ86031 (Accuracy, Zenith of Measuring Instruments) cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

A. Meyil Gölü ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri

Meyil Gölü'nün de içinde bulunduğu bölgede yüzeyleyen kayaçlar dört ana gruba ayrılabilir [30]. Bölgede Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik, sedimanter ve ofiyolitik kayaçlar yörenin temelini oluşturan en yaşlı kayaçlarıdır. Temel kayaçları Orta Miyosen – Geç Pliyosen yaşlı gölssel kireçtaşları-marn-kiltaş-çamurtaş ve karasal kırıntılı kayaçlar açılı uyumsuz olarak örter. Yörenin 3. kayaç topluluğunu gölssel ve karasal kayaçlarla aralanma sunan ve bazen bunları kesen Miyosen - Pleyistosen yaşlı volkanik ve volkano-klastik kayaçlar oluşturur. Yörenin en genç kayaçları ise Pliyosen – Kuvaterner yaşlı alüvyal kayaçlardır. Meyil Gölü'nün yer aldığı kesimde ise egemen olarak Miyosen-Pliyosen yaşlı gölssel İnsuyu Formasyonu [24] yüzeylemektedir (Şekil 4). Obrukların büyük bir bölümü İnsuyu formasyonunu oluşturan genelde beyaz-gri yer yer sarımsı-krem renkli kireçtaş-marn-kiltaş ve çamurtaş aralanması içinde bulunmaktadır. Kireçtaş tabakalarının kalınlıkları 20 cm - 1,5 m arasında değişmekte ve karstik yapılar içermektedir. Bu birimle yanal ve düşey geçişli olarak Armutlu Kiltaş üyesi alanın kuzey kesimlerinde yaygınlık sunmaktadır. İnceleme alanının en genç birimlerini Pliyo-Kuvaterner yaşlı, genelde fayların oluşturduğu küçük grabenlerde çökelmiş karasal kırıntılılar oluşturur. Bu kırıntılılar çakıltaş, kumtaş, breş, kiltaş ve çamur taşlarından oluşmuştur.



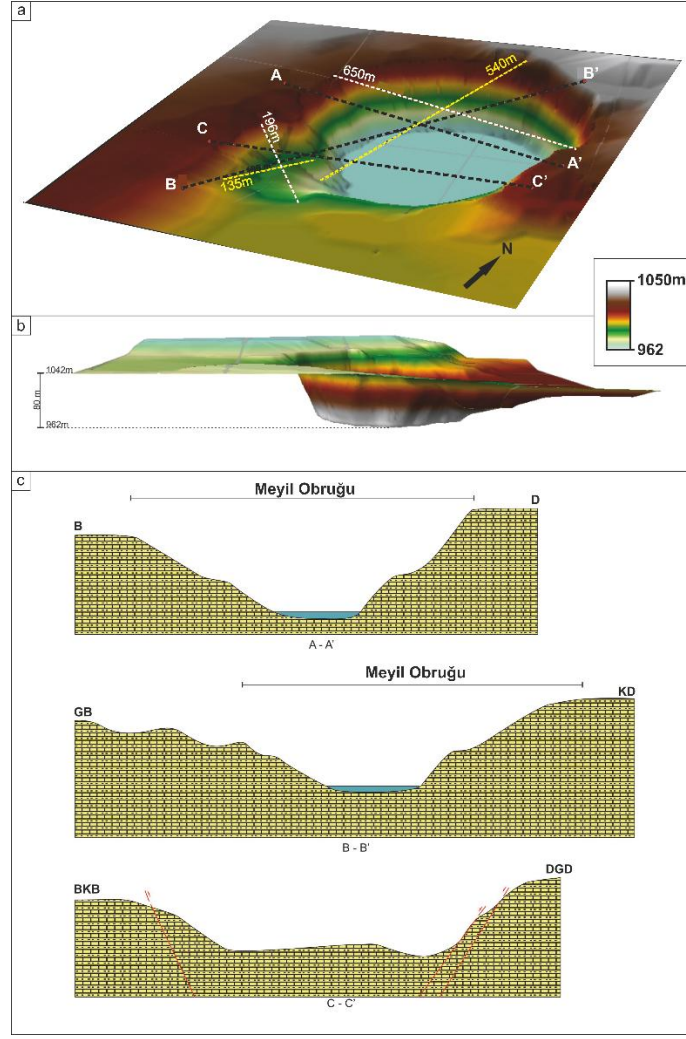
Şekil 4. Meyil Gölü ve çevresinin basitleştirilmiş Jeoloji Haritası (Törk ve diğ. 2019'dan [24] değiştirilerek alınmıştır)

Obruk platosu, doğuda Seyithacı fay zone, batıda Ortakuyu fay zone, kuzeyde Başaran, güneyde Merdivenli fayı ile sınırlıdır [30, 33]. Bu yükselti zonunun ortasında, Sekizli fay zone yer almaktadır. İnceleme alanında da Sekizli Fay Zonu'nun KKB-GGD gidişli farklı uzunluklardaki bölümleri bulunmaktadır (Şekil 4).

Bu kesimde Zona ait faylar toplam 7 km uzunluğunda ve 1 km genişliğindedir. Zonun içindeki küçük ölçekli çöküntülerde Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökeller izlenir. Zonu kesen KD-GB gidişli daha küçük ölçekli faylar da bulunur. Bu kesimdeki obruklar Sekizli Fay Zonu'na paralel bir gidiş sunmaktadır [30, 6] (Şekil 1b, Şekil 4).

B. Meyil Obruğunun Fiziksel ve Jeolojik Özellikleri

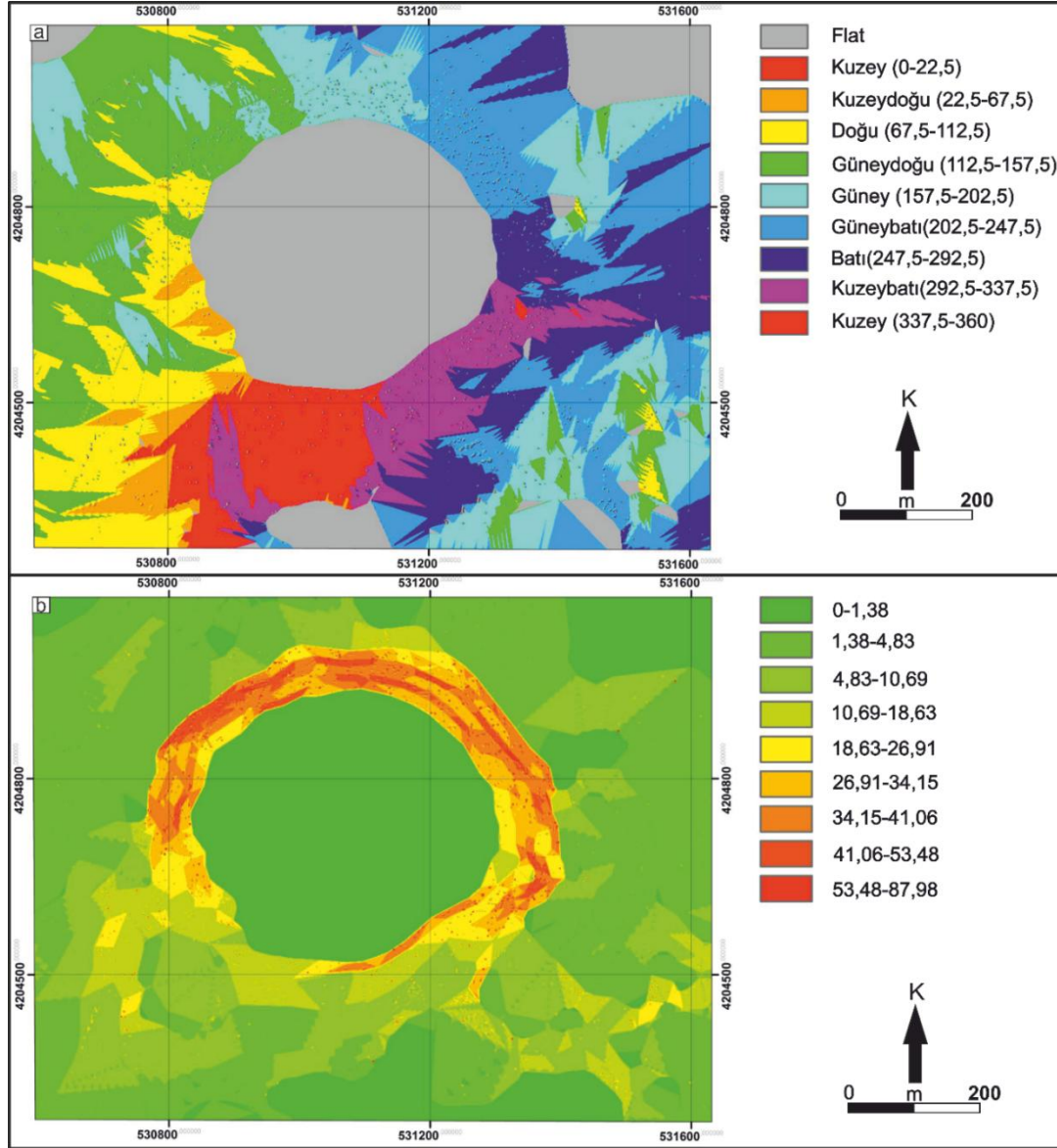
Meyil Obruğu'na ait Sayısal Yükseklik modeline göre inceleme alanındaki yükseklikler 962 m ile 1050 m arasında değişiklik göstermektedir Bölgenin en alçak kesimini açık mavi renk ile gösterilen Meyil Obruğu'nun göl seviyesi oluştururken, en yüksek kesimi ise obruğun çevresindeki alanlar meydana getirmektedir. Meyil Obruğu'nun hemen GB kenarında küçük ölçekli başka bir obruk daha bulunmaktadır. Meyil Obruğu'nun kapladığı alan 0,3 km² olup GB kenarındaki obruğun kapladığı alan ise 0,04 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 5a ve 5b).



Şekil 5. Meyil obruğunun **a.** Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve **b.** Profil kesiti, Meyil Obruğu'nun **c.** B-D, GB-KD, BKB-DGD doğrultusundaki Jeoloji Kesitleri (Kesit doğrultuları Şekil 5a'da gösterilmiştir)

Obruğun profili incelendiğinde en alt kesiminin kotunun 962 m olduğu, en yüksek kotunun ise 1050 m olduğu belirlenmiştir (Şekil 5c). Buna göre obruğun suya kadar olan derinliği 80 m olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında obruğun uzun eksen 650 m iken, kısa eksen 540 m olarak belirlenmiştir. Obruğun GB kesimindeki küçük obruğun ise uzun eksen 196 m iken kısa eksen ise 185 m ölçülmüştür.

Meyil Obruğu ve çevresine ait bakı haritası incelendiğinde bölgede düz alanların yanı sıra, farklı yönleri gösteren yamaçlar bulunmaktadır (Şekil 6a). Oluşturulan bakı haritasına göre bölgedeki yamaçların büyük bir kısmı G ve GB doğru bakan yamaçlar olarak bulunmaktadır. Bu alanlar obruğun genellikle KD kesiminde ve GD kesiminde gözlenmektedir. Obruğun D kenarında ise batıya bakan yamaçlar bulunurken B ve GB kenarında ise D ya bakan yamaçlar yer almaktadır. Obruğun KB kenarında ise GD ya bakan yamaçlar ağırlık kazanmaktadır. Kuzeye bakan yamaçların neredeyse tamamı G kenarında bulunurken KB ya eğimli yamaçları ise G ve GD tarafında gözlenmektedir.



Şekil 6. Meyil Obruğu ve yakın çevresinin a. Bakı haritası, b. Eğim değişimi haritası

Meyil Obruğu ve çevresine ait eğim haritası (Şekil 6b) incelendiğinde bölgedeki eğimlerin 0° ile 87° arasında değiştiği gözlenmektedir. Eğim miktarının en az olduğu yerler Meyil Obruğu'nun dışında kalan KB ve G bölgelerde olup, buralarda eğim miktarı yaklaşık olarak 0° dir ve yataya yakın bir morfolojiye sahiptir. Bölgedeki en yüksek eğime sahip alanları ise obruğun K, KB, KD ve GD yamacının bir kısmı oluşturmaktadır, buradaki eğim miktarı 18° ile 87° arasında değişmektedir. Obruğun GB kenarında ise küçük bir obruk daha yer almaktadır. Bu nedenden dolayı Meyil Obruğu'nun bu yamacı diğer yamaçlara göre daha eğimlidir. Bu küçük obruğun çevresinde ise eğim miktarı 10° ile 26° arasında değişiklik göstermektedir.

Obruğun farklı yönlerdeki jeolojik kesitleri incelendiğinde obruk profilinde üç eğim kırıklığı görülmektedir (Şekil 5c).

Göl seviyesinden 2. obruğun ağız kesimine kadar eğim oldukça diktir. Bu dikliğin üst kesimlerinde dikliği dairesel olarak çevreleyen yarıklar bulunmakta ve yarıkların genişliği 30-50 cm arasında değişmektedir (Şekil 2f). Bu kesimde güncel göçmeler gözlenmekte, bu da eski oluşumlu obruğun günümüzde tekrar aktive olduğunu göstermektedir. Yaklaşık 20-30 m yüksekliğindeki bu yamaç tutturulmamış yığıntı kayaç kırıntıları ile örtülüdür. Bu kesimden sonra eğimin oldukça düşük olduğu 20-50 m genişliğindeki bir zon bulunmaktadır. Bu zon kısmen ayrılmış malzeme, kısmende gölsel kireçtaşı-kiltaşı ve çamurtaşı aralanması ile temsil edilir. Bu kesimden sonra yüzey topoğrafyasına kadar yaklaşık 50-60 m yüksekliğinde eğimin yine yüksek olduğu 3. yüzey bulunmaktadır (Şekil 5c ve 6b). Bu bölüm farklı kalınlıklarda kireçtaşı ve kireçtaşı-kiltaşı-çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Yine bu kesimde küçük ölçekli mağara ve diğer karstik yapılar izlenmektedir. Obruğun GB bölümü

hariç çepeçevre yüzeye kadar bu diklik izlenmektedir. Ancak obruğun GB kesiminde bu diklik faylarla ve çökmelerle kesintiye uğramaktadır (Şekil 5c).

C. Meyil Obruk Gölü'nün Fizikokimyasal ve Jeokimyasal Özellikleri

Akdemir (2004, 2008) [39, 40] Acı ve Meke Maar Gölleri ile Meyil Obruk Gölü'ndeki ostrakod tür çeşitliliğini ve popülasyon yoğunluğunu karşılaştırmış, sonuçta Meyil Obruk Gölü'nün daha zengin olduğunu belirleyerek, bunu düşük tuzluluk ve yüksek oksijen miktarına bağlamıştır. Akdemir (2004, 2008) [39,40] Meyil Obruk Gölü'nün fizikokimyasal özelliklerinden çözünmüş oksijeni 22,8 mg/L, Su sıcaklığını 23,3 °C, pH 8,8, tuzluluğu ‰ 1,0, iletkenliği 1723 mS/cm, toplam sertliği 15,84 ml/Eq, Nitrat 0,251 mg/L, Nitrit 0,0047 mg/L olarak belirlemiştir (Tablo 3).

Durmaz (2019) [41], Meyil ve Kızören Obruk Gölleri'nden aldığı örneklerde zooplankton türlerini ve mevsimsel dağılımlarını, ayrıca göllerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Durmaz (2019) Meyil Obruk Gölü'nde su sıcaklığının 16-26 °C arasında (ortalama 21,16 °C), hidrojen iyon konsantrasyonunun (pH) 9,0-9,3 arasında (ortalama 9,16), elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin 920-1000 µS/cm arasında (ortalama 950 µS/cm), çözünmüş oksijen değerinin 3,30-10,48 mg/L arasında (ortalama 6,49 mg/L) olduğunu belirlemiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Meyil Gölü'ne ait bazı fizikokimyasal özellikler

	Akdemir (2004) [40]	Durmaz (2019) [41]	Gönderilen suyun ölçüm değerleri (26.08.2020)
Yapısı	Karstik	-	-
Derinlik (m)	22 m	-	-
Çözünmüş Oksijen	22,8 mg/L	3,30-10,48 mg/L arasında (ortalama 6,49 mg/L)	15,5 mg/L
Sıcaklık (°C)	23,3°C	16-26 °C(ortalama 21,16 °C)	22 °C
pH	8,8	9,0-9,3 arasında(ortalama 9,16)	8,79
Tuzluluk (‰ S, ppt)	‰1	-	‰ 0,385
İletkenlik (mS/cm)	1723 mS/cm	920-1000 µS/cm (ortalama 950 µS/cm)	734 µS/cm
Toplam sertlik (ml/Eq)	15,84 ml/Eq	-	-
Nitrat (NO ₃)	0,251 mg/L	-	-
Nitrit (NO ₂)	0,0047 mg/L	-	-

KOP (2012) [34] raporunda Meyil Gölü suyunda sülfat ve tuz gibi minerallerin bulunmamasından dolayı tatlı su olduğu, bundan dolayı göl içinde balık, su yılanı, kurbağa gibi su canlılarının yaşayabildiği belirtilmiştir. Tablo 3 te belirttiği gibi gönderilen Meyil Göl suyunun tuzluluğunun 3,85 ppm olduğu ölçümlenmiştir. Tuzlu göl sınıflandırmaları büyük farklılık göstermektedir. Örneğin; subsalin: ‰ 0,5–3 (‰0,05-0,3); hiposalin: ‰ 3–20 (‰ 0,3-2); mezosalin: ‰ 20–50 (‰2-5) ve hipersalin: ‰ 50'den büyük (‰5) olarak kabul edilirken, Fan 1981 yılında Xizang Platosunda (Çin) yer alan gölleri 3 kategori altında (tatlı su (freshwater) gölü <‰ 1; tuz (salt) gölü ‰ 1-35 ve tuzlu-acı (saline) > ‰ 35) sınıflandırmıştır [57]. Tablo 3' de ölçümlediğimiz tuzluluk değerinin <‰ 1 altında olduğu için Meyil Göl suyunun tatlı su olduğu belirlenmesine rağmen pH değerinin nötr olmadığı ve iletkenliğinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Durmaz (2019)'ın verilerine yakın veriler elde edilmiştir.

Fikirdeşici Ergen (2021) [38] Meyil Obruk Gölü sedimentlerinin kirlilik analizlerini gerçekleştirmiş, metal (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, Cr, Al) ve metalloid (As) konsantrasyon değerlerinin sınır değerlerin altında olduğunu ve sedimentlerin meta(lloid)ler bakımından temiz olduğunu belirlemiştir.

D. Obruk Gölünden Alınan Su Örneklerinde Siyanobakteri ve Diyatom Taksonlarının Belirlenmesi

Siyanobakteriler deniz ve tatlı sularda yaygın olarak bulunur ve çoğu ökaryottan daha güçlü bir adaptasyon kabiliyetine sahiptir. Ekstrem ortamlarda (buz ve kar, kaplıcalar, alkali soda gölleri, tuzlu su havuzları, çöller ve kutup bölgeleri) büyüme ve çoğalma yetenekleri vardır. Organik madde, N (Azot), P (Fosfor) ve diğer besinler suda zenginleştiğinde siyanobakteriler çoğalır ve baskın gruplar halinde birikirler. Tatlı su veya denizde yeşil, kırmızı-kahverengi ve kırmızı oluşturan siyanobakteri çoğalmaları, besin zenginleşmesinin veya ötrifikasyonun en dikkate değer semptomlarından biridir [58].

Siyanobakteriler, değişen ışık yoğunluklarının olduğu çok çeşitli habitatlarda yaşayabilir, okyanuslar, göller ve topraklardaki mikrobiyal yaşamın büyük bir bölümünü oluşturur [59]. Genellikle kalıcı buzla kaplı göllerden termal kaplıcalara kadar ekstrem ortamların sakinleridirler [60]. Gezegen genelinde farklı farklı ekolojik alanlarda bu kadar büyük çeşitlilikle siyanobakteriler, hem morfolojik hem de genetik olarak çeşitlilik sergilemektedir [61].

İlk Dünya'ya çok benzer şekilde Amerika'nın Huron Gölü'ndeki Middle Island Obruğu'nda mikroorganizmalar yoğun şekilde bulunmaktadır. DNA analizinde mor mat mikroorganizmaların çoğunun, fotosentetik bir siyanobakteri olan *Phormidium autumnale* olduğunu belirlenmiştir. Bu uzun, filamentli organizmalar ışık enerjisini toplar ve yeraltı suyundaki çözünmüş karbondioksitten organik karbon oluşturur. *Phormidium* türleri aynı zamanda Yellowstone Milli Parkı (Wyoming, ABD) gibi coğrafi alanlardan, buzla kaplı Antartica göllerine kadar farklı alanlarda yaşamını sürdürmektedir [62].

İtalya'nın Roma kentine birkaç kilometre uzaklıktaki Pozzo del Merro (Merro Obruğu), Dünya da bilinen en derin su basmış karstik oyuktur. *Salvinia molesta*'nın uzaklaştırılmasından sonra toplanan örneklerde, pigmentsiz formlar ve bol miktardaki çökelti parçacıkları arasında fotosentetik mikroorganizmalar ayırt edilmiştir. Fotosentetik prokaryotlardan filamentli siyanobakteriler, simetrik tek hücreli mikroalgler, daha spesifik olarak pennat diyatomlar belirlenmiştir. Filamentli siyanobakterilerden *Phormidium* sp. ve *Leptolyngbya* sp. tanımlandı, heterosist bulunmayan yapıdaki hücrelerin genişliği 3 mm'den az olduğu saptanmış, yaklaşık olarak izodiametrik veya uzunlamasına olan filamentli yapıya sahip fototroflarının taksonomik karakterizasyonu sağlamıştır [63].

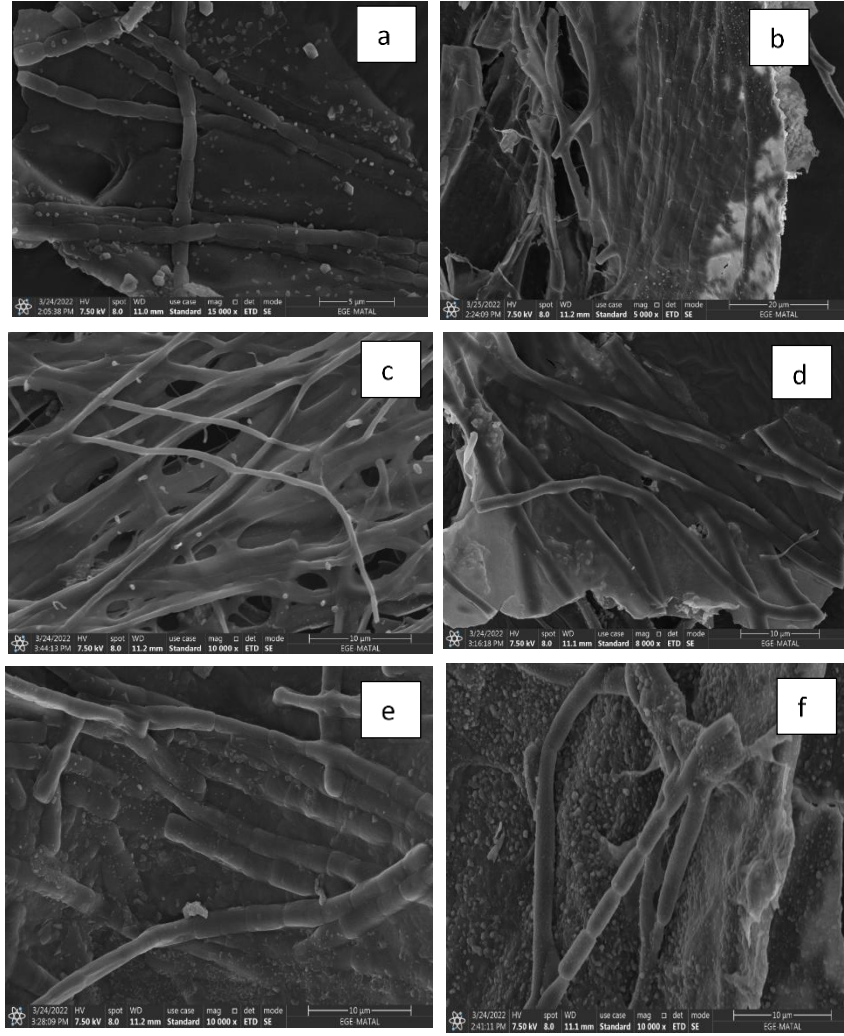
Águila ve arkadaşları (2022) coğrafi olarak yakın olan iki farklı sistemden (Meksika'nın Quintana Roo kentindeki Bacalar Lagünü (BL) ve Cenote Azul Obruğundan (CA)) gelen mikrobiyalitlerin siyanobakteriyel bileşenlerini karakterize etmiştir. Siyanobakterileri karakterize etmek için mikroskopik gözlemler, 16S rRNA amplikon dizilimi ve shotgun metagenomikleri kullanılmıştır. Her iki sistem de benzer metabolik/fonksiyonel profiller göstermiş olmasına rağmen tamamen farklı siyanobakteriyel taksonları barındırdığı anlaşılmıştır. BL'de, daha önce tanımlanmamış *Chakia* sp. popülasyonu da dahil olmak üzere Nostocales baskınken, CA'da tüm derinliklerinin %70'ini oluşturan bilinmeyen bir Chroococcales taksonu hakimdi. İlginç bir şekilde, mikrobiyalitlerdeki siyanobakteriyel topluluklar, BL bölgelerinin çoğunda filogenetik aşırı dağılım sergilerken, CA bölgeleri filogenetik kümelenme sergilerken, bu farklılıkların BL ve CA sistemleri için derinlik/ışık koşullarına ve muhtemelen farklı jeolojik oluşum zamanlarından kaynaklandığı düşünülmüştür [64].

Siyanobakteriler ve ökaryotik algler fotosentetik organizmalardır ve enerji, ürün, gıda ve hayvan yemi gereksinimlerinin önemli bir kısmını karşılama potansiyeline sahiptir. Mikroalgler kara bitkileriyle karşılaştırıldığında çok daha hızlı çoğalır ve daha fazla fotosentetik verimlilik göstermektedir [65]. Siyanobakteri çoğalmaları küresel bir sulu ortam sorunudur. Son yıllarda küresel ısınma ve sudaki ötrofikasyon nedeniyle yüzeydeki siyanobakteriler belli bir bölgede birikerek siyanobakteri çoğalmaları oluşturuyor [58]. Mavi-yeşil alglerin veya alg çoğalmalarının tümü zehirli değildir. Alglerin herhangi bir zamanda toksin üretmesinin nedenleri tam olarak anlaşılamamıştır. Standart izleme teknikleri ile ani çoğalmaların ne zaman toksin içerdiği tahmin edilemez. Bir siyanobakteri türün içinde bireysel suşları toksik veya toksik olmayabilir. Dünya'nın farklı yerlerinde yapılan araştırmalarda, siyanobakteriyel çoğalmaların %75'e kadarının toksik olmadığını gösterilmiştir [66]. Tablo 4'de izole edilen siyanobakteri çeşitliliğine sahip Meyil Gölündeki renk değişiminin siyanobakterilerin ani çoğalması nedeniyle gerçekleştiği kanısındayız [67].

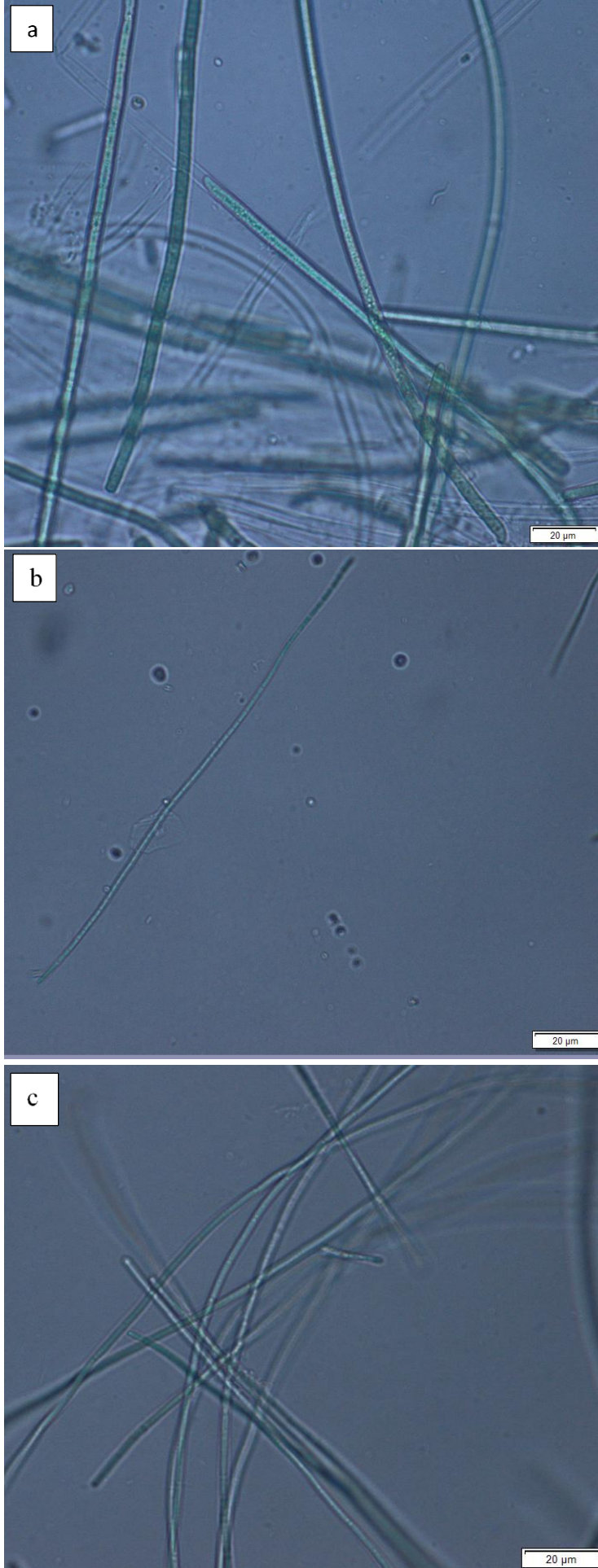
Tablo 4'de izole edilen diyatom ve siyanobakteri taksonlarının morfolojik ve moleküler tanımlama sonuçları gösterilmektedir.

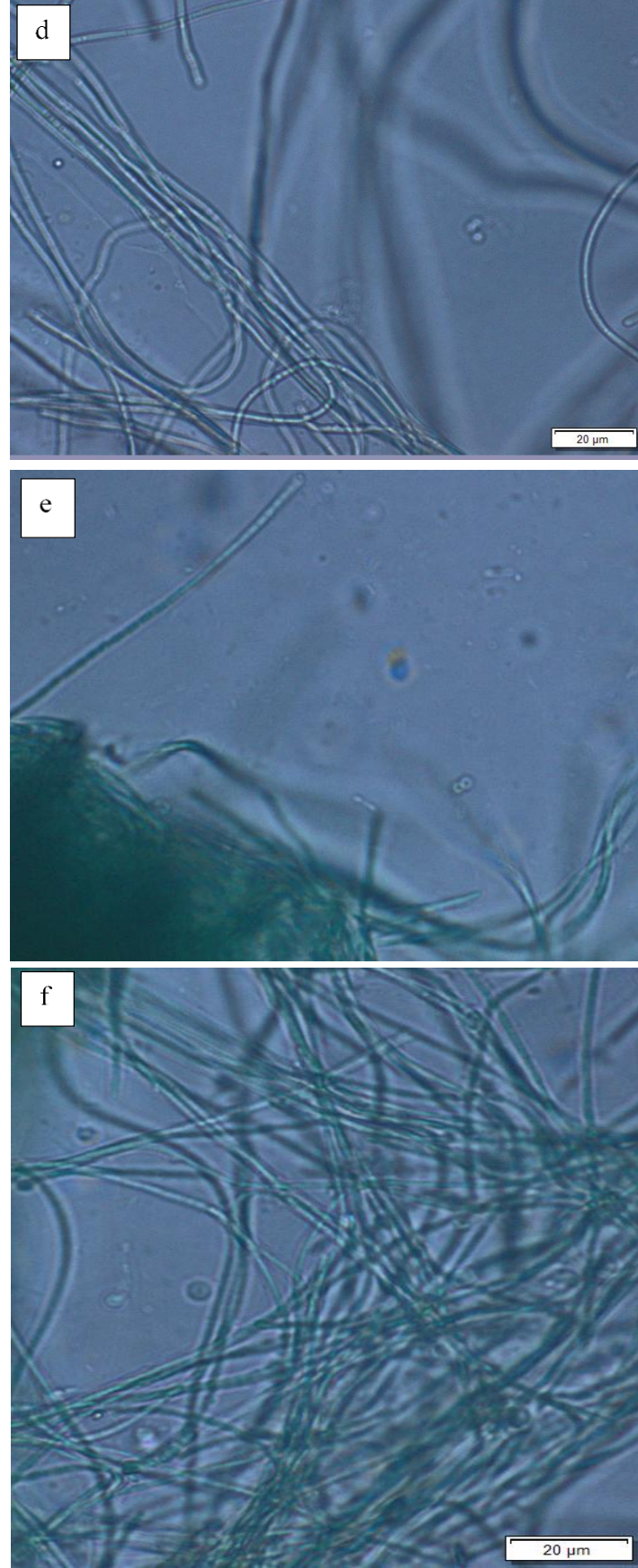
Tablo 4. İzole edilen diyatom ve siyanobakteri taksonlarının tanımlanması

	Morfolojik tanımlama	Moleküler tanımlama	Koleksiyon Numarası
Diyatom 1	<i>Pseudostriatella</i> sp.	<i>Pseudostaurosira</i> sp.	EGE MACC Y7
Diyatom 2	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia amphibia</i>	EGE MACC Y8
Siyanobakteri 1	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.	EGE MACC Y23
Siyanobakteri 2	<i>Leptolyngbya</i> sp.	<i>Toxifilum</i> sp.	EGE MACC Y24
Siyanobakteri 3	<i>Geitlerinema</i> sp.	<i>Geitlerinema</i> sp.	EGE MACC Y25
Siyanobakteri 4	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Leptolyngbya</i> sp. 1	EGE MACC Y26
Siyanobakteri 5	<i>Geitlerinema</i> sp.	<i>Geitlerinema</i> sp. 1	EGE MACC Y27
Siyanobakteri 6	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Geitlerinema</i> sp. 2	EGE MACC Y28
Siyanobakteri 7	<i>Leptolyngbya</i> sp.	<i>Leptolyngbya</i> sp. 2	EGE MACC Y29



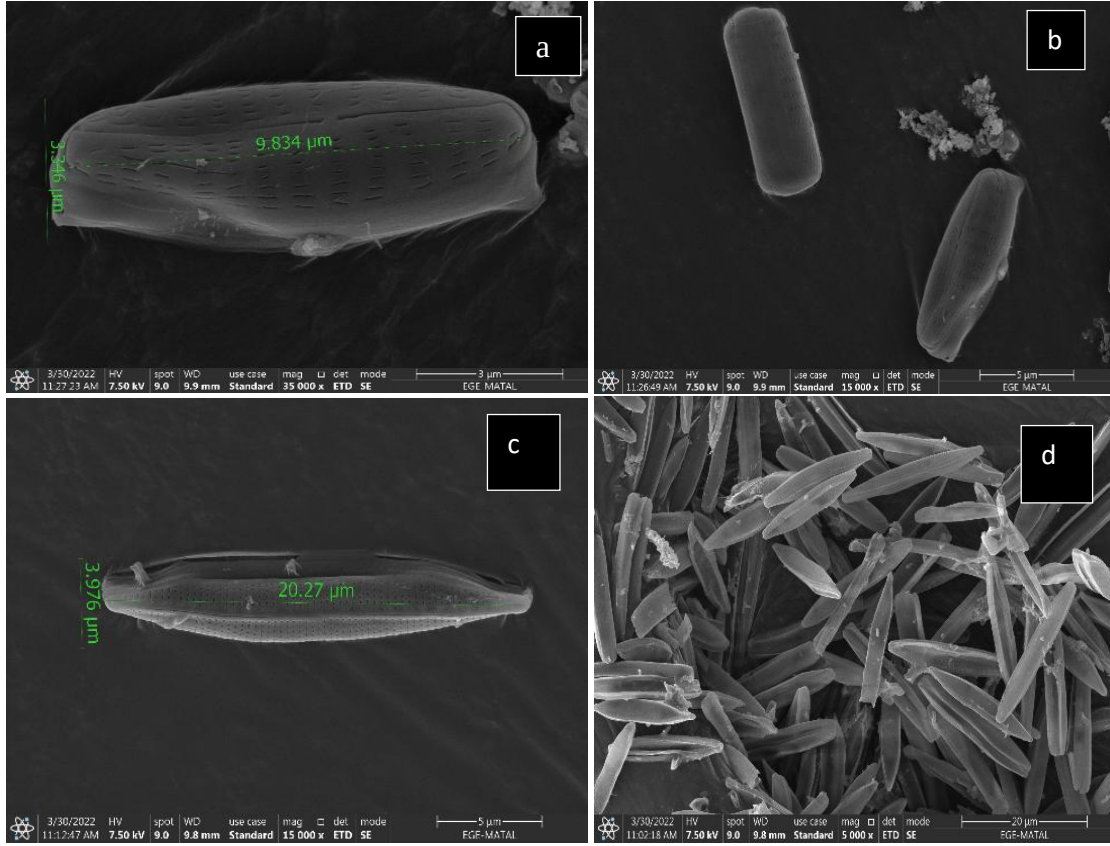
Şekil 7. Siyanobakteri türleri **a.** *Phormidium* sp.; **b.** *Geitlerinema* sp.; **c.** *Leptolyngbya* sp.; **d.** *Geitlerinema* sp.; **e.** *Geitlerinema* sp. 2; **f.** *Leptolyngbya* sp. 1 in SEM görüntüsü





Şekil 8. İplikli siyanobakteri türlerinin ışık mikroskobu fotoğrafları a. *Phormidium* sp.; b. *Toxifillum* sp.; c. *Leptolyngbya* sp.; d. *Geitlerinema* sp.; e. *Geitlerinema* sp. 2; f. *Leptolyngbya* sp. 1

İpliksi siyanobakteri suşlarının tanımlanması ve izolasyonları gerçekleştirilirken SEM elektron mikroskobu ve ışık mikroskobundan yararlanılarak türlerin morfolojileri karşılaştırılmıştır (Şekil 7, 8). Bu işlemlerde faz kontrast mikroskobu ile de hücre bağlantıları ve yapıları incelenmiştir. Moleküler tanımlamalarda hücrelerin standart gen bölgeleri çalışılarak elde edilen sekans sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Diyatom türleri a.ve b. *Pseudostaurosira* sp.; c. ve d. *Nitzschia* sp.

Şekil 9a ve 9b’de taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsünün morfolojik olarak taranmasında *Pseudostaurosira* sp. olarak belirlenen türün, moleküler tanımlanmasında %97 *Pseudostaurosira madagascariensis* olabileceği belirlenmiştir. *Nitzschia* sp.’nin SEM görüntüsü ile morfolojik belirlenen diyatomun moleküler çalışmaları doğrultusunda *Nitzschia amphibia* %98 olarak tanımlanmıştır (Şekil 9c ve 9d).

Algler çoklu doymamış yağ asitleri, proteinler, pigmentler, antioksidanlar, vitaminler ve minerallerin yanı sıra karbonhidratlar gibi değerli biyolojik maddeleri içermektedir. Geleneksel tarım ürünlerine göre daha yüksek verimliliğe sahiptirler ve çöller veya yüksek tuzlu ortamlar gibi verimsiz alanlarda (diğer mahsullerin yetiştirilemediği) yetiştirilebilirler. Mikroalgler ve siyanobakteriler insan ve hayvanların beslenmesinde, takviye edici ürün olarak kullanılmaktadır. İnsan ve hayvan tüketiminde ham madde olarak mikroalglerin tüm biyokütlesinin veya protein/lipitlerinin biyoteknolojik kullanımları günümüzde kullanılmaktadır. Mikroalgler, farklı ürünlere hammadde olabilecek şekilde yüksek miktarda protein, lipit ve karbonhidrat içeriğine sahip organizmalar olmasına rağmen metabolit içerikleri türden türe ve yetiştirilme koşullarına göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Gıda, sağlık, kozmetik, çevre, yakıt, materyal bilimi gibi pek çok alanda kullanım alanı bulunan bu canlılar, yüksek lipit içerikleriyle biyodizel hammaddesi, anaerobik çürüme ile biyogaz hammaddesi olarak yakıt alanında, karotenoid, klorofil, fikobiliprotein gibi pigment, esansiyel vitamin, protein ve sağlık açısından pek çok faydası olduğu bilinen omega-3 ve omega-6 yağ asitleri başta olmak üzere uzun zincirli yağ asidi içerikleriyle gıda ve kozmetik alanlarında kullanım alanı bulmaktadır [51]. Ek olarak, siyanobakteri ve diyatomlar değerli biyoaktif moleküllere de sahiptir. Siyanobakteriler antibiyotikler, sitotoksik, immünsüpresif ve enzim inhibe edici maddeler gibi çeşitli ikincil metabolitler üreten inanılmaz derecede eski bir prokaryotik organizma grubudur [68]. Bu biyoaktif moleküller farmakoloji, kozmetoloji, tarım ve diğer spesifik ilgi alanlardaki potansiyel kullanımlarının önü açılmaktadır. İleri farklı bilimsel çalışmalar ve araştırmalarda kullanılmak üzere izole edilen siyanobakteri ve diyatom taksonları Ege Üniversite bünyesinde bulunan mikroalg kültür koleksiyonunda (EGE-MACC) saklanmaktadır.

Farklı disiplinlerdeki araştırmacıların bir araya gelerek gerçekleştirdiği çalışmalar ile hem biyolojik materyallerin izolasyonu ve tanımlanması hem de Obruk bölgesindeki Meyil Obruk Gölünün Jeoloji Kesitleri, baki ve çevresine ait eğitim haritası belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın bir bölümünün verileri Konya Teknik Üniversitesi ve Konya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) arasında 2020 yılında obruk alanlarının tespitine yönelik proje kapsamında gerçekleştirilmiştir (Proje Sözleşme No: 2020K14-138637-2). Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne kapsamında “Mikroalg ve siyanobakteri türlerinin yerel kaynaklardan izolasyonu morfolojik ve moleküler tanımlanması EGEMACC kültür koleksiyona kazandırılması” BAP Projesinin desteği ile türlerin tanımlanması gerçekleştirilmiştir (Proje Numarası: FGA-2020-21818).

KAYNAKLAR

- [1] Cvijić, J. (1893). Das Karstphanomen. Versuch einer morphologischen Monographie. *Geographischen Abhandlung*, 3: 218-329.
- [2] Waltham, T., Bell, F. G., Culshaw, M. G., Knez, M., & Slabe, T. (2005). Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction (Vol. 382). Berlin: Springer.
- [3] Ford, D.C., & Williams, P. (2007). Karst Hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons Wiley, Chichester, 562 p
- [4] Gutiérrez, F., Guerrero, J., & Lucha, P. (2008). A genetic classification of sinkholes illustrated from evaporite paleokarst exposures in Spain. *Environmental Geology*, 53, 993-1006.
- [5] Eren, Y., Parlar, Ş., & Coşkun, B. (2020). Karapınar çevresinde obruk alanlarının belirlenmesi projesi, Yer hareketleri grubu final raporu, Konya, İl Afet Ve Acil Durum Müdürlüğü, 193 s.
- [6] Parlar, Ş., Coşkun, B., & Eren, Y. (2021). The Statistical Analysis Of Dimension Data For All Observed Sinkholes In Karapınar And Surroundings (Konya, Central Anatolia-Turkey), 5. Uluslararası Zeugma Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 8-9 Ocak 2021, Online, Abstract book, 88-89, Gaziantep.
- [7] Lahn, E. (1940). Konya mıntkasındaki karst hadiseleri ve bunların ziraat bakımından ehemmiyeti. *MTA Enstitüsü Mecmuası*, Sayı 4 (21), 620-626.
- [8] Erinc, S. (1960). Karst forms in the Konya Section and the Inner Taurus ranges. *Turkish Journal of Geograph*, 20: 83-106 (in Turkish).
- [9] Eroskay, S.O. (1976). The factors influencing the Konya Obruks and their groundwater potentials evaluation. *İstanbul Üniversitesi, Fen. Fak. Mec. Seri. B*, 41 (1-4), 5-14.
- [10] Eroskay, O., & Gunay, G. (1980). Tectonic classification and hydrogeological properties of the karst regions in Turkey. International Seminar on Karst Hydrogeology Antalya, 1979. Publ. by SHW, 1-41.
- [11] Güldalı, N., & Şaroğlu, F. (1983). Konya Yöresi Obruqları, T.J.KAnkara, 7 (4), 44-55.
- [12] Canik, B., & Çörekçioğlu, İ. (1985). The Formation Of Sinkholes (Obruk) Between Karapınar and Kızören – Konya, Karst Water Resources (Proceedings of the Ankara - Antalya Symposium, July 1985). IAHS Publ. no. 161, 193-105.
- [13] Selçuk Biricik, A. (1992). Obruk Platosu ve Çevresinin Jeomorfolojisi, Marmara Üniv. Yay. no.531. İstanbul.
- [14] Çörekçioğlu, İ. (1994). Konya Karapınar-Kızören arasındaki obrukların oluşumu ile ilgili hidrojeolojik etüt raporu. Konya, DSİ 4. Bölge Müdürlüğü.
- [15] Canik, B. (1997). Konya dolaylarında suların oluşturduğu doğal anıtlar ve bunların korunması, 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiriler, Konya, 159-166.
- [16] Canik, B., & Arıgün, Z. (2001). Karapınar-Kızören (Konya) dolayındaki obrukların oluşumu ve Karapınar volkanizmasının bu olaya etkisi, *Karapınar Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Konya, 295-303.
- [17] Karadoğan, S. (2001). Karapınar çevresindeki farklı jeomorfolojik şekiller, özellikleri ve turizm potansiyelleri. *Karapınar Sempozyumu*, Bildiri Kitabı: 26-27 Ekim 2000, Konya, Karapınar, 339-358.
- [18] Bayarı, S., Özyurt, N., & Kilani, S. (2005). Konya Kapalı Havzası Yeraltı suyunda Karbon-14 Yaş Dağılımı, II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, 26-30 Eylül 2005, s. 147-168, İzmir.
- [19] Arslan, V., & Göçmez, G. (2007). Tuzgözü havzasında yeraltı suyunun yok oluşu (Eşmekaya-Sultan hanı örneği). Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, Cilt 22 (Sayı 1), 153-164.
- [20] Doğdu, M.Ş., Toklu, M.M., & Sağnak, C. (2007). Konya Kapalı Havzası'nda yağış ve yeraltı suyu değerlerinin irdelenmesi, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı*, 11-12 Nisan 2007, İstanbul, 394-402.
- [21] Gürler, G., & Timur, E. (2007). Determination of conservation & usage methods of geoparks-a critical assessment for Karapınar potential geopark site, Turkey. *Second International Symposium on Development*

- Within Geoparks-Environmental Protection and Education, 12- 15 June, 2007, Lushan-Jiangxi Province-China.
- [22] Göçmez, G., Genç, A., & Karakoca, A. (2008). Konya Kapalı Havzası yeraltısuyu seviye değişiminin İstatistiksel değerlendirilmesi. *Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı*, Bidiri Kitabı 11-12 Eylül 2008, Konya, 98-107.
- [23] Tapur, T., & Bozyiğit, R. (2009). Konya Ovası ve Çevresinde Yeraltı Sularının Obruk Oluşumlarına Etkisi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21,137-155, Konya.
- [24] Törk, K., Yılmaz, N.P., Sülükçü, S., Keleş, S., Köklü, Ş., Yeleser, L., S., Aykaç, Özerk, Z.R., Acar, C., Savaş, F., Çakır, K., & Avcı, K. (2019). Konya Ovası Projesi (KOP) bölgesinde (Konya, Karaman, Aksaray, Niğde) karstik çöküntü alanlarının belirlenmesi ve tehlike değerlendirmesi projesi (Final Raporu), Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, 263 s.
- [25] Doğan U., &Yılmaz M. (2011). Natural and induced sinkholes of the Obruk Plateau and Karapınar-Hotamış Plain, Turkey. *J. Asian Earth Sci.*, 40, 496–508.
- [26] Göçmez, G. (2011). Konya ilindeki obruklar ve traverten konileri. I. Konya Kent Sempozyumu, Konya İl Koordinasyon Kurulu, 26-27 Kasım 2011, 459-464.
- [27] Maleki, R. (2013). Acı Göl, Kozanlı Saz ve Meke gölleri rotifera türleri üzerine çalışmalar / The studies on the Rotifera species of Aci Lake, Kozanlı Saz and Meke lakes, Yüksek lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Bölümü / Biyoloji Ana Bilim Dalı / Hidrobiyoloji, 67 s.
- [28] Özdemir, A. (2015a). Sinkhole Susceptibility Mapping Using a Frequency Ratio Method and GIS Technology Near Karapınar. Konya-Turkey. *Procedia Earth and Planetary Science*, 15: 502-506.
- [29] Özdemir, A. (2015b) Investigation of sinkholes spatial distribution using the weights of evidence method and GIS in the vicinity of Karapınar (Konya, Turkey). *Geomorphology*, 245: 40-50.
- [30] Eren, Y., Parlar, Ş. & Coşkun, B. (2020). Karapınar çevresinde obruk alanlarının belirlenmesi projesi, Yer hareketleri grubu final raporu, Konya, İl Afet Ve Acil Durum Müdürlüğü, 193 s.
- [31] Eren, Y., Coşkun, B., Parlar, Ş., & Arslan, Ş. (2021). Present-Day Surface Deformation On The Southeastern Edge Of The Karapınar (Sultaniye) Graben (Siyeklik-Karapınar/Konya), *III. International Istanbul Scientific Research Congress*, January, 8-10, 2021, Online, Abstract book, pp. 38.
- [32] Orhan, O., Yakar, Y., & Ekercin, S. (2020). An application on sinkhole susceptibility mapping by integrating remote sensing and geographic information system. *Arabian Journal of Geosciences*, 13: 886.
- [33] Coşkun, B., Parlar, Ş., & Eren, Y. (2021). Karapınar (Konya) Bölgesinin Neo-Tektonik Özellikleri, 1. Uluslararası Mühendislik Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi, 23-24 Şubat 2021, Online, Bildiri Kitabı, s. 535, İstanbul.
- [34] KOP, (2012). KOP bölgesi gölleri, depolamaları ve sulak alanları. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projeleri Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Raporu, 32 s, Konya, <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/32.pdf>.
- [35] Erol, O. (1986). The relationship between the phases of the development of the Konya- Karapınar obruks and the Pleistocene Tuzgolu and Konya pluvial Lakes. Karst Water Resources (Proceedings of Ankara-Antalya Symposium, July1985). IAHS Publ. No. 161, 207-213.
- [36] Yılmaz, M. (2010). Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviye Değişimlerinin Yaratmış Olduğu Çevre Sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 2 (2): 145-163.
- [37] Bozyiğit, R., & Tapur, T. (2009). Konya Ovası ve çevresinde yeraltı sularının obruk oluşumlarına etkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 137-155.
- [38] Fikirdeşici Ergen, Ş., (2021). Assessment of Metal(loid) Accumulation in the Surficial Sediment of Meyil Lake. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 7 (2) , 95-103.
- [39] Akdemir, D. (2008). Differences in Ostracoda (Crustacea) Assemblages between Two Maar Lakes and One Sinkhole Lake in the Konya Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 32 (2): 07-113.
- [40] Akdemir, D. (2004). Konya-Karapınar krater göllerinin ostrakot faunası / Ostracoda fauna of the crater lakes of Konya-Karapınar, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, 47 s.
- [41] Durmaz, O. (2019). Meyil ve Kızören obruk göllerinin zooplankton faunası ve mevsimsel değişimi (Konya/Türkiye)/ Zooplankton fauna and seasonal changes of Meyil and Kızören Sinkhole Lakes (Konya/Turkey), Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Ana Bilim Dalı, 64 s.
- [42] Dönmez, H., & Büyüksamancı, S. (2021) *Meyil Obruk Gölü'nün rengi bu yıl pembeye dönmedi*. Demirören Haber Ajansı, <https://www.dha.com.tr/gundem/meyil-obruk-golunun-rengi-bu-yil-pembeye-donmedi-1843833>, (20.08.2021).
- [43] Dagnino-Leone, J., Figueroa, C. P., Castañeda, M. L., Youlton, A. D., Vallejos-Almirall, A., Agurto-Muñoz, A., Pérez, J. P. & Agurto-Muñoz, C. (2022). Phycobiliproteins: Structural aspects, functional characteristics, and biotechnological perspectives. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 1506-1527.

- [44] Morya, S., Kumar Chattu, V., Khalid, W., Zubair Khalid, M., & Siddeeg, A. (2023). Potential protein phycocyanin: an overview on its properties, extraction, and utilization. *International Journal of Food Properties*, 26(2), 3160-3176.
- [45] Dep, M. (2019). *Cyanobacteria (Blue-Green Algae)*. Maine Department of Environmental Protection, <https://www.maine.gov/dep/water/lakes/cyanobacteria.html>.
- [46] M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M., (2024). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>.
- [47] Guillard, R.R.L. (2005). *Purification Methods for Microalgae*. In *Algal Culturing Techniques*, Andersen RA (ed). Elsevier Academic Press, pp 117-132.
- [48] Bourrelly, P. C. (1970). Les algues d'eau douce: initiation à la systematique, 3: les algues bleues et rouges, les Eugleniens. Peridiniens et Cryptomonadines. Éditions N. Boubée & Cie, Paris.
- [49] Hendey, N.I., 1964. An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms), Fishery Investigations, Series IV, Her Majesty's Stationery Office, London. 1964. Pp. xxii + 317.
- [50] Dworkin, M. (2006). The prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria (Vol. 4 Bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria). S. Falkow, E. Rosenberg, K. H. Schleifer & E. Stackebrandt (Eds.). New York: Springer. Pp. 1053-1072.
- [51] Cinar, S., Özçimen, D., & Yilmaz, M. (2019). Marine diatom isolation, identification and investigation of nutrient effects on the diatom growth. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34.
- [52] Komárek, J. (2016). A polyphasic approach for the taxonomy of cyanobacteria: principles and applications. *European Journal of Phycology*, 51(3), 346-353.
- [53] Demirel, Z. (2016). Identification and Fatty Acid Composition of Coccolithophore and Diatom Species Isolated from Aegean Sea. *Romanian Biotechnological Letters*, 21(4), 11746-11753.
- [54] Demirel, Z., & Sukatar, A. (2019). Purification of phycocyanin from isolated and identified hot spring cyanobacteria. *Indian Journal of Experimental Biology*, 57(5), 338-345.
- [55] Nübel, U., Garcia-Pichel, F., & Muyzer, G. (1997). PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(8), 3327-3332.
- [56] Xu, Y., Lu, A., Chen, X., Su, D., Wang, W., & Zhang, Y. (2018). Isolation, identification and growth optimisation of freshwater microalgae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18 (11), 1293-1302.
- [57] Hammer, U. T. (1986). *Saline Lake Ecosystems of the World*. Springer. pp. 14–15. ISBN 90-6193-535-0.
- [58] Zhang, W., Jing L., Yunxing X., Yumiao Z., Yangjinzhi Y., Zheng Z., Yafeng L., & Qi L. (2022). The impact of cyanobacteria blooms on the aquatic environment and human health. *Toxins*, 14(10), 658.
- [59] Garcia-Pichel, F., Belnap, J., Neuer, S., & Schanz, F. (2003). Estimates of global cyanobacterial biomass and its distribution. *Algological Studies*, 109(1), 213.
- [60] Olsson-Francis, K., & Cockell, C. S. (2010). Experimental methods for studying microbial survival in extraterrestrial environments. *Journal of microbiological methods*, 80(1), 1-13.
- [61] Castenholz, R. W., & Garcia-Pichel, F. (2012). Cyanobacterial responses to UV radiation. In *Ecology of cyanobacteria II: Their diversity in space and time* (pp. 481-499). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [62] Biddanda, B. A., Nold, S. C., Dick, G. J., Kendall, S. T., Vail, J. H., Ruberg, S. A. & Green, C. M. (2012). Rock, Water, Microbes: Underwater Sinkholes in Lake Huron are Habitats for Ancient Microbial Life. *Nature Education Knowledge*, 3(10):13.
- [63] Palozzi, R., Caramanna, G., Albertano, P., Congestri, R., Bruno, L., Romano, A., Giganti, M., Zenobi, R., Costanzo, C., Valente, G., Polani, D., Vecchio, M., Vinci, M., & Sbordoni, V. (2010). The underwater exploration of the Merro sinkhole and the associated diving physiological and psychological effects. *Underwater Technology*, 29(3), 125-134.
- [64] Águila, B., Yanez-Montalvo, A., Mercado-Juárez, R. A., Montejano, G. A., Becerra-Absalón, I., & Falcón, L. I. (2022). Microbialites show a distinct cyanobacterial phylogenetic structure and functional redundancy in Bacalar lagoon and Cenote Azul sinkhole, Yucatan Peninsula, Mexico. *FEMS Microbiology Ecology*, 98(5), 1–13.
- [65] Varshney, P., Mikulic, P., Vonshak, A., Beardall, J., & Wangikar, P. P. (2015). Extremophilic micro-algae and their potential contribution in biotechnology. *Bioresource Technology*, 184, 363-372.
- [66] Groendahl, S., & Fink, P. (2017). High dietary quality of non-toxic cyanobacteria for a benthic grazer and its implications for the control of cyanobacterial biofilms. *BMC Ecology*, 17, 1-10.
- [67] Patiño, R., Christensen, V. G., Graham, J. L., Rogosch, J. S., & Rosen, B. H. (2023). Toxic algae in inland waters of the conterminous United States—A review and synthesis. *Water*, 15(15), 2808.

- [68] Bhuyar, P., Rahim, M. H. A., Maniam, G. P., Ramaraj, R., & Govindan, N. (2020). Exploration of bioactive compounds and antibacterial activity of marine blue-green microalgae (*Oscillatoria* sp.) isolated from coastal region of west Malaysia. *SN Applied Sciences*, 2, 1-10.