

**ADLİ DELİLLERDEN MİKROFOSİL VE
MİKROCANLILARIN ELDE EDİLME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

**COMPARISON OF MICROFOSSIL AND MICROLIVING
EXTRACTION METHODS FROM FORENSIC EVIDENCES**

CEYDA TEKÇEER

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ADLİ BİLİMLER Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

2017

**ADLİ DELİLLERDEN MİKROFOSİL VE
MİKROCANLILARIN ELDE EDİLME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

**COMPARISON OF MICROFOSSIL AND MICROLIVING
EXTRACTION METHODS FROM FORENSIC EVIDENCES**

CEYDA TEKÇEER

Yrd. Doç. Dr. CAHİT DOĞAN
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ADLİ BİLİMLER Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

2017

CEYDA TEKÇEER'in hazırladığı “**Adli Delillerden Mikrofosil ve Mikrocanlıların Elde Edilme Yöntemlerinin Karşılaştırılması**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nur Münevver PINAR

Başkan



Yrd. Doç. Dr. Cahit DOĞAN

Danışman



Doç. Dr. Nurhan BÜYÜKKARTAL

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir. (Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

● Tezimin/Raporumun 01.06.2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum (Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir).

o Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

o Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

29.05.2017

Ceyda TEKÇEER

ETİK

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

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

beyan ederim.

26/05/2017

CEYDA TEKÇEER

ÖZET

**ADLİ DELİLLERDEN MİKROFOSİL VE
MİKROCANLILARIN ELDE EDİLME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

CEYDA TEKÇEER

Yüksek Lisans, Adli Bilimler Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. CAHİT DOĞAN

Mayıs 2017, 67 sayfa

Suda bulunan cesetlerin ölüm sebebini tahmin etmek oldukça zorlu bir süreçtir. Suyun içinde kaldığı süreye bağlı olarak vücutta çeşitli bozulmalar, çürümeler meydana gelmekte ve esas ölüm nedeninin bıraktığı izler silinebilmektedir. Bu tür vakalarda en önemli konu maktulün boğularak ölüp ölmediğine karar vermektir. Diyatome testi tam da bu iş için kullanılan ve kesin sonuç veren bir test olup, dokulardan veya kıyafetlerden elde edildikten sonra çeşitli analizlere tabi tutulmaktadır. Bunun sonucunda da hem ölüm sebebi anlaşılmakta hem de cesedin suda bulunma süresi, olay yerinin haricinde başka bir su ortamında bulunup bulunmadığı, çıkarıldığı suyun tam olarak hangi bölgesinde boğulmuş olabileceği hakkında oldukça yaklaşık bir sonuç elde edilebilmektedir. Diyatome analizini yapabilmek için öncelikle bulunduğu ortamdan (doku, kıyafet) izole edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kıyafetlerden diyatome eldesi için kullanılan yöntemlerden suya batırma (RW), etanole batırma (RE) ve H₂O₂ yöntemleri ile adli palinolojide toprak örneklerinden polen analizi için kullandığımız HF asit yöntemi karşılaştırılmıştır. Belirtilen yöntemler kullanılarak su ve toprak örneklerinden diyatome izole edilmiş, ışık mikroskobu ile mikrofotografları çekilmiş, cins düzeyinde teşhisleri ve sayımları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adli palinoloji, Diyatome, HF asit yöntemi, H₂O₂, RE, RW, Suda boğulma.

ABSTRACT

COMPARISON OF MICROFOSSIL AND MICROLIVING EXTRACTION METHODS FROM FORENSIC EVIDENCES

CEYDA TEKÇEER

Master of Science, Department of Forensic Science

Supervisor: Assist. Prof. Dr. CAHİT DOĞAN

May 2017, 67 pages

It is very hard to diagnose the cause of death in drowning cases. Body could have decomposed and deformed or marks of the cause of death could disappear depending on time that body immersed into water. In that cases, the most important thing is to decide that victim was drowned or not. Diatom test is used for this purpose exactly and gives reliable results by extracting and analysing diatoms. So after that process we can easily decide the cause of death and obtain informations about duration of body's immersion in water or presence expect the location that victim was discovered or determine where the victim was drowned. For analysing diatoms, they have to be extracted from places (tissue, clothes) that they can be found. In this study, we compared the most used extraction methods like rinsing water (RW), rinsing ethanol (RE), H₂O₂ and HF acid method (that is used for analysing pollens from soil samples in forensic palynology). Diatoms are isolated from aquatic and terrestrial samples, taken microphotographs on light microscope (LM), identified on genus level and numbered.

Keywords: Forensic palynology, Diatom, HF acid method, H₂O₂, RE, RW, Drowning.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aőamasında değerli katkı ve eleőtirileriyle yol gosteren, sonsuz sabırla beni her zaman çalıőmaya teővik eden ve guven veren danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Cahit DOğAN'a, önemli yorum ve değerlendirmeleri ile katkıda bulunan Doç. Dr. Aslı ÖZKÖK ve Doç. Dr. Ömür GENCAY ELEMLİ, her türlü desteği esirgemeyen ve çalışmamın her aőamasında manevi olarak yanımda duran değerli arkadaşlarım Bilim Uzmanı Ahmet Cemil ÖZTURHAN, Yüksek Lisans Öęrencisi Özge TANYERİ ve Yüksek Lisans Öęrencisi Yusuf HÜSAMOęLU'na, ayrıca her zaman yanımda olan beni hem maddi hem de manevi olarak destekleyen çok sevgili Aile bireylerimden Babam Sadık Okyay TEKÇEER'e, Annem Melahat TEKÇEER'e, Ablam Verda İSTANBULLU'ya, ailemize katıldığı günden beri babamdan farksız gördüğüm, emeklerini ve hakkını asla ödeyemeceğim Eniőtem Ahmet İSTANBULLU'ya ve abim Kerem TEKÇEER'e içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
TERMİNOLOJİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Diyatomelerin Morfolojilerine Göre Gruplandırılması	12
2.1.1. Sentrik Diyatomeler.....	12
2.1.2. Arafit Diyatomeler.....	12
2.1.3. Eunotoid Diyatomeler	12
2.1.4. Naviculoid Diyatomeler	13
2.1.5. Cymbelloid Diyatomeler	13
2.1.6. Epithemioid Diyatomeler	13
2.1.7. Amforoid Diyatomeler.....	13
2.1.8. Nitzschioid Diyatomeler.....	13
2.1.9. Surirelloid Diyatomeler	13
2.1.10. Monoraphid Diyatomeler	14
2.2. Diyatomelerin Sınıflandırılması.....	14
2.2.1. Ordo: Centrales.....	14
2.2.2. Ordo: Pennales	15
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	17

3.1. Örneklerin Temini	17
3.2. T-shirt'ün Hazırlanması.....	17
3.3. Su Örnekleri İçin Kullanılan Yöntemler	17
3.3.1. Suya Batırma (RW) Yöntemi.....	17
3.3.2. Etanole Batırma (RE) Yöntemi.....	17
3.3.3. H ₂ O ₂ Yöntemi.....	18
3.4. Toprak Örnekleri İçin Kullanılan Yöntemler	18
3.4.1. HF Asit Yöntemi	18
3.4.2. H ₂ O ₂ Yöntemi.....	19
3.5. Preparatların Hazırlanması.....	19
3.6. Işık Mikroskobu ile İncelenmesi	19
4. BULGULAR.....	21
4.1. Su Örnekleri İçin Bulgular	21
4.1.1. RW Yöntemi.....	21
4.1.2. RE Yöntemi.....	23
4.1.3. H ₂ O ₂ Yöntemi	25
4.2. Toprak Örnekleri İçin Bulgular	34
4.2.1. HF Asit Yöntemi	34
4.2.2. H ₂ O ₂ Yöntemi.....	45
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	59
6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Radyal diyatomelerin eksenleri.....	10
Şekil 2.2. Pinnat diyatomelerin eksenleri.....	10
Şekil 4.1. T-shirtten RW yöntemi ile elde edilen diyatome miktarları (diyatome/cm ²)	21
Şekil 4.2. T-shirtten RW yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%).....	22
Şekil 4.3. RW yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Navicula</i> sp., c: <i>Pinnularia</i> sp., d: <i>Sellaphora</i> sp., e: <i>Brachysira</i> sp.)	22
Şekil 4.4. T-shirtten RE yöntemi ile elde edilen diyatome miktarı (diyatome/cm ²)	23
Şekil 4.5. T-shirtten RE yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%).....	24
Şekil 4.6. RE yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Navicula</i> sp., c: <i>Pinnularia</i> sp., d: Parçalanmış <i>Pinnularia</i> sp., e: <i>Brachysira</i> sp.,f: <i>Gomphonema</i> sp., g: <i>Sellaphora</i> sp.)	24
Şekil 4.7. T-shirtten H ₂ O ₂ yöntemi ile elde edilen diyatome miktarları (diyatome/cm ²)	26
Şekil 4.8. T-shirtten H ₂ O ₂ yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%).....	27
Şekil 4.9. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları, (a: <i>Achnanthisidium</i> sp., b: <i>Navicula</i> sp., c: <i>Cymbella</i> sp., d: <i>Encyonema</i> sp., e: <i>Sellophora</i> sp., f: <i>Kobayasiella</i> sp., g: <i>Surirella</i> sp.)	28
Şekil 4.9. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları, (h: <i>Synedra</i> sp., i: <i>Pinnularia</i> sp., j: <i>Gomphonema</i> sp., k: <i>Melosira</i> sp., l: <i>Brachysira</i> sp.) (Devam ediyor).....	29
Şekil 4.9. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları, (m: <i>Diatoma</i> sp., n: <i>Ulnaria</i> sp., o: <i>Biremis</i> sp.) (Devam ediyor).....	30
Şekil 4.10. Su örneklerinden üç farklı yöntem ile elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/cm ²)	31

Şekil 4.11. Su örneklerinden üç farklı yöntem ile elde edilen toplam diyatome oranları (%)	32
Şekil 4.12. Kullanılan yöntemlerdeki toplam diyatome sayıları.....	33
Şekil 4.13. HF asit yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	34
Şekil 4.14. HF asit yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	35
Şekil 4.15. HF asit yöntemi sonucu 1 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., d: Parçalanmış <i>Pinnularia</i> sp.)	35
Şekil 4.16. HF asit yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	36
Şekil 4.17. HF asit yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	37
Şekil 4.18. HF asit yöntemi sonucu 2 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp.)	37
Şekil 4.19. HF asit yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	38
Şekil 4.20. HF asit yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	39
Şekil 4.21. HF asit yöntemi sonucu 3 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp.)	39
Şekil 4.22. HF asit yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	40
Şekil 4.23. HF asit yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	41

Şekil 4.24. HF asit yöntemi sonucu 4 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Navicula</i> sp., b: <i>Biremis</i> sp., c: <i>Pinnularia</i> sp.)	41
Şekil 4.25. HF asit yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	42
Şekil 4.26. HF asit yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	43
Şekil 4.27. HF asit yöntemi sonucu 5 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Pinnularia</i> sp., b: <i>Biremis</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., d: <i>Gomphonema</i> sp.)	43
Şekil 4.28. HF asit yöntemi ile 5 farklı örnekten elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/g)	44
Şekil 4.29. HF Asit yöntemi ile 5 farklı örnekten elde edilen toplam diyatome oranları (%)	44
Şekil 4.30. H ₂ O ₂ yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	45
Şekil 4.31. H ₂ O ₂ yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	46
Şekil 4.32. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu 1 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., d: <i>Sellaphora</i> sp., e: <i>Brachysira</i> sp.)	46
Şekil 4.33. H ₂ O ₂ yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	47
Şekil 4.34. H ₂ O ₂ yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	48
Şekil 4.35. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu 2 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., d: <i>Sellaphora</i> sp., e: <i>Brachysira</i> sp.)	48
Şekil 4.36. H ₂ O ₂ yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	49

Şekil 4.37. H ₂ O ₂ yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	50
Şekil 4.38. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu 3 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., d: <i>Gomphonema</i> sp., e: <i>Diatoma</i> sp.)	51
Şekil 4.39. H ₂ O ₂ yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	52
Şekil 4.40. H ₂ O ₂ yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	53
Şekil 4.41. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu 4 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Navicula</i> sp., e: <i>Brachysira</i> sp.)	53
Şekil 4.42. H ₂ O ₂ yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)	54
Şekil 4.43. H ₂ O ₂ yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)	55
Şekil 4.44. H ₂ O ₂ yöntemi sonucu 5 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: <i>Biremis</i> sp., b: <i>Pinnularia</i> sp., c: <i>Synedra</i> sp., d: <i>Diatoma</i> sp., e: <i>Cymbella</i> sp., f: <i>Navicula</i> sp.).....	56
Şekil 4.45. H ₂ O ₂ yöntemi ile 5 farklı numuneden elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/g)	57
Şekil 4.46. H ₂ O ₂ yöntemi ile 5 farklı numuneden elde edilen toplam diyatome oranları (%)	57
Şekil 4.47. Toprak örneklerinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

HNO₃: Nitrik asit

H₂O₂: Hidrojen peroksit

H₂SO₄: Sülfürik asit

tris-HCl: Tris-Hidroklorik asit

HF: Hidroflorik asit

KOH: Potasyum hidroksit

HCl: Hidroklorik asit

H⁺: Hidrojen iyonu

°C: Santigrat derece

µm: Mikrometre

ml: Mililitre

M: Molar

g: Gram

µl: Mikrolitre

cm²: Santimetrekare

L: Litre

dk: Dakika

Kısaltmalar

RE: Etanole batırma (Rinsing Ethanol)

RW: Suya batırma (Rinsing Water)

SEM: Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

TEM: Geçirimli elektron mikroskobu (Transmission Electron Microscope)

SDS: Sodyum dodesil sülfat

DI: Nesneyi eritme (Dissolving Item)

DNA: Deoksiribonükleik asit

MS: Milattan sonra

rpm: Birim zamandaki devir sayısı (Revolutions Per Minute)

TERMİNOLOJİ

Palinomorf: Palinoloji biliminin çalışma alanına giren yapılar.

Genus: Cins.

Hemoglobin: Kanda oksijen ve karbondioksit taşıyan protein.

Strontiyum: Madeni sarı veya gümüş renkli kalsiyum benzeri bir madde.

Klorit: ClO^{2-} şeklinde gösterilen kimyasal bir kök.

Ventrikül: Karıncık.

Femoral kemik iliği: Kalça kemiğine ait kemik iliği.

Soluene-350: Doku parçalamak için kullanılan organik bir baz.

Femur: Uyluk kemiği.

Tibia: Kaval kemiği.

Maktul: Öldürülen kişi.

Otopsi: Ölüm nedenini belirlemek amacıyla yapılan cesedi inceleme işi.

Formalin: Formaldehitin sudaki çözeltisi.

Proteinaz K: Proteinleri uzaklaştırmak için kullanılan bir proteaz.

İnkübe etmek: Bir organizmanın gelişimini tamamlaması için ortamın belli sıcaklık ve basınçta tutulması.

Mekanik asfiksi: Canlıya herhangi bir kuvvet uygulayarak boğma işlemi.

Denatüre etmek: Bozunmasını sağlamak.

Kadavra: Üzerinde çalışma yapılan ölü insan veya hayvan.

Trakestomi: Cerrahi yöntemlerle soluk borusuna bir delik açılması.

Bentik: Su zemininde yaşayan.

Müsilaj: Su ile temas ettiğinde şişen, sindirilemeyen ve emilemeyen, bitkisel heterojen polisakkaritler.

Kromatofor: Pigment içeren organel.

Amorf silis: Düzensiz (Şekilsiz) silisyumdioksit.

Pektin: Bitkilerin primer hücre duvarlarında bulunan, galaktoz, arabinoz ve ramnoz içeren, galakturonik asit oranı yüksek olan bir kompleks polisakkarit grubu.

Hidrofobik: Suyu emmeyen, su ile birleşmeyen.

Silika: Silisyum dioksit.

Filogenetik: Bir türün evrimsel geçmişi.

Monofiletik: Tek atadan köken almış.

Sekresyon: Salgılama.

Vejetatif hücre: Üreme hücrelerinin dışındaki hücreler.

Populasyon: Ortak bir gen havuzu oluşturan ve kendi içinde üreyebilen aynı türün bireyleri.

1. GİRİŞ

Adli palinoloji, bitkilerin erkek üreme hücresi olan polenler ile çiçeksiz bitkilerin üreme birimleri olan sporların adli vakalarda delil olarak kullanılması ile çalışan, adli bilimler kapsamında bulunan disiplinlerden biridir. Adli palinolojinin amacı, olay yerinden çeşitli yollarla toplanan polen, spor ve palinomorfaların analizlerini çeşitli özgün yöntemler ile gerçekleştirmektir. Şüpheli, olay yeri, olay zamanı ve mağdur arasında bağlantı kurabilmek için spor, polen ve palinomorfaların özellikleri kullanılmaktadır. Spor ve polenlerin birbirinden oldukça farklı şekillere ve farklı dağılımlara sahip olmaları adli palinoloji analizleri için çok önemli bir kriterdir [1]. Polen ve sporlar insan vücudu dahil her yerde bulunabilmektedirler. Polen, spor ve palinomorfaların delil olarak kullanılmalarının en önemli sebebi, ağır mekanik ve kimyasal müdahalelere karşı çok dayanıklı olmalarıdır. Adli palinoloji polen ve sporların yanı sıra aside dayanıklı diğer mikro bitkileri de incelemektedir. Adli palinoloji, son 50 yılda birçok vakada başvurulmuş oldukça önemli bir alan haline gelmiştir. Yeni bir bilim dalı olmamakla beraber 1950'den beri bu alanda yapılmış olan çalışmalar resmi kayıtlarda bulunmaktadır. 1950'den önce de gayri resmi bir biçimde kullanıldığı düşünülmektedir. Avustralya, Yeni Zelanda, Birleşik Krallık ve diğer birçok ülkede aktif olarak çalışılmakta olan bir alandır [2].

Adli palinolojinin çalışma alanına giren canlılardan biri de diyatomelerdir. Tarihte ilk diyatome 1783 yılında Danimarkalı bir doğa bilimcisi olan Otto Friedrich Müller tarafından tanımlanmıştır [3]. Diyatomelerin adli vakalarda kullanım tarihi kesin olarak bilinmemekle beraber bu alandaki kullanım şekli şöyledir: Maktul boğularak öldü ise diyatomeler insan vücuduna girer. Eğer maktul suda nefes aldıysa diyatomeler kan dolaşımına katılıp bu sayede kemik iliğine, beyne, akciğerlere ve böbreklere kadar ulaşabilmektedir [4]. Eğer diyatomeler kemik iliğinde saptanırsa bu durum, maktulün suya girmeden önce kesinlikle canlı olduğunu göstermektedir. Maktulün bulunduğu sudaki ve vücudundaki diyatome cinslerinin benzerlikleri, cesedin suyun içinde yer değiştirip değiştirmediğinin belirlenmesinde çok faydalı olmaktadır. Kıyafetlerde tespit edilen diyatomeler de naaşın suyun içerisinde yer değiştirip değiştirmediği hakkında fikir sahibi olabilmek amacıyla kullanılmaktadır [4].

Azparren ve arkadaşları 1998 yılında İspanya-Madrid'te meydana gelen 133 boğulma vakasında çeşitli testler yapmışlardır [5]. Bu çalışmada cesetlerin kan örneklerindeki Hemoglobin (Hb), Strontiyum (Sr) ve Klorit (Cl) testlerinin diyatome testleri kadar kesin sonuç verip vermediği araştırılmıştır. Hb ve Cl testlerinden boğulma tespiti açısından anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Ventriküller arasındaki Sr geçişi ve bunun sonucunda oluşan Sr miktarı farkı suda boğulmanın gerçekleştiğini kanıtlamıştır.

Pollanen 1998 yılında Kanada-Ontario'da meydana gelen 6 adet boğulma vakasında ölüm sebebini tespit edebilmek için diyatome testine başvurmuştur [6]. Bu vakaların birinde maktulün vücudunda çeşitli kuvvetlerde darp izlerine rastlandığı ve diğer cesedin ise tamamen yakılmış olduğu belirtilmiştir. Bu olgular ölüm nedenini tespit etmeyi güç bir hale getirmiştir. Bütün vakalarda femoral kemik iliğinden alınan örnekler HNO_3 ile muamele edilerek organik materyalden arındırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kemik iliğinde diyatomelere rastlandığı görülmüş ve bütün vakalardaki ölüm sebebini suda boğulma şeklinde olduğu belirtilmiştir.

Sidari ve arkadaşları 1999 yılında İtalya'nın Bari yöresinde denizde boğulma olaylarında Soluene-350 adlı bir kimyasalın tuzlu su diyatomelerinin yoğun bir şekilde elde edilmesinde etkili olup olmadığını araştırmıştır [7]. Bu kimyasalın tuzlu suda yaptıkları 3 farklı deneyde de negatif sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar Soluene-350 adlı kimyasalın tatlı su diyatomeleri üzerindeki etkilerini de test etmişlerdir. Çalışma sonucunda, tuzlu suda yaşayan diyatomelerin kabuklarının Soluene-350 ile etkileşip çözüldüğü belirtilmiştir. Buna karşın tatlı su diyatomelerinin Soluene-350'ye karşı daha dirençli olduğu gözlenmiş ve bu kimyasalın sadece tatlı sulardaki boğulma vakalarında başarıyla kullanılabileceği bildirilmiştir.

Ceset dokuları üzerinde diyatome analizi yapmak oldukça zahmetli bir işlemdir. Analizi gerçekleştirebilmek için organik materyalin tamamen yok edilmesi ve geriye sadece diyatomelerin kalması gerekmektedir. Yange ve arkadaşları boğulma vakalarında bu işlemi kolaylaştırmak için 1999 yılında yaptıkları çalışmada diyatomeleri organik materyallerden arındırabilmek için küçük bir teneke kutu tasarlamışlardır [8]. Bu düzenekte, iç ve dışı yüksek ısıya dayanıklı teflon ile kaplı üç tabakadan oluşan bir hazne bulunmaktadır. Diyatome analizi yapmak için bu

kutunun içerisine cesetten alınan 3 g doku örneği konulmaktadır. Bu dokunun üzerine 4 ml HNO₃ eklenmekte düzenek 100 dakika boyunca 120°C'ye kadar ısıtılmaktadır. Sonra düzeneğin kapağı açılıp soğumaya bırakılmaktadır ve HNO₃'ün sarı dumanı kaybolduktan sonra diyatome analizi için geriye kalan sıvı santrifüj edilmektedir.

1999 yılında Niagara Şelalesi ile Erie ve Ontario göllerinde kopmuş insan uzuvları bulunmuştur. Kimlikleri tespit edilemeyen kişilere ait olan bu uzuvların ölümden önce mi yoksa sonra mı koptuğunu anlayabilmek için antropolojik ve diyatomolojik testler uygulanmıştır [9]. Antropolojik testler ırk, yaş ve cinsiyet teşhisi için femur ve tibia kemikleri üzerinde yapılmıştır. Ayrıca bütün vakalardaki femoral kemik ilikleri HNO₃ ile muamele edilmiş ve bu dokulardaki diyatomeler izole edilmiştir. Araştırma sonuçları bütün vakalardaki maktullerin boğularak öldüklerini ve bu uzuvların ölümden sonra cesetten koparak ayrıldığını göstermiştir.

Diyatomeler nemli ortamların yanı sıra karides ve istiridye gibi deniz hayvanlarının doğal bağırsak florasında, havada ve çeşitli içeceklerde bulunmaktadır. Bu diyatomeler hava, gıda ve içecek yolu ile insanların bünyesine girip dolaşım sistemine kadar ulaşabilmektedir. Bu da diyatomelerin adli delil olarak kullanılması konusunda çeşitli soru işaretleri yaratmaktadır. Yen ve Jayaprakash 2007 yılında bu sorunu çözebilmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir [10]. Temizlenmiş ve pişirilmiş 50 gramlık jumbo karides ve istiridyenin bünyesinde yaklaşık 8.360 ila 29.054 adet diyatome bulunmaktadır. Düzenli olarak jumbo karides ve istiridye tüketen bir kişi yılda ortalama 2 milyon adet diyatomeyi dolaşım sistemine katmaktadır. Kemik iliğinin 10 g'da, 5 adet diyatome sayılması bile ölümün boğulma sonucu gerçekleştiğini söylemek için yeterli iken az da olsa diyatome içeren besinlerin tüketilmiş olması testi yanılmaktadır. Bunların ışığında adli bir vakada diyatome testi uygulanmadan önce maktulün beslenme alışkanlıklarının da göz önünde bulundurulması gerektiği anlaşılmıştır.

Otopsi esnasında dokulara direkt temas etmek uygulayıcı açısından sağlıksız bir durumdur. Normalde uygulamayı daha güvenli hale getirmek adına organlara formalin maddesi ile müdahale edilmektedir. Fakat formalinli organların diyatome testinde kullanılabilirliği konusunda bir bilgi yoktur. Takeichi ve Kitamura'nın 2009 yılında yaptıkları çalışmada, formalin fikse edilmiş akciğerde enzimatik parçalama yoluyla diyatome analizi yapılmıştır [11]. Çalışma esnasında önce akciğerlerde

çeşitli sebeplerle (boğulma, sigara kullanımı ve hava kirliliği) oluşan kontaminasyon H_2O_2 ile giderilmiştir. Formalinli akciğer, 0,01 M SDS'li tris-HCl tamponunda glisinli ve glisinsiz olmak üzere iki şekilde ısıtılmıştır, ardından proteinaz K eklenmiştir. Sonrasında bu örnekler proteinaz K ve H_2O_2 ile 80°C'de 6 ve 12 saat olmak üzere iki farklı süre ile inkübe edilmiştir. Analizler esnasında formalinli akciğer ile formalinsiz akciğerde tespit edilen diyatome sayılarının çok fazla fark göstermediği görülmüştür. Bunun sonucunda formalinli organ kullanımının diyatome analizi açısından herhangi bir sorun teşkil etmediği ispatlanmıştır.

Uitdehaag ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptıkları araştırmada, diyatome eldesi için suya batırma (RW), etanole batırma (RE) ile HNO_3 ve H_2SO_4 ile parçalama (DI) yöntemleri kullanılmıştır [12]. DI yönteminde t-shirtü asit ile parçalayarak tamamen yok etmek amaçlanmıştır. DI yönteminin su ile temas eden materyallerden en fazla sayıda diyatome elde edebilmek için diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Buna karşın RE yönteminde elde edilen diyatomeler, kontrol gruplarından elde edilen diyatomelerle karşılaştırıldığında soruşturma açısından daha anlamlı veriler sunmuştur. Bu sebeple RW, RE ve DI yöntemleri arasında en faydalı veriler elde edilebilen yöntem RE yöntemi olarak bulunmuştur.

Punia'nın 2011 yılında Hindistan'da yaptığı çalışmada gerçek bir adli olay konu edilmiştir. Havuzda ölü bulunan 21 yaşında bir erkeğin ölüm sebebini tespit edebilmek için diyatome testine başvurulmuştur [13]. Bir parça sternum ile yapılan testte çok sayıda diyatomeye rastlanmış ve ölüm sebebi boğulma olarak raporlara geçmiştir.

DiGiancamillo ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada hayvan dokularından diyatome elde etmek için kullanılan oldukça etkili bir yöntem anlatılmaktadır [14]. Diyatome açısından oldukça zengin sularda boğulmuş domuzların çeşitli dokularında diyatome testi uygulayabilmek amacıyla, H_2O_2 ile HCl yöntemi birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemler aynı zamanda enzimatik yöntemlerle de karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler diyatome kabuklarının, tatlı sulardakiler de dahil olmak üzere uygulanan yöntemlere dirençli olduğunu yani bu yöntemlerin rahatlıkla kullanılabileceklerini göstermiştir. HCl (%20) kullanılması diğer testlere nazaran daha kolay ve daha kısa süreli olduğundan, dokudan diyatome elde etmek için bu yöntemin tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Xu ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada ölüm sebebini tartışabilmek için bir boğulma vakası kurgulanmıştır. Kullanılan 35 adet sıçanın bir kısmı suda boğulmuş bir kısmı da mekanik asfiksi ile öldürülmüştür. Sıçanların organları (akciğer, karaciğer, böbrek ve uzun kemik iliği) boğulduktan 0,5, 1, 6, 24 ve 48 saat sonra çıkarılmıştır. Mekanik asfiksi ile öldürülen grup suda 1 saat bekletildikten sonra ilgili organları alınmıştır. Organlar HNO_3 , H_2SO_4 ve H_2O_2 (%30) ile parçalanıp organik materyalden arındırılmış ve diyatome analiz edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, diyatome oranları akciğerlerde bulunma oranı %100 ve diyatome eldesi için en uygun suda kalma süresi 6 saattir. Mekanik asfiksi ile öldürülen grubun sadece akciğerlerinde diyatomeye rastlanmış, diğer organlarında diyatome tespit edilememiştir. Saptanan diyatome oranları ve görüldükleri organlar boğulmayı teşhis etmede önemli rol oynamaktadır.

Verma 2013 yılında yaptığı araştırmada asit ile parçalama yöntemini kullanarak diyatome testini uygulamıştır [16]. Diyatome analizi için öncelikle 10 g akciğer dokusunu HNO_3 ve H_2SO_4 asitleri ile parçalamıştır. Yapılan testlerin sonucunda 20 diyatome/100 μL oranını elde etmiştir. Bu oranın maktulün suda boğulduğunu söyleyebilmek için yeterli olduğunu ortaya koymuştur. Daha sonra detaylı inceleme için TEM, genel morfolojik inceleme için ise SEM kullanarak çalışmasını tamamlamıştır.

Seo ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmada, suda boğuldukları bilinen maktuller ile başka sebeplerden ölüp suya atılmış olan maktullerin kalplerinden alınan kanda diyatome testi yapılmıştır [17]. Kandan diyatome elde edebilmek için bu kez de kaotropik ajan (sudaki H^+ bağlarını koparan madde) ve diyatome kabuklarının DNA'sındaki bağlanma yeteneği kullanılmıştır. Prosedür genel olarak proteinaz K uygulaması ile kandan DNA saflaştırma ve kaotropik ajan kullanarak denatüre etme ile aynıdır. Yani amaç diyatome hariç kandaki her türlü organik maddeyi yok etmektir. Sonuçlar farklı sebeplerden ölüp suya atılmış kadavraların kanlarındaki diyatome sayısının boğularak ölen kadavraların kanında saptanan diyatome sayısından çok daha fazla olduğunu göstermiştir.

Singh ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmada, seçtikleri 4 farklı su ortamında diyatome haritalaması üzerinde yoğunlaşmıştır [18].

Lunetta ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmada, suda boğulma haricindeki sebeplerden ölmüş olan 14 adet cesedin organları üzerinde diyatome testi yapılmıştır [19]. Bunun sonucunda 14 cesedin 6'sında, 3'ü parçalanmış ve 6'sı bütün olmak üzere 9 adet diyatomeye rastlanmıştır. Bu diyatomelerin 6'sı kemik iliğinde, 2'si akciğerde, 1 tanesi de göğüs sıvısında bulunmuştur. Beyin, akciğer, böbrek ve kanda diyatomeye rastlanmamıştır. Bunun üzerine 5 adet kadavraya trakeostomi ile 3,5 L diyatome kültürü enjekte edilmiştir. Göğüs kafesinde ve kalbin sol karıncığında birkaç adet diyatomeye rastlanmıştır. Bunların ışığında diyatome testinin asla alakasız bir sonuç vermediği kanıtlanmıştır.

Lin ve arkadaşları 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada, tatlı, tuzlu ve işlem görmüş sularda boğulma ile sonuçlanan ölümlerde diyatome sayımı yapılmış ve dağılımları incelenmiştir [20]. Şüpheli suda boğulma vakalarının 100 tanesinden ve kontrol grubu olarak seçilen 20 adet doğal sebeplerle ölmüş olan kadavralardan akciğer dokusu ve sinüs sıvısı örnekleri alınmıştır. Şüpheli vakalardan 94'ünün gerçekten boğularak, 6'sının ise başka sebeplerden öldükleri otopsi raporlarında belirtilmiştir. Boğulma ile ilgisi olmayan ölümlerde diyatomeye rastlanmamıştır. Suda boğulmuş olan 94 vakanın 81'inde sinüs sıvısı ve akciğer dokularında diyatome tespit edilmiştir. Spa veya havuz gibi işlem görmüş sularda boğulanlarda ise ya hiç ya da çok az diyatome sayılabilmektedir. Diyatome miktarlarının tatlı suda boğulanlarda tuzlu suda boğulanlara göre oldukça fazla sayıda olduğu belirtilmiştir. Bu sayının da sinüs sıvısında akciğer dokusuna göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışma diyatome testi sırasında sinüs sıvısı ile akciğer dokusunun beraber kullanılması gerektiğini kanıtlamıştır.

Scott ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptıkları araştırmada, kıyafetlere bulaşan diyatomeyi elde etmek için RW, RE ve H₂O₂ olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmıştır [21]. Bu yöntemler hem su hem de nemli toprak örnekleri üzerinde uygulanmıştır. Bunlarla beraber suda bekleme sürelerine göre kıyafetlerin hapsettikleri diyatome miktarları karşılaştırılmıştır. Araştırmada, su ve toprak örneklerinde en anlamlı sonuçlara H₂O₂ yöntemi ile ulaşıldığı belirtilmiştir.

Zhao ve arkadaşlarının 2015 yılındaki çalışmalarında, sudan çıkarılmış ve ölüm sebebi bulunamamış iki ceset konu edilmiştir [22]. Diyatome analizi yapabilmek için iki cesedin de bütün organlarında asit ile parçalama ve mikrodalga ile parçalama-vakum ile süzme-otomatik SEM yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar mikrodalga ile

parçalama-vakum ile süzme-otomatik SEM yönteminin daha kesin sonuç verdiğini ve polisin bulguları ile daha çok benzeştiğini göstermiştir.

Fucci ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları bir araştırmada, su yüzeyinde bulunan bentik diyatome hem H_2O_2 hem de %37'lik HCl ile parçalama yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir [23]. Bu iki yöntem 3 farklı su ortamında bulunan 10 adet cesedin beyin, akciğer, böbrek ve kemik iliğinden alınan 5'er gramlık doku örneklerine uygulanmıştır. H_2O_2 yöntemi uygulanan dokularda 9 farklı diyatome genusu taksonlarına rastlanırken, HCl yöntemi uygulanan dokularda ise sadece 3 farklı diyatome genusu taksonlarına rastlandığı belirtilmiştir.

Zhao ve arkadaşları 2016 yılında suda boğulma sonucunda akciğerde bulunan diyatome sayısı ile su örneklerindeki diyatome sayısını karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır [24]. Diyatome analizi için mikrodalga ile parçalama-vakum ile süzme-otomatik SEM yönteminden faydalanılmıştır. Veriler, boğularak ölen grubun doku/diyatome (L/D) oranının, ölümden sonra suda kalan grubun L/D oranından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Akciğer dokusu ve su örneklerinde yapılan nicel diyatome analizi, suda bulunan bir cesedin ölüm nedeninin boğulma olup olmadığı konusunda çok destekleyici bir delil sunmaktadır.

Diyatome analizlerinde yanıtıcı durumlardan en önemlisi suyun yanlış bölgelerinden alınan örneklerdir. Bunun üzerine Saini ve arkadaşlarının 2017 yılında yayınlanan çalışmalarında Hindistan'daki Haryana bölgesinde seçilen belirli alanlarda dağılım gösteren genuslara ait taksonlardan faydalanarak diyatome haritalaması yapılmıştır [25]. Ayrıca bu araştırmada ışık mikroskobu ve SEM kullanılarak farklı taksonlara ait diyatome teşhis edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Bitkiler âleminin en zengin sınıflarından biri olan diyatomeler nemli ortamlar, bataklıklar, tatlı sular ve denizlerde yaşarlar [26]. Diyatomeler genellikle çeşitli şekillerde müsilaj koloniler oluşturan tek hücreli organizmalardır. Hücrelerinde 2 veya daha çok sayıda kromatofor ile 1 adet çekirdek ihtiva ederler. Kromatoforları gerçek klorofil olmasına rağmen karotinoidlerle kaplı oldukları için sarı-turuncu görünürler. Diyatomelerin çeperleri iki adet kapaktan oluşur ve bu kapaklar birbirinin içine geçmiş şekildedir. Bu kapakların büyüğüne “Epiteka ya da Epivalva”, küçüğüne de “Hipovalva veya Hipoteka” denir. Hücre çeperlerinin dışı saf pektinden meydana gelmektedir. Pektin maddesi su ile temas ettiğinde müsilaj oluşturduğu için diyatomelerin koloni oluşturması çok kolaydır. İç kısımda ise amorf silislerinin birikmesiyle oluşan çok sert bir çeper bulunmaktadır.

Diyatome hücreleri ölünce pektin çeper erimekte ama amorf silis erimeden kalmaktadır. Bu yapı diyatomenin şeklini korumakta ve pektin çeperden arınan diyatome suyun dibine çökmektedir. Bu kabuklar yıllarca birikerek oldukça kalın katmanlar oluşturmaktadırlar. Jeolojik devirler boyunca oluşan bu topraklara diyatomit ya da diyatome toprağı denilmektedir. Fransız ve Alman literatüründe diyatomit yerine Kizelgur ismi kullanılmaktadır [27]. Günümüzde var olan diyatomit kaynaklarının yaklaşık 5-60 milyon yıl öncesinde oluşmaya başladığı tahmin edilmektedir. Diyatomitler çok hafif, beyazdan kahverengiye kadar birçok renkte bulunabilen bir yapıdadır. Türkiye diyatomit açısından oldukça zengin bir ülkedir. Tüm dünyada sahip olunan diyatomit miktarı 1 milyar ton civarında iken bunun 200 milyon tonunun bizim ülkemizde bulunduğu tahmin edilmektedir. Fakat diyatomitlerin ekonomik önemi günümüzde ülkemiz tarafından yeterince bilinmediği için bu zenginlik henüz değerlendirilememektedir. Buna karşın ülkemizde diyatomit kullanımı çok eski zamanlara dayanmaktadır. MS 530 yılları civarında inşa edilmiş olan Ayasofya'nın kubbesinde hafif olduklarından dolayı diyatomitli tuğlalardan faydalanılmıştır. Diyatomit bilimsel açıdan ilk kez 1867 yılında Nobel tarafından dinamit yapımında kullanılmıştır.

Birçok kullanım alanına sahip olan diyatomitler yüzme havuzu ve çeşmelerde suyun filtre edilmesinde kullanılırken, tırnak ojesi ve araba boyalarının imalatında da

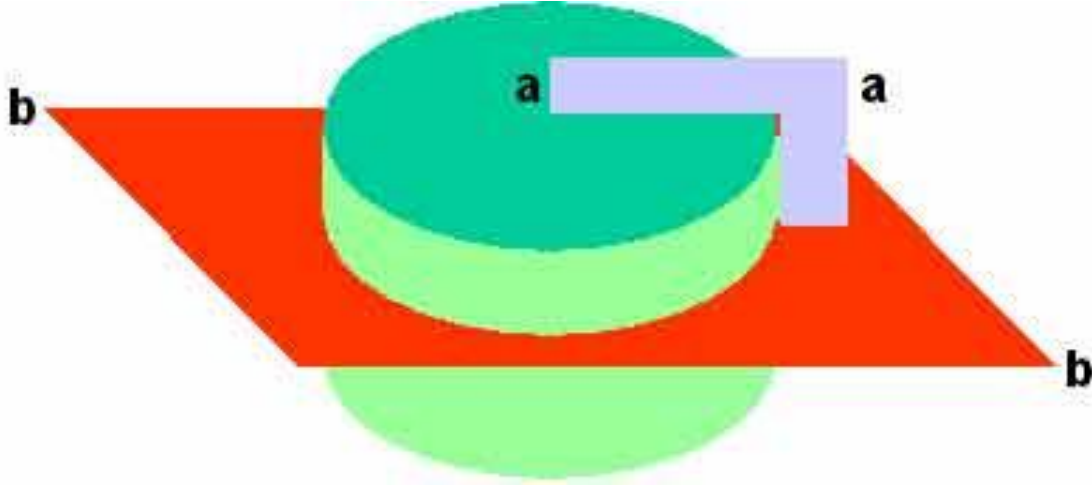
kullanılmaktadır [4]. Aynı zamanda kedi kumunda, zehirli atık maddelerin boşaltımında ve binalarda ses yalıtım materyali olarak kullanılmaktadır.

Birçok diyatomit yosun kumu veya mostof toprağı olarak anılmakta ve bunlar pestisit olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise yosun kumunun böceklerin en dışındaki hidrofobik yağ katmanlarını absorbe etmesidir. Yani yosun kumu böcekteki bütün sıvıyı emebilmektedir. Diyatomeler silisten oluştukları için diyatomelerden oluşan yosun kumu da oldukça aşındırıcıdır ve bu sebepten de çok güçlü bir pestisittir. Diyatomeler adli bilimlerde de son dönemlerde bazı adli vakaların çözümünde oldukça kullanışlı bir hale gelmiştir. Şeffaf diyatome kapakçıkları güneş ışığını yakalamakta oldukça başarılıdır. Bu özellik mühendisler tarafından güneş enerjili pil verimini %50'ye kadar artırabilmek için kullanılmaktadır.

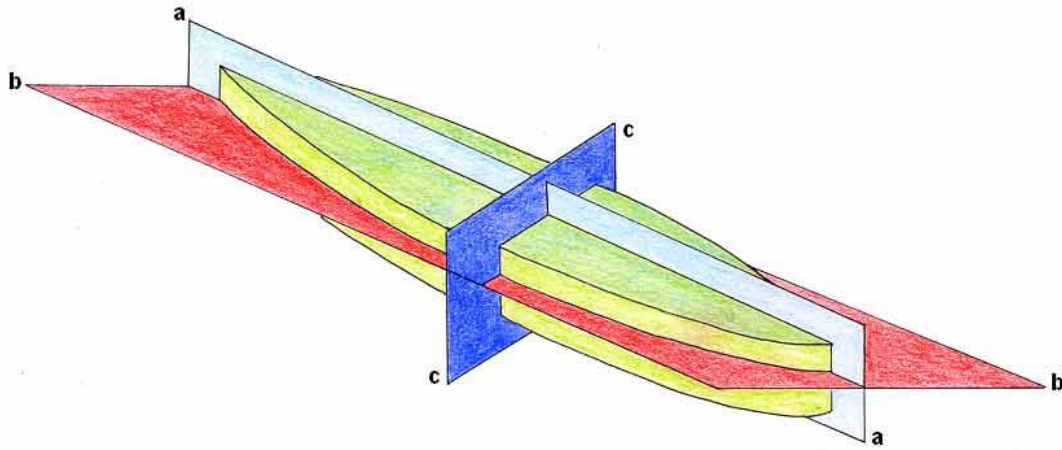
Diyatomeler dünyanın hemen her yerinde tuzlu, tatlı, acı veya hafif tuzlu sularda ve nemli karasal habitatlarda yaşayabilen, tek hücreli algler arasındaki en başarılı ve en farklı gruptan biridir. Fotosentez açısından atmosferdeki karbondioksiti tutarak dünyadaki oksijen üretimin yaklaşık %25-35'ine katkıda bulunmaktadır. Diyatomeleri farklı kılan en önemli özelliklerinden biri silikadan oluşan, çok ayrıntılı ve büyük işçiliğe sahip hücre duvarlarına sahip olmalarıdır. Bu ayrıntılar her türde farklılıklar göstermekte ve tür ayrımı bu süsler sayesinde yapılmaktadır. Çeperdeki silika bozulmayı önleyen bir madde olduğu için diyatomeler her çeşit suda yaşayabilmektedirler. Diyatomeler, göl sedimentleri arasındaki pH değişimlerini ve iklim değişikliklerini engellemektedirler. Aynı zamanda herhangi bir suyun kalitesini kapsamlı bir şekilde anlayabilmek için de kullanılmaktadırlar.

Diyatomelerin hücre duvarları (kabukları) esasen 2 parçalı yapılardır [28]. Bir parçası daha yaşlı diğeri daha genç olmak üzere 2 kapak ve ortasında bağlayıcı bir kemerden oluşmaktadır. Şekil itibari ile genellikle petri kabına veya ilaç kutusuna benzetilmektedirler. Silika yapı oldukça sert olduğundan hücresel büyüme ancak genç kapağın ekstra bir halka oluşturması ile gerçekleşebilmektedir. Kapakların şekli ve simetrisi çok varyasyonlu olup, porların ve yarıkların düzenlenmesi ile teşhis ve sınıflandırmaları yapılabilmektedir. Diyatomeler genellikle eksen ve düzlemlerine uygun bir geometrik şekle benzetilirler. Çünkü 3 boyutlu yapılardır ve haliyle şekilleri de gözleyen bakış açısına göre değişiklik göstermektedir. Duruma göre hücreler tersten görülebilir ama bu temizlenmiş materyalde nadiren görülür. Çünkü hücreler en geniş taraflarının üzerine düşme eğilimindedirler.

Diyatomeler temelde kapak simetrisine bağlı olarak iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Yuvarlak şekilli ve radyal simetrlili sentrik diyatomeler (Şekil 2.1) ile bilateral simetrlili uzun şekilli pinnat (tüy şeklinde) diyatomeler (Şekil 2.2) bu iki grubu oluşturmaktadırlar [28].



Şekil 2.1. Radyal diyatomelerin eksenleri



Şekil 2.2. Pinnat diyatomelerin eksenleri

Pinnat diyatomeler, çift yarık sistemlerinin (rafe) varlığına göre arafit ve rafit olmak üzere 2 alt gruba ayrılmaktadırlar. Rafit diyatomeler ise birafit ve monorafit olmak

üzere 2'ye ayrılmaktadırlar. Monorafit diyatomelerin sadece bir kapağında (R kapağı) fonksiyonel bir rafe sistemleri bulunmaktadır. Diğer kapağın (P kapağı) yarıkları morfogenez sırasında silika ile dolduğundan sert bir rafe sistemi vardır. Teşhis açısından bakıldığında bu gruplandırmalar oldukça faydalıdır. Ama her zaman filogenetik ilişkileri yansıtmamaktadırlar. Sentrik, arafit ve monorafit diyatomeler monofiletik olarak değerlendirilmemelidir.

Rafe yarıklarının pozisyonu ve duruşu sınıflandırma ve teşhis için çok büyük önem taşımaktadır. Diyatomelerin rafeleri, *Nitzschia* ve *Hantzschia* gibi gruplarda kapakların kenarında bulunmaktadır. Bu rafelerin her yeri kabartmalı ve dağınık yerleşmiş dikmelerle kaplıdır. Başka bir grupta (*Surirella*), birleşmiş rafe yarıkları her uzun aralığın içinden geçer gibi ve iki uzantıyı da birer nodül ile keser gibi konumlanmaktadır.

Por ve yarıklar ile kaplı olmalarına göre bazı diyatomeler, kitin lif ve müsilaj oluşturan diken benzeri çıkıntılarla kaplıdır. Basit porların özel bölgeleri (apikal por alanları) müsilaj pedlerin sekresyonunu sağlar. Bu müsilaj pedler bir kolonide alt tabakaya veya başka bir hücreye bağlanmak için kullanılmaktadır. Bazı türler duruma göre hareketli veya koloni halinde yaşama yeteneğine sahiptirler.

Diyatomelerde vejetatif hücre bölünmesi sırasında her bir kardeş hücreden birer kapak oluşmaktadır. Kapaklardan biri kardeş hücrenin protoplastında membrana bağlı bir vezikül içinde bulunmakta ve daha sonra dışarı salınmaktadır. Yeni kardeş kapaklar genellikle bitişik halde bulunmaktadır. Bu sayede yüzeyleri temas halindedir ve bir kapakta çöküntü meydana gelirse diğerinde de bir yükselti oluşmaktadır. *Fragilaria* ve buna yakın genoslarda bulunan bazı türlerde, kardeş kapaklar birbirlerine diken şeklindeki çıkıntılar sayesinde kilitlenmektedirler.

Hücre duvarlarının sertliğinden dolayı yeni kapakların boyutu ana kapaklarından daha küçük olarak meydana gelmektedir. Bu sebepten de diyatome popülasyonunun boy ortalamasının zamanla küçülmesi beklenmektedir. Diyatomelerin hayatta kalabilmek için bu küçülmeden kurtulmaları gerekmektedir. Bu durumun çeşitli çözümleri vardır. Bunlardan biri, eşeyli üreme sırasında gametlerin genişleyebilen bir zigot oluşturmalarıdır. Sonra da yeni vejetatif hücreler oluşması için yeni silika kapaklar oluşturmaktır. Boyut küçülmesinin başka bir dezavantajı da özellikle pinnat diyatomeler için başka taksonlarla karıştırılmasına

yol açmasıdır. Çünkü boylarında enlerine oranla daha fazla küçülme meydana gelmektedir. Bu da bambaşka bir proporsiyon oluşturduğundan dolayı diğer taksonlarla karıştırılma olasılığını büyük ölçüde artırmaktadır.

Diyatome kloroplastları genellikle altın sarısı veya kahverengi olup çok silik bir tondan kestane rengine kadar bir skalaya sahiptirler. Hatta yeşilimtrak olanları bile mevcuttur. Sentrik diyatomekler genellikle birçok basit ve yuvarlak kloroplasta sahiptirler. Rafit pinnat diyatomekler 1, 2 veya 4 kloroplast bulundurabilmektedirler. Çekirdeğin bulunduğu yerde dikkat çeken sentral bir sitoplazmik köprü bulundurmaktadırlar (*Navicula lanceolata*).

Arafit pinnat diyatomekler, hücre başına 1 veya 2 adet kloroplast taşıyabilmektedirler. Kloroplast sayısı ve düzenlenişi naviculoid genusların teşhisi açısından oldukça ayırt edicidir. Birçok diyatome kloroplastı, 1 veya 2 tane pirenoid denilen bir yapı içermektedir. Bu pirenoidler köşeli bir yapıya sahiptirler. Görünürlükleri boyutlarına, şekillerine ve pozisyonlarına bağlıdır. *Cymbella* ve *Gomphonema*'nın yuvarlak pirenoidleri sıklıkla kloroplastın merkezinde kolaylıkla görünürken, *Navicula*'nın çubuk şeklindeki pirenoidleri çok nadir gözlenebilir çünkü onlar sadece kemer kısmından bakıldıklarında görülebilmektedirler.

2.1. Diyatomeklerin Morfolojilerine Göre Gruplandırılması

Diyatomekler dış morfolojik görüntülerine göre aşağıda belirtildiği gibi gruplandırılmaktadırlar [29].

2.1.1. Sentrik Diyatomekler

- Kapaklar tek bir noktanın etrafında organize olmuştur (radyal simetridir).
- Hareket yetenekleri yoktur.
- Oogam eşeyli üreme görülmektedir (dişi gamet büyük ve hareketsiz, erkek gamet ise küçük ve hareketlidir).

2.1.2. Arafit Diyatomekler

- Kapaklar bir çizginin etrafında organize olmuşlardır (bilateral simetridir).
- Rafe sistemi olmadığından hareketsizdirler.
- Dudak benzeri açıklıklar gözlenebilmektedir.

2.1.3. Eunotioid Diyatomekler

- Bilateral simetrik kapaklara sahiptirler.
- Kapaklar genellikle apikal eksene göre simetrikler.

- Hareket kabiliyetleri zayıftır.
- Rafit gruplarında 1 ya da 2 adet açıklık bulunmaktadır.

2.1.4. Naviculoid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Kapaklar apikal ve transapikal eksene göre simetrik.
- İki kapakta da bulunan rafeler sayesinde hareket sistemleri çok gelişmiştir.
- Tatlı su diyatomeleri içinde en büyük çeşitlilik bu gruptadır.

2.1.5. Cymbelloid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Kapaklar apikal ve transapikal eksene göre simetrik.
- Hareket sistemi çok gelişmiştir.
- Müsilaj tüpler sekrete eden apikal por bölgeleri bulundurlar.

2.1.6. Epithemioid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Kapaklar apikal ve transapikal eksene göre simetrik.
- Hareket sistemleri çok gelişmiştir.
- Rafitler bir kanalla çevrilmiştir.

2.1.7. Amforoid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Kapaklar apikal ve transapikal eksene göre simetrik.
- Rafe sistemi kapak kenarında düzensiz dizilmiştir.
- Çoğu denizde yaşayan taksonlar ile birlikte az sayıda da olsa tatlı suda yaşayan formları da bulunmaktadır.

2.1.8. Nitzschioid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Kapaklar apikal ve transapikal eksene göre simetrik.
- Rafit sistemi çok gelişmiş ve kapaklar arasında dizilmiştir.
- Rafe bir kanalla çevrelenmiş ve bir kabartı halini almıştır.

2.1.9. Surirelloid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Raift sistem çok gelişmiş ve kapakların yanında dizilmiştir.
- Rafeler bir kanalla çevrilmiş ve kabartıya dönüşmüştür.

2.1.10. Monoraphid Diyatomeler

- Bilateral simetridirler.
- Rafe sistemi sadece kapaktadır (heterovalvar).

2.2. Diyatomelerin Sınıflandırılması

Silileşmiş duvarlarından yola çıkarak Chrysomonales'ten tüvelendikleri düşünölmektedir [26]. İki takımdan oluşmaktadır.

2.2.1. Ordo: Centrales

Hücreler elips, daire veya çok köşelidir. Rafe sistemine sahip olmadıkları için hareket kabiliyetleri yoktur. Tek veya koloni halinde bulunabilmektedirler. Fitoplanktonların çoğunu bu grup oluşturmakta ve çoğunlukla denizlerde yaşamaktadırlar [26].

Eşeyli veya eşeysiz üreme ile çoğalabilirler.

a. Eşeysiz üreme: Hücre duvarları silisli olduğu için bölünecek olan hücre mitoz ile kutunun içinde ikiye bölünmektedir. Yavru hücreler büyümeye devam ettikçe kutuya sığamazlar ve ana hücreye ait kapakların yarısını alarak ayrılmaktadırlar. Açıkta kalan kısımlarda içe geçecek şekilde bir kapak oluşturulmaktadır. Bu yüzden oluşan her yavru hücre ana hücreden daha küçük olmaktadır. Bu durum devam eden kuşaklarda bir küçölme meydana getirmektedir. Bu küçölme sonsuza kadar devam etmemektedir. Belli bir küçöklüğe erişen fert bölünmek yerine sitoplazmasını büyüterek en baştaki boyutlarına ulaşmaktadır. Buna telafi olayı adı verilmektedir [26]. Bu olay adli vakalarda diyatome analizi açısından da büyük önem taşımaktadır. Çünkü analiz esnasında tek bir cinsin taksonlarının çok farklı boyutlarda olabildikleri görölebilmektedir. Diyatomelerin üremesindeki telafi olayı tür ve cins tayini yapılırken boyut farkı nedeniyle aynı cinsin bireylerinin farklı cins sanılma ihtimalini tamamen ortadan kaldırmaktadır.

b. Eşeyli üreme: Oogami ile gerçekleşmektedir. Diploid vejetatif hücrelerden mayoz sonrasında 4 tane spermatozoid oluşmaktadır. Bu spermatozoidler kamçılıdır ve bu sayede hareket edebilmektedirler. Bazı hücrelerde de spermatozoid yerine oogonlar oluşmaktadır ve bunlardan 1 tanesi gelişip diğerleri eriyerek kaybolmaktadır. Dölllenme oogonun içinde veya dışında gerçekleşebilmektedir. Zigotun çevresi öncelikle perizon adı verilen ve büyüeyebilen

bir zarla çevrilmektedir. Perizon pektin yapısındadır. Zigot, türüne has bir boyuta ulaştığında eski kapakları atarak kendine yeni kapaklar yapmaktadır. Böylece yeni bir diploid birey meydana gelmektedir [26].

Centrales takımı Coscinodiscinae, Rhizosoleninae ve Biddulphinae olmak üzere 3 alt takıma ayrılmaktadır.

2.2.2. Ordo: Pennales

Su diplerinde bitkilerin üzerinde, tatlı, tuzlu veya acı sularda tek veya koloni halinde yaşayabilmektedirler. Kapakların biçimi kare, kayık, çubuk veya uzun dikdörtgen şeklinde olabilmektedir. Bilateral simetridir bir takımdır. Çoğu üyesinde rafe sistemi bulunmaktadır. İki adet kromatofora sahiptirler [26].

Tıpkı Centrales takımında olduğu gibi eşeyli veya eşeysiz olarak üreyebilmektedirler.

a. Eşeysiz üreme: Centrales takımındaki eşeysiz üreme safhalarıyla aynıdır. Farklı olarak sadece telafi olayı bu takımda eşeysiz değil sadece eşeyli üremede görülmektedir [26].

b. Eşeyli üreme: Normal bir eşeyli üreme şeklinde gerçekleşmektedir. En küçük boyuta erişmiş bireyler neslin devamını sağlayabilmek amacıyla müsilaj bir örtü ile yan yana gelmektedirler. Bu bireyler bir dinlenme evresinin ardından mayoz bölünme geçirerek kabukları içinde 2'si küçük 2'si büyük olmak üzere 4 adet yeni hücre oluşturmaktadırlar. Büyük olan hücreler gametlere dönüşürken diğerleri eriyerek kaybolmaktadırlar. Daha sonra kapaklar açılır ve gametler müsilaj içine dağılarak döllenmeyi gerçekleştirirler. Zigotlar sürekli büyüme ve son boyuta eriştiklerinde yeni kapaklar oluşturmaktadırlar. Böylece neslin küçülme sorunu çözülmüş olmaktadır. Bu yolla oluşan zigota aukzozigot ve bu olaya da aukzozigot telafi olayı adı verilmektedir.

Pennales takımı Fragilarinae, Achnanthinae, Naviculinae ve Surirellinae olmak üzere 4 adet alt takımdan oluşmaktadır [26].

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Örneklerin Temini

Çalışmamız için gerekli olan içerisinde diyatomelerin yoğun olarak bulunduğu su örneği, il çapında yapılan bir araştırma sonucunda Kuşulu Park'ta bulunmuştur. Buradaki süs havuzundan 5 L su alınmış ve çalışmamızda kullanılmak üzere Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı Palinoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Araştırma sonuçlarımızın anlamlı olabilmesi ve birbirleriyle kolayca karşılaştırılmasını sağlayabilmek için yine aynı havuzun çevresinden yeterli miktarda 5 ayrı yerden nemli toprak örneği alınmıştır. Bu toprak numuneleri, yoğun miktarda diyatome içeren havuz suyu ile ayrı ayrı karıştırılmış, numaralandırılmış ve incelenmek üzere steril bir ortam olan çeker ocak içerisinde kurutulmuştur.

3.2. T-shirt'ün Hazırlanması

Yeni, hiç kullanılmamış ve %100 pamuklu beyaz bir t-shirt, boğulma vakalarında olduğu gibi su örneğimize batırılmış, bu ortamda 3 saat boyunca bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda t-shirt sudan dikkatlice ve kesinlikle sıkılmadan çıkarılmış, 48 saat süre ile steril bir ortamda kurumaya bırakılmıştır. Bu şekilde sudaki diyatomelerin t-shirtte geçmesi sağlanmıştır.

3.3. Su Örnekleri İçin Kullanılan Yöntemler

3.3.1. Suya Batırma (RW) Yöntemi

Kurutulmuş t-shirtten 1 cm²'lik parçalar kesilmiş ve 150 ml distile suyun içerisine bu parçalardan sadece 1 tane konularak diyatomelerin suya geçmesi için manyetik karıştırıcıda 24 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda t-shirt parçası sudan çıkarılarak kurutulmuştur. Geriye kalan su örneği 15 dk süreyle 3500 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpünün dibinde kalan materyalden preparatlar hazırlanmış, bu preparatlar etiketlenmiş üzerine gerekli bilgiler yazılmıştır [30].

3.3.2. Etanole Batırma (RE) Yöntemi

Bir beherin içerisine 150 ml %96'lık etil alkol konulmuş ve yine içine 1 adet 1cm²'lik t-shirt parçası eklenip, manyetik karıştırıcı ile 24 saat boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandığında alkolün içinden t-shirt parçası çıkartılıp kurutulmuştur. Geriye kalan etil alkol örneği 15 dk süreyle 3500 rpm'de santrifüj

edilmiştir. Santrifüj tüpünün dibinde kalan materyalden preparatlar hazırlanmış, bu preparatlar etiketlenmiş üzerine gerekli bilgiler yazılmıştır [31].

3.3.3. H₂O₂ Yöntemi

T-shirtten kesilen 1 cm²'lik parçalardan 1 tane alınıp 50 ml'lik plastik tüpün içerisine konulmuş ve sonra üzerine 20 ml H₂O₂ (%30) eklenmiş ve 3 saat süre ile 70°C'deki sıcak su banyosunda tutulmuştur. Süre sonunda H₂O₂ içerisindeki t-shirt parçası çıkarılmış ve geriye kalan H₂O₂ örneği 15 dk süreyle 3500 rpm'de santrifüj edilmiştir. Tüpün dibindeki çökelti distile su ile 3 kez yıkanmış ve santrifüj edilmiş, ardından preparat hazırlanmıştır [32].

3.4. Toprak Örnekleri İçin Kullanılan Yöntemler

3.4.1. HF Asit Yöntemi

Toprak örneklerinden 1 g tartılmış ve toz haline getirilmiştir. Tartılan numune plastik bir tüpe koyulmuştur. Üzerine ½ oranında HCl (hidroklorik asit) eklenmiştir ve bu uygulama, asidin tehlikeli buharından korunmak amacıyla kesinlikle çeker ocakta yapılmalıdır. Bu işlemin yapılmasının sebebi topraktaki kalkerimsi materyalin giderilmesidir ve yaklaşık 24 saat sürmektedir. Bu sürenin sonunda dipteki örnek bulandırılmadan üzerindeki HCl dökülmüştür. Sonra az bir miktar daha asit damlatılıp tepkimenin devam edip etmediği kontrol edilmiş; devam etmediği gözlenip 3500 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiştir (reaksiyon devam ediyor olsaydı 12 saat daha bekletilecekti). Ardından 3 kez yıkama işlemi yapılmıştır [33].

Yıkandıktan sonra üzerine 10 ml HF (%70) eklenmiş ve 24 saat bekletilmiştir. Bu uygulamanın amacı da örnekteki minerallerden kurtulmaktır. Süre sonunda 15 ml distile su koyularak çökelmeye bırakılmıştır. Bu şekilde asit konsantrasyonu azaltılmış ve daha iyi çökeltme sağlanmıştır. Numune bulandırılmadan üzerindeki asit dökülmüş ardından tekrar 3 kez yıkama yapılmıştır.

50 ml'lik tüplerde olan örneklerin üzerine tüp doluncaya kadar HCl eklenmiş ve 50-60°C'de 5 dk sıcak su banyosunda tutulmuştur. Örneğin sarı rengi kaybolana kadar distile su ile yıkanmıştır. Bu işlemin amacı ise asit uygulamasının ardından bazik uygulamaya geçilmeden önce ortamı nötralize etmektir.

Nötrleştirilmiş örneğin üzerine KOH (%10) koyulmuş ve ardından 80-90°C'de 10 dk sıcak su banyosunda tutulmuştur. Örnek 10 dk santrifüj edilmiş ve üzerindeki KOH dökülmüştür. Ardından tekrar 3 kez yıkama işlemi yapılmıştır.

150-200 µm'lik süzgeçlerle süzülüp 15 ml'lik tüpe alınmıştır. Distile su ile 10 dk santrifüj edilmiş ve sonra üzerine aynı oranlarda HNO₃ ve distile su eklenmiştir. Bu karışım koyulduktan sonra hemen bir iki damla saf HCl eklenmiş ve 3 dk bekletilmiştir. Ardından 3 kez yıkanmıştır.

Örneğin üzerine sodyum hekza meta fosfat (pH 7) eklenmiş ve tüp çalkalanmıştır. Ardından tekrar 3 kez yıkanmıştır. Sonra soğuk KOH (%10) ilave edilmiş ve 10 dk bekletildikten sonra örnek 3 kez yıkanarak temizlenmiştir.

Normalde bu işlem polen analizi için kullanıldığında bu safhada bir boyama işlemi yapıp Wodehouse Yöntemi'nde olduğu gibi daimi preparatlar hazırlanmaktadır. Fakat diyatomeler henüz herhangi bir boyayla boyanamadığı için örneğin bulunduğu tüpün içerisine 1-2 damla Gliserin (%50) damlatılmıştır. Küçük bir damlası alınıp lamın üzerine koyulduktan sonra üzeri 24x24'lük lamelle kapatılıp, ışık mikroskobuyla incelenecek hale getirilmiştir [25].

3.4.2. H₂O₂ Yöntemi

Hazırlanan toprak örneğinden 1 g tartılmış ve 50 ml'lik tüplerin içerisine alınmıştır [32-34]. Üzerine 20 ml H₂O₂ (%30) eklendikten sonra 70°C'de 3 saat sıcak su banyosunda tutulmuştur. Ardından birkaç damla HCl damlatılıp ortamdaki kalkerli maddelerin biraz daha giderilmesi sağlanmıştır ve 3 kez yıkama yapıp preparatlar hazırlanmıştır.

3.5. Preparatların Hazırlanması

İçlerinde örnek bulunan tüplere 1-2 damla Gliserin (%50) damlatılmıştır. Biraz karıştırılıp lamın üzerine küçük bir damla alınmış ve üzerleri 24x24'lük lamellerle kapatılmıştır. Tüm örneklerden aynı şekilde preparatlar hazırlandıktan sonra ışık mikroskobu ile analize başlanmıştır.

3.6. Işık Mikroskobu ile İncelenmesi

Preparatların incelenmesi ve diyatomelerin sayılması Olympus CX41 binoküler ışık mikroskobu ile yapılmıştır. Mikrometrik periplan oküleri (10x) ve apochromatic oil immersiyon objektifi (100x) kullanılmıştır. Ölçüm için kullanılan mikrometrik cetvelin

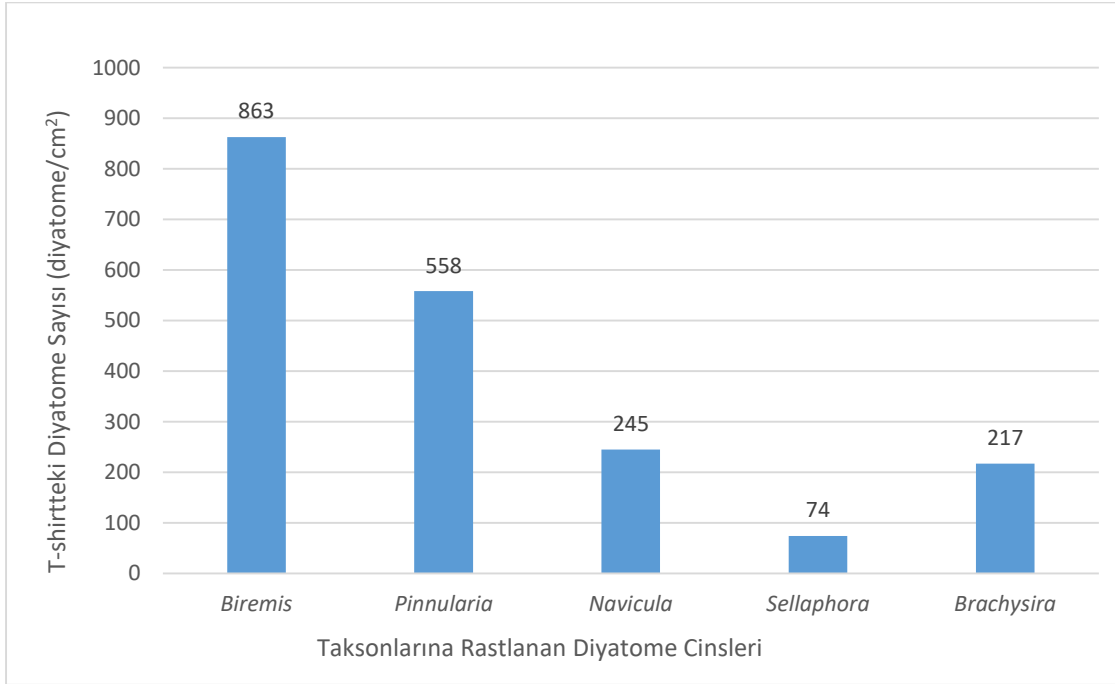
aralıkları 1 μm alınmıştır. Sayım ve gözlemi yapılan diyatomelerin mikrofotografaları da çekilmiştir.

4. BULGULAR

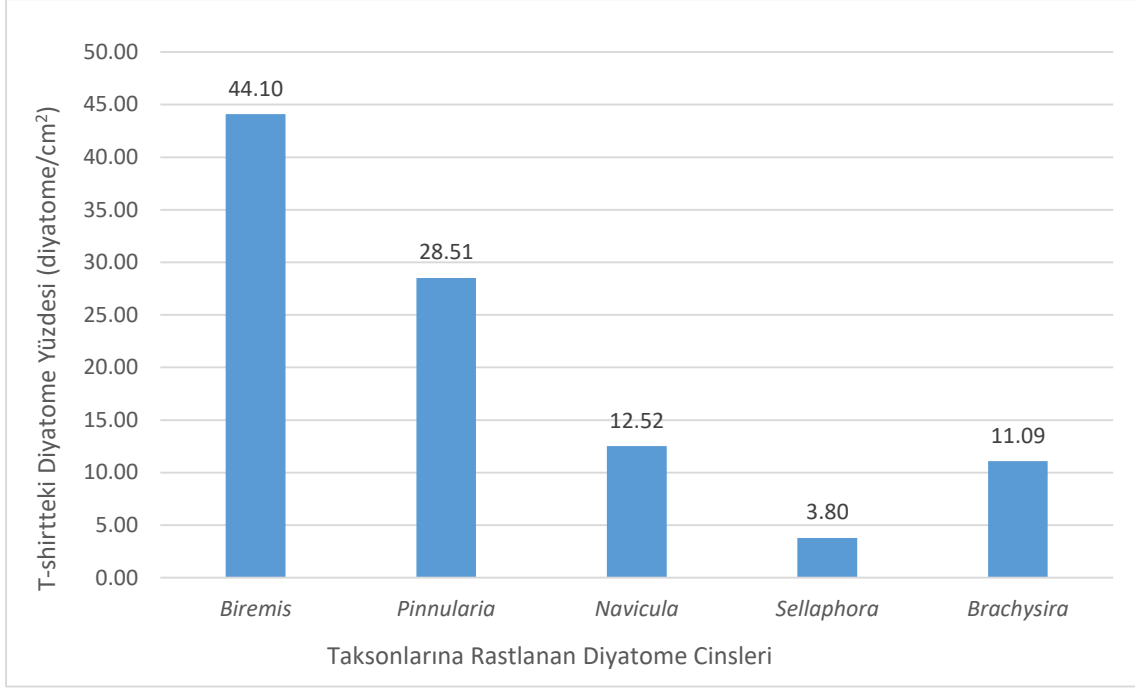
4.1. Su Örnekleri İçin Bulgular

4.1.1. Suya Batırma (RW) Yöntemi

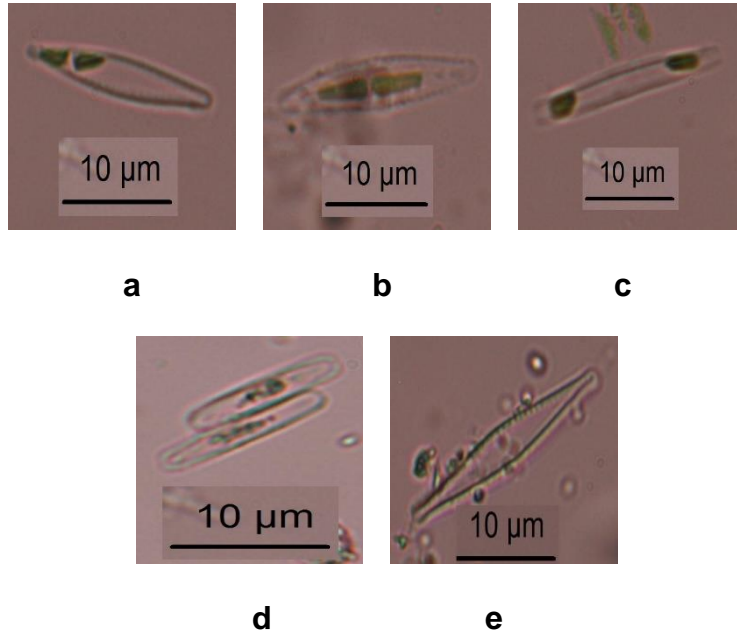
Suya batırma yönteminin 1 cm²'lik t-shirt parçasına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Sellaphora* sp. ve *Brachysira* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 1.957 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Sellaphora* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. Bu örnekte parçalanmış diyatomelere de rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.1'de, oranları Şekil 4.2'de ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. T-shirten RW yöntemi ile elde edilen diyatome miktarları (diyatome/cm²)



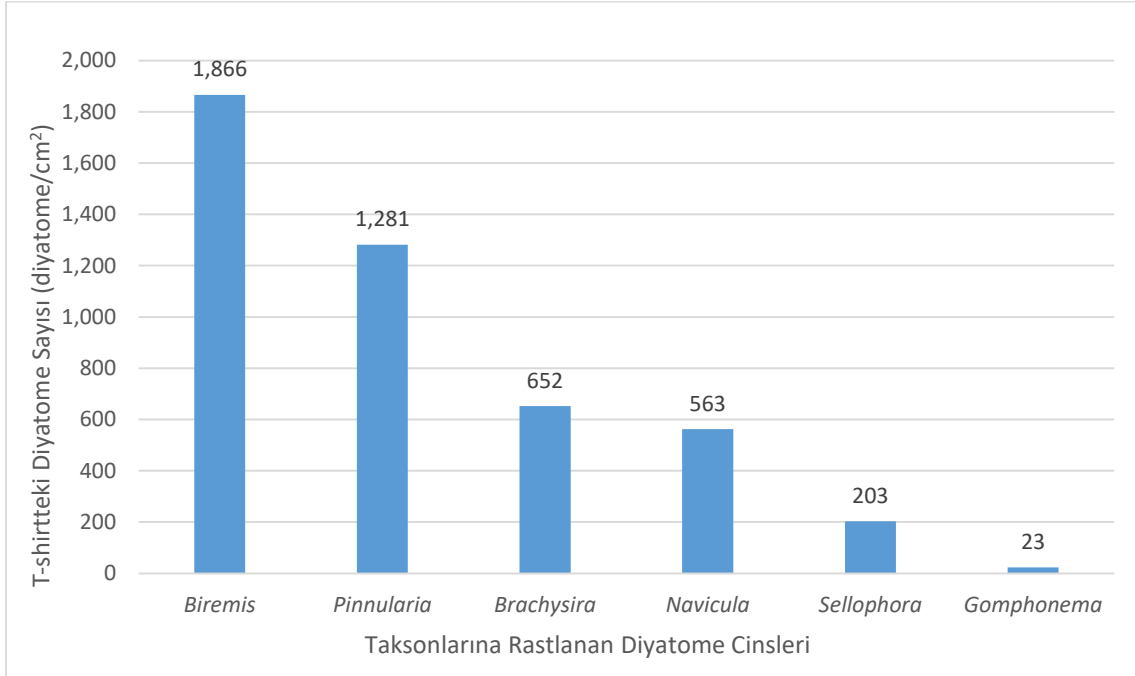
Şekil 4.2. T-shirtden RW yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%)



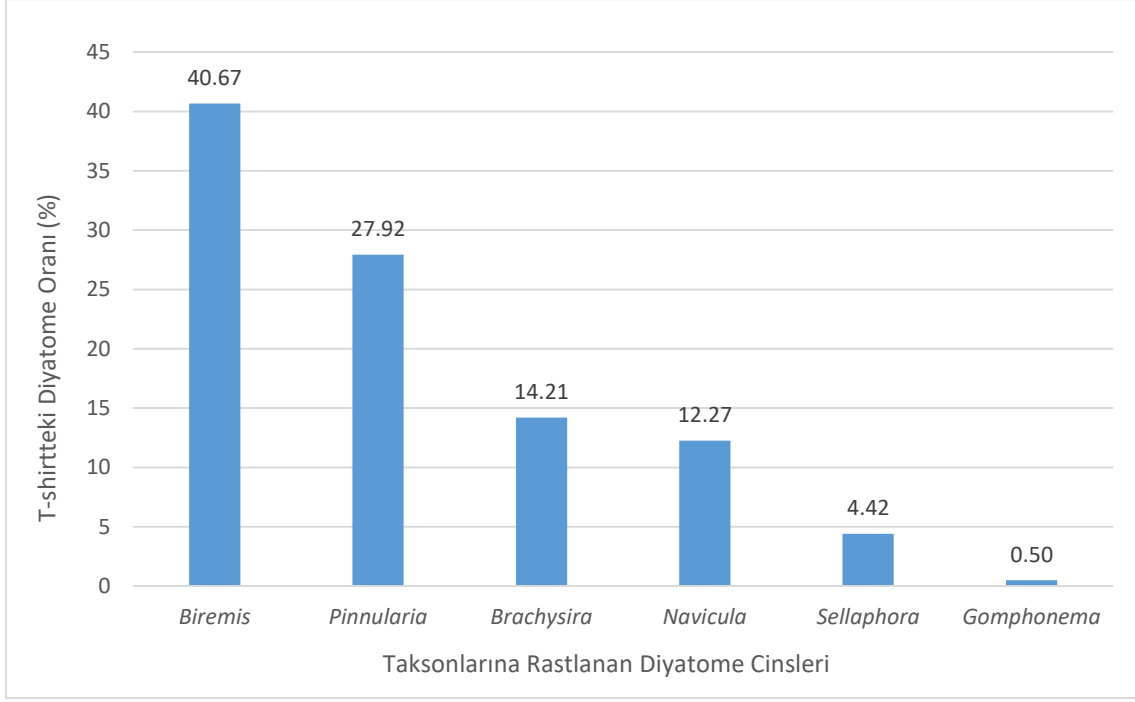
Şekil 4.3. RW yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotografaları (a: *Biremis* sp., b: *Navicula* sp., c: *Pinnularia* sp., d: *Sellaphora* sp., e: *Brachysira* sp.)

4.1.2. Etanole Batırma (RE) Yöntemi

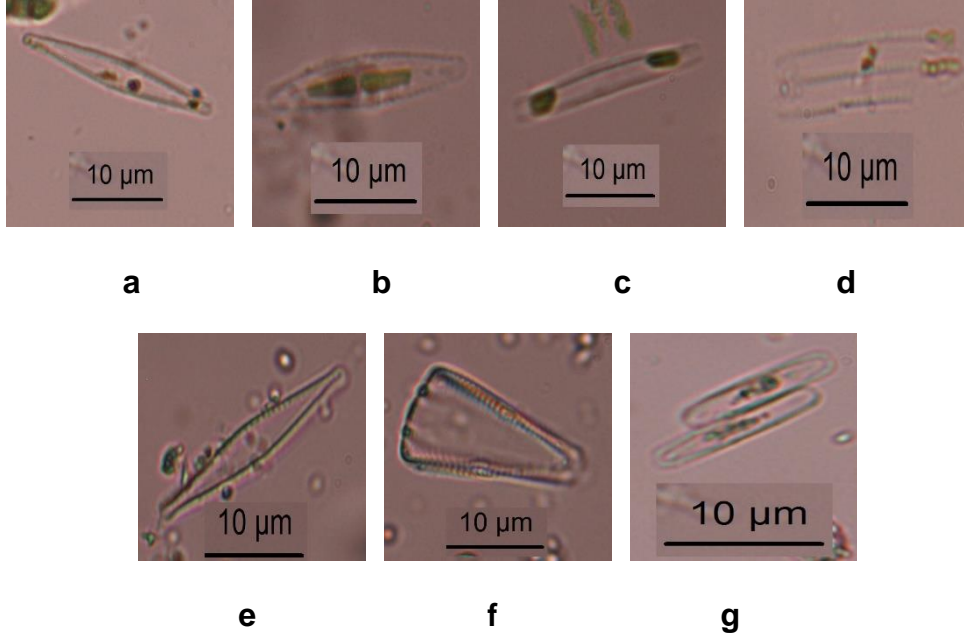
Etanole batırma yönteminin 1 cm²'lik t-shirt parçasına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Sellophora* sp. ve *Gomphonema* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 4.588 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Gomphonema* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Bu örnekte suya batırma yöntemine göre daha fazla sayıda parçalanmış diyatome bulunmuştur. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.4'te, oranları Şekil 4.5'te ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. T-shirtden RE yöntemi ile elde edilen diyatome miktarı (diyatome/cm²)



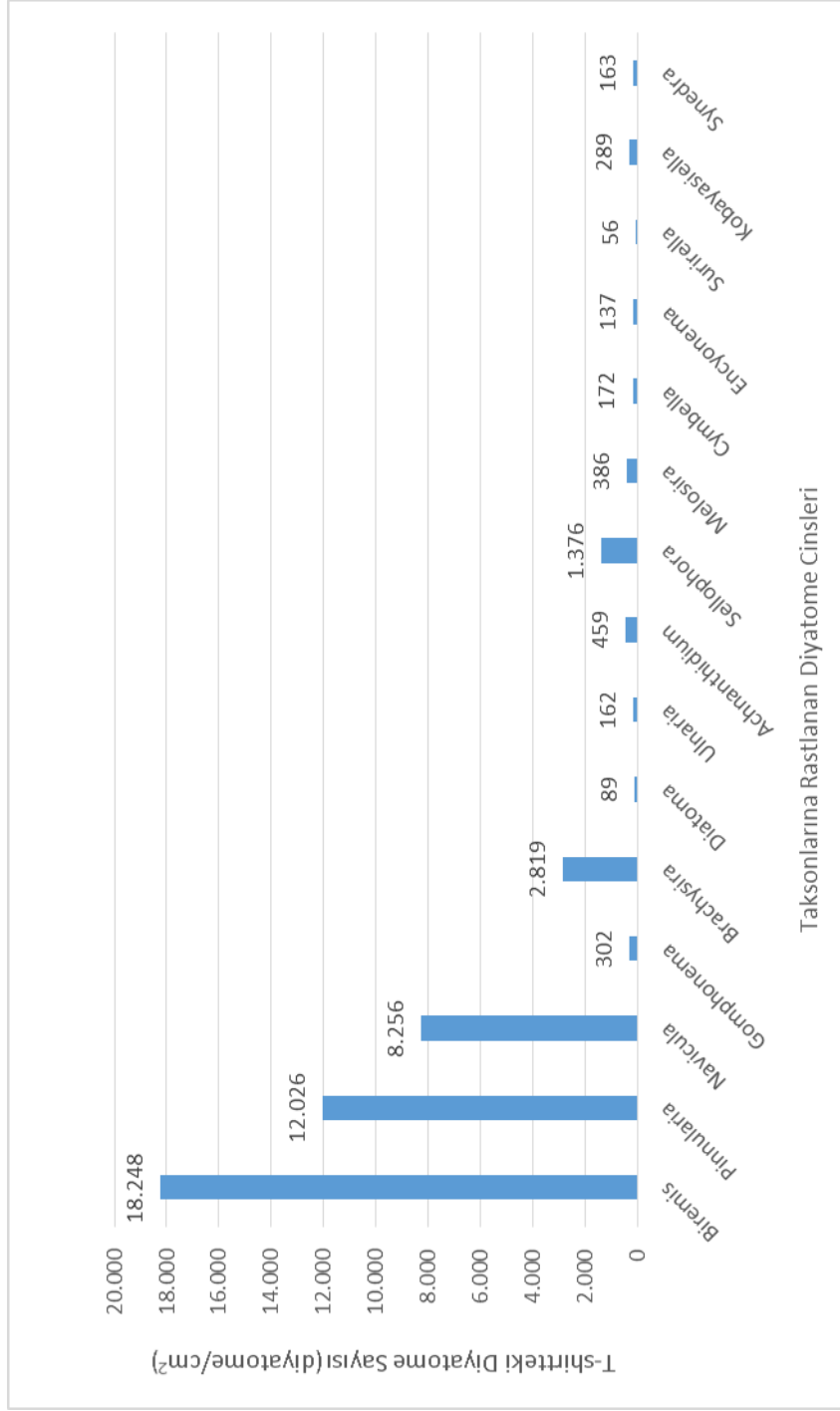
Şekil 4.5. T-shirtden RE yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%)



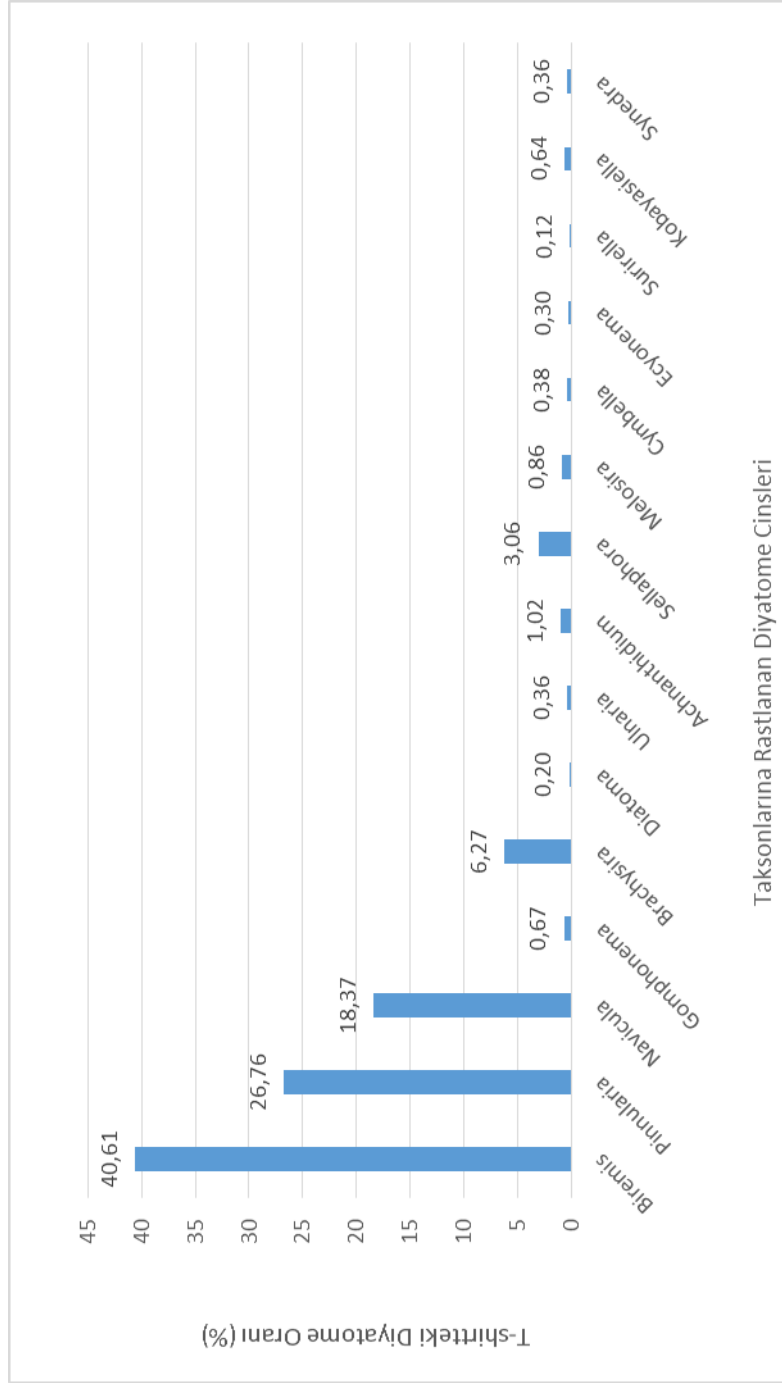
Şekil 4.6. RE yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Biremis* sp., b: *Navicula* sp., c: *Pinnularia* sp., d: Parçalanmış *Pinnularia* sp., e: *Brachysira* sp., f: *Gomphonema* sp., g: *Sellaphora* sp.)

4.1.3. H₂O₂ Yöntemi

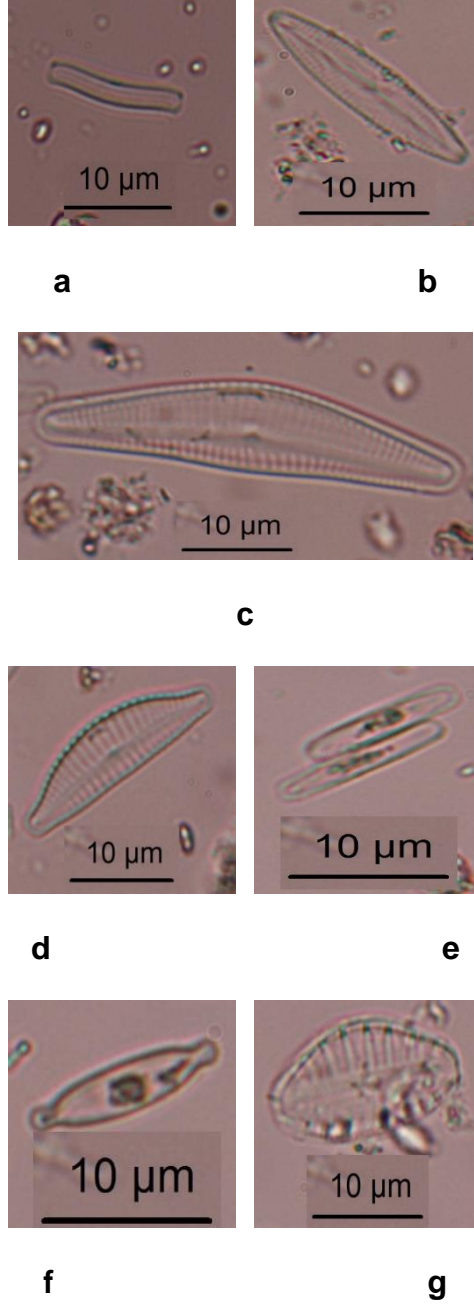
H₂O₂ yönteminin 1 cm²lik t-shirt parçasına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Sellaphora* sp., *Brachysira* sp., *Diatoma* sp., *Ulnaria* sp., *Achnanthisidium* sp., *Melosira* sp., *Cymbella* sp., *Encyonema* sp., *Gomphonema* sp., *Surirella* sp., *Kobayasiella* sp. ve *Synedra* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 44.940 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Surirella* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. İncelenen preparatlarda, diyatomelerin yanı sıra fazla sayıda farklı taksonlara ait algin de bulunduğu görülmüştür. Ancak bu taksonlar konumuzdan bağımsız olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca bu preparatlarda diyatomelerin hiç parçalanmadığı tespit edilmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.7'de, oranları Şekil 4.8'de ve mikrofotografaları ise Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Ayrıca üç farklı yöntemle hazırlanmış su örneklerindeki genel toplam diyatome miktarları Şekil 4.10 ve oranları ise Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.7. T-shirtten H₂O₂ yöntemi ile elde edilen diyatome miktarları (diyatome/cm²)



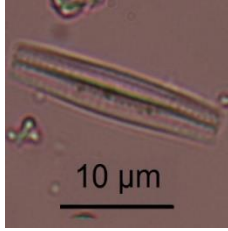
Şekil 4.8. T-shirtten H₂O₂ yöntemi ile elde edilen diyatome oranları (%)



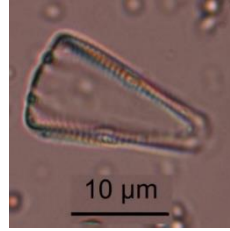
Şekil 4.9. H₂O₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları, (a: *Achnanthidium* sp., b: *Navicula* sp., c: *Cymbella* sp., d: *Encyonema* sp., e: *Sellophora* sp., f: *Kobayasiella* sp., g: *Surirella* sp.).



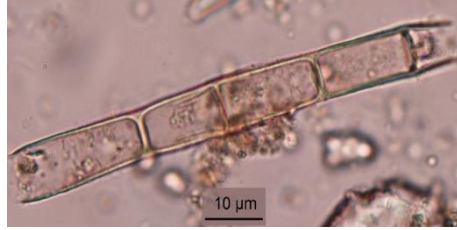
h



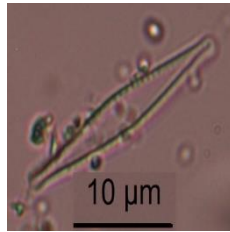
i



j



k

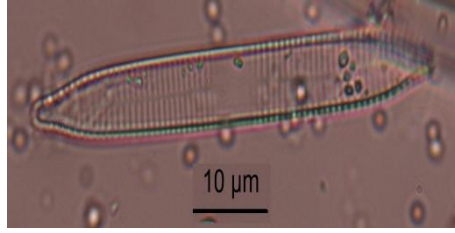


l

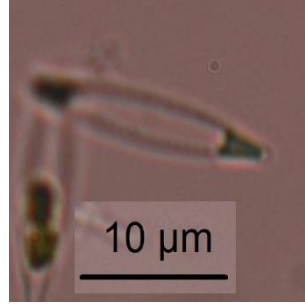
Şekil 4.9. H₂O₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları, (h: *Synedra* sp., i: *Pinnularia* sp., j: *Gomphonema* sp., k: *Melosira* sp., l: *Brachysira* sp.)
(Devam ediyor).



m

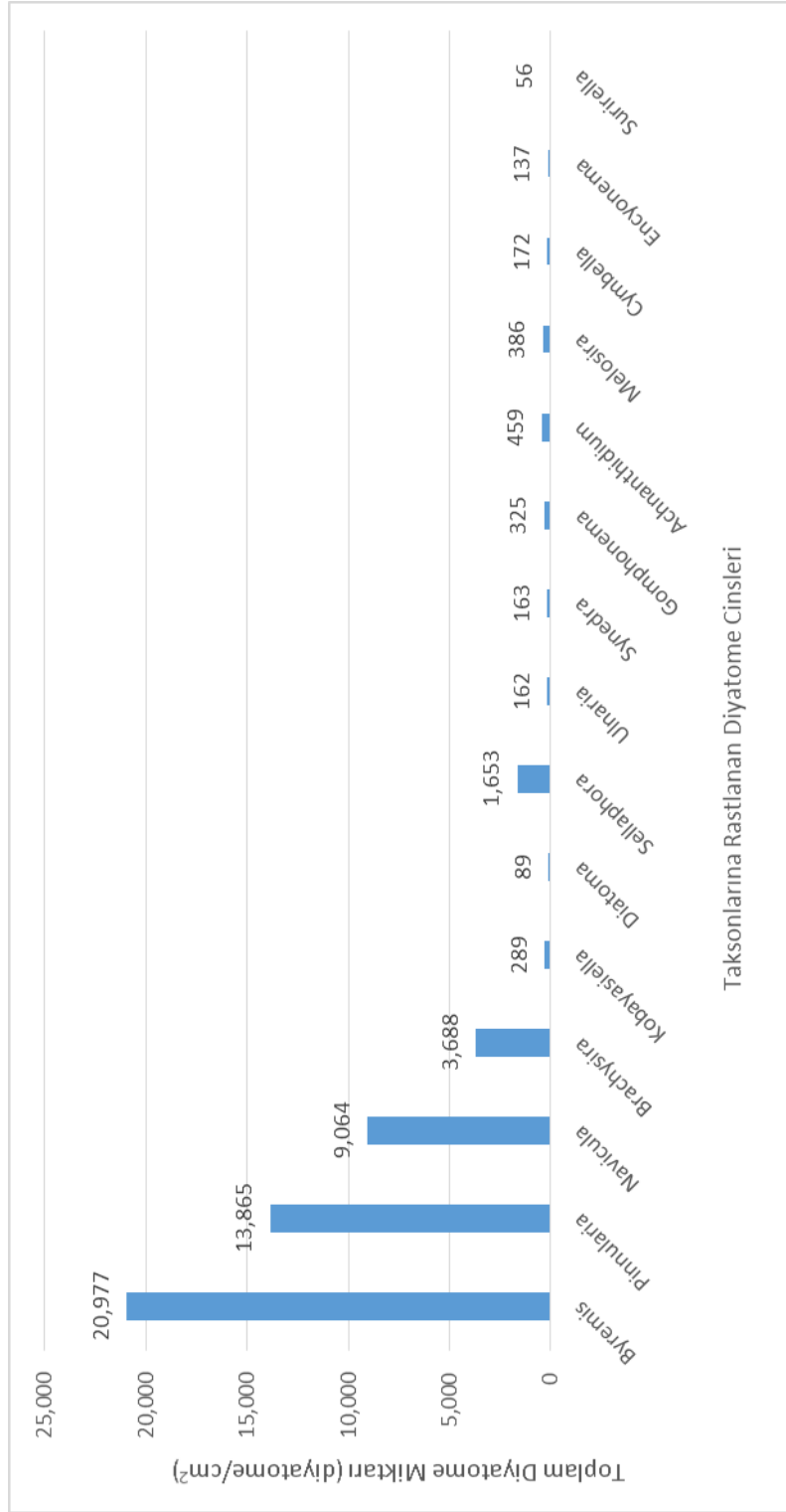


n

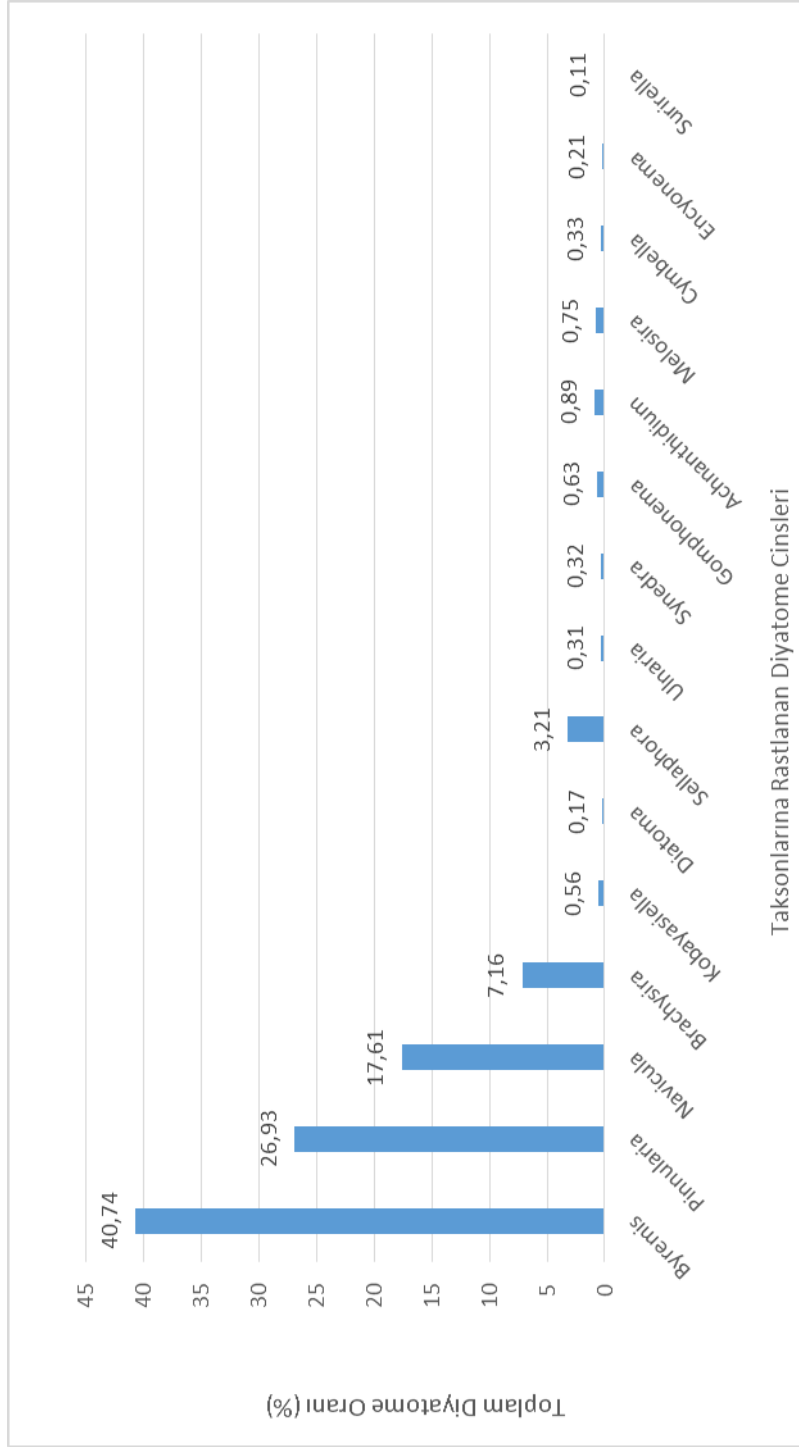


o

Şekil 4.9. H₂O₂ yöntemi sonucu elde edilen diyatomelerin mikrofotografaları, (m: *Diatoma* sp., n: *Ulnaria* sp., o: *Biremis* sp.) (Devam ediyor).



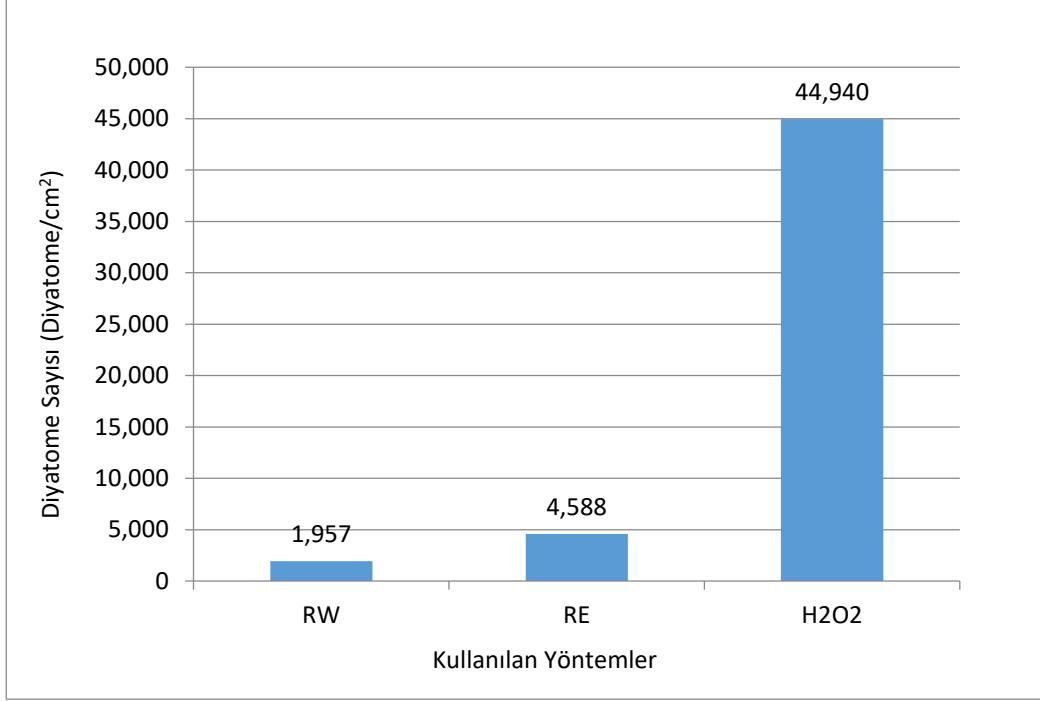
Şekil 4.10. Su örneklerinden üç farklı yöntem ile elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/cm²)



Taksonlarına Rastlanan Diyatome Cinsleri

Şekil 4.11. Su örneklerinden üç farklı yöntem ile elde edilen toplam diyatome oranları (%)

Yukarıda su örneklerinde diyatome analizi için kullanılan 3 farklı yöntemde elde edilen toplam diyatome miktarlarının karşılaştırılması Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



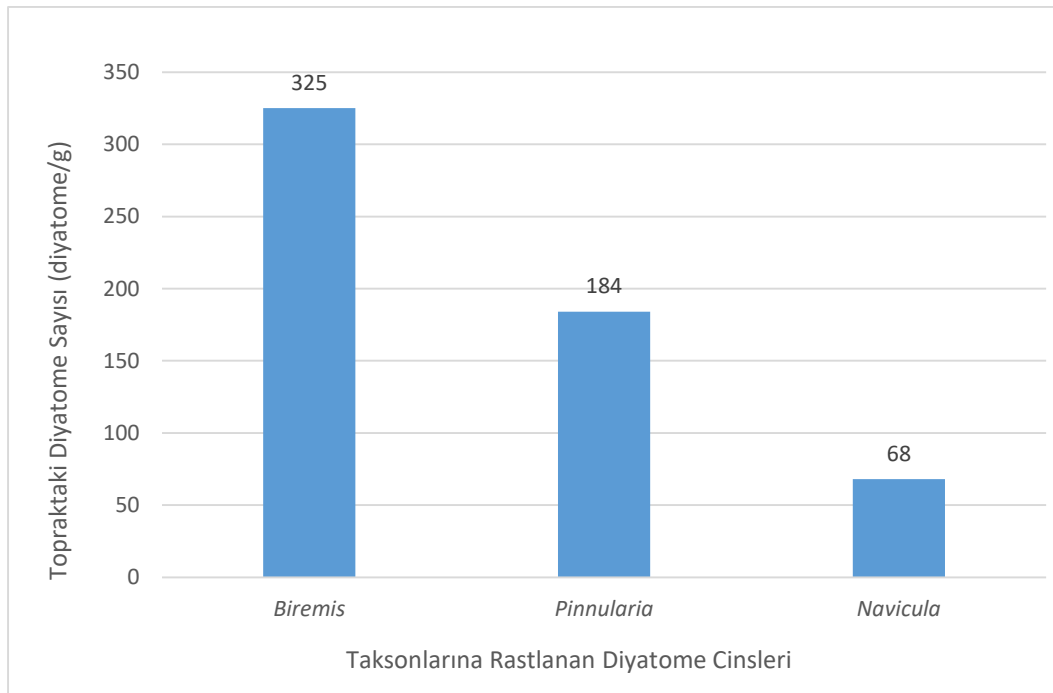
Şekil 4.12. Kullanılan yöntemlerdeki toplam diyatome sayıları

4.2. Toprak Örnekleri İçin Bulgular

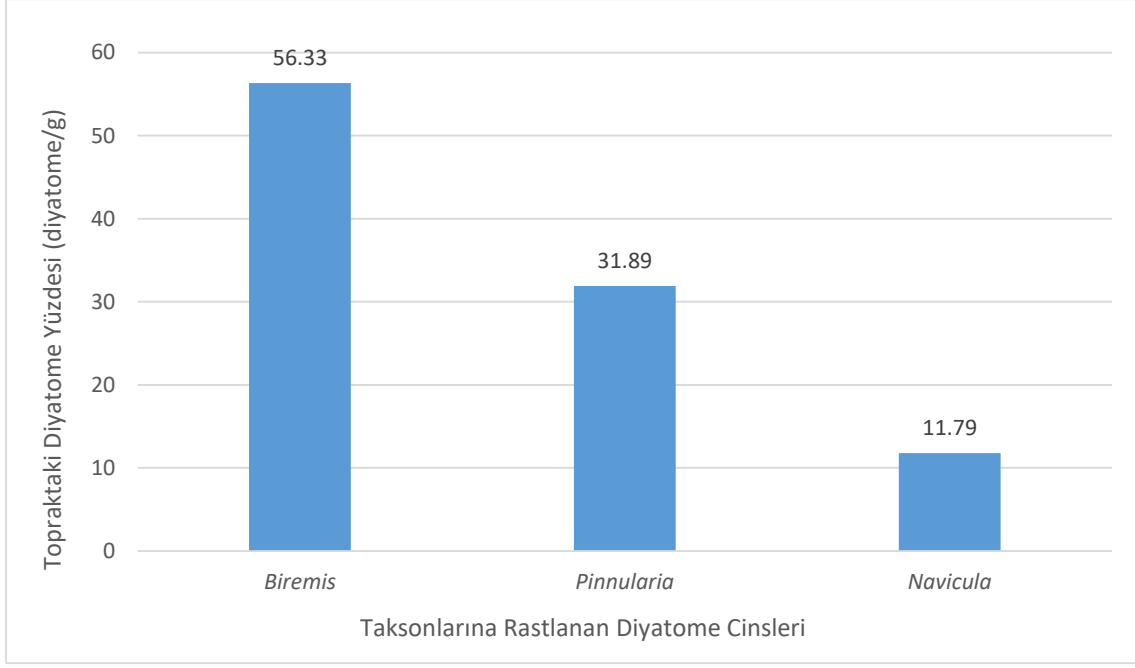
Daha önce diyatome içeren havuz suyu emdirilerek kurutulmuş 5 farklı toprak örneği aşağıdaki yöntemlerin uygulanabilmesi için eşit miktarda 2'şer farklı gruba ayrılmıştır.

4.2.1. HF Asit Yöntemi

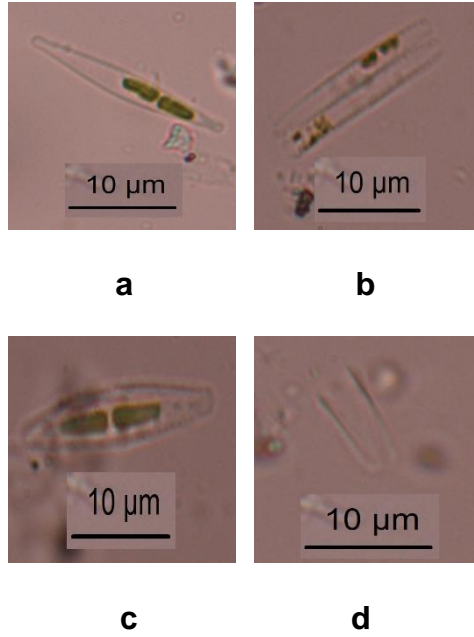
HF asit yönteminin 1 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp. ve *Navicula* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 577 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Navicula* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Bu materyalde ayrıca parçalanmış diyatomelere de rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.13'te, oranları Şekil 4.14'te ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. HF asit yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

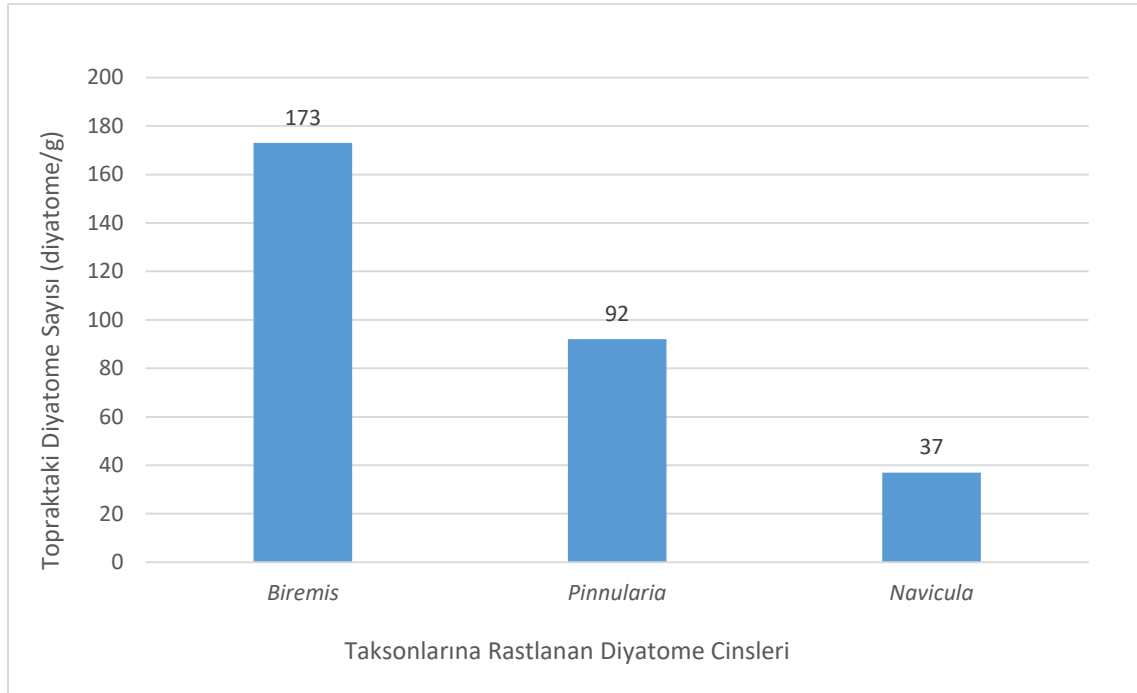


Şekil 4.14. HF asit yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

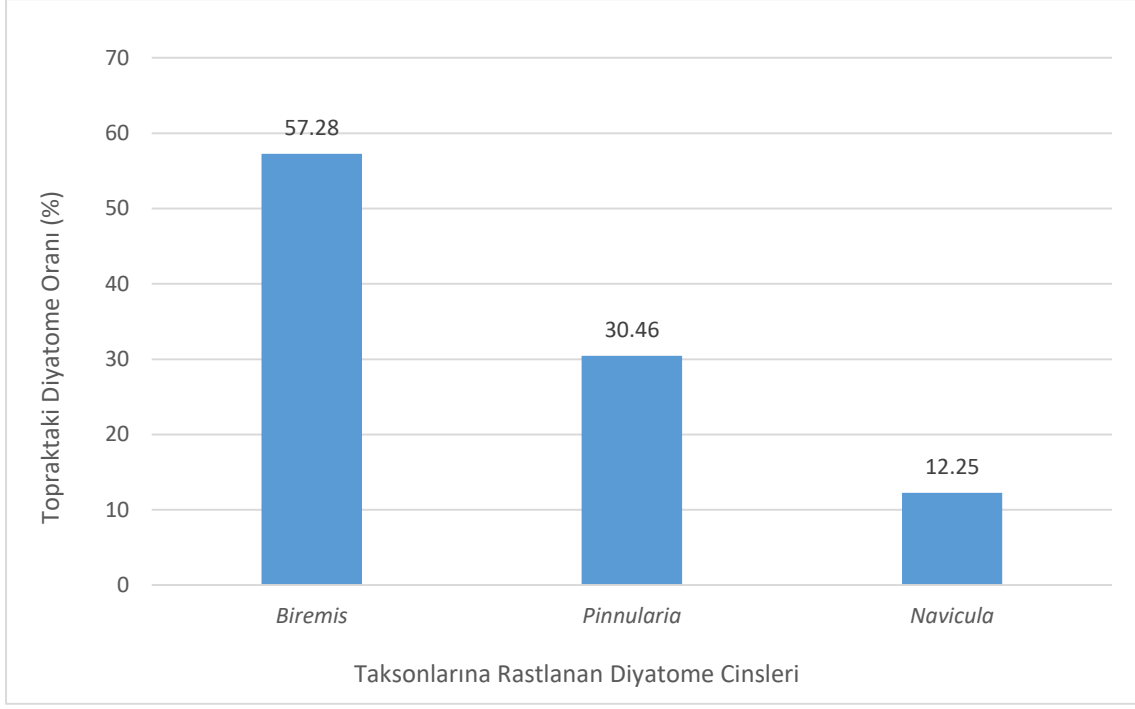


Şekil 4.15. HF asit yöntemi sonucu 1 numaralı numuneden elde edilen diyatomelelerin mikrofotografaları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp., d: Parçalanmış *Pinnularia* sp.)

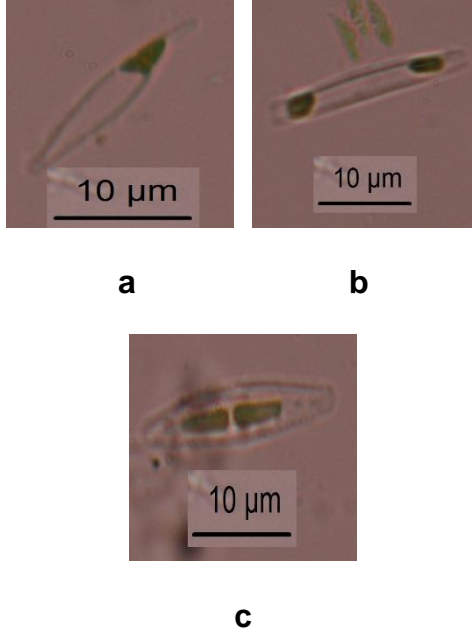
HF asit yönteminin 2 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp. ve *Navicula* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 302 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Navicula* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. Ayrıca bu örnekte parçalanmış diyatomelere de rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.16'da, oranları Şekil 4.17'de ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. HF asit yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

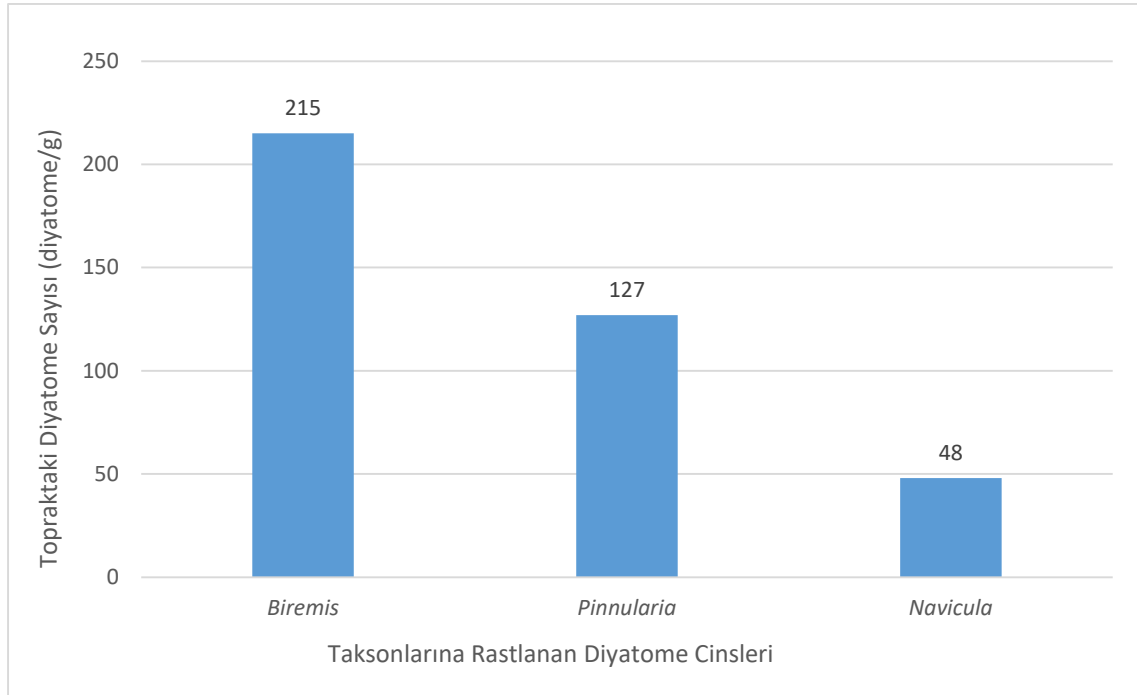


Şekil 4.17. HF asit yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

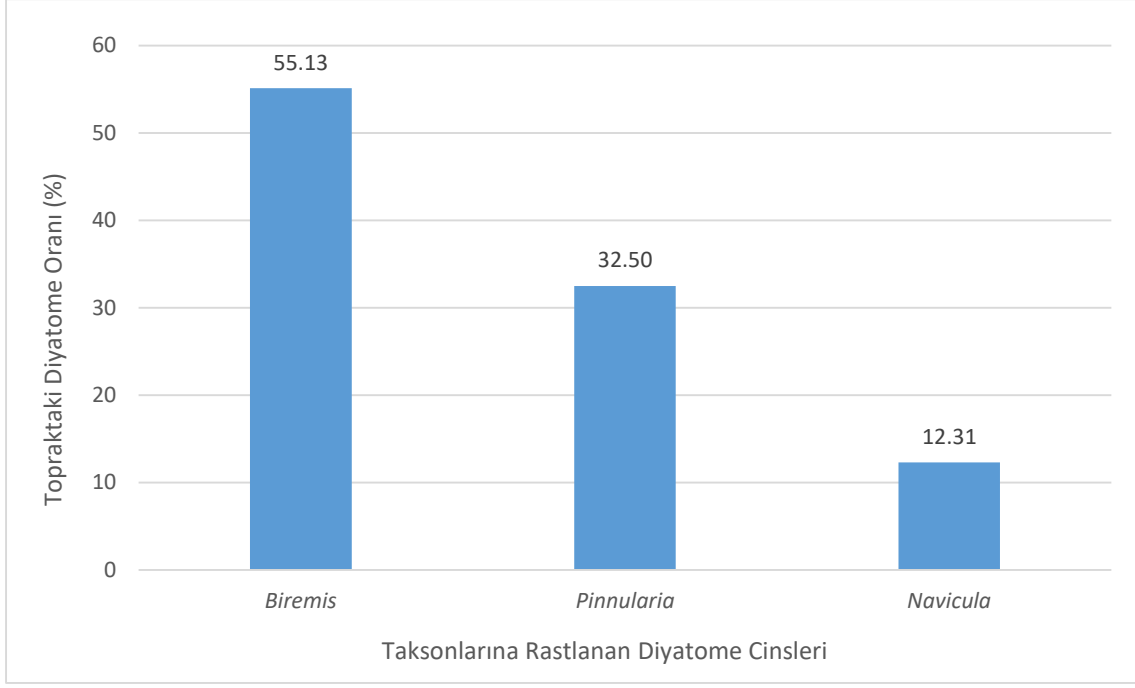


Şekil 4.18. HF asit yöntemi sonucu 2 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotografaları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp.)

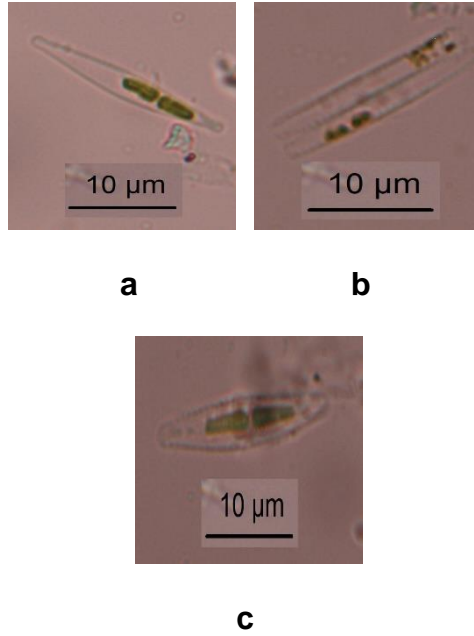
HF asit yönteminin 3 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp. ve *Navicula* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 390 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Navicula* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Bu örneğe ait preparatlarda da parçalanmış diyatomelere rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.19'da, oranları Şekil 4.20'de ve mikrofotografları ise Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.19. HF asit yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

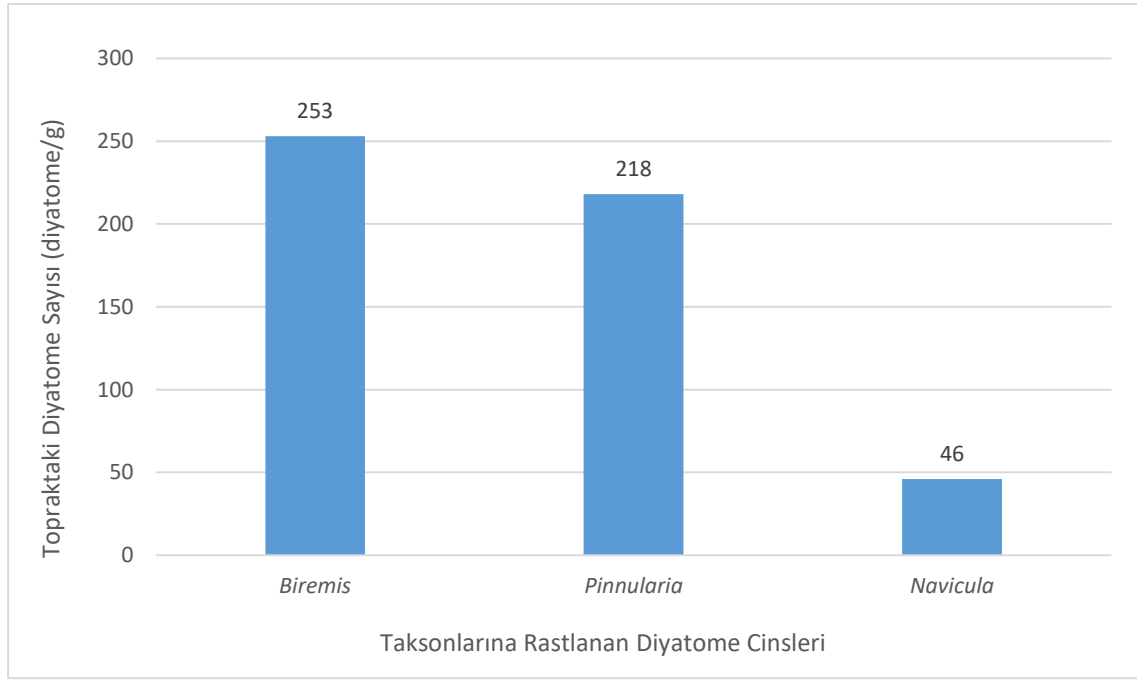


Şekil 4.20. HF asit yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

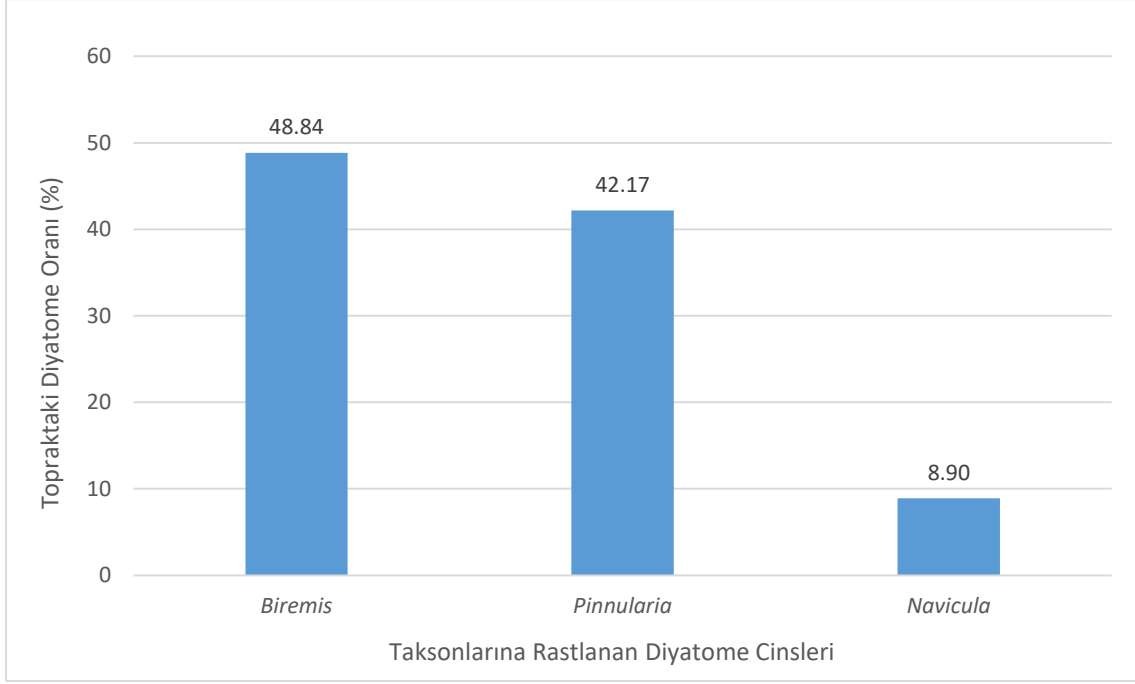


Şekil 4.21. HF asit yöntemi sonucu 3 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp.)

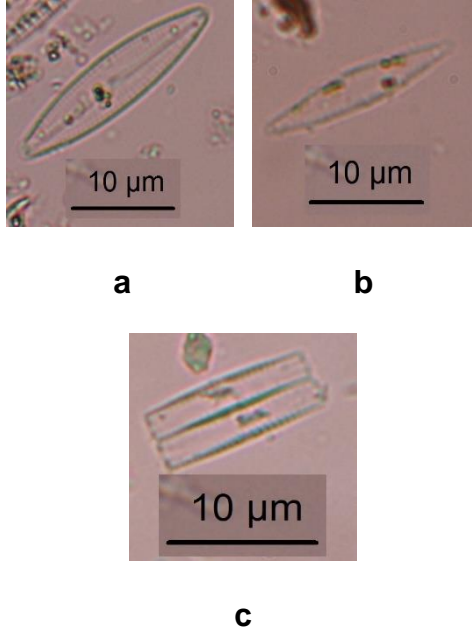
HF asit yönteminin 4 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp. ve *Navicula* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 517 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Navicula* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. Ayrıca bu örneğe ait preparatlarda parçalanmış diyatomelere de rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.22'de, oranları Şekil 4.23'te ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.22. HF asit yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

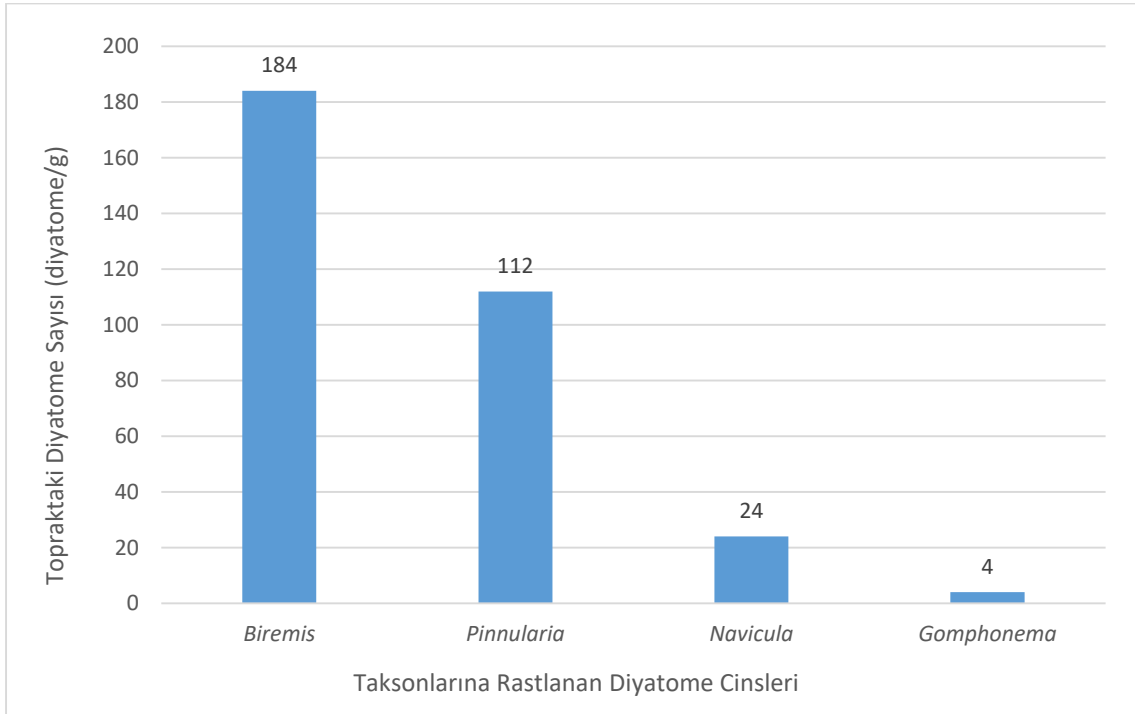


Şekil 4.23. HF asit yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

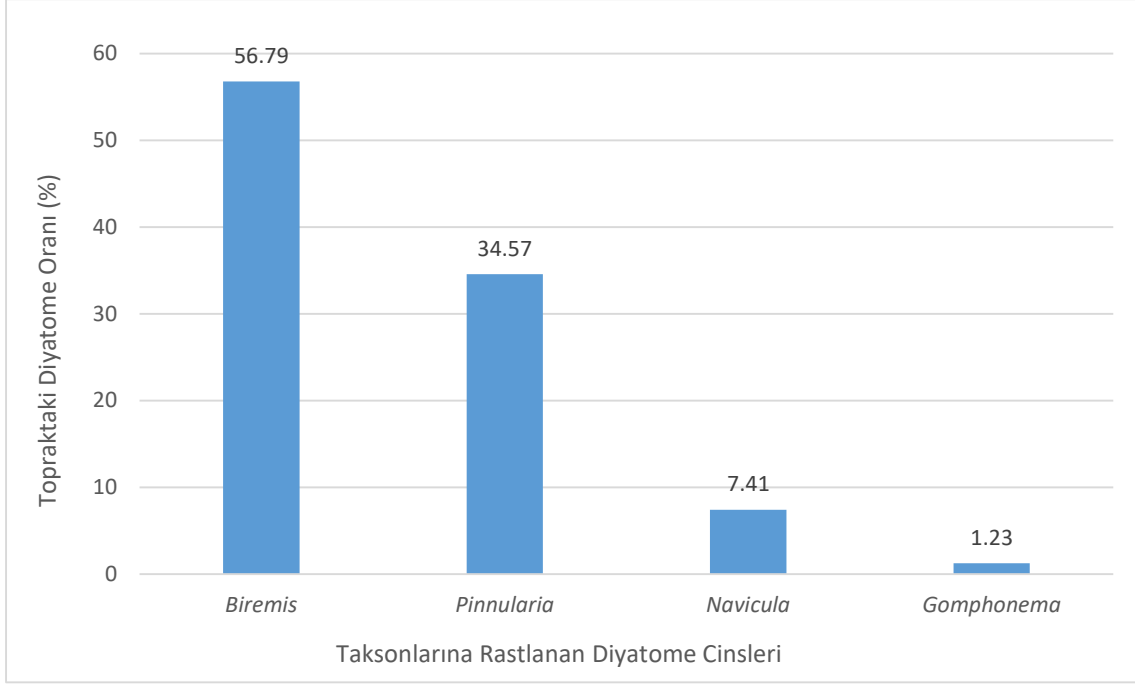


Şekil 4.24. HF asit yöntemi sonucu 4 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Navicula* sp., b: *Biremis* sp., c: *Pinnularia* sp.)

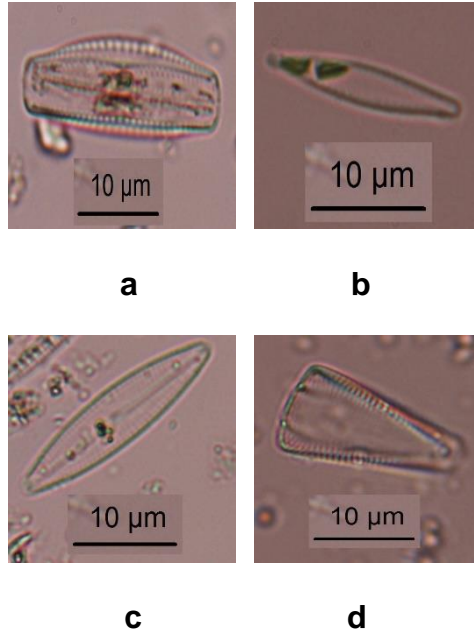
HF asit yönteminin 5 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp. ve *Gomphonema* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 324 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Gomphonema* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. İncelenen preparatlarda yine parçalanmış diyatomelere rastlanmıştır. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.25'te, oranları Şekil 4.26'da ve mikrofotografaları ise Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Ayrıca bu beş farklı toprak örneğine uygulanan yöntem sonucunda tespit edilen toplam diyatome miktarları Şekil 4.28 ve oranları ise Şekil 4.29'da verilmiştir.



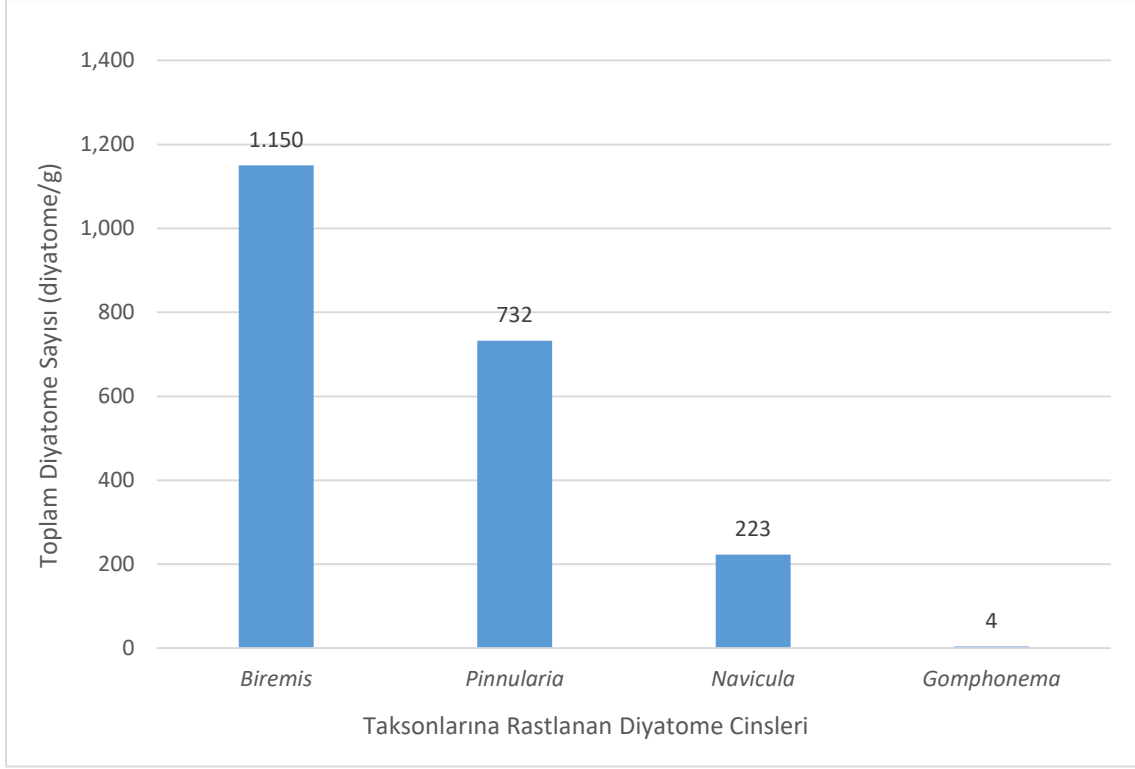
Şekil 4.25. HF asit yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)



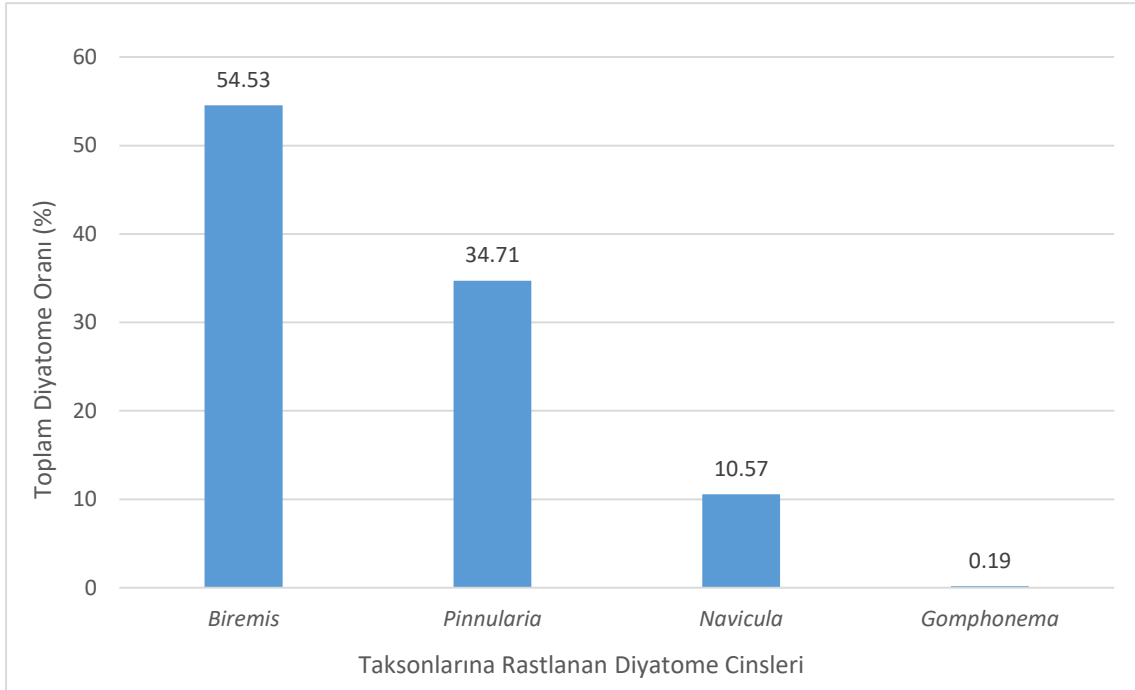
Şekil 4.26. HF asit yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)



Şekil 4.27. HF asit sonucu 5 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Pinnularia* sp., b: *Biremis* sp., c: *Navicula* sp., d: *Gomphonema* sp.)



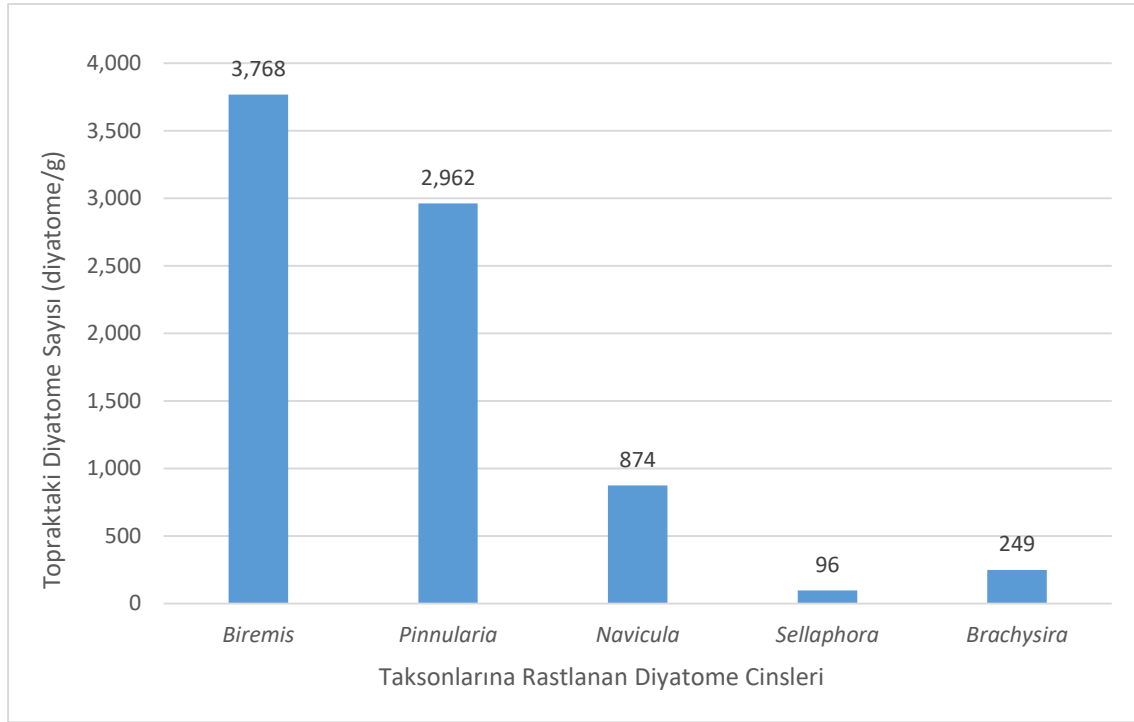
Şekil 4.28. HF asit yöntemi ile 5 farklı örnekten elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/g)



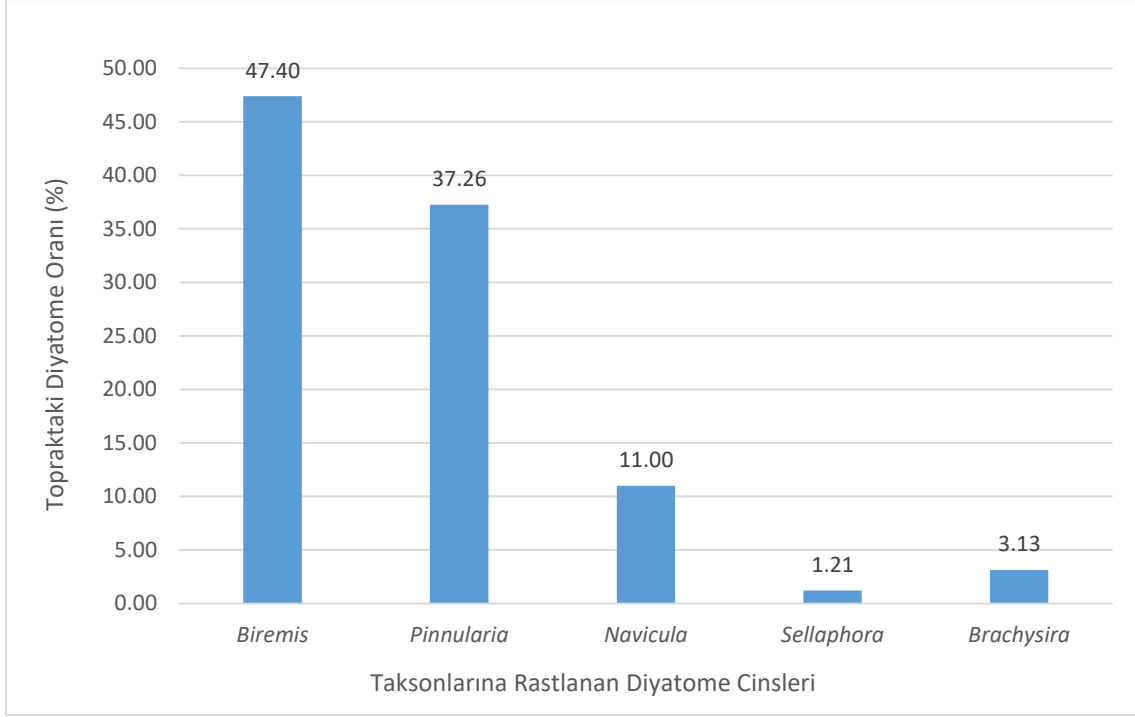
Şekil 4.29. HF Asit yöntemi ile 5 farklı örnekten elde edilen toplam diyatome oranları (%)

4.2.2. H₂O₂ Yöntemi

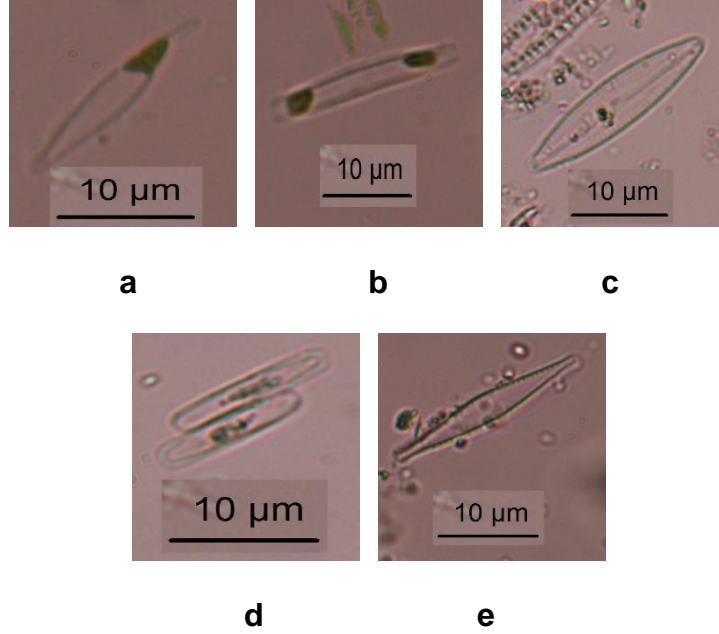
H₂O₂ yönteminin 1 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Sellaphora* sp. ve *Brachysira* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 7.949 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Sellaphora* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.30'da, oranları Şekil 4.31'de ve mikrofotografaları ise Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil 4.30. H₂O₂ yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

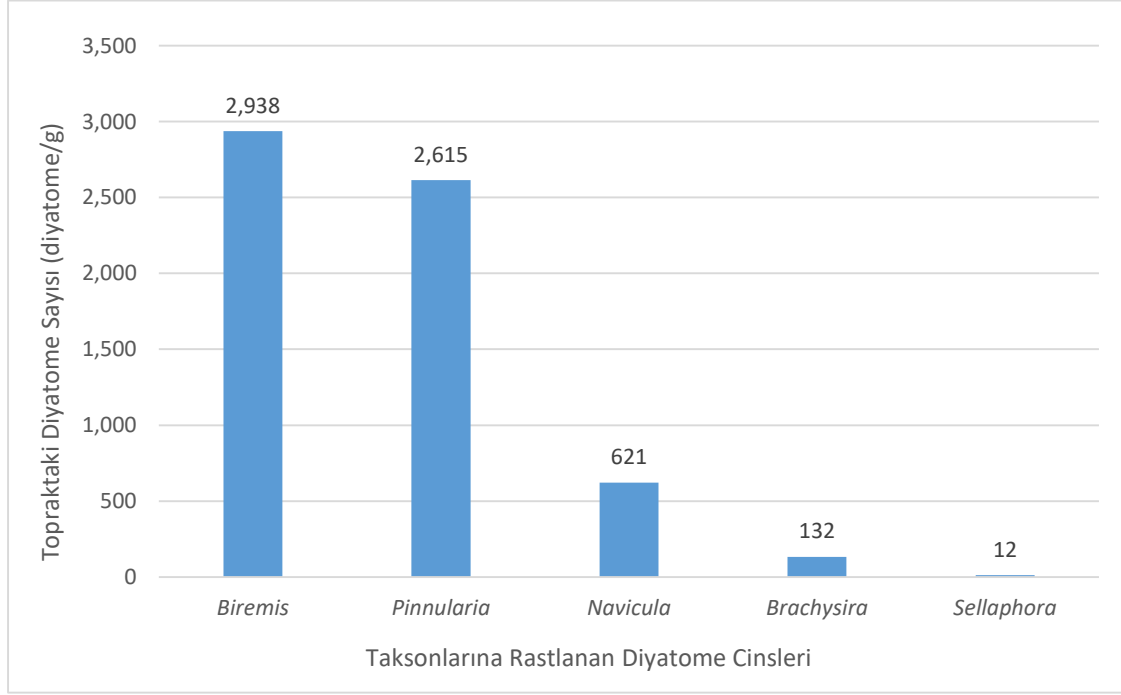


Şekil 4.31. H₂O₂ yöntemi ile 1 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

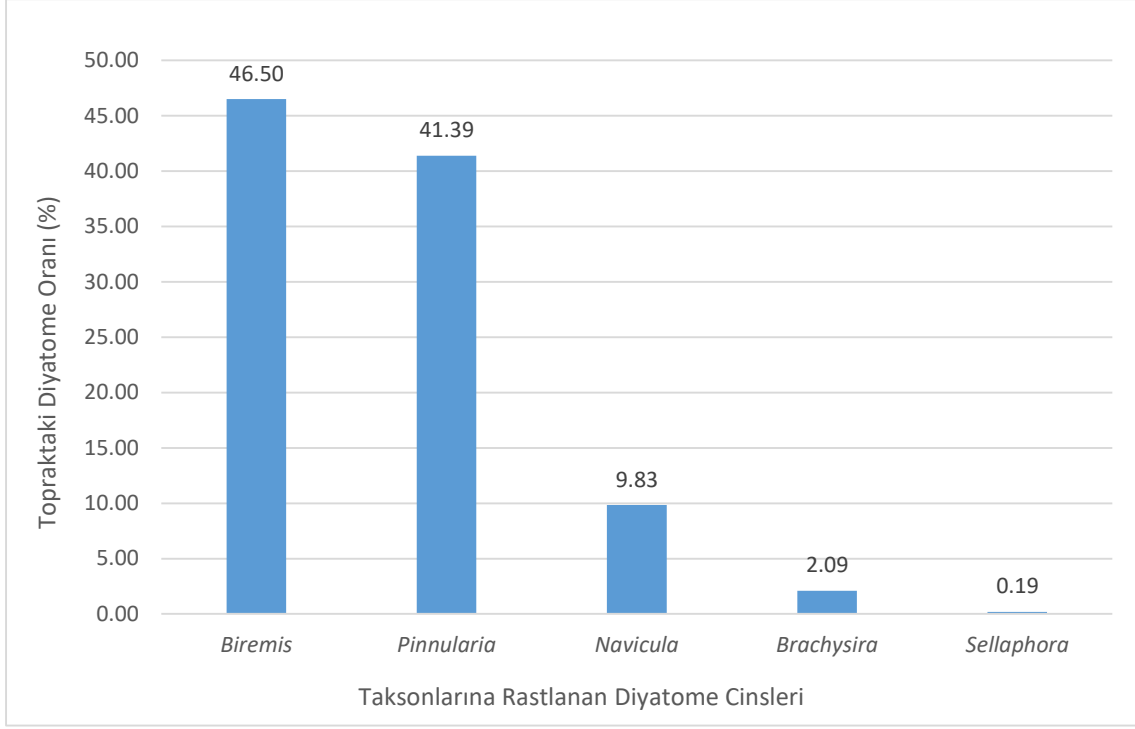


Şekil 4.32. H₂O₂ yöntemi sonucu 1 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotografaları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp., d: *Sellaphora* sp., e: *Brachysira* sp.)

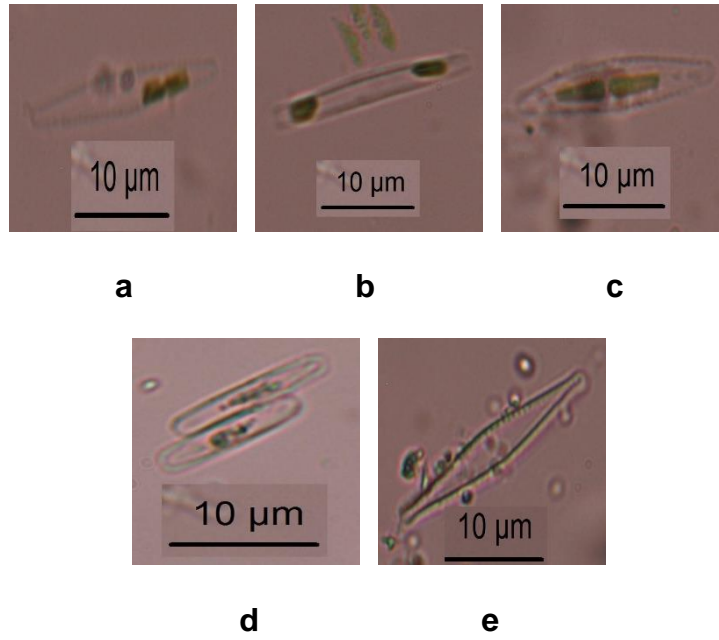
H₂O₂ yönteminin 2 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Sellaphora* sp. ve *Brachysira* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 6.318 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Sellaphora* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.33'te, oranları Şekil 4.34'te ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.35'te verilmiştir.



Şekil 4.33. H₂O₂ yöntemi ile 2 numaralı numunedan elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

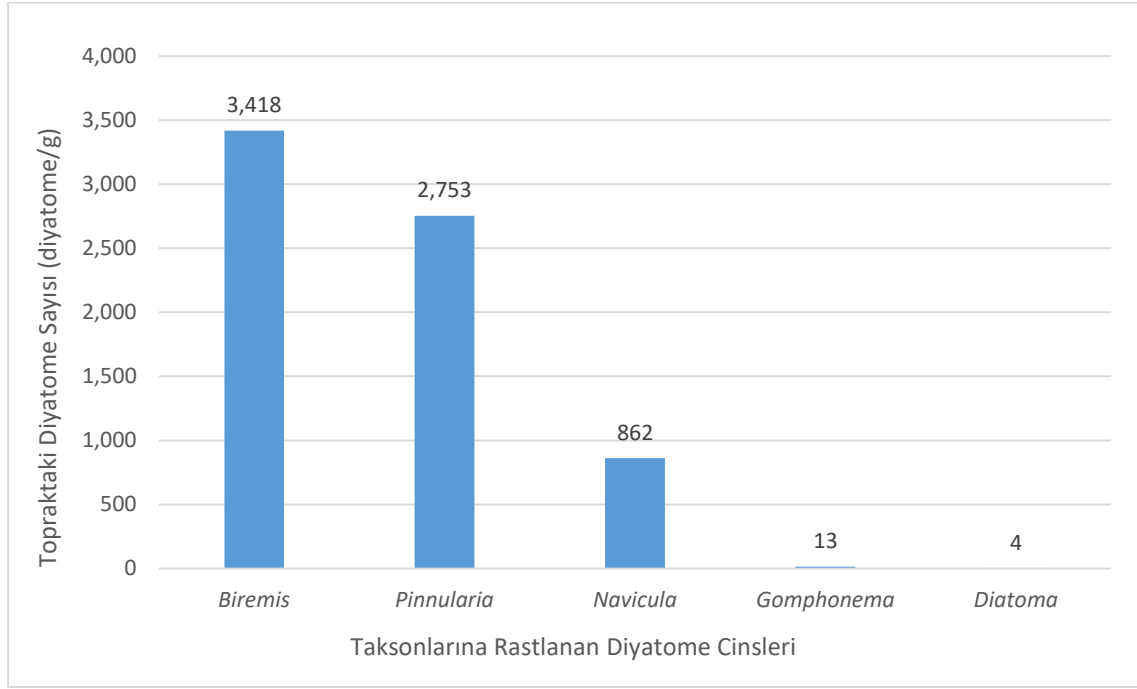


Şekil 4.34. H₂O₂ yöntemi ile 2 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

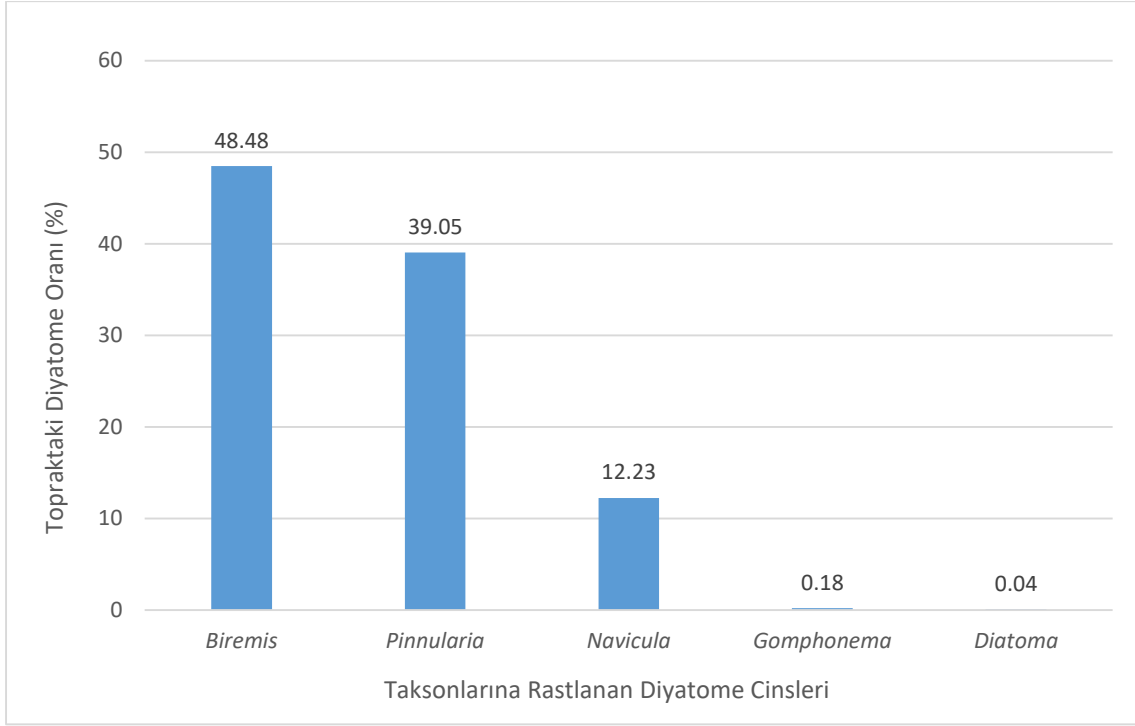


Şekil 4.35. H₂O₂ yöntemi sonucu 2 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotografaları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp., d: *Sellaphora* sp., e: *Brachysira* sp.)

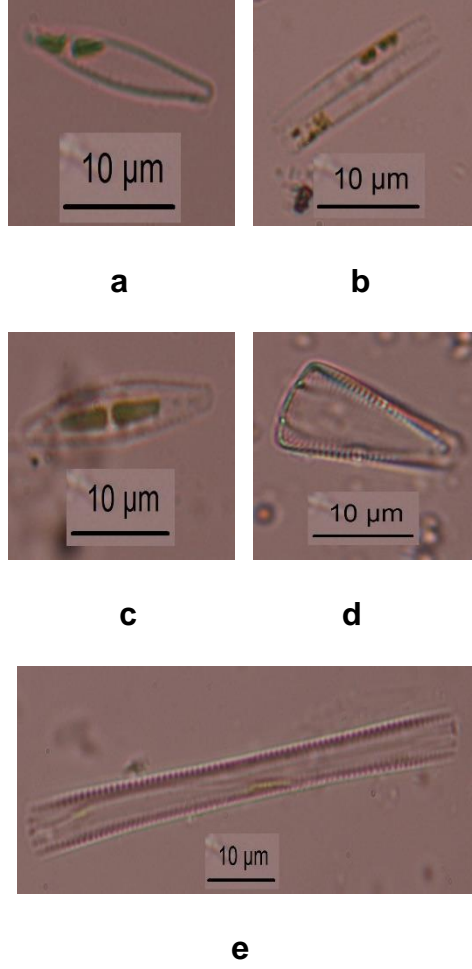
H₂O₂ yönteminin 3 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Gomphonema* sp. ve *Diatoma* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 7.050 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Diatoma* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.36'da, oranları Şekil 4.37'de ve mikrofotografaları ise Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.36. H₂O₂ yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

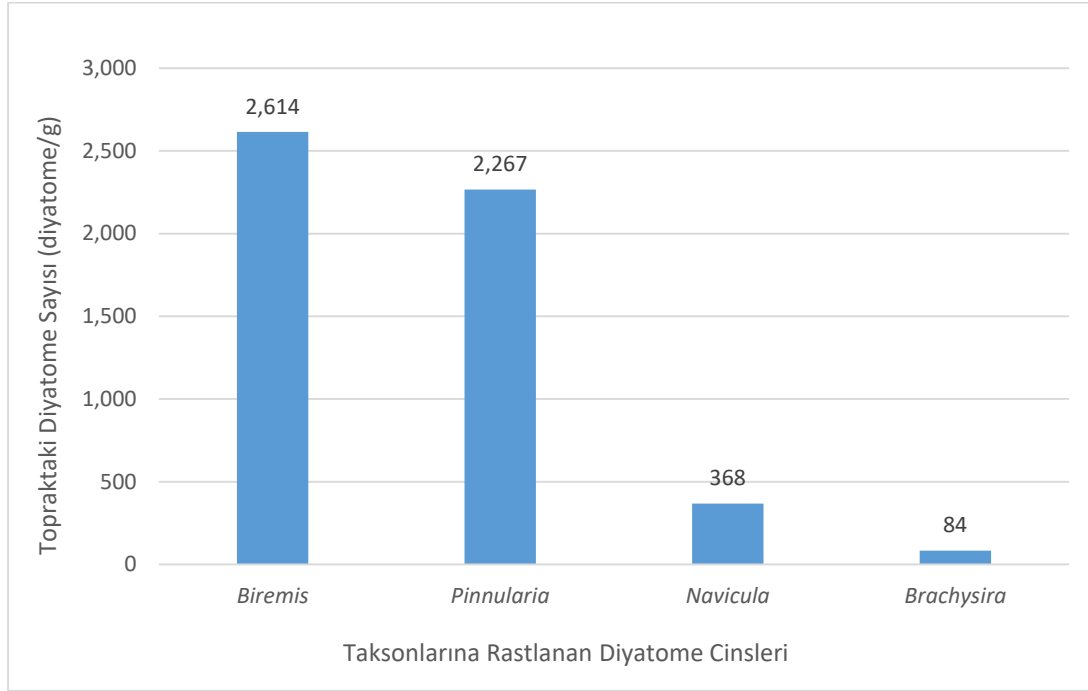


Şekil 4.37. H₂O₂ yöntemi ile 3 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

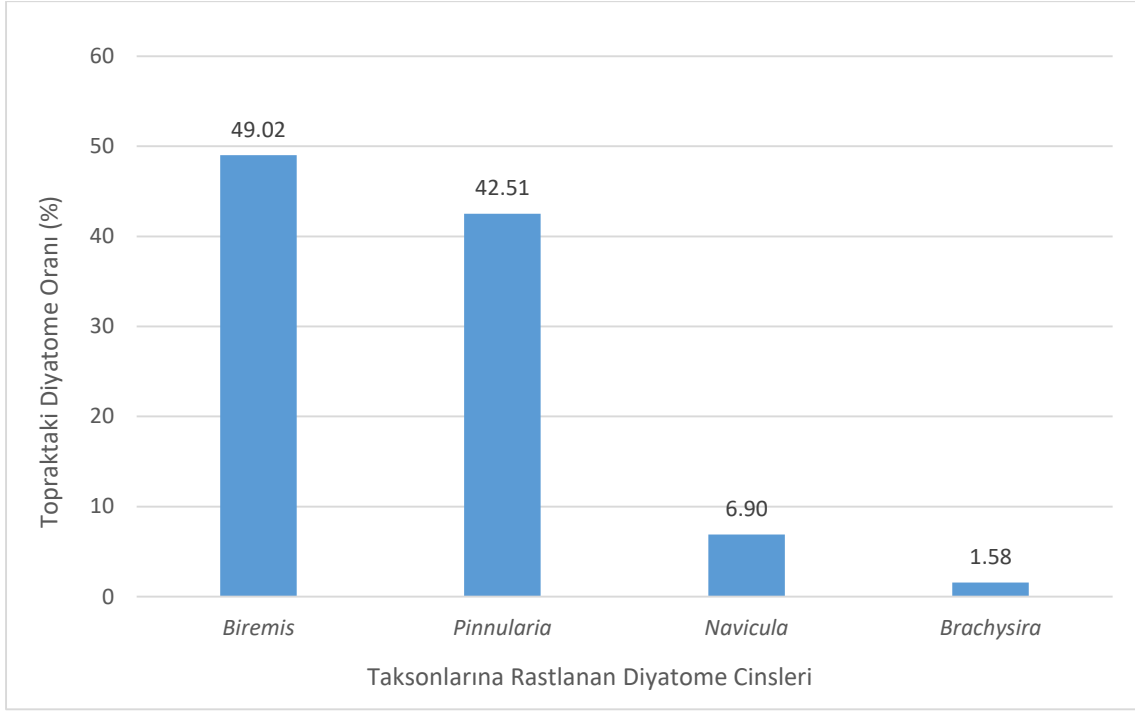


Şekil 4.38. H₂O₂ yöntemi sonucu 3 numaralı numuneden elde edilen diyatomelelerin mikrofotoğrafları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp., d: *Gomphonema* sp., e: *Diatoma* sp.)

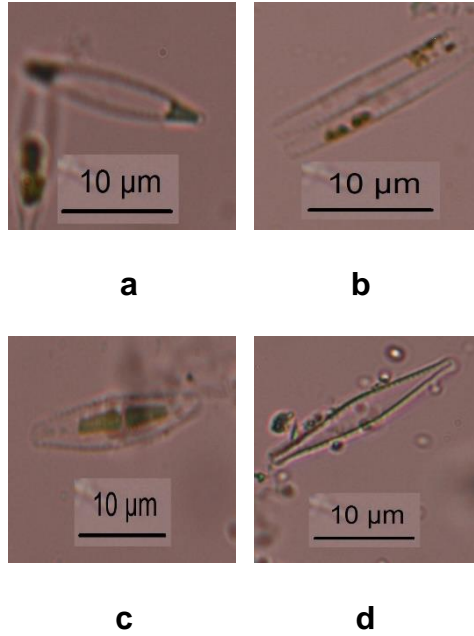
H₂O₂ yönteminin 4 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp. ve *Brachysira* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 5.333 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Brachysira* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak gözlenmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.39'da, oranları Şekil 4.40'ta ve mikrofotoğrafları ise Şekil 4.41'de gösterilmiştir.



Şekil 4.39. H₂O₂ yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

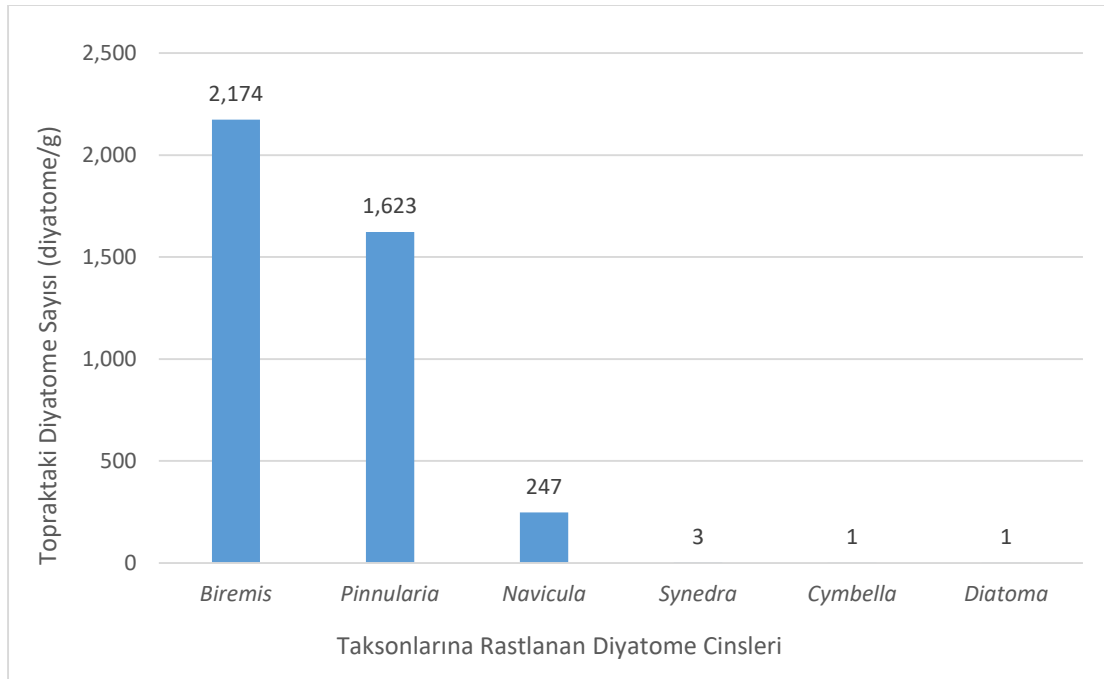


Şekil 4.40. H₂O₂ yöntemi ile 4 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

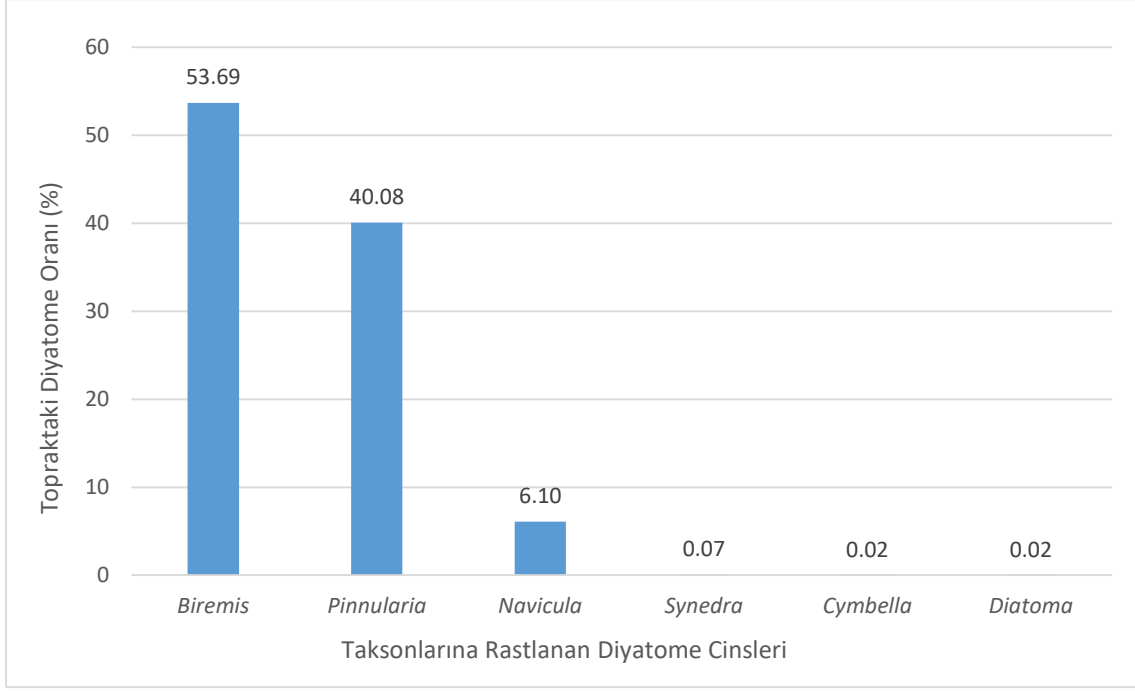


Şekil 4.41. H₂O₂ yöntemi sonucu 4 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Navicula* sp., e: *Brachysira* sp.)

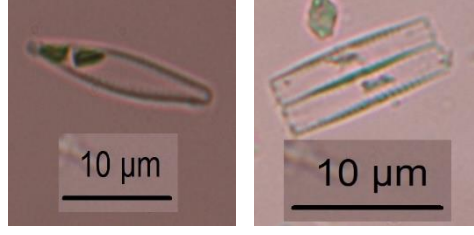
H₂O₂ yönteminin 5 numaralı toprağın 1 gramına uygulanması sonucunda *Biremis* sp., *Pinnularia* sp., *Navicula* sp., *Synedra* sp., *Cymbella* sp., *Diatoma* sp. cinslerine ait olmak üzere toplam 4.049 adet diyatome sayılmıştır. Bu diyatomelerin içinde en çok *Biremis* sp. cinsi üyelerine rastlanırken, *Diatoma* sp. taksonlarına en az rastlanan cins olarak belirlenmiştir. Sayılan diyatome miktarları Şekil 4.42’de, oranları Şekil 4.43’te, mikrofotoğrafları ise Şekil 4.44’te gösterilmiştir. Ayrıca bu beş farklı toprak örneğine uygulanan yöntem sonucunda tespit edilen toplam diyatome miktarları Şekil 4.45’te ve oranları ise Şekil 4.46’da verilmiştir.



Şekil 4.42. H₂O₂ yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome miktarları (diyatome/g)

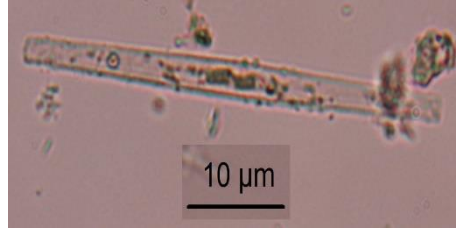


Şekil 4.43. H₂O₂ yöntemi ile 5 numaralı numuneden elde edilen diyatome oranları (%)

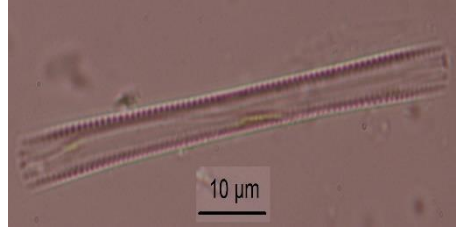


a

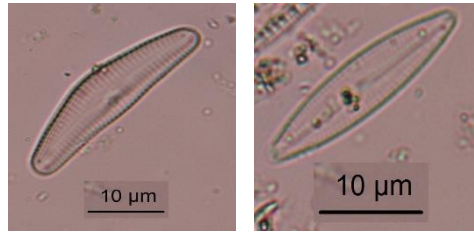
b



c



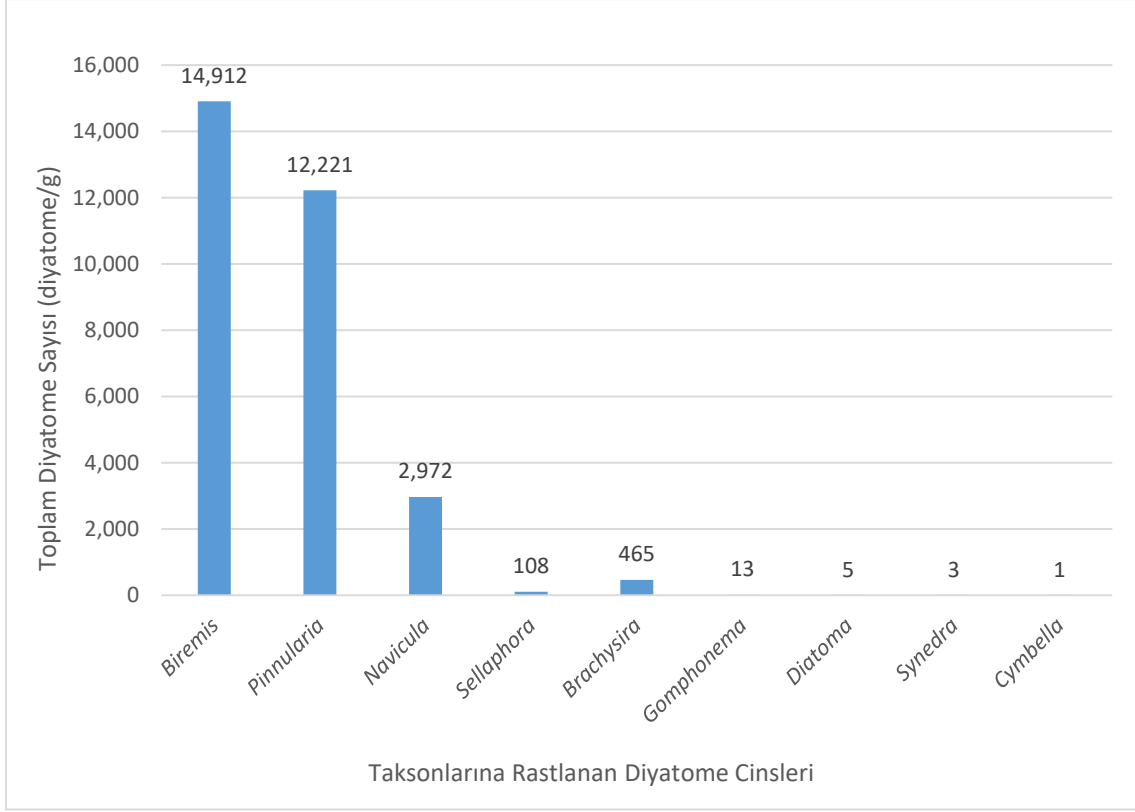
d



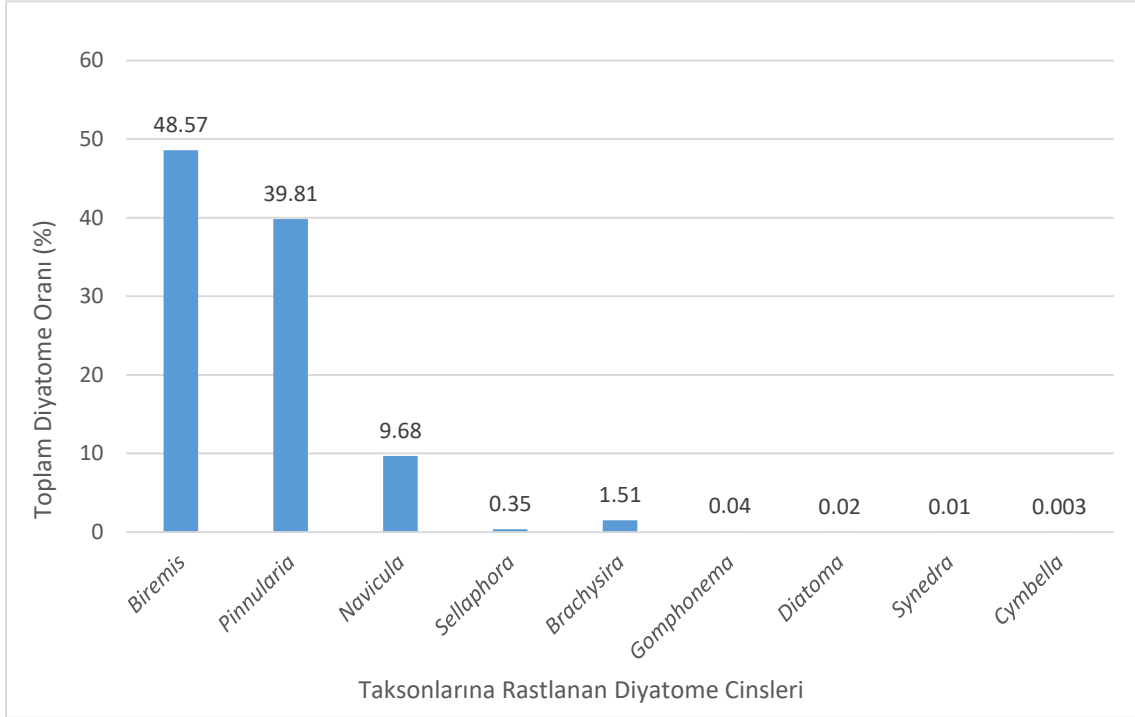
e

f

Şekil 4.44. H₂O₂ yöntemi sonucu 5 numaralı numuneden elde edilen diyatomelerin mikrofotoğrafları (a: *Biremis* sp., b: *Pinnularia* sp., c: *Synedra* sp., d: *Diatoma* sp., e: *Cymbella* sp., f: *Navicula* sp.)

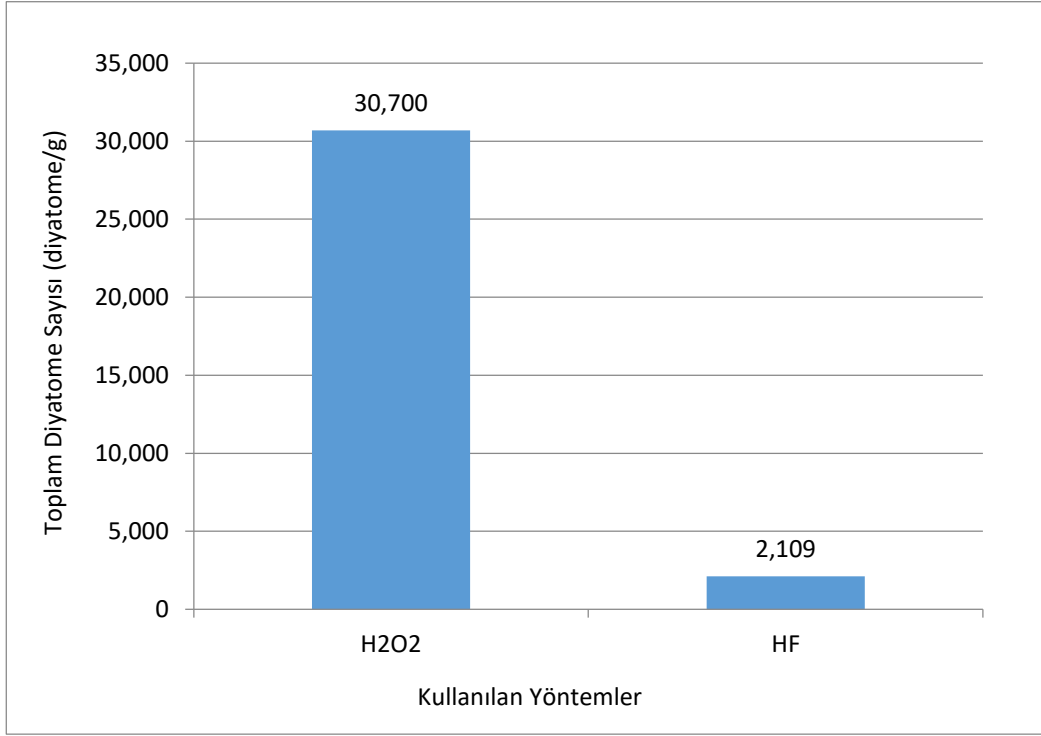


Şekil 4.45. H₂O₂ yöntemi ile 5 farklı numuneden elde edilen toplam diyatome miktarları (diyatome/g)



Şekil 4.46. H₂O₂ yöntemi ile 5 farklı numuneden elde edilen toplam diyatome oranları (%)

Yukarıda toprak örneklerinde diyatome analizi için HF Asit ve H₂O₂ olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmış ve sonuçta elde edilen diyatome miktarlarının karşılaştırılması Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Toprak örneklerinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada adli vakalarda diyatome elde edebilmek için su numunelerine RW, RE, H₂O₂ ile toprak örneklerine uygulanan HF asit ve H₂O₂ yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda su ve toprak örneklerinden yeterli sayıda diyatome elde etmek için en iyi yöntemin H₂O₂ yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Su örneklerinde uygulanan RW yöntemi sonucunda 1 cm²'lik t-shirt parçasında 1.957 adet diyatome sayılmıştır (Şekil 4.1). Bunların %44,10'unun *Biremis* sp., %28,51'inin *Pinnularia* sp., %12,52'sinin *Navicula* sp., %11,09'unun *Brachysira* sp. ve %3,80'inin *Sellaphora* sp. cinslerinin taksonlarına ait olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Ayrıca bu yöntemde parçalanmış ve büyük çoğunluğu teşhis edilemeyen diyatomelere de rastlanmıştır (Şekil 4.6). Bu yöntemin uygulanması esnasında distile su haricinde herhangi bir kimyasal madde kullanılmadığı için parçalanmanın manyetik karıştırıcıdan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Scott ve arkadaşları İngiltere'de yaptıkları buna benzer bir çalışmada RW yöntemi ile yaklaşık 1.400 adet diyatome tespit ettiklerini belirtmişlerdir [21]. İki çalışmadaki toplam diyatome miktarı benzer olmasına karşın, teşhis edilen taksonlar *Pinnularia* sp. hariç tamamen farklıdır. Bu nedenle cins düzeyinde bir karşılaştırma yapılamamaktadır. Hollanda'da yapılan başka bir çalışmada da aynı yöntem ile elde edilen diyatome sayısı ortalama 4.440 olarak hesaplanmıştır [12]. Bu çalışmada gözlenen taksonlarla da hiçbir benzerlik bulunmadığından herhangi bir karşılaştırma yapılamamıştır. Kullanılan yöntemin aynı olmasına rağmen üç çalışmadaki bulguların farklı olmasının sebebinin bu araştırmaların coğrafi koşullar, iklim ve biyolojik çeşitlilik açısından bambaşka özellikler gösteren ülkelerde yapılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Uygulanan diğer bir yöntem olan RE'de 1 cm²'lik t-shirt parçasında 4.588 adet diyatome tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Gözlenen diyatomelerin %40,67'sini *Biremis* sp., %27,92'sini *Pinnularia* sp., %14,21'ini *Brachysira* sp., %12,27'sini *Navicula* sp., %4,42'sini *Sellaphora* sp. ve %0,50'sini ise *Gomphonema* sp. taksonları oluşturmaktadır (Şekil 4.5). Bu uygulama esnasında diyatomelerde RW yöntemine kıyasla çok daha fazla sayıda parçalanma meydana geldiği görülmüştür. Bu parçalanmanın RE yönteminde kullanılan etanolün diyatomelerin çeper yapısını zayıflattığı için meydana geldiğini düşünmekteyiz. Yine de RW yönteminden daha

fazla sayıda diyatome elde edilmiş olduğu için bu yöntem daha anlamlı sonuçlar vermiştir. Scott ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada RE yöntemi ile hiç diyatome elde edemediklerini belirtmişlerdir [21]. Uitdehaag ve arkadaşları ise yaptıkları başka bir çalışmada RE yöntemi sonucunda adli örnekten 10.728 adet diyatome elde ettiklerini açıklamışlardır [12]. Bu araştırma bizim ulaştığımız sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Son olarak su örneklerine uygulanan H₂O₂ yönteminde ise 1 cm²'lik t-shirt parçasından 44.940 adet diyatome elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.7). Bu diyatomelerin %40,61'i *Biremis* sp., %26,76'sı *Pinnularia* sp., %18,37'si *Navicula* sp., %3,06'sı *Sellaphora* sp., %6,27'si *Brachysira* sp., %0,20'si *Diatoma* sp., %0,67'si *Gomphonema* sp., %0,36'sı *Ulnaria* sp., %1,02'si *Achnantheidium* sp., %0,86'sı *Melosira* sp., %0,38'i *Cymbella* sp., %0,30'u *Encyonema* sp., %0,12'si *Surirella* sp., %0,64'ü *Kobayasiella* sp. ve %0,36'sı *Synedra* sp. cinslerinin taksonlarına ait olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Diyatomelerin sayısı, takson çeşitliliği ve hücrelerin parçalanmadan en iyi korunduğu uygulamanın H₂O₂ yöntemi olduğu gözlenmiştir. En fazla sayıda diyatomeye ve en çok takson çeşitliliğine bu yöntemde rastlanmıştır. Scott ve arkadaşları belirtilen yöntemi kullanarak yaptıkları bir çalışmada adli örnekte 6.000 adet diyatome saydıklarını ve bu yöntemde hem takson çeşitliliğinin hem de bu taksonlara ait birey sayısının çok zengin olduğunu belirtmişlerdir [21]. Bu sebeple iki çalışma birbiriyle paralellik göstermektedir.

Diyatome elde etmek için su örneklerine uygulanan RW, RE ve H₂O₂ yöntemleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen diyatome sayısının toplam 44.940 adet en çok H₂O₂, ondan daha az 4.588 adet ile RE ve en az 1.957 adet RW yönteminden elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.12). Ayrıca bu uygulamalardan RW ve RE yönteminin tamamlanabilmesi için en az 24 saat gerekirken H₂O₂ yöntemi için bu süre 3 saatte tamamlanabilmektedir. H₂O₂ yöntemi hem yeterli sayıda diyatomeye ulaşılmasını hem de bu işlemin kısa sürede yapılmasını sağlamaktadır.

Toprak örneklerinde kullanılan HF asit yönteminin 5 farklı numuneye uygulanması sonucunda toplam 2.109 adet diyatome sayılmıştır (Şekil 4.28). Bu diyatomelerin %54,53'ü *Biremis* sp., %34,71'i *Pinnularia* sp., %10,57'si *Navicula* sp. ve %0,19'u *Gomphonema* sp. cinslerinin taksonlarından oluşmaktadır (Şekil 4.29). Uygulanan

HF asit yönteminde diyatomeleler çok fazla parçalandıkları için hem teşhis edilmeleri hem de sayılmaları çok zor gerçekleştirilmiştir. Diyatome elde edebilmek için toprağı eritip ortamdan uzaklaştırma konusunda HF asit yöntemi başarılı bir şekilde uygulanabilmiştir. Fakat diyatomelelerin parçalanmadan korunması konusunda aynı başarıya ulaşılammıştır. Bu çalışmada polen analizi için oldukça etkili ve güvenilir bir yöntem olan HF asit yönteminin diyatomelelerin elde edilmesinde uygun olmadığı tespit edilmiştir.

H₂O₂ yönteminin toprak numunelerine uygulanmasının sonucunda toplam 30.700 adet diyatome tespit edilmiştir (Şekil 4.45). Bunların %48,57'si *Biremis* sp., %39,81'i *Pinnularia* sp., %0,01'i *Synedra* sp., %0,35'i *Sellaphora* sp., %1,51'i *Brachysira* sp., %0,04'ü *Gomphonema* sp., %0,02'si *Diatoma* sp., %0.003'ü *Cymbella* sp. ve %9,68'i *Navicula* sp. cinslerinin taksonlarına ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.46). İngiltere'de Scott ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmada toprak örneklerine uygulanan H₂O₂ yöntemi sonucunda en fazla 4.240 adet diyatome elde edildiği belirtilmiştir [21]. Bu iki çalışmanın sonuçları ışığında toprak örnekleri için de en iyi yöntemin H₂O₂ yöntemi olduğunu söyleyebiliriz.

Diyatome elde etmek için toprak örneklerine uygulanan HF asit ve H₂O₂ yöntemleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen diyatome sayısının toplam 30.700 adet ile en çok H₂O₂ ve en az ise 2.109 adet ile HF asit yönteminden elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.47).

Bu çalışmada hem su örnekleri için kullanılan popüler yöntemler tekrar denenmiş hem de toprak örnekleri için iki farklı yöntem karşılaştırılmıştır. Sonuçta bu uygulamalardan H₂O₂ yönteminin hem zaman hem de daha çok sayıda diyatome elde edilmesinde kullanılabilir en iyi yöntem olduğu belirlenmiştir.

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde adli olaylardan özellikle boğulma vakalarında maktullerin çeşitli doku ve organlarında yapılan diyatome analizleri hızla yaygınlaşmaktadır. Bu ülkelerdeki çeşitli araştırmacılar tarafından adli vakaların çözümünü kolaylaştırmak için diyatome haritaları hazırlanmaktadır. Bizim ülkemizde ise bu tür araştırmalar henüz uygulama alanı bulamamıştır. Bu çalışmadan sonra ülkemizde meydana gelen boğulma olaylarında "Adli Tıp Kurumları" ve "Adli Tıp Enstitüleri" tarafından diyatome analizlerinin yapılacağını ümit etmekteyiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] Horrocks, M., Walsh, K.A.J., Assessing the value of evidence, *Review of Paleobotany and Palynology, Forensic Palynology*, 103, 69-74, **1998**.
- [2] Mildenhall, D.C., Wiltshire, P.E.J., Bryant, V.M., Forensic palynology: why do it and how it Works, *Forensic Science International*, 163, 63-172, **2006**.
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Diatom> (05 Ocak 2017).
- [4] <http://diatoms.myspecies.info/node/203#> (05 Ocak 2017).
- [5] Azparren, J.E., Vallejo, G., Reyes, E., Herranz, A., Sancho, M., Study of the diagnostic value of strontium, chloride, Haemoglobin and diatoms in immersion cases, *Forensic Science International*, 91, 123-132, **1998**.
- [6] Pollanen, M.S., Diatoms and homicide, *Forensic Science International*, 91, 29-34, **1998**.
- [7] Sidari, L., Nunno, N., Constantinides, F., Melato, M., Diatom test with Soulene-350 to diagnose drowning in sea water, *Forensic Science International*, 103, 61-65, **1999**.
- [8] Yange, L., Chuanying, H., Chengxing, W., Xu, W., Development of can for destruction of organic material in us efor forensic diatom examination (Jinan, China), *Forensic Science International*, 101, 163-166, **1999**.
- [9] Gruspier, K.L., Pollanen, M.S., Limbs found in water: investigation using anthropological analysis and the diatom test, *Forensic Science International*, 112, 1-9, **2000**.
- [10] Yen, L.Y., Jayaprakash, P.T., Prevelence of diatom frustules in non-vegeterian foodstuffs and its implications in interpreting identification of diatom frustules in drowning cases, *Forensic Science International*, 170, 1-7, **2007**.
- [11] Takeichi, T., Kitamura, O., Detection of diatom in formalin-fixed tissue by proteinaz K digestion (Ishikawa, Japan), *Forensic Science International*, 190, 19-23, **2009**.

- [12] Uitdehaag, S., Dragutinovic, A., Kuiper, I., Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparisons (The Hague, The Netherlands), *Forensic Science International*, 200, 112-116, **2010**.
- [13] Punia, R.K., Diatoms: Role in Drowning, Case Report, *J Indian Acad Forensic Medicine*, 33(2): 184-186, **2011**.
- [14] DiGiancamillo, A., Domeneghini, C., Gibelli, D., Cattaneo, C., Diatom extraction with HCl from animal tissues: A technical note (Milano, Italy), *Legal Medicine*, 13, 268-271, **2011**.
- [15] Xu, G., Hu, B., Shen, R., Pan, X., Zhou, X., Applications for drowning identification by planctonic diatom test on rats in forensic medicine (Jiaying, China), *Procedia Engineering*, 18, 417-421, **2011**.
- [16] Verma, K., Role of diatoms in the world of forensic science (Uttar Pradesh, India), OMICS Publishing Group, **2013**, <https://www.omicsonline.org/role-of-diatoms-in-the-world-of-forensic-science-2157-7145.1000181.pdf> .
- [17] Seo, Y., Sato, S., Kuroki, K., Kishida, T., A simple DNA coprecipitation method for the detection of diatoms in heart blood (Oita, Japan), *Forensic Science International*, 232, 154-159, **2013**.
- [18] Singh, R., Deepa, M., Ramanjeet, K., Diatomological mapping of water bodies-A future perspective (Rohtak, India), *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20, 622-625, **2013**.
- [19] Lunetta, P., Miettinen, A., Spilling, K., Sajantila, A., False-positive diatom test: A real challenge? A post-mortem study using standardized protocols (Helsinki, Finland), *Legal Medicine*, 15, 229-234, **2013**.
- [20] Lin, C., Yen, W., Hsieh, H., Tsai, L., Huang, T., Huang, C., Yu, Y., Shun, C., Wu, J., Chou, C., Linacre, A., Lee, J.C., Diatomological investigation in sphenoid sinus fluid and lung tissue from cases of suspected drowning (New Taipei City, Taiwan), *Forensic Science International*, 244, 111-115, **2014**.
- [21] Scott, K.R., Morgan, R.M., Jones, V.J., Cameron, N.G., The transferability of diatoms to clothing and the methods appropriate for their collection and analysis in forensic geoscience (London, UK), *Forensic Science International*, 241, 127-137, **2014**.

- [22] Zhao, J., Wang, Y., Wang, G., Ma, Y., Shi, H., Wen, J., Li, X., Hu, S., Chen, F., Liu, C., Application of the micro wave digestion-vacuum filtration-automated scanning electron microscopy method for diatom detection in the diagnosis of drowning (Guangzhou, China), *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 33, 125-128, **2015**.
- [23] Fucci, N., Pascali, V.L., Puccinelli, C., Marcheggiani, S., Mancini, L., Marchetti, D., *Evaluation of two methods for the use of diatoms in drowning cases*, Technical Report, New York, **2015**.
- [24] Zhao, J., Ma, Y., Liu, C., Wen, J., Hu, S., Shi, H., A quantitative comparison analysis of diatoms in the lung tissues and the drowning medium as an indicator of drowning (Guangzhou, China), *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 42, 75-78, **2016**.
- [25] Saini, E., Khanagwal, V.P., Singh, R., A systematic databasing of diatoms different geographical localities and sites of Haryana for advancing validation of forensic diatomology (Haryana, India), *Data in Brief*, 10, 63-68, **2017**.
- [26] Güner, H., Aysel, V., *Tohumuz Bitkiler Sitematiği*, 6. Baskı, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 108, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, **2006**.
- [27] http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/aeae10ea1c6433c_ek.pdf
- [28] <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/introduction.html>
- [29] <https://www.mbari.org/wp-content/uploads/2016/01/Diatom-Morphology-Cards.pdf>
- [30] Stoermer, J.P., Smol, E.F., *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Science*, Cambridge University Press, Cambridge, **2010**.
- [31] Uitdehaag, S., Dragutinovic, A., Kuiper, I., Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparisons, *Forensic Science International*, 200, 112–116, **2010**.
- [32] Renberg, I., A procedure for preparing large sets of diatom slides from sediment cores, *J. Paleolimnol.*, 4, 87–90, **1990**.

- [33] Freedman, B., Hutchinson, T.C., *Sources of metal and elemental contaminants of terrestrial environments In: Lepp NW, editor. Effect of heavy metal pollution on plants: Metals in the environment, vol. II.* London and New Jersey, Applied Sci Publ, 35-94, **1981**.
- [34] Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, **2001**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Ceyda Tekçeer
Doğum Yeri : İstanbul
Medeni Hali : Bekar
E-Posta : ceydatekceer@gmail.com

Eğitim

Lise : 2003-2007 Karşıyaka Gazi Anadolu Lisesi, İzmir
Lisans : 2008-2014 Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans : 2014-2017 Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adli Bilimler Anabilim Dalı

Yabancı Dil ve Düzeyi: İngilizce (iyi)
Almanca (başlangıç)
Fransızca (başlangıç)

İş Deneyimleri:

-

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih:15/05/2017

Tez Başlığı: Adli Delillerden Mikrofosil ve Mikrocanlıların Elde Edilme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç ve e) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 67 sayfalık kısmına ilişkin, 15/05/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %5'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/~~deltil~~
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

15.05.2017
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ceyda TEKÇEER
Öğrenci No: N14129078
Anabilim Dalı: ADLİ BİLİMLER
Programı: ADLİ PALİNOLOJİ
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Yrd. Doç. Dr. Cahit DOĞAN