

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİT KÖRFEZİ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN SU
KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE DİYATOME
İNDEKSLERİNİN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nebiye Tuğba GÖKŞİN

Biyoloji Anabilim Dalı

KASIM 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİT KÖRFEZİ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN SU
KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE DİYATOME
İNDEKSLERİNİN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nebiye Tuğba GÖKŞİN

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK

KASIM 2024

Nebiye Tuğba GÖKŞİN tarafından hazırlanan “İZMİT KÖRFEZİ’NE DÖKÜLEN AKARSULARIN SU KALİTESİNİN DEğERLENDİRİLMESİNDE DİYATOME İNDEKSLERİNİN KULLANILMASI” adlı tez çalışması 18.11.2024 tarihinde ağağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : **Prof. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK (Danışman)**
Sakarya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Jüri Üyesi : **Prof. Dr. Şule BARAN**
Sakarya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Jüri Üyesi : **Doç. Dr. Keziban ATACAN**
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “İZMİT KÖRFEZİ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE DİYATOME İNDEKSLERİNİN KULLANILMASI” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(18/11/2024)

Nebiye Tuğba GÖKŞİN



Eşime ve çocuklarıma....



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana liderlik yapan, rehberliğiyle yol gösteren, tez çalışmamı yaparken bilgiye doyumumu, alanımda yenilenmemi ve derinleşmemi sağlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK'e teşekkürlerimi sunarım. Aynı zamanda bu yolda tecrübelerini benimle paylaşan Ayşegül TEKBABA ve Uğur GÜZEL'e teşekkürü borç bilirim. Eğitimime zaman ayırmamı sağlayıp desteğini esirgemeyen eşim Işık ve çocuklarım Aylin ve Selin GÖKŞİN'e teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Nebiye Tuğba GÖKŞİN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünyamızdaki ve Ülkemizdeki Suyun Durumu	1
1.2. Su Kalitesinin Belirlenmesine İlişkin Standartlar ve Kalite Sınıfları	4
1.3. Diyatomeler	5
1.4. Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyatome İndeksleri	7
1.5. Diyatomeler ve su kalitesinin değerlendirilmesine ilişkin literatür özeti	8
1.6. İzmit Körfezi	12
1.7. Çalışmanın Amacı	13
2. MATERYAL ve METOD	15
2.1. Derelerin Konumu, Koordinatları ve Genel Özellikleri	15
2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Örneklenmesi	17
2.2.1. Su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen ve pH	17
2.2.2. Kimyasal parametrelerin Analizi	18
2.2.2.1. Ortofosfat (PO ₄ -P) analizi	19
2.2.2.2. Toplam fosfor (TP) analizi	20
2.2.2.3. Nitrit azotu (NO ₂ -N)	20
2.2.2.4. Nitrat azotu (NO ₃ -N)	21
2.2.2.5. Sülfat (SO ₄)	21
2.2.2.6. Silika (SiO ₂) analizi	21
2.3. Epilitik Diyatomelerin Örneklenmesi, Teşhis Edilmesi ve Sayılması	22
2.4. Epilitik Diyatomelerin Analiz Yöntemleri	24
2.4.1. Baskınlık analizi	24
2.4.2. Sıklık analizi	24
2.4.3. Çeşitlilik (diversite) analizi	25
2.4.4. Düzenlilik (evenness) analizi	25
2.4.5. Benzerlik analizi	25
2.4.6. Trofik indeks türkiye (TIT)	25
2.4.7. Diğer uluslararası indeksler	26
2.5. Verilerin Analizi ve İstatiksel Yöntemler	27
3. BULGULAR	29
3.1. Fizikokimyasal Parametreler	29
3.1.1. Sıcaklık	29

3.1.2. Çözünmüş oksijen (ÇO).....	29
3.1.3. Elektriksel iletkenlik (Eİ).....	30
3.1.4. pH.....	30
3.1.5. Toplam fosfor (TP).....	31
3.1.6. Ortofosfat (PO ₄ -P).....	31
3.1.7. Nitrit azotu (NO ₂ -N).....	32
3.1.8. Nitrat azotu (NO ₃ -N).....	32
3.1.9. Sülfat (SO ₄).....	33
3.1.10. Silika (SiO ₂).....	33
3.2. Epilitik Diyatome Komünite Yapısı.....	34
3.2.1. Diyatomelerin tür kompozisyonu.....	34
3.2.2. Diyatome tür çeşitliliğinin dağılımı ve tür sayısı (Richness).....	48
3.2.3. Diyatomelerin baskınlık değerleri.....	50
3.2.4. Diyatomelerin sıklık değerleri.....	57
3.2.5. Diyatomelerin çeşitlilik (diversite) analizi.....	58
3.2.6. Diyatomelerin düzenlilik (Evenness) analizi.....	58
3.2.7. Diyatomelerin benzerlik analizi.....	59
3.2.8. Artıklık Analizi (RDA).....	61
3.2.9. İstasyonların ekolojik durumları.....	65
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CEE	: Descy ve Coste indeksi
Cm	: Santimetre
DES	: Descy's indeksi
DICH	: Swiss Diyatome indeksi
Dk	: Dakika
DO	: Çözünmüş oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
Eİ	: Elektriksel iletkenlik
EKO	: Ekolojik kalite oranı
EPA	: Çevre koruma ajansı
EPI-D	: The Eutrophication / Pollution Index-Diatom
Gr	: Gram
IBD	: Biological Diyatome indeksi
IDAP	: Artois-Picardie Diyatome indeksi
IDG	: Generic Diyatome indeksi
IDP	: Pampean Diyatome indeksi
IDSE	: Leclercq ve Maquet Diyatomik indeksi
IPS	: Index of pollution sensitivity
Km	: Kilometre
km²	: Kilometrekare
km³	: Kilometreküp
L	: Litre
LOBO	: Trophic-Saprobic indeksi
m³	: Metreküp
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Nm	: Nanometre
RDA	: Artıklık Analizi

ROTTs	: Rott's Saprobik Metrik
ROTTt	: Rott's Trophik Metrik
Rpm	: Revolutions per minute
SHE	: Steinberg ve Schiefele's İndeksi
SLA	: Sládeček's İndeksi
TDI	: Trofik Diyatome İndeksi
TDS	: Toplam çözünmüş madde
TID	: Trofik İndeks
TIT	: Trofik İndeks Türkiye
TP	: Toplam fosfor
WAT	: Watanabe İndeksi
WWAP	: World Water Assessment Program
Mg	: Mikrogram
µS/cm	: Mikrosimens/santimetre

SİMGELER

%	: Yüzde miktarı
°C	: Santigrad derece
AB	: Avrupa Birliği
CO₂	: Karbondioksit
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
H₂SO₄	: Sülfirik asit
HCl	: Hidroklorik asit
KH₂PO₄	: Potasyum dihidrojen fosfat
KNO₃	: Potasyum nitrat
Na₂SiF₆	: Sodyum fluo silikat
NaNO₂	: Sodyum nitrit
Nm	: Nanometre
NO₂-N	: Nitrit azotu
NO₃-N	: Nitrat azotu
PO₄-P	: Ortofosfat
SiO₂	: Silika



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Yer üstü sularının ekolojik durumunu gösteren su kalite sınıfları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	4
Tablo 1.2. Yer üstü su kalitesi yönetmeliğine göre sudaki fizikokimyasal kalite standartları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) (ÇO: Çözünmüş oksijen, Eİ: Elektriksel iletkenlik, NO ₂ -N: Nitrit azotu, NO ₃ -N: Nitrat azotu, PO ₄ -P: Ortofosfat, TP: Toplam fosfor, SO ₄ : Sülfat, SiO ₂ :Silika).....	5
Tablo 1.3. Guiry (2024)'e göre diyatomeelerin taksonomik sınıflandırması.....	6
Tablo 2.1. Derelerin ve istasyonların genel özellikleri ve koordinatları (DSİ, 2022)15	
Tablo 2.2. TIT için sınıf sınır değerleri Çelekli ve ark. (2022) (Örnekleme istasyonlarının rakımı; 0-800 m arasında ise TIT R1, 800-1600 m arasında ise TIT R2, 1600 m'den yüksek ise TIT R3 kullanılır).....	26
Tablo 2.3. Diyatome indeksleri için sınıf sınır değerleri (Elorenta ve Soinien, 2002; Dumnicka ve ark., 2006).....	27
Tablo 3.1. Diyatome tür listesi	35
Tablo 3.2. Belirlenen diyatome türlerinin ait olduğu familyalar.....	48
Tablo 3.3. Diyatomeelerin sıklık değerleri	57
Tablo 3.4. Tespit edilen bazı baskın diyatome türlerinin ekolojik gösterge değerlerine göre su kalitesi sınıfları (Van Dam ve ark., 1994)	63
Tablo 3.5. 18 farklı indekse göre tüm istasyonların ekolojik durumu	66
Tablo 3.6. Fizikokimyasal parametrelerin diyatome indeksleri ile lineer regresyonu (SO ₄ : sülfat, Sıc: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO ₂ -N: nitrit azotu, NO ₃ -N: nitrat azotu, PO ₄ -P: ortofosfat, TP: toplam fosfor).....	67
Tablo 3.7. Fizikokimyasal parametrelerin diyatome tür sayısı, çeşitlilik ve düzenlilik indeksleri ile lineer regresyonu (Si: silika, SO ₄ : sülfat, Sıc: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO ₂ -N: nitrit azotu, NO ₃ -N: nitrat azotu, PO ₄ -P: ortofosfat, TP: toplam fosfor)	68
Tablo 4.1. Fizikokimyasal parametrelerin yıllık ortalamasına göre istasyonların su kalite durumu (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	69



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. 2000-2010 yıllarında dünya üzerindeki suyun kalitesi (Damania ve ark., 2019)	2
Şekil 1.2. İzmit Körfezi Haritası (MSB, Harita, Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır, 2022)	13
Şekil 2.1. İzmit körfezine dökülen 8 dere ve istasyonun konumu	15
Şekil 2.2. İstasyonlarda çevresel parametrelerin ölçülmesi ve su örneklerinin alınması	18
Şekil 2.3. Laboratuvarında yapılan kimyasal analizler	19
Şekil 2.4. Epilitik diyatome örneklenmesi.....	22
Şekil 2.5. Diyatome örneklerinin tespiti için hazırlanmış örneklerin getirilmesi.....	23
Şekil 3.1. Tüm istasyonlarda sıcaklığın mevsimsel dağılımı.....	29
Şekil 3.2. Tüm istasyonlarda çözünmüş oksijenin (ÇO) mevsimsel dağılımı	30
Şekil 3.3. Tüm istasyonlarda elektriksel iletkenliğin (Eİ) mevsimsel dağılımı	30
Şekil 3.4. Tüm istasyonlarda pH'nın mevsimsel dağılımı.....	31
Şekil 3.5. Tüm istasyonlarda toplam fosforun (TP) mevsimsel dağılımı	31
Şekil 3.6. Tüm istasyonlarda ortofosfatın (PO ₄ -P) mevsimsel dağılımı.....	32
Şekil 3.7. Tüm istasyonlarda nitrit azotunun (NO ₂ -N) mevsimsel dağılımı.....	32
Şekil 3.8. Tüm istasyonlarda nitrat azotunun (NO ₃ -N) mevsimsel dağılımı	33
Şekil 3.9. Tüm istasyonlarda sülfatın (SO ₄) mevsimsel dağılımı	33
Şekil 3.10. Tüm istasyonlarda silikanın (SiO ₂) mevsimsel dağılımı	34
Şekil 3.11. Tüm istasyonda tespit edilen diyatome tür sayısı (Richness).....	49
Şekil 3.12. Tüm istasyonlarda tür sayısının (Richness) mevsimsel dağılımı	49
Şekil 3.13. Çalışmamızda tespit edilen bazı diyatome örnekleri (soldan sağa: <i>Melosira varians</i> , <i>Strauneis acuta</i> , <i>Surirella librile</i> , <i>Pleurosira laevis</i> , <i>Surirella ovalis</i> , <i>Gomphonema lagenula</i> , <i>Cocconeis</i> sp., <i>Grunowia tabellaria</i> , <i>Caloneis silicula</i> , <i>Meridion circulare</i>).....	50
Şekil 3.14. 1. istasyondaki baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	51
Şekil 3.15. 2. istasyondaki baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	51
Şekil 3.16. 3. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	52
Şekil 3.17. 4. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	52
Şekil 3.18. 5. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	53
Şekil 3.19. 6. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	53
Şekil 3.20. 7. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	54
Şekil 3.21. 8. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	54
Şekil 3.22. 9. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	55
Şekil 3.23. 10. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	55
Şekil 3.24. 11. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	56
Şekil 3.25. 12. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	56
Şekil 3.26. 13. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı.....	57
Şekil 3.27. Diyatome tür çeşitliliği (Diversite) değerleri.....	58
Şekil 3.28. Diyatome tür düzenliliği (Evenness) değerleri	59

Şekil 3.29. İstasyonların benzerlik analizi (Bray Curtis)..... 60

Şekil 3.30. Artıklık analizi (RDA) (Tür kodları- AMID: *Amphora indistincta*, ADMI: *Achnantheidium minutissimum*, ADJK: *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii*, APED: *Amphora pediculus*, AUSU: *Aulacoseira subarctica*, CLNT: *Cocconeis lineata*, CPED: *Cocconeis pediculus*, HAMP: *Hantzschia amphioxys*, LMUT: *Luticola mutica*, NGER: *Navicula germainii*, NFON: *Nitzschia fonticola*, COCM: *Cocconeis* sp., PAGP: *Placoneis anglophila.*, CLAN: *Cymbella lanceolata*. NAMP: *Nitzschia amphibia.*, SELS: *Sellaphora* sp., MPMI: *Mayamaea permitis*, ESBM: *Sellaphora saugerresii*, MAAT: *Mayamaea atomus*, FSAP: *Fistulifera saprophila*, SUMI: *Surirella minuta*, NVEN: *Navicula veneta*, NPAL: *Nitzschia palea*, NPAD: *Nitzschia palea* var. *debilis*, NCPL: *Nitzschia capitellata*, GLGN: *Gomphonema lagenula*, NUMB: *Nitzschia umbonata*, HLMO: *Halamphora montana*, NIAR: *Nitzschia archibaldii*, DMON: *Diatoma moniliformis*, ADSA: *Achnantheidium saprophilum*, AEXM: *Amphora eximia*, PLFR: *Planothidium frequentissimum*, GOLI: *Gomphonella olivacea*, CPLA: *Cocconeis placentula*, MVAR: *Melosira varians*, UBIC: *Ulnaria biceps*, NTPT: *Navicula tripunctata*, ACAF: *Achnantheidium affine*, RUNI: *Reimeria uniseriata*, RSIN: *Reimeria sinuata*) (Si: silika, SO₄: sülfat, Sck: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO₂: nitrit azotu, NO₃: nitrat azotu, PO₄: ortofosfat, TP: toplam fosfor, ÇO: çözünmüş oksijen)..... 62

İZMİT KÖRFEZİ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE DİYATOME İNDEKSLERİNİN KULLANILMASI

ÖZET

Bu çalışmada İzmit Körfezi'ne dökülen 8 derede bulunan 13 istasyonun epilitik diyatomeleri incelenerek bu derelerin ekolojik kalitesinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. İzmit Körfezi'ne dökülen Ballıkaya (1), Saz (2), Dil (3), Çınarlı (4 ve 5), Yırım (6 ve 7), Kiraz (8 ve 9), Hisar (10 ve 11) ve Değirmen (12 ve 13) derelerinde bulunan toplam 13 istasyondan 2022-2023 döneminde sonbahar, kış, ilkbahar, yaz mevsimlerinde olmak üzere yıl boyunca 4 kez su ve epilitik diyatome örnekleri alınarak su örneklerinin laboratuvarında kimyasal analizleri yapılmıştır. Elde edilen diyatome örneklerinin teşhis ve sayımı yapılarak baskın ve sık görülen türler belirlenmiştir. Elde edilen biyolojik parametrelerle, Diversite (çeşitlilik), Evenness (düzenlilik) ve Richness (tür sayısı) ve benzerlik analizleri yapılmıştır. Tespit edilen türlerin bolluğu diyatome indekslerinde değerlendirilerek derelerin ekolojik statüsü üzerinde durulmuştur. İstasyonlar ve mevsimler arasındaki farklar istatistiksel olarak belirlenmiş olup fizikokimyasalların diyatome indeksleriyle regresyonu incelenerek çalışmadaki en iyi sonuç veren indeksler belirlenmiştir. Aynı zamanda fizikokimyasalların çeşitlilik, düzenlilik ve tür sayısını nasıl etkilediğine bakılmıştır. Tüm çalışma boyunca 51 örneklemden toplam 32 familyaya ait 347 diyatome taksonu tespit edilmiştir. 18 farklı diyatome indeksi kullanılarak yapılan kalite tayininde Saz (2), Dil (3), Yırım(7), Kiraz (9), Hisar (11) ve Değirmendere (13) istasyonların “çok kötü” kalitede ötrofik, Hisar (10), Değirmen (12) istasyonlarının “kötü” kalitede meso-ötrofik, Ballıkaya (1), Çınarlı (4 ve 5), ve Yırım (6) istasyonlarının “orta” kalitede meso-ötrofik, Kiraz (8) istasyonunun ise orta-iyi kalitede oligo-mesotrofik olduğu tespit edilmiştir. Artıklık Analizinde (RDA) Saz (2), Dil (3) ve Hisar (11) istasyonlarının, kirletici fizikokimyasal parametrelerin ve kirliliğe toleranslı baskın türlerin birbirine yakın konumlandığı görülmüş, diyatome indekslerinin sonuçları ile birlikte bu istasyonların en kirli istasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Fizikokimyasallar açısından kirli olduğu düşünülen istasyonlarda kirliliğe toleranslı türler olan *Craticula subminuscula*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia capitellata*, *Navicula veneta*, *Mayamea permitis*, *Fistulifera saprophila*, *Sellaphora saugerressii*, *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* sık ve baskın görülmüştür. Bu istasyonlarda diğer istasyonlara göre düşük tür sayısı ve düşük düzenlilik gözlemlenerek kirliliğin çeşitliliği olumsuz etkilediği görülmüştür. Derelerin aşağı havzalarında kirletici parametrelerin çarpıcı şekilde yüksek bulunması, kirliliğe toleranslı türlerin yüksek bolluğu ve düşük çeşitlilik bu istasyonların insan etkisine maruz kaldığına işaret etmektedir. Çevresel parametrelerin tür sayısı ile yapılan regresyon analizinde toplam fosfor (TP), fosfat (PO₄-P), ve sülfat (SO₄) tür sayısını negatif, çözülmüş oksijenin (ÇO) ise pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Kirliliğin tür sayısı, diversite ve evenness değerlerini olumsuz etkilediği dikkat çekmiştir. Çevresel parametrelerin diyatome indeksleri ile regresyonu incelendiğinde ise TP ve PO₄-P başta olmak üzere birçok parametreyle en güçlü regresyonu Descy's

İndeksi (DES) vermiştir. Descy's İndeksi ile birlikte toplam 13 diyatome indeksinin çevresel parametrelerle güçlü regresyonu bulunarak bu indekslerin derelerin ekolojik durumunu tayin etmede başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Akarsular, Diyatome İndeksleri, Ekolojik Kalite, İzmit Körfezi



THE USE OF DIATOME INDICES IN ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF STREAMS FALLING INTO IZMIT BAY

SUMMARY

In this study, the physical, chemical and biological water quality of 13 stations in 8 streams flowing into Izmit Bay were determined. Biologically, it was aimed to reveal the ecological quality of these streams by examining epilithic diatoms. The Bay of Izmit, where intensive industrialization and urbanization are seen, is located in the east of the Marmara Sea and is frequently associated with environmental problems. Recently, it has been faced with mucilage problems. This situation raises many questions about the pollution load of the streams flowing into Izmit Bay. There are very few studies on how these streams affect the existing mucilage problems. In our study, it is planned to determine the physical, chemical and biological pollution status of the selected streams and to determine what kind of pollution load both these streams and other streams around the gulf leave to Izmit Bay and Marmara Sea. In our study, a comprehensive study area was created by selecting streams from the east, west and south of the bay. Water and diatom samples were taken from a total of 13 stations located in Ballıkaya (1), Saz (2), Dil (3), Çınarlı (4 and 5), Yırım (6 and 7), Kiraz (8 and 9), Hisar (10 and 11) and Değirmen (12 and 13) streams flowing into Izmit Bay throughout the year of 2022-2023 in the fall, winter, spring and summer seasons. A total of 51 samples were studied since one stream could not be sampled due to the drying of one stream in summer. Temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity and pH values of the streams were measured in situ. Water samples taken from these streams were subjected to a series of chemical analyses in the laboratory and then orthophosphate, total phosphorus, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, sulfate and silica values were measured in a spectrophotometer. The water quality of the stations was determined according to the physicochemicals measured, taking into account the Surface Water Quality Regulation of the Ministry of Agriculture and Forestry in 2015. In order to obtain epilithic diatom samples, stone samples were taken from the streams and these stones were brushed to release the diatoms living on the stones. The diatom samples were brought to the laboratory under appropriate conditions. The identification of epilithic diatoms was made with the help of species-specific patterns of siliceous cell walls (frustules). In order to obtain the siliceous frustules, the cell contents were burned with acid and the samples were made into permanent preparations. Diatom samples were identified and counted with OLYMPUS BX51 research microscope. Species were photographed and identification was done with specific identification key books. The current names of diatom species were checked on the “Algabase” website. At least 400 diatoms (maximum 500) were counted in each preparation. Using these data, the Artois-Picardie Diatom Index, Eutrophication/Pollution Index, Biological Diatom Index, Steinberg and Schiefele's Index, Swiss Diatom Index, Watanabe Index, Specific Pollution Sensitivity Index, Sládeček's Index Descy's Index, Leclercq and Maquet Diatomic Index, Generic Diatom Index, Metric-European Index, Trophic Diatom Index, Trophic-Saprobic Index, Pampean Diatom Index, Rott's Saprobic Metric Index, and Rott's Trophic

Metric Index indices were calculated using OMNIDIA program. Trophic Index Turkey was calculated with excel program. From the counts obtained, individuals with ten percent of the total number of individuals were considered dominant. Frequent (40-60%) and most frequent (60-80%) species were determined throughout the study. Pollution indicator values of dominant species were determined according to literature. Redundancy analysis was performed using CANOCO package program to see the relationship between sampling stations, dominant species, physical and chemical parameters. In order to determine the similarity of the stations in terms of diatom species composition, similarity analysis was performed using Bray-Curtis analysis and PAST 4.03 package program. Diversity (Shanon diversity index) and Evenness values of the stations were obtained from OMNIDIA program. The differences of all physicochemical and biological parameters between stations and seasons were statistically determined using non-parametric Kruskal-Wallis or parametric analysis of variance (one-way ANOVA) tests using SPSS 20.0 package program. Based on the regression of physicochemicals with diatom indices, the indices with strong regression with orthophosphate and total phosphorus were determined as the indices that gave the best results in this study. At the same time, the regression of physicochemicals with Species richness, Diversity, and Evenness was examined to see how environmental parameters affect Species richness, Diversity, and Evenness. As a result of all studies, 347 diatom taxa belonging to 32 families were identified from 51 samples. The highest number of species was observed at the 8th station with 161 species and the lowest number of species was observed at the 2nd station with 57 taxa. During the studied period 42 different dominant species were identified such as *Amphora indistincta*, *Achnantheidium minutissimum*, *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii*, *Amphora pediculus*, *Aulacoseira subarctica*, *Cocconeis lineata*, *Cocconeis pediculus*, *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Navicula germainii*, *Nitzschia fonticola*, *Cocconeis* sp., *Placoneis anglophila*, *Cymbella lanceolata*, *Nitzschia amphibia*, *Sellaphora* sp., *Mayamaea permitis*, *Sellaphora saugerresii*, *Mayamaea atomus*, *Fistulifera saprophila*, *Surirella minuta*, *Navicula veneta*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Nitzschia capitellata*, *Gomphonema lagenula*, *Nitzschia umbonata*, *Halamphora montana*, *Nitzschia archibaldii*, *Diatoma moniliformis*, *Achnantheidium saprophilum*, *Amphora eximia*, *Planothidium frequentissimum*, *Gomphonella olivacea*, *Cocconeis placentula*, *Melosira varians*, *Ulnaria biceps*, *Navicula tripunctata*, *Achnantheidium affine*, *Reimeria uniseriata*, *Reimera sinuata*. The most common species between 60-80% were *Cocconeis lineata*, *Nitzschia amphibia*, *Amphora pediculus*, *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii*, *Gomphonema pumilum*, *Amphora indistincta*, *Gomphonema parvulum*, *Craticula subminuscula*, *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis euglypta*, *Planothidium frequentissimum*, *Sellaphora saugerresii* and *Navicula tripunctata*. The most common species between 40-60% were *Amphora inariensis*, *Cocconeis placentula*, *Mayamea permitis*, *Melosira varians*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Navicula antonii*, *Navicula veneta*, *Navicula antonii*, *Surirella angusta*, *Surirella minuta* and *Navicula gregaria*. According to the index results that gave the strongest regression with orthophosphate and total phosphorus, Saz (2), Dil (3), Yırım (7), Kiraz (9), Hisar (11) and Değirmen (13) stations were found to be “very poor” eutrophic. Hisar (10) and Değirmen (12) stations were found to be meso-eutrophic of “poor” quality, Ballıkaya (1), Çınarlı (4 and 5) and Yırım (6) stations were found to be meso-eutrophic of “moderate” quality and Kiraz (8) station was found to be oligo-mesotrophic of moderate-good quality.

In the Redundancy Analysis, Saz (2), Dil (3) and Hisar (11) stations, pollutant physicochemical parameters and dominant species such as *Craticula subminuscula*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia capitellata*, *Navicula veneta*, *Mayamea permitis*, *Fistulifera saprophila*, *Sellaphora saugerressii*, *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* are located close to each other. These species were found to be pollution tolerant and pollution indicator species. In these stations, the highest values of the pollutant parameters determined according to the Surface Water Quality regulation, and at the same time, the lowest values of Species richness, Diversity and Evenness were found in these stations. The regression of physicochemicals on species richness was examined. It was found that total phosphorus, orthophosphate and sulfate negatively affected species richness, while dissolved oxygen positively affected it. It was observed that pollution negatively affected dominant species, Species richness, Diversity and Evenness. At the stations where the number of species was higher, the amount of oxygen was measured higher than the other stations and it was thought that oxygen increased Species richness. In the stations with very poor ecological quality, Evenness values were found to be low and single species dominance was observed. At the 11th station with the lowest Evenness value, the eutrophic water indicator *Craticula subminuscula* constituted 337 of 518 individuals counted in the fall. *Fistulifera saprophila* accounted for 280 out of 406 individuals in summer. As a result, the stations that were found to be very polluted had low Evenness values, and the abundance and dominance of pollutant tolerant species were observed in these stations. The fact that the Evenness value approached the value of “1” in the stations that were relatively clean allowed for equal competition conditions in terms of parameters, a high number of species due to the ability of both sensitive and tolerant species to reproduce, and an equal distribution of species. The strikingly higher levels of pollutant parameters in the lower basins of the streams compared to the upper basins, high abundance of pollution tolerant species and low Diversity indicate that these stations are exposed to human impact. The fact that the water quality of the downstream basins of Saz and Dil streams, which were studied as a single station, and Yırım and Hisar streams, which were studied as two stations, is very poor and eutrophic suggests that the waste discharge is not cleaned properly, considering that there are dense industrial establishments and population in these areas. It can be said that both these streams and other streams flowing into the gulf leave a pollution load to Izmit Bay. When the increasing need for clean water and the sustainability of ecosystems are considered, it seems that healthy and controlled wastewater discharge is not only a need but also a necessity. It seems that many problems, especially the mucilage problem in the waters, are caused by the excessive increase in physicochemical parameters and the overgrowth of species tolerant to these chemicals, causing eutrophication and decreasing the quality of water. Eutrophication is inevitable as long as this situation continues. Therefore, efforts to improve water quality should be accelerated.

Key words: Streams, Diatom Indices, Ecological Quality, Izmit Bay, Water quality



1. GİRİŞ

1.1. Dünyamızdaki ve Ülkemizdeki Suyun Durumu

Canlıların yaşam kaynağı olan su, yer kürenin $\frac{3}{4}$ 'ünü kaplamaktadır. Yer küredeki suyun sadece %2,5'i tatlı su kaynağı olup, bu miktarın ise %0,3'ü kullanılabilirliktedir. Suyun kullanılmayan kısmı ise buzullarda ve yüksek dağlarda bulunmaktadır (UN, World Water Development Report, 2022). Yeryüzünün tatlı suyunun büyük bir kısmı tarımda, sanayide ve evsel ihtiyaçları karşılamakta kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun artışı ile birlikte insanlığın su ihtiyacı da artmaktadır. Bunun için var olan tatlı su rezervlerini korumak ve kullanılabilir kalitede muhafaza etmek, küresel ısınma etkisi altındaki dünyamızdaki önemli güncel konulardan biridir.

Türkiye'nin ise çeşitli teknolojik yöntemlerle elde edilen tüketilebilir yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama 94 milyar m^3 , yeraltı suyu potansiyeli ise 18 milyar m^3 olmak üzere toplam potansiyeli 112 milyar m^3 'tür. Bu suyun 57 milyar m^3 'ü kullanılmaktadır. 57 milyar m^3 suyun %77'si sulamada, %23'ü ise içme suyu ve sanayide kullanma suyu olarak harcanmaktadır (DSİ, 2022). Türkiye İstatistik Kurumuna göre ise ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 2000 yılında 1.652 m^3 , 2009 yılında 1.544 m^3 , 2021 yılında 1.323 m^3 ve 2022 yılında 1.322 m^3 olmuştur (TÜİK, Su ve Atık su İstatistikleri, 2022). Kişi başına düşen su miktarının her geçen yıl azaldığı dikkat çekmektedir. Sanayileşme ve küresel ısınma etkisi altındaki ülkemiz ve dünyamız için gelecekte yaşanması muhtemel küresel su krizlerini yönetebilmek amacıyla su rezervlerinin kapasitesini ve kalitesini koruma gereksinimi doğmaktadır.

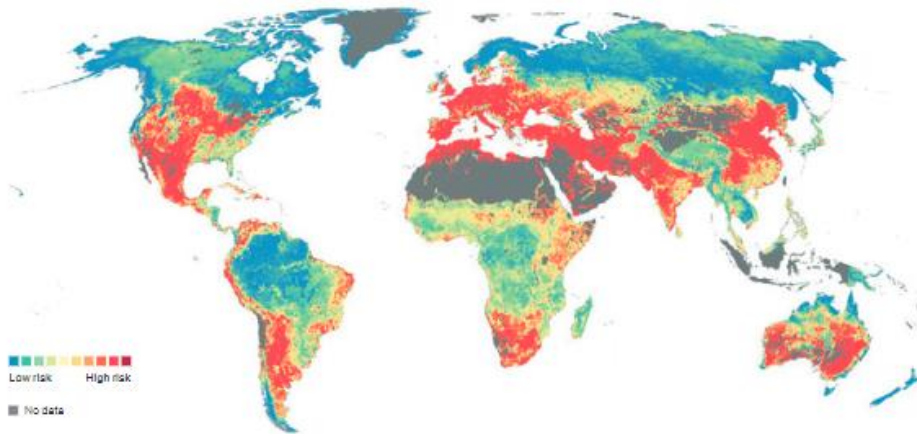
- **Su Kirliliği ve Su Kalitesi**

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kullanılabilir suyun kalitesinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Su kalitesini doğal olarak hidrolojik, atmosferik, iklimsel, topografik ve litolojik faktörler etkilemektedir. Su kalitesini etkileyen insan aktivitelerine endüstri ve sanayi, madencilik, hayvancılık, atık su deşarjı örnek verilebilir (Krenkel, 2012). Suyun tüketimiyle birlikte sürdürülebilirliğinin sağlanması ve su ekosisteminde yaşayan canlıların varlığı açısından kalitesinin belirlenmesi,

bunun sonucunda ise su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Su kalitesi, su kaynaklarının insan ihtiyaçlarının ve doğadaki diğer canlıların da ihtiyaçlarının karşılanması konusundaki potansiyelini ifade etmektedir. Su kaynaklarının insan tüketimine uygunluğu, suyun kalitesini tanımlamanın en etkili yollarından biri olan Su Kalitesi İndeksi (WQI) ile açıklanmıştır. WQI, su kalitesi verilerinden yararlanmakta ve suyun kalitesi hakkında geri bildirim sağlamaktadır. Bu sayede çevresel izleme kuruluşları tarafından oluşturulan su politikaların değiştirilmesine yardımcı olmaktadır. Başlangıçta WQI, Horton (1965) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde, çözünmüş oksijen, iletkenlik, alkalinite ve klorür vb. gibi en yaygın kullanılan su kalitesi değişkenleri seçilerek oluşturulup suyun kalitesi hakkında bir değerlendirme yapılmasını sağlamıştır. Bundan sonra çeşitli bilim insanlarınca birçok indeks geliştirilmiş olup, bu indeksler dünyadaki su kalitesi çalışmalarında kullanılmıştır.

Asya ve Afrika'daki suların düzenli bir şekilde izlenememesi sebebiyle yeterli düzeyde bilgiye sahip olunamadığı için su kalitesi hakkında küresel düzeyde bir değerlendirme yapmak oldukça zor görünmektedir (UN, World Water Development Report, 2021). Dünyamızdaki suyun kalitesi, 2000-2010 yılları arasındaki oksijen miktarı, azot ve elektrik iletkenliği açısından aşağıdaki haritada gösterilmiştir (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. 2000-2010 yıllarında dünya üzerindeki suyun kalitesi (Damania ve ark., 2019)

Bu haritaya göre ülkemiz ve Avrupa ülkeleri su kalitesi açısından yüksek riskli bölgeler arasında görülmektedir. Bu bağlamda Türkiye çeşitli sözleşmelere katılmakta, su kalitesi çalışmalarına hız ve destek vermektedir. Ülkemizin 75 ilinde su kirliliği önemli bir çevre sorunudur. Özellikle Meriç-Ergene, Susurluk-Gediz, Büyük Menderes, Kızılırmak, Yeşilirmak, Konya, Aras, Van Gölü, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz-Çoruh, Dicle-Fırat ve Doğu Akdeniz havzalarında su kirliliği sorunlarının arttığı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı raporlarında belirtilmiştir (ÇED Raporları, 2023).

Su kirliliğine inorganik bileşenlerle birlikte biyotik unsurlar da sebep olmaktadır. İnorganik bileşenleri kullanan sudaki ototrof canlıların kirlenmede önemli rolü vardır. Ötrifikasyon, düşük biyolojik üretkenliğe sahip temiz suyun yüksek biyolojik üretkenliğe geçip alglerin hızlı büyümesiyle bulanıklaştığı duruma dönüştüğü süreçtir (Litke, 1999). Sudaki besin tuzu artıkça alg patlamaları yaşanır. Çoğalmaya bağlı olarak aşırı alg ölümleri meydana gelir ve çürüme gerçekleşir. Oksijen tükenir ve sudaki diğer canlıların ölümüne sebep olarak suda ölü bölgeler yaratır (Carpenter, 2008). Düşük çözünmüş oksijen, çeşitli fosfor formlarının ve dip tortularına bağlı birçok malzemenin aşırı salınmasına neden olur. Fosforun aşırı salınımı ötrofikasyonu güçlendirir. Aşırı fosfor konsantrasyonları, tatlı su göllerinde, rezervuarlarda, akarsularda ve haliç sistemlerinin kaynak sularında ötrofikasyonun en yaygın nedeni olduğu için suda alg büyümesini sınırlayan fosforun kontrol edilmesi gerekmektedir (Correll, 1998). Son çalışmalar alg büyümesini sadece fosforun kontrol etmediğini, alg büyümesinde azotun da belirleyici olduğunu göstermiştir. Hem azot hem de fosfor, tatlı su sistemlerinde çoğalmayı sınırlayabilmekte ya da ötrofikasyona yol açabilmektedir (Daniel ve ark., 2009). Toplam fosfor ve toplam azot oranlarının ötrifikasyon yönetiminde dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Doddth ve Smith, 2016). Tatlı su ve kıyı deniz ekosistemlerinin su kalitesinin iyileştirilmesi için azot ve fosfor girdilerinin azaltılması gerekmektedir (Conley ve ark., 2009). Antropojenik etki ile başta fosfor olmak üzere sularda artan besin tuzu kaynakları aşırı alg üremesine sebep olarak kültürel ötrifikasyon sorunuyla karşı karşıya bırakmıştır. Bu nedenle kültürel ötrifikasyon en yaygın su kalitesi sorunu haline gelmiştir (Schindler, 2012). Tarım ve hayvancılık, kentsel ve endüstriyel atık su deşarjlarıyla meydana gelen kültürel ötrifikasyonla mücadelede, atık suyun geri kazanılarak yeniden kullanılması, atık su deşarjlarında bulunan kirletici besin tuzu miktarlarını baskılanması ile su kalitesi standartları korunabilir (Sala ve Mujeriego, 2001).

Sudaki çevresel değişimlerden ilk önce burada yaşayan canlılar etkilenmekte ve bu değişimlere tepki göstermektedirler. Bunun için kalite çalışmalarında uzun zamandan beri suda yaşayan canlılar incelenmektedir (Lowe ve Pan 1996, Soininen, 2004). Akarsularda suyun akışına bağlı olarak kimyasal madde konsantrasyonunun kısa süre içinde değişkenlik göstermesi sebebiyle bu verilerden etkilenen biyolojik indikatörleri dikkate almak su kalite çalışmalarından daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmıştır (Soininen, 2002).

2000 yılında Avrupa Su Çerçeve Direktifinin yayınlanması ile bir su kaynağının, fiziksel ve kimyasal parametrelerle birlikte biyolojik kalite bileşenleri ile detaylı incelenerek su kalitesinin belirtilmesi sağlanmıştır (WFD, 2000). Biyolojik kalite bileşenleri, bentik makro-omurgasız, fitoplankton, fitobentoz (diyatome), balık, sucul makrofit (makroalg ve angiosperm) canlı gruplarının her birini ifade etmektedir. Bu direktife göre su kalitesi çalışmalarının sadece fiziksel ve kimyasal parametrelerle sınırlı kalmamasına, sucul ekosistemde yaşayan canlılarında bu parametrelerle ilişkilendirilmesine ve su kalitesinin ekolojik olarak da tanımlanmasına olanak sağlanmıştır. Bu sayede sucul ekosistemdeki bentik makro-omurgasız, fitoplankton, fitobentoz, balık ve sucul makrofit türlerinin tanımlanmasına ve biyolojik çeşitliliğinin araştırılmasına da imkan sağlanmıştır.

1.2. Su Kalitesinin Belirlenmesine İlişkin Standartlar ve Kalite Sınıfları

Suda ölçülen çevresel ve biyolojik parametrelere göre kalite sınıfları belirlenebilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2015'de resmi gazetede yayınladığı yönetmeliğine göre suların ekolojik durumunu gösteren su kalite sınıfları Tablo 1.1.'deki gibidir.

Tablo 1.1. Yer üstü sularının ekolojik durumunu gösteren su kalite sınıfları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

I. Sınıf	Yüksek Kaliteli Su	Çok İyi Kalite Su
II. Sınıf	Az Kirlenmiş Su	İyi Kalite Su
III. Sınıf	Kirlenmiş Su	Orta Kalite Su
IV. Sınıf	Çok Kirlenmiş Su	Zayıf Kalite Su

I. sınıf su, yüksek kaliteli su olup “Çok İyi Kalite Su”, II. sınıf su, az kirlenmiş su olup I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerlere sahip olup “İyi Kalite Su”, III. sınıf su,

kirlenmiş su olup II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerlere sahip “Orta Kalite Su”, IV. Sınıf su çok kirlenmiş su olup III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerlere sahip “Zayıf Kalite Su” ve tüm parametrelerin IV. sınıf su kalitesi değerinde olması “Kötü Kalite Su” durumunu ifade etmektedir.

Yer üstü su kalitesi yönetmeliğine göre suyun kalitesini gösteren çevresel parametrelere ait standartlar Tablo 1.2.’deki gibidir.

Tablo 1.2. Yer üstü su kalitesi yönetmeliğine göre sudaki fizikokimyasal kalite standartları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) (ÇO: Çözünmüş oksijen, Eİ: Elektriksel iletkenlik, NO₂-N: Nitrit azotu, NO₃-N: Nitrat azotu, PO₄-P: Ortofosfat, TP: Toplam fosfor, SO₄: Sülfat)

	I. kalite	II. kalite	III. kalite	IV. kalite
Sıcaklık	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
ÇO	> 8	6	3	< 3
Eİ	< 400	1000	3000	> 3000
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	> 6,0-< 9,0	< 6,0 > 9,0
NO₂-N	< 0,01	< 0,06	< 0,12	> 0,3
NO₃-N	< 5	< 10	< 20	> 20
PO₄-P	< 0,05	< 0,16	< 0,65	> 0,65
TP	< 0,08	< 0,2	< 0,8	> 0,8
SO₄	< 200	> 200	< 400	> 400

Tüm çevresel ve biyolojik parametrelerin sonuçlarını birlikte değerlendirip suyun kalite ve ekolojik durumunu bu standartlara göre tespit edebilmek mümkün olmaktadır.

1.3. Diyatomeler

Diyatomeler, Bacillariophyceae sınıfında temsil edilen sucul ekosistemde besin zincirinin birincil halkası olan fotosentetik, ototrof, mikroskobik alg grubudur ve küresel karbon fiksasyonunun %20-25’ini gerçekleştirerek ekolojik olarak en dikkate değer türlerdir (Mann, 1999, Volcani, 1981). Sistematığı Tablo 1.3.’te verilen

diyatomeler toplam 429 cins ve 14684 tür ile alg grubunun geniş bir sınıfını oluştururlar (Guiry, 2024).

Tablo 1.3. Guiry (2024)'e göre diyatomelerin taksonomik sınıflandırması

Domain	Eukaryota <i>Chattom</i>
Kingdom	Chromista <i>Cavalier-Smith</i>
Phylum	Heterokontophyta <i>Moestrup, R.A.Andersen & Guiry</i>
Subphylum	Bacillariophytina <i>Medlin & Kaczmarska</i>
Class	Bacillariophyceae <i>Haeckel</i>

Diyatomelerin hücre duvarlarındaki silisyum, yoğunluk olarak sudan büyüktür ve suda batma eğilimindedir (Reynolds, 2006). Bunun için mukus salgılayarak ve çeşitli tüp benzeri yapılar geliştirerek substratlara gevşek ya da sıkı bir şekilde tutunarak bentik yaşarlar (Round ve Haphey, 1965; Barber ve Haworth, 1981). Diyatomeler bentik olarak sudaki makrofitlere (epifitik), taşlara (epilitik), kumlara (epipelik), ya da sudaki diğer canlı türlerinin üzerine (epizoik) bağlanabildiği gibi serbest yüzen fitoplankton türleri de bulunmaktadır. Tüm algler arasında akan suların izlenmesi için en uygun olanı diyatomelerdir çünkü tüm nehirlerde yüksek bir çeşitlilikte bulunurlar ve çevresel koşullardaki değişikliklere karşı çok reaktif olmalarıyla birlikte diyatomeler hem sistematik hem de ekolojik açıdan iyi bilinmektedir (Dell'Uomo, 2004). Diyatome türlerinin çeşitliliği ve bolluğu hidrolojik koşullara bağlıdır (Reynolds, 2000, 2006; Hilton ve ark., 2006). Diyatomelerin yaşam döngülerinin kısa olması sebebiyle buldukları sucul ekosistemdeki değişimlere ani tepki gösterirler. Diyatomeler ışık, nem koşulları, sıcaklık, akım hızı, tuzluluk, pH, oksijen, inorganik besinler (karbon, fosfor, nitrojen, silika) ve organik kirlilik dahil olmak üzere birçok çevresel değişkene duyarlıdır (Potapova ve Charles, 2003). Sudaki kimyasal ve fiziksel değişimlere toleransları düşüktür ve dolayısıyla suyun kalitesini belirlemekte öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken canlı grubudur (Descy, 1979, Kelly ve Whitton, 1995). Bu durum su sıcaklığı, su hızı, pH, kirleticiler ve besin tuzları ile birlikte su kalitesinin belirlenmesinde, aynı zamanda su ekosistemlerinin ekolojik durumunun tanımlanmasında da gösterge canlı grubu olarak kullanılmalarına olanak tanır (Rakowska, 2001). Bunun için diyatomeler, sıklıkla su kalitesi değerlendirmesinde biyoindikatör olarak kullanılmaktadırlar. Epilitik diyatomeler

özellikle akarsuların kalitesinin belirlenmesinde ve su kalitesindeki değişimleri izlemede kullanılan öncelikli organizmalardır (Round, 1993). Özellikle düşük, orta ve yüksek fosfor konsantrasyonlarına özgü diyatome toplulukları tanımlanarak indikatör türler belirlenmektedir (Kelly ve ark., 1996).

Diyatomelerin silisli hücre duvarları (frustül), “valva” adı verilen ve birbirine geçebilen iki kapaktan oluşur (Sommer, 1988). Bu iki kapaktaki “strae” adı verilen süsleri sayesinde çeşitli desenler oluşturarak türe özgü morfolojiler gösterirler. Diyatomelerin tanımlanması ve sınıflandırması, silisli hücre duvarı süslerinin türe özgü farklılıklarına ve çeşitliliğine dayanarak yapılmaktadır (Cox, 2012). Hücre duvarı desenlerine, şekil ve boyutlarına göre tanımlanan diyatome türleri tespit edilerek, türün sahip olduğu indeks skoru sayesinde su kalitesinin ekolojik olarak belirlenmesinde rol oynarlar. Diyatomelerin hücre duvarları batma eğiliminde olduğundan diyatomelerin yaşamı son bulduğunda 2 kapaktan oluşan hücre duvarları suda çöker, sedimentte birikerek tortul kayaçların yapısına katılır ve uzun yıllar bu kapaklar korunarak fosilleşir. Bu sebeple fosil diyatomeler tortul kayaçların ana bileşenidir (Jones ve ark., 2014). Eğer diyatome türlerin ekolojileri biliniyorsa, bu fosil topluluğunun kapak desenleri incelenerek geçmişteki suyun kalitesi ve geçmişteki çevre koşulları tahmin edilebilmektedir (Smol ve Stoermer, 2010).

1.4. Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyatome İndeksleri

Avrupa Su Çerçeve Direktifi’ne göre akarsuların kalite tayininde fitobentoz olarak sıklıkla taşlara yapışık olarak yaşayan “epilitik” diyatome türlerinin teşhisi ve sayımı yapılmaktadır. Teşhisi ve sayımı yapılan diyatomelerin çeşitli indeksler kullanılarak su kalitesinin ekolojik durumu, “çok iyi, iyi, orta, kötü, çok kötü” olarak tespit edilmektedir. Suların ekolojik durumunun tayini için farklı bilim insanları tarafından birçok indeks geliştirilmiştir. Bilim insanları su kalitesi çalışmalarında tek bir indeks çeşidi kullanmak yerine bilim dünyasınca kabul görmüş birçok indekse göre de sonuç elde etmeye çalışmaktadır. Lecointe ve ark., (1993) tarafından farklı ülkelerin sularının kalitesini belirlemede kullanılabilen ve tüm indeksleri ayrı ayrı hesaplayabilen OMNIDIA bilgisayar programı geliştirilmiştir. Sürekli güncellenen OMNIDIA programı, IBD, IPS, IDG, Descy, Sla, IDSE, IDAP, EPID, Lobo, DI-CH, Rott, TIRott-SI, TDIL, WAT, TDI, IDP, SHE başta olmak üzere 22 farklı indeksin çalışılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede program diyatome verilerini tüm indeks çeşitlerine

göre değerlendirip ayrı ayrı sonuç vermekte ve birbirlerine göre kıyaslama yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Türkiye'nin su kalitesi çalışmalarının su organizmalarına göre yeniden yapılandırılması gerekmektedir (Solak ve Acs, 2011). Bunun için 2000'li yıllardan sonra Türkiye'de diyatome indeksleri kullanılarak su kalitesinin izlenmesine dayalı olarak yapılan çalışmalar her geçen gün artış göstermiştir. Türkiye tatlı sularının kalitesini belirlemek amacıyla Trophic Index Türkiye (TIT) geliştirilmiştir (Çelekli ve ark., 2019).

1.5. Diyatomeler ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesine İlişkin Literatür Özeti

Van Dam ve ark. (1994) Hollanda'nın tatlı sularında, 377'sini kendilerinin tespit ettiği 56 cins 776 türe ait 948 diyatome taksonuna yönelik belirledikleri ekolojik gösterge değerlerini bilim dünyasına sunmuşlardır.

Potapova ve ark. (2004) Kuzey Piedmont bölgesindeki (Kuzeydoğu ABD) nehirlerden toplanan 155 bentik diyatome örneğini tespit ederek bu diyatomelerin sularda ölçülen toplam fosfora (TP) göre indikatör değerlerini belirlemişlerdir.

Kawecka ve ark. (1996), Kwandras ve ark. (1998), Rakowska (2001), Rakowska ve Szczepocka (2011), Szczepocka ve Szulc (2009), Noga ve ark. (2014), Polonya'nın çeşitli akarsularında su kalitesinin belirlenmesi için çalışmalar yürütmüşler ve Polonya nehirleri için uygun indeksleri belirlemişlerdir.

Salomoni ve ark. (2006) epilitik diyatomelerin organik kirliliğin göstergesi olarak potansiyel kullanımını test ederek Brazilya'daki Gravataí Nehri üzerinde değerlendirmişlerdir.

Wang ve ark. (2005) ABD'nin iç platosunda yaptıkları çalışmada Biyolojik Bütünlük İndeksi-Index of Biotic Integrity (IBI)'ni geliştirmek için 59 diatom örneği incelemişler ve IBI puanları belirleyerek, bu puanlara göre referans ve bozulmuş sular arasında farklılık olduğunu tespit etmişlerdir. Geliştirilen IBI'nın, akarsu ve havza yönetimi için yararlı bir araç olabileceğini söylemişlerdir.

Kelly ve Whitton (1995), Avrupa Topluluğu Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi kapsamında İngiltere ve Galler'deki nehirlerin ötrifikasyonunu belirlemek için TDI (Trofik Diyatome İndeksi-Trofic Diatom Index)'i geliştirmişlerdir. 86 takson tanımlayarak sudaki fosfora göre gösterge değerlerini belirlemişlerdir. Besin tuzu

miktarı arttıkça kirliliğe toleranslı türlerin oranında artış olduğunu söylemişlerdir. Bu indeks Avrupa sularında en çok kullanılan indekslerden biri olmuştur. Kelly ve ark. (1996) ve Kelly ve ark. (2008), İngiltere nehirlerinin bentik diyatomelere göre su kalitesini belirledikleri çalışmalarda elde ettikleri verileri TDI değerlerini geliştirmek için kullanmışlardır.

Lenoir ve Coste (1996) Fransa sularına özgü bir diyatome indeksi geliştirmek için Biyolojik Diyatome İndeksi (IBD) üzerinde çalışmışlardır. Daha sonra Prygiel ve Coste (2000) bu indeksi geliştirmişlerdir.

Dell'Uomo (2004), yirmi yıllık bir çalışmanın sonucunda İtalya sularının biyolojik izlenmesi için EPI-D (Ötrofikasyon/Kirlilik İndeksi) diyatome indeksini geliştirmiştir. Daha sonra Torrisi ve Dell'Uomo (2006) İtalya'daki yedi nehir üzerinde bu indeksi test ederek 209 takson tanımlamışlar ve indeksin nehirlerin ekolojik durumunu tahmin etmede başarılı olduğunu görmüşlerdir.

Blanco ve ark. (2008), İber yarım adasında (Kuzey Batı İspanya) Duero Havzası'nda IPS (The Indice de Polluo-Sensibilité Spécifique), CEC (Commission of Economical Community Index) ve IBD indekslerini kullanarak yaptıkları su kalitesi tayininde 429 diyatome taksonu belirleyerek çevresel parametrelerle IPS indeksinin daha olumlu korelasyon gösterdiğini söylemişlerdir.

Álvarez-Blanco ve ark. (2013) Kuzeybatı İspanya'nın Duero havzasında Duero Diatom Endeksi'ni (DDI) geliştirmek için yaptıkları çalışmada 355 epilitik diyatome örneği toplayarak 137 diyatome taksonu tespit etmişler ve buradaki çevresel değişkenlere ait optimum ve tolerans değerlerini belirlemişlerdir. Tüm bu verileri DDI'yi geliştirmek için kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda geliştirdikleri indeksin IPS indeksinden su kimyası ile daha olumlu korelasyon gösterdiğini söylemişlerdir.

Jakovljević ve ark. (2016), Sırbistan'daki Mlava Nehri'nin ekolojik durumunu tayin etmek için yaptıkları çalışmada çevresel parametrelerle EPI-D, IPS ve IBD indekslerinin korelasyon gösterdiğini ve yıl boyunca bu nehrin I ve II. Sınıf su kalitesinde olduğunu söylemişlerdir.

Fransa'nın Vjosa Nehri'nde epifitik diyatome dayalı yapılan su analizinde 5 örnekleme noktasından 3 ayda bir alınan örneklerden 131 diyatome taksonu tespit edilerek su kalitesinin iyi ve mükemmel arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Kupe ve ark., 2023).

Atazadeh ve ark. (2007) Batı İnan'daki Gharasou Nehri'nde yaptıkları çalışmada TDI indeksinin çevresel faktörlere karşı duyarlı olduğunu ve bu indeksin İnan'daki akarsulardaki ekolojik koşulları izlemek için uygun olduğunu söylemişlerdir.

Solak (2011), diyatome indekslerini Yukarı Porsuk Çay'ında uygulamış, 4 farklı indeks kullanmış ve bu indekslerin sonuçlarında anlamlı farklılıklar bularak, Türkiye suları için daha çok veriye ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır.

Toudjanıh ve ark. (2017), Trofik İndeks Türkiye (TIT)'yi geliştirmek için yaptıkları çalışmada Batı Akdeniz Havzası'nda 22 cinse ait 103 tür kaydederek, çevresel parametrelerin diyatome türlerinin ekolojik tercihlerini etkilediklerini belirtmişlerdir. Farklı derelerde ölçtükleri parametreler ve baskın türlere göre TIT değerlerini belirleyerek suların ekolojik durumunu değerlendirmek için TIT'ın uygun bir diometrik ölçü olabileceğini söylemişlerdir.

Winter ve Duthie (2000), Kanada'nın güneyindeki Ontario eyaletindeki 2 akarsudaki toplam nitrojen ve toplam fosfor değerlerinin epilitik diyatome türlerinin dağılımlarını etkilediğini Kanonik Uyum Analizi (CCA) kullanarak gösterirken, bu değerlerin ötrifikasyonu belirlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Gürbüz ve Kıvrak (2002) Karasu Nehri'nde yaptıkları çalışmada 22 cinse ait 73 diyatome taksonu kayda alarak, kirli olduğu tespit edilen istasyonlarda kirliliğe toleranslı türlerin baskın olduğunu ve ölçülen parametrelerle indekslerin korelasyon gösterdiğini söylemişlerdir.

Kalyoncu ve ark. (2009), Darıören ve Isparta akarsularında diyatome indekslerine dayanarak yaptıkları su kalitesi tayininde 32 cinse ait 110 diyatome taksonunu tespit ederek çevresel parametreler ile yüksek korelasyon gösteren indekslerin DICH (Swiss Diatom Index), TI (Trophic Index) ve SI (Saprobic Index) indeksleri olduğunu belirlemişlerdir.

Çetin ve ark. (2021) Kızılırmak Havzası'nda yaptıkları 33 nehirde toplam 97 örneği inceleyerek 215 diyatome türünün tespitini yapmışlardır. Çevresel parametrelerle en yüksek korelasyonun EPI-D, IPS, IBD ve TI indeksleri ile görüldüğünü, Kızılırmak havzasındaki fitobentoz açısından ekolojik durum değerlendirmesi için en yüksek korelasyon gösteren EPI-D indeksinin kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Kalyoncu ve ark. (2004), Ağlasun Deresi'nde (Isparta) epilitik algleri kullanarak su kalitesini belirlemişlerdir. Farklı istasyonlarda su kalitesini I. ya da II. su kalitesinde

bulmuşlardır. 75 takson tespit edip, kirlilik artıkça tür sayının azaldığını ortaya koymuşlardır.

Karacaoğlu ve Dalkıran (2017), Nilüfer Çayı havzasında yaptıkları çalışmada 12 farklı örnekten 50 cinse ait toplam 134 epilitik diyatome taksonu kaydetmişlerdir. Kayda aldıkları kirliliğe toleranslı türlerin parametrelerle yüksek korelasyon gösterdiğini saptayarak suyun mabadan mansapa doğru kirlendiğini tespit etmişlerdir.

Taş ve ark. (2021), Elekçi Deresi'nde epilitik algleri kullanarak yaptıkları su kalitesi tayininde 93 takson belirlemiş ve çeşitlilik indeksine göre "orta kalitede", çeşitli fizikokimyasal parametrelere göre I. ve II. sınıf su kalitesinde ve farklı indekslere göre "mükemmel" kalitede su kalite değerleri bulmuşlardır.

Akarçay Havzası'ndaki derelerde, Ongun-Sevindik ve ark. (2023a) tarafından yapılan çalışmada 18 farklı diyatome indeksi kullanılmış, çevresel parametrelerle SHE ve ROTIt (Rott's Trophic Index) indekslerinin yüksek ve iyi ekolojik durumu gösterdiğini tespit etmişlerdir. Akarçay Havzası'nda ileride yapılacak çalışmalar için yüksek kalite gösteren örnekleme alanlarının referans alanları olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Ongun-Sevindik ve ark. (2024), Asi havzasında 157 diyatome taksonu kayda alarak yaptıkları çalışmada toplam fosfor ile LOBO (Trophik-Saprobik İndeksi) indeksinin yüksek korelasyon gösterdiğini söylemişlerdir. Brezilya'nın yüzey tatlı sularını değerlendirmek amacıyla geliştirilen LOBO'nun, ilk defa Türkiye'deki bir havzada toplam fosfor ile yüksek korelasyonunun görüldüğünü belirtmişlerdir.

Aynı zamanda başka bir çalışmada Ongun Sevindik ve ark. (2023b), Akarçay ve Asi Havzası'ndaki göllerin ekolojik kalitesini değerlendirmek için farklı diyatome indekslerini denemiş ve TDIL (Trophic Diatom Index for Lakes) indeksinin göllerin ekolojik kalitesini tespit etmede başarılı olduğunu dile getirmişlerdir.

Ongun-Sevindik ve ark. (2021), Sapanca Gölü'ne dökülen 8 derenin epilitik diyatomeları kullanarak su kalitesinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, 132 diyatome taksonu tespit ederek fizikokimyasal parametreler ve diatome indekslerine göre suyun kalitesini "1 ve 2. Sınıf" olarak değerlendirmişlerdir.

Ongun-Sevindik ve ark. (2023c), Sakarya Nehri Havzasının yüksek rakımlı derelerinde fizikokimyasal parametrelerle birlikte diyatome indeksleri de kullanarak

belirledikleri 13 referans alanının, Türkiye'deki başka nehirlerde yapılabilecek çalışmalarda kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Solak ve ark. (2020), Sakarya Nehri Havzası'nda inceledikleri akarsuların su kalitesini orta veya düşük kalitede bulmuşlar, havzadaki sadece birkaç istasyonun "iyi" kalitede olduğunu tespit etmişlerdir.

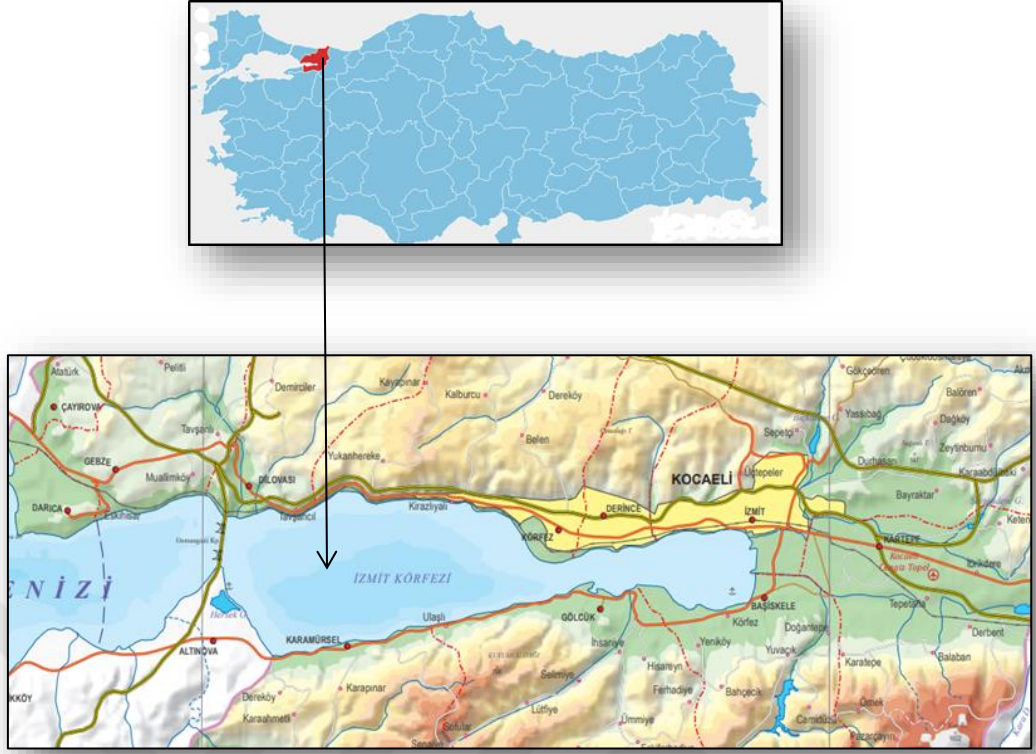
Yalova ve Kocaeli ili sınırlarında akan Yalakdere'nin su kalitesi bentik diyatomeler kullanılarak yapılan değerlendirme sonucu yüksek su kalitesinde değerlendirilirken, 27 cinse ait toplam 86 diyatome taksonu tespit edilmiştir (Hasret, 2017).

Yüce ve ark. (2021), Ballıkayalar Göleti ve Deresi alg florası ve su kalitesi üzerinde bir çalışma yaparak 20 diyatome taksonu belirleyip suyu "II. Kalite" sınıfında değerlendirmişlerdir.

Tükenmez (2019), farklı mevsimlerde Dil Deresi'nde yaptığı yüksek lisans çalışmasında tüm çalışma boyunca 55 diyatome türü tespit etmiştir. Farklı indeksler kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında istasyonların su kalitesinin "kötü" olduğunu belirtmiştir.

1.6. İzmit Körfezi

İzmit Körfezi, Kocaeli'nin tüm ilçelerini içine alan sınırlar içinde bulunan Marmara Denizi'nin en doğu kısmıdır (Şekil.1.2.). Kocaeli ili, Marmara Bölgesi'nin Çatalca - Kocaeli Bölümü'nde, 29° 22' - 30° 21' doğu boylamı, 40° 31' - 41° 13' kuzey enlemi arasında yer alır. Kuzey batıda İstanbul, doğusunda Sakarya, güneybatısında Yalova ve güneyinde ise Bursa ile komşudur. Güneyinde Marmara Denizi, kuzeyinde ise Karadeniz'le çevrilidir. Marmara'da iç deniz özelliği gösteren İzmit Körfezi, ilin güney kıyılarını oluşturur. Asya ile Avrupa'yı birleştiren önemli bir yol kavşağında bulunmaktadır. Doğal bir liman olan İzmit Körfezi işlek bir deniz yoludur. Kocaeli il sınırlarından İzmit Körfezine 32 dere dökülmektedir (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 2024). Büyükşehir Belediyesi başta olmak üzere, İzmit, Derince, Körfez, Gebze, Gölcük, Karamürsel, Kandıra, Başiskele, Kartepe, Çayırova, Darıca ve Dilovası olmak üzere toplam 12 belediyesi bulunmaktadır. 3.505,00 km² yüzölçümüne sahiptir. Kocaeli'nin nüfusu, TÜİK (2023) verilerine göre 2 milyon 102 bin 907'dir. Kilometrekareye düşen kişi sayısı 582 kişi ile Kocaeli, nüfus yoğunluğu bakımından İstanbul'dan sonra 2. en yüksek ildir.



Şekil 1.2. İzmit Körfezi Haritası (MSB, Harita, Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır, 2022)

Konumu, metropol bir şehir olan İstanbul'a olan yakınlığı, doğal limanı (İzmit Körfezi) ve ulaşım imkânları nedeniyle Kocaeli'de sanayinin 1960 sonlarında gelişmeye başladığı ve bu tarihten sonra sanayi kentine dönüştüğü görülmektedir. 14 Organize Sanayi Bölgesi, 37 liman ve iskelesi bulunmaktadır. Kocaeli Sanayi Odasına kayıtlı toplam 3.585 sanayi kuruluşu bulunmaktadır (Kocaeli Sanayi Odası, 2024). Yoğun nüfusu, sanayi ve endüstriyel faaliyetlerle İzmit körfezi çevre kirliliği ile sık sık gündeme gelmektedir.

1.7. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, İzmit Körfezi'ne dökülen 8 derenin ve bu dereler üzerindeki toplam 13 istasyonun mevsimsel olarak 4 ayrı dönem boyunca fiziksel ve kimyasal parametrelerle birlikte bu istasyonlardaki epilitik diyatome tür çeşitliliği ve bolluğu tespit edilerek bu sonuçların 18 farklı diyatome indeksinde değerlendirilmesi sonucunda bu derelerin ekolojik olarak su kalitesini belirlemektir. Antropojenik etkinin çok yoğun olduğu, kısmen etkili olduğu ve olmadığı noktalardan su ve epilitik diyatome örnekleri alınarak derelerin ve istasyonların sıcaklık, çözünmüş oksijen,

elektriksel iletkenlik, pH, toplam fosfor, ortofosfat, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat ve silika değerlerini belirleyerek bu unsurların diyatome tür çeşitliliğini ve bolluğunu nasıl etkilediği tespit edilecektir. Ayrıca istasyonların su kalitesini belirlemek suretiyle istasyonlar ve dereler arasındaki farklılıkları görerek bu derelerin İzmit Körfezi'ne dolayısıyla Marmara Denizi'ne nasıl bir kirlilik yükü bıraktığı veya bırakacağı hususunda bir fikre sahip olacağımız öngörülmektedir. Aynı zamanda bu çalışmanın indekslerin ekolojik durum tahminindeki performanslarını karşılaştırmaya ve Türkiye i sularına uygun diyatome indeksinin hangisi olabileceği konusunda fikir edinmeye olanak sağlayacağı öngörülmektedir.



2. MATERYAL VE METOD

2.1. Derelerin Konumu, Koordinatları ve Genel Özellikleri

İzmit Körfezi'nin kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda bulunan dereler üzerindeki istasyonlarda çalışılarak kapsamlı bir veri alanı oluşturulmuştur. Örnek alınan dereler ve dereler üzerindeki istasyonlar Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. İzmit körfezine dökülen 8 dere ve istasyonun konumu

DSİ (2021, 2022) verilerine göre çalışılan derelerin genel coğrafi ve limnolojik özellikleri aşağıdaki gibidir (Tablo 2.1.).

Tablo 2.1. Derelerin ve istasyonların genel özellikleri ve koordinatları (DSİ, 2022)

Dere	İstasyon	Koordinat (UTM-30- 3 ITRF)	Uzunluk (km)	Debi m ³ /Sn	İlçe
Ballıkaya	1	Y459038.00 X4522518.00	9,51		Gebze
Saç	2	Y446227.00 X4520399.00	9,75	99	Çayırova
Dil	3	Y460352.00 X451607.300	17	478	Dilovası

Tablo 2.1. (Devamı) Derelerin ve istasyonların genel özellikleri ve koordinatları (DSİ, 2022)

Çınarlı	4 (aşağı)	Y487871.00 X4517589.00	16	88	Derince
	5 (yukarı)	Y487986.00 X4514016.00			
Yırım	6 (aşağı)	Y504808.00 X4516210.00	28	775	İzmit
	7 (yukarı)	Y500681.00 X4514936.00			
Kiraz	8 (aşağı)	Y499190.00 X4506954.00	47,75	597	Başiskele
	9 (yukarı)	Y497466.00 X4511099.00			
Hisar	10 (aşağı)	Y486327.00 X4505157.00	13,562	307	Gölcük
	11 (yukarı)	Y487734.00 X4509348.00			
Değirmen	12 (aşağı)	Y481414.00 X4508059.00	6,5	77	Gölcük
	13 (yukarı)	Y481615.00 X4509282.00			

Ballıkaya Deresi üzerinde seçilen 1. istasyon, Ballıkayalar Tabiat parkının içerisinde insan etkisinden uzak bir noktada bulunmaktadır. Bu dere, aşağı havzasında Dil Deresi ile birleşip körfeze dökülmektedir. 2. istasyonun üzerinde bulunduğu Saz Deresi, Çayırova ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Bu derenin uzandığı hat boyunca kuzeyden güneye kadar etrafında her türden sanayi kuruluşu bulunmaktadır. Saz Deresi ilçe sınırları içerisinde körfeze dökülmektedir. 3. istasyonun üzerinde bulunduğu Dil Deresi, Dilovası ilçesi içinden geçmekte olup etrafında sadece sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Derenin etrafında boya fabrikalarının yoğunlukla bulunduğu göze çarpmaktadır. Bu dere de ilçe sınırları içerisinde körfeze

dökülmektedir. 4. istasyonun üzerinde bulunduğu Çınarlı Deresi, Derince ilçesi sınırları içinde olup, istasyonun seçildiği nokta mesire alanı olarak kullanılan yaprak dökken ormanlık alan içinde bulunmaktadır. 5. istasyon, Çınarlı Deresi'nin aşağı kolunda bir nokta olup bu istasyonun etrafında yerleşim yerleri bulunmaktadır. 6. istasyon Yırım Deresi'nin yukarı kolu üzerinde olup insan etkisinden kısmen uzak bir noktada bulunmaktadır. Noktanın seçildiği yerin biraz uzağında küçük bir yerleşim yeri bulunmaktadır. 7. istasyon, Yırım Deresi'nin aşağı havzası üzerinde olup, istasyonun seçildiği yerin yakınında demir-çelik fabrikası ve otomotiv sanayinin bulunduğu görülmektedir. 8. istasyon, Kiraz Deresi'nin yukarı havzası üzerinde olup, derenin daha yukarı havzasında Yuvacık Barajı bulunmaktadır. 9. istasyon, Kiraz Deresi'nin aşağı havzası üzerinde olup, istasyonun etrafında fabrikalar bulunmaktadır. Özellikle plastik ve lastik fabrikaların yoğun olarak bulunduğu göze çarpmaktadır. 10. istasyon, Hisar Deresi'nin yukarı havzası üzerinde olup, Gölcük ilçesi sınırları içinde kalmaktadır ve tamamen insan etkisinden uzak bir noktadır. 11. istasyon, Hisar Deresi'nin aşağı havzası üzerinde olup, etrafında otomotiv sanayisinin olduğu görülmektedir. 12. İstasyon, Değirmen Deresi'nin havzası üzerinde olup, insan etkisinden uzak bir noktadadır. 13. istasyon, Değirmen Deresi'nin aşağı havzası üzerinde olup, etrafında yerleşim alanları bulunmaktadır.

2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Örneklenmesi

2.2.1. Su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen ve pH

Derelere ait 13 istasyonun sıcaklık (Sıc), çözülmüş oksijen (ÇO), elektriksel iletkenlik (Eİ) ve pH değerleri, Kasım 2022, Şubat 2023, Mayıs 2023 ve Ağustos 2023'te olmak üzere dört mevsim boyunca YSI Pro-Plus su kalitesi ölçüm sondası ile arazide ölçülerek kaydedildi (Şekil.2.2.). Sadece 11. istasyonun yaz dönemi örnekleri derenin kurumuş olmasından dolayı ölçülemedi.



Şekil 2.2. İstasyonlarda çevresel parametrelerin ölçülmesi ve su örneklerinin alınması

2.2.2. Kimyasal parametrelerin Analizi

Çalışma süresi boyunca 13 istasyon üzerinden 4 mevsim olmak üzere toplam 51 su örneği alınmıştır. Alınan su örnekleri ışık geçirmeyecek bir şekilde koyu renkli plastik şişelere konularak uygun bir şekilde laboratuvara taşındı. Ortofosfat (PO_4-P), Nitrit azotu (NO_2-N), Nitrat azotu (NO_3-N), Sülfat (SO_4) ve Silika (SiO_2) analizleri yapılmadan önce su örnekleri Whatman GF/C filtre kâğıdı kullanılarak süzüldü. Toplam Fosfor (TP), Ortofosfat (PO_4-P), Nitrit azotu (NO_2-N), Nitrat azotu (NO_3-N), Sülfat (SO_4) ve Silika (SiO_2) analizleri spektrofotometrik olarak standart methodlara göre yapıldı (Strickland ve Parsons, 1972; Technicon Industrial Methods, 1977 a,b) (Şekil.2.3.).



Şekil 2.3. Laboratuvarda yapılan kimyasal analizler

2.2.2.1. Ortofosfat (PO₄-P) analizi

0, 0,25, 0,5, 1, 2, ve 5 mL olmak üzere 6 adet seri şişesi hazırlanarak şişelere 50'şer mL saf su konuldu. Çalışma solüsyonu hazırlandı. Bunun için stok solüsyonu elde

edildi. (24,393 gr KH_2PO_4 + 800 mL saf su + 1mL H_2SO_4). Bu solüsyon 1/1000 oranında seyreltilerek çalışma solüsyonu elde edildi. Seri şişelerinden üzerlerinde yazan değer kadar saf su çıkarılarak şişelere çıkarılan saf su kadar çalışma solüsyonu eklendi.

13 istasyon için 13 şişe hazırlandı. Şişelere örnek sularından 50'şer mL konuldu. Çözelti karışımı hazırlanarak (100 mL amonyum molibdat çözeltisi, 250 mL sülfirik asit çözeltisi, 100 mL askorbik asit çözeltisi, 50 mL potasyum antimonil tartarat çözeltisi) hem seri hem de örneklerin bulunduğu şişelere 5'er mL eklendi. 5 dakika beklendikten sonra $\text{PO}_4\text{-P}$ derişimi spektrofotometrik olarak 720 nm'de ölçüldü.

2.2.2.2. Toplam fosfor (TP) analizi

0, 0,25, 0,5, 1, 2, ve 5 mL olmak üzere 6 adet seri şişesi hazırlandı. Seriler için stok solüsyonu hazırlandı (24,393gr KH_2PO_4 + 800 mL saf su + 1mL H_2SO_4). Stok solüsyonunun 1/1000 oranında seyreltilmesi ile çalışma solüsyonu elde edildi. Serilerin bulunduğu şişelere 50mL saf su konuldu ve şişelerin üzerinden seri değeri kadar saf su çıkarılarak çıkarılan saf su kadar çalışma solüsyonu eklendi.

Analizi yapılacak 13 istasyon için 13 erlen hazırlandı. Daha sonra hem serilere hem de örneklere 1'er mL potasyum persülfat çözeltisi eklendi. Toplam 19 şişe ağızları açık bir şekilde hassas terazide tartılıp 120 °C'de bir gece etüvde bekletildi. Etüvden çıkarılan şişeler tekrar tartıldı ve buharlaşan miktarda kadar üzerine saf su eklendi. Ortofosfat için hazırlanan çalışma çözeltisinden (100 mL amonyum molibdat çözeltisi, 250mL sülfirik asit çözeltisi, 100 mL askorbik asit çözeltisi, 50 mL potasyum antimonil tartarat çözeltisi) 5'er mL eklendi. 5 dakika beklenildikten sonra TP derişimi spektrofotometrik ölçümü 885 nm'de yapıldı.

2.2.2.3. Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$)

Seriler için 0, 0,5, 1, 1,5 ve 2 mL olmak üzere 5 erlen hazırlandı. Stok solüsyonu (2,482 gr L^{-1} NaNO_2 (sodyum nitrit)) 1/1000 oranında seyreltilerek çalışma solüsyonu elde edildi. Serilerin bulunduğu şişelere 50 mL saf su konuldu ve şişelerin üzerinden seri değeri kadar saf su çıkarılarak çıkarılan saf su kadar çalışma solüsyonu eklendi.

13 istasyon için 13 erlen hazırlandı. Örnek sularından erlenlere 50'şer mL konuldu. Daha sonra hem serilere hem de örnek sularının olduğu şişelere 1'er mL sülfanilamid solüsyonu eklendi. 5 dakika beklenildikten sonra 1'er mL N (1-naftil) etilin-diamin

solüsyonu eklendi, karıştırıldı. 10 dakika sonra $\text{NO}_2\text{-N}$ derişimi spektrofotometrik olarak 550 nm dalga boyunda ölçüldü.

2.2.2.4. Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Seriler için 0, 0,25, 1, 2 ve 3 mL olmak üzere 5 erlen hazırlandı. Stok solüsyonunun ($0,722 \text{ gr L}^{-1} \text{KNO}_3$ (potasyum nitrat)) 1/10 oranında seyreltilmesi ile çalışma solüsyonu elde edildi. Serilere saf su eklenmeden üzerlerinde yazan miktar kadar çalışma solüsyonu konuldu.

13 istasyon için erlenler hazırlandı. Örneklerden erlenlere 10'er mL konuldu. Daha sonra hem serilere hem de örnek sularının bulunduğu tüm şişelere 1'er mL sodyum salisilat solüsyonu eklenip 95°C olarak ayarlanan etüvde 1 gece kurutulmaya bırakıldı. Kuruyan şişeler etüvden alınarak zerlerine 1'er mL sülfirik asit eklendi ve çalkalandı. Artından 50mL saf su eklendi. Bundan sonra 7'şer mL sodyum hidroksi-tartarat çözeltisi eklendi. Şişelerde toplam miktarım 100 mL olması için üzerlerine saf su eklendi. Çalkalandıktan sonra $\text{NO}_3\text{-N}$ derişimi spektrofotometrik olarak 420 nm dalga boyunda ölçüldü.

2.2.2.5. Sülfat (SO_4)

Bu analiz için 0, 4, 8, 12 ve 20 mL olmak üzere 5 seri şişesi hazırlandı. Stok çözeltisinin ($1,012 \text{ gr amonyum sülfat} + 50 \text{ mL safsu} + 0,5 \text{ mL HCl}$) 1/100 oranında seyreltilmesi ile çalışma solüsyonu hazırlandı. Serilere 40 mL saf su konuldu.

13 istasyon için şişeler hazırlandı. 40'er mL olacak şekilde örnek suları şişelere konuldu. Tüm şişelere çalışma solüsyonu eklendi. Daha sonra hem seri hem de örnek sularının bulunduğu tüm şişelere 4'er mL 0,5N HCl eklendi ve karıştırıldı. Daha sonra $\text{BaCl}_2\text{-jelatin}$ eklendi ve kuvvetlice çalkalandı. 30 dakika beklenilip çalkalandıktan sonra örneklerin SO_4 derişimi spektrofotometrik olarak 400 nm dalga boyunda ölçüldü.

2.2.2.6. Silika (SiO_2) analizi

Bu analiz için hiçbir cam malzeme kullanılmadı, plastik malzemeler kullanıldı. Önce seriler için 0, 3, 5, 10 ve 15 mL olmak üzere 5 plastik şişe hazırlandı. Stok solüsyonunun ($6,69 \text{ gr L}^{-1} \text{Na}_2\text{SiF}_6$ (sodyum fluosilikat) 1/100 oranında seyreltilmesi ile çalışma solüsyonu elde edildi. Serilerin bulunduğu şişelere 50 mL saf su konuldu

ve şişelerin üzerinden seri değeri kadar saf su çıkarılarak çıkarılan saf su kadar çalışma solüsyonu eklendi.

Analizi yapılacak 13 istasyon için hazırlanan plastik kaplara her istasyon için 50'şer mL örnek suları konuldu. Hem serilere hem de örnek sularının bulunduğu şişelere 2,5 mL amonyum molibdat eklenip 5 dakika beklenildikten sonra 1'er mL hidroklorik asit solüsyonu da eklenip tekrar 5 dakika beklenildi. Ardından 1'er mL oxalik asit çözeltisi eklenerek hiç beklenilmeden örneklerin Silika SiO₂ derişimi spektrofotometrik olarak 420 nm dalga boyunda ölçüldü.

2.3. Epilitik Diyatomelelerin Örneklenmesi, Teşhis Edilmesi ve Sayılması

Su ortamından alınan taş örnekleri plastik bir küvetin içinde konularak üzerine 100 mL kadar su eklendikten sonra fırçalanıp, taşa yapışık olan diyatomelelerin küvetteki suda serbest kalması sağlandı (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Epilitik diyatomelelerin örneklenmesi

Diyatomeleleri içeren su örnekleri saklama şişelerine konularak laboratuvara getirildi ve her örneğin üzerine fiksasyonun sağlanması için lugol-formaldehit çözeltisi eklendi. Diyatomelelerin frustullerinin temizlenmesi için yakma işlemi uygulandı. Bunun için

birkaç gün çökmesi beklenen saklama şişesinin dibinden pipetle 10 mL kadar örnek toplanarak santrifüj tüpüne konuldu ve tüplere 5 mL %10'luk HCl çözeltisi eklendi. Bu şekilde bir gece beklendikten sonra 1000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Dipte kalan diyatomelerin üste kalan kısmı asitten temizlenmek suretiyle pipetle uzaklaştırıldı. Tüplere tekrar 10mL saf su konularak santrifüj edildi ve bundan sonra da dipte kalan diyatomelerin üstündeki saf su uzaklaştırıldı. Bu işlem 2 kere daha tekrarlandıktan sonra dipte kalan diyatomelerin üzerine 10 mL H₂O₂ (hidrojen peroksit) eklendi. Tüpler sıcak su banyosuna konularak 100 °C'de 2 saat bekletildi. Bu işlemden sonra da tekrar santrifüjden geçirilerek H₂O₂ uzaklaştırıldı. 3 defa daha saf su ile yıkama işlemi yapıldı ve her defasında üstte kalan saf su santrifüj işleminden sonra uzaklaştırıldı. Temizlenen diyatome örneklerinin üzerine 10 mL saf su eklenerek cam şişelere döküldü ve şişelerin üzeri etiketlendi (Swift, 1967).

Daimi preparat yapmaya hazır hale gelen diyatome örneklerinden 1 mL lamele döküldükten sonra üzerine 1 mL %70'lik etil alkol damlatılarak lamalar ısıtma tablası üzerine konularak suyun buharlaşması sağlandı. Lamı kapatmak ve yapıştırmak için Naphrax damlatıldı. Naphrax ile kapatılan preparat ısıtma tablası üzerine alındı ve preparatlardaki içerik kaynayınca kadar bekledi. Daha sonra soğuk bir zemin üzerinde mühürleme işlemi yapılan daimî preparat 1 gün kuruması için bekletildi (Şekil.2.5.).



Şekil 2.5. Diyatome örneklerinin tespitte hazır hale getirilmesi

Diyatome örneklerinin teşhisi ve sayımı OLYMPUS BX51 marka araştırma mikroskobu ile yapıldı. Türlerin fotoğrafları Olympus SC100 model kamera ile çekildi. Türlerin teşhisinde LangeBertalot (2001), Lange-Bertalot ve ark. (2017), Krammer (2000, 2002, 2003), Krammer ve Lange-Bertalot (1986, 1991a, 1991b, 1999), ve Bak ve ark. (2012) teşhis anahtarları kullanıldı. Diyatome türlerinin güncel isimleri “Algabase” web sitesinden kontrol edildi (Guiry, 2024). Sayım sırasında her bir preperatta en az 400 diyatome (en fazla 500) frustul sayımı yapılarak türlerin teşhis edildi ve bolluğu kaydedildi.

2.4. Epilitik Diyatomelerin Analiz Yöntemleri

Baskınlık, sıklık, çeşitlilik, düzenlilik ve benzerlik analizleri aşağıdaki metotlarla yapılmıştır. Ayrıca kullanılan diyatome indekslerinin hesaplanmasına ait detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

2.4.1. Baskınlık analizi

Bulunduğu komünitede diğer türlere göre sayıca fazla olan organizma baskın türdür. Çalışmadaki baskın türler aşağıdaki denklemden yararlanılarak tespit edildi (Denklem 1.1.):

$$Baskınlık = \frac{N_a}{N_n} \times 100 \quad (1.1.)$$

Na: A türüne ait birey sayısı

Nn: Tüm örneklerle ait birey sayısı

2.4.2. Sıklık analizi

Bir türün araştırma alanında bulunma yüzdesi o canlının oradaki sıklığı hakkında bilgi verir. Hemen hemen tüm istasyonlarda gözlemlenen bir tür sık bulunan bir tür olma özelliği taşır. Kocataş'a (1996) göre %1-20 arasında bulunan türler nadir tür, %21-40 arasında bulunan türler seyrek tür, %41-60 arasında bulunan türler genellikle bulunan tür, %61-80 arasında bulunan türler çoğunlukla bulunan türler ve %81-100 arasında bulunan türler ise sürekli bulunan türler arasına girerler.

Sıklık hesaplamasında kullanılan denklem aşağıdaki gibidir (Denklem 1.2.):

$$Sıklık (F) = \frac{N_a}{N_n} \times 100 \quad (1.2.)$$

Na: A türünü içeren örnekleme sayısı

Nn: Tüm örnekleme sayısı

2.4.3. Çeşitlilik (diversite) analizi

Tür çeşitliliği indeksi (H'), Shannon ve Weaver (1963) hesaplaması takip edilerek diyatome türlerinin birey sayısı verilerinden OMNIDIA programı kullanılarak hesaplandı (Lecointe ve ark., 1993).

2.4.4. Düzenlilik (evenness) analizi

Düzenlilik indeksi (E) çeşitlilik indeksinin tür sayısına bölünmesi ile bulunur. Sonuç sıfır civarında ise düşük düzenliliği diğer bir deyişle tek tür dominantlığını, bir civarında olması ise her türün düzenliliğini yani eşit bolluğunu gösterir (Routledge 1980, Alatalo 1981). Düzenlilik indeksi (E) OMNIDIA programı kullanılarak hesaplandı (Lecointe ve ark., 1993).

2.4.5. Benzerlik analizi

Bir araştırma alanının tespit edilen türleri yönünden diğer alanlar ile olan benzerliğini karşılaştırmak için yapılan bir analizdir. 13 istasyon arasındaki benzerlik durumu Bray Curtis analizi ile PAST 4.03 paket programı kullanılarak yapıldı (Hammer ve Harper, 2001).

2.4.6. Trofik indeks türkiye (TIT)

Diyatome türleri kullanılarak Türkiyedeki akarsu ve göllerin ekolojik kalite değerlendirilmesinin yapılabilmesi adına Trofik İndeks Türkiye oluşturulmuştur (Çelekli ve ark., 2016, 2022). İndeks hesaplamasında kullanılan denklem aşağıdaki gibidir (Denklem 1.3.):

$$TIT = \frac{\sum_{i=1}^n b_i.e_i.c_i}{\sum_{i=1}^n e_i.c_i} \quad (1.3.)$$

b_i : Türün besin tuzuna (TP) duyarlılık düzeyi (1-5)

E_i : Türün indikatör düzeyi (0-5)

c_i : Diyatome türünün örneklemedeki baskınlık yüzdesi

n : Görülme sayısı

İndeks sonuçları kullanılarak ekolojik kalite durumunun tespit edilmesi için sınıf sınır değerleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. TIT için sınıf sınır değerleri Çelekli ve ark. (2022) (Örnekleme istasyonlarının rakımı; 0-800 m arasında ise TIT R1, 800-1600 m arasında ise TIT R2, 1600 m'den yüksek ise TIT R3 kullanılır)

		TIT R1		TIT R2		TIT R3	
TIT	Ekolojik Kalite Statüsü	Başlangıç (≥)	Son (<)	Başlangıç (≥)	Son (<)	Başlangıç (≥)	Son (<)
		ÇOK İYİ	0	1,65	0	1,6	0
	İYİ	1,65	2,2	1,6	2,1	1,55	2,05
	ORTA	2,2	2,7	2,1	2,6	2,05	2,55
	ZAYIF	2,7	3,3	2,6	3,1	2,55	3,05
	KÖTÜ	3,3		3,1		3,05	
	Rakım (m)	0		800		1600	

2.4.7. Diğer uluslararası indeksler

Diyatomeler kullanılarak farklı ülkelerin su kalitesinin ekolojik değerlendirilmesinin yapılması adına geliştirilen Artois-Picardie Diyatome İndeksi (IDAP) (Prygiel ve ark., 1996), Eutrophication/Pollution İndeksi (EPI-D) (Dell'Uomo 2004), Biological Diyatome İndeksi (IBD) (Coste ve ark., 2009), Steinberg ve Schiefele's İndeksi (SHE) (Steinberg ve Schiefele 1988), Swiss Diyatome İndeksi (DICH) (Hürlimann ve Niederhauser 2002), Watanabe İndeksi (WAT) (Watanabe ve ark., 1990), Specific Pollution Sensitivity İndeksi (IPS) (Cemagref 1982), Sládeček's İndeksi (SLA) (Sládeček 1986), Descy's İndeksi (DES) (Descy 1979), Leclercq ve Maquet Diyatome İndeksi (IDSE) (Leclercq ve Maquet 1987), Generic Diyatome İndeksi (IDG) (Rumeau ve Coste 1988), Metric-European İndeksi (CEE) (Descy ve Coste 1991), Trophic Diyatome İndeksi (TDI) (Kelly ve Whitton 1995), Trophic-Saprobic İndeksi (LOBO) (Lobo ve ark., 2004), Pampean Diyatome İndeksi (IDP) (Gómez ve Licursi 2001), Rott's Saprobic Metric (ROTTs) (Rott ve ark., 1997) ve Rott's Trophic Metric (ROTTt) (Rott ve ark., 1999) indeksleri, OMNIDIA programı kullanılarak hesaplandı (Lecointe ve ark., 1993). Aynı program kullanılarak tüm indeks değerleri 20'lik sisteme çevrildi. İndeks sonuçları kullanılarak ekolojik kalite durumunun tespit edilmesi için sınıf sınır değerleri Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Diyatome indeksleri için sınıf sınır değerleri (Elorenta ve Soinien, 2002; Dumnicka ve ark., 2006)

İndeks Skoru	Ekolojik Statü	Trofi Durumu
>17	Çok iyi	oligotrofi
15–17	İyi	oligo-mesotrofi
12–15	Orta	mesotrofi
9–12	Zayıf	meso-eutrofi
<9	Kötü	eutrofi

2.5. Verilerin Analizi ve İstatiksel Yöntemler

Verilerin normal dağılımına bağlı olarak, fiziksel ve kimyasal parametreler, tür sayısı (richness), tür çeşitliliği (diversite) ve tür düzenliliği (evenness) açısından örnekleme istasyonları arasındaki istatistiksel farklılığı belirlemek için parametrik olmayan Kruskal-Wallis veya parametrik olan varyans analizi (tek yönlü ANOVA) testleri SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapıldı (IBM, 2011). Fiziksel ve kimyasal parametreler ile tür sayısı (richness), tür çeşitliliği (diversite), tür düzenliliği (evenness) ve diyatome indeksleri arasındaki ilişkiyi görebilmek adına Lineer Regresyon analizi SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapıldı (IBM, 2011). Örnekleme istasyonlarının, baskın türlerin, fiziksel ve kimyasal parametrelerin arasındaki ilişkiyi görebilmek için CANOCO paket programı kullanılarak Artıklık Analizi (RDA) yapıldı (ter Braak ve Smilauer, 2002).

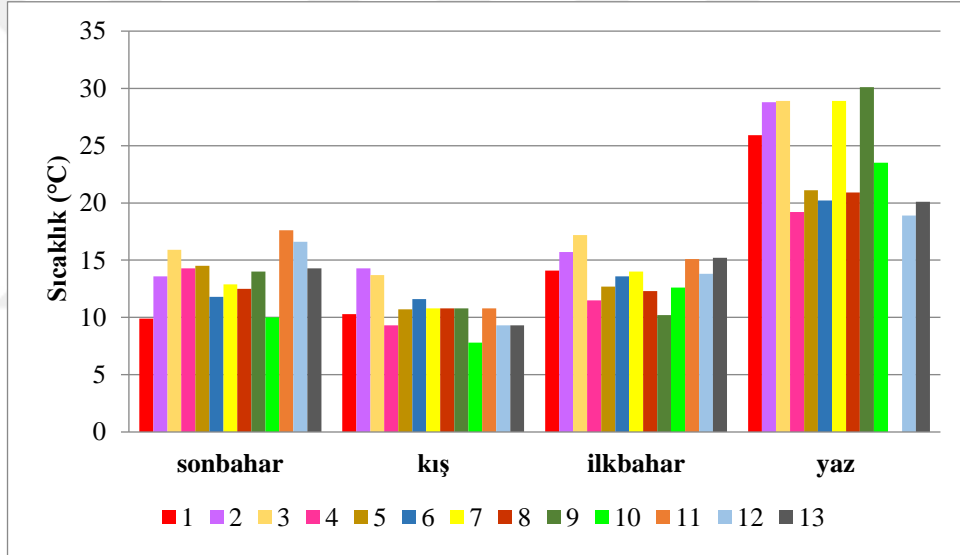


3. BULGULAR

3.1. Fizikokimyasal Parametreler

3.1.1. Sıcaklık

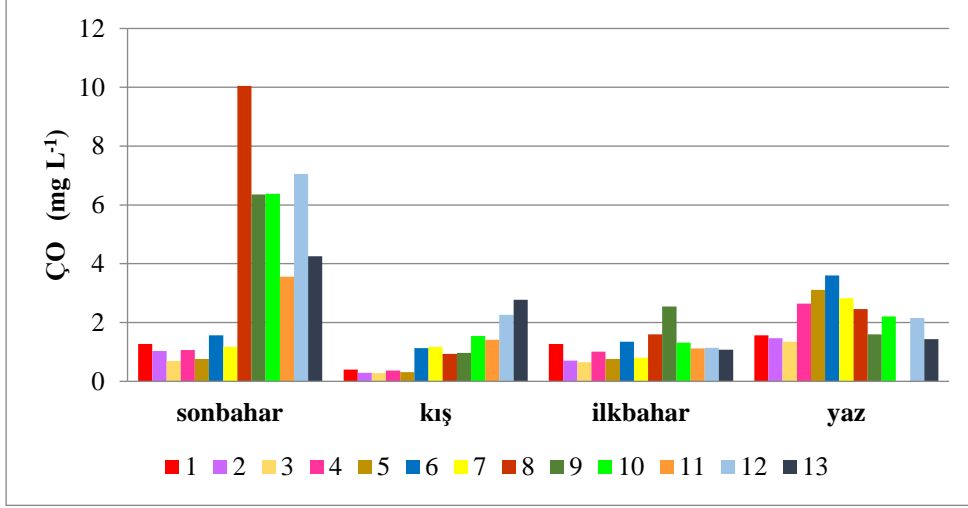
Su sıcaklığı en yüksek 30,1 °C olarak 9. istasyonda, en düşük 7,8 °C olarak 10. istasyonda görülmüştür (Şekil 3.1.). İstasyonlar arasında sıcaklık yönünden istatistiksel açıdan farklılık görülmezken, mevsimler arasında yaz mevsiminin diğer mevsimlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 33,61$, $df = 3$, $p < 0,01$).



Şekil 3.1. Tüm istasyonlarda sıcaklığın mevsimsel dağılımı

3.1.2. Çözünmüş oksijen (ÇO)

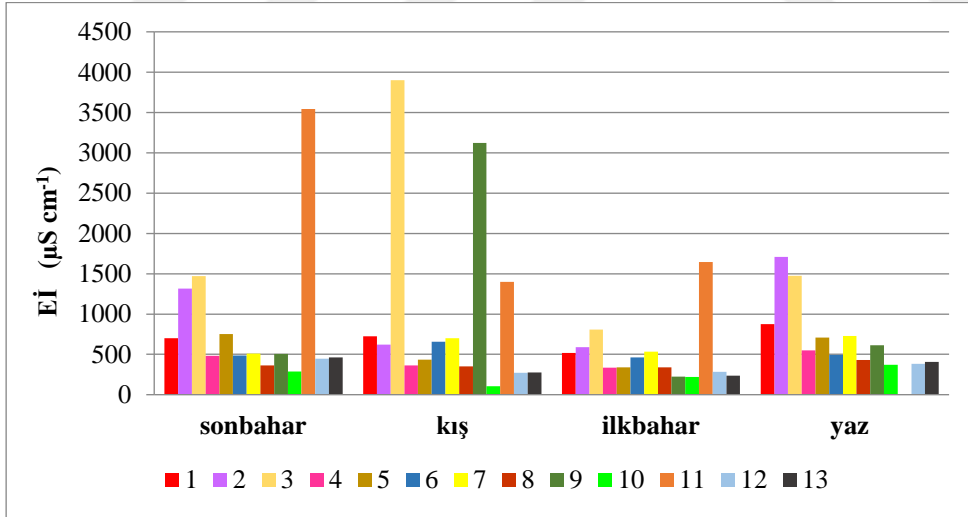
ÇO değerleri 8. istasyonda en yüksek 10,05 mg L⁻¹, 3. istasyonda en düşük 0,28 mg L⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.2.). İstasyonlar arasında ÇO yönünden istatistiksel açıdan farklılık görülmemiştir. Mevsimler arasında sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerden farklı olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 5,899$, $df = 3$, $p < 0,01$).



Şekil 3.2. Tüm istasyonlarda çözülmüş oksijenin (ÇO) mevsimsel dağılımı

3.1.3. Elektriksel iletkenlik (Eİ)

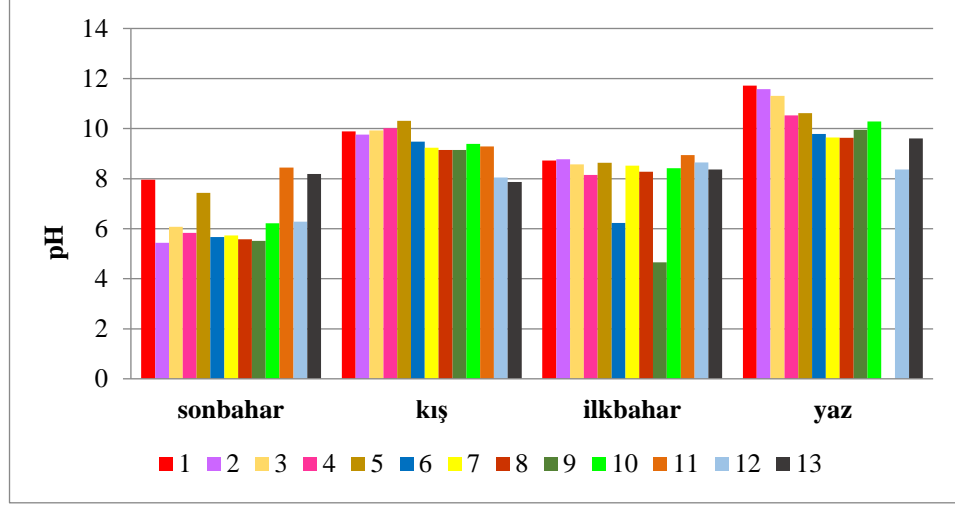
En yüksek Eİ, 3541 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ile 3. istasyonda, En düşük Eİ, 103,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ile 10. istasyonda kaydedilmiştir (Şekil 3.3.). Tüm istasyonlarda Eİ değerleri farklı bulunmuştur (Kruskal Wallis $H_{(1,13)} = 36,39$, $df = 12$, $p < 0,01$). En farklı değerlerin 3 ve 11. istasyonlarda olduğu görülmüştür. Bununla birlikte Eİ değerlerinde mevsimsel farklılık görülmemiştir.



Şekil 3.3. Tüm istasyonlarda elektriksel iletkenliğin (Eİ) mevsimsel dağılımı

3.1.4. pH

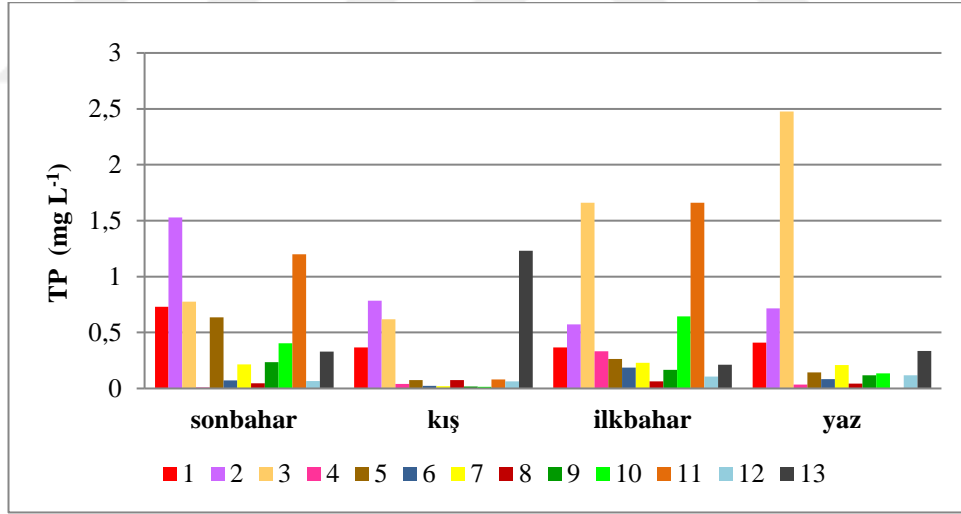
En yüksek pH değeri 11,72 ile 1. istasyonda, en düşük pH değeri ise 4,66 ile 9. istasyonda kaydedilmiştir (Şekil 3.4.). Mevsimler arasında pH değerleri açısından sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinin diğer mevsimlerden daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 31,64$, $df = 3$, $p < 0,01$).



Şekil 3.4. Tüm istasyonlarda pH'ın mevsimsel dağılımı

3.1.5. Toplam fosfor (TP)

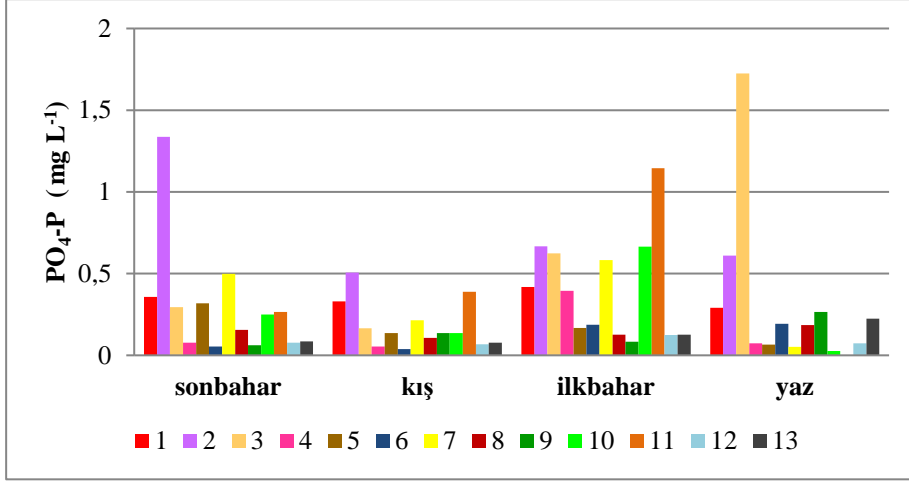
En yüksek TP değeri 3. istasyonda yaz ayında $2,48 \text{ mg L}^{-1}$ olarak, en düşük TP değeri ise 4. istasyonda sonbahar ayında $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.5.). TP değerlerinin 2, 3 ve 11. istasyonlarda yüksek olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,13)} = 31,95$, $df = 12$, $p < 0,01$). TP açısından mevsimsel farklılık görülmemiştir.



Şekil 3.5. Tüm istasyonlarda toplam fosforun (TP) mevsimsel dağılımı

3.1.6. Ortofosfat (PO₄-P)

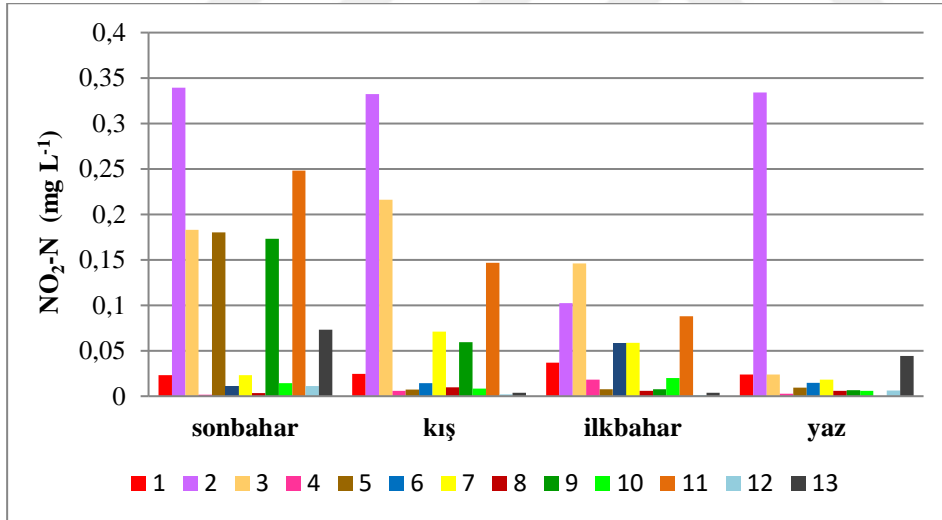
En yüksek PO₄-P değeri 3. istasyonda $1,73 \text{ mg L}^{-1}$ olarak, en düşük PO₄-P değeri ise 10. istasyonda $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.6.). PO₄-P değerleri 2., 3. ve 11. istasyonlarda diğer istasyonlara göre yüksek bulunmuştur (Kruskal Wallis $H_{(1,13)} = 26,00$, $df = 12$, $p < 0,05$). PO₄-P açısından mevsimsel farklılık görülmemiştir.



Şekil 3.6. Tüm istasyonlarda ortofosfatın (PO₄-P) mevsimsel dağılımı

3.1.7. Nitrit azotu (NO₂-N)

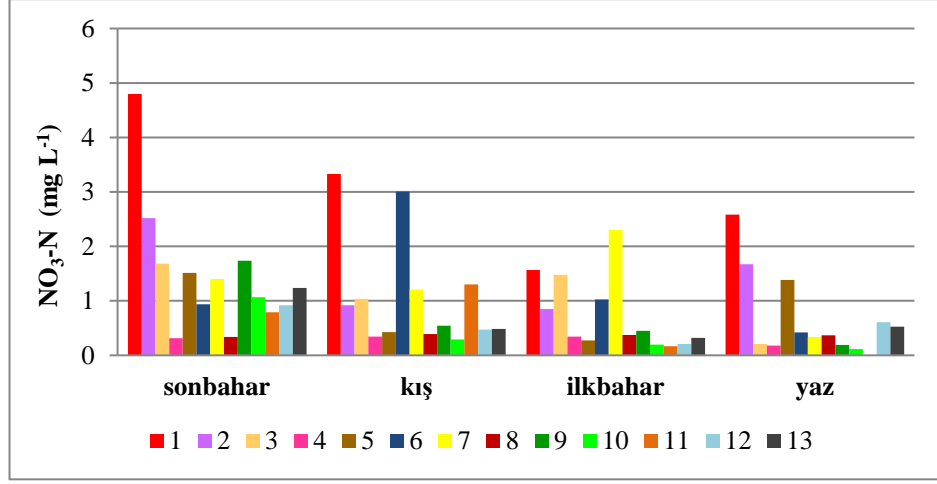
NO₂-N en yüksek 2. istasyonda 0,34 mg L⁻¹ olarak, en düşük ise 0,01 mg L⁻¹ olarak 12. istasyonda ölçülmüştür (Şekil 3.7.). NO₂-N değerleri 2, 3 ve 11. istasyonlarda diğer istasyonlara göre yüksek bulunmuştur (Kruskal Wallis $H_{(1,13)} = 33,34$, $df = 12$, $p < 0,01$). NO₂-N açısından mevsimsel farklılık görülmemiştir.



Şekil 3.7. Tüm istasyonlarda nitrit azotunun (NO₂-N) mevsimsel dağılımı

3.1.8. Nitrat azotu (NO₃-N)

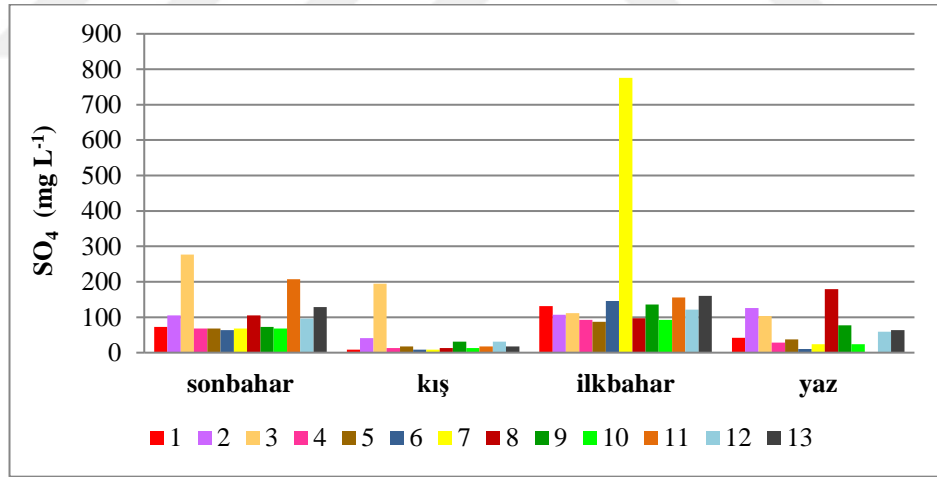
NO₃-N açısından en yüksek değer 1. istasyonda 4,80 mg L⁻¹ olarak, en düşük ise 10. istasyonda 0,12 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.8.). NO₃-N değerleri 1. istasyonda diğer istasyonlardan yüksek bulunmuştur (Kruskal Wallis $H_{(1,13)} = 23,28$, $df = 12$, $p < 0,05$). Mevsimler arasında sonbahar mevsiminin ilkbahar ve yaz mevsiminden farklı olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 9,75$, $df = 3$, $p < 0,05$).



Şekil 3.8. Tüm istasyonlarda nitrat azotunun (NO₃-N) mevsimsel dağılımı

3.1.9. Sülfat (SO₄)

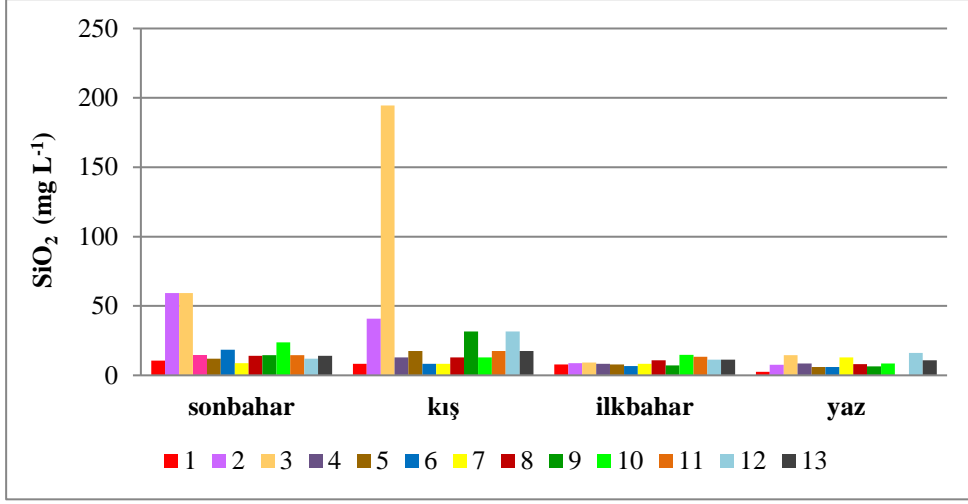
En yüksek SO₄ değeri 7. istasyonda 775,73 mg L⁻¹ olarak, en düşük SO₄ değeri 1, 6 ve 7. istasyonlarda 8,22 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9.). SO₄ açısından istasyonlar arasında fark bulunmamıştır. Mevsimler arasında kış mevsiminin diğer mevsimlere göre daha düşük, ilkbahar mevsiminin diğer mevsimlere göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 22,37$, $df = 3$, $p < 0,01$).



Şekil 3.9. Tüm istasyonlarda sülfatın (SO₄) mevsimsel dağılımı

3.1.10. Silika (SiO₂)

En yüksek SiO₂ değeri 3. istasyonda 194,55 mg L⁻¹ olarak, en düşük ise 1. istasyonda 2,65 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.10.). SiO₂ açısından istasyonlar arasında fark bulunmazken, mevsimsel olarak kış mevsiminin ilkbahar ve yaz mevsiminden farklı olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 15,28$, $df = 3$, $p < 0,01$).



Şekil 3.10. Tüm istasyonlarda silikanın (SiO_2) mevsimsel dağılımı

3.2. Epilitik Diyatome Komünite Yapısı

3.2.1. Diyatomelerin tür kompozisyonu

2022 Kasım ayı ile 2023 Ağustos ayı arasında 13 istasyondan dört ayrı mevsimde alınan örneklerden 347 diyatome taksonu tespit edilmiştir. Tespit edilen türler Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Diyatome tür listesi

Sıra	Takson adı	İstasyonlar												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	<i>Achnanthes</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<i>Achnantheidium caledonicum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1999	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
3	<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1999	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
4	<i>Achnantheidium exile</i> (Kützing) Heiberg 1863	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
5	<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith 1855	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+
6	<i>Achnantheidium</i> sp.	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
7	<i>Achnantheidium affine</i> (Grunow) Czarnecki 1994	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
8	<i>Achnantheidium gracillimum</i> (F.Meister) Lange-Bertalot 2004	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
9	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki 1994	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
10	<i>Achnantheidium minutissimum</i> var. <i>jackii</i> (Rabenhorst) Lange-Bertalot 1989	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) H.Kobayasi 1997	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
12	<i>Achnantheidium saprophilum</i> (H.Kobayashi & Mayama) Round & Bukhtiyarova 1996	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
13	<i>Adlafia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
14	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
15	<i>Amphora</i> sp.	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-
16	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald 1986	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
17	<i>Amphora eileencoxiae</i> Cantonati, Levkov & Lange-Bertalot 2019	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	<i>Amphora eximia</i> J.R.Carter 1974	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
19	<i>Amphora inariensis</i> Krammer 1980	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
20	<i>Amphora indistincta</i> Levkov 2009	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
22	<i>Amphora micra</i> Levkov 2009	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
23	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

24	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow 1875	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	<i>Amphora polonica</i> Zelazna-Wieczorek & Lange-Bertalot 2011	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-
26	<i>Aneumastus</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
27	<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
28	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen 1979	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
29	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
30	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O.Müller) E.Y.Haworth 1990	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
31	<i>Aulacoseria</i> sp.	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
32	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson 1901	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
33	<i>Brachysira exilis</i> (Kützing) Round & D.G.Mann 1981	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
34	<i>Brachysira zellensis</i> (Grunow) Round & D.G.Mann 1981	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
35	<i>Caloneis</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	<i>Caloneis aerophila</i> W.Bock 1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
37	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve 1894	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
38	<i>Caloneis lancettula</i> (P.Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski 1996	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
39	<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer 1985	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
41	<i>Caloneis strelnikovae</i> Z.Levkov & D.M.Williams 2014	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg 1854	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
43	<i>Cocconeis</i> sp.	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
44	<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve 1882	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
45	<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg 1849	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46	<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer 1990	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-
47	<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer 1990	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg 1838	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
49	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
50	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>klinoraphis</i> Geitler 1927	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
51	<i>Craticula accomoda</i> (Hustedt) D.G.Mann 1990	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

52	<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D.G.Mann 1990	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
53	<i>Craticula buderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot 2000	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann 1990	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
55	<i>Craticula minusculoides</i> (Hustedt) Lange-Bertalot 2001	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
56	<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E.Wetzel & Ector 2015	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
57	<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round 1988	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
58	<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
59	<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt 1937	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
60	<i>Cymatopleura</i> sp.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith 1851	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
62	<i>Cymbella affinis</i> Krammer 2002	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
63	<i>Cymbella</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	<i>Cymbella affinis</i> Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
65	<i>Cymbella cymbiformis</i> C.Agardh 1830	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
66	<i>Cymbella excisa</i> Kützing 1844	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
67	<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske 1923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
68	<i>Cymbella lanceolata</i> C.Agardh 1830	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
69	<i>Cymbella metzeltinii</i> Krammer 2002	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck 1880	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
71	<i>Cymbella turgidula</i> Grunow 1875	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
72	<i>Cymbella vulgata</i> Krammer 2002	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
73	<i>Cymbopleura</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
74	<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer 2003	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
75	<i>Cymbopleura inaequalis</i> (Ehrenberg) Krammer 2003	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	<i>Cymbopleura kuelbsii</i> Krammer 2003	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
77	<i>Denticula tenuis</i> Kützing 1844	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-
78	<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing 1844	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
79	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

80	<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) D.M.Williams 2012	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-
81	<i>Diatoma moniliformis</i> subsp. <i>ovalis</i> (F.Fricke) Lange-Bertalot, Rumrich & G.Hofmann 1991	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	<i>Diatoma problematica</i> Lange-Bertalot 1993	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
83	<i>Diatoma vulgare</i> Bory 1824	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
84	<i>Diploneis</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
85	<i>Diploneis oculata</i> (Brébisson) Cleve 1894	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
86	<i>Diploneis parva</i> Cleve 1891	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
87	<i>Diploneis subovalis</i> Cleve 1894	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88	<i>Ellerbeckia arenaria</i> (D.Moore ex Ralfs) Dorofeyuk & Kulikovskiy 2012	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
89	<i>Encyonema</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	<i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow 1875	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
91	<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing 1849	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
92	<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig, & M.Menezes 2013	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
93	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann 1990	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
94	<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer 1997	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
95	<i>Epithemia sorex</i> Kützing 1844	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	<i>Eunotia</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
97	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & D.G.Mann 1990	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
98	<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow) D.G.Mann 1990	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
99	<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Kützing) Lange-Bertalot 1997	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
100	<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot 1997	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
101	<i>Fragilaria</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
102	<i>Fragilaria austriaca</i> (Grunow) Lange-Bertalot 2000	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
103	<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, C.Delgado, Novais & S.Blanco 2015	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
104	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	<i>Fragilaria perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot 2000	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	<i>Fragilaria radians</i> (Kützing) D.M.Williams & Round 1988	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
107	<i>Fragilaria recapitellata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin 2009	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

108	<i>Fragilaria rhabdosoma</i> Ehrenberg 1832	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
109	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson 1913	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
110	<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot 1980	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
111	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen 1938	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
112	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni 1891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
113	<i>Geissleria acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin 1996	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
114	<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy & Kociolek 2020	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
115	<i>Gomphonella calcarea</i> (Cleve) R.Jahn & N.Abarca 2019	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
116	<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst 1853	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
117	<i>Gomphonella olivaceoides</i> (Hust.) Tuji 2020	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
118	<i>Gomphonella olivaceolacua</i> (Lange-Bertalot & E.Reichardt) R.Jahn & N.Abarca 2019	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
119	<i>Gomphonema</i> sp.	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
120	<i>Gomphonema acidoclinatum</i> Lange-Bertalot & E.Reichardt 2004	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-
121	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg 1832	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
122	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1864	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
123	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg 1841	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
124	<i>Gomphonema auritum</i> A.Braun ex Kützing 1849	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
125	<i>Gomphonema baicalodemersum</i> M.S.Kulikovskiy, J.P.Kociolek, C.N.Solak & A.M.Glushchenko 2023	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
126	<i>Gomphonema cymbelliclinum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot 1999	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
127	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt 1996	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-
128	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
129	<i>Gomphonema innocens</i> E.Reichardt 1999	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+
130	<i>Gomphonema italicum</i> Kützing 1844	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
131	<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing 1844	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
132	<i>Gomphonema lateripunctatum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot 1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
133	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing 1844	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
134	<i>Gomphonema minutum</i> (C.Agardh) C.Agardh 1831	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

135	<i>Gomphonema pala</i> E.Reichardt 2001	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
136	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
137	<i>Gomphonema procerum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot 1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
138	<i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt 1993	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
139	<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot 1979	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
140	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) E.Reichardt & Lange-Bertalot 1991	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
141	<i>Gomphonema saprophilum</i> (Lange-Bertalot & E.Reichardt) Abraca, R.Jahn, J.Zimmermann & Enke 2014	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
142	<i>Gomphonema subclavatum</i> var. <i>mexicanum</i> (Grunow) R.M.Patrick 1961	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
143	<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow) Fricke 1902	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+
144	<i>Gomphonema utae</i> Lange-Bertalot & E.Reichardt 1999	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
145	<i>Gomphonema vibrio</i> Ehrenberg 1843	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
146	<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal 2003	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
147	<i>Grunowia tabellaria</i> (Grunow) Rabenhorst 1864	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
148	<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve 1894	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
149	<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+
150	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
151	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
152	<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivant & Wormley) C.S.Boyer 1922	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
153	<i>Gyrosigma sciotoense</i> (W.S.Sullivant) Cleve 1895	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
154	<i>Hantzchia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
155	<i>Halamphora</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
156	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.Agardh) Mereschkowsky 1903	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
157	<i>Halamphora holsatica</i> (Hustedt) Levkov 2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
158	<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov 2009	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+
159	<i>Halamphora normanii</i> (Rabenhorst) Levkov 2009	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
160	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick 1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
161	<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot 1993	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

162	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
163	<i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch) Grunow 1877	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
164	<i>Hantzschia marina</i> (Donkin) Grunow 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
165	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski 1996	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
166	<i>Humidophila</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
167	<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová 2014	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
168	<i>Iconella bifrons</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov 2016	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
169	<i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov 2016	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
170	<i>Iconella splendida</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov 2016	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
171	<i>Indiconema difforme</i> (B.Karthick & Kociolek) B.Karthick & Kociolek 2023	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
172	<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova 1999	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
173	<i>Karayevia kolbei</i> (Hustedt) Bukhtiyarova 1999	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
174	<i>Karayevia suchlandtii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova 1999	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
175	<i>Kobayasiella parasubtilissima</i> (H.Kobayasi & T.Nagumo) Lange-Bertalot 1999	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
176	<i>Kolbesia gessneri</i> (Hustedt) Aboal 2003	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
177	<i>Lemnicola</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
178	<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson 1997	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
179	<i>Lindavia balatonis</i> (Pantocsek) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson 2015	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
180	<i>Luticola</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
181	<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) D.G.Mann 1990	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
182	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund 2017	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
183	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann 1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
184	<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D.G.Mann 1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
185	<i>Luticola rojkoviensis</i> Hindáková & T.Noga 2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
186	<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G.Mann 1990	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
187	<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) K.Bruder & Medlin 2008	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
188	<i>Mayamaea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

189	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot 1997	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
190	<i>Mayamaea lacunolaciniata</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot 1997	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
191	<i>Melosira varians</i> C.Agardh 1827	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
192	<i>Meridion constrictum</i> Ralfs 1843	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
193	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.Agardh 1831	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
194	<i>Navicula metareichardtiana</i> Lange-Bertalot & Kusber 2019	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
195	<i>Navicula</i> sp.1	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
196	<i>Navicula</i> sp. 2	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
197	<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & U.Rumrich 2000	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+
198	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot 2000	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
199	<i>Navicula breitenbuchii</i> Lange-Bertalot 2001	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	<i>Navicula capitatoradiata</i> H.Germain ex Gasse 1986	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
201	<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman 1963	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
202	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
203	<i>Navicula cryptofallax</i> Lange-Bertalot & G.Hofmann 1993	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
204	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot 1985	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+
205	<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot 1993	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
206	<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot 1985	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
207	<i>Navicula germainii</i> J.H.Wallace 1960	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
208	<i>Navicula gregaria</i> Donkin 1861	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
209	<i>Navicula lundii</i> E.Reichardt 1985	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+
210	<i>Navicula menisculus</i> Schumann 1867	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
211	<i>Navicula moskalii</i> Metzeltin, Witkowski & Lange-Bertalot 1996	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
212	<i>Navicula phyllepta</i> Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
213	<i>Navicula phylleptosoma</i> Lange-Bertalot 1999	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
214	<i>Navicula radiosa</i> Kützing 1844	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
215	<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1985	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
216	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing 1844	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

217	<i>Navicula rostellata</i> Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+
218	<i>Navicula salinarum</i> Grunow 1880	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
219	<i>Navicula simulata</i> Manguin 1942	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+
220	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory 1822	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
221	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot 1980	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+
222	<i>Navicula trophicatrix</i> Lange-Bertalot 1996	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
223	<i>Navicula veneta</i> Kützing 1844	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+
224	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg 1838	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
225	<i>Navicula wildii</i> Lange-Bertalot 1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
226	<i>Neidium dubium</i> (Ehenberg) Cleve 1894	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
227	<i>Neosynedra delicatissima</i> (Proshkina-Lavrenko) Bukhtiyarova 2006	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
228	<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot 1980	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
229	<i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt 1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
230	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow 1862	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-
231	<i>Nitzschia media</i> Hantzsch 1860	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+
232	<i>Nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
233	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith 1853	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
234	<i>Nitzschia acula</i> (Kützing) Hantzsch 1861	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
235	<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt 1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
236	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow 1862	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
237	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt 1930	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
238	<i>Nitzschia captiva</i> D.G.Mann, Trobajo, Witkowski, Nor. Yamada & J.J.Bolton 2023	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
239	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch 1860	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
240	<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst 1860	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
241	<i>Nitzschia commutata</i> Grunow 1880	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
242	<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector 2008	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
243	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst 1860	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
244	<i>Nitzschia dubia</i> W.Smith 1853	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

245	<i>Nitzschia filiformis</i> (W.Smith) Van Heurck 1896	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
246	<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow 1881	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+
247	<i>Nitzschia fonticoloidea</i> Sovereign 1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
248	<i>Nitzschia fossilis</i> (Grunow) Grunow 1881	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
249	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
250	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch 1860	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
251	<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow 1862	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
252	<i>Nitzschia humbergiensis</i> Lange-Bertalot 1978	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
253	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
254	<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith 1853	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
255	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith 1856	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
256	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow 1880	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
257	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow 1881	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+
258	<i>Nitzschia perminuta</i> Grunow 1881	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
259	<i>Nitzschia pura</i> Hustedt 1954	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
260	<i>Nitzschia pusilla</i> Grunow 1862	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
261	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst 1862	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
262	<i>Nitzschia regula</i> Hustedt 1922	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
263	<i>Nitzschia reversa</i> W.Smith 1853	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
264	<i>Nitzschia sigmaidea</i> (Nitzsch) W.Smith 1853	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
265	<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt 1957	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
266	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt 1930	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
267	<i>Nitzschia subtilis</i> (Kützing) Grunow 1880	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
268	<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot 1979	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
269	<i>Nitzschia terrestris</i> (J.B.Petersen) Hustedt 1934	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
270	<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow 1880	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
271	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot 1978	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
272	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch 1860	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

273	<i>Nitzschia wuellerstorffii</i> Lange-Bertalot 1987	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
274	<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs 1861	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
275	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing 1849	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
276	<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács 2016	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
277	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske 1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
278	<i>Pinnularia perinterrupta</i> Krammer 2000	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
279	<i>Placoincis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
280	<i>Placoneis anglophila</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 2005	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
281	<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox 1988	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
282	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1999	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
283	<i>Planothidium joursacense</i> (Héribaud) Lange-Bertalot 1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
284	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot 1999	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
285	<i>Planothidium rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot 1999	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
286	<i>Platessa oblongella</i> (Østrup) C.E.Wetzel, Lange-Bertalot & Ector 2017	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
287	<i>Platessa conspicua</i> (Ant.Mayer) Lange-Bertalot 2004	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
288	<i>Playaensis citrus</i> (Krasske) E.Reichardt 2018	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
289	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère 1982	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
290	<i>Psammothidium altaicum</i> (V.S.Poretzky) Bukhtiyarova 1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
291	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round 1996	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
292	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W.Smith) E.Morales 2003)	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
293	<i>Pseudostaurosira subconstricta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Genkal 2011	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
294	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round 1988	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
295	<i>Reimera</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
296	<i>Reimeria sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer 1987	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-
297	<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero & Ferrario 1993	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
298	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot 1980	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
299	<i>Sellaphora chistiakovae</i> (M.Kulikovskiy & Lange-Bertalot) C.E.Wetzel, Ector, B.Van de Vijver, Compère & D.G.Mann 2015	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

Tablo 3.1.(Devamı) Diyatome tür listesi

328	<i>Surirella terricola</i> Lange-Bertalot & E.Alles 1996	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
329	<i>Surirella visurgis</i> Hustedt 1957	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
330	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
331	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round 1986	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-
332	<i>Tabularia tabulata</i> (C.Agardh) Snoeijs 1992	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
333	<i>Tetracyclus rupestris</i> (Kützing) Grunow 1881	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
334	<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith 1853	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
335	<i>Tryblionella angustatula</i> (Lange-Bertalot) Cantonati & Lange-Bertalot 2017	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
336	<i>Tryblionella apiculata</i> W.Gregory 1857	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
337	<i>Tryblionella calida</i> (Grunow) D.G.Mann 1990	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
338	<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara 1873	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
339	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli 1942	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
340	<i>Tryblionella gracilis</i> W.Smith 1853	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
341	<i>Ulnaria delicatissima</i> var. <i>angustissima</i> (Grunow) Aboal & P.C.Silva 2004	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
342	<i>Ulnaria oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal 2003	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
343	<i>Ulnaria</i> sp.	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-
344	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal 2003	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-
345	<i>Ulnaria biceps</i> (Kützing) Compère 2001	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
346	<i>Ulnaria delicatissima</i> (W.Smith) Aboal & P.C.Silva 2004	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
347	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Toplam		115	57	70	89	89	117	95	161	142	109	79	70	93

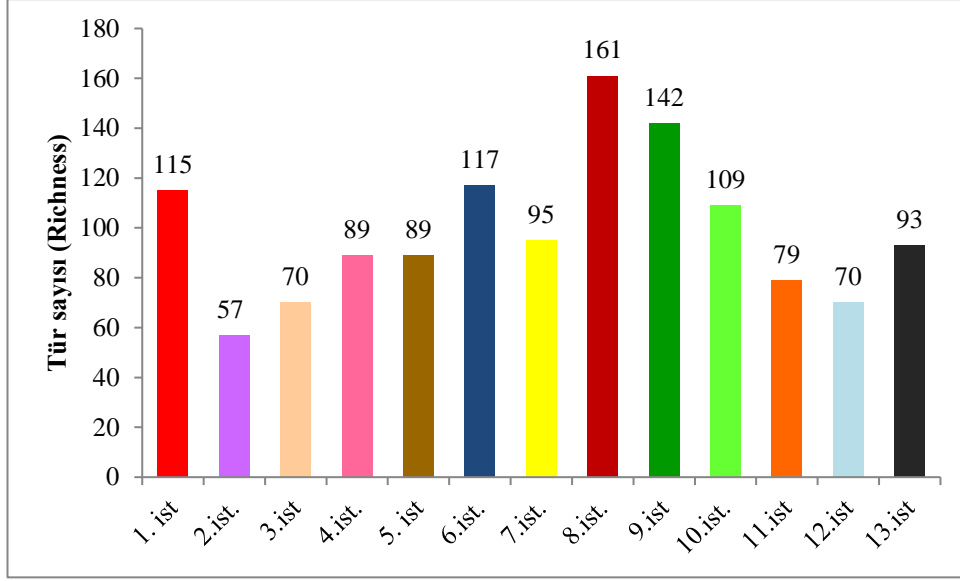
3.2.2. Diyatome tür çeşitliliğinin dağılımı ve tür sayısı (Richness)

51 örneklem alanından alınan diyatome türlerinin 34 ayrı familyaya ait olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.2.).

Tablo 3.2. Belirlenen diyatome türlerinin ait olduğu familyalar

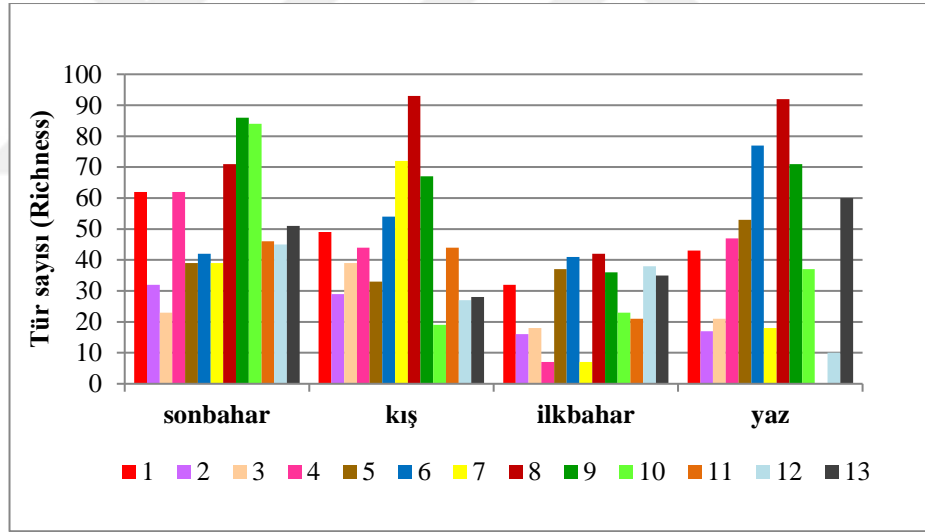
Achnanthaceae	Diploneidaceae	Rhoicospheniaceae
Achnanthidiaceae	Eunotiaceae	Rhopalodiaceae
Amphipleuraceae	Eupodiscaceae	Sellaphoraceae
Anomoeoneidaceae	Fragilariaceae	Stauroneidaceae
Aulacoseiraceae	Gomphonemataceae	Staurosiraceae
Bacillariaceae	Mastogloiaceae	Stephanodiscaceae
Brachysiraceae	Melosiraceae	Surirellaceae
Catenulaceae	Naviculaceae	Tabellariaceae
Cocconeidaceae	Naviculales	Thalassiosiraceae
Cymbellaceae	Neidiaceae	Ulnariaceae
Cymbellales	Pinnulariaceae	
Diadesmidaceae	Radialiplicataceae	

Çalışma süresince; 1. istasyonda 25 familya, 48 cinse ait 115 tür, 2. istasyonda 19 familya, 22 cinse ait 57 tür, 3. istasyonda 21 familya, 28 cinse ait 70 tür, 4. istasyonda 19 familya, 27 cinse ait 89 tür, 5. istasyonda 21 familya, 27 cinse ait 89 tür, 6. istasyonda 21 familya, 36 cinse ait 117 tür, 7. istasyonda 21 familya, 37 cinse ait 95 tür, 8. istasyonda 24 familya, 52 cinse ait 161 tür, 9. istasyonda 24 familya, 42 cinse ait 142 tür, 10. istasyonda 20 familya, 30 cinse ait 109 tür, 11. istasyonda 19 familya, 30 cinse ait 79 tür, 12. istasyonda 18 familya, 24 cinse ait 70 tür, 13. istasyonda 19 familya, 30 cinse ait 93 tür olmak üzere toplam 34 familyaya ait 347 takson kayda alınmıştır (Şekil 3.11.). En yüksek tür sayısı 161 tür ile 8. istasyonda, daha sonra 9. 6, 1 ve 10. istasyonlarda görülmüştür. En düşük tür sayısının 57 taksonla 2. istasyonda olduğu belirlenmiştir. Tür sayısı açısından 8. ve 2. istasyonların diğer istasyonlardan farklı olduğu görülmüştür ($F = 2,43$, $df = 12$, $p < 0,05$).



Şekil 3.11. Tüm istasyonda tespit edilen diyatome tür sayısı (Richness)

Tür sayının mevsimsel olarak sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Kruskal Wallis $H_{(1,4)} = 11,24$, $df = 3$, $p < 0,05$) (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Tüm istasyonlarda tür sayısının (Richness) mevsimsel dağılımı

Tüm çalışma boyunca kayda alınan bazı türleri Şekil 3.13'te gösterilmiştir.

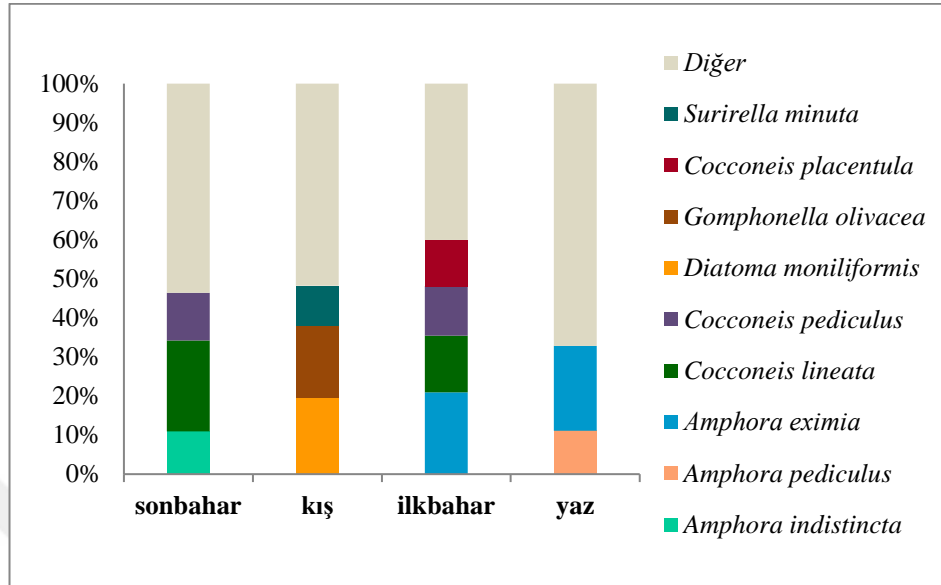


Şekil 3.13. Çalışmamızda tespit edilen bazı diyatome örnekleri (soldan sağa: *Melosira varians*, *Strauneis acuta*, *Surirella librile*, *Pleurosira laevis*, *Surirella ovalis*, *Gomphonema lagenula*, *Cocconeis* sp., *Grunowia tabellaria*, *Caloneis silicula*, *Meridion circulare*)

3.2.3. Diyatomelerin baskınlık değerleri

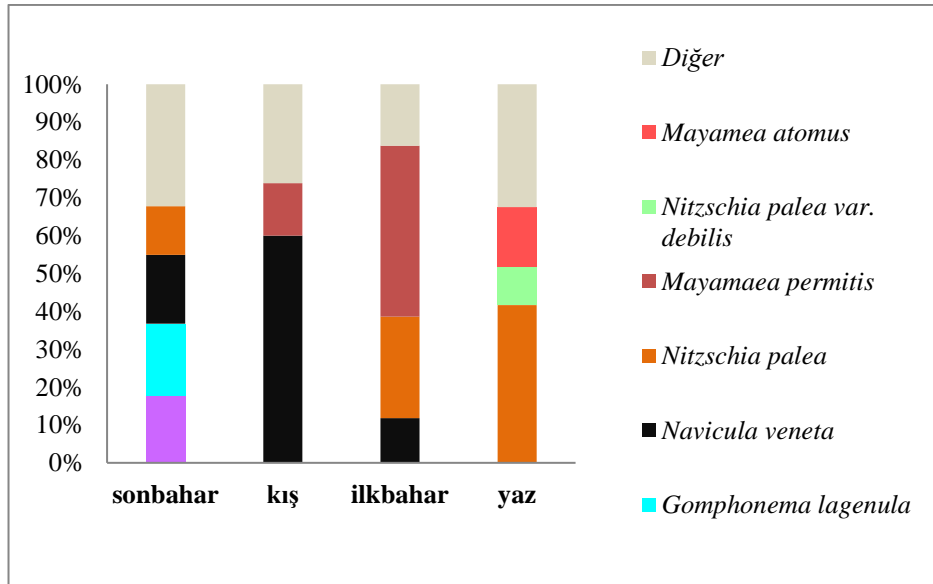
Tüm istasyonlarda dört mevsim boyunca 42 farklı tür baskınlık göstermiştir.

1. istasyonda yıl boyunca 9 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.14.). Bu istasyonda özellikle *Amphora eximia* ve *Cocconeis lineata* türlerinin farklı mevsimlerde baskınlığı görülmektedir.



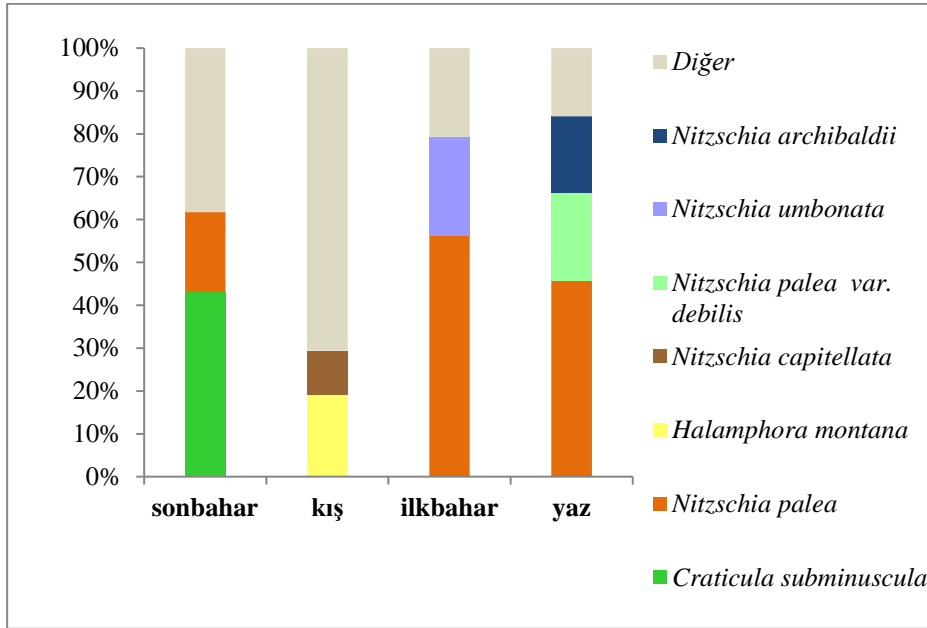
Şekil 3.14. 1. istasyondaki baskın türlerin mevsimsel dağılımı

2. istasyonda yıl boyunca 6 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.15.). Bu istasyonda özellikle *Navicula veneta*, *Nitzschia palea* ve *Mayamaea permitis* türlerinin farklı mevsimlerde baskınlığı görülmektedir.



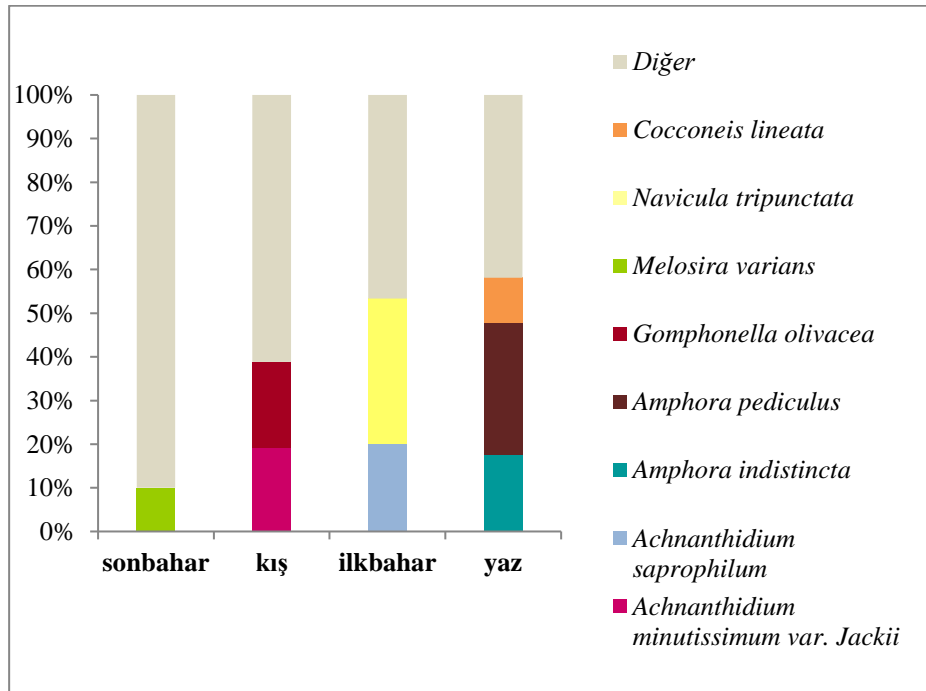
Şekil 3.15. 2. istasyondaki baskın türlerin mevsimsel dağılımı

3. istasyonda yıl boyunca 7 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.16.). *Nitzschia palea*'nın farklı mevsimlerde, *Craticula subminuscula*'nın ise sonbaharda baskınlık gösterdiği görülmektedir.



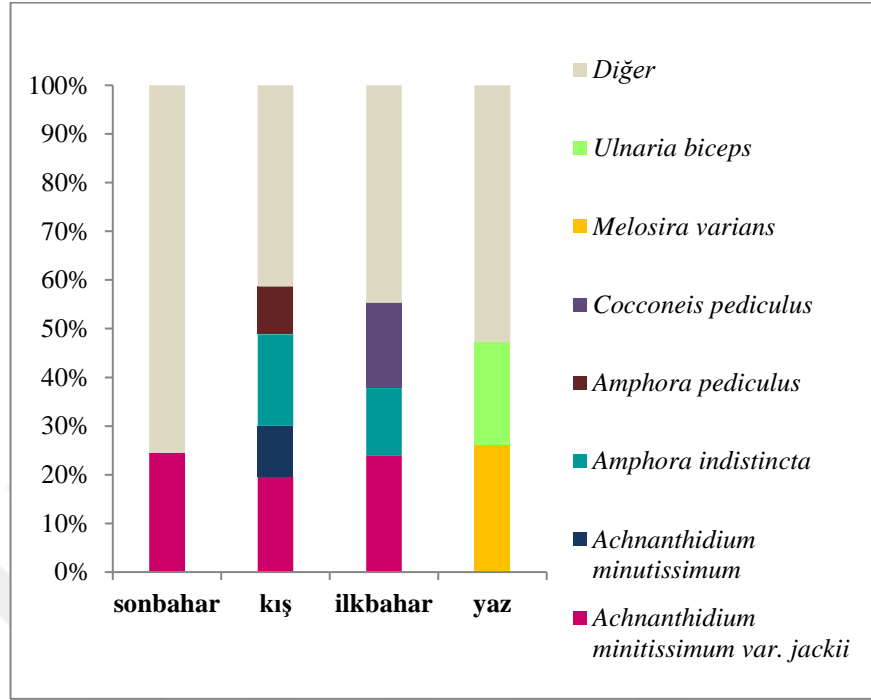
Şekil 3.16. 3.istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

4. istasyonda yıl boyunca 8 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.17.). Farklı mevsimlerde *Amphora pediculus* ve *Navicula tripunctata* baskın olmuştur.



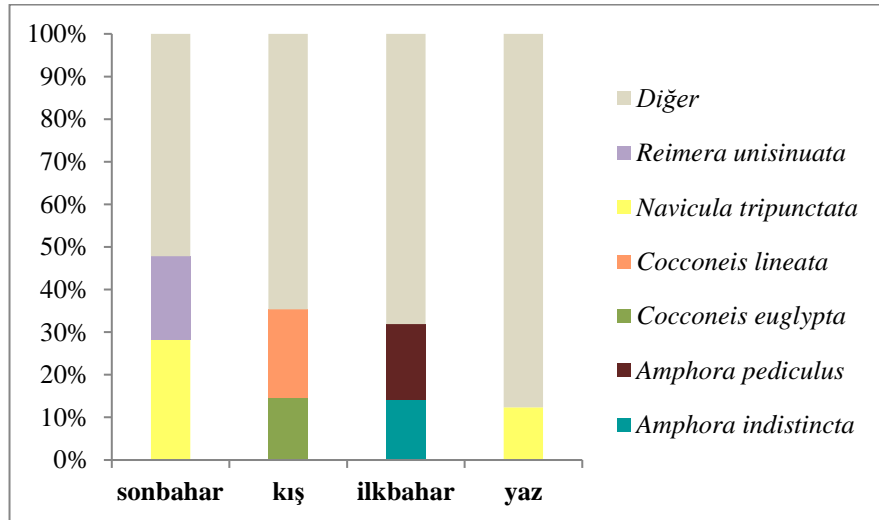
Şekil 3.17. 4. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

5. istasyonda yıl boyunca 7 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.18.). En çok baskın olan türler *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* ve *Amphora indistincta* olmuştur.



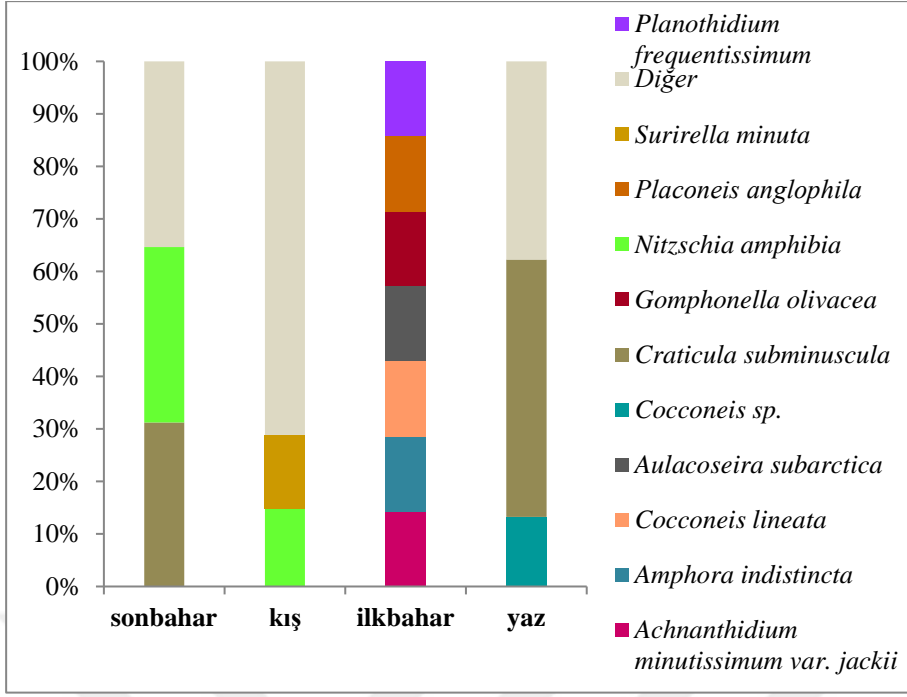
Şekil 3.18. 5. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

6. istasyonda yıl boyunca 6 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.19.). En çok baskınlık gösteren türler *Navicula tripunctata* ve *Cocconeis lineata* olmuştur.



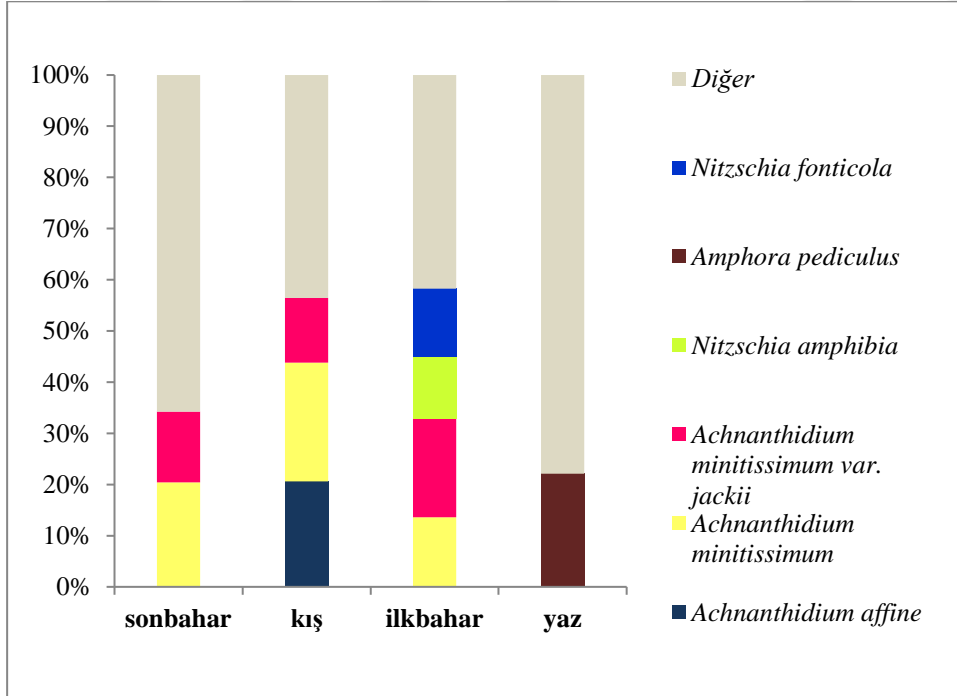
Şekil 3.19. 6. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

7. istasyonda yıl boyunca 9 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.20.). En çok baskınlık gösteren türler *Craticula subminuscula* ve *Nitzschia amphibia* olmuştur.



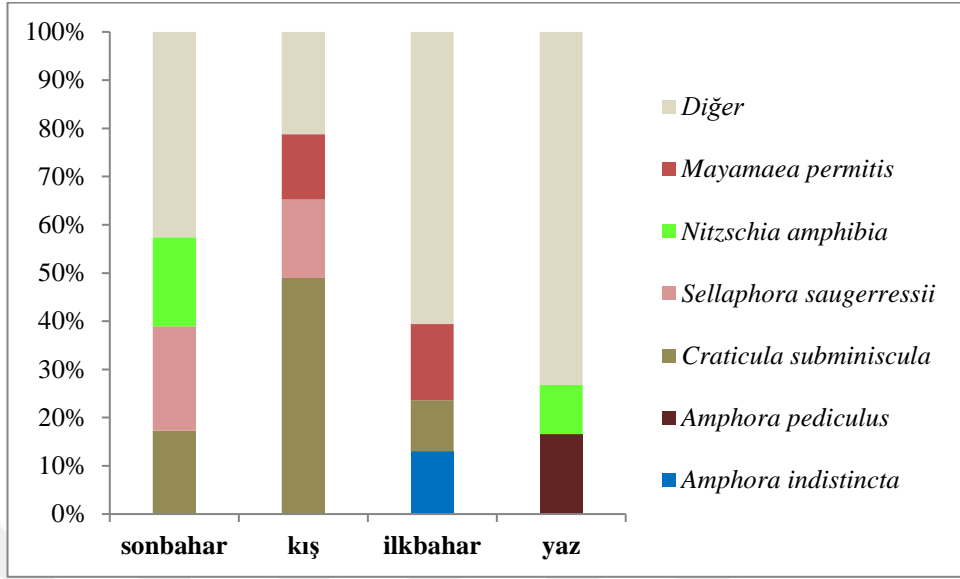
Şekil 3.20. 7. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

8. istasyonda yıl boyunca 6 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.21.). En çok baskınlık gösteren türler *Achnantheidium minutissimum* ve *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* olmuştur.



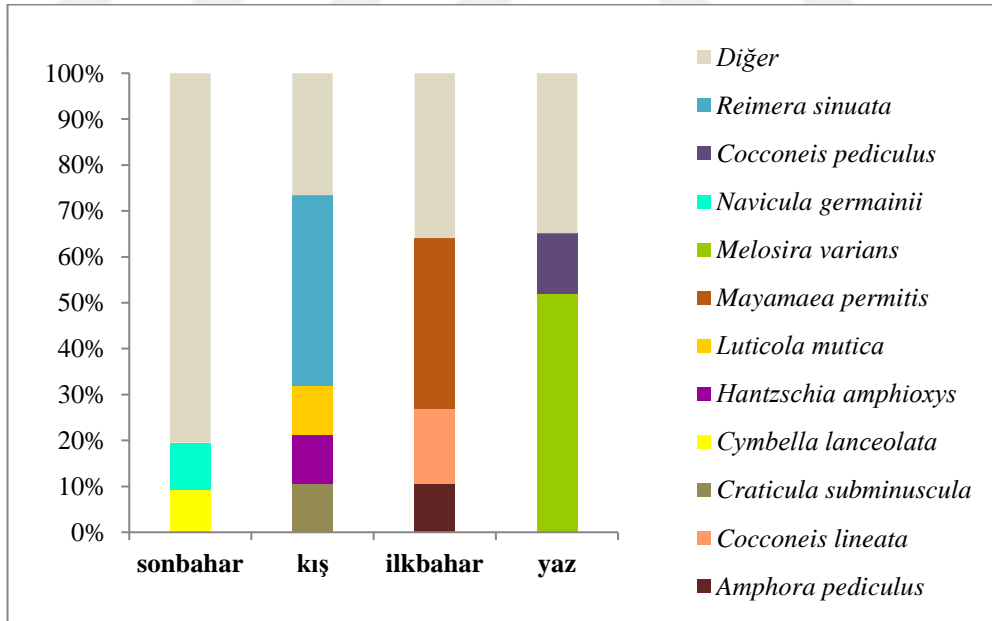
Şekil 3.21. 8. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

9. istasyonda yıl boyunca 6 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.22.). En çok baskınlık gösteren türler *Craticula subminuscula* ve *Sellaphora saugerressii* olmuştur.



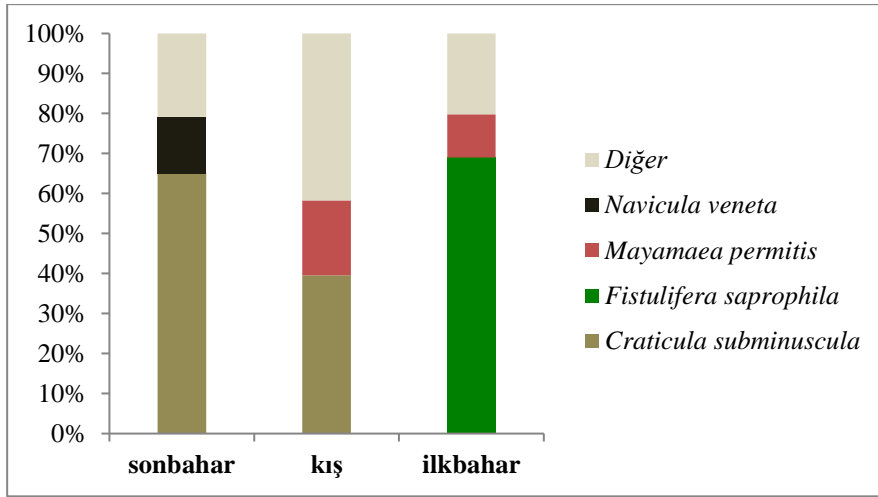
Şekil 3.22. 9. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

10. istasyonda yıl boyunca 10 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.23.). En çok baskınlık gösteren türler *Melosira varians* ve *Reimera sinuata* olmuştur.



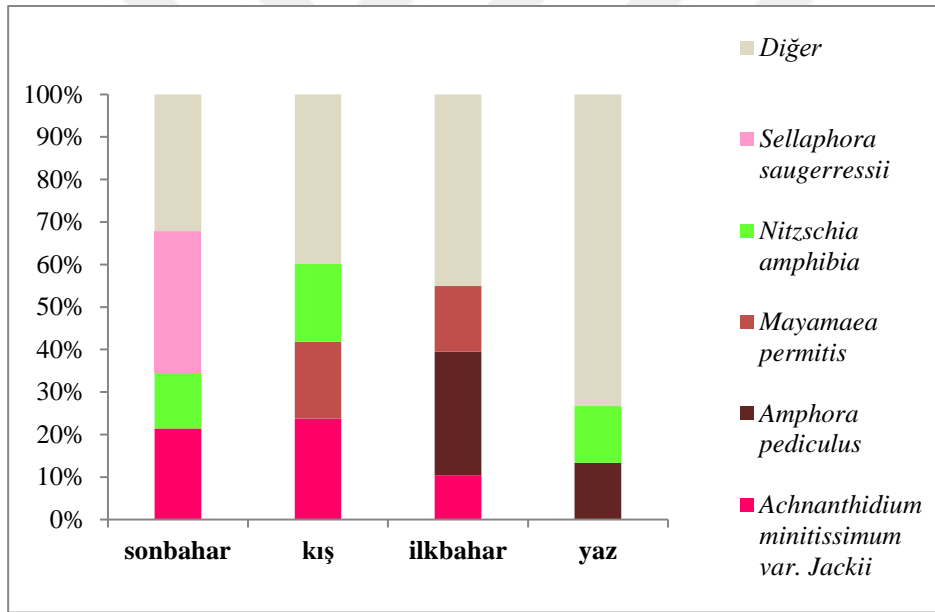
Şekil 3.23. 10. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

11. istasyonda yıl boyunca 4 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.24.). En çok baskınlık gösteren türler *Craticula subminuscula* ve *Fistulifera saprophila* olmuştur.



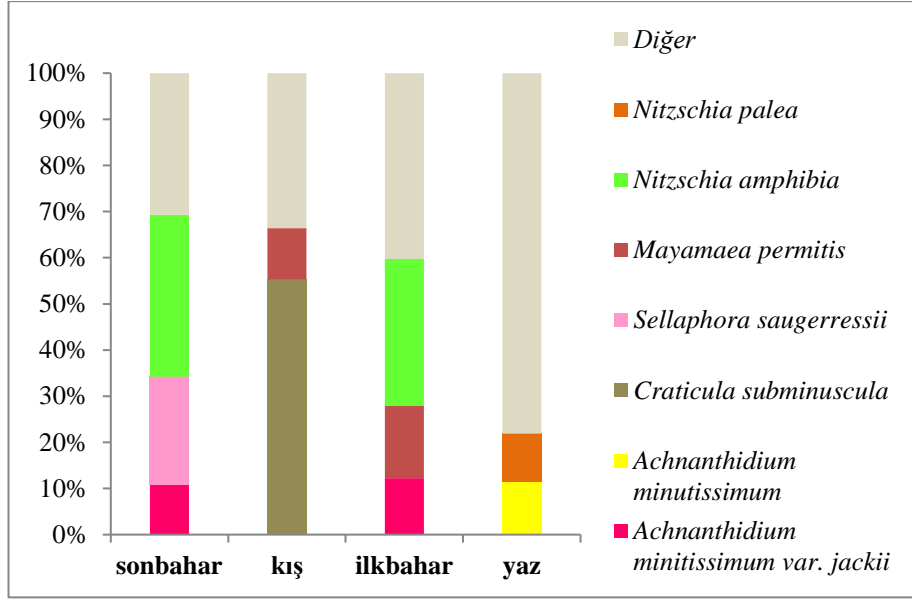
Şekil 3.24. 11. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

12. istasyonda yıl boyunca 5 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.25.). En baskın türler *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* ve *Nitzschia amphibia* olmuştur.



Şekil 3.25. 12. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

13. istasyonda yıl boyunca 7 farklı tür baskınlık göstermiştir (Şekil 3.26.). En baskınlık gösteren türler *Nitzschia amphibia* ve *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii* olmuştur.



Şekil 3.26. 13. istasyonda baskın türlerin mevsimsel dağılımı

3.2.4. Diyatomelerin sıklık değerleri

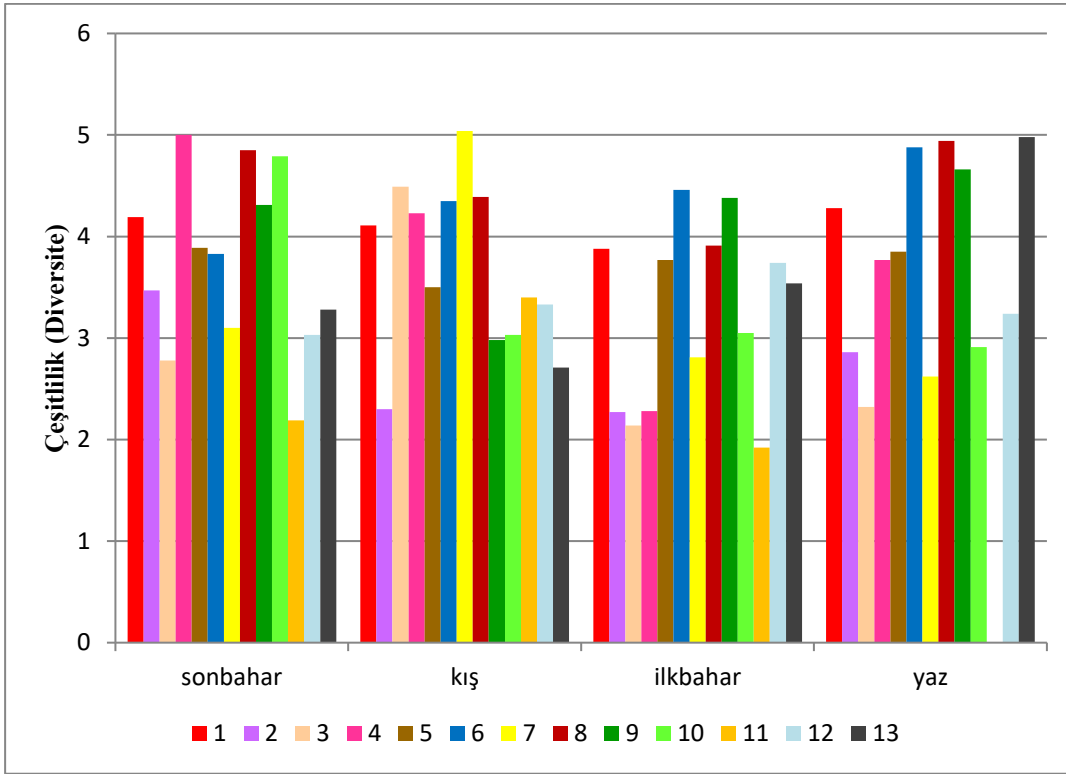
51 örneklem alanı içerisinde genellikle bulunan türler (%40-60) ve çoğunlukla bulunan türler (%60-80) Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Diyatomelerin sıklık değerleri

40-60%	60-80%
<i>Amphora inariensis</i>	<i>Cocconeis lineata</i>
<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Nitzschia amphibia</i>
<i>Mayamea permitis</i>	<i>Amphora pediculus</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Achnanthidium minutissimum</i> var. <i>jackii</i>
<i>Nitzschia palea</i>	<i>Gomphonema pumilum</i>
<i>Nitzschia dissipata</i>	<i>Amphora indistincta</i>
<i>Nitzschia linearis</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>
<i>Nitzschia capitellata</i>	<i>Craticula subminuscula</i>
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>
<i>Navicula antonii</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>
<i>Navicula veneta</i>	<i>Planothidium frequentissimum</i>
<i>Navicula antonii</i>	<i>Sellaphora saugerressii</i>
<i>Surirella angusta</i>	<i>Navicula tripunctata</i>
<i>Surirella minuta</i>	
<i>Navicula gregaria</i>	

3.2.5. Diyatomelerin çeşitlilik (diversite) analizi

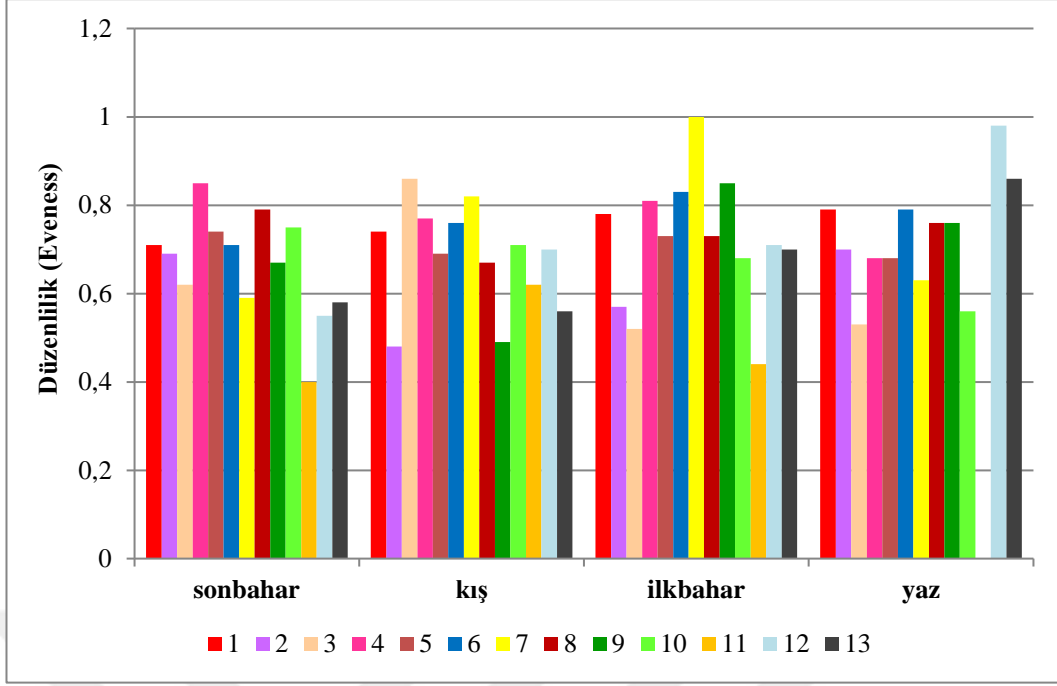
Çeşitlilik değerleri bakımından istasyonlar arasında farklılık görülmemiştir. En yüksek çeşitlilik kış mevsiminde 7. istasyonda, en düşük çeşitlilik ise ilkbaharda 11. istasyonda bulunmuştur. Çeşitliliğin mevsimsel olara da farklılık göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27. Diyatomelerin çeşitlilik (Diversite) değerleri

3.2.6. Diyatomelerin düzenlilik (Evenness) analizi

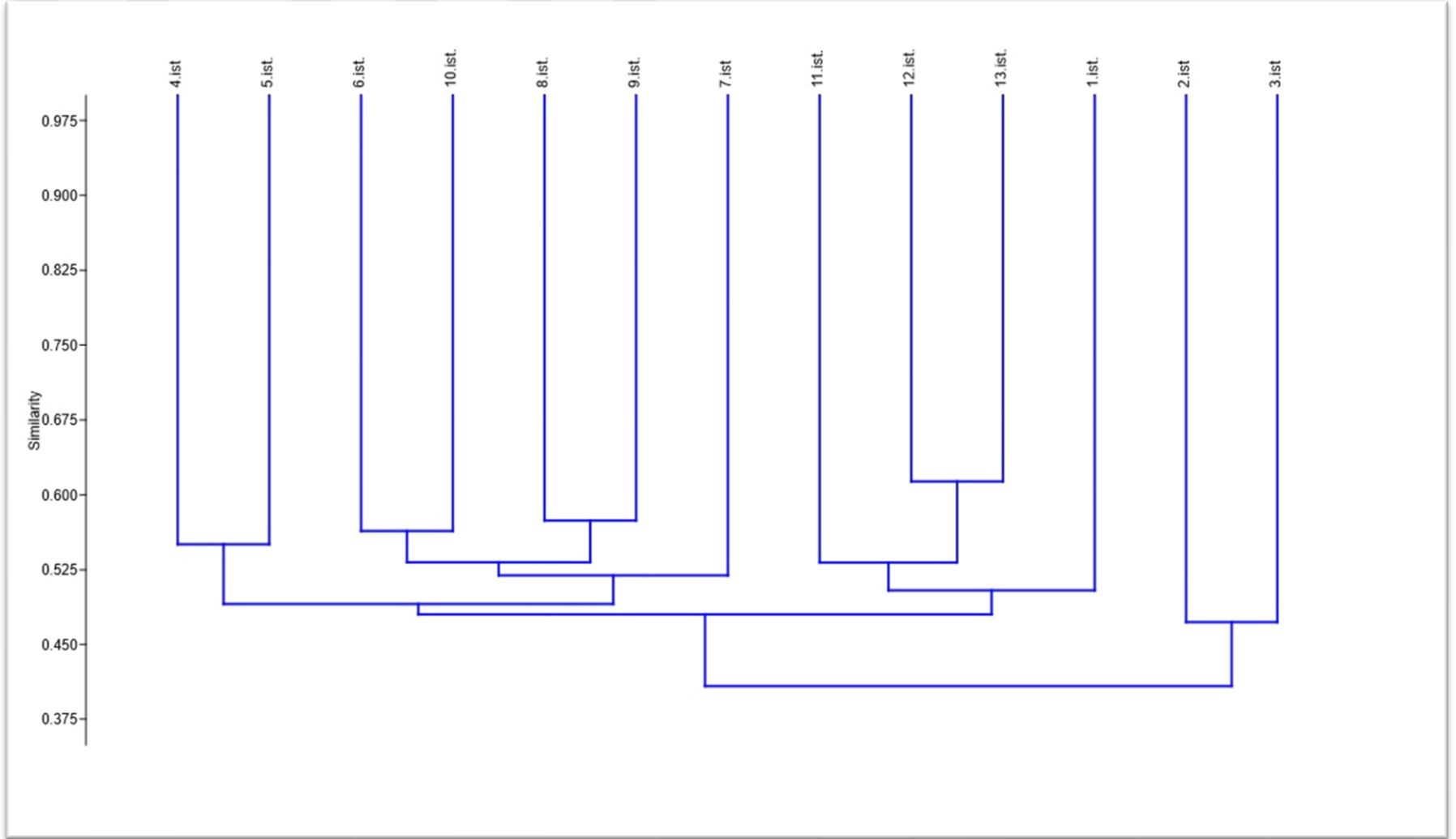
En yüksek düzenlilik değeri ilkbaharda 7. istasyonda, en düşük değer ise sonbaharda 11. istasyonda kaydedilmiştir. Düzenlilik değerlerinin istasyonlar ve mevsimler arasında farklılık göstermediği görülmüştür (Şekil 3.28.).



Şekil 3.28. Diyatomelerin düzenlilik (Evenness) değerleri

3.2.7. Diyatomelerin benzerlik analizi

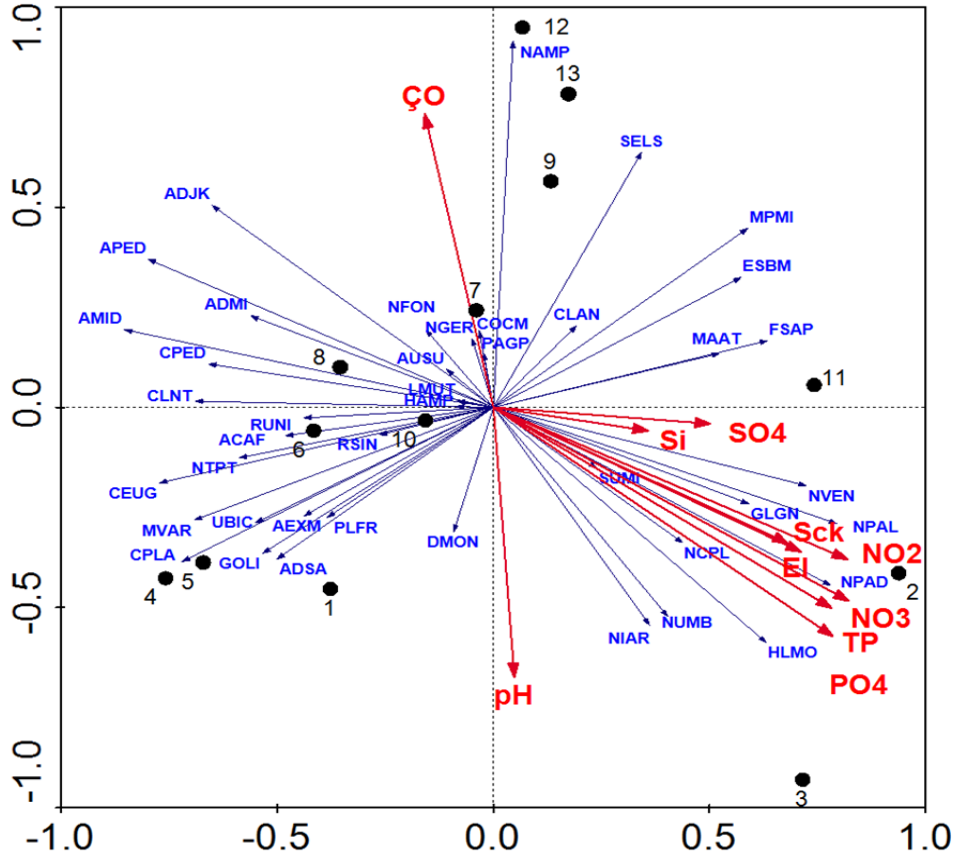
Bray Curtis benzerlik analizine göre 2 ile 3. istasyonlar, 4 ile 5. istasyonlar, 6 ile 10. istasyonlar, 8 ile 9. İstasyonlar ve 12 ile 13. istasyonlar diyatome tür kompozisyonu bakımından benzerlik göstermiştir (cophen.corr.: 0,72). Ayrıca 2. ve 3. istasyonların tür kompozisyonu bakımından diğer istasyonlardan çok farklı olduğu görülmektedir (Şekil 3.29.).



Şekil 3.29. İstasyonların benzerlik analizi (Bray Curtis)

3.2.8. Artıklık Analizi (RDA)

Epilitik diyatomeleler ile çevresel değişkenler ve örnekleme istasyonları arasındaki ilişkiyi analiz etmek için, 42 baskın diyatome taksonunun [*Amphora indistincta* (AMID), *Achnanthis minutissimum* (ADMI), *Achnanthis minutissimum* var. *jackii* (ADJK), *Amphora pediculus* (APED), *Aulacoseira subarctica* (AUSU), *Cocconeis lineata* (CLNT), *Cocconeis pediculus* (CPED), *Hantzschia amphioxys* (HAMP), *Luticola mutica* (LMUT), *Navicula germainii* (NGER), *Nitzschia fonticola* (NFON), *Cocconeis* sp. (COCM), *Placoneis anglophila* (PAGP), *Cymbella lanceolata* (CLAN), *Nitzschia amphibia* (NAMP), *Sellaphora* sp. (SELS), *Mayamaea permitis* (MPMI), *Sellaphora saugerresii* (ESBM), *Mayamaea atomus* (MAAT), *Fistulifera saprophila* (FSAP), *Surirella minuta* (SUMI), *Navicula veneta* (NVEN), *Nitzschia palea* (NPAL), *Nitzschia palea* var. *debilis* (NPAD), *Nitzschia capitellata* (NCPL), *Gomphonema lagenula* (GLGN), *Nitzschia umbonata* (NUMB), *Halamphora montana* (HLMO), *Nitzschia archibaldii* (NIAR), *Diatoma moniliformis*, (DMON), *Achnanthis saprophilum* (ADSA), *Amphora eximia* (AEXM), *Planothidium frequentissimum* (PLFR), *Gomphonella olivacea* (GOLİ), *Cocconeis placentula* (CPLA), *Melosira varians* (MVAR), *Ulnaria biceps* (UBIC), *Navicula tripunctata* (NTPT), *Achnanthis affine* (ACAF), *Reimeria uniseriata* (RUNI), *Reimera sinuata* (RSIN)] yüzde baskınlık değerleri kullanılarak yapılan Artıklık Analizi (RDA) sonuçları Şekil 3.30’da gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Artıklık analizi (RDA) (Tür kodları- AMID: *Amphora indistincta*, ADMI: *Achnantheidium minutissimum*, ADJK: *Achnantheidium minutissimum* var. *jackii*, APED: *Amphora pediculus*, AUSU: *Aulacoseira subarctica*, CLNT: *Cocconeis lineata*, CPED: *Cocconeis pediculus*, HAMP: *Hantzschia amphioxys*, LMUT: *Luticola mutica*, NGER: *Navicula germainii*, NFON: *Nitzschia fonticola*, COCM: *Cocconeis* sp., PAGP: *Placoneis anglophila*, CLAN: *Cymbella lanceolata*, NAMP: *Nitzschia amphibia*, SELS: *Sellaphora* sp., MPMI: *Mayamaea permitis*, ESBM: *Sellaphora saugerresii*, MAAT: *Mayamaea atomus*, FSAP: *Fistulifera saprophila*, SUMI: *Surirella minuta*, NVEN: *Navicula veneta*, NPAL: *Nitzschia palea*, NPAD: *Nitzschia palea* var. *debilis*, NCPL: *Nitzschia capitellata*, GLGN: *Gomphonema lagenula*, NUMB: *Nitzschia umbonata*, HLMO: *Halamphora montana*, NIAR: *Nitzschia archibaldii*, DMON: *Diatoma moniliformis*, ADSA: *Achnantheidium saprophilum*, AEXM: *Amphora eximia*, PLFR: *Planothidium frequentissimum*, GOLİ: *Gomphonella olivacea*, CPLA: *Cocconeis placentula*, MVAR: *Melosira varians*, UBIC: *Ulnaria biceps*, NTPT: *Navicula tripunctata*, ACAF: *Achnantheidium affine*, RUNI: *Reimeria uniseriata*, RSIN: *Reimera sinuata*) (Si: silika, SO4: sülfat, Sck: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO2: nitrit azotu, NO3: nitrat azotu, PO4: ortofosfat, TP: toplam fosfor, ÇO: çözünmüş oksijen)

Van Dam'a (1994) göre çalışma süresince tespit edilen bazı baskın diyatome türlerinin ekolojik gösterge değerlerine göre su kalite sınıflandırılması Tablo 3.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Tespit edilen bazı baskın diyatome türlerinin ekolojik gösterge değerlerine göre su kalitesi sınıfları (Van Dam ve ark., 1994)

Ekolojik Gösterge Değerleri					
Bulunduğu istasyon	Diyatome türleri	Nitrojen alım metabolizmasına göre	Oksijen ihtiyacına göre	Saprobity (kirlilik) göre su kalitesi sınıfı	Bulunduğu suyun trofik durumu
4 ve 5	<i>C. placentula</i>	2	3	2	5
4, 5 ve 6	<i>C. euglyphya</i>	2	3	2	5
4 ve 5	<i>G. olivacea</i>	2	2	2	5
6 ve 8	<i>C. lineata</i>	2	3	2	5
4, 5, 6	<i>M. varians</i>	3	3	3	5
4, 5 ve 6	<i>A. subartica</i>	1	1	1	2
1	<i>P. frequentissimum</i>	2	3	4	7
11	<i>M. atomus</i>	4	2	4	6
6 ve 10	<i>N. tripunctata</i>	2	2	2	5
8 ve 10	<i>H. amphioxys</i>	2	2	3	7
6 ve 10	<i>R. sinuata</i>	2	1	2	3
8	<i>A. pediculus</i>	2	2	2	5
8	<i>A. minutissimum</i>	2	1	2	7
7 ve 9	<i>C. lanceolata</i>	1	1	2	7
11	<i>F. saprophila</i>	3	4	4	5
11	<i>C. subminuscula</i>	4	4	4	5
7	<i>N. fonticola</i>	2	2	2	4
6, 8 ve 10	<i>L. mutica</i>	2	1	3	5
2 ve 3	<i>H. montana</i>	2	1	2	5
2 ve 3	<i>N. palea</i>	4	4	5	6
2 ve 3	<i>N. capitellata</i>	-	-	5	6
2 ve 11	<i>N. veneta</i>	2	4	5	5
2	<i>S. minuta</i>		3	3	5
3	<i>N. archibaldi</i>	2	2	5	2
2 ve 3	<i>N. umbonata</i>	5	4	5	6
3, 12 ve 13	<i>N. amphibia</i>	3	3	3	5

Yukarıdaki tabloda belirtilen türlerin oksijen ihtiyacına göre, 1- sürekli yüksek (yaklaşık %100 doygunluk), 2- oldukça yüksek (yaklaşık %75 doygunluğun üzerinde), 3-orta (yaklaşık %50 doygunluğun üzerinde), 4- düşük (yaklaşık %30 doygunluğun

üzerinde), 5- çok düşük (yaklaşık %10 doygunluk) konsantrasyondaki suda bulunduğu, nitrojen (azot) alım metabolizmasına göre 1- azot-ototrofik takson çok düşük konsantrasyon, 2- azot-ototrofik takson, yüksek konsantrasyon, 3- fakültatif azot-heterotrofik takson periyodik olarak yükseltilmiş organik azot, 4 zorunlu azot-heterotrofik takson, sürekli olarak yüksek konsantrasyonlarda azota ihtiyaç duyduğu, saprobity (kirlilik) durumuna göre 1. kalite-oligosaprobity, 2. kalite-β-mesosaprobity, 3. Kalite-α-mesosaprobiyt, 3-4. kalite-meso/polysaprobiyt, 4. kalite-polysaprobity suya işaret ettiği, trofik durumuna göre ise 1- oligotrofik su, 2- oligomesotrofik su, 3- meostrofik su, 4- mezoötrofik su, 5-ötrofik su, 6- hiperötrofik suyu gösterdiği belirtilmektedir.

Şekil 3.30'daki RDA sonucuna göre ilk aksisin pozitif alanında SiO₂ (silika), sıcaklık, Eİ (elektriksel iletkenlik), NO₂-N (nitrit azotu), NO₃-N (nitrat azotu), PO₄-P (ortofosfat) ve TP (toplam fosfor) çevresel parametrelerinin ve *Surirella minuta*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Nitichia umbonata*, *Nitzschia archibaldii*, *Halamphora montana*, *Gomphonema lagenula*, ve *Navicula veneta* türlerinin 2. ve 3. istasyonlarla yüksek korelasyonu görülmüştür. Bu türler Tablo 3.4.'de görüldüğü gibi çoğunlukla V. kalite sularda bulunan türlerdir (Van Dam ve ark., 1994). 11. istasyon SO₄ (sülfat) ile ve *Fistulifera saprophila* ve *Mayamaea atomus* türleri ile daha yakın ilişkilidir. Bu türler III. ve IV. kalite sularda bulunmaktadır (Van Dam ve ark., 1994).

İlk aksisin negatif tarafında 1., 4., 5., 6. ve 10. istasyonlardaki türler SO₄ (sülfat), SiO₂ (silika), sıcaklık, Eİ (elektriksel iletkenlik), NO₂-N (nitrit azotu), NO₃-N (nitrat azotu), PO₄-P (ortofosfat) ve TP (toplam fosfor) gibi fizikokimyasal parametrelerle negatif korelasyon göstermiştir. Buradaki *Cocconeis placentula*, *Gomphonella olivacea*, *Achnanthisidium saprophilum*, *Melosira varians*, *Ulnaria biceps*, *Achnanthisidium eximia*, *Planothidium frequentissimum* gibi türler kirliliğe karşı toleransı düşük taksonlardır. Bu türler II. veya III. kalite sularda tespit edilmiştir (Van Dam ve ark., 1994).

İkinci aksisin pozitif tarafında 7. istasyon, ÇO (çözünmüş oksijen) ve *Achanthisidium minutissimum*, *Achanthisidium minutissimum* var. *jackii*, *Amphora pediculus*, *Amphora indistincta*, *Nitzschia fonticola*, *Navicula germanii* gibi türlerle korelasyon göstermiştir. Bu türler oksijen oranı nispeten yüksek olan sularda ve I. ve II. kalite sularda bulunan türlerdir (Van Dam ve ark., 1994). ÇO (çözünmüş oksijen) ayrıca

Nitzschia amphibia, *Sellaphora saugrerresii* türleri ve 9, 12 ve 13.istasyonları ile de pozitif korelasyon göstermiştir. Bu türlerin III. kalite sularda bulunduğu bilinmektedir (Van Dam ve ark., 1994).

3.2.9. İstasyonların ekolojik durumları

İstasyonlarda tespit edilen diyatome türlerinin bolluğuna göre 18 farklı indeks kullanılarak istasyonların indeks skorları tespit edilmiş ve bu skorlara göre ekolojik durum tayini yapılmıştır (Tablo 3.5.).

1 istasyonun ekolojik durumu, 2 indekse göre “iyi”, 9 indekse göre “orta”, 4 indekse göre “kötü”, 3 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 2. istasyonun ekolojik durumu, 2 indekse göre “orta”, 16 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 3. istasyonun ekolojik durumunu, 1 indekse göre “orta, 1 indekse göre “kötü”, 16 indekse göre “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 4. istasyonun ekolojik durumu, 4 indekse göre “iyi”, 9 indekse göre “orta”, 2 indekse göre “kötü, 3 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 5 istasyonun ekolojik durumu, 4 indekse göre “iyi”, 10 indekse göre “orta”, 2 indekse göre “kötü”, 2 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 6. istasyonun ekolojik durumu, 1 indekse göre “iyi”, 9 indekse göre “orta”, 5 indekse göre “kötü”, 3 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 7. istasyonun ekolojik durumu, 1 indekse göre “orta”, 11 indekse göre “kötü”, 6 indekse göre “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 8. istasyonun ekolojik durumu, 3 indekse göre “iyi”, 14 indekse göre “orta”, 1 indekse göre “kötü”, 1 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 9. istasyonun ekolojik durumu, 8 indekse göre “kötü”, 10 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 10.istasyonun ekolojik durumu 1 indekse göre “orta”, 11 indekse göre “kötü”, 6 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 11. istasyonun ekolojik durumu, 1 indekse göre “orta”, 1 indekse göre “kötü”, 16 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 12. istasyonun ekolojik durumu, 6 indekse göre “orta”, 6 indekse göre “kötü”, 6 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir. 13. istasyonun ekolojik durumu, 1 indekse göre “orta”, 6 indekse göre “kötü”, 11 indekse göre ise “çok kötü” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.5. 18 farklı indekse göre tüm istasyonların ekolojik durumu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IBD	15,08	5,20	6,08	15,95	16,13	14,38	10,73	16,08	10,10	10,05	5,70	13,15	10,38
IPS	14,58	4,05	4,68	16,10	16,58	14,08	10,35	14,45	9,63	10,03	6,80	11,88	9,53
IDG	11,78	7,53	5,20	12,65	12,88	11,45	9,43	14,13	9,78	9,85	9,13	10,23	8,90
Descy	15,63	2,75	3,60	16,73	16,90	16,95	9,53	14,05	11,95	13,50	8,27	12,83	9,35
Sla.	12,50	7,55	7,85	13,65	13,68	12,50	9,88	14,05	9,78	10,05	6,53	12,45	10,40
IDSE	12,88	5,20	6,78	13,40	13,70	12,85	9,48	14,08	8,73	8,65	5,40	10,73	8,85
IDAP	13,08	3,83	7,13	14,08	14,20	12,65	7,45	13,93	6,70	9,03	5,37	8,38	7,38
EPID	13,48	5,43	6,33	15,48	15,63	11,78	9,68	14,63	8,15	8,20	4,50	8,80	7,80
Lobo	8,05	13,90	14,50	11,50	11,93	10,80	9,93	15,70	11,05	11,15	8,13	13,75	12,75
DI-CH	9,53	2,50	3,75	14,83	14,15	11,15	8,05	12,60	5,70	7,88	4,30	10,98	7,50
Rott TI	7,43	4,13	4,40	8,43	8,80	6,68	5,23	10,90	5,15	5,33	4,47	6,58	4,73
Rott SI	13,00	5,55	7,88	13,20	13,13	13,55	10,30	13,13	9,53	10,08	5,00	10,55	8,95
TDIL	10,40	6,30	5,85	8,75	9,15	7,80	8,08	12,40	6,05	6,80	4,90	8,45	6,78
WAT	14,30	5,53	4,70	13,10	14,13	14,00	9,25	14,13	7,98	10,23	3,60	12,58	9,11
TDI	4,98	2,63	3,73	5,08	5,00	4,85	2,80	8,45	2,98	3,35	2,03	2,75	3,08
IDP	10,65	3,70	4,03	11,70	12,18	10,93	7,65	12,70	7,08	9,93	4,50	11,20	8,35
SHE	13,55	3,95	6,40	13,53	14,23	13,28	9,93	15,15	8,85	9,83	4,43	12,03	9,95
TIT	2,26	2,63	3,21	2,49	2,45	2,68	2,42	2,44	3,10	2,96	2,57	3,45	3,40

MAVİ	ÇOK İYİ
YEŞİL	İYİ
SARI	ORTA
TURUNCU	KÖTÜ
KIRMIZI	ÇOK KÖTÜ

Artıklık analizi (RDA) sonucuna göre baskın türlerin dağılımında etkili olan çevresel parametreler ile diyatome indekslerinin arasındaki lineer regresyon incelendiğinde Lobo, TDIL, TDI ve TIT indeksleri hariç diğer 14 indeksle bu parametrelerin güçlü bir korelasyonu görülmüştür (Tablo 3.6.). En güçlü regresyon Descy's İndeksi (DES) (Descy 1979) ile olmuştur.

Tablo 3.6. Fizikokimyasal parametrelerin diyatome indeksleri ile lineer regresyonu (SO₄: sülfat, S_{1c}: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO₂-N: nitrit azotu, NO₃-N: nitrat azotu, PO₄-P: ortofosfat, TP: toplam fosfor, SiO₂: Silika, ÇO:çözünmüş oksijen)

	TP	PO ₄	NO ₂ -N	NO ₃ -N	SO ₄	SiO ₂	S _{1c}	ÇO	Eİ	pH
IBD	0,202**	0,148**	0,331**	0,007	0,041	0,185**	0,011	0,002	0,169**	0,002
IPS	0,195**	0,154**	0,348**	0,013	0,051	0,155**	0,052	0,00	0,169**	0,001
IDG	0,170**	0,198*	0,139**	0,002	0,034	0,015	0,124*	0,001	0,092*	0,014
Descy	0,260**	0,154**	0,344**	0,018	0,066	0,160**	0,080*	0,012	0,207**	0,000
Sla	0,232**	0,154**	0,266**	0,001	0,016	0,152**	0,003	0,015	0,159**	0,001
IDSE	0,183**	0,116*	0,286**	0,001	0,023	0,190**	0,008	0,002	0,143**	0,003
IDAP	0,112*	0,082*	0,293**	0,024	0,053	0,235**	0,000	0,002	0,102*	0,032
EPID	0,163**	0,073	0,219**	0,000	0,016	0,161**	0,011	0,012	0,100*	0,009
Lobo	0,006	0,007	0,003	0,059	0,000	0,005	0,092*	0,013	0,008	0,002
DICH	0,216**	0,121*	0,321**	0,030	0,045	0,095*	0,042	0,007	0,173**	0,009
Rott-TI	0,129**	0,031	0,207**	0,023	0,001	0,101*	0,003	0,006	0,079*	0,016
Rott-SI	0,208**	0,118*	0,274**	0,003	0,071	0,125*	0,002	0,004	0,129**	0,005
TDIL	0,07	0,015	0,055	0,009	0,005	0,048	0,000	0,002	0,027	0,012
WAT	0,171**	0,130**	0,154**	0,012	0,052	0,127*	0,004	0,006	0,135**	0,003
TDI	0,030	0,012	0,052	0,001	0,013	0,014	0,036	0,003	0,045	0,005
IDP	0,250**	0,149**	0,353**	0,018	0,019	0,106*	0,063	0,005	0,310**	0,001
SHE	0,244**	0,165**	0,340**	0,009	0,044	0,115*	0,010	0,005	0,160**	0,006
TIT	0,010	0,016	0,007	0,027	0,001	0,020	0,043	0,174**	0,001	0,025

* p< 0,05, ** p<0,01

Diyatomelerin tür sayısı (Richness), çeşitlilik (Diversite) ve düzenlilik (Eveness) değerlerinin fizikokimyasal parametrelerle ilişkisi lineer regresyon analizi ile incelenmiştir (Tablo 3.7.). Çeşitlilik ve düzenlilik hiçbir parametre ile regresyon ile ilişki göstermezken tür sayısı TP, PO₄-P, SO₄ ile negatif, çözünmüş oksijenle ise pozitif regresyon göstermiştir.

Tablo 3.7. Fizikokimyasal parametrelerin diyatome tür sayısı, çeşitlilik ve düzenlilik indeksleri ile lineer regresyonu (Si: silika, SO₄: sülfat, Sıc: sıcaklık, Eİ: elektriksel iletkenlik, NO₂-N: nitrit azotu, NO₃-N: nitrat azotu, PO₄-P: ortofosfat, TP: toplam fosfor,)

	Diversity	Eveness	Richness
TP	0,000	0,003	0,167**
PO ₄ -P	0,026	0,056	0,086*
NO ₂ -N	0,000	0,001	0,027
NO ₃ -N	0,007	0,001	0,002
SO ₄	0,017	0,025	0,076*
SiO ₂	0,006	0,003	0,009
Sıc	0,034	0,021	0,005
ÇO	0,013	0,001	0,126*
Eİ	0,007	0,007	0,001
pH	0,030	0,002	0,011

* p< 0,05, ** p<0,01

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma süresince ölçülen sıcaklık (Sıc), çözülmüş oksijen (ÇO), pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam fosfor (TP), ortofosfat (PO₄-P), nitrit azotu (NO₂-N), nitrat azotu (NO₃-N) ve sülfat (SO₄) değerlerine göre istasyonların su kalite sonuçları aşağıdaki gibidir (Tablo 4.1.):

Tablo 4.1. Fizikokimyasal parametrelerin yıllık ortalamasına göre istasyonların su kalite durumu (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

	1. Kalite	2. Kalite	3. Kalite	4. Kalite
Sıc	Tüm istasyonlar			
ÇO			8. ve 12. istasyonlar	1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 9., 10., 11., 13. istasyonlar
pH	6., 7., 8., 9., 12. istasyonlar		2., 3., 4., 10., 11., 13. istasyonlar	1. ve 5. istasyonlar
Eİ	8., 10., 12., 13. istasyonlar	1., 4., 5., 6., 7. istasyonlar	2., 3., 9., 11. istasyonlar	
TP		4., 6., 7., 8., 9., 12. istasyonlar	1., 5., 10., 13. istasyonlar	2., 3., 11. istasyonlar
PO ₄ -P		4., 6., 8., 9., 12., 13. istasyonlar	1., 5., 7., 10., 11. istasyonlar	2. ve 3. istasyonlar
NO ₂ -N	4., 8., 12. istasyonlar	1., 5., 6., 7., 10. 13. istasyonlar	2., 3., 9., 11., 12. istasyonlar	
NO ₃ -N	Tüm istasyonlar			
SO ₄	1., 2., 3., 4., 5., 6., 8., 9., 10., 11., 12., 13. istasyonlar	7. istasyon		

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre bir yer üstü suyunun sıcaklığının yıllık ortalama 25 °C'den küçük olması gerekmektedir. Tüm istasyonlar sıcaklığa göre 1. kalitede bulunmuştur. ÇO miktarı 4. kalite sulara yıllık ortalama 3 mg L⁻¹'den küçüktür (Yerüstü Su Kalitesi, 2015). Sadece 8 ve 12. istasyonlarda 3 mg L⁻¹'den yüksek kaydedilmiştir. Diğer tüm istasyonlarda 3 mg L⁻¹'den küçüktür. Buna göre 8 ve 12. istasyonlar 3. kalitede ve kirlenmiş, diğer istasyonlar ise 4. kalitede ve çok

kirlenmiş durumdadır. ÇO ile su kalitesi arasında doğrusal bir ilişki vardır (Sánchez ve ark., 2007). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre Eİ sadece 8., 10., 12., ve 13. istasyonlarda $400 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'den küçük kaydedilerek bu istasyonlar 1. sınıf kalitede ve iyi su olarak sınıflandırılmıştır. Eİ, suyun tuzluluğunu ve akım iletme yeteneğini gösterir. Sudaki çözünmüş maddelerin miktarı arttıkça Eİ artmaktadır (Said ve ark., 2004). Kirliliğin bir parametresi olarak Eİ açısından 1., 4., 5., 6., ve 7. istasyonlar 2. kalitede ve az kirlenmiştir. 2., 3., 9., 11. istasyonlar ise Eİ'ye göre 3. kalitede ve kirlenmiş olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre 1. ve 5. istasyonlarda pH'nın yıllık ortalaması 9'dan büyük ölçülerek bu suların pH'a göre çok kirlenmiş olduğu ve 4. kalite sınıfına girdiği görülmektedir. 2., 3., 4., 10., 11. ve 13. istasyonlar ise pH açısından 3. kalitede su aralığında olup kirlenmiş olarak değerlendirilmektedir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre, 6., 7., 8., 9. ve 12. istasyonlarda ölçülen pH ve ÇO değerleri doğru orantı göstermemiştir. pH'a göre 5 istasyon 1. sınıf kalitesinde sınıflandırılırken ÇO değerlerine göre aynı sınıflandırma yapılamamaktadır. Fakat genel olarak ÇO değerlerinin arttığı ya da azaldığı istasyonlarda pH'ın da dalgalanmalar gösterdiği görülmektedir.

Yüksek fosfor değerleri ötrifikasyona sebep olmaktadır (Correl, 1998, Kelly ve Whitton, 1995). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre TP, 2, 3. ve 11. istasyonlarda en yüksek değerlerdedir. Bu istasyonlar 4. sınıf su kalitesinde sınıflandırılarak çok kirlenmiş olarak değerlendirilmektedir. Diğer istasyonlar az kirlenmiş veya kirlenmiş durumdadır. TP değerlerine göre hiçbir istasyon 1. kalite su sınıfına girememiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre $\text{PO}_4\text{-P}$, 2. ve 3. istasyonlarda 4. kalitede çok kirlenmiş su kategorisine girmektedir. Diğer istasyonlar ise az kirlenmiş ya da kirlenmiş görünmektedir. $\text{PO}_4\text{-P}$ değerlerine göre hiçbir istasyon 1. kalitede saptanamamıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) belirlenen $\text{NO}_2\text{-N}$ sınır değerlerine göre, 4, 8 ve 12. istasyonlar 1. sınıf kalitede ve temiz su kategorisinde bulunmaktadır. Diğer istasyonlar az kirlenmiş veya kirlenmiş su kategorisindedir. TP, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve $\text{NO}_2\text{-N}$ miktarlarının yüksekliği suların tarımsal faaliyetlerin sonucu oluşan kirliliğin etkisi altında olduğunun ve endüstriyel ve evsel atık su girdisine maruz kaldığının göstergesidir (Carpenter, 2008, Daniel ve ark., 2009). Bu bağlamda bu parametrelerin yüksek olduğu istasyonlarda insan aktivitelerinin yoğun olduğu söylenebilmektedir.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre NO₃-N değerleri tüm istasyonlarda 1. kalitede görünmektedir. Epilitik diyatomelerin gelişimi sudaki NO₃-N arttıkça artmaktadır (Lorenzen ve ark., 1998). Nitrifikasyonun gerçekleşmesi için ortamda yeterince oksijen bulunması gerekmektedir (Lorenzen ve ark., 1998, Kemp ve Dodds, 2002) Oksijenin yeterli miktarda bulunduğu durumda NO₂-N ortamdan oksijen alarak NO₃-N formuna dönüşmektedir (Joyner ve ark., 1967). Oksijen eksikliğinde NO₂-N, NO₃-N formuna dönüşmemektedir. Bunun sonucunda NO₂-N suda birikmekte ve yüksek konsantrasyonlarda tespit edilebilmektedir. Diyatomeler hücre içinde NO₃-N depolayabilirler. Diyatomeler, sudaki oksijen yetersizliği sebebiyle azalan nitrifikasyondan etkilenmemek için hücre içindeki NO₃-N'ı kullanarak hayatta kalabilirler. NO₃-N biriktirme yetenekleri sayesinde sulardaki NO₃-N kontrolünü sağlayabilmektedirler (Kamp ve ark., 2011). Çalışmamızda toplam 9 istasyonda ÇO düşük, NO₂-N kirlilik düzeyinde yüksek bulunarak bu sularda kirliliğe işaret etmektedir. NO₃-N ise tüm istasyonlarda düşük seyretmiştir. Bunun en önemli sebebi diyatomelerin ortamda olan NO₃-N'ı fotosentez için hemen kullanmaları ya da hücre içinde depolamalarıdır.

İstasyonlardaki SO₄ yıllık ortalama değerlerine bakıldığında sadece 7. istasyonun az kirlenmiş olduğu görünmektedir. Diğer istasyonlar 1. sınıf kalitede temiz su sınıfında görünmektedir. SiO₂, diyatomelerin hücre duvarında silisyum bulunması sebebiyle diyatomelerin gelişimi için önemli ana besin tuzlarından birisidir. Eksikliğinde diyatome gelişimi durmaktadır (Kilham, 1971). Tüm istasyonlarda SiO₂ değeri diyatome gelişimi için yeterli bulunmuştur.

TP'un diyatome türleri ilişkisi güçlüdür ve TP'nin yüksek bulunması kirliliğe işaret etmektedir (Potopova ve ark., 2004). Çalışmamızda 18 farklı indeksten TP ve PO₄ ile korelasyonu güçlü olanlar referans alınarak istasyonların ekolojik statüsü ve trofik durumu belirlenmiştir. 1. istasyon olan Ballıkayalar Deresi'nin diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü orta, trofik durumu mesotroftir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre 1. istasyonda baskın türler olan *Cocconeis placentula* ve *Gomphonella olivacea* taksonlarının orta kirlilikteki sularda bulunan türler olduğu rapor edilmiştir. Bu türlerin artıklık analizinde (RDA) etkili çevresel parametrelerden (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) uzak şekilde konumlandığı görülmüştür. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre 1. istasyonun 3. kalitede olduğuna işaret edilmektedir. Daha önce Yüce ve ark. (2021), Ballıkayalar Deresi'nde yaptıkları

çalışmada 20 diyatome taksonu tespit ettiklerini ve bu derenin II. kalite suya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada Ballıkayalar Deresi'nde 115 diyatome taksonu kayda alınarak flora genişletilmiş, suyu III. kalitede sınıflandırılmıştır.

2. istasyon Saz Deresi'nin ve 3. istasyon olan Dil Deresi'nin diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü kötü, trofik düzeyi ise ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonda baskın olan *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var *debilis*, *Nitzschia capitellata*, *Navicula veneta* gibi türler kirliliğe toleranslı türler olarak belirlenmiş olup, bu türler RDA'da etkili çevresel parametrelere (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) yakın konumlanmıştır. Ayrıca bu istasyonların Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre IV. kalitede olduğuna işaret edilmektedir. Hem ölçülen çevresel parametreler, hem tespit edilen baskın türler, hem de 16 diyatome indeksi bu istasyonların ekolojik kalitesini çok kötü olarak sınıflandırmaktadır. Bu dereler etrafında büyük ölçekli sanayi kuruluşları bulunmakta olup, buradaki endüstriyel faaliyetlerin bu kirliliğe sebep olduğu söylenebilmektedir. Bu derelerde tespit edilen diyatome tür sayısı, bu derelere kıyasla daha temiz denilebilecek statüde sınıflandırılan çalışmadaki diğer derelerdeki diyatome tür sayısından düşük çıkmıştır. Daha önce Tükenmez'in (2019) yaptığı çalışmada Dil Deresi'nde 55 diyatome taksonu tespit ederek suyun kalitesinin "kötü" olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada 70 diyatome taksonu tespit edilerek diyatome florası genişletilmiş, Dil Deresi'nin ekolojik kalitesinin IV. kalitede olduğu bulunmuştur. Ayrıca bu istasyonda çeşitlilik (diversite) değerleri de düşük bulunarak kirliliğin diversite üzerine olumsuz etkisi de gösterilmiştir. Ayrıca Bray-Curtis benzerlik analizine göre 2 ve 3. istasyonların tür kompozisyonu bakımından diğer tüm istasyonlardan ayrıldığı görülmüştür. Bu durum çok kötü ekolojik kaliteye sahip bu iki sistemin tür kompozisyonlarının da kirliliğe göre şekillendiğinin bir göstergesidir.

4 ve 5. istasyonların üzerinde bulunduğu Çınarlı Dere'nin diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü orta, trofik durumu mesotrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonlarda baskın türler olan *Gomphonella olivacea*, *Melosira varians*, *Navicula tripunctata* ve *Achnanthisdium minutissimum* var. *jackii* orta kirlilikte bulunan türler olup bu türlerin RDA'da etkili çevresel parametrelerden (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) uzakta konumlandığı görülmüştür. Bu derenin yukarı havzası olan 4. istasyonun TP ve PO₄-P'a göre 2. kalitede, aşağı havzası olup insan etkisine maruz kalan 5. istasyonun ise TP ve PO₄-P'a göre 3. kalitede olduğu Yerüstü Su Kalitesi

Yönetmeliği'ne (2015) göre kategorize edilmiştir. Her iki istasyonda da 89 tür kayıt edilmiştir. Bray-Curtis benzerlik analizine göre bu iki istasyonun tür kompozisyonu bakımından da benzer olduğu görüşmüştür. Tüm bu bulgular ışığında Çınarlı Dere'nin su kalitesi III. kalitede sınıflandırılabilir. Bununla birlikte 5. istasyonun bulunduğu aşağı havzasının insan etkisi ile daha kirli olduğu da görülmektedir.

Yırım Dere'sinin üst havzası olan 6. istasyonun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü orta, trofik durumu mesotrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonda baskın türler olan *Cocconeis lineata*, *Cocconeis euglyphya* ve *Navicula tripunctata* orta kirlilikte bulunan türler olup, bu türlerin RDA'da etkili çevresel parametrelerden (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) uzakta konumlandığı görülmüştür. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre 2. kalitede suya sahip olan bu istasyonda 117 diyatome taksonu kayda alınmıştır. Tüm parametrelere göre su kalitesinin III. kalitede olduğu söylenebilmektedir. Yırım Deresi'nin insan etkisine maruz kalan aşağı havzasında bulunan 7. istasyonun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü kötü, trofik düzeyi ise meso-ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonun baskın türleri olan *Craticula subminuscula* ve *Nitzschia amphibia*'nın kirli sulara toleranslı türler olmasına rağmen bu türlerin RDA'da etkili çevresel parametrelerden (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) uzakta konumlandığı görülmektedir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP'ye göre 2. kalite, PO₄-P'a göre 3. kalitede olduğu görülmektedir. Bu istasyonda SO₄ değerleri diğer istasyonlara göre yüksek çıkmıştır ve SO₄'a göre su kalite değerleri 2. kaliteye işaret etmektedir. Bu istasyonda 95 diyatome taksonu kayda alınmıştır. 7. istasyona göre ekolojik kalitesi daha yüksek olan 6. istasyonun hem çeşitlilik (diversite) bakımından hem de tür sayısı bakımından daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Şehir yerleşiminin içinde konumlanan 7. istasyonun insan aktiviteleri sonucunda 6. istasyona kıyasla daha fazla kirlendiği görülmektedir.

Kiraz Deresi'nin insan etkisinden uzak olan 8. istasyonunun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü orta-iyi, trofik durumu oligo-mesotrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonda baskın olan *Achnanidium minutissimum*, *Achnanidium minutissimum* var *jackii* ve *Amphora pediculus* az kirlenmiş sularda bulunan türler olup, bu türler RDA'da ÇO değerlerine yakın konumlanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen

TP ve PO₄-P'a göre 2. kalite su değerlerine sahip olan bu istasyonda 161 diyatome taksonu kayda alınarak en yüksek tür sayısına ulaşılmıştır. Bu derenin aşağı havzasında bulunan ve endüstriyel faaliyetlerin etkisinde olan 9. istasyonun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü kötü-çok kötü, trofik durumu ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonun baskın türleri olan *Craticula subminuscula* ve *Sellaphora saugerressii* kirli sulara toleranslı türlerdir. Bu istasyon da RDA'da ÇO değerlerine yakın konumlanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre 2. kalitede suya sahip olan bu istasyonda 142 diyatome taksonu kayda alınarak tür sayısı bakımından 2. en yüksek sayıya ulaşılmıştır. Her iki istasyonda da ÇO diğer istasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Ayrıca ÇO ve tür sayısı arasındaki regresyon güçlü çıkmıştır ($p < 0,05$). ÇO, tür sayısını (Richness) pozitif etkilemektedir (Patrick, 1974). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (2015) göre ÇO'in bu istasyonlarda 3. ve 4. su kalitesine işaret etmesine rağmen diğer istasyonlardan yüksek olmasının tür sayısını pozitif yönde etkilediği düşünülmektedir.

Hisar Deresi'nin insan etkisinden uzak yukarı havzası olan 10. istasyonunun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü kötü, trofik durumu meso-ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre *Melosira varians*, *Reimera sinuata* ve *Luticola mutica* orta kirlilikte bulunan türler olup, bu türlerin RDA'da etkili çevresel parametrelerden (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) uzakta konumlandığı görülmüştür. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre 3. kalitede suya sahip olan bu istasyonda 109 diyatome taksonu kayda alınmıştır. Bu derenin sanayi ve endüstriyel faaliyetlerine maruz kalmış aşağı havzası olan 11. istasyonun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü çok kötü, trofik düzeyi ise ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre baskın türleri olan *Craticula subminuscula* ve *Fistulifera saprophila* kirliliğe toleranslı türler olup, bu türler RDA'da etkili çevresel parametrelere (TP, PO₄-P, NO₃-N, NO₂-N, Eİ) yakın konumlanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP'a göre 4. kalite, PO₄-P göre ise 3.kalite sulara sahip bu istasyonda 79 diyatome türü kayda alınmıştır. Ekolojik kalitesi daha yüksek tespit edilen 10. istasyona göre 11. istasyonda tür sayısı daha düşük bulunmuştur. 11. istasyonun etrafında büyük ve küçük ölçekli otomotiv sanayinin ve şehir yerleşiminin olduğu göz önünde bulundurularak kirlenmeye daha çok maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Değirmen Deresi'nin insan etkisinden uzak yukarı havzası olan 12. istasyonunun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü orta-kötü, trofik durumu meso- ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonun baskın türleri olan *Achnanthydium minutissimum* var. *jackii*, *Amphora pediculus* ve *Nitzschia amphibia* orta kirlilikte sularda bulunan türler olup, bu türler RDA'da ÇO değerlerine yakın konumlanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP ve PO₄-P'a göre 2. kalite sulara sahip bu istasyonda 70 diyatome türü kayda alınmıştır. Bu derenin şehir yerleşiminin içindeki insan etkisine maruz kalmış aşağı havzası olan 13. istasyonunun diyatome indekslerine göre ekolojik statüsü çok kötü, trofik durumu ise ötrofik olarak belirlenmiştir. Van Dam ve ark.'a (1994) göre bu istasyonun baskın türleri olan *Nitzschia amphibia*, *Achnanthydium minutissimum* var. *jackii* ve *Craticula subminuscula* kirliliğe toleranslı türlerdir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (2015) sınır değerleri verilen TP'ye göre 3. kalite, PO₄-P'a göre ise 2. Kalite su değerlerine sahip bu istasyonda 93 diyatome taksonu kayda alınmıştır. İnsan aktiviteleri sonucu aşağı havzada bulunan 13. istasyonun 12. istasyona göre kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Çeşitlilik (Diversity), kirliliğe sahip sularda düşük çıkmaktadır (Stevenson, 1984). Kirliliğe sebep olan başta TP, PO₄ ve NO₂ olmak üzere bahsi geçen bu parametrelerin yüksek değerlerde çıktığı, sırasıyla 2., 3. ve 11. istasyonlarda çeşitlilik değerlerinin de düşük olduğu tespit edilmiştir.

Düzenlilik (Evenness), tek tür dominantlığının görüldüğü ekosistemlerde düşüktür (Routledge, 1980, Alatalo, 1981). Kirliliğe sahip sularda kirlilikten toleranslı ve diğer türlerle rekabet edebilen türlerin sayıca bolluğu görülür (Patrick, 1974, Kelly ve Whitton, 1995, Stevenson ve ark., 1999). Sudaki stres faktörlerinin varlığına uyum sağlayamayan hassas türler, toleransı geniş ve uyum sağlayabilen türler tarafından rekabet dışı bırakıldığından ötürü bu rekabet süreci tür çeşitliliğini azaltır (Gross, 2017). Stres faktörünün olmadığı ve rekabetin düşük olduğu sularda türlerin eşit bolluğu görülür. Bu çalışmada hem çevresel parametreler hem diyatome indeksleri açısından çok kötü ekolojik kalitede tespit edilen istasyonlarda düzenlilik değerleri de düşük bulunarak tek tür dominantlığı görülmüştür. En düşük düzenlilik değerine sahip 11. istasyonda, ötrofik su indikatörü olan *Craticula subminuscula* (Van Dam ve ark., 1994) sonbaharda sayılan 518 bireyin 337'sini oluşturmuştur. *Fistulifera saprophila* ise yaz ayında 406 bireyin 280'ini oluşturmuştur. 3. istasyonda ise *Craticula*

subminuscula ve *Nitzschia palea*'nın yüksek baskınlığı bulunmaktadır. Ayrıca 2. istasyonda *Nitzschia palea*, *Navicula veneta* ve *Mayamea permitis*'in yüksek baskınlığı göze çarpmaktadır. 7 ve 9. istasyonlarda farklı mevsimlerde *Craticula subminuscula*'nın baskınlığı vardır. Sonuç olarak çok kirli olduğu tespit edilen istasyonların düzenlilik değerinin düşük olduğu, bu istasyonlarda kirleticiye toleranslı türlerin sayıca bolluğu ve baskınlığı görülmüştür. Nispeten temiz olan istasyonlarda düzenliliğin "1" değerine yaklaşması parametreler bakımından eşit rekabet koşulları oluştuğuna, hem hassas hem de toleranslı türlerin çoğalabilmesi sebebiyle tür sayısının yüksek olmasına, türlerin ise eşit dağılmasına olanak sağlamıştır.

Tür sayısı kirlilikle arttıkça azalma eğilimindedir (Patrick, 1973, Rott ve Pfister, 1988). Tür sayısı, yapılan regresyon analizinde TP, PO₄-P ve SO₄ ile negatif ilişki göstermesi sebebiyle kirliliğin, tür sayısını azaltmada bir kriter olabileceği söylenebilmektedir. Ayrıca regresyon analizinde çözülmüş oksijenle tür sayısının pozitif ilişkisi görülmesi ile birlikte oksijen miktarı nispeten yüksek bulunan iyi durumdaki ve orta kirlilikteki istasyonlarda tür sayısının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. orta-iyi kalite aralığında oligomesotrofik olduğu görülen 8. istasyonda yıllık ortalama 161 takson kayda geçirilerek en yüksek tür sayısına ulaşılmıştır.

Çalışmamızda en başarılı sonuçları veren indeks Descy's İndeksi (DES) (Descy 1979) olmuştur. On farklı çevresel parametreye göre regresyonunu incelediğimiz bu indeks TP, PO₄, NO₂-N, SiO₂, sıcaklık ve Eİ olmak üzere toplam 6 parametreye ile güçlü regresyon göstermiştir. Lobo, TDIL, TDI ve TIT indeksleri hariç diğer tüm indekslerin özellikle TP, PO₄, NO₂-N, ve Eİ ile güçlü regresyonları bulunmaktadır. Lobo indeksi sadece sıcaklık, TIT indeksi ise sadece ÇO ile ilişki göstermiştir. TDI ve TDIL indeksleri hiçbir parametreye uyum gösterememiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada sadece bir istasyonun ekolojik statüsü orta-iyi bulunmuş, bunun dışında örneklenen hiçbir istasyonun suyunun ekolojik statüsü çok iyi veya iyi durumda tespit edilememiştir. Orta kirli olarak tespit edilen istasyonların insan etkisi altındaki aşağı havzaların daha çok kirlendiği ve bunun sonucunda aşağı havzalardaki istasyonların ekolojik statüsünün kötü veya çok kötü duruma düştüğü görülmüştür. Özellikle tek istasyon olarak çalışılan Saz ve Dil dereleri ile ikişer istasyon çalışılan Yırım ve Hisar derelerinin aşağı havzalarının su kalitesinin çok kötü statüde olması, buralarda yoğun sanayi kuruluşlarının ve nüfusun bulunduğu göz önüne alındığında atık deşarjının sağlıklı temizlenmediğini akla getirmektedir. Hem bu derelerin hem de

körfeze akan diğer derelerin İzmit Körfezi'ne kirlilik yükü bıraktığı söylenebilmektedir. Hem ülkemizde hem dünyada küresel ısınma, nüfus artışı, aşırı tüketim, endüstriyel faaliyetler ve tarımda sulama sorunları gibi problemler arttıkça yıldan yıla temiz su ihtiyacının da arttığı unutulmamalıdır. Bu konuyla ilgili tüm paydaşların hem insanlık hem de ekosistemlerin sürdürülebilirliği için suyun geleceğini kurtarmak üzere sorumluluk bilinciyle harekete geçmesi, bu süreci izlemesi, denetlemesi ve iyileştirme çabasına girmesi elzem görünmektedir.





KAYNAKLAR

- Alatalo, R. V. (1981). Problems in the Measurement of Evenness in Ecology. *Oikos*, 37(2), 199–204. <https://doi.org/10.2307/3544465>
- Álvarez-Blanco, I., Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., & Bécares, E. (2013). The Duero Diatom Index (DDI) for river water quality assessment in NW Spain: design and validation. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 969-981.
- Atazadeh, I., Sharifi, M., & Kelly, M. G. (2007). Evaluation of the trophic diatom index for assessing water quality in River Gharasou, western Iran. *Hydrobiologia*, 589, 165-173.
- Bąk, M., Witkowski, A., Żelazna-Wieczorek, J., Wojtal, A. Z., Szczepocka, E., Szulc, K., & Szulc, B. (2012). The key for the determination of diatoms in phytobenthos for the purpose of assessing the ecological status of surface waters in Poland. *Environmental Monitoring Library*. in Polish.
- Barber, H. G., & Haworth, E. Y. (1981). A guide to the morphology of the diatom frustule: with a key to the British freshwater genera. (No Title).
- Blanco, S., Ector, L., Huck, V., Monnier, O., Cauchie, H. M., Hoffmann, L., & Bécares, E. (2008). Diatom Assemblages And Water Quality Assessment In The Duero Basin (Nw Spain). *Belgian Journal Of Botany*, 141(1), 39–50. <http://www.Jstor.Org/Stable/20794650>
- Carpenter, S. R. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(32), 11039-11040.
- Cemagref, (1982). Etude des Méthodes Biologiques Quantitatives d'appréciation de la Qualité des Eaux. Rapport Division Qualité des Eaux Lyon Agence de l'Eua Rhône-Méditerranéen-Corse, Pierre Bénite, 218 pp.
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., ... & Likens, G. E. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- Correll, D. L. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. *Journal of environmental quality*, 27(2), 261-266.
- Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., & Delmas, F. (2009). Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9(4), 621–650. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.06.003>
- Cox, E.J. (2012), Ontogeny, Homology, And Terminology Wall Morphogenesis As An Aid To Character Recognition And Character State Definition For Pennate Diatom Systematics. *Journal Of Phycology*, 48: 1-31. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.01081.x>

- Çelekli, A. (2016). Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi Fitobentoz İndeksleri Klavuz Dökümanı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, s. 79.
- Çelekli, A., Kayhan, S., Lekesiz, Ö., Toudjani, A. A., & Çetin, T. (2019). Limno-ecological assessment of Aras River surface waters in Turkey: application of diatom indices. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 8028-8038.
- Çelekli, A., Lekesiz, Ö., & Çetin, T. (2022). Eco-assessment of least disturbed areas of the Antalya River basin: application of diatom indices from different ecoregions. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 790-804.
- Çetin, T., Solak, C. N., & Yılmaz, E. (2021). Testing the performance of European diatom indices for evaluating the ecological status in the Kızılırmak basin, Turkey: flowing waters. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32), 43567-43578.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED Raporları. (2023). <https://ced.csb.gov.tr/2023-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-112399>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kocaeli Çevre Durum Raporu, (2021). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kocaeli-ilcdr-2021-20220816111805.pdf>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kocaeli Çevre Durum Raporu, (2022). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kocaeli-ilcdr-2022-20230706104825.pdf>
- Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A. S., Russ, J. and Zaveri, E. (2019). *Quality Unknown: The Invisible Water Crisis*. Washington, DC, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32245>. License: CC BY 3.0 IGO.
- Daniel, F. B., Griffith, M. B., & Troyer, M. E. (2010). Influences of spatial scale and soil permeability on relationships between land cover and baseflow stream nutrient concentrations. *Environmental management*, 45, 336-350.
- De Tommasi, E., Gielis, J., & Rogato, A. (2017). Diatom frustule morphogenesis and function: a multidisciplinary survey. *Marine genomics*, 35, 1-18.
- Dell'Uomo A, Pensieri A, Corradetti D. (1999). Diatome'es e'pilithiques du fleuve Esino (Italie centrale) et leur utilisation pour l'e'valuation de la qualite' biologique de l'eau. *Cryptogamie, Algol* 20: 253-269.
- Dell'Uomo, A. (2004). L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. *Linee Guida* (pp. 1-101). APAT.
- Descy, J. P. (1979). A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwigia Beiheft*, 64, 305-323.
- Descy, J. P., & Coste, M. (1991). A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 24(4), 2112-2116.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2022). <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>
- Dodds, W. K., & Smith, V. H. (2016). Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters*, 6(2), 155-164.

- DSİ. (2022). <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1847>
- Eloranta, P., & Soininen, J. (2002). Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatom communities. *Journal of Applied Phycology*, 14, 1-7.
- European Committee for Standardization. (2004). Water quality – Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analyses of phytobenthos in shallow running water. European Standard EN, 15708, Brussels.
- Gomez, N. and Licursi, M. (2001). The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and stream in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35: 173-181.
- Gross, S. (2017). Phenotypic and genotypic responses in the planktonic diatom *Skeletonema marinoi*-Effects of natural processes and anthropogenic stressors.
- Guiry, M. D. (2024). How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing. *Journal of Phycology*, 60(2), 214-228
- Gurbuz, H., & Kivrak, E. (2002). Use of epilithic diatoms to evaluate water quality in the Karasu River of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 23(3), 239-246.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Harita Genel Müdürlüğü. (2023). Kocaeli Fiziki Haritası. <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/products/kocaeli-fiziki-il-haritasi-1380.pdf>
- Hasret, S. (2017). Yalakdere'nin (Yalova) biyolojik su kalitesinin epilithic diatomelere dayalı değerlendirilmesi (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Hilton, J., O'Hare, M., Bowes, M. J., & Jones, J. I. (2006). How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment*, 365(1-3), 66-83.
- Horton, R. K. (1965). An index number system for rating water quality. *J Water Pollut Control Fed*, 37(3), 300-306.
- <http://www.kocaeli.gov.tr/sehrimiz>
- <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>
- <https://www.kocaeli.bel.tr/sosyo-ekonomik-yapi.html>
- <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=16806&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>
- Hurlimann, J., & Niederhauser, P. (2002). Method for studying and assessing the state of health of rivers: Diatoms-level R (region). OFEFP. in French.
- Hurlimann, J., & Niederhauser, P. (2006). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend) Bundesamt für Umwelt. BAFU, Bern.
- IBM Corp. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. IBM Corporation, Armonk, NY.

- Jakovljević, O. S., Popović, S. S., Vidaković, D. P., Stojanović, K. Z., & Krizmanić, J. Ž. (2016). The application of benthic diatoms in water quality assessment (Mlava River, Serbia). *Acta Botanica Croatica*, 75(2), 199-205.
- Jones, J. I., Duerdoth, C. P., Collins, A. L., Naden, P. S., & Sear, D. A. (2014). Interactions between diatoms and fine sediment. *Hydrological processes*, 28(3), 1226-1237.
- Joyner, T., Healy, M. L., Chakravarti, D., & Koyanagi, T. (1967). Prediction of nitrification effects of the dissolved oxygen balance of streams. *Environmental Science & Technology*, 1(5), 405-410.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O., & Gülboy, H. (2004). Ağlasun Deresi'nin su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik algelere göre belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2(2), 7-14.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N. L., Akköz, C., & Yorulmaz, B. (2009). Comparative performance of diatom indices in aquatic. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1032-1040.
- Kamp, A., de Beer, D., Nitsch, J. L., Lavik, G., & Stief, P. (2011). Diatoms respire nitrate to survive dark and anoxic conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(14), 5649-5654.
- Karacaoğlu, D., & Dalkıran, N. (2017). Epilithic diatom assemblages and their relationships with environmental variables in the Nilüfer Stream Basin, Bursa, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 189, 1-22.
- Kawecka, B., Kwadrans, J., & Szykowski, A. (1996). Use of algae for monitoring rivers in Poland. WHITTON BA, ROTT E., Use of algae for monitoring rivers II, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck, 137-141.
- Kelly, M. G., & Whitton, B. A. (1995). The trophic diatom index: A new diatom index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7, 433-444.
- Kelly, M. G., Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., ... & Vizinet, J. (1998). Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of applied Phycology*, 10, 215-224.
- Kelly, M. G., Whitton, B. A., & Lewis, A. (1996). Use of diatoms to monitor eutrophication in UK rivers. *Use of algae for monitoring rivers II*, 79-87.
- Kelly, M., Juggins, S., Guthrie, R., Pritchard, S., Jamieson, J., Rippey, B., & Yallop, M. (2008). Assessment of ecological status in UK rivers using diatoms. *Freshwater biology*, 53(2), 403-422.
- Kemp, M. J., & Dodds, W. K. (2002). The influence of ammonium, nitrate, and dissolved oxygen concentrations on uptake, nitrification, and denitrification rates associated with prairie stream substrata. *Limnology and Oceanography*, 47(5), 1380-1393.
- Kilham, P., (1971). A Hypothesis Concerning Silica and the Freshwater Planktonic DIATOMS1. *Limnology and Oceanography*, 16(1), 10-18.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi. (2024)

- Kocaeli Sanayi Odası. (2024). <https://kosano.org.tr/rakamlarla-kocaeli/>
- Kocataş, A. (1996). Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 51, Ege Üniv. Basımevi, İzmir. s 564.
- Krammer K (2000) Diatoms of Europe. In: Lange-Bertalot H (ed) The Genus *Pinnularia*, vol 1. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell
- Krammer K (2002) Diatoms of the European inland waters and comparable habitats, *Cymbella*, vol 3. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell
- Krammer K (2003) Diatoms of Europe. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocybella*, vol 4. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1986) Freshwater flora of Central Europe: Bacillariophyceae, I. Naviculaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (in German)
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991a) Freshwater flora of Central Europe: Bacillariophyceae. III. Centrales, Fragilariaceae, Eunoticeae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (in German)
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991b) Freshwater flora of Central Europe: Bacillariophyceae. IV. Achnanthaceae, critical additions to *Navicula* (Lineolatae) and *Gomphonema*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (in German)
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1999) Freshwater flora of Central Europe: Bacillariophyceae. II. Epithemiaceae, Surirellaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (in German)
- Krenkel, P. (2012). Water quality management. Elsevier.
- Kupe, L., Alikaj, M., Bahiti, E., Imeri, A., & Duka, I. (2023). The Development of Epiphytic Diatoms in the Vjosa River and Their Impact on Water Quality Based on the IPS Index. *International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences*, 6(3), 1186-1192.
- Kwandrans, J., Eloranta, P., Kawecka, B., & Wojtan, K. (1998). Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *Journal of Applied Phycology*, 10, 193-201.
- Lange-Bertalot H (2001) *Navicula sensu stricto* 10 genera separated from *Navicula sensu lato* Frustulia. In: Lange-Bertalot H (ed) Diatoms of Europe - diatoms of the European Inland Waters and comparable habitats. Gantner Verlag, Ruggell
- Lange-Bertalot H, Hofmann G, Werum M, Cantonati M, Kelly MG (2017) Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment, vol 942. Schmitt-Oberreifenberg, Koeltz Botanical Books, Germany
- Leclercq, L., & Maquet, B. (1987). Deux nouveaux indices diatomique et de qualité chimique des eaux courantes. Comparaison avec différents indices existants. *Cahier de Biologie Marine*, 28, 303-310.
- Lecointe, C., Coste, M., & Prygiel, J. 1. (1993). "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269(1), 509-513.

- Lenoir, A., & Coste, M. (1996). Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board Network. In International symposium, Volksbildungsheim Grillhof Vill, AUT, 17-19 September 1995 (pp. 29-43). Universität Innsbruck.
- Litke, D. W. (1999). Review of phosphorus control measures in the United States and their effects on water quality (Vol. 99, No. 4007). US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Lobo, E. A., Katoh, K., & Aruga, Y. (1995). Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. *Freshwater Biology*, 34(1), 191-204.
- Lobo, E. A., Callegaro, V. L. M., & Bender, E. P. (2002). Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. *Edunisc*.
- Lobo, E., Bes, D., Tudesque, L., & Ector, L. (2004). Water quality assessment of the Pardinho River, RS, Brazil, using epilithic diatom assemblages and faecal coliforms as biological indicators. *Vie Milieu*, 54, 115–125.
- Lorenzen, J., Larsen, LH, Kjær, T., & Revsbech, NP (1998). Diatomlu tatlı su tortusunda nitratın mikroskopik dağılımının, nitrat asimilasyonunu, nitrifikasyonunu ve denitrifikasyonunun biyosensörle belirlenmesi. *Uygulamalı ve Çevresel Mikrobiyoloji*, 64(9), 3264-3269.
- Lowe, R. YPan. (1996). Benthic algal communities and biological monitors. *Algal ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California. USA, 705-739.
- Mann, D. G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia*, 38(6), 437-495.
- Noga, T., Kochman, N., Peszek, Ł., Stanek-Tarkowska, J. ve Pajaczek, A. (2014). 2007-2011 yıllarında Podkarpacie Bölgesi'ndeki nehirlerde, akarsularda ve ekili topraklarda bulunan diatomlar (Bacillariophyceae). *Ekolojik Mühendislik Dergisi*, 15 (1), 6-25.
- Ongun Sevindik, T. O., Alemdar, E., Uzun, A., Coşkun, T., & Tunca, H. (2021). Ecological status estimation of eight creeks in the Lake Sapanca Basin (Sakarya, Turkey) using diatom indices. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 57, p. 14). EDP Sciences.
- Ongun Sevindik, T., Çetin, T., Tunca, H., Güzel, U., & Tekbaba, A.G. (2023a). Ecological status estimation of minimally disturbed rivers of the Akarçay Basin (Türkiye) using diatom indices. *Biologia*, 78(11), 3017-3030.
- Ongun Sevindik, T., Çetin, T., Tekbaba, A. G., Güzel, U., & Yılmaz, E. (2023b). The distribution of diatom assemblages with the effects of environmental parameters and ecological status assessment based on diatom indices in the lentic systems of the Akarçay and Asi Basins (Türkiye). *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1189.
- Ongun Sevindik, T. O., Çetin, T., Güzel, U., Tunca, H., & Tekbaba, A. G. (2023c). Using diatom indices to estimate the ecological status of minimally disturbed rivers of the Sakarya River Basin (Türkiye). *Ecohydrology*, 16(7), e2568.

- Ongun Sevindik, T., Çetin, T., Yilmaz, E., Tunca, H., Tekbaba, A. G., & Güzel, U. (2024). Assessment of running water quality in the Asi River Basin (Türkiye) using diatom indices. *Biologia*, 1-15.
- Patrick, R. (1974). Diatoms as indicators of changes in environmental conditions (pp. 71-83).
- Potapova, M. G., Charles, D. F., Ponader, K. C., & Winter, D. M. (2004). Quantifying species indicator values for trophic diatom indices: a comparison of approaches. *Hydrobiologia*, 517, 25-41.
- Potapova, M., & Charles, D. F. (2003). Distribution of benthic diatoms in US rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater biology*, 48(8).
- Prygiel, J., & Coste, M. (2000). Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau & CEMAGREF, Paris, France.
- Prygiel, J., Leveque, L., & Iserentant, R. (1996). Un nouvel indice diatomique pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance. *Revue des Sciences de l'Eau*, 9(1), 97-113.
- Rakowska, B. (2001). Indicator values in ecological description of diatoms from Polish lowlands. *International Journal of Ecohydrology and Hydrobiology*, 4(01).
- Rakowska, B., & Szczepocka, E. (2011). Demonstration of the Bzura River restoration using diatom indices. *Biologia*, 66(3), 411-417.
- Reynolds, C. S. (2000). Hydroecology of river plankton: the role of variability in channel flow. *Hydrological Processes*, 14(16-17), 3119-3132.
- Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rott, E., & Pfister, P. (1988). Natural epilithic algal communities in fast-flowing mountain streams and rivers and some man-induced changes: With 3 tables in the text. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 23(3), 1320-1324.
- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P., & Pipp, E. (1997). Indication lists for growth algae in Austrian watercourses, part 1: saprobic indication. *Water Management Cadastre, Federal Ministry of Agriculture and Forestry*. in German.
- Rott, E., Pipp, E., Pfister, P., Van Dam, H., Ortler, K., Binder, N., & Pall, K. (1999). Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil, 2, 3-85.
- Round, F. E. (1993). A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality 1993.
- Round, F. E., & Happey, C. M. (1965). Persistent, vertical-migration rhythms in benthic microflora: Part IV a diurnal rhythm of the epipellic diatom association in non-tidal flowing water. *British Phycological Bulletin*, 2(6), 463-471.
- Routledge, R. D. (1980). Bias in estimating the diversity of large, uncensused communities. *Ecology*, 61(2), 276-281.

- Rumeau, A., & Coste, M. (1988). Introduction into the systematics of freshwater diatoms. For a useful generic diatomic index. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture (France)*, 61(309).
- Said, A., Stevens, D. K., & Sehlke, G. (2004). An innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental management*, 34, 406-414.
- Sala, L., & Mujeriego, R. (2001). Cultural eutrophication control through water reuse. *Water science and technology*, 43(10), 109-116.
- Salomoni, S. E., Rocha, O., Callegaro, V. L., & Lobo, E. A. (2006). Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559, 233-246.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M. F., Vicente, J., Rubio, A., García, M. G., Travieso, L., & Borja, R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological indicators*, 7(2), 315-328.
- Schindler, D. W. (2012). The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1746), 4322-4333.
- Shannon CB, W. W. (1963). *The mathematical theory of communication*. Urbana (Illinois): Univ. Press, 117.
- Sládeček, V. (1986). Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 14(5), 555-566.
- Smol, J. P., & Stoermer, E. F. (Eds.). (2010). *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press.
- Soininen, J. (2002). Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish rivers. *International Review of Hydrobiology*, 87(1), 11-24.
- Soininen, J. (2002). Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish rivers. *International Review of Hydrobiology*, 87(1), 11-24.
- Soininen, J. (2004). Determinants of benthic diatom community structure in boreal streams: the role of environmental and spatial factors at different scales. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 89(2), 139-150.
- Solak, C. N. & Acs, E. (2011). Water quality monitoring in European and Turkish rivers using diatoms. *TURKISH JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCE*, 11(2), 329 - 337.
- Solak, C. N. (2011). The Application of Diatom Indices in the Upper Porsuk Creek Kütahya- Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(1).
- Solak, C. N., Peszek, Ł., Yilmaz, E., Ergül, H. A., Kayal, M., Ekmekçi, F., ... & Ács, É. (2020). Use of diatoms in monitoring the Sakarya river basin, Turkey. *Water*, 12(3), 703.
- Sommer, U. (1988). *Growth and survival strategies of diatoms*. Cambridge University Press.
- Steinberg, C. and Schiefele, S. 1988. Biological indication of trophy and pollution of running waters. *Z. Wasser. Abwasser. Forsch.*, 21: 227–234.
- Steinberg, C., & Schiefele, S. (1988). Bausteine zu einem Trophiesystem für Fließgewässer. *Bau intern*, 7, 130-131.

- Stevenson, R. J. (1984). Epilithic and epipelic diatoms in the Sandusky River, with emphasis on species diversity and water pollution. *Hydrobiologia*, 114, 161-175.
- Stevenson, R. J., Pan, Y., & Van Dam, H. (1999). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*, 1(4).
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*.
- Swift, E. (1967). Cleaning diatom frustules with ultraviolet radiation and peroxide. *Phycologia*, 6(2-3), 161-163.
- Szczepocka, E. ve Szulc, B. (2009). Çeşitli kirli nehirlerin su kalitesini tahmin etmede bentik diyatomların kullanımı. *Oşinolojik ve Hidrobiyolojik Çalışmalar*, 38 (1), 17-26.
- Szulc, B., & Szulc, K. (2013). The use of the Biological Diatom Index (BDI) for the assessment of water quality in the Pilica River, Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42, 188-194.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), (2022). (extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/su%20kalitesi%20istatistik%20tablolar%C4%B1/Su+Kalitesi+Istatistikleri+Metaveri+Sablonu-13112020.pdf).
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2015). *Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği*.
- Taş, B., Yılmaz, Ö., & Ustaoglu, F. (2021). Ilıman bir Türkiye nehir havzasında dere su kalitesinin çok değişkenli analiz ve biyolojik yaklaşımlarla değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 34-55.
- Technicon Industrial Methods (1977a). Nitrate and Nitrite in Water and Wastewater. No. 158 – 71. Technicon. Luton, UK
- Technicon Industrial Methods (1977b). Phosphate and Silicate Analysis in Water and Seawater. No. 253–280 E. Application Note. Technicon. Luton, UK
- Ter Braak, C. J., & Smilauer, P. (2002). *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. www.canoco.com.
- Torrisi, M., & Dell'Uomo, A. (2006). Biological Monitoring Of Some Apennine Rivers (Central Italy) Using The Diatom-Based Eutrophication / Pollution Index (Epi-D) Compared To Other European Diatom Indices. *Diatom Research*, 21(1), 159–174. <https://doi.org/10.1080/0269249x.2006.9705657>
- Toudjani, AA, Celekli, A., Gümüş, EY, Kayhan, S., Lekesiz, H. Ö., & Cetin, T. (2017). Akan suların ekolojik kalitesini değerlendirmek için yeni bir diatom indeksi: Batı Anadolu'daki su kütleleri üzerine bir vaka çalışması. *Annales de Limnologie-Uluslararası Limnoloji Dergisi'nde* (Cilt 53, s. 333-343). EDP Sciences.
- Tükenmez, G. (2019). Dil deresi su kalitesinin diyatome indeksleri kullanılarak araştırılması (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Su ve Atıksu İstatistikleri, (2022) Haber Bülteni, Sayı: Sayı:49607 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atıksu-Istatistikleri-2022-49607>.
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%C4%9Fi%20ekleri.htm>

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023).

UN World Water Development Report. (2021).
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>

UN World Water Development Report. (2022).
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380723>

Van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28, 117-133.

Volcani, B. E. (1981). Cell wall formation in diatoms: morphogenesis and biochemistry. In *Silicon and siliceous structures in biological systems* (pp. 157-200). New York, NY: Springer New York.

Wang, Y. K., Stevenson, R. J., & Metzmeier, L. (2005). Development and evaluation of a diatom-based Index of Biotic Integrity for the Interior Plateau Ecoregion, USA. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(4), 990-1008.

Watanabe, T. (1990). Numerical simulation of organic pollution in flowing waters. *Encyclopedia of environmental control technology*, 4, 251-281.

Water Framework Directive (WFD). (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities L327*: 1-72.

Winter, J. G., & Duthie, H. C. (2000). Epilithic diatoms as indicators of stream total N and total P concentration. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(1), 32-49.

Yuce, A. M., Gönülol, A., & Erkebay, Ş. (2021). Ballıkaya tabiat parkı sucul sistemlerinin trofik durumunun belirlenmesi (Kocaeli, Türkiye). *Biological Diversity and Conservation*, 14(3), 351-358.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Nebiye Tuğba GÖKŞİN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2006, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji
- **Yükseklisans** : 2008, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Ortaöğretim Alan Öğretmenliği, Tezsiz.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017 yılında Millî Eğitim Bakanlığı'nda öğretmen olarak çalışmaya başladı ve halen devam etmektedir.