

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI



SİNOP KIYILARINDA DAĞILIM GÖSTEREN BAZI
MAKROALGLERİN EKOLOJİK STOKİYOMETRİSİ:
C:N:P ORANI

GÖKHAN YILDIZ

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ALİ KARAÇUHA

SİNOP - 2024

TEZ KABUL

GÖKHAN YILDIZ tarafından hazırlanan “**SİNOP KIYILARINDA DAĞILIM GÖSTEREN BAZI MAKROALGLERİN EKOLOJİK STOKİYOMETRİSİ: C:N:P ORANI**” başlıklı bu çalışma, 30.01.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **DOKTORA tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Levent BAT
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

**Üye
(Danışman)**

Dr. Öğr. Üyesi Ali KARAÇUHA
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Üye

Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Üye

Doç. Dr. Özgür BAYTUT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Fen Fakültesi

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Emine Şükran OKUDAN
Akdeniz Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Fadime DİRİK

.....

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gökhan YILDIZ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

SİNOP KIYILARINDA DAĞILIM GÖSTEREN BAZI MAKROALGLERİN EKOLOJİK STOKİYOMETRİSİ: C:N:P ORANI

GÖKHAN YILDIZ

SİNOP ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ALİ KARAÇUHA

Bu çalışma, Sinop kıyı suları üst infralittoral bölgesinde dağılım gösteren bazı makroalglerin doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonlarında meydana gelen değişimlerin ekolojik yönden değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Örneklemeler mevsimsel olarak İnceburun (İst. I), Hamsilos (İst. II), Akliman (İst. III), Dış liman (İst. IV) ve İç Liman (İst. V) olmak üzere 5 ayrı istasyonda 2019 Ekim-2020 Temmuz tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Chlorophyta (yeşil algler), Rhodophyta (kırmızı algler) ve Ochrophyta (kahverengi algler) gruplarını temsil eden yaygın 9 tür 0-1 m derinlikten elle toplanmıştır. Ayrıca deniz suyunun besin tuzu analizleri yapılmış ve bazı fizikokimyasal parametreleri sahada ölçülmüştür. Veriler arasındaki zaman, mekan ve türe özgü farklılıklar Tukey HSD testi (Tek yönlü ANOVA sonrası) veya Dunn-Bonferroni (Kruskal-Wallis H sonrası) testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Doku besin elementlerinin (C, N, P) ekolojik değişkenlerle ilişkilerini anlamak için Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı yöntemi ve Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılmıştır. Makroalglerin C, N ve P konsantrasyonlarının mevsimsel, bölgesel ve türe özgü değişimleri anlamlı bulunmuş ve bu elementlerin ekolojik değişkenlerle ilişkilerinin de anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Doku C konsantrasyonu %14,73 (*C. officinalis*; İlkbahar; İst. V) - %43,04 (*P. capillacea*; Yaz; İst. IV), N konsantrasyonu %0,50 (*C. officinalis*; Yaz; İst. II) - %5,14 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I), P konsantrasyonu %0,02 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I ve II) - %0,32 (*U. rigida*; Sonbahar; İst. IV), C:P oranı 157 (*C. officinalis*; Kış; İst. IV) - 4255 (*L. obtusa*; Kış; İst. I), N:P oranı 9 (*C. officinalis*; Kış; İst. IV) - 304 (*L. obtusa*; Kış; İst. II) ve C:N oranı 9 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I) - 51 (*U. intestinalis*; Yaz; İst. I) aralığında bulunmuştur. Yeşil, kahverengi ve kırmızı alg gruplarının yıllık ortalama N konsantrasyonları sırasıyla %1,98, %1,76 ve %2,20 ve yıllık ortalama P konsantrasyonları sırasıyla %0,12, %0,11 ve %0,09 olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda makroalglerin C:N:P atomik oranı ortalama 1187:57:1 ve medyan oranı 859:41:1 olarak tespit edilmiştir. Bu oranlar mevcut çalışmada yer alan alglerin (*C. officinalis* hariç) Sinop kıyılarında P sınırlamasına maruz kaldığını göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELE: Makroalg; C:N:P oranı; Stokiyometri; Sinop; Karadeniz

Ocak 2024, 220 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

ECOLOGICAL STOICHIOMETRY OF SOME MACROALGAE DISTRIBUTED ON THE COAST OF SİNOP: C:N:P RATIO

GÖKHAN YILDIZ

SİNOP UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF HYDROBIOLOGY
SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. ALİ KARAÇUHA

This study was conducted to ecologically evaluate the changes in tissue nutrient (C, N, P) concentrations of some macroalgae distributed in the upper infralittoral zone of Sinop coastal waters. Sampling was carried out seasonally at 5 different stations, namely Inceburun (Ist. I), Hamsilos (Ist. II), Aklıman (Ist. III), Dış liman (Ist. IV) and İç liman (Ist. V) between October 2019 and July 2020. Common 9 species representing Chlorophyta (green algae), Rhodophyta (red algae) and Ochrophyta (brown algae) groups were collected manually from 0-1 m depth. In addition, the seawater was analyzed for nutrient salts and some physicochemical parameters were measured in the field. Time-, space- and species-specific differences between data were analyzed using Tukey HSD test (after one-way ANOVA) or Dunn-Bonferroni (after Kruskal-Wallis H) tests. Spearman's rank correlation coefficient method and Principal Component Analysis (PCA) were used to understand the relationships of tissue nutrients (C, N, P) with ecological variables. Seasonal, regional and species-specific variations of C, N and P concentrations of macroalgae were found to be significant and the relationships of these elements with ecological variables were also significant ($p < 0.05$). Tissue C concentration was 14.73% (*C. officinalis*; Spring; Ist. V) - 43.04% (*P. capillacea*; Summer; Ist. IV), N concentration was 0.50% (*C. officinalis*; Summer; Ist. II) - 5.14% (*Ceramium* spp.; Winter; Ist. I), P concentration was 0.02% (*Ceramium* spp.; Winter; Ist. I and II) - 0.32% (*U. rigida*; Autumn; Ist. IV), C:P ratio 157 (*C. officinalis*; Winter; Ist. IV) - 4255 (*L. obtusa*; Winter; Ist. I), N:P ratio 9 (*C. officinalis*; Winter; Ist. IV) - 304 (*L. obtusa*; Winter; Ist. II) and C:N ratio 9 (*Ceramium* spp.; Winter; Ist. I) - 51 (*U. intestinalis*; Summer; Ist. I). The average annual N concentrations of green, brown and red algae groups were 1.98%, 1.76% and 2.20%, respectively, and the average annual P concentrations were 0.12%, 0.11% and 0.09%, respectively. At the end of the study, the average C:N:P atomic ratio of macroalgae was 1187:57:1 and the median ratio was 859:41:1. These rates show that the algae in the current study (except *C. officinalis*) are subject to P limitation along the coast of Sinop.

KEYWORDS: Macroalgae; C:N:P ratio; Stoichiometry; Sinop; Black Sea

January 2024, 220 Page

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında yardımını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali KARAÇUHA'ya teşekkürlerimi sunarım. Bilgelikleriyle bana ışık tutan ve cesaretimi artıran saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Levent BAT ve Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM'e sonsuz minnettarlığımı ifade etmek isterim. Ayrıca değerli görüşlerini benimle paylaşan ve çalışmamda bana yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Melek ERSOY KARAÇUHA'ya ve desteğini hep hissettiğim Arş. Gör. Bayram KÖSTEKLİ'ye içten teşekkürlerimi sunarım. Analizlerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi ile Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde görev alan tüm personel ve hocalara da teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi doktora sürecimde de beni destekleyen sevgili eşim Doç. Dr. Sevdâ YILDIZ'a ve kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasına, SÜF-1901-21-003 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

Gökhan YILDIZ 100/2000 YÖK Doktora Programı Bursiyeridir.

Gökhan YILDIZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Deniz Suyunun Genel Bileşimi	5
2.1.1. Çözülmüş inorganik elementler.....	5
2.1.1.1. Besleyici elementler	6
2.2. Denizlerde Biyojeokimyasal Döngü.....	6
2.2.1. Karbon	8
2.2.2. Azot	11
2.2.3. Fosfor.....	13
2.2.4. Silis.....	14
2.3. Sınırlayıcı Besin Kavramı.....	15
2.4. Ötrofikasyon	17
2.5. Ekolojik Stokiyometri.....	18
2.6. Denizel Ekosistemlerde C:N:P Oranları	19
2.7. Ekolojik Stokiyometri için Hipotezler ve Teoriler	21
2.7.1. Stokiyometrik Homeostaz Hipotezi	21
2.7.2. Büyüme Hızı Hipotezi.....	22
2.7.3. Kaynak Oranı Teorisi	22
2.7.4. Vücut Büyüklüğünün Etkileri	23
2.7.5. N ve P'un Allometrik Ölçeklendirmesi.....	24
2.7.6. Bölgesel veya Küresel Ölçekte Varyasyon Hipotezleri	25

2.7.7. Sınırlayıcı Elementlerin Kararlılığı Hipotezi	25
2.8. Alglerin Genel Özellikleri	26
2.8.1. Makroalgler	29
2.8.1.1. Yeşil Deniz Makroalgleri	34
2.8.1.2. Kahverengi Deniz Makroalgleri	36
2.8.1.3. Kırmızı Deniz Makroalgleri	38
3. LİTERATÜR ÖZETİ	40
4. MATERYAL VE METOT	47
4.1. Materyal	47
4.1.1. Araştırma planı	47
4.1.2. Araştırma bölgesi ve istasyonlar	47
4.1.2.1. İnceburun	49
4.1.2.2. Hamsilos	49
4.1.2.3. Akliman	50
4.1.2.4. Dış liman	51
4.1.2.5. İç liman	51
4.1.3. Kimyasal analizleri yapılan makroalg türleri	52
4.1.3.1. <i>Ulva intestinalis</i> türünün genel özellikleri	53
4.1.3.2. <i>Ulva rigida</i> türünün genel özellikleri	54
4.1.3.3. <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün genel özellikleri	55
4.1.3.4. <i>Ericaria crinita</i> türünün genel özellikleri	56
4.1.3.5. <i>Padina pavonica</i> türünün genel özellikleri	57
4.1.3.6. <i>Ceramium</i> spp. türünün genel özellikleri	58
4.1.3.7. <i>Corallina officinalis</i> türünün genel özellikleri	58
4.1.3.8. <i>Laurencia obtusa</i> türünün genel özellikleri	59
4.1.3.9. <i>Pterocladella capillacea</i> türünün genel özellikleri	60
4.2. Yöntem	61
4.2.1. Araziden örneklerin toplanması ve laboratuvarında hazırlanması	61
4.2.2. Kimyasal analizler	63
4.2.2.1. C ve N analizi	63
4.2.2.2. P analizi	63
4.2.3. Spektrofotometrik analizler	64
4.2.3.1. Nitrit analizi	64
4.2.3.2. Nitrat analizi	64

4.2.3.3. Amonyum analizi	65
4.2.3.4. Silikat analizi	65
4.2.3.5. Fosfat analizi.....	65
4.2.3.6. Klorofil- <i>a</i> tayini.....	65
4.2.4. İstatistiksel analizler	66
4.2.5. Analizlerde kullanılan cihazlar.....	67
5. BULGULAR.....	68
5.1. Fizikokimyasal Bulgular.....	68
5.2. Biyokimyasal Bulgular	73
5.3. Stokiyometrik Bulgular	78
5.3.1. Makroalglerin element (C, N, P) konsantrasyonları ve C:N:P oranları	79
5.3.1.1. <i>Ulva intestinalis</i>	82
5.3.1.2. <i>Ulva rigida</i>	89
5.3.1.3. <i>Cladostephus spongiosus</i>	96
5.3.1.4. <i>Ericaria crinita</i>	101
5.3.1.5. <i>Padina pavonica</i>	107
5.3.1.6. <i>Ceramium</i> spp.....	108
5.3.1.7. <i>Corallina officinalis</i>	115
5.3.1.8. <i>Laurencia obtusa</i>	121
5.3.1.9. <i>Pterocladia capillacea</i>	127
5.3.2. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun mevsimsel değişimi	133
5.3.3. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun bölgesel değişimi	135
5.3.4. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun türlere göre değişimi.....	137
5.3.5. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi.....	143
5.3.6. Sinop kıyıları makroalglerinin ortalama ve ortanca C:N:P oranları.....	151
6. TARTIŞMA	153
6.1. Deniz Suyu Analizleri.....	153
6.2. Makroalglerin C:N:P oranı	159
6.2.1. Stokiyometrik denklem	162
6.3. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Gruplara Göre Değişimi	162
6.4. Kritik Konsantrasyon.....	163
6.5. Küresel Araştırmalar.....	164
6.6. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Türe Özgü Değişimi	170

6.7. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Bölgesel ve Mevsimsel Değişimi	172
6.8. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonu ve Ekolojik Değişkenler	174
7. SONUÇ	178
KAYNAKLAR	181
ÖZGEÇMİŞ	204



TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Çeşitli gazların atmosfer ve deniz suyundaki oranları (Alkan vd., 2004)	8
Tablo 2.2 Alg gruplarının sınıflandırma şeması (Pereira ve Neto, 2014).	28
Tablo 4.1 Örneklem istasyonları ve koordinatları	47
Tablo 4.2 Örneklem tarihleri	47
Tablo 4.3 Toplanan makroalgler	53
Tablo 4.4 Analizlerde Kullanılan Cihazlar	67
Tablo 5.1 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametre oranları	68
Tablo 5.2 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalamaları	69
Tablo 5.3 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin bölgesel ortalamaları	69
Tablo 5.4 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametre değerlerinin mevsimsel ve bölgesel değişimleri	71
Tablo 5.5 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametre oranları	73
Tablo 5.6 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalamaları	74
Tablo 5.7 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin bölgesel ortalamaları	75
Tablo 5.8 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametre değerlerinin mevsimsel ve bölgesel değişimleri	76
Tablo 5.9 Makroalglerin C, N, P konsantrasyonları ve C:P, N:P, C:N oranları	79
Tablo 5.10 <i>Ulva intestinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	82
Tablo 5.11 <i>Ulva intestinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	83
Tablo 5.12 <i>Ulva intestinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları	84
Tablo 5.13 <i>Ulva intestinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	85
Tablo 5.14 <i>Ulva intestinalis</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))	88
Tablo 5.15 <i>Ulva rigida</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	89
Tablo 5.16 <i>Ulva rigida</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	90

Tablo 5.17 <i>Ulva rigida</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları.....	91
Tablo 5.18 <i>Ulva rigida</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	92
Tablo 5.19 <i>Ulva rigida</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))	95
Tablo 5.20 <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	96
Tablo 5.21 <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	97
Tablo 5.22 <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları	98
Tablo 5.23 <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	99
Tablo 5.24 <i>Cladostephus spongiosus</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed)).....	100
Tablo 5.25 <i>Ericaria crinita</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	101
Tablo 5.26 <i>Ericaria crinita</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	102
Tablo 5.27 <i>Ericaria crinita</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları.....	103
Tablo 5.28 <i>Ericaria crinita</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	104
Tablo 5.29 <i>Ericaria crinita</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))	106
Tablo 5.30 <i>Padina pavonica</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	107
Tablo 5.31 <i>Padina pavonica</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel değişimleri.....	108
Tablo 5.32 <i>Ceramium spp.</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	109
Tablo 5.33 <i>Ceramium spp.</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	110

Tablo 5.34 <i>Ceramium</i> spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları.....	111
Tablo 5.35 <i>Ceramium</i> spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	112
Tablo 5.36 <i>Ceramium</i> spp. türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))	114
Tablo 5.37 <i>Corallina officinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	115
Tablo 5.38 <i>Corallina officinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	116
Tablo 5.39 <i>Corallina officinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları	117
Tablo 5.40 <i>Corallina officinalis</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	118
Tablo 5.41 <i>Corallina officinalis</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed)).....	120
Tablo 5.42 <i>Laurencia obtusa</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	121
Tablo 5.43 <i>Laurencia obtusa</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	122
Tablo 5.44 <i>Laurencia obtusa</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları	123
Tablo 5.45 <i>Laurencia obtusa</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	124
Tablo 5.46 <i>Laurencia obtusa</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))	126
Tablo 5.47 <i>Pterocladella capillacea</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları	127
Tablo 5.48 <i>Pterocladella capillacea</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları	128
Tablo 5.49 <i>Pterocladella capillacea</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları	129
Tablo 5.50 <i>Pterocladella capillacea</i> türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi	130

Tablo 5.51 <i>Pterocladia capillacea</i> türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed)).....	132
Tablo 5.52 Makroalglerin mevsimlere göre ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranları	134
Tablo 5.53 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının mevsimlere göre değişimi	135
Tablo 5.54 Makroalglerin bölgelere göre ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P C:N oranları	136
Tablo 5.55 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının istasyonlara göre değişimi	137
Tablo 5.56 Makroalglerin türlere göre yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P C:N oranları	139
Tablo 5.57 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının türlere göre değişimi	141
Tablo 5.58 Makroalglerin tamamına ait yıllık ortalama elementel kompozisyon oranları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkinin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed)).....	146
Tablo 5.59 Makroalglerin yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonları ile deniz suyu fizikokimyasal parametre değerleri arasındaki mevsimler ilişkiler için temel bileşen analizi (PCA) sonuçları.....	148
Tablo 5.60 İlk iki temel bileşene ait yükler.....	148
Tablo 5.61 Makroalglerin yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonları ile deniz suyu biyokimyasal parametre değerleri arasındaki mevsimler ilişkiler için temel bileşen analizi (PCA) sonuçları.	150
Tablo 5.62 İlk üç temel bileşene ait yükler	150
Tablo 5.63 Makroalglerin C:N:P oranları	152
Tablo 6.1 Makroalglerin C:N:P stokiyometrisi üzerine çeşitli çalışmalar	161
Tablo 6.2 Makroalglerin C, N ve P konsantrasyonları (kuru ağırlıkta %) ve atomik C:N:P oranları (*: Bu çalışma)	167

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Deniz suyundaki elementlerin doğadaki dolaşimleri (Alkan vd., 2004).....	7
Şekil 2.2	Başlıca makroalg grupları ve bazı örnekler (Cheng vd., 2022).....	31
Şekil 2.3	A) Deniz makroalglerinin polifiletik grubunu gösteren filogenetik ağaç (B, C, D) Makroalglere ait bazı türler (Stiger-Pouvreau ve Zubia, 2020).....	36
Şekil 4.1	Araştırma bölgesi ve istasyonlar	49
Şekil 4.2	İnceburun istasyonu.....	49
Şekil 4.3	Hamsilos istasyonu.....	50
Şekil 4.4	Aklıman istasyonu.....	51
Şekil 4.5	Dış liman istasyonu	51
Şekil 4.6	İç liman istasyonu.....	52
Şekil 4.7	<i>Ulva intestinalis</i>	53
Şekil 4.8	<i>Ulva rigida</i>	54
Şekil 4.9	<i>Cladostephus spongiosus</i>	55
Şekil 4.10	<i>Ericaria crinita</i> [=Cystoseira crinita]	56
Şekil 4.11	<i>Padina pavonica</i>	57
Şekil 4.12	<i>Ceramium</i> spp.....	58
Şekil 4.13	<i>Corallina officinalis</i>	58
Şekil 4.14	<i>Laurencia obtusa</i>	59
Şekil 4.15	<i>Pterocladella capillacea</i>	60
Şekil 4.16	Su ve makroalg örnekleme	61
Şekil 4.17	Örneklerin yıkanması ve ayıklanması	62
Şekil 4.18	Örneklerin kurutma kağıtları üzerinde hazırlanması	62
Şekil 4.19	Temizlenip kurutulduktan sonra toz haline getirilen örnekler	62
Şekil 5.1	Deniz yüzey suyunun sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH değerleri .	72
Şekil 5.2	Deniz yüzey suyunun besin tuzu ve klorofil-a konsantrasyonları.....	77
Şekil 5.3	Makroalglerin C, N, P konsantrasyonları ve C:P, N:P, C:N oranları.....	142
Şekil 5.4	Temel bileşenlere ait yamaç eğim grafiği	148
Şekil 5.5	İki boyutlu uzayda değişkenlere ait bileşen yükleri	149
Şekil 5.6	Temel bileşenlere ait yamaç eğim grafiği	150
Şekil 5.7	Üç boyutlu uzayda değişkenlere ait bileşen yükleri	151

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	: Karbon
C:N:P	: C, N, ve P'un atomik oranı
CaCO₃	: Kalsiyum karbonat
CH₄N₂O	: Üre
CO₃²⁻	: Karbonat
H₂CO₃	: Karbonik asit
HCO₃⁻	: Bikarbonat
HPO₄²⁻	: Hidrojen fosfat
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mM	: Milimol
mm	: Milimetre
N	: Azot
NH₄⁺	: Amonyum azotu
nM	: Nanomol
NO₂⁻-N	: Nitrit azotu
NO₃⁻-N	: Nitrat azotu
P	: Fosfor
PO₄³⁻-P	: orto-fosfat fosforu
ppb	: milyarda bir
ppm	: milyonda bir
ppt	: binde bir
PSU	: Pratik Tuzluluk Birimi
Si	: Silisyum
Si(OH)₄-Si	: Reaktif silikat
µg	: Mikrogram
µM	: Mikromol

Kısaltmalar

AB-DSÇD	: Avrupa Birliği- Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
AOAC	: Association of Official Analytical Chemist
BKP	: Biyolojik Karbon Pompası
Ç.O.	: Çözülmüş oksijen
EU	: European Union
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAR	: Fotosentetik Aktif Radyasyon
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi

1. GİRİŞ

Canlıların yaşamı için gerekli olan besin elementlerinin dengeli ve optimum oranda olması büyüme verimliliğini belirlemektedir. Organizmaların temel bileşimine en çok katılan elementler karbon (C), azot (N), fosfor (P), oksijen (O), hidrojen (H) ve kükürt (S) olup; elementler arasındaki oran her bir canlıda değişkenlik göstermektedir (Da Silva ve Williams, 2001). "Çoklu kimyasal elementler arasındaki bu kütle dengelerinin ekolojik etkileşimlere getirdiği sınırlamalarla bunların sonuçlarını inceleyen bir yaklaşım" olarak ekolojik stokiometri kavramı tanımlanmaktadır (Elser ve Urabe, 1999). Bu alanda yapılan çalışmalar ekosistem işlevi, popülasyon dinamiği, rekabet, küresel iklim değişikliği ve birincil üretimin besinlerce sınırlanması gibi ekolojik etkileşimleri araştırmak için kritik elementler arasındaki oranlarla ilgilenmektedir (Elser ve Urabe 1999; Sterner ve Hessen 2003; Yuan ve Chen 2015; Sun vd., 2019). Sucul ortamda depolanan besin tuzlarına ait madde döngülerinin anlaşılmasında stokiometrik araştırmalar yaygın olarak kullanılmaktadır (Hassett vd., 1997; Sütçü, 2011).

Okyanuslardaki element oranlarıyla ilgili çalışmalar ilk defa Redfield (1934)'ın araştırmalarıyla başlamıştır (Elser, 2000). Elde edilen veriler ışığında; sınırlayıcı olmayan ışık ve besin koşullarında yetişen fitoplanktonun C:N:P oranının 106:16:1 (Redfield oranı) olduğu görülmüştür (Redfield vd., 1963). Daha sonra benzer çalışmalar bentik makroalg ve deniz çayırları üzerine yapılmış ve C:N:P oranının ortalama değerinin 700:35:1 ve ortanca değerinin 550:30:1 ("Atkinson oranı") civarında olduğu anlaşılmıştır (Atkinson ve Smith, 1983). Sheppard vd. (2023) bu konuda yapılan araştırmaları derleyerek küresel makroalglerin C:N:P değerini 801:40:1 olarak tespit etmiş ve C:N oranının Atkinson ve Smith (1983)'in çalışmasına benzer (20) olduğunu bildirmişlerdir. Fitoplanktona kıyasla daha yüksek C:N:P oranları taksonomik olarak değişen büyük miktarlardaki yapısal ve depo karbondan kaynaklanmaktadır. Ayrıca deniz yosunlarının büyüme hızı fitoplanktondan daha yavaş olduğundan kütleli spesifik N ihtiyaçları da fitoplanktondan daha düşüktür. Dolayısıyla makroalglerin belirli bir net karbon üretim seviyesini desteklemek için gereken besin miktarı fitoplanktondan çok daha düşük olduğu görülmektedir (Hurd vd., 2014).

Araştırmalar genellikle kararlı olan karbon-azot-fosfor (C:N:P) oranlarında meydana gelen önemli sapmaların ekosistemlerde sınırlayıcı faktörlerin ortaya çıkmasına veya ötrofikasyon risklerinin artmasına neden olduğunu göstermektedir. Bir besin maddesinin

yeterli miktarda bulunmaması durumunda, bu besin maddesinin alglerin büyümesi için kısıtlayıcı olabileceği kabul edilmektedir (Droop, 1983). Genel olarak tatlı su ortamlarında az olan ve birincil üreticilerin büyümesini sınırlayan element fosfor iken; deniz ortamlarında sınırlayıcı azottur (Howarth, 1988; Caraco vd., 1990; Howarth ve Marino, 2006; Tamminen ve Andersen, 2007). Lakin kıyı bölgelerine antropojenik fosforun azottan daha az girişi de fosforu bu alanlarda sınırlayıcı besin maddesi olarak daha önemli hale getirebilmektedir (Pedersen ve Borum, 1996). Atkinson ve Smith (1983)'e göre ortalama N:P oranının 35:1 olması, deniz makrofitlerinin genel olarak N sınırlamasından ziyade P sınırlamasına eğilimli bir beslenme durumunda olduğunu göstermektedir. Sınırlamanın aksine ötrofikasyon, su ekosistemlerindeki doğal veya antropojenik etkiler sonucu özellikle azot ve/veya fosfor bileşikleri gibi besin maddeleriyle zenginleşmenin arttığı bir durumu ifade eder. Bu durum fırsatçı, kısa ömürlü ve hızlı büyüme eğilimindeki alg türlerinin aşırı miktarda çoğalmasına neden olmaktadır. Bu aşırı alg büyümesi, sucul ekosistemlerde dengesiz bir biyolojik yapı oluşturarak diğer organizmaların ve türlerin yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Ötrofikasyon, sucul habitatlarda meydana gelen bu aşırı beslenme durumu nedeniyle ortaya çıkan ekolojik bir sorunu temsil etmektedir. (Everett, 1994; Schramm ve Nienhuis, 1996; Bonsdorff vd., 1997).

Her geçen gün artan insan faaliyetleri küresel karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) döngülerini büyük ölçüde değiştirmekte böylece besin girdilerindeki küresel artışla bağlantılı olarak son yıllarda alg patlamalarında artışlar gözlenmektedir (Steffen vd., 2015; Glibert, 2017). Dünya nüfusunun %37'sinin yakınında yaşadığı tahmin edilen (Cohen vd., 1997) kıyı şeridi, endüstriyel ticari faaliyetlerin, nehirlerin, rüzgârın ve deniz suyunun taşıdığı malzemelerinin etkisiyle sucul ekosistemin en değerli alanlarından birini temsil ederken (Gunnerson ve French, 1996), insan aktivitelerinden ekosisteme kadar uzanan biyolojik çeşitlilik ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri en çok bu kıyısal alanlarda belirgindir (Rockström vd., 2009; ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017). Bunun yanı sıra kıyı deniz bitki toplulukları tek birincil üreticilerin fitoplankton olduğu açık denizin aksine her biri toplam ototrofik biyokütle ve üretime katkıda bulunan bir dizi farklı bitki grubundan oluşur (Borum ve Sand-Jensen, 1996; Nielsen vd., 2004). Bu alanlar dünyadaki en üretken biyomlar arasında yer aldığından büyük miktarlarda besin (özellikle N ve P) buralardan geçmektedir (Mann, 1982; Gazeau vd., 2004; Nielsen vd., 2004). Bu nedenle bu ortamlarda birincil üretimi sınırlayan besinler

hakkındaki bilgi ötrofikasyonun yönetiminin temelini oluşturur ve ekosistem üretkenliğini sınırlayan kısıtlamaları anlamak için önemlidir (Douglas vd., 2005). Fakat sadece çözünmüş besinlerin ölçümleri üzerine yapılan araştırmalar belirli bir ekosistemin beslenme durumunu değerlendirmek için kullanılan geleneksel yaklaşımlardır. Ayrıca çözünmüş besin konsantrasyonlarını analiz etmek için kullanılan standart kimyasal yöntemler ile arazi çalışmaları sırasında alınan su örnekleri yalnızca anlık konsantrasyon değişimlerinin ölçülmesini sağlamakta olup bu sırada çözünmüş besin maddelerinin kısa süreli değişimlerinde dalgalanmalar olabileceği bildirilmektedir (Wheeler ve Björnsäter, 1992; Valiela, 1995). Ek olarak sucul sisteme ait çözünmüş besin konsantrasyonu verilerinin her zaman canlılar tarafından biyolojik olarak kullanılabilir konsantrasyonların göstergesi olmayabileceği dikkate alınarak (Lyngby, 1990) canlı ve cansız çevre elemanları bir bütün olarak değerlendirilmelidir.

Avrupa Birliği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi ile üye ülkelerden sucul sistemlerini ekolojik olarak sınıflandırılmaları ve bu sistemlerin “iyi çevresel duruma” getirilmesi istenirken bu amaçla fitoplankton, bentik omurgasızlar, balık, angiosperm ve makroalgler ait türler biyolojik elementler olarak önerilmiştir. Ayrıca direktifin sekizinci ve dokuzuncu tanımlayıcı grupları deniz ürünlerindeki kirleticilerle ilgilidir. Oslo ve Paris Antlaşması (OSPAR, 2009) ile de bu bütüncül yaklaşım benimsenmektedir (Law vd., 2010; Swartenbroux vd., 2010; ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017).

Kıyıların kayalık substratlarında dağılım gösteren makroalgler, karbonu organik maddeye dönüştürme kapasitelerinin yanı sıra kıyıya yakın besin döngüsüne de hakim olmaları nedeniyle kıyısal sistemlerde temel bir rol oynamaktadır (Duggins vd., 1989). Yaşam alanlarında bulunan besin maddelerini hızlıca su kolonundan asimile etmelerinden dolayı makroalg besin elementi oranlarının nispeten kısa bir süre içinde yerel besin rejimini yansıtabildiği ileri sürülmüştür (Ryther vd., 1981). Ayrıca makroalg dokularında yer alan besin elementi oranlarının tespiti ile yapılan besin izleme çalışmaları su sütunundaki çözünmüş besin izleme çalışmalarından daha az aralıklarla yapılabilmekte ve “besin durumunun” daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Lyngby, 1990; Wheeler ve Björnsäter, 1992; Horrocks vd., 1995; Lourenço vd., 2007). Dolayısıyla makroalg C:N:P oranlarının saptanmasının besin maddelerinin mevcut durumunu izlemede ve besin girdi kaynaklarını belirlemede faydalı bir çalışma metodu olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Wheeler ve Björnsäter, 1992; Fong vd., 1994b, Costanzo vd., 2001; Villares ve Carballeira, 2003; Lapointe vd., 2005). Bu

bağlamda Sinop Yarımadası kıyılarında dağılım gösteren makroalglerle yapılan bu araştırmayla hem mevcut makroalg topluluklarının doku besin elementi oranlarının belirlenmesi hem de habitatlarındaki çözünmüş besin madde konsantrasyonuyla olan ilişkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bölgede dağılım gösteren makroalglerin besin elementi alımı, depolama ve serbest bırakma süreçlerinin anlaşılmasının deniz kıyı ekosistemlerinin sağlığını ve kararlılığını etkileyebilecek faktörleri daha iyi yönetmede bilgiler sağlayacağı kanaatindeyiz. Bu anlamda bu araştırmanın Türkiye kıyılarında bu konuda yapılacak ilk çalışma olması nedeniyle ülkemiz literatürüne önemli bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Deniz Suyunun Genel Bileşimi

Deniz suyundaki maddelerin kaynağı okyanus tabanındaki volkanik aktivite, kıyı erozyonu, deniz yosunu, plankton, diğer organizmalar, denizaltı termal kaynakları ve atmosferik yataklar gibi kaynaklardır. Deniz suyu;

1-) Katılar (0,45 µm filtreden geçmeyen malzeme: a. Partiküler organik malzeme (bitki döküntüsü) b. Partiküler inorganik malzeme (mineraller)),

2-) Kolloidler (0,45 µm'lik bir filtreden geçer ancak çözünmez: a. Organik (kompleks şekerler) b. İnorganik (demir hidroksitler)),

3-) Gazlar (a. Koruyucu gazlar (N₂, Ar, Xe) b. Koruyucu olmayan gazlar (O₂ ve CO₂))

4-) Çözünmüş maddeler (a. Organik b. İnorganik) olmak üzere bir çözeltiyi oluşturur (Millero, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012).

2.1.1. Çözünmüş inorganik elementler

Deniz suyu içerisinde çözünmüş halde bulunan 81 adet element olduğu belirtilirken (Haynes, 2014) bu sayının daha duyarlı kimyasal yöntemlerin geliştirilmesiyle artabileceği düşünülmektedir. Ancak deniz suyundaki bu elementlerin konsantrasyonları genellikle düşüktür ve yaklaşık olarak sadece %3,5 (35ppt=35 PSU) seviyelerindedir. Kalan %96,5'lik bölüm, saf suya -diğer bir ifadeyle hidrojen (108.000 ppm) ve oksijene (856.000 ppm)- denk gelir. Çözünmüş haldeki inorganik elementler, su içindeki konsantrasyonlarına göre üç ayrı grupta incelenebilirler. Bu gruplar: Esas (Major) Elementler, Yan (Minor) Elementler, İz (Trace) Elementlerdir (Alkan vd., 2004; Nybakken ve Bertness, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012; Webb, 2021).

Deniz suyunda 100 ppm'den fazla (0,05 -750 mM (Bruland, 1983)) konsantrasyona sahip elementlere Esas (Major) element adı verilir. Borik asit (H₃BO₃) dışında, bunların beşi katyon (Sodyum Na⁺, Potasyum K⁺, Magnezyum Mg⁺⁺, Kalsiyum Ca⁺⁺ ve Stronsyum Sr⁺⁺) ve beşi anyon (Klor Cl⁻, Sülfat SO⁻, Bikarbonat HCO₃⁻, Brom Br⁻, Flor F⁻) olmak üzere deniz suyundaki sayıları on adettir (Geldiay ve Kocataş, 2012; Webb, 2021). Çözünmüş olarak bulunan elementlerin %99,7'si esas elementlerdir ve bunlar suyun tuzluluğunu oluşturur. Konsantrasyonları 1-100 ppm arasında (0,05-50 µM (Bruland, 1983)) değişen elementlere Yan (Minor) Element adı verilir. Bunlara örnek karbon,

demir, alüminyum, arsenik, manganez, baryum, bakır, altın vs. gösterilebilir. Azot, fosfor, demir, kobalt, kadmiyum, cıva gibi konsantrasyonu 1 ppm'den düşük (0,05-50 nM (Bruland, 1983)) elementlere ise İz (Trace) Element adı verilir (Alkan vd., 2004; Millero, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012). Deniz suyunda çözünmüş halde bulunan bazı iz ve yan elementler radyoaktif özelliğe sahip oldukları (Radyonüklidler) gibi bazıları da biyokimyasal olaylar da katalizör (Oligoelementler) rolü oynarlar veya yaşam için gereklidirler (Besleyici elementler) (Millero, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012).

2.1.1.1. Besleyici elementler

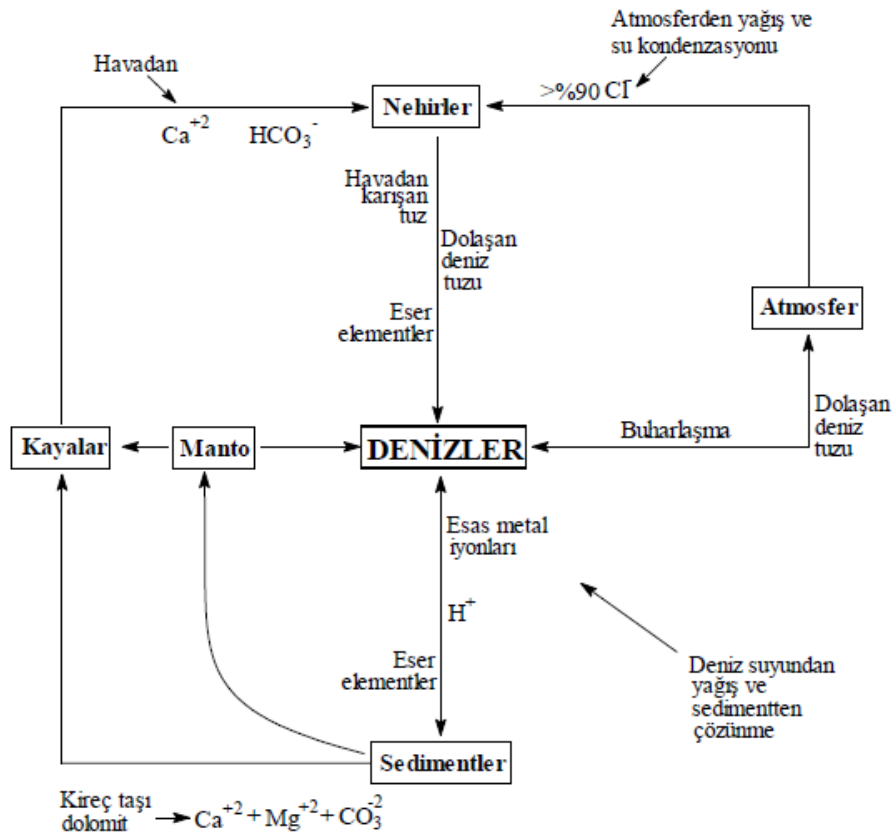
Su ekosistemindeki besin zinciri üzerinde oldukça önemli etkilere sahip olan besleyici elementlerden sudaki konsantrasyonu $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$ üzerindeki makro besinler (örn. C, N, P vb.), bu değerin altındakilere ise mikro besinler veya eser elementler (örn. Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, vb.) adı verilir. C, N, P, H, O, Cu, Mg, Mn, Zn ve Mo tüm algler için gerekli iken (O'Kelley, 1974; DeBoer, 1981); S, K ve Ca da tüm algler için gereklidir ancak kısmen diğer elementlerle değiştirilebilmektedir. Si, Na, Cl, Co, B, V, Se ve I ise sadece bazı algler için gereklidir (DeBoer, 1981).

Fitoplanktonun ihtiyaç duyduğu ana besinler nitrit, nitrat ile amonyum formunda azot ve fosfat formunda fosfordur. Ayrıca pek çok fitoplankton (özellikle diatomlar) kabuk oluşumu için silikaya (SiO_2) ihtiyaç duyar. Bu besinlerin tümü deniz suyunda çok küçük miktarlarda bulunur. Bu nedenle çoğu durumda (özellikle azot bileşikleri) fitoplankton büyümesi için sınırlayıcı faktörlerdir. Tüm alglerin besin gereksinimlerinin benzer olduğu düşünülmektedir. Ancak makroalglerin heterojenliği beslenme gereksinimleri hakkında genelleme yapmayı zorlaştırmaktadır (Lobban ve Harrison, 1994; Hurd vd., 2014). Bir makroalg için gerekli olan iki besin maddesinin (örn. N/P) oranı başka bir türün gerektirdiği orandan oldukça farklı olabilir. Yine Tilman vd. (1982)'ne göre bir türün gelişiminin olumsuz etkilenme sebebi öncelikle azot noksanlığı olabilirken bu etkilenme durumu başka bir tür için fosfor öncelikli olabilir.

2.2. Denizlerde Biyojeokimyasal Döngü

Doğada bulunan maddelerin bir bölümü sürekli olarak canlılar ve çevreleri arasında hareket halindedir. Ayrıca yaşam için gerekli olan besinler sınırlı miktarda bulunur ve geri dönüştürülür. Organizmalar gerekli maddeleri çevrelerinden elde ederken çeşitli formlarda tekrar çevreye verir. Elementlerin atmosfer, litosfer, hidrosfer ve biyosfer

arasında dolaşması biyolojik, jeolojik ve kimyasal süreçleri içeren çeşitli işlemlerle gerçekleşir. Canlı ile ortamı arasındaki bu madde hareketi Biyojeokimyasal Döngü olarak adlandırılır (Kocataş, 1999; Karleskint vd., 2012). Besin maddeleri döngüleri iki ana tipten oluşur: Biri sediment özelliğindeki besin maddesi döngüsü diğeri ise gaz halindeki besin maddeleri döngüsüdür. İlki atmosferden kaynaklanan karbon, azot ve oksijen döngülerini içerirken, ikincisi litosferden kaynaklanan fosfor, silis, kalsiyum, kükürt, sodyum, potasyum, magnezyum ve iz elementler gibi elementlerin döngülerini içerir (Kocataş, 1999). Bu döngülerden özellikle karbon, azot ve fosfor döngüleri ekosistemdeki yaşamın devamlılığı için hayati önem taşıyan kimyasal bileşikler içerdiğinden son derece önemlidir (Nybakken ve Bertness, 2005).



Şekil 2.1 Deniz suyundaki elementlerin doğadaki dolaşımları (Alkan vd., 2004)

Deniz suyu bileşimi bu ortamlarda çeşitli reaksiyonlara girebilir. Genellikle belirli bir süre boyunca okyanuslara giren bir elementin miktarının, deniz tabanına yerleşen miktarıyla eşit olduğu varsayılır. Bazı elementlerin (örneğin Al, Fe vb.) su içindeki kalış süreleri sadece birkaç yüzyıl olabilirken, diğerlerinin (örneğin Na, Mg vb.) milyonlarca yıl sürebilir. Uzun süre kalan elementlerin bu ortamlarda daha aktif olduğu bilinmektedir.

Bitkisel ve hayvansal organizmaların deniz suyu bileşiminde önemli etkileri bulunur. Bitki formları fotosentez ve solunum sırasında yüzey sularının oksijen ve karbondioksit içeriğini sürekli olarak değiştirirler. Karbon, azot, fosfor, silis gibi besin elementleri deniz bitkileri tarafından büyüme dönemlerinde alınarak organik madde üretmek için kullanılır; organik madde parçalanması veya bentik hayvanların tüketimi yoluyla suya geri salınır (Geldiay ve Kocataş, 2012).

Atmosferden yüzey tabakasına hareket eden gazlar ise (oksijen, karbondioksit, azot, hidrojen sülfürü ve metan gibi: Tablo 2.1) daha sonra su hareketleri sonucu difüzyon ve adveksiyon yoluyla daha derin su katmanlarına taşınır (Geldiay ve Kocataş, 2012).

Tablo 2.1 Çeşitli gazların atmosfer ve deniz suyundaki oranları (Alkan vd., 2004)

Gazlar	Sembol	Atmosferde	Deniz Yüzey Suyunda	Toplam okyanuslarda
Azot	N ₂	%78,03	%48	%11
Oksijen	O ₂	%20,99	%36	%6
Karbondioksit	CO ₂	%0,03	%15	%83
Argon, Helyum, Neon	Ar, He, Ne	%0,95	%1	

2.2.1. Karbon

Tüm biyojeokimyasal döngülerin en büyüğü küresel karbon döngüsüdür. Okyanusta bulunan büyük miktardaki karbondioksit ve atmosferden gelen CO₂'in deniz suyunda kolayca çözünmesi nedeniyle deniz organizmaları için neredeyse hiçbir zaman mevcut karbon açığı meydana gelmez. Denizdeki yaşam için kritik darboğazlar özellikle azot, fosfor gibi bazı elementlerin döngülerinde yatmaktadır (Garrison ve Ellis, 2014). Diğer atomların bağlanabileceği uzun zincirler oluşturma kabiliyeti nedeniyle karbon, temel moleküller olan karbonhidratların, proteinlerin, lipidlerin ve nükleik asitlerin omurgasını oluşturarak Dünya'daki tüm yaşamın temel yapı taşı olarak kabul edilir (Garrison ve Ellis, 2014). Okyanuslardaki karbonun büyük bir kısmı karbonat sisteminin bir parçasıdır. Karbonat sistemi deniz suyunun pH'ını düzenlediği ve CO₂'in biyosfer, litosfer, atmosfer ile okyanuslar arasındaki dolaşımını kontrol ettiği için çok önemlidir. Bu sistemde karbon deniz suyunda çözünmüş gaz halinde (karbondioksit), iyonlar halinde (karbonat ve bikarbonat) ve karbonik asit halinde olmak üzere üç şekilde bulunur. Karbondioksit (CO₂) deniz suyu ile reaksiyona girerek karbonik asit (H₂CO₃) oluşturur, bu da aşağıdaki

denklemden gösterildiği gibi hidrojen iyonları (H^+) ve bikarbonat iyonları (HCO_3^-) oluşturur: $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

Bikarbonat iyonları ayrıca karbonata (CO_3^{2-}) ve ek hidrojen iyonlarına ayrışabilir. Bikarbonat iyonları daha sonra bazı deniz organizmaları tarafından alınıp kabukları ve iskeletleri için gerekli olan kalsiyum karbonatı oluşturmak üzere kalsiyum ile birleştirilebilir (Sunlu vd., 2001; Millero, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012; Karleskint vd., 2012). Dinamik yönden farklı olan bu karbon formları suyun karbondioksit miktarını düzenlerler. Suda çözünmüş karbondioksit (CO_2) ile karbonik asit (H_2CO_3) moleküllerinden oluşan karbondioksit miktarı çok düşüktür ve tutulan karbondioksitin 1/100'ünü oluştururlar. Bu nedenle esas karbondioksit iyonik formlar (HCO_3^- , CO_3^{2-}) halindedir; bu miktar da ortamın pH'ına bağlı olarak değişiklikler gösterir (Sunlu vd., 2001; Millero, 2005; Geldiay ve Kocataş, 2012).

Karbondioksitin mevsimsel hatta günlük değişimlerine okyanus ve denizlerin yüzey tabakalarında rastlanılabilir. Özellikle ilkbaharda fotosentezin hızlanmasıyla karbondioksit miktarı azalır. Kışın ise tam tersi olduğundan karbondioksit miktarı maksimum erişir. Ayrıca fotosentezin yanında kabuklu organizmaların kabuklarında, mercanlarda, hayvan iskeletlerinde ve koralin alglerde kalsiyum karbonat bulunması nedeniyle de yüzeye yakın yerlerde CO_2 miktarı azalmaktadır (Geldiay ve Kocataş, 2012; Webb, 2021). Deniz yosunları CO_2 döngüsünde önemli roller oynarlar. Kendi yapılarındaki karbonu okyanuslardaki CO_2 rezervlerine aktararak kısa vadede önemli kaynaklar yaratabilirler. Atmosferik CO_2 'in okyanuslara aktarılması sırasında da düzenleyici bir işlev görebilirler. Ayrıca deniz yüzeyine yakın yerlerde yetişen deniz yosunları derin sulara taşınabilmekte ve orada tüketilebilmektedir (Sunlu vd., 2001).

Fotosentezle sentezlenen organik karbon, besin zincirinde ilerledikten sonra ya enerji elde etmek için okside edilir ya da CO_2 'e ayrıştırılır. Okyanuslarda rejenerasyon işleminin %90'ı açık denizin güneşli yüzey sularında gerçekleşmektedir. Bu sular rüzgarlarla karıştığında CO_2 atmosfere doğru taşınır (Sunlu vd., 2001). Yüzey sularında bulunan ve otçullar tarafından sindirilemeyen organik maddeler, detritus adı verilen organik bileşikler olarak okyanusun derinliklerine iner (Sunlu vd., 2001; Karleskint vd., 2012). Bu süreçte organik karbon, okyanus tabanına inerken bakteriler ve diğer mikroorganizmalar tarafından CO_2 'e parçalanır. Bu süreç oksijen tüketimiyle sonuçlanır. Ortaya çıkan CO_2 ancak derin okyanus sularını karıştıran küresel akıntılar yoluyla yüzeye geri dönebilir. Bu süreçler aracılığıyla karbonun atmosferden deniz suyuna ve

okyanusların derinliklerine taşınıp depolanmasında rol alması Biyolojik Karbon Pompası (BKP) olarak bilinir. BKP atmosferdeki karbondioksit (CO₂) seviyelerinin düşmesine yardımcı olur (Sunlu vd., 2001). Taban seviyesine ulaşmadan önce okyanusun derinliklerinde, solunum ve organik maddenin parçalanması sonucunda ortaya çıkan çözünmüş CO₂ miktarı hızla artar. Bu artış 1000 metreye kadar devam eder. Ancak bu seviyenin altında hızla azalır (Sunlu vd., 2001; Karleskint vd., 2012).

Atmosferik karbondioksit seviyelerinin son 250 yılda kabaca %40 arttığı ve antropojenik emisyonlar azalmadan devam ederse atmosferik CO₂'in bu yüzyılın sonuna kadar 800 ppm'e ulaşacağı sanılmaktadır (Orr vd., 2005). Deniz suyundaki CO₂ konsantrasyonu atmosferdeki CO₂ ile orantılı olduğundan okyanus CO₂ konsantrasyonlarının da yükseleceği tahmin edilmektedir. Sonuç olarak CO₂ artışıyla pH 0,4-0,5 oranında düşecek bozulan asit-baz kimyası demir ve çinko gibi eser metallerin mevcudiyetinin değişmesine neden olacaktır (Breitbarth vd., 2010; Shi vd., 2015; Xu vd., 2021). Bunun yanı sıra CO₂ artışı okyanus yüzey sularındaki hidrojen iyonu konsantrasyonu artırarak toplam çözünmüş inorganik karbonun da artışına neden olacaktır (Kleypas ve Langdon, 2000; Orr vd., 2005; Gruber vd., 2012). Çözünmüş inorganik karbon artışı hem hücre dışı hem de hücre içi karbonik anhidraz aktivitelerini arttırmaktadır. Böylece elektron taşıma kapasitesi artarak (Zou ve Gao 2004; Xu ve Gao 2013) fotosentetik verimliliğin (ayrıca C/N oranlarının) yükseldiği görülmüştür (Zou ve Gao 2004; Chen vd., 2019). Yüksek CO₂ seviyelerinin bazı makroalglerde NO₃ alımını ve nitrat redüktazı artırdığı; çözünür protein içeriğini ise azalttığı saptanmıştır (Chen vd., 2017). Ayrıca okyanus asitlenmesinin *Ulva* türlerinde besin alım oranlarını ve fotosentezi arttırdığı bulunmuştur (Zou vd., 2001; Chen vd., 2015).

Atmosfer, okyanus yüzeyi ve derin deniz arasındaki karbon rezervuarları birbirine bağlı olduğundan daha fazla atmosferik CO₂'i okyanusta tutmak için BKP verimliliğinin artırılması gerekmektedir. BKP verimliliği, mevcut okyanus yüzeyi besin havuzunda yer alan besinlerin ne kadarının okyanusun yüzeyinden kaybolmadan önce kullanılabileceği ile tanımlanır (Ito ve Follows, 2005). Bu amaçla "Okyanus Ormanlaştırılması" fikri ortaya çıkmıştır. Özellikle okyanus yüzeyi besin havuzunun tamamının kullanılmadığı alanlarda Okyanus Ormanlaştırılması uygulanarak BKP verimliliği artırılabilir (Sheppard vd., 2023). Deniz yosunlarının yüksek C:N ve C:P oranları ile planktonik ekosistemlere göre daha etkili bir karbon kaynağı olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra deniz yosunları ortalama olarak plankton kaynaklı organik maddeden daha hızlı batmaktadır (Baker vd.,

2017; Johnson ve Richardson, 1977; Laurenceau-Cornec vd., 2020; Wernberg ve Filbee-Dexter, 2018) ve mevcut kanıtlar batma sırasında remineralizasyonun oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir (Bach vd., 2021; Baker vd., 2017; Ortega vd., 2019). Derin okyanusa karbon ve besin maddesi girişi ile >100 yıllık zaman ölçeklerinde okyanus yüzeyinde remineralize karbon ve besin maddelerinin geri dönüş akışını ve dolayısıyla konsantrasyonu yavaşlatabileceği bildirilmektedir (Kwon vd., 2009; Taucher vd., 2014). Bu nedenle Okyanus Ormanlaştırılması için yüksek C:N ve C:P değerlerine sahip, kültüre alınabilecek ve habitatlara adapte olabilecek kabiliyette türlerin seçimi önemlidir (Sheppard vd., 2023).

2.2.2. Azot

Üreticiler büyüme ve üreme için protein ve nükleik asitler gibi önemli yapısal ve fonksiyonel makromoleküllerin sentezinde azota ihtiyaç duyarlar (Karleskint vd., 2012). Deniz yosunlarının büyümesinde büyük miktarlarda gerekli azot ayrıca klorofil, fitohormon, koenzim ve ikincil metabolitlerin bir bileşeni olduğundan bitki metabolizmasında merkezi bir rol oynar (Taiz ve Zeiger, 2010). Sucul ortamda azot; çözülmüş ya da asılı organik bileşik, mineral ve çözülmüş gaz olarak bulunabilir. Nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), amonyum (NH_4^+) gibi çözülmüş inorganik azot formları ile üre ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ve amino asit gibi çözülmüş organik azot formları ana azot kaynaklarıdır. Deniz sistemlerinde en yaygın çözülmüş inorganik azot formu olan nitrat; amonyum veya nitritten önemli ölçüde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur (Kain vd., 1990).

Amonyum, nitrit ve nitrat çözülmüş organik azottan (üre, amino asitler) daha sınırlayıcıdır (Hanisak, 1983). Makroalgler tarafından azot alım hızları azot kaynaklarının konsantrasyonlarına bağlıdır ve bu makroalg büyümesini kontrol etmede son derece önemlidir (Pedersen ve Borum, 1996; Lobban ve Harrison 1994). Bununla birlikte azotun en önemli kaynakları olarak kabul edilen amonyum ve nitrat diğer azot formlarına göre makroalglerce daha kolay asimile edilirken (Hanisak, 1983) amonyum genellikle tüm diğer azot kaynaklarına göre tercih edilir (Chao-yuan vd., 1984; Lobban ve Harrison, 1994; Kocataş, 1999). Nitrat ve amonyum alındıktan sonra iyonlar sitoplazmada vakuollerde depolanabilmesine rağmen genellikle amino asitleri ve proteinleri sentezlemek için kullanılırlar. Nitrat hücre içinde nitrat ve nitrit redüktazlar yoluyla amonyuma indirgenir. Amonyum da amino asitlere iki ana yolla dahil edilir. Glutamin sentetaz yolunda glutamin ilk üründür. İkincil öneme sahip olduğu düşünülen ikinci yol

ise glutamik asit oluşumu ile sonuçlanan glutamat dehidrojenaz yoludur (Lobban ve Harrison, 1994).

Azotu bitkiler tarafından doğrudan ototrofik üretimde kullanılabileceği öfotik bölgeye getiren prosesler şunlardır: (1) Fiziksel adveksiyon; nutrik hattın altından esas olarak nitrat formundaki kaynak, (2) Kimyasal azot fiksasyonu; yıldırım şimşek gibi atmosferik olayların atmosfer azotunun amonyak (NH_3), amonyum (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) şeklinde yağmur yoluyla denizlere ve toprağa karıştırması (Paerl, 1985; Paerl vd., 1990) ya da (3) Biyolojik azot fiksasyonu; bakteri ve siyanobakteriler tarafından atmosferin serbest azotunun tutulup fiksasyon yoluyla amonyak ve nitratın atmosferik girişi ve (4) kıyı bölgelerinde arazi drenajından, kanalizasyondan ve tarımsal gübrelerden gelen azot girdileri (Cirik ve Cirik, 1995), sucul ortamda organik maddenin doğrudan veya dolaylı (bakteriyel) ayrışmasından kaynaklanan amonyum (Owens ve Stewart, 1983; Sfriso vd., 1987; Lavery ve McComb, 1991; Kocataş, 1999).

Sucul ortamlarda azotun yeniden mineralizasyonu, organizmaların metabolizmalarındaki azotun deniz ortamına geri salınmasıyla gerçekleşir. Bu sürece örnek olarak zooplankton gibi canlı organizmaların azot içeren kalıntıları veya balıkların metabolik atıkları gibi amonyum formundaki atıklar verilebilir. Benzer şekilde sulak alan ortamında bulunan azotlu organik madde, ölü bitki veya hayvan artıkları gibi maddeler bakteriler tarafından parçalanarak amonyağa dönüştürülür ve bu durum da dolaylı bir mineralizasyon sağlar (Kocataş, 1999). Bakteriyel faaliyetler sonucu oluşan amonyak bitkisel organizmalar tarafından hızla absorbe edilebilir. Kalan amonyak kısmen nitrite dönüştürülür ve daha sonra nitrat oksitlenir. Bu süreçler nitrifikasyon olarak adlandırılır. Bu süreçler sonucunda bitkiler için kullanılabilir hale gelen bileşikler arasında amonyum, nitrit ve nitrat bulunur. Son olarak, azot tuzları denitrifikasyon bakterileri tarafından atmosferdeki serbest azota geri dönüştürülür ve atmosfere salınır. Bu süreç denitrifikasyon olarak adlandırılır (Ivanoff, 1972; Kocataş, 1999; Garrison ve Ellis, 2014).

Azotun okyanuslarda yaygın olarak bulunduğu düşünülebilir, çünkü azot deniz suyundaki çözünmüş gazın hacim olarak yaklaşık yüzde 48'ini oluşturur. Ancak çoğu organizma atmosferde ve okyanusta serbest halde bulunan azotu doğrudan kullanamaz. Öncelikle azotun oksijen veya hidrojenle birleşmesi ya da genellikle bakteri veya siyanobakteri gibi özelleşmiş organizmalar tarafından kullanılabilir kimyasal formlara dönüştürülmesi gerekir. Bu nedenle okyanus bölgeleri genellikle azot bakımından sınırlıdır. Bu

bölgelerdeki bitkilerin ve bitki benzeri organizmaların büyümesi genellikle mevcut azot eksikliği nedeniyle engellenir (Garrison ve Ellis, 2014).

Deniz ortamındaki amonyum, nitrit ve nitrat konsantrasyonları biyolojik önemleri nedeniyle uzun süredir araştırılmaktadır. Çalışmalar, azot iyonları konsantrasyonlarının mevsimsel olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Genel olarak nitrat kış aylarında daha bol miktarda bulunur ve fotosentez için uygun koşulların oluşmasıyla bahar aylarında azalma eğilimindedir. Optimum fotosentez koşulları altında nitrat, nitrit ve amonyum iyonları hızla tükenirken, yaz aylarında özellikle yüzeydeki sıcak katmanlarda nitrat ve nitrit iyonlarının seviyelerinde bir düşüş gözlenir. Sonbahar aylarında ise bir artış gözlenmektedir. Amonyum, nitrit ve nitrat iyonlarının konsantrasyonları derinlikle de değişmektedir. Nitrit ve amonyum yüzeyden itibaren artarken belli bir derinlikten sonra konsantrasyonları neredeyse sıfır seviyelerine düşmektedir. Nitrat iyonu ise yaklaşık 2000 metre derinlikte en yüksek konsantrasyona ulaşır (Kocataş, 1999).

2.2.3. Fosfor

Fosforun en önemli rolü ATP yapısına katılarak fotosentez ve solunumda yer alan diğer yüksek enerjili bileşikler yoluyla enerji aktarımında görev almasıdır (Cirik ve Gökpınar, 1993; Lobban ve Harrison, 1994; Geldiay ve Kocataş, 2012). Klorofil-*a*'nın bir bileşeni olmamasına rağmen daha yüksek fosfor kaynağının klorofil-*a* sentezinde yer alan enzimlerin aktivitesini uyarabildiği görülmüştür (von Wettstein vd., 1995). Fosfor ayrıca amino asitlerin sentezinde kritik bir rol oynar. Örneğin; fosfor ilavesinin alanin ve glisin dahil olmak üzere amino asitlerin sentezini uyardığı gösterilmiştir (Barrett, 2012).

Azot hem fitoplankton (Ryther ve Dunstan 1971; Vince ve Valiela, 1973) hem de makroalg (Topinka ve Robbins 1976; Chapman ve Craigie 1977) için deniz ortamındaki en sınırlayıcı besin olarak kabul edilirken bazı deniz sularında ise P'un alg gelişimini sınırlayan (Birch vd., 1981; Myers ve Iverson, 1981) birincil besin maddesi olduğu bildirilmektedir. Çeşitli coğrafi bölgelerdeki makroalgler için yüksek N:P oranları P-sınırlamasının belirtileri ile uyumludur (Atkinson ve Smith 1983).

Deniz suyunda mevcut fosfor; çözülmüş veya asılı organik parçacıklar halinde, çözünebilir organik fosfat şeklinde ve çözünmeyen inorganik fosfat halinde bulunur (Geldiay ve Kocataş, 2012). Deniz suyunun pH'ında inorganik fosfor öncelikle dengede olan üç serbest iyonik türde bulunur. pH 8,2 ve 20°C'de HPO_4^{2-} (Hidrojen fosfat) serbest iyonların %97'sini, PO_4^{3-} (Ortofosfat) %1'den azını ve $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ (Dihidrojen Fosfat)

%2.5'ini oluşturur (Turner vd., 1981). Ortofosfat iyonları (PO_4^{3-}) metalofosfat kompleksleri oluşturabilir (örneğin Ca^{2+} ve Mg^{2+} ile) veya organik bileşiklerle birleşebilir. Algler ortofosfat iyonları olarak fosfor alabilir veya alkalın fosfataz enzimini kullanarak hücre dışı bölünme yoluyla organik bileşiklerden fosfat elde edebilir (Cirik ve Gökpınar, 1993; Lobban ve Harrison, 1994; Geldiay ve Kocataş, 2012).

Fosfor gaz fazına giremeyen bir element olduğundan, fosfor döngüsü karadan suya ve sudan karaya doğru hareket eder. Fosforun ana kaynakları arasında karadaki kaya oluşumları ve okyanus tabanındaki tortul kayalardan gelen fosfat tuzları yer alır. Bu doğal kaynaklara ek olarak, evsel veya endüstriyel atık sular da önemli bir fosfor kaynağıdır (Bennett vd., 2001). Deniz suyundaki çözünmüş fosfat ototroflar tarafından alınır ve organik fosfat bileşiklerine dönüştürülür. Bu süreç besin zinciri yoluyla üreticilerden tüketicilere aktarılır (Furman, 1998; Miller ve Spoolman, 2015; Geldiay ve Kocataş, 2012). Deniz ortamında yaşayan organizmaların ölümü sonucunda, suda çözünmüş veya askıda bulunan organik fosforun önemli bir kısmı, fitoplankton türlerinin fosfataz enzimlerinin doğrudan etkisiyle fosfata dönüştürülür. Kalan kısım ise bakterilerin etkisiyle dolaylı olarak inorganik fosfata dönüştürülür. Bu inorganik fosfat daha sonra fitoplankton ve diğer deniz organizmalarının kullanabileceği organik maddeye geri dönüştürülür (Geldiay ve Kocataş, 2012).

Fitoplanktonik organizmaların varlığına bağlı olarak denizel ortamda fosfor konsantrasyonları mevsimsel ve derinlikle ilgili olarak farklılık gösterir. Kış aylarında özellikle fosfat formunda en yüksek konsantrasyonlar gözlenir. Fosfor konsantrasyonları azot gibi belirli bir derinliğe kadar düzenli bir artış gösterir ve bu derinlikten sonra neredeyse sabit kalır. Genellikle maksimum fosfor konsantrasyonları yaklaşık 800-1000 m derinliklerde kaydedilir. Fosforun mevsimsel ve derinlikle ilgili değişimlerinin yanı sıra bölgeye göre de farklılık gösterdiği bilinmektedir (Kocataş, 1999).

2.2.4. Silis

Evrende en bol bulunan yedinci element olan silisyum okyanusta çok önemli bir besin maddesidir. Silikatlar genellikle jeolojik yapıdaki silikatça zengin kayalardan elde edilen bileşiklerdir; silisik asit (H_2SiO_4) veya silisyum dioksit (SiO_2) olarak bulunurlar. Silisyum, azot ve fosfor gibi temel besin maddelerinden biri olmasına rağmen canlı materyalin ana yapısına dahil olmayan, okyanusta diatomların ve bazı süngerler ile radiolarianlar, silikoflagellatlar, birkaç choanoflagellat türü ve bazı picocyanobacteria

türü tarafından yapısal malzeme (yani biyotanın sert kısımları) olarak hizmet eden partiküllü silikaya (SiO_2) dönüştürülür (Steele vd., 2009; Tréguer ve De La Rocha, 2013).

Silikat döngüsü diatomelerin çözülmüş inorganik karbonun atmosferdeki karbondioksit ile değiş tokuş edildiği yüzey okyanus sularından alınıp partikül organik maddeye dönüştürülmesi ve daha sonra büyük bölümünün derinlere taşınması nedeniyle de önemlidir. Bu süreç, inorganik karbonun yüzlerce hatta binlerce yıl boyunca atmosferle alışveriş yapamayacağı derin okyanusa aktarılmasından sorumludur. Sonuç olarak, silikat küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynar ve bu da sera geri besleme mekanizmaları yoluyla dünyanın iklimini etkiler (Steele vd., 2009).

Silikat deniz suyunda çözülmüş halde ya da silis açısından zengin asılı parçacıklar şeklinde düşük konsantrasyonlarda bulunur (Geldiay ve Kocataş, 2012). Bu silikatların varlığı, su kütlelerindeki değişen mevsimsel koşullara bağlı olarak farklı derinliklerde ve zamanlarda değişiklik gösterir.

Deniz ortamlarında, diatomeler gibi organizmaların biyolojik faaliyetlerinin bir sonucu olarak yüzey sularındaki çözülmüş silikat seviyeleri litre başına birkaç mikromole (mmol l⁻¹) kadar düşer. Silisli biyota öldüğünde, iskeletleri su sütununa çöker ve bu noktada silikanın %90'ından fazlası inorganik çözünme yoluyla yeniden üretilir. Bu süreç, okyanusun derin sularındaki silikat içeriğini tropikal ve ılıman bölgelerdeki yüzey sularından 10 ila 100 kat daha yüksek seviyelere çıkararak dip sularının zenginleşmesine yol açar (Steele vd., 2009). Genel olarak maksimum silis konsantrasyonları 2000-3000 metre derinliklerde gözlenmektedir (Kocataş, 1999). Silisyum, diğer besin maddeleri gibi mevsimsel değişimlere, su derinliklerine ve coğrafi bölgelere bağlı olarak değişir. Diatomeler gibi organizmalar özellikle ilkbaharda su yüzeyindeki epilimnion tabakasında hızla çoğalırken, bu dönemde silikatlar en düşük seviyededir. Ancak sonbahar mevsimi başladığında suyun daha derin bölgelerinde yani hipolimnionda silikatların daha yüksek miktarlarda bulunduğu gözlenmektedir (Cirik ve Cirik, 1995).

2.3. Sınırlayıcı Besin Kavramı

Fotoototroflar inorganik besinleri fotosentez tarafından sağlanan enerjiyle canlı biyokütleye dönüştürürler ve neredeyse tüm besin ağlarının temelidirler. Doğal ortamda bitkiler için gerekli olan bazı elementler (karbon, hidrojen, oksijen, vb.) bol miktarda bulunur. Ancak diğer bazı elementler bitkilerin ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde bulunmayabilir. Çevre tarafından sağlanan besinlerin miktarları ile fotoototrof büyümesi

için gerekli oranlar arasında oluşan dengesizlik fotoototrofların büyümesini sınırlar (Stern ve Elser, 2002; Townsend vd., 2008). Çünkü böyle bir durumda ihtiyaç duyulan element tükendiğinde diğer elementler yüksek miktarda bulunsalar bile bitki gelişimi durur. "Sınırlayıcı besin" kavramı, organizmanın besin gereksinimlerine göre en az miktarda bulunan besin maddesinin diğer tüm faktörlerin optimal olduğu varsayılarak büyüme oranını sınırlayacağını belirtir (Liebig, 1840; Liebig, 1855). Başlangıçta bitkiler için önerilen bu ilke daha sonra tüm canlı organizmaları ve ekolojik faktörleri kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Harrison ve Hurd, 2001).

Deniz ekosisteminde N, P, Fe, Cu, Zn, Mn ve C'un alg büyümesini sınırlayabileceğinin kanıtı; deniz suyundaki konsantrasyonlarının önemli ölçüde değişmesi gerçeğinden gelir. Biyolojik aktivite nedeniyle bu elementlerin dokulardaki konsantrasyonları deniz suyundaki konsantrasyonlarından 104-105 kat daha fazladır. N ve P deniz yosunları tarafından yaklaşık 100.000 kez konsantre edilirken C yaklaşık 10.000 kez konsantre edilir. Azot, fosfor, demir ve muhtemelen bazı iz metaller gibi deniz suyundaki konsantrasyonları mevsimsel olarak değişen ayrıca bazı deniz yosunlarının büyüme oranlarını sınırlayacak kadar düşük olabilen birkaç element vardır (Tilman vd., 1982; Lobban ve Harrison, 1994). Son deneyler denizlerde bu olası sınırlayıcı elementler arasında ilk olarak azotun deniz yosunları ile fitoplanktonun gelişimini sınırladığını (Topinka ve Robbins 1976; DeBoer ve Ryther 1977; Ryther ve Dunstan, 1971; Ivanoff, 1972; Howarth, 1988); fosforun ise ikinci önemli sınırlayıcı olduğunu göstermiştir (Manley ve North, 1984; Lapointe 1986, 1987; Lapointe vd., 1992; Geldiay ve Kocataş, 2012).

Fosfor söz konusu olduğunda, alg büyümesi en az iki şekilde sınırlandırılabilir. İlk olarak, nükleik asit sentezinde bir sınırlama vardır. Bu sınırlama genom replikasyonu düzeyinde veya RNA sentezi düzeyinde (bir tür transkripsiyonel kontrol) olabilir. Sınırlama, fotosentetik aygıttaki proteinlerin sentez oranını azaltarak fotosentetik enerji dönüşümünü etkileyebilir. Dolayısıyla, protein sentezinin bu şekilde engellenmesi, hücre metabolizması ve oksidatif stres üzerinde N sınırlaması gibi protein sentezinin engellenmesine benzer etkilere sahip olur ancak etki dolaylı ve daha yavaştır. İkinci olarak, fosfor sınırlaması Calvin-Benson döngüsündeki substratların (örneğin ribuloz bisfosfat gibi moleküller) sentez ve rejenerasyon hızını etkiler, böylece karbon fiksasyonu için gerekli moleküler yapıların ve ara maddelerin sentez hızı azalabilir. Sonuç olarak, karbonun bitkiler tarafından tutulma oranı düşebilir ve bitkiler ışık kullanım

verimliliğinde bir azalma yaşayabilir. Hücreler ayrıca membran fosfolipidlerinde bir azalmadan muzdarip olabilir ve P sınırlaması altında nükleik asitlerin üretilmemesi hücre bölünmesini sınırlayarak hücre hacminin artmasına neden olur (Barsanti ve Gualtieri, 2022).

Biyokimyasal düzeyde, azot sınırlaması amino asit tedarikini doğrudan etkiler ve bu da protein sentezi oranını azaltır. PSII'nin (fotosistem II) verimliliği de azot kısıtlı koşullar altında azalır. Bunun başlıca nedeni PSII reaksiyon merkezlerinin sayısındaki azalma gibi görülmektedir. Azot sınırlaması büyüme ve fotosentez oranlarında azalmaya yol açtığı gibi, solunum oranlarında da azalmaya yol açar: Solunum yollarının iki ana ürünü olan karbon iskeleti ve ATP'ye olan talep, protein sentezi baskılandığında önemli ölçüde azalır (Barsanti ve Gualtieri, 2022).

2.4. Ötrofikasyon

Genel olarak açık deniz sularındaki besin içeriği düşüktür. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle (kıyı sularındakine göre) sabit bir seviyede tutulur. Kıyı ekosistemlerinde çözünmüş inorganik fosforun ve çözünmüş inorganik azotun yaklaşık üçte ikisi nehir kaynakları, atmosferik birikim, tarım ve fosil yakıt yanması gibi antropojenik etkilerden kaynaklanmaktadır (Dentener vd., 2006). Bu bakımdan kentsel deşarjlar, tarımsal faaliyetler, fosil yakıtların yanması ve atıksu arıtımı gibi aktiviteler yüzey sularına besin yüklemesini arttırarak kıyı alanlarının ekosistem durumunu ötrofik koşullara doğru kaydırmaktadır (NSTC, 2003; Smith, 2003; Smith vd., 2006; Bricker vd., 2008; Rabalais vd., 2009). Bu değişen besin akışları ile meydana gelen ötrofikasyon olayı C, N ve P'un değişen stokiyometrisi yoluyla sucül ekosistemlerin sağlığını giderek daha fazla etkilemektedir (Hillebrand ve Lehmpfuhl, 2011; NRC, 2000; Steffen vd., 2015). Ötrofikasyonun tipik semptomları; pelajik veya bentik alglerin hızla çoğalması, su kalitesinin ciddi şekilde bozulmasıdır (Cloern, 2001). Bununla birlikte toksik maddelerin meydana gelmesi, okside olmuş fosfatların sedimana bağlanması ve oksijen eksikliğinden balık ölümleri gibi ikincil problemler ortaya çıkmaktadır (Zhang vd., 2010; Doğan-Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

Ötrofikasyon ile kıyısal alanlarda çok yıllık türlerden; kısa ömürlü, hızlı büyüyen yeşil ve kahverengi alg türlerine doğru bir kayma meydana gelmektedir (Everett, 1994; Bonsdorff vd., 1997). Yerel makroalg türlerinden hızlı büyüyen filamentli alglere geçiş, kıyıdaki birçok omurgasız ve balık türünün potansiyel besin kaynaklarını kaçınılmaz

olarak değiştirir (Gubelit vd., 2015). Toksik “kıızıl gelgitler” gibi bazı fitoplankton patlamalarının aksine makroalg patlamaları genellikle doğrudan kimyasal toksisiteden yoksundur. Ancak yine de bu durum habitat değişiklikleri, oksijen tükенmesi, hidrojen sülfür üretimi, biyojeokimyasal döngülerin değişmesi ve artan otlatma ile deniz çayırlarının ve mercan resiflerinin yok olması gibi zararlı çevresel etkilere neden olabilmektedir (Anderson, 2007; Lapointe ve Bedford, 2007; McGlathery, 1995).

Günümüzde atık su düzenlemeleri dahil olmak üzere atık sulardaki fazla besin maddelerini azaltmak için çeşitli yaklaşımlar uygulanmaktadır (Tacon ve Forster 2003; Chopin ve Robinson 2004). Örneğin bazı makroalglerin yetiştirilmesinin ötrofikasyonun önlenmesi ve deniz suyu karbon yutağının arttırılması için faydalı olabileceği düşünülmektedir (Ryther vd., 1975; Fei 2004). Bu görüşten yola çıkarak deniz yosununa dayalı bütünleşmiş kültür balıkçılığı sistemlerinin besin maddelerini uzaklaştırarak su kalitesini ve çevresel performansı iyileştirebildiği görülmüştür. Hatta bu sistemin deniz yosunu üretiminden ek kazanç sağlama potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (Buschmann vd., 1996, Phang vd., 1996).

2.5. Ekolojik Stokiyometri

Stokiyometri kelimesi iki Yunanca kelimeden türetilmiştir: stoicheion ("element" anlamına gelir) ve metron ("ölçü" anlamına gelir). Jeremias Benjamin Richter stokiyometriyi kimyasal elementlerin birbirine göre nicel oranlarını veya kütle oranlarını ölçme bilimi olarak tanımlamıştır (Sherman ve Kuselman, 1999). Akademide bitkilerin büyüme performansı için önemli olan elementler arasındaki oranların önemi 19. yüzyılın ortalarında Liebig'in Minimum Yasası'nda açıkça ifade edilmiştir (Liebig, 1840, 1855). Lotka (1925) stokiyometriyi ilk olarak malzeme dönüşümlerini ve besin ağlarındaki bileşenlerin kütleleri arasındaki ilişkileri incelemek için bir yaklaşım olarak kullanmıştır. 1934'te Redfield farklı okyanus bölgelerinden elde edilen deniz biyokütle örneklerinin analizine dayanan C:N:P oranlarını (106:16:1) sunmuştur. Lindeman (1942), göl ekosistemlerindeki enerji ve besin akışlarını analiz etmiş ve N:P oranının göl üretkenliğini etkilediğini göstermiştir. Reiners (1986), ekolojinin gelişimindeki sorunların bir analiziyle ekolojik stokiyometrinin teori ve yöntemlerini geliştirmek için temel bir çerçeve sağlayarak ekolojide stokiyometrinin nasıl kullanılacağını sistematik olarak tartışmıştır. Bu teorik tartışma daha sonraki kapsamlı ampirik çalışmaları büyük ölçüde desteklemiştir. Biyolojik stokiyometri ve çevreyle ilişkisi uzun zamandır söz

konusu olmasına rağmen, ekolojik stokiyometrinin teorik bir çerçeve olarak uygulandığı 1990 yılından sonra bu konu daha kapsamlı ve derinlemesine incelenmiştir. Ekolojik stokiyometri temelli bu çalışmalar biyojeokimyasal döngü, rekabet, avcı-av etkileşimleri ve ayrıştırma gibi bazı geleneksel konulara yeni bakış açıları kazandırmıştır. Son yüzyılda ekoloji, insan kaynaklı çevresel sorunların çözümüne duyulan güçlü ihtiyaç ve yeni teknoloji ve yöntemlerin mevcudiyeti nedeniyle hızla gelişmiştir (Sternner ve Elser, 2002). Ekolojik stokiyometri alanında 1994'ten beri her yıl artan sayıda araştırma yapılmaktadır. Sternner ve Elser (2002), "Ekolojik Stokiyometri: Moleküllerden Biyosfere Elementlerin Biyolojisi" adlı kitaplarını yayınlamalarıyla önceki çalışmaları sistematik olarak özetlemişler ve böylece bu yeni ekoloji dalı için nispeten eksiksiz bir teorik çerçeve oluşturmaya çalışmışlardır.

Kimyasal stokiyometriye benzer şekilde ekolojik stokiyometriye dayalı çalışmalar, organizmalar ile onların ekosistemlerdeki etkileşimleri için geçerli olan kütle dengelerini kavramaya yardımcı olacak ve sonuçta dokular, organlar, bireyler ve ekosistemler dahil olmak üzere farklı biyolojik sistemlerdeki alanları birbirine bağlayacaktır. Kullanılan yöntemlerin özelliklerine göre ekolojik stokiyometri çalışmaları; organizmaların stokiyometrik özelliklerinin gösterildiği, bu özelliklerdeki mekânsal veya zamansal varyasyon mekanizmalarının incelendiği, besin zenginleşmesinin sonuçlarının araştırıldığı ya da olguları açıklamak ve sonuçları tahmin etmek (stokiyometri alanında) amacıyla çeşitli modellemelerin yer aldığı yaklaşımları temel almaktadır (Liu ve Sun, 2013).

2.6. Denizel Ekosistemlerde C:N:P Oranları

Sucul ortamlarda karasal bitkilerle karşılaştırıldığında oldukça kısıtlı C:N:P oranları gözlenmiştir (Elser vd., 2000a). Bunun nedeni muhtemelen toprakla karşılaştırıldığında su sütunundaki besin maddelerinin daha homojen dağılımı ve aynı zamanda sucul bitkilerde bitki yapısına genel olarak daha düşük C elementi katılmasıdır (Reef vd., 2012). Besin mevcudiyeti bitki verimliliğini ve büyümesini belirleyen en önemli değişkenler arasındadır. Maksimum büyümeyi elde etmek için besinlerin bitki tarafından stokiyometrik olarak dengeli bir şekilde alınması gerekir (Aerts ve Chapin, 2000). Bitki dokularının elementel (esas olarak karbon (C), azot (N) ve fosfor (P)) stokiyometrisi DNA, protein ve ribozom gibi büyüme için önemli olan moleküllerin kısıtlı kimyası nedeniyle bitki büyümesiyle bağlantılıdır (Elser vd., 2000a).

Biyolojik oşinografide stokiyometrik araştırmalar için birleştirici bir kavram genellikle "Redfield oranı" olarak ifade edilir ve bu oran ortalama karbon:azot:fosfor (C:N:P) atomik oranı için 106:16:1'dir (Redfield vd., 1963; Brzezinski, 1985; Atkinson ve Smith, 1983). Diğer besin elementlerine ek olarak silisik asiti hücre duvarlarında kullanan diatomlar için de orana 15mol Silisyum eklenmiştir. Böylece Redfield-Brzezinski besin oranı diatomlar için C:Si:N:P oranı 106:15:16:1 olarak bildirilmiştir (Brzezinski, 1985). Zamanla ortalama fitoplankton C:N:P oranı için en uygun değer hakkında bazı tartışmalar olmuştur; Örneğin, Parsons vd. (1961) tarafından verilen veriler ve Ryther ve Dunstan (1971)'nin araştırmaları, fitoplanktonun "ideal" C:N:P oranının 106:16:1 yerine yaklaşık 70:10:1 olabileceğini göstermiştir. Yine Sterner vd. (2008) tarafından yapılan büyük ölçekli araştırmalara dayalı olarak; Redfield oranı 166:20:1'lik bir seston C:N:P oranı olarak değiştirilmiştir. Bu tür küçük farklılıklara rağmen Redfield oranı plankton bileşimine yaklaşıp ve denizdeki diğer biyolojik materyallerle karşılaştırma yapmak için kullanışlıdır (Atkinson ve Smith, 1983).

Denizel organizmalarda bu standart bileşim oranının doğal sonucu; biyokimyasal süreçler yoluyla besinlerin net alımı ve salımının da aynı oranda gerçekleşmesidir (Atkinson ve Smith, 1983). Bu nedenle okyanus suyunun inorganik N:P oranı da organik maddelerin inorganik bir besleyici son ürüne ayrışmasının bir sonucu olarak yaklaşık 16:1'dir. Fakat okyanus suyunun inorganik C içeriği Redfield oranına uymaz çünkü C deniz suyunda N veya P'dan çok daha fazladır (Atkinson ve Smith, 1983).

Atkinson ve Smith (1983) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile Redfield oranının deniz makroalgleri için farklı olduğu tespit edilmiştir. Çok sayıda denizel makroalg türü, bazı siyanobakteriler ve deniz otları üzerinde yapılan bu kapsamlı çalışmada C:N:P oranı ortalama 700:35:1 ve ortanca 550 : 30 : 1 (C:N=18:1 ve N:P=30 : 1) olarak tespit edilmiştir. Daha yakın zamanlarda Duarte (1992), daha büyük miktarda veri ile 800:49:1 (C:N=16:1 ve N:P=49 : 1) ortalama değerini bildirmişlerdir (Villares ve Carballeira, 2003). Bu gözlemlerin önemli bir sonucu belirli bir net üretim seviyesini desteklemek için gereken besin miktarlarının makroalgler için fitoplanktondan çok daha düşük olmasıdır.

Deniz karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) stokiyometrisi, deniz-atmosferik karbondioksit (CO₂) değişimi ve deniz ortamındaki C, N ve P döngülerinin doğasının anlaşılmasına katkıda bulunur (Hecky ve Kilham, 1988; Field vd., 1998; Howart ve Marino, 2006). Element oranlardaki önemli sapmalar, potansiyel olarak sınırlayıcı besin tuzları hakkında

fikir verirken sınırlamanın özellikle ototrofik biyokütleyi, tür kompozisyonunu ve sonuç olarak ekosistemin besin ağı dinamiklerini nasıl etkileyebileceğini açıkça gösterir (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017). Avrupa Komisyonu COM-Decision 2010/477/EU “İyi Çevresel Durum tanımlayıcısı: ötrofikasyon durumu” resmi belgesinde değerlendirme kriterleri ve göstergeleri arasında besin tuzu yükleri, besin tuzu konsantrasyonları, besin tuzu oranları, ışık geçirgenliği gibi fiziko-kimyasal göstergelerin yanı sıra klorofil konsantrasyonu, fırsatçı makroalgler ve floristik kompozisyon gibi biyolojik göstergeleri de içermektedir (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017).

2.7. Ekolojik Stokiyometri için Hipotezler ve Teoriler

Araştırmacılar hem tüketicilerin hem de üreticilerin biyokütlesini karakterize eden C:N:P oranlarından sorumlu olan biyokimyasal ve evrimsel etmenler hakkında hipotezler geliştirmiştir. Bunlar Stokiyometrik Homeostaz Hipotezi, Büyüme Hızı Hipotezi, Kaynak Oranı Teorisi, Vücut Büyüklüğünün Etkileri, N ve P’un Allometrik Ölçeklendirmesi, Bölgesel veya Küresel Ölçekte Varyasyon Hipotezleri ve Sınırlayıcı Elementlerin Kararlılığı Hipotezi olmak üzere yedi başlıkta toplanabilir (Liu ve Sun, 2013).

2.7.1. Stokiyometrik Homeostaz Hipotezi

Evrimsel olarak prokaryotlardan tek hücreli ve çok hücreli ökaryotlara geçişte artan homeostazın bir evrimsel yörüngesi olduğu öne sürülmüştür (Williams ve Frau'sto da Silva, 1996; Sterner ve Elser (2002)’den). Bu evrimsel eğilim membranlardaki iyon pompalarının gelişimi, hücresel organizasyon ve biyokimyasal karmaşıklığın artması gibi özelliklerle ilişkilendirilmiştir. Organizmalar özellikle besin mevcudiyetindeki değişiklikler gibi çevresel değişikliklere karşı sabit bir kimyasal bileşim sürdürme eğilimindedirler. Bu organizmaların iç ortamlarını değişen dış koşullara uyum sağlamak için düzenleyerek yaşam fonksiyonlarını korumak için önemli bir stratejidir (Sterner ve Elser, 2002). Bu hipotez çeşitli habitatlarda hayvan, bitki, alg, mantar gibi birçok organizma türüyle test edilmiştir. Genel olarak stokiyometrik homeostaz kuvvetinin sırası; hayvanlar> bitkiler> alg> mantarlar (Sterner ve Elser, 2002; Yan vd., 2013) şeklinde iken, azot fosfor oranı $N>P$ (Karimi ve Folt, 2006; Han vd., 2011) şeklindedir. Bazı organizmaların neden Redfield oranlarını paylaştığını anlamak çok önemlidir. Bununla birlikte farklı organizma türlerinin homeostazı açısından bir profil

oluşturulmamıştır. Genelleştirilmiş bir sonuca varmak için daha fazla vaka çalışmasına ihtiyaç vardır (Stern ve Elser, 2002; Wang vd., 2012; Liu ve Sun, 2013).

2.7.2. Büyüme Hızı Hipotezi

Büyüme Hızı Hipotezi, organizmaların C:N:P oranlarındaki farklılıklarında, hızlı büyüme ve gelişme oranlarının protein sentezi taleplerini karşılamak için gerekli olan RNA'ya büyüme oranıyla ilişkili tahsisin önemli bir rol oynadığını öne sürmüşlerdir (Elser vd., 1996). Bu hipotez evrimleşmiş yaşam geçmişleri ile vücut besin içeriği modelleri arasında güçlü bir bağlantı olduğunu iddia eder (Stern ve Elser, 2002; Vrede vd., 2004). Sutcliffe, (1970) çeşitli omurgasız taksonlar üzerinde yaptığı çalışmalarla protein-RNA ilişkisini doğrulamıştır ve hem karasal hem de sucul omurgasızlar için RNA içeriği ile büyüme hızı arasında iyi bir uyum tespit etmiştir. Ayrıca mikroorganizmalarda protein sentez hızı ile RNA seviyeleri arasında da benzer bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur (Maaløe ve Kjeldgaard, 1966; Stern ve Elser (2002)'den). Hemen hemen sabit bir N:P oranının homeostatik protein/rRNA oranından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Loladze ve Elser, 2011). Bu modele göre; besin açısından yeterli koşullar altında $N:P=16\pm3$ 'e karşılık gelen stabil bir protein:rRNA oranı ($3\pm0,7$) vardır. N sınırlaması protein sentez hızlarını sınırlayarak Redfield değerinin altında N:P oranlarıyla sonuçlanırken, P sınırlaması da RNA üretim hızlarını sınırlayarak Redfield değerinin üzerinde oranlar üretir (Liu ve Sun, 2013). Bununla birlikte hızlı büyüyen organizmalar protein sentezi hızlarını desteklemek için nispeten daha fazla fosfor açısından zengin bir RNA'ya ihtiyaç duyar; bu nedenle hızlı büyüyen organizmalar daha düşük doku N:P ve C:P oranları sergilerler (Elser vd., 1996; Stern ve Elser, 2002). Ek olarak Ågren (2008), stokiometride başka bir varyasyon kaynağı olan elementlerin vakuollerde, inklüzyonlarda veya özelleşmiş hücrelerde depolanmasını sadece N-protein ve P-ribozomal üretim oranlarını izleyen basit bir model kullanarak vurgulamıştır. Bu tahminler zooplankterler, eklemli hayvanlar ve bakterilerde (Elser vd., 2000b; Hessen vd., 2007; Makino vd., 2003; Vrede vd., 2004; Watts vd., 2006) ve alglerde (Elrifi ve Turpin, 1985) doğrulanmıştır.

2.7.3. Kaynak Oranı Teorisi

Kaynak-oran rekabeti teorisi, stokiyo-metrik teo-rinin resmi tanımından bile önce gelen, muhtemelen stokiyo-metri temelli en eski teo-rik yaklaşımdır. "Kaynak Rekabeti ve

Topluluk Yapısı" (Tilman, 1982) kitabı, ototrof türlerin element bileşimlerinin kaynak arzıyla ilişkili olduğunu ve bu durumun basit, kontrol edilebilir ortamlarda rekabet sonuçlarını belirlediğini açıkça göstermektedir (Cherif ve Elser, 2016). Tilman (1982), kaynak-oran rekabeti teorisinde organizmaların belirli bir çevredeki sınırlı kaynaklar üzerinde rekabet ettiği ve bu rekabetin türlerin yaşamını etkileyen dinamik bir süreç olduğunu öne sürmüştür. Bu teori topluluklardaki tür baskınlığı, bir arada yaşama ve çeşitlilik modellerini tahmin etmek için farklı türlerdeki oranları (akışlar, konsantrasyonlar) kapsamlı bir şekilde kullanmıştır (Sterners ve Elser, 2002). Tilman (1982)'a göre aynı kaynaklara sahip olan iki tür kaynakların bölüşümü ve kullanımı açısından birbirleriyle rekabet eder. Bu rekabet türlerin büyüme oranlarını, üreme başarısını ve dolayısıyla popülasyon yoğunluğunu etkiler. Bu bağlamda tür ve sınırlayıcı kaynaklar arasında dinamik bir ilişkiye göre; türün büyüme oranları kaynak mevcudiyetinin bir fonksiyonuyken, kaynak mevcudiyeti de çevredeki kaynak arz oranının ve tür tüketiminin bir fonksiyonudur (Liu ve Sun, 2013). Düşük hücre kotalarına ve dolayısıyla yüksek verime sahip türlerin kaynakları verimli bir şekilde biyokütleye dönüştüreceği için rekabet avantajı elde etmeleri beklenir (Sterners ve Elser, 2002). Hessen vd. (2010) de element sınırlamasından kaynaklanan seçim baskılarının seçilen organizmanın büyüme oranını optimize etmek için hücre fizyolojisini sınırlayıcı elementin daha az kullanılması yönünde etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Kaynak rekabeti teorisi mikroorganizmalar, algler, yüksek bitkiler ve hatta metazoanlarla çok sayıda başarılı teste tabi tutulmuştur (Grover, 1997). Kaynak-oran rekabeti teorisi, ekoloji alanında yaygın bir teori olarak kabul edilir ve doğal toplulukların oluşumunda ve evriminde önemli bir rol oynar. Bu teori geniş çapta incelenmiş olmasına rağmen Miller vd. (2005), kaynak arzı ve tüketim oranları ile ilgili tahminleri test etmek için çeşitli doğal sistemlerde daha fazla deneysel çalışmaya ihtiyaç olduğunu öne sürmüştür.

2.7.4. Vücut Büyüklüğünün Etkileri

Temel ölçeklendirme yasaları organizmaların büyüme hızı ve yapısal yatırımının vücut büyüklüğüne göre değişeceğini ifade eder. Vücut boyutu, canlıların stokiyometrik özelliklerini etkiler. Bu özellikler, özellikle karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) gibi elementlerin dağılımını içerir ve canlının büyüklüğü ve metabolik aktivitesine bağlı olarak değişebilir. Büyük organizmalar, daha fazla hücre ve moleküler yapıya sahip oldukları için daha fazla karbona ihtiyaç duyarlar. Ancak küçük organizmalar, yavaş

metabolizmaları nedeniyle daha az protein sentezi yapmaları gerektiği için daha az azota ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte küçük organizmaların daha yüksek bir yüzey alanı/vücut kütle oranına sahip olmaları daha yüksek bir metabolik hızı gerektirir. Bu da onların vücutlarındaki besin elementlerini daha hızlı tüketmelerine neden olur (West vd., 1999; Sterner ve Elser, 2002; Elser vd., 2010; Hessen vd., 2013). Özetle; eğer vücut element bileşimi organizmanın büyüme hızıyla bağlantılıysa ve büyüme hızında vücut büyüklüğüne göre önemli farklılıklar varsa o zaman element bileşiminde de vücut büyüklüğüne göre farklılıklar olması gerekir. Dolayısıyla eğer büyüme hızı RNA tahsisi ile ilişkisi yoluyla N:P oranının birincil belirleyicisi ise vücut büyüklüğü arttıkça N:P oranının artması gerektiği tahmin edilebilir (Sterner ve Elser, 2002).

2.7.5. N ve P'un Allometrik Ölçeklendirmesi

Organizmalardaki metabolik, kimyasal ve fiziksel özellik çiftleri arasındaki ilişkileri tanımlayan belirli ölçeklendirme fonksiyonları vardır. Genel olarak fonksiyon $Y = \beta X^\alpha$ olarak ifade edilebilir, burada X ve Y organizmaların iki fonksiyonel özelliğini temsil eder; β ve α sırasıyla log-dönüştürülmüş Y'ye karşı X regresyon eğrisinin yüksekliği ve eğimidir (Kerkhoff vd., 2006; Reich vd., 2010). Bu basit fonksiyon, biyofiziksel kısıtlamalar ve evrimsel seçim nedeniyle karmaşık bir ilişkiyi yansıtmaktadır (Liu ve Sun, 2013). N ve P'un hem konsantrasyonu hem de depolanması log normal dağılımlı olma eğilimindedir (Kerkhoff vd., 2006; Warton vd., 2006). Farklı organizmalarda vücut N konsantrasyonunun P konsantrasyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneğin; Niklas vd. (2005), 131 damarlı bitki türünü dikkate alarak yaprakta her iki besin maddesi (N ve P) toplam yaprak kütlelerinin yüzdesi olarak ifade edildiğinde, toplam yaprak azotunun toplam yaprak fosforunun 3/4 kuvveti olarak ölçeklendiğini ifade etmektedir. Reich vd. (2010) ise küresel ölçekte kapsamlı bir veri seti (2500 tür) kullanarak yaprak N'unun P'una ölçeklenmesinin 2/3 kuvveti olarak ölçeklendiğini ifade etmekte ve yaprak azot ve fosforunun allometrik ilişkisinin biyotik ve çevresel varyasyondan bağımsız olarak bir dereceye kadar korunduğunu ifade etmektedir. Zhao vd. (2016), 224 bitki türünün yaprak, gövde ve ince köklerinde N ve P'nun ölçeklenme ilişkisini analiz etmişler ve sırasıyla 0,78, 0,71 ve 0,87 allometrik üslerle N ve P'un allometrik ölçekleme ilişkileri bulmuşlardır.

2.7.6. Bölgesel veya Küresel Ölçekte Varyasyon Hipotezleri

Reich ve Oleksyn (2004), yaprak azotu (N) ve fosforuna (P) ilişkin 452 bölgede 1280 bitki türüne ait 5087 gözlemi ve ilgili ortalama iklim endekslerini içeren küresel bir veri seti ile bitki stokiyometrik özelliklerindeki varyasyon modelini açıklamak için geniş biyocoğrafi modeller ortaya koymuşlardır. Buna göre; ortalama sıcaklık ve büyüme mevsimi uzunluğu arttıkça yaprak N ve P azalmakta ve N/P oranı ekvatora doğru artmaktadır. Reich ve Oleksyn (2004)'nin hipotezlerine benzer şekilde birçok çalışma deniz ekosistemlerinde de bitki stokiyometrik özelliklerindeki varyasyonun ışık, sıcaklık, tuzluluk gibi fiziksel koşullara (Wheeler ve Druehl, 1986; Hu vd., 2022), besin mevcudiyetine (Boyce vd., 2010; Xu vd., 2010) ve bitki türüne (Ober ve Thornber, 2017; Chen vd., 2019) bağlı olabileceğini göstermektedir. Örneğin; deniz organik maddesinin element oranları kanonik Redfield oranından önemli ölçüde farklılık gösteren küresel bir ortalama ile büyük mekânsal varyasyonlar sergilemektedir. Ancak element oranları belirgin bir enlemsel eğilim göstermektedir. Özellikle sıcak ve besin açısından fakir alçak enlem girdaplarında 195:28:1, sıcak ve besin açısından zengin kabarma bölgelerinde 137:18:1 ve soğuk ve besin açısından zengin yüksek enlem bölgelerinde 78:13:1 oranları gözlemlenmektedir. Bu bulgular okyanuslardaki karbon, azot ve fosfor döngüleri arasındaki bağlantının ekosistem tipine göre sistemli bir şekilde değişebileceğini öne sürmektedir (Martiny vd., 2013). Yine Woods vd. (2003), organizmalar düşük sıcaklığa alıştırıldığında biyokütlenin daha fazla besin (N, P) açısından zengin olduğunu bildirmişlerdir. Küresel ölçekte yapılan çalışmalar bitki stokiyometrisinin dünya genelinde değiştiğini gösterirken; bölgesel çalışmalar bitki türleri arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır (Liu ve Sun, 2013).

2.7.7. Sınırlayıcı Elementlerin Kararlılığı Hipotezi

Stokiyometrik dengesizlikler, organizmaların bileşimi ile kaynakları arasındaki uyumsuzluklardan kaynaklanır ve sonuçta mevcut farklı elementlerin göreceli miktarları ekosistem düzeyindeki süreçler tarafından kontrol edilir (Schade vd., 2005). En yüksek konsantrasyonlarda gerekli olan, doğada en yaygın bulunan ve çoğu zaman sınırlayıcı olan elementlerin değişkenlik (değişim katsayısı olarak değerlendirilir) ve çevresel hassasiyetinin (çevresel gradyanlara yanıtların eğimi) iklim, toprak ve türe özgü değişimler karşısında en düşük derecede olması “Sınırlayıcı Elementlerin Kararlılığı Hipotezi” olarak adlandırılmaktadır (Liu ve Sun, 2013). Han vd. (2011), bu hipotezi test

etmek amacıyla Çin genelinde 1900 bitki türünün yapraklarında 11 elementin (N, K, Ca, Mg, P, S, Si, Mn, Al, Fe ve Na) stokiyometrik davranışlarını biyocoğrafik olarak değerlendirmişlerdir. Buna göre üç ana faktör olan iklim, toprak ve fonksiyonel tipin biyocoğrafik dağılımı etkilediğini düşünmüşlerdir. Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, Mn, Al, Fe ve Na gibi bitkilerde düşük konsantrasyonlara sahip elementlerin habitatlar arasında daha yüksek değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar bitkiler aracılığıyla elementlerin biyojeokimyasal döngüsü ve çevresel faktörlerin geniş gradyanları boyunca bitki stokiyometrisi üzerindeki temel kısıtlamalar hakkındaki bilgileri genişletmektedir. Ancak bu hipotezin farklı türlerdeki element davranışları için küresel ölçekte geçerli olup olmadığı hala belirsizdir (Liu ve Sun, 2013).

2.8. Alglerin Genel Özellikleri

Trainor (1978), algleri klorofil-*a* içeren ve basit üreme yapılarına sahip fotosentetik nonvasküler bitkiler olarak tanımlamıştır. Gerçek kök, gövde, yaprak ve çiçekli bitkilerde bulunan vasküler dokudan (ksilem ve floem) yoksun olsalar da algler; plastidleri, hücre duvarları ve vakuolleri olan bitki benzeri hücrelere sahiptir ve genetik olarak protistlerden çok bitkilere benzerler (Pereira ve Neto, 2014; Dawes, 2016). Temelde bitkilerle aynı metabolik yolları paylaşırlar, klorofil içerirler ve benzer proteinlerle benzer karbonhidratları sentezlerler (bazı algler saprofit veya parazit olarak yaşayabilir) (Pereira ve Neto, 2014). Alglerin (Cyanobacteria hariç) gerçek çekirdekleri, çekirdek içinde bir veya daha fazla çekirdekçikleri ve çekirdek zarları vardır (Çolakoğlu, 1999; Barsanti ve Gualtieri, 2022). Çekirdekçikler genellikle RNA ihtiva ederler. Çekirdeğin içini kromatin yumağı kaplamıştır. Gerçek plastidler mevcuttur ve bunlar çift zarlı bir tabaka ile çevrilmişlerdir. Alglerde 3 çeşit plastid mevcuttur: (i) Fotosentez bakımından aktif plastidler (Kloroplastlar, feoplast ve rodoplastlar). (ii) Fotosentez bakımından inaktif plastidler (farklı renklerde kromoplastlar). (iii) Fotosentez bakımından inaktif-renksiz plastidler (Levoplastlar). Fotosentez bakımından aktif olan plastidlerin (kloroplast, feoplast, rodoplast) içinde pirenoid adı verilen özel kısımlar vardır. Bu kısımlar nişasta ve yağların meydana geldiği merkezlerdir. Ayrıca fotosentez bakımından aktif plastidler ihtiva ettikleri pigmentler ile sınıflandırılmalarında önemli rol oynarlar (Çolakoğlu, 1999; Barsanti ve Gualtieri, 2022).

Alglerin bütün üyelerinde olduğu gibi klorofil-*a*, karoten β bulunurken bazı alglerde klorofil *b*, *c*, *d*, *e*; karoten α ve diğer karoten türevleri yer alır. Ksantofillerden lutein,

fukoksantin (esmer renk maddesi), heteroksantin ve diğerleri, fikobilinlerden fikoeritrin (kırmızı renk maddesi) ve fikosiyanin (mavi renkli) renk maddeleri bulunur. Fotosentez bakımından inaktif plastid olan kromoplastlar karotenoid renk maddelerini ihtiva ederler; bunlar karoten (turuncu), ksantofil (sarı) ve likopin (kırmızı)'dır (Çolakoğlu, 1999; Dawes, 2016; Barsanti ve Gualtieri, 2022). Nişasta meydana getiren levkoplastlar yalnız *Caulerpa* cinsinin renksiz kısımlarında görülmektedir. Rhodophyta sınıfında oluşan nişasta değişik yapıda olup "floride nişastası" denilmektedir. Bazı gruplarda nişasta ve yağ maddelerine rastlanılmaz. Bazı türlerde de nişasta yerine polisakkaritlerden "laminarin" ve "krizolaminarin" karbonhidratlardan da "mannit" ve "paramilon" meydana gelir. Ribozom ve polizomlar benzer yapıda olup RNA moleküllerini ihtiva ederler, protein sentezlerler. Mitokondriumlarda gerçek vakuol ve endoplazmik retikulum (ER) vardır. Alglerde hücre zarı genellikle sellülozdan meydana gelmiştir (Çolakoğlu, 1999; Barsanti ve Gualtieri, 2022).

Alg (su yosunu) terimi hem mikro algler olarak bilinen oldukça çeşitlendirilmiş bir mikroorganizma grubunu hem de makroalgleri ifade eder. Yani algler 0,2–2,0 mm çapındaki pikoplanktondan (bakterioplankton) 100 m uzunluğa kadar dev yosunları barındırmaktadır. Bu canlılar çok sayıda kolonileşmiş habitata, hücresel yapıya, organizasyona, morfoloji seviyesine, fotosentez için pigmentlere, rezerv ve yapısal polisakkarit çeşitliliğine sahip organizmalardır (Çolakoğlu, 1999; Barsanti ve Gualtieri, 2022). Su yosunları geniş bir pH, sıcaklık, bulanıklık, O₂ ve CO₂ konsantrasyonu aralığına toleranslı olduklarından tatlı su kaynaklarından tuz göllerine kadar tüm su kütlelerinin ışıklı bölgelerine yayılırlar. Bentik algler taşlara (epilitik), çamur ile kuma (epipelik), bitkilere (epifitik) ya da hayvanlara (epizoik) tutunarak büyüebilir (Barsanti ve Gualtieri, 2022). Alglerin sistematik düzenlenmesi; fotosentetik pigmentlerin kimyasal bileşimi, biriken depolama maddeleri, hücre duvarı tipi ile hücresel üst yapı gibi sitolojik karakterlerin yanında özellikle kloroplastların özellikleri ve endosimbiyotik kökenleri gibi temel özelliklere dayanır (Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Pereira ve Neto, 2014). Son zamanlarda sınıflandırmalar moleküler genetik tekniklerinin; özellikle kloroplast DNA baz dizisi ve 5S, 18S ve 28S ribozomal RNA dizilerinin yorumlanmasıyla desteklenmiştir. Bu özelliklere dayanarak en az bir prokaryotik alg filumu; Cyanobacteria ve on ökaryotik alg filumundan bahsedilebilmektedir: Rhodophyta, Glaucophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Haptophyta, Ochrophyta, Euglenophyta, Chlorarachniophyta, Chlorophyta ve Charophyta (Tablo 2.2) (Pereira ve Neto, 2014).

Tablo 2.2 Alg gruplarının sınıflandırma şeması (Pereira ve Neto, 2014).

Kingdom	Phylum	Subphylum	Class
Prokaryota (Eubacteria)	Cyanobacteria		Cyanophyceae
Eukaryota	Rhodophyta	Cyanidiophytina	Cyanidiophyceae
		Eurhodophytina	Compsopogonophyceae
			Porphyridophyceae
			Rhodellophyceae
			Stylonematophyceae
			Bangiophyceae
			Florideophyceae
	Glaucophyta		Glaucophyceae
	Cryptophyta		Cryptophyceae
	Dinophyta		Dinophyceae
	Haptophyta		Haptophyceae
	Ochrophyta	Khakista	Bacillariophyceae
		Phaeista	Bolidophyceae
			Chrysophyceae
			Synurophyceae
			Eustigmatophyceae
			Raphidophyceae
			Dictyochophyceae
			Pelagophyceae
			Pinguiphyceae
			Phaeothamniophyceae
			Chrysomerophyceae
			Xanthophyceae
			Phaeophyceae
	Euglenophyta		Euglenophyceae
	Chlorarachniophyta		Chlorarachniphyceae
	Chlorophyta	Prasinophytina	Prasinophyceae
		Tetraphytina	Chlorophyceae
			Chlorodendrophyceae
			Trebouxyophyceae
			Ulvophyceae
	Charophyta		Dasycladophyceae
			Coleochaetophyceae
			Conjugatophyceae
			Mesotigmatophyceae
			Klebsormidiophyceae
			Charophyceae

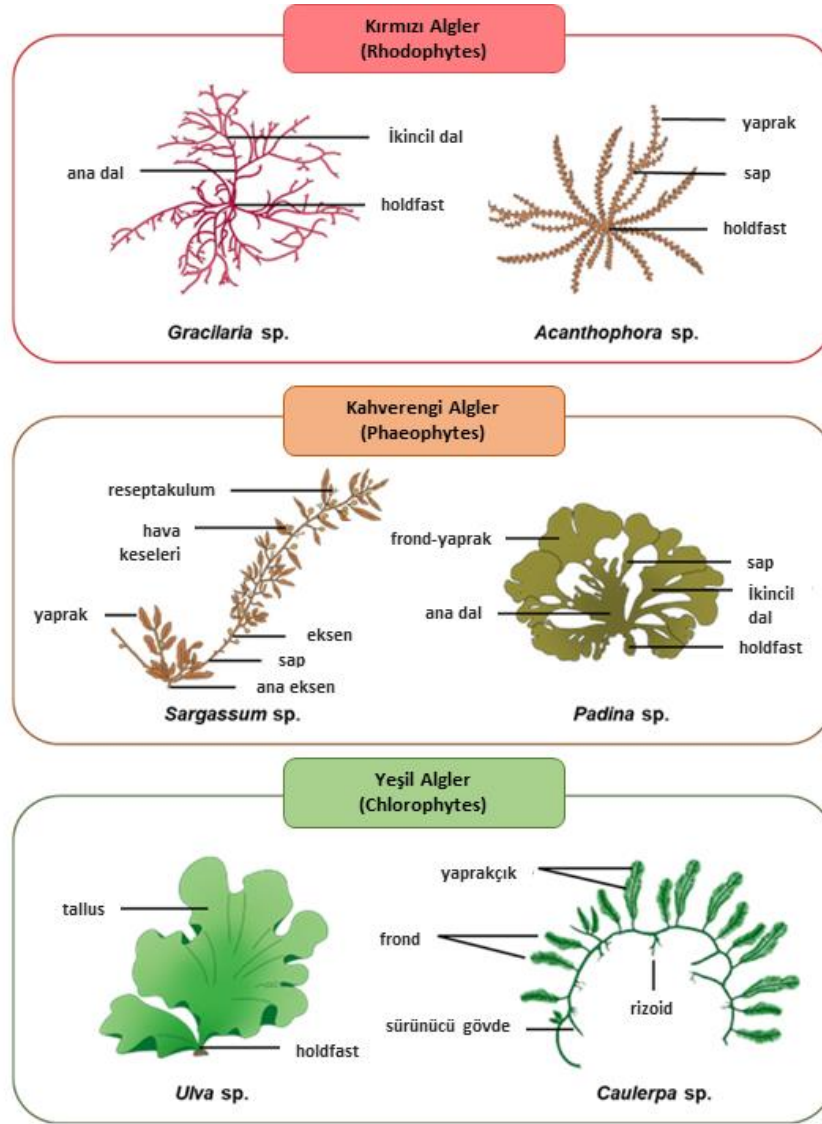
2.8.1. Makroalgler

Makroalgal deniz yosunları öncelikle Plantae (Charophyta, Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta) ve Chromista olmak üzere 2 bölümde bulunur. Plantae (bitkiler) alemindeki Charophyta filumu esas olarak tatlı su taksonlarına sahiptir ve yalnızca birkaç tür nehir ağzı habitatlarında bulunur. Chlorophyta filumunun yaklaşık %10'u deniz canlılarıdır ve yeşil deniz makroalgleri Ulvophyceae sınıfında yer alırlar. Kahverengi makroalgler, Chromista aleminin Ochrophyta filumunda ve Phaeophyceae sınıfında yer alırken 10 cinsi dışında tümü denizlerde yaşar. Bitkiler aleminde yer alan Rhodophyta filumu taksonlarının yalnızca %3'ü tatlı su habitatlarında bulunmakta ve Eurhodophytina alt filumu kırmızı makroalglerin yer aldığı Bangiophyceae ve Florideophyceae olmak üzere iki sınıf içerir (Dawes, 2016). Bu çalışmada “makroalgler” terimi yalnızca Chlorophyta (yeşil algler), Phaeophyceae (kahverengi algler) ve Rhodophyta (kırmızı algler) bölümlerinin denizde yaşayan makroskobik üyelerine atıfta bulunarak sınırlı bir anlamda kullanılmaktadır (Tablo 2.2 ve Şekil 2.3).

Dünya denizlerinde bentik makroalgere ait tür ve türaltı seviyede toplam 10300 takson bulunmaktadır. Bu taksonlar 2500 yeşil alg (Chlorophyta) ve 1600 kahverengi alg (Phaeophyceae) ve 6200 kırmızı alg (Rhodophyta) olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır. Türkiye kıyılarında 120 yeşil alg (Chlorophyta), 150 kahverengi alg (Phaeophyceae) ve 330 kırmızı alg (Rhodophyta) olmak üzere toplam 600 bentik makroalg türü rapor edilmiştir (Taşkın ve Öztürk, 2013; ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017). Karadeniz için ise 50 yeşil alg (Chlorophyta), 58 kahverengi alg (Phaeophyceae) ve 136 kırmızı alg (Rhodophyta) türü bildirmiştir (Taşkın ve Öztürk, 2013). Sinop Yarımadası civarında daha önce yapılan çalışmalarda yeşil alglerden *Ulva*, *Cladophora*; kahverengi alglerden *Ericaria*, *Gongolaria*, *Callithamnion* ve kırmızı alglerden *Ceramium*, *Corallina*, *Pterocladella*, *Gelidium* cinslerine ait taksonlar yaygın olarak bildirilmiştir (Karaçuha ve Gönülol 2007; Karaçuha ve Ersoy Karaçuha 2013; Karaçuha vd., 2018; Yıldız vd., 2019).

Makroalglerin Yapısı: Makroalg gövdesi tallus olarak adlandırılır ve birkaç istisna dışında tallusun tüm hücreleri fotosentetiktir. Tallus vasküler (iletken) dokudan yoksun olduğundan kökleri, gövdeleri veya yaprakları yoktur (Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012). Algal tallus yapısının çeşitliliği, vasküler bitkilerdeki homojen yapıdan belirgin bir şekilde farklılık gösterir. Vasküler bitkilerde, parankimatöz meristemler

(örneğin, sürgün ve kök uçlarında) çok çeşitli dokuların üretimine katkıda bulunur. Ancak deniz yosunları için parankimatöz yapı sadece belirli kahverengi alg takımlarında yaygındır. Örneğin, kelpelerde, fukoidlerde ve Dictyotales gibi alg takımlarında bu yapı, içsel ve morfolojik olarak karmaşık bir yapı oluşturmuştur (Hurd vd., 2014). Makroalglerin yassı, genellikle geniş ve yaprağa benzer yapıları lamina olarak bilinir. Bitkiyi bir yüzeye bağlayan yapı ise tutucudur ve tutucu ile lamina arasında sapa benzer esnek bir bölge bulunur. Tallusun bu bölümlerinin karmaşıklığındaki çeşitlilik zengin bir form çeşitliliği sağlar (Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012). Ancak deniz yosunlarının çoğu ipliksi yapıya sahiptir veya birleşik ve kortikal filamentlerden oluşur. Bu yapılar, büyük ve karmaşık organizasyonlara imkân tanır (Hurd vd., 2014). Bazı türlerde yaprak kısmını yüzeyde güneş ışığına doğru yönlendirerek fotosentez oranlarının artmasını sağlayan CO, N₂, O₂ veya CO₂ ile dolu pnömatisistler (hava keseleri) bulunur (Morrissey ve Sumich, 2012). Makroalgler morfololojik modifikasyon ve adaptasyon sebebiyle genellikle tüm bu yapılardan sadece birine veya birkaçına sahiptir (Abbott ve Hollenberg, 1976).



Şekil 2.2 Başlıca makroalg grupları ve bazı örnekler (Cheng vd., 2022)

Makroalglerin Dağılımı: Çoğu denizel makroalg türü bentiktir. Deniz tabanındaki kaya, kum, çamur, mercan veya diğer organizmalar üzerinde yaşadıkları gibi tekne gövdeleri, şamandıralar, çapa, zincir benzeri yapay zeminler üzerinde de yaşarlar. Bazı türler çok özel yüzeylere tutunurken diğerleri seçici değildir. Genel olarak denizel makroalgler deniz tabanının yaklaşık %2'sinde bulunurlar (Karleskint vd., 2009). Makroalglerin dikey ve yatay dağılımları kısmen güneş ışığının mevcudiyeti ile sınırlıdır. Bu nedenle deniz makroalglerinin dağılımı derinlik, enlem ve mevsimlere göre değişen ışık mevcudiyetinden büyük ölçüde etkilenir. Farklı türlerin farklı pigmentleri vardır ve bunlar canlının tolere edebileceği derinlikte rol oynayabilir. Mavi ışığı emebilen (kıyı sularının en derinlerine nüfuz eden) pigmentlere sahip olan kırmızı algler tipik olarak en derinlerde bulunur. Kırmızı dalga boylarını emen (hızlı bir şekilde emilen) pigmentlere

sahip yeşil algler en sığ derinliklerde bulunur. Kahverengi algler ise genellikle orta derinliklerde bulunur. Bu model birçok ortamda vardır ancak deniz makroalgleri pigmentlerine dayalı olan bu bölgelemeyi (kromatik adaptasyon adı verilir) her zaman göstermez. Çünkü makroalg dağılımı sıcaklık, besin bulunabilirliği, otlatma (grazing), su hareketleri ile kuruma gibi çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerle de kontrol edilmektedir (Lapointe vd., 1984; Lapointe, 1987; Dawes, 1998; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012). Bu faktörler aynı zamanda makroalglerin biyokimyasal içeriğini, üreme, gelişim ve morfolojisini etkilerken; coğrafi ve mevsimsel dağılımını da kontrol edebilmektedir (Lobban ve Harrison, 1994).

Makroalglerde Üreme: Yosunlar hem eşeysiz hem de eşeyli olarak çoğalabilir. Bazılarında tallus parçalara ayrılıp ve her yeni parça yeni bir alg haline gelerek aseksüel üremeyi meydana getirir. Eşeysiz üremenin başka bir türü tipik olarak tallusun sporangium adı verilen bir parçası içinde mayoz yoluyla spor oluşumunu içerir. Bir kez oluşturulduktan sonra haploid sporlar su akıntıları tarafından dağıtılır. Yeşil ve kahverengi alglerin sporları (ve gametleri) genellikle suda hareket etmelerini sağlayan flagellaya sahiptir. Sporlar uygun bir habitata yerleşirlerse başka bir hücre ile birleşmeden çimlenir ve yeni tallusu oluşturur. Yaşam döngüsünün spor üreten aşaması sporofittir ("spor üreten bitki") ve kromozom sayısında diploiddir (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Taşkın ve Öztürk, 2012; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Barsanti ve Gualtieri, 2022).

Eşeysiz üreme ekonomik bir popülasyon artışını teşvik ederken, genetik çeşitliliğin sınırlı kalması nedeniyle genetik karışımı engeller. Öte yandan eşeyli üreme genetik çeşitliliği artırırken çiftleşemeyen gametlerin israfı gibi faktörler nedeniyle daha maliyetlidir. Deniz yosunlarının çoğu her iki üreme yöntemini de kullanır (Clayton, 1981; Russell, 1986; Santelices, 1990; Morrissey ve Sumich, 2012). Eşeyli üreme zigot olarak bilinen diploid, döllenmiş bir hücre oluşturmak üzere birleşen gametlerin oluşumunu içerir. Gamet üreten yaşam döngüsünün aşaması gametofittir ("gamet üreten bitki") ve genellikle haploiddir. Gametler tipik olarak gametangia adı verilen gametofitteki yapılar içinde mitozla üretilir. Bazı makroalglerin gametofitleri hem erkek (sperm üreten) hem de dişi (yumurta üreten) gametofitlere ayrılır (monoik tallus). Dağılma ve yerleşmeden sonra zigot hücre bölünmesi (mitoz) ile sporofit içinde büyür. Art arda iki veya daha fazla ayrı çok hücreli aşamaya (aseksüel bir sporofit ve eşeyli gametofit) sahip olmaya nesiller arası değişim

denir (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Taşkın ve Öztürk, 2012).

Makroalglerin Biyokimyası: Deniz makroalglerinin filumları arasındaki en büyük ayrım fotosentetik pigment içerikleri, hücre duvarlarının bileşimi ve besin depolama şekillerindeki farklardan kaynaklanır (Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Pereira ve Neto, 2014). Tallusun rengi makroalg pigmentleri tarafından emilmeyen ışığın dalga boylarından kaynaklanmaktadır. Tüm deniz makroalglerindeki kloroplastlar, klorofil-*b* (yeşil algler), klorofil-*c* (kahverengi algler) ve klorofil-*d* (kırmızı algler) ile fotosentezden sorumlu olan klorofil-*a*'ya sahiptir. Klorofiller ışığın mavi ve kırmızı dalga boylarını emer ve yeşil ışığı geçirir. Karotenler, ksantofiller ve fikobilinler gibi fotosentetik pigmentler ışığın farklı dalga boylarını emer fotosentez için enerjiyi klorofillere iletir. Bazı durumlarda yardımcı pigmentler güneş kremine benzer bir fotokoruyucu gibi işlev sağlayarak klorofil moleküllerini ışıktan korur (Çolakoğlu, 1999; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Taşkın ve Öztürk, 2012).

Makroalglerin hücre duvarı esas olarak selülozdan oluşurken kalkerli alglerde hücre duvarı kalsiyum karbonat içerebilir. Makroalg hücrelerini kaplayan çeşitli şekerlerin polimerlerinden yapılmış, yapışkan, jelatinimsi bir müsilaj salgılanır. Müsilaj çok miktarda su tutabilir ve gelgitin düşük olduğu zamanlarda alglerde kurumayı geciktiren koruyucu bir örtü görevi görebilir (Çolakoğlu, 1999; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Taşkın ve Öztürk, 2012). Ayrıca tallusa yapışmış olabilecek organizmaları uzaklaştırmak için de görev alır. Bazı algler kütikül adı verilen kalın çok katmanlı koruyucu bir protein kaplamasına sahiptir. Diğer hücre duvarı bileşenleri ise ticari ve tıbbi değere sahiptir (Karleskint vd., 2009). Fotosentez miktarı makroalgin acil ihtiyaçlarını aştığında fazla şekerler polimerlere dönüştürülerek hücrelerde nişasta olarak depolanır. Bu nişasta moleküllerinin kimyası makroalg grupları arasında farklılık gösterir. Şekerler ve alkoller sıcaklıkların donma noktasının altına düşebileceği yüksek enlemlerde gelgitler arası deniz makroalgleri tarafından antifriz olarak da kullanılabilir (Karleskint vd., 2009).

Makroalglerde İyon Alımı: Deniz makroalgleri tarafından besin alımı “dalgalanma alımı, metabolik ya da dahili kontrollü alım ve harici kontrollü alım” olarak adlandırılan üç farklı aşamaya ayrılabilir (Conway vd., 1976; Harrison vd., 1989). “Dalgalanma alımı” ile büyümeden bağımsız olarak iç besin havuzlarının doldurulması kastedilmektedir (Conway vd., 1976) ve genellikle besin açısından aç deniz makroalgleri için tanımlanmıştır (Fujita, 1985; Harrison vd., 1989; Dy ve Yap, 2001). Sitoplazma ve

vakuollerdeki dahili besin havuzları doldukça alım oranları kademeli olarak azalır (Rosenberg vd., 1984; Fujita, 1985). İç besin konsantrasyonları sabit olduğunda ve besinlerin nispi alım oranları zaman içinde nispeten sabit kaldığında, asimilasyon hızına eşit kabul edilen “metabolik veya dahili kontrollü alım” elde edilir (Taylor ve Rees, 1999; Barr vd., 2004). “Harici kontrollü alım” ise önceden doldurulmuş besin havuzlarının harici besin mevcudiyetinin düşük olduğu zamanlarda kullanılabilmesidir (Probyn ve Chapman, 1982; Pederson ve Borum, 1996).

Makroalg hücrelerine besin elementleri hücre duvarı boyunca hücre yüzeyine ve oradan da plazmalemmaya yayılan iyonlar (yükü parçacıklar) olarak alınır. Bazı iyonlar; özellikle katyonlar hücre duvarının kimyasal bileşenlerine adsorbe edildikleri için plazmalemmaya ulaşamayabilirler (Kloareg vd., 1987). Elektrolit olmayanlar (yüksüz parçacıklar) genellikle zarlardan lipid içindeki çözünürlükleriyle orantılı ve moleküler boyutlarıyla ters orantılı olarak zarlardan geçerler. İyonlar plazmalemmadan pasif difüzyon veya kolaylaştırılmış difüzyon yoluyla pasif olarak geçebilirlerse de genellikle enerji gerektiren aktif bir süreçle taşınırlar. İyonlar alındıktan sonra bazıları (örneğin, N, P, S, Rb) bitki içindeki diğer dokulara yer değiştirebilirler (Lobban ve Harrison, 1994).

İyonların alım oranları mevcut ışık miktarı, sıcaklık, su hareketleri, kuruma derecesi ve elementin iyonik biçiminden etkilenir. Alınan besinin konsantrasyonu ortamdaki diğer iyonların konsantrasyonları ve elementin formu gibi kimyasal faktörler alım oranlarını etkileyecektir. Örneğin amonyum formundaki azot çoğu makroalgde nitrat, üre veya amino asitlerden daha hızlı alınır (DeBoer, 1981). Alım oranlarını etkileyen biyolojik faktörler arasında yüzey alanı, hacim oranı, doku tipi, bitkinin yaşı, beslenme geçmişi ve türler arası diğer farklılıklar bulunur. (Gerard, 1982; Lobban ve Harrison, 1994).

2.8.1.1. Yeşil Deniz Makroalgleri

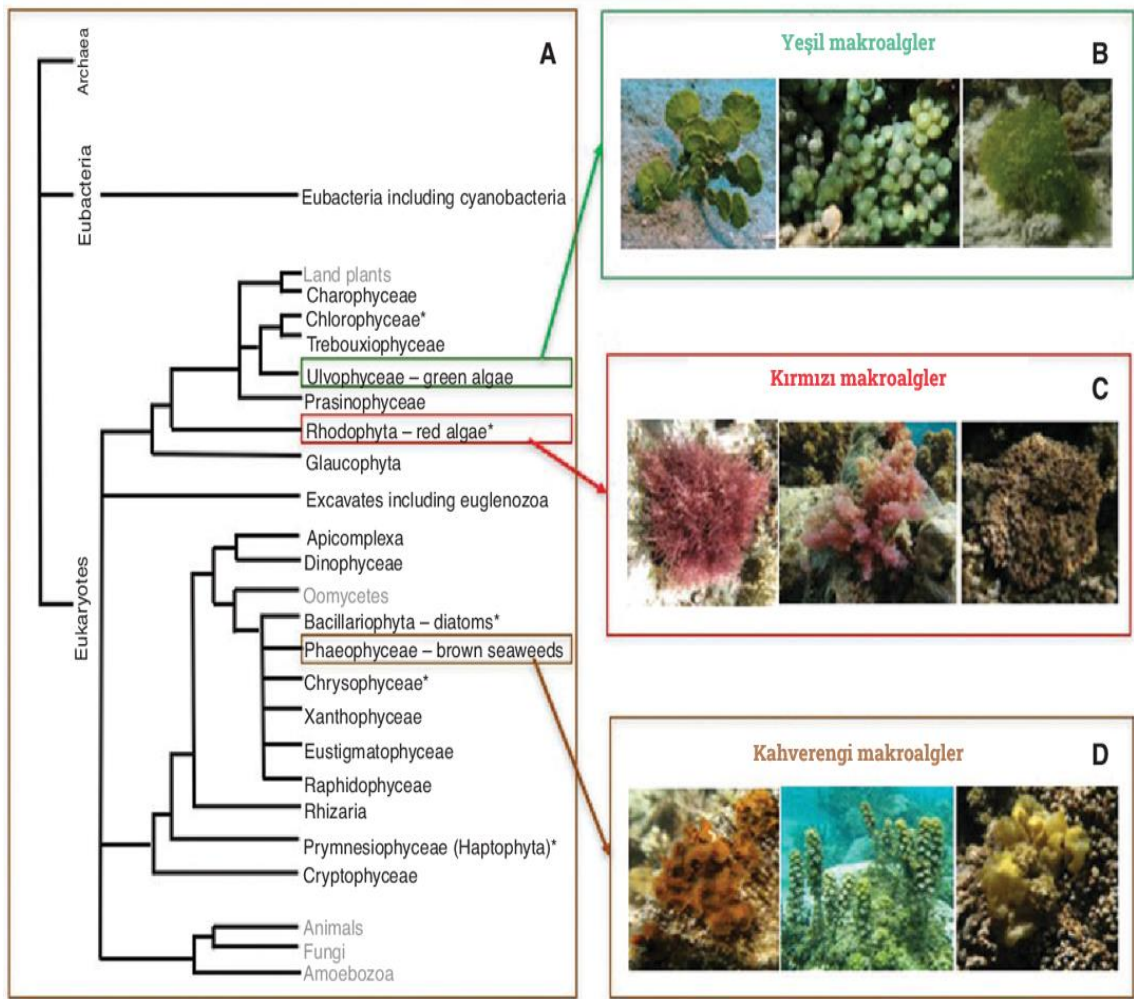
Yeşil algler tıpkı çiçekli bitkilere benzer şekilde, klorofil *a* ve *b*, karoten, lutein ve ksantofil içerir. Karadaki yaşamın aksine deniz tabanındaki yaşam çok yeşil değil; daha çok kahverengi veya kırmızıdır. Denize yeşillik ekleyen; kara bitkilerinin bazı akrabaları olan yeşil algler (Chlorophyta) ve deniz çayırlarıdır. Yeşil algler; tek hücreli, koloni oluşturan ya da çok hücreli türleri kapsar. Hücrelerinde çoğunlukla gerçek pirenoid bulunduğundan asimilasyon ürünü ve depo maddesi nişasta ve yağdır. Hücre çeperlerinin ana maddesi selülozdan meydana gelir. Her yeşil alg hücresinin daima gerçek ve tam teşekküllü bir veya çok sayıda çekirdeği vardır. Yeşil alglerin %90'ı tatlı sularda, %10'u

ise denizlerde yasar (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Drum, 2003; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016).

Yeşil deniz makroalgleri yeşil alglerin dört sınıfından biri olan ve yaklaşık 1.100 türünü (%13'ünü) içeren Ulvophyceae sınıfında yer almaktadır. Diğer makroalglerden ana depolama ürünlerinin sitoplazmada değil kloroplastta biriken nişasta olması ile ayırt edilirler. Bu grubun üyeleri özellikle kirli ve kıyıya yakın sulardaki yüksek düzeyde besin varlığında hızlı bir büyüme tepkisi sergiler (Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Pereira ve Neto, 2014; Dawes, 2016).

Tolerans, kaçınma ve caydırıcılık organizmaların yırtıcı hayvanlara uyum sağlamalarının üç yoludur ve yeşil algler her birinin iyi örneklerini sağlar. Çok sayıda spor ve zigotun salınması popülasyonlarının otoburlar tarafından yok edilmesini engeller (tolerans). Küçük boyutları daha büyük otçulları dışarıda tutan kayalık kıyılardaki ve resiflerdeki yarıkları işgal etmelerine izin verir (kaçınma). Hücre duvarlarındaki kalsiyum karbonat birikintileri otçulların güçlü çenelere sahip olmasını gerektirir. Yeşil algleri tüketen omurgasızlar ile balıkların midelerinin besin değeri olmayan minerallerle dolması yeşil algleri otçullar için az yararlı hale getirir (caydırıcılık). Ayrıca toksin üretimi de caydırma mekanizması olarak işlev görmektedir (Karleskint vd., 2009; Pereira, 2021).

Yeşil makroalglerin yaygın bir deniz formu; deniz marulu olarak bilinen *Ulva* cinsi alglerdir. Bu alg denizlerde özellikle kirlilikle karakterize edilen ortamlarda yaygın olarak bulunur. Üst kısmı oldukça geniş ve kalınlığı 2 hücre tabakasından oluşan bitki, kısa bir sapla zemine tutunur. Uzunluğu 30 santimetreyi geçebilen tallus (Çolakoğlu, 1999; Karleskint vd., 2009) parlak yeşil veya hafif sarımsı bir renge sahiptir. Kayalara ve su içindeki diğer objelere uzun renksiz rizoidlerle tek bir noktadan tutunurlar ve yapı her yöne doğru gelişerek kısmen parçalı kıvrımlı bir görünüm kazanır. Alg hücrelerinde, at nalı şeklinde bir kromotofor tipik olarak bulunur. Yaşam döngüsü grup üyelerinin yaşam döngülerini temsil eder (Çolakoğlu, 1999; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016). Asya mutfağında tüketilen yeşil alglerden olan *Ulva* ve benzeri cinsler, zengin lif ve protein içerikleriyle dikkat çekerler ve düşük yağ oranlarıyla diyet amaçlı kullanılırlar. Aynı zamanda azot bakımından zenginlik göstermeleri ve içerdikleri iz elementler nedeniyle birçok ülkede gübre olarak değerlendirilirler (Karleskint vd., 2009; Kim, 2011).



Şekil 2.3 A) Deniz makroalglerinin polifiletik grubunu gösteren filogenetik ağaç (B, C, D) Makroalglerle ait bazı türler (Stiger-Pouvreau ve Zubia, 2020).

2.8.1.2. Kahverengi Deniz Makroalgleri

Kahverengi algler (Phaeophyceae) çok hücreli bir Chromista grubudur. Kahverengi alglerin neredeyse tamamı (%99,7) deniz sakinidir. Türlerinin çoğunluğu soğuk denizlerin kıyı bölgelerinde bulunur. Bunlar kıyılardaki taş ve kayalıklara köksüleri (rizoidleri) ile bağlanırlar. Yeşil alglere göre daha yüksek ve kırmızı alglere göre daha düşük çeşitliliğe sahiptirler. Hücreleri tek çekirdekli ve kromatoforları klorofil *a*, *c*, ksantofil ve karoten içerir (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Dawes, 2016). Kahverengi alglerin büyüklükleri mikroskobik filamentli formlardan tüm alglerin en büyüğü olan 100 metre uzunluğa ulaşabilen dev yosunlara (*Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, 1820) kadar değişir. Kaya yosunu *Fucus*, gelgitler arası kayalarda bol olmasına rağmen kahverengi alglerin çoğu gelgit hattından yaklaşık 10 metre derinliğe kadar bulunur. Büyük formlar güneş ışığını yakalamada çok

verimlidir ve son derece üretkendir. Deniz kestaneleri, balıklar, kabuklular, yumuşakçalar, deniz aslanları, su samurları gibi çok çeşitli deniz hayvanlarına ev sahipliği yaparlar (Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016). Bu alglerin karakteristik zeytin yeşili-kahverengi rengi, klorofil *a* ve *c*'nin yeşilini maskeleyen karotenoid ve fukoksantin nedeniyledir (Teramoto, 1992; Tüney, (2005)'den; Karleskint vd., 2009; Pereira ve Neto, 2014).

Kıyı boyunca ve sığ sularda bulunan tanıdık deniz makroalglerinin çoğu kahverengi alglerdir. Esmer algler, tutucu, sap ve aya olarak iyi ayırt edilmiş tallusa sahiptir. Birçoğu büyük, düz, yaprak benzeri lamina geliştirir. Daha büyük lamina genellikle suyun içinde dik durmaya yardımcı olan ve yosunun güneş ışığından maksimum düzeyde yararlanmasını sağlayan gazla doldurulmuş yapılara veya keselere sahiptir (Karleskint vd., 2009).

Büyük boylarından anlaşılacağı üzere birçok kahverengi alg uzun ömürlüdür ve deniz hayvanları için yıl boyunca bir besin kaynağı ve yaşam alanı sunar (Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016). Karakteristik depolama ürünleri olarak bir polimer polisakkarit olan laminarin biriktirirler. Bundan başka mannitol ve yağ da meydana gelir. Kahverengi alglerin hücre duvarları kırmızı alglere benzer ticari öneme sahip selüloz ve aljinat adı verilen bir grup fikokolloidden oluşur (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Pereira ve Neto, 2014). Tallusun gelgitler ile açıkta kalmasına karşı tolerans sağlayan ve dalgalara karşı makroalge esnekliği veren öncelikle aljinatlardır (Karleskint vd., 2009). Vasküler bitkiler olmasalar da daha büyük yosunlar fotosentez ürünlerini tallusun daha derin kısımlarına ileten boru hücreleri adı verilen özel hücrelere sahiptir (Teramoto, 1992; Tüney, (2005)'den; Karleskint vd., 2009). Bazı türlerin alt kısımları ve tutacakları, yukarıdaki yapraklar çok fazla güneş ışığını emdiği ve engellediği için fotosentez yoluyla kendileri için yeterli yiyecek üretmez (Karleskint vd., 2009). Çoğu kahverengi yosunun yaşam döngüsü, bir sporofit (genellikle çok yıllık bir aşama) ve bir gametofit (genellikle bir yıllık) arasındaki bir nesiller değişiminden oluşur (Karamanoğlu, 1977; Karleskint vd., 2009).

Bazı kahverengi alglerin alginatları (fikokolloidler), tekstil, dişçilik, kozmetik ve gıda endüstrilerinde ticari kullanım için koyulaştırıcı maddeler olarak hasat edilir (Teramoto, 1992; Tüney, (2005)'den; Karleskint vd., 2009). Dokularında deniz suyundan konsantre iyot bulunur. Bazı yosun türlerindeki iyot konsantrasyonu, çevredeki deniz suyunun 10 katı olabilir. Daha ucuz iyot elde etme yöntemleri geliştirilmeden önce, bir tiroid bezi

rahatsızlığı olan guatrın önlenmesi için sofr tuzuna eklenen bu eser besinin ana kaynağı deniz makroalgleriydi. Dünyanın bazı bölgelerinde, özellikle Asya'da, kahverengi algler gıda olarak kullanılmaktadır. Bazı kıyı ülkeleri de sığır yemi olarak kahverengi alg kullanır (Karleskint vd., 2009).

2.8.1.3. Kırmızı Deniz Makroalgleri

Kırmızı algler (Rhodophyta) yeşil alglerin aksine esas olarak deniz organizmalarıdır; 6.000 türün yaklaşık %98'i denizeldir (Karleskint vd., 2009). Deniz makro algleri arasında en geniş çeşitliliğe sahiptirler ve kırmızı ve mor renkleriyle diğer alg türlerinden kolayca ayırt edilebilirler. Kromoplastlar klorofil-a, klorofil-c, β -Karoten ve az miktarda α -karoten içerir. Lutein ile kırmızı renkli fikoeritrin ve mavi renkli fikosiyanın (fikobilinler) bulunur. Kırmızı alglerin karakteristik kırmızımsı rengi, özellikle büyük miktarlarda bulunan fikoeritrin pigmentlerinden kaynaklanmaktadır. Bu pigmentler mavi-yeşil ışığı absorbe etmede oldukça etkilidir (Çolakoğlu, 1999; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016; Pereira, 2021). Denizin derinliklerine gelen zayıf ışıkların absorbe edilebilmesi nedeniyle CO₂ asimilasyonu yapabilirler. Bu sayede 60m en çok olarak da 200m kadar derine inebilirler (Karamanoğlu, 1977). Gerçek nişasta görülmez; nişasta ile glikojen arasındaki bir yapıda olan "floride" nişastasası adı verilen bir polisakkarit asimilasyon ürünü olarak teşekkül ederler (Çolakoğlu, 1999; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016; Pereira, 2021). Ancak kırmızı algler her zaman kırmızı değildir. Talusları sarıdan siyaha kadar çeşitli renklerde olabilir çünkü fikosiyanın pigmentleri kırmızı ışığı fikoeritrinlerden ve ışık spektrumunun çeşitli bölgelerinde absorbe eden fotokoruyucu karotenoid pigmentlerden daha fazla emer (Karleskint vd., 2009).

Kırmızı alglerin bazı türleri temiz suda 200 metreye kadar olan derinliklerde hayatta kalabilir. Hemen hemen tüm kırmızı algler çok hücrelidir ve bir metreden daha kısadır. Tallusları silindirik, ipliksi, yapraksı ya da disk şeklinde yassı olup etli yapıdadır. Birçoğu gür bir görünüm veren hassas dallanan filamentlerden oluşur. Diğer türler yassı kabuklu plakaları, kireçlenmiş nodülleri, dik dalları veya yaprakları içerir (Parekh vd., 1977; Yurdakulol ve Cansaran, 2004; Karleskint vd., 2009).

Yıllık kırmızı algler öncelikle deniz kestaneleri, balıklar, yumuşakçalar ve kabuklular için mevsimsel bir besin kaynağıdır. Yeşil alglerin aksine kırmızı algler otçulları uzaklaştırmak için çok fazla toksin üretmez. Otçullara karşı ana savunmaları tallusu daha

az yenebilir hale getirmek, büyüme modellerini değiştirmek ve karmaşık yaşam döngülerini geliştirmektir (Karleskint vd., 2009; Pereira, 2021). Bazı kırmızı algler hücre duvarına kalsiyum karbonat ekleyerek otçulları caydırır, besin değerini azaltır, tallusu yemeyi ve sindirmeyi zorlaştırır. Bazıları ise büyüme biçimlerini değiştirerek otçullar tarafından yenilmesi daha zor olan büyüme kalıpları geliştirir. Hızlı büyümelerine ve otlatmada kaybedilen biyokütleyi hızla geri kazanmalarına izin veren karmaşık yaşam döngüleri nedeniyle otçulları tolere edebilir. Ayrıca birçok küçük kırmızı alg yarıklarda büyüyerek büyük otçullardan kaçınır (Karleskint vd., 2009).

Kırmızı alglerin yaşam döngülerinin iki benzersiz özelliği; sporlarda ve gametlerde dahi kamçı bulunmaması ayrıca çoğu türde art arda iki sporofit (karposporofit ve tetrasporofit) ile bir gametofit olmak üzere üç çok hücreli aşamanın ortaya çıkmasıdır (Karamanoğlu, 1977; Çolakoğlu, 1999; Karleskint vd., 2009; Morrissey ve Sumich, 2012; Pereira ve Neto, 2014). Kırmızı alglerin daha küçük türlerinden birkaçı epifit veya epizoiktirler. Bazı kırmızı algler çeşitli konakçılarda büyürken diğerleri yalnızca belirli konakçı organizmada büyür. Bazı küçük kırmızı alg türleri hayatta kalabilmek için ev sahiplerinden gelen besinlere güvenerek daha büyük kırmızı alg türleri üzerinde parazittir (Karleskint vd., 2009; Dawes, 2016).

Kırmızı alglerin hücre duvarı selüloz, agar ve karagenan gibi ticari açıdan ilgi çekici olan yüksek orandaki müsilaajdan oluşur (Çolakoğlu, 1999; Pereira ve Neto, 2014). Agar çok düşük konsantrasyonlarda kalın jeller oluşturur ve çoğu mikroorganizma tarafından bozunmaya karşı direnç gösterir. Birincil kullanımı bakteri yetiştirmek için katı kültür ortamı yapmaktır (Çolakoğlu, 1999). Ayrıca gıdalarda ve ilaçlarda koyulaştırıcı madde olarak kullanılır. Kırmızı alglerden elde edilen bir başka fikokolloid olan karragenan da dondurma, puding, salata soslarında kullanılmasının yanı sıra kozmetik endüstrisinde çeşitli kremsi müstahzarlarda koyulaştırıcı ve bağlayıcı bir madde olarak da kullanılır. Bazı kırmızı alglerse insanlar tarafından besin kaynağı olarak kullanılır. Japonya’da ve Asya’nın diğer bölgelerinde *Porphyra* cinsi (laver, nori) suşi, çorba ve baharatlarda kullanılır. İnsan gıdası olmanın yanı sıra Asya’nın birçok yerinde hayvan yemi ve gübre üretmek için yetiştirilmektedir (Karleskint vd., 2009).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Makroalg dokularının azot ve fosfor içerikleri ile bunların atomik oranları besin maddelerinin bir ekosistemde bulunurluğunun göstergesi olarak kullanılabilir (Fong vd., 1994a; Kim vd., 2013). Atkinson ve Smith (1983), dünya çapında beş filum ve dokuz lokasyondan 92 bentik bitki örneğinin ortalama C:N:P oranını yaklaşık 700:35:1; medyan oranını ise yaklaşık 550:30:1 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışma ile düşük besinli ortamlardan gelen bitkilerin yüksek besinli rejimlerden gelenlere göre önemli ölçüde daha yüksek C:N ve C:P oranları gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca denizel bentik makrofitler için ortalama N:P oranının 35:1 olmasının genel olarak N-sınırlaması yerine P-sınırlandırmasına eğilimli bir beslenme durumunda meydana geldiği görülmüştür.

Araştırmalar N:P oranının “<10:1” olmasının N sınırını “>30:1” olmasının ise P sınırını gösterdiği ortaya koymuştur (Ryther ve Dunstan, 1971; Rhee 1978; Smith, 1984). Björnsäter and Wheeler (1990) tarafından yapılan çalışmada ise makroalglerin besin durumunun sınıflandırmasında N:P oranının <16 olmasının N sınırlaması ve N:P >24 değerinin ise P-sınırlaması anlamına geldiği ifade edilmiştir.

Ryther vd. (1981) tarafından kırmızı alglerden *Gracilaria* türlerinin dokularındaki N rezervleri tükendiğinde alglerin koyu kırmızımsı kahverengi pigmentlerini yitirmeye ve soluk saman sarısı bir renge dönüşmeye başladığı ve büyümenin durduğu bildirilmiştir.

Rao ve Indusekhar (1987), 24 denizel makroalgin C, N ve P’un ortalama konsantrasyonlarını sırasıyla %19,72-41,01, %1,19-3,60 ve %0,0857-0,2482 (kuru ağırlık) aralığında bulmuşlardır. Deniz suyundaki N:P atomik oranı 12,6:1’dir. Deniz yosunları için C:N:P oranı 550:35:1’dir Yeşil deniz yosunlarında ($10,28 \pm 1,29$) kahverengi ($16,05 \pm 1,07$) ve kırmızı deniz yosunlarına ($13,42 \pm 2,56$) göre daha düşük C:N oranları gözlenmektedir. Dolayısıyla bentik sistemlerdeki besin maddesi devrinin Redfield oranından farklı C:P ve N:P ilişkilerine sahip olduğu saptanmıştır.

Lapointe vd. (1992), yaptıkları çalışmada karbonatça zengin tropik sulardan elde edilen bol miktarda frondoz epilitik makroalg popülasyonlarını, ılıman silisiklastik sulardan gelen makroalglerle stokiyometrik olarak karşılaştırmıştır. Yüzde karbon (C) ve yüzde azot (N) içerikleri silisiklastik ve karbonatlı ortamlardan alınan dokular arasında benzer (sırasıyla ortalama C %22,6’ya karşı %20,1 ve N %1,0’a karşı %1,2), ancak fosfor (P) seviyeleri karbonat bakımından zengin sistemlerde iki kat daha düşük (%0,15’e karşı

%0,07) bulunmuştur. Buna göre molar C:N doku oranları silisiklastik ve karbonat bölgelerinden gelen makroalgler arasında karşılaştırılabilir iken (ortalama 29,2'ye karşı 23,1), C:P (ortalama 430'a karşı 976) ve N:P oranları arasında (ortalama 14,9'a karşılık 43,4) büyük bölgesel farklılıklar gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra karbonat bakımından zengin tropik sulardan alınan deniz suyu numunelerinin silisiklastik ortamlara kıyasla düşük konsantrasyonlarda çözünür reaktif fosfat ve nispeten yüksek seviyelerde çözünmüş inorganik azot (N:P oranı 36:1) içerdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle elde edilen veriler N mevcudiyetinin ılıman silisli sularda makroalglerin üretkenliğini sınırladığı ilkesini desteklemiştir. Ancak karbonat bakımından zengin tropik sularda ise birincil makroalg üretimini sınırlamada N'dan ziyade P mevcudiyetinin çok önemli olabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Wheeler ve Björnsäter (1992), Oregon (ABD) kıyı sularında yaygın olan beş makroalg için doku azot ve fosfor oranlarına ait varyasyonları mevsimsel olarak incelemişlerdir. Yapraksı makroalglerde (*Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus), *Ulva fenestrata* Postels & Ruprecht, 1840 ve *Porphyra* sp.) azot miktarı kuru ağırlıkta %2,0 ile %5,5 arasında ve dallı makroalglerde (*Codium fragile* (Suringar) Hariot, 1889 ve *Pelvetiopsis limitata* (Setchell) N.L. Gardner, 1910), %0,9 ile %2,6 arasında değişmektedir. Fosfor miktarı ise yapraksı makroalglerde kuru ağırlıkça %0,32 ile %0,86 ve dallı makroalglerde %0,27 ile 0,50 arasında değişmiştir. İncelenen tüm makroalglerin N:P bileşimine dayalı olarak yılın en azından bir bölümünde hem N sınırlı hem de P sınırlı (*C. fragile* dışında) olduğu görülmüştür. Sonuçlar makroalgler için doku N:P oranının yerinde besin durumunu değerlendirmek için iyi bir indeks olabileceğini düşündürmektedir.

Larned (1998) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Kaneohe Körfezi'ndeki (Hawaii) su sütunundaki çözünmüş inorganik azot:fosfor oranı ile makroalglerdeki doku azot:fosfor oranlarının karşılaştırılması fosfordan ziyade azotun bu sistemdeki üretkenliği genel olarak sınırladığını göstermiştir. Besin zenginleştirme deneylerinin sonuçları inorganik azotun test edilen 9 makroalg türünden 8'inin büyüme oranlarını sınırladığını göstermiştir. Sonuçlar düşük besinli mercan resifi sistemlerinde varlığını sürdürebilmek için bazı makroalglerin üstteki su sütunundaki besinlere ek olarak yüksek oranda besin adveksiyonu veya bentik besin kaynaklarına erişim sağlamaları gerektiğini göstermektedir.

Fong vd. (2001), morfolojik olarak farklı makroalglerin doku N ve P içeriğinin besin mevcudiyetini kontrol eden farklı süreçleri yansıtip yansıtmadığını araştırmıştır. Bu

amaçla Porto Riko'nun güneybatı kıyısındaki 18 istasyondan doku N ve P analizi için 5 tür makroalg toplamış ve su sütunu ile sediman besin içeriğini ölçmüşlerdir. Sonuçlar makroalglerin doku N ve P içeriğinin tropikal sistemlerde farklı besin kaynaklarının etkili bir göstergesi olabileceğini göstermiştir.

Villares ve Carballeira (2003), İspanya'nın kuzeybatı kıyısındaki 22 örnekleme alanında dağılım gösteren iki yeşil makroalgde (*Ulva* sp.ve *Enteromorpha* sp.) karbon, azot ve fosfor seviyelerini ayrıca sedimanda organik madde, organik karbon, demir ve doku konsantrasyonlarını mevsimsel olarak izlemişlerdir. Buna göre alglerdeki azot seviyeleri karşılaştırılabilir çalışmalarda bulunanlara benzerken karbon konsantrasyonları genellikle daha yüksek ve fosfor daha düşük bulunmuştur. Alglerin doku azotu ve fosfor miktarının mevsimsel değişimleri ılıman bölgeler için olağan düzeni takip etmiş, minimum seviyeler yaz mevsiminde; maksimum seviyeler ise kış mevsiminde ölçülmüştür. Alglerdeki düşük P seviyeleri bu element tarafından sınırlandırıldığını göstermektedir. Sedimanda fosfor daha zengindir ve bu elementin tortul tabaka tarafından yüksek oranda tutulması alglerdeki düşük seviyeleri açıklayabilir. *Ulva* türünde en yüksek birikimler ilkbahar ve yaz aylarında meydana gelmiştir; hidrodinamik faktörlerin bu birikimlerin boyutunu belirlemede önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Esteves vd. (2005), makroalg ve makrofitlerin karbon, azot, fosfat, organik madde, protein ve toplam lipid içeriklerini araştırmıştır. Makroalgal büyüme için bu bileşiklerin mevsimsel değişiminin (özellikle ilkbahar aylarında) su sütunundaki inorganik besinlerden (N ve P) azot ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Peters vd. (2005), tarafından Batı Antarktika Yarımadası'ndaki 36 makroalg türünün C:N oranları araştırılmıştır: Toplam azot (% kuru ağırlık) düzeylerinin incelenen türlerin ikisi dışında hepsinde, maksimum büyüme için gerekli olduğu bildirilen kritik seviyenin (%1,5) üzerinde olduğu görülmüştür. C:N oranları diğer enlemlerde yayılanlara göre düşük ve batı Antarktika Yarımadası'ndaki sularda bildirilenlere benzer bulunmuştur. On dokuz türün C:N oranları 10:1'in altındadır. Bu oran ılıman ve tropikal enlemlerdeki bentik deniz bitkileri için ortalama olarak rapor edilen 20:1 C:N oranının yarısıdır. Besin bileşimi ve element içeriği analizine göre tüm makroalglere ait sonuçlar incelendiğinde, protein seviyeleri ile azot içeriği arasında hiçbir korelasyon görülmemiştir. Bulgular azotun antarktika makroalglerinin protein üretimi için sınırlayıcı bir faktör olmadığı genel hipotezini desteklemiştir.

Gordillo vd. (2006), Kongsfjord'dan (Norveç Arktik Bölgesi) yirmi bir makroalg türü (dört Chlorophyta, sekiz Rhodophyta ve dokuz Phaeophyta) yaz döneminde besin zenginleşmesine (nitrat ve fosfat) verdikleri tepki açısından incelemiştir. Besin asimilasyonu, harici karbonik anhidraz, nitrat redüktaz ve alkalın fosfataz ile ilgili enzimatik aktivitelerin yanı sıra biyokimyasal kompozisyon (toplam C ve N, çözünür karbonhidratlar, çözünür proteinler ve pigmentler) ölçülmüştür. Arktik deniz yosunlarının yaz aylarında bile N-sınırlı olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca toplam dahili C ve N, çözünür proteinler, çözünür karbonhidratlar ve pigment içeriğindeki değişiklikler sadece belirli türler için kaydedilmiş ve genel bir model gösterilmemiştir.

Townsend vd. (2008), Avustralya'da yürütülen bir saha deneyinde *Spirogyra fluviatilis* Hilse, 1863 için besin sınırlamasını araştırmıştır. *S. fluviatilis* türünün optimal hücresel C:N:P oranı yerinde besin ilavesi yoluyla incelenmiştir. Buna göre türün 1800:87:1'lik bir optimal molar C:N:P oranına sahip olduğu görülmüştür. Dağılım gösterdiği bölgenin çözünür N:P konsantrasyonları ise 0,11:1 ile 27:1 olarak saptanmış ve optimal doku N:P oranından sapan bu oran büyüme için besin sınırlaması olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Pedersen vd. (2010), alg P-dinamiklerindeki farklılıkların makroalg topluluğu değişikliklerini açıklayıp açıklayamayacağını test etmek için farklı büyüme oranlarına sahip 6 ılıman makroalg türü arasındaki fosfor dinamiklerini karşılaştırmışlardır. İnce, hızlı büyüyen algler (*Ulva* ve *Ceramium*) çözünmüş inorganik P'a daha kalın ve daha yavaş büyüyen türlerden (*Fucus*, *Ascophyllum* ve *Laminaria*) çok daha hızlı almıştır. Ancak aynı zamanda birim biyokütle ve zaman başına çok daha yüksek P-taleplerine sahip oldukları görülmüştür. Oslofjord'daki (Norveç) P konsantrasyonları, Nisan'dan Ağustos'a kadar düşük olduğundan hızlı büyüyen türler (*Ceramium* ve *Ulva*) yaz ayları boyunca P-taleplerini karşılayamamıştır. *Ascophyllum* ve *Laminaria* türleri yıl boyunca yeterli P elde edebilmişlerdir. P'un depolanması ise *Fucus* türlerinin yaz aylarında birkaç hafta boyunca şiddetli P sınırlaması yaşamasını engellemiştir. Birim biyokütle başına alglerde depolanan mutlak P miktarı 6 tür arasında sistematik olarak farklılık göstermezken depolama kapasitesi (depolanan P'un büyümeyi destekleyebildiği süre) büyük ölçüde büyüme hızına bağlı olduğundan daha yavaş büyüyen türler için bu parametre çok daha yüksek bulunmuştur. Sonuçlar makroalg P-dinamiklerindeki farklılıkların P eksikliği olan kıyı bölgelerinde farklı büyüme stratejileri ile makroalgler arasındaki değişen dengeyi nasıl açıklayabileceğini göstermektedir.

Cherbadgy ve Sabitova (2011), *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno & Matsubara) Makienko, 1970 türündeki oksijen, amonyum ve fosfat metabolizmasının hızı üzerinde çeşitli çevresel faktörlerin etkisine ilişkin çalışmayı yerinde (Kunashir Adası) gerçekleştirmişlerdir. Buna göre günlük NH_4 tüketimi (kuru ağırlıkta ortalama tüketim oranı 0,21 μmol 'dür) deniz suyundaki NH_4 ile O_2 konsantrasyonlarına ve alg dokularındaki C ile klorofil-*a* içeriğine bağlıdır. Günlük PO_4 tüketimi (tüketim oranı kuru ağırlıkta ortalama 0,01 μmol 'dür) ise deniz suyundaki NH_4 konsantrasyonuna ve alg dokularındaki P içeriğine bağlıdır.

Kang vd. (2011), bazı makroalglerin biyofiltre olarak potansiyelini değerlendirmişlerdir. Tüm türler akvaryum atıklarından NH_4^+ , $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ve PO_4^{3-} 'ü verimli bir şekilde uzaklaştırmışlardır. Sonuçlar deniz yosunlarının depolama kapasitelerine uygun azot kaynaklarını seçebileceğini göstermektedir. Örneklerin doku N ve P içerikleri ve C:N ve N:P oranları için veriler N ve P'un sınırlayıcı olmadığını göstermiştir. Sonuçlar makroalglerin büyük miktarlarda besin depolayarak biyofiltre görevi gördüğünü ortaya koymaktadır.

Reef vd. (2012), büyüme hızlarının organizmanın elementel stokiyometrisi ile ilişkisini incelemek amacıyla makroalglerde büyüme hızı hipotezini test etmişlerdir. *Caulerpa serrulata* (Forsskål) J.Agardh, 1837 (Chlorophyta), *Laurencia intricata* J.V.Lamouroux, 1813 (Rhodophyta) ve *Sargassum polyphyllum* J.Agardh, 1848 (Ochrophyta) azot veya fosforla zenginleştirilmiş olarak büyütülmüş; büyüme hızı, fotosentez, nükleik asit bileşimi ve elementel stokiyometrilere ölçülmüştür. Makroalgler (özellikle *L. intricata*) P'u çok yüksek seviyelerde biriktirmiştir ve %0,21'in üzerinde P birikiminin büyüme üzerinde olumsuz etkileri olmuştur. Büyük miktarlarda P depolama kapasitesi muhtemelen tropikal okyanusların düşük ve düzensiz besin ortamına bir adaptasyonu olarak açıklanmıştır.

Perini ve Bracken (2014), birincil üretimi sınırlamak için N ve P'un etkileşim potansiyelini araştırmışlardır. Araştırmacılar Maine Körfezi'nde (ABD) 2 yıl boyunca gelgitler arası makroalg *Fucus vesiculosus* Linnaeus, 1753 türün ortam besin seviyelerini ve doku besinlerini incelemişlerdir. Elde edilen veriler N mevcudiyetinin nispeten yüksek ortam P konsantrasyonlarına rağmen *F. vesiculosus* türünün P'a erişme yeteneğini etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Bu gözlemleri deneysel olarak doğrulamak için *F. vesiculosus* bireyleri 6 hafta boyunca N veya P ile zenginleştirilmiştir. Daha sonra bu besinler arasındaki etkileşimlerin makroalg N ve P alım verimliliğini nasıl etkilediğini

anlamak için deneyler yapılmıştır. Sonuçlar deniz yosununun farklı besin rejimlerine maruz kalmasının besin alım verimliliğini etkilediğini göstermektedir. Örneğin N ile zenginleştirilmiş deniz yosunları en yüksek P alım verimini göstermiştir.

Ober ve Thornber (2017), Kuzeybatı Atlantik'teki iki yaygın makroalg türünün (*Ulva* spp. ve *Fucus vesiculosus*) artan CO₂ ve besin yüklemesi kombinasyonuna nasıl tepki verdiğini test etmişlerdir. Fırsatçı, hızlı büyüyen *Ulva* türünün yüksek CO₂ ve yüksek besin altında doğal ortam besinlerinde yetiştirilen *Ulva* türünün üç katına varan büyüme oranları sergilediği görülmüştür. Buna karşılık *Fucus* türünün büyüme oranlarında bir değişiklik yaşanmazken her iki türün de yüksek besinlerle birlikte karbon/azot oranlarında (C:N) bir düşüş meydana gelmiştir. Çift kültürde yetiştirilen türler monokültür koşullarındakilere benzer büyüme oranları sergilemiştir. Ancak *Ulva* türü ile birlikte bulunan *Fucus* türleri için C:N oranı önemli ölçüde artmış; bu da *Ulva* türünün *Fucus* türü üzerinde bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Sonuçlar okyanus asitlenmesi ve besin maddelerinin kombinasyonunun kıyı sistemlerinde fırsatçı alg türlerinin bolluğunu artıracak ve gelecekteki koşulların türe özgü tepkilere dayalı olarak makroalglerin topluluk değişimlerini büyük olasılıkla yönlendireceğini göstermektedir.

Ochoa-Izaguirre vd. (2017), farklı su kütlelerinin farklı antropojenik etkilerinin makroalg biyokütlesinin azot (N) ve fosfor (P) içeriğini etkileyip etkilemediğini belirlemeyi amaçladıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu amaçla Kuzeybatı Meksika'nın üç lagün sisteminde her iki ayda bir su ve makroalg örnekleri toplanmıştır. Araştırma sonunda algal biyokütledeki N:P oranlarının lagünlerin çözünmüş N ve P konsantrasyonu ile benzer olduğu görülmüştür.

Lapointe (2019), tropikal deniz yosunu ve mercan kayalığı ekosistemlerinde besinlerin (N, P) zararlı alg çoğalma dinamikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ortaya çıkan önemli bulgular arasında şunlar yer almaktadır: 1) alg patlamaları ve kıyı ötrofikasyonunda itici bir faktör olarak fosfor (P) göre antropojenik azotun (N) birincil rolü vardır 2) resif mercanlarında daha fazla P-sınırlandırması ve metabolik stres ile sonuçlanan değiştirilmiş N:P stokiometrisi tespit edilmiştir 3) okyanus ve insan sağlığı üzerindeki giderek artan olumsuz etkilerinden dolayı makroalg patlamalarının bir zararlı alg çoğalma türü olarak kabul edilmesi gerekir ve 4) antropojenik N girdilerinin azaltılması nüfus artışı ile iklim değişikliğine karşı deniz yosunu ve mercan kayalığı ekosistemlerinin direncini artırabilir.

Chen vd. (2019), okyanus asitlenmesi koşulları altında *Porphyra haitanensis* T.J.Chang & B.F.Zheng, 1960 ve *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753 türünde karbon (C) ve azot (N) birikimini ve ayrıca bu iki alg arasındaki spesifik rekabeti değerlendirmişlerdir. Bu çalışma ile asitlenmenin hem *P. haitanensis* hem de *U. lactuca* türünün büyümesini ve C/N oranlarını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. *U. lactuca* türünün hızlı büyümesi ve besin maddelerinin nispeten daha verimli kullanımı *P. haitanensis* türü için yetersiz N kaynağı ile sonuçlanmıştır. Böylece atmosferik CO₂ tahmin edildiği gibi artmaya devam ederse *P. haitanensis* türü için okyanus asitlenmesinin ve epifit alg *U. lactuca* türünün müdahalesinin birleşik etkileri artacağı belirtilmektedir.

Xu vd. (2020), yaptıkları laboratuvar deneylerinin sonuçlarına dayanarak besin zenginleştirmenin (azot ve fosfor konsantrasyonları artışının) toplam protein, amino asit içeriği ve pigment miktarını etkilediğini; böylece gıda kalitesi önemli ölçüde iyileşen *Pyropia haitanensis* türünün piyasa değerinin artabileceğini belirtmişlerdir.

Olsson vd. (2020), İsveç'in batı kıyısında bulunan yirmi iki yaygın denizel makroalg türü (yeşil, kırmızı, kahverengi) toplanmış ve karbonhidrat, kül, protein, su ve metal içerikleri ile mineral madde ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. C, N ve P'un ortalama konsantrasyonları sırasıyla %35,11, %2,43 ve %0.16 (kuru ağırlık) olarak bulunmuştur. Deniz yosunları için C:N:P oranı 678:36:1'dir Kahverengi deniz yosunlarında (%1,40) yeşil (%2,55) ve kırmızı deniz yosunlarına (%3,22) göre daha düşük N oranları tespit edilmiştir.

Sheppard vd. (2023), küresel deniz yosunu karbon-azot (C:N) ve karbon-fosfor (C:P) oranlarını güncellemek için literatür verilerini derlemiş ve Tazmania (Avustralya)'dan orijinal örnekler toplamışlardır. Deniz yosunu C:N için ortalama molar oranı 20 (6 ila 123 arasında değişmektedir) ve C:P için 801 (76 ila 4102 arasında değişmektedir) olarak bildirmişlerdir. C:N ve C:P oranlarının deniz suyu inorganik besin konsantrasyonları ve mevsimsellikten önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca C:N oranları filumlara göre değişiklik göstermiştir. Kahverengi deniz yosunları (Ochrophyta, Phaeophyceae) 27,5 (aralık: 7,6-122,5) ile en yüksek ortalama C:N oranına sahipken, bunu 17,8 (6,2-54,3) ile yeşil deniz yosunları (Chlorophyta) ve 14,8 (5,6-77,6) ile kırmızı deniz yosunları (Rhodophyta) takip etmiştir. Sonuçlar deniz yosunlarının fitoplanktondan ortalama 2,8 ve 4,0 kat daha yüksek C:N ve C:P değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Karadeniz'de ve ülkemizin diğer kıyılarında makroalg C:N:P stokiyometrisinin ekolojik olarak değerlendirilmesine ilişkin kapsamlı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

4.1.1. Araştırma planı

Bu çalışma Sinop kıyı suları üst infralittoral bölgesinde dağılım gösteren bazı makroalglerin C, N ve P konsantrasyonlarında meydana gelen değişimlerin ekolojik yönden değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Örneklemeler İnceburun (İst. I), Hamsilos (İst. II), Akliman (İst. III), Dış Liman (İst. IV) ve İç Liman (İst. V) olmak üzere 5 ayrı istasyonda (Tablo 4.1) 2019 Ekim-2020 Temmuz tarihleri arasında (Tablo 4.2) mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma materyali bölgede yaygın dağılım gösteren makroalgler arasından seçilmiş ve 0-1 m derinlikten elle toplanmıştır.

Tablo 4.1 Örnekleme istasyonları ve koordinatları

İstasyonlar				
İnceburun	Hamsilos	Akliman	Dış liman	İç liman
42° 5'51.79"K	42° 3'38.86"K	42° 3'2.68"K	42° 1'50.97"K	42° 1'25.21"K
34°56'39.12"D	35° 2'38.26"D	35° 2'38.03"D	35° 9'13.08"D	35° 8'29.02"D

Tablo 4.2 Örnekleme tarihleri

Mevsim	Tarih
Sonbahar	19.10.2019
Kış	15.01.2020
İlkbahar	12.04.2020
Yaz	14.07.2020

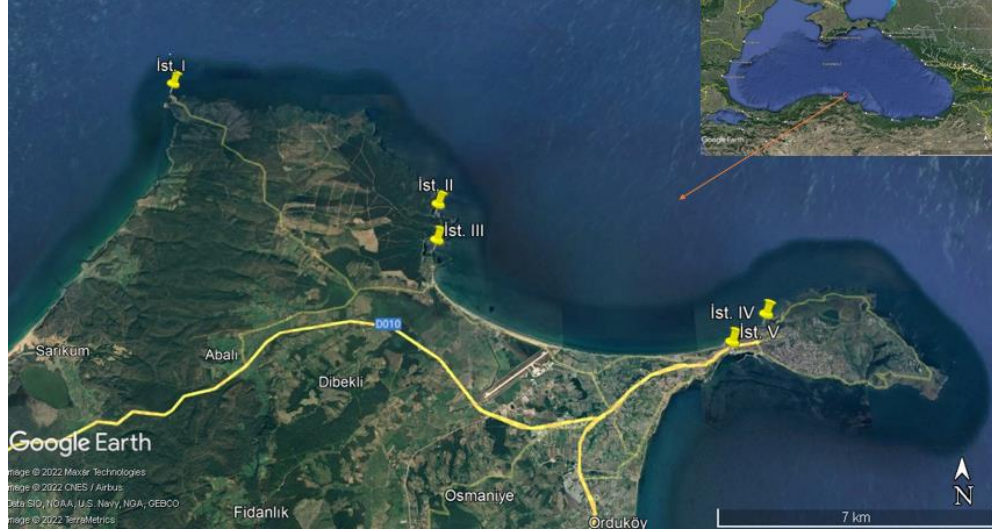
4.1.2. Araştırma bölgesi ve istasyonlar

Sinop 41° 12' ve 42° 06' kuzey enlemleri ile 34° 14' ve 35° 26' doğu boylamları arasında yer almakta olup ilin batısında Kastamonu, güneyde Çorum, güneydoğuda Samsun ve kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. İlin kıyı şeridi doğu-batı yönünde, Sinop Yarımadası'nın batı ucundaki ülkenin en kuzey noktası olan İnceburun'dan başlayıp Başoz Burnu'na kadar devam eder. Daha sonra kuzeybatı-güneydoğu yönü alır. İlin 475 km uzunluğundaki sınırının 175 km'si sahil olup, Karadeniz kıyısı bir kısmı hariç oldukça düzdür. Sinop Yarımadası'nın Boztepe Yarımadası'na bağlayan bölümünde kurulu olan

kent, tarihi ve kültürel çevresi, doğal koruma alanları (Hamsilos 1. Derece Doğal Sit Alanı, Akliman 2. Derece Doğal Sit Alanı ve Sarıkum 1. ve 2. Derece Doğal Sit Alanı) kıyı ve doğal güzellikleri nedeniyle turizm potansiyeli olan bir ilimizdir. Bostancılı-Akliman arası ile Sinop ili güneyine doğru uzanan sahillere, yer yer çok geniş ve kumlu plajlarla deniz turizmine açık alanlardır. Ayrıca iç ve dış liman olarak iki limanı bulunmakta ve çok korunaklı olan iç liman gündoğusu dışında bütün rüzgârlara kapalıdır. Bu yapısı ile iç liman hava muhalefeti nedeniyle yük gemilerinin sığındığı bir bölgedir. Bunun yanında ildeki tüm rüzgârlara açık olan dış liman yerleşim ve turizm anlamında tercih edilmemektedir (Gökkurt Baki, 2011; Dural vd., 2011; Anonim, 2022a).

Sinop Karadeniz'in doğu ve batı iklim özelliklerinin iç içe geçtiği ve kıyı şeridinin yoğun yağış aldığı bir bölgede yer almaktadır. Mevsimler arası sıcaklık farkları minimum düzeydedir ve ortalama bağıl nem genellikle %75'in üzerindedir. Yağışlar en yoğun aralık ve ocak aylarında görülürken, en düşük yağış temmuz ve ağustos aylarında kaydedilmektedir. Ortalama yağış miktarı genellikle 679 ile 1077 mm arasında değişmektedir (Gökkurt Baki, 2011; Anonim, 2022a; Anonim, 2022b). Bölgede mevsimler arasındaki sıcaklık farkı yüksek değildir; yaz aylarında ortalama sıcaklık yaklaşık 20°C iken, kış aylarında bu değer 7°C'ye kadar düşmektedir. Şehir merkezinde yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 14°C'dir. Bölge, özellikle kuvvetli kuzey rüzgârlarının etkisiyle yıl boyunca rüzgârlıdır ve ortalama güneşlenme süresi 5,46 saat/gün olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2015a; Anonim, 2022b).

Ülkenin diğer bölgeleri ile karşılaştırıldığında Sinop ilinde kentleşme ve sanayileşme düzeylerinin diğer bölgelere kıyasla daha düşük olması, bu bölgede çevresel sorunların en az seviyede olmasına neden olmuştur (Gökkurt Baki, 2011). Fakat ilde özellikle denizel ortamı tehdit eden faktörlerin başında arıtılmadan denize deşarj edilen atık sular, tarımsal alanlardan gelen kirleticiler, balıkçılık faaliyetleri ve turizm ile ortaya çıkan antropojenik etkiler gelmektedir. Bölgeye ilişkin tüm bu bilgileri göz önünde bulundurarak mevcut çalışmada istasyonlar; özellikle insan etkisine doğrudan veya dolaylı olarak maruz kalma durumu, kıyısal özellikleri ve barındırdığı makroalg çeşitliliği gibi faktörler gözetilerek belirlenmiş ve bu istasyonlar (İnceburun (İst. I), Hamsilos (İst. II), Akliman (İst. III), Dış liman (İst. IV) ve İç Liman (İst. V) Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Araştırma bölgesi ve istasyonlar

4.1.2.1. İnceburun

İnceburun bölgesi, Sinop şehir merkezine 19 kilometre uzaklıkta, yakınında yerleşim olmayan ve şehrin kuzeybatı ucunda yer alan Anadolu'nun en kuzey noktasıdır. Burun katılaşmış lav ve aglomeralardan oluşur. Bölgede sahile paralel uzanan sarp kayalıklar, dar kıyılar ve girintili çıkıntılı doğal liman özellikleri bulunmaktadır. İnceburun'da nükleer santral yapılması planlanmış ve bu konuda çalışmalara henüz tam olarak başlanmamıştır (Anonim 2022c). Projenin hayata geçirilmesi halinde soğutma suyu deşarjının yaşanması muhtemel çevresel etkilerinin tespiti için bölge önemlidir.



Şekil 4.2 İnceburun istasyonu

4.1.2.2. Hamsilos

Sinop ilinin kuzeybatısında yer alan Hamsilos Koyu, Türkiye'nin 22. Tabiat Parkı ve 1. Derece Doğal Sit Alanı olup Sinop'un en özel bölgelerinden biridir. Şehir merkezine 11

kilometre uzaklıktaki bu koy, Anadolu'nun en kuzey noktası olan İnceburun'a yaklaşık 10 kilometre mesafededir. Hamsilos, buzul döneminden sonra deniz seviyesinin yükselmesiyle oluşan bir tür kıyı yapısına sahiptir ki bu da ria tipi bir kıyıdır. Deveci Deresi denize döküldüğü noktadan itibaren karaya doğru 300-400 metrelik bir deniz girintisi oluşturmakta ve Hamsilos'un doğu kısmı denizle çevrilmektedir. Güneyi yerleşim alanlarıyla (Akliman ve Soğucalı mahalleleri), batı ve kuzeyi ise geniş ormanlık alanlarla çevrilidir. Hamsilos'un kıyı kesimi genellikle piknik ve rekreasyon alanı olarak kullanılmakta olup turizm açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Alan turistik ziyaretler dışında insan faaliyetlerinden etkilenmemiş olup su sirkülasyonu açısından önemli bir kıyı özelliği sergilemektedir. Deniz tabanı ve kıyıları genellikle kaya blokları ile kaplıdır.



Şekil 4.3 Hamsilos istasyonu

4.1.2.3. Akliman

Akliman Koyu Sinop iline 10 kilometre uzaklıkta ve Hamsilos Koyu'nun 1 kilometre kuzeyinde yer almaktadır. Bölgenin güney kıyısında Başkaya Burnu çevresinde yerleşimler bulunmaktadır. Örneklenen alanın yakınında doğal bir balıkçı barınağı bulunmakta ve küçük bir koy olarak kullanılmaktadır. Ayrıca günübirlik tesisler ve yaz aylarında turistlerin uğrak yeri olan plajlar vardır. Bölge rüzgâr ve akıntılara maruz kalırken, kıyıları ve deniz tabanı genellikle kayalıktır.



Şekil 4.4 Akliman istasyonu

4.1.2.4. Dış liman

Tarihsel dönem boyunca şehir genellikle surlarla çevrili bir liman kenti olmuştur. Berzahın kuzeydoğusunda yer alan dış liman, fırtınalara maruz kalmasına ve deniz trafiği için elverişsiz olmasına rağmen antik dönemde daha yoğun olarak kullanılmıştır. Ancak zamanla kum birikmesi nedeniyle işlevsiz ve kullanılamaz hale gelmiştir (Anonim, 2022a). Örnekleme alanı yoğun atık su deşarjlarının olduğu, kıyıları yoğun miktarda yeşil alglerle kaplı ve kötü bir kokuya sahip bölgedir.



Şekil 4.5 Dış liman istasyonu

4.1.2.5. İç liman

Korunaklı ve doğal bir liman olan iç liman balıkçı teknelerinin bulunduğu ve kötü hava şartlarında açığında yük gemilerinin demir attığı bir bölgedir. Fırtınalardan korunaklı bu alan 2001 yılında faaliyetini tamamlamış olan tersane bölgesidir. Çevresinde çeşitli kurum ve kuruluşların konaklama ve dinlenme tesisleri, halk plajları ve yerleşim alanları

bulunmaktadır. Kumlu, çamurlu ve petrol kalıntılarına rastlanan bir dip yapısı vardır. Ayrıca bölgede büyük boyları ile yeşil makroalgler ve zaman zaman kıyıya vuran deniz çayırıları dikkati çekmektedir.



Şekil 4.6 İç liman istasyonu

4.1.3. Kimyasal analizleri yapılan makroalg türleri

Örneklemler sonunda Chlorophyta (yeşil algler), Rhodophyta (kırmızı algler) ve Phaeophyceae (kahverengi algler) gruplarını temsilen ve Sinop kıyı sularında yaygın dağılım gösteren makroalglerden (Karaçuha ve Gönülol, 2007; Karaçuha ve Ersoy Karaçuha, 2013; Bat ve Arıcı, 2016; Karaçuha vd., 2018; Yıldız vd., 2019) C, N ve P analizlerinde kullanılmak üzere toplam 9 tür (*Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753, *Ulva rigida* C.Agardh, 1823, *Cladostephus spongiosus* (Hudson) C.Agardh, 1817, *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry, 2020, *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy, 1960, *Ceramium* spp., *Corallina officinalis* Linnaeus, 1758, *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813 ve *Pterocladella capillacea* (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997 seçilmiş ve analiz edilmek üzere buz torbaları içinde laboratuvara ulaştırılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Toplanan makroalgler

TAKSON ↓	İst. I				İst. II				İst. III				İst. IV				İst. V			
Chlorophyta	S	K	İ	Y	S	K	İ	Y	S	K	İ	Y	S	K	İ	Y	S	K	İ	Y
<i>Ulva intestinalis</i>		X	X	X		X	X	X		X	X			X	X	X		X	X	X
<i>Ulva rigida</i>			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Phaeophyceae																				
<i>Cladostephus spongiosus</i>			X	X	X	X	X	X			X	X								
<i>Ericaria crinita</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Padina pavonica</i>				X			X				X									
Rhodophyta																				
<i>Ceramium</i> spp.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Corallina officinalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Laurencia obtusa</i>		X	X	X		X	X	X		X	X	X								
<i>Pterocladia capillacea</i>	X		X	X	X	X	X	X					X	X	X	X				X

4.1.3.1. *Ulva intestinalis* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Chlorophyta

Class: Ulvophyceae

Order: Ulvales

Family: Ulvaceae

Genus: *Ulva*Species: *Ulva intestinalis***Şekil 4.7** *Ulva intestinalis*

Ulva grubu alglerin gelgit ve rüzgar olaylarından etkilenen sığ deniz alanlarında yaklaşık 30 türü türü bulunur. *Ulva* türleri nitrofil (azot seven) algler olarak bilinir (Round, 1973). Çevresel koşullarda yaşama ve uyum sağlama yetenekleri ile özellikle evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmiş ortamlarda yoğun olarak bulunurlar. Genel olarak tallus plak ya da şeritsi, düzensiz parçalı ve çoğu türde kıvrımlı bir yapı gösterir. Parlak yeşil veya hafif sarı renktedirler (Dural, 1986; Sukatar, 1992; Schramm, 1999; Parial vd, 2012). Ortama bir noktada bağlıdırlar ve genellikle hücrede at nalı şeklinde pigment hücreleri

bulunur. Rizoidal hücreler hariç hücreler üreme organı olarak gelişir Zoosporlar eşeysiz ürer ve heteroseksüel üreme eşeyli olarak gerçekleşir (Karamanoğlu, 1977; Dural, 1986; Yurdakulol ve Cansaran, 2004). *Ulva* türleri, yüksek vitamin ve mineral içeriği nedeniyle gıda ve hayvan yemi olarak değerlendirilirken yüksek azot içeriği nedeniyle de gübre endüstrisinde kullanılmaktadır. Dünya genelinde toplanan yeşil alglerin yaklaşık %25'ini *Ulva* cinsi algler oluşturmaktadır (Pádua vd., 2004; Turna vd., 2012).

U. intestinalis genellikle epilitik olarak büyüyen bir alg türüdür; içi boş şerit benzeri basit veya tabana yakın seyrek dallı tallusları suda dalgalanır. (Turna, 1997; Anonim,). Bu alg genellikle parlak yeşil renktedir ve 1-32 cm uzunluğa ve 0,5-1,0 cm genişliğe kadar büyüyebilir. Daha büyük olanları sarı-yeşil tonlara sahiptir. Yüzey görünümünde hücreler 4-6 köşeli, düzensiz şekilli, tabandan uca doğru düzensiz dizilişlidir. Bazal hücreler yuvarlak, eşit çaplı, yukarıdakilerden daha büyük ve koyudur. Enine kesitte, duvarlar bir hücre kalınlığında, 26-30 µm yüksekliğinde ve kalınlaşmış iç mukus tabakası ile kaplıdır. Kloroplast bütün kenarları pürüzlüdür. Pirenoid genellikle 1, nadiren hücre başına 2 adettir (Dural, 1986; Anonim, 2023a).

4.1.3.2. *Ulva rigida* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota
Kingdom: Plantae
Phylum: Chlorophyta
Class: Ulvophyceae
Order: Ulvales
Family: Ulvaceae
Genus: *Ulva*
Species: *Ulva rigida*



Şekil 4.8 *Ulva rigida*

U. rigida güneş ışığına ihtiyaç duyduğu için özellikle sığ suların üst kısımlarında ve kayalık alanlarda gelişen, sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine kolaylıkla uyum sağlayabilen bir canlıdır (Uysal vd., 1989; Cirik ve Cirik, 2011). Çok sayıda yuvarlak delikler bulunduran tallus biçimsiz, sert, koyu yeşil renktedir görünür ve çıkıntılı kenarlar vardır. Aya gelişigüzel olarak orbicular, korunaklı yerlerde loplular, direk dalgalara maruz kalan bölgelerde lanceolattır. Boyu birkaç santimetre ile 30 santimetre arasında değişir ve tallusun enine kesitinde iki sıra hücre birbirine neredeyse yapışıktır. Yüzeysel görünüşte

orta bölgedeki hücrelerin büyüklükleri dip kısma göre oldukça küçüktür. Tallusa dış yüzeyden bakıldığında dip kısmına yakın çizgiler rizoidlerin demetleridir (Dural, 1986). Genel olarak *U. rigida*, cins içindeki diğer türlerden, hücre başına çoğunlukla iki veya daha fazla pirenoidin varlığı, koyu renkli rizoidal hücreler, apikal kısmı parçalı ve kenarındaki mikroskobik çift dişler ile ayırt edilir (Dural, 1986; Burrows, 1991). Özellikle azot ve fosfor gibi besinler açısından zengin alanlarda biyokütlelerini arttırdıkları bildirilmiştir (Uysal vd., 1989; Bat vd.,2001).

4.1.3.3. *Cladostephus spongiosus* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Chromista

Phylum: Ochrophyta

Class: Phaeophyceae

Order: Sphacelariales

Family: Cladostephaceae

Genus: *Cladostephus*

Species: *Cladostephus spongiosus*



Şekil 4.9 *Cladostephus spongiosus*

C. spongiosus tallusu kahverengi, 5-20 cm uzunluğundadır ve genellikle kayalık gel git bölgesinden 6 m kadar dağılım gösterir. Kendisini kum ve silt ile kaplı disk şeklinde kabuksu bir taban ile zemine tespit eden bu tür nadiren epifitdir. Eksen genellikle orta ila uzun aralıklarla, bazen de kısa aralıklarla düzensiz olarak ikili bir şekilde dallanır. Silindirik görünen bu sert yapıdaki dallarda soyulmalar görülür (Prud'homme Van Reine, 1972; Braune, 2008; Mazariegos Villareal vd, 2010).

4.1.3.4. *Ericaria crinita* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Chromista

Phylum: Ochrophyta

Class: Phaeophyceae

Order: Fucales

Family: Sargassaceae

Genus: *Ericaria*

Species: *Ericaria crinita*



Şekil 4.10 *Ericaria crinita* [= *Cystoseira crinita*]

Bu grupta yer alan algler, özellikle ılık denizlerin üst infralittoralindeki taşlara bağlanan 50-150 cm boyunda alglerdir. Tallusları yuvarlak veya yassı bir gövdeyi andırır ve dokuları çok yoğun sert bir tabakadan oluşur. Gövde çok dallanma gösterirken dallar dikenli veya dikensiz dalcıklarla kaplıdır. Kışın gelişmeyi bırakırlar ve bu küçük dallarını kaybederler. Bazı türlerin ayrı ayrı veya sürekli olan hava keseleri vardır. Bu keseler bitkiye destek sağlayarak bitkinin dik durmasını kolaylaştırır. (Öztürk, 1984; Ribera vd., 1992; Yurdakulol ve Cansaran, 2004). Temiz ve kısmen dalgalı sularda gelişen *Cystoseira* cinsi alglerin (Sukatar, 1992, Montesanto ve Panayotidis, 2000) çok yoğun olarak yayılış gösterdiği alanların çeşitli uluslararası yasa ve sözleşmeler ile koruma altına alınmıştır (Habitats Directive (92/43/EEC), Water Framework Directive (2000/60/EC), Marine Framework Directive (2008/56/EC)) (Berov, 2013). Ayrıca *Cystoseira* türleri Bükreş Sözleşmesi'nde (Karadeniz'de Biyolojik Çeşitliliğin ve Peyzajın Korunması Protokolü'nde) "Karadeniz için önemli tür" olarak yer almıştır (Rožić vd., 2012).

E. crinita oval tutunucu ile zemine sabitlenir. Bu destekten yaklaşık 4-15 silindirik gövde ve bu gövdeden dallar yükselir. Dalları koyu sarı-kahverengi, sapları koyu kahverengidir. Ayrıca dalların uçları konseptakulumları taşıyan şişmiş yapılarda son bulur (Öztürk, 1984; Aydın, 1991). Gümüş vd. (2023), Sinop kıyılarında moleküler ve morfolojik teşhisini yaptıkları bu türü şu şekilde tanımlamaktadır: "*E. crinita* [= *Cystoseira crinita* Duby, 1830], kayalık substratta, sarı-kahve renginde, konik disk- irregular holdfast tipine sahip, kaespitoz talli, eksen formu terete, tallus boyu 14-46 cm arasında değişen, tallus

yüzeyi spinsiz, alternat tip dallanmaya sahiptir. Toful ve hava kesesi bulunmamaktadır. Apex çıkıntılı, reseptakulum ufak ve tuberkulat şeklindedir.”

4.1.3.5. *Padina pavonica* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Rhodophyta

Class: Dictyotophycidae

Order: Dictyotales

Family: Dictyotaceae

Genus: *Padina*

Species: *Padina pavonica*



Şekil 4.11 *Padina pavonica*

Kümeler halinde dik veya düz yapraklı olan bu türün üst kısmı yelpaze veya huni şeklindedir. Genellikle 2,5-3 mm genişliğinde bir tutunucu ile kayalara ve taşlara tutunur. Genç tallusta renk yeşilimsiyken, daha sonra üzerinde CaCO_3 birikmesi nedeniyle sarı-gridir. Eş merkezli halkaları, tallusun kıvrımlı uçları ve 3-4 cm aralıklı yarıkları vardır. Ayrıca tallus yüzeyi 1-2 mm aralıklı enine çizgilerle bölgelere ayrılmıştır (Olgunoğlu, 2008; Durucan, 2011).

Gerçekleştirilen moleküler analizler, *Padina* cinsinin Karadeniz’de sadece *P. pavonica* ile temsil edildiğini göstermiştir. *Padina* örneklerinden alınan enine ve boyuna kesitlerde hücre katmanlarının sayısı, taban üzerinde 3-4 hücre katmanı, orta kısımda 3 hücre katmanı ve kıvrılan kenarlarda 2 hücre katmanı olarak belirlenmiştir (Gümüş ve Gönüloğlu, 2021). Geleneksel olarak, *Padina* türleri hücre katmanı sayısına göre 2, 2-3, 2-4 ve çok katmanlı olarak gruplandırılmıştır. Cins üzerinde yapılan son morfolojik çalışmalar, tür tanımlaması için hücre katmanlarının sayısının taksonomik önemini ortaya koymuştur (Win, 2011; Gümüş ve Gönüloğlu, (2021)’dan).

4.1.3.6. *Ceramium* spp. türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota
Kingdom: Plantae
Phylum: Rhodophyta
Class: Florideophyceae
Order: Ceramiales
Family: Ceramiaceae
Genus: *Ceramium*
Species: *Ceramium* spp.



Şekil 4.12 *Ceramium* spp.

Ceramium türlerinde renk genellikle kahverengi-kırmızıdır, tallusları 5-15 cm yüksekliğinde ipliksi ve diktir. Merkezi hücreden başlayan dallanma çatalısıdır (dikotomi). Bu çatalı dalların uçları genellikle kanca şeklinde kıvrılmıştır. Araları şeffaf olan boğumlarda korteks görevi gören renkli ve tek nukleuslu hücreler bulunur. Bu hücrelerinin durumu ve boğumlardaki dikensi uzantıların varlığı türler arasında değişkenlik göstermektedir. Gonimoblastlar dalların uçlarında veya yan dallar üzerinde bulunurlar ve örtü dallarla sarılıdır. Bu şekilde meydana gelen organ sistokarp olarak adlandırılır (Cribb, 1983; Grunow vd., 1885; Kylin, 1956, 1954; Newton, 1931; Van Den Hoek vd., 1995; Altındağ, 1976; Öztürk, (2011)'ten)

4.1.3.7. *Corallina officinalis* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota
Kingdom: Plantae
Phylum: Rhodophyta
Class: Florideophyceae
Order: Corallinales
Family: Corallinaceae
Genus: *Corallina*
Species: *Corallina officinalis*



Şekil 4.13 *Corallina officinalis*

C. officinalis düşük gelgit bölgeleri ile üst subtidal bölgeler arasındaki habitatlarda korunaklı, nadiren açıkta; kayalar, taşlar ve kabuklar üzerinde yaşarlar (Anonim, 2023a). Küçük boylarına karşın önemli miktarda kum tutarlar ve halı benzeri bir yapı

oluşturmaları ile gel git bölgesini kaplayarak diğer birçok alg ve hayvan türü için bir yaşam alanı sağlarlar (Atobe ve Saito, 1974). Zemine sıkıca tutturulmuş kalkerli tabandan çıkan tallus genellikle çok daha kısa 5-9 cm yüksekliğindedir. Yan dallanma hemen tabandan başlamaz ve dallanma düzensiz olup dikotomik veya trikotomiktir. Alt kısımdaki segmentler silindirik veya yuvarlaktır. Boyutları 2-4 mm uzunluğunda ve 3 mm çapa kadar değişebilir. Yukarı kısımdaki segmentler ise silindirik, hafifçe basık ve 10 mm uzunluğa kadar büyüyebilir. Segmentlerin uçları beyaz renktedir. Tallusun üzerinde yarım küre şeklinde konseptakulum bulunur (Anonim, 2023a). Gül rengi, pigment bozulmasıyla mordan neredeyse beyaza kadar giderken bu renk değişimleri ışık stresini temsil eder (Tyler-Walters, 2008; Kavuk, 2013).

4.1.3.8. *Laurencia obtusa* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Rhodophyta

Class: Florideophyceae

Order: Ceramiales

Family: Rhodomelaceae

Genus: *Laurencia*

Species: *Laurencia obtusa*



Şekil 4.14 *Laurencia obtusa*

Kırmızı algler yaprak, kök ve gövde şeklinde farklılaşmazlar ve alglerin en gelişmiş grubunu oluştururlar (Cirik ve Cirik, 2004). Tallus jel benzeri bir madde ile çevrilidir (Karleskint vd., 2009). *L. obtusa* çoğunlukla temiz sularda yetişen (Çetingül, 1993), genellikle 8-12 cm uzunluğunda (26 cm'ye kadar), ince silindirik bir eksene sahip kırmızı bir algdir (Orhon, 2009). Eksenler basit dallı spiral olarak düzenlenmiş olup piramidal bir görünüm verir. Bitkiler tek başına veya ortak bir diskoid tabandan çıkan yoğun tutamlar halinde büyür. Olgun talluslar menekşe kırmızısı renktedir ve dik, silindirik, sıkıştırılmış sürgünler orta derecede serttir. *L. obtusa* kayalar üzerinde 15-18 cm genişliğinde kümeler oluştururlar ve cinsin diğer türlerine göre daha uzundur. Papillaları yuvarlaktır (Turna, 1997; Durucan, 2011) ve enine kesitlerde eksen, kenarda kompakt şekilde dizilmiş hücrelerden oluşan 2-3 katman gösterir. Merkezi medulla, nadiren hücre duvarlarında merceksi kalınlaşmalar gösteren büyük renksiz dikey olarak uzamış hücrelerden oluşur.

Küboid veya radyal olarak uzamış hücreler korteksi oluşturur. Dalcıklar, boşluğun tabanından spiral bir şekilde çıkan bir dizi trikoblast içeren apikal çöküntülere sahiptir. Spermatangium, fertil trikoblastların uçlarındaki fincan şeklindeki kaplarda meydana gelir. Sporangia farklı dalların kesik dikenlerinin altındaki paralel bölgelerde meydana gelir. Perikarpli sistokarp, dalın bitişik vejetatif hücreleri ile kısmen birleşmiştir. Gonimoplast filamentlerinin uç hücreleri karposporangia olarak işlev görür (Sethi ve Nandhagopal, 2020).

4.1.3.9. *Pterocliadiella capillacea* türünün genel özellikleri

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Rhodophyta

Class: Florideophyceae

Order: Gelidiales

Family: Pterocliadiaceae

Genus: *Pterocliadiella*

Species: *Pterocliadiella capillacea*



Şekil 4.15 *Pterocliadiella capillacea*

P. capillacea ortalama 15-17 cm'ye boyunda, yıllık ve gel git bölgesinin altında dağılım gösteren denizel bir türdür. Belirgin bir ana dal ile bir ila birkaç dik eksenden oluşan tallus koyu kahverengimsi-kırmızıdır. Bitkiler, yatay olarak uzanan ve birbirine dolanmış rizomlardan oluşan bir sistemden çıkan belirgin bir ana dalı olan, bir ila birkaç dik eksen içerir (Hommersand ve Fredericq, 1996). Bu eksenler proksimalde terete ve distalde düzleşir. Eksenler genellikle aşağıda çıplaktır ve aynı düzlemde üç veya dört sıra dalcık vardır. Frondun (yaprak) anahattı üçgendir ve dalların tabanları daralmıştır (Hommersand ve Fredericq, 1996). Ana eksenlerin ile dalların uçları belirgin bir apikal hücre ile genişlemiştir. Rizomlar terete veya hafifçe basık olup alt tabakaya gelişimi sırasında konik, yaşlandıklarında ise uzun ve kıvrık olan ayak benzeri hapteralarla tutturulmuştur (Shimada, 2000; Perrone vd., 2006; Braune, 2008; Patarra vd., 2020). Enine kesitte, korteks 1-2 sıra yuvarlağımsı veya kare hücrelerden oluşurken medulla ise yuvarlağımsı ve dikdörtgen hücrelerden oluşur. Karpogoni her iki frond yüzeyinde de üretilir ve besleyici filamentler aksenal filamentin etrafında büyür. Sistokarplar 250-300 µm çapında, bir taraftaki dalcıkların ortasında bulunurlar (Anonim, 2023a).

4.2. Yöntem

4.2.1. Araziden örneklerin toplanması ve laboratuvarında hazırlanması

Örnekler mevsimsel olarak belirlenen istasyonlardan yaklaşık 0-1 metre derinlikten elle toplanmıştır ve kısa sürede buz torbaları içinde laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarında örnekler akan musluk suyu altında nazikçe temizlenmiş ve ardından kum, taş, epifit ve diğer organik maddelerden arındırmak için distile su ile yıkanmıştır. Makroalg türlerinin tanımlanması için Pankow (1990), Burrows vd. (1991), Ribera vd. (1992), Gallardo vd. (1993), Bressan ve Babbini-Benussi (1995), Silva vd. (1996), Van den Hoek vd. (1997) ve Gomez-Garreta vd. (2001) literatürüne başvurulmuştur. Tanımlanan türlerin taksonomik güncellemeleri için WORMS (<https://www.marinespecies.org/index.php>) ve AlgaeBase (<http://www.algaebase.org/>) gibi veri tabanları kullanılmıştır. Tür teşhisleri yapılan ve yıkanan örnekler daha sonra kurutma kağıdı ile nemi alınıp 60 °C’de 48 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulmuş malzeme bir toz haline getirilerek saklanmıştır (Zhuang and Zhang, 2001; Srijaya vd., 2010; Fernández-Aláez ve Fernández-Aláez, 2011; Setthamongkol vd., 2015). Her bir örnekleme zamanında çözünmüş besin tuzu örnekleme (Nitrit-Azotu, Nitrat-Azotu, Amonyum-Azotu, orto-Fosfat, Reaktif Silikat) için dört adet 250 ml su yüzeyin 15-20 cm altından alınmıştır. Numuneler selüloz membran filtrelerden (Whatman GF/F) filtre edilerek spektrofotometrik tayinler için (aynı gün içerisinde analizi yapılacaksa +4°C’de daha sonra analiz edilecek ise -20°C’de) saklanmıştır (UNEP/MAP, 2015).



Şekil 4.16 Su ve makroalg örnekleme



Şekil 4.17 Örneklerin yıkanması ve ayıklanması



Şekil 4.18 Örneklerin kurutma kağıtları üzerinde hazırlanması



Şekil 4.19 Temizlenip kurutulduktan sonra toz haline getirilen örnekler

4.2.2. Kimyasal analizler

4.2.2.1. C ve N analizi

Makroalglerde C ve N elementlerinin tayini Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı, Elementel Analiz Laboratuvarında bünyesindeki Eurovector marka EA3000-Single model Elementel Analiz cihazı ile yapılmıştır. Elemental Analizör, yaklaşık 1000 °C gibi yüksek bir sıcaklıkta ölçülen katı veya sıvı organik bileşiklerin yüksek saflıkta Oksijen gazı (O₂) ile yakılarak Karbon (C), Hidrojen (H) ve Azot (N) elementlerinin yüzdesini kromatografik yöntemlerle belirleyen bir cihazdır. Bu cihaz kromatografi kolonu, adsorpsiyon filtreleri, reaktörler ve otomatik örnekleme yapabilen bir üniteden oluşmakta ve işlem sırasında taşıyıcı gaz olarak Helyum (He) gazı kullanılmaktadır. Elemental Analizör, petrokimya endüstrisi (yağlar ve türevleri), endüstriyel kimya (polimerler), çevre bilimi (toprak, sediment, su), ilaç ve protein analizleri gibi homojen yapıdaki tüm organik bileşiklerin mikro analizlerini yapabilmektedir. Organik bileşiklerin içerdiği temel elementlerin hassas ölçümlerini sağlayarak çeşitli endüstriyel ve bilimsel alanlarda önemli bir analitik araç olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2024a).

4.2.2.2. P analizi

İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

P analizi için Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi ICP-MS laboratuvarında Agilent Technologies/7700x marka ve model ICP-MS sistemi kullanılmıştır. Cihaz katı ve sıvı numunelerde çok düşük konsantrasyonlarda, yani ppb (mikrogram/kilogram) ve ppt (nanogram/kilogram) seviyelerinde bulunan elementlerin kantitatif ve kalitatif olarak hassas ve doğru bir şekilde ölçülmesini sağlar. Çalışma prensibi, elektromanyetik indüksiyonla sağlanan 10.000 °K'de argon plazması ile numunenin iyonlaştırılmasını, iyonize edilmiş elementlerin kütle-yük oranına göre bir kütle spektrometresi ile ayrılmasını ve bu elementlerin konsantrasyonunun bir dedektör tarafından ölçülmesini içerir. Ölçümler sırasında dikkate alınan EPA Yöntemleri: Toplam geri kazanılabilir elementlerin spektrokimyasal tayini için numune hazırlama prosedürü (EPA 200.2) ve Çevresel numunelerde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi, ICP-MS ile analitlerin çoklu element tayini (EPA 6020). Kurutulmuş bitki dokusu örnekleri, bir mikrodalga

Çözündürme sistemi (Milestone Start D 260) kullanılarak Teflon kaplarda süper saf sınıf HNO₃ ve H₂O₂ (7:1 oranında) karışımı ile çözündürülmüştür. Asitler eklenmiş, teflon kaplar kapatılmış ve 200  C’de 15 dakika ısıtılmış, ardından aynı sıcaklıkta 15 dakika bekletilmiştir. Elde edilen çözelti 50 ml’lik polipropilen tüplere aktarılmış ve ultra saf su ile 50 mL hacme tamamlanmıştır. Element konsantrasyonları Agilent 7700X model ICP-MS ile ölçülmüştür. Kalibrasyon eērileri için 27 element karışımı: 8500-6940 2A ve 8500-6940 Hg (Agilent tarafından saēlanan standart çözeltiler) kullanılmıştır. Kalite güvencesi ve kontrolü  l  ölçüm ve sertifikalı referans malzemeler (UME CRM 1201 kaynak suyu, UME CRM 1204 atık su, BCR-060 su bitkisi, BCR-279 deniz marulu) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analitik hassasiyet  %10 içindedir ve çalışmada 1 ppm standart numuneler (Agilent 5188-6525) kullanılmıştır (Anonim, 2024b).

4.2.3. Spektrofotometrik analizler

4.2.3.1. Nitrit analizi

Nitrit tayini için "Fenoldis lfonilik asit yöntemi" kullanılmıştır. Bu yönteme önce belirli konsantrasyonlardaki standartların ve standartlar üzerinden kalibrasyon grafiklerinin hazırlanması ile başlamıştır. Analiz için numunelerden belirli miktarlarda alınarak üzerlerine sülfanilik asit çözeltisi ilave edilmiş ve karışırılmıştır. Daha sonra alfa-naftilamin hidroklorür çözeltisi ve sodyum asetat çözeltisi ilave edilerek karışım homojenize olana kadar karışırılmıştır. Daha sonra örneklerin 543 nm’deki absorbansı RAYLEIGH UV-726 spektrofotometre ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler, kalibrasyon grafiēi kullanılarak ortamdaki nitrit azotu (NO₂⁻-N) konsantrasyonlarının belirlenmesine olanak saēlamıřtır (Egemen, 2011).

4.2.3.2. Nitrat analizi

Nitrat analizi, nitrit tayininde kullanılan "fenoldis lfonilik asit yöntemi" takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Standartlar hazırlanmış ve bunlardan bir kalibrasyon grafiēi oluşturulmuştur. Analiz sırasında numuneler belirli miktarlarda alınarak fenol sodyum fenat tamponu ve hidrazin-bakır indirgeme reaktifi ilave edilmiştir. Bu karışım RAYLEIGH UV-726 spektrofotometre ile 543 nm’de ölçülmüştür. Böylece (NO₃⁺NO₂)-N miktarı kalibrasyon grafiēi kullanılarak belirlenmiştir ve bu toplam aynı zamanda toplam oksitlenmiş azot (TON) olarak da bilinir. Nitrat konsantrasyonları, bu deēerlerin nitrit yöntemindeki konsantrasyonlardan çıkarılmasıyla belirlenmiştir (Egemen, 2011).

4.2.3.3. Amonyum analizi

Amonyum analizi fenol-hipoklorit yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde ortamdaki NH_3 , fenol ve hipoklorit iyonu ile reaksiyona girerek mavi renkli indofenol oluşturur. Analiz için numunelerden belirli miktarlarda alınarak gerekli çözeltiler ilave edilmiş, ardından spektrofotometre ile 640 nm’de absorbansları ölçülmüştür. Bu veriler, kalibrasyon grafiği kullanılarak ortamdaki NH_4^+ miktarının belirlenmesini sağlamıştır (Egemen, 2011).

4.2.3.4. Silikat analizi

Silikat tayini için 50 ml’lik ölçüm bandına belirli miktarda molibdat çözeltisi ve 25 ml deniz suyu numunesi eklenir ve molibdat çözeltisi ilavesiyle deniz suyundaki silikat silikomolibdik aside dönüştürülür. Karışım 10 dakika bekletildikten sonra 50 ml sınırına kadar indirgeyici reaktif olan askorbik asit eklenerek iyice karıştırılır. Bu işlem sonucunda silikomolibdat mavi renkli bir bileşiğe indirgenir. Bir saat sonra örneklerin absorbansı Rayleigh UV-726 spektrofotometre kullanılarak 810 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Strickland ve Parson, 1972; Egemen, 2011).

4.2.3.5. Fosfat analizi

Fosfat analizi askorbik asit yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numune kabına 50 ml numune alınmış ve fosfat üzerine 5 ml reaktif karışım (Amonyummolibdat, Sülfürik asit, Potasyum antimon tartarat) eklenerek kompleks asit oluşturulmuştur. Bu kompleks 10 dk bekletildikten sonra 700 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Egemen ve Sunlu, 1996).

4.2.3.6. Klorofil-a tayini

Klorofil-a tayini için 1 litre deniz suyu membran ya da glass fiber filtreden süzülür (por açıklığı ca. 0,5 μ). Deniz suyu süzülürken, asitleşmeyi engellemek amacıyla, filtre kâğıtlarına birkaç damla magnezyum karbonat süspansiyonu damlatılır. Daha sonra ikiye katlanan filtre kâğıdı KOI tüpüne konur ve üzerine 15 ml’lik aseton ilave edilir. KOI tüpü alüminyum folyo ile iyice sarılır (karanlık ortam şartları sağlanarak alg üremesi engellenir-girişim engellenir). 24 saat +4 derecede buzdolabında saklanır. Örnekler bir gün sonra oda sıcaklığında 3000 devirde 10 dakika santrifüj edilir. Tüpün üst kısmındaki duru faz alınarak spektrofotometrede okumaları yapılır. 750 nm’deki okuma değeri 664, 647 ve 630 nm ‘deki değerlerden çıkarılarak bulanıklıktan gelen hata engellenir. Daha

sonra örnekler 0,1 ml 1 N HCl ilavesi yapılarak aynı dalga boylarında tekrar okuma gerçekleştirilir. Değerler kaydedilerek formül yardımı ile Klorofil-*a* miktarları hesaplanmıştır (Parson vd, 2013).

$$\text{Klorofil-}a = (11.85 * OD664) - (1.54 * OD647) - (0.08 * OD630)$$

$$\text{Klorofil-}a \text{ (mg/m}^3\text{)} = (\text{Klorofil-}a * \text{aseton hacmi (lt)}) / \text{numune hacmi (m}^3\text{)}$$

4.2.4. İstatistiksel analizler

Elementel ve spektrofotometrik analizler sonucunda elde edilen bulgular arasında mevsimsel ya da bölgesel farkların önemli olup olmadığını anlamak için varyans analizleri yapılmıştır. Öncelikle varyans analizinin varsayımlarını gerçekleştirmek için veri seti normal dağılım ve varyansların homojenliği açısından değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğunu belirlemek amacıyla gözlem sayısı az olduğunda ($n < 50$) Shapiro-Wilk testi; gözlem sayısı çok olduğunda ($n > 50$) ise Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır. Varyansların eşitliğini değerlendirmek için Levene testi kullanılmıştır. Böylece parametrik test varsayımlarının sağlanıp sağlanmamasına göre varyans analizi yapmak için One-way Anova ya da non-parametrik karşılığı olan Kruskal-Wallis H testine karar verilmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark bulunduğunda hangi grupların birbirinden farklı olduğuna bakmak için Tukey HSD testi (One-way Anova sonrası) ya da Dunn-Bonferroni (Kruskal-Wallis H sonrası) testi kullanılmıştır. Makroalglerin doku besin elementleri (C, N, P) ile toplandığı istasyonların deniz yüzey suyuna ait fizikokimyasal ve biyokimyasal parametreleri arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için iki kuyruklu Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı yöntemi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS sürüm 24.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Besin elementi konsantrasyonları ile bazı ekolojik faktörler arasındaki ilişkileri netleştirmek için OriginPro 2023b (64-bit) SR1 programı aracılığıyla Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PCA) yapılmıştır. Temel bileşenler yöntemi sıkça kullanılan basit ve kullanımı kolay bir yöntem olması nedeniyle tercih edilmiştir. Makroalglerin stokiyometrik element oranları üzerine hem fizikokimyasal hem de biyokimyasal parametrelerin etkileri araştırılmasıyla ortaya çıkan yüksek düzeydeki korelasyon nedeniyle; değişken sayısını azaltmak için özdeğerleri 1'den yüksek olan değişkenler dikkate alınmıştır (Özdamar, 2010).

4.2.5. Analizlerde kullanılan cihazlar

Bu çalışma süresi boyunca analizlerde kullanılan cihazlar Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Analizlerde Kullanılan Cihazlar

Cihaz	Marka/Model
Elementel Analiz Cihazı	Prepacked Tube Eurovector Ea3000 Chn Single Tube System E13030
Icp-MS	Agilent Technologies / 7700x Icp-MS Systems
Mikrodalga Çözündürme Sistemi	Milestone Start D 260
Multiparametre	Hanna HI 9829
Spektrofotometre	Rayleigh Uv-726
Hassas Teraziler	Kern Pcb Ve As 200
Etüvler	Binder Ed 23 Ve Santez Se-65

5. BULGULAR

5.1. Fizikokimyasal Bulgular

Örneklemlerin yapıldığı istasyonların deniz yüzey suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin ölçümü mevsimsel olarak ve yerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; deniz yüzey suyu sıcaklığı 9,19°C (*İst. III; Kış*) - 25,58°C (*İst. V; Yaz*); tuzluluk ‰16,42 (*İst. I; İlkbahar*) - ‰19,53 (*İst. I; Yaz*); çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2,49 mg/L (*İst. V; Yaz*) - 11,20 mg/L (*İst. III; Sonbahar*) ve pH 8,26 (*İst. V; Kış*)-8,67 (*İst. IV; Yaz*) arasında değişmektedir (Tablo 5.1 ve Şekil 5.1).

Tablo 5.1 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametre oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (ppt)	Ç.O. (mg/L)	pH
İst. I	S	17,94	18,77	6,40	8,41
	K	9,37	17,22	6,22	8,34
	İ	11,97	16,42	4,22	8,43
	Y	25,01	19,53	4,88	8,44
İst. II	S	17,75	17,16	4,54	8,33
	K	9,92	16,96	8,91	8,36
	İ	11,15	17,46	4,83	8,43
	Y	21,45	18,05	3,84	8,46
İst. III	S	17,25	17,46	11,20	8,47
	K	9,19	16,47	8,91	8,32
	İ	11,63	17,00	4,83	8,46
	Y	24,02	18,01	4,40	8,47
İst. IV	S	18,16	17,84	10,45	8,45
	K	10,31	17,02	7,19	8,50
	İ	11,23	17,48	3,96	8,59
	Y	20,48	17,22	3,82	8,67
İst. V	S	20,32	17,12	7,78	8,39
	K	10,18	16,66	6,74	8,26
	İ	12,27	16,83	3,21	8,41
	Y	25,58	18,15	2,49	8,45

S: Sonbahar; K: Kış; İ: İlkbahar; Y: Yaz

Fizikokimyasal parametrelerin yıllık ortalama değerlerine göre; sıcaklık 15,76±1,26°C, tuzluluk ‰17,44±0,17, çözünmüş oksijen 5,94±0,55 mg/L ve pH 8,43±0,02 (ort. ± sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.2 Tablo 5.3).

Tablo 5.2 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
Sıcaklık (°C)	S	5	18,28	1,19	0,53	16,81	19,76	17,25	20,32
	K	5	9,79	0,49	0,22	9,18	10,41	9,19	10,31
	İ	5	11,65	0,48	0,21	11,06	12,24	11,15	12,27
	Y	5	23,31	2,24	1,00	20,53	26,09	20,48	25,58
	Toplam	20	15,76	5,65	1,26	13,11	18,40	9,19	25,58
Tuzluluk (ppt)	S	5	17,67	0,68	0,30	16,83	18,51	17,12	18,77
	K	5	16,87	0,30	0,13	16,49	17,24	16,47	17,22
	İ	5	17,04	0,45	0,20	16,48	17,59	16,42	17,48
	Y	5	18,19	0,84	0,37	17,15	19,23	17,22	19,53
	Toplam	20	17,44	0,77	0,17	17,08	17,80	16,42	19,53
Ç.O. (mg/L)	S	5	8,07	2,77	1,24	4,63	11,52	4,54	11,20
	K	5	7,59	1,25	0,56	6,04	9,15	6,22	8,91
	İ	5	4,21	0,68	0,30	3,37	5,05	3,21	4,83
	Y	5	3,89	0,90	0,40	2,77	5,00	2,49	4,88
	Toplam	20	5,94	2,46	0,55	4,79	7,09	2,49	11,20
pH	S	5	8,41	0,05	0,02	8,34	8,48	8,33	8,47
	K	5	8,36	0,09	0,04	8,25	8,47	8,26	8,50
	İ	5	8,46	0,07	0,03	8,37	8,55	8,41	8,59
	Y	5	8,50	0,10	0,04	8,38	8,62	8,44	8,67
	Toplam	20	8,43	0,09	0,02	8,39	8,47	8,26	8,67

Tablo 5.3 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
Sıcaklık (°C)	İst. I	4	16,07	6,96	3,48	5,01	27,14	9,37	25,01
	İst. II	4	15,07	5,47	2,74	6,36	23,77	9,92	21,45
	İst. III	4	15,52	6,59	3,30	5,03	26,02	9,19	24,02
	İst. IV	4	15,05	5,04	2,52	7,02	23,07	10,31	20,48
	İst. V	4	17,09	7,15	3,58	5,71	28,47	10,18	25,58
	Toplam	20	15,76	5,65	1,26	13,11	18,40	9,19	25,58
Tuzluluk (ppt)	İst. I	4	17,99	1,42	0,71	15,73	20,24	16,42	19,53
	İst. II	4	17,41	0,48	0,24	16,65	18,16	16,96	18,05
	İst. III	4	17,24	0,66	0,33	16,19	18,28	16,47	18,01
	İst. IV	4	17,39	0,35	0,18	16,83	17,95	17,02	17,84
	İst. V	4	17,19	0,67	0,33	16,13	18,25	16,66	18,15
	Toplam	20	17,44	0,77	0,17	17,08	17,80	16,42	19,53

Tablo 5.3'ün devamı

Ç.O.	İst. I	4	5,43	1,05	0,53	3,75	7,11	4,22	6,40
	İst. II	4	5,53	2,29	1,15	1,88	9,18	3,84	8,91
	İst. III	4	7,34	3,28	1,64	2,11	12,56	4,40	11,20
	İst. IV	4	6,36	3,14	1,57	1,35	11,36	3,82	10,45
	İst. V	4	5,06	2,60	1,30	0,92	9,19	2,49	7,78
	Toplam	20	5,94	2,46	0,55	4,79	7,09	2,49	11,20
pH	İst. I	4	8,41	0,05	0,02	8,33	8,48	8,34	8,44
	İst. II	4	8,40	0,06	0,03	8,30	8,49	8,33	8,46
	İst. III	4	8,43	0,07	0,04	8,31	8,55	8,32	8,47
	İst. IV	4	8,55	0,10	0,05	8,40	8,71	8,45	8,67
	İst. V	4	8,38	0,08	0,04	8,25	8,51	8,26	8,45
	Toplam	20	8,43	0,09	0,02	8,39	8,47	8,26	8,67

Deniz suyu fizikokimyasal parametre oranlarında meydana gelen mevsimsel ve bölgesel farkları istatistiksel açıdan incelemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijenin mevsimsel farkları istatistiksel olarak önemli bulunurken (sırasıyla: [KW(3)=17,857 p<0,05]; [F(3-16)=5,107 p<0,05]; [KW(3)=12,745 p<0,05]) istasyonlara bağlı olarak sadece deniz yüzey suyu pH oranlarında meydana gelen bölgesel değişimler anlamlı bulunmuştur [F(4-15)=3,586 p<0,05].

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan bu farklar çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde deniz suyu sıcaklığının sonbahar (Ort.=15,85; SH=0,56 °C) ile kış (Ort.=9,79; SH=0,22 °C); yaz (Ort.=23,24; SH=0,99 °C) ile kış (Ort.=9,79; SH=0,22 °C) ve ilkbahar (11,65±0,21 °C) değerleri arasındaki farkların önemli olduğu görülmüştür (Dunn-Bonferroni p<0,05). Ayrıca deniz suyu tuzluluğunun yaz (Ort.=18,19; SH=0,37 ppt) değeri sonbahar (Ort.=17,67; SH=0,30 ppt) ve kış (Ort.=16,87; SH=0,13 ppt) değerlerinden istatistiksel olarak ayrılırken (Tukey p<0,05) yine çözünmüş oksijenin kış (Ort.=7,59; SH=0,56 mg/L) değeri ilkbahar (Ort.=4,21; SH=0,30 µM) ve yaz (Ort.=3,89; SH=0,40 mg/L) değerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Dunn-Bonferroni p<0,05). Son olarak deniz yüzey suyu pH oranlarında meydana gelen bölgesel değişimlerin İst. IV (Ort.=8,55; SH=0,05) ile İst. V (Ort.=8,38; SH=0,04) arasında anlamlı olduğu görülmüştür (Tukey p<0,05) (Tablo 5.4).

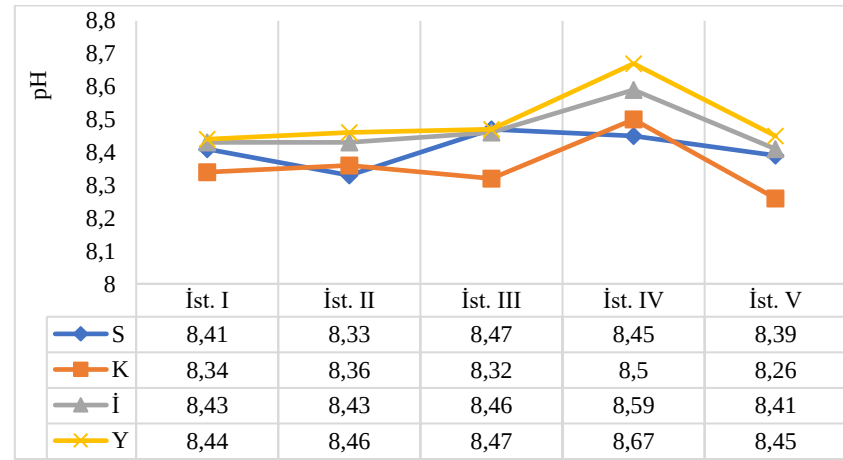
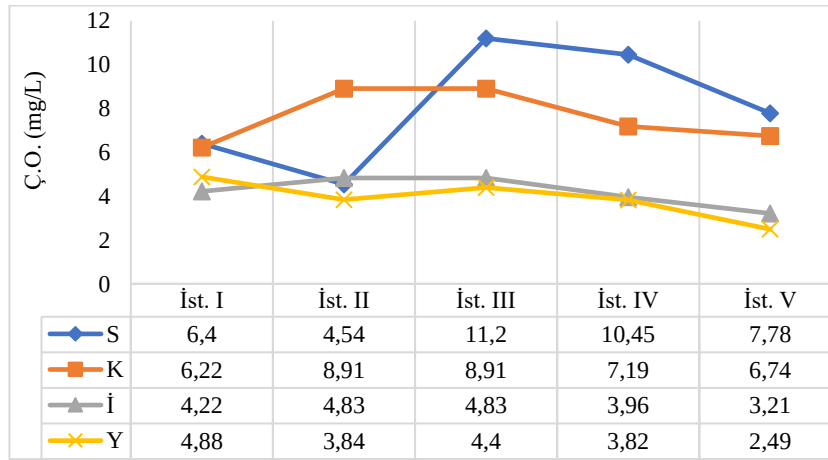
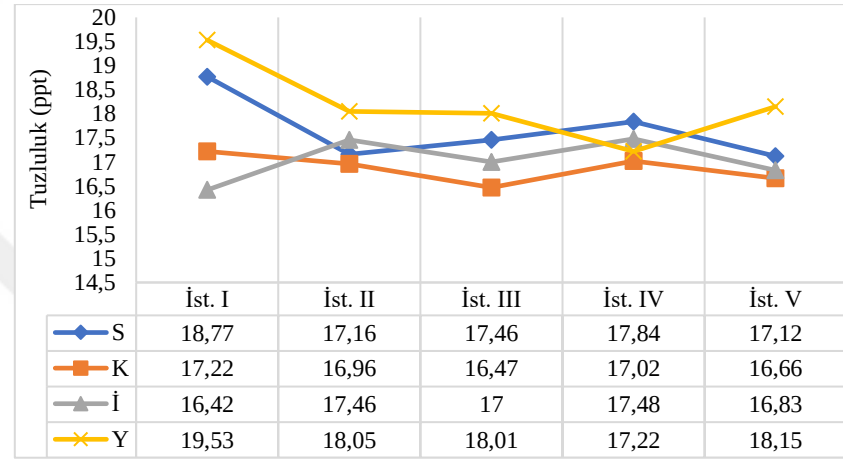
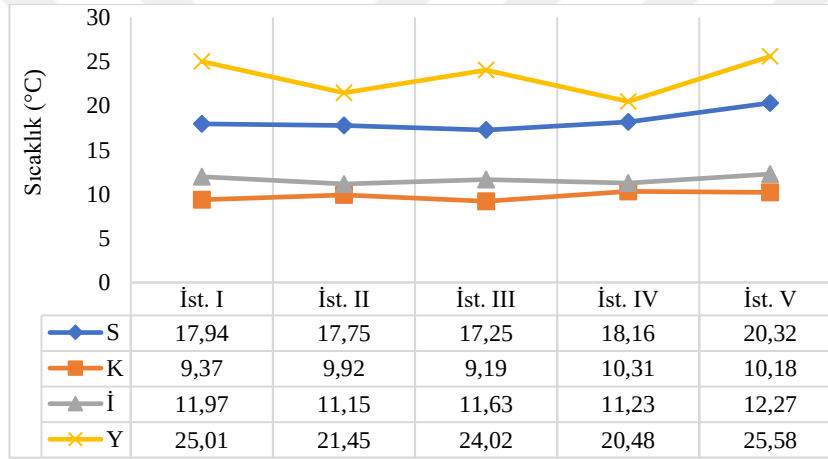
Tablo 5.4 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametre değerlerinin mevsimsel ve bölgesel değişimleri

Parametreler↓	Mevsimsellere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
Sıcaklık (°C)	3	KW=17,857	<0,001*	1-2; 4-2,3	4	KW=0,586	0,965	-
Tuzluluk(ppt)	3	F=5,107	0,011*	4-1,2	4	KW=1,474	0,831	-
Ç.O. (mg/L)	3	KW=12,745	0,005*	2-3,4	4	F=0,493	0,741	-
pH	3	F=3,040	0,059	-	4	F=3,586	0,030*	4-5

*p<0,05 Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar, 2: Kış, 3: İlkbahar, 4: Yaz (Anlamlılık 1)

1: İst. I, 2: İst. II, 3: İst. III, 4: İst. IV, 5: İst. V (Anlamlılık 2)



Şekil 5.1 Deniz yüzey suyunun sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH değerleri

5.2. Biyokimyasal Bulgular

Örneklemlerin yapıldığı istasyonların birincil üretim için önemli ve asgari ötrofikasyon göstergelerinden olan toplam inorganik azot (NO_2^- -N, NO_3^- -N, NH_4^+ -N), orto-fosfat (PO_4^{3-} -P) ve reaktif silikat (Si(OH)_4 -Si) ile klorofil-*a* derişimleri spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Buna göre biyokimyasal parametrelerden NO_2^- -N 0,01 μM (*İst. II; Yaz; İst. III ve İst. V; Kış*) – 0,47 μM (*İst. IV; Sonbahar*); NO_3^- -N 0,38 μM (*İst. III; Yaz*) – 1,57 μM (*İst. IV; İlkbahar*); NH_4^+ -N 1,29 μM (*İst. I; Sonbahar*) - 55,09 μM (*İst. IV; Kış*); PO_4^{3-} -P 0,17 μM (*İst. I; Kış*) – 0,88 μM (*İst. IV; İlkbahar*); Si 2,11 μM (*İst. II; Yaz*) - 7,18 μM (*İst. IV; İlkbahar*) ve Klorofil-*a* 0,07 $\mu\text{g/L}$ (*İst. I; Yaz*) – 1,70 $\mu\text{g/L}$ (*İst. IV; Yaz*) aralığında yer almaktadır (Tablo 5.5 ve Şekil 5.2).

Tablo 5.5 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametre oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	NO_2^- -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	PO_4^{3-} -P	Si	Kl-a
İst. I	S	0,08	0,55	1,29	0,18	3,07	0,49
	K	0,23	0,72	4,62	0,17	3,90	0,14
	İ	0,05	0,95	6,05	0,18	5,45	0,07
	Y	0,03	0,62	3,19	0,34	2,11	0,09
İst. II	S	0,03	0,88	7,00	0,24	2,86	0,31
	K	0,05	0,73	2,71	0,20	4,73	0,12
	İ	0,03	0,90	4,62	0,26	3,82	0,08
	Y	0,01	0,96	1,76	0,26	2,11	0,08
İst. III	S	0,03	0,81	5,57	0,17	3,61	0,45
	K	0,05	1,16	7,48	0,26	3,02	0,16
	İ	0,05	0,71	3,19	0,30	4,57	0,08
	Y	0,03	0,38	1,71	0,20	2,41	0,09
İst. IV	S	0,47	1,37	42,71	0,34	5,15	0,93
	K	0,06	1,04	55,09	0,52	3,61	0,14
	İ	0,27	1,57	24,14	0,88	7,18	0,34
	Y	0,05	0,49	6,52	0,34	3,95	0,14
İst. V	S	0,05	1,16	9,38	0,18	3,23	1,70
	K	0,05	0,75	7,48	0,26	3,55	0,11
	İ	0,06	0,58	5,57	0,34	5,18	0,16
	Y	0,03	1,51	1,76	0,26	2,19	0,12

S: Sonbahar; K: Kış; İ: İlkbahar; Y: Yaz

NO_2^- -N, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P ve Si (μM)

Kl-a ($\mu\text{g/L}$)

Biyokimyasal parametrelerin yıllık ortalama değerlerine göre; NO_2^- -N $0,09 \pm 0,02 \mu\text{M}$; NO_3^- -N $0,89 \pm 0,07 \mu\text{M}$; NH_4^+ -N $10,05 \pm 3,20 \mu\text{M}$ PO_4^{3-} -P $0,29 \pm 0,04 \mu\text{M}$; Si $3,78 \pm 0,29 \mu\text{M}$ ve Klorofil-a $0,29 \pm 0,09 (\mu\text{g/L})$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.6 ve Tablo 5.7).

Tablo 5.6 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametrelerin mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
NO_2^- -N	S	5	0,13	0,19	0,08	0	0,37	0,03	0,47
	K	5	0,09	0,08	0,04	0	0,19	0,05	0,23
	İ	5	0,09	0,10	0,04	0	0,22	0,03	0,27
	Y	5	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,05
	Toplam	20	0,09	0,11	0,02	0,03	0,14	0,01	0,47
NO_3^- -N	S	5	0,95	0,32	0,14	0,56	1,35	0,55	1,37
	K	5	0,88	0,21	0,09	0,62	1,14	0,72	1,16
	İ	5	0,94	0,38	0,17	0,47	1,42	0,58	1,57
	Y	5	0,79	0,46	0,20	0,22	1,36	0,38	1,51
	Toplam	20	0,89	0,33	0,07	0,74	1,05	0,38	1,57
NH_4^+ -N	S	5	13,19	16,77	7,50	0	34,01	1,29	42,71
	K	5	15,48	22,24	9,95	0	43,09	2,71	55,10
	İ	5	8,52	8,79	3,93	0	19,44	3,19	24,14
	Y	5	2,99	2,07	0,93	0,42	5,56	1,71	6,52
	Toplam	20	10,05	14,30	3,20	3,35	16,74	1,29	55,10
PO_4^{3-} -P	S	5	0,22	0,07	0,03	0,13	0,31	0,17	0,34
	K	5	0,28	0,14	0,06	0,11	0,45	0,17	0,52
	İ	5	0,39	0,28	0,12	0,05	0,74	0,18	0,88
	Y	5	0,28	0,06	0,03	0,21	0,35	0,20	0,34
	Toplam	20	0,29	0,16	0,04	0,22	0,37	0,17	0,88
Si	S	5	3,58	0,92	0,41	2,44	4,72	2,86	5,15
	K	5	3,76	0,63	0,28	2,98	4,54	3,02	4,73
	İ	5	5,24	1,25	0,56	3,68	6,80	3,82	7,18
	Y	5	2,55	0,79	0,35	1,57	3,53	2,11	3,95
	Toplam	20	3,79	1,30	0,29	3,18	4,39	2,11	7,18
Kl-a	S	5	0,78	0,57	0,25	0,07	1,48	0,31	1,70
	K	5	0,13	0,02	0,01	0,11	0,16	0,11	0,16
	İ	5	0,15	0,11	0,05	0,00	0,29	0,07	0,34
	Y	5	0,10	0,03	0,01	0,07	0,14	0,08	0,14
	Toplam	20	0,29	0,39	0,09	0,11	0,47	0,07	1,70

Tablo 5.7 Deniz suyuna ait fizikokimyasal parametrelerin bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İst.↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
NO ₂ ⁻ -N	İst. I	4	0,10	0,09	0,05	0,00	0,24	0,03	0,23
	İst. II	4	0,03	0,02	0,01	0,00	0,06	0,01	0,05
	İst. III	4	0,04	0,01	0,01	0,02	0,06	0,03	0,05
	İst. IV	4	0,21	0,20	0,10	0,00	0,53	0,05	0,47
	İst. V	4	0,05	0,01	0,01	0,03	0,07	0,03	0,06
	Toplam	20	0,09	0,11	0,02	0,03	0,14	0,01	0,47
NO ₃ ⁻ -N	İst. I	4	0,71	0,17	0,09	0,43	0,99	0,55	0,95
	İst. II	4	0,87	0,10	0,05	0,71	1,02	0,73	0,96
	İst. III	4	0,77	0,32	0,16	0,25	1,28	0,38	1,16
	İst. IV	4	1,12	0,47	0,24	0,37	1,87	0,49	1,57
	İst. V	4	1,00	0,42	0,21	0,33	1,67	0,58	1,51
	Toplam	20	0,89	0,33	0,07	0,74	1,05	0,38	1,57
NH ₄ ⁺ -N	İst. I	4	3,79	2,03	1,02	0,55	7,02	1,29	6,05
	İst. II	4	4,02	2,31	1,16	0,34	7,70	1,76	7,00
	İst. III	4	4,49	2,55	1,27	0,43	8,54	1,71	7,48
	İst. IV	4	32,12	21,28	10,64	0	65,99	6,52	55,10
	İst. V	4	5,81	3,33	1,67	0,51	11,11	1,76	9,38
	Toplam	20	10,05	14,30	3,20	3,35	16,74	1,29	55,10
PO ₄ ³⁻ -P	İst. I	4	0,22	0,08	0,04	0,09	0,35	0,17	0,34
	İst. II	4	0,24	0,03	0,01	0,20	0,29	0,20	0,26
	İst. III	4	0,23	0,06	0,03	0,14	0,33	0,17	0,30
	İst. IV	4	0,52	0,25	0,13	0,11	0,93	0,34	0,88
	İst. V	4	0,26	0,07	0,03	0,16	0,36	0,18	0,34
	Toplam	20	0,29	0,16	0,04	0,22	0,37	0,17	0,88
Si	İst. I	4	3,63	1,42	0,71	1,38	5,88	2,11	5,45
	İst. II	4	3,38	1,14	0,57	1,57	5,19	2,11	4,73
	İst. III	4	3,40	0,92	0,46	1,94	4,87	2,41	4,57
	İst. IV	4	4,97	1,61	0,81	2,41	7,54	3,61	7,18
	İst. V	4	3,54	1,24	0,62	1,57	5,51	2,19	5,18
	Toplam	20	3,79	1,30	0,29	3,18	4,39	2,11	7,18
Kl-a	İst. I	4	0,20	0,20	0,10	0	0,51	0,07	0,49
	İst. II	4	0,15	0,11	0,05	0	0,32	0,08	0,31
	İst. III	4	0,20	0,17	0,09	0	0,47	0,08	0,45
	İst. IV	4	0,39	0,37	0,19	0	0,98	0,14	0,93
	İst. V	4	0,52	0,79	0,39	0	1,77	0,11	1,70
	Toplam	20	0,29	0,39	0,09	0,11	0,47	0,07	1,70

Deniz yüzey suyuna ait biyokimyasal parametrelerin mevsimsel ve bölgesel ortalamalarını istatistiksel olarak değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) yapılmıştır. Buna göre sadece silisyum ve klorofil-*a* değerlerinin mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla: [*F* (3-16)=7,123 *p*<0,05] ve [*KW*(3)=10,954 *p*<0,05]). Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan bu farklar çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde silisyumun ilkbahar (Ort.=5,24; SH=0,56 µM) ile yaz (Ort.=2,55; SH=0,35 µM) değerleri farklı bulunurken (Tukey *p*<0,05) klorofil-*a*'nın kış (Ort.=0,78; SH=0,25 µg/L) ile ilkbahar (Ort.=0,15; SH=0,05 µg/L) ve yaz (0,11; SH=0,01 µg/L) değerleri arasındaki farkların da önemli olduğu görülmüştür (Dunn-Bonferroni *p*<0,05) (Tablo 5.8).

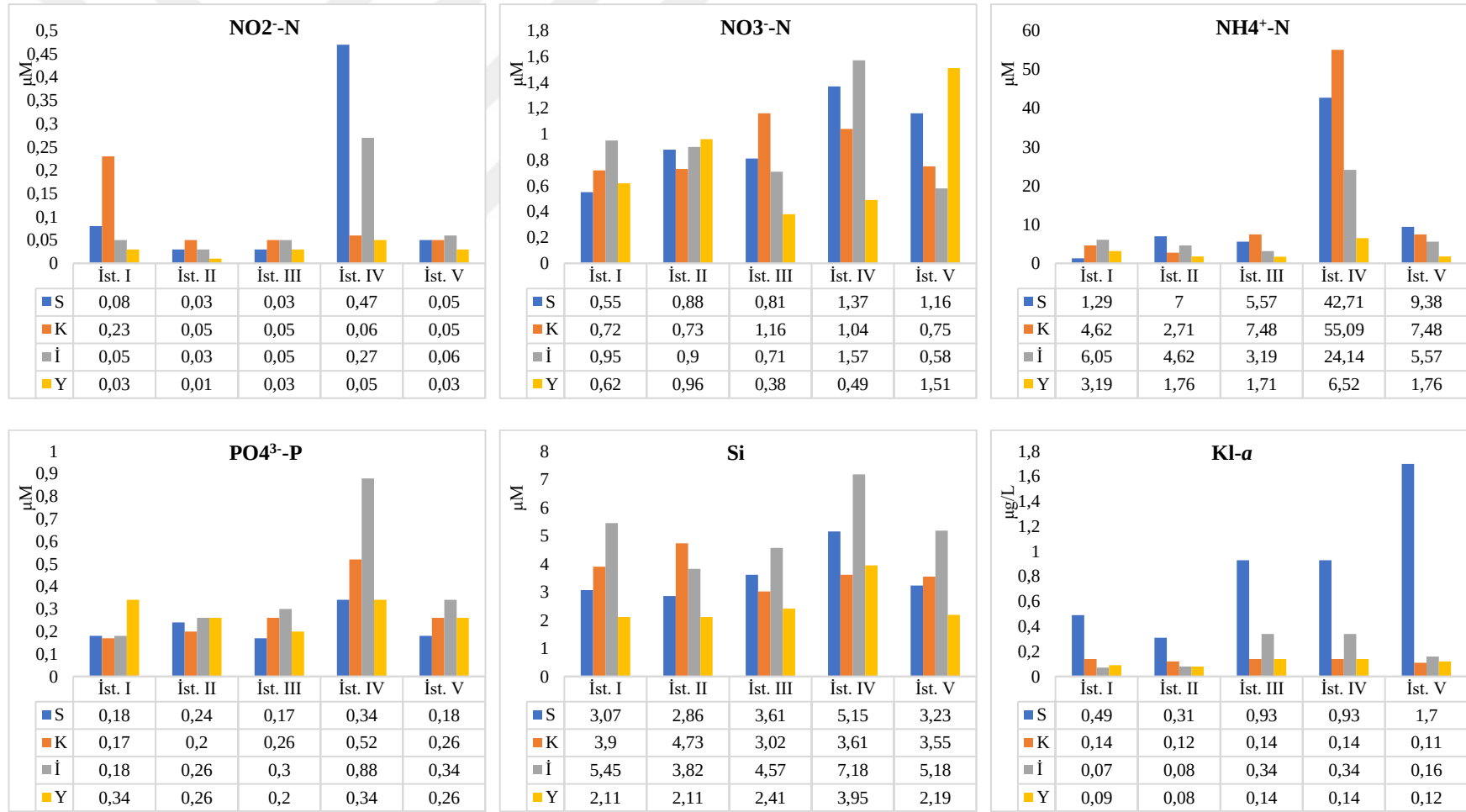
Tablo 5.8 Deniz suyuna ait biyokimyasal parametre değerlerinin mevsimsel ve bölgesel değişimleri

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	<i>F</i> - <i>KW</i>	<i>p</i>	Anlamlılık 1	df	<i>F</i> - <i>KW</i>	<i>p</i>	Anlamlılık 2
NO ₂ ⁻ -N (µM)	3	KW=6,246	0,100	-	4	KW=9,105	0,059	-
NO ₃ ⁻ -N (µM)	3	F=0,221	0,880	-	4	F=1,039	0,420	-
NH ₄ ⁺ -N (µM)	3	KW=5,000	0,172	-	4	KW=7,786	0,100	-
PO ₄ ³⁻ -P (µM)	3	KW=3,550	0,314	-	4	KW=9,305	0,054	-
Si (µM)	3	F=7,123	0,003*	3-4	4	F=1,093	0,395	-
Kl- <i>a</i> (µM)	3	KW=11,244	0,010*	1-3,4	4	KW=3,468	0,483	-

**p*<0,05 Anova (*F*) - Kruskal Wallis (*KW*)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)



Şekil 5.2 Deniz yüzey suyunun besin tuzu ve klorofil-a konsantrasyonları

5.3. Stokiyometrik Bulgular

Sinop kıyı sularında yaygın dağılım gösterdiği belirlenen makroalglerden toplam 9 tür (*U. intestinalis*, *U. rigida*, *C. spongiosus*, *E. crinita*, *P. pavonica*, *Ceramium* spp., *C. officinalis*, *L. obtusa* ve *P. capillacea*) seçilerek doku C, N, P konsantrasyonları ve elementlerin atomik oranları (C:P, N:P, C:N) araştırılmıştır (Tablo 5.9).

Tespit edilen doku besin elementi konsantrasyonları ile molar oranlarının mevsimsel, bölgesel, türe özgü değişimleri ve ekolojik faktörlerle olan ilişkileri ilerleyen bölümlerde önce tek tek daha sonra makroalglerin yıllık ortalamaları ile genel olarak incelenmiştir

5.3.1. Makroalglerin element (C, N, P) konsantrasyonları ve C:N:P oranları

Tablo 5.9 Makroalglerin C, N, P konsantrasyonları ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	<i>Ulva intestinalis</i>						<i>Ulva rigida</i>						<i>Cladostephus spongiosus</i>					
		%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	S																		
	K	35,73	4,34	0,26	351	37	10												
	İ	32,33	1,17	0,09	881	27	32	34,16	1,08	0,04	2026	55	37	34,13	1,27	0,10	926	30	31
	Y	31,32	0,72	0,04	2201	44	51							33,06	1,39	0,08	1129	41	28
İst. II	S							30,82	1,67	0,11	703	33	22	30,07	2,03	0,13	613	35	17
	K	31,26	2,04	0,15	538	30	18	31,61	1,93	0,13	617	32	19	28,10	1,71	0,13	575	30	19
	İ	30,65	0,99	0,10	774	21	36	34,00	1,00	0,04	2350	60	40	32,58	1,40	0,09	962	35	27
	Y	31,14	0,90	0,04	1857	46	40	33,54	1,11	0,03	2484	70	35	33,38	1,49	0,08	1130	43	26
İst. III	S							28,88	1,23	0,10	770	28	27						
	K	31,48	2,32	0,21	387	24	16	31,11	2,50	0,19	413	28	14						
	İ	30,34	0,78	0,06	1322	29	45	33,09	1,14	0,06	1462	43	34	32,54	1,48	0,07	1141	45	26
	Y							34,05	1,05	0,03	2678	70	38	32,50	1,19	0,06	1466	46	32
İst. IV	S							33,32	3,58	0,32	266	25	11						
	K	34,47	3,96	0,23	384	38	10	36,15	3,65	0,20	475	41	12						
	İ	34,27	2,17	0,17	535	29	18	35,31	2,72	0,20	465	31	15						
	Y	34,80	2,12	0,12	770	40	19	35,78	2,26	0,08	1156	63	18						
İst. V	S							32,98	2,13	0,13	659	37	18						
	K	36,09	3,59	0,16	571	49	12	35,34	3,10	0,13	688	52	13						
	İ	32,22	1,48	0,10	856	34	25	34,13	1,80	0,11	826	37	22						
	Y	25,34	1,21	0,06	1121	46	25	32,83	1,51	0,07	1209	48	25						

Tablo 5.9'un devamı

		<i>Ericaria crinita</i>						<i>Padina pavonica</i>						<i>Ceramium spp.</i>					
İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	S	36,95	1,45	0,06	1722	58	30												
	K	37,01	2,08	0,13	718	35	21							39,85	5,14	0,11	969	107	9
	İ	37,31	1,60	0,11	859	32	27							37,41	1,80	0,09	1075	44	24
	Y	39,38	1,42	0,09	1186	37	32	30,11	1,27	0,08	919	33	28	36,12	1,43	0,05	1938	66	30
İst. II	S	35,72	1,60	0,14	636	24	26							41,61	4,65	0,20	546	52	10
	K	37,15	1,85	0,10	949	41	23							38,86	3,70	0,08	1237	101	12
	İ	36,01	1,58	0,10	891	33	27							37,24	1,84	0,08	1202	51	24
	Y	38,59	1,40	0,07	1379	43	32	31,34	1,60	0,10	732	35	23	42,59	4,74	0,17	665	63	10
İst. III	S	34,78	1,59	0,12	741	29	26							37,48	2,44	0,07	1373	77	18
	K	34,49	2,11	0,18	497	26	19							39,49	4,42	0,16	646	62	10
	İ	36,31	1,39	0,09	1037	34	30							36,59	1,58	0,05	1772	65	27
	Y	36,67	1,91	0,12	804	36	22	27,01	1,17	0,08	887	33	27	37,05	1,45	0,04	2511	84	30
İst. IV	S	37,71	2,24	0,13	748	38	20												
	K	38,00	2,16	0,14	716	35	21							40,36	4,50	0,14	762	73	10
	İ	37,30	2,23	0,16	585	30	19							39,40	4,82	0,16	655	69	10
	Y	37,92	2,49	0,14	699	39	18							32,29	1,40	0,06	1448	54	27
İst. V	S	36,28	2,30	0,13	747	41	18							40,59	4,67	0,15	721	71	10
	K	37,11	2,60	0,11	904	54	17							39,57	4,59	0,08	1242	124	10
	İ	37,50	2,16	0,12	833	41	20							39,76	3,76	0,14	721	59	12
	Y	37,04	2,47	0,08	1138	65	18							36,83	2,56	0,08	1171	70	17

Tablo 5.9'un devamı

		<i>Corallina officinalis</i>						<i>Laurencia obtusa</i>						<i>Pterocladia capillacea</i>					
İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	S													40,54	2,22	0,04	2692	126	21
	K	18,21	0,99	0,07	696	33	21	35,71	2,68	0,02	4255	274	16						
	İ	18,14	1,22	0,07	626	36	17	36,19	1,99	0,04	2473	117	21	40,51	1,96	0,04	2866	119	24
	Y	19,26	0,97	0,08	664	29	23	33,37	1,61	0,03	2711	112	24	39,75	1,61	0,03	3091	107	29
İst. II	S	15,99	0,52	0,05	808	22	36							36,50	2,23	0,09	1018	53	19
	K	16,26	0,75	0,06	703	28	25	34,86	3,16	0,02	3914	304	13	37,47	2,95	0,06	1699	115	15
	İ	15,66	0,73	0,09	473	19	25	35,92	1,69	0,03	2802	113	25	37,37	2,33	0,04	2186	117	19
	Y	16,31	0,50	0,06	709	18	38	33,45	1,57	0,03	3062	123	25	31,94	1,25	0,03	2571	86	30
İst. III	S	17,84	0,67	0,08	611	20	31												
	K	19,57	1,53	0,10	523	35	15	36,82	3,21	0,03	2948	220	13						
	İ	16,76	0,52	0,06	665	18	38	35,61	1,43	0,03	3447	118	29						
	Y	16,53	0,62	0,06	713	23	31	30,33	1,34	0,05	1591	60	26						
İst. IV	S	20,88	1,39	0,09	610	35	18							40,57	3,96	0,28	373	31	12
	K	19,35	1,27	0,32	157	9	18							41,36	3,61	0,07	1608	120	13
	İ	16,63	0,98	0,10	422	21	20							41,41	2,65	0,07	1498	82	18
	Y	19,55	1,43	0,11	457	29	16							43,04	3,09	0,08	1479	91	16
İst. V	S																		
	K	18,44	1,37	0,24	201	13	16												
	İ	14,73	0,74	0,16	243	11	23												
	Y	16,10	0,66	0,08	525	18	29							41,93	2,59	0,05	2376	126	19

5.3.1.1. *Ulva intestinalis*

U. intestinalis türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.10'da gösterilmektedir. Buna göre; %C 25,34 (*İst. V; Yaz*)- 36,09 (*İst. V; Kış*); %N 0,72 (*İst. I; Yaz*)- 4,34 (*İst. I; Kış*) ve %P 0,04 (*İst. II; Yaz*)- 0,26 (*İst. I; Kış*) aralığında yer alırken C:P 351 (*İst. I; Kış*) - 2201 (*İst. I; Yaz*); N:P 21 (*İst. V; Kış*) - 49 (*İst. II; İlkbahar*) ve C:N oranı 10 (*İst. V; Kış*) - 51 (*İst. V; Yaz*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.10 *Ulva intestinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	K	35,73	4,34	0,26	351	37	10
	İ	32,33	1,17	0,09	881	27	32
	Y	31,32	0,72	0,04	2201	44	51
İst. II	K	31,26	2,04	0,15	538	30	18
	İ	30,65	0,99	0,10	774	21	36
	Y	31,14	0,90	0,04	1857	46	40
İst. III	K	31,48	2,32	0,21	387	24	16
	İ	30,34	0,78	0,06	1322	29	45
İst. IV	K	34,47	3,96	0,23	384	38	10
	İ	34,27	2,17	0,17	535	29	18
	Y	34,80	2,12	0,12	770	40	19
İst. V	K	36,09	3,59	0,16	571	49	12
	İ	32,22	1,48	0,10	856	34	25
	Y	25,34	1,21	0,06	1121	46	25

S: Sonbahar; K: Kış; İ: İlkbahar; Y: Yaz

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $32,25 \pm 0,74$; %N $1,99 \pm 0,32$; %P $0,13 \pm 0,02$; C:P 897 ± 150 ; N:P $35,29 \pm 2,38$ ve C:N $25,50 \pm 3,56$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.11 ve Tablo 5.12).

Tablo 5.11 *Ulva intestinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	K	5	33,81	2,30	1,03	30,94	36,67	31,26	36,09
	İ	5	31,96	1,57	0,70	30,01	33,91	30,34	34,27
	Y	4	30,65	3,92	1,96	24,41	36,89	25,34	34,80
	Toplam	14	32,25	2,77	0,74	30,64	33,85	25,34	36,09
%N	K	5	3,25	1,02	0,45	1,99	4,51	2,04	4,34
	İ	5	1,32	0,54	0,24	0,65	1,99	0,78	2,17
	Y	4	1,24	0,62	0,31	0,25	2,23	0,72	2,12
	Toplam	14	1,99	1,21	0,32	1,29	2,68	0,72	4,34
%P	K	5	0,20	0,05	0,02	0,14	0,26	0,15	0,26
	İ	5	0,10	0,04	0,02	0,05	0,15	0,06	0,17
	Y	4	0,07	0,04	0,02	0,00	0,13	0,04	0,12
	Toplam	14	0,13	0,07	0,02	0,09	0,17	0,04	0,26
C:P	K	5	446,20	100,55	44,97	321,35	571,05	351,00	571,00
	İ	5	873,60	285,48	127,67	519,13	1228,07	535,00	1322,00
	Y	4	1487,25	656,95	328,47	441,90	2532,60	770,00	2201,00
	Toplam	14	896,29	559,78	149,61	573,08	1219,49	351,00	2201,00
N:P	K	5	35,60	9,40	4,20	23,93	47,27	24,00	49,00
	İ	5	28,00	4,69	2,10	22,18	33,82	21,00	34,00
	Y	4	44,00	2,83	1,41	39,50	48,50	40,00	46,00
	Toplam	14	35,29	8,92	2,38	30,13	40,44	21,00	49,00
C:N	K	5	13,20	3,63	1,62	8,69	17,71	10,00	18,00
	İ	5	31,20	10,33	4,62	18,37	44,03	18,00	45,00
	Y	4	33,75	14,50	7,25	10,68	56,82	19,00	51,00
	Toplam	14	25,50	13,31	3,56	17,82	33,18	10,00	51,00

Tablo 5.12 *Ulva intestinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	3	33,13	2,31	1,33	27,39	38,87	31,32	35,73
	İst. II	3	31,02	0,32	0,19	30,21	31,82	30,65	31,26
	İst. III	2	30,91	0,81	0,57	23,67	38,15	30,34	31,48
	İst. IV	3	34,51	0,27	0,15	33,85	35,18	34,27	34,80
	İst. V	3	31,22	5,44	3,14	17,69	44,74	25,34	36,09
	Toplam	14	32,25	2,77	0,74	30,64	33,85	25,34	36,09
%N	İst. I	3	2,08	1,97	1,14	0	6,98	0,72	4,34
	İst. II	3	1,31	0,63	0,37	0	2,88	0,90	2,04
	İst. III	2	1,55	1,09	0,77	0	11,33	0,78	2,32
	İst. IV	3	2,75	1,05	0,61	0,15	5,35	2,12	3,96
	İst. V	3	2,09	1,30	0,75	0	5,33	1,21	3,59
	Toplam	14	1,99	1,21	0,32	1,29	2,68	0,72	4,34
%P	İst. I	3	0,13	0,12	0,07	0	0,42	0,04	0,26
	İst. II	3	0,10	0,06	0,03	0	0,23	0,04	0,15
	İst. III	2	0,14	0,11	0,08	0	1,09	0,06	0,21
	İst. IV	3	0,17	0,06	0,03	0	0,31	0,12	0,23
	İst. V	3	0,11	0,05	0,03	0	0,23	0,06	0,16
	Toplam	14	0,13	0,07	0,02	0,09	0,17	0,04	0,26
C:P	İst. I	3	1144,33	952,70	550,04	0	3510,97	351,00	2201,00
	İst. II	3	1056,33	703,37	406,09	0	2803,59	538,00	1857,00
	İst. III	2	854,50	661,14	467,50	0	6794,65	387,00	1322,00
	İst. IV	3	563,00	194,52	112,30	79,79	1046,21	384,00	770,00
	İst. V	3	849,33	275,06	158,81	166,04	1532,62	571,00	1121,00
	Toplam	14	896,29	559,78	149,61	573,08	1219,49	351,00	2201,00
N:P	İst. I	3	36,00	8,54	4,93	14,78	57,22	27,00	44,00
	İst. II	3	32,33	12,66	7,31	0,88	63,79	21,00	46,00
	İst. III	2	26,50	3,54	2,50	0	58,27	24,00	29,00
	İst. IV	3	35,67	5,86	3,38	21,11	50,22	29,00	40,00
	İst. V	3	43,00	7,94	4,58	23,28	62,72	34,00	49,00
	Toplam	14	35,29	8,92	2,38	30,13	40,44	21,00	49,00
C:N	İst. I	3	31,00	20,52	11,85	0	81,97	10,00	51,00
	İst. II	3	31,33	11,72	6,77	2,22	60,44	18,00	40,00
	İst. III	2	30,50	20,51	14,50	0	214,74	16,00	45,00
	İst. IV	3	15,67	4,93	2,85	3,41	27,92	10,00	19,00
	İst. V	3	20,67	7,51	4,33	2,02	39,31	12,00	25,00
	Toplam	14	25,50	13,31	3,56	17,82	33,18	10,00	51,00

U. intestinalis türünün C, N ve P konsantrasyonları ile atomik oranlarının (C:P, N:P ve C:N) mevsimsel ve bölgesel değişimleri tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiştir. Buna göre N, P konsantrasyonları ile C:P, N:P ve C:N oranlarının mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunurken (sırasıyla: $[F(2-11)=10,954 \text{ } p<0,05]$; $[F(2-11)=13,013 \text{ } p<0,05]$; $[KW(2)=8,366 \text{ } p<0,05]$; $[F(2-11)=6,735 \text{ } p<0,05]$; $[KW(2)=8,738 \text{ } p<0,05]$); besin konsantrasyonları ve atomik oranlarının istasyonlara bağlı değişimleri önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 5.13).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklılıkların kaynakları çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku N konsantrasyonunun kış değeri (Ort.=3,25; SH=0,45) ile ilkbahar (Ort.=1,32; SH=0,24) ve yaz (Ort.=1,24; SH=0,31) değerleri (Dunn- Bonferroni, $p<0,05$) ve doku P konsantrasyonunun kış değeri (Ort.=0,20; SH=0,02) ile ilkbahar (Ort.=0,10; SH=0,02) ve yaz (Ort.=0,07; SH=0,02) değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Tukey, $p<0,05$). Molar element oranlarından C:P yaz oranı (Ort.=1487; SH=328) - kış oranı (Ort.=446; SH=45) arasındaki fark (Dunn-Bonferroni); N:P yaz oranı (Ort.=44; SH=1,41) ile ilkbahar oranı (Ort.=28; SH=2,10) arasındaki fark (Tukey) ve C:N kış oranı (Ort.=13,20; SH=1,62) ile ilkbahar (Ort.=31,20; SH=4,62) ve yaz (Ort.=33,75; SH=7,25) oranları arasındaki farklar (Dunn-Bonferroni) anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 5.13 *Ulva intestinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimplere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	2	F=1,621	0,242	-	4	KW=5,810	0,214	-
%N	2	KW=7,563	0,023*	2-4	4	KW=3,143	0,534	-
%P	2	F=13,013	0,001*	2-3,4	4	F=0,433	0,782	-
C:P	2	KW=8,363	0,015*	2-4	4	KW=2,305	0,680	-
N:P	2	F=6,735	0,012*	4-3	4	F=1,205	0,373	-
C:N	2	KW=8,738	0,013*	2-3,4	4	F=0,799	0,555	-

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

U. intestinalis türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo

5.14). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık (°C) (Ort.=14,27 SS=6,01) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=-,679$ $p>,01$] ve [$r_s=-,825$ $p>,01$]); sıcaklık (°C) (Ort.=14,27 SS=6,01) ile C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=,824$ $p<,01$] ve [$r_s=,710$ $p<,01$]). Çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,29 SS=2,01) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) arasında pozitif ($r_s=,539$ $p<,05$); çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,29 SS=2,01) ile C:P oranı (Ort.=896 SS=560) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=-,535$ $p>,05$).

Diğer yandan deniz suyunun biyokimyasal parametrelerinden NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,07 SS=0,08) ile C (Ort.=32,25 SS=2,77), N (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmış (sırasıyla: [$r_s=,651$ $p<,05$], [$r_s=,704$ $p<,01$] ve [$r_s=,762$ $p<,01$]) ve NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,07 SS=0,08) ile C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,725$ $p<,01$] ve [$r_s=-,688$ $p<,01$]). Benzer şekilde NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=9,58 SS=14,22) ile de C (Ort.=32,25 SS=2,77), N (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuş (sırasıyla: [$r_s=,731$ $p<,01$], [$r_s=,653$ $p<,05$] ve [$r_s=,699$ $p<,01$]) ayrıca NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=9,58 SS=14,22) ile C:P (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,642$ $p>,05$] ve [$r_s=-,605$ $p>,05$]). Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,13 SS=0,07) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmesine (sırasıyla: [$r_s=,673$ $p<,01$] ve [$r_s=,662$ $p<,01$]) karşın Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,13 SS=0,07) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,651$ $p>,05$] ve [$r_s=-,659$ $p>,05$]).

Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı ($\sum\text{N}_{\text{inor}}$) (μM) (Ort.=10,56 SS=14,34) ile C (Ort.=32,25 SS=2,77), N (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki (sırasıyla: [$r_s=,719$ $p<,01$], [$r_s=,679$ $p<,01$] ve [$r_s=,725$ $p<,01$]); $\sum\text{N}_{\text{inor}}$ (Ort.=10,56 SS=14,34) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında ise negatif ve anlamlı

bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,670$ $p>,01$] ve [$r_s=-,631$ $p>,05$]). Benzer şekilde deniz suyu toplam inorganik azot miktarının deniz suyu PO_4^{3-} -P miktarına oranı (sN/P) (μM) (Ort.=28,59 SS=24,71) ile C (Ort.=32,25 SS=2,77), N (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki yer alırken ((sırasıyla: [$r_s=,653$ $p<,05$], [$r_s=,719$ $p<,01$] ve [$r_s=,783$ $p<,01$]); sN/P (μM) (Ort.=28,59 SS=24,71) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,758$ $p>,01$] ve [$r_s=-,703$ $p>,01$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (ort.=32,25 SS=2,77) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki varken (sırasıyla: [$r_s=,754$ $p<,01$] ve [$r_s=,681$ $p<,01$]; C konsantrasyonu ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki vardır (sırasıyla: [$r_s=-,622$ $p>,05$] ve [$r_s=-,695$ $p>,01$]). Öte yandan N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanırken (sırasıyla: [$r_s=,944$ $p<,01$]; C konsantrasyonu ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,930$ $p>,01$] ve [$r_s=-,990$ $p>,01$]). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ve C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,992$ $p>,01$] ve [$r_s=-,938$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=896 SS=560) ile C:N oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r_s=,933$ $p<,01$).

Tablo 5.14 *Ulva intestinalis* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	14,27	6,01	14	1	,568*	-,808**	,568*	-0,506	-0,147	-0,457	0,327	-0,304	-0,477	-,666**	-0,402	-,679**	-,825**	,824**	0,432	,710**
Tuz.	17,32	0,82	14		1	-0,395	0,531	-0,379	0,095	-0,443	0,310	-0,047	-0,462	-,609*	-0,348	-0,352	-0,389	0,354	0,390	0,365
Ç.O.	5,29	2,01	14			1	-0,508	0,179	0,068	0,280	-0,251	0,040	0,280	0,445	0,242	0,396	,539*	-,535*	-0,222	-0,465
pH	8,44	0,11	14				1	-0,023	0,084	0,039	,652*	0,020	0,035	-0,244	-0,143	-0,262	-0,271	0,251	0,110	0,298
NO ₂ -N	0,07	0,08	14					1	-0,012	,658*	0,236	,683**	,693**	,617*	,651*	,704**	,762**	-,725**	-0,250	-,668**
NO ₃ -N	0,91	0,33	14						1	0,188	-0,025	0,124	0,200	0,275	-0,165	0,213	0,196	-0,240	-0,132	-0,256
NH ₄ ⁺ -N	9,58	14,22	14							1	0,422	0,513	,996**	,817**	,731**	,653*	,699**	-,642*	-0,231	-,605*
PO ₄ ³⁻ -P	0,33	0,18	14								1	0,432	0,404	-0,102	0,088	-0,043	-0,023	0,065	0,113	0,088
Kl-a	0,13	0,07	14									1	,547*	0,291	0,422	,673**	,662**	-,651*	-0,032	-,639*
ΣN _{inor}	10,56	14,34	14										1	,833**	,719**	,679**	,725**	-,670**	-0,256	-,631*
sN/P	28,59	24,71	14											1	,653*	,719**	,783**	-,758**	-0,396	-,703**
%C	32,25	2,77	14												1	,754**	,681**	-,622*	0,194	-,695**
%N	1,99	1,21	14													1	,944**	-,930**	0,066	-,990**
%P	0,13	0,07	14														1	-,992**	-0,218	-,938**
C:P	896,29	559,78	14															1	0,244	,933**
N:P	35,29	8,92	14																1	-0,066
C:N	25,50	13,31	14																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂-N) + (NO₃-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

5.3.1.2. *Ulva rigida*

U. rigida türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.15'te gösterilmektedir. Buna göre; %C 28,88 (*İst. III; Sonbahar*)- 36,15 (*İst. IV; Kış*); %N 1,00 (*İst. II; İlkbahar*) - 3,65 (*İst. IV; Kış*) ve %P 0,03 (*İst. II ve İst. III; Yaz*) - 0,32 (*İst. IV; Sonbahar*) aralığında yer alırken C:P 266 (*İst. IV; Sonbahar*) - 2678 (*İst. III; Yaz*); N:P 25 (*İst. IV; Sonbahar*) - 70 (*İst. III; Yaz*) ve C:N 11 (*İst. IV; Sonbahar*) - 40 (*İst. II; İlkbahar*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.15 *Ulva rigida* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	İ	34,16	1,08	0,04	2026	55	37
İst. II	S	30,82	1,67	0,11	703	33	22
	K	31,61	1,93	0,13	617	32	19
	İ	34,00	1,00	0,04	2350	60	40
	Y	33,54	1,11	0,03	2484	70	35
İst. III	S	28,88	1,23	0,10	770	28	27
	K	31,11	2,50	0,19	413	28	14
	İ	33,09	1,14	0,06	1462	43	34
	Y	34,05	1,05	0,03	2678	70	38
İst. IV	S	33,32	3,58	0,32	266	25	11
	K	36,15	3,65	0,20	475	41	12
	İ	35,31	2,72	0,20	465	31	15
	Y	35,78	2,26	0,08	1156	63	18
İst. V	S	32,98	2,13	0,13	659	37	18
	K	35,34	3,10	0,13	688	52	13
	İ	34,13	1,80	0,11	826	37	22
	Y	32,83	1,51	0,07	1209	48	25

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $33,36 \pm 0,46$; %N $1,97 \pm 0,21$; %P $0,12 \pm 0,02$; C:P 1132 ± 190 ; N:P $44,29 \pm 3,63$ ve C:N $23,53 \pm 2,40$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.16 ve Tablo 5.17).

Tablo 5.16 *Ulva rigida* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	4	31,50	2,07	1,03	28,21	34,79	28,88	33,32
	K	4	33,55	2,56	1,28	29,48	37,63	31,11	36,15
	İ	5	34,14	0,79	0,35	33,16	35,12	33,09	35,31
	Y	4	34,05	1,26	0,63	32,05	36,05	32,83	35,78
	Toplam	17	33,36	1,91	0,46	32,37	34,34	28,88	36,15
%N	S	4	2,15	1,02	0,51	0,53	3,78	1,23	3,58
	K	4	2,80	0,74	0,37	1,61	3,98	1,93	3,65
	İ	5	1,55	0,73	0,33	0,64	2,45	1,00	2,72
	Y	4	1,48	0,56	0,28	0,60	2,37	1,05	2,26
	Toplam	17	1,97	0,89	0,21	1,51	2,42	1,00	3,65
%P	S	4	0,17	0,10	0,05	0,00	0,33	0,10	0,32
	K	4	0,16	0,04	0,02	0,10	0,22	0,13	0,20
	İ	5	0,09	0,07	0,03	0,01	0,17	0,04	0,20
	Y	4	0,05	0,03	0,01	0,01	0,09	0,03	0,08
	Toplam	17	0,12	0,08	0,02	0,08	0,16	0,03	0,32
C:P	S	4	599,50	226,97	113,48	238,34	960,66	266,00	770,00
	K	4	548,25	126,38	63,19	347,15	749,35	413,00	688,00
	İ	5	1425,80	790,35	353,45	444,45	2407,15	465,00	2350,00
	Y	4	1881,75	811,59	405,79	590,33	3173,17	1156,00	2678,00
	Toplam	17	1132,18	784,79	190,34	728,67	1535,68	266,00	2678,00
N:P	S	4	30,75	5,32	2,66	22,29	39,21	25,00	37,00
	K	4	38,25	10,66	5,33	21,29	55,21	28,00	52,00
	İ	5	45,20	12,13	5,43	30,14	60,26	31,00	60,00
	Y	4	62,75	10,37	5,19	46,25	79,25	48,00	70,00
	Toplam	17	44,29	14,97	3,63	36,60	51,99	25,00	70,00
C:N	S	4	19,50	6,76	3,38	8,75	30,25	11,00	27,00
	K	4	14,50	3,11	1,55	9,55	19,45	12,00	19,00
	İ	5	29,60	10,64	4,76	16,38	42,82	15,00	40,00
	Y	4	29,00	9,20	4,60	14,36	43,64	18,00	38,00
	Toplam	17	23,53	9,90	2,40	18,44	28,62	11,00	40,00

Tablo 5.17 *Ulva rigida* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	1	34,16	.	.	.	.	34,16	34,16
	İst. II	4	32,49	1,52	0,76	30,07	34,91	30,82	34,00
	İst. III	4	31,78	2,29	1,14	28,14	35,43	28,88	34,05
	İst. IV	3	35,14	1,26	0,63	33,13	37,15	33,32	36,15
	İst. V	5	33,82	1,17	0,58	31,96	35,68	32,83	35,34
	Toplam	17	33,36	1,91	0,46	32,37	34,34	28,88	36,15
%N	İst. I	1	1,08	.	.	.	.	1,08	1,08
	İst. II	4	1,43	0,45	0,22	0,72	2,14	1,00	1,93
	İst. III	4	1,48	0,68	0,34	0,39	2,57	1,05	2,50
	İst. IV	3	3,05	0,68	0,34	1,98	4,13	2,26	3,65
	İst. V	5	2,14	0,69	0,35	1,03	3,24	1,51	3,10
	Toplam	17	1,97	0,89	0,21	1,51	2,42	1,00	3,65
%P	İst. I	1	0,04	.	.	.	.	0,04	0,04
	İst. II	4	0,08	0,05	0,02	0,00	0,16	0,03	0,13
	İst. III	4	0,10	0,07	0,03	0	0,21	0,03	0,19
	İst. IV	3	0,20	0,10	0,05	0,04	0,36	0,08	0,32
	İst. V	5	0,11	0,03	0,01	0,06	0,16	0,07	0,13
	Toplam	17	0,12	0,08	0,02	0,08	0,16	0,03	0,32
C:P	İst. I	1	2026,00	.	.	.	.	2026,00	2026,00
	İst. II	4	1538,50	1016,48	508,24	0	3155,95	617,00	2484,00
	İst. III	4	1330,75	998,17	499,08	0	2919,06	413,00	2678,00
	İst. IV	3	590,50	389,09	194,55	0	1209,63	266,00	1156,00
	İst. V	5	845,50	253,05	126,52	442,84	1248,16	659,00	1209,00
	Toplam	17	1132,18	784,79	190,34	728,67	1535,68	266,00	2678,00
N:P	İst. I	1	55,00	.	.	.	.	55,00	55,00
	İst. II	4	48,75	19,21	9,60	18,19	79,31	32,00	70,00
	İst. III	4	42,25	19,81	9,90	10,74	73,76	28,00	70,00
	İst. IV	3	40,00	16,69	8,35	13,44	66,56	25,00	63,00
	İst. V	5	43,50	7,68	3,84	31,28	55,72	37,00	52,00
	Toplam	17	44,29	14,97	3,63	36,60	51,99	25,00	70,00
C:N	İst. I	1	37,00	.	.	.	.	37,00	37,00
	İst. II	4	29,00	10,10	5,05	12,93	45,07	19,00	40,00
	İst. III	4	28,25	10,53	5,27	11,49	45,01	14,00	38,00
	İst. IV	3	14,00	3,16	1,58	8,97	19,03	11,00	18,00
	İst. V	5	19,50	5,20	2,60	11,23	27,77	13,00	25,00
	Toplam	17	23,53	9,90	2,40	18,44	28,62	11,00	40,00

U. rigida türünün C:P ve N:P oranlarının mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunurken (sırasıyla: [KW(3)=9,284 p<0,05]; [F(3-13)=7,281 p<0,05]); istasyonlara bağlı olarak meydana gelen bölgesel farklardan sadece N konsantrasyonunu bölgesel değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (F(3-12)=5,732 p<0,05) (Tablo 5.18).

Gruplar arası farkların anlaşılması amacıyla gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre C:P yaz değeri (Ort.=1882; SH=406) ile kış değeri (Ort.=548; SH=63) arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Dunn-Bonferroni p<0,05). Yine N:P yaz değeri (Ort.=62,75; SH=5,19) ile kış (Ort.=38,25; SH=5,33) ve sonbahar (Ort.=30,75; SH=2,66) değerleri arasındaki farklar da önemli bulunmuştur (Tukey, p<0,05). Bununla birlikte besin elementlerinin bölgesel değişimlerine göre *Ulva rigida* türünün N konsantrasyonu İst. IV değeri (Ort.=3,05; SH=0,34) ile İst. III (Ort.=1,48; SH=0,34) ve İst. II (Ort.=1,43; SH=0,22) arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tukey, p<0,05) (Tablo 5.18).

Tablo 5.18 *Ulva rigida* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	3	KW=4,822	0,185		3	F=3,354	0,055	-
%N	3	F=2,598	0,097	-	3	F=5,732	0,011*	4-2,3
%P	3	F=2,858	0,078	-	3	F=2,687	0,094	-
C:P	3	KW=9,294	0,026*	2-4	3	KW=3,596	0,309	-
N:P	3	F=7,281	0,004*	4-1,2	3	F=0,201	0,894	-
C:N	3	KW=6,982	0,072	-	3	F=3,338	0,056	-

*p<0,05 Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

U. rigida türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.19). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,96 SS=2,66) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken ($r_s=,493$ p<0,05); çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,96 SS=2,66) ile C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) ve N:P oranı (Ort.=44,29

SS=14,97) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,556$ $p>,05$] ve [$r_s=-,604$ $p>,05$]).

Deniz suyunun biyokimyasal parametrelerinden NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,08 SS=0,12) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=1,97 SS=0,89) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki yer alırken (sırasıyla: [$r_s=,737$ $p<,01$], [$r_s=,758$ $p<,01$]); NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,08 SS=0,12) ile C:P oranı (Ort.=1132 SS=785), N:P oranı (Ort.=44,29 SS=14,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,693$ $p>,01$] ve [$r_s=-,491$ $p>,05$] ve [$r_s=-,715$ $p>,01$]). NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=0,94 SS=0,34) ile ise sadece C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=-,483$ $p>,05$).

NO_2^- -N oranına benzer şekilde NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=11,34 SS=15,20) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=1,97 SS=0,89) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüş (sırasıyla: [$r_s=,810$ $p<,05$], [$r_s=,828$ $p<,01$]) ve ayrıca NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=11,34 SS=15,20) ile C:P oranı (Ort.=1132 SS=785), N:P oranı (Ort.=44,29 SS=14,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,793$ $p>,01$] ve [$r_s=-,528$ $p>,05$] ve [$r_s=-,812$ $p>,01$]). Bununla birlikte PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,31 SS=0,17) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=1,99 SS=1,21) ve N konsantrasyonu (%) (Ort.=0,13 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki (sırasıyla: [$r_s=,565$ $p<,05$], [$r_s=,533$ $p<,05$]) ve PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,31 SS=0,17) ile C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r_s=-,584$ $p>,05$). Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,30 SS=0,42) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=1,97 SS=0,89) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,603$ $p<,05$], [$r_s=,721$ $p<,01$]); Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,30 SS=0,42) ile C:P oranı (Ort.=1132 SS=785), N:P oranı (Ort.=44,29 SS=14,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,731$ $p>,01$] ve [$r_s=-,764$ $p>,01$] ve [$r_s=-,625$ $p>,01$]).

Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) ($\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$) (Ort.=13,76 SS=20,03) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=1,97 SS=0,89) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır (sırasıyla: [$r_s=,806$ $p<,01$], [$r_s=,833$ $p<,01$]). $\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$ (Ort.=13,76 SS=20,03) ile C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) N:P oranı (Ort.=44,29 SS=1,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki

görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,804$ $p>,01$], [$r_s=-,551$ $p>,05$] ve [$r_s=-,810$ $p>,01$]). Benzer şekilde sN/P (μM) (Ort.=39,60 SS=40,91) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,97 SS=0,89) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken (sırasıyla: [$r_s=,534$ $p<,05$] ve [$r_s=,640$ $p<,01$]); sN/P (μM) (Ort.=39,60 SS=40,91) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) ve N:P oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,640$ $p>,01$], [$r_s=-,539$ $p>,05$] ve [$r_s=-,556$ $p>,05$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (ort.=33,36 SS=1,91) ile N:P oranı (Ort.=1,99 SS=1,21) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,494$ $p<,05$). Öte yandan N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,99 SS=1,21) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,919$ $p<,01$); N konsantrasyonu ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1132 SS=785), C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,882$ $p>,01$], [$r_s=-,534$ $p>,05$] ve [$r_s=-,994$ $p>,01$]). Ayrıca P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,08) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1132 SS=785), N:P oranı (Ort.=44,29 SS=1,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,984$ $p>,01$], [$r_s=-,726$ $p>,01$] ve [$r_s=-,926$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=1132 SS=785) ile N:P oranı (Ort.=44,29 SS=14,97) ve C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkiye rastlanmıştır (sırasıyla: [$r_s=,835$ $p<,01$], [$r_s=,902$ $p<,01$]) ve N:P oranı (Ort.=44,29 SS=14,97) ile C:N oranı (Ort.=23,53 SS=9,90) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,569$ $p<,05$).

Tablo 5.19 *Ulva rigida* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣNinor	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	15,46	5,44	17	1	,708**	-0,472	0,391	-0,406	-0,027	-0,370	-0,146	0,070	-0,368	-0,331	-0,078	-0,343	-0,470	0,480	0,373	0,335
Tuz.	17,25	0,53	17		1	-0,250	,548*	-0,385	0,248	-0,304	0,108	0,110	-0,294	-0,364	-0,107	-0,217	-0,250	0,262	0,180	0,223
Ç.O.	5,96	2,66	17			1	-0,271	0,173	0,116	0,382	-0,306	0,378	0,400	,590*	-0,412	0,310	,493*	-,556*	-,604*	-0,364
pH	8,44	0,10	17				1	0,063	-0,027	-0,052	0,382	-0,012	-0,044	-0,136	0,396	-0,049	-0,173	0,217	0,227	0,116
NO ₂ ⁻ -N	0,08	0,12	17					1	0,213	,709**	,602*	0,402	,698**	,493*	0,434	,737**	,758**	-,693**	-,491*	-,715**
NO ₃ ⁻ -N	0,94	0,34	17						1	0,467	0,180	0,352	,487*	0,416	-0,134	0,351	0,457	-,483*	-0,408	-0,370
NH ₄ ⁺ -N	11,34	15,20	17							1	0,391	,610**	,998**	,853**	0,276	,810**	,828**	-,793**	-,528*	-,812**
PO ₄ ³⁻ -P	0,31	0,17	17								1	0,101	0,374	-0,022	,565*	,533*	0,403	-0,309	-0,064	-,484*
Kl-a	0,30	0,42	17									1	,625**	,532*	-0,297	,603*	,721**	-,731**	-,764**	-,625**
ΣNinor	13,76	20,03	17										1	,865**	0,243	,806**	,833**	-,804**	-,551*	-,810**
sN/P	39,60	40,91	17											1	0,042	,534*	,640**	-,640**	-,539*	-,556*
%C	33,36	1,91	17												1	0,257	0,025	0,105	,494*	-0,184
%N	1,97	0,89	17													1	,919**	-,882**	-,534*	-,994**
%P	0,12	0,08	17														1	-,984**	-,780**	-,926**
C:P	1132,18	784,79	17															1	,835**	,902**
N:P	44,29	14,97	17																1	,569*
C:N	23,53	9,90	17																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣNinor : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣNinor / PO₄³⁻-P

5.3.1.3. *Cladostephus spongiosus*

C. spongiosus türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.20’de gösterilmektedir. Buna göre; %C 28,10 (*İst. V; Yaz*)- 34,13 (*İst. V; Kış*); %N 1,19 (*İst. I; Yaz*) – 2,03 (*İst. I; Kış*) ve %P 0,06 (*İst. II; Yaz*)- 0,13 (*İst. I; Kış*) aralığında yer alırken C:P 575 (*İst. I; Kış*)- 1466 (*İst. I; Yaz*); N:P 30 (*İst. V; Kış*) - 46 (*İst. II; İlkbahar*) ve C:N 17 (*İst. V; Kış*) - 32 (*İst. V; Yaz*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.20 *Cladostephus spongiosus* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	İ	34,13	1,27	0,10	926	30	31
	Y	33,06	1,39	0,08	1129	41	28
İst. II	S	30,07	2,03	0,13	613	35	17
	K	28,10	1,71	0,13	575	30	19
	İ	32,58	1,40	0,09	962	35	27
	Y	33,38	1,49	0,08	1130	43	26
İst. III	İ	32,54	1,48	0,07	1141	45	26
	Y	32,50	1,19	0,06	1466	46	32

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $32,05 \pm 0,70$; %N $1,50 \pm 0,09$; %P $0,09 \pm 0,01$; C:P 993 ± 104 ; N:P $38,13 \pm 2,29$ ve C:N $25,75 \pm 1,87$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.21 ve Tablo 5.22).

Tablo 5.21 *Cladostephus spongiosus* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	Alt sınır	%95 Güven Aralığı		Mak
							Üst sınır	Min	
%C	S	1	30,07	.	.	.	.	30,07	30,07
	K	1	28,10	.	.	.	.	28,10	28,10
	İ	3	33,08	0,91	0,52	30,83	35,34	32,54	34,13
	Y	3	32,98	0,45	0,26	31,87	34,09	32,50	33,38
	Toplam	8	32,05	1,98	0,70	30,39	33,70	28,10	34,13
%N	S	1	2,03	.	.	.	.	2,03	2,03
	K	1	1,71	.	.	.	.	1,71	1,71
	İ	3	1,38	0,11	0,06	1,12	1,65	1,27	1,48
	Y	3	1,36	0,15	0,09	0,98	1,74	1,19	1,49
	Toplam	8	1,50	0,27	0,09	1,27	1,72	1,19	2,03
%P	S	1	0,13	.	.	.	.	0,13	0,13
	K	1	0,13	.	.	.	.	0,13	0,13
	İ	3	0,09	0,02	0,01	0,05	0,12	0,07	0,10
	Y	3	0,07	0,01	0,01	0,04	0,10	0,06	0,08
	Toplam	8	0,09	0,03	0,01	0,07	0,11	0,06	0,13
C:P	S	1	613,00	.	.	.	.	613,00	613,00
	K	1	575,00	.	.	.	.	575,00	575,00
	İ	3	1009,67	115,15	66,48	723,61	1295,72	926,00	1141,00
	Y	3	1241,67	194,28	112,17	759,05	1724,28	1129,00	1466,00
	Toplam	8	992,75	294,59	104,15	746,47	1239,03	575,00	1466,00
N:P	S	1	35,00	.	.	.	.	35,00	35,00
	K	1	30,00	.	.	.	.	30,00	30,00
	İ	3	36,67	7,64	4,41	17,69	55,64	30,00	45,00
	Y	3	43,33	2,52	1,45	37,08	49,58	41,00	46,00
	Toplam	8	38,13	6,47	2,29	32,72	43,53	30,00	46,00
C:N	1,00	1	17,00	.	.	.	.	17,00	17,00
	2,00	1	19,00	.	.	.	.	19,00	19,00
	3,00	3	28,00	2,65	1,53	21,43	34,57	26,00	31,00
	4,00	3	28,67	3,06	1,76	21,08	36,26	26,00	32,00
	Toplam	8	25,75	5,28	1,87	21,33	30,17	17,00	32,00

Tablo 5.22 *Cladostephus spongiosus* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	Alt sınır	%95 Güven Aralığı		
							Üst sınır	Min	Mak
%C	1,00	2	33,60	0,76	0,54	26,80	40,39	33,06	34,13
	2,00	4	31,03	2,41	1,21	27,20	34,87	28,10	33,38
	3,00	2	32,52	0,03	0,02	32,27	32,77	32,50	32,54
	Toplam	8	32,05	1,98	0,70	30,39	33,70	28,10	34,13
%N	1,00	2	1,33	0,08	0,06	0,57	2,09	1,27	1,39
	2,00	4	1,66	0,28	0,14	1,21	2,10	1,40	2,03
	3,00	2	1,34	0,21	0,15	0	3,18	1,19	1,48
	Toplam	8	1,50	0,27	0,09	1,27	1,72	1,19	2,03
%P	1,00	2	0,09	0,01	0,01	0	0,22	0,08	0,1
	2,00	4	0,11	0,03	0,01	0,07	0,15	0,08	0,13
	3,00	2	0,07	0,01	0,01	0,00	0,13	0,06	0,07
	Toplam	8	0,09	0,03	0,01	0,07	0,11	0,06	0,13
C:P	1,00	2	1027,50	143,54	101,50	0	2317,18	926,00	1129
	2,00	4	820,00	270,27	135,14	0	1250,06	575,00	1130
	3,00	2	1303,50	229,81	162,50	0	3368,26	1141,00	1466
	Toplam	8	992,75	294,59	104,15	746,47	1239,03	575,00	1466
N:P	1,00	2	35,50	7,78	5,50	0	105,38	30,00	41
	2,00	4	35,75	5,38	2,69	27,19	44,31	30,00	43
	3,00	2	45,50	0,71	0,50	39,15	51,85	45,00	46
	Toplam	8	38,13	6,47	2,29	32,72	43,53	30,00	46
C:N	1,00	2	29,50	2,12	1,50	10,44	48,56	28,00	31
	2,00	4	22,25	4,99	2,50	14,31	30,19	17,00	27
	3,00	2	29,00	4,24	3,00	0	67,12	26,00	32
	Toplam	8	25,75	5,28	1,87	21,33	30,17	17,00	32

C. spongiosus türünün C, N ve P içerikleri ile C:P, N:P ve C:N oranlarındaki mevsimsel ve bölgesel farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiş; meydana gelen farklar anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 5.23).

Tablo 5.23 *Cladostephus spongiosus* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	1	F=0,031	0,868	-	2	KW=2,792	0,248	-
%N	1	F=0,062	0,816	-	2	F=1,850	0,250	-
%P	1	F=1,455	0,294	-	2	KW=4,386	0,112	-
C:P	1	F=3,166	0,150	-	2	F=2,691	0,161	-
N:P	1	F=2,062	0,224	-	2	F=2,456	0,181	-
C:N	1	F=0,082	0,789	-	2	KW=3,658	0,161	-

*p<0,05 Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

C. spongiosus türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.24). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden pH (Ort.=8,42 SS=0,05) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,09 SS=0,03) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki saptanırken ($r_s=-,970$ $p>,01$); pH (Ort.=8,42 SS=0,05) ile C:P oranı (Ort.=993 SS=295) ve N:P oranı (Ort.=38,13 SS=6,47) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=,964$ $p<,01$] ve [$r_s=,866$ $p<,01$]). Deniz suyu biyokimyasal parametrelerinden Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,12 SS=0,08) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=32,05 SS=1,98) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=-,822$ $p>,05$). Diğer yandan sN/P (Ort.=19,56 SS=10,97) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,09 SS=0,03) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmış ($r_s=,723$ $p<,05$) ve sN/P (Ort.=19,56 SS=10,97) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=993 SS=295) ve N:P oranı (Ort.=38,13 SS=6,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,714$ $p>,05$] ve [$r_s=-,771$ $p>,05$]). Doku besin elementlerinden N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,50 SS=0,27) ile N:P oranı (Ort.=38,13 SS=6,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,994$ $p>,01$). Ayrıca P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,09 SS=0,03) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=993 SS=295) ve C:N oranı (Ort.=25,75 SS=5,28) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,988$ $p>,01$] ve [$r_s=-,915$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=993 SS=295) ile N:P oranı (Ort.=38,13 SS=6,47) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=,940$ $p<,01$).

Tablo 5.24 *Cladostephus spongiosus* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	16,61	6,22	8	1	,738*	-0,371	0,494	-0,600	-0,310	-0,252	0,265	0,110	-0,310	-0,524	0,333	-0,405	-0,506	0,524	0,554	0,443
Tuz.	17,57	0,96	8		1	-0,072	0,482	-,848**	-0,238	-0,419	0,627	0,172	-0,476	-,738*	0,190	-0,167	-0,518	0,524	0,602	0,216
Ç.O.	5,06	1,60	8			1	-0,352	0,413	-0,515	0,054	0,333	0,469	0,036	0,120	-0,539	0,228	0,230	-0,347	-0,248	-0,283
pH	8,42	0,05	8				1	-0,271	-0,337	-,721*	0,268	-0,385	-0,699	-,783*	0,313	-0,590	-,970**	-,964**	-,866**	0,594
NO ₂ -N	0,04	0,01	8					1	-0,183	0,256	-0,343	-0,134	0,300	0,548	-0,209	-0,052	0,251	-0,326	-0,422	-0,026
NO ₃ -N	0,77	0,20	8						1	0,347	-0,205	-0,479	0,357	0,310	0,500	0,333	0,470	-0,381	-0,482	-0,275
NH ₄ ⁺ -N	3,78	1,94	8							1	-0,036	-0,056	-,994**	-,874**	0,120	0,240	0,612	-0,575	-0,582	-0,271
PO ₄ ³⁻ -P	0,25	0,05	8								1	0,006	-0,048	-0,434	0,145	0,145	-0,390	0,374	0,451	-0,164
Kl-a	0,12	0,08	8									1	-0,086	-0,061	-,822*	0,491	0,317	-0,331	-0,025	-0,494
ΣN _{inor}	4,58	2,06	8										1	-,881**	0,095	0,262	0,590	-0,548	-0,554	-0,299
sN/P	19,56	10,97	8											1	-0,048	0,143	-,723*	-,714*	-,771*	-0,180
%C	32,05	1,98	8												1	-0,476	-0,241	0,262	0,000	0,515
%N	1,50	0,27	8													1	0,602	-0,548	-0,301	-,994**
%P	0,09	0,03	8														1	-,988**	-,915**	-0,588
C:P	992,75	294,59	8															1	-,940**	0,539
N:P	38,13	6,47	8																1	0,291
C:N	25,75	5,28	8																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

5.3.1.4. *Ericaria crinita*

E. crinita türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.25'te gösterilmektedir. Buna göre; %C 34,49 (*İst. III; Kış*)- 39,38 (*İst. I; Yaz*); %N 1,39 (*İst. III; İlkbahar*) – 2,60 (*İst. IV; Kış*) ve %P 0,06 (*İst. I; Sonbahar*)– 0,18 (*İst. III; Kış*) aralığında yer alırken C:P 497 (*İst. III; Kış*) - 1722 (*İst. I; Sonbahar*); N:P 24 (*İst. II; Sonbahar*) – 65 (*İst. V; Yaz*) ve C:N 17 (*İst. V; Kış*) – 32 (*İst. I; Yaz*) aralığında bulunmuştur

Tablo 5.25 *Ericaria crinita* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	S	36,95	1,45	0,06	1722	58	30
	K	37,01	2,08	0,13	718	35	21
	İ	37,31	1,60	0,11	859	32	27
	Y	39,38	1,42	0,09	1186	37	32
İst. II	S	35,72	1,60	0,14	636	24	26
	K	37,15	1,85	0,10	949	41	23
	İ	36,01	1,58	0,10	891	33	27
	Y	38,59	1,40	0,07	1379	43	32
İst. III	S	34,78	1,59	0,12	741	29	26
	K	34,49	2,11	0,18	497	26	19
	İ	36,31	1,39	0,09	1037	34	30
	Y	36,67	1,91	0,12	804	36	22
İst. IV	S	37,71	2,24	0,13	748	38	20
	K	38,00	2,16	0,14	716	35	21
	İ	37,30	2,23	0,16	585	30	19
	Y	37,92	2,49	0,14	699	39	18
İst. V	S	36,28	2,30	0,13	747	41	18
	K	37,11	2,60	0,11	904	54	17
	İ	37,50	2,16	0,12	833	41	20
	Y	37,04	2,47	0,08	1138	65	18

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $36,96 \pm 0,26$; %N $1,93 \pm 0,09$; %P $0,12 \pm 0,01$; C:P 890 ± 65 ; N:P $38,55 \pm 2,30$ ve C:N $23,30 \pm 1,12$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.26 ve Tablo 5.27).

Tablo 5.26 *Ericaria crinita* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	5	36,29	1,12	0,50	34,89	37,68	34,78	37,71
	K	5	36,75	1,33	0,59	35,11	38,40	34,49	38,00
	İ	5	36,89	0,68	0,30	36,05	37,73	36,01	37,50
	Y	5	37,92	1,11	0,50	36,54	39,30	36,67	39,38
	Toplam	20	36,96	1,17	0,26	36,41	37,51	34,49	39,38
%N	S	5	1,84	0,40	0,18	1,34	2,33	1,45	2,30
	K	5	2,16	0,27	0,12	1,82	2,50	1,85	2,60
	İ	5	1,79	0,38	0,17	1,32	2,26	1,39	2,23
	Y	5	1,94	0,54	0,24	1,27	2,60	1,40	2,49
	Toplam	20	1,93	0,40	0,09	1,74	2,12	1,39	2,60
%P	S	5	0,12	0,03	0,01	0,08	0,16	0,06	0,14
	K	5	0,13	0,03	0,01	0,09	0,17	0,10	0,18
	İ	5	0,12	0,03	0,01	0,08	0,15	0,09	0,16
	Y	5	0,10	0,03	0,01	0,06	0,14	0,07	0,14
	Toplam	20	0,12	0,03	0,01	0,10	0,13	0,06	0,18
C:P	S	5	918,80	451,50	201,92	358,19	1479,41	636,00	1722,00
	K	5	756,80	179,77	80,40	533,58	980,02	497,00	949,00
	İ	5	841,00	163,43	73,09	638,07	1043,93	585,00	1037,00
	Y	5	1041,20	281,87	126,06	691,21	1391,19	699,00	1379,00
	Toplam	20	889,45	289,15	64,65	754,13	1024,77	497,00	1722,00
N:P	S	5	38,00	13,10	5,86	21,74	54,26	24,00	58,00
	K	5	38,20	10,33	4,62	25,37	51,03	26,00	54,00
	İ	5	34,00	4,18	1,87	28,81	39,19	30,00	41,00
	Y	5	44,00	12,04	5,39	29,05	58,95	36,00	65,00
	Toplam	20	38,55	10,30	2,30	33,73	43,37	24,00	65,00
C:N	S	5	24,00	4,90	2,19	17,92	30,08	18,00	30,00
	K	5	20,20	2,28	1,02	17,37	23,03	17,00	23,00
	İ	5	24,60	4,83	2,16	18,61	30,59	19,00	30,00
	Y	5	24,40	7,13	3,19	15,55	33,25	18,00	32,00
	Toplam	20	23,30	5,02	1,12	20,95	25,65	17,00	32,00

Tablo 5.27 *Ericaria crinita* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	4	37,66	1,16	0,58	35,82	39,50	36,95	39,38
	İst. II	4	36,87	1,30	0,65	34,79	38,94	35,72	38,59
	İst. III	4	35,56	1,09	0,54	33,83	37,29	34,49	36,67
	İst. IV	4	37,73	0,31	0,16	37,23	38,23	37,30	38,00
	İst. V	4	36,98	0,51	0,26	36,17	37,79	36,28	37,50
	Toplam	20	36,96	1,17	0,26	36,41	37,51	34,49	39,38
%N	İst. I	4	1,64	0,31	0,15	1,15	2,12	1,42	2,08
	İst. II	4	1,61	0,19	0,09	1,31	1,90	1,40	1,85
	İst. III	4	1,75	0,32	0,16	1,24	2,26	1,39	2,11
	İst. IV	4	2,28	0,14	0,07	2,05	2,51	2,16	2,49
	İst. V	4	2,38	0,19	0,10	2,08	2,69	2,16	2,60
	Toplam	20	1,93	0,40	0,09	1,74	2,12	1,39	2,60
%P	İst. I	4	0,10	0,03	0,01	0,05	0,15	0,06	0,13
	İst. II	4	0,10	0,03	0,01	0,06	0,15	0,07	0,14
	İst. III	4	0,13	0,04	0,02	0,07	0,19	0,09	0,18
	İst. IV	4	0,14	0,01	0,01	0,12	0,16	0,13	0,16
	İst. V	4	0,11	0,02	0,01	0,08	0,14	0,08	0,13
	Toplam	20	0,12	0,03	0,01	0,10	0,13	0,06	0,18
C:P	İst. I	4	1121,25	445,90	222,95	411,72	1830,78	718,00	1722,00
	İst. II	4	963,75	308,42	154,21	472,99	1454,51	636,00	1379,00
	İst. III	4	769,75	221,97	110,99	416,54	1122,96	497,00	1037,00
	İst. IV	4	687,00	70,97	35,48	574,07	799,93	585,00	748,00
	İst. V	4	905,50	167,77	83,88	638,55	1172,45	747,00	1138,00
	Toplam	20	889,45	289,15	64,65	754,13	1024,77	497,00	1722,00
N:P	İst. I	4	40,50	11,85	5,92	21,65	59,35	32,00	58,00
	İst. II	4	35,25	8,66	4,33	21,48	49,02	24,00	43,00
	İst. III	4	31,25	4,57	2,29	23,97	38,53	26,00	36,00
	İst. IV	4	35,50	4,04	2,02	29,07	41,93	30,00	39,00
	İst. V	4	50,25	11,59	5,79	31,81	68,69	41,00	65,00
	Toplam	20	38,55	10,30	2,30	33,73	43,37	24,00	65,00
C:N	İst. I	4	27,50	4,80	2,40	19,87	35,13	21,00	32,00
	İst. II	4	27,00	3,74	1,87	21,05	32,95	23,00	32,00
	İst. III	4	24,25	4,79	2,39	16,63	31,87	19,00	30,00
	İst. IV	4	19,50	1,29	0,65	17,45	21,55	18,00	21,00
	İst. V	4	18,25	1,26	0,63	16,25	20,25	17,00	20,00
	Toplam	20	23,30	5,02	1,12	20,95	25,65	17,00	32,00

E. crinita türünün C, N ve P içerikleri ile C:P, N:P ve C:N oranlarındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiştir: Buna göre mevsimlere bağlı farklar istatistiksel olarak önemli bulunmazken ($p>0,05$); istasyonlara bağlı olarak C ile N konsantrasyonları ve C:N oranlarında meydana gelen farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla: $[F(2-11)=6,735 \text{ } p<0,05]$; $[KW(2)=8,738 \text{ } p<0,05]$) (Tablo 5.28). Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklılıkların kaynakları çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku C konsantrasyonunun (%) İst. III değeri (Ort.=35,56; SH=0,34) ile İst. I (Ort.=37,66; SH=0,58) ve İst. IV (Ort.=36,98; SH=0,26) değerleri arasındaki farklar anlamlıdır (Tukey, $p<0,05$). Bununla birlikte doku P konsantrasyonunun (%) İst. IV değeri (Ort.=0,14; SH=0,01) ile İst. I (Ort.=0,10; SH=0,01) ve İst. IV (Ort.=0,10; SH=0,01) değerleri ve İst. V değeri (Ort.=2,38; SH=0,10) ile İst. I (Ort.=0,10; SH=0,01), İst. II (Ort.=0,10; SH=0,01) ve İst. III (Ort.=0,13; SH=0,02) değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Tukey, $p<0,05$). C:N molar oranının ise İst. I değeri (Ort.=27,50; SH=2,40 ile İst. V değeri (Ort.=18,25; SH=0,63) istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Dunn-Bonferroni $p<0,05$) (Tablo 5.28).

Tablo 5.28 *Ericaria crinita* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	3	F=2,014	0,153	-	4	F=3,335	0,038*	3-1,4
%N	3	F=0,811	0,506	-	4	F=9,506	<0,001*	4-1,2; 5-1,2,3
%P	3	F=0,953	0,438	-	4	F=1,852	0,172	-
C:P	3	KW=2,314	0,510	-	4	KW=6,229	0,183	-
N:P	3	KW=3,378	0,337	-	4	KW=7,941	0,094	-
C:N	3	KW=1,870	0,600	-	4	KW=12,972	0,011*	5-1

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

E. crinita türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.29). Buna göre; deniz suyu fizikokimyasal parametreleri ile bir ilişki tespit edilemezken ($p>0,05$); biyokimyasal parametrelerden NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=10,09 SS=14,28) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=1,93 SS=0,40) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03)

arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki (sırasıyla: [$r_s=,560$ $p<,05$], [$r_s=,789$ $p<,01$]) ve NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=10,09 SS=14,28) ile C:P oranı (Ort.=889 SS=289) ve C:N oranı (Ort.=23,30 SS=5,02) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,722$ $p>,01$] ve [$r_s=-,539$ $p>,05$]). Öte yandan PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,29 SS=0,16) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=36,96 SS=1,17) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r_s=,564$ $p<,01$). Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,29 SS=0,39) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03) arasında ise pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken ($r_s=,493$ $p<,05$); Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,29 SS=0,39) ile C:P oranı (Ort.=889 SS=289) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=-,470$ $p>,05$).

Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) ($\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$) (Ort.=11,07 SS=14,50) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,93 SS=0,40) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmış (sırasıyla: [$r_s=,563$ $p<,01$] ve [$r_s=,802$ $p<,01$]); $\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$ (μM) (Ort.=11,07 SS=14,50) ile C:P oranı (Ort.=889 SS=289) ve C:N oranı (Ort.=23,30 SS=5,02) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,741$ $p>,01$] ve [$r_s=-,548$ $p>,05$]). Benzer şekilde sN/P (Ort.=34,10 SS=32,03) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki ($r_s=,665$ $p<,01$) ve sN/P (Ort.=84,89 SS=46,46) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=889 SS=289) ve N:P oranı (Ort.=38,55 SS=10,30) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,653$ $p>,01$] ve [$r_s=-,458$ $p>,05$]).

Doku besin elementlerinden N konsantrasyonu (%) (Ort.=Ort.=1,93 SS=0,40) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken ($r_s=,523$ $p<,05$); N konsantrasyonu (%) (Ort.=1,93 SS=0,40) ile doku C:P oranı (Ort.=889 SS=289) ve C:N oranı (Ort.=23,30 SS=5,02) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,446$ $p>,05$] ve [$r_s=-,969$ $p>,01$]). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,12 SS=0,03) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=889 SS=289), N:P oranı (Ort.=38,55 SS=10,30) ve C:N oranı (Ort.=23,30 SS=5,02) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,980$ $p>,01$], [$r_s=-,569$ $p>,01$] ve [$r_s=-,555$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=889 SS=289) ile N:P oranı (Ort.=38,55 SS=10,30) ve C:N oranı (Ort.=23,30 SS=5,02) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır (sırasıyla: [$r_s=,656$ $p<,01$], [$r_s=,500$ $p<,05$]).

Tablo 5.29 *Ericaria crinita* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	15,76	5,65	20	1	,688**	-0,415	0,426	-0,440	-0,119	-0,360	0,066	0,007	-0,370	-0,415	0,278	-0,044	-0,349	0,361	0,391	0,134
Tuz.	17,44	0,77	20		1	-0,178	0,427	-0,239	-0,047	-,458*	0,063	0,097	-,463*	-,497*	0,196	-0,232	-0,379	0,360	0,283	0,300
Ç.O.	5,94	2,46	20			1	-0,307	0,230	0,138	0,314	-0,293	0,412	0,328	,522*	-0,321	-0,038	0,183	-0,160	-0,183	-0,003
pH	8,43	0,09	20				1	-0,057	0,009	-0,013	0,431	-0,092	-0,008	-0,152	0,382	-0,036	0,039	-0,066	-0,074	0,102
NO ₂ -N	0,09	0,11	20					1	0,097	,461*	0,227	,493*	,470*	0,408	0,192	0,390	0,390	-0,305	0,036	-0,351
NO ₃ -N	0,89	0,33	20						1	,526*	0,183	0,228	,536*	,512*	-0,045	0,298	0,275	-0,270	-0,171	-0,306
NH ₄ ⁺ -N	10,09	14,28	20							1	0,385	0,443	,998**	,859**	0,055	,560*	,789**	-,722**	-0,384	-,539*
PO ₄ ³⁻ -P	0,29	0,16	20								1	-0,048	0,364	-0,037	,564**	0,252	0,229	-0,127	0,019	-0,192
Kl-a	0,29	0,39	20									1	,458*	,446*	-0,236	0,394	,493*	-,470*	-0,017	-0,417
ΣN _{inor}	11,07	14,50	20										1	,872**	0,024	,563**	,802**	-,741**	-0,403	-,548*
sN/P	34,10	32,03	20											1	-0,171	0,403	,665**	-,653**	-,458*	-0,386
%C	36,96	1,17	20												1	0,126	-0,149	0,266	0,421	0,062
%N	1,93	0,40	20													1	,523*	-,446*	0,274	-,969**
%P	0,12	0,03	20														1	-,980**	-,569**	-,555*
C:P	889,45	289,15	20															1	,656**	,500*
N:P	38,55	10,30	20																1	-0,197
C:N	23,30	5,02	20																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂-N) + (NO₃-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

5.3.1.5. *Padina pavonica*

P. pavonica türüne birden fazla istasyonda rastlanmıştır fakat sadece yaz mevsiminde bu türün tespit edilmesinden dolayı kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları yalnızca tek mevsimi temsil etmektedir. Bu dönemde %C 27,01 (*İst. III*) – 31,34 (*İst. II*); %N 1,17 (*İst. III*) – 1,60 (*İst. II*) ve %P 0,0 (*İst. I ve İst. III*)– 0,10 (*İst. II*) aralığında yer alırken C:P 732 (*İst. II*)- 919 (*İst. I*); N:P 33 (*İst. IV; Sonbahar*)- 35 (*İst. I ve İst. III*) ve C:N 23 (*İst. II*) - 28 (*İst. I*) aralığında bulunmuştur (Tablo 5.30).

Tablo 5.30 *Padina pavonica* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	Y	30,11	1,27	0,08	919	33	28
İst. II	Y	31,34	1,60	0,10	732	35	23
İst. III	Y	27,01	1,17	0,08	887	33	27

Doku besin elementlerinin ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %29,49±1,29; %N 1,35±0,13; %P 0,09±0,01; C:P 846±58; N:P 33,67±0,67 ve C:N 26,00±1,53 (ort. ± sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.31).

Tablo 5.31 *Padina pavonica* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel değişimleri

		%95 Güven Aralığı							
Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	Alt sınır	Üst sınır	Min	Mak
%C	İst. I	1	30,11	.	.	.	.	30,11	30,11
	İst. II	1	31,34	.	.	.	.	31,34	31,34
	İst. III	1	27,01	.	.	.	.	27,01	27,01
	Toplam	3	29,49	2,23	1,29	23,94	35,03	27,01	31,34
%N	İst. I	1	1,27	.	.	.	.	1,27	1,27
	İst. II	1	1,60	.	.	.	.	1,60	1,60
	İst. III	1	1,17	.	.	.	.	1,17	1,17
	Toplam	3	1,35	0,23	0,13	0,79	1,91	1,17	1,60
%P	İst. I	1	0,08	.	.	.	.	0,08	0,08
	İst. II	1	0,10	.	.	.	.	0,10	0,10
	İst. III	1	0,08	.	.	.	.	0,08	0,08
	Toplam	3	0,09	0,01	0,01	0,06	0,12	0,08	0,10
C:P	İst. I	1	919,00	.	.	.	.	919,00	919,00
	İst. II	1	732,00	.	.	.	.	732,00	732,00
	İst. III	1	887,00	.	.	.	.	887,00	887,00
	Toplam	3	846,00	100,01	57,74	597,55	1094,45	732,00	919,00
N:P	İst. I	1	33,00	.	.	.	.	33,00	33,00
	İst. II	1	35,00	.	.	.	.	35,00	35,00
	İst. III	1	33,00	.	.	.	.	33,00	33,00
	Toplam	3	33,67	1,15	0,67	30,80	36,54	33,00	35,00
C:N	İst. I	1	28,00	.	.	.	.	28,00	28,00
	İst. II	1	23,00	.	.	.	.	23,00	23,00
	İst. III	1	27,00	.	.	.	.	27,00	27,00
	Toplam	3	26,00	2,65	1,53	19,43	32,57	23,00	28,00

5.3.1.6. *Ceramium* spp.

Ceramium spp. türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.33'te gösterilmektedir. Buna göre; %C 32,29 (İst. IV; Yaz) – 42,59 (İst. II; Yaz); %N 1,40 (İst. IV; Yaz) – 5,14 (İst. I; Kış) ve %P 0,04 (İst. III; Yaz) - 0,20 (İst. II; Sonbahar) aralığında yer alırken C:P 546 (İst. II; Sonbahar) - 2511 (İst. III; Yaz); N:P 44 (İst. I; İlkbahar) -124 (İst. V; Kış) ve C:N 9 (İst. I; Sonbahar) - 30 (İst. I; Yaz) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.32 *Ceranium* spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	K	39,85	5,14	0,11	969	107	9
	İ	37,41	1,80	0,09	1075	44	24
	Y	36,12	1,43	0,05	1938	66	30
İst. II	S	41,61	4,65	0,20	546	52	10
	K	38,86	3,70	0,08	1237	101	12
	İ	37,24	1,84	0,08	1202	51	24
	Y	42,59	4,74	0,17	665	63	10
İst. III	S	37,48	2,44	0,07	1373	77	18
	K	39,49	4,42	0,16	646	62	10
	İ	36,59	1,58	0,05	1772	65	27
	Y	37,05	1,45	0,04	2511	84	30
İst. IV	K	40,36	4,50	0,14	762	73	10
	İ	39,40	4,82	0,16	655	69	10
	Y	32,29	1,40	0,06	1448	54	27
İst. V	S	40,59	4,67	0,15	721	71	10
	K	39,57	4,59	0,08	1242	124	10
	İ	39,76	3,76	0,14	721	59	12
	Y	36,83	2,56	0,08	1171	70	17

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C 38,51±0,56; %N 3,31±0,34; %P 0,11±0,01; C:P 1147±124; N:P 71,78±4,90 ve C:N 16,67±1,89 (ort. ± sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.34 ve Tablo 5.35).

Tablo 5.33 *Ceramium* spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	3	39,89	2,15	1,24	34,55	45,24	37,48	41,61
	K	5	39,63	0,55	0,24	38,95	40,31	38,86	40,36
	İ	5	38,08	1,41	0,63	36,33	39,83	36,59	39,76
	Y	5	36,98	3,68	1,65	32,40	41,55	32,29	42,59
	Toplam	18	38,51	2,39	0,56	37,32	39,69	32,29	42,59
%N	S	3	3,92	1,28	0,74	0,74	7,10	2,44	4,67
	K	5	4,47	0,51	0,23	3,83	5,11	3,70	5,14
	İ	5	2,76	1,45	0,65	0,96	4,56	1,58	4,82
	Y	5	2,32	1,44	0,64	0,53	4,11	1,40	4,74
	Toplam	18	3,31	1,44	0,34	2,59	4,02	1,40	5,14
%P	S	3	0,14	0,07	0,04	0	0,30	0,07	0,20
	K	5	0,11	0,04	0,02	0,07	0,16	0,08	0,16
	İ	5	0,10	0,05	0,02	0,05	0,16	0,05	0,16
	Y	5	0,08	0,05	0,02	0,01	0,15	0,04	0,17
	Toplam	18	0,11	0,05	0,01	0,08	0,13	0,04	0,20
C:P	S	3	880,00	435,82	251,62	0	1962,65	546,00	1373,00
	K	5	971,20	270,88	121,14	634,86	1307,54	646,00	1242,00
	İ	5	1085,00	448,09	200,39	528,62	1641,38	655,00	1772,00
	Y	5	1546,60	709,10	317,12	666,14	2427,06	665,00	2511,00
	Toplam	18	1147,44	524,34	123,59	886,70	1408,19	546,00	2511,00
N:P	S	3	66,67	13,05	7,54	34,25	99,09	52,00	77,00
	K	5	93,40	25,40	11,36	61,86	124,94	62,00	124,00
	İ	5	57,60	10,19	4,56	44,95	70,25	44,00	69,00
	Y	5	67,40	10,99	4,92	53,75	81,05	54,00	84,00
	Toplam	18	71,78	20,77	4,90	61,45	82,11	44,00	124,00
C:N	S	3	12,67	4,62	2,67	1,19	24,14	10,00	18,00
	K	5	10,20	1,10	0,49	8,84	11,56	9,00	12,00
	İ	5	19,40	7,80	3,49	9,72	29,08	10,00	27,00
	Y	5	22,80	8,93	3,99	11,72	33,88	10,00	30,00
	Toplam	18	16,67	8,01	1,89	12,68	20,65	9,00	30,00

Tablo 5.34 *Ceramium* spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	3	37,79	1,89	1,09	33,09	42,50	36,12	39,85
	İst. II	4	40,08	2,46	1,23	36,16	43,99	37,24	42,59
	İst. III	4	37,65	1,28	0,64	35,62	39,69	36,59	39,49
	İst. IV	3	37,35	4,41	2,55	26,40	48,30	32,29	40,36
	İst. V	4	39,19	1,63	0,82	36,59	41,79	36,83	40,59
	Toplam	18	38,51	2,39	0,56	37,32	39,69	32,29	42,59
%N	İst. I	3	2,79	2,04	1,18	0	7,87	1,43	5,14
	İst. II	4	3,73	1,35	0,67	1,59	5,88	1,84	4,74
	İst. III	4	2,47	1,37	0,69	0,29	4,65	1,45	4,42
	İst. IV	3	3,57	1,89	1,09	0	8,27	1,40	4,82
	İst. V	4	3,90	0,98	0,49	2,33	5,46	2,56	4,67
	Toplam	18	3,31	1,44	0,34	2,59	4,02	1,40	5,14
%P	İst. I	3	0,08	0,03	0,02	0,01	0,16	0,05	0,11
	İst. II	4	0,13	0,06	0,03	0,03	0,23	0,08	0,20
	İst. III	4	0,08	0,05	0,03	0	0,17	0,04	0,16
	İst. IV	3	0,12	0,05	0,03	0	0,25	0,06	0,16
	İst. V	4	0,11	0,04	0,02	0,05	0,17	0,08	0,15
	Toplam	18	0,11	0,05	0,01	0,08	0,13	0,04	0,20
C:P	İst. I	3	1327,33	531,50	306,86	7,01	2647,66	969,00	1938,00
	İst. II	4	912,50	358,09	179,05	342,70	1482,30	546,00	1237,00
	İst. III	4	1575,50	778,62	389,31	336,54	2814,46	646,00	2511,00
	İst. IV	3	955,00	430,29	248,43	0	2023,90	655,00	1448,00
	İst. V	4	963,75	281,80	140,90	515,35	1412,15	721,00	1242,00
	Toplam	18	1147,44	524,34	123,59	886,70	1408,19	546,00	2511,00
N:P	İst. I	3	72,33	31,97	18,46	0	151,76	44,00	107,00
	İst. II	4	66,75	23,47	11,74	29,40	104,10	51,00	101,00
	İst. III	4	72,00	10,30	5,15	55,62	88,38	62,00	84,00
	İst. IV	3	65,33	10,02	5,78	40,45	90,22	54,00	73,00
	İst. V	4	81,00	29,18	14,59	34,57	127,43	59,00	124,00
	Toplam	18	71,78	20,77	4,90	61,45	82,11	44,00	124,00
C:N	İst. I	3	21,00	10,82	6,24	0	47,87	9,00	30,00
	İst. II	4	14,00	6,73	3,37	3,29	24,71	10,00	24,00
	İst. III	4	21,25	9,07	4,53	6,82	35,68	10,00	30,00
	İst. IV	3	15,67	9,81	5,67	0	40,05	10,00	27,00
	İst. V	4	12,25	3,30	1,65	6,99	17,51	10,00	17,00
	Toplam	18	16,67	8,01	1,89	12,68	20,65	9,00	30,00

Ceramium spp. türünün C, N ve P içerikleri ile C:P, N:P ve C:N oranlarındaki mevsimsel ve bölgesel farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiş; meydana gelen farklar anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 5.36).

Tablo 5.35 *Ceramium* spp. türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
Parametreler↓	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	3	F=1,584	0,238	-	4	F=0,624	0,538	-
%N	3	KW=4,705	0,195	-	4	KW=2,512	0,643	-
%P	3	F=1,021	0,413	-	4	F=0,788	0,553	-
C:P	3	KW=2,938	0,401	-	4	KW=3,155	0,532	-
N:P	3	KW=6,815	0,078	-	4	KW=1,556	0,817	-
C:N	3	KW=7,523	0,057	-	4	KW=2,371	0,668	-

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

Ceramium spp. türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.37). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) (Ort.=15,50 SS=5,92) ile makroalgal C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,505$ $p<,05$); çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,67 SS=2,33) ile N:P oranı (Ort.=71,78 SS=20,77) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,476$ $p<,05$).

Deniz suyu biyokimyasal parametrelerinden NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=0,90 SS=0,34) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=3,31 SS=1,44) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,540$ $p<,05$] ve [$r_s=,636$ $p<,01$]); NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=1,03 SS=1,09) ile C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,649$ $p<,01$] ve [$r_s=-,537$ $p<,05$]). Benzer şekilde NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=8,08 SS=10,00) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmış ($r_s=,496$ $p<,05$); NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=8,08 SS=10,00) ile C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında

negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,496$ $p>,05$] ve [$r_s=-,502$ $p>,05$]). Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) ($\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$) (Ort.=9,07 SS=1,30) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken (sırasıyla: [$r_s=,489$ $p<0,05$]); $\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$ (Ort.=9,07 SS=1,30) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,496$ $p>,05$] ve [$r_s=-,507$ $p>,05$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (Ort.=38,51 SS=2,49) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=3,31 SS=1,44) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanırken (sırasıyla: [$r_s=,872$ $p<,01$] ve [$r_s=,842$ $p<,01$]); C konsantrasyonu (%) (Ort.=38,51 SS=2,49) ile C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,774$ $p<,01$] ve [$r_s=-,886$ $p<,05$]). N konsantrasyonu (%) (Ort.=3,31 SS=1,44) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,818$ $p<,01$); N konsantrasyonu (%) (Ort.=3,31 SS=1,44) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,774$ $p>,01$] ve [$r_s=-,960$ $p>,01$]). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,11 SS=0,05) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ve C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,986$ $p>,01$] ve [$r_s=-,821$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=1147 SS=524) ile C:N oranı (Ort.=16,67 SS=8,01) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r_s=,785$ $p<,01$).

Tablo 5.36 *Ceranium* spp. türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	15,50	5,92	18	1	,659**	-,542*	0,442	-,621**	-0,154	-0,423	0,091	-0,139	-0,434	-,480*	-0,294	-0,385	-0,262	0,273	-0,199	,505*
Tuz.	17,35	0,74	18		1	-0,318	,511*	-,538*	0,011	-,471*	0,130	-0,075	-,475*	-,542*	-0,246	-0,096	-0,222	0,235	0,105	0,254
Ç.O.	5,67	2,33	18			1	-0,358	0,126	0,074	0,281	-0,425	0,334	0,299	,507*	0,205	0,144	-0,035	0,067	,476*	-0,244
pH	8,43	0,10	18				1	-0,014	0,000	-0,092	0,402	0,031	-0,087	-0,222	-0,409	-0,362	-0,326	0,323	-0,074	0,442
NO ₂ ⁻ -N	0,09	0,12	18					1	0,110	,612**	0,266	0,428	,622**	,480*	0,196	0,331	0,223	-0,252	0,198	-0,409
NO ₃ ⁻ -N	0,90	0,34	18						1	0,432	0,034	0,315	0,444	0,430	0,399	,540*	,636**	-,649**	-0,073	-,537*
NH ₄ ⁺ -N	8,08	10,00	18							1	0,219	,651**	,997**	,815**	0,389	0,395	,496*	-,496*	-0,087	-,502*
PO ₄ ³⁻ -P	0,29	0,16	18								1	0,023	0,192	-0,295	-0,222	-0,142	0,013	-0,036	-0,287	0,143
Kl-a	0,29	0,41	18									1	,669**	,585*	0,441	0,457	0,422	-0,447	0,261	-,515*
ΣN _{inor}	9,07	10,30	18										1	,833**	0,377	0,395	,489*	-,496*	-0,071	-0,507*
sN/P	31,30	28,00	18											1	0,406	0,335	0,405	-0,414	-0,013	-0,466
%C	38,51	2,39	18												1	,872**	,842**	-,774**	0,133	-,866**
%N	3,31	1,44	18													1	,818**	-,774**	0,284	-,960**
%P	0,11	0,05	18														1	-,986**	-0,244	-,821**
C:P	1147,44	524,34	18															1	0,295	,785**
N:P	71,78	20,77	18																1	-0,272
C:N	16,67	8,01	18																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

5.3.1.7. *Corallina officinalis*

C. officinalis türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonu ile bu elementlerin atomik oranları mevsimsel ve bölgesel olarak tablo 5.38’de gösterilmektedir. Buna göre; %C 14,73 (*İst. V; İlkbahar*) – 20,88 (*İst. IV; Sonbahar*); %N 0,50 (*İst. II; Yaz*) – 1,53 (*İst. III; Kış*) ve %P 0,05 (*İst. II; Sonbahar*)– 0,32 (*İst. IV; Kış*) aralığında yer alırken C:P 157 (*İst. IV; Kış*) - 808 (*İst. II; Sonbahar*); N:P 9 (*İst. IV; Kış*) – 36 (*İst. I; İlkbahar*) ve C:N 15 (*İst. III; Kış*) - 38 (*İst. II; Yaz ve İst. III İlkbahar*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.37 *Corallina officinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	K	18,21	0,99	0,07	696	33	21
	İ	18,14	1,22	0,07	626	36	17
	Y	19,26	0,97	0,08	664	29	23
İst. II	S	15,99	0,52	0,05	808	22	36
	K	16,26	0,75	0,06	703	28	25
	İ	15,66	0,73	0,09	473	19	25
	Y	16,31	0,50	0,06	709	18	38
İst. III	S	17,84	0,67	0,08	611	20	31
	K	19,57	1,53	0,10	523	35	15
	İ	16,76	0,52	0,06	665	18	38
	Y	16,53	0,62	0,06	713	23	31
İst. IV	S	20,88	1,39	0,09	610	35	18
	K	19,35	1,27	0,32	157	9	18
	İ	16,63	0,98	0,10	422	21	20
	Y	19,55	1,43	0,11	457	29	16
İst. V	K	18,44	1,37	0,24	201	13	16
	İ	14,73	0,74	0,16	243	11	23
	Y	16,10	0,66	0,08	525	18	29

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $17,57 \pm 0,40$; %N $0,94 \pm 0,08$; %P $0,10 \pm 0,02$; C:P 545 ± 44 ; N:P $23,17 \pm 1,98$ ve C:N $234,44 \pm 1,82$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.39 ve Tablo 5.40).

Tablo 5.38 *Corallina officinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	3	18,24	2,47	1,43	12,10	24,37	15,99	20,88
	K	5	18,37	1,31	0,59	16,74	19,99	16,26	19,57
	İ	5	16,38	1,28	0,57	14,80	17,97	14,73	18,14
	Y	5	17,55	1,70	0,76	15,44	19,66	16,10	19,55
	Toplam	18	17,57	1,69	0,40	16,73	18,41	14,73	20,88
%N	S	3	0,86	0,47	0,27	0	2,02	0,52	1,39
	K	5	1,18	0,31	0,14	0,80	1,57	0,75	1,53
	İ	5	0,84	0,27	0,12	0,50	1,17	0,52	1,22
	Y	5	0,84	0,37	0,17	0,37	1,30	0,50	1,43
	Toplam	18	0,94	0,35	0,08	0,76	1,11	0,50	1,53
%P	S	3	0,07	0,02	0,01	0,02	0,13	0,05	0,09
	K	5	0,16	0,12	0,05	0,01	0,30	0,06	0,32
	İ	5	0,10	0,04	0,02	0,05	0,14	0,06	0,16
	Y	5	0,08	0,02	0,01	0,05	0,10	0,06	0,11
	Toplam	18	0,10	0,07	0,02	0,07	0,14	0,05	0,32
C:P	S	3	676,33	114,03	65,83	393,07	959,59	610,00	808,00
	K	5	456,00	263,40	117,80	128,94	783,06	157,00	703,00
	İ	5	485,80	169,52	75,81	275,31	696,29	243,00	665,00
	Y	5	613,60	116,08	51,91	469,47	757,73	457,00	713,00
	Toplam	18	544,78	188,61	44,46	450,98	638,57	157,00	808,00
N:P	S	3	25,67	8,14	4,70	5,43	45,90	20,00	35,00
	K	5	23,60	11,87	5,31	8,87	38,33	9,00	35,00
	İ	5	21,00	9,19	4,11	9,59	32,41	11,00	36,00
	Y	5	23,40	5,50	2,46	16,57	30,23	18,00	29,00
	Toplam	18	23,17	8,40	1,98	18,99	27,34	9,00	36,00
C:N	S	3	28,33	9,29	5,36	5,25	51,41	18,00	36,00
	K	5	19,00	4,06	1,82	13,96	24,04	15,00	25,00
	İ	5	24,60	8,08	3,61	14,57	34,63	17,00	38,00
	Y	5	27,40	8,32	3,72	17,06	37,74	16,00	38,00
	Toplam	18	24,44	7,72	1,82	20,60	28,29	15,00	38,00

Tablo 5.39 *Corallina officinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

						%95 Güven Aralığı			
Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	Alt sınır	Üst sınır	Min	Mak
%C	İst. I	3	18,54	0,63	0,36	16,98	20,10	18,14	19,26
	İst. II	4	16,06	0,30	0,15	15,58	16,53	15,66	16,31
	İst. III	4	17,68	1,39	0,69	15,47	19,88	16,53	19,57
	İst. IV	4	19,10	1,78	0,89	16,27	21,94	16,63	20,88
	İst. V	3	16,42	1,88	1,08	11,76	21,08	14,73	18,44
	Toplam	18	17,57	1,69	0,40	16,73	18,41	14,73	20,88
%N	İst. I	3	1,06	0,14	0,08	0,71	1,41	0,97	1,22
	İst. II	4	0,63	0,13	0,07	0,41	0,84	0,50	0,75
	İst. III	4	0,84	0,47	0,23	0,09	1,58	0,52	1,53
	İst. IV	4	1,27	0,20	0,10	0,94	1,59	0,98	1,43
	İst. V	3	0,92	0,39	0,22	0	1,89	0,66	1,37
	Toplam	18	0,94	0,35	0,08	0,76	1,11	0,50	1,53
%P	İst. I	3	0,07	0,01	0,00	0,06	0,09	0,07	0,08
	İst. II	4	0,07	0,02	0,01	0,04	0,09	0,05	0,09
	İst. III	4	0,08	0,02	0,01	0,04	0,11	0,06	0,10
	İst. IV	4	0,16	0,11	0,06	0	0,33	0,09	0,32
	İst. V	3	0,16	0,08	0,05	0	0,36	0,08	0,24
	Toplam	18	0,10	0,07	0,02	0,07	0,14	0,05	0,32
C:P	İst. I	3	662,00	35,04	20,23	574,95	749,05	626,00	696,00
	İst. II	4	673,25	141,92	70,96	447,43	899,07	473,00	808,00
	İst. III	4	628,00	81,46	40,73	498,38	757,62	523,00	713,00
	İst. IV	4	411,50	188,28	94,14	111,90	711,10	157,00	610,00
	İst. V	3	323,00	176,19	101,73	0	760,69	201,00	525,00
	Toplam	18	544,78	188,61	44,46	450,98	638,57	157,00	808,00
N:P	İst. I	3	32,67	3,51	2,03	23,94	41,39	29,00	36,00
	İst. II	4	21,75	4,50	2,25	14,59	28,91	18,00	28,00
	İst. III	4	24,00	7,62	3,81	11,88	36,12	18,00	35,00
	İst. IV	4	23,50	11,24	5,62	5,61	41,39	9,00	35,00
	İst. V	3	14,00	3,61	2,08	5,04	22,96	11,00	18,00
	Toplam	18	23,17	8,40	1,98	18,99	27,34	9,00	36,00
C:N	İst. I	3	20,33	3,06	1,76	12,74	27,92	17,00	23,00
	İst. II	4	31,00	6,98	3,49	19,90	42,10	25,00	38,00
	İst. III	4	28,75	9,74	4,87	13,25	44,25	15,00	38,00
	İst. IV	4	18,00	1,63	0,82	15,40	20,60	16,00	20,00
	İst. V	3	22,67	6,51	3,76	6,50	38,83	16,00	29,00
	Toplam	18	24,44	7,72	1,82	20,60	28,29	15,00	38,00

C. officinalis türünün C, N ve P içerikleri ile C:P, N:P ve C:N oranlarındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiştir: Buna göre mevsimlere bağlı farklar istatistiksel olarak önemli bulunmazken ($p>0,05$); istasyonlara bağlı olarak C ve P konsantrasyonları ile C:P oranlarında meydana gelen farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla: [$F(4-13)=3,524$ $p<0,05$]; [$F(4,13)=4,148$ $p<0,05$]; [$F(4-13)=4,524$ $p<0,05$]) (Tablo 5.41).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklılıkların kaynakları çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku C konsantrasyonunun İst. IV değeri (Ort.=19,10; SH=0,89) ile İst. II (Ort.=16,06; SH=0,15) değeri; doku P konsantrasyonunun İst. V değeri (Ort.=0,16; SH=0,05) ile İst. II (Ort.=0,07; SH=0,01) değeri ve C:P molar oranının İst. II (Ort.=673; SH=71) değerleri ve İst. V değeri (Ort.=323; SH=102) değeri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tukey, $p<0,05$) (Tablo 5.41).

Tablo 5.40 *Corallina officinalis* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	3	F=1,446	0,272	-	4	F=3,524	0,037*	4-2
%N	3	F=1,168	0,357	-	4	F=2,530	0,091	-
%P	3	KW=1,937	0,586	-	4	F=4,148	0,022*	5-2
C:P	3	F=1,308	0,311	-	4	F=4,574	0,016*	2-5
N:P	3	F=0,175	0,911	-	4	F=2,612	0,084	-
C:N	3	F=1,426	0,277	-	4	F=2,832	0,069	-

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

C. officinalis türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.42). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,81 SS=2,55) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=17,57 SS=1,69) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r_s=,498$ $p<0,05$).

Deniz suyu biyokimyasal parametrelerinden NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,09 SS=0,12) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=0,94 SS=0,35) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,644$ $p<0,01$], [$r_s=,488$

$p < ,05$]); NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,09 SS=0,12) ile C:P oranı (Ort.=545 SS=189), ve C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s = -,473$ $p > ,05$] ve [$r_s = -,599$ $p > ,01$]).

NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=10,62 SS=14,94) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=17,57 SS=1,69), N konsantrasyonu (%) (ort.=0,94 SS=0,35) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,07) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmış (sırasıyla: [$r_s = ,527$ $p < ,05$], [$r_s = ,689$ $p < ,01$] ve [$r_s = ,642$ $p < ,01$]) ve NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=10,62 SS=14,94) ile C:P oranı (Ort.=545 SS=189) ve C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s = -,613$ $p > ,01$] ve [$r_s = -,680$ $p > ,01$]). Bununla birlikte PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,31 SS=0,17) ile P konsantrasyonu (%) (ort.=0,10 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiş ($r_s = ,601$ $p < ,01$) ve PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,31 SS=0,17) ile C:P oranı (Ort.=545 SS=189) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r_s = -,602$ $p > ,01$).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (Ort.=17,57 SS=1,69) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=0,94 SS=0,35) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanırken ($r_s = ,769$ $p < ,01$); C konsantrasyonu (%) (ort.=17,57 SS=1,69) ile C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s = -,674$ $p > ,01$]). Diğer yandan N konsantrasyonu (%) (Ort.=0,94 SS=0,35) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki ($r_s = ,694$ $p < ,01$) ve N konsantrasyonu (%) (Ort.=0,94 SS=0,35) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=545 SS=189) ve C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s = -,595$ $p > ,01$] ve [$r_s = -,794$ $p > ,01$]). P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,07) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=545 SS=189) ve C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s = -,967$ $p > ,01$] ve [$r_s = -,730$ $p > ,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=545 SS=189) ile C:N oranı (Ort.=24,44 SS=7,72) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r_s = ,650$ $p < ,01$); .

Tablo 5.41 *Corallina officinalis* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣNinor	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	15,38	5,83	18	1	,713**	-,497*	0,458	-,509*	-0,133	-0,411	0,137	-0,100	-0,422	-0,463	-0,158	-0,431	-0,261	0,286	-0,033	0,417
Tuz.	17,39	0,74	18		1	-0,203	,493*	-0,389	0,092	-0,408	0,164	0,019	-0,413	-0,456	-0,098	-0,388	-0,216	0,264	-0,032	0,440
Ç.O.	5,81	2,55	18			1	-0,249	0,206	0,100	0,334	-0,220	0,308	0,350	,542*	,498*	0,344	0,058	0,025	0,242	-0,192
pH	8,44	0,10	18				1	-0,005	0,024	-0,029	0,403	0,056	-0,021	-0,152	0,130	-0,122	0,103	-0,131	-0,164	0,167
NO ₂ ⁻ -N	0,09	0,12	18					1	0,158	,636**	0,389	0,459	,646**	,531*	0,410	,644**	,488*	-,473*	0,158	-,599**
NO ₃ ⁻ -N	0,90	0,33	18						1	0,418	0,190	0,262	0,430	0,426	0,096	0,155	0,178	-0,255	-0,002	-0,172
NH ₄ ⁺ -N	10,62	14,94	18							1	0,433	,584*	,997**	,828**	,527*	,689**	,642**	-,613**	0,076	-,680**
PO ₄ ³⁻ -P	0,31	0,17	18								1	0,202	0,408	-0,042	0,229	0,282	,601**	-,602**	-0,306	-0,285
Kl-a	0,20	0,21	18									1	,604**	,520*	0,215	0,308	0,325	-0,246	0,096	-0,225
ΣNinor	11,60	15,16	18										1	,845**	,542*	,690**	,625**	-,598**	0,095	-,675**
sN/P	34,03	32,83	18											1	,476*	,585*	0,369	-0,350	0,271	-,541*
%C	17,57	1,69	18												1	,769**	0,394	-0,259	0,455	-,674**
%N	0,94	0,35	18													1	,694**	-,595**	0,426	-,974**
%P	0,10	0,07	18														1	-,967**	-0,267	-,730**
C:P	544,78	188,61	18															1	0,373	,650**
N:P	23,17	8,40	18																1	-0,362
C:N	24,44	7,72	18																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣNinor : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣNinor / PO₄³⁻-P

5.3.1.8. *Laurencia obtusa*

L. obtusa türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.43'te gösterilmektedir. Buna göre; %C 30,33 (*İst. V; Yaz*)- 36,82 (*İst. V; Kış*); %N 1,34 (*İst. I; Yaz*) – 3,31 (*İst. I; Kış*) ve %P 0,02 (*İst. II; Yaz*)- 0,05 (*İst. I; Kış*) aralığında yer alırken C:P 1591 (*İst. I; Kış*)- 4255 (*İst. I; Yaz*); N:P 60 (*İst. V; Kış*)- 304 (*İst. II; İlkbahar*) ve C:N 13 (*İst. V; Kış*) - 29 (*İst. V; Yaz*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.42 *Laurencia obtusa* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	K	35,71	2,68	0,02	4255	274	16
	İ	36,19	1,99	0,04	2473	117	21
	Y	33,37	1,61	0,03	2711	112	24
İst. II	K	34,86	3,16	0,02	3914	304	13
	İ	35,92	1,69	0,03	2802	113	25
	Y	33,45	1,57	0,03	3062	123	25
İst. III	K	36,82	3,21	0,03	2948	220	13
	İ	35,61	1,43	0,03	3447	118	29
	Y	30,33	1,34	0,05	1591	60	26

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $34,70 \pm 0,67$; %N $2,08 \pm 0,25$; %P $0,03 \pm 0,00$; C:P 3023 ± 263 ; N:P 160 ± 28 ve C:N $21,33 \pm 1,98$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.44 ve Tablo 5.45).

Tablo 5.43 *Laurencia obtusa* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	K	3	35,80	0,98	0,57	33,36	38,24	34,86	36,82
	İ	3	35,91	0,29	0,17	35,19	36,63	35,61	36,19
	Y	3	32,38	1,78	1,03	27,96	36,80	30,33	33,45
	Toplam	9	34,70	2,02	0,67	33,15	36,24	30,33	36,82
%N	K	3	3,02	0,29	0,17	2,29	3,74	2,68	3,21
	İ	3	1,70	0,28	0,16	1,01	2,40	1,43	1,99
	Y	3	1,51	0,15	0,08	1,14	1,87	1,34	1,61
	Toplam	9	2,08	0,74	0,25	1,50	2,65	1,34	3,21
%P	K	3	0,02	0,01	0,00	0,01	0,04	0,02	0,03
	İ	3	0,03	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03	0,04
	Y	3	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	0,03	0,05
	Toplam	9	0,03	0,01	0,00	0,02	0,04	0,02	0,05
C:P	K	3	3705,67	677,95	391,41	2021,55	5389,78	2948,00	4255,00
	İ	3	2907,33	495,47	286,06	1676,52	4138,15	2473,00	3447,00
	Y	3	2454,67	768,27	443,56	546,18	4363,16	1591,00	3062,00
	Toplam	9	3022,56	790,41	263,47	2415,00	3630,12	1591,00	4255,00
N:P	K	3	266,00	42,57	24,58	160,26	371,74	220,00	304,00
	İ	3	116,00	2,65	1,53	109,43	122,57	113,00	118,00
	Y	3	98,33	33,65	19,43	14,74	181,92	60,00	123,00
	Toplam	9	160,11	84,28	28,09	95,33	224,90	60,00	304,00
C:N	K	3	14,00	1,73	1,00	9,70	18,30	13,00	16,00
	İ	3	25,00	4,00	2,31	15,06	34,94	21,00	29,00
	Y	3	25,00	1,00	0,58	22,52	27,48	24,00	26,00
	Toplam	9	21,33	5,94	1,98	16,77	25,90	13,00	29,00

Tablo 5.44 *Laurencia obtusa* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	3	35,09	1,51	0,87	31,34	38,84	33,37	36,19
	İst. II	3	34,74	1,24	0,72	31,67	37,82	33,45	35,92
	İst. III	3	34,25	3,45	1,99	25,68	42,83	30,33	36,82
	Toplam	9	34,70	2,02	0,67	33,15	36,24	30,33	36,82
%N	İst. I	3	2,09	0,54	0,31	0,75	3,44	1,61	2,68
	İst. II	3	2,14	0,89	0,51	0	4,34	1,57	3,16
	İst. III	3	1,99	1,05	0,61	0	4,61	1,34	3,21
	Toplam	9	2,08	0,74	0,25	1,50	2,65	1,34	3,21
%P	İst. I	3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,04
	İst. II	3	0,03	0,01	0,00	0,01	0,04	0,02	0,03
	İst. III	3	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	0,03	0,05
	Toplam	9	0,03	0,01	0,00	0,02	0,04	0,02	0,05
C:P	İst. I	3	3146,33	967,48	558,57	742,98	5549,69	2473,00	4255,00
	İst. II	3	3259,33	581,67	335,83	1814,38	4704,28	2802,00	3914,00
	İst. III	3	2662,00	960,48	554,54	276,02	5047,98	1591,00	3447,00
	Toplam	9	3022,56	790,41	263,47	2415,00	3630,12	1591,00	4255,00
N:P	İst. I	3	167,67	92,12	53,19	0	396,51	112,00	274,00
	İst. II	3	180,00	107,50	62,07	0	447,05	113,00	304,00
	İst. III	3	132,67	81,00	46,77	0	333,89	60,00	220,00
	Toplam	9	160,11	84,28	28,09	95,33	224,90	60,00	304,00
C:N	İst. I	3	20,33	4,04	2,33	10,29	30,37	16,00	24,00
	İst. II	3	21,00	6,93	4,00	3,79	38,21	13,00	25,00
	İst. III	3	22,67	8,50	4,91	1,54	43,79	13,00	29,00
	Toplam	9	21,33	5,94	1,98	16,77	25,90	13,00	29,00

L. obtusa türünün C, N konsantrasyonları ile N:P ve C:N oranlarının mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunurken (sırasıyla: [$F(2-11)=8,570$ $p<0,05$]; [$F(2-6)=32,715$ $p<0,05$]; [$F(2-6)=25,882$ $p<0,05$] ve [$F(2-6)=15,150$ $p<0,05$]); besin konsantrasyonları ve bunların atomik oranlarının istasyonlara bağlı değişimleri önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 5.46).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklılıkların kaynakları çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku C konsantrasyonunun yaz değeri (Ort.=3,25; SH=0,45) ile kış (Ort.=1,32; SH=0,24) ve ilkbahar (Ort.=1,24; SH=0,31) değerinden ayrıca doku N konsantrasyonunun kış değeri (Ort.=0,20; SH=0,02) ilkbahar (Ort.=0,10; SH=0,02) ve

yaz (Ort.=0,07; SH=0,02) değerinden farklıdır (Tukey $p<0,05$). Bununla birlikte N:P kış değeri (Ort.=44; SH=1,41) ile ilkbahar (Ort.=28; SH=2,10) ve yaz (Ort.=28; SH=2,10) değeri ve yine C:N kış değeri (Ort.=13,20; SH=1,62) ile ilkbahar (Ort.=31,20; SH=4,62) ve yaz (Ort.=33,75; SH=7,25) değerinden (Tukey $p<0,05$) farklı bulunmuştur (Tukey $p<0,05$) (Tablo 5.46).

Tablo 5.45 *Laurencia obtusa* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	2	F=8,570	0,017*	4-2,3	2	F=0,101	0,905	-
%N	2	F=32,715	<0,001*	2-3,4	2	F=0,023	0,977	-
%P	2	F=2,167	0,196	-	2	F=0,875	0,464	-
C:P	2	F=2,788	0,139	-	2	F=0,413	0,679	-
N:P	2	F=25,882	0,001*	2-3,4	2	F=0,204	0,821	-
C:N	2	F=18,150	0,003*	2-3,4	2	F=0,095	0,911	-

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

L. obtusa türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine (Tablo 5.47) göre; fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) (Ort.=14,86 SS=6,61) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=34,70 SS=2,02), N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) ve doku N:P oranı (Ort.=160 SS=84) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunurken (sırasıyla: [$r_s=-,733$ $p>,05$], [$r_s=-,783$ $p>,05$] ve [$r_s=-,767$ $p>,05$]); tuzluluk (ppt) (Ort.=17,46 SS=0,97) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=34,70 SS=2,02) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=-,767$ $p>,05$).

Çözülmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,67 SS=1,95) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunurken ($r_s=,706$ $p<,05$); çözülmüş oksijen yoğunluğu (Ort.=5,67 SS=1,95) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,03 SS=0,01) ve C:N oranı (Ort.=21,33 SS=5,94) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=-,671$ $p>,05$] ve [$r_s=-,682$ $p>,05$]). pH miktarı (Ort.=8,41 SS=0,06) ile C konsantrasyonu (%) (Ort.=34,70 SS=2,02) N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) ve N:P (Ort.=160 SS=84) oranı arasında negatif ve anlamlı bir ilişki

tespit edilmiş (sırasıyla: [$r_s=-,731$ $p>,05$], [$r_s=-,935$ $p>,01$] ve [$r_s=-,672$ $p>,05$]) ayrıca pH (Ort.=8,41 SS=0,06) ile C:N (Ort.=21,33 SS=5,94) oranı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r_s=,890$ $p<,01$).

Deniz suyunun biyokimyasal parametrelerinden NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=0,79 SS=0,23) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=34,70 SS=2,02) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=,700$ $p<,05$). NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=3,93 SS=1,95) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=34,70 SS=2,02) N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=,924$ $p<,01$], [$r_s=,672$ $p<,05$]). Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) ($\Sigma\text{N}_{\text{inor}}$) (Ort.=4,78 SS=2,13) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=34,70 SS=2,02) ve N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $r_s=,933$ $p<,01$], [$r_s=,667$ $p<,05$]); sN/P (μM) (Ort.=21,08 SS=11,23) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=34,70 SS=2,02) ve N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=,900$ $p<,01$], [$r_s=,750$ $p<,05$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (Ort.=34,70 SS=2,02) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,683$ $p<,05$). Öte yandan N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,08 SS=0,74) ile N:P oranı (Ort.=160 SS=84) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,700$ $p<,05$); N konsantrasyonu ile makroalgal C:N oranı (Ort.=21,33 SS=5,94) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r_s=-,950$ $p>,01$). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,03 SS=0,01) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=3023 SS=790) ve N:P oranı (Ort.=160 SS=84) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,908$ $p>,01$] ve [$r_s=-,798$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=3023 SS=790) ile N:P oranı (Ort.=160 SS=84) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r_s=,867$ $p<,01$).

Tablo 5.46 *Laurencia obtusa* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	14,86	6,61	9	1	0,650	-0,664	,840**	-,700*	-0,500	-0,588	0,349	-0,536	-0,633	-,667*	-,733*	-,783*	0,596	-0,633	-,767*	0,613
Tuz.	17,46	0,97	9		1	-0,294	0,580	-,727*	-0,467	-0,622	0,443	-0,051	-,667*	-,817**	-,767*	-0,617	0,055	-0,167	-0,483	0,496
Ç.O.	5,67	1,95	9			1	-,737*	0,577	-0,008	0,339	0,004	,833**	0,345	0,378	0,261	,706*	-,671*	0,487	0,538	-,682*
pH	8,41	0,06	9				1	-0,662	-0,521	-,746*	0,343	-0,575	-,748*	-,790*	-,731*	-,975**	0,592	-0,445	-,672*	,890**
NO ₂ ⁻ -N	0,06	0,07	9					1	0,035	0,550	-0,503	0,399	0,630	,727*	0,550	0,594	-0,444	0,514	0,594	-0,519
NO ₃ ⁻ -N	0,79	0,23	9						1	0,529	-0,102	-0,043	0,517	0,450	,700*	0,583	-0,119	0,167	0,483	-0,471
NH ₄ ⁺ -N	3,93	1,95	9							1	-0,120	0,107	,992**	,908**	,924**	,672*	-0,097	0,042	0,218	-0,496
PO ₄ ³⁻ -P	0,24	0,06	9								1	-0,135	-0,170	-0,451	-0,230	-0,349	0,080	-0,128	-0,341	0,399
Kl-a	0,10	0,03	9									1	0,128	0,128	0,026	0,536	-0,515	0,392	0,468	-0,609
ΣN _{inor}	4,78	2,13	9										1	,917**	,933**	,667*	-0,128	0,117	0,283	-0,487
sN/P	21,08	11,23	9											1	,900**	,750*	-0,128	0,083	0,333	-0,605
%C	34,70	2,02	9												1	,683*	-0,128	0,167	0,383	-0,462
%N	2,08	0,74	9													1	-0,560	0,400	,700*	-,950**
%P	0,03	0,01	9														1	-,908**	-,798**	0,523
C:P	3022,56	790,41	9															1	,867**	-0,328
N:P	160,11	84,28	9																1	-0,664
C:N	21,33	5,94	9																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

5.3.1.9. *Pteroclatiella capillacea*

P. capillacea türünün kuru ağırlıktaki doku besin elementi (C, N, P) konsantrasyonları ile bu elementlerin atomik oranları tablo 5.48’de gösterilmektedir. Buna göre; %C 31,94 (*İst. III; Sonbahar*) – 43,04 (*İst. IV; Kış*); %N 1,25 (*İst. II; İlkbahar*) - 3,96 (*İst. IV; Kış*) ve %P 0,03 (*İst. II ve İst. III; Yaz*) - 0,28 (*İst. IV; Sonbahar*) aralığında yer alırken C:P 373 (*İst. IV; Sonbahar*) - 3091 (*İst. III; Yaz*); N:P 31 (*İst. IV; Sonbahar*) - 126 (*İst. III; Yaz*) ve C:N 12 (*İst. IV; Sonbahar*) - 30 (*İst. II; İlkbahar*) aralığında bulunmuştur.

Tablo 5.47 *Pteroclatiella capillacea* türünün C, N, P konsantrasyonu ve C:P, N:P, C:N oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
İst. I	S	40,54	2,22	0,04	2692	126	21
	İ	40,51	1,96	0,04	2866	119	24
	Y	39,75	1,61	0,03	3091	107	29
İst. II	S	36,50	2,23	0,09	1018	53	19
	K	37,47	2,95	0,06	1699	115	15
	İ	37,37	2,33	0,04	2186	117	19
	Y	31,94	1,25	0,03	2571	86	30
İst. IV	S	40,57	3,96	0,28	373	31	12
	K	41,36	3,61	0,07	1608	120	13
	İ	41,41	2,65	0,07	1498	82	18
	Y	43,04	3,09	0,08	1479	91	16
İst. V	Y	41,93	2,59	0,05	2376	126	19

Doku besin elementlerinin yıllık ortalama değerleri ve bunların molar oranları; %C $39,37 \pm 0,89$; %N $2,54 \pm 0,23$; %P $0,07 \pm 0,02$; C:P 1955 ± 235 ; N:P $97,75 \pm 8,78$ ve C:N $19,58 \pm 1,64$ (ort. $\pm$ sh) olarak bulunmuştur (Tablo 5.49 ve Tablo 5.50).

Tablo 5.48 *Pterocladella capillacea* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ortalamaları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	3	39,20	2,34	1,35	33,39	45,02	36,50	40,57
	K	2	39,42	2,75	1,95	14,70	64,13	37,47	41,36
	İ	3	39,76	2,12	1,22	34,49	45,03	37,37	41,41
	Y	4	39,17	5,01	2,50	31,20	47,13	31,94	43,04
	Toplam	12	39,37	3,07	0,89	37,42	41,31	31,94	43,04
%N	S	3	2,80	1,00	0,58	0,31	5,29	2,22	3,96
	K	2	3,28	0,47	0,33	0	7,47	2,95	3,61
	İ	3	2,31	0,35	0,20	1,46	3,17	1,96	2,65
	Y	4	2,14	0,85	0,43	0,78	3,49	1,25	3,09
	Toplam	12	2,54	0,78	0,23	2,04	3,04	1,25	3,96
%P	S	3	0,14	0,13	0,07	0	0,45	0,04	0,28
	K	2	0,07	0,01	0,01	0,00	0,13	0,06	0,07
	İ	3	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,04	0,07
	Y	4	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,03	0,08
	Toplam	12	0,07	0,07	0,02	0,03	0,12	0,03	0,28
C:P	S	3	1361,00	1196,94	691,06	0	4334,38	373,00	2692,00
	K	2	1653,50	64,35	45,50	1075,37	2231,63	1608,00	1699,00
	İ	3	2183,33	684,00	394,91	484,17	3882,49	1498,00	2866,00
	Y	4	2379,25	671,77	335,88	1310,32	3448,18	1479,00	3091,00
	Toplam	12	1954,75	813,28	234,77	1438,02	2471,48	373,00	3091,00
N:P	S	3	70,00	49,73	28,71	0	193,53	31,00	126,00
	K	2	117,50	3,54	2,50	85,73	149,27	115,00	120,00
	İ	3	106,00	20,81	12,01	54,31	157,69	82,00	119,00
	Y	4	102,50	18,05	9,02	73,78	131,22	86,00	126,00
	Toplam	12	97,75	30,43	8,78	78,42	117,08	31,00	126,00
C:N	S	3	17,33	4,73	2,73	5,59	29,07	12,00	21,00
	K	2	14,00	1,41	1,00	1,29	26,71	13,00	15,00
	İ	3	20,33	3,21	1,86	12,35	28,32	18,00	24,00
	Y	4	23,50	7,05	3,52	12,29	34,71	16,00	30,00
	Toplam	12	19,58	5,70	1,64	15,96	23,20	12,00	30,00

Tablo 5.49 *Pterocladella capillacea* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının bölgesel ortalamaları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	3	40,27	0,45	0,26	39,15	41,38	39,75	40,54
	İst. II	4	35,82	2,62	1,31	31,65	39,99	31,94	37,47
	İst. IV	4	41,60	1,04	0,52	39,94	43,25	40,57	43,04
	İst. V	1	41,93	.	.	.	.	41,93	41,93
	Toplam	12	39,37	3,07	0,89	37,42	41,31	31,94	43,04
%N	İst. I	3	1,93	0,31	0,18	1,17	2,69	1,61	2,22
	İst. II	4	2,19	0,70	0,35	1,07	3,31	1,25	2,95
	İst. IV	4	3,33	0,58	0,29	2,41	4,24	2,65	3,96
	İst. V	1	2,59	.	.	.	.	2,59	2,59
	Toplam	12	2,54	0,78	0,23	2,04	3,04	1,25	3,96
%P	İst. I	3	0,04	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03	0,04
	İst. II	4	0,06	0,03	0,01	0,01	0,10	0,03	0,09
	İst. IV	4	0,13	0,10	0,05	0	0,29	0,07	0,28
	İst. V	1	0,05	.	.	.	.	0,05	0,05
	Toplam	12	0,07	0,07	0,02	0,03	0,12	0,03	0,28
C:P	İst. I	3	2883,00	200,04	115,49	2386,07	3379,93	2692,00	3091,00
	İst. II	4	1868,50	669,92	334,96	802,50	2934,50	1018,00	2571,00
	İst. IV	4	1239,50	580,46	290,23	315,86	2163,14	373,00	1608,00
	İst. V	1	2376,00	.	.	.	.	2376,00	2376,00
	Toplam	12	1954,75	813,28	234,77	1438,02	2471,48	373,00	3091,00
N:P	İst. I	3	117,33	9,61	5,55	93,46	141,20	107,00	126,00
	İst. II	4	92,75	30,05	15,02	44,94	140,56	53,00	117,00
	İst. IV	4	81,00	37,07	18,53	22,02	139,98	31,00	120,00
	İst. V	1	126,00	.	.	.	.	126,00	126,00
	Toplam	12	97,75	30,43	8,78	78,42	117,08	31,00	126,00
C:N	İst. I	3	24,67	4,04	2,33	14,63	34,71	21,00	29,00
	İst. II	4	20,75	6,45	3,22	10,49	31,01	15,00	30,00
	İst. IV	4	14,75	2,75	1,38	10,37	19,13	12,00	18,00
	İst. V	1	19,00	.	.	.	.	19,00	19,00
	Toplam	12	19,58	5,70	1,64	15,96	23,20	12,00	30,00

P. capillaceae türünün C, N ve P içerikleri ile C:P, N:P ve C:N oranlarındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One-way Anova ya da Kruskal-Wallis H) kullanılarak anlamlılık açısından test edilmiştir: Buna göre mevsimlere bağlı farklar istatistiksel olarak önemli bulunmazken ($p>0,05$); istasyonlara bağlı olarak C ve N konsantrasyonları ile C:P

oranlarında meydana gelen farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla: $[F(2-8)=11,867 \text{ } p<0,05]$; $[F(2,8)=6,133 \text{ } p<0,05]$; $[F(2-8)=7,623 \text{ } p<0,05]$) (Tablo 5.51).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklılıkların kaynakları çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku C konsantrasyonunun İst. II değeri (Ort.=35,82; SH=1,31) İst. I (Ort.=40,27; SH=0,26) ve İst. IV (Ort.=41,60; SH=0,52) değerinden; doku N konsantrasyonunun İst. IV değeri (Ort.=3,33; SH=0,29) İst. I (Ort.=1,93; SH=0,18) değerinden ve C:P molar oranının İst. I (Ort.=2883; SH=115) değeri ve İst. IV değerinden (Ort.=1240; SH=290) farklı bulunmuştur (Tukey $p<0,05$) (Tablo 5.51).

Tablo 5.50 *Pterocladia capillacea* türünün C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının mevsimsel ve bölgesel değişimi

Parametreler↓	Mevsimlere göre				İstasyonlara göre			
	df	F - KW	p	Anlamlılık 1	df	F - KW	p	Anlamlılık 2
%C	3	F=0,019	0,996	-	2	F=11,867	0,004*	2-1,4
%N	3	F=1,214	0,365	-	2	F=6,133	0,024*	4-1
%P	3	KW=2,917	0,405	-	2	KW=5,224	0,073	-
C:P	3	F=1,094	0,406	-	2	F=7,623	0,014*	1-4
N:P	3	KW=1,272	0,736	-	2	F=1,312	0,322	-
C:N	3	KW=4,070	0,254	-	2	F=3,916	0,065	-

* $p<0,05$ Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2:Kış 3:İlkbahar 4:Yaz (Anlamlılık)

1:İst. I 2:İst. II 3:İst. III 4:İst. IV 5:İst. V (Anlamlılık 2)

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

P. capillacea türünün doku besin konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.52). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden pH oranı (Ort.=8,46 SS=0,09) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=39,37 SS=3,09) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,632 \text{ } p<0,05$).

Deniz suyunun biyokimyasal parametrelerinden NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,10 SS=0,14) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=2,54 SS=0,78) pozitif ve anlamlı bir ilişki ($r_s=,632 \text{ } p<0,05$); NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,10 SS=0,14) ile C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=-,643 \text{ } p>0,05$). NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=13,07 SS=18,01) ile N konsantrasyonu (%) (ort.=2,54 SS=0,78) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[r_s=,623 \text{ } p<0,05]$ ve $[r_s=,717 \text{ } p<0,01]$); NH_4^+ -N oranı (μM)

(Ort.=13,07 SS=18,01) ile C:P oranı (Ort.=1955 SS=813), N:P oranı (Ort.=97,75 SS=30,43) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,690$ $p>,05$] ve [$r_s=-,646$ $p>,05$]). Klorofil-*a* konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,24 SS=0,25) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,703$ $p<,05$); Klorofil-*a* konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,24 SS=0,25) ile C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,640$ $p>,05$] ve [$r_s=-,577$ $p>,05$]). Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) (ΣNinor) (Ort.=14,13 SS=18,25) N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,54 SS=0,78) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,643$ $p<,05$] ve [$r_s=,731$ $p<,01$]); ΣNinor (Ort.=14,13 SS=18,25) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,692$ $p>,05$] ve [$r_s=-,662$ $p>,05$]). Benzer şekilde sN/P (Ort.=37,12 SS=39,89) N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,54 SS=0,78) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,608$ $p<,05$] ve [$r_s=,696$ $p<,05$]); sN/P (Ort.=37,12 SS=39,89) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,601$ $p>,05$] ve [$r_s=-,641$ $p>,05$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (ort.=39,37 SS=3,09) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,54 SS=0,78) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r_s=,601$ $p<,05$). Diğer yandan N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,54 SS=0,78) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken ($r_s=,813$ $p<,01$); N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,54 SS=0,78) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,769$ $p>,01$] ve [$r_s=-,986$ $p>,01$]). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,07 SS=0,07) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,940$ $p>,01$] ve [$r_s=-,833$ $p>,01$]). Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=1955 SS=813) ile N:P oranı (Ort.=97,75 SS=30,43) ve C:N oranı (Ort.=19,58 SS=5,70) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla: [$r_s=,609$ $p<,05$] ve [$r_s=,796$ $p<,01$]).

Tablo 5.51 *Pterocladia capillacea* türünün elementel kompozisyonu ile ekolojik değişkenlerin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣNinor	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	16,75	5,72	12	1	,727**	-0,497	0,253	-0,373	-0,042	-0,385	0,071	-0,032	-0,378	-0,476	0,168	-0,357	-0,237	0,252	-0,067	0,458
Tuz.	17,67	0,86	12		1	-0,126	0,144	-0,143	0,000	-0,473	0,178	0,200	-0,469	-,608*	0,070	-0,336	-0,385	0,329	0,039	0,401
Ç.O.	5,46	2,34	12			1	-0,404	0,480	-0,133	0,245	-0,050	0,337	0,238	0,336	-0,231	0,329	0,180	-0,140	-0,056	-0,430
pH	8,46	0,09	12				1	0,209	0,365	0,360	,797**	0,102	0,354	0,081	,632*	0,351	0,156	-0,221	-0,149	-0,237
NO ₂ -N	0,10	0,14	12					1	0,183	0,483	0,255	,710**	0,491	0,520	0,563	,638*	0,538	-0,398	-0,070	-,643*
NO ₃ -N	0,96	0,36	12						1	0,347	0,409	0,081	0,357	0,392	0,210	0,245	0,191	-0,224	-0,123	-0,225
NH ₄ ⁺ -N	13,07	18,01	12							1	,619*	0,359	,998**	,893**	0,287	,623*	,717**	-,690*	-0,482	-,646*
PO ₄ ³⁻ -P	0,33	0,20	12								1	0,289	,618*	0,284	0,473	0,480	0,330	-0,416	-0,372	-0,426
Kl-a	0,24	0,25	12									1	0,369	0,274	0,422	0,562	,703*	-,640*	-0,305	-,577*
ΣNinor	14,13	18,25	12										1	,902**	0,322	,643*	,731**	-,692*	-0,455	-,662*
sN/P	37,12	39,89	12											1	0,231	,608*	,696*	-,601*	-0,287	-,641*
%C	39,37	3,07	12												1	,601*	0,421	-0,252	0,224	-0,486
%N	2,54	0,78	12													1	,813**	-,769**	-0,144	-,986**
%P	0,07	0,07	12														1	-,940**	-0,464	-,833**
C:P	1954,75	813,28	12															1	,609*	,796**
N:P	97,75	30,43	12																1	0,198
C:N	19,58	5,70	12																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣNinor : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣNinor / PO₄³⁻-P

5.3.2. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun mevsimsel değişimi

Çalışmada yer alan tüm makroalglerin ortalama mevsimsel C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranları tek yönlü varyans analizi (Kruskal-Wallis H) kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre ortalama N (%), P (%) konsantrasyonları ile C:P ve C:N oranları için mevsimler arası farklar önemli bulunmuştur (sırasıyla: [KW(3)=21,729 p<0,01]; [KW(3)=23,833 p<0,01]; [KW(3)=17,148 p<0,01]; [KW(3)=39,393 p<0,01]) (Tablo 5.54).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklar incelendiğinde N (%) konsantrasyonunun kış değeri (Ort.=2,79; SH=0,21) ilkbahar (Ort.=1,69; SH=0,15) ve yaz (Ort.=1,60; SH=0,13) değerinden istatistiksel olarak farklıdır (Dunn- Bonferroni, p<0,05). Bunun yanı sıra doku P (%) konsantrasyonunun yaz değeri (Ort.=0,07; SH=0,01) ile sonbahar (Ort.=0,11; SH=0,02) ve kış (Ort.=0,13; SH=0,01) değerleri arasındaki farklar ve aynı şekilde molar element oranlarından C:P yaz oranı (Ort.=1462; SH=129) ile sonbahar (Ort.=861; SH=126) ve kış (Ort.=1011; SH=182) oranları arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur (Dunn-Bonferroni). N (%) konsantrasyonunun mevsimsel değişiminde olduğu gibi N:P oranının için de kış değerinin (Ort.=15,33; SH=0,79) ilkbahar (Ort.=25,50; SH=1,36) ve yaz (Ort.=26,58; SH=1,34) değerlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu görölmüştür (Dunn- Bonferroni, p<0,05) (Tablo 5.54).

Tablo 5.52 Makroalglerin mevsimlere göre ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranları

Parametre↓	Mevsim↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	S	19	33,13	7,58	1,74	29,48	36,78	15,99	41,61
	K	30	33,04	7,34	1,34	30,30	35,78	16,26	41,36
	İ	34	32,75	7,38	1,27	30,18	35,32	14,73	41,41
	Y	36	32,28	7,18	1,20	29,85	34,71	16,10	43,04
	Toplam	119	32,74	7,25	0,66	31,43	34,06	14,73	43,04
%N	S	19	2,24	1,19	0,27	1,67	2,81	0,52	4,67
	K	30	2,79	1,17	0,21	2,36	3,23	0,75	5,14
	İ	34	1,69	0,86	0,15	1,39	1,99	0,52	4,82
	Y	36	1,60	0,80	0,13	1,33	1,87	0,50	4,74
	Toplam	119	2,03	1,10	0,10	1,83	2,23	0,50	5,14
%P	S	19	0,13	0,07	0,02	0,09	0,16	0,04	0,32
	K	30	0,13	0,07	0,01	0,11	0,16	0,02	0,32
	İ	34	0,09	0,04	0,01	0,07	0,11	0,03	0,20
	Y	36	0,07	0,03	0,01	0,06	0,08	0,03	0,17
	Toplam	119	0,10	0,06	0,01	0,09	0,11	0,02	0,32
C:P	S	19	860,89	550,07	126,19	595,77	1126,02	266,00	2692,00
	K	30	1011,43	997,14	182,05	639,10	1383,77	157,00	4255,00
	İ	34	1231,09	799,11	137,05	952,27	1509,91	243,00	3447,00
	Y	36	1461,86	776,74	129,46	1199,05	1724,67	457,00	3091,00
	Toplam	119	1186,42	834,64	76,51	1034,91	1337,93	157,00	4255,00
N:P	S	19	43,95	25,53	5,86	31,64	56,25	20,00	126,00
	K	30	72,33	73,72	13,46	44,81	99,86	9,00	304,00
	İ	34	50,15	32,01	5,49	38,98	61,32	11,00	119,00
	Y	36	56,58	28,40	4,73	46,98	66,19	18,00	126,00
	Toplam	119	56,70	45,40	4,16	48,46	64,94	9,00	304,00
C:N	S	19	20,53	7,34	1,68	16,99	24,06	10,00	36,00
	K	30	15,33	4,34	0,79	13,71	16,95	9,00	25,00
	İ	34	25,50	7,95	1,36	22,73	28,27	10,00	45,00
	Y	36	26,58	8,03	1,34	23,87	29,30	10,00	51,00
	Toplam	119	22,47	8,42	0,77	20,94	24,00	9,00	51,00

Tablo 5.53 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının mevsimlere göre değişimi

Mevsimlere göre değişim				
Parametreler↓	df	F - KW	p	Anlamlılık
%C	3	KW=1,275	0,735	-
%N	3	KW=23,729	<0,001*	2-3,4
%P	3	KW=21,833	<0,001*	4-1,2
C:P	3	KW=17,148	<0,001*	4-1,2
N:P	3	KW=4,499	0,212	-
C:N	3	KW=39,393	<0,001*	2-3,4

*p<0,05 Anova (F)- Kruskal Wallis (KW)

1: Sonbahar 2: Kış 3: İlkbahar 4: Yaz (Anlamlılık)

5.3.3. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun bölgesel değişimi

Mevcut çalışmada yer alan tüm makroalglerin ortalama mevsimsel C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranları tek yönlü varyans analizi (Kruskal-Wallis H) kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre ortalama N (%), P (%) konsantrasyonları ve C:N oranları için istasyonlar arası farklar önemli bulunmuştur (sırasıyla: [KW(4)=17,474 p<0,01]; [KW(4)=23,214 p<0,01]; [KW(4)=15,495 p<0,01]) (Tablo 5.56).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farklar incelendiğinde doku N (%) konsantrasyonunun İst. IV değerinin (Ort.=35,56; SH=0,34) İst. I (Ort.=37,66; SH=0,58), İst. II (Ort.=36,98; SH=0,26) ve İst. III (Ort.=36,98; SH=0,26) değerlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür (Dunn-Bonferroni p<0,05). Benzer şekilde P konsantrasyonunun da İst. IV değerinin (Ort.=35,56; SH=0,34) İst. I (Ort.=37,66; SH=0,58), İst. II (Ort.=36,98; SH=0,26) ve İst. III (Ort.=36,98; SH=0,26) değerlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür (Dunn-Bonferroni p<0,05) arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Dunn-Bonferroni p<0,05). Bunun yanı sıra P (%) konsantrasyonu İst. I (Ort.=36,98; SH=0,26) ve İst. V (Ort.=36,98; SH=0,26) değerleri arasındaki fark da anlamlıdır (Dunn-Bonferroni p<0,05). Öte yandan N:P molar oranının İst. I değeri (Ort.=27,50; SH=2,40 ile İst. IV değeri (Ort.=18,25; SH=0,63) istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Dunn-Bonferroni p<0,05) (Tablo 5.56).

Tablo 5.54 Makroalglerin bölgelere göre ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P C:N oranları

Parametre↓	İstasyon↓	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	İst. I	23,00	33,76	6,67	1,39	30,88	36,65	18,14	40,54
	İst. II	31,00	32,19	7,15	1,28	29,57	34,81	15,66	42,59
	İst. III	24,00	31,14	6,85	1,40	28,25	34,03	16,53	39,49
	İst. IV	23,00	34,32	7,69	1,60	31,00	37,65	16,63	43,04
	İst. V	18,00	32,51	8,28	1,95	28,40	36,63	14,73	41,93
	Toplam	119,00	32,74	7,25	0,66	31,43	34,06	14,73	43,04
%N	İst. I	23,00	1,80	1,04	0,22	1,35	2,25	0,72	5,14
	İst. II	31,00	1,84	1,05	0,19	1,45	2,22	0,50	4,74
	İst. III	24,00	1,63	0,88	0,18	1,26	2,00	0,52	4,42
	İst. IV	23,00	2,75	1,14	0,24	2,26	3,24	0,98	4,82
	İst. V	18,00	2,26	1,06	0,25	1,73	2,79	0,66	4,67
	Toplam	119,00	2,03	1,10	0,10	1,83	2,23	0,50	5,14
%P	İst. I	23,00	0,08	0,05	0,01	0,05	0,10	0,02	0,26
	İst. II	31,00	0,08	0,05	0,01	0,07	0,10	0,02	0,2
	İst. III	24,00	0,09	0,05	0,01	0,07	0,11	0,03	0,21
	İst. IV	23,00	0,15	0,08	0,02	0,12	0,18	0,06	0,32
	İst. V	18,00	0,12	0,05	0,01	0,09	0,14	0,05	0,24
	Toplam	119,00	0,10	0,06	0,01	0,09	0,11	0,02	0,32
C:P	İst. I	23,00	1607,57	1017,24	212,11	1167,68	2047,45	351,00	4255
	İst. II	31,00	1315,65	897,00	161,11	986,62	1644,67	473,00	3914
	İst. III	24,00	1266,88	850,96	173,70	907,54	1626,21	387,00	3447
	İst. IV	23,00	761,30	428,37	89,32	576,07	946,54	157,00	1608
	İst. V	18,00	861,67	472,67	111,41	626,61	1096,72	201,00	2376
	Toplam	119,00	1186,42	834,64	76,51	1034,91	1337,93	157,00	4255
N:P	İst. I	23,00	69,52	56,53	11,79	45,08	93,97	27,00	274
	İst. II	31,00	60,52	55,08	9,89	40,31	80,72	18,00	304
	İst. III	24,00	52,21	43,22	8,82	33,96	70,46	18,00	220
	İst. IV	23,00	49,87	30,41	6,34	36,72	63,02	9,00	124
	İst. V	18,00	48,44	26,11	6,15	35,46	61,43	11,00	126
	Toplam	119,00	56,70	45,40	4,16	48,46	64,94	9,00	304
C:N	İst. I	23,00	25,48	8,88	1,85	21,64	29,32	9,00	51
	İst. II	31,00	24,39	8,51	1,53	21,27	27,51	10,00	40
	İst. III	24,00	26,00	8,75	1,79	22,30	29,70	10,00	45
	İst. IV	23,00	16,04	4,43	0,92	14,13	17,96	10,00	27
	İst. V	18,00	18,83	5,25	1,24	16,22	21,44	10,00	29
	Toplam	119,00	22,47	8,42	0,77	20,94	24,00	9,00	51

Tablo 5.55 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının istasyonlara göre değişimi

İstasyonlara göre değişim				
Parametreler↓	df	F - KW	p	Anlamlılık
%C	4	KW=7,656	0,105	-
%N	4	KW=17,474	0,002*	4-1,2,3
%P	4	KW=23,214	<0,001*	<u>4-1,2,3; 5-1</u>
C:P	4	KW=17,474	0,680	-
N:P	4	KW=15,495	0,004*	<u>4-1</u>
C:N	4	KW=2,545	0,637	-

*p<0,05 Anova (F)- Kruskal Wallis (KW)

1: İst. I 2: İst. II 3: İst. III 4: İst. IV 5: İst. V (Anlamlılık)

5.3.4. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonunun türlere göre değişimi

Mevcut çalışmada yer alan tüm makroalglerin element konsantrasyonları ve molar oranlarının taksonlara göre değişimi istatistiksel olarak incelenmiş ve C:N oranı dışında tüm parametreler için taksonlar arası farklar önemli bulunmuştur (sırasıyla: [KW(8)=94,442 p<0,05]; [KW(8)=51,993 p<0,05]; [KW(8)=35,114 p<0,05]; [KW(8)=52,933 p<0,05]; [KW(8)=81,894 p<0,05] p<0,05]) (Tablo 5.63).

Varyans analizi sonucu anlamlı bulunan farkların kaynağı çoklu karşılaştırma testleri ile incelendiğinde doku C konsantrasyonu bakımından *C. officinalis* (Ort.=17,57; SH=0,40) ile *U. rigida* (Ort.=33,36; SH=0,46), *E. crinita* (Ort.=36,96; SH=0,26), *Ceramium* spp. (Ort.=38,51; SH=0,26), *L. obtusa* (Ort.=34,70; SH=0,67) ve *P. capillacea* (Ort.=39,27; SH=0,89) arasındaki farklar; *P. pavonica* (Ort.=29,49; SH=1,29) ile *Ceramium* spp. (Ort.=38,51; SH=0,26), *P. capillacea* (Ort.=39,27; SH=0,89) farklar; *C. spongiosus* (Ort.=32,05; SH=0,70) ile *Ceramium* spp. (Ort.=38,51; SH=0,26), *P. capillacea* (Ort.=39,27; SH=0,89) arasındaki farklar; *U. intestinalis* (Ort.=32,55; SH=0,74) ile *E. crinita* (Ort.=36,96; SH=0,26), *Ceramium* spp. (Ort.=38,51; SH=0,26), *P. capillacea* (Ort.=39,27; SH=0,89) arasındaki farklar ve *U. rigida* (Ort.=33,36; SH=0,46) ile *Ceramium* spp. (Ort.=38,51; SH=0,26), *P. capillacea* (Ort.=39,27; SH=0,89) arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Doku N konsantrasyonu bakımından *C. officinalis* (Ort.=0,94 SH=0,08) ile *U. rigida* (Ort.=1,97; SH=0,21), *E. crinita* (Ort.=1,93; SH=0,09), *Ceramium* spp. (Ort.=3,31; SH=0,34), *L. obtusa* (Ort.=2,08; SH=0,25) ve *P. capillacea* (Ort.=2,54; SH=0,23) arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Doku P konsantrasyonu bakımından *L. obtusa* (Ort.=3,00; SH=0,00) ile *U. intestinalis* (Ort.=0,13; SH=0,02), *U. rigida* (Ort.=0,12; SH=0,02), *E. crinita* (Ort.=0,12; SH=0,01), *Ceramium* spp. (Ort.=0,11; SH=0,01), *C. officinalis* (Ort.=0,10; SH=0,02) arasındaki farklar ve *P. capillacea* (Ort.=0,07; SH=0,02) ile *E. crinita* (Ort.=0,12; SH=0,01) arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

C:P değeri bakımından *C. officinalis* (Ort.=545; SH=44) ile *Ceramium* spp. (Ort.=1147; SH=124), *L. obtusa* (Ort.=3023; SH=263) ve *P. capillacea* (Ort.=1955; SH=235) arasındaki farklar; *U. intestinalis* (Ort.=896; SH=150) ile *L. obtusa* (Ort.=3023; SH=263) ve *P. capillacea* (Ort.=1955; SH=235) arasındaki farklar ve *L. obtusa* (Ort.=3023; SH=263) ile *U. rigida* (Ort.=1132; SH=190) ve *E. crinita* (Ort.=889; SH=65) arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

N:P değeri bakımından *C. officinalis* (Ort.=23,17; SH=1,98) ile *U. rigida* (Ort.=44,29; SH=3,63) *Ceramium* spp. (Ort.=71,78; SH=4,90), *L. obtusa* (Ort.=160; SH=28,09) ve *P. capillacea* (Ort.=97,75; SH=8,78) arasındaki farklar; *U. intestinalis* (Ort.=35,29; SH=2,38) ile *L. obtusa* (Ort.=160; SH=28,09) ve *P. capillacea* (Ort.=97,75; SH=8,78) arasındaki farklar; *U. intestinalis* (Ort.=35,29; SH=2,38) ile *Ceramium* spp. (Ort.=71,78; SH=4,90), *L. obtusa* (Ort.=160; SH=28,09) ve *P. capillacea* (Ort.=97,75; SH=8,78) arasındaki farklar; *C. spongiosus* (Ort.=38,13; SH=2,29) ile *L. obtusa* (Ort.=160; SH=28,09) arasındaki fark ve *U. rigida* (Ort.=44,29; SH=3,63) ile *L. obtusa* (Ort.=160; SH=28,09) ve *P. capillacea* (Ort.=97,75; SH=8,78) arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 5.58).

Tablo 5.56 Makroalglerin türlere göre yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P C:N oranları

Parametre↓	Takson	N	Ortalama	SS	SH	%95 Güven Aralığı		Min	Mak
						Alt sınır	Üst sınır		
%C	<i>U. intestinalis</i>	14	32,25	2,77	0,74	30,64	33,85	25,34	36,09
	<i>U. rigida</i>	17	33,36	1,91	0,46	32,37	34,34	28,88	36,15
	<i>C. spongiosus</i>	8	32,05	1,98	0,70	30,39	33,70	28,10	34,13
	<i>E. crinita</i>	20	36,96	1,17	0,26	36,41	37,51	34,49	39,38
	<i>P. pavonica</i>	3	29,49	2,23	1,29	23,94	35,03	27,01	31,34
	<i>Ceramium spp.</i>	18	38,51	2,39	0,56	37,32	39,69	32,29	42,59
	<i>C. officinalis</i>	18	17,57	1,69	0,40	16,73	18,41	14,73	20,88
	<i>L. obtusa</i>	9	34,70	2,02	0,67	33,15	36,25	30,33	36,82
	<i>P. capillacea</i>	12	39,37	3,07	0,89	37,42	41,31	31,94	43,04
	Toplam	119	32,74	7,25	0,66	31,43	34,06	14,73	43,04
%N	<i>U. intestinalis</i>	14	1,99	1,21	0,32	1,29	2,68	0,72	4,34
	<i>U. rigida</i>	17	1,97	0,89	0,21	1,51	2,42	1,00	3,65
	<i>C. spongiosus</i>	8	1,50	0,27	0,09	1,27	1,72	1,19	2,03
	<i>E. crinita</i>	20	1,93	0,40	0,09	1,74	2,12	1,39	2,60
	<i>P. pavonica</i>	3	1,35	0,23	0,13	0,79	1,91	1,17	1,60
	<i>Ceramium spp.</i>	18	3,31	1,44	0,34	2,59	4,02	1,40	5,14
	<i>C. officinalis</i>	18	0,94	0,35	0,08	0,76	1,11	0,50	1,53
	<i>L. obtusa</i>	9	2,08	0,74	0,25	1,50	2,65	1,34	3,21
	<i>P. capillacea</i>	12	2,54	0,78	0,23	2,04	3,04	1,25	3,96
	Toplam	119	2,03	1,10	0,10	1,83	2,23	0,50	5,14
%P	<i>U. intestinalis</i>	14	0,13	0,07	0,02	0,09	0,17	0,04	0,26
	<i>U. rigida</i>	17	0,12	0,08	0,02	0,08	0,16	0,03	0,32
	<i>C. spongiosus</i>	8	0,09	0,03	0,01	0,07	0,11	0,06	0,13
	<i>E. crinita</i>	20	0,12	0,03	0,01	0,10	0,13	0,06	0,18
	<i>P. pavonica</i>	3	0,09	0,01	0,01	0,06	0,12	0,08	0,10
	<i>Ceramium spp.</i>	18	0,11	0,05	0,01	0,08	0,13	0,04	0,20
	<i>C. officinalis</i>	18	0,10	0,07	0,02	0,07	0,14	0,05	0,32
	<i>L. obtusa</i>	9	0,03	0,01	0,00	0,02	0,04	0,02	0,05
	<i>P. capillacea</i>	12	0,07	0,07	0,02	0,03	0,12	0,03	0,28
	Toplam	119	0,10	0,06	0,01	0,09	0,11	0,02	0,32

Tablo 5.56'nın devamı

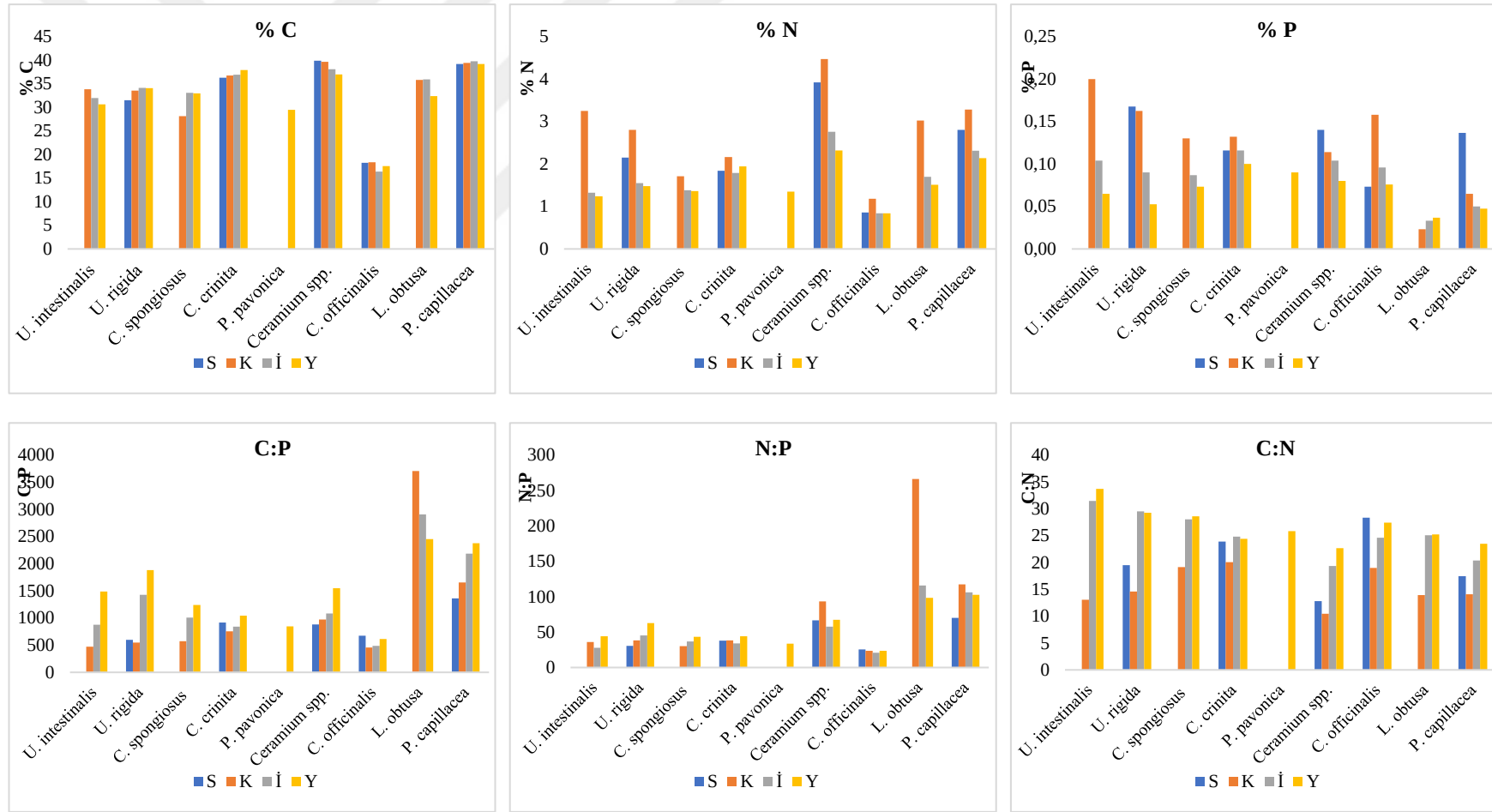
C:P	<i>U. intestinalis</i>	14	896,29	559,78	149,61	573,08	1219,49	351,00	2201,00
	<i>U. rigida</i>	17	1132,18	784,79	190,34	728,67	1535,68	266,00	2678,00
	<i>C. spongiosus</i>	8	992,75	294,59	104,15	746,47	1239,03	575,00	1466,00
	<i>E. crinita</i>	20	889,45	289,15	64,65	754,13	1024,77	497,00	1722,00
	<i>P. pavonica</i>	3	846,00	100,02	57,74	597,55	1094,45	732,00	919,00
	<i>Ceramium spp.</i>	18	1147,44	524,34	123,59	886,70	1408,19	546,00	2511,00
	<i>C. officinalis</i>	18	544,78	188,61	44,46	450,98	638,57	157,00	808,00
	<i>L. obtusa</i>	9	3022,56	790,41	263,47	2415,00	3630,12	1591,00	4255,00
	<i>P. capillacea</i>	12	1954,75	813,28	234,77	1438,02	2471,48	373,00	3091,00
	Toplam	118	1186,42	834,64	76,51	1034,91	1337,93	157,00	4255,00
N:P	<i>U. intestinalis</i>	14	35,29	8,92	2,38	30,13	40,44	21,00	49,00
	<i>U. rigida</i>	17	44,29	14,97	3,63	36,60	51,99	25,00	70,00
	<i>C. spongiosus</i>	8	38,13	6,47	2,29	32,72	43,53	30,00	46,00
	<i>E. crinita</i>	20	38,55	10,30	2,30	33,73	43,37	24,00	65,00
	<i>P. pavonica</i>	3	33,67	1,15	0,67	30,80	36,54	33,00	35,00
	<i>Ceramium spp.</i>	18	71,78	20,77	4,90	61,45	82,11	44,00	124,00
	<i>C. officinalis</i>	18	23,17	8,40	1,98	18,99	27,34	9,00	36,00
	<i>L. obtusa</i>	9	160,11	84,28	28,09	95,33	224,90	60,00	304,00
	<i>P. capillacea</i>	12	97,75	30,43	8,78	78,42	117,08	31,00	126,00
	Toplam	119	56,70	45,40	4,16	48,46	64,94	9,00	304,00
C:N	<i>U. intestinalis</i>	14	25,50	13,31	3,56	17,82	33,18	10,00	51,00
	<i>U. rigida</i>	17	23,53	9,90	2,40	18,44	28,62	11,00	40,00
	<i>C. spongiosus</i>	8	25,75	5,28	1,87	21,33	30,17	17,00	32,00
	<i>E. crinita</i>	20	23,30	5,02	1,12	20,95	25,65	17,00	32,00
	<i>P. pavonica</i>	3	26,00	2,65	1,53	19,43	32,57	23,00	28,00
	<i>Ceramium spp.</i>	18	16,67	8,01	1,89	12,68	20,65	9,00	30,00
	<i>C. officinalis</i>	18	24,44	7,72	1,82	20,60	28,29	15,00	38,00
	<i>L. obtusa</i>	9	21,33	5,94	1,98	16,77	25,90	13,00	29,00
	<i>P. capillacea</i>	12	19,58	5,70	1,64	15,96	23,20	12,00	30,00
	Toplam	118	22,47	8,42	0,77	20,94	24,00	9,00	51,00

Tablo 5.57 Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ve stokiyometrik oranlarının türlere göre değişimi

Türlere göre değişim				
Parametreler↓	df	F - KW	p	Anlamlılık
%C	8	KW=94,442	<0,001*	<u>7-2,4,6,8,9</u> ; <u>5-6,9</u> ; <u>3-6,9</u> ; <u>1-4,6,9</u> ; <u>2-6,9</u>
%N	8	KW=51,993	<0,001*	<u>7-2,4,6,8,9</u>
%P	8	KW=35,114	<0,001*	<u>8-1,2,4,6,7</u> ; <u>9-4</u>
C:P	8	KW=52,933	<0,001*	<u>7-6,8,9</u> ; <u>1-8,9</u> ; <u>8-2,4</u>
N:P	8	KW=81,894	<0,001*	<u>7-2,6,8,9</u> ; <u>1-6,8,9</u> ; <u>4-6,8,9</u> ; <u>3-8</u> ; <u>2-8,9</u>
C:N	8	KW=15,372	0,052	-

*p<0,05 Anova (F) - Kruskal Wallis (KW)

(1):U. intestinalis (2):U. rigida (3):C. spongiosus (4):E. crinita (5):P. pavonica (6):Ceramium spp. (7):C. officinalis (8):L. obtusa (9):P. capillacea (Anlamlılık)



Şekil 5.3 Makroalglerin C, N, P konsantrasyonları ve C:P, N:P, C:N oranları

5.3.5. Makroalg element (C, N, P) konsantrasyonları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi

Çalışmada incelenen makroalglerin C, N, P konsantrasyonu ile C:P, N:P, C:N oranlarının yıllık ortalama değerleri sırasıyla $32,74 \pm 7,25$; $2,03 \pm 1,10$; $0,10 \pm 0,06$; 1186 ± 835 ; $56,70 \pm 45,40$ ve $22,47 \pm 8,42$ (aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma) olarak bulunmuştur (Tablo 5.52, Tablo 5.54 ve Tablo 5.56).

Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi

Bu ortalama konsantrasyonların ekolojik değişkenlerle olan ilişkileri Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre incelenmiştir (Tablo 5.59). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) (Ort.=15,73 SS=5,79) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[rs=-,324 \text{ } p>,01]$ ve $[rs=-,312 \text{ } p>,01]$); sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) (Ort.=15,73 SS=5,79) ile makroalg C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=,275 \text{ } p<,01]$ ve $[rs=,423 \text{ } p<,01]$). Benzer şekilde tuzluluk ile (ppt) (Ort.=17,44 SS=0,79) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[rs=-,224 \text{ } p>,05]$ ve $[rs=-,289 \text{ } p>,01]$); tuzluluk ($^{\circ}\text{C}$) (Ort.=17,44 SS=0,79) ile makroalg C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=,231 \text{ } p<,05]$ ve $[rs=,313 \text{ } p<,01]$). Sıcaklık ve tuzluluğun aksine çözünmüş oksijen yoğunluğu (mg/L) (Ort.=5,64 SS=2,27) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki (sırasıyla: $[rs=,220 \text{ } p<,05]$ ve $[rs=,209 \text{ } p<,05]$); çözünmüş oksijen yoğunluğu (Ort.=5,64 SS=2,27) ile makroalg C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=,200 \text{ } p>,05]$ ve $[rs=,275 \text{ } p>,01]$). pH oranı (Ort.=8,44 SS=0,09) ile ise sadece C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=,228 \text{ } p<,05]$).

Diğer yandan deniz suyunun biyokimyasal parametrelerinden NO_2^- -N oranı (μM) (Ort.=0,08 SS=0,10) ile C konsantrasyonu (%) (ort.=32,74 SS=7,25), N (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[rs=,212 \text{ } p<,05]$, $[rs=,407 \text{ } p<,01]$ ve $[rs=,425 \text{ } p<,01]$); NO_2^-

-N oranı (μM) (Ort.=0,08 SS=0,10) ile C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,338$ $p<,01$] ve [$r_s=-,511$ $p<,01$]). NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=0,89 SS=0,32) ile N (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,252$ $p<,01$] ve [$r_s=,268$ $p<,01$]); NO_3^- -N oranı (μM) (Ort.=0,89 SS=0,32) ile C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,268$ $p<,01$] ve [$r_s=-,302$ $p<,01$]). Benzer olarak NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=9,20 SS=13,11) ile N (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,420$ $p<,01$] ve [$r_s=,581$ $p<,01$]); NH_4^+ -N oranı (μM) (Ort.=9,20 SS=13,11) ile C:P (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=,488$ $p>,01$], [$r_s=-,183$ $p>,05$] ve [$r_s=-,538$ $p>,01$]). Bununla birlikte PO_4^{3-} -P oranı (μM) (Ort.=0,30 SS=0,16) ile sadece P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür ($r_s=,189$ $p<,05$). Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,22 SS=0,30) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,427$ $p<,01$] ve [$r_s=,490$ $p<,01$]); Klorofil-*a* oranı ($\mu\text{g/L}$) (Ort.=0,22 SS=0,30) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,432$ $p>,01$] ve [$r_s=-,530$ $p>,01$]).

Deniz suyu toplam inorganik azot miktarı (μM) ($\sum\text{N}_{\text{inor}}$) (Ort.=10,16 SS=13,32) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,483$ $p<,01$] ve [$r_s=,558$ $p<,01$]); $\sum\text{N}_{\text{inor}}$ (Ort.=10,16 SS=13,32) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: [$r_s=-,510$ $p>,01$] ve [$r_s=-,581$ $p>,01$]). Benzer şekilde deniz suyu toplam inorganik azot miktarının deniz suyu PO_4^{3-} -P miktarına oranı (μM) (sN/P) (Ort.=31,17 SS=29,31) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ve P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: [$r_s=,333$ $p<,01$] ve [$r_s=,333$ $p<,01$]); sN/P (Ort.=31,17 SS=29,31) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür (sırasıyla: [$r_s=-,302$ $p>,01$] ve [$r_s=-,418$ $p>,01$]).

Doku besin elementlerinden C konsantrasyonu (%) (ort.=32,74 SS=7,25) ile N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10), C:P oranı (Ort.=25,50 SS=13,31) ve N:P oranı (Ort.=56,70 SS=45,40) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[rs=,747 \text{ } p<,01]$, $[rs=,336 \text{ } p<,01]$ ve $[rs=,650 \text{ } p<,01]$); C konsantrasyonu (%) (ort.=32,74 SS=7,25) ile makroalgal C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($rs=-,336 \text{ } p>,01$). Benzer olarak N konsantrasyonu (%) (Ort.=2,03 SS=1,10) ile P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) ve makroalgal N:P oranı (Ort.=1186 SS=835) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülürken (sırasıyla: $[rs=,429 \text{ } p<,01]$ ve $[rs=-,473 \text{ } p<,01]$): C konsantrasyonu (%) (ort.=32,74 SS=7,25) ile ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=-,851 \text{ } p>,01]$). Bununla birlikte P konsantrasyonu (%) (Ort.=0,10 SS=0,06) ile makroalgal C:P oranı (Ort.=1186 SS=835), N:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla: $[rs=-,853 \text{ } p>,01]$, $[rs=-,514 \text{ } p>,01]$ ve $[rs=-,564 \text{ } p>,01]$).

Son olarak doku besin elementi atomik oranlarından C:P oranı (Ort.=1186 SS=835) ile N:P oranı (Ort.=56,70 SS=45,40) ve C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanırken (sırasıyla: $[rs=,761 \text{ } p<,01]$ ve $[rs=,407 \text{ } p<,01]$); N:P oranı (Ort.=56,70 SS=45,40) ile C:N oranı (Ort.=22,47 SS=8,47) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($rs=-,212 \text{ } p>,05$).

Tablo 5.58 Makroalglerin tamamına ait yıllık ortalama elementel kompozisyon oranları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkinin Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi (Sig. (2-tailed))

Parametreler	Ort.	SS	n	Sic.	Tuz	Ç.O.	pH	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	Kl-a	ΣN _{inor}	sN/P	%C	%N	%P	C:P	N:P	C:N
Sic.	15,73	5,79	119	1	,710**	-,524**	,448**	-,540**	-0,161	-,436**	0,118	-0,121	-,448**	-,514**	-0,064	-,324**	-,312**	,275**	0,081	,423**
Tuz.	17,44	0,78	119		1	-,246**	,460**	-,447**	-0,017	-,467**	,202*	0,007	-,479**	-,572**	-0,035	-,224*	-,289**	,231*	0,098	,313**
Ç.O.	5,64	2,27	119			1	-,366**	,264**	0,047	,291**	-,229*	,325**	,297**	,453**	0,026	,220*	,209*	-,200*	-0,081	-,275**
pH	8,44	0,09	119				1	-0,047	0,002	-0,070	,448**	-0,052	-0,067	-,225*	0,003	-0,178	-0,119	0,102	-0,002	,228*
NO ₂ ⁻ -N	0,08	0,10	119					1	0,117	,594**	,238**	,499**	,613**	,555**	,212*	,407**	,425**	-,338**	-0,066	-,511**
NO ₃ ⁻ -N	0,89	0,32	119						1	,430**	0,136	,205*	,439**	,434**	0,092	,252**	,268**	-,268**	-0,069	-,302**
NH ₄ ⁺ -N	9,20	13,11	119							1	,346**	,520**	,998**	,865**	0,158	,420**	,581**	-,488**	-,183*	-,538**
PO ₄ ³⁻ -P	0,30	0,16	119								1	0,127	,327**	-0,079	0,052	0,078	,189*	-0,151	-0,068	-0,104
Kl-a	0,22	0,30	119									1	,535**	,443**	0,130	,427**	,490**	-,432**	-0,125	-,530**
ΣN _{inor}	10,16	13,32	119										1	,878**	0,157	,425**	,581**	-,492**	-,185*	-,546**
sN/P	31,17	29,31	119											1	0,143	,372**	,489**	-,418**	-0,171	-,476**
%C	32,74	7,25	119												1	,747**	0,081	,336**	,650**	-,396**
%N	2,03	1,10	119													1	,429**	-0,080	,473**	-,851**
%P	0,10	0,06	119														1	-,853**	-,514**	-,564**
C:P	1186,42	834,64	119															1	,761**	,407**
N:P	56,70	45,40	119																1	-,212*
C:N	22,47	8,42	119																	1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir * Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

ΣN_{inor} : (NO₂⁻-N) + (NO₃⁻-N) + (NH₄⁺-N) (μM)

sN/P : ΣN_{inor} / PO₄³⁻-P

Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PCA)

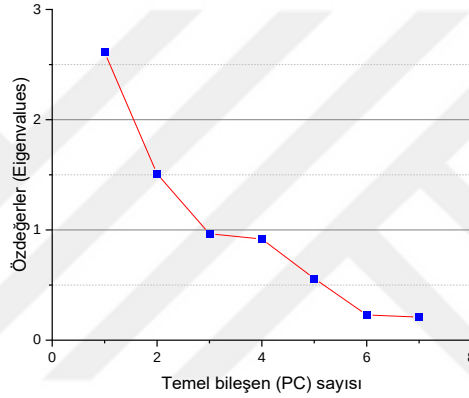
Makroalglerin doku besin elementi oranları ile çeşitli ekolojik faktörler arasındaki ilişkileri anlamak amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemi kullanılmıştır. PCA k sayıda orijinal değişkenin ($X_1, X_2, \dots, X_k$) doğrusal bileşenlerini elde ederek temel bileşen olarak adlandırılan daha az sayıda yeni değişkene (p) dönüştürmeyi hedefler. Bu sayede çok sayıda değişken içeren veri setlerini daha anlaşılır hale getirmek için etkili bir boyut indirgeme yöntemi olarak kullanılır. PCA sonuçları genellikle az sayıda bileşeni (genellikle ilk iki veya üç bileşeni) inceleyerek yorumlanır. Bu yaklaşım orijinal değişkenlerdeki varyasyonun büyük bir kısmının ilk temel bileşenlerle açıklanabileceği gerçeğine dayanır. Bu şekilde orijinal veriler önemli ölçüde özetlenir ve daha rahat yorumlanabilir hale gelir (Demir vd., 2021).

Deniz suyu fizikokimyasal parametre değerleri ile makroalglerin tamamına ait yıllık ortalama C, N, ve P konsantrasyonu arasındaki ilişkiler Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçlarıyla Tablo 5.61’de sunulmaktadır. PCA’da uygun bileşen sayısını seçmek için özdeğerleri 1’den büyük olan bileşenler dikkate alınmıştır. Bu şekilde 7 orijinal değişken 2 bileşene indirgenmiştir (Tablo 5.60 ve Şekil 5.3). Böylece toplam varyansın %37,31’i ilk temel bileşenle %58,86’sı ilk iki temel bileşenle açıklanmıştır.

Orijinal değişkenler ile temel bileşenler arasındaki ilişkiyi ifade eden temel bileşen yükleri Tablo 5.61’de sunulmuştur. Tablo 5.61’ göre sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen, N (%) ve P (%) değişkenleri ile PC1 arasında korelasyon bulunmuştur. Bu değişkenlerden çözünmüş oksijen, N (%) ve P (%) değişkenleri ile PC1 arasında pozitif bir ilişki bulunurken; sıcaklık, tuzluluk ve pH ile PC1 arasında negatif bir ilişki gözlenmiştir. Bunun yanı sıra ikinci temel bileşen (PC2) ile C (%) ve N (%) değişkenleri arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (Şekil 5.4).

Tablo 5.59 Makroalglerin yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonları ile deniz suyu fizikokimyasal parametre değerleri arasındaki mevsimler ilişkiler için temel bileşen analizi (PCA) sonuçları.

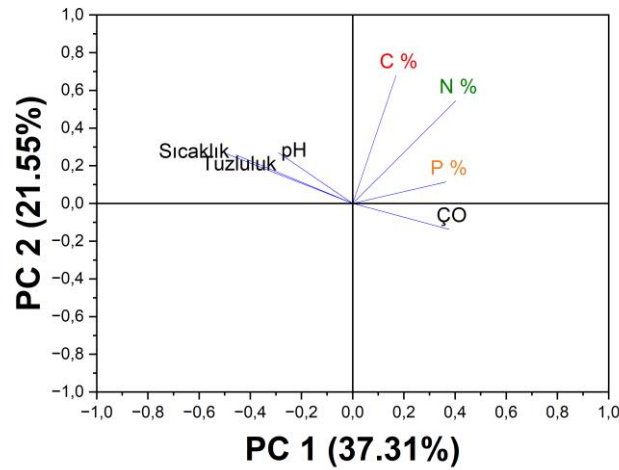
Bileşen	Özdeğer	Açıklanan varyans (%)	Birikimli varyans (%)
1	2,61159	37.31	37.31
2	1,50856	21.55	58.86
3	0,96499	13.79	72.64
4	0,91776	13.11	85.76
5	0,5591	7.99	93.74
6	0,22924	3.27	97.02
7	0,20876	2.98	100.00



Şekil 5.4 Temel bileşenlere ait yamaç eğim grafiği

Tablo 5.60 İlk iki temel bileşene ait yükler

Değişkenler	PC1	PC2
Sıc.	-0,49252	0,26378
Tuz.	-0,45531	0,25732
Ç.O.	0,37620	-0,13678
pH	-0,29021	0,26972
%C	0,16963	0,67986
%N	0,40296	0,54542
%P	0,36500	0,11425



Şekil 5.5 İki boyutlu uzayda değişkenlere ait bileşen yükleri

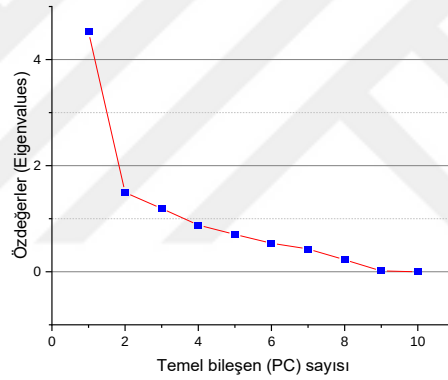
Deniz suyu biyokimyasal parametre değerleri ile makroalglerin tamamına ait yıllık ortalama C, N ve P konsantrasyonu arasındaki ilişkiler Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçlarıyla Tablo 5.63'te sunulmaktadır. PCA'da uygun bileşen sayısını seçmek için özdeğerleri 1'den büyük olan bileşenler dikkate alınmıştır. Bu şekilde 10 orijinal değişken 3 bileşene indirgenmiştir (Tablo 5.62 ve Şekil 5.5). Böylece toplam varyansın %47,90'ı ilk temel bileşenle, %62,78'si ilk iki temel bileşenle ve %72,53'i ilk üç temel bileşenle açıklanmıştır.

Orijinal değişkenler ile temel bileşenler arasındaki ilişkiyi ifade eden temel bileşen yükleri Tablo 5.63'te sunulmuştur. Tablo 5.63'e göre $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, ΣNinor , %N ve %P değişkenleri ile PC1 arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.

Bununla birlikte ikinci temel bileşen (PC2) ile $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$ değişkenleri arasında pozitif korelasyon bulunurken; üçüncü temel bileşen (PC3) ile sN/P ve %C değişkenleri arasında korelasyon bulunmuştur. Bu değişkenlerden sN/P ile PC3 arasında pozitif ve %C ile PC3 arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 5.6).

Tablo 5.61 Makroalglerin yıllık ortalama C, N, P konsantrasyonları ile deniz suyu biyokimyasal parametre değerleri arasındaki mevsimler ilişkileri için temel bileşen analizi (PCA) sonuçları.

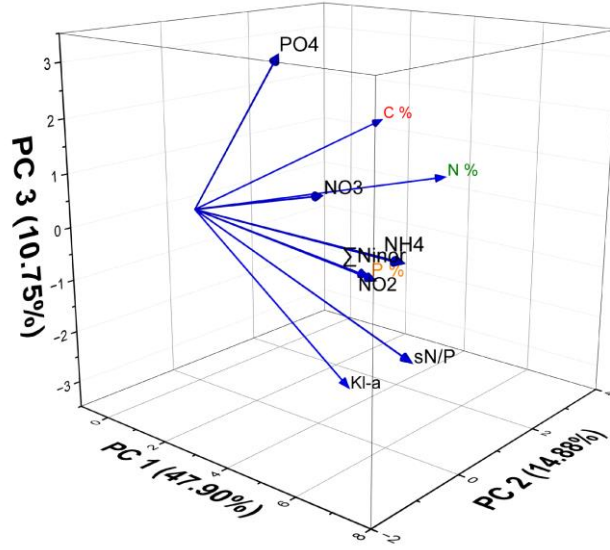
Bileşen	Özdeğer	Açıklanan varyans (%)	Birikimli varyans (%)
1	4,78976	47.90	47.90
2	1,48825	14.88	62.78
3	1,07524	10.75	73.53
4	0,86735	8.67	82.21
5	0,65993	6.60	88.81
6	0,48721	4.87	93.68
7	0,39587	3.96	97.64
8	0,22448	2.24	99.88
9	0,01191	0.12	100.00
10	0	0.00	100.00



Şekil 5.6 Temel bileşenlere ait yamaç eğim grafiği

Tablo 5.62 İlk üç temel bileşene ait yükler

Değişkenler	PC1	PC2	PC3
NO ₂ -N	0,09071	0,71117	0,24753
NO ₃ -N	0,24426	0,60694	0,09676
NH ₄ ⁺ -N	0,30392	0,0398	-0,10328
PO ₄ ³⁻ -P	0,3454	-0,04879	-0,0679
Kl-a	0,27987	-0,10644	0,19988
ΣN _{inor}	0,41961	-0,15226	0,05866
sN/P	0,25419	-0,21967	0,66156
%C	0,24402	0,11361	-0,57713
%N	0,42248	-0,15282	0,06198
%P	0,40423	-0,05356	-0,31002



Şekil 5.7 Üç boyutlu uzayda değişkenlere ait bileşen yükleri

5.3.6. Sinop kıyıları makroalglerinin ortalama ve ortanca C:N:P oranları

Bu çalışmada yer alan makroalglerin C:N:P oranlarının yıllık ortalama ve medyan değerleri sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: *U. intestinalis* 896:35:1 ve 772:36:1, *U. rigida* 1132:44:1 ve 770:41:1, *C. spongiosus* 993:38:1 ve 1046:38:1, *E. crinita* 889:39:1 ve 819:37:1, *P. pavonica* 846:34:1 ve 887:33:1, *Ceramium* spp. 1147:72:1 ve 1123:67:1 *C. officinalis* 545:23:1 ve 611:22:1, *L. obtusa* 3023:160:1 ve 2948:118:1 ve *P. capillacea* 1955:98:1 ve 1943:111:1.

Makroalglerin C:N:P oranının ortalama ve medyan değerleri temsil ettikleri gruplara göre değerlendirildiğinde sırasıyla: Chlorophyta grubu için 1026:40:1 ve 770:37:1 Phaeophyceae grubu için 912:38:1 ve 887:35:1 ve Rhodophyta grubu için 1423:76:1 ve 1075:65:1 olarak bulunmuştur. Ayrıca analizi yapılan tüm makroalglerin yıllık ortalama C:N:P oranı 1187:57:1 ve medyan oranı 859:41:1 olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.63).

Tablo 5.63 Makroalglerin C:N:P oranları

İstasyon↓	Mevsim↓	<i>U. intestinalis</i>	<i>U. rigida</i>	<i>C. spongiosus</i>	<i>E. crinita</i>	<i>P. pavonica</i>	<i>Ceramium</i> spp.	<i>C. officinalis</i>	<i>L. obtusa</i>	<i>P. capillacea</i>
İst. I	S				1722:58:1					2692:126:1
	K	217:23:1			718:35:1		969:107:1	696:33:1	4255:274:1	
	İ	881:27:1	2026:55:1	926:30:1	859:32:1		1075:44:1	626:36:1	2473:117:1	2866:119:1
	Y	2210:44:1		1129:41:1	1186:37:1	919:33:1	1938:66:1	664:29:1	2711:112:1	3091:107:1
İst. II	S		703:33:1	613:35:1	636:24:1		546:52:1	808:22:1		1018:53:1
	K	538:30:1	617:32:1	575:30:1	949:41:1		1237:101:1	703:28:1	3914:304:1	1699:115:1
	İ	774:21:1	2350:60:1	962:35:1	891:33:1		1202:51:1	473:19:1	2802:113:1	2186:117:1
	Y	1857:46:1	2484:70:1	1130:43:1	1379:43:1	792:35:1	665:63:1	709:18:1	3062:123:1	2571:86:1
İst. III	S		770:28:1		741:29:1		1373:77:1	611:20:1		
	K	387:24:1	413:28:1		497:26:1		646:62:1	523:35:1	2948:220:1	
	İ	1322:29:1	1462:43:1	1141:45:1	1037:34:1		1772:65:1	665:18:1	3447:118:1	
	Y		2678:70:1	1466:46:1	804:36:1	887:33:1	2511:84:1	713:23:1	1591:60:1	
İst. IV	S		262:24:1		748:38:1			610:35:1		373:31:1
	K	384:38:1	475:41:1		716:35:1		762:73:1	157:9:1		1608:120:1
	İ	535:29:1	465:31:1		585:30:1		655:69:1	422:21:1		1498:82:1
	Y	770:40:1	1156:63:1		699:39:1		1448:54:1	457:29:1		1479:91:1
İst. V	S		659:37:1		747:41:1		721:71:1			
	K	571:49:1	688:52:1		904:54:1		1242:124:1	201:13:1		
	İ	856:34:1	826:37:1		833:41:1		721:59:1	243:11:1		
	Y	1121:46:1	1209:48:1		1138:65:1		1171:70:1	525:18:1		2376:126:1
Ortalama / Medyan→		897:35:1/772:35:1	1132:44:1/770:41:1	993:38:1/1046:38:1	889:39:1/819:36:1	866:34:1/887:33:1	1147:72:1/1123:67:1	544:23:1/611:22:1	3023:160:1/2948:118:1	1955:98:1/1943:111:1
Ortalama / Medyan→		Chlorophyta: 1026:40:1/770:37:1			Phaeophyceae: 912:38:1/887:35:1			Rhodophyta: 1423:76:1/1075:65:1		
Ortalama / Medyan→		1187:57:1 / 859:41:1								

6. TARTIŞMA

6.1. Deniz Suyu Analizleri

Makroalgler çeşitli iklimsel ve fizikokimyasal faktörlere tepki gösterirler. Hayatta kalma, büyüme ve üreme gibi biyolojik süreçleri; sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, dalga hareketleri, besin seviyeleri, karbondioksit konsantrasyonu ve pH gibi bir dizi temel çevresel değişkene bağlıdır. Çoğu makroalgin dağılım gösterdiği gelgit bölgesi genellikle Fotosentetik Aktif Radyasyon (FAR) ve UV radyasyonu, büyük tuzluluk dalgalanmaları, sıcaklık ve pH değişimleri gibi abiyotik koşullardaki sürekli değişimlerle zorlu bir ortamı temsil eder. Bu stres faktörleri deniz yosunu fizyolojisinde özellikle fotosentez süreci üzerinden stres yükünü artırabilir (Lobban ve Harrison, 1994; Hurd vd., 2014).

Sıcaklığın suyun yoğunluğuna, vizkozitesine, bulanıklığına, gazların çözünürlüğüne ve sudaki kimyasal reaksiyonların seyir ve hızına etkisi olduğu bilinmektedir. Sıcaklık gazların atmosferden suya geçişi ve dipteki ayrışma olaylarından çıkan maddelerin üst tabakalara ulaşmasında etkilidir. Deniz suyunun yüzey sıcaklıkları, enleme ve akıntılara göre değişirken kıyısız bölgede gelgit ve dalga hareketleri neticesinde deniz yosunları atmosferik ısınma ve soğumaya maruz kalmaktadır. (Lobban ve Harrison, 1994; Hurd vd., 2014). Her ne kadar mediolittoral zonda yer alan su birikintileri bu sıcaklık değişimlerine dayanıklı alg türlerine ev sahipliği yapsa da yüksek sıcaklık ve soğuğa daha az dayanabilirler (Pereira ve Neto, 2014). Makroalglerin su sıcaklığına tepkisi özellikle fotosentez ve metabolik aktiviteler üzerinde belirgin etkiler gösterir. Araştırmalar su sıcaklığındaki artışın fotosentetik aktiviteyi artırabileceğini, makroalg metabolizma hızlarının kademeli olarak değişen sıcaklıklara alışabileceğini ancak belirli bir noktadan sonra aşırı sıcaklıkların enzimlerin işlevini bozabileceğini göstermektedir. Yine sıcaklık arttıkça suyun pH'ı da yükselir ve bu da sucul organizmaların büyümesini ve fotosentezini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca sıcaklık artışı sucul organizmaların solunum hızını artırıp oksijeni daha hızlı tüketmelerine neden olurken; sıcaklığın çok fazla düşmesi de su dışına çıkan makroalglerin hücrelerinde buz kristallerinin oluşmasına birçok alg türünün ölümüne sebep olabilir (Lobban ve Harrison, 1994; Hurd vd., 2014). Çalışma süresi boyunca Sinop kıyılarında deniz yüzey suyu sıcaklığının 9,19°C (*İst. III; Kış*) ile 25,58°C (*İst. V; Yaz*) aralığında yer aldığı ve yıllık ortalama değerin 15,76±1,26 °C olduğu görülmüştür. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen verilere göre Karadeniz'in 2010-2019 yılları ortalama deniz suyu

sıcaklarında 1,2°C artış yaşanmış ve ortalama deniz suyu sıcaklığı 16,3°C'ye ulaşmıştır. Son yıllarda Karadeniz'de kıyı boyunca şubat ayında gerçekleşmiş en düşük sıcaklık 2018 ve 2019'da 8,7; ağustos ayında gerçekleşen en yüksek sıcaklık ise sırasıyla 25,2 ve 26,7°C'dir (Kalıpcı, 2021). Ayrıca Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde 2020 ölçüm yılında deniz suyunda hiçbir yüzey suyu 9 °C altında ölçülmemiştir. Çalışma dönemi boyunca deniz yüzey suyu sıcaklıkları Doğu Karadeniz açıklarında 28,1 °C'ye ulaşarak en yüksek değerine ulaşmıştır (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2021).

Deniz suyunda yoğun bulunan NaCl ozmotik basıncı düzenlerken, genel olarak tuzluluk organizmaların dağılımını, besin alım oranlarını ve büyümeyi etkileyen en önemli faktörlerdendir. Deniz makroalgleri gelgit bölgesinde yaşamaya uyum sağlamış olsalar da zaman zaman su dışına çıkma, buharlaşma veya yağış nedeniyle aşırı tuzluluk değişimlerine maruz kalabilirler. Bu değişimler yosunlar için zorlayıcı olabilir ve bazı türlerin bu tuzluluk değişimleriyle başa çıkma yetenekleri farklılık gösterebilir (Fong vd., 1996; Taylor vd., 2001). Sinop kıyıları deniz yüzeyi tuzluluğu ‰16,42 (*İst. I; İlkbahar*) ile ‰19,53 (*İst. I; Yaz*) aralığında ve yıllık ortalama ‰17,44±0,17 olarak tespit edilmiştir. Karadeniz'de tuzluluğun batıdan doğuya doğru artarak 2014 yaz döneminde ‰16'dan ‰17,8'e kadar yükseldiği tespit edilmiştir. (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2021). Bununla birlikte Ataç vd. (1997) tarafından ortalama yüzey suyu tuzluluğunun kış döneminde yaza göre ‰1-1,5 daha fazla (‰18-18,5) yüksek bulunduğu bildirilmiştir. Tuzluluk buharlaşma ve vertikal karışımlar ile artmakta; yağış, daha az tuzlu derin su tabakaları ve nehir sularının karışımları sonucu azalmaktadır. Karadeniz'in diğer denizlerimizden daha az tuzlu olmasının başlıca nedenlerinden biri bölgenin nemli ve yağışlı bir iklime sahip olmasıdır (Alkan vd., 2004).

Sucul sistemlerin çözülmüş oksijen miktarını artıran faktörlerin başında fotosentez, oksijence fakir yüzey sularının atmosfer ile ilişkide olması, akıntı ve rüzgarların etkisi gelirken azaltan faktörlerin başında ise solunum, oksidasyon içeren çeşitli kimyasal ve biyolojik olaylar ile zengin yüzey sularından O₂ kaybı söylenebilir. Ayrıca yüksek tuzluluk suyun yoğunluğunu artırırken bu da oksijenin çözünürlüğünü azaltarak suda daha az miktarda oksijen tutulabilmesine neden olur. Sıcaklık ise oksijen moleküllerinin çözünürlüğü azalır ve bu durum da daha az oksijenin suda çözünmesine neden olur. Kıyı alanları dünya çapında, bazı durumlarda ekosistem durumunu ötrofik koşullara doğru kaydıran bir dizi insan baskısından etkilenmektedir. Ötrofik koşulların ortaya çıkması,

örneğin çözünmüş oksijen azalması ve anoksik krizler gibi zararlı olaylara ve bunun sonucunda ekosistem işleyişi ve hizmetleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Çözünmüş oksijen birincil üretim eğilimlerinin bir göstergesidir ve hem AB Su Çerçeve Direktifi, 2000/60/EC hem de AB Deniz Stratejisi Direktifi, 2008/56/EC ile kıyı ekosistemlerinin durumunun değerlendirilmesi ve yönetimi için kilit bir değişken olarak önerilmektedir (Lovato vd., 2013). Çalışma zamanı boyunca çözünmüş oksijen konsantrasyonu Sinop kıyıları için 2,49 mg/L (*İst. V; Yaz*) ile 11,20 mg/L (*İst. III; Sonbahar*) aralığında yer alırken yıllık ortalama değer $5,94 \pm 0,55$ mg/L olarak ölçülmüştür. Su sıcaklığı arttıkça oksijenin suda çözünme oranı azaldığı ve tuzluluk arttıkça suyun oksijen tutma kapasitesi azaldığından aralarında negatif korelasyon olduğu bilinmektedir. Alkan vd. (2004) tarafından Sinop Merkez bölgesinde çözünmüş oksijen değerinin 6-11,2 mg/L aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Karadeniz'in 2019 kış ve yaz dönemlerine ait çözünmüş oksijen değerleri ülkemiz kıyıları için yüzeyden yaklaşık 70 m derinliğe kadar 5-10 mg/L aralığında bulunmuştur (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2021). Mevcut çalışma ile bu araştırmaların sonuçları karşılaştırıldığında benzer oldukları söylenebilir.

Gelgit ve dalga hareketlerinin etkilediği sığ sularda deniz suyu pH'ındaki değişim sıkı ve doğal olarak büyük aralıklarda meydana gelebilir. pH ve dolayısıyla CO₂ mevcudiyetindeki değişiklikler en çok pH'ın fotosentetik aktivitenin bir sonucu olarak arttığı veya solunumla düşebildiği gelgit havuzlarında belirgindir (Lobban ve Harrison, 1994; Hurd vd., 2014). Bununla birlikte son zamanlarda atmosferdeki artan CO₂ konsantrasyonlarından kaynaklanan gelecekteki okyanus asitlenmesinin potansiyel etkileri konusunda çok fazla endişe ortaya çıkmıştır. Okyanus asitlenmesi, deniz suyundaki karbondioksit konsantrasyonunun artması nedeniyle ortaya çıkan ve deniz suyunun pH'ını düşüren bir süreçtir. Son çalışmalar önümüzdeki 100 yıl için öngörülen CO₂ senaryoları durumunda kalsifiye makroalgler için kalsifikasyon oranının ciddi şekilde azalacağını göstermektedir (Hofmann vd., 2012). Okyanus asitlenmesinin farklı deniz organizmaları üzerindeki farklı etkilerine ilişkin test edilen organizma grupları arasında (deniz yosunları, deniz çayıruları, kokolitoforidler, mercanlar, ekinodermiler, yumuşakçalar, vb) kalsifiye makroalglerin daha hassas olduğunu doğrulanmıştır (Kroeker vd., 2010). Çalışma süresi boyunca deniz yüzey suyu pH oranının 8,26 (*İst. V; Kış*) ile 8,67 (*İst. IV; Yaz*) aralığında bulunduğu ve yıllık ortalama pH değerinin $8,43 \pm 0,02$ olduğu görülmüştür. Sinop kıyılarında yapılan diğer bazı çalışmalar (Ataç vd., 1997; Bat vd.,

2001; Çulha vd., 2007; Gökkurt Baki, 2011; Arıcı, 2017; Karaçuha vd., 2022) ile mevcut çalışmanın ortak istasyon ve dönemleri dikkate alındığında fizikokimyasal parametre değerlerinin yakın olduğu anlaşılmaktadır. Deniz yüzey suları atmosfer ile sürekli temas halinde olduğundan atmosferik koşulların değişmesi deniz suyu özelliklerini etkilemiştir. Sıcaklık, tuzluluk ve çözülmüş oksijen değerlerinde görülen mevsimsel farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p<0,05$) fakat istasyonların aynı coğrafik bölgeyi temsil edecek kadar yakın olmaları nedeniyle aralarındaki bölgesel farklar önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Sucul ekosistemin besin ağlarında organizma büyümesi ve besin döngüsünün düzenlenmesinde özellikle azot (N) ve fosfor (P)'un stokiyometrik kısıtlamalarının önemli olduğu artık iyice yerleşmiştir. Mevcut veriler, makroalglerin C:N:P oranlarında geniş bir varyasyon sergilediğini ve bu varyasyonun çoğunun suyun besin durumuna bir yanıt olarak bireysel taksonlar içinde meydana geldiğini göstermektedir. Maksimum büyüme elde etmek için, besin maddelerinin bitki tarafından stokiyometrik olarak dengeli bir şekilde alınması gerekirken inorganik azot ve fosfor mevcudiyetinin yoğun bir şekilde artması da ötrofikasyon süreciyle ilişkilendirilmektedir. Bu bağlamda kıyı sularında besin tuzu oranlarının makroflora ile birlikte değerlendirilmesi kıyısız bölgelerin sağlıklı işleyip işlemediğinin anlaşılması açısından önemlidir.

Deniz yüzey suyu NO_2^- -N (0,01 ile 0,47 arasında) ortalama $0,09\pm0,02 \mu\text{M}$, NO_3^- -N (0,38 ile 1,57 arasında) ortalama $0,89\pm0,07 \mu\text{M}$, NH_4^+ -N (1,29 ile 55,09 arasında) ortalama $10,05\pm3,20 \mu\text{M}$, PO_4^{3-} -P (0,17 ile 0,88 arasında) ortalama $0,29\pm0,04 \mu\text{M}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.6 ve Tablo 5.7). Bu değerler deniz suyunun biyolojik bileşimini anlamak ve izlemek açısından önem taşımaktadır. Besin elementi oranlarının en düşük seviyeleri yerleşim yerlerine en uzak olan ilk iki istasyonda (İst. I ve İst. II) saptanırken; en yüksek değerler yerleşim yeri yakınındaki dış liman bölgesinden (İst. IV) elde edilmiştir. İst. IV'ün özellikle azot ve fosfor bileşikler tarafından zengin oluşu bölgedeki bazı evlere ait atık su deşarjlarının varlığına bağlanmaktadır. Zira istasyonda yoğun miktarda kirli sularda yayılımının arttığı bilinen *Ulva* türleri de (Sukatar, 1992; Schramm, 1999) bu kirliliğin bir göstergesi konumundadır. Besin tuzu oranlarında mevsimsel (Sı hariç) ve bölgesel farklar önemli bulunmazken ($p>0,05$) yaz dönemindeki düşük değerler dikkati çekmektedir. Ayrıca Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizine göre de toplam inorganik azot miktarı ile sıcaklık ve tuzluluğun arasında negatif; çözülmüş oksijen arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Tablo 5.59). Öte yandan yaz

döneminde deniz suyu N:P oranlarındaki (sN:P) hızlı düşüş, fosfatın fazla değişmediği hesaba katıldığında azotun deniz suyunda hızlı tükendiğinin göstergesidir. Gökkurt Baki (2011) tarafından Sinop kıyılarında besin elementi oranlarının da tespit edildiği çalışmada istasyonlardan 4 tanesi (Hamsilos, Aklıman, Pazaryeri (Dış liman) ve Tersane (İç liman)) bu çalışma ile yakın koordinatlarda bulunmaktadır. Deniz yüzey suyuna ait NO_2^- -N, NO_3^- -N ve PO_4^{3-} -P oranları aylık olarak ölçülmüş ve NO_2^- -N 0,14- 19,99 μM , NO_3^- -N 0,57 – 31,41 μM ve PO_4^{3-} -P 0,06- 325,41 μM aralığında bulunmuştur. Mevcut çalışmaya benzer olarak en yüksek değerler sonbahar-kış; en düşük değerler ise ilkbahar-yaz döneminde tespit edilmiştir. Ancak Gökkurt Baki (2011)'nin daha yüksek değerler elde ettiği açıktır. Özellikle yoğun şekilde kanalizasyon suları deşarjına maruz kalan Pazaryeri istasyonundan alınan verilere kıyasla bu çalışmanın istasyon verileri düşüktür. Diğer bir çalışmada deniz kirliliğinin tespit edilmesi amacıyla Sinop Merkez iskele bölgesinden deniz suyuna ait besin tuzu oranları incelenmiş ve nitrit azotu 0,71- 2,14 μM , nitrat azotu 42,83- 114 μM ve o-fosfat değerleri 0,64- 22,59 μM aralığında bulunmuştur. Çalışılan bölgede kirli suların deşarj edildiği, evsel atıkların ve gemilerin sintine atıklarının olduğu belirtilmektedir (Ataç vd., 1997). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün sunduğu raporda Karadeniz'de nehirlerin etkisi dışındaki alanlarda yüzey sularının azot ve fosfor konsantrasyonlarının düşük olduğu açıklanmıştır. Ayrıca bu rapordan elde edilen sonuçlara göre kıyısız bölgelerin üst tabakalarında nitrat+nitrit miktarı ortalama 0,16 ile 0,84 μM ve fosfat miktarı ortalama 0,03 ile 0,27 μM aralığında bulunmuştur (Salihoğlu ve Mutlu, 2000). Karadeniz'de yürütülen kirlilik izleme çalışmalarına göre 2014-2019 dönemi yüzey NO_x (NO_2+NO_3 -N) konsantrasyonları kıyı sularında 0,05-6,33 μM yüzey TP konsantrasyonları ise 0,07-5,07 μM aralığında bulunmuş ve PO_4^{3-} -P konsantrasyonunun 2004-2019 yılları arasında azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2021). Bu bağlamda mevcut çalışmanın sonuçlarının bu raporlarda bildirilen aralıklarda ve ortalama değerlere daha yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Klorofil-*a* miktarı fitoplanktonun biyokütlesini ölçmede kullanılan en yaygın ve güvenilir göstergelerden biridir. Besin elementi yüklerinin artması da fitoplankton biyokütlesinin artmasına neden olur. Mevcut çalışmada Klorofil-*a* (0,07 ile 1,70 arasında) ortalama $0,29 \pm 0,09 \mu\text{g/L}$ şeklinde tespit edilmiştir (Tablo 5.6 ve Tablo 5.7). Klorofil-*a* oranının sonbahar da en yüksek değerlerine ulaştığı ve mevsimsel olarak farkın önemli olduğu ($p < 0,05$) tespit edilmiştir. Ayrıca klorofil-*a* oranı ile deniz suyu inorganik azot oranları

arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p < 0,05$). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında Karadeniz bölgesindeki 17 Su Yönetim Birimi'nde yüzey tabakada (0-10m ortalama) belirlenen klorofil-*a* konsantrasyonları 2019 kış ve yaz yüzey dağılımlarına bakıldığında, konsantrasyonların kışın 0,4-3,6 $\mu\text{g/L}$, yazın 0,1-8,9 $\mu\text{g/L}$ olduğu görülmektedir (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2021). Karadeniz'de klorofil-*a* 2020 yılı yüzey suyunda, kış döneminde 0,2-2,3 $\mu\text{g/L}$ ve yaz döneminde 0,11-4,9 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Anonim, 2023b). Bu sonuçlar ile mevcut çalışmanın kiler karşılaştırıldığında kış seviyelerinin genellikle yaz seviyelerinden yüksek bulunmasının ortak olduğu görülürken klorofil-*a* değerleri mevcut çalışmada daha düşük bulunmuştur. Besin tuzu konsantrasyonlarının özellikle yüzey sularının zenginleştiği dönemlerde (kış) izlenmesinin ötrofikasyonun erken tespiti ve kontrolü için kritik olduğu bildirilmektedir (ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM, 2017).

Sudaki N kullanılabilirlik oranının genellikle Redfield oranına eşdeğer olduğu varsayılmakta olup bu oran N:P=16'dır (Atkinson ve Smith 1983). Bu çalışmada ortalama deniz suyu N:P molar oranı ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{-N} / \text{PO}_4^{3\text{-P}}$) 34'dür (Tablo 5.57). Kıyı sularının besin içeriği karasal akış ve sedimanla etkileşimine bağlı olarak genellikle açık okyanus suyundan farklılık gösterebilmektedir (Rao ve Indusekhar, 1987). Araştırmalar Karadeniz kıyılarında nitrata kıyasla fosfatın daha düşük olması sebebiyle fosfatın sınırlayıcı parametre olduğunu işaret etmektedir (Salihoğlu ve Mutlu, 2000).

Besin tuzları ve özellikle azot (N) ile silisyum (Si) arasındaki oranlar farklı bölgelerdeki fitoplankton çoğalmalarını anlamak için önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Diyatomeler hücre duvarlarını oluşturmak için silikata ihtiyaç duyarlar. Sağlıklı bir deniz ekosisteminde N:Si oranı genellikle 1-2 arasında ideal kabul edilir. Ancak bu oran 2'den fazla artarsa diyatomelerden ziyade heterotrofik flagellatlar baskın hale gelebilir (Roberts vd., 2003; Baytut, (2010)'dan). Alıcı ortam için arzulanan durum düşük N:Si oranlarıdır ve evsel atıklar bu oranları arttırır. Bu çalışmada Si (2,11 ile 7,18 arasında) ortalama $3,78 \pm 0,29 \mu\text{M}$ ve deniz suyu N:Si oranı (0,63-15,57 arasında) ortalama 2,79 olarak bulunmuştur. İstasyonlar arasında Si değerleri açısından büyük farklar görülmezken deniz suyunda N gibi Si oranı da yaz mevsiminde azalmıştır.

Si döngüsünün baskın itici gücünün genellikle diyatomeler olduğu düşünülmektedir. Makroalglerin Si mevcudiyeti üzerindeki rolü hakkında çok az çalışma yer almaktadır. Diyatomelerin Si konsantrasyonlarındaki büyük değişimlerin kısmen ışık ve besin mevcudiyeti (Brzezinski, 1985) ve otlatma baskısı (Pančić vd., 2019) gibi çevresel

koşullardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Pančić vd. (2019), diyatomelerin silisyumu savunma olarak kullandığını bildirmektedir. Makroalgler de benzer nedenlerle Si alıyor olabilir: Tatlı su makroalgleri üzerinde yapılan araştırmalar büyüme ortamına Si eklendiğinde *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützinger 1843 türünde daha hızlı büyüme olduğunu göstermiştir (Moore ve Traquair, 1976). Bunun yanı sıra *Saccharina japonica* (Mizuta vd., 2021) ve *Pyropia yezoensis* (Ueda) M.S.H wang & H.G. Choi 2011 türünün (Le vd., 2019) stres yaşadığında Si konsantrasyonunu artırdığı ve tatlı su makrofitleri için selüloz ve Si konsantrasyonları arasında negatif bir ilişkinin olduğu (Schoelynck vd., 2010) görülmüştür. Bu anlamda Si'nin makroalgler tarafından alınması, özellikle aktif olarak tutuyorlarsa ve bu nedenle Si için diyatomelerle rekabet ediyorlarsa Si sınırlamasını teşvik etmeye yardımcı olabilir (Yacano vd., 2022). Öte yandan silisik asit bol olduğunda alg topluluklarına hâkim diyatomelerin toplam okyanus birincil üretiminin %45'ine kadar katkıda bulunduğu tahmin edilmekte bu da onları tüm biyolojik elementlerin döngüsünde önemli oyuncular haline getirmektedir (Barsanti ve Gualtieri, 2022). Bu nedenle makroalglerle ortak olarak silisyum, karbon, azot ve fosfor gibi besinleri kullanarak çoğalan bu organizmaların makroalglerin besin sınırlaması üzerindeki etkileri de olasıdır.

6.2. Makroalglerin C:N:P oranı

Okyanuslardaki organizmaların ortalama C:N:P atomik oranı planktonunun kapsamlı analizlerine göre 106:16:1'dir (Redfield vd., 1963). Serbest yüzen ve kısa ömürlü planktonik organizmalarda yüzey/hacim oranı yüksektir. Planktonunun bu standart bileşimsel oranı denizdeki biyokimyasal süreçler yoluyla besin maddelerinin net alımının ve salımının da aynı orana doğru eğilim göstermesine neden olmaktadır (Atkinson ve Smith, 1983). Atkinson ve Smith (1983), deniz makroalgleri için Redfield oranının geçerli olmadığını bildirmişlerdir. Makroalgler zemine bağlı, uzun ömürlü, daha düşük yüzey/hacim oranına sahip olup tekrarlanan dalga hareketlerine ve kurumaya maruz kalan canlılardır. Bu çevresel strese dayanabilmek için daha yüksek C:N:P oranına ve dolayısıyla Redfield oranından belirgin şekilde pozitif sapma olasılığına yol açan yapısal C ve N içeriğini benimsemiş olabilecekleri bildirilmektedir (Rao ve Indusekhar, 1987).

Sucul bitkilerin dokularındaki besin elementi konsantrasyonlarının analizleri her ne kadar bitki türleri arasında büyük farklılıkların olduğunu gösterse de C:N:P oranlarının sınırlı bir aralıkta değiştiği ortaya koyulmuştur (Duarte, 1992). Atkinson ve Smith (1983), çok

sayıda deniz yosunu türünün yanı sıra bazı siyanobakteriler ve deniz çayırları üzerinde yapılan kapsamlı bir çalışmada, C: N: P atomik oranı için 700: 35: 1'lik bir ortalama değer ve 550: 30: 1'lik bir medyan değer elde etmişlerdir. Yine Atkinson ve Smith (1983) tarafından küresel olarak dağılmış dokuz noktadaki deniz yosunları için molar ortalama 624:34:1 şeklinde bulunmuştur (Sheppard vd., 2023). Rao ve Indusekhar (1987), makroalglerin C:N:P atom oranını (1987) 550:35:1 olarak bildirirken; Duarte, (1992) 800:49:1 değerini rapor etmiştir. Lapointe vd. (1992) ise 803:32:1 ile daha da yüksek bir C:N ve C:P oranı bulmuştur. Daha yakın zaman da Olsson, vd. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmadan elde edilen verilere göre C: N: P atomik oranı için 678: 36: 1'lik bir ortalama değer ve 603: 36: 1'lik bir medyan değer hesaplanmaktadır. Son olarak bu konuda yapılan en güncel ve kapsamlı çalışmada Sheppard vd. (2023), küresel deniz yosunu karbon-azot (C:N) ve karbon-fosfor (C:P) oranlarını güncellemek için literatür verilerini derlemiş ve ayrıca Tazmania, Avustralya'dan örnekler toplamıştır. Böylece deniz yosunu C:N için küresel ortalama molar oran 20 (6 ila 123 arasında değişmektedir) ve C:P için 801 (76 ila 4102 arasında değişmektedir) (C:N:P=801:40:1) olarak tespit edilmiştir. Bu oranların plankton stokiyometrisi için en son bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında C:N ve C:P değerlerinin fitoplanktondan ortalama 2,8 ve 4,0 kat daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum deniz yosunlarının belirli bir besin kaynağı miktarı için biyokütlelerinde daha fazla karbonu özümseyebildiklerinin göstergesi olarak ifade edilmiştir. Mevcut çalışmada C:N:P atomik oranı için 1187:57:1 bir ortalama değer ve 859:41:1 medyan değer elde edilmiştir. Bu oranlar Atkinson ve Smith (1983), Rao ve Indusekhar (1987) ve Olsson vd. (2020) tarafından bildirilenlere göre yüksek olmakla birlikte medyan değer Duarte (1992), Lapointe vd. (1992) ve Sheppard vd. (2023)'nin sonuçlarına çok benzer bulunmuştur. Ayrıca C:N (21) atomik oranı bu çalışmaların ortalamasına (20) çok yakındır (Tablo 6.1). Bu türden yüksek oranlar çoğu araştırmacı (Lapointe, 1987; Lapointe vd., 1992; Vidondo ve Duarte, 1995; Flores-Moya vd., 1995; Villares ve Carballeira, 2003) tarafından fosfor ktlığına bağlanmaktadır.

Tablo 6.1 Makroalglerin C:N:P stokiyometrisi üzerine çeşitli çalışmalar

Kaynaklar	C:N:P	C:N
Atkinson ve Smith, 1983	624:34:1	18
Rao ve Indusekhar, 1987	550:35:1	16
Duarte, 1992	800:49:1	16
Lapointe vd., 1992	803:32:1	25
Olsson vd., 2020	678:36:1	21
Sheppard vd., 2023	801:40:1	20
Bu çalışma	859:41:1	21

C:N ve C:P oranları benzer şekilde büyüme koşulları ile ilişkilidir ve bir çok farklı makroalg için bu oranlardaki varyasyonların büyük oranda ikinci terime bağlı olduğu belirtilmiştir (Viarol vd., 1996; Duarte, 1992; Villares ve Carballeira, 2003). N ve P konsantrasyonları arasındaki güçlü, doğrusal ilişkiye kıyasla C ile N ve C ile P konsantrasyonları arasında bulunan daha zayıf ilişkiler muhtemelen C'un önemli yapısal rolünü yansıtır ve bu da onu N ve P konsantrasyonlarındaki metabolik ilişkili varyasyondan ayırır (Duarte, 1992). Bu nedenle genellikle sucul bitkilerin N ve P içerikleri C konsantrasyonlarına göre ölçeklendirilir (yani C: N ve C: P oranları). N ya da P'un bitki büyümesi için potansiyel sınırlayıcı faktör olarak göreceli önemini açıklamak için N:P atomik oranını kullanılır (Duarte, 1992). Fitoplankton için N:P oranının "<10:1" olmasının N sınırını belirttiği, ">30:1" olmasının ise P sınırını gösterdiği bildirilmiştir (Ryther ve Dunstan, 1971; Rhee 1978; Smith, 1984). Björnsäter ve Wheeler (1990) ise makroalglerin besin durumunun sınıflandırmasında "N:P oranı<16" olmasının N-sınırlı büyümeyi; "N:P=16-24" olmasının sınırlamanın olmadığı büyümeyi ve "N:P>24" durumunun ise P-sınırlı büyümeyi ifade ettiğini aktarmışlardır. Bu çalışmada yıllık ortalama N:P değeri (57) yüksek ve "sınırlamanın olmadığı aralığın" (Ryther ve Dunstan, 1971; Rhee 1978; Smith, 1984; Björnsäter ve Wheeler, 1990) dışında yer almaktadır. Lapointe vd. (1992) de deniz suyu N:P oranları ve makroalg C:P ve N:P oranlarının yüksek olmasını bentik birincil üretiminin P ile sınırlandırıldığı anlamına geldiğini bildirmiştir. Bu çerçevede Karadeniz'in Sinop kıyılarında dağılım gösteren makroalglerin gelişiminin genel olarak P-sınırlı olduğu ifade edilebilir (Tablo 5.64).

6.2.1. Stokiyometrik denklem

Redfield oranı karaya yakınlığın ve türbülansın atmosferik CO₂ ve O₂ ile doygunluğa yol açtığı resif sularında geçerli değildir (Rao ve Indusekhar, 1987). Bu orandan elde edilen denklem fitoplankton metabolizması için net kimyasal reaksiyonu veya plankton detritusundan besin maddesi rejenerasyonunu göstermek için kullanılmıştır. Buna göre okyanuslardaki partiküllü organik madde aracılığıyla karbon ve besin reaksiyonlarının kütle dengesi aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir:



Bentik bitkilere veya bentik bitkilerden elde edilen materyallere dayalı metabolizma için eşdeğer bir denklem önerilmemiştir (Atkinson ve Smith, 1983). Gözlemlenen medyan C:N:P oranından sonra Sinop kıyılarındaki deniz yosunu biyokütlesinin organik madde metabolizması için stokiyometrik denklem şu şekilde sunulabilir:



Biraz farklı makroalg C:N:P oranları kullanılırsa veya nitrat yerine örneğin; amonyak birincil azot kaynağı ise denklemde küçük değişiklikler yapılması gerekecektir.

6.3. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Gruplara Göre Değişimi

Yeşil, kahverengi ve kırmızı alg gruplarının yıllık ortalama N konsantrasyonları sırasıyla %1,98, %1,76 ve %2,20 olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.64). Rao ve Indusekhar (1987) tarafından bu değerler sırasıyla %2,55, %2,01 ve %2,31; Atkinson ve Smith (1983) tarafından %2,72, %1,83 ve %2,29 ve Olsson, vd. (2020) tarafından %2,55, %1,40 ve %3,22 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları diğer çalışmalarda olduğu gibi alg grupları arasında doku azotu açısından büyük farklar belirtmemektedir. Bununla birlikte Sheppard vd. (2023)'nin yüksek miktardaki verileri incelediğinde C:N oranlarının filumlara göre değişiklik gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır. Kahverengi deniz yosunları (Ochrophyta, Phaeophyceae) 27,5 ile en yüksek ortalama C:N oranına sahipken, bunu 17,8 ile yeşil deniz yosunları (Chlorophyta) ve 14,8 ile kırmızı deniz yosunları (Rhodophyta) takip etmiştir. Mevcut çalışmada da N oranlarının filumlara göre dağılımı aynı sıralama ile olmuş; Kahverengi deniz yosunlarının 25,34, yeşil deniz yosunlarının 20,8 ve kırmızı deniz yosunlarının 16,53 oranına sahip olduğu görülmüştür. Ortak bir sonuç olan kahverengi alglerin kırmızı ve yeşil alglere oranla daha düşük %N değerlerine sahip olması; kahverengi alglere kıyasla kırmızı alglerin N asimilasyonu için daha verimli

olmaları (Villares ve Carballeira, 2003) ve yeşil alglerin proteinler bakımından daha zengin olması (Rao ve Indusekhar, 1987) ile açıklanabilir. Ayrıca aksesuar pigmentlerin üç ana filum arasında farklılık gösterdiği ve yeşil ve kırmızı deniz yosunlarında bulunan azot bakımından zengin olan bu pigmentlerin (sırasıyla; klorofiller ve fikobiliproteinler) azot deposu olarak işlev görebildiği bildirilmektedir (Harrison ve Hurd, 2001). Öte yandan mevcut çalışmada yeşil, kahverengi ve kırmızı alg gruplarının yıllık ortalama P konsantrasyonları sırasıyla %0,12, %0,11 ve %0,09 olarak bulunmuştur. Bu oranlar Rao ve Indusekhar (1987) (sırasıyla: %0,15, %0,13 ve %0,16); Atkinson ve Smith (1983) (sırasıyla: %0,15, %0,14 ve %0,12) ve Olsson vd. (2020) (sırasıyla: %0,13, %0,12 ve %0,19) tarafından bildirilen konsantrasyon değerlerine kıyasla nispeten düşüktür.

6.4. Kritik Konsantrasyon

Maksimum büyümeyi sürdürmek için gerekli olan dahili N konsantrasyonu türe özgü bir özelliği temsil etmektedir (Pedersen ve Borum, 1996). Fujita vd. (1989), kritik konsantrasyonu %1,5 olarak bildirmiştir. Bunun yanı sıra türe ve N kaynağına bağlı olarak doku N konsantrasyonunun bulunduğu aralığı Atkinson ve Smith (1983), %0,64-5,30; Rao ve Indusekhar (1987), %1,2-3,60 ve Fujita vd (1989), %0,89-3,0 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada yer alan makroalglerin doku N konsantrasyonu %0,50-5,14 gibi geniş bir aralığı gösterirken %95 güven aralığı %1,83-2,23 olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.53). Buna göre makroalglerin N konsantrasyonu genellikle bu çalışmalarda belirtilen aralıklarda ve ortalama %2,03 ile kritik değerin (%1,5: Fujita vd, 1989) üzerinde bulunmuştur. Bu bağlamda Sinop kıyıları makroalglerinin dahili N havuzunun maksimum makroalg büyümesini sürdürmek için yeterli olduğu söylenebilir.

Makroalgler için kritik P konsantrasyonuna ilişkin bilgilerse sınırlıdır. Villares ve Carballeira (2003) ile Gerloff ve Krombholz (1966) tarafından çeşitli su bitkileri için bu değer %0,13 oranında bulunurken; Ochoa-Izaguirre vd., 2017 tarafından %0,08 olarak tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen verilere göre makroalglere ait P değeri %0,02-0,32 aralığında bulunmasına rağmen %95 güven aralığı %0,09-0,11 ve ortalama değeri %0,10 olarak bulunmuştur. Bu sonuç Sinop kıyılarında dağılım gösteren makroalglere ait dahili P havuzunun “kritik bölgeye” daha yakın olduğunu göstermektedir (Tablo 5.53). Ek olarak Rausch ve Bucher (2002), P sınırlamasına karşı bitki tepkilerini gözden geçirdiklerinde, P’a aç ototrofların P’a erişimi artırmak için taşıma proteinlerinin (N’a bağlı bir süreç) üretimini artırdığını bildirmektedir.

Çalışmamız bu tür bir aktiviteyi ölçmese de artan taşıma proteinleri üretiminin deniz suyunda düşük miktardaki PO_4^{3-} -P mevcudiyeti nedeniyle sınırlamanın önüne geçemediği sonucuna varmak mantıklıdır.

6.5. Küresel Araştırmalar

Mevcut çalışmada besin elementi konsantrasyonları belirlenen makroalgler çeşitli coğrafi bölgelerde yer alan aynı türlerle ve/veya aynı gruptaki benzer morfolojiyi temsil eden türlerle karşılaştırılmıştır (Tablo 6.2). Tablo 6.2'e göre; *U. intestinalis* ve *U. rigida* türünün elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %32,25±0,74 C, %1,99±0,32 N, %0,13±0,02 P ve %33,36±0,46 C, %1,97±0,21 N %0,12±0,02 P) Olsson vd. (2010) (*U. intestinalis*, *U. lactuca*), Rao ve Indusekhar (1987) (*U. intestinalis*, *U. lactuca*), Atkinson ve Smith (1983) (*U. reticulata*, *Ulva* sp.), Sfriso vd. (1993) (*U. rigida*), Lapointe vd. (1992) (*U. lactuca*), Pedersen vd. (2010) (*U. lactuca*), Villares ve Carballeira (2003) (*Ulva* sp.) ve Smith vd. (1987) (*Ulva* sp.)'in verilerinin ortalamaları ile (%30,01 C, %2,71 N ve %0,14 P) karşılaştırılmıştır. Buna göre; *U. intestinalis* türünün ve *U. rigida* türünün C ve P konsantrasyonları ortalama değerlere yakın bulunurken N konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Bu nedenle C:N atomik oranları (sırasıyla %25,50±3,56 ve %23,30±1,12) ortalama değerin (%15,66) üstündedir.

C. spongiosus türünün C, N ve P konsantrasyonu (sırasıyla: %32,05±0,70 C, %1,50±0,09 N ve %0,09±0,01 P) Atkinson ve Smith (1983)'in çalışması (*C. spongiosus*) (%33 C, %1,40 N ve %0,04 P) ile karşılaştırılmıştır. C ve N konsantrasyonları birbirine yakın bulunurken P konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur.

E. crinita [= *Cystoseira crinita* Duby, 1830] türünün elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %36,96±0,26 C, %1,93±0,09 N ve %0,12±0,01 P) Atkinson ve Smith (1983) (*Cystosira compressa*, *C. montagnei*, *C. amentacea* var. *stricta*, *Sirophysalis trinodis*, *E. brachycarpa*) ve Rao ve Indusekhar (1987)'in çalışmalarından (*Polycladia indica*) elde edilen sonuçların ortalamaları ile (%36,67 C, %2,53N ve %0,11 P) karşılaştırılmıştır. *E. crinita* türünün C ve P konsantrasyonu bu türlere ait ortalama değere yakın bulunurken N konsantrasyonu düşük bulunmuştur. Bu sebeplerle *E. crinita* türünün C:N atomik oranı (%23,30±1,12) da ortalama değerin (%19,27) üstündedir.

P. pavonica türünün elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %29,49±1,29 C, %1,35±0,13 N ve %0,09±0,01 P) Atkinson ve Smith (1983) (*P. japonica*, *P. boryana*, *Padina* sp., *Padina* sp.) ve Rao ve Indusekhar (1987) (*P. tetrastromatica*, *Padina* sp.)'in

çalışmalarından elde edilen ortalamalar ile (%30,06 C, %1,75 N ve %0,12 P) karşılaştırılmıştır. *P. pavonica* türünün C konsantrasyonu bu türlere ait ortalama değere yakın bulunurken N ve P konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Buna bağlı olarak C:N atomik oranı (%26,00±1,53) ortalama değerin (%19,86) üstündedir.

Ceramium spp. türlerinin elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %38,51±0,56 C, %3,31±0,34 N ve %0,11±0,05 P) Olsson vd. (2010) (*Ceramium* sp. ve *Vertebrata byssoides*) ve Pedersen vd. (2010) (*C. virgatum*)'nin çalışmalarından elde edilen ortalama değerler ile (%30,83 C, %3,61 N ve %0,25 P) karşılaştırılmıştır. *Ceramium* spp. türünün C konsantrasyonu bu türlerin ortalamalarına göre yüksek; P konsantrasyonu ise düşük bulunmuştur. C:N atomik oranı (%16,67±1,89) da ortalamanın (%9,97) üstündedir.

C. officinalis türünün elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %17,57±0,40 C, %0,94±0,08 N ve %0,10±0,02 P) Atkinson ve Smith (1983) (*Amphiroa foliacea*) ve Rao ve Indusekhar (1987) (*A. anceps*)'in çalışmalarından elde edilen ortalamalar ile (%21,23 C, %1,29 N ve %0,17 P) karşılaştırılmıştır. *C. officinalis* türünün C, N ve P konsantrasyonları düşük bulunmuştur. C:N atomik oranı ise (%24,44±1,82) ortalama değerden (%19,86) yüksektir.

L. obtusa türünün elementel C, N ve P konsantrasyonları (sırasıyla: %34,70±0,67 C, %2,08±0,25 N ve %0,03±0,00 P) Atkinson ve Smith (1983) (*Laurencia* sp.), Rao ve Indusekhar (1987) (*Laurencia* sp.), Lapointe vd. (1992) (*L. obtusa*, *L. poitei* ve *L. intricata*) ve Lapointe vd. (2021) (*L. filiformis* ve *L. intricata*) türünün çalışmalarından elde edilen ortalamalar ile (sırasıyla: %23,77 C, %1,86 N ve %0,08 P) karşılaştırılmıştır. *L. obtusa* türünün C konsantrasyonu yüksek bulunurken özellikle P konsantrasyonu düşük bulunmuştur. C:N atomik oranı (%21,33±1,98) ise ortalama değerin (%16,65) üstündedir.

P. capillacea türünün element konsantrasyonları (sırasıyla: %39,37±0,89 C, %2,54±0,23 N ve %0,07±0,02 P) Rao ve Indusekhar (1987) (*Chondria armata*) ve Olsson vd. (2010) (*Ahnfeltia plicata* ve *Rhodomela confervoides*)'nin çalışmalarının elde edilen ortalamalar ile (sırasıyla: %34,54 C, %3,02 N ve %0,16 P) karşılaştırılmış ve tüm değerler düşük bulunmuştur. *P. capillacea* türünün C:N atomik oranı (%19,58±1,64) ortalama değerin (%13,31) üstündedir. Peters vd. (2005) (*Delisea pulchra*, *Georgiella confluens* ve *Acanthococcus antarcticus*), Olsson vd. (2010) (*Ahnfeltia plicata*, *Rhodomela confervoides* ve *Rhodomela lycopodioides*) ve Rico ve Fernández (1996) (*Gelidium*

latifolium)’in çalışmaları da dahil edildiğinde elde edilen ortalamalara göre (%30,79 C, %2,87 N) *P. capillacea* türünün C konsantrasyonu bu türlere ait ortalama değerlerden düşük, N konsantrasyonu ise yakın bulunmuştur. C:N atomik oranı (%19,58±1,64) ise yine yüksek C konsantrasyonu sebebiyle ortalama değerin (%12,52) üstündedir.

Tablo 6.2’de C, N ve P konsantrasyonu bildirilen makroalglerin ortalama C:N:P oranı 624:41:1’lik ortalama ve 673:37:1’lik ortalama değer elde etmiştir. Bu oran mevcut çalışmanın sonucundan (ortalama 1187:57:1 ve ortalama 859:41:1) nispeten düşüktür. Ancak bu çalışmaların dünyanın her yerinden, yılın farklı zamanlarındaki daha fazla sayıda tür ile yapıldığı dikkate alınmalıdır. Işık, sıcaklık ve su hareketi gibi koşullarda meydana gelebilen büyük farklılıklar nedeniyle organizmaların bileşiminin etkilenmesi muhtemeldir (Atkinson ve Smith, 1983). Ya da organizmaların besin açısından sınırlı koşullar altında metabolizmalarını değiştirebildikleri unutulmamalıdır. Örneğin; makroalglerin azot sınırlı koşullar altında depolama polisakkaritlerini biriktirdiği ve daha sonra azot açısından yeterli koşullar altında protein ve pigment sentezini sürdürdüğü bulunmuştur (Chopin vd., 1995; Smit vd., 1996). Diğer bir örnekte; Lapointe vd. (1992) ılıman ve silis bakımından zengin sulara kıyasla karasal girdiden yoksun karbonatça zengin tropikal sistemlerdeki makroalglerin doku C ve N konsantrasyonlarının benzer olmasına karşın (sırasıyla; %22,6 C’a karşı %20,1 C ve %1,0 P’a karşı %1,2 P); ortalama doku fosfor (P) seviyelerinin karbonat bakımından zengin sistemlerde iki kat daha düşük olduğunu bildirmektedir (%0,15’e karşı %0,07). Weykam vd. (1996) ise Güney Shetland Adaları’nda (Antarktika) 5-10 arasında değişen çok düşük C:N oranlarının Antarktika suyunda normalde yüksek olan (~ %4,46) ve yıl boyunca da nispeten sabit kalan ortam N mevcudiyetinin bir sonucu olarak yorumlamaktadır. Bu bağlamda bu türden sonuçlar Dünya çapında besin sınırlaması çeşidinin ve şiddetinin oldukça değişken olduğunu ve coğrafi olarak farklı modellerle ortaya çıktığını göstermektedir.

Tablo 6.2 Makroalglerin C, N ve P konsantrasyonları (kuru ağırlıkta %) ve atomik C:N:P oranları (*: Bu çalışma)

TAKSON ↓	%C	%N	%P	C:N	C:N:P	Sezon	Bölge	Kaynaklar
CHLOROPHYTA								
<i>Ulva intestinalis</i> *	32,25±0,74	1,99±0,32	0,13±0,02	25,50±3,56	897:35:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>U. intestinalis</i>	31,8	1,8	0,10	20,60	820:40:1	Temmuz	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	27,84	3,36	0,21	8,3	340:35:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>E. intestinalis</i>	-	2,02-5,11	0,37-0,73			Yıl boyunca	Oregon, ABD	Wheeler ve Bjornsater, 1990
<i>U. fenestrata</i>	-	2,44-5,48	0,32-0,6	-	-	Yıl boyunca	Oregon, ABD	Wheeler ve Bjornsater, 1990
<i>U. reticulata</i>	32	2,84	0,08	13,14	1051:80:1	-	Hawaii	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Ulva rigida</i> *	33,36±0,46	1,97±0,21	0,12±0,02	23,53±2,40	1132:44:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>U. rigida</i>	21,1-32,7	0,99-3,50	0,03-0,27	-	-	Yıl boyunca	GD Fransa, (lagün)	De Casabianca ve Posada, 1998
<i>U. rigida</i>	20,85 (18-25)	2,17 (1,02-2,93)	0,19 (0,04-0,29)	11,21	283:25:1	28 aylık ortalama	Venedik	Sfriso vd., 1993
<i>U. lactuca</i>	23,5	0,88	0,14	31	433:14:1	İlkbahar-Yaz	Woods Hole, ABD	Lapointe vd., 1992
<i>U. lactuca</i>	30,9	1,9	0,10	18,97	822:43:1	Temmuz	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020
<i>U. lactuca</i>	33,3±1,8	4,94±1,85	0,14±0,03	8,7±2,7	627:79:1	Temmuz- Ağustos	Oslofjord, Norveç	Pedersen vd., 2010
<i>U. lactuca</i>	-	2,69±0,29	0,12±0,01	-	-	Yıl boyunca	Kaneohe, Hawaii	Larned, 1998
<i>Ulva sp.</i>	39,7	2,88	0,10	19,47	1309:70:1	Yıl boyunca	İspanya	Villares ve Carballeira, 2003
<i>Ulva sp.</i>	30,24	3,64	0,22	9,69	354:37:1	Sonbahar	GB ABD	Smith vd., 1987
<i>Ulva sp.</i>	35	4,25	0,27	9,60	334:35:1	-	Rhode Island, ABD	Atkinson ve Smith, 1983
PHAEOPHYCEAE								
<i>Cladostephus spongiosus</i> *	32,05±0,70	1,50±0,09	0,09±0,01	25,75±1,87	993:38:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>C. spongiosus</i>	33	1,40	0,04	27,53	1927:70:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983

Tablo 6.2'nin devamı

<i>Ericaria crinita*</i>	36,96±0,26	1,93±0,09	0,12±0,01	23,30±1,12	889:39:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>Cystoseira balearica</i>	37	2,34	0,10	18,43	995:54:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983
<i>C. fimbriata</i>	34	1,42	0,05	27,88	1896:68:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983
<i>C. spinosa</i>	43	5,19	0,19	9,66	589:61:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983
<i>C. stricta</i>	40	2,70	0,09	17,29	1124:65:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983
<i>C. trinodis</i>	34	1,49	0,09	26,66	933:35:1	-	N. Queensland	Atkinson ve Smith, 1983
<i>C. indica</i>	32	2,03	0,14	15,7	610:33:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>Padina pavonica*</i>	29,49±1,29	1,35±0,13	0,09±0,01	26,00±1,53	886:34:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>P. japonica</i>	-	1,32±0,09	0,08±0,01	-	-	Yıl boyunca	Kaneohe, Hawaii	Larned, 1998
<i>P. japonica</i>	29	1,25	0,13	27,00	594:22:1	-	Hawaii	Atkinson ve Smith, 1983
<i>P. tenuis</i>	29	1,39	0,13	24,33	584:24:1	-	N. Queensland	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Padina sp.</i>	33	2,30	0,07	16,72	1271:76:1	-	Korsika	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Padina sp.</i>	31	1,85	0,14	19,52	566:26:1	-	Hawaii	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Padina sp.</i>	29,72	1,82	0,11	16,3	682:36:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>P. tetrastrumatica</i>	28,68	1,87	0,14	15,3	535:30:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
RHODOPHYTA								
<i>Ceramium spp.*</i>	38,51±0,56	3,31±0,34	0,11±0,051	16,67±1,89	1147:72:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>C. strictum</i>	25,5	3	-	9,91	-	Temmuz	Kongsfjord, Norveç	Gordillo vd., 2006
<i>C. virgatum</i>	31,3±1,3	4,42±0,47	0,31±0,08	8,3±0,6	273:33:1	Temmuz- Ağustos	Oslofjord, Norveç	Pedersen vd., 2010
<i>Ceramium sp.</i>	33,2	3,2	0,24	12,10	354:29:1	Ağustos	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020
<i>Brongniartella elegans</i>	28	3,2	0,20	10,20	357:35:1	Ağustos	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020

Tablo 6.2'nin devamı

<i>Corallina officinalis</i> *	17,57±0,40	0,94±0,08	0,10±0,02	24,44±1,82	544:23:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>Amphiroa foliacea</i>	21	1,33	0,18	18,44	295:16:1	-	N. Queensland	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Amphiroa anceps</i>	21,45	1,24	0,15	17,3	372:18:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>Laurencia obtusa</i> *	34,70±0,67	2,08±0,25	0,03±0,00	21,33±1,98	3023:160:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>L. obtusa</i>	-	1.84 ± 0,02	0.25 ± 0,00	-	-	Haziran	Süveyş Körfezi Mısır	El-Shenody vd., 2019
<i>Laurencia sp.</i>	29,93	2,40	0,17	12,4	454:31:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>Laurencia sp.</i>	27	1,63	0,05	19,30	1274:66:1	-	N. Queensland	Atkinson ve Smith, 1983
<i>Laurencia sp.</i>	33	4,18	0,15	9,21	571:62:1	-	Hawaii	Atkinson ve Smith, 1983
<i>L. obtusa</i>	16,8	1,07	0,06	17,6	718:40:1	İlkbahar-Yaz	Bermuda	Lapointe vd., 1992
<i>L. poitei</i>	21	2,05	0,14	11,5	384:33:1	İlkbahar-Yaz	Florida Keys, ABD	Lapointe vd., 1992
<i>L. intricata</i>	20,1	1,71	0,05	13,7	1080:75:1	İlkbahar-Yaz	Florida Keys, ABD	Lapointe vd., 1992
<i>L. filiformis</i>	23,7	1,1	0,03	26,4	1879:71:1	Mart	Riders adası, Belize	Lapointe vd., 2021
<i>L. filiformis</i>	20,2	1,5	0,05	16,3	1070:66:1	Mart	Swallow adası, Belize	Lapointe vd., 2021
<i>L. intricata</i>	22,2	1,1	0,04	23,5	1287:55:1	Mart	St.George's adası, Belize	Lapointe vd., 2021
<i>Pterocladia capillacea</i> *	39,37±0,89	2,54±0,23	0,07±0,07	19,58±1,64	1955:98:1	4 Mevsim	Sinop, Türkiye	*
<i>Acanthococcus antarcticus</i>	26,25±0,22	3,05±0,07	-	10,59±0,08	-	İlkbahar-Sonbahar-Kış	Antarktika	Peters vd., 2005
<i>Ahnfeltia plicata</i>	37,8	4	0,18	11,02	542:49:1	Temmuz	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020
<i>Chondria armata</i>	31,23	2,08	0,15	15,97	522:30:1	-	Hindistan	Rao ve Indusekhar, 1987
<i>Delisea pulchra</i>	29,82±0,34	2,94±0,04	-	11,88±0,17	-	İlkbahar-Sonbahar-Kış	Antarktika	Peters vd., 2005
<i>Gelidium latifolium</i>	32-38	1-4	-	-	-	Yıl boyunca	İspanya	Rico ve Fernández, 1996
<i>Georgiella confluens</i>	28,86±1,94	3,05±0,60	-	11,32±1,50	-	İlkbahar-Sonbahar-Kış	Antarktika	Peters vd., 2005
<i>Rhodomela confervoides</i>	34,6	3	0,16	13,45	558:41:1	Ağustos	Bohuslän, İsveç	Olsson vd., 2020
<i>Rhodomela lycopodioides</i>	27	1,95	-	11,4	-	Temmuz	Kongsfjord, Norveç	Gordillo vd., 2006

6.6. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Türe Özgü Değişimi

Vrede vd. (2004)'ne göre; ototrofların C:N:P oranlarında geniş bir varyasyon bulunur ve bu varyasyonun çoğu çevresel koşullara bir yanıt olarak (fizyolojik esneklik) bireysel taksonlar içinde meydana gelmektedir. Yine Cherbadgy ve Sabitova (2011) tarafından N:P oranının ışık, sıcaklık, biyogenik madde ve günlük ya da mevsimsel olarak değişen diğer koşullara bağlı olan türe özgü bir özelliği temsil ettiği bildirilmiştir. Bu çalışmada makroalglerin ortalama element oranlarının (C, N, P konsantrasyonu) bu türe özgü değişimleri istatistiksel olarak incelenmiş ve genel bir tablo çizilmeye çalışılmıştır (Tablo 5.62). C:N oranı daha önce belirtilen çalışmalarda olduğu gibi çalışıldığı bölge makroalgleri için tipik bir oran belirtmektedir ve C:N atomik oranı dışında kalan element oranları ve element konsantrasyonları (C, N, P) için türler arası farklar önemli bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 5.63).

Bu çalışmada makroalglerin (*C. officinalis* hariç) C:P ve N:P oranları ılıman bölgeler için literatürde bildirilenlere göre çok yüksektir. Bu sonuç genellikle akut P sınırlamasının olduğu tropikal bölgeler için belirtilenlere daha benzerdir (Lapointe, 1987; Lapointe vd., 1992). *C. officinalis* en düşük ortalama C ve N konsantrasyonu (sırasıyla %17,57±0,40 ve %0,09±0,04) ile C:P ve N:P (sırasıyla: 545±44,46 ve 23,17±1,98) oranlarına sahip türdür. Diğer makroalglerde görülen yüksek C:P ve N:P oranlarına karşın *C. officinalis* türünün bu “dengeli” element oranlarına sahip olması (Atkinson ve Smith, 1983; Wheeler ve Bjornsater, 1990), Sinop kıyılarında türün N ya da P sınırlı olmadığını göstermektedir. Fakat ortalama P içeriği bakımından diğer örneklerden farklılık göstermeyen *C. officinalis* türünün büyüme için yeterli P konsantrasyonunun düşük olduğuna dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum ayrıca *C. officinalis* türünde C ve N'un depolanması için lüks alımın gerçekleşmediğine ve doku C ve N'unda güçlü bir homeostaz olduğuna da işaret edebilir. Kalkerli alglerin kalsifikasyonunun enerji gerektirmesi (Borowitzka ve Larkum, 1976) nedeniyle *C. officinalis* gibi kalkerli yapıda olan alglerin büyümesinin etkilendiği belirtilmektedir (Yıldız, 2011). Bu bağlamda makroalg hakkında daha fazla çalışma yapılması, örneğin; besin zenginleştirme deneyleri ile besin alım kinetiği ve depolama kapasitesinin araştırılması gerekmektedir.

Mevcut çalışmada *L. obtusa* en düşük ortalama P içeriğinin (%0,03±0,00) ve bu nedenle en yüksek C:P ve N:P (sırasıyla: 3023±263 ve 160±28,09) atomik oranlarının tespit edildiği türdür. Sheppard vd. (2023)'nin kapsamlı çalışması sonunda deniz yosununun

C:N:P verilerine göre *Laurencia intricata* $3072 \pm 3,342$ SS (aralık 144,7-12205) ile en yüksek ortalama C:P değerine sahiptir. Bu bağlamda mevcut çalışmanın en yüksek C:P oranına sahip olan türünün *Laurencia* cinsi olması mümkün görünmektedir. *Ceramium* spp. ve *P. capillacea* türleri ise ortalama en yüksek C (sırasıyla: $\%38,51 \pm 0,56$ ve $\%39,37 \pm 0,89$) ve en yüksek N (sırasıyla: $\%2,54 \pm 0,23$ ve $\%3,31 \pm 0,34$) konsantrasyonuna sahip türlerdir. En yüksek P ($\%0,12 \pm 0,01$) konsantrasyonu da *E. crinita* türüne aittir.

Yuan vd. (2016)'ne göre bentik makrofitlerin taksonomi, büyüme biçimleri ve C/N/P metabolik stratejileri farklı olduğundan stokiyometrik imzaları da türe özgüdür. Bu nedenle makroalglerin çeşitliliği besin gereksinimlerinin genelleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bir makroalg türünün ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin oranları, başka bir türün ihtiyaç duyduğu orandan önemli ölçüde farklı olabilir. Weykam vd. (1996), makroalglerin fotosentetik özelliklerinin ve element kompozisyonlarının tallus yapısıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. İpliksi ve yapraksı morfolojiye sahip türlerin yüksek yüzey/hacim oranları göstermesi ve neredeyse tamamen fotosentetik hücrelerden oluşması nedeniyle fotosentetik verimliliğin ve klorofil-*a* içeriğinin artışına bağlı olarak daha yüksek miktarlarda protein gerektirebileceği ifade edilmektedir. Dolayısıyla bu makroalglerin daha düşük C:N oranlarına sahip olması beklenmektedir. Mevcut çalışmada *Ceramium* spp., *P. capillacea* ve *Ulva rigida* türleri için bunun geçerli olduğunu söyleyebilir. Bunun yanında en yüksek ortalama C içeriğine sahip türler de *Ceramium* spp., *P. capillacea* ve *E. crinita* olmuştur. *E. crinita* türünün yüksek C içeriği “hassas morfolojilerin belirli organik bileşenleri (lipidler, karbonhidratlar, proteinler) daha fazla miktarda biriktirdiğini ve daha yüksek enerji içeriğine sahip olduğunu gösteren” bazı çalışmalara (Dhargalkar vd., 1987; Gómez ve Westermeier, 1995; Weykam vd., 1996) uymamaktadır. *E. crinita* özelindeki bu durum daha çok “türler arasındaki C içeriği farklılıklarının yapısal C farklılıklarını yansıttığına” işaret eden Duarte (1992)'nin açıklamasıyla uygun görünmektedir. En büyük deniz yosunu türlerine sahip olmaları nedeniyle kahverengi makroalgler dalga hasarını ve kırılmayı önlemek için karbon bakımından zengin hücre duvarı polisakkaritleri ve aljinatlar şeklinde ek yapısal desteğe ihtiyaç duymaktadır (Atkinson ve Smith, 1983; Fiset vd., 2019). Bu durum muhtemelen *E. crinita* gibi kahverengi alglerde diğer filumlara kıyasla daha yüksek C:N oranına katkıda bulunmaktadır (Sheppard vd., 2023).

Hızlı büyüyen alglerin gelişimi besin maddelerinin anlık mevcudiyetine daha doğrudan bağlı görünmektedir. Birçok çalışma bu alglerin besin maddesi açısından fakir koşullar

altında yavaş büyüyen çok yıllık alglerden daha fazla besin maddesiyle sınırlı olduğunu göstermiştir (Pedersen & Borum 1996). Fujita (1985) tarafından bazı türlerin yüksek büyüme hızları nedeniyle N depolama kapasitelerinin sınırlı olabileceği vurgulanmıştır. Örneğin, kırmızı alg *Gracilaria tikvahiae* McLachlan 1979 türünün büyümesi bir besin havuzunda sadece 5 günde bir N ilavesiyle hız kesmeden devam ederken, hızlı büyüyen yeşil alg *U. lactuca* ve *Enteromorpha* spp. bolluğu büyük ölçüde azalmıştır (Fujita, 1985). Bununla birlikte *Ulva* ve *Ceramium* gibi ince, hızlı büyüyen makroalglerin P sınırlı duruma geçtiği koşullarda *Fucus*, *Ascophyllum* ve *Laminaria* gibi daha kalın ve daha yavaş büyüyen türlerin düşük P talepleri ve yüksek depolama kapasiteleri sayesinde P kısıtlamasına maruz kalmadıkları görülmüştür (Pedersen vd., 2010). Bu çalışmada da yavaş büyüyen çok yıllık makroalglerden *E. crinita* türünün yıl boyunca yüksek C:P ve N:P oranları sergilediği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yavaş ve hızlı büyüyen türler arasındaki depolama kapasiteleri bakımından bu ayrım açık bir şekilde tespit edilememiştir. Bu konuda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

6.7. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonunun Bölgesel ve Mevsimsel Değişimi

Makroalglerin C, N ve P konsantrasyonları ile atomik element oranlarının (C:P, N:P ve C:N) türe, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimleri incelenmiştir. Buna göre; C konsantrasyonu %14,73 (*C. officinalis*; İlkbahar; İst. V) - %43,04 (*P. capillacea*; Yaz; İst. IV), N konsantrasyonu %0,50 (*C. officinalis*; Yaz; İst. II) - %5,14 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I), P konsantrasyonu %0,02 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I ve II) - %0,32 (*U. rigida*; Sonbahar; İst. IV), C:P oranı 157 (*C. officinalis*; Kış; İst. IV) - 4255 (*L. obtusa*; Kış; İst. I), N:P oranı 9 (*C. officinalis*; Kış; İst. IV) - 304 (*L. obtusa*; Kış; İst. II) ve C:N oranı 9 (*Ceramium* spp.; Kış; İst. I) - 51 (*U. intestinalis*; Yaz; İst. I) aralığında bulunmuştur (Tablo 5.9).

U. intestinalis, *U. rigida*, *E. crinita*, *C. officinalis*, *L. obtusa* ve *P. capillacea* türlerine ait N ve/veya P konsantrasyonları ve bu elementlerin molar oranlarının mevsimsel ve/veya bölgesel olarak değişimleri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($p < 0,05$) (Tablo 5.54, ve Tablo 5.56). Fakat Atkinson ve Smith (1983)'e ait araştırmanın verilerine benzer olarak çalışma dönemi boyunca makroalglerin doku karbon değerleri farklı mevsimler ya da istasyonlar arasında önemli bir değişiklik göstermemiştir ($p > 0,05$). Bu türden bir sonuç; karbon bileşikleri oranının makroalglerin gelişim aşamalarına göre önemli ölçüde değişmediğini göstermektedir (Atkinson ve Smith, 1983).

İstasyonlara göre makroalglerin ortalama doku N ve P oranları deniz suyu inorganik azot ve fosfor oranlarının (Tablo 5.7) bir yansıması olarak tespit edilmiştir. Özellikle inorganik azot ve fosfor bakımından diğer istasyonlara kıyasla zengin olan İst. IV (Tablo 5.7), ortalama makroalg doku N ve P oranları bakımından da diğer bölgelerden yüksek bulunmuştur (Tablo 5.55, 5.56). Bunun yanı sıra İst. IV, en düşük ortalama C:N (16) ve C:P (761) oranının tespit edildiği istasyon konumundadır (Tablo 5.55). Bölgede yoğun olarak bulunan *Ceramium* türlerinin yanı sıra, boyları 30cm'yi aşan ve çok geniş bir alana yayılarak baskın tür haline gelen *Ulva* cinsi alglerin varlığı göze çarpmaktadır. Ayrıca bu istasyonda temiz sularda gelişen *Cystoseira* cinsi alglerin (Sukatar, 1992, Montesanto ve Panayotidis, 2000) azlığı ve temiz sularda yayılış gösteren *Laurencia obtusa* (Çetingöl, 1993) türüne hiç rastlanılmamış olması istasyonda yer alan atık su deşarjlarının gözle görülür etkilerindendir. Kıyı ortamlarında artan azot yüklemesinin biyoçeşitlilikteki belirgin düşüşlerle birlikte yeşil alglerden fırsatçı deniz yosunlarının aşırı büyümesine neden olabileceği belirtilmiştir (Nixon 1995, Morand & Briand 1996, Pedersen & Borum 1996; Valiela vd., 1997; Schramm, 1999). Yeşil makroalglerin çok hızlı besin alımı ve büyüme oranları ile fırsatçı olduklarını ortaya koyarak bu bitkilerin ötrofikasyonun değerlendirilmesinde yararlı bir gösterge olabileceği ileri sürülmüştür (Birch vd., 1981; Lapointe ve Tenore, 1981; Fong vd., 1994b). Ayrıca farklı makroalg türleri için de besin alımı, doku besin konsantrasyonu ve büyümeyi ilişkilendiren birçok laboratuvar çalışması gerçekleştirilmiştir (Wheeler ve North 1980; Rosenburg ve Ramus 1982; Fujita 1985; Fong vd., 1994b). Makroalglerdeki doku besin seviyelerinin suyun besin rejiminden etkilendiği ve bu nedenle yaşam alanındaki besin durumunun güvenilir bir göstergesi oldukları gösterilmiştir (Wheeler ve Bjoernsaeter, 1992).

Sheppard vd. (2023) tarafından C:N ve C:P oranlarının deniz suyu inorganik besin konsantrasyonları ve mevsimsellikten önemli ölçüde etkilendiği bildirilmektedir. Bu çalışmada da sonbahar ve kış döneminde yüksek bulunan ortalama doku N ve P oranları ilkbahar mevsimi ile azalmış ve yaz döneminde en düşük seviyesini görmüştür (Tablo 5.53). Bu durumda doku N ve P konsantrasyonlarının mevsimsel bir modeli izlediğini söylemek mümkündür. Ilıman bölgelerde en yüksek değerler tipik olarak kış mevsiminde, en düşük değerler ise yaz mevsiminde bulunur; bu ilk olarak birincil üretimdeki keskin bir artışa, ardından çözeltideki besinlerde hızlı bir düşüşe ve ikinci olarak metabolik talep besin maddelerinin sudan asimilasyonunu aştığında, alg sürgünlerindeki besinlerin seyrelmesine neden olan büyümeye atfedilebilir (Viaroli vd., 1996; Pedersen ve Borum,

1996; Hernandez vd., 1997). Buna ek olarak mevcut çalışmada makroalglerin ortalama C:N oranları kış döneminde düşük oranlara sahip olmaları ile dikkat çekmektedir. Alglerin doku C:N oranlarının mevsimselliği besin oranı ile birlikte ışık miktarı ile de ilişkilendirilir. Çünkü ışık sınırlaması altında NO_3 alımı karbon fiksasyon oranlarına kıyasla nispeten hızlıdır ve bu da düşük C:N oranına ve fitoeritrin ve doku nitratı gibi azot rezervlerinin birikmesine neden olur. Diğer yandan yüksek ışık altında karbon fiksasyonu NO_3 alım oranlarına kıyasla nispeten hızlıdır; bu da yüksek bir C:N oranı ve azot sınırlamasıyla birlikte azot içeriğinin (yani fikoeritrin) azalmasıyla sonuçlanır (Hurd vd, 2014).

Mevcut çalışmada deniz suyuna ait $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ oranında mevsimsel modele benzer değişim bulunmamasına karşın ilginç bir şekilde düşük doku P dönemleri düşük N bulunabilirliği ve kritik doku N seviyesi olan %1,5'e (Fujita vd, 1989) çok yakın doku N seviyelerinin görüldüğü dönemler (ilkbahar ve yaz doku) ile çakışmıştır (Tablo 5.52). Bu bağlamda doku fosforunun da mevsimsel değişimi (Tablo 5.52), deniz suyundaki inorganik besinlerin, özellikle azotun mevcudiyeti (Tablo 5.6) ile bağlantılı gibi görünmektedir (Tablo 5.59). Rhee (1974), bir tatlı su mikroalginin fosfat alım oranlarının yeterli N seviyelerindeki alım oranlarına kıyasla N-sınırlı koşullar altında sekiz kat azaldığını bulmuştur. Perini ve Bracken (2014), bol miktarda P bulunmasına rağmen doku fosforunun tükenemediğini bunun da bulunabilirlik dışındaki faktörlerin fosfara erişme kabiliyetini sınırladığının göstergesi olduğunu bildirmiştir. Deniz yosunları besin maddelerini aktif taşıma yoluyla elde eder; bu işlemde besin maddelerini su sütunundan dokularına konsantrasyon gradyanına karşı taşımak için enerji harcarlar (Lobban ve Harrison, 1994). Bu nedenle taşıma proteinlerinin dolayısıyla N mevcudiyetinin bu olaydaki rolü muhtemelen besin alımıyla bağlantılı olmasıdır (Perini ve Bracken, 2014). Diğer yandan makroalgal üretkenliğin mevsimselliği genellikle ışık ve besin mevcudiyeti tarafından kontrol edilmektedir: Ilıman bölgelerde besin seviyeleri yüksek iken kış ve ilkbaharın başlarında ışıyım ve büyüme genellikle düşüktür.

6.8. Makroalg C, N ve P Konsantrasyonu ve Ekolojik Değişkenler

Makroalglerin ortalama doku besin konsantrasyonlarının ekolojik değişkenlerle olan ilişkileri Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı analizi ile incelenmiştir (Tablo 5.59). Buna göre; fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık ve tuzluluğun doku besin elementlerinden hem N hem de P konsantrasyonu ile arasında negatif ve anlamlı bir ilişki

tespit edilmiştir ($p<0,05$). Çözünmüş oksijen yoğunluğu ile N ve P konsantrasyonu arasında ise pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0,05$). Doku besin elementi oranları ile ekolojik faktörler arasındaki bu ilişkileri netleştirmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemi kullanılmıştır. Fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık ve tuzluluk ile N ve P (makroalg) değişkenleri arasında negatif; çözünmüş oksijen ile N ve P (makroalg) değişkenleri arasında pozitif ilişkinin varlığı desteklenmiştir. Makroalglerin büyümesi besinlerin mevcudiyetinden başka değişen ışık, sıcaklık, rekabet (Viaroli vd., 1996), tuzluluk, pH ve CO₂ (Esteves vd., 2005) gibi abiyotik faktörler ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin; yaz sonunda makroalg biyokütlesinin azalması artan sıcaklık, tuzluluk ve pH ile azalan çözünmüş CO₂'e bağlanmıştır (Peckol vd., 1994; Rivers ve Peckol, 1995; Menéndez ve Comín, 2000). Lobban ve Harrison (1994), ekolojik değişkenlerin sadece alglerin üremesini, gelişimini, morfolojisini, coğrafi ve mevsimsel dağılımlarını değil aynı zamanda biyokimyasal içeriğini de belirlediğini aktarmışlardır.

İkinci bileşene göre C konsantrasyonu ile doku N konsantrasyonu değişkenleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır (Tablo 5.61). Besin sınırlaması fark edilmediğinde makroalg büyümesi hem hücresel karbon hem de azot metabolizmasının sonucu olduğundan stokiyometrik oranlarla bir araya gelen bu elementlerin aynı yönde korelasyon göstermeleri doğaldır. Doku C ve N konsantrasyonları arasındaki bu ilişki Chen vd. (2019) tarafından okyanus asitlenmesinin etkisinin araştırıldığı bir deneyle de ortaya konmuştur. Buna göre; atmosferik CO₂'deki artışların neden olduğu okyanus asitlenmesinin deniz suyundaki inorganik C'ü artıracak bunun da besin alımını daha da etkileyerek makroalglerde C içeriğini ve NO₃ alımını artıracakı bildirilmektedir.

Deniz suyunun NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, Σ N_{inor} ve sN/P ile ortalama doku N ve P konsantrasyonları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca NO₂⁻-N ile makroalg C konsantrasyonu arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır ($p<0,05$). PO₄³⁻-P oranı ile ise sadece makroalg P konsantrasyonu arasında pozitif ve anlamlı bir korelasyon görülmüştür. Temel bileşen analizi sonuçları deniz suyu NH₄⁺-N, Σ N_{inor}, PO₄³⁻-P ile N ve P (makroalg) değişkenleri arasındaki pozitif korelasyonu desteklenmiştir. Buna ek olarak sN/P ile C (makroalg) değişkeni arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (Tablo 5.63). Klorofil-*a* oranları ile makroalgere ait ortalama N ve P konsantrasyonları arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0,05$). Vergara vd. (1997) tarafından yüksek bitkilere benzer şekilde bazı makroalglerin (*U. rotundata* ve *U. curvata*) klorofil-*a* içeriği ile azot içeriği arasında pozitif ilişki olduğu bildirilmiştir.

(Vergara vd., 1997). Fotosentezin önemli bir bileşeni olan klorofil, ışığı soğurmada rol oynar ve bu nedenle fotoototrofların büyümesi ve verimiyle ilişkilidir (Taiz ve Zeiger, 2010). Aynı zamanda klorofil deniz suyundaki düşük azot konsantrasyonları durumunda kullanılan bir azot deposu da olarak hizmet etmektedir (Menéndez vd., 2002). Azot klorofilin yapı taşlarından biridir. Fosfor ise klorofil-*a*'nın bir bileşeni olmamasına rağmen daha yüksek fosfor kaynağı klorofil-*a* sentezinde yer alan enzimlerin aktivitesini uyarabilir (Von Wettstein vd., 1995). Ayrıca makroalg dokularına ait C ile N ve N ile P değişkenleri arasında da pozitif ve anlamlı ilişki bulunmuştur ($p<0,05$).

Kıyı sularında deniz makroalgleri tarafından gerçekleştirilen birincil üretim özellikle sıcaklığın ve ışığın kritik olmadığı durumlarda genellikle besin mevcudiyeti ile sınırlıdır (Lapointe vd., 1984). Azot ve fosforla sınırlı büyümenin araştırıldığı besin zenginleştirme deneyleri inorganik besin mevcudiyetinin laboratuvar kültür sisteminde test edilen makroalglerin doku element oranlarını değiştirdiğini göstermektedir (Larned, 1998). Örneğin; Korbee vd. (2005), *Porphyra* türlerinin yüksek azot seviyeleri altında daha yüksek doku azot konsantrasyonları sergilediğini rapor etmiştir. Hatta bazı makroalglerin (*U. pertusa*, *S. japonica*, *G. chorda*) yüksek azot (NH_4^+ ve $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) ve fosfat (PO_4^{3-}) içeren ortamlarda doku N ve P oranlarını arttırarak akuakültür sisteminde biyofiltre olarak kullanılabilecekleri gösterilmiştir (Kang vd., 2011). Bu nedenle makroalglerdeki besin maddelerinin doku seviyeleri deniz suyunun besin rejimini yansıtır ve bir ekosistemdeki besin durumunun güvenilir bir göstergesi olarak kullanılabilirler (Wheeler ve Bjoernsaeter, 1992; Fong vd., 1994; Kim vd., 2013).

Özetle; deniz suyu azot ve fosforunun doku element oranları üzerindeki etkisinin sıcaklık, tuzluluk ve gün ışığı gibi diğer faktörlerle kümülatif etkilerinin olasılığı göz önüne alındığında, bu konuda yapılacak kontrollü deneyler bu karmaşık etkileşimlerin anlaşılması adına yararlı olacaktır.

Bu çalışmada makroalglerin doku N konsantrasyonları ile çeşitli inorganik azot formları (NO_2^- -N, NO_3^- -N, NH_4^+ -N) arasında pozitif korelasyon olduğu dikkat çekmektedir. *U. intestinalis*, *U. rigida*, *C. officinalis* ve *P. capillacea* türünün N konsantrasyonu ile NO_2^- -N ve NH_4^+ -N; *P. pavonica* ve *Ceramium* spp. türünün N konsantrasyonu ile NO_3^- -N ve ayrıca *E. crinita* ve *L. obtusa* türünün N konsantrasyonu ile NH_4^+ -N arasındaki ilişkiler önemlidir ($p<0,05$). Diğer yandan NH_4^+ -N ile doku N konsantrasyonu arasındaki ilişkiler bu çalışmadaki örneklerin çoğu için ortaktır. Alg hücrelerinde amino asit sentezi yolu sitozolde nitratin nitrite indirgenmesiyle başlar. Nitrit daha sonra kloroplastlarda

amonyuma indirgenir ve amonyum amino asit sentezi için kullanılır (Heldt ve Piechulla, 2010). Nitekim çoğu deniz yosunu türü doğal çevre koşulları altında NH_4^+ alım oranlarının NO_3^- alım oranlarını aştığını göstermiştir (Neori vd., 1996). Örneğin *U. pertusa* ve *G. chorda* $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ yerine NH_4^+ 'ı güçlü bir şekilde tercih ettiği bildirilmiştir (Kang vd., 2011). Bu bağlamda mevcut çalışmada daha az enerji gerektiren NH_4^+ -N kullanımının yoğunlukta olması doğaldır. Fakat yüksek amonyum konsantrasyonları toksik etki yapabilmektedir (Krogmann vd., 1959). Öte yandan NH_4^+ doğrudan amino asitlere dahil edilebilmesine rağmen ilginç bir şekilde NH_4^+ yerine tercihen $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ kullanan ya da NH_4^+ ve $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ 'i aynı anda ve aynı oranda kullanan makroalglerin olduğunu bildiren araştırmalarda mevcuttur (Harrison vd., 1986). Tek seferde hem NH_4^+ hem de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ kullanımı birim zamanda büyük miktarlarda azota ihtiyaç duyan yosunlar için karlı olabilir (Thomas ve Harrison 1987). Solomonson ve Barber (1990)'a göre makroalgal büyüme için N kaynakları çoğunlukla nitrat ve amonyum şeklindedir. Nitratın taşınması ve kullanılacağı formlara dönüşümü enerji gerektirmesine karşın >1000 'lik bir konsantrasyon faktörü (iç:dış) ile vakuolde depolanabildiği için de bir avantaja sahiptir (Gordillo vd., 2002). Özetle; Hanisak (1990), azot kaynakları tercihinin deniz yosununun azot durumundan etkilendiğini bildirmiştir.

Ekolojik değişkenler ile doku besin elementleri arasındaki ilişkiler doku N ve P konsantrasyonlarının çevresel etmenlere karşı benzer değişimler sergilediğini göstermiştir. Bitkilerin N ve P içeriklerinin yakından ilişkili olması bu iki elementin nükleik asitler (örn. DNA) ve enerjik nükleotidler (örn. ATP) gibi ortak biyolojik bileşiklerde bulunmasından kaynaklanmaktadır (Sterner ve Elser, 2002). Makroalg besin zenginleştirme deneylerinin çoğunda tespit edilen N ve P konsantrasyonları arasındaki bu ilişki (Duarte, 1992), büyük ölçüde karasal bitkiler için tanımlanan ilişkiye benzerdir (Garten, 1976; Duarte, 1992).

7. SONUÇ

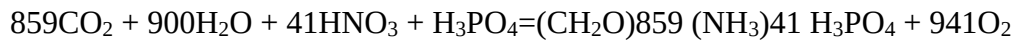
Sinop kıyılarında dağılım gösteren makroalglerin stokiyometrik modellerini aydınlatmak için gerçekleştirilen bu araştırma ile ilk defa makroalglerin doku C:N:P stokiyometrisi tespit edilerek, bunun kıyı besin kompozisyonunun değerlendirilmesinde su kolonu örneklemesine alternatif, biyolojik bir gösterge olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır.

Araştırma sonucu yerleşim yerlerine uzak ve nispeten temiz bölgeler ile atık su deşarjının olduğu tehdit altındaki alanlardan toplanan makroalg örneklerinin elementel analiz sonuçları da istasyonların çözünür besin elementi oranlarının kullanılabilirlik durumunu, dolayısıyla birincil üretim üzerine olan etkilerini yansıtmıştır. Yapılan araştırma sonucu makroalg doku N ve P içerikleri ile deniz suyu NO_2^- -N, NO_3^- -N ve NH_4^+ -N arasında ve deniz suyu PO_4^{3-} -P ile makroalg P konsantrasyonu arasında pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçları makroalg filumları arasında doku azotu açısından büyük farklar olmadığını göstermiştir. Literatürde çözülmüş inorganik azot konsantrasyonu artışının bitki C:N oranını azalttığı ortaya konularak, doku C:N oranının azot depolamaya tepkisel etkisi olduğu ve spesifik büyüme hızının olası azot sınırlamasını gösterdiği ifade edilmiştir. Araştırma sonucunda diğer istasyonlara kıyasla inorganik azot ve fosfor bakımından zengin bulunan İst. IV'te ortalama makroalgal doku N ve P oranları diğer bölgelerden yüksek bulunmuş olması da bunu desteklemektedir. Ayrıca bu bölgede nitrofil alglerden *Ulva* cinsi alglerin çok geniş bir alana yayılarak baskın tür haline geldiği tespit edilmiştir. Bu durum istasyon ve yakınında bulunan atık su deşarjlarının besin yüklerine etkisinin bir sonucu olarak söylenebilir. Sinop kıyılarında makroalglerin dahili N havuzunun büyüme sürdürebilmek için yeterli bulunmuştur. Diğer yandan makroalglerle ait dahili P havuzunun ise kritik bölgeye daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Böylece araştırmadan elde edilen C:N:P oranının kıyısız su kütlelerinin gelecekteki N ve P kullanılabilirliğinin tahmin edilmesi, kıyı ekosistem biyoçeşitliliği, gelecekteki durumu, sürdürülebilirliği, bozulma durumunda ne yapılabileceği konularında makroalgal stokiyometrik çalışmaların kullanışlı olabileceği ortaya konulmuştur.

C. officinalis türü hariç makroalglerin literatüre uygun şekilde P-sınırlı büyüdüğü anlaşılmıştır. Ancak *C. officinalis* stokiyometrisi hakkında daha ileri araştırma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca *L. obtusa* ve *P. capillacea* türünden

elde edilen C:N:P medyan oranları oldukça yüksek oranda bulunmuştur. Makroalglerin belirli büyüme hızının besin bulunabilirliği ile sınırlılığı ve düşük besin rejimi olan bölgelerden elde edilen makroalgin yüksek C:N:P oranı göstermesi göz önüne alındığında, örnekleme dönemi boyunca bu iki türün neden bazı istasyonlarda elde edilemediğinin nedeni olarak düşünülebilir.

Yapılan çalışma sonucunda Sinop kıyıları makroalg C:N:P oranı ortalama 1187:57:1 ve medyan oranı 859:41:1 olarak tespit edilmiştir. Böylece Sinop kıyılarında dağılım gösteren makroalg biyokütlesinin organik madde metabolizması için stokiyometrik denklem şu şekilde tespit edilmiştir:



U. intestinalis, *U. rigida*, *C. officinalis* ve *P. capillacea* türünün N konsantrasyonu ile NO_2^- -N ve NH_4^+ -N; *P. pavonica* ve *Ceramium* spp. türünün N konsantrasyonu ile NO_3^- -N ve *E. crinita* ve *L. obtusa* türünün N konsantrasyonu ile NH_4^+ -N arasındaki ilişkiler önemlidir. Makroalglerin N kaynağı tercihlerinin daha ayrıntılı sonuçlarına ulaşmak amacıyla N kullanılabilirliğinin ölçüldüğü deneyler yapılabilir. Bu nedenle yukarıdaki eşitlikte klasik Redfield oranı referans alınarak oluşturulan denklem temel alındığı için farklı makroalg C:N:P oranları kullanılırsa veya birincil azot kaynağında değişiklik varsa yukarıda verilen denklemde küçük değişiklikler yapılması gerekir.

Analiz sonucunda kırmızı ve yeşil alglerle oranla kahverengi alglerin daha düşük %N içeriğine dolayısı ile yüksek C:N oranı mevcut literatürlerle benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte alg gruplarının yıllık ortalama P konsantrasyonları literatürde bildirilen konsantrasyon değerlerine kıyasla daha düşük olduğu da yapılan bu araştırma ile ortaya konmuştur. Sinop kıyılarında gerçekleştirilen bu araştırma ile makroalglerin doku N ve P konsantrasyonlarının sıcaklık ve tuzluluk ile negatif; çözünmüş oksijen miktarı ile pozitif ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca deniz suyu NH_4^+ -N ve toplam inorganik azot miktarı ile yine doku N ve P konsantrasyonları arasında pozitif ilişki olduğu; PO_4^{3-} -P ile makroalg P konsantrasyonu arasında da pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Nitekim, DNA, RNA, ATP, fosfolipitler ve amino asitler gibi ortak biyolojik bileşiklerde bulunan N ve P elementlerinin doku konsantrasyonlarının da çevresel etmenlere karşı benzer değişimler göstermesi beklendik bir sonuçtur. Bu çalışma Sinop'ta yapılması planlanan nükleer enerji santralinin kurulacağı İst. I (İnceburun) bölgesinden başlanarak yarımada etrafında gerçekleştirilmiştir. Gelecekte bu bölgede yapılması planlanan

santralin deşarj alanlarında soğutma suları ile artan yüksek sıcaklıklar, artan askıdaki maddeler, azalan klorofil-*a* ve çözünmüş oksijen vb. fiziksel ve kimyasal bozulmaların denizel makroalgler gibi yaşam alanına kendini sabitleyen organizmalar için ciddi tehditler oluşturabileceği öngörülmektedir. Bu sebeplerle ekolojik değişkenler ile bitki doku besin elementi oranları arasındaki ilişkiler, makroalglerin çevresel değişikliklere karşı yanıtını yansıttığından makroalglerin bu değişiklikleri izlemek için önemli bir gösterge görevi görebileceği söylenebilir.

Sonuç olarak; okyanus ve denizlerin dar bir alanıyla sınırlı olmalarına rağmen birincil üretkenliğe ve biyolojik karbon pompasına büyük bir katkıda bulunan makroalglerin elementel bileşimi, atık sulardaki fazla besin maddelerini azaltılmasında kullanılabilecek türlerin tespiti ve aynı zamanda otçulların kullanılabilir besin değeri bakımından da önemlidir. Ayrıca ekolojik değerlerine ek olarak ilaç, gıda, gübre kozmetik, biyoyakıt ve diğer ürünlerin üretiminde kullanılan makroalglerin element oranlarının bilinmesi ekonomik olarak da önem arz etmektedir.

Sucul ekosistemler değişmeye devam ettikçe besinlerin mevcudiyetinde de değişiklikler yapacaktır. Bu değişikliklerin topluluk ve ekosistem düzeyinde etkilerini belirlemek için sınırlayıcı besinler arasındaki etkileşimlerin altında yatan mekanizmaları anlamak çok önemli olacaktır. Sucul ortamda birincil üretimi sınırlayan besin maddeleri üzerine elde edilen bilgiler sonuçta hem ekosistem verimliliğini sınırlayan kısıtlamaları anlamada hem de ötrofikasyon yönetiminin temellerini atması noktasında son derece önemli bilgiler vermektedir. Ancak denizel su kütlelerinden elde edilen çözünebilir N ve P konsantrasyonları besin maddesi arzı veya devir hızı hakkında kesin bilgi vermediği ve bu elementlerin canlılar tarafından biyolojik kullanılabilirliğini de açıklayamadığından dolayı besin mevcudiyeti hakkında sınırlı bilgi sağladığı da bir gerçektir. Bunun sebebi olarak doku besin elementi seviyelerinin, sucul ortamlarında mevcut olan besin maddelerinin alımı ve depolanmasıyla belirlenmesi söylenebilir. Yapılan çalışmalar makroalg besin içeriğinin, çevresel faktörlerin etkisi altında olan ve suyun besin özelliklerine hassas şekilde cevap veren dinamik bir süreci yansıttığını ortaya koymaktadır. Bu durumda makroalg dokularındaki C:N:P oranları hakkındaki bilgiler kıyı su kütlelerinin gelecekteki karbon, azot ve fosfor kullanılabilirliğinin tahmin edilmesiyle olası tehditlerin önüne geçilmesine yardımcı olabilir. Bu çerçevede mevcut çalışmanın ileride yapılacak araştırmalar için önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbott, I. A., Isabella, A., & Hollenberg, G. J. (1992). *Marine algae of California*. Stanford University Press.
- Aerts, R., & Chapin III, F. S. (1999). The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. In A. J. Fitter, & D. R. Hay (Eds.), *Advances in ecological research* (Vol. 30, pp. 1-67). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60016-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60016-1)
- Ågren, G. I. (2008). Stoichiometry and nutrition of plant growth in natural communities. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 39, 153-170. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173515>
- Alkan, A., Zengin, B., Yıldırım, C., & Serdar, S. (2004). Trabzon açıklarında deniz suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Anderson, D. M. (2007). The ecology and oceanography of harmful algal blooms: multidisciplinary approaches to research and management. *Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series*, 74, 1-28.
- Anonim, (2022a). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinop> (Erişim tarihi: 05.06.2022)
- Anonim, (2022b). [Genel Bilgiler \(sinopkulturturizm.gov.tr\)](http://sinopkulturturizm.gov.tr) (Erişim tarihi: 05.06.2022)
- Anonim, (2022c). <https://tr.wikipedia.org/wiki/İnceburun> (Erişim tarihi: 05.06.2022).
- Anonim, (2023a). [Ulva intestinalis \(dvo.ru\)](http://ulva.intestinalis.dvo.ru) (Erişim tarihi: 07.12.2023).
- Anonim, (2023b). cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kiyi-ve-deniz-sularinda-klorofil-a-miktari-i-85743 (Erişim tarihi: 07.12.2023).
- Anonim, (2024a). [Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi](http://kastamonu-universitesi-merkezi-arastirma-laboratuvarı-uygulama-ve-arastirma-merkezi) (Erişim tarihi: 28.01.2024).
- Anonim, (2024b). [ICP-MS Laboratuvarı – Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi \(sinop.edu.tr\)](http://icp-ms-laboratuvarı-bilimsel-ve-teknolojik-arastirmalar-uygulama-ve-arastirma-merkezi.sinop.edu.tr) (Erişim tarihi: 28.01.2024).
- APHA (1995) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th Edition, American Public Health Association Inc., New York.
- Arıcı, E. (2017). *Karadeniz'in Sinop kıyı sahil şeridinden elde edilen baskın makroalglerin ve deniz çayırlarının ağır metal kirliliği tespitinde biyomonitör olarak kullanılmaları* (Yayın No. 470637) [Doktora tezi, Sinop Üniversitesi].
- Ataç, Ü., Aktaş, M., Yıldırım, C., Alemdağ, N., Zengin, B., & Alkan, A. (1997). Karadeniz Bölgesinde su kirliliğine neden olan faktörlerin belirlenmesi ve su ürünlerine etkilerinin araştırılması. TAGEM/IV/96/12/02/001. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Atkinson, M. J. (1987). Low phosphorus sediments in a hypersaline marine bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24(3), 335-347. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(87\)90054-0](https://doi.org/10.1016/0272-7714(87)90054-0)
- Atkinson, M. J., & Smith, S. V. (1983). C: N: P ratios of benthic marine plants 1. *Limnology and Oceanography*, 28(3), 568-574. <https://doi.org/10.4319/lo.1983.28.3.0568>
- Atobe, S., & Saito, Y. (1974). Phytosociological Study of the Intertidal Marine Algae III.: Effect of wave action on algal zonation. *北海道大學水産學部研究彙報*, 24(4), 133-138.

- Aydın, A. (1991). Sporlu Bitkiler Sistematığı I (Algler). *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, (3593).
- Bach, L. T., Tamsitt, V., Gower, J., Hurd, C. L., Raven, J. A., & Boyd, P. W. (2021). Testing the climate intervention potential of ocean afforestation using the great Atlantic Sargassum Belt. *Nature Communications*, 12(1), 2556. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22837-2>
- Bakan, G., & SENEL, B. (2000). Samsun Mert Irmağı-Karadeniz deşarjında yüzey sediman (dip camur) ve su kalitesi araştırması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24, 135-141.
- Baker, C. A., Henson, S. A., Cavan, E. L., Giering, S. L. C., Yool, A., Gehlen, M., Belcher, A., Riley, J. S., Smith, H. E. K., & Sanders, R. (2017). Slow-sinking particulate organic carbon in the Atlantic Ocean: Magnitude, flux, and potential controls. *Global Biogeochemical Cycles*, 31(7), 1051–1065. <https://doi.org/10.1002/2017GB005638>
- Barrett, G. (Ed.). (2012). *Chemistry and biochemistry of the amino acids*. Springer Science & Business Media.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2022). *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. CRC press.
- Bat, L., & Arıcı, E. (2016). Heavy metal concentrations in macroalgae species from Sinop coasts of the Southern Black Sea. *J. Coast. Life Medicine*, 4(11), 841-845. <https://doi.org/10.12980/jclm.4.2016J6-212>
- Bat, L., Akbulut, M., Sezgin, M., & Çulha, M. (2001). Effects of sewage pollution the structure of the community of *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza* and rocky macrofauna in Dışlıman of Sinop. *Turkish Journal of Biology*, 25(1), 93-102.
- Baytut, Ö. (2010). *Kızılırmak nehir ağızı fitoplanktonu ve nutrientlerle etkileşimleri*. (Yayın No. 276513) [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi].
- Bennett, E. M., Carpenter, S. R., & Caraco, N. F. (2001). Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: a global perspective: increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 51(3), 227-234. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0227:HIOEPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0227:HIOEPA]2.0.CO;2)
- Berov, D. (2013). *Structure of Cystoseira spp. macroalgal communities and the influence of anthropogenic factors on their distribution. Macroalgae as an indicator of the ecological state of coastal marine ecosystems in the Black Sea*. [Doctoral dissertation, PhD Thesis, Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences]. Doi:10.13140/RG.2.1.3495.7685.
- Birch, P. B., Gordon, D. M., & McComb, A. J. (1981). Nitrogen and phosphorus nutrition of *Cladophora* in the Peel-Harvey estuarine system, Western Australia. <https://doi.org/10.1515/botm.1981.24.7.381>
- Björnsäter, B. R., & Wheeler, P. A. (1990). Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales, chlorophyta) 1. *Journal of Phycology*, 26(4), 603-611. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1990.00603.x>
- Bonsdorff, E., Blomqvist, E. M., Mattila, J., & Norkko, A. (1997). Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta*, 20(1), 319-329.
- Borum, J., & Sand-Jensen, K. (1996). Is total primary production in shallow coastal marine waters stimulated by nitrogen loading? *Oikos*, 76(2), 406-410. <https://doi.org/10.2307/3546213>
- Boyce, D. G., Lewis, M. R., & Worm, B. (2010). Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*, 466(7306), 591-596. <https://doi.org/10.1038/nature09268>

- Braune, W. (2008). Meeresalgen: ein Farbbildführer zu den verbreiteten benthischen Grün-, Braun- und Rotalgen der Weltmeere. Gantner.
- Breitbarth, E., Bellerby, R. J., Neill, C. C., Ardelan, M. V., Meyerhöfer, M., Zöllner, E., ... & Riebesell, U. (2010). Ocean acidification affects iron speciation during a coastal seawater mesocosm experiment. *Biogeosciences*, 7(3), 1065-1073. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1065-2010>
- Bressan, G., & Babbini-Benussi, L. (1995). Inventario delle *Corallinales* del Mar Mediterraneo: considerazioni tassonomiche. *Plant Biosystem*, 129(1), 367-390. <https://doi.org/10.1080/11263509509436152>
- Bricker, S. B., Longstaff, B., Dennison, W., Jones, A., Boicourt, K., Wicks, C., & Woerner, J. (2007). Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries: A Decade of Change (National Estuarine Eutrophication Update). *NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series*, (26). <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.028>
- Bruland, K. W. (1983). Trace elements in seawater. *Chemical oceanography*, 8, 157-200.
- Brzezinski, M. A. (1985). The Si: C: N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables 1. *Journal of Phycology*, 21(3), 347-357.
- Buchanan, J. B. (1984). Sediment analysis. *Methods for the Study of Marine Benthos*, 41-63. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1985.00347.x>
- Burrows, E. M., Dixon, P. S., & Irvine, L. M. (1991). *Seaweeds of the British Isles: Chlorophyta*. Vol. 2. HM Stationery Office.
- Buschmann, A. H., Troell, M., Kautsky, N., & Kautsky, L. (1996). Integrated tank cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Hydrobiologia*, 326, 75-82. <https://doi.org/10.1007/BF00047789>
- Caraco, N., Cole, J., & Likens, G. E. (1990). A comparison of phosphorus immobilization in sediments of freshwater and coastal marine systems. *Biogeochemistry*, 9(3), 277-290. <https://doi.org/10.1007/BF00000602>
- Chao-yuan, W., Yan-xia, Z., Ren-zhi, L., Zuo-sheng, P., Ying-fang, Z., Qing-chen, L., ... & Xiao, F. (1984). Utilization of ammonium-nitrogen by *Porphyra yezoensis* and *Gracilaria verrucosa*. In *Eleventh International Seaweed Symposium: Proceedings of the Eleventh International Seaweed Symposium, held in Qingdao, People's Republic of China, June 19-25, 1983* (pp. 475-477). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6560-7_95
- Chapman, A. R. O., & Craigie, J. S. (1977). Seasonal growth in *Laminaria longicruris*: relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nitrogen. *Marine Biology*, 40, 197-205. <https://doi.org/10.1007/BF00390875>
- Chen, B., Lin, L., Ma, Z., Zhang, T., Chen, W., & Zou, D. (2019). Carbon and nitrogen accumulation and interspecific competition in two algae species, *Pyropia haitanensis* and *Ulva lactuca*, under ocean acidification conditions. *Aquaculture International*, 27, 721-733. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00360-y>
- Chen, B., Zou, D., & Jiang, H. (2015). Elevated CO₂ exacerbates competition for growth and photosynthesis between *Gracilaria lemaneiformis* and *Ulva lactuca*. *Aquaculture*, 443, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.009>
- Chen, B., Zou, D., & Yang, Y. (2017). Increased iron availability resulting from increased CO₂ enhances carbon and nitrogen metabolism in the economical marine red macroalga *Pyropia haitanensis* (Rhodophyta). *Chemosphere*, 173, 444-451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.073>

- Cheng, A., Lim, W. Y., Lim, P. E., Yang Amri, A., Poong, S. W., Song, S. L., & Ilham, Z. (2022). Marine Autotroph-Herbivore Synergies: Unravelling the Roles of Macroalgae in Marine Ecosystem Dynamics. *Biology*, 11(8), 1209. <https://doi.org/10.3390/biology11081209>
- Cherbadgy, I. I., & Sabitova, L. I. (2011). Influence of the environmental factors on the intensity of the oxygen, ammonium, and phosphate metabolism in the agar-containing seaweed *Ahnfeltia tobuchiensis* (Ahnfeltiales, Rhodophyta). *Oceanology*, 51(1), 49-59. <https://doi.org/10.1134/S0001437011010024>
- Cherif, M., & Elser, J. (2016). *Ecological Stoichiometry*. DOI: 10.1093/OBO/9780199830060-0146
- Chopin, T., & Robinson, S. M. (2004). Defining the appropriate regulatory and policy framework for the development of integrated multi-trophic aquaculture practices: introduction to the workshop and positioning of the issues. *Bulletin-Aquaculture Association of Canada*, 104(3), 4.
- Chopin, T., Gallant, T., & Davison, I. (1995). Phosphorus and nitrogen nutrition in *Chondrus crispus* (Rhodophyta): effects on total phosphorus and nitrogen content, carrageenan production, and photosynthetic pigments and metabolism 1. *Journal of Phycology*, 31(2), 283-293. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00283.x>
- Cirik, S., & Cirik, Ş. (1995). *Limnoloji*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, No:21, 46- 48, Bornova-İzmir.
- Cirik, S., & Gökpınar, Ş. (1993). *Plankton bilgisi ve kültürü*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 47, 131-133.
- Cirik, Ş., & Cirik, S. (2004). *Su bitkileri (deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi yetiştirme teknikleri)*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları: 58, Ders Kitabı, Bornova-İzmir, 188 s.
- Cirik, Ş., & Cirik, S. (2011). *Su Bitkileri (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri)*. (s. 10–55) içinde. İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi.
- Clayton, M. N. (1981). Correlated studies on seasonal changes in the sexuality, growth rate, and longevity of complanate *Scytosiphon* (Scytosiphonaceae: Phaeophyta) from southern Australia growing in situ. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 51(1), 87-96. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(81\)90155-6](https://doi.org/10.1016/0022-0981(81)90155-6)
- Cloern, J. E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine ecology progress series*, 210, 223-253. doi:10.3354/meps210223
- Conway, H. L., Harrison, P. J., & Davis, C. O. (1976). Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. II. Transient response of *Skeletonema costatum* to a single addition of the limiting nutrient. *Marine Biology*, 35(2), 187-199. <https://doi.org/10.1007/BF00390940>
- Costanzo, S. D., O'donohue, M. J., Dennison, W. C., Loneragan, N. R., & Thomas, M. (2001). A new approach for detecting and mapping sewage impacts. *Marine pollution bulletin*, 42(2), 149-156. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00125-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00125-9)
- Cribb, A. B. (1983). Marine Algae of the Southern Great Barrier Reef. Part I. Rhodophyta. Australian Coral Reef Society Handbook No. 2. *Watson Ferguson: Brisbane*, 71.
- Çakı, Z. (2009). *Ege Denizi kıyılarında bulunan bazı makro alg türlerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinin saptanması* (Yayın No. 237979) [Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi]
- Çetingül, V. (1993). *Ekonomik değerdeki bazı deniz alglerinin kimyasal içeriklerinin saptanması* (Yayın No. 28229) [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi]

- Çolakoğlu, G. (1999). Tohumusuz Bitkiler Sistematiği (Bacteriophyta, Cyanophyta, Phycophyta, Mycophyta, Lichenes), Marmara Üniversitesi, 1999.
- ÇŞB-ÇEDİDGM & TÜBİTAK-MAM (2017). *Deniz izleme Kılavuzları*, Çankaya/ANKARA.
- ÇŞİDB, TÜBİTAK-MAM (2021). “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2019 Karadeniz Özet Raporu”, TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli
- Çulha, M., Bat, L., Türk Çulha, S., & Gargac, A. (2007). Sinop yarımadası (orta Karadeniz) sert substratlarında yer alan bazı Mollusk türleri. *Sucul Yaşam Dergisi*, 3-5.
- Da Silva, J. F., & Williams, R. J. P. (2001). The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life. Oxford University Press.
- Dantas, M. C., & Attayde, J. L. (2007). Nitrogen and phosphorus content of some temperate and tropical freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 70(1), 100-108. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01277.x>
- Davis, J. A., & Boyd, C. E. (1978). Concentrations of selected elements and ash in bluegill (*Lepomis macrochirus*) and certain other freshwater fish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 107(6), 862-867. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1978\)107<862:COSEAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107<862:COSEAA>2.0.CO;2)
- Dawes, C.J. (1998). *Marine Botany, 2nd Ed.* John Wiley ve Sons, New York.
- De Casabianca, M. L., & Posada, F. (1998). Effect of environmental parameters on the growth of *Ulva rigida* (Thau Lagoon, France). <https://doi.org/10.1515/botm.1998.41.1-6.157>
- DeBoer, J. A. (1981). Nutrients, In Lobban, C, S, and Wynne, M, J, (Eds). *The Biology of Seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, London, pp. 356-91.
- DeBoer, J. A., & Ryther, J. H. (1977). Potential yields from a waste-recycling algal mariculture system. *The marine plant biomass of the Pacific Northwest Coast*, 231-248.
- Demir, Y., Keskin, S., & Çavuşoğlu, Ş. (2021). Doğrusal olmayan temel bileşenler analizinin tanıtımı ve uygulanabilirliği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(2), 442-450. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.770817>
- Dentener, F., Drevet, J., Lamarque, J. F., Bey, I., Eickhout, B., Fiore, A. M., ... & Wild, O. (2006). Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: A multimodel evaluation. *Global biogeochemical cycles*, 20(4). <https://doi.org/10.1029/2005GB002672>
- Dhargalkar, V. K., Reddy, C. R. K., Deshmukhe, G. V., & Untawale, A. G. (1987). Biochemical composition of some benthic marine algae of the Vestfold Hills, Antarctica.
- Doğan-Sağlamtimur, N., Sağlamtimur, B. (2018). Sucul Ortamlarda Ötrofikasyon Durumu ve Senaryoları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, cilt 7, sayı 1, 75-82.
- Douglas, M. M., Bunn, S. E., & Davies, P. M. (2005). River and wetland food webs in Australia's wet-dry tropics: general principles and implications for management. *Marine and Freshwater Research*, 56(3), 329-342. <https://doi.org/10.1071/MF04084>
- Droop, M. R. (1983). 25 years of algal growth kinetics a personal view. <https://doi.org/10.1515/botm.1983.26.3.99>
- Drum R. (2003). Sea Vegetables for Food and Medicine, 123-128.
- Duarte, C. M. (1992). Nutrient concentration of aquatic plants: patterns across species. *Limnology and Oceanography*, 37(4), 882-889. <https://doi.org/10.4319/lo.1992.37.4.0882>
- Duggins, D. O., Simenstad, C. A., & Estes, J. A. (1989). Magnification of secondary production by kelp detritus in coastal marine ecosystems. *Science*, 245(4914), 170-173. DOI: 10.1126/science.245.4914.17

- Dural B., Aysel V., Demir N., Erduğan H., Okudan E.Ş., Karaçuha A., Yazıcı I., & Atalay G. (2011). Sinop Limanı (Karadeniz, Türkiye) Çiçekli Bitkileri ve birlik oluşturan algler. Mahmut Aydın (Ed.), *Samsun Sempozyumu*, Samsun Valiliği, 2012. ISBN 6056334902, 9786056334900
- Dural, B. (1986). *Çandarlı Körfezi'nde yayılış gösteren Ulvales (chlorophyceae) ordusu üyelerinin morfolojisi, anatomisi ve taksonomisi*. (Yayın No. 822) [Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi].
- Durucan, F. (2011). *Antalya batı kıyıları (Antalya- Kalkan) 'nın makrobentik deniz florası*. (Yayın No. 284101) [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]
- Dy, D. T., & Yap, H. T. (2001). Surge ammonium uptake of the cultured seaweed, *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty (Rhodophyta: Gigartinales). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265(1), 89-100. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00325-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00325-2)
- Egemen, Ö. (2011). Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, 150 s.
- Egemen, Ö., & Sunlu, U. (1996). Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, 153 s.
- Elrifi, I. R., & Turpin, D. H. (1985). Steady-state luxury consumption and the concept of optimum nutrient ratios: A study with phosphate and nitrate limited *Selenastrum minutum* (chlorophyta) 1. *Journal of Phycology*, 21(4), 592-602. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1985.00592.x>
- Elser, J. J. (2000). Ecological stoichiometry: from sea to lake to land. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(10), 393-394. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01956-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01956-X)
- Elser, J. J., & Urabe, J. (1999). The stoichiometry of consumer-driven nutrient recycling: theory, observations, and consequences. *Ecology*, 80(3), 735-751. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[0735:TSOCDN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[0735:TSOCDN]2.0.CO;2)
- Elser, J. J., Dobberfuhl, D. R., MacKay, N. A., & Schampel, J. H. (1996). Organism size, life history, and N: P stoichiometry: toward a unified view of cellular and ecosystem processes. *BioScience*, 46(9), 674-684. <https://doi.org/10.2307/1312897>
- Elser, J. J., Fagan, W. F., Denno, R. F., Dobberfuhl, D. R., Folarin, A., Huberty, A., ... & Sterner, R. W. (2000b). Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs. *Nature*, 408(6812), 578-580. <https://doi.org/10.1038/35046058>
- Elser, J. J., Sterner, R. W., Gorokhova, E. A., Fagan, W. F., Markow, T. A., Cotner, J. B., ... & Weider, L. W. (2000a). Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology letters*, 3(6), 540-550. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2000.00185.x>
- El-Shenody, R. A., Ashour, M., & Ghobara, M. M. E. (2019). Evaluating the chemical composition and antioxidant activity of three Egyptian seaweeds: *Dictyota dichotoma*, *Turbinaria decurrens*, and *Laurencia obtusa*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.20318>
- Endo, H., Suehiro, K., Gao, X., & Agatsuma, Y. (2017). Interactive effects of elevated summer temperature, nutrient availability, and irradiance on growth and chemical compositions of juvenile kelp, *Eisenia bicyclis*. *Phycological Research*, 65(2), 118-126. <https://doi.org/10.1111/pre.12170>
- Esteves, B. S., Taouil, A., & Suzuki, M. S. (2005). Nutrient composition of macroalgae and macrophytes of the Açu lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(3), 233-244.
- Everett, R. A. (1994). Macroalgae in marine soft-sediment communities: effects on benthic faunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 175(2), 253-274. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)90030-2)

- Fei, X. (2004). Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation. *In Asian Pacific Phycology in the 21st Century: Prospects and Challenges: Proceeding of The Second Asian Pacific Phycological Forum, held in Hong Kong, China, 21–25 June 1999* (pp. 145-151). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0944-7_19
- Fernández-Aláez, C., & Fernández-Aláez, M. (2011). Seasonal changes in tissue nutrient concentrations of macroalgae and aquatic angiosperms in Mediterranean ponds (North-Western Spain). *Fundamental and applied limnology*, 179(3), 179-192.
- Field C. B., Behrenfeld M. J., Randerson J. T. & Falkowski P. (1998). Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science*, 281(5374): 237-40. DOI: 10.1126/science.281.5374.237
- Fiset, C., Irwin, A. J., & Finkel, Z. V. (2019). The macromolecular composition of noncalcified marine macroalgae. *Journal of Phycology*, 55(6), 1361–1369. <https://doi.org/10.1111/jpy.12913>
- Flores-Moya, A., Fernández, J. A., & Xavier Niell, F. (1995). Seasonal variations of photosynthetic pigments, total C, N, and P content, and photosynthesis in *Phyllariopsis purpurascens*:(Phaeophyta) from the Strait of Gibraltar. *Journal of Phycology*, 31(6), 867-874. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00867.x>
- Fong, P., Boyer, K. E., Desmond, J. S., & Zedler, J. B. (1996). Salinity stress, nitrogen competition, and facilitation: what controls seasonal succession of two opportunistic green macroalgae?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 206(1-2), 203-221. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02630-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02630-5)
- Fong, P., Donohoe, R. M., & Zedler, J. B. (1994b). Nutrient concentration in the tissue of the macroalgae *Enteromorpha* as a function of nutrient history: an experimental evaluation using field microcosms. *Marine Ecology Progress Series*, 106, 273-281. <https://www.jstor.org/stable/24844879>
- Fong, P., Foin, T. C., & Zedler, J. B. (1994a). A simulation model of lagoon algae based on nitrogen competition and internal storage. *Ecological Monographs*, 64(2), 225-247. <https://doi.org/10.2307/2937042>
- Fong, P., Kamer, K., Boyer, K. E., & Boyle, K. A. (2001). Nutrient content of macroalgae with differing morphologies may indicate sources of nutrients for tropical marine systems. *Marine Ecology Progress Series*, 220, 137-152. doi:10.3354/meps220137
- Fujita, R. M. (1985). The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae. *Journal of Experimental Marine biology and Ecology*, 92:283-301. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(85\)90100-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(85)90100-5)
- Fujita, R. M., Wheeler, P. A., & Edwards, R. L. (1989). Assessment of macroalgal nitrogen limitation in a seasonal upwelling region. *Marine Ecology Progress Series*, 53.
- Furman, A. (1998). A note on environmental concern in a developing country: Results from an Istanbul survey. *Environment and behavior*, 30(4), 520-534. <https://doi.org/10.1177/001391659803000406>
- Gallardo, T., Garreta, A. G., Ribera, M. A., Cormaci, M., Furnari, G., Giaccone, G., & Boudouresque, C. F. (1993). Check-list of Mediterranean Seaweeds. II. Chlorophyceae Wille s.l. *Botanica Marina*, 36 (5): 399-421.
- Garrison, T. S., & Ellis, R. (2014). *Essentials of oceanography*. Cengage Learning.
- Garten Jr, C. T. (1976). Correlations between concentrations of elements in plants. *Nature*, 261(5562), 686-688. <https://doi.org/10.1038/261686a0>

- Gazeau, F., Smith, S. V., Gentili, B., Frankignoulle, M., & Gattuso, J. P. (2004). The European coastal zone: characterization and first assessment of ecosystem metabolism. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(4), 673-694. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.03.007>
- Geldiay, R., & Kocataş, A. (2012). *Deniz Biyolojisi*. Dora Basın-Yayın Ltd. Şti. Bursa. 526s.
- Gerard, V. A. (1982). In situ rates of nitrate uptake by giant kelp, *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh: tissue differences, environmental effects, and predictions of nitrogen-limited growth. *Journal of Experimental Marine biology and Ecology*, 62(3), 211-224. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(82\)90202-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(82)90202-7)
- Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity—Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin*, 124(2), 591-606. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>
- Gomez Garreta, A., Gallardo, T., Ribera, M.A., Cormaci, M., Furnari, G., Giaccone, G., & Boudouresque, Ch.F. (2001). Check-list of Mediterranean Seaweeds. III. Rhodophyceae Rabenh. I. Ceramiales Oltm. *Botanica Marina*, 44: 425 – 460. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.051>
- Gómez, I., & Westermeier, R. (1995). Energy contents and organic constituents in Antarctic and south Chilean marine brown algae. *Polar Biology*, 15, 597-602. <https://doi.org/10.1007/BF00239653>
- Gordillo, F. J., Aguilera, J., & Jiménez, C. (2006). The response of nutrient assimilation and biochemical composition of Arctic seaweeds to a nutrient input in summer. *Journal of experimental botany*, 57(11), 2661-2671. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl029>
- Gordillo, F. J., Dring, M. J., & Savidge, G. (2002). Nitrate and phosphate uptake characteristics of three species of brown algae cultured at low salinity. *Marine Ecology Progress Series*, 234, 111-118. doi:10.3354/meps234111
- Gökkurt Baki, O. (2011). *Sinop il merkezinde kıyı yönetimi* (Yayın No. 274619) [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]
- Grover, J. P. (1997). *Resource competition* (Vol. 19). Springer Science & Business Media.
- Gruber, N., Hauri, C., Lachkar, Z., Loher, D., Frölicher, T. L., & Plattner, G. K. (2012). Rapid progression of ocean acidification in the California Current System. *Science*, 337(6091), 220-223. DOI: 10.1126/science.1216773
- Grunow, A., Hauck, F., Limpricht, G., Luerssen, Ch., Richter, P., & Winter G. (1885). *Dr. L. Rabenhorst's Kryptogammen-Flora von Deutschland, Oesterreich unde der Schweiz* (2. Auflage). Leipzig, Germany, Verlag von Edward Krummer., 570 pp.
- Gubelit, Y. I., Makhutova, O. N., Sushchik, N. N., Kolmakova, A. A., Kalachova, G. S., & Gladyshev, M. I. (2015). Fatty acid and elemental composition of littoral “green tide” algae from the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Journal of applied phycology*, 27(1), 375-386. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0349-8>
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2023). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org> (Erişim tarihi: 17.12.2023)
- Gümüş, F., & Gönüloğlu, A. (2021). First Molecular Record and Distribution of *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy from the Southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(10), 509-520. DOI : 10.4194/1303-2712-v21_10_04
- Güner, H., & Aysel, V. (1999). *Tohumuz Bitkiler Sistematigi I. Cilt (Algler)*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi no 108. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 251 s.
- Han, W. X., Fang, J. Y., Reich, P. B., Ian Woodward, F., & Wang, Z. (2011). Biogeography and variability of eleven mineral elements in plant leaves across gradients of climate, soil and

- plant functional type in China. *Ecology letters*, 14(8), 788-796. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01641.x>
- Hanisak, M. D. (1983). The nitrogen relationships of marine macroalgae. *Nitrogen in the marine environment*.
- Hanisak, M. D. (1990). The use of *Gracilaria tikvahiae* (Gracilariales, Rhodophyta) as a model system to understand the nitrogen nutrition of cultured seaweeds. *Hydrobiologia*, 204, 79-87. <https://doi.org/10.1007/BF00040218>
- Harrison, P. J., & Hurd, C. L. (2001). Nutrient physiology of seaweeds: application of concepts to aquaculture. *Cahiers de biologie marine*, 42(1-2), 71-82.
- Harrison, P. J., Druehl, L. D., Lloyd, K. E., & Thompson, P. A. (1986). Nitrogen uptake kinetics in three year-classes of *Laminaria groenlandica* (Laminariales: Phaeophyta). *Marine Biology*, 93, 29-35. <https://doi.org/10.1007/BF00428652>
- Harrison, P. J., Parslow, J. S., & Conway, H. L. (1989). Determination of nutrient uptake kinetic parameters: a comparison of methods. *Marine Ecology Progress Series*, 301-312. <https://www.jstor.org/stable/24837484>
- Hassett, R. P., Cardinale, B., Stabler, L. B., & Elser, J. J. (1997). Ecological stoichiometry of N and P in pelagic ecosystems: Comparison of lakes and oceans with emphasis on the zooplankton-phytoplankton interaction. *Limnology and Oceanography*, 42(4), 648-662. <https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.4.0648>
- Haynes, W. M. (Ed.). (2014). *CRC handbook of chemistry and physics*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/b17118>
- Hecky E. R. & Kilham P. (1988). Nutrient Limitation of Phytoplankton in Freshwater and Marine Environments: A Review of Recent Evidence on the Effects of Enrichment. *Limnology and Oceanography*, 33(4): 796-822. <https://doi.org/10.4319/lo.1988.33.4part2.0796>
- Heldt, H.-W., and Piechulla, B. (2010). "Nitrate assimilation is essential for the synthesis of organic matter," in *Plant Biochemistry*, ed. H. W. Heldt (San Diego: Academic Press), 273–306.
- Hernandez, I., Peralta, G., Pérez-Lloréns, J. L., Vergara, J. J., & Niell, F. X. (1997). Biomass and dynamics of growth of *Ulva* species in Palmones River Estuary 1. *Journal of Phycology*, 33(5), 764-772.
- Hessen, D. O., Elser, J. J., Sterner, R. W., & Urabe, J. (2013). Ecological stoichiometry: an elementary approach using basic principles. *Limnology and Oceanography*, 58(6), 2219-2236.
- Hessen, D. O., Jeyasingh, P. D., Neiman, M., & Weider, L. J. (2010). Genome streamlining and the elemental costs of growth. *Trends in ecology & evolution*, 25(2), 75-80. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.08.004>
- Hessen, D. O., Kyle, T. C., & Elser, J. J. (2007). RNA responses to N-and P-limitation; reciprocal regulation of stoichiometry and growth rate in *Brachionus*. *Functional Ecology*, 956-962.
- Hillebrand, H., & Lehmkuhl, V. (2011). Resource stoichiometry and consumers control the biodiversity-productivity relationship in pelagic metacommunities. *The American Naturalist*, 178(2), 171-181. <https://doi.org/10.1086/660831>
- Hofmann, L. C., Yildiz, G., Hanelt, D., & Bischof, K. (2012). Physiological responses of the calcifying rhodophyte, *Corallina officinalis* (L.), to future CO₂ levels. *Marine Biology*, 159, 783-792. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1854-9>
- Hommersand, M. H., & Fredericq, S. (1996). Vegetative and reproductive development of *Pterocladia capillacea* (Gelidiales, Rhodophyta) from La Jolla, California. *Nova Hedwigia Beiheft*, 112, 147-160.

- Horrocks, J. L., Stewart, G. R., & Dennison, W. C. (1995). Tissue nutrient content of *Gracilaria* spp. (Rhodophyta) and water quality along an estuarine gradient. *Marine and Freshwater Research*, 46(6), 975-983. <https://doi.org/10.1071/MF9950975>
- Howarth, R. W. (1988). Nutrient limitation of net primary production in marine ecosystems. *Annual review of ecology and systematics*, 19(1), 89-110.
- Howarth, R. W., & Marino, R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnology and oceanography*, 51(1part2), 364-376. https://archive.org/details/marinebiologyeco0000nyba_s3c0/page/n9/mode/2up
- Hu, S., Zou, D., He, Q., Shi, X., & Liu, L. (2022). Evaluation for values of ecosystem service functions of cultivated seaweeds in Guangdong Province, China. *Algal Research*, 63, 102657. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102657>
- Hurd, C. L., Harrison, P. J., Bischof, K., & Lobban, C. S. (2014). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press.
- Israel, A., Einav, R., & Seckbach, J. (Eds.). (2010). *Seaweeds and their role in Globally Changing Environments* (Vol. 15). Springer Science & Business Media.
- Ito, T., & Follows, M. (2005). Preformed phosphate, soft tissue pump and atmospheric CO₂. *Journal of Marine Research*, 63(4), 813–839. <https://doi.org/10.1357/00222 40054 663231>
- Ivanoff, A. (1972). Introduction Al'Océanographie, Tome I. Librairie Vuibert, Paris, 208.
- Johnson, D. L., & Richardson, P. L. (1977). On the wind-induced sinking of sargassum. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 28, 255–267. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(77\)90095-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(77)90095-8)
- Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. In *Ecosystem management* (pp. 130-147). Springer, New York, NY. <https://www.jstor.org/stable/3545850>
- Kain, J. M., Holt, T. J., & Dawes, C. P. (1990). European *Laminariales* and their cultivation. Economically important marine plants of the atlantic: their biology and cultivation. Connecticut Sea Grant College Program, Groton, 95-111.
- Kalıpcı, E., Başer, V., Türkmen, M., Nihal, G. E. N. Ç., & Hüseyin, C. Ü. C. E. (2021). Türkiye Kıyılarında Deniz Suyu Sıcaklık Değişiminin CBS ile Analizi ve Ekolojik Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), 278-288.
- Kang, Y. H., Park, S. R., & Chung, I. K. (2011). Biofiltration efficiency and biochemical composition of three seaweed species cultivated in a fish-seaweed integrated culture. *Algae*, 26(1), 97-108. DOI: 10.4490/algae.2011.26.1.097
- Karaçuha, A., & Karaçuha, M. E. (2013). Changes of macroalgae biomass in Sinop peninsula coast of the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4). https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_4_18
- Karaçuha, A., Gönülol, A., 2007. Sinop-Ayancık kıyıları üst- infralittoralinin alg florası. *Journal of FisheriesSciences.com*, 1(1)1-12.
- Karaçuha, A., Yıldız, G., & Karaçuha, M. E. (2018). Sinop yarımadası kıyıları (Güney Karadeniz, Türkiye) makroalg topluluklarının zamansal değişimi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 23-38. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.403065>
- Karaçuha, A., Yıldız, G., & Karaçuha, M. E. (2022). Sinop Kıyı Ortamlarının Yeşil Deniz Alglerinden *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753 Türünün Biyokimyasal İçeriğindeki Mevsimsel Değişimler. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(3), 350-357. <https://doi.org/10.35229/jaes.1125429>

- Karamanoğlu, K. (1977). Farmasötik botanik ders kitabı (2. Baskı). Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Sayı: 44.
- Karimi, R., & Folt, C. L. (2006). Beyond macronutrients: element variability and multielement stoichiometry in freshwater invertebrates. *Ecology letters*, 9(12), 1273-1283.
- Karleskint, G., Turner, R., & Small, J. (2009). *Introduction to Marine biology*. (581pp.). Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Karleskint, G., Turner, R., & Small, J. (2012). *Introduction to marine biology*. Cengage Learning.
- Kavuk, E. (2013). *Bazı deniz makroalglerinden (Ulva sp., Cystoseira sp., Corallina sp.) süspanse organik gübre üretimi ve biyodeneyle etkisinin belirlenmesi* (Yayın No. 380606) [Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi]
- Kerkhoff, A. J., Fagan, W. F., Elser, J. J., & Enquist, B. J. (2006). Phylogenetic and growth form variation in the scaling of nitrogen and phosphorus in the seed plants. *The American Naturalist*, 168(4), E103-E122.
- Kim, S. K. (Ed.). (2011). *Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phycology*. John Wiley & Sons.
- Kim, S., Park, J. E., Cho, Y. B., & Hwang, S. J. (2013). Growth rate, organic carbon and nutrient removal rates of *Chlorella sorokiniana* in autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions. *Bioresource technology*, 144, 8-13. Doi: 10.1016/j.biortech.2013.06.068
- Kirk, J.T.O. (1994). *Light and photosynthesis in aquatic environments*. Cambridge University Press, Cambridge
- Kleypas, J., & Langdon, C. (2000, October). Overview of CO₂-induced changes in seawater chemistry. In *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia* (Vol. 2, pp. 1085-1089).
- Kloareg, B., Demarty, M., & Mabeau, S. (1987). Ion-exchange properties of isolated cell walls of brown algae: the interstitial solution. *Journal of experimental botany*, 38(10), 1652-1662. <https://doi.org/10.1093/jxb/38.10.1652>
- Kocataş, A. (2003). *Ekoloji-Çevre Biyolojisi (9. Baskı)*. İzmir: Ege Üniversitesi Basım Evi.
- Korbee, N., Huovinen, P., Figueroa, F. L., Aguilera, J., & Karsten, U. (2005). Availability of ammonium influences photosynthesis and the accumulation of mycosporine-like amino acids in two *Porphyra* species (Bangiales, Rhodophyta). *Marine Biology*, 146, 645-654. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1484-6>
- Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Crim, R. N., & Singh, G. G. (2010). Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms. *Ecology letters*, 13(11), 1419-1434. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01518.x>
- Krogmann, D. W., Jagendorf, A. T., & Avron, M. (1959). Uncouplers of Spinach Chloroplast Photosynthetic Phosphorylation. *Plant Physiology*, 34(3), 272. <https://doi.org/10.1104/pp.34.3.272>
- Kwon, E. Y., Primeau, F., & Sarmiento, J. (2009). The impact of remineralization on the air-sea carbon balance. *Nature Geoscience*, 2, 630-635. <https://doi.org/10.1038/ngeo612>
- Kylin, H. (1956). *Die gattungen der Rhodophyceen*. CwK Gleerup.
- Lapointe, B. E. (1986). Phosphorus-limited photosynthesis and growth of *Sargassum natans* and *Sargassum fluitans* (Phaeophyceae) in the western North Atlantic. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 33(3), 391-399. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(86\)90099-3](https://doi.org/10.1016/0198-0149(86)90099-3)

- Lapointe, B. E. (1987). Phosphorus-and nitrogen-limited photosynthesis and growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in the Florida Keys: an experimental field study. *Marine biology*, 93(4), 561-568. <https://doi.org/10.1007/BF00392794>
- Lapointe, B. E. (2019). Chasing Nutrients and algal blooms in Gulf and Caribbean Waters: a personal story. *Gulf and Caribbean Research*, 30(1), xvi-xxx. <https://doi.org/10.18785/gcr.3001.10>
- Lapointe, B. E., & Bedford, B. J. (2007). Drift rhodophyte blooms emerge in Lee County, Florida, USA: evidence of escalating coastal eutrophication. *Harmful algae*, 6(3), 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2006.12.005>
- Lapointe, B. E., & Clark, M. W. (1992). Nutrient inputs from the watershed and coastal eutrophication in the Florida Keys. *Estuaries*, 15(4), 465-476. <https://doi.org/10.2307/1352391>
- Lapointe, B. E., & Tenore, K. R. (1981). Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* Delile. I. Interaction of light and nitrogen on nutrient uptake, growth, and biochemical composition. *Journal of Experimental Marine biology and Ecology*, 53(2-3), 135-152. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(81\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(81)90015-0)
- Lapointe, B. E., Barile, P. J., Littler, M. M., & Littler, D. S. (2005). Macroalgal blooms on southeast Florida coral reefs: II. Cross-shelf discrimination of nitrogen sources indicates widespread assimilation of sewage nitrogen. *Harmful Algae*, 4(6), 1106-1122. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2005.06.002>
- Lapointe, B. E., Littler, M. M., & Littler, D. S. (1992). Nutrient availability to marine macroalgae in siliciclastic versus carbonate-rich coastal waters. *Estuaries*, 15, 75-82. <https://doi.org/10.2307/1352712>
- Lapointe, B. E., Tenore, K. R., & Dawes, C. J. (1984). Interactions between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales: Rhodophyta). *Marine biology*, 80(2), 161-170. <https://doi.org/10.1007/BF02180183>
- Lapointe, B. E., Tewfik, A., & Phillips, M. (2021). Macroalgae reveal nitrogen enrichment and elevated N: P ratios on the Belize Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112686. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112686>
- Larned, S. T. (1998). Nitrogen-versus phosphorus-limited growth and sources of nutrients for coral reef macroalgae. *Marine Biology*, 132(3), 409-421. <https://doi.org/10.1007/s002270050407>
- Laurenceau-Cornec, E. C., Le Moigne, F. A., Gallinari, M., Moriceau, B., Toullec, J., Iversen, M. H., ... & De La Rocha, C. L. (2020). New guidelines for the application of Stokes' models to the sinking velocity of marine aggregates. *Limnology and Oceanography*, 65(6), 1264-1285. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9035-9>
- Lavery, P. S., & McComb, A. J. (1991). Macroalgal-sediment nutrient interactions and their importance to macroalgal nutrition in a eutrophic estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 32(3), 281-295. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(91\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0272-7714(91)90021-3)
- Law, R., Hanke, G., Angelidis, M., Batty, J., Bignert, A., Dachs, J., Davies, I., Denga, Y., Duffek, A., Herut, B., Hylland, K., Lepom, P., Leonards, P., Mehtonen, J., Piha, H., Roose, P., Tronczynski, J., Velikova, V., & Vethaak, D. (2010). *Marine Strategy Framework Directive, Contaminants and Pollution Effects*. Luxembourg. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00077/18847/>
- Liebig J (1840) *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie*. Braunschweig: Friedrich Vieweg Sohn.
- Liebig J (1855) *Die Grundsätze der Agrikultur-Chemie mit Rücksicht auf die in England angestellten Untersuchungen*. Braunschweig: Friedrich Vieweg Sohn.

- Lindeman, R.L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23, 399–418. <https://doi.org/10.2307/1930126>
- Liu, C., & Sun, X. (2013). A review of ecological stoichiometry: basic knowledge and advances. *Ref Modul Earth Syst Environ Sci*
- Lobban, C. S., & Harrison, P. J. (1994). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press.
- Lobban, C. S., Harrison, P. J., & Duncan, M. J. (1985). *Physiological ecology of seaweeds*. Cambridge University Press.
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Williams & Wilkins. [Reprinted in 1956: *Elements of mathematical biology*. Dover Publications, Inc., New York].
- Lourenço, S. O., Barbarino, E., Nascimento, A., Freitas, J. N., & Diniz, G. S. (2007). Tissue nitrogen and phosphorus in seaweeds in a tropical eutrophic environment: What a long-term study tells us. In *Eighteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Eighteenth International Seaweed Symposium, held in Bergen, Norway, 20–25 June 2004* (pp. 163-172). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5670-3_21
- Lovato, T., Ciavatta, S., Brigolin, D., Rubino, A., & Pastres, R. (2013). Modelling dissolved oxygen and benthic algae dynamics in a coastal ecosystem by exploiting real-time monitoring data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 119, 17-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.12.025>
- Lyngby, J. E. (1990). Monitoring of nutrient availability and limitation using the marine macroalga *Ceramium rubrum* (Huds.) C. Ag. *Aquatic Botany*, 38(2-3), 153-161. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90002-3)
- Makino, W., Cotner, J. B., Sterner, R. W., & Elser, J. J. (2003). Are bacteria more like plants or animals? Growth rate and resource dependence of bacterial C: N: P stoichiometry. *Functional Ecology*, 121-130. <https://www.jstor.org/stable/3599036>
- Manley, S. L., & North, W. J. (1984). Phosphorus and the growth of juvenile *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) sporophytes 1. *Journal of phycology*, 20(3), 389-393. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1984.00389.x>
- Mann, K. H. (1982). *Ecology of coastal waters. A system approach*. Study in Ecology, 8, 125-159.
- Martiny, A. C., Pham, C. T., Primeau, F. W., Vrugt, J. A., Moore, J. K., Levin, S. A., & Lomas, M. W. (2013). Strong latitudinal patterns in the elemental ratios of marine plankton and organic matter. *Nature Geoscience*, 6(4), 279-283. <https://doi.org/10.1038/ngeo1757>
- Mazariegos-Villareal, A., Riosmena-Rodríguez, R., Rosa Rivera-Camacho, A., & Serviere-Zaragoza, E. (2010). First report of *Cladostephus spongiosus* (Sphaecelariales: Phaeophyta) from the Pacific coast of Mexico. *Botanica Marina*, 53(2). doi:10.1515/bot.2010.016
- McGlathery, K. J. (1995). Nutrient and grazing influences on a subtropical seagrass community. *Marine Ecology Progress Series*, 122, 239-252. doi:10.3354/meps122239
- Menéndez, M., & Comín, F. A. (2000). Spring and summer proliferation of floating macroalgae in a Mediterranean coastal lagoon (Tancada Lagoon, Ebro Delta, NE Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2), 215-226. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0637>
- Menéndez, M., Herrera Silveira, J. A., & Comín, F. A. (2002). Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth, chlorophyll content and tissue composition of the macroalga *Chaetomorpha linum* (OF Mull), Kütz, in a Mediterranean Coastal Lagoon. *Scientia Marina*, 2002, vol. 66, num. 4, p. 355-364. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2002.66n4355>
- Miller, G. T., & Spoolman, S. (2015). *Environmental science*. Cengage Learning.

- Miller, T. E., Burns, J. H., Munguia, P., Walters, E. L., Kneitel, J. M., Richards, P. M., ... & Buckley, H. L. (2005). A critical review of twenty years' use of the resource-ratio theory. *The American Naturalist*, 165(4), 439-448. <https://doi.org/10.1086/428681>
- Millero, F. J. (2005). *Chemical oceanography* (4th digital ed.). CRC press. Newyork.
- Mizuta, H., Uji, T., & Yasui, H. (2021). Extracellular silicate uptake and deposition induced by oxidative burst in *Saccharina japonica* sporophytes (Phaeophyceae). *Algal Research*, 58, 102369. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102369>
- Montesanto, B., & Panayotidis, P. (2000). The *Cystoseira* spp. communities from the Aegean Sea (north-east Mediterranean), *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80: 357-358. <https://doi.org/10.1017/S0025315400001946>
- Moore, L. F., & Traquair, J. A. (1976). Silicon, a required nutrient for *Cladophora glomerata* (L) Kütz.(Chlorophyta). *Planta*, 128, 179-182. <https://doi.org/10.1007/BF00390321>
- Morrissey, J. F., & Sumich, J. L. (2012). Introduction to the Biology of Marine Life, 10e.
- Myers, V. B., & Iverson, R. I. (1981). Phosphorus and nitrogen limited phytoplankton productivity in northeastern Gulf of Mexico coastal estuaries. *Estuaries and nutrients*, 569-582. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5826-1_29
- Neori, A., Krom, M. D., Ellner, S. P., Boyd, C. E., Popper, D., Rabinovitch, R., ... & Gordin, H. (1996). Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture*, 141(3-4), 183-199. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01223-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01223-0)
- Newton L. (1931). *A handbook of the British Seaweeds*. British Museum, London. 449 p.
- Nielsen, S. L., Banta, G. T., & Pedersen, M. F. (Eds.) (2004). *Estuarine nutrient cycling: the influence of primary producers*. Kluwer academic.
- Niklas, K. J., Owens, T., Reich, P. B., & Cobb, E. D. (2005). Nitrogen/phosphorus leaf stoichiometry and the scaling of plant growth. *Ecology Letters*, 8(6), 636-642. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00759.x>
- NRC, (2000). Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution. *Ocean Studies Board, Water Science and Technology Board., Washington DC, National Research Council*.
- NSTC., A. (2003). An assessment of coastal hypoxia and eutrophication in US waters. National Science and Technology Council, Committee on Environment and Natural Resources.
- Nybakken, J. W. & Mark D. Bertness (2005). *Marine biology. An ecological approach*. (6th ed.). San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings
- O'Kelley, J. C. (1974). Inorganic nutrients. In W. D. P. Stewart (ed.), *Algal Physiology and Biochemistry* (pp. 610-35). Oxford: Blackwell Scientific.
- Ober, G. T., & Thornber, C. S. (2017). Divergent responses in growth and nutritional quality of coastal macroalgae to the combination of increased pCO₂ and nutrients. *Marine environmental research*, 131, 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.09.003>
- Ochoa-Izaguirre, M. J., Voltolina, D., & Victorino-Sánchez, G. (2017). Nitrogen, Phosphorus and N: P ratio in macroalgae of two Lagoon Systems of NW Mexico. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(5), 911-919. DOI : 10.4194/1303-2712-v17_5_07
- Olgunoğlu, M. P. (2008). *İskenderun Körfezi kıyısındaki bazı makroalg türleri ve çökeline ağır metal birikimlerinin mevsimsel değişimi* (Yayın No. 178664) [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi].

- Olsson, J., Toth, G. B., & Albers, E. (2020). Biochemical composition of red, green and brown seaweeds on the Swedish west coast. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3305-3317. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02145-w>
- Orhon, O. (2009). *Çeşme Yarımadası bazı denizel alg türlerinin kimyasal içerikleri ve besin değerleri* (Yayın No. 246882) [Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi]
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... & Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681-686. <https://doi.org/10.1038/nature04095>
- OSPAR (2009). *Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area: Second Integrated Report*. Sampling and Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED-POL, 2005, MAP Technical Reports Series No. 163
- Owens, N. J. P., & Stewart, W. D. P. (1983). Enteromorpha and the cycling of nitrogen in a small estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 17(3), 287-296. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(83\)90023-9](https://doi.org/10.1016/0272-7714(83)90023-9)
- Özdamar, K. (2010). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi II (çok değişkenli analizler) [Statistical data analysis with package programs II (multivariate analysis)], Kaan Kitabevi, 7. Baskı, Eskişehir.
- Öztürk, A. (2011). *Çanakkale Boğazı'nda (Türkiye) Yayılış Gösteren Bazı Ceramium Roth Türlerinin Moleküler Sistematiği* (Yayın No. 292581) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi].
- Öztürk, M. (1984). Türkiye'nin Ege ve Akdeniz Kıyılarındaki Phaeophyta (Kahverengi Algler) Üyelerinin Yayılımı ve Taksonomisi. [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi]
- Pádua, M. D., Fontoura, P. S. G., & Mathias, A. L. (2004). Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützinger) bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile). *Brazilian archives of biology and technology*, 47(1), 49-55. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000100007>
- Paerl, H. W. (1985). Enhancement of marine primary production by nitrogen-enriched acid rain. *Nature*, 315(6022), 747-749. <https://doi.org/10.1038/315747a0>
- Paerl, H. W., Rudek, J., & Mallin, M. A. (1990). Stimulation of phytoplankton production in coastal waters by natural rainfall inputs: nutritional and trophic implications. *Marine Biology*, 107(2), 247-254. <https://doi.org/10.1007/BF01319823>
- Pančić, M., Torres, R. R., Almeda, R., & Kiørboe, T. (2019). Silicified cell walls as a defensive trait in diatoms. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1901), 20190184. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.0184>
- Pankow, H. (1990). Ostsee-Algenflora. Jena, Gustav Fischer Verlag, 648 p.
- Parekh, R. G., Maru, L. V., & Dave, M. J. (1977). Chemical composition of green seaweeds of Saurashtra Coast. <https://doi.org/10.1515/botm.1977.20.6.359>
- Parial, D., Patra, H. K., Dasgupta, A. K., & Pal, R. (2012). Screening of different algae for green synthesis of gold nanoparticles. *European Journal of Phycology*, 47(1), 22–29. doi:10.1080/09670262.2011.653406
- Parsons, T. R. (2013). *A manual of chemical & biological methods for seawater analysis*. Elsevier.
- Parsons, T. R., Stephens, K., & Strickland, J. D. H. (1961). On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 18(6), 1001-1016. <https://doi.org/10.1139/f61-063>

- Patarra, R. F., Iha, C., Pereira, L., & Neto, A. I. (2020). Concise review of the species *Pterocladia capillacea* (SG Gmelin) Santelices & Hommersand. *Journal of Applied Phycology*, 32, 787-808.
- Peckol, P., DeMeo-Anderson, B., Rivers, J., Valiela, I., Maldonado, M., & Yates, J. (1994). Growth, nutrient uptake capacities and tissue constituents of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae* related to site-specific nitrogen loading rates. *Marine biology*, 121, 175-185. <https://doi.org/10.1007/BF00349487>
- Pedersen, M. F., & Borum, J. (1996). Nutrient control of algal growth in estuarine waters. Nutrient limitation and the importance of nitrogen requirements and nitrogen storage among phytoplankton and species of macroalgae. *Marine Ecology progress series*, 142, 261-272. doi:10.3354/meps142261
- Pedersen, M. F., Borum, J., & Fotel, F. L. (2010). Phosphorus dynamics and limitation of fast- and slow-growing temperate seaweeds in Oslofjord, Norway. *Marine Ecology Progress Series*, 399, 103-115. <https://doi.org/10.3354/meps08350>
- Pereira, L. (2021). Macroalgae. *Encyclopedia*, 1(1), 177-188. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010017>
- Pereira, L., & Neto, J. M. (Eds.) (2014). Marine algae: biodiversity, taxonomy, environmental assessment, and biotechnology. CRC Press.
- Pérez-Matus, A., Ferry-Graham, L. A., Cea, A., & Vásquez, J. A. (2007). Community structure of temperate reef fishes in kelp-dominated subtidal habitats of northern Chile. *Marine and Freshwater Research*, 58(12), 1069-1085. <https://doi.org/10.1071/MF06200>
- Perini, V., & Bracken, M. E. (2014). Nitrogen availability limits phosphorus uptake in an intertidal macroalga. *Oecologia*, 175(2), 667-676. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-2914-x>
- Perrone, C., Felicini, G. P., & Bottalico, A. (2006). The prostrate system of the Gelidiales: diagnostic and taxonomic importance. <https://doi.org/10.1515/BOT.2006.003>
- Peters, K. J., Amsler, C. D., Amsler, M. O., McClintock, J. B., Dunbar, R. B., & Baker, B. J. (2005). A comparative analysis of the nutritional and elemental composition of macroalgae from the western Antarctic Peninsula. *Phycologia*, 44(4), 453-463. [https://doi.org/10.2216/0031-8884\(2005\)44\[453:ACAOTN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2216/0031-8884(2005)44[453:ACAOTN]2.0.CO;2)
- Phang, S. M., Shaharuddin, S., Noraishah, H., & Sasekumar, A. (1996). Studies on *Gracilaria changii* (Gracilariales, Rhodophyta) from Malaysian mangroves. In *Fifteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Fifteenth International Seaweed Symposium held in Valdivia, Chile, in January 1995* (pp. 347-352). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1659-3_49
- Probyn, T. A., & Chapman, A. R. O. (1982). Nitrogen uptake characteristics of *Chordaria flagelliformis* (Phaeophyta) in batch mode and continuous mode experiments. *Marine Biology*, 71(2), 129-133. <https://doi.org/10.1007/BF00394620>
- Prud'homme van Reine, W. F. (1972). Notes on Sphacelariales (Phaeophyceae) II. On the identity of *Cladostephus setaceus* Suhr and remarks on European *Cladostephus*. *Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 20(1), 139-144.
- Rabalais, N. N., Turner, R. E., Díaz, R. J., & Justić, D. (2009). Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66(7), 1528-1537. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp047>
- Rao, C. K., & Indusekhar, V. K. (1987). Carbon, nitrogen and phosphorus ratios in seawater and seaweeds of Saurashtra, north west coast of India. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/38489>

- Rausch, C., & Bucher, M. (2002). Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. *Planta*, 216, 23-37. <https://doi.org/10.1007/s00425-002-0921-3>
- Redfield, A. C. (1934). On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton (Vol. 1). Liverpool: university press of liverpool.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., & Richards, F.A. (1963) The influence of organisms on the composition of seawater. In: Hill M.N. (Ed), *Comparative and descriptive oceanography*, (pp 26–77). Wiley, New York
- Reef, R., Pandolfi, J. M., & Lovelock, C. E. (2012). The effect of nutrient enrichment on the growth, nucleic acid concentrations, and elemental stoichiometry of coral reef macroalgae. *Ecology and evolution*, 2(8), 1985-1995. <https://doi.org/10.1002/ece3.330>
- Reich, P. B., Oleksyn, J., Wright, I. J., Niklas, K. J., Hedin, L., & Elser, J. J. (2010). Evidence of a general 2/3-power law of scaling leaf nitrogen to phosphorus among major plant groups and biomes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1683), 877-883. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1818>
- Reiners, W. A. (1986). Complementary models for ecosystems. *The American Naturalist*, 127(1), 59-73. <https://doi.org/10.1086/284467>
- Rhee, G. Y. (1974). Phosphate Uptake Under Nitrate Limitation By *Scenedesmus* sp. and Its Ecological Implications 1. *Journal of Phycology*, 10(4), 470-475. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1974.tb02742.x>
- Ribera, M.A., Gomez Garreta, A., Gallardo, T., Cormaci, M., Furnari, G., Giaccone, G. (1992). Check-list of Mediterranean Seaweeds. I. Fucophyceae (Warming 1884). *Botanica Marina*, 36: 109-130. <https://doi.org/10.1515/botm.1992.35.2.109>
- Rico, J. M., & Fernández, C. (1996). Seasonal nitrogen metabolism in an intertidal population of *Gelidium latifolium* (Gelidiaceae, Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 31(2), 149-155. <https://doi.org/10.1080/09670269600651321>
- Rivers, J. S., & Peckol, P. (1995). Interactive effects of nitrogen and dissolved inorganic carbon on photosynthesis, growth, and ammonium uptake of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae*. *Marine Biology*, 121, 747-753. <https://doi.org/10.1007/BF00349311>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2). <https://www.jstor.org/stable/26268316>
- Rosenberg, C., & Ramus, J. (1982). Ecological growth strategies in the seaweeds *Gracilaria foliifera* (Rhodophyceae) and *Ulva* sp.(Chlorophyceae): soluble nitrogen and reserve carbohydrates. *Marine Biology*, 66(3), 251-259. <https://doi.org/10.1007/BF00397030>
- Rosenberg, G., Probyn, T. A., & Mann, K. H. (1984). Nutrient uptake and growth kinetics in brown seaweeds: response to continuous and single additions of ammonium. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 80(2), 125-146. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(84\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0022-0981(84)90008-X)
- Round, F. E. (1973). *The Biology of Algae*, 2 nd. Ed., Edward Arnold, London.
- Rožić, S., Puizina, J., Šamanić, I., Žuljević, A., & Antolić, B. (2012). Molecular identification of the brown algae, *Cystoseira* spp.(Phaeophyceae, Fucales) from the Adriatic Sea—preliminary results. *Acta Adriatica*, 53(3), 447-456. <https://doi.org/10.32582/aa.53.3.310>
- Russell, G. (1986). Variation and natural selection in marine macroalgae. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev*, 24, 309-377.

- Ryther, J. H., & Dunstan, W. M. (1971). Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171(3975), 1008-1013. DOI: 10.1126/science.171.3975.100
- Ryther, J. H., Corwin, N., DeBusk, T. A., & Williams, L. D. (1981). Nitrogen uptake and storage by the red alga *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan, 1979). *Aquaculture*, 26(1-2), 107-115. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(81\)90114-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(81)90114-9)
- Ryther, J. H., Goldman, J. C., Gifford, C. E., Huguenin, J. E., Wing, A. S., Clarnier, J. P., ... & Lapointe, B. E. (1975). Physical models of integrated waste recycling-marine polyculture systems. *Aquaculture*, 5(2), 163-177. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(75\)90096-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(75)90096-4)
- Salihoğlu, İ. & Mutlu, E. (2000). Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme Programı, Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt projeleri. 1995-1999 Dönemi Sentez Raporu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, İçel, 449 pp.
- Santelices, B. (1990). Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in seaweeds. *Oceanogr. Mar. Biol.*, 28, 177-276.
- Schade, J. D., Espeleta, J. F., Klausmeier, C. A., McGroddy, M. E., Thomas, S. A., & Zhang, L. (2005). A conceptual framework for ecosystem stoichiometry: balancing resource supply and demand. *Oikos*, 109(1), 40-51. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.14050.x>
- Schramm, W. & P.H. Nienhuis (Eds.) (1997). Ecological Studies, Vol. 123, Marine Benthic Vegetation: Recent Changes and the Effects of Eutrophication, Springer Verlag, Berlin.
- Schramm, W. (1999). Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EUMAC. In *Sixteenth International Seaweed Symposium* (pp. 583-592). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4449-0_72
- Sethi, P., & Nandhagopal K. (2020). Anatomical studies of *Laurencia obtusa* (Hudson) Lamouroux (Ceramiales) of Rhodophyceae. *Chemistry & Material Sciences Research Journal*, 2(2), 42-46. <https://doi.org/10.51594/cmsrj.v2i2.86>
- Setthamongkol, P., Tunkijjanukij, S., Satapornvanit, K., & Salaenoi, J. (2015). Growth and nutrients analysis in marine macroalgae. *Agriculture and Natural Resources*, 49(2), 211-218.
- Sfriso, A., Marcomini, A., & Pavoni, B. (1987). Relationships between macroalgal biomass and nutrient concentrations in a hypertrophic area of the Venice Lagoon. *Marine Environmental Research*, 22(4), 297-312. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(87\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0141-1136(87)90005-5)
- Sfriso, A., Marcomini, A., Pavoni, B., & Orio, A. A. (1993). Species composition, biomass, and net primary production in shallow coastal waters: the Venice Lagoon. *Bioresource Technology*, 44(3), 235-249. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(93\)90158-8](https://doi.org/10.1016/0960-8524(93)90158-8)
- Sheppard, E. J., Hurd, C. L., Britton, D. D., Reed, D. C., & Bach, L. T. (2023). Seaweed biogeochemistry: Global assessment of C: N and C: P ratios and implications for ocean afforestation. *Journal of Phycology*, 59(5), 879-892. <https://doi.org/10.1111/jpy.13381>
- Sherman, F., & Kuselman, I. (1999). Stoichiometry and chemical metrology: Karl Fischer reaction. *Accreditation and quality assurance*, 4(6), 230-234. <https://doi.org/10.1007/s007690050357>
- Shi, D., Li, W., Hopkinson, B. M., Hong, H., Li, D., Kao, S. J., & Lin, W. (2015). Interactive effects of light, nitrogen source, and carbon dioxide on energy metabolism in the diatom *Thalassiosira pseudonana*. *Limnology and Oceanography*, 60(5), 1805-1822. <https://doi.org/10.1002/lno.10134>
- Shimada, S. (2000). Japanese species of *Pterocladia* Santelices et Hommersand (Rhodophyta, Gelidiales). *Taxonomy of Economic Seaweeds*, 8, 167-181.

- Silva, P. C., Basson, P. W., & Moe, R. L. (1996). *Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean* (Vol. 79). Univ of California Press.
- Smit, A. J., Robertson, B. L., & du Preez, D. R. (1996). Influence of ammonium-N pulse concentrations and frequency, tank condition and nitrogen starvation on growth rate and biochemical composition of *Gracilaria gracilis*. *Journal of Applied Phycology*, 8(6), 473-481. <https://doi.org/10.1007/BF02186325>
- Smith, S. V., Wiebe, W. J., Hollibaugh, J. T., Dollar, S. J., Hager, S. W., Cole, B. E., Tribble, G. W., & Wheeler, P. A. (1987). Stoichiometry of C, N, P, and Si fluxes in a temperate-climate embayment. *Journal of Marine Research*, 45(2), 427-460. Doi:10.1357/002224087788401124
- Smith, S.V. (1984). Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. *Limnology and Oceanography*, 29:1149-1160. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.6.1149>
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126-139. <https://doi.org/10.1065/espr2002.12.142>
- Smith, V. H., Joye, S. B., & Howarth, R. W. (2006). Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and oceanography*, 51(1part2), 351-355. https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.1_part_2.0351
- Solomonson, L. P., & Barber, M. J. (1990). Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. *Annual review of plant biology*, 41(1), 225-253.
- Srijaya, T. C., Pradeep, P. J., & Chatterji, A. (2010). Effect of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth enhancement of black mustard plant. *J Coast Environ*, 1, 137-150.
- Steele, J. H., Thorpe, S. A., & Turekian, K. K. (2009). *Marine Chemistry & Geochemistry*.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855
- Sterner, R. W., & Hessen, D. O. (1994). Algal nutrient limitation and the nutrition of aquatic herbivores. *Annual review of ecology and systematics*, 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.25.110194.000245>
- Sterner, R. W., and Elser, J. J. (2002). *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Stiger-Pouvreau, V., & Zubia, M. (2020). Macroalgal diversity for sustainable biotechnological development in French tropical overseas territories. *Botanica marina*, 63(1), 17-41. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0032>
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>
- Sukatar, A. (1992). *Güney Ege (Çeşme- Marmaris arası) kıyılarındaki ekonomik değeri olan alglerin ekolojisi* (Yayın No. 22118) [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi]
- Sun, H., Li, Q., Lei, Z., Zhang, J., Song, X., & Song, X. (2019). Ecological stoichiometry of nitrogen and phosphorus in Moso bamboo (*Phyllostachys edulis*) during the explosive growth period of new emergent shoots. *Journal of plant research*, 132, 107-115.
- Sunlu, U., Kaymakçı, A., & Sanem İzgören, F. (2001). Denizlerde Karbon Dinamiği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1).
- Sutcliffe Jr, W. H. (1970). Relationship between growth rate and ribonucleic acid concentration in some invertebrates. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 27(3), 606-609. <https://doi.org/10.1139/f70-065>

- Sütçü, A. (2011). *Çardak Lagünü (Lapseki, Çanakkale, Türkiye) Fitoplanktonu Besin Statüsünün C:N:P Oranlarındaki Mevsimsel Değişim Aracılığı ile Belirlenmesi* (Yayın No. 292612) [Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]
- Swartenbroux, F., Albajedo, B., Angelidis, M., Aulne, M., Bartkevics, V., Besada, V., ... & Vlad, S. (2010). MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE Task Group 9 Contaminants in fish and other seafood. *JRC Scientific and Technical Reports*.
- Tacon, A. G., & Forster, I. P. (2003). Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, 226(1-4), 181-189. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00476-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00476-9)
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* 5th Ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 464.
- Tamminen, T., & Andersen, T. (2007). Seasonal phytoplankton nutrient limitation patterns as revealed by bioassays over Baltic Sea gradients of salinity and eutrophication. *Marine Ecology Progress Series*, 340, 121-138. doi:10.3354/meps340121
- Taşkın, E., & Öztürk, M. (2013). *Türkiye deniz algleri. I. Phaeophyceae*. CBÜ Matbaası, p. 1-229, Manisa, Türkiye.
- Taşkın, E., & Öztürk, M. F. (2012). *Fikoloji*. Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi. Manisa, Türkiye, 1-275.
- Taucher, J., Bach, L., Riebesell, U., & Oschlies, A. (2014). The viscosity effect on marine particle flux: A climate relevant feedback mechanism. *Global Biogeochemical Cycles*, 28(4), 415–422. <https://doi.org/10.1002/2013GB004728>
- Taylor, M. W., & Rees, T. A. V. (1999). Kinetics of ammonium assimilation in two seaweeds, *Enteromorpha* sp.(Chlorophyceae) and *Osmundaria colensoi* (Rhodophyceae). *Journal of Phycology*, 35(4), 740-746. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3540740.x>
- Taylor, R., Fletcher, R. L., & Raven, J. A. (2001). Preliminary studies on the growth of selected 'green tide'algae in laboratory culture: effects of irradiance, temperature, salinity and nutrients on growth rate. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.042>
- Thomas, T. E., & Harrison, P. J. (1987). Rapid ammonium uptake and nitrogen interactions in five intertidal seaweeds grown under field conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 107(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(87\)90118-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(87)90118-3)
- Tilman, D., Kilham, S. S., & Kilham, P. (1982). Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Annual review of Ecology and Systematics*, 13, 349-372.
- Topinka, J. A., & Robbins, J. V. (1976). Effects of nitrate and ammonium enrichment on growth and nitrogen physiology in *Fucus spiralis* 1. *Limnology and Oceanography*, 21(5), 659-664. <https://doi.org/10.4319/lo.1976.21.5.0659>
- Townsend, S. A., Schult, J. H., Douglas, M. M., & Skinner, S. (2008). Does the Redfield ratio infer nutrient limitation in the macroalga *Spirogyra fluviatilis*?. *Freshwater Biology*, 53(3), 509-520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01916.x>
- Trainor, F.R. (1978). *Introductory Phycology*. John Wiley and Sons, NY, xvi + 525 pp.
- Tréguer, P. J., & De La Rocha, C. L. (2013). The world ocean silica cycle. *Annual review of marine science*, 5, 477-501. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121211-172346>
- Turna, İ.İ. (1997). *Antalya Körfezinin makroskobik deniz florası üzerine bir araştırma*. (Yayın No. 64791) [Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]
- Turna, İ.İ., Durucan, F., & Kuşat, M. (2012). Çayağzı Deresi'nin (Antalya) ekonomik yeşil algleri konusunda bir ön çalışma. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(1): 57-62.

- Turner, D. R., Whitfield, M., & Dickson, A. G. (1981). The equilibrium speciation of dissolved components in freshwater and sea water at 25 C and 1 atm pressure. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45(6), 855-881. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(81\)90115-0](https://doi.org/10.1016/0016-7037(81)90115-0)
- Tüney, İ. (2005). *İzmir körfezinde gelişen bazı Cystoseira türlerinin moleküler yapılarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi*. (Yayın No. 169497) [Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi]
- Tyler-Walters, H. (2008). *Corallina officinalis*. Coral weed. https://plymsea.ac.uk/id/eprint/8763/1/marlin_species_1364_2019-03-21.pdf
- UNEP/MAP (2015). Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance. UNEP(DEPI)/MED IG.22/Inf.7.
- Uysal, H., Yaramaz, Ö., Tuncer, S., & Parlak, H. (1989). Ege denizi kıyılarında pollusyon durumu, organizma ve ekosistem üzerindeki etkileriyle ilgili araştırmalar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 6, 21-22.
- Valiela, I. (1995). *Marine Ecological Processes*, 2nd ed. Springer-Verlag, New York, 546 pp.
- Valiela, I., Foreman, K., LaMontagne, M., Hersh, D., Costa, J., Peckol, P., ... & Lajtha, K. (1992). Couplings of watersheds and coastal waters: sources and consequences of nutrient enrichment in Waquoit Bay, Massachusetts. *Estuaries*, 15(4), 443-457. <https://doi.org/10.2307/1352389>
- Van Den Hoek C., Mann D.G., & Jahns H.M. (1995). *Algae: An Introduction to Phycology (Second Edition)*. Cambridge University Press, United Kingdom. 627 p.
- Vergara, J. J., Pérez-Lloréns, J. L., Peralta, G., Hernández, I., & Niell, F. X. (1997). Seasonal Variation of Photosynthetic Performance And Light Attenuation In *Ulva* Canopies From Palmones River Estuary 1. *Journal of Phycology*, 33(5), 773-779. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1997.00773.x>
- Viaroli, P., Naldi, M., Bondavalli, C., & Bencivelli, S. (1996). Growth of the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh in relation to biomass densities, internal nutrient pools and external nutrient supply in the Sacca di Goro lagoon (Northern Italy). *Hydrobiologia*, 329(1), 93-103. <https://doi.org/10.1007/BF00034550>
- Vidondo, B., & Duarte, C. M. (1995). Seasonal growth of *Codium bursa*, a slow-growing Mediterranean macroalga: insitu experimental evidence of nutrient limitation. *Marine Ecology Progress Series*, 123, 185-191. doi:10.3354/meps123185
- Villares, R., & Carballeira, A. (2003). Seasonal variation in the concentrations of nutrients in two green macroalgae and nutrient levels in sediments in the Rias Baixas (NW Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(4), 887-900. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2003.07.004>
- Vince, S., & Valiela, I. (1973). The effects of ammonium and phosphate enrichments on chlorophyll a, pigment ratio and species composition of phytoplankton of Vineyard Sound. *Marine Biology*, 19(1), 69-73. <https://doi.org/10.1007/BF00355422>
- von Wettstein, D. (1991). Chlorophyll biosynthesis. *Plant Molecular Biology* 2, 449-459. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3304-7_43
- Vrede, T., Dobberfuhl, D. R., Kooijman, S. A. L. M., & Elser, J. J. (2004). Fundamental connections among organism C: N: P stoichiometry, macromolecular composition, and growth. *Ecology*, 85(5), 1217-1229. <https://doi.org/10.1890/02-0249>
- Wang, H., Sterner, R. W., & Elser, J. J. (2012). On the “strict homeostasis” assumption in ecological stoichiometry. *Ecological Modelling*, 243, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.06.003>

- Warton, D. I., Wright, I. J., Falster, D. S., & Westoby, M. (2006). Bivariate line-fitting methods for allometry. *Biological reviews*, 81(2), 259-291. <https://doi.org/10.1017/S1464793106007007>
- Watts, T., Woods, H. A., Hargand, S., Elser, J. J., & Markow, T. A. (2006). Biological stoichiometry of growth in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 52(2), 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2005.09.012>
- Webb, P. (2021). *Chemical oceanography: dissolved gases*. In *Introduction to Oceanography*. Pressbooks.
- Wernberg, T., & Filbee-Dexter, K. (2018). Grazers extend blue carbon transfer by slowing sinking speeds of kelp detritus. *Scientific Reports*, 8(1), 17180. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34721>
- West, G. B., Brown, J. H., & Enquist, B. J. (1999). A general model for the structure and allometry of plant vascular systems. *Nature*, 400(6745), 664-667. <https://doi.org/10.1038/23251>
- Weykam, G., Gómez, I., Wiencke, C., Iken, K., & Klöser, H. (1996). Photosynthetic characteristics and C: N ratios of macroalgae from King George Island (Antarctica). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 204(1-2), 1-22. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(96\)02576-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(96)02576-2)
- Wheeler, P. A., & North, W. J. (1980). Effect of nitrogen supply on nitrogen content and growth rate of juvenile *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) sporophytes 1. *Journal of Phycology*, 16(4), 577-582. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1980.tb03076.x>
- Wheeler, P.A., & Björnsäter, B.R. (1992). Seasonal fluctuations in tissue nitrogen, phosphorus, and N:P for five macroalgal species common on the pacific north west coast. *Journal of Phycology*, 28(1), 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1992.00001.x>
- Wheeler, W. N., & Druehl, L. D. (1986). Seasonal growth and productivity of *Macrocystis integrifolia* in British Columbia, Canada. *Marine Biology*, 90, 181-186. <https://doi.org/10.1007/BF00569125>
- Woods, H. A., Makino, W., Cotner, J. B., Hobbie, S. E., Harrison, J. F., Acharya, K., & Elser, J. J. (2003). Temperature and the chemical composition of poikilothermic organisms. *Functional Ecology*, 17(2), 237-245. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00724.x>
- Xu J., & Gao K. (2013). Co-effects of CO₂ and solar UVR on the growth and photosynthetic performance of the economic red macroalga *Porphyra haitanensis*. *海洋学报*, 35(5), 184-190. doi: 10.3969/j.issn.0253-4193.2013.05.021
- Xu, N., Wang, W., Xu, Y., Ji, D., Chen, C., Xie, C., & Xu, K. (2021). Effects of Nutrient Availability on the Release of Dissolved and Particulate Organic Carbon by *Pyropia haitanensis* and Its Implications. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.696938>
- Xu, N., Xu, K., Wang, W., Xu, Y., Ji, D., Chen, C., & Xie, C. (2020). Nutrient enrichment improves growth and food quality of two strains of the economic seaweed *Pyropia haitanensis*. *Frontiers in Marine Science*, 7, 544582. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.544582>
- Xu, Z., Zou, D., & Gao, K. (2010). Effects of elevated CO₂ and phosphorus supply on growth, photosynthesis and nutrient uptake in the marine macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta). <https://doi.org/10.1515/BOT.2010.012>
- Yacano, M. R., Foster, S. Q., Ray, N. E., Oczkowski, A., Raven, J. A., & Fulweiler, R. W. (2022). Marine macroalgae are an overlooked sink of silicon in coastal systems. *The New phytologist*, 233(6), 2330. <https://doi.org/10.1111/nph.17889>

- Yan, Z., Kim, N., Han, T., Fang, J., & Han, W. (2013). Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on leaf carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of *Arabidopsis thaliana*. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 37(6), 551-557.
- Yıldız, G. (2011). *Corallina officinalis L. (Rhodophyta) türünün ekofizyolojisi; ph ve uv radyasyonunun fotosentez üzerine etkileri* (Yayın No. 302466) [Doktora tezi, Bursa Uludag Üniversitesi]
- Yıldız, G., Karaçuha, A., & Karaçuha, M. E. (2019). Sinop Yarımadası Kıyıları Denizel Makroalg Komünitelerinin Mevsimsel Kompozisyonu. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 285-292. <https://doi.org/10.35229/jaes.599460>
- Yuan, G., Fu, H., Zhong, J., Lou, Q., Ni, L., & Cao, T. (2016). Growth and C/N metabolism of three submersed macrophytes in response to water depths. *Environmental and Experimental Botany*, 122, 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.09.009>
- Yuan, Z. Y., & Chen, H. Y. (2015). Decoupling of nitrogen and phosphorus in terrestrial plants associated with global changes. *Nature Climate Change*, 5(5), 465-469. <https://doi.org/10.1038/nclimate2549>
- Yurdakulol, E., & Cansaran, D. (2004). *Tohumuz Bitkiler Sistematiği-I Laboratuvar Kılavuzu*, Ankara, 11 s.
- Zhang, J., Gilbert, D., Gooday, A. J., Levin, L., Naqvi, S. W. A., Middelburg, J. J., ... & Van der Plas, A. K. (2010). Natural and human-induced hypoxia and consequences for coastal areas: synthesis and future development. *Biogeosciences*, 7(5), 1443-1467. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1443-2010>
- Zhao, N., Yu, G., He, N., Xia, F., Wang, Q., Wang, R., ... & Jia, Y. (2016). Invariant allometric scaling of nitrogen and phosphorus in leaves, stems, and fine roots of woody plants along an altitudinal gradient. *Journal of plant research*, 129, 647-657.
- Zhuang, S. H., & Zhang, M. (2001). *Biodiversity Investigation: II. The Biodiversity in Intertidal Zones of Yantai Littoral Regions*.
- Zou D, Gao K, Ruan Z (2001). Effects of elevated CO₂ concentration on photosynthesis and nutrients uptake of *Ulva lactuca*. *J Ocean Univ Qingdao* 31:877–882.
- Zou, D., & Gao, K. (2004). Exogenous carbon acquisition of photosynthesis in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) under emersed state. *Progress in natural Science*, 14(2), 138-144. <https://doi.org/10.1080/10020070412331343271>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökhan YILDIZ

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : İzmit Lisesi, 2004

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2009

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi, 2016

Kastamonu Üniversitesi, 2019 (Tezsiz)