

T. C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA DENİZİ'NDE IŞIKLI TABAKANIN
ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Araş. Gör. M. Sc. İlayda Destan ÖZTÜRK
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Dilek EDİGER

HAZİRAN, 2023

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

İLAYDA DESTAN ÖZTÜRK tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “MARMARA DENİZİ’NDE IŞIKLI TABAKANIN ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ” başlıklı tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI VE DENİZ BİYOLOJİSİ Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Dilek EDİGER

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Seyfettin TAŞ

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Nüket SİVRİ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Hüsne ALTIOK

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Bilge TUTAK

Tez Savunma Tarihi: 29.05.2023

ETİK BEYAN

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırladığım “MARMARA DENİZİ’NDE IŞIKLI TABAKANIN ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ” başlıklı DOKTORA tez çalışmasında bilimsel etik ve akademik kurallara riayet ettiğimi;

- Çalışma konusunun özgün olduğunu,
- Tez içinde sunduğum tüm veri ve belgeleri bilimsel etik ve ahlak kuralları çerçevesinde elde ettiğimi;
- Çalışmanın bulgularında tahrifat yapmadığımı ve yanlış davranmadığımı,
- Tez kapsamında yararlandığım tüm eserlere ve doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya atıfta bulunduğumu,
- Yararlandığım tüm eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu,
- Kullandığım veri ve belgelerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Patent ve telif haklarını ihlal etmediğimi

bildirir, aksinin vuku bulması durumunda yasak sonuç/sonuçları ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabul ettiğimi beyan ederim.

23.04.2023

İlayda Destan ÖZTÜRK

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında ve 2021 yılında yapılan ölçüm ve örneklemeler ile Marmara Denizi sualtı ışık iklimi incelenmiştir. Denizlerde yaşamı destekleyen en önemli faktörlerden biri olan ışığın dolayısı ile ışıklı tabakanın 2000 – 2021 yılları arasındaki değişimi anlaşılmalı çalışılmıştır. Araştırma konusunu bana öneren, çalışmanın tüm aşamalarını izleyen ve yönlendiren değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Dilek EDİGER'e, sadece bilimsel desteği için değil, uzun bir maraton olan doktora sürecinde her şartta manevi desteğini de esirgemediği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2000-2010 arasındaki CTD ve PAR ölçümlerinin gerçekleştirilmesinde ve tez izleme sürecinde büyük emeği olan değerli hocam Doç. Dr. Hüsne ALTIOK'a, R/V ARAR'a, R/V ALEMDAR II'ye ve tüm gemi personeline teşekkür ederim. Araştırmam süresince saha ve laboratuvar çalışmaları için olanaklarını kullanmama izin veren TÜBİTAK-MAM'a, R/V TÜBİTAK MARMARA'nın tüm gemi personeline ve saha çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Sabri MUTLU, Gülsima USLUER, Gökhan KAMAN, Fatma BAYRAM, Ersan KUZUYAKA'ya ve Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından desteklenen Denizlerde Bütünleşik İzleme Programı'na (DEN-İZ) teşekkür ederim. Araştırmam süresince desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Nazlı DEMİREL'e ve enstitü müdürümüz Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme sürecinde değerli yönlendirmeleri için Dr. Öğretim Üyesi Bilge TUTAK'a, Jüri üyeleri Prof. Dr. Seyfettin TAŞ ve Prof. Dr. Nüket SİVRİ'ye değerli katkıları için çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sürecince destek olan Araş. Gör. Yaprak GÜRKAN'a tez yazım sürecinde ofis arkadaşım Araş. Gör. Seben YÜCEL'e, Araş. Gör. Dr. Sencer BALTAOĞLU'na, sevgili Zeynep GÜLENC'e, Sinem DOĞANER'e, canım arkadaşlarıma; bugüne kadar parçası olmaktan hep gurur duyduğum, ikinci ailem Türk Deniz Araştırmaları Vakfı'na, oradaki mentorlerim olan değerli amcam Prof. Dr. Bayram ÖZTÜRK'e ve sevgili yengem Dr. Ayaka AMAHA ÖZTÜRK'e;

Son olarak doktora sürecimde manevi desteklerini esirgemeyen ailem, sevgili babam Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK'e, sevgili annem AYSUN ÖZTÜRK'e, kardeşim Yazın ÖZTÜRK'e, sonsuza kadar bizimle olacak Çakıl'a ve sevgisi ile kalbimi daima sıcacık tutan Arya'ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SİMGE LİSTESİ.....	xix
KISALTMA LİSTESİ	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. Marmara Denizi'nin Genel Oşinografik Özellikleri.....	1
1.2 Marmara Denizi'nde Işıklı Tabaka Hakkında Yapılan Önceki Çalışmalar	5
1.3 Işığın Su Kolonunda Sönümlenmesini Etkileyen Parametreler	7
1.3.1 Klorofil- <i>a</i> (Chl- <i>a</i>)	9
1.3.2 Askıda katı madde (AKM)	10
1.3.3 Renkli çözünmüş organik madde (CDOM).....	10
1.4 Marmara Denizi'nde Uzaktan Algılama (Uydu) Verisi Kullanılarak Tamamlanmış Çalışmalar	12
1.5 Çalışmanın Amacı	14
2. MATERYAL VE METOT	16
2.1 Çalışma Alanı.....	16
2.2 Örnekleme	17
2.2.1 Fiziksel parametreler:	17
2.2.2. Seki disk derinliği (Z_{SD})	20
2.2.3. Su kolonu örnekleme	20
2.3 Klorofil- <i>a</i> Analizi.....	21
2.4 Askıda Katı Madde Analizi.....	21
2.5 Renkli Çözünmüş Organik Madde (CDOM) Analizi	22
2.6 Veri Kalitesi	22
3. BULGULAR.....	24

3. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi kuzeydoğu Marmara Denizi verisi.....	24
3. 1. 1.2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi fiziksel parametrelerin incelenmesi	24
3. 1. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliği (Z_{SD})	26
3. 1. 2. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliği veri dağılımı.....	26
3. 1. 2. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliğinin zaman ve mekana bağlı değişimi	27
3. 1. 3. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik parametreler	30
3. 1. 3. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği (Z_{EU})	35
3. 1. 3. 1. 1.2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği veri dağılımı	35
3. 1. 3. 1. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği zaman ve mekana bağlı değişimi.....	36
3. 1. 3. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı	39
3. 1. 3. 2. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı veri dağılımı	39
3. 1. 3. 2. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayılarının zaman ve mekana bağlı değişimi	40
3. 1. 4. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)	43
3. 1. 4. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) veri dağılımı	43
3. 1. 4. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) mekan ve zamana bağlı değişim.....	43
3. 1. 5. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α)	45
3. 1. 5. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α) veri dağılımı.....	45
3. 1. 5. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α) mekan ve zamana bağlı değişim.....	45
3. 1. 6. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik parametreler arası ilişki.....	46
3. 1. 7. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik ve oşinografik parametrelerin ilişkisi	47

3. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi Verisi	50
3. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi fiziksel parametrelerin incelenmesi.....	50
3. 2. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi seki disk derinliği (Z_{SD})	55
3. 2. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi seki disk derinliği zaman ve mekana bağlı değişimi.....	56
3. 2. 3. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi optik parametreler.....	56
3. 2. 3. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği (Z_{EU})	59
3. 2. 3. 1. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği mekan ve zamana bağlı değişimi	59
3. 2. 3. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı	91
3. 2. 3. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı mekan ve zamana bağlı değişimi	92
3. 2. 4. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği / seki disk (β) derinliği.....	95
3. 2. 4. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) mekan ve zamana bağlı değişim	96
3. 2. 5. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α)	97
3. 2. 5. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α) veri dağılımı	97
3. 2. 5. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği mekan e zamana bağlı değişimi	99
3. 2. 6. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 biyolojik parametreler.....	101
3. 2. 6. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi klorofil- <i>a</i> değerleri	101
3. 2. 6. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi askıda katı madde (AKM) değerleri	111
3. 2. 6. 3. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi renkli çözünmüş organik madde değerleri	121

3. 2. 7 2021 yılında Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilajın suyun optik özelliklerine etkisi	123
3. 2. 7. 1 Işıklı tabaka derinliğine etkisi	123
3. 2. 7. 2. Sönümlenme katsayısına etkisi	124
3. 3. 2001, 2010 ve 2021 Yılları Z_{SD} ve Optik Parametrelerin Karşılaştırılması	128
3. 3. 1 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{SD} karşılaştırması	128
3. 3. 2 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} karşılaştırması	129
3. 3. 3 2001, 2010 ve 2021 yılları sönümlenme katsayısı karşılaştırması	130
3. 3. 4 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) karşılaştırması	131
3. 3. 5 2001, 2010 ve 2021 yılları K_d (ortalama)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) (α) karşılaştırması	132
3. 4. 2021 Yılı Optik, Biyolojik ve Fiziksel Parametrelerin İlişkisi	133
3.5. Seki Disk Değerleri ile Su Kalitesinin Belirlenmesi	142
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	145
4. 1. Z_{SD} Değerlerine Ait Değerlendirme	146
4. 2. Z_{EU} Değerlerine Ait Değerlendirme	147
4. 3. Sönümlenme Katsayısına (K_d) Göre Değerlendirme	152
4. 4. Işıklı Tabaka Derinliği / Seki Disk Derinliği (β) ile Sönümlenme Katsayısı * Seki Disk Derinliği (α)	155
4. 5. Marmara Denizi'nde Optik Özelliklerin Biyolojik Parametreler ile İlişkisi	157
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ	169

ÖZET

MARMARA DENİZİ'NDE IŞIKLI TABAKANIN ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ

İlayda Destan ÖZTÜRK

Bu çalışmanın ilk kısmında 2000 yılı ile 2010 yılları arasında tamamlanmış ışık ölçümleri ve bu ölçümlerden hesaplanan sönümlenme katsayısı, seki disk derinliği de değerlendirilerek incelenmiştir. Optik parametreler arasındaki katsayılar Marmara Denizi için ilk defa tanımlanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmı ise 2021 yılı 3 mevsim örnekleme olup tüm Marmara Denizi'nin çalışılması ile tamamlanmıştır. 2021 yılı içinde Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında tamamlanan bu çalışmada aynı zamanda su kolonunun ışık dinamiklerinin biyolojik parametrelerce de nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Marmara Denizi'nin Seki Disk Derinliği (Z_{SD}) değerleri 2000 – 2021 yılları arası değerlendirildiğinde Z_{SD} değerlerinde düşüş olduğu belirlenmiştir. Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında aylık ölçülen Z_{SD} değerleri ile sınıf sınır değerleri hesaplanmıştır. 2021 yılında ölçülen Z_{SD} değerleri, sınır değerlerine göre sınıflandığında genel olarak kıyı bölgeler ve körfez girişlerinin Z_{SD} değerleri açısından kötü kalitedeki su seviyesine sahip olduğu gözlenmiştir. Işıklı tabakanın kalınlığı (Z_{EU}) Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda 2000 – 2010 yılları arasında tamamlanan çalışmada ortalama 22 metre olarak hesaplanmıştır. Bu kalınlık 2021 yılında ise daralarak yaklaşık 19 metre olarak belirlenmiştir. Sönümlenme katsayısı suyun berraklığına göre sınıflandırıldığında, 2001 ve 2010 yıllarında orta derecede bulanık su sınıfında yer alan istasyonlar, 2021 yılında bulanık su sınıfında yer almaktadır. Işığın su kolonundaki sönümlenmesini sırasıyla askıda katı madde, klorofil-a ve yoğunluk tabakasının etkilediği ve bu durumun Marmara Deniz'ini optik açıdan Tip-2 su sınıfı içine aldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Işıklı tabaka derinliği, Seki disk derinliği, Marmara Denizi, Sönümlenme katsayısı

ABSTRACT

TEMPORAL AND SPATIAL CHANGES IN THE EUPHOTIC ZONE DEPTH IN THE SEA OF MARMARA

İlayda Destan ÖZTÜRK

In the first part of the study, the light measurements completed between 2000 and 2010 and the attenuation coefficient calculated from these measurements were examined with the secchi disc depth (Z_{SD}). The coefficients that provide the conversion between optical parameters were defined for the first time for the northeastern Sea of Marmara. The second part of the study is an annual seasonal sampling and was completed by studying the entire Sea of Marmara. In this study, which was completed in January, April and July in 2021, it was also investigated how the light dynamics of the water column were affected by biological parameters. Evaluation of Z_{SD} between 2000 - 2021, showed a decrease in the Z_{SD} values. 2000-2010 monthly Z_{SD} values were used to determine the threshold values for assesment of water quality status in the Sea of Marmara. When the Z_{SD} values measured in the Sea of Marmara in 2021 are classified according to the threshold values, it has been observed that the coastal areas and bays have poor and bad quality water levels in terms of Z_{SD} values. The thickness of the euphotic zone was calculated as an average of 22 meters in the study completed between 2000 and 2010 in the northeastern Sea of Marmara. This thickness was narrowed to approximately 19 meters in 2021. When the attenuation coefficient is classified according to the clarity of the water, the stations in the moderately turbid water class in 2001 and 2010 are in the turbid water class in 2021. It was observed that the attenuation of the light in the water column was affected by the suspended solids, chlorophyll-*a* and density, respectively, and this situation included the Sea of Marmara in the Case-2 water class.

Keywords: Euphotic zone depth, Secchi disc depth, Sea of Marmara, Attenuation coefficient

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1 Marmara Denizi'nde rapor edilmiş Z_{SD} değeri içeren çalışmalar	6
Tablo 2. Marmara Denizi'nde 1986-1991 yılları aralığında öfotik tabaka derinliği, Kd ve Z_{SD} değerleri	7
Tablo 3. Marmara Denizi'nde tamamlanan uydu çalışmaları.....	14
Tablo 4. KD Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında ve Marmara Denizi'nde Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 yılında gerçekleşen çalışmalarda ölçülen ve örneklenen parametreler	18
Tablo 5. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 yılında 22 istasyonda gerçekleşen çalışmalarda örneklenen biyolojik parametreler ve bu istasyonlara ait bölge bilgisi ...	19
Tablo 6. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	27
Tablo 7. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	35
Tablo 8. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	40
Tablo 9. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	44
Tablo 10. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona $KD * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	46

Tablo 11.: Bu çalışmada tüm istasyonlar ve mevsimler için elde edilen α ve β değerleri	46
Tablo 12. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{SD} verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	55
Tablo 13. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	59
Tablo 14. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait K_d (Yüzeyaltı) ve K_d (Ortalama) için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri (m^{-1})	91
Tablo 15. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	95
Tablo 16. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait $K_d * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri	99
Tablo 17. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi yüzey ve Klorofil maksimum derinlikleri için klorofil- <i>a</i> değerleri	103
Tablo 18. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi yüzey ve askıda katı madde maksimum derinlikleri için askıda katı madde değerleri	113
Tablo 19. 2000-2009 yılları arasında Z_{SD} sınıf sınır değerleri.....	143
Tablo 20. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Z_{SD} değerlendirilmesi	144
Tablo 21. Temmuz 2021 döneminde Marmara Denizi'nin ilk 30 metresinde su kolonunda görülen müsilaj tipojilerine tanımlama, yoğunluk ve fotoğraf (Öztürk ve Ediger, 2023)	151

Tablo 22. Sönümlenme katsayısına göre su kolonu berraklık sınıflandırması (Shi ve Wang, 2010).....	153
Tablo 23. Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre 2021 yılı Marmara Denizi 3 mevsim sönümlenme katsayısı değerleri sınıflandırması	153
Tablo 24 Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre 10’ar yıl ara ile sönümlenme katsayısı değerlerinin 45C, MBC ve MY2 istasyonlarına ait değerler	154
Tablo 25.: Önceki çalışmalarda elde edilen α değerleri ve bu çalışmadaki ile karşılaştırılması	156



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Marmara Denizi Su Bütçesi (Beşiktepe ve diğerleri, 1994).....	1
Şekil 2. Marmara Denizi Derin Doğu Çukurunda Besin Tuzları Profilleri (Ediger ve diğerleri, 2016).....	3
Şekil 3. Marmara Denizi klorofil- <i>a</i> dağılımı 12 Mayıs 2015 MODIS Aqua (Özsoy, 2016).....	4
Şekil 4. Su kolunda güneş ışığının sönümlenme sürecinde aktif maddeler.....	9
Şekil 5. Yüzey sularındaki askıda partiküllerin absorpsiyon spektrumları (Örek, 2007).....	13
Şekil 6. KD Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında yapılan çalışmalara ait istasyonlar	16
Şekil 7. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 döneminde yapılan çalışmalara ait istasyonlar	17
Şekil 8. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri	25
Şekil 9. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} veri dağılımı	26
Şekil 10. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin istasyona bağlı değişimi.....	28
Şekil 11. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin mevsime bağlı değişimi	29
Şekil 12. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin yıllara bağlı değişimi	29
Şekil 13. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi	30
Şekil 14. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi	32
Şekil 15. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi 45C istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi	33
Şekil 16. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve %	

ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi	34
Şekil 17. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} veri dağılımı	35
Şekil 18. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin istasyona bağlı değişimi	36
Şekil 19. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin mevsime bağlı değişimi	37
Şekil 20. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin yıllara bağlı değişimi	38
Şekil 21. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 2 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi	38
Şekil 22. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) veri dağılımı	39
Şekil 23. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin istasyona bağlı değişimi	41
Şekil 24. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin mevsime bağlı değişimi	42
Şekil 25. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin yıllara bağlı değişimi	42
Şekil 26. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) veri dağılımı	43
Şekil 27. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait $KD * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) veri dağılımı	45
Şekil 28. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi 3 istasyona ait tüm Kd (sönümlenme katsayısı) ve tuzluluk profilleri	48
Şekil 29. Z_{EU} , Z_{SD} ve tuzluluk değerlerinin 10 yıllık değişimi A: tüm istasyonlar, B: 45C	49
Şekil 30. Ocak 2021 Dönemi Marmara Denizi’nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, türbidite ve floresans profilleri	52

Şekil 31. Nisan 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, türbidite ve floresans profilleri	53
Şekil 32. Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, türbidite ve floresans profilleri	54
Şekil 33 Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin istasyona bağlı değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 34. K0 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	61
Şekil 35. B2 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	62
Şekil 36. M8 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	63
Şekil 37. MBC istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	65
Şekil 38. KC1 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	66
Şekil 39. M14A istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	67
Şekil 40. MY1 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	68
Şekil 41. MY2 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	70
Şekil 42. İZ-17 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	71
Şekil 43. 45C istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	72
Şekil 44. MD102 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	

değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	73
Şekil 45. MD22 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	75
Şekil 46. M74A istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	76
Şekil 47: MD19A istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için	
dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	77
Şekil 48. MD18 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	78
Şekil 49. MD103 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	79
Şekil 50. DTM3 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	81
Şekil 51. MD101 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	82
Şekil 52. GD3 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	83
Şekil 53. MD10A istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için	
dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	85
Şekil 54. MD13A istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için	
dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	86
Şekil 55. D7istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey	
değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil: Temmuz)	87
Şekil 56. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona	
ait Z_{EU} değerlerinin istasyona bağlı değişimi (A: Ocak, B: Nisan, C: Temmuz)	90
Şekil 57. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona	
ait Kd (Yüzeyaltı) dağılımı (m^{-1})	93
Şekil 58. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona	

ait Kd (Ortalama) verisi (m^{-1})	94
Şekil 59. 2021 yılı Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) mekansal değişimi	96
Şekil 60. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (yüzeyaltı)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) veri dağılımı	98
Şekil 61. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (ortalama)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) veri dağılımı.....	98
Şekil 62. 2021 yılı Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (yüzeyaltı)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verinin mekansal dağılımı	100
Şekil 63.2021 yılı Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (ortalama)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verinin mekansal dağılımı	101
Şekil 64. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait yüzey Klorofil- <i>a</i> değerlerinin 3 mevsim için alansal gösterimi	104
Şekil 65. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi derin basende çalışılan MD101, MD102, MD103 ve 45C istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	106
Şekil 66. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi orta basende çalışılan MD18 ve MD13A istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi	107
Şekil 67. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi İstanbul Boğazı ve etki alanında çalışılan K0, B2, M8 ve M14A istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	108
Şekil 68. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Kuzeydoğu Marmara Denizi İstanbul kıyı alanında çalışılan MY2, KC1 ve MBC istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	109
Şekil 69. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi körfezlerinde çalışılan GD3, MD22, İZ-17 ve MD19A istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	110
Şekil 70. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Çanakkale Boğazı çalışılan	

MD10A ve D7 istasyonlarına ait Klorofil- <i>a</i> değerlerinin su kolonundaki değişimi ..	111
Şekil 71. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi’nde çalışılan 22 istasyona ait yüzey askıda katı madde değerlerinin 3 mevsim için alansal gösterimi.....	114
Şekil 72. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi derin basende çalışılan MD101, MD102, MD103 ve 45C istasyonlarına ait AKM profilleri.....	116
Şekil 73. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi orta basende çalışılan MD18 ve MD13A istasyonlarına ait AKM profilleri.....	117
Şekil 74. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi İstanbul Boğazı ve etki alanında çalışılan K0, B2, M8 ve M14A istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	118
Şekil 75. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Kuzeydoğu Marmara Denizi İstanbul kıyı alanında çalışılan MY2, KC1 ve MBC istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	119
Şekil 76. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi körfezlerinde çalışılan GD3, MD22, İZ-17 ve MD19A istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	120
Şekil 77. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Çanakkale Boğazı MD10A ve D7 istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi.....	121
Şekil 78. Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi’nde çalışılan 11 istasyona ait CDOM değerlerinin (mg/m^3) derinlikle değişimi.....	122
Şekil 79. Marmara Denizi’nde seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve müsilağ görülen Temmuz 2021 dönemlerine ait ışıklı tabaka derinliği verileri.....	124
Şekil 80. Marmara Denizi’ni temsilen seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve Temmuz 2021 dönemlerine ait sönümlenme katsayısı (m^{-1}) verileri	125
Şekil 81: Marmara Denizi’ni temsilen seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve Temmuz 2021 dönemlerine ait sönümlenme katsayılarının (m^{-1}) farklı müsailaj tipolojilerine denk gelen derinliklerdeki değişimi	127
Şekil 82. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{SD} değerlerinin 45C ve MBC istasyonları	

için karşılaştırılması.....	129
Şekil 83. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} değerlerinin 45C ve MBC istasyonları	
için karşılaştırılması.....	130
Şekil 84. 2001, 2010 ve 2021 yılları sönümlenme katsayısı (m^{-1}) değerlerinin 45C ve	
MBC istasyonları için karşılaştırılması.....	131
Şekil 85. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk	
derinliği) değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması.....	132
Şekil 86. 2001, 2010 ve 2021 yılları $K_d(ortalama) * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki	
disk derinliği) değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması	133
Şekil 87. Optik, fiziksel ve biyolojik parametrelerin Marmara Denizi 2021 yılı için	
birbirleri ile ilişkisi.....	134
Şekil 88. Marmara Denizi optik, biyolojik ve fiziksel parametreleri yüzey değerleri	
ilişkisinin temel bileşenler analizinde (PCA) incelenmesi	135
Şekil 89. Marmara Denizi optik, biyolojik ve fiziksel parametreleri yüzey ve klorofil	
maksimum değerleri ilişkisinin temel bileşenler analizinde (PCA) incelenmesi	136
Şekil 90. Ocak 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönümlenme katsayılarının su	
Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chl_{max}), ara tabaka derinliği (Aratab),	
ışığın %1'e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği	
(Z_{SD}), ışığın %50'ye, %10'a ve %0,5'e düştüğü derinliklerdeki sönümlenme	
katsayılarının incelenmesi.....	137
Şekil 91. Nisan 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönümlenme katsayılarının su	
Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chl_{max}), ara tabaka derinliği (Aratab),	
ışığın %1'e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği	
(Z_{SD}), ışığın %50'ye, %10'a ve %0,5'e düştüğü derinliklerdeki sönümlenme	
katsayılarının incelenmesi.....	138
Şekil 92. Temmuz 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönümlenme katsayılarının	
su Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chl_{max}), ara tabaka derinliği	
(Aratab), ışığın %1'e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk	

derinliği (Z_{SD}), ışığın %50'ye, %10'a ve %0,5'e düştüğü derinliklerdeki sönümlenme katsayılarının incelenmesi	139
Şekil 93. Sönümlenme katsayısının çevresel ve optik faktörler ile 3 mevsim için incelenmesi	140
Şekil 94. 2021 yılı Marmara Denizi'nden elde edilen optik, fiziksel ve biyolojik parametrelerin ısı haritasında gösterimi.....	141
Şekil 95. Ocak 2021 Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliğinin bölgesel değişimi	148
Şekil 96. Temmuz 2021 Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliğinin bölgesel değişimi	150
Şekil 97. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Z_{SD} değerlerinden bu çalışma kapsamında hesaplanan tahmini K_d (m^{-1}) değerleri ve ölçülen K_d (m^{-1}) değerlerinin karşılaştırması.....	158

SİMGE LİSTESİ

°C: Santigrat

g : Gram

L : Litre

mg : Miligram

ml : Mililitre

m : Metre

μg : Mikrogram

μM : Mikromolar

σθ: Sigma-t

α: $K_d \cdot Z_{SD}$

β: Z_{EU} / Z_{SD}

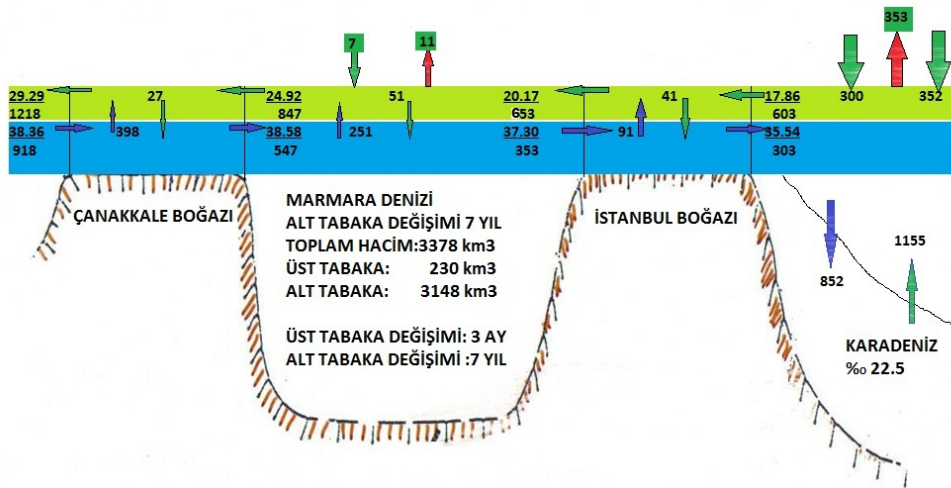
KISALTMA LİSTESİ

AKM:	Askıda Katı Madde
CDOM:	Renkli Çözünmüş Organik Madde (Colored Dissolved Organic Matter)
Chl- <i>a</i> :	Klorofil- <i>a</i>
CTD:	İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik (Conductivity, Temperature, Depth)
ÇO:	Çözünmüş Oksijen
DOM:	Çözünmüş Organik Madde (Dissolved Organic Matter)
KD:	Kuzeydoğu
Kd:	Sönümlenme Katsayısı
K _d :	Yüzeyaltı Sönümlenme Katsayısı
K _{dAV} :	Su Kolonu Ortalama Sönümlenme Katsayısı
MERIS:	Medium Resolution Imaging Spectrometer
MODIS:	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA:	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OAM:	Optik Aktif Maddeler
PAR:	Fotosentetik Aktif Radyasyon (Photosynthetically Active Radiation)
PSU:	Pratik Tuzluluk Birimi (Practical Salinity Unit)
R/V:	Araştırma Gemisi (Research Vessel)
SST:	Deniz Yüzey Sıcaklığı (Sea Surface Temperature)
Sea WiFS:	Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor
TSS:	Türk Boğazlar Sistemi (Turkish Straits System)
Z _{SD} :	Seki Disk Derinliği
Z _{EU} :	Işıklı Tabaka Derinliği

1. GİRİŞ

1.1. Marmara Denizi'nin Genel Oşinografik Özellikleri

Marmara Denizi, yüzey alanı yaklaşık 11500 km² (~70kmx250km), toplam hacmi ise 3378 km³ olan, daha az tuzlu (S= 17-18 psu) Karadeniz ve daha tuzlu (S = 38-39 psu) Akdeniz'i Türk Boğazlar Sistemi (TSS) ile birleştiren, küçük bir yarı-kapalı denizdir (Beşiktepe ve diğerleri, 1994). Bu iki tabakalı akıntı sistemi sonucu tüm Marmara Denizi'nde görülen kalıcı bir yoğunluk değişim tabakası (piknoklin) (~25 metre) iki farklı suyu birbirinden ayırmaktadır (Beşiktepe ve diğerleri, 1994). Üst suyun yenilenme süresi 3-6 ay iken alt tabakanınki 6-7 yılı bulmaktadır (Şekil 1). Bu süreler her zaman aynı olmamakla beraber, mevsimsel olarak da farklı seyreder. Kış döneminde sisteme giren Akdeniz suyu batıda çöker ve oradan içeriye doğru farklı derinlik tabakalarından yayılır. Yazın ise güney şelfine ulaşır oraya yerleşir ve oradan sisteme yayılır. Bu doğal süreçler, basen boyunca alt tabaka sularının çözünmüş oksijen seviyelerini direkt olarak etkiler (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2021).



Şekil 1. Marmara Denizi Su Bütçesi (Beşiktepe ve diğerleri, 1994)

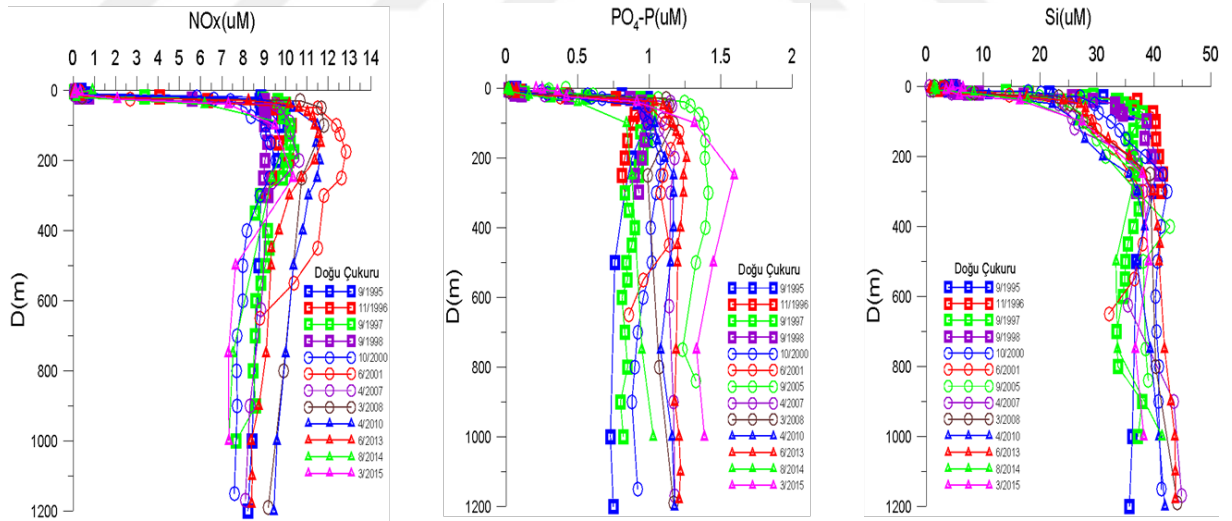
Ocak ayında hava sıcaklığı en düşükken, yağış en yüksek, Temmuz ayında ise sıcaklık en yüksek iken yağış en düşük seviyededir. Deniz yüzeyi sıcaklığı da hava sıcaklığı ile ilgili olduğundan Marmara Denizi'nde en yüksek deniz yüzey sıcaklığı (SST) değerleri Ağustos ayında, en düşük yüzey sıcaklığı değerleri ise Şubat ayında gözlemlenmektedir (Beşiktepe, 1991).

Marmara Denizi'ndeki Karadeniz kaynaklı üst suda çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri doygunluk seviyesindedir ancak, yoğun tabakalaşmanın başladığı ara tabakada çözünmüş oksijen değerlerinin çok hızlı düştüğü gözlemlenmektedir. Suboksik koşulların olduğu derinliklerde çözünmüş oksijen miktarı 1-2 mg/L'dir. Keskin haloklin tabakası nedeniyle derin su ile yüzey karışımı sınırlıdır. Dip (alt) suyun oksijen kaynağı Çanakkale Boğazı'ndan alt akıntı ile gelen Akdeniz suyudur. Çanakkale Boğazı'ndan giren oksijenli suyun çözünmüş oksijen değeri Çanakkale Boğazı'ndan İstanbul Boğazı'na doğru gittikçe azalmaktadır (Ediger ve diğerleri, 2016). Marmara Denizi'nde sürekli var olan iki tabakalı yapıdan dolayı, oksijence doygun üst tabaka suları ara tabaka engeli nedeniyle alt tabakaya ulaşamamakta ve alt sularda düşük oksijen seviyelerinin görülmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte, karasal girdilerin artışı ile yüzey sularında artan organik madde zamanla çökerek ara tabakada sıkışmakta ve heterotroflar tarafından ayrıştırıldığında ortamdaki oksijen tüketilip hipoksik koşulların oluşmasına sebep olmaktadır. Aynı şekilde alt tabakaya ulaşan partikül organik madde de burada parçalanarak oksijen tüketimine yol açmaktadır. Sonuç olarak, Marmara Denizi'nin ara tabakası ve alt tabakası oksijence fakir hale gelmekte ve hatta mevsimlere ve bölgeye bağlı olarak anoksik (oksijensiz) koşullar oluşmaktadır (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2021).

Üst sular ve ara tabakanın yer aldığı derinlikler ile bu tabakanın kalınlığı gibi özellikler ise mevsimsel olarak ve aynı zamanda İstanbul Boğazı'ndan Çanakkale Boğazı'na doğru önemli değişiklikler gösterir. Üst su tabakası kış aylarında yaz aylarına göre her zaman 4-5 psu daha tuzludur. Yazın ise 20-25 m'lerde gözlenen soğuk ara su tabakası (kış aylarında, yüzeyde Marmara Denizi veya Karadeniz'de oluşan ve daha sonra ara tabakaya çöken) genellikle tipiktir (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2021).

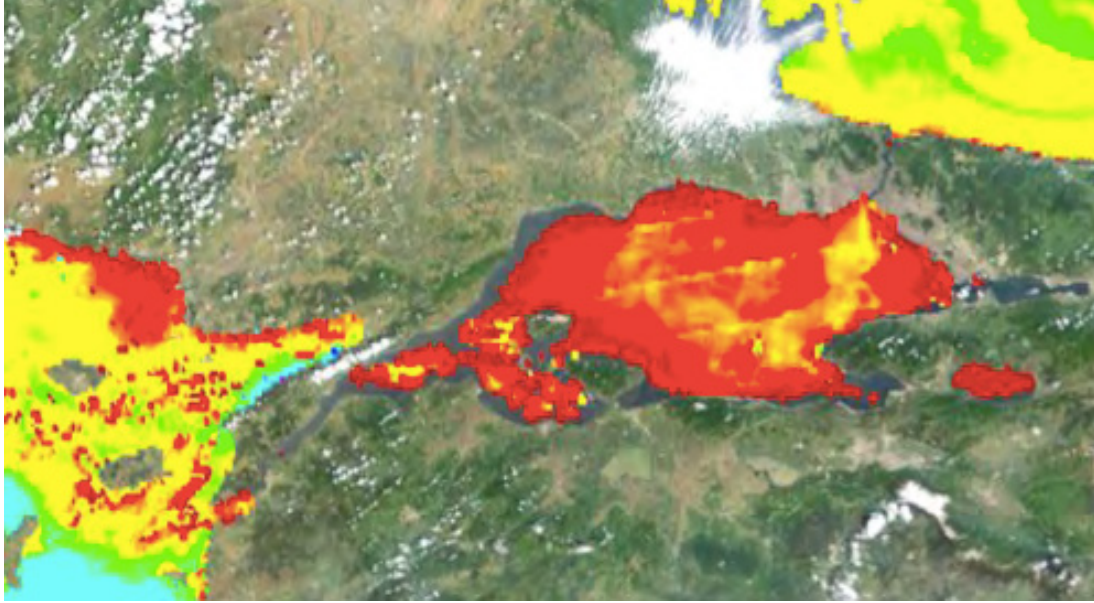
Besin tuzu değişim tabakası kalıcı halokline ile çakışır ve 15-25 metre arası derinlikte yer almaktadır. Bu derinlikten itibaren nitrat ve fosfat değerleri de hızlıca artmakta ve haloklinin hemen altında bir maksimum sergilemektedir. Bu derinlik tam da çözünmüş oksijen miktarının yüzey altı minimum sergilediği derinliktir (Ediger ve diğerleri, 2016)

Marmara Denizi'nde derinlikleri 1389, 1240 ve 1097 metre olan 3 derin çukur bulunmaktadır (şengör ve diğerleri, 1985). Doğu baseninde yer alan ınarcık ukuru diye bilinen istasyonda su kolonu boyunca ölçülen besin tuzu konsantrasyonları şekil 2'de verilmiştir. Denizel ekosistemlerde birincil üretici olan fitoplankton; besin tuzu döngüsünü, besin ağını, yapısını ve işlevini kontrol eder (Smith ve Sakshaug, 1990). Fitoplankton biyokütlesi göstergesi olan klorofil-*a* konsantrasyonları, Marmara Denizi genelinde 2014-2019 yıllarında yapılan ölçümlere göre kıyı ve körfez içlerinde 0,25-12,31 $\mu\text{g L}^{-1}$ aralığında, açık deniz sularında ise 0,2- 4,75 $\mu\text{g L}^{-1}$ aralığında tespit edilmiştir (şB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2021). Klorofil-*a* seviyeleri hem besin maddesinin artış/azalış hem de ışık durumuna göre değişir. Kış karışimleri nedeni ile yüzey sularındaki besin maddesi artışı klorofil-*a* seviyelerinin de yükselmesine neden olmaktadır. Marmara Denizi üretken bir deniz olup, tüm yüzey sularının klorofil-*a* uydu görüntüsü şekil 3'te gösterilmektedir.



şekil 2. Marmara Denizi Derin Doğu ukurunda Besin Tuzları Profilleri (Ediger ve diğerleri, 2016)

Seki disk derinlik bilgisi bulanıklık, deniz suyunun ışık geçirgenliği, sudaki asılı maddelerin yoğunluğu ve su kalitesi hakkında bilgi vermektedir (Binding ve diğerleri, 2008; Gomes ve diğerleri, 2020). Seki disk derinliği Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında kıyı ve körfezlerde 2-17 m arası, açık alanlarda ise 4,5-16 m arasında değişim göstermiştir. Seki disk derinlikleri yaz dönemlerinde kışa göre daha yüksek ölçülmüş olup bunda klorofil-*a* konsantrasyonlarının düşük olması da etkili olmuştur. En yüksek seki derinlikleri yaz döneminde tespit edilmiştir. Düşük derinlikler ise daha çok nehir ağızları ve körfezlerde görülmüştür (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2021). Marmara Denizi farklı baskılar altında ekosistem bozulmasına maruz kalan bir iç deniz (Türk Boğazlar Sistemi, TSS) durumundadır. Marmara Denizi üst tabaka ekosistemi hem Karadeniz kaynaklı hem de karasal kaynaklı (şehir atıkları ile bölgedeki endüstriyel atıklar) girdilerin yoğun etkisi altındadır. Kirliliğin etkisinin daha belirgin görüldüğü yüzey sularında ışıklı tabaka kalınlığı azalmış ve haloklinin hemen altındaki suların çözünmüş oksijen değerlerinde hızlı çöküşler (oksiklin) oluşmuştur (Tuğrul ve diğerleri, 2002).



Şekil 3. Marmara Denizi klorofil-*a* dağılımı 12 Mayıs 2015 MODIS Aqua (Özsoy, 2016)

1.2 Marmara Denizi'nde Işıklı Tabaka Hakkında Yapılan Önceki Çalışmalar

Denizlerde ışıklı tabaka derinliğinin bilinmesi, yaklaşık kaç metreye kadar birincil üretimin gerçekleştiği bilgisi dışında denizel ortamların ekolojik sınıflandırmasına da yardımcı olmaktadır. Seki disk derinliği oligotrofik sularda 20-40 metreler arasında değişmektedir. Bu derinlik mesotrofik sularda 10-20 metreye düşerken, ötrofik sularda 10 metreden daha sığdır (Ignatiades ve diğerleri, 1995). Işığın deniz suyundaki penetrasyonu ve sualtındaki kullanılabilir miktarı, biyolojik (fotosentez), kimyasal (nutrient döngüsü) ve fiziksel (ısı transferi) süreçleri de kontrol etmektedir (Kirk, 1994). Deniz suyunun ışık geçirgenliği (seki disk derinliği), ışığın penetrasyonu hakkında bilgi verdiğinden, çevresel izleme ve su kalitesi çalışmalarında oldukça önemli bir parametredir (Al Kaabi ve diğerleri, 2016; Alikas ve Kratzer, 2017). Fitoplankton, askıda katı madde (AKM) gibi Optik Aktif Maddeler (OAM) deniz suyunun ışık geçirgenliğini etkilemektedir. Suyun ışık geçirgenliğini ölçmek için kullanılan en yaygın yöntem Seki Disk Derinliği ölçümüdür. Seki disk derinlik bilgisi bulanıklık, deniz suyunun ışık geçirgenliği, sudaki asılı maddelerin yoğunluğu ve su kalitesi hakkında bilgi vermektedir (Binding ve diğerleri, 2008; Gomes ve diğerleri, 2020). Işık geçirgenliği tanımı için fotosentetik aktif radyasyon (PAR)'a ait ışık sönümlenme (atenüasyon) katsayısı (K_d), ışıklı tabaka derinliği (öfotik zon) (Z_{EU}) ve Seki disk derinliği (Z_{SD}) kullanılmaktadır. Seki disk ışık geçirgenliği (berraklık) hakkında ilk bilgileri sağlarken, Z_{EU} çok daha detay ve güvenilir bilgi sunar (Lee ve diğerleri, 2007; Majozi ve diğerleri, 2014).

Işıklı tabaka derinliği, fotosentetik aktif radyasyonun (PAR) %1'e indiği derinlik anlamına gelmektedir (Kirk, 1994). Işıklı tabaka derinliği suyun berraklığı hakkında bilgi vermektedir. Suyun berraklığı ise hem su kalitesi hem de birincil üretim ve ısı transferi açısından önemli bir parametredir (Behrenfeld ve Falkowski, 1997; Platt ve Sathyendranath, 1988).

Marmara Denizi'nde özellikle noktasal deşarjlar, havza yolu ile taşınımalar ve Karadeniz yüzey suyu girdilerine bağlı besin ve organik madde zenginleşmesi ve kış karışımları ile alt sulardan yüzey sularına taşınımaları ışıklı yüzey sularının ötrofikasyona maruz kalmasına neden olabilmektedir.

Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliğini bütünüyle kapsayan bir çalışma olmasa da, bölgede seki diski kullanılarak yapılmış çalışmalar mevcuttur (Tablo 1). Ediger ve Yılmaz (1996) Marmara Denizi'nde 1986-1991 yılları arasında Z_{SD} 8-14 m aralığında değiştiğini rapor

etmişlerdir. 2014-2017 yılları arasında seki disk derinliği 2-8 m aralığında rapor edilmiştir (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017). Balkıs ve diğerleri'nin (2012) 2006-2008 yıllarında, Erdek ve Bandırma Körfezleri'nde yaptıkları çalışmalarda Z_{SD} 'nin 4,5 ve 16 metre arasında değişmektedir. Aydınol ve Kanat 'ın (2012) 2008 yılı içinde Prens Adaları bölgesinde yaptıkları çalışmada ise seki disk derinliği ortalaması 0,8 ve 4,9 metreler arasındadır. Gemlik Körfezi'nde tamamlanan çalışmada ise ışıklı tabaka derinliği en düşük 1,2 metre en yüksek ise 13,8 metre olarak belirtilmiştir (Balcı ve Balkıs, 2017). 2007-2013 yılları aralığında İzmit Körfezi için verilen Z_{SD} 1-13 m aralığındadır (Ediger ve diğerleri, 2016).

Tablo 1. Marmara Denizi'nde rapor edilmiş Z_{SD} değeri içeren çalışmalar

Yer	Yıl	Z_{SD} (m)	Referans
Marmara Denizi	1986-1991	8-14	Ediger ve Yılmaz, 1996
Erdek ve Bandırma Körfezleri	2006-2008	4,5-16	Balkıs ve diğerleri, 2012
Prens Adaları	2008	0,8-4,9	Aydınol ve Kanat, 2012
Gemlik Körfezi	2010-2011	1,2-13,8	Balcı ve Balkıs, 2017
Marmara Denizi	2009-2017	2-8	ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017

1986-1991 yılları arasında Marmara Denizi'nde tamamlanan PAR verileri kullanılarak elde edilmiş Işıklı Tabaka Derinliği çalışması dışında, yapılmış güncel bir çalışma bulunmamaktadır. Ediger ve Yılmaz (1996) Marmara Denizi'nde 1986-1991 yılları arasında K_d 0,070 m^{-1} - 0,352 m^{-1} öfotik tabaka derinliği 15-40 m, Z_{SD} ise 8-14 m aralığında değiştiğinin rapor etmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Marmara Denizi'nde 1986-1991 yılları aralığında öfotik tabaka derinliği, K_d ve Z_{SD} değerleri

Öfotik tabaka derinliği (%1 ışık derinliği, m)	Değer Aralığı	15-40
	Ortalama $\pm$ S	25 $\pm$ 6,9
	n	54
K_d , m^{-1}	Değer Aralığı	0,070-0,352
	Ortalama $\pm$ S	0,136 $\pm$ 0.045
	n	54
Seki Disk Derinliği, m	Değer Aralığı	0,8-14
	Ortalama $\pm$ S	9 $\pm$ 3
	n	27

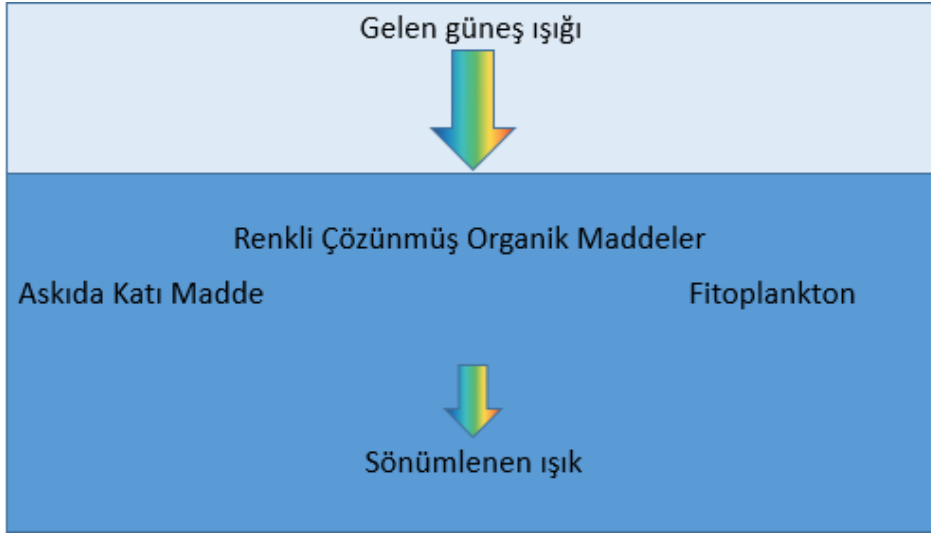
1.3 Işığın Su Kolonunda Sönümlenmesini Etkileyen Parametreler

400 ila 700 nm arasındaki elektromanyetik spektrum bölgesindeki güneş ışığı, fotosentetik aktif radyasyon (PAR), denizlerin fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerinde önemli bir rol oynar. PAR, deniz ekosistemlerinde besin zincirinin temelini oluşturan fotosentez gibi biyolojik süreçlerle doğrudan bağlantılıdır. Başka bir deyişle, birincil üretkenlik büyük ölçüde su kolonundaki derinlikle katlanarak azalan güneş ışığı alanına bağlıdır (Castillo-Ramirez ve diğerleri, 2020). Deniz ekosistemlerinin gelişimini kontrol eden birincil üretkenlik, büyük ölçüde su sütunundaki güneş ışığı ortamına bağlı olduğundan, değişkenliğini tanımlamak için sönümlenme katsayısını (K_d) bilmek önemlidir. K_d , fitoplankton topluluğunun farklı ışık yoğunluklarına tepki verme potansiyeline dayanan birincil üretkenlik modelleri için de önemlidir (Angel ve diğerleri, 2005).

Güneş enerjisi, hem karasal hem de sucul ekosistemlerdeki dinamikleri ve dengeleri kontrol etmektedir. Işık atmosfer yoluyla dünyaya girerken, büyük bir kısmı atmosferin ilk katmanlarında emilmektedir. Bununla birlikte, atmosferin iki oldukça şeffaf aralığı vardır, optik pencere ($\lambda=400-700$ nm) ve radyo penceresi ($\lambda=10^{-2}-10^2$ metre). Birkaç dar, kısmi kızılötesi aralıklar da mevcuttur. Ekosfere ulaşan güneş akısının en önemli kısmı görünür aralıktadır ($\lambda=400-700$ nm veya PAR: fotosentetik olarak aktif radyasyon). Güneş akısı, Güneş'ten yeryüzüne doğru gelen elektromanyetik radyasyonun yoğunluğunu ifade eder. Görünür aralığın ($\lambda=400-700$ nm) güneş yoğunluğu değişkenliği %1'den azdır (Thomas ve Stamnes 1999).

Güneş enerjisi denizi ısıtır ve fitoplankton için enerji sağlar, böylece enerji diğer canlı organizmaya aktarılır. Işığın çoğu ilk birkaç metrede emilir. Spektrumun kızılötesi kısmı özellikle ilk birkaç santimetrede emilir (Jerlov, 1976). Öte yandan, yalnızca az miktarda ışık yansıtılır. Yansıtılan ışık, sudaki bileşenlere bağlıdır. Bu bileşenlerin türü ve konsantrasyonu hem bölgeye hem de su kütlesine bağlıdır. Yansıma, birçok parametre için kullanılabilir. Ancak en çok klorofil konsantrasyonu ve toplam askıda katı madde gibi parametreleri belirlemek için kullanılmaktadır. Bu ölçümlerin konsepti belirli bir bileşenin optik özelliklerine dayanmaktadır. Fitoplankton, deniz yüzeyindeki en önemli bileşenlerden biridir, bu nedenle okyanusun rengi, büyük ölçüde fitoplankton konsantrasyonu ve bileşimi ile ilgilidir.

Denizel ekosistemler canlı ve cansız bileşenlerin zaman içerisinde değişimi ve etkileşimi nedeniyle son derece dinamiktir. Denizel ekosistemlerde ışık miktarını etkileyen Optik Aktif Maddeleri (OAM) oluşturan klorofil pigmenti, toplam askıda katı madde ve çözünmüş organik maddelerdir (Şekil 4). Denizlerdeki optik aktif maddeler, suyun içinde bulunan ve ışığın yayılması, saçılması veya emilmesi gibi optik özelliklerini etkileyen maddelerdir. Deniz suyundaki optik aktif maddeler, suyun içinde bulunduğu ortamın optik özelliklerini etkilerler. Bu maddelerin varlığı, deniz suyunun rengini, berraklığını ve ışık geçirgenliğini değiştirir.



Şekil 4. Su kolunda güneş ışığının sönümlenme sürecinde aktif maddeler

1.3.1 Klorofil-*a* (Chl-*a*)

Klorofil pigmentini bulunduran fitoplanktonun su kolundaki dağılımı sıcaklık ve suda bulunan besin tuzlarının yanı sıra ışık miktarından da etkilenmektedir (Efimova ve diğerleri, 2020). Fitoplankton gruplarının en belirgin biyo-optik özellikleri mavi ışığı absorbe etmeleri ve yeşil ışığı yansıtmaıdır. Ancak her grubun, hatta her türün kendine has bir pigment içeriğı vardır ve ışık tayfının farklı kısımlarını etkiler (Hoepffner ve Sathyendranath 1993).

Fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil-*a* değeri Marmara Denzinde üst su kolunda yüksek seviyede olup, tabakalaşmanın başladığı derinlikten itibaren değeri hızla düşmekte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca klorofil-*a* konsantrasyonunun İstanbul Boğazı'ndan, Çanakkale Boğazı'na doğru azaldığı rapor edilmiştir (ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2017). Klorofil-*a*, denizlerdeki fitoplankton biyokütlesi ve birincil üretim seviyesinin göstergesi olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Klorofil-*a*, denizlerde birincil üretimin en önemli göstergelerinden olup yüksek değeri, ötrofikasyonu işaret etmektedir. Klorofil-*a* seviyeleri Marmara Denizi'nde hem besin maddesinin artış/azalışı hem de ışık durumunun uygunluğuna göre değişmektedir.

1.3.2 Askıda katı madde (AKM)

Yüzey altı ışık iklimi, özellikle yüksek düzeyde asılı partiküllü malzemenin ışığın mevcudiyetini ciddi şekilde kısıtlayabileceği kıyı ve kıyıya yakın ortamlarda büyüme üzerinde büyük bir etkiye sahip olacağı belirtilmiştir (Bowers ve diğerleri, 2000; Mills ve diğerleri, 2002). Askıda katı madde ışığın deniz suyu kolonu boyunca asılı partiküller tarafından soğurulmasını ve saçılımını değiştirerek sualtı ışık alanında ışığın değişimini etkileyen bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Lei ve diğerleri, 2020). Su berraklığındaki kayıp, fotosentezin meydana gelebileceği derinlik aralığını sınırlar dolayısıyla besin döngüsü ve besin ağı dinamiklerini değiştirir. Fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR) için yaygın zayıflama katsayısı (K_d), su berraklığının yaygın olarak kullanılan bir ölçüsüdür. Işınım, fotonların askıda katı madde tarafından saçılması ve fotonların su ve çözünmüş bileşenler tarafından emilmesi nedeniyle derinlikle üstel olarak azalır (Kirk, 1994; Gallegos, 1994). Turbidite, askıda katı madde değerleri hakkında direk bilgi almak için kullanılan en geleneksel ve sık kullanılan yöntemdir (Brown, 1984). Bu ilişkinin doğrudan olmasının sebebi, turbiditenin partikül boyu, şekli ve partiküllerin spektral ışık absorpsiyonunu ile değişen bir optik parametre olmasıdır (Duchrow ve Everhart, 1971; McCluney, 1975). İlk çalışmalar turbidite değerleri 0.15 – 0.5 arasında değişen sabit değerler ile çarparak sönümlenme katsayısına ulaşmışlardır. Işıklı tabaka değerine ulaşmak için bilinen en yaygın yöntem ise $4,6 / K_d$ olarak verilmiştir (Brown, 1984). Chesapeake Körfezi ve Narragansett Körfezi'nde yapılan önceki çalışmalar, TSS'nin ışığın sönümlenmesini (Gallegos 2001; Gallegos ve diğerleri. 2005; Abdelrhman 2017) ve seki disk derinliğini (Testa ve diğerleri. 2019) etkileyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

1.3.3 Renkli çözünmüş organik madde (CDOM)

Denizlerdeki Çözünmüş Organik Madde (Dissolved Organic Matter = DOM) organik karbonun sucul ekosistemdeki en büyük rezervuarıdır (EPA, 2014). Renkli Çözünmüş Organik Madde (Chromophoric-Colored Dissolved Organic Matter = CDOM) ise çözünmüş organik maddenin bir alt kümesidir. Diğer bir deyişle CDOM denizel ekosistemleri daha iyi anlayabilmek için gerekli biyo-optik bileşenlerin önemli bir kısmını oluşturan, UV ve mavi ışığı absorbe eden, 0.2 μ mlik filtreden geçebilen ışığı absorbe edebilen organik maddelerin renkli olan bölümünü ortaya koymaktadır (Coble ve diğerleri. 1998; Stedmon ve Markager, 2001; Blough ve Del Vecchio, 2002). Deniz suyunda optik CDOM araştırmaları ilk olarak Baltık

Denizi'nde yapılmıştır (Hojerslev, 1974; Hojerslev, 1988). CDOM doğal sulara rengini veren ana çözünmüş bileşendir. Deniz sistemlerinde, CDOM, kara kaynaklı girişlerin yoğun olduğu kıyı sularında en yaygın olarak bulunur (Branco ve Kremer, 2005).

CDOM deniz suyunda birçok olayla doğrudan ilişkilidir. Bunların arasında, ışığın emilimine neden olması, C, N, P gibi denizlerde üretimi arttıran besin tuzu bulundurması, su kolonundaki ışık miktarını limitleyerek alg gelişimini etkilemesi yer almaktadır (Massi ve diğerleri, 2020). Turbidite ve klorofil ile beraber, ışığın deniz suyunda sönümlenmesinde en önemli rol oynayan faktörlerden biri CDOM'dur. CDOM'un Tip 1 sularında ışığın sönümlenmesine etkisi daha çok, ancak Tip (Tip) 2 sularında daha az incelenmiştir. Optik çalışmalar son yıllarda popüler olmasına karşın, CDOM geniş ekolojik bağlamda nadiren ele alınmaktadır. Sığ kıyısal sulardaki ışığın sönümlenmesinde, CDOM'un daha çok araştırılması gerekmektedir. Renkli çözünmüş organik madde (CDOM), DOC'nin ışık emilimine katkıda bulunan kısmıdır. CDOM, karasal ve sulak alan bitki materyalinin çürümesinden kaynaklanır. Nehir ağzı sularında ışık zayıflamasının önemi, özellikle sulak alan kaynaklarından gelen tatlı su girdileri tarafından belirlenir. CDOM, izleme programlarında yaygın olarak ölçülmez ve bu nedenle, CDOM'nin DOC'ye orantılı katkısı değişken olsa da, DOC sıklıkla vekil olarak kullanılır (Zhao and Song, 2018).

Işık sönümlenmesi, ışığın derinlikle birlikte azalması ya da kaybıdır. Sönümlenme, deniz ekosisteminin sürdürülebilirlik hedeflerinde minimum ışık gerekliliği ve maksimum derinlik belirlemelerinde kullanılmaktadır (EPA, 2014).

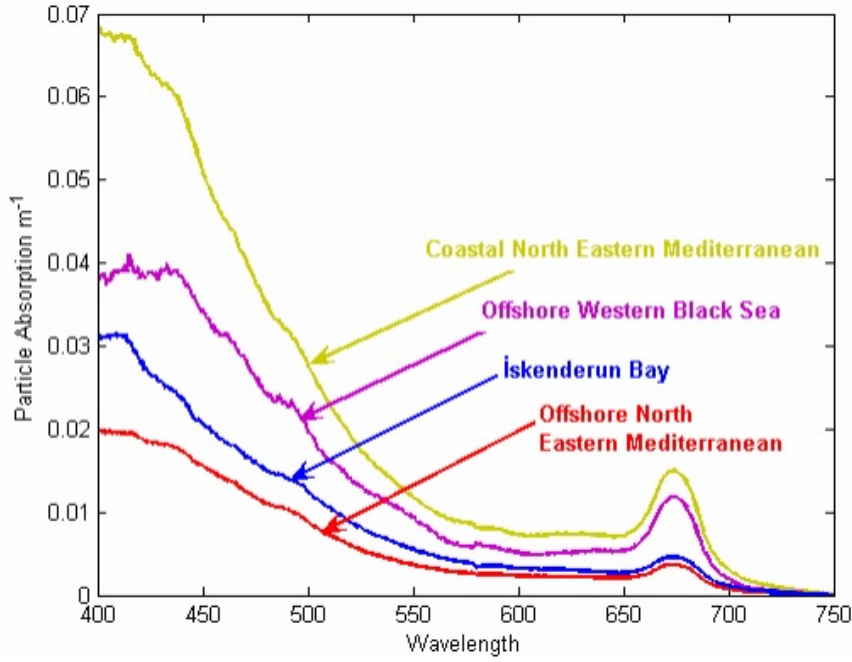
Türkiye denizlerinde yapılan biyo-optik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Işığın penetrasyonu ve PAR ölçümleri ilk olarak Verdaguer (1995) tarafından Karadeniz ve Akdeniz sularında incelenmiştir. Verdaguer'e (1995) göre Akdeniz için bulunan Kd değerleri 0,015-0,07 m⁻¹ arasında, Karadeniz için bulunan Kd değerleri 0,06-0,13 m⁻¹ arasında kaydedilmiştir. Türkiye denizlerinin biyo-optiksel karakterizasyonu Örek (2007) tarafından araştırılmış ve ışık, iz-pigment ve sönümlenme katsayıları analiz edilmiştir. Su tiplerinin sınıflandırılması sonucu Akdeniz suyunun temiz, Karadeniz ve Marmara'nın ise bulanık su sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Türkiye denizlerinde yapılan diğer çalışmalar daha çok klorofil-*a* dağılımı ve derin klorofil maksimumları ve dağılımı etkileyen faktörler üzerinde yoğunlaşmıştır (Yılmaz ve diğerleri, 1994, Ediger ve Yılmaz 1996; Yılmaz, 2002; Ediger ve diğerleri, 2005).

1.4 Marmara Denizi'nde Uzaktan Algılama (Uydu) Verisi Kullanılarak Tamamlanmış Çalışmalar

Uzun süreli izleme çalışmalarının hem alansal hem de zamansal olarak yeterli kapsamda olmaması, geliştirilen modeller sayesinde hata paylarının indirgenmiş ve ölçüm sonuçlarındaki kesinliğin artmış olması, uydu verisinin kullanılarak su kalitesi izleme çalışmalarının yerinde ölçüm çalışmalara alternatif olarak kullanılması daha önceki tarihlerdeki çalışmalarda Carstensen (2007) tarafından ortaya konmuştur. Geleneksel su kalitesi parametreleri ölçümü çalışmalarında oldukça uzun vakitler harcanması gerekmektedir. Bunun dışında deniz çalışmaları oldukça maliyetlidir ve sadece belirli sayıdaki istasyondan ölçüm yapılabilmektedir. Tüm bunlara karşı uydu verisi düşük bütçe ile daha geniş bir alanı kapsayan sinoptik bir bakış açısı sağlamaktadır (Liu ve diğerleri, 2003; Chen ve diğerleri, 2004; Sebastia ve diğerleri, 2012). Bu tahminler, ekosistemdeki fiziko-kimyasal değişimlerin örneğin, tuzluluk, sıcaklık, klorofil-*a* özellikle nütrient girdisinin yoğun olduğu bölgelerde önemlidir (Elliot ve Quintino, 2007; Maier ve diğerleri, 2009).

Uydu çalışmalarında açık sular 2 sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar Morel ve Prieur (1977) tarafından Tip 1 ve Tip 2 olarak adlandırılmıştır. Buna göre fitoplanktonun suyun optik özelliklerindeki değişimin ana sorumlusu olduğu durumlar Tip 1 olarak geçmektedir. Tip 2'de ise durum sadece fitoplankton ve ilişkili partiküllerle değil, fitoplanktondan bağımsız olan inorganik partiküller ile de ilişkilendirilmiştir (IOCCG, 2000).

Marmara Denizi'nde yapılmış uydu çalışmaları Tablo 3'te özetlenmiştir. 1997-2007 yılları arasında tüm Marmara Denizi'ni kapsayan aylık SeaWiFS ve MODIS-Aqua verileri hem kendi aralarından hem de yüzey suyu sıcaklığı (SST) değerleri ile karşılaştırıldığında, deniz suyu sıcaklığı ve klorofil-*a* değerlerinin ters orantılı bir ilişki olduğunun yanı sıra, iki uydu verisinin de uyumlu olduğunu göstermiştir (İkis, 2007). 1999 yılı içinde Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'de biyo-optik ölçümler yapılmış ve uydu verisi karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu çalışmaya göre yüzey sularındaki askıda partiküllerin absorpsiyon spektrumları Şekil 5' teki gibidir (Örek, 2007). Bu çalışmaya göre Karadeniz ve Akdeniz arasındaki farkın temel nedeni ışınım yansıması spektrumlarından kaynaklanmaktadır (irradiance reflectance spectra). Partikül maddelerin ve çözünmüş içeriklerin çeşitli etkileri, farklı denizlerdeki klorofil-*a* konsantrasyonu ve yansıma arasındaki ilişkiyi etkilemektedir (Sancak ve diğerleri, 2007). Bu çalışmada daha çok yerinde ölçüm yapılmasının öneminden bahsedilmektedir.



Şekil 5. Yüzey sularındaki askıda partiküllerin absorpsiyon spektrumları (Örek, 2007)

Marmara Denizi Haliç bölgesinde de IKONOS verileri kullanılarak tamamlanmış uydu-klorofil karşılaştırmaları bulunmaktadır (Ekercin, 2007; Ormeci ve diğerleri, 2009). Bu çalışmalara göre yerinde ölçüm sonuçları ve uydu verilerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen değerler anlamlı sonuçlar ortaya koymuştur.

Bengil ve Mavruk (2018) Türkiye'yi çevreleyen denizlerde bulunan biyo-optik değişkenlerin temel özelliklerini karakterize etmek amacıyla, Eylül 1997 ile Mart 2017 dönemini kapsayan uzaktan algılama veri setleri incelemiş ve klorofil-*a* konsantrasyonu, CDOM'a ait absorpsiyon katsayısı birlikte analiz edilerek modelleri açıklamak için değerlendirilmiştir. Analiz, Türkiye çevresindeki denizlerin biyo-optik özelliklerine göre iki bölgeye ayrılabilceğini göstermiştir. İlki Karadeniz ve Marmara Denizi, ikincisi ise Ege Denizi ve Akdeniz'dir. Marmara Denizinde uydu verileri ile yapılan çalışmalar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Marmara Denizi’nde tamamlanan uydu çalışmaları

Yer	Yıl	Uydu	Referans
Marmara Denizi	1997-2007	SeaWiFS MODIS-Aqua	İkis, 2007
Marmara Denizi	1999	SeaWiFS MODIS-Aqua	Örek, 2007
Haliç	2001-2007	IKONOS	Ekercin, 2007
Haliç	2005	IKONOS	Ormeci ve diğerleri, 2009
Marmara Denizi	1997-2017	GlobColor	Bengil ve Mavruk, 2018

1.5 Çalışmanın Amacı

Marmara Bölgesi’nde tarım, sanayi ve son 30 yılda aşırı artan nüfus nedeniyle, Marmara Denizi’ne besin tuzu girdisi artmıştır. Marmara Denizi’ne besin tuzu girişinin artması, alg artışlarına (toksik türler dahil), organik madde birikimine ve oksijen tüketiminin yoğun miktarda artmasına neden olmuştur. Marmara Denizi ekosisteminin sağlığı sadece içindeki canlılar için değil tüm bölgenin sağlığı için önemlidir. Bu nedenle Marmara Denizi’nin bugünkü durumunu doğru olarak ortaya koyabilmek için günümüze ait besin zincirinin temel halkası temsil eden Chl-*a* miktarını, üretimin gerçekleştirildiği ışıklı tabaka derinliğinin zaman ve mekan içerisinde nasıl değiştiğini bilinmesi önem arz etmektedir.

Denizlerde yapılan sürekli izleme çalışmalarının maliyeti oldukça yüksektir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar neticesinde uydu verisi kullanılarak geliştirilmiş bazı empirik ve yarı analitik modeller oluşturulmuştur. Ancak Marmara Denizi genelini kapsayan ve yerinde ölçümlerle desteklenen bir uydu çalışması yapılmamıştır. Marmara Denizi’nde ışıklı tabaka derinliği üzerine yapılan çalışma yok denecek kadar azdır. Birincil üretim göstergesi olan

klorofil-*a* miktarının, ışıklı tabaka derinliğinin, sönümlenme katsayısının ve çevresel faktörlerle ilişkileri Marmara Denizi bütünü için bir ilk olma özelliği taşıyacaktır. Ayrıca Marmara Denizi'nde gelecekte yapılacak optik modelleme çalışmalarına baz oluşturacaktır ve optik açıdan Marmara Denizi sularının sınıflandırılmasına olanak sağlayacaktır

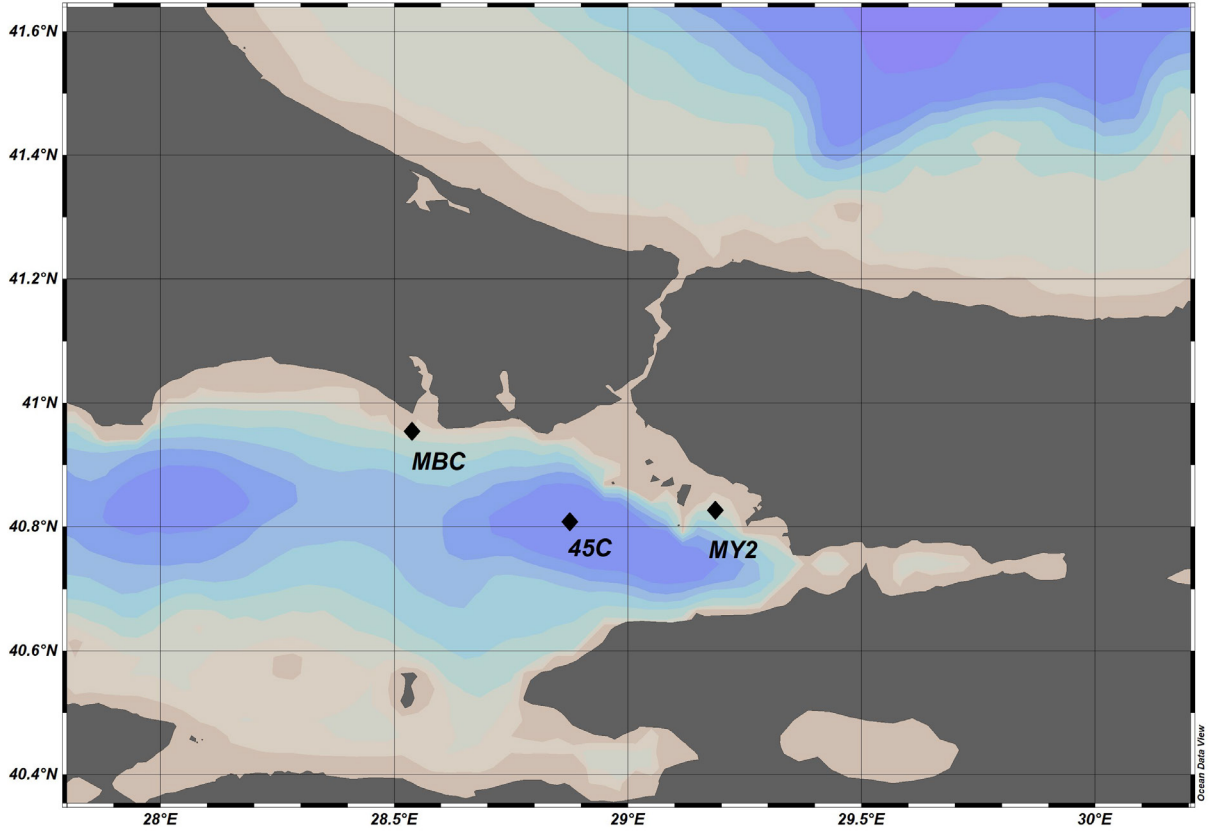
Bu çalışmada,

- Marmara Denizi'nde birincil üretimin gerçekleştiği ışıklı tabaka derinliği ve bu tabakadaki klorofil-*a*, askıda katı madde ve renkli çözünmüş organik madde dağılımı 2021 yılı için mevsimsel olarak incelenmiştir.
- KD Marmara Denizinde daha önce 2000-2010 yılları arasında aylık olarak örneklenmiş çalışmalarda elde edilen ışık geçirgenliği (Z_{SD} , PAR) parametreleri kullanılarak yeni ölçümler ile karşılaştırılarak zaman içerisindeki değişimi incelenmiştir.
- Marmara Denizi'nde aynı zamanda hem Z_{SD} hem de PAR ölçülerek, Z_{EU} ile Z_{SD} arasındaki ilişki belirlenmiştir.
- Mevsimsel ve mekânsal olarak ışıklı tabakanın kalınlığının nasıl değiştiği araştırılmıştır
- Su kolonunda ışık geçirgenliğini etkileyen klorofil-*a*, toplam askıda madde miktarları ve CDOM ölçülerek bu parametrelerin ışık sönümlenmesine etkisi araştırılmıştır

2. MATERYAL VE METOT

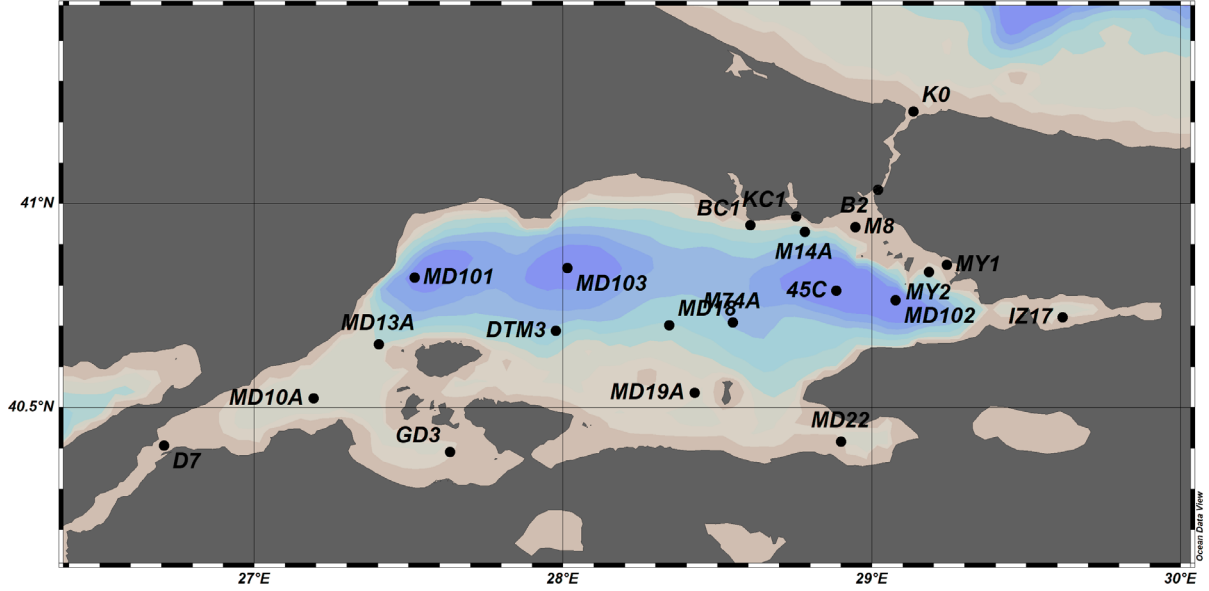
2.1 Çalışma Alanı

2000-2010 yılları arasında KD Marmara Denizi'nde İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü tarafından aylık gerçekleştirilen izleme çalışmalarında 45C, MBC ve MY2 isimli 3 istasyonda yapılan ölçümlere ait CTD, PAR, sönümlenme katsayısı ve Seki Disk Derinliği değerlendirilmiştir. Bu istasyonların yerleri Şekil 6'da ve değerlendirilen parametre listesi Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 6. KD Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında yapılan çalışmalara ait istasyonlar

Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 tarihlerinde Marmara Denizinde tez çalışması kapsamında saha çalışması gerçekleştirilmiş ve istasyon yerlerini gösteren harita Şekil 7’de ve ölçümü gerçekleştirilen parametre listesi Tablo 4 ve Tablo 5’te sunulmuştur.



Şekil 7. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 döneminde yapılan çalışmalara ait istasyonlar

2.2 Örneklem

2.2.1 Fiziksel parametreler:

Sıcaklık, iletkenlik, derinlik, fotosentetik aktif ışımaya (Photosynthetically Active Radiation: PAR) ve floresans ölçümlerinde 2000-2010 yıllarında R/V ARAR ve ALEMDAR II gemisinde monte edilmiş olan bir vinç yardımıyla gerçek zamanlı verilerin alındığı SBE9/11 Plus CTD sistemi kullanılmıştır. 2021 yılı seferlerinde ise R/V MARMARA ile ölçümler SeaBird SBE 25Plus CTD sistemi ve SBE 32C rozet sistemi (her biri 8 lt, 12 numune alma şişesi) kullanılmıştır. Standart sensörlere (basınç, sıcaklık, iletkenlik) ilave olarak, in situ floresans sensörü ve PAR sensörü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. KD Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında ve Marmara Denizi'nde Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 yılında gerçekleşen çalışmalarda ölçülen ve örneklenen parametreler

Örnekleme Dönemi	Bölge	Yıl	Tuzluluk	Sıcaklık	ZSD	PAR
9 Ay	KD Marmara Denizi	2000	X	X	X	X
11 Ay	KD MarmaraDenizi	2001	X	X	X	X
11 Ay	KD Marmara Denizi	2002	X	X	X	X
12 Ay	KD Marmara Denizi	2003	X	X	X	X
11 Ay	KD Marmara Denizi	2004	X	X	X	X
11 Ay	KD Marmara Denizi	2005	X	X	X	X
12 Ay	KD Marmara Denizi	2006	X	X	X	X
10 Ay	KD Marmara Denizi	2007	X	X	X	X
10 Ay	KD Marmara Denizi	2008	X	X	X	X
10 Ay	KD Marmara Denizi	2009	X	X	X	X
1 Ay	KD Marmara Denizi	2010	X	X	X	X
Ocak	Marmara Denizi	2021	X	X	X	X
Nisan	Marmara Denizi	2021	X	X	X	X
Temmuz	Marmara Denizi	2021	X	X	X	X

Tablo 5. 2021 yılı Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında 22 istasyonda gerçekleştirilen çalışmalarda örneklenen biyolojik parametreler ve bu istasyonlara ait bölge bilgisi

	Ocak	Nisan	Temmuz	Bölge
IZ17	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	-	Körfez Bölgesi
MD22	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Körfez Bölgesi
MD19A	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Susurluk Nehri Etki Alanı
GD3	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Körfez Bölgesi
MD10A	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Çanakkale Boğazı
D7	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Çanakkale Boğazı
MD13A	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Orta Basen
MD101	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Derin Basen
MD103	-	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Derin Basen
DTM3	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Orta Basen
MD18	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Orta Basen
M74A	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Orta Basen
45C	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Derin Basen
MD102	-	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Derin Basen

	Ocak	Nisan	Temmuz	Bölge
K0	Chl- <i>a</i> , AKM -	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	İstanbul Boğazı Etki Alanı
B2	Chl- <i>a</i> , AKM -	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	İstanbul Boğazı
MY1	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	İstanbul Kıyı Bölgesi
MY2	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	İstanbul Kıyı Bölgesi
M8	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	İstanbul Boğazı Etki Alanı
M14A	Chl- <i>a</i> , AKM	-	Chl- <i>a</i> , AKM	İstanbul Boğazı Etki Alanı
KC1	-	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM	İstanbul Kıyı Bölgesi
MBC	Chl- <i>a</i> , AKM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	Chl- <i>a</i> , AKM, CDOM	İstanbul Kıyı Bölgesi

2.2.2. Seki disk derinliği (Z_{SD})

Su kolonunda güneş ışığının ulaştığı derinliği bulmak için, 30 cm çapında beyaz bir plaka (Seki Disk) kullanılmıştır. Gündüz saatlerinde denize açısız olarak sarkıtılan plakanın çıplak gözle izlenebildiği derinlik (m) Seki Disk Derinliği (Z_{SD}) olarak kaydedilmiştir.

2.2.3. Su kolonu örnekleme

Su kolonu boyunca yapılan örneklemelede Rozet sistemi kullanılmıştır. Su örneklemeleleri yüzey suyunu temsilen 0,5 m derinlikten başlayarak yüzeyaltı PAR değerinin %1'e düştüğü derinliğe kadar gerçekleştirilmiştir. Su örnekleri Klorofil-*a* (Chl-*a*), Askıda Katı Madde (AKM), ve Renkli Çözünmüş Organik Madde (CDOM) ölçümleri için alınmıştır.

Klorofil-*a*, AKM ve CDOM örneklemeleri yüzey, 5 metre, klorofil-*a* maksimum derinlik, ara tabaka ve ışıklı tabakanın sonundan yapılmaya çalışılmıştır. Burada ışığın %10 ve % 1 olduğu derinliklerden CDOM örnekleme yapılmıştır. Ayrıca tabakalaşmanın (haloklin) belirgin olduğu istasyonlarda da ara su tabakasını temsilen haloklin bölgesinin orta derinliğinden su örneklemeleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 5).

2.3 Klorofil-*a* Analizi

Klorofil-*a* analizleri için, 1 L kapasiteli polietilen şişelere alınan deniz suyu örnekleri, 0,45 µm göz açıklığına ve 47 mm'lik çapa sahip selüloz nitrat membran filtrelerden (Sartorius) düşük vakumla süzölmüştür. Daha sonra filtre kağıtları, laboratuvarında analiz edilinceye kadar alüminyum folyo içerisinde -20 °C'de saklanmıştır. Klorofil-*a* konsantrasyonu aseton ekstraksiyon yöntemi uygulanarak spektrofotometrik olarak ölçölmüştür (Parsons ve diğerleri, 1984). Bu yöntemde örnekler 10 ml hacimli cam tüpler içerisinde %90'lık aseton (9:1, Aseton: Su) ile ekstrakte edilmiş, filtre kağıtları tamamen parçalandıktan sonra, filtreler, klorofil-*a*'nın etkin olarak ayrışması amacı ile +4°C'de karanlıkta bir gece bekletilip ve 3000 dönüş hızı/dakika (rpm) altında 10 dak. santrifüj edilmiştir. Üstte kalan ekstraktın absorbans değerleri 750, 664, 647, 630 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçölerek örneklerdeki klorofil-*a* konsantrasyonları aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

Chl-*a* (µg klorofil/L) =

$$(((11.85*(E_{664}-E_{750}))-(1.54*(E_{647}-E_{750}))-(0.08*(E_{630}-E_{750}))) * 10) / V * 5 \quad (2.1)$$

v: Ekstraksiyonda kullanılan aseton hacmi (mL) =10

V: Filtre edilen deniz suyu miktarı (L)

Ölçüm yapılan küvetin boyu (cm) = 5

2.4 Askıda Katı Madde Analizi

Askıda Katı Madde analizleri için, 1 L kapasiteli polietilen şişelere alınan deniz suyu örnekleri, 0,7 µm göz açıklığına ve 47 mm'lik çapa sahip (daha önce 105°C etüvde 1 saat bekletilmiş ve desikatörde bekletildikten sonra sabit tartımları yapılmış) filtrelerden vakumla

süzülmüştür. Filtre kağıdı petride saklanmış ve laboratuarda 105°C etüvde 1 saat kurutulmuştur. Desikatörde soğutulup hassas terazide tartılmıştır (APHA, 1999).

Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$AKM \text{ (mg/l)} = (C-D) \times 1000/V \quad (2. 2)$$

C= Filtre kağıdı + kuru kalıntının tartımı (mg)

D= Filtre kağıdının tartımı (mg)

V=Numune hacmi (ml)

2.5 Renkli Çözünmüş Organik Madde (CDOM) Analizi

Renkli Çözünmüş Organik Madde analizleri için 200 ml deniz suyundan, partikül madde ve planktonu ayırmak için 0,7 µm göz açıklığına ve 47 mm'lik çapa sahip GF/F filtreden süzölmüştür. Sonrasında ise ön durulama işlemi yapılmış 0,2 µm göz açıklığındaki membrane filtreden süzölmüştür. Süzölen ve 0,2 µm'dan küçük maddelerin bulunduğu 200 ml'lik deniz suyu karanlık-cam şişelerde saklanmıştır. Örnekler ölçümü yapıłana kadar 4°C'de saklanmıştır. CDOM absorbans değeri, 5 cm'lik quartz Suprasil küvetler kullanılarak, 1800 UV dual-beam spektrofotometre (Shimadzu) ile ölçölmüştür. 250-700 nm aralığında absorbans değeri yapılmıştır (Mannino ve diğeri, 2019). Karşılaştırma kolaylığı nedeniyle 440 nm'deki referans ölçüm sonucu kullanılmıştır

2.6 Veri Kalitesi

3 istasyonda Mart 2000 ve Ocak 2010 yılları arasında aylık yapılan çalışmanın verisi veri kalibrasyonu ve saat aralığı filtresinden geçtiğinde Z_{SD} ve Z_{EU} karşılaştırmasının yapılabileceğı veri çifti sayısı 161 dir. Özellikle 2002 yılında ışık profilinin su kolonundaki değışimi sağlıklı bulunmadığından verinin çoğı analiz dışı bırakılmıştır. Diğeri yandan gemi gölgesi etkisinin hissedildiğı veri setleri de elenmiştir. Z_{SD} için çalışma saatleri için önceki ışık çalışmaları incelenmiş ve saat aralığı 10:00 – 17:00 olarak belirlenmiştir. 45C ve MBC istasyonları çalışma saatleri çoğunlukla bu aralıkta yer almaktadır. Bu nedenle bu iki istasyon için elenen veri seti sayısı azdır. MY2 istasyonuna ait CTD ve Z_{SD} verisi çoğunlukla sabah 09:00 öncesi toplandığından, bu istasyona ait çalışmada kullanılan veri seti MY2 toplam

verisinin sadece %20'sidir. Tüm yıllar içinde istasyonlara ait en yoğun ve sağlıklı verinin olduğu yıl 2005'tir. Verinin mevsimsel analizi için tüm veri seti sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz olarak ayrılmıştır. En çok verinin bulunduğu mevsim kış aylarına ait olmakla beraber bunu sırasıyla yaz, ilkbahar ve sonbahar ayları takip etmiştir. MY2 istasyonu verisi az olmasına karşın tüm mevsimleri ve tüm yılları temsil edecek veri bulunmaktadır. Toplamda Z_{SD} ve Z_{EU} veri çifti sayısı 45C istasyonu için 77, MBC istasyonu için 72 ve MY2 istasyonu için ise 12'dir.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın desteklediği, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinin yürütücülüğünü ve koordinasyonunu yaptığı "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)" kapsamında Ocak – Ağustos 2021 tarihleri arasında R/V TÜBİTAK MARMARA araştırma gemisi ile Marmara Denizi'nde gerçekleştirilen kış, bahar ve yaz seferlerinden eldilen veri çalışma saatleri filtresinden geçmiştir. Bu kapsamda 22 istasyona ait 3 dönemlik 66 adet veri seti Z_{SD} ve Z_{EU} verilerine ek olarak sönmelenme katsayısı, Klorofil-*a*, Askıda Katı Madde ve Renkli Çözünmüş Organik Madde sonuç kısmında değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

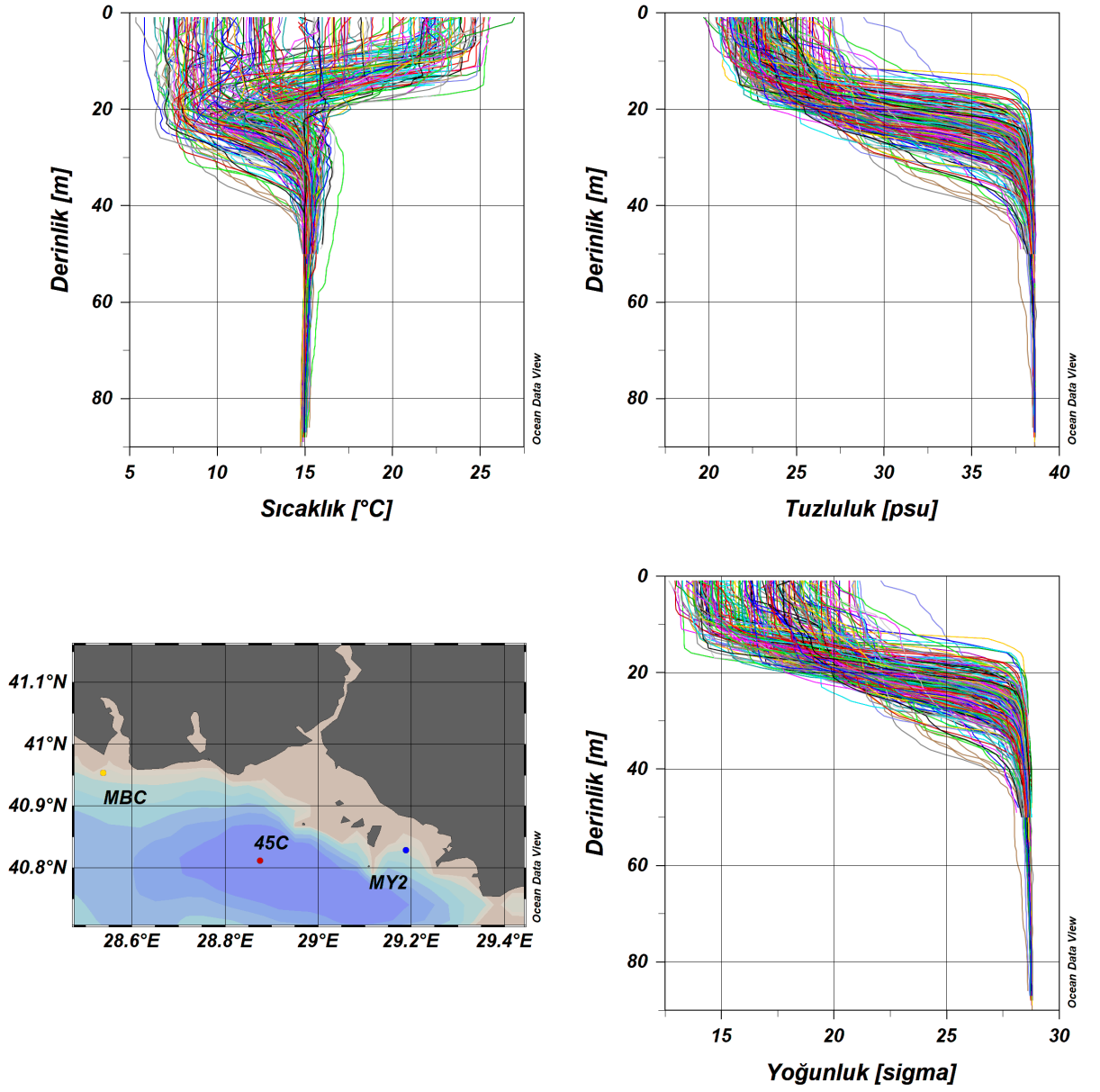
3. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi kuzeydoğu Marmara Denizi verisi

3. 1. 1.2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi fiziksel parametrelerin incelenmesi

Mart 2000 ve Ocak 2010 yılları arasında yapılan çalışmalardan aylık olarak elde edilen CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değerlerinin KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait su kolonundaki değişimleri Şekil 8'da verilmiştir. Sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profillerinde Marmara Denizi'ndeki iki tabakalı yapı ve su kolonundaki üst, ara ve derin tabaka özellikleri net bir şekilde görülmektedir. Üst tabaka sıcaklık değerleri 5,4 – 27 °C aralığında değişirken, alt tabaka suları ise yaklaşık 40 metrede 13,5 – 16,9 °C aralığında yer almaktadır. Üst tabaka tuzluluk değerlerinin 19,7 – 27,6 psu, alt tabaka değerlerinin ise 35,7 – 38,7 psu aralığında değiştiği görülmüştür (Şekil 8). Hem sıcaklık hem de tuzluluk profillerinde yüzeyin 20 m altında sıcaklık ve tuzluluk değerlerinde hızlı düşüşler meydana gelmektedir (termoklin ve haloklin).

Derinliğe bağlı sıcaklık ve tuzluluk değişimleri Karadeniz ve Akdeniz kaynaklı tabakaların genel özelliklerini göstermektedir. Üst tabakada sonbahar aylarının sonunda başlayan soğuma eğilimi ilkbahar aylarına kadar sürmekte, üst tabakanın sıcaklığı azalarak termal tabaka, derinleşmektedir. Çalışma yapılan zaman ve istasyonlarda alt tabaka suyunun oldukça homojen yapıda olduğu görülmüştür. Ara tabakanın derinliği mevsime göre istasyonlarda 20-30 m arasında değişim göstermiştir. Üst tabaka kalınlığı yaklaşık 15 m, alt tabaka başlangıç derinliği ise en sığ 20 m en derin 50 m'lerde tespit edilmiştir.

İstasyonlarda yüzey tuzluluğu, yaz sonundan kış ortasına artma, kış ortasından yaz sonuna azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 8). Bu mevsimsel değişkenliğe neden olan bir dizi etken bulunmaktadır. Hava sıcaklığı ve rüzgar rejimi, yağışlar, dere debileri, Marmara Denizi yüzey ve üst tabaka tuzluluğunun yıl içindeki değişimini etkileyen dinamiklerdir.

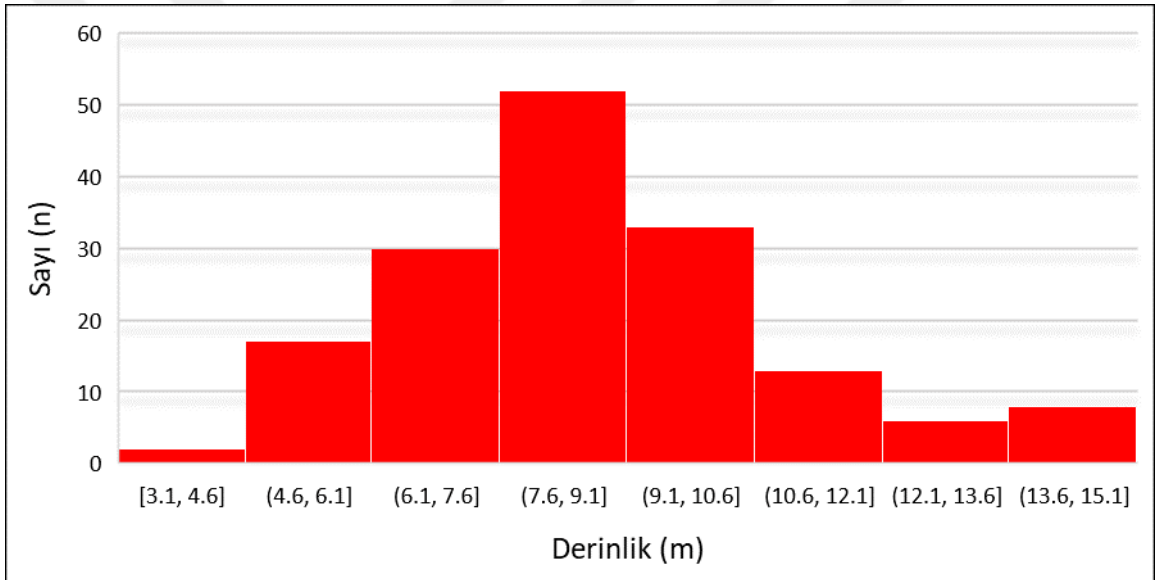


Şekil 8. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri

3. 1. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliği (Z_{SD})

3. 1. 2. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliği veri dağılımı

2000-2010 yılı tüm Z_{SD} verisine bakıldığında Z_{SD} 'nin 3 ile 15 metre arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama değer ve standart sapma sırasıyla 8,75 m ve 2,27'dir. Seki disk verisi normal dağılım göstermiştir (Şekil 9, Tablo 6) ancak az miktarda sağa çarpıktır (çarpıklık değeri 0,576). Bu durum veri setinin, Z_{SD} aralığını yansıtacak kadar geniş olduğunu ancak düşük değerlerin, büyük değerlerden bir miktar daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 9). En sık raslanan değer aralıkları sırası ile 7,6-9,1, 9,1-10,6 ve 6,1-7,6 metre iken en az ölçülen değerler ise sırasıyla 3,1-4,6, 12,1-13,6 ve 13,6-15,1 m'dir.



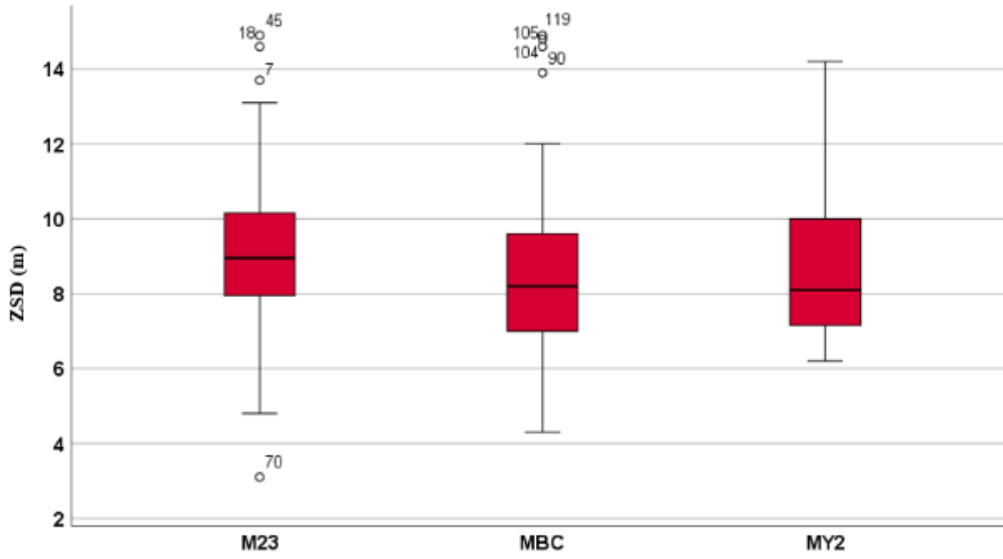
Şekil 9. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} veri dağılımı

Tablo 6. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	45C	MBC	MY2	Tüm Veri
Z_{SD}	Min (m)	3,10	5,00	4,80	6,00	3,10	4,30	6,20	3,10
	Maks (m)	13,70	12,60	14,90	14,60	14,90	14,90	14,20	14,90
	Ortalama (m)	7,78	8,27	9,30	9,85	8,98	8,48	8,86	8,75
	St. Sapma	1,91	1,58	2,70	2,14	2,22	2,28	2,32	2,27

3. 1. 2. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi seki disk derinliğinin zaman ve mekana bağlı değişimi

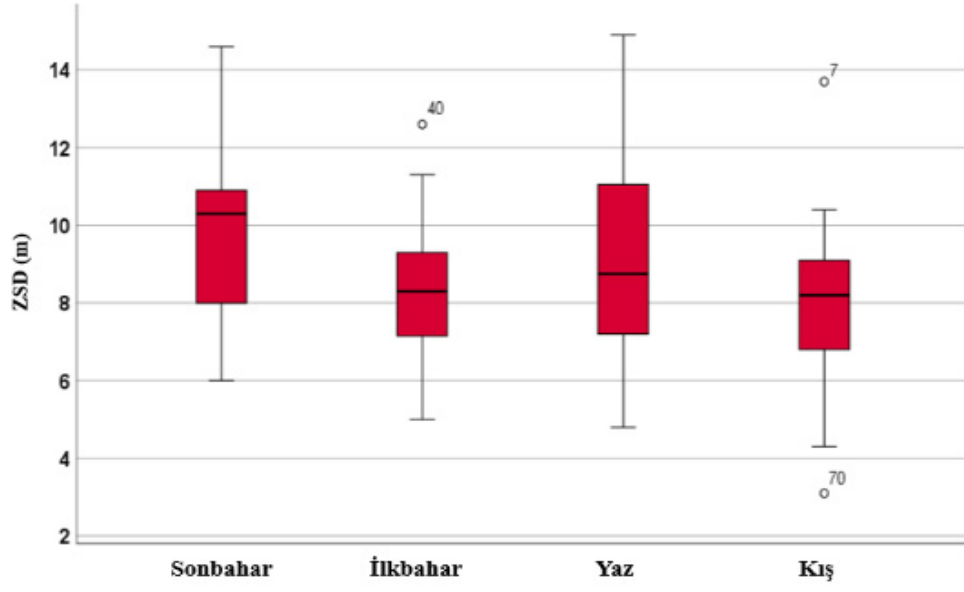
2000-2010 yılı tüm Z_{SD} verisine istasyon özelinde yani mekansal bakıldığında Z_{SD} ’nin 3 istasyonda yakın ortalama değerler elde edilmiştir (Tablo 6). Ortalama değer en derin olduğu istasyon yaklaşık 9 metre ile 45C’dir. 45C istasyonu Z_{SD} veri dağılımına bakıldığında bu dağılımın diğer istasyonlara göre daha derinde ve daha dar bir aralıkta değiştiği, yani salınımın daha düşük olduğu görülmektedir, dolayısı ile standart sapması da en düşük olan istasyondur (Şekil 10).



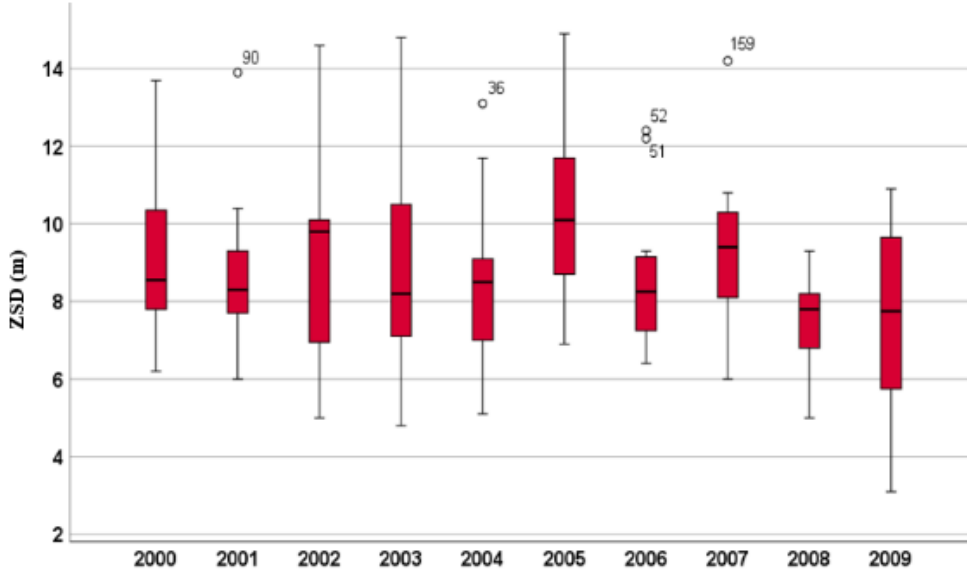
Şekil 10. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin istasyona bağlı değişimi

Buna karşın, 10 yıllık Z_{SD} veri setinde en düşük Z_{SD} değeri 3 istasyon arasında yine 45C’te ölçülmüştür (3 m). Ölçülen en derin Z_{SD} 15 m’dir ve çeşitli yıllarda MY2 istasyonu hariç diğer iki istasyonda ölçülmüştür. Z_{SD} ’nin istasyon bazında istatistiksel değerlendirilmesi belirgin bir farklılık göstermemiştir. Ortalama değer en sık olduğu istasyon $8,48 \pm 2,28$ metre ile MBC istasyonudur. MBC istasyonunu $8,6 \pm 2,32$ metre ile MY2 istasyonu takip etmektedir.

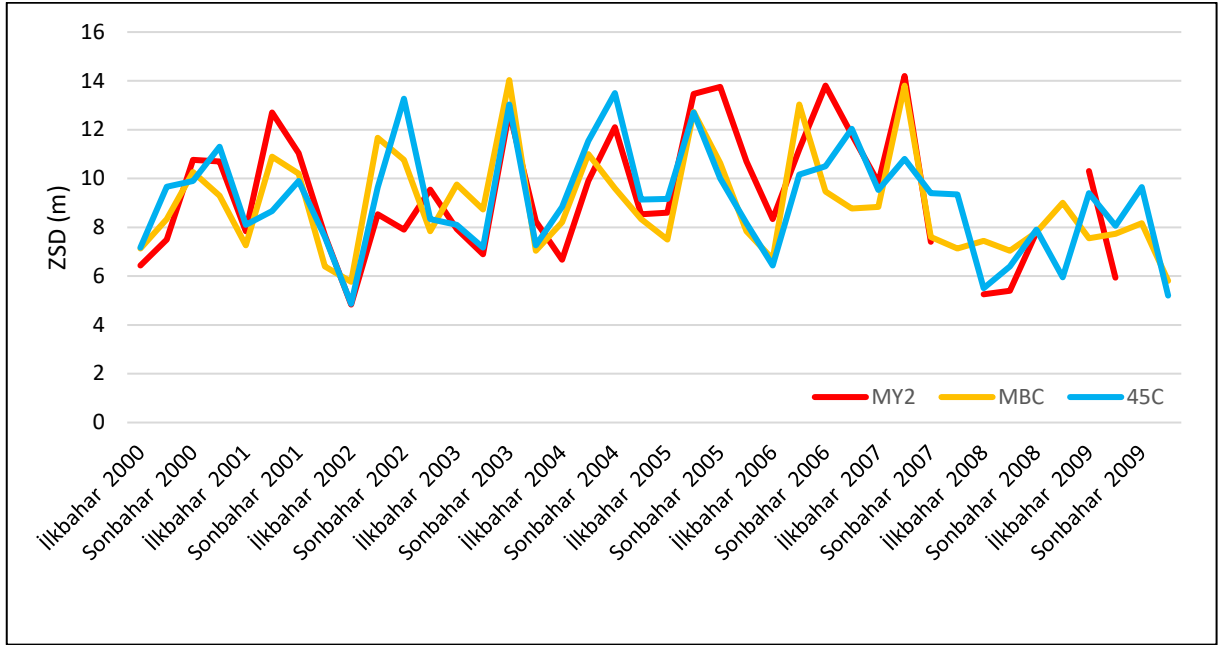
Z_{SD} değerleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, en düşük değer 3,5 metre ile kış mevsiminde ölçülmüştür. En yüksek değer ise sonbaharda ölçülmüştür (Şekil 11). Aynı şekilde ortalama bakıldığında yine en düşük değer 7,8 metre ile kış mevsiminde ölçülmüştür ve en yüksek ortalama değer de sonbaharda ölçülmüştür. En yüksek maksimum değer yaz döneminde ölçülmüş olmasına karşın, standart sapmanın da en yüksek olduğu mevsimdir (Tablo 6).



Şekil 11. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait ZSD değerlerinin mevsime bağlı değişimi



Şekil 12. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait ZSD değerlerinin yıllara bağlı değişimi



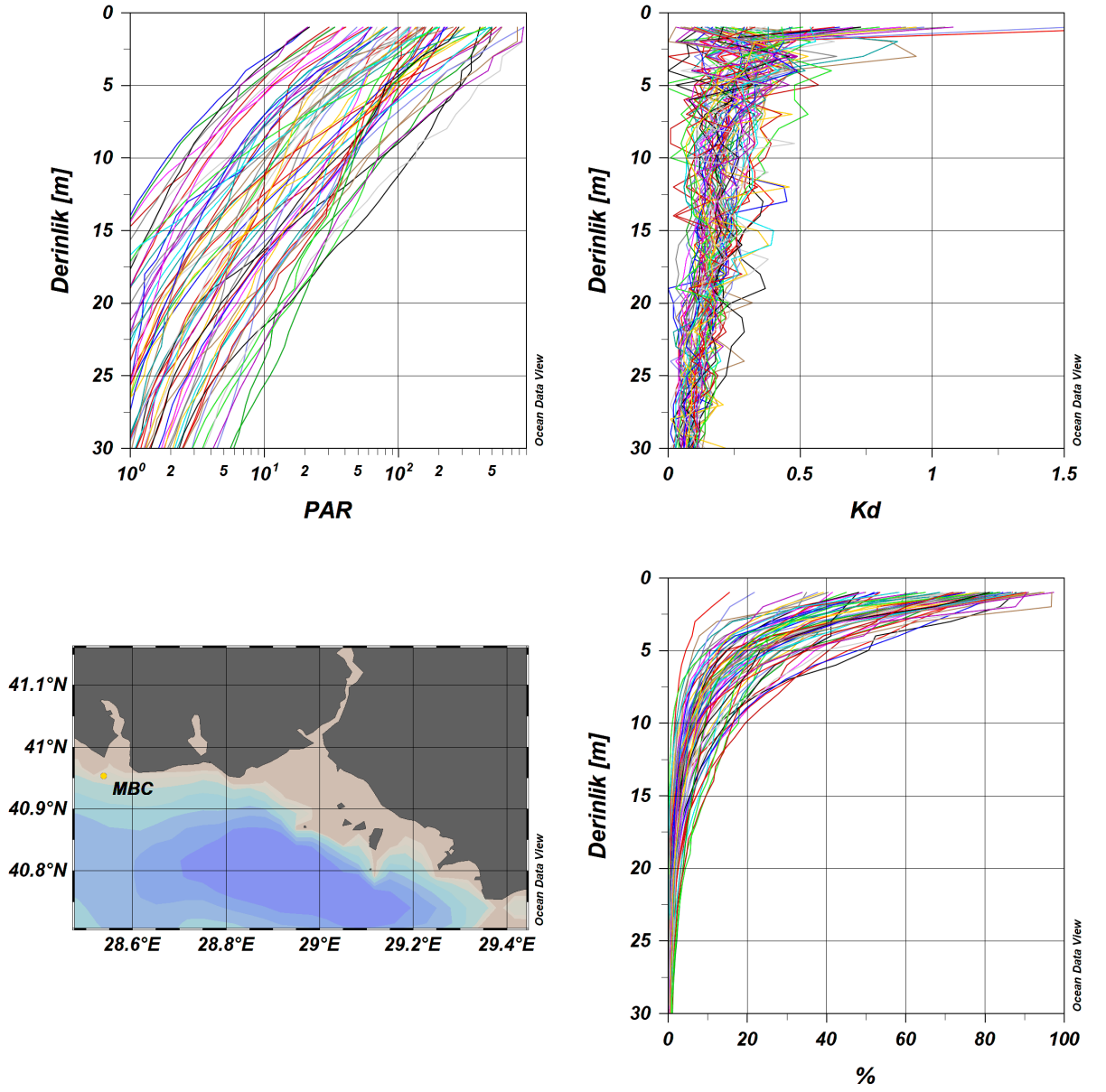
Şekil 13. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi

2000-2010 yılları için Z_{SD} veri setindeki değişim ise yıllar bazında incelendiğinde, 2004, 2005 ve 2006 yıllarının farklılaştığı görülmüştür (Şekil 12). 3 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi Şekil 13’te gösterilmiştir. Genel olarak mevsimsel değişim Şekil 12’de gösterildiği gibi bir döngü izlemiş olsa da Z_{SD} değerlerinin 3 istasyon için de 2008 ve 2009 yıllarında azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. En düşük değerler 2008 ve 2009 yılları haricinde 2002 yıllarında ölçülmüştür.

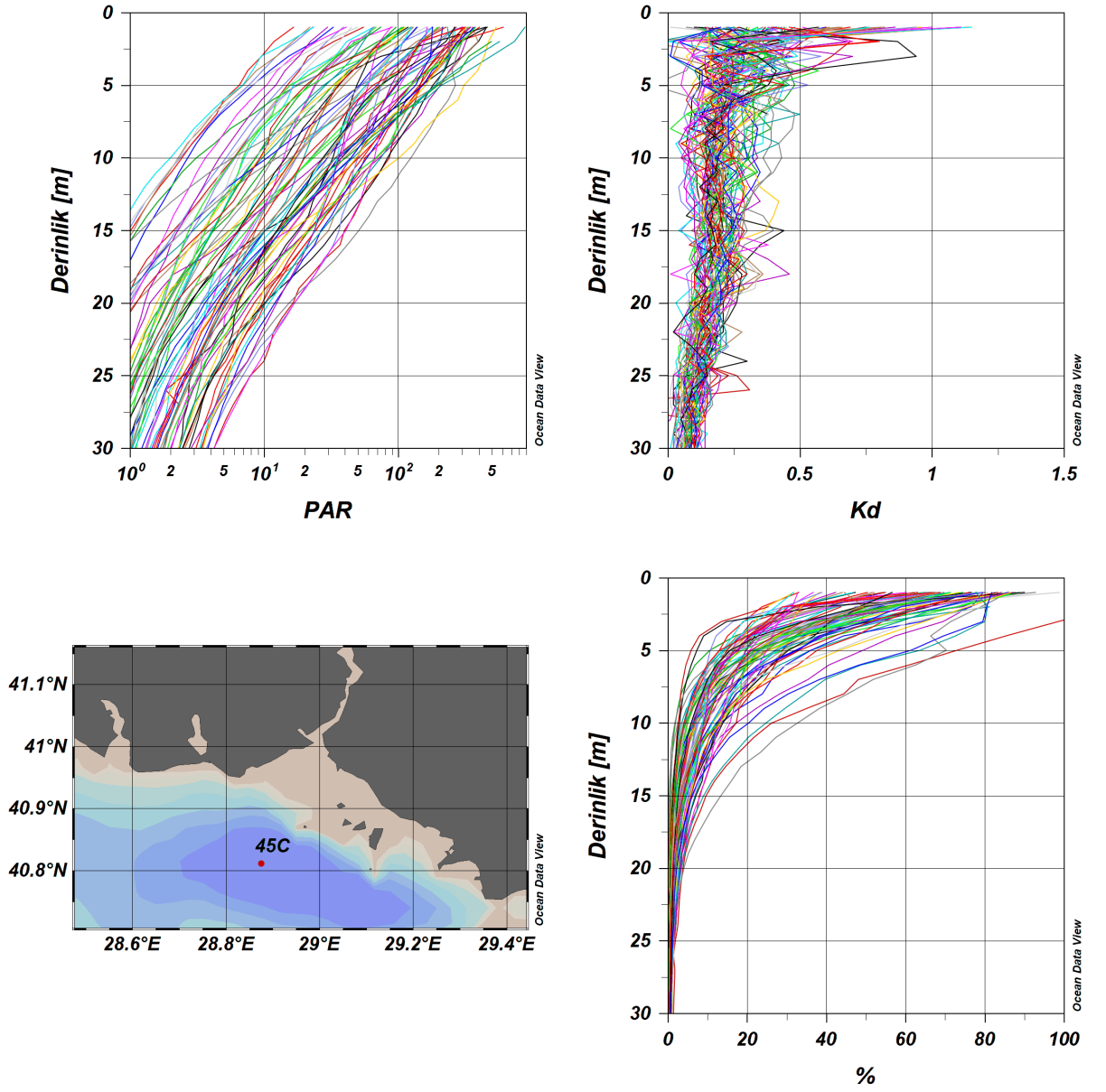
3. 1. 3. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik parametreler

Bu bölümde Z_{EU} , Kd için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri tüm istasyonlar için istasyon bazında ve hem mevsimsel hem de yıl bazında hesaplanarak Tablo 7 ve Tablo 8’de gösterilmiştir. Denizlerdeki canlı yaşamın sürekliliğini sağlayan temel parametrelerden birisi de güneş ışığıdır. Güneş ışığı sudaki çözünmüş ve partikül madde tarafından absorblanır ya da yansıtılır. Seki disk derinliği (Z_{SD}), ışığın suda penetrasyonu hakkında bilgi verdiğinden, çevresel izleme ve su kalitesi çalışmalarında oldukça önemli bir parametredir.

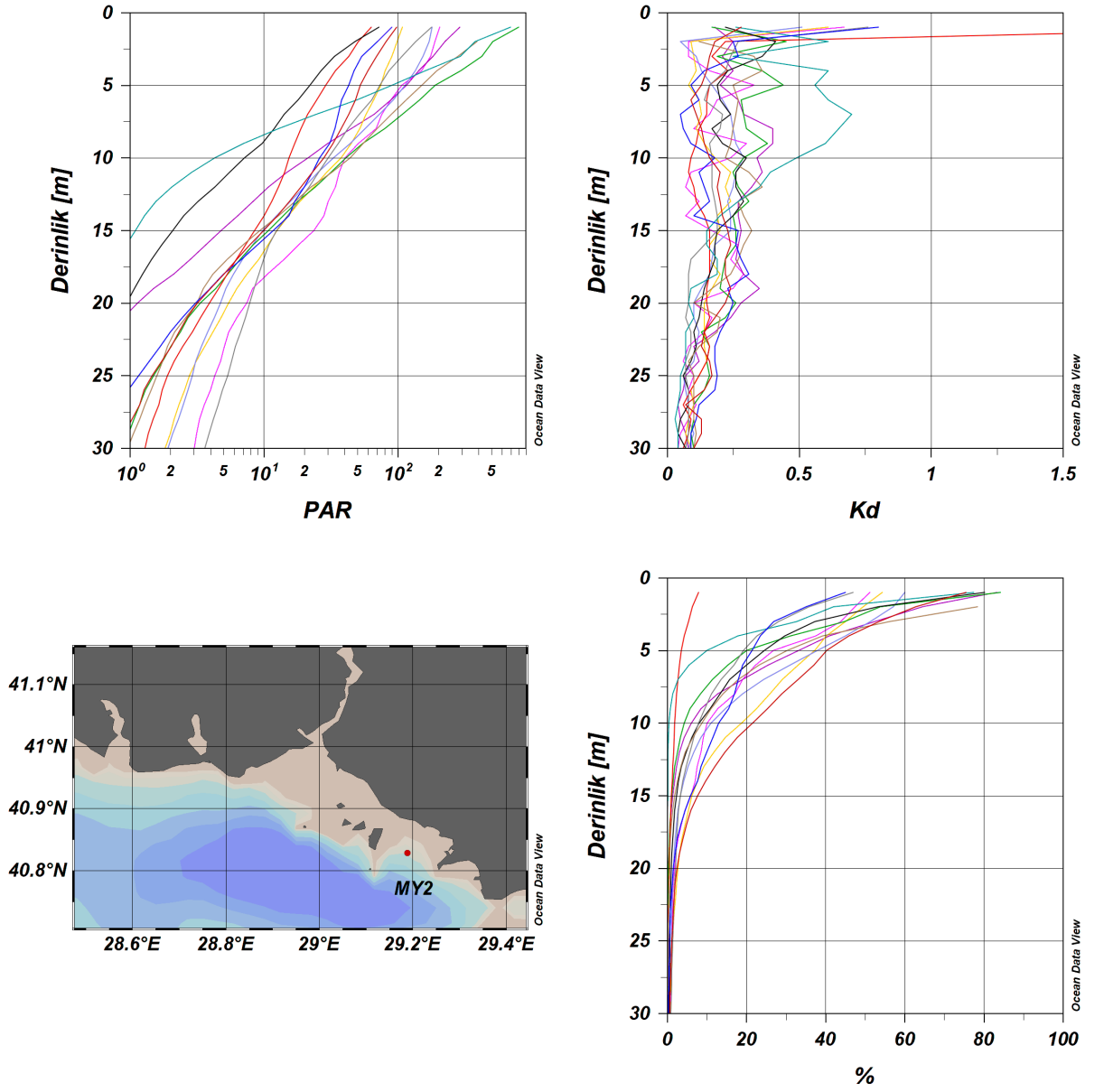
PAR değerleri için yüzeyaltı değeri %100 kabul edilmiş ve ışığın azalışı yüzde olarak hesaplanıp bu verinin dikey değişimi gösterilmiştir (şekil 14, şekil 15 ve şekil 16). Buna göre ışığın %50'sinin ilk 5 m'de azaldığı grlmştir. ışığın %1'e düştüğü derinlik olarak tanımlanan öfotik tabaka derinliğinin ise en fazla 30 m'ye ulaşabildiği grlmştir. st ve alt tabaka arasında yer alan ara tabakanın ise mevsimsel farklılık göstermekle beraber, yaklaşık 15 m'den başladığı ve ortalama 28 m'ye kadar indiği görülmektedir. ışığın %1'e düştüğü derinlik alt tabakaya ulaşmamaktadır. Dolayısı ile bu çalışmada ışıklı tabakanın ara tabaka ile sınırlandığı gözlenmiştir. şekil 14'te MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık verisinin ilk 30 metre için dikey dağılımı gösterilmiştir. PAR verisi logaritmik ölçektedir. 2000-2010 yılları arasında toplanan veriye bakıldığında, MBC istasyonu için, ışığın %50'si 5 metrenin üzerinde, %80'i ise ilk 10 metrede sönümlendiği grlmştir (şekil 15). Sönümlenme katsayısı verisinin de büyük bir bölümünün 0.4 m⁻¹'e kadar olduğu grlmştir. 45C istasyonunda (şekil 16) ışığın %50'si 10 metrenin üzerinde, %80'i ise ilk 15 metrede sönümlendiği grlmştir. Dolayısı ile sadece bu veriye bakarak da 45C istasyonunda ışığın MBC'ye göre daha az sönümlendiği grlmştir.



Şekil 14. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi



Şekil 15. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi 45C istasyonuna ait PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi



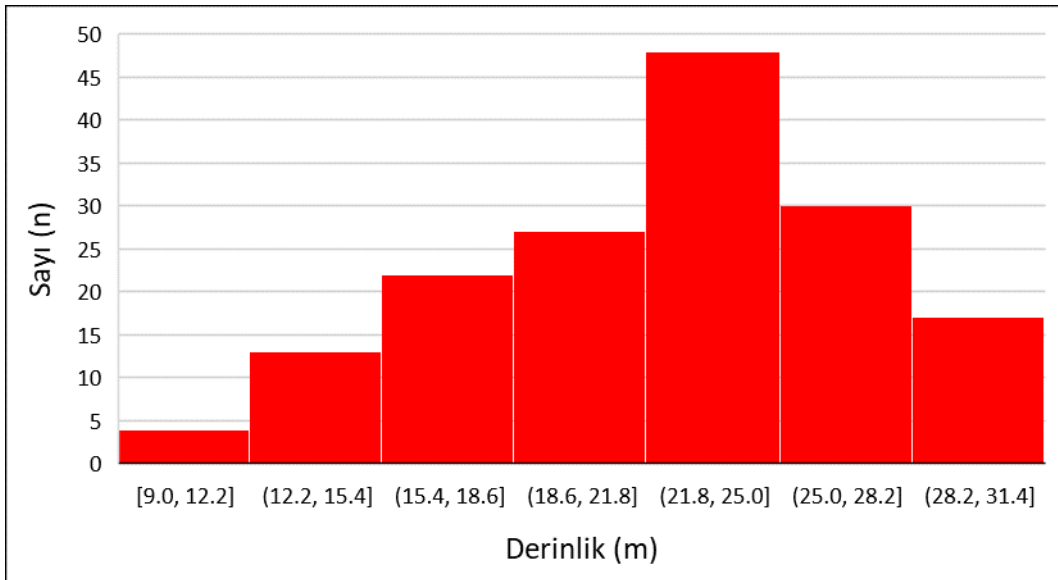
Şekil 16. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için gösterimi

MY2 istasyonunda ışığın %50'si 5 metreden de sığ bir derinlikte, %80'i ise ilk 10 metrede sönmüldüğü görülmüştür. Sönümlenme katsayısı verisinin büyük bir bölümünün 0,4 m⁻¹'den düşük olduğu görülmüştür (Şekil 16). Sönümlenme katsayısı 3 istasyonda da belirli derinliklerde yüksek olmakla beraber genel olarak derinlikle azalmaktadır.

3. 1. 3. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği (Z_{EU})

3. 1. 3. 1. 1.2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği veri dağılımı

Işıklı tabakaya ait minimum ve maksimum değerler ise sırasıyla 9 ve 30 metre'dir. Işıklı tabaka derinliği 2000-2010 yılları arasında ortalaması üç istasyon için 17 – 27 metre arasında değişmektedir (Tablo 7). Z_{EU} da Z_{SD} gibi normal dağılım göstermiştir. Z_{SD} 'nin aksine Z_{EU} verisinin dağılımı sağa çarpıktır (0,329). En sık raslanan Z_{EU} değer aralıkları sırasıyla 21,8-25, 25-28,2 ve 18,6-21,8 m'dir. En az ölçülen değerler ise sırasıyla, 9-12,2, 12,2-15,4 ve 28,2-31,4 metre değer aralıklarıdır (Şekil 17).



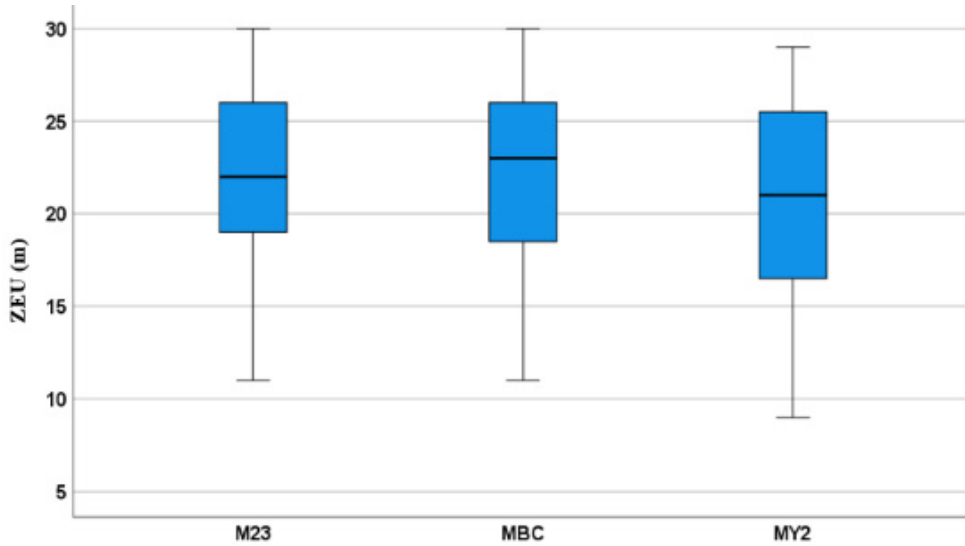
Şekil 17. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} veri dağılımı

Tablo 7. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	45C	MBC	MY2	Tüm Veri
Z_{EU}	Min (m)	11,00	13,00	9,00	16,00	11,00	11,00	9,00	9,00
	Maks (m)	30,00	29,00	30,00	30,00	30,00	30,00	29,00	30,00
	Ortalama (m)	21,13	20,91	22,60	24,59	22,10	22,53	20,92	22,20
	St. Sapma	5,14	3,94	5,19	4,25	4,54	5,17	5,89	4,96

3. 1. 3. 1. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği zaman ve mekana bağlı değişimi

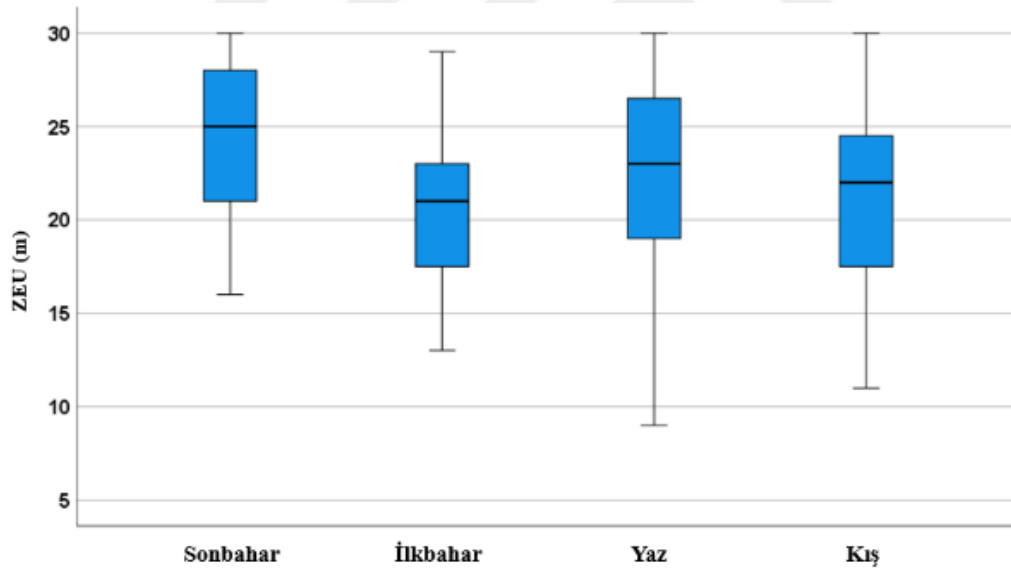
Z_{EU} değişimi istasyonlar arasında incelendiğinde salınımın en az olduğu istasyon Z_{SD} 'de olduğu gibi 45C istasyonudur (standart sapma 4,54). 45C ve MBC istasyonu için minimum ve maksimum değerler aynı olmakla beraber, minimum ve maksimum değerler MY2 istasyonunda biraz daha düşüktür. Standart sapmanın en yüksek olduğu istasyon Şekil 18'de da görüldüğü üzere MY2 istasyonudur.



Şekil 18. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin istasyona bağlı değişimi

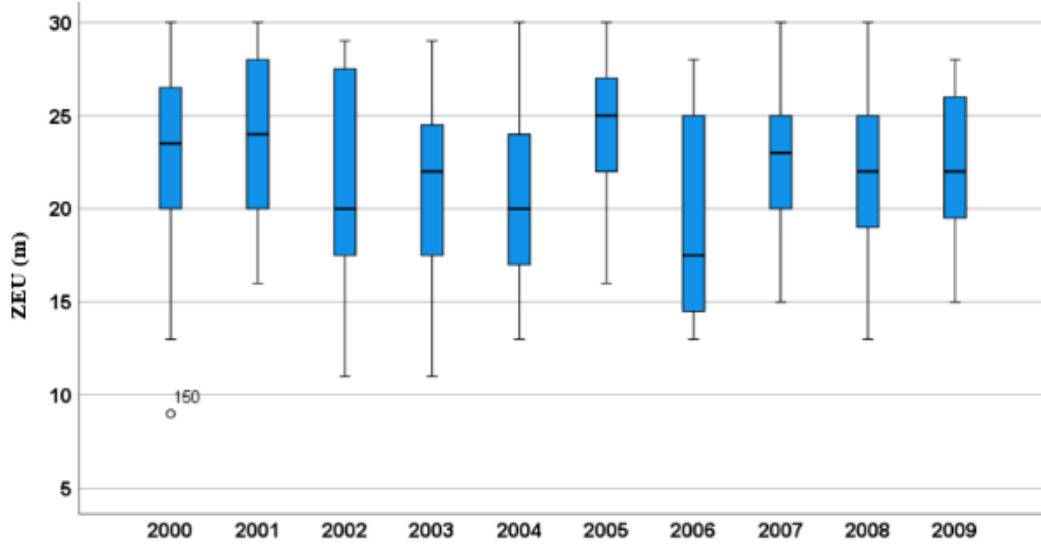
Ortalama Z_{EU} değerlerinin mevsimsel incelenmesi en düşük derinliklerin sırasıyla ilkbahar ve kış aylarında, en yüksek değerlerin ise sonbahar ve yaz aylarında ölçüldüğünü göstermektedir. Kış aylarında yüzey altındaki ışığın da azalması, mevsimsel karışımın oluşması, kış karışımı kaynaklı yüksek miktarda besin tuzu girdisi nedeniyle artan fitoplankton miktarı özellikle kış ve ilkbahar aylarında ışıklı tabaka derinliğinin azalmasının temel nedenleridir (Ediger ve Yılmaz 1996; ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019). Işıklı tabaka derinliği mevsimsel ortalama değerleri değerlendirildiğinde, sonbahar ve ilkbahar aylarında yaklaşık 5 metrelik bir fark olduğu yani, ışıklı tabakanın 5 metre kadar incelmesi / yukarı çıktığı çalışma sonuçlarında görülmüştür. Dolayısı ile de bu tabakanın 2000-2010 yılları arasında en sık olduğu mevsim ilbahardır.

Maksimum ışıklı tabaka derinliği neredeyse tüm istasyonlar için tüm mevsimlerde aynı olmasına karşın, ortalama değerlere bakıldığında en düşük mevsim ilkbahar iken, ortalama değerlerin en yüksek olduğu mevsimler sonbahar ve yaz aylarıdır (Şekil 19, Tablo 7).

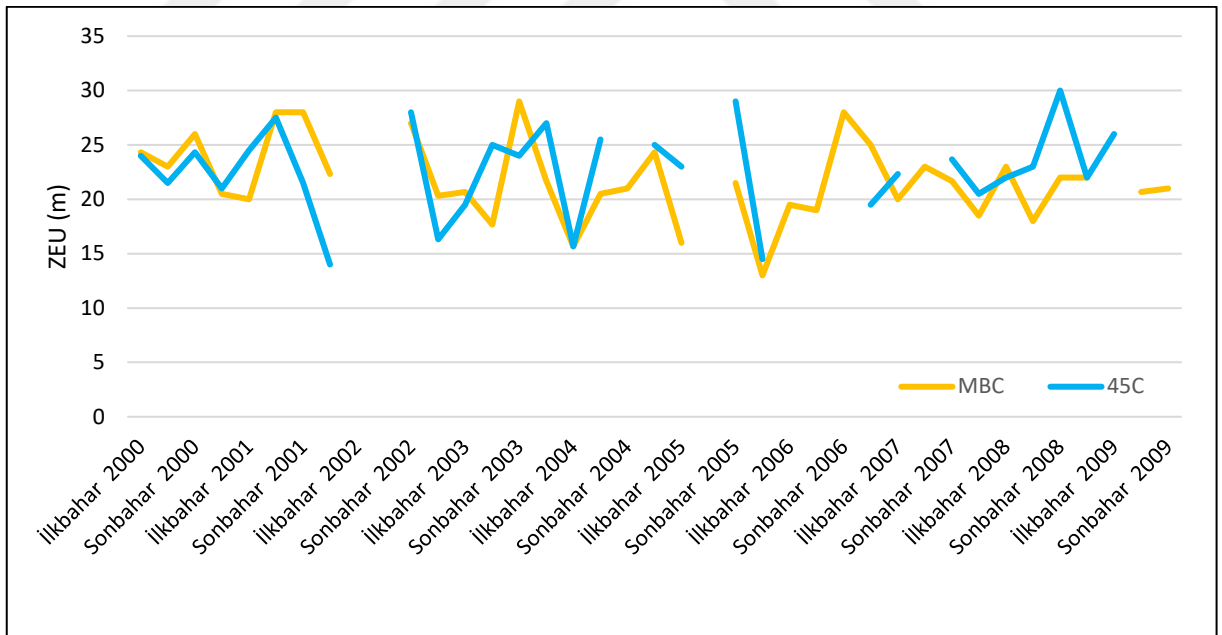


Şekil 19. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin mevsime bağlı değişimi

2000-2010 yılları için Z_{EU} veri setindeki değişim ise yıllar bazında incelendiğinde, Z_{SD} 'de olduğu gibi 2005 ve 2006 yılları öne çıkmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin yıllara bağlı değişimi



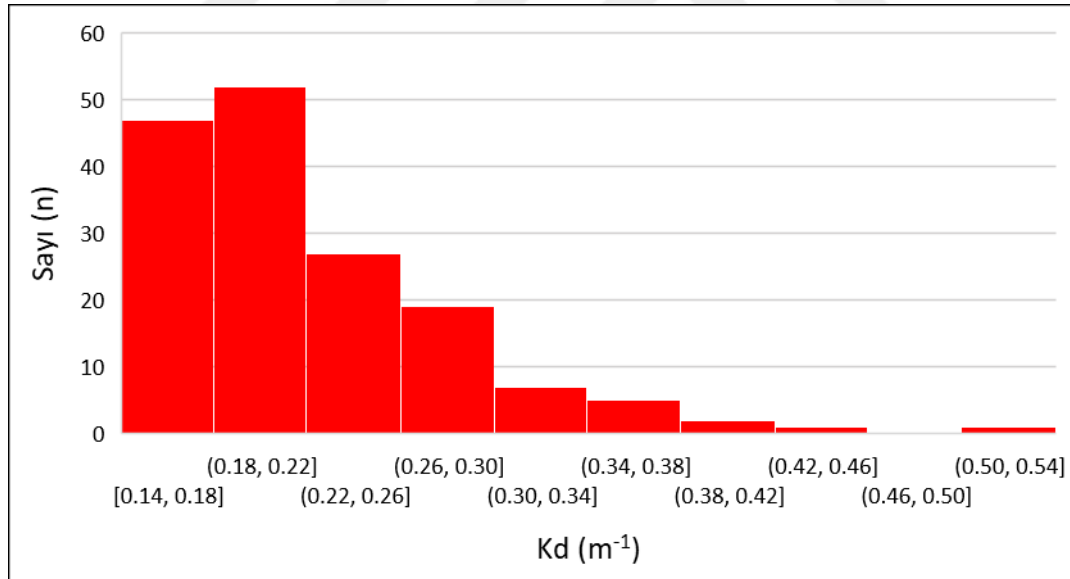
Şekil 21. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 2 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi

2 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin mevsimsel olarak yıllara bağlı değişimi Şekil 21’de gösterilmiştir. Genel olarak mevsimsel değişim Şekil 20’de gösterildiği gibi bir döngü izlemiş olsa da Z_{EU} değerlerinin 2 istasyon için de 2008 yılında azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. En düşük değerler 2008 yılı haricinde 2002 yıllarında ölçülmüştür.

3. 1. 3. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı

3. 1. 3. 2. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı veri dağılımı

2000-2010 yılı tüm sönümlenme katsayısı (K_d) değerleri $0,139$ ve $0,539 \text{ m}^{-1}$ aralığında değişmektedir. Ortalama değer ve standart sapma değerleri sırasıyla, $0,220 \text{ m}^{-1}$ ve $0,063$ ’tür (Tablo 8). Sönümlenme katsayısı verisi, normal dağılım göstermemekle beraber sağa çarpıktır ve çarpıklık değeri $1,753$ ’tür. Verinin çoğu en küçük iki değer aralığında yer almaktadır, sırasıyla $0,14$ - $0,18$ ve $0,18$ - $0,22 \text{ m}^{-1}$. Profillerde de görüldüğü üzere sönümlenme katsayısı çoğunlukla $0,4$ ’ün altındadır. Ancak kaydedilen pik değerler $0,42$ ve $0,54 \text{ m}^{-1}$ arasında değişmektedir, bu değerler de Şekil 22’te gösterilmiştir.



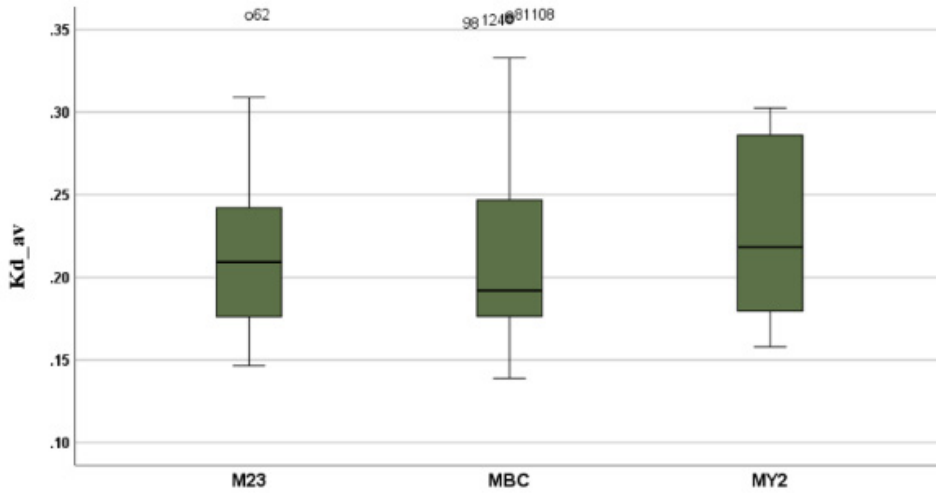
Şekil 22. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait K_d (sönümlenme katsayısı) veri dağılımı (m^{-1})

Tablo 8. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin (m^{-1}) mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	45C	MBC	MY2	Tüm Veri
Kd (m^{-1})	Min	0,153	0,147	0,139	0,153	0,147	0,139	0,158	0,139
	Maks	0,436	0,359	0,539	0,281	0,406	0,436	0,539	0,539
	Ortalama	0,233	0,227	0,220	0,193	0,218	0,217	0,249	0,220
	St. Sapma	0,068	0,050	0,076	0,037	0,053	0,062	0,101	0,063

3. 1. 3. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayılarının zaman ve mekana bağlı değişimi

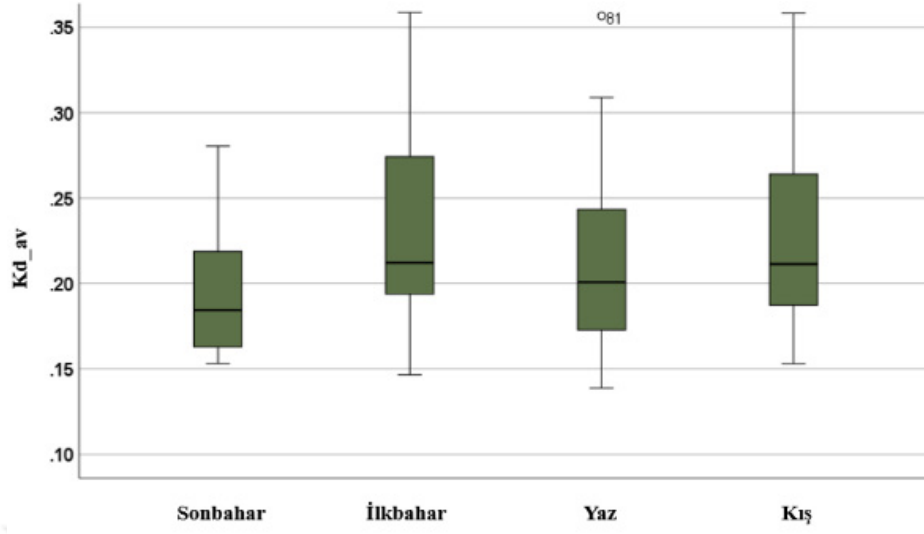
Sönümlenme katsayısı değerlerinin zaman ve mekana bağlı değişimi ortalamalarının, Z_{EU} değerleri ile ters ilişkili olduğu görülmüştür. Ortalama Kd değerinin en yüksek olduğu istasyon ($0,249 m^{-1}$), en düşük ışıklı tabaka derinliğinin de gözüktüğü MY2 istasyonu olmuştur (Şekil 23). 45C ve MBC istasyonlarına ait ortalama sönümlenme katsayıları ise birbirine yakındır. En düşük sönümlenme katsayısı ($0,139 m^{-1}$) MBC istasyonunda kış aylarında, en yüksek sönümlenme katsayısı ($0,539 m^{-1}$) ise yine yaz ayında aynı istasyonda ölçülmüştür.



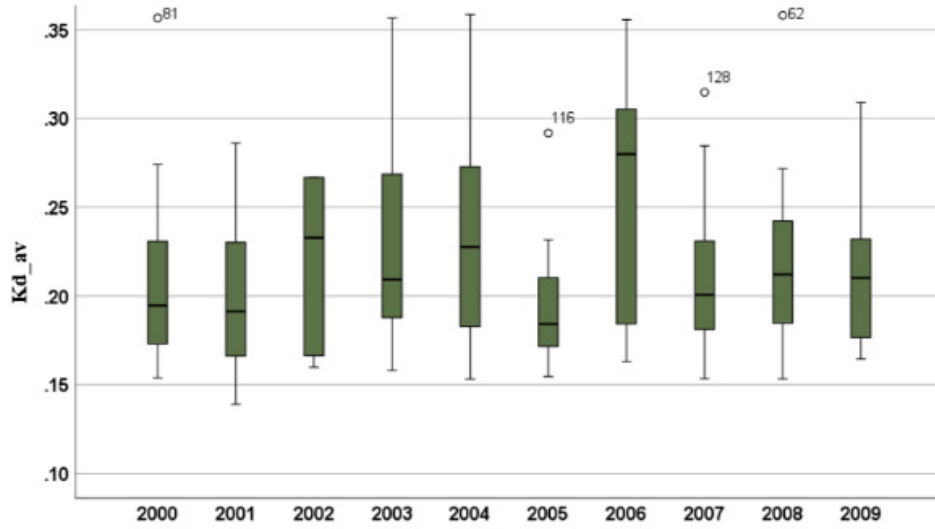
Şekil 23. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi’nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin istasyona bağlı değişimi

MY2 istasyonunun kıyıya yakın olması, derinliğinin az olması hem karasal girdilerden hemde kış karışım koşullarından etkilenmesi Kd nin yüksek, ışıklı tabaka derinliğinin düşük olmasının nedeni olarak değerlendirilmiştir.

2000 – 2010 yılları arası KD Marmara Denizi için hesaplanmış sönümlenme katsayısı Şekil 24’te mevsimlere bağlı olarak incelenmiştir. Ortalama sönümlenme katsayılarına bakıldığında en yüksek sönümlenme katsayısı sırasıyla kış ve ilkbahar mevsimlerinde, en düşük sönümlenme katsayısı ise sırasıyla sonbahar ve yaz mevsimlerinde elde edilmiştir. Sönümlenme katsayısının en düşük olduğu sonbahar aylarında hem değerlerin hem de veri aralığının düşük olduğu (standart sapma 0,193) Şekil 24’te ve Tablo 8’de görülmektedir. Ortalama değerin en yüksek olduğu kış ve ilkbahar aylarında da veri aralığının sonbahara kıyasla daha geniş olduğu olduğu görülmektedir. 2000 – 2010 yılları arası KD Marmara Denizi için hesaplanmış sönümlenme katsayısı Şekil 25’te yıllara göre incelenmiştir. 2000-2010 yılları için Z_{EU} veri setinde olduğu gibi olduğu gibi 2005 ve 2006 yılları farklılaşmıştır.



Şekil 24. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin mevsime bağlı değişimi

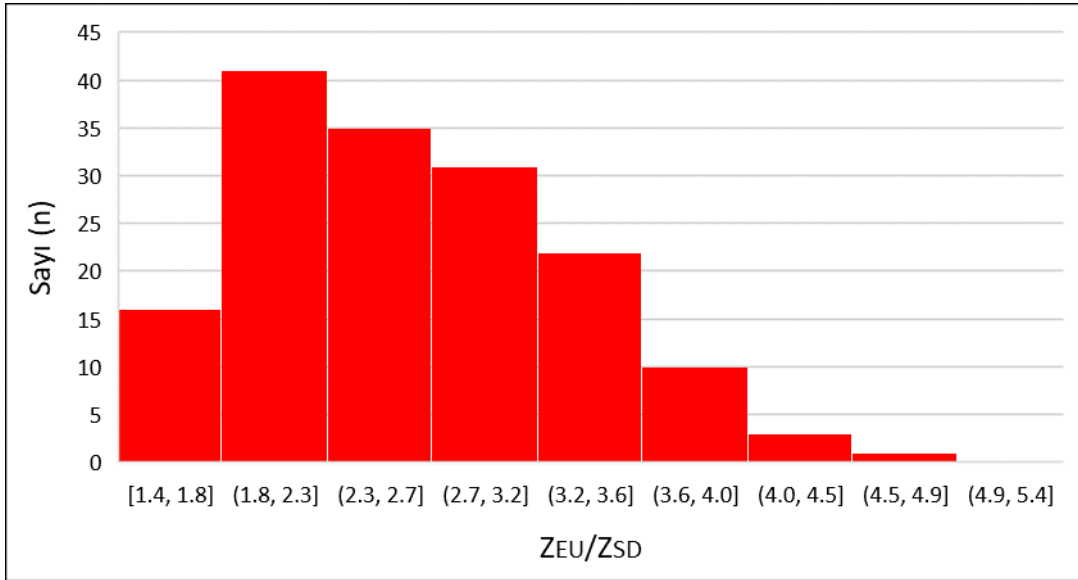


Şekil 25. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Kd (sönümlenme katsayısı) değerlerinin yıllara bağlı değişimi

3. 1. 4. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)

3. 1. 4. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) veri dağılımı

Literatürde çoğunlukla 1-5 arasında geçen Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranının (Lee ve diğerleri, 2018) KD Marmara Denizi'nde minimum ve maksimum değeri sırasıyla 1,36, 7,10'dur. Tüm veri ortalamasına bakıldığında Z_{EU} / Z_{SD} oranı $2,66 \pm 0,8$ 'dir (1,86 – 3,46). Standart sapma değeri ve sağa çarpıklık değeri ise sırasıyla, 0,8 ve 1,46'dır (Tablo 9). En sık raslanan değer aralıkları sırasıyla 1,88-2,40, 2,40-2,92 ve 3,44'tür (Şekil 26).



Şekil 26. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) veri dağılımı

3. 1. 4. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) mekan ve zamana bağlı değişim

Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranının istasyon ölçeğinde incelendiğinde ortalama değer istasyonlar arasında farklılık göstermiştir. Ortalamanın en düşük olduğu istasyon MY2 istasyonudur (2,43) ve bu istasyonda standart sapma en düşük değerdedir. Genel veriye bakıldığında da tüm istasyonlardan elde edilen Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranına dair en düşük değer yine MY2 istasyonunda elde edilmiştir. Bu değer en yüksek olduğu istasyon ise 2,77 ile MBC istasyonudur. Bu

istasyonun ortalama değerine ait standart sapma değeri ise 0,73'tur. 45C istasyonunda bu değer ortalaması 2,6'dır ve değişim aralığı 1,39 ile 7,1 arasındadır (Tablo 9).

Tablo 9. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

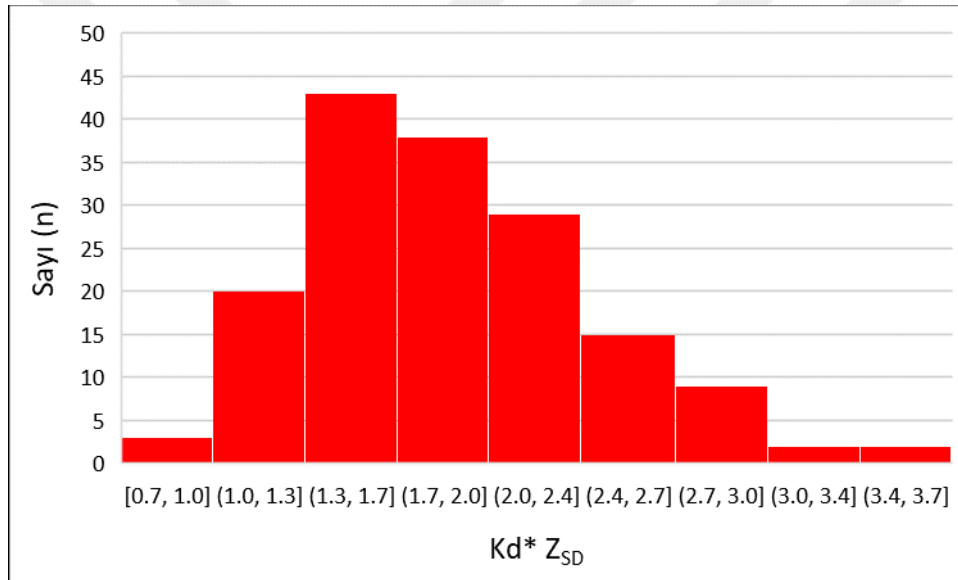
		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	45C	MBC	MY2	Tüm Veri
Z_{EU}/Z_{SD}	Min	1,39	1,51	1,36	1,60	1,39	1,51	1,36	1,36
	Maks	7,10	4,40	3,53	3,95	7,10	4,64	3,33	7,10
	Ortalama	2,88	2,60	2,53	2,60	2,60	2,77	2,43	2,66
	St.Sapma	1,07	0,70	0,59	0,65	0,86	0,73	0,68	0,80

Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranının mevsimsel değerlendirmesi de Tablo 9'da verilmiştir. Ortalama değere mevsimsel ölçekte bakıldığında en düşük değerin yaz aylarında kaydedildiği görülmüştür. Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranının düşük çıkması için ya Z_{SD} 'nin görece daha yüksek ya da Z_{EU} 'nun görece daha düşük olması gerekmektedir. Yaz dönemi Z_{SD} değerleri ise Tablo 6'da olduğu üzere oldukça yüksektir. Z_{EU} değerleri ise düşük olmanın aksine diğer birçok mevsimden daha yüksektir. Bu da durumun daha çok yüksek Z_{SD} değerleri ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Yaz mevsimini takiben ilkbahar ve sonbahar ayları aynı değer ile gelmektedir (2,60) ve standart sapma değerleri de yakındır. En yüksek Z_{EU} / Z_{SD} değeri kış aylarında hesaplanmıştır (Tablo 9). Z_{SD} oranının yüksek çıkması için ya Z_{SD} 'nin görece daha düşük ya da Z_{EU} 'nun görece daha yüksek olması gerekmektedir. Z_{SD} değeri bu mevsimde yüksek olmanın aksine en düşük değerleri göstermiştir.

3. 1. 5. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α)

3. 1. 5. 1. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α) veri dağılımı

Dünya denizleri ve okyanusları için literatürde çoğunlukla 1,5 – 2 arasında değişen $K_d * Z_{SD}$ (α) oranının (Lee ve diğerleri, 2018) Kuzeydoğu Marmara Denizi için ortalama değeri $1,87 \pm 0,53$ 'tür, ki bu değer literatürde de verilen aralığın içindedir. Minimum ve maksimum değerler de sırasıyla 0,66 ve 3,56'dır (Tablo 10). $K_d * Z_{SD}$ verisi hafifçe sağa çarpıktır. Data dağılımına bakıldığında en çok ölçülen veri aralıkları sırasıyla 1,34-1,68, 1,68-2,02 ve 2,02-2,36'dır (Şekil 27).



Şekil 27. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona ait $K_d * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği (α)) veri dağılımı

3. 1. 5. 2. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α)mekan ve zamana bağlı değişim

$K_d * Z_{SD}$ (α) değeri istasyon ölçeğinde incelendiğinde ortalama değer istasyonlar arasında farklılık göstermiştir (Tablo 10). $K_d * Z_{SD}$ değeri ortalamasının en düşük olduğu istasyon 1,78 ile MBC istasyonudur. MBC istasyonunu 45C istasyonu takip etmektedir, 45C istasyonu aynı zamanda en düşük değer de ölçüldüğü istasyondur. $K_d * Z_{SD}$ değerinin en

yüksek olduğu MY2 istasyonu ise en yüksek değerin hesaplandığı hem de en yüksek standart sapmanın bulunduğu istasyondur. $K_d \cdot Z_{SD}$ değerini mevsim ölçeğinde de incelenmiştir (Tablo 10). Buna göre bu değerin en yüksek olduğu mevsim sırasıyla yaz, ilkbahar, sonbahar ve kıştır. Sonbaharda seki disk derinliği yüksek ve K_d değeri düşük olduğundan sıralamada yaz mevsiminin hemen ardından değil ilkbaharı takiben gözlenmiştir.

Tablo 10. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi KD Marmara Denizi'nde çalışılan 3 istasyona $K_d \cdot Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği (α)) veri için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	45C	MBC	MY2	Tüm Veri
$K_d \cdot Z_{SD}$	Min	0,66	1,06	1,29	1,16	0,66	0,99	1,39	0,66
	Maks	3,30	3,08	3,56	2,87	3,39	3,08	3,56	3,56
	Ortalama	1,78	1,89	1,94	1,88	1,92	1,78	2,10	1,87
	St. Sapma	0,57	0,51	0,52	0,48	0,51	0,49	0,66	0,53

3. 1. 6. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik parametreler arası ilişki

Bu çalışmadaki en küçük β değeri MY2 istasyonunda elde edilirken, en büyük değer ise MBC istasyonunda elde edilmiştir (Tablo 11). Mevsimsel değişime bakıldığında β değerleri 2,52 ile 2,88 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerler Tip 2 için literatürde verilen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 11.: Bu çalışmada tüm istasyonlar ve mevsimler için elde edilen α ve β değerleri

	Tüm Veri	45C	MBC	MY2	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
α	1,87	1,92	1,78	2,10	1,78	1,89	1,94	1,88
β	2,66	2,60	2,77	2,43	2,88	2,60	2,52	2,60

Bu çalışma sonucunda elde edilen α değeri $\sim 1,34 - 2,40$ ($1,87 \pm 0,53$, Tablo 11) aralığındadır. Önceki çalışmalarda edilen α değeri genellikle $1,3 - 2$ aralığında değişmektedir (Lee ve diğerleri, 2018). Bu çalışmada elde edilen ortalama α değeri önceki çalışmalarda elde edilen α değeri aralığında yer almaktadır.

Bu çalışmada Z_{EU} / Z_{SD} oranı (β) $2,43$ ile $2,77$ aralığında değişim göstermiştir. Z_{EU} / Z_{SD} için elde edilen ortalama değer literatürde verilen değerlere (Tip 1 sular için yaklaşık $2,4$ ve Tip 2 sular için yaklaşık $3,5$) yakındır (Holmes, 1970; Luhtala ve Tolvanen, 2013). Elde edilen ortalama değer yıllara ve mevsimlere göre değişmektedir.

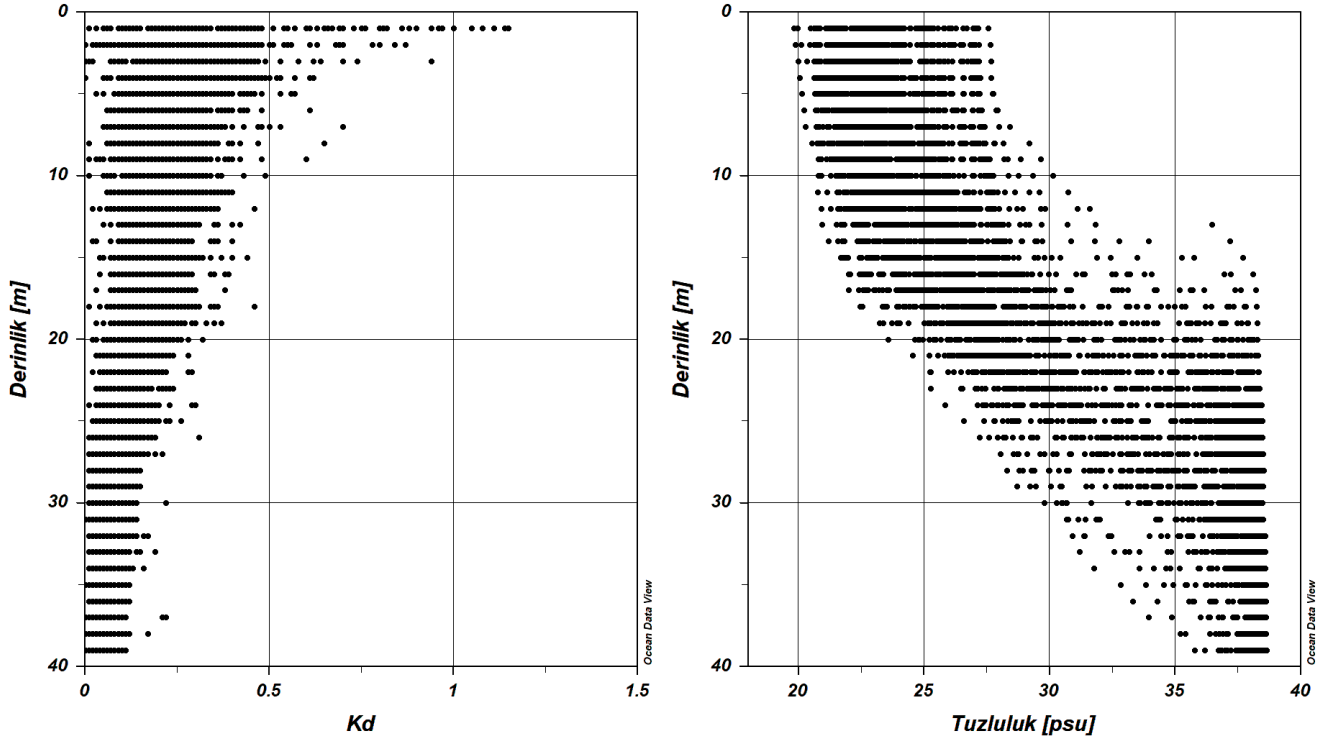
Marmara Denizi'nin iki tabakalı yapısı, üzerindeki çok çeşitli baskılar ile bozulan ekosistemi artan AKM, klorofil-*a* ve çözünmüş organik madde miktarlarındaki değişim su kolonundaki ışık girişimini etkilemekte, sönmülenme katsayısı değişmekte ve ışıklı tabaka derinliğinin değişimine neden olmaktadır.

3. 1. 7. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) dönemi optik ve oşinografik parametrelerin ilişkisi

10 yıllık optik ölçümler ve bölgenin fiziksel karakteri arasındaki ilişkinin ortaya konabilmesi için Z_{EU} , Z_{SD} ve yoğunluk değerleri beraber incelenmiştir. Işıklı tabaka derinliği incelemesi bu tabakanın haloklin altına düşmediğini göstermiştir (Şekil 28). Dolayısı ile sönmülenme katsayısını arttırıp, kullanılabilir ışık miktarını azaltan Askıda Katı Madde (AKM) ve su kolonundaki karışımının ışıklı tabaka derinliğinde önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır. Daha iyi bir gösterge olması açısından, deniz suyunun fiziksel karakterinin göstergesi olarak 5 metredeki tuzluluk değeri kullanılarak tuzluluk ile Z_{SD} ve Z_{EU} nun ilişkisi incelenmiştir (Şekil 29). 45C, MBC ve MY2 istasyonlarından elde edilen uzun dönemli tuzluluk, Z_{SD} ve Z_{EU} verileri optik ve oşinografik parametrelerin ilişkisini uzun dönemli ve mevsimsel olarak beraber inceleyebilmek amacıyla Şekil 29'da gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonunda en düşük tuzluluk değerleri yaz aylarında elde edilirken en yüksek değerler ise kış aylarında ($20,2 - 27,7$ psu) elde edilmiştir. Kış aylarında elde edilen yüksek değerlerin rüzgar kaynaklı dikey karışım olduğu önceki çalışmalardan (Ünlüata ve diğerleri, 1990; Beşiktepe ve diğerleri, 1994) elde edilen sonuçlar nedeniyle öngörülmüştür.

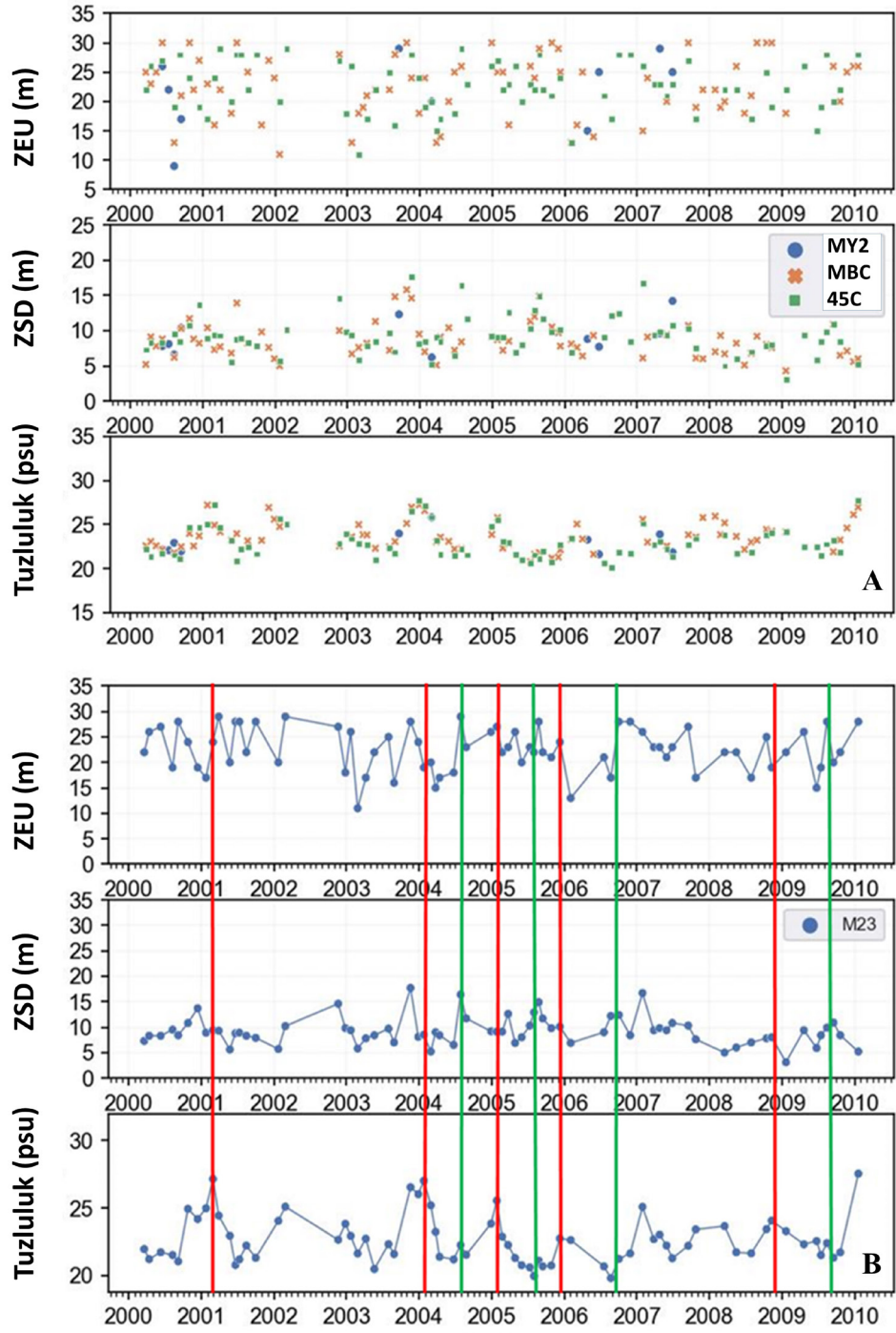
Farklı oşinografik koşullara sahip istasyonların tuzluluk değerlerinde de farklılıklar olduğu yine Şekil 29'da görülmektedir. İstanbul Boğazı etkisi nedeniyle 45C istasyonu üst tabaka tuzluluk değeri yaz aylarında genellikle daha düşüktür. Diğer yandan 45C istasyonu üst

tabaka tuzluluk değerlerindeki değişim ise diğer istasyonlara göre daha geniş bir aralıkta değişmektedir. Maksimum tuzluluk değerleri 2001 yılı Mart ayında, 2004 ve 2010 yılı Ocak aylarında 45C istasyonunda elde edilmiştir.



Şekil 28. 2000 (Mart) – 2010 (Ocak) Dönemi 3 istasyona ait tüm Kd (sönümlenme katsayısı) ve tuzluluk profilleri

Tuzluluk değerlerine benzer olarak, Z_{SD} değerleri de mevsimsel bir değişim göstermektedir. Ancak deniz suyundaki karışımın meydana gelmesi ve dolayısı ile sonrasında deniz suyu ışık geçirgenliğinin etkilenmesine bağlı olarak iki değişim arasında bir faz farkı olduğu görülmüştür. Üstteki bölümlerde bahsedildiği üzere bu şekilde de en yüksek Z_{SD} değerlerinin yaz sonu ve sonbahar aylarında elde edildiği görülmüştür. Su kolonundaki karışımın dışında, ilkbahar aylarının başında artan biyolojik aktivite Z_{SD} değerlerindeki mevsimsel farklılaşmaya da neden olmaktadır. İstasyonlar arasında oşinografik koşulların farklı olması nedeniyle, 45C, MBC ve MY2 istasyonlarındaki Z_{EU} değişimindeki farklılaşmanın da birbirinden farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 29. Z_{EU}, Z_{SD} ve tuzluluk değerlerinin 10 yıllık değişimi A: tüm istasyonlar, B: 45C

Bu nedenle ve MBC - MY2 istasyonlarına göre dış etkilere daha az etkilenmekte olan, açık ve derin 45C istasyonundaki optik ve oşinografik parametrelerin ilişkisi ayrıntılı olarak Şekil 29 B’de incelenmiştir. Kırmızı çizgiler yüksek tuzluluk düşük Z_{SD} ve Z_{EU} değerlerini gösterirken, yeşil çizgiler tersine düşük tuzluluk ve yüksek Z_{SD} ve Z_{EU} değerlerini göstermektedir. Özellikle 2005 ve 2006 yıllarındaki düşük tuzluluk / yüksek Z_{SD} ve Z_{EU} değerleri kolaylıkla görülebilmektedir. Bununla beraber genellikle düşük tuzluluk değerleri, Z_{SD} değerlerinin de düşük olduğu ilkbahar aylarında ölçülmüştür (Şekil 29).

Bu çalışmanın ana sonuçlarından biri Z_{SD} ‘ye göre özellikle Z_{EU} değerlerindeki değişimin istasyona bağlı olarak değişimidir. İstasyonların karışım özelliklerindeki, atropojenik etkilere maruz kalma seviyesindeki (askıda katı madde miktarı açısından) ve oşinografik farklılıklar (derin basen (1200 m), kıyısal alan (50m) olması gibi) Z_{EU} ’daki farklılıkların nedeni olarak değerlendirilmektedir.

3. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi Verisi

3. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi fiziksel parametrelerin incelenmesi

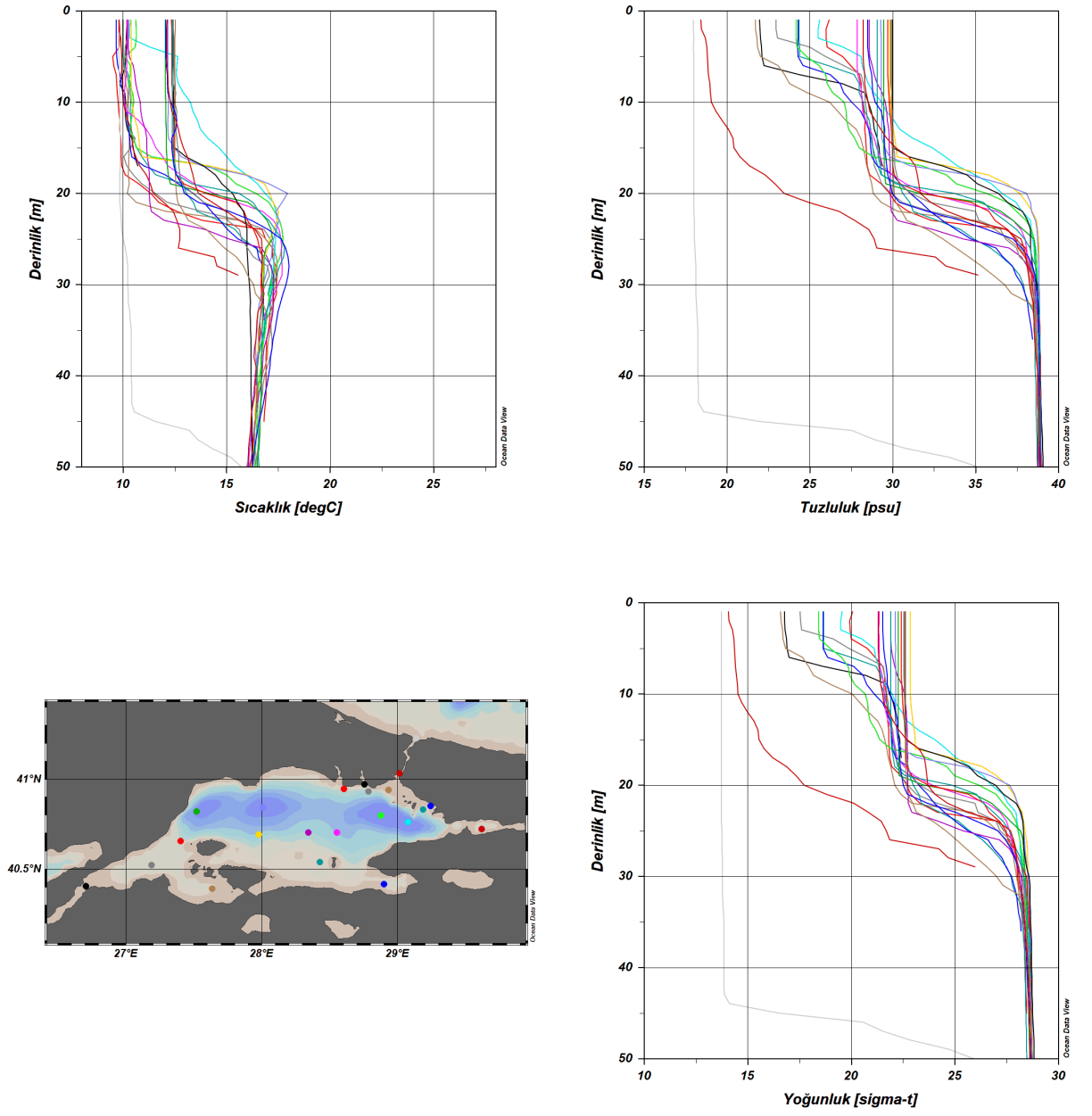
Bu bölümde yer alan veri seti T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın sahibi olduğu TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinin yürütücülüğünü ve koordinasyonunu yaptığı “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)” programı kapsamında Ocak – Ağustos 2021 tarihleri arasında R/V TÜBİTAK MARMARA araştırma gemisi ile Marmara Denizi’nde gerçekleştirilen kış, bahar ve yaz seferlerinden elde edilmiştir. Bu kapsamda her mevsim 22 istasyona ait veri seti çalışmada kullanılmıştır. Fiziksel parametrelerin incelenmesi üç örnekleme dönemi için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk parametrelerinin incelenmesi ile ortaya konmuştur. Üç döneme ait sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri Şekil 30, Şekil 31 ve Şekil 32’de verilmiştir. Çalışma alanında İstanbul Boğazı’nı temsilen B2, İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışı K0, Çanakkale Boğazı’nı temsilen ise D7 istasyonu yer almaktadır. Bu istasyonlara dair fiziksel parametre profilleri farklı su karakterlerine sahip olmaları nedeni ile Marmara Denizi’nde bulunan istasyonlara göre farklılık göstermektedir.

Ocak ayı (kış) veri seti sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri için üst tabaka, ara tabaka ve alt tabaka olarak 3 farklı bölümde incelenmiştir (Şekil 30). Üst tabaka için sıcaklık

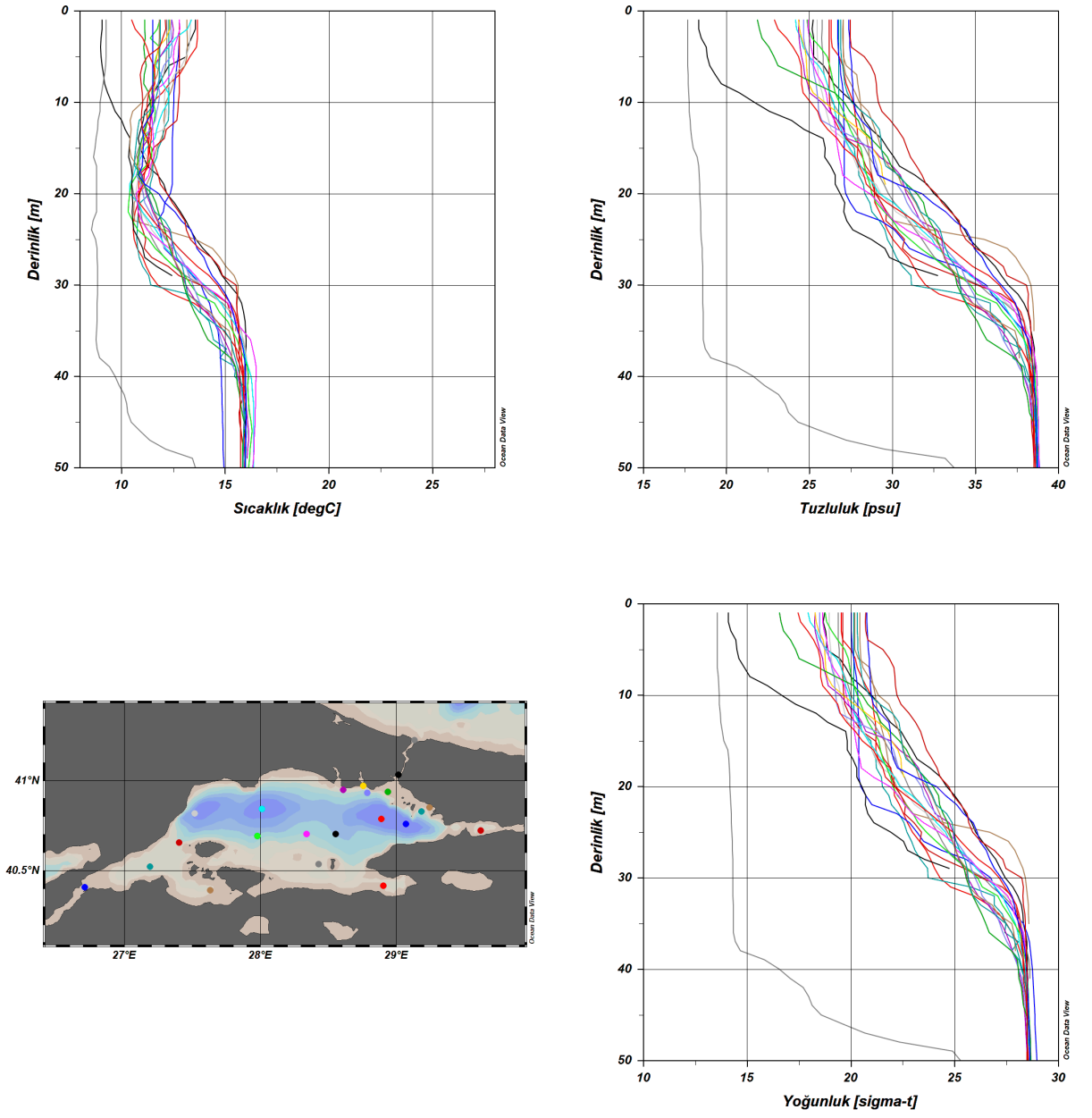
9-13°C aralığında, tuzluluk 18-21,7 psu aralığında, yoğunluk ise 13,74 – 22,85 sigma-t değer aralığında değişmektedir. Ara tabaka 15 – 25 metre aralığında yerleşmiş olmakla beraber bu tabaka için sıcaklık 9 – 18 °C aralığında, tuzluluk 28,4 – 38,8 psu aralığında ve yoğunluk ise 21,7 – 28,5 sigma-t aralığında bulunmaktadır. 25 metre'nin altında bulunan alt tabaka suları için ise sıcaklık 16,12 – 17,88 °C aralığında, tuzluluk 36,74 – 38,85 psu aralığında ve yoğunluk ise 27,01 – 28,68 sigma-t aralığında bulunmaktadır.

Nisan ayı (bahar) veri seti sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri için üst tabaka, ara tabaka ve alt tabaka olarak 3 farklı bölümde incelenmiştir (Şekil 31). Üst tabaka için sıcaklık 9-13,63°C aralığında, tuzluluk 18 – 31,09 psu aralığında, yoğunluk ise 13,56 – 23,91 sigma-t değer aralığında değişmektedir. Ara tabaka 20 - 30 metre aralığında yerleşmiş olmakla beraber bu tabaka için sıcaklık 10,40 – 15,63 °C aralığında (K0 istasyonu yaklaşık 9°C), tuzluluk 27,13 – 37,78 psu aralığında (K0 yaklaşık 18,54 psu) ve yoğunluk ise 20,73 – 27,59 sigma-t aralığında (K0 için 14,28 sigma-t) bulunmaktadır. 30 metre'nin altında bulunan alt tabaka suları için ise sıcaklık 13,53 – 16,50 °C aralığında (K0 yaklaşık 8,81 – 13,42°C), tuzluluk 34,75 – 38,69 psu aralığında (K0 için 18,61 – 33,19 psu) ve yoğunluk ise 26,09 – 28,81 sigma-t aralığında (K0 için 14,34 – 24,91 sigma-t) bulunmaktadır.

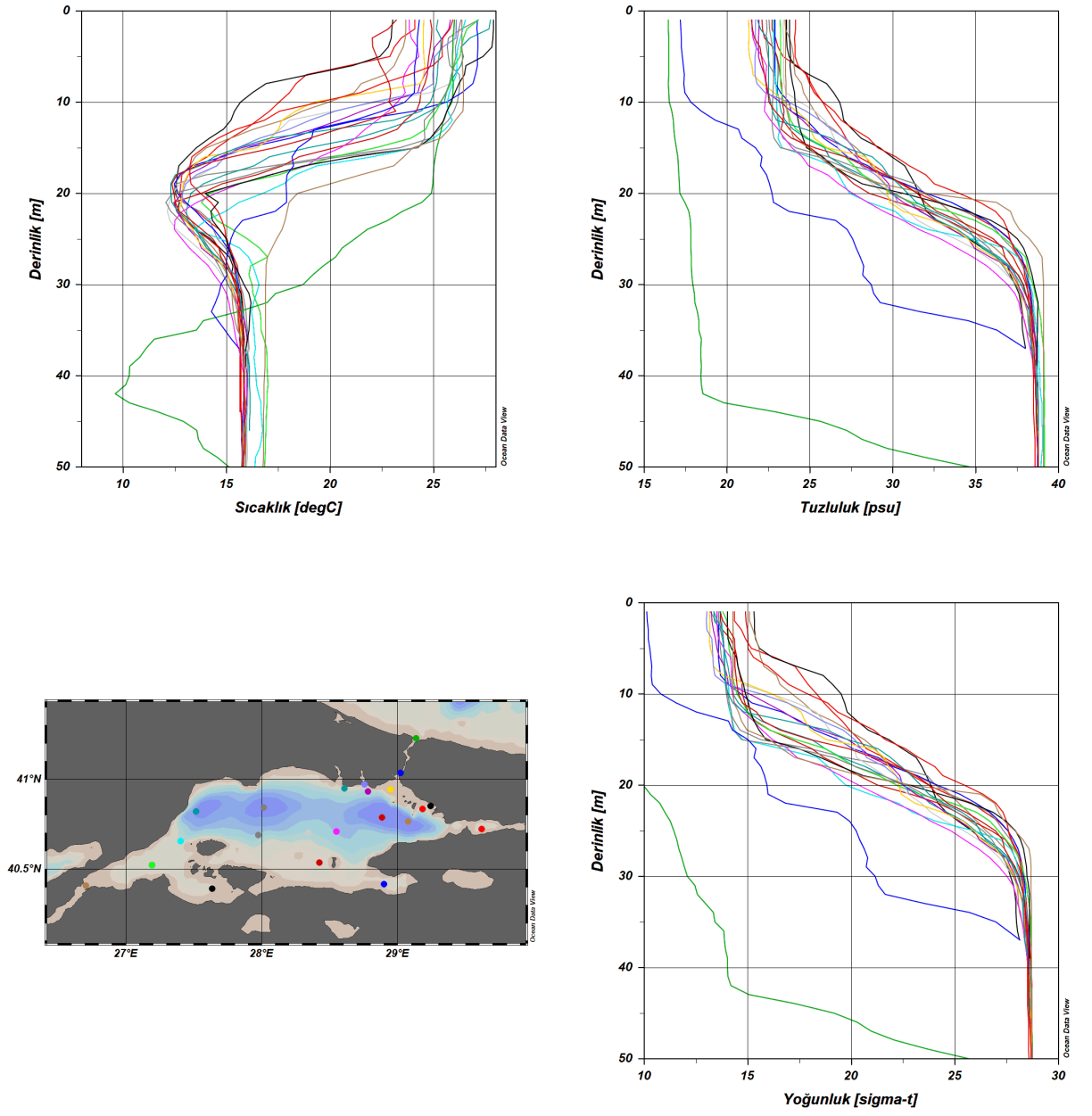
Temmuz ayı (yaz) veri seti sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri için üst tabaka, ara tabaka ve alt tabaka olarak 3 farklı bölümde incelenmiştir (Şekil 32). Üst tabaka için sıcaklık 23,20 – 27,90°C aralığında, tuzluluk 21,32-24,84 psu aralığında (K0 ve B2 istasyonu için 16,48 – 17,38 psu aralığında), yoğunluk ise 13,02 – 16,31 sigma-t değer aralığında (K0 ve B2 için 9,16 – 10,37 sigma-t aralığında) değişmektedir. Ara tabaka 10 – 25 metre aralığında yerleşmiş olmakla beraber bu tabaka için sıcaklık 12,26 – 26,06 °C aralığında, tuzluluk 23,31 – 37,33 psu aralığında (K0 ve B2 istasyonları için yaklaşık 17,14 – 26,56 psu) ve yoğunluk ise 14,70 – 25,48 sigma-t aralığında (K0 ve B2 istasyonları için 9,96 – 19,31 sigma-t aralığında) bulunmaktadır. 30 metre'nin altında bulunan alt tabaka suları için ise sıcaklık 14,27 – 16,89 °C aralığında (K0 yaklaşık 9,62 – 18,69 °C), tuzluluk 37,73 – 39,16 psu aralığında (K0 için 17,94 – 31,97 psu) ve yoğunluk ise 27,95 – 28,74 sigma-t aralığında (K0 için 13,30 – 23,73 sigma-t) bulunmaktadır.



Şekil 30. Ocak 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri



Şekil 31. Nisan 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri



Şekil 32. Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait CTD verisi sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri

3. 2. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi seki disk derinliği (Z_{SD})

Seki disk derinliği ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için hesaplanmıştır. Buna göre Ocak ayı ortalama Z_{SD} değeri 6,7 m, ölçülen minimum değer 3,3 m iken maksimum değer 10 metredir. Kış dönemi seki disk değerleri için hesaplanan standart sapma 2,09'dur. Nisan ayı ortalama Z_{SD} değeri 6,0 m, ölçülen minimum değer 2,5 m iken maksimum değer 12 metredir. Bahar dönemi seki disk değerleri için hesaplanan standart sapma 2,29'dur. Temmuz ayı ortalama Z_{SD} değeri 5,75 m, ölçülen minimum değer 4 m iken maksimum değer 7,5 metredir. Bahar dönemi seki disk değerleri için hesaplanan standart sapma 1,22'dir. Buna göre en düşük ortalama ve en düşük maksimum Z_{SD} değeri yaz döneminde ölçülmüş olup, en düşük minimum değer ise bahar döneminde ölçülmüştür (Tablo 12).

Tablo 12. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{SD} verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Ocak	Nisan	Temmuz	Tüm Veri
Z_{SD}	Min (m)	3,30	2,50	2,50	2,50
	Maks (m)	10,00	12,00	10,80	12,00
	Ortalama (m)	6,74	5,95	6,37	6,36
	St. Sapma	2,09	2,19	1,77	2,05

İstasyonların değerleri karşılaştırıldığında ölçülen minimum Z_{SD} değerleri Nisan ve Temmuz dönemi örneklemeleri için İzmit Körfezi'nde yer alan İZ-17 istasyonunda ölçülmüştür. Kış dönemi örneklemeindeki en düşük değer ise İstanbul Boğazı'nda yer alan B2 istasyonunda ölçülmüştür. En yüksek değerler ise kış dönemi örneklemei için derin istasyon olan MD101 istasyonunda, ilkbahar dönemi için İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışındaki K0

ve derin istasyon olan MD101 istasyonunda, yaz örnekleme için ise en derin seki disk istasyonu MD19A'dır.

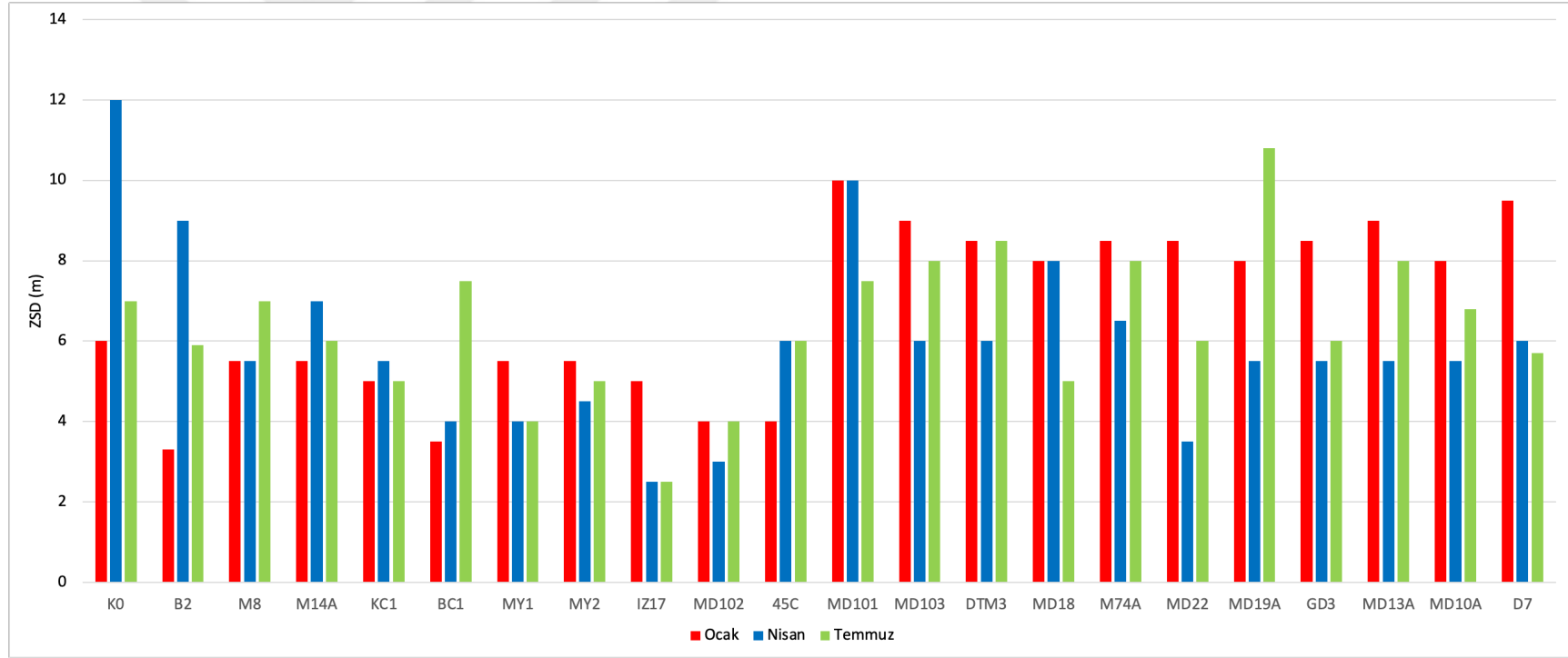
3. 2. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi seki disk derinliği zaman ve mekana bağlı değişimi

Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi seki disk derinliklerinin mekânsal olarak Şekil 33'te gösterilmiştir. İzmit Körfezi'nde yer alan İZ-17 istasyonu Z_{SD} açısından sığ olan istasyondur. Mevsimsel olarak değerler birçok istasyonda düşmesine karşın Marmara Denizi derin çukurlarında yer alan Z_{SD} değerleri tüm mevsimlerde belli bir derinliğe ulaşmaktadır.

Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi seki disk derinliklerinin mevsimsel olarak zamana bağlı değişimi Şekil 41'de siyah çizgi Ocak ayı Z_{SD} verisini göstermekte iken 22 istasyonun 17'sinde bu çizginin altında kalan kırmızı barlar ise Nisan ayındaki Z_{SD} verisini göstermektedir. Bahar ve kış seki disk derinlikleri karşılaştırıldığında, 22 istasyonun 17'inde seki disk derinliği değerlerinin bahar ayında daha düşük olduğu görülmüştür. Değerlerin daha düşük olmayan 5 istasyon sırasıyla, K0, B2, 45C, M14A ve KC1 istasyonlarıdır. Bunlardan K0 ve B2 doğrudan Karadeniz'ile bağlantılı iki istasyondur. Seki disk değerleri özellikle İZ-17, MD22, GD3 gibi körfez girişlerindeki istasyonlarda ve MD103, DTM3 gibi derin istasyonlarda oldukça düşmüştür. Hali hazırda bahar ayı örneklemesinde kış ayına göre düşmüş olan seki disk değerleri, yaz ayında ölçülen değerlerle yakın seyretmiştir. Ciddi düşüşler K0 ve B2 gibi doğrudan Karadeniz'ile bağlantılı iki istasyonda gerçekleşmiştir. Diğer istasyonlarda değerler ± 3 metre içinde değişmektedir.

3. 2. 3. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi optik parametreler

Bu bölümde Z_{EU} , K_d , α ($K_d * Z_{SD}$) ve β (Z_{EU} / Z_{SD}) değerleri için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri tüm istasyonlar için mevsimlik olarak toplu ve istasyon bazında tüm istasyonlar için ayrı ayrı hesaplanarak gösterilmiştir.



Şekil 33. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{SD} değerlerinin istasyona bağlı değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

3. 2. 3. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği (Z_{EU})

Işıklı tabaka derinliği ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için hesaplanmıştır (Tablo 13). Buna göre Ocak ayı ortalama Z_{EU} değeri 26,32 m, ölçülen minimum değer 16 m iken maksimum değer 36 metredir. Kış dönemi ışıklı tabaka derinliği değerleri için hesaplanan standart sapma 6,72'dir. Nisan ayı ortalama Z_{EU} değeri 17,32 m, ölçülen minimum değer 14 m iken maksimum değer 31 metredir. Bahar dönemi ışıklı tabaka derinliği değerleri için hesaplanan standart sapma 3,64'tür. Temmuz ayı ortalama Z_{EU} değeri 17,64 m, ölçülen minimum değer 11 m iken maksimum değer 23 metredir. Bahar dönemi ışıklı tabaka derinliği değerleri için hesaplanan standart sapma 2,88'dir. Buna göre en düşük ortalama ve en düşük minimum maksimum Z_{EU} değerleri yaz döneminde ölçülmüştür (Tablo 13). En düşük standart sapma da yine aynı şekilde yaz dönemi için hesaplanmıştır.

Tablo 13. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Ocak	Nisan	Temmuz	Toplam
Z_{EU}	Min (m)	16,00	14,00	11,00	11,00
	Maks (m)	36,00	31,00	23,00	36,00
	Ortalama (m)	24,32	17,82	17,64	19,92
	St. Sapma	6,72	3,64	2,88	19,92

3. 2. 3. 1. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği mekan ve zamana bağlı değişimi

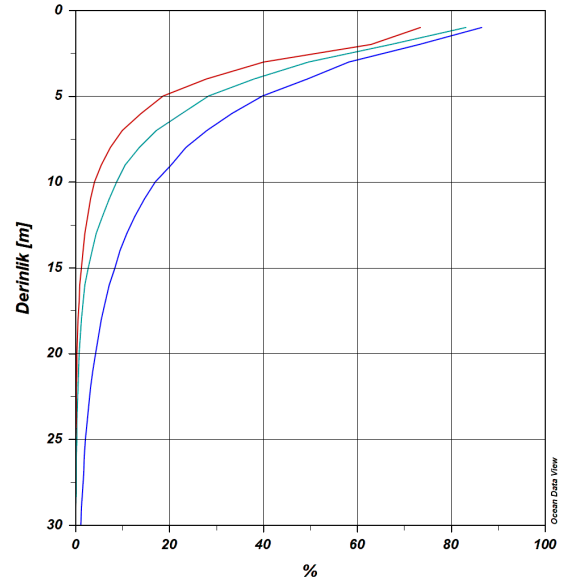
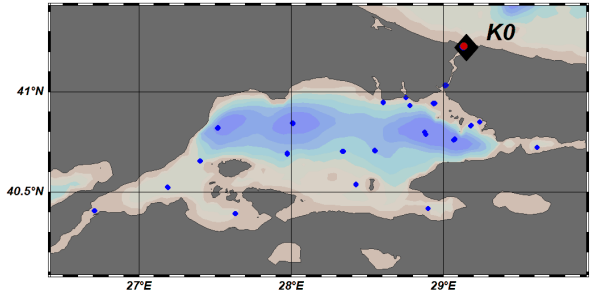
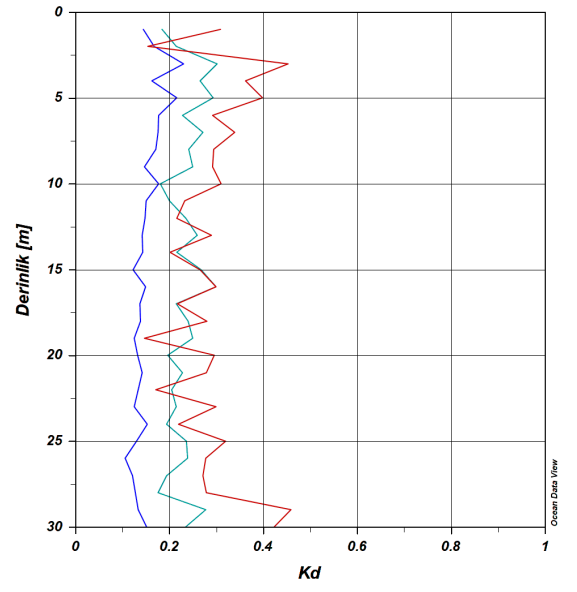
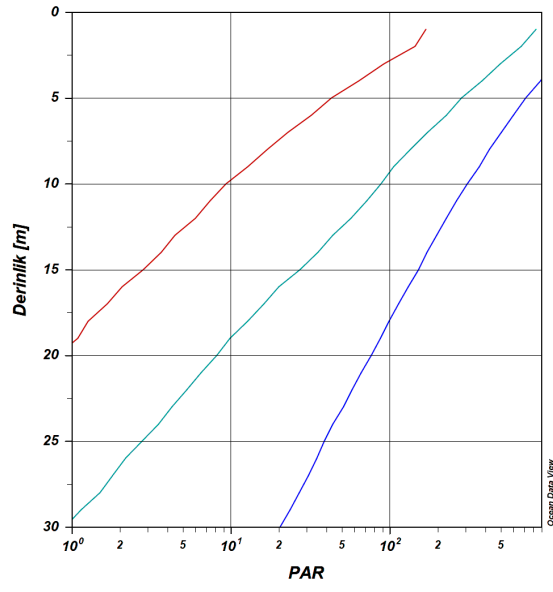
22 istasyonun her biri için Ocak, Nisan ve Temmuz aylarına ait PAR, Kd ve % ışık değerleri su kolonunun ilk 30 metresi için Şekil 34 ile Şekil 55 arasında gösterilmiştir. PAR

değerleri logaritmik ölçekte verilmiş olup, ölçümlerin yapıldığı Ocak ayı kırmızı renkte, Nisan ayı mavi renkte ve Temmuz ayı yeşil renkte gösterilmiştir.

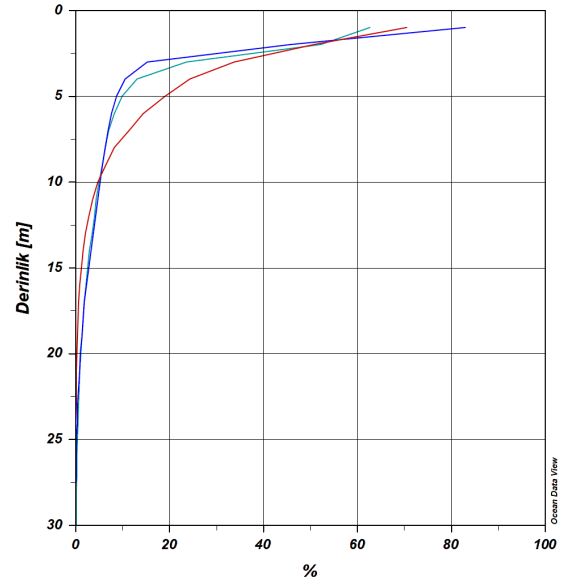
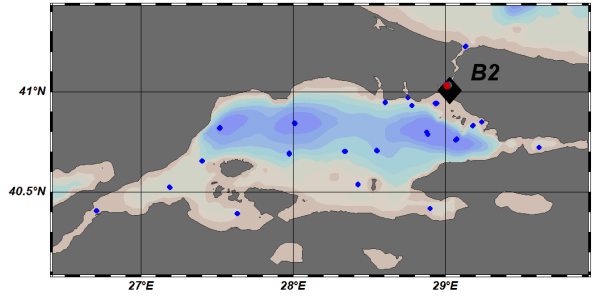
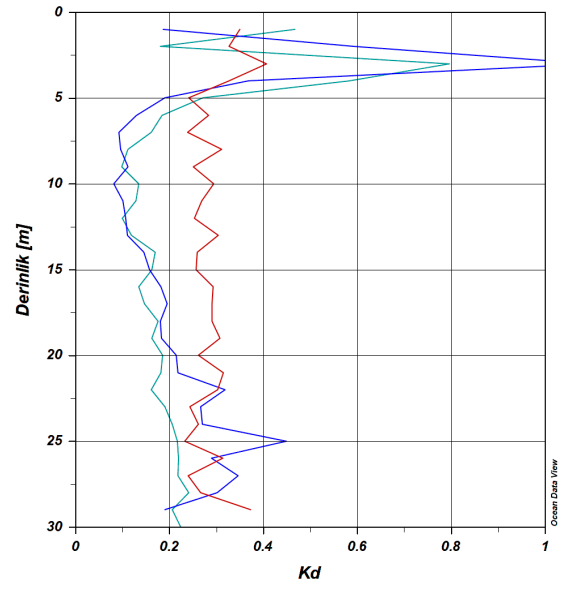
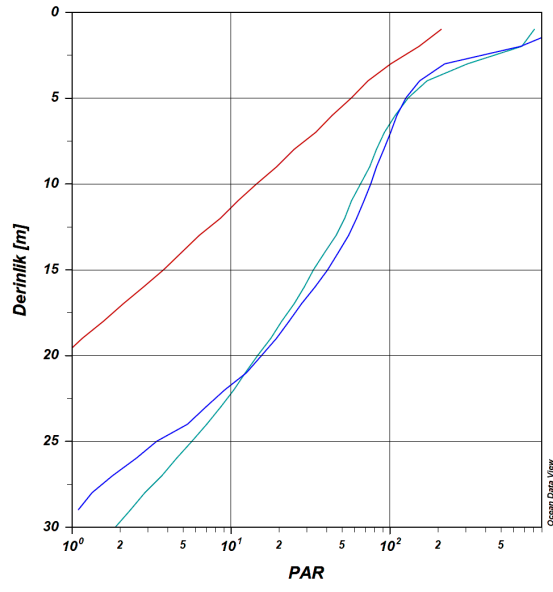
K0 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 34'te gösterilmiştir. Işığın %1'e düştüğü derinlik Ocak ve Temmuz aylarında Nisan ayına göre daha sıgıdır. Işığın sönümlenme katsayılarına bakıldığında Ocak ayı için yüksek değerler ilk 5 metrede ve 25 metre altında kaydedilirken, Temmuz ayında yüksel değerler ilk 10 metrede kaydedilmiştir. Nisan ayında ise sönümlenme katsayısı derinlikle beraber önemli ölçüde değişiklik göstermemiştir. Işığın azalış hızı sırasıyla Ocak, Temmuz ve Nisan dönemleri şeklinde sıralanmaktadır.

B2 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 35'te gösterilmiştir Işığın %1'e düştüğü derinliğin en sıgı olduğu örnekleme dönemi Ocak ayıdır. Bu dönemde sönümlenme katsayısının pik yaptığı bölge suyun ilk 5 metresidir. Buna rağmen Nisan ve Temmuz örnekleme dönemlerinde ışığın derinlikle azalışı Ocak ayına göre daha fazladır. Nisan ve Temmuz aylarında %1 değeri yaklaşık aynı metrelere denk gelmekle beraber, yüksek sönümlenme katsayıları ilk 5 metrede ölçülmüştür. Buna ek olarak Nisan ayında, ikinci bir sönümlenme katsayısı artışı 25 metrede ölçülmüştür

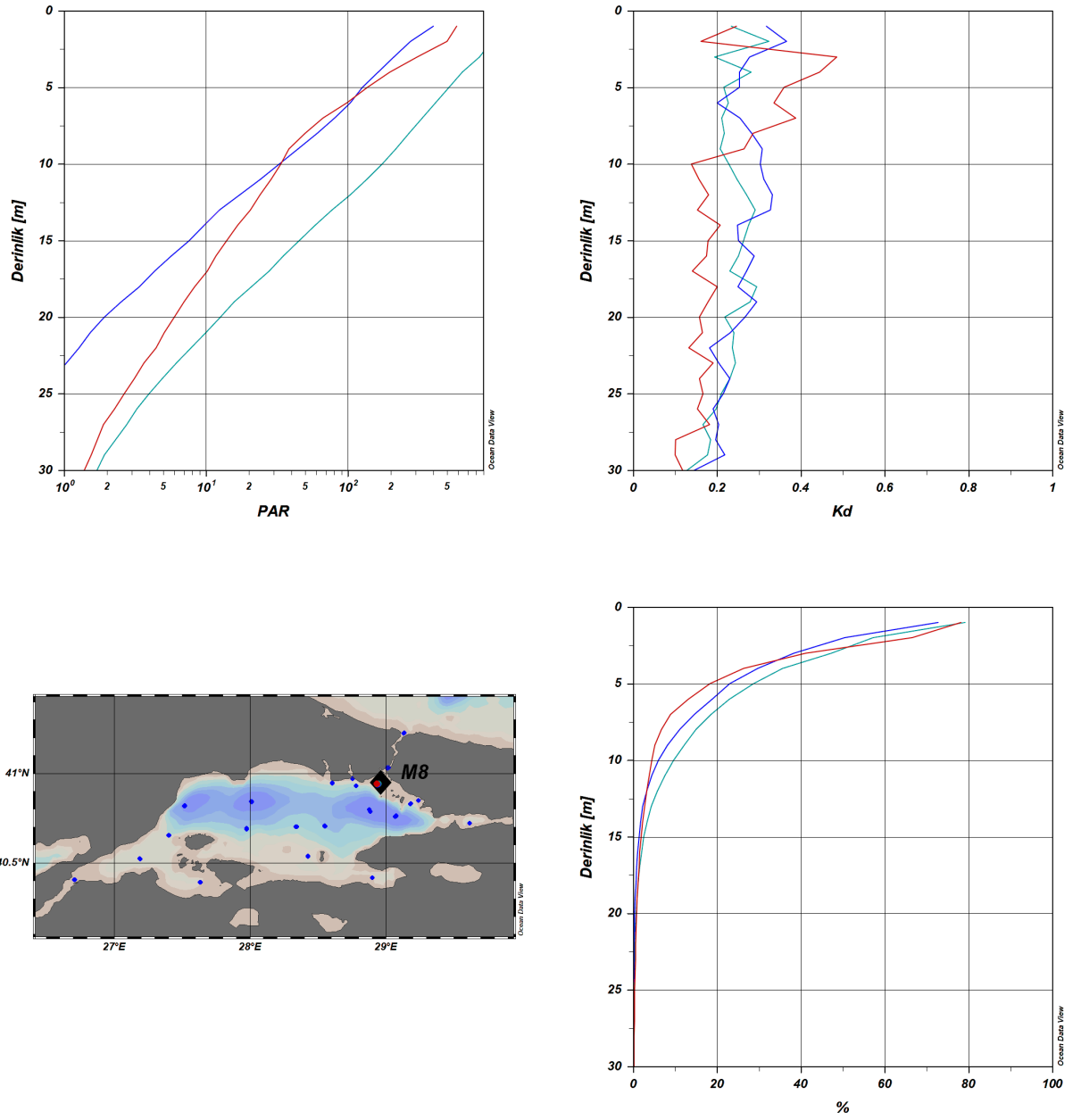
M8 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 36'da gösterilmiştir. M8 istasyonu için %1 ışık değerlerine bakıldığında 3 örnekleme dönemi için belirgin bir farklılık görülmemiştir. Ancak Ocak dönemi için tamamlanan ölçümlerde ışığın azaldığının ilk 10 metrede diğer dönemlere kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Bu hızlı azalış, M8 istasyonuna ait sönümlenme katsayısı grafiğindeki ilk 10 metredeki yüksek Kd değerleri ile de görülmüştür, ancak daha derinde Kd Nisan ve Temmuz dönemlerinde hesaplanan değerin altında seyrettiğinden ışığın %1'e indiği derinlik Temmuz dönemi ile aynı olduğu görülmüştür.



Şekil 34. K0 istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değeri değerlerinin ilk 30 metre için dikey değışimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



Şekil 35. B2 istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değeri için ilk 30 metre için dikey değışimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



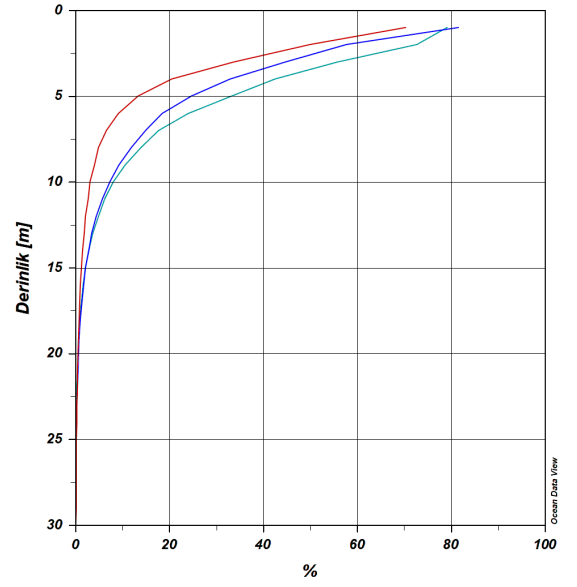
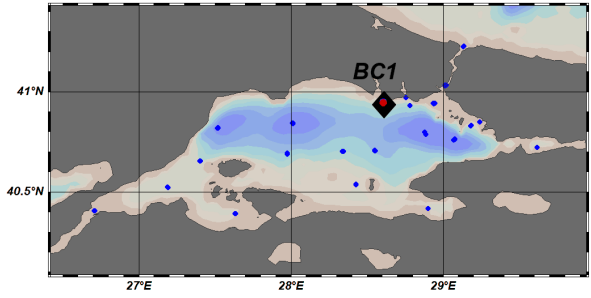
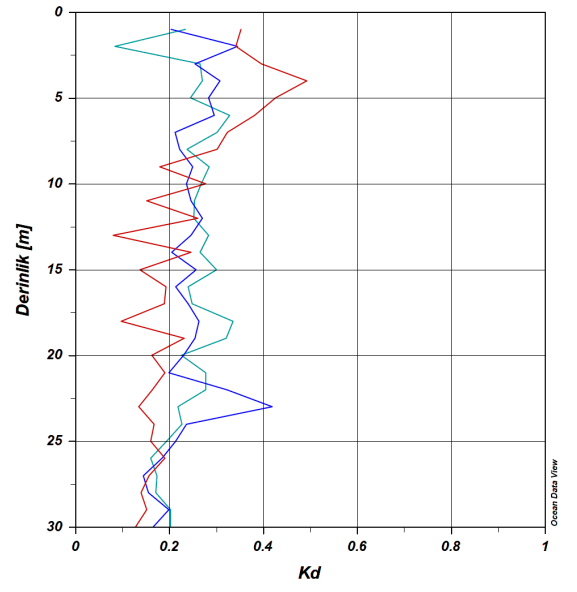
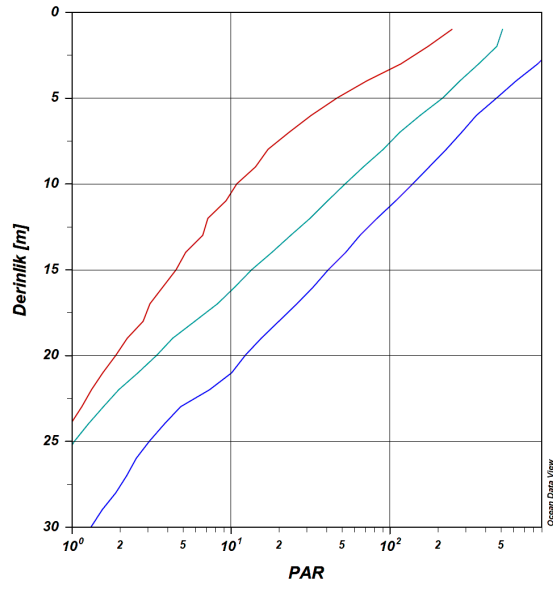
Şekil 36. M8 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

MBC istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 37’de gösterilmiştir. MBC istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik 3 örnekleme değeri için belirgin bir salınım göstermemiştir. Bu derinliğin en sık değerleri gösterdiği Ocak döneminde sönümlenme katsayısı ilk 10 metrede yüksek hesaplanmış olup, %1 derinlik değerinin aynı olduğu Nisan ve Temmuz ayları değerlendirildiğinde Nisan ayında ışığın azalış hızı daha yavaş olmasına karşın, sönümlenme katsayısı 20-25 metre arasında en yüksek değerler kaydetmiştir. Temmuz ayında ise bu durum tam tersidir. Işık azalışı Nisan dönemine göre yüzey sularında daha hızlıdır.

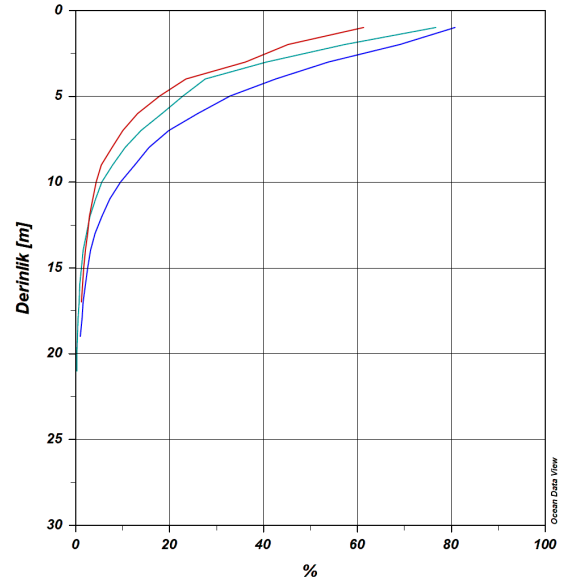
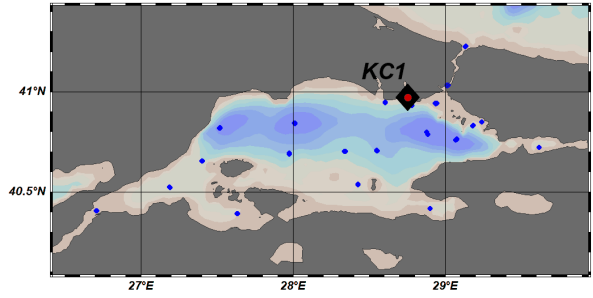
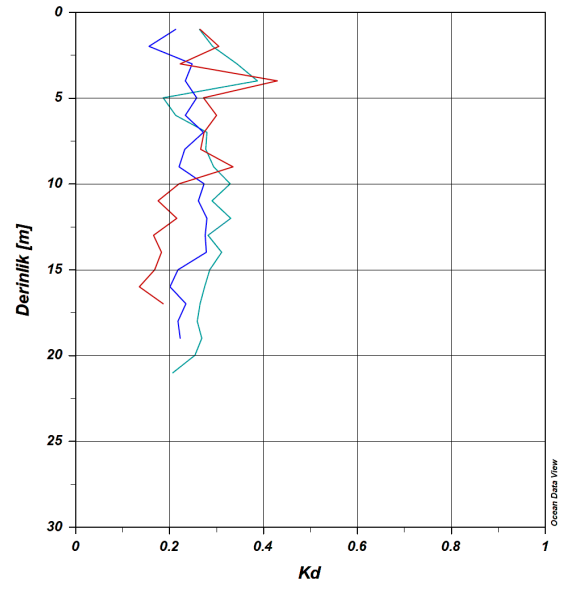
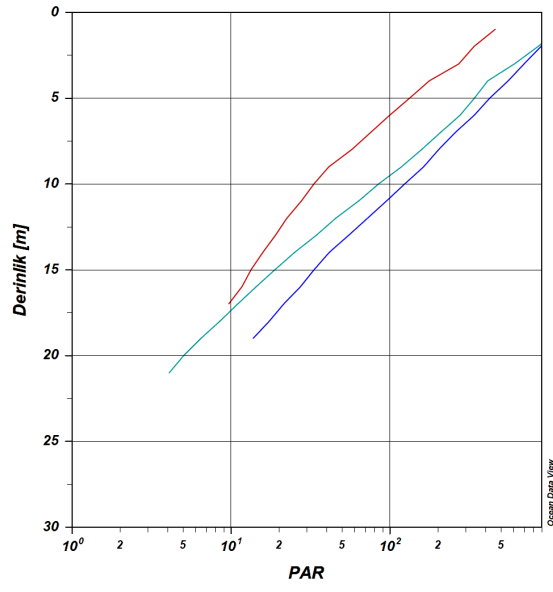
KC1 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 38’de gösterilmiştir. KC1 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik 3 örnekleme değeri için belirgin bir salınım göstermemiştir. Ancak ışığın en hızlı azaldığı dönem olan Ocak ayında yüksek sönümlenme katsayısı değerleri 5 ve 10 metrelerde gözlenmiştir. Ancak bunun altında değerler düşüktür. Nisan ve Temmuz örnekleme dönemlerinde dikey sönümlenme katsayısında belirgin değişimler olmamakla beraber, değerler genel olarak Ocak ayına kıyasla daha yüksektir.

M14A istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 39’da gösterilmiştir. M14A istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik Nisan ve Temmuz örnekleme dönemlerinde aynı seyretmiştir. Sönümlenme katsayıları iki örnekleme döneminde de M14A istasyonu için 15 ve yaklaşık 25 metrelerde yüksek değerler görülmüştür. Ocak ayı örneklemesinde ışığın %1’e indiği derinlik diğer dönemlere kıyasla yaklaşık 10 metre daha derinliğe ulaşabilmektedir. Bu durum diğer dönemlere kıyasla neredeyse her derinlikte daha düşük seyreden sönümlenme katsayılarında da anlaşılmaktadır

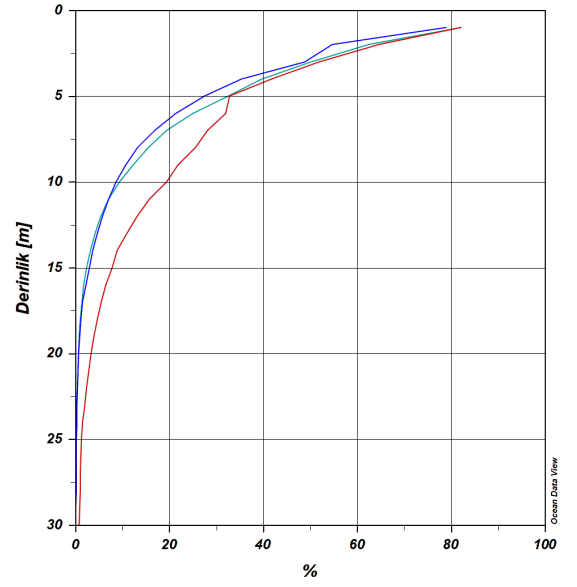
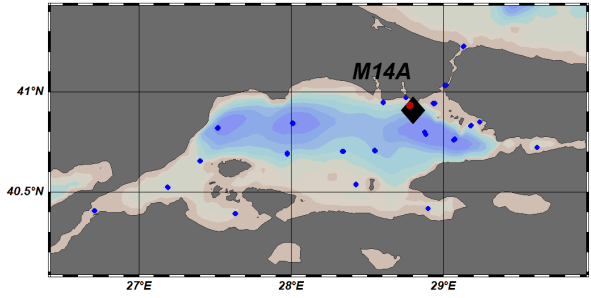
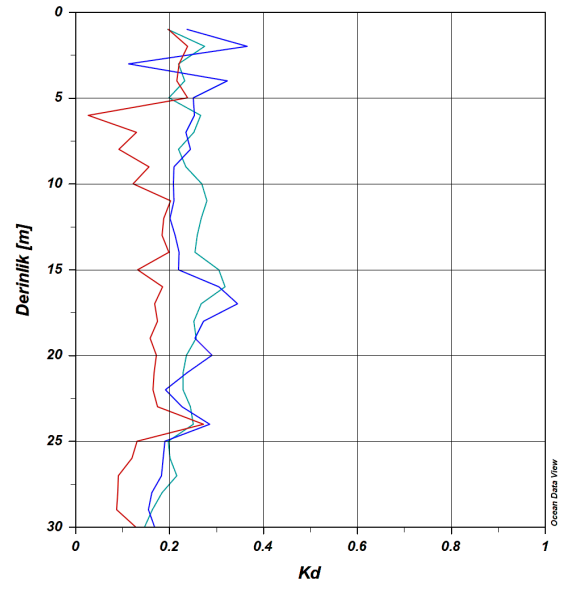
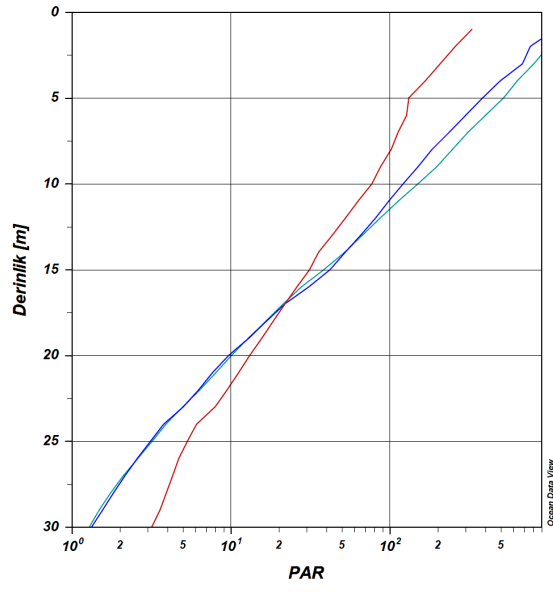
MY1 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 40’ta gösterilmiştir. MY1 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik Nisan ve Temmuz aylarında aynı değerler kaydedilmiş ve bu derinlik 14 metre olarak hesaplanmıştır. Temmuz ayında düşük yüzeyaltı değerler olmasına karşın 5 ve 10 metrelerde oldukça yüksek değerler ölçülmüştür. Nisan ayında ise dikey dağılımda büyük salınımlar olmamasına karşın sönümlenme katsayısı ortalaması yüksektir. Ocak ayında ışığın azalış hızı diğer 2 döneme göre daha düşüktür. Sönümlenme katsayısı yüzeyaltı yüksek değer göstermekle beraber, yüksek salınım göstermemiştir.



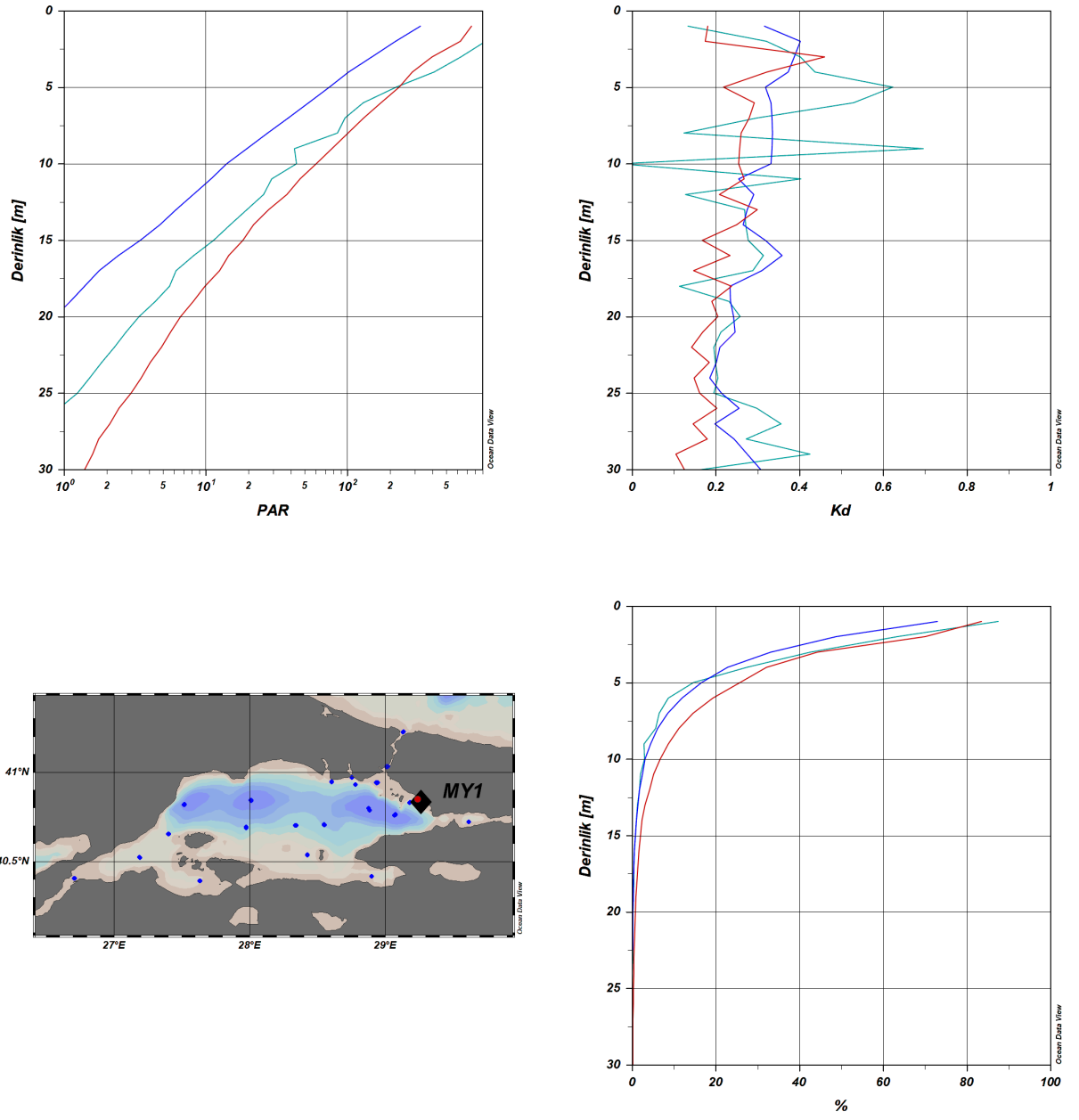
Şekil 37. MBC istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil, Temmuz)



şekil 38. KC1 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan; Yeşil, Temmuz)



Şekil 39. M14A istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



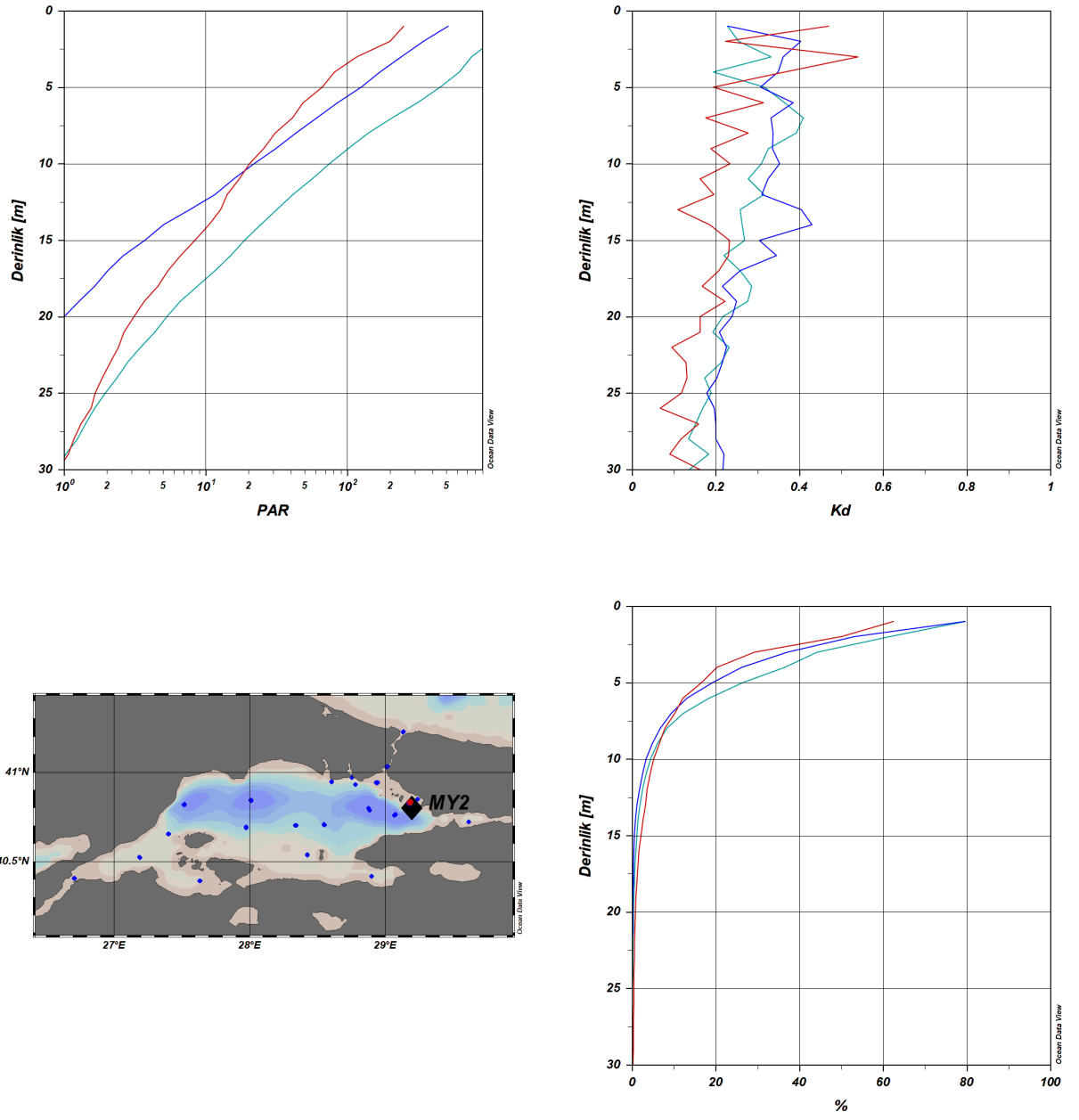
Şekil 40. MY1 istasyonu için PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

MY2 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 41’de gösterilmiştir. MY2 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik Ocak ayında en fazladır. Işığın sönümlenme grafiğine bakıldığında ilk 5 metrede yüksek değerler var iken su kolonunun devamında hesaplanan değerler diğer 2 mevsime ait ölçümlerden düşüktür. Nisan ve Temmuz örneklemelerinde ışığın azalışına bakıldığında yaz döneminde ışığın daha hızlı azaldığını görülmektedir. Nisan örneklemesi döneminde 15 metrelerde sönümlenme katsayısında yüksek değerler elde edilmiştir.

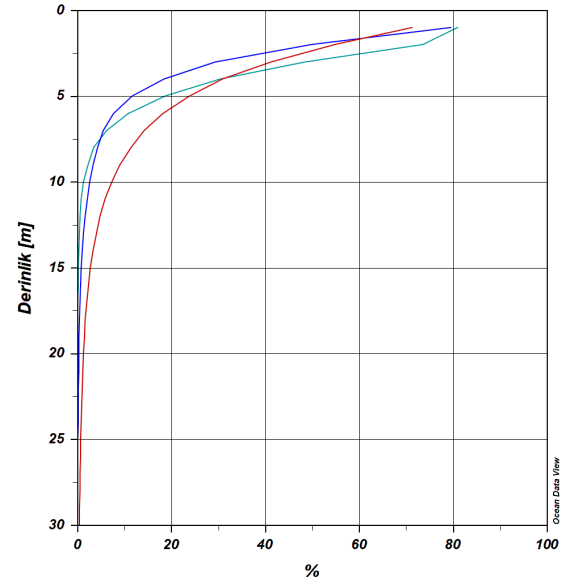
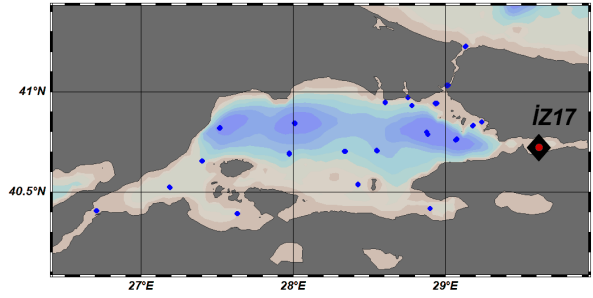
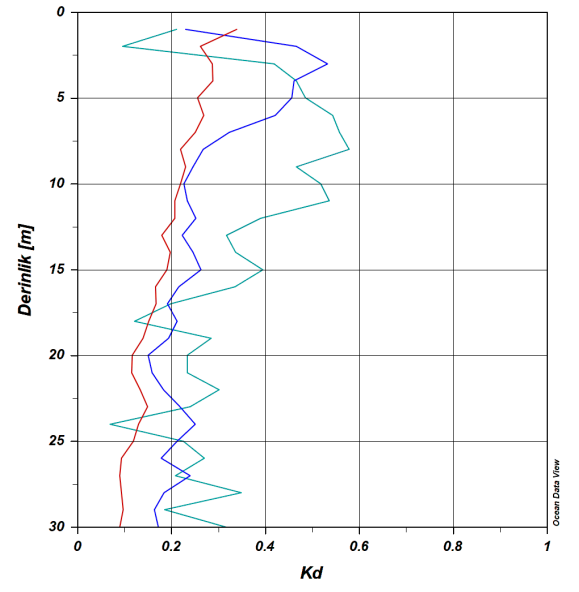
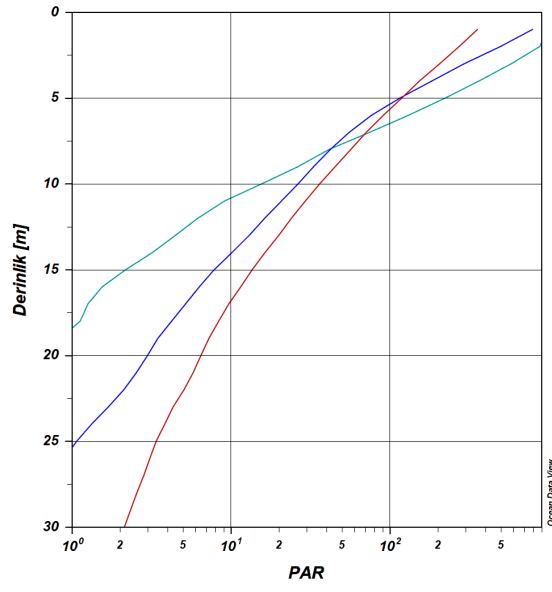
İZ-17 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 42’de gösterilmiştir İZ-17 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik özellikle yaz dönemi örneklemesinde oldukça düşüktür. 5- 25 metre arasındaki su kolonunda yüksek sönümlenme katsayısı değerleri ölçülmüştür. Işığın sönümlenmesi Nisan ayı için de oldukça yüksek olsa da bunun daha çok ilk 10 metrede etkili olması sebebiyle %1 derinlik temmuz dönemine göre daha derindedir. Kış döneminde İZ-17’de Ocak ayı sönümlenme katsayısı su kolonu boyunca diğer dönemlere kıyasla düşük kalmıştır bunun etkisi ise yaklaşık 10 metre fark eden %1 derinliğe yansımıştır.

45C istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 43’te gösterilmiştir. 45C istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik 3 örneklemesi döneminde 3 metre farklılıkla belirlenmiştir. Sönümlenmenin özellikle temmuz ayında yüzeyaltı sönümlenme ile kıyaslandığında daha fazla olduğu gözükmemektedir. Işığın ilk 10 metrede en hızlı azaldığı dönem ise kış örneklemesi dönemidir. Bu aralıkta sönümlenmede de yüksek değerler kaydedilmiştir. Hem Nisan hem de Temmuz örneklemesinde ışığın sönümlenmesi 10 – 25 metreler arasında en yüksek değerleri göstermiştir.

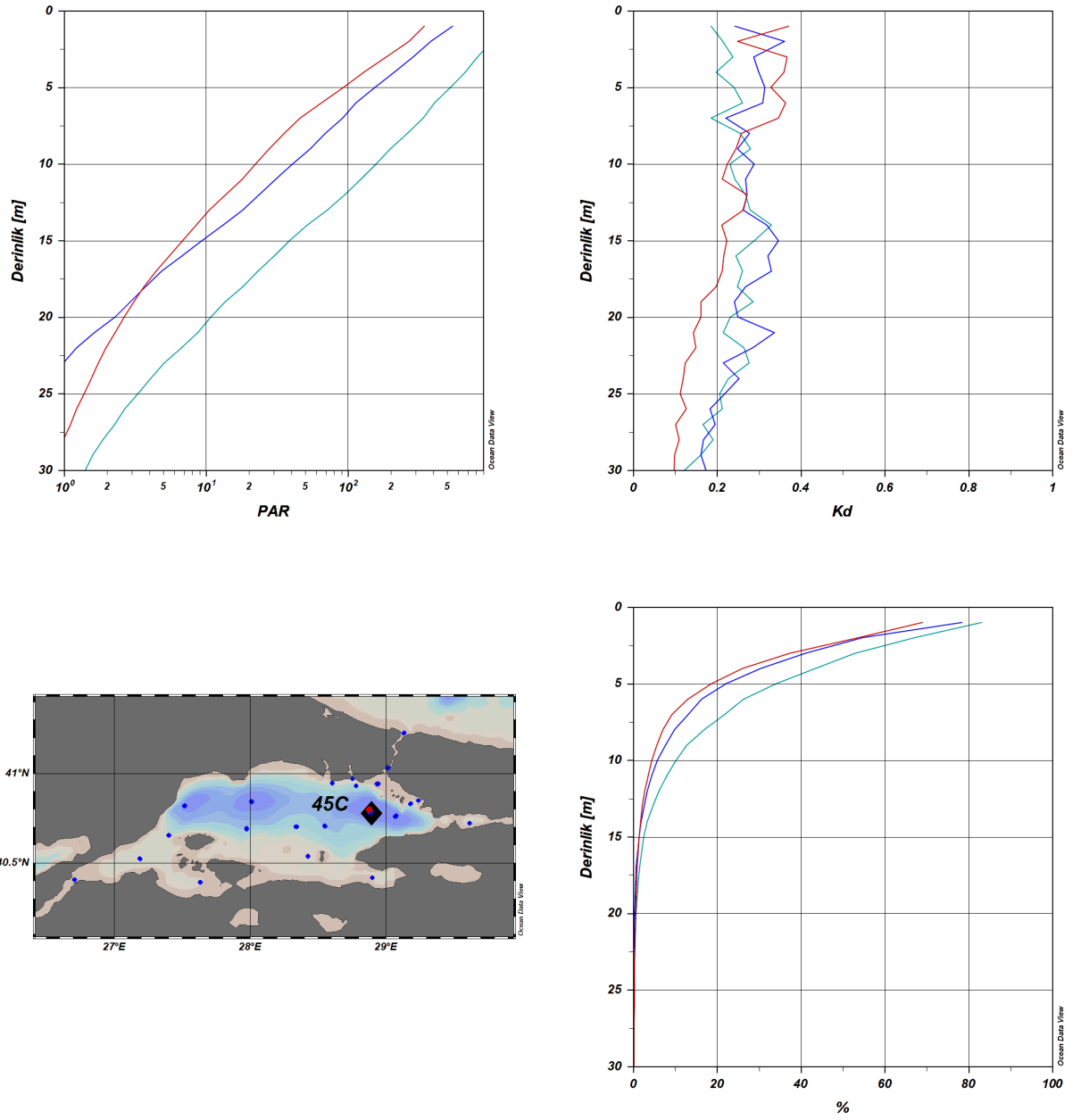
MD102 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 44’te gösterilmiştir. MD102 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik 3 örneklemesi dönemi için maksimum ve minimum farkı yalnızca 4 metredir. Marmara Denizi’nin en derin noktalarından olan bu istasyonda ışığın %1’e indiği derinlik 18 metreyi geçmemiştir. Nisan ayında 25 – 30 metrede sönümlenme katsayısında maksimum değer gözükse de bu durum ışığın ışıklı tabakadaki azalışına etkisizdir. Işığın %1’e indiği en derin nokta Ocak ayında ölçülmüştür, bunu Nisan ve Temmuz ayları takip etmiştir.



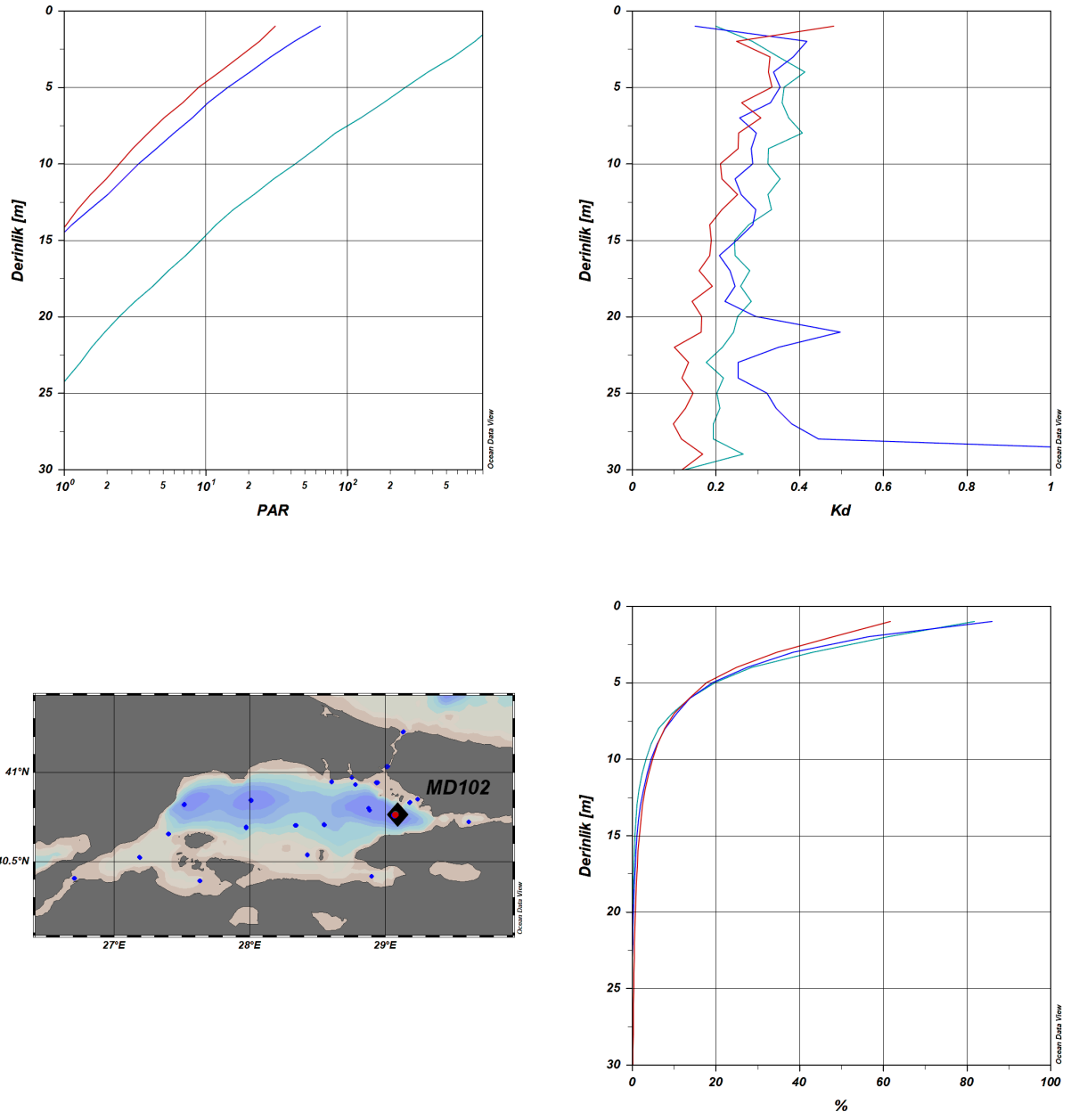
Şekil 41. MY2 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



Şekil 42. İZ-17 istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



Şekil 43. 45C istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı:** Ocak, **Mavi:** Nisan, **Yeşil:** Temmuz)



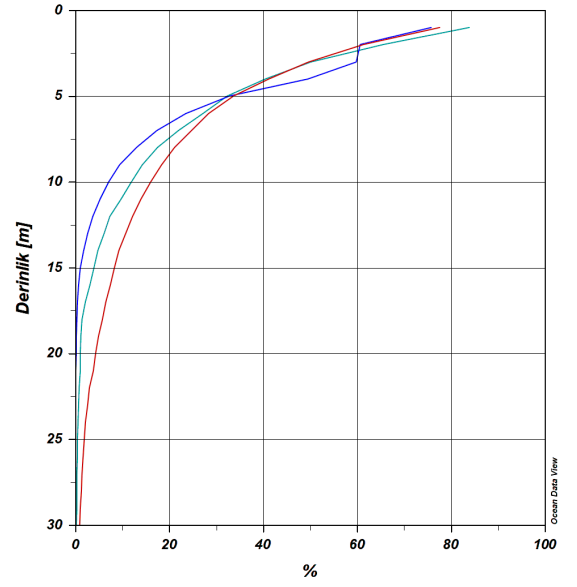
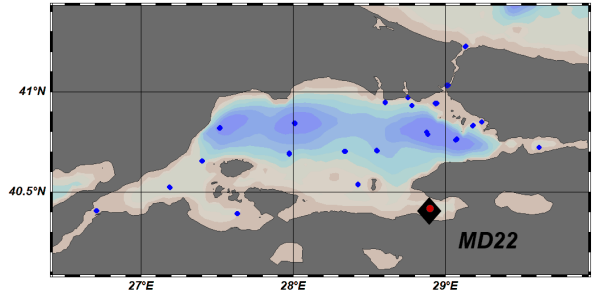
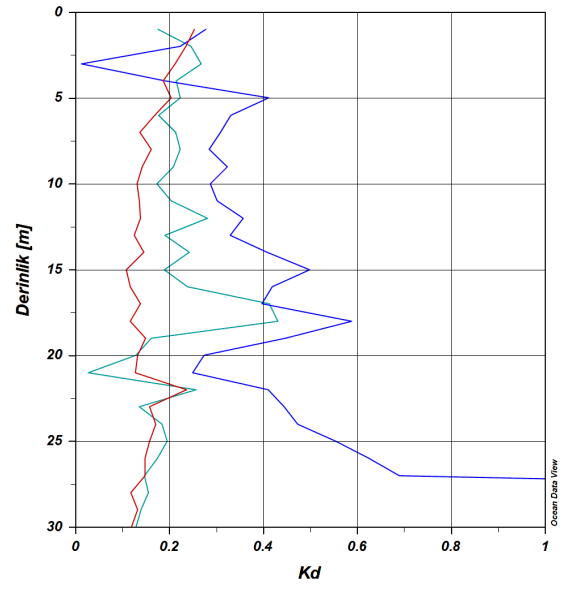
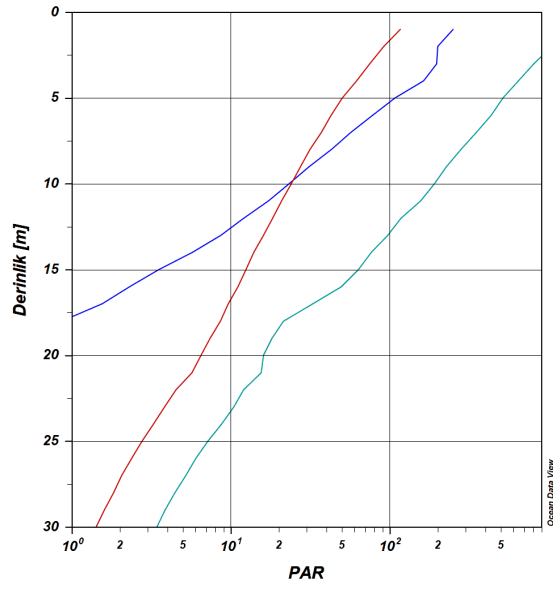
Şekil 44. MD102 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı:** Ocak, **Mavi:** Nisan, **Yeşil:** Temmuz)

MD22 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 45'te gösterilmiştir. Gemlik Körfezi'nde bulunan MD22 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinliğe bakıldığında Ocak ve Nisan dönemleri arasında belirgin farklılık görülmektedir. Ocak ayında ışığın %1'e düştüğü derinlik 30 metre iken bu Nisan ayında tam olarak yarıya düşmüştür. Işığın sönümlenme değerlerine bakıldığında Kd, 5 metre altında yüksek seyretmiştir. Temmuz ayında yüksek sönümlenme katsayıları 15-20 metre aralığında görülmüş olup; ışığın %1'e indiği derinlik 21 metre olmuştur.

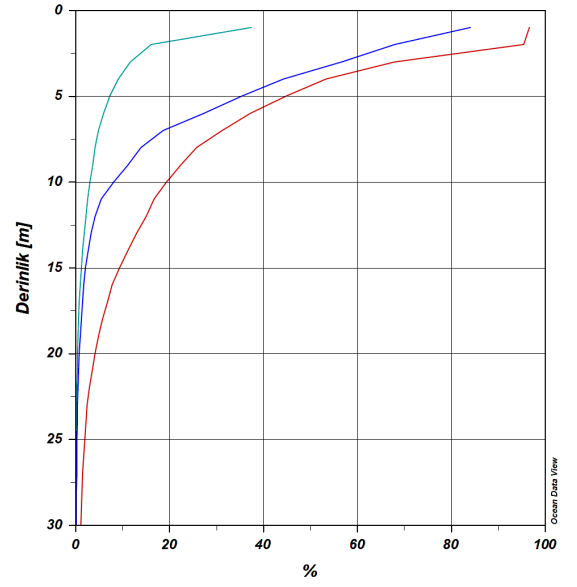
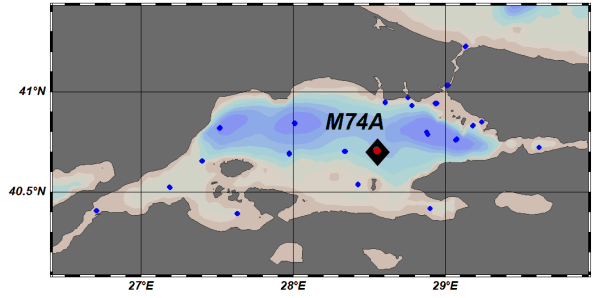
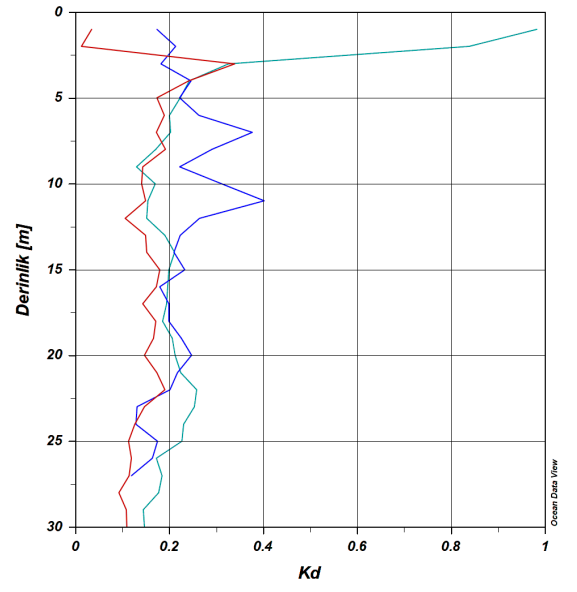
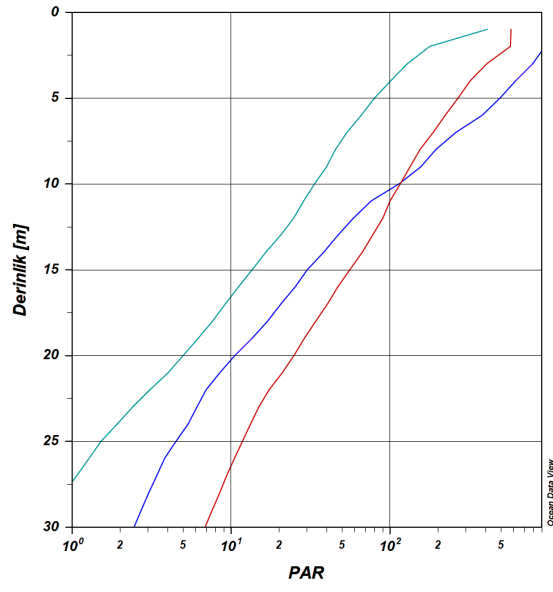
M74A istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 46'da gösterilmiştir. M74A istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinlik MD22 nolu istasyonda olduğu Ocak dönemi ve Nisan-Temmuz dönemleri arasında oldukça belirgin fark bulunmaktadır. Ocak, Nisan ve Temmuz dönemleri için bu derinlik sırasıyla 31, 19 ve 16 metredir. Yaz döneminde yüzeyde 5 kat fazla olan sönümlenme katsayısı ilk 5 metreden sonra azalmış ve sadece 20-25 metre arasında artmıştır. Nisan ayında sönümlenme katsayısı 5-15 metre arasında 2 pik vermiştir.

MD19A istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 47'de gösterilmiştir. MD19A istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinlik en yüksek Ocak ayında takiben Temmuz ayında ve en düşük Nisan ayında ölçülmüştür. Nisan ayında görülen sönümlenme katsayısındaki 10-20 metreler arasındaki belirgin artışlar ışığın hızlı azalışın nedeni olarak görülmektedir. Bunun dışında sönümlenme katsayısının yüksek görüldüğü diğer bir dönem ise Ocak ayı yüzey sularındadır. Bu iki durum dışında ışığın sönümlenmesi bu istasyon için büyük salınımlar göstermemiştir ve 20 metre üzerinde derinlikte ışık %1'e düşmüştür.

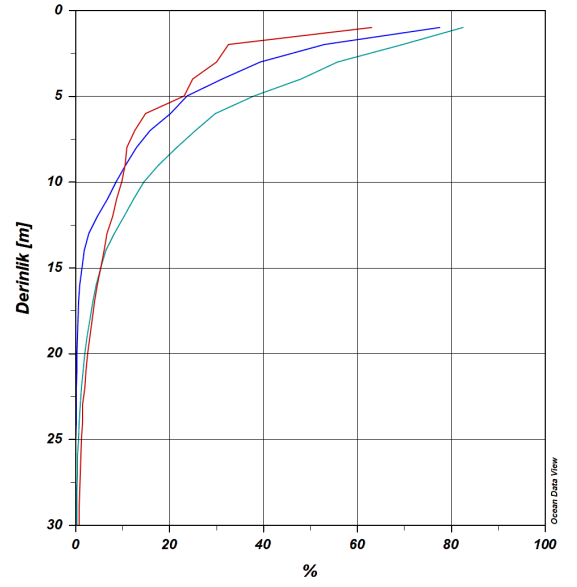
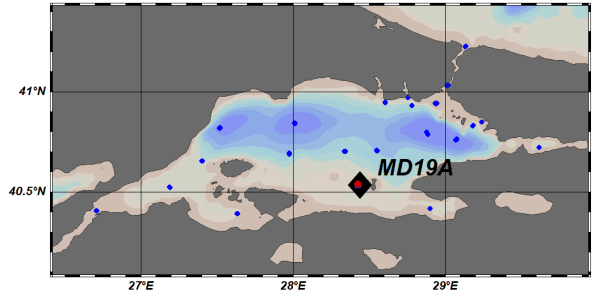
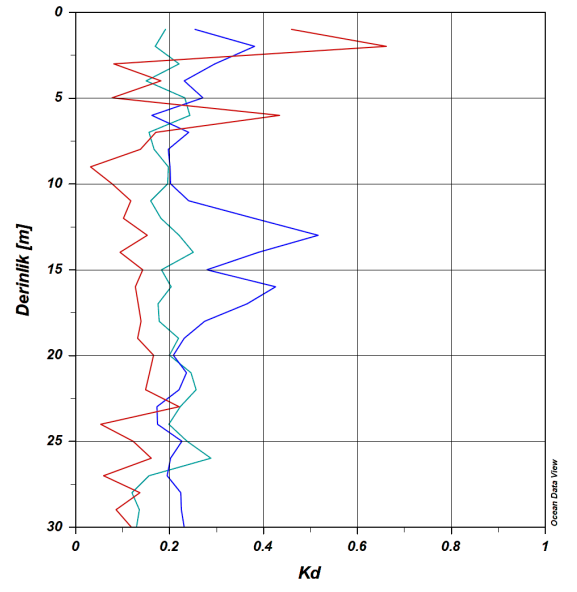
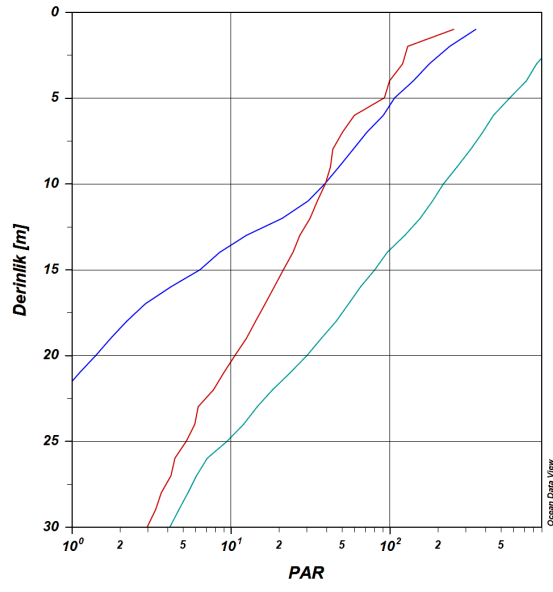
MD18 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 48'de gösterilmiştir. MD18 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği en yüksek Ocak ayında ölçülmüş olup, bu aya ait sönümlenme katsayısının dikey değişimi de diğer örneklem dönemlerine göre oldukça düşük değerler göstermiştir. Ocak ayını Nisan ayı 16 metre ile ışığın %1'e düştüğü derinlik 11 metre azalmıştır ve Temmuz döneminde de aynı şekilde devam etmiştir. Işığın azalış hızı, Nisan ve Temmuz aylarında 10 metre altında düzenli bir şekilde yüksek sönümlenme katsayı değerleri ile uyumludur.



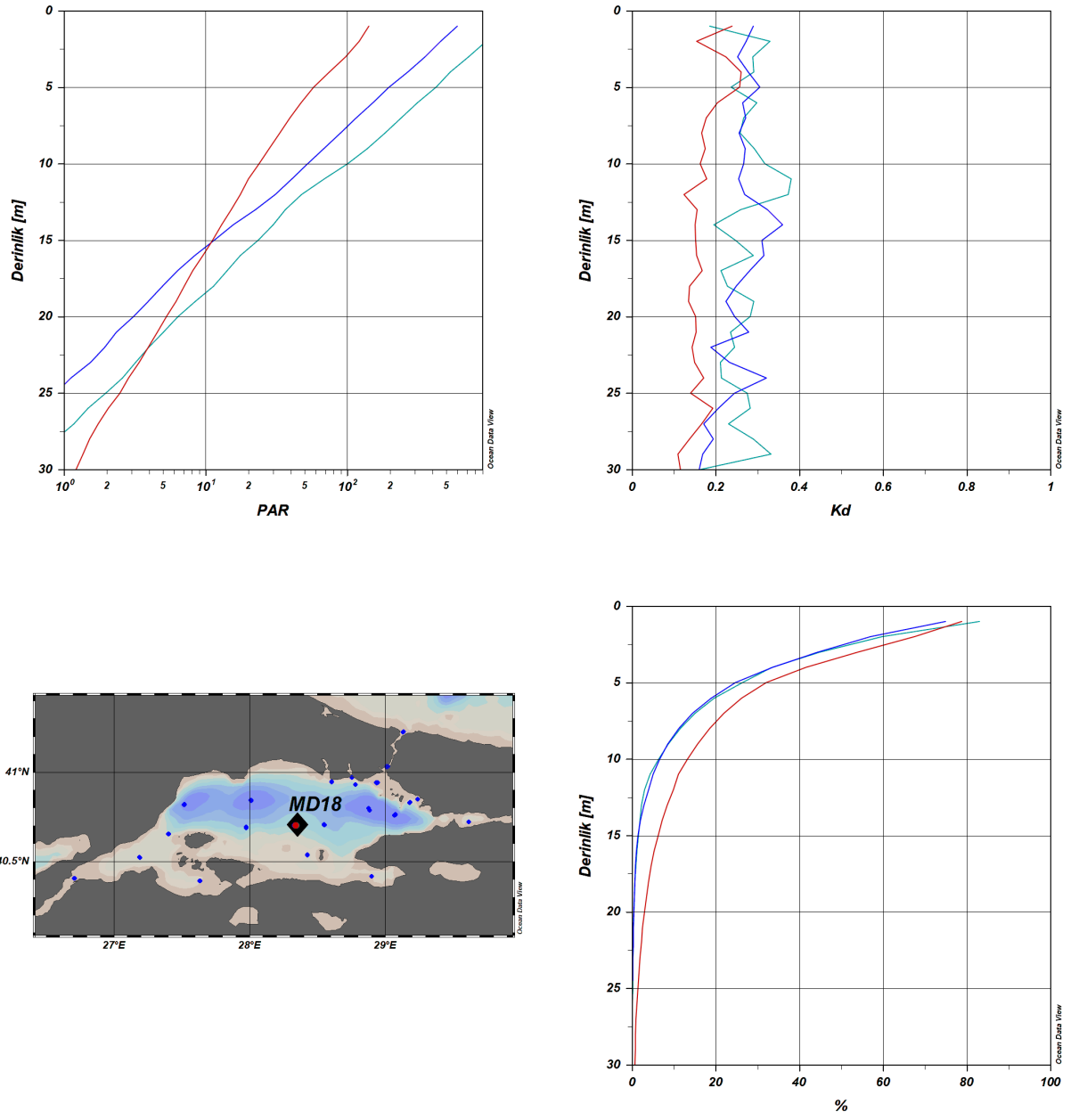
Şekil 45. MD22 istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



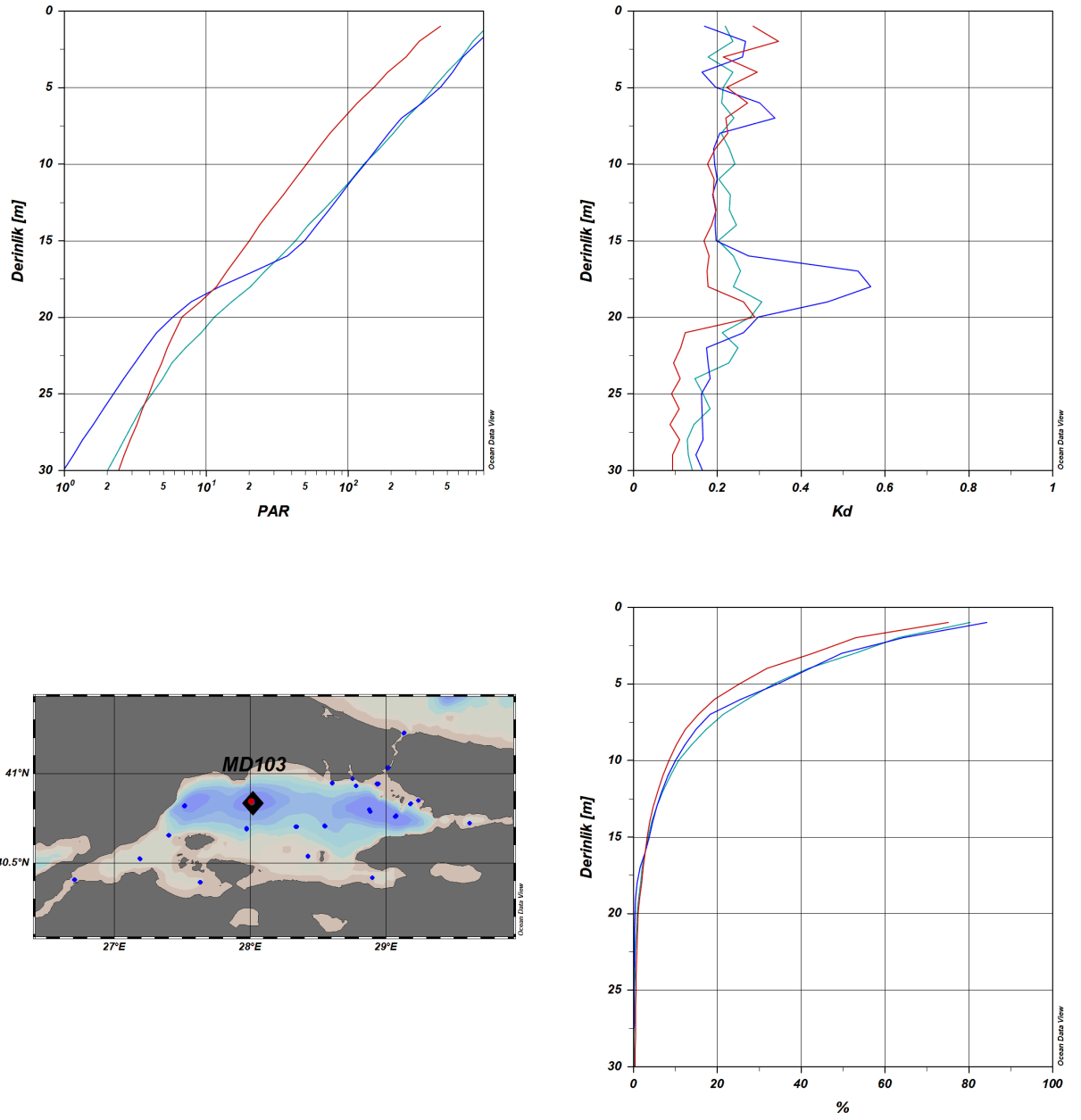
Şekil 46. M74A istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



Şekil 47: MD19A istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)



Şekil 48. MD18 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

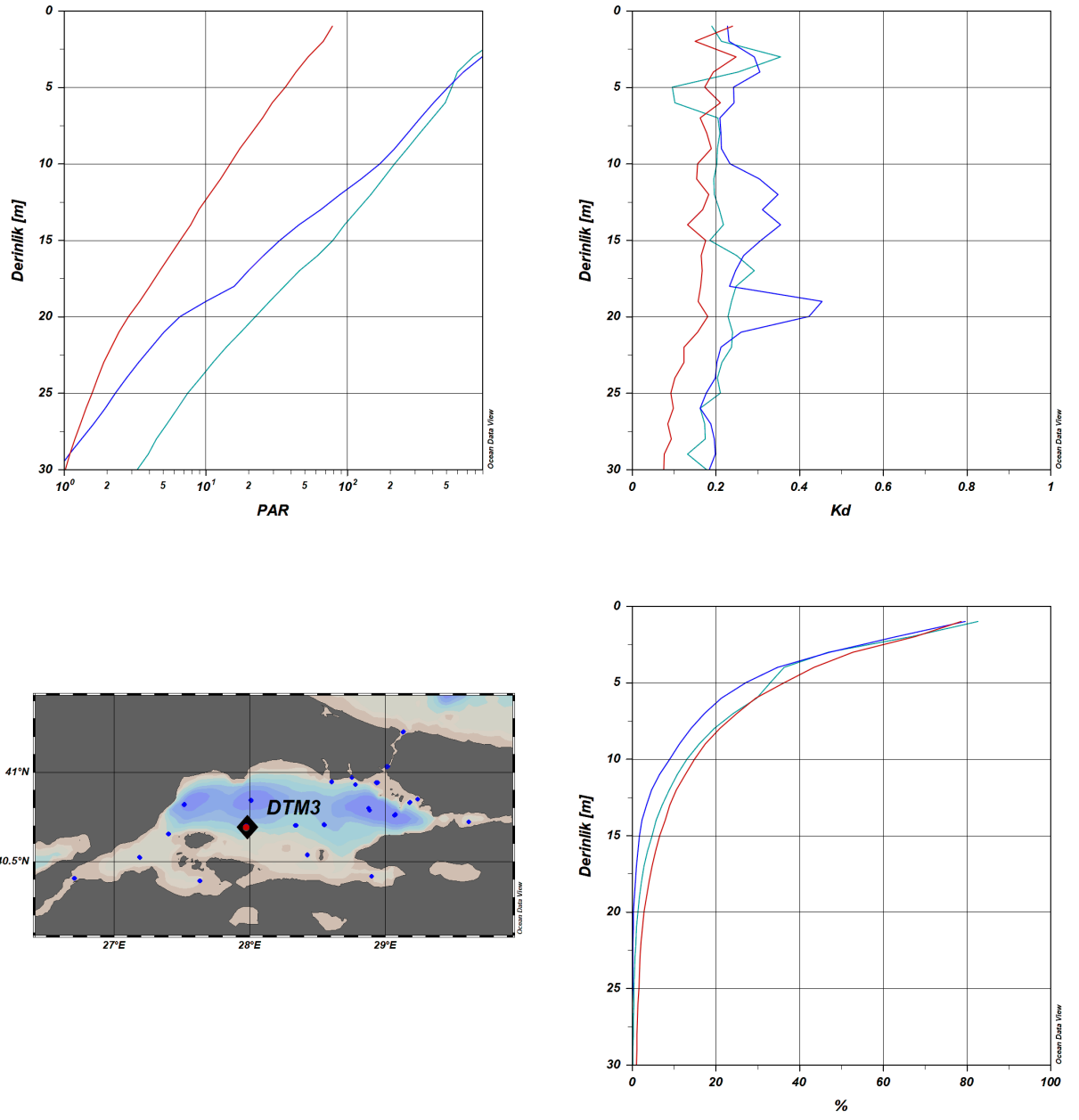


Şekil 49. MD103 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(**Kırmızı**: Ocak, **Mavi**: Nisan, **Yeşil**: Temmuz)

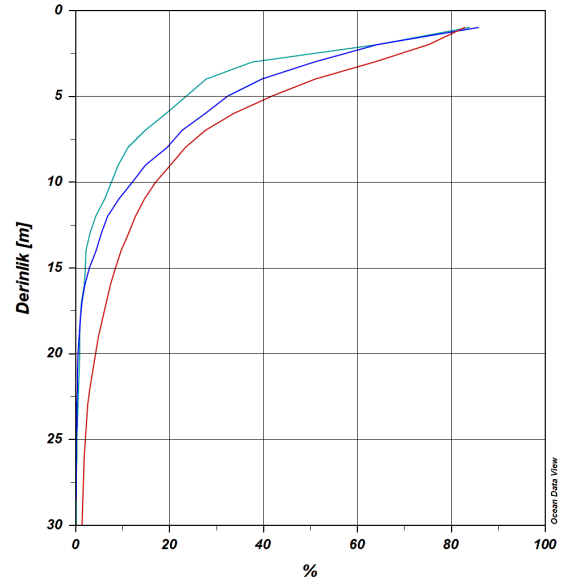
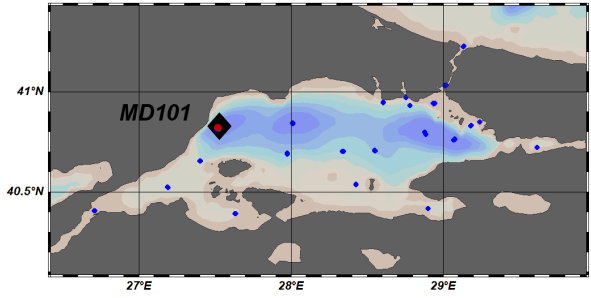
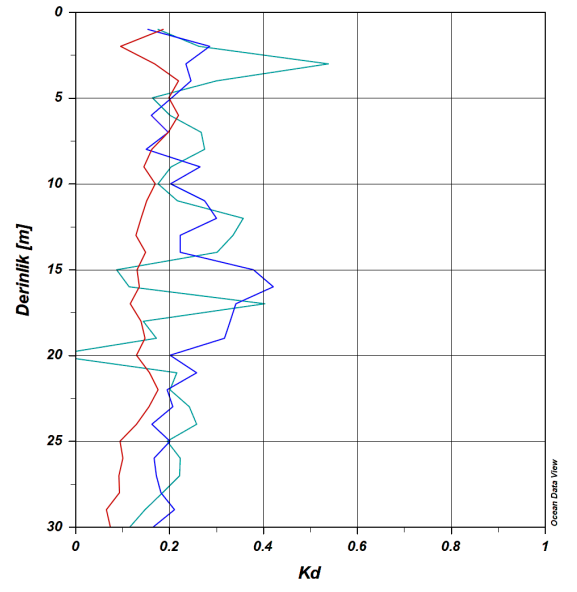
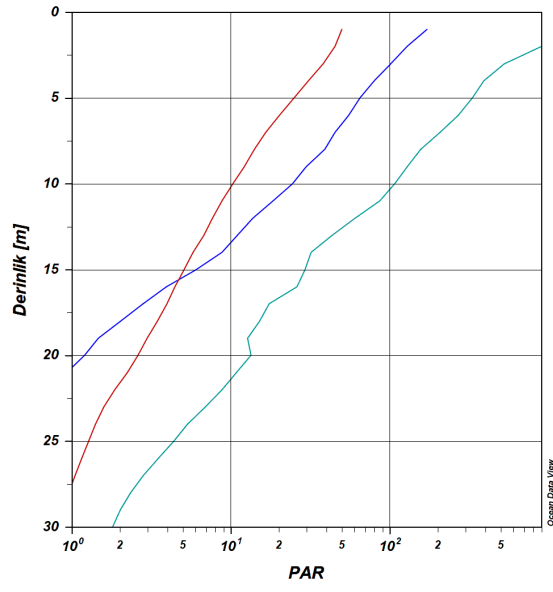
MD103 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 49'da gösterilmiştir. MD103 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinlik 3 örnekleme döneminde 3 metre salınım / değişim göstermiştir ve Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için ışığın %1'e indiği derinlik sırasıyla 21, 18 ve 20'dir. Işığın sönümlenme katsayısı dikey dağılımının 3 dönem için yaklaşık aynı değerlerde olduğu görülmüştür. Buna karşın Nisan ayı ışık sönümlenme katsayısının dikey değişimi 15-20 metre aralığında tüm derinlikler ve tüm dönemler arasında en yüksek değeri kaydetmiştir. Bu nedenle de ışığın %1'e düştüğü derinlik en düşük bu dönemde ölçülmüştür.

DTM3 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 50'de gösterilmiştir. MD103 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinlik 3 örnekleme döneminde en yüksek değer Ocak ayında ölçülmüştür. Nisan ayında bu değer yaklaşık yarılanmış yani ışıklı tabaka derinliği azalmıştır. Temmuz ayında bu derinlik biraz artmakla beraber Ocak ayına göre 9 metre daha düşüktür. Nisan ayındaki düşük ışıklı tabaka derinliği, sönümlenme katsayısının yüksek olması ile uyumludur. Bu durum MD103 istasyonu verileri ile oldukça benzerlik göstermektedir.

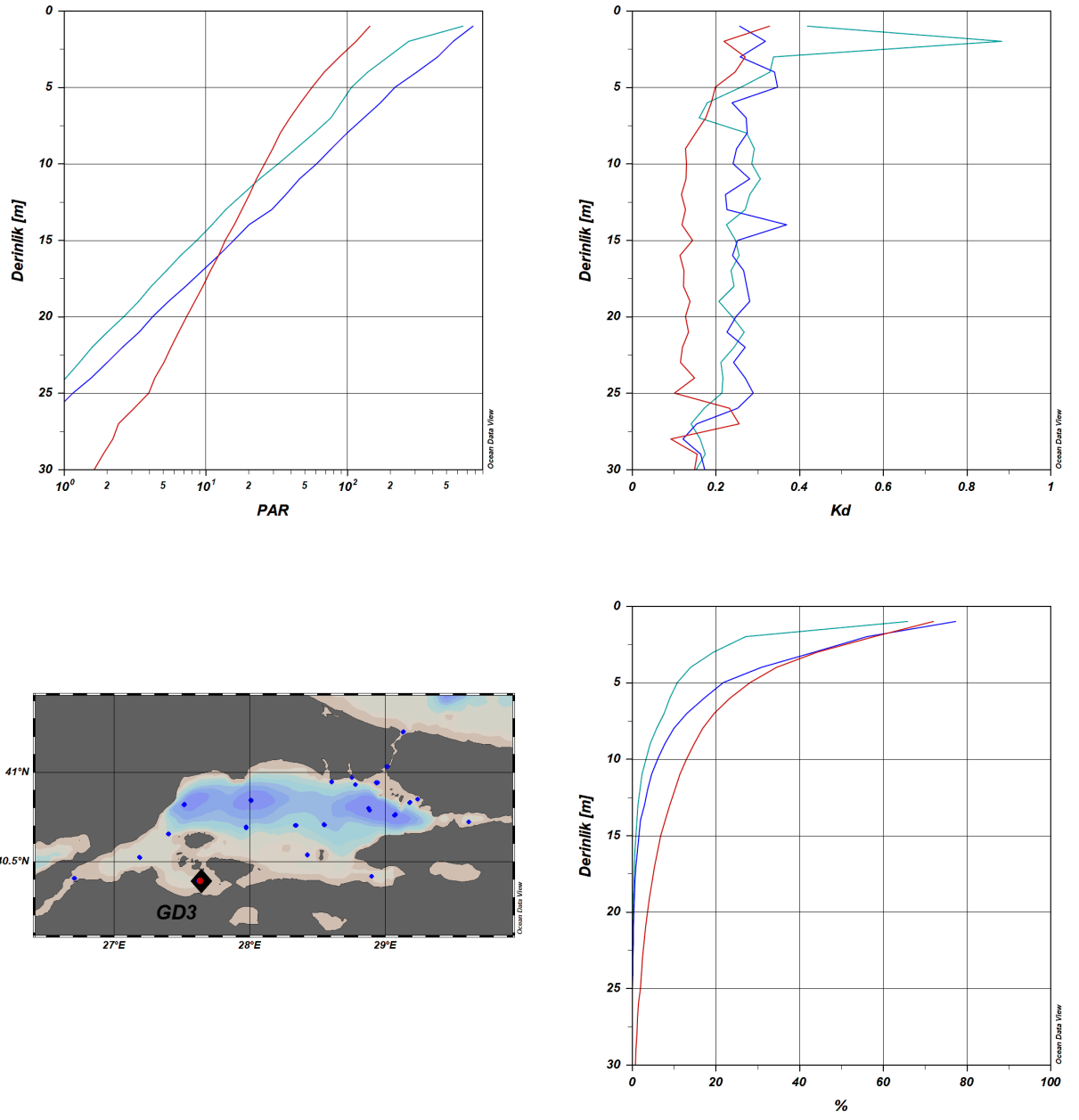
MD101 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 51'de gösterilmiştir. MD101 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1'e indiği derinlik 3 örnekleme dönemi için değerlendirildiğin en büyük değer 34 m olarak Ocak ayında ölçülmüştür. Işığın su kolunda sönümlenmesine bakıldığında sönümlenme katsayısının $0,2 \text{ m}^{-1}$ değerini geçmediği görülmüştür. Buna karşın Nisan ayı örneklemesinde ışığın %1'e indiği derinliğin Ocak ayına kıyasla yaklaşık yarıya düşmüştür. Nisan ayında sönümlenme katsayısı 15-20 metre aralığında en yüksek değerlerini göstermiştir. Temmuz ayı Nisan ayına benzer olmakla beraber yüzeyde Kd artışı görülmüştür.



Şekil 50. DTM3 istasyonu için PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



Şekil 51. MD101 istasyonu için PAR, Kd ve % ışıık değeri değerlerinin ilk 30 metre için dikey değışimi
(Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



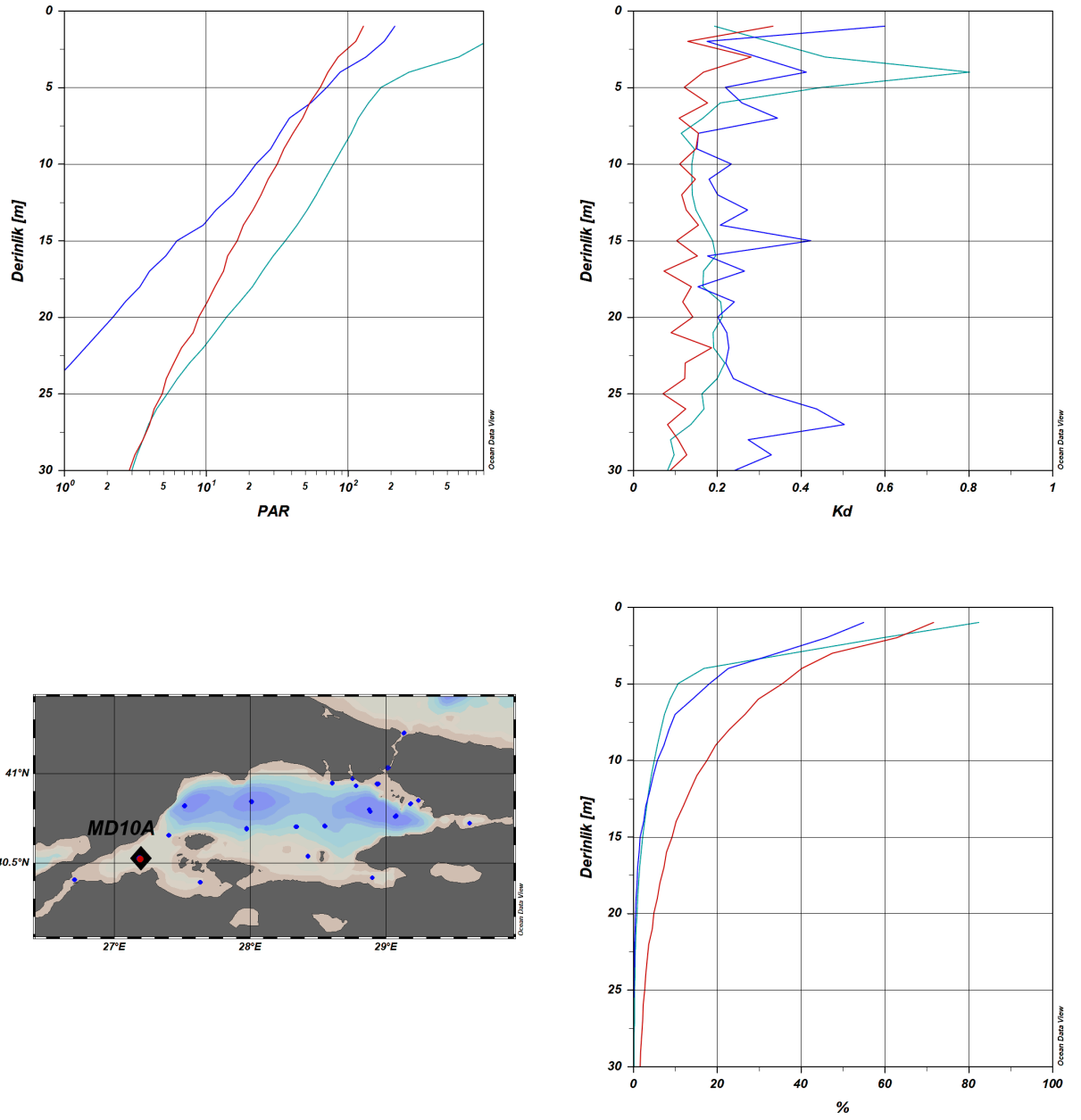
Şekil 52. GD3 istasyonu için PAR, Kd ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

GD3 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 52’de gösterilmiştir. GD3 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik MD101 istasyonunda olduğu gibi Ocak ayında 30 metrenin üzerinde iken Nisan ve Temmuz ayı örneklemelerinde neredeyse yarıya inerek 17 ve 14 metre olarak ölçülmüştür. Bu durumun derinlikle ilgili değişimi sönümlenme katsayı ile değerlendirildiğinde Temmuz ayında yüzey altında en yüksek değerler ölçülmüştür. Nisan ayı için ise büyük değerlerin aksine su kolunu boyunca Ocak ayına kıyasla yüksek değerler ölçülmüştür.

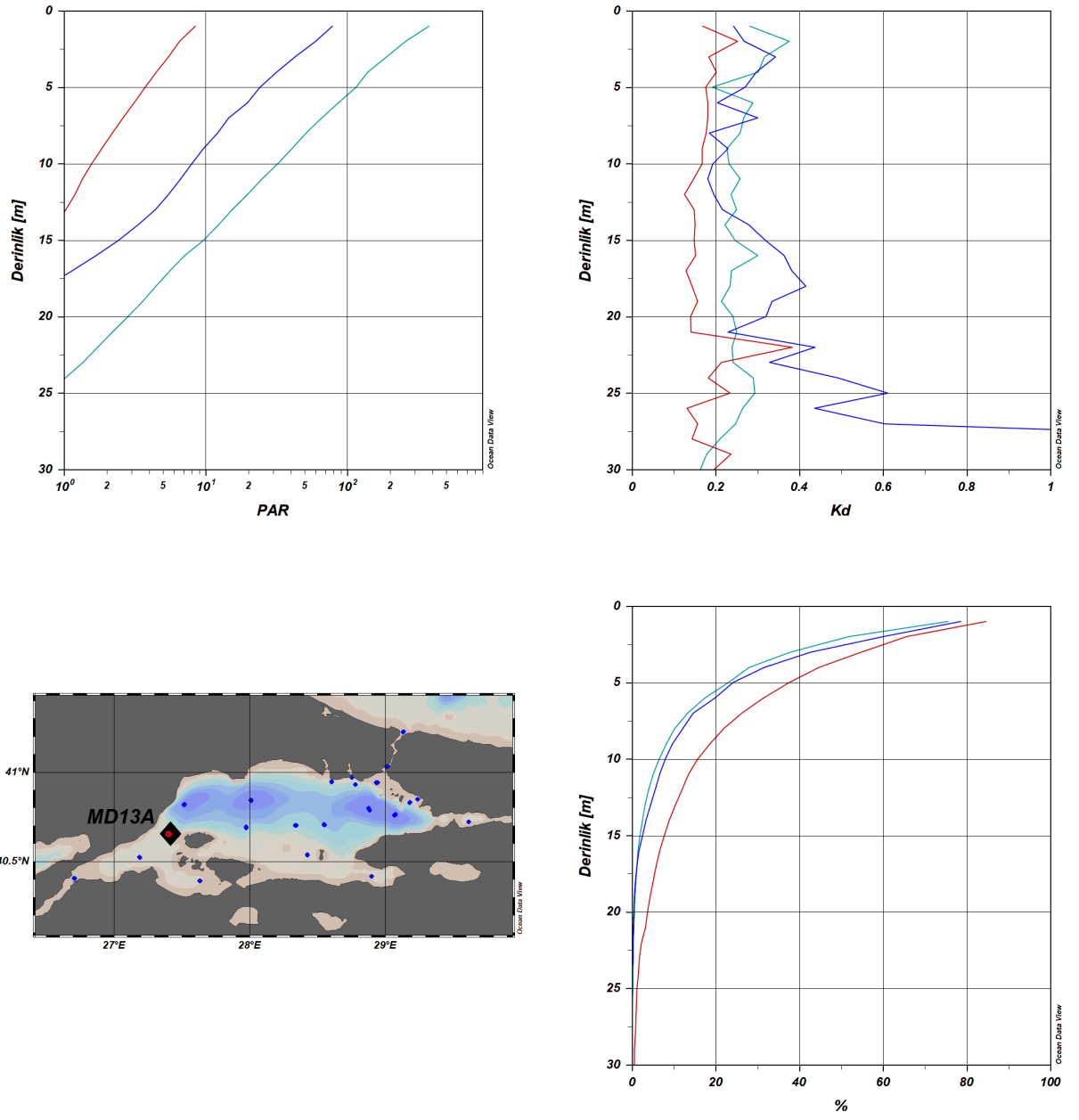
MD10A istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 53’te gösterilmiştir. MD10A istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik GD3 ve MD10A istasyonlarında olduğu gibi, Ocak ayında oldukça yüksek ve 36 m olarak ölçülmüştür. Bu derinlik Nisan ve Temmuz aylarında diğer güneybatı istasyonlarda olduğu gibi azalmıştır (MD101, GD3). Bahar dönemi sönümlenme katsayısı profili ilk 10 metrede, 15 metrede ve 25 metrenin altında yüksek değerler göstermiş, Temmuz ayında belirgin farkla sönümlenme ilk 5 metrede yüksek olup, 5 metrenin altında düşük seyretmiştir.

MD13A istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 54’te gösterilmiştir. MD13A istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için sırasıyla 26, 17 ve 18 metre’dir. Güneybatı Marmara Denizi’nde yer alan diğer istasyonlar kadar yüksek Ocak değerine sahip olmasa da benzer azalış eğilimi Nisan ve Temmuz aylarında görülmüştür. Nisan ayı MD10A istasyonunda olduğu gibi 15-20 metre arasında ve 25 metre altında en yüksek değerler gözlenmiştir. Temmuz dönemi için ise sönümlenme katsayısının dikey salınımı ilk 20 metre için Nisan ayına kıyasla daha az değişim göstermiştir.

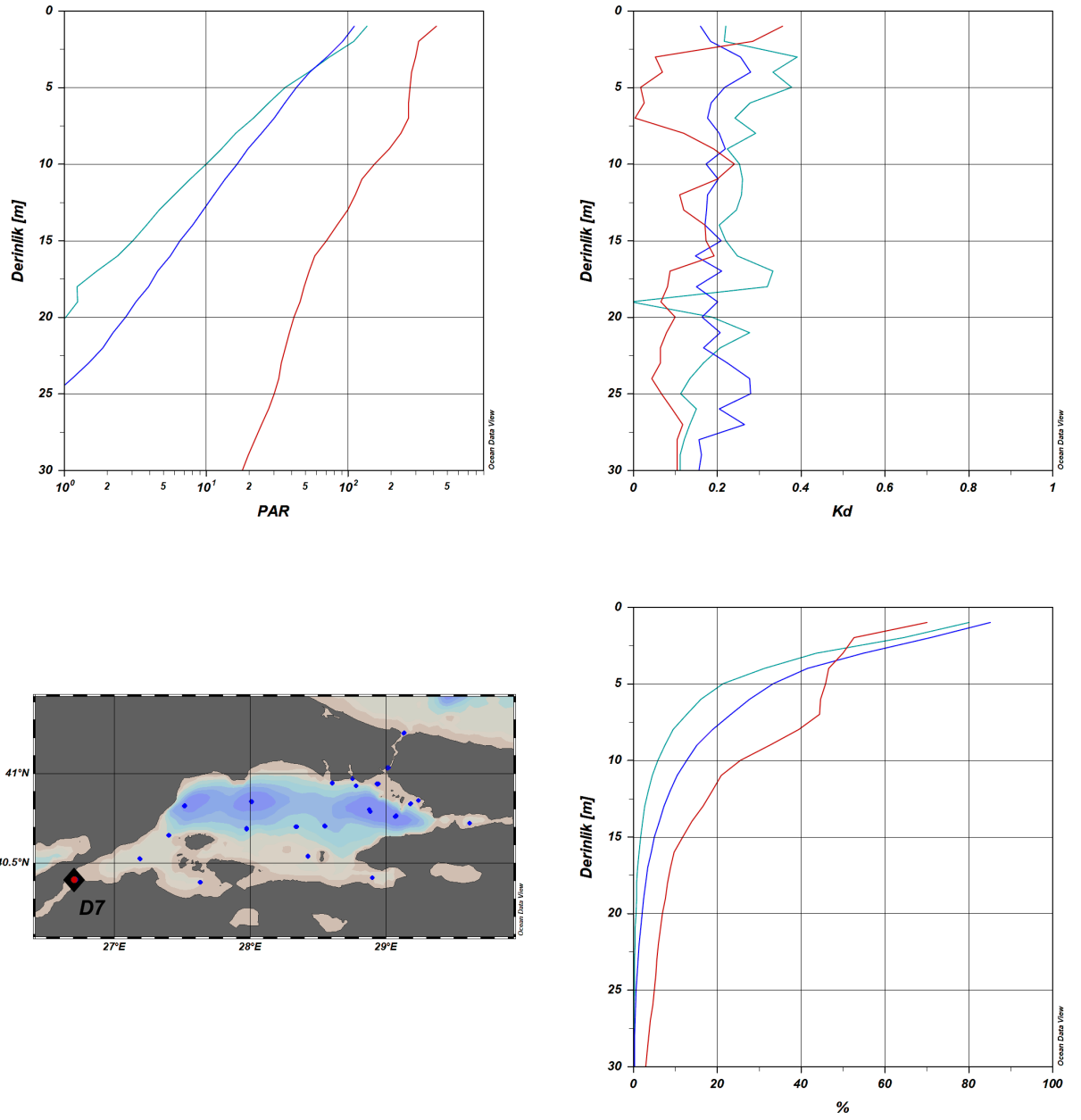
D7 istasyonuna ait PAR, Kd ve % ışık değerleri Şekil 55’te gösterilmiştir. D7 istasyonu için yüzeyaltı ışık değerinin %1’e indiği derinlik Ocak, Nisan ve Temmuz ayı için incelendiğinde belirgin düşüşler görülmüştür. Ocak ayında 36 metre olan %1 derinliğin sönümlenme katsayısı da düşük seyrederken, Nisan ayında ışığın %1’e indiği derinlik 12 metre azalarak 24 metreye düşmüştür. Ocak dönemine kıyasla ilk 10 metredeki yüksek sönümlenme katsayısı ile uyumludur. Temmuz ayında ise ışığın %1’e indiği derinlik 8 metre daha azalarak 16 metreye düşmüştür. 5-15 metre arasındaki sönümlenme katsayısı bu istasyon için 3 dönemde ölçülmüş en yüksek sönümlenme katsayısı olmuştur.



Şekil 53. MD10A istasyonu için PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



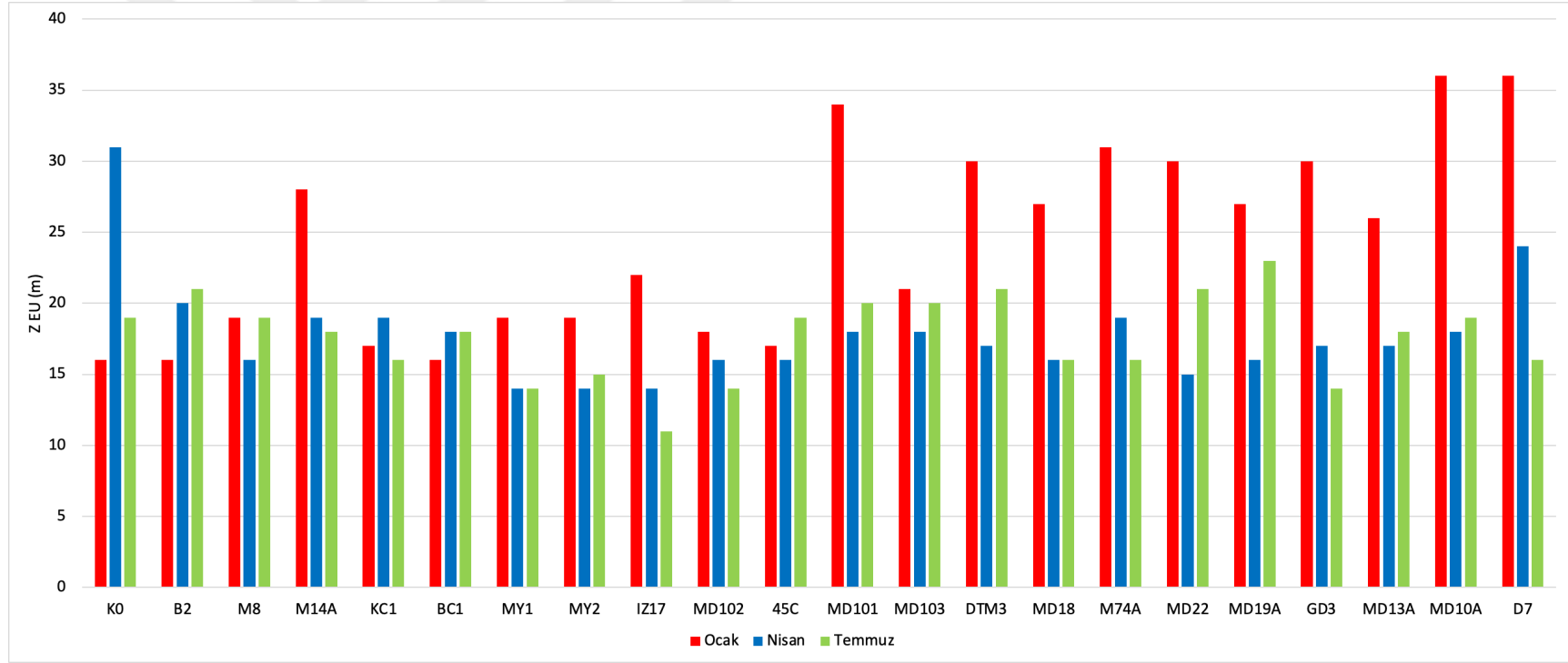
Şekil 54. MD13A istasyonu için PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)



Şekil 55. D7istasyonu için PAR, K_d ve % ışık değerlerinin ilk 30 metre için dikey değişimi
(Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

İstasyonların değerleri karşılaştırıldığında ölçülen minimum Z_{SD} değerleri Nisan ve Temmuz dönemi örneklemeleri için İzmit Körfezi'nde yer alan İZ-17 istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 56). Kış dönemi örneklemeindeki en düşük değer ise İstanbul Boğazı'nda yer alan B2 istasyonunda ölçülmüştür. En yüksek değerler ise kış dönemi örnekleme için derin istasyon olan MD101 istasyonunda, ilkbahar dönemi için İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışındaki K0 ve derin istasyon olan MD101 istasyonunda, yaz örnekleme için ise en derin seki disk istasyonu MD19A'dır.

İstasyonların değerleri karşılaştırıldığında ölçülen minimum Z_{EU} değerleri Ocak ayı için İstanbul Boğazı ortasındaki B2 istasyonunda ve Karadeniz çıkışındaki K0 istasyonunda, Nisan örneklemeleri için İzmit Körfezi'nde yer alan İZ-17 istasyonu ve MY1-MY2 istasyonlarında, Temmuz örnekleme dönemi için ise İZ-17, MY1, MY2 ve MD102 istasyonlarında ölçülmüştür. En yüksek değerler ise kış dönemi örnekleme için derin istasyon olan MD101 istasyonunda ve Çanakkale Boğazı'na yakın MD10A, D7 istasyonlarında, ilkbahar dönemi için İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışındaki K0, B2 ve D7 istasyonunda, yaz örnekleme için ise MD19 ve MD22 şeklinde güneybatı Marmara'da yer alan istasyonlardır.



Şekil 56. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} değerlerinin istasyona bağlı değişimi (Kırmızı: Ocak, Mavi: Nisan, Yeşil: Temmuz)

3. 2. 3. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı

Daha önce dünya denizleri ve okyanuslarında yapılan çalışmalarda hesaplanan sönümlenme katsayıları oğunlukla ışıklı tabaka için bir ortalama değer olarak verilse de bazı çalışmalarda yüzeyin hemen altında yani 1 metredeki sönümlenme katsayısı da çalışma alanını temsilen verilmektedir. Bu nedenle çalışmanın bu kısmında sönümlenme katsayısı hem ortalama sönümlenme (Kd ortalama) hem de yüzeyaltı (Kd Yüzeyaltı) değerlerini ve dağılımı incelenmiştir (Tablo 14).

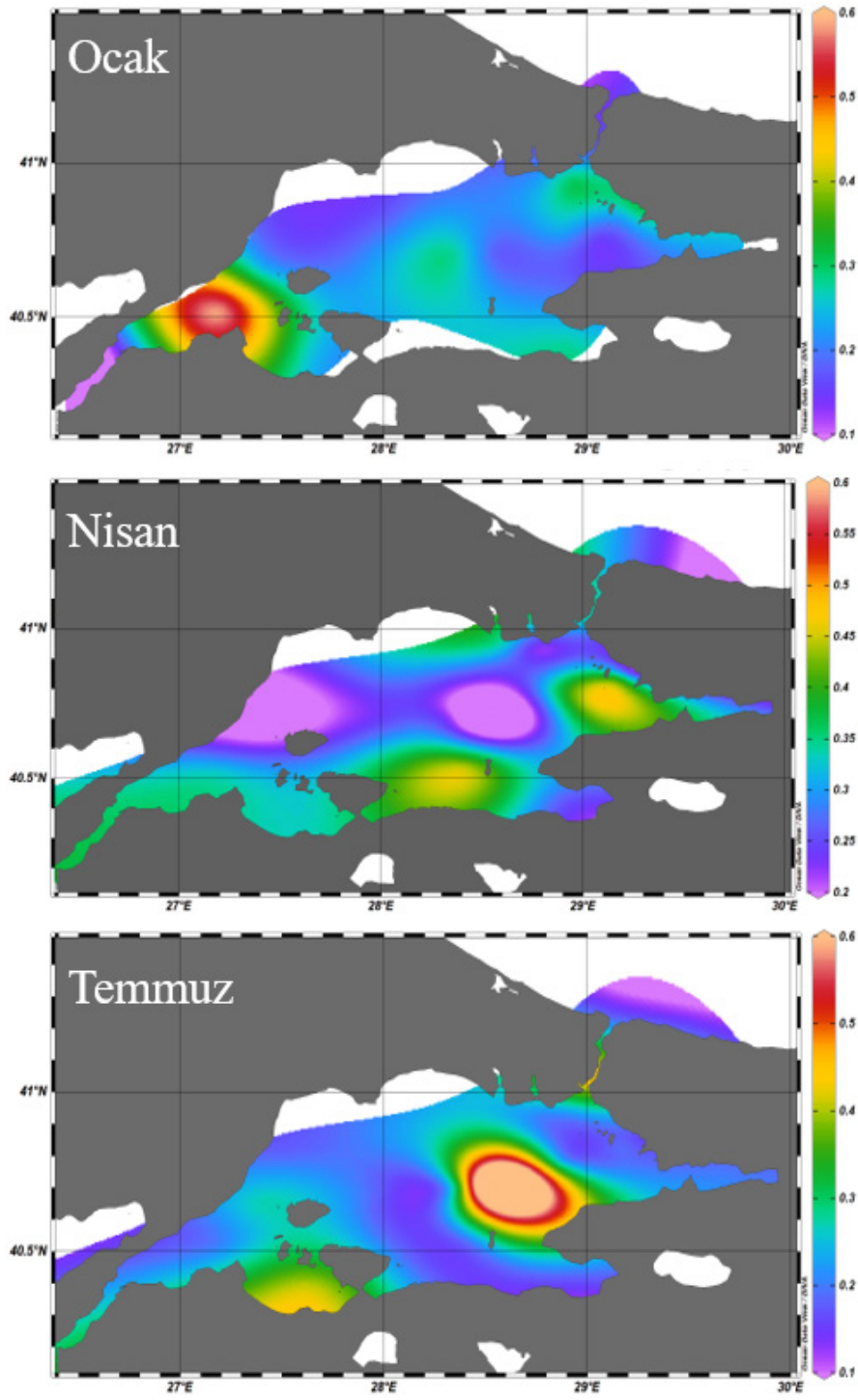
Tablo 14. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (Yüzeyaltı) ve Kd (Ortalama) için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri (m^{-1})

		Ocak	Nisan	Temmuz	Tüm Veri
Kd (Yüzeyaltı)	Min	0,034	0,144	0,133	0,034
	Maks	0,482	0,599	0,982	0,982
	Ortalama	0,293	0,240	0,263	0,265
	St. Sapma	0,105	0,093	0,174	0,131
Kd (Ortalama)	Min	0,123	0,149	0,201	0,123
	Maks	0,294	0,347	0,443	0,443
	Ortalama	0,205	0,267	0,270	0,247
	St. Sapma	0,056	0,043	0,052	0,059

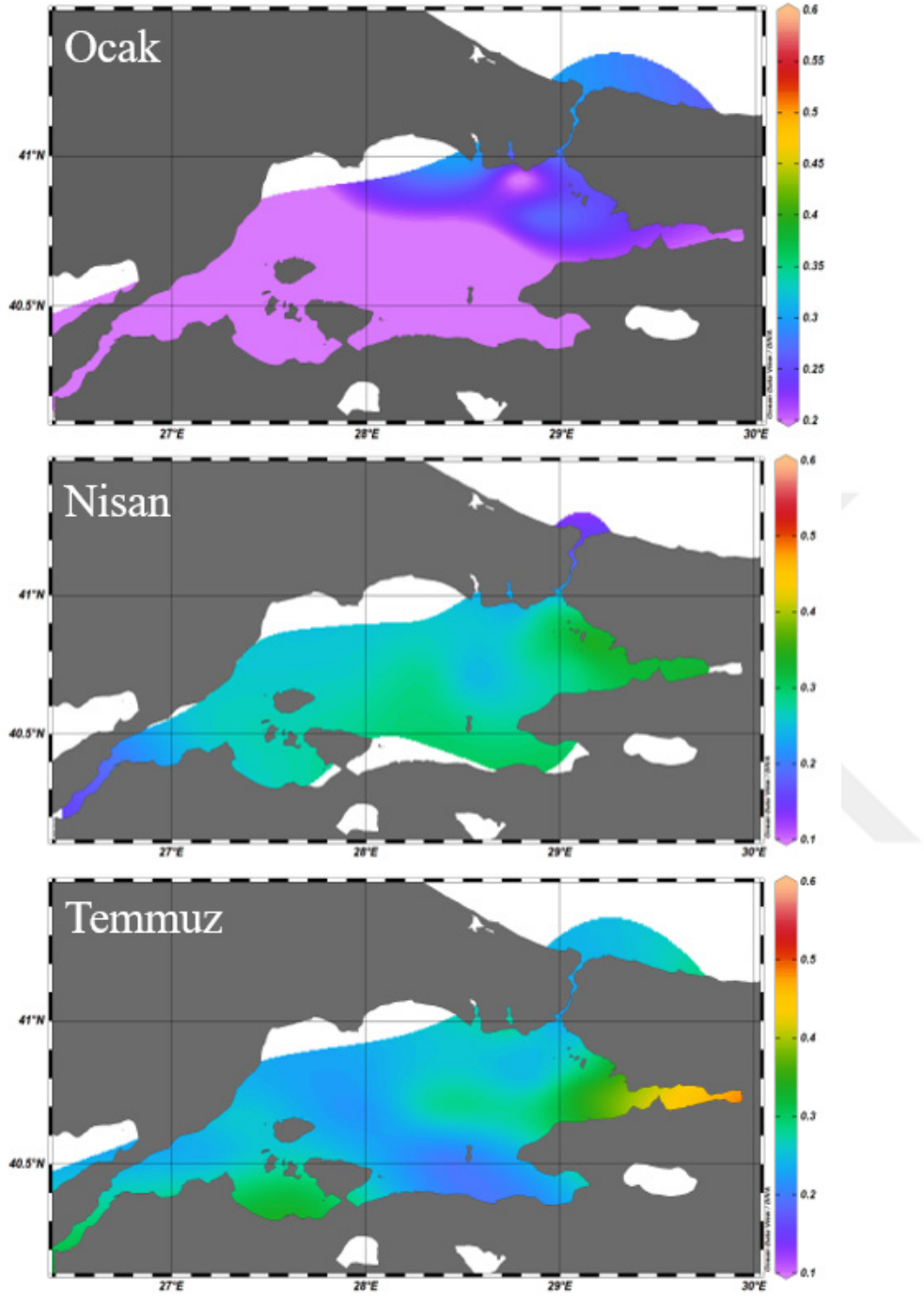
3. 2. 3. 2. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı mekan ve zamana bağlı değişimi

Kd yüzeyaltı, (Şekil 57) sönümlenme katsayısı istasyonlar bazında değerlendirildiğinde orta Marmara bölgesinde ve körfezlerde yüksek değerler elde edilmiştir. Derin basenler ise tam aksine düşük değerler sergilemiştir. Kd ortalama, (Şekil 58) sönümlenme katsayısı istasyonlar bazında değerlendirildiğinde, Kd yüzeyaltı, sönümlenme katsayısına göre tüm basende birbirine daha yakın değerler elde edilmiştir. Kd yüzeyaltında'da bölgesel yüksek değerler görülürken, Kd ortalamada Erdek, Gemlik ve İzmit Körfezi gibi daha kirlilik baskısı altında kalan bölgelerde ortalama sönümlenme katsayılarının diğer istasyonlara görece biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu açıdan bakınca Marmara Denizi gibi kirlilik, müsilaj vb faktörlerin gözlendiği bir denizde sönümlenme katsayısının ışıklı tabaka için ortalama alınan bir değer olmasının daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır.

Kd ortalama sönümlenme katsayısı zaman ölçeğinde değerlendirildiğinde Ocak'tan Temmuz ayına doğru artan bir sönümlenme katsayısı olduğu görülmüştür (Şekil 58). Kış döneminde sönümlenme katsayısının Marmara genelinde 0,2-0,3 arası değişirken bu aralık ilkbaharda 0,4 (m^{-1})'lere, yaz döneminde ise 0,5 (m^{-1})'lere çıkmıştır. Kd yüzeyaltı değerlerde ise 0,6 (m^{-1})'nın üzerinde değerler noktasal olarak görülmüştür.



Şekil 57. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (Yüzeyaltı) dağılımı (m^{-1})



Şekil 58. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (Ortalama) verisi (m⁻¹)

Kd ortalama sönümlenme katsayısı zaman ölçeğinde değerlendirildiğinde Ocak'tan Temmuz ayına doğru artan bir sönümlenme katsayısı olduğu görülmüştür (Şekil 58). Kış döneminde sönümlenme katsayısının Marmara genelinde 0,2-0,3 arası değişirken bu aralık ilkbaharda 0,4 (m^{-1})'lere, yaz döneminde ise 0,5 (m^{-1})'lere çıkmıştır. Kd yüzeyaltı değerlerde ise 0,6 (m^{-1})'nin üzerinde değerler noktasal olarak görülmüştür.

3. 2. 4. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği / seki disk (β) derinliği

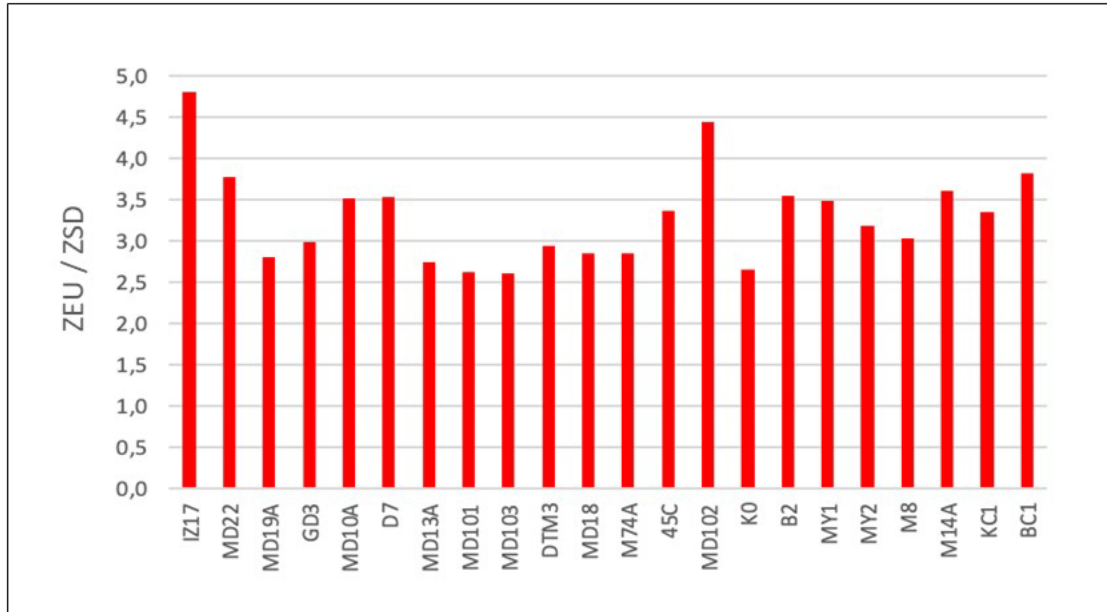
Literatürde çoğunlukla 1-5 arasında geçen Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranının minimum ve maksimum değeri Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi sırasıyla 1,8, 5,6'dır (Tablo 15). Minimum ve maksimum değerler Nisan ayında gözlenmiştir. Tüm veri ortalamasına bakıldığında Z_{EU} / Z_{SD} oranı $3,30 \pm 0,82$ 'dir (2,48 – 4,12).

Tablo 15. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Ocak	Nisan	Temmuz	Tüm Veri
Z_{EU} / Z_{SD}	Min	2,33	1,80	2,00	1,80
	Maks	5,09	5,60	4,40	5,60
	Ortalama	3,73	3,26	2,90	3,30
	St. Sapma	0,69	0,94	0,56	0,82

3. 2. 4. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β) mekan ve zamana bağlı değişim

Z_{EU} / Z_{SD} (β) oranını Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi ortalamaları Marmara Denizi verisi için istasyonlara bağlı olarak Şekil 59’da incelenmiştir. Öncelikle literatürde 1-5 arasında yer alan Z_{EU} / Z_{SD} oranı (Lee ve diğerleri, 2018) istasyon ortalamaları alınmasına karşın yine de oldukça yüksek hesaplanmıştır. Çünkü en yaygın değer aralığı giriş bölümünde bahsedildiği üzere 1,5 – 2,0 aralığındadır. Z_{EU} / Z_{SD} oranı 3’ün altında olan 9 istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonların 6’sı güneydoğuda ve orta basende yer alan derin istasyonlar olmakla beraber, körfezlerde bulunan 2 istasyonu da içermektedir. Z_{EU} / Z_{SD} oranı düşük diğer bir istasyon ise Karadeniz girişinde yer alan K0 istasyonudur. Genel veriye bakıldığında 22 istasyonun 10’unun Z_{EU} / Z_{SD} oranı 3 ile 4 arasında yer almaktadır. Dolayısı ile bu çalışma için ortalama değer de 3 ve 4 arasında kabul edilebilir. Sadece 2 istasyonda Z_{EU} / Z_{SD} oranı 4’ten yüksektir. Bu istasyonlardan ilki İzmir Körfezi’nde yer alan İZ-17’dir, bunun ise temel nedeni bu istasyonda 3 dönem boyunca kaydedilmiş oldukça düşük Z_{SD} değerleridir. Diğer istasyon ise derin istasyon olan MD102’dir.



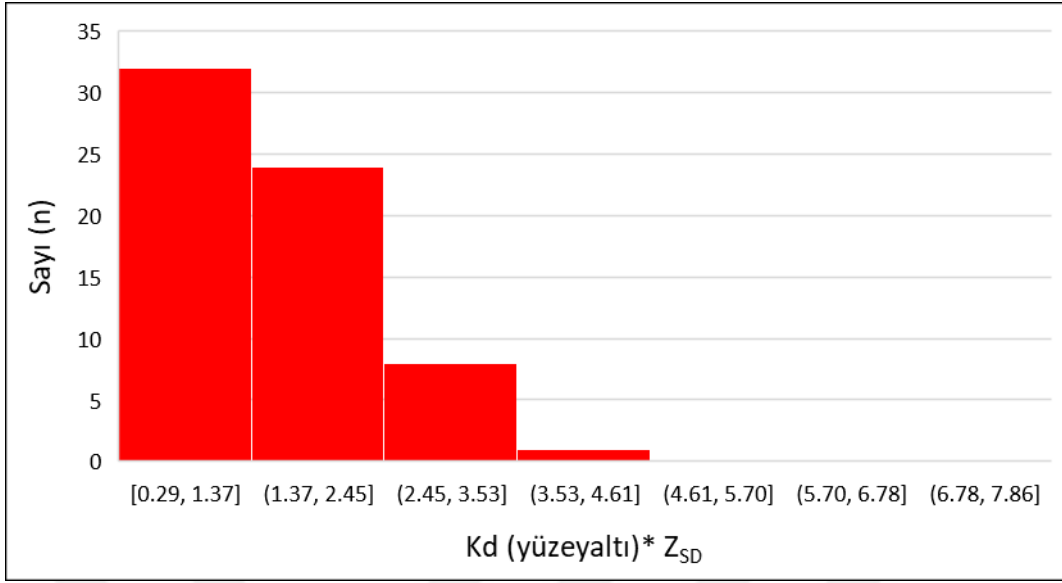
Şekil 59. 2021 yılı Dönemi Marmara Denizi’nde çalışılan 22 istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) mekansal değişimi

Z_{EU} / Z_{SD} Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi verisi zamana bağlı için değerlendirildiğinde, oranın Ocak'tan Nisan'a, Nisan'dan Temmuz'a azaldığı görülmüştür. Bu oranın azalması için ya Z_{EU} değerinin düşmesi ya da Z_{SD} değerinin zamanla artması gerekmektedir. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Z_{SD} değerleri 3. 2. 2. 1. bölümünde yer alan Tablo 12'ye göre Ocak ve Temmuz ayları arasında belirgin bir artış göstermemiştir. Dolayısı ile bu oran Z_{SD} neredeyse sabitken ancak Z_{EU} değerinin azalması ile açıklanabilmektedir.

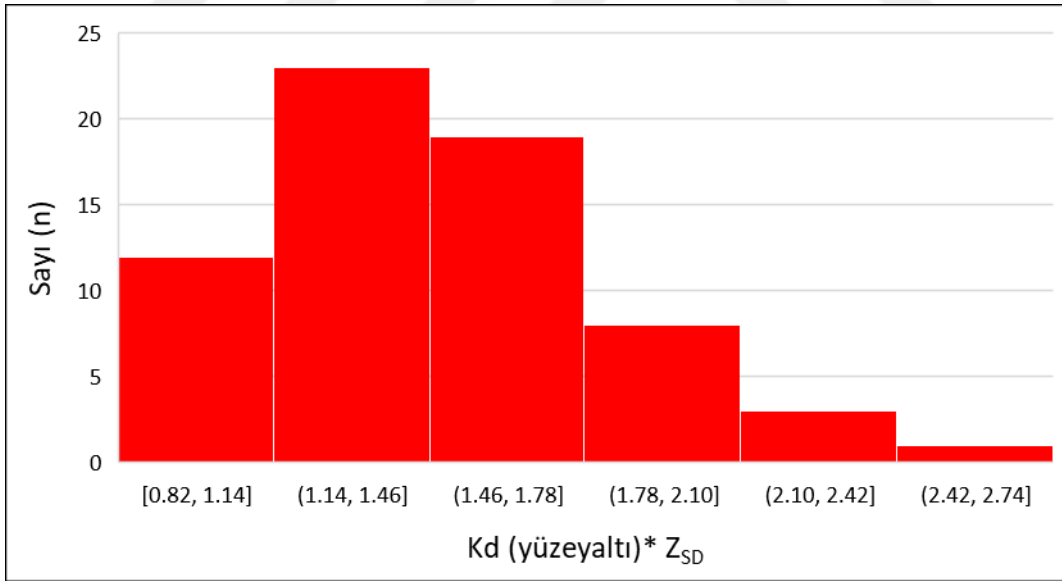
3. 2. 5. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α)

3. 2. 5. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği (α) veri dağılımı

Dünya denizleri ve okyanusları için literatürde çoğunlukla 1,5 – 2 arasında değişen $K_d^* Z_{SD}$ oranının (Lee ve diğerleri, 2018). Kuzeydoğu Marmara Denizi için ortalama değeri bu çalışma için iki farklı şekilde hesaplanmıştır. İlki K_d yüzeyaltı değer kullanılarak ikincisi ise K_d ortalama değer kullanılarak Şekil 60'ta, Şekil 61'de ve Tablo 16'da gösterilmiştir. Buna göre K_d yüzeyaltı değer kullanılarak hesaplanmış $K_d^* Z_{SD}$ oranını 1,66±1,04 iken, K_d ortalama değer kullanılarak hesaplanmış oran ise 1,49±0,36'dır. $K_d^* Z_{SD}$ verisi hafifçe sağa çarpıktır. Veri dağılımına bakıldığında en çok ölçülen veri aralıkları K_d yüzeyaltı için 1,19-2,09 (Şekil 60) iken K_d ortalama için bu aralık 1,14-1,46'dır (Şekil 61).



Şekil 60. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait K_d (yüzeyaltı) * Z_{SD} veri dağılımı



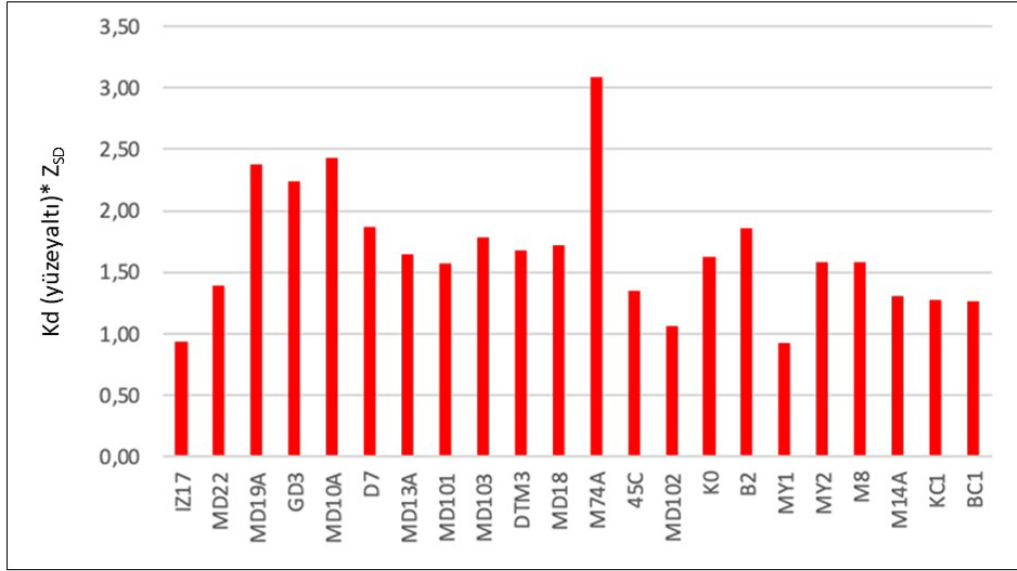
Şekil 61. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait K_d (ortalama) * Z_{SD} veri dağılımı

Tablo 16. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait $K_d * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği (α)) verisi için minimum, maksimum ve ortalama ve standart sapma değerlerinin mevsimlere, istasyonlara göre değerleri

		Ocak	Nisan	Temmuz	Tüm Veri
Kd (Yüzeyaltı) * Z_{SD}	Min	0,29	0,45	0,53	0,29
	Maks	3,68	3,30	7,86	7,86
	Ortalama	1,89	1,38	1,73	1,66
	St. Sapma	0,79	0,59	1,45	1,04
Kd (Ortalama) * Z_{SD}	Min	0,91	0,82	1,11	0,82
	Maks	1,97	2,55	2,29	2,55
	Ortalama	1,28	1,53	1,65	1,49
	St. Sapma	0,25	0,41	0,31	0,36

3. 2. 5. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi Marmara Denizi sönümlenme katsayısı * seki disk derinliği mekan e zamana bağlı değişimi

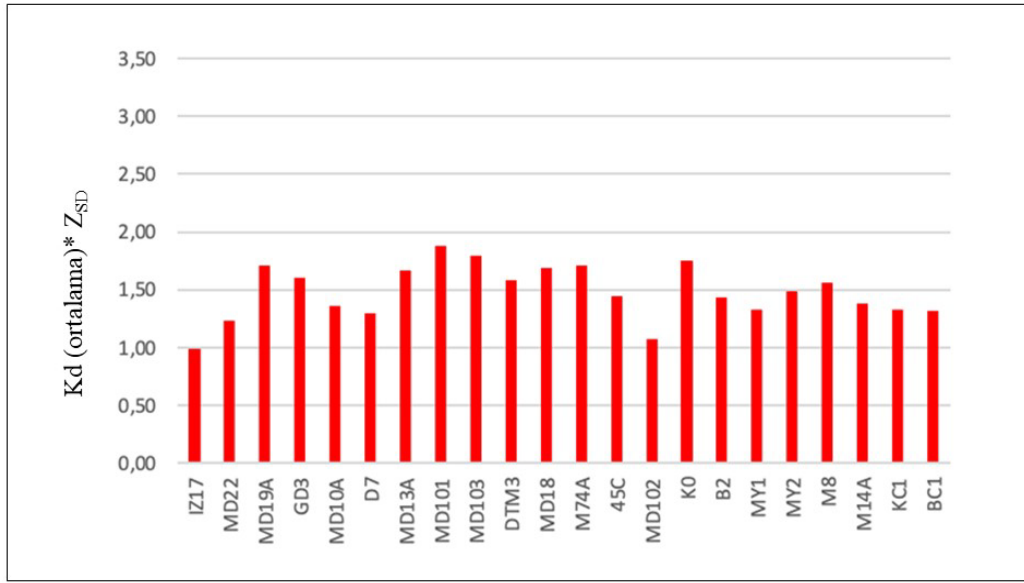
Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait $K_d * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verisi Şekil 62'te K_d yüzeyaltı değer için mekansal ortalaması ve Şekil 63'te ise K_d ortalama değer için mekansal ortalamalar incelenmiştir. K_d yüzeyaltı değerden hesaplanan $K_d * Z_{SD}$ (α) değeri 4 istasyonda 2'nin üzerindedir. Bu istasyonlar Marmara Denizi güneyinde yer alan istasyonlar ve M74A isimli orta marmara istasyonudur. Buralarda yüksek K_d yüzeyaltı değerler ve yüksek seki disk derinlikleri mevsime de bağlı olarak ölçülmüştür. $K_d * Z_{SD}$ değerinin 1'in de altına indiği istasyonlar mevcuttur. Bu istasyonlar İZ-17 ve MY1 gibi düşük Z_{SD} değerlerinin elde edildiği istasyonlardır.



Şekil 62. 2021 yılı Marmara Denizi’nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (yüzeyaltı)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verinin mekansal dağılımı

Kd ortalama değerden hesaplanan Kd* Z_{SD} değeri tüm istasyonlarda 2’nin altındadır (Şekil 63). Bunun nedeni elde edilen pik değerlerin su kolunu ortalaması alınırken yumuşaması ama aynı zamanda yüksek değerlerin olduğu bölgelerde de yüksek değerlerin korunmasını sağlamıştır. Diğer taraftan ise en düşük bölgelerde bile Kd* Z_{SD} değeri hiç 1’in altına düşmemiş ve literatür değerleri arasında kalmıştır. Aynı şekilde oranın düşük ve yüksek olduğu istasyonlar Kd yüzeyaltı değer alınarak hesaplanan Kd* Z_{SD} değerlerine sahip istasyonlara benzer olmakla beraber uç değerler azalmış bulunmaktadır.

Kd* Z_{SD} Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Dönemi Marmara Denizi verisi zamana bağlı değişimi yüzeyaltından hesaplanan Kd değerine göre değerlendirildiğinde, bu değer Ocak ayından Nisan ayına azaldığı ancak sonra yine arttığı görülmüştür. Bu şekilde değişimin nedeni ise yüksek pik değerler olarak değerlendirilmiştir. Ortalama Kd değerinden hesaplanan Kd* Z_{SD} sonucuna bakıldığında ise bu değer Ocak’tan Nisan’a, Nisan’dan Temmuz’a belirli bir oranda arttığı görülmüştür (Tablo 16).



Şekil 63..2021 yılı Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait Kd (ortalama)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verinin mekansal dağılımı

3. 2. 6. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 biyolojik parametreler

3. 2. 6. 1. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi klorofil-*a* değerleri

Klorofil-*a* (Chl-*a*), denizlerdeki fitoplankton biyokütlesi göstergesi olarak 70 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Ayrıca birincil üretim seviyesinin bir göstergesi olarak kabul edilip, denizlerde yüksek konsantrasyonu ötrofikasyonu işaret etmektedir. Denizlerde besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonun biyokütle göstergesi olan Chl-*a*, çalışma süresince 2021 yılında 3 mevsim 22 istasyonda su kolonunda ölçülmüştür. Örneklemeler kış mevsimini temsilen 2021 yılının Ocak, ilkbahar mevsimini temsilen Nisan ve yaz mevsimini temsilen de Temmuz aylarında yapılmıştır. Yüzey suyu konsantrasyonları Ocak ayında 0,23-3,62 µg/L arasında, Klorofil Maksimum Derinliğinde (CMD) 0,34-3,87 µg/L arasında değişim göstermiştir (Tablo 17). Nisan ayında yüzeyde 0,3-6,95 µg/L, CMD ise 0,81-6,79 µg/L aralığında değişim göstermiştir. Temmuz ayında ise konsantrasyonlar yüzeyde 0,05-4,32 µg/L, CMD 0,58-2,38 µg/L aralığında gözlenmiştir (Tablo 17). En yüksek yüzey Chl-*a* konsantrasyonu musilaj olayının gözlemlendiği Nisan ayında tespit edilmiştir. Temmuz ayında da

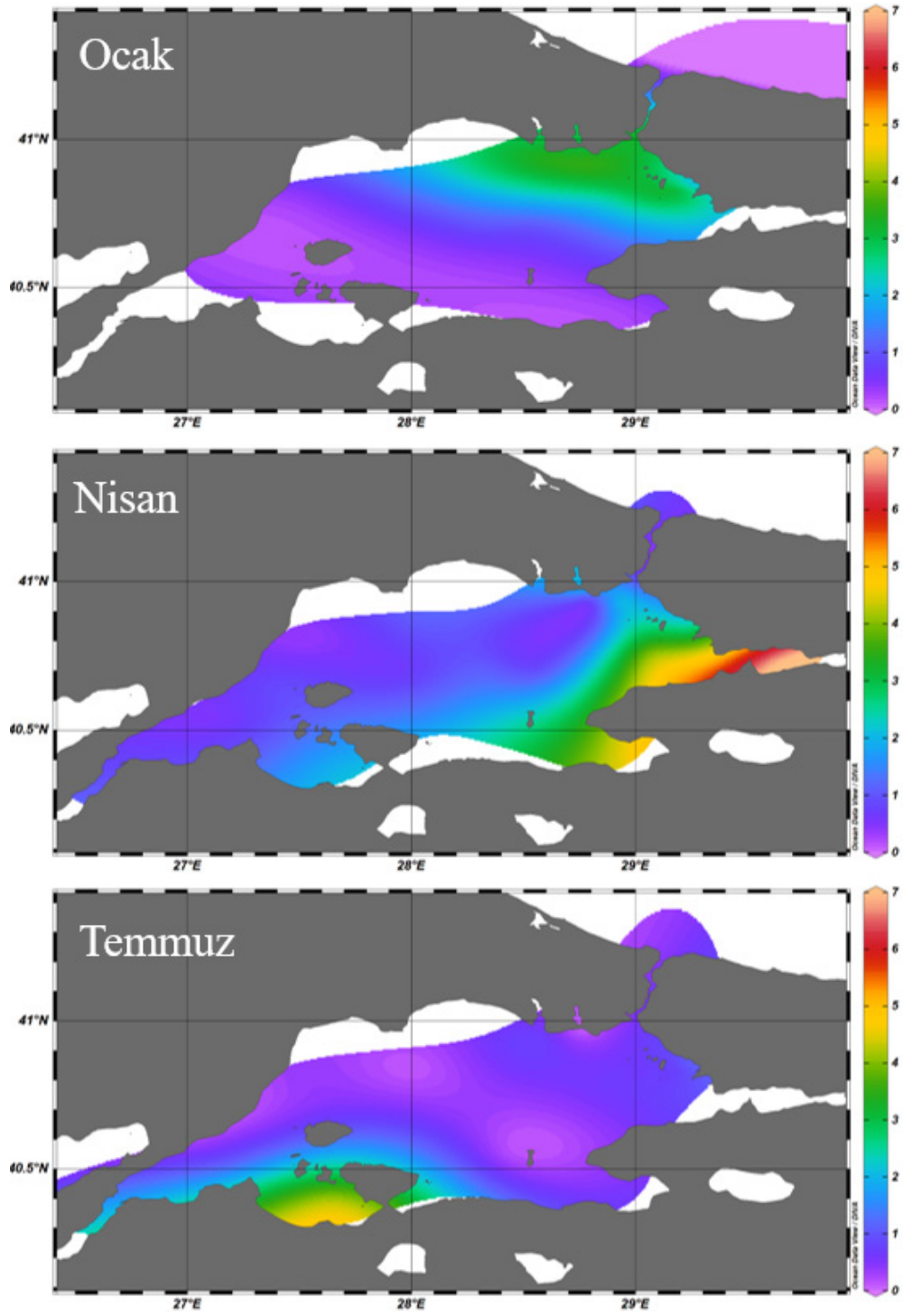
yaz mevsimi olmasına rağmen Chl-*a* konsantrasyonları yüksek olarak tespit edilmiştir. Temmuz ayında musilaj tüm su kolonunda yaygın olarak bulunduğu gözlenmiştir (Öztürk ve diğerleri, 2021).

Marmara Denizi'nde klorofil-*a* nın yüzey dağılımını mekansal olarak daha iyi görebilmek için yüzey dağılım haritaları (Şekil 64) da verilmiştir. Konsantrasyonların kıyı, boğaz etki alanı ve körfez girişlerinde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Marmara Denizi'nde genelde Chl-*a* konsantrasyonları kış ve ilkbahar aylarında yüksek yaz aylarında ise genelde düşük olarak rapor edilmektedir (ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019). Örnekleme periyodu içerisinde Ocak ayında İstanbul Boğazı'nda yer alan ve boğazın etki alanında olan istasyonlar ile kıyıda yer alan istasyonlarda konsantrasyonlar yüksek iken, Nisan ayında derin basende yer alan istasyonlarda da konsantrasyonların yüksek olduğu görülmüştür. İzmit Körfezinde yer alan İZ17 nolu istasyonda en yüksek değerler gözlenmiştir. Temmuz ayında görece konsantrasyonlar yüzeyde düşük iken en yüksek konsantrasyon Erdek Körfezinde yer alan GD3 nolu istasyonda tespit edilmiştir. Su kolonunda ise karasal etki alanında yer alan MBC, KC1, MY1, MY2 ile yine derin basen istasyonu olan 45C'de konsantrasyonların yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 65 - Şekil 70).

Tablo 17. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi yüzey ve Klorofil maksimum derinlikleri için klorofil-*a* değerleri

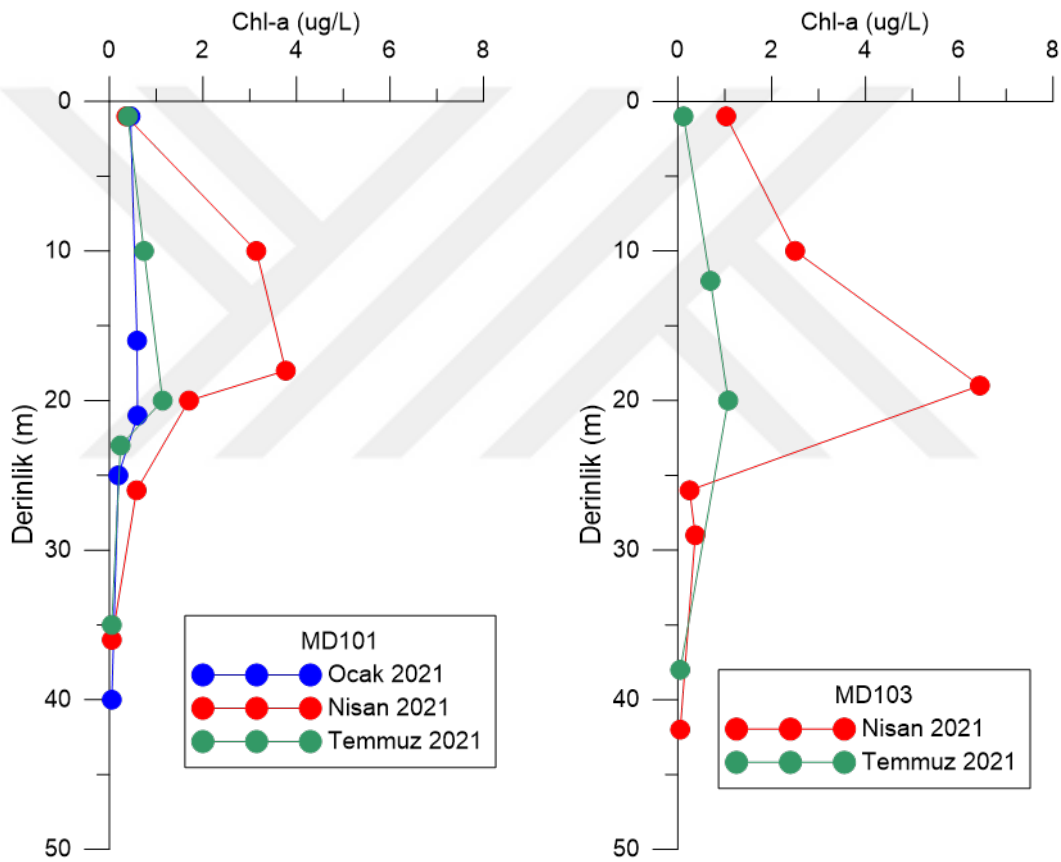
Klorofil- <i>a</i> (µg/L)						
	Ocak 2021		Nisan 2021		Temmuz 2021	
İstasyon	Yüzey	Chl-maks	Yüzey	Chl-maks	Yüzey	Chl-maks
K0	0,31	1,42	0,68	0,81	0,46	0,69
B2	3,25	-	0,59	2,17	0,56	1,7
M8	3,33	-	2,18	3,22	0,58	1,6
M14A	3,62	-	0,3	1,55	0,34	0,8
KC1	2,88	-	2,05	2,24	0,05	2,38
MBC	3,48	-	1,27	2,76	0,79	1,57
MY1	1,75	1,92	2,48	4,74	1,14	1,58
MY2	3,61	3,87	2,9	3,33	0,69	1,93
MD102	-	-	4,1	4,34	0,78	1,77
45C	2,36	2,61	2,16	3,87	0,68	1,81
MD103	-	-	4,1	4,34	0,78	1,77
MD101	0,45	0,6	0,36	3,77	0,39	1,14
MD13A	-	-	0,9	4,28	0,46	1,14
MD10A	0,29	0,34	0,6	1,41	1,06	-
D7	-	-	0,8	2,89	1,6	2,17
M74A	0,95	0,96	0,86	1,76	0,34	0,58
MD18	1,02	-	1,14	3,5	0,35	1,03
DTM3	0,51	1,28	0,69	1,96	0,57	1,33
MD19A	-	-	2,26	6,38	0,24	0,8
GD3	-	-	1,85	3,25	4,31	-
MD22	0,23	0,56	4,4	6,79	0,58	-
İZ-17	-	-	6,95	-	-	-

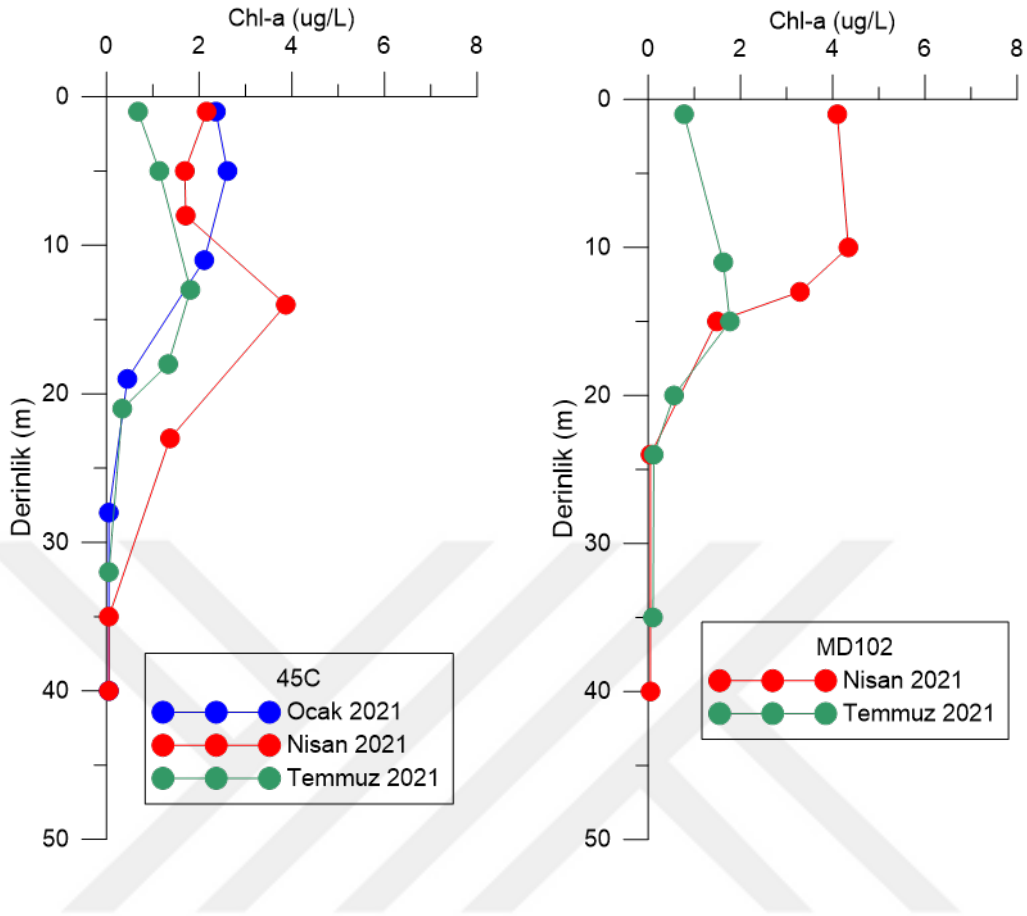


Şekil 64. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait yüzey Klorofil-*a* değerlerinin 3 mevsim için alansal gösterimi

Tablo 17’de yüzey ve yüzey altı klorofil maksimum değerleri verilmiştir. Su kolonu boyunca profil olarak örnekleme yapılan istasyonlardaki klorofil-*a* konsantrasyonlarının su kolonu boyunca değişimi Şekil 65 - Şekil 70’te sunulmuştur.

Ocak ayında B2, M8, M14A, MBC ve KC1 nolu istasyonlarda klorofil-*a* değerleri yüzeyde yüksektir. Diğer istasyonlarda su kolonu kış karışım koşullarından dolayı bariz bir yüzey altı maksimum gözlenmemiştir. Konsantrasyonlar 5-25 m aralığındaki derinliklerde yüksek olarak belirlenmiştir. Nisan ayı klorofil maksimum 5-25m aralığındaki derinliklerde, Temmuz ayında 5-32m aralığındaki derinliklerde gözlenmiştir (Tablo 17).

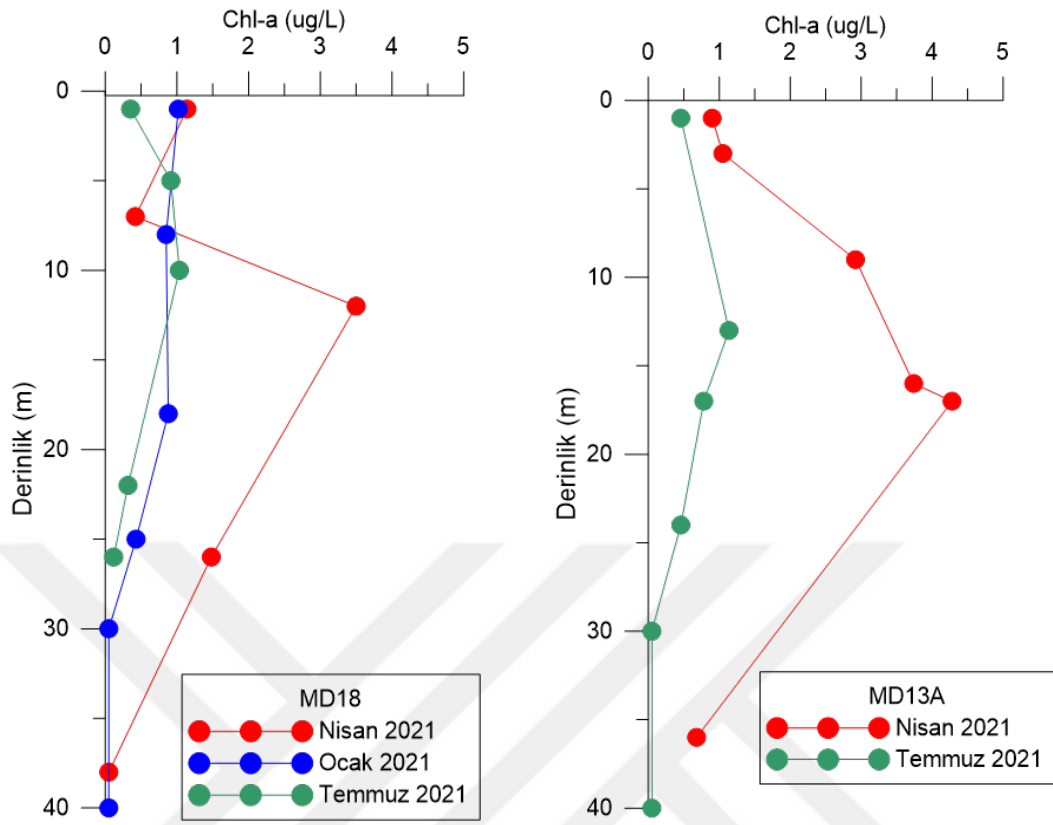




Şekil 65. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi derin basende çalışılan MD101, MD102, MD103 ve 45C istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi

Şekil 65'te görüldüğü üzere derin basende yer alan istasyonlarda Nisan ayında su kolonu boyunca konsantrasyonlar diğer aylara göre yüksek bulunmuştur ve derin klorofil-*a* maksimumu bariz bir şekilde gözlenmektedir. Temmuz ayı klorofil-*a* değerleri bu bölgede daha düşük olmakla birlikte zayıf da olsa derin klorofil-*a* maksimumu gelişmiştir. Ocak ayı su kolonu klorofil-*a* değerleri MD101 de düşük ancak 45C de 12m ye kadar yüksek sonra derinlik arttıkça azalmaktadır.

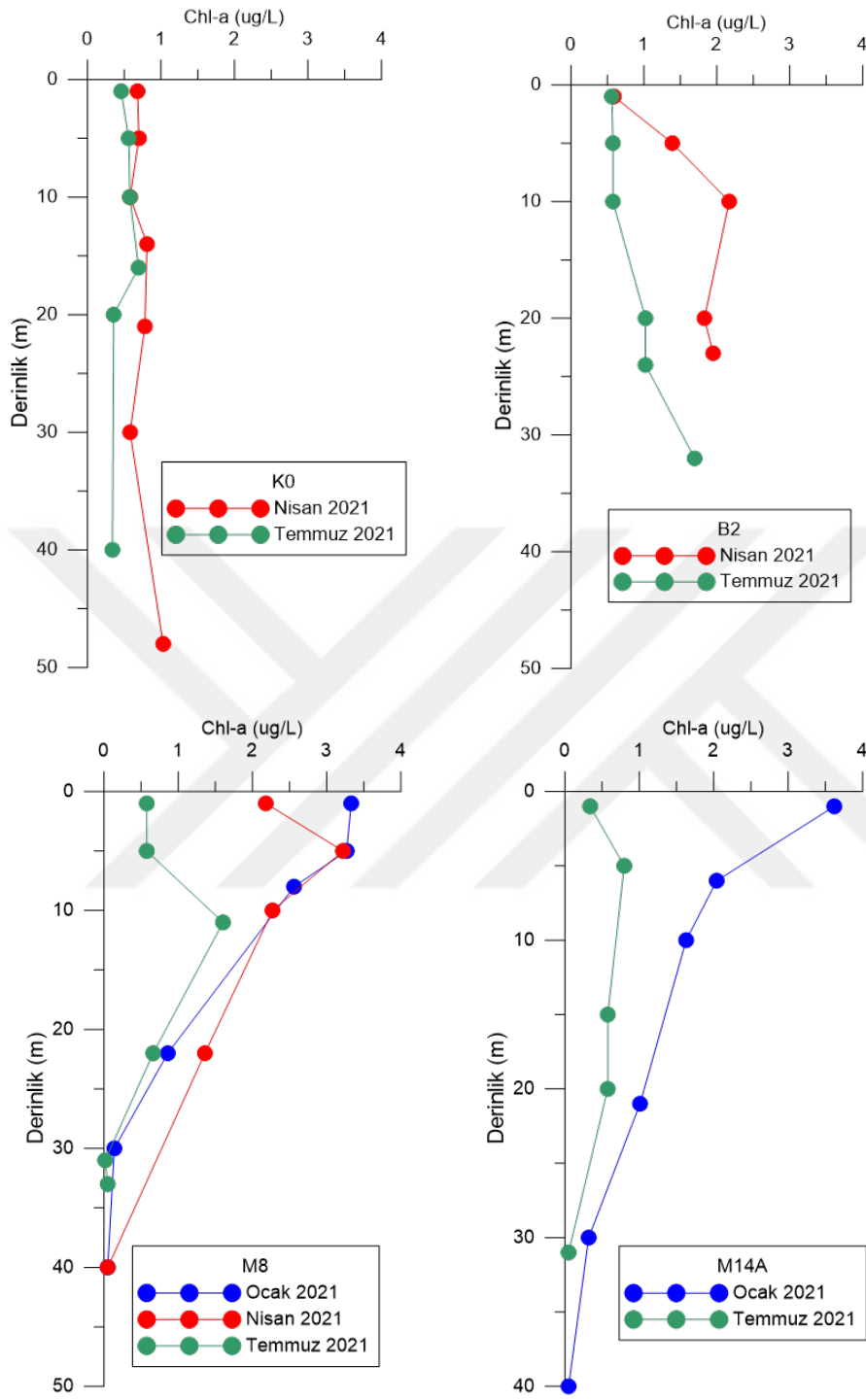
Orta basende yer alan MD18 ve MD13A nolu istasyonlarda derin basene benzer bir durum sergilemiş, nisan ayında değerler su kolonunda yüksek ve derin klorofil maksimumu belirgindir. MD18 de derin klorofil maksimum 12m de 3,5 $\mu\text{g/L}$ değerinde, MD13A'da 18m'de 4,5 $\mu\text{g/L}$ değerinde tespit edilmiştir. Temmuz ve Ocak aylarında ise konsantrasyonlar su kolonunda $<1 \mu\text{g/L}$ den küçük olarak belirlenmiştir (Şekil 66).



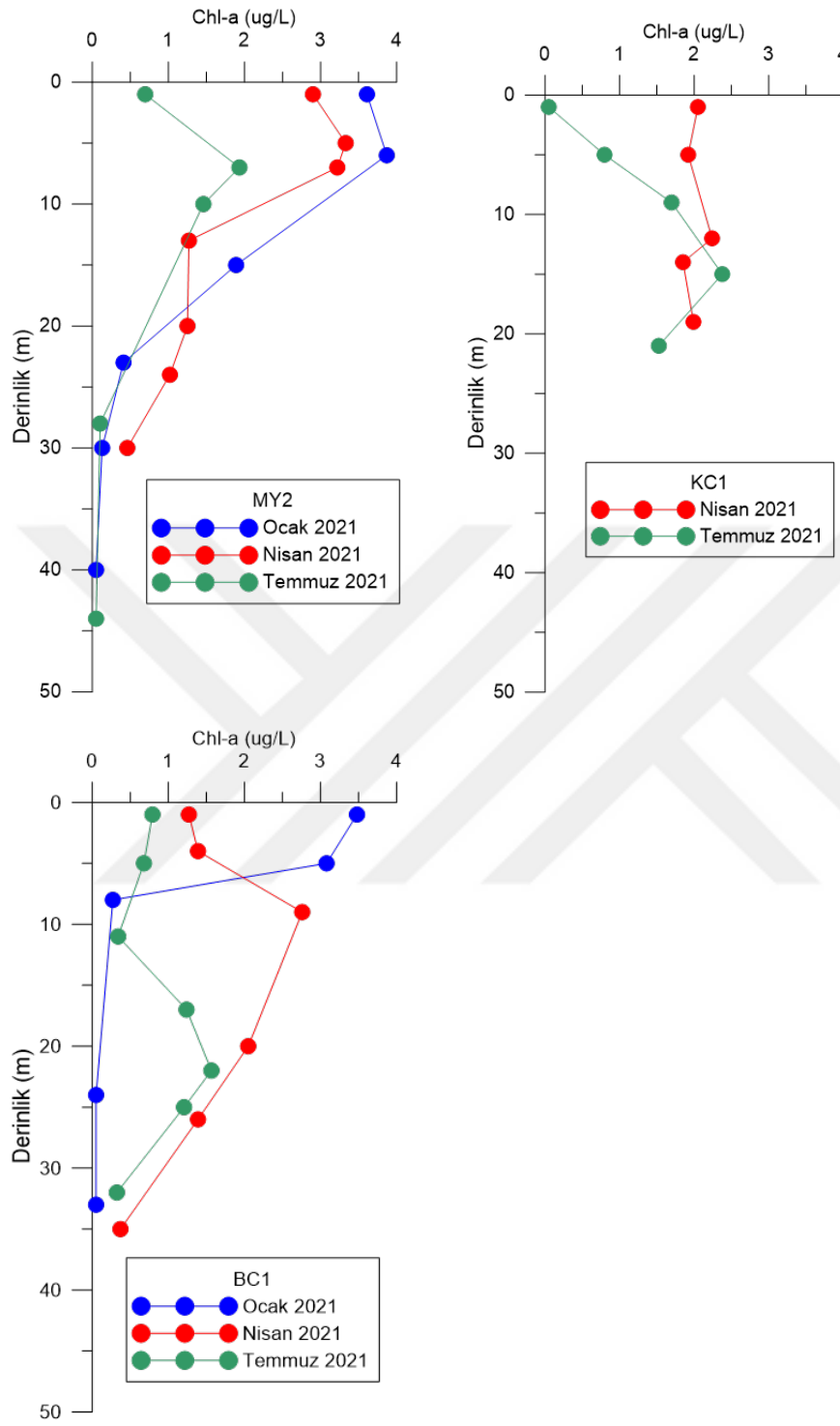
Şekil 66. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi orta basende çalışılan MD18 ve MD13A istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi

İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışından boğaz ve etkisinin görüldüğü Marmara Denizi alanında yer alan istasyonlarda (Şekil 67) konsantrasyonların Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru arttığı görülmektedir. Bu alanda değerler Ocak ve Nisan aylarında su kolonunda daha sıg derinliklerde yüksek olarak belirlenmiştir.

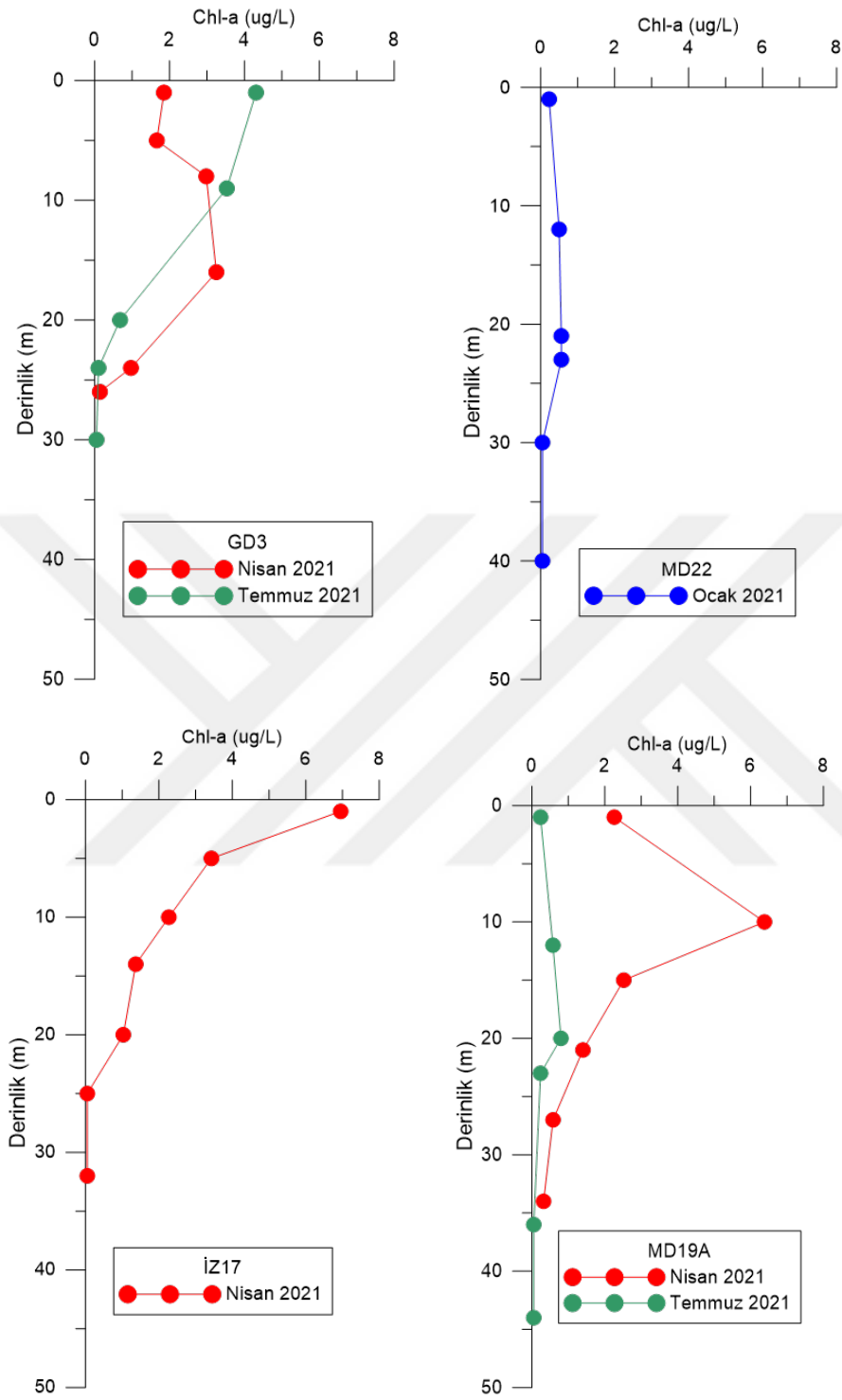
Boğaz çıkışının doğu ve batısında kara etkisinde yer alan MY2, KC1 ve MBC nolu istasyonlarda konsantrasyonlar Ocak ve Nisan aylarında yüksektir. Derin klorofil maksimum derinliği Temmuz ayında daha derinde yer almıştır (Şekil 68). İzmit (İZ17), Gemlik (MD22), Erdek (GD3) Körfezleri girişleri ve Susurluk nehri etki alanında yer alan MD19A nolu istasyonlarda konsantrasyonlar yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 69). İzmit Körfezinde yüksek değerler yüzeyde yer almıştır. Çanakkale Boğazı girişinde bulunan D7 nolu istasyonda su kolonu boyunca bariz bir şekilde derin klorofil-*a* maksimumu Nisan ayında 25m de, Temmuz ayında 5m de gözlenmiştir (Şekil 70).



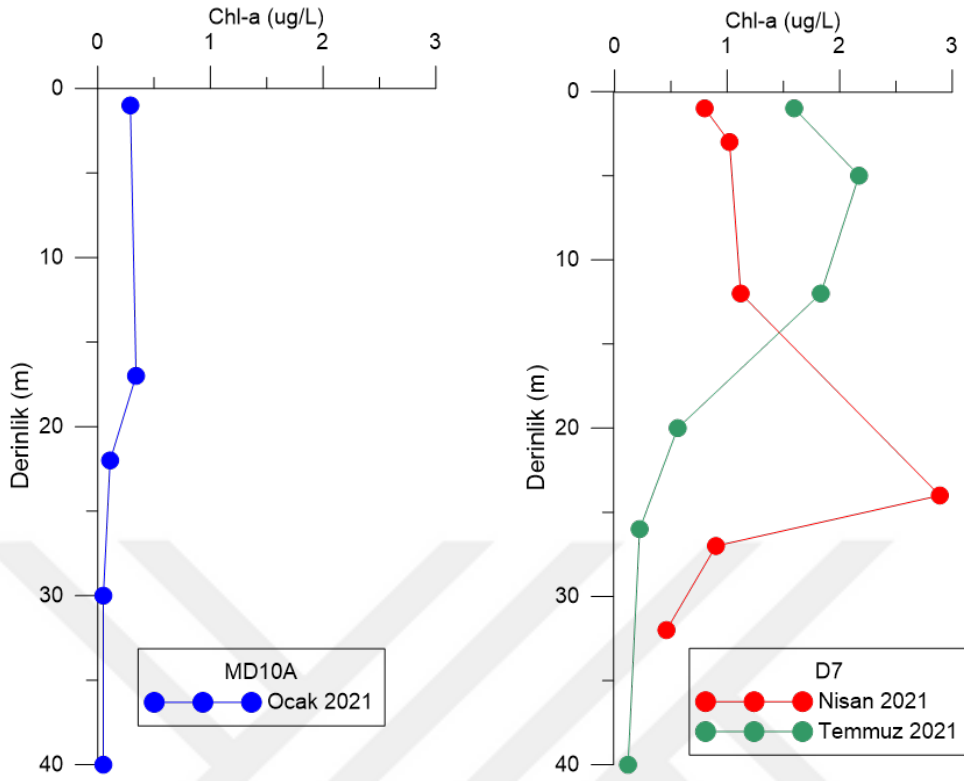
Şekil 67. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi İstanbul Boğazı ve etki alanında çalışılan K0, B2, M8 ve M14A istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi



Şekil 68. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Kuzeydoğu Marmara Denizi İstanbul kıyı alanında çalışılan MY2, KC1 ve MBC istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi



Şekil 69. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi körfezlerinde çalışılan GD3, MD22, İZ-17 ve MD19A istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi



Şekil 70. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Çanakkale Boğazı çalışılan MD10A ve D7 istasyonlarına ait Klorofil-*a* değerlerinin su kolonundaki değişimi

3. 2. 6. 2. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi askıda katı madde (AKM) değerleri

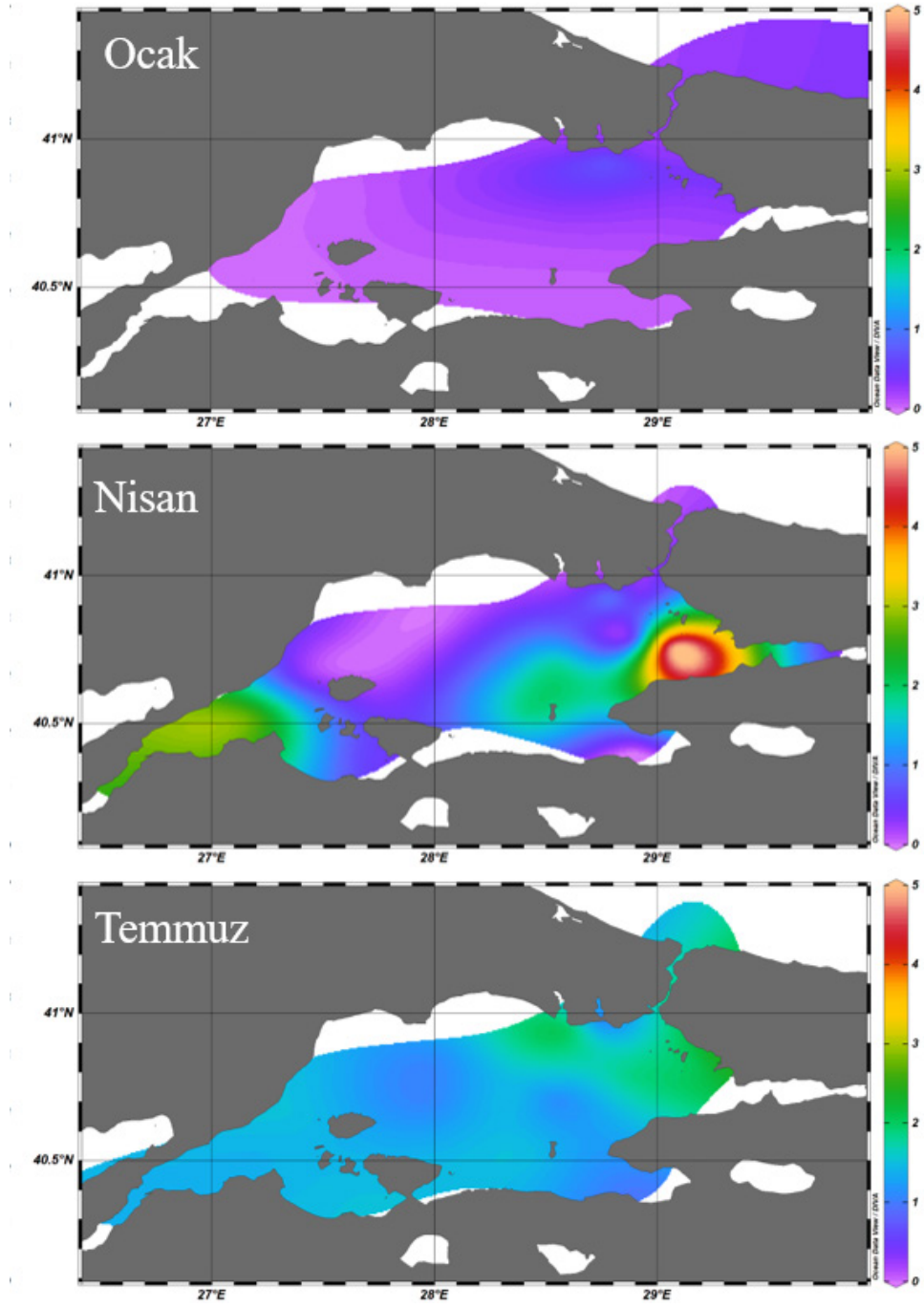
Askıda Katı Maddeler (AKM), denizlerde türbid bölgeleri oluşturarak yüzey sularının kalitesini etkilemektedirler. Bu maddelerin miktarındaki artış genelde düşük su kalitesini işaret etmektedir. Askıda Katı Madde miktarı su kalitesi gözlemlerinde oldukça önemli bir faktördür. Kıyısal sulardaki AKM değişimleri deniz ekosisteminin bozulması gibi problemlerin göstergesi olabilmektedir. Yüksek AKM yoğunluğu su kolonunda ışık geçirgenliğini azaltmakta ve ekosistemi etkilemekte ve ortamın fiziksel ve kimyasal yapısının değişmesine yol açmaktadırlar (Onderka ve Pekarova, 2008).

Çalışma süresince Kış, İlkbahar ve Yaz aylarını temsilen sırasıyla Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 aylarında yüzey ve su kolonu boyunca alınan AKM örneklemelerinin sonuçları Tablo 18’de sunulmuştur. Yüzey AKM konsantrasyonları yüzeyde Ocak ayında 0,02 ile 0,81 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Nisan ayında yüzey konsantrasyonları 0,12 ile 5,18 mg/L, Temmuz ayında ise 1,0 ile 4,31 mg/L aralığında tespit edilmiştir. AKM’nin su kolonunda maksimum gösterdiği derinlikler Ocak ayında 5 ile 23m arasında değişim göstermiştir. Ocak ayında en yüksek konsantrasyon MD22 nolu Gemlik Körfezi girişinde yer alan istasyonda 23 m de 2,17 mg/L olarak belirlenmiştir. Nisan ayı yüzey AKM konsantrasyonları 0,12 ile 5,18 mg/L aralığındadır. Nisan ayında maksimum AKM konsantrasyonları 9 ile 42m arasında gözlenmiş olup en yüksek konsantrasyon orta basende yer alan MD13A da 17m de 3,17 mg/L dir. Temmuz ayında yüzey konsantrasyonları 1,0 ile 4,31 mg/L aralığında olup, en yüksek değer Erdek Körfezi girişinde GD3 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu ayda maksimum AKM görülen derinlikler 5 ile 38 m aralığında olup, maksimum AKM değeri MD13A nolu istasyonda 24,3 mg/L ile 30 m’de tespit edilmiştir (Tablo 18). AKM’nin mekansal yüzey dağılımı 3 örnekleme dönemi için Şekil 71’de verilmiştir. Yüzey değerleri Ocak ve Temmuz ayında Nisan ayına göre daha düşük bulunmuştur. Nisan ayında doğu Marmarada İzmit Körfezi girişinde yüksek değerler gözlenmiştir. Temmuz ayında yüzey de Ocak ayına göre görece yüksek değerler belirlenmiştir. İstasyonlarda su kolonu boyunca ölçülen AKM değerlerinin derinlikle değişim grafikleri bölge bazında gruplandırılarak Şekil 72 - Şekil 77’de sunulmuştur.

Marmara Denizi derin basende yer alan istasyonlarda su kolonunda AKM konsantrasyonları MD101, MD103 ve 45C de 17-20 m’lerde yüksektir. MD102 istasyonunda ise yüksek değerler yüzeyde yer almıştır Nisan ayı değerleri Temmuz’a göre daha yüksektir. MD103 ve 45C de su kolonunda Temmuz değerleri yüksek olarak gözlenmiştir (Şekil 72). Orta basende yer alan MD18 ve M13A istasyonlarında su kolonu boyunca Temmuz ayı konsantrasyonları yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 73). MD18 istasyonunda Temmuz ayında 20-25m lerde AKM konsantrasyonları ~20 mg/L olup, diğer aylarda konsantrasyonlar su kolonunda <2 mg/L den az olarak tespit edilmiştir. MD13A istasyonunda ise su kolonunda 20m’ ye kadar Nisan ve Temmuz aylarında AKM konsantrasyonları benzer olup, Temmuzda 30 m’de AKM konsantrasyonu >20 mg/L gibi yüksek bir değerde gözlenmiştir (Şekil 73).

Tablo 18. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi yüzey ve askıda katı madde maksimum derinlikleri için askıda katı madde değerleri

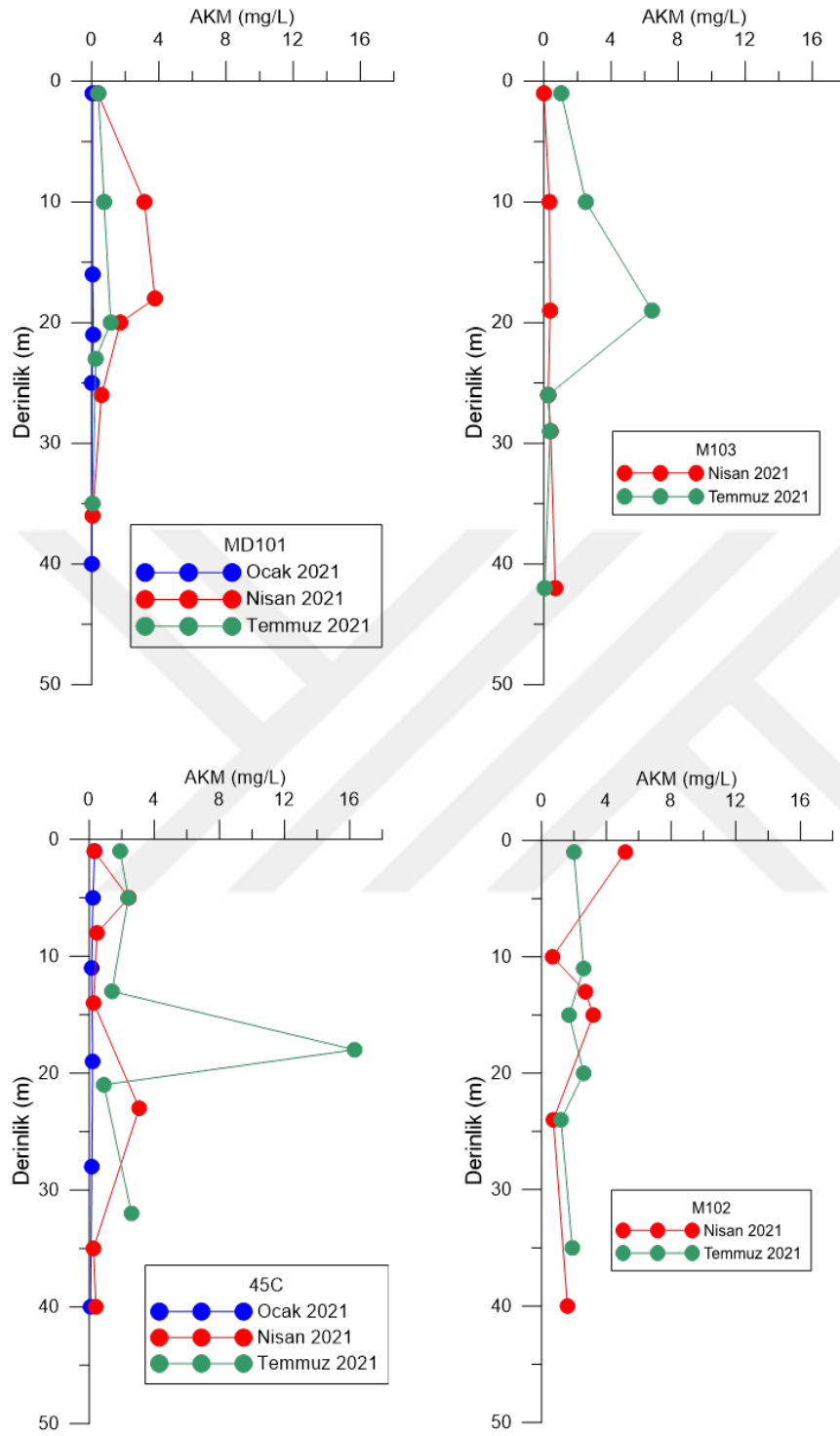
AKM (µg/L)						
	Ocak 2021		Nisan 2021		Temmuz 2021	
İstasyon	Yüzey	AKM-mak	Yüzey	AKM-mak	Yüzey	AKM-mak
K0	0,24	-	0,18	2,39 (30 m)	1,7	2,19 (5-20 m)
B2	0,27	-	0,36	2,79 (10 m)	1,8	2,69 (20 m)
M8	0,28	-	0,33	3,06 (10 m)	1,6	4,3 (11 m)
M14A	0,81	0,83 (10 m)	1,13	1,9 (23 m)	1,4	6,8 (15 m)
KC1	0,33	0,35 (8 m)	0,3	0,33 (9 m)	1,0	2,3 (21 m)
MBC	0,38	1,75 (5 m)	0,31	3,03 (9 m)	2,1	15,7 (17 m)
MY1	0,43	-	2,72	-	2,4	-
MY2	0,32	1,1 (15 m)	3,11	3,35 (20 m)	2,0	2,4 (7 m)
MD102	-	-	5,18	-	2,0	2,6 (11 m)
45C	0,33	-	0,31	3,07 (23 m)	1,9	16,3 (18 m)
MD103	-	-	-	0,68 (42 m)	1,1	2,3 (38 m)
MD101	0,05	0,09 (21 m)	0,3	3,42 (10 m)	1,4	5,4 (10 m)
MD13A	-	-	0,33	3,7 (17 m)	1,5	24,3 (30)
MD10A	0,02	-	2,74	-	1,4	-
D7	-	-	2,78	-	2,78	-
M74A	0,21	-	1,8	-	1,1	1,9 (20 m)
MD18	0,17	0,23 (18 m)	1,22	1,17 (12 m)	1,5	20,2 (26 m)
DTM3	0,14	0,23 (18 m)	0,3	2,26 (18 m)	1,08	16,5 (20 m)
MD19A	-	-	1,9	2,21 (15 m)	1,5	6,2 (12 m)
GD3	-	-	0,69	2,15 (16 m)	4,31	-
MD22	0,05	2,17 (23 m)	0,12	0,42 (17 m)	1,0	1,3 (19 m)
İZ-17	-	-	1,31		-	-



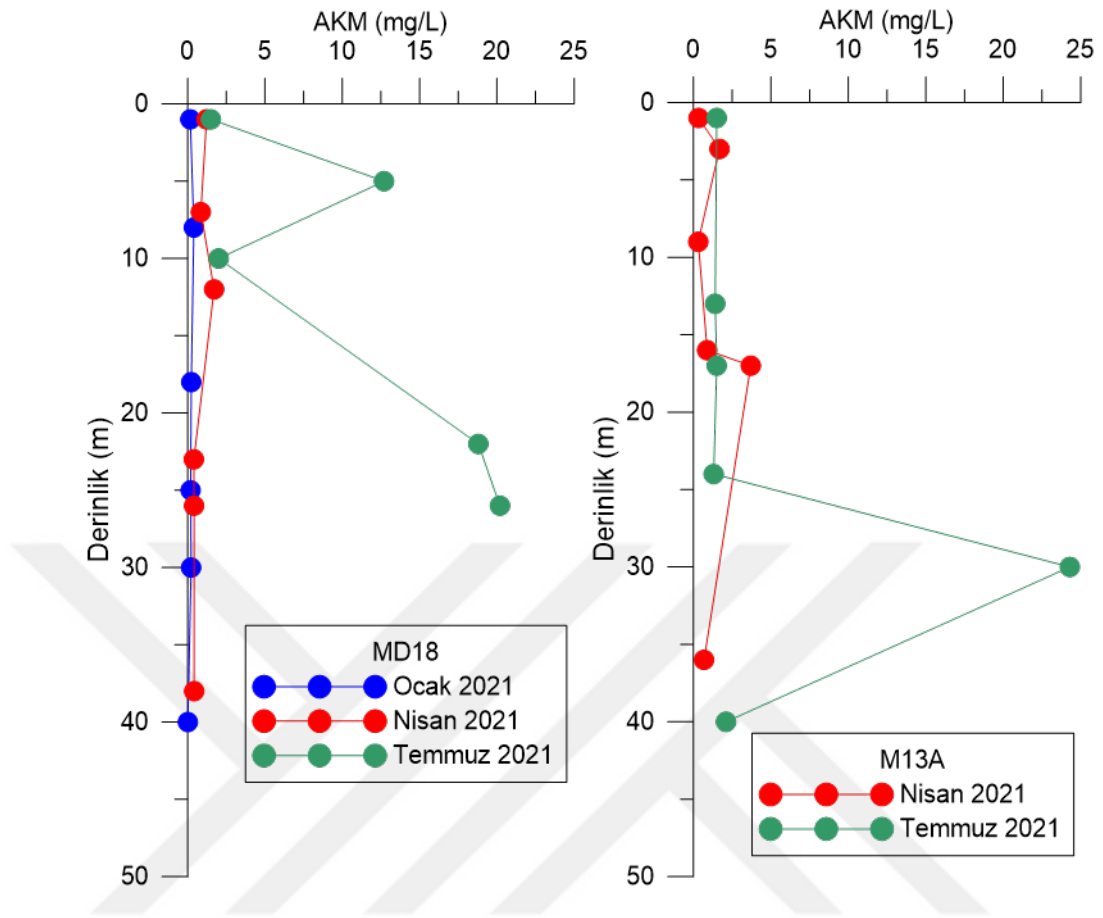
Şekil 71. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 22 istasyona ait yüzey askıda katı madde değerlerinin 3 mevsim için alansal gösterimi

Boğazın Karadeniz çıkışından Marmara Denizi etki alanına kadar olan bölgede K0, B2, M8 ve M14A istasyonlarında AKM konsantrasyonları Temmuz ayında daha yüksek olarak belirlenmiştir. M8 ve M14A istasyonlarında Temmuz ayında su kolonunda yüksek değerler sırasıyla 10 ve 15m lerde 4,4 ve 6,5 mg/L olarak tespit edilmiştir (Şekil 74).

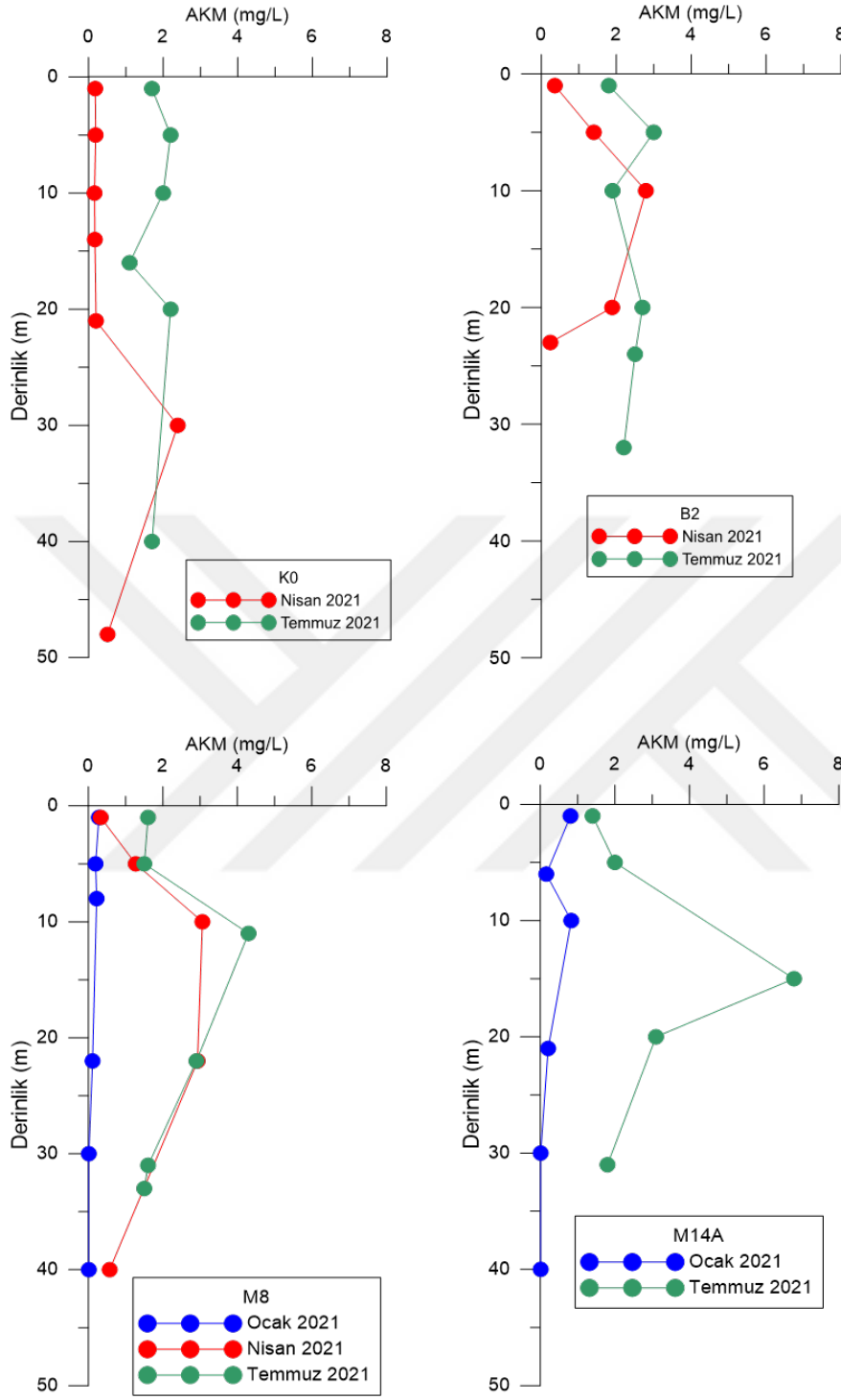
Kıyı etkisinde kalan MY2, KC1 ve MBC istasyonlarında su kolonu boyunca AKM konsantrasyonları MY2 ve MBC’de Nisan ayında yüksek iken KC1’de Temmuz ayında yüksektir (Şekil 75). Marmara Denizi’nde körfez girişlerinde yer alan GD3, MD22, İZ17 ve Susurluk nehri etki alanında yer alan MD19A istasyonlarında AKM konsantrasyonları su kolonunda Temmuz ayında yüksek olarak tespit edilmiştir. GD3 ve MD19 istasyonlarında Temmuz ayında sırasıyla 20 ve 12 m’lerde AKM konsantrasyonları ~6 mg/L olarak gözlenmiştir (Şekil 76). Çanakkale Boğazı girişinde yer alan MD10A ve D7 istasyonlarında AKM konsantrasyonları Ocak ayında MD10A çok düşük olarak belirlenmiştir. D7 de ise Nisan ayında yüzeyde yüksek değer tespit edilmiştir, Temmuz ayında su kolonunda değerler yüksek olarak gözlenmiştir (Şekil 77)



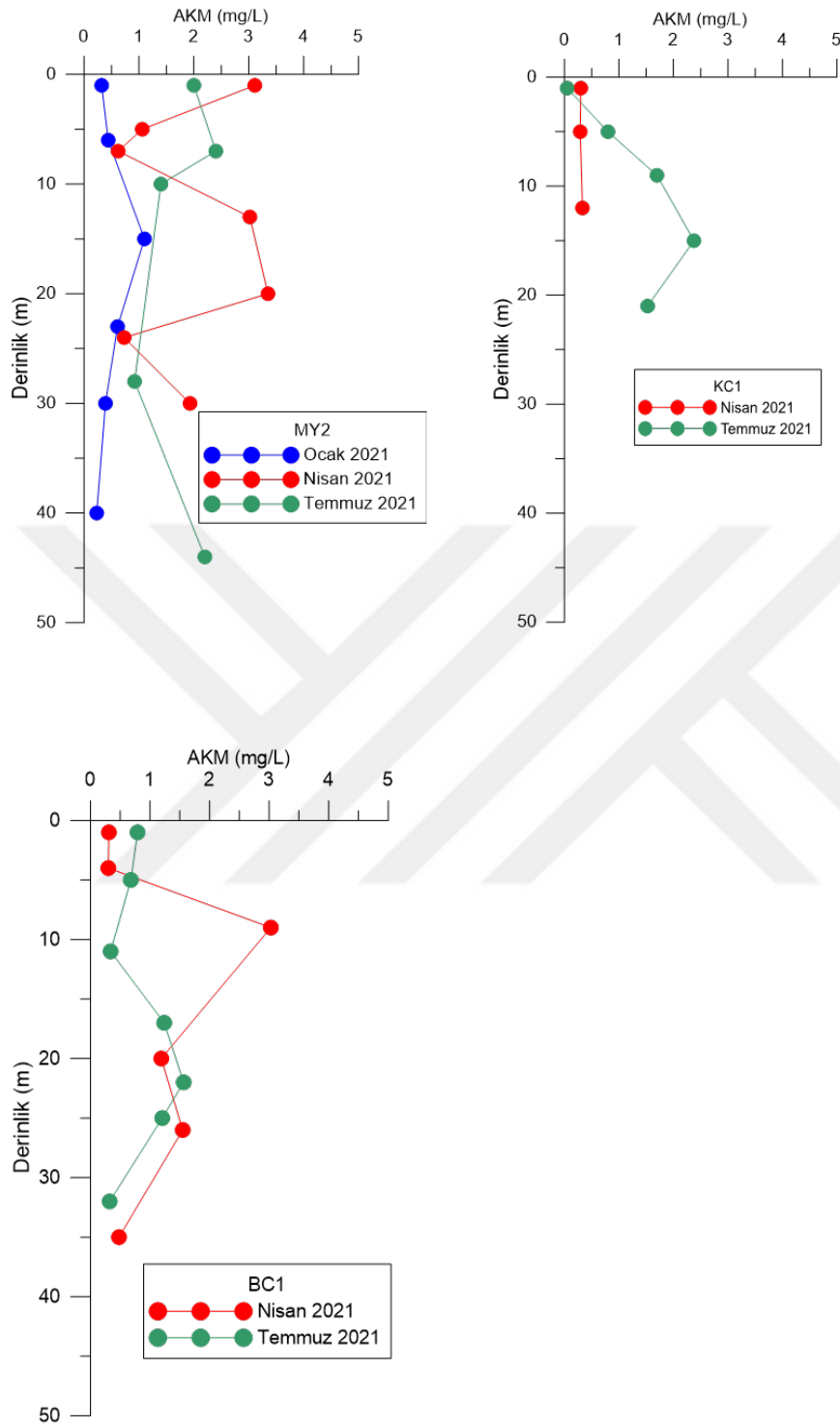
Şekil 72. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi derin basende çalışılan MD101, MD102, MD103 ve 45C istasyonlarına ait AKM profilleri



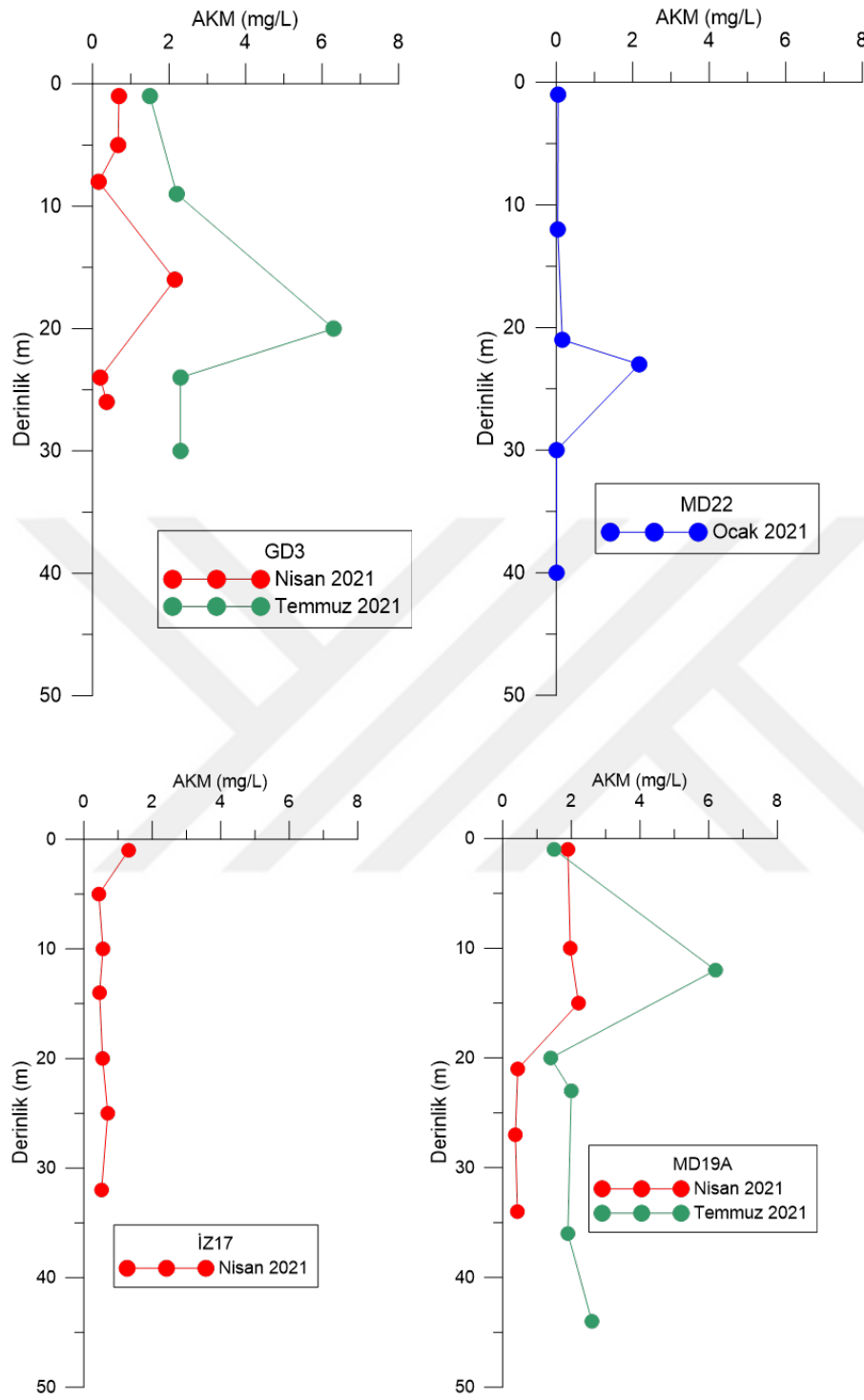
Şekil 73. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi orta basende çalışılan MD18 ve MD13A istasyonlarına ait AKM profilleri



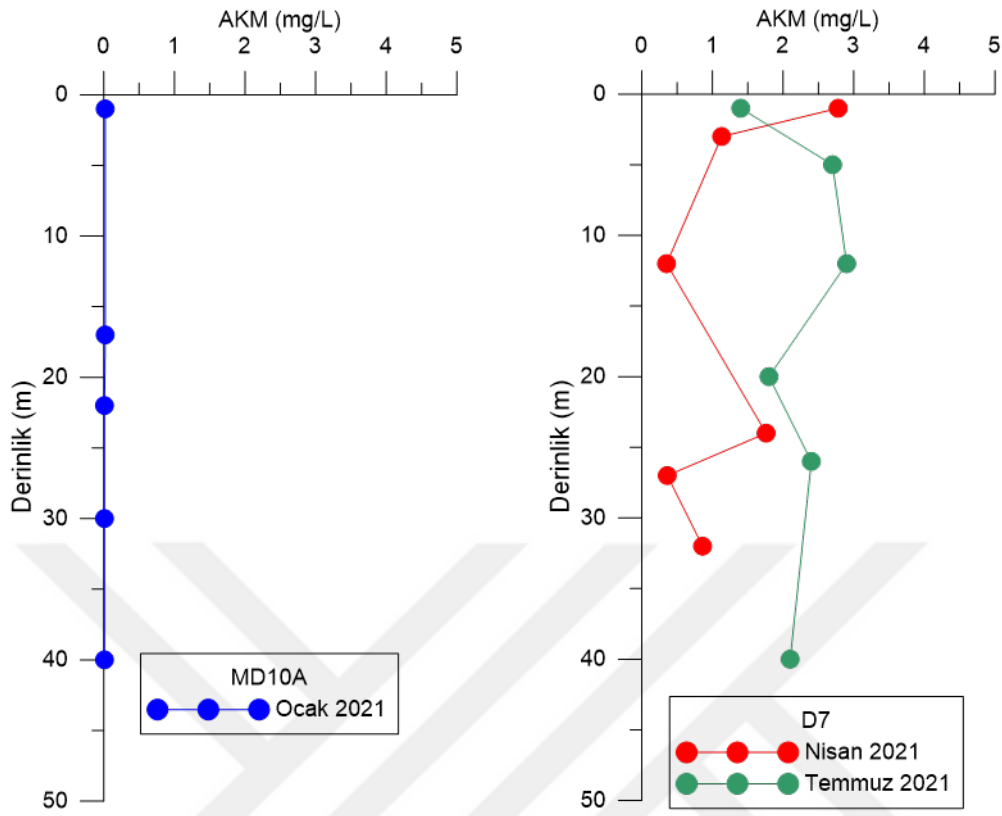
Şekil 74. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi İstanbul Boğazı ve etki alanında çalışılan K0, B2, M8 ve M14A istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi



Şekil 75. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Kuzeydoğu Marmara Denizi İstanbul kıyı alanında çalışılan MY2, KC1 ve MBC istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi



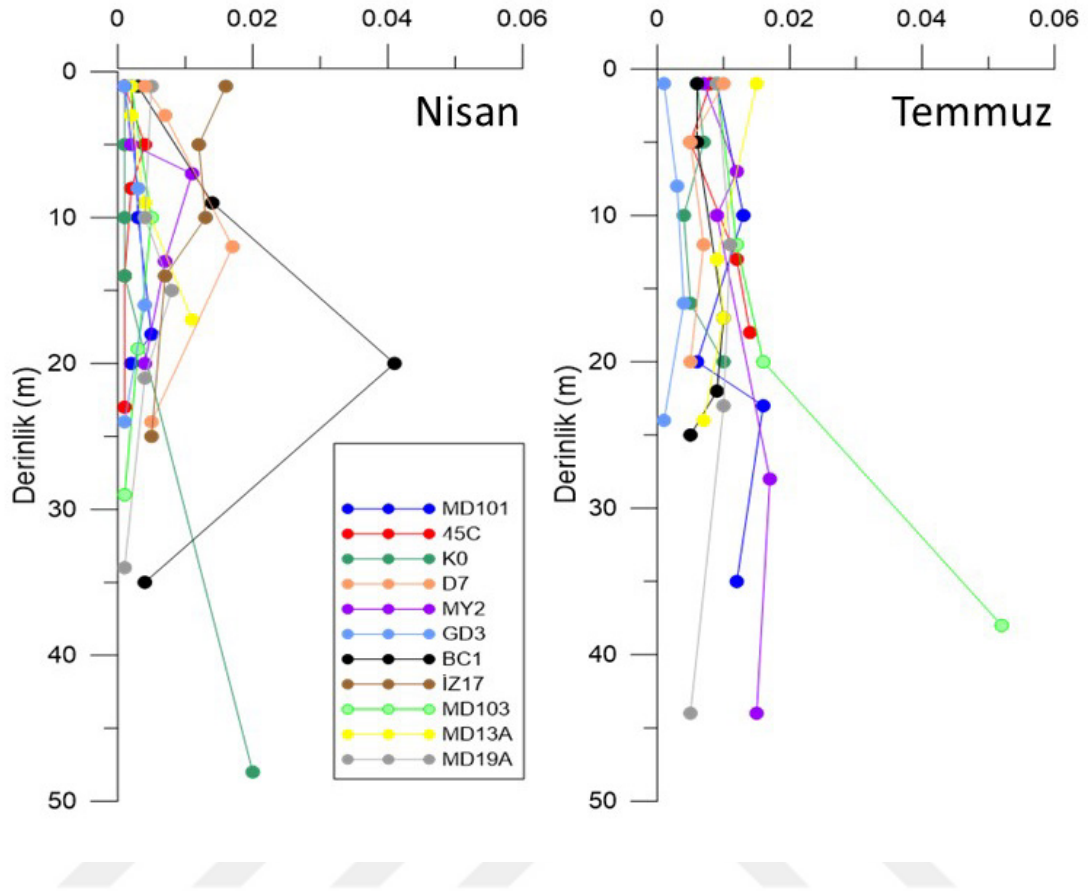
Şekil 76. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi körfezlerinde çalışılan GD3, MD22, İZ-17 ve MD19A istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi



Şekil 77. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Çanakkale Boğazı MD10A ve D7 istasyonlarına ait askıda katı madde değerlerinin su kolonundaki değişimi

3. 2. 6. 3. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 dönemi renkli çözünmüş organik madde değerleri

Nisan ve Temmuz 2021 dönemlerinde renkli çözünmüş organik madde ölçümleri 11 istasyonda yapılmıştır. Örnekleme yapılan derinlikler çoğunlukla yüzeyaltı, 5 metre, klorofil maksimum derinlik ve ışıklı tabakanın sonuna denk gelen derinliklerdir. Şekil 78’de Nisan ve Temmuz aylarında ölçümü gerçekleştirilen istasyonların CDOM profilleri verilmiştir.



Şekil 78. Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi'nde çalışılan 11 istasyona ait CDOM değerlerinin (mg/L) derinlikle değişimi

Temmuz ayı ile kıyaslandığında, renkli çözünmüş madde için yüzey değerleri Nisan ayında oldukça düşük gözükmetedir. Nisan ayında yüzey CDOM değerlerinin en yüksek gözleendiği bölge İzmit Körfezi'ndeki İZ-17 istasyonudur. İzmit Körfezi'ni orta basen ve Çanakkale Boğazı'na yakın istasyonlar takip etmektedir. İstanbul Boğazı, çıkışı ve Erdek Körfezi'nde en düşük değerler gözlenmiştir. Temmuz ayında yüksek değerler derin orta basende ve Çanakkale Boğazı girişindeki derin istasyonlarda görülmüştür. Erdek Körfezi ve İstanbul Boğazı ile boğazın etkisi altında kalan bölgeler yine düşük konsantrasyonlar sergilemiştir.

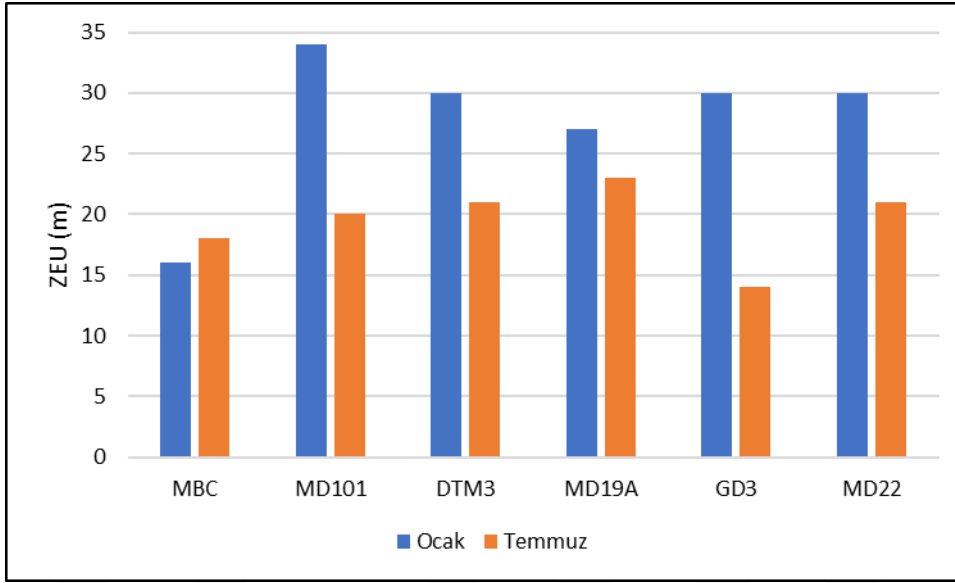
Nisan ayında su kolonunda en yüksek değer MBC istasyonunda 20 metrede 0,045 olarak ölçülmüştür. Diğer istasyonlara da bakıldığında yüksek değerlerin İZ-17 istasyonu için hemen

yüzeyde; D7, GD3, MD19A, MD101, MD103, MD101, MD13A, MBC istasyonlarında 10 – 20 metre arasında, K0 istasyonu için 40 metrelerde, 45C istasyonu için ilk 5 metrede kaydedildiği görülmüştür. Ölçülen maksimum değerler 6 istasyonda 0,01'in üzerinde iken, sadece MBC'de 0,04(mg/m³) civarındadır (Şekil 78). Yaz dönemini temsilen yapılan temmuz ayı örnekleme sonuçlarını Nisan ayından ayıran en önemli özellik çoğu istasyonda değerlerin derinlikle beraber artması olmuştur (Şekil 78). Yüksek değerler MD103, GD3 ve MD18 gibi orta basende, Erdek Körfezi ve Çanakkale Boğazı'na yakın istasyonlarda ölçölmüştür.

3. 2. 7 2021 yılında Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilajın suyun optik özelliklerine etkisi

3. 2. 7. 1 Işıklı tabaka derinliğine etkisi

2021 yılında Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilaj oluşumunun deniz suyunun optik özelliklerine olan etkisi bu bölümde ele alınan 6 istasyon verisi ile incelenmiştir. Bu istasyonlara ait sönümlenme katsayısının daha önce literatürde yer alan farklı müsilaj tipolojilerinin bulunduğu yoğunluk aralıklarına göre Ocak ve Temmuz aylarında nasıl değiştii araştırılmıştır. Sönümlenme katsayısının su kolonu boyunca nasıl değiştii anlamak için Temmuz ayı müsilaj dönemini temsilen alınmıştır çünkü bu dönemde su kolonunda tüm müsilaj tipolojiler oluşmuş ve su kolonuna yerleşmiştir. Ocak ayında ise su kolonunda bu durum mevcut olmadığından karşılaştırmak için uygun 2 dönem temsil etmektedir. Bu iki döneme ait ışıklı tabaka derinliği bilgisi Şekil 63'te gösterilmekle beraber sadece müsilajın yoğun göröldüğü 6 istasyon için de 2 dönem karşılaştırılmış ve Şekil 79'da gösterilmiştir.



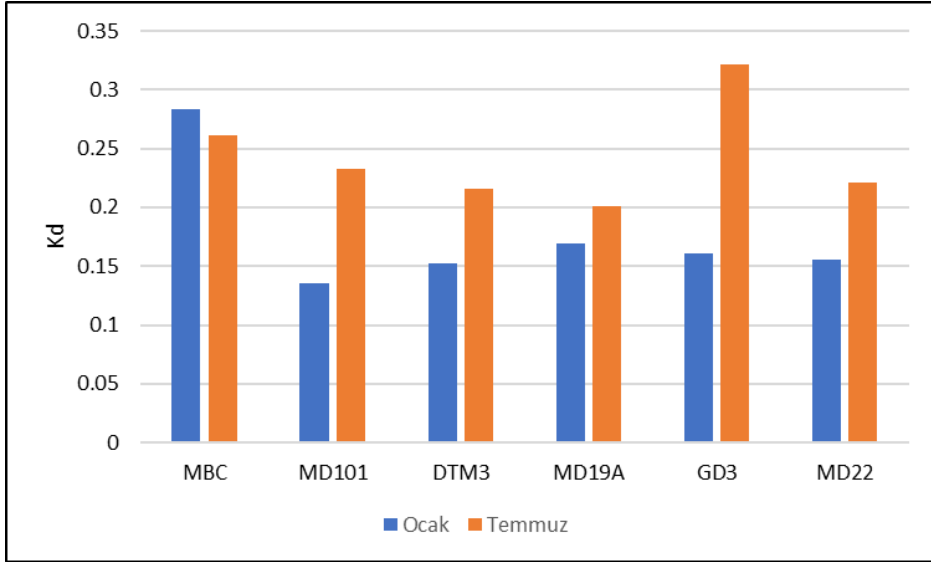
Şekil 79. Marmara Denizi'nde seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve müsilaj görülen Temmuz 2021 dönemlerine ait ışıklı tabaka derinliği verileri

Temmuz ayında ışıklı tabaka derinliğinin 6 istasyonun 5'inde Ocak ayına göre azaldığı görülmektedir. Ocak ayında Marmara Denizi genelinde 25-35 metre aralığında bulunan ışıklı tabaka derinliği Temmuz ayında MD19A istasyonu hariç 20 metreyi geçememiştir. Işıklı tabakanın müsilaj nedeniyle bazı bölgelerde 10-15 metre yukarı çıkıp, daraldığı gözükmemektedir. Burada farklılaşan tek bölge MBC istasyonudur. Bu istasyon yoğun karasal baskı altında bulunan ve diğer istasyonlara kıyasla görece sık bir istasyondur. Bu nedenle de zaten oldukça düşük olan ışıklı tabaka derinliği fazla değişmemiştir. Ancak özellikle derin ışıklı tabaka değerleri gösteren MD101 gibi derin basende, derin ışıklı tabaka verisinin beklediği yaz yazlarında Z_{EU} değeri oldukça düşmüş olduğu görülmektedir (Şekil 79).

3. 2. 7. 2. Sönümlenme katsayısına etkisi

Sönümlenme katsayısı (K_d ortalama) değerleri Şekil 80'de 6 istasyon için Ocak ve Temmuz aylarını temsilen gösterilmiştir. Ocak ayında sadece yukarıda bahsi geçen yoğun karasal baskıdan etkilenen MBC istasyonu $0,2 \text{ m}^{-1}$ 'nin üzerinde değerler göstermiştir. Ancak sönümlenme katsayısı değerlerinin en düşük olması beklenen yaz aylarında bu durum tersine dönmüştür. Tüm istasyonlarda elde edilen K_d ortalama değer $0,2$ 'nin üzerinde kaydedilmiştir.

Bu değer Erdek Körfezi'nde bulunan GD3 istasyonunda ise 0,3' n (m^{-1}) de üzerindedir. Farkın en az olduğu istasyon MBC istasyonudur.



Şekil 80. Marmara Denizi'ni temsilen seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve Temmuz 2021 dönemlerine ait sönümlenme katsayısı (m^{-1}) verileri

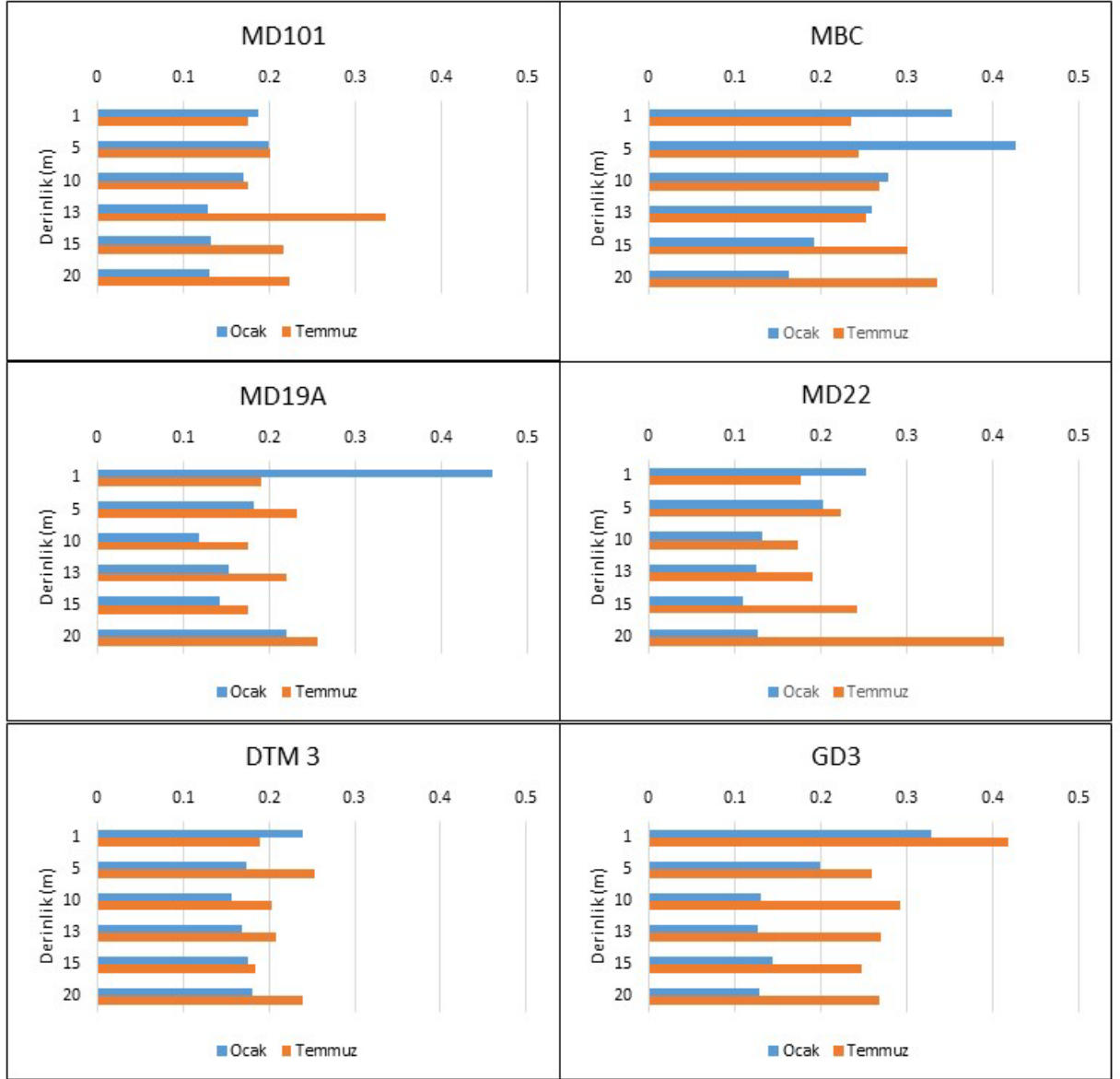
Normal  artlar altında sönümlenme katsayısı genellikle yüzeyin hemen altında ve Chl-maksimum gibi belirli derinliklerde yüksek değerler (pik değerler) göstermekte, diğer derinliklerde ise sönümlenme katsayısı derinlikle beraber azalmaktadır. Çalışılan 6 istasyon için kış ve yaz ayları arasında sönümlenme katsayısının derinlikle değişiminin karşılaştırması  ekil 81'de verilmiştir. Bu şekilde mavi barlar kış dönemini turuncu barlar ise yaz dönemini temsil etmektedir. Ocak ayı boyunca sönümlenme katsayısı yüzeyde yüksek olmakla beraber, 15-25 metre arasında belirli derinliklerde artışlar gösterebilmektedir. Ancak yaz döneminde sönümlenme katsayısı neredeyse en düşük değerleri yüzeyde kaydederek derinlikle artan bir dikey değişim grafiği ortaya koymuştur. Büyük ve daha yoğun müsilaj kümelerinin derin sularda bulunduğu bilindiğinden, bu müsilaj agregalarının ışığın zayıflamasında büyük bir etkiye sahip olduğu bu çalışmanın sonuçlarında görülebilmektedir. Özellikle MBC, MD19A, MD22 istasyonlarında 20 metrede en yüksek değerler kaydedilmiştir ( ekil 81).

Sönümlenme katsayısındaki su kolonu boyunca değişimler MBC adlı istasyonda 20 ve 15 metre civarında iki farklı tepe noktası göstermiştir ( ekil 81). Marmara Denizi'ndeki açık deniz istasyonlarından biri olan DTM3'te bu pikler ilk 5 ve 20 metrede yer almaktadır. Marmara

Denizi'ndeki en derin istasyonlardan biri olan MD101 adlı istasyonda 13 ve 20 metre olmak üzere, sönüm katsayısı 2 pik değer göstermiştir.

GD3, Erdek Körfezi'nde bulunan güneybatı istasyondur. Yüzeyaltında oldukça yüksek olan sönümlenme katsayısı tüm su kolonunda yüksek değerler ortaya koymuştur. Gemlik Körfezi girişinde bulunan MD22 ise GD3'e kıyasla farklı bir sönümlenme katsayısı profili göstermiştir. MD22 istasyonunda sönümlenme katsayısı artan derinlikle doğru orantılı olarak artış göstermiştir. MD19A istasyonuna ait sönümlenme katsayısı GD3 ve MD22'ye kıyasla düşüktür. MD19A için sönümlenme katsayısının pik derinliği 20 metredir (Şekil 81).





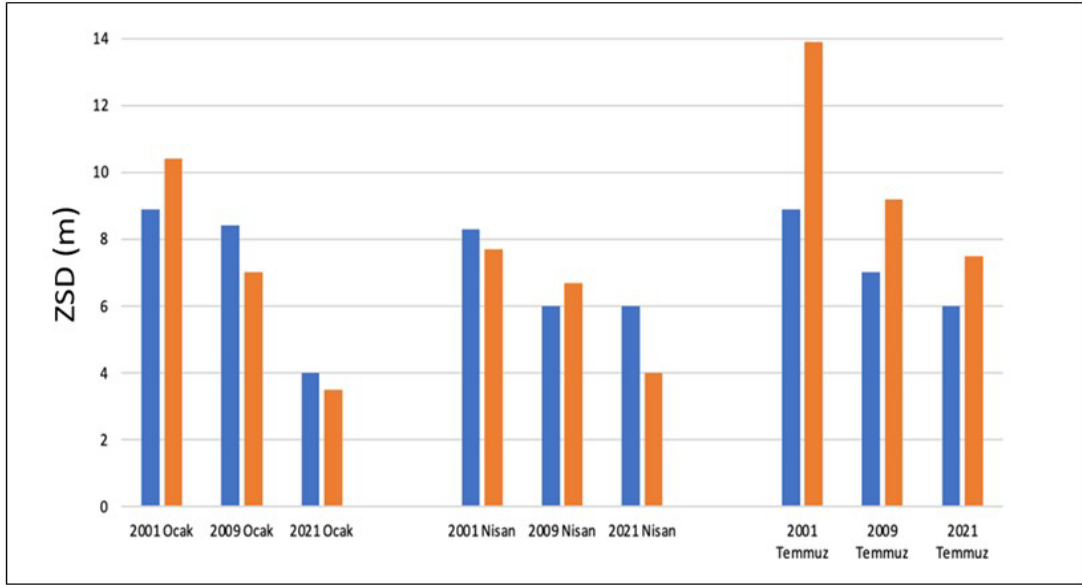
Şekil 81. Marmara Denizi'ni temsilen seçilen 6 istasyon için Ocak 2021 ve Temmuz 2021 dönemlerine ait sönümlenme katsayılarının (m^{-1}) farklı müsailaj tipolojilerine denk gelen derinliklerdeki değişimi

3. 3. 2001, 2010 ve 2021 Yılları Z_{SD} ve Optik Parametrelerin Karşılaştırılması

Bu karşılaştırma zaman ve mekan temsili olarak uygun olması açısından yoğun antropojenik baskı altında olan kıyısal istasyon MBC ve Marmara Denizi'nin en derin çukurlarından biri olan 45C istasyonu için yapılmıştır. Tüm şekillerde 45C mavi renk ile MBC istasyonu ise turuncu renk ile gösterilmiştir. Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için yaklaşık onar yıl ara ile 2001, 2009 ve 2021 yıllarına ait Z_{SD} , Z_{EU} , sönümlenme katsayısı, Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) ve $Kd(ortalama)*Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) verisi aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

3. 3. 1 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{SD} karşılaştırması

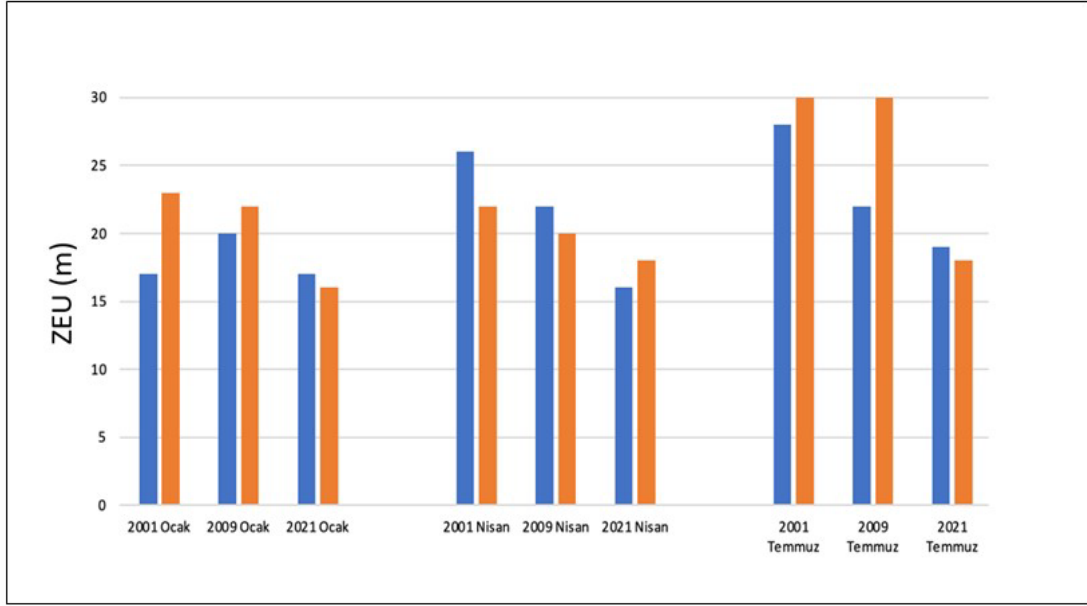
45C ve MBC istasyonlarına ait Z_{SD} verisi için Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için 2001, 2009 ve 2021 yıllarına ait değerler Şekil 82'de gösterilmektedir. Yukardaki bölümlerde de bahsedildiği üzere en yüksek değerler 2 istasyon için de yaz döneminde kaydedilmiştir. Onar yıl ara ile toplanan veri 3 dönem için ayrı ayrı incelendiğinde seki disk derinliğinin 2 istasyonda da yıllar içinde azalmakta olduğu açıkça görülmektedir. Öncelikle 45C istasyonu incelenecek olursa, özellikle kış dönemi seki disk değeri oldukça düşmekle beraber bahar ve yaz aylarında geçen 10 yıllarda ölçülen derinlik gittikçe azalmıştır. Ancak MBC istasyonundaki seki disk derinliği değerlerinde 45C istasyonunda olduğu gibi belirgin şekilde daha hızlı azalışlar meydana gelmiştir. Hem Ocak, hem Nisan hem de Temmuz ayı için 2021'de ölçülen Z_{SD} derinliği 2001 yılında belirlenen değer'in yarısı hatta daha azdır.



Şekil 82. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{SD} değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması (Mavi: 45C, Turuncu: MBC İstasyonları)

3. 3. 2 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} karşılaştırması

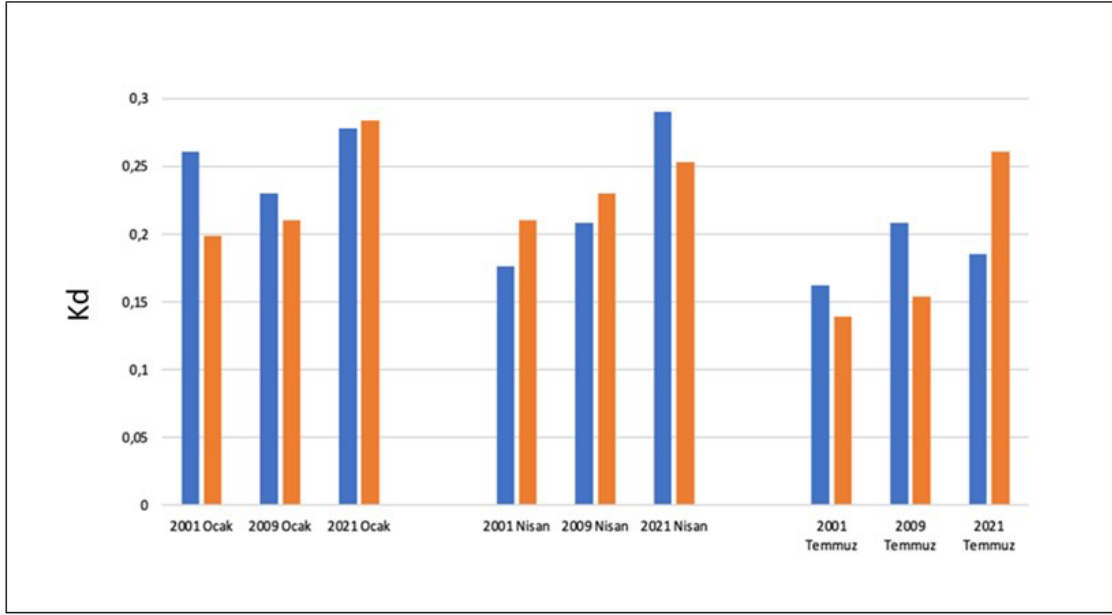
45C ve MBC istasyonlarına ait Z_{EU} verisi için Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için 2001, 2009 ve 2021 yıllarına ait değerler Şekil 83'te gösterilmektedir. Yine yukarıda bahsedildiği üzere ışıklı tabaka derinliğinin en derin yani bu tabakanın en kalın olduğu mevsimin aşağıda karşılaştırılan 3 mevsim arasında yaz ayları olduğu görülmüştür. Işıklı tabaka derinliği sadece 2001 Ocak ayında 2009 Ocak ayına göre 3 metre daha derindir, bunun dışında 45C istasyonu Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında her yıl daha da azalmıştır. Özellikle 2001 yılında Temmuz ayında 28 metrelere uzanan ışıklı tabaka derinliği 2021 yılında 45C istasyonunda 18 metre ile sınırlı kalmıştır. Temmuz ayı MBC istasyonunda, 2001 ve 2009 yıllarında 30 metrelere varan ışıklı tabaka derinliği 2021 yılında 18 metre de sınırlanmıştır. MBC istasyonu yaz dönemi dışında diğer kış ve bahar mevsiminde de her 10 yılda düşüş eğilimi göstermiştir ve tüm mevsimler için 2021 yılında MBC istasyonunda ışıklı tabaka derinliği 18 metrenin altına inmediği gözlenmiştir.



Şekil 83. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması (Mavi: 45C, Turuncu: MBC İstasyonları)

3. 3. 3 2001, 2010 ve 2021 yılları sönümlenme katsayısı karşılaştırması

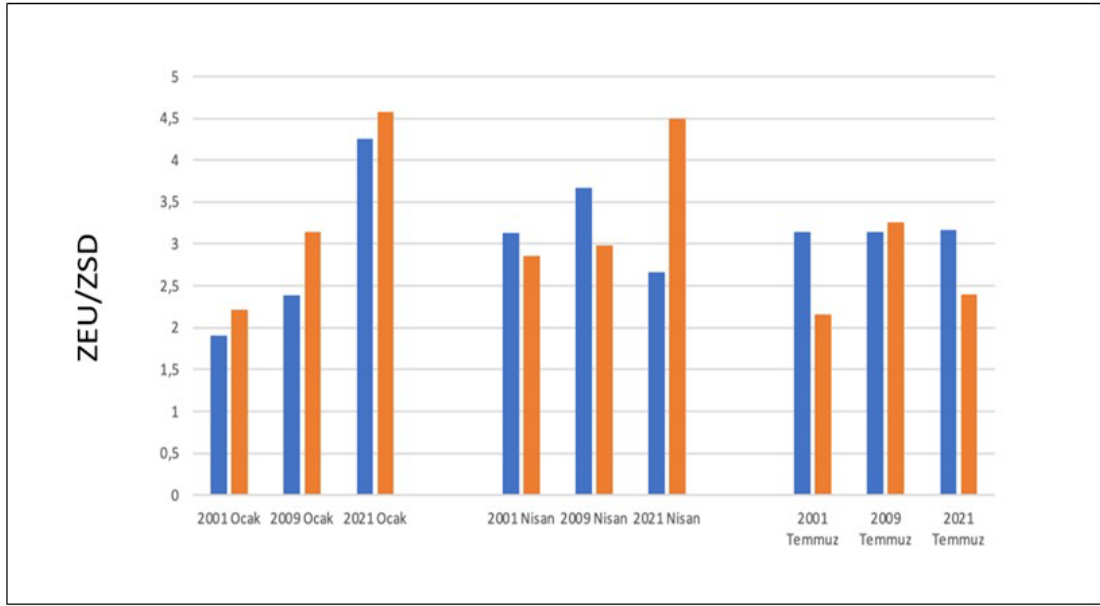
45C ve MBC istasyonları için 3 örnekleme yılında kaydedilen en yüksek K_d değerleri her mevsim için ayrı ayrı değerlendirildiğinde 2021 yılında elde edilmiştir ve bu değerler $0,25 - 0,3 \text{ m}^{-1}$ aralığındadır (Şekil 84). Sönümlenme katsayısı değerleri ışıklı tabaka derinliği bilgisi ile doğrudan ters ilişkili olduğundan Şekil 83'te verilen ışıklı tabaka derinliği ile uyumludur. Sönümlenme katsayı 2 istasyonda yıllar içinde her dönemde artmıştır.



Şekil 84. 2001, 2010 ve 2021 yılları sönümlenme katsayısı (m^{-1}) değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması (Mavi: 45C, Turuncu: MBC İstasyonları)

3. 3. 4 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) karşılaştırması

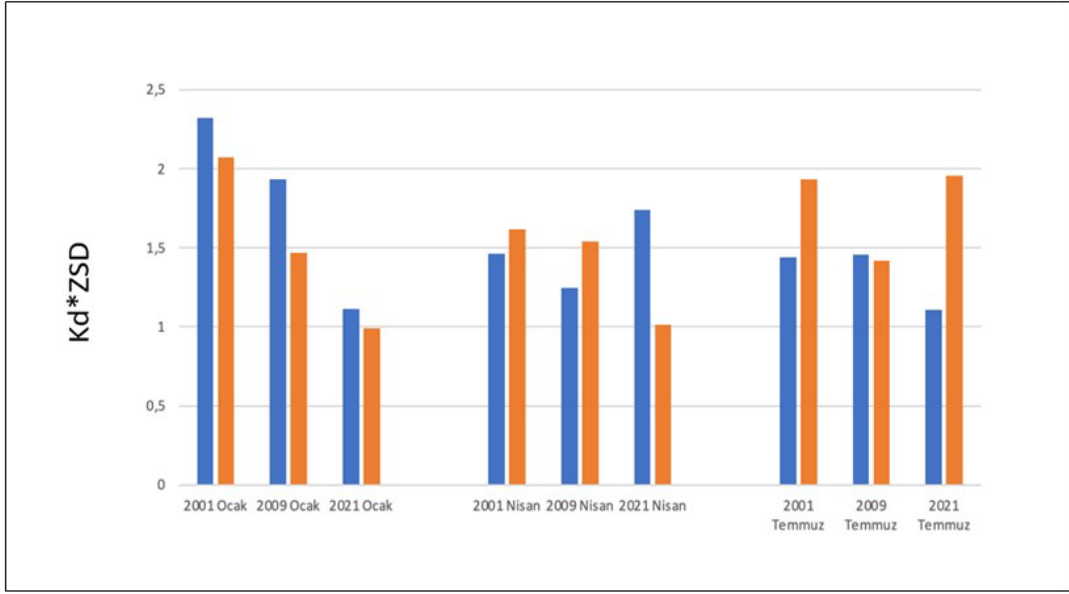
45C ve MBC istasyonlarına ait Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) verisi için Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için 2001, 2009 ve 2021 yıllarına ait değerler Şekil 85'te gösterilmektedir. Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) oranı en yüksek kış mevsimi örneklemede hesaplanmıştır. Yıllara bakıldığında ise en yüksek Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) oranının kaydedildiği yıl 2021 verisidir. Işıklı tabaka derinliğinden ziyade oldukça düşen Z_{SD} değerleri bu yüksek değerleri açıklamaktadır. Ancak neredeyse tüm mevsimler için her mevsimin onar yıllık örneklemerinde Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği) oranı da gittikçe artmaktadır.



Şekil 85. 2001, 2010 ve 2021 yılları Z_{EU} / Z_{SD} (ışıklı tabaka derinliği / seki disk derinliği (β)) değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması (Mavi: 45C, Turuncu: MBC İstasyonları)

3. 3. 5 2001, 2010 ve 2021 yılları K_d (ortalama)* Z_{SD} (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) (α) karşılaştırması

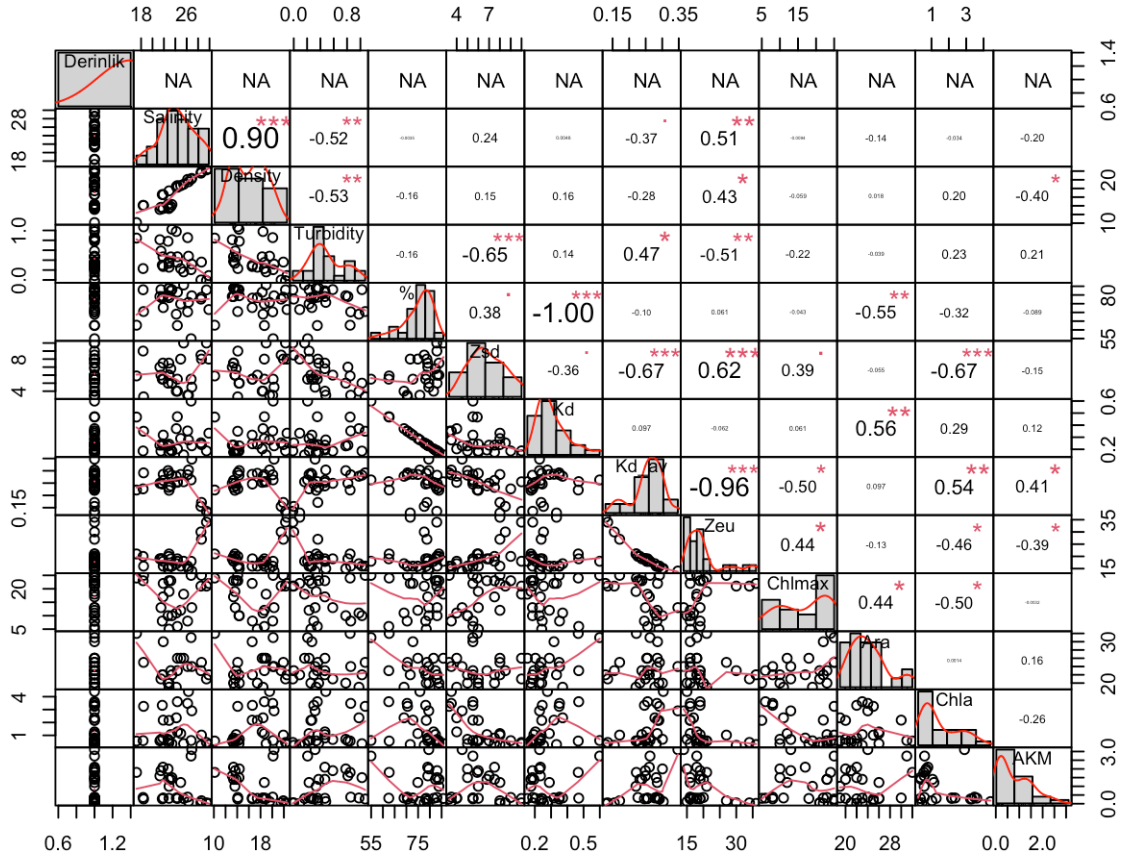
45C ve MBC istasyonlarına ait $K_d(\text{ortalama}) * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) (α) verisi için Ocak, Nisan ve Temmuz ayları için 2001, 2009 ve 2021 yıllarına ait değerler Şekil 86’da gösterilmektedir. Ocak ayı için bu değerin yıllar geçtikçe azaldığı ancak diğer mevsimlerde daha belirli bir patern göstermediği Şekil 86’da görülmektedir.



Şekil 86. 2001, 2010 ve 2021 yılları $K_d(\text{ortalama}) * Z_{SD}$ (sönümlenme katsayısı*seki disk derinliği) (α) değerlerinin 45C ve MBC istasyonları için karşılaştırılması

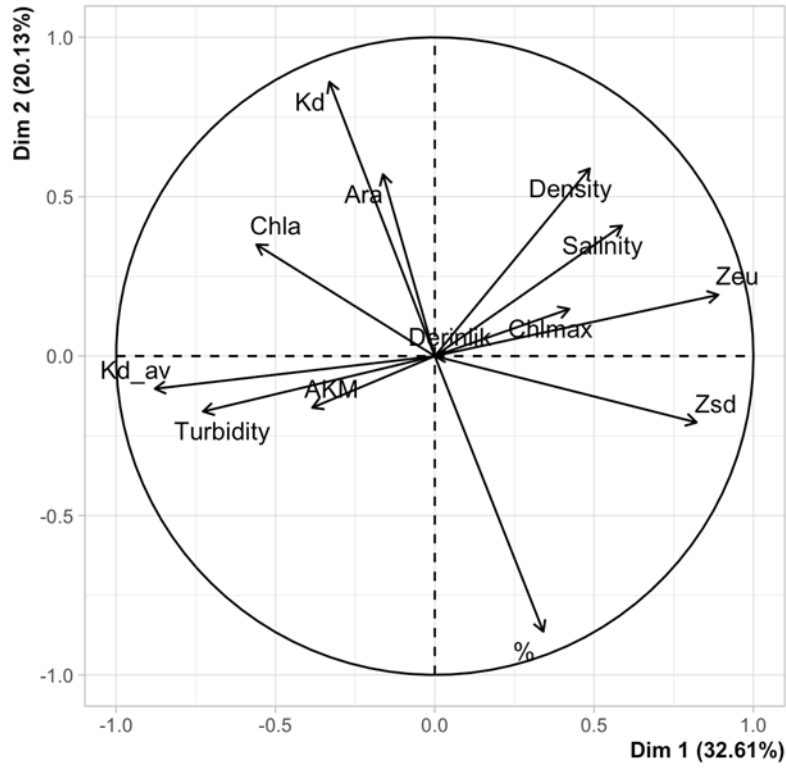
3. 4. 2021 Yılı Optik, Biyolojik ve Fiziksel Parametrelerin İlişkisi

2021 yılı için çeşitli parametrelerin (tuzluluk [psu], yoğunluk, florensans, %ışık, seki disk derinliği [m], yüzeyaltı sönümlenme katsayısı [m^{-1}], ışıklı tabaka için ortalama sönümlenme katsayısı [m^{-1}], ışıklı tabaka derinliği [m], klorofil-*a* değeri [$\mu g / L$] ve askıda katı madde değerlerinin [mg / L]) birbirleri ile ilişkisi Şekil 87’de yüzey değerleri için gösterilmiştir. Yoğunluk - tuzluluk gibi doğrudan ilişkili fiziksel parametreler ve ışıklı tabaka derinliği – sönümlenme katsayısı gibi ters ilişkili parametreler beklendiği üzere yüksek ilişki göstermiştir. Fiziksel parametrelerden biri olan ara tabaka derinliği ilişkisinin en kuvvetli olduğu parametre yüzeyaltı sönümlenme katsayısı [m^{-1}] dır.



Şekil 87. Optik, fiziksel ve biyolojik parametrelerin Marmara Denizi 2021 yılı için birbirleri ile ilişkisi

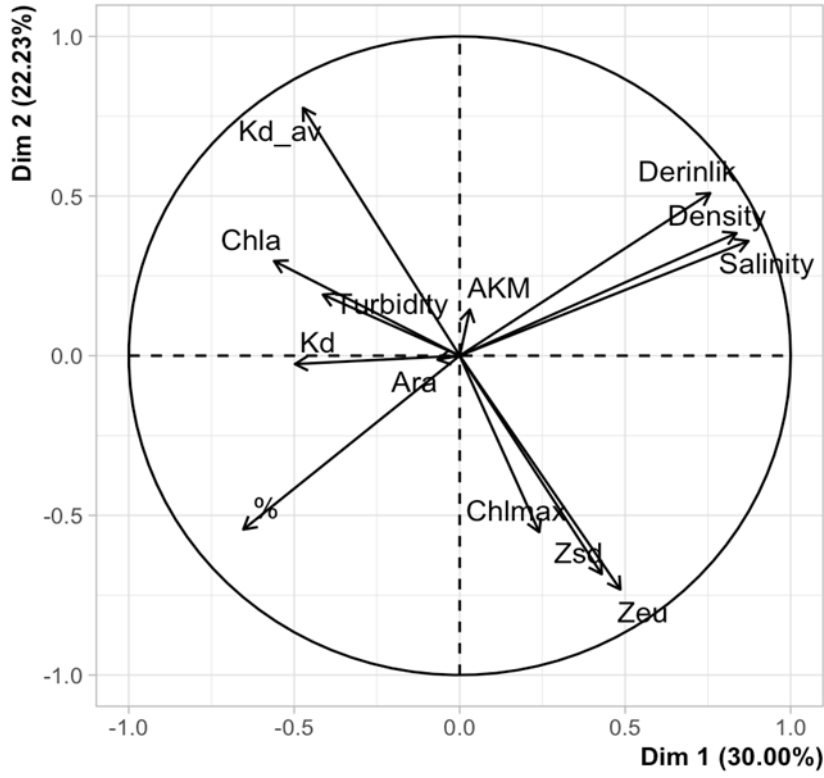
Marmara Denizi'nde ışıklı tabaka derinliğinin en yüksek seviyede ilişkilendiği parametreler sırasıyla seki disk derinliği [m], tuzluluk [psu] ve klorofil-*a* değeri [$\mu\text{g} / \text{L}$] ve askıda katı madde değeri [mg / L] olmuştur. Işıklı tabaka ve seki disk derinliği anlamlı hbulunmuştur. Seki disk derinliği ilişkisinin en anlamlı olduğu parametreler ışıklı tabaka için ortalama sönümlenme katsayısı [m^{-1}], klorofil-*a* değeri [$\mu\text{g} / \text{L}$] ve turbidite olmuştur. Klorofil-*a* değerleri ilişkisinin en anlamlı olduğu parametre sönümlenme katsayısı [m^{-1}] iken, ışıklı tabaka derinliği için ortalama sönümlenme katsayısı [m^{-1}] askıda katı madde ve türbidite değerleri ile de ilişkili olduğu Şekil87'de görülmektedir.



Şekil 88. Marmara Denizi optik, biyolojik ve fiziksel parametreleri yüzey değerleri ilişkisinin temel bileşenler analizinde (PCA) incelenmesi

Bu çalışmada Marmara Denizi'nin onar yıl ara ile 21 yıllık bir süre için ışık sönmülenmesi ve ilişkili değişkenlerin uzun vadeli eğilimlerinin karakterizasyonu yapılmıştır. 2021 yılı çalışmasında askıda katı maddenin, klorofil-*a*'nın ve renkli çözünmüş organik maddenin ışığın zayıflamasına olan etkilerini R Studio'da Temel Bileşenler Analizi (PCA) ile değerlendirilmiştir. Bu analiz Şekil 88'de üç mevsim için yüzey sularında ve Şekil 89'da su kolonu için gösterilmiştir.

Işıklı tabaka için hesaplanan sönmülenme katsayısının askıda katı madde ve onun göstergesi olan türbidite değerleri ile doğru orantılı değişirken, ışıklı tabaka derinliğinin, seki disk derinliği, ve yoğunluk, tuzluluk gibi suyun fiziksel özellikleri ile ilişkilerinin daha kuvvetli olduğu Şekil 88'de görülmektedir.

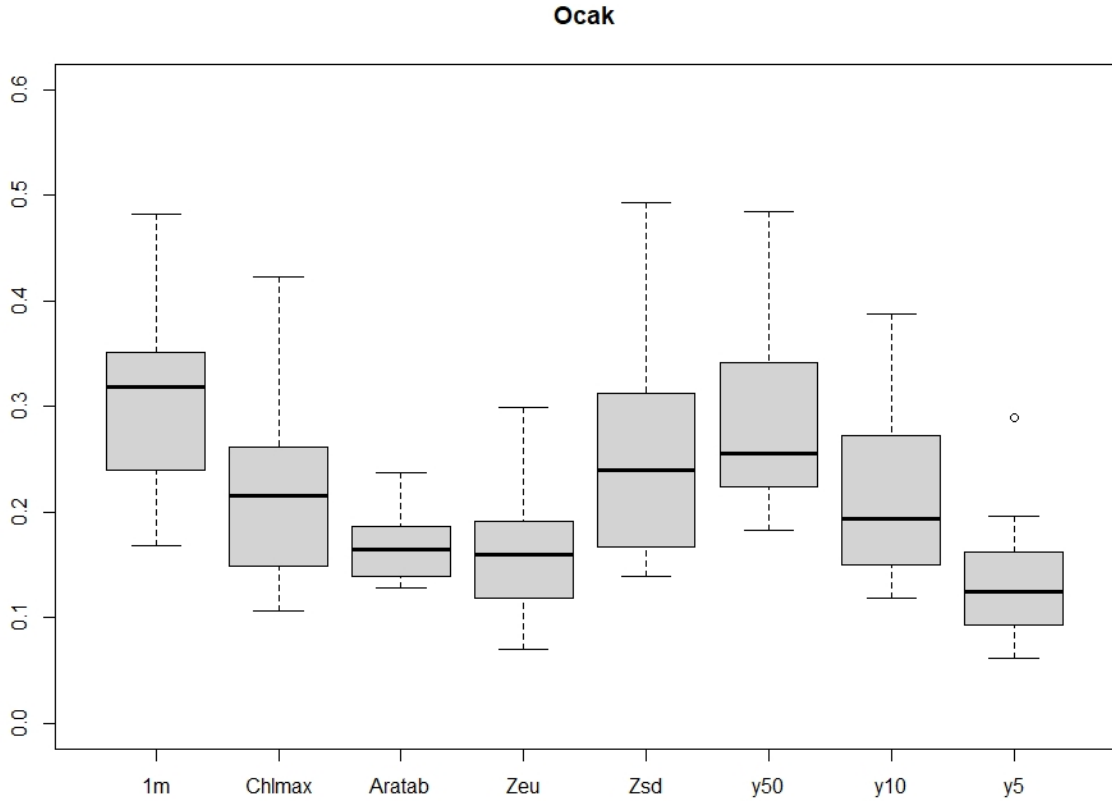


Şekil 89. Marmara Denizi optik, biyolojik ve fiziksel parametreleri yüzey ve klorofil maksimum değerleri ilişkisinin temel bileşenler analizinde (PCA) incelenmesi

Şekil 89’da, su kolonu için yüzey ve klorofil maksimum olmak üzere 2 derinliğe ait Chl-*a* ve AKM değerleri değerlendirilmiştir. Buna göre ışıklı tabaka için hesaplanan sönümlenme katsayısının en yüksek ilişkisi klorofil-*a* değerleri ile görülmüştür.

Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chlmax), ara tabaka derinliği (Aratab), ışığın %1’e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği (Z_{SD}), ışığın %50’ye (y_{50}), %10’a (y_{10}) ve %0,5’e (y_5) düştüğü derinliklerdeki sönümlenme katsayılarının sergilediği farklılıklar 3 örnekleme dönemi için ayrı ayrı (Şekil 90- Şekil 92’de) değerlendirilmiştir ve bu farklı derinliklere göre önemli farklılıklar sergiledikleri görülmüştür.

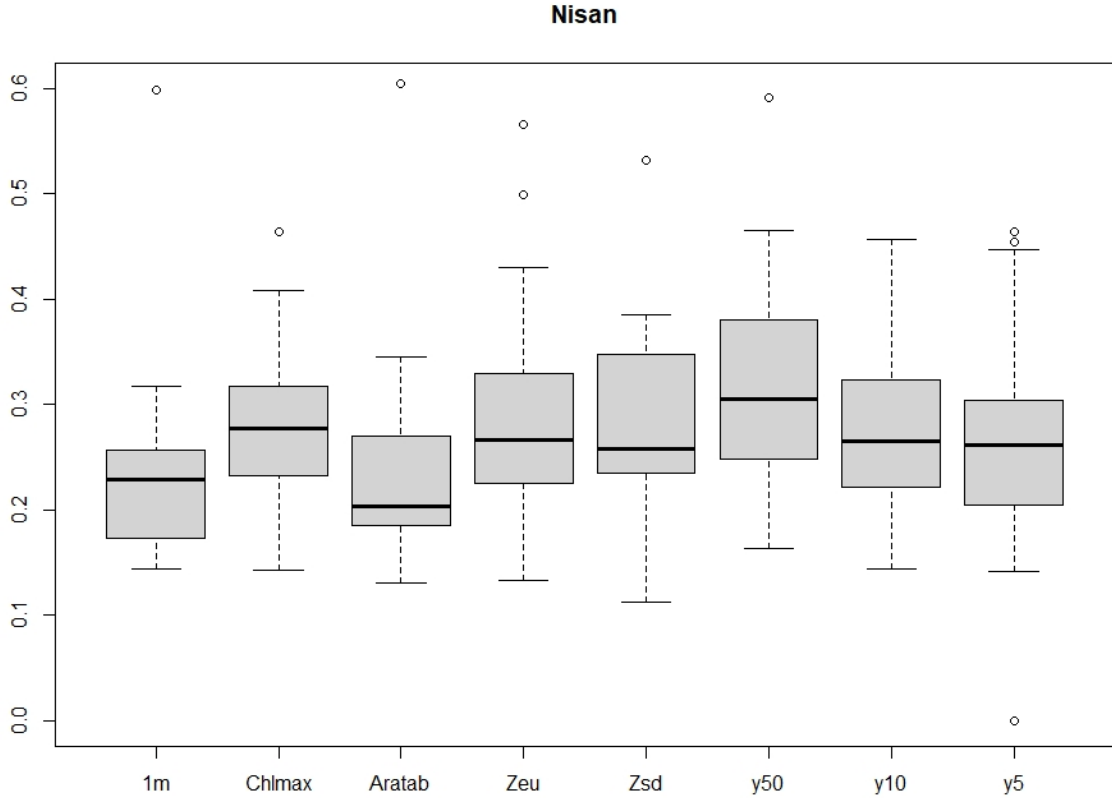
Ocak ayı / kış dönemi için sönümlenme katsayısı Marmara Denizi genelinde en yüksek değerleri 1 metrede, seki disk derinliğinde ve yüzeyaltı ışığın yarılacağı derinliklerde sergilemiştir (Şekil 90). Burada bahsi geçen tüm sönümlenme katsayısı değerleri en derin 10 metre için geçerlidir. En düşük değerler ise yüzeyaltı ışığın %0,5'e düştüğü derinlikte, ışıklı tabaka derinliğinde ve ara tabakanın yer aldığı derinlikte görülmüştür.



Şekil 90. Ocak 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönümlenme katsayılarının su Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chlmax), ara tabaka derinliği (Aratab), ışığın %1'e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği (Z_{SD}), ışığın %50'ye, %10'a ve %0,5'e düştüğü derinliklerdeki sönümlenme katsayılarının incelenmesi

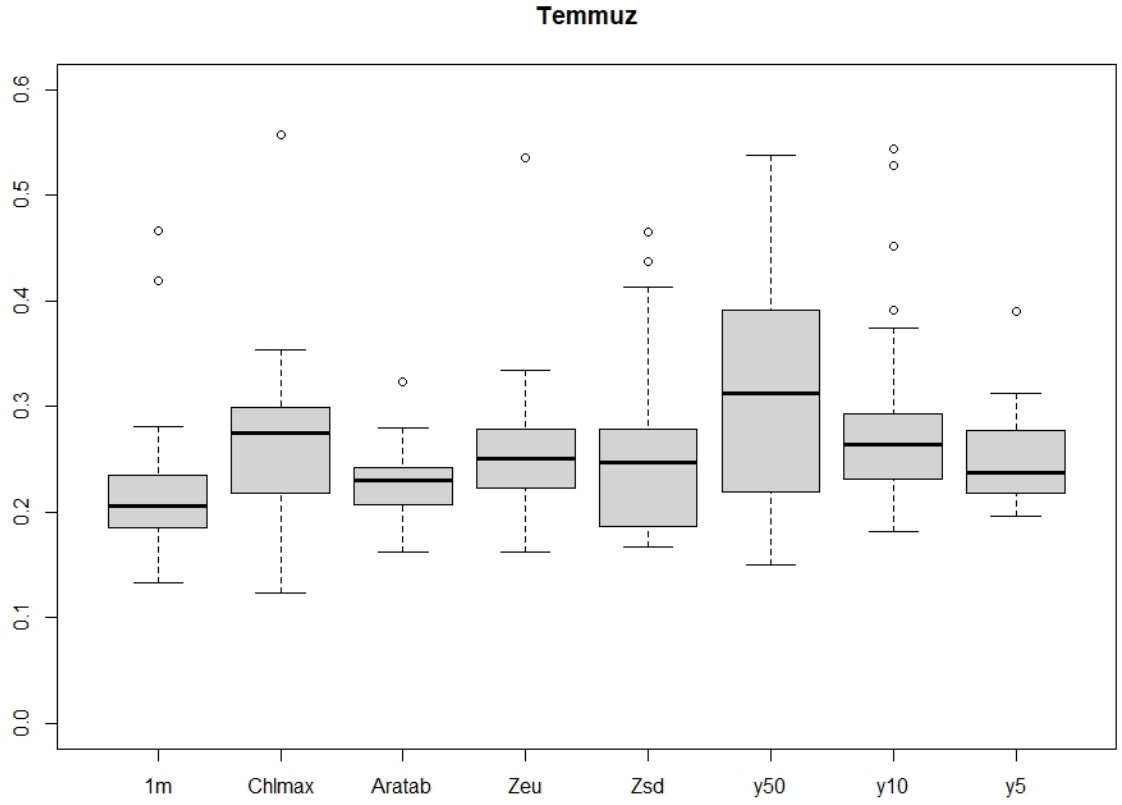
Nisan ayı / bahar dönemi için sönümlenme katsayısı Marmara Denizi genelinde en yüksek değerleri yüzeyaltı ışığın yarılacağı derinlikte, seki disk derinliğinde ve ışıklı tabaka derinliğinde sergilemiştir (Şekil 91). Ocak ayı ile arasındaki önemli fark, ışığın sönümlenme katsayısının, ışıklı tabaka derinliğinde Nisan ayında Ocak ayına göre neredeyse 1,5 kat daha

yüksek olmasıdır. En düşük değerler ise yüzeyaltı olarak kabul edilen 1 metre’de, yine Ocak ayındaki gibi ara tabakada ölçülmüştür. Birincil üretimin yüksek olduğu bahar aylarında yüzeydeki partikül miktarının Ocak ayına kıyasla daha düşük olduğu bilinmektedir. Üretim sürecinin gerçekleştiği bu dönemde 1 metrede ölçülen sönümlenme katsayısının Ocak ayına göre daha düşük olması beklenen bir sonuçtur.

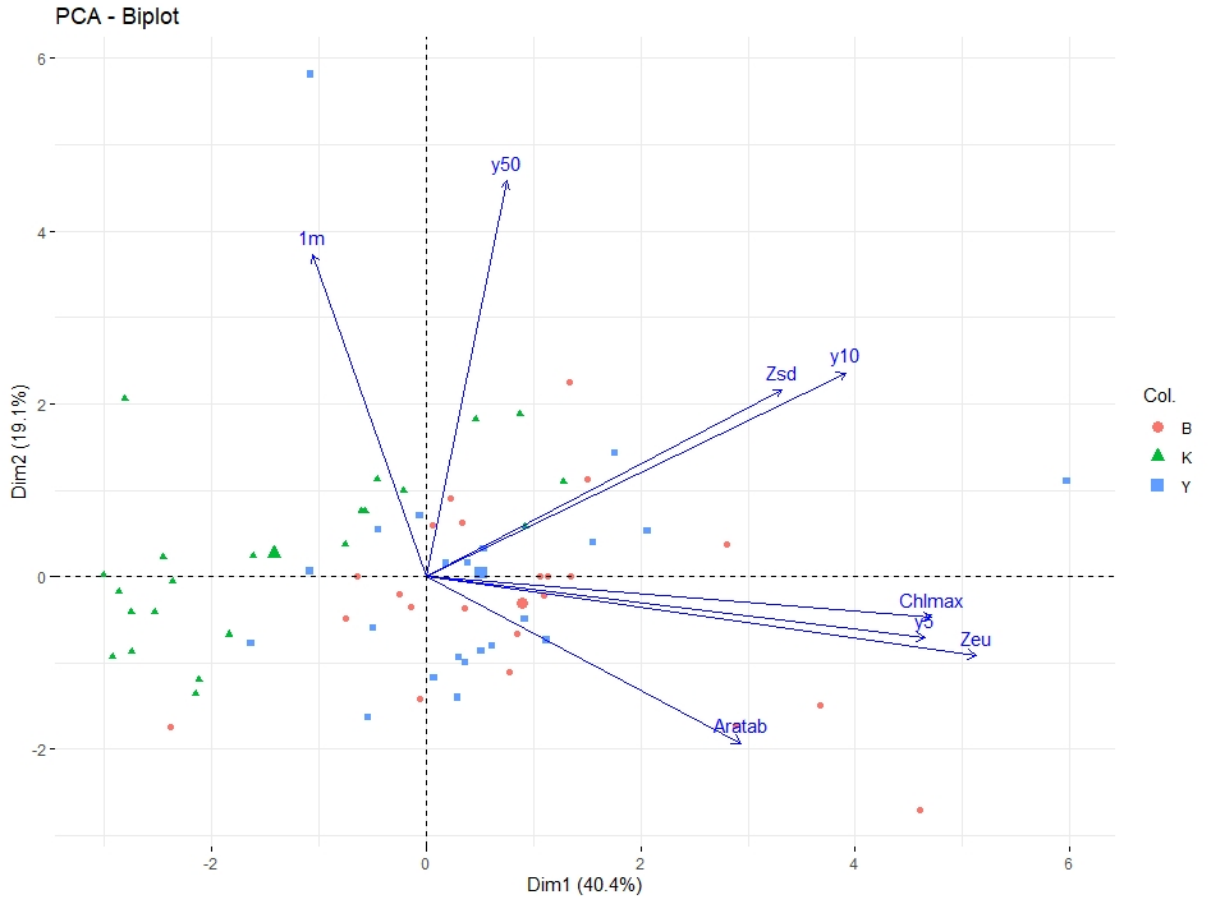


Şekil 91. Nisan 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönümlenme katsayılarının su Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chlmax), ara tabaka derinliği (Aratab), ışığın %1’e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği (Z_{SD}), ışığın %50’ye, %10’a ve %0,5’e düştüğü derinliklerdeki sönümlenme katsayılarının incelenmesi

Temmuz ayı / yaz dönemi için sönümlenme katsayısı Marmara Denizi genelinde en yüksek değerleri yüzeyaltı ışığın yarılandığı derinlikte, klorofil-*a* değerlerinin en yüksek ölçüldüğü klorofil maksimum derinliğinde sergilemiştir (Şekil 92). En düşük değerler ise yüzeyaltı olarak kabul edilen 1 metre’de, yine Ocak ayındaki gibi ara tabakada ölçülmüştür.

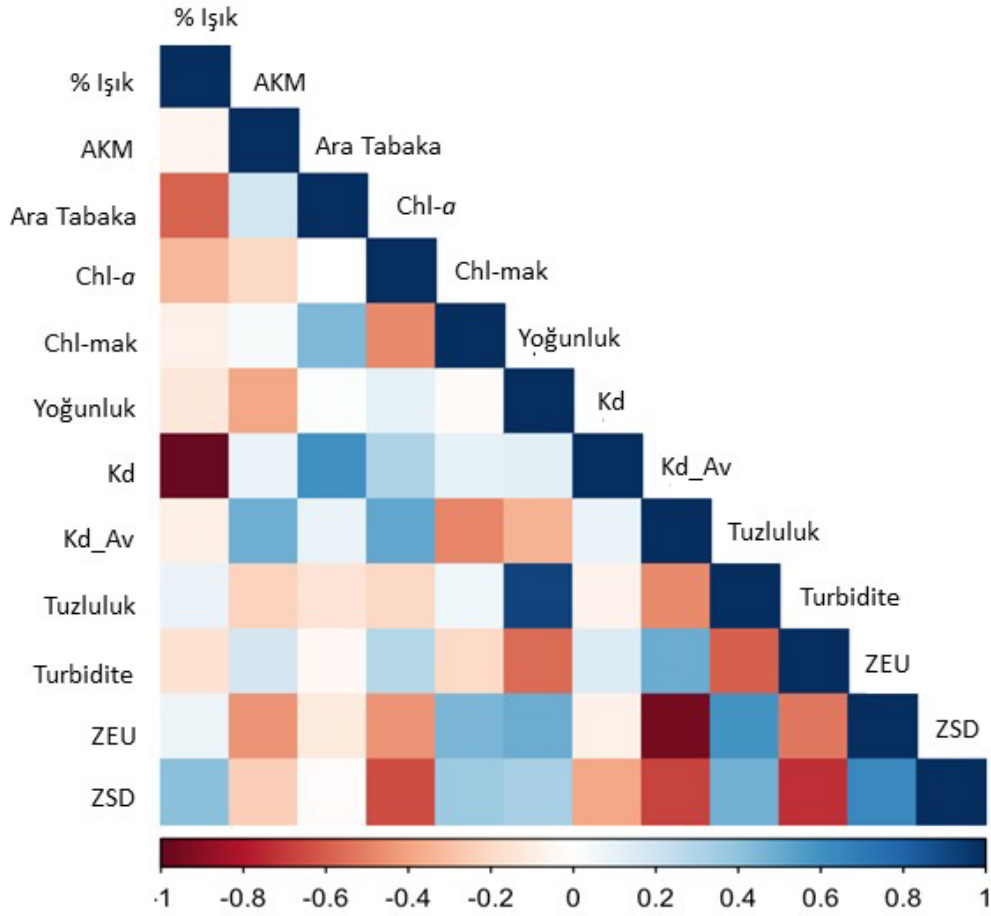


Şekil 92. Temmuz 2021 örnekleme dönemi için su kolundaki sönmülenme katsayılarının su Yüzey (1m), klorofil-maksimum derinliği (Chlmax), ara tabaka derinliği (Aratab), ışığın %1'e indiği derinlik olan ışıklı tabaka kalınlığı (Z_{EU}), seki disk derinliği (Z_{SD}), ışığın %50'ye, %10'a ve %0,5'e düştüğü derinliklerdeki sönmülenme katsayılarının incelenmesi



Şekil 93. Sönümlenme katsayısının çevresel ve optik faktörler ile 3 mevsim için incelenmesi

Temel bileşen analizinde, sönümlenme katsayısının hem çevresel hem de optik parametreler ile olan ilişkisi 3 mevsim için ayrı ayrı incelenmiştir. Yeşil üçgen sembol ile gösterilen kış aylarının bahar ve yaz aylarından farklılaştığı Şekil 93'te görülmektedir. Işıklı tabaka derinliği ile en anlamlı ilişkisi kuran parametre ise önce klorofil maksimum derinliği sonra da ara tabaka derinliği olarak görülmektedir. Seki disk derinliği ile ise ışığın %10'a düştüğü derinlik benzer ilişki kurmuştur. Bu ilişkiler istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde ise temel bileşenlerin veriyi her iki ekseninde de anlamlı bir şekilde açıkladığı Şekil 93'te görülmektedir.



Şekil 94. 2021 yılı Marmara Denizi'nden elde edilen optik, fiziksel ve biyolojik parametrelerin ısı haritasında gösterimi

Marmara Denizi'nde 2021 yılı içinde 3 mevsimde tamamlanan saha çalışmalarından elde edilen optik, fiziksel ve biyolojik parametrelerin birbirileri ile ilişkisi Şekil 94'te R Studio ortamında oluşturulan ısı haritasında incelenmiştir. En yüksek negatif ilişki ışığın su kolonundaki yüzde değeri ile bu derinlikteki sönümlenme katsayısı arasında ve ışıklı tabaka derinliği ile ortalama sönümlenme katsayısı arasında elde edilmiştir. Yine yüksek anlamlı negatif ilişki seki disk derinliği ile sırasıyla türbidite, ışıklı tabaka için ortalama sönümlenme katsayısı ve klorofil-*a* değerleri arasında hesaplanmıştır. Türbidite değerleri ile yoğunluk ve tuzluluk arasında ve ara tabaka derinliği ile % ışık değerleri arasında da negatif anlamlı ilişki olduğu görülmektedir.

En yüksek anlamlı pozitif ilişki ara tabaka ve sönümlenme katsayısı arasında, ışıklı tabaka derinliği ile seki disk derinliği arasında, tuzluluk ve ışıklı tabaka derinliği arasında olduğu görülmüştür. Türbidite ile sönümlenme katsayısı arasında yoğunluk ve ışıklı tabaka derinliği arasında, klorofil-*a* ve askıda katı madde miktarları ile ışıklı tabaka için hesaplanan ortalama sönümlenme katsayısı arasında da pozitif anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

3.5. Seki Disk Değerleri ile Su Kalitesinin Belirlenmesi

Su Kalitesi göstergesi olarak, Z_{SD} Su Çerçeve Direktifi'nde kıyısal ekosistemler için dikkate alınan anahtar kalite elementlerden biridir. Su Çerçeve Direktifi değerlendirmelerinde seki disk değerleri dikkate alınmaktadır (EC/JRC-IES, 2009; MED-GIG, 2011). Seki disk değerleri kullanılarak su kalitesi tahmini yapmak için veri setine uygulanan metot Percentile (yüzde birlik-10-90%) metodu olup, %10, %25, %50, %75 ve % 90 lık dilimler için ayrı ayrı percentile hesaplanmaktadır. Belirlenen bu % dilimlerinde %90 en kötü durumu (BAD), %75 zayıf (POOR), %50 orta (MEDIUM), %25 iyi (GOOD) ve %10 ise çok iyi (HIGH) durumu göstermektedir.

Metodolojinin isterleri doğrultusunda kıyı minimum 5 yıllık aylık veri olan çalışmalar değerlendirilebilmektedir. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi çıkışında 2000-2009 yılları arasında aylık olarak 10 yıl gerçekleştirilen istasyonlarda alınan veriler kullanılarak Z_{SD} açısından su kalitesi sınıf sınır değerleri belirlenmiştir. Bu sınır değerleri kullanılarak 2021 yılında gerçekleştirilen ölçümler su kalitesi için sınıflandırılmıştır. Tablo 19'da sınıf sınır değerleri verilmiştir. Bu çalışmada KD Marmara Denizi için seki disk derinliği >10 metreden büyükse çok iyi kalite, 8,5 – 10 metre aralığında iyi kalite, 7 – 8,5 metre aralığında orta kalite, 6 – 7 metre aralığında zayıf kalite, seki disk derinliği <6 metreden küçük ise kötü su kalitesinde olarak belirlenmiştir (Tablo 19). Bu sınır değerlere göre sınıflandırılan 2021 yılı verileri de Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 19. 2000-2009 yılları arasında Z_{SD} sınıf sınır değerleri

Sınıf	Z_{SD} (m)	Renk Kodu
Çok İyi	>10	
İyi	8,5 - 10	
Orta	7 – 8,5	
Zayıf	6 – 7	
Kötü	<6	

Marmara Denizi’nde 2021 yılında Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında ölçülen Z_{SD} değerleri, sınır değerlere göre sınıflandığında genel olarak kıyı bölgeler, körfez girişleri Z_{SD} değerlerine açısından kötü kalitedeki su seviyesine sahip olduğu gözlenmiştir. Derin basende yer alan 45C ve MD102 istasyonları da su kalitesi açısından zayıf ve kötü olarak tespit edilmiştir. Sadece Karadeniz çıkışında yer alan K0 istasyonu Nisan ayında çok iyi sınıfındadır. Ocak ve Temmuz’da ise zayıf su kategorisinde olarak belirlenmiştir. Yoğun baskılar sonucu ekosistemin bozulduğu Marmara Denizi’nde bu çalışmada da Z_{SD} değerleri su kalitesi olarak değerlendirildiğinde durumun orta – zayıf- kötü kalitede olduğu görülmüştür (Tablo 20).

Tablo 20. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Z_{SD} değeriendirilmesi

İstasyon	Ocak 2021	Nisan 2021	Temmuz 2021
K0	6	12	7
B2	3,3	9	5,9
M8	5,5	5,5	7
MY1	5,5	4	4
MY2	5,5	4,5	5
KC1	5	5,5	5
MBC	3,5	4	7,5
M14A	5,5	7	6
45C	4	6	6
MD102	4	3	4
MD103	9	6	8
MD101	10	10	7,5
M74A	8,5	6,5	8
MD18	5	8	5
DTM3	8,5	6	8,5
MD13A	9	5,5	8
GD3	8,5	5,5	6
MD22	8,5	3,5	6
MD19A	8	5,5	10
İZ-17	5	2,5	2,5
MD10A	8	5,5	6,8
D7	9,5	6	5,7

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın birinci bölümünde 2000 yılı ile 2010 yılları arasında gerçekleştirilmiş ışıık ölçümleri ve bu ölçümlerden hesaplanan sönümlenme katsayısı, seki disk derinliği de değerlendirilerek incelenmiştir. Aylık olarak kuzeydoğu Marmara Denizi'inde yapılan bu çalışma bahsedilen parametrelerin hem bölgesel dinamiklerinin anlaşılması hem de bu parametreler için bu bölgeyi temsil eden değer aralıklarının tanımlanmasını sağlanmıştır. Diğer yandan bu parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri de incelenmiştir ve literatürde yer alan, parametreler arası dönüşümü sağlayan katsayılar kuzeydoğu Marmara Denizi için ilk defa tanımlanmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmı ise 2021 yılında 3 mevsimsel örnekleme olup tüm Marmara Denizi'nin çalışılması ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci kısmının sonuçları ile yapılacak karşılaştırma bölgenin 10 yıl içerisindeki değişimi görmek açısından önemlidir. Işıklı tabaka derinliği, seki disk derinliği ve sönümlenme katsayısı açısından önemli bulgular ortaya konmuştur. Aynı zamanda değişen koşulların parametreler arası ilişkileri nasıl ve ne yönden değiştirdiğinin de anlanmasını sağlamıştır. 2021 yılı içinde Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında tamamlanan bu çalışmada aynı zamanda su kolonunun ışık dinamiklerinin biyolojik parametrelerce de nasıl etkilendiği araştırılmış olup, literature de katkıda bulunulmuştur.

Bu bölümde bulgular kısmındaki veriler literatür ile karşılaştırılmıştır ve veri aralığına göre bölge hakkında tespitler yapılmıştır. Diğer yandan 2000- 2021 arası ışıklı tabaka derinliği, seki disk derinliği, sönümlenme katsayısı ve diğer parametreleri tahmin etmek için hesaplanan sabit değerlerin zamana ve mekana bağlı değişimleri ve birbirleri ile ilişkileri literatür bilgisi ile karşılaştırılarak ortaya konmuştur.

Marmara Denizi'nde 2021 yılında meydana gelen yoğun müsilaj oluşumu bu çalışmanın örnekleme sürecine denk gelmiştir. Müsilaj gibi ekstrem durumların su kolonunda ışık dağılımı ve sönümlenmesini nasıl etkilediği, dolayısı ile ışıklı tabakadaki değişim yolu ile genel deniz ekosistemi sağlığına doğrudan etkisini anlayabilmek için olanak sağlamıştır.

4. 1. Z_{SD} Değerlerine Ait Değerlendirme

Giriş kısmında Tablo 1’de verilen Marmara Denizi’nde Z_{SD} değerlerine bakıldığında 1986 – 1991 yılları arasında 8-14 metre arasında değiştiği rapor edilmiştir (Ediger ve Yılmaz, 1996). 2000 – 2010 yıllarında kuzeydoğu Marmara Denizi’nde ölçülen aylık değerlere bakıldığında veri aralığı 3 – 15 metre olup ortalama seki disk derinliği 8,75 metredir. Bu çalışmada elde edilen değerler Tablo 1’de yer verilen minimum değerlerden daha sık olması bu çalışma sahalarının körfezleri de içermesi ile ilişkilendirilebilmektedir. 2000 – 2010 yılları aralığında kuzeydoğu Marmara Denizi’nde ölçülen aylık değerlere bakıldığında en yüksek değerler sırasıyla sonbahar, yaz, ilkbahar ve kış aylarında ölçülmüştür. Bu durum mevsimsel farklılığı da açık şekilde ortaya koymaktadır. Diğer taraftan en yüksek Z_{SD} değerleri derin baseni temsil eden 45C istasyonunda kaydedilmişken en sık Z_{SD} değerlerinin de antropojenik etkilerin en yoğun olduğu MBC istasyonunda kaydedilmesi beklenen bir durumdur.

Bu değerler 10 yıllık bir aranın ardından 2021 yılı için değerlendirildiğinde seki disk derinliği aralığının 2,5 – 12 arasında kaldığını, dolayısıyla aralığın açılmasına karşın hem minimum hem maksimum değerlerin daha da küçüldüğü görülmektedir. Aynı şekilde ortalama değer aralığı 2000 – 2010 yılları için 8,75 metre iken, bu değer 2021 yılında 6,4 metreye düşmüştür.

Dolayısı ile Marmara Denizi’nin Z_{SD} değerleri 1986’dan 2021’e değerlendirildiğinde Z_{SD} değerlerinde önemli ölçüde düşüş olduğu anlaşılmaktadır. 2021 Z_{SD} değerleri mevsimsel olarak incelendiğinde ise sonuç 2000 – 2010 döneminden oldukça farklıdır. Mevsimsel farklılaşma 2000 – 2010 sürecinde sırasıyla yaz, ilkbahar ve kış olarak azalırken bu durum 2021 yılında sırasıyla kış, yaz ve ilkbahardır. Yaz ve ilkbahar dönemleri olması beklenen sıralamayı sağlarken en düşük değerlerin görülmesi beklenen kış ayı en yüksek değerleri göstermiştir.

Bu durumun Marmara Denizi’nde düşük su kalitesi, trofik seviye, su kolonundaki klorofil-*a*, askıda katı madde ve renkli çözünmüş organik madde gibi deniz suyunda ışığın sönmelenmesini ve dolayısıyla Z_{SD} değerlerinin düşmesi etkileyen faktörlerle ilişkisinin olmasına karşın, asıl nedenin 2021 yılında Marmara Denizi’nde meydana gelen müsilaj oluşumu olduğu anlaşılmıştır. Oluşan müsilaj kümelerinin Marmara Denizi’nde su kolonu boyunca ışığın sönmelenme katsayısını arttırdığını görülmektedir (Şekil 81).

4. 2. Z_{EU} Değerlerine Ait Değerlendirme

Işıklı tabaka (Z_{EU}) deniz yüzeyine gelen fotosentetik aktif ışımaya (PAR) değerinin %1'ine ulaşana kadar ilerlediği su tabakasını ifade etmektedir (Kirk, 1994). Bu derinlik birincil üretimin kaç metreye kadar devam edeceğini göstermekle birlikte, ekosistemlerde ışık geçirgenliğine ilişkin su kalite indeksi olarak da değerlendirilmektedir (Lee ve diğerleri, 2007). Işığın su kolonu boyunca azalışının bir göstergesi olan sönmülenme katsayısı (K_d) da deniz suyu kalitesinin belirlenmesinde ve sınıflanmasında önemli bir göstergedir.

Günümüzde Marmara Denizi'nde yapılan hem oşinografik hem de kirlilik izleme çalışmalarında PAR ölçümleri gerçekleştirilmeye başlamış olsa da literatür taramasından da anlaşıldığı üzere Marmara Denizi' için ışıklı tabakanın derinliği – kalınlığı üzerine tamamlanmış özellikle de yayınlanmış çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Işıklı tabakanın kalınlığı Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda 2000 – 2010 yılları arasında ortalama 22,2 metre olarak hesaplanmıştır. Bu kalınlık 2021 yılında ise ortalama 2 metre azalarak 19,2 metre olarak güncel değerini elde etmiştir. 2000 – 2010 yıllarında ışıklı tabakanın en kalın olduğu dönemler mevsimsel olarak değerlendirilmiş ve sırasıyla sonbahar, yaz, kış ve ilkbahar olduğu görülmüştür. Işıklı tabakanın en kalın olduğu dönemin geç yaz ve erken sonbahar döneminde olması güneş açısı, sudaki partikül ve çözünmüş madde yoğunluğu gibi nedenlerle ilişkilidir. Kış ve ilkbahar ayları da üretimin ve karışımın çok olduğu zamanlar olduğundan ışıklı tabaka derinliği daha sıgıdır.

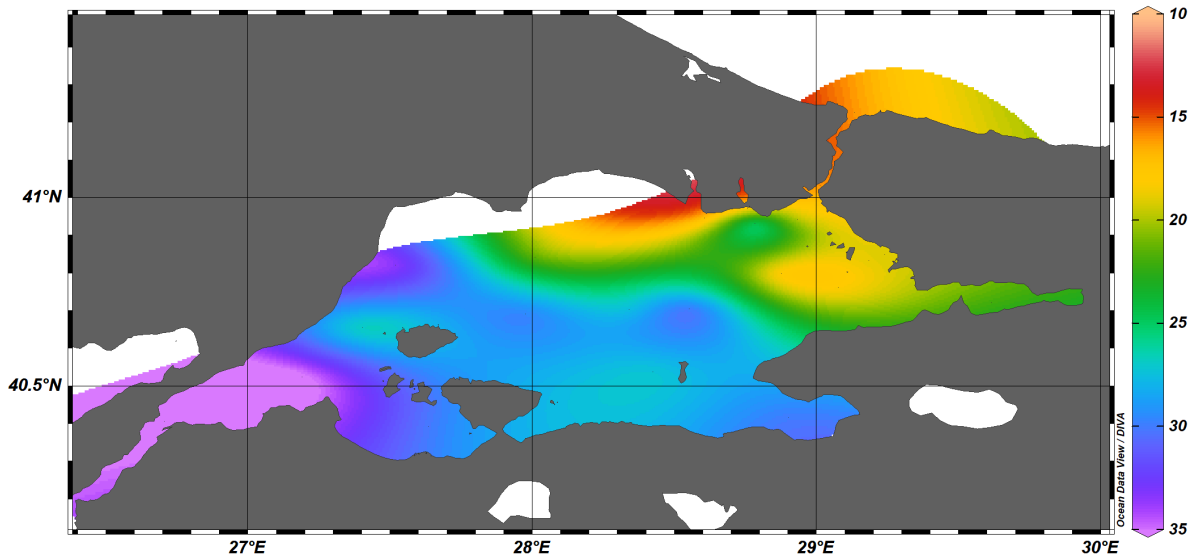
Geçmiş dönemde yapılan çalışmalar güneş ışınlarının yaz aylarında daha dik bir açı ile geldiğini ve bu durumun yansıma miktarını azaltarak, su kolonunda daha derinlere nüfuz edebildiğinin altını çizmektedir. Bu durumun tam tersi ise kış ayları için geçerlidir. Kışın ışık hem limitlidir hem de ekosistem için limitleyicidir (Oğuz ve Merico, 2006). Özellikle bu dönemde yaz aylarında görece yüksek değerler görülmesinin bir diğer nedeni düşük yağış rejimi ve dolayısı ile nehirler vasıtası ile Marmara Denizi'ne giren partikül maddenin yoğunluğunun azalması ve birincil üretimin Marmara denizinde kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşmesidir. Suda azalan askıda madde de ışığın daha derinlere nüfuz etmesinde etkili olmaktadır.

Askıda katı maddenin sudaki organizmaların biyolojik aktivitelerini önemli ölçüde etkileyecek şekilde ışık geçirgenliğini zaman zaman azalttığı bilinmektedir (Chandler, 1942). Zayıf ışık geçirgenliği fotosentez için mevcut ışığı azaltır ve denizdeki besin ağı boyunca enerji akışlarını değiştirir (Capuzzo ve diğerleri, 2015). Bazı türlerin de artışı ve ortama adaptasyonu

ışık miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Kokkolitoforlar buna örnek olarak verilebilir, bu tür yüksek ışık bulunan dönemlerde daha hızlı büyüme göstermektedir. Bu nedenle ışığın limitleyici faktör olması *Emiliana huxleyi* gibi türlerin artışı önünde bir engel teşkil etmektedir (Oğuz ve Merico, 2006).

Kışın oluşan kuvvetli rüzgarlar, yazın ve kısmen sonbaharda çöken / batan sediment ve askıda maddenin kıyısal alanda rüzgar nedeniyle (Song ve diğerleri, 2006), açık denizde ise yine yüzeydeki atmosferik etkinin neden olduğu dikey karışım nedeniyle yukarı çıkarak ışıklı tabaka derinliğinin ya da kalınlığının azalmasına diğer bir deyişle sıkışmasına yani yukarı doğru daralmasına neden olmaktadır (Shang ve diğerleri, 2010).

Şekil 95'te görüldüğü üzere kış aylarında ışıklı tabakanın da en düşük olduğu bölgeler İstanbul çevresinde ve nehir girdisi etkisi altındaki Büyükçekmece ve Küçükçekmece'de bulunan istasyonlardır.



Şekil 95. Ocak 2021 Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliğinin bölgesel değişimi

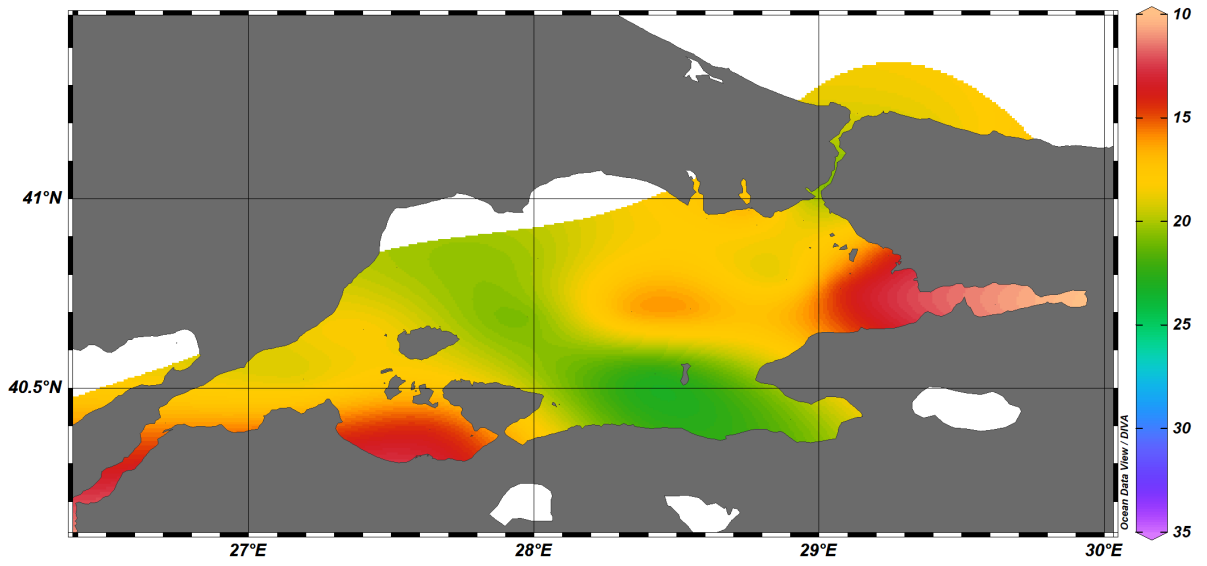
Mevsimsel etkinin dışında, Marmara Denizi'nde antropojenik baskının daha çok hissedildiği ve görece ötrofik koşullarda olduğu sığ sular, körfez bölgeleri ve karasal girdiden etkilenen istasyonlardaki ışıklı tabaka derinliğinin derin istasyonlara kıyasla daha az daha sığ olduğu bu çalışmada görülmüştür. Başka denizlerde yapılan önceki çalışmalar da bu sonucu doğrulamaktadır (Gong ve diğerleri, 2003). Çünkü bu bölgeler karasal girdilerin etkilerini de

yansıtmaktadır. Marmara Denizi'nde yapılan bu çalışmada düşük ışıklı tabaka derinliğinin ölçüldüğü MBC ve KC1 istasyonları da bu istasyonlara örnek teşkil etmektedir ve bu istasyonlar hem sığ hem de karasal etki altındadırlar.

Chen (2005) ve Yılmaz (2002) çalışmalarında kış aylarının yüzey birincil üretim değerleri açısından en yüksek mevsim olduğunu ve bunun kuvvetli rüzgar nedenli dikey karışım ile alt sulardan üst sulara pompalanan besin tuzu nedenli olduğunu belirtmiştir. 2021 yılı için yüzey klorofil-*a* değerlerinin mevsimsel karşılaştırması Bulgular bölümünde Şekil 64'te görülmektedir. Bu durum Marmara Denizinde derin istasyonlarda görülen düşük ışıklı tabaka derinliklerini açıklamaya yardımcı olmaktadır. 2021 yılında bu çalışma kapsamında yapılan örnekleme müsilaaj dönemine denk gelmiş olsa da elde edilen sonuçlar 2000 – 2010 yılları için çalışılan ışıklı tabaka derinliği analizinde elde edilen düşük kış mevsimi Z_{EU} değerlerini destekler niteliktedir. Hem literatüre hem de bu çalışmaya göre kış aylarındaki düşük Z_{EU} değerlerinin nedeni yüzeydeki yüksek klorofil-*a* yoğunluğu hem de alt sudan yukarı taşınan partikül ve çözünmüş maddelerdir.

2000-2010 yılları arasında incelenen ışıklı tabakanın en derin olduğu mevsimlerin sonbahar ve yaz olduğu bu çalışma sonuçlarında görülmüştür. Yaz ve sonbahar dönemlerinde ışıklı tabakanın kalın olması temel olarak su kolonunda azalan hem çözünmüş madde hem de askıda madde ile ilişkilenebilir (Şekil 96). Su kolonunda çözünmüş ve askıda maddelerin azalışı sönümlenme katsayısının düşmesine neden olarak (Tablo 8), ışığın su kolonunda daha derinlere nüfuz etmesine olanak sağlamaktadır. Aynı durum Gong ve diğerleri (2006); Shang ve diğerleri (2010) tarafından da Çin Denizi için rapor edilmiştir.

Ancak hem bu çalışma kapsamında 2000 – 2010 yılları arasında yapılan ışıklı tabaka derinliğinin mevsimsel değişiminin hem de literatür verisinin aksine 2021 yılına ait yaz dönemi ışıklı tabaka derinliği değerleri 3 mevsim içinde en düşük değerleri yaz ayında göstermiştir. Bunun nedeninin ise 2021 yılında Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilaaj etkisi ile olduğu Öztürk ve Ediger (2023)'in çalışmasında belirlenmiştir.



Şekil 96. Temmuz 2021 Marmara Denizi ışıklı tabaka derinliğinin bölgesel değişimi

Müsilajın deniz suyunun optik özelliklerine etkisi hakkında literatürde yer alan fazla çalışma bulunmamaktadır. Berthon ve diğerleri (2000)'nin 1997 yılında Adriyatik Denizi'nde yaptıkları çalışmada müsilajın deniz suyu kolonu boyunca sönümlenme katsayısını önemli ölçüde arttırdığını rapor edilmiştir. Marmara Denizinde müsilaj döneminde su kolonu boyunca yüksek Kd değerleri belirlenmiştir. Öztürk ve diğerleri (2021) Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilajın farklı tipolojilerini Marmara Denizi genelinde incelemiş ve her farklı müsilaj kümesi tipinin Marmara Denizi'nde yer aldığı yoğunluk aralıklarını incelemişlerdir (Tablo 21). Bu yoğunluk aralıklarına denk gelen derinliklerdeki sönümlenme katsayıları ise bu çalışmada incelenmiş ve aynı istasyon için aynı derinlikler müsilajın su kolonunda görülmediği Ocak ayı ile karşılaştırılmıştır. Buna göre su kolonu boyunca derine indikçe büyüyen ve yoğunlaşan müsilaj kümelerinin derinlikle beraber tipolojileri de değiştikçe ışığın sönümlenmesine olan etkileri de artmıştır (Şekil 81).

Tablo 21. Temmuz 2021 döneminde Marmara Denizi'nin ilk 30 metresinde su kolonunda görülen müsilaj tiplerine tanımlama, yoğunluk ve fotoğraf (Öztürk ve Ediger, 2021)

Müsilaj Tipolojisi	Tanımlama	Fotoğraf	Yoğunluk Aralığı ($\sigma\theta$)
Yumak	Küçük boyutlardaki kümeler		13,54 – 14,50
Makroyumak	Küre şeklinde ya da dağınık kümeler		13,54 – 14,50
Kiriş	Uzunlamasına kümeler, genellikle kuyrukluyıldız şeklinde; beyazımsı		13,71 – 17,34
Şerit	Uzunlamasına kümeler, Genellikle beyaz sarı arası		13.54. – 18,69
Ağ	Kirişlerden oluşan ağımsı kümeler, genellikle beyazımsı		14,97 – 19,29
Bulut	Oldukça büyük kümeler, bir baş kısmı ve bir ya da daha fazla kuyruk kısmı şeklinde; genellikle sarı		21,30 – 28,76

4. 3. Sönümlenme Katsayısına (Kd) Göre Değerlendirme

Işığın sönümlenmesine ait katsayı, deniz ve okyanuslarda ışık penetrasyonu ve mevcudiyeti ile ilgili önemli bilgi veren bir parametredir. Sönümlenme katsayısının doğru tahmini, yalnızca deniz ve okyanusların üst katmanındaki ısı transferi gibi fiziksel süreçleri anlamak için değil (Lewis ve diğerleri, 1990; Morel ve Antoine, 1994; Sathyendranath ve diğerleri, 1991; Wu ve diğerleri, 2007), aynı zamanda deniz ve okyanusların ışıklı tabakasinda gerçekleşen fotosentez gibi biyolojik parametreler hakkında bilgi sahibi olmak açısından da önemlidir (Platt ve diğerleri, 1988; Sathyendranath ve diğerleri, 1989). Işığın su kolonundaki penetrasyonu okyanus ve atmosfer dinamiği modellerinde önemli bir bileşen olduğundan, su bulanıklığının yüzey suyu sıcaklığı ve okyanus sirkülasyonu gibi okyanus ortamlarını önemli ölçüde etkileyebilecek parametreler olduğu çeşitli çalışmalarda verilmiştir (Kara ve diğerleri, 2004, 2005; Subrahmanyam ve diğerleri, 2008).

Shi ve Wang (2010) küresel çapta deniz ve okyanusların bulanıklığını ölçmek ve sınıflandırmak için sönümlenme katsayısını mevsimsel olarak kullanarak sistematik bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda deniz ve okyanusları sönümlenme katsayısına göre üç sınıf altında toplamışlardır (Tablo 22). Bu üç sınıf arasından ilki, açık deniz ya da berrak sular olarak nitelendirilmekte ve sönümlenme katsayısı $0,1 \text{ m}^{-1}$ 'den küçüktür. İkinci sınıf orta derecede bulanık sulardır ve bu suların sönümlenme katsayısı aralığı $0,1 \text{ m}^{-1}$ ile $0,3 \text{ m}^{-1}$ arasında değişmektedir. Üçüncü sınıf olan bulanık suların ise sönümlenme katsayısının $0,3 \text{ m}^{-1}$ 'ten büyük olduğu görülmektedir. Üçüncü sınıf olan su kütlelerini daha çok antropojenik etki altındaki kıyı suları, nehir ağızları ve iç sular oluşturmaktadır. Orta derecede bulanık olan sular açık denizleri ve derin basenleri kapsamakta ve orta derece bulanık suların en geniş alana yayılan sınıf olduğu görülmüştür.

Tablo 22 Sönümlenme katsayısına göre su kolonu berraklık sınıflandırması (Shi ve Wang, 2010)

Su Kalitesi Sınıfı	Kd (m ⁻¹)	Renk Kodu
Berrak Sular	Kd < 0,1 m ⁻¹	
Orta Derecede Bulanık Sular	0,1 m ⁻¹ < Kd < 0,3 m ⁻¹	
Bulanık Sular	0,3 m ⁻¹ < Kd	

Tablo 23. Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre 2021 yılı Marmara Denizi 3 mevsim sönümlenme katsayısı değerleri sınıflandırması

	Ocak	Nisan	Temmuz
K0	0,294	0,149	0,243
B2	0,292	0,226	0,222
M8	0,246	0,286	0,249
M14A	0,165	0,246	0,254
KC1	0,243	0,239	0,290
MBC	0,284	0,253	0,261
MY1	0,247	0,325	0,329
MY2	0,256	0,347	0,301
İZ-17	0,209	0,328	0,443
MD102	0,256	0,291	0,335
45C	0,278	0,290	0,249
MD22	0,155	0,303	0,221
MD19A	0,169	0,292	0,201
M74A	0,147	0,244	0,287
MD18	0,171	0,285	0,282
DTM3	0,153	0,268	0,216
MD103	0,219	0,258	0,233
MD101	0,135	0,255	0,232
MD13A	0,176	0,263	0,262
GD3	0,160	0,274	0,322
MD10A	0,128	0,263	0,238
D7	0,123	0,198	0,267

Marmara Denizi'nde Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında yapılan çalışmalarda hesaplanan sönümlenme katsayısı değerleri Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre renklendirilmiş ve Tablo 23'te gösterilmiştir. Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre Ocak ayında çalışılan tüm istasyonlar orta derecede bulanık sular kategorisinde yer almıştır. Nisan ayında, 6 istasyon hariç ortam orta derecede bulanıktır. 6 istasyonun berraklık sınıfı orta dereceden bulanık suya geçmiştir. Bu istasyonlar kırmızı renkte Tablo 23'te görülmektedir. Temmuz ayında aynı 6 istasyon olmamakla beraber, Nisan ayında olduğu gibi 6 istasyon bulanık su kategorisinde yer alıp, kalan 16 istasyon da orta derecede bulanık su sınıfında yer almıştır. Bulanık su kategorisinde yer alan istasyonlar Nisan ayı için İstanbul kıyısında ve etki alanındaki MY1, MY2, İzmit Körfezi'ndeki İZ-17 istasyonu ile yakınında yer alan derin istasyon olan MD102 ile Gemlik Körfezi ve Susurluk Nehri etki alanında yer alan MD22 ile MD19A istasyonları bulanık su kategorisinde yer almıştır. Temmuz ayı için ise İstanbul kıyısında ve etki alanındaki MY1, MY2, İzmit Körfezi'ndeki İZ-17 istasyonu ile yakınında yer alan derin istasyon olan MD102 ile Küçükçekmece önündeki KC1 istasyonu ve Erdek Körfezi'nde yer alan GD3 istasyonu bulanık sular kategorisinde yer almaktadır (Tablo 23).

Bu çalışmada belirlenen sönümlenme katsayıları da ortamdaki çevresel parametrelerden etkilenmekte ve kıyısız alan ve su kolonunda ışık geçirgenliğini etkileyen parametrelerin varlığında yüksek değerler elde edildiği sonuçlar kısmında verilmiştir. Sönümlenme katsayısına göre sınıflandırıldığında Marmara Denizi orta bulanık su sınıfında olmasına rağmen musilaj gibi olumsuz koşullarda çok bulanık su kategorine girmektedir.

Tablo 24. Shi ve Wang (2010) sınıflandırmasına göre 10'ar yıl ara ile sönümlenme katsayısı değerlerinin 45C, MBC ve MY2 istasyonlarına ait değerler

Yıl	45C	MBC	MY2
2001	0,192	0,214	0,255
2009	0,219	0,204	0,257
2021	0,272	0,266	0,301

45C, MBC ve MY2 istasyonlarına ait sönümlenme katsayısı değerleri Tablo 24’te yaklaşık 10’ar yıl ara ile 2001, 2009 ve 2021 yılları için incelenmiş ve Shi ve Wang sınıflandırmasına göre renklendirilmiştir. Yıllık ortalama değerlere 3 istasyon için bakıldığında 3 dönem için 45C ve MBC istasyonu orta derecede bulanık su sınıfında yer alırken, MY2 istasyonu 2001 ve 2009 yıllarında orta derecede bulanık su sınıfında, 2021 yılında ise bulanık su sınıfında yer almaktadır.

4. 4. Işıklı Tabaka Derinliği / Seki Disk Derinliği (β) ile Sönümlenme Katsayısı * Seki Disk Derinliği (α)

Z_{SD} , su kolonunda bulunan çözünmüş ve partikül madde miktarı ile ters orantılıdır bu nedenle, Z_{SD} değeri bulanıklığın bir göstergesi olarak kullanılabilir (Atkins, 1929).

Giriş kısmında belirtildiği gibi Z_{SD} 1860’lardan beri deniz çalışmalarında en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir (Secchi, 1984; Wernand, 2010, Lee ve diğerleri, 2018). PAR ölçümü için eski dönemlerdeki donanım eksikliği nedeniyle, ışıklı tabaka bilgisini elde edebilmek amacı ile Z_{EU} ve Z_{SD} arasında empirik bir ilişki geliştirilmiştir ($Z_{EU} \sim \beta \times Z_{SD}$). β katsayısı literatürde Z_{EU} / Z_{SD} oranı için 1 ve 5 arasında değişen bir aralıkta verilmiştir (Lee ve diğerleri, 2018). Bazı çalışmalar bu oranı temiz / berrak / Tip 1 sular için 2,4 (Smith, 1979), bulanık / Tip 2 sular için ise 3.5 olarak vermiştir (Holmes, 1970). β değeri berrak sular için, bulanık sulara oranla daha küçük değerler almaktadır.

Bu çalışma sonuçlarına göre Mart 2000 – Ocak 2010 yılları arasında çalışılan üç istasyona ait Z_{EU} / Z_{SD} ilişkisi incelendiğinde ortalama β değerinin $\sim 1,85 - 3,46$ ($2,66 \pm 0,8$, Tablo 11) arasında değiştiği görülmüştür. 2021 yılı mevsimlik değerlere bakıldığında ise ortalama β değeri $\sim 2,48 - 4,12$ ($3,30 \pm 0,82$) aralığında olduğu belirlenmiştir (Tablo 15). Bu sonuç Marmara Denizi’nin β değerine göre değerlendirildiğinde daha bulanık su kategorisine geçtiğini göstermiştir.

Ancak yine de, bu çalışmada elde edilen sabit değerler literatür aralığında yer alsa da β değeri kullanılarak elde edilen tahmini ışıklı tabaka derinliği değerleri ile ölçülen ışıklı tabaka derinliği değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Hem literatür hem de elde edilen sonuçlara bakıldığında bunun esas nedeninin Marmara Denizi’nde görülen mevsimsel farklılık ve bunun ışıklı tabaka derinliği üzerine olan etkisidir. Bu mevsimsel farklılığın etkisi seki disk derinliği değerlerine göre ışıklı tabaka derinliği üzerinde daha etkili olduğundan tek bir sabit

sayı ile seki disk derinliği değerinden ışıklı tabaka derinliği değerine ulaşmak Marmara Denizi için çok doğru sonuçlar vermeyecektir.

Optik parametreler arasındaki diğer bir ilişki ise önceki çalışmalarda Z_{SD} verisini yine önemli bir parametre olan sönümlenme katsayısını tahmin etmek için sönümlenme katsayısı ve Z_{SD} arasında kurulmuştur $Kd = \frac{\alpha}{Z_{SD}}$ (Tablo 25). Kd ve seki disk arasındaki sabit değere bakıldığında Mart 2000 – Ocak 2010 yılları arasında çalışılan üç istasyona ait $Kd * Z_{SD}$ ilişkisi incelendiğinde ortalama α değerinin 1,34 – 2,40 ($1,87 \pm 0,53$, Tablo 10) arasında değiştiği görülmüştür. 2021 yılı mevsimlik değerlere bakıldığında ise ortalama α değeri 1,13 – 1,85 ($1,49 \pm 0,36$, Tablo 16) aralığında değişmiştir. Tablo 25’teki farklı bölgeler için verilen α değerlerinin farklı olduğu görülmektedir.

Tablo 25. Önceki çalışmalarda elde edilen α değerleri ve bu çalışmadaki ile karşılaştırılması

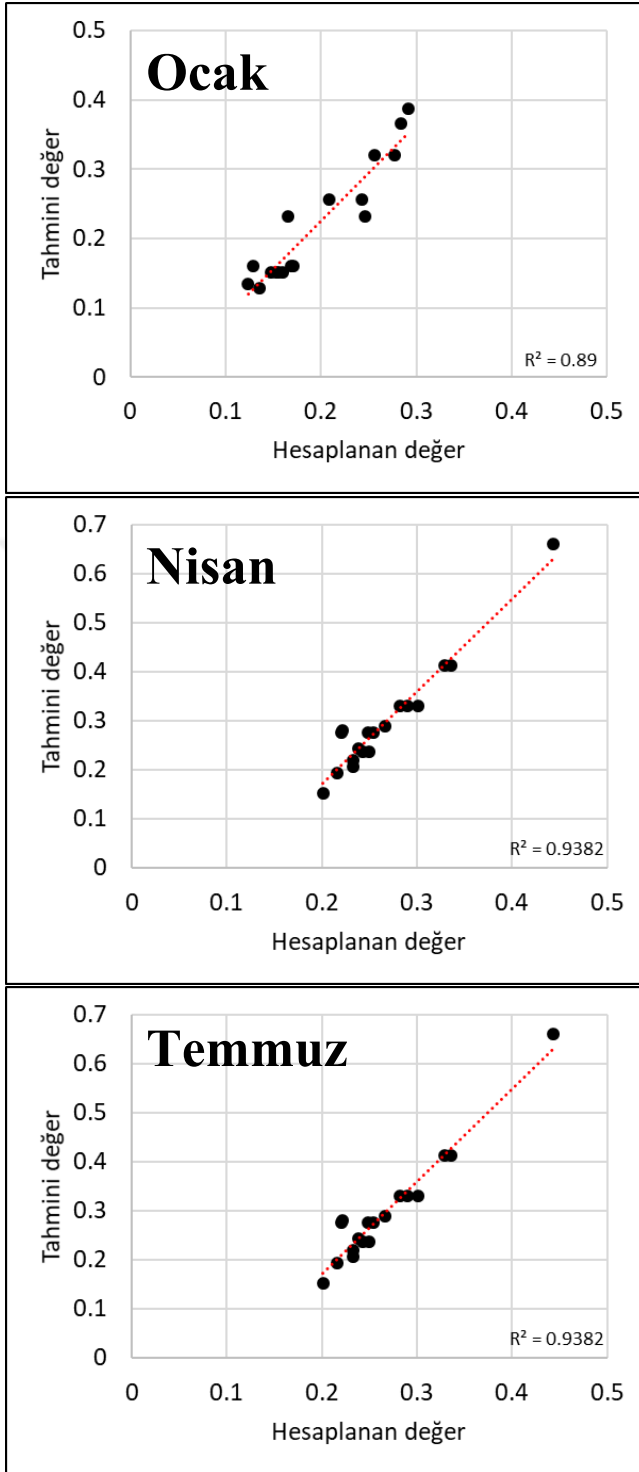
Formül	Z_{SD} Aralığı (m)	Referans
$K_{PAR} = 1,7/Z_{SD}$	1,9-35	Poole ve Atkins (1929)
$K_{PAR} = 1,44/Z_{SD}$	2-12	Holmes (1970)
$K_{PAR} = 1,7/Z_{SD}$	0,1-35	Idso ve Gilbert (1974)
$K_{PAR} = 1,27/Z_{SD}$	0,2-2,2	Gallegosve diğerleri (1990)
$K_{PAR} = 1,48/Z_{SD}^{1,16}$	1,2-5	Montes-Hugo ve Alvarezborrego (2005)
$K_{PAR} = 1,36/Z_{SD}$	0,1-42	Lugo-Fernandez ve diğerleri (2008)
$K_{PAR} = 1,4/Z_{SD}$	0,5-2,5	Gallegos ve diğerleri (2011)
$K_{PAR} = 1,87/Z_{SD}$	3-15	Bu çalışma

Bu çalışmada elde edilen seki disk değeri ve sönümlenme katsayısı ilişkisine bakılarak elde edilen katsayılar kullanılarak hesaplanan tahmini sönümlenme katsayıları ile yerinde ölçülen sönümlenme katsayısı ise Şekil 97’te karşılaştırılmıştır. Şekil 97’ye göre tahmin edilen ve hesaplanan değerler arasında güçlü bir ilişki gözlenmiştir ($p < 0,001$).

Marmara Denizi'nin iki tabakalı yapısı, üzerindeki çok çeşitli baskılar ile bozulan ekosistemi artan AKM, klorofil-a ve çözünmüş organik madde miktarlarındaki değişim su kolonundaki ışık girişimini etkilemekte, sönümlenme katsayısı değişmekte ve ışıklı tabaka derinliğinin değişimine neden olmaktadır.

4. 5. Marmara Denizi'nde Optik Özelliklerin Biyolojik Parametreler ile İlişkisi

Askıda katı madde, bulanıklık, seki disk derinliği, ışığın sönümlenme katsayısı ve klorofil-*a* değerleri arasındaki ilişkiler hem dünya denizlerinde hem de Marmara Denizi'nde detaylı bir şekilde irdelenmemiştir. Işığın sönümlenmesinde etkili faktörlerinin önemini ölçmek, değişen koşullar altında değişken katkıları nedeniyle zordur (Henderson ve Bukaveckas, 2022). Giriş kısmında bahsedildiği üzere fitoplanktonun suyun optik özelliklerindeki değişimin ana sorumlusu olduğu durumlar Tip 1 su olarak geçmektedir. Tip 2'de ise durum sadece fitoplankton ve ilişkili partiküllerle değil, fitoplanktondan bağımsız olan inorganik partiküller ile de ilişkilendirilmiştir (IOCCG, 2000), tüm bunlar askıda katı madde ve klorofil-*a* değerlerinin ışığın sönümlenmesi ile olan ilişkisinin önemini bölgenin tipini de ortaya koymak açısından önemlidir. Askıda katı madde (AKM), fotonların saçılmasına neden olarak yol uzunluklarını artırır ve aşağı doğru akıtmalarını azaltır. AKM, cansız parçacıklardan (ör. kil, silt ve kum) ve ayrıca canlı hücrelerden (ör. fitoplankton ve bakteri) oluşur. Işık zayıflaması, parçacıkların bolluğunun yanı sıra boyutları ve bileşimlerinden de etkilenir. Genel olarak, daha ince malzemelerin birim kütle başına su berraklığı üzerinde daha büyük bir olumsuz etkisi vardır. AKM'yi ölçmek için yaygın olarak kullanılan iki ölçüm, toplam askıda katı madde (TSS), bir gravimetrik özellik (hacim başına AKM kütlesi) ve standartlara göre ışık saçılımını ölçen bir optik özellik olan bulanıklıktır. Jerlov su tipi sınıflandırması, deniz sularının optik özelliklerine göre sınıflandırmasıdır. Örek (2007) çalışmasında, Marmara Denizi'nin, Jerlov su tipi sınıflandırmasına göre 5, yani çok bulanık su olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada Marmara denizi suları karasal etkilerin altındaki bölgelerde çok bulanık, diğer alanlarda orta bulanık su olarak belirlenmiştir. Askıda katı madde miktarı optik özelliklerin üzerindeki birincil faktör olarak öne çıktığından, Marmara Denizi optik parametrelerin yer aldığı model çalışmalarında Tip 2 su kütlesi olarak değerlendirileceği aşikardır.



Şekil 97. Ocak, Nisan ve Temmuz 2021 Marmara Denizi Z_{SD} değerlerinden bu çalışma kapsamında hesaplanan tahmini K_d (m^{-1}) değerleri ve ölçülen K_d (m^{-1}) değerlerinin karşılaştırması ($p < 0,001$)

Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında Marmara Denizi için ortalama Z_{SD} değeri 2000-2010 yılları için yaklaşık 9 metre iken 2021 yılında bu ortalama değer 6,75 metreye düşmüştür. Son 20 yılda Z_{SD} değerinin yaklaşık 2,5 metre azaldığı görülmüştür. Marmara Denizi'nde 2000-2010 yılları arasında 10 yıllık aylık toplanan seki disk derinliği değerlerinden su kalitesi Z_{SD} sınıf değerleri oluşturulmuştur. Buna göre 2021 yılı değerleri bu sınıf değerlerine göre değerlendirildiğinde Marmara Denizi'nin zayıf ve kötü su kalitesi sınıfına dahil olduğu görülmüştür.

Z_{EU} değerlerinin ise 2000-2010 yılı için Marmara Denizi'nde ortalama 22,2 metre olarak ölçülmüştür. 2021 yılında yapılan çalışmada ise Z_{EU} değer aralığı mevsime ve bölgeye bağlı olarak 11-36 metre arasında değişmekle beraber ortalama değerin 19,92 olduğu görülmüştür. Marmara Denizi'nde bölgesel ve mevsimsel farklılıklar olmakla beraber, ışıklı tabaka derinliğinin yıllar içinde azalmış olduğu sonucuna varılmıştır.

Işıklı tabaka derinliği ve sönümlenme katsayısı değerlerini elde etmek için, seki disk derinliği ile ilişkilendirilen sabit sayılar Marmara Denizi için ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. Işıklı tabaka derinliği tahmininde kullanılacak sabit değerlerin Marmara Denizi özelinde mevsimsel farklılık ortaya koyduğu ve bu değerlerin karasal etkideki istasyonlar ve derin basende bulunan istasyonlar için aynı olamayacağı görülmüştür. Marmara Denizi gibi tabakalaşmanın, karasal etkilerin görüldüğü denizde optik çalışmalarda sönümlenme katsayısı ve ışıklı tabaka derinliğinden bahsedilmek için PAR verisi kullanmanın daha sağlıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Müsilaj olayının su kolonu ışık geçirgenliğini ve sönümlenme katsayısını etkilediği 2021 yılı özellikle Temmuz ve Nisan ayı örnekleri ve ölçüm sonuçlarından anlaşılmıştır. 2021 yılında yapılan saha çalışmasında elde edilen biyolojik parametreler ile optik parametrelerin ilişkisine temel bileşen analizinde ve ısı hatıtasında bakılmıştır. Buna göre ışığın su kolonundaki sönümlenmesini sırasıyla askıda katı madde, klorofil-a ve yoğunluk parametrelerinin etkilediği, ve bu durumun Marmara Denizi optik açıdan değerlendirilme onu Tip-2 su sınıfı içine aldığı görülmüştür.

Öneriler

Marmara Denizi'nde ışıklı tabakanın ve ışıklı tabakayı etkileyen parametrelerin hem mevsimsel değişimlerden hem de bölge dinamiklerinden önemli ölçüde etkilendiği, bu çalışma sonucundan anlaşılmaktadır. Bu nedenle ışıklı tabaka ve ilgili parametreler arası ilişkilerin – algoritmaların bölgeye özgü geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Ekosistem sağlığı göstergesi olan ışıklı tabaka derinliği, birçok çevresel parametrenin (askıda katı madde, klorofil-a ve renkli çözünmüş organik madde) değişiminden etkilenmektedir. Bu nedenle Marmara Denizi'nde ışığın geçirgenliği etkileyen tüm parametrelerin izlenmesi önemlidir.

Işıklı tabakayı ve etkileyen parametrelerdeki değişimlerin anlaşılabilmesi için, bölgesel farklılıkları ortaya koyacak şekilde Marmara Denizi'nin tümünü kapsayan, mevsimsel dinamikleri gösterecek dört mevsimlik düzenli ölçüm ve izleme çalışmaları kapsamında değerlendirilmesi önerilmektedir.

Seki disk sınıf sınır değerleri ve sönümlenme katsayısı değerleri bu çalışmanın önemli çıktılarından biri olup Marmara Denizi su kalitesi değerlendirmesi için kullanılabilecek parametrelerdir. Diğer yandan sağlıklı bir deniz ekosisteminin anahtar elementlerinden biri olan ışığın, Marmara Denizi'nde yaşamı desteklediği ışıklı tabaka derinliğindeki uzun dönemli değişimin incelenmeye devam edilmesi gerekmektedir.

Günümüzde deniz ekosisteminin korunmasının karşı karşıya olduğu en önemli zorluklar, biyoçeşitlilik kayıpları, iklim değişikliği, ötrofikasyon, kimyasal kirlilik ve kara kaynaklı kirleticiler konuları olup, ekosistemin sürdürülebilir kullanımı için Marmara Denizi izleme çalışmaları ekosistem temelli yaklaşımlar ile ele alınmalıdır. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, bir iç denizimiz olan Marmara Denizi'nin hem ekosistem sağlığının korunması hem de 2021 yılında yaşadığımız müsilaj gibi ekosisteme önemli ölçüde zarar verecek hadiselerin yaşanmaması için, eylem planlarının oluşturulması, uygulanması ve özellikle koruma alanlarının ilan edilerek, statülerinin gerektirdiği tüm şartlara uyulması, bu denizin gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde bırakılabilmesi için elzemdir.

KAYNAKLAR

- Abdelrhman, M. A. (2017). Quantifying contributions to light attenuation in estuaries and coastal embayments: Application to Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuaries and Coasts*, 40, 994-1012.
- Al Kaabi, M., Zhao, J., Ghedira, H. (2016). MODIS-based mapping of Secchi disk depth using a qualitative algorithm in the shallow Arabian Gulf. *Remote Sensing*, 8(5), 423.
- Alikas, K., Kratzer, S. (2017). Improved retrieval of Secchi depth for optically complex waters using remote sensing data. *Ecological indicators*, 77, 218-227.
- American Public Health Association (APHA) 1999. Standard methods for the examination of water and waste water. 20th edition, Washington DC, USA.
- Ángel, Santamaría-del-E.; Millán-Núñez, R.; González-Silvera, A. (2005). Cajal-Medrano, R. Producción Primaria Fitoplanctónicas. En *Manuales del cuerpo Académico de Ecología del Fitoplancton de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California; Series White Papers POPEYE 41 p; Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas: Ensenada, Mexico.*
- Atkins, Poole, (1929). H.H.W.R.G. Photo-Electric Measurements of Submarine Illumination throughout the Year. *Journal of. Marine Biological Association UK*, 16, 297–324.
- Aydinol, F. I. T., Kanat, G., Bayhan, H. (2012). Sea water quality assessment of Prince Islands' Beaches in Istanbul. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(1), 149-160.
- Balci, M., Balkis, N. (2017). Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey). *Marine pollution bulletin*, 115(1-2), 172-189.
- Balkis, N., Toklu-Aliçli, B., Balci, M. (2012). Evaluation of ecological quality status with the Trophic Index (TRIX) values in the coastal waters of the Gulfs of Erdek and Bandırma in the Marmara Sea. In *Ecological Water Quality-Water Treatment and Reuse*. IntechOpen.
- Behrenfeld, M. J., Falkowski, P. G. (1997). Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and oceanography*, 42(1), 1-20.
- Bengil, F., Mavruk, S. (2018). Bio-optical trends of seas around Turkey: An assessment of the spatial and temporal variability. *Oceanologia*, 60(4), 488-499.
- Berthon, J. F., Zibordi, G., Hooker, S. B. (2000). Marine optical measurements of a mucilage event in the northern Adriatic Sea. *Limnology and oceanography*, 45(2), 322-327.
- Besiktepe, S. (1991). Some aspects of the circulation and dynamics of the Sea of Marmara (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Middle East Technical University, Erdemli, Icel).

- Beşiktepe, Ş.T., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., Ünlüata, Ü. (1994). The Circulation and Hydrography of the Marmara Sea, *Progress in Oceanography*, 34, 285-334.
- Binding, C. E., Jerome, J. H., Bukata, R. P., Booty, W. G. (2008). Spectral absorption properties of dissolved and particulate matter in Lake Erie. *Remote sensing of environment*, 112(4), 1702-1711.
- Bowers, D. G., Harker, G. E. L., Smith, P. S. D., Tett, P. (2000). Optical properties of a region of freshwater influence (the Clyde Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50(5), 717-726.
- Branco, A. B., Kremer, J. N. (2005). The relative importance of chlorophyll and colored dissolved organic matter (CDOM) to the prediction of the diffuse attenuation coefficient in shallow estuaries. *Estuaries*, 28, 643-652.
- Brown, R. (1984). Relationships between suspended solids, turbidity, light attenuation, and algal productivity. *Lake and reservoir management*, 1(1), 198-205.
- Capuzzo, E., Stephens, D., Silva, T., Barry, J., Forster, R. M. (2015). Decrease in water clarity of the southern and central North Sea during the 20th century. *Global Change Biology*, 21(6), 2206-2214.
- Carstensen, J. (2007). Statistical principles for ecological status classification of Water Framework Directive monitoring data. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 3-15.
- Castillo-Ramírez, A., Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., Frouin, R., Sebastián-Frasquet, M. T., Tan, J., ... Enríquez-Paredes, L. (2020). A new algorithm to estimate diffuse attenuation coefficient from Secchi disk depth. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 558.
- Chandler, D. C. (1942). Limnological studies of western Lake Erie: II. Light penetration and its relation to turbidity. *Ecology*, 23(1), 41-52.
- Chen, Y. I. L. (2005). Spatial and seasonal variations of nitrate-based new production and primary production in the South China Sea. *Deep-Sea Research I*, 52, 319-340.
- Chen, Q., Zhang, Y., Ekroos, A., Hallikainen, M. (2004). The role of remote sensing technology in the EU water framework directive (WFD). *Environmental Science & Policy*, 7(4), 267-276.
- Coble, P. G., Del-Castillo, C. E., Avril, B. (1998). Distribution and optical properties of CDOM in the Arabian Sea during the 1995 Southwest Monsoon. *Deep Sea Research. Part II Topical Studies in Oceanography*. 45: 2195-2223.
- ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM (2017). Denizlerde bütünleşik kirlilik izleme programı, 2014-2016 yılı marmara denizi özet raporu. TÜBİTAK-MAM Matbaası, Baskı No: ÇTÜE.16.330, Ankara.
- ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM (2021). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2019 Marmara Denizi Özet Raporu, TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.

- Del Vecchio, R., Blough, N. V. (2002). Photobleaching of chromophoric dissolved organic matter in natural waters: kinetics and modeling. *Marine Chemistry*, 78(4), 231-253.
- Duchrow, R. M., Everhart, W. H. (1971). Turbidity measurement. *Transactions of the American Fisheries Society*, 100(4), 682-690.
- EC / JRC IES. (2009). Water Framework Directive intercalibration technical report, Scientific and Technical Reports;
- Ediger, D., Yilmaz, A. (1996). Variability of light transparency in physically and biochemically different water masses: Turkish Seas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 5.
- Ediger, D., Tuğrul, S., Yılmaz, A. (2005) Vertical profiles of particulate organic matter and its relationship with chlorophyll-a in the upper layer of the NE Mediterranean Sea. *Journal of marine systems* 55, 3-4, 311-326.
- Ediger, D., Beken Ç., Yüksek A., Tugrul S. (2016). Eutrophication in the Sea of Marmara. In: *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (eds., Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B.) Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Istanbul, Turkey, Publication No.42, pp 723.
- Efimova, T. V., Churilova, T. Y., Skorokhod, E. Y., Moiseeva, N. A., Zemlianskaia, E. A. (2020). Vertical distribution of bio-optical properties of the Azov-Black Sea basin waters in April-May, 2019. *Physical Oceanography*, 27(5), 525-534.
- Ekercin, S. (2007). Water quality retrievals from high resolution IKONOS multispectral imagery: A case study in Istanbul, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 183(1-4), 239-251.
- Elliott, M., Quintino, V. (2007). The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine pollution bulletin*, 54(6), 640-645.
- EPA. 2014. Environmental Protection Agency, Water: CWA methods, priority pollutants.
- Gallegos, C. L., Correll, D. L., Pierce, J. W. (1990) Modeling spectral diffuse attenuation, absorption, and scattering coefficients in a turbid estuary, *Limnology and Oceanography*, 35, 1486–1502.
- Gallegos, C. L. (1994). Refining habitat requirements of submersed aquatic vegetation: role of optical models. *Estuaries*, 17, 187-199.
- Gallegos, C. L. (2001). Calculating optical water quality targets to restore and protect submersed aquatic vegetation: overcoming problems in partitioning the diffuse attenuation coefficient for photosynthetically active radiation. *Estuaries*, 24, 381-397.
- Gallegos, C. L., Jordan, T. E., Hines, A. H., Weller, D. E. (2005). Temporal variability of optical properties in a shallow, eutrophic estuary: Seasonal and interannual variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(2-3), 156-170.

- Gallegos, C. L., Werdell, P. J., and McClain, C. R. (2011): Long-term changes in light scattering in Chesapeake Bay inferred from Secchi depth, light attenuation, and remote sensing measurements, *Journal of Geophysical Research*, 116, C00H08, <https://doi.org/10.1029/2011JC007160>.
- Gomes, A. C., Alcântara, E., Rodrigues, T., Bernardo, N. (2020). Satellite estimates of euphotic zone and Secchi disk depths in a colored dissolved organic matter-dominated inland water. *Ecological Indicators*, 110, 105848.
- Gong, G., Wen, Y., Wang, B., Liu, G. (2003). Seasonal variation of chlorophyll a concentration, primary production and environmental conditions in the subtropical East China Sea. *Deep-Sea Research II*, 50, 1219–1236
- Hoepffner, N., Sathyendranath, S. (1993). Determination of the major groups of phytoplankton pigments from the absorption spectra of total particulate matter. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 98(C12), 22789-22803.
- Højerslev, N. K. (1974). Inherent and apparent optical properties of the Baltic. Københavns universitet, Institut for fysisk oceanografi. Report 23, 41 pp..
- Højerslev, N. K. (1988). Natural occurrences and optical effects of Gelbstoff. Rep. Dept. Phys. Oceanogr. Univ. Copenhagen, Copenhagen, Denmark, 1988.
- Holmes, R. W. (1970). The secchi disk in turbid coastal waters 1. *Limnology and Oceanography*, 15(5), 688-694.
- Idso, S. B., Gilbert, R. G. (1974). On the universality of the Poole and Atkins Secchi disk-light extinction equation. *Journal of Applied Ecology*, 399-401.
- Ignatiades, L., Georgopoulos, D., Karydis, M. (1995). Description of the phytoplanktonic community of the oligotrophic waters of the SE Aegean Sea (Mediterranean). *Marine ecology*, 16(1), 13-26.
- Ikis, M. (2007). Temporal and spatial changes of primary productivity the sea of Marmara obtained by remote sensing [M.S. - Master of Science]. Middle East Technical University.
- IOCCG, 2000. Remote sensing of ocean color in coastal, and other optically-complex, waters. Sathyendratg, S. (ed), Reports of the International Ocean-Color Coordinating Group, No. 3, IOCCG, Dartmouth, Canada.
- Jerlov, N. G. (1976). *Marine optics*. Elsevier. Volume 14,. Pages iii-vii, 1-231
- Kara, A. B., H. E. Hurlburt, P. A. Rochford, and J. J. O'Brien (2004), The impact of water turbidity of the interannual sea surface temperature simulations in a layered global ocean model, *J. Phys. Oceanogr.*, 34, 345–359.
- Kara, A. B., A. J. Wallcraft, and H. E. Hurlburt (2005), Sea surface temperature sensitivity to water turbidity from simulations of the turbid Black Sea using HYCOM, *J. Phys. Oceanogr.*, 35, 33–54
- Kirk, J. T. (1994). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge university press.

- Lee, Z., Weidemann, A., Kindle, J., Arnone, R., Carder, K. L., Davis, C. (2007). Euphotic zone depth: Its derivation and implication to ocean-color remote sensing. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C3).
- Lee, Z., Shang, S., Du, K., Wei, J. (2018). Resolving the long-standing puzzles about the observed Secchi depth relationships. *Limnology and Oceanography*, 63(6), 2321-2336.
- Lei, S., Xu, J., Li, Y., Lyu, H., Liu, G., Zheng, Z., ... Li, J. (2020). Temporal and spatial distribution of $K_d(490)$ and its response to precipitation and wind in lake Hongze based on MODIS data. *Ecological Indicators*, 108, 105684.
- Lewis, M. R., Carr, M. E., Feldman, G. C., Esaias, W., McClain, C. (1990). Influence of penetrating solar radiation on the heat budget of the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 347(6293), 543-545.
- Liu, Y., Islam, M. A., Gao, J. (2003). Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. *Progress in physical geography*, 27(1), 24-43.
- Lugo-Fernández, A., Gravois, M., Montgomery, T. (2008). Analysis of Secchi depths and light attenuation coefficients in the Louisiana-Texas shelf, northern Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science*, 26(1), 2.
- Luhtala, H., Tolvanen, H. (2013). Optimizing the use of Secchi depth as a proxy for euphotic depth in coastal waters: An empirical study from the Baltic Sea. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(4), 1153-1168.
- Maier, G., Nimmo-Smith, R. J., Glegg, G. A., Tappin, A. D., Worsfold, P. J. (2009). Estuarine eutrophication in the UK: current incidence and future trends. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19(1), 43-56.
- Majozi, N. P., Salama, M. S., Bernard, S., Harper, D. M., Habte, M. G. (2014). Remote sensing of euphotic depth in shallow tropical inland waters of Lake Naivasha using MERIS data. *Remote sensing of environment*, 148, 178-189.
- Mannino, A., Novak, M. G., Nelson, N. B., Belz, M., Berthon, J. F., Blough, N. V., ... Werdell, J. (2019). Measurement protocol of absorption by chromophoric dissolved organic matter (CDOM) and other dissolved materials. *Inherent Optical Property Measurements and Protocols: Absorption Coefficient*, 5.
- Massi, L., Frittitta, L., Melillo, C., Polonelli, F., Bianchi, V., De Biasi, A. M., Nuccio, C. (2020). Seasonal Dynamic of CDOM in a Shelf Site of the South-Eastern Ligurian Sea (Western Mediterranean). *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(9), 703.
- McCluney, W. R. (1975). Radiometry of water turbidity measurements. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 252-266.
- Mediterranean GIG, (2011). Technical report coastal waters, phytoplankton.

- Mills, D. K., Rees, J. M., van der Loeff, M. R., Laane, R. W. P. M. (2002). Continuous Measurements of Suspended Matter: Water quality and load concentration monitoring in the Dutch coastal zone using the SmartBuoy is described. *Sea Technology*, 43(10), 50-54.
- Montes-Hugo, M.A.; Álvarez-Borrego, S. (2005). Empirical relations to estimate PAR attenuation in San Quintín Bay, using Secchi depth and sighting range. *Ciencias Marinas*, 31, 685–695.
- Morel, A., Prieur, L. (1977). Analysis of variations in ocean color 1. *Limnology and Oceanography*, 22(4), 709-722.
- Morel, A., Antoine, D. (1994). Heating rate within the upper ocean in relation to its bio-optical state. *Journal of Physical Oceanography*, 24(7), 1652-1665.
- Oguz, T., Merico, A. (2006). Factors controlling the summer *Emiliania huxleyi* bloom in the Black Sea: A modeling study. *Journal of Marine Systems*, 59(3-4), 173-188.
- Onderka, M., Pekárová, P. (2008). Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data. *Science of the Total Environment*, 397(1-3), 238-243.
- Ormeçi, C., Sertel, E., Sarikaya, O. (2009). Determination of chlorophyll-a amount in Golden Horn, Istanbul, Turkey using IKONOS and in situ data. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155(1-4), 83-90.
- Örek, H. (2007). Bio-optical properties of the Turkish Seas (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, Turkey).
- Özsoy, E. (2016) The Bosphorus Jet. In: *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (eds., Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B.) Turkish Marine Research Foundation Istanbul, Turkey, Publication No.42, pp. 135-149.
- Öztürk, İ. D., Mutlu, S., Kaman, G., Partal, F. B., Demirtaş, A., Çağlar, S., ... Ediger, D. (2021). Vertical distribution of mucilage typology in the water column after a massive mucilage formation in the surface waters of the Sea of Marmara. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2), 184-201.
- Öztürk, İ. D. Ediger, D. (2023). “Effects of mucilage on the optical properties of water column in the Sea of Marmara”(Basımda).
- Parsons, R., Maita, Y. Lalli, M. (1984) *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173.
- Platt, T., Sathyendranath, S. (1988). Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science*, 241(4873), 1613-1620.
- Platt, T., Sathyendranath, S., Caverhill, C. M., Lewis, M. R. (1988). Ocean primary production and available light: further algorithms for remote sensing. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 35(6), 855-879.

- Poole, H. H., Atkins, W. R. G. (1929). Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal of the Marine biological Association of the United Kingdom*, 16(1), 297-324.
- Sathyendranath, S., Prieur, L., Morel, A. (1989). A three-component model of ocean colour and its application to remote sensing of phytoplankton pigments in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 10(8), 1373-1394.
- Sathyendranath, S., Platt, T., Horne, E. P., Harrison, W. G., Ulloa, O., Outerbridge, R., Hoepffner, N. (1991). Estimation of new production in the ocean by compound remote sensing. *Nature*, 353(6340), 129-133.
- Sancak, S., Besiktepe, S. T., Yilmaz, A., Lee, M., Frouin, R. (2005). Evaluation of SeaWiFS chlorophyll-a in the Black and Mediterranean seas. *International Journal of Remote Sensing*, 26(10), 2045-2060.
- Sebastiá Frasquet, M. T., Estornell Cremades, J., Rodilla Alamá, M., Martí Gavila, J., Falco Giaccaglia, S. L. (2012). Estimation of chlorophyll «A» on the Mediterranean coast using a QuickBird image. *Revista de Teledetección*, (37), 23-33.
- Secchi, P. (1984). Existence theorems for compressible viscous fluids having zero shear viscosity. *Rendiconti del Seminario Matematico della Università di Padova*, 71, 73-102.
- Shang, S., Lee, Z., Wei, G. (2010). Characterization of MODIS-derived euphotic zone depth: Results for the China Sea. *Remote Sensing of Environment*, 115(1), 180-186.
- Shi W., Wang M. (2010). Characterization of global ocean turbidity from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer ocean color observations. *Journal of Geophysical Research: Ocean*. (115) Issue C11. 148-227. doi.org/10.1029/2010JC006160
- Smith, V. H. (1979). Nutrient dependence of primary productivity in lakes 1. *Limnology and Oceanography*, 24(6), 1051-1064.
- Smith, W. O., Jr. Sakshaug, E. (1990): Polar Phytoplankton. Pp. 477-525 in Smith, W. O., Jr. (ed.): *Polar Oceanography Part B: Chemistry, Biology and Geology*. Academic Press. New York.
- Song, Z. J., Huang, H. J., Du, T. Q., Liu, F., Ni, J. L. (2006). Suspended sediment near radial sand ridge area in the south Yellow Sea. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 26 (6), 19-25
- Stedmon, C. A., Markager, S. (2001). The optics of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in the Greenland Sea: An algorithm for differentiation between marine and terrestrially derived organic matter. *Limnology and Oceanography*, 46(8), 2087-2093.
- Subrahmanyam, B., K. Ueyoshi, J. M. Morrison (2008), Sensitivity of the Indian Ocean circulation to phytoplankton forcing using an ocean model, *Remote Sensing Environment*, 112, 1488-1496.

- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*, Kevin T. Biddle, Nicholas Christie-Blick.
- Testa, J. M., Lyubchich, V., Zhang, Q. (2019). Patterns and trends in Secchi disk depth over three decades in the Chesapeake Bay estuarine complex. *Estuaries and Coasts*, 42(4), 927-943.
- Thomas, G. E., Stamnes, K. (1999). Basic scattering processes. *Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean*, 56-83.
- Tuğrul, S., Beşiktepe, Ş., Salihoğlu, İ. (2002). Nutrient exchange fluxes between the Aegean and Black Seas through the Marmara Sea. *Mediterranean Marine Science*. 3/1: 33-42.
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M. A., Özsoy, E. (1990). On The Physical Oceanography Of The Turkish Straits. In: Pratt, L.J. (Ed.), *The Physical Oceanography Of Sea Straits*, Kluwer Academic Publishers, 25-60.
- Verdaguer, C. V. (1995). Bio-Optical Characteristics of the Mediterranean and the Black Sea. Msc. Thesis in Marine Sciences. METU-IMS, İçel, Turkey.
- Yilmaz, A., Ediger, D., Basturk, O., Tugrul, S. (1994). Phytoplankton fluorescence and deep chlorophyll maxima in the northeastern Mediterranean. *Oceanologica Acta*, 17(1), 69-77.
- Yılmaz, A. (2002). Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 26, 219-235
- Wernand, M. R. (2010). On the history of the Secchi disc. *Journal of the European Optical Society-Rapid Publications*, 5.
- Zhao, Y., Song, K. (2018). Relationships Between DOC and CDOM Based on the Total Carbon-Specific Fluorescence Intensities for River Waters Across China. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 123(8), 2353-2361.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi :

Doğum yeri :

Lise : (2005 – 2008), Üsküdar Lisesi

Lisans : (2008 – 2012), İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : (2012 – 2015), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Deniz Biyolojisi Bölümü

Doktora : (2016 – 2018), Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Bölümü

: (2018 – 2023), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar : (2015 – 2018), Türk Deniz Araştırmaları Vakfı

: (2020 – devam ediyor), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü

Bilimsel etkinlikler :

Boero, F., Foglini, F., Fraschetti, S., Goriup, P., Macpherson, E., Planes, S., ..., Guarnieri, G. (2016). CoCoNet: towards coast to coast networks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential.

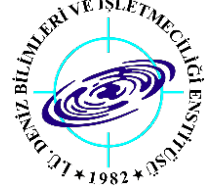
Öztürk, İ. D., Mutlu, S., Kaman, G., Partal, F. B., Demirtaş, A., Çağlar, S., ..., Ediger, D. (2021). Vertical distribution of mucilage typology in the water column after a massive mucilage formation in the surface waters of the Sea of Marmara. Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 27(2), 184-201.

Öztürk, İ. D. (2020). The first record of Drymonema sp. from the Sea of Marmara, Turkey. Journal Black Sea Mediterranean Environment, 26(2), 231-237.

- Öztürk, İ. D., Sümen, S. G. (2020). Unusual mass mortality of jellyfish *Rhizostoma pulmo* on the coast of the Sea of Marmara in December 2020. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 26(3), 342-351.
- Öztürk, İ. D., Ediger, D. Effects of mucilage on the optical properties of water column in the Sea of Marmara. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 29(1), 73-86.
- Altıok, H., Yüksek, A., Taş, S., Dursun, F., Ünlü, S., Çağlar, N., ..., Adatepe, F. M. (2023). Evaluation of the pollution status after the rehabilitation works and the anthropogenic pressure factors of the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara). *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 29(1), 143-166.
- Altıok, H., Dökümcü, K., Mutlu, S., Öztürk, İ. D., Ediger, D., , Yüksek, A. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde İklim Değişikliği Göstergeleri. *Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TUDAV), İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri*. Syf. 48-62.



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK RAPORU UYGUNLUK FORMU



ÖĞRENCİNİN ADI SOYADI : İlayda Destan ÖZTÜRK
ÖĞRENCİ NO : 3002180002
ÖĞRETİM YILI : 2022 - 2023
ANABİLİM DALI / BİLİM DALI : Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi
A.B.D.
PROGRAM TÜRÜ : YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA ☐
TEZ DANIŞMANI ÜNVANI ADI SOYADI : Prof. Dr. Dilek EDİGER
II. TEZ DANIŞMANI ÜNVAN ADI SOYADI :
TEZ BAŞLIĞI : Marmara Denizi'nde Işıklı Tabakanın
Zaman – Mekan Ölçeğinde İncelenmesi

DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın Kapak sayfası, Türkçe ve İngilizce özet, giriş ve amaç, genel bilgiler, materyal-metot, bulgular, tartışma, sonuç ve kaynaklar bölümlerinden oluşan toplam 191 sayfalık kısmına ilişkin, 02/05/2023 tarihinde Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünün kullandığı TURNİTİN programı ile, *Lisansüstü Tezlere ait Benzerlik Raporlarının Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Uygulama Esaslarının* 5inci madde ikinci fıkrasında belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış nihai rapora göre benzerlik oranı %8'dir.

Tezimin benzerlik oranı, 06/122017 tarih ve 20 sayılı *Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yönetim Kurul Kararıyla Tezin intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için kabul edilmiş olan üst sınır benzerlik oranını* aşmamaktadır.

İntihal programı ile raporlanan Tezime ait Benzerlik oranım Üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu beyan ederim.

Gereğini arz ederim.

İmza

İlayda Destan ÖZTÜRK
Tarih: 21./06/2023

EK: TURNİTİN Benzerlik Nihai Raporu ilk sayfa çıktısı

DANISMAN ONAYI
UYGUNDUR / ~~UYGUN DEĞİLDİR~~
Prof. Dr. Dilek EDİGER

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM VE ÖĞRETİM YÖNETMELİĞİ (08.09.2016/29825)

(Yüksek Lisans) MADDE 36 – (2) Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir.

(Doktora) MADDE 50 – (4) Öğrenci, doktora tezinin savunmasından önce tezini, düzeltme verilen tezlerde ise düzeltilmiş tezini danışmanına sunar. Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir

MARMARA DENİZİ'NDE IŞIKLI TABAKANIN ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ

Yazar İlayda Destan Öztürk

Gönderim Tarihi: 02-May-2023 11:50AM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 2081887135

Dosya adı: Benzerliktesti-destan.pdf (15.16M)

Kelime sayısı: 29460

Karakter sayısı: 170662

MARMARA DENİZİ'NDE IŞIKLI TABAKANIN ZAMAN – MEKAN ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

%8

BENZERLİK ENDEKSİ

%7

İNTERNET KAYNAKLARI

%1

YAYINLAR

%0

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

%2

2

tudav.org

İnternet Kaynağı

%1

3

webdosya.csb.gov.tr

İnternet Kaynağı

%1

4

dergipark.org.tr

İnternet Kaynağı

<%1

5

marmara.gov.tr

İnternet Kaynağı

<%1

6

dspace.yildiz.edu.tr

İnternet Kaynağı

<%1

7

aslopubs.pericles-prod.literatumonline.com

İnternet Kaynağı

<%1

8

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

<%1

9

espace.inrs.ca

İnternet Kaynağı

<%1

Journal of the BLACK SEA/MEDITERRANEAN ENVIRONMENT

International Journal a Trimesterly International Publication of Earth, Marine,
Environment and Engineering Science

Volume 29, Number 1, 2023 **ISSN: 1304-9550 / e-ISSN: 2717-8129**

Web

www.blackmeditjournal.org, www.tudav.org

Category Link

Pollution, Marine Biology, Physical and Chemical Oceanography, Marine Geology and Geophysics, Maritime Policy, Biological Conservation, Coastal Zone Management.

Editor

Bayram Öztürk

Associate Editor

Ayaka Amaha Öztürk

Technical Assistants

Zeynep Gülenç, Arda M. Tonay

Advisory Board Members

Tamara Shiganova (Russian Academy of Science, Russia)	Didier Aurelle (Aix-Marseille Uni., France)
Cemal Turan (İskenderun Technical Uni., Türkiye)	Ergün Taşkın (Manisa Celal Bayar Uni., Türkiye)
Dani Golani (Hebrew Uni. of Jerusalem, Israel)	Nuri Başusta (Fırat Uni., Türkiye)
Barış Salıhoğlu (Middle East Technical Uni., Türkiye)	Vasilis Gerovasileiou (Hellenic Centre for Marine Research, Greece)
Keith Brander (Technical Uni. of Denmark)	Halim Aytekin Ergül (Kocaeli Uni., Türkiye)
Melih E. Çınar (Ege Uni., Türkiye)	

Founder

Kasım Cemal Güven

Publisher

Turkish Marine Research Foundation (TUDAV)

Printed by: Metin Copy Plus (Tel: 0212 527 61 81)

Editorial Address: Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), P.O. Box: 10 Beykoz, 34820, Istanbul, Türkiye.

E mail: tudav@tudav.org

Abstracted in: Chemical Abstracts, ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries abstracts), Biosis (Biological Abstracts, Biosis Previews), Zoological Record, CAB Abstracts, EBSCO