



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**ORKİNOS YETİŞTİRİCİLİĞİ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BAZI SU
KİRLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Rıdvan Kaan GÜRSES

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORKİNOS YETİŞTİRİCİLİĞİ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN
BAZI SU KİRLİLİĞİ KRİTERLERİNE
GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ
Rıdvan Kaan GÜRSES

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 24/06/2019

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

ÇANAKKALE

Rıdvan Kaan GÜRSES tarafından Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ yönetiminde hazırlanan ve **24/06/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Orkinos Yetiştiriciliği Çevresel Etkilerinin Bazı Su Kirliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

Başkan

Prof. Dr. A. Suat ATEŞ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Osman Sabri KESBİÇ

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Rıdvan Kaan GÜRSES

TEŞEKKÜR

Lisans dnemimden bu yana yol gsterenim ve kelimenin tam anlamıyla danıŐmanım olan Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ 'in destekleri adına, bu çalışmanın gerçekleŐmesini sağlayan saygıdeğer hocalarım; Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN, Prof. Dr. A. Suat ATEŞ ve Prof. Dr. Murat YİĞİT'e ayrıca hayatımın her anında yanımda olan değerli aileme zellikle sevgili kız kardeŐim Bilge GÜRSES'e Őükranlarımı sunarım.

Rıdván Kaan GÜRSES
anakkale, Haziran 2019



SİMGELER VE KISALTMALAR

APHA	Amerikan Halk Sağlığı Birliği
EN	Avrupa Standartları
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
TS	Türk Standartları Enstitüsü
US EPA	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
ÇED	Çevre Etki Değerlendirilmesi
AKM	Askıda Katı Madde
TRIX	Trofik İndeks
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇO	Çözünmüş Oksijen
%ÇO	Oksijen yoğunluğunun %100 ÇO'dan sapması
TIN	Toplam İnorganik Azot
TP	Toplam Fosfor
NH ₄ -N	Amonyum Azotu
NO ₂ -N	Nitrit Azotu
NO ₃ -N	Nitrat Azotu
PO ₄ -P	Orto fosfat
SiO ₂	Silikat
cm	Santimetre
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
g	Gram
mg	Miligram
L	Litre
mL	Mililitre
rpm	Dakikadaki devir sayısı

ÖZET

ORKİNOS YETİŞTİRİCİLİĞİ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BAZI SU KİRLİLİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Rıdvan Kaan GÜRSES

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

24/06/2019, 28

Bu çalışmada, Ege Denizi'nde (Sığacık Körfezi-İzmir) Atlantik Mavi Yüzgeçli Tuna'nın (*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) kafes yetiştiriciliği sistemlerinde, yetiştiricilik faaliyetleri sırasında çevreye verdiği etkiyi anlayabilmek için bölgenin fizikokimyasal su kalitesi parametreleri, besin yükleri, klorofil-*a*, askıda katı madde, zooplankton grupları ve TRIX indeksi hesabı yapılmıştır. Sistemin en yoğun olduğu dönem olan Mayıs ve Ağustos 2018'de yapılmış bu çalışmada, fizikokimyasal değişkenlerin (sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen, pH) yoğunlukları, su kalitesi bakımından su ürünleri yetiştiriciliği için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. PO₄-P ve NH₄-N 0,01 mgL⁻¹ (<0,01), NO₂-N ise 0,005 mgL⁻¹ (<0,005) yoğunluk seviyelerinin altında kaydedilmiştir. Sonuçlar hem kafes bölgesinde hem de referans (kafes sahası dışı) noktasında Askıda Katı Madde (AKM) seviyeleri (0,33-11,87 mg /L) genel kalite kriterinin (300 mgL⁻¹) altında kaldığını gösterdi. Sığacık Koyu'ndaki orkinos yetiştiriciliği bölgesinde su kalitesi verileri ilgili yönetmelik uyarınca ötrofikasyon riski seviyesinin altında olduğu (TRIX indeksi, T<4) gözlemlenmiştir. Bölgede hâkim olan sürekli akıntılar sebebiyle ortamdaki yetiştiricilik faaliyetlerinin etkisi önemli bir seviyede olmadığı görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Orkinos Yetiştiriciliği, Su Ürünleri Kafes Yetiştiriciliği, Çevresel Etki, Su Kalitesi.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF TUNA FISH FARMING ACCORDING TO SOME WATER POLLUTION CRITERIA

Rıdvan Kaan GÜRSES

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Marine and Inland Water Science

Advisor: Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

24/06/2019, 28

The present study aimed to investigate the potential impacts of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) farming in offshore cage systems in the Aegean Sea (Sığacık Bay-Izmir, Turkey), in respect to physicochemical water quality parameters, nutrient loads, chlorophyll-a, total suspended solids, zooplankton groups, and TRIX index calculations for the potentially affected cage farm area and an unaffected reference site. Concentrations of physicochemical variables (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH) in the study carried out in May and August 2018, were within the acceptable limits for marine aquaculture in terms of water quality characteristics. The concentrations of PO₄-P, NH₄-N, and NO₂-N showed no temporal or spatial changes and were recorded below 0.01 mgL⁻¹ (<0.01) for PO₄-P and NH₄-N, whereas lower than 0.005 mgL⁻¹ (<0.005) for NO₂-N values in both cage and reference stations in May and August 2018 periods. Results showed low levels of TSS (0.33-11.87 mgL⁻¹), both in the cage farm area and the reference site, remaining below the general quality criteria of 30 mgL⁻¹ for the marine environment. No eutrophication risk (TRIX index, T<4) was observed around the Tuna Cage Farm Site in Sığacık Bay, according to the legislation enacted for “Sensitive Areas of Enclosed Bays where fish farms are not allowed”. Based on these findings, demonstrating highly interactive trophic level variability, it can be concluded that the impacts of the Tuna Cage Farm were not significant, possibly due to the consistent movement of the water in currents in the study area.

Keywords: Aquaculture, Bluefin Tuna, Environmental Impact, Water Quality

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Araştırmanın Yapıldığı Bölge ve Örnekleme Dönemleri	6
3.2. Analizler.....	9
3.2.1. Besin Elementleri Analizleri	9
3.2.2. Solüsyonlar	10
3.2.3. Askıda Katı Madde (AKM).....	11
3.2.4. Klorofil- <i>a</i>	11
3.2.5. Zooplankton Analizi	12
3.2.6. TRIX İndeks	12
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	14
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	23
KAYNAKLAR	24
EKLERİ	I
EK 1. Tezden Çıkan Yayın	II
EK 2. Çalışma Alanından Resimler	III
EK 3. Tesisin Şematik Görünümleri	XVIII
ÖZGEÇMİŞ	XX

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Çalışma alanı	7
Şekil 3.2. Örnekleme alanı.....	8



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Su sıcaklığı, tuzluluk, ÇO (%), ÇO (mgL ⁻¹), pH değerlerinin istasyonları ve derinliğe bağlı değişimi (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018).....	15
Çizelge 4.2. Su sıcaklığı, tuzluluk, ÇO (%), ÇO (mgL ⁻¹), pH değerlerinin istasyonları ve derinliğe bağlı değişimi (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018).....	15
Çizelge 4.3. Klorofil- <i>a</i> ve AKM değerleri. (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018) (---): yetersiz su örneği).....	16
Çizelge 4.4. Klorofil- <i>a</i> ve AKM değerleri. (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018).....	16
Çizelge 4.5. Secchi diski değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018).....	16
Çizelge 4.6. Secchi diski değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018).....	16
Çizelge 4.7. NO ₂ -N, NO ₃ -N, NH ₄ -N, PO ₄ -P, SiO ₂ , TN ve TP miktarlarındaki değişimler (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018).....	17
Çizelge 4.8. NO ₂ -N, NO ₃ -N, NH ₄ -N, PO ₄ -P, SiO ₂ , TN ve TP miktarlarındaki değişimler (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018).....	18
Çizelge 4.9. Mayıs 2018 TRIX İndeksi değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi).....	19
Çizelge 4.10. Ağustos 2018 TRIX İndeksi değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi).....	19
Çizelge 4.11. Tespit edilen baskın zooplankton türlerinin yoğunluğu (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018).....	20
Çizelge 4.12. Tespit edilen baskın zooplankton türlerinin yoğunluğu (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018).....	21

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde, kıyasal alanlardaki kirliliğinin temel sebebinin büyük çoğunlukla insan kaynaklı olduğu bilinmektedir (Arasaki ve ark., 2004). Dünya genelinde sürekli büyüyen bir sorun olan insan kaynaklı kirliliğin önlenmesi, kontrolü ve sucul ortamdaki kirleticilerin izlenmesi oldukça önemlidir (Portocali ve ark., 1997). Kirlilik sucul ekosistemdeki fauna ve flora dengelerini etkileyerek ekosisteme önemli zararlar vermektedir (Koop ve Hutchings, 1996). Deniz kirliliği genel anlamda; denizel ortama doğrudan veya dolaylı olarak madde ve enerji salınımıdır (Bishop, 1983).

Artan dünya nüfusunun (UN-WPP, 2017) ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sınırlı olan dünya kaynakları sınırsız insanlık isteklerine yetiştirilmeye çalışılmaktadır. Bu istekler içerisinde en önemlisi besin ihtiyacıdır. Mevcut besin kaynaklarının mümkün olan en yüksek verimle kullanılması çoğu zaman büyük sorunlara neden olabilmektedir. Sınırlı besin kaynaklarının, kimyasallar, ilaçlar, yoğun stoklar gibi nedenlerle kullanılmaz hale gelmesi yeni bir durum değildir. Çeşitli sebeplerden ötürü kullanılamaz hale gelmiş alanların oluşturduğu saha açığını kapatabilmek amacıyla, kullanılabilir alanların sömürülmesi bu alanları azaltmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği ise, hayvan yetiştiriciliği sektörleri içerisinde çevreye en az zarar veren yetiştiricilik türlerinden birisidir (Barg, 1992). Her geçen gün daha fazla büyüyen su ürünleri yetiştiriciliği sektörü günümüzde 138.537.398.000 USD ekonomik değere ulaşmıştır (FAO, 2019). Geçtiğimiz son 20 yılda bu sektör Avrupa genelinde önemli ölçüde büyüme göstermiş, 2000 yılında 1.346.624 ton olan üretim hacmi 2016 yılına gelindiğinde 2.581.827 tonluk hacme ulaşmıştır. Aynı şekilde orkinos yetiştiriciliği de artan piyasa hacmi (6.089 ton, 102.308.000 USD) ile kendisini göstermektedir. Su ürünleri sektöründe görülen bu büyüme, yetiştiricilik sahalarında önemli gelişmelerin önünü açmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün faaliyette bulunduğu bölgenin su kalitesi üzerinde gösterdiği etkiyi anlamak, yetiştiriciliğin sürdürülebilir ve çevreye duyarlı olması açısından çok önemlidir. Yetiştiricilik sektörünün çevreye duyarlı ve ekolojik olarak gelişebilmesi için sektörün içerisinde yer alan her bireyin ve kuruluşun öncelikli amacı bulunduğu çevre olmalıdır.

Kafes sistemlerinde yapılan su ürünleri yetiştiriciliği, organik madde, besin ve oksijen gibi gereksinimleri için ekosistemi kullanmak zorundadır. Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan ekolojik ortamın kalitesi doğrudan kültüre alınan

türlerinde sağlığı demektir. Dolayısıyla bu sistemin sürdürülebilirliği ekosisteme dayalı ve bağımlıdır. Ekosistemdeki ekolojik kalite bozulumu yetiştiriciliğin devamını da engeller. Sistemin çıktıları da girdileri gibi ekosistem içerisinde girdiler gibidir. Ancak, bu girdinin bir sınırı olduğu gibi çıktılarının ekosistem içerisinde giderilebilmesinin de bir sınırı vardır. Bu sınır üst taşıma kapasitesi olarak adlandırılır. Bu üst sınır, bir bölgede hangi türün nasıl ve ne kadarlık bir stok kapasitesinde yetiştirilebileceğini belirler (Ross ve ark., 2013). Üst taşıma kapasitesinin aşılması durumunda yetiştiriciliğin yapıldığı bölgede ötrofikasyon riski de artmaktadır (White ve ark., 2013). Bunun sonucunda bölgenin ekolojik kalitesi bozulur, yeni çıktıyı gideremediği gibi, artık yeni girdiyi de sağlayamaz ve bölge yetiştiricilik faaliyetleri için kullanılamaz hale gelir. Bu durumun etkilerinden korunmak için sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği önemlidir. Ülkemizde bu sektörün gelişebilmesi amaçlanıyorsa aynı şekilde korunma amacı göz ardı edilmemelidir.

Ülkemizde mavi yüzgeçli orkinos (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758), orkinos türleri arasında yetiştiriciliği en fazla tercih edilen bir türüdür. Atlantik Okyanusu'nun yanı sıra Akdeniz kıyılarında da yaşayan bir tür olup, üreme bölgesi Meksika Körfezi ve Akdeniz havzasındadır (Fromentin ve Powers, 2005).

Orkinoslar 300 cm ve üzeri total boylara ulaşabilen ve 35-50 yıl yaşam süresi olan, yaşamlarının belirli dönemlerinde uzun mesafeli göçler gerçekleştiren Oseanodrom bir türdür. Akdeniz'de tür üzerine önceden yapılan çalışmalarda, 3 yaşından itibaren 103,6 cm uzunluğunda cinsi olgunluğa ulaşmış bireylere rastlandığı ve %100 cinsel olgunluğa ulaşmış bireylerin 4-5 yaşlarında, uzunluklarının ise 135 cm olduğu kaydedilmiştir (Corriero ve ark., 2005).

Ülkemizde uzun yıllardır alışagelmiş yöntemlerle yapılan çipura ve levrek yetiştiriciliğinde genellikle pelet yemler kullanılmaktadır. Orkinoslarda yemleme ise çoğunlukla taze yem üzerinedir. Bu taze yemler, "yüksek oranda protein ve lipit içeren; *Clupea harengus* (Linnaeus, 1758), *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847), *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758) gibi balıkların yanı sıra *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1798), *Sepia officinallis* (Linnaeus, 1758)" gibi kafadanbacaklılardan da oluşturmaktadır (Kataic ve ark., 2003). Canlı yem ile beslenen orkinoslar için FCR (verilen yem / kazanılan et ağırlığı) değeri 30/1 (ICES, 2002) ile 20/1 (Tudela, 2002) oranındadır. Ancak pelet (kuru) yem ile beslenen orkinoslarda bu oran canlılığın boyutlarına göre 7,4/1-4,6/1 değerleri arasında değişim göstermektedir.

Orkinos kafes yetiştiriciliğinde de olası çevresel etkinin kaynağı diğer yetiştiriciliği yapılan türlerde olduğu gibi metabolik atıklar ve tüketilmemiş yemlerdir. Yem içeriklerinin

düzenlenmesi, yemleme tekniklerinin geliştirilmesi, canlının ihtiyacı olan besinin bilinip doğrudan ihtiyacı olan besin maddelerini içeren besinlerle beslenmeleri, kafes yetiştiriciliğinde derin sahaların kullanımı, stok yoğunluğunun tesisin bulunduğu ortamın koşullarına göre ayarlanması gibi etkilerle su kalitesi sorunlarını çözme amacıyla büyük adımlar atılmıştır. Ayrıca deniz ve okyanusların su dinamikleri (gel-git sahaları, sabit akıntı bölgeleri, v.b.) daha iyi anlaşıldıkça sektörün geleceği aynı oranda çevreci olacaktır (Sara, 2007). Bu gibi çalışmalarla su ürünleri yetiştiriciliğinde, daha etkili kafes tasarımları, stok yoğunluğunun ayarlanmasında kullanılacak değişkenleri, bölge seçiminin hangi değişkenlerin göz önünde tutularak yapılması gerektiği gibi yararlı bilgilere ulaşılabilecektir. Bunlara ek olarak, bir bölgenin üst taşıma kapasitesini bilmek o bölgede yapılabilecek su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği ve geleceği için önemlidir (Ross ve ark., 2013).

Bu çalışmada amaç, (i) bir orkinos çiftliğinin yemleme kaynaklı çevreye verdiği etkinin belirlenmesi, (ii) bu etkinin derinliklere (yüzey, orta su ve dip) göre değişimi ve dağılımı, (iii) yemleme kaynaklı etki sahasının genişliği, (iv) etkilerin ortamca olası etkileri, (v) bu göstergeler ışığında bölgede bulunan su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinin yorumlanması, (vi) çeşitli yönetmeliklerle belirlenen kriterlerle karşılaştırılması ve yasal çerçevede bölgenin çevre için güvenli olup olmadığının araştırılmasıdır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Orkinos yetiştiriciliğinin çevresel etkilerini bazı su kirliliği kriterlerine göre değerlendirilmesi konusu ile ilgili çeşitli ortamlarda ve canlılarda yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışma bölgede yapılmış en kapsamlı çalışma olması nedeniyle özgündür.

Vollenweider ve ark. (1995), TRIX İndeksi kıyı yüzey sularının ötrofikasyon durumun sınıflandırılması için, besin tuzlarından TP ve TIN, klarofil-*a* ve %ÇO temelli logaritmik bir metottur. Bu metot 1982 – 1993 tarihleri arasında Emilia Romagna kıyıları boyunca yapılan çalışmalar referans alınarak yapılmıştır.

Büyükkateş ve ark. (2010), Gerence ve Sığacık Körfezinde gerçekleştirdikleri çalışmada, Ocak 2008 - Aralık 2008 arasında ayık örneklemeler yapmışlardır. Bölgede su kalitesi ve zooplankton analizleri gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre bölgede herhangi bir kirlilik kaydedilmemiştir.

Palta (2010), Gerence ve Sığacık Körfezi'ndeki iki farklı su ürünleri yetiştiriciliği firmasının sahasında belirlenen 7 istasyonda gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Ocak 2008 ile Aralık 2008 tarihleri arasında aylık olarak alınan örneklemelerle yapılmıştır. Çalışmada fiziksel su değişkenleri, klorofil-*a* ve zooplankton dinamiği değerlendirilmiştir.

Yücel-Gier ve ark. (2010) İzmir Körfezi'ndeki su ürünleri yetiştiriciliği çiftliğinde TRIX indeksi kullanarak ötrofikasyon riski değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda TRIX değeri yetiştiricilik alanlarında 3,6 iken İzmir Körfezi'nde 4,3 (şehirleşmeye bağlı) olarak kaydedilmiştir.

Huang ve ark. (2012), Mangrov ekosistemine sahip olan İnci Nehri Deltası'sındaki 9 su ürünleri yetiştiriciliği havuzunun Eylül 2008'den Mart 2010'a kadar her iki ayda bir örnek olarak değerlerini izlemişlerdir. Sonuç olarak dönemsel TRIX İndeksi değerini 3,62 (Kasım 2009), en yüksek 7,41 (Ocak 2009) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlarla su ürünleri yetiştiriciliği aktivitesinin Mangrov ekosistemine verdiği etkiler tartışılmıştır.

Yücel-Gier ve ark. (2013), Türkiye'de su ürünleri yetiştiriciliği için yoğun olarak kullanılan bölgelerden olan Güllük Körfezi'nde 2008 yılının yaz döneminde (sistemin en yoğun olduğu dönemde) 8 farklı istasyondan yüzey orta su ve dipten alınan örneklerle TRIX indeksi oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre CBS değerlendirilmesinde bulunulmuştur. Çalışmanın 2007 yılında yayımlanan ÇED yönetmeliğinin hemen ardından yapılması ve istasyonlardaki TRIX değerlerinin su ürünleri sahalarında 3,6, İzmir Körfezi'nde ise 4,

(ötrofikasyon riski yüksek) olduğu görölmesi nedeniyle ilgili yönetmeliğinin haklılığı vurgulanmıştır.

“DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü’ne”, Başaranlar şirketi tarafınca Kasım 2018 ÇED Başvurusu evrakları için aynı bölgede ve aynı zamanda (Mayıs – Ağustos 2018) bir çalışma daha yaptırılmıştır. Bu çalışmadan bağımsız olarak ÇED raporu için yapılan çalışmanın sonucu olarak Mayıs 2018 için TRIX değeri ortalaması 3,66, Ağustos 2018 içinse 3,62’dir.

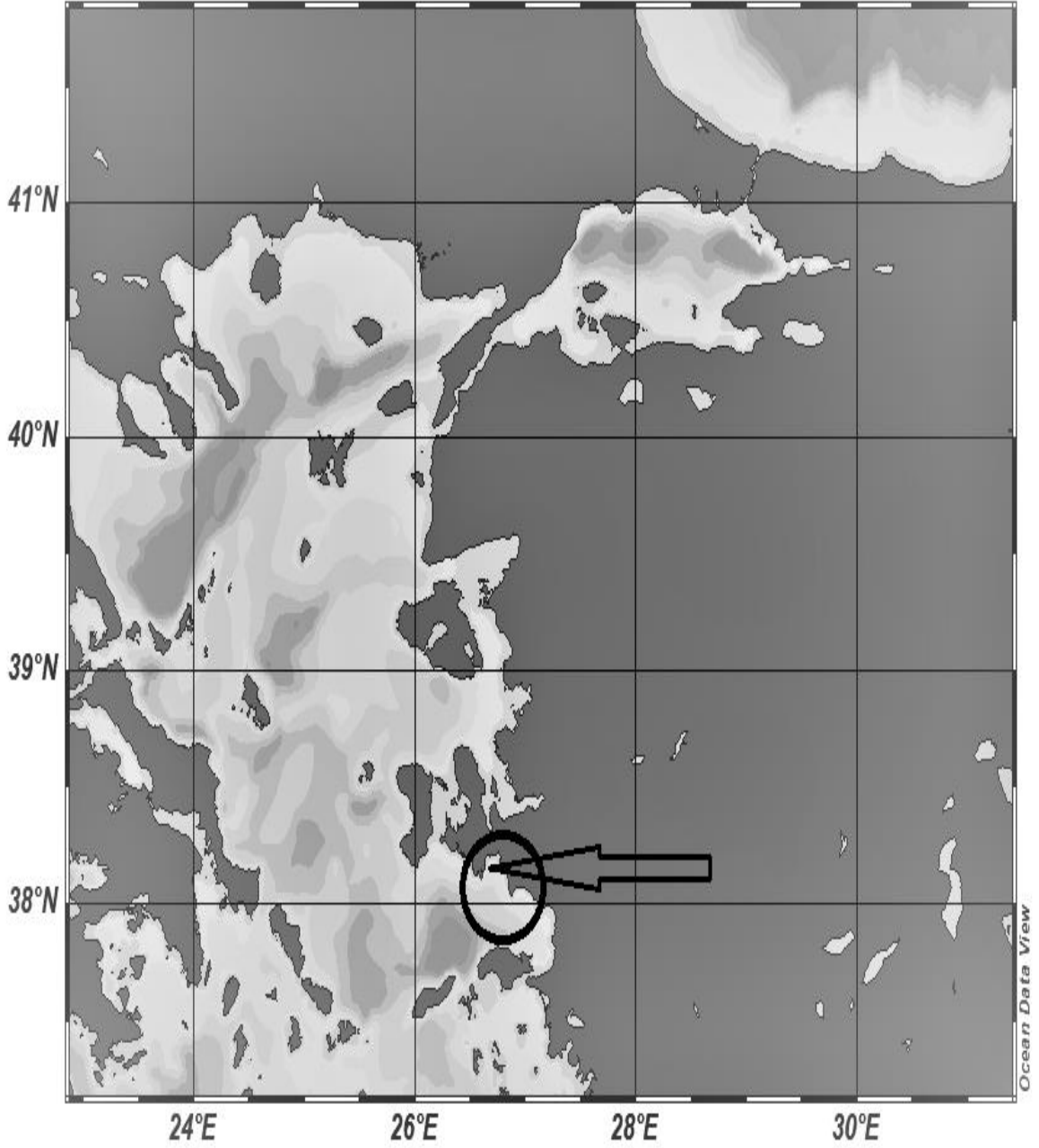


BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

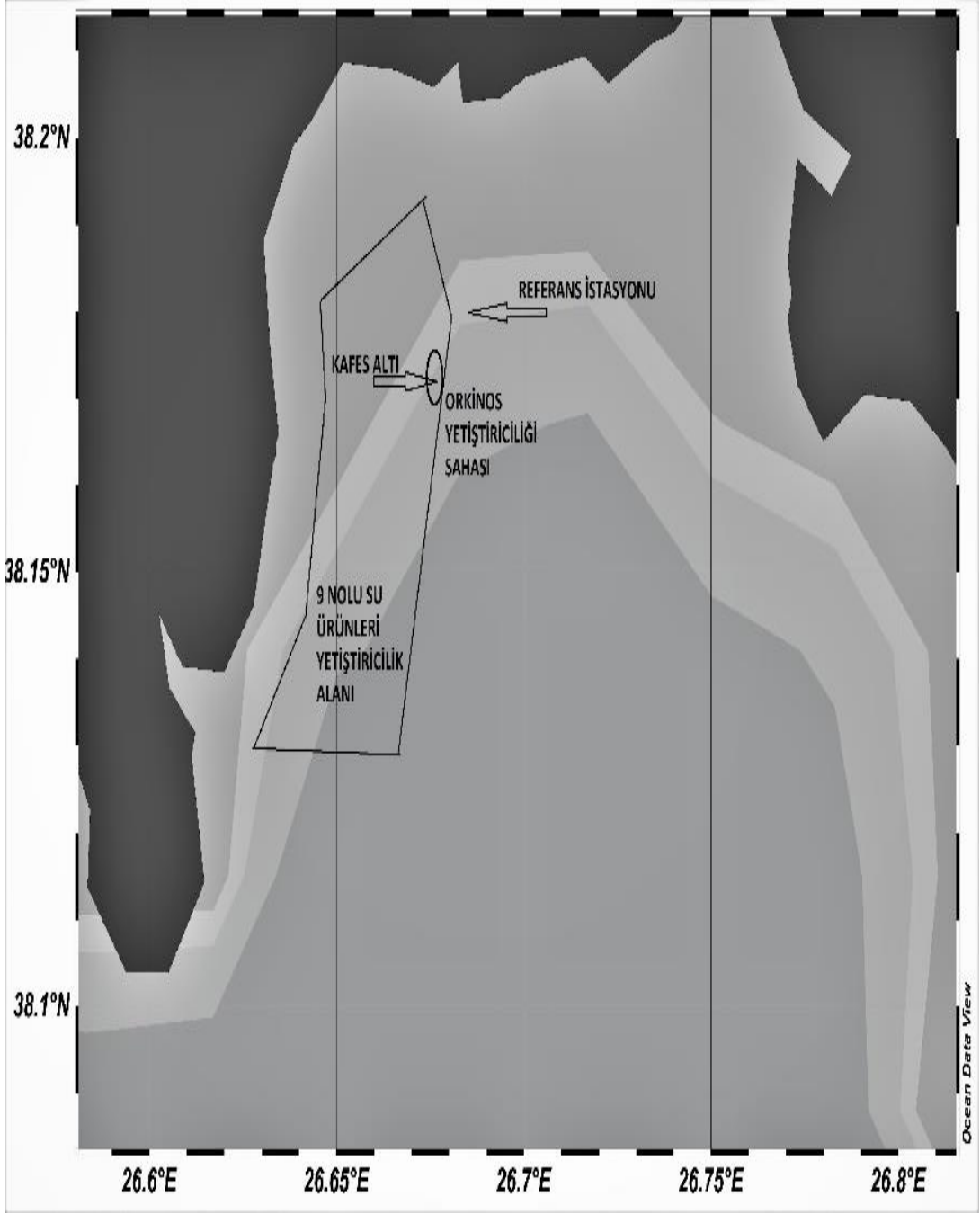
3.1. Araştırmanın Yapıldığı Bölge ve Örnekleme Dönemleri

Bu çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından su ürünleri yetiştiriciliği adına İzmir Seferihisar'a bağlı Sığacık Koyu'nda (İzmir) belirlenmiş 9 No'lu (38.127578N, 26.658564E) potansiyel kafes sahasında bulunan su ürünleri yetiştiriciliği bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bu alan içerisinde su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerini yürüten Başaranlar Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi, 900 ton/yıl hacminde mavi yüzgeç orkinos yetiştiriciliği yapmaktadır. Bu su ürünleri yetiştiriciliği işletmesinin ağ kafes sistemi, 80 m derinliğe sahip olan bölgede 2 x 4'lük Grid Sistem olarak oluşturulmuştur. Her bir kafesin çapı 50 m, ağ torbanın derinliği ise 25 m'dir. Bölgede bulunan Pro EFM 331 elektromanyetik akıntı ölçer cihazı ile 5 m derinlikte, 30 dakikalık periyotlarla 24 saat süreyle online olarak yapılmaktadır. Bölgenin akıntısı ortalama 25 cm/sn, derinliği 80 m ve karadan uzaklığı 6 deniz milidir. Bu fiziki özellikler ÇED raporunda belirtilen alt sınırların (kıyıdan 0,6 deniz mili açıda, 10 cm/sn akıntı ve 30 m derinlik) oldukça üzerindedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

Belirtilmiş bu bölgeden, Kafes ve Referans istasyonu olarak belirlenmiş iki noktadan, yüzey (5 m), orta su (35 m) ve dip (80 m) derinliklerinden örneklemeler yapılmıştır. Örnekler, Mayıs 2018 ve Ağustos 2018’de yürütülmüştür. Örnekleme dönemi için bu ayların seçilmiş olmasının nedenleri; (i) yüksek su sıcaklıkları, (ii) orkinosların bu dönemlerde yemleme miktarındaki artış (ortamdaki azot ve fosforun en yüksek noktaya ulaşması) ve (iii) yemlemenin artmasıyla beraber metabolik atıkların da artmasından kaynaklı planktonik üretimin artmasıdır.



Şekil 3.2. Örnekleme alanı

Örnekleme sırasında sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen miktarı vb. temel su kalitesi değişkenleri YSI 600QS marka çoklu proba ölçülmüştür. Askıda katı madde (AKM), klorofil-*a* ve besin tuzları analizleri için örnekleme derinliklerden 5 L Nansen şişesi ile su örnekleri alınmıştır. Zooplankton örnekleme için şişe örnekleme yanında 200 µm göz açıklığına sahip plankton kepeği kullanılmıştır. Ayrıca, Secchi diskisi yardımıyla görünürlük yerinde belirlenmiştir.

3.2. Analizler

3.2.1. Besin Elementleri Analizleri

Besin elementlerinden nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), amonyum (NH₄), toplam azot (TN), orto-fosfat (PO₄-P) ve toplam fosfat (TP) miktarlarının belirlenmesi amacı ile seçilmiş istasyon ve derinliklerden alınan örnekler; analizlerin güvenliği için gerekli koruma önlemleri dahilinde “GEMAR” Laboratuvarına iletilmiş ve buradaki analizler ISO, EPA, TS ve EN standartları doğrultusunda yapılmıştır. Bölgedeki silikat (SiO₂) miktarının belirlenmesi için örnekler “ÇOMÜ Deniz Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Planktonoloji Laboratuvarı’nda” deniz suyu analizleri için kullanılan kimyasal analiz tekniklerine bağlı kalınarak spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir (Strickland ve Parsons, 1972).

3.2.1.1. Nitrit Azotu (SM 4500-NO2. B)

Analiz için 50 mL’lik numuneye, 2 mL renk geliştirici ayraç eklenmiş, renk oluşumu oluncaya kadar beklenmiş (10 dakika-2 saat) ve 543 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okuma yapılmıştır.

3.2.1.2. Nitrat Azotu (EPA 352.1)

Örnekler asetik asit veya sodyum hidroksit kullanılarak pH 7’ye ayarlanmıştır. Gerekli olması durumunda bulanıklık için süzdürme işlemine gidilmiştir. Alınmış örneklerden her tüpe 10 mL’lik konulup soğuk su banyosuna yerleştirilmiştir (0-10 °C). Her tüpe 10 mL sülfürik asit çözeltisi eklenip karıştırıcı yardımı ile karıştırılmıştır. Karıştırma işleminin ardından, tüpler soğuk banyoya ısıl dengeye gelebilmesi için bırakılmıştır. Bütün tüplerin ısıl dengeye geldiğinden emin olunduktan sonra, her tüpe 0,5 mL buşine-sülfanilik asit reaktifi eklenip dikkatlice karıştırılmıştır. Bu işlemin ardından tüpler, 100 °C’de bulunan su banyosuna 25 dakika boyunca bırakılmıştır edilmiştir. Sıcak su banyosunun ardından denge sıcaklığına (20-25 °C) ulaşmak için örnekler soğuk su banyosuna alınmıştır. Son olarak 410 nm dalga boyu ile spektrofotometreyle okutma yapılmıştır.

3.2.1.3. Amonyum Azotu (SM 4500-NH3 B,F)

Numune içerisinden 50 mL miktarında sıvı mezüre alınmış ve üzerine 1 mL fenol çözeltisi eklenmiştir. 1 mL sodyum nitroprusside çözeltisi eklenmiş örneğin üzerine 2,5 mL oksidasyon çözeltisi eklenilerek üzeri parafilm ile kapatılmıştır. 1 saatlik bekleme süresinin (24 saate dek beklemesinde sakınca yoktur) ardından 640 nm dalga boyunda Spektrofotometre ile okutma yapılmıştır.

3.2.1.4. Toplam Fosfor (SM 4500-P B, E)

50 mL olarak alınmış örnekler behere konulmuş ardından 1-2 damla fenolftalien eklenilmiştir. Karışımda pembe renk oluşumu görülür ise, pembelik giderilene kadar 5 N sülfirik asit çözeltisi eklemesi yapılmalıdır. Bu işlemlerin arkasından 1 mL 5 N sülfirik asit çözeltisi ve 0,5 gr potasyum peroksidi sülfat eklenmiştir. Çözeltide pembe renk giderilene kadar 1-2 damla 5 N sülfirik asit eklenmiş toplam hacim 50 mL'ye saf su eklemesi ile tamamlanmıştır. Son adım olarak, 8 mL kombine reaktif eklenip 30 dakika renk oluşana kadar beklenmiş ve 880 nm dalga boyunda spektrofotometre ile örneğin okuması yapılmıştır.

3.2.1.5. Ortafosfat (SM 4500-P E)

50 ml hacminde alınmış numuneye 8 mL kombine reaktif çözeltisi eklenip karıştırılmasının ardından 30 dakika beklenilmiş, ardından 880 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okutma yapılmıştır.

3.2.1.6. Silikat

50 mL'lik dereceli silindire 10 mL molibdat solüsyonu konulmuş, üzerine 25 mL su örneği (bu analiz için su örneği oda sıcaklığında olmalıdır) eklenip karıştırılmış ve 10 dakika (bekleme süresi en fazla 30 dakika) beklenilmiştir. Bekleme süresinin ardından dereceli silindirde bulunan örnek hacmi indirgenme reaktifi eklenerek 50 mL'ye tamamlanmış ve beklemeden karıştırılmıştır. 2-3 saat indirgenmenin tamamlanması beklenip, örnek 810 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okutulmuştur.

3.2.2. Solüsyonlar

3.2.2.1. Molibdat Solüsyonu

300 mL saf su içerisinde, 4 g amonyum paramolibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$) çözülür. Elde edilen çözeltiliye 12 mL HCl (12 N) eklenip, 500 mL'ye tamamlanana dek saf su eklemesi yapılır ve karıştırılır. Polietilen şişe içerisinde güneş ışığından korunarak muhafaza edilir.

3.2.2.2. Metol-sülfite Solüsyonu

500 mL saf su içerisinde, 6 g sodyum sülfite (Na_2SO_3) çözülür ve 10 g metol (p-methylaminophenol sülfate) eklenir. Metolün çözünmesinden sonra No.1 Whatman filtre kâğıdı kullanılarak süzülür ve ağzı sıkıca kapatılmış bir cam kaptta saklanır. Her seferinde solüsyon taze olarak hazırlanmalıdır.

3.2.2.3. Oksalik Asit Solüsyonu

500 mL saf su içerisine, 50 gr oksalik asit dihidrat ($(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) karıştırılarak doymuş oksalik asit solüsyonu hazırlanır. Hazırlanmış solüsyon cam şişede muhafaza edilmelidir.

3.2.2.4. Sülfürik Asit Solüsyonu

250 mL konsantre sülfürik asit 250 mL saf suya eklenir ve oluşan ısı, oda sıcaklığına gelene dek beklenir. Çözelti 500 mL'ye saf su ile tamamlanır.

3.2.2.5. İndirgenme Reaktifi

100 mL metol-sülfite solüsyonu, 60 mL oksalik asit solüsyonu ile karıştırılıp üzerine 60 mL %50'lik sülfürik asit solüsyonu yavaşça eklenir ve tekrar karıştırılır. Solüsyonun hacmi 300 mL'ye varana dek saf su eklenir. Solüsyon her analiz için yeniden yapılır.

3.2.3. Askıda Katı Madde (AKM)

Su kolonundaki organik ve inorganik maddelerin tümünden oluşan AKM yükü; ışık geçirgenliği gibi pek çok değişkenin göstergesidir. Bu analiz için, GF/C filtre kağıtları öncelikle 30 mL saf su ile 3 kez süzülüp 105 °C'de 2-3 saat kurutulup tartılmıştır. Hazırlanmış bu GF/C kağıtlarından 500 mL hacminde su örnekleri süzdürülüp, 10 mL saf su ile 3 sefer olacak şekilde tekrar süzdürülmüştür. Etüvde (105 °C) bir gece bekletilerek kurutulmuş filtreler hassas terazide ölçülmüştür (Clesceri ve ark., 1998).

$$\text{AKM}(\text{mg/L}) = [(\text{Kuru Ağırlık}(\text{mg}) - (\text{Filtre darası}(\text{mg}) \times 1000)] / \text{Örnek hacmi}(\text{mL}) \quad (3.1)$$

3.2.4. Klorofil-a

Birincil üretiminin önemli bir indikatörü olan klorofil-a konsantrasyonunun belirlenmesi adına 5 L'lik nansen şişesi ile alınmış su örneklerinden, 1,5 L'lik örnekler vakumlu süzme düzeneğinde 47 mm GF/F filtre kâğıdı kullanılarak süzümüştür. Süzme

işleminin ardından filtre kağıtları cam tüplerde alüminyum folyo ile sarılarak derin dondurucuda analize kadar saklanılmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler %90'lık asetondan 10 mL ilave edilip, ağızları kapalı bir şekilde 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkan örnekler ezme işlemi uygulanmış ve 2000-3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Bu işlem sonucu örneğin üzerindeki berrak sıvı otomatik pipetle çekilerek spektrofotometre küvetine aktarılmıştır. Öncelikle kör okutma (%90'lık Aseton) yapılmıştır. Hazırlanmış örnekler, 750, 665, 645 ve 630 nm dalga boylarında okutulmuştur. Okumada; düzeltme değeri olarak 750 nm'de okutulmuş ve 665, 645 ve 630 nm'de okutulmuş değerlerden çıkarılmıştır (APHA, 1995).

$$\text{Klorofil} - \alpha = 11,64(OD665) - 2,16(OD645) - 0,10(OD630) \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil} - \alpha = (\text{Klorofil} - \alpha \times \text{aseton hacmi}) / \text{Süzülen su örneğinin hacmi} \quad (3.3)$$

3.2.5. Zooplankton Analizi

Zooplankton örneklemelelerinde 200 µm göz açıklığında plankton kepçesi kullanılmıştır. Örneklemelemler vertikal çekim yapılarak alınmıştır. Alınan örneklerin son %4'ü formaldehid içerisinde sabitlenmiştir. Alınmış örnekler, kalitatif analizleri için laboratuvara götürülmüş ve örneklerin fazla suyu sifonlama yöntemiyle uzaklaştırılmıştır. Kalan örnekler ise cam kavanozlara aktarılmıştır. Zooplankton grup ve türlerinin belirlenmesi ile türler arası dağılımın belirlenmesi amacıyla birim örnek yöntemi (Özel, 1998) kullanılmıştır. Homojenize edilmiş örnekten alınan belirli hacimde ki alt örnekler "Olympus SZX7 trinoküler stereozoom" mikroskopta incelenmiştir. Türlerin sistematik tayinleri ve isimlendirilmesinde de WORMS (2019) kullanılmıştır.

3.2.6. TRIX İndeks

TRIX indeksi, kıyı yüzey sularının ötrofikasyon durumunun sınıflandırılması için kullanılan bir çevre kalite indeksidir. Bu indeks; besin tuzlarından toplam fosfor (TP), toplam inorganik azot (TIN), planktonik biyokülte kantitatif indikatörü klorofil-*a* ve fotosentez yoğunluğunun indikatörü %ÇO (Doğgun miktardan sapan mutlak oksijen yüzdesi) değerlerini içeren logaritmik bir hesaplama (Vollenweider ve ark., 1998).

$$\text{TRIX} = (\text{Log}_{10}[\text{chl} - a \times \% \text{ÇO} \times \text{TIN} \times \text{TP}] + k) / m \quad (3.4)$$

Formül elamanları;

Klorofil-*a*: Sudaki klorofil-*a* konsantrasyonu (μgL^{-1});

%O₂: Doygun miktardan sapan mutlak oksijen yüzdesi = $|\% \text{ÇO} - 100|$

TİN: N-(NO₃+NO₂+NH₄), (μgL^{-1});

TP: Toplam fosfor (μgL^{-1})



BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yetiştiricilik faaliyetlerinin yürütüldüğü bölgede belirlenmiş istasyonların farklı derinliklerden Mayıs 2018 döneminde su sıcaklığı 17,70 – 21,22 °C aralığında, Ağustos 2018 döneminde ise 18,69 – 24,85 °C aralığında değer göstermiştir. Su sıcaklığın yanında tuzluluk, Mayıs 2018’de 38, Ağustos 2018’de ise 31 civarındadır. % çözünmüş oksijen doygunluğu Mayıs 2018 döneminde %98 – 107,8 aralığında görülürken çözünmüş oksijen miktarı ise 7,20 – 7,74 mgL⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Sistemin en hareketli olduğu Ağustos 2018 döneminde ise % çözünmüş oksijen miktarı %9,50 – 99, çözünmüş oksijen miktarı ise 6,29 – 8,20 mgL⁻¹ aralığında görülmüştür. Mayıs 2018’de pH 7,78 – 8,38 iken Ağustos 2018’de 8,07 – 8,22 aralığında değerler göstermiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda, bölgenin su sıcaklığı, tuzluluk, çözünmüş oksijen miktarı, % çözünmüş oksijen doygunluğu ve pH sonuçları göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde deniz balıkları yetiştiriciliğinde su kalitesi özellikleri ve sınır değerleri arasında (Çizelge 4.1, 4.2) olduğu görülmüştür.

Çalışmada Mayıs 2018 için, askıda katı madde (AKM) yükü 8,00 – 11,30 mgL⁻¹, klorofil-*a* ise 0,20 – 0,32 µgL⁻¹ aralığındadır. Ağustos 2018 dönemi içinse AKM 0,33 – 11,87 mgL⁻¹ klorofil-*a* ise 0,04 – 0,41 µgL⁻¹ aralığında görülmüştür. Gerek Mayıs 2018 gerekse Ağustos 2018 dönemlerinde AKM ve klorofil-*a* değerleri “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” (2004)’nce belirtilen deniz suyu genel kalite sınırını (Çizelge 4.3., 4.4.) aşmamıştır. Karasal girdilerden etkilenmeyen açık denizlerde, karasal girdilerden etkilenen kıyasal bölgelere nazaran fitoplanktonik üretimin açık deniz sistemlerindeki toplam askıda katı madde miktarına etkisi daha fazladır (Beşiktepe ve ark., 1994). Buna göre; AKM ve klorofil-*a* çalışmasının yapıldığı noktalarda AKM miktarının karasal girdilerle ve yemleme işlemlerince kontrol edildiği belirtilebilir.

Mayıs 2018 için Secchi diski değerleri 11,60 m (kafes) – 16,00 m (referans) iken, Ağustos 2018’de değerler 10,25 m – 13,50 m olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5., 4.6.).

Çizelge 4.1. Su sıcaklığı, tuzluluk, ÇO (%), ÇO (mgL⁻¹), pH değerlerinin istasyonları ve derinliğe bağlı değişimi (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018))

İstasyon	Sıcaklık (°C)			Tuzluluk			ÇO (%)			ÇO (mgL ⁻¹)			pH		
	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip
Kafes	21,22	20	18,28	38	38	38	107,8	102	98	7,74	7,50	7,20	8,38	8,20	7,78
Referans	20,80	20	17,70	38	38	38	105	102	102	7,60	7,60	7,20	8,42	8,20	8,20

Çizelge 4.2. Su sıcaklığı, tuzluluk, ÇO (%), ÇO (mgL⁻¹), pH değerlerinin istasyonları ve derinliğe bağlı değişimi (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018))

İstasyon	Sıcaklık (°C)			Tuzluluk			ÇO (%)			ÇO (mgL ⁻¹)			pH		
	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip
Kafes	23,71	21,88	18,69	31,25	31,16	31,11	98	97	97	7,20	7,60	8,20	8,21	8,21	8,21
Referans	24,28	22,75	18,94	31,41	31,31	31,21	98,20	99	99	6,29	6,96	7,29	8,22	8,21	8,18
St1	24,30	22,14	18,95	31,24	31,10	31,05	98	99	98	7,80	7,20	7,80	8,18	8,07	8,11
St2 (Özsu)	24,85	21,28	18,70	31,24	31,20	31,20	99	98,20	97,50	7,50	7,20	7,08	8,19	8,16	8,13

Çizelge 4.3. Klorofil-*a* ve AKM değerleri. (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018) (---): yetersiz su örneği)

İstasyon	Klorofil- <i>a</i> (μgL^{-1})			AKM (mgL^{-1})		
	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip
Kafes	0,25	0,25	0,20	8,70	10,20	11,30
Referans	0,28	---	0,32	8,00	---	8,50

Çizelge 4.4. Klorofil-*a* ve AKM değerleri. (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018))

İstasyon	Klorofil- <i>a</i> (μgL^{-1})			AKM (mgL^{-1})		
	Yüzey	Orta	Dip	Yüzey	Orta	Dip
Kafes	0,04	0,15	0,22	7,23	7,28	8,60
Referans	0,05	0,12	0,15	11,87	4,29	0,33
St1	0,07	0,13	0,21	7,30	10,70	8,00
St2 (Özsu)	0,38	0,27	0,41	5,30	2,30	4,30

Çizelge 4.5. Secchi diski değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018))

İstasyon	Secchi Diski (m)
Kafes	11,60
Referans	16,00

Çizelge 4.6. Secchi diski değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018))

İstasyon	Secchi Diski (m)
Kafes	10,25
Referans	11,40
St1	13,40
St2 (Özsu)	13,50

Besin tuzlarının miktarları Mayıs 2018 için, $\text{NO}_2\text{-N}$ $0,006 \text{ mgL}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0,03 \text{ mgL}^{-1}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ $0,01 \text{ mgL}^{-1}$ ve $\text{PO}_4\text{-P}$ $0,01 \text{ mgL}^{-1}$ 'yi geçmediği görülmüştür. TN yoğunluğu $0,3 - 0,8 \text{ mgL}^{-1}$ arasında ölçülürken, TP yoğunluğu ise $0,029 \text{ mgL}^{-1}$ 'yi geçmemiştir (Çizelge 4.6.). SiO_2 ise $0,03 - 0,09 \text{ mgL}^{-1}$ değerleri arasındadır.

Ağustos 2018’de besin tuzları, $\text{NH}_4\text{-N}$ $0,03 \text{ mgL}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0,08 - 0,18 \text{ mgL}^{-1}$, TN $0,35 - 2,91 \text{ mgL}^{-1}$ değerleri arasında belirlenirken, $\text{NO}_2\text{-N}$ ise $0,005 \text{ mgL}^{-1}$ ’yi geçmediği görülmüştür. $\text{PO}_4\text{-P}$ $0,01 \text{ mgL}^{-1}$ ’yi geçmezken, TP ise $0,01 - 0,12 \text{ mgL}^{-1}$ aralığında ölçülmüştür. SiO_2 ise $0,03 - 0,09 \text{ mgL}^{-1}$ değerlerinin arasında görülmüştür (Çizelge 4.7.).

Ölçümlerin sonuçları değerlendirildiğinde, Mayıs 2018 ve Ağustos 2018 değerlerinin deniz balıkları yetiştiriciliğinde su kalite özellikleri ve sınır değerleri aralığında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu değerlerin bölgede daha önce yapılmış çalışmalarla da benzerlik gösterdiği görülmüştür (Palta, 2010; ÇŞB-ÇEDİDGM, 2018).

Çizelge 4.7. $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, SiO_2 , TN ve TP miktarlarındaki değişimler (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018))

İstasyon	TP (mgL^{-1})	$\text{PO}_4\text{-P}$ (mgL^{-1})	TN (mgL^{-1})	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mgL^{-1})	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mgL^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgL^{-1})	SiO_2 (mgL^{-1})
Kafes Yüzeý	0,023	<0,01	0,3	<0,01	<0,005	0,021	0,03
Kafes Orta	0,01	<0,01	0,7	<0,01	<0,005	0,01	0,05
Kafes Dip	<0,01	<0,01	0,7	<0,01	<0,005	0,01	0,05
Referans Yüzeý	0,029	<0,01	0,7	<0,01	0,006	0,03	0,7
Referans Orta	0,011	<0,01	0,8	<0,01	<0,005	0,02	0,7
Referans Dip	<0,01	<0,01	0,8	<0,01	<0,005	0,02	0,9
Metot Ölçüm Aralığı	0,01-6	0,01-6	-	0,005-0,6	0,005-1	0,1-2	-

Çizelge 4.8. NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, SiO₂, TN ve TP miktarlarındaki değişimler (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018))

İstasyon	TP (mgL ⁻¹)	PO₄-P (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	NH₄-N (mgL ⁻¹)	NO₂-N (mgL ⁻¹)	NO₃-N (mgL ⁻¹)	SiO₂ (mgL ⁻¹)
Kafes Yüzeý	<0,01	<0,01	0,66	<0,01	<0,005	0,013	0,09
Kafes Orta	<0,01	<0,01	0,74	<0,01	<0,005	0,012	0,07
Kafes Dip	<0,01	<0,01	0,37	<0,01	<0,005	0,09	0,05
Referans Yüzeý	0,06	<0,01	0,35	<0,01	<0,005	0,13	0,03
Referans Orta	0,12	<0,01	0,75	<0,01	<0,005	0,11	0,04
Referans Dip	0,12	<0,01	2,91	<0,01	<0,005	0,08	0,04
St1 Yüzeý	0,10	<0,01	1,13	<0,01	<0,005	0,18	0,08
St1 Orta	0,08	<0,01	1,99	<0,01	<0,005	0,17	0,08
St1 Dip	<0,01	<0,01	2,90	0,02	<0,005	0,13	0,06
St2 Yüzeý	0,02	<0,01	2,18	0,01	<0,005	0,14	0,67
St2 Orta	0,02	<0,01	1,88	0,03	<0,005	0,12	0,66
St2 Dip	0,01	<0,01	1,90	0,02	<0,005	0,08	1,15
Metot Ölçüm Aralığı	0,01-6	0,01-6	-	0,005-0,6	0,005-1	0,1-2	-

Klorofil-*a*, % çözünmüş oksijen doygunluğu, toplam çözünmüş inorganik azot (TİN) ve toplam fosfor (TP) verilerine göre TRIX İndeksi hesaplanmıştır (Çizelge 4.8. – 4.9.). TRIX İndeksi hesaplaması Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 24.01.2007 tarihinde yayımladığı 26413 sayılı “Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ'i” uyarınca aşağıda belirtilen formül ile yapılmıştır. Bu tebliğe göre bölgenin ötrofikasyon riski (T<4) kapsamında olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Mayıs 2018 TRIX İndeksi değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi)

İstasyonlar	TRIX İndeksi
Kafes Yüzey	3,92
Kafes Orta	3,00
Kafes Dip	2,92
Referans Yüzey	3,97
Referans Orta	---
Referans Dip	3,21

Çizelge 4.10. Ağustos 2018 TRIX İndeksi değerleri (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi)

İstasyonlar	TRIX İndeksi
Kafes Yüzey	2,97
Kafes Orta	3,57
Kafes Dip	3,57
Referans Yüzey	3,66
Referans Orta	3,97
Referans Dip	3,94
St1 Yüzey	3,28
St1 Orta	3,98
St1 Dip	3,58
St2 Yüzey	3,81
St2 Orta	3,90
St2 Dip	3,92

Zooplankton örneklemelelerinde Mayıs 2018 için öne çıkan türler kopepodlarda *Oithona* (Baird, 1843) türleri, appendikülerlerden ise *Oikopleura dioica* (Fol, 1872)'dir (Çizelge 4.10.). Ağustos 2018 döneminde ise su sıcaklığı artışı ile ilişkili olarak kladoserlerin diğer gruplara nazaran arttığı görülmüştür. Özellikle *Penilia avirostris* (Dana, 1849)'in (küçük parteküllerle beslenen bir canlı) diğer türlere nazaran daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Tespit edilen baskın zooplankton türlerinin yoğunluğu (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Mayıs 2018))

Zooplankton Türleri (Birey/m ³)	İstasyonlar	
	Kafes	Referans
<i>Centropages typicus</i> (Krøyer, 1849)	62	33
<i>Oithona similis</i> (Claus, 1863)	38	7
<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1893)	6	4
<i>Oithona plumifera</i> (Baird, 1843)	3	4
<i>Oithona</i> sp. (Baird, 1843)	---	3
<i>Oncaea</i> sp. (Philippi, 1843)	---	2
<i>Corycaeus</i> sp. (Dana, 1845)	---	3
<i>Copepoda nauplius</i> (Müller, 1785)	5	9
<i>Oikopleura dioica</i> (Fol, 1872)	42	---
<i>Oikopleura longicauda</i> (Vogt, 1854)	13	---
<i>Oikopleura fusiformis</i> (Fol, 1872)	---	5
<i>Fritillaria</i> sp. (Fol, 1872)	---	2
<i>Sagitta</i> sp. (Quoy & Gaimard, 1827)	2	3
<i>Bivalvia veliger</i> l. (Limnæus, 1758)	---	2
Diğer*	19	3

* Balık larvası ve balık yumurtası, Gastropoda, Bivalvia, Poliket, Ekinoderma, Sifonofora, Taliase

Çizelge 4.12. Tespit edilen baskın zooplankton türlerinin yoğunluğu (Sığacık Körfezi Orkinos Yetiştiriciliği İşletmesi (Ağustos 2018))

Zooplankton Türleri (Birey/m ³)	İstasyonlar			
	Kafes	Referans	St1	St2
Calanoida (Sars, 1903)	125	75	154	182
<i>Oithona similis</i> (Claus, 1863)	18	10	5	---
<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1893)	---	---	---	25
<i>Oithona plumifera</i> (Baird, 1843)	25	10	25	38
<i>Oithona</i> sp. (Baird, 1843)	24	35	17	17
<i>Corycaeus</i> sp. (Dana, 1849)	18	23	17	27
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)	5	13	5	---
<i>Copepoda nauplius</i> (Müller, 1785)	53	35	38	82
<i>Oikopleura longicauda</i> (Vogt, 1854)	12	35	35	34
<i>Sagitta</i> sp. (Quoy & Gaimard, 1827)	15	15	17	22
<i>Evadne spinifera</i> (Müller, 1867)	118	129	256	168
<i>Penilia avirostris</i> (Dana, 1849)	231	385	451	447
<i>Pleopsis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	17	38	38	21
<i>Bivalvia veliger</i> l. (Limnaeus, 1758)	18	5	18	25
Diğer*	8	5	8	25

* Balık larvası ve balık yumurtası, Gastropoda, Bivalvia, Poliket, Ekinoderma, Sifonofora, Taliase

Penilia avirostris (Dana, 1849) sıcak ılıman koy ve körfezlerde bol bulunur ve farklı trofik kaynakları besin olarak kullanılır (Turner ve ark., 1988). Bu nedenle ortamda uygun sıcaklık ve besin kaynakları bulunduğunda hızlı bir şekilde üreyebilir. Oseanik ve kıyusal alanlarda dağılım gösteren, *Evadne spinifera* (Müller, 1867) sıcak su kladoser türüdür. Hayat siklusuna bağlı olarak ilkbahar ve yaz dönemlerinde kendini gösterir; ancak kış ve sonbahar dönemlerinde ortamda bulunmamaktadır.

Kopepodlar genel olarak seçici beslenen türlerdir. Kalanoid kopepodlar siliatlar ve mikroplankton gibi 20 µm boyundan büyük partiküllerle beslenirler (Kleppel 1993). Karnivor veya omnivor beslenme gösteren *Centropages typicus* (Krøyer, 1849) siliatlar, fitoplankton, appendikülerler, kopepod yumurtaları ve naupli, hatta keseli balık larvalarıyla beslenebilirler (Carlotti ve Haris, 2007). Bu canlının geniş beslenme yelpazesinin yanında, yüksek tuzluluk değerleri gösteren Akdeniz'in kuzey kısımlarında koy ve sığ bölgelerde ilkbahar döneminde sayıları yüksek miktarlara ulaşabilir. *Oithona* (Baird, 1843) türlerinde

geniş beslenme aralıklarının yanı sıra predatör beslenme de görülür (Nakamura ve Turner, 1997). Beslenmesinde sadece belirli gruplara bağlı olmadığı için klorofil-*a* yoğunluğu az olan oligotrofik bölgelerde dahi popülasyonlarını kolaylıklar arttırabilirler (Castellani ve ark., 2015). Beslenmelerini suyu süzerek gerçekleştiren Appendikülerler (*Oikopleura* türleri) (Siokou-Frangou ve ark., 1998), nano ve piko boyutlu partikülleri tutabilme yeteneği ve yeni nesil verebilme döngülerinin kopepodlara göre daha kısa sürede gerçekleşebiliyor olması sayesinde, ikincil üretimin en önemli halkası olarak tanımlanır. Daha yüksek trofik seviyelerde olan birçok balık ve ktenoforların da besini olurlar (Uye ve Ichino, 1995). *Sagitta* sp. çoğunlukla ergin kopepodlarla beslenmektedir. Bunun yanında *Oikopleura* ve *Oithona* türleri ile kendi türlerinin genç bireyleri de besin kaynakları arasındadır (Steele, 1970). Bu çalışmada zooplankton analizlerinin sonuçlarında görülen besin çeşitliliği, bölgenin biyolojik çeşitliliğinin yüksek olduğunu ve dolayısıyla da sistemin sağlıklı bir şekilde işlediğini göstermektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sistemin en yoğun dönemi olan ilkbahar ve yaz mevsimlerinde alınmış örneklerden yapılan su kalitesi, besin elementleri, TRIX indeksi ve zooplanktonik analizlerden veriler elde edilmiştir. Çalışma bulgularına göre, alandaki yetiştiricilik aktivitesinin bölgenin ekolojik kalitesi üzerinde zararlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Sığacık Körfezi'nin Orkinos Kafes Yetiştiriciliği Bölgesi'nde (9 No'lu alan), Mayıs 2018 ve Ağustos 2018 örnekleme TRIX İndeksi "4" ($T < 4$) 'ten küçük olduğu belirlenmiş, dolayısıyla yetiştiricilik alanında ötrofikasyon riskinin bulunmadığı görülmüştür. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan bu bölgenin seçimi de kriterlere uyduğu ve yetiştiricilik faaliyetlerinin bilinçli bir şekilde yapıldığı belirlenmiştir.

Akdeniz'deki gerek orkinos gerek diğer su ürünleri türlerinin yetiştiriciliğinin sürdürülebilir büyümesi için su kalitesi ve bu yetiştiricilik alanlarının çevresindeki potansiyel etkileri kontrol etmek amacıyla kafes çiftliklerinin sürekli izlenmesi konusunda daha fazla araştırma yapılmasına yönelik teşviklerin artması gerektiğini düşünmekteyiz. Bu tür çalışmalarla, ülkemizdeki su ürünleri yetiştiriciliğinin istenilen seviyelere ulaşacağı düşünülmektedir. Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği bir tercih değil, zorunluluktur.

Öneri olarak, bu gibi çalışmaların verilerini kullanarak CBS veriler üretilebilir. Bu verilerce hazırlanılmış haritalar ile modellemeler yapılabilir. Modellenmiş bölgelerde su hareketlerince ortamda bulunun besin elementlerinin dağılımı konusunda görsel ve öngörü içeren çalışmalar yapılabilir. Bu sayede hem halihazırda faaliyetlerini yürüten şirketler için hem de kurulum sırasında bir bölgenin taşıma kapasitesi gibi konularda bilgi edinilebile olanağı sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

- APHA. 1995. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater.
- Arasaki E., Muniz P., Pires-Vanin AMS., 2004. A Functional Analysis of the Benthic Macrofauna of the São Sebastião Channel (Southeastern Brazil), *Marine Ecology*, 25 (4), 249–263.
- Barg, U.C., 1992. Guideline For The Promotion Of Management Of Costal Aquaculture Development Of Coastal Aquaculture Development. FAO Fisheries Technical Paper. No:328, s:122.
- Besiktepe S., Sur H.I., Ozsoy E., Latif M.A., Oguz T., Unluata U., 1994. The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progr Oceanogr*, 34: 285-334.
- Bishop PL., 1983. *Marine Pollution and Its Control*, McGraw-Hill Book Company, New York, Pp: 357.
- Büyükateş Y., Ismen A., Onal U., Ergun S., Turkoglu M., Colakoglu F.A., Ismen P., Palta Z.H., 2010. Effect of Environmental Parameters on Zooplankton Dinamic in Two Fish Case Operations of Gerence and Sığacık Bay (Aegean Sea). Determination of Effects of Aquaculture Fisheries Operations on Marine Ecosystem, Workshop Abstract Book, p. 19, 24-26 May 2010, Kartepe, Kocaeli, Turkey.
- Carlotti F. and Harris R., 2007. The biology and ecology of *Centropages typicus*: An introduction. *Progr Oceanogr*, 72: 117-120.
- Castellani C., Licandro P., Fileman E., DiCapua I., Mazzocchi M.G., 2015. *Oithona similis* likes it cool: evidence from two long-term time series. *J Plankt Res*, 38: 703-717.
- Cirillo F., Fenech-Farrugia A., Vassallo-Agius R., de la Serna JM., Oray Y., Cau A., Megalofonou P., DeMetrio G., 2005. Size and age at sexual maturity of female bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) from the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.*, 21: 483–486.
- Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.E., 1998. Method 2540 B. (Total Solids), Method 2540 C. (Total Dissolved Solids) and Method 2540 D. (Total Suspended Solids).

- Corriero A., Karakulak S., Santamaria N., Deflorio M., Spedicato D., Addis P., Desantis S., Costa-Pierce, B.A., A. Buschmann., S. Cross., J.L. Iriarte., Y.O. Olsen, and G. Reid. 2007. Nutrient impacts of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) on pelagic ecosystems and implications for carrying capacity. Report of the Technical Working Group on Nutrients and Carrying Capacity of the World Wildlife Fund Salmon Aquaculture Dialogue. World Wildlife Federation, Washington, D.C.
- ÇŞB-ÇEDİDGM, 2018. Deniz kalitesi bülteni, Ege Denizi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü yayınları. 21s.
- FAO (2019). UN, FAO Figis Online Statistical Query Results, Global Aquaculture Production. Retrieved from <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en> (accessed 10.02.19).
- Fromentin J-M., Powers JE., 2005. Atlantic Bluefin Tuna: Population Dynamics, Ecology, Fisheries and Management. *Fish and Fisheries*, 6: 281-306.
- Holmer M., 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: Perspectives, concerns, and research needs. *Aquaculture Environment Interactions* 1:57-70.
- Huang Q., Liu Y., Zheng X., Chen G., 2012. Phytoplankton community and the purification effect of mangrove in the mangrove plantation-aquaculture coupling systems in the Pearl River Estuary. *Procedia Environmental Sciences* 15 (2012) 12–21
- ICES (2002) Report of the Working Group of Environmental Impacts of Mariculture (WGEIM). ICES CM 2002/F:04.
- Katavić, I., V. Tičina, V. Franicevic., 2003. Bluefin tuna (*T. thynnus*) farming on the coast of the Adriatic Sea present stage and future plans. In: Bridges CR, Gordin H, Garcia A (eds.). First Int. Symp. Domm. bluefin tuna (CHIEAM), Spain.
- Katechakis A., Stibor H., Sommer U., Hansen T., 2004. Feeding selectivities and food niche separation of *Acartia clausi*, *Penilia avirostris* (Crustacea) and *Doliolum denticulatum* (Thaliacea) in Blanes Bay (Catalan Sea, NW Mediterranean). *J Plankton Res*, 26 (6): 589-603.
- Kleppel G.S., 1993. On the diets of calanoid copepods. *Mar Ecol Prog Ser*, 99: 183–195.

- Koop K., Hutchings P., 1996. Disposal of sewage to the ocean-a sustainable solution. *Marine Pollution Bulletin*, 33: 121-123.
- MarBEF Data System Retrieved May, 29, 2008 from <http://www.marbef.org/data>.
- Marine Biology International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters* Springer-Verlag, 10 1007 / s 00227-006-0351-z.
- Nakamura Y. ve Turner J.T., 1997. Predation and reparation by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: how important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? *J Plankton Res*, 19: 1275-1288.
- Özel Ğ., 1998. Planktonoloji 1. E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yay. 2-88 s.
- Palta Z. H., 2010. Gerence ve Sığacık Körfez’inde (Ege Denizi), iki ağ kafes işletmesinde çevresel parametrelerin zooplankton dinamiğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 91 s.
- Portocali P.H., Iliopoulou - Georgudaki J., Catsiki V.A., Papapetropoulou M., 1997. The role of echinoderms as bioindicators of seawater pollution: A case study from patraicos and corinthiacos Gulf, N. Peloponnesus, Greece. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 59: 293-303.
- Ross L.G., Telfer T.C., Falconer L., Soto D., Aguilar-Manjarrez J., Asmah R., Bermúdez J., Beveridge M.C.M., Byron C.J., Clément A., Corner R., Costa-Pierce B.A., Cross S., De Wit M., Dong S., Ferreira J.G., Kapetsky J.M., Karakassis I., Leschen W., Little D., Lundebye A.-K., Murray F.J., Phillips M., Ramos L., Sadek S., Scott P.C., Valle-levinson A., Waley D., White P.G., Zhu C., 2013. Carrying capacities and site selection within the ecosystem approach to aquaculture.
- Ross L.G., Telfer T.C., Falconer L., Soto D., Aguilar-Manjarrez J. (Eds.), *Site Selection and Carrying Capacities for Inland and Coastal Aquaculture*. , pp. 19–46, FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings N°.21. Rome.
- Sarà G., 2007. Aquaculture effects on some physical and chemical properties of the water column: A meta-analysis. *Chemistry and Ecology* 23:251-262.

- Siokou-Frangou I., Papathanassiou A. E., Lepretre Frontier S., 1998. Zooplankton assemblages and influence of environmental parameters on them in a Mediterranean coastal area. *Journ. Plankton Res.*, 20: 847-870.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. 1325 p.
- Steele J.H., 1970. *Marine Food Chains*. University of California Press (Berkeley and Los Angeles). 1st ed.
- Strickland J.D.H. and Parsons T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. *Bulletin, Ottawa: Fisheries Research Board of Canada*, 167: 310.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmî Gazete: Tarih 31 Aralık Cuma Sayı: 25687. (2004).
- Tudela S., (2002) El engorde de atunes. Capturar, enjaular, engordar y vender. Available in: URL: http://www.icsf.net/jsp/samudra/spanish/issue_32/art2.pdf
- Turner J.T., Tester P.A., Ferguson R.L., 1988. The marine cladocerans *Penilia avirostris* and the “microbial loop” of pelagic food webs. *Limnology Oceanography*, 33: 245-255.
- UN-WPP (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. United Nations, Population Division, Department of Economic and Social Affairs. Retrieved from <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> (accessed 08.02.19)
- Uye S. and Ichino S., 1995. Seasonal variations in abundance, size composition, biomass and production rate of *Uikopleura dioica* (Fol) (Tunicata: Appendicularia) in a temperate eutrophic inlet. *J Exp Mar Biol Ecol*, 189: 1-11.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A., 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and a generalized water quality index. *Environmetrics* 9, 329e357
- White P., Phillips M.J., Beveridge M.C.M., 2013. Environmental impact, site selection and carrying capacity estimation for small-scale aquaculture in Asia. In: Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J. (Eds.), *Site Selection and Carrying Capacities for Inland and Coastal Aquaculture*. , pp.231–251, FAO/Institute

of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings N°. 21. Rome, FAO. 282 pp.

Young C.M., Sewell M.A. and Rice M.E., 2006. Atlas of Marine Invertebrate Larvae. Elsevier, Barcelona.

Yücel-Gier G., Pazı I., Küçüksezgin F., 2013. Spatial Analysis of Fish Farming in the Gulluk Bay (Eastern Aegean). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 13: 737-744 (2013)

Yücel-Gier G., Pazı I., Küçüksezgin F., Koçak F., 2010. The composite trophic status index (TRIX) as a potential tool for the regulation of Turkish marine aquaculture as applied to the eastern Aegean coast (Izmir Bay). Applied Ichthyology, Volume 27. Issue 1, February 2011, pages 39-45.



EKLERİ



Research Article

POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACTS OF TUNA CAGE FARMING IN THE AEGEAN SEA

Rıdvan Kaan Gürses¹, Yeşim Büyükaş¹, Murat Yiğit², Sebahattin Ergün³, A. Suat Ateş¹, H. Göksel Özdilek⁴

Cite this article as:

Gürses, R.K., Büyükaş, Y., Yiğit, M., Ergün, S., Ateş, A.S., Özdilek H.G. (2019). Potential environmental impacts of tuna cage farming in the Aegean Sea. *Aquatic Research*, 2(2), 61-72. <https://doi.org/10.3153/AR19008>

¹ Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science, Department of Marine Science, 17100 - Canakkale, Turkey

² Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science, Department of Marine Technology Engineering, 17100 - Canakkale, Turkey

³ Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science, Department of Aquaculture, 17100 - Canakkale, Turkey

⁴ Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 17100 - Canakkale, Turkey

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the potential impacts of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) farming in offshore cage systems in the Aegean Sea (Sığacık Bay-Izmir, Turkey), in respect to physico-chemical water quality parameters, nutrient loads, chlorophyll-*a*, total suspended solids, zooplankton groups, and TRIX index calculations for the potentially affected cage farm area and an unaffected reference site. Concentrations of physico-chemical variables (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH) in the study carried out in May and August 2018, were within the acceptable limits for marine aquaculture in terms of water quality characteristics. The concentrations of PO₄-P, NH₄-N, and NO₂-N showed no temporal or spatial changes, and were recorded below 0.01 mg/L (<0.01) for PO₄-P and NH₄-N, whereas lower than 0.005 mg/L (<0.005) for NO₂-N values in both cage and reference stations in May and August 2018 periods. Results showed low levels of TSS (0.33-11.87 mg/L), both in the cage farm area and the reference site, remaining below the general quality criteria of 30 mg/L for marine environment. No eutrophication risk (TRIX index, $T < 4$) was observed around the Tuna Cage Farm Site in Sığacık Bay, according to the legislations enacted for "Sensitive Areas of Enclosed Bays where fish farms are not allowed". Based on these findings, demonstrating highly interactive trophic level variability, it can be concluded that the impacts of the Tuna Cage Farm were not significant, possibly due to the consistent movement of the water in currents in the study area.

Keywords: Tuna farming, Cage aquaculture, Environmental impact, Water quality

ORCID IDs of the authors:

R.K.G. 0000-0001-5951-2308

Y.B. 0000-0002-4402-4587

M.Y. 0000-0001-8086-9125

S.E. 0000-0002-9077-9438

A.S.A. 0000-0002-4682-1926

H.G.Ö. 0000-0001-9740-9758

Submitted: 18.02.2019

Accepted: 20.03.2019

Published online: 01.04.2019

Correspondence:

Yeşim BÜYÜKAŞ

E-mail: ybuyukates@comu.edu.tr

©Copyright 2019 by ScientificWebJournals

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

Introduction

The traditional fish production has become a growing industry with the development of new production systems and marine technologies in fish farming facilities. As a rapid growing industry, the aquaculture sector today reached a global fish production of nearly 54.091.148 tons worldwide with about 138.537.398.000 USD economic value (FAO, 2019a) and aims to provide high quality protein for the increasing demand of the world population that is expected to reach around 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100 (UN-WPP, 2017). However, the rapid growth in intensive culture conditions arise significant risks and pressure on the marine environment. Since water resources are limited and vital for human beings, the sustainable use of water is an important matter that needs to be considered for the future of marine resources in the world. The assessment of potential productivity without significant negative impacts on the marine environment caused by the production activities (Beveridge and Phillips, 1993; Beveridge, 1996; Kautsky et al., 1997; Pittroff and Pedersen, 2001), and the maximum sustainable nutrient input that the water body can receive without exposing any eutrophication signs (Ganguly et al., 2015), are important issues for sustainable development of the cage farming industry, which can only be achieved when the farm loads are kept below the carrying capacity limitations of the water environment. Farm impacts could be reduced or minimized via proper site selection, stock density management, optimization of feed formulations using well selected ingredients and the integration of multi-trophic aquaculture production systems such as mussels, oysters, seaweed, etc. Environmental monitoring and control of farm sites are important in terms of assuring maximum fish biomass to be maintained in a water environment without negatively influencing ecological conditions of the water body (Granada et al., 2015).

Besides the mainly produced fish species of seabream and seabass, tuna farming is a growing aquaculture industry in the Mediterranean with a production of 6.089 tons and a value of 102.308.000 USD in 2016, among which the Turkish Tuna farming covers 13% with a production of 770 tons of the total harvest with a value of 11.422.000 USD (FAO, 2019b). The difference in tuna cage farming compared to seabream or seabass is that fish caught from the wild and fattened with trash fish to larger size in one season and then harvest. The sustainable growth of the Tuna farm operations can only be ensured with environmental control of the marine sites in the Aegean and the Mediterranean. Therefore, the present study aimed to investigate potential environmental impacts of a tuna farm site in the Aegean Sea (Turkish coast) in respect to Turkish environmental legislations.

Material and Methods

Study Area and Sampling Period

The study was conducted in the potential cage farm site area No: 9 in Sığacık Bay (Seferihisar town, Izmir province, Turkey), determined and established by the Ministry of Environment and Urban Development (Figure 1, 2).

This study was conducted at 2 different sampling stations determined as "Cage and Reference" stations, with 3 different water depths of "surface (5 m), mid layer (35 m), and bottom (80 m)" in the study area of Sığacık Bay – Tuna Cage Farm Site. The "Cage Station" was designated as a sampling location next to the farm site, whereas the "Reference Station" was assigned an unaffected location of the upstream area 150 m in distance from the cage site. The study was conducted in two periods May 2018 and August 2018, which was assumed to be the highest season in terms of temperature, presence of tuna biomass and active feeding progress in the cage systems, nutritional inputs via fish feeding, and nitrogen or phosphorous loads due to excretory waste outputs, as well as plankton production in the study area.

Layout and Design of Tuna Cage Farm System

A 2x4 bay submerged grid-mooring system was used to set the Tuna cages consisting of single pipe floatation as the main upper rim, anchored to sea bottom with 16 deadweight anchors. The layout design of the Tuna cage farm operating in the study area of Sığacık Bay (Seferihisar-Izmir, Turkey) is demonstrated in Figure 3.

Analyses of Water Samples

Water Quality Analyses

In the sampling locations, seawater quality parameters such as temperature, salinity, pH, dissolved oxygen (% saturation and mg/L level) were measured *in situ* using a YSI 600QS model multi probe system. Seawater visibility was measured *in situ* using a Secchi disk.

Nutritional Element Analyses

Among the nutrients, soluble reactive phosphorus (PO₄-P), total phosphorus (TP), nitrite (NO₂), nitrate (NO₃), ammonia (NH₄) and total nitrogen (TN) were sampled from designated sampling locations and depths, and transferred to GEMAR laboratories (GEMAR, Environmental Measurements and Analyses Laboratory - Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarı, Canakkale-Turkey). Consequently, spectrophotometric analyses were performed according to ISO, EPA, TS and EN standards using methods SM 4500-P E for PO₄-P and SM 4500-P B, E for TP, SM 4500-NO₂ B for NO₂, EPA 352.1 for NO₃, SM 4500-NH₃ B, F for NH₄ and SM 4500-NO₂ B- EPA 352.1-SM4500-Norg B for TN.

For the analyses of silicate (SiO_2) values in the samples collected from the study area in different depth were conducted spectrophotometrically according to the methods for seawater analyses described by Strickland and Parsons (1972) in the Planktonology Laboratory of Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science and Technology (Canakkale, Turkey). For the silicate analyses, water samples were kept in room temperature. A water sample of 25 mL was added on a 10 mL-molybdate solution within a 50 mL flask, stirred and kept for 10 min (waiting time should not exceed 30 min). Then the flask was filled up to 50 mL with using a reducing reactive and stirred immediately, remained for 2-3 hours in order to complete the reduction, and reading was conducted spectrophotometrically at 810 nm wave length.

Total Suspended Solids (TSS) Analyses

Sampling for the determination of total suspended solids (TSS) was conducted from the water column and sea bottom using a

5-L volume Nansen bottle. The TSSs, composed by both organic and inorganic compounds and influencing light penetration an important criterion for photosynthesis, were analyzed gravimetrically according to Clescení et al. (1998).

Chlorophyll-*a* Analyses

Water samples for determining the chlorophyll-*a* concentrations, an indication of primary productivity and phytoplankton density, were taken from designated depths via a 5-L Nansen bottle. Each of the 1.5 L water samples were *in situ* vacuum-filtered using a 47 mm GF/F filter paper, which were then places in glass tubes after filtration and covered by aluminum folio and kept frozen until analysis. Then, the spectrophotometric analysis after 90% acetone extraction was performed according to Greenberg et al. (1992).

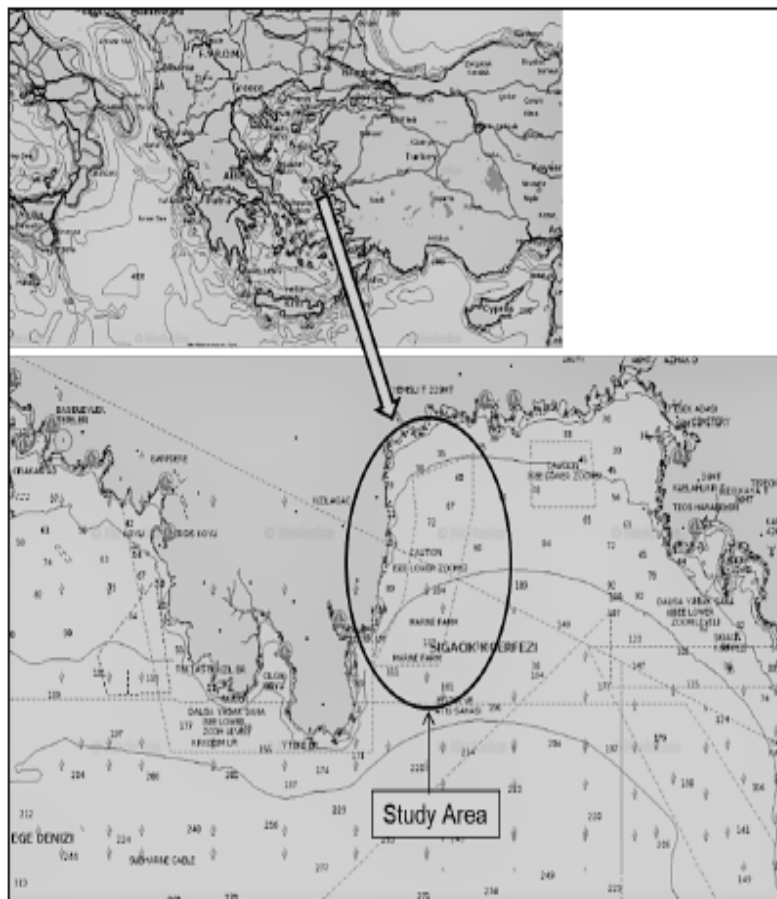


Figure 1. Location of the study area; Sığacık Bay, Izmir-Turkey (<https://sailingheaven.com/nautical-map/>)

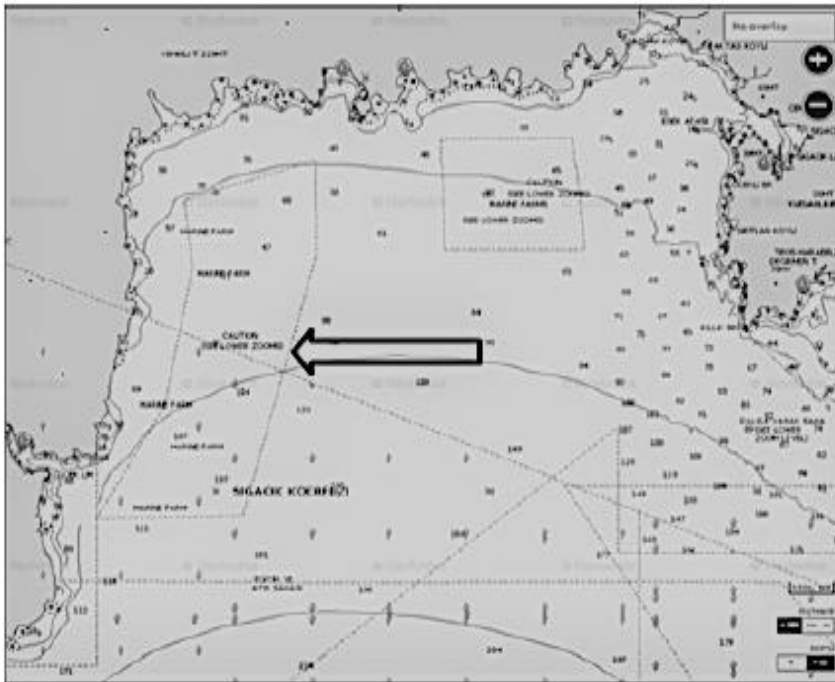


Figure 2. Sığacık Bay and site No: 9 (<https://sailingheaven.com/nautical-map>, July 2018)

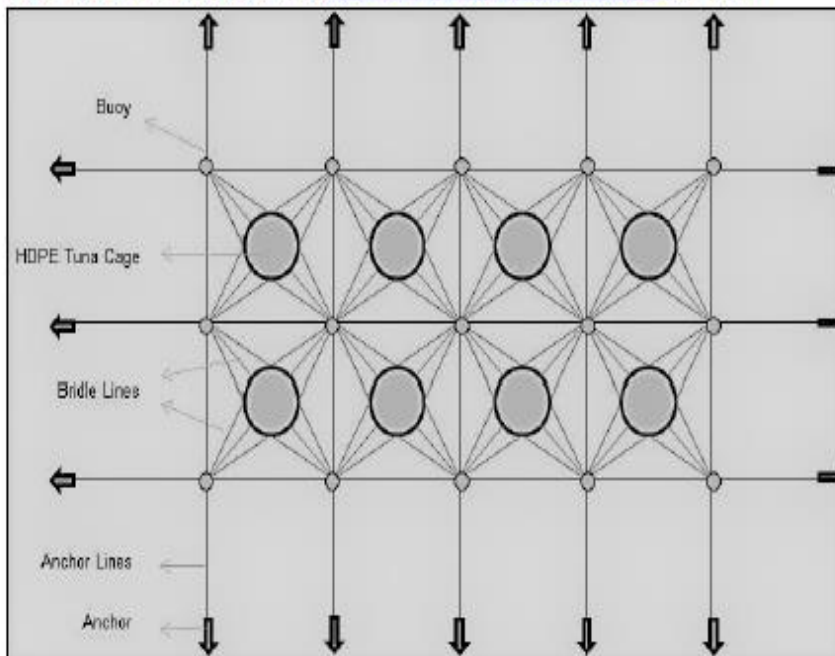


Figure 3. Layout design of the Tuna cage farm in Sığacık Bay (Seferihisar-Izmir, Turkey), HDPE: High density polyethylene

Zooplankton Analyses

In the present study, 200 µm mesh diameter standard plankton net was used for zooplankton samplings. In each of the designated sampling depths, samples were obtained through vertical towing and retained with 4% end volume buffered formaldehyde. Qualitative analyses on the zooplankton were performed in the laboratory, where the excess water was syphoned and samples transferred into smaller flasks. The distribution rate of groups and species was done using unit-sample methods (Ozel, 1998). In this point, samples were homogenous distributed on a container with a known surface area, and the sub-samples with smaller scale obtained via unit-sample method were transferred on a lamella and zooplankton analyses conducted. For the quantitative analyses, a certain volume out of the total homogeny sample was taken and the unit-sample method applied (Ozel, 1998). For the systematic classification of the species, earlier reports of Tregouboff and Rose (1957), Todd et al. (2006), and Young et al. (2006) were followed, as well as the web site of European Register of Marine Species (MarBEF, 2008) in order to check most recent additions. A trinocular stereo-zoom research microscope Olympus brand SZX7 model was used for determining the zooplankton species.

TRIX Index and Calculation

In the present study, TRIX index calculations were performed using measured values of Chlorophyll-*a*, % dissolved oxygen saturation, total dissolved inorganic nitrogen (TIN) and total phosphorous (TP) concentrations. The TRIX indexes were calculated according to the guidelines for "Sensitive Areas of Enclosed Bays where Fish Farms are not allowed" entered into force on 24.01.2017 with the law no: 26413 by of the Turkish Ministry of Environment and Forest, using following equation:

$$\text{TRIX Index} = (\text{Log}(\text{Chlorophyll-}a \times \%O_2 \times \text{TIN} \times \text{TP}) + 1.5) \times 0.833 \quad (4)$$

where,

Chlorophyll-*a* : Chlorophyll-*a* concentration in water body (µg/L),

%O₂ (The absolute percent value deviated from the saturated oxygen rate) = %DO - 100,

TIN (Total dissolved inorganic nitrogen, µg/L) = N - (NO₃ + NO₂ + NH₄),

TP : Total phosphorous (µg/L)

Results and Discussion

In the present study, seawater temperatures in different depths of the designated study area were recorded between 17.70-21.22 °C in May 2018, and between 18.69-24.85 °C in August 2018. Salinity was recorded as 38 ppt in May 2018, while it was around 31 ppt in August 2018. The percent dissolved oxygen (% DO) saturation and DO level were measured as 98-

107.8 % and 7.20-7.74 mg/L in May, whereas these values were recorded as 97.50-99 % and 6.29-8.20 mg/L in August 2018, respectively. The pH values varied between 7.78-8.38 and 8.07-8.22 for the May and August 2018 terms, respectively. The values for seawater temperature, salinity, DO concentration, and pH were within the acceptable limits for marine aquaculture in terms of water quality characteristics (Table 1).

The chlorophyll-*a* value as an indication of primary productivity and phytoplankton density in the present study was measured between 0.20-0.32 µg/L and the TSS, composed by both organic and inorganic compounds and influencing light penetration that is important for photosynthesis, was measured between 8.00-11.30 mg/L during the May 2018 study period. In the sampling period of August 2018 however, chlorophyll-*a* values were recorded between 0.04-0.41 µg/L, and the TSS varied between 0.33-11.87. The TSS measured from different sampling locations and water depths in both periods were below the general quality criteria of 30 mg/L for seawater, based on the WPCL (2004) (Table 2). The Secchi disk values for the May 2018 study period were recorded as 11.60 m in the Cage Station, while 16.00 m in the Reference Station. In the August 2018 sampling period, the Secchi disk values varied between 10.25-13.50 m (Table 3).

Silicate values in all sampling depths throughout the study period remained between 30-40 µg/L, which was far below the level supporting continuous growth of diatoms (Kocatas, 1993). As known, the silicate cycle in the aquatic systems is limited, and the silicate into the marine ecosystems transported from mainly rivers, rain falls, and winds in the area (Kocatas, 1993; Goldman and Home, 1994). The "total inorganic dissolved nitrogen" to "phosphorous" ratio (TIN:P) obtained in the study period of May 2018 remained below the Redfield ratio of "16:1", suggesting a limitation of nitrogen forms such as nitrite + nitrate and ammonium on phytoplankton development. Besides, considering that the TIN:P ratio recorded in the August 2018 period being above the 16:1 ratio in some stations might be an indication of a potential limiting effect of phosphorous on phytoplankton growth. In some sampling stations, the TIN:Si ratios were reasonably higher than the Redfield ratio of 1:1, which is deterministic for diatoms. Therefore, this can be an indication that silicate might have a potential limiting effect on the diatom growth (Kocum, 2005). Considering these measurements, it was found that nutrient concentrations in both study periods of May and August 2018 were between acceptable ranges of water quality characteristics and within the limits suitable for marine aquaculture activities. Besides, our findings in terms of nutrients in this study were similar to those of previously conducted studies in the same study area (Palta, 2010; CSB, 2018).

Table 1. Siğacık Bay Tuna Cage Farm Site; temperature, salinity, dissolved oxygen (%), dissolved oxygen (mg/L), and pH values in sampling locations and variations with depth (May – August 2018)

Sampling Station	MAY - 2018		AUGUST - 2018	
	Cage	Reference	Cage	Reference
Temperature (°C)				
Surface	21.22	20.80	23.71	24.28
Mid Layer	20.00	20.00	21.88	22.75
Bottom	18.28	17.70	18.69	18.94
Salinity (ppt)				
Surface	38	38	31.25	31.41
Mid Layer	38	38	31.16	31.31
Bottom	38	38	31.11	31.21
Dissolved Oxygen (%)				
Surface	107.8	105.0	98.0	98.2
Mid Layer	102.0	102.0	97.0	99.0
Bottom	98.0	102.0	97.0	99.0
Dissolved Oxygen (mg/L)				
Surface	7.74	7.60	7.20	6.96
Mid Layer	7.50	7.60	7.60	6.96
Bottom	7.20	7.20	8.20	7.29
pH				
Surface	8.38	8.42	8.21	8.22
Mid Layer	8.20	8.20	8.21	8.21
Bottom	7.78	8.20	8.21	8.18

Table 2. Variations of chlorophyll-*a* and TSS values according to sampling stations and depth in Siğacık Bay – Tuna Cage Farm locations (May – August 2018). (---): not enough water samples available

Sampling Station	MAY - 2018		AUGUST - 2018	
	Cage	Reference	Cage	Reference
Chlorophyll-<i>a</i> (µg/L)				
Surface	0.25	0.28	0.04	0.05
Mid Layer	0.25	---	0.15	0.12
Bottom	0.20	0.32	0.22	0.15
TSS (mg/L)				
Surface	8.70	8.00	7.23	11.87
Mid Layer	10.20	---	7.28	4.29
Bottom	11.30	8.50	8.60	0.33

Table 3. Secchi disk values in Siğacık Bay–Tuna Cage Farm sampling stations (May – August 2018)

Sampling Station	Secchi Disk (m)	
	MAY - 2018	AUGUST - 2018
Cage	11.60	10.25
Reference	16.00	11.40

During the study period of May 2018, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, and $\text{PO}_4\text{-P}$ did not exceed 0.03 mg/L, 0.006 mg/L, 0.01 mg/L, and 0.01 mg/L, respectively, in the selected sampling stations and depths. The TN values were recorded between 0.3-0.8 mg/L. The TP values were found to be below 0.029 mg/L, and SiO_2 values varied between 0.03-0.09 mg/L. In the sampling period of August 2018, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and TN were recorded as 0.08-0.18 mg/L, 0.01-0.03 mg/L, and 0.35-2.91 mg/L, respectively, while the $\text{NO}_2\text{-N}$ values did not exceed 0.005 mg/L. The $\text{PO}_4\text{-P}$ values were below 0.01 mg/L, and TP values were obtained between 0.01-0.12 mg/L. In the study period, the SiO_2 values were found as 0.03-1.15 mg/L in the selected sampling stations and depths (Table 4).

Nitrogen and phosphorous loads in the surrounding water environment occur due to the feed losses, fecal and other metabolic wastes (Yildirim and Korkut, 2004), and as results of domestic and industrial pollution. When comparing offshore systems with no coastal influences and coastal zone areas under coastal influence, the impact of phytoplanktonic production on TSS in the offshore marine systems is higher (Besiktepe et al., 1994). Therefore, considering chlorophyll-*a* concentrations and TSS values, it can be concluded that the TSS was controlled by coastal effluents and/or feeding activities in the study locations during the sampling periods.

The TRIX indexes obtained in the present study via calculation of measured values of chlorophyll-*a*, % DO saturation, TIN, TP concentrations for the study periods from May to August 2018 are given in Table 5.

According to the results obtained from sampling stations in Sığacık Bay – Tuna Cage Farm Site in the highest season from May to August, when potentially high impacts could be expected, Sığacık Bay – Tuna Cage Farm Site did not show any Eutrophication Risk, being below the Eutrophication Risk Scale of less than “4” ($T < 4$), based on the legislations enacted for “Sensitive Areas of Enclosed Bays where Fish Farms are not allowed”. Our results obtained here during the tuna production period from May to August 2018, are in close agreement with an earlier report on environmental impacts of a large-size tuna farm with a capacity of 1840 ton/year and operating in a water surface area of 30.000 m² in May and August 2015 (Kocak, 2018).

The abundance and distribution of zooplanktonic organisms in the study area and sampling locations are given in Table 6. Members of *Oithona* species among copepods and *Oikopleura dioica* species among appendicularians were dominant during the May 2018 study period. With the increase of the water temperature in August 2018, the abundance of *Cladocera* was found to be higher compared to the other groups. Especially,

the abundance of *Penilia avirostris*, feeding on smaller-sized particles, was the highest in the study period compared to other species.

The *Penilia avirostris*, mainly distributed in temperate enclosed bays (DellaCroce and Venugopal, 1972; Aker and Ozel, 2006) are capable to feed and utilize on a variety of trophic sources (Turner et al., 1988), and can propagate easily in temperate areas with suitable trophic conditions. The *Evadne spinifera* is a warm-water species, appearing in oceanic or coastal waters (Aker and Ozel, 2006). Due to its ecological characteristics, it may show distribution during the spring and summer period, whereas disappearing during the autumn or winter periods. The copepods are selective feeders. Calanoid copepods prefer feeding on micro-plankton and larger particles such as ciliates ($>20 \mu\text{m}$) (Paffenhöfer and Knowles, 1980; Kleppel, 1993; Fessenden and Cowles, 1994; Sommer et al., 2000; Stibor et al., 2004). The *Centropages typicus* show both carnivorous and omnivorous characteristics, and can feed on phytoplankton, ciliates appendicularians, copepod eggs and nauplii, and even on fish larvae with yolk sack (Carlotti and Harris, 2007). With their specific characteristics, these species can live and distribute in large numbers in temperate climate, neritic coastal zones, especially in bays and shallow marine areas with high salinities, and can reach significant abundance during the spring season in the Northern Mediterranean. *Oithona* species have a wide range of trophic preference and may show aggressive feeding behavior, therefore phytoplankton, ciliates, detritus, nauplii and fecal pellets are within their feed-range (Nakamura and Turner, 1997; Arienza et al., 2006). Hence, in oligotrophic waters with low chlorophyll-*a* levels they can easily increase their numbers (Castellani et al., 2015). Appendicularians (*Oikopleura* species) however, are filter-feeders (Sikou-frangou et al., 1998; Stibor et al., 2004). They are one of the most important parts of the secondary production, due to their ability of capturing nano-pico particles, and shorter generation-cycle compared to copepods (Uye and Ichino, 1995; Spinelli et al., 2013), being among the feed sources of high-trophic ctenophores and several fish species (Uye and Ichino, 1995; Spinelli et al., 2013). *Sagitta* sp. is generally feeding on adult copepods. Further, *Oithona* and *Oikopleura* species as well as their own younger individuals are among their feed sources (Steele, 1970; Giesecke and Gonzalez, 2008).

Table 4. Sığacık Bay – Tuna Cage Farm sampling stations; NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P, SiO₂, TN and TP values and TIN*:P, TIN:Si ratios (May – August 2018)

Sampling Station	MAY - 2018						AUGUST - 2018						MMR
	Cage			Reference			Cage			Reference			
	Surface	MidL	Bottom	Surface	MidL	Bottom	Surface	MidL	Bottom	Surface	MidL	Bottom	
TP (mg/L)	0.023	0.01	0.01	0.029	0.011	btd	btd	btd	btd	0.06	0.12	0.12	0.01-6
PO ₄ -P (mg/L)	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	0.01-6
TN (mg/L)	0.3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.66	0.74	0.37	0.35	0.75	2.91	-
NH ₄ -N (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.005-0.6
NO ₂ -N (mg/L)	btd	btd	btd	0.006	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	btd	0.005-1
NO ₃ -N (mg/L)	0.021	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.13	0.12	0.09	0.13	0.11	0.08	0.1-2
SiO ₂ (mg/L)	0.03	0.05	0.05	0.7	0.7	0.9	0.09	0.07	0.05	0.03	0.04	0.04	-
TIN:P	3.60	2.50	2.50	4.60	3.50	3.50	14.50	13.50	10.50	14.50	12.50	9.50	
TIN:Si	1.20	0.50	0.50	0.07	0.05	0.04	1.61	1.93	2.10	4.83	3.13	2.38	

*TIN: Total inorganic dissolved nitrogen, N-(NO₃+NO₂+NH₄); MidL: Mid Layer; MMR: Method Measured Range; btd: below detection limits (<0.01 for TP and PO₄-P and <0.005 for NO₂-N)

Table 5. Trix index values in Sığacık Bay – Tuna Cage Farm sampling stations, May – August 2018

Sampling Station	TRIX Index	
	MAY - 2018	AUGUST - 2018
Cage Location		
Surface	3.92	2.97
Mid Layer	3.00	3.57
Bottom	2.92	3.57
Reference Location		
Surface	3.97	3.66
Mid Layer	---	3.97
Bottom	3.21	3.94

TRIX index calculated according to the guidelines for "Sensitive Areas of Enclosed Bays where fish farms are not allowed" entered into force on 24.01.2017 with the law no: 26413 by of the Turkish Ministry of Environment and Forest.

Table 6. Main zooplankton species in the study area of Sığacık Bay – Tuna Cage Farm Site, May – August 2018

Sampling Stations	MAY – 2018		AUGUST - 2018	
	Cage	Reference	Cage	Reference
Zooplankton Species (individuals / m³)				
<i>Bivalvia veliger</i> l.	Nd	2	18	5
<i>Calanoida</i>	Nd	Nd	125	75
<i>Centropages typicus</i>	62	33	Nd	Nd
<i>Corycaeus</i> sp.	Nd	3	18	23
<i>Copepoda naupliu</i>	5	9	53	35
<i>Euterpina acutifrons</i>	Nd	Nd	5	13
<i>Evadne spinifera</i>	Nd	Nd	118	129
<i>Fritillaria</i> sp.	Nd	2	Nd	Nd
<i>Oithona similis</i>	38	7	18	10
<i>Oithona nana</i>	6	4	Nd	Nd
<i>Oithona plumifera</i>	3	4	25	10
<i>Oithona</i> sp.	Nd	3	24	35
<i>Oncaea</i> sp.	Nd	2	Nd	Nd
<i>Oikopleura dioica</i>	42	Nd	Nd	Nd
<i>Oikopleura longicauda</i>	13	Nd	12	35
<i>Oikopleura fusiformis</i>	Nd	5	Nd	Nd
<i>Penilia avirostris</i>	Nd	Nd	231	385
<i>Pleopsis polyphemoides</i>	Nd	Nd	17	38
<i>Sagitta</i> sp.	2	3	15	15
Others*	19	3	8	5

* Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Echinodermata, Siphonophora, Thaliacea, fish larvae and fish eggs; Nd: Not detected

Conclusion

As a conclusion of the present study in terms of water quality parameters, nutrient load, TIN:P ratio, TRIX index eutrophication risk, and zooplanktonic data evaluation, it can be concluded that highly interactive trophic level variability was observed in the study area of Sığacık Bay, during the sampling period. The Eutrophication Risks Scala of less than “4” ($T < 4$) recorded in this study might indicate that there is no eutrophication risk in the Tuna Cage Farm Site of Sığacık Bay, according to the environmental legislations enacted for “Sensitive Areas of Enclosed Bays where Fish Farms are not allowed”. Further investigations are encouraged in terms of continuous monitoring of cage farm sites in order to control water quality and potential farm effects for the sustainable growth of tuna aquaculture in the Mediterranean.

Compliance with Ethical Standard

Conflict of interests: The authors declare that for this article they have no actual, potential or perceived conflict of interests.

Ethics committee approval: No Ethical committee approval is required for this study, since no experimental living organisms were used.

Acknowledgments: The present study was conducted in partial fulfillment of requirements for the MSc degree of the first author, supported from a Project Protocol between BAŞARANLAR Aquaculture (BAŞARANLAR Su Ürünleri Ltd.Şti.) and Canakkale Onsekiz Mart University (Protocol dated 16.05.2018) for the “Assessment of Carrying Capacity and Environmental Monitoring of a Tuna Cage Farm in Sığacık Bay, Izmir-Turkey”. We would like to thank Mr. Fatih BAŞARAN (General Manager of Başaranlar Co.), Mr. Cem TURAN (Business Manager of Başaranlar Co.), Mr. Mustafa TOPUZ (Director of Tuna Cage Farm Operations, Başaranlar Co.), and Mr. Ibrahim DENİZ for their technical and logistic support during the field studies in Sığacık Bay.

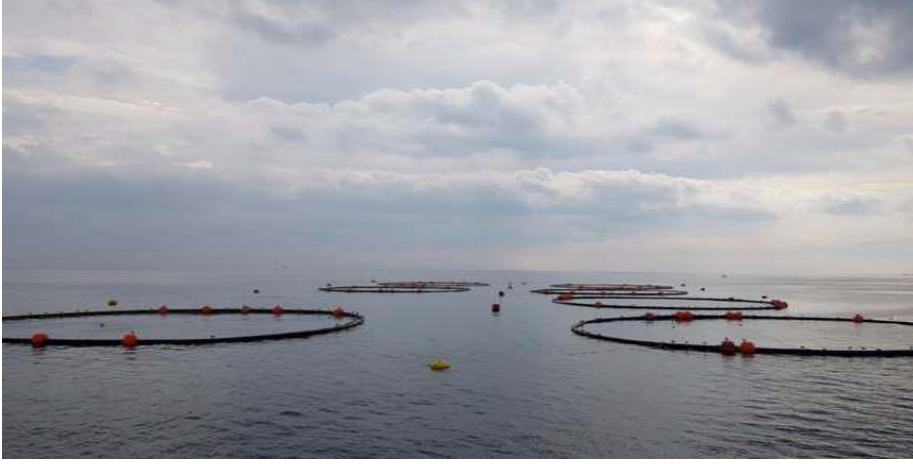
EK 2. Çalışma Alanından Resimler



Ek 2. Resim 1. Temel Su Kalitesi Ölçümlerinde Kullanılan Çoklu Prob



Ek 2. Resim 2. Su Örneklemelerinde Kullanılan 5 L'lik Nansen Şişesi



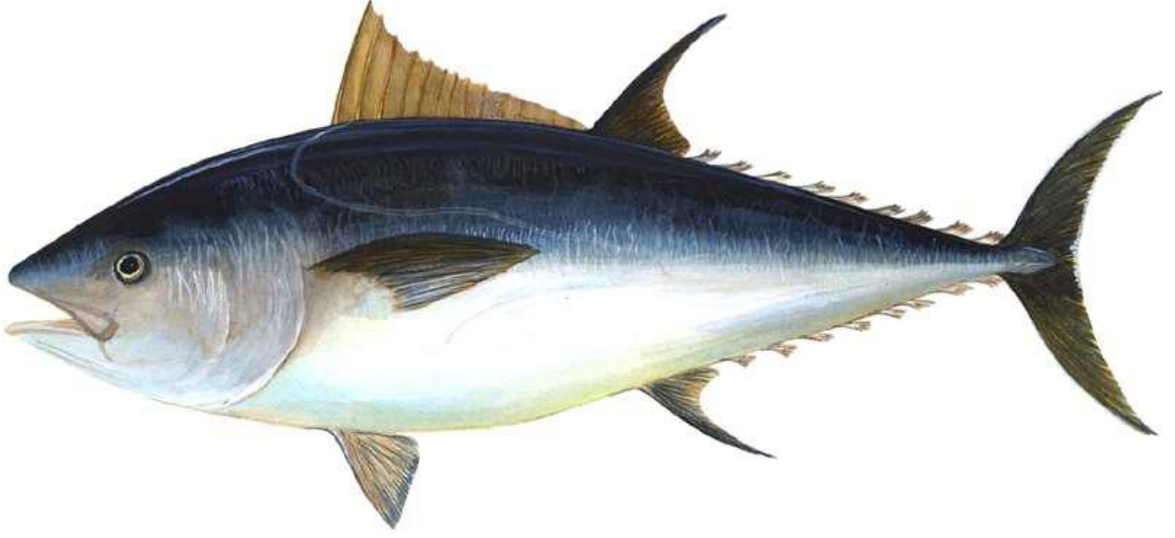
Ek 2. Resim 3. Başaranlar Orkinos Yetiştiricilik Tesisinin Kafes Sistemi



Ek 2. Resim 4. Başaranlar Orkinos Yetiştiricilik Tesisinin Kafes Sistemi



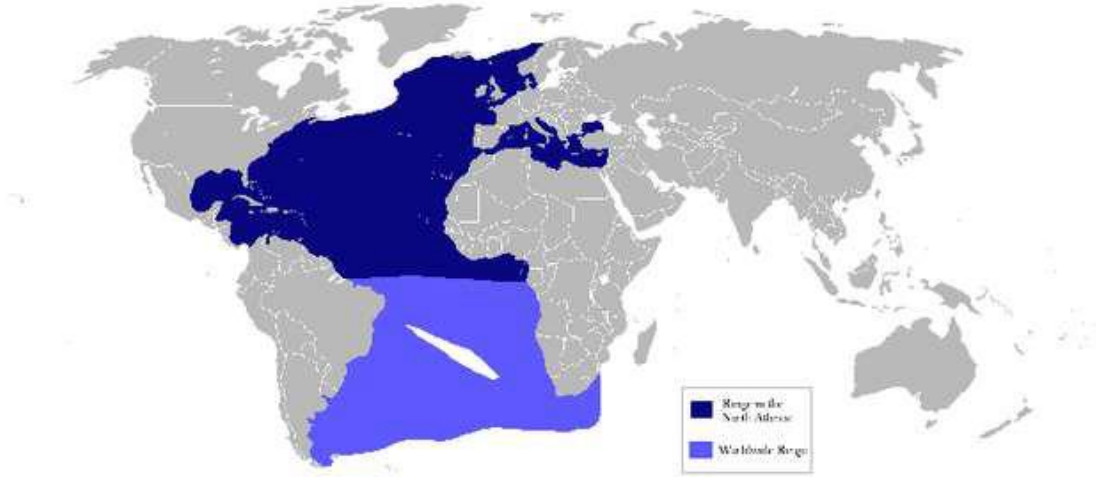
Ek 2. Resim 5. Başaranlar Orkinos Yetiştiricilik Tesisinin Kafes Sistemi



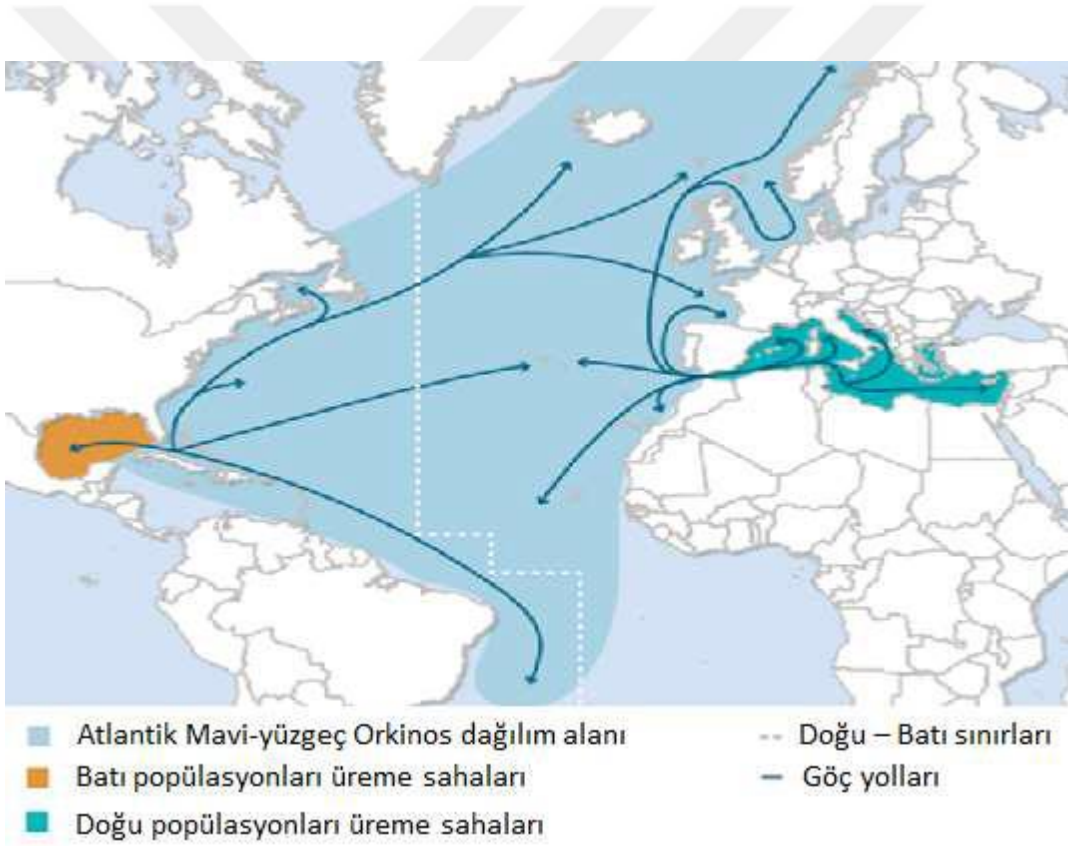
Ek 2. Resim 6. Mavi Yüzgeç Orkinos balığı (Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*)

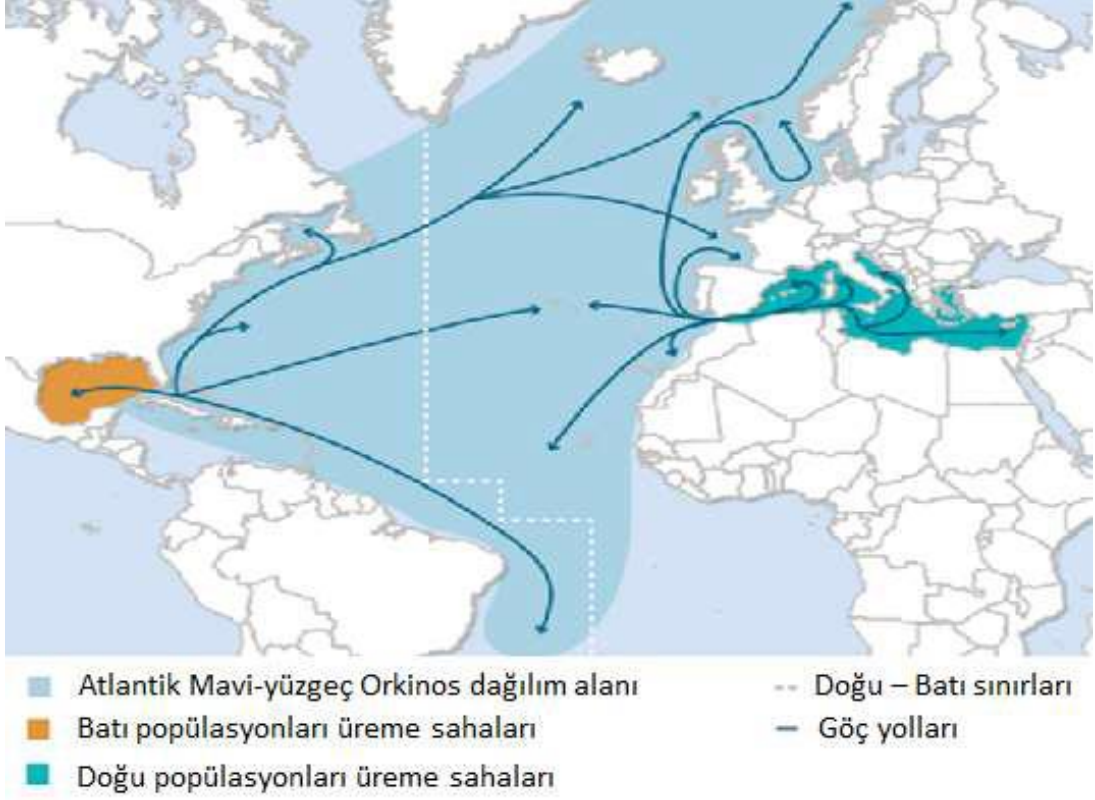


Ek 2. Resim 7. Mavi-yüzgeç orkinos balıklarının Atlas Okyanusu, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yaşam ve üreme alanları

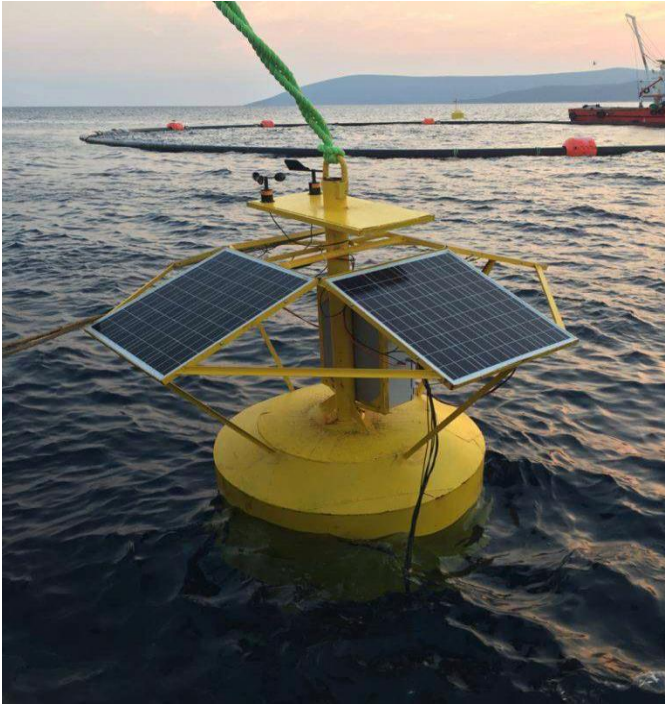


Ek 2. Resim 6. Atlantik Mavi-yüzgeç orkinos balıklarının Atlas Okyanusu ve Akdeniz kıyılarında dağılım haritası





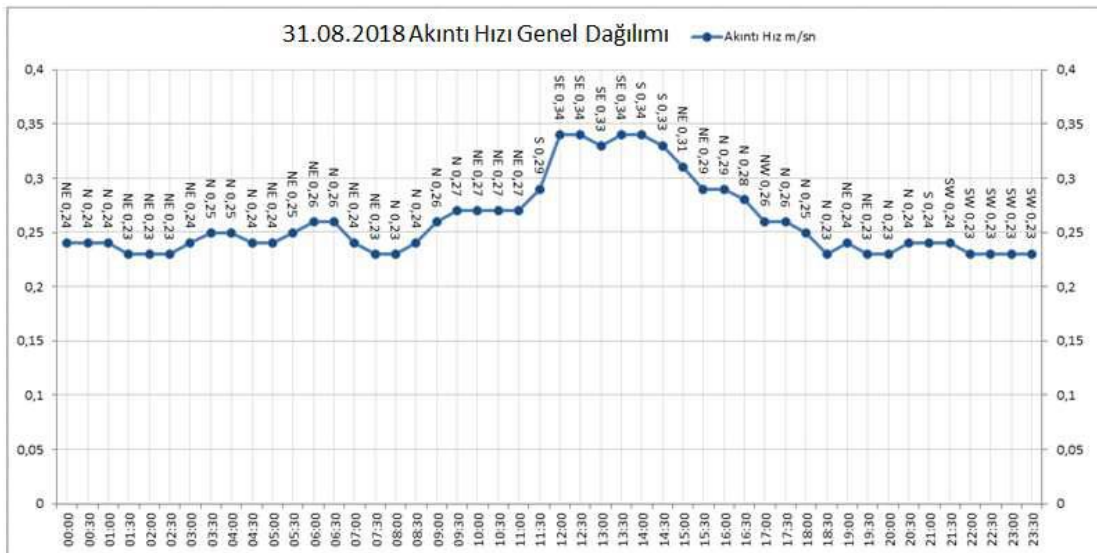
Ek 2. Resim 8. Atlas okyanusunda dağılım gösteren Atlantik Mavi-yüzgeç orkinosların batı ve doğu popülasyonları, dağılımı, üreme sahaları ve göç yolları



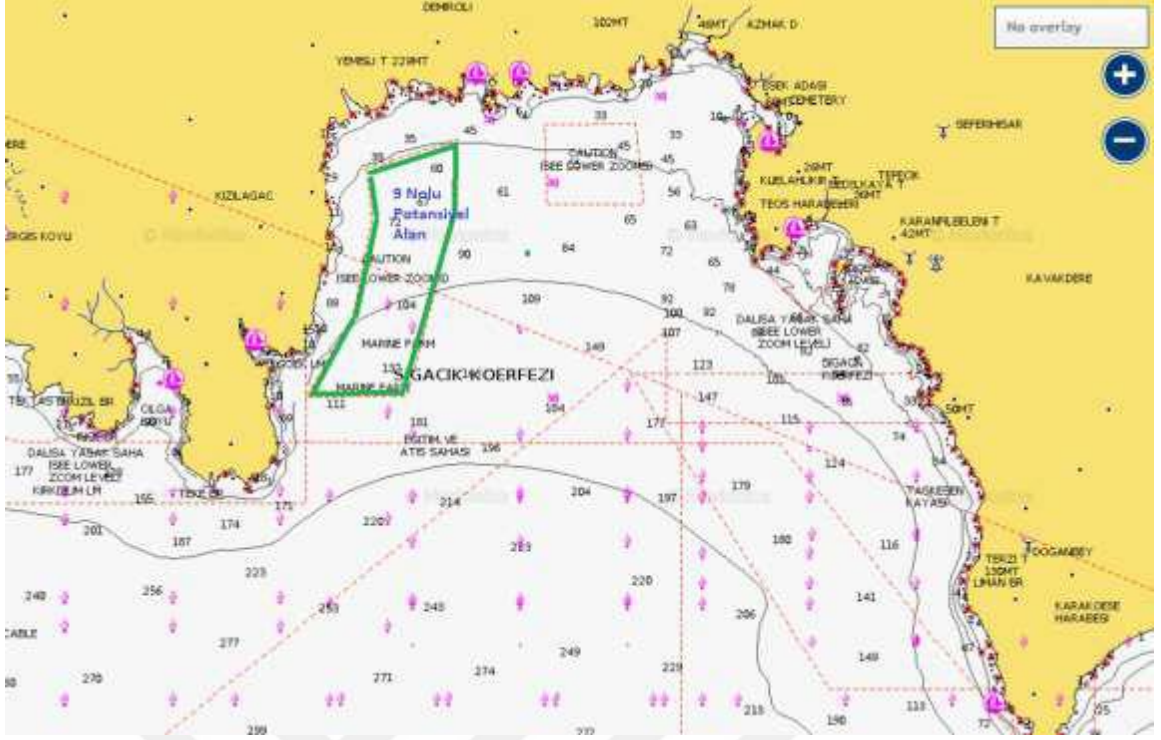
Ek 2. Resim 8. Başaran Orkinos Ağ Kafes Tesisinin bulunduğu bölgede kurulan Online Su Parametreleri ve Akıntı İzleme İstasyonu (Ekolojik Şamandıra, Eco- Buoy)



Ek 2. Resim 10. Başaran Orkinos Ağ Kafes Tesisinin bulunduğu bölgede kurulan Online Su Parametreleri ve Akıntı İzleme İstasyonu (Ekolojik Şamandıra, Eco- Buoy) (Yenilenen sistem)

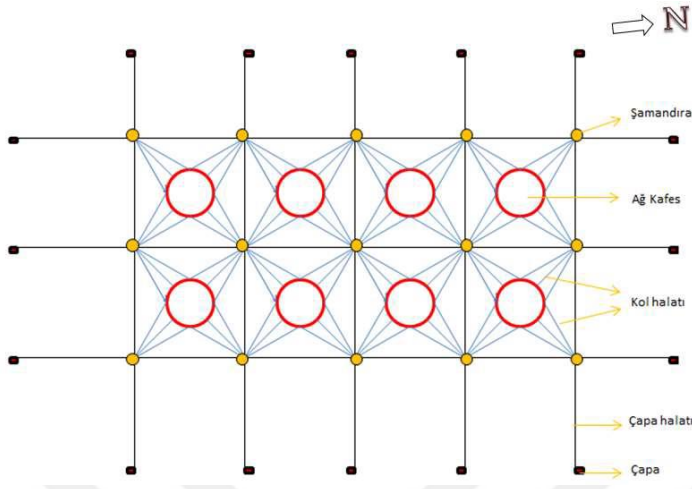


Ek 2. Resim 11. Sığacık Körfezi'nde Başaranlar Orkinos Ağ Kafes Tesisinin bulunduğu bölgede akıntı verileri (m/sn)

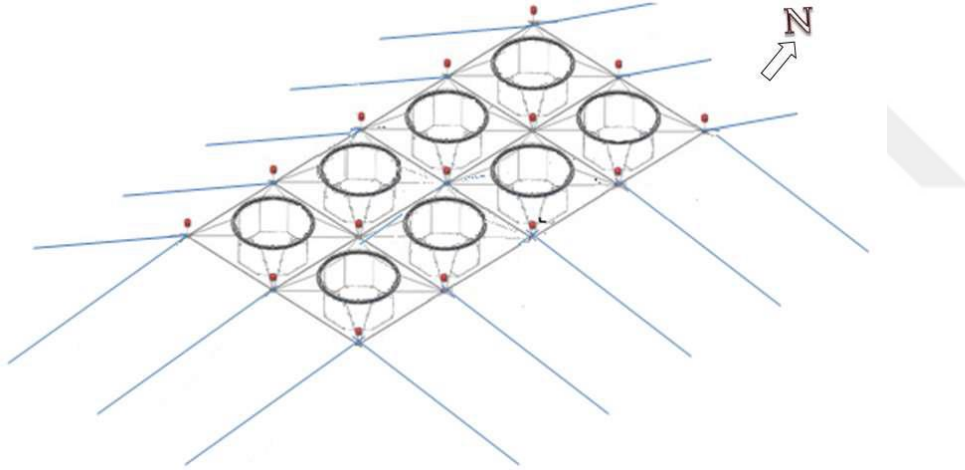


Ek 2. Resim 12. Sığircık Körfezinde 9 Nolu Potansiyel Alan

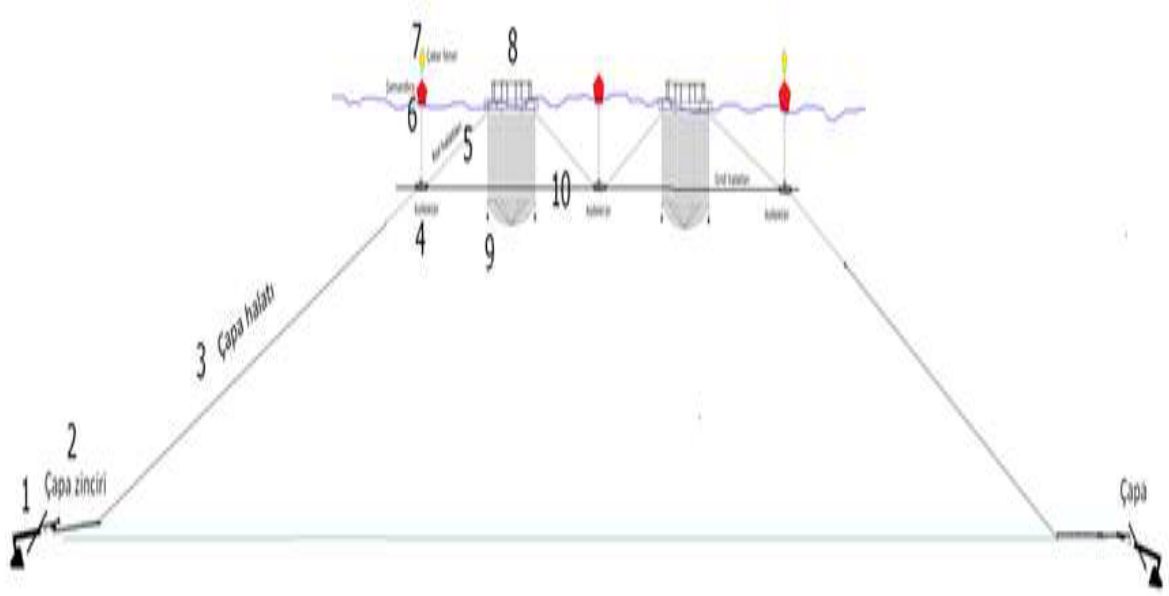
EK 3. Tesisin Şematik Görünümleri



Ek 3. Şema 1. 2x4'lük Grid Sistem



Ek 3. Şema 2. 2x4'lük Grid Sistem



Ek 3. Şema 3. Başaranlar Orkinos Ağ Kafes Tesisinde çift sıra ve 4'lü seri (2 x 4) şeklinde tasarlanmış grid-mooring sisteminin ikili diziliş sırasından kesiti ve su altı bağlantı yapılarının şematik görünümü

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı:

Doğum Yeri:

Doğum Tarihi:

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce, Japonca

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

1. Yigit M., Celikkol B., Yilmaz S., Bulut M., Ozalp B., Dwyer R. L., Maita M., Kizilkaya B, Yigit Ü, Ergün S., Gürses K., Buyukates Y., 2017. Bioaccumulation of Trace Metals in Mediterranean Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from a Fish Farm with Copper-alloy Mesh Pens and Potential Risk Assessment. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24(2): 465–481. DOI: 10.1080/10807039.2017.1387476.
2. Yigit M., Sahinyilmaz M., Acar Ü., Kesbic O., Yilmaz S., Bulut M., Gürses K., and Maita M., 2017. Evaluation of Dietary Protein Level in Practical Feed for Two-banded Seabream (*Diplodus vulgaris*). North American Journal of Aquaculture, 80(4): 379-387. DOI: 10.1002/naaq.10044.
3. Gurses R. K., Buyukates Y., Yigit M., Ergun S., Ates A. S., Ozdilek H. G., 2018. Potential Environmental Impacts of Tuna Cage Farming in the Aegean Sea. Aquatic Research Journal, 2(2): 61-72. DOI: 10.3153/AR19008.

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

1. Özalp H. B., Yiğit M., Demir V., Gürses R. K., Selek M., 2015. Marine Diversity Protection Project (Sualtı Biyoçeşitliliği Koruma Projesi), 18th. Underwater Science and Technology Meeting, İzmir, Turkey. 14-15 November 2015, p. 167-174.

2. Kesbiç O. S., Acar Ümit, Celikkol B., Yılmaz S., Bulut M., Özalp B., Büyükaş Y., Kızılkaya B., Yiğit Ü., Gürses K., Yiğit M., 2017. Comparison of Growth Performance of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured in Freshwater Ponds and Copper Alloy Mesh. 19th National Fisheries Symposium 12-15 September 2017, Sinop-Turkey. Abstract Book p. 67.
3. Acar Ü., Kesbiç O. S., Celikkol B., Yılmaz S., Kızılkaya B., Bulut M., Büyükaş Y., Özalp B., Yiğit Ü., Gürses K., Yiğit M., 2017. Variations of Blood Parameters in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Grown in Copper Alloy Mesh Cage and Concrete Pond Culture Systems. 19th National Fisheries Symposium 12-15 September 2017, Sinop-Turkey. Abstract Book p. 62.

c) Katıldığı Projeler

1. Evaluation of Heavy Metal Contents in Various Tissues of Sea Bream Cultured to Market Size in Offshore Cage Systems with Copper Alloy Netting in the Northern Aegean Sea. ICA-US. Joint R&D Project; COMU - UNH, USA), Project No: ICA TEK-1049-20, Researcher, 2013.
2. Comparison of Growth Performance and Feed Utilization of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Freshwater and Seawater with Environmental Effects and Life Cycle Assessment in Offshore Cage Systems with Copper Alloy Netting in the Northern Aegean Sea. ICA-US Joint R&D Project; COMU - UNH USA, Project No: ENV-25686 A-12(2013), Researcher, 2014.
3. "Underwater Biodiversity Protection Project", COMU - Canakkale City Government Cooperation, Researcher, 2015.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

Tokyo Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Üniversitesi, Araştırma Görevlisi, Şubat–Mart 2019.

İLETİŞİM

E-posta Adresi: