

10. BÖLÜM

MARMARA DENİZİ EKOSİSTEMİ VE BALIKÇILIK KAYNAKLARININ DURUMU: MÜSİLAJ OLAYLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR BALIKÇILIK İÇİN ÖNERİLER

Nazlı DEMİREL¹, Taner YILDIZ², Aylin ULMAN³, Mustafa ZENGİN⁴,
Ekin AKOĞLU⁵, İsmet SAYGU⁶, Pınar ERTÖR-AKYAZI⁷, Güzin GÜL¹,
Dalida BEDİKOĞLU¹, İ. Noyan YILMAZ⁸

¹İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
E-posta: ndemirel@istanbul.edu.tr

²İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
E-posta: yldztnr@istanbul.edu.tr

³Mersea Marine Conservation Consulting
E-posta: uaylin@hotmail.com

⁴Merkez Balıkçılık Araştırma Enstitüsü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Trabzon, Türkiye
E-posta: muze5961@gmail.com

⁵Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, Türkiye
E-posta: eakoglu@metu.edu.tr

⁶Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, Türkiye
E-posta: isaygu@cu.edu.tr

⁷Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
E-posta: pinar.ertor@boun.edu.tr

⁸Doç. Dr., Deakin Üniversitesi, Yaşam ve Çevre Bilimleri Bölümü, Melbourne, Avustralya
E-posta: noyan.yilmaz@deakin.edu.au

DOI: 10.26650/B/LS32.2023.002.10

ÖZ

Son yıllarda, Marmara Denizi ekosistemi ve balık stoklarının durumunu ortaya koymak için önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde, i) Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar sentezlenerek Marmara Denizi'nin ekosistem değişimi ve balıkçılığının durumu ortaya konmuş, ii) Marmara Denizi'nde gerçekleşen müsilağ olayının balıkçılıkla ilişkisi ve bu denizin önemli balık stoklarının müsilağ öncesi ve sonrası dönemlerdeki durumu araştırılmış, iii) İyi

balıkçılık yönetimi ve stokların sürdürülebilirliği için öneriler geliştirilmiştir. Marmara Denizi, 1995-2015 yılları arasında ekosistem durumu ve insan kaynaklı baskılar açısından önemli bir rejim geçişine maruz kalmıştır. Bu dönem, bu deniz üzerinde oluşan insan kaynaklı baskıların; yani kontrolsüz şekilde aşırı avcılığın, iklim değişikliğine bağlı deniz suyu sıcaklığı artışının ve başta İstanbul anakenti ve İzmit Körfezi olmak üzere kirliliğin deniz ortamında giderek arttığı bir dönemdir. Ek olarak, Marmara Denizi balıkçılığında kaybolan ve avcılığı %80'den fazla düşen balık ve omurgasız türleri de bu dönemde yoğunlaşmaktadır. Kaybolan türlerin arasında bulunan büyük pelajik avcı türler ekosistemin dengesinin giderek bozulduğunun bir göstergesidir. Bu geçiş dönemi boyunca avcı türlerin ortamdaki çekilmesi, küçük pelajik balıkların ve bentik türlerden derin su pembe karidesinin stoklarında artışa neden olmuştur. 2007 yılında yaşanan müsilaj oluşumunda bahsedilen diğer insan kaynaklı baskıların (örn. kirlilik, besin ve organik madde yükü vb.) yarattığı etkilerin yanı sıra, yalnızca belirli türleri hedef alarak (seçici sömürme) besin ağındaki canlıların bağlı kompozisyonlarını ve böylelikle birbirleriyle olan etkileşimlerini değiştiren balıkçılığın da önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. İronik bir şekilde, 2007 müsilaj oluşumu sonrasında en büyük ekonomik hasarı ise yine Marmara Denizi balıkçılığı almıştır.

Anahtar Kelimeler: Aşırı avcılık, Ekosistem değişimi, İklim değişikliği, İyi çevre durumu, Balıkçılık yönetimi

1. Giriş

Marmara Denizi; Çanakkale ve İstanbul Boğazları ile Türk Boğazlar Sistemini oluşturan ve yarı kapalı iç deniz özelliğine sahip bir ekolojik koridor olarak kabul edilmektedir. Akdeniz ve Ege'den Karadeniz'e beslenme amacıyla göç eden ekonomik öneme sahip Atlantik-Akdeniz orijinli pelajik balıkların göçler esnasında konakladıkları ve yumurta bıraktıkları bir denizdir (Kocataş ve ark., 1993). Diğer denizlerimizden çok daha küçük yüz ölçüme sahip olmasına rağmen Türkiye balıkçılığındaki payı % 10-15 arasında değişmektedir (TÜİK, 2022). Bunun yanında, kuzeydoğusunda yer alan, 15 milyonluk nüfusu ile ülkemizin en kalabalık ve şehirleşmenin en yoğun olduğu, İstanbul büyükşehri ile, doğusunda yer alan endüstri faaliyetlerinin ana merkezi olan İzmit Körfezi sebebiyle, deniz ekosistemi birçok baskı türünden farklı yollarda ve farklı seviyelerde etkilenmektedir. Bu baskı türleri ana hatlarıyla; biyolojik bozulma, tehlikeli madde kirliliği, besin ve organik madde yükü, katı atık kirliliği, kıyı alanlarının doldurulması nedeniyle fiziksel kayıplar, iklim değişikliği ve balıkçılık olarak tanımlanmaktadır (TDÇSO, 2021). Marmara Denizi, insan kaynaklı baskıların deniz ekosistemlerine etkilerinin ayrı ayrı ve kümülatif olarak değerlendirilebileceği doğal bir laboratuvar olması bakımından ülkemiz diğer denizel ekosistemleri üzerindeki insan kaynaklı baskıların anlaşılması bakımından önemlidir.

Deniz balıkçılığında, avcılık teknolojilerinin gelişme hızına yetişemeyen balıkçılık yönetim, düzenleme ve kontrol mekanizmaları, balık stoklarının yaklaşık son 30 yıldır sert düşüşler ve dalgalanmalar göstermesine yol açmıştır (Ulman ve ark., 2013; 2020). Kontrolsüz avlanma ile başlayan bu süreç iklim değişikliği ve kirlilik gibi insan kaynaklı diğer etkiler ve onların doğal sonuçları ile birleşerek deniz ekosistemlerinin direncinin zayıflamasına, sağlığının bozulmasına ve geri dönüşü zor değişimlere neden olmaktadır (Demirel ve ark., 2023). Bir ekosistemin direnci ve sağlığı barındırdığı canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle ilişkileri yani besin ağı ve habitat yapısıyla ilişkilidir. Bu canlı grupları arasındaki dengenin insan kaynaklı etkilerle değiştirilmesi ve oluşan yeni sistemin direncinin düşmesi; doğal süreçlerin aksaması başta olmak üzere, ekosistem hizmetleri yani insanların denizlerden elde ettiği yararları da aksatarak toplumsal, ekonomik ve yönetsel sorunlara yol açmaktadır (Demirel ve ark., 2023). Marmara Denizi'nde ilk kez 2007'de görülen ve oldukça yüksek alanlara yayılan mülaj olayı; yarattığı görsel kirliliğin yanı sıra üst pelajik sistemi doğrudan etkilemiş ve bununla birlikte özellikle balık ağlarının tıkanması sonucu Marmara Denizi balıkçılığına ciddi ekonomik zararlar vermiştir (Yıldız ve Gönül, 2021). Ne yazık ki 2021 yılı başlangıcından itibaren Marmara Denizi'nin hemen hemen her noktasında yeniden ve daha şiddetli olarak gözlemlenen yoğun mülaj olayı, sadece balıkçılığa değil,

deniz taşımacılığında turizme, Marmara Denizi'nin sunduğu tüm ekosistem hizmetlerinin bloke olmasına yol açmıştır. Müsilaj oluşumunun nedenlerine ilişkin halen kesin bir cevap olmamakla birlikte, oluşan yoğun agregasyonun pelajik ve bentik ekosistemleri direkt olarak etkilediği bilinmektedir (Pusceddu ve ark., 2009).

Marmara Denizi'nde gözlenen müsilaj olaylarının balık stokları üzerindeki etkisi üzerine araştırma yapmak kolay değildir. Ülkemizin de içinde bulunduğu pek çok ülke; balık stokları için uzun yıllar boyunca ayrıntılı olarak izlenmesi gereken, maliyeti yüksek "stok değerlendirme" çalışmaları için gerekli verilere sahip değildir ve bu stoklar "kısıtlı veri seti" kategorisinde tanımlanmaktadır (FAO, 2020). Eldeki veriler devamlılık arz etmeyen, 2-3 yılla sınırlanmış, bölgesel ve kısmen de iyi bir plan gözetilmeden yapılmış çalışmalardır. Bununla birlikte, bugüne kadar elde edilmiş her veri çok değerlidir ve hem yeni stok modellerinin kurulması hem de ekosistem durumunun değerlendirilmesi için zemin teşkil etmektedir. Son yıllarda, Marmara Denizi ekosistemi ve balık stoklarının durumunu ortaya koymak için önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde, i) Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar sentezlenerek Marmara Denizi'nin ekosistem değişimi ve balıkçılığının durumu ortaya konmuş, ii) Marmara Denizi'nde gerçekleşen müsilaj olayının balıkçılıkla ilişkisi ve bu denizin önemli balık stoklarının müsilaj öncesi ve sonrası dönemlerdeki durumu araştırılmış, iii) İyi balıkçılık yönetimi ve stokların sürdürülebilirliği için öneriler geliştirilmiştir. Aşağıda bilgileri verilen ve sonuçları derlenen çalışmaların ayrıntılarına, yöntem, uygulanan analizler ve kullanılan veri setlerine ilgili yayınlardan ulaşılabilir;

1. Demirel ve ark. (2020), Marmara Denizi'ndeki 17 balık stoğunun 1967-2020 yılları arasındaki avcılık verilerinden ilk stok değerlendirme çalışmasını CMSY algoritmasını uygulayarak gerçekleştirmiştir.
2. Ulman ve ark. (2020), resmi av istatistiklerinde 1967-2016 yılları arasında Marmara Denizi'nde avcılıktan tamamen yok olan ve avcılık oranı %80 oranında azalan ticari türleri incelemiştir.
3. Demirel ve ark. (2023), 1986 ve 2020 yılları arasında Marmara Denizi'nin pelajik ekosisteminde insan kaynaklı etkilerin yol açtığı denizel rejim değişimlerini ortaya koymuştur.
4. Demirel ve ark. (2022a), 2000 ve 2022 yılları arasındaki iklim değişikliği ile ilişkili olarak pelajik türlerin av dinamiklerini analiz etmiştir.
5. Saygu ve ark. (2023), 1990 ve 2020 yılları arasında Marmara Denizi'nde pelajik ve demersal türler arasında balıkçılık ve besin ağı etkileşimlerini birleştiren ilk ekosistem modellemesini gerçekleştirmiştir.

6. Yıldız ve ark. (2020), Marmara Denizi'nde 15 Nisan-1 Eylül arasında gerçekleşen balıkçılık yasağının, yıllar içinde değişen çevresel şartlar altında etkinliğini incelemiş, iyileştirme için öneriler geliştirmişlerdir.

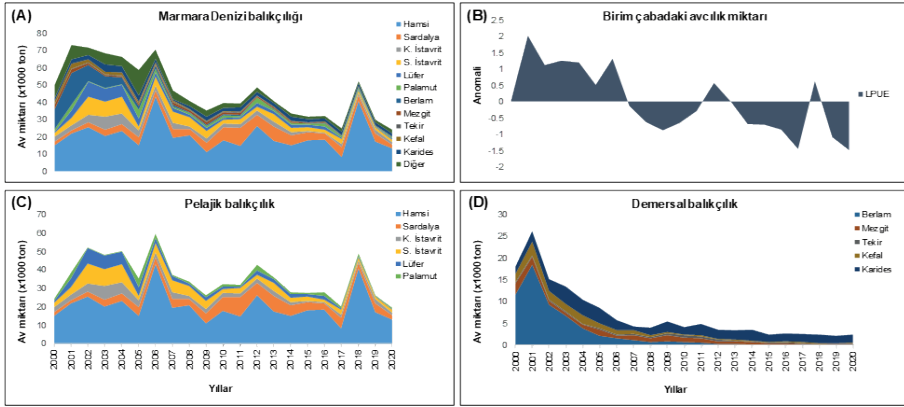
Marmara Denizi balıkçılığı, hedeflenen türler, av araçları ve bu nedenle balıkçı teknesi özellikleri bakımında oldukça çeşitli olması ile karakterize edilebilir. Balıkçı tekneleri, Türk Boğazlar Sistemini adeta doğal bir dalyan olarak kullanmaktadır (Oral ve Öztürk, 2006). Marmara Denizi'nin sağladığı çeşitli habitat özellikleri ve bütünüyle bir göç yolu oluşturmasının verdiği avantajlar nedeniyle, diğer denizlere oranla oldukça küçük avcılık sahasına rağmen, bu denizin kıyılarında yaklaşık 3500 balıkçı teknesi balıkçılık faaliyetleri yürütmektedir. Bu filo, kıyı şeridinde ve bazı adalarda yaklaşık 60 kooperatife dağılmış 2500 küçük ölçekli (≤ 12 m) ve 110 yarı endüstriyel tekneyi (gırgır) içermektedir (Zengin ve ark., 2017). Ayrıca, bilinmeyen sayıda sportif amaçlı balıkçı teknesi bulunmaktadır.

Hedeflenen türler bakımından balıkçı filosu tek tür üzerinden değil birden çok türün hedeflendiği (multi-species) ve birden çok av aracının kullanıldığı (multi-gear) oldukça fırsatçı bir yapı olarak görülmektedir. Balıkçılık yönetiminden sorumlu otorite, tüm filoyu bileşenlerine ayırarak (métier definition) sektörü tam olarak tanımlamadığı için kaynakların kullanımında net bir ayırım yoktur ve bir tekne tarafından karaya çıkarılabilecek av miktarlarında herhangi bir sınır bulunmamaktadır (open-access regime). Bu durum, balıkçılık yönetimi için kritik verilerden en önemlisi olan, türler üzerindeki avcılık çabasının av aracına göre tanımlanmasının önündeki en büyük engellerden biridir. Bu nedenle, ülkemizde uluslararası bir komite (ICCAT) tarafından yönetilen orkinos avcılığı ile Karadeniz'de (GFCM) kalkın avcılığı dışında pratiği olmayan kota uygulamasının yönetim seçenekleri arasına alınması bu bilginin üretilmesine bağlıdır. Ayrıca, tespit edilebildiği kadarıyla Marmara Denizi yasadışı, kural dışı ve kayıt dışı balıkçılığın (IUU) oldukça yoğun görüldüğü bir bölgedir (Zengin ve ark., 2004).

2. Marmara Denizi balık stoklarının ve ekosistemin durumu

Türkiye İstatistik Kurumu, 2020 yılı karaya çıkarılan deniz balıkları istatistiklerine göre Marmara Denizi, Karadeniz balıkçılığı gibi, av verimi açısından pelajik türlerin baskınlığı altındadır (Şekil 1a). Hamsi başta olmak üzere, istavrit ve sardalya balıklarının avcılığı, 2020 yılı Marmara Denizi avcılığının %80'ini oluşturmaktadır (TÜİK, 2022; Şekil 1b). Pelajik ve demersal türlerin av verimine ayrı ayrı bakıldığında, 2000 yılından beri avcı pelajik balıklardan lüfer ve palamutun, avcı demersal türlerden berlamın av değerlerinde keskin düşüşler göze çarpmaktadır (Şekil 1c,d). Bunun yanında küçük pelajik balıklardan hamsi ve sardalyanın av

veriminde yıllar içinde inişli çıkışlı ama görece dengeli değerler, sarı kuyruk istavrit balığı için geçerli değildir ve bu balığın av veriminde de düşüş gözlenmektedir (Şekil 1c).



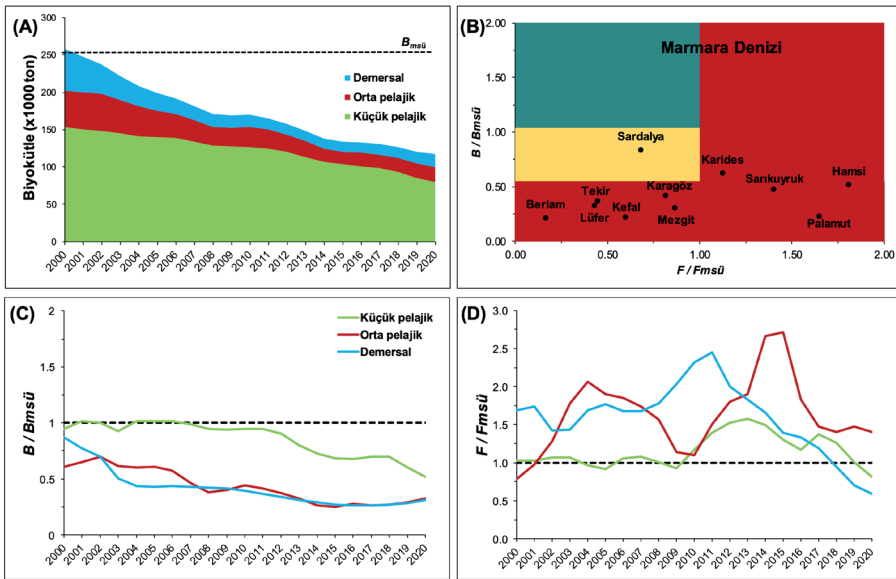
Şekil 1: Marmara Denizi balıkçılığı genel yapısının 2000-2020 yılları arasındaki değişimi. A) Toplam avcılık ve avcılığın %90'ını oluşturan 11 ticari tür, B) Birim çabadaki karaya çıkarılan av miktarı (landings-per-unit-effort – LPUE) anomalisi, C) Pelajik balıkçılıkta önemli türler ve avcılık miktarları, D) Demersal balıkçılıkta önemli türler ve avcılık miktarları

Avrupa Birliği Deniz Strateji Çerçeve Direktifinde (DSÇD, 2008) yer alan sağlıklı stok tanımlanması ve İyi Çevre Durumu (İÇD) sınıflamasına göre kullanılan iki önemli kriter vardır: i) Mevcut biyokütle miktarının (B), maksimum sürdürülebilir biyokütle (Bmsü) değerine eşit veya büyük olması ($B/Bmsü = 1$), ii) Balıkçılıktan kaynaklı mevcut ölüm oranının (F), maksimum sürdürülebilir ürünü (MSÜ) sağlayacak balıkçılıktan kaynaklı ölüm oranına (Fmsü) eşit veya az olması ($F/Fmsü = 1$).

TÜİK 2021 yılı Marmara Denizi avcılık verileriyle güncellenerek avcılığın %90'ını oluşturan 11 türün stok durumlarını tespit etmek için veri-seti kısıtlı stoklar için geliştirilen stok modeli (CMSY, Froese ve ark. 2017; Demirel ve ark., 2020; 2021) yeniden çalıştırılmıştır. Bu 11 türün üçü küçük pelajiklerden hamsi (*Engraulis encrasicolus*), sardalya (*Sardina pilchardus*) ve sarıkuyruk istavrit (*Trachurus mediterraneus*); üçü orta pelajiklerden karagöz istavrit (*Trachurus trachurus*), palamut (*Sarda sarda*) ve lüfer (*Pomatomus saltatrix*); üçü demersal balıklardan berlam (*Merluccius merluccius*), mezzgit (*Merlangius merlangus*), tekir (*Mullus surmuletus*) ve kefal (*Mugilidae* spp.) ve bir adet bentik omurgasızlardan derin su pembe karidesi (*Parapenaeus longirostris*) türüdür. Stok modeli 1967-2020 yılları arasında kapsayacak şekilde kurulmuş, bu bölümde 2000-2020 arası değerler sunulmuştur.

Marmara Denizi için analiz edilen 11 türün üzerindeki balıkçılık baskısı (F), MSÜ üretmek için gerekenden çok daha yüksek, av veriminin azalmasıyla da teyit edildiği üzere,

biyokütle değerleri çoğu stok için kritik derecede düşüktür (Şekil 2a). Marmara Denizi'nde yalnızca sardalya orta seviye stok statüsünü korumaktadır (Şekil 2b). Karides, biyokütle açısından iyi durumdadır, ancak balıkçılık baskısı oldukça yüksektir ve devam eden aşırı avlanma durumundadır ($F > F_{msü}$). Sekiz stokun devam eden aşırı avlanmaya maruz kaldığı ve özellikle palamut, hamsi, sarıkuyruk istavrit balığı üzerindeki av baskısının çok yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 2c,d). Stok değerlendirme analizleriyle stoklar için hesaplanan biyokütle (B) değerleri ise, 20 yıl içinde demersal balıkların biyokütle değerlerinin beşte bir oranında azaldığını, avcı pelajiklerin ise yarı yarıya azaldığını göstermektedir (Şekil 2a,c). Balıkçılıktan kaynaklı ölüm oranı (F) yani av baskısının, hem demersal hem pelajik balıklar için kontrolsüz şekilde yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil d). Küçük pelajik balıklar için ise durum biraz daha farklıdır, biyokütle değerlerinde azalma trendi mevcutken, keskin bir biyokütle düşüşü gözlenmemiş, ancak diğer demersal ve pelajik stokların aşırı avlanmaları sonucu düşen av verimi nedeniyle, balıkçılığın küçük pelajikler üzerinde yoğunlaşmasıyla üzerlerindeki av baskısı giderek artmıştır (Şekil 2c,d).



Şekil 2: Marmara Denizi balık stoklarının 2000-2020 stok göstergeleri (Demirel ve ark., 2020). (A) Fonksiyonel gruplara göre biyokütle değerlerinin değişimi. (B) CMSY analizine göre 2020 yılında Marmara Denizi'ndeki türlerin stok durumu. Renk sınıflaması, AB - İyi Çevre Durumu kriterlerine göre yapılmıştır. Kırmızı alan "çok kötü", sarı alan "orta", yeşil alan ise "iyi" durum göstergesidir. (C) Fonksiyonel gruplara göre biyokütle (B) değerlerinin sürdürülebilir biyokütle ($B_{msü}$) değerine oranının değişimi. (D) Fonksiyonel gruplara göre balıkçılıktan kaynaklı ölüm oranının (F) sürdürülebilir balıkçılık ölüm oranı değerine ($F_{msü}$) göre değişimi.

Marmara Denizi'nde balıkçılığa konu olan ortalama 66 balık, 28 omurgasız türü bulunmaktadır. Ulman ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada; 1967-2016 yılları arasında, 50 yıllık resmi av istatistiklerine göre avlanan balık ve omurgasız türlerinin bulunma durumlarını incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Marmara Denizi balıkçılığında 19 türün avcılıkta kaybolduğu ve 22 türün av değerlerinin %80-99,9 oranında azaldığı bulunmuştur (Ulman ve ark., 2020). Bu önemli çalışma, Türkiye denizlerinde biyoçeşitlilik kaybının balıkçılık açısından incelendiği bugüne kadar yapılmış tek çalışmadır.

Marmara Denizi pelajik ekosistemi son 35 yıllık sürede oldukça önemli değişim ve dönüşümler geçirmiştir. Demirel ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışma, Marmara Denizi pelajik ekosisteminde 1986-2020 yılları arasında oluşan değişimlere ilk kapsamlı bakiş sunan çalışmadır. Ekosistem durumundaki değişimlerin ve bu değişimlerin tetikleyicisi insan kaynaklı çevresel etkenlerle olan ilişkinin değerlendirildiği çalışmada, Marmara Denizi pelajik ekosisteminin biyotik ve abiyotik tüm veri kümelerinde önemli kaymaların olduğu saptanmıştır (Demirel ve ark. 2023). Çalışmaya göre, Marmara Denizi ekosistemi üç döneme ayrılmıştır: 1986 ve 1995 yılları arasında başlangıç durumu olarak erken rejim, 1995 ve 2015 yılları arasında ekosistemin yeniden düzenlendiği geçiş rejimi, 2015'ten dönem sonuna kadar alternatif ekosistemin olduğu durum olarak geç rejim. Marmara Denizi'nde 2015 yılından günümüze kadar gelen dönem, abiyotik değişkenlerde gözlenen eğilimlerin aksine biyotik değişkenlerin çoğunun, özellikle balık biyokütlesinin başlangıç durumlarına dönmediği alternatif geç rejim dönemidir. Çalışma, Marmara Denizi ekosisteminde gözlemlenen değişiklikleri süresiz bir rejim kayması olarak tanımlamıştır.

Marmara Denizi pelajik balıkçılığının av dinamikleri ve mevsimselliğinin değerlendirildiği Demirel ve ark. (2022a) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre, iklim değişikliğine bağlı deniz suyu sıcaklık değişimi ve türlerin birbirleriyle etkileşimleri av verimini etkilemektedir. Marmara Denizi'nde küçük ve orta boy pelajik balıkların av dinamiklerindeki mevsimsellik ve yıllar arası farklılaşmanın değerlendirildiği çalışmaya göre; hamsi, sardalya ve istavrit türlerinin son 20 yılda avcılık sezonu ortalama bir ay öne kaymıştır. Bu mevsimsel kayma, hem balıkçılık baskısının küçük pelajikler üzerinde yoğunlaşması hem de sıcaklığın türlerin yaşam döngüleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Ek olarak, Akoğlu (2021) yaptığı çalışmada 2000-2019 yılları arasında sardalya hariç diğer tüm küçük pelajik balıkların av miktarlarının azalan bir eğilim gösterdiğini, bu azalma eğiliminin ise balıkçılık baskısına ek olarak birincil üretim ve deniz yüzey suyu sıcaklığı gibi biyotik ve abiyotik parametrelerle de ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Avcılıktaki bu değişimler, av filusunun harcadığı eforun artmasına, ancak balık stoklarının bu eforu karşılayamayarak birim zamanda avlanan balık miktarının sürekli düşmesine neden olmaktadır.

Marmara Denizi için, Saygu ve ark. (2023) tarafından ilk defa kurulan ekosistem modeli 1990-2020 yılları arasında besin ağı ilişkileri, bentik-pelajik sistemdeki enerji akışı ve ekosistemin durumunu göstermektedir. On yıllık olarak kurulan üç Marmara Denizi modelinin karşılaştırılması, ekosistemin enerji kapasitesinin otuz yılda önemli ölçüde azaldığını ve azalan döngü indekslerinin Marmara Denizi ekosisteminin antropojenik rahatsızlıklara karşı sürekli olarak kırılgan hale geldiğini gösterdiği bulunmuştur. Model sonuçlarına göre, ekosistem teori indeksleri, Marmara Denizi'nde, toplam solunumu büyük ölçüde aşan, oldukça yüksek toplam birincil üretimle, ototrofik ardışıklık aşamasında olgunlaşmamış bir ekosistem olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, Marmara Denizi ekosisteminin mesozooplankton tarafından kontrol altında olduğunu vurgulanırken; hamsinin besin ağına yüksek trofik seviyelere enerji transferini sağlayan kilit tür olduğu tespit edilmiştir. Ekosistem modelinin besin ağı ilişkileri tanımlanırken Gül ve Demirel (2021; 2022) tarafından ortaya konan mezopredatör türlerin beslenme modeli sayesinde, Marmara Denizi'nde hem pelajik hem bentik ekosistemi için iyi bir referans oluşturulabilmiştir.

3. Balıkçılık ve müsülaj olayları

Bu bölümde, yukarıda temel sonuçları özetlenen çalışmalara dayanılarak Marmara Denizi'nde balık stoklarının müsülaj oluşumuyla ilişkisi üzerine bir sentez oluşturulmuştur. Öncelikle, avcılık verilerine bakıldığında (Şekil 1a), 2007 yılında gerçekleşen ilk müsülaj olayını takiben Marmara Denizi av veriminde düşüş olduğu görülmektedir. Avcılık yapan tekne sayısında değişim olmamasına rağmen birim çabada karaya çıkarılan av miktarında 2007 yılından itibaren başlayan keskin düşüş, 2020 yılına kadar anlamlı bir trend göstermektedir (Şekil 1b). Stok değerlendirme sonuçları (Demirel ve ark., 2020, 2021; 2022b), 2020 yılı itibarıyla Marmara Denizi'nde, sardalya hariç tüm stokların devam eden aşırı avcılığa maruz kaldığını, berlam ve palamut stoklarının kritik biyokütle düzeyinde ve çökmek üzere olup tekir, mezigit ve lüfer stoklarının ise çökme tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir (Şekil 2b). Marmara Denizi için kurulan ekosistem modeli sonuçlarına göre, üst trofik seviyede yer alan avcı kategorisindeki berlam, lüfer, palamut ve mezigit balıklarının temel besinini hamsi, istavrit ve sardalya gibi küçük pelajik balıklar oluşturmaktadır (Gül ve ark., 2022; Saygu ve ark., 2023). Bu predatör balıkların aşırı avcılık nedeniyle stoklarının azalması, küçük pelajik balıklar üzerindeki predasyon baskının azalmasına ve balıkçılık baskısının artmasına yol açmıştır. Demirel ve ark. (2022a), Marmara Denizi yüzey suyu sıcaklığının tüm havzada iklim değişikliği sonucu olarak 2000 yılından 2020 yılına, yıllık 0,05 °C arttığını ve bu durumun özellikle küçük pelajik balıkların avcılık sezonunu bir ay kısalttığını rapor etmişlerdir.

Marmara Denizi'nde oluşan rejim kaymalarının incelendiği çalışma sonuçlarına göre (Demirel ve ark., 2023), 1990'lı yılların ortalarından 2000'li yılların sonlarına kadar küçük pelajik balıkların yani hamsi, istavrit ve sardalya stoklarında gözlenen artış ve sonrasında görece stabil av verimi ve keskin düşüşlerin olmaması üzerlerindeki predasyon baskısının azalması nedeniyledir. Buna karşı, balıkçılığın tamamen hamsi ve istavrit stokları üzerinde kurduğu aşırı av baskısı, azalma eğilimi gösteren (Şekil 2) bu stokların da önümüzdeki yıllarda çökme tehlikesine girmesine yol açacaktır (Demirel ve ark., 2020). Marmara Denizi, 1994-2012 yılları arasında ekosistem durumu ve insan kaynaklı baskılar açısından önemli bir rejim geçişine maruz kalmıştır (Demirel ve ark., 2023). Bu dönem, bu deniz üzerinde oluşan insan kaynaklı baskıların; yani kontolsüz şekilde aşırı avcılığın, iklim değişikliğine bağlı deniz suyu sıcaklığı artışının ve başta İstanbul anakenti ve İzmit Körfezi olmak üzere kirliliğin deniz ortamında giderek arttığı bir dönemdir. Ek olarak, Marmara Denizi balıkçılığında kaybolan ve avcılığı %80'den fazla düşen balık ve omurgasız türleri de bu dönemde yoğunlaşmaktadır. Kaybolan türlerin arasında bulunan büyük pelajik avcı türler ekosistemin dengesinin giderek bozulduğunun bir göstergesidir (Ulman ve ark., 2020). Bu geçiş dönemi boyunca avcı türlerin ortamdaki çekilmesi, küçük pelajik balıkların ve bentik türlerden derin su pembe karidesinin stoklarında artışa neden olmuştur. 2007 yılında yaşanan müsilağ oluşumunda bahsedilen diğer insan kaynaklı baskıların (örn. kirlilik, besin ve organik madde yükü vb.) yarattığı etkilerin yanı sıra, yalnızca belirli türleri hedef alarak (seçici sömürme) besin ağındaki canlıların bağlı kompozisyonlarını ve böylelikle birbirleriyle olan etkileşimlerini değiştiren balıkçılığın da önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. İronik bir şekilde, 2007 müsilağ oluşumu sonrasında en büyük ekonomik hasarı ise yine Marmara Denizi balıkçılığı almıştır. Marmara Denizi'nde 2006-2008 yılları arasında küçük bir hidrozoa türü olan *Liriope tetraphylla* türünün aşırı artışının zooplankton üzerinde yarattığı baskı (Yılmaz, 2015), devamında tüm havzada etkili olan yoğun bir müsilağ oluşumunu tetiklemiş olabilir. Bu durum, Marmara Denizi ekosisteminin hassaslığı ve süreç içinde oluşan değişimlere direnç gösterememesinin bir sonucu olarak yorumlanmalıdır. *L. tetraphylla* türünün hangi dinamikler sonucu aşırı artış yapabildiği kesin olarak bilinmemekle birlikte, 2006 yılında normalden iki kat fazla (40 bin ton) hamsi avcılığı yapılması, ortamda besin bulunurluğunun, yani zooplankton bolluğunun artmasına (Cladocera grubu, Bedikoğlu ve ark., 2022) ve medüz türünün bu sayede avantajlı hale geçmesine neden olmuş olabilir. Müsilağ oluşumunun hemen öncesinde ve *L. tetraphylla* aşırı artışı sonrasında zooplankton bolluğunda gözlenen sert düşüş (Yılmaz, 2015; Bedikoğlu ve ark., 2022) fitoplankton grubu üzerindeki predasyon baskının azalmasına ve fitoplankton aşırı artışlarına yol açmıştır (Taş ve ark., 2022). Buna karşın, Marmara Denizi'nde medüz türlerinin durumu üzerine "tüm denizi kapsayan" çalışma eksikliği vardır, yapılan çalışmalar

kısıtlı zaman serisine sahip ve bölgesel niteliktedir. Zooplankton üzerinden beslenen medüz grubuna dahil canlılardan *Aurelia aurita* ve *Pleurobranchia pileus* türlerinin Marmara Denizi'nin hakim türleri olduğu bilinmektedir (Bedikoğlu ve ark., 2019). Ancak, bu türlerin biyokütle ve zooplankton tüketimleri ile ilgili çalışma olmaması, Marmara Denizi ekosistem değerlendirmesi için eksiklik yaratmaktadır. Müsilaj oluşumunun bazı fitoplankton türlerinin ürettiği polisakkarit yapıdaki hücre dışı sıvı olduğu bilindiği için (Tüfekçi ve ark., 2010; Tas ve ark., 2020) alt besin grupları arasındaki dengenin bozulmasının müsilaj oluşumunu tetiklediği anlaşılmaktadır. Fitoplankton türlerinin aşırı artışında, iklim değişikliği ve insan kaynaklı kirleticilerden azot ve fosfat yükünün artmasının büyük rolü olduğunu da unutmamak gerekir. Bununla birlikte, deniz ekosisteminde, besin ağı dengesinin bozulması ve ekosistem direncinin zayıflaması bir süreç olarak müsilaj oluşumuna yol açmıştır.

Şubat-Mart 2021 tarihi itibarıyla Marmara Denizi'nin kuzey bölgelerinde balıkçılar yoğun “salya” oluşumu nedeniyle ağ atamadıklarını bildirmeye başlamışlardır. Özellikle 2021 yılı başlangıcından itibaren Marmara Denizi'nin hemen hemen her noktasında gözlemlenen yoğun müsilaj olayının hem pelajik hem demersal balıkların stok durumunu ne düzeyde etkilediği henüz bilinmemektedir. Bu bölümünün hazırlandığı tarihlerde, Marmara Denizi 2021 avcılık verileri henüz açıklanmamış olduğu için (TÜİK avcılık verileri her yıl Ağustos ayında güncellenmektedir), 2021 yılı stoklarının durum değerlendirmesi yapılamamıştır. Bununla birlikte, müsilaj oluşumunun Marmara Denizi balıkçılığına verdiği hasarın ekonomik boyutuna bakıldığında, 2007 yılında küçük, orta, büyük ve endüstriyel tüm balıkçılık bileşenlerinin etkilenme oranı % 95,7 olarak verilmiş, av araçları/ağ kaybı ve av miktarı değeri nedeniyle yaşanan kayıpların 208-20.833 Avro arasında olduğu belirtilerek, zarara uğrayan balıkçıların bir kısmının banka kredilerini ödeyemediklerini ve bazı gayrimenkullerini elden çıkarmak zorunda kaldığı ifade edilmiştir (Zengin ve ark., 2017). Balıkçılık ekonomisi üzerindeki kayıpların tahmin edilmesi amacıyla; Marmara Denizi'nde 2007'de meydana gelen kayıpların seviyesi 2021 yılına uyarlanmış, balıkçılık gelirindeki düşüşün ortalama 27.459 Avro olduğu, balıkçılık gelirine etkisinin ise % 61 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır (Keleş ve ark., 2020). Her iki müsilaj olayının en büyük ekonomik etkisi Marmara Denizi pelajik balıkçılığına olmuştur.

Sonuç olarak, Marmara Denizi balıkçılığı, hem stok değerlendirme sonuçlarına uygun şekilde iyi yönetilmediği hem de bu deniz üzerindeki iklim ve insan kaynaklı baskılar sonucu değişen şartlara uygun şekilde düzenlenmediği için, hem müsilaj oluşumundan büyük oranda etkilenmekte hem de müsilaj oluşumunu tetiklemektedir. İklim değişikliği ve insan kaynaklı baskıların yoğun olarak etkilediği Akdeniz havzasında, “uyarlamalı” yönetim önerilerinin

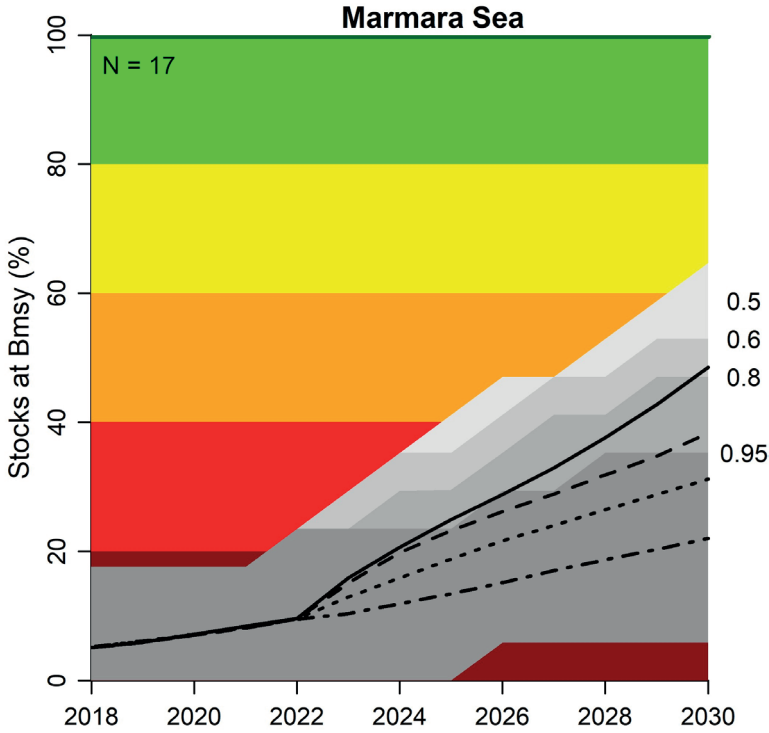
geliştirilmesi için yoğun çaba sarf edilmektedir, nitekim Marmara Denizi için de benzer çalışmaların yapılması zorunludur.

4. İyi balıkçılık yönetimi için öneriler

Balıkçılık yönetimi, balık avcılığını; sürdürülebilir, uzun vadeli ve en iyi düzeyde kaynak kullanımını sağlayacak şekilde yönetme durumudur. Balık stoklarını etkin bir şekilde yönetmek için, doğrudan veya dolaylı olarak avcılığı sınırlayan çeşitli kontrol önlemleri mevcuttur. Başlıca doğrudan kontrol yöntemi; av kotası uygulamasıdır ve yapılacak avcılığın miktarını belirleyerek sınırlama getiren bir yöntemdir. Dolaylı kontroller ise, esas olarak juvenil balıkların yakalanmasını, balıkçılıkta iskarta türlerin miktarını ve balıkçılıktan kaynaklı av oranını belli oranda azaltacak uygulamaları içermektedir. Bu dolaylı kontrollerin Marmara Denizi'ndeki başlıca uygulamaları şöyle sıralanabilir: i) Balıkçı gemilerinin sınırlandırılması, Marmara Denizi ve Boğazlar'da trol avcılığı yasaktır; ii) Minimum avlanma boyu – ülkemizde pek çok ekonomik öneme sahip tür için yasal avlanma boyu belirlenen boyu altında avcılık yasaktır, iii) Türlerle özgü av yasakları; koruma altında bulunan özellikle köpek balıklarının Marmara Denizi'nde avcılığı yasaktır, iv) Geçici /mevsimsel yasaklar, Marmara Denizi 15 Nisan- 1 Eylül arasında endüstriyel balık avcılığına kapalıdır ve bu yasak süresi Akdeniz'deki en uzun av yasağı dönemidir (Yıldız ve Ulman, 2020; Yıldız ve ark., 2020).

Açıktır ki Marmara Denizi balıkçılığı; av miktarları, toplam gelir, hedeflenen tür sayısı, ortalama balık boyu gibi pek çok açıdan gerileme göstermektedir. Tıpkı diğer denizlerde olduğu gibi balıkçılığın ekolojik koşullardan etkilenmesi ve ekolojik koşullarla şekillenmesi söz konusudur. Marmara Denizi'nde balıkçılığın ekosistem işleyişi üzerindeki etkileri de dikkate alınarak balıkçılık yönetimi üzerine somut öneriler geliştirilmiştir:

Marmara Denizi'nin tüm stokları üzerindeki balıkçılık baskısının azaltılması gerekmektedir. Yapılan ileriye dönük balıkçılık senaryosu çalışmasına göre, balıkçılık baskısının %60 oranında azaltılması Marmara Denizi'ndeki balık stoklarının 10 yıl içinde mevcut "kötü" stok durumundan "orta" düzeye çıkabileceğini göstermektedir (Şekil 3; Demirel ve ark., 2020).



Şekil 3: Marmara Denizi'nde 0,5 ila 0,95Fmsü arasında değişen dört farklı balıkçılık baskısı senaryosu altında tahmini kümülatif biyokütle değişimi. (Demirel ve ark., 2020)

Marmara Denizi'nde karaya çıkarılan avı oluşturan temel türler için balıkçı teknelerine bireysel paylaşılamaz ve aktarılamaz kota veya Toplam İzin verilen Av (TAC) sistemi getirilmelidir. Kota veya TAC sisteminin amacı, sürdürülebilir bir avcılık rejimi oluşturmaktır. Etkin bir kota/TAC sistemi için sömürülebilir balık biyokütlesinin büyüklüğünde yıllık olarak dalgalanmalar olacağı gözlemlenerek hem stoklar sürekli izlenmeli hem avcılık miktarı türlere ve yıllara göre düzenlenmelidir. Kota veya TAC sisteminin işleyişinde pratikte pek çok zorluk oluşabileceği göz önünde bulundurularak, sistemin tasarımında paydaşların, özellikle de bilim insanları ile küçük ölçekli ve endüstriyel balıkçıların katılımı mutlaka desteklenmeli, süreç içerisinde düzeltmelere ihtiyaç duyulacağından, katılımın sürekli, tutarlı ve şeffaf mekanizmalarla sağlanması hedeflenmelidir. Katılımcı süreçlerin, uygulanan politikaların meşruiyetini artırdığı, daha adil süreç ve sonuçlara yol açma potansiyelinin yüksek olduğu ve bu nedenlerle kaynakları kullanan paydaşlar tarafından daha çok sahiplenildiği unutulmamalıdır.

Büyük ölçekli endüstriyel balıkçılığın, balıkçılık çabası sınırlandırılmalıdır. Balıkçılık çabası; bir filonun her yıl balık stokunun belirli bir oranını yakalama kapasitesinin bir ölçüsüdür. Normal şartlar altında yani tüm değişkenler mevcut durumunu korurken, balıkçılık çabası arttığında yakalanan balık oranının da artması beklenir. Bu nedenle, stoklar üzerindeki baskının azaltılması için, örneğin teknelerin balık avlayacağı günlere sınırlama getirilerek balıkçılık çabasının sınırlanması gerekmektedir. Bu sınırlamalar, filoya kayıtlı tüm balıklara (veya en az %90'ına) uygulanmalıdır, aksi durumda bu uygulamanın etkili olamayacağı açıktır. Kısmi kontrollerde bırakılan herhangi bir boşluk, balıkçılığın kontrol edilmeyen bölümünün genişlemesine alan bırakabileceği unutulmamalı ve önüne geçilmelidir.

Karaya çıkış noktalarında minimum avlanabilir boy kontrolleri ve yaptırımları sürekli hale getirilmelidir. Yıldız ve Ulman (2020) tarafından yapılan çalışmada, ülkemiz balıkçılık yönetiminde uygulanan minimum avlanabilir boy (MLS) düzenlemesinin beklenen etkiyi göstermediği ortaya konmuştur. MLS düzenlemeleri, hem yasal boyun altında avlanan balıkların kontrolünü hem de avlanmasını caydırmak için av aracı ve avlanma alanı seçiciliği yönünde düzenlenmelidir (Yıldız ve Ulman, 2020).

Balıkçılık kaynakları için biyolojik izleme sistemi kurulmalıdır. Marmara Denizi'nde ticari açıdan önemli balık türlerinin çoğunun özellikle küçük ve orta pelajiklerin yanı sıra bazı demersallerin yumurtlama mevsimlerinin endüstriyel balıkçılık için uygulanan dönemsel yasak (15 Nisan-1 Eylül) döneminde korunduğu belirlenmiştir. Yıldız ve ark. (2020) tarafında yapılan çalışmaya göre, sardalya, mezgit, dülger, eşkina, gümüş ve kupez gibi kış yumurtlama mevsimlerine sahip türler, ticari balıkçılığın yaz dönemi yasağından (av toplamlarının >%50'si) faydalanmamaktadır. Ayrıca, kapalı dönem sırasında bazı türlerin yoğun olarak avlanması (toplam avlarının %35'inden fazlası), küçük ölçekli balıkçılık tarafından hedef alındıklarını göstermektedir. Yıldız ve ark. (2020) Marmara Denizi stoklarının korunması için Gerçek Zamanlı İzleme sisteminin kurulmasını önermiştir. Önerilen bu sistemin canlı video geri beslemeleri, tekne üstü gözlemciler, Gemi İzleme Sistemi (VMS) ve günlük balıkçı beyanları kullanılarak birleştirilebileceği belirtilmektedir.

İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biri olan deniz suyu sıcaklıklarındaki ısınma, Marmara Denizi'ni de etkilemektedir. Demirel ve ark (2022b) tarafından yapılan çalışmada, hamsi istavrit ve sardalya türlerinin avcılık sezonunun bir ay öne kaydığı tespit edilmiştir. Sıcaklık değişiminin, denizel türlerin tüm biyolojik süreçlerini yani üreme, göç, beslenme ve dağılım özelliklerini etkileyeceği aşikardır. Bu nedenle, Marmara Denizi'nde 1 Eylül'de açılan balıkçılık sezonunun 1 Ekim'e çekilmesinin önemli bir koruma sağlayacağı ve gerekli bir düzenleme olduğu düşünülmektedir (Demirel ve ark., 2022a).

Marmara Denizi'nde rekreasyonel balıkçılığın yapıldığı bilinmekte, ancak nasıl bir karakteri olduğu bilinmemektedir. Eryaşar ve Saygu (2022) rekreasyonel balıkçılığın stoklar üzerine etkisinin ve stok yönetimi çalışmalarında göz önünde bulundurulmasının gerekliliğini vurguladıkları vatandaş bilimi temelli çalışmalarında, bu balıkçılığı izlemek ve düzenli veri üretebilmek için kullanılabilecek yenilikçi bir yöntemin verimliliğini göstermişlerdir. Çalışmada, kullanıcıların sosyal medya ağlarındaki paylaşımları belirli anahtar sözcüklerle taranarak bir veri kaynağı olarak değerlendirilmiş ve Marmara Denizi'nde, lüferin göç dönemleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında yoğun bir şekilde 25 cm'den daha küçük boydaki lüferlerin yakalandığı gösterilmiştir (Eryaşar ve Saygu, 2022). Bu tip yenilikçi çalışmalar, makine öğrenmesi ve alt bileşenleri ile çok daha ileri bir seviyeye ulaşma potansiyeline sahiptir. Vatandaş bilimi çalışmaları, geleneksel örnekleme yöntemleri ve uydu temelli çevresel parametreler ile bir arada değerlendirilerek daha bütüncül yönetim yaklaşımları geliştirilmeli ve stok yönetimi çalışmalarının bir parçası olmalıdır.

Son olarak, Marmara Denizi ekosistemine bütüncül yaklaşım ve ekosistem temelli balıkçılık yönetimini gerçekleştirebilmek için; türlerin ekolojik işlevlerinin ve fonksiyonlarının tanımlanmasına ve değişen insan kaynaklı baskılara verdikleri cevapların daha iyi anlaşılmasına yönelik bilimsel çalışmalar daha fazla desteklenmelidir.

Kaynakça

- Akoğlu, E. (2021). Exploring the dynamics of small pelagic fish catches in the Marmara Sea in relation to changing environmental and bio-optical parameters. *Turkish Journal of Zoology*, 45(3), 257–265.
- Bedikoğlu, D., Yılmaz, İ. N., & Demirel, N. (2022). Reproductive strategies and population characteristics of key Cladocera species in the Sea of Marmara. *Regional Studies in Marine Science*, 54, 102450. <https://doi.org/10.1016/j.rsm.2022.102450>
- Bedikoğlu, D., Yılmaz, İ. N. ve Demirel, N. (2019). Marmara Denizi'nin 2019 yılı mevsimsel zooplankton dağılımı. II. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, 11 – 13 Aralık 2019, Ankara.
- Demirel, N., Zengin, M., Ulman, A. (2020). First large-scale Eastern Mediterranean and Black Sea stock assessment reveals a dramatic decline. *Frontiers in Marine Sciences*, 7: 103. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00103>
- Demirel, N., Akoglu, E., Ulman, A., Ertor-Akyazi, P., Gül, G., Bedikoğlu, D., Yıldız, T., Yılmaz, İ. N. (2023). Uncovering ecological regime shifts in the Sea of Marmara and reconsidering management strategies. *Marine Environmental Research*, 183: 105794. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105794>
- Demirel, N., Akoglu, E., Yıldız, T. (2022a). Inter- and intra-annual landing dynamics of small and medium pelagic fish potentially affected by climate change in Turkish fisheries. (under review)
- Demirel, N., Gül, G., & Yüksek, A. (2022b). Recovery potential and management options for European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), stocks in Turkish waters. *Acta Biologica Turcica*, 35(2), A3: 1–9.
- Eryaşar, A. R., & Saygu, İ. (2022). Using social media to identify recreational bluefish angling in the Mediterranean and Black Sea. *Mariner Policy*, 135, 104834. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104834>
- FAO (2020). The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. 172 pp.

- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner K., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18, 506–526.
- Gül, G., & Demirel, N. (2021). Evaluation of the comprehensive feeding strategy and trophic role of overexploited mesopredator species in the Sea of Marmara (Northeastern Mediterranean). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 259, 107448. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107448>
- Gül, G., & Demirel, N. (2022). Ontogenetic shift in diet and trophic role of *Raja clavata* inferred by stable isotopes and stomach content analysis in the Sea of Marmara. *Journal of Fish Biology*, 101, 560–572. <https://doi.org/10.1111/jfb.15123>
- Keleş, G., Yılmaz, S., & Zengin, M. (2020). Possible Economic Effects of Mucilage on Sea of Marmara Fisheries. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 4(2), 173–177.
- Kocataş, A., Koray, T., Kaya, M., & Kara, Ö. (1993). Studies and Reviews, No. 64. Fisheries and environment studies in the Black Sea system. Rome, Italy: FAO.
- Oral, N., & Öztürk, B. (eds.) (2006). The Turkish Straits, Maritime Safety, Legal and Environmental Aspects, Turkish Marine Research Foundation, Publication no: 25, İstanbul, Turkey.
- Pusceddu, A., Dell'Anno, A., Fabiano, M., & Danovaro, R. (2009). Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. *Marine Ecology Progress Series*, 375, 41–52.
- Saygu, İ., Akoglu, E., Gül, G., Bedikoğlu, D., Demirel, N. (2023). Fisheries impact on the Sea of Marmara ecosystem structure and functioning during the last three decades. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1076399. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1076399>
- Tas, S., Kus, D., & Yılmaz, I. N. (2020). Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 668–683.
- Tüfekçi, V., Balkis, N., Beken, C. P., Ediger, D., & Mantikci, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of the mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 199–210.
- TÜİK (2022). Su Ürünleri İstatistikleri. www.tuik.gov.tr
- Ulman, A., Bekisoglu, S., Zengin, M., Knudsen, S., Unal, V., Matthews, C., Zeller, D., & Pauly, D. (2013). From bonito to anchovy, a reconstruction of Turkey's marine fish catches (1950-2010). *Mediterranean Marine Science* 14(2), 309–342.
- Ulman, A., Zengin, M., Demirel, N., & Pauly, D. (2020). The lost fish of Turkey: A recent history of disappeared species and commercial fishery extinctions for the Turkish Marmara and Black Seas. *Frontiers in Marine Science*, 7, 650. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00650>
- Yıldız, T., & Gönülal, O. (2022) Sea snot and its impacts on the fisheries in the Sea of Marmara and its adjacent waters. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2), 167–183.
- Yıldız, T., & Ulman, A. (2020). Analyzing gaps in policy: Evaluation of the effectiveness of minimum landing sizes (MLS) regulations in Turkey. *Marine Policy*, 115, 103829. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103829>
- Yıldız, T., Ulman, A., & Demirel, N. (2020). A comparison of market landings during fish spawning seasons to better understand the effectiveness of the temporal fishery closure in Turkey. *Ocean & Coastal Management*, 198, 105353. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105353>
- Yılmaz, I. N. (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36, 595–610. doi.org/10.1111/maec.12166
- Zengin, M., Polat, H., Kutlu, S., Dinçer, A. C. ve Güngör, H. (2004). Marmara Denizindeki Derin Su Pembe Karidesi (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) Balıkçılığının Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TAGEM, Trabzon SÜMAE, Sonuç Raporu (TAGEM/HAYSUD/2001/09/2004), Trabzon. 212 s.
- Zengin, M., Güngör, H., Güngör, G., Demirkol, C., Inceoğlu, H., Düz, G., Benli, K., Dağtekin, M., Kocabaş, E. (2017). Marmara Denizi Balıkçılığının Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi Projesi (MARBAL), Proje No: TAGEM HAYSÜD/2008/09/04/01. Proje Sonuç Raporu, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. 224 s.