

Biodiversity effects of the interaction between installed artificial reefs and seagrass meadows along the Sinop coasts of the Black Sea

Süleyman Özdemir^{1*}, Sabri Bilgin¹, Zekiye Birinci Özdemir²

¹ Sinop University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing Technology, 57000, Sinop, Türkiye.

² Sinop University, Faculty of Fisheries Department of Marine Biology, 57000, Sinop, Türkiye.

Abstract

This study was conducted within the scope of the MS-MPAs project to map seagrass meadows and monitor the seasonal effects of habitats supported by artificial reefs on biodiversity along the Karakum coast of Sinop. The study aims to provide scientific evidence for zoning strategies of potential Marine Protected Areas (MPAs) and decision-making processes in fishery management in the Black Sea. Fieldwork was carried out across two distinct stations, with the deployment date of the artificial reefs designated as T0 (baseline): ARs: a station with both artificial reefs and seagrass meadows (0–6 m), and SG (Control): a control station with seagrass meadows but no artificial reefs (0–6 m). To collect data on fish, arthropod, and crustacean species, gillnets and trammel nets with mesh sizes of 36 mm and 40 mm, alongside baited traps with six circular entries and a 40 mm mesh size, were deployed. Stations were evaluated and compared based on species composition, number of individuals (N), and catch amount (kg). The highest biodiversity was recorded at the ARs station—where artificial reefs and seagrass were integrated—yielding a total of 35 taxa comprising fish, arthropods, and crustaceans. The seagrass-only control station (SG) hosted 28 taxa. At the ARs station, *Scorpaena porcus* (black scorpionfish) was the most abundant species, accounting for 27.530 kg (710 individuals). Conversely, at the control station, scorpion fish (*Scorpaena porcus*) ranked first in terms of the number of individuals with 540 specimens, whereas Atlantic stargazer (*Uranoscopus scaber*) was the most caught species in terms of weight, reaching 25.345 kg. The findings demonstrate that artificial reefs play a crucial "nature-based and adaptation-oriented" supportive role in enhancing seagrass habitats and boosting coastal biodiversity.

Keywords: Artificial Reef, Seagrass, Habitat Structure, Biodiversity, Black Sea

Karadeniz'in Sinop kıyılarına yerleştirilen yapay resifler ve deniz çayırı etkileşiminin biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri

Özet

Bu çalışma, MS-MPAs projesi kapsamında Sinop ili Karakum kıyılarında deniz çayırlarının haritalanması ve yapay resiflerle desteklenen habitatların biyoçeşitlilik üzerindeki mevsimsel etkilerinin izlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, yapay resiflerin yerleştirildiği tarih (T0) başlangıç kabul edilerek iki farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir: ARs: yapay resifli-deniz çayırılı saha (0–6 m) ve SG (Kontrol): yapay resifsiz-deniz çayırılı saha (0–6 m). Balık, eklembacaklı ve kabuklu türlerine ilişkin verilerin toplanmasında, 36 mm ve 40 mm göz açıklığına sahip sade ve fanyalı uzatma ağıları ile 40 mm göz açıklığında altı çemberli girişi olan yemli sepetler kullanılmıştır. İstasyonlar; tür kompozisyonu, birey sayısı (N) ve av miktarları (kg) göstergeleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Saha çalışmaları sonucunda en yüksek biyoçeşitlilik, toplam 35 takson (balık, eklembacaklı ve kabuklu türü) ile yapay resif ve deniz çayırının entegre olduğu ARs istasyonunda tespit edilmiştir. Yalnızca deniz çayırı barındıran SG kontrol sahasında 28 takson saptanmıştır. ARs istasyonunda iskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) 27,530 kg (710 birey) en fazla avlanan tür konumundadır. Kontrol sahasında ise birey sayısı olarak 540 adet ile iskorpit balığı ilk sırada yer alırken, av miktarı açısından 25,345 kg ile tiryaki balığı (*Uranoscopus scaber*) en fazla yakalanan tür olmuştur. Elde edilen veriler, yapay resiflerin deniz çayırı habitatlarını desteklemede "doğa temelli ve uyum odaklı" önemli bir rol oynadığını ve kıyılarda biyoçeşitliliği artırdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Resif, Deniz Çayırı, Habitat Yapısı, Biyolojik Çeşitlilik, Karadeniz

Giriş

Kıyılarda ekosistemleri; fiziksel habitat yapısı, bitkisel örtü, hidrodinamik koşullar, sediment kararlılığı ve trofik bağlantıların birlikte şekillendirdiği dinamik habitat mozaikleridir. Bu mozaik içinde deniz çayırları ve yapay resifler farklı fakat tamamlayıcı ekolojik işlevler üstlenir. Deniz çayırları primer üretim, sığınak, yavru birey büyüme alanı, sediment stabilizasyonu ve kıyılarda stokların desteklenmesi açısından kritik biyojenik habitatlar arasında kabul edilmektedir (Hemminga & Duarte, 2000; Orth et al., 2006; UNEP, 2020).

Karadeniz kıyılarında *Zostera marina* ve *Zostera noltei* gibi deniz çayırı türleri sığ kıyı alanlarında habitat oluşturucu rol üstlenmektedir. Bu habitatlar yalnızca bitkisel örtü olarak değil, çok sayıda balık, kabuklu, yumuşakça ve diğer bentik organizma için beslenme, korunma ve yaşam döngüsü bağlantısı sağlayan biyolojik altyapılar olarak



değerlendirilmelidir. Deniz çayırlarının kaybı, biyoçeşitlilik azalmasının yanında kıyı balıkçılığı, su kalitesi ve ekosistem dayanıklılığı üzerinde de olumsuz sonuçlar doğurabilir (Heck et al., 2003; Waycott et al., 2009).

Yapay resifler deniz tabanına belirli ekolojik, balıkçılık, koruma veya araştırma amaçlarıyla yerleştirilen insan yapımı sualtı yapılarıdır. Uygun malzeme, tasarım, derinlik, yer seçimi ve izleme programıyla birlikte uygulandıklarında yapısal karmaşıklık artırabilir; sert substrat, boşluklu yapı ve mikrohabitat çeşitliliği sağlayarak resif ilişkili türlerin alan kullanımını etkileyebilir (Bohnsack & Sutherland, 1985; Fabi et al., 2015). Ancak yapay resiflerin başarısı yalnızca av miktarındaki kısa dönem artışlarla değil, uzun dönem habitat izleme, tür kompozisyonu, boy kompozisyonu, av baskısı ve doğal habitatlarla etkileşim düzeyi üzerinden değerlendirilmelidir.

Yapay resif-deniz çayırı entegrasyonu, av verimini artırma yaklaşımından daha geniş bir yönetim çerçevesine sahiptir. Deniz çayırları canlı biyojenik habitatlar olarak sığınak ve üretim işlevi sunarken, yapay resifler fiziksel karmaşıklık ve sert substrat katkısı sağlayabilir. Bu iki habitatın aynı kıyısız peyzaj içinde ekolojik bağlantı kurması, hareketli balık türleri, bentik omurgasızlar ve resif/çayır ilişkili türler açısından habitat kullanım çeşitliliğini artırabilir. Bununla birlikte, yapay resiflerin doğrudan sağlıklı çayır alanları üzerine yerleştirilmesi çayır kaybı, gölgelenme ve sediment dinamiği değişimi gibi riskler yaratabileceğinden planlama ve izleme zorunludur.

Bu çalışmanın amacı, Sinop-Karakum kıyılarında deniz çayırıyla ilişkili yapay resif sahası ile yapay resif içermeyen deniz çayırı kontrol sahası arasında tür/takson zenginliği, birey sayısı, biyokütle ve birim çabadaki av miktarı göstergelerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışma özellikle iki sığ habitatın mevsimsel izleme değerini, pasif av araçlarının tamamlayıcı kullanımını ve potansiyel deniz koruma alanı planlaması açısından yönetimsel çıkarımları ortaya koymayı hedeflemiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Sahası ve Habitat Tasarımı

Araştırma, Sinop ili Karakum kıyılarında deniz çayırlarıyla ilişkili sığ kıyısız alanlarda yürütülmüştür. Birinci saha, 40 adet beton yapay resif bloğunun yerleştirildiği ve deniz çayırı habitatıyla ekolojik etkileşim içinde bulunan yapay resif-deniz çayırı (ARs) sahasıdır. İkinci saha ise yapay resif içermeyen, doğal deniz çayırı (SG) özellikleri taşıyan kontrol sahasıdır (Tablo1).

Tablo 1. Değerlendirmeye alınan habitatların ekolojik ve izleme durumu

Saha	Habitat karakteri	Ekolojik rol	İzleme amacı
ARs	Deniz çayırıyla ilişkili, 40 beton bloktan oluşan yapay resif sahası	Sert substrat, boşluklu yapı ve mikrohabitat çeşitliliği ile resif ilişkili türleri destekleme potansiyeli	Yapay resif-deniz çayırı etkileşimini tür/takson, N, kg ve CPUE göstergeleriyle izlemek
SG Kontrol	Yapay resif içermeyen doğal deniz çayırı kontrol sahası	Yavru, sığınak, beslenme, sediment stabilizasyonu ve habitat bağlantısı işlevleri	Doğal deniz çayırı habitatının tür sürekliliği ve kontrol referansı olarak değerlendirilmesi

Av Araçları ve Örneklem Düzeni

Biyoçeşitlilik ve av verimi göstergeleri dört mevsimi kapsayan örneklem tekrarlarıyla izlenmiştir. Tür kompozisyonu ve boy kompozisyonu verilerinin elde edilmesinde 36 ve 40 mm ağ göz açıklığına sahip sade/fanyalı uzatma ağları ile 40 mm göz açıklığında her iki yan panelinde altı adet çemberli girişi bulunan yemli sepetler kullanılmıştır. Uzatma ağları denize akşam saatlerinde bırakılmış ve ertesi sabah toplanmıştır. Yemli sepetler ise denize bırakıldıktan 7 gün sonra toplanmıştır. Her iki av aracı için sahalar arası ve mevsimsel değişimin karşılaştırmasının standartlaştırılabilmesi için bir saatlik birim çabadaki av miktarları hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan pasif av araçları ve izleme

Av aracı	Temel teknik özellik	Temsil ettiği topluluk bileşeni	Yorumlama notu
Uzatma ağları	36 ve 40 mm göz açıklığına sahip sade/fanyalı ağlar; bir saatlik CPUE	Hareketli balık türleri, habitat kenarı kullanan türler ve biyokütle sinyali	CPUE; tür davranışı, seçicilik, mevsim ve habitat yapısından etkilenebilir
Yemli sepetler	40 mm ağ göz açıklığında, 6 giriшли, pasif av aracı; bir saatlik CPUE	Bentik, saklanma eğilimli, resif/çayır ilişkili balık ve krustase bileşeni	Düşük kg değerleri tür varlığı ve davranışsal habitat kullanımı açısından önemlidir

Veri Değerlendirme ve İstatistiksel Yaklaşım

Veriler tür/takson sayısı, birey sayısı (N), toplam av miktarı (kg), av çabası ve bir saatlik birim çabadaki av miktarı göstergeleri üzerinden değerlendirilmiştir. CPUE-N, toplam birey sayısının 24 saatlik av çabasına; CPUE-kg ise toplam av ağırlığının aynı standart çabaya oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Bulgular saha, av aracı ve mevsim düzeyinde karşılaştırmalı olarak özetlenmiş; pasif av araçlarının seçiciliği ve davranışsal yakalanabilirlik etkileri göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

ARs ve SG kontrol sahaları arasındaki ortalama CPUE değerlerinin karşılaştırmasında Wilcoxon signed-rank testi uygulanırken, mevsimler arası ortalama CPUE değerlerinin karşılaştırması için Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır.



B ulgular

Sahaların Genel Karşılaştırması

Uzatma ağı verilerine göre ARs sahasında toplam 42 tür/takson, 2884 birey ve toplam 137,995 kg su ürünü avcılığı gerçekleşmiştir. SG kontrol sahasında 32 tür/takson, 2099 birey ve 110,245 kg av kaydedilmiştir. Uzatma ağlarında ortalama CPUE-N değeri ARs için 5.722 ± 0.8793 birey saat⁻¹, SG kontrol sahası için 4.165 ± 0.7556 birey saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Ortalama CPUE-kg değeri ARs için 0.274 ± 0.0924 kg saat⁻¹ ve SG kontrol sahası için 0.219 ± 0.0576 kg saat⁻¹ olmuştur.

Sepet verilerinde ARs sahasında 26 tür/takson, toplam 1106 birey ve toplam 18,990 kg av kaydedilmiştir. SG kontrol sahasında 23 tür/takson, toplam 636 birey ve toplam 11,455 kg su ürünü avlanmıştır. Sepetlerde CPUE-N değeri ARs için 2.30 ± 0.3614 birey saat⁻¹, SG kontrol sahası için 1.33 ± 0.2022 birey saat⁻¹; CPUE-kg değeri ise ARs için 0.045 ± 0.0109 kg saat⁻¹ ve SG kontrol sahası için 0.024 ± 0.0088 kg saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Av aracı ve saha bazında toplam tür/takson, N, kg ve CPUE değerleri.

Av aracı	Saha	Tür/takson	ΣN	Σkg	CPUE-N	CPUE-kg
Uzatma ağları	ARs	42	2884	137,995	5,722	0,274
Uzatma ağları	SG Kontrol	32	2099	110,245	4,165	0,219
Sepet	ARs	26	1106	18,990	2,30	0,045
Sepet	SG Kontrol	23	636	11,455	1,33	0,024

Mevsimsel Değişim

Uzatma ağlarında ARs ve SG kontrol sahası birlikte değerlendirildiğinde ilkbahar ve yaz dönemleri birey sayısı bakımından yüksek değerler göstermiştir. İlkbaharda 1579 birey ve 88,520 kg, yaz döneminde 2092 birey ve 92,730 kg av kaydedilmiştir. Sonbaharda 1051 birey ve 52,530 kg av belirlenirken, kış döneminde 274 birey ve 4,720 kg su ürünü yakalanmıştır (Tablo 4).

Sepet av aracında en yüksek birey sayısı ilkbaharda belirlenmiştir. ARs ve SG kontrol birlikte değerlendirildiğinde ilkbaharda 905 birey, sonbaharda 368 birey, yaz döneminde 279 birey ve kış döneminde 190 birey kaydedilmiştir. Sepetlerde biyokütle değerleri uzatma ağlarına göre düşük olmakla birlikte bentik ve sığınak ilişkili türlerin mevsimsel varlığını ortaya koymuştur (Tablo 4). ARs ve SG kontrol sahaları arasında tüm mevsimler birlikte değerlendirildiğinde uzatma ağı ve sepet örneklemelerinde CPUE-N bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Buna karşın CPUE-kg bakımından saha farkı istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Tablo 4. ARs ve SG kontrol sahalarında mevsim, av aracı ve saha bazında temel göstergeler.

Mevsim	Av aracı	Saha	Tür/takson	N	kg	CPUE-N	CPUE-kg
Yaz	Uzatma Ağı	ARs	28	1054	41,37	6,27	0,25
Yaz	Uzatma Ağı	SG	18	1038	51,37	6,18	0,31
Sonbahar	Uzatma Ağı	ARs	21	623	32,14	5,19	0,27
Sonbahar	Uzatma Ağı	SG	18	428	20,39	3,57	0,17
Kış	Uzatma Ağı	ARs	17	162	5,97	1,69	0,08
Kış	Uzatma Ağı	SG	16	112	4,72	1,17	0,05
İlkbahar	Uzatma Ağı	ARs	27	1045	64,49	8,71	0,54
İlkbahar	Uzatma Ağı	SG	22	534	24,03	4,45	0,20
Yaz	Sepet	ARs	14	169	5,09	1,76	0,05
Yaz	Sepet	SG	10	110	1,55	1,15	0,02
Sonbahar	Sepet	ARs	15	264	2,52	2,20	0,02
Sonbahar	Sepet	SG	11	104	1,71	0,87	0,01
Kış	Sepet	ARs	11	72	1,23	0,75	0,01
Kış	Sepet	SG	9	118	2,34	1,23	0,02
İlkbahar	Sepet	ARs	19	601	10,15	3,58	0,06
İlkbahar	Sepet	SG	17	304	5,87	1,81	0,04

Baskın Tür / Takson Yapısı

Birey sayısı bakımından uzatma ağlarında ARs sahasında iskorpit, ısparoz ve barbunya; SG kontrol sahasında ise iskorpit, tiryaki balığı ve ısparoz ilk sıralarda yer almıştır. Biyokütle bakımından ARs sahasında iskorpit, ısparoz ve tiryaki balığı; SG kontrol sahasında ise tiryaki balığı, iskorpit ve barbunya öne çıkmıştır. Sepetlerde ARs sahasında birey sayısı bakımından iskorpit, ısparoz ve pavurya/küflü yengeç; biyokütle bakımından eşkina, iskorpit ve ısparoz ilk üç taksonu oluşturmuştur. SG kontrol sahasında birey sayısı bakımından iskorpit, asıl hani balığı ve ısparoz; biyokütle bakımından eşkina, iskorpit ve asıl hani balığı öne çıkmıştır (Tablo 5).



Tablo 5. Saha ve av aracına göre baskın tür/taksonlar.

Av aracı	Saha	Birey sayısı-N bakımından ilk üç tür/takson	Av miktarı bakımından ilk üç tür/takson
Uzatma ağları	ARs	İskorpit (703); Isparoz (584); Barbunya (319)	İskorpit (27,530 kg); Isparoz (23,370 kg); Tiryaki balığı (18,970 kg)
Uzatma ağları	SG	İskorpit (532); Tiryaki balığı (344); Isparoz (202)	Tiryaki balığı (26,345 kg); İskorpit (23,960 kg); Barbunya (9,415 kg)
Sepet	ARs	İskorpit (178); Isparoz (165); Pavurya yengeç (121)	Eşkına (7,675 kg); İskorpit (3,825 kg); Isparoz (1,985 kg)
Sepet	SG	İskorpit (97); Asıl hani balığı (76); Isparoz (63)	Eşkına (3,845 kg); İskorpit (2,905 kg); Asıl hani balığı (1,245 kg)

Tartışma

Ars ve SG kontrol sahalarının birlikte değerlendirilmesi, yapay resif-deniz çayırı etkileşimli sığ habitatlarda biyoçeşitlilik göstergelerinin yalnızca toplam av miktarı üzerinden değil; tür/takson zenginliği, birey sayısı, CPUE ve av aracına bağlı temsil gücü üzerinden yorumlanması gerektiğini göstermiştir. ARs sahasında hem uzatma ağları hem de sepetlerde daha yüksek tür/takson ve CPUE değerlerinin elde edilmesi, yapay resif modüllerinin deniz çayırı habitatıyla birlikte sığ kıyusal peyzaj içinde ek yapısal karmaşıklık oluşturduğunu düşündürmektedir.

Deniz çayırı kontrol sahasının göstergeleri, bu alanın yalnızca karşılaştırma amacıyla kullanılan bir kontrol saha değil, korunması gereken biyojenik çekirdek habitat olduğunu ortaya koymaktadır. Zostera türlerinin oluşturduğu çayır alanları, yaprak kanopisi ve rizom-kök sistemi yoluyla sediment kararlılığını, sığınak işlevini ve bentik üretimi desteklemektedir. Bu nedenle yapay resif uygulamalarının başarısı, çevredeki deniz çayırı habitatının fiziksel bütünlüğünün korunmasına bağlıdır.

Av aracı bazında değerlendirildiğinde uzatma ağları hareketli balık topluluklarını ve biyokütle desenlerini daha güçlü temsil ederken, sepetler bentik, kriptik ve sığınak ilişkili türlerin izlenmesinde tamamlayıcı bir örnekleme işlevi görmüştür. Bu sonuç, pasif av araçlarının tek başına mutlak bolluk göstergesi olarak yorumlanmaması; seçicilik, davranışsal yakalanabilirlik ve habitat yapısı gibi faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini desteklemektedir (FAO/CWP, 2023; Bachelier, 2024).

Mevsimsel desenler, ilkbahar ve yaz dönemlerinde tür görünürlüğü ve av veriminin arttığını, kış döneminde ise özellikle biyokütle göstergelerinin azaldığını göstermiştir. Bu durum, tek mevsimlik örnekleme tasarımlarının sığ kıyusal habitatların ekolojik rolünü açıklamada yetersiz kalabileceğini ortaya koymaktadır. Yapay resif ve deniz çayırı birlikteliğini değerlendiren izleme programlarında en azından dört mevsimi kapsayan, mümkün olduğunda uzun dönemli ve çok araçlı tasarımlar tercih edilmelidir.

Yönetim açısından en önemli çıkarım, yapay resiflerin deniz çayırı habitatlarına zarar vermeden ve av baskısı kontrol edilerek planlanması gerektiğidir. Yapay resifler yalnızca balığı belirli bir noktaya toplayan yapılar olarak ele alınırsa, kısa dönem av başarısı uzun dönem stok ve habitat etkilerini maskeleyebilir. Buna karşılık, yapay resifler deniz çayırı koruması, alan temelli balıkçılık düzenlemesi, görsel izleme ve paydaş katılımıyla birlikte yönetildiğinde potansiyel deniz koruma alanı planlamasına bilimsel katkı sağlayabilir.

Yapay habitatlarla ilgili yapılan araştırmalar, yapay resif uygulamalarının yalnızca av miktarını artırma aracı olarak değil; hassas habitatların korunması, yavru bireylerin beslenme ve barınma alanlarının desteklenmesi, küçük ölçekli balıkçılığın yönlendirilmesi, yasa dışı avcılığın sınırlandırılması ve biyolojik çeşitliliğin izlenmesi gibi çok amaçlı bir yönetim bileşeni olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir (Jensen, 2002; Aydın ve Altaş, 2015).

Bu çerçevede ARs sahasında belirlenen daha yüksek tür/takson zenginliği ve birey sayısı, yapay resif bloklarının deniz çayırı habitatıyla birlikte üç boyutlu fiziksel yapı ve mikrohabitat çeşitliliği sağlama potansiyeliyle uyumludur. Ancak bu sonuç, SG kontrol sahasının ekolojik değerini azaltan bir bulgu olarak yorumlanmamalıdır; aksine SG kontrol sahasının, deniz çayırıların doğal biyojenik habitat niteliğini ve yapay resif etkisinin yorumlanmasında gerekli olan referans durumunu temsil etmektedir.

Yapay resiflerin balık, kafadanbacaklı, eklembacaklı ve sesil organizmalar için barınma, tutunma, beslenme ve yumurtlama yüzeyi oluşturabildiği bildirilmektedir (Becer ve Toslak, 2018; Düzbastılar ve Lök, 2004). Bu çalışmada ARs sahasında uzatma ağı ve sepet örnekleme alanlarında daha yüksek CPUE-N değerlerinin görülmesi, yapay resif modüllerinin deniz çayırı dokusuyla birlikte hareketli balıklar ve bentik-resif ilişkili taksonlar için daha fazla karşılaşılabirlik ve sığınak etkisi oluşturduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte CPUE değerleri mutlak stok büyüklüğü olarak değerlendirilmemelidir. Yapay resiflerde yüksek balık yoğunluğu veya yüksek yakalanabilirlik, gerçek üretim artışından çok davranışsal çekim ve yoğunlaşma etkisini de yansıtabilir (Bohnsack, 1989; Pickering ve Whitmarsh, 1997). Bu nedenle ARs sonuçları, uzun dönemli izleme ve av baskısı kontrolüyle birlikte ele alınmalıdır.

Deniz çayırıyla ilişkili yapay resif uygulamalarında en kritik yönetim başlığı, resif modüllerinin doğal çayır dokusunu baskılamadan, gölgelemeden veya sediment rejimini bozmayacak biçimde konumlandırılmasıdır. Akdeniz ve Avrupa örneklerinde yapay resiflerin yasa dışı dip sürütme faaliyetlerine karşı fiziksel caydırıcı olarak kullanılabildiği ve özellikle deniz çayırı habitatlarının korunmasında anti-trol amaçlı uygulamalara konu olduğu



bildirilmektedir (Baine, 2001; Sánchez-Jerez ve Ramos-Esplá, 2000). Bu açıdan ARs sahası, yalnızca türlerin toplandığı bir av sahası değil, deniz çayırı habitatının çevresinde kontrollü habitat karmaşıklığı sağlayan ve koruma-balıkçılık dengesini birlikte değerlendirmeyi gerektiren bir izleme alanı olarak görülmelidir.

Yapay resif alanlarında kullanılan örnekleme yöntemlerinin seçimi de sonuçların yorumlanmasını doğrudan etkiler. Literatürde görsel sayım, transekt, sualtı kamera ve hidroakustik gibi tahrip edici olmayan yöntemlerin; uzatma ağı, paraketa, pinter ve diğer av araçlarıyla elde edilen verileri tamamlayıcı nitelikte olduğu vurgulanmaktadır (Bortone vd., 2000; Ulaş vd., 2007).

Bu çalışmada kullanılan uzatma ağları ve sepetler, ARs sahası ve SG kontrol sahası karşılaştırması için standartlaştırılmış ve tekrarlanabilir CPUE verisi üretmiştir; ancak gelecek izleme dönemlerinde görsel sayım veya sualtı video kayıtlarıyla desteklenen bir yaklaşım, yapay resif-deniz çayırı etkileşiminin çekim, sığınak, beslenme ve mevsimsel kullanım boyutlarını daha güçlü biçimde açıklayacaktır. Böylece yalnızca av verimi değil, habitat işlevi ve ekolojik süreklilik de değerlendirilebilecektir.

Tablo 6. ARs sahası ve SG kontrol sahası odaklı izleme ve yönetim önerileri.

Alan	Ekolojik gerekçe	Yönetim önerisi	İzleme göstergeleri
Deniz çayırı çekirdek habitatı	Deniz çayırı habitatları yavru gelişimi, sığınak, sediment stabilizasyonu ve su kalitesi işlevleri sunar	Dip tahribatı, demirleme baskısı ve kıyısız bozulmaların sınırlandırılması	Çayır örtüsü, sürgün yoğunluğu, tür/takson sayısı, juvenil kayıtları
Yapay resif destekli sahas	ARs'da yüksek tür/takson ve CPUE sinyali habitat karmaşıklığının önemini göstermektedir	Av baskısının kontrolü, resif modül stabilitesinin takibi ve görsel izleme	CPUE, epibentik kolonizasyon, modül durumu
Çok araçlı izleme	Uzatma ağları ve sepetler farklı tür gruplarını temsil etmek ve hassas habitatlarda ekosistem yaklaşımı balıkçılık için en uygun av araçlarıdır.	Her iki av aracının aynı mevsimsel döngüde kullanılması	N, kg, CPUE-N, CPUE-kg, baskın/nadir tür kayıtları
Paydaş katılımı	Yapay resiflerin deniz çayırları ile entegresindeki başarısı yerel balıkçı, kooperatifleri ve başkılık otoritesi katılımına bağlıdır	Avcılık günlüğü, eğitimler, ortak izleme ve geri bildirim mekanizmasının sağlanması	Avcılık veri paylaşımı, saha gözlemleri, görsel kayıtlar, eğitim katılımı, ihlal bildirimleri

Sonuç

Sinop-Karakum kıyılarında deniz çayırıyla ilişkili yapay resif sahası (ARs), yapay resif içermeyen deniz çayırı (SG) kontrol sahasına göre tür/takson zenginliği, birey sayısı ve standartlaştırılmış av göstergeleri bakımından daha yüksek değerler göstermiştir. Bununla birlikte, SG kontrol sahası doğal deniz çayırı habitatının korunması gereken temel ekolojik referans niteliğini ortaya koymuştur. Çalışma, yapay resif-deniz çayırı birlikteliğinin ancak deniz çayırı bütünlüğü korunarak, av baskısı yönetilerek ve çok mevsimli izleme yaklaşımı sürdürülerek ekosistem temelli yönetim aracı hâline gelebileceğini göstermektedir.

Bu kapsamda çalışma, ARs sahasında gözlenen artışların kısa dönemli av verimi göstergesinden öte, yapay resif (ARs) ve deniz çayırı (SG) birlikteliğinin habitat karmaşıklığı, sığınak sağlama ve tür görünürlüğü üzerindeki potansiyel etkilerini işaret etmektedir. Deniz çayırı (SG) kontrol sahasının korunması ise bu ilişkinin sürdürülebilir biçimde yorumlanabilmesi için zorunludur; çünkü deniz çayırı habitatı, yapay resif uygulamasının çevresel referansını ve doğal üretim tabanını oluşturmaktadır. Gelecek izleme çalışmalarında yapay resif (ARs) ve deniz çayırı (SG) kontrol sahaslarında aynı mevsimsel periyotta CPUE, tür/takson zenginliği, boy kompozisyonu, görsel sayım ve habitat kaplama göstergelerinin birlikte izlenmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, yapay resiflerin deniz çayırı ekosistemleriyle uyumlu kullanımı, küçük ölçekli balıkçılığın yönlendirilmesi ve olası deniz koruma alanı planlamaları için daha güvenilir ve yönetilebilir bir bilimsel temel sağlayacaktır.

Beyanlar

Etik Onay Belgesi

Bu çalışma kapsamında canlı hayvanlar üzerinde deneysel müdahale yapılmamıştır. Araştırmanın saha gözlemleri ve örnekleme bölgede ticari avcılık faaliyeti yapan kıyı balıkçıların av araçları kullanılarak yapıldığından etik onay belgesi alınmasına gerek bulunmamaktadır.



Yazar Katkı Beyanı

Süleyman ÖZDEMİR: Kavramsallaştırma, saha çalışması, veri değerlendirme, yöntem geliştirme ve ilk taslak yazımı. Sabri BİLGİN: Metodoloji, veri değerlendirme, bilimsel kontrol ve metnin gözden geçirilmesi. Zekiye BİRİNCİ ÖZDEMİR: Deniz biyolojisi değerlendirmesi, tür/habitat yorumları, bilimsel kontrol ve metnin gözden geçirilmesi.

Finansman Beyanı

Bu çalışma, Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “Karadeniz’deki Deniz Koruma Alanları için Deniz Çayırlarının Haritalanması Yoluyla İklim Değişikliğine Uyumun Güçlendirilmesi (Strengthening the Climate Change Adaptation through the Mapping of Seagrass Meadows for MPAs in the Black Sea)” MS-MPAs projesinin bir bölümünü oluşturmaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Teşekkür

Yazarlar, desteklerinden dolayı Avrupa Birliğine, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı’na T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ürünleri Genel Müdürlüğü’ne, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik Genel Müdürlüğü’ne, T.C. İçişleri Bakanlığı Samsun Sahil Güvenlik Bölge Komutanlığına, saha çalışmaları ve izleme faaliyetleri sürecinde katkı sağlayan proje ekibine, Sinop bölgesi balıkçılık kooperatiflerine, yerel balıkçılara, tüm paydaşlara ve destek veren tüm kurumlara teşekkür eder.

Kaynaklar

- Aydın, M., & Altaş, S. (2015). Ordu Bölgesi’nde yapay habitat alanlarının belirlenmesi ve ön deneme çalışmaları. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 1(2), 124–134.
- Bacheler, N. M. (2024). A review and synthesis of the benefits, drawbacks, and considerations of using traps to survey fish and decapods. *ICES Journal of Marine Science*, 81(1), 1–21. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad181>
- Baine, M. (2001). Artificial reefs: A review of their design, application, management and performance. *Ocean & Coastal Management*, 44, 241–259.
- Becer, Z. A., & Toslak, C. (2018). Türkiye’de yapay resif uygulamalarına ilişkin bir değerlendirme. 6. ASM Uluslararası Tarım ve Çevre Kongresi 2018 Tam Metin Kitabı, 60–67.
- Bohnsack, J. A. (1989). Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? *Bulletin of Marine Science*, 44(2), 631–645.
- Bohnsack, J. A., & Sutherland, D. L. (1985). Artificial reef research: A review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*, 37(1), 11–39.
- Bortone, S. A., Samoilys, M. A., & Francour, P. (2000). Fish and macroinvertebrate evaluation methods. In W. Seaman Jr. (Ed.), *Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats* (pp. 127–164). CRC Press.
- Düzbastılar, F. O., & Lök, A. (2004). Yapay resif inşasında kullanılan birincil malzemeler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21, 181–185.
- Fabi, G., Scarcella, G., Spagnolo, A., Bortone, S. A., Charbonnel, E., Goutayer, J. J., Haddad, N., Lök, A., & Trommelen, M. (2015). Practical guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black Sea. General Fisheries Commission for the Mediterranean.
- FAO/CWP. (2023). Fishing effort. Coordinating Working Party on Fishery Statistics, Handbook of Fishery Statistical Standards.
- Grossman, G. D., Jones, G. P., & Seaman, W. J., Jr. (1997). Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existing data. *Fisheries*, 22(4), 17–23.
- Guidetti, P. (2000). Differences among fish assemblages associated with nearshore *Posidonia oceanica* seagrass beds, rocky-algal reefs and unvegetated sand habitats in the Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50(4), 515–529.
- Heck, K. L., Jr., Hays, G., & Orth, R. J. (2003). Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 123–136.
- Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. (2000). *Seagrass ecology*. Cambridge University Press.
- Jackson, E. L., Rees, S. E., Wilding, C., & Attrill, M. J. (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service. *Conservation Biology*, 29(3), 899–909.
- Jensen, A. (2002). Artificial reefs of Europe: Perspective and future. *ICES Journal of Marine Science*, 59(Suppl.), S3–S13.
- Kaya, Y., & Lök, A. (2026). A meta-synthesis of artificial reef studies in Türkiye. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(1), 48–58. <https://doi.org/10.12714/egejfas.43.1.06>
- Lattanzi, A., Bellisario, B., & Cimmaruta, R. (2024). A review of fish diversity in Mediterranean seagrass habitats, with a focus on functional traits. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 34, 1329–1358.
- Lök, A., Metin, C., Ulaş, A., Düzbastılar, F. O., & Tokaç, A. (2002). Artificial reefs in Turkey. *ICES Journal of Marine Science*, 59(Suppl.), S192–S195.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Olyarnik, S., Short, F. T., Waycott, M., & Williams, S. L. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*, 56(12), 987–996.





- Petetta, A., Virgili, M., Guicciardi, S., & Lucchetti, A. (2021). Pots as alternative and sustainable fishing gears in the Mediterranean Sea: An overview. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31, 773–795.
- Pickering, H., & Whitmarsh, D. (1997). Artificial reefs and fisheries exploitation: A review of the attraction versus production debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research*, 31(1–2), 39–59.
- Surugiu, V., Teaca, A., & others. (2021). A hotspot in the Romanian Black Sea: Eelgrass beds drive local biodiversity in surrounding bare sediments. *Frontiers in Marine Science*, 8, 745137. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.745137>
- Sánchez-Jerez, P., & Ramos-Esplá, A. A. (2000). Changes in fish assemblages associated with the deployment of an anti-trawling reef in seagrass meadows. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129, 1150–1159.
- Ulaş, A., Düzbastılar, F. O., Lök, A., & Metin, C. (2007). Yapay resiflerde balık örnekleme yöntemlerinin etkinliğinin belirlenmesi üzerine bir ön çalışma. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(3–4), 287–293.
- UNEP. (2020). Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal and UNEP-WCMC.
- Unsworth, R. K. F., & Cullen, L. C. (2010). Recognising the necessity for Indo-Pacific seagrass conservation. *Conservation Letters*, 3(2), 63–73.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T., & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377–12381.

