



Oreochromis niloticus'un Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanlarının Belirlenmesi: Ekolojik Niş Modellemesi Yaklaşımı

Oğuzcan MOL^{1*} Özgür EMİROĞLU²

^{1*}Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, Türkiye

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Geliş Tarihi: 04.06.2025

Kabul Tarihi: 10.07.2025

Basım Tarihi: 31.07.2025

Atf yapmak için: Mol, O., & Emiroğlu, Ö. (2025). *Oreochromis niloticus*'un Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanlarının Belirlenmesi: Ekolojik Niş Modellemesi Yaklaşımı. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(4), 485-492. <https://doi.org/10.35229/jaes.1713798>

How to cite: Mol, O., & Emiroğlu, Ö. (2025). Determination of Potential Distribution Areas of *Oreochromis niloticus* in Turkey: Ecological Niche Modeling Approach. *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(4), 485-492. <https://doi.org/10.35229/jaes.1713798>

*<https://orcid.org/0009-0004-9922-6145>
<https://orcid.org/0000-0002-4433-4286>

*Sorumlu yazar:

Oğuzcan MOL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü,
Eskişehir, Türkiye
✉: oguzcanmol@gmail.com

Öz: *Oreochromis niloticus* (Nil Tilapyası), dünya genelinde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan bir türdür. Nil tilapyası akuakültür tesislerinden doğal ortamlara kaçış sonrası bu yeni alanlara kolay uyum sağlayabilmektedir. Tilapyanın uyum sağlayabileceği yeni alanların bilinmesi akuakültür yönetiminde önemlidir. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin türün habitat değişimlerine olası tepkilerini belirlemek amacıyla hidroloji, fizyografi, antropojenik, toprak, hidroklimatik ve biyoklimatik veriler kullanılarak türün Türkiye'deki güncel ve gelecek uygun habitatları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, *O. niloticus*'un yıllık ortalama sıcaklık (BIO1) %31.7, gerçek buharlaşma (aet_mm) %20.5 ve en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı (BIO9)'un %15 türün dağılımında etkili çevresel ve biyoklimatik değişkenler olduğu görülmüştür. Geleceğe yönelik projeksiyonlar ise türün sıcaklık artışıyla birlikte daha geniş alanlara yayılabileceğini göstermektedir. Bu durum türün dağılım alanlarını genişleterek yeni istila alanları oluşturabileceği bu sebeple akuakültür yapılırken daha dikkatli üretim yapılması önem arz ettiğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: *Oreochromis niloticus*, Tür dağılım modelleri (SDM'ler), maxent, iklim değişikliği.

Determination of Potential Distribution Areas of *Oreochromis niloticus* in Turkey: Ecological Niche Modeling Approach

*Corresponding author's:

Oğuzcan MOL
Eskişehir Osmangazi University, Graduate
School of Natural and Applied Science,
Department of Biology, Eskişehir, Türkiye.
✉: oguzcanmol@gmail.com

Abstract: *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia) is a globally cultivated aquaculture species capable of readily adapting to natural environments following escapes from aquaculture facilities. Identifying suitable habitats for this species is critical for effective aquaculture management. This study employed hydrological, physiographic, anthropogenic, soil, hydroclimatic, and bioclimatic data to determine the current and future suitable habitats of *O. niloticus* in Turkey, aiming to assess its potential responses to climate change-induced habitat shifts. The results indicate that annual mean temperature (BIO1, 31.7%), actual evapotranspiration (aet_mm, 20.5%), and mean temperature of the driest quarter (BIO9, 15%) are key environmental and bioclimatic variables influencing the species' distribution. Future projections suggest that rising temperatures may facilitate the species' expansion into broader areas, potentially leading to the establishment of new invasive populations. Consequently, stringent management practices in aquaculture are essential to mitigate ecological risks.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, Species distribution models (SDMs), MaxEnt, Climate change

GİRİŞ

Küresel gıda talebine bağlı olarak su ürünleri üretimi son yıllarda önemli ölçüde artmış; 1980'lerde balık tedarikinin %6.5'i akuakültürden, %93.5'i avcılıktan sağlanırken, günümüzde akuakültür %48, avcılık ise %52 oranına ulaşmıştır (FAO, 2019). Artan gıda talebi, yeni balık türlerinin akuakültürde kullanılmasına yol açmış; bu kapsamda, yüksek ekolojik tolerans ve hızlı büyüme özelliklerine sahip türler dünyanın çeşitli bölgelerine taşınarak yetiştiriciliğe başlanmıştır (William vd., 2004).

Günümüze kadar yaklaşık 624 balık türü, doğal dağılım alanlarının ötesine taşınmış olup (Gozlan, 2008). Avrupa Birliği bu türleri doğal veya potansiyel habitatları dışında bulunan sucül türler ile genetik olarak değiştirilmiş organizmalar olarak tanımlamıştır (The Council of the European Union, 2007). İnsan faaliyetleri, özellikle akuakültür, balıklandırma, genetik manipülasyon, biyokontrol, biyomanipülasyon ve akvaryum ticareti, bu türlerin yayılmasında önemli rol oynamaktadır (Copp vd., 2005). Ancak, taşınan bu türler, yerel ekosistemlerde besin rekabeti, av baskısı, hibritleşme ve hastalık yayılımı gibi

[¹] Bu makale, Oğuzcan MOL doktora tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Oğuzcan MOL's doctoral thesis.

yollarla biyoçeşitliliği tehdit edebilmektedir (Emiroğlu vd., 2023; Tarkan vd., 2023; Aksu vd., 2021; Vitule vd., 2009). Bu nedenle, akuakültürün faydaları ile yerel ekosistemlerin korunması arasında bir denge kurulması önemlidir.

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758), Nil Nehri havzası, Batı ve Doğu Afrika ile Güneybatı Orta Doğu'ya özgü bir tür olup, Afrika tatlı su balıkları arasında geniş doğal dağılıma sahiptir (Stauffer vd., 2022; Bezault vd., 2011). Hızlı büyümesi, çevresel uyumu ve omnivor beslenmesiyle akuakültürde değerli olan bu tür, Asya, Avrupa ve Amerika'ya yayılarak genellikle tesislerden kaçış yoluyla doğal ekosistemlere girmiştir (Canonico vd., 2005; Ighwela vd., 2011; Emiroğlu, 2011). Nil tilapyası Türkiye'de akuakültür, balıklandırma ve araştırma amaçlı yerel ihtiyofaunaya entegre olmuştur (Çiçek, 2021; Çiçek vd., 2022). Ası Nehri, Köyceğiz Gölü, Sakarya Nehri Havzası, Pınarbaşı Deresi (Burdur), Damsa Baraj Gölü'nde bulunduğu bildirilmiştir (Arslan vd., 2021). Su kalitesinde değişiklikler, habitat tahribatı, trofik kademeler ve ekosistem işlevlerinde değişikliklere neden olma kapasitesi nedeniyle *O. niloticus* küresel çapta en başarılı ve zararlı istilacı balık türleri arasında yer almaktadır (Esmaceli ve Eslami Barzoki, 2023; Shuai ve Li, 2022; Stauffer vd., 2022). Yerli türlerle besin ve alan rekabeti ile biyoçeşitliliği tehdit eden bu tür, iklim değişikliğinin sıcaklık artışlarıyla daha geniş alanlara yayılabilir, istilacı potansiyelini artırarak ekolojik riskleri derinleştirebilir (Zengeya vd., 2013; Rahel ve Olden, 2008). İstilacı türlerin giderek artan popülasyonları ve genişleyen dağılım alanları, biyoçeşitlilik ve ekosistem fonksiyonları üzerinde yarattıkları etkiler nedeniyle, yönetim stratejileri ve kontrol mekanizmaları konusunda önemli kaygılar doğurmaktadır (Barbet-Massin vd., 2018). Bu nedenle küresel istilacı türlerin içerisinde ve ülkemiz ihtiyofaunasında yer alan *O. niloticus*'un güncel ve gelecekteki potansiyel habitatlarının belirlenmesi önemlidir.

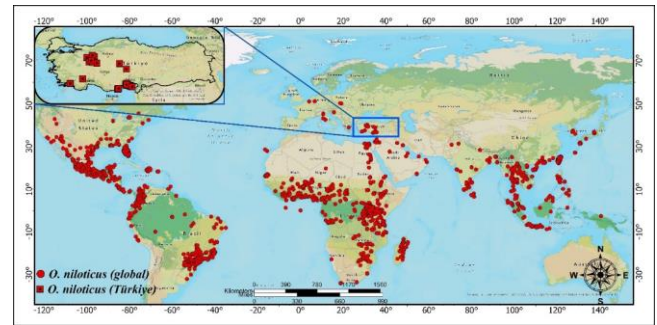
Tür dağılım modelleri (SDM), türlerin çevresel faktörlerle ilişkisini analiz ederek habitat uygunluğunu ve potansiyel yayılım alanlarını tahmin eden etkili bir yöntemdir (Guisan vd., 2017). Bu modeller, özellikle iklim değişikliği gibi çevresel değişikliklerin türlerin dağılımına olan etkilerini değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır (Aksu vd., 2021; Aksu 2021). SDM'ler, türlerin yaşam alanlarındaki azalmaları ve artmaları modelleyerek potansiyel yok oluş risklerini veya potansiyel istila risklerini tahmin etmekte kullanılmakta olup, bu tahminler koruma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Zurell ve Fritz, 2023; Emiroğlu vd., 2023; Aksu, 2020; Aksu, 2021). İnsan faaliyetleri, nüfus artışı, kentsel genişleme ve arazi kullanım değişiklikleri gibi faktörler tür dağılımlarını doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Bu nedenle, biyoklimatik değişkenlerin yanında çevresel değişkenlerinde SDM'lere entegrasyonu, modellerin güvenilirliğini artırarak koruma ve sürdürülebilirlik politikalarına daha kapsamlı bir

bakış açısı sunmaktadır (Haubrock vd., 2024; Aksu vd., 2024).

Bu çalışma, SDM'ler kullanarak *O. niloticus*'un Türkiye'deki güncel ve gelecekteki potansiyel habitatlarını, dağılımında etkili çevresel faktörleri ve istilacı tür yönetiminde sürdürülebilir yaklaşımlar için katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

MATERYAL VE METOT

Tür varlık verileri: *O. niloticus*'un varlık kayıtları, saha gözlemleri, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) veri tabanı ve literatürden (Emiroğlu vd., 2018; Çiçek, 2021; Aksu vd., 2018; Aksu vd., 2021; Arslan vd., 2021) derlenmiştir (Şekil 1). Veri kalitesini artırmak için çakışan kayıtlar ve düşük konumsal doğruluklu veriler silinmiştir. Türün hem doğal hem de taşındığı bölgelerden elde edilen varlık verileri kullanılmıştır. Bu yaklaşım, istilacı türlerin yayılımını daha doğru tahmin etmeye olanak tanır (Zengeya vd., 2013). Türün hem doğal hem de taşındığı bölgelerden elde edilen varlık verileri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. *O. niloticus* varlık verileri ve çalışma alanı.

Figure 1. *O. niloticus* presence data and study area.

Çevresel değişkenler: Çalışmada iki ayrı model uygulanmıştır. Birinci model güncel ve gelecek habitat uygunluklarını belirleyen biyoklimatik model, ikincisi hidroklimatik modeldir. Biyoklimatik veriler (BIO1-19) 2.5 arc dakika (~4.6 km ekvator yakınında) çözünürlükte WorldClim 2.1 veri tabanından (Fick ve Hijmans, 2017) elde edilmiştir. Hidroloji, fizyografi, antropojenik ve toprak verileri HYDROATLAS verilerinden (Linke vd., 2019; Lehner vd., 2022) katman haline getirilmiştir. Tüm çevresel değişkenlerin hazırlanmasında Arcgis Pro 3.4 (Esri, 2024) kullanılmıştır.

Gelecek iklim senaryoları: Gelecekteki iklim projeksiyonları, WorldClim'in CMIP6 küresel iklim modellerinden (WorldClim CMIP6) indirgenmiş verileriyle oluşturulmuştur (Eyring vd., 2016). Düşük ve yüksek sera gazı emisyon senaryolarını temsil eden Paylaşılmış Sosyo-Ekonomik Yollar (SSPs) 126 (iyimser) ve 585 (kötümser), 2050 (2041-2060) ve 2100 (2081-2100) yılları için seçilmiştir (Riahi vd., 2017). Kullanılan modeller seçilirken

Türkiye için en uygun GCM modelleri olan HadGEM3-GC31-MM, GFDL-ESM4 ve MPI-ESM1-2-HR (Akçakaya vd., 2015) seçilerek bütünlük model oluşturulmuştur.

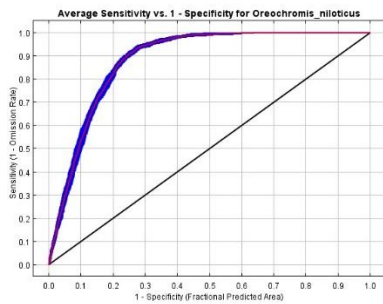
Korelasyon analizi: Modelde çoklu doğrusallığı ve aşırı uyumu önlemek için Pearson korelasyon analizi yapılmış, katsayı değeri ≥ 0.9 olan değişkenler çıkarılmış, geri kalan değişkenler Variance Inflation Factor (VIF) analizi yapılarak VIF değeri > 10 olanlar modelden çıkarılmış olup (Naimi, 2017), geri kalan çevresel değişkenler modelde kullanılmıştır (Tablo 1, Tablo 2). Bu işlemler, modelin tahmin doğruluğunu artırır ve yanlış yorumlamaları azaltır (Hamzaoui vd., 2023). Korelasyon ve VIF analizleri R Cran versiyon 4.4.2'de 'usdm' paketi kullanılarak yapılmıştır (Naimi vd., 2014).

Tablo 1. Biyoklimatik modelde kullanılan değişkenler.

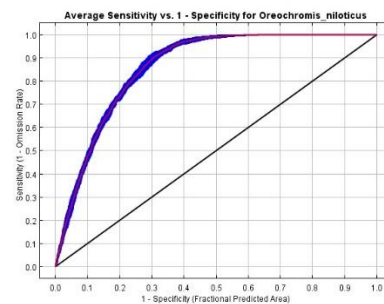
Table 1. Variables used in the bioclimatic model.

Değişken	Açıklama
Bio_1	Yıllık Ortalama Sıcaklık
Bio_2	Günlük sıcaklık değişiminin aylık ortalaması (günlük maksimum sıcaklık/minimum sıcaklık)
Bio_3	İzotermalite (ikinci değişken/yedinci değişken) * 100)
Bio_5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı
Bio_8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
Bio_9	En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
Bio_12	Yıllık Yağış Miktarı
Bio_13	En Yağışlı Ayın Yağış Miktarı
Bio_14	En Kurak Ayın Yağış Miktarı
Bio_15	Yağış Mevsimselliği (Değişim Katsayısı)
Bio_18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Miktarı
Bio_19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Miktarı

Tür dağılım modellemesi, Maksimum Entropi (MaxEnt) 3.4.4 sürümü kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Phillips vd., 2023). Model ayarlarında, maksimum arka plan noktası sayısı 10000, çoğaltılmış çalışma türü çapraz doğrulama (crossvalidate), maksimum yineleme 500, eşik kuralı olarak yüzde 10 eğitim varlığı kullanılmış ve her iki modelde 10 tekrarlı olarak çalıştırılmıştır.



A



B

Şekil 2. Hidroklmatik (A) ve Biyoklimatik (B) modellerin AUC değeri.

Figure 2. AUC value of Hydroclimatic (A) and Bioclimatic (B) models.

Hidroklmatik model değerlendirme sonucunda türün dağılımında etkili olan değişkenler sırasıyla BIO1 %31.7, aet_mm %20.5, ve BIO9 %15 olmuştur. Özellikle, BIO1 değişkeninin permütasyon önemi (%41.3) katkı oranına (%31.7) kıyasla oldukça yüksek bulunmuş, bu da modelin bu değişkene duyarlılığını vurgulamaktadır (Tablo 3). Bu sonuçlar BIO1, aet_mm ve BIO9'un *O. niloticus*'un habitat alanlarının belirleyici çevresel ve

Tablo 2. Hidroklmatik modelde kullanılan çevresel değişkenler.

Table 2. Environmental variables used in the hydroclimatic model.

Değişken	Açıklama	Değişken	Açıklama
Bio_1	Yıllık Ortalama Sıcaklık	clz_cl	İklim zonları
Bio_2	Günlük sıcaklık değişiminin aylık ortalaması	Ele	Yükseklik
Bio_3	İzotermalite	fnnh_cl	Tatlı su ana habitat tipleri
Bio_5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı	kar_pc	Karstik alan kapsamı
Bio_8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı	lit_cl	Litolojik sınıflar
Bio_9	En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı	lka_pc	Göl alanı oranı
Bio_12	Yıllık Yağış Miktarı	lkv_mc	Göl hacmi
Bio_13	En Yağışlı Ayın Yağış Miktarı	pet_mm	Gerçek buharlaşma
Bio_14	En Kurak Ayın Yağış Miktarı	rev_mc	Baraj hacmi
Bio_15	Yağış Mevsimselliği (Değişim Katsayısı)	ria_ha	Nehir alanı
Bio_18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Miktarı	riv_tc	Nehir hacmi
Bio_19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Miktarı	run_mm	Kara yüzey akışı
aet_mm	Gerçek buharlaşma	sgr_dk	Akarsu eğimi
ari_ix	Küresel kuraklık endeksi	snd_pc	Topraktaki kum oranı
dis_m3	Doğal deşarj	wet_cl	Sulak alan sınıfları
dor_pc	Barajların akış düzenleme derecesi		

Model performansı, Alıcı İşletim Karakteristiği (ROC) eğrisi ve Eğri Altındaki Alan (AUC) istatistiği kullanılarak değerlendirilmiştir. AUC değerleri 0 ile 1 arasında değişir; burada 1, %100 doğruluk oranını gösterirken, ≤ 0.5 değerler modelin tahmin gücünün rastgele bir tahminden daha iyi olmadığını, 0.9'un üzerinde olduğunda model performansının mükemmel olduğunu ifade eder (Araújo vd., 2005 ; Alexandre da Silva vd., 2019; Marchessaux vd., 2021 ; Alqadhi vd., 2022). Çevresel değişkenlerin modeldeki katkısını belirlemek için Jackknife testi ve permütasyon önemleri uygulanmıştır.

BULGULAR

Çalışmada *O. niloticus* için yapılan hidroklmatik ve biyoklimatik modellerin model performansının çok iyi seviyede olduğu görülmüştür (A: Hidroklmatik model AUC 0.883, B: Biyoklimatik model 0.861, Şekil 2).

biyoklimatik değişkenler olduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Tropikal ve subtropikal bir tür olan *O. niloticus*'un habitat uygunluğu, yıllık ortalama sıcaklık (BIO1) değerinin 20-28°C aralığında en yüksek düzeye ulaştığı saptanmıştır. Gerçek buharlaşma (Aet_mm) değerinin 1000-1500 mm aralığında habitat uygunluğunu artırdığı, ancak daha yüksek değerlerde uygunluğun

azaldığı belirlenmiştir. Bu durum türün su stresine karşı duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı (BIO9) değerinin 16-28°C aralığında habitat uygunluğunu desteklediği, daha yüksek sıcaklıklarda ise uygunluğun düştüğü gözlenmiştir. Bu, türün kurak dönem sıcaklıklarına karşı hassasiyetini yansıtmaktadır (Nivelle vd., 2019). İzotermalite (BIO3) değeri arttıkça sıcaklık değişimleri azalmaktadır. Bu da daha stabil iklimsel şartların oluşmasını sağlamaktadır. Çalışmamızda, BIO3 değerinin artmasıyla habitat uygunluğunun arttığı, sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu yerlerde uygun habitatların oluşmadığı buda türün stabil sıcaklık koşullarına sahip bölgelere uyum sağladığını göstermektedir. En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı (BIO8) değerinin 10-28°C aralığında habitat uygunluğunu artırdığı, ancak daha yüksek sıcaklıklarda uygunluğun azaldığı saptanmıştır. Tatlı su ana habitat tipleri (Fmh_cl) değerine bakıldığında türün büyük göller, tropikal ve subtropikal kıyı nehirlerinde uygun habitatlar olduğu görülmüştür. Göl alanı oranı (Lka_pc) değerinin artmasıyla habitat uygunluğunun yükseldiği, ancak aşırı yüksek değerlerin tür dağılımını olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Göl hacmi (Lka_mc) değerinin artmasıyla habitat uygunluğunun arttığı tespit edilmiştir. En yağışlı ayın yağış miktarı (BIO13) değerinin yükselmesiyle habitat uygunluğunun da arttığı saptanmıştır. Sulak alan sınıfları (Wet_cl) değerine bakıldığında türün barajlar ile kıyısız sulak alanlarda uygun habitatların olduğu bataklıkların ise uygun habitatlar olmadığı görülmüştür. Topraktaki kum oranı (Snd_pc) değerine bakıldığında türün hafif kumlu alanları tercih ettiği, snd_pc değerinin artışında ise habitat uygunluğunun olumsuz etkilendiği belirlenmiştir (Şekil 3). Türün habitat uygunluk modelinde Türkiye'nin sıcak sularının olduğu bölgeler (Özşahin ve Kaymaz, 2013), kıyı bölgeleri, sıcaklığın yüksek olduğu Akdeniz ve Ege kıyı bölgelerinin uygun habitatlar olduğu görülmüştür (Şekil 4).

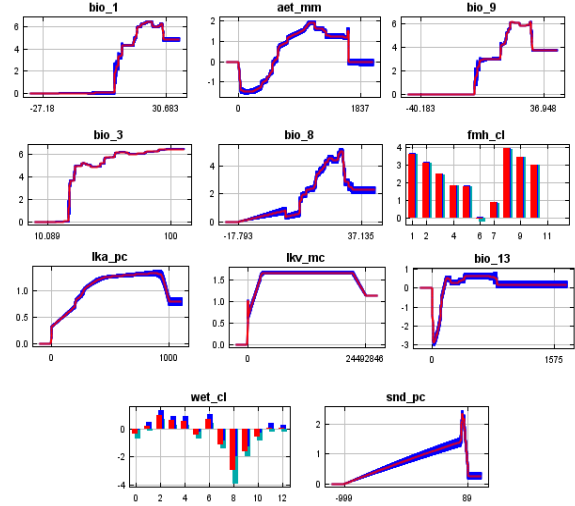
Tablo 3. Hidroklimatik modelde değişkenlerin katkısı.

Table 3. Contribution of variables in the hydroclimatic model.

Değişken	Permütasyon Katkısı (%)	Permütasyon Önemi (%)	Değişken	Permütasyon Katkısı (%)	Permütasyon Önemi (%)
Bio1	31.7	41.3	sgr_dk	0.5	0.3
Aet_mm	20.5	1.9	Bio18	0.4	0.7
Bio9	15	13.5	rev_mc	0.4	0.4
fmh_cl	5.3	4.7	kar_pc	0.4	1
lka_pc	4.6	2	Bio15	0.3	0.6
lka_mc	4.6	0.8	pet_mm	0.2	1.3
Bio13	3.2	0.4	dor_pc	0.2	0.2
wet_cl	2.9	2.5	Bio14	0.2	0.4
snd_pc	2.3	5	Bio19	0.1	0.4
dis_m3	1.5	2.7	Bio2	0.1	0.5
clz_cl	1.4	0.4	run_mm	0.1	0.1
Bio3	1.3	9.3	Bio12	0.1	0.2
Bio8	1	6.3	ari_ix	0	0.1
ele	0.7	1.3	ria_ha	0	0.2
lit_cl	0.6	0.8	ria_tc	0	0
Bio5	0.5	0.8			

Biyoklimatik model değerlendirmesinde modele en çok etki eden değişkenler sırasıyla Yıllık ortalama sıcaklık (BIO1), En yağışlı ayın yağış miktarı (BIO13), En

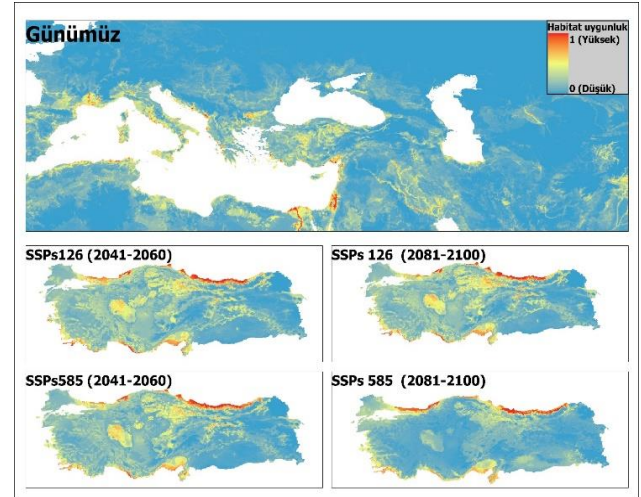
kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı (BIO9) ve Yıllık yağış (BIO12) olmuştur. Ayrıca permütasyon önemine bakıldığında İzotermalite (BIO3) ve En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı (BIO8) değerlerinin artışı türün uygun habitatlar kazandığını göstermektedir.



Şekil 3. Hidroklimatik modelde etkili değişkenler.

Figure 3. Contribution of variables in the hydroclimatic model.

O. niloticus'un gelecek senaryolarına göre türün 2050 ve 2100 yılı için iyimser (SSPs 126) ve kötümser (SSPs 585) senaryolarına göre uygun habitatların genişlediği, özellikle Karadeniz kıyı zonlarının gelecekte uygun habitatlar olacağı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Biyoklimatik model.

Figure 4. Bioclimatic model.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İklim değişikliği, küresel ölçekte olduğu gibi Türkiye'de de su kaynakları, biyoçeşitlilik ve ekosistem işleyişi üzerinde önemli tehditler oluşturmaktadır (Demir, 2009). Türkiye, subtropik iklim kuşağında yer alması nedeniyle bu değişikliklerden en çok etkilenecek

ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir (Aktaş, 2014; Şen, 2022). Özellikle iç su ekosistemleri, sıcaklık artışları, buharlaşma miktarındaki yükselmeler ve yağış rejimindeki değişikliklerden dolayı yüksek düzeyde kırılganlık sergilemektedir (Giannetto ve İnnal, 2021).

Son yıllarda Türkiye'nin yarı kurak bölgelerinde göl alanlarında ciddi küçülmeler, sulak alanların kaybı ve suyun tuzlanması gibi ekosistem yıkımları rapor edilmiştir (Yılmaz vd., 2021). Bu ekosistemlerdeki biyoçeşitlilik, özellikle endemik tatlı su balık türleri açısından son derece zengin olmakla birlikte, ciddi oranda tehdit altındadır. Nitekim Türkiye'deki endemik tatlı su balık türlerinin %61'i tehdit altındadır (Giannetto ve İnnal, 2021). İklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık, tuzluluk ve pH seviyelerindeki artışlar ile kirliliğin birleşik etkileri, sucul ekosistemlerde su stresi baskısını artıracakı düşünülmektedir (Diken, 2020). İklim değişikliğine ek olarak, tarımsal sulama için su çekimi, kirlilik, baraj inşaatları ve istilacı türlerin etkisi birleşerek bu tehditleri derinleştirmektedir (Korkmaz vd., 2023).

Afrika nehir sistemlerinde gerçekleştirilen ekolojik niş modelleme çalışmaları, *O. niloticus*'un geniş iklimsel toleransı ve çevresel adaptasyon yeteneği sayesinde yüksek istilacılık potansiyeli taşıdığını, özellikle habitat örtüşmesi sonucu yerli türler üzerinde ciddi rekabet baskıları oluşturduğunu ve bu türün potansiyel dağılım alanları ile biyolojik çeşitlilik açısından kritik bölgelerle örtüşmesinin mevcut koruma planlarının etkinliğini tehdit edebileceğini göstermektedir (Zengeya vd., 2013).

Türkiye'nin sıcaklık profiline baktığımızda, Güney ve Batı kıyılarındaki ortalama sıcaklıkların halihazırda 20°C üzeri olduğu ve gelecekteki iklim senaryolarında daha da artacağı öngörülmektedir (Selek vd., 2018). Bu durum, *O. niloticus*'un özellikle Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgelerindeki baraj gölleri ve nehir sistemlerinde yerleşmesi ve hızla yayılması için uygun bir ortam sağlamaktadır. *O. niloticus*'un iklim değişikliğine bağlı olarak daha kuzey bölgelere doğru yayılma potansiyeline sahip olduğu, artan sıcaklıkların kurak bölgelerde bile yaşam alanları bulduğu, ancak aynı zamanda yerel türler üzerinde baskı oluşturduğu rapor edilmiştir. (Esmaeili ve Barzoki, 2023).

Türkiye, yüksek endemizm oranına sahip bir iç su faunasına sahip olup özellikle İç Anadolu, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde, sadece Türkiye'ye özgü çok sayıda tatlı su balığı bulunmaktadır (Giannetto ve İnnal, 2021). Bu türlerin çoğu düşük termal toleransa sahiptir ve *O. niloticus* gibi geniş toleranslı türlerle rekabet edemez. *O. niloticus* yayılması durumunda bu türlerin hızla yer değiştirmesi veya popülasyonlarının çökmesi mümkündür.

Model değerlendirmesinde, yıllık ortalama sıcaklık (BIO1), gerçek buharlaşma (aet_mm) ve en kurak çeyrek sıcaklığı (BIO9) gibi değişkenlerin *O. niloticus*'un

dağılımında belirleyici rol oynadığı ortaya konulmuştur. Sonuçlar, türün ılıman-sıcak su koşullarında en iyi gelişimi sergilediğini desteklemektedir (Komba vd., 2020). Bu durum, sıcaklık artışlarının istilacı türlerin yayılım potansiyelini Türkiye'de artıracakını göstermektedir. Türkiye'nin güney ve batı kıyılarındaki sıcaklıkların halihazırda 20°C'yi aşması ve gelecekte daha da artacağının öngörülmesi (Selek vd., 2018), modelde BIO1'in yüksek önem derecesine sahip olmasıyla örtüşmektedir. Artan sıcaklıkların neden olduğu yüksek buharlaşma oranları, Türkiye'de bazı bölgelerde *O. niloticus* için optimum habitat koşulları sunabilecek daha elverişli ortamlar yaratabilir. Ancak bu aynı zamanda su stresi altındaki endemik türler için yaşam alanı kaybı anlamına da gelmektedir (Korkmaz vd., 2023). Dolayısıyla iklim değişikliğinin istilacı türlerin dağılımına olumlu yerel türlerin dağılımına olumsuz etki edeceği ortaya çıkmaktadır. BIO3 (izotermalite) iklimsel stabiliteye işaret eder. BIO3'teki artışın sıcaklık değişkenliğini azaltması, daha stabil termal koşullar oluşturmada ve bu durum *O. niloticus* için elverişli bir ortam yaratmaktadır (Vythalingam vd., 2022). Buna ek olarak, göl hacmi, toprak kum oranı gibi edafik ve çevresel faktörlerin türün yerleşme başarısında etkili olması, barajlar ve habitat değişiklikleriyle birleştiğinde, türün yayılımının insan kaynaklı baskılarla da desteklendiğini göstermektedir.

Geleceğe yönelik senaryolarda, özellikle 2050 ve 2100 yılına kadar olan iyimser ve 2050 kötümser iklim senaryolarına göre *O. niloticus*'un habitat alanının genişleyebileceği öngörülmektedir (Şekil 4.). Bu, sıcaklık artışlarının türün termal tolerans aralığını desteklemesiyle, bugüne kadar uygun olmayan iç bölgelerde bile dağılım potansiyelinin ortaya çıkacağı anlamına gelmektedir. 2100 yılına kadar olan kötümser senaryoda ise türün iç bölgelerden daha çok kuzey enlemlerdeki kıyı alanlarında habitat kazandığını göstermektedir. Bu durum türün sıcaklık artışına bağlı olarak kuzey bölgelere doğru yayılma potansiyeline sahip olduğunu doğrulamaktadır (Esmaeili ve Eslami Barzoki, 2023).

Sonuç olarak, *O. niloticus*'un habitat uygunluğu büyük ölçüde sıcaklık, yağış ve iklim stabiliteye bağlıdır. Önümüzdeki yıllarda, özellikle kötümser iklim senaryolarına göre, türün daha önce uygun olmayan bölgelerde de kalıcı hale gelmesi ve yerli türleri tehdit etmesi olasıdır. Bu durum, Türkiye'nin iç su ekosistemlerinde izleme, erken uyarı ve biyolojik kontrol sistemlerinin güçlendirilmesini gerektirmektedir. Bu bulgular, hem mevcut habitat yönetimi hem de istilacı tür risk değerlendirmeleri için kritik önemdedir. Ayrıca iklim değişikliğinin türün yayılımı üzerindeki potansiyel etkisi, sucul ekosistemlerdeki biyolojik çeşitlilik yönetimi açısından dikkatle ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., & Çukurçayır, F. (2015) Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, 149s. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf> Erişim tarihi: 11.12.2024.
- Aksu, S., Başkurt, S., Çiçek, A., & Emiroğlu, Ö. (2018). Seydisuyu Balık Faunasının Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, **11**(1), 42-46.
- Aksu, S. (2020). Possible effects of climate change on the habitats of the trout species: predicting the current and future distribution of anatolian sea trout (*Salmo coruhensis* Turan, Kottelat & Engin, 2010) under climate change, using the maxent model. *Fresenius Environmental Bulletin*, **29**(10), 9031-9042.
- Aksu, S. (2021). Current and future potential habitat suitability prediction of an endemic freshwater fish species *Seminemacheilus lendlii* (Hankó, 1925) using Maximum Entropy Modelling (MaxEnt) under climate change scenarios: implications for conservation. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, **7**(1), 83-91. DOI: [10.17216/limnofish.758649](https://doi.org/10.17216/limnofish.758649)
- Aksu, S., Başkurt, S., Emiroğlu, Ö., & Tarkan, A. S. (2021). Establishment and range expansion of non-native fish species facilitated by hot springs: the case study from the Upper Sakarya Basin (NW, Turkey). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **50**(3), 247-258. DOI: [10.2478/oandhs-2021-0021](https://doi.org/10.2478/oandhs-2021-0021)
- Aksu, S., Mercan, D., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Haubrock, P. J., Soto, I., & Tarkan, A. S. (2024). Determining environmental drivers of global mud snail invasions using climate and hydroclimate models. *Hydrobiologia*, **851**(16), 3991-4006. DOI: [10.1007/s10750-024-05554-x](https://doi.org/10.1007/s10750-024-05554-x)
- Aktaş, Ö. (2014). Impacts of climate change on water resources in Turkey. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, **13**(4). DOI: [10.30638/eemj.2014.092](https://doi.org/10.30638/eemj.2014.092)
- Alexandre da Silva, M.V., Nunes Souza, J.V., de Souza, J.R.B., & Vieira, L.M. (2019). Modelling species distributions to predict areas at risk of invasion by the exotic aquatic New Zealand mudsnail *Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843). *Freshwater Biology*, **64**(8), 1504-1518. DOI: [10.1111/fwb.13323](https://doi.org/10.1111/fwb.13323)
- Alqadhi, S., Mallick, J., Talukdar, S., Ahmed, M., Khan, R.A., Sarkar, S.K., & Rahman, A. (2022). Assessing the effect of future landslide on ecosystem services in Aqabat Al-Sulbat region, Saudi Arabia. *Natural Hazards*, **113**(1), 641-671. DOI: [10.1007/s11069-022-05318-7](https://doi.org/10.1007/s11069-022-05318-7)
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, **11**(9), 1504-1513. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x)
- Arslan, P., İnnal, D., & Özeren, S.C. (2021). Notes on the Distribution of the Genus *Oreochromis* in the East Mediterranean Region of Turkey. *Commagene Journal of Biology*, **5**(1), 18-23. DOI: [10.31594/commagene.824644](https://doi.org/10.31594/commagene.824644)
- Barbet-Massin, M., Rome, Q., Villemant, C., & Courchamp, F. (2018). Can species distribution models really predict the expansion of invasive species?. *PloS one*, **13**(3), e0193085. DOI: [10.1371/journal.pone.0193085](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193085)
- Bezaul, E., Balaesque, P., Toguyeni, A., Fermon, Y., Araki, H., Baroiller, J.F., & Rognon, X. (2011). Spatial and temporal variation in population genetic structure of wild Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) across Africa. *BMC genetics*, **12**, 1-16. DOI: [10.1186/1471-2156-12-102](https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-102)
- Canonico, G.C., Arthington, A., McCrary, J.K., & Thieme, M.L. (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **15**(5), 463-483. DOI: [10.1002/aqc.699](https://doi.org/10.1002/aqc.699)
- Copp, G.H., Bianco, P.G., Bogutskaya, N.G., Erős, T., Falka, I., Ferreira, M.T.M., Fox, G., Freyhof, J., Gozlan, R.E., Grabowska, J., Kováč, V., Moreno-Amich, R., Naseka, A.M., Peñáz, M., Povž, M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I.C., Stakėnas, S., Sümer, S., Vila-Gispert, A., & Wiesner, C. (2005). To be, or not to be, a non-native freshwater fish?. *Journal of Applied Ichthyology*, **21**(4), 242-262. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2005.00690.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2005.00690.x)
- Çiçek, E. (2021). Türkiye'deki egzotik tilapya türlerinin mevcut durumu. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**(1), 111-116. DOI: [10.12714/egejfas.38.1.14](https://doi.org/10.12714/egejfas.38.1.14)
- Çiçek, E., Eagderi, S., & Sungur, S. (2022). A review of the alien fishes of Turkish inland waters. *Turkish Journal of Zoology*, **46**(1), 1-13. DOI: [10.3906/zoo-2109-13](https://doi.org/10.3906/zoo-2109-13)
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, **1**(2), 37-54. DOI: [10.1501/Csaum_0000000013](https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000013)
- Diken, G. (2020). Antropojenik iklim değişikliğinin balıkçılık ve su ürünleri üzerine etki ve yönetim stratejilerine genel bir bakış. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**(3), 295-303. DOI: [10.35229/jaes.718925](https://doi.org/10.35229/jaes.718925)
- Emiroğlu, Ö. (2011). Alien fish species in upper Sakarya River and their distribution. *African Journal of Biotechnology*, **10**(73), 16674-16681. DOI: [10.5897/AJB11.2502](https://doi.org/10.5897/AJB11.2502)
- Emiroğlu, Ö., Başkurt, S., Aksu, S., Giannetto, D., & Tarkan, A.S. (2018). Standard weight equations

- of two sub-/tropic nonnative freshwater fish, *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, in the Sakarya River Basin (NW Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 42(6), 694-699. DOI: 10.3906/zoo-1802-36
- Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Başkurt, S., Britton, J.R., & Tarkan, A.S. (2023). Predicting how climate change and globally invasive piscivorous fishes will interact to threaten populations of endemic fishes in a freshwater biodiversity hotspot. *Biological Invasions*, 25(6), 1907-1920. DOI: 10.1007/s10530-023-03016-4
- Esmaeili, H.R., & Eslami Barzoki, Z. (2023). Climate change may impact Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) distribution in the Southeastern Arabian Peninsula through range contraction under various climate scenarios. *Fishes*, 8(10), 481. DOI: 10.3390/fishes8100481
- Esri. (2024). *ArcGIS Pro (Version 3.4)* [Computer software]. Environmental Systems Research Institute. <https://www.esri.com>
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G.A., Senior, C.A., Stevens, B., Stouffer, R.J., & Taylor, K.E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958. DOI: 10.5194/gmd-9-1937-2016
- FAO. (2019). *FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics*. Erişim Tarihi: 26 Aralık 2024, https://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2019_USBcard/navigation/index_intro_e.htm.
- Fick, S.E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315. DOI: 10.1002/joc.5086
- Giannetto, D., & Innal, D. (2021). Status of endemic freshwater fish fauna inhabiting major lakes of Turkey under the threats of climate change and anthropogenic disturbances: A review. *Water*, 13(11), 1534. DOI: 10.3390/w13111534
- Gozlan, R.E. (2008). Introduction of non-native freshwater fish: is it all bad?. *Fish and fisheries*, 9(1), 106-115. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2007.00267.x
- Guisan, A., Graham, C.H., Elith, J., Huettmann, F., & NCEAS Species Distribution Modelling Group. (2007). Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13(3), 332-340. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2007.00342.x
- Hamzaoui, M., Aoueilayine, M.O.E., Romdhani, L., & Bouallegue, R. (2023). Optimizing XGBoost performance for fish weight prediction through parameter pre-selection. *Fishes*, 8(10), 505. DOI: 10.3390/fishes8100505
- Haubrock, P.J., Soto, I., Kourantidou, M., Ahmed, D.A., Serhan Tarkan, A., Balzani, Bego, P.K., Kouba, A., Aksu, S., Briski, E., Sylvester, F., De Santis, V., Archambaud-Suard, G., Bonada, N., Cañedo-Argüelles, M., Csabai, Z., Datry, T., Floury, M., Fruget, J.F., Jones, J.I., Lizée, M.H., Maire, A., Murphy, J.F., Ozolins, D., Rasmussen, J.J., Skuja, A., Várbaró, G., Verdonschot, P., Verdonschot, R.C.M., Wiberg-Larsen, P., & Cuthbert, R.N. (2024). Understanding the complex dynamics of zebra mussel invasions over several decades in European rivers: drivers, impacts and predictions. *Oikos*, 2024(4), e10283. DOI: 10.1111/oik.10283
- Ighwela, K.A., Ahmed, A.B. & Abol-Munafi, A.B. (2011). Condition factor as an indicator of growth and feeding intensity of Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) feed on different levels of maltose. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 11(4), 559-563.
- Komba, E.A., Munubi, R.N. & Chenyambuga, S.W. (2020). Comparative evaluation of water quality parameters and growth performance of sex-reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in two different climatic conditions in Tanzania. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 18-23
- Korkmaz, M., Mangit, F., Dumlupınar, İ., Çolak, M.A., Akpınar, M.B., Koru, M., Pacheco, J.P., Ramírez-García, A., Yılmaz, G., Amorim, C.A., Özgencil, İ.K., İnnal, D., Yerli, S.V., Özkan, K., Akyürek, Z., Beklioğlu, M., & Jeppesen, E. (2023). Effects of climate change on the habitat suitability and distribution of endemic freshwater fish species in semi-arid central Anatolian ecoregion in Türkiye. *Water*, 15(8), 1619. DOI: 10.3390/w15081619
- Lehner, B., Messenger, M.L., Korver, M.C., & Linke, S. (2022). Global hydro-environmental lake characteristics at high spatial resolution. *Scientific Data*, 9(1), 351. DOI: 10.1038/s41597-022-01425-z
- Linke, S., Lehner, B., Ouellet Dallaire, C., Ariwi, J., Grill, G., Anand, M., & Thieme, M. (2019). Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution. *Scientific Data*, 6(1), 283. DOI: 10.1038/s41597-019-0300-6
- Marchessaux, G., Luskow, F., Sarà, G., & Pakhomov, E.A. (2021). Predicting the current and future global distribution of the invasive freshwater hydrozoan *Craspedacusta sowerbii*. *Scientific Reports*, 11(1), 23099.
- Naimi, B., Hamm, N.A., Groen, T.A., Skidmore, A.K., & Toxopeus, A.G. (2014). Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?. *Ecography*, 37(2), 191-203. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x
- Naimi, B., & Naimi, M.B. (2017). Package 'usdm'. Uncertainty analysis for species distribution models. *R-Cran*, 18, 1-19.
- Nivelle, R., Gennotte, V., Kalala, E.J.K., Ngoc, N.B., Muller, M., Melard, C., & Rougeot, C. (2019). Temperature preference of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles induces

- spontaneous sex reversal. *PLoS One*, **14**(2), e0212504. DOI: [10.1371/journal.pone.0212504](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212504)
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç.K. (2013). Türkiye'nin Termal Su Kaynaklarının Coğrafi Açından Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **50**, 25-37.
- Phillips, J.S., Dudík, M., & Schapire, E.R. (2023). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Erişim tarihi: 2024.30.12.
- Rahel, F.J., & Olden, J.D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, **22**(3), 521-533. DOI: [10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x)
- Riahi, K., Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S., & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, **42**, 153-168. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009)
- Selek, B., Tuncok, I.K., & Selek, Z. (2018). Changes in climate zones across Turkey. *Journal of Water and Climate Change*, **9**(1), 178-195. DOI: [10.2166/wcc.2017.121](https://doi.org/10.2166/wcc.2017.121)
- Shuai, F. & Li, J. (2022). Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) Invasion Caused Disruption to the Trophic Structure of Fish Communities in the South China River-Pearl River. *Biology*, **11**, 1665. DOI: [10.3390/biology11111665](https://doi.org/10.3390/biology11111665)
- Stauffer, J.R., Chirwa, E.R., Jere, W., Konings, A.F., Tweddle, D., & Weyl, O. (2022). Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae): a threat to native fishes of Lake Malawi?. *Biological Invasions*, **24**(6), 1585-1597. DOI: [10.1007/s10530-022-02756-z](https://doi.org/10.1007/s10530-022-02756-z)
- Şen, Z. (2022). İklim değişikliği ve Türkiye. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, **1**(1), 1-19.
- Tarkan, A.S., Mol, O., Aksu, S., Köse, E., Kurtul, I., Başkurt, S., & Emiroğlu, Ö. (2023). Phenotypic responses to piscivory in invasive gibel carp populations. *Aquatic Sciences*, **85**(3), 75. DOI: [10.1007/s00027-023-00974-8](https://doi.org/10.1007/s00027-023-00974-8)
- The Council of the European Union, Council Regulation. (2024). 708/2007 Concerning use of alien and locally absent species in aquaculture. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0708&from=EN>. Erişim tarihi 31.12.2024.
- Vitule, J. R. S., Freire, C. A. & Simberloff, D. (2009). Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, **10**(1), 98-108. DOI: [10.1111/j.1467-2979.2008.00312.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00312.x)
- Vythalingam, L.M., Raghavan, R., Hossain, M., & Bhassu, S. (2022). Predicting aquatic invasions in a megadiverse region: Maximum-entropy-based modelling of six alien fish species in Malaysia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **32**(1), 157-170. DOI: [10.1002/aqc.3729](https://doi.org/10.1002/aqc.3729)
- Williams, M.J. (2004). World fish supplies, outlook and food security. *Fish, Aquaculture and Food Security: Sustaining Fish as Food Supply*, August 11. 2004, Australia, 1-12
- Yılmaz, G., Çolak, M.A., Özgencil, İ.K., Metin, M., Korkmaz, M., Ertuğrul, S., & Jeppesen, E. (2021). Decadal changes in size, salinity, waterbirds, and fish in lakes of the Konya Closed Basin, Turkey, associated with climate change and increasing water abstraction for agriculture. *Inland Waters*, **11**(4), 538-555. DOI: [10.1080/20442041.2021.1924034](https://doi.org/10.1080/20442041.2021.1924034)
- Zengeya, T.A., Robertson, M.P., Booth, A.J., & Chimimba, C.T. (2013). Ecological niche modeling of the invasive potential of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in African river systems: concerns and implications for the conservation of indigenous congeners. *Biological Invasions*, **15**, 1507-1521. DOI: [10.1007/s10530-012-0386-7](https://doi.org/10.1007/s10530-012-0386-7)
- Zurell, D., Fritz, S.A., Rönnfeldt, A., & Steinbauer, M.J. (2023). Predicting extinctions with species distribution models. *Cambridge Prisms: Extinction*, **1**, e8. DOI: [10.1017/ext.2023.5](https://doi.org/10.1017/ext.2023.5)