

**SİVRİSİNEK BALIĞI (*GAMBUSIA HOLBROOKI*)'NİN YERLİ DİŞLİSAZANCIK
TÜRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TAKSONOMİK VE TEHLİKE
KATEGORİLERİ BAĞLAMINDA FONKSİYONEL CEVABIN KULLANIMI**

**THE IMPACT OF EASTERN MOSQUITOFISH (*GAMBUSIA HOLBROOKI*) ON
NATIVE KILLIFISHES: THE USE OF FUNCTIONAL RESPONSE IN THE
CONTEXT OF TAXONOMY AND THREAT CATEGORIES**

BATUHAN ÇELİK

DOÇ. DR. BARAN YOĞURTÇUOĞLU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2024

ÖZET

SİVRİSİNEK BALIĞI (*GAMBUSIA HOLBROOKI*)'NİN YERLİ DİŞLİSAZANCIK TÜRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TAKSONOMİK VE TEHLİKE KATEGORİLERİ BAĞLAMINDA FONKSİYONEL CEVABIN KULLANIMI

Batuhan ÇELİK

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Baran YOĞURTÇUOĞLU

04.09.2024, 65 sayfa

Günümüzde istilacı türlerin küresel yayılışı özellikle sucul ekosistemlerde hızla artmaktadır. Türkiye’de doğal tatlı su ekosistemlerine yerli olmayan balık türlerinin girişine dair kayıtlar 100 yıl öncesine kadar uzanmakla birlikte, en yaygın türlerden biri sivrisinek kontrolü amacıyla kullanılmış olan *Gambusia holbrooki*'dir. Bu tür üreme başarısı ve farklı çevresel koşullara toleransı ile Türkiye’de neredeyse tüm akarsu havzalarına yayılmış durumdadır. *Gambusia holbrooki* aynı habitatı paylaştığı özellikle trofik açıdan analog yerli türleri olumsuz etkileyebilmektedir. Bu bağlamda *G. holbrooki*'nin Türkiye’de tehdit altındaki endemik dişlisazancıklar (Aphaniidae) üzerinde birey ve popülasyon düzeyinde ciddi etkileri olabileceği tahmin edilmekte, ancak bu etkileşimin boyutları henüz yeterince ele alınmamıştır. Bu tez çalışması bu etkiyi deneysel olarak ele almayı amaçlamıştır. Bu kapsamda av yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak avcının tüketim oranı şeklinde tanımlanan fonksiyonel cevap (FC) karşılaştırmaları kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda aynı zamanda filogenetik olarak daha yakın türlerin, kaynak kullanım etkinlikleri açısından benzer fonksiyonel cevaplar gösterip göstermediği ve IUCN Kırmızı Listesin’de tehdit altında olarak sınıflandırılan yerli dişlisazancık türlerinin, asgari endişe düzeyinde olan türlere göre FC eğrisinde bir farklılığa sahip olup olmadığı test edilmiştir. Bu çerçevede 2 *Anatolichthys* ve 2 *Paraphanius* türü kullanılarak yapılan deneylerde *G. holbrooki*'nin yerli

türlere kıyasla daha yüksek av yakalama oranına, ancak daha uzun av tüketim süresine sahip olduğu gözlenmiştir. Filogenetik olarak yakın türler arasında beklenen fonksiyonel cevap benzerliği elde edilememiş, ancak özellikle *Paraphanius* türlerinin *Anatolichthys* türlerine kıyasla daha etkili avcılar olabileceği ortaya konmuştur. IUCN Kırmızı Liste'de tehdit altında olan türlerin fonksiyonel cevap eğrileri, genellikle asgari endişe düzeyindeki türlere göre daha düşük bulunmuş, ancak bunun istisnaları da gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Anatolichthys*, İstilacı türler, IUCN, *Paraphanius*, Yerli olmayan türler, Endemik tür

ABSTRACT

THE IMPACT OF EASTERN MOSQUITOFISH (*GAMBUSIA HOLBROOKI*) ON NATIVE KILLIFISHES: THE USE OF FUNCTIONAL RESPONSE IN THE CONTEXT OF TAXONOMY AND THREAT CATEGORIES

Batuhan ÇELİK

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Baran YOĞURTÇUOĞLU

04.09.2024, 65 pages

The global spread of invasive species, particularly in aquatic ecosystems, has been rapidly increasing. The records of the introduction of non-native fish species into natural freshwater ecosystems in Turkey date back more than 100 years, and one of the most common species is *Gambusia holbrooki*, which has been used for mosquito control. Due to its reproductive success and tolerance to different environmental conditions, this species has spread to almost all river basins in Turkey. *Gambusia holbrooki* may adversely affect native species, particularly trophic analogues which share the same habitat. In this regard, *G. holbrooki* has the potential to have serious individual and population-level effects on the endemic Aphaniidae, an endangered group of species in Turkey, but the extent of this interaction has not been well studied. This thesis aims to experimentally investigate this impact. The study utilizes functional response (FR) comparisons, which are defined as the predator's consumption rate as a function of prey density. The research also tests whether phylogenetically closer species exhibit similar functional responses in terms of resource use efficiency and whether the FR curves of native killifish species, classified as endangered on

the IUCN Red List, differ from those of species classified as of Least Concern. In experiments involving two *Anatolichthys* and two *Paraphanius* species, it was observed that *G. holbrooki* exhibited a higher attack rate but a longer prey handling time compared to native species. Contrary to expectations, no functional response similarity was found among closely related species. However, the study suggests that *Paraphanius* species may be more effective predators compared to *Anatolichthys* species. The functional response curves of species classified as endangered on the IUCN Red List were generally found to be lower than those of species classified as of Least Concern, although exceptions were observed.

Keywords: *Anatolichthys*, Invasive species, IUCN, *Paraphanius*, Non-native species, Endemic species

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana desteğini, bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Baran YOĞURTÇUĞLU'na;

Tez öncesinde ve tez sürecinde sunduğu değerli katkılardan ver her konuda bana olan desteğinden dolayı Prof. Dr. F. Güler EKMEKÇİ'ye;

Tez çalışmam boyunca fonksiyonel cevap konusunda sunduğu çok değerli bilgi ve desteklerden dolayı Prof. Dr. Ali Serhan TARKAN'a;

Deneyleerin gerçekleşebilmesi uğruna hiçbir fedakârlıktan kaçınmayarak arazi ve laboratuvar çalışmalarında beni yalnız bırakmayan, ayrıca tez verilerinin analizinde gösterdiği katkılardan dolayı değerli laboratuvar arkadaşım Ceren ŞENGÜL'e;

Deneyleerin son aşamalarında laboratuvar çalışmalarına katkı sağlayan Havva ÖZER ver Fatma DEMİR'e;

Deneyleerde kullanılan sivrisinek larvalarının üretimi ve bakımı konusunda yardımlarını aldığım Kıvanç SEVİM'e;

Bu yüksek lisans programına başlamamda beni cesaretlendiren, son gün de dahil olmak üzere her zaman sevgisi, sabrı ve şefkati ile yanımda olan sevgili partnerim Şenel KARACA'ya;

Teşekkürü borç bilirim.

İçindekiler

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Terimler ve kavramlar	1
1.2. Küresel ve yerel ölçekte sucul istilacıların eğilimi, etkisi ve maliyeti	5
1.3. Türkiye içsularındaki istilacı balık türleri.....	7
1.4. Sivrisinek Balığı (<i>Gambusia holbrooki</i>) Türkiye’deki dağılımı ve durumu	11
1.5. Taksonomi ve koruma biyolojisi bağlamında Türkiye’deki dışlisazancıklar	13
1.6. Fonksiyonel cevap deneylerinin istila ekolojisinde kullanımı.....	16
1.7. Araştırmanın amaç ve hipotezleri.....	18
2. GEREÇ ve YÖNTEMLER	19
2.1. Model türlerin seçimi, temini ve laboratuvar bakımı	19
2.2. Fonksiyonel cevap deneyleri.....	24
2.3. Veri analizi.....	26
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	29
3.1. Genel av tüketim oranları.....	29
3.2. Fonksiyonel cevap testleri (tür içi değerlendirmeler).....	33
3.3. Filogenetik akrabalık ve IUCN kategorileri bağlamında türler arası değerlendirme.....	40
4. GENEL ÇIKARIMLAR	47
4.1. Çalışmanın genel çıktıları	47
4.2. Sonraki çalışmalarda test edilebilecek olası fonksiyonel hipotezler	49
5. KAYNAKLAR.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Küresel Kırmızı Liste tehdit kategorileri	5
Şekil 2. <i>Gambusia holbrooki</i> dişi (üst) ve erkek (alt) bireyler (Dişi 39 mm, Erkek 31 mm toplam boy)	12
Şekil 3. <i>Gambusia holbrooki</i> 'nin Türkiye ve Orta Doğu'daki dağılımı (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır).....	13
Şekil 4. Aphaniidae familyasının Anadolu'da dağılım gösteren türlerinin dağılım haritası.....	14
Şekil 5. Aphaniidae familyası IUCN kırmızı liste tehdit kategorileri dağılımı.....	15
Şekil 6. <i>Anatolichthys transgrediens</i> dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır).....	20
Şekil 7. <i>Anatolichthys villwocki</i> dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır).....	21
Şekil 8. <i>Paraphanius orontis</i> dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)	22
Şekil 9. <i>Paraphanius similis</i> dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)	23
Şekil 10. Fonksiyonel cevap deneyleri için kullanılan plastik tanklar	24
Şekil 11. Fonksiyonel cevap deneylerinde kullanılan <i>Culex</i> sp. bireyleri. (Kareler 1 x 1 mm).....	25
Şekil 12. Üç FC türünün tüketilen av sayısının bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi. Pritchard vd. (2012)'den değiştirilerek alınmıştır.	27
Şekil 13. Varsayımsal FCO sıcaklık haritası Cuthbert vd. (2019)'dan alınmıştır.	29
Şekil 14. Türlerle göre genel larva tüketim oranlarının kutu grafiği. AT, <i>Anatolichthys transgrediens</i> ; AV, <i>Anatolichthys villwocki</i> ; GH, <i>Gambusia holbrooki</i> , PS, <i>Paraphanius similis</i> ve PO, <i>Paraphanius orontis</i>	30
Şekil 15. Türlerle göre genel larva tüketim oranlarının kutu grafiği. Her tür için dişi ve erkek ayrılmış şekilde	31
Şekil 16. Balık boyunun artışına kıyasla, tüketilen larva miktarı oranı.	32
Şekil 17. <i>Anatolichthys transgrediens</i> türünün dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği	35
Şekil 18. <i>Anatolichthys villwocki</i> türünün dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	36
Şekil 19. <i>G. holbrooki</i> 'nin dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	37
Şekil 20. <i>Paraphanius orontis</i> türünün dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	39

Şekil 21. <i>Paraphanius similis</i> türünün dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	40
Şekil 22. İstilacı tür <i>Gambusia holbrooki</i> ve yerli dişli sazancık türlerinin av tüketim oranlarının kutu grafiği. D, dişi. E, erkek.....	41
Şekil 23: İstilacı tür <i>Gambusia holbrooki</i> ve bu deneyde kullanılan yerli dişli sazancık türlerinin maksimum beslenme oranlarının (1/h) kutu grafiği.....	41
Şekil 24. FCO (a/h) İstilacı tür <i>Gambusia holbrooki</i> ve yerli dişli sazancık türlerinin Fonksiyonel Cevap Oranları (FCO) kutu grafiği.....	42
Şekil 25. <i>Gambusia holbrooki</i> ve yerli dişlisazancık türlerinin genelinin FCO (a/h) değerleri kutu grafiği....	43
Şekil 26. <i>Gambusia holbrooki</i> ile <i>A. transgrediens</i> türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	44
Şekil 27. <i>A. villwocki</i> türünün dişi ile erkek bireyleri ile <i>G. Holbrooki</i> bireylerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	45
Şekil 28. <i>P. orontis</i> ve <i>G. holbrooki</i> türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	46
Şekil 29. <i>P. similis</i> ve <i>G. holbrooki</i> türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Bu çalışmada kullanılan istila biyolojisi terimleri, İngilizce karşılıkları ve tanımları. Ayrıca çeşitli nedenlerden ötürü dışlanan/kullanılması önerilmeyen Türkçe ve mümkünse parantez içinde İngilizce terimler.	2
Çizelge 2. Türkiye’de kaydı verilen yerli olmayan tatlısu balıkları.....	7
Çizelge 3. Model türlerin örneklendiği habitat tipleri ve coğrafi bilgileri	23
Çizelge 4. Deneyde kullanılan tank sularında ölçülen sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri	25
Çizelge 5. Deneylerde kullanılan balıkların boy dağılımları. Değerler milimetre cinsinden verilmiştir.....	26
Çizelge 6. GLM analizi ile elde edilen sonuçlar. Quasi-Poisson dağılımı kullanılan modelde larva tüketimi tür, eşey ve ilk larva sayısı ile açıklanan değişken olarak ele alınmıştır. Anlamlılık kodları: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' ' 1	30
Çizelge 7. Her bir türün dişi ve erkekinde fonksiyonel cevap testi lojistik regresyon çıktıları. <i>P</i> değeri tüm testler için < 0,001 olarak hesaplanmıştır.	33
Çizelge 8. Her bir tür için dişi ve erkek bireyleri arasındaki av tüketim oranı (<i>a</i>) ve av tüketim süresi (<i>h</i>) parametreleri. Anlamlılık kodları: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' ' 1	34
Çizelge 9. <i>A. trangeriens</i> türünde dişi ve erkek bireylere ait <i>a</i> ve <i>h</i> parametreleri arasındaki fark.....	34
Çizelge 10. <i>Anatolichthys villwocki</i> türünde dişi ve erkek bireylere ait <i>a</i> ve <i>h</i> parametreleri arasındaki fark.....	35
Çizelge 11. <i>Gambusia holbrooki</i> türünde dişi ve erkek bireylere ait <i>a</i> ve <i>h</i> parametreleri arasındaki fark.....	37
Çizelge 12. <i>Paraphanius orontis</i> türünde dişi ve erkek bireylere ait <i>a</i> ve <i>h</i> parametreleri arasındaki fark.....	38
Çizelge 13. <i>Paraphanius similis</i> türünde dişi ve erkek bireylere ait <i>a</i> ve <i>h</i> parametreleri arasındaki fark.....	39
Çizelge 14. Rogers II modeli testinden elde edilen FC katsayıları arasındaki farklar. <i>Gambusia Holbrooki</i> bireylerinin bu deneyde kullanılan yerli dişi sazancık türlerine göre av tüketim oranları (<i>a</i>) ve av tüketim oranları (<i>h</i>) kıyaslaması.	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

IUCN	International Union for Conservation of Nature
CR	Critically Endangered / Kritik Düzeyde Tehlike Altında
EN	Endangered / Tehlike Altında
VU	Vulnerable / Hassas
EX	Nesli Tükenmiş
EW	Doğada Nesli Tükenmiş
FC	Fonksiyonel Cevap
AT	Anatolichthys transgrediens
AV	Anatolichthys villwocki
GH	Gambusia holbrooki
PS	Paraphanius similis
PO	Paraphanius orontis
GLM	Genelleştirilmiş doğrusal model
FCO	Fonksiyonel Cevap Oranı
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Cm	Santimetre
E	Enlem
B	Boylam
T	Sıcaklık
Sal.	Tuzluluk
Ppt.	Binde başına parça
Min.	En düşük
Maks.	En yüksek

Ort.	Ortalama
St. Sp.	Standart Sapma
a	Av tüketim oranı
h	Av tüketim süresi
z	Tablo değeri

1. GİRİŞ

1.1. Terimler ve kavramlar

Terminolojik tutarsızlıklar, aynı kavramın farklı şekillerde ifade edilmesi veya farklı kavramların aynı terimlerle tanımlanması sonucu ortaya çıkabilir. Bilim camiasında zaman zaman ortaya çıkan terminolojik tutarsızlıklar ve kavram karmaşaları çoğu zaman yöneticiler, politika yapıcılar, eğitimciler gibi farklı paydaşların etkin iletişimini engellemekte, ayrıca disiplinler arası iş birliklerini güçleştirmektedir. Bu durum özellikle istila biyolojisi gibi literatürün çok hızlı genişlediği, yeni kavramların ve bulguların hızla ortaya çıktığı, aynı zamanda farklı disiplinlerden araştırmacıların bir araya geldiği alanlarda daha da belirginleşmektedir. Nitekim, nispeten genç olan istila biyolojisi jargonunda üzerinde evrensel bir mutabakata varılmayan birçok tanım bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, istila biyolojisi araştırmalarının çoğu İngilizce olarak yayımlanmakta ancak İngilizcedeki bazı terimlerin diğer dillere doğrudan bir karşılığı olmamakta veya farklı kültürel çağrışımlar taşıyabilmektedir (Kapitza vd., 2019; Soto vd., 2024). Bu durum, bilimsel bilgilerin farklı dillere ve kültürlerle aktarılmasını zorlaştırmaktadır.

İstilacı bir türün yerli türler üzerindeki etkisini ele alan bu tez çalışması kapsamında yanlış anlama ve kafa karışıklığına yol açabilecek kavramların türlerin koruma biyolojilerini dahi etkileyebileceği göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin istila biyolojisindeki tutarsız ve yanlış terminolojik kullanımın bölgesel kontrol listelerinde (checklist) istilacı türlerin yanlış sınıflandırılmasına yol açtığı ortaya konmuş (Castro vd., 2023). Bununla birlikte, özellikle istila süreçleri ve etkileri ile ilgili terimlerin birden fazla anlam içermesi bilimsel iletişim ve koruma biyolojisi uygulamalarında potansiyel yanlış anlamalara ve sınırlılıklara yol açtığı (Colautti ve MacIsaac, 2004) ve İngilizce ile diğer diller arasındaki çeviri süreçlerinde de hatalara yol açabileceği belirtilmiştir (Copp vd., 2021). Dolayısıyla tez metninin bu kısmında özellikle istilacılık ve köken (yerli ve yabancı) kavramlarıyla ilişkili terminolojiyi netleştirmek ve tez boyunca hangi terimin hangi anlamda kullanıldığını açıkça belirtmek hedeflenmiştir. Bu çaba son zamanlarda birçok uluslararası çalışmada ele alınmış ve farklı yaklaşımlar ortaya konarak terminolojide bir uzlaşma arayışını başlatmıştır (Latombe vd., 2019; Shackleton vd., 2022; Soto vd., 2024). Bu bağlamda öne çıkan en önemli kavramlardan biri istilacılığın kendisidir. Bu çalışmada, istilacı tür tanımını basit, biyolojik temellere ve ekolojik ilkelerle uyumlu bir şekilde ele alınmıştır: *Doğal yayılış alanı dışına*

istemli veya istemsiz olarak insan müdahalesi/yardımla taşınan, taşındığı alanda yerleşme, yayılma ve etkiden ibaret olan ekolojik istila süreçlerini tamamlayan türlere istilacı tür denir. Bu tanım, bazı çalışmalarda "istilacılık" sürecinden bağımsız değerlendirilmesi gerektiği öne sürülen (Ricciardi ve Cohen, 2007) ve sıkça tartışılan "etki" kavramını da kapsayarak, bir türün istilacı olarak kabul edilebilmesi için çevresel, ekonomik veya insan sağlığına zarar veren (veya potansiyel olarak verebilecek olan) tespit edilebilir, belgelenebilir etkilere yol açması gerektiği kriterini içermektedir. İstilacılık ile doğrudan bağlantılı bir diğer kavram olan 'doğal yayılış alanı' terimini ise şu şekilde ele alınmıştır: *Bir türün bulunuşunun doğrudan veya dolaylı insan müdahalesi olmaksızın yalnızca doğal evrimsel süreçler tarafından belirlendiği biyocoğrafi alana doğal yayılış alanı* denir. Dolayısıyla bir türün 'taşındığı alan'ı da, *türün varlığının kasıtlı veya kasıtsız insan müdahalesine bağlı olduğu, yani doğal olarak evrimleşmediği biyocoğrafi alan* olarak esas alınmıştır. Sonuç olarak bir tür doğal yayılış alanı dışına istemli veya istemsiz olarak taşındığı zaman 'yerli olmayan' terimi ile karşılanacaktır. İstila bilimi literatürü içinde 'yerli olmayan' terimine alternatif terimler arasında çok sıklıkla 'yabancı', 'egzotik', 'doğallaştırılmış' veya 'allokton' terimlerinin kullanılması söz konusudur. Bu çalışmada potansiyel kafa karışıklığına ve ideolojik veya siyasi yanlış kullanıma yol açabilecek olmalarından ötürü tüm bu alternatifler yerine 'yabancı tür' terimi benimsenmiştir. Aşağıdaki Çizelgede bu tez çalışmasında kullanılan istila biyolojisi terimlerinin İngilizcesi, Türkçesi ve tanımları derlenmiş ve sunulmuştur (Çizelge1). Bu Çizelgede aynı zamanda çeşitli nedenlerden ötürü dışlanan/kullanılması önerilmeyen terimlerin bazıları da belirtilerek standart bir Türkçe terminoloji için bir katkı sağlanması planlanmıştır.

Çizelge 1. Bu çalışmada kullanılan istila biyolojisi terimleri, İngilizce karşılıkları ve tanımları. Ayrıca çeşitli nedenlerden ötürü dışlanan/kullanılması önerilmeyen Türkçe ve mümkünse parantez içinde İngilizce terimler.

Türkçe terim	İngilizce karşılığı	Tanım	Kullanılması önerilmeyen bazı alternatif terimler
İstilacı tür	Invasive species	Doğal yayılış alanı dışına istemli veya istemsiz olarak insan müdahalesi/yardımla taşınan, taşındığı alanda yerleşme, yayılma ve etkiden ibaret olan	İşgalci, Sömürgeci (coloniser), Baskın (dominant), Zararlı (pest, noxious, harmful), Biyoistilacı (bioinvader), Yayılmacı

		ekolojik istila süreçlerini tamamlayan türler	
Yerli olmayan tür	Non-native species	Doğal yayılış alanının dışında, doğrudan insan müdahalesi ile veya insan faaliyetleri sonucu ortadan kalkan coğrafi engeller nedeniyle evrimsel bir geçmişi bulunmayan yeni bir bölgeye ulaşan türdür.	Yabancı (alien, foreign), Egzotik (exotic), Allohton (allochthonous)
Yerleşik tür	Established species	Doğal yayılış alanı dışında, dolaylı/dolaysız insan faaliyetleri ile ulaştığı yeni bölgede en az bir nesil boyunca üreyebilen, ancak henüz aktif bir yayılış göstermeyen veya yayılış durumu bilinmeyen yerli olmayan türler.	Doğallaşmış (naturalized), Uyum sağlamış (acclimatized)
Doğal yayılış alanı	Native range	Türün bulunuşunun doğrudan veya dolaylı insan müdahalesi olmaksızın yalnızca doğal evrimsel süreçler tarafından belirlendiği biyocoğrafi alan	Doğal alanı (natural range/area)
Giriş yapılan alan	Introduced range	Türün varlığının kasıtlı veya kasıtsız insan müdahalesine bağlı olduğu, yani doğal olarak evrimleşmediği biyocoğrafi alan	Tanıtilan alan, Tanıtılan aralık, Taşınan aralık, Giriş yapılan aralık, taşınan alan (transported range, imported range)

İstila biyolojisi alanındaki terminolojik incelemenin ardından, bu tez çalışmasının diğer odak noktasını oluşturan tehdit altındaki endemik türler ve koruma biyolojisi ile ilgili birkaç terime değinmek de önem taşımaktadır. Her ne kadar bu disiplindeki terminoloji, istila biyolojisi alanındaki kadar muğlak, tutarsız ve kafa karıştırıcı olmasa da bu kavramların net bir şekilde tanımlanması ve anlaşılması, çalışmanın bütünlüğü açısından bir öneme sahiptir.

Endemik türler en basit tabiriyle dağılımları belli bir coğrafik bölge ile sınırlı olan türlerdir (Cowling, 2000). Bu nedenle, endemizm kavramı aslında göreceli bir kavram olup endemizm örüntüleri, korelasyonları ve nedenleri coğrafi alanın tanımlanma biçimine ve büyüklüğüne, ayrıca söz konusu organizmaların taksonomisine ve filogenetik akrabalığına göre değişecektir. Bu açıdan endemikler özel alan veya sınırlı bölge; biyotop; biyocoğrafi bölge ve siyasi coğrafya olmak üzere genellikle dört uzamsal bağlamda kategorize edilir. Bu yaklaşımdaki göreliliğe örnek vermek gerekirse, Aphaniidae ailesine üye *Paraphanius mento* türünün siyasi coğrafya bağlamında herhangi bir ülke endemiği olmadığı, ancak bir başka coğrafi yaklaşımla Orta Doğu'ya endemik olduğu, biyocoğrafik dağılım açısından ise Batı Asya ve daha geniş bağlamda Batı Paleartik bölgeye endemiktir (Esmaili vd., 2020). Ancak koruma biyolojisi penceresinden bakıldığında çoğu araştırma, endemizmi nispeten küçük alanlarla sınırlı olan türler şeklinde tanımlar. Bu anlamda endemizm en iyi şekilde bir nadirlik biçimi, yani yayılış alanı kısıtlı olan taksonlar şeklinde ele alınır (Kier vd., 2009). Bu tez çalışmasında ele alınan türlerin dağılımı ve endemizm durumları Bölüm 1.4.'te ayrıntıyla verilmiştir.

Tehdit altındaki türlerin tanımı ise çok daha doğrudan ve standart şekilde IUCN (International Union for Conservation of Nature) Kırmızı Liste Sınıfları baz alınarak gerçekleştirilmiştir (IUCN Kırmızı Liste Tehdit Sınıfları ve Ölçütleri (IUCN 2001, 2012; bknz: <https://www.iucnredlist.org/resources/categories-and-criteria>). Bu sınıflandırma sistemi, küresel tükenme riskleri yüksek olan türleri değerlendirmek ve kategorize etmek üzere tasarlanmış ve genellikle küresel ölçekte uygulaması bulunmaktadır. Ancak, bu sistemi bölgesel, ulusal veya yerel düzeylerde kullanmak için de yaklaşımlar bulunmaktadır. İlk olarak, Küresel Kırmızı Listeden sadece ilgili bölgede bulunan türleri içeren bir liste oluşturulabilir. Bu yaklaşım, özellikle çok sayıda endemik veya endemizme yakın yayılıştaki ve tehdit altındaki türün bulunduğu ya da türler hakkında yeterli bilginin olmadığı bölgeler için uygun olabilir. İkinci yaklaşım ise, türlerin belirli bir bölgedeki tükenme risklerini ayrıca değerlendirmektir. Bu ikinci seçenek, bölgesel koruma çalışmaları açısından önemli bilgiler sağlayabilir, ancak beraberinde bazı zorlukları da getirir (IUCN, 2003). Örneğin, ülke

sınırlarını aşan popülasyonlar, bölgede üremeyen popülasyonlar veya yerli olmayan türler gibi durumlar, küresel düzeyde olmayan bazı karmaşık değerlendirme sorunlarına yol açabilir. Bu tez çalışmasında, incelenen türlerin tehdit durumlarını değerlendirirken, bu yaklaşımların avantajları ve sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmuş ve standart olarak küresel kırmızı liste tehdit kategorileri dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Küresel Kırmızı Liste tehdit kategorileri

Buna göre küresel kırmızı liste tehlike kategorisi Kritik Düzeyde Tehlike Altında (CR=Critically Endangered), Tehlike Altında (EN=Endangered) ve Hassas (VU=Vulnerable) olan türler tehdit altındaki türler olarak kabul edilmiştir. Bölüm 1.4'te tez çalışmasına konu olan türlerin güncellenmiş küresel tehlike kategorileri ve gerekçeleri kısaca verilmiştir.

1.2. Küresel ve yerel ölçekte sucül istilacıların eğilimi, etkisi ve maliyeti

Sucül istilacı türlerin küresel yayılışı, insan faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı etkileriyle hız kazanmaktadır. Bu yayılış; bilinçli olarak türlerin doğal yaşam alanları dışına taşınması ve kaçak veya istemsiz salıverme ve hızla gelişen küresel ticaret ağları üzerinden istemsiz taşınmalar gibi çeşitli yollarla gerçekleşmektedir (Bailey vd., 2020; Hulme vd., 2008). Günümüzde istilacıların yayılış hızı öyle bir boyuta ulaşmıştır ki, yalnızca Avrupa'da son 20 yılda yerli olmayan tür sayısında 5 kat, bolluğunda ise 40 kat artış gerçekleşmiştir (Haubrock vd., 2023). Doğal yayılış alanı dışına taşınan türlerin çoğu ya girdikleri yeni ekosisteme yerleşememekte ya da bu ekosistemler üzerinde küçük etkilere sahip olsa da sucül istilacı türler, yerli türler üzerinde çoklu organizasyon seviyelerinde etki yaratarak ekolojik bozulmalara yol açabilmektedir (Cucherousset ve Olden, 2011; Ricciardi vd., 2013). Bu etkiler, av popülasyonları üzerindeki predasyon baskısı, kaynaklar için rekabet (Bergstrom ve Mensinger, 2009; Castorani ve Hovel, 2015; Cox ve Lima, 2006; Paolucci

vd., 2013), besin ağının bozulması, habitatlarda meydana getirdikleri değişimler (Matsuzaki vd., 2009), hibridizasyon (Krueger ve May, 1991), biyotik homojenizasyon ve yeni parazitlerin taşınması gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıkabilir (Olden vd., 2004; Schrimpf vd., 2013). Ayrıca, yerli türler üzerindeki stres, ardışık istilacı tür girişleriyle daha da artabilir ve bu durum, istila hızının artmasına ve sinerjik etkilere neden olabilir. İklim değişikliği, habitat bozulması ve besin zenginleşmesi gibi abiyotik stres faktörleri de yerli türleri daha fazla etkileyerek, istilacı türlerin yayılmasını ve popülasyon artışını kolaylaştırabilir. Bu etkilerin bir sonucu olarak, sucul istilacı türlerin ekolojik ve sosyo-ekonomik etkileri beklenenden çok daha büyük boyutlarda olabilir. Karasal ekosistemlere kıyasla sucul ekosistemlerde bu tip sorunların daha yaygın ve yönetiminin zor olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Bailey vd., 2020; Gallardo vd., 2016; Haubrock vd., 2023). Öyle ki, sucul istilaların küresel ekonomik yükü, yapılan ihtiyatlı tahminlere göre 345 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (Cuthbert vd., 2021). Bu maliyetlerin büyük bir kısmı omurgasız türlerden (%62) kaynaklanırken, omurgalılar (%28) ve bitkiler (%6) de önemli bir paya sahiptir. Kayıpların coğrafi dağılımına bakıldığında, Kuzey Amerika (%48) ve Asya (%13) kıtaları, ağırlıklı olarak kaynak zararları (%74) nedeniyle en yüksek maliyetlerle karşı karşıyadır. Buna karşılık, kaydedilen maliyetlerin yalnızca %6'sı yönetim giderlerinden kaynaklanmaktadır. Sucul istilaların ekonomik yükü zaman içinde katlanarak artmış ve 2020 yılı itibarıyla en az 23 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Ancak, mevcut verilerdeki taksonomik, coğrafi ve zamansal boşluklar göz önüne alındığında, sucul istilaların gerçek maliyetinin muhtemelen çok daha yüksek olduğu düşünülmektedir (Cuthbert vd., 2021; Diagne vd., 2021).

Günümüzde yaşanan küresel biyotik değişim, sucul ekosistemlerde türlerin yayılım hızı, yayılım mesafesi ve yeni bölgelere taşınan türlerin sayısı açısından daha önce görülmemiş bir ölçekte gerçekleşmektedir (Bobeldyk vd., 2015; Jackson ve Grey, 2013). Geleceğe yönelik projeksiyonlar, önümüzdeki on yıllarda tüm kıtaların yüzlerce yeni istilacı türle karşılaşacağını öngörmektedir (Seebens vd., 2018). Türlerin giriş yollarının çeşitlenmesi, tek bir stratejinin tüm istila sorununu çözmeye yetmeyeceğini göstermekte ve paydaşlar ile farklı idare basamakları genellikle önleyici tedbirlere karşı çıkmakta veya bu tedbirleri engellemektedir (Hulme, 2009; Hulme vd., 2008).

Türkiye'de her ne kadar sucul istila biyolojisi ile ilgili çalışmalar ve toplanan veriler yetersiz olsa da genel durumun küresel boyuttaki sorunlar ile paralel gittiği söylenebilir. Türkiye'de, 1960-2022 yılları arasında istilacı türlerin neden olduğu toplam ekonomik maliyet 4,1 milyar

ABD doları olarak hesaplanmıştır (Tarkan vd., 2024). Ancak, Türkiye'de bilinen 872 yerli olmayan türün yalnızca %10'u (87 tür) için maliyet verileri mevcuttur. Ekonomik kayıpların sektörel dağılımına bakıldığında, en yüksek toplam maliyet 2,85 milyar ABD doları ile tarım sektöründe görülürken, bunu 1,20 milyar ABD doları ile balıkçılık sektörü izlemiştir. Bu maliyetler, katlanarak artan bir eğilim göstermekte ve 2020-2022 yılları arasında yıllık 504 milyon ABD dolarına ulaşmaktadır. Bu durum, iyileştirilmiş maliyet kayıt sistemleri ve önleyici yönetim stratejilerinin geliştirilmesinin aciliyetini bir kez daha gözler önüne sermektedir (Tarkan vd., 2024).

1.3. Türkiye içsularındaki istilacı balık türleri

Türkiye'nin doğal tatlı su ekosistemlerine yerli olmayan balık türlerinin girişine dair kayıtlar, yaklaşık 100 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Bilinçli olarak gerçekleştirilen en eski giriş, Türkiye'de sivrisinek kontrolü amacıyla kullanılan doğu sivrisinek balığıdır (*Gambusia holbrooki*). Günümüzde ise, doğu sivrisinek balığı ülke genelinde en yaygın yerli-olmayan türlerden biri olarak kabul edilmektedir. Daha sonra, 1950'lerde *Coregonus laveratus* İznik Gölü'ne getirilmiş (Nümann, 1954), ancak tür bölgede başarılı bir şekilde yerleşememiş ve ortadan kaybolmuştur. Yerli olmayan Salmonidae familyasına ait türleri de 1960'lardan beri Türkiye iç sularından bildirilmektedir (Ekmekçi vd., 2013). Türkiye'nin iç sularına yerli olmayan balık türlerinin girişine ilişkin kayıtlar özellikle 1980'lerden sonra artmıştır (Erk'akan, 1984; Innal ve Erk'akan, 2006). Bugün Türkiye'de kaydı verilen yerli olmayan tatlısu balıklarının bir listesi son durumları ile birlikte Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Türkiye'de kaydı verilen yerli olmayan tatlısu balıkları

Familya	Tür	Not
Cyprinidae	<i>Carassius</i> spp.	Morfolojik ayrımları güç olan, mtDNA bölgeleri ile hibritleşmeden ötürü tür teşhisi yanıltıcı olabilecek üç tür <i>C. auratus</i> , <i>C. gibelio</i> ve <i>C. langsdorfii</i> türlerinin Türkiye'de dağılım gösterdiği, yani yerleşik popülasyona sahip oldukları düşünülmektedir (Freyhof vd., 2025).

Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	Yerleşik ve yaygın
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Yerleşme yok, kafeslerden sürekli olarak kaçan bireyler (Yoğurtçuoğlu vd., 2021).
Gobionidae	<i>Pseudorasbora parva</i>	Yerleşik, Türkiye'nin orta ve batı kesimlerinde yaygın (Ekmekçi, Kırankaya 2006)
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Yerleşik, Türkiye'nin batı kesimlerinde. (Özcan, 2007; Ağdamar vd. 2017)
Cichlidae	<i>Oreochromis aureus</i>	Yerleşik, Türkiye'nin güney kesimlerinde yaygın. Literatürdeki <i>Oreochromis niloticus</i> kayıtları doğrulanmamıştır (Freyhof vd., 2025).
Cichlidae	<i>Coptodon zillii</i>	Yerleşik, Türkiye'nin güney kesimlerinde yer yer popülasyonları mevcut. (İnnal ve Gianetto, 2017)
Xenocyprididae	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Yerleşik değil. Asi nehri resmi olmayan güncel kayıtları mevcut. (B. Yoğurtçuoğlu, Kişisel görüş)
Acipenseridae	<i>Acipenser baerii</i>	Yetiştiricilik amaçlı getirilmiş, yerleşik değil. Güncel kayıt bulunmamaktadır (İnnal ve Erk'akan, 2006)
Clariidae	<i>Heteropneustes fossilis</i>	Yerleşik, Türkiye'de Dicle nehri drenajından kayıtlar mevcut. (Ünlü, vd., 2010)
Clariidae	<i>Clarias batrachus</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Sakarya havzası lokalize yerleşik kaydı mevcut. Tür teşhisi yanlış

		referans mtDNA sebebiyle doğrulama gerektiriyor. (Emiroğlu vd., 2020)
Loricariidae	Hybrid <i>Pterygoplichthys</i> spp.	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Sakarya havzası lokalize yerleşik kaydı mevcut. (Emiroğlu vd., 2016)
Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Birkaç sıcak su kaynağında yerleşik kayıtlar mevcut (Aksu vd., 2021; Kırankaya ve Ekmekçi, 2021).
Poeciliidae	<i>Xiphophorus helleri</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Birkaç sıcak su kaynağında yerleşik kayıtlar mevcut (Aksu vd., 2021; Kırankaya ve Ekmekçi, 2021).
Poeciliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Birkaç sıcak su kaynağında yerleşik kayıtlar mevcut (Aksu vd., 2021; Kırankaya ve Ekmekçi, 2021).
Cichlidae	<i>Hemichromis letourneuxi</i>	Üretim tesisinden kaçan bireyler kaydedilmiş, yerleşik değil (İnnal ve Sungur, 2019)
Pangasiidae	<i>Pangasius sanitwongsei</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Olta ile yakalanan münferit kayıt olup yerleşik değildir (Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2018)
Serrasalminidae	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Akvaryumculuk yolu ile salınmış. Olta ile yakalanan kayıtlar olup yerleşik değildir.

Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Trakya güneybatı kesimi göl sistemlerinden yerleşik popülasyon kayıtları bulunmaktadır (Tarkan vd., 2022).
Coregonidae	<i>Coregonus albula</i>	Ardahan Aktaş Gölünden yerleşik kayıt mevcut (Yerli, 2019)

Devlet kurumları, yerel halk, oltacılar ve diğer sivil toplum kuruluşları (örneğin balıkçılıkla ilgili dernekler) tarafından birçok tür sıklıkla doğal tatlısu ekosistemlerine aşılanmaktadır. Örneğin anavatanı Asya ve Kuzey Amerika'daki Pasifik Okyanusu kolları olan gökkuşağı alabalığı, Türkiye'de yetiştiricilik ve rekreasyonel balıkçılık amacıyla birçok akarsu, göl ve gölete devlet kuruluşları tarafından yaygın bir şekilde sokulmuştur. Şu anda, balık çiftliklerinden kaçanlar akarsular, nehirler, göller, göletler ve yapay su birikintileri gibi çok çeşitli yeni habitatlara başarılı bir şekilde adapte olmuştur, ancak henüz kendi kendini idame ettiren bir popülasyon kaydedilmemiştir (Yoğurtçuoğlu vd., 2021). Türkiye'de kuzey Marmara ve diğer Karadeniz Havzası doğal tatlısu ekosistemleri için yerli kabul edilen *Perca fluviatilis* son 10 yılda oltacılar tarafından birçok orta ve güney Anadolu gölüne aşılanmıştır (Tarkan vd., 2023). Akvaryum ticareti de yerli olmayan türlerin taşınması için önemli bir yoldur. Bu yolla salınan ve doğal tatlısu ekosistemlerinden kaydı verilen en az 8 balık türü verilmiştir (Çizelge 2). *Acipenser baeri* (Köksal vd., 2000), Cichlid türleri *Coptodon zilli*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus* (Dikel, 1995; Işık, 1995), Alabalık türlerinden *Salmo salar* (Karataş, 1996), *Salvelinus alpinus* (Haliloğlu vd., 2002) ve *Salvelinus fontinalis* (Alkan, 1997; Başçınar, 2001) Türkiye'de çeşitli bilimsel ve balıkçılık araştırmaları için taşınmış ancak bu türlerden yalnızca *C. zillii* ve *O. aureus* doğal sularımızda kendi kendine yetebilen popülasyonlar oluşturmuştur. Son zamanlarda, *G. holbrooki*, *P. parva*, *Carassius* spp. ve *L. gibbosus* ülkede en yaygın yerli olmayan türler arasında yer almaktadır.

1.4. Sivrisinek Balığı (*Gambusia holbrooki*) Türkiye'deki dağılımı ve istilacılık durumu

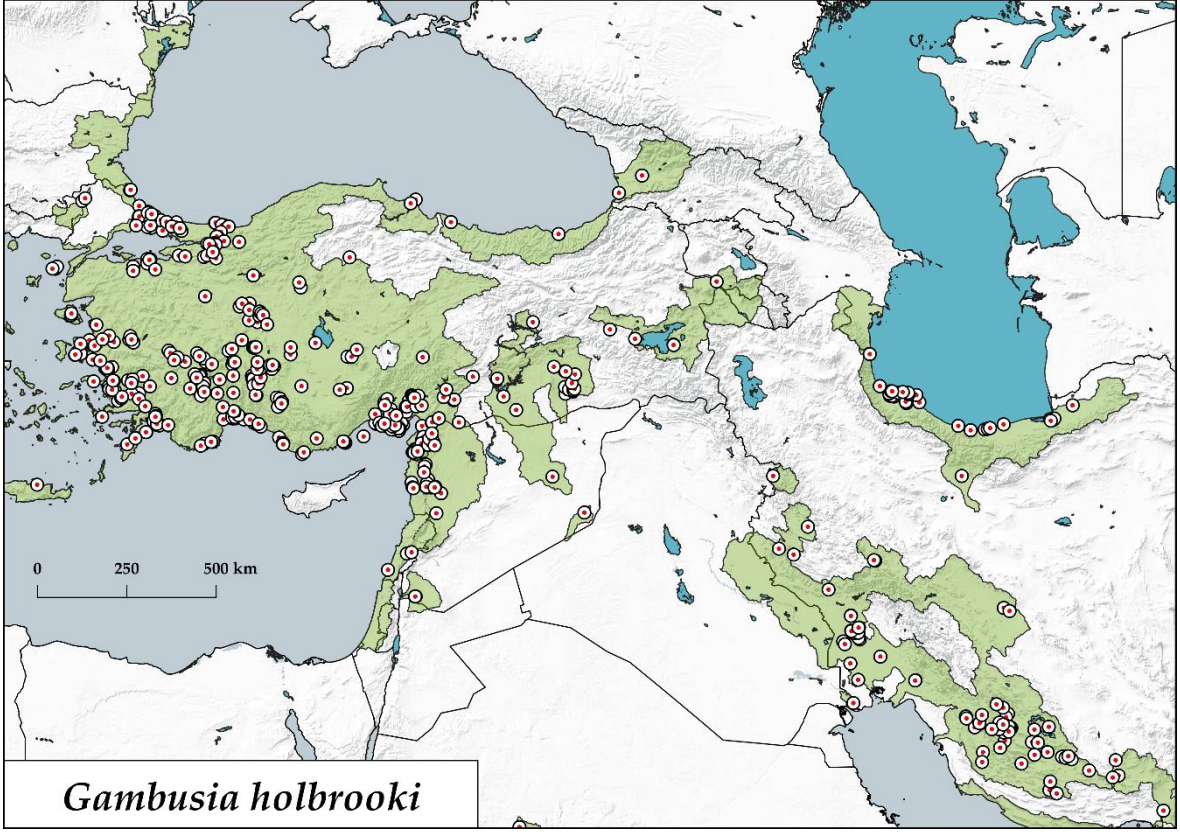
Sivrisinek Balığı (*Gambusia holbrooki*) toplam boyu genellikle 6 cm'yi geçmeyen Doğu Amerika orijinli bir poecilid (canlıdoğuran) türüdür. Avrupa ve Orta Doğu sularına ilk aşılandığı zamanlardan son 10 yıllık sürece kadar bu tür genellikle *G. affinis* veya *Gambusia affinis holbrooki* şeklinde literatüre yansımıştır (Freyhof vd., 2025). *Gambusia affinis* ile çok benzer bir morfolojiye sahip olmasına rağmen *G. holbrooki* bu türden 6½ dorsal ışın (vs. 5½), 9½ anal ışın (vs. 8½) ve dişçikli gonopodyum yapısı (vs. düz) gibi basit morfolojik karakterler ile ayrılmaktadır (Freyhof vd., 2025; Pyke, 2005). Dünya genelinde Antartika dışındaki tüm kıtalara yayılmış olan kozmopolit bir tür olan *G. holbrooki* dünyanın en istilacı 100 türünden biri olarak kabul edilmektedir (Lowe vd., 2000).

Bölüm 1.3'te belirtildiği gibi *Gambusia holbrooki* (Şekil 2) Türkiye'ye ilk bilinçli sokulan ve en yaygın dağılıma sahip yerli olmayan tür durumundadır. Türün Türkiye ve Ortadoğu'daki dağılımı Şekil 3'te gösterilmektedir. Erençin'in (1978) çalışmasına göre, bu tür 1930'lu yıllarda Fransızlar tarafından sivrisinek kontrolü amacıyla Hatay (Amik Gölü)'ne getirilmiştir. Ancak, White ve Pyke (2012) tarafından yapılan bir başka çalışmada, türün 1920 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından Türkiye'ye sokulduğu belirtilmektedir, bu da türün ülkeye giriş zamanı ve kaynağı konusunda farklı görüşlerin olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. *Gambusia holbrooki* dişi (üst) ve erkek (alt) bireyler (Dişi 39 mm, Erkek 31 mm toplam boy)

Gambusia holbrooki, yüksek üreme başarısı, yüksek ekolojik toleransı ve geniş besin yelpazesi gibi biyolojik özellikleri sayesinde giriş yaptığı tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de hemen hemen tüm akarsu havzalarında yayılış göstermektedir (Şekil 3). Bununla birlikte, bu dağılım tekdüze bir örüntü sergilemeyip, kayıtların genellikle güney ve batı kesimlerde yoğunlaştığı ve doğu ve kuzey bölgelerine kıyasla daha yoğun bir popülasyon oluşturduğu rapor edilmiştir (Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2018). Türün en çok kaydedildiği akarsu havzaları sırasıyla Sakarya, B. Menderes, Asi ve Antalya Havzaları olmuştur. Çoruh ve Türkiye'nin Kura-Aras kesimlerinde



Şekil 3. *Gambusia holbrooki*'nin Türkiye ve Orta Doğu'daki dağılımı (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)

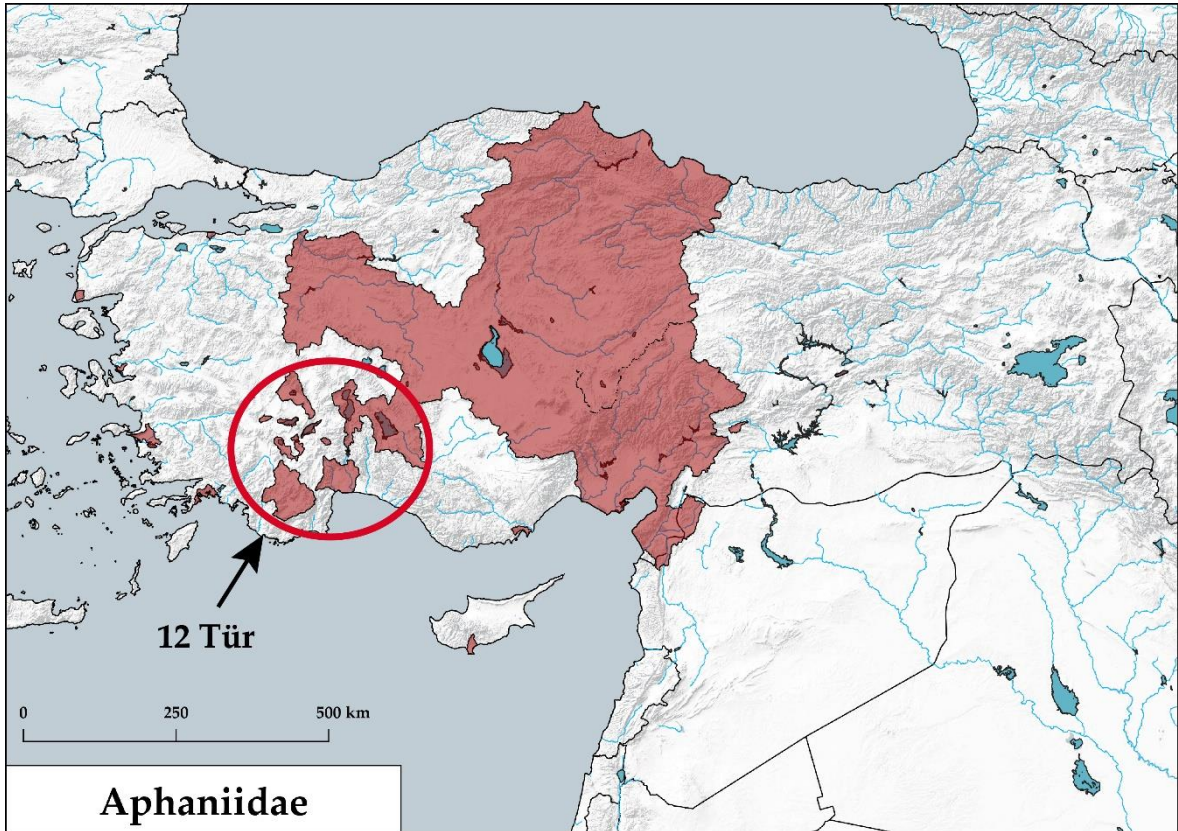
Gambusia holbrooki girdiği ekosistemlerde özellikle benzer aynı habitatı paylaşan nişe sahip olan yerli türler üzerindeki rekabet ve predasyon baskısı ile yerli tür popülasyonlarını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Carmona-Catot vd., 2013; Laha ve Mattingly, 2007; Pyke, 2008; Yoğurtçuoğlu, 2017). Bu bağlamda ele alındığında, *G. holbrooki* ile yakın ekolojik nişe sahip olan özellikle yerli dışlisazancık türlerinin aynı habitatı paylaşmaları halinde popülasyon sayılarında azalma ve hatta tür kayıplarına varacak etkiler söz konusu olabilecektir. Türkiye bu açıdan bakıldığında Batı Palearktık dışlisazancık türleri için bir çeşitlilik merkezi konumunda olmasına rağmen dışlisazancık ve *Gambusia* arasındaki olası etkileşimler henüz yeterince ele alınmamıştır.

1.5. Taksonomi ve koruma biyolojisi bağlamında Türkiye'deki dışlisazancıklar

Aphaniidae (dışlisazancıklar) familyası 43 tür barındıran, küçük boylu, eşeyssel dimorfizm gösteren sekonder tatlısu balıklarındır. Bu familya, daha önce Amerika kıtasına özgü Cyprinodontidae familyası içinde sınıflandırılmışken, son 30 yılda yapılan kapsamlı araştırmalar sonucunda ayrı bir aile olarak kabul edilmiştir. Günümüzde, Aphaniidae

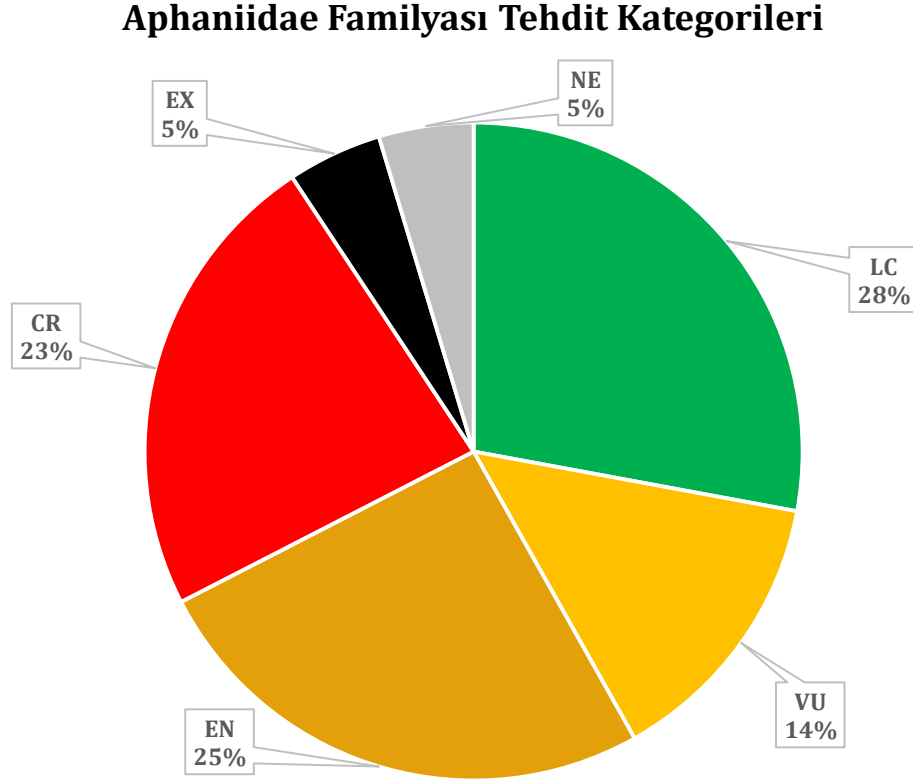
familiyası Avrupa'ya özgü Valenciidae ve Afrika tepeliğözlüleri (Procatopodidae) ile yakın akraba olarak kabul edilmektedir. Kısa bir süre öncesine kadar bu familia monojenetik olup *Aphanius Nardo*, 1827 ismiyle tek bir cins ile temsil edilmekteydi. Ancak daha sonra eski moleküler veriler tekrar değerlendirilerek bu familia önce 3 cinsle ayrılmış (Esmaili vd., 2020), daha sonra daha bütönlüyci bir yaklaşımla moleküler veriler ve morfolojik karakterlerin kapsamlı bir değerlendirmesi sonucunda familia 8 cinsle ayrılmıştır (Freyhof ve Yoğurtçuoğlu, 2020). Bu çalışmada daha önceden cins düzeyinde ele alınan *Anatolichthys*, *Aphaniops*, *Aphanius*, *Kosswigichthys*, *Paraphanius* ve *Tellia* cinslerinin yanı sıra Ayrıca, *Aphanius sophiae* ve *Aphanius iberus* tür grupları için sırasıyla *Esmaili* ve *Apricaphanius* adında iki yeni cins tanımlanmıştır.

Türkiye bugün tanımlanan 8 Aphaniidae cinsinden 4'ünü (*Aphanius*, *Anatolichthys*, *Kosswigichthys* ve *Paraphanius*), 43 türden ise 21'ini barındırmaktadır. Bu 21 türün *Anatolichthys* cinsi tüm üyeleri dahil olmak üzere 19'u dünyada sadece Anadolu'ya özgü endemik türlerdir. Bu 19 türün 12'si çok sınırlı bir yayılışa sahip olup Türkiye'nin güneybatı bölgesinde yer alan göller yöresinden Antalya'ya kadar uzanan çok dar bir coğrafi bölgede dağılım göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Aphaniidae familiyasının Anadolu'da dağılım gösteren türlerinin dağılım haritası.

IUCN kırmızı liste tehdit kategorileri açısından incelendiğinde Aphaniidae familyasına ait 43 türün 10 tanesi Kritik Düzeyde Tehlike Altında (CR), 11 tanesi Tehlike Altında (EN) ve 6 tanesi Duyarlı (VU) kategorisinde yer almakta, yani toplam 27 tür (%62) tehdit kategorilerinde sınıflandırılmaktadır (Şekil 5). Aphaniidae familyasına ait biri Türkiye’den biri Iran’dan olmak üzere iki türün nesli tükenmiştir.



Şekil 5. Aphaniidae familyası IUCN kırmızı liste tehdit kategorileri dağılımı

Türkiye’de dağılım gösteren 21 Aphaniidae türünün 4’ü Kritik Düzeyde Tehlike Altında, 7’si Tehlike altında ve 4’ü Duyarlı (VU) kategorisinde yer almakta, yani Türkiye’de dağılım gösteren türlerin %71’i tehdit kategorilerinde sınıflandırılmaktadır. Bir türün (*Anatolichthys splendens*) kaydına son 40 yıldır rastlanmadığı için nesli tükenmiş olarak kabul edilmektedir (Freyhof ve Yoğurtçuoğlu, 2020).

Aphaniidae familyasına ait türler, başta aşırı su kullanımı ve küresel iklim değişiminin neden olduğu habitat kaybı olmak üzere çeşitli tehditlerle karşı karşıyadır. Diğer önemli tehdit unsurlarından, istilacı türler, özellikle *Gambusia holbrooki*, bu türlerin habitatlarına yerleşerek ederek onların varlığını önemli ölçüde tehdit etmektedir (Yoğurtçuoğlu, 2018, 2016; Yoğurtçuoğlu vd., 2022). Bu tehditler ve daha fazlası, bazı çalışmalarda dile getirilmiş

ve IUCN kırmızı liste değerlendirmelerinde belirtilmiş olsa da, türlerin çoğu için, cins düzeyinde endemizmin görüldüğü Türkiye'de bile kapsamlı bilimsel çalışmalarla ortaya konmamıştır. Bu durum, Aphaniidae türlerinin korunması çabalarını zorlaştırmakta ve daha fazla araştırma ve veri ihtiyacını beraberinde gerektirmektedir.

1.6. Fonksiyonel cevap deneylerinin istila ekolojisinde kullanımı

Trofik etkileşimler, yani bir besin ağı boyunca enerji akışı, ekolojik komünite yapılarının temel belirleyicilerindedir. Trofik etkileşimlerin komünite bileşenleri açısından ne derece etkili olduğu ve yönü, farklı taksonlar arasında standart bir şekilde ölçülebilir. Bu şekilde, ekolojik değişimi ölçmek ve bir türün birden fazla bağlamda etkiye neden olma potansiyelini değerlendirmek için bir ölçüt olarak kullanılabilirler. Ekosistemdeki tüm türler birbirleri ile trofik etkileşimlere sahiptir, bu bakımdan yerel türlerin bu etkileşimdeki yeri veya gücü, istilacı türlerin etkisini modellemek ve türler arası karşılaştırmalar yapmak için bir temel olarak kullanılabilir. Tüm istilacı türler, birey başına düşen etkileri (*per capita effect*) yoluyla büyük bir etkiye sahip değildir. Örneğin, birçok istilacı bitki türü, bollukları veya biyokütleleri sayesinde etkiye neden olurken (örneğin yangın rejimlerini değiştirmesi, (Brooks vd., 2004), birçok istilacı tür, bireysel olarak doğrudan etki yaratır. Bu tür etkilerin, özellikle yerel av toplulukları (plankton, bentoz vb.) gibi kaynakların kullanımı üzerindeki baskısının belirlenmesi için standartlaştırılmış yöntemlerin olmaması, etki teorilerinin test edilmesindeki en büyük engellerden biriydi (Ricciardi vd., 2013). Kısacası ihtiyaç duyulan şey aslında mevcut istilacı türlerin ekolojik etkilerini güvenilir bir şekilde açıklayabilecek ve farklı veya değişen çevresel koşullar altında ortaya çıkan ve gelecekteki istilacıların etkilerini bu yolla tahmin edebilecek yöntemler geliştirmektir (Dick vd., 2014). Bunun yanı sıra, bir diğer önemli nokta da yerli türlerin istilacı türlere karşı ne düzeyde bir direnç sergileyebildiğini anlamaktır (Dick vd., 2017). İdeal olarak da, bu tür yöntemler hızlı, güvenilir, düşük maliyetli ve farklı taksonomik ve trofik gruplar arasında uygulanabilir olmalı, ayrıca, ilgili organizmalar ve sistemlere uygun olarak çeşitli laboratuvar ve saha tabanlı çalışmalardan veri toplanmasına da olanak sağlamalıdır. İşte tüm bunların en basit ve etkili yöntemlerinden biri fonksiyonel cevap (FC), yani bir avcının av organizmalarını tüketim oranı ile mevcut av yoğunluğu arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ortaya konması (Dick vd., 2017). Bunun temelinde en basitinden istilacı türlerin kaynak kullanımı yoluyla yerli komüniteleri ve ekosistemleri etkileyebileceği gerçeği yatmaktadır. Bu terim (FC) ilk olarak Solomon (1949) tarafından av yoğunluğunun artmasıyla avcılarının av tüketim oranındaki (attack rate) artışı tanımlamak için kullanılmıştır. Holling (1959) ise bu kavramı

genişleterek parazitoid-konak ilişkisini av yoğunluğu, av tüketim oranı ve av tüketim süresi (handling time) gibi faktörlerin bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Holling burada fonksiyonel cevabı üç farklı tip eğri ile sınıflandırmıştır. İlk olarak, genelde filtreleme ile beslenen organizmalarda görülen Tip I cevabı tanımlayarak burada av tüketim oranı sabitken av tüketim süresi ihmal edilebilir düzeyde kabul etmiştir. Dolayısıyla bu tipte av tüketim oranı av yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmaktadır. İkinci olarak, Tip II cevapta av tüketim oranı sabit kalırken, av tüketim süresi maksimum beslenme oranını sınırlamakta, bu nedenle de av tüketim oranı, av yoğunluğu arttıkça bir doygunluk noktasına ulaşmakta ve bir asimptot oluşturmaktadır. Son olarak, Tip III cevapta ise av tüketim oranı av yoğunluğu ile ters orantılı olarak değişmektedir. Yani, av yoğunluğu düşükken av tüketim oranı düşük, ancak av yoğunluğu arttıkça av tüketim oranı da artmaktadır. Bu durumda, av tüketim oranının av yoğunluğuna göre S şeklinde bir eğri izlemesine neden olur (ayrıntılı grafik anlatım için bkz. Bölüm 2.3.).

Fonksiyonel cevaplar, bağlam duyarlı (context dependence) olduğu için çevresel koşullar, habitat dinamikleri ve av türleri gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, tek bir avcı bile farklı koşullar altında birden fazla fonksiyonel cevap tipi sergileyebilir. Holling'in denklemi, av yoğunluğunun sabit olduğunu ve avın sürekli yenildiğini varsayar. Ancak, Rogers (1972) ve Royama (1971) tarafından önerilen "rastgele avcı denklemi", deney sırasında azalan av sayılarını da hesaba katarak daha gerçekçi bir yaklaşım sunmuştur. Cevap eğrisi tipi aynı zamanda yoğun avlanmanın av popülasyonunun dengesini bozma potansiyeli hakkında önemli bilgiler de sunmaktadır. Tip II eğrisi, av yoğunluğu azaldığında bile avcının beslenme verimliliğinin yüksek kaldığını ve bu durumun av popülasyonunun tükenmesine yol açabileceğini gösterir. Buna karşılık, Tip III tepkisindeki yoğunluğa bağlı av tüketim oranı, avın düşük yoğunluklarda bir sığınak bulabileceğini ve böylece popülasyonun tamamen tükenmekten korunabileceğini gösterir (Dick vd 2013).

Görüldüğü gibi fonksiyonel cevap deneyleri, ekolojide yaklaşık 80 yıllık bir geçmişe sahip olmasına rağmen, istilacı türlerin potansiyel etkilerini değerlendirmek için nispeten yeni bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır (Dick vd., 2017; Nagelkerke vd., 2018). Daha yüksek bir maksimum beslenme oranı (av işleme süresinin tersi ($1/h$)), bir av popülasyonu üzerinde daha yüksek predasyon baskısı olduğunu gösterir. Bu nedenle, karşılaştırmalı fonksiyonel tepki deneyleri, farklı koşullar altında birey başına düşen tüketim oranını ve predasyon

etkinliğini (fonksiyonel cevap büyüklüğü ve eğri şekli) karşılaştırmak için farklı bağlamlarda kullanılabilir.

1.7. Araştırmanın amaç ve hipotezleri

Bu tez çalışmasının genel amacı, istilacı sivrisinek balığının (*Gambusia holbrooki*) trofik olarak analogu yerli dişlisazancık türleri üzerindeki istilacılığını ve ekolojik etkilerini değerlendirmek için tahmine dayalı yaklaşımların doğruluğunu arttırmaktır. Bu amaç doğrultusunda fonksiyonel cevap (FC), yani kaynak yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak kaynak kullanım oranı veya bir başka ifadeyle av yoğunluğu karşısında avcı tarafından gösterilen tüketim oranı arasındaki ilişkinin bir değerlendirmesi kullanılacaktır (Bknz Bölüm 1.6.). Bu kapsamda, aşağıdaki spesifik amaçlar doğrultusunda farklı hipotezler test edilecektir:

Amaç 1: Fonksiyonel cevap deneyleri yoluyla, istilacı sivrisinek balığı ile trofik olarak analog yerli dişlisazancık türlerinin kaynak kullanım etkinliğini karşılaştırmak ve bu farklılıkların istilacı türün yerli tür popülasyonları üzerindeki ekolojik etkilerini öngörmek.

Hipotez 1: İstilacı sivrisinek balığı, yerli dişlisazancık türlerine kıyasla daha yüksek bir maksimum beslenme oranına, yüksek bir FC eğrisine ve daha kısa av işleme süresine sahip olacak, bu da yerel kaynaklar üzerinde daha yüksek bir predasyon baskısı oluşturduğunu gösterecektir.

Amaç 2: Yerli dişlisazancık türlerinin fonksiyonel cevaplarındaki farklılıkların evrimsel köken (filogeni) ile açıklanıp açıklanamayacağını değerlendirmek.

Hipotez 2: Filogenetik olarak daha yakın türlerin, kaynak kullanım etkinlikleri açısından benzer fonksiyonel cevaplar göstereceği ve bu benzerliğin, türlerin ekolojik nişlerini ve istilacı türlerle etkileşimlerini yansıtacağı beklenmektedir.

Amaç 3: IUCN Kırmızı Liste koruma kategorilerinin, yerli dişlisazancık türlerinin fonksiyonel cevaplarındaki farklılıkları yansıtma potansiyelini incelemek.

Hipotez 3: IUCN Kırmızı Liste'de tehdit altında olarak sınıflandırılan yerli dişlisazancık türleri, asgari endişe düzeyinde olan türlere göre daha düşük bir FC eğrisine sahip olacaktır. Bu, tehdit altındaki türlerin kaynak kullanım etkinliğinin daha düşük olduğunu ve bu nedenle istilacı türlere karşı daha savunmasız olduklarını gösterir.

Son olarak,

Amaç 4: Eşeyssel dimorfizm sergileyen sivrisinek balığı ve yerli dişlisazancık türlerinde, eşey ve boyut farklılıklarının fonksiyonel cevaplara (FC) yansıtıp yansımadığını incelemek.

Hipotez 4: Model organizma türlerinde, eşeyler arasındaki morfolojik veya davranışsal farklılıklar, fonksiyonel cevaplarda da farklılıklar yaratacaktır. Özellikle, daha büyük boyuta sahip eşeyin (tüm model organizmalarda genellikle dişiler) daha yüksek maksimum beslenme oranlarına ve daha kısa av tüketim sürelerine sahip olması beklenmektedir. Bu farklılıklar, eşeyler arasındaki kaynak kullanım stratejilerindeki farklılıkları yansıtacak ve istilacı türlerle etkileşimlerinde potansiyel etkileri hakkında bilgi sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasından elde edilecek sonuçlar, koruma biyolojisi metodolojisinde tür koruma önceliklendirme yaklaşımlarına katkı sağlayacak ve gelecekteki çevresel değişim senaryolarına uygun akıllı çıkarımların yapılabilmesini sağlayacaktır.

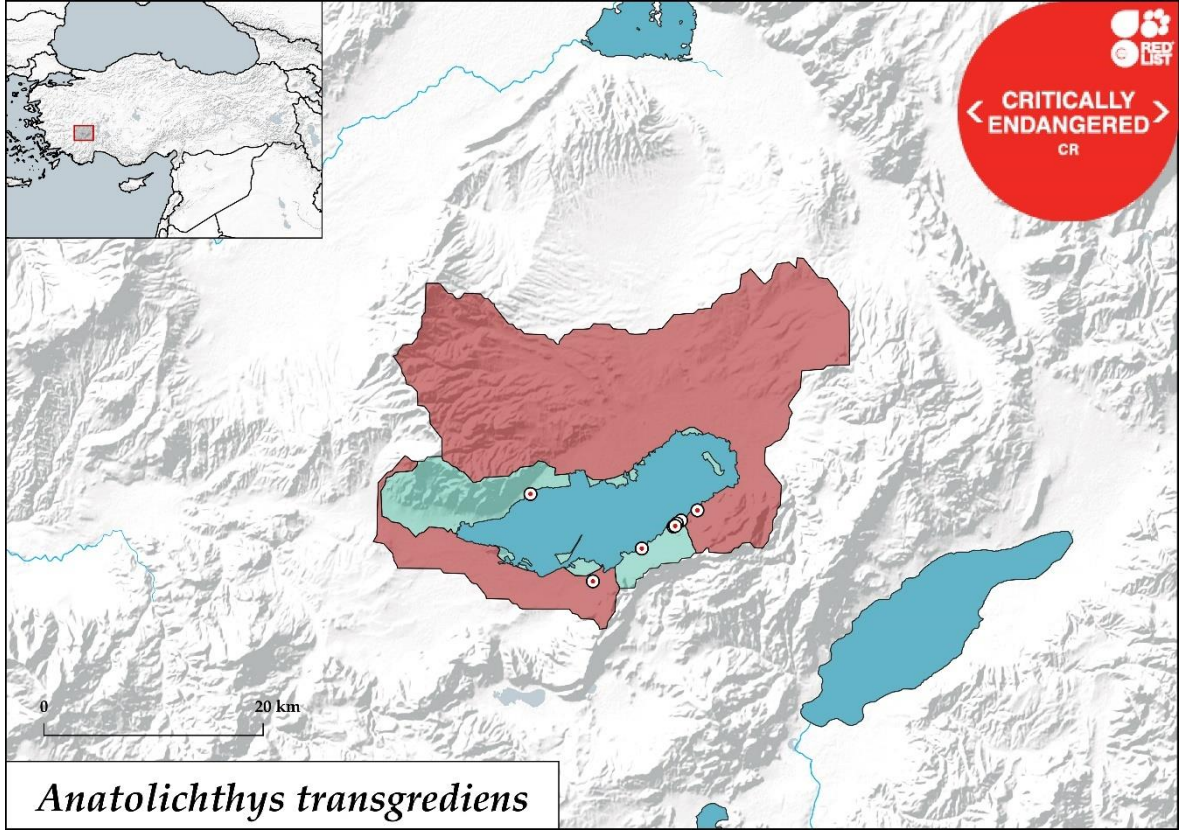
2. GEREÇ ve YÖNTEMLER

2.1. Model türlerin seçimi, temini ve laboratuvar bakımı

Çalışmada, araştırma hipotezlerini test etmek amacıyla seçilen model organizmalar, bir istilacı tür olan sivrisinek balığı *Gambusia holbrooki* ve onun trofik eşlenikleri olan dört yerli dişlisazancık türünden oluşmaktadır. Dişlisazancık türlerinin, filogenetik bağlamı temsil etmesi için iki *Anatolichthys* ve iki *Paraphanius* türü olarak seçilmiştir. Bu iki cins aynı familya içinde daha önce aynı cins içinde değerlendirilirken daha sonradan her biri bir monofiletik grup olarak iki ayrı cinse ayrılmıştır (Esmaeili vd., 2020; Freyhof ve Yoğurtçuoğlu, 2020). Ayrıca, IUCN koruma statülerinin de çalışmaya yansıtılması amacıyla her cinsten bir tür tehdit altında (*Anatolichthys transgrediens* ve *Paraphanius orontis*) ve bir tür ise asgari endişe düzeyinde (*Anatolichthys villwocki* ve *Paraphanius similis*) olacak şekilde belirlenmiştir. Bu türlerin seçilmesindeki bir diğer önemli faktör ise doğal yaşam alanlarında *Gambusia holbrooki* ile aynı habitatı paylaşmaları ve dolayısıyla istilacı türün potansiyel etkilerine maruz kalmalarıdır. Bu sayede, istilacı türün yerli türler üzerindeki trofik etkileşimleri ve bu etkileşimlerin türlerin koruma statüleriyle ilişkisi daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilebilecektir.

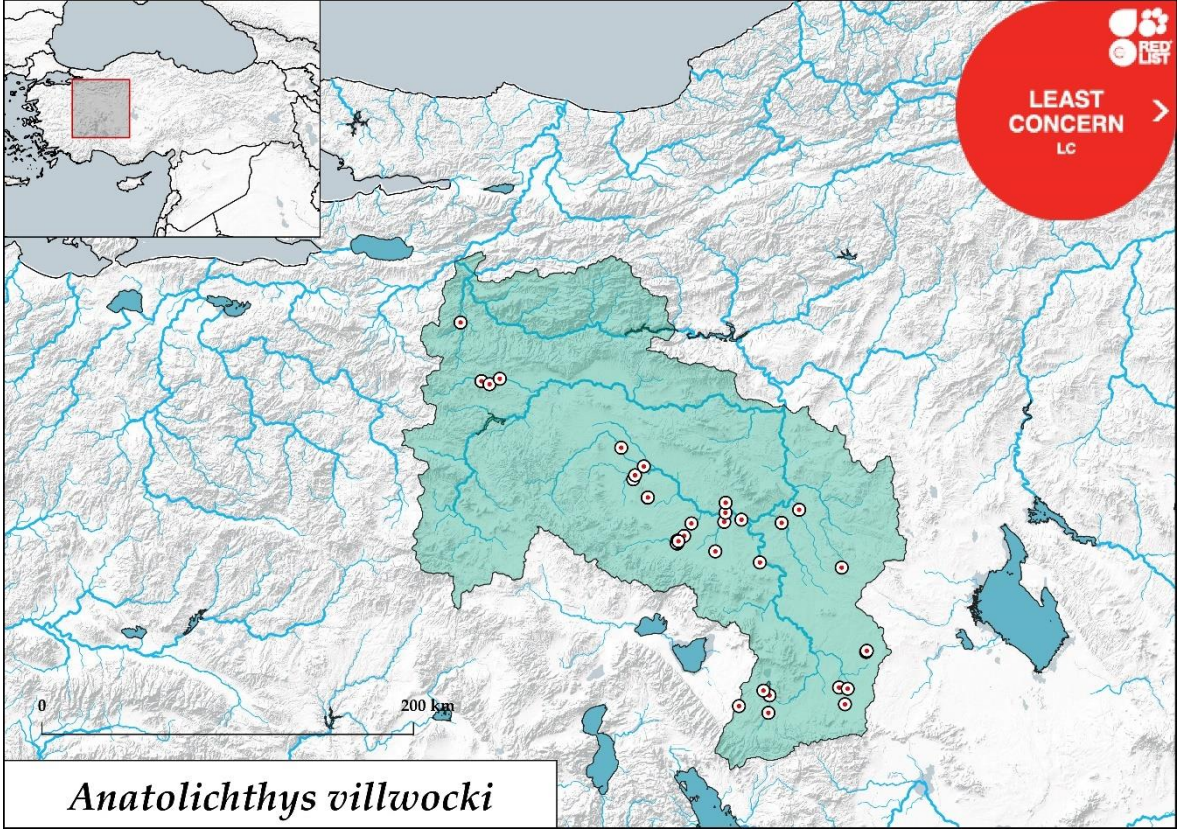
Araştırma model türlerinden kritik düzeyde tehlike altında olan *A. transgrediens* dünya üzerinde sadece Türkiye'nin Afyonkarahisar/Denizli sınırında bulunan Acıgölü besleyen birkaç tatlısu kaynağında bulunmaktadır (Şekil 6). Birçok kaynakta türün yok olma eşiğinde

olduğu, bunun en önemli sebeplerinden birinin de istilacı *G. holbrooki* olduğu belirtilmiştir (Yoğurtçuoğlu, 2016; Yoğurtçuoğlu vd., 2022, 2020; Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2014)



Şekil 6. *Anatolichthys transgrediens* dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)

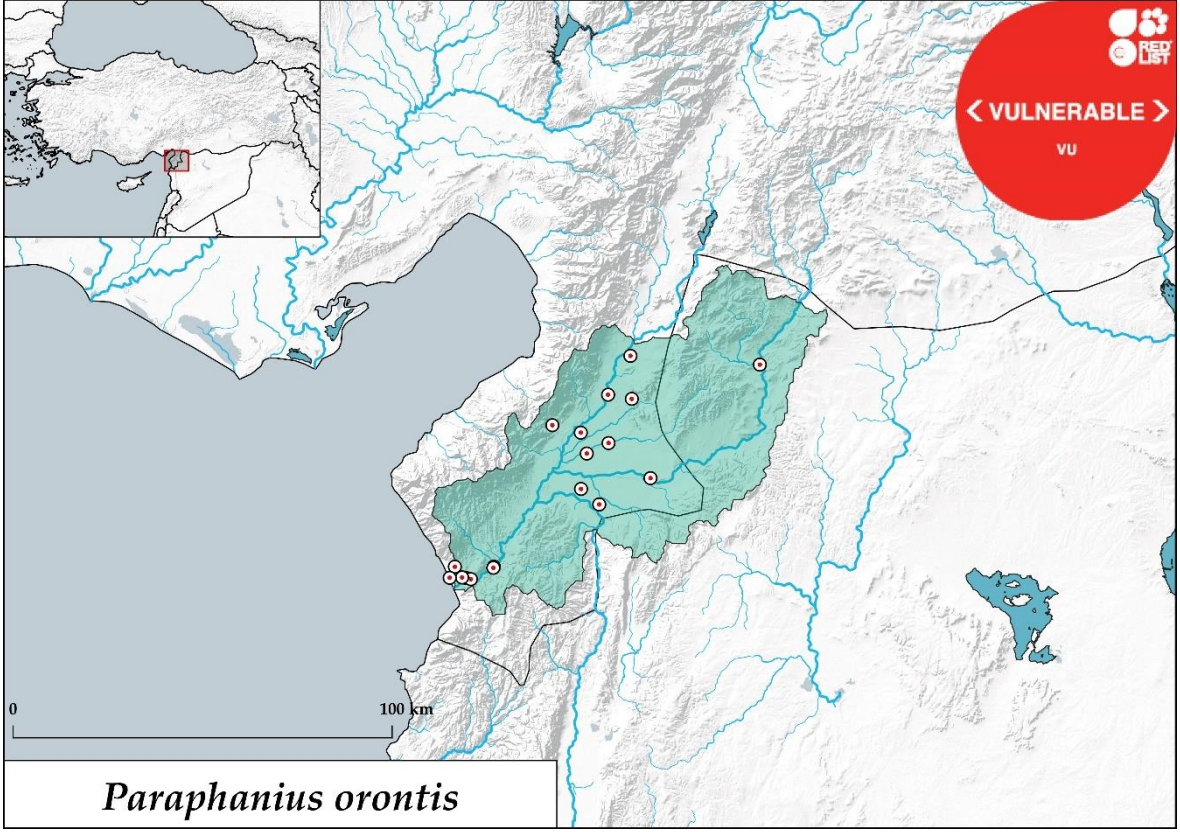
Bir diğer model *Anatolichthys* türü olan *A. villwocki* Türkiye'nin üst ve orta Sakarya drenajında dağılım gösteren bir tür olup IUCN tarafından asgari endişe düzeyinde sınıflandırılmıştır (Şekil 7). Bu türün dağılım alanı aynı zamanda istilacı *G. holbrooki* türünün Türkiye'den en çok kaydının verildiği su kaynakları ile örtüşmektedir (Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2018). Türün dağılım alanı içinde *G. holbrooki* ile potansiyel etkileşiminin özellikle su kaynaklarında öngörülen azalma ile birlikte artacağı düşünölmektedir.



Anatolichthys villwocki

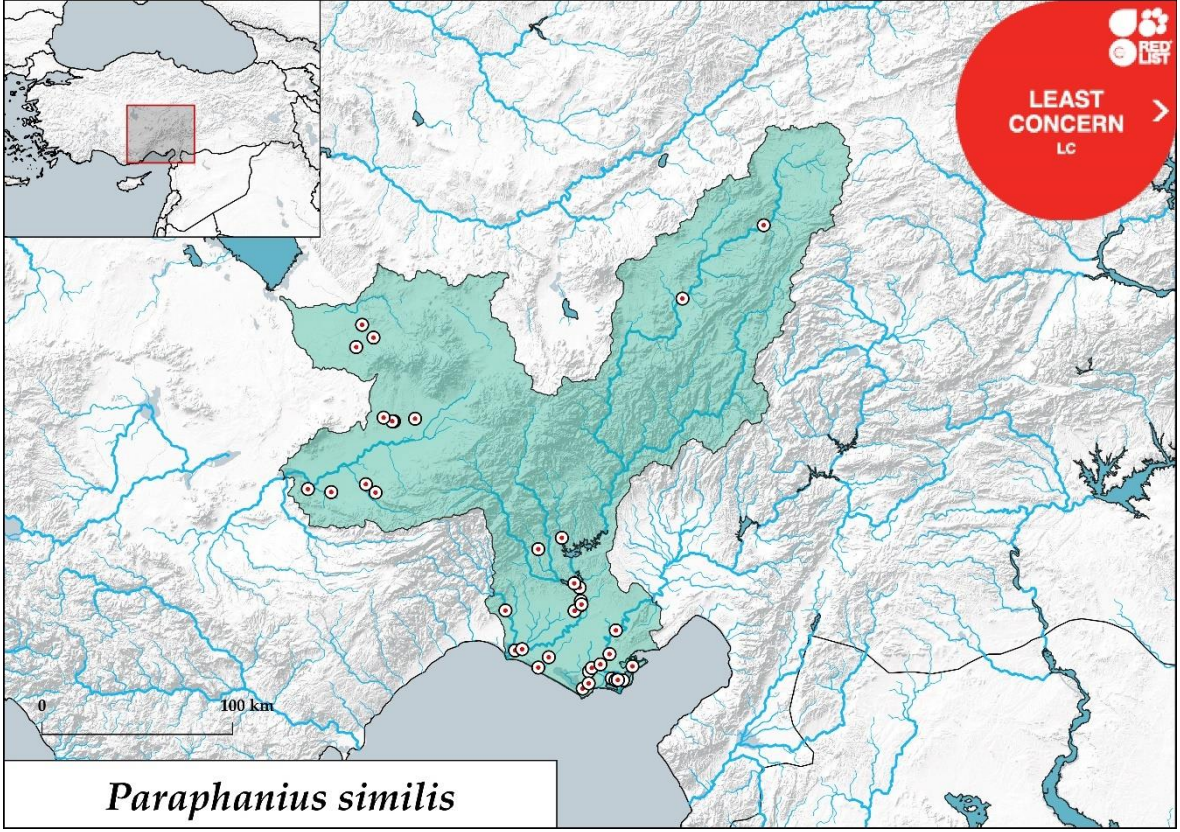
Şekil 7. *Anatolichthys villwocki* dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)

Araştırma model türlerinden bir diğeri olan *Paraphanius orontis*, Asi Nehri'nin aşağı ve orta kesimlerinde dağılım gösteren ve popülasyon sayısı son 10 yılda ciddi bir azalma eğilimi sergileyen bir türdür (Freyhof vd., 2025) (Şekil 8). Bu nedenle, IUCN tarafından "duyarlı" (VU) olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada kullanılan *P. orontis* bireyleri, günümüzde sıtma mücadelesi amacıyla kurutulan Amik Gölü'nün bir kalıntısı olan Gölbaşı Gölü'nden (Hatay/Kırıkhan) toplanmıştır. Bu durum, özellikle Amik Gölü'nün Türkiye'de *Gambusia holbrooki*'nin ilk kez salındığı su kaynağı olduğu düşünüldüğünde, *P. orontis* popülasyonlarının istilacı türün etkilerine en uzun süre maruz kaldığı varsayımı yapılabilmektedir.



Şekil 8. *Paraphanius orontis* dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)

Son model organizma olan *Paraphanius similis*, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) nehirlerinin aşağı kesimlerinde ve Seyhan Nehri'nin genelinde yaygın olarak bulunmakta ve bazı bölgelerde yüksek popülasyon yoğunluklarına ulaşmaktadır (Şekil 9). Ayrıca, Tuz Gölü kapalı havzasında yer alan Ereğli sazlıkları ve birkaç izole su kaynağında da türün popülasyonları tespit edilmiştir (Freyhof ve diğerleri, basımda). Yapılan çok sayıda arazi çalışması, bu türün sıklıkla *G. holbrooki* ile aynı habitatı paylaştığını ve hatta birçok durumlarda *G. holbrooki*'nin baskın tür haline bulunduğunu göstermektedir (B. Yoğurtçuoğlu, kişisel gözlem).



Şekil 9. *Paraphanius similis* dağılım alanı ve tehlike kategorisi (Freyhof vd. 2025'ten değiştirilerek alınmıştır)

Model türlerin örneklediği habitatlara ait coğrafi bilgiler Çizelge 3'te gösterilmektedir. *Gambusia holbrooki* ile *A. transgrediens* türleri Acıgöl (Denizli) tatlısu kaynaklarından örneklenmiş ancak örneklenen habitat Sodaş tesisleri tuz kurutma havuzları çıkış kanalı içinde kaldığından tuzluluk değeri açısından bu habitat acısu karakteristiği göstermiştir.

Çizelge 3. Model türlerin örneklediği habitat tipleri ve coğrafi bilgileri

Tür	Enlem	Boylam	Lokasyon adı	Habitat tipi
<i>Gambusia holbrooki</i>	37.864	29.851	Acıgöl (Denizli)	Acısu
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	37.864	29.851	Acıgöl (Denizli)	Acısu
<i>Anatolichthys villwocki</i>	39.352	31.057	Sakaryabaşı (Eskişehir)	Kaynak
<i>Paraphanius orontis</i>	36.494	36.481	Gölbaşı Gölü (Hatay)	Göl
<i>Paraphanius similis</i>	38.275	34.065	Sağlık kaynağı (Aksaray)	Sazlık

Anatolichthys villwocki türü Sakarya nehrinin en büyük kaynaklarından biri olan Sakaryabaşı kaynağından yakalanmıştır. Bu habitat temiz, çakıl dip yapısına sahip, vejetasyonu zayıf bir tatlısu habitatıdır. *Paraphanius orontis* ve *P. similis* sırasıyla Hatay Gölbaşı Gölü ile Aksaray Sağlık bataklığından örneklenmiştir. Her iki habitat da sazlık

bölgede ve yumuşak dip yapısıyla bataklık karakteristiğine sahipti. *Gambusia holbrooki* yoğunluğu en yüksek habitat Acıgöl iken Sağlık kaynağında bu türe rastlanmamıştır. Diğer örnekleme noktalarında ise düşük yoğunluklarda bulunmaktadır.

Örnekler 40 cm çapında 1 mm göz açıklığına sahip bir el kepçesi veya 3 x 1,5 x 1,5 m boyutlarında 4 mm göz açıklığına sahip bir ıgırıp yardımıyla lokasyonların kıyı kesimlerinden yakalanmıştır. Arazide yakalanan örnekler plastik kaplara alınarak uygun koşullarda Hacettepe üniversitesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Ana Bilim Dalı Tatlısu Balıkları Biyolojisi ve Ekolojisi laboratuvarına (TABBEL) taşınmıştır. Örnekler ortam koşullarına uyum sağlamaları için burada bir hafta boyunca 150 L hacimde filtre edilmiş ve iyi havalandırılan cam tanklarda muhafaza edilmiştir. Bu süreçte günde iki defa pelet yem ve sivrisinek larvasıyla beslenerek yem alma açısından da deneylere hazır hale gelmeleri beklenmiştir. Sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri YSI marka Proplus model ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Işık periyodu 12 saat gündüz ve 12 saat gece olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deneysel çalışmalar için gerekli olan etik kurul onayı Hacettepe Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu 52338575-57 sayılı kararıyla sağlanmıştır (EK-1).

2.2. Fonksiyonel cevap deneyleri

Deneysel çalışmalar için 20 L yarı saydam plastik tanklar kullanılmıştır. Deney için kaplar standart şekilde 6 cm derinlik (yaklaşık 6 L) filtre edilmiş ve dinlendirilmiş su ile doldurulmuştur (Şekil 10).



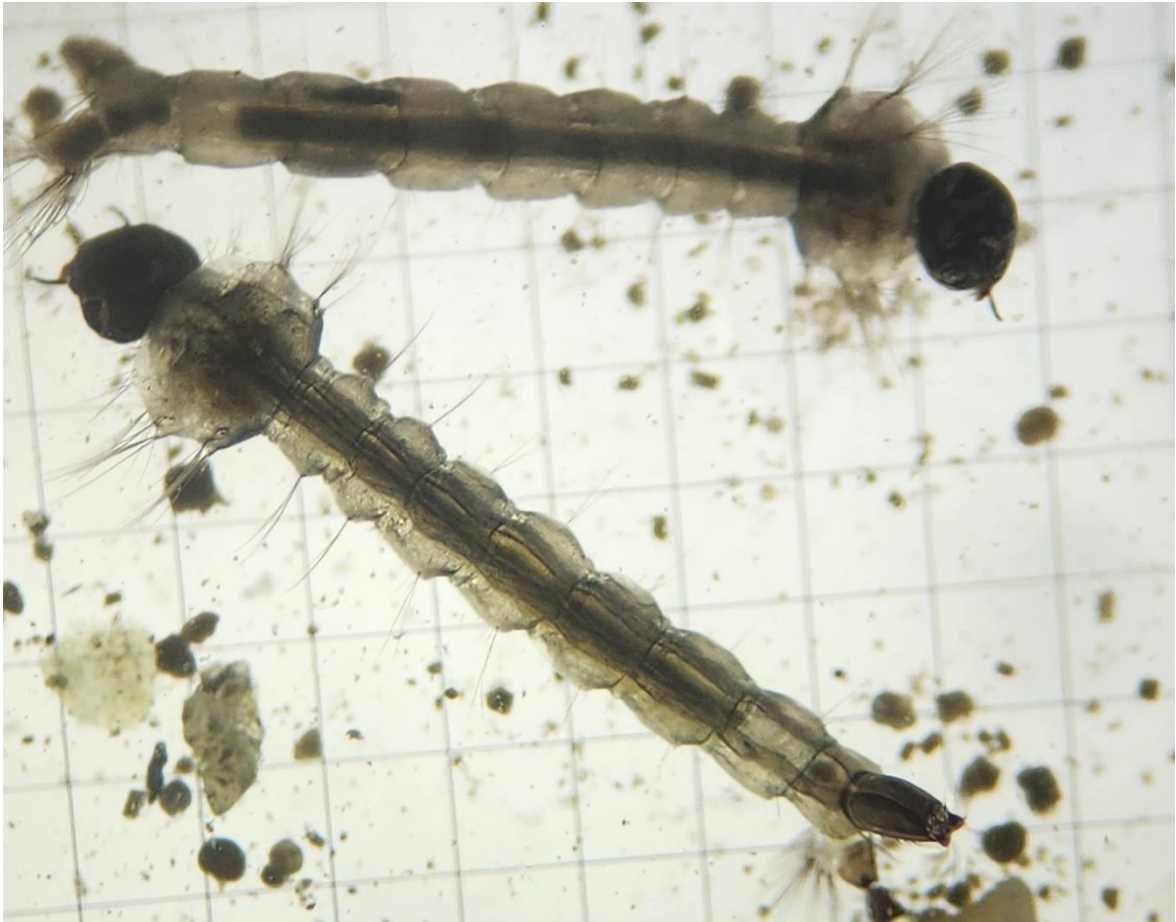
Şekil 10. Fonksiyonel cevap deneyleri için kullanılan plastik tanklar

Deneyde kullanılan suyun sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri Çizelge 4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4. Deneyde kullanılan tank sularında ölçülen sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri

	T(C°)	pH	Sal (ppt)
Minimum	19.10	7.04	0.17
Maksimum	23.20	8.70	0.39
Ortalama	21.15	7.87	0.28
Standart sapma	1.02	0.38	0.05

Deney aşamasında rastgele bireyler seçilerek her bir balık bireyine farklı yoğunluklarda (2, 4, 8, 16, 32, 64) sivrisinek larvası (*Culex* sp.) verildi. Sivrisinek larvaları 6.0 – 8.3 mm boy aralığında L3 ve L4 evrelerinden rastgele olacak şekilde seçildi (Şekil 11).



Şekil 11. Fonksiyonel cevap deneylerinde kullanılan *Culex* sp. bireyleri. (Kareler 1 x 1 mm)

Balıkların açlık seviyelerini standartlaştırmak için deneye tabi tutulacak bireyler deneylerden 24 saat önce 150 litrelik tanklarda beslenmeden bekletilmiştir.

Çizelge 5. Deneilerde kullanılan balıkların boy dağılımları. Değerler milimetre cinsinden verilmiştir.

Tür	Eşey	Min.	Maks.	Ort.	St. sp
<i>Gambusia holbrooki</i>	Dişi	30.8	38.3	35.4	2.0
	Erkek	20.6	28.8	25.0	2.4
<i>Paraphanius orontis</i>	Dişi	20.2	37.6	30.8	4.4
	Erkek	28.7	44.4	36.0	4.0
<i>Paraphanius similis</i>	Dişi	21.8	32.9	26.8	3.3
	Erkek	18.4	29.1	24.4	3.0
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	Dişi	22.4	32.0	26.8	2.8
	Erkek	18.0	25.6	22.2	2.1
<i>Anatolichthys villwocki</i>	Dişi	29.9	38.5	34.3	2.6
	Erkek	29.8	36.8	33.3	2.1

Her bir türden bireyler öncelikle boyları ölçülmüş (Çizelge 5) ve deney kaplarına alınarak 1 saat boyunca kap koşullarına uyum sağlamaları için beklenmiştir. Daha sonra 1 saat boyunca önceden belirlenen av yoğunluklarında sinek larvası deney tankına alınmış, 1 saatin ardından kalan larvalar sayılmıştır. Deneilerde her türün dişi ve erkekinden üçer tekrar uygulanmıştır. Her deney öncesinde deney tankları temizlenmiş ve yeni su ile doldurulmuştur.

2.3. Veri analizi

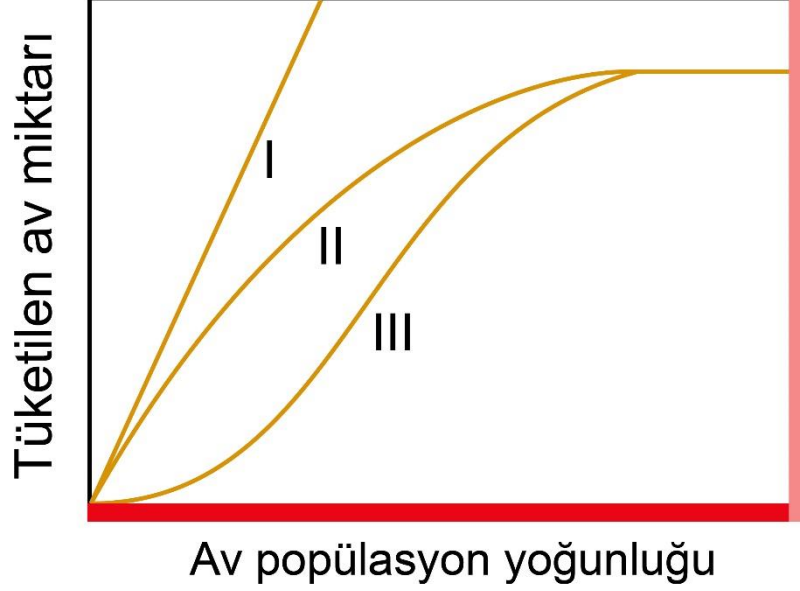
Veri analizi öncesinde, aşırı uç değerler (örneğin, hiç av tüketmeyen bireyler) veri setinden çıkarılmıştır. İlk analiz olarak tüketim oranlarındaki farklılıkları belirlemek için genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) kullanılmıştır. Burada bağımlı değişken tüketim oranı (bir saatte tüketilen larva sayısı), bağımsız değişken türler (veya eşeyler) ve kovaryans olarak da deney kabına eklenen ilk larva sayısı belirlenmiştir.

Fonksiyonel cevap veri analizleri, Pritchard vd. (2017) tarafından geliştirilen 'frair' paketi kullanılarak RStudio (sürüm 4.3) ortamında gerçekleştirilmiştir.

Holling, FC'yi üç farklı tip eğri ile sınıflandırmıştır:

- **Tip I cevap:** Daha çok filtreleme yoluyla beslenen organizmalarda görülen bu tipte, av tüketim oranı sabit, av tüketim süresi ihmal edilebilir düzeydedir. Bu durumda, av tüketim oranı av yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artar (Şekil 12, I).
- **Tip II cevap:** Bu tipte av tüketim oranı sabit kalırken, av tüketim süresi maksimum beslenme oranını sınırlar. Bu nedenle, av tüketim oranı, av yoğunluğu arttıkça bir doygunluk noktasına ulaşır ve bir asimptot oluşturur (Şekil 12, II).

- **Tip III cevap:** Bu tipte Tip II cevaptan farklı olarak, av tüketim oranı av yoğunluğu ile ters orantılı olarak değişir. Yani, av yoğunluğu düşükken av tüketim oranı düşüktür, ancak av yoğunluğu arttıkça av tüketim oranı da artar. Bu durum, av tüketim oranının av yoğunluğuna göre S şeklinde bir eğri izlemesine neden olur (Şekil 12, III).



Şekil 12. Üç FC türünün tüketilen av sayısının bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi. Pritchard vd. (2012)'den değiştirilerek alınmıştır.

Deneyle sırasında avlar yenilenen bir kaynak olmadığından, yani yoğunluklar sabit tutulduğundan, Tip II eğri uygunluğu işlemi Rogers ve Royama'nın (1971; 1972) rastgele avcı denkleminde dayandırılmıştır:

$$N_e = N_0 \cdot (1 - e^{a \cdot (N_e \cdot h - T)})$$

Bu eşitliğe göre,

N_e , tüketilen av miktarı; N_0 , ilk av miktarı; a , av tüketim oranı; h , av tüketim süresi; T , deney süresidir.

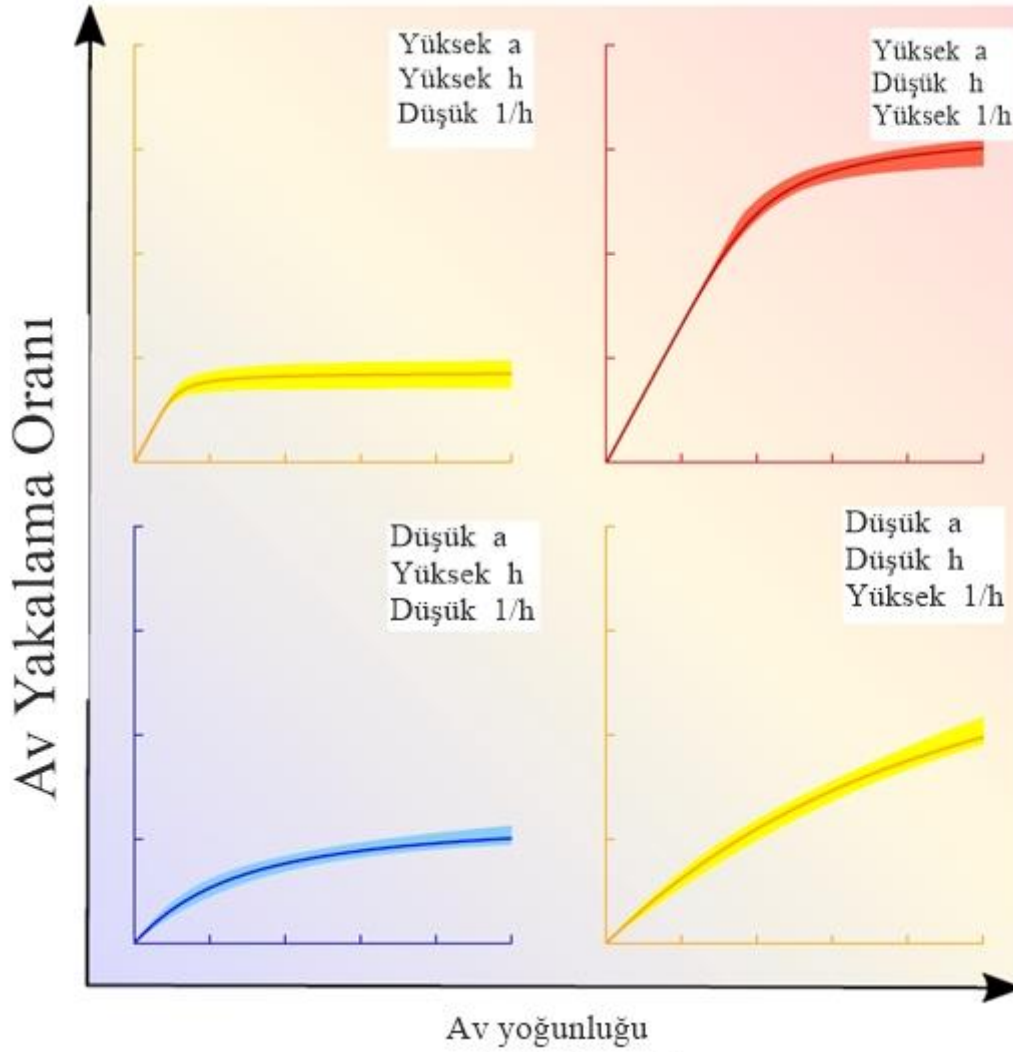
Fonksiyonel cevaba uydurulan eğri (fit), *frair* paketindeki *frair_test* fonksiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Bu fonksiyon, av oranına göre polinom lojistik regresyonun birinci dereceden teriminin işaretini değerlendirir. Pozitif bir işaret av yoğunluğu arttıkça avlanma oranının önce hızlı bir şekilde arttığını, sonra yavaşladığını ve sonunda bir doygunluğa ulaştığını (Tip II), negatif bir işaret ise av yoğunluğu arttıkça oransal avlanma oranının önce yavaş arttığını, sonra hızlandığını ve sonunda yine bir doygunluğa ulaştığını göstermektedir (Tip III).

İkili tür ve eşey FC katsayıları, "*frair*" paketinden "*frair_compare*" fonksiyonu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Fonksiyonel cevap, avcı tüketim hızı ile av yoğunluğu arasındaki ilişkiyi tanımlayan Rogers Tip II denklemi ile modellenmiştir. Analiz sürecinde, model katsayıları olan toplam süre (T) sabit tutulurken her tür için av tüketim oranı (a) ve av tüketim süresi (h) parametreleri optimize edilmiştir.

Av yakalama oranı (a), bir avcının bir avla karşılaşma ve ona av tüketim oranını temsil eder. Genellikle birim zaman başına başarılı karşılaşma oranı (yani avı tespit edip tüketmeye başlanması) olarak kabul edilir. Dolayısıyla daha yüksek av tüketim oranı, avcılarının avı tespit etme ve yakalama konusunda daha verimli olduğu anlamına gelir.

Av tüketim süresi (h), avcının tek bir av bireyini yakalamak, etkisiz hale getirmek ve tüketmek için harcadığı birim zamanı ifade eder. Yani bu parametre, avcının bir avı yakaladığı andan bir sonraki avı aramaya hazır olduğu (tekrar acıkıncaya kadar olan süre) ana kadar geçen tüm süreyi içerir. Dolayısıyla daha uzun bir av tüketim(sindirme) süresi (yüksek h katsayısı) her av için daha fazla zaman harcadığını ve toplam av tüketim oranının düştüğünü gösterir.

Fonksiyonel cevap karşılaştırma analizlerinde katsayılarının karşılaştırılmasına ek olarak, her tür için Fonksiyonel Cevap Oranı (FCO) da hesaplanmıştır. FCO, hem av tüketim oranı (a) hem de av tüketim süresi (h) parametrelerinden elde edilen bilgileri dengeleyen bir değerlendirmedir (Cuthbert vd., 2019). Bu değerlendirme çok basit bir şekilde av tüketim oranının av tüketim süresine oranı olarak hesaplanır ($FCO = a/h$). Bu oran istilacı yabancı türlerin ekolojik etkilerinin, her iki parametrenin de tek başına kullanılmasına kıyasla daha dengeli bir değerlendirme sağlaması için önerilmiştir. Yüksek FCO değerleri, av tüketim süresi göre yüksek bir av tüketim oranını gösterirken, düşük FCO değerleri, bunun tam tersini gösterir. Bu bağlamda, kabaca yüksek FCO değerlerinin istilacı türlerin yerel ekosistemler üzerindeki potansiyel etkilerinin daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Hipotetik yüksek ve düşük a ve h katsayılarının grafik yansıması Şekil 13'de gösterilmektedir.



Şekil 13. Varsayımsal FCO sıcaklık haritası Cuthbert vd. (2019)'dan alınmıştır. Son olarak, model parametrelerinin 2000 önyüklemeli (Bootstrap = 2000) değerlerinin grafiğe aktarılmasının ardından av yoğunluğu gradyanı boyunca (2, 4, 8, 16, 32, 64) tüketim değerlerinin %95 güven aralığında karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

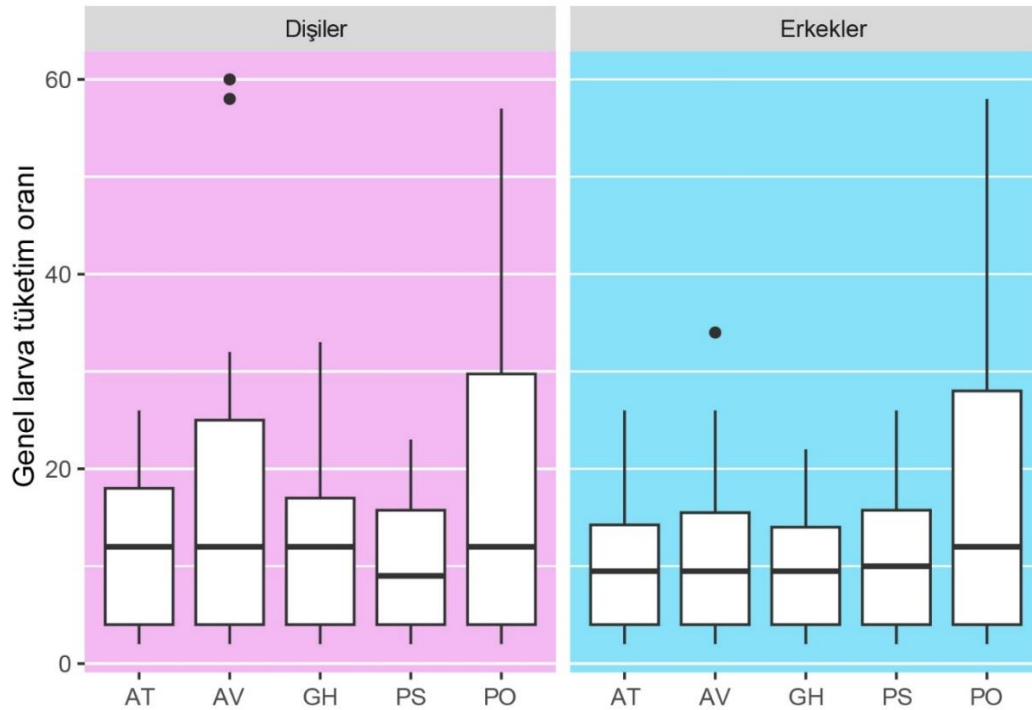
3.1. Genel av tüketim oranları

Genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) test sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre, larva yoğunluğu beklendiği gibi verilen larva sayısı üzerinde anlamlı bir tüketim etkisine sahiptir ($p < 0.001$), bu parametre zaten standartlaştırıcı kovaryant etkisi sebebiyle modelde yer almıştır. Tüketilen ortalama larva sayısı tür ve eşey düzeyinde de önemli ölçüde birbirinden farklı olduğu görülmektedir (sırasıyla $p < 0.001$ ve $p = 0.036$).

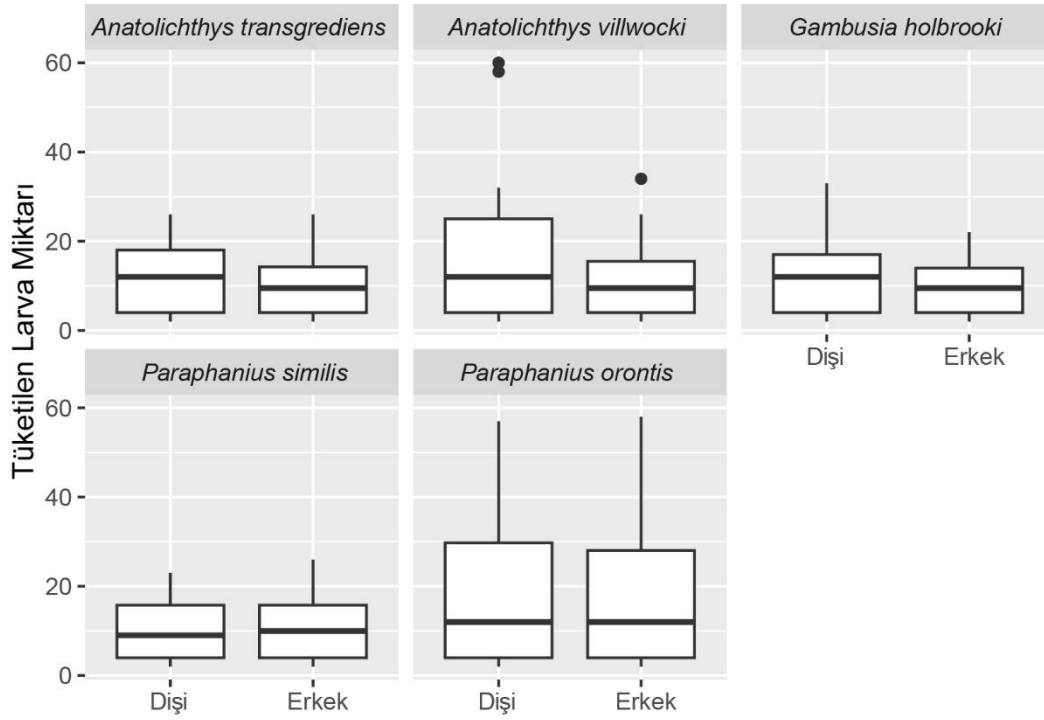
Çizelge 6. GLM analizi ile elde edilen sonuçlar. Quasi-Poisson dağılımı kullanılan modelde larva tüketimi tür, eşey ve ilk larva sayısı ile açıklanan değişken olarak ele alınmıştır. Anlamlılık kodları: 0 '**' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 1**

	Estimate	Std. hata	t değeri	Pr(> t)	Kod
(Kesişim)	1.7116	0.0974	17.569	< 0.001	***
<i>A. transgrediens</i>	0.0224	0.1119	0.2	0.8415	
<i>A. villwocki</i>	0.2870	0.1053	2.726	0.00707	**
<i>P. similis</i>	-0.0410	0.1137	-0.362	0.71801	
<i>P. orontis</i>	0.4570	0.1017	4.493	< 0.001	***
Eşey	-0.1386	0.0657	-2.11	0.03628	*
İlk larva sayısı	0.0266	0.0012	20.679	< 0.001	***

Bu analizde *G. holbrooki* türü referans bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Model katsayıları da incelendiğinde, *Paraphanius orontis* ($p < 0.001$) ve *Anatolichthys villwocki* ($p < 0.007$) genel larva tüketim oranlarının *Gambusia holbrooki* türüne göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu, *Anatolichthys transgrediens* ve *Paraphanius similis* türlerinin genel larva tüketim oranlarının *Gambusia holbrooki*'den önemli ölçüde farklılık göstermediği belirlenmiştir (p-değerleri sırasıyla = 0,841 ve 0,718).

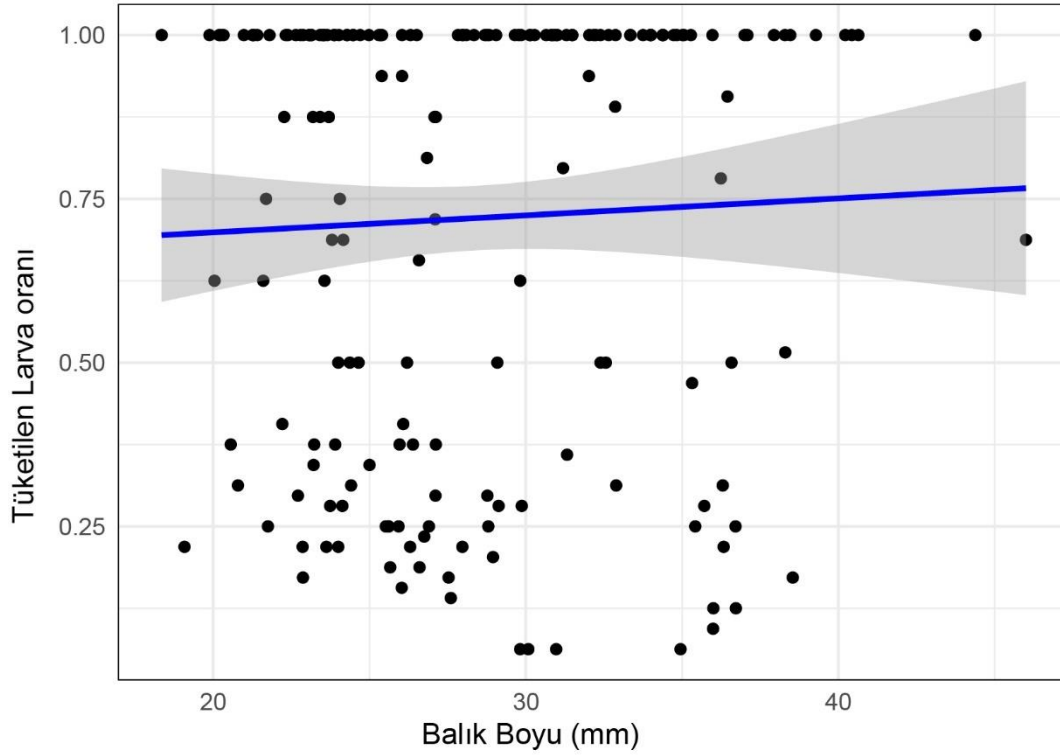


Şekil 14. Türlere göre genel larva tüketim oranlarının kutu grafiği. AT, *Anatolichthys transgrediens*; AV, *Anatolichthys villwocki*; GH, *Gambusia holbrooki*, PS, *Paraphanius similis* ve PO, *Paraphanius orontis*



Şekil 15. Türler göre genel larva tüketim oranlarının kutu grafiği. Her tür için dişi ve erkek ayrılmış şekilde

Eşeyler açısından da genel larva tüketim oranlarının önemli düzeyde farklılaştığı (p-değeri = 0,036), ancak bunun marjinal düzeyde olduğu ve erkeklerin dişilere göre daha düşük genel larva tüketim oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Dişiler her ne kadar erkeklere göre boy açısından anlamlı bir farklılık gösterse de (dişi boy ortalaması 29.4mm vs. erkek boy ortalaması 27.6mm; t, 2,32, p = 0,022), tüketilen larva oranı ile balık boyu arasında bir kuvvetli bir ilişki gözlenmemiştir (şeki 116 (F 0.33; p = 0.562 ve R-kare % 0.2).



Şekil 16. Balık boyunun artışına kıyasla, tüketilen larva miktarı oranı.

Bunun yanı sıra, spearman korelasyon testi sonuçlarına göre, elde edilen çok zayıf korelasyon katsayısı ($\rho = 0,02$) ve yüksek p-değeri (0,7068), balık boyu ile tüketilen larva oranı arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla erkeklerdeki daha düşük larva tüketimi eğilimi, boy faktöründen ziyade davranışsal bir parametre ile ilişkilendirilebilir; ancak davranışsal faktörlerin karmaşıklığı ve potansiyel etkileşimleri nedeniyle, bu ilişkiyi kesin olarak belirlemek daha farklı testler gerektirmektedir. Deneilerin gerçekleştirildiği süreç içinde laboratuvarında tutulan türlerin çoğu zaman çiftleşme ve kur faaliyetleri içinde oldukları ve özellikle dişlisazancık erkeklerinin bu süreçte alan savunma ve dişi cezbetme çabaları göz önüne alındığında, daha düşük larva tüketimi eğilimlerinin bir enerji koruma stratejisi olabileceği öne sürülebilir. Bu tip örnekler özellikle alan savunan balık türlerinde bazı çalışmalarca ortaya konmuştur (Gonçlalves ve Almada, 1997; Magnhagen, 1986).

Paraphanius orontis ve *Anatolichthys villwocki* türlerinin daha fazla larva tüketme eğilimleri birçok faktör tarafından belirlenmiş olabilir. *Paraphanius* türleri genel olarak avlanma etkinlikleri yüksek ve baskın davranışsal özellikler sergileyebilen türlerdir (Freyhof ve Kaerst, 2020). *Paraphanius orontis* türü deney süresi içinde laboratuvar koşullarına birçok türe kıyasla daha iyi uyum sağladıkları gözlenmiştir. Birçok dişlisazancığın aksine

Anatolichthys villwocki beslenme davranışları, ekolojik ve fizyolojik özellikleri henüz çalışılmamış bir tür olarak ileriki çalışmalar için bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tür de laboratuvar koşullarına hızlı bir şekilde adapte olmuş ve verilen yemlere çok kısa sürede tepki göstermiştir.

3.2. Fonksiyonel cevap testleri (tür içi değerlendirmeler)

Çalışmada yer alan tüm türlerin hem dişi hem de erkek bireyleri için fonksiyonel cevap testleri gerçekleştirilmiştir. Logistik regresyon analizleri sonucunda incelenen tüm balık türlerinin ve cinsiyetlerinin av yoğunluğuna bağlı olarak Tip II fonksiyonel cevap sergilediğini göstermektedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Her bir türün dişi ve erkeğinde fonksiyonel cevap testi lojistik regresyon çıktıları. P değeri tüm testler için < 0,001 olarak hesaplanmıştır.

Tür	Eşey	Doğrusal katsayı	z	St. hata
<i>Gambusia holbrooki</i>	Dişi	-0,0512	-8,630	0,006
	Erkek	-0,0525	-9,103	0,006
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	Dişi	-0,0460	-8,170	0,006
	Erkek	-0,0305	-6,078	0,005
<i>Anatolichthys villwocki</i>	Dişi	-0,0286	-3,774	0,008
	Erkek	-0,0326	-6,270	0,005
<i>Paraphanius orontis</i>	Dişi	-0,0720	-5,213	0,014
	Erkek	-0,0574	-5,716	0,010
<i>Paraphanius similis</i>	Dişi	-0,0464	-8,377	0,006
	Erkek	-0,0452	-8,203	0,006

Tip II fonksiyonel cevap, avcı tüketim oranının av yoğunluğu ile önce hızla artıp daha sonra doygunluğa ulaştığı bir davranışı ifade eder (Alexander vd., 2014; Rogers, 1972). Doğrusal katsayıların negatif olması, av yoğunluğu arttıkça avcılarının av başına tüketim oranının azaldığına işaret etmektedir. Bu durum, Holling'in temel denkleminde tanımlanan Tip II fonksiyonel cevabın karakteristik bir özelliğidir (Holling, 1959). Farklı balık türleri ve cinsiyetleri arasında, doğrusal katsayı değerlerinde hafif farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin, *Gambusia holbrooki* türünün dişi ve erkek bireyleri, sırasıyla -0,0512 ve -0,0525 doğrusal katsayı değerleriyle en güçlü Tip II cevabı sergilerken, *Anatolichthys villwocki* türünün dişi bireyleri -0,0286 değeriyle en zayıf Tip II cevabı göstermiştir. Ancak, tüm türler ve cinsiyetler için Tip II fonksiyonel cevabın varlığı istatistiksel olarak desteklenmiştir.

Her bir tür için dişi ve erkek bireyleri arasındaki av tüketim oranı (a) ve av tüketim süresi (h) parametreleri Rogers Tip II fonksiyonel cevap denklemi kullanılarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Her bir tür için dişi ve erkek bireyleri arasındaki av tüketim oranı (a) ve av tüketim süresi (h) parametreleri. Anlamlılık kodları: 0 '**' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1**

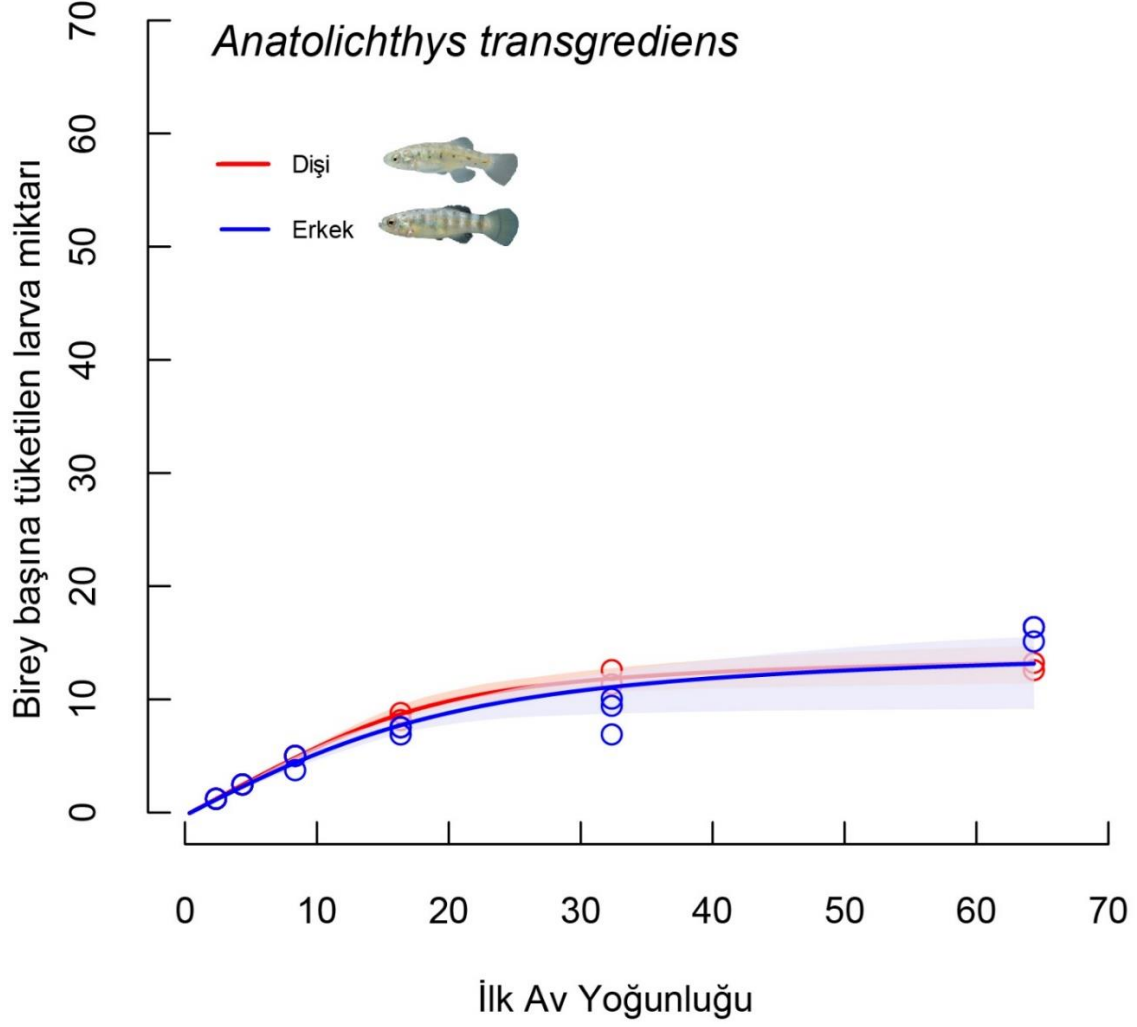
	Eşey	a	a std	z	p	h	h std	z	p
<i>A. transgrediens</i>	Dişi	5.12	1.35	3.77	***	0.04	0.00	9.56	***
	Erkek	2.98	0.72	4.12	***	0.04	0.01	7.48	***
<i>A. villwocki</i>	Dişi	3.32	0.51	6.49	***	0.01	0.00	5.40	***
	Erkek	4.42	1.27	3.49	***	0.04	0.01	8.32	***
<i>G. holbrooki</i>	Dişi	10.56	4.19	2.52	*	0.05	0.00	11.28	***
	Erkek	9.91	4.86	2.04	**	0.06	0.01	10.22	***
<i>P. orontis</i>	Dişi	7.06	1.51	4.66	***	0.02	0.00	10.68	***
	Erkek	5.77	1.15	5.00	***	0.02	0.00	9.62	***
<i>P. similis</i>	Dişi	8.21	3.41	2.40	*	0.05	0.01	10.06	***
	Erkek	5.07	1.23	4.12	***	0.05	0.01	10.65	***

Anatolichthys transgrediens türünde dişi ve erkek bireylere ait a ve h parametreleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan test sonuçlarına göre, av tüketim oranı (a) için fark (Da) 2,138 ve av tüketim süresi (h) için fark (Dh) 0,002 olarak hesaplanmıştır. Ancak, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 9).

Çizelge 9. *A. transgrediens* türünde dişi ve erkek bireylere ait a ve h parametreleri arasındaki fark

Parametre	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
Da	2.138	1.539	1.388	0.164
Dh	0.002	0.007	0.332	0.740

Fonksiyonel cevap açısından eşeyssel bir farklılık göstermeyen bu tür için üreme döneminin bir bağımsız değişken olarak ele alınması sonraki çalışmalar açısından önem arz etmektedir, zira üreme döneminde bu türün farklı enerji paylaşım stratejileri olduğu ortaya konmuştur (Yoğurtçuoğlu vd., 2020).



Şekil 17. *Anatolichthys transgrediens* türünün dişi ve erkekinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği

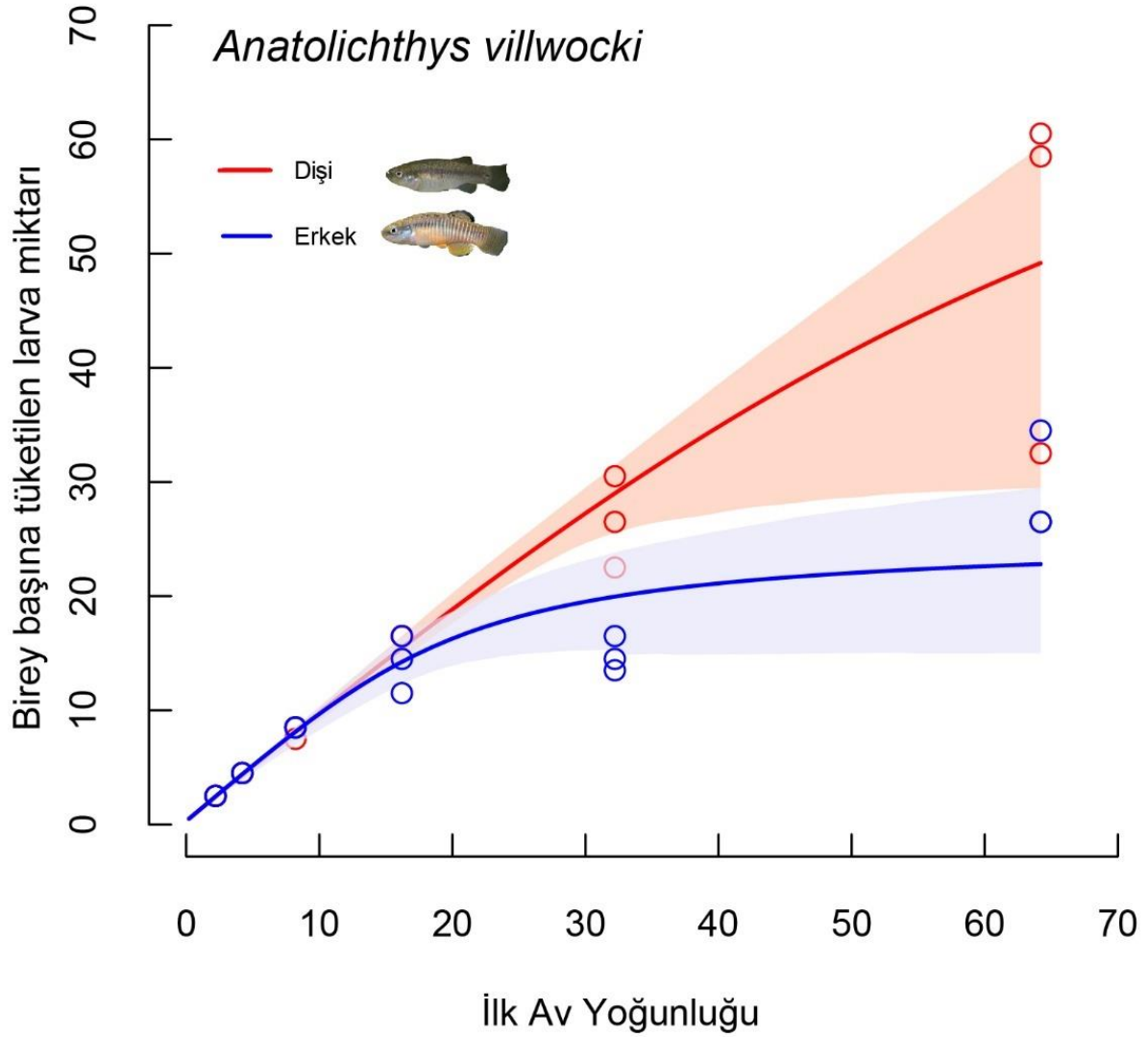
Anatolichthys villwocki türünde dişi ve erkek bireylere ait fonksiyonel cevap a ve h parametreleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan test sonuçlarına göre, av tüketim oranı (a) için fark (Da) 1,101 ve av tüketim süresi (h) için fark (Dh) 0,028 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. *Anatolichthys villwocki* türünde dişi ve erkek bireylere ait a ve h parametreleri arasındaki fark

Parametre	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
Da	-1.101	1.367	-0.805	0.420
Dh	-0.028	0.005	-5.407	< 0.001

Bu parametreler arasında av tüketim süresinin *A. villwocki* dişilerinde erkeklere göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Av tüketim oranı (a) parametresi açısından da dişilerin yine daha düşük değer aldığı ancak bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit

edilmiştir. Bu türdeki dişilerin av tüketim süresindeki verimliliği, potansiyel olarak üreme dönemlerindeki yüksek enerji gereksinimlerini karşılamaya yönelik bir adaptasyon olabilir, ancak bu hipotezin doğrulanması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.



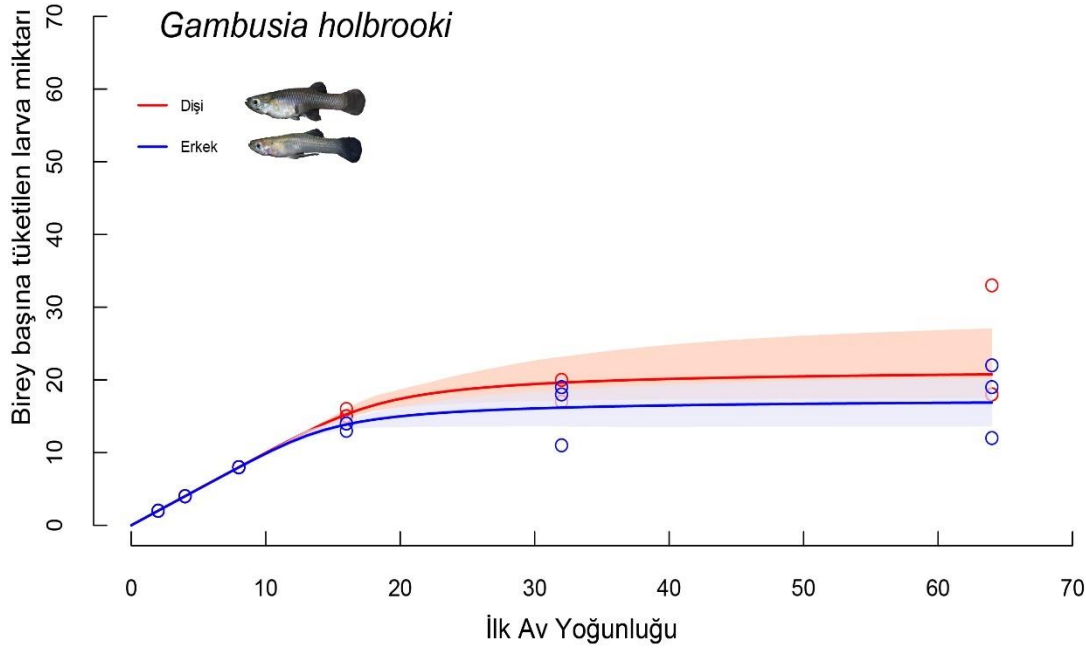
Şekil 18. *Anatolichthys villwocki* türünün dişi ve erkeklerinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği

Gambusia holbrooki'de dişi ve erkek bireylere ait fonksiyonel cevap a ve h parametreleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya konmuştur (Çizelge 11). Bu durum, deneyde kullanılan *G. holbrooki* dişi bireylerinin genellikle gebe olduğu ve sindirim kanallarının hacmen sıkışmış olabileceğine ve gebeliğin daha yavaş harekete neden olabileceğine, erkek bireylerde gözlenen daha yüksek av tüketim süresinin ise yine fizyolojik olarak üreme yatırımı bir davranışa dayanıyor olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu balıklar, avlarını etkili bir şekilde tespit edip yakalayabilmelerine rağmen, özellikle

görece büyük avlarla karşılaştıklarında, av tüketim süreleri önemli ölçüde artabilir. Bu durum, av boyutunun artmasıyla birlikte, birim av tüketimi başına elde edilen enerji miktarının azalabileceğini ve bu nedenle daha küçük ve kolay yakalanabilir avların tercih edildiğini gösteren bulgularla uyumludur (Rehage vd., 2005). Çalışma sonuçlarına göre, morfolojik yönden görece daha belirgin eşeysel farklılık gösteren bu türün fonksiyonel cevap etkinliğinin bu özelliklere dayanmadığı, boy ile ilişkisi olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 11. *Gambusia holbrooki* türünde dişi ve erkek bireylere ait a ve h parametreleri arasındaki fark

Parametre	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
Da	0.644	6.431	0.100	0.920
Dh	-0.011	0.007	-1.582	0.113



Şekil 19. *G. holbrooki*'nin dişi ve erkekinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemleri ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği

Fonksiyonel cevap parametreleri ve grafik gösterim (Şekil 20) incelendiğinde, *P. orontis* türünün görece yüksek av tüketim oranı ve düşük av tüketim süreci sergilediği gözlenmektedir (Çizelge 12 ve Şekil 20). Fonksiyonel cevap parametreleri ve genel FC örüntüsünü incelendiğinde *G. Holbrooki* tür içerisinde bu bakımdan eşeyler arasında bir farklılık gözlenmediği ortaya konmuştur. *Paraphanius* cinsine ait türler diğer dişlisazancık türlerinde olduğu gibi morfolojik yönden belirgin farklılıklara sahiptir (Freyhof ve Yoğurtçuoğlu, 2020). Ancak bu farklılıklar temel olarak sadece renklenme (Freyhof ve Yoğurtçuoğlu, 2020) ve pul ve anal yüzgeç yapılarında (Esmaili vd., 2023; Sungur vd.,

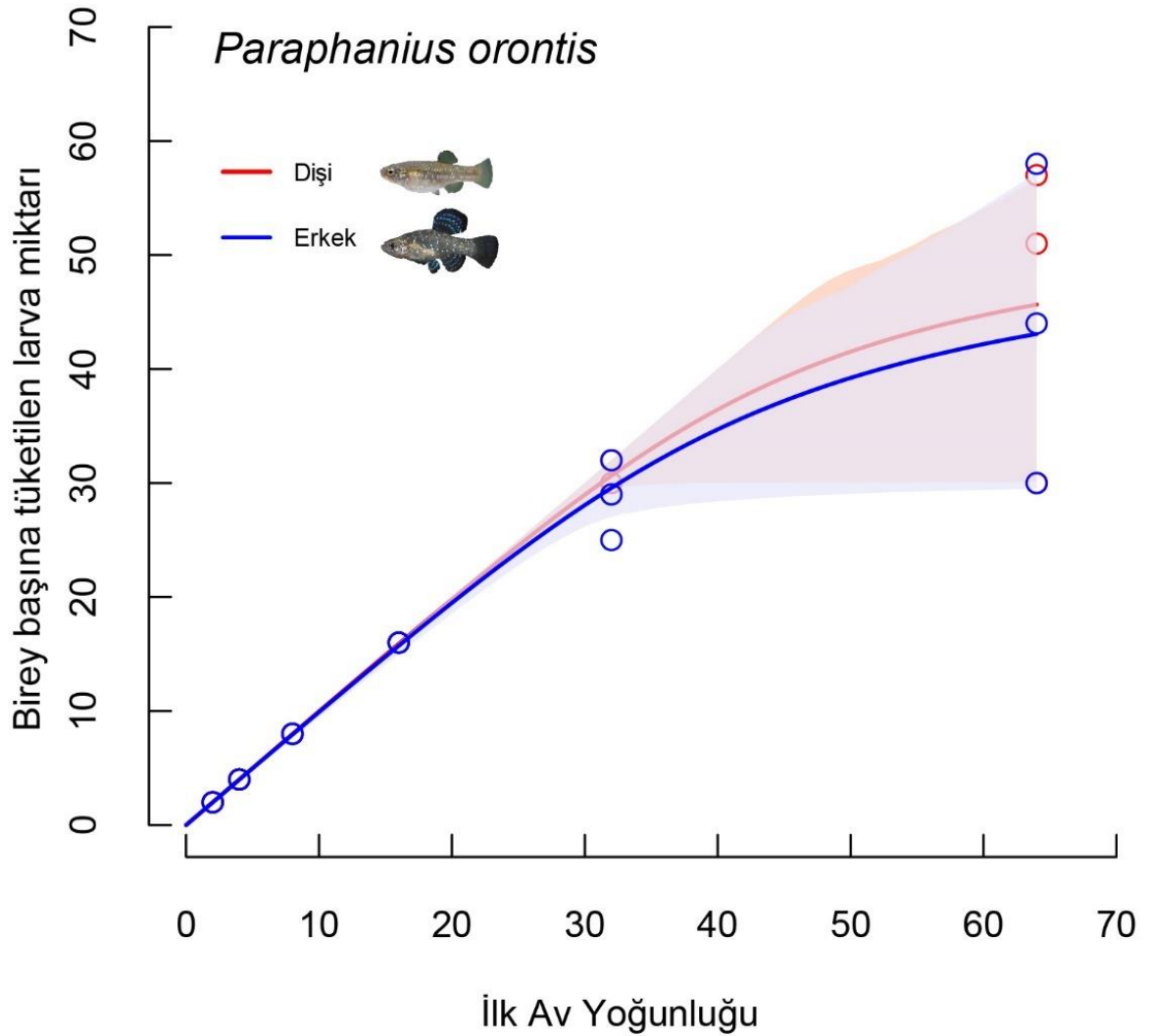
2024) görüldüğü için, fonksiyonel cevap farklılıkları için bir açıklayıcılığı düşünülmemiştir. Bu farklılığın temelde türe özgü davranışsal düzeyde olabileceği ön görülmektedir. Deneyde kullanılan *P. Orontis* bireyleri deneyde kullanılan diğer *Paraphanius* türüne kıyasla daha iri bireylere sahiptir.

Çizelge 12. *Paraphanius orontis* türünde dişi ve erkek bireylere ait a ve h parametreleri arasındaki fark

Parametre	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
Da	1.577	0.815	0.100	0.414
Dh	-0.0002	0.003	-0.082	0.933

P. orontis türünde av tüketim süresi cinsiyete göre farklılık göstermezken; av tüketim oranı erkeklerde daha yüksektir.

Çizelge



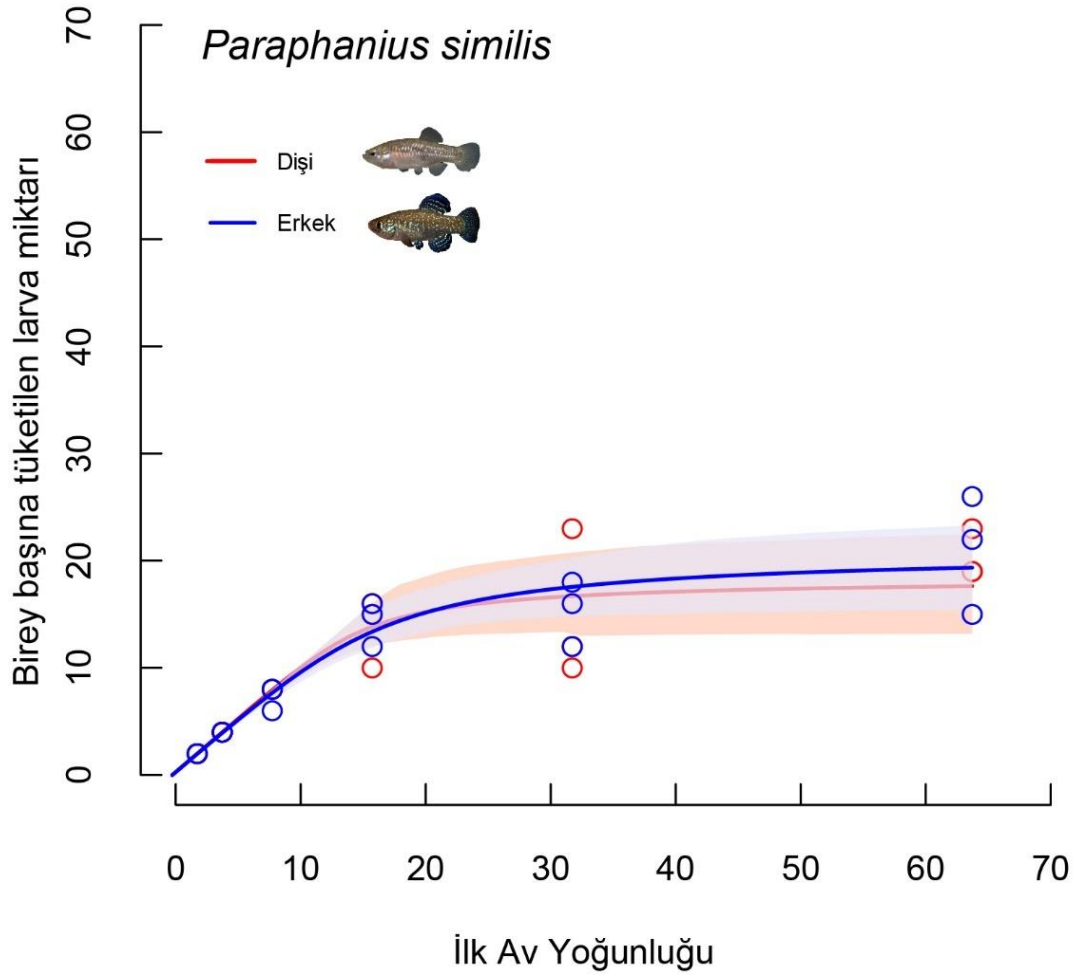
Şekil 20. *Paraphanius orontis* türünün dişi ve erkeğinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği

Deneysel çalışmalarda kullanılan bir diğer *Paraphanius* türü *P. similis*'te görece yüksek av tüketim oranı ve kısmen yüksek av tüketim süresi gözlenmiştir.

Çizelge 13. *Paraphanius similis* türünde dişi ve erkek bireylere ait *a* ve *h* parametreleri arasındaki fark

Parametre	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
Da	3.143	3.635	0.846	0.387
Dh	0.006	0.007	0.921	0.357

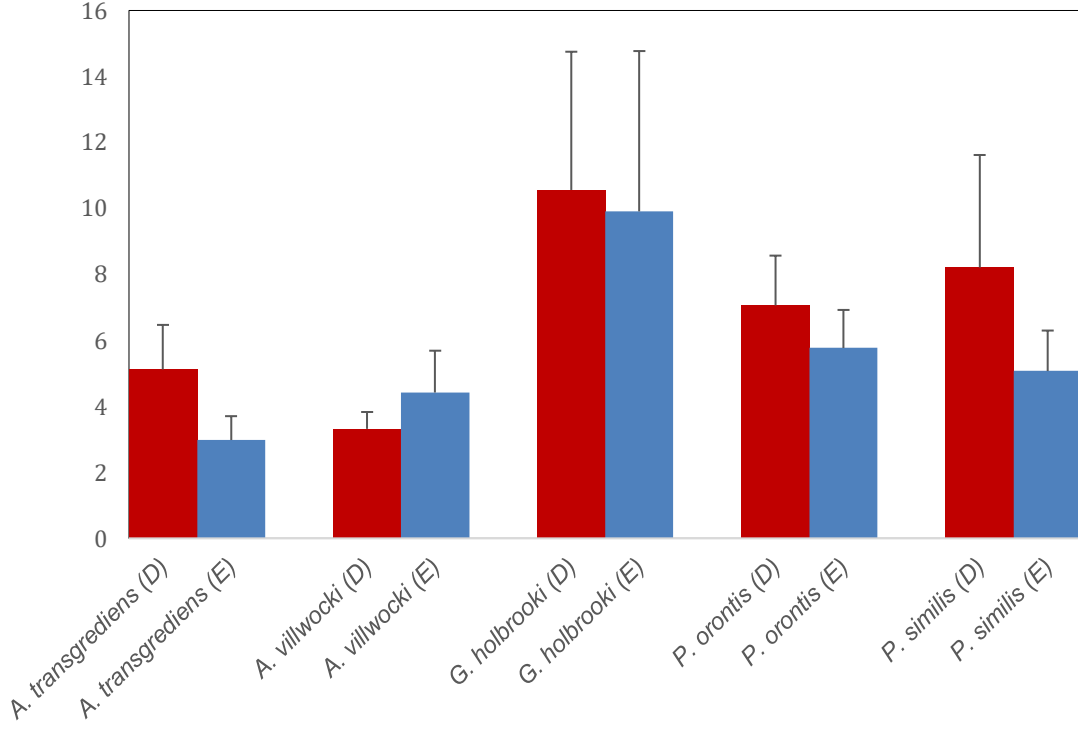
Bu değerler arasında *P. orontis* türünde olduğu gibi eşeyssel bir farklılık gözlenmemiş, bu durumda aynı şekilde davranışsal temelde olabileceği öngörülmüştür. *Paraphanius* türlerinde erkeklerin özellikle üreme döneminde önemli ölçüde alan savunması sergilediği (Freyhof ve Kaerst, 2020)ve bu dönemde enerjisinin büyük kısmını alan savunması ve dişileri cezbetme çabaları için harcadığı düşünüldüğünde FC deneylerinin farklı dönemlerde gerçekleştirilmesi veya deneysel süreçler öncesinde erkek ve dişilerin izole edilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 21. *Paraphanius similis* türünün dişi ve erkekinde Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği

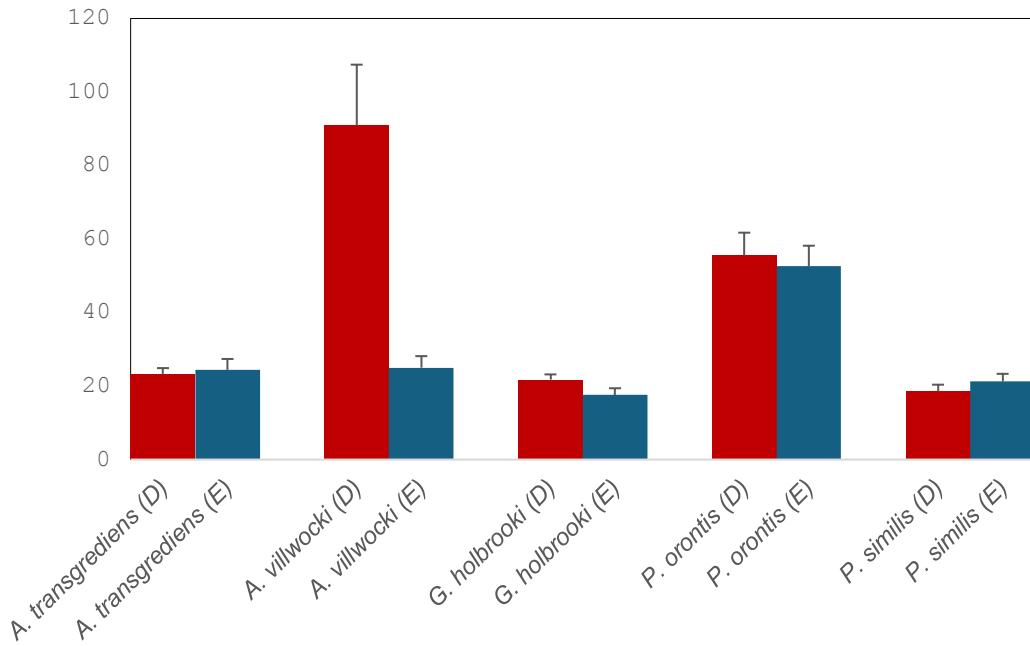
3.3. Filogenetik akrabalık ve IUCN kategorileri bağlamında türler arası değerlendirme

Bu çalışmadaki temel hipotezlerden biri istilacı sivrisinek balığı *G. holbrooki*'nin, yerli dişlisazancık türlerine kıyasla daha yüksek bir av tüketim ve maksimum beslenme oranına, daha kısa av tüketim süresine ve sonuç olarak yüksek bir FC eğrisine sahip olacağıydı. Bu bağlamda istilacı *G. holbrooki* türünün FC eğrisi yerli dişlisazancık türleri ile türe bağlı değişken bir örüntü sergilerken, a parametresi (av tüketim oranı; ilk FC eğrisi) diğer tüm türlere göre yüksek çıkmıştır (Şekil 22).



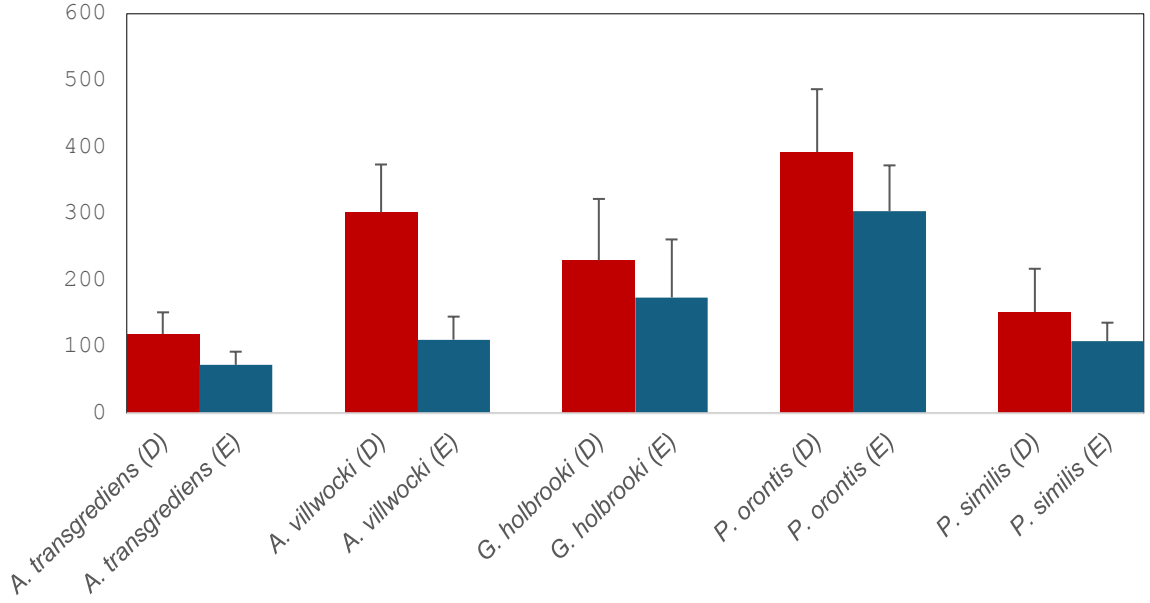
Şekil 22. İstilacı tür *Gambusia holbrooki* ve yerli dişli sazancık türlerinin av tüketim oranlarının kutu grafiği. D, dişi. E, erkek.

Buna karşılık, *G. holbrooki* maksimum beslenme oranı (1/h; FC asimptotu), diğer türlere göre daha düşük veya yakın değerlerde çıkmıştır (Şekil 23). En yüksek maksimum beslenme oranının *A. villwocki* dişileri tarafından sergilendiği de ortaya çıkmaktadır (Şekil 23).



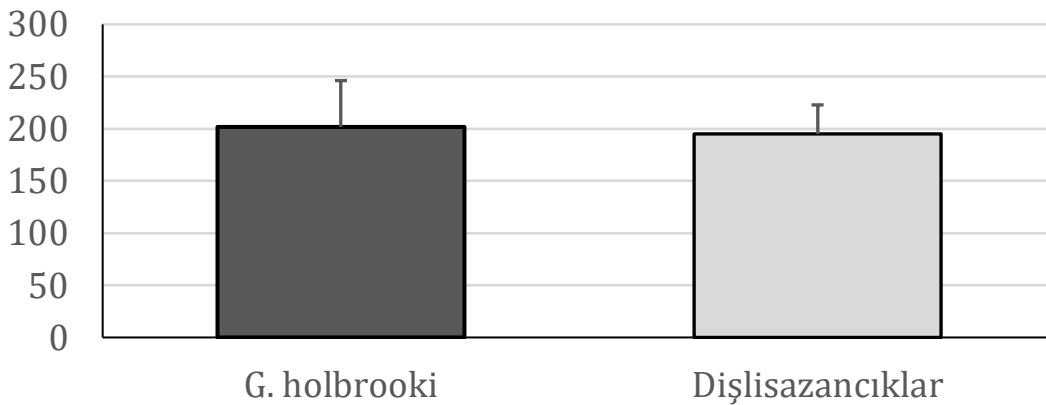
Şekil 23: İstilacı tür *Gambusia holbrooki* ve bu deneyde kullanılan yerli dişli sazancık türlerinin maksimum beslenme oranlarının (1/h) kutu grafiği.

Av tüketim oranı ve av tüketim süresinin türler arası karşılaştırmalarda burada çıkan sonuç gibi birbiri ile örtüşmeyen değerler sergilemesi durumunda bu iki parametreden türetilen FCO indeksi (a/h) de dikkate alınmaktadır (Cuthbert vd., 2019). Elde edilen FCO değerleri incelendiğinde (Şekil 24), eşeyssel farklılıklar da dahil olmak üzere *P. Orontis*'in en yüksek değerler aldığı, erkek *Gambusia* bireylerinin *P. orontis* erkeklerinden sonra en yüksek değer aldığı görülmektedir.



Şekil 24. FCO (a/h) İstilacı tür *Gambusia holbrooki* ve yerli dişli sazancık türlerinin Fonksiyonel Cevap Oranları (FCO) kutu grafiği.

FCO açısından daha genel bir değerlendirme yapmak açısından, çalışma kapsamında ele alınan yerli dişlisazancık türleri ile istilacı *G. holbrooki* FCO ortalamaları dikkate alındığında *G. holbrooki*'nin tür olarak diğer türlere göre daha yüksek bir FCO değeri elde edilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. *Gambusia holbrooki* ve yerli dişlisazancık türlerinin genelinin FCO (a/h) değerleri kutu grafiği.

Türler arası FC eğrilerinin karşılaştırılmasında bir başka yaklaşım da Rogers II modeli testinden elde edilen FC katsayıları (a ve h) arasındaki farkların incelenmesidir (Alexander vd., 2014). Buna göre *G. holbrooki* türünün av tüketim oranı (a) ve av tüketim süresi (h) tüm yerli dişlisazancık türlerinden yüksek çıkmıştır (Çizelge 14). Ancak bu farklılıklar istatistiksel açıdan ele alındığında, *Gambusia* bireylerinin *A. villwocki* dişilerinden anlamlı düzeyde daha yüksek a ve h değerine sahip olduğu, yine *A. transgrediens* türünden anlamlı düzeyde daha yüksek a ve *P. orontis* türünden anlamlı düzeyde daha yüksek bir h değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak ele alındığında istilacı karakterde bir tür olan *G. holbrooki*'nin görece yüksek av av tüketim oranı ve buna karşın yine yüksek av tüketim süresi sergilediği gözlenmektedir. Literatürde birçok çalışma, istilacı balık türlerinin genellikle yerli türlere kıyasla daha baskın bir fonksiyonel cevap gösterdiğini, bunun da daha kısa av tüketim süreleri ve daha yüksek maksimum beslenme ve av tüketim oranlarıyla karakterize edildiğini belirtmektedir (Alexander vd., 2014; Dick vd., 2014, 2013). Bu bağlamda, *G. holbrooki* türünün sergilediği yüksek av av tüketim oranı ve yüksek av tüketim süresi, türün av bulma etkinliğinin yüksek olduğunu, ancak av tüketim süresinin uzun olduğunu göstermektedir. *Gambusia holbrooki*'de yüksek av tüketim süresi türün agresif doğası gereği diğer balıklarla rekabet ederken avını korumak için daha fazla enerji harcaması gerekebileceğinden, genellikle av tüketim sürelerinin artmasına neden olabilir (Becker vd., 2005). Bunun yanı sıra, deneysel süreçte kullanılan dişilerin gebe olması, erkeklerin de üreme fazında olması fiziksel yönden bu türün besin tüketim süresini artırmış olabilir.

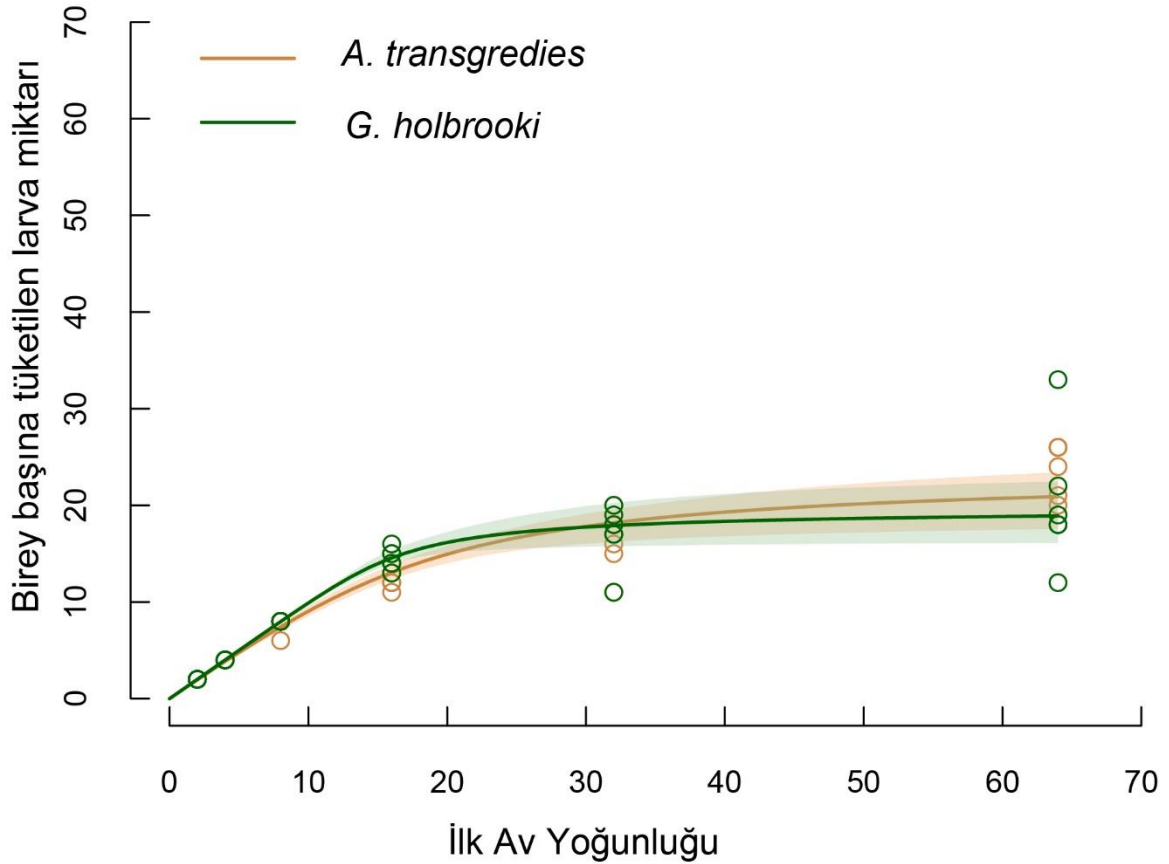
Çizelge 14. Rogers II modeli testinden elde edilen FC katsayıları arasındaki farklar. *Gambusia Holbrooki* bireylerinin bu deneyde kullanılan yerli dişli sazancık türlerine göre av tüketim oranları (a) ve av tüketim oranları (h) kıyaslaması.

Karşılaştırılan türler	Par.	Hesaplanan	Std. hata	z değeri	Pr(z)
<i>G. holbrooki</i> vs <i>A. villwocki</i> (dişi)	Da	6.006	2.740	2.192	0.030
	Dh	0.040	0.004	9.773	< 0.001
<i>G. holbrooki</i> vs <i>A. villwocki</i> (erkek)	Da	4.903	2.974	1.648	0.100
	Dh	0.010	0.006	1.757	0.080
<i>G. holbrooki</i> vs <i>A. transgrediens</i>	Da	5.487	2.771	1.980	0.048
	Dh	0.008	0.005	1.639	0.101
<i>G. holbrooki</i> vs <i>P. orontis</i>	Da	3.062	2.838	1.078	0.281
	Dh	0.033	0.004	8.987	< 0.001

<i>G. holbrooki</i> vs <i>P. similis</i>	Da	3.384	2.932	1.154	0.249
	Dh	0.0004	0.005	0.097	0.922

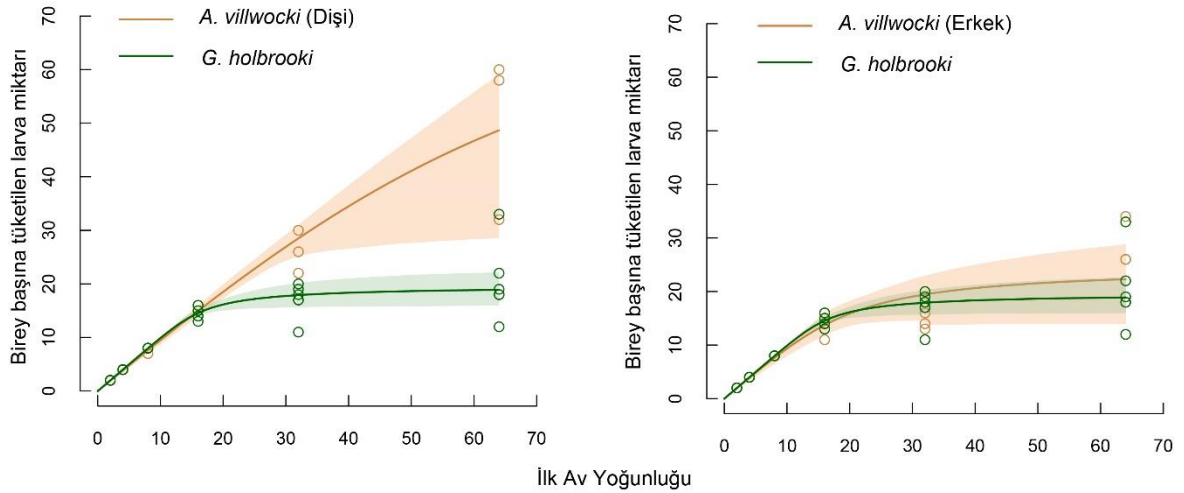
Türler arası daha sağlıklı ve anlaşılır bir değerlendirme yapabilmek için bu değerleri FC eğrileri ile birlikte ele almak önemlidir.

Şekil 26’da da görüldüğü gibi, *A. transgrediens* ile *G. holbrooki* görece yüksek *a* ve yüksek *h* değerlerinin yansıttığı bir eğriye sahiptir (Cuthbert vd., 2019). Kendi aralarında karşılaştırıldığında ise *A. transgrediens*’in *G. holbrooki*’den anlamlı ölçüde daha düşük av tüketim oranına sahip olması, FCO indeksi ile birlikte ele alındığında ($G. holbrooki > A. transgrediens$, Şekil 24), *A. transgrediens*’in fonksiyonel cevabının zayıf olduğunu ve bu türün yüksek olasılıkla FC parametreleri yüksek istilacı bir türle aynı habitatta bulunması durumunda, kaynak kullanımı açısından dezavantajlı bir konuma düşebileceğini göstermektedir. Ancak, istilacı türün ekolojik etkilerini tam olarak tahmin edebilmek için fonksiyonel cevabın yanı sıra diğer faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Tsang ve Dudgeon, 2021).



Şekil 26. *Gambusia holbrooki* ile *A. transgrediens* türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.

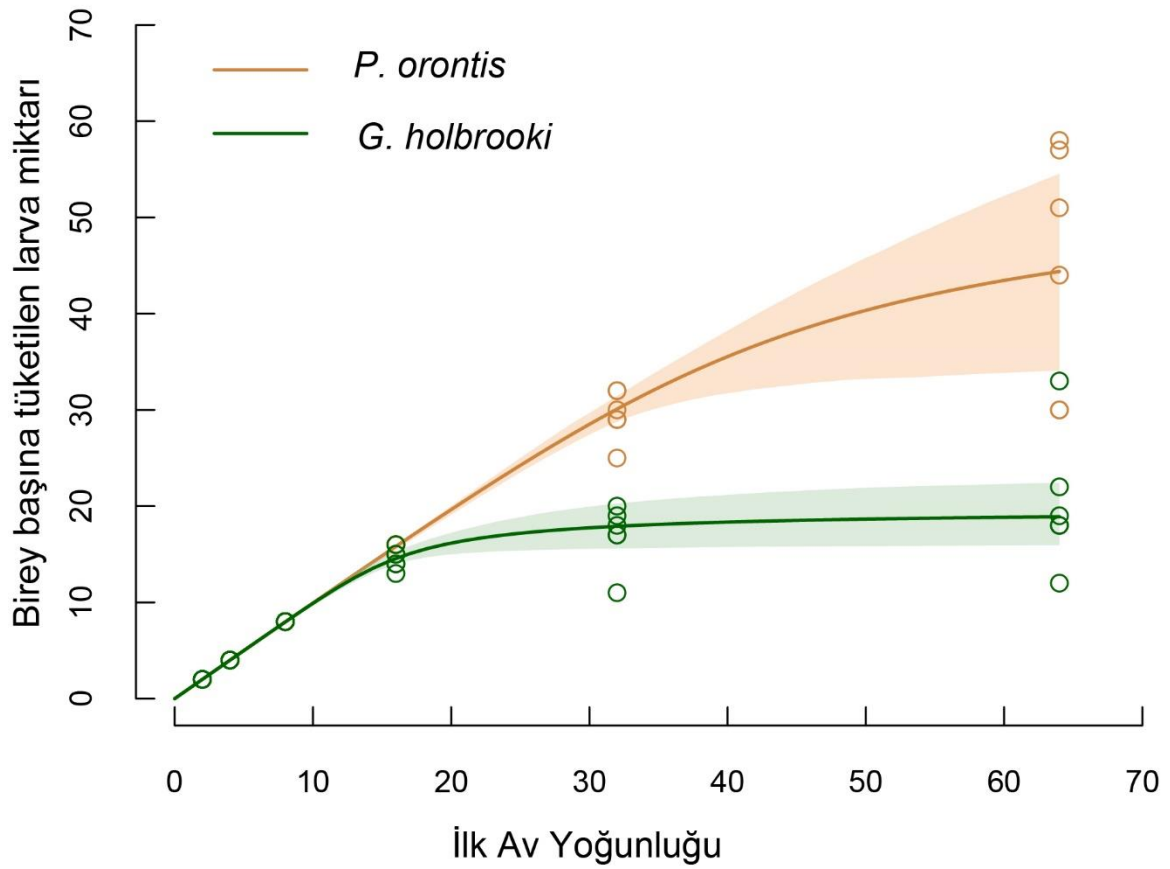
Şekil 27’de görüldüğü gibi, *A. villwocki* bireylerinde FC eğrisi eşeyler arasında belirgin farklılık göstermektedir. Dişiler düşük av tüketim oranı, düşük av tüketim süresi ve yüksek maksimum beslenme oranına sahipken, erkek bireyler yüksek av tüketim oranı, yüksek av tüketim süresi ve görece düşük maksimum beslenme oranına sergilemiştir. Bu açıdan ele alındığında, *A. villwocki* dişilerinin *G. holbrooki*’den anlamlı ölçüde daha düşük av tüketim süresi ve daha yüksek maksimum beslenme oranına sahip olması, dişilerin *Gambusia* bireylerinden kaynak kullanımını açısından daha az etkilenebileceğini önermektedir. *Anatolichthys villwocki*’nin cins içinde en yüksek boya ulaşan tür olduğu (Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2015) ve deneylerde kullanılan bireylerin türün maksimum boyuna yakın olduğu dikkate alındığında (Hrbek ve Wildekamp, 2003), maksimum beslenme oranlarının yüksek çıkmasının türün diğer akrabalarına göre daha iri boylu olması ile ilişkili olduğu öne sürülebilir. Her ne kadar bu çalışmada boy ile tüketilen av oranı arasında bir korelasyon bulunmamış olsa da, maksimum beslenme oranı açısından bu bulgu bireysel ölçekte Schröder vd. (2016) bulguları ile örtüşmektedir.



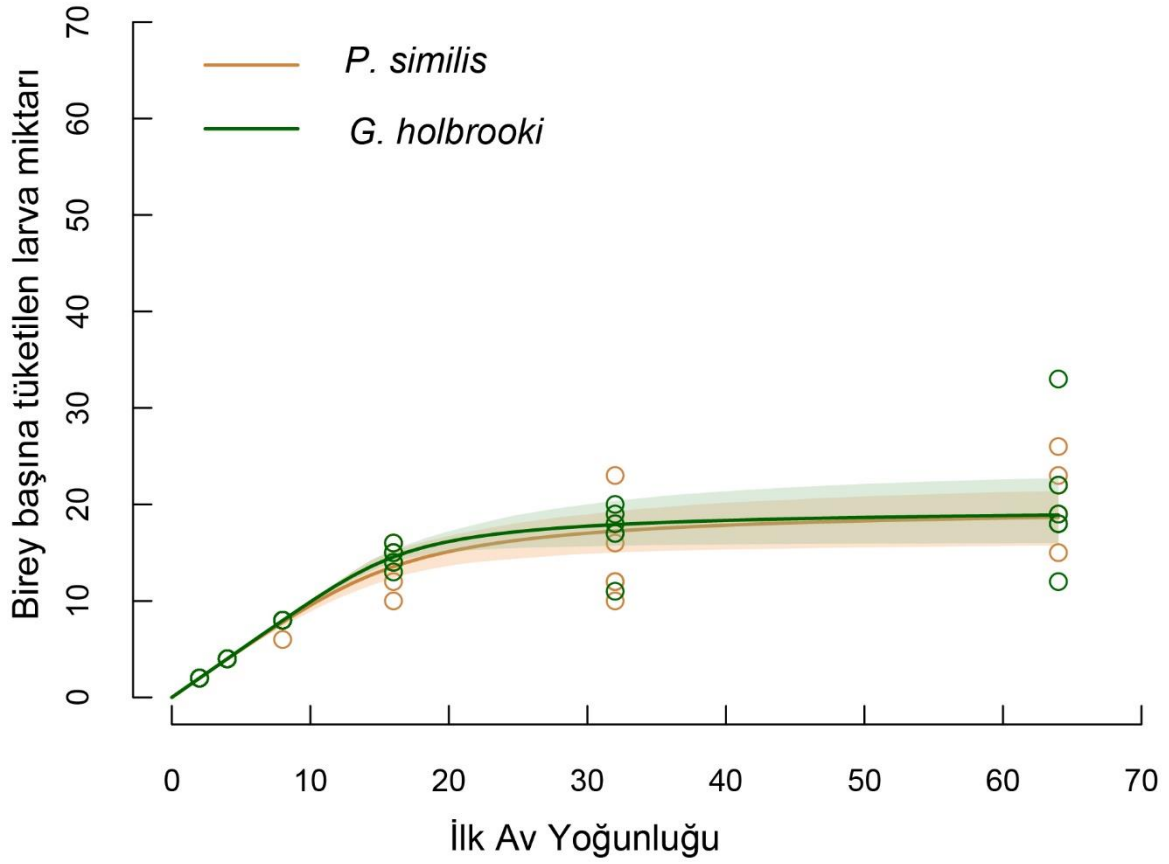
Şekil 27. *A. villwocki* türünün dişi ile erkek bireyleri ile *G. Holbrooki* bireylerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.

Gambusia holbrooki ve *Paraphanius* türleri arasındaki FC eğrileri incelendiğinde Şekil 28’de görüldüğü *P. orontis* türü ile belirgin bir farklılık, *P. similis* ile bir benzerlik söz konusudur. *Paraphanius orontis* türünün FC eğrisi, hesaplanan FC katsayıları ile birlikte *A. villwocki* dişi bireyleri ile de bir benzerlik sergilemektedir. Bu açıdan ele alındığında, *P. orontis* türünün *G. holbrooki*’den anlamlı ölçüde daha düşük av tüketim süresi ve daha yüksek maksimum beslenme oranına sahip olması, türün *Gambusia* bireylerinden kaynak

kullanımı açısından daha az etkilenebileceğini önermektedir. Bu iki türün laboratuvarında kalış süreleri deneysel prosedürde yaşanan aksaklıklardan ötürü birbirinden farklı olmuştur. *Paraphanius orontis* türünün *P. similis* türünden daha uzun süre laboratuvarında kalmış ve ortam koşullarına uyum sağlamış olması türün FC değerlerinde davranışsal olarak etki yaratmış olabilir. Davranışsal özelliklere dayalı FC, davranış tiplerinin bir ihtimalle besin ağı düzeyindeki etkilerini anlamamıza yardımcı olabilecekken (Schröder vd., 2016) bu çalışmadaki gibi özellikle üzerinde çok az çalışılan türler söz konusu olduğunda davranışın bireysel FC'yi doğrudan etkileyip etkilemediğini öne sürmek zor olacaktır.



Şekil 28. *P. orontis* ve *G. holbrooki* türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.



Şekil 29. *P. similis* ve *G. holbrooki* türlerinin Tip II yanıt için Rogers rastgele avcı denklemi ile modellenmiş fonksiyonel cevap grafiği.

4. GENEL ÇIKARIMLAR

4.1. Çalışmanın genel çıktıları

Çalışma hipotezleri çerçevesinde (bkz. Hipotez 1, 2 ve 3) ele alındığında türler arası FC değerlendirmelerinde sonuç olarak;

Hipotez 1'de tahmin edildiği gibi, genel Çizelgede FCO açısından değerlendirildiğinde, *G. holbrooki*'nin yerli türlere kıyasla daha yüksek bir etkiye sahip olduğu ve av av tüketim oranının da en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *G. holbrooki*'nin av tüketim süresinin de yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum (yüksek av av tüketim oranıyla birlikte), türün av bulma etkinliğinin yüksek olduğunu, ancak avını tüketmek için daha fazla zaman harcadığını, yani maksimum beslenme oranının düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, *G. holbrooki* türünün bu açıdan diğer türlere göre daha düşük veya benzer değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Filogenetik olarak yakın türler arasında fonksiyonel cevap benzerliğinin test edildiği bu hipotez bağlamında doğrudan bir kanıt elde edilememiştir. Zira, aynı cinse ait iki *Anatolichthys* türünün hemen hemen tüm parametrelerinin ve FC eğiliminin birbirinden farklı çıktığı, aynı şekilde *Paraphanius* türlerinde de anlamlı farklılıklar olduğu ortaya konmuştur. Filogenetik olarak yakın türler arasında beklenen fonksiyonel cevap benzerliklerinin gözlenmemesi elbette birkaç ekolojik ve evrimsel faktörle açıklanabilir. Örneğin filogenetik olarak yakın olmalarına rağmen, çalışmada kullanılan tüm dişlisazancık türleri birbirlerinden çok farklı ortamlarda, farklı ekolojik koşullar altında ve farklı süreçlerden geçerek evrimleşmişlerdir. Bu durum doğal olarak türlerin kaynak kullanımında, beslenme alışkanlıklarında veya habitat tercihlerinde farklılıklar yaratmakta ve aynı cins içinde bile türlerin FC örüntülerinde farklılıklara yol açabilmektedir. Ancak yine de *Paraphanius* türlerinin *Anatolichthys* türlerine kıyasla daha agresif ve etkili avcılar olabilecekleri göz önüne alındığında bu çalışmanın farklı *Paraphanius* türlerini de içine alacak şekilde bağlama duyarlılık (context-dependency) durumu da göz önünde bulundurularak genişletilmesi önerilmektedir.

IUCN Kırmızı Liste'de tehdit altında olarak sınıflandırılan yerli dişlisazancık türlerinin, asgari endişe düzeyinde olan türlere göre daha düşük bir FC eğrisine sahip olduğuna dair hipotez, bu çalışmada kısmen doğrulanmıştır. IUCN Kırmızı Liste'sinde Critically Endangered (CR) olarak sınıflandırılan *Anatolichthys transgrediens* türü, fonksiyonel cevap (FC) eğrisi açısından Least Concern (LC) olarak sınıflandırılan *A. villwocki*'ye kıyasla daha av tüketim oranı, av tüketim süresi ve maksimum beslenme oranı kıyaslarıyla zayıf bir performans sergilemiştir. Bu durum, tehdit altındaki türlerin kaynak kullanım etkinliğinin daha düşük olabileceğini, dolayısıyla çevresel baskılar veya rekabet karşısında daha savunmasız olduklarını öne sürebilir. Nitekim, *A. transgrediens* türünün son 30 yıllık süreçte *G. holbrooki* ile aynı habitatı paylaştığı ve dar yayılım alanı içinde birçok noktadan *G. holbrooki* tarafından elimine edilmiş olabileceği birçok çalışmada dile getirilmiştir (Yoğurtçuoğlu vd., 2022, 2020; Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2014). Diğer yandan *A. villwocki* türünün *G. holbrooki*'nin ve diğer pek çok istilacı balık türünün en çok kayıt verildiği akarsu drenajında (Aksu vd., 2021; Emiroğlu vd., 2020; Tarkan vd., 2023; Yoğurtçuoğlu ve Ekmekçi, 2018) geniş bir dağılıma sahip olması bu türün istilacı türlere karşı potansiyel olarak daha yüksek bir adaptasyon kapasitesine sahip olabileceğini göstermektedir. *Paraphanius* tür çiftinde bu durumun tersine Duyarlı (VU) kategorisinde sınıflandırılan *P. orontis* türünün Least Concern (LC) olarak sınıflandırılan *P. similis*'e

kıyasla daha yüksek bir FC eğrisi elde edilmiştir. Bu durumda *P. orontis* türünün tehdit altında olması ile ilgili faktörlerin istilacı tür varlığından bağımsız, farklı dinamiklerle şekillendiği düşünülebilir. Nitekim, türün dağılım gösterdiği başlıca habitat olan Amik Gölü'nün kurutulmuş olması ve kalan habitat alanının dar ve tarımsal kirlilik baskısı altında olması türün tehdit altında olmasını açıklamaktadır.

4.2. Sonraki çalışmalarda test edilebilecek olası fonksiyonel hipotezler

Bu bölümde, mevcut tez çalışmasının sonuçlarına dayanarak ve literatürdeki güncel eğilimleri göz önünde bulundurarak, gelecekteki araştırmalarda test edilebilecek bazı hipotezler ve araştırma yönleri önerilmektedir.

1. Bağlama Duyarlılık (Context-Dependency) Hipotezi

Hipotez: *Gambusia holbrooki* ve yerli Aphaniidae türleri arasındaki fonksiyonel cevap ilişkileri, farklı çevresel koşullarda (örneğin, farklı sıcaklık, tuzluluk veya av yoğunluğu seviyelerinde) değişkenlik gösterir.

Gereççe: Mevcut çalışması, standart laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Ancak, doğal ekosistemlerde türler arası etkileşimler çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu hipotez, türler arası etkileşimlerin çevresel bağlama duyarlılığını test etmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem önerisi: Farklı sıcaklık, tuzluluk ve av yoğunluğu kombinasyonlarında fonksiyonel cevap deneyleri tekrarlanabilir. Bu yaklaşım, türler arası etkileşimlerin çevresel koşullara nasıl tepki verdiğini anlamamıza yardımcı olacaktır.

2. İklim Değişimi Etkisi Hipotezi

Hipotez: İklim değişimi senaryolarında öngörülen sıcaklık artışları, *G. holbrooki* ve yerli Aphaniidae türlerinin kaynak tüketim alışkanlıklarını ve fonksiyonel cevaplarını (FC) farklı şekillerde etkiler.

Gereççe: İklim değişimi, tatlısu ekosistemlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Sıcaklık artışı, tüm türlerin metabolizma hızlarını ve aktivite seviyelerini değiştirebilir, bu da onların kaynak tüketim alışkanlıklarını ve av-avcı ilişkilerini etkileyebilir. Her türün sıcaklık değişimlerine verdiği tepki farklı olabileceğinden, bu durum tür etkileşimlerinde yeni dinamikler oluşturabilir.

Yöntem önerisi: Farklı sıcaklık senaryolarında (mevcut ortalama sıcaklıklar ve gelecekte öngörülen sıcaklıklar) hem *G. holbrooki* hem de yerli Aphaniiidae türleri için fonksiyonel cevap deneyleri yapılabilir. Bu deneyler, her türün farklı sıcaklıklardaki av tüketim oranlarını, av arama sürelerini ve maksimum beslenme oranlarını karşılaştırmalı olarak incelemelidir. Bu, iklim değişikliğinin tür etkileşimleri ve ekosistemdeki rolleri üzerindeki potansiyel etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamıza yardımcı olabilir.

3. Tuzluluk Toleransı ve Rekabet Hipotezi

Hipotez: Sekonder tatlısu balığı oldukları hipotezine dayanarak görece daha yüksek tuzluluk toleransına sahip olduğu kabul edilen Aphaniiidae türleri, özellikle iklim değişimi ve diğer farklı sebeplerle tuzluluğun arttığı ortamlarda *G. holbrooki* ile rekabette avantaj sağlayacaktır.

Gerekçe: Aphaniiidae familyasının görece daha yüksek tuzluluk toleransına sahip olması, bu türlere belirli ekolojik koşullarda rekabet avantajı sağlayabilir. Bu özellik, özellikle kıyı habitatlarında veya iklim değişikliği nedeniyle tuzluluğun arttığı iç su ekosistemlerinde önem kazanabilir.

Yöntem önerisi: Farklı tuzluluk seviyelerinde *G. holbrooki* ve Aphaniiidae türleri arasında fonksiyonel cevap ve rekabet deneyleri yapılabilir. Bu, tuzluluğun tür etkileşimlerini ve FC eğrilerini nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olacaktır.

4. Çoklu Stres Faktörleri Hipotezi

Hipotez: *G. holbrooki*'nin yerli Aphaniiidae türleri üzerindeki etkisi, çoklu stres faktörlerinin (örneğin, sıcaklık artışı, tuzluluk değişimi ve kirlilik) bir arada bulunduğu ortamlarda daha belirgin hale gelir.

Gerekçe: Doğal ekosistemlerde, türler genellikle birden fazla stres faktörüyle aynı anda karşı karşıya kalır. Bu faktörlerin sinerjistik etkileri, tek bir faktörün etkisinden daha şiddetli olabilir.

Yöntem önerisi: Çoklu stres faktörlerinin (örneğin, yüksek sıcaklık, değişen tuzluluk ve düşük oksijen seviyeleri) bir arada bulunduğu ortamlarda fonksiyonel cevap deneyleri yapılabilir. Bu, daha gerçekçi ekolojik senaryoların tür etkileşimlerini nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olacaktır.

5. Davranışsal Adaptasyon Hipotezi

Hipotez: Uzun süredir *G. holbrooki* ile birlikte yaşayan Aphaniidae popülasyonları, bu türün varlığında daha etkili kaynak tüketim alışkanlıkları sergiler.

Gerekçe: Yerli türler, zaman içinde istilacı türlerin varlığına uyum sağlayabilir. Bu adaptasyonlar, davranışsal değişiklikler şeklinde de kendini göstererek türlerin hayatta kalma şansını artırabilir.

Yöntem önerisi: *G. holbrooki* ile uzun süredir birlikte yaşayan ve yeni karşılaşan Aphaniidae popülasyonlarının fonksiyonel cevapları karşılaştırılabilir.

Bu hipotezler ve araştırma önerileri, *G. holbrooki* ve yerli Aphaniidae türleri arasındaki etkileşimlerin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunabilir. Ayrıca, bu çalışmalar, iklim değişimi, istilacı türlerin yayılması ve habitat kayıpları gibi güncel ekolojik sorunlar bağlamında tür etkileşimlerini incelemeye olanak sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Ağdamar, S., Tarkan, A., Keskin, E., Karakuş, N., Doğaç, E., Baysal, Ö., emiroğlu, Ö., The role of environmental factors and genetic diversity on colonization success of a non-native fish, *Lepomis gibbosus* from western part of Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2014.12.001>, **2015**.
- Aksu, S., Başkurt, S., Emiroğlu, Ö., Tarkan, A.S., Establishment and range 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, 247–258. <https://doi.org/10.2478/oandhs-2021-0021>, **2021**.
- Alexander, M.E., Dick, J.T.A., Weyl, O.L.F., Robinson, T.B., Richardson, D.M., Existing and emerging high impact invasive species are characterized by higher functional responses than natives. *Biol. Lett.* 10, 20130946. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0946>, **2014**.
- Alkan, M.Z., Kaynak alabalığının (*Salvelinus fontinalis*, Mitchill, 1814) Doğu Karadeniz koşullarında deniz suyu ve tatlı suda büyüme özellikleri (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **1997**.
- Bailey, S.A., Brown, L., Campbell, M.L., Canning-Clode, J., Carlton, J.T., Castro, N., Chainho, P., Chan, F.T., Creed, J.C., Curd, A., Darling, J., Fofonoff, P., Galil, B.S., Hewitt, C.L., Inglis, G.J., Keith, I., Mandrak, N.E., Marchini, A., McKenzie, C.H., Occhipinti-Ambrogi, A., Ojaveer, H., Pires-Teixeira, L.M., Robinson, T.B., Ruiz, G.M., Seaward, K., Schwindt, E., Son, M.O., Therriault, T.W., Zhan, A., Trends in the detection of aquatic non-indigenous species across global marine, estuarine and freshwater ecosystems: A 50-year perspective. *Diversity and Distributions* 26, 1780–1797. <https://doi.org/10.1111/ddi.13167>, **2020**.
- Başçınar, N., Kaynak alabalığının (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1814) Doğu Karadeniz koşullarında tatlısu ve deniz suyunda kültür potansiyelinin irdelenmesi: Optimum çevre istatistikleri, döl verimi, beslenme ve büyüme özellikler (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, **2001**.
- Bergstrom, M.A., Mensinger, A.F., Interspecific Resource Competition between the Invasive Round Goby and Three Native Species: Logperch, Slimy Sculpin, and Spoonhead Sculpin. *Transactions of the American Fisheries Society* 138, 1009–1017. <https://doi.org/10.1577/T08-095.1>, **2009**.

- Bobeldyk, A.M., Rüegg, J., Lamberti, G.A., Freshwater hotspots of biological invasion are a function of species–pathway interactions. *Hydrobiologia* 746, 363–373. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2009-z>, **2015**.
- Brooks, M.L., D’Antonio, C.M., Richardson, D.M., Grace, J.B., Keeley, J.E., DiTomaso, J.M., Hobbs, R.J., Pellant, M., Pyke, D., Effects of Invasive Alien Plants on Fire Regimes. *BioScience* 54, 677–688. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0677:EOIAP0\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0677:EOIAP0]2.0.CO;2), **2004**.
- Carmona-Catot, G., Magellan, K., García-Berthou, E., Temperature-Specific Competition between Invasive Mosquitofish and an Endangered Cyprinodontid Fish. *PLoS ONE* 8, e54734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054734>, **2013**.
- Castorani, M.C.N., Hovel, K.A., Invasive prey indirectly increase predation on their native competitors. *Ecology* 96, 1911–1922. <https://doi.org/10.1890/14-1538.1>, **2015**.
- Castro, A., Ribeiro, J., Reino, L., Capinha, C., Who is reporting non-native species and how? A cross-expert assessment of practices and drivers of non-native biodiversity reporting in species regional listing. *Ecology and Evolution* 13, e10148. <https://doi.org/10.1002/ece3.10148>, **2023**.
- Colautti, R.I., MacIsaac, H.J., A neutral terminology to define ‘invasive’ species. *Diversity and Distributions* 10, 135–141. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00061.x>, **2004**.
- Copp, G.H., Vilizzi, L., Wei, H., Li, S., Piria, M., Al-Faisal, A.J., Almeida, D., Atique, U., Al-Wazzan, Z., Bakiu, R., Bašić, T., Bui, T.D., Canning-Clode, J., Castro, N., Chaichana, R., Çoker, T., Dashinov, D., Ekmekçi, F.G., Erős, T., Ferincz, Á., Ferreira, T., Giannetto, D., Gilles, A.S., Głowacki, Ł., Gouilletquer, P., Interesova, E., Iqbal, S., Jakubčínová, K., Kanongdate, K., Kim, J.-E., Kopecký, O., Kostov, V., Koutsikos, N., Kozic, S., Kristan, P., Kurita, Y., Lee, H.-G., Leuven, R.S.E.W., Lipinskaya, T., Lukas, J., Marchini, A., González Martínez, A.I., Masson, L., Memedemin, D., Moghaddas, S.D., Monteiro, J., Mumladze, L., Naddafi, R., Năvodaru, I., Olsson, K.H., Onikura, N., Paganelli, D., Pavia, R.T., Perdikaris, C., Pickholtz, R., Pietraszewski, D., Povž, M., Preda, C., Ristovska, M., Rosíková, K., Santos, J.M., Semenchenko, V., Senanan, W., Simonović, P., Smeti, E., Števo, B., Švolíková, K., Ta, K.A.T., Tarkan, A.S., Top, N., Tricarico, E., Uzunova, E., Vardakas, L., Verreycken, H., Zięba, G., Mendoza, R., Speaking their language – Development of a multilingual decision-support tool for communicating invasive species risks to

- decision makers and stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 135, 104900. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104900>, **2021**.
- Cowling, R.M., Endemism. *Encyclopedia of Biodiversity*, **2000**.
- Cox, J.G., Lima, S.L., Naiveté and an aquatic–terrestrial dichotomy in the effects of introduced predators. *Trends in Ecology & Evolution* 21, 674–680. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.07.011>, **2006**.
- Cucherousset, J., Olden, J.D., Ecological Impacts of Nonnative Freshwater Fishes. *Fisheries* 36, 215–230. <https://doi.org/10.1080/03632415.2011.574578>, **2011**.
- Cuthbert, R.N., Dickey, J.W.E., Coughlan, N.E., Joyce, P.W.S., Dick, J.T.A., The Functional Response Ratio (FRR): advancing comparative metrics for predicting the ecological impacts of invasive alien species. *Biol Invasions* 21, 2543–2547. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02002-z>, **2019**.
- Cuthbert, R.N., Pattison, Z., Taylor, N.G., Verbrugge, L., Diagne, C., Ahmed, D.A., Leroy, B., Angulo, E., Briski, E., Capinha, C., Catford, J.A., Dalu, T., Essl, F., Gozlan, R.E., Haubrock, P.J., Kourantidou, M., Kramer, A.M., Renault, D., Wasserman, R.J., Courchamp, F., Global economic costs of aquatic invasive alien species. *Science of The Total Environment* 775, 145238. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145238>, **2021**.
- Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A.-C., Gozlan, R.E., Roiz, D., Jarić, I., Salles, J.-M., Bradshaw, C.J.A., Courchamp, F., High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature* 592, 571–576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>, **2021**.
- Dick, J.T.A., Alexander, M.E., Jeschke, J.M., Ricciardi, A., MacIsaac, H.J., Robinson, T.B., Kumschick, S., Weyl, O.L.F., Dunn, A.M., Hatcher, M.J., Paterson, R.A., Farnsworth, K.D., Richardson, D.M., Advancing impact prediction and hypothesis testing in invasion ecology using a comparative functional response approach. *Biol Invasions* 16, 735–753. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0550-8>, **2014**.
- Dick, J.T.A., Alexander, M.E., Ricciardi, A., Laverty, C., Downey, P.O., Xu, M., Jeschke, J.M., Saul, W.-C., Hill, M.P., Wasserman, R., Barrios-O’Neill, D., Weyl, O.L.F., Shaw, R.H., Functional responses can unify invasion ecology. *Biol Invasions* 19, 1667–1672. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1355-3>, **2017**.
- Dick, J.T.A., Gallagher, K., Avlijas, S., Clarke, H.C., Lewis, S.E., Leung, S., Minchin, D., Caffrey, J., Alexander, M.E., Maguire, C., Harrod, C., Reid, N., Haddaway, N.R., Farnsworth, K.D., Penk, M., Ricciardi, A., Ecological impacts of an invasive predator

- explained and predicted by comparative functional responses. *Biol Invasions* 15, 837–846. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0332-8>, **2013**.
- Dikel, S., İki Tilapia türü ve bunların melezlerinin Çukurova’da havuz koşullarında yetiştirilmesi, çeşitli büyüme performansları ile karkas ve besin özelliklerinin karşılaştırılması (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **1995**.
- Ekmekçi, F.G., Kirankaya, Ş.G., Gençoğlu, L., Yoğurtçuoğlu, B., Present Status of Invasive Fishes in Inland Waters of Turkey and Assessment of the Effects of Invasion. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 28, 105–140, **2013**.
- Ekmekçi, F.G., Kirankaya, Ş.G., Distribution of an Inv Distribution of an Invasive Fish Species, Pseudorasbora Fish Species, *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846) in Turkey, **2006**.
- Emiroğlu, Ö., Atalay, M. A., Ekmekçi, F. G., Aksu, S., Başkurt S., Keskin E., Ünal, E. M., Yoğurtçuoğlu, B., ve Tarkan, A. A. S. One of the world’s worst invasive species, *Clarias batrachus* (actinopterygii: siluriformes: clariidae), has arrived and established a population in turkey. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*.10.3750/aiep/03028, **2020**.
- Emiroglu, Ö., Ekmekçi, F.G., Aksu, S., Ballıkurt, S., Atalay, A., Tarkan, A.S., Introduction and establishment of tropical ornamental fish, *Pterygoplichthys* spp. (Actinopterygii: Siluriformes: Loricariidae) in hot springs: Aquarium trade as a potential risk for biodiversity in Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 46, 351–356. <https://doi.org/10.3750/AIP2016.46.4.07>, **2016**.
- Erençin, Z., Sıtma (sivrisinek) savaşı ve balık yetiştiriciliği işletmeleri üzerine görüşler. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 25, 760–766, **1978**.
- Erk’akan, Füsün, Trakya Bölgesinden Türkiye İçin Yeni Kayıt Olan Bir Balık Türü *Pseudorasbora parva* (Pisces Cyprinidae). *Doğa Bilim Dergisi* 8, 350–356, **1984**.
- Esmaili, H., Echreshavi, S., Masoumi, A., Motlagh Nejad, A., On a remarkable sexual dimorphic trait on scales and fins of the old world Cyprinodontiformes (Actinopterygii: Aphaniidae). *Acta Zoologica* 105. <https://doi.org/10.1111/azo.12469>, **2023**.
- Esmaili, H.R., Teimori, A., Zarei, F., Sayyadzadeh, G., DNA barcoding and species delimitation of the Old World tooth-carps, family Aphaniidae Hoedeman, 1949 (Teleostei: Cyprinodontiformes). *PLOS ONE* 15, e0231717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231717>, **2020**.

- Freyhof, J., Kaerst, H., Eurasische Eierlegende Zahnkarpfen - Eurasian Egg-laying Toothcarps. Deutsche Killifisch Gemeinschaft, **2020**.
- Freyhof, J., Yoğurtçuoğlu, B., A proposal for a new generic structure of the killifish family Aphaniidae, with the description of *Aphaniops teimorii* (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zootaxa* 4810. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4810.3.2>, **2020**.
- Freyhof, J., Yoğurtçuoğlu, B., Jouladeh-Roudbar, A., Kaya, C., Handbook of Freshwater Fishes of West Asia. Pensoft, **2025**.
- Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M.I., Vilà, M., Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biology* 22, 151–163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13004>, **2016**.
- Gonçlaves, E.J., Almada, V.C., Sex differences in resource utilization by the peacock blenny. *Journal of Fish Biology* 51, 624–633. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01517.x>, **1997**.
- Haliloğlu, H., Aras, N., Yetim, H., Comparison of Muscle Fatty Acids of Three Trout Species (*Salvelinus alpinus*, *Salmo trutta fario*, *Oncorhynchus mykiss*) Raised under the Same Conditions. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 26, 1097–1102, **2002**.
- Haubrock, P.J., Cuthbert, R.N., Haase, P., Long-term trends and drivers of biological invasion in Central European streams. *Science of The Total Environment* 876, 162817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162817>, **2023**.
- Holling, C.S., The Components of Predation as Revealed by a Study of Small-Mammal Predation of the European Pine Sawfly. *The Canadian Entomologist* 91, 293–320. <https://doi.org/10.4039/Ent91293-5>, **1959**.
- Hulme, P.E., Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46, 10–18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>, **2009**.
- Hulme, P.E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W., Vilà, M., Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45, 403–414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>, **2008**.

- Innal, D., Giannetto, D., Age Structure and Length-Weight Relationship of Non-native Redbelly Tilapia *Coptodon zillii* (Gervais, 1848)(Cichlidae) in the Pınarbaşı Spring Creek (Burdur, Turkey), **2017**.
- Innal, D., Erk'akan, F., Effects of exotic and translocated fish species in the inland waters of Turkey. Rev Fish Biol Fisheries 16, 39–50. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-9005-y>, **2006**.
- İnnal, D., Sungur, S., First Record of Non-Indigenous Fish *Hemichromis letourneuxi* (Cichlidae) From Pınarbaşı Creek (Burdur, Turkey). Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10, 90–94. <https://doi.org/10.29048/makufebed.562523>, **2019**.
- İşık, O., Farklı mikroalg türleri (*Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium minimum*, *Scenedesmus abundans*) ve bunlarla beslenen rotifer (*Brachionus calyciflorus*) ile, beslenmeleri rotiferle yapılmış tatlısu çipurası (*Tilapia zillii*) (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **1995**.
- IUCN, Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, **2003**.
- Jackson, M.C., Grey, J., Accelerating rates of freshwater invasions in the catchment of the River Thames. Biol Invasions 15, 945–951. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0343-5>, **2013**.
- Kapitza, K., Zimmermann, H., Martens, B., n-L, pez, Wehrden, H. von, Research on the social perception of invasive species: a systematic literature review. NeoBiota 47–69, **2019**.
- Karataş, S., *Salmo salar* (L.1758)'larda bağırsak florasından *Aeromonas* cinsi bakterilerin izolasyonu (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **1996**.
- Kier, G., Kreft, H., Lee, T.M., Jetz, W., Ibsch, P.L., Nowicki, C., Mutke, J., Barthlott, W., A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. Proceedings of the National Academy of Sciences 106, 9322–9327. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810306106>, **2009**.
- Kırankaya, Ş.G., Ekmekçi, F.G., First Record of a Feral Population of Green Swordtail (*Xiphophorus hellerii*) with an Additional Record of Guppy (*Poecilia reticulata*) in Turkish Freshwaters. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry 49, 433–441, **2021**.

- Köksal, G., Rad, F., Kindir, M., Growth Performance and Feed Conversion Efficiency of Siberian Sturgeon Juveniles (*Acipenser baeri*) Reared in Concrete Raceways. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 24, 435–442, **2000**.
- Krueger, C.C., May, B., Ecological and Genetic Effects of Salmonid Introductions in North America. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 66–77. <https://doi.org/10.1139/f91-305>, **1991**.
- Laha, M., Mattingly, H., Ex situ evaluation of impacts of invasive mosquitofish on the imperiled *Barrens topminnow*. Environmental Biology of Fishes 78, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9040-5>, **2007**.
- Latombe, G., Canavan, S., Hirsch, H., Hui, C., Kumschick, S., Nsikani, M.M., Potgieter, L.J., Robinson, T.B., Saul, W.-C., Turner, S.C., Wilson, J.R.U., Yannelli, F.A., Richardson, D.M., A four-component classification of uncertainties in biological invasions: implications for management. Ecosphere 10, e02669. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2669>, **2019**.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., and De Poorter, M., 100 of the World's Worst Invasive Alien Species a Selection from The Global Invasive Species Database, 100 of the World's Worst Invasive Alien Species a Selection from The Global Invasive Species Database, **2000**.
- Magnhagen, C., Activity Differences influencing Food Selection in the Marine Fish *Pomatoschistus microps*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 223–227. <https://doi.org/10.1139/f86-025>, **1986**.
- Matsuzaki, S.S., Usio, N., Takamura, N., Washitani, I., Contrasting impacts of invasive engineers on freshwater ecosystems: an experiment and meta-analysis. Oecologia 158, 673–686. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1180-1>, **2009**.
- Nagelkerke, L.A.J., Onselen, E. van, Kessel, N. van, Leuven, R.S.E.W., Functional feeding traits as predictors of invasive success of alien freshwater fish species using a food-fish model. PLoS ONE 13, e0197636. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197636>, **2018**.
- Nümann, W., Yeni bir balık nevi'nin Türk tatlısularına yerleştirilmeleri maksadiyle yapılan tecrübeler. Hidrobiol. Mec. İ.Ü. Fen Fak. Hidrobiol. Araş. Enst. Seri A, 78–84, **1954**.
- Olden, J.D., LeRoy Poff, N., Douglas, M.R., Douglas, M.E., Fausch, K.D., Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. Trends in Ecology & Evolution 19, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.010>, **2004**.
- Özcan G., Distribution of the non-native fish species, pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), in Turkey, **2007**.

- Ünlü E., Çiçek T., Değer D., Coad B.W., Range extension of the exotic Indian stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch, 1794) (Heteropneustidae) into the Turkish part of the Tigris River watershed, **2010**.
- Paolucci, E.M., MacIsaac, H.J., Ricciardi, A., Origin matters: alien consumers inflict greater damage on prey populations than do native consumers. *Diversity and Distributions* 19, 988–995. <https://doi.org/10.1111/ddi.12073>, **2013**.
- Pritchard, D.W., Paterson, R.A., Bovy, H.C., Barrios-O'Neill, D., frair: an R package for fitting and comparing consumer functional responses. *Methods in Ecology and Evolution* 8, 1528–1534. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12784>, **2017**.
- Pyke, G., Plague Minnow or Mosquito Fish? A Review of the Biology and Impacts of Introduced *Gambusia* Species. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 39, 171–191. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173451>, **2008**.
- Pyke, G.H., A Review of the Biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Rev Fish Biol Fisheries* 15, 339–365. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-6394-x>, **2005**.
- Rehage, J.S., Barnett, B.K., Sih, A., Foraging behaviour and invasiveness: do invasive *Gambusia* exhibit higher feeding rates and broader diets than their noninvasive relatives? *Ecology of Freshwater Fish* 14. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2005.00109.x>, **2005**.
- Ricciardi, A., Cohen, J., The invasiveness of an introduced species does not predict its impact. *Biol Invasions* 9, 309–315. <https://doi.org/10.1007/s10530-006-9034-4>, **2007**.
- Ricciardi, A., Hoopes, M.F., Marchetti, M.P., Lockwood, J.L., Progress toward understanding the ecological impacts of nonnative species. *Ecological Monographs* 83, 263–282. <https://doi.org/10.1890/13-0183.1>, **2013**.
- Rogers, D., Random Search and Insect Population Models. *Journal of Animal Ecology* 41, 369–383. <https://doi.org/10.2307/3474>, **1972**.
- Royama, T., A comparative study of models for predation and parasitism. *Population Ecology* 13, 1–91. <https://doi.org/10.1007/BF02511547>, **1971**.
- Schrimpf, A., Chucholl, C., Schmidt, T., Schulz, R., Crayfish plague agent detected in populations of the invasive North American crayfish *Orconectes immunis* (Hagen, 1870) in the Rhine River, Germany. *AI* 8, 103–109. <https://doi.org/10.3391/ai.2013.8.1.12>, **2013**.
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Pagad, S., Pyšek, P., van Kleunen, M., Winter, M., Ansong, M., Arianoutsou, M., Bacher, S.,

Blasius, B., Brockerhoff, E.G., Brundu, G., Capinha, C., Causton, C.E., Celesti-Grapow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Economo, E.P., Fuentes, N., Guénard, B., Jäger, H., Kartesz, J., Kenis, M., Kühn, I., Lenzner, B., Liebhold, A.M., Mosena, A., Moser, D., Nentwig, W., Nishino, M., Pearman, D., Pergl, J., Rabitsch, W., Rojas-Sandoval, J., Roques, A., Rorke, S., Rossinelli, S., Roy, H.E., Scalera, R., Schindler, S., Štajerová, K., Tokarska-Guzik, B., Walker, K., Ward, D.F., Yamanaka, T., Essl, F., Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115, E2264–E2273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719429115>, **2018**.

Shackleton, R.T., Vimercati, G., Probert, A.F., Bacher, S., Kull, C.A., Novoa, A., Consensus and controversy in the discipline of invasion science. *Conservation Biology* 36, e13931. <https://doi.org/10.1111/cobi.13931>, **2022**.

Solomon, M.E., The Natural Control of Animal Populations. *Journal of Animal Ecology* 18, 1–35. <https://doi.org/10.2307/1578>, **1949**.

Soto, I., Balzani, P., Carneiro, L., Cuthbert, R.N., Macêdo, R., Serhan Tarkan, A., Ahmed, D.A., Bang, A., Bacela-Spychalska, K., Bailey, S.A., Baudry, T., Ballesteros-Mejia, L., Bortolus, A., Briski, E., Britton, J.R., Buřič, M., Camacho-Cervantes, M., Cano-Barbacil, C., Copilaş-Ciocianu, D., Coughlan, N.E., Courtois, P., Csabai, Z., Dalu, T., De Santis, V., Dickey, J.W.E., Dimarco, R.D., Falk-Andersson, J., Fernandez, R.D., Florencio, M., Franco, A.C.S., García-Berthou, E., Giannetto, D., Glavendekic, M.M., Grabowski, M., Heringer, G., Herrera, I., Huang, W., Kamelamela, K.L., Kirichenko, N.I., Kouba, A., Kourantidou, M., Kurtul, I., Laufer, G., Lipták, B., Liu, C., López-López, E., Lozano, V., Mammola, S., Marchini, A., Meshkova, V., Milardi, M., Musolin, D.L., Nuñez, M.A., Oficialdegui, F.J., Patoka, J., Pattison, Z., Pincheira-Donoso, D., Piria, M., Probert, A.F., Rasmussen, J.J., Renault, D., Ribeiro, F., Rilov, G., Robinson, T.B., Sanchez, A.E., Schwindt, E., South, J., Stoett, P., Verreycken, H., Vilizzi, L., Wang, Y., Watari, Y., Wehi, P.M., Weiperth, A., Wiberg-Larsen, P., Yapıcı, S., Yoğurtçuoğlu, B., Zenni, R.D., Galil, B.S., Dick, J.T.A., Russell, J.C., Ricciardi, A., Simberloff, D., Bradshaw, C.J.A., Haubrock, P.J., Taming the terminological tempest in invasion science. *Biological Reviews* 99, 1357–1390. <https://doi.org/10.1111/brv.13071>, **2024**.

Sungur, S., Esmaili, H., Echreshavi, S., Çiçek, E., Light and scanning electron imaging confirm sexual dimorphism in scales and anal-fin rays of the genera *Anatolichthys* and

- Paraphanius* (Teleostei: Cyprinodontiformes: Aphaniidae). *Acta Zoologica*. <https://doi.org/10.1111/azo.12493>, **2024**.
- Tarkan, A.S., Bayçelebi, E., Giannetto, D., Özden, E.D., Yazlık, A., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Uludağ, A., Aksoy, N., Baytaşoğlu, H., Kaya, C., Mutlu, T., Kırankaya, Ş.G., Ergüden, D., Per, E., Üremiş, İ., Candan, O., Kekillioğlu, A., Yoğurtçuoğlu, B., Ekmekçi, F.G., Başak, E., Özkan, H., Kurtul, I., Innal, D., Killi, N., Yapıcı, S., Ayaz, D., Çiçek, K., Mol, O., Çınar, E., Yeğen, V., Angulo, E., Cuthbert, R.N., Soto, I., Courchamp, F., Haubrock, P.J., Economic costs of non-native species in Türkiye: A first national synthesis. *Journal of Environmental Management* 358, 120779. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120779>, **2024**.
- Tarkan, A.S., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Başkurt, S., Aksu, İ., Vilizzi, L., Yoğurtçuoğlu, B., Coupling molecular and risk analysis to investigate the origin, distribution and potential impact of non-native species: an application to ruffe *Gymnocephalus cernua* in Turkey. *The European Zoological Journal* 89, 109–121. <https://doi.org/10.1080/24750263.2021.2022222>, **2022**.
- Tarkan, A.S., Haubrock, P.J., Aksu, S., Mol, O., Balzani, P., Emiroğlu, Ö., Köse, E., Kurtul, I., Başkurt, S., Çınar, E., Predicting the potential implications of perch (*Perca fluviatilis*) introductions to a biodiversity-rich lake using stable isotope analysis. *Scientific Reports* 13, 17635, **2023**.
- White, A., Pyke, G., World War II and the rise of the plague minnow *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) in Australia. *Australian Zoologist* 35, 1024–1032. <https://doi.org/10.7882/AZ.2011.057>, **2012**.
- Yerli, S., First record of a coregonid fish species, *Coregenus albula* (Linnaeus, 1758) (Salmoniformes: Salmonidae) in Aktaş Lake shared between Turkey and Georgia – *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*. *J. Black Sea/Mediterranean Environment* 25, **2019**.
- Yoğurtçuoğlu, B., A Reassessment of the Conservation Status of Endangered *Aphanius sureyanus* (Neu, 1937) (Cyprinodontiformes:Aphaniidae) and the First Data on its Reproduction in Captivity. *HJBC* 4, 601–607. <https://doi.org/10.15671/HJBC.2018.266>, **2018**.
- Yoğurtçuoğlu, B., İstilacı bir balık türü *Gambusia holbrooki* ile endemik bir balık türü *Aphanius transgrediens* 'in Acıgöl (Denizli-Afyon) kaynaklarındaki yaşam döngüleri, besin rekabeti ve habitat kullanımları (Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, **2016**.

- Yoğurtçuoğlu, B., Bucak, T., Ekmekçi, F.G., Kaya, C., Tarkan, A.S., Mapping the Establishment and Invasiveness Potential of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey: With Special Emphasis on the Conservation of Native Salmonids. *Front. Ecol. Evol.* 8, 599881. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.599881>, **2021**.
- Yoğurtçuoğlu, B., Ekmekçi, F., First record of the giant pangasius, *Pangasius sanitwongsei* (Actinopterygii: Siluriformes: Pangasiidae), from central Anatolia, Turkey. *Acta Ichthyol. Piscat.* 48, 241–244. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02407>, **2018**.
- Yoğurtçuoğlu, B., Ekmekçi, F.G., An update of the database on the distribution of globally invasive *Gambusia holbrooki* in Turkish freshwaters. Presented at the Joint Esenias and Dias 2019 Scientific Conference and 8th Esenias Workshop, p. 98, **2018**.
- Yoğurtçuoğlu, B., Ekmekçi, F.G., Threatened Fishes of the World: *Aphanius transgrediens* Ermin, 1946 (Cyprinodontidae). *CJF* 72, 186–187. <https://doi.org/10.14798/72.4.774>, **2014**.
- Yoğurtçuoğlu, B., Uyan, U., Ekmekçi, F.G., The influence of environmental instability on the reproductive strategy of the critically endangered Acıgöl killifish (*Aphanius transgrediens*). *Journal of Fish Biology* 97, 246–256. <https://doi.org/10.1111/jfb.14358>, **2020**.
- Yoğurtçuoğlu, B., Yılmaz, M., Ekmekçi, F.G., Özsoy, E.D., A preliminary analysis of the population genetic parameters indicates critically low genetic variation in a threatened killifish (*Anatolichthys transgrediens*). *J Appl Ichthyol* 38, 28–33. <https://doi.org/10.1111/jai.14289>, **2022**.