



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ ANA BİLİM DALI

**ALMUS BARAJ GÖLÜNDE BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ VE
HAYVANCILIKTAN GELEN AZOT VE FOSFOR YÜKÜNÜN
MODELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKHAN EKİN

Danışman: Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN

**TOKAT
ARALIK - 2022
Her Hakkı Saklıdır.**

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Almus Baraj Gölünde Balık Yetiştiriciliği ve Hayvancılıktan Gelen Azot ve Fosfor Yükünün Modellenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

13/12/2022
Gökhan EKİN



Gökhan EKİN tarafından hazırlanan ‘ ‘ **Almus Baraj Gölünde Balık Yetiştiriciliği ve Hayvancılıktan Gelen Azot ve Fosfor Yükünün Modellenmesi** ‘ ‘ adlı tez çalışmasının savunma sınavı 15.11.2022 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Zootekni Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Ekrem BUHAN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Nihat YEŞİLAYER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Nedim ÖZDEMİR
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

.....

ONAY

..../12 / 2022

Prof.Dr. Mehmet GÜNEŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bizzat katkı veren ve tez çalışmalarında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN'a minnet duygularıyla şükranlarımı sunarım. Tezin su analizlerinde Doç.Dr.Fatih POLAT'a, coğrafik bilgi sistemleri ve uzaktan algılama haritalamaları için Prof.Dr.Hakan Mete DOĞAN ve Dr.Öğretim Üyesi Orhan Mete KILIÇ'a, tarımsal alanda danışmanlıkları için Prof.Dr.Nihat Yeşilayer, Prof.Dr.Arda Yıldırım, Dr.Esra Kaplan ve Dr.Shiva Sadighfard teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında gerekli ilgiyi gösteremediğim sevgili eşime ve biricik oğluma sevgilerimi sunarım.

Gökhan EKİN

ÖZET
ALMUS BARAJ GÖLÜNDE BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ VE HAYVANCILIKTAN
GELEN AZOT VE FOSFOR YÜKÜNÜN MODELLENMESİ

Ekin, Gökhan
Yüksek Lisans, Zootečni Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN
Kasım 2022, viii + 117 sayfa

Su ürünleri ve hayvan yetiştiriciliği gıda güvenliği ve protein açığını kapamada vazgeçilemez iki sektördür. Her üretim faaliyetinde olduğu gibi hayvanlık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin de çevresel etkileri bulunmaktadır. Özellikle üretim atıkları olarak ortaya çıkan azot ve fosfor gibi besleyici elementler; kaynak noktasından son alıcı ortam olan suya ulaştıklarında ötrofikasyon adını verdiğimiz önemli bir su kalitesi sorunu oluştururlar. Bu tür sularda kullanım sınırlanır, ekosistem ve insan sağlığı açısından ciddi sonuçlar ortaya çıkabilir. Azot ve fosfor genellikle noktasal olmayan kaynaklardan geldiği için yayılcı kirleticiler olarak adlandırılır. Bunların kontrolleri ve yönetimleri zor olup, detaylı bilimsel yöntemler uygulanması gerektirmektedir.

Bu çalışmada Yeşilırmak Nehrinin üst kısmında yeralan Almus Baraj Gölü ve havzasında yeralan hayvansal ve su ürünleri üretiminden gelen azot ve fosfor yükleri modellenmiştir. Yerinde ölçülen ve modellenen azot ve fosfor değerlerinin birbirini destekler sonuçlar ürettiği ortaya konmuştur. Sonuçlara göre havzadan göle, hayvansal üretimden 333 ton/yıl (%40) azot, 17 ton/yıl (% 20) fosfor; su ürünleri üretiminden 330 ton/yıl (%39) azot, 66 ton/yıl (%78) fosfor ulaşmaktadır. Göl azotu asimile edebilirken fosfor asimilasyon kapasitesi sınır değerlerde bulunmuştur. Gölde ötrofikasyon yaşanmamasını teminen; göl ve havzasının su ürünleri ve hayvansal üretiminde en iyi yönetim uygulamaları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Almus Baraj Gölü, Balık Yetiştiriciliği, Hayvancılık, NP Yüğü, Modelleme

ABSTRACT
**MODELING OF NITROGEN AND PHOSPHORUS LOAD FROM AQUACULTURE
AND LIVESTOCK IN THE ALMUS DAM LAKE**

Ekin, Gökhan
Master's Thesis, Department of Animal Science
Advisor: Asst.Prof.Dr. Ekrem BUHAN
November 2022, viii + 117 page

Aquaculture and livestock are two indispensable sectors to meet the food security and protein deficit. As in every production activity, aquaculture and animal production also have environmental effects. Nutrients such as nitrogen and phosphorus, which are especially produced as production wastes; when they reach the water, which is the final receiving medium, from the source point, they create an important water quality problem, which we call eutrophication. Use in such waters is limited, and serious consequences may arise in terms of ecosystem and human health. Nitrogen and phosphorus are often called diffuse pollutants because they come from non-point sources. Their control and management are difficult and require detailed scientific methods.

In this study, nitrogen and phosphorus loads from animal and aquaculture production in the Almus Dam Lake and its basin located in the upper part of Yeşilırmak River were modeled. It has been revealed that the nitrogen and phosphorus values measured and modeled in situ produce results that support each other. According to the results, from the basin to the lake, from animal production 333 tons/year (40 %) nitrogen, 17 tons/year (20 %) phosphorus; 330 tons/year (39 %) nitrogen and 66 tons/year (78%) phosphorus reach from aquaculture production. While the lake could assimilate nitrogen, phosphorus assimilation capacity was found at limit values. In order to prevent eutrophication in the lake; Best Management Practices (BMPs) in the aquaculture and animal production of the lake and its basin are suggested.

Keywords: Almus Dam Lake, Aquaculture, Livestock, NP Load, Modelling

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ.....	7
3. MATERYAL ve METOT.....	42
3.1. Materyal	42
3.1.1. Almus Baraj Gölü ve Havzası	42
3.1.2. Su Örnekleri ve Toplanması.....	43
3.1.3. Havzanın Hayvancılık ve Su Ürünleri Varlığı	43
3.2. Metot	44
3.2.1. Su örneklerinin analizi.....	44
3.2.2. Yayılı (Azot ve Fosfor) Yüklerinin Hesaplanması.....	44
3.2.3. Su bütçesi ve birim alana düşen NP yük hesabı	48
3.2.4. Çevresel Hazmetme Kapasitesi	48
3.2.5. Kritik Kaldırma Kapasitesi Hesabı.....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	50
4.1. Su Bütçesi ve Birim Alana Düşen NP Yüğü.....	50
4.2. Gölün Hidrolik Bekleme Süresi	52
4.3. Gölün Çevresel Hazmetme Kapasitesi.....	54
4.4. Gölün Alabalık Yetiştiriciliği için Kritik Kaldırma Kapasitesi Tahmini.....	56
4.5. Göl ve Havzasının NP Yüğü ve Kirliliği	58
4.6. NP Yüğü ve Kirliliği Modeli.....	72
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	88
6. KAYNAKÇA.....	102
7. ÖZGEÇMİŞ	117

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. Havza ölçekli faaliyetler ve bunların hidroloji ve ekosisteme etkileri	15
Çizelge 2. Tarımdan kaynaklanan yayılı kirlilik endişeleri	17
Çizelge 3. Tarımsal kirleticilerin kategorileri ve göreceli katkıları	20
Çizelge 4. Hayvan dışkısı ve gübreler yoluyla taşınan hastalıklar.	23
Çizelge 5. Alabalık/Somon yetiştiriciliğinin aşaması ile ilgili başlıca faaliyetler ve bunların çevre ve yaban hayatı üzerindeki potansiyel etkileri.....	27
Çizelge 6. Tipik bir hayvan atıkda temel besin elementleri	40
Çizelge 8. Almus Baraj Gölü aylık ortalama debileri.....	50
Çizelge 8. Almus Baraj Gölü su bütçesi ve parametreleri.	52
Çizelge 9. Almus Baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri.....	54
Çizelge 10. Almus Baraj Gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri	55
Çizelge 11. En yüksek fosfor durumuna göre Kritik Kaldırma Kapasitesi	56
Çizelge 12. Yayılı ve Karışık Kaynaklara Göre Toplam Azot ve Fosfor Yükleri.....	74
Çizelge 13. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Arazi Örtüsü/Kullanımından Kaynaklanan Yayılı Kirlilik Yükleri	75
Çizelge 14. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Atmosferden Kaynaklanan Yayılı Kirlilik Yükleri	77
Çizelge 15. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Tarım Alanlarından Kaynaklanan Yayılı Kirlilik Yükleri	78
Çizelge 16. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Hayvancılık ve Nüfustan Kaynaklanan Yayılı Kirlilik Yükleri	78
Çizelge 17. Almus Baraj Gölü Alabalık Üretim Miktarları ve Teşvikler.....	81
Çizelge 18. Almus Baraj Gölü Su Ürünleri Yetiştiriciliği İşletmeleri ve Kapasiteleri ...	82
Çizelge 19. Almus Baraj Gölüne havzasından gelen besleyici element bütçesi	83
Çizelge 20. Alabalık yetiştiriciliğinin azot ve fosfor yükü	83
Çizelge 21. Almus için 1 ton balık yemi için azot ve fosfor miktarı	84
Çizelge 22. Almus Baraj Gölü ve Havzasında Arazi kullanıma bağlı NP yükleri	84
Çizelge 23. Tarımsal NP kaynaklarının kontrolü için En İyi Yönetim Uygulamaları	99

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Farklı hayvasal üretim tiplerinin karşılaştırmalı nisbi su ayak izi	4
Şekil 2. Su havzalarında kirlilik kaynaklarının şematik gösterimi	5
Şekil 3. Su kalitesi bozulmasının ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri	9
Şekil 4. Azot (N) ve fosfor (P) 'un basitleştirilmiş genel görünümü	11
Şekil 5. Hayvansal üretim tesislerinin yayılıcı ve noktasal nutrient kaynakları	12
Şekil 6. Yoğun hayvancılığın çevreye etkileri	18
Şekil 7. Kontrolsüz hayvansal üretim atığından kaynaklanan olası tehlike noktaları	19
Şekil 8. Hayvancılık atıklarının sucul ekosistemlere taşınım süreçleri	22
Şekil 9. Hayvancılığın yüzey ve yeraltı sularına mikrobiyal kirlenici sorunları	23
Şekil 10. Hayvan gübresi ve biyosolidlerin uygulamalarının etkileşim ağı.	24
Şekil 11. Balıkları yetiştiriciliğinden kaynaklanan ana kirlilik kaynakları	25
Şekil 12. Su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı gelişiminin çevresel kaygıları	26
Şekil 13. Bir alabalık/somon kafesi sisteminden besleyici element akışı ve akıbeti	27
Şekil 14. Ötrofikasyonun mekanizmasının basite indirgenmiş şekli	36
Şekil 15. Ötrofikasyonun gelişim aşamalarının basite indirgenmiş şekli	36
Şekil 16. Ötrofikasyonun bazı özel etkileri	41
Şekil 17. Almus Baraj Gölü çalışma istasyonları (a) ve havzası (b)	42
Şekil 18. NP modelleme çalışmalarında kullanılan işlemler sırası	46
Şekil 19. Gölün su bütçesi durumu değerlendirmesi	51
Şekil 20. Almus İlçesi 2019 CORINE Seviye-1 Arazi Kullanımı/Örtüsü Haritası	58
Şekil 21. Reşadiye-Tozanlısı 2019 CORINE Seviye-1 Arazi Kullanımı Haritası	59
Şekil 22. Almus İlçesi'nin İlçe, Belde ve Köylerdeki Nüfus Dağılımı	60
Şekil 23. Almus Baraj Gölü Havzası ve Su Toplama Alanı	61
Şekil 24. Almus İlçesi Hayvan Varlığı	61
Şekil 25. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Yerleşim Merkezlerindeki Dağılımı	63
Şekil 26. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Uzaysal Dağılım Haritaları	64
Şekil 27. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Almus İlçesindeki Dağılımı	65
Şekil 28. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Uzaysal Dağılım Haritaları	66
Şekil 29. Reşadiye-Tozanlısı Hayvan Varlığı	67
Şekil 30. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı Dağılımı	68
Şekil 31. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı'ndaki Haritaları	69
Şekil 32. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı Dağılımı	70
Şekil 33. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı'ndaki	71
Şekil 34. Almus ve Reşadiye-Tozanlısı Arazi Örtüsü/Kullanımı NP Yükleri Haritaları	76
Şekil 35. Almus Baraj Gölü Havzasında arazi kullanıma bağlı NP yük dağılımı	79
Şekil 36. Almus Baraj Gölü havzasında NP yüklerinin kaynak sırası	80
Şekil 37. Almus Baraj Gölü Alabalık Üretim Tesislerinden görüntüler	81
Şekil 38. Almus Baraj Gölü Havzasında azot yükünün oransal dağılımı	85

Şekil 39. Almus Baraj Gölü Havzasında fosfor yükünün oransal dağılımı.....	85
Şekil 40. Almus Baraj Gölü Havzasında NP yükünün oransal dağılımı.	86
Şekil 41. Almus Baraj Gölü havzası nüfus yoğunluğu haritası	88
Şekil 42. Havzada sığır yetiştiriciliği için önerilen alanlar.....	89
Şekil 43. Havzada manda yetiştiriciliği için önerilen alanlar	90
Şekil 44. Havzada koyun yetiştiriciliği için önerilen alanlar.....	90
Şekil 45. Havzada keçi yetiştiriciliği için önerilen alanlar	91
Şekil 46. Havzada arazi kullanımından gelen NP kirlilik yükleri	92
Şekil 47. Havzanın hayvan varlığı.....	93
Şekil 48. Havzanın hayvansal üretimden gelen kirlilik risk durumu.....	93
Şekil 49. Göl ve havzasında NP yükünün arazi kullanımına bağlı oransal dağılımı.....	94
Şekil 50. Almus Baraj Gölü alabalık üretimi için önerilen atık toplamalı sistem.	94
Şekil 51. Almus Baraj Gölü balıkçılık kooperatifi için önerilen sistem	95
Şekil 52. Hassas balık yetiştiriciliği sistemi örneği	97
Şekil 53. Su ürünleri yetiştiriciliğinin temel sürdürülebilirlik konularının özeti.....	97
Şekil 54. Tarım ve hayvancılıkta NP yönetimi ve 4R uygulamaları	98
Şekil 55. Su kenarlarında hayvanları engelleyen çit ve sulama sistemleri.	100
Şekil 56. Yeşil filtre kuşak.....	101
Şekil 57. Hayvansal gübre depolanması için geçirimsiz tabanlı depo yapısı	101

KISALTMALAR VE SİMGELER

KISALTMA	AÇIKLAMA
N	Azot
P	Fosfor
NPS	Azot fosfor yükü/kirliliği/yayılı kirlilik
LULCC	Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliği
pH	Asitlik – Alkalilik Faktörü
CBS	Coğrafik Bilgi Sistemleri
UA	Uzaktan Algılama
EC	Avrupa Topluluğu
WHO	Dünya Sağlık Organizasyonu
UNEP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

SİMGELER	AÇIKLAMA
-	Eksi
%	Yüzde
/	Bölü
<	Küçüktür
>	Büyüktür
g	Gram
kg	Kilogram
ha	Hektar
mg	Miligram
mm	Milimetre
ppm	Milyonda bir parça
mg kg ⁻¹	ppm (milyonda bir parça)

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşme, gıda üretimi ve atık yönetimi ile ilişkili sosyo-ekonomik değişiklikler biyojeokimyasal döngüleri değiştirir (Puijenbroek ve ark, 2019). Bu durum dünyanın birçok bölgesinde nehirlerle besleyici element girdisinin artmasıyla sonuçlanmıştır. Bu besin maddeleri nehirler tarafından göllere ve denizlere taşınır ve ötrofikasyonuna neden olur (Amin ve ark., 2017). Günümüzde dünya çapındaki çoğu akarsu ve göl ekosistemi, su kirliliği ve ekolojik işlevlerin bozulması gibi tehditlerden dolayı; toplumların ekonomisini ve sürdürülebilir kalkınmasını ciddi şekilde etkileyen sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Son yıllarda nokta kaynaklı kirlilik kademeli olarak kontrol altına alınmış olması sebebiyle; sucul çevre kalitesinin bozulmasının ana nedeninin artan yayılı kirleticiler (NPS), özellikle de tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan NPS kirliliği olduğu bulunmuştur (Shen ve ark., 2012; Wu ve ark., 2012). NPS kirlilik emisyonları ve taşınım yollarındaki belirsizlik, NPS'nin tarımsal üretime, su kaynaklarına, su havzası hidrolojik süreçlerine ve suda yaşayan organizmaların habitatına zarar vermesine neden olmuştur (Liu ve ark., 2016). NPS kirliliği, insanların bağımlı olduğu çevrenin kalitesini etkiler ve halk sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilir (Holas ve Hrncir, 2002).

Yüzey suyu, doğal çevrenin en önemli bileşenidir. Yüzey suyu sınırlı olduğu ve insan faaliyetleri ile çevresel değişimler gibi birçok faktörden etkilendiği için, Dünyadaki birçok göl, nehir ve hatta deniz bile; büyük ölçüde kirlenmiş veya aşırı kullanılmıştır (Yong ve ark., 2009). Kirlenmiş yüzey suyunun insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerinde güçlü bir etkisi olmuştur (Sivertun, 2003). Su sadece yaşamın bir gerekliliği değil, aynı zamanda gıda, enerji, endüstriyel malzeme, hizmet vb. üretimler içinde gerekli olan temel bir doğal kaynaktır. Hızla artan küresel nüfus, su kaynaklarına olan talebi daha da artırmıştır. 1960'da 3 milyar olan dünya nüfusu 2017'de 7,5 milyara yükselmiş ve 2030 yılına kadar 8,6 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2017). Bu nüfus artışının çoğunluğu, yeterli su arzının büyük bir zorluk haline geldiği gelişmekte olan ülkelerden ortaya çıkmıştır (United Nations, 2015). Buna ek olarak, kentleşme ve artan

gelirler tüketici talebinin büyümesini hızlandırmış ve bu nedenle son yıllarda su stresini daha da artmıştır (Bao ve ark., 2015).

Dünya nüfusun 2050 yılına ulaşıldığında yaklaşık 10 milyarı bulması beklenmektedir (UNDESA, 2017), artan nüfusun beslenme ihtiyacı için gerçekleştireceği üretim aktivitelerinden kaynaklı atıklar nihayetinde son alıcı ortam sucul ekosistemlere ulaşmakta ve ekosistem parametreleri olumsuz etkilemektedir. İnsanın nüfus artışına bağlı gıda ihtiyacı için; tüketim modellerinde, yeni gıda tercihleri de dahil olmak üzere daha çeşitli ve daha fazla gıda üretim ihtiyacı bulunmaktadır. Bu durum, tarımsal büyüme ve yoğun tarıma yönelmeyi gerekli kıldığından; başta su kalitesi olmak üzere yeni çevresel sorunları da bereberinde getirecektir. Su kirliliği sorunu hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde sürekli artan, ekonomik büyümenin yanı sıra milyarlarca insanın çevresel ve fiziksel sağlığını kötüleştiren küresel karakterli bir durumdur. Dikkatler su miktarına, su kullanım verimliliği ile su tahsisi sorunlarına odaklanmış olsa da, atıksu yönetiminin zayıflığı, dünyanın çoğu bölgesinde önemli su kalitesi sorunları oluşturmuş ve su krizini denilen sorun giderek daha da derinleştirmiştir. Küresel su kıtlığı, kaynağın fiziksel kıtlığından ziyade, çoğu ülkede su kalitesinin artan bir şekilde kötüleşmesinden kaynaklanmaktadır, bu durum da güvenli su kullanım miktarını gittikçe düşürmektedir (Sagasta ve ark.,2017).

Yerleşim alanları, tarım ve sanayi su kirliliğinin en önemli kaynaklarıdır. Tarım küresel ölçekte suyun yaklaşık %70'ini kullandığından en önemli su kirleticisidir. Çiftlikler, organik madde, çok miktarda tarım kimyasalları, tarımsal ilaç artıkları, sedimentasyon ve tuzlu su drenajını ile su kütlelerini doğrudan etkiler. Su kirliliği ekosistem ve insan sağlığı ile üretim faaliyetleri için risk oluşturmaktadır (UNEP, 2016). Ekonomik açıdan zengin ve gelişmiş birçok ülkede tarımsal kirlilik; kıyı ve iç sularda başta ötrofikasyon olmak üzere su kalitesinin bozulmasının temel nedeni olarak sanayi ve yerleşimlerden kaynaklanan kirlenmenin de önüne geçen ana nedendir. Tarımsal nitrat, yeraltı suyu akiferlerinin en yaygın küresel kimyasal kirleticisidir. Çin ve ABD'de yüzey sularını kirleten temel kaynak tarım olup, Avrupa Birliği'nde, su kütlelerinin yüzde 38'ini tarımsal faaliyetler kirlenmektedir (FAO, 2013; USEPA, 2016; Sagasta ve ark.,2017). Su ekosistemleri de tarımsal faaliyetlerin oluşturduğu kirlilikten çabuk etkilenir; örneğin,

kıyı suları ve göllerde besin elementlerinin bağlı ötrofikasyon balıkçılık ve sucul biyolojik çeşitlilik üzerinde çok etkilidir. Su kalitesi kötüleşmesinin, tarım dahil üretici aktiviteler üzerine direkt etkilidir (OECD, 2012a; Sagasta ve ark.,2017). Tarımsal faaliyetlerin oluşturduğu kirleticilik nokta dışı yayılı kirletici konumunda olup kontrol altına alınmaları oldukça zordur. Bu türden kirleticilerin grupları ve etkileri Çizelge 1’de özet olarak sunulmaktadır. Su kalitesini etkileyen tarımsal yükler, nüfus artışına bağlı beslenme deseniindeki değişimler ve artan gıda ihtiyacına cevap vermek için ziraat, hayvansal üretim ve su ürünleri yetiştiriciliğinin büyümesi ve yoğun kültüre yönlmesi nedenlerinden kaynaklanmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 1980’lerden günümüze yirmi kattan fazla artış göstermiştir. Sulama için kullanılan donanımlı alanlar ise son yıllarda iki kattan daha fazla artış göstermiştir. (FAO, 2016a; FAO, 2016b). Akarsular besleyici elementlerini göl ve kıyısallara taşıır. Söz konusu besleyici elementlerin taşınımı; balıkçılık başta olmak üzere biyolojik çeşitliliği ve rekreasyonu sınırlandıran zararlı bitkisel (alg ve fanerogam) çoğalmalara sonuçta da hipoksiye sebep olabilir (Blass ve Kroeze, 2016).

Mevcut hayvansal üretimi sağlamak için yeryüzünün % 30’u tarım alanlarının ise %70’i kullanılmaktadır. Hayvansal üretim aktiviteleri en fazla su kalitesinin kötüleşmesi başta olmak üzere yerel ölçekten küresele en önemli çevresel kirletici üç sektörden ilk sırada gelenidir (FAO, 2006). Tarım sektörü, küresel gıda talebini karşılamak için gereken küresel tatlı su kaynaklarının tüketiminin yaklaşık %70’ini kullanmaktadır. Tarım sektöründeki yüksek su talebi, daha fazla hayvansal kaynaklı gıdalara geçişle daha da kötüleşen su kıtlığına neden olur(FAO, 2013). Farklı balıkların yemle ilişkili su ayak izleri, karasal hayvan kaynaklı gıdalarla karşılaştırıldığında oldukça değişkendir. Bu sanal su ayak izi değişik hayvansal üretim tiplerinde Şekil 1’de şematize edilmiştir. (Yuan ve ark., 2017).

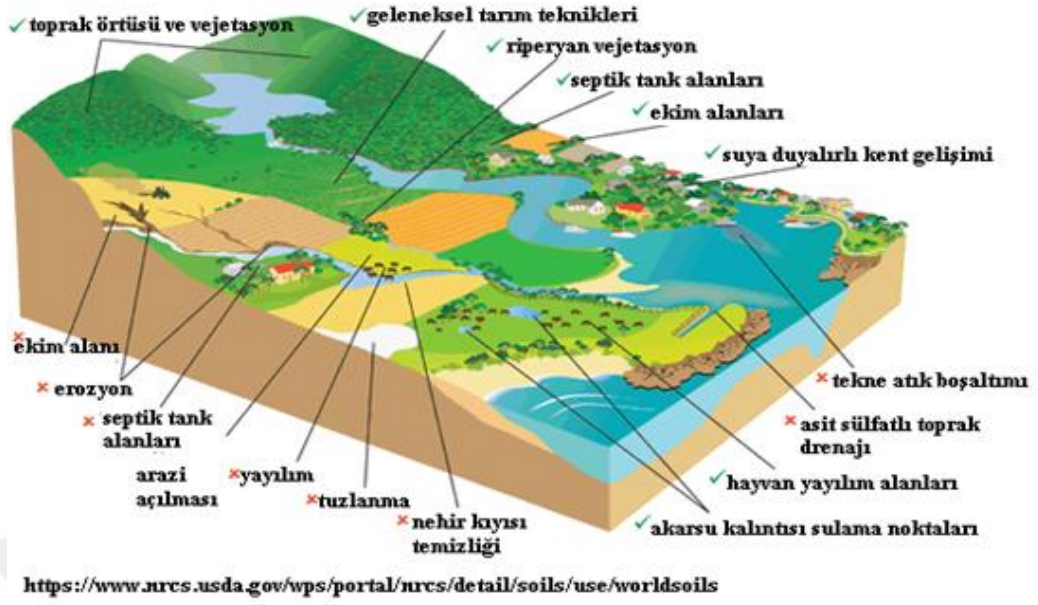
Besin maddeleri, gıda üretimi ve sosyoekonomik kalkınma için temel kaynaklardır, ancak iç suları denize ulaşmadan önce kirletirler. Şu anda, dünya çapında yılda yaklaşık 95 Tg azot (N) ve 16 Tg fosfor (P) sentetik gübre olarak uygulanmaktadır (Beusen ve ark.,2016). Genel olarak gelişmekte olan ülkeler, arazi kullanımlarındaki değişikliklerden dolayı daha fazla yayılı kaynak (NPS) kirliliğinin tetiklenmesine bağlı ciddi su kalitesi

zorlukları ile karşılaşmaktadırlar. Borulardan veya kanallardan su yollarına giren nokta kaynaklı kirleticilerin aksine, NPS kirleticileri, çevreye yayılan ve bir nokta konumuna kadar izlenemeyen kirletici maddelerdir. NPS kirliliği; su ortamları üzerinde çok ciddi etkiler yaratabilir (Shen ve ark., 2013).



Şekil 1. Farklı hayvasal üretim tiplerinin karşılaştırmalı nisbi su ayak izi

Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi (LULCC); bir su havzasında su kalitesi, ekosistem ve çevresel bozulma konusunda baskın bir stres kaynağıdır (Tang ve ark., 2005). LULCC'nin, dünya genelinde su kalitesini tehdit ediyor olması nedeniyle birçok bilim adamı, su kalitesi (Fisher ve ark., 2000), ekolojik çevre (Viglizzo ve ark., 2006) ve su havzası üzerindeki etkilerini; yüzeysel akış, toprak erozyonu, noktasal/yayılı kaynak kirliliği ve kanalizasyon atıkları açısından Uzaktan Algılama (UA), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), modelleme ve örnek analiz yaklaşımlarını kullanarak değerlendirmiştir (Jat ve ark., 2009). Bu nedenle, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi incelenmesinin bir havzanın su kalitesini ve ekolojik ortamını iyileştirmek için ilk adım olması gerektiği söylenebilir (Zhao ve ark., 2012).



Şekil 2. NRCS'e göre su havzalarında kirlilik kaynaklarının şematik gösterimi

Sosyo-ekonomik gelişmeler ve küresel iklim değişikliği hidrolojiyi ve bunun sonucunda nehir deşarjlarını etkileyerek ötrofikasyonu artırabilir (Crespo , 2017; Sinha ve ark.,2017). Ötrofikasyon sorunu dünyanın su sistemlerinin en önemli çevre sorunudur. ABD ötrofikasyona bağlı kayıplar ve çözüm yolları için yılda 120 milyar doları aşkın harcama yapmaktadır. Ötrofikasyonun en önemli nedeni ise yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır (OECD, 2017). Keza ötrofikasyon ülkemizde de salgın nitelikli sucul ekosistemlerimizin birincil sağlık sorunu olup; kaynağı ise %70'i aşkın düzeyde yayılı karakterli tarımsal faaliyetlerdir (Erdem ve Buhan, 2019; Buhan ve ark., 2019). Ülkemizin “sürdürülebilir su yönetimi” dikkate alındığında büyükbaş veya küçükbaş hayvancılık işletmelerinden göllere gelen atıklar da çevresel etki yaratmaktadır. Ülkemizde toplam 2020 yılında 18.614.990 adet büyükbaş ve 55.063.391 küçükbaş hayvan varlığı mevcuttur (TÜİK, 2020). Almus Baraj Gölü etrafında hayvancılık yapan işletmeler genel itibariyle geleneksel metotlarla hayvancılık faaliyeti yürütmektedirler.

Almus Baraj Gölü ilgili önceki çalışmalarda; Zengin ve Buhan (2007) gölün balıklandırılması sonucunda balık faunasının değişimi, Buhan ve ark.(2010) gölün kaldırma kapasitesi ve alabalık yetiştiriciliği için değerlendirilebilirliği, Polat ve Özmen (2011) gölün trofik seviyesi ve fosfor taşıma kapasitesi, Turgut Neary ve ark.(2011;

2013) balık parazitleri, Buhan ve ark.(2016) bölge balık çeşitliliği, Buhan ve ark.(2016) göl balıklarında boy-ağırlık ilişkisi, Dal ve ark.(2017) balık avcılık parametreleri, Polat ve ark.(2018) gölde tabakalaşma konularını çalışmışlardır.

Ülkemizde 677 adet baraj gölü bulunmakta olup, bu sayı içsu potansiyelimizin %30'una denk düşmektedir. Güvenilir içme suyu temini, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetler için baraj göllerinin su kalitesinin izlenmesi, trofik seviyelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bunu takiben sağlıklı ve geçerli planlamaların yapılabilmesi mümkün olacaktır (Ayvaz ve ark., 2011).

Tez çalışmasının amacı Almus Baraj Gölünde mevcut su ürünleri yetiştiriciliğinden ve havzasında bulunan hayvancılıktan gelen fosfor ve azot yükünü modelleyerek; nispi paylarının ve ötrofikasyon kritik eşiklerinin belirlenmesi, ötrofikasyonu önleyecek tedbirlerin ortaya konulması ve gelecek yıllarda suyun sürdürülebilir kullanımına bilimsel katkı sunulmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

2.1. Yayılı Kirlilik

Su öncelikle tarımsal, evsel ve endüstriyel ihtiyaçlar olmak üzere tüm faaliyetlerin karşılanması için gereklidir. Ancak aşırı nüfus artışı, kontrolsüz kentleşme ve sanayileşme, insan ve ekosistem sağlığının bozulmasına, ağırlıklı olarak sucul ekosistemlerde kirlenici yüklerinin çoğalmasına neden olmaktadır (Kumarasamy, 2015). Tanımlanabilir kaynaklardan (noktasal) akışlara giren kirleniciler kolaylıkla tespit edilebilir ve gerekli önlemler alınabilir. Bununla birlikte, büyük zorluk, nokta olmayan yayılı (NPS) olarak kabul edilen tanımlanamayan kaynaklarda üretilen kirlenicilerden kaynaklanmaktadır. NPS kirlenicileri, tarım alanlarından, kayıt dışı yerleşim yerlerinden ve kirlenmiş alanlardan kaynaklanan su akışından kaynaklanmaktadır (USEPA, 2003). Her yerde bulunan doğası gereği; doğal çevreyi bozarlar ve sağlık riski oluştururlar. NPS kirliliği, dünyanın birçok bölgesinde su kalitesi ve su kirliliği sorunu için yönetilemesi en zor tehdit olarak kabul edilmektedir (Poudel, 2016).

Dünyadaki ekime uygun alanlardan, insan tarafından besin maddelerinin çekilmesi, doğal besleyici element döngüsünü bozmuştur. Küresel olarak, gübre olarak üretildiğinden çekilenin yerine daha fazla besin maddesi eklenmektedir. Gübreler üretim noktalarından tarımsal üretim alanlarına taşınır. Gübre içerisindeki besleyici elementler, sadece bitkisel üretimde kullanılmasına rağmen, bunlar hasat sonu ürün olarak pazara veya hayvansal üretim tüketimi için diğer alanlara taşınırlar. Bu nedenle, denge durumunda, fosfor (P) ve azot (N)'un gübre üretim sahalarından hayvansal ve bitkisel üretim sahalarına taşınması ve net olarak biriktirmesi söz konusudur. Bu akış, ekim alanlarında besleyici element fazlalığı yaratır ve bu fazlalık, tarımdan kaynaklanan yayılı kirliliğin esas nedeni oluşturur. Tarımda kullanılan gübreler ile hayvansal gübrelerle sucul ekosistemlerde taşınan besleyici elementler; en önemli su kirliliği sorunu olan ötrofikasyonun ortaya çıkmasının temel nedenleridir (Carpenter ve ark.,1998).

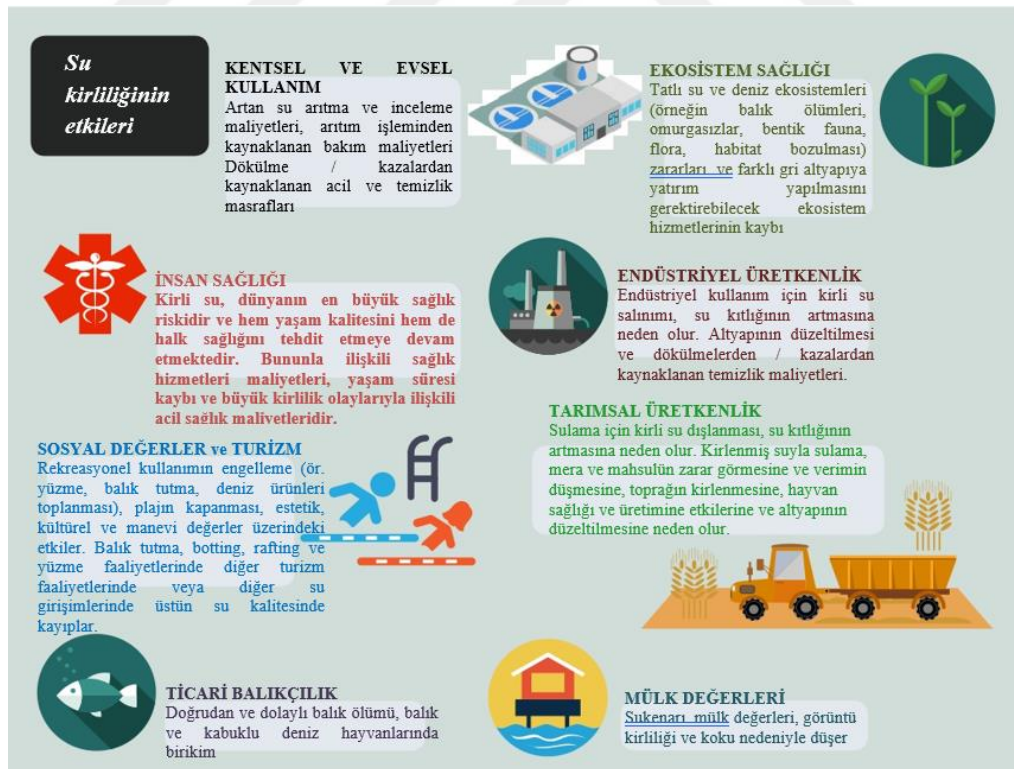
Tarımsal faaliyet bileşenleri ile tatlı su ekosistemleri etkileşimi temelde basit ve kantitatif ilişkilidir. Hem sucul hem de tarımsal ekosistemlerin işleyiş mekanizmaları

karmaşıktır ve birbirleri ile ağsal boyutlu ilişkileri mevcuttur. Keza çoğu tarım ekosistemi doğal su ve topluluklarını yüksek oranda barındırır. Karasal yüzey alanının önemli bir kısmı tarımsal olarak kullanılır, bir ya da daha fazla akarsu sistemi havza alanını oluşturur ve burada gerçekleşen hemen her şey sucul sistemi etkiler. Su havzası ile su tedarikçileri arasındaki ilişki, bir ev ile çöp kutusu arasındaki döngü gibidir (Moss,2008). Tarımsal kökenli arazi örtüsü değişikliği, sucul biyolojik çeşitlilik için en büyük tehdit olarak kabul edilmektedir (Sala ve ark., 2000). Tarım, doğal ekosistemleri ortadan kaldırır, doğal bitki örtüsünü yerine kendisi yerleşir, bitki yetiştirme ve toprak koruma mekanizmaları için; kötüleşmiş toprakların sürekli olarak gübre ile değiştirilmesi doğal ortamları gübre sızdıran sistemlere dönüştürür. Odunsu yığıntılar ile kaynağını ortadan kaldırır, evcil hayvanların korunması için üst yırtıcıları (ayı, kurt vb.) ortadan kaldırır , drenajlı sulama sistemlerini arttırmak için taşkın ova sistemlerinin karmaşık biyolojik, fiziksel ve kimyasal bileşenlerini tamamen değiştirebilir, besin elementlerince zenginleşme yoluyla belirli balık türlerinin artmasını sağlayabilse de; değişmiş av-av ilişkileri ile besin ağlarında tahribatlara neden olabilir (Vanni ve ark., 2005; Moss,2008).

Tarımsal faaliyetlerin kapsamlı etkileri ve bunların nasıl hafifletilebileceği göz önüne alındığında, hem tarımı hem de etkileri tanımlamak mantıklıdır. Buradaki tarım, yerleşik insan toplulukları tarafından yenen veya başka yollarla kullanılan olsun olmasın, bakım veya pazar için kullanılan ürünlerin üretimi için peyzajın değiştirilmesi anlamına gelir. Burada ormancılık, mahsul üretimi, yakıt ve hayvancılık için biyokütle üretimi yer alıyor. Tarımın yoğunlaştıkça büyük bir baskı oluşturur; tatlı su ve deniz sistemlerini 'etkiler', peyzaj tarımsal yönlü değişir. Bunlar, su kimyası üzerindeki etkileri, besleyici element kaybı ve ötrofikasyon ve besin ağı değişimi, biyosit liç , toprak erozyonu yükleri , hidrolojik döngü değişiklikleri (buharlaşma oranlarının ve nehir akımları ve su kaybı dolayısıyla kaçak atık ve modifikasyonlar) , özellikle balık ve kabuklu kültürlerinde kullanılan egzotik türlerin etkileri ve habitatın fiziksel modifikasyonu (kanalizasyon, kanal modifikasyonu, dolgu ve drenaj) öne çıkan değişikliklerdir (Moss, 2008).

Tarımsal faaliyetlerin etkilerini kentleşmenin etkilerinden ayırmak kolay değildir. Tarımsal arazilerden veya hayvan dışkılarından sızan fosfor ve azot, şehir cadde/ sokak drenajı ve insan kökenli atıksu tamamen aynı etkiye sahiptir. Bununla birlikte,

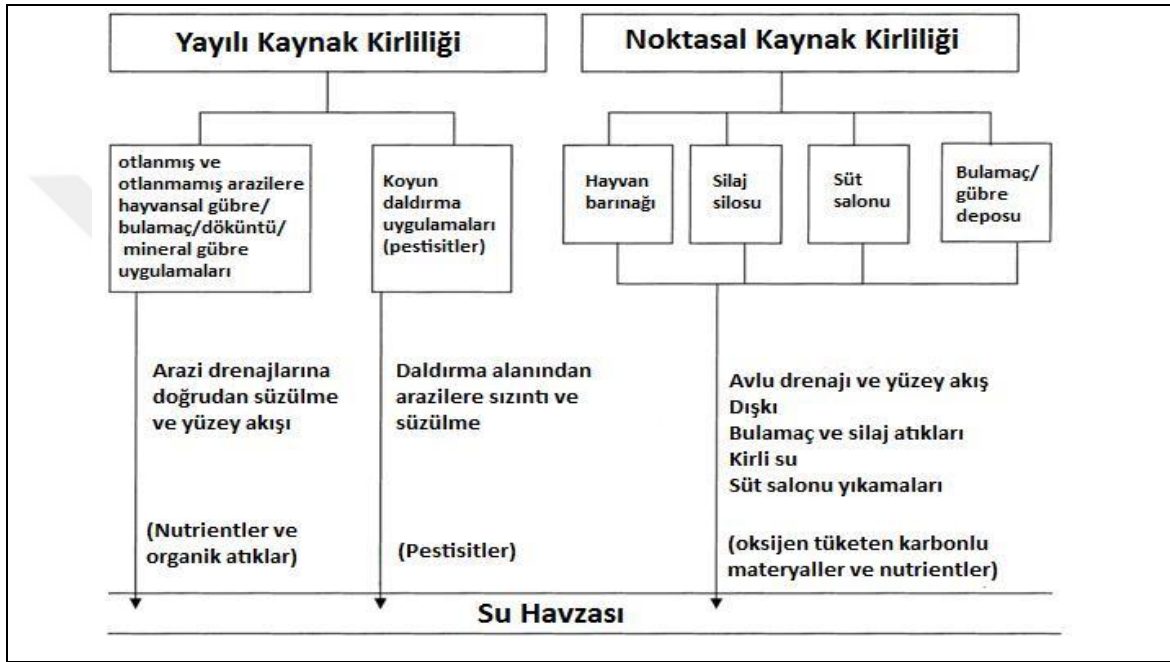
kentleşme tarım ile bağlantılı olduğundan, ikisi ayrı değildir ve tarımın sular üzerindeki etkilerinde tarımın sadece teknolojik bir çaba olmadığı; sosyo-kültürel bir fenomen olduğu da dikkate alınmalıdır (Pretty, 2002). Yani kirlilik sadece canlılara zarar veren veya yokeden maddelerin ortama girmesi değil, doğal bir sisteme zarar verme riskini artıran insan kaynaklı bir etkidir. Tarım, yeryüzünün peyzajını detaylı bir şekilde değiştirdiği gibi, etkileme gücü ile eşit derecede sularının doğasını da yeniden şekillendirmektedir (Moss, 2008). Ötrofikasyon sorunu dünyanın su sistemlerinin en önemli çevre sorunudur. ABD ötrofikasyona bağlı kayıplar ve çözüm yolları için yılda 120 milyar doları aşkın harcama yapmaktadır. Ötrofikasyonun en önemli nedeni ise yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır (OECD,2017). Keza ötrofikasyon ülkemizde de salgın nitelikli sucul ekosistemlerimizin birincil sağlık sorunu ve kaynağı %70'i aşkın şekilde yayılı karakterli tarımsal faaliyetlerdir (Erdem ve Buhan, 2019; Buhan ve ark.,2019). Su kalitesi bozulmasının ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir (OECD,2017).



Şekil 3. Su kalitesi bozulmasının ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri (OECD,2017).

Tarım arazilerinde gübre uygulanmalarından sonra yüzey sularına azot ve fosfor akışı iyi çalışılmış ve ölçülmüştür. Genellikle gübre uygulamaları sırasında ve devamında fosfor ve azot akışındaki kayıplar uygulanan miktarın % 5'in den azdır. Ancak gübre uygulamasından hemen sonra yağmur yağarsa % 20'ye kadar gübre kayıpları yükselebilir. Bununla birlikte, su ekosistemleri için bu oranlarda toplam azot akışını hafife alınmaktadır. Suya tarımsal alanlardan yapılan ihracat, gübre girdisinin bir yüzdesi olarak, killi topraklar için % 10 ile % 40, kumlu topraklar için % 25 ile % 80 arasında değişmektedir. Genel olarak, suya gübre kökenli besleyici element kayıp oranları, mevsim, kimyasal yapı, oranlama ve uygulama yönteminden etkilenir. Gübre uygulama sonrası yağış miktarı ve zamanı ile bitki örtüsü önemlidir. Azot ve fosfor konsantrasyonları ve uygulama zamanlaması ile ilişkili olmakla birlikte doğal gübrelere nazaran endüstriyel olarak üretilen gübrelere daha fazla ihraç söz konusudur. Kayıplar, çözünmüş fosfor biçiminde girebilir, ancak daha fazla partikül fosfor olarak taşınır. Uzun vadede, bu partikül fosfor suda yaşayan organizmalar için uygun olan fosfata dönüştürülebilir. Denizlere de azot girdisi son yıllarda artmıştır ve bu artış su havzalarına azot girdisini artıran bir dizi insan aktiviteleriyle ilişkilendirilebilir. Benzer şekilde, akarsularla denizlere taşınan fosfor miktarı ile su havzalarındaki insan nüfus yoğunluğu arasında pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Küresel olarak, fosforun deniz kıyılarına olan hareketi, yıllık 8 milyon mt 'dan , yıllık 22 milyon mt' a yükselmiştir. Bu artışın yaklaşık % 30'u tarım arazilerinin fosforca zenginleştirilmesine ve artan erozyon oranları ile bağlantılıdır (Carpenter ve ark., 1998). NP'nin sucul sistemlere taşınımı ve taşınım süreçleri Şekil 4'de özetlenmiştir.

su yollarına toplanır (Sagasta ve ark.,2017). Su kirliliği, bir kirleticinin kaynaktan yeraltı suyuna veya akış ile su kütlesine bulaşan ve ihtiyaç duyulan su kullanımının karşılanamayacağı miktarlara ulaşması ile ortaya çıkan bir durumdur (NRCS, 2012). Yüzey akışı ve liç yolu ile besleyici element kaybı gibi yayılı kirlilik kaynaklarını değerlendirmek ve kontrol etmek Şekil 5’de gösterildiği üzere daha zordur (Hoodaa ve ark., 2000).



Şekil 5. Hayvansal üretim tesislerinin yayılı ve noktasal besleyici element kaynakları ve atık su girişleri (Hoodaa ve ark.,2000).

Bir madde / maddelerin normal konsantrasyonlardan üst miktarlara çıkması veya kimyasal durumundan kaynaklı etkiler kirlilik kapsamına girer (WFDIC, 2008; Tavşan, 2008). Kirliliği oluşturan kirleticilerin çevrede birikmesi; insan ve diğer organizmaların sağlığına ve yaşadıkları ortama zarar vermektedir. Su kirliliği ise; su kaynağının (akarsu, göl, kıyı, yeraltı suyu, sulak alanlar vb.) insan kaynaklı faaliyetler veya doğal afetler sonucunda belirli bir kullanım için potansiyelini kısıtlayan, su kaynağına zarar veren, durumundaki istenmeyen kimyasal, fiziksel veya biyolojik değişiklik şeklinde tanımlanmaktadır. Su kaynağı veya kütlesinin kalitesi hedeflenen kullanım için kabul edilebilir seviyenin altına düşmesi halinde su kaynağı kirlenmiş varsayılır (Leeds ve ark., 1992). Su kütleleri kirliliğinin iki farklı kaynağı mevcut olup,

ilki noktasal kaynaklar, diğeri ise yayılı (noktasal olmayan) kaynaklardır. Su ortamları kirleticiler için alıcı ortamlar olup, bilinen bir noktadaki kirletici kaynaktan deşarjlar sonucunda oluşan kirliliğe noktasal kaynaklı denilmektedir. Kirleticilerin kaynağı ve geliş ortamlarının belirlenmesi kolay olduğundan noktasal kirliliğin kontrolü ve önlenmesi kolaydır. Kirliliğin önlenmesi, hızlı düzeltim faaliyetleri veya kontrol faaliyetlerine yapılan uzun vadeli yatırım ve arıtma faaliyetleri gibi koruyucu önlemler ile sağlanmaktadır. Deşarjların tek noktadan kontrolü belirli deşarj standartlarına uyulmasına da olanak tanımaktadır. Bu şekilde su kaynaklarının kontrolü de mümkün olabilmektedir. Noktasal kirletici kaynaklar, çoğunlukla sanayi tesislerden ve evsel faaliyetlerde atıksu deşarjları olup; tanımlanabilir ve izlenebilirler (WFDIC, 2008; Tavşan, 2008). Bu durum Şekil 5’de şematize edilmiştir.

Yayılı (noktasal olmayan) kaynaklar, noktasal kirletici kaynakların tersine, bilinen bir noktasal deşarjı bulunmayan yeri kesin olarak saptanamayan ve tanımlanamayan kaynaklardır. Noktasal olmayan (yayılı) kirlilik, kırsal bölgelerdeki bütün arazi kullanım şekilleri, kentsel ve atmosferdeki kirlilik emisyonlarından (endüstriyel üretim ve ısınma gibi zorlayıcı etkenler) kaynaklanan, alıcı ortama meteorolojik ve iklimsel şartlar (kar/buz erimesi, yağmur vb.) ile jeolojik ve coğrafik şartlara bağlı olarak sürekli şekilde ulaşan, değişik ortamlara (su, toprak, hava) karmaşık taşınım süreçleri ve biyokimyasal dönüşüm çevrimleri ile havza boyunca yayılan kirlilik için ifade edilmektedir (MBC, 2008; Tavşan, 2008).

Noktasal olmayan kirliliğe neden olan faaliyetler, geçmişte oluşmuş olabileceği gibi mevcut anlık zaman diliminde de hala devam etmekte olabilir (WFDIC, 2008). Noktasal olmayan (yayılı) kirliliğin noktasal kirliliğe göre izlenmesi, denetlenmesi ve kontrolü çok daha güç ve karmaşıktır. Noktasal kaynakların arıtma ile en etkili bir kirlilik mücadelesi mümkün olmakla birlikte noktasal olmayan kaynakların yüklerin düşürülmesinde karasal ve yüzeysel akış yönetimi uygulamaları etkili olmaktadır (Campbell ve ark., 2004; Tavşan, 2008).

Noktasal olmayan (yayılı) kirlilik sucul ekosistemler için eskiden beri varolan bir tehdittir. Bununla birlikte son yıllarda kaynaklarının türleri ve sorunun boyutu bilimsel olarak daha iyi açıklanmıştır (DEFRA, 2002). Noktasal olmayan kirlilik çok çeşitli kaynaklardan gelebilmektedir. Kaynaklar ayrı ayrı her biri küçük etkide olabilir, ancak onların birlikte toplu olarak etkisi çevreye çok büyük zarar verecek seviyede olabilmektedir (LRN, 2008). Noktasal olmayan (yayılı) kirlilik, hem yüzeysel sular (göller, akarsular, kıyı suları, sulakalanlar vb.) hem de yeraltı suları olmak üzere tatlı su ekosistemleri üzerine etkili olabilmektedir (DEFRA, 2002). Arazi yüzeylerinden ve kirlenmiş sahalardan gelen kirleticilerin sızması neticesinde yeraltı suları kirliliğe maruz kalmaktadır. Arazilerin üzerindeki kirleticilerin; yüzey suları, yağmur veya kar erimesi sonucunda akış ile kaynaklar ve yeraltı sularına taşınması bu sistemleri olumsuz etkilenmektedir. Yüzeysel akış ile yeraltı suyu sistemlerinin birbiri ile ilişkisinin üst düzeyde olduğu yerlerde, kirleticiler birinden diğerine rahatlıkla geçebilmektedir (LRN, 2008 ; Tavşan, 2008).

Genel olarak, gelişmekte olan ülkeler, arazi kullanımlarındaki değişikliklerden dolayı daha fazla noktasal olmayan kaynak (NPS) kirliliği ile karşılaşmaktadırlar Borulardan veya kanallardan su yollarına giren nokta kaynaklı kirleticilerin aksine, NPS kirleticileri, çevreye yayılan ve bir nokta konumuna kadar izlenemeyen kirletici maddelerdir (Eisakhani ve ark., 2009). NPS kirliliği su ortamları üzerinde çok ciddi etkiler yaratabilir (Shen ve ark., 2013; Gil ve ark., 2014) çevresel gereklilikleri karşılamayan nehirlerin ana nedenlerinden biri olarak kabul edilir (Mitchell, 2005). Birçok araştırmacı, NPS akışının, askıda katı maddeler, ağır metal kirleticiler ve hidrokarbon bileşikleri gibi çeşitli kirletici maddeler içerdiğini de bulmuşlardır (Ellis ve ark.,1989; Han ve ark., 2005) ve ayrıca çok yüksek kirlilik seviyelerine sahiptirler. Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme hızla ilerlerken bu süreç sırasında, mevcut arazi kullanımı sıklıkla geri dönüşümsüz olarak değiştirilir ve bu da ilave NPS kirliliği getirerek yerel yüzey suyu için önemli riskler oluşturabilir (Kuai ve ark., 2015).

Tarımsal üretim arazileri ve yerleşimlerden gelen akış; kıyı sularının, akarsuların ve göllerin başlıca azot (N) ve fosfor (P) kaynaklarıdır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan asit yağmuru ve atmosferik kirleticiler de yüzey sularına azot sağlar. Bu besin

kaynaklarına yayılıcı veya noktasal olmayan kirleticiler denmekte olup, yaygın olarak dağılmış faaliyetler ana kaynaklarıdır. Noktasal olmayan girdilerin dağınık kaynakları sebebiyle; mevsimlere ve atmosferik duruma göre farklılık gösterdikleri için ölçülmesi, kontrolü ve yönetilmeleri zordur (Carpenter ve ark., 1998). Fosfor tatlı su ortamına ulaştığında, fitoplankton, yosun ve sucul yabancı otların rahatsız edici çoğalma ve gelişimlerine sebep olabilir ve göllerin yaşlanma sürecini hızlandırabilir. Bu kirleticiler, balıklar ve diğer su organizmalarına direk toksik olmamakla birlikte endişe kaynağı ve bazı alg türleri içme suyuyla alındığında toksiktir (NRCS, 2012). Tarımdan kaynaklanan yayılı kirlilik endişeleri Çizelge 1’ de özetlenmiştir (D’Arcy ve Frost, 2001; DEFRA, 2002). Little

Çizelge 1. Havza ölçekli faaliyetler ve bunların hidroloji ve ekosistem üzerindeki etkileri

Sorumlu faaliyetler		Kirleticiler	Bileşenler	ETKİLERİ		
				YÜZEY SUYU	YERALTI SUYU	DİĞERLERİ
Aşırı sulama, yağmur ve yağmur suyundan kaynaklanan akış	Hayvan gübresi gübreleme	Besleyici elementler	Fosfor, Azot, Amonyak, Çözünmüş Oksijen, Klorür	Besin elementlerinin, özellikle fosfor ve azotun taşınması, ötrofikasyona, oksijen tükenmesine, kötü koku ve kokuşmaya neden olur.	Besin elementlerinin yeraltı suyuna, özellikle azot sızması ve tuzluluğa neden olur.	Bozulan su yaşamı, insan sağlığına tehdit, içme suyu kalitesinin bozulması, toprak asitliği
	Hayvan yetiştiriciliği operasyonları, Yaban hayvanı gübresi	Patojenler	Bakteri, virüs, ağır metaller, cryptosporidium, <i>Giardia lamblia</i> , Legionella	Hayvan dışkı ve idrar taşıyan patojenler ve metaller içeren yüzey akışı sucul ortama girer	Azot ve metal sızması	İnsanda enfeksiyon hastalıkları
	Ürün spreyleme; ot ve hasare yönetimi	İnsektesit Herbisit Fungisit Rodendesit	Aldrin, Atrazine, Chlordane, DDT, 24DT Dieldrin, Endrin, Lindane, Simazine, vb.	Yüzey suyundaki kimyasal yükleme, zayıf balık sağlığı bozukluğu, balıklarda ve amfibilerde kanserler ve tümörler dahil olmak üzere sudaki yaşamı etkiler		İnsanlarda onkolojik, pulmoner ve hematolojik morbidite, doğuştan gelen deformiteler, bağışıklık sistemi yetersizliği
	Yetiştirme/ toprak işleme ormansızlaşma	Sediment	Toplam askıda katı madde (TSS), Toplam çözünmüş katılar (TDS), bulanıklık	Suda bulanıklık, dere/nehir yatağının siltasyonu, balıklar için yumurtlama alanı kaybı, azalan ışık penetrasyonu, fosfor taşınımı	Ormansızlaşma, yüzey akışının artmasına ve yeraltı suyu dolununun azalmasına neden olur	Suyun arıtılmasında artan maliyetler, sedimente besin elementleri bağlanması, hidrolojik rejimde bozulma ve değişiklik, halk sağlığı sorunları
	Aşırı Sulama Yağış ve yetersiz su yönetimi	Tuzlar, Besleyici elementler	Cl (Klorür), Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum)	İçme suyu kaynaklarının tuzlanması; su doygunluğu; toprak tuzlanması	Yeraltı suyunun tuzlanması, yükselen veya oturmuş su tablası	Ürün veriminin etkilemesi, toprak kalitesini bozulması
Arıtılmamış belediye atıkları	Kanalizasyon çamurunun bertarafı	Patojenler	Bakteri, virüs, ağır metaller, cryptosporidium, <i>Giardia lamblia</i> /floridae, Legionella	İçme suyu kalitesini bozar	Azot ve metal sızması	İnsanda enfeksiyon hastalıkları
	Evsel atıklar	Organik madde	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD), Çözünmüş Organik Karbon (DOC), Çözünmüş Oksijen (DO)	Sudaki yaşamı etkileyen oksijen tükenmesi		

2.2. Hayvancılığın Su Kaynaklarına Etkisi

Hayvansal üretim için dünyanın % 30’u ve tarım arazilerinin % 70’i kullanılmaktadır. Hayvancılık faaliyetleri, yerelden küresele su kalitesinin bozulması da dahil olmak üzere her seviyede önemli çevresel sorunlara katkıda bulunan ilk üç üretim şeklinden birisidir (FAO, 2006). Son zamanlarda hayvansal üretimdeki büyük yapısal değişiklikler,

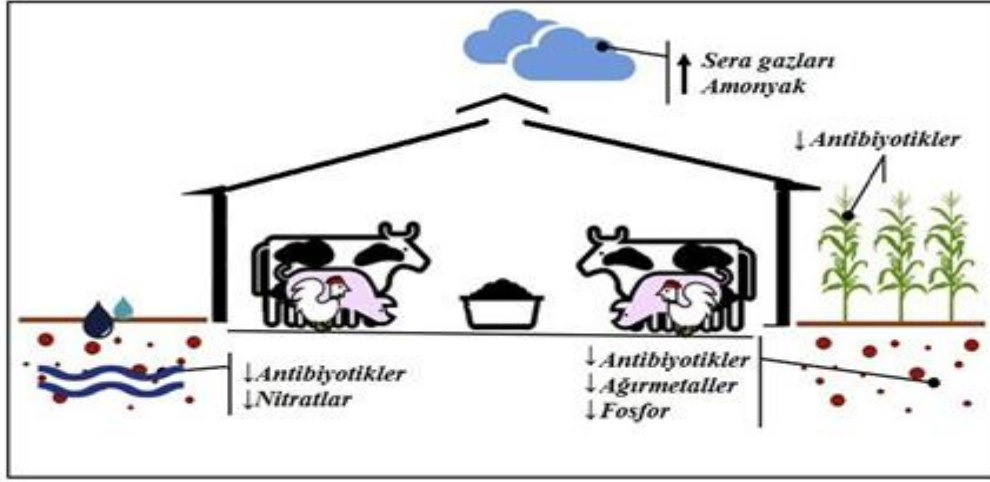
çoğunlukla dar alanlara yoğunlaşan ve çok miktarda hayvan barındıran endüstriyel ve yoğun kültür hayvan üretim sistemlerinin gelişmesi ile ilişkilidir. Yoğun hayvansal üretim sistemleri miktarı gittikçe artan şekilde, yurt dışı/içi ticareti yem konsantrasyonlarına dayanmaktadır. Bu hızlı değişimler çevre ve ağırlıklı olarak su kalitesi üzerinde artan şekilde baskılar yaratmaktadır. Hayvansal üretimde içme ve servis için kullanılan suyun önemli bir kısmı; bulamaç (liç), sıvı gübre ve atık su şeklinde çevreye geri döner. Hayvan dışkısı önemli ölçüde besleyici madde, oksijen harcayan organik maddeler, patojenler ve yoğunlaştırılmış sistemlerde daha fazla olmak üzere; ilaç kalıntıları, ağır metaller, hormonlar ve antibiyotikler ihtiva eder (Şekil 6). Yoğun hayvansal üretimle ilişkili atık üretimi, çevre ekosistemlerinin tamponlama kapasitesinin üzerine çıkma eğiliminde olup, yüzey sularını ile yeraltı sularını önemli kirleticisidir (Sagasta ve ark.,2017). Hayvansal atıklar, yüzey ve yeraltı suyunu kötü yönde etkileyebilecek bir seri kirletici maddeler içerir. Bu duruma ilave olarak; hayvansal atıklardaki bazı bileşenler yayılan hayvanları etkileyebilir, ortamdaki bitkilere zarar verebilir daha da ötesi hava kalitesini bozabilir. Bununla birlikte, hayvansal üretim atıklarının (gübre) ziraai arazilere kabul edilebilir oranlarda tatbik edilmesi, mahsülün ticari gübre ilavesine gerek olmadan yeterli besin elementi alabilmelerine imkan tanır. Keza hayvan atıklarındaki organik madde toprağa verilirse toprak iyileştirilebilir, su kayıp kapasitesi düşer ve erozyon önemli seviyede düşürülebilir (NRCS, 2012). Yoğun hayvancılık işletmelerinin önemli atıkları Şekil 1’de şematize edildiği üzere besleyici elementler (N ve P) , sera gazı olarak amonyak, antibiyotikler ve ağırmetaller olarak özetlenebilir (Tullo ve ark.,2019). Bu atıkların muhtemel tehlike noktaları da Şekil 2’de sunulmuştur.

Tarım ve hayvancılık kökenli su kirliliğinin insan sağlığına direk olumsuz etkileri bulunmaktadır; örneğin, potansiyel olarak bebeklerde ölümcül bir hastalık olan mavi bebek sendromuna (metahaloglobinemiye) sudaki yüksek nitrat seviyelerinin sebep olmaktadır. Su ve besin ağındaki pestisit birikimi, insanlar üzerinde olumsuz etkileri gösterildiğinden, kalıcı pestisitlerin (DDT ve birçok organofosfat vs.) ile geniş spektrumlu bazı pestisitlerin yaygın şekilde yasaklanmasına yol açmıştır. Ancak bazı pestisitler halen geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde kullanılmakta, akut ve muhtemel kronik sağlık sorunlarına ortam hazırlanabilmektedir (OECD, 2012a).

Hayvancılık sektörü çoğu ülkede zirayı üretiminden daha hızlı büyümüş ve yoğun kültüre dönüşmüştür. Hayvansal gübre başta olmak üzere hayvansal atıkların su kalitesi üzerinde çok önemli olumsuz etkileri vardır. Son yıllarda, hayvansal üretim çiftliklerden su yolları ile içme suyu kaynaklarına ve ekosistemlere bulaşan veteriner kimyasalları (aşı, antibiyotik, büyütme hormonları vs.) şeklinde yeni bir kirletici grubu ortaya çıkmıştır. Keza su kaynaklı zoonotik patojenler bir başka önemli tehdit ve endişe kaynağıdır (FAO, 2006; WHO, 2012; Sagasta ve ark.,2017). Tarımsal üretim şekillerine göre kirlilik endişeleri ve etkileri Çizelge 2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Tarımdan kaynaklanan yayılı kirlilik endişeleri (D’Arcy ve ark.,2001 ve DEFRA, 2002’den değiştirilerek).

<i>Kirleticiler</i>	<i>Kaynaklar</i>	<i>Etkiler</i>
Çiftlik Kimyasalları dahil Yağlar ve hidrokarbonlar Pestisitler Veteriner ilaçları	Tarım makineleri bakımı, kazalar, Avluda akıntı - sığır eti ve süt sistemleri Tarla ve yem bitkilerinin pestisitlerinin kullanımı Bahçe bitkilerinin pestisitlerinin kullanımı Hastalığın yayılmasını durdurmak ve yüksek hayvancılık seviyelerini korumak için hayvancılıkta koyun daldırmaları ve diğer ilaçların kullanımı	Suda yaşayan türler için toksisite. Akarsu sedimanlarının kirlenmesi. Yeraltı suyu kirliliği. Bitkisel yığıntı (yüzey suları). Tat (içilebilir malzemeler) Toksikite. İçme suyu sistemlerine bulaşma
Siltasyon	Ekilebilir alanlardan gelen akış. Koyun yetiştiriciliğinde yayla erozyonu Dış mekan domuz ve sığır sürüleri sistemlerinde ova erozyonu	Kum/çakıl yollarının imhası. Üreme ve yetiştirme yerlerinin kaybı. Doğal havuz ve göletlerin sedimentasyonu. Diğer kullanıcılara maliyetler (örneğin, balık çiftlikleri, içme suyu kaynakları)
Organik atıklar	Tarımsal atıklar - bulamaç, silaj sıvısı ve artık ürünler - süt ve sığır sürüleri Yoğun hayvancılık birimlerinden yüksek atık ürün üretimi Arazi uygulaması için atık	Oksijen seviyelerinin düşürülmesi. Sudaki yaşam için toksisite, Habitat kaybı Nutrient zenginleştirme
Dışkı Patojenleri	Çiftlik hayvanlarına organik atıkların uygulanması Sulamada kirlı su kullanımı Kirlı ve temiz suyun ayrılmaması	İnsanlar için sağlık riski. Rekreatyoneel yüzme suyu ve kabuklu deniz ürünleri standartlarına uymamak
Azot	Tarımsal gübreler - bahçecilik, iyileştirilmiş otlak ve meralar, yem ve ekilebilir ürünler, Atmosferik birikim için - amonyağın hayvancılıktan emisyonu	Ötrofikasyon. İçme suyu kaynaklarının kirlenmesi (nehirler ve yeraltı suyu). Hızlandırılmış bitki gelişimi. Topluluk yapısındaki değişiklikler.
Fosfor	Tarımsal gübreler - yem, gelişmiş, bahçecilik ve tarla bitkilerine ek olarak Toprak Erozyonu - Hayvancılık ve ekilebilir tarım faaliyetlerinden kaynaklanan toprak parçacıkları ile birlikte fosfor kaybı	Asitlenme. Ötrofikasyon Topluluk yapısındaki değişiklikler Hızlandırılmış bitki büyümesi İçme suyu malzemelerinin artan filtrasyonu



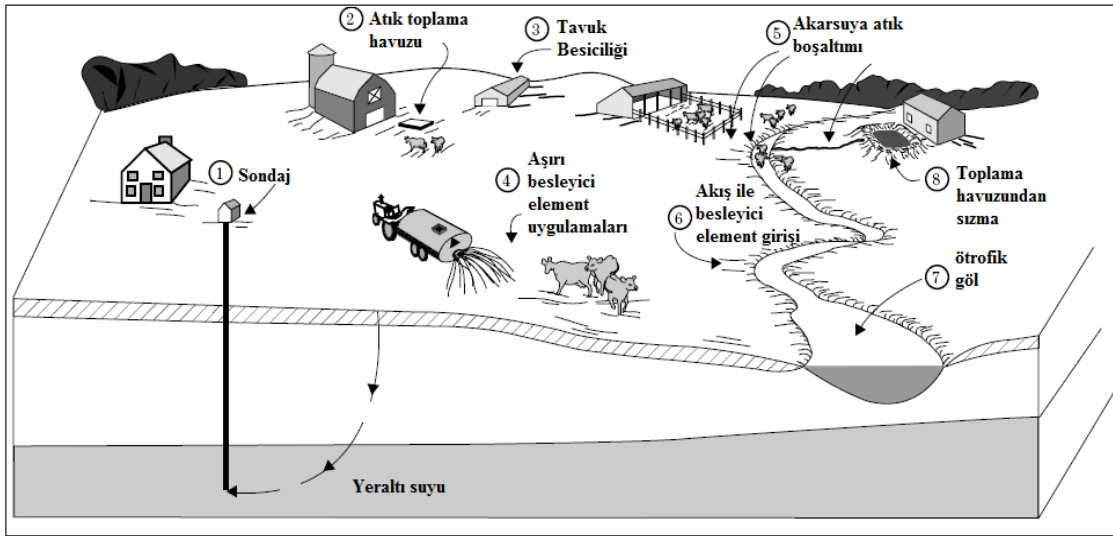
Şekil 6. Yoğun hayvancılığın çevreye etkileri (Tullo ve ark.,2019'dan değiştirilerek).

Modern ve yoğun kültür tarımın çevre üzerindeki daha geniş etkileri, birçok sebepten dolayı endişe oluşturmaktadır. Tarımsal üretimden kaynaklanan kirlilik, temelde gıda üretim sistemlerinin yoğunlaştırılmasının bir sonucu olarak artış göstermektedir. Gıdaya olan talep, yüksek verimli ürün çeşitlerinin ve tarımsal ilaç, gübre ve hayvan yemleri üretimi ile sağlandı; 1950'li yıllardan günümüze İngiltere'de azotlu gübre tüketimi altı kattan fazla artış göstermiştir. Gübrelerin ve ithal yem kullanımının artması, daha büyük toprak besin elementi havuzları oluşturacak, potansiyel besin elementi kayıpları riskini artıracaktır. Azot ve fosfor gibi besleyici elementler liç ve akıntılarla sucul ekosistemlere ulaşmaktadır (Hooda ve ark.,2000).

Hayvansal üretim, azot ve fosfor başta olmak üzere besin elementleri, patojenler ve diğer bazı maddelerin, özellikle yoğun hayvansal üretim faaliyetleri gübresi olmak üzere; su yollarına ve yeraltı sularına ulaşması yoluyla su kalitesini bozabilir. Uygun olmayan gübre yönetimi çoğunlukla; yeraltı sularının, yüzey sularının ve kıyı deniz ekosistemlerinin kirlenmesine ile ötrofikasyonuna ilave olarak topraklarda ağır metal birikimine neden olur. Bu durum biyolojik çeşitliliğin kaybına ve insan sağlığına zarar verir, toprak ve su asitlenmesine, ekosistemlerin bozulmasına dolayısıyla iklim değişikliğine önemli katkıda bulunabilir (FAO,2009).

Yüzey suyuna zarar veren hayvansal üretim atıkların temel bileşenleri besleyici elementler, organik maddeler ve dışkı bakterileridir. Hayvansal atıklar keza sudaki askıda

katı madde miktarını artırabilir ve su rengini doğrudan veya dolaylı olarak bitkisel üretimi yoluyla etkileyebilir. Dolaylı etkiler de ise aşırı otlatılan mera alanlarından ve korunmayan büyükbaş yolları ile geçişlerinin aşınması sonucu sedimentin akıntılardan akışa girdiğinde de yüzey suyu üzerindeki ikincil etkisi ortaya çıkabilir. Bu kirletici maddelerin sucul ortam üzerindeki etkisi, sisteme giren her kirleticinin türü, miktarı ve alıcı suyun karakteri ile ilgilidir (NRCS, 2012).



1. Kirlenmiş kuyu: Bakteriler ve nitratlar tarafından kirlendiği için kirlettiği kuyu suyu. 2. Atık depolama yapısı: Yapıdaki zehirli ve patlayıcı gazlar. 3. Yetersiz havalandırılan binadaki hayvanlar: Amonyak ve diğer gazlar, hayvanlarda solunum ve göz problemlerine ve metallerin korozyonuna neden olur. 4. Yüksek oranlarda uygulanan atık: Serin mevsim otlarını otlayan sığırlarda nitrat toksisitesi ve N ile ilişkili diğer hastalıklar; NO₃ ve mikroorganizmaların toprak, kırık kaya ve aktüferlere sızması. 5. Lagün, açık yem alanından sığır atıklarının akıntı ve dere içine boşaltılması: (a) Organik madde akışta düşük çözünmüş oksijen seviyeleri oluşturur; (b) Amonyak konsantrasyonu balık için toksik sınırlara ulaşır ve (c) Akarsu, akarsu gölünde ötrofik koşullar yaratan besinler ile zenginleştirilmiştir. 6. Hayvancılık atıklarının yayıldığı ve karada hiçbir koruma uygulamasının bulunmadığı alanlardan gelen akıntı: Aşınmış toprak parçacıklarına ve çözünabilir besin maddelerine bağlı P ve NH₄ akıntıya ulaşır ve aşağı akan gölde ötrofik koşullar oluşturur. 7. Ötrofik koşullar: 5. ve 6. maddelerin katkılarıyla yaratılan aşırı alg ve sucul yabancı otlar; İlkbahar devrilirken alt çamurlardaki yüksek N seviyelerinden dolayı balıklarda nitrit zehirlenmesi (kahverengi kan hastalığı). 8. Besinlerin ve bakterilerin zayıf şekilde kapatılmış olan lagünden süzülmesi: Yeraltı suyunu kirlitebilir veya akıntıya karışabilir.

Şekil 7. Kontrolsüz hayvansal üretim atığından kaynaklanan olası tehlike noktaları (NRCS, 2012'den değiştirilerek).

Tarımsal üretim arazileri ve yerleşimlerden gelen akış; kıyı sularının, akarsuların ve göllerin başlıca azot (N) ve fosfor (P) kaynaklarıdır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan asit yağmuru ve atmosferik kirleticiler de yüzey sularına azot sağlar. Bu besin kaynaklarına yayılıcı veya noktasal olmayan kirleticiler denmekte olup, yaygın olarak dağılmış faaliyetler ana kaynaklarıdır. Noktasal olmayan girdilerin dağınık kaynakları sebebiyle; mevsimlere ve atmosferik duruma göre farklılık gösterdikleri için ölçülmesi,

kontrolü ve yönetilmeleri zordur (Carpenter ve ark., 1998). Fosfor tatlı su ortamına ulaştığında, fitoplankton, yosun ve sucul yabancı otların rahatsız edici çoğalma ve gelişimlerine sebep olabilir ve göllerin yaşlanma sürecini hızlandırabilir. Bu kirleticiler, balıklar ve diğer su organizmalarına direk toksik olmamakla birlikte endişe kaynağı ve bazı alg türleri içme suyuyla alındığında toksiktir (NRCS, 2012). Tarımdan kaynaklanan yayılı kirlilik endişeleri Çizelge 3’ de özetlenmiştir.

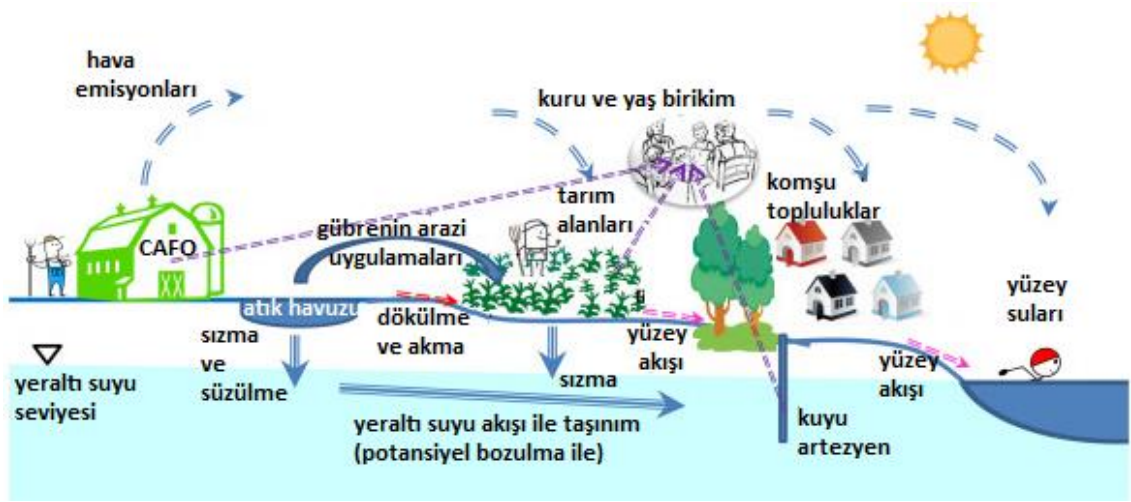
Çizelge 3. Tarımsal kirleticilerin kategorileri ve göreceli katkıları (Sagasta ve ark.,2017’den değiştirilerek).

Kirletici Kategorisi	İndikatörler / örnekler	Göreceli katkıları		
		Ziraat	Hayvancılık	Aqua-kültür
Besleyici elementler	Normal olarak suda bulunan nitrat, amonyak veya fosfata ilk olarak kimyasal ve organik gübrelerde ve ayrıca hayvan dışkılarında bulunan azot ve fosfor	***	***	*
Pestisitler	Organofosfatlar, karbamatlar, piretroidler, organoklorin pestisitler ve ark. de dahil olmak üzere herbisitler, böcek öldürücüler, mantar öldürücüler ve bakterisitler (DDT gibi birçoğu çoğu ülkede yasaklanmıştır ancak halen yasadışı ve ısrarla kullanılmaktadır)	***	-	-
Tuzlar	Örneğin; sodyum, klorür, potasyum, magnezyum, şülfat, kalsiyum ve bikarbonat iyonları. Doğrudan çözünmüş katı maddeler veya dolaylı olarak elektriksel iletkenlik olarak suda ölçülür	***	*	*
Sediment	Toplam süspansiyon halindeki katı maddeler veya nefelometrik bulanıklık birimleri olarak ölçülmüş - özellikle hasat sırasında havuz drenajından	***	***	*
Organik madde	Kimyasal veya biyokimyasal oksijen bozunduğunda suda çözünmüş oksijen kullanan zorlu maddeler (örneğin bitki maddesi ve hayvan dışkısı gibi organik maddeler)			
Patojen	Bakteriler ve patojen göstergeleri. Örneğin. <i>Escherichia coli</i> , toplam koliformlar, fekal koliformlar ve enterokoklar	*	***	*
Metaller	Örneğin; selenyum, kurşun, bakır, cıva, arsenik ve manganez	*	*	*
Yeni nesil kirleticiler	Örneğin; ilaç kalıntıları, hormonlar ve yem katkı maddeleri	-	***	**

Tarımsal faaliyetlerde, besleyici elementlerden kaynaklanan su kirliliği, toprak partikülleri tarafından tutulan miktardan daha yüksek oranda uygulanan gübrelerin toprak profilinden dışa aktarıldığında oluşur . Yüksek miktardaki fosfor ve azot yüzey akışından su yollarına geçebilir ya da yeraltı sularına sızabilir . Fosfat azot ve amonyak kadar

      r değildir ve toprak partik  llerince emilip toprak erozyonu yoluyla su kütlelerine girme eğilimindedir (Sagasta ve ark.,2017). Şekil ‘de söz konusu atıkların dağılım yolları  zet olarak Şematize edilmiştir. Hayvansal gıda ürünlerine talebin artmasıyla birlikte, yoğun/endüstriyel hayvancılık ile kanatlı üretimi giderek daha popüler hale gelmiştir. Bu durum özellikle yoğun nüfuslu ülkelerde özellikle de Çin'de önemli bir  evre kirliliği kaynağı olmuştur. Yoğunlaştırılmış kapsamlı hayvan üretim organizasyonları (CAFO'lar) , geleneksel aile esaslı ve ‘serbest alan’ üretimiyle karşılaştırıldığında; daha fazla kaynak tüketimi ve daha yüksek üretim verimliliği ve ekonomik karlılık oluŐturmasına karŐılık , önemli düzeyde  evre kirliliği endiŐelerini de beraberinde getirmiŐ ve önemli halk sağlığı riskleri oluŐurmaktadır. Bu işletmelerin kirleticiler taşınım süreçleri ve çevresel etkileri ve Şekil 8’de verilmektedir (Hu ve ark.,2017).

Arazi eğimin dik, bitki örtüsünün zayıf, yağış miktarının yüksek olduğu bölgelerde erozyon oranları yüksektir. Meraların aşırı otlatılması, dik yamaçlarda uygun olmayan zirai üretim ve ormansızlaŐtırma, arazi temizliği ve akarsu bitki örtüsünün bozulması gibi nedenlere bağlı olarak erozyon daha da kötüleŐebilir. Akarsu sistemlerindeki sedimentasyon olayı, potansiyel olarak kimyasal ve fiziksel kirleticiler dahil, organik maddelerin ve minerallerin karmaşık bir karıŐımıdır. Sedimentler balık yumurtlama yataklarının üstünü örtüp kapatabilir veya tahrip edebilir, balıkların solunga larını tıkayabilir ve baraj göllerinin faydalı depolama hacmini azaltabilir. Sedimentasyon su yollarına da zarar verebilir, akıntı rejimini bozabilir . Daha da ötesi delta oluşumunu ve dinamiklerini değiştirebilir ve su kütlelerinin dinamiğini deęiŐtirip, hareket kabiliyetini sınırlayabilir. Sedimandaki silt ve kil parçacıkları; ağır metalleri, daim organik kirleticileri, besin elementleri gibi birçok kimyasal türünü yüzeylerinde emebilir. Dolayısıyla sediment, su kütlelerine bu türden kirleticilerin taşınması için kilit bir rol oynar (Sagasta ve ark.,2017). Kirleticilerin CAFO’lardan sucul ekosistemlere taşınım mekanizmaları Şekil 8’de özetlenmiştir.



Şekil 8. Yoğun/Kapsamlı Hayvan Yetiştirme Organizasyonları (CAFO) atıklarının sucul ekosistemlere taşınım süreçleri (Hu ve ark.,2017'den değiştirilerek)

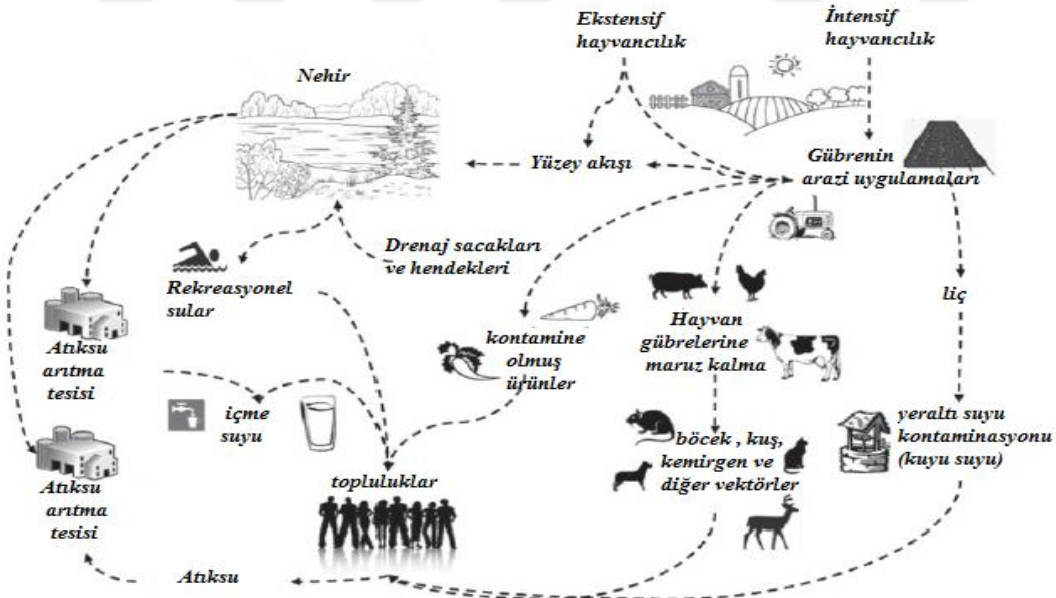
Yüksek düzeydeki besin elementi yükleri diğer stres maddeleri ile birlikte; kıyı sularının, göllerin, baraj göllerinin ve göletlerin ötrofikasyonuna sebep olarak diğer sucul bitkileri ve hayvanları baskılayan algal çoğalmalar oluşturabilir. Veri boşlukları olmasına rağmen, dünya ölçeğinde 415 adet kıyı bölgesinde 169 adet hipoksik olan bir tür ötrofikasyon yaşandığı raporlanmıştır (WRI, 2008). İçme suyunda aşırı miktarda besleyici element birikimi ve yüksek nitrat seviyeleri, mavi bebek sendromu denilen bebeklerde olumsuz sağlık etkileri oluşturabilir (Sagasta ve ark.,2017).

Hayvan dışkısı, birçok zoonotik mikroorganizmalar ile çok hücreli parazitleri ihtiva ettiklerinden insan sağlığı üzerine olumsuz etkiler oluşturabilir. Genellikle su kaynaklı olan patojenik mikroorganizmalar eğer kirli su gıdalara da bulaşırsa gıda kökenli de olabilir. Bazı patojenler, toprağa boşaltılan dışkıları içerisinde günler veya haftalar boyunca yaşayabilir ve daha sonra akıntılarla su kaynaklarını kirletebilir (FAO, 2006; WHO, 2012). Hayvansal kökenli halk sağlığına üzerine etkili olan patojenler arasında *Escherichia coli* , *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Microsporidia* spp. *Clostridium botulinum* , *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* ve gibi parazitik protozoanlar her yıl yüz binlerce insanda enfeksiyon oluşturmaktadır (Christou, 2011). Sıcak kanlı hayvan dışkıları bakteri, parazit, virüs ve mantar gibi sayısız mikroorganizmaya ev sahipliği yapar. Organizmaların bazıları hastalık oluşturur yani patojeniktir ve hayvanların taşıdığı hastalıkların birçoğu insanlara bulaşabilir veya bunun tersi de olabilir. Çizelge 4 'de

hayvan dışkı ve gübresinden insanlara bulaşabilen hastalıklar ve parazitler listelenmiştir (NRCS, 2012). Şekil’ de ise bunların bulaşma yolları şematize edilmiştir.

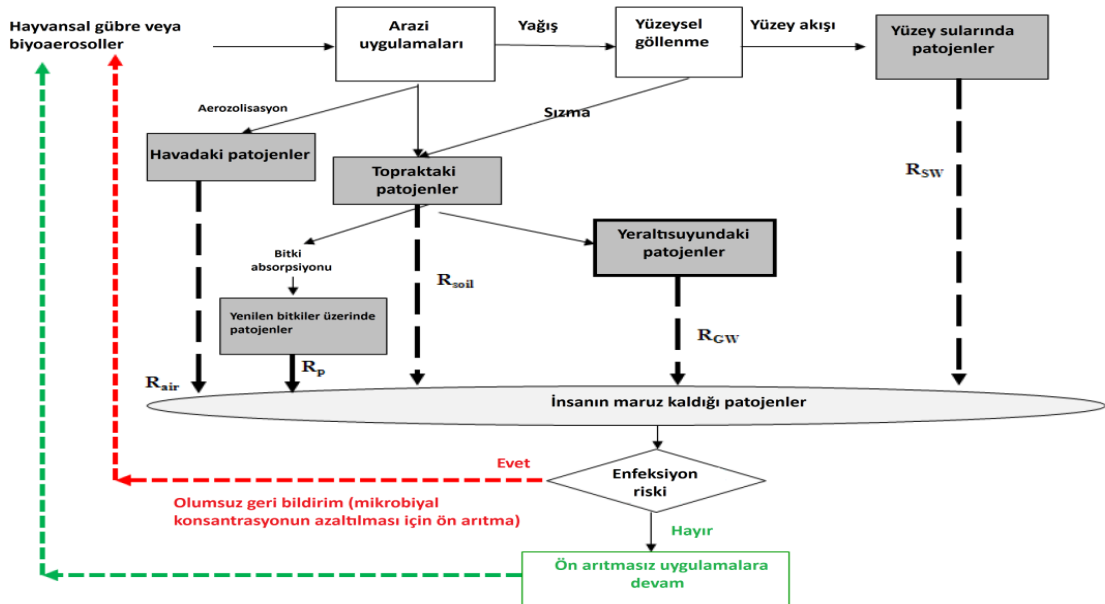
Çizelge 4. Hayvan dışkısı ve gübreler yoluyla taşınan hastalıklar (NRCS, 2012).

Hastalıklar	Sorumlu organizmalar	Hastalıklar	Sorumlu organizmalar
Bakteriyal		Riketsiyalar	
Salmonella	Salmonella sp.	Q ateşi	Coxiella burneti
Leptospirosis	Leptospira pomona	Viral	
Şarbon	Bacillus anthracis	Yenikale	Virüs
Tüberküloz	Mycobacterium tuberculosis	Domuz kolerası	Virüs
Johnes hastalığı	Mycobacterium avium	Ayak ve ağız	Virüs
Bruselloz	Brucella abortus	Papağan humması	Virüs
Listeriosis	Brucella melitensis	Fungal	
Tetanos	Brucella suis	Koksidiyoidomikoz	Coccidoides immitus
Tularemia	Listeria monocytogenes	Histoplazmozis	Histoplasma capsulatum
Yılançık	Clostridium tetani	Saçkıran	Çeşitli microsporum ve trichophyton
Kolibasilloz	Pasturella tularensis	Protozoal	
Koliform meme iltihabı	Erysipelothrix rhusiopathiae	Koksidiyoz	Eimeria sp.
	E. coli (bazı serotipleri)	Balantidiasis	Balantidium coli
	E. coli (bazı serotipleri)	Toksoplazmoz	Toxoplasma sp.
		Parasitik	
		Askariasis	Ascaris lumbricoides
		Sarkosit	Sarcocystis sp.



Şekil 9. Yoğun ve kapsamlı hayvancılık operasyonlarından yüzey ve yeraltı sularına mikrobiyal kirlenmelerin oluşturduğu sorunlar . Birincil kaynaklar 1) yağış ve kar/buz erimesi olaylarından akıntı, 2) gübrelerin arazisi uygulaması ve 3) hayvansal üretimden yer altı sularına sızıntı suyu. (McAllister ve Topp 2012’den değiştirilerek).

Son yıllarda antibiyotikler, aşılar, büyütme hormonları gibi yeni kirleticiler ortaya çıkmıştır. Bunlar, su ürünleri ve hayvan çiftliklerinden sızma ve yüzey akıntısı vasıtasıyla ve aynı zamanda hayvansal gübre ve liç (bulamaçların tarım alanlarına taşınması ve uygulanması yoluyla dolaylı olarak suya ulaşabilir (OECD, 2012b). Tarımsal girdilerden zirai ilaçlar ve hayvan yemlerindeki ağır metal kalıntıları da yeni ortaya çıkmakta olan gıda ve ekosistem tehditleridir. Halen Avrupa’da 700’ü aşkın yeni ortaya çıkan kirletici madde ve metabolitler ve bunların dönüşüm ürünleri su ortamlarında mevcut olarak listelenmiştir (Norman, 2016). Tarımsal üretim şekilleri sadece bir kirletici kaynağı olmakla kalmaz, keza aynı zamanda bu tür kirleticilerin sulama ile yayılmasına da katkıda bulunur. Kirlenmiş tarımsal ürünleri vasıtasıyla oluşan kirleticilere maruz kalmanın neden olduğu insan sağlığı potansiyel risklerine karşı özel önem gösterilmelidir. (Christou ve ark., 2011). Su kaynaklı salgın hastalıkların çoğu, tarım alanlarına yakın kırsal içme suyu kaynakları ile ilişkilidir. Raporlanan su kaynaklı salgın hastalıkların çoğu mikrobiyal ajanlarla (bakteriler, parazitler ve virüsler) ilişkilidir. Kırsal alanlar, yüksek yoğunluklu hayvansal üretim, kontrolsüz insan ve hayvan atığı ve atık su için arıtma sistemlerinin yetersizliği veya eksikliği ile karakterizedir. Hayvansal üretim çiftliklerinden getirilen hayvansal atıklar, çoğunlukla işlenmeden toprağa uygulanır.



Şekil 10. Hayvan gübresi ve biyosolidlerin uygulamalarının etkileşim ağı (Qun ve ark.,2014’den değiştirilerek).

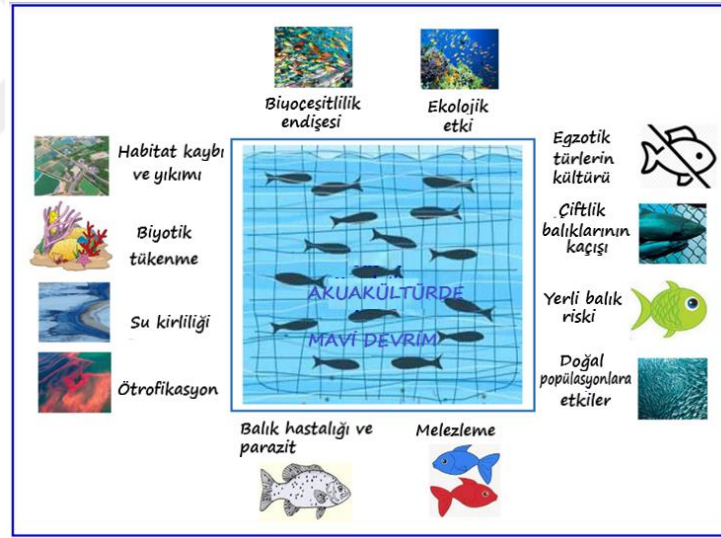
2.3. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Su Kaynaklarına Etkisi

Su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen gıda üretim sektörlerinden biridir ve gıda güvenliği ve geçim kaynakları için büyük potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, kimyasal ve biyolojik kirlilik, hastalık salgınları, sürdürülemez yemler ve kıyı alanı için rekabet dahil olmak üzere çevre için endişe verici sonuçlar doğurmaktadır (Carballeira Braña ve ark.,2021).Su ürünleri sektörü gelişip genişledikçe, çevre üzerinde artan bir etkiye sahiptir. Bu etkiler, yenmemiş yem ve metabolik atıklardan kaynaklanan besin kirliliğini, üretim sürecinde kullanılan çeşitli maddelerden (antibiyotikler ve antiparaziterler dahil tıbbi tedaviler gibi) kaynaklanan kimyasal kirliliğin yanı sıra çiftlik balığı genlerinin, parazitlerin ve hastalıkların doğal popülasyonlara yayılmasını içerir. (Sarà, 2007 ; Weitzman, 2019 ; Carballeira Braña ve ark.,2021). Üretim sürecinin önemli dolaylı bir etkisi, çiftlik balıklarının etçil türlerini beslemek için yabancı balık kullanma ihtiyacı yoluyla su ekosistemleri üzerindeki yüksek baskısıdır(Little ve ark., 2016). Ancak, yoğun tarım yapılan alanlarının peyzaj değeri üzerine görsel etkisi, gürültü, koku ve deniz çöpü gibi başka doğrudan etkilerin de olduğu unutulmamalıdır (Şekil ; Radford ve Slater, 2019; Carballeira Braña ve ark.,2021).



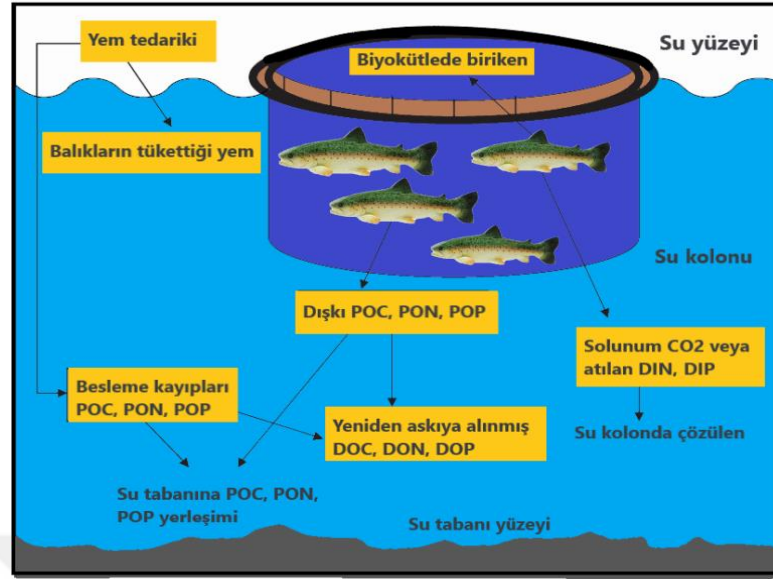
Şekil 11. Balıkları yetiştiriciliğinden kaynaklanan ana kirlilik kaynakları ve bunların çevre üzerindeki etkileri (Carballeira Braña ve ark.,2021’den değiştirilerek).

Balık çiftliklerinden arıtılmamış atık su, yüksek besleyici element seviyelerini ve aynı zamanda hastalıkları önlemek için kullanılan kimyasalları içerir. Açık ağ kafeslerde ise, bu kirleticilerin çevredeki suya girmesini önleme yeteneği çok sınırlıdır (Carballeira Braña ve ark.,2021). Yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotiklerin, kimyasalların ve ilaçların uygulanması su kirliliğine neden olarak su ekosistemlerinde dengesizliklere yol açabilir (Hall ve ark., 2011). Aşırı stoklama ve aşırı besleme balık havuzları, su kalitesini etkileyen ve atık yem ve balık dışkısının ayrışması yoluyla çözünmüş oksijen konsantrasyonunu azaltan yüksek organik madde ve balık atığı üretebilir. Balık çiftliklerinden boşaltılan atık suların da yerel su kaynakları üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Kafes ve ağ kafesli su ürünleri yetiştiriciliği, işlenmemiş besinleri ve kimyasalları açık su ortamına bırakarak ciddi ekolojik etkilere yol açar. Su ürünleri yetiştiriciliği, ötrofikasyon olarak bilinen besin kirliliğine katkıda bulunur (Ahmed ve Thompson, 2019).



Şekil 12. Su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı gelişiminin çevresel kaygıları (Ahmed ve Thompson, 2019'dan).

Çözünmüş inorganik azot ve fosfor (sırasıyla DIN ve DIP) atılım yoluyla ve inorganik karbon (CO₂) solunum yoluyla salınır. Partikül organik C, N ve P (sırasıyla POC, PON ve POP) dışkılama ve yem kaybı yoluyla salınır. Çözünmüş organik C, N ve P (sırasıyla DOC, DON ve DOP) dışkı ve yem partiküllerinden yeniden süspanse edilir (Milewski,2005).



Şekil 13. Bir alabalık/somon kafesi sisteminden besleyici element akışı ve akıbeti (Milewski,2005).

Çizelge 5. Alabalık/Somon yetiştiriciliğinin aşaması ile ilgili başlıca faaliyetler ve bunların çevre ve yaban hayatı üzerindeki potansiyel etkileri (Milewski,2005).

Faaliyet	Yolları	Potansiyel Etkiler
Yüzer ağ kafes	- fiziksel yapı	- dolaşım yoluyla doğrudan ölüm - kıyı pelajik balıklarında, kuşlar ve memelilerde (örn. kaçınma) davranış değişiklikleri - pelajik türler için habitat kaybı
	- ışıklar	- fotoperiyot değişikliklerine tepki olarak plankton topluluklarındaki değişimler - balıklarda, kuşlarda ve memelilerde davranış değişiklikleri
	- ateşli silahlar kullanarak predatör kontrolü	- doğrudan ölüm
	- akustik cihazlar (AHD) tarafından üretilen taciz gürültüsü	- omurgasızlarda, balıklarda, kuşlar ve memelileri (örn. kaçınma) davranış değişiklikleri, - akustik dışlama bölgelerinin yarattığı habitat kaybı - iletişim sinyalleriyle girişim - geçici işitme kaybı veya kalıcı işitme zararları
Balık yemi	- balık kaçışı	- diğer türlere hastalık bulaşması - yabani somon ile genetik etkileşimler - Yabani somon ve diğer balıkların doğal yaşam alanlarından (örneğin rekabet yoluyla, yarıcılık) dışlanması
	- tüketilmemiş yem ve dışkıların salınması	- bentik organizmaların boğulması ve yer değiştirmesi - vahşi türler için yiyecek arama, yumurtlama ve/veya büyüme habitatlarının kaybı - biyolojik çeşitliliğin kaybı - bentik habitatın parçalanması - ekosistemler arası fiyatlandırma (örneğin, yem balıkçılığı)
	- azot ve fosfor salınımı	- su kalitesinde değişiklik - plankton ölümleri (balık ve omurgasız yumurtası ve larvaları dahil) - artan birincil üretkenlik - plankton topluluğu yapısındaki değişim - zararlı alg patlamalarında artış - kıyıdaki besin ağlarının değiştirilmesi
	- antibiyotikler	- yabani türlere hastalık bulaştırma - bentik bakteri topluluğundaki değişiklikler
Tedavi ediciler ve kimyasallar	- pestisitler	- doğrudan ölüm ve ölümcül etkiler - yabani türlere hastalık bulaştırma - hareketli balık ve omurgasızlarda davranış değişiklikleri
	- dezenfektanlar ve antifoulingler	- doğrudan ölüm ve ölümcül etkiler - yabani türlere hastalık taşıma - davranış değişiklikleri

2.3.1. Besleyici Element Kirliliği

Üretim sürecinde, yenmemiş yem ve balıkların metabolik atıkları suya azot ve fosfor salmaktadır. Bu süreç, daha geniş bir bölgeden gelen gıda kaynaklarının daha küçük bir alanda toplandığı yoğun tarım alanlarında sorunlara neden olmaktadır (Dempster ve Sanchez-Jerez, 2008). Su ürünleri yetiştiriciliği çiftliklerinden kaynaklanan atıklar, kıyı bölgelerinde önemli bir fazla besleyici element kaynağı oluşturabilir. Bu fazla besleyici elementler esas olarak toksik olabilen mikro ve makroalg patlamalarını tetikleyebilen birincil üreticilerin çoğalmasıyla ilgilidir (Wang ve ark., 2018). Toksik alglerin ortaya çıkmasının nedenleri hala bilinmemektedir ve daha çok doğal veya antropojenik besin maddeleri ve karasal kaynaklardan gelen besleyici akışları ile ilgili görünmektedir (Kumar ve ark., 2018), ancak alg patlamaları için besin tuzları gereklidir ve bunlar balık yetiştiriciliği tesislerinden kaynaklanabilir. Tedarik edilen yemin %50'ye kadarı çevredeki su ve tortulara karışarak sadece ekonomik değil aynı zamanda çevresel bir tehdit de oluşturabilir (Ballester-Moltó ve ark., 2017b). Su ürünleri yetiştiriciliği çiftliklerinden gelen yemler, dışkılar ve diğer organik maddeler gibi partikül atıkları, zararlı lipofilik bileşikler yakalayarak trofik zincire katılmalarını artırır, su bulanıklığını yükseltir ve böylece fotik derinliği azaltır ve sonunda balık çiftliklerine yakın bir yerde biriktirilir, sedimentin kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin değiştirir (Price ve ark., 2015 ; Ballester-Moltó ve ark., 2017a ; Carballeira Braña ve ark., 2021).

Azot türevleri, su kültürü kirleticilerinin en büyük hacmini oluşturur ve birincil üreticiler için bir besin kaynağı sağlar. Çevredeki ortama boşaltıldıklarında, trofik dengeyi etkilerler ve daha az karışmanın meydana geldiği düşük hidrodinamik bölgelerde ötrofikasyona yol açabilirler (Herrera ve ark., 2018). Amonyak doğrudan balıklar tarafından atılır ve yenmemiş gıdaların ayrışması yoluyla üretilir. Özellikle yüksek pH seviyelerinde hayvanlar için toksiktir ve birleşmiş amonyak seviyeleri de yüksek olduğunda bu doğurganlığı azaltır ve hastalıklara yatkınlığı artırır (Ip ve Chew, 2010). Amonyak, indirgenmiş nitrojen formları için daha yüksek tercih nedeniyle veya *Nitrobacteraceae* bakterileri tarafından tatlı su hayvanları için deniz suyundan gelenlere göre 50 ila 100 kat daha toksik olan nitrite oksitlendiğinden dolayı birincil üreticiler tarafından hızla alınır (Kroupova ve ark., 2005). Nitrifikasyon, nitritin önceki formlarından daha az toksik olan nitrata oksitlenmesiyle devam eder. Sedimentte bulunan

düşük oksijen seviyelerinde, nitrat dinitrojen gazına indirgenir, ardından sülfat indirgeyen bakteriler elektronları kükürt formlarına (sülfat, tiyosülfat ve elemental kükürt) aktarır ve toksik sülfürler açığa çıkarır (Wang ve Chapman, 1999). Azot ve fosfor, sırasıyla protein sentezi, DNA, RNA ve enerji transferi için gerekli olduklarından, suda yaşayan birincil üreticilerin büyümesini destekler ve sınırlar (Conley ve ark., 2009). Balık yeminde bulunan fosforun büyük çoğunluğunun, yaklaşık %80'inin çevredeki sulara kaybolduğu ve büyük bir kısmının sedimentte kaldığı bulunmuştur (Holby ve Hall, 1991). Su ürünleri yetiştiriciliği kirliliğinden kaynaklanan fosfor, genellikle çevrede bulunandan daha kolay hareket ettirilebilir (üstteki suya daha kolay salınır ve sonrasında birincil üreticiler tarafından alınır), geri kazanımı engeller ve ötrofikasyona neden olma potansiyelini artırır (Jia ve ark., 2015; Carballeira Braña ve ark.,2021).

2.3.2. Kimyasal Kirlilik

Kültür balıkçılığı üretiminde antiparaziterler ve antibiyotikler gibi ilaçlardan dezenfektanlara kadar hastalık salgınlarını önlemek ve tedavi etmek için çok sayıda kimyasal kullanılmaktadır (Rico ve ark., 2018). Ağların tıkanmasını önlemek için su ürünleri tesislerinde zehirli kimyasallar da kullanılmaktadır (Carballeira Braña ve ark.,2021).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan kimyasallar, çevredeki deniz ortamlarına girer ve çok seçici olmadıkları için tarım alanlarının yakınındaki hedef olmayan organizmalar için toksik olabilir. Ayrıca, artan konak mevcudiyeti nedeniyle yüksek balık yoğunluklarında çoğu kimyasal işlemin etkinliği düşüktür. Bu, özellikle kimyasal girdilerin doğrudan deniz ortamına bırakıldığı açık kafes sistemlerinde geçerlidir. (Macken ve ark., 2015 ; Carballeira Braña ve ark.,2021). Antibiyotikler, su ürünleri yetiştiriciliğinde patojenik bakterilerin yayılmasını kontrol etmek için kullanılır (Rico ve ark., 2018). Bu, biyolojik çeşitlilik üzerine de etkili olur ve antibiyotikler zaman içinde aşırı kullanıldığında antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişimine neden olur (Burridge ve ark., 2010). Ayrıca, tek bir ilacın kullanımı önemsiz sonuçlara neden olabilirken, diğer kimyasal maddelerle kombinasyon halinde hareket ettiğinde oldukça olumsuz bir etkiye sahip olabilir (Fent ve ark., 2006). İlaçlı yem olarak verilen antibiyotiklerin yaklaşık

%70-80'inin, tarım alanlarının çevresindeki su ortamında son bulduğu tahmin edilmektedir (Ferreira ve ark., 2007). Diğer bir çevresel risk, su sütununu ve deniz dibini yenmemiş ilaçlı yem, dışkı materyali veya idrarda çözünür formda kirlüten parazit öldürücülerle ilişkilidir (Tornero ve Hanke, 2016). Ek olarak, kültür balıkçılığında ektoparazit istilalarını kontrol etmek için kullanılan parazit öldürücüler, hedef organizmalara özgüllükten yoksun olabilir ve bu nedenle çiftlik alanının yakınında bulunan küçük kabuklular dahil hedef olmayan türler için bir tehdit oluşturabilir (Burridge ve ark., 2010 ; Carballeira Braña ve ark.,2021).

Artan direnç nedeniyle, bazı durumlarda yaklaşım daha da büyük kimyasal işlem konsantrasyonları kullanmaktır. Zehirlenme önleyici ürünler, deniz yosunları, midyeler, çift kabuklular, bryozoanlar gibi çeşitli epibiyotik organizmalar tarafından biyolojik kirlenmeyi önlemek için su ürünleri yetiştiriciliğinde suya batık yapılarda (kafes ağları ve destekleyici altyapı) kullanılır. Deniz balıklarında su ürünleri yetiştiriciliğinde biyolojik kirlenme, kafes yapılarının tehlikeye girmesine neden olabilir ve çiftlik balıkları üzerinde kafeslerden su akışını azaltarak olumsuz etkilere sahip olabilir, bu da yetersiz oksijen mevcudiyetine veya artan hastalık riskine yol açar (Fitridge ve ark., 2012). Zehirlenme önleyici ürünler, çeşitli deniz omurgasızları, özellikle yumuşakçalar için toksik olan artan bakır seviyeleri ile ilişkilidir (Fitridge ve ark., 2012). Ek olarak, tarım alanları çevresinde maruz kalan organizmaların bağışıklık savunması, zehirli boya ve bakır bazlı ürünlerden etkilenir (Tornero ve Hanke, 2016). Dezenfektan miktarları ve belirli maddeler hakkında çok az bilgi mevcuttur ve karadaki tesislerde, ağlarda, platformlarda, teknelerde, göletlerde ve diğer yüzeylerde kullanılan dezenfektanların etkisi hakkında çok fazla araştırma yapılmamıştır (Buschmann ve ark., 2006). Deniz su ürünleri yetiştiriciliğinde taşıma sırasında stresi azaltmak ve prosedürlerin verimliliğini artırmak için anestezipler kullanılmaktadır (Sneddon, 2012). Ancak, iyi yönetim uygulamaları izlendiğinde, bu kimyasalların kullanımı, seyrek ve sınırlı kullanımları ve pratik olarak çevreye hiç deşarj olmaması nedeniyle çevre için önemli riskler oluşturmaz (Burridge ve ark., 2010 ; Carballeira Braña ve ark.,2021).

2.3.3. Hastalık Salgını ve Biyolojik Kirlilik

Balık hastalıkları salgınları patojen, konakçı ve çevre arasındaki etkileşimin bir sonucudur. Yüksek balık yoğunluğu, sıkıştırılmış yetiştirme döngüsü ve sınırlı genetik çeşitlilik gibi birkaç etken bir hastalık salgınına neden olabilir (Kennedy ve ark., 2016). Yetiştiricilik çiftliklerindeki yüksek stok yoğunluğu göz önüne alındığında, bakteriyel, viral ve fungal hastalıkların yanı sıra parazitlerin yayılması artan bir oranda gerçekleşmektedir. Üretim maliyetlerini en aza indirmek için kültür süresi kısaltılırken, bu, evrim nedeniyle daha yüksek patojen virülansına yol açabilir (Kennedy ve ark., 2016). Ek olarak, seçici üreme nedeniyle sınırlı genetik çeşitlilik, belirli bir konakçı grubuna yönelik bir patojen uzmanlığının gelişmesine yol açabilir (Kennedy ve ark., 2016 ; Carballeira Braña ve ark.,2021).

Su ürünleri kaynaklı çevre üzerindeki olumsuz etkilerle ilgili bir diğer konu da biyolojik kirlilik riskidir. Biyolojik kirliliğe, aynı zamanda yeni parazitler ve hastalıklar için vektör görevi gören egzotik türlerin ve aynı zamanda vahşi popülasyonlar için bir tehdit oluşturabilecek, genetik çeşitliliği azaltılmış yerli ancak kültür bireylerin yetiştirilmesi neden olabilir. Denizcilikten sonra su ürünleri yetiştiriciliği, dünya çapında egzotik türlerin tanıtımına ve yayılımına neden olan en büyük ikinci sektördür ve çiftliklerin daha bozulmamış alanlara yayılması nedeniyle artması muhtemeldir (Hewitt ve Campbell, 2007). Yeniden yakalama yöntemleri yalnızca kısmen etkili olmuştur, bu nedenle çabalar önleyici tedbirlere odaklanmalıdır (Carballeira Braña ve ark.,2021).

Biyolojik kirlilik, çalışma sırasında balıkların kazara salıverilmesi, kafeslerin hasar görmesi (örneğin, sert hava koşullarının neden olduğu) veya vahşi yırtıcıların saldırıları şeklinde gerçekleşebilir. Yabani popülasyonlar üzerindeki olumsuz etkiler, hem gıda hem de habitat için üreme ve rekabet durumunda olası genetik etkiler gibi ekolojik etkileşimlerle ilgilidir (Izquierdo-Gómez ve ark., 2017). Avrupa su ürünleri üretiminin yaklaşık %80-83'ü, büyüme performansını iyileştirmek için seçici ıslahtan kaynaklanmaktadır (Janssen ve ark., 2017). Vahşi doğada, çiftlik balıkları bu genetik özellikleri iletebilir, bu da yaşam süresinin azalmasına, hastalıklara karşı duyarlılığın artmasına ve bireysel uygunluğun azalmasına yol açarak gelecekteki doğal

popölasyonların daha düşük hayatta kalma oranına neden olabilir (Faust ve ark., , 2018; Carballeira Braña ve ark.,2021).

Tesislerin kurulmasından sonra çevredeki popölasyonların önemli ölçüde artması nedeniyle balık çiftlikleri, atık sularının bir gıda kaynağı olması ve yapılarının yapay resif görevi görmesi nedeniyle balık toplama cihazları (FAD) olarak kabul edilmektedir (Riera ve ark., 2017). Kafes su ürünleri yetiştiriciliği, yapay ve kayalık resiflere benzer şekilde kolonize edilir, ancak konuşlandırılmış su ürünleri tesislerinin çevresinde benzersiz balık toplulukları gözlemlenmiştir (Carballeira Braña ve ark.,2021). FAD'lerde balık avı, yerel popölasyonları ve ardından boş ekolojik inişler ve gıda arzı tarafından cezbedilen bitişik popölasyonları azaltacaktır (Riera ve ark., 2017). Diğer doğal popölasyonlar artan biyokütle tarafından cezbedilir ve biyolojik kirliliği kolaylaştıran akuakültür tesislerine zarar verebilir (Aguado-Giménez ve ark., 2016; Carballeira Braña ve ark.,2021).

2.3.4. Ağ Kafeslerin Çevresel Etkileri

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan ağ kafesler şu riskleri içerir: Gıda (yem ve biyolojik atık) ve kimyasal kayıpları; hastalıkların oluşması ve bulaşması; yırtıcıların ilgisini çekme riski ve suların ortak kullanımında daha büyük sorunların başlaması(Price ve Morris, 2013). Ağ kafeslerde su ürünleri üretiminin çevresel gereksinimleri dünya çapında çok benzerdir; sediment bentik makrofaunasındaki ekosistemik etkilere ve bakteriyel matların görünümüne odaklanarak, aynı çalışma parametrelerine dayanmaktadırlar (Wilson ve ark., 2009). Ayrıca, su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin düzenlenmesinde yerel ve bölgesel roller ile uygun niteliklere sahip bilimsel personel (özellikle bentik ekoloji alanında) arasında uyum eksikliği bulunduğundan, ÇED'lerin ve rutin izlemenin sonuçları yüksek maliyetler ve zaman içerir ve bu önemli bir sorun olarak kabul edilir (Carballeira Braña ve ark.,2021).

2.3.5. Yer Seçimi

Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilir gelişimi için ana zorluklardan biri su, toprak ve balıkçılık, tarım ve turizm gibi alternatif kullanımları olan diğer kaynakların dağıtımıdır. Mekansal planlama, su ürünleri yetiştiriciliğinin bölgelendirilmesini (balık

yetiştiriciliği veya karma faaliyetler için uygun alanları tanımlamak için) ve çiftliklerin özel konumu için en uygun yerlerin belirlenmesini (yer seçimi) dikkate almalıdır (Chen ve ark., 2007). Tek bir çiftliğin çevresel etkileri, tek tek ele alındığında önemli olmayabilir, ancak aynı alanda başka çiftlikler, balıkçılık alanları veya faaliyetler varsa ilgili olabilir. Ekolojik açıdan ilgi çekici habitatlardan uzakta, uygun yönetimle birlikte sahanın çevreye duyarlı seçimleri, çiftçiliğin olumsuz çevresel etkilerini önlemek veya en aza indirmek için en iyi araçlardır (Porporato ve ark., 2020). Bu nedenle, su ürünleri işletmecileri, sağlıklı organizmaların yetiştirildiği kirlilikten arındırılmış bir ortam sağlamak için evre yöneticileri olarak hareket etmelidir. Bentos ve su sütunu üzerindeki etkiler, uygun olmayan yer seçimi, idari sorunlar ve/veya aşırı üretim nedeniyle meydana gelebilir (Shetty ve ark., 2018 ; Carballeira Braña ve ark.,2021).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama ve modelleme, saha değerlendirmesi hakkında ön bilgi sağladıkları için su ürünleri saha seçimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, esas olarak, örneğin su sıcaklığı ve klorofil a konsantrasyonu (chl a) gibi fiziksel değişkenlere dayanırlar (Stelzenmller ve ark., 2017). Sürdürülebilir bir bakış açısından, çiftliklerin konumu su kütlesinin ECC'sini dikkate almalı ve yerinde arka plan bilgisi almalı, evre ve dolayısıyla çiftliğin kendisi üzerinde mümkün olan en az olumsuz etki ile gerekli üretimi sağlamalıdır. Bu nedenle, uygunluğun değerlendirilmesinde ihtiyatlı tahminler, yırtıcı hayvanların varlığı, önerilen alan ile diğer çiftlikler arasındaki mesafe, endüstriler, eğlence faaliyetleri, kültürel veya ekolojik varlıklar ve çevresel özellikler dikkate alınmalıdır (FAO, 2018).

Genel olarak, daha yüksek kıyı maruziyeti, dalgalar, su tabanı eğimi, derinlik, akım hızı, tuzluluk, çözünmüş oksijen ve daha düşük sıcaklık, askıda katı maddeler ve kolonize etme kapasitesi olan oligotrofik alanlarda daha fazla taşıma kapasitesi elde edilecektir (Garmendia ve ark., 2012). Bununla birlikte, ekolojik kapasitenin çok faktörlü doğası, teorik olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, belirli bir fiziksel alanda meydana gelen diğer belirli veya yaygın kirlilik kaynaklarının (rneęin, atık su arıtma tesisleri, tarımsal faaliyetler, nehir ağızları) katkısı da dikkate alınmalıdır (Carballeira Braña ve ark.,2021).

2.3.6. Sürdürülebilir Yem Yönetimi

Su ürünleri yemi temini, balıkları yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinin temel zorluklarından biridir (Klinger ve Naylor, 2012). Yoğunlaştırılmış üretim ve yüksek değerli etçil balıkların yetiştirilmesi, büyük ölçüde ana yem bileşenleri olarak balık unu ve balık yağı kullanımına bağlıdır, bu da onu özellikle hedeflenmemiş balıkçılık ve küçük yem balıkları olmak üzere avcılık ürünleri tüketicisi haline getirir (Cao ve ark., 2015). Bu, yem maliyetlerinin toplam üretim giderlerinin büyük bir kısmını oluşturması ile ekonomik olduğu kadar çevresel kaygılara da neden olmuştur ve yem verimliliğini artırarak sürdürülebilirliğe yönelik önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Verdal ve ark., 2017), balık sakatatını faydalı silaja dönüştürerek (Gonçalves ve ark., 2019) veya bitki bazlı, poliket bazlı ve böcek bazlı protein beslemeleri tasarlama (Gómez ve ark., 2019). Buradaki zorluk, balık yağını diğer alternatiflerle değiştirmek ve balıkların insan tüketimi için besin kalitesini korumak için yemdeki yüksek oranda doymamış yağ asitleri içeriğinin sağlanması olmuştur (Little ve ark., 2016). Karasal yem kullanımı balıkçılık üzerindeki baskıyı azaltabilirken, su tüketimi ve mahsul üretimindeki kirlilik nedeniyle tatlı su kaynakları (su ayak izi) üzerindeki baskıyı önemli ölçüde artırabilir (Pahlow ve ark., 2015). Ancak son zamanlarda kullanılan fazla yemi ve gıda kaybını azaltmak için yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Yemlemenin otomatik bir sistemle yapıldığı yoğun balık yetiştiriciliğinde, balığın yemleme aktivitesinin izlenmesi ve yem miktarının yemleme davranışına göre ayarlanması önemlidir. Bu tür izleme, örneğin bir su altı kamera teknolojisi veya yenmemiş yemi tespit eden ve yemleme sürecini durduran diğer benzer yöntemler kullanılarak yapılabilir (Zhou ve ark., 2017).

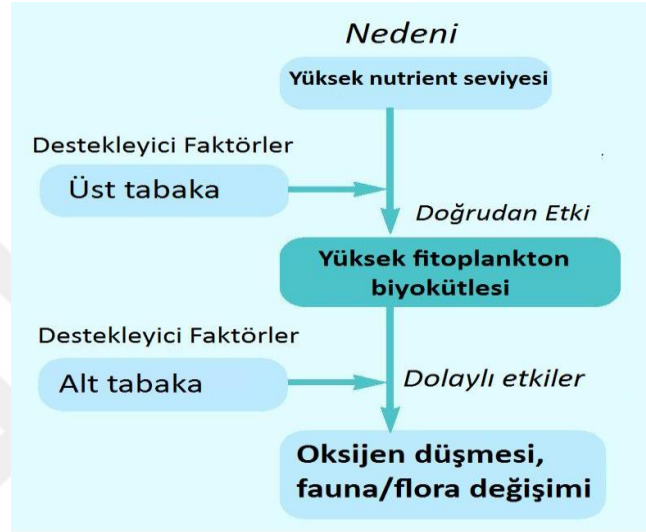
2.4. Besleyici Elementler ve Ötrofikasyon

Ötrofikasyon küresel olarak sucul ekosistemlerinin en önemli çevre sorunudur. ABD ötrofikasyona bağlı kayıplar ve çözüm yolları için yılda 120 milyar doları aşkın harcama yapmaktadır. Ötrofikasyonun en önemli nedeni ise yayılı kirleticilerden kaynaklanmaktadır (OECD,2017). Keza ötrofikasyon ülkemizde de salgın nitelikli sucul ekosistemlerimizin birincil sağlık sorunu ve kaynağı %70'i aşkın şekilde yayılı karakterli tarımsal faaliyetlerdir (Erdem ve Buhan,2019; Buhan ve ark.,2019). Tarımsal

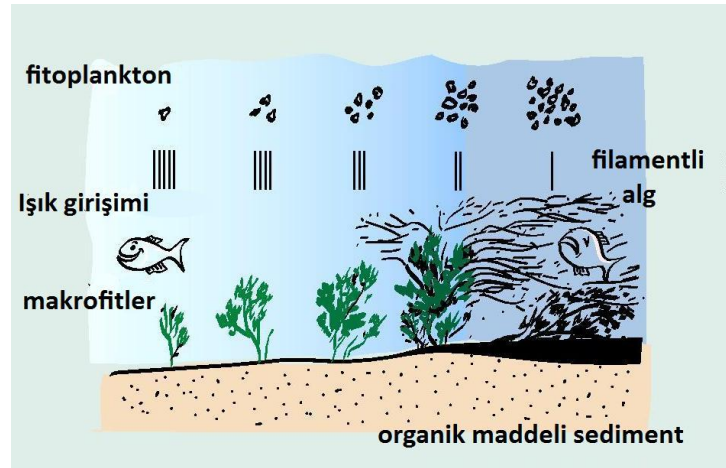
faaliyetlerde kullanılan gübrelerin sucul ekosistemlere üzerine oluşturduğu en önemli olumsuz etki ötrofikasyondur. Doğal su kütlelerinde yaşanan ötrofikasyon; sucul sistemlerde çoklu zararlar oluşturan, insan ihtiyacı ve üretkenlik için su kalitesini düşüren ve sınırlayan inorganik besleyici tuzların aşırı salınımı kaynaklı ileri bir süreçtir. İlk aşamada, fitoplankton ve / veya fırsatçı makroalg artışları ile kendini gösterir. Daha sonra, düşük çözünmüş oksijen düşüklüğü ve artan sıklıkta toksik alg çoğalması gibi ikincil etkiler oluşur. En ileri aşamada, anoksik ortam ve yüksek düzeyde fauna kaybı ortaya çıkar. Son yıllardaki bilimsel kanıtlar, belirli bir ekosistemin besleyici element zenginleşmesine karşı duyarlılığının biyolojik ve / veya fiziksel özelliklerine (örneğin, morfoloji, hidroloji su optik özellikleri, batimetri, debi, akış, pelajik ve bentik toplulukların yapısı vs.) gösterdiği tepki olarak değerlendirilir. Bu özellikler, besleyici element kaynaklı fotoakutotrof dinamiklerini değiştirerek besleyici element kirliliğinin etkilerini azaltan veta artıran bir nevi filtreler olarak işlev sergileyebilir. Bu özellikler farklı zamansal ve mekansal ölçeklerde değişiklikler göstermesi nedeniyle; besleyici element kirliliği etkisini ekosistemlerin doğal değişkenliğinden dolayı ötrofikasyon değerlendirmeleri için ayırt edici zorluklar doğurmaktadır (Carmona, 2018).

Algal çiçeklenme/çoğalma/patlama, “yeşil renklenme/green tide”, “kırmızı renklenme/ red tide”, toplu balık ölümü, denizel kabuklu hayvanlarının tüketiminin sınırlandırılması, mavi alg ve halk sağlığı tehditleri hususlarının ortak bağlantısı nedir? Bunun sorunun tek cevabı: **ötrofikasyon**’dur. Ötrofikasyon; hem deniz sularında hem de göller başta olmak üzere tatlı sularda meydana gelen, belirli türlerdeki fitoplankton/makroalg aşırı çoğalması/gelişmesi şeklindeki, su sistemlerini olumsuz etkileyen, hayvan ve insan sağlığı için tehdit oluşturan kompleks bir süreçtir. Ötrofikasyonun temel sebebi, tarımsal üretim veya yerleşimlerin kanalizasyon işlemlerinden kaynaklanan yüksek seviyelerde bitkisel besleyici element konsantrasyonlarıdır. Ötrofikasyon, yani su ortamının eski haline göre yeni durumu mekanizmaları karmaşık ve birbirleri ile bağlantılı bir seri olayı içermektedir. Şekil’14 ve 15’de ötrofikasyon işlemini açıklanmaktadır. Ötrofikasyonun temel sebebi besleyici elementlerin bir su kütlelerine yüksek seviyede giriştir ve ana etkisi; tabakalı su kütlelerinde yüksek düzeyde fitoplankton biyokütlesi ile neticelenen besin ağındaki dengesizliktir. Bu durum algal çoğalmalara (/patlamalara) neden olabilir. Bunun doğrudan etkisi, su kütlelerinin zemininden yukarı doğru oksijen tüketimidir. Bu

işlemi ek olarak yönlendiren diğer etkenler; besleyici element dağılımına ve fitoplankton gelişimi ve su kütlesinin zemin ve alt su tabakasında oksijen döngüsüne (örneğin ışık ve su hareketleri) bağlı olmalarına açısından iki kategoriye ayrılabilir. Ötrofikasyonun derecesine bağlı olarak değişik etkiler gözlenebilir. Sucul ekosistem etkilenmesinin çeşitli aşamaları Şekil 14-16'da özetlenmiştir (EC/WHO, 2002).



Şekil 14. Ötrofikasyonun mekanizmasının basite indirgenmiş şekli (EC/WHO,2002'den değiştirilerek).



Şekil 15. Ötrofikasyonun gelişim aşamalarının basite indirgenmiş şekli (EC/WHO,2002'den değiştirilerek).

Tarım alanları ve yerleşimlerden gelen akış akarsularda, göllerde ve kıyı sularında başlıca fosfor ve azot kaynaklarıdır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan asit yağmuru ve atmosfer kökenli kirleticiler de yüzey sularına azot sağlar. Bu besleyici element kaynaklarına yayılı kirleticiler denir, çünkü yaygın faaliyetleri içerirler. Noktasal olmayan (yayılı) girdilerin dağınık kaynakları mevsimlere ve atmosferik şartlara göre değişiklik gösterdikleri için kontrolü, ölçülmesi ve yönetilmesi zordur. Bununla birlikte, yayılı kirleticiler, ABD'de dahil birçok ülkenin su kirliliğinin temel kaynağıdır ve etkileri giderek derinleşmektedir. Sucul sistemlerde, azot ve fosfor ile aşırı zenginleştirme, oksijen kaybı, toksik alg çoğalması, balık ve sucul organizmaların kaybı, deniz ve içsu çayırı yataklarının ve diğer su bitki örtüsü kaybı ve biyolojik çeşitlilik ve mercan resiflerinin bozulması, ticari ve spor balıkçılık ile kabuklu deniz ürünleri endüstrisi için önemli olan türler de dâhil olmak üzere; çok çeşitli problemlere neden olmaktadır. Bu sebeple, besleyici element kirlenmesi içsu ve deniz kaynaklarımızı ciddi şekilde etkilemekte, değerini düşürmekte, suyun tarım, rekreasyon, içme-kullanma suyu ve diğer amaçlar için kullanımını sınırlamaktadır (Carpenter ve ark.,1998).

Ötrofikasyon, daha öncesinde miktarı az olan besin elementlerince yüzey sularının gübrelenmesi olarak düşünülebilir. Jeolojik zamanlar boyunca, besleyici elementler ve sediment girişi yoluyla ılıman sığ göllerin bataklığa veya kurumuş toprağa evrildiği doğal bir yaşlanma sürecidir. Günümüzde insan aktiviteleri ötrofikasyon sürecini büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Tatlı sularda ötrofikasyon sorunu on yıllardır büyüyen bir sorun olmuştur. Hem fosfor hem de azotça beslenmesi bu duruma katkıda bulunur, ancak birçok gölde aşırı fosfor girdisi birincil sebeptir. Ötrofikasyon olayı aynı zamanda yeryüzünün denizel kıyısal bölgelerinde ve haliçlerde yaygın ve hızlı artış gösteren bir durum sergilemektedir. Çoğu ılıman kıyı ekosistemi ve haliçler için, azot alg (birincil üretim) gibi bitki üretimi en çok sınırlayan unsur olduğundan azot girdileri en sorunlu olanıdır. Bu duruma rağmen, aynı zamanda fosfor da kıyı ötrofikasyonuna katkıda bulunan önemli bir faktördür (Carpenter ve ark.,1998).

Ötrofikasyonun sucul sistemlere birçok olumsuz etkisi vardır. Bunlardan en göze çarpanı; sığ su yüzeylerinin gölet pisliği ile kaplayan alg çoğalması ve suyun renginin genelde bulanık yeşile dönüştürebilen görüntüsüdür. Fitoplankton ve sucul yabancı

otlardaki artış; su kalitesini düşürebilir ve suyun tarımsal sulama, içme-kullanma, balıkçılık, , endüstri ve rekreasyon için kullanılmasını sınırlayabilir. Sorun yapan ve rahatsız edici bitkiler ölürken, bakteriyel ayrıştırıcılar çoğalır. Bu bitkisel organik atıklar parçalanmaya çalışırken bakterilerce sudan daha fazla çözünmüş oksijen tüketilir(Carpenter ve ark.,1998). Ötrofikasyon sonucu olarak balıkların ve diğer sucul organizmaların ölmesine sebep olabilen oksijen yetersizliği oluşabilir. Ötrofikasyon, tatlı su ve deniz ortamındaki yosun yatakları ve tropik kıyılardaki mercan resifleri gibi değerli habitatların tahribine ve kaybolmasına sebep olabilir. Bu durumda, ötrofikasyon sucul biyolojik çeşitliliğin azalmasında veya yokolmasında önemli rol oynar. Çoğalan rahatsız edici alg büyümesi, ötrofikasyonun en tehlikeli etkileri arasındadır. Bunlar, insan dahil hayvansal ve diğer organizmalara zarar veren toksik kimyasallar üretir. Deniz ekosistemlerinde, kahverengi kırmızı renkler arası algal çoğalmalar, toksinleri serbest bırakarak ölürlere ve organik atıkları ayrıştırırken oksijen tükenmesini artırarak yaygın problemlere neden olur. Son yıllarda okyanus kıyılarında da zararlı alg çoğalma insidansı artış görülmektedir. Bu artış, kıyıdaki ötrofikasyon ve denizel besin ağlarındaki ayrışmayı ve besin maddelerinin geri dönüşümünü artıran veya alg tüketen balık popülasyonlarının azaltabilen değişiklikler gibi diğer faktörlerle de bağlantılıdır. Algal çoğalmanın balık yetiştiriciliği ve denizel ürünler üzerinde de ciddi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Söz konusu sularda kabuklu deniz hayvanları tüketen insanlarda zehirlenmelere sebep oldukları gibi deniz memelilerinde de ölüm oranlarında ciddi artışa sebep olmuşlardır. Pfiesteria olarak tanınan toksik bir dinoflagellat, ABD'nin Atlantik kıyısındaki yüzgeçli balık ölümleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu dinoflagellatca üretilen üst seviyede toksik uçucu bir kimyasal aynı zamanda temas eden insanlarda da nörolojik zararlar oluşturabilir. Tatlı suda, siyanobakterilerin (mavi-yeşil alg) çoğalmaları, ötrofikasyonun görünür bir belirtisidir. Bu çoğalma, yazın balıklarının ölmesi de dahil, kötü kokuların ve içme sularında hoş olmayan tatlarında olduğu suya bağlı problemlerin bir çoğuna katkıda bulunur. **Ayrıca, bu tür suların su arıtma tesislerinde işlenmesi sırasında, yüksek organik detritus yükü olarak bilinen trihalometanlar klor ile reaksiyona girerek üst düzey kanserojenlerin oluşumuna katkı sunarlar.** Siyanobakteriyel kitlelerin ve sularının yutulması durumunda karaciğere ve sinir sistemi üzerine toksik olan suda çözünür bileşikler salınabilir. Bunlar organizmaları öldürebilir ve insanlar için de önemli sağlık sorunları oluşturabilir (Carpenter ve ark.,1998). Howden ve ark.,(2013) alıcı su

ortamında ötrofikasyonun etkilerini aşağıda gösterildiği şekilde maddeler halinde özetlenmiştir. Bunlar;

Etkiler

- Tür çeşitliliği genellikle düşer ve biyotada baskın tür değişimi yaşanır
- Hayvansal ve bitkisel biyokütle artar
- Suyun bulanıklığı artar, görünürlüğü düşer
- Sedimentasyon hızı yükselir, sucul ekosistemin ömrü kısalır
- Anoksik şartlar gelişir.

Problemler

- Suyu sağlığa zarar verebilir
- Su kullanımı sınırlanır ve değeri düşebilir
- Çoğalan bitki örtüsü su hareketlerini ve akışını sınırlar, ulaşımı engelleyebilir
- Ticari açıdan değerli balık türleri ortadan kalkabilir
- Suyunun içme ve kullanma için arıtılması zorlaşır ve istenmeyen bir tat veya kokuya oluşabilir.

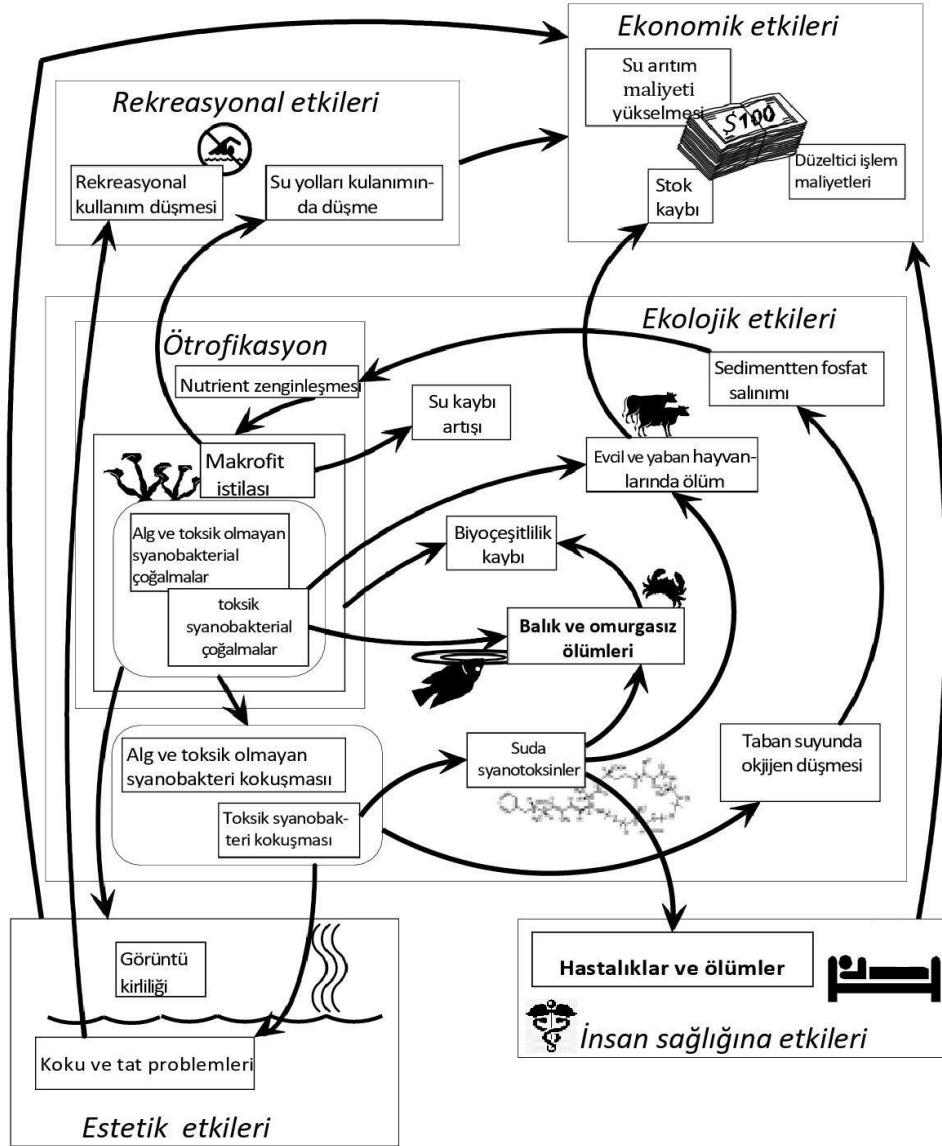
Ötrofikasyon, su kütlelerinin aşırı besin maddesi yüklenmesinden kaynaklanır ve fosfor en önemli etkidir. Fosfor, hem doğal (yani gübre) hem de toprakta doğal olarak bulunan fosfor ile bitki kökleri ve toprak tarafından emilemeyen inorganik gübrelerden gelmektedir. Sanayi, atık su deşarjı gibi noktasal kaynaklarından veya yayılı tarımsal kayıplar ile dağınık yerleşimlerden ve atmosferde birikme gibi daha yaygın kaynaklardan gelebilir. Fosfor da dahil olmak üzere besin elementleri su ile taşınırlar ve ulaştıkları kıyı bölgelerinde büyük etkiler yaratmasa da, takibi ve yönetimi zor olan etkiler oluşturabilir (UWE,2013). Fosfor yüzey sularına ulaştığında, denizel kıyı sularında, göllerde ve akarsularda besin maddelerinin aşırı yüklenmesi ile su ortamında bir dizi olumsuz etki oluşabilir. Doğal olarak çoğu zaman fosfor iç sularda (akarsu ve göl) ve kıyı sularında sınırlı miktardadır. Bu nedenle su kütlelerine fazla miktarda fosfor deşarjı, algal çoğalma sucul ortamın suda bulunan diğer yaşam formlarını tehdit ettiği konuma gelmesini sağlar. Bunun nedeni esas olarak alg ölmesi ve ayrışırken oksijeni tüketmeleri ve bu sırada toksik bileşikler salmalarıdır (UWE,2013). En büyük endişe, besleyici elementlerin (fosfor dahil) aşırı zenginleşmenin, ekosistem işleyişini ve yapısını ani ve genelde geri

dönüşü olmayan değişimlere sebep olan doğal eşik değerlerin ötesine itilmesidir (Rockström ve ark., 2009).

Fosfor seviyeleri, ekosistemlerin bozulması ve ötrofikasyon arasındaki ilişki öngörülebilir veya doğrusal değildir ve ötrofikasyon eşiklerine ne zaman yaklaşıldığını anlamak kolay değildir. Bu durum, düzeltici veya iyileştirici eylemlerin geçiktirebileceği anlamına da gelebilir. Suyu fosfor yüklenmesi düşürülse bile, dip sedimentlerinden su kolonuna fosfor salınımı ile geri kazanım süreci (Spears ve ark., 2013). Oksijendeki azalmalar, doğal yaşamı yok edebilir veya hayvanları ötrofikasyondan etkilenen bölgeyi terk etmeye zorlayabilir. Keza ekosistem konumundaki değişiklikler ve ekosistem servislerinin tükenmesini tetikleyebilir; örneğin, değerli türlerin habitatları yok etmek, insan için su tüketimini sınırlamak, balık stoklarını azaltmak, rekreasyonel kullanımı bozmak vb. (Piehler ve Smyth, 2011). Şekil 16’ da ötrofikasyonun bazı özel etkileri şematize edilmiştir (DWAF, 2002’den değiştirilerek).

Çizelge 6. Tipik bir hayvan atıkta temel besin elementleri (Hooda ve ark.,2000’den değiştirilerek).

Toplam besleyici element miktarları (parantez içerisinde)			
Katılar (kg. ton/yıl)	N	P	K
Sığır FYM_ 25% DM.	6(1.5)	3.1(0.78)	5.80(3.48)
Domuz FYM % 25 DM.	6(1.5)	2.62(1.53)	3.31(2.90)
Tavuk atığı % 60DM.	29(10.0)	9.60(5.67)	13.27(9.95)
Sığır bulamaçı % 6 DM.	3(1.0)	0.52(0.26)	2.98(2.49)
Domuz bulamacı % 6 DM.	5(1.8)	1.31(0.65)	1.99(1.65)
FYM : Çiftlik gübresi, DM : Kuru madde, Webb ve Archer, 1994’den değiştirilerek.			



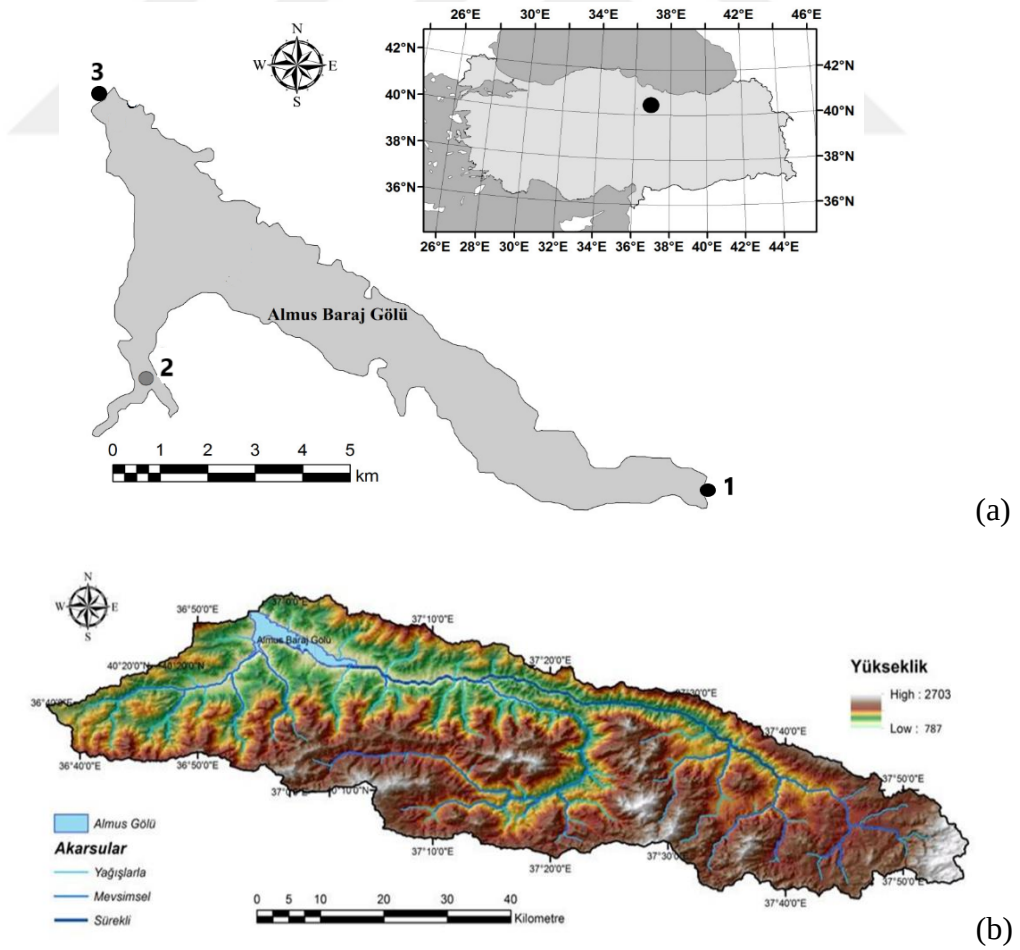
Şekil 16. Ötrofikasyonun bazı özel etkileri (DWAF, 2002'den değiştirilerek).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Almus Baraj Gölü ve Havzası

Almus Barajı Yeşilırmağın üst havzası üzerinde Tokat İli Almus İlçesi sınırlarında (40°22'7"N, 36°59'40"E) taşkın önleme, enerji ve sulama ihtiyacı için 1964 - 1966 yılları arasında inşa edilmiştir. Gövde hacmi 3.405.000 m³ olan toprak gövde dolgu tipli barajın, akarsu yatağından yüksekliği 78 metredir. Normal su seviyesinde 31,30 km²'lik göl yüzey alanına ve 950 hm³'lik göl hacmine sahiptir. Hidroelektrik santrali 99 GWh elektrik üretmekte olup, 27 MW'lık güç kapasitesindedir (www.dsi.gov.tr).



Şekil 17. Almus Baraj Gölü çalışma istasyonları (a) ve havzası (b)

Almus İlçesi, Harita Genel Komutanlığı haritalarının sayılaştırılması sonucunda 1033 km² (103 300 ha)'lık alanı kaplamaktadır. Tezin hayvancılık veri tabanı bilgileri doğrultusunda, Reşadiye İlçesine ait Tozanlısı Havzası ise 430,6 km² (43 060 ha) ile proje sahası içerisinde yer almaktadır. Almus Baraj Gölü havzası toplamda 1463,6 km² 'lık yüzey alanına sahiptir (Şekil 17).

3.1.2. Su Örnekleri ve Toplanması

Toplam fosfor ve toplam azot ölçümleri için su örnekleri Şekil 17'de gösterilen üç istasyondan üç mevsim toplanmıştır. Akarsulardan yüzeyden 30 cm derinlikten elle, gölde ise 15 HP gücünde portatif takma motorlu fiber-şişme 3.10 m tekne kullanılarak yine yüzeyden 30 cm derinlikten elle gerçekleştirilmiştir. Örnekleme şişeleri ve araçları 1 L hacimli polipropilen örnek şişeleri araziye çıkmadan önce laboratuvar ortamında temizlik maddesi kullanmadan musluk suyu ile temizlenmiş ve saf su ile durulanmıştır. Su örnekleri alındıktan sonra kapakları kapatılmış, tarih ve örnekleme noktası bilgilerini yazılarak etiketlenmiş ve laboratuvara getirilinceye kadar kapalı kap ve karlı buz içinde korunmuştur. Altı saat içerisinde laboratuvarda işleme sokulan örneklerin 0,25-0,5 L hacmi, cam filtrasyon ünitesinde 0,45 µm gözenek açıklığına sahip nitroselüloz membran filtreden süzölmüştür. Filtrat temiz bir polipropilen şişeye alınmış, tarih ve örnekleme bilgileriyle etiketlenerek buzdolabında muafaza edilmiştir. Analizler çoğunlukla örneklemeden sonraki ilk gün içerisinde tamamlanmıştır. Filtre edilmemiş su örnekleri toplam azot ve toplam fosfor analizinde kullanılmıştır.

3.1.3. Havzanın Hayvancılık ve Su Ürünleri Varlığı

Almus Baraj Gölü havzasında bulunan yerleşimlerine ait hayvan varlığı Reşadiye ve Almus İlçe Tarım Müdürlüklerinin Çiftçi Kayıt Sisteminden alınmıştır. Almus ilçesinde sığır, manda, koyun, keçi ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan 2019 en son güncel verilerine göre, Almus ilçe sınırları içinde kalan yerleşim yerlerinde toplam olarak 15952 büyükbaş ve 18306 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca toplam 11049 kümes hayvanı mevcuttur.

Reşadiye-Tozanlısı'nda ise sığır, koyun, keçi ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapılmakta buna karşın manda yetiştiriciliği bulunmamaktadır. Reşadiye-Tozanlısı sınırları içinde kalan yerleşim yerlerinde toplam olarak 16016 büyükbaş ve 1070 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca toplam 7601 kümes hayvanı mevcuttur.

Almus İlçe Tarım Müdürlüğünden alınan verilere göre gölde su ürünleri yetiştiriciliği mevzuat gereği toplam göl yüzey alanının % 3'ü olan 95.7 hektara izin verilebilmekle birlikte 20 hektarlık alanda; işletme kapasiteleri 25 ton/yıl - 500 ton/yıl aralığında 28'i aktif 30 adet alabalık yetiştiriciliği işletmesi bulunmaktadır. 30 adet işletmenin toplam üretim kapasitesi 5.655 ton/yıl' dır. Toplam kafes sayısı (12'lik, 16'lık ve 20'lik) 300 adettir.

3.2. Metot

3.2.1. Su örneklerinin analizi

Toplam azot tayininde; Hach 2800 Marka spektrofotometre kullanılmıştır. Organik ve inorganik olarak depolanmış azot peroksodisülfat ile parçalanarak nitrata oksitlenen “Lange LCK 138 LATON” metoduna dayalı kitler kullanılmıştır. Bu metotda nitrat iyonları nitrofenol oluşturmak için sülfürik ve fosforik asit solüsyonunda 2,6 dimetilfenol ile reaksiyona girmektedir (Lange, 2006).

Toplam fosfor tayininde; Hach 2800 Marka spektrofotometre kullanılmıştır. Fosfat iyonlarının asidik solüsyonda molibdat ve antimon iyonlarıyla reaksiyona girerek antimonil fosfomolibdat karışımını oluşturduğu ve askorbik asitle fosfomolibden mavisine indirgendiği “Lange LCK 349” metoduna dayalı kitler kullanılmıştır (Lange, 2006).

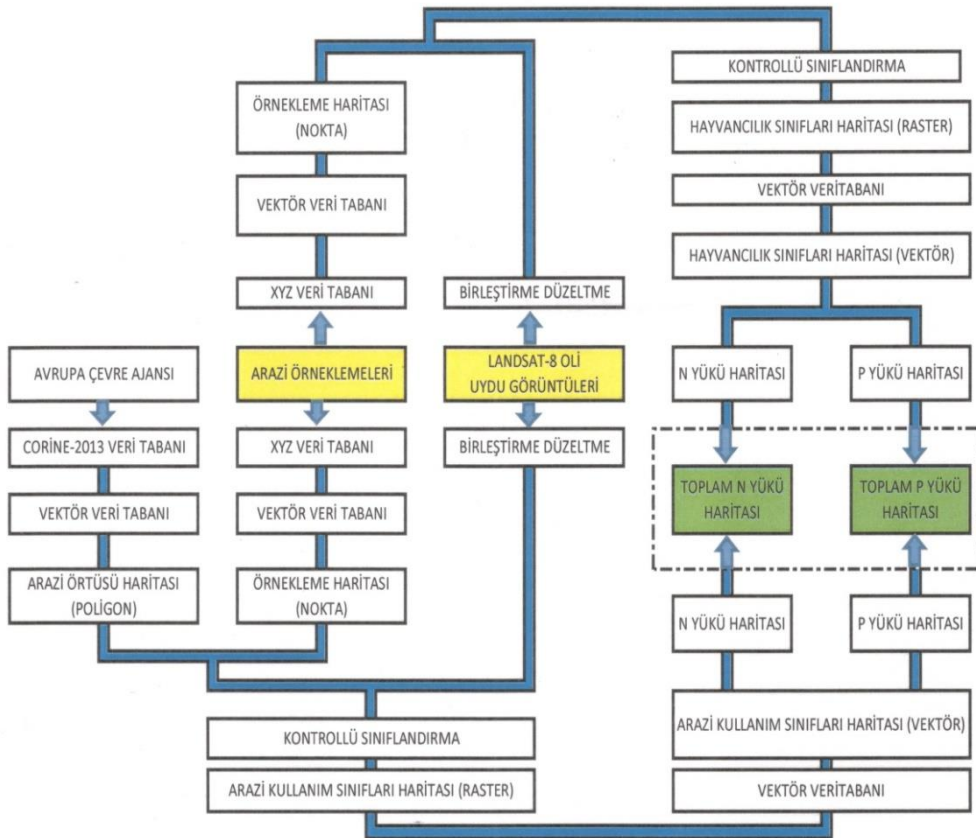
3.2.2. Yayılı (Azot ve Fosfor) Yüklerinin Hesaplanması

Arazi örtüsü ve kullanımına ait uzaysal verilerin üretilmesi günümüzde CBS ve UA teknikleri kullanılarak kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Örneğin, CORINE (Coordination of Information on the Environment) Arazi Örtüsü Projesi, Avrupa Çevre Ajansının (EEA: European Environment Agency) belirlediği kriterler ve sınıflandırma doğrultusunda Avrupa Çevre Ajansına üye tüm ülkelerde, arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi ve çevre ile ilgili politikaların belirlenmesi amaçlarına yönelik olarak aynı temel verilerin toplanması ve standart bir veri tabanının oluşturulması amacıyla 1985 yılında başlatılmış ve bugüne kadar Türkiye'nin de içinde yer aldığı 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait veri setleri oluşturulmuştur (TÜİK, 2018). CORINE veri tabanının üretilmesi ve kullanıcıların hizmetine sunulmasındaki amaç; yereldeki araştırmacıların güvenilir ve verimli bir şekilde bu veri tabanından faydalanmalarını sağlamak ve böylece planlama çalışmalarına esas olacak temel verileri hizmete sunmaktır.

Bu çalışmada Almus ilçesi için elde edilen arazi örtüsü/kullanım sınıfları haritası CORINE 2018 raster veri tabanından faydalanılarak üretilmiştir. Temin edilen CORINE 2018 raster veri tabanı birinci aşamada Arc/GIS CBS yazılımı kullanılarak (ESRI, 2004) vektör (poligon) katmanına dönüştürülmüş ve arazi örtüsü sınıfları veri tabanına işlenmiştir. Bu haritanın güncellenebilmesi için, 2019 yılında arazinin hali hazırdaki kullanım durumu hakkında sahadan hassas (kinematik) GPS ile toplanan coğrafik referanslı verilerden faydalanılmıştır (Şekil 1.1). Arazi kullanımına ait veriler coğrafik koordinatlarına bağlı olacak şekilde XYZ formatında bir Microsoft Excel dosyasına dönüştürülmüştür. ARCGIS 9.1 (ESRI 2004) yazılımında, XYZ formatındaki veriler noktasal haritalara dönüştürülmüş ve Şekil 1.dosyası (shp) olarak kaydedilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Etüd (USGS) resmi web sitesinden indirilen 2019 yılına ait, yaz aylarında bulutsuz ve net çekilmiş bir LANDSAT-8 OLI arşiv görüntüsü güncel bir arazi kullanım sınıfları haritası elde etmek için kullanılmıştır. CORINE-2018'den üretilen edilen vektör (poligon) ve arazi çalışmaları sonucu

üretileen noktasal haritalara ait Şekil 1.dosyaları kullanılarak, ERDAS-Imagine (ERDAS, 2003) UA yazılımında LANDSAT-8 OLI görüntüsünün kontrollü (supervised) sınıflandırması yapılmıştır ve çalışma alanının en güncel arazi örtüsü/kullanımı raster haritası 2019 yılı için üretilmiştir. Elde edilen raster harita Arc/GIS CBS yazılımında vektör (poligon) haritasına dönüştürülerek her bir arazi örtüsü/kullanım sınıfının kapladığı alan hesaplanmıştır. Sınıflandırmada üç seviyeli CORINE sınıflandırma sistemi esas alınmıştır. Bu sınıflandırma sistemi genelden detaya doğru ilerleyen üç seviyeli bir temele dayanmaktadır. Bu çalışmada Seviye-1 genel verileri içermektedir. Almus ilçesi için oluşturulan CORINE Veri Tabanı 1.seviyeyi çerecek şekilde sayısal harita olarak hazırlanmış ve Şekil 1.2-4`de verilmiştir.



Şekil 18. NP modelleme çalışmalarında kullanılan işlemler sırası

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak önemli yayılı kirleticilerin (azot ve fosfor) yüklerini Şekil 18 'de gösterilen işlem sırasına göre havza için tahmin edilerek haritalanmıştır. Bu amaçla, Almus ilçesinin güncel arazi kullanım sınıflarını içeren sayısal haritası; 2019 yılına ait LANDSAT-8 OLI arşiv görüntüleri, CORINE-2018'den (Copernicus, 2019) üretilen bir vektör (poligon) harita ve arazi çalışmalarına dayalı noktasal verilerden faydalanılarak CBS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 1.1). Arazi kullanım sınıflarının kapladığı alanlar belirlendikten sonra, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre Enstitüsü ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından önerilen birim yük değerleri ($\text{kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) (Çizelge 1.1) esas alınarak arazi kullanımından kaynaklanan Azot ve Fosfor yayılı kirleticileri modellenerek haritalanmıştır. TÜBİTAK-MAM'nin (2010) Yeşilirmak Havzası için önerdiği miktarlar. Yayılı kaynaklarda fosforun %5'i azotun %15'i, evsel atık suyun kanalizasyonlu noktasal karakteri de göz önüne alınarak her iki besleyici elementin tamamının alıcı su ortamına ulaştığı varsayılmıştır.

Modelde kullanılacak **taşıyım katsayıları** ulusal düzeyde tercih edilen (Dahl ve Kurtar, 1993; ÖEJV, 1993; Saatçi ark., 1999; Tavşan,2008; TÜBİTAK-MAM,2010) değerler kullanılarak değerlendirilmiştir. Yayılı (NP) yüklerinin hesaplanmasında **Taşıyım Katsayısı Modeli (Export Coefficient Model-ECM)** kullanılmıştır (Reckhow ve ark., 1980);

$$LN = L_N = \sum_{i=1}^n (E_i * A_i) + S + W + P \quad (1)$$

Burada;

LN =havzanın besleyini element yükü (kg/yıl)

E_i = her bir arazi sınıfı için taşıyım katsayısı (kg/ha/yıl)

A_i= Arazi sınıflarının havzadaki alanı (ha)

S= Septik yük (kg/yr)

W= Noktasal atık yükü (kg/yıl)

P = yağışla gelen atmosferik yük (kg/yıl)

3.2.3. Su bütçesi ve birim alana düşen NP yük hesabı

Göl su bütçesi Lawrie ve Stretch, (2011) tarafından önerilen aşağıdaki formül;
$$dV/dt = (Q1+Q2)-(Q3+Q4+buharla\text{ş}ma)\pm\text{yeraltı suyu}$$
 ile hesaplanmıştır. Burada; Q1=dere giriş, Q2=yağış, Q3=dere çıkış, Q4=kullanım miktarıdır.

Almus Baraj Gölünün su bütçesine bağlı olarak gölün akım değerleri ve besleyici element yükleri Nyarumbua ve ark.. (2016)'ın $L = (Q \times C)A$ formülü kullanılarak göle gelen ve çıkan yükler ile birim alana düşen yükler hesaplanmıştır. Burada L = besleyici element yükü (g.m²/yıl). Q = debi (m³/sn). C=besleyici element konsantrasyonu (mg/l) ve A = gölün yüzey alanı (m²) dir.

3.2.4. Çevresel Hazmetme Kapasitesi

Toplam azot ve toplam fosfor için su çevresel kapasitesi; Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nün önerdiği aşağıdaki formüllerden oluşan modelle tahmin edilmiştir.

$$L = q_s C_s \left[1 + 2.27 \left(\frac{V}{Q_{out}} \right)^{0.586} \right] \quad (1)$$

$$q_s = \frac{Q_{in}}{A} \quad (2)$$

$$W = 0.001LA \quad (3)$$

Burada L, baraj gölünde (g / m²) metrekaire başına azot veya fosfor miktarının yıllık izin verilen yüküdür; Qs baraj gölünde yılda metrekaire başına su deşarjdır (m); Cs, yüzey suyu çevresel kalitesinin (mg / L) toplam azot ve toplam fosfor katsayısıdır; V, baraj gölünün hacmini (m³) ifade eder. Qin baraj gölüne yıllık su girişi (m³); Qout ise baraj gölünden yıllık su çıkışı (m³), A baraj gölünün alanı(m²); W ise yıllık toplam azot veya toplam fosforun suda çevresel hazmedilebilme kapasitesidir (kg).

3.2.5. Kritik Kaldırma Kapasitesi Hesabı

Vollenweider (1968)'in önerdiği ve Rigler ve Dillon (1974)'un geliştirildiği fosfor yüklenmesi modeli; suyun yenilenme süresi, göl hacmi, göle giren fosfor miktarı, göldeki toplam fosfor konsantrasyonu ve fosforun sedimentte tutulan miktarı ile ilişkisel olarak sunulan aşağıdaki formül temelli tahmin edilmiştir;

$$[P] = \frac{L(1-R)}{z\rho}$$

Burada;

[P]	=	Toplam fosfor (g/m ³)
L	=	Toplam fosfor yüklenmesi (g/m ² -yıl)
R	=	Sediment tarafından tutulan fosfor miktarı
z	=	Ortalama derinlik (m)
ρ	=	Göl suyu yenilenme süresi (yıl-1)

Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilen fosfor yüklenmesi modeli balık kafeslerinden kaynaklanan fosfor yüklenmesi uygulanırsa, aşağıdaki model ortaya çıkar:

$$\Delta[P] = \frac{L_B - (1 - R_B)}{\bar{z} \cdot \rho} = L_B = \frac{\Delta[P] \cdot \bar{z} \cdot \rho}{1 - R_B}$$

Burada;		
L _B	=	Yoğun balık kültürü için baraj göllerinin taşıma kapasitesi (mg/m ² yıl)
Δ[P]	=	Kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon [Pf] ile kafes kültüründen önceki fosfor konsantrasyonu [Pi] arasındaki fark (mg/m ³)
$\bar{z}$	=	Ortalama derinlik (m)
ρ	=	Göl suyu yenilenme süresi (1/yıl)
R _B	=	Yoğun balık kültürü kaynaklı fosforun sedimentce tutulan kısmı

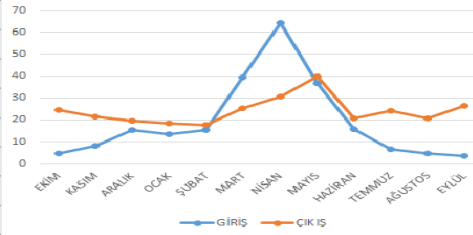
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Su Bütçesi ve Birim Alana Düşen NP Yüğü

Baraj gölleri ve göllerin su bütçesi; havzanın NP yükünün hazmetme kapasitesini hesaplamakta en önemli parametredir. Almus Baraj Gölünde su kullanımı bulunmamaktadır ve Çizelge 7 'de Tozanlı Irmağı Almus Baraj Gölüne giriş ve göl çıkış aylık ortalama debileri verilmiştir. Buna göre Çizelge 8 'de sunulan göl su bütçesi parametreleri elde edilmiştir. Göle 773.262.720 m³ su girmekte ve 761.909.760 m³ su çıkmaktadır. Göl çevresi 45-50 mm yağış almakta, 70-75 mm buharlaşma yaşamaktadır.

Çizelge 7. Almus Baraj Gölü aylık ortalama debileri (m³/sn)

BARAJ GİRİŞ					BARAJ ÇIKIŞ
AYLAR	TOZANLI	BANİDERE	KARADERE	DİĞER	
EKİM	4.63				24.68
KASIM	8.21				21.64
ARALIK	15.21				19.47
OCAK	13.24				18.54
ŞUBAT	15.34				17.83
MART	39.46				25.21
NİSAN	64.38				30.84
MAYIS	36.63				39.8
HAZİRAN	15.71				20.66
TEMMUZ	6.47				24.17
AĞUSTOS	4.45				20.7
EYLÜL	3.65				26.33
ORT.	18.95	1.85	1.22	2.5	24.16
Min.	3.65				17.83
Maks.	64.38				39.80
S.Sap.	17.77				5.91

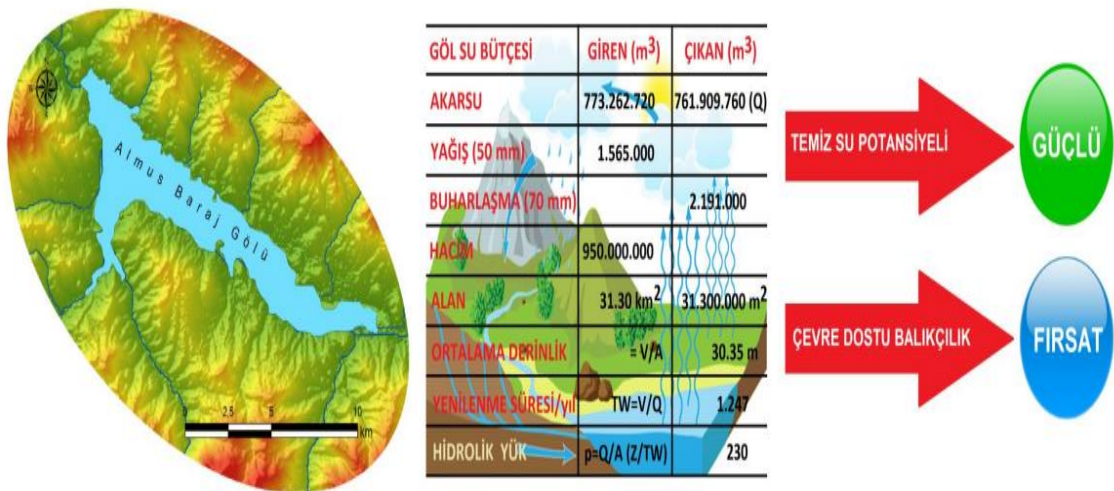


Çizelge 8. Almus Baraj Gölü su bütçesi ve parametreleri

GÖL SU BÜTÇESİ	GİREN (m ³)	ÇIKAN (m ³)
Akarsu	773.262.720	761.909.760 (Q)
Yağış (50 mm)	1.565.000	
Buharlaşma (70 mm)		2.191.000
Hacim	950.000.000	
Alan	31.30 km ²	31.300.000 m ²
Ortalama derinlik	$\bar{z} = V/A$	30.35 m
Yenilenme süresi	$TW=V/Q$	1.247
Hidrolik yük	$\rho= Q/A (Z/TW)$	230

Göllerin su bütçesi NP yükünü hazmetme kapasitesini hesaplamakta en önemli parametredir. Almus Baraj Gölüne çevre su kaynakları ve yağış ile 773.262.720 m³ su girmekte ve 761.909.760 m³ su çıkmaktadır. Bütçe parametreleri aşağıdaki Şekil 19’ da sunulmuştur. Gölün üst havzasında sanayi tesisi ve yoğun tarımsal faaliyet olmaması nedenleriyle bu günlere kadar ciddi bir kirlilik sorunu yaşamamıştır. Gölde önemli bir kirlilik sorunun mevcut olmaması ve Tozanlı Çayının su potansiyeli bölgenin güçlü yanı olarak görülmektedir. Bu durum tüm Yeşilirmak Havzasının temiz su kaynağı olmasının yanında balık yetiştiriciliği içinde büyük fırsatlar sunmaktadır. Özellikle alabalık yetiştiriciliğinde teknik kurallara uymak şartı ile yılda iki kez hasat imkanı bulunmaktadır.

Yakın gelecekte küresel iklim değişimine bağlı yağışların % 30, su akım değerlerin ise % 50’ye varan azalma beklenmektedir. Bu durumda küresel iklim değişimi tehdit olarak ortaya çıkmaktadır. Böyle bir durumda ötrofikasyonun tetiklenmesi, kirleticilerin uzaklaştırılamaması, tarımsal ve kullanma suyu ihtiyacında artış, yabancı tür istilaları, hidrolojik enerji üretiminin kısıtlanması, çeşitli ekosistem ve insan sağlığı sorunlarının oluşması su seviyesinde düşme ve balık üretiminin sonlanması kaçınılmaz görülmektedir.



Şekil 19. Gölün su bütçesi durumu değerlendirilmesi

4.2. Gölün Hidrolik Bekleme Süresi

Ortalama derinliği 30 metre olan Almus Baraj gölünde Çizelge 9’da gösterildiği üzere baraj suyunun tamamı 1.24 yılda yenilenmektedir. Hidrolik yük ise 19.14 bulunmuştur.

Çizelge 9. Almus Baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri

A: Gölün yüzölçümü (m^2)		31 300 000
V: Gölün hacmi (m^3)		950 000 000
Q: Gölde çıkan su miktarı (m^3)		599 184 000
$\bar{Z}$: Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	30.35
ρ : Gölün yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	1.24
Hidrolik yük	Q/A	19.14

Bir su kütlesinin hidrolik kalış süresi, sediment-su temasını arttırdığı için denitrifikasyon ve çökmeyi destekler (Klein ve Koelmans, 2011). Barajlı rezervuarlar gibi büyük hacimli ve nispeten düşük su deşarjına sahip su kütlelerinin kalma süreleri uzundur (Maavara ve ark.,2015). Göllerin azot ve fosfor yükü özümleme kapasitelerinde hidrolik bekleme süresi en önemli husustur. Su, akarsular vasıtasıyla yağış, yüzey akıntılarıyla veya yeraltı suları ile göl ve baraj göllerine girer. Yeraltı sızıntısı, buharlaşma ve akarsu çıkışı yoluyla sistemden çıkar. Hidrolik tutma süresi de denilen hidrolik kalma süresi; içeri akıştan dışarıya doğru su hareketinin hızını belirtir ve zaman birimleri (gün/ay/yıl) cinsinden ölçülür. Hidrolik bekleme süresi genellikle “ t_w ” olarak kısaltılır; göl veya baraj gölünün hacmini (m^3) yıllık toplam çıkışa ($m^3/yıl$) bölerek belirlenir. Bulunan teorik hidrolik kalma süresi suyun sistemde belirlenmiş bir su kütlesi olarak hareket etmesi durumunda doğal su kalma süresine eşittir (Søballe ve ark.. 1992; Baker, 1996). Genel olarak büyük hacimli ve derin havzalara sahip su kütleleri daha uzun hidrolik kalma sürelerine sahip olma eğilimindedir. Hidrolik kalma süresi aynı zamanda besin elementlerinin göl / baraj gölü içinde kalış süresi ve miktarını da açıklayabilir. Bu nedenle, nutrient tutma süresi, hidrolik tutma süresi ile aynı olabilir veya olmayabilir. Sedimentasyon ve nutrient geri dönüşümü göldeki besleyici element hareketinin oranını etkiler. Kışın besin elementi tutma süresinin hidrolik tutma süresine yakın benzerlikte olması daha olasıdır. Ancak besin elementleri sistemde daha yavaş hareket etme eğilimini

ilkbaharda gösterir. Çünkü yosunlar ve fitoplanktonlar tarafından besin elementleri alınabilir ve daha sonra ayrışarak serbest bırakılabilir (Horne ve Goldman, 1994).

Hidrolik kalma süresi göllerin ve baraj göllerinin bazı önemli morfolojik özellikleriyle bağlantılı hem biyolojik hem de fiziksel süreçleri etkiler (Søballe ve ark., 1992). Mesela, hidrolik kalma süresi; termal tabakalaşma, biyojeokimyasal çevrimin türü ve hızı, partikül maddenin kalıcılığını ve oluşumunu etkileme gücüne sahiptir (Morris ve Fan, 1998; Kalff, 2002;). Böylece hidrolik kalma süresi besleyici element tedariki, tabakalaşma, karışım ve bulanıklığı etkiler (Adams ve Hackney, 1992). Bu nedenlerden hidrolik kalma süresi göllerde ve baraj göllerinde yapı ve işlev üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi ayrıca sedimentlerin, besin elementlerinin ve planktonların yer değiştirerek aşağı akışa taşınmasını da etkiler (Morris ve Fan, 1998; Kalff, 2002).

Hidrolik kalma süreleri farklı göller ve baraj gölleri arasında büyük ölçüde farklılaşır. Genelde doğal göllerin baraj göllerinden daha uzun kalma süreleri bulunmaktadır. USEPA'ya göre bu süre ortalama 270 günlük bir teorik süresidir (Walker, 1981). Çok sayıda araştırma, birincil üretim ile hidrolik kalma süresi arasında güçlü bir bağlantı bulunmaktadır (Dickman, 1969). Alabama baraj gölündeki bir araştırmada, hidrolik kalma süresinin; ortalama derinlik, toplam fosfor ve klorofil-*a* konsantrasyonlarının önemli belirleyicileri olduğu saptanmıştır (Maceina ve ark., 1996). Aynı şekilde, hidrolik kalma süresi fitoplankton yoğunluğu ve toplam fosfor arasında önemli bir ilişki bulunmuştur (Søballe ve Kimmel, 1987). Birim fosfor başına fitoplankton bolluğu nehirlerin su tutulması ile doğal göller seviyesine yükselmiştir, bu da hidrolik kalma süresine benzer bir artışı yansıtmaktadır. Ayrıca nehirler, doğal göller baraj gölleri benzer hidrolik kalma sürelerine sahipken, birim fosfor başına fitoplankton bollukları önemli ölçüde farklılık sergilemiştir. Hidrolik kalma süresi birincil üreticilerin bolluğunu etkilediğinden baraj gölleri ve doğal göller besin elementi değerlendirme kıstaslarının bir göstergesi olarak hidrolik kalma süreleri ile kategorize edilir (Søballe ve Kimmel, 1987).

4.3. Gölün Çevresel Hazmetme Kapasitesi

Besleyici element (azot ve fosfor) yükünün ekosistem tarafından çevrime sokularak organik maddeye dönüştürülmesi ve ötrofikasyon oluşturmaması; baraj gölünün morfolojik özellikleri ve su kalış süreleri ile bağlantılıdır. Uzun yenilenme (su kalış) süresi kısmen kararlı durum sebebiyle, baraj gölleri iyi karışmış bir su kütlesi olarak düşünülebilir. Toplam azot ve toplam fosfor için su çevresel kapasitesi; Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nin önerdiği aşağıdaki formüllerden oluşan modellerle tahmin edilmiştir. Çizelge 'da Almus Baraj Gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri verilmiştir.

Çizelge 10. Almus Baraj Gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri

Alan m2	Hacim m3	Qout-m3/yıl	Qin-m3/yıl	Mevcut	
31 300 000	950 000 000	24.16	24.52	P	N
Fosfor L (0.03 mg/l için)	2.77				
W	87 ton			85 ton	
Fosfor L (0.05 mg/l için)	4.61				
W	144 ton				
Azot L (0.5 mg/l için)	46.14				
W	1 444 ton				836 ton
Azot L (1.0 mg/l) için	92.29				
W	2 889 ton				

Çizelge 10 'da verildiği üzere Almus Baraj Gölü azotu kolayca hazmedebilme kapasitesinde iken fosfor için sınır değerlerde bir çevresel hazmetme kapasitesi sergilemektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği fosfor girdisi olarak en büyük paya sahip oluşturduğundan kapasiteleri de sınır değerlerde planlanmalıdır. Sürdürülebilir bir bakış açısından, çiftliklerin konumu su kütlesinin ECC'sini dikkate almalı ve yerinde arka plan bilgisi almalı, çevre ve dolayısıyla çiftliğin kendisi üzerinde mümkün olan en az olumsuz etki ile gerekli üretimi sağlamalıdır. Bu nedenle, uygunluğun değerlendirilmesinde ihtiyatlı tahminler, yırtıcı hayvanların varlığı, önerilen alan ile diğer çiftlikler arasındaki mesafe, endüstriler, eğlence faaliyetleri, kültürel veya ekolojik varlıklar ve çevresel özellikler dikkate alınmalıdır (FAO, 2018).

Dünyanın en büyük somon üreticisi olan Norveç, sürdürülebilir kalkınmayı temel alan (ekosistemin taşıma kapasitesini aşmayan) su ürünleri yetiştiriciliği uygulamasını geliştirmektedir (Hersoug, 2015 ; Michaelsen-Svendsen, 2019). Her bir tarım alanı, gereksinimleri bağımsız olarak karşılasa bile, genel olarak, söz konusu alandaki yük kapasitesini aşabilir ve çevre sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle somon yetiştiriciliğinde somon bitlerinin (*L. salmonis*) varlığı ECC ile ilgili önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Genel olarak, Norveç hükümeti ve üreticiler arasındaki yakın işbirliği, sürdürülebilir önlemlerin daha iyi uygulanmasına izin verir, ancak bu yaklaşım ECC yerine üretim taşıma kapasitesini düzenler (Chapman ve Byron, 2018). Birincisi, uzun vadeli sürdürülebilirliği garanti etmeyebilir. Bu nedenle ECC dikkate alınmalıdır. Nüfusun hızla artması ve ekonominin gelişmesi ile su kaynaklarının aşırı kullanımı, su ekolojik ortamını daha da kötüleştirmektedir. Su ekolojik taşıma kapasitesi, bir havzanın su ekolojik sisteminin kendi yararına olan ihtiyacını karşılaması koşuluyla, çevresel koşullar bağlamında ve tek bir tarihsel evrede ekonominin ve toplumun gelişme ölçeğini sürekli olarak destekleyen bir eşik değerdir (Li ve Zhou,2009).

Zinav gölünde yapılan bir çalışmada Vollenweider'in modeli kullanılarak; göl sedimanlarından iç fosfor yükünün potansiyel dikkate alınarak gölün hazmetme kapasiteleri hesaplanmış, gölün mesotrof kabülü ile fosforu hazmedebilmesinin altı kat, azotu hazmedebilme kapasitesinin ise ondokuz kat aşıldığı saptanmıştır (Buhan Dirim, 2019). Aynı bölgede olmasına rağmen Zinav Gölü daha fazla kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu duruma göl havzasının büyük, haznesinin ise küçük olması ayrıca havzasında yüksek hayvan varlığı etkili olmaktadır.

4.4. Gölün Alabalık Yetiştiriciliği için Kritik Kaldırma Kapasitesi Tahmini

Vollenweider (1968)'in önerdiği ve Rigler ve Dillon (1974)'un geliştirildiği fosfor yüklenmesi modeli; suyun yenilenme süresi, göl hacmi, göle giren fosfor miktarı, göldeki toplam fosfor konsantrasyonu ve fosforun sedimentte tutulan miktarı ile ilişkisel olarak sunulan aşağıdaki formül temelli tahmin edilmiştir;

Çizelge 11. En yüksek fosfor durumuna göre Kritik Kaldırma Kapasitesi

A: Gölün yüzölçümü (m ²)	Eylül (2020)	31 000 000
V: Gölün hacmi (m ³)		750 000 000
Q: Gölde çıkan su miktarı (m ³)	26 m ³ /sn	830 000 000
$\bar{Z}$: Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	24
ρ : Gölün yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	1,11
P _i : Gölde ölçülen ortalama fosfor değeri (mg/m ³)		36
R: Fosfor tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.647
R _B : Balıkçılık kaynaklı fosforun tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.824
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50
$\Delta[P]$: Fosfor yüklenmesi (mg/m ³)	$[P_f] - [P_i]$	
$[P_f]_1$: Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m ³	24
$[P_f]_2$: Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m ³	6
$[P_f]_3$: Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m ³	14
P _{yem} : Yem içeriğindeki fosfor kgP/ton (% 1.5)	15kg/ton	
P _{balık} : Balıkta tutulan fosfor kgP/ton (% 0.48)	4,8 kg/ton	
P _{çevre} : Çevreye salınan fosfor kgP/ton alabalık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P _{yem} - P _{balık}	YYO:1 15.0-4,8= 10,2 kg P/ton
		YYO:1.5 22.5-4,8= 17,7 kg P/ton
		YYO:2 30.0-4,8= 25,2 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	$[P_f]_1$ 60 mg/m ³ İçin	YYO:1 10 978
		YYO:1.5 6 326
		YYO:2 4 444
LB= $\Delta [P] \cdot \bar{Z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{çevre}$	$[P_f]_2$ 30 mg/m ³ İçin	YYO:1 -457
		YYO:1,5 -263
		YYO:2 -185
	$[P_f]_3$ 50 mg/m ³ İçin	YYO:1 6 404
		YYO:1,5 3 691
		YYO:2 2 592

Gölün çevresel hazmetme durumu göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite tahminleri hesaplanmıştır. P_{ort}: ölçümü yapılan en yüksek değerdeki toplam fosfor: 0,036 mg/l= 36 mg/m³

Buna göre: ; LB= $\Delta [P] \cdot \bar{Z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{çevre}$

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı 30 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -457 ton alabalık/yıl
YYO 1. 5 için kapasite -263 ton alabalık/yıl
YYO 2. 0 için kapasite -185 ton alabalık/yıl

II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı 60 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite 10 978 ton alabalık/yıl
YYO 1. 5 için kapasite 6 326 ton alabalık/yıl
YYO 2. 0 için kapasite 4 444 ton alabalık/yıl

III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m³ değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite 6 404 ton alabalık/yıl
YYO 1. 5 için kapasite 3 691 ton alabalık/yıl
YYO 2. 0 için kapasite 2 592 ton alabalık/yıl

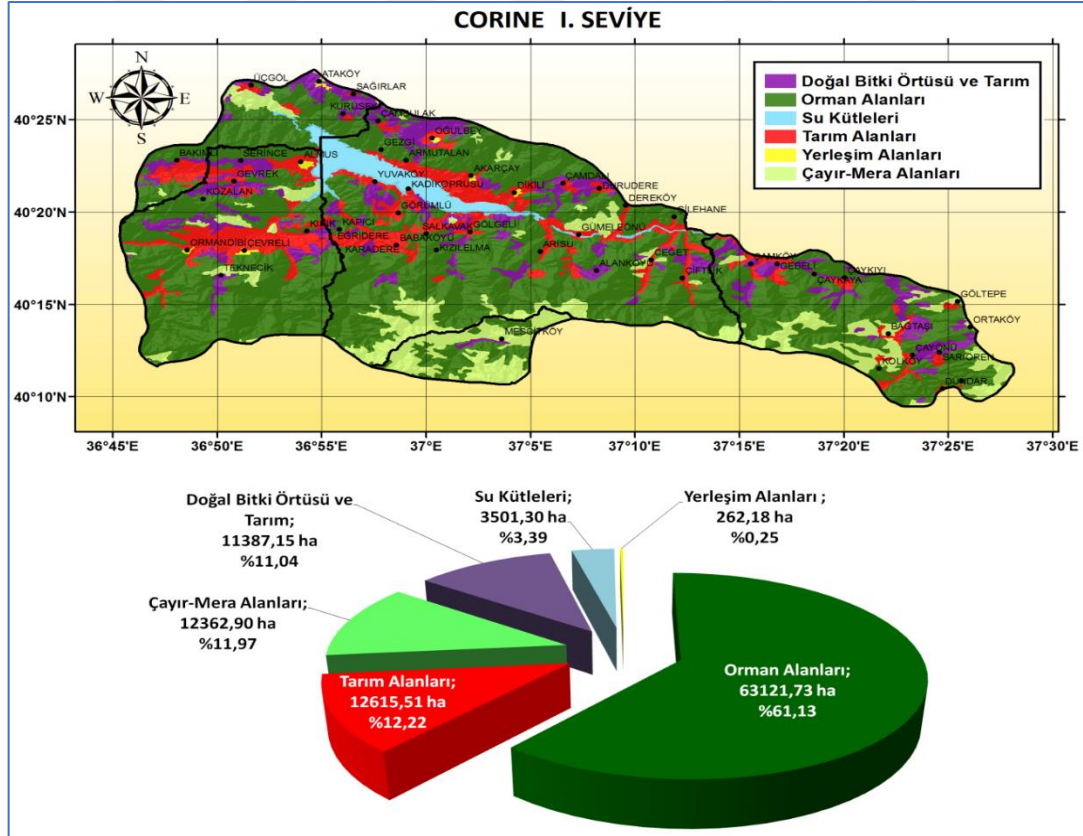
Norveç istatistiklerine göre, 2009 yılında tüm Norveç somon çiftliklerinde kullanılan yem peletlerinin toplam miktarı 1.17×10^6 ton ve toplam somon üretimi 1.02×10^6 ton WW idi. Hesaplamalarımız, yem girdisindeki toplam C, N ve P'nin sırasıyla %70, 62 ve %70'inin çevreye kaybolduğunu ortaya koydu. Somon üretiminde toplam yem girdisinin sırasıyla C, N ve P'nin %70, 62 ve %70'inin çevreye salındığını ve sırasıyla 404 000, 50 600 ve 9400 ton C, N ve P'ye eşdeğer olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, C, N ve P'nin atık emisyonu sırasıyla 397, 50 ve 9.3 kg t-1 üretilen balık olup, toplam somon üretimi 1.02×10^6 ton'dur. Yem C'nun yaklaşık %48'i CO₂ olarak solundu, yemdeki N'un %45'i DIN olarak atıldı ve yem P'nin %44'ü katı atık olarak salındı.

Kesikköprü baraj gölü için taşıma kapasitesi ise 3335 ton/yıl (Pulatsü,2002), Uzungöl için Taşıma kapasitesi 503 ton/yıl ile 930 ton/yıl (Verap ve ark. ,2003), Almus baraj gölü için kaldırma kapasitesi 5536 ton/yıl (Buhan ve ark., 2010) ve Polat ve Özmen (2011) 4023-6981 ton/yıl, Karakaya baraj gölü için 55 000-80 000 ton/yıl (Ayekin ve ark.,2018) olarak bildirmişlerdir. Baraj gölleri arasındaki bu kapasite farklılıkları gölün fosfor değerleri, morfometrisi ve su debileri ile bağlantılıdır.

4.5. Göl ve Havzasının NP Yüğü ve Kirliliğı

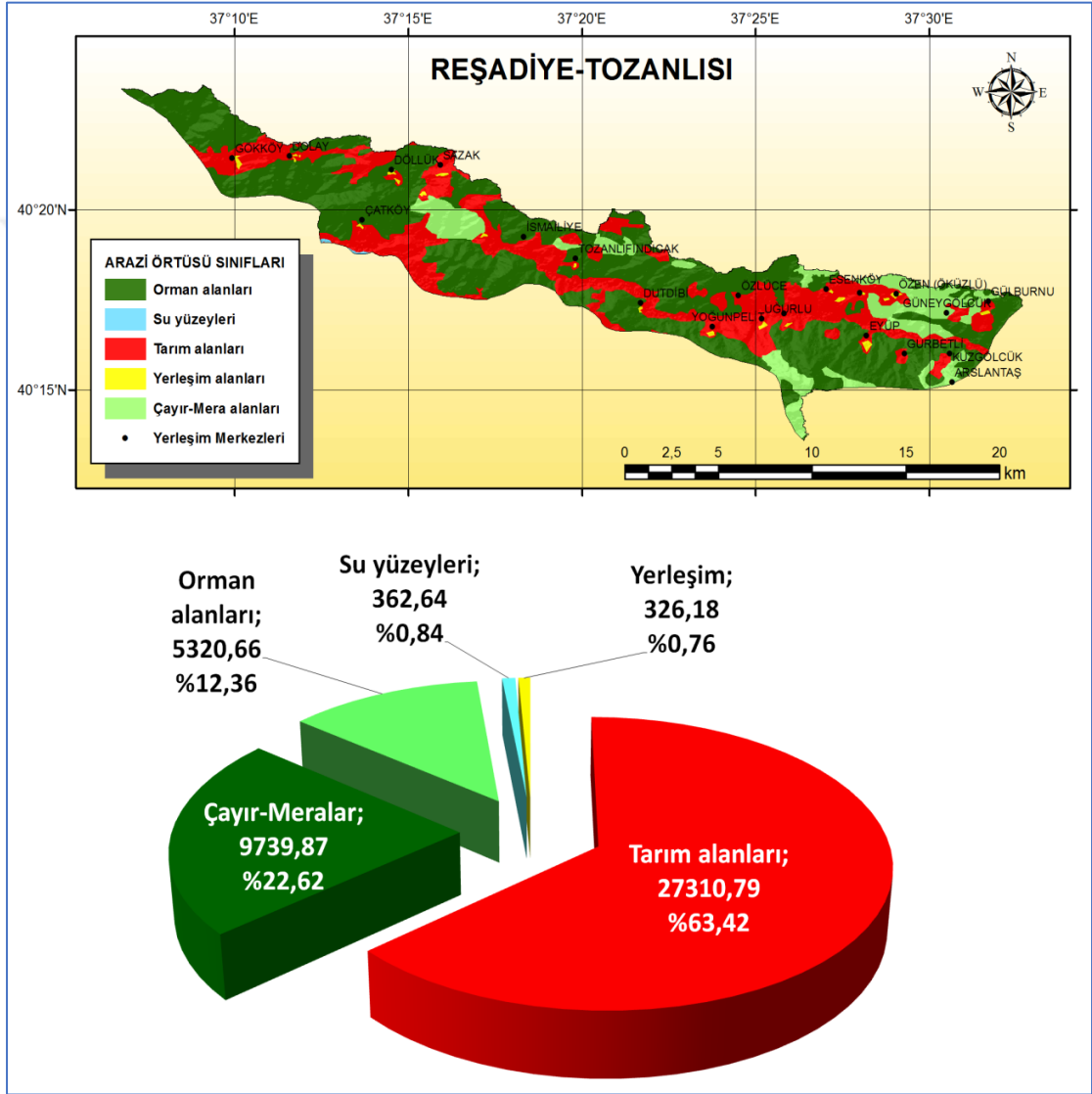
4.5.1. Arazi Kullanımı

Almus İlçesi, Harita Genel Komutanlığı verilerine göre toplam 1033 km² (103 300 ha) alan kaplamaktadır. Bu çalışmada üretilen, Almus İlçesi CORINE Seviye-1 arazi kullanımı/örtüsü sayısal haritası Almus İlçesinin hemen hemen tamamını yani toplam 1032,51 km² 'lik kısmını (103 250,78 ha) kapsamaktadır. 2019 CORINE Seviye-1 sayısal haritasına (Şekil 20) göre Almus ilçesi arazi kullanımı/örtüsü sınıfları en fazla alan kaplayan sınıftan en az alan kaplayan sınıfa doğru sırasıyla orman alanları (%61,13), tarım alanları (%12,22), çayır-mera alanları (%11,97), doğal bitki örtüsü ve tarım (%11,04), su kütelleri (%3,39) ve yerleşim alanları (%0,25) olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi ilk belirlemelere göre Almus ilçesinde en fazla alanı ormanlar kaplamaktadır.



Şekil 20. Almus İlçesi 2019 CORINE Seviye-1 Arazi Kullanımı/Örtüsü Haritası

Tezin Hayvancılık Veri Tabanı bilgileri doğrultusunda, Almus Baraj Gölü Havzası'nı etkileyen bir konumda olduğundan Reşadiye-Tozanlısı da proje alanına dahil edilmiştir (Şekil 21). Bu nedenle Almus'un CORINE veri tabanları hazırlanırken Reşadiye-Tozanlısı'nın da CORINE seviye 1 veri tabanı hazırlanmıştır (Şekil 20).

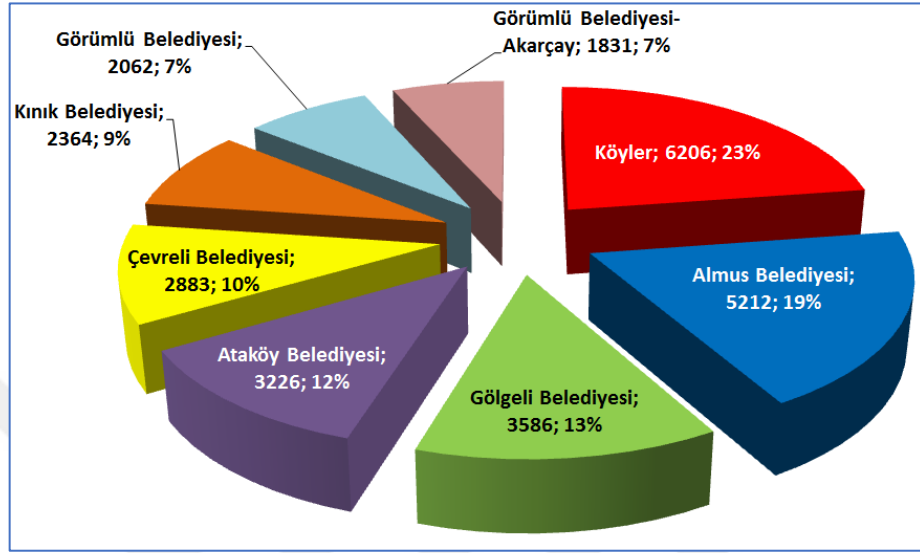


Şekil 21. Reşadiye-Tozanlısı 2019 CORINE Seviye-1 Arazi Kullanımı/Örtüsü Haritası

4.5.2. Nüfus yapısı

Almus İlçesinin 2017 nüfus-sayım sonuçlarına göre toplam nüfusu 27370'dur (14037 erkek, 13333 kadın). Bu nüfusun 5212'si Almus ilçe merkezinde (belediyesinde), 15952'si

belediyelerde, 6206'sı köylerde yaşamaktadır. 2017 yılı genel nüfus sayımına göre; İlçe toplam nüfusunun dağılımı Şekil 1.24'de görülmektedir. Almus ilçe sınırları içinde toplam 32 köy bulunmaktadır.

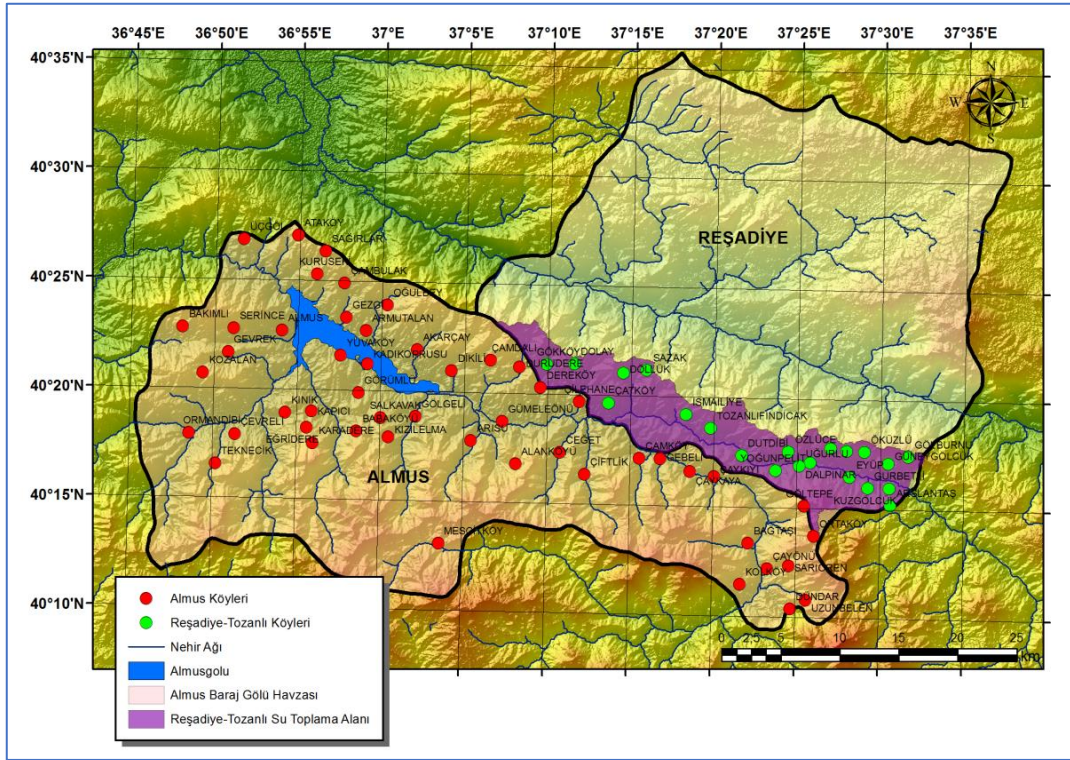


Şekil 22. Almus İlçesi'nin İlçe, Belde ve Köylerdeki Nüfus Dağılımı

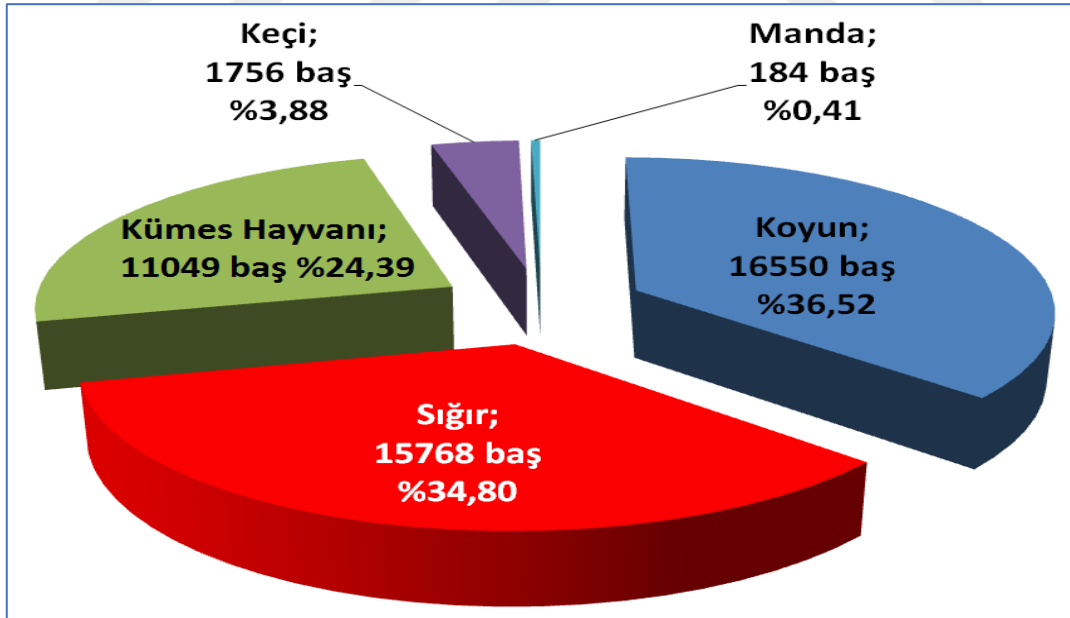
4.5.3. Hayvancılık Yapısı

Almus Baraj Gölü Havzası'nı etkileyen bir konumda olduğundan Reşadiye-Tozanlısı da proje alanına dahil edilmiştir (Şekil 21). Bu nedenle hayvancılık veri tabanı hazırlanırken Almus ilçesi ile birlikte Reşadiye-Tozanlısı'nın hayvancılık veri tabanı da hazırlanmıştır. Projeye dahil edilen Reşadiye-Tozanlısı kısmında (17191,32 ha) toplam 21 yerleşim merkezi girmekte olup uzaysal dağılımı Şekil 23'deki gibidir.

Almus ilçesinde sığır, manda, koyun, keçi ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan 2019 en son güncel verilerine göre, Almus ilçe sınırları içinde kalan yerleşim yerlerinde toplam olarak 15952 büyükbaş ve 18306 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca toplam 11049 kümes hayvanı mevcuttur. Almus ilçesi toplam hayvan varlığı Şekil 24'de özetlenmiştir.



Şekil 23. Almus Baraj Gölü Havzası ve Su Toplama Alanı



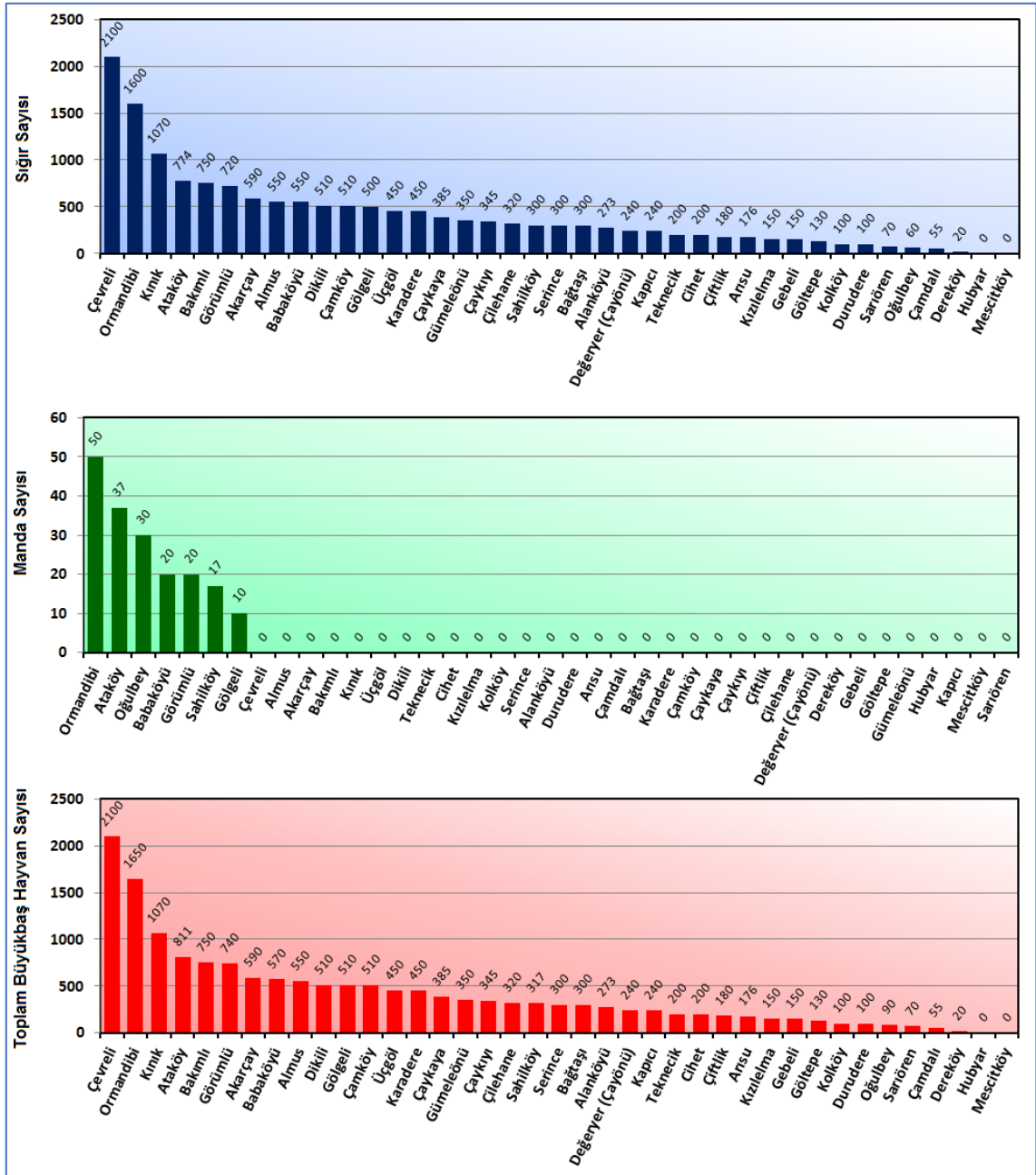
Şekil 24. Almus İlçesi Hayvan Varlığı (Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2019 Kasım Ayı Verileri)

Yerleşim yerlerine işlenen güncel hayvan sayısı verileri CBS içindeki uzaysal analiz modülünün ters mesafe ağırlık yöntemi kullanılarak raster hayvancılık haritalarına

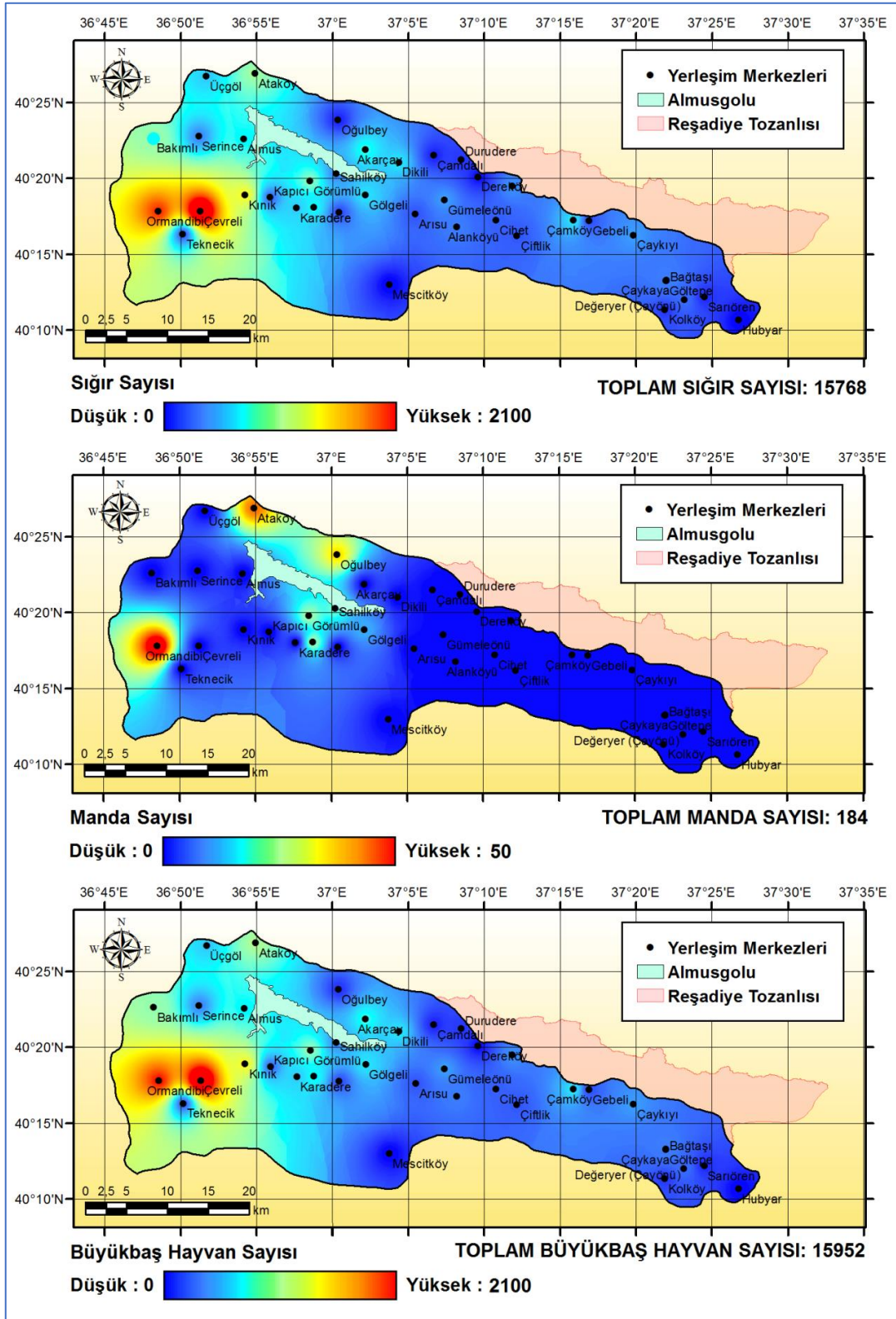
dönüştürülmüştür. Almus ilçesi büyükbaş hayvan varlığının yerleşim merkezlerindeki dağılımını gösteren grafikler Şekil 25`de, elde edilen büyükbaş (sığır, manda, toplam büyükbaş) haritaları Şekil 26`da verilmiştir. Şekil 25 ve 26 incelendiğinde; Almus ilçesinde sığır yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri Çevreli (2100), Ormandibi (1600) ve Kınık`tır (1070). Bu yerleşim merkezleri Almus ilçe merkezine yakın konumdadır. Bu yerleşimleri sırasıyla Ataköy (774), Bakımlı (750), Görümlü (720), Akarçay (590), Almus Merkez (550), Babaköyü (550), Dikili (510), Çamköy (510) ve Gölgeli (500) izlemektedir (Şekil 25-26). Geriye kalan yerleşimlerde sığır sayısı 500 başın altına düşmekte, Hubyar ve Mescit yerleşimlerinde ise sığır yetiştiriciliği bulunmamaktadır. Manda yetiştiriciliği ise sırasıyla Ormandibi (50), Ataköy (37), Oğulbey (30), Babaköyü (20), Görümlü (20), Sahilköy (17) ve Gölgeli (10) yerleşimlerinde yapılmakta olup geriye kalan yerleşimlerde bulunmamaktadır.

Almus ilçesi küçükbaş hayvan varlığının yerleşim merkezlerindeki dağılımını gösteren grafikler Şekil 27`de, elde edilen küçükbaş (koyun, keçi, toplam küçükbaş) haritaları ise Şekil 28`de verilmiştir. Söz konusu şekiller incelendiğinde; Almus ilçesinde koyun yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri Çevreli (3950), Ormandibi (2400), Almus Merkez (1900), Ataköy (1282), Akarçay (1250) ve Bakımlı`dır (1000). Bu yerleşimleri sırasıyla Kınık (900), Üçgöl (700), Babaköyü (550), Dikili (540), Görümlü (350), Sahilköy (300), Teknecik (250), Cihet (150), Oğulbey (150), Kızılelma (130), Kolköy (130), Serince (130), Gölgeli (120), Alanköyü (76), Durudere (70), Arısu (67), Çamdalı (55), Bağtaş (50) ve Karadere (50) izlemektedir. Geriye kalan yerleşimlerde ise koyun yetiştiriciliği yapılmamaktadır. Keçi yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı yerleşim merkezleri ise sırasıyla Bakımlı (700), Akarçay (250), Üçgöl (150), Almus Merkez (130) ve Çamköy`dür (100). Bunları Kınık (66), Oğulbey (60), Ormandibi (50), Karadere (50), Dikili (35), Babaköyü (30), Kızılelma (30), Teknecik (20), Durudere (20), Çamdalı (20), Ataköy (15), Sahilköy (15) ve Kolköy (15) yerleşim merkezleri izlemektedir. Geriye kalan yerleşimlerde keçi yetiştiriciliği yapılmamaktadır.

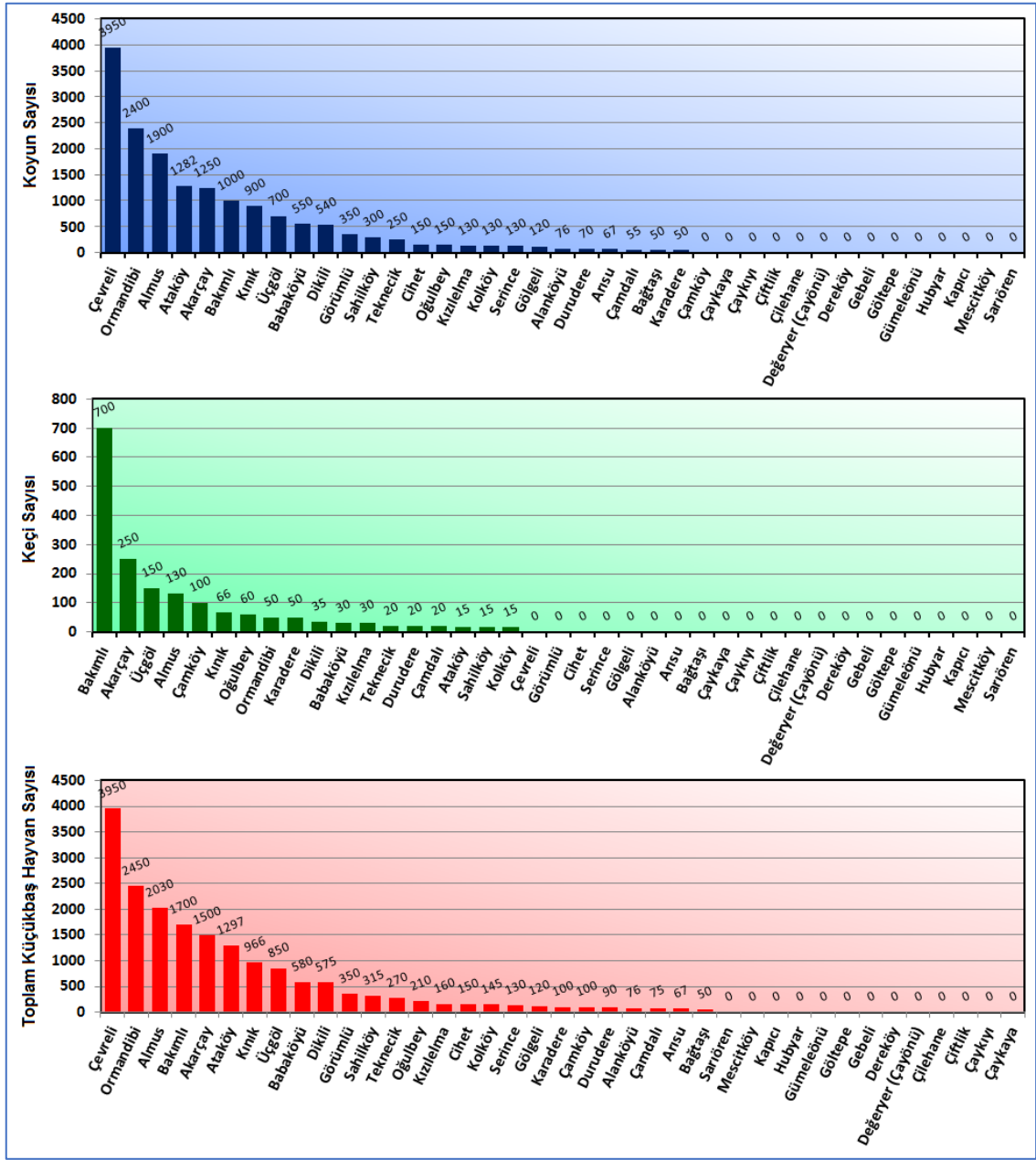
Almus`ta toplam 11049 kümes hayvanı mevcuttur. Kümes hayvanları ilçe içinde çok düzensiz dağıldığı için yerleşim bazında detay bilgileri temin edilememiştir.



Şekil 25. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Almus Yerleşim Merkezlerindeki Dağılımı

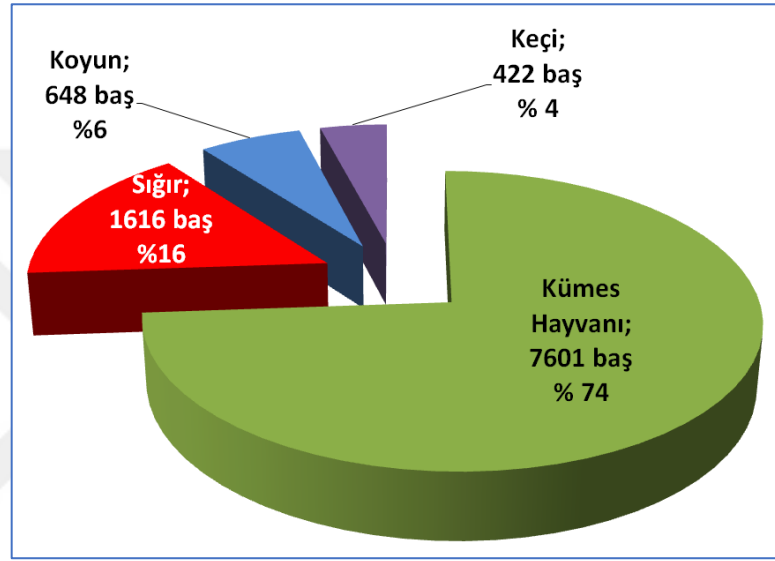


Şekil 26. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Almus İlçesi'ndeki Uzaysal Dağılım Haritaları



Şekil 27. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Almus Yerleşim Merkezlerindeki Dağılımı

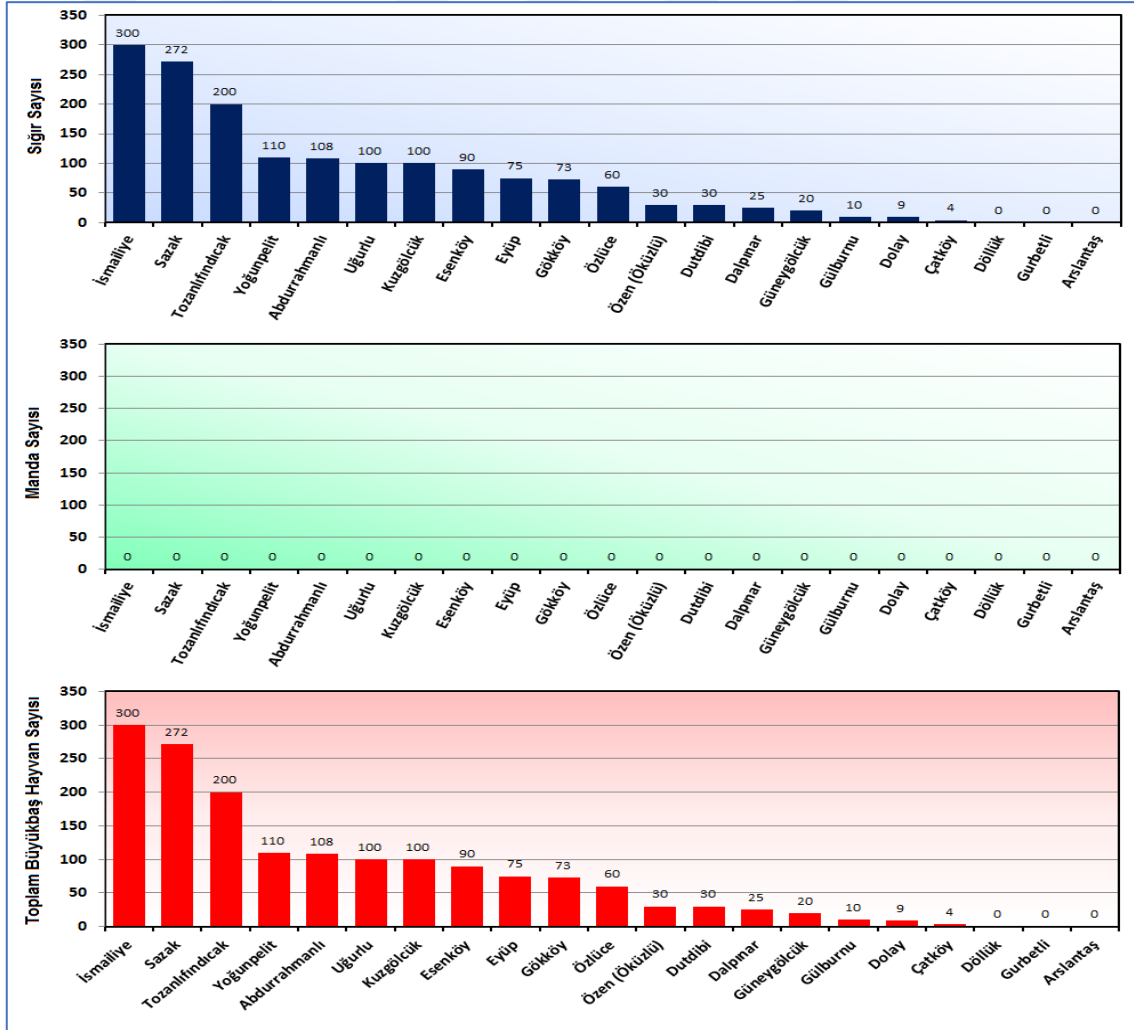
Reşadiye-Tozanlısı'nda sığır, koyun, keçi ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapılmakta buna karşın manda yetiştiriciliği bulunmamaktadır. Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan 2019 en son güncel verilerine göre, Reşadiye-Tozanlısı sınırları içinde kalan yerleşim yerlerinde toplam olarak 16016 büyükbaş ve 1070 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca toplam 7601 kümes hayvanı mevcuttur. Reşadiye-Tozanlısı toplam hayvan varlığı Şekil 29'da özetlenmiştir.



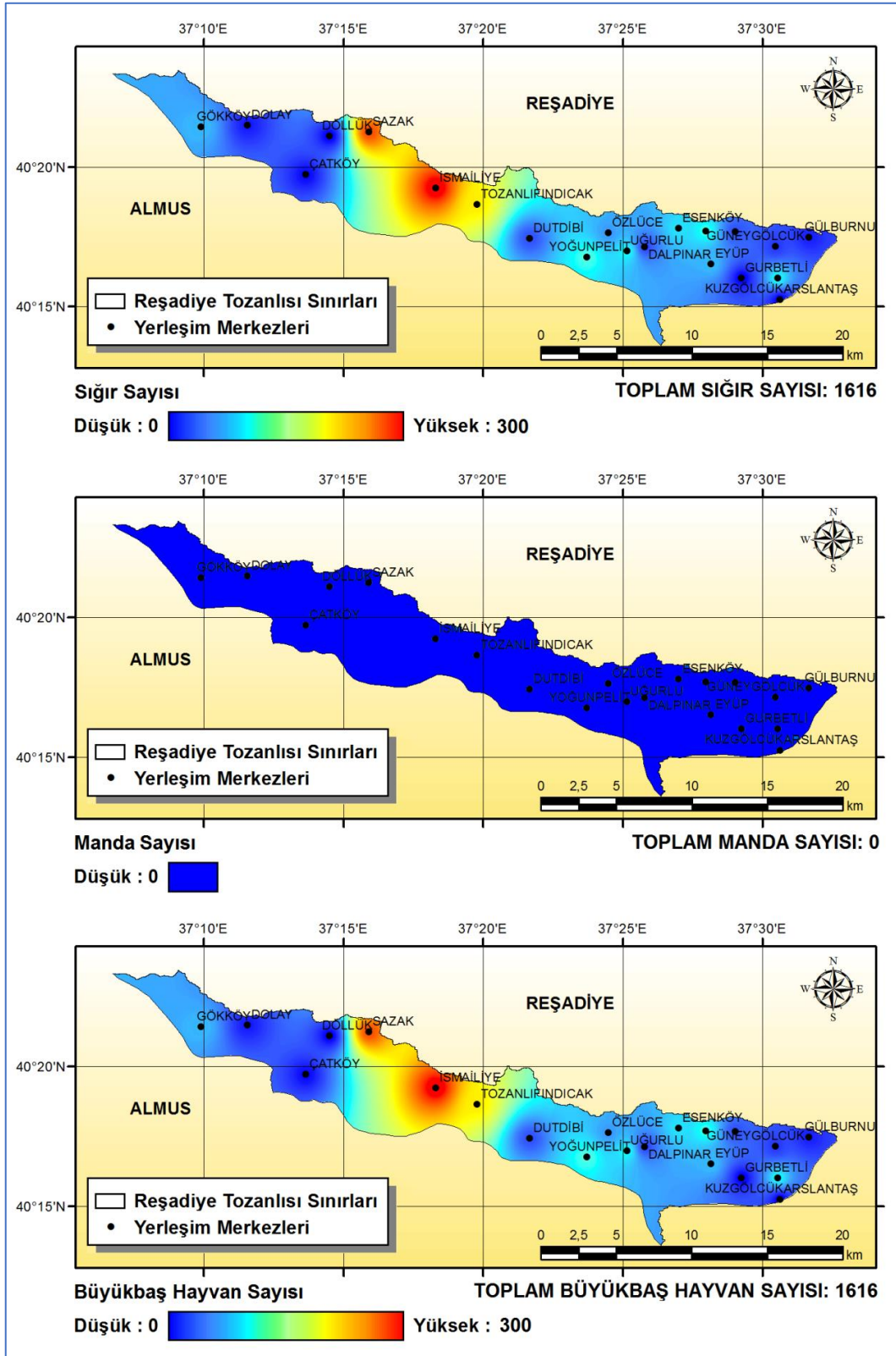
Şekil 29. Reşadiye-Tozanlısı Hayvan Varlığı (Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2019 Kasım Verileri)

Reşadiye-Tozanlısı büyükbaş hayvan varlığının yerleşim merkezlerindeki dağılımını gösteren grafikler Şekil 30'da, elde edilen büyükbaş (sığır, manda, toplam büyükbaş) haritaları Şekil 31'de verilmiştir. Şekil 30 ve 31 incelendiğinde; Reşadiye-Tozanlısı'nda Manda yetiştiriciliği yapılmadığı görülmektedir. Reşadiye-Tozanlısı'nda sığır yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri ise İsmailiye (300), Sazak (272), Tozanlıfındıcak (200), Yoğunpelit (110), Abdurrahmanlı (108), Uğurlu (100) ve Kuzgölcük'tür (100). Bu yerleşimleri sırasıyla Esenköy (90), Eyüp (75), Gökköy (73), Özlüce (60), Özen (30), Dutdibi (30), Dalpınar (25) Güneygölcük (20), Gülburnu (10), Dolay (9) ve Çatköy (4) izlemektedir. Geriye kalan Döllük, Gurbetli, Arslantaş yerleşimlerinde ise sığır yetiştiriciliği bulunmamaktadır.

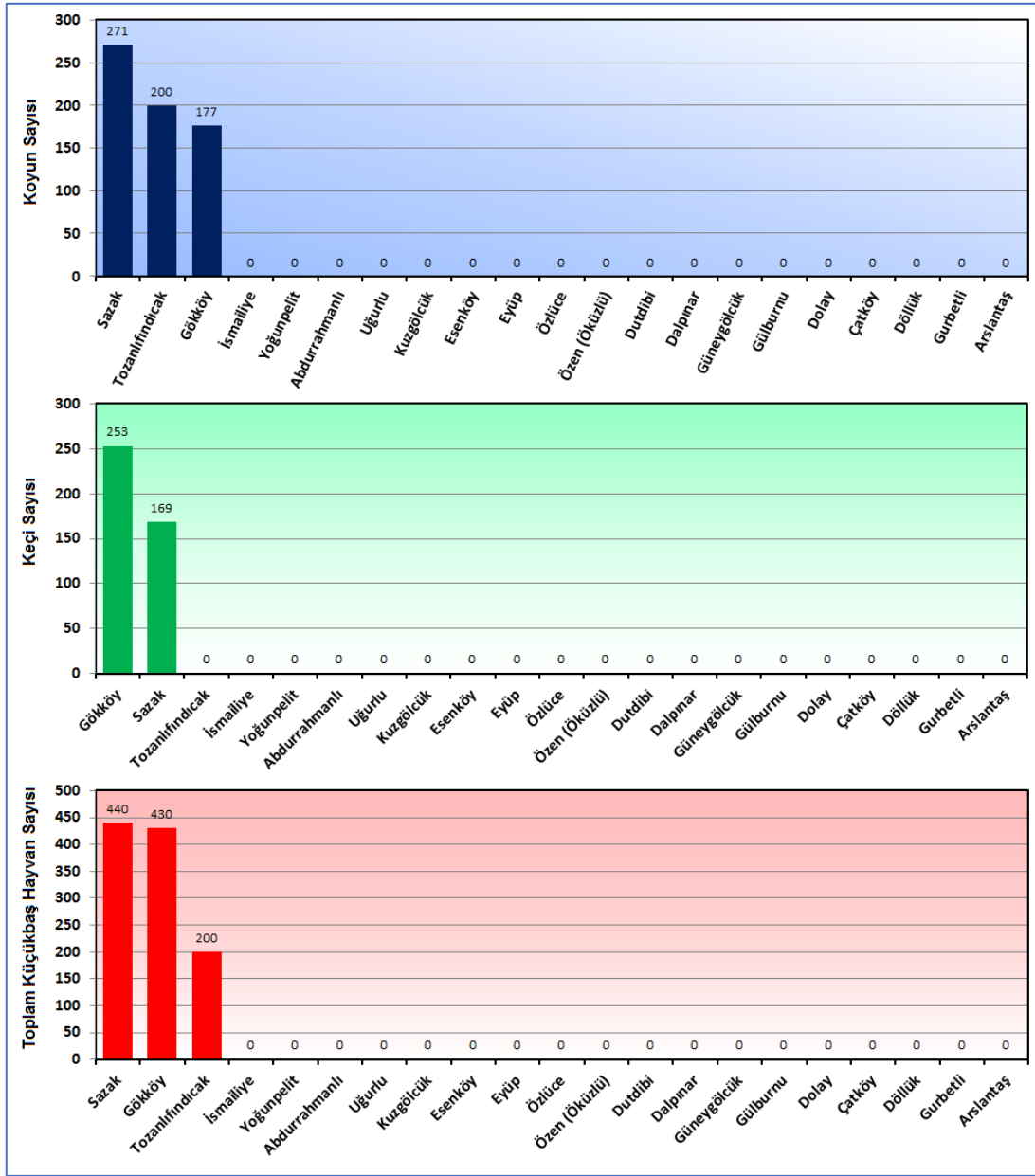
Reşadiye-Tozanlısı küçükbaş hayvan varlığının yerleşim merkezlerindeki dağılımını gösteren grafikler Şekil 32’de, elde edilen küçükbaş (koyun, keçi, toplam küçükbaş) haritaları ise Şekil 33’de verilmiştir. Söz konusu şekiller incelendiğinde; Reşadiye-Tozanlısı’nda koyun yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri Sazak (271) , Tozanlıfındıcak (200) ve Gökköy’dür (177). Bu yerleşimler dışında koyun yetiştiriciliği yapılmamaktadır. Keçi yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı yerleşim merkezleri ise sırasıyla Gökköy (255) ve Sazak’tır (169). Bu yerleşimler dışında keçi yetiştiriciliği yapılmamaktadır. Reşadiye Tozanlısı’nda toplam 7601 kümes hayvanı mevcuttur. Kümes hayvanları alanda çok düzensiz dağıldığı için yerleşim bazında detay bilgileri temin edilememiştir.



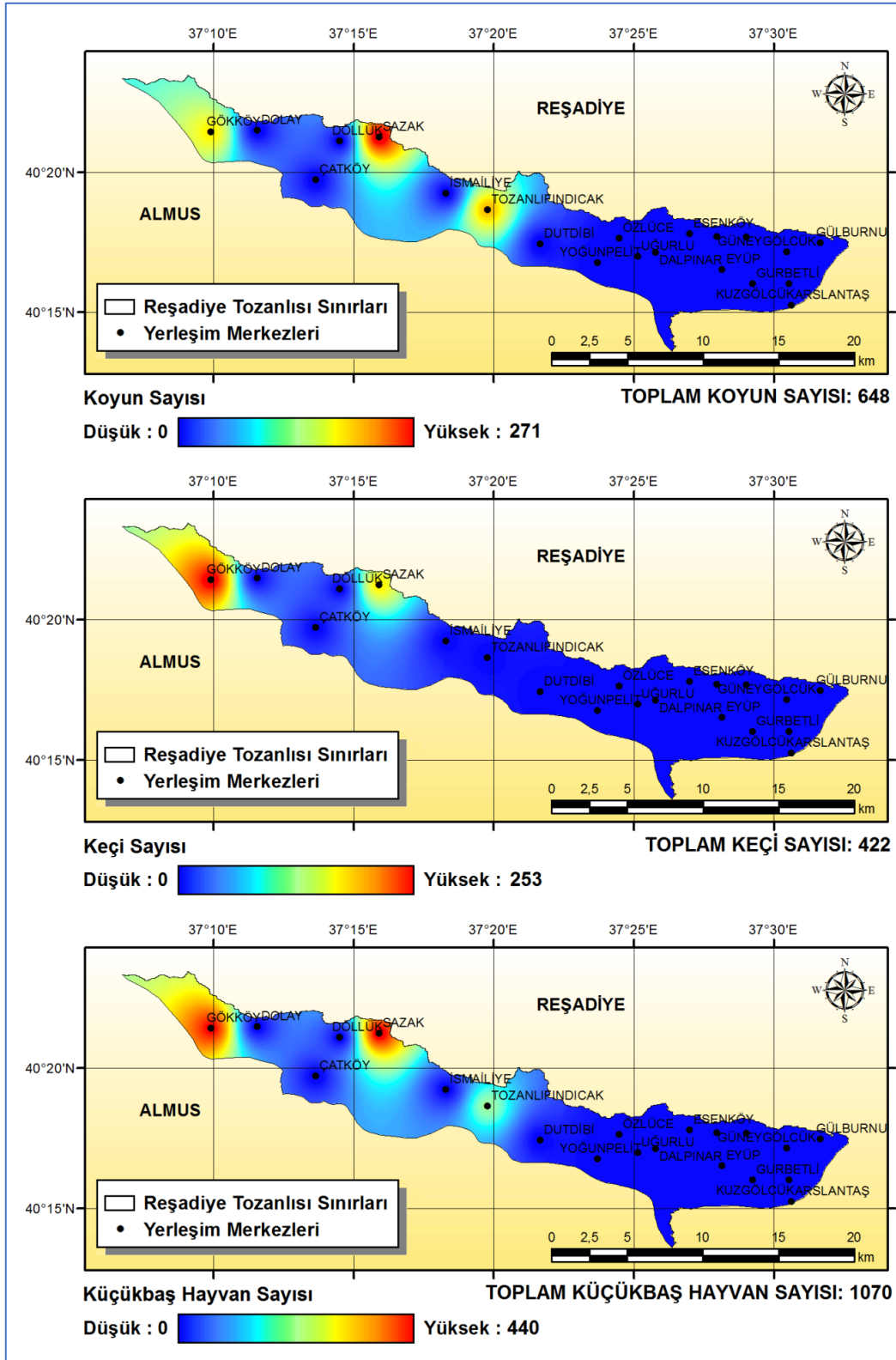
Şekil 30. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı Yerleşim Merkezlerindeki Dağılımı



Şekil 31. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlı'sındaki Uzaysal Dağılım Haritaları



Şekil 32. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlısı Yerleşim Merkezlerindeki Dağılımı



Şekil 33. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Reşadiye-Tozanlı'sındaki Uzaysal Dağılım Haritaları

4.6. NP Yüğü ve Kirliliği Modeli

Küresel iklim değişikliği felaketini yaşadığımız günümüzde, su havzalarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı en önemli gündem maddesidir. Su kalitesini etkileyen ve çeşitli faaliyetlerde ortaya çıkan kirletici kaynaklar, noktasal veya yaygın (yayılıcı) karakterdedir. Tehlikeli atık döküntüleri, yeraltı depolama tankları, kimyasal stoklar, maden atık havuzları ve septik tanklar gibi çeşitli kaynaklardan gelen evsel ve endüstriyel atık su deşarjları noktasal kirletici kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan, tarımsal faaliyetler (sulama, drenaj, yüzeý akışı, erozyon, pestisit uygulaması ve gübreleme), şehirlerde yüzeysel akışlar, inşaat endüstrisi madenciliği-ormancılık faaliyetleri, yollara uygulanan tuzlama çalışmaları, atmosferik sedimantasyon, hayvancılık faaliyetleri ve hidrolojik modifikasyon çalışmaları (boru hatları, yer altı suyunun aşırı pompalanması, siltasyon) yaygın kirletici kaynaklar olarak kabul edilmektedir (Ritter ve Shirmohammadi, 2000; Novotny, 2002; Tavřan, 2008). Yaygın kirlilik, ısıtma ve endüstriyel üretim gibi faktörler nedeniyle kentsel ve kırsal alanlardaki arazi kullanım faaliyetlerinden ve atmosferdeki kirletici emisyonlardan kaynaklanmaktadır. Yaygın kaynaklar, geniş ekonomik, çevresel ve insan sağlığı hasarlarına neden olmaktadır ve bu zararlar somut örneklerle açıkça görölmektedir. Dünyadaki en yaygın su kalitesi sorunları, tarımsal faaliyetler (kuru tarım, sulu tarım ve hayvancılık), madencilik, ormancılık ve kentleşme gibi arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (Duda, 1993).

Yaygın kirlilik, iklim koşullarına (yağmur ve kar erimesi), coğrafi ve jeolojik koşullara bağlı olarak aralıklı olarak alıcı ortama ulaşır. Bu tür kirlilik, havza veya alt havzalara çeşitli ortamlarda (hava, su, toprak) karmaşık taşıma ve dönüşüm reaksiyonları yoluyla da ulaşır (Özalp, 2009). Yaygın kirlenmenin büyüklüğü ve etkileri bireysel olarak değerlendirildiğinde önemsiz olabilir, ancak kolektif etkileri göz önüne alındığında önemli çevresel tehlikelere neden olabilir (Grant ve ark., 2000; Loague ve Corwin 2005; Tavşan, 2008). Sonuç olarak, yüzeysel sulara ulaşan farklı arazi kullanımı / örtüsü alanlarından yayılan besin kayıpları riskindeki uzaysal dağılımı tahmin eden kombine kritik kaynak alanı ve akış birikim modelleri, bu çevre sorununu anlama ve çözmede büyük önem kazanmıştır (Heathwaite et al., 2005; Krause ve ark., 2008; Dunn ve ark., 2012).

Arazi kullanımı / örtüsünden kaynaklanan kirlilik kaynakları arasında yaygın kirletici kaynakları en zararlı gruptur. Bu grupta, aynı zamanda besin özelliklerine sahip olan Azot (N) ve Fosfor (P) özel bir öneme sahiptir. Çünkü su ve toprağa sızarak kirlenmeye neden olurlar ve sulak alanlarda ötrofikasyona neden olarak balık ve bitki popülasyonlarının kaybolmasını tetiklerler. Bu bağlamda, azot (N) ve fosforun (P) göllere ve havzalara taşınımının modellenmesi, yaygın kirleticilerin yönetiminde geçerli model geliştirmek için önemlidir (Campbell ve ark. 2005; Heathwaite ve ark. 2005).

Günümüzde pek çok nehir havzası doğa ve antropojenik faktörlerin baskısı altındadır. Su kaynakları üzerindeki antropojenik etkinin artması, olumsuz doğal olayların ve işlemlerin artmasına neden olmaktadır (Karaer ve Küçükballı, 2006; Korchemlyuk ve Arkhypova, 2015). Ötrofikasyon ile ilgili çeşitli çalışmalar, kirlilik nedeniyle yüzey sularının kötüleştiğini göstermektedir (Bukit, 1995; Ekholm ve ark., 2000; Droic ve Zagorc, 2002; Nazarov ve Cook, 2007). Son yıllarda, Türkiye'nin su kaynaklarındaki kirlilik miktarında da gözle görülür bir artış gözlenmiştir. Sanayileşme, artan kentleşme, tarım arazilerinde uygun olmayan pestisit ve gübre uygulamaları ve evsel-endüstriyel atık suların arıtma uygulamaları olmadan su kaynaklarına drenajı gibi arazi kullanımıyla ilgili olumsuz çevresel gelişmeler, hem yüzey hem de yeraltı su kaynaklarının hızlı kirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının izlenmesine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

Bu başlık altındaki çalışmaların amacı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak önemli yayılı kirleticilerin (Azot ve Fosfor) yüklerini Almus ilçesi için tahmin ederek haritalamaktır. Bu amaçla, Almus ilçesinin güncel arazi kullanım sınıflarını içeren sayısal haritası; 2019 yılına ait LANDSAT-8 OLI arşiv görüntüleri, CORINE-2018'den (COPERNICUS, 2019) üretilen bir vektör (poligon) harita ve arazi çalışmalarına dayalı noktasal verilerden faydalanılarak CBS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 1.1). Arazi kullanım sınıflarının kapladığı alanlar belirlendikten sonra, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre Enstitüsü ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından önerilen birim yük değerleri ($\text{kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) (Çizelge 1.1) esas alınarak arazi kullanımından kaynaklanan Azot ve Fosfor yayılı kirleticileri modellenerek haritalanmıştır. TÜBİTAK-MAM'nin (2010) Yeşilirmak Havzası için önerdiği miktarlar. Yayılı kaynaklarda fosforun %5'i azotun %15'i, evsel atık suyun

kanalizasyonlu noktasal karakteri de göz önüne alınarak her iki besleyici elementin tamamının alıcı su ortamına ulaştığı varsayılmıştır.

Çizelge 12. Yayılı ve Karışık Kaynaklara Göre Toplam Azot ve Fosfor Yükleri (Dahl ve Kurtar, 1993; ÖEJV, 1993; TÜBİTAK MAM, 2010; ÇŞB, 2016)

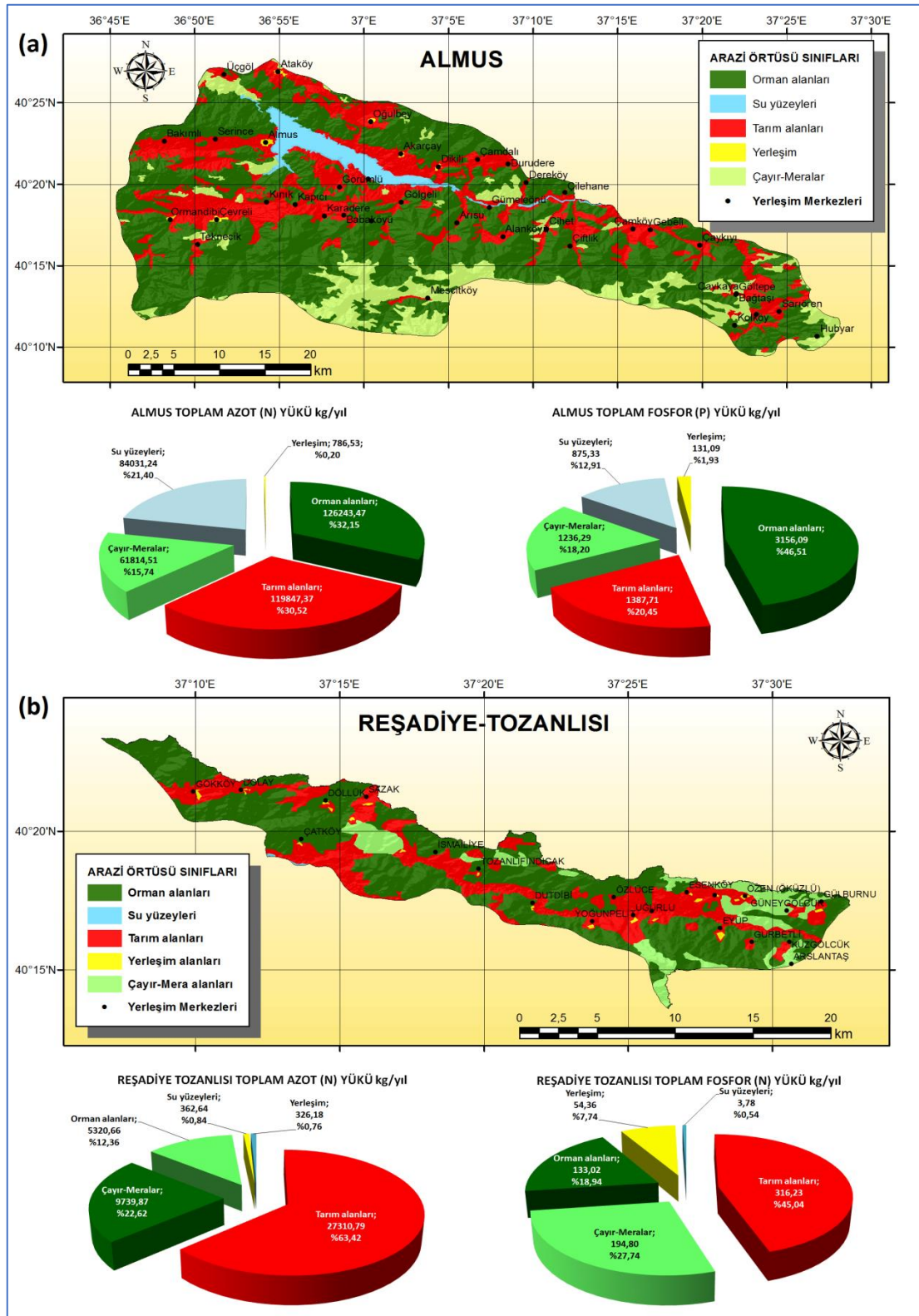
	Kaynak Tipi	Birim	Çarpım Katsayısı
YAYILI YÜKLER	Tarım alanları (Kırsal Alan)	kg/ha.yıl	N *9.5
	ha	kg/ha.yıl	P *0.11
	Orman alanları	kg/ha.yıl	N *2.00
	ha	kg/ha.yıl	P *0.05
	Çayır/meralar	kg/ha.yıl	N*5
	ha	kg/ha.yıl	P*0.1
	Yerleşim (kentsel) alanları	kg/ha.yıl	N *3.00
	ha.	kg/ha.yıl	P *0.5
	Atmosfer'den (yağış) gelen	g/m ² .yıl	N *2.4
	su yüzeyi	kg/ha.yıl	N*24.0
	ha	g/m ² .yıl	P *0.025
		kg/ha.yıl	P*0,25
KARIŞIK YÜKLER (NOKTASAL + YAYILI)	Gübre Kullanımı	kg/ha.yıl	N *7.0
	ha	kg/ha.yıl	P *1.2
	Büyükbaş hayvancılık	kg.hayvan.yıl	N *55
	adet	kg.hayvan.yıl	P *18
	Küçükbaş hayvancılık	kg.hayvan.yıl	N *7
	adet	kg.hayvan.yıl	P *1
	Kümes hayvancılığı	kg.hayvan.yıl	N *0.4
	adet	kg.hayvan.yıl	P *0.2
	Evsel atıksu	g/kişi/gün	N *3.28
	nüfus (kişi sayısı)	kg/yıl	N *1,1972
		g/kişi/gün	P *0.92
		kg/yıl	P *0,3358

4.6.1. Arazi Kullanımı / Örtüsünden Kaynaklanan Kirlilik

Almus Baraj Gölü ve kirliliğini besleyen bir konumda olduğundan Reşadiye Tozanlısı havzalarının güncel CORINE Seviye 1 sınıfları (Şekil 1.2 ve Şekil 1.10) sayısal haritaları ve CBS uzaysal analiz metotları kullanılarak her bir arazi kullanımı / örtüsünün kapladığı alan ha olarak belirlenmiştir. Bu şekilde belirlenen alanlar (ha) ve Çizelge 1.14'deki Azot ve Fosfor yükü birim değerleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımından kaynaklanan yayılı kirlilik yükleri her iki havza için ayrı ayrı belirlenmiş (Çizelge 1.15) ve haritalanmıştır (Şekil 1.42). Almus ilçesinde toplam 88362,33 ha'lık bir alan üzerinden değerlendirme yapılmıştır, su yüzeyleri (3501,30 ha) atmosferden gelen yükler kısmında değerlendirildiğinden ve Doğal Bitki Örtüsü ile Tarım alanları da değerlendirme dışında tutulduğundan bu sınıflar Çizelge 1.15'de hesaba katılmamıştır. Dikkat edilirse Çizelge 1.15'de hariç tutulan alanlar (3501,30 ha + 11387,15 ha = 14888,45 ha) değerlendirme yapılan alana (88362,33 ha) eklendiğinde Almus ilçesi toplam yüzölçümüne (103250,78 ha) ulaşılmaktadır. Reşadiye-Tozanlısı arazi örtüsü/kullanımından kaynaklanan yayılı kirlilik yükleri ise Çizelge 1.15'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 13. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Arazi Örtüsü/Kullanımından Kaynaklanan Yayılı Kirlilik (N ve P) Yükleri

CORINE Seviye-1		ALAN	N Katsayı	P katsayı	N yükü	P Yükü
Arazi örtüsü Sınıfları		ha	kg/yıl/ha	kg/yıl/ha	kg/yıl	kg/yıl
ALMUS	Tarım alanları	12615,51	9,5	0,11	119847	1388
	Orman alanları	63121,73	2	0,05	126243	3156
	Çayır-Meralar	12362,90	5	0,1	61815	1236
	Yerleşim	262,18	3	0,5	787	131
	TOPLAM				308692	5911
REŞADİYE-TOZANLISI	Tarım alanları	2874,82	9,5	0,11	27311	316
	Orman alanları	2660,33	2	0,05	5321	133
	Çayır-Meralar	1947,97	5	0,1	9740	195
	Yerleşim	108,73	3	0,5	326	54
	TOPLAM				42697	698
GENEL TOPLAM					351389	6609



Şekil 34. (a) Almus ve (b) Reşadiye-Tozanlısı Arazi Örtüsü/Kullanımından Kaynaklanan Yayılı Kirlilik (N ve P) Yükleri Haritaları

4.6.2. Atmosferden Kaynaklanan Kirlilik

Atmosferden gelen kirlilik (N ve P) yükleri, Atmosfer`den (yağışla) gelen yükler olup ele alınan havzadaki toplam su yüzeyi alanının (ha) Çizelge 1.14`deki Azot ve Fosfor yükü birim değerleri kullanılarak her iki havza için ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 1.16). CBS Uzaysal analizi ile Almus ilçesinde toplam 12615,51 ha ve Reşadiye-Tozanlısı`nda toplam 15,11 ha su yüzeyi tespit edilmiş olup bu değerler Çizelge 1.14`deki N ve P birim yük değerleri ile çarpıldığında N ve P yıllık yükleri kg/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 14. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Atmosferden Kaynaklanan Yayılı Kirlilik (N ve P) Yükleri

CORINE Seviye-1 Arazi örtüsü Sınıfları	ALAN ha	N Katsayı kg/yıl/ha	P katsayı kg/yıl/ha	N yükü kg/yıl	P Yükü kg/yıl
Su yüzeyleri Almus Tozanlısı	3501,30	24	0,25	84031	875
Su yüzeyleri Reşadiye Tozanlısı	15,11	24	0,25	363	4
TOPLAM				84394	879

4.6.3. Tarım Alanlarından Kaynaklanan Kirlilik

Karışık yükler (noktasal ve yayılı) olarak Tarım alanlarından gelen kirlilik (N ve P) yükleri tarım alanlarından gelen yükler olup ele alınan havzadaki toplam tarım alanı (ha) ve Çizelge 1.14`deki Azot ve Fosfor yükü birim değerleri kullanılarak her iki havza için ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 1.17). CBS Uzaysal analizi ile Almus ilçesinde toplam 12615,51 ha ve Reşadiye-Tozanlısı`nda toplam 2874,82 ha tarım alanı tespit edilmiş olup bu değerler Çizelge 1.14`deki N ve P birim yük değerleri ile çarpıldığında N ve P yıllık yükleri kg/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 15. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Tarım Alanlarından Kaynaklanan Yayılı Kirlilik (N ve P) Yükleri

CORINE Seviye-1 Arazi örtüsü Sınıfları		ALAN ha	N Katsayı kg/yıl/ha	P katsayı kg/yıl/ha	N yükü kg/yıl	P Yükü kg/yıl
	Tarım Alanları Almus	12615,51	7	1,2	88309	15139
	Tarım Alanları Reşadiye	2874,82	7	1,2	20124	3450
TOPLAM					108433	18589

4.6.4. Hayvancılık ve Nüfustan Kaynaklanan Kirlilik

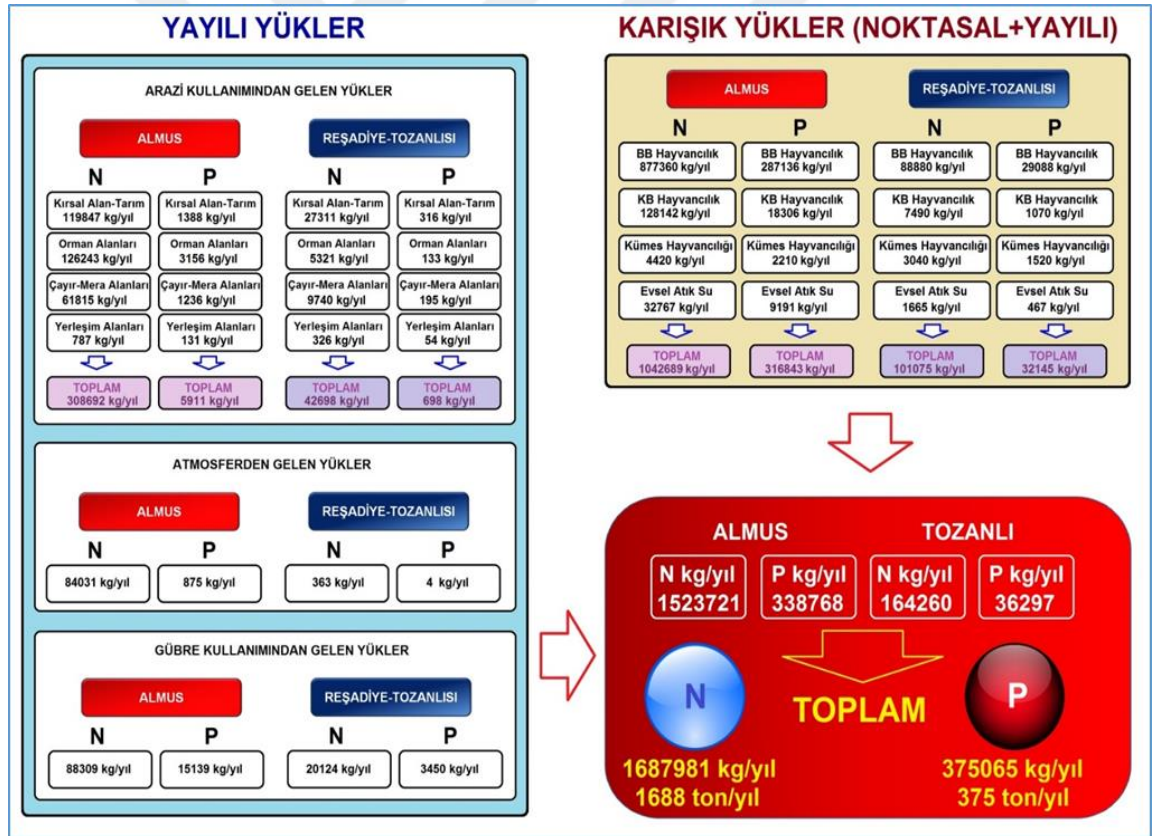
Karışık yükler (noktasal ve yayılı) olarak hayvancılık ve nüfustan gelen kirlilik (N ve P) yükleri çalışma alanında yaşayan hayvanlardan ve insanlardan kaynaklanan gelen yükler olup ele alınan havzadaki toplam hayvan ve insan sayıları ile Çizelge 1.14'deki Azot ve Fosfor yükü birim değerleri kullanılarak her iki havza için ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 1.18).

Çizelge 16. Almus İlçesi ve Reşadiye-Tozanlısı Hayvancılık ve Nüfustan Kaynaklanan Yayılı Kirlilik (N ve P) Yükleri

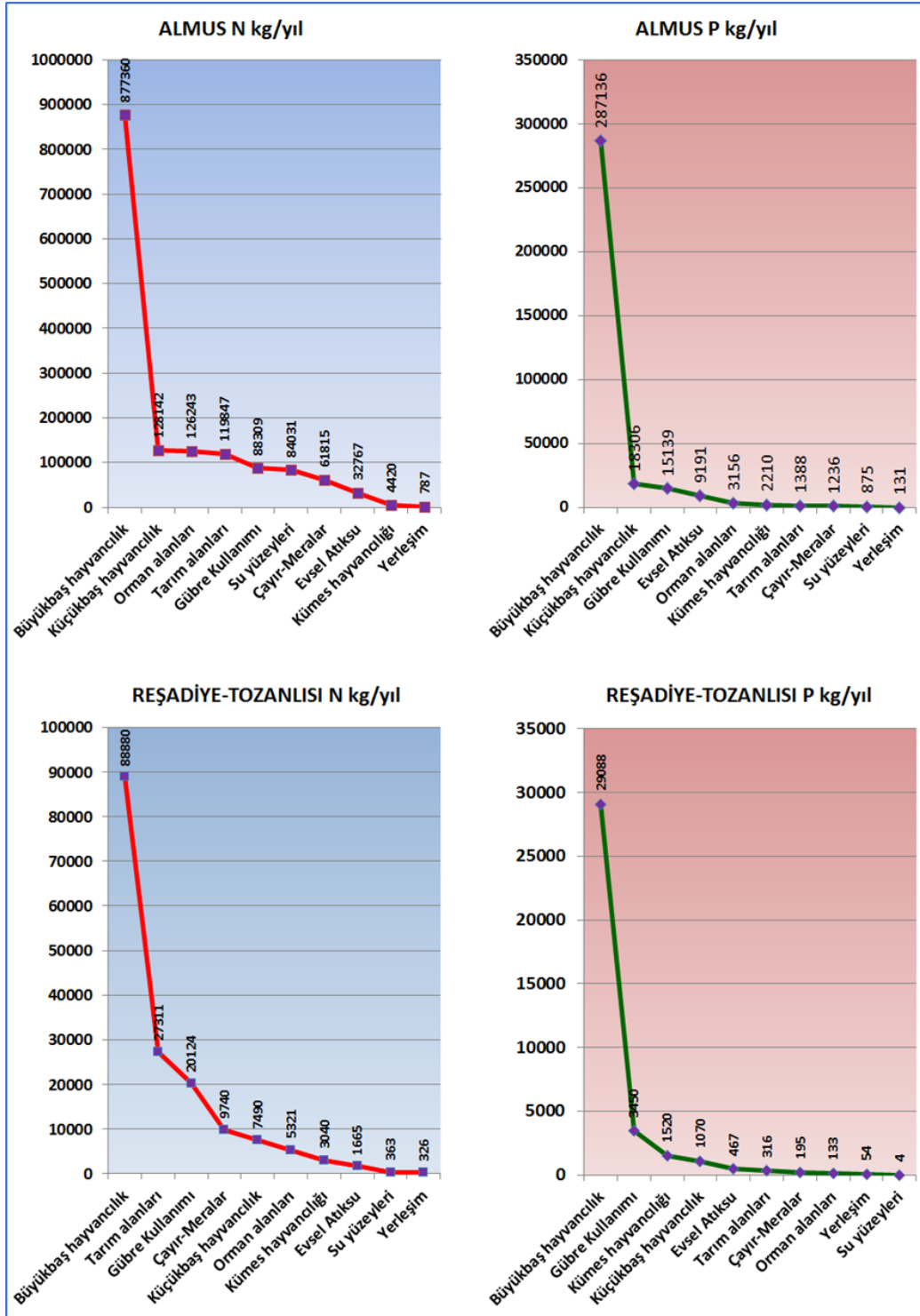
CORINE Seviye-1 Arazi örtüsü Sınıfları		ALAN ha	N Katsayı kg/yıl/ha	P katsayı kg/yıl/ha	N yükü kg/yıl	P Yükü kg/yıl
ALMUS	Büyükbaş hayvancılık	15952	55	18	877360	287136
	Küçükbaş hayvancılık	18306	7	1	128142	18306
	Kümes hayvancılığı	11049	0,4	0,2	4420	2210
	Evsel Atıksu	27370	1,1972	0,3358	32767	9191
	TOPLAM				1042689	316843
REŞADİYE- TOZANLISI	Büyükbaş hayvancılık	1616	55	18	88880	29088
	Küçükbaş hayvancılık	1070	7	1	7490	1070
	Kümes hayvancılığı	7601	0,4	0,2	3040	1520
	Evsel Atıksu	1391	1,1972	0,3358	1665	467
	TOPLAM				101076	32145
GENEL TOPLAM					1143765	348988

4.6.5. Havzanın Toplam Kirlilik Bütçesi

Farklı kaynaklardan (yayılı ve karışık) gelen N ve P yükleri son aşamada bir araya getirilerek toplam kirlilik bütçesi oluşturulmuştur (Şekil 35). Buna göre 2019 yılında baraj gölüne ulaşan toplam kirlilik N için 1688 ton/yıl ve P için 375 ton/yıl olarak hesap edilmiştir. Toplam 1688 ton/yıl N yükünün 1524 ton/yılı Almus Baraj Gölü Havzası'ndan 164 ton/yılı Reşadiye-Tozanlısı Havzası'ndan gelmektedir. Toplam 375 ton ton/yıl P yükünün ise 339 ton/yılı Almus Baraj Gölü Havzası'ndan 36 ton/yılı Reşadiye-Tozanlısı Havzası'ndan gelmektedir. Kirlilik bütçesinden, bu yüklerin hangi kaynaklardan ne miktarda geldiği takip edilebilir (Şekil 1.43). Buna göre Almus ve Reşadiye-Tozanlısı'nda en fazla yayılı kirlilik N ve P için büyükbaş hayvancılıktan gelmektedir (Şekil 1.44).



Şekil 35. Almus Baraj Gölü Havzasında arazi kullanıma bağlı NP yük dağılımı



Şekil 36. Almus Baraj Gölü havzasında NP yüklerinin kaynak sırası

4.6.6. Gölde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve NP Yüğü

Almus İlçe Tarım Müdürlüğünden alınan verilere göre gölde su ürünleri yetiştiriciliği mevzuat gereği toplam göl yüzey alanının % 3'ü olan 95.7 hektara izin verilebilmekle birlikte 20 hektarlık alanda; işletme kapasiteleri 25 ton/yıl - 500 ton/yıl aralığında 28'i aktif 30 adet alabalık yetiştiriciliği işletmesi bulunmaktadır. 30 adet işletmenin toplam üretim kapasitesi 5.655 ton/yıl' dır. Toplam kafes sayısı (12'lik, 16'lık ve 20'lik) 300 adettir. Ülkemiz iç su balık üretiminin % 4,5'i Almus Baraj Gölünde gerçekleşmektedir ve İl sıralamasında Tokat 5. sırada yer almaktadır (TÜİK,2020).

Çizelge 17. Yıllar bazında Almus Baraj Gölü Alabalık Üretim Miktarları ve Teşvikler

YILLAR	Toplam Proje Kapasitesi (kg/yıl)	Toplam Üretim Kapasitesi (kg/yıl)	Toplam Üretim Miktarı (kg/yıl)	Toplam Destek Miktarı (TL)
2021	6.130.000	5.655.000	3.849.958,81	5.097.305,30
2020	6.130.000	5.655.000	4.159.320,34	5.546.660,93
2019	6.130.000	5.655.000	3.730.732,50	4.105.268,63
2018	6.130.000	5.655.000	4.636.719,22	3.521.636,68
2017	6.130.000	5.655.000	4.574.096,50	3.147.725,88



Şekil 37. Almus Baraj Gölü Alabalık Üretim Tesislerinden görüntüler

Çizelge 18. Almus Baraj Gölü Su Ürünleri Yetiştiriciliği İşletmeleri ve Kapasiteleri

Sıra		İşletme Adı	Kafes Sayısı (adet)	Üretim Kapasitesi (ton/yıl)
1		Karaalioğlu Su Ürünleri	10	225
2		Uçar Su Ürünleri	4	25
3		Demir Su Ürünleri	3	25
4		Demiroğlu Su Ürünleri	3	29
5		Tokat Balıkçılık	20	500
6		Ersu Su Ürünleri	30	500
7		Gölada Balıkçılık	9	225
8		Kepenek Su Ürünleri	10	249
9		Gülaçar Alabalık	14	249
10		Gökkuşuğu Alabalık	7	25
11		Faruk Su Ürünleri	4	29
12		Zaralı Su Ürünleri	5	25
13		Eymen-2 Su Ürünleri	4	29
14		Esen Topçam Alabalık	6	25
15		Karagöl Alabalık Tesisi	14	249
16		Esen Su Ürünleri	8	225
17		Şehzade Su Ürünleri	14	300
18		Yaman Su Ürünleri	8	225
19		Yeşilirmak Su Ürünleri	8	25
20		Hanedan-2 Su Ürünleri	21	500
21		Gündoğan Su Ürünleri	5	25
22		Hanedan-1 Su Ürünleri	2	25
23		Görkem Su Ürünleri	2	25
24		Tokel(Ermiş) Balıkçılık	20	475
25		Ağ Kafes	24	500
26		Çarıkcıoğlu Su Ürünleri	3	29
27		Güvence-1 Su Ürünleri	5	25
28		Güvence-2 Su Ürünleri	12	448
29		Özbarutçu Su Ürünleri	22	390
30		Almus Botanik Park	3	29
		TOPLAM	300	5.655 (ton/yıl)

Çizelge 19. Almus Baraj Gölüne havzasından gelen besleyici element bütçesi (ton)

	GİREN YÜK (ton)			ÇIKAN YÜK
SUDA ÖLÇÜLEN	Tozanlı	Çevreli Banidere	Toplam	
TN	357 (0,5 mg/l)	87 (1,5 mg/l)	445	404
TP	17.87 (0,025 mg/l)	5.25 (0,09 mg/l)	23	61
CBS VE UA MODELİ				
TN *0,3			506	
TP *0.05			19	

Çizelge 19’da gösterildiği üzere model ile hesaplanan NP yükleri yakın değerlerde çıkmıştır. Havzadan suda ölçülen toplam azot yükü 445 ton iken modelden hesaplanan 506 ton, toplam fosfor yükü ise suda ölçülen 23 ton modelden hesaplanan 19 ton bulunmuştur. Havza arazi kullanımına bağlı azot yükünde hayvancılık 330 ton/yıl ile ilk sırayı alırken balıkçılık 330 ton/yıl ile ikinci sırayı almıştır. Toplam fosfor yükünde ise 66 ton/yıl ile balıkçılık ilk sırayı alırken 17 ton ile hayvancılık takip etmiştir. Almus Baraj Gölünde alabalık yetiştiriciliğinden gelen NP yükü aşağıda bildirilen literatürlere göre hesaplanmıştır;

Çizelge 20. Alabalık yetiştiriciliğinin azot ve fosfor yükü (kgNP/ton);

N yükü	P Yüğü	Kaynak
63 kg/ton	11 kg/ton	Dominguez ve ark., 1997
56-63 kg/ton yem	10-12 kg/ton	Aşır ve Pulatsü,2008
75-95 kg/ton yem	10-20 kg/ton	Enell ve Ackefors, 1991
132 kg/ton yem	25 kg/ton	Islam, 2005
66 (47-124) kg/ton yem	9.6 kg/ton	Syandri ve Mardiah, 2018
125 kg/ton	25 kg/ton	Koçer ve ark.,2013
160 kg/ton balık	35 kg/ton balık	Guo ve Li, 2003

Baraj gölleri havzalarının önemli su kaynakları olmasının yanında ve su ürünleri yetiştiriciliği içinde değerli alanlardır (Sun ve ark., 1999). Baraj gölleri ve göllerde su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı artış göstermesinden dolayı, su organizmaları ve su kalitesine olumsuz etkiler oluşturmuş (Zhou ve ark.,2011), su ortamı giderek daha da kullanılamaz duruma gelmiştir. (McDaniel ve ark. 2005). Su ürünleri yetiştiriciliği, göllerin ve baraj göllerinin bir parçası olmasına rağmen, yoğun kültür ve önemli ölçüde yem kullanan su ürünleri, besin elementi seviyelerini üst seviyelere çıkartarak ortamı

etkilemiş, su kolonu ve sedimentte kirlilik yükünü artırarak ötrofikasyona neden olabilmektedir (Garner, 2008).

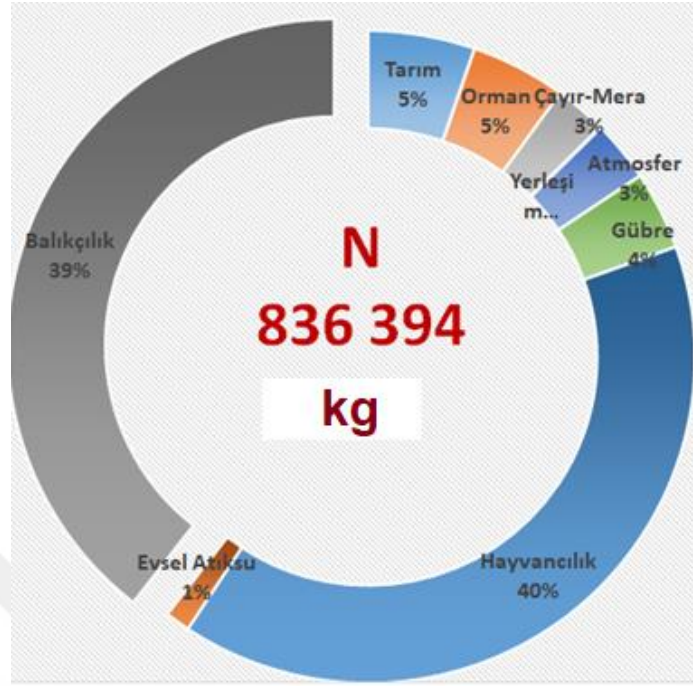
Çizelge 21. Almus için 1 ton balık yemi için 55 kg/ton N, 11 kg/ton P kabulü ile;

	YYO	Azot (kg)	Fosfor (kg)
4000 ton alabalık*	1	220 000	44 000
	1.5	330 000	66 000
	2	440 000	88 000
6000 ton alabalık**	1	330 000	66 000
	1.5	495 000	99 000
	2	660 000	132 000
*mevcut üretim kapasitesi, **proje kapasitesi			

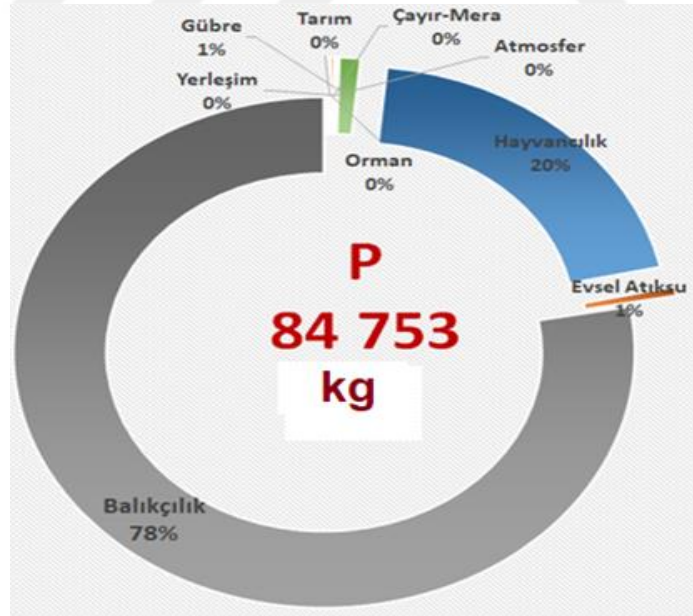
Mevcut durumda Almus Baraj Gölünde su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemden yararlanma oranı 2 civarındadır. Bu oranla birlikte göldeki kafes balıkçılığı fiilen 88 ton fosforu ve 440 ton azotu çevreye salmaktadır. Proje kapasitesine ulaşıldığında göl içerisinde çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesine bağlı olarak büyük sorunlara yol açabilir. Bir TÜBİTAK Projesi kapsamında göl tabanı sedimentteki biyolojik yapısı son derece olumsuz etkilenmiş, kimyasal yapı ise değişmeye başlamıştır.

Çizelge 22. Almus Baraj Gölü ve Havzasında Arazi kullanıma bağlı NP yükleri

	Azot (ton)	Fosfor (ton)
Tarım	44	0,09
Orman	39	0,16
Çayır-Mera	21	0,07
Yerleşim	03	0,01
Atmosfer	25	0,04
Gübre	32	0,93
Hayvancılık	333	16,97
Evsel atıksu	10	0,48
Balıkçılık	330	66,00
Toplam	836	85

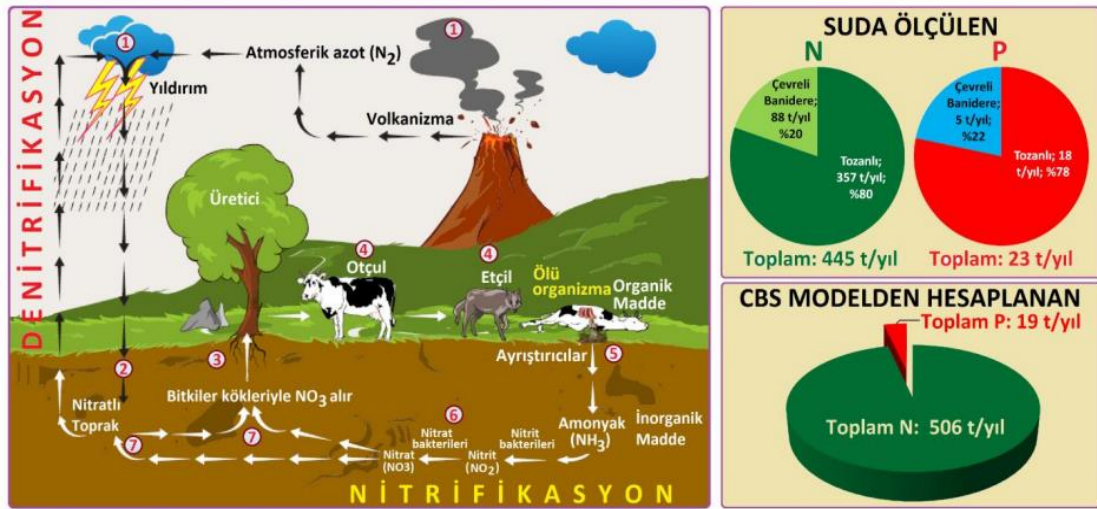


Şekil 38. Almus Baraj Gölü ve havzasında azot yükünün arazi kullanımına bağlı oransal dağılımı



Şekil 39. Almus Baraj Gölü ve havzasında fosfor yükünün arazi kullanımına bağlı oransal dağılımı

CBS ve UA modellerine göre göl havzası arazi kullanımı ile 1688 ton/yıl azot ve 375 ton/yıl fosfor yükü üretilmektedir. Modelle elde edilen değerin %30'u 506 ton /yıl N ve % 5'i 19 ton/yıl P göle teorik olarak ulaşmaktadır. Göl suyunda yapılan ölçümlerde ise 445 ton/yıl N ve 23 ton/yıl P hesaplanmıştır. Suda ölçülen ve modelle bulunan değerler birbirini destekler niteliktedir. Bu durum Almus Baraj Gölü için tehdit olarak değerlendirilmiştir.



SUDA ÖLÇÜLEN	GİREN YÜK (ton)			ÇIKAN YÜK
	Tozanlı	Çevreli Banidere	Toplam	
TN	357 (0,5 mg/l)	87 (1,5 mg/l)	445	404
TP	17.87 (0,025 mg/l)	5.25 (0,09 mg/l)	23	61
CBS VE UA MODELİ (suya ulaşan)				
TN *0.3	ÖTROFİKASYON TEHDİT			506
TP *0.05				19

Şekil 40. Almus Baraj Gölü ve havzasında NP yükünün arazi kullanımına bağlı oransal dağılımı.

Teorik göl arazi kullanım modeline göre ise azot yükünde hayvancılık 333 ton/yıl ile ilk sırayı alırken, balıkçılık 330 ton/yıl ile ikinci sırayı almıştır. Teorik olarak toplam fosfor yükünde ise 66 ton/yıl ile balıkçılık ilk sırayı alırken 17 ton ile hayvancılık takip

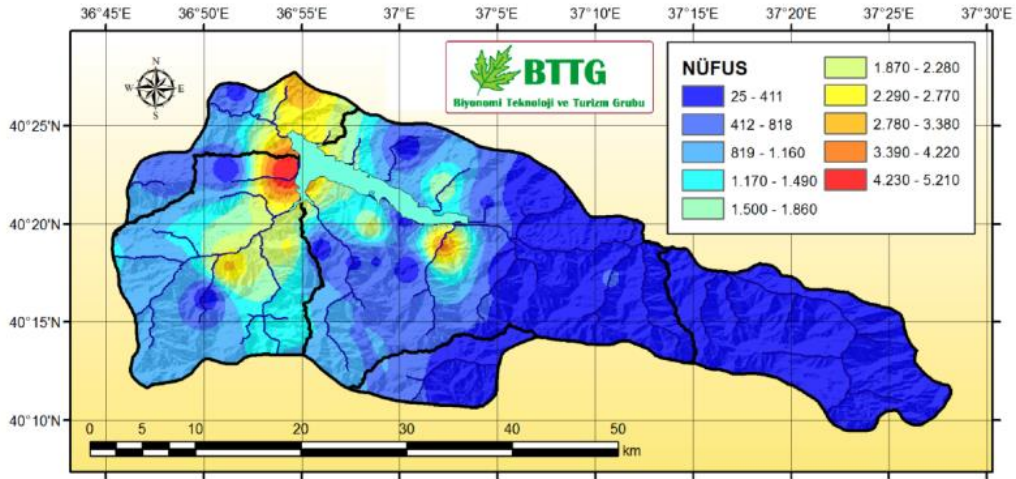
etmiştir . Ölçümlere göre özellikle Ormandibi ve Çevreli Kasabası civarından gelen Banidere'sinin NP yükü dikkat çekici olup, bu durum hayvancılık faaliyetleri ve yerleşimlerden kaynaklanmaktadır. Göl NP yükü için % 90 oranı ile balıkçılık ve hayvancılık sektörleri tehdittir.

Yeşilirmak Havzasının toplam yayılı NP yükü; 569 ton/yıl TP, 5910 ton/yıl TN olarak hesaplanmıştır. Bunun 0.29 ton TP/km², 3 ton TN/km² ve 0.12 ton TP/km² ile 1.15 TN ton/km² hayvansal üretim yükü olarak saptanmış; havzanın TP yükü ise 227 ton/yıl ve TN yükü 2202 ton/yıl olarak saptanmıştır (TÜBİTAK-MAM.2010). Zinav Havzası için; 14.86 ton TP/yıl ve 159 ton TN/yıl genel yayılı NP yükü ile 0.037 tonTP/km² ile 0.67tonTN/km² hayvansal üretim yükü hesaplanmıştır. Araştırmalar karşılaştırıldığında sonuçlar arasında büyük farklılıklar olmadığı; değişimlerin nüfus ve hayvan varlığı ile arazi kullanımı/örtüsü durumuna göre değiştiği söylenebilir. Melen Havzasında; 379 ton TP/yıl ve 2770 ton TN/yıl genel toplam yayılı yük hesaplanmıştır (Tavşan, 2008). Ömerli Baraj Gölü havzasında; 0.16 ton TN/km² ve 0.21 tonTN/km² hayvansal üretim yükü saptanmıştır (Yetkin, 2009). Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan bir tez çalışmasında ise Tokat İlinin hayvancılık kökenli yükü TP için ise 1 ton/yıl ve TN için 9.7 ton/yıl, hayvancılığın payı ise 0.013 TP/km² ve 0.13 ton TN/km² hesaplanmıştır (Özalp, 2009). Alaşehir Çayı Havzasında yayılı kirleticiler TN (%79) ve TP (%61) en fazla gübre kullanımına (TP %48, TN %37) bağlı olarak geldiği, hayvansal üretimin katkısı da TP %41ve TN %34 olduğu saptanmıştır (Gürsoy Haksevenler ve Ayaz, 2021).

Dünyada en fazla yayılı kirleticilerden muzdarip olan Çin'deki nehirlerin % 31'inin ve dokuz büyük kıyı körfezinden altısının, yüksek azot (N) ve fosfor (P) konsantrasyonlarının neden olduğu ötrofikasyondan muzdarip olduğu , izlenen içme suyu kuyularının > %60'ı, IV seviye (V'nin en kötü olduğu yerde I–V) veya daha kötü olarak sınıflandırılarak ciddi şekilde kirlenmiştir (Gu ve ark.,2013; Han ve ark.,2016). Tarımdan N ve P transferleri, kötü su kalitesine ana katkıda bulunanlardır (Han ve ark., 2016).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sucul ekosistemlerin korunması sadece bu bölgelerin korunması anlamında değil; suya bağımlı tarımın ve çevrenin korunmasının da temel şartıdır. 2050 yılına kadar insan nüfusunun yaklaşık olarak 7 milyardan 10 milyara çıkması (BM, 2013) beklendiği gözönüne alındığında ve % 30'u aşkın bir nüfus artışı ile birlikte küresel yaşam standardı yükseldikçe, gıda talebinin de aynı dönemde yaklaşık % 70 artması beklenmektedir (FAO, 2009a). Gezegenin bu nüfus ve tarımsal üretim baskısına vereceği tepkinin seviyesini kestirmek zor olmakla beraber; dünyanın çevresel hazmetme kapasitesinin ölçeğinde planlamalara gidilmesi insanlığın ve akılcılığın gereğidir. Hızlı artış gösteren nüfusa sağlıklı gıda üretmek tarım sektörünün yükümlülüğünde olup, çevreye de yine en fazla zarar veren bu sektördür. Başta hayvansal üretim olmak üzere tarım sektörü hem kendi çıkarları, hem de gezegenimizin sağlıklı geleceği için çevre dostu üretim şekillerine doğru evrilmeli; gıda güvenliği ve ekosistem sağlığını gözetken yaklaşımlar süratle besimsenmelidir. Bu kapsamda her bölge ve havza kendi üzerine düşen yükümlülüğü yerine getirmeli ve küresel olarak topyekün insani bir gelişim standardı yakalanmalıdır. Bu çalışma sonuçlarına göre aşağıda sıra ile verilen **en iyi yönetim uygulamaları**; Almus Baraj Gölü havzası içinde önerilmektedir.

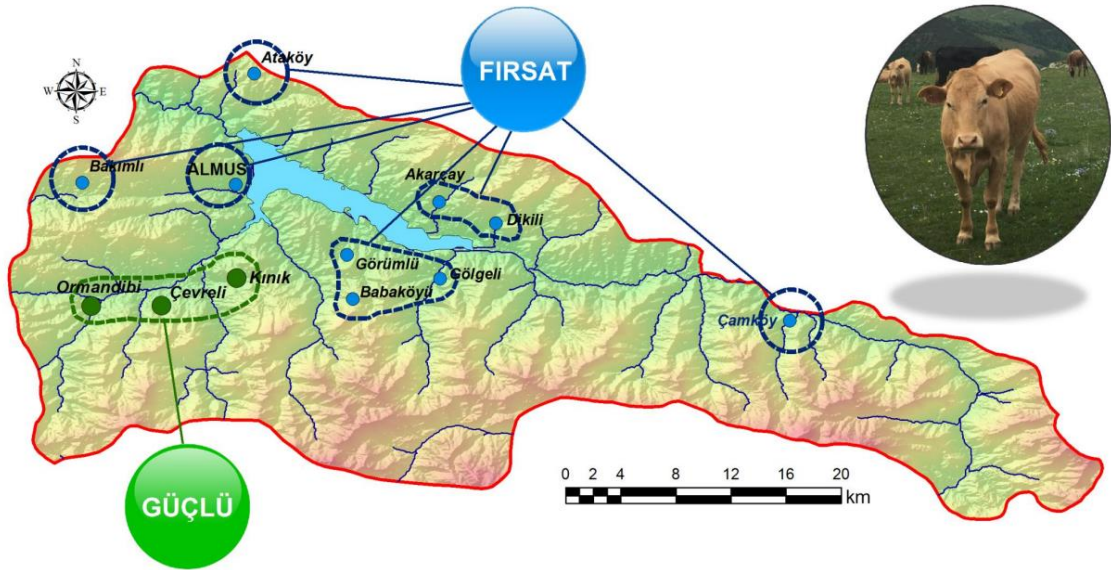


Şekil 41. Almus Baraj Gölü havzası nüfus yoğunluğu haritası

Havzanın yerleşim merkezlerinin nüfusu batıdan doğuya doğru önemli ölçüde düşmektedir. Havza kuzey güney eksenini esas alınarak ortadan ikiye bölündüğü

varsayılırsa; nüfusun çoğunluğu batı yarısında yaşamaktadır (Şekil 41) . İlçenin doğu yarısında dağlık alanlar artmakta, hayat şartları zorlaşmakta ve köyler ıssızlaşmaktadır. İlçede nüfusun az olduğu bu alanlar nüfus açısından zayıflık olarak değerlendirilirken, organik tarım, arıcılık, tıbbi aromatik bitkiler ve doğa turizmi potansiyeli açısından fırsat olarak değerlendirilmiştir.

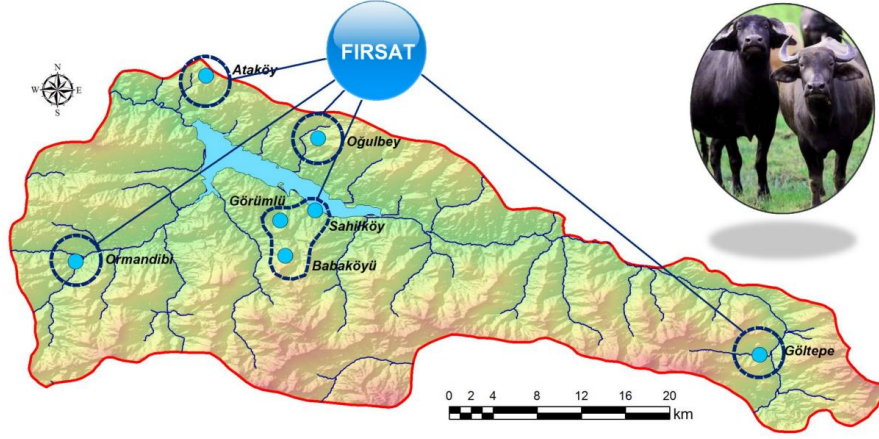
Havzada sığır yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri ilçe merkezine yakın konumda Olan Çevreli, Ormandibi ve Kınık'tır. Bu yerleşimler sığır yetiştiriciliği açısından güçlü olarak değerlendirilmiştir. Bu yerleşimleri sırasıyla Ataköy, Bakımlı, Görümlü, Akarçay, Almus Merkez, Babaköyü, Dikili, Çamköy ve Gölgele izlemektedir. Bu yerleşim merkezleri de sığır yetiştiriciliği açısından fırsat olarak değerlendirilmiştir. Geriye kalan yerleşimlerde sığır sayısı 500 başın altına düşmekte, Hubyar ve Mescit yerleşimlerinde ise sığır yetiştiriciliği bulunmamaktadır. Bu yerleşim alanları da zayıf olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 42. Havzada sığır yetiştiriciliği için önerilen alanlar

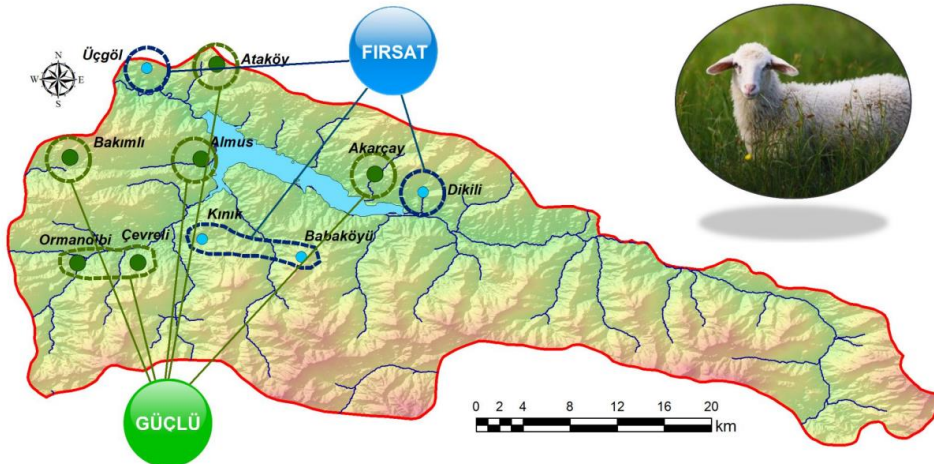
Havzada manda yetiştiriciliği sırasıyla Ormandibi, Ataköy, Oğulbey, Babaköyü, Görümlü, Sahilköy ve Gölgele yerleşimlerinde yapılmaktadır. Bu yerleşim alanları manda

yetiştiriciliği açısından bir fırsat olarak değerlendirilmiştir. Bu yerleşimlerde manda yetiştiriciliği teşvik edilmeli, konuyla ilgili çalışma ve projeler başlatılmalıdır (Şekil 43).



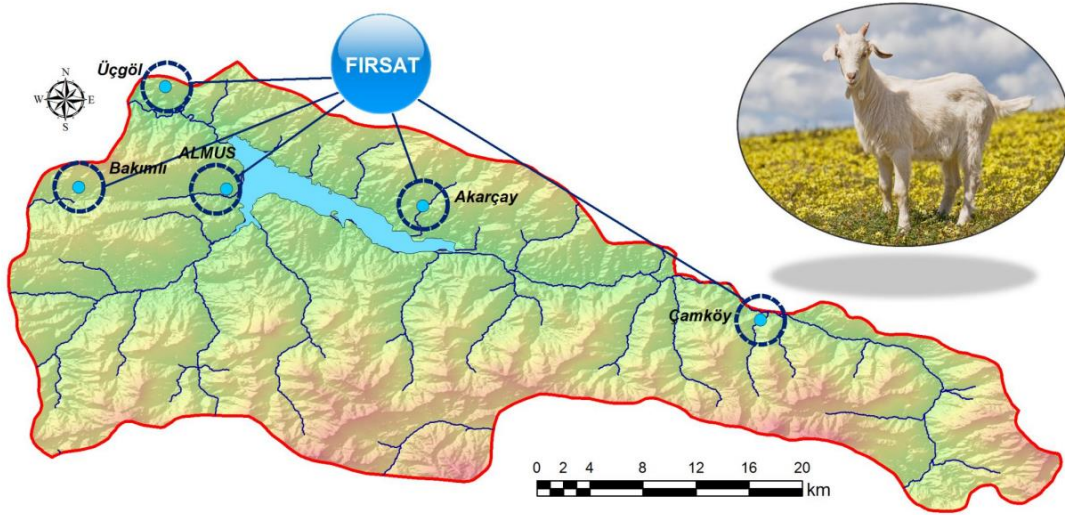
Şekil 43. Havzada manda yetiştiriciliği için önerilen alanlar

Havzada koyun yetiştiriciliği bakımından öne çıkan yerleşim merkezleri ise Çevreli, Ormandibi, Almus Merkez, Ataköy, Akarçay ve Bakımlı'dır. Bu yerleşim alanları koyun yetiştiriciliği açısından güçlü olarak değerlendirilmiştir. Bu yerleşimleri sırasıyla Kınık, Üçgöl, Babaköyü ve Dikili izlemektedir. Bu yerleşim alanları koyun yetiştiriciliği açısından fırsat olarak değerlendirilmiştir. Koyun yetiştiriciliği 350 baş ve altında olan diğer köylerde (Sahilköy, Teknecik, Cihet, Oğulbey, Kızılelma, Kolköy, Serince, Gölgeli, Alanköyü, Durudere, Arısu, Çamdalı, Bağtaş ve Karadere) olarak sıralanmaktadır. Bu yerleşimler koyun yetiştiriciliği için zayıf olarak değerlendirilmiştir.



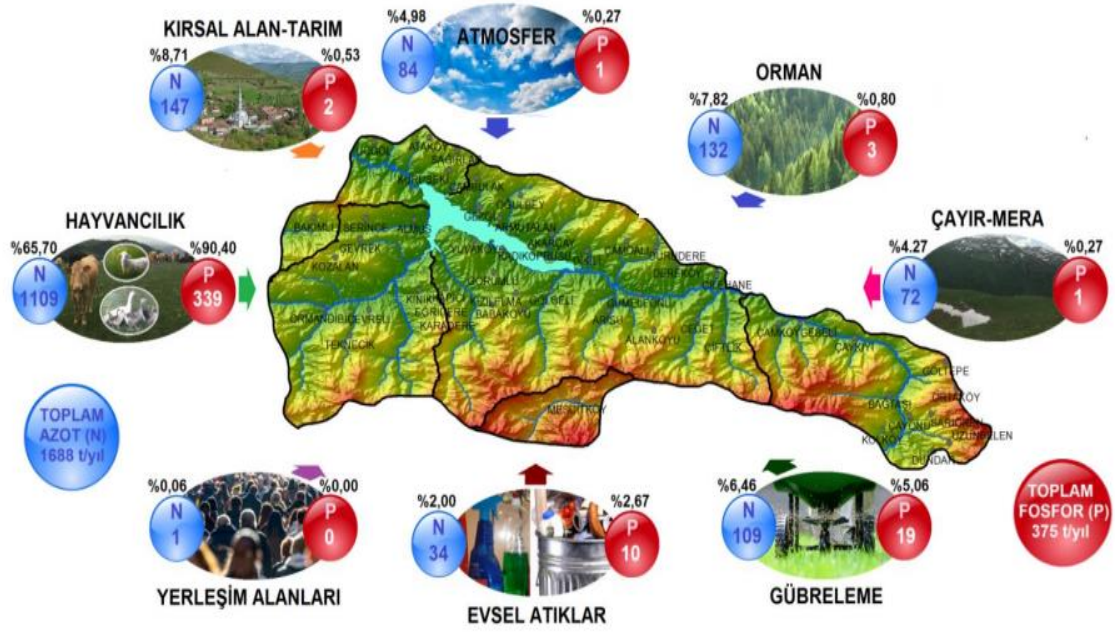
Şekil 44. Havzada koyun yetiştiriciliği için önerilen alanlar

Havzanın keçi yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı yerleşim merkezleri ise sırasıyla Bakımlı, Akarçay, Üçgöl, Almus Merkez ve Çamköy'dür. Bu yerleşimler keçi yetiştiriciliği bakımından fırsat olarak değerlendirilmiştir. Bu yerleşimlerde keçi yetiştiriciliği teşvik edilmeli, konuyla ilgili çalışma ve projeler başlatılmalıdır. Bunları Kınık, Oğulbey, Ormandibi, Karadere, Dikili, Babaköyü, Kızılelma, Teknecik, Durudere, Çamdalı, Ataköy, Sahilköy ve Kolköy yerleşim merkezleri izlemektedir. Bu yerleşim alanları da keçi yetiştiriciliği bakımından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Geriye kalan yerleşimlerde keçi yetiştiriciliği yapılmamaktadır (Şekil).



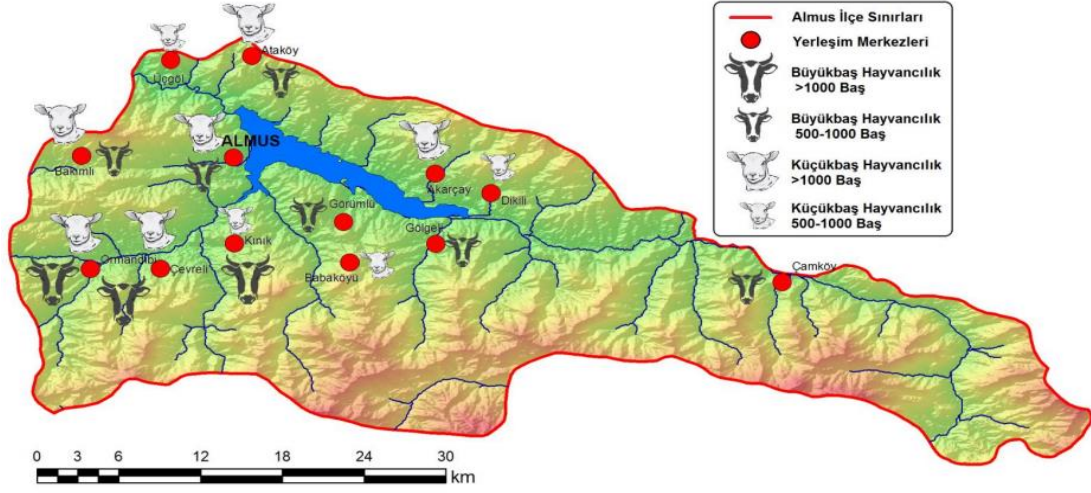
Şekil 45. Havzada keçi yetiştiriciliği için önerilen alanlar

Havzanın arazi örtüsü/kullanımından kaynaklanan yayılı kirliliğin (uzaysal dağılımı) haritasına göre arazi örtüsü/kullanımından kaynaklanan toplam yayılı yük 352 ton/yıl Azot (N) ve 56 ton/yıl Fosfor (P) olarak belirlenmiştir. Bu miktarlara, atmosfer, hayvancılık, gübreleme ve evsel atıklardan gelen N (1336 t/yıl) ve P (369 t/yıl) yükleri de eklendiğinde havzaya gelen toplam N ve P yükleri sırasıyla 1688 t/yıl ve 375 t/yıl olarak belirlenmiştir. Bu durum havza için tehdit olarak değerlendirilmiştir (Şekil).

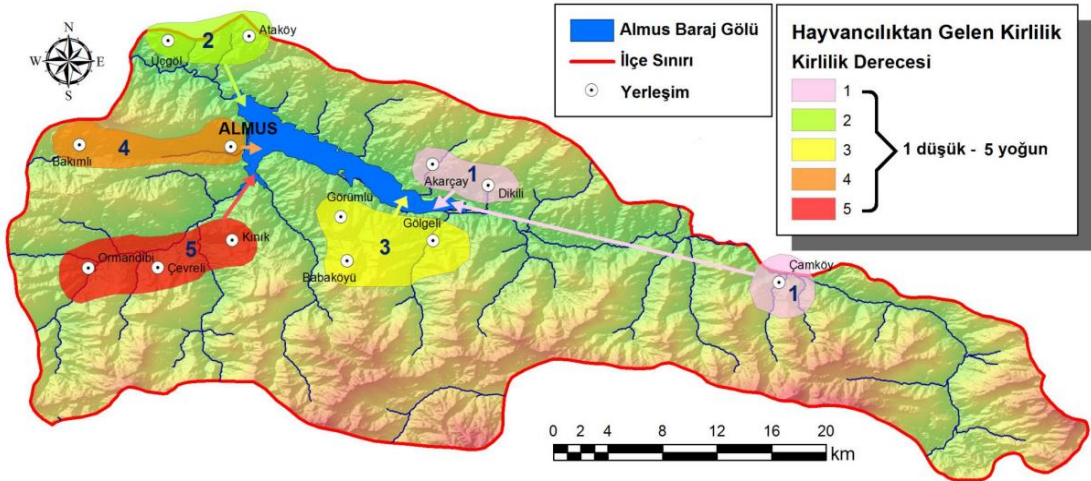


Şekil 46. Havzada arazi kullanımından gelen NP kirlilik yükleri

Havzaya gelen toplam NP yükleri ağırlıklı olarak hayvancılıktan, özellikle büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinden gelmektedir. Hayvancılıktan gelen N yükünün %87'si büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan alanlardan, %12'si küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan alanlardan ve %1'i de kümes hayvancılığından gelmektedir. Hayvancılıktan gelen P yükünün ise %93'ü büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan alanlardan, %6'sı küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan alanlardan, %1'i de kümes hayvancılığından gelmektedir. İlçede büyükbaş hayvancılık Ormandibi, Çevreli ve Kınık yerleşimlerinde, küçükbaş hayvancılık ise Ormandibi, Çevreli, Bakımlı, Almus, Ataköy ve Akarçay yerleşimlerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 47).



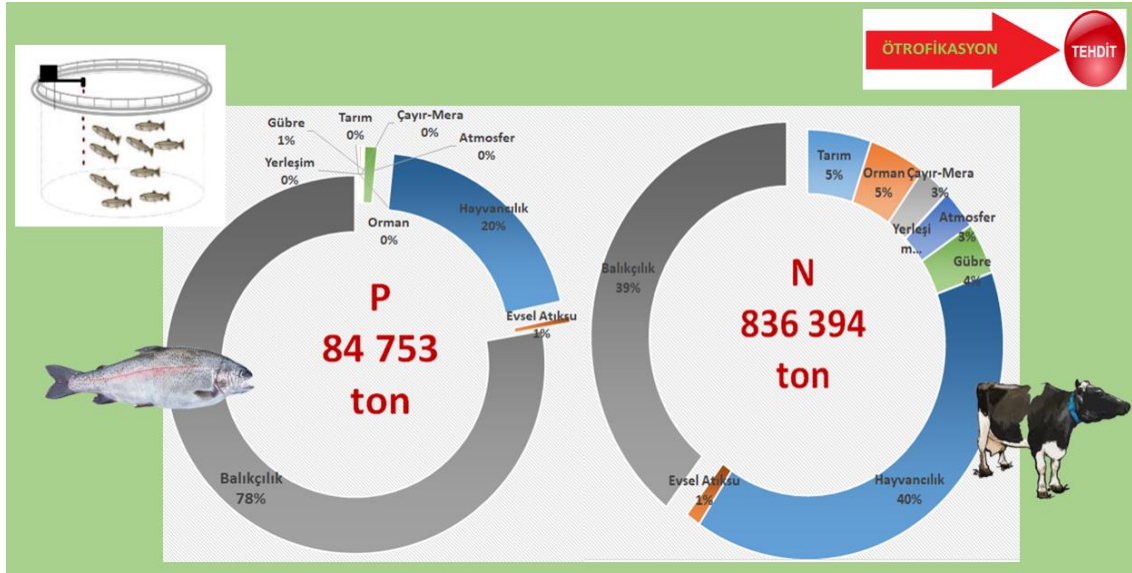
Şekil 47. Havzanın hayvan varlığı



Şekil 48. Havzanın hayvansal üretimden gelen kirlilik risk durumu

Hayvancılığın yoğunlaştığı alanlarda yapılan incelemelerde hayvancılık faaliyetlerinin çevre kirliliğini körükleyici ve iptidai koşullarda yapıldığı tespit edilmiştir. Bu alanlarda yetiştiricilik koşullarının iyileştirilmesi, hayvan gübrelerinin çevreyi kirlilemeden muhafazası, işlenmesi ve kullanılması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Yayılı yük (NP kirliliği) açısından Ormandibi ve Çevreli yerleşimleri yüksek riskli, Bakımlı riskli, Babaköyü, Görümlü ve Gölgele orta dereceli riskli alanlar olarak haritalanmış olup, hayvansal üretimde en iyi yönetim uygulamaları risk seviyesine

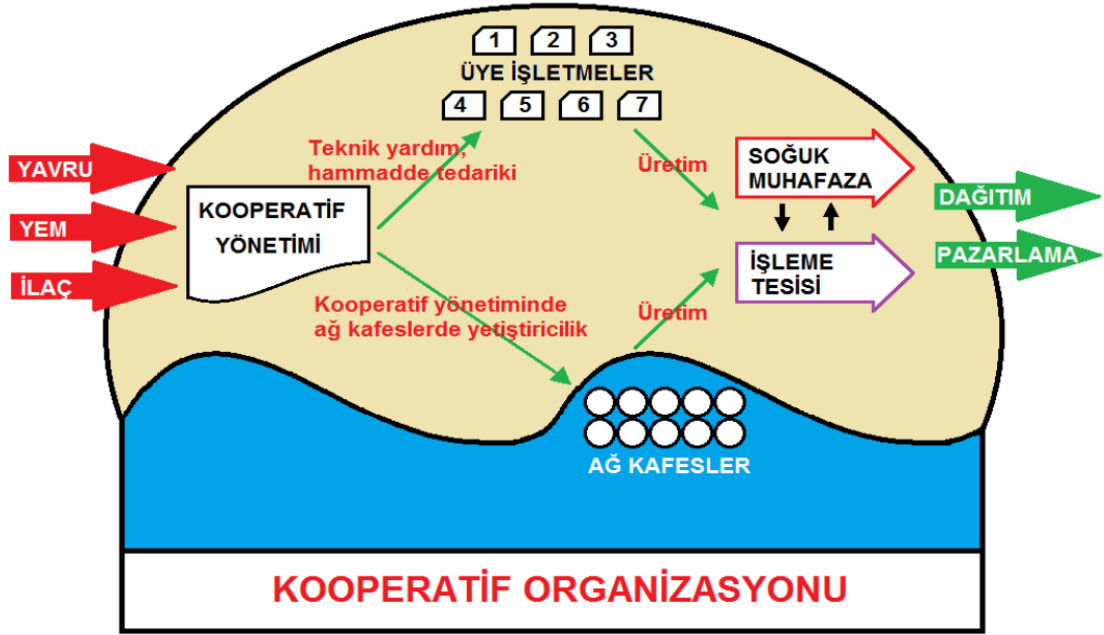
göre acilen başlatılmalıdır (Şekil). Almus Baraj Gölünde ötrofikasyona yol açabilecek NP yükü % 90'nın üzerinde bir oranla balık ve hayvan yetiştiriciliği sektörlerinden kaynaklanmakta olup, bu nedenle en iyi yönetim uygulamaları bu iki sektör üzerine odaklanmalıdır (Şekil 48).



Şekil 49. Göl ve havzasında NP yükünün arazi kullanımına bağlı oransal dağılımı



Şekil 50. Almus Baraj Gölü alabalık üretimi için önerilen atık toplamalı sistem (Yayan, 2015'den değiştirilerek).



Şekil 51. Almus Baraj Gölü balıkçılık kooperatifi için önerilen sistem (Üstündağ ve ark.,2000'den değiştirerek).

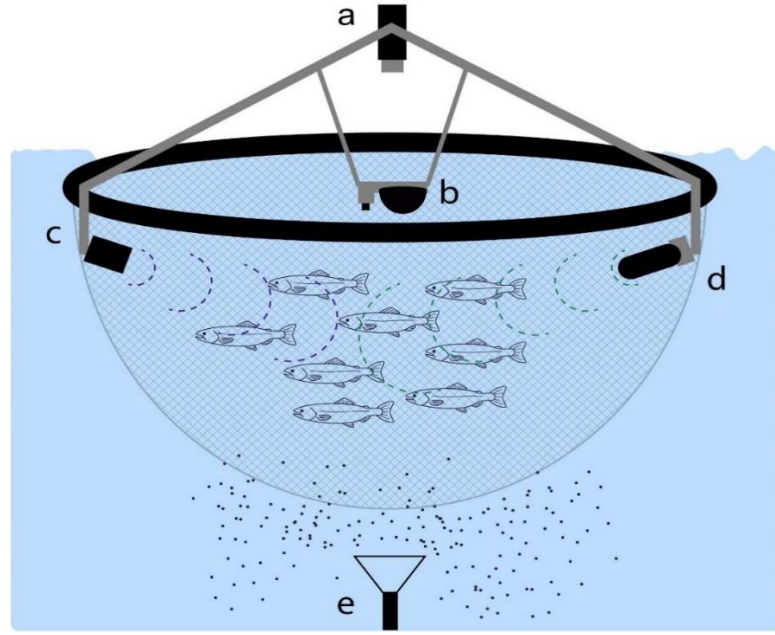
Su ürünleri yetiştiriciliği sürdürülebilirliği, tüm paydaşların entegrasyonunu gerektiren devam eden bir süreçtir. Hükümet, çiftçiler, ekolojistler ve tüketiciler, atıkları, hastalık salgınlarını ve sürdürülebilirlik potansiyelini artıran operasyonel maliyetleri azaltmak için bir risk değerlendirme yaklaşımı altında su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarını yönlendirmelidir (Carballeira ve ark.,2021). Kooperatifin tek elden yönetimi ile; yaz sezonu için Almus Baraj Gölünde balık yetiştiriliği yapılmaması (nadaslama) üretimin 20-30 g'lık yavru balıklarla sonbahar-kış (3000 ton/yıl), kış-ilkbahar (3000 ton/yıl) ve 1000 ton/yıl somon boyu üretim yapılması toplam 7000 ton/yıllık üretim potansiyeline ulaşılması ancak bu üretimin çevre dostu kafes sistemlerine dönüşerek gerçekleştirilmesi bir fırsat olacaktır. Bu şekilde entegre balıkçılık (birlik/kooperatif, üretim, depolama, işleme, paketlenme, pazarlama, kuluçkahane, yem üretimi vb) ile bölgesel olarak 500 milyon TL ekonomik büyüklük, 2000 kişi istihdam gerçekleştirilebilir. Bu üretim Orta Karadeniz Bölgesi içinde balık üretiminde ana tetikleyici rolü üstlenerek birkaç milyar TL'lik bir ekonomik büyüklük oluşturabilir. Ataköy Baraj Gölü ise; 7-13 °C su sıcaklığı ile yüzer kuluçkahane kurmaya uygun bir ekolojik yapıdadır. Burada üretilen yavru balıklar diğer baraj gölleri için; her dönem 20-30 g'lık yavru balık temin edebilirlik özelliği ile de 100 milyon TL gelir elde edilebilir

potansiyele sahiptir. Bu durum Almus Baraj Gölü balık yetiştiriciliği sektörü için fırsat olarak görülmektedir.

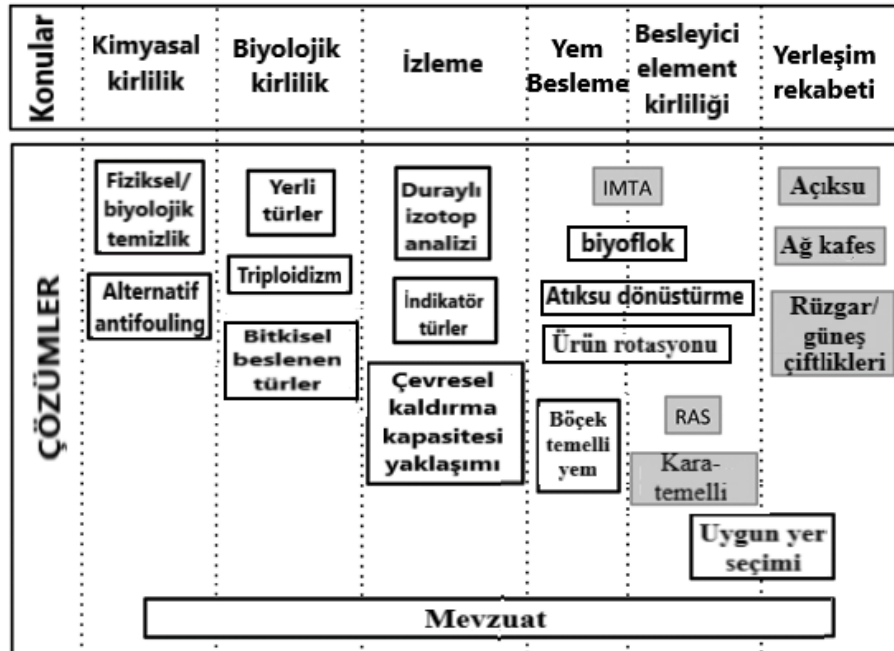
Almus Baraj Gölünde su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkilerini azaltma ve verimlilik için hassas tarım uygulamalarına da yer verilebilir. **Hassas Hayvan Yetiştiriciliği (HHY)** konseptinden (Norton ve Berckmans, 2018) balık yetiştiriciliğine kadar geliştirilen, **Hassas Balık Yetiştiriciliği** adı verilen yakın zamanda sürdürülebilir bir balık yetiştiriciliği çerçevesi geliştirilmiştir. Bu tür uygulamalar üretkenliği, verimi ve çevresel sürdürülebilirliği artırırken hayvan sağlığını ve refahını iyileştirmek için donanım (örneğin sensörler), gözlem ve akıllı yazılımlar kullanır (Şekil 51). Hayvancılık üretiminin aksine, yoğun balık yetiştiriciliği yöntemleri daha yenidir, ürün büyük ölçüde çevresel koşullar tarafından belirlenir ve su ekosistemlerinde izleme yöntemleri daha pahalı ve karmaşıktır (Føre ve ark., 2018 ; Carballeira ve ark.,2021).

Uygun fiyatlı ve sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarının anahtarı, balık üretim atıklarının geri dönüştürülmesi veya iyileştirilmesi yoluyla doğal kaynaklardan bağımsız olmaktır. Bununla birlikte, sürdürülebilirlik ve ekolojik etkilerin azaltılması, altyapının yönetimine bağlıdır ve çevre kurumları dünya çapında mevzuat ve düzenlemeleri iyileştirmelidir. Önemli su ürünleri üretimine sahip birçok ülkenin bazı çevresel düzenlemeleri vardır, ancak açık deniz çiftliği gibi gelişen teknolojiler için net çerçevelerden yoksundur. Her çiftçi sürdürülebilir ilkeler, metodolojiler veya uygulamalar geliştirebilir. Bu nedenle, iyi uygulama sertifikalarının teşvik edilmesi önerilir (Carballeira ve ark.,2021).

Devridaim sistemli karada IMTA su ürünleri yetiştiriciliği, atık suların azaltılması ve kullanılması, hastalık salgınlarının, kaçakların önlenmesi, maliyetlerin izlenmesi ve verimlilik açısından en iyi alternatif seçenek gibi görünmektedir. Ancak, güneş ve rüzgar çiftlikleri ile entegre edilmiş iyi yönetilen açık deniz polikültür tesisleri ile tamamlanabilecek bir arazi alanı için bir rekabet vardır. Bunlara rağmen, çok sayıda başka sürdürülebilir önlem (Carballeira ve ark.,2021) önerilmektedir (Şekil 52).



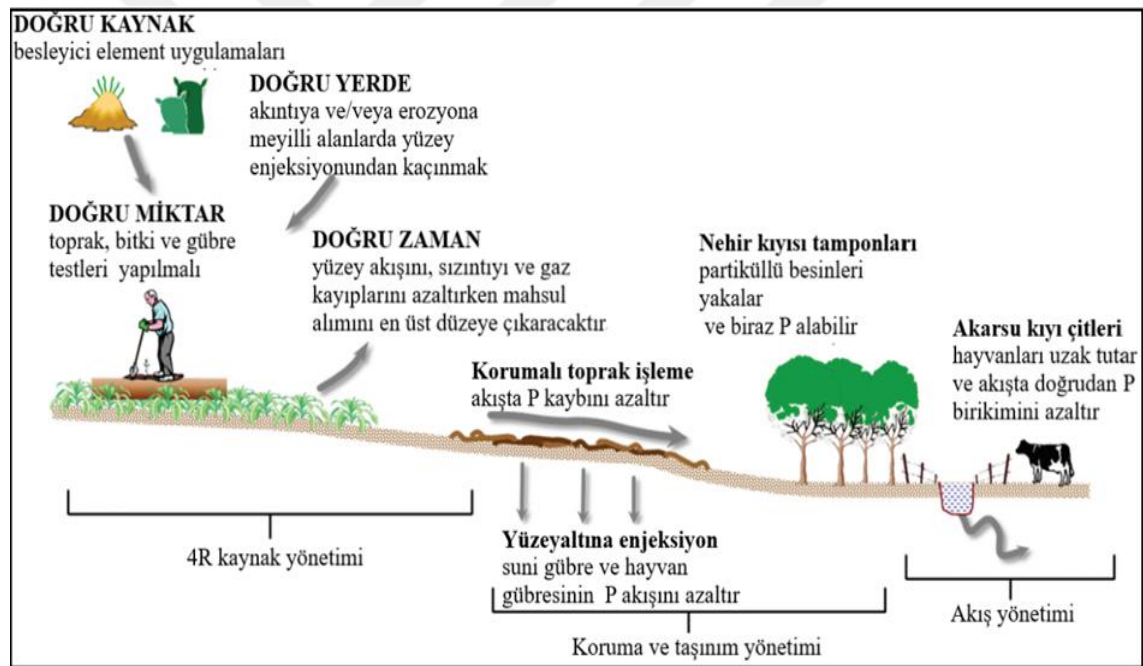
Şekil 52. (a) yüzey kamerası, (b) çok parametrelili su sondalı sualtı kamerası, (c) sonar, (d) hidrofonlu akustik telemetri sistemi ve (e) akıllı tuzak dahil olmak üzere hassas balık yetiştiriciliği sistemi örneği (Carballeira ve ark.,2021'den).



Kapalıdevre Su Ürünleri Sistemleri (RAS) , Entegre çoklu-trofik su ürünleri yetiştiriciliği (IMTA)

Şekil 53. Su ürünleri yetiştiriciliğinin temel sürdürülebilirlik konularının özeti ve ilgili metodolojik (kara kutular) ve altyapıya dayalı (gri kutular) çözümler (Carballeira ve ark.,2021'den değiştirilerek).

Hayvansal ve bitkisel gübre ve iyileştirilmiş arazi yönetiminde “4R” yaklaşımının benimsenmesi (yani, doğru oran, doğru zaman, doğru kaynak ve doğru yer) NP akışını azaltabilir (Şekil 54). Ayrıca yüzeysel akış ve erozyon riskini azaltan uygulamalar, azaltılmış toprak işleme ve örtü bitkileri gibi NP akışını da azaltacaktır (Sharpley, 2016). İyileştirici önlemler, bir havza içindeki P girdilerini P çıktılarıyla dengelemeye çalışırken, aynı zamanda toprak, gübre ve mineral gübre P'nin yönetimini iyileştirerek P kullanım verimliliğini artırma uzun vadeli hedefi ile başlamalıdır (Şekil 53). Tarımsal akışta NP kaybını azaltmak için kullanılabilecek çeşitli önlemler vardır (Çizelge 4). Bu önlemler, akışta taşınabilecek NP kaynaklarını ve taşınmanın (yani, akış ve erozyon) oluşma potansiyelini azaltarak NP kaybını kontrol etmeyi amaçlar.



Şekil 54. Tarım ve hayvancılıkta NP yönetimi ve 4R uygulamaları (Shigaki ve ark.,2006’dan değiştirilerek).

Çizelge 23. Yayılı tarımsal NP kaynaklarının kontrolü için En İyi Yönetim Uygulamaları ((Shigaki ve ark.,2006’den değiştirilerek).

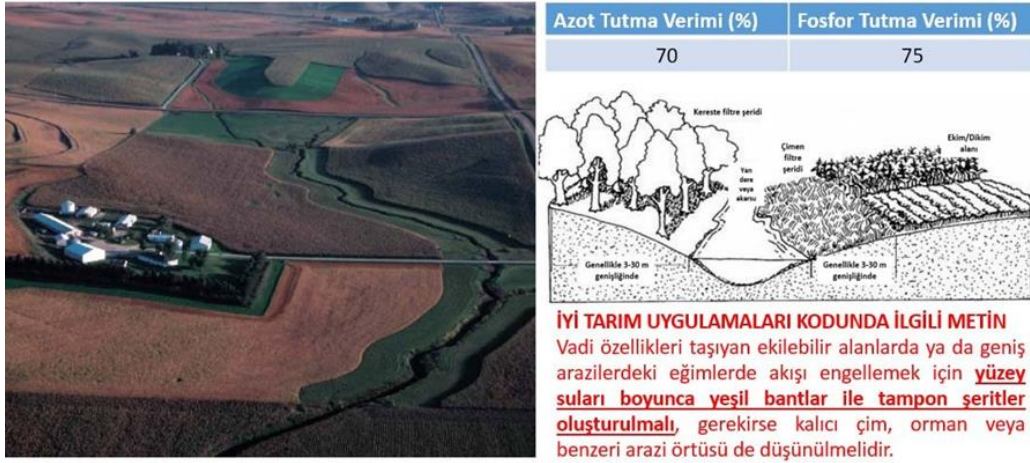
Kaynak BMPs – Kaynakta fosfor kaybını en aza indiren uygulamalar
Hayvanların fosfor ihtiyacını yem fosforuyla eşleştirmeye çalışır
Yemlere eklenen enzim, hayvanlar tarafından besin kullanımını artırır
Hayvan gübresindeki fosforu azaltmak için düşük fitik asit içeriğine sahip mısırla beslemek
Fosfor yönetimini optimize etmek için toprağı ve gübreyi test ettirmek
Katıları sıvılardan ayırmak için fiziksel olarak gübre uygulamak
P çözünürlüğünü azaltmak için hayvan gübresini kimyasal olarak işleme tabi tutun, örneğin şap, kurum, su arıtma artıkları ile
Mikrobiyal zenginleştirme gibi hayvan gübrelere biyolojik uygulamalar
Kimyasal ve hayvan gübresi uygulama ekipmanlarını kalibre edin
Uygun fosfor oranlarını uygulayın
Uygun P uygulama yöntemini kullanın (yayın, sürülme, enjekte, yüzey altı yerleştirme, bantlama vb)
Yaklaşan şiddetli yağışlardan kaçınmak için fosfor uygulamasının zamanlamasını dikkat edin
Hayvan gübresini ve atıkları kompost ve / veya pelet haline getirerek alternatif kullanım sağlayın
Belirli ürün ve otlarla birlikte yüksek fosforlu topraklardan gelen maden fosforu kullanımı
Taşıma BMPs – Fosfor taşınmasını en aza indiren uygulamalar.
Erozyonu, akıntıyı ve sızıntıyı en aza indirin, yani teraslama, şeritvari ekim, tesviye hatlarına uygun sürüm yapın
Toprak yüzeyini erozyona karşı korumak için malç (toprak yüzeyini bitkisel artıklar ile örtülü tutma) kullanın
Erezyon ile taşınan fosforu tutmak ve P akışlarını dağıtmak için filtre şeritleri ve diğer koruyucu tampon önlemlerini alın.
Erezyon ile taşınan fosforu yakalamak ve P akışlarını dağıtmak için nehir kıyısı bölgelerini, çimlerdeki su yollarını ve sulak alanları yönetin
Hayvanı su kenarlarından çıkarmak için akarsu kıyılarına çitleri yapın
Sediment ve fosforu tutmak için barajlar veya küçük göletler kurun ve bakımını yapın
Kaynak ve Taşıma BMPs – Fosfor kaybını en aza indirmek için sistem yaklaşımı
Erozyon ve akıntıyı en aza indirmek için hasat artıklarını toprakta bırakın ve toprak işlemeyi azaltın
Erozyon ve akıntıyı en aza indirmek için otlatma (mera ve tarla) yönetimi yapın
Gübre taşıma sistemlerini (evler / lagünler) kurun ve bakımını yapın
Ahır yağmur suyu yönetimi yapın
Süthane atık filtreleme sistemlerini kurun ve bakımını düzenli yapın
Çiftlikler için besin yönetim planı uygulayın
BMPs’de Su Kütleleri uygulamaları– sudaki fazla fosforla ilişkili sorunları düzeltmek için tasarlanmış uygulamalar.
Fosfor yönünden zengin sedimentleri gidermek için göl ve göletlerin dibini tarayarak temizleyin
Saman, şap eklenmesi ile sedimentleşmiş fosforun inaktive edilmesi
Sedimentten fosfor salınımını destekleyen indirgeme koşullarını en aza indirici havalandırma yapın
Sedimandan salınan fosforu yüzeydeki fotik bölgeye getiren su kolonu karışımını azaltmak için kıyıya yakın bölgelerde bitkisel büyümeyi teşvik edin.
Sedimanter fosforun bitkisel madenciliğini yapın
Su bitkilerini hasat edin

Su kenarlarına çit uygulaması hayvanların suya geçişlerini büyük ölçüde engeller , fakat bu durum hayvanların otlamak ve barınmak için diğer mera alanlarına geçiş yollarını engellememelidir (Şekil 54). Bu yöntem kullanıldığında hayvanların su kenarları dışında sulanması için alternatif su olukları ve yalakları oluşturulmalıdır. Bu uygulamanın; hayvanları su kenarlarından kısmen de olsa uzaklaştırılmasını ve su kenarlarını çevreleyen hayvan trafiğinin daha üst bölgelere kaymasını sağlayacaktır (CBP, 2018).



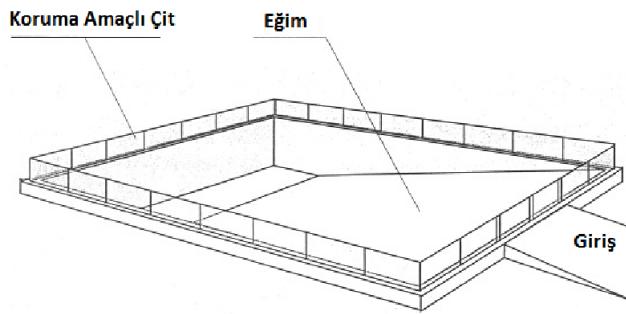
Şekil 55. Su kenarlarında hayvanları engelleyen çit ve sulama sistemleri (CBP, 2018).

Akarsu segmentleri boyunca yeşil bant uygulanması; tarımsal arazilerden yayılı NP yükünün en yüksek düzeyde akarsuya giriş yaptığı NP yükünü azaltabilecektir. Genişliği NP yük azaltım ihtiyacına bağlı olarak 3 ile 30 metre arasında olabilir (Şekil 55).



Şekil 56. Yeşil filtre kuşak (Tavşan, 2008'den değiştirilerek).

Hayvansal üretim atığı gübre, uygulanmadığı dönemlerde uygun bir şekilde depolanmalıdır. Oluşturulan depolar, geçirimsiz taban malzemeleri kullanmalı; gübre yığınlarındaki besin elementlerinin yeraltı suyuna doğru dikey ve aşağı hareketlerini sızması ve yüzeysel akışla göllere ve akarsulara doğru taşınımını engellemelidir. Küçük işletmeler için bu türden basit ve ucuz çözümler Şekil 56'da verilmektedir (Tavşan, 2008).



Şekil 57. Hayvansal gübre depolanması için geçirimsiz tabanlı depo yapısı (Tavşan, 2008'den).

6. KAYNAKÇA

- Adams, S.M., Hackney, C.T. (1992). *Ecological Processes in Southeastern United States Aquatic Ecosystems, Biodiversity of the Southeastern United States*, John Wiley & Sons, New York..
- Aguado-Giménez, F., Sallent-Sánchez, A., Eguía-Martínez, S., Martínez-Ródenas, J., Hernández-Llorente, M. D., Palanca-Maresca, C., *et al.* (2016). Aggregation of European storm-petrel (*Hydrobates pelagicus* ssp. *melitensis*) around cage fish farms. Do they benefit from the farms resources? *Mar. Environ. Res.* 122, 46–558.
- Ahmed, N., and Thompson, S. (2019). The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis. *The Science of the total environment*, 652, 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.163>.
- Amin, M. N., Kroeze, C., and Stokal, M. (2017). Human waste: An underestimated source of nutrient pollution in coastal seas of Bangladesh, India and Pakistan. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 131– 140.
- Amin, M. N., Kroeze, C., and Stokal, M. (2017). Human waste: An underestimated source of nutrient pollution in coastal seas of Bangladesh, India and Pakistan. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 131– 140.
- Ayekin, B., Yesilayer N., Buhan, E. (2018). Karakaya Baraj Gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetistiriciliği İçin Tasıma Kapasitesinin Tahmini. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(3), 101-110.
- Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E., Kuru, E. 2011. Determination of Trophic Status of Afsar (Manisa-Turkey) Dam Lake (in Turkish with English abstract). *Ecology*, 20 (81): 37-47. doi: 10.5053/ekoloji.2011.816
- Baker, L.A. (1996). *Lakes and Reservoirs” Water Resources Handbook*. McGraw-Hill, New York, NY.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., and Aguado-Giménez, F. (2017a). Consumption of particulate wastes derived from cage fish farming by aggregated wild fish. An experimental approach. *Mar. Environ. Res.* 130, 166–173.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo-Valverde, J., and Aguado-Giménez, F. (2017b). Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed? *Mar. Poll. Bull.* 119, 23–30.
- Bao, C., Chen, X.J., 2015. The driving effects of urbanization on economic growth and water use change in China: a provincial-level analysis in 1997-2011. *J. Geogr. Sci.* 25 (5), 530e544.
- Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., Van Beek, L.P.H., Mogollon, J.M., Middelburg, J.J. 2016. Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*. 13(8):2441–2451.
- Beveridge M.C.M.,(1984). Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fish Tech. Pap.* (255):131 pp.
- Beveridge, M., and Little, D. (2002). “The history of aquaculture in traditional societies,” in *Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution*, ed. B.A. Costa-Pierce (Oxford: Blackwell Science), 3–29
- Buhan Dirim, S. (2019). Zinav Gölü ve Havzasının Su Kalitesinin ve Ekolojik Risklerinin CBS ve UA ile Değerlendirilmesi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi , Gebze.

- Buhan, E., Aydın, M., Akın, S., Dal, T. (2016). Almus Baraj Gölünde Yasayan 9 Balık Türünün Boy Ağırlık İlişkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 48-55.
- Buhan, E., Koçer M.A., Polat F., Doğan H.M., Dirim S., Neary E.T. (2010). Almus Baraj gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Tasıma Kapasitesinin Tahmini. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (1): 57-65.
- Buhan, E., Koçer, M.A.T., Polat, F., Doğan, H.M., Dirim, S., Turgut, N. E. (2010). Almus Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 57-65.
- Buhan, E., Polat F., Buhan Dirim S.(2019). Epidemic Problem of Aquatic Systems ‘Eutrophication’, Effects On Ecosystem And Human Health. 3rd International UNIDOKAP Black Sea Symposium “Sustainable Agriculture and Environment” 21-23 June 2019.
- Buhan, E., Polat, F., Buhan Dirim S., (2019). Eutrophication Management and Control Methods. 3rd International UNIDOKAP Black Sea Symposium “Sustainable Agriculture and Environment” 21-23 June 2019.
- Buhan, E., Yesilayer, N., Kılıç, Orhan M., Kaymak, N., Çetin, E., Dal T., Polat F., Akın S., Dogan H. M. (2016). Tokat Yöresinde Balık Çeşitliliğinin Dağılımı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*(13), 69-86.
- Buhan, E., Akın, S., Kaymak, N., Turan, H.(2018). Trophic Pathways from Pelagic and Littoral Sources Supports Food Web in an Eutrophic Natural Lake (Lake Zinav, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(2), 99-107.
- Bukit, N.T. (1995). Water quality conservation for the Citarum river in west Java. *Water Science and Technology*, 31: 1–10.
- Burridge, L., Weis, J. S., Cabello, F., Pizarro, J., and Bostick, K. (2010). Chemical use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306, 7–23.
- Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Hernández-González, M. C., Varela, D., Jiménez, J. E., Henríquez, L. A., et al. (2006). A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1338–1345.
- Campbell, N. D'Arcy, B., Frost, A., Novotny, V., Sansom, A. (2005). Diffuse Pollution An Introduction to the Problems and Solutions. IWA Publishing, 328 pp.
- Cao, L., Naylor, R., Henriksson, P., Leadbetter, D., Metian, M., Troell, M., et al. (2015). China's aquaculture and the world's wild fisheries. *Science* 347, 133–135.
- Carballeira Braña, C.B.; Cerbule, K.; Senff, P.; Stolz, I.K. 2021. Towards environmental sustainability in marine finfish aquaculture. *Front. Mar. Sci.*, 8, 666662.
- Carballeira-Braña, C.B., Cerbule, K., Senff, P., and Stolz, I.K. (2021) Towards Environmental Sustainability in Marine Finfish Aquaculture. *Front. Mar. Sci.* 8:666662. doi: 10.3389/fmars.2021.666662.
- Carmona, J.M. (2018). "Water Quality and Ecosystems". Special Issue, *Water* 2018, 10(11), 1.
- Carpenter, S.R.; Caraco, N.F.; Corell, D.L.; Howarth, R.W.; Sharpley, A.N. and Smith, V.H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*. 8(3), 559-568.

- CBP. (2018). Best Management Practices (BMP) Basics, Water Quality Criteria, Chesapeake Bay Program, USA, www.chesapeakebay.net/pubs/waterqualitycriteria/BMPHandbook1-8f.pdf. Erişim Tarihi: 16/12/2019
- Chapman D., Kimstach V., (1996), “Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring”, (edited by Deborah Chapman), 2nd ed. London , E & FN Spon, UNESCO/WHO/UNEP.
- Chapman, D. (1992). Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition.
- Chapman, E. J., and Byron, C. J. (2018). The flexible application of carrying capacity in ecology. *Glob. Ecol. Conserv.* 13:e00365.
- Chen, J., Guang, C., Xu, H., Chen, Z., Xu, P., Yan, X., et al. (2007). “A review of cage and pen aquaculture: China,” in *Cage Aquaculture – Regional Reviews and Global Overview*, eds M. Halwart, D. Soto, and J.R. Arthur (Rome: FAO), FAO Fisheries Technical Paper. No. 498, 50–68.
- Christou, L. (2011). The global burden of bacterial and viral zoonotic infections. *Clinical Microbiology and Infection*, 17(3): 326–330.
- Clark, E.R., Harman, J.P. and Forster, J.R.M. (1985). Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology*, 27:381-393.
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., et al. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science* 323, 1014–1015. doi: 10.1126/science.1167755
- Copernicus, (2019).Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>. Erişim Tarihi:08.12.2021
- Crespo, C. J. (2017). Income projections for climate change research: A framework based on human capital dynamics. *Global Environmental Change*, 42, 226– 236.
- Dahl S., Kurtar B., (1993), “Environmental Situation, Working Paper, No: 21. Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi-Fizibilite Raporu, Ömerli ve Elmalı Ortak Girişimi, 1.1-5.10, İstanbul.
- Dal, T., Aydın, M.,Buhan, E.,Karadurmus, U.,Akın, S., (2017). Almus Baraj Gölünde Kullanılan Uzatma Aglarının Av Verimliliği. *Gaziosmanpasa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 38-45.
- D'Arcy B., Frost, A. (2001). The role of best management practices in alleviating water quality problems associated with diffuse pollution. *Sci. Total Environ.*, 265: 359-367.
- DEFRA (2002) Agriculture and Water: A Diffuse Pollution Review, <http://www.defra.gov.uk/Environment/water/dwpa/reports/pdf/dwpa01-b.pdf>
- Dempster, T., and Sanchez-Jerez, P. (2008). “Aquaculture and coastal space management in europe: an ecological perspective,” in *Aquaculture in the Ecosystem*, eds M. Holmer, C.M. Duarte, I. Karakassis, et al. (Dordrecht: Springer), 87–116
- Dillon, P.J., Rigler F.H., (1975), “A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake tropic status”, *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 32, 1519-1531
- Dirim Buhan, S.,Bektas N.,Mehmet Ali T Koçer,Dogan, H. M.,Buhan, E.,Polat, F.(2015). Trophic Status and Risks of Zinav Lake Tokat Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1A), 203-207.

- Doxaran, D., Froidefond, J.M., Lavender, S. and Castaing, P. (2002). Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations. *Remote Sensing of Environment*, 81: 149-161.
- Drolc, A. and Zagorc, K.J. (2002). Estimation of sources of total phosphorus in a river basin and assessment of alternatives for river pollution reduction. *Environment International*, 28: 393–400.
- Duda, A.M.(1993). Addressing nonpoint sources of water pollution must become an international priority. *Water Science & Technology*, 28: 1-11.
- Dunn, S.M., Brown, I., Sample, J., Post, H. (2012). Relationships between climate, water resources, land use and diffuse pollution and the significance of uncertainty in climate change. *Journal of Hydrology*, 434-435: 19-35.
- EC (2000). Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin Contamination of Feeding stuffs and their Contribution to the Contamination of Food of Animal Origin. European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, 105p.
- EC/WHO (2002). Eutrophication and health , Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 28 pp. , ISBN 92-894-4413-4 (<http://www.who.dk/environment/pamphlets>).
- Eisakhani M., Pauzi A., Karim O., Malakahmad A., Kutty S. R. M., Isa, M.H. (2009). GIS-based non-point sources of pollution simulation in Cameron Highlands, Malaysia, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 3 (3), 3-7.
- Ekholm, P., Kallio, K., Salo, S., Pietilainen, O.P., Rekolainen, S., Laine, Y., Joukola, M. (2000). Relationship between catchment characteristics and nutrient concentrations in an agricultural river system. *Water Research*, 34: 3709–3716.
- Ellis, J. I., and Schneider, D. C. (1997). Evaluation of a gradient sampling design for environmental impact assessment. *Environ. Monit. Assess.* 48, 157–172. doi: 10.1023/A:1005752603707
- Ellis, K., White, G., Warn, A., (1989), *Surface Water Pollution And Dits Control*, London, Macmillan Press.
- Enell, M., Ackefors, H. (1991). Nutrient discharges from aquaculture operations in Nordic Countries into adjacent sea areas. *ICES Counc. Meet.*, 56: 2-16.
- EPA (2014). Nutrient Pollution, Washington, DC: Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, <http://www2.epa.gov/nutrientpollution/problem>
- Erdem, H., and Buhan, E. (2019). Effects Of Uncontrolled Fertilizer Use On Soil And Water Systems. 3rd International UNIDOKAP Black Sea Symposium “Sustainable Agriculture and Environment” .
- Erdem, H., and Buhan, E. (2019). Water Footprint In Plant Production. 3rd International UNIDOKAP Black Sea Symposium “Sustainable Agriculture and Environment” .
- ESRI, (2004).ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS, Redlands,California: Environmental Systems Research Institute, pp. 363.
- FAO (2006). Global Fishery Statistics. www.fao.org/figis/
- FAO (2006). Livestock’s long shadow. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (<http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>).
- FAO (2009). Algae Blooms : The 2007 Mucilage Event in the Sea of Marmara , International Consultants Report , Project FAO/TCP/TUR/3201 .

- FAO (2009). *Environmental Impact Assessment and Monitoring in Aquaculture: Requirements, Practices, Effectiveness and Improvements* No. 527. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department
- FAO (2013). Guidelines to control water pollution from agriculture in China, Water Report 40 (<http://www.fao.org/3/i3536e/i3536e.pdf>).
- FAO (2016a). FAOSTAT. Database. Available at <http://faostat3.fao.org/browse/R/RP/E> Accessed July 2016. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- FAO (2016b). The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN 978-92-5-109185-2.(<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>)
- FAO (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 224. doi: 10.4060/ca9229en.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2009a. Global agriculture towards 2050. High Level Expert Forum Issues Paper. FAO, Rome.
- Faust, E., Halvorsen, T. K., Andersen, P., Knutsen, H., and André, C. (2018). Cleaner fish escape salmon farms and hybridize with local wrasse populations. *R. Soc. Open Sci.* 5:171752. doi: 10.1098/rsos.171752
- Fent, K., Weston, A. A., and Caminada, D. (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquat. Toxicol.* 76, 122–159.
- Ferreira, C. S. G., Nunes, B. A., Henriques-Almeida, J. M. M., and Guilhermino, L. (2007). Acute toxicity of oxytetracycline and florfenicol to the microalgae *Tetraselmis chuii* and to the crustacean *Artemia parthenogenetica*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 67, 452–458.
- Ferreira, C. S. G., Nunes, B. A., Henriques-Almeida, J. M. M., and Guilhermino, L. (2007). Acute toxicity of oxytetracycline and florfenicol to the microalgae *Tetraselmis chuii* and to the crustacean *Artemia parthenogenetica*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 67, 452–458.
- Fisher, D.S.; Steiner, J.L.; Endale, D.M.; Stuedemann, J.A.; Schomberg, H.H.; Franzluebbers, A.J.; Wilkinson, S.R. The relationship of land use practices to surface water quality in the Upper Oconee Watershed of Georgia. *Forest Ecol. Manage.* 2000, 128, 39–48.
- Fisher, J.I. and Mustard, J.F., (2004). High spatial resolution sea surface climatology from
- Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., and de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28, 649–669.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. Statistical Yearbook 2013: <http://reliefweb.int/report/world/fao-statistical-yearbook-2013-world-food-and-agriculture>.
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., et al. (2018). Precision fish farming: a new framework to improve production in aquaculture. *Biosyst. Eng.* 173, 176–193.

- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., et al. (2018). Precision fish farming: a new framework to improve production in aquaculture. *Biosyst. Eng.* 173, 176–193.
- Garmendia, M., Bricker, S., Revilla, M., Borja, Á., Franco, J., Bald, J., et al. (2012). Eutrophication assessment in basque estuaries: comparing a North American and a European method. *Estuar. Coast.* 35, 991–1006. doi: 10.1007/s12237-012-9489-8
- Garner, A.B. (2008). High-Density Grass Carp Stocking Effects on a Reservoir Invasive Plant, Water Quality, and Native Fishes, M. S. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh.
- Gil, K., Im, J. (2014). Non-point source analysis of arail way bridge area using statistical method: Case study of a concreteroad-bed, *J. Environ. Sci.* 26, 1321-1324.
- Gómez, B., Munekata, P. E. S., Zhu, Z., Barba, F. J., Toldrá, F., Putnik, P., et al. (2019). Challenges and opportunities regarding the use of alternative protein sources: aquaculture and insects. *Adv. Food Nutr. Res.* 89, 259–295. doi: 10.1016/bs.afnr.2019.03.003
- Gonçalves, A. A., Emerenciano, M. G. C., Ribeiro, F. A. S., and Soares Neto, J. D. R. (2019). The inclusion of fish silage in *Litopenaeus vannamei* diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice? *Aquaculture* 507, 493–499.
- Grant, S.A., Baker, J.M., Iskandar, I.K. (2000). Contaminant Hydrology: Cold Regions Modeling, CRC Press, 262 pp.
- Gu, B.; Ge, Y.; Chang, S. X.; Luo, W.; Chang, J. (2013). Nitrate in groundwater of China: Sources and driving forces. *Global Environ. Chang.* 23 (5), 1112– 1121.
- Gu, B.; Ge, Y.; Chang, S. X.; Luo, W.; Chang, J. (2013). Nitrate in groundwater of China: Sources and driving forces. *Global Environ. Chang.* 2013, 23 (5), 1112– 1121, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.05.004
- Gürsoy Haksevenler, B. H. & Ayaz, S. (2021). Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklarının yüzeysel su kalitesi üzerinde etkisi, Alaşehir Çayı alt havzası örneği . *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 11 (4) , 1258-1268 .
- Haksevenler,H.; Ayaz,S. (2021). Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklarının yüzeysel su kalitesi üzerinde etkisi, Alaşehir Çayı alt havzası örneği, *GÜFBED/GUSTIJ* (2021) 11 (4): 1258-1268
- Hall, S.J., Delaporte, A., Phillips, M.J., Beveridge, M., O'Keefe, M., (2011). Blue Frontiers: Managing the Environmental Costs of Aquaculture. The WorldFish Center, Penang.
- Hall, S.J., Delaporte, A., Phillips, M.J., Beveridge, M., O'Keefe, M. (2011). Blue Frontiers: Managing the Environmental Costs of Aquaculture. The WorldFish Center, Penang.
- Han, B., Wang, X., Ouyang, Z. (2005). Analysis on characteristics of urban non-point source pollution, *Water Resource Protection*, 21,1-4.
- Han, D.; Currell, M. J.; Cao, G. (2016). Deep challenges for China's war on water pollution. *Environ. Pollut.*, 218, 1222– 1233, DOI: 10.1016/j.envpol.2016.08.078
- Han, D.; Currell, M. J.; Cao, G. Deep challenges for China's war on water pollution. *Environ. Pollut.* 2016, 218, 1222– 1233.
- Heathwaite, A.L., Quinn, P.F., Hewett, C.J.M. (2005). Modelling and managing critical source areas of diffuse pollution from agricultural land using flow connectivity simulation. *Journal of Hydrology*, 304: 446-461.

- Herrera, J., Cornejo, P., Sepúlveda, H. H., Artar, O., and Quiñones, R. A. (2018). A novel approach to assess the hydrodynamic effects of a salmon farm in a patagonian channel: coupling between regional ocean modeling and high resolution les simulation. *Aquaculture* 495, 115–129. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.00.
- Hersoug, B. (2015). The greening of norwegian salmon production. *Marit. Stud.* 14:16. doi: 10.1186/s40152-015-0034-9.
- Hewitt, C. L., and Campbell, M. L. (2007). Mechanisms for the prevention of marine bioinvasion for better biosecurity. *Mar. Pollut. Bull.* 55, 395–401.
- Holas, J. Hrnecir, M. Integrated watershed approach in controlling point and non-point source pollution within zelivka drinking water reservoir. *Water Sci. Technol.* 2002, 45, 293–300.
- Holby, O., and Hall, P. O. J. (1991). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II Phosphorus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 70, 263–272. doi: 10.3354/meps070263.
- Hooda, P.S., A.C. Edwards, A.C., Anderson, H.A., Miller, A. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas, *Science of the Total Environment*, 143-167.
- Horne, A.J., Goldman C.R., (1994), “Limnology”, McGraw-Hill, Inc., New York, NY.
- Howden, N.J.K., Burt, T.P., Worrall, F., Mathias, S.A. and Whelan, M.J. (2013). Farming for water quality: balancing food security and nitrate pollution in UK river basins. *Annals of the Association of American Geographers*, 103, 397-407.
- Hu, Y., Cheng, H., Tao, S. (2017). Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation. *Environ Int.*, 107:111-130.
- Ip, Y.K., and Chew, S. F. (2010). Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review. *Front. Physiol.* 1:134.
- Ip, Y.K., and Chew, S. F. (2010). Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review. *Front. Physiol.* 1:134.
- Izquierdo-Gómez, D., Arechavala-Lopez, P., Bayle-Sempere, J. T., and Sánchez-Jerez, P. (2017). Assessing the influence of gilthead sea bream escapees in landings of Mediterranean fisheries through a scale-based methodology. *Fish. Manag. Ecol.* 24, 62–72.
- Janssen, K., Chavanne, H., Berentsen, P., and Komen, H. (2017). Impact of selective breeding on European aquaculture. *Aquaculture* 472, 8–16.
- Jat, M.K.; Khare, D.; Garg, P.K.; Shankar, V. (2009). Remote sensing and GIS-based assessment of urbanisation and degradation of watershed health. *Urban. Water J.*, 6, 251–263.
- Jia, B., Tang, Y., Tian, L., Franz, L., Alewell, C., and Huang, J. H. (2015). Impact of fish farming on phosphorus in reservoir sediments. *Sci. Rep.* 5:16617. doi: 10.1038/srep16617.
- Karaer, F. and Küçükballı, A. (2006). Monitoring of water quality and assessment of organic pollution load in the Nilüfer stream, Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*, 114: 391-417.
- Kennedy, D. A., Kurath, G., Brito, I. L., Purcell, M. K., Read, A. F., Winton, J. R., et al. (2016). Potential drivers of virulence evolution in aquaculture. *Evol. Appl.* 9, 344–354.
- Kılıç, O. M., Polat, F., Buhan, E., Dogan H. M. (2017). Zinav Gölü Havzasının Topografik Durumu, Arazi Örtüsü ve Bazı Toprak Özelliklerinin CBS ve UA ile Haritalanması.

- Gaziosmanpasa Bilimsel Arastırma Dergisi. Gaziosmanpasa Bilimsel Arastırma Dergisi, 6(3), 45-54.
- Klein, J.J.M, and Koelmans, A.A. (2011). Quantifying seasonal export and retention of nutrients in West European lowland rivers at catchment scale. *Hydrol Process.* 25(13):2102–2111.
- Klinger, D., and Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, 247–276. doi: 10.1146/annurev-environ-021111-161531.
- Korchemlyuk, M. and Arkhypova, L. (2015). Estimation of key pressures on Prut River Basin in Ukraine. *Ecological Safety* , 19(1): 41-45.
- Korchemlyuk, M. and Arkhypova, L.(2016). Environmental audit of Ukrainian basin ecosystem of the Prut river, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5 (155) 98-106.
- Krause, S., Jacobs, J., Voss, A., Bronstert, A, and Zehe, E. (2008). Assessing the impact of changes in landuse and management practices on the diffuse pollution and retention of nitrate in a riparian floodplain. *Science of the Total Environment*, 389: 149-164.
- Kroupova, H., Machova, J., and Svobodova, Z. (2005). Nitrite influence on fish: a review. *Vet. Med.* 50, 461–471.
- Kuai, L., Liu, W.(2015). Evaluating the effects of land use planning for non-point source pollution based on a system dynamics approach in China. *PLoS ONE*, 10 (8), e0135572.
- Kumar, P. S., Kumaraswami, M., Rao, G. D., Ezhilarasan, P., Sivasankar, R., Rao, V. R., et al. (2018). Influence of nutrient fluxes on phytoplankton community and harmful algal blooms along the coastal waters of southeastern Arabian Sea. *Cont. Shelf Res.* 161, 20–28.
- Kumarasamy , M. (2015). Deoxygenation and reaeration coupled hybrid mixing cells based pollutant transport model to assess water quality status of a river. *International journal of environmental research*, 9, 341.
- Landsat thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, 90, pp. 293–307.
- Lange, (2006). AD 138 H/Druckfarbe blau/2a
- Leeds, R., Brown, L.C., Watermeier, N.L. (1992). *Nonpoint Source Pollution: Water Primer*,
- Li J, Zhou XD. Research on Water Ecological Carrying Capacity of Yarkant River Basin (2009). *Journal of Xi'an University of Technology*, 25(3):249-255.
- Little, D. C., Newton, R. W., and Beveridge, C. M. (2016). Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. *Proc. Nutr. Soc.* 75, 274–286.
- Liu, R.; Xu, F.; Zhang, P.; Yu, W.; Men, C. (2016). Identifying non-point source critical source areas based on multi-factors at a basin scale with SWAT. *J. Hydrol.*, 533, 379–388.
- Loague, K., Corwin, D. (2005). *Encyclopedia of Hydrological Sciences*, Chapter 94, 1427-1439, Point and Nonpoint Source Pollution. (Mg Anderson, Eds.) Volume 5, John Wiley & Sons, Ltd. 3243 pp.
- LRN, (2008). Water: information & resources, The Geoenvironmental Research Centre's Land Regeneration Network, Cardiff University, UK. <http://www.grc.cf.ac.uk/lrn/resources/water/index.php>, Erişim Tarihi: 18.09.2022

- Maavara, T., Parsons, C.T., Ridenour, C., Stojanovic, S., Dürr, H.H., Powley, H.R., Van Cappellen, P. (2015). Global phosphorus retention by river damming. *P Natl Acad Sci USA*. 112 (51):15603–15608.
- Macken, A., Lillicrap, A., and Langford, K. (2015). Benzoylurea pesticides used as veterinary medicines in aquaculture: risks and developmental effects on nontarget crustaceans. *Environ. Toxicol. Chem.* 34, 1533–1542.
- MBC (2008). Diffuse Pollution, Mersey Basin Campaign, <http://www.merseybasin.org.uk/information.asp?page=1&pagesize=5&confirmed=1&id=0&docid=66>, Erişim Tarihi: 18.09.2022
- McAllister, T.A. and Topp, E. (2012). Role of livestock in microbiological contamination of water: Commonly the blame, but not always the source, *Animal Frontiers*, Volume 2, Issue 2, April 2012, Pages 17–27, <https://doi.org/10.2527/af.2012-0039>
- McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P., Ferraris, R.P. (2005). Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture, *Environmental Pollution*, 138 (2), pp. 350-357.
- Michaelsen-Svendsen, B. (2019). Implementation of the Traffic Light System in Norwegian Salmon Aquaculture: Success or Failure for Whom?. Master's thesis. Norway: UiT The Arctic University of Norway.
- Milewski, I. (2005). Impacts of Salmon Aquaculture on the Coastal Environment: A Review. 35pp. (https://www.iatp.org/sites/default/files/Impacts_of_Salmon_Aquaculture_on_the_Coastal_E.pdf), Erişim tarihi: 26.06.2022.
- Mitchell, G. (2005). Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning", *Journal of Environmental Management*, 74, 1-9.
- Morris, G.I., Fan J. (1998). "Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use", McGraw-Hill, New York, NY.
- Moss, B. (2008). Water pollution by agriculture, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 363(1491): 659–666.
- Nazarov, N., Cook, H.F. (2007). Water pollution control issues in an independent Ukraine. *Water and Environment*, 14(2): 117-123.
- NORMAN. 2016. List of emerging substances. Network of Reference Laboratories, Research Centres and related Organisations for Monitoring of Emerging Environmental Substances (NORMAN) (available at www.norman-network.net/?q=node/19).
- Norton, T., and Berckmans, D. (2018). Engineering advances in precision livestock farming. *Biosyst. Eng.* 173, 1–3. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2018.09.008
- Novotny, V. (2002). *Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management*, 2nd Edition. Wiley, 888 pp.
- Novotny, V. (2003). *Water Quality-Diffuse Pollution and Watershed Management*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- NRCS. (2012). *Agricultural Waste Management Field Handbook*, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 210-VI-AWMFH, Amend. 52, (<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=31441.wba>)

- Nyarumbua, T.O., Christopher H.D., Horticultural M., (2016). Using the Planning and Management Model of Lakes and Reservoirs(PAMOLARE) as a tool for planning the rehabilitation of Lake Chivero, Zimbabwe, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 1-12.
- OECD. (2012a). Water quality and agriculture: meeting the policy challenge. OECD Studies on Water. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (available at <http://doi.org/10.1787/9789264168060-en>).
- OECD. (2012b). New and emerging water pollutants arising from agriculture, prepared by Alistair B.A. Boxall. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing (eprints.whiterose.ac.uk/75319/1/oecdreport.pdf).
- OECD. (2017). Diffuse Pollution, Degraded Waters: Emerging Policy Solutions , OECD POLICY HIGHLIGHTS, 14 p.
- OECD.(1982), “Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control”, Technical Report, OECD, Paris.
- Ohio State University Extension Fact Sheet, Food, Agricultural and Biological Engineering, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Oun, A., Kumar, A., Harrigan, T., Angelakis, A. ve Xagorarakı, I. (2014). Effects of Biosolids and Manure Application on Microbial Water Quality in Rural Areas in the US, *Water*, 6, pp 3701- 3723.
- ÖEJV. (1993). “Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi”, Fizibilite Çalışması, Gelişme Raporu, Ömerli-Elmalı Ortak Girişimi, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, İstanbul.
- Özalp, D.(2009). Doğu Karadeniz Havzası’nda Yayılı Kirlenici Kaynakların Belirlenmesi Ve Yönetim Önerileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Öztürk İ., Tanık A., Şeker D. Z., Alp K., Gürel M., Ertürk A., Ekdal A., Tavşan Ç., Zorlutuna Y. (2007a). Su Kalitesi Nihai Fizibilite Raporu, Büyük İstanbul Su Temini Melen Sistemi II. Merhale Projesi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kasım 2007, İstanbul.
- Pahlow, M., van Oel, P. R., Mekonnen, M. M., and Hoekstra, A. Y. (2015). Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Sci. Total. Environ.* 536, 847–857.
- Piehl, M.F. & Smyth, A.R. (2011). Habitat-specific distinctions in estuarine denitrification affect both ecosystem function and services. *Ecosphere* 2:1–16.
- Polat, F. ve Özmen, H. (2011). Almus Baraj Gölünde Trofik Seviyenin Belirlenmesi ve Gölün Fosfor Taşıma Kapasitesinin Araştırılması, *Ekoloji* 20, 78, 53-59.
- Polat, F., Dal, T.,Karatas, I.,Buhan E. (2018). Temperature and Dissolved Oxygen Stratification in Almus Dam Lake On Yesilirmak River (Turkey) And Its GIS Maps. *Ecological Life Sciences*, 13(2), 74-86.
- Polat, F.,Dogan, H. M.,Buhan, E.,Kılıc, O. M.,Dogaç,S.Y., Dirim Buhan, S.(2015). Accumulation and Behavior of Some Heavy Metals in the Main Components of Zinav Lake Basin Ecosystem. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1A), 180-187.
- Porporato, E. M.D., Pastres, R., and Brigolin, D. (2020). Site suitability for finfish marine aquaculture in Central Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.* 6:772. doi: 10.3389/fmars.2019.00772.

- Poudel, D.D. (2016). Surface water quality monitoring of an agricultural watershed for nonpoint source pollution control. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71 (4), 310, 2016.
- Pretty, J. (2002). *Agri-Culture*. London, UK: Earthscan.
- Price, C. S., and Morris, J. A. (2013). *Marine Cage Culture and the Environment: Twenty-first Century Science Informing a Sustainable Industry*. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS, Washington, DC: NOAA. 164.
- Price, C., Black, D. K., Hargrave, B. T., and Morris Jr., J. A. (2015). Marine cage culture and the environment: Effects on water quality and primary production. *Aquacult. Environ. Int.* 6, 151–174.
- Puijenbroek, P., Beusen, A., & Bouwman, A. (2019). Global nitrogen and phosphorus in urban waste water based on the shared socio-economic pathways. *Journal of Environmental Management*, 231, 446– 456.
- Pulatsü, S. (2002). The Application of a Phosphorus Budget Model Estimating the Carrying Capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinerian and Animal Science*, 27, 1127-1130.
- Radford, C., and Slater, M. (2019). Soundscapes in aquaculture systems. *Aquacult. Environ. Int.* 11, 53–62.
- Rico, A., Vighi, M., Van den Brink, P. J., Horst, M., Macken, A., Lillicrap, A., et al. (2018). Use of models for the environmental risk assessment of veterinary medicines in European aquaculture: current situation and future perspectives. *Rev. Aquacult.* 11, 969–988.
- Rico, A., Vighi, M., Van den Brink, P. J., Horst, M., Macken, A., Lillicrap, A., et al. (2018). Use of models for the environmental risk assessment of veterinary medicines in European aquaculture: current situation and future perspectives. *Rev. Aquacult.* 11, 969–988.
- Riera, R., Tuset, V., Rodríguez, M., Monterroso, Ó., and Lombarte, A. (2017). Analyzing functional diversity to determine the effects of fish cages in insular coastal wild fish assemblages. *Aquaculture* 479, 384–395.
- Ritter, W.F., Shirmohammadi, A., (2000). *Agricultural Nonpoint Source Pollution: Watershed Management and Hydrology*. CRC Press, 352 pp.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263): 472- 475.
- Sagasta, J.M., Zadeh, S.M. and Turrall, H. (2017). *Water Pollution from Agriculture: A Global Review*, Executive summary, 29 p, FAO and IWMI, I7754EN/1/08.17, Rome, (<http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>).
- Sala, O. E. et al. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770–1774. (doi:10.1126/science. 287.5459.1770)
- Sarà, G. (2007). A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: dissolved nutrients. *Mar. Environ. Res.* 63, 390–408.
- Sharpley, A. (2016). Managing agricultural phosphorus to minimize water quality impacts. *Scientia Agricola*. 73. 1-8. 10.1590/0103-9016-2015-0107.
- Shen, Z.; Liao, Q.; Hong, Q.; Gong, Y. (2012). An overview of research on agricultural non-point source pollution modelling in China. *Sep. Purif. Tech.* 2012, 84, 104–111.
- Shen, J., Q. Zhu, X.-Q. Jiao, H. Ying, H.-L. Wang, X. Wen, ..., F.-S. Zhang. (2020). Agriculture Green Development: a model for China and the World, *Front. Agr. Sci. Eng.* 7 (1) pp. 5-13, 10.15302/J-FASE-2019300

- Shetty, S., Pai, R. M., and Pai, M. M. M. (2018). Design and implementation of aquaculture resource planning using underwater sensor wireless network. *Cogent. Eng.* 5:1542576. doi: 10.1080/23311916.2018.1542576.
- Shigaki, F., Sharpley, A. & Prochnow, L. I. (2006). Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. *Sci. Agric.* 63(2), 194–209.
- Sinha, E., Michalak, A., & Balaji, V. (2017). Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. *Science*, 357(6349), 405–408.
- Sivertun, A.; Prange, L. (2003). Non-point source critical area analysis in the Gisselo watershed using GIS. *Environ. Model. Software*, 18, 887–898.
- Sneddon, L.U. (2012). Clinical anaesthesia and analgesia in fish. *J. Exot. Pet. Med.* 21, 32–43.
- Søballe, D.M., Kimmel B.L., Kennedy R.H., Gaugush R.F., (1992), “Biodiversity of the Southeastern United States: Aquatic Communities”, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Spears, B.M., Meis, S., Anderson, A. and Kellou, M. (2013). Comparison of phosphorus (P) removal properties of materials proposed for the control of sediment p release in UK lakes. *Science of the Total Environment* 442:103-110.
- Stelzenmüller, V., Gimpel, A., Gopnik, M., and Gee, K. (2017). “Aquaculture site-selection and marine spatial planning: the roles of GIS-based tools and models,” in *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean*, eds B. Buck and R. Langan (Cham: Springer), 131–148
- Sun, G., Sheng, L.X. Feng, J., Lang, Y., Li, Z.X. (1999). Relationship between fishery and eutrophication in Chinese lakes. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 3 (1) pp. 74-78.
- Sutton, M.A., Billen G., Bleeker A., Erismann J.W., Grennfelt P., van Grinsven H., Grizzetti B., Howard C.M., and Leip A. (2011). Technical Summary. In: *The European Nitrogen Assessment* (Eds. Sutton M.A., Howard C.M., Erismann J.W., Billen G., Bleeker A., Grennfelt P., van Grinsven H. and Grizzetti B.) pp xxxv-li, Cambridge University Press.
- Sutton, M.A., Bleeker A., Howard C.M., Bekunda M., Grizzetti B., de Vries W., van Grinsven H.J.M., Abrol Y.P., et al., (2013). Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative. The report is available on-line at the following locations: www.unep.org www.gpa.unep.org/gpnm.html www.initrogen.org www.scopenvironment.org www.igbp.net/publications
- Tang, Z.; Engel, B.A.; Pijanowski, B.C.; Lim, K.J. (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *J. Environ. Manage.*, 76, 35–45.
- Tavşan Ç., (2008). Melen Havzası’nda Yayılı Besi Maddesi Yüklerinin Azaltılması Amacı İle En İyi Yönetim Uygulamalarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Tavşan, Ç., (2008). Melen Havzası’nda Yayılı Besi Maddesi Yüklerinin Azaltılması Amacı İle En İyi Yönetim Uygulamalarının Araştırılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Tornero, V., and Hanke, G. (2016). Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources: a review with a focus on European seas. *Mar. Pollut. Bull.* 112, 17–38.
- Tullo E, Finzi A, Guarino M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Sci Total Environ.* 10;650:2751-2760. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.018. Epub 2018 Oct 4.
- Turgut Neary , E.,Develi, N.,Yesilayer N.,Buhan, E. (2011). Seasonal Occurrence of *Ligula intestinalis* Infection in Cyprinids from Almus Dam Lake Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 14(3), 9-12.
- Turgut Neary, E.,Özgül, G.,Buhan, E. (2013). Seasonal changes of metazoan parasites in *Capoeta tinca* and *Capoeta capoeta* in Almus Dam Lake Turkey. *European Association of Fish Pathologist*(37), 744-752.
- TÜBİTAK MAM ÇE,2010 . Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması, Susurluk Havzası Rap., 446 s.
- TÜBİTAK MAM ÇE,2010 .Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Marmara Havzası Rap., 466 s.
- TÜBİTAK MAM. (2010). Yeşilirmak Havzası Koruma Eylem Planı.
- UN (United Nations). (2013). World population projected to reach 9.6 billion by 2050. United Nations Department of Economic and Social Affairs.(<http://www.un.org/en/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html>).
- UNDESA. (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- UNEP. (2016). A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment. Nairobi, United Nations Environment Programme, ISBN Number: 978-92-807-3555-0(https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unepwwqareport_web.pdf)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.(2015). (http://www.unesco.org/new/en/natural_sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world, Erişim Tarihi:23.08.2022
- United Nations. (2017). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. United Nations, 2017. World Population Prospects.
- USEPA. (2016). Water quality assessment and TMDL information. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency (US EPA) (available at: https://ofmpub.epa.gov/waters10/attains_index.home).
- USEPA.(2003). National management measures for the control of non-point pollution from agriculture, EPA-841-B-03-004, US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, 2003.
- UWE (Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol), (2013). Science for Environment Policy Indepth Report: Sustainable Phosphorus Use. Report produced for the European Commission DG Environment, October 2013. Available at: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>
- Üstündağ, E., Aksungur, M., Dal, A., Yılmaz, C., (2000). Karadeniz Bölgesinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yapısal Analizi ve Verimliliğinin Belirlenmesi, Proje Sonuç Raporu, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, 129 s.

- Vanni, M. J., Arend, K. K., Bremigan, M. T., Bunnell, D. B., Garvey, J. E., Gonzalez, M. J., Renwick, W. H., Soranno, P. A. & Stein, R. A. (2005). Linking landscapes and food webs: effects of omnivorous fish and watersheds on reservoir ecosystems. *BioSciences* 55, 155–167.
- Verdal, H., Mekki, W., Lind, C. E., Vandeputte, M., Chataine, B., and Benzie, J. A. H. (2017). Measuring individual feed efficiency and its correlations with performance traits in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 468, 489–495.
- Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ. (2003). Uzungöl’ün Genel Hidrografik Özellikleri ve Taşıma Kapasitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. TÜDAV, 148-157 s., Ankara.
- Viglizzo, E.F.; Frank, F.C. (2006) .Land-use options for Del Plata basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecol. Econ.*, 57, 140–151.
- Viglizzo, E.F.; Frank, F.C. Land-use options for Del Plata basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecol. Econ.* 2006, 57, 140–151.
- Vollenweider, R.A. (1968). Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular refer nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. OECD, Technical Report (DA5/SU/68.27), 250 p.
- Vollenweider, R.A. (1976), “Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication”, *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33, 53-83.
- Walker, W.W.Jr. (1981), “Empirical Methods for Predicting Eutrophication in Impoundments”, Report 1, Phase I. Data Base Development. Tech. Rep. E-81-0. EWQOS, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS.
- Wang, B., Xin, M., Wei, Q., and Xie, L. (2018). A historical overview of coastal eutrophication in the China Seas. *Mar. Pollut. Bull.* 136, 394–400.
- Wang, F., and Chapman, P. M. (1999). Biological implications of sulfide in sediment—a review focusing on sediment toxicity. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 2526–2532. doi: 10.1002/etc.5620181120.
- Wang, X., Olsen, L.M., Reitan, K.I., Olsen, Y. (2012). Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquac. Environ. Interact.* 2, 267–283. <https://doi.org/10.3354/aei00044>.
- Weitzman, J. (2019). Applying the ecosystem services concept to aquaculture: a review of approaches, definitions, and uses. *Ecosyst. Serv.* 35, 194–206. doi: 10.1016/j.ecoser.2018.12.009.
- WFDIC, (2008). Source of Pollution - overview, Water Framework Directive Information Centre, www.euwfd.com/html/source_of_pollution_-_overview.html Erişim Tarihi:21.09.2022
- WHO (2012). Animal Waste, Water Quality and Human Health. ISBN: 9781780401232. Published by IWA Publishing, London, UK.
- Wilson, A., Magill, S., and Black, K. D. (2009). *Review of Environmental Impact Assessment and Monitoring in Salmon Aquaculture, in Environmental Impact Assessment and Monitoring in Aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 527 (Rome: FAO), 455–535.

- WRI. (2008). Eutrophication and hypoxia in coastal areas: a global assessment of the state of knowledge. WRI Policy Note. Washington, DC, World Resources Institute (WRI).
- Wu, L.; Long, T.Y.; Liu, X.; Guo, J.S. (2012). Impacts of climate and land-use changes on the migration of non-point source nitrogen and phosphorus during rainfall-runoff in the Jialing River watershed, China. *J. Hydrol.*, 475, 26–41.
- Xu F.L, Tao S., Dawson R.W., Li B.G., (2001), "A GIS-based method of lake eutrophication assesment, *Ecological Modelling*, 144, 231-244.
- Yayan Tokgöz, D. (2015). Durgun sularda balık yetiştiriciliğinin besin elementleri açısından etkilerinin azaltılması, *Uzmanlık Tezi*, 119 s., Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Yong, J. (2009). China's water scarcity. *J. Environ. Manag.*, 90, 3185–3196.
- Yuan, Q., Song, G.B., Fullana-I-Palmer, P., Wang, Y.X., Semakula, H.M., Mekonnen, M.M., Zhang, S.S.(2017). Water footprint of feed required by farmed fish in China based on a Monte Carlo-supported von Bertalanffy growth model: a policy implication. *J. Clean. Prod.* 153 (1), 41e50. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.134>
- Zengin, M., Buhan, E. (2007). Almus Ataköy Baraj Göllerinde Yesilırmak Havzası Tokat Balıklandırma Sonrası Balık Faunasında Görülen Degisimler. *Türk Sucul Yasam Dergisi*, 3(5), 267-277.
- Zhang, P.P.; Liu, R.M.; Bao, Y.M.; Wang, J.W.; Yu, W.W.; Shen, Z.Y. (2014). Uncertainty of SWAT model at different DEM resolutions in a large mountainous watershed. *Water Res.*, 53, 132–144.
- Zhao, F. J., Wu, J., & McGrath, S. P. (1996). Soil organic sulphur and its turnover. In *Humic substances in terrestrial ecosystems* (pp. 467-506). Elsevier Science BV.
- Zhao, Yaolong, Ke Zhang, Yingchun Fu, and Hong Zhang. (2012). "Examining Land-Use/Land-Cover Change in the Lake Dianchi Watershed of the Yunnan-Guizhou Plateau of Southwest China with Remote Sensing and GIS Techniques: 1974–2008" *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9, no. 11: 3843-3865. <https://doi.org/10.3390/ijerph9113843>
- Zhou, C., Zhang, B., Lin, K., Xu, D., Chen, C., Yang, X., et al. (2017). Near-infrared imaging to quantify the feeding behavior of fish in aquaculture. *Comput. Electron. Agr.* 135, 233–241.
- Zhou, H.D.; Jiang, C.L.; Zhu, L.Q.; Wang, X.W.; Hu, X.Q.; Cheng, J.Y.; Xie, M.H. (2011). Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. *Water Sci. Eng.* 2011, 4, 92–100. https://tr.wikipedia.org/wiki/Almus_Baraj%C4%B1_ve_Hidroelektrik_Santrali, Erişim Tarihi: 18.07.2021

7. ÖZGEÇMİŞ

