

**AŞAĞI GEDİZ HAVZASI NEHİR SULARININ KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZİKOKİMYASAL
PARAMETRELERİN MAKROOMURGASIZ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**EVALUATION OF ASAGI GEDIZ BASIN RIVERS WATER
QUALITY AND IMPACTS OF PHYSICOCHEMICAL
PARAMETERS TO MACROINVERTEBRATES**

GİZEM KIYMAZ

DR. ÖĞRETİM ÜYESİ HATİCE şENGÜL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

GİZEM KIYMAZ'ın hazırladığı "Aşağı Gediz Havzası Nehir Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Fizikokimyasal Parametrelerin Makroomurgasız Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ'nde YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ali ERTÜRK
Başkan



Dr. Öğretim Üyesi Hatice ŞENGÜL
Danışman



Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ
Üye



Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU
Üye



Prof. Dr. Aydın AKBULUT
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “ Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren Ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

05 /10/2018



Gizem KIYMAZ

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılmamış durumda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlerle ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

03.10.2018



GİZEM KIYMAZ

ÖZET

AŞAĞI GEDİZ HAVZASI NEHİR SULARININ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELERİN MAKROOMURGASIZ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Gizem KIYMAZ

Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Hatice ŞENGÜL

Ekim 2018, 112 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, (1) Gediz havzasının önemli bir alt havzası olan ve mansabında yer alan Aşağı Gediz Alt Havzasının nehir sularının mevcut durum ve iyileştirme senaryolarının uygulandığı durumlardaki kalitesinin model ile belirlenmesi ve (2) havza su kalitesindeki kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerdeki iyileşmelerin makroomurgasız ekolojik kalite oranlarına olan etkisinin incelenmesidir.

Bu maksatla Aşağı Gediz Alt Havzası nehir sularının mevcut durumdaki su kalitesinin ortaya konulması için Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI_5), Çözünmüş Oksijen ($ÇO$), Organik Azot, Amonyum Azotu (NH_4-N) ve Nitrat ile Nitrit Azotu (NO_3-N & NO_2-N) parametreleri bazında su kalitesi modeli kurulmuştur. Söz konusu modelleme çalışması için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından 2004 yılında yayınlanan QUAL2K modeli kullanılmıştır.

Nehirlerde önemli biyolojik kalite bileşeni olan makroomurgasız ekolojik kalite oranı ile Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI_5), Çözünmüş Oksijen ($ÇO$), Amonyum Azotu (NH_4-N),

Nitrat Azotu ile Nitrit Azotu ($\text{NO}_3\text{N} + \text{NO}_2\text{N}$) sıcaklık ve iletkenlik parametreleri arasındaki ilişki Aşağı Gediz Havzası için korelasyon analizleri ile belirlenmiştir. Fizikokimyasal parametreler ile Ekolojik Kalite Oranının (EKO) tahmin edilmesi maksadıyla regresyon analizleri ile ilgili denklemler belirlenmiştir. Çalışma kapsamında çalışma sahası için verileri bulunan BMWP, Shannon Wiener ve Ulusal İndeks olmak üzere üç farklı indeksle hesaplanan EKO'lar kullanılmış ve analiz sonuçlarında Ulusal İndeks EKO değerleri ile oluşturulan yapısal denklemin daha yüksek R^2 ye sahip olduğu belirlenmiştir.

Su kalitesi iyileştirilmesi senaryo modelleri oluşturularak her bir senaryo durumundaki kimyasal ve fizikokimyasal parameterelerdeki iyileşmeler ve bu iyileşmelerin makromurgasız ekolojik kalite oranlarına olan etkisi incelenmiştir.

Çalışma kapsamında 7 farklı senaryo durumu modeli kurulmuş olup senaryo modellerinin sonucunda evsel arıtma tesislerinin kurulduğu, endüstriyel arıtma tesislerinde iyileştirmelerin yapıldığı ve yayılı yükün %50 oranında azaltıldığı varsayımlarının yapıldığı Senaryo 7 durumunda su kalitesi iyileşmeleri en yüksek seviyededir.

Yıllık ortalama değerlere göre ÇO parametresi bazında mevcut durumda %40.91 oranında III. sınıf su kalitesi var iken Senaryo 7 ile bu oran %31.82'lere düşürülebilmektedir. BOİ parametresi bazında mevcut durumda I. sınıf su kalitesi bulunmazken Senaryo modelleri ile bazı su kütlelerinde I. sınıf su kalitesine ulaşılabilceğinin mümkün olduğu belirlenmiştir. TN parametresi bazında ise II. sınıf su kalitesi %47.73 iken Senaryo 7 durumunda %70.45'lere yükselmektedir.

Diğer senaryo durumları da incelendiğinde Senaryo 7'ye en yakın iyileşmelerin Senaryo 5 ve Senaryo 1 ile sağlandığı görülmektedir. Bu senaryoların ortak varsayımı ise evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulmuş olmasıdır. Dolayısıyla havzadaki en önemli kirletici probleminin evsel doğrudan deşarjlar olduğu sonucuna varılmıştır.

Senaryo 5, Senaryo 6 ve Senaryo 7 durumlarında fizikokimyasal parametrelerin değişimi ile makroomurgasız EKO'ları tahmini sonucunda fizikokimyasal parametrelerde artışların olmasına karşın su kalitesi makroomurgasız bileşenine göre hala kötü ekolojik duruma sahip olduğu gözlenmiştir.

Söz konusu çalışma ile kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerin önemli biyolojik kalite bileşeni olan makroomurgasız EKO'larını ne düzeyde açıklamakta olduğu ortaya konmuş olup su kalitesinin fizikokimyasal parametreler ve biyolojik kalite bileşenleri ile birlikte değerlendirilmesi maksadıyla örnek bir metodoloji uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su kalitesi, modelleme, ekolojik kalite oranı, makroomurgasız, QUAL2K, Gediz Nehri, Nif Çayı



ABSTRACT

AŞAĞI GEDİZ HAVZASI NEHİR SULARININ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELERİN MAKROOMURGASIZ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Gizem KIYMAZ

Master Degree, Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assistant Professor Hatice ŞENGÜL

October 2018, 112 pages

The aim of this study is to (1) investigate the quality of river waters in the Aşağı Gediz sub basin, which is an important subbasin of the Gediz basin, for current and future improvements scenarios applied situation with a model, and (2) to investigate the effects of improvements in chemical and physicochemical parameters of watershed quality on the macroinvertebrate ecological quality ratios.

For this purpose, a water quality model based on Biological Oxygen Demand (BOD₅), Dissolved Oxygen (DO), Organic Nitrogen, Ammonium Nitrogen (NH₄-N) and Nitrate and Nitrite Nitrogen (NO₃-N & NO₂-N) parameters was established. The modeling study was carried out with QUAL2K water quality model published in 2004 by the United States Environmental Protection Agency (USEPA).

The relationship between the macroinvertebrate biological quality component, which is an important component for the rivers, and Biological Oxygen Demand (BOD₅), Dissolved Oxygen (DO), Ammonium Nitrogen (NH₄-N) and Nitrate Nitrite Nitrogen (NO₃-N & NO₂-N), temperature and conductivity parameters were determined by correlation analyses.

Mathematical equations for calculation of Ecological Quality Ratio (EQR) were determined with regression analyses. Three Ecological Quality Ratios available for the study site were included in the scope of the study that include BMWP, Shannon Wiener and National Index. The results of the analysis showed that the structural equation created with National Index EQR gives a higher R^2 .

By developing scenario models, the improvements in chemical and physicochemical parameters in each scenario and the effect of these improvements on the ecological quality ratios of macroinvertebrate were determined.

Within the scope of this study, 7 different scenario situation models have been established and water quality improvements were at the highest level in the case of Scenario 7. Scenario 7 included assumptions of establishment of domestic wastewater treatment plants are established, higher efficiency industrial wastewater treatment plants are operated with and 50% reduction in diffuse pollution load.

Based on annual average values, for DO parameter 40.91% III. Class water quality decreases to a ratio of 31.82% in the case of Scenario 7. While I. Class water quality does not exist for the current situation on the basis of the BOD parameter, I. Class water quality may be achieved with the Scenario models. On the basis of TN parameter, II. Class water quality ratio may increase from 7.73% to 70.45% with Scenario 7.

When the other scenario situations are examined, it is seen that the closest improvements to Scenario 7 may be achieved with Scenarios 5 and 1. The common assumption of these scenarios is the establishment of domestic wastewater treatment plants. Therefore, it was concluded that the most important pollutant problem in the basin is domestic direct discharges.

In the cases of Scenario 5, Scenario 6 and Scenario 7, macroinvertebrate EQRs have been estimated and despite the increase in physicochemical parameters, the ecological quality still showed a poor ecological status for the macroinvertebrate component.

In this study, to what degree the variance in macroinvertebrates EQRs which is an important biological quality component may be explained by physicochemical parameters were investigated.

Key Words: water quality, modelling, ecological quality ratio, macroinvertebrate, QUAL2K, Gediz River, Nif Creek



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisan tezimi hazırlama sürecinde çalışmalarım konusunda katkı sağlayan tez danışmanım Sayın Dr. Öğretim Üyesi Hatice ŞENGÜL'e ve Doç. Dr. Ali ERTÜRK'e ve bu çalışma sürecinde destekleri ile her anlamda yanımda olan aileme, eşime ve kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER.....	x
ŞEKİLLER.....	xiii
KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 TEZİN AMACI.....	2
1.2 TEZİN KAPSAMI VE YAPISI	2
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 AVRUPA BİRLİĞİ SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ	4
2.2 ULUSAL MEVZUAT.....	5
2.3 SU KALİTESİ MODELLEMESİ	7
2.3.1 SU KALİTESİ MODELİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	7
2.3.2 SU KALİTESİ MODELLERİNİN GENEL SINIFLAMASI.....	8
2.3.3 SU KALİTESİ MODELLEME ADIMLARI	10
2.4 BİYOLOJİK KALİTE BİLEŞENİ OLARAK BENTİK MAKROOMURGASIZ.....	12
2.4.1 BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY SCORE SYSTEM) İNDEKSİ.....	17
2.4.2 SHANNON WIENER ÇEŞİTLİLİK İNDEKSİ.....	17
2.4.3 ULUSAL İNDEKS	18
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	20
3.1 MAKROOMURGASIZ İLE SU KALİTESİ BİLEŞENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	20
3.2 QUAL2K MODELİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	23
4. MATERYAL VE YÖNTEM	27

4.1 TEZ ÇALIŞMASININ YÖNTEMİ.....	27
4.2 ÇALIŞMA ALANININ BELİRLENMESİ.....	28
4.2.1. AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI GENEL DURUMU	28
4.2.2 AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI KİRLETİCİ KAYNAKLARI.....	32
4.3 VERİ TEMİNİ	45
4.3.1 HİDROLOJİK VE HİDROMORFOLOJİK VERİLER	45
4.3.2 METEOROLOJİK VERİLER.....	45
4.3.3 SU KALİTESİ VERİLERİ.....	46
4.4 KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL BİLEŞENLER İLE MAKROORGANİK ARASINDA KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ.....	53
4.5 ÇALIŞMA ALANI AKARSU KALİTESİ MODELLEMESİ.....	54
4.5.1 QUAL2K SU KALİTESİ MODELİ	54
4.5.2 AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI QUAL2K MODELLEMESİ	61
4.5.3 SU KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ SENARYOLARININ BELİRLENMESİ	64
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	68
5.1 REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ SONUÇLARI.....	68
5.1.1 BMWP İNDEKSİ EKOLOJİK KALİTE ORANLARI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ.....	68
5.1.2 SHANNON WİENER İNDEKSİ EKOLOJİK KALİTE ORANLARI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ.....	69
5.1.3 ULUSAL İNDEKS EKOLOJİK KALİTE ORANI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ.....	70
5.2 QUAL2K MODEL SONUÇLARI	72
5.2.1 MODEL KALİBRASYONU	72
5.2.2 MODEL VALİDASYONU (GEÇERLİLİK KONTROLÜ).....	76
5.3 SENARYO DURUMLARINDA SU KALİTESİ	88
6. ÖNERİLER.....	102
KAYNAKLAR	104
EKLER.....	110
ÖZGEÇMİŞ	112

ÇİZELGELER

Çizelge 1 Su Kalitesi Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [9]	6
Çizelge 2 Farklı Ülkelerde Kullanılan Makroomurgasız Biyotik İndeksleri [7]	16
Çizelge 3 Multimetrik İndekslerde ve İndekslerde Yer Alan Metrikler.....	18
Çizelge 4 İndeks Geliştirilen Havzalar ve Bu İndekslerin Muhtemel Olarak Kullanılabileceği Havzalar	19
Çizelge 5 Kuzey Ege Havzası EKO Sınıflandırması Kriterleri [31]	19
Çizelge 6 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınır Koşullarında Yer Alan Yerleşim Yerleri Nüfus Bilgileri.....	29
Çizelge 7 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınırlarında Yer Alan Yerleşim Yerleri ve Deşarj Türleri.....	32
Çizelge 8 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınır Koşullarında Yer Alan Endüstriyel Tesisler	33
Çizelge 9 Yayılı Yük Hesabında Göz Önünde Bulundurulmuş Baskılar.....	36
Çizelge 10 CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları	37
Çizelge 11 Yayılı Kirleticilerden Kaynaklı Tahmini Birim Yükler	41
Çizelge 12 Alıcı Su Ortamına Farklı Kaynaklardan Gelebilecek N Yükleri	41
Çizelge 13 Havza Yerleşim Yerlerindeki Hayvan Sayısı Verileri (2014).....	42
Çizelge 14 Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Birim TN Yükleri [48]	42
Çizelge 15 Manisa İlinde Yer Alan Düzensiz Depolama Tesisleri	43
Çizelge 16 Manisa İli Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış Yüksekliği.....	44
Çizelge 17 Çalışma Alanındaki Su Kütlelerine Yayılı Kaynaklardan Ulaşan Toplam Azot Miktarları	44

Çizelge 18 Aşağı Gediz Alt Havzası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)	46
Çizelge 19 Aşağı Gediz Alt Havzası Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	46
Çizelge 20 Temin Edilen ve Kullanılan Su Kalitesi Verileri	49
Çizelge 21 GMTY Projesi Kapsamında Yapılan Kimyasal ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri Ölçüm Sonuçları İstatistikleri.....	50
Çizelge 22 NHYP Kapsamında Yapılan Kimyasal ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri Ölçüm Sonuçları İstatistikleri.....	50
Çizelge 23 Çalışma Kapsamında Kullanılan Makroomurgasız Örneklemelerine Ait Birey Sayıları.....	51
Çizelge 24 NHYP Projesi Kapsamında Farklı İndekslere Göre Hesaplanan Nihai Ekolojik Kalite Oranları [52].....	52
Çizelge 25 Model Bölümleri	61
Çizelge 26 Modelin Çalıştırıldığı Dönemler ve Tarihleri	63
Çizelge 27 BMWP İndeksi EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi.....	68
Çizelge 28 BMWP İndeksi EKO ile Regresyon Analizi t Testi.....	69
Çizelge 29 Shannon Wiener İndeksi EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi	69
Çizelge 30 Shannon Wiener İndeksi EKO ile Regresyon Analizi ANOVA Testi.....	70
Çizelge 31 Ulusal İndeks EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi.....	71
Çizelge 32 Ulusal İndeks EKO ile Regresyon Analizi ANOVA Testi	71
Çizelge 33 Kalibrasyon Noktalarının Özellikleri	72
Çizelge 34 Kinetik Katsayıların Kalibrasyon Değerleri.....	74
Çizelge 35 Model Performansı Değerlendirme Kriteri	75
Çizelge 36 Kalibrasyon Dönemi Ortalama Model Performans Göstergeleri	76

Çizelge 37. Validasyon Dönemi Ortalama Model Performans Göstergeleri	77
--	----



ŞEKİLLER

Şekil 1 Su Çerçeve Direktifi Yerüstü Su Durum Değerlendirme Unsurları.....	4
Şekil 2 SÇD Kapsamında Su Sınıflandırması	5
Şekil 3 Su Kalitesi Modelleri Sınıflandırması [12]	9
Şekil 4 Bentik Makroomurgasız Ekolojik Kalite Bileşenini Etkileyen Faktörler	13
Şekil 5 Makroomurgasız Örneklemelerinin Değerlendirilmesi İçin Yapılması Gereken Çalışmalar	15
Şekil 6 Ekolojik Kalite Oranının Hesaplanması.....	15
Şekil 7 Model Karmaşıklık Seviyesi	25
Şekil 8 Tez Çalışmasının Yöntemi	28
Şekil 9 Gediz Havzası Alt Havzalarının Alansal Dağılım Yüzdeleri.....	29
Şekil 10 Aşağı Gediz Alt Havzası Yer Bulduru Haritası-1	30
Şekil 11 Aşağı Gediz Alt Havzası Yer Bulduru Haritası-2	31
Şekil 12 Çalışma Alanı CORINE birinci düzey arazi kullanım değerleri (CORINE 2012).....	39
Şekil 13 Aşağı Gediz Alt Havzası CORINE 2012 Arazi Kullanım Haritası.....	40
Şekil 14 Ölçüm Sonuçları Temin Edilen Verilere Ait İstasyon Yerleri	48
Şekil 15 Gediz NHYP Projesi Kapsamında Fizikokimyasal ve Biyolojik İzleme Yapılan Noktalar.....	52
Şekil 16 QUAL2K Segmentasyon Örneği.....	55
Şekil 17 Bölümlerdeki Hidrolojik Kütle Dengesi ve Hesaplamalarda Kullanılan Kütle Dengesi Denklemi	56

Şekil 18 Bölümlerdeki Su Kalite Bileşenleri Kütle Dengesi ve Hesaplamalarda Kullanılan Kütle Dengesi Denklemi.....	57
Şekil 19 Derinlik ve Hıza Bağlı Havalanma Katsayısı.....	58
Şekil 20 QUAL2K çalışma sayfasından görünüm	61
Şekil 21 Model Alanındaki Su Kütlelerinin Bölümlere Ayrılması	65
Şekil 22 Zeytinyağı Üretim Tesisleri 2 Fazlı ve 3 Fazlı Üretim Prosesleri.....	66
Şekil 23 Kalibrasyon Noktaları Uydu Görüntüsü	73
Şekil 24 Gediz Nehri Boyunca Şubat 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ ₅ , Azotlu Bileşikler)	79
Şekil 25 Gediz Nehri Boyunca Ağustos 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ ₅ , Azotlu Bileşikler)	80
Şekil 26 Nif Çayı Boyunca Şubat 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ ₅ , Azotlu Bileşikler)	81
Şekil 27 Nif Çayı Boyunca Ağustos 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ ₅ , Azotlu Bileşikler)	82
Şekil 28 Gediz Nehri 86.55 km'deki (Nif Çayı ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi	84
Şekil 29 Gediz Nehri 81.45 km'deki (Nif Çayı ile Birleşim Sonrası) Su Kalitesi Değişimi	85
Şekil 30 Gediz Nehri 25.7 km'deki (Ege Denizi ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi	86
Şekil 31 Nif Çayı 13.5 km'deki (Gediz Nehri ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi	87
Şekil 32 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 81.45 km'deki TN Konsantrasyonu	89

Şekil 33 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 25.7 km'deki TN Konsantrasyonu	89
Şekil 34 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Nif Çayı 13.5 km'deki TN Konsantrasyonu	90
Şekil 35 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 81.45 km'deki BOİ ₅ Konsantrasyonu	90
Şekil 36 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 25.7 km'deki BOİ ₅ Konsantrasyonu	91
Şekil 37 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Nif Çayı 13.5 km'deki BOİ ₅ Konsantrasyonu	91
Şekil 38 ÇO Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler	93
Şekil 39 BOİ ₅ Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler	94
Şekil 40 TN Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler	95
Şekil 41 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 81.45 km).....	96
Şekil 42 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 38.2 km).....	97
Şekil 43 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 25.7 km).....	97
Şekil 44 Gediz Nehri Boyunca Mevcut Durumda ve Senaryo Durumlarında Hesaplanan EKO	98

KISALTMALAR

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
AB	: Avrupa Birliği
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
AKM	: Askıda Katı Madde
BMWP	: Biological Monitoring Working Party
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
cBOİ	: Karbonlu Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CCA	: Kanonik Uyum Analizi (Canonical Correspondance Analysis)
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Çöz N	: Çözünmüş Azot
DN	: Çözünmemiş İnorganik Azot
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EKO	: Ekolojik Kalite Oranı
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
GMTY	: Günlük Maksimum Toplam Yük
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planı
KAAT	: Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MAE	: Ortalama Mutlak Hata
NH ₄ N	: Amonyum Azotu
NHYP	: Nehir Havza Yönetim Planı
NO ₂ N	:Nitrit Azotu
NO ₃ N	: Nitrat Azotu
NBOİ	: Azotlu Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Org N	: Organik Azot
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PUNN	: Çarpımsal Birimli Yapay Sinir Ağları (Product Unit Neural Network)
RMSE	: Ortalama Karesel Hatanın Karekökü
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
TN	: Toplam Azot
TOC	: Toplam Organik Karbon
TP	: Toplam Fosfor
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
WASP	: Water Quality Analysis Simulation Program
WFD	: Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive)

1. GİRİŞ

İnsanlar dahil tüm organizmalar hayatta kalmak için suya ihtiyaç duymaktadırlar ve dolayısıyla yeterli su kaynağının olmasını sağlamak, insan refahı için şarttır [1]. Nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve 20. yüzyılda artan refah, su tüketiminde önemli bir artışa neden olmuştur [2].

Mevcut ve gelecekteki ihtiyaçların karşılanması için su kaynaklarının yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel faktörleri de kapsayacak entegre bir yönetim yaklaşımı ile ele alınması gerektiği, son yıllarda gündeme gelmiş ve birçok ülkede uygulanmaya başlamıştır [3].

Avrupa Birliği tarafından, üye ülkeler arasında entegre su yönetimine bir çerçeve oluşturmak maksadı ile Su Çerçeve Direktifi, 22 Kasım 2000 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Direktif genel olarak, suyun korunması gereken bir kamu kaynağı düşüncesini benimsemektedir.

Entegre su kaynakları yönetimi, tüm kesimlerin görüş, beklenti ve amaçlarını dengeleyecek şekilde, su sistemlerinin planlanması, organizasyonu ve kontrolü için oluşturulacak işlevler bütünü olarak tanımlanmaktadır [4].

Su Kaynaklarının Entegre Yönetimi; hayati ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmadan ekonomik ve sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak için su, arazi kullanımı ve diğer kaynakların (toprak kaynakları vb.) koordineli geliştirilmesi ve yönetimini teşvik etmektedir. Bununla birlikte havza bazında alınan kararlarla ve halkın katılımı ilkeleri ile yönetilmesi gerekmektedir [5].

Dolayısıyla günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde “entegre havza modelleri” olarak anılan ve havzada yer alan tüm elemanları, olayları ve bunların etkileşimlerini inceleyen havza simülasyon modelleri geliştirilmiştir [6]. Bu modeller esas olarak yönetim amaçlı olup, havza yönetim planlarının alternatifli irdelenmesine olanak sağlamaktadırlar. Söz konusu modellerin kullanımı ile karar vericiler alınacak önlemlerin sonuçlarını önceden tahmin ederek, yönetsel kararlarını daha doğru olarak verebilmektedirler.

1.1 TEZİN AMACI

Bu tezin amacı;

- Gediz havzasının önemli bir alt havzası olan ve mansabında yer alan Aşağı Gediz Alt Havzasının nehir sularının kalite modeli kurularak mevcut durumun tüm su kütleleri için belirlenmesi,
- Kimyasal ve Fizikokimyasal kalite elementleri ile nehirlerde önemli biyolojik kalite elemanı olan makroomurgasız ekolojik kalite oranı arasındaki yapısal denklem analizinin yapılması,
- Su kalitesine ilişkin önlemlerin belirlendiği senaryoların oluşturulması ve senaryo durumlarında makroomurgasız ekolojik kalite oranlarının değişiminin incelenmesidir.

1.2 TEZİN KAPSAMI VE YAPISI

Tez kapsamında insan etkilerinin ve iklim değişikliği sonucunda su kalitesi kötüleşen ve Gediz Havzasının mansabında yer alan Aşağı Gediz Alt Havzası nehir suları incelenmiştir. Söz konusu havza noktasal ve yayılı deşarjlar ile ciddi baskı altındadır. Bu çalışma kapsamında su kalitesinin incelenmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi senaryolarının belirlenmesi maksadıyla Aşağı Gediz Alt Havzası'nda çalışılmıştır.

Havzanın mevcut durumdaki su kalitesinin ortaya konulması için Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI_5), Çözünmüş Oksijen (ÇO), Organik Azot, Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) ve Nitrat ile Nitrit Azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$ & $\text{NO}_2\text{-N}$) parametreleri bazında su kalitesi modeli kurulmuştur. Söz konusu modelleme çalışması Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından 2004 yılında yayınlanan QUAL2K modeli kullanılmıştır. Su Kalitesi Modeli kalibrasyon ve validasyon süreçleri de tamamlanarak senaryo durumları için değerlendirme yapılabilir duruma getirilmiştir.

Nehir sularındaki kimyasal analizlerde gözlemlenemeyecek kısa süreli değişimler açısından bir erken uyarı mekanizması olarak değerlendirilen makroomurgasız biyolojik kalite bileşeni ile fiziksel ve fizikokimyasal parametreler (Nitrat ve Nitrit Azotu, Amonyum Azotu, İletkenlik, Çözünmüş Oksijen, Biyolojik Oksijen İhtiyacı ve Sıcaklık) arasındaki matematiksel denklemin belirlenmesi maksadıyla korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler kapsamında Biological Monitoring Working Party (BMWP), Shannon Wiener ve Ulusal İndeks ile hesaplanan Ekolojik Kalite Oranları (EKO) kullanılmıştır.

QUAL2K ile kurulan su kalitesi modeli havza su kalitesinin iyileştirilmesi için farklı senaryolarda çalıştırılarak, alınacak önlemler ile su kalitesindeki iyileşme oranları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 7 farklı senaryo oluşturulmuş olup noktasal kaynak deşarjlarının iyileştirilmesi ve yayılı yükün azaltılmasını temel almaktadır. Senaryo durumlarındaki fiziksel ve fizikokimyasal parametrelerdeki değişimlerin bentik makroomurgasız ekolojik kalite oranında oluşturacağı değişimler incelenmiştir.

Çalışma kapsamında su kalitesinin değerlendirilmesi maksadıyla QUAL2K modeli seçilmiştir. QUAL2K modeli tek boyutlu ve kararlı durum modelidir. Karmaşıklık seviyesi iyileştirme senaryolarının belirlenmesi maksadıyla kullanılabilir düzeydedir ve temin edilen veri setine uygundur. Ayrıca kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir.

Bunun yanı sıra su kalitesinin bütüncül değerlendirilmesi maksadıyla biyolojik kalite bileşenlerinden makroomurgasız seçilmiştir. Makroomurgasızların kirlilikten uzaklaşabilecek düzeyde hareket kabiliyetleri olmadığından bulunduğu bölgede bağlı olarak yaşamaktadırlar ve dolayısıyla ortamın koşullarını oldukça iyi temsil etmektedirler. Ayrıca çevresel baskılara da kısa sürede tepki vermesi ve örneklemesinin nispeten daha kolay olması nedenleri ile seçilmiştir.

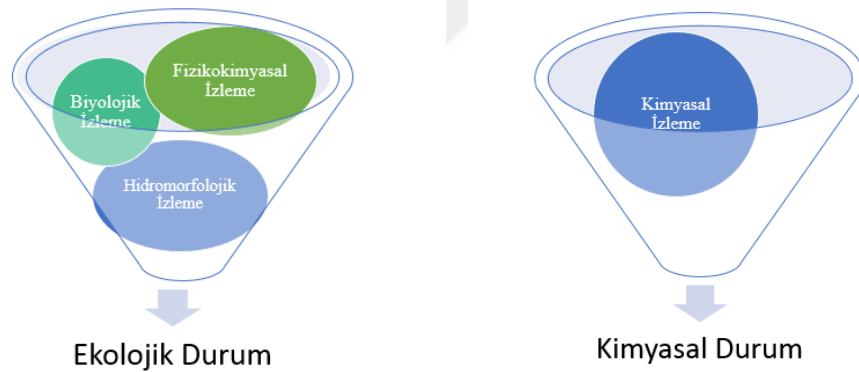
2. GENEL BİLGİLER

2.1 AVRUPA BİRLİĞİ SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ

Avrupa'nın su politikası incelendiğinde 1970-1980'lerde halk sağlığının korunması için su kalitesinin sağlanması yönünde, 1990'lı yıllarda kirliliğin azaltılması yönünde direktifler yayınlandığı görülmektedir.

2000'li yıllarda ise su kaynaklarının bütünsel yönetim ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması öne çıkmış olup bunun sağlanması için Su Çerçeve Direktifi (SÇD) yürürlüğe girmiştir.

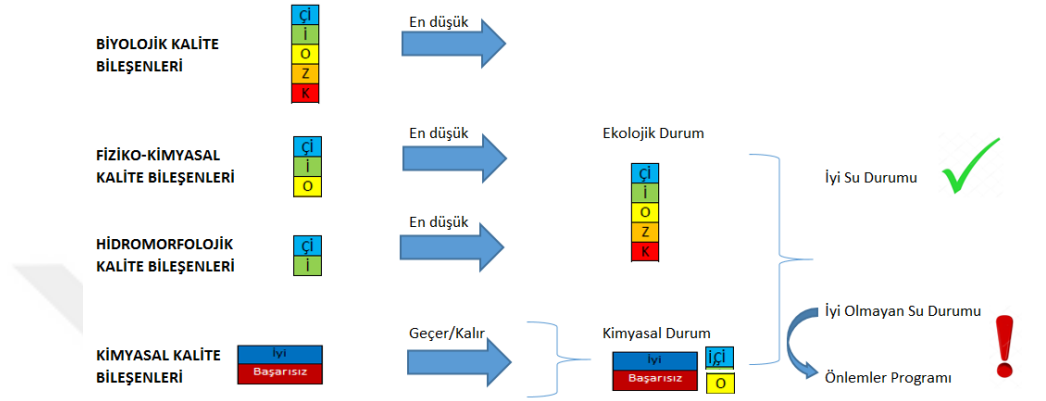
Üye ülke sınırlarındaki tüm suların uzun vadede iyi ekolojik ve iyi kimyasal duruma ulaşmış olmasını hedeflemektedir. Direktif kapsamında havza bazında yönetim temel alındığı için tüm yeraltı, yerüstü ve kıyı suları bu direktifin yaptırımlarından etkilenmektedir.



Şekil 1 Su Çerçeve Direktifi Yerüstü Su Durum
Değerlendirme Unsurları

Balık, makrofit, fitoplankton ve fitobentoz, makroalg, bentik makroomurgasız biyolojik kalite bileşenleri arasında yer almaktadır. Ekolojik durum; kimyasal ve fizikokimyasal ile hidromorfolojik durum değerlendirmeleri arasındaki en önemli bileşendir. Diğer unsurlar biyolojik değerlendirmeye destek olması için önerilmektedir. Biyolojik unsurların değerlendirilmesi tüm biyolojik kalite unsurları göz önünde bulundurulduktan sonra en düşük kalite sınıfına sahip biyolojik kalite bileşeni suyun biyolojik kalite unsurlarına göre durumunu belirlemektedir.

Su durumu sınıflandırmasında 5 sınıf bulunmaktadır (Çok iyi, iyi, orta, zayıf ve kötü). Nihai değerlendirme yapılırken her zaman en düşük sınıftaki kalite bileşeni belirleyici roledir. Ekolojik durum ve kimyasal durum birlikte değerlendirilerek su kütlesinin nihai sınıflandırması yapılmaktadır.



2.2 ULUSAL MEVZUAT

AB adaylık sürecinde olan Türkiye, su konusunu 3 Ekim 2005 tarihinde başlayan katılım müzakereleri kapsamında çevre faslı altında ele almaktadır. Çevre Faslı altında Su Sektörüne ilişkin kapanış kriteri SÇD'nin uyumlaştırılması ve Türkiye'de yer alan 25 havza için nehir havza yönetim planlarının hazırlanmasıdır. Bu sebeple ülkemizde Su Çerçeve Direktifi'nin uyumlaştırılması çalışmaları gerçekleştirilmektedir [8].

Ulusal mevzuatın SÇD ile uyumlaştırılması maksadıyla aşağıda verilen çeşitli yönetmeliklere aktarılmıştır. Bu yönetmeliklerden bazıları;

- ✓ Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik
- ✓ Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik
- ✓ Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
- ✓ Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik

Yerüstü sularının sınıflandırılmasına yönelik değerlendirme, 30/11/2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ile yapılmaktadır. Söz konusu yönetmelik 15.04.2015 tarihli ve 29327 sayılı Resmi Gazete’de yapılan değişiklik ile 10.08.2016 tarihli ve 29797 sayılı Resmi Gazete’de yapılan değişiklik olmak üzere iki kere revize edilmiştir. Yönetmeliğin amacı, yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesidir.

Söz konusu yönetmelik Ek-5 Tablo 2’de Kıta içi Yerüstü Sularının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1 Su Kalitesi Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [9]

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Renk (m ⁻¹)	RES 436 nm: ≤1.5 RES 525 nm: ≤1.2 RES 620 nm: ≤0.8	RES 436 nm:3 RES 525 nm:2.4 RES 620 nm:1.7	RES 436 nm:4.3 RES 525 nm:3.7 RES 620 nm:2.5	RES 436 nm:>4.3 RES 525 nm: >3.7 RES 620 nm: >2.5
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (μ S/cm)	<400	1000	3000	>3000
Yağ ve Gress (mg/L)	<0.2	0.3	0.5	>0.5
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6	3	<3
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	<25	50	70	>70
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	<4	8	20	>20
Amonyum Azotu (mg/L)	<0.2	1	2	>2
Nitrat Azotu (mg/L)	<3	10	20	>20
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	<0.5	1.5	5	>5
Toplam Azot (mg/L)	<3.5	11.5	25	>25
Orta Fosfat Fosforu (mg/L)	<0.05	0.16	0.65	>0.65

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Toplam Fosfor (mg/L)	<0.08	0.2	0.8	>0.8
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	2000	>2000
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	3000	>3000
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	20	>20
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	10	>10

2.3 SU KALİTESİ MODELLEMESİ

Havza bazında bütüncül yönetimin sağlanması amacıyla, sucul ortamdaki fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal süreçlerin incelenmesi, analizi ve kirletici madde miktarlarının önceden tespit edilmesine yarayan modellerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır [10]. Su kalitesi modelleri su kaynaklarının ekolojik durumunun tanımlanmasında ve/veya belirli sınır ve başlangıç koşulları değiştirildiğinde önceki ekolojik durumundaki değişikliğin tahmin edilmesinde kullanılabilecek yararlı araçlardır [11].

Su kalitesi modelleri, ortamında kirletici taşınımının simüle edilmesi ve kirliliğin tahmin edilmesi için kullanılan etkili araçlardır. Modelleme sonucunda ölçüm yapılmayan noktalarda da veri elde edileceği için çok sayıda kimyasal deney yapılmasına gerek kalmamaktadır. Bu da modellerin işçilik ve malzeme maliyeti tasarrufuna katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bazı durumlarda özel çevre kirliliği sorunları nedeniyle yerinde deneyler için çalışma alanına ulaşım sağlanamayabilir. Bu nedenle, su kalitesi modelleri, su çevre kirliliğini ve su ortamında kirleticilerin son kaderini ve davranışlarını tanımlamak için kullanılan önemli bir araç haline gelmiştir.

2.3.1 SU KALİTESİ MODELİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Su Kalitesi Modellemesi konusunda hissedilir gelişim yirminci yüzyılda başlamakta olup bu gelişim 4 aşamaya ayrılmaktadır.

1925-1960 yılları arasında daha çok atık yükü dağılımı problemine odaklanılmıştır. İlk çalışma 1925 yılında Streeter & Phelps tarafından Ohio Nehri için geliştirilmiş olup Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) ve Çözünmüş Oksijen (ÇO) parametreleri modellenmiştir. Ancak bu dönemde bilgisayarların olmaması nedeni ile model çözümleri kısıtlı kalmıştır. Çözümler genellikle lineer, kinetik, basit geometri ve kararlı hal koşullarıyla kısıtlı kalmıştır.

1960’larda dijital bilgisayarların kullanımı ile modelleme alanında da gelişmeler yaşanmıştır. Bilgisayarların kullanılması su kalitesi problemlerinin daha geniş bir çerçevede değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Odak noktası hala Çözünmüş Oksijen olmasına karşın artık 2 boyutlu modeller kurulmaya başlanmıştır.

1970’lerde ise su kalitesinde ötrofikasyon sorunu oluşmaya başladı ve bunun sonucunda da nütrientlerin modellenmesi çalışmalarına başlandı.

1977’den sonra ana modelleme gelişimi, katı maddelerin toksik maddelerin taşınımı ve etkileşimindeki etkin rolünün farkına varıldı. Küçük organik parçacıklar, örneğin fitoplankton ve çer çöp daha büyük organizmalar boyunca sindirilmesi gibi besin zinciri reaksiyonları modelcilerin doğanın organik karbon döngüsünü görmesini sağlamıştır.

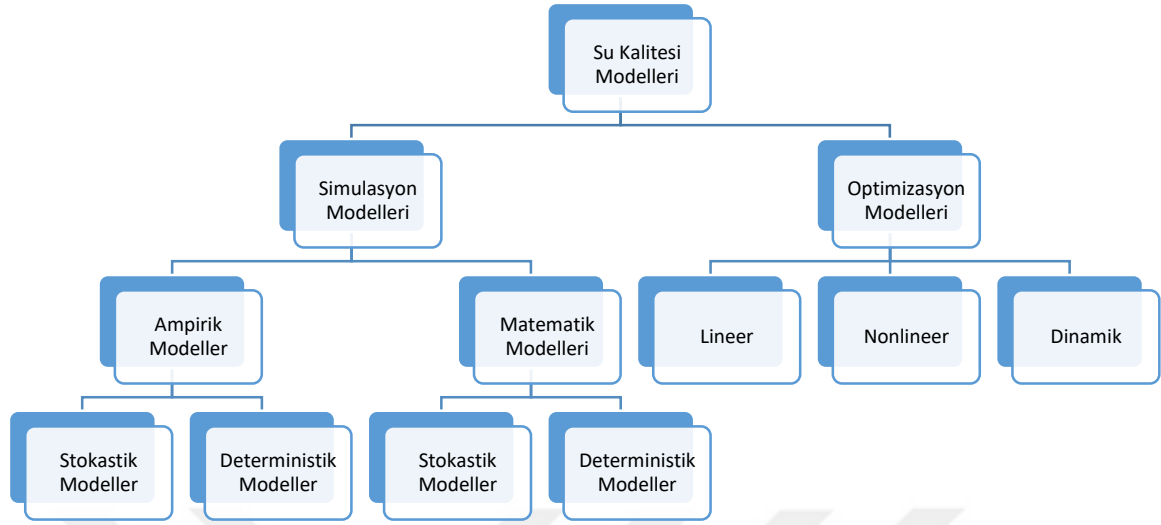
O zamandan beri de su kalitesi modelleme içeriği, çeşitli uygulamalarda yavaş yavaş geliştirildi. Mevcut yüksek kaliteli su kalitesi modellerinde çoklu alg gruplarına ve detritik değişkenlere ve diyajenez modülleri çökeltilerine bağlanmaktadır.

2.3.2 SU KALİTESİ MODELLERİNİN GENEL SINIFLAMASI

Su kalitesi modelleri;

- ✓ girdi ve çıktı bilgisinin düzeyine,
- ✓ modellenen olayların karmaşıklığına,
- ✓ modellenen su kütesine,
- ✓ kullanılan matematiksel yöntemlere,
- ✓ temelin türüne bağlı olarak farklı türdeki modelleri içerir.

Oldukça geniş bir çerçevede yer almasına karşın su kalitesi modellerini genel olarak Şekil 4’te verildiği gibi sınıflandırabiliriz.



Şekil 3 Su Kalitesi Modelleri Sınıflandırması [12]

Simülasyon Modelleri / Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon modelleri, bazı tahsis durumlarına en az maliyetli çözümü elde etmek için kullanılan bir grup matematiksel tekniktir.

Optimizasyon, bir sistemde varolan kaynakların (işgücü, zaman, kapital, süreçler, hammadde, kapasite, ekipman gibi) en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara (maliyet enazaltılması, kâr ençoklanması, kapasite kullanımının enyükseltilmesi ve verimliliğin ençoklanması gibi) ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır [13]. Günümüzde optimizasyon modelleri genelde su tahsisi alanında kullanılmaktadır.

Simülasyon modelleri ise süreçlerin deterministik olarak temsil edildiği tüm mekanik modellerin yanı sıra istatistiksel modeller de dahil olmak üzere bazı matematiksel formlarda su kalitesi değişikliklerini temsil eden tüm modellerdir.

Ampirik Modeller / Matematik Modeller

Ampirik modeller "kara kutu" modelleridir. Pek çok istatistiksel model gibi ampirik modeller, giriş verileri ile çıktı sonuçları arasındaki sabit ilişkinin kurulması prensibine dayanır. Ampirik modellerin başlıca kısıtlamalarından biri, diğer yakın sistemlere veya modelin oluşturulmasında kullanılan aralığın dışındaki verilere uygulanamayacak olmasıdır [14].

Matematik modeller ise sistemin matematiksel denklemler ile açıklanması ile yapılan çalışmalardır.

Matematiksel modeller, matematiksel kural ve sembollerin yardımıyla ifade edilen doğal olayların ve süreçlerin yaklaşık tanımlanması ile kurulan modellerdir [15]. Matematiksel su kalitesi modelleri kütlenin korunumuna dayanmaktadır. Yani sonsuz hacimdeki suda kütle ne oluşur ne yok olur.

Birikim=Yükleme +/- taşınım +/- reaksiyonlar

Stokastik Modeller / Deterministik Modeller

Stokastik modeller, olasılık teorisi ve matematiksel istatistik kavramlarına dayanan sistemleri tanımlamaktadır. Rastgele olaylar, değerler, süreçler vb.)

Stokastik modellerde model bileşenlerinden en az birinde rastgelelik vardır ve bu bileşen model girdisinde örtük veya gizli olarak yer almaktadır. Bu nedenle aynı girdiler ile çalıştırılan modeller farklı çıktılar verebilmektedir.

Deterministik modellerde ise rastgelelik yoktur. Aynı veri setleriyle çalıştırılan modeller aynı sonuçları vermektedir.

Deterministik modelleri kendi içerisinde kararlı durum modeli ve dinamik durum modeli olmak üzere ikiye ayrılır.

2.3.3 SU KALİTESİ MODELLEME ADIMLARI

Su kalitesi modellerinin kullanımı giderek artmaktadır. Politika hazırlanması, izleme verilerinin toplanması gibi su yönetiminin kritik ihtiyaçlarının karşılanması durumunda önemli yardımcı rolü oynamaktadır. Modellerin su kalitesinin ortaya konulmasında kullanılmasının en önemli faydaları;

1. İzlemenin olmadığı bazı durumlarda modeller ile su kalitesinin mevcut durumunun belirlenmesi
2. İzleme ve modelleme verilerinin kullanıldığı entegre sistemler, aynı maliyette tek başına izleme veya modellemeden daha fazla bilgi sağlamaktadır. Modeller ayrıca, izleme çalışmalarına doğrudan yardımcı olabilecek ve belirli bir güvenilirlik seviyesinde yönetim kararlarının alınması için gereken izleme verilerinin miktarını azaltmak için de kullanılabilir.

3. Modelleme, farklı yönetim stratejilerinden kaynaklanan gelecekteki su kalitesi durumlarını değerlendirmek (tahmin etmek) için kullanılabilir. Örneğin, yeni bir atıksu arıtma tesisi faaliyete geçtikten sonra su kalitesindeki iyileşmenin ya da artan endüstriyel büyümenin ve atık su deşarjlarının etkisinin değerlendirilmesi [16].

Model kullanımının avantajlarının yanı sıra giriş verilerinin dikkatsiz kullanımı, yetersiz kalibrasyon ve validasyon, modelin kapsamı dışında çalışması, doğru olmayan model hipotezleri gibi sebepler de modeldeki hesaplamaların gerçekçi olmayan sonuçlar vermesine ve bu sonuçlarla su kaynaklarına ilişkin yanlış yönetsel kararların alınmasına neden olmaktadır.

Modellerin doğru ve uygun kullanımının sağlanması amacıyla Hollanda tarafından finanse edilerek oluşturulan İyi Modelleme Uygulaması El Kitabı hazırlanmıştır [17]. El kitabı genel olarak modelcileri desteklemek için oluşturulmuştur. Modelleme prosedürünün bütün adımları ile ilgilenmektedir ve kontrol listesi olarak kullanılabilir niteliktedir. El kitabı değerlendirmelerde genellikle deterministik ve sayısal modelleri dikkate almaktadır ve hazırlanması aşamasında bütün paydaşların görüşleri alınmıştır.

Modellemenin yinelemeli bir süreç olduğunun ve bazı adımlardan sonra geri besleme yapılması gerektiğinin altını çizen dokümana göre modelleme aşamaları temel olarak yedi adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar Model Bülteninin Oluşturulması, Modelleme Projesinin Kurulması, Modelin Kurulması, Modelin Analiz Edilmesi, Model Kullanımı, Sonuçların Yorumlanması ve Raporlama ve Sonuçların Dosyalanmasıdır.

Model analizi adımında kalibrasyon, belirsizlik analizi ve geçerlilik kontrolünün yapılması önerilmektedir. Kalibre edilen modelin tesadüfen sistemin özel bir anını temsil eden bir veri seti ile yapılmadığından emin olunması için de geçerlilik kontrolü (validasyon) yapılmalıdır. Kalibrasyon adımında kullanılmayan bir veri seti ile model çalıştırılmalı ve sonuçlar değerlendirilmelidir.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority, EFSA) tarafından hazırlanan İyi Model Uygulaması bilimsel raporunda ise model geliştirmenin model çıktılarının yeterince iyileştirildiğinden emin olunana kadar devam edilmesi gereken bir döngü olduğu belirtilmektedir. Bu döngü problemin tanımı, kavramsal modelin oluşturulması, hesaplama formüllerinin oluşturulması, modelin uygulanması, modelin

analiz edilmesi ve modelin kullanılarak yönetim kararlarının verilmesi adımlarını kapsamaktadır [18].

Modelleme döngü adımlarından model analizi, modelin davranışı ve performansı hakkında bilgi sağladığı için modeli kurma prosedürünün kilit unsurudur. Model analizi; duyarlılık analizi, belirsizlik analizi ve modelin izleme verileri ile karşılaştırılmasıyla modelin değerlendirilmesini içermektedir.

Modelin performansı genellikle ilgili model çıktıları ile ölçümlerle karşılaştırarak değerlendirilir. Hiçbir model, söz konusu sistemi mükemmel bir şekilde tarif edemez, ancak model çıktıları, ilgili veri modellerine yeterli bir eşleşme sağlamalıdır.

2.4 BİYOLOJİK KALİTE BİLEŞENİ OLARAK BENTİK MAKROOMURGASIZ

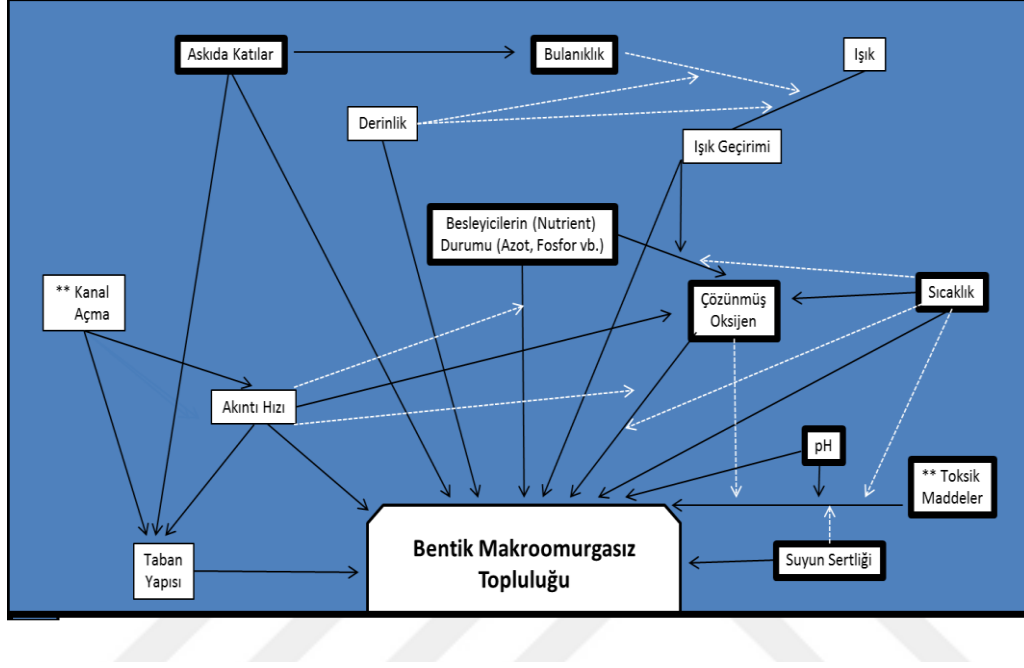
Yerüstü sularında biyolojik izleme ve değerlendirmeler halk sağlığı açısından bakteriyolojik duruma odaklanmışken, yerüstü sularının yönetiminde farklı ihtiyaçlar nedeni ile farklı organizmalar değerlendirilmiş ve nihayetinde fitoplankton, fitobentoz, makrofit, makroomurgasız ve balık gibi tüm sucul topluluklar su kalitesi değerlendirmelerine dâhil edilmeye başlanmıştır [19].

Biyolojik kalite bileşenlerinden makroomurgasızlar su kalitesini gösteren en önemli bileşen olduğu kanıtlanmıştır. [20]

Makroomurgasızlar çeşitli su kütlelerinde yaşayan çıplak gözle görülebilen, 0,5 mm'den büyük, su kütlelerinin tabanında yaşayan ve omurgası olmayan hayvan grubunu temsil etmektedir [21]. Biyolojik izlemede kullanılan en elverişli ve yaygın canlı grubudur. Organik kirleticiler ve toksik maddeler gibi stres faktörlerine karşı geniş bir tepki yelpazesine sahiptir ve bu canlı grubunun varlığı veya yokluğu, nehir ekosisteminin güvenilir bir resmini sağlar [22].

Bentozlar kısıtlı lokomotor kabiliyetleri, substrata tutunarak yaşamaları ve diğer canlılara görece daha uzun yaşam döngülerinin olması nedenleriyle önemli biyolojik indikatörlerdir. Bu özellikleriyle, akarsularda su kalitesinin izlenmesi amacına uygundur. Makroomurgasız popülasyonu fizikokimyasal değişimler, substrat varlığı ve çeşitli insan faaliyetlerinden oldukça fazla etkilenmektedir. Bunların yanı sıra bentoz yoğunluğu mevsimsel olarak da değişiklik göstermektedirler [23].

Söz konusu canlıların sucul ekosistemlerde etkilendikleri faktörler Şekil 4'te gösterilmektedir [7]. Buradan da görüleceği gibi kimyasal ve fizikokimyasal parametreler doğrudan etkilerken akıntı hızı, derinlik gibi hidromorfolojik kriterler dolaylı etkileşime neden olmaktadır.



Şekil 4 Bentik Makroomurgasız Ekolojik Kalite Bileşenini Etkileyen Faktörler

Söz konusu canlılar, iri ölçekli organik maddelerin birincil mekanik bozulmalarını gerçekleştirmektedirler. İnce ölçekli organik maddeleri, mikropları, diatomları ve makrofitleri tüketirken; diğer omurgasızları avlayabilir ve daha büyük omurgasızlara parazite olabilmektedirler. Ayrıca diğer omurgasızlar, balıklar ve su kuşları için mikroplar ve omurgalılar arasında bir bağlantı oluşturan büyük bir besin kaynağı olmaktadır. Bu nedenle makroomurgasız toplulukları sucul ekosistemdeki enerji ve madde dönüşümlerinin de temel bileşeni olmaktadır [24].

Makroomurgasızların biyolojik izlemede kullanılmasının avantajları [25]:

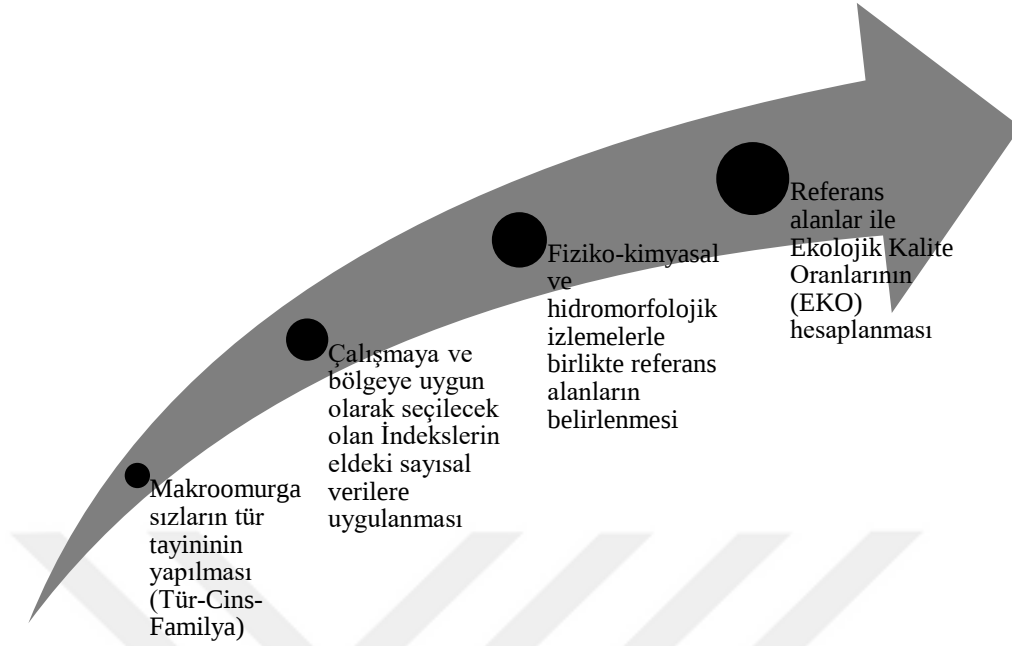
- Her yerde bulunmaktadır.
- Temel olarak hareketsiz bir davranışa sahiptirler, bu da kirleticinin mekansal analizine izin vermektedir.

- Diğer gruplarla karşılaştırıldığında uzun yaşam döngüleri vardır. Bu da pertürbasyonların neden olduğu zamansal değişikliklerin analizine olanak sağlamaktadır.
- Çeşitli kirlilik türlerine karşı farklı düzeylerde hassasiyet göstermektedirler.
- Besin zincirinde önemli bir yer teşkil etmektedirler.
- Birçok farklı sucul ekosistemde çevresel bozulmalardan hızlı bir şekilde etkilenmektedirler. Bu da çevresel strese tepkilerinin analizine imkân vermektedir.
- Pek çok örnekleme yöntemi bulunmaktadır [24].

Bentik Makroomurgasız örneklemelerinden elde edilen faunistik bilgilerin sayıya dönüştürülerek kullanılması için indeksler kullanılmaktadır.

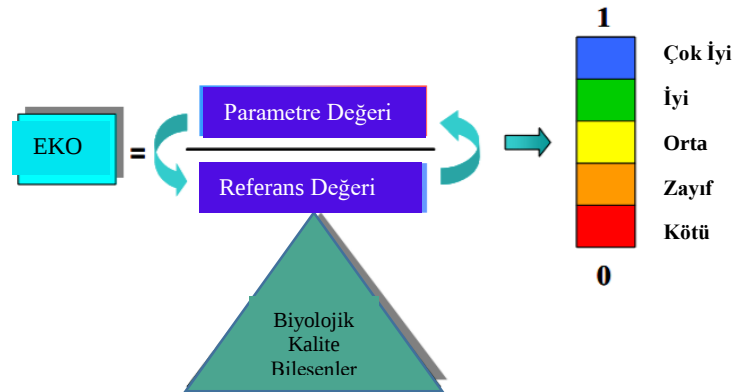
Tüm yüzey sularının değerlendirilmesinde gerekli olan biyolojik elementlerden biri olan bentik makroomurgasız indeksleri taksonomik kompozisyonun, bolluk, hassas tür varlığı ve çeşitliliği dikkate alınmalıdır. Türetilmiş bir kalite indeksi (bir multimetrik indeks), gözlemlenen bir topluluğun türe özgü referans koşullarından ne kadar saptığını gösteren ekolojik kalite oranı (EKO) olarak ifade edilmelidir. EKO, Şekil 2’de gösterilen beş ekolojik kalite sınıfı kapsamında değerlendirilebilmesi için kullanılmaktadır.

Makroomurgasız örneklemelerin değerlendirilmesi için arazi çalışmalarının tamamlanmasının ardından yapılması gereken çalışmalar Şekil 5’te verilmektedir. Bu adımlar incelendiğinde; öncelikle tür tayininin uzmanlar tarafından yapılması gerekmektedir. Akabinde tür bazında kullanımı uygun görülen indeks ve indeksler kullanılarak örnekleme yapılan su kütlesi bazında skorlamalar yapılmalıdır. Kimyasal ve fizikokimyasal ile hidromorfolojik izlemeler ile tahribata uğramamış veya minimum düzeyde değişmiş ortamlar olan referans su kütleleri belirlenmeli ve bunlar kullanılarak ekolojik kalite oranları hesaplanmalıdır.



Şekil 5 Makroomurgasız Örneklemelerinin Değerlendirilmesi İçin Yapılması Gereken Çalışmalar

Biyolojik değerlendirme sonuçları sıfır ile bir arasındaki sayısal bir ölçek kullanılarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bu ölçek Ekolojik Kalite Oranı'dır (EKO). Türe özgü EKO değeri 1 ise referans koşulu ve sıfıra yakın ise kötü ekolojik durumu temsil etmektedir. EKO yerüstü su kütlelerinde gözlemlenen biyolojik değerlerin referans şartlar altında beklenen değere oranıdır. Ancak referans koşulların belirlenmemesi durumunda ölçüm noktalarının en yüksek değeri kullanılarak EKO değerleri hesaplanmaktadır [26].



Şekil 6 Ekolojik Kalite Oranının Hesaplanması

Biyotik indeksler, mevcut olan taksonun ekolojik duyarlılığına ve taksonun zenginliğine bağlı olarak su kalitesini sınıflandırmaya yönelik kullanılan sayısal ifadelerdir. Birçok biyotik indeks, makro-omurgasızlara dayalı olarak kurulmuştur. Çünkü bunlar, organik ekosistemde organik madde ayrışmasına katılarak ve diğer su omurgasızları, balıklar ve bazı kuşlar için başlıca besin kaynağını oluşturarak, su ekosisteminde merkezi bir rol oynamaktadır [27].

Farklı akım koşullarının beraber değerlendirilmesiyle ortak bir biyotik indeksin kullanılması, makroomurgasız türlerinin farklı coğrafi dağılımları ve akarsular arasındaki biyo-çeşitlilik farklılıklarından dolayı imkânsızdır. Farklı ülkelerde kullanılan indeksler Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2 Farklı Ülkelerde Kullanılan Makroomurgasız Biyotik İndeksleri [7]

Yaklaşım /Yöntem	Ülke
Saprobik Yaklaşım	
Saprobik İndeks	Avusturya
Almanya Saprobik İndeks	Almanya
Biyotik Yaklaşım	
Belçika Biyotik İndeksi (BBİ)	Belçika, Fransa, Hollanda
Bulgaristan Biyotik İndeksi (BGBI)	Bulgaristan
Danimarka Akarsu Biyotik İndeksi (DSFI)	Danimarka
BMWP, ASPT	Birleşik Krallık
IBMWP	İspanya
Familya Biyotik İndeksi (FBI)	ABD, Avrupa
Çeşitlilik Yaklaşımı	
Shannon-Weaver İndeksi	Çeşitlilik Birçok ülke

2.4.1 BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY SCORE SYSTEM) İNDEKSİ

BMWP Skor Sistemi (Biological Monitoring Working Party Score System) İngiltere akarsuları için oluşturulmuş olup, değişik bölgelerin faunası kullanılarak uyumlu hale getirilebilen bir indekstir. Familya düzeyinde bir indeks türüdür. [7].

Bu sistem sığ ve hızlı akıntılı sularda kullanılabileceği gibi derin ve yavaş akıma sahip sular için de uygun olmaktadır [28].

BMWP indeksinin, bazı makroomurgasız ailelerin ilgili bölgeden yoksun olması ve farklı taksonlarla ikame edilmesi ile ailelerin bölgeden bölgeye farklı kirlilik toleransları gösterebilmeleri nedenleriyle farklı bölgelere göre uyarlanması gerekmektedir.

BMWP indeksi omurgasızların kirliliğe karşı duyarlılığını ele alır; öncelikle örneklemelerde tespit edilen taksonların hangi familyalara ait olduğu belirlenir. Familya gruplarına göre 1 ile 10 arasında bir puan verilir. BMWP puanı, örnekte bulunan tüm familyaların değerlerinin toplamıdır. 100'den büyük değerler temiz akışlarla ilişkilendirilirken, çok kirli akışların puanları 10'dan azdır [29].

2.4.2 SHANNON WIENER ÇEŞİTLİLİK İNDEKSİ

Çeşitlilik değerini temel alan bir indekstir ve çeşitlilik ne kadar yüksekse bozulmamış bir ekosistem olduğu kabulü yapılmaktadır.

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

H': İndeks değeri
S : Topluluktaki taksonların toplam değeri
n_i : "i" taksonu
N : "i" taksonundaki bireylerin sayısı

Topluluk içindeki taksonların (biyotik çeşitlilik) sayısı ve dağılımı artarken, "H" değeri de artar. H'nin yüksek değeri, türlerin dağılımının daha dengeli veya daha çok sayıda olmasından etkilenecek, çeşitliliğin daha yüksek olduğunu ve çevrenin daha temiz olduğunu ifade eder. H değerinin 3'ten büyük olması suyun temiz olduğunu, 1'den küçük olması suyun ağır şekilde kirli olduğunu ve ara değerler ise suyun orta derecede kirli olduğunu orta belirtisidir [30].

2.4.3 ULUSAL İNDEKS

Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 2016 yılında yayınlanan Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi kapsamında belirlenen Ulusal İndeks'tir. Bahse konu proje kapsamında Bentik Makroomurgasız için Türkiye'deki bazı havzalara özgü multimetrik indeks geliştirilmiştir. Bu havzalar; Ceyhan Havzası, Kuzey Ege Havzası, Aras Havzası, Aşağı Fırat Havzası, Batı Akdeniz Havzası, Doğu Karadeniz Havzası, Sakarya Havzası ve Batı Karadeniz Havzalarıdır. 8 havza için belirlenen multimetrik indekslerde ve indekslerde yer alan metrikler Çizelge 3'te gösterilmektedir [31].

Çizelge 3 Multimetrik İndekslerde ve İndekslerde Yer Alan Metrikler

Havza Adı	İndekste Yer Alan Metrikler
Ceyhan Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Shannon-Wiener İndeksi [%] epirhitral EPT Taxa (%)
Kuzey Ege Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Shannon-Wiener İndeksi EPT Taxa (%)
Aras Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Shannon-Wiener İndeksi [%] Grazers and Scrapers
Aşağı Fırat Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Margalef İndeksi [%] hyporhial
Batı Akdeniz Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Shannon-Wiener İndeksi Type Aka+ Lit+Psa (%)
Doğu Karadeniz Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Margalef Çeşitlilik İndeksi EPT Taxa (%)
Sakarya Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Shannon-Wiener İndeksi [%] epirhitral EPT Taxa (%)
Batı Karadeniz Havzası	BMWP (İspanyol Versiyonu) Margalef Çeşitlilik İndeksi [%] Littoral EPT Taxa (%)

İlgili proje sonucunda yayınlanan kılavuz dokümanda nehirler için 8 havzada geliştirilen bu indekslerin diğer havzalarda kullanılmasının sakıncaları olmakla birlikte, diğer havzalar için indeks geliştirme çalışmaları tamamlanana kadar biyolojik izleme çalışmalarında Çizelge 4'te yer alan havzalar için kullanılabileceği belirtilmektedir.

Çizelge 4 İndeks Geliştirilen Havzalar ve Bu İndekslerin Muhtemel Olarak Kullanılabileceği Havzalar

İndeks Geliştirilen Havza	Muhtemel Kullanılabilecek Havzalar
Ceyhan Havzası	Seyhan, Asi
Kuzey Ege Havzası	Gediz, Susurluk, Küçük Menderes
Aras Havzası	Çoruh, Yukarı Fırat, Orta Fırat, Van Gölü Kapalı Havzası
Aşağı Fırat Havzası	Dicle
Batı Akdeniz Havzası	Orta Akdeniz, Doğu Akdeniz, Büyük Menderes, Burdur Gölü Kapalı Havzası
Doğu Karadeniz Havzası	Yeşilırmak
Sakarya Havzası	Marmara, Konya Kapalı Havzası, Akarçay
Batı Karadeniz Havzası	Kızılırmak, Meriç, Marmara

Ayrıca kılavuz dokümanda ekolojik kalite oranlarının sınıflandırılabilmesi için aralıklar belirlenmiş olup, Kuzey Ege Havzası kriterleri Çizelge 5’te verilmektedir.

Çizelge 5 Kuzey Ege Havzası EKO Sınıflandırması Kriterleri [31]

İndeks Değeri	Sınıf
0,99 ve üzeri	YÜKSEK
0,95-0,98	İYİ
0,57-0,94	ORTA
0,53-0,56	ZAYIF
0,52 ve aşağısı	KÖTÜ

3. LİTERATÜR ÖZETİ

3.1 MAKROOMURGASIZ İLE SU KALİTESİ BİLEŞENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Nehirlerde kimyasal ve fizikokimyasal su kalite bileşenleri ile makroomurgasız biyolojik kalite bileşeni arasındaki ilişkilerin kurulduğu literatür araştırması yapılmıştır.

Su kalitesi ve arazi kullanımının bentik makroomurgasız topluluk kompozisyonunu nasıl şekillendirdiğini anlamak amacıyla gerçekleştirilen çalışmada Çin'deki Jinshui Nehri'nde bentik makroomurgasız topluluklarının yapıları ve su kalitesi ve nehir kıyısı kullanımı açısından çevresel kontrolleri araştırılmıştır. Jinshui havzasındaki hidrolojik rejime dayalı olarak yağışlı dönem mevsim (Ağustos 2009), kurak dönem (Kasım 2009) ve normal sezon (Nisan 2010) olmak üzere üç ölçüm gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda makroomurgasız topluluklarının varlığı, arazi kullanımındansa su kalitesi faktörleri ile daha ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Ayrıca söz konusu çalışma kapsamında kanonik uyum analizi (CCA) ile, magnezyum (Mn), selenyum (Se), stronsiyum (Sr), silikon (Si), çözünmüş inorganik azot (DN), sülfür (S), toplam organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) elementlerinin veya nutrientlerinin makroomurgasız toplulukları ile güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir [32].

Biyolojik indekslere ve sucul ekosistemlere ilişkin literatür taraması yapıldığında çalışmalarda su kaynaklarının planlanması ve yönetimi ile sucul ekosistem çalışmaları arasında bir boşluk olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının planlanması ve yönetimi çalışmaları genellikle farklı kullanım sektörlerine göre su tahsisi konuları ile suyun kimyasal ve fizikokimyasal bileşenlerini kapsamaktadır. Yetersiz ölçümler ve yetersiz bilgi birikimleri nedeniyle biyolojik indekslere ilişkin çalışmalar çoğunlukla eksik kalmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalarda biyolojik indekslere ilişkin veriler özellikle de az gelişmiş ülkelerde kısıtlı su kaynaklarında kısa dönemi kapsamaktadır. Ancak su kaynaklarının yönetiminde doğru kararlar alınabilmesi için uzun dönem verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Veri eksikliğine karşın biyolojik indekslerin de planlama ve yönetim kararlarında değerlendirilebilmesi için kimyasal-fizikokimyasal parametrelerle biyolojik indeksler arasındaki matematiksel ilişkinin bulunması önem kazanmaktadır. Böylece su kaynağının

iyileştirilmesi için belirlenecek önlemler bütüncül çevresel durumunun değerlendirilmesi ile ortaya konulabilecektir. Fizikokimyasal parametrelere ilişkin uzun dönem veri setlerinin temin edilebilmesi nedeniyle sucul ekosistemlerde miktar ve tür dağılımına ilişkin analizlerin yeterli miktarda olmaması durumunda bile sucul ekosistem kalitesinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır [33].

Hollanda'da Çarpımsal Birimli Yapay Sinir Ağları (Product Unit Neural Network, PUNN) yöntemi kullanılarak geliştirilen model ile fizikokimyasal kimyasal parametreler ile Ekolojik Kalite Bileşenleri arasındaki ilişki belirlenebilmektedir. Geliştirilen model ile fitoplankton, makroomurgasız, balık ve makrofit kalite bileşenleri için Ekolojik Kalite Oranı (EKO) hesabı yapılmaktadır.

Su kalitesinin iyileştirilmesi için alınacak önlemlerde iyileşme oranları tahmin ediliyor olsa dahi o önlemin toplam etkisinin ne olacağının belirlenmesi için böyle bir çalışma ihtiyaç duyulduğu açıklanmaktadır.

PUNN modelinin kurulması için öncelikle çalışma alanındaki su kütleleri havzaya özgü kriterler belirlenerek sınıflandırılmakta ve bu su kütlelerinde öne çıkan kimyasal fizikokimyasal kalite bileşenleri belirlenmektedir. Sınıflandırılmış su kütlelerinde 100 ile 200 arasında ölçüm olmasının daha doğru sonuçlar vereceği belirtilmektedir. PUNN modeli çalıştırılarak da biyolojik kalite bileşenleri ile arasındaki ilişki kurulmaktadır [34].

İran'da sucul ekosistemlere ilişkin veri teminin çok yetersiz olması nedeni ile Aboulabbas Nehir Havzası'nda kimyasal-fizikokimyasal parametreler ile biyolojik indeksler arasındaki matematiksel ilişki belirlenmiştir. Ocak 2017 ile Aralık 2017 ayları arasında 6 istasyondan aylık numuneler alınmış ve balık, makroomurgasız ile fizikokimyasal parametrelerin ölçümleri yapılmıştır. Havzada önemli bir endüstriyel deşarj veya kimyasal kirletici olmaması nedeni ile ölçüm sonuçlarına göre su kalitesi iyi durumda olduğu görülmüştür.

Biyolojik indekslerle fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için öncelikle Simpson, Shannon ve Margalef çeşitlilik indeksleri 12 aylık hesaplanmış ve SPSS programı kullanılarak korelasyon analizi yapılmıştır. Sıcaklık, pH, ÇO, İletkenlik ve BOİ₅ parametreleri ile biyolojik indeksler arasında önemli bir ilişki olduğu ortaya konmuştur.

Korelasyon analizinin ardından genetik algoritma yöntemi kullanılarak aralarındaki matematiksel denklemler belirlenmiş ve bu denklemlerin hepsinde BOİ₅ ile ÇO'nun

etkisinin en büyük oranda olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel testler yapılarak oluşturulan denklemler arasından doğru sonuçlara en yakın olan denklem belirlenmiş olup, en iyi sonucu Margalef biyolojik indeksinde olduğu açıklanmıştır [33].

Hindistan'da Tamirabarani Nehri su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ile makroomurgasız organizmalar bazında değerlendirilmesi maksadıyla Mart ile Aralık ayları arasında belirlenen 12 örnekleme istasyonunda izleme çalışmaları yapılmıştır.

Makroomurgasız izleme sonuçları; Family Biotic Index (FBI) , Ephemeroptera, Plecoptera and Tricoptera (EPT) ve EPT Chironomidae oranı (EPT/C) , Average Score Per Taxon (ASPT) ve Biological Monitoring Working Party (BMWP) indeksleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Nehire yapılan deşarjlar nedeni ile fizikokimyasal izleme çalışmaları kapsamında BOİ, KOİ ve TKN parametreleri ile ölçülen organik kirliliğin yüksek oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Makroomurgasız örnekleme kapsamında ise 58 familyaya ait 3372 makroomurgasız birey analiz edilmiştir.

Kimyasal ve fizikokimyasal parametreler ile makroomurgasız örnekleme sonuçları arasında Korelasyon Analizi yapılmış ve fizikokimyasal değişkenlerin çoğunun makroomurgasız organizmaların toplanması üzerinde de doğrudan etki gösterdiği ortaya konulmuştur.

Söz konusu çalışma ile fizikokimyasal değişkenlerin mansaba doğru organizmaların oluşumunu orta derecede etkilediği ortaya konulmuştur. Bunun nedeni olarak fizikokimyasal değişkenlerin çoğunun, mansaba doğru büyük değişimler göstermesi ve dolayısıyla substrat varlığının azalmasının da organizma zenginliğini de değiştirmesi olarak açıklanmıştır. Ayrıca su hızının yüksek salınımları, yumurtlamanın ve yumurtadan çıkmanın yanı sıra larvaların hayatta kalması için olumsuz bir etkiye sahip olduğu da belirtilmektedir [35].

Türkiye'de Mudurnu Nehrinde gerçekleştirilen çalışma kapsamında evsel ve endüstriyel deşarjların su kalitesine etkisi incelenmiştir. Mudurnu nehrinde belirlenen 5 noktadan 12 ay boyunca örnekler alınmış ve KOİ, BOİ, TKN, NO₃N, PO₄⁻³-P, NH₄N ile fenol ölçümleri yapılmıştır. Biyolojik indekslerden ise BMWP (Biological Monitoring Working Party), ASPT (Average Score per Taxon), TBI (Trent Biotic Index), BBI (Belgian Biotic

Index), Margalef's index (R), Shannon–Wiener çeşitlilik indeksi (H), Simpson's çeşitlilik indeksleri kullanılmıştır [36].

Karar ağacı tekniği, yapay sinir ağları ve lojistik regresyon analizi yöntemleriyle biyolojik indeksler ile fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişki belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ASPT, BMWP indekslerinin Mudurnu Nehri su kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilecek uygun indeksler olduğu ortaya konmuştur.

Literatür araştırması sonucunda su kalitesinin iyileştirilmesi için belirlenen önlemlerin etkisinin bütüncül olarak değerlendirilmesi maksadıyla kimyasal ve fizikokimyasal parametreleri ile makroomurgasız biyolojik kalite bileşeni arasındaki ilişkinin kurulması öne çıkmaktadır. Kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerdeki değişimin ekolojik kalite bileşenlerine olan etkisinin de göz önünde bulundurularak su kalitesi değerlendirmesi yapılmalıdır. Aralarındaki ilişkinin belirlenmesinde istatistiksel yöntemlerin yanı sıra Yapay Sinir Ağları yöntemleri de kullanılmaktadır.

3.2 QUAL2K MODELİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

QUAL2K modelinin kullanım yaygınlığının, modelin performansının ve farklı coğrafyalara uygulanabilirliğinin ortaya konulması amacıyla modelin kullanıldığı çalışmalar incelenerek literatür araştırması yapılmıştır.

Brezilya'da Canha Nehrinde sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik ve bulanıklık bileşenleri QUAL2K ile modellenmiş ve kalibre edilmiştir. Modelin kurulması için Eylül 2006, Ocak 2017, Nisan 2017 ile Temmuz 2007'de 8 ölçüm noktasında ölçümler yapılmıştır. Su kalitesi bileşenlerinin yanı sıra debi ve hız ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon sonuçlarına göre QUAL2K model sonuçları izleme verileri trendini takip etmesine karşın modelin bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Modellenen kalite bileşenleri için korelasyon katsayısı $R^2 < 0.7$ olduğu belirtilmiştir. Kalibrasyon aşamasında en iyi sonuç hidrolik verilerden elde edilmiş, özellikle de ÇO ve pH bileşenlerinde tatmin edici sonuçlar alınamamıştır [37].

Kenya'da Ndarugu Nehri evsel ve endüstriyel baskılara ve tarımsal kaynaklı kirliliğe maruz kalması nedeni ile QUAL2K kullanılarak havza modeli kurulmuştur. Haziran ve Kasım-Aralık 2013 dönemlerindeki ölçümler kullanılarak sıcaklık, BOİ5, ÇO, NO3N kalite bileşenleri için model kurulmuş ve kalibrasyon ile validasyon adımları da tamamlanmıştır. Model performansının değerlendirilmesi için ölçüm verileri ile model

sonuçları karşılaştırılmış ve bazı noktalarda korelasyon katsayısı ile bağıl hatalar ortaya konmuştur. Buna göre korelasyon katsayıları 0.8 ile 0.95 arasında; bağıl hata ise 0.047 ile 1.394 arasında sonuçlar vermektedir. Bazı noktalarda ölçülen ve simüle edilen veri arasındaki bu küçük farklılıklara rağmen, özellikle sürekli izleme çalışmaları için mali kaynakların ve daha yüksek doğrulukta veri analizinin çok sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkeler için kalibrasyon ve validasyon sonuçlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir [38].

Tayvan'ın güneyinde yer alan yüksek amonyum ve organik madde konsantrasyonlarına sahip Tonggang Nehrinde Elektriksel iletkenlik, BOI_5 , CO ve NH_3N kalite bileşenleri modellenmiştir. Model kurulurken Nisan 2008 ve Ekim 2010 dönemlerinde 8 istasyonda yapılan ölçümler kullanılmıştır. Kurulan model kalibre edilmiş olup model performansı Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) kullanılarak ortaya konmuştur. MAPE değeri azaldıkça model performansı artmaktadır. ($\text{MAPE} < \%10$ çok iyi; $\%10 < \text{MAPE} < \%20$ iyi; $20 < \text{MAPE} < 50$ mantıklı; $\text{MAPE} > \%50$ kötü olarak değerlendirilmiştir.) QUAL2K modeli sonuçlarına göre Nisan 2008 dönemi için Elektriksel İletkenlik çok iyi; cBOI , NH_3N ve CO mantıklı kategorisinde olmasına karşın Ekim 2010 dönemi Elektriksel İletkenlik, cBOI ve CO iyi ama NH_3N mantıklı kategorisinde olmuştur. Söz konusu çalışmada amaç QUAL2K modelini WASP modeli ile karşılaştırmak olup çalışma sonunda WASP modelinin sonuçlarının daha tatmin edici olduğu görülmüştür [39].

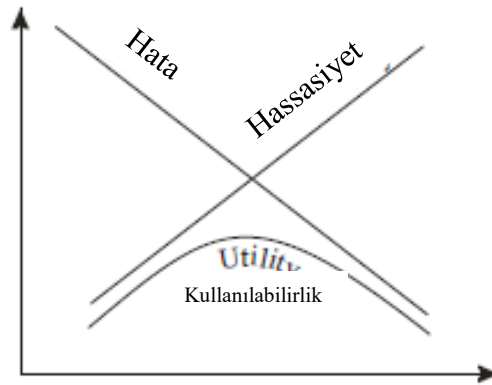
Çin'de Hai Nehir Havzasında yer alan Wei Nehri su kalitesi bileşenlerinden KOI , NH_3N ve toplam fosfor QUAL2K modeli ile modellenmiş ve kalibre edilerek ölçüm verileri ile model sonuçları karşılaştırılmıştır. WEİ Nehri 3 bölüme ayrılarak model çalıştırılmıştır. Mart, Nisan ve Mayıs 2013 dönemleri kalibrasyon Mayıs 2012 dönemi ise validasyon dönemi olarak belirlenmiştir. Hesaplama bölümlerinde kalibrasyon dönemi bağıl hata oranları $\%10$ ile $\%40$ arasında; validasyon dönemi bağıl hata oranları ise $\%1$ ile $\%10$ arasında değişmektedir.

Aynı ülkede Taihu Göl Havzasında etkin su kalitesi iyileştirilmesi planının belirlenmesi amacıyla su kalitesi modeli QUAL2K kullanılmıştır. Taihu Göl Havzasının en büyük kirleticisi olan Hongpi Nehrinde 3 farklı su arıtma teknolojisinin mansaptan membaya farklı konfigürasyonlarda arıtılması senaryoları modellenmiştir. Optimum senaryonun membada biyokontak oksidasyon sistemi devamında ekolojik yüzdürme yatağı ve

mansapta dikey yönde hareket ettirilebilir eko yatak konfigürasyonu olduğu ortaya konulmuştur [40].

Karmaşık modeller kalibrasyon ve validasyon aşamasında daha fazla veriye ihtiyaç duyması nedeni ile kullanışlı modeller olmamaktadır. Hatta bazı kompleks simülasyon modelleri hiç ölçülmemiş veya raporlanmamış parametrelere ihtiyaç duymaktadır. Bu parametrelerin temini için de farklı algoritmalar kullanılmakta olup bu da modelin belirsizliğini arttırmaktadır. Bu nedenlerden ötürü, karmaşık modellerin su kalitesi simülasyonu kullanımı problemlidir ve simüle edilen sonuçlar, iddia edildiği gibi güvenilir olmayabilir [41].

Snowling ve Kramer (2001) tarafından bir simülasyon modelinin belirsizliğinin, model karmaşıklığına, hassasiyete ve hataya göre ilişkilendiren bir hipotez önerilmektedir [42]. (Şekil 7) Model hassasiyeti, serbestlik derecelerinin sayısının artması ve parametreler ile durum değişkenleri arasındaki etkileşimlerin yapısı nedeniyle model karmaşıklığı ile artmaktadır. Model hatası artan model karmaşıklığı ile birlikte daha fazla prosesi dahil ederek gerçek duruma daha yakın simülasyonlar yapması ve basitleştirme varsayımlarının daha az kullanılması sebepleri ile azalmaktadır. [43]



Şekil 7 Model Karmaşıklık Seviyesi

İdeal model karmaşıklık seviyesi, ilgilenilen kirleticinin ve çalışılan çevrenin ne derece kompleks olduğuna ve çalışma sonucunda hangi oranda hassasiyet istenildiğine bağlı olarak değişmektedir. İhtiyaç duyulandan daha basit bir model kullanımı bazı proseslerin göz ardı edilmesine ve yönetim kararlarının doğru bir şekilde alınamamasına sebep

olabilmektedir. Buna karşın ihtiyaç duyulandan daha karmaşık bir model kullanımında ise veri ihtiyacı ve buna bağlı olarak belirsizlik oranı da artmaktadır.

Literatür araştırması sonucuna göre QUAL2K modeli pek çok ülkede su havzalarında kullanılmış ve model performansının tatmin edici olduğu ortaya konmuştur. Modelin farklı coğrafyalarda kullanıma uygun olduğu ve kullanım kılavuzu ile kullanıcı dostu bir arayüze sahip olduğu görülmüştür.



4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 TEZ ÇALIŞMASININ YÖNTEMİ

Bu çalışma ile Aşağı Gediz Alt Havzası su kalitesinin kimyasal ve biyolojik değerlendirmesinin yapılması ve su kalitesinin iyileştirilmesi senaryolarının iyileştirme etkilerinin incelenmesi maksatlarıyla su kalitesi modeli kurulmuştur. Kimyasal ve fizikokimyasal su kalitesi parametrelerinden bentik makroomurgasız bileşeni arasında korelasyon ve regresyon analizleri yapılarak aralarındaki yapısal denklem belirlenmiştir. Su kalitesi iyileştirme senaryoları ile hem kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerdeki iyileşme hem de makroomurgasız ekolojik kalite oranındaki iyileşmeler belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan yöntem Şekil 8’de açıklanmaktadır.



Şekil 8 Tez Çalışmasının Yöntemi

4.2 ÇALIŞMA ALANININ BELİRLENMESİ

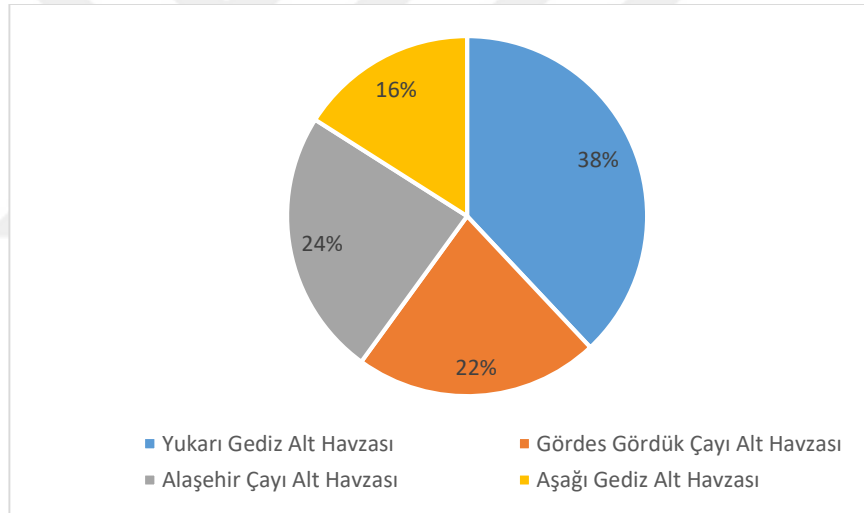
4.2.1. AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI GENEL DURUMU

Aşağı Gediz Alt Havzası Gediz Nehri'nin Manisa-Merkez ilçesinden itibaren Foça'dan Ege Denizi'ne döküldüğü noktaya kadar yer alan su toplama havzasını içine alacak şekilde Manisa-Merkez, Kemalpaşa, Çiğli, Menemen ve Foça ilçelerinden oluşmaktadır. Yerleşim yerlerine ait nüfus bilgileri Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınır Koşullarında Yer Alan Yerleşim Yerleri Nüfus Bilgileri

Yerleşim Yerleri	2015	2016	2017
İzmir	4.168.415	4.223.545	4.279.677
Foça	28647	28591	31061
Kemalpaşa	101693	103806	105506
Menemen	156974	163565	170090
Manisa	1.380.366	1.396.945	1.413.041
Saruhanlı	53692	53921	54259

Aşağı Gediz Alt Havzası Gediz Havzasının alansal olarak yaklaşık %16'sını oluşturmaktadır. Söz konusu havzada sanayi dağılımı da yoğun olarak görülmektedir.



Şekil 9 Gediz Havzası Alt Havzalarının Alansal Dağılım Yüzdeleri

Gediz Nehrinin yaklaşık 90 km'lik bir bölümü havzada yer almaktadır. En önemli yan kolu yaklaşık 55 km uzunluğunda olan Nif Çayı'dır. Alt havzada baraj veya göl yer almamaktadır.

Havza Akdeniz iklim tipi özelliklerine sahiptir. Yazlar kurak, kışlar bol yağışlı olmaktadır. Yıllık yağışın %44'ü kış mevsiminde, %36'sı sonbaharda, %16'sı ilkbaharda ve %3,5'i de yaz mevsiminde gerçekleşmektedir.

4.2.2 AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI KİRLLETİCİ KAYNAKLARI

Havzadaki su kalitesi problemlerine bakıldığında noktasal ve yayılı baskıların yer aldığı görülmektedir.

4.2.2.1 Noktasal Kaynaklar

Aşağı Gediz Alt Havzasında oluşan evsel nitelikli atıksuların önemli bir kısmı İZSU tarafından işletilen Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinde (KAAT) arıtılmaktadır. Manisa-Merkez ilçesinde ise damlatmalı filtre sistemi içeren Atıksu Arıtma Tesisi yıkılmış olup, yerine ileri biyolojik 80.000 m³/gün kapasiteli kentsel AAT'nin inşaatı devam etmektedir. Mevcut durumda yaklaşık 300.000 kişinin evsel atıksuyu hiç arıtılmadan Gediz Nehri'ne deşarj edilmektedir. Manisa'da alt havza sınırları içerisinde kalan Saruhanlı ilçe merkezinin evsel atıksularının arıtıldığı Karaoğlanlı KAAT, Saruhanlı KAAT ve Keçiliköy KAAT bulunmaktadır. İzmir ilinde ise Kemalpaşa, Halilbeyli, Çiğli, Bağarası ve Foça kentsel AAT'leri bulunmaktadır. Ancak Foça KAAT deşarjının derin deniz deşarjı olması, Çiğli KAAT'nin de deşarjlarının Ege Denizi'ne ulaşması nedeni ile Gediz Nehrine doğrudan bir baskısı bulunmamaktadır.

Çizelge 7 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınırlarında Yer Alan Yerleşim Yerleri ve Deşarj Türleri

Yerleşim Yerleri	Deşarj Türü
Sancaklıgödecik	Kentsel Doğrudan Deşarj
Hamzabeyli	
Aşağıçobanisa	
Sancaklıbozköy	
Manisa Merkez	
Paşaköy	
Üçpınar	
Muradiye	
Yağcılar	
Yahşelli	
Kemalpaşa	Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi
Halilbeyli	
Karaoğlanlı	
Saruhanlı	
Keçiliköy	

Havzadaki diğer önemli noktasal kirletici problemi ise endüstriyel deşarjlardır. En önemli endüstriyel baskılar Manisa OSB, Manisa Dericiler KSS ortak AAT, Kemalpaşa OSB,

İZBAŞ ve Atatürk OSB'dir. Bunlarla beraber fiziki olarak Alaşehir Alt Havzası'nda bulunan Turgutlu OSB'nin arıtılmamış evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuları Nif Çayı'na ulaşmaktadır.

Zeytinyağı tesisleri havzada Kasım, Aralık ve Ocak aylarında faaliyet göstermektedir. Havzada yer alan zeytinyağı üretim tesislerinin tamamı üç fazlıdır ve atık sularını lagünlerde yeterince beklettikten sonra deşarj etmektedirler. Üç fazlı üretim sisteminde, proses suyu kullanılmaktadır ve proses sonucunda yağ, atıksu (karasu) ve katı kısım (pirina) açığa çıkmaktadır. İçerdiği yüksek organik kirlilik ve fitotoksik ve antibakteriyel polifenollerin varlığından dolayı karasuyun araziye veya sucul bir ortama kontrolsüz şekilde deşarj edilmesi önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar, 1 m³ karasuyun içerdiği organik kirliliğin 1000 kişi nüfus eşdeğeri bir tesisin 1 günlük organik kirliliğiyle eşdeğer düzeyde olduğunu göstermektedir. [44]

Çizelge 8 Aşağı Gediz Alt Havzası Model Sınır Koşullarında Yer Alan Endüstriyel Tesisler

No	Deşarj Noktası	Deşarj Dönemi			
		KASIM	ŞUBAT	MAYIS	AĞUSTOS
1	Has süt mandıra süt mamülleri imalatı	√	√	√	√
2	Özgür tarım A.Ş	√		√	√
3	Yonca gıda san. A.Ş - gıda konserve işletmeleri	√		√	√
4	Hasgönül Tarım Ürünleri İhr. İth.San. Tic. Ltd. Şti	√		√	√
5	Pagmat Pamuk Gıda Tekstil San. Tic. A.Ş	√		√	√
6	Levent Kağıt San. Tic. A.Ş	√	√	√	
7	Kaplamın Ambalaj San. Tic. A.Ş	√	√	√	√
8	Pınar Entegre Et ve Un San. Tic. A.Ş	√	√	√	√
9	Saint-Gobain Weber Yapı Kimyasalları San. Tic. A.Ş	√	√	√	√
10	Ege seramik san. Tic. A.Ş	√	√	√	√
11	Çinkanlar Kimyevi Maddeler San. Tic. Ltd. Şti.	√	√	√	√
12	Ege Vitrifiye Sağlık Gereçleri San. Tic. A.Ş..	√	√	√	√
13	Daspi Gıda Hayv. ve Tar. San. İth. İhr. Ve Ticaret Ltd. Şti.	√	√	√	√
14	Viking Temizlik Ve Kozmetik Ürünleri Paz. San. Tic. A.Ş..	√	√	√	√

No	Deşarj Noktası	Deşarj Dönemi			
		KASIM	ŞUBAT	MAYIS	AĞUSTOS
15	Plastik Galvano Teknik San. Ltd. Şti.	√	√	√	√
16	Mc Cormick Kütaş Gıda San. Dış Tic. A.Ş.	√	√	√	√
17	Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (KOSBİ)	√	√	√	√
18	Kanat Boyacılık Tic. San. A.Ş.	√	√	√	√
19	Rapunzel Organik Tarım Ürünleri ve Gıda Tic Ltd.Şti	√		√	√
20	Done Konservecilik Gıda Sanayi ve Tic.Ltd.Şti.	√		√	√
21	Hemsi Tarım Ürünleri Tic. ve San. Ltd. Şti.	√		√	√
22	SGS Süt ve Gıda San.A.Ş.	√	√	√	√
23	Banvit Bandırma Vitaminli Yem Sanayii A.Ş.-İzmir Akalan Hindi Kesimhane Şubesi	√	√	√	√
24	Medi Özel Gıda A.Ş.	√		√	√
25	Talat Elmas Tarım Sanayi Ve Tic.Ltd. Şti.	√		√	√
26	Neşe Süt Ürünleri Sanayi Ticaret Ltd.Şti	√	√	√	√
27	Banvit Bandırma Vitaminli Yem San. A.Ş.	√	√	√	√
28	Argüç Çevre Arıtma San. Ve Tic. A.Ş.	√	√	√	√
29	Euro Gıda San. Tic. A.Ş.	√		√	√
30	Salih Sezgintürk Et Ve Et Mamülleri-Salih Sezgintürk	√	√	√	√
31	Çiçek Salamura Sanayi Ve Ticaret Ltd Şti.	√		√	√
32	Cuma Tarım Hayvancılık Gıda İnşaat Sanayi Ve Ticaret A.Ş.	√		√	√
33	Kesimhane Hayvancılık Ve Tarım Ür.Sa Ve Tic.Ltd.Şti	√	√	√	√
34	Işık Tarım Ürünleri San.ve Tic.aş	√		√	√
35	Oğuzcan Tarım Ve Gıda Ür. San. Ve tic. A.Ş.	√			√
36	Ege-Tav Ege Tarım Hay. Tic. San.A.Ş. (bolez piliç)	√	√	√	√
37	Abaloğlu kesimhane	√	√	√	√
38	Metsa Hayvancılık Ve Ürünleri Tarım Gıda İnş San Ve Dış Tic Ltd Şti	√		√	√
39	Turgutlu Organize Sanayi Bölgesi	√	√	√	√
40	Özsümer Gıda San. Tic. A.Ş.	√	√	√	√
41	Kasaba Peynircisi (Süt Ürünleri)	√	√	√	√

No	Deşarj Noktası	Deşarj Dönemi			
		KASIM	ŞUBAT	MAYIS	AĞUSTOS
42	CP Standart Gıda San. Tic. A.Ş.	√	√	√	√
43	Turgutlu Belediye Mezbahası (Kasaba Et)	√	√	√	√
44	Ertürk Üzüm İşletmesi	√		√	√
45	Manisa Organize Sanayi Bölgesi	√	√	√	√
46	Okan Tavukçuluk San. Tic. A.Ş.	√	√		
47	Hilal (Sultan) Gıda Tic. A.Ş.	√			√
48	Total Oil Türkiye A.Ş. Menemen Madeni Yağ Fabrikası Şb	√	√	√	√
49	Doğa Organik Gıda Ve Tarım Ürünleri Üretim Ve Tic. İth. İhr. A.Ş.	√	√		
50	A.V.O.D.Kurutulmuş Gıda Ve Tarım Ürünleri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi	√		√	√
51	Torunlar gıda tic. A.Ş. Kırmızı et parçalama ve işleme tesisi menemen şubesi		√	√	√
52	Çolakoglu Sucuk Besicilik Gıd.Ve Tur.San Tic.	√		√	√
53	K.F.C. Gıda teks. San.	√	√	√	√
54	Ran Tarımsal Entegre Tesisleri San.Ve Tic.A.Ş.	√		√	√
55	Garanti Zeytinyağı Fab	√			
56	Bayraktar Zeytinyağı Fab	√			
57	Antepli Zeytinyağı Ltd.Şti.	√			
58	Artukogulları Tarım Hayvancılık Ltd.	√			
59	İsmail Çakıroğlu	√			
60	Ali Savran Zeytinyağ Fab.(2)	√			
61	Sancaklı Tar. Ve Gıda Ür. Ltd. Şti.	√			
62	Akuygur Tar. Ve Bitkisel Ür. Day. Tük. Mal. San. Tic. Ltd. Şti.	√			
63	Özbek Tarımsal Kalkınma Koop	√			
64	Cano Yağ Tic. Ltd. Şti.	√			
65	Bendeller Koll. Şti.	√			
66	İsa Yalçın	√			
67	Zenginoğlu Gıda Tar. Ür. Ltd. Şti.	√			
68	Bayırlar Zeytinyağı Ahmet C. Bayır ve Ort	√			
69	Demir Naturel Zeytinyağı İmalatı Ltd. Şti.	√			

No	Deşarj Noktası	Deşarj Dönemi			
		KASIM	ŞUBAT	MAYIS	AĞUSTOS
70	Dumanlar Ltd. Şti.	√			
71	Özyörükoğlu Ltd. Şti.	√			
72	Altan Ltd. Şti.	√			
73	Menemen Belediye Zeytinyağı Fab.	√			
74	Süleymanlı Zeytinyağı Fab.	√			
75	Hakan Kula Zeytinyağı Fab.	√			
76	Foça Organik Ltd	√			
77	Foça Köyüm Yağ	√			
78	Ceyhun Çetin	√			
79	Değirmenci Zeytinyağı İşl.	√			
80	Avni Yavuz Natural Tarımsal	√			

4.2.2.1 Yayılı Kaynaklar

Havza içerisinde yer alan köylerdeki geçim kaynağı tarım ve hayvancılık faaliyetleridir. Ege Bölgesi'nin en verimli topraklarından olan Merkez ve Menemen Ovaları bu alt havzada yer almaktadır. Dolayısıyla tarımsal faaliyetler yoğun olarak gerçekleşmekte, gübre ve zirai ilaç kullanımından yerüstü ve yeraltı sularına kirlilik karışabilmektedir. Bununla birlikte katı atık düzensiz depolama tesisleri sızıntı suyu kaynaklı yayılı yükler de havzada su kirliliği tehdidi oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan yayılı kaynaklı kirlетici baskıları ve etki faktörleri Çizelge 9'da verilmektedir. Arazi kullanımı kaynaklı, hayvansal faaliyetler kaynaklı ve düzensiz katı atık depolama tesisleri kaynaklı oluşan yayılı yük hesaplama yöntemi ileriki bölümlerde açıklanmaktadır.

Çizelge 9 Yayılı Yük Hesabında Göz Önünde Bulundurulan Baskılar

Yayılı Kaynaklar	Etki Faktörleri
Tarımsal faaliyetler	Azot, fosfor, pestisit, sediment kayıpları -Yüzeysel akış - Erozyon

Yayılı Kaynaklar	Etki Faktörleri
	-Yapay akışlar
Kentsel aktiviteler	Organik azot, fosfor deşarjları
Arazi kullanımı- Ormancılık faaliyetleri	Yüzeysel akış ve erozyon ile azot fosfor kayıpları
Düzensiz katı atık depolama tesisleri	Sızıntı suyu

➤ Arazi Kullanımı Kaynaklı Kirlilik

Çalışma kapsamında arazi kullanımı kaynaklı yayılı kirlilik hesabı yapılırken 1985 yılında Avrupa Birliği tarafından başlatılmış olan ve arazi örtüsü hakkında standart ve periyodik coğrafi bilgiyi elde etmeyi amaçlayan Avrupa'daki en büyük arazi örtüsü izleme projesi olan CORINE 2012 haritasından faydalanılmıştır.

CORINE arazi örtüsü sınıflandırma sistemi, belirli terminolojik, coğrafik ve isimlendirme standartlara sahiptir. CORINE sınıflandırma sisteminde isimlendirme, kullanıcı ihtiyaçları ve finansal kısıtlamalara göre belirlenmiştir. CORINE arazi örtüsü sınıflandırma sistemi üç seviyeden oluşmaktadır;

- Birinci seviye, yeryüzündeki temel arazi örtüsü sınıflarını tanımlamaktadır,
- İkinci seviye, 1:500 000 ve 1:100 000 ölçekler üzerinde oluşturulmaktadır ve birinci seviyedeki temel sınıflarının genişletilmiş alt sınıflarını içermektedir,
- Üçüncü seviye ise, 1:100 000 ölçek üzerinde üretilmekte ve daha genişletilmiş arazi örtüsü sınıflarını içermektedir.

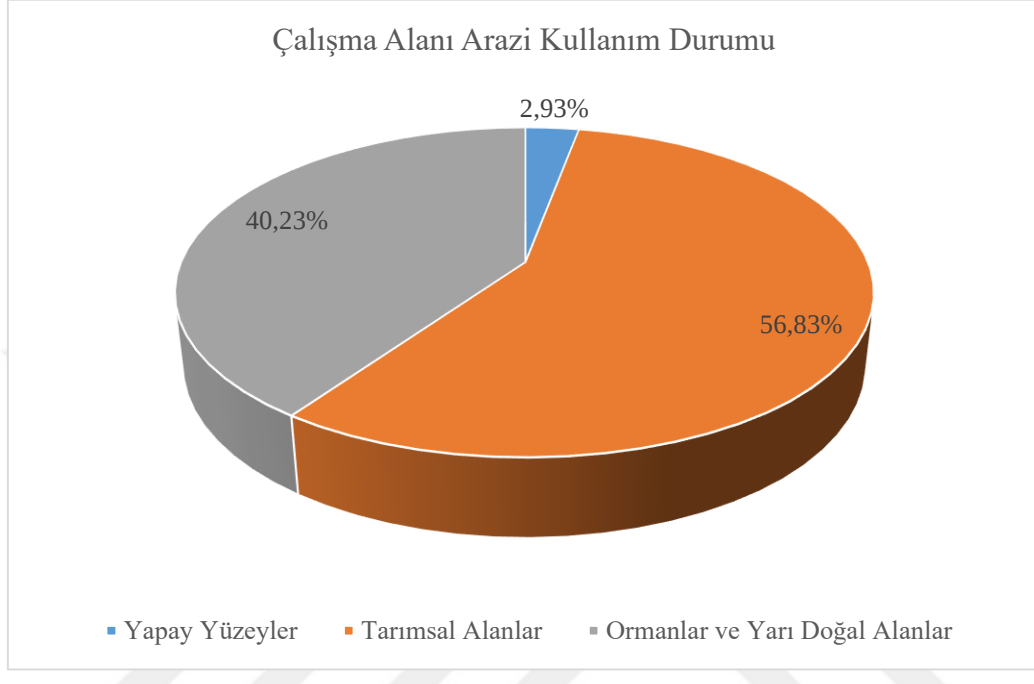
Bu üç seviyenin kodlamaları ve arazi örtüsü sınıfları Çizelge 10'da verilmektedir.

Çizelge 10 CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları

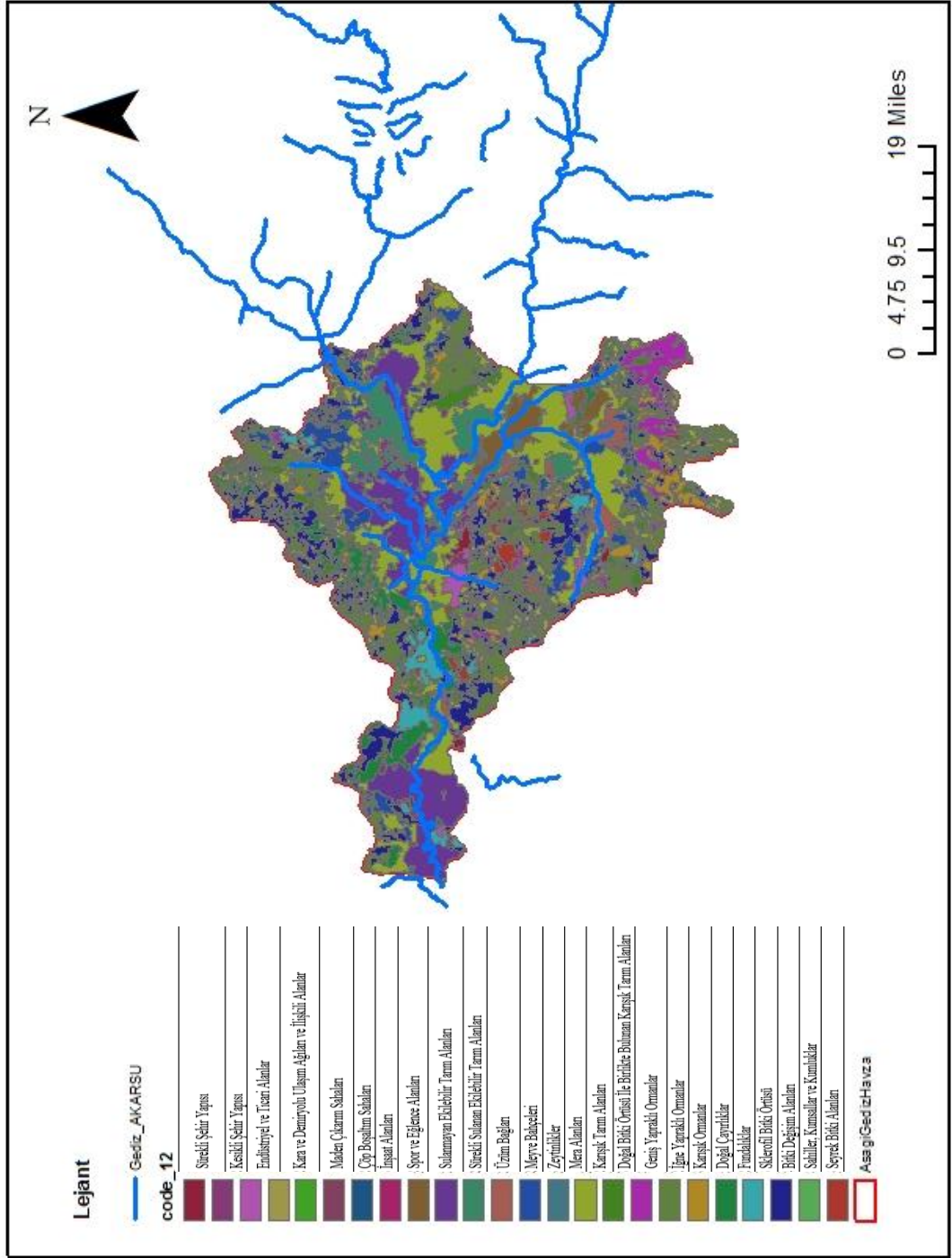
Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
1 Yapay Yüzeyler	11 Yerleşim Alanları	111 Sürekli Şehir Yapısı
		112 Kesikli Şehir Yapısı
	12 Endüstriyel ve Ticari Alanlar	121 Endüstriyel ve Ticari Alanlar
		122 Kara ve Demiryolu Ulaşım

Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
		Ağları ve İlişkili Alanlar
		123 Limanlar
		124 Havaalanları
	13 Maden, Çöp ve İnşaat Alanları	131 Maden Çıkarım Sahaları
		132 Çöp Boşaltım Sahaları
		133 İnşaat Alanları
	14 Yapay Vejetasyonlu Alanlar	141 Şehir İçi Yeşil Alanlar
		142 Spor ve Eğlence Alanları
2 Tarımsal Alanlar	21 Ekilebilir Tarım Alanları	211 Sulanmayan Ekilebilir Tarım Alanları
		212 Sürekli Sulanan Ekilebilir Tarım Alanları
		213 Pirinç Tarlaları
	22 Sürekli Ürünler	221 Üzüm Bağları
		222 Meyve Bahçeleri
		223 Zeytinlikler
	23 Meralar	231 Mera Alanları
	24 Heterojen Tarımsal Alanlar	241 Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler
		242 Karışık Tarım Alanları
		243 Doğal Bitki Örtüsü İle Birlikte Bulunan Karışık Tarım Alanları
		244 Tarımsal Ormancılık (Agro-Forestry) Yapılan Alanlar
3 Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	31 Ormanlar	311 Geniş Yapraklı Ormanlar
		312 İğne Yapraklı Ormanlar
		313 Karışık Ormanlar
	32 Çalılık, Fundalık ve Vejetasyonlu Alanlar	321 Doğal Çayırliklar
		322 Fundaliklar
		323 Sklerofil Bitki Örtüsü
		324 Bitki Değişim Alanları
	33 Çok az ya da Hiç Vejetasyon olmayan Yüzeyler	331 Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar
		332 Çıplak Kayaliklar
		333 Seyrek Bitki Alanları
		334 Yanmış Alanlar
		335 Buzul ve Kalıcı Kar Olan Alanlar
4 Sulak Alanlar	41 Karasal Sulak Alanlar	411 Karasal Sulak Alanlar
		412 Turbalıklar
	42 Kıyisal Sulak Alanlar	421 Tuz Bataklıkları
		422 Tuzlalar
		423 Gel-Git Olayı İler Oluşan Düzlükler
5 Su Yüzeyleri	51 Karasal Su Yüzeyleri	511 Su Yolları
		512 Su Kütleleri
	52 Deniz Suları	521 Kıyı Lagünleri
		522 Nehir Ağzıları, Deltalar
		523 Denizler, Okyanuslar

Aşağı Gediz Alt Havzası birinci dűzey arazi kullanımı değerleri şekil 12’de ve havzaya ait CORINE 2012 haritası şekil 13’te verilmektedir.



řekil 12 Çalıřma Alanı CORINE birinci dűzey arazi kullanım deđerleri (CORINE 2012)



Şekil 13 Aşağı Gediz Alt Havzası CORINE 2012 Arazi Kullanım Haritası

Yayılı yük hesaplamalarında Orman alanları için CORINE sınıfı 31 (Ormanlar), Çayır ve mera alanları için CORINE sınıfı 32 (Meralar) ve tarım alanları için ise CORINE sınıfı 24 (Tarım Alanları) alt sınıfları ile birlikte kullanılmıştır.

Arazi örtüsünden kaynaklanan yayılı yükler; CORINE arazi kullanımına ait alansal veri ve literatürde yer alan birim yük değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Literatürde yer alan birim yükler Çizelge 11’de [45, 46] ve Çizelge 12’te verilmektedir [47]. Hesaplamalar kapsamında orman alanları, çayır ve meralar ile meskun bölge için birim yükler Çizelge 11’deki değerler kullanılırken, tarım arazisi kaynaklı birim yükler için Çizelge 13’te verilen ortalama değer kullanılmıştır.

Çizelge 11 Yayılı Kirleticilerden Kaynaklı Tahmini Birim Yükler

Yayılı Kaynak	TN Birim Yükleri (kg/ha.yıl)
Tarım Alanları	10
Orman Alanları	2
Çayır ve Meralar	5
Meskun Bölge	3

Çizelge 12 Alıcı Su Ortamına Farklı Kaynaklardan Gelebilecek N Yükleri

Yayılı Kaynak Tipi	Aralık Değerler	Ortalama Değerler
Evsel atıksu g/kişi/gün	2,19-4,38	3,28
Tarım alanları kg/ha/yıl	0,11-13,45	7,96
Orman alanları (kg/ha/yıl)	1,45-3,36	2,41
Kırsal alanlar (kg/ha/yıl)	9,5	9,5
Yağış (mg/L)	1,00	1,00
Hayvancılık Büyükbaş (kg/hayvan/yıl)	3,80	3,80
Hayvancılık Küçükbaş (kg/hayvan/yıl)	1,10	1,10
Kümes Hayvancılığı (kg/hayvan/yıl)	0,05	0,05

Birim yükler ile çalışma alanında yer alan su kütleleri drenaj alanları büyüklükleri ile çarpılarak drenaj alanlarında arazi kullanımından kaynaklanan yıllık TN yayılı yük hesaplanmıştır.

➤ **Hayvansal Faaliyetler Kaynaklı Kirlilik**

Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan hayvan atıklarının bir bölümü, tarımda doğal gübre olarak kullanılmakta, geri kalan kısmı ise sağlıklı şartlarda açık depolarda biriktirilmekte ve/veya en yakın araziye dökülmektedir. Dolayısıyla, hayvan atıklarından kaynaklanan yayılı TN yükler de havzaya gelen önemli kirlletici kaynaklardandır.

Hayvancılıktan kaynaklanan yayılı yük hesabında, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları için Mülga Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan temin edilen ve Çizelge 13'de verilen hayvan sayısı verileri kullanılmıştır.

Çizelge 13 Havza Yerleşim Yerlerindeki Hayvan Sayısı Verileri (2014)

İl	İlçe	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küçükbaş Hayvan Sayısı	Kümes Hayvan Sayısı
Manisa	Saruhanlı	8282	75658	5684579
	Turgutlu	2189	1582	3672173
	Şehzadeler	903	20659	624418
	Akhisar	13514	63950	7757384
	Yunusemre	14644	63997	896378
İzmir	Foça	903	12	2185000
	Kemalpaşa	17017	16686	4362730
	Menemen	14938	5969	98195

Bu çalışma kapsamında, her bir hayvan grubundaki tek bir hayvandan kaynaklanan besi maddesi yüklerinin tahmini literatürden elde edilen birim TN yükleri (kg/ton hayvan ağırlığı/gün) baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Literatürden elde edilen birim TN yükleri Çizelge 14'te verilmektedir.

Çizelge 14 Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Birim TN Yükleri [48]

Hayvan Kategorisi	TN (kg/ton hayvan ağırlığı/gün)	TN (kg/hayvan/yıl)
Büyükbaş (İnek,Sığır)	0,30	55
Küçükbaş (Koyun,Keçi)	0,42	7
Kümes Hayvanı (Tavuk)	0,52	0,4

Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı yüklerin hesabında; büyükbaş hayvan 500 kg, küçükbaş hayvan 45 kg ve kümes hayvanı 2 kg kabul edilerek yük hesapları yapılmıştır [49].

İlçe bazında hesaplanan hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı yayılı TN yükü ilçelerde yer alan drenaj alanlarının oranları ile çarpılarak su kütlesi drenaj alanlarındaki TN yükleri yıl bazında elde edilmiştir.

➤ Düzensiz Katı Atık Depolama Tesisleri Kaynaklı Kirlilik

Çalışma alanı kapsamında İzmir ilinde yer alan katı atıklar düzenli olarak depolanmaktadır. Ancak Manisa ilinde yer alan tesisler düzensiz depolama tesisleridir. Dolayısıyla düzensiz depolama tesisleri sızıntı suyu havza kapsamında önemli bir kirlетici unsuru olmaktadır. Manisa ilinde yer alan düzensiz depolama tesisleri ve özellikleri Çizelge 15’te yer almaktadır.

Çizelge 15 Manisa İlinde Yer Alan Düzensiz Depolama Tesisleri

Düzensiz Sahasının Bulunduğu Yerleşim Yeri	Depolama Bulunduğu Yerleri	Katı Depolanan Yerleşimler	Atığı	Katı Depolanan Nüfus	Alan (m ²)	
					Kullanılan	Toplam
Manisa	Merkez	Aşağıçobanisa	2877	4000	5000	
Manisa	Merkez	Hacıhaliller	1279	3500	5000	
Manisa	Merkez	Hamzabeyli	824	9000	10000	
Manisa	Merkez	Karaağaçlı	2158	3000	5000	
Manisa	Merkez	Karaoğlanlı	1949	2500	5000	
Manisa	Merkez	Merkez, Yeniköy	302420	100000	100000	
Manisa	Merkez	Muradiye, Yağcılar	7400	20000	40000	
Manisa	Merkez	Sancaklıbozköy	2183	16000	20000	
Manisa	Merkez	Sancaklığdecik	1179	4000	6000	
Manisa	Merkez	Selimşahlar	1441	6000	10000	
Manisa	Merkez	Üçpınar	1372	5000	20000	
Manisa	Saruhanlı	Hacırahmanlı	3035	10000	15000	
Manisa	Saruhanlı	Paşaköy	1861	10000	11000	
Manisa	Saruhanlı	Saruhanlı	15364	27000	30000	
Manisa	Turgutlu	Turgutlu, Afşar	122349	45000	60000	

Sızıntı suyu oluşum miktarı, atık içerisindeki organik atık miktarından doğrudan etkilendiği gibi, bölgedeki yağış oranlarından da etkilenmektedir. Yağışın sızıntı suyu

oluşumuna katkısının belirlenmesinde kullanılan Manisa iline ait 88 yıllık (1929-2017 yılları arası) gözlem verileri aylık olarak Çizelge 16’da yer almaktadır[50].

Çizelge 16 Manisa İli Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış Yüksekliği

İller/Aylar	Yağış Yüksekliği (mm)
Ocak	125,3
Şubat	107,1
Mart	78,5
Nisan	56,1
Mayıs	39,8
Haziran	16,5
Temmuz	5,7
Ağustos	5,3
Eylül	16,5
Ekim	50,7
Kasım	89,2
Aralık	137,1
Yıllık Toplam	727,8
Ortalama	60,65

Sızıntı suyu debisi kullanılan düzensiz depolama alanı ile uzun yıllar ortalama yağış yüksekliği verisi çarpılarak bulunmuştur.

$$\text{Sızıntı Suyu Debisi (m}^3\text{/yıl)} = \text{Düzensiz Depolama Alanı (m}^2\text{)} * \text{Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (m/yıl)}$$

Katı atık yoğunluğu 0,40 ton/m³ kabulü yapılarak ilçe bazında oluşan katı atık sızıntı suyundan kaynaklanan TN yayılı yükü hesaplanmıştır [48]. İlçelerde yer alan su kütleleri drenaj alanları bazında oranlanarak drenaj alanlarındaki sızıntı suyundan kaynaklanan yükler bulunmuştur.

Bu bilgiler ışığında yapılan hesaplamalara göre su kütleleri drenaj alanlarındaki yıllık toplam yayılı yükler hesaplanmıştır. Ancak bu yükün tamamı su kütlelerine ulaşmayacaktır. Su kütlelerine ulaşım değeri toplam yükün %10’u olacak şekilde hesaplanmıştır. Su kütlelerine ulaşan yayılı yükler Çizelge 17’de verilmektedir.

Çizelge 17 Çalışma Alanındaki Su Kütlelerine Yayılı Kaynaklardan Ulaşan Toplam Azot Miktarları

Su Kütleleri	Hayvancılık Faaliyetleri (ton/yıl)	Arazi Örtüsü Kullanımı (ton/yıl)	Tarımsal Faaliyetler (ton/yıl)	Katı Atık Sızıntı Suyu (kg/yıl)	Yayılı Toplam Azot (ton/yıl)
Ana kol (Gediz Nehri)	13,88	0,18	90,50	7,28	105,56
Ana kol (Gediz Nehri)	10,34	2,44	17,91	-	30,69
Ana kol	1,88	0,37	14,84	-	17,09

Su Kütleleri	Hayvancılık Faaliyetleri (ton/yıl)	Arazi Örtüsü Kullanımı (ton/yıl)	Tarımsal Faaliyetler (ton/yıl)	Katı Atık Sızıntı Suyu (kg/yıl)	Yayılı Toplam Azot (ton/yıl)
(Gediz Nehri)					
Ana kol (Gediz Nehri)	74,94	18,39	41,12	48,52	134,50
Yankol 1 (Nif Çayı)	210,24	17,52	81,12	181,95	309,07
Yankol 2	52,47	2,58	50,14	-	105,19
Yankol 3	45,81	5,88	7,01	-	58,70
Yankol 4	44,63	3,03	51,43	21,83	99,11
Yankol 5	8,26	0,13	16,32	332,36	25,04
Yankol 6	120,77	10,18	57,30	24,26	188,28
Yankol 7	7,38	2,45	7,96	-	17,79
Yankol 8	30,10	8,53	20,52	12,13	59,16

Modele girdi olarak kullanılabilmesi için Çizelge 26’da verilen modeli kurulacak olan dönemlerdeki uzun yıllar aylık ortalama yağış değerleri ile oranlanmış ve aylık yükler hesaplanmıştır. Akabinde model kurulum çalışmalarında kütle dengesi ile belirlenen yayılı yük debileri kullanılarak ilgili aylardaki TN konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır.

4.3 VERİ TEMİNİ

Söz konusu çalışma kapsamında temin edilen veriler aşağıdaki başlıklarda açıklanmaktadır.

4.3.1 HİDROLOJİK VE HİDROMORFOLOJİK VERİLER

Havza kapsamında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) ölçümleri yer almaktadır. Ancak yapılan incelemelerde söz konusu AGİ ölçümlerinin mekânsal ve zamansal ölçekte yeterli olmadığı görülmüştür. Bu nedenle çalışma kapsamında, kalite ölçümleri sırasında yapılan debi ölçümleri kullanılmıştır.

QUAL2K’nın çalıştırılması için su kütlelerinin enkesit bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır ancak söz konusu veriler temin edilememiştir. Enkesit bilgileri için tüm su kütlelerinin trapezoid kesitte olduğu varsayımı yapılmıştır. Su kütlelerinin enkesit genişlikleri ise 2-7 metre arasında değişen varsayımlar yapılmıştır.

4.3.2 METEOROLOJİK VERİLER

Havzada sınırları içerisinde yer alan istasyonlar Menemen, Manisa Kent Ormanı, Yunus Emre Orman Sahası ve Manisa İstasyonları olmak üzere 4 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ) bulunmaktadır. Söz konusu çalışma kapsamında konumları nedeni ile Menemen ve Manisa OMGİ’leri kullanılmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan 2015, 2016 ve 2017 yılı istasyon verilerine göre aylık ortalama sıcaklık (°C), aylık ortalama rüzgâr hızı Çizelge 18 ve Çizelge 19’da verilmektedir.

Çizelge 18 Aşağı Gediz Alt Havzası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

İstasyon Adı	Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Manisa İstasyonu	2015	6.4	8	10.8	13.7	21.6	23.7	28.8	28.6	25.7	18.6	13.6	5.8
	2016	6.4	11.9	12	18.2	19.7	26.9	29	28.8	23.8	18.1	11.5	4.5
	2017	4.2	8.8	12.1	15.5	20.8	25.7	28.8	28.6				
Menemen İstasyonu	2015	7.6	8.9	11.2	14.1	20.9	23.7	27.7	28.3	24.6	18.9	15	8.2
	2016	7.7	13.1	12.8	17.8	20	26.4	28.5	28.1	23.6	18.1	13.3	5.8
	2017	5.4	9.6	12.4	15.3	20.4	25.2	28.1	28.2				

Çizelge 19 Aşağı Gediz Alt Havzası Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)

İstasyon Adı	Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Manisa İstasyonu	2015	1.4	1.7	1.3	1.6	1.5	1.3	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1	1
	2016	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.8	1.5	1.4	1.3	1.1	1.3
	2017	1.4	1.5	1.1	1.3	1.5	1.2	1.6	1.7				
Menemen İstasyonu	2015	4.3	4.1	2.9	3.1	2.3	2.4	2.7	2.5	2.2	2.6	2.7	3
	2016	4.1	3.4	3.1	2.7	2.6	1.9	2.7	2.5	2.4	2.3	3.2	2.9
	2017	4.2	3.4	2.3	2.4	2.5	2.1	2.8	2.9				

Söz konusu meteorolojik verilerden, sıcaklık değerleri ve rüzgâr hızı verileri su kalitesi modelinin kurulumunda kullanılmak üzere temin edilmiştir.

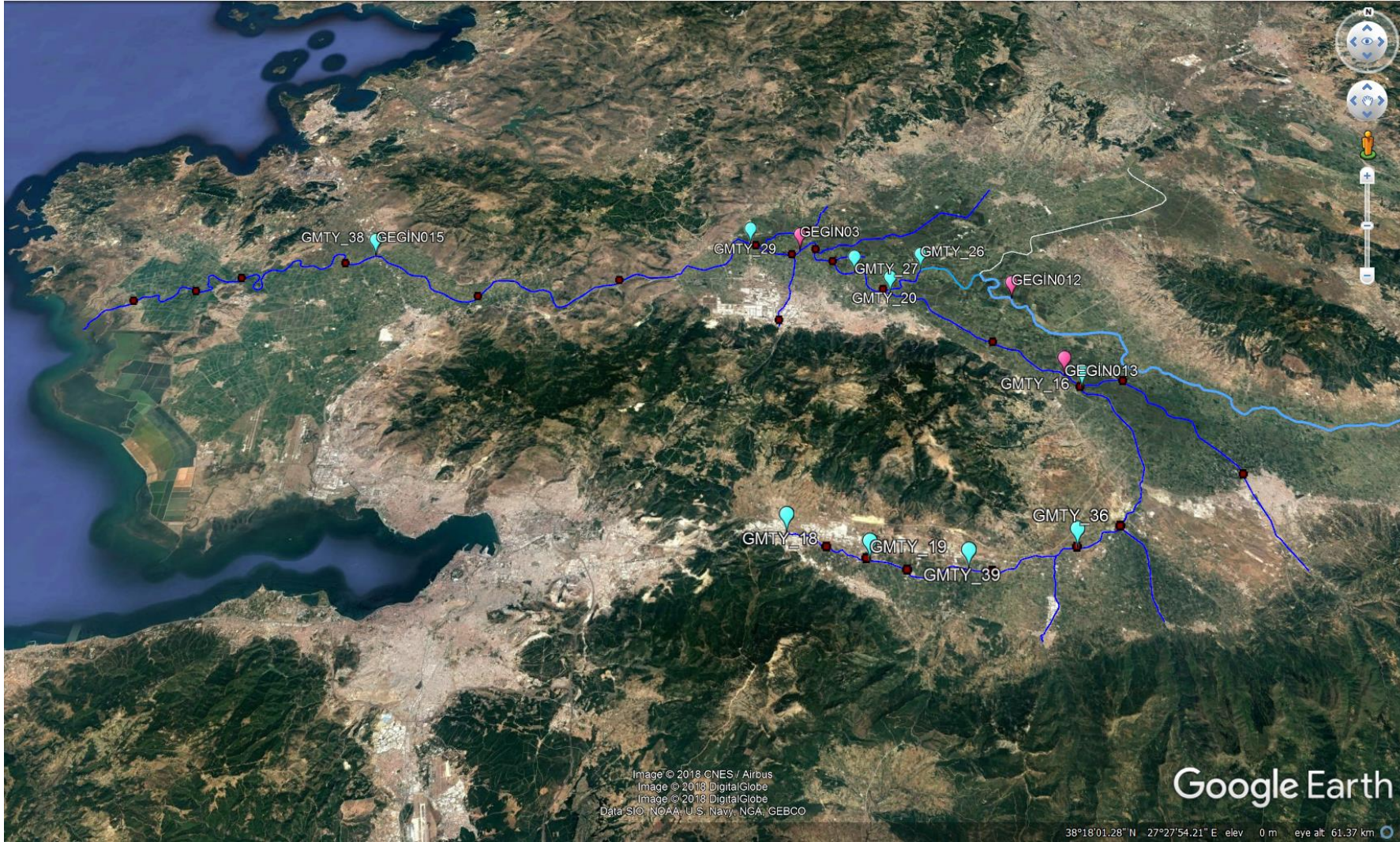
4.3.3 SU KALİTESİ VERİLERİ

Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen ‘Gediz Havzası’nda Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Uygulanması Projesi’ kapsamında su kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İlgili proje kapsamında yapılan ölçümler Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 dönemleri olmak üzere 4 dönemlik verilerdir [51].

Bununla birlikte Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından ‘‘Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi’’ gerçekleştirilmektedir. İlgili proje kapsamında da Kasım 2016, şubat 2017, Nisan 2017 ve Ağustos 2017 dönemleri olmak üzere dört dönemlik ölçüm yapılmıştır. İlgili projeler kapsamında ölçüm yapılan istasyonlar şekil 14’te verilmektedir [52].

Verisi temin edilen kimyasal ve fizikokimyasal su kalitesi bileşenleri listesi izelge 20’de verilmektedir.





Şekil 14 Ölçüm Sonuçları Temin Edilen Verilere Ait İstasyon Yerleri

Çizelge 20 Temin Edilen ve Kullanılan Su Kalitesi Verileri

Ölçümler		Temin Edilen Veriler	Kullanılan Veriler
GMTY PROJESİ KAPSAMINDA ELDE EDİLEN VERİLER	Alıcı Ortam Ölçümleri	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , Oksijen Doygunluğu, Toplam Çözünmüş Madde, KOİ, TOK, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, TKN, TP	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N
	Evsel Deşarj Ölçümleri*	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , Oksijen Doygunluğu, Toplam Çözünmüş Madde, KOİ, TOK, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, TKN, TP	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N
	Endüstriyel Deşarj Ölçümleri*	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , Oksijen Doygunluğu, Toplam Çözünmüş Madde, KOİ, TOK, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, TKN, TP	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N
NHYP PROJESİ KAPSAMINDA ELDE EDİLEN VERİLER	Alıcı ortam	Renk, Yağ ve Gres, T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , Oksijen Doygunluğu, KOİ, TOK, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, TKN, TP, PO ₄ -P, Alkalinite, Toplam Sertlik, Toplam Sertlik, Askıda Katı Madde	T, pH, İletkenlik, ÇO, BOİ ₅ , NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N

* Söz konusu ölçümler ilgili proje kapsamında havzada seçilen temsili tesisler için yapılmış ve diğer tesislerin de aynı değerlerde deşarj yaptıkları kabul edilmiştir.

Söz konusu çalışma kapsamında kullanılan Günlük Maksimum Toplam Yük Projesi ile Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi’nde yapılan kimyasal ve fizikokimyasal kalite bileşenleri izlemelerine ait istatistiksel veriler Çizelge 21 ile Çizelge 22’de verilmektedir.

Çizelge 21 GMTY Projesi Kapsamında Yapılan Kimyasal ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri Ölçüm Sonuçları İstatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	NH ₄ N (mg/L)	NO ₃ N (mg/L)	TKN (mg/L)	TN (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)	ÇO (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	T (°C)
Ortalama	2.68	1.23	7.79	9.14	8.22	1572.73	5.11	59.24	18.25
Standart Hata	0.75	0.22	1.72	1.62	0.07	299.03	0.88	22.27	0.71
Ortanca	1.98	0.96	5.39	6.81	8.23	1126.50	4.46	23.51	18.33
Standart Sapma	2.71	0.80	6.21	5.85	0.26	1078.17	3.16	80.29	2.56
Varyans	7.36	0.64	38.56	34.19	0.07	1162451.34	9.97	6446.06	6.57
Basıklık	6.52	2.89	-0.52	-0.46	4.52	-0.19	-0.46	4.85	4.36
Çarpıklık	2.31	1.60	0.85	0.90	-1.67	1.06	0.59	2.10	-1.56
Aralık	10.57	3.08	19.45	18.20	1.04	3341.50	10.35	281.17	10.75
En Büyük	10.62	3.30	19.70	20.80	8.55	3800.00	11.48	284.50	22.05
En Küçük	0.05	0.22	0.25	2.60	7.51	458.50	1.13	3.33	11.30

Çizelge 22 NHYP Kapsamında Yapılan Kimyasal ve Fizikokimyasal Kalite Bileşenleri Ölçüm Sonuçları İstatistikleri

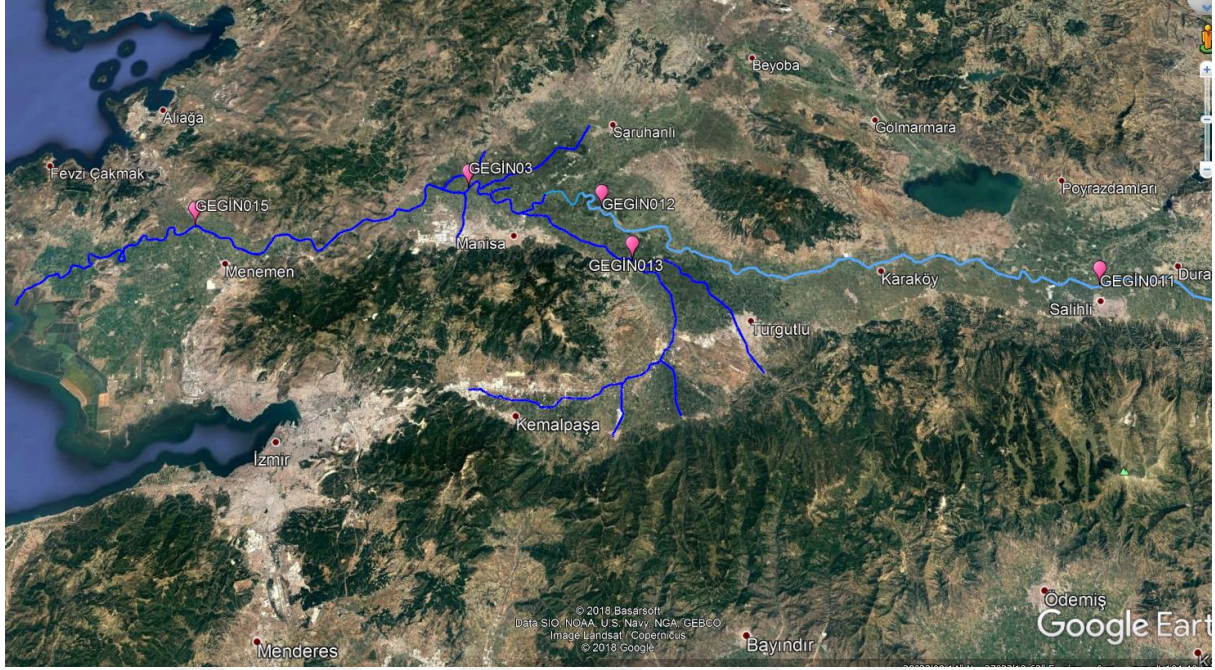
Tanımlayıcı İstatistik	NH ₄ N (mg/L)	NO ₃ N (mg/L)	TKN (mg/L)	TN (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)	ÇO (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	T (°C)
Ortalama	1.72	0.91	6.40	7.30	7.67	1130.00	6.45	17.90	16.23
Standart Hata	0.44	0.22	2.35	2.21	0.07	183.55	0.49	5.50	1.49
Ortanca	1.40	0.83	3.03	3.86	7.66	1162.00	6.93	11.00	14.35
Standart Sapma	1.41	0.70	7.44	6.99	0.22	580.43	1.54	17.39	4.72
Varyans	1.98	0.49	55.33	48.83	0.05	336894.00	2.37	302.54	22.27
Basıklık	0.16	-1.80	1.82	1.89	-0.98	-1.64	1.76	4.21	-0.60
Çarpıklık	0.90	-0.04	1.62	1.62	-0.17	-0.14	-1.30	2.02	0.38
Aralık	4.38	1.71	22.46	20.75	0.67	1663.00	5.17	56.00	15.20

Tanımlayıcı İstatistik	NH ₄ N (mg/L)	NO ₃ N (mg/L)	TKN (mg/L)	TN (mg/L)	pH	İletkenlik (μS/cm)	ÇO (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	T (°C)
En Büyük	0.15	0.02	0.47	2.19	7.34	258.00	3.00	5.00	8.80
En Küçük	4.52	1.73	22.93	22.94	8.01	1921.00	8.17	61.00	24.00

Çalışma kapsamında biyolojik kalite bileşeni olan makroomurgasız verileri “Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi” kapsamında yapılan örneklemlerden temin edilmiştir. Aşağı Gediz alt havzasında 3 noktada Kasım 2016 ve Nisan 2017 dönemlerinde izleme yapılmış olup toplam veri setinin artırılması amacıyla proje alanına en yakın olan Alaşehir Çay’ında yapılan 2 izleme noktası daha kullanılmıştır. İzleme yapılan istasyon yerlerine ait görünüm Şekil 15’te yer almaktadır. İstasyonlarda yapılan makroomurgasız örneklemleri sonucunda tespit edilen türler Ek-1’de verilmektedir. Türlerle ait birey sayıları ise izleme dönemlerine göre Çizelge 23’te verilmektedir [52].

Çizelge 23 Çalışma Kapsamında Kullanılan Makroomurgasız Örneklemlerine Ait Birey Sayıları

İstasyon Adı	Kasım 2016 Birey Sayısı	Nisan 2017 Birey Sayısı
GEGİN_015	936	258
GEGİN_013	44	84
GEGİN_003	52	435
GEGİN_011	112	382
GEGİN_012	143	316



Şekil 15 Gediz NHYP Projesi Kapsamında Fizikokimyasal ve Biyolojik İzleme Yapılan Noktalar

İlgili proje kapsamında Gediz Havzası’nda tespit edilen bentik makroomurgasız gruplarına BMWP (İspanyol versiyon), Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi ile Ulusal İndeks kullanılarak hesaplanmıştır. Ulusal İndeks olarak Gediz Havzası için indeks yönteminin henüz geliştirilmemesi nedeni ile Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yürütülen Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi kapsamında Kuzey Ege Havzası için geliştirilen indeks yöntemleri ve referans değerleri kullanılmıştır [31].

Çizelge 24 NHYP Projesi Kapsamında Farklı İndekslere Göre Hesaplanan Nihai Ekolojik Kalite Oranları [52]

Ölçümün Yapıldığı Su Kütlesi	İstasyon Adı	BMWP EKO	SHANNON EKO	Ulusal İndeks EKO
GEN 71 Aşağı Gediz Havzası	GEGİN_015	0.36	0.50	0.66
GEN 62 Aşağı Gediz Havzası	GEGİN_013	0.06	0.26	0.14
GEN 68 Aşağı Gediz Havzası	GEGİN_003	0.11	0.36	0.21
GEN 44 Alaşehir Çayı	GEGİN_012	0.21	0.41	0.45
GEN 35 Alaşehir Çayı	GEGİN_011	0.23	0.38	0.32

4.4 KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL BİLEŞENLER İLE MAKROOMURGASIZ ARASINDA KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ

Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yürütülmekte olan “Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi” kapsamında Kasım 2016, Şubat 2017, Nisan 2017 ve Ağustos 2017 dönemleri olmak üzere dört dönemlik genel kimyasal ve fizikokimyasal kalite bileşenleri izlenmiştir. Biyolojik izleme kapsamında ise Kasım 2016 ve Nisan 2017 dönemlerinde bentik makroomurgasız örneklemeleri yapılmıştır [52].

Çizelge 21 ve Çizelge 22’de istatistiksel bilgileri verilen veriler doğrultusunda çalışma alanında ve yakınlarında yer alan izleme noktalarındaki ikişer dönemlik izlemeler toplamda 10 gözlem verisi kullanılarak korelasyon analizi BMWP, Shannon Wiener ve Ulusal İndeksleri kullanılarak yapılmıştır. Böylece bağımsız değişkenlerdeki (kimyasal ve fizikokimyasal su kalitesi bileşenleri) değişikliklerin bağımlı değişkeni (Ekolojik Kalite Oranları) etkilemesine ve ne yönde etkilediği kontrolü yapılmıştır.

Korelasyon analizi öncesinde veriler ortalama değerlere bölünmüş ve bölünmüş değerler kullanılarak analizler yapılmıştır. Korelasyon analizinde Çözünmüş Oksijen, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Nitrat ve Nitrit Azotu toplamı, Amonyum Azotu, İletkenlik ve Sıcaklık parametreleri kullanılmıştır. Korelasyon analizi sonucunda makroomurgasız ekolojik kalite oranları ile arasında en yüksek ilişkinin olduğu belirlenen fizikokimyasal parametreler belirlenmiştir.

Korelasyon katsayısı en yüksek olan su kalitesi parametreleri ile BMWP, Shannon Wiener ve Ulusal İndeksler için makroomurgasız ekolojik kalite oranları arasında regresyon analizi yapılarak aralarındaki ilişki tahmin edilmiştir. Regresyon analizi Microsoft Excel eklenti programı olan Çözücü kullanılarak yapılmış olup, lineer regresyon denklemi kullanılmıştır. Çözücü eklenti programı bir hücredeki (amaç hücre) bir formül için optimum (en büyük veya en küçük) değeri bulmak için kullanılmaktadır. Karar değişkenleri veya değişken hücreler olarak adlandırılan ve amaç ile kısıtlama hücrelerindeki hesaplama formüllerinde kullanılan bir hücre grubuyla çalışır. Çözücü kısıtlama hücrelerindeki sınırlamaları sağlamak için karar değişken hücrelerindeki değerleri ayarlayarak amaç hücre için istenilen optimum değeri oluşturmaktadır [53].

Bu çalışma kapsamında da Çözücü eklenti programında kimyasal ve fizikokimyasal parametrelere ilişkin kısıtlayıcı durumlar tanımlanmış ve ölçüm sonucu hesaplanan EKO

ile bu çalışma ile hesaplanan EKO arasındaki farkı minimum yapacak matematiksel ifade katsayıları belirlenmiştir.

Regresyon analizi sonucunda en yüksek R^2 'ye sahip denklemi veren indeks seçilerek senaryo durumlarındaki ekolojik kalite oranlarındaki değişim oranları incelenerek su kalitesinin bütüncül bir değerlendirmesi yapılmıştır.

4.5 ÇALIŞMA ALANI AKARSU KALİTESİ MODELLEMESİ

Aşağı Gediz Alt Havzası su kalitesinin mevcut durumunun tüm su kütlelerinde ortaya konulması ve alınması gereken önlemler ile su kalitesindeki iyileşme oranlarının belirlenmesi için su kalitesi QUAL2K modeli ile modellenmiştir.

4.5.1 QUAL2K SU KALİTESİ MODELİ

QUAL2K, Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Tufts Üniversitesi ile bağlantılı olarak Steve Chapra, Greg Pelletier ve Hua Tao tarafından geliştirilmiştir. Brown ve Barnwell tarafından 1987 yılında geliştirilen QUAL2E'nin güncelleştirilmiş versiyonu olup, nehirlerin su kalitesinin modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

QUAL2K modelleme sınıflandırmasında simülasyon modeli, matematiksel model ve deterministik model kategorisine girmektedir.

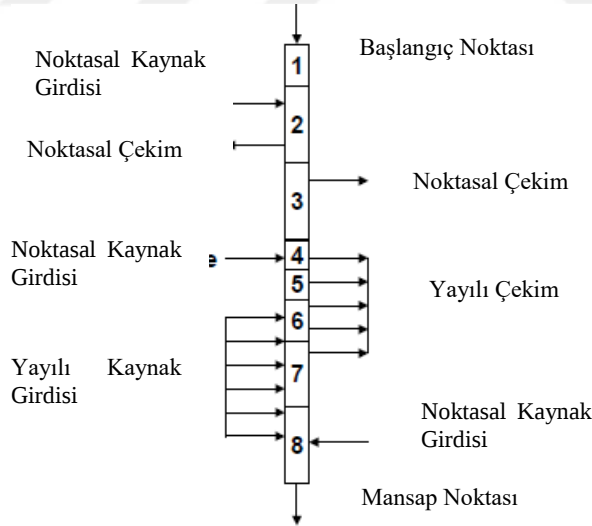
Tüm girdi ve çıktılar Microsoft Excel'de bir dizi çalışma sayfası sekmesinde düzenlenmiştir. Farklı renk sekmeleri, çeşitli girdi ve çıktılarla ilişkilidir. QUAL2K modelinin genel özellikleri:

- Bir boyutlu modeldir. Kanalin dikeyde ve yatayda iyi karışım olduğu varsayımı yapmaktadır.
- Bir nehri aynı hidro-geometrik karakteristiklere, hidrolik özelliklere ve biyokimyasal hız sabitlerine sahip hesaplama birimleri dizisi olarak simüle etmektedir.
- Model kararlı duruma ulaşıldığı anı hesaplayabildiği gibi bir gün (24 saat) içerisindeki su kalitesi bileşenlerindeki değişikliği de hesaplayabilmektedir.
- Bir günlük (24 saatlik) ısı ve sıcaklık parametreleri, meteorolojik verilerin kullanımı ile hesaplanmaktadır.
- Noktasal ve yayılı kaynaklı girdi ve çıktıları simüle edebilmektedir.
- Kullanıcı grafik arayüzü olarak Microsoft Excel (QUAL2K.xls) ve hesaplamaların yapılması için ise Fortran executable (Q2KFortran2_04.exe) dosyalarını içermektedir.

- Modellemesi yapılacak su kütlelerini bölümlere (reach) ayırarak hesaplama yapmaktadır. Her bölüm farklı mesafelerde oluşturulabilir ve her bölüme giren ve/veya bölümden çıkan su kütleleri birden fazla olabilir.
- Ortamda oksijen varlığının az olması durumunda oksidasyon reaksiyonlarını azaltarak anoksik ortam hesaplamaları yapabilmektedir. Bununla birlikte düşük oksijen ortamlarında denitrifikasyonu birinci derece bozunum denklemleri ile çözümleme yapmaktadır.
- Sediment ve su ilişkisini de simüle edebilmektedir.
- Patojenleri sıcaklık, ışık ve çökelmenin bir fonksiyonu olarak simüle etmektedir.
- Alkalinite ve inorganik karbonu simüle ederek bu iki parametreye bağlı olarak pH hesaplamalarını da yapmaktadır.

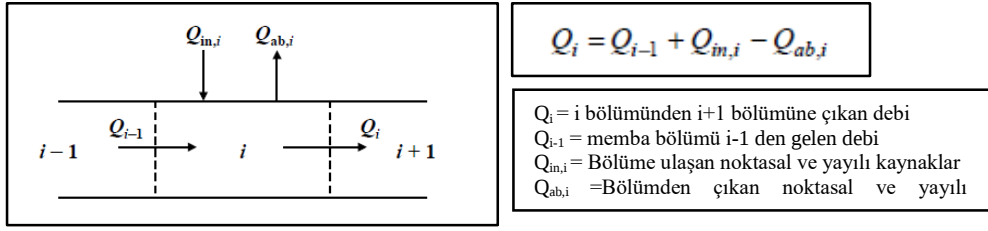
4.5.1.1 Segmentasyon ve Hidrolik Hesaplamaları

Model hesaplamaları yapabilmesi için akarsuyun segmentlere ayrılmış olması gerekmektedir. Her segment için tek enkesit bilgisi girişi yapılabilmektedir. Segmentlere birden fazla noktasal yük girişine izin vermektedir. Her bir segment için kararlı durum akım kabulü ile çalışmaktadır.



Şekil 16 QUAL2K Segmentasyon Örneği

Hidrolojik modelleme yapmamaktadır ve girilen debi bilgilerini kullanarak kütle dengesi denklemlerini oluşturmaktadır.



Şekil 17 Bölümlerdeki Hidrolojik Kütle Dengesi ve Hesaplamalarda

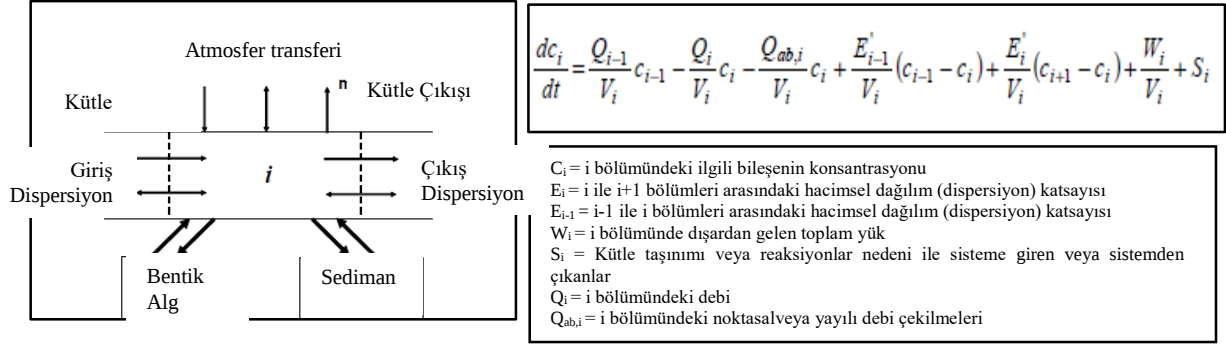
Kullanılan Kütle Dengesi Denklemi

Yayılı girdiler ve çıktılar çizgisel kaynak olarak modellenmektedir. Yayılı girdi ve çıktısı başlangıç ve bitiş kilometre noktaları ile girilir. Bölümlere giren veya çıkan akım, mesafeden uzaklığa bağlı olarak dağıtılır.

Her bölümdeki çıkış debisi hesaplandıktan sonra derinlik ve hız değerlerinin hesaplanmasında program üç yöntem kullanabilmektedir. Bunlar savaklar, anahtar eğrileri ve Manning denklemleri. Program debi ve derinlik hesabı yaparken eğer savak yüksekliği girilmiş ise savak seçeneğini; savak yüksekliği sıfır girilip pürüzlülük katsayısı girilmiş ise Manning Denklemlerini; eğer iki koşul da sağlanmıyorsa ise anahtar eğrilerini kullanmaktadır.

4.5.1.2 Su Kalitesi Bileşenlerinin Modellenmesi

kalitesi modeli, iletkenlik, inorganik askıda katı madde, Çözünmüş Oksijen, kolay ve zor ayrışabilen Biyolojik Oksijen İhtiyacı, çözünmüş organik azot, Amonyum Azotu, Nitrat ve Nitrit Azotu, Çözünmüş organik fosfor, inorganik fosfor, fitoplankton, detritus, patojenler, alkalinite, toplam inorganik karbon ve taban alglerini modelleme yeteneğine sahiptir. Taban algleri dışındaki diğer kalite bileşenlerinin modellenmesinde kullanılan genel kütle dengesi Şekil 18’de verilmektedir.



Şekil 18 Bölümlerdeki Su Kalite Bileşenleri Kütle Dengesi ve Hesaplamalarda Kullanılan Kütle Dengesi Denklemi

Kalite bileşenleri kütle dengesi genel denklemlerinde yer alan S_i kinetik prosesleri ve kütle taşınım proseslerini ifade etmektedir. Modelin hesaplamalarda kullandığı kinetik prosesler; çözünme, hidroliz, oksidasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, fotosentez, ölüm ve solunum kütle taşınım prosesleri ise; havalanma, çökeltme, sediman oksijeni ihtiyacı (SOD) ve sediman inorganik karbon akısıdır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan su kalitesi bileşenlerine ait modelin kullandığı taşınım ve reaksiyonlar ileriki bölümlerde verilmektedir.

➤ Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Çözünmüş oksijen bitki fotosentezi ile artarken CBOİ oksidasyonu, nitrifikasyon ve bitki solunumu ile azalmaktadır. Ayrıca suyun oksijen doygunluğuna bağlı olarak havalanma ile de oksijen konsantrasyonu artabilir veya azalabilmektedir.

$$S_o = r_{oa} * \text{PhytoGrowth} + r_{od} * \text{BotAlgGrowth} - r_{oc} \text{FastCOxid} - r_{on} \text{NH4Nitr} - r_{oa} \text{PhytoResp} - r_{od} \text{BotAlgResp} + \text{OxReaer}$$

$$\text{OxReaer} = k_a (T) (o_s(T, \text{elev}) - o)$$

$$k_a (T) = \text{sıcaklığa bağlı Oksijen havalanma katsayısı [gün]}$$

$$o_s(T, \text{elev}) = T \text{ sıcaklığındaki ve elev rakımındaki oksijen doygunluk konsantrasyonu}$$

Havalanma katsayısı kullanıcı tarafından girilebileceği gibi farklı yöntemlerle de hesaplanabilmektedir. Havalanma katsayısının hesaplanması için QUAL2K tarafından kullanılan yöntemler O'Connor-Dobbins, Owens-Gibbs, Churchill formülleri.

$$K_a(20) = \frac{3.93 * U^{0.5}}{H^{1.5}}$$

O'Connor-Dobbins

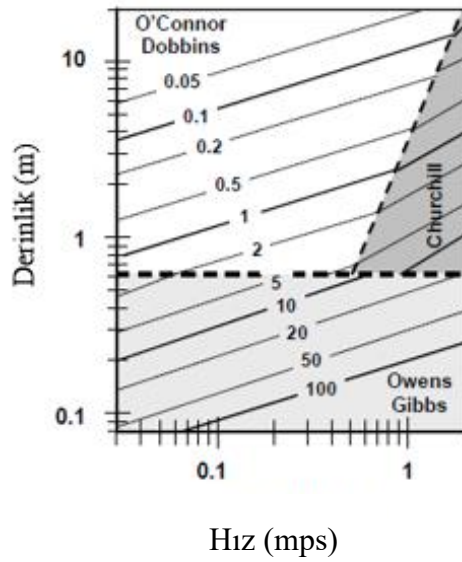
$$K_a(20) = \frac{5.32 * U^{0.67}}{H^{1.85}}$$

Owens-Gibbs

$$K_a(20) = \frac{5.026 * U}{H^{1.67}}$$

Churchill

Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağı kullanıcı tarafından belirlenebileceği gibi QUAL2K yükseklik ve derinlik değerlerine göre yöntemi belirleyebilmektedir. (Şekil 19)



Şekil 19 Derinlik ve Hıza Bağlı Havalanma Katsayısı

➤ Zor Ayrışabilen cBOİ

Zor ayrışabilen BOİ konsantrasyon değeri detritus çözünmesi ile artarken hidroliz ile azalmaktadır.

$$S_{cs} = r_{od} \text{ DetrDiss} - \text{SlowCHydr}$$

$$\text{SlowCHydr} = k_{hc}(T) * c_s$$

$$k_{hc}(T) = \text{sıcaklığa bağlı zor ayrışabilen cBOİ hidroliz oranı [gün]}$$

➤ **Kolay Ayrışabilen cBOİ**

Kolay ayrışabilen BOİ konsantrasyon değeri, kolay ayrışabilen cBOİ hidrolizi ile artarken oksidasyon ve denitrifikasyon ile azalmaktadır.

$$S_{cf} = \text{SlowCHydr} - \text{FastCOxid} - r_{\text{ondn}} * \text{Denitr}$$

$$\text{FastCOxid} = F_{\text{oxcf}} * k_{dc}(T) * c_f$$

$$K_{dc}(T) = \text{sıcaklığa bağlı hızlı tepkimeli cBOİ oksidasyon katsayısı [gün]}$$

$$F_{\text{oxcf}} = \text{düşük oksijene bağlı sınırlama katsayısı}$$

$$r_{\text{ondn}} = \text{Denitrifikasyona bağlı oksijen tüketim oranı}$$

$$\text{Denitr} = \text{Denitrifikasyon hızı}$$

➤ **Organik Azot (Org N)**

Organik azot detritus çözünmesiyle artarken hidroliz ile azalmaktadır.

$$S_{no} = r_{nd} \text{DetrDiss} - \text{DONHydr}$$

$$\text{DONHydr} = k_{hn}(T) * \text{Org N}$$

$$k_{hn}(T) = \text{sıcaklığa bağlı Organik Azot hidroliz katsayısı [gün]}$$

➤ **Amonyum Azotu (NH₄N)**

Amonyum azotu çözünmüş organik azot hidrolizi ve bitki solunumu ile artarken nitrifikasyon ve bitki fotosentezi ile azalmaktadır.

$$S_{na} = \text{DONHydr} + r_{na} * \text{PhytoResp} + r_{nd} * \text{BotAlgResp} - \text{NH}_4\text{Nitrif} - r_{na} * P_{ap} * \text{PhytoPhoto} - r_{nd} * P_{ab} * \text{BotAlgPhoto}$$

$$\text{NH}_4\text{Nitrif} = F_{\text{oxna}} * k_n(T) * n_a$$

$$k_n(T) = \text{sıcaklığa bağlı Amonyum Azotu nitrifikasyon oranı [gün]}$$

$$P_{ap} = \text{Fitoplanktonların azot kaynağı olarak amonyum azotu tercih oranı}$$

$$P_{ab} = \text{Bentik alglerin azot kaynağı olarak amonyum azotu tercih oranı}$$

➤ **Nitrat ve Nitrit Azotu (NO₃N & NO₂N)**

Nitrat azotu amonyum azotunun nitrifikasyonu ile artarken denitrifikasyon ve bitki fotosentezi ile azalmaktadır.

$$S_{ni} = NH_4Nitrif - Denit - r_{na}(1-P_{ap})PhytoPhoto - r_{nd}(1-P_{ab})BotAlgPhoto$$

$$Denitr = (1-F_{oxdn}) * k_{dn}(T) * n_n$$

$k_{dn}(T)$ = nitrat ve nitrit azotunun sıcaklığa bağlı denitrifikasyon katsayısı [/gün]

F_{oxdn} = düşük oksijenin denitrifikasyona etkisi

4.5.1.3 QUAL2K Kurulumu ve Çalıştırılması

Model Microsoft Excel arayüzünü kullanmakta olup farklı çalışma sayfalarından oluşmaktadır. Girdiler ve çıktılar bu çalışma sayfalarında yer almaktadır. Şekil 20’de QUAL2K çalışma sayfasından bir görüntü verilmektedir. Bu çalışma sayfası modelleme ile ilgili tarih, isim vb. genel bilgilerin girildiği bölümdür. Bu çalışma sayfalarından bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Başlangıç Noktaları Çalışma Sayfası → Modellenecek su kütlelerinin başlangıç noktalarındaki debi ve su kalitesi bileşenlerine ait konsantrasyon değerlerinin girildiği sayfadır.

Bölümler (Reaches) Çalışma Sayfası → Bölümlere ait koordinat, uzunluk, enkesit bilgileri ile hidrolojik hesaplamalarda kullanılacak yöntemle göre girdilerin oluşturulduğu sayfadır.

Hava Sıcaklığı, Yoğuşma Noktası Sıcaklığı, Rüzgar Hızı Çalışma Sayfaları → İlgili meteorolojik veriler her bir bölüm için girilmektedir.

Kinetik ve Stokiyometrik Model Sabitleri (Rates) Çalışma Sayfası → Su kalitesi hesaplamalarında kullanılan ölçümü yapılamayan varsayımlar ile belirlenen katsayıların girildiği sayfadır. Bu katsayılar kalibrasyon parametreleri olarak da adlandırılmaktadır.

Yayıllı Yükler Çalışma Sayfası → Yayıllı yüklere ilişkin hangi su kütlesine ve hangi kilometreleri arasında giriş olduğu ve modellemesi yapılacak su kalitesi bileşenleri konsantrasyonlarının girildiği sayfadır.

Noktasal Yükler Çalışma Sayfası → Endüstriyel ve Evsel deşarjların debi ve modellemesi yapılacak su kalitesi bileşenleri konsantrasyonlarının girildiği sayfadır.

	A	B	C	D	E
1	QUAL2K				
2	Stream Water Quality Model				
3	Steve Chapra and Greg Pelletier				
4					
5					
6					
7	System ID:				
8	River name	Streeter River			Open Old File
9	Saved file name	H000Pathogens			
10	Directory where file saved	C:\Qual2K\DataFiles			Run
11	Month	8			
12	Day	15			
13	Year	2002			
14	Time zone	Eastern			
15	Daylight savings time	Yes			
16	Calculation:				
17	Calculation step	1 hours			
18	Final time	6 day			
19	Program determined calc step	0.750000 hours			
20	Time of last calculation	0.42 minutes			
21	Time of sunrise	5:59 AM			
22	Time of solar noon	12:52 PM			
23	Time of sunset	7:44 PM			
24	Photoperiod	13.76 hours			

Şekil 20 QUAL2K çalışma sayfasından görünüm

4.5.2 AŞAĞI GEDİZ ALT HAVZASI QUAL2K MODELLEMESİ

Çalışma alanı su kütleleri tipolojilerine göre bölümlere ayrılmış olup bölümlere ait model girdi bilgileri Çizelge 25’te verilmektedir. Çizelgede koyu renkli bölümler model başlangıç bölümleridir.

Çizelge 25 Model Bölümleri

Bölüm Adı	Bölü No	Uzunluk (km)	Memba (km)	Mansap (km)	Memba Rakım (m)	Mansap Rakım (m)	Taban Eğimi	Manning Katsayısı	Taban Genişliği (m)	Şev Kanal Eğimi
Ana kol (Gediz Nehri)	1	4.50	88.8	84.3	27.000	26.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Yankol 1 (Nif Çayı)	2	2.90	53.8	50.9	205.000	184.000	0.0002	0.0600	3.00	0.1000
Yankol 1	3	3.00	50.9	47.9	184.000	161.000	0.0002	0.0600	4.00	0.2000
Yankol 1	4	3.00	47.9	44.9	161.000	141.000	0.0002	0.0500	4.00	0.2000
Yankol 1	5	5.60	44.9	39.3	141.000	111.000	0.0002	0.0500	4.00	0.2000
Yankol 1	6	3.30	39.3	36.0	111.000	96.000	0.0002	0.0500	5.00	0.2000
Yankol 2 (Armutlu Çayı)	7	6.39	6.39	0.0	162.000	96.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 1	8	6.00	36.0	30.0	96.000	73.000	0.0002	0.0500	5.00	0.2000
Yankol 3	9	5.70	5.7	0.0	154.000	73.000	0.0002	0.0600	1.80	0.0090
Yankol 1	10	13.00	30.0	17.0	73.000	37.000	0.0002	0.0500	5.00	0.2000

Bölüm Adı	Bölü No	Uzunluk (km)	Memba (km)	Mansap (km)	Memba Rakım (m)	Mansap Rakım (m)	Taban Eğimi	Manning Katsayısı	Taban Genişliği (m)	Şev Kanal Eğimi
Yankol 4 (İrlamaz Çayı)	11	10.00	24.0	14.0	170.000	60.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 4	12	10.00	14.0	4.0	60.000	45.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 4	13	4.00	4.0	0.0	45.000	37.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 1	14	7.00	17.0	10.0	37.000	34.000	0.0002	0.0500	5.00	0.2000
Yankol 1	15	10.00	10.0	0.0	34.000	26.000	0.0002	0.0500	5.00	0.2000
Ana kol	16	5.70	84.3	78.6	26.000	25.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Yankol 5	17	8.00	15.6	7.6	26.000	25.500	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 5	18	7.60	7.6	0.0	25.500	25.000	0.0002	0.0600	3.00	0.0090
Ana kol	19	2.40	78.6	76.2	25.000	24.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Yankol 6	20	9.00	28.5	19.5	34.000	30.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 6	21	9.00	19.5	10.5	30.000	28.000	0.0002	0.0600	3.00	0.0090
Yankol 6	22	10.50	10.5	0.0	28.000	24.000	0.0002	0.0600	3.00	0.0090
Ana kol	23	3.00	76.2	73.2	24.000	23.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Yankol 7 (Karaçay)	24	6.00	13.0	7.000	100.000	55.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 7	25	7.00	7.0	0.000	55.000	23.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Ana kol	26	3.00	73.2	70.200	23.000	22.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Yankol 8	27	8.00	16.3	8.300	35.000	25.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Yankol 8	28	8.30	8.3	0.000	25.000	22.000	0.0002	0.0600	2.00	0.0090
Ana kol	29	13.00	70.2	57.200	22.000	21.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Ana kol	30	13.00	57.2	44.200	21.000	19.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Ana kol	31	12.00	44.2	32.200	19.000	14.000	0.0008	0.0500	7.00	0.2000
Ana kol	32	13.00	32.2	19.200	14.000	8.000	0.0008	0.0600	7.00	0.2000
Ana kol	33	12.70	19.2	6.500	8.000	4.000	0.0008	0.0600	7.00	0.2000
Ana kol	34	6.50	6.5	0.000	4.000	2.000	0.0008	0.0600	7.00	0.2000

Bölgelere bakıldığında model sınır alanında 9 adet Başlangıç Noktası yer aldığı görülmektedir. Başlangıç noktalarına ait debi ve modellemesi yapılacak olan sıcaklık, iletkenlik, ÇO, BOİ₅, Org N, NH₄N, NO₃N+NO₂N, alkalinite ve pH değerleri girilmiştir. Temin edilen verilerde ana kol, yankol 1, yankol 4 ve yankol 7’de Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 dönemlerine ait ölçümler bulunmaktadır. Geriye kalan başlangıç noktaları için en yakınında yer alan ölçüm noktası değerleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki diğer dönemlerde ise anakol ve yankol 1 için ölçüm noktaları

bulunurken diğ er yan kollar için ilk dört dönemdeki başlangıç konsantrasyon değ erleri kabulü yapılmıştır.

‘Gediz Havzası’nda Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Uygulanması Projesi’ kapsamında yapılan debi ölçüm sonuçları incelendiğ inde Ağustos 2016 döneminde debinin diğ er dönemlere oranla oldukça yüksek olduğ u gözlemlenmiştir. Bunun Ağustos döneminde sulama ihtiyacının karşılanması maksadıyla havzanın membasında yer alan Demirköprü Barajından bırakılan sudan kaynaklı olduğ u düşünülmektedir. İlgili proje raporunda Demirköprü Barajı çıkışında yapılan debi ölçümlerinde 1. dönemde izleme yapılamadığ ı açıklanmış olup 2. ve 3. dönemlerdeki debinin ortalaması $0.08 \text{ m}^3/\text{s}$ iken 4. dönemde $37.3 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğ u belirtilmektedir [51].

Debi değ erlerinin eksik olduğ u su kütlelerinde ise (bazı yan kollarda) debi verisi için havza drenaj alanlarına göre temin edilen verinin drenaj alanına oranlanarak hesaplanması ile veriler tamamlanmıştır.

Hava sıcaklığ ı ve rüzgar hızı değ erleri her bir modelleme dönemi için Çizelge 18 ve Çizelge 19’da verilen değ erler kullanılmıştır. Yoğuşma noktası sıcaklığ ı ise hava sıcaklığ ı ve bağıl nem kullanılarak online hesaplayıcılar yardımı ile hesaplanmıştır [54].

Noktasal ve yayılı yükler de Bölüm 4.2.2’de verilen bilgiler doğrultusunda modele girilmiştir. Evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisleri ve doğrudan deş arj girdileri olarak ise ‘Gediz Havzası’nda Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Uygulanması Projesi’ kapsamında yapılan ölçümler ve ölçüm yapılmayan tesislerdeki kirlilik yükleri için ise havza içinde belirlenen temsili tesis verileri kullanılmıştır [51].

Tez çalışması kapsamında düzenli verinin temin edilebildiğ i 7 dönem için model çalıştırılmış ve ilk sonuçlar elde edilmiştir. Modeli kurulan dönemler Çizelge 26’da verilmektedir.

Çizelge 26 Modelin Çalıştırıldığ ı Dönemler ve Tarihleri

Dönem Sayısı	Modelleme Tarihi
1.Dönem	1-18 Kasım 2015
2.Dönem	1-17 Şubat 2016
3.Dönem	2-17 Mayıs 2016

Dönem Sayısı	Modelleme Tarihi
4.Dönem	1-19 Ağustos 2016
5.Dönem	31 Ekim- 5 Kasım 2016
6.Dönem	8-17 Şubat 2017
7.Dönem	24-30 Nisan 2017

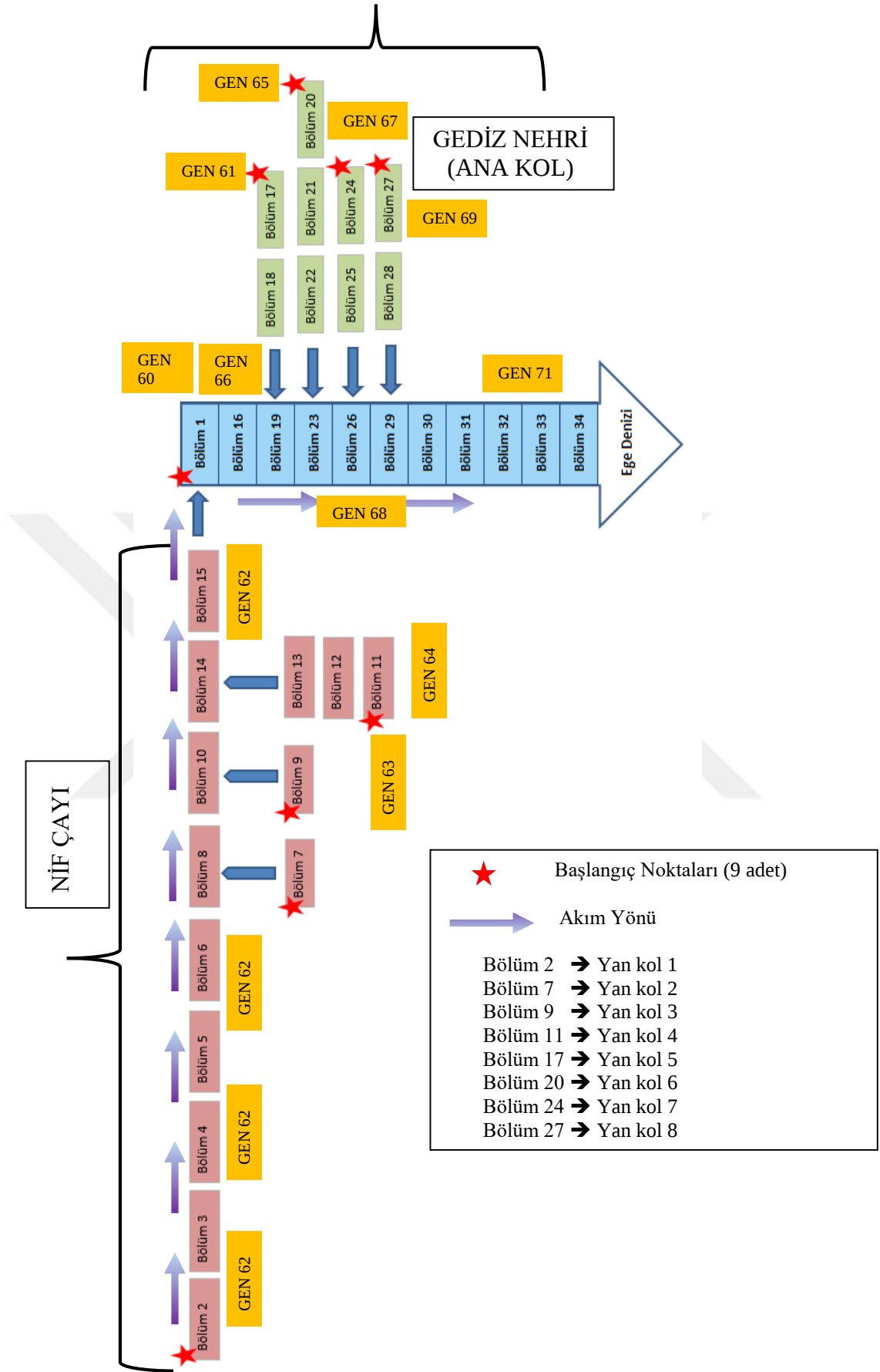
4.5.3 SU KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ SENARYOLARININ BELİRLENMESİ

Çalışma kapsamında su kalitesinin iyileştirilmesi maksadıyla 7 farklı senaryo modeli kurularak 7 farklı durumdaki su kalitesindeki iyileşmeler ortaya konulmuştur.

4.5.3.1 Senaryo 1: Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Kurulması

Çizelge 7’de verilen mevcut durumda doğrudan deşarj yapılan yerleşim yerleri için evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulduğu kabulü yapılmıştır.

Söz konusu arıtma tesislerinin aktif çamur arıtma tipine göre giderim sağlayacağı varsayımı yapılmıştır. Buna göre; BOİ değeri için 5mg/L, TN için 25 mg/L ve NH₄N için 15 mg/L olacak şekilde kabul edilmiştir. Önerilen AAT’lere ait ÇO konsantrasyonu ise 2 mg/L olacak şekilde senaryo 1 modeli oluşturulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir.



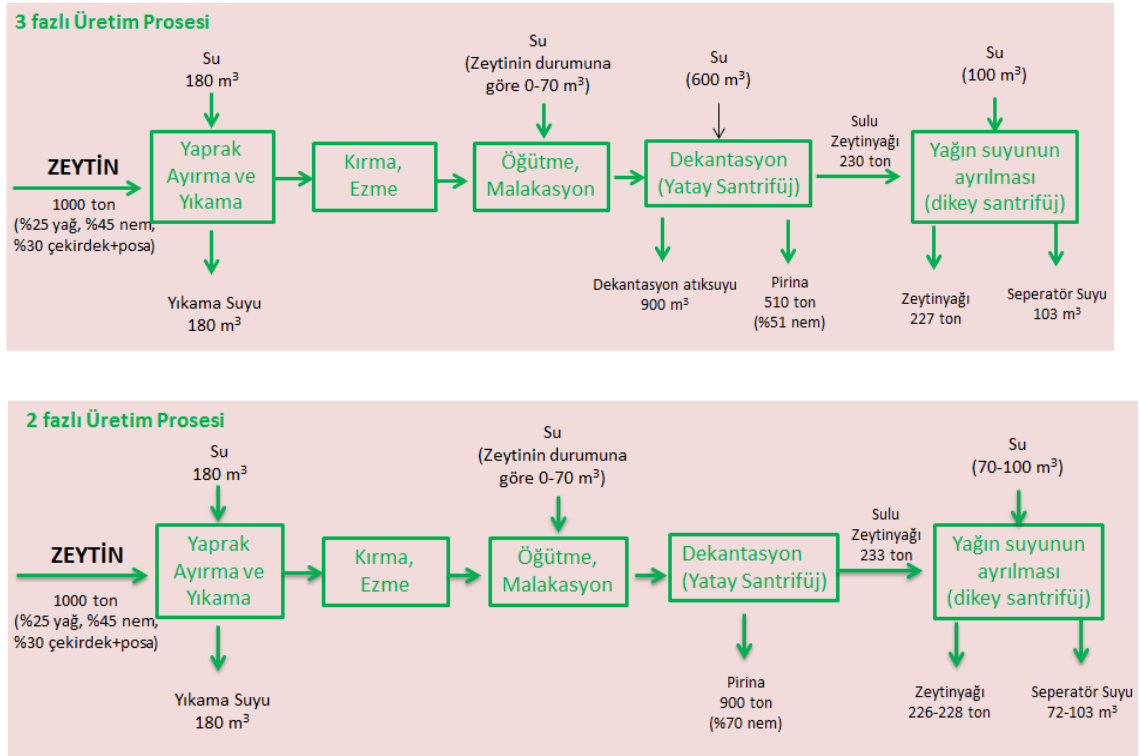
Şekil 21 Model Alanındaki Su Kütlelerinin Bölümlere Ayrılması

4.5.3.2 Senaryo 2: Endüstri Tesisleri Deşarjlarına İlişkin İyileştirmeler

Bölüm 4.2.2’de açıklandığı üzere havzada Kasım, Aralık ve Ocak aylarında üretim yapan zeytinyağı üretim tesisleri önemli bir baskı oluşturmaktadır.

Zeytinyağı üretim tesislerinde, yağın santrifüjlenerek ayrılması esasına dayanan sürekli üretim prosesi iki fazlı ve üç fazlı üretim olmak üzere ikiye ayrılır. Üç fazlı üretim sisteminde, proses suyu kullanılmakta olup proses sonunda yağ atıksu (karasu) ve katı kısım (pirina) oluşmaktadır. Bu proseste önemli miktarlarda su eklenmesi nedeni ile atıksu oluşumu da fazladır. İki fazlı üretim sisteminde ise proses suyu ilave edilmez ve proses sonucunda sadece yağ ve pirina oluşmaktadır. İki fazlı sistemler daha ekolojiktir [55].

Çizelge 8’de verilen söz konusu tesislerin tamamı 3 fazlı üretim yapmaktadır. Bu senaryo kapsamında bu tesislerin 2 fazlı üretim prosesine geçtikleri ve atık su oluşmadığı kabulü yapılmıştır. Söz konusu üretimlere ait prosesler Şekil 22’de verilmektedir [56].



Şekil 22 Zeytinyağı Üretim Tesisleri 2 Fazlı ve 3 Fazlı Üretim Prosesleri

Ayrıca 4 dönemlik ortalama deşarj konsantrasyon değerleri oldukça yüksek olan endüstri tesislerinin ileri arıtma teknolojisi ile arıtım sonrası deşarj ettikleri kabulü de bu senaryo kapsamında değerlendirilmiştir. Söz konusu tesisler kimya sanayi, gıda sanayi, et kesim ve paketlenme sanayi sektörlerinde faaliyet göstermektedir.

Yapılan araştırmalara göre çalışmaları devam eden Turgutlu Organize Sanayi Bölgesi AAT'nin de tamamlandığı ve çıkış konsantrasyon değerlerinin havzada yer alan Manisa OSB çıkış konsantrasyon değerleri ile aynı olduğu kabulü de bu senaryo kapsamında değerlendirilmiştir.

4.5.3.3 Senaryo 3: Yayılı Yüklerin %25 Azaltılması

Senaryo 3 kapsamında su kütlelerine ulaşan yayılı yükün %25 oranında azaltıldığı varsayımı yapılmıştır.

4.5.3.4 Senaryo 4: Yayılı Yüklerin %50 Azaltılması

Senaryo 4 kapsamında yayılı yüklere ilişkin önlemler artırılarak su kütlelerine ulaşan yükün %50 oranında azaltıldığı kabulü yapılmıştır.

4.5.3.5 Senaryo 5: Senaryo 1 + Senaryo 3

Senaryo 5 kapsamında evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulması ile yayılı yüklere ilişkin su kütlelerine ulaşan yükün %25 oranında azaltıldığı kabulü yapılmıştır.

4.5.3.6 Senaryo 6: Senaryo 2 + Senaryo 3

Senaryo 6 kapsamında endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde iyileştirmelerin yapılması ile yayılı yüklere ilişkin su kütlelerine ulaşan yükün %25 oranında azaltıldığı kabulü yapılmıştır.

4.5.3.7 Senaryo 7: Senaryo 1 + Senaryo 2 + Senaryo 4

Senaryo 7 kapsamında evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulması, endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde iyileştirmelerin yapılması ile yayılı yüklere ilişkin su kütlelerine ulaşan yükün %50 oranında azaltıldığı kabulü yapılmıştır.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1 REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ SONUÇLARI

Çalışma kapsamında kimyasal ve fizikokimyasal parametreler ile farklı indeksler kullanılarak hesaplanan makroomurgasız ekolojik kalite oranları arasında korelasyon ve regresyon analizi yapılarak modellemesi yapılan parametrelerle ekolojik kalite oranları arasındaki bağıntı incelenmiştir. Makroomurgasız türüne ait örnekleme sonuçları BMWP, Shannon Wiener ile Ulusal İndeksler kullanılarak değerlendirilmiştir. Korelasyon ve Regresyon analizlerinde fizikokimyasal parametre değerleri ortalama değerlerine bölünerek kullanılmıştır.

5.1.1 BMWP İNDEKSİ EKOLOJİK KALİTE ORANLARI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ

Korelasyon analizi sonucuna göre BMWP Ekolojik Kalite Oranı ile en yüksek korelasyon $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ile BOI_5 parametreleriyle sağlandığı ve $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ile pozitif korelasyon olurken BOI_5 ile negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Çözünmüş oksijen ile ise pozitif bir korelasyon olmaktadır. ÇO ile BOI_5 beklendiği gibi sonuç vermiştir. Ancak azotlu bileşikler incelendiğinde, BMWP ekolojik kalite oranı NH_4N ile negatif korelasyon verirken $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ile pozitif korelasyona sahiptir. Regresyon analizinde kullanılan $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ölçüm sonuçları 0.02 ile 1.714 mg/L arasında değişmektedir. BMWP indeksine göre bu aralıktaki konsantrasyonlarda makroomurgasız yapısını olumlu yönde etkilemektedir.

Çizelge 27 BMWP İndeksi EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi

	NH_4N	$\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$	İletkenlik	ÇO	BOI_5	T	BMWP EKO
NH_4N	1.00						
$\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$	-0.32	1.00					
İletkenlik	0.59	-0.28	1.00				
ÇO	-0.23	0.63	0.08	1.00			
BOI_5	0.36	-0.75	0.34	-0.65	1.00		
T	-0.49	0.30	-0.69	-0.04	-0.42	1.00	
BMWP EKO	-0.01	0.43	-0.10	0.13	-0.33	-0.11	1.00

Regresyon analizi korelasyon analizi sonucunda yüksek korelasyona sahip olduğu $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ile BOI_5 parametreleri kullanılarak yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda R^2 0.1877 olarak bulunmuştur.

$$\text{EKO} = 0.07627 + 0.05495 * C_{[\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}]} / \text{Ortalama } C_{[\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}]} - 0.00132 * C_{[\text{BOI}_5]} / \text{Ortalama } C_{[\text{BOI}_5]}$$

Çizelge 28 BMWP İndeksi EKO ile Regresyon Analizi t Testi

	Model BMWP EKO	Ölçüm BMWP EKO
Ortalama	0.129896813	0.129896907
Varyans	0.001893444	0.01008963
Gözlem	10	10
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	12	
t Stat	-2.7346E-06	
P(T<=t) tek-uçlu	0.499998932	
t Kritik tek-uçlu	1.782287556	
P(T<=t) iki-uçlu	0.999997863	
t Kritik iki-uçlu	2.17881283	

5.1.2 SHANNON WIENER İNDEKSİ EKOLOJİK KALİTE ORANLARI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ

Korelasyon analizi sonucuna göre Shannon Wiener Ekolojik Kalite Oranı ile en yüksek korelasyon ilişkisi iletkenlik parametresi ile sağlanmaktadır. Sıcaklık da yüksek korelasyona sahip parametrelerden olup negatif korelasyona sahiptir. NH_4N ile ise pozitif korelasyona sahiptir. $\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$ ile ÇO parametreleriyle pozitif korelasyon olurken BOI_5 ile negatif korelasyon olmaktadır.

Çizelge 29 Shannon Wiener İndeksi EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi

	NH_4N	$\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$	İletkenlik	ÇO	BOI_5	T	SHANNON EKO
NH_4N	1.00						
$\text{NO}_3\text{N}+\text{NO}_2\text{N}$	-0.32	1.00					
TKN	0.60	-0.66					
İletkenlik	0.59	-0.28	1.00				
ÇO	-0.23	0.63	0.08	1.00			
BOI_5	0.36	-0.75	0.34	-0.65	1.00		
T	-0.49	0.30	-0.69	-0.04	-0.42	1.00	

	NH ₄ N	NO ₃ N+NO ₂ N	İletkenlik	ÇO	BOİ ₅	T	SHANNON EKO
SHANNON EKO	0.32	0.16	0.60	0.05	-0.03	-0.51	1.00

Korelasyon analizi sonucuna göre Shannon Wiener Ekolojik Kalite Oranı ile en anlamlı korelasyon iletkenlik, sıcaklık ve NH₄N parametreleriyle sağlanması nedeni ile regresyon analizinde söz konusu parametreler kullanılmıştır. Regresyon analizi sonucunda R² 0.3804 olarak bulunmuştur.

Regresyon analizi sonucuna göre bentik makroomurgasız ekolojik kalite oranı ile belirlenen fizikokimyasal kalite bileşenleri arasındaki matematiksel ilişki aşağıda verilmektedir.

$$EKO = 0.2256 - 0.0164 * C_{[NH_4N]} / \text{Ortalama } C_{[NH_4N]} + 0.1710 * [\text{İletkenlik}] / \text{Ortalama } [\text{İletkenlik}] - 0.1149 * [T] / \text{Ortalama } [T]$$

Çizelge 30 Shannon Wiener İndeksi EKO ile Regresyon Analizi ANOVA Testi

	Model Shannon EKO	Ölçüm Shannon EKO
Ortalama	0.265223379	0.265223
Varyans	0.011224362	0.029508
Gözlem	10	10
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	15	
t Stat	1.71572E-07	
P(T<=t) tek-uçlu	0.499999933	
t Kritik tek-uçlu	1.753050356	
P(T<=t) iki-uçlu	0.999999865	
t Kritik iki-uçlu	2.131449546	

5.1.3 ULUSAL İNDEKS EKOLOJİK KALİTE ORANI İLE KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ

Korelasyon analizi sonucuna göre Ulusal İndeks ekolojik kalite oranı ile en anlamlı korelasyon NO₃N+NO₂N parametreleriyle sağlanmaktadır. ÇO ile pozitif korelasyon görülürken BOİ₅ ile negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir. ÇO ve BOİ₅ parametreleri beklendiği gibi sonuçlar vermiştir. Sıcaklık ile de negatif korelasyon olduğu görülmektedir. Sıcaklık ortalama değeri 16 °C olup sıcaklığın artması makroomurgasız

yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. İletkenlik ve NH₄N parametreleri ile ise düşük korelasyon vardır ve iletkenliğin artması makroomurgasızları olumlu yönde etkilerken NH₄N artması makroomurgasız yapısını olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 31 Ulusal İndeks EKO ve Su Kalitesi Bileşenleri Korelasyon Analizi

	NH ₄ N	NO ₃ N+NO ₂ N	İletkenlik	ÇO	BOİ ₅	T	Ulusal İndeks Değeri (EKO)
NH ₄ N	1.00						
NO ₃ N+NO ₂ N	-0.32	1.00					
TKN	0.60	-0.66					
İletkenlik	0.59	-0.28	1.00				
ÇO	-0.23	0.63	0.08	1.00			
BOİ ₅	0.36	-0.75	0.34	-0.65	1.00		
T	-0.49	0.30	-0.69	-0.04	-0.42	1.00	
Ulusal İndeks Değeri (EKO)	-0.15	0.49	0.19	0.36	-0.36	-0.34	1.00

Korelasyon analizi sonucuna göre Ulusal İndeks Ekolojik Kalite Oranı ile en anlamlı korelasyon NO₃N+NO₂N, ÇO, BOİ₅ ve Sıcaklık parametreleriyle sağlanması nedeni ile regresyon analizinde söz konusu parametreler kullanılmıştır. Regresyon analizi sonucunda R² 0.5206 olarak bulunmuştur.

Regresyon analizi sonucuna göre bentik makroomurgasız ekolojik kalite oranı ile belirlenen fizikokimyasal kalite bileşenleri arasındaki matematiksel ilişki aşağıda verilmektedir.

$$EKO = 0.7650 + 0.0011 * C_{[ÇO]} / \text{Ortalama } C_{[ÇO]} - 0.0765 * C_{[BOİ_5]} / \text{Ortalama } C_{[BOİ_5]} + 0.1688 * C_{[NO_3N+NO_2N]} / \text{Ortalama } C_{[NO_3N+NO_2N]} - 0.5683 * [T] / \text{Ortalama } T$$

Çizelge 32 Ulusal İndeks EKO ile Regresyon Analizi ANOVA Testi

	Ölçüm Ulusal İndeks EKO	Model Ulusal İndeks EKO
Ortalama	0.2901	0.290099142
Varyans	0.078986767	0.041140841
Gözlem	10	10
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	16	
t Stat	7.82711E-06	

	Ölçüm Ulusal İndeks EKO	Model Ulusal İndeks EKO
P(T<=t) tek-uçlu	0.499996926	
t Kritik tek-uçlu	1.745883676	
P(T<=t) iki-uçlu	0.999993852	
t Kritik iki-uçlu	2.119905299	

Regresyon analizi sonuçlarının değerlendirilmesi maksadıyla t Testi uygulanmış olup sonuçlar Çizelge 28, Çizelge 30 ve Çizelge 32’de verilmektedir. Her 3 regresyon analizi testinde de p değeri > 0.05 olması nedeni ile veri setlerinin eşitliği hipotezi reddedilememektedir. Test sonucuna göre model sonuçları ve ölçüm sonuçları ortalamaları aynıdır.

Regresyon analizleri sonucunda hesaplanan R² değerlerine bakıldığında ise Ulusal İndeks ile kurulan yapısal denklem daha yüksek R² değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında EKO tahmini yapılırken Ulusal İndeks kullanılarak oluşturulan matematiksel denklem kullanılmıştır.

5.2 QUAL2K MODEL SONUÇLARI

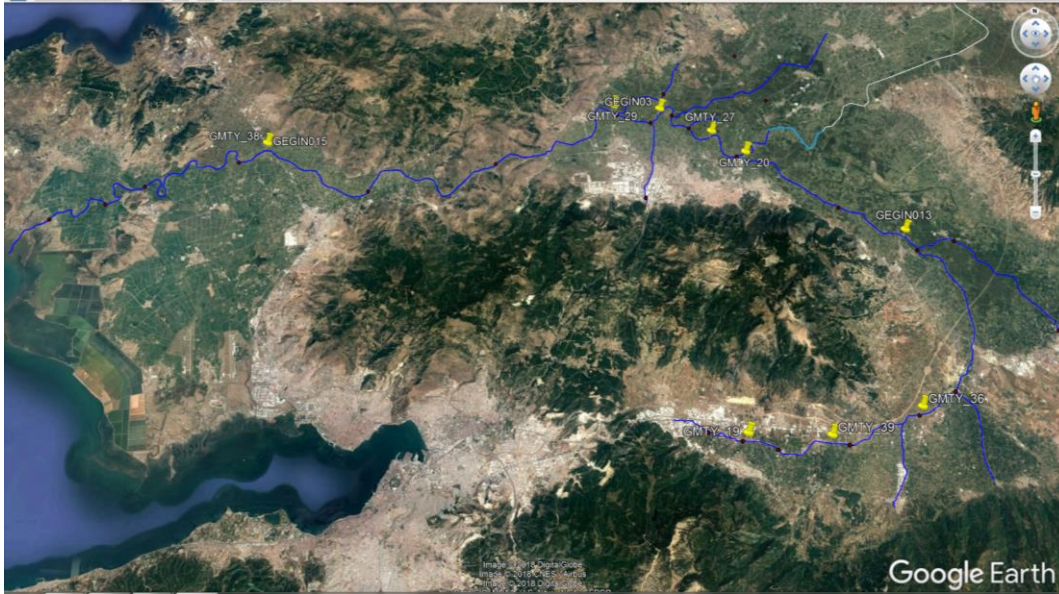
5.2.1 MODEL KALİBRASYONU

Modelin kalibrasyonu manuel ve sistematik olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ilk dört dönemde daha çok veri seti bulunması nedeni ile kalibrasyon dönemi olarak ilk dört dönem gözden geçirilmiştir. Dört dönemin verileri incelendiğinde, Kasım dönemi akımın ortalama değerlerde olduğu bir dönem olduğu görülmektedir. Bu nedenle kalibrasyon için Kasım Dönemi verileri kullanılmıştır. Havzada ‘Gediz Havzası’nda Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Uygulanması Projesi’ ve “Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi” kapsamında ölçüm yapılan ve modele girdi olarak kullanılmayan ölçüm noktaları kalibrasyon maksadıyla kullanılmıştır. Kalibrasyon noktalarının özellikleri Çizelge 33’de ve konumları ise Şekil 23’te verilmektedir.

Çizelge 33 Kalibrasyon Noktalarının Özellikleri

İlgili Su Kütlesi	Kalibrasyon Noktası (km)	Modelleme Ağı Bölüm No	Ölçüm Noktası	Veri Temini
Anakol	75.000	Bölüm 23	GMTY 27	GMTY

İlgili Su Kütlesi	Kalibrasyon Noktası (km)	Modelleme Ağı Bölüm No	Ölçüm Noktası	Veri Temini
Anakol	65.000	Bölüm 29	GMTY 29	Projesi Verileri
Anakol	27.000	Bölüm 32	GMTY 38	
Yan Kol 1	47.800	Bölüm 4	GMTY 19	
Yan Kol 1	44.600	Bölüm 5	GMTY 39	
Yan Kol 1	32.400	Bölüm 8	GMTY 36	
Yan Kol 1	1.400	Bölüm 15	GMTY 20	
Anakol	81.000	Bölüm 16	GEGİN03	Gediz NHYP Projesi Verileri
Anakol	30.000	Bölüm 32	GEGİN15	
Yan Kol 1	14.000	Bölüm 14	GEGİN13	



Şekil 23 Kalibrasyon Noktaları Uydu Görüntüsü

Kalibrasyon çalışmalarına öncelikle su kütlelerindeki debi değerlerinin ölçüm değerleriyle uyumlu hale getirilmesiyle başlanmıştır. QUAL2K debi değerlerini kütle dengesini sağlayacak şekilde, membadan mansaba doğru girdileri toplayarak hesaplamaktadır.

Model girdisi olarak kullanılan değerlerin düzenlenmesinin ardından su kalitesi proses hesaplarında kullanılan kinetik katsayılar belirli aralıklarda değiştirilerek gerçek durumu en çok yansıtan değerler bulunmaya çalışılmıştır. Bu katsayıların olası aralıkları için literatür araştırması sonucunda kullanılan kinetik katsayıların derlendiği bir çalışmadan faydalanılmıştır [57]. Kalibrasyon çalışmaları sonucu seçilen katsayı aralıkları Çizelge 34’te verilmektedir.

Çizelge 34 Kinetik Katsayıların Kalibrasyon Değerleri

Parametre	Değer	Birimler	Sembol
Oksijen			
Havalanma Katsayısı Modeli	Churchill		
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.024		q_a
Karbondioksit O ₂ Tüketimi	2.67	gO ₂ /gC	r_{oc}
NH ₄ oksikasyonuna bağlı O ₂ Tüketimi	3.47	gO ₂ /gN	r_{on}
cBOİ Oksidasyonuna bağlı oksijen tüketim modeli	Exponential		
cBOİ Oksidasyonuna bağlı oksijen tüketimi katsayısı	0.3	L/mgO ₂	K_{socf}
Nitrifikasyona bağlı oksijen tüketimi modeli	Exponential		
Nitrifikasyona bağlı oksijen tüketimi katsayısı	0.3	L/mgO ₂	K_{sona}
Denitrifikasyona bağlı oksijen kazanım modeli	Exponential		
Denitrifikasyona bağlı oksijen kazanım katsayısı	1	L/mgO ₂	K_{sodn}
Kolay Ayrışabilen CBOD			
Oksidasyon Hızı	2	/d	k_{dc}
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.047		q_{dc}
Organik Azot			
Hidroliz	0.3	/d	k_{hn}
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.05		q_{hn}
Çökeltme Hızı	0.0004	m/d	v_{on}
Amonyum			
Nitrifikasyon	0.2	/d	k_{na}
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.07		q_{na}
Nitrat			
Denitrifikasyon	3	/d	k_{dn}
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.07		q_{dn}
Sediman denitrifikasyon katsayısı	0.8	m/d	v_{di}
Sıcaklık Düzeltme Katsayısı	1.07		q_{di}

Kalibrasyon ve validasyon çalışmalarını değerlendirmek ve modelin ne düzeyde doğrulukla sonuç verdiğinin belirlenmesi maksadıyla farklı istatistiki yöntemler kullanılmaktadır. Yerüstü su kalitesi modelleri için pek çok hata indeksinin kullanılmasına karşın RMSE (Ortalama karesel hatanın karekökü) ve MAE (Ortalama mutlak hata) hesaplanan değerlerin birimleri bazında sonuçlar vermesi nedeni ile analiz sonucunun daha

kolay yorumlanmasını sağlamaktadır. RMSE ve MAE'nin sifıra yakın olması mükemmel uyum olduğunu göstermektedir.

PBIAS (Yüzdesel hata) ise model sonuçlarının gözlem sonuçlarından büyük veya küçük olması eğilimini kontrol etmektedir. PBIAS değerinin de en iyi uyum sağlandığında sıfır olması beklenmektedir. Literatürde yer alan PBIAS kullanımı ile model performansının değerlendirilmesi kriteri Çizelge 35'te verilmektedir [58].

Çizelge 35 Model Performansı Değerlendirme Kriteri

Model Performansı	Sediment	N,P
Çok iyi	$PBIAS < \pm 15$	$PBIAS < \pm 25$
İyi	$\pm 15 < PBIAS < \pm 30$	$\pm 25 < PBIAS < \pm 40$
Tatmin edici	$\pm 30 < PBIAS < \pm 55$	$\pm 40 < PBIAS < \pm 70$
Tatmin edici değil	$PBIAS > \pm 55$	$PBIAS > \pm 70$

Bu unsurlar göz önünde bulundurularak yapılan kalibrasyon çalışmasının sonucunda Kasım dönemine ait simülasyon sonuçları Anakol (Gediz Nehri) ve Yankol 1'deki (Nif Çayı) RMSE, MAE ve PBIAS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş olup sonuçlar Çizelge 36'da verilmektedir.

Nif Çayı için kalibrasyon performans göstergeleri incelendiğinde RMSE değeri ÇO parametresi için 3.35 mg/L iken BOİ₅ için 39.05 mg/L olmaktadır. Gediz Nehri için ise ÇO parametresi için 1.70 mg/L iken BOİ₅ parametresi için 4.54 mg/L olmaktadır. TN ve TKN parametreleri ise Gediz Nehri için daha düşük RMSE değerleri verdiği görülmektedir. MAE sonuçları ise RMSE sonuçlarına yakın sonuçlar vermektedir. MAE ve RMSE sonuçlarının yakın olması ortalama hata ile bireysel hatalar arasında farkın az olduğunu göstermektedir. Bu da bireysel hataların ortalama genelinde olduğu ve çok büyük sapmalar meydana gelmediğini göstermektedir.

PBIAS sonuçlarına göre ise ÇO parametresi bazında Gediz Nehri'nde % -17.58 iken Nif Çayı'nda %51.56 olmaktadır. TKN parametresi bazında Nif Çayı ve Gediz Nehri benzer sonuçlar verirken TN parametresi bazında Nif Çayı için daha düşük hata oranı

vermektedir. BOI₅ parametresine göre ise Nif Çayı'nda %20.87 iken BOI₅ parametresi bazında % -56.84 olmaktadır.

Çizelge 35'te verilen model performansı değerlendirilmesi kriterlerine bakıldığında ise TN, TKN parametresi sonuçları Nif Çayı ve Gediz Nehri için çok iyi kategorisine girmektedir.

Çizelge 36 Kalibrasyon Dönemi Ortalama Model Performans Göstergeleri

Parametre	RMSE (mg/L)		PBIAS (%)		MAE (mg/L)	
	Gediz Nehri	Nif Çayı	Gediz Nehri	Nif Çayı	Gediz Nehri	Nif Çayı
ÇO	1.70	3.35	-17.58	51.56	1.58	2.78
BOI ₅	4.54	39.05	-56.84	20.87	4.41	34.98
TN	2.21	8.56	-24.18	-4.71	2.02	7.75
TKN	1.34	9.46	13.22	14.70	1.12	8.02

5.2.2 MODEL VALİDASYONU (GEÇERLİLİK KONTROLÜ)

Validasyon kalibre edilen modelin farklı veri setleriyle çalıştırılarak farklı girdi verilerinde modelin doğruluğunun analiz edildiği süreçtir. Bu çalışma kapsamında da, kalibre edilen model aynı kalibrasyon parametreleri kullanılarak diğer dönemler için de çalıştırılarak validasyonu yapılmıştır.

Model validasyonu da kalibrasyon da olduğu gibi RMSE, MAE ve PBIAS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş olup sonuçlar Çizelge 37'de verilmektedir.

Validasyon performans göstergeleri incelendiğinde RMSE değeri Nif Çayı ÇO parametresi için 3.87 mg/L iken Gediz Nehri için 1.78 mg/l olmaktadır. BOI parametresi bazında ise 38.06 mg/L iken Gediz Nehrinde 19.30 mg/L olmaktadır. Kalibrasyon dönemi gibi validasyon döneminde de MAE sonuçları RMSE sonuçlarına yakın sonuçlar vermektedir.

PBIAS sonuçlarına göre ise ÇO parametresi bazında Nif Çayı için % 47.27 iken Gediz Nehri için % -37.41 olmaktadır. BOI parametresi bazında ise Gediz Nehri için %44.93 iken Nif Çayı'nda bu değer -86.11 olmaktadır.

Çizelge 35'te verilen model performansı değerlendirilmesi kriterlerine bakıldığında ise TN, TKN parametresi sonuçları Nif Çayı için tatmin edici ve iyi iken Gediz Nehri için çok iyi kategorisine girmektedir.

Çizelge 37. Validasyon Dönemi Ortalama Model Performans Göstergeleri

Parametre	RMSE (mg/L)		PBIAS (%)		MAE (mg/L)	
	Gediz Nehri	Nif Çayı	Gediz Nehri	Nif Çayı	Gediz Nehri	Nif Çayı
ÇO	1.78	3.87	-37.41	47.27	1.51	3.42
BOİ	19.30	38.06	44.93	-86.11	14.37	29.92
TN	1.69	3.53	-16.78	-59.38	1.06	3.14
TKN	1.27	1.28	-8.48	-31.62	1.04	1.10

Validasyon performansının kalibrasyon performansına göre bir miktar düşük çıkması beklenmekte olup, sonuçların kabul edilebilir düzeyde olması gerekmektedir. Bu çalışmada da validasyon performans göstergeleri, kalibrasyon performans göstergelerine göre bir miktar fazla olmakla birlikte değerlendirme kriterlerine göre kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir.

Model sonuçları kurak (Ağustos) ve yağışlı (Şubat) dönemlerindeki Gediz Nehri ve Nif Çayı için Şekil 24, Şekil 25, Şekil 26 ve Şekil 27’de verilmektedir.

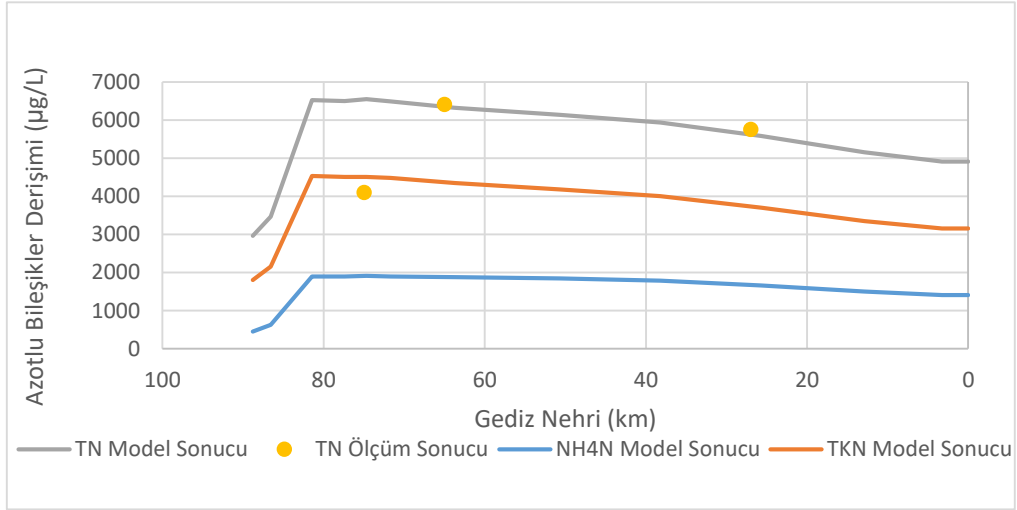
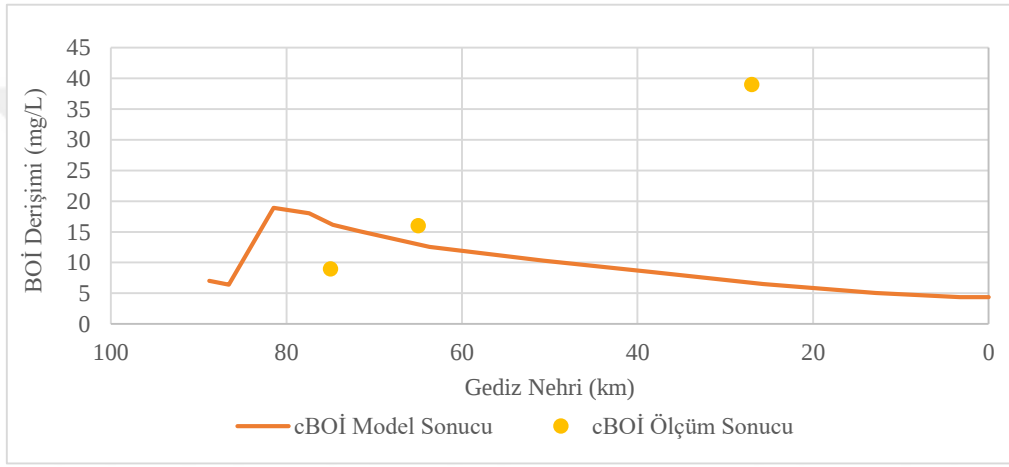
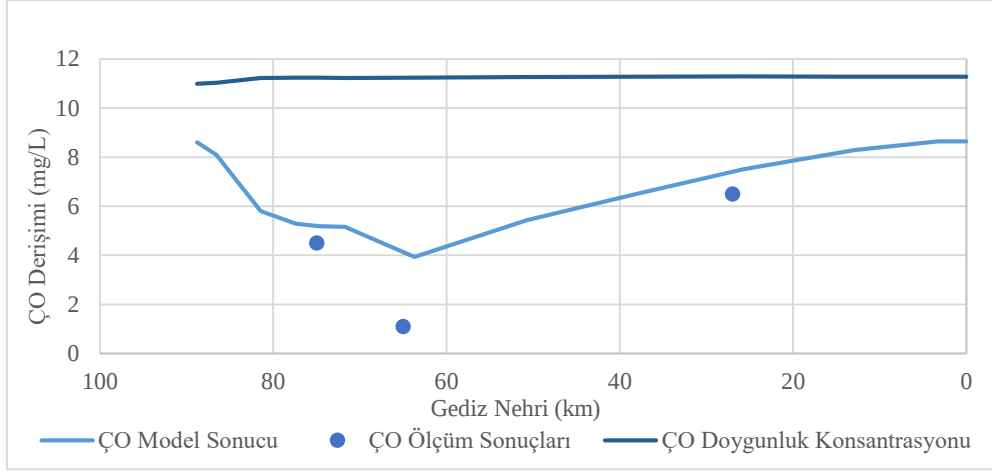
Söz konusu grafikler incelendiğinde Gediz Nehri’nde ÇO konsantrasyonu model sonuçları yağışlı dönemde ve kurak dönemde de trendi tutturmaktadır. BOİ parametresi de trendi tutturmasına karşın Şubat dönemindeki Gediz Nehri mansabında alıcı ortam ölçüm sonucu model sonucundan oldukça yüksek olmaktadır. Söz konusu 30-20 km arasında kaçak bir deşarj olduğu tahmin edilmektedir. Azotlu bileşikler için yağışlı dönemde toplam azot model sonucu ölçüm sonuçlarına oldukça yakın olmasına karşın kurak dönemde model sonuçları ölçüm sonuçlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun model kurulumunda fitoplanktona ilişkin verinin girilmemesi nedeni ile fitoplanktonlar tarafından kullanılan nütrient oranının model tarafından hesaplanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yayılı yük hesabında yapılan varsayımlar da azotlu bileşikler bazında trendin yakalanmasına karşın düşük veya yüksek hesaplamasına neden olabilmektedir.

Nif Çayı’nda ise ÇO konsantrasyonu hesaplamalarında kurak ve yağışlı dönemde model sonuçları ölçüm sonuçlarından düşük kalmaktadır. Özellikle de 40-30 km aralığındaki ölçüm sonucu ÇO doygunluk konsantrasyonuna yağışlı dönemde çok yakın ve kurak

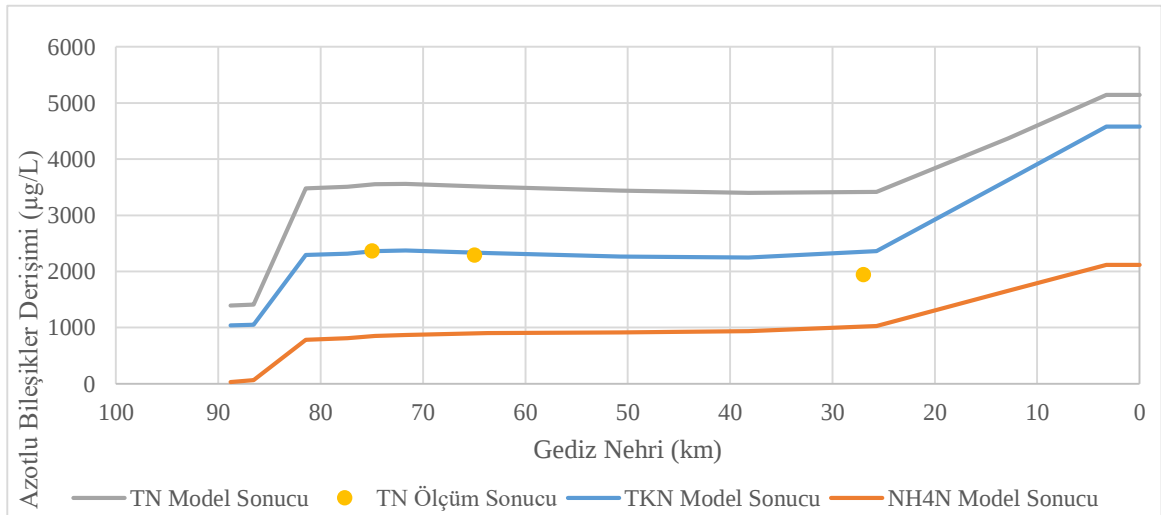
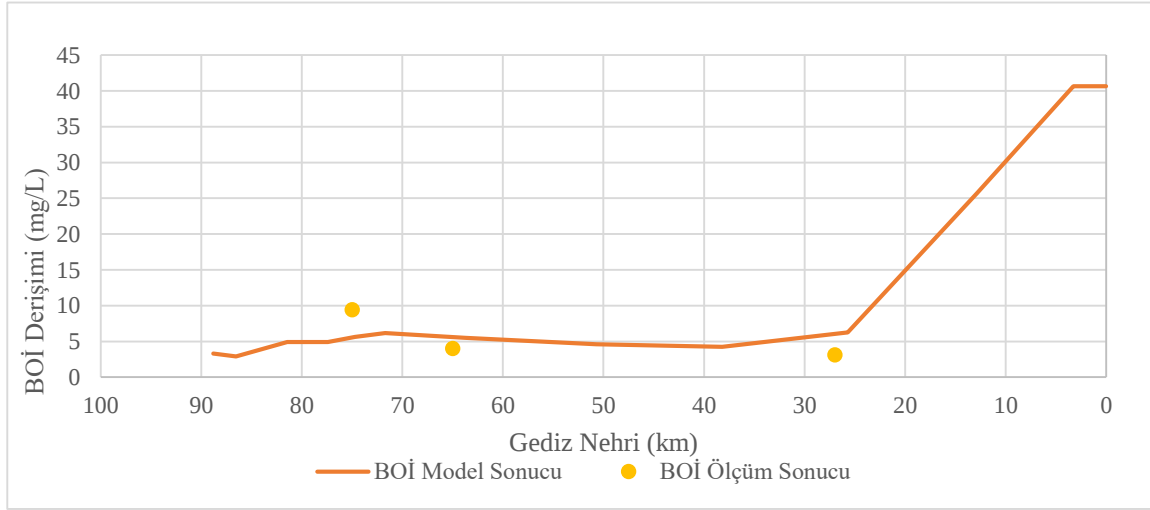
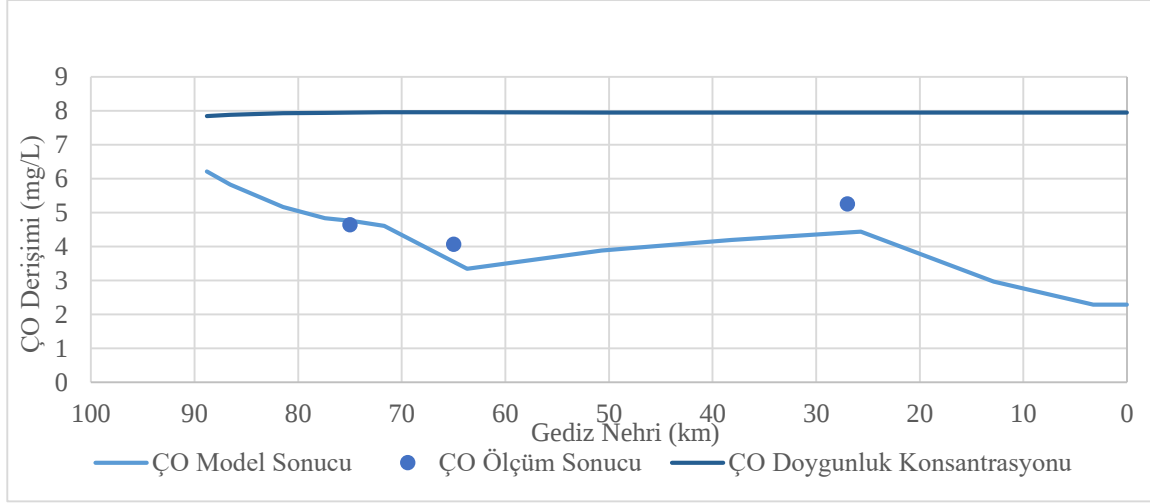
dönemde ise doygunluk konsantrasyonunun üstünde çıkmaktadır. Bu durumun algilerle ÇO arasındaki ilişkinin modele yansıtılmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda bentik bölgedeki proseslerin de modele girilmemesi de söz konusu ilişkinin doğru kurulamamasında etken olabilmektedir.

Ayrıca model kurulumunda kullanılan noktasal yükler ‘Gediz Havzası’nda Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Uygulanması Projesi’ kapsamında ölçüm yapılmayan tesislerde temsili tesis verileri kullanılmıştır. Ancak temsili tesis verilerinin gerçekliği yansıtamama ihtimali bulunmaktadır.

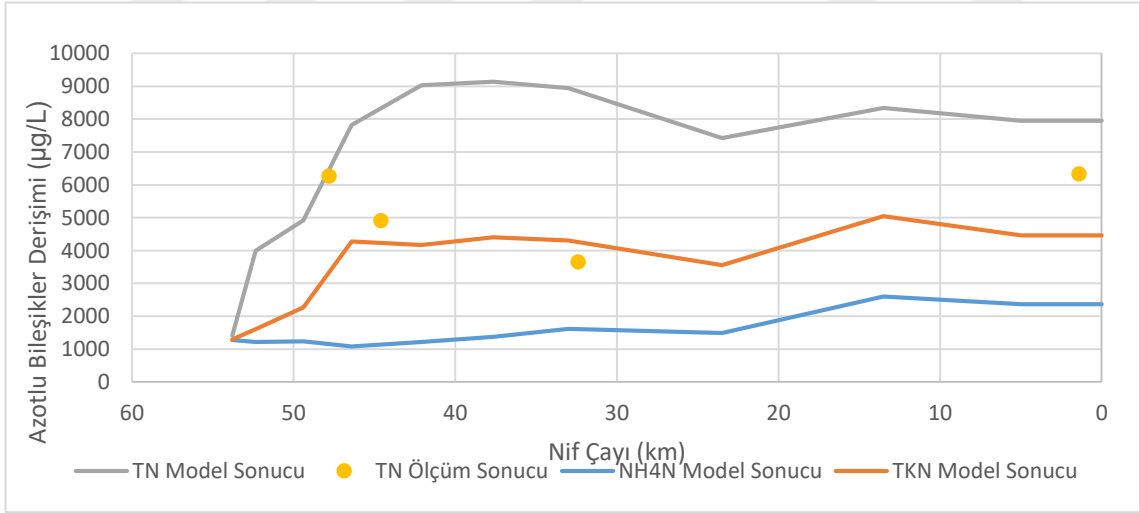
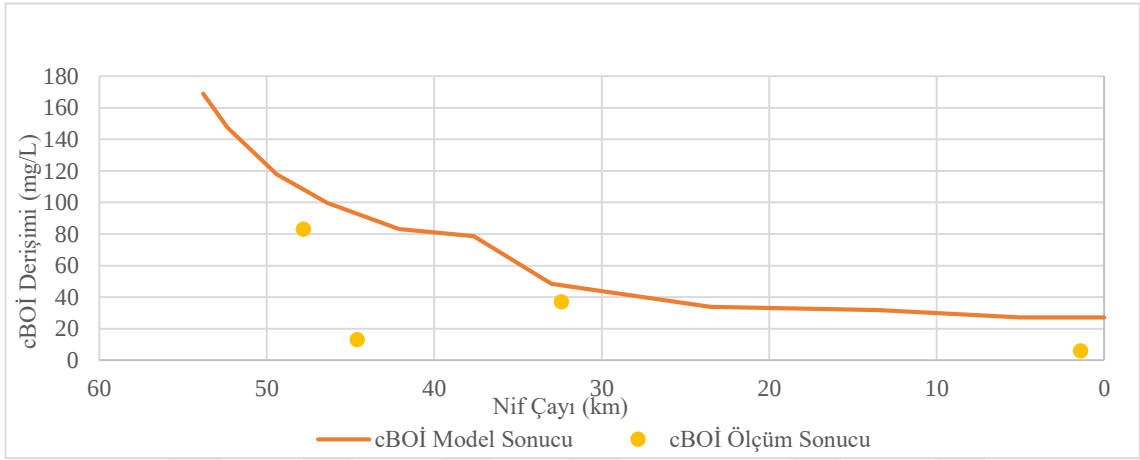
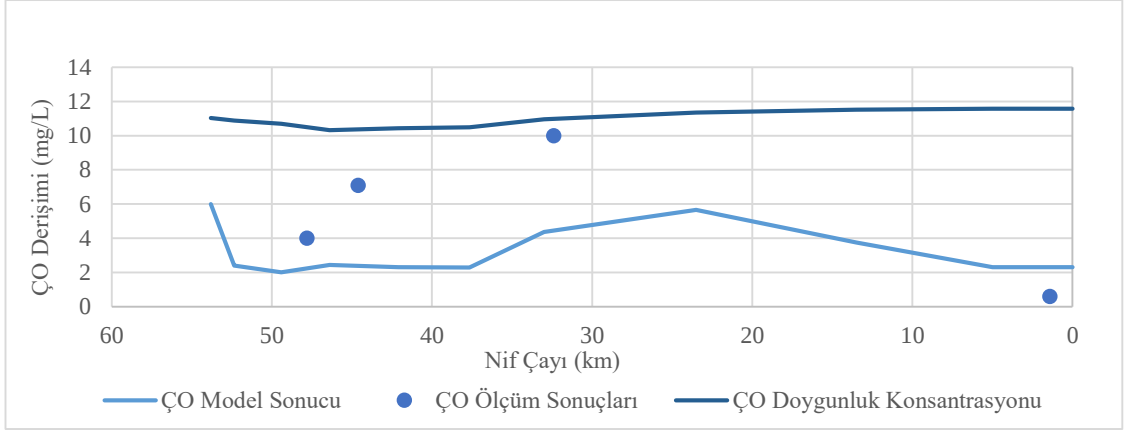




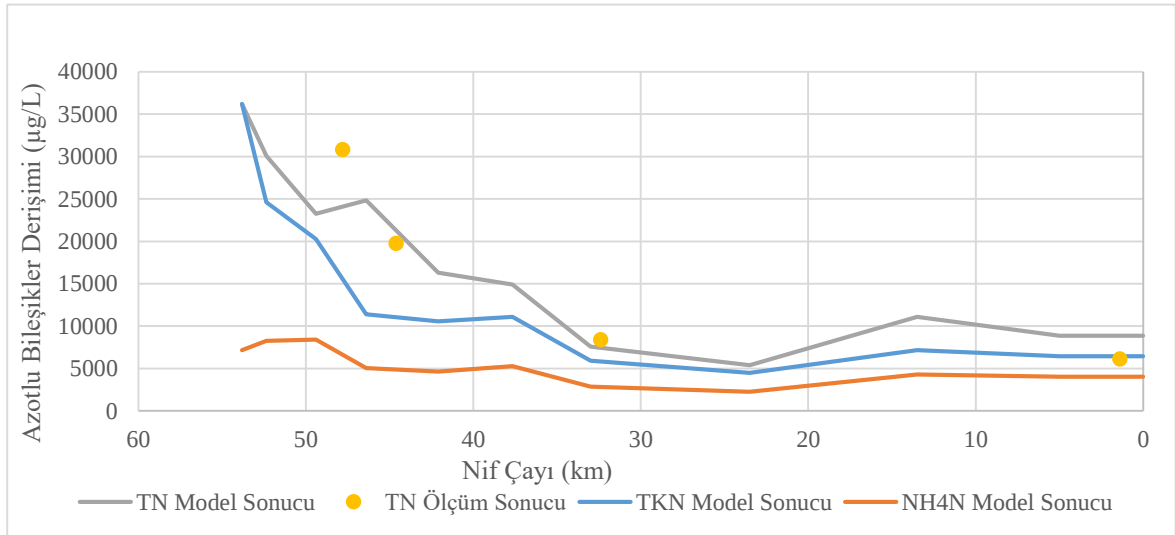
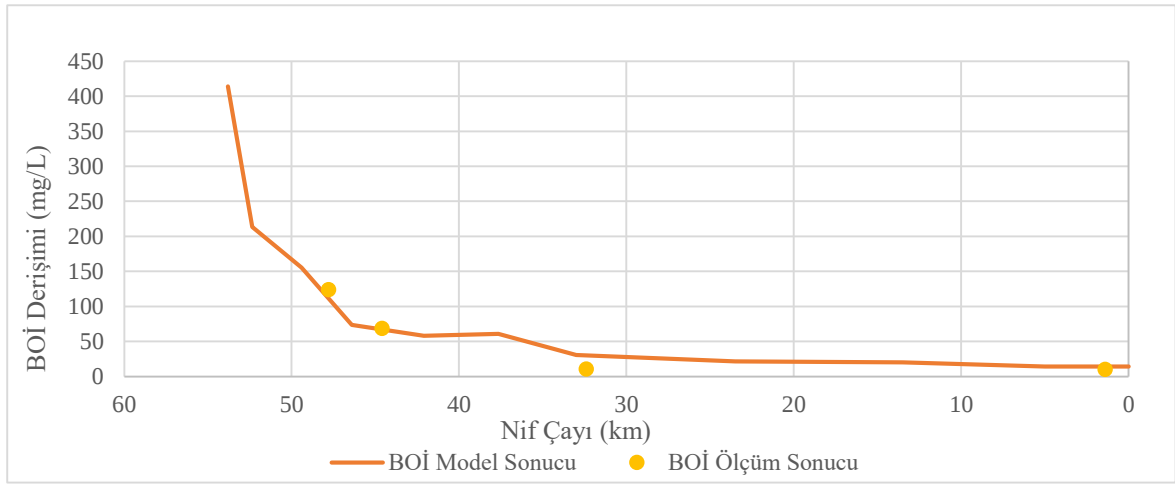
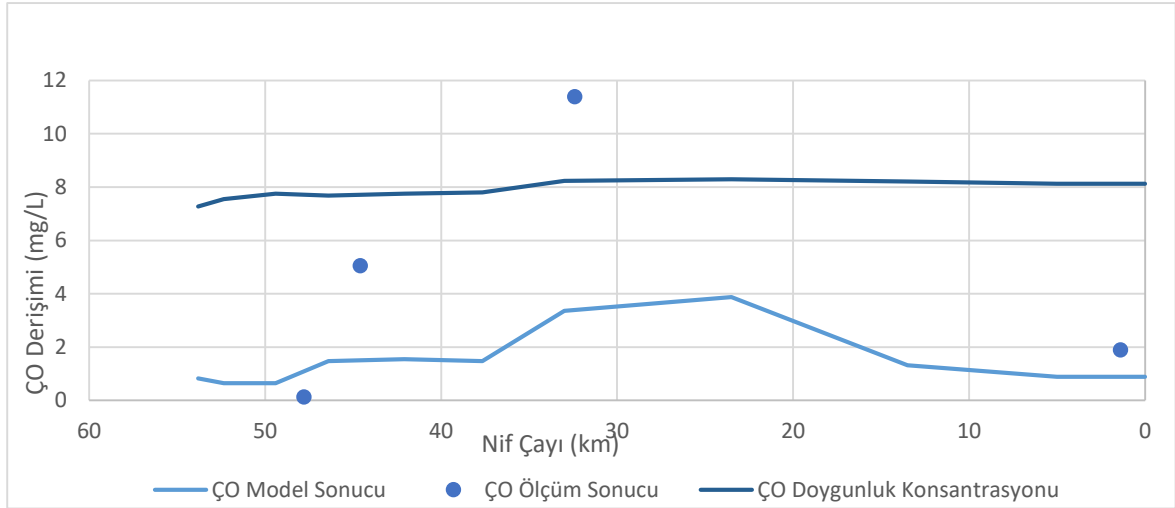
Şekil 24 Gediz Nehri Boyunca Şubat 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ₅, Azotlu Bileşikler)



Şekil 25 Gediz Nehri Boyunca Ağustos 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ₅, Azotlu Bileşikler)



Şekil 26 Nif Çayı Boyunca Şubat 2016 Dönemi Derişim Grafikleri (ÇO, BOİ₅, Azotlu Bileşikler)



Şekil 27 Nif Çayı Boyunca Ağustos 2016 Dönemi Derişim Grafikleri
(ÇO, BOİ₅, Azotlu Bileşikler)

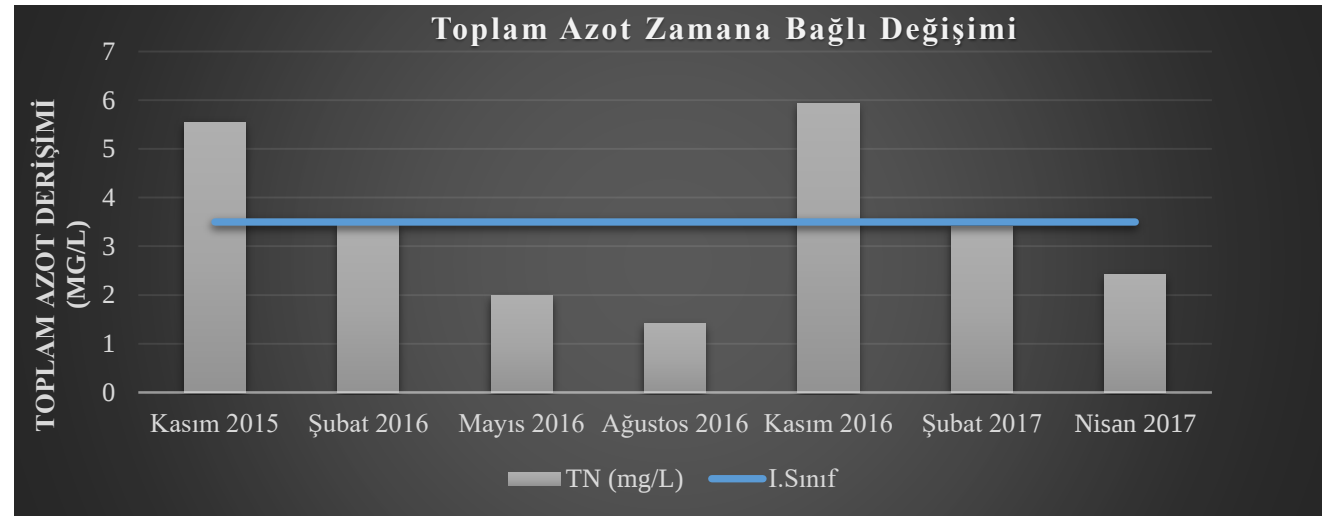
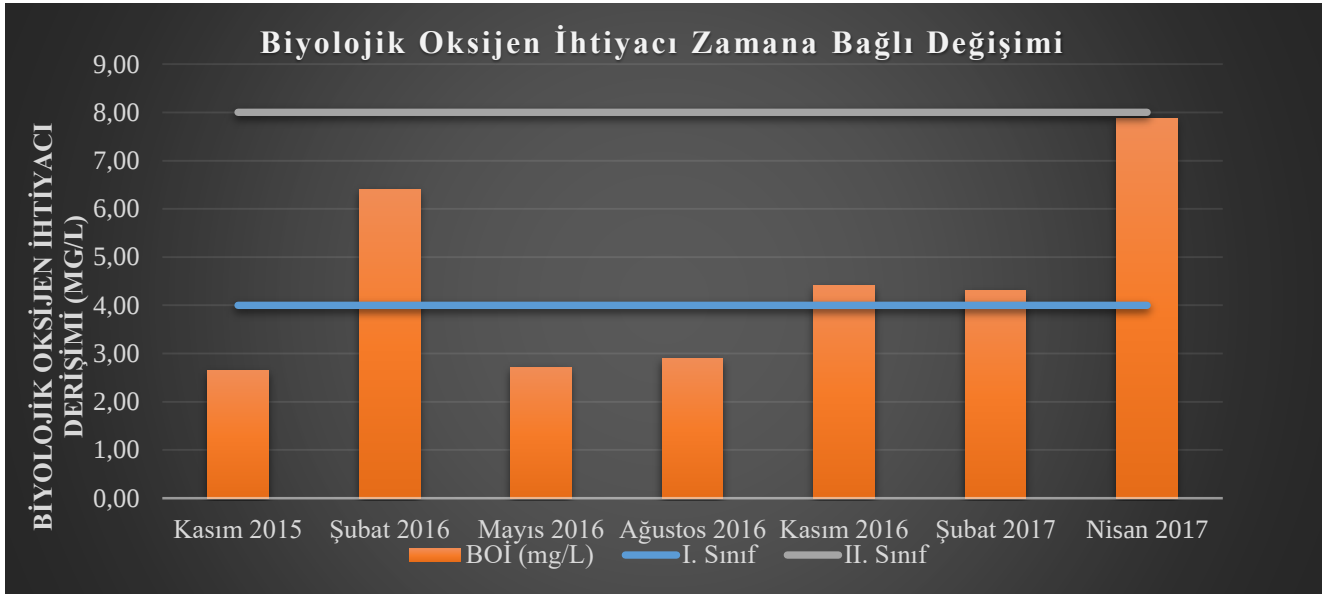
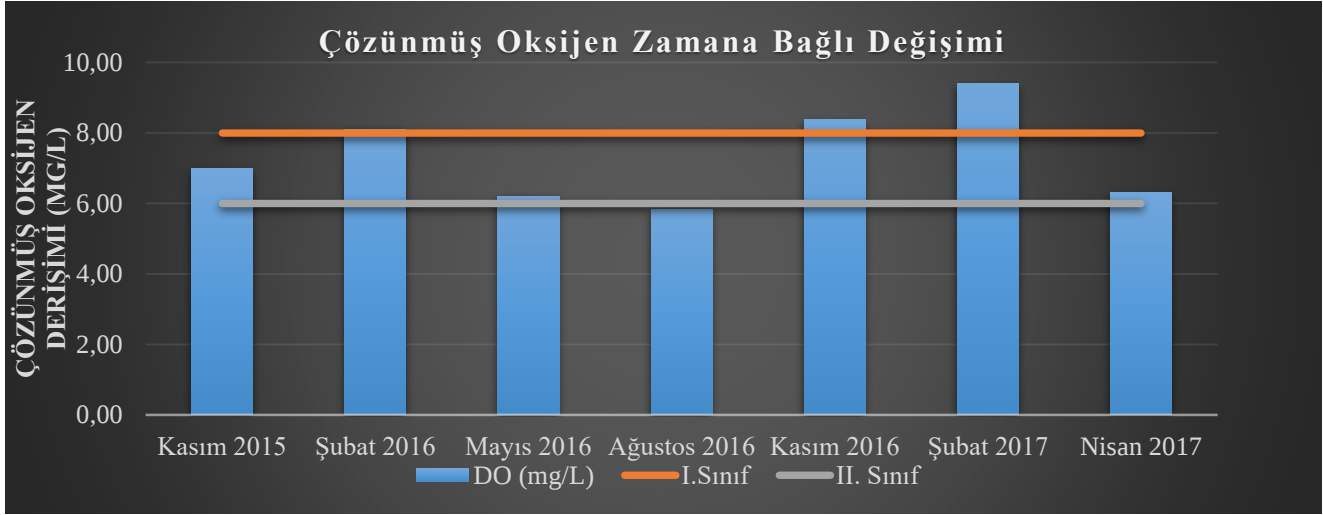
Gediz Nehri'nin 86.55 km ile 81.45 km (Nif Çayı ile birleşme öncesi ve sonrası) ve Ege Denizi'ne boşalmasına yakın 25.7 km'lerindeki 7 dönemlik su kalitesi durumu Şekil 28, Şekil 29, Şekil 30'da gösterilmektedir. Nif Çayının Gediz Nehri'ne dökülmesinden hemen önceki 13.5 km'sindeki su kalitesi durumu ise Şekil 31'de verilmektedir.

Bu noktalardaki su kalitesi durumu değerlendirilirken 30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Tablo 2'de verilen su kalitesi sınıf kriterleri ile kıyaslanarak derişim grafikleri oluşturulmuştur.

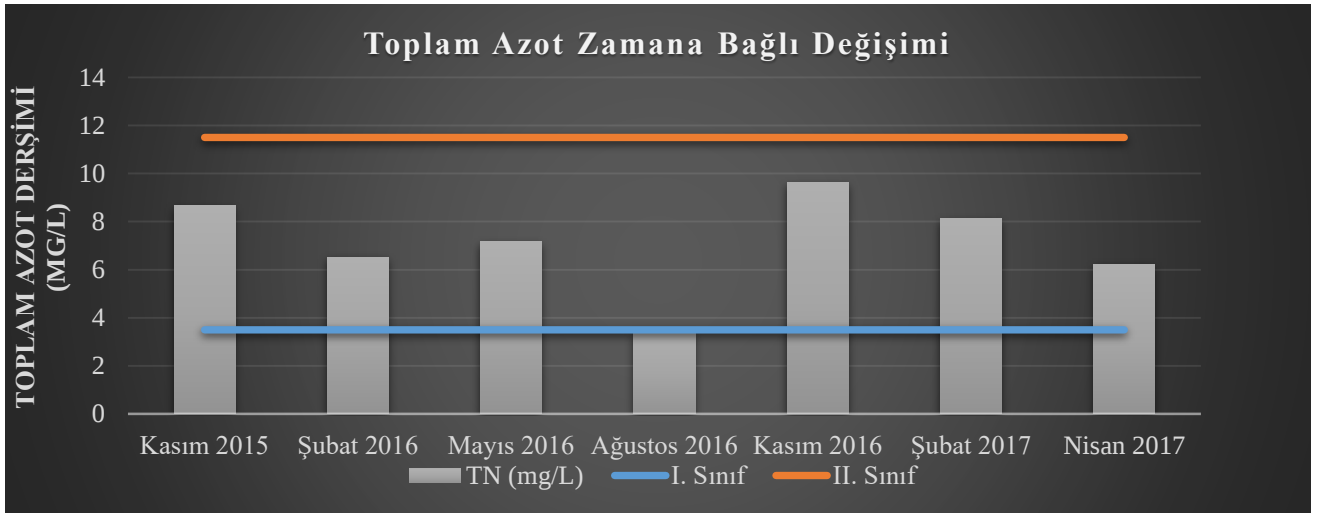
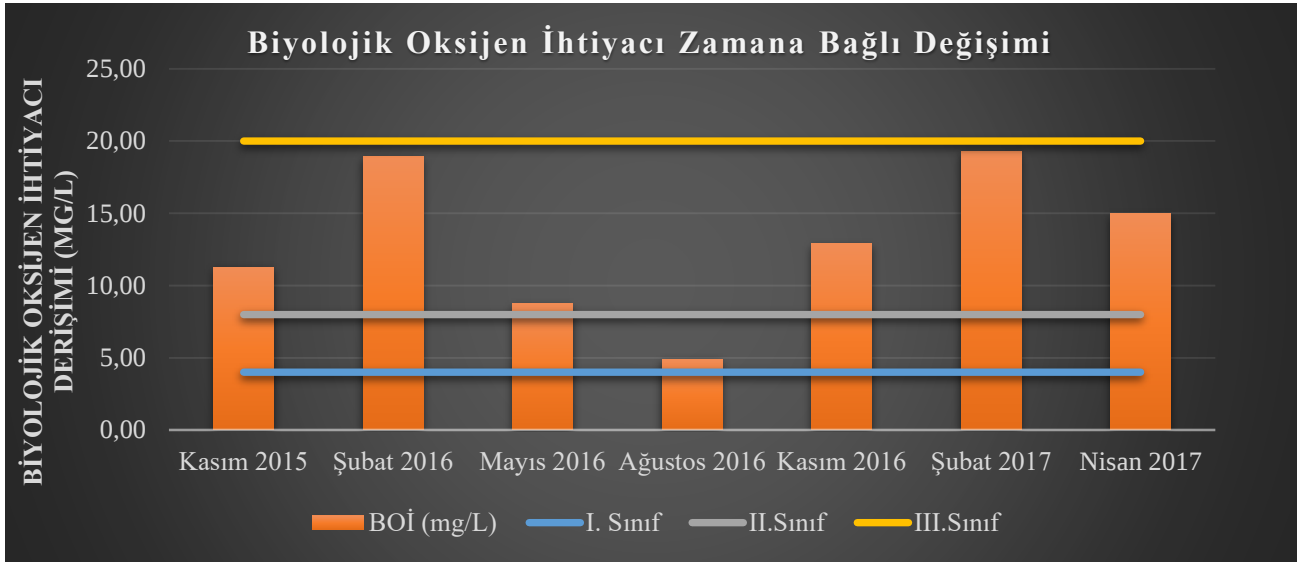
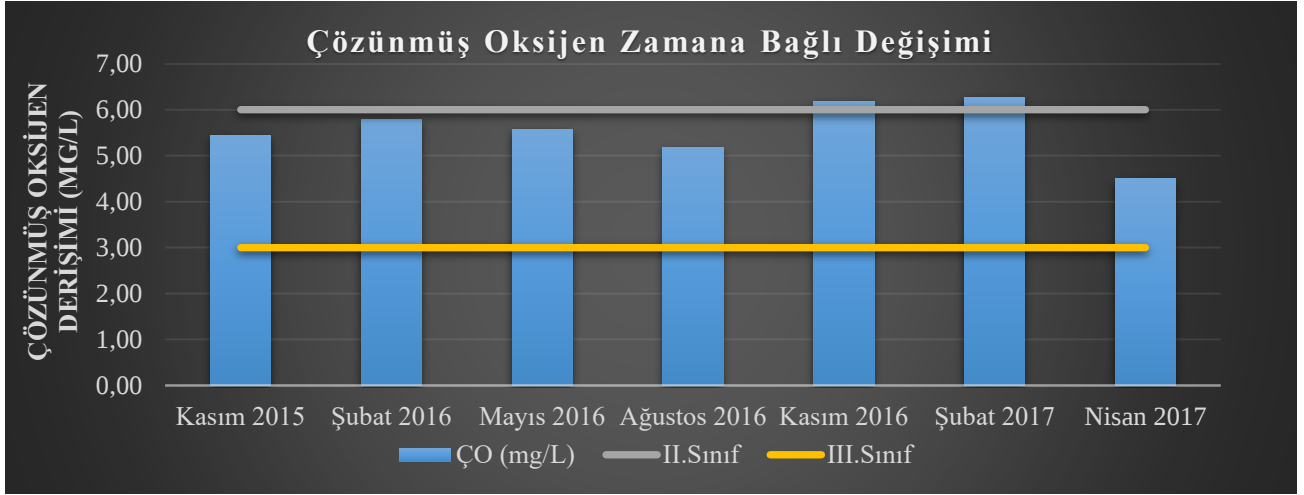
Bu grafikler incelendiğinde, Gediz Nehri model başlangıç noktası yakınlarında ÇO parametresine göre su kalitesi çoğunlukla I. ve II. sınıf iken Nif Çayı ile birleşim sonrası II. ve III. sınıf su kalitesi olmaktadır. BOİ parametresine göre de birleşim öncesinde su kalitesi çoğunlukla I. ve II. sınıf iken birleşim sonrasında su kalitesinin III. sınıf olduğu dönemler çoğunluk göstermektedir. Ege Deniz'ine döküldüğü noktada ise BOİ ve ÇO parametrelerine göre II. ve III. sınıf su kalitesi olduğu görülmektedir.

Gediz Nehri'nin mansabını kapsayan çalışma alanı, TN parametresine göre ise Nif Çayı ile birleşim öncesinde çoğunlukla I. sınıf su kalitesinde iken birleşim sonrasında çoğunlukla II. sınıf su kalitesinde olmaktadır. Ege Denizi'ne döküldüğü yerde ise su kalitesi TN parametresine göre çoğunlukla II. sınıf su kalitesindedir.

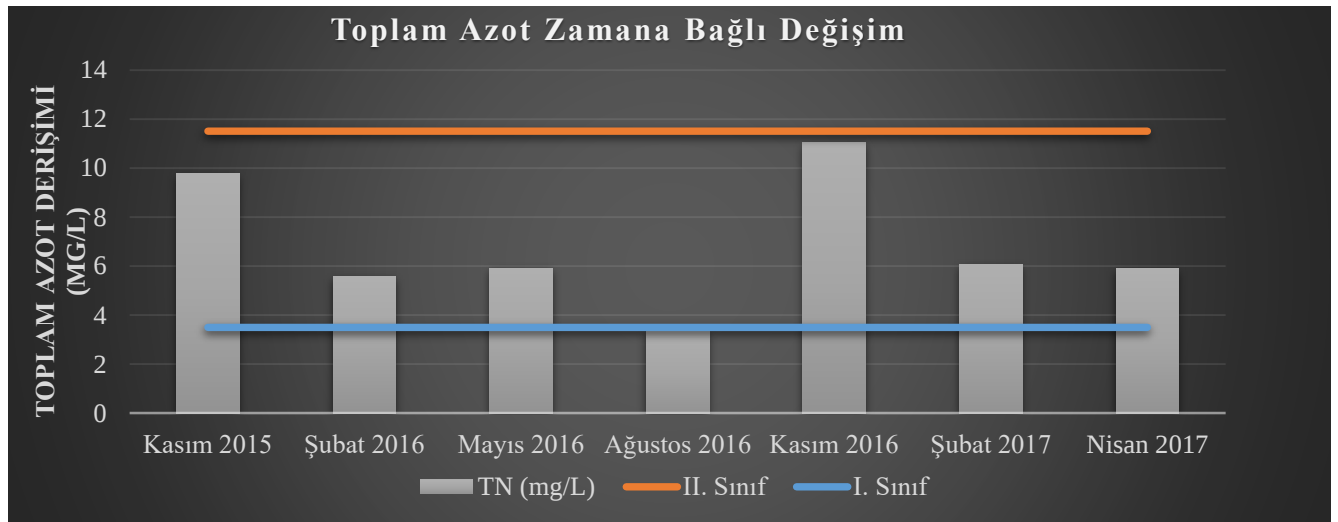
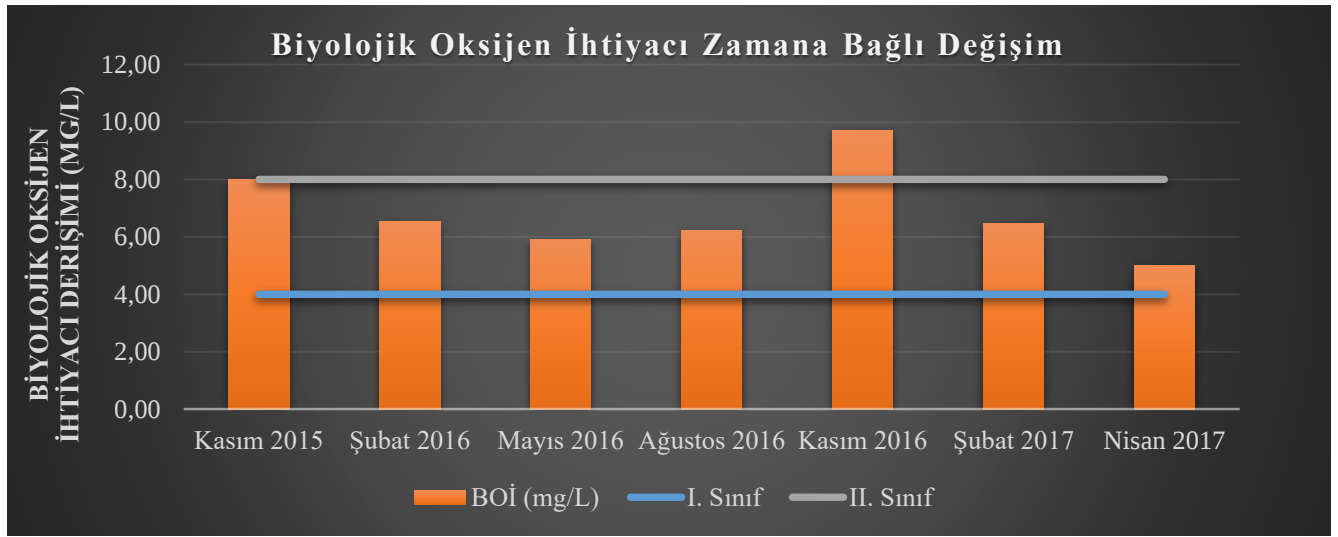
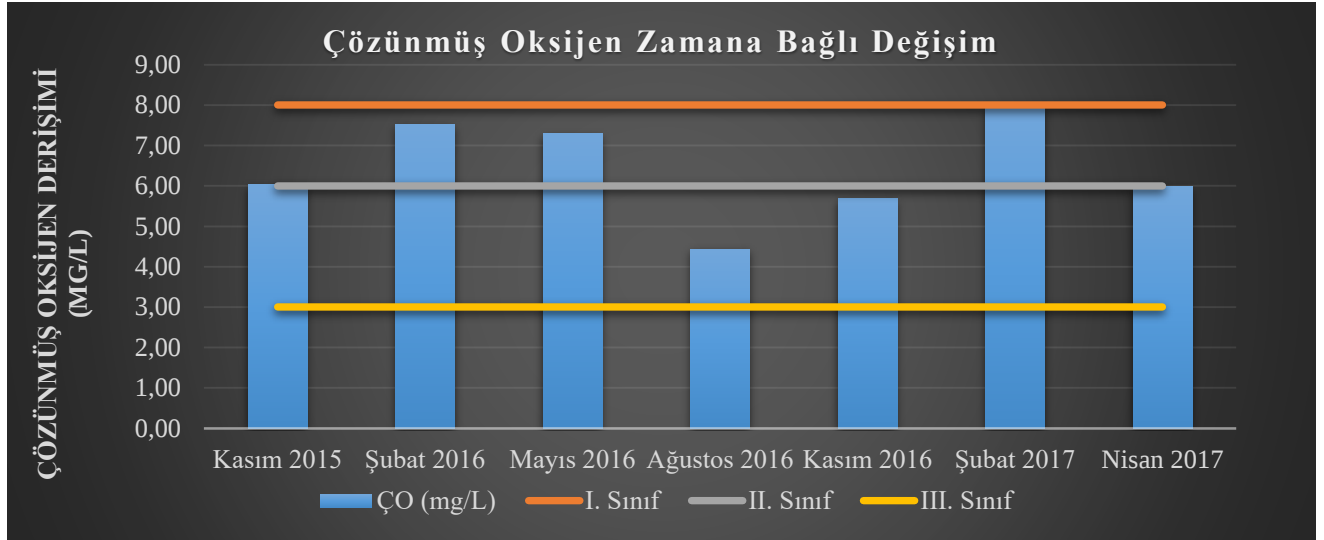
Nif Çayı ise ÇO ve BOİ parametrelerine göre çoğunlukla III. ve IV. sınıf su kalitesinde iken TN parametresine göre çoğunlukla II. sınıf su kalitesindedir.



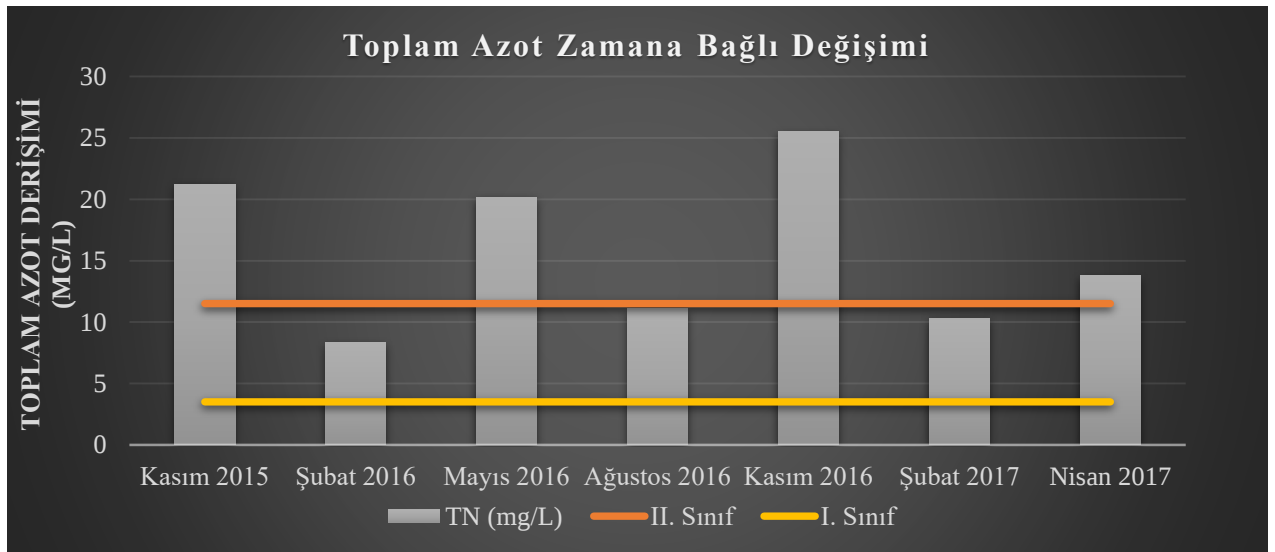
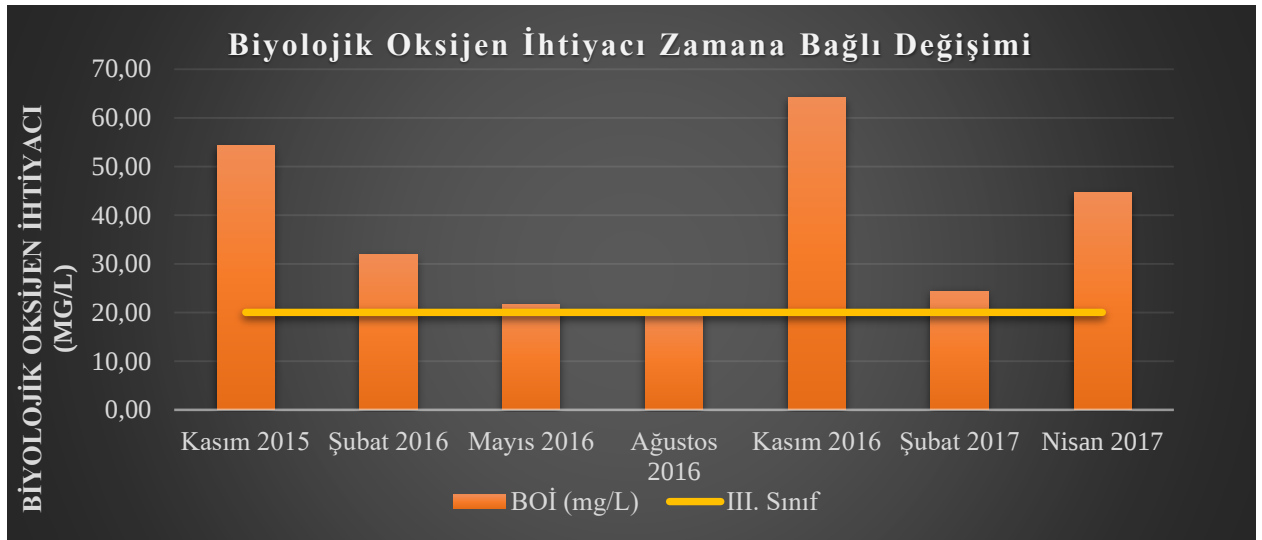
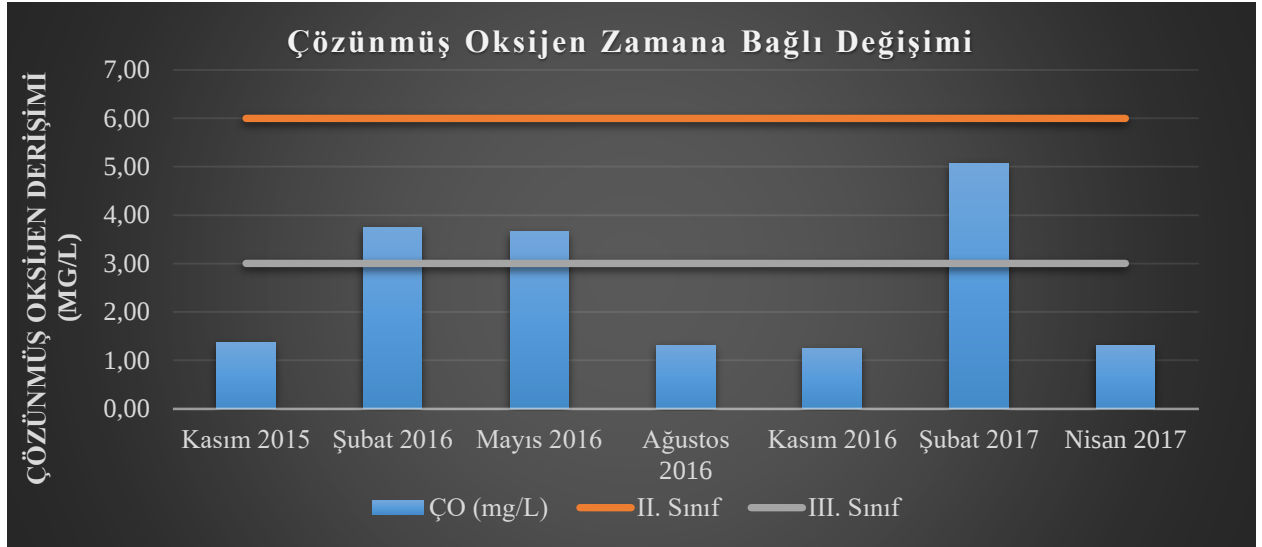
Şekil 28 Gediz Nehri 86.55 km'deki (Nif Çayı ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi



Şekil 29 Gediz Nehri 81.45 km'deki (Nif Çayı ile Birleşim Sonrası) Su Kalitesi Değişimi



Şekil 30 Gediz Nehri 25.7 km'deki (Ege Denizi ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi



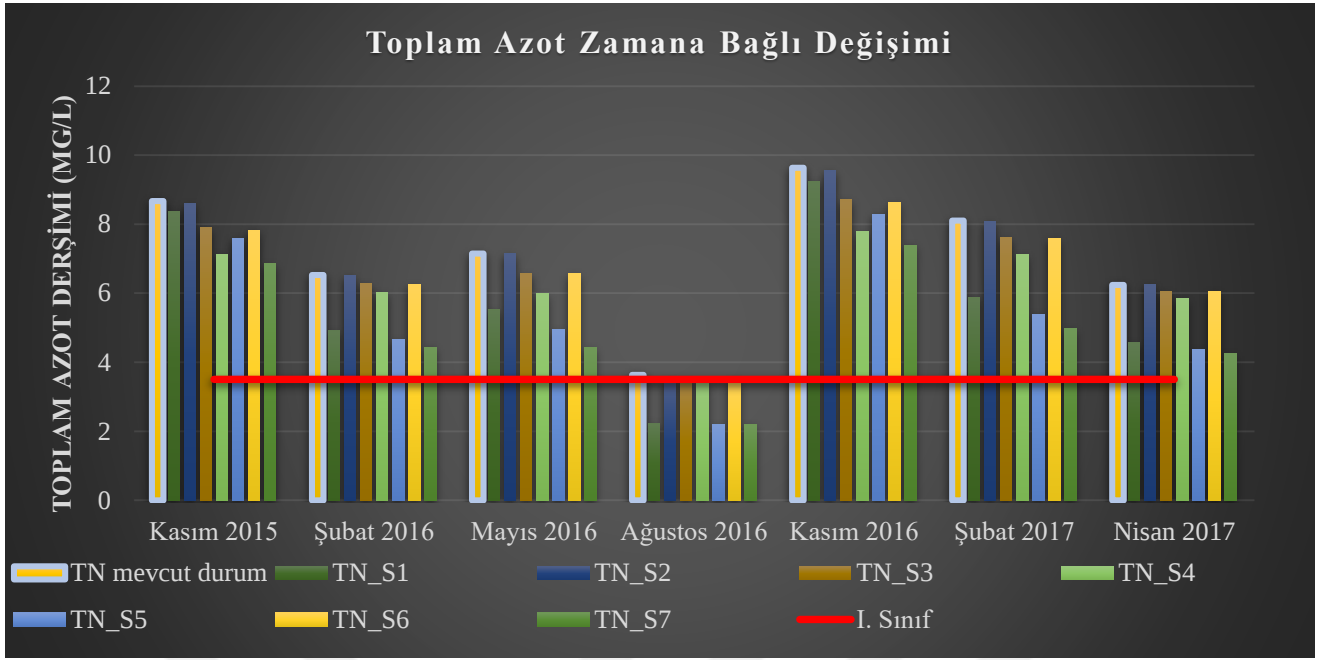
Şekil 31 Nif Çayı 13.5 km'deki (Gediz Nehri ile Birleşim Öncesi) Su Kalitesi Değişimi

5.3 SENARYO DURUMLARINDA SU KALİTESİ

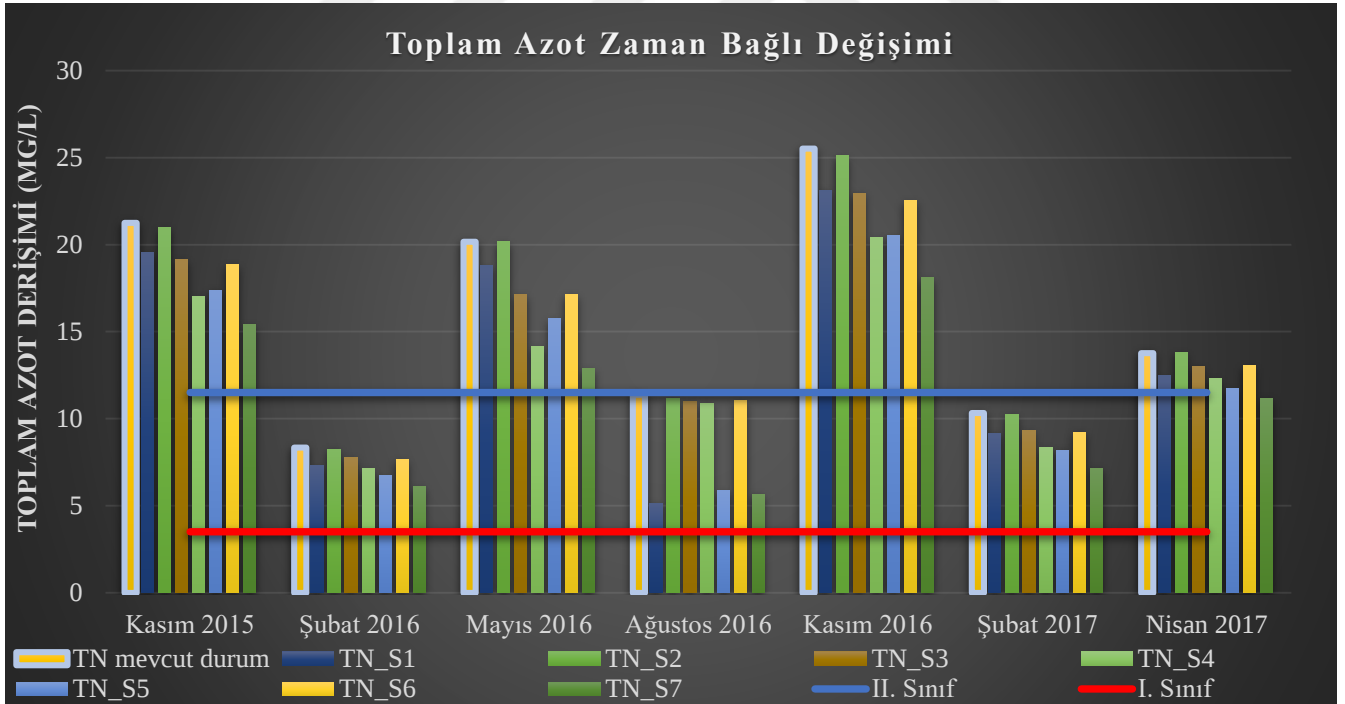
Çalışma kapsamında Bölüm 4.5.3’de açıklanan 7 senaryo durumu çalışılmış olup, senaryo durumlarındaki su kalitesindeki iyileşmeler incelenmiştir.

Toplam azot parametresi bazında Gediz Nehri 81.45 km ile 25.7 km ve Nif Çayı 13.5 km’deki konsantrasyon değerleri Şekil 32, Şekil 33, Şekil 34’de verilmektedir. Buna göre su kalitesindeki en büyük iyileşme Senaryo 7 ile sağlanmaktadır. Senaryo 5 ile TN parametresindeki iyileşmeler Senaryo 7 sonuçlarına yakın olmaktadır. Senaryo 6 ise su kalitesinin iyileştirilmesinde etkisinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum söz konusu havzadaki temel kirlilik probleminin evsel doğrudan deşarjlar olduğunu ortaya koymaktadır. Senaryo 7 ile su kalitesinde iyileşmeler olmasına karşın su kalitesi büyük çoğunlukla II. sınıf olmaktadır. Yalnızca endüstriyel tesislerdeki arıtım verimliliğinin arttırıldığı Senaryo 2 durumunda su kalitesindeki iyileşmeler minimum düzeyde olmaktadır. Yalnızca evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulduğu Senaryo 1 durumunda bile su kalitesi ciddi oranda değişmektedir.

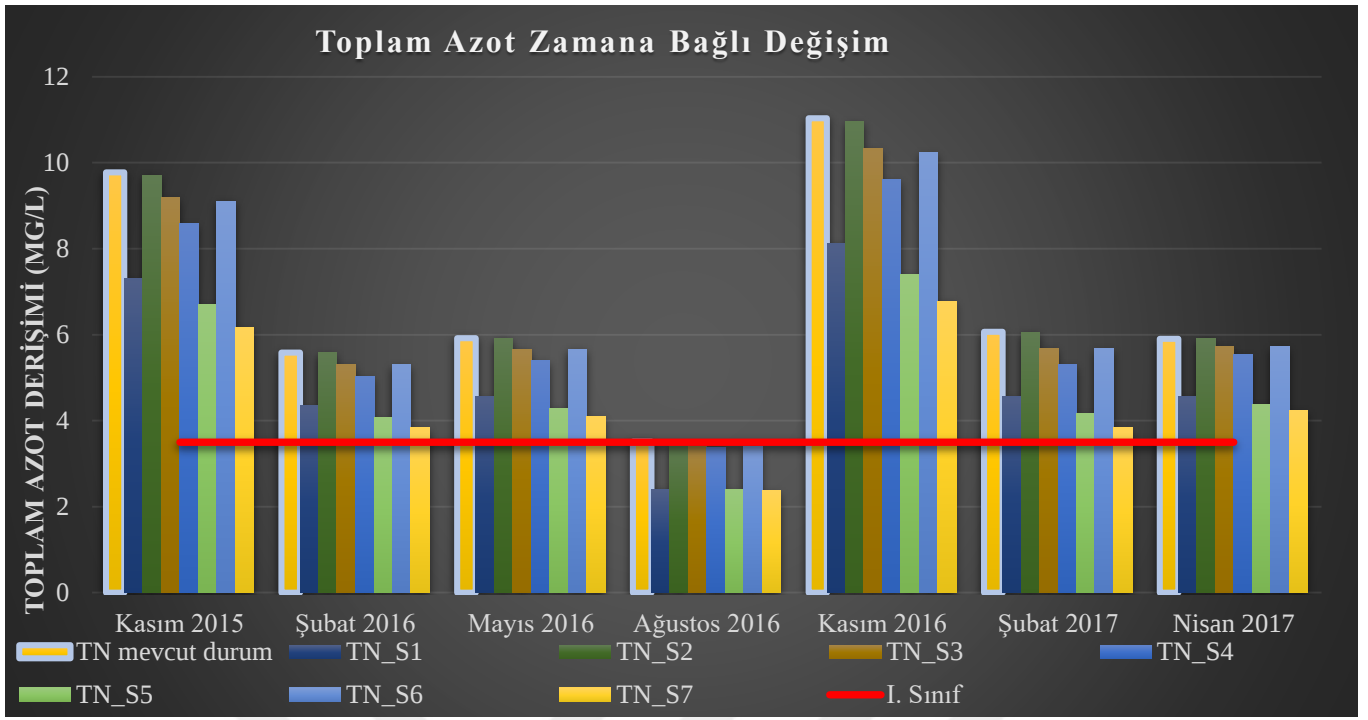
BOİ parametresi bazında Gediz Nehri 81.45 km ile 25.7 km ve Nif Çayı 13.5 km’deki konsantrasyon değerleri ise Şekil 35, Şekil 36 ve Şekil 37’de verilmektedir. TN parametresi senaryo durumlarına benzer şekilde BOİ₅ parametresi için de en iyi sonuçlar Senaryo 7 ile gözlenmekle birlikte Senaryo 5 ve Senaryo 1 durumlarında da su kalitesinde iyileşmeler Senaryo 7 seviyelerine oldukça yakındır. Yine bu durum da bu senaryoların ortak bileşeni evsel doğrudan deşarjlar yerine evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulmasını kapsamaktadır.



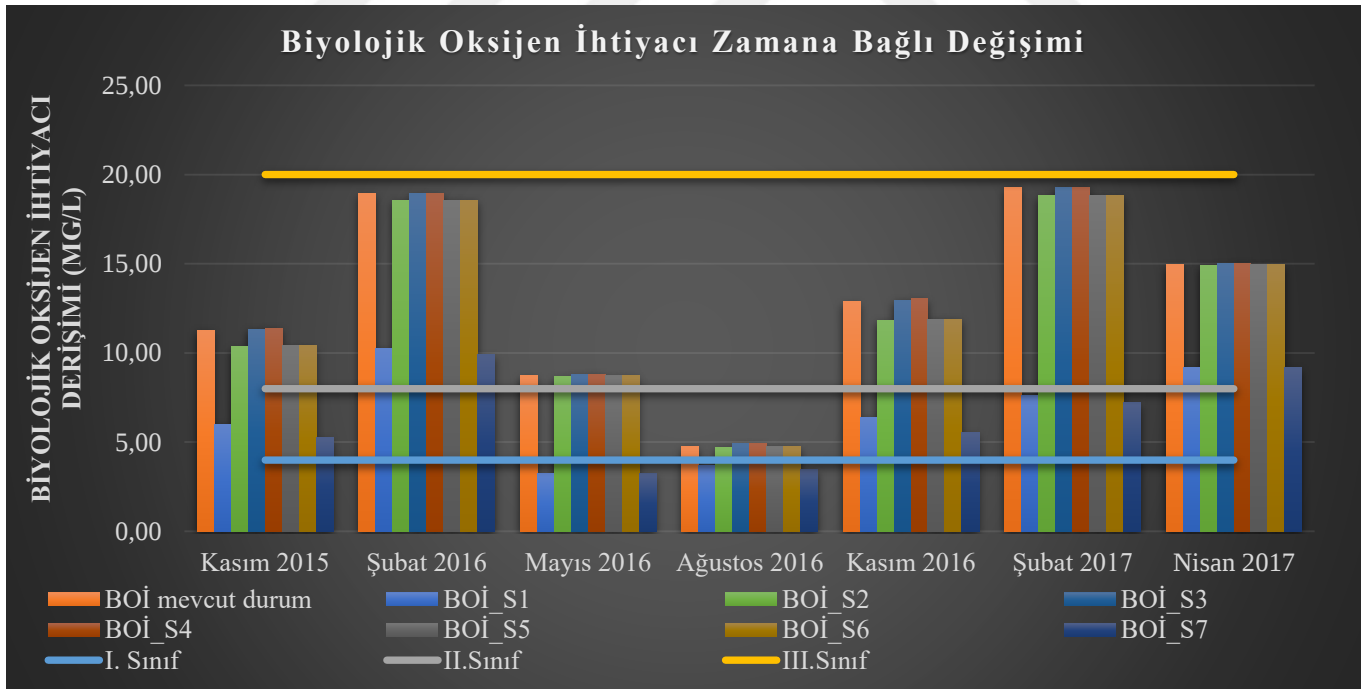
Şekil 32 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 81.45 km'deki TN Konsantrasyonu



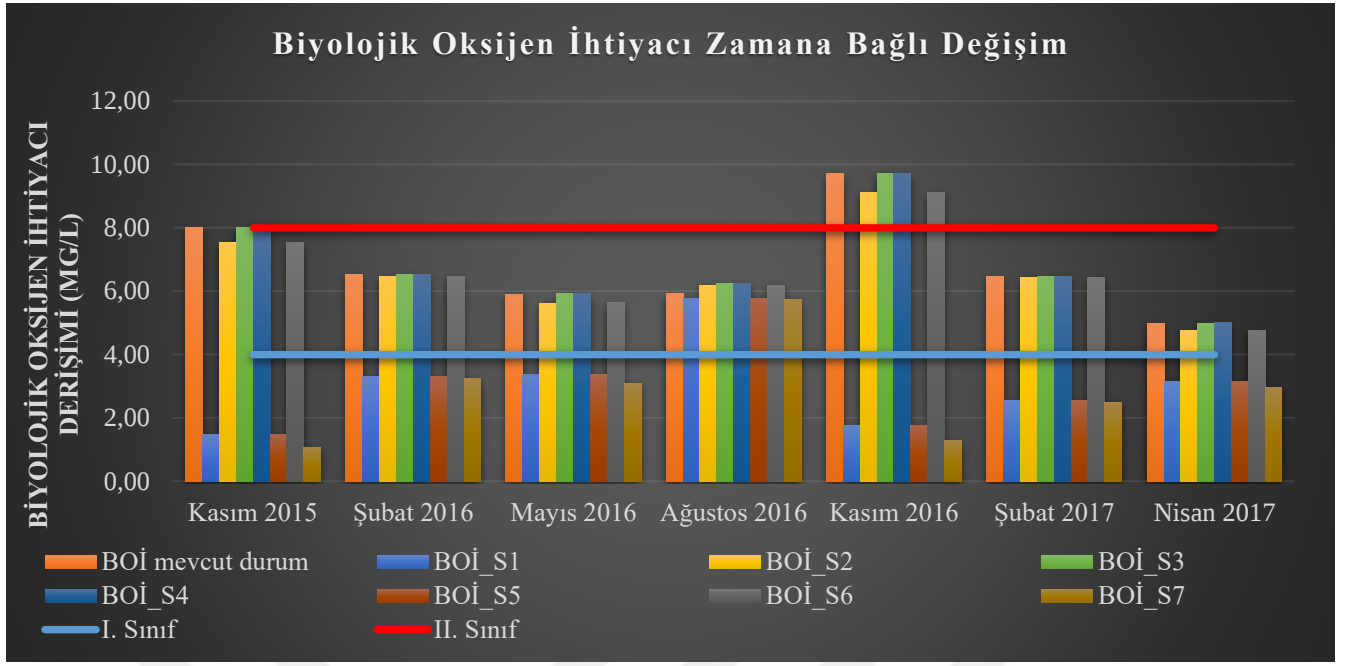
Şekil 33 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 25.7 km'deki TN Konsantrasyonu



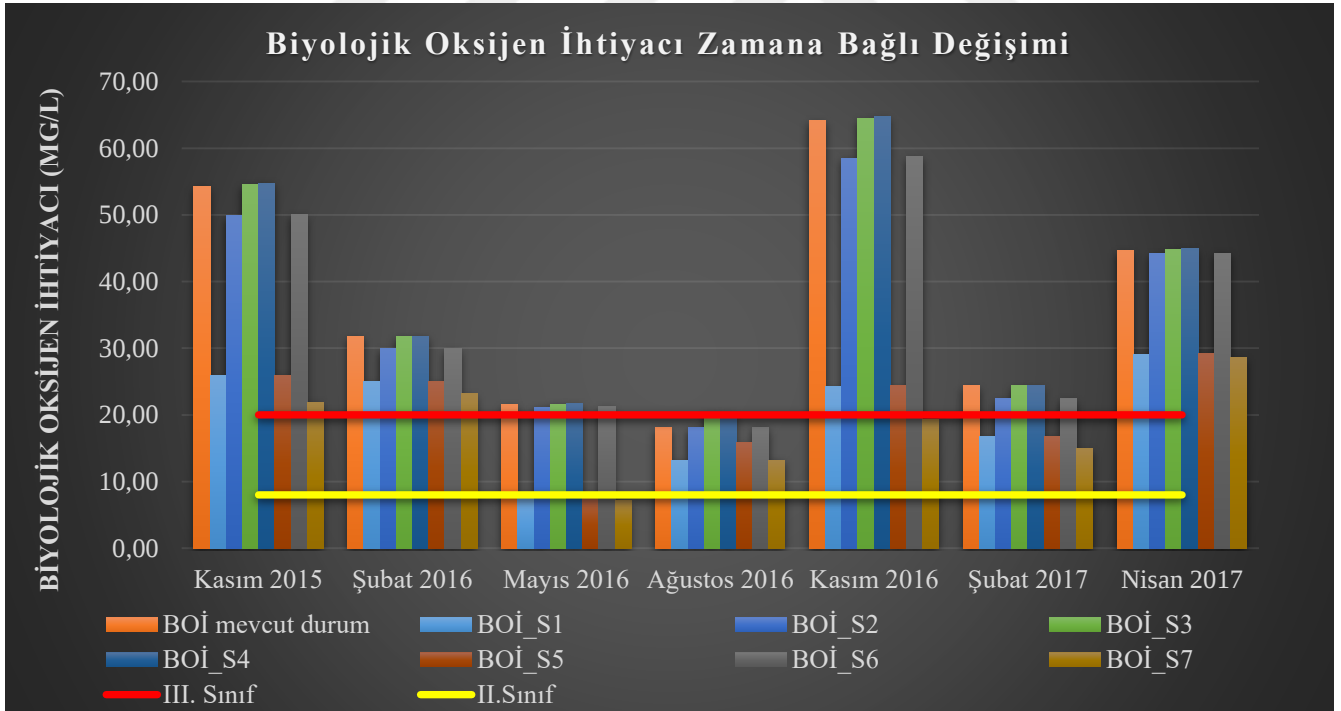
Şekil 34 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Nif Çayı 13.5 km'deki TN Konsantrasyonu



Şekil 35 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 81.45 km'deki BOİ₅ Konsantrasyonu



Şekil 36 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Gediz Nehri 25.7 km'deki BOİ₅ Konsantrasyonu



Şekil 37 Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Nif Çayı 13.5 km'deki BOİ₅ Konsantrasyonu

Senaryo modellerinde su kalitesindeki iyileşmeler sonucunda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ile belirlenen su kalitesi sınıflarındaki değişimler model su kütleleri bölümleri arasında yüzde bazında hesaplanan ÇO, BOİ₅ ve TN parametreleri bazında Şekil 38, Şekil 39 ve Şekil 40’da verilmektedir.

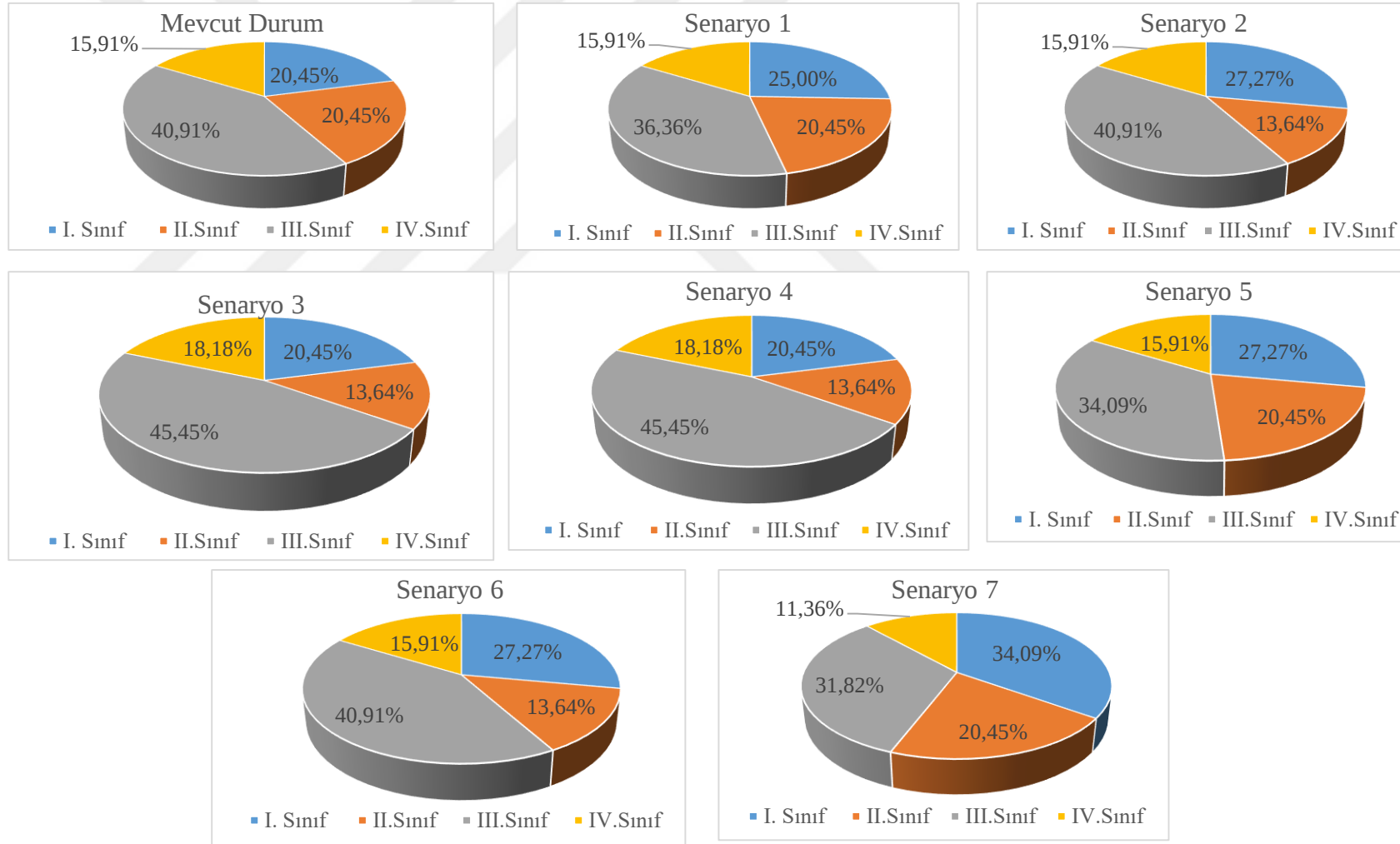
Söz konusu grafikler, model sonucunda elde edilen 7 dönemlik ÇO, BOİ₅ ve TN konsantrasyonlarının ortalama değerleri kullanılarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’nce belirlenen su kalitesi sınıflarına göre değerlendirilerek oluşturulmuştur. Grafikler yüzde olarak hesaplanmış olup, bu yüzdeler çalışma alanı model bölümleri sayısına göre oranlanmıştır.

Yıllık ortalama değerlere göre ÇO parametresi bazında mevcut durumda %40.91 oranında III. sınıf su kalitesi var iken Senaryo 7 ile %31.82’lere düşmektedir. I. sınıf su kalitesi ise %20.45 seviyesinden %34.09’a çıkmaktadır. IV. sınıf su kalitesi ise Senaryo 7 ile %11.36’ya düşmektedir.

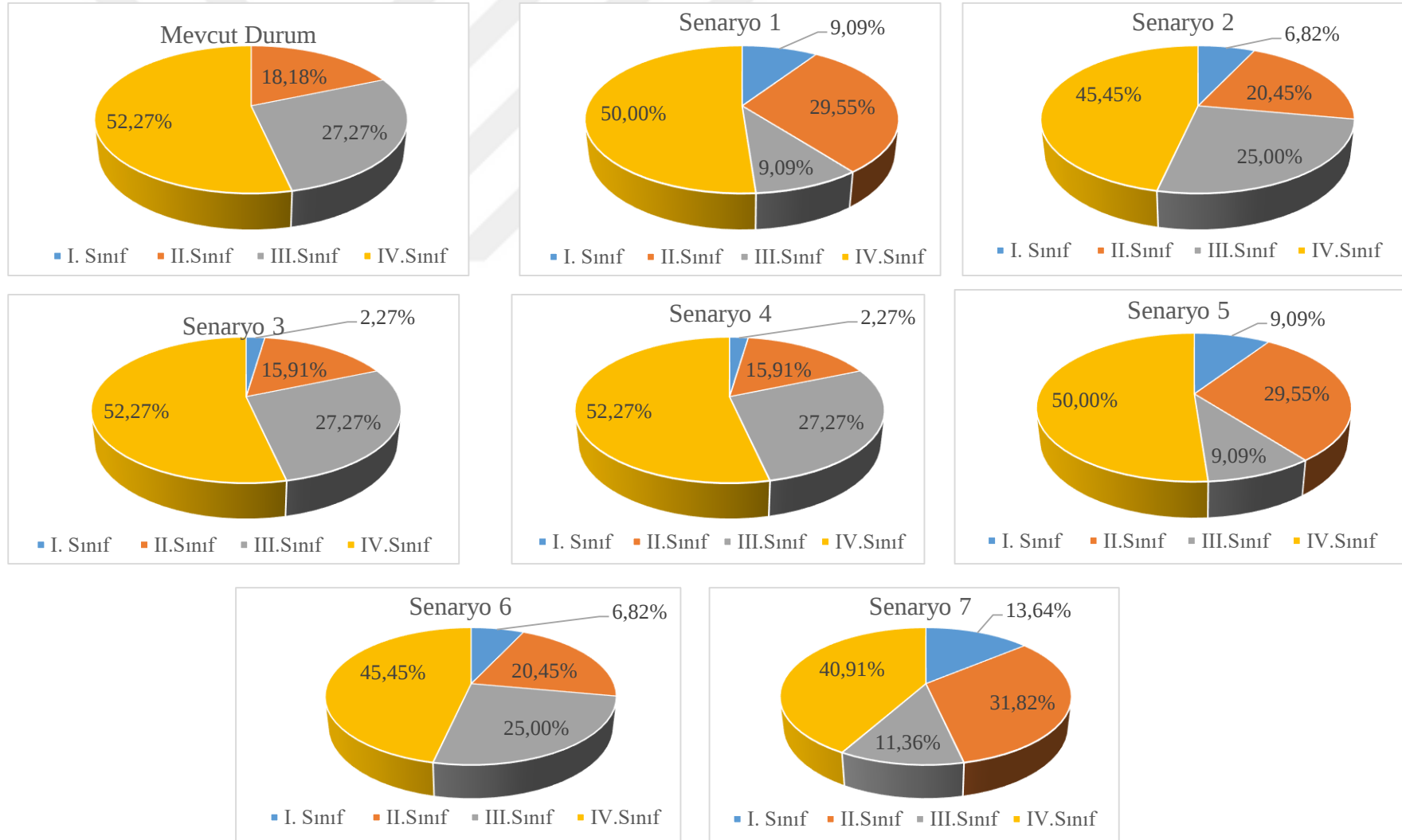
BOİ parametresi yıllık ortalama değerlerine göre ise IV. sınıf su kalitesi Senaryo 7 ile %40.91’e düşmektedir. BOİ parametresi bazında mevcut durumda I. sınıf su kalitesi bulunmazken Senaryo modelleri ile I. sınıf su kalitesine ulaşabilmektedir. I. sınıf su kalitesi Senaryo 7’den sonra en çok Senaryo 1 ve Senaryo 5 ile artmıştır. Bu senaryoların ortak varsayımı olan evsel atıksu arıtma tesislerinin kurulması su kalitesinin iyileşmesine en çok katkı sağlamaktadır.

TN parametresi bazında ise II. sınıf su kalitesi %47.73 iken Senaryo 7 durumunda %70.45’lere yükselmektedir. Ancak iyileşmeler I. sınıf su kalitesi miktarında artış oluşturmamaktadır. TN parametresi yıllık ortalamasına göre IV. sınıf su kalitesinde su kütlesi yer almamaktadır.

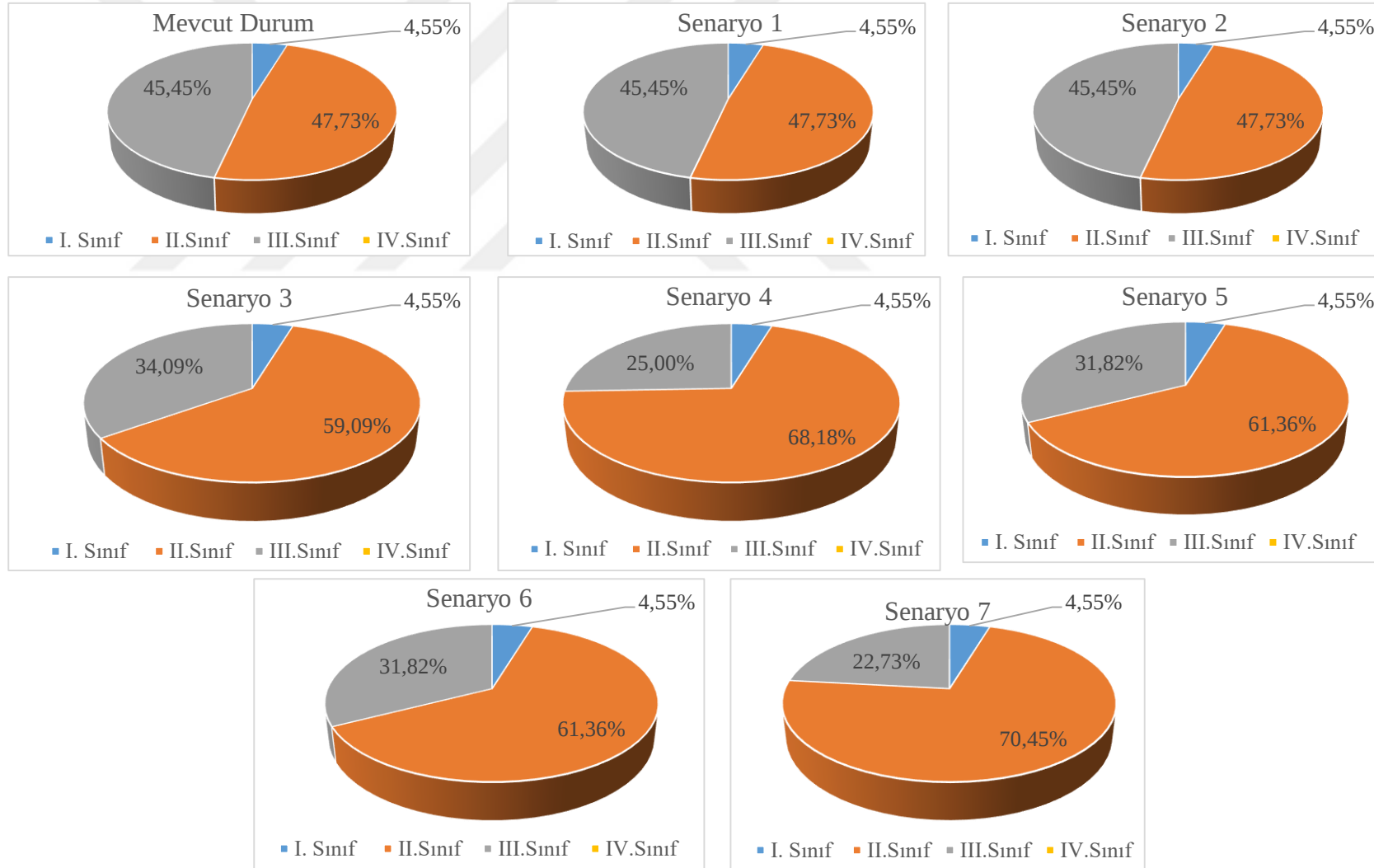
Su kütlelerinin kalitesinin iyileştirilmesi senaryoları genel olarak incelendiğinde ise değişimlerin büyük çoğunluğu Senaryo 5 ve Senaryo 7 ile oluşmaktadır. Bu durum havzadaki su kalitesini etkileyen en önemli baskının evsel deşarjlardan kaynaklandığını ortaya koymaktadır.



Şekil 38 ÇO Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler



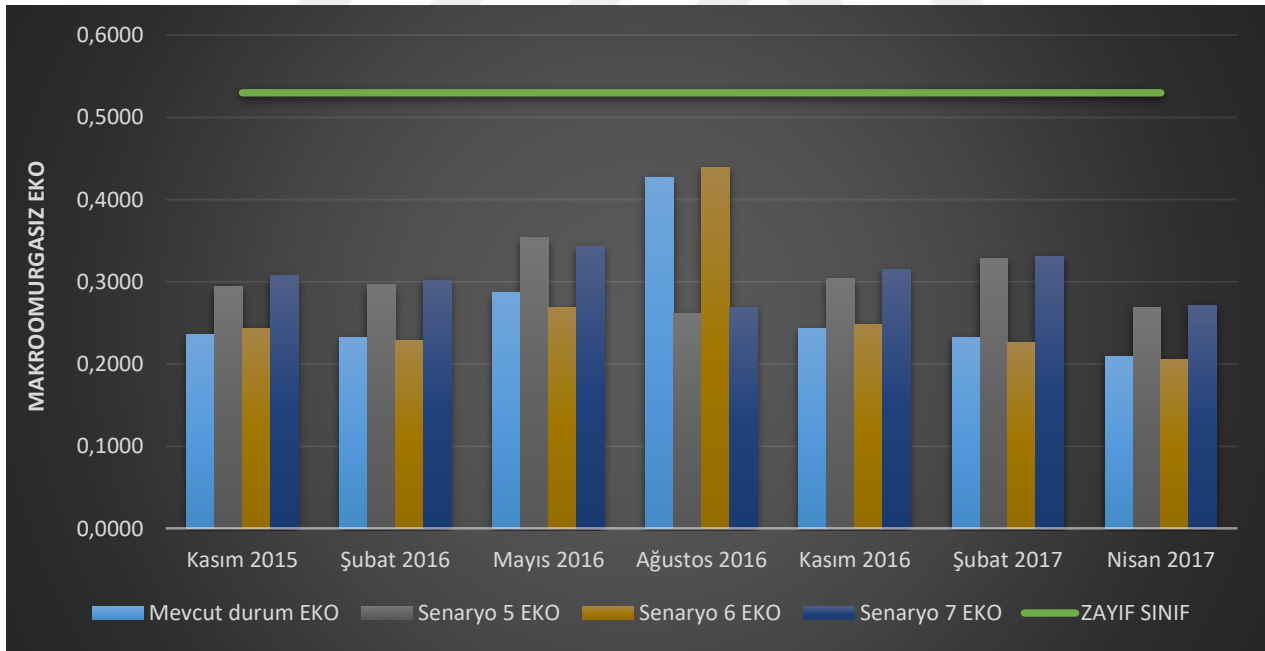
Şekil 39 BOİ₅ Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler



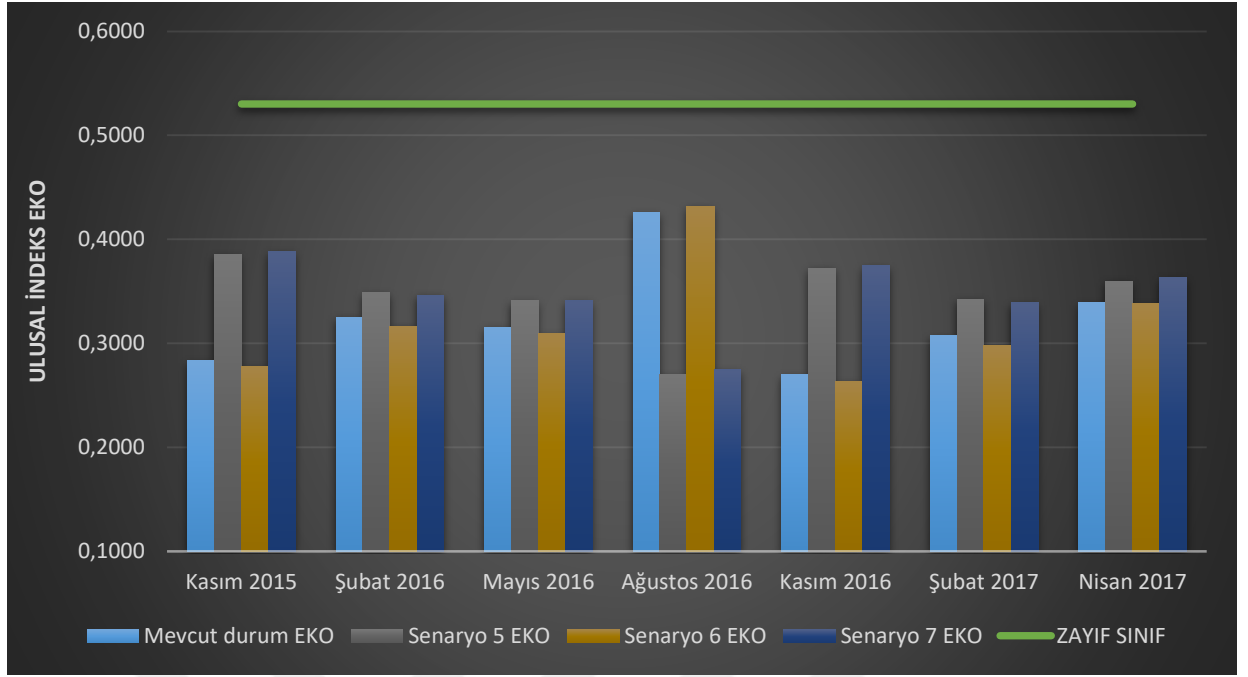
Şekil 40 TN Parametresi Bazında Mevcut Durum ve Senaryo Durumlarında Su Kalitesi Sınıflarındaki Değişimler

Senaryo durumlarındaki kimyasal ve fizikokimyasal su kalitesi parametrelerindeki değişimlerin makroomurgasız Ulusal İndeks EKO'lara olan etkisinin de incelenmesi için belirlenen matematiksel denklemler kullanılarak Senaryo 5, Senaryo 6 ve Senaryo 7 durumundaki Gediz Nehri su kütlelerinde EKO'lar tahmin edilmiştir. Buna göre Ulusal İndeks EKO'ların Gediz Nehri 81.45 km, 38.2 km ve 25.7 km'lerindeki değişimleri Şekil 41, Şekil 42 ve Şekil 43'de verilmektedir.

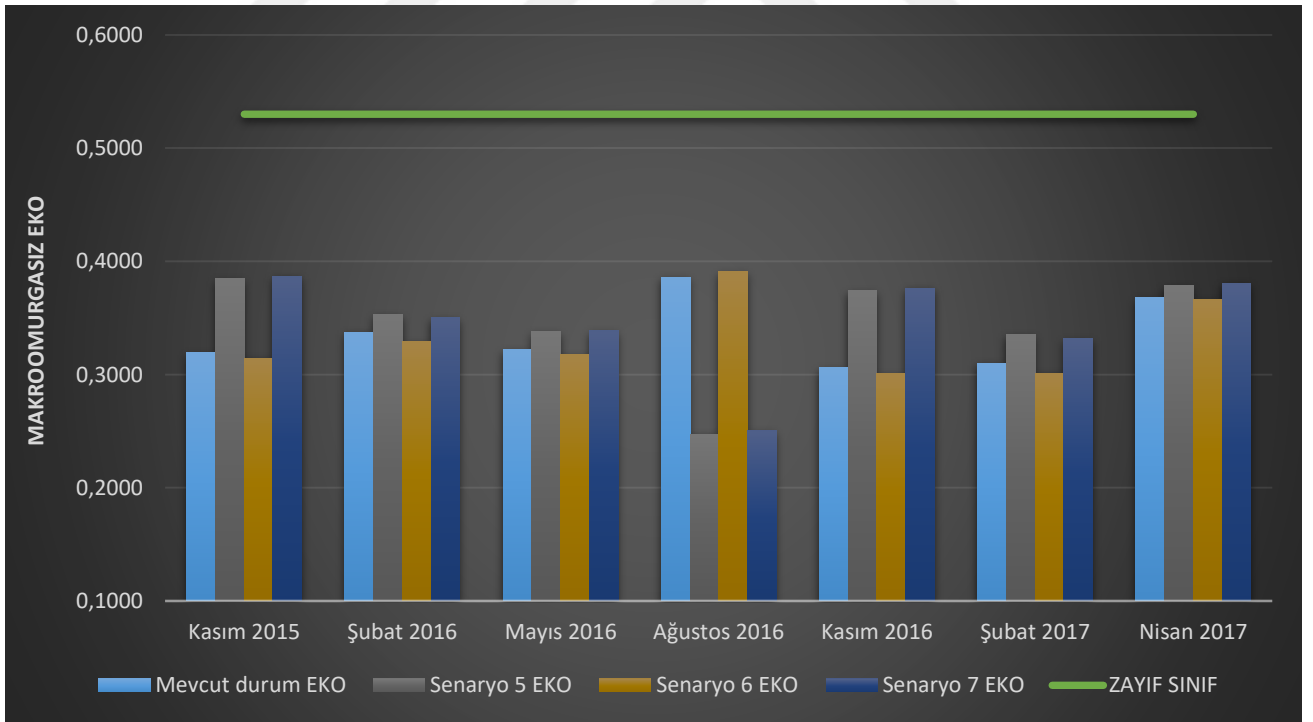
Söz konusu EKO'ların dönemlere göre değişikliği incelendiğinde 81.45 km, 38.2 km ve 25.7 km'de Senaryo 5 ve Senaryo 7 durumlarında EKO artışı olmasına karşın yine de su kalitesi “zayıf” ekolojik durumun altında yani “kötü” ekolojik durumda olmaktadır. EKO artışlarının en yüksek olduğu durumlar tıpkı kimyasal ve fizikokimyasal su kalitesi parametrelerindeki iyileşmelerin de en yüksek olduğu Senaryo 5 ve Senaryo 7 durumlarında olmaktadır. Yalnızca Ağustos döneminde Senaryo 6 durumunda su kalitesinde iyileşmeye paralel olarak EKO oranları da en yüksek olmaktadır.



Şekil 41 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 81.45 km)

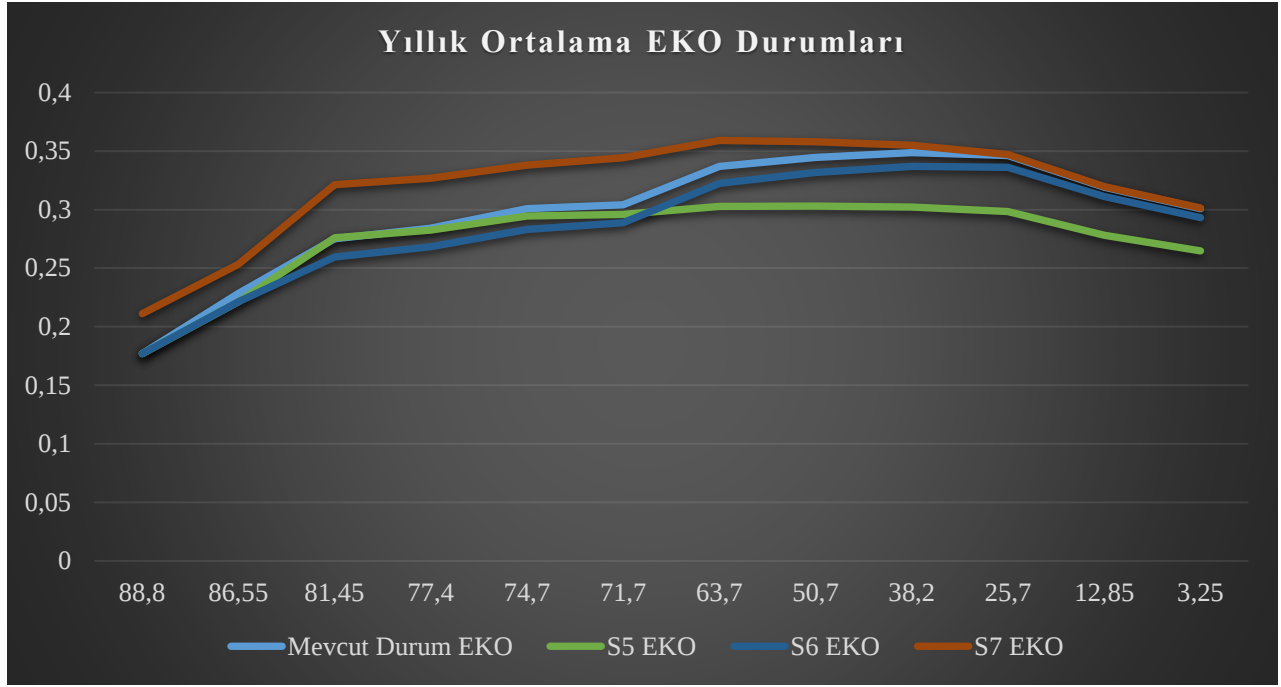


Şekil 42 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 38.2 km)



Şekil 43 Senaryo Durumlarındaki Makroomurgasız EKO Değerleri (Gediz Nehri 25.7 km)

Yıllık ortalama kimyasal ve fizikokimyasal parametreler kullanılarak nehir boyunca EKO değişimlerinin incelenmesi maksadıyla Şekil 44 verilmektedir. Söz konusu grafik incelendiğinde EKO değerlerinin Senaryo 7 durumlarında mevcut duruma göre arttığı görülmektedir. Ancak Senaryo 5 ve Senaryo 6 durumunda EKO değişimi çok düşük seviyelerde olmakta ve mevcut duruma oldukça yakın sonuçlar vermektedir.



Şekil 44 Gediz Nehri Boyunca Mevcut Durumda ve Senaryo Durumlarında Hesaplanan EKO

Literatüre bakıldığında makroomurgasızları etkileyebilecek fizikokimyasal özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

- Nehire yapılan deşarjlar ekosisteme doğrudan ve dolaylı etkiye sebep olan en önemli hidrolojik özelliklerdendir. Deşarjlar nehirlerde türlerin ihtiyaç duyduğu besin maddesini sağlayarak doğrudan pozitif bir etkisi varken dolaylı olarak da fiziksel ve kimyasal kalitesini değiştirmektedir.
- Su hızı da nehir ekosistemini etkileyen diğer önemli parametrelerdendir. Nehir yataklarının morfolojisi ve sediman taşınımına önemli etkileri vardır.
- Su kalitesi parametreleri de ekosistem hayatını önemli oranda etkilemektedir. En önemli su kalitesi parametreleri sıcaklık, tuzluluk, toplam çözünmüş katılar, pH, ÇO ve BOİ parametreleridir. Sıcaklık değişimleri fiziksel prosesler ve kimyasal

ile biyolojik dönüşümleri etkilemektedir. Tuzluluk genellikle biyoçeşitliliği ve tür dağılımını azaltmaktadır. Bulanıklığın çok olması ışık geçirgenliğini etkileyeceğinden biyoçeşitliliği genellikle olumsuz etkilemektedir. Oksijen aerobik solunum için gereklidir ve düşük ÇO konsantrasyonu ekosistemi olumsuz etkilemektedir [59].

Bu çalışma kapsamında da EKO tahmini için ÇO, BOİ₅, NO₃N+NO₂N ve sıcaklık parametreleri kullanılmıştır. Söz konusu parametrelerin literatür çalışmalarındaki makroomurgasız dağılımına etkisi incelenerek aşağıda tartışılmaktadır.

Friberg ve arkadaşları ile yapılan çalışmada fizikokimyasal parametrelerden BOİ parametresinin makroomurgasızlar üzerindeki etkileri hakkında yapılan literatür araştırmasına bakıldığında kuvvetli bir negatif korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır [60].

Souto ve arkadaşları, Vereda nehirlerindeki kimyasal ve fiziksel parametrelerin ekosistem sağlığı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında BOİ ile fauna arasındaki ilişkide sadece düşük ÇO konsantrasyon değerlerine karşı yüksek tolerasyonu olan türlerin (Mollusca ve Oligochaeta) yüksek BOİ koşullarında yaşayabildiklerini ortaya koymuşlardır [61].

Bu çalışma kapsamında EKO tahmini için kullanılan matematiksel ifade de ÇO pozitif katkı sağlarken BOİ₅ negatif katkı sağlamaktadır.

Miltner ve Rankin, Ohio nehirlerinde yaptığı çalışma ile makroomurgasız EKO larının artan toplam inorganik azot değerleri ile önemli derecede negatif korelasyon olduğunu ortaya koymuştur[62].

Nütrientler üzerine olan etki incelendiğinde ise yüksek konsantrasyonlarda makroomurgasız sonuçları genellikle düşük seviyelerde olurken; düşük konsantrasyonlarda, makroomurgasız değerleri çok değişken olmaktadır [62].

Heiskary and Markus (2003), ABD Minnesota nehirlerinde yaptıkları çalışmada makroomurgasızlar ve TN arasında yine önemli negatif korelasyon olduğu sonucuna varmışlardır [63].

Belçika’da yapılan çalışma sonucunda da EKO’nun TKN, TN, NH_4N ve BOI parametreleri ile negatif korelasyon olduğu ortaya konmuş olup bunun stresle ilişkilendirilebileceği belirtilmektedir [64].

Krueger ve Waters (1983), çalıştıkları nehirlerde makroomurgasız üretiminin nitrat ile pozitif etkileşimde olduğu sonucuna varmışlardır. Artan azot detritusun parçalanma oranını hızlandığı ve bunun mikroorganizma kolonizasyonu yolu ile protein bileşenini artırdığı açıklanmaktadır. Bu detritusların da makroomurgasızlar tarafından tüketilmekte ve bu nedenle artan nitratın mikroorganizmalar için uygun çevre koşullarını sağlayarak makroomurgasızlar için de yüksek kaliteli besin sağlamaktadırlar [65].

Bu çalışma kapsamında literatürü destekler nitelikte nitrat ve nitrit toplamının kullanıldığı regresyon analizinde nitrat ve nitrit pozitif katkı sağlamaktadır.

Literatür araştırmasına göre sıcaklık da ekolojiyi etkileyen önemli faktörler arasındadır. Makroomurgasızların belirli bir sıcaklık aralığında yaşayabilmekte ve bu sıcaklık aralığı makroomurgasızların dağılımını ve yapısını etkilemektedir. Sıcaklık gelişme oranlarını, metabolizmalarını, üretkenliklerini ve boyutlarını etkilemektedir. Türlerine göre sıcaklığa karşı gösterdikleri tolerans değişmekle birlikte çok azı sıcaklığa karşı yüksek tolerans gösterebilmektedir [66].

Yazdian ve Jaafarzadeh (2014), Aboulabbas Nehrinde yaptıkları korelasyon analizinde Shannon, Simpson ve Margalef EKO’ları ile negatif korelasyon olduğu sonucuna varmışlardır [33].

Burgmer ve arkadaşları (2007) iklim değişikliğinin tatlısullardaki makroomurgasız üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında bazı türlerin sıcaklıkla artmasına karşın bazı türlerin sıcaklıkla azaldığını ortaya koymuşlardır. Çalışma ile iklim değişikliği sonucunda su sıcaklığındaki değişiklik türe özgü olarak değişiklik gösterdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışma sonunda makroomurgasız dağılımındaki değişimin tek bir parametre ile açıklanamayacağı pH, nütrient gibi çoklu bölgesel faktörlerin de etkisinin büyük olduğu açıklanmıştır [67].

Bu çalışma kapsamında da EKO tahmininde kullanılan matematiksel ifade de sıcaklık parametresi negatif katkı sağlamaktadır. Regresyon analizinde kullanılan sıcaklık verilerinin ortalaması $16.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’dir.

Çevresel değerler çok yüksek ve / veya çok düşük olduğunda, doğal olarak oluşan fiziksel ve kimyasal stresör etmenler, sucul ekosistemlerin ciddi şekilde bozulmasına neden olabilmektedir [59]. Bir başka çalışmada ise makroomurgasızların yüksek ölüm oranlarının yumurtlama sırasında yüksek enerji harcanması, yaz aylarında yüksek su sıcaklıkları ile birlikte çoklu stres etmenlerinin (yüksek pH, düşük ÇO, patojenler vb.) çoklu stresör etmenlerin sonucunda fiziksel baskı oluşturması ile ilişkilendirilebileceği belirtilmektedir [68].



6. ÖNERİLER

Bu çalışma ile havzada su kalitesinin en önemli tehdit unsuru olarak evsel deşarjlar olduğu ortaya konulmuştur. Havzadaki noktasal kaynak deşarjlarının kontrolü ile ne düzeyde iyileştirme sağlanabileceği ortaya konulmuştur.

Endüstriyel tesislere ilişkin yapılan senaryolar yetersiz kalmıştır. Bu çalışma kapsamında endüstri tesislerindeki iyileşmeler benzer sektörlerdeki deşarj ölçüm sonuçları temel alınarak senaryo modelleri çalıştırılmıştır. Gelecek zaman araştırmalarında endüstri tesislerindeki arıtım teknolojileri incelenerek optimum iyileşme sağlanacak olan prosesler belirlenmeli ve bu durumlardaki su kalitesi modelleri kurulmalıdır.

Bu çalışma kapsamında yayılı yüklere ilişkin varsayımlar yapılarak havzadaki su kütlelerine ulaşan yayılı yükler tahmin edilmiştir. İleriki aşamalarında yapılan varsayımların havzaya özgü olarak geliştirilmesi ve geliştirilecek olan veri setleriyle yeni hesaplamaların yapılması havzadaki yayılı yük tahmininin daha doğru yapılmasını sağlayacaktır. Yayılı yüklerin daha doğru tahmin edilebilmesi için tarımsal, hayvansal faaliyetlere ilişkin veri envanterinin doğru bilgiler ışığında sağlanması önemlidir. Böylece model sonuçları da daha doğru elde edilecektir.

Yayılı yüklere ilişkin tarımsal faaliyetlerden kaynaklı yayılı yükün azaltılmasında konusunda Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından 2016 yılı içinde yayımlanmış olan İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği kapsamında bazı önlemler belirtilmiş olup hangi önlemlerin söz konusu havzaya uygun olduğu ileriki zamanlarda incelenmelidir. Ayrıca havzada yayılı yüke sebep olan düzensiz katı atık depolama tesisleri ortadan kaldırılarak, katı atıkların düzenli depolanması sağlanmalıdır.

Senaryo modellerinde iyileşmeler olmasına karşın su kalitesi yine de istenilen seviyelere gelememektedir. Söz konusu havza Gediz Havzasının mansabında yer almaktadır ve havzanın membasından gelen kirlilik sebebiyle de bölgesel önlemler karşısında iyileşmeler yeterli düzeyde olamamaktadır. Gediz havzasının mansabındaki iyileşmelerin proje çalışma alanı olan Aşağı Gediz Alt Havzasındaki etkileri incelenmelidir.

Biyolojik kalite bileşenlerine ilişkin yeterli veri envanter sağlanana kadar kimyasal ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişki belirlenmeli ve havza su kalitesi değerlendirmelerine katılmalıdır.

Çalışma kapsamında kullanılan indeksler arasından Ulusal İndeks en doğru sonuçları vererek diğer indeksler arasında öne çıkmıştır. Kullanılan Ulusal İndeks Kuzey Ege Havzasına özgü oluşturulmuş ancak Gediz Havzası için indeks geliştirme çalışmaları tamamlanana kadar Kuzey Ege Havzası indeksinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Gediz Havzasına özgü indeks geliştirilmesi ile EKO hesaplamalarında daha doğru sonuçlar sağlanabilecektir.

Söz konusu çalışma sonucunda makroomurgasızlar üzerinde stres faktörü oluşturabilecek pek çok parametre olduğu ve EKO değişimlerinin tek bir parametre üzerinden yapılamayacağı ortaya konulmuştur. Çalışmanın geliştirilmesi maksadıyla daha uzun dönem veri setleriyle ve hidromorfolojik kriterlerin de analize dâhil edilmesi önerilmektedir. Daha uzun dönem veri setleriyle kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerle makroomurgasız kalite bileşeni arasındaki yapısal denklem daha doğru kurulabilecektir.

Sonuç olarak çalışma kapsamında EKO'daki değişimin ne düzeyde fizikokimyasal parametrelerle açıklanabileceği ve hangi fizikokimyasal parametrelerin daha yüksek düzeyde ilintili olduğu irdelenerek bu konudaki literatüre katkıda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Oki, T. and S. Kanae, *Global hydrological cycles and world water resources*. science, 2006. **313**(5790): p. 1068-1072.
2. Robins, P., *Turkey and the Middle East*. 1991: Burns & Oates.
3. Aküzüm, T., B. Çakmak, and Z. Gökalp, *Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi*. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2010(1): p. 67-74.
4. Grigg, N.S., *Integrated Water Resources Management Who Should Lead, Who Should Pay?* . JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 1999. **35**(3): p. 527-534.
5. Rahaman, M.M. and O. Varis, *Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges*. Sustainability: science, practice and policy, 2005. **1**(1): p. 15-21.
6. Harmancıoğlu, N. and S. Özkul, *Su Kaynakları Yönetiminde Bilgisayar Modellerinin Kullanılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı V. Sempozyumu, 1996: p. 17-19.
7. Kazancı, N., *Yüzeysel Sularda Biyolojik İndeksler ve Ekolojik Kalite Oranlarının Belirlenmesi Adımları ve Yöntemleri*. Hacettepe Üniversitesi: Ankara
8. Sahtiyancı, Ö.H., *Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Çevresel Hedefler ve Önlemler Programı: Büyük Menderes Havzası Örneği*. 2014, Tarım ve Orman Bakanlığı Uzmanlık Tezi: Ankara.
9. Bakalığı, M.O.v.S.İ., *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği* in 28483 30/11/2012
10. Bulut, V.N., “*Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması Ve Modellenmesi*”. 2005, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
11. Lindenschmidt, D.-I.K.-E., *River Water Quality Modelling for River Basin and Water Resources Management with a Focus on the Saale River, Germany*. 2006, BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT COTTBUS: Canada.
12. Chapter 9 Water Quality Modelling. http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_2/chapt_9/main.htm.
13. Türkay, M., *Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodlari*. 2011.

14. Martin, J.L. and S.C. McCutcheon, *Hydrodynamics and transport for water quality modeling*. 2018: CRC Press.
15. Vinogradov, Y.B., *River Runoff Modeling*. Hdrolological Cycle-Volume III, 2009: p. 115.
16. Jain, S.K. and V.P. Singh, *Water resources systems planning and management*. Vol. 51. 2003: Elsevier.
17. *Good Modelling Practice Handbook*. 1999: Hollanda.
18. Products, E.P.o.P.P. and t. Residues, *Scientific Opinion on good modelling practice in the context of mechanistic effect models for risk assessment of plant protection products*. Efsa Journal, 2014. **12**(3): p. 3589.
19. Resh, V.H., *Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs*. Environmental Monitoring and Assessment, 2008. **138**(1-3): p. 131-138.
20. Harinkhede, P.R. and A.P. Manekar, *Correlation Aspects between Macroinvertebrates and Physicochemical Factors to Assess Water Quality of the River Vainganga* International Journal of Science and Research (IJSR) 2016. **5**(8).
21. AKYILDIZ, G.K., *Bentik Makroomurgasız İzleme Yöntemleri*. 2014: Pamukkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi.
22. Emere, M. and C. Nasiru, *Macroinvertebrates as indicators of the water quality of an urbanized stream, Kaduna Nigeria*. Nature and Science, 2008. **6**(4): p. 1-7.
23. Selvanayagam, M., *Use of benthic macro invertebrates as a biological indicator in assessing water quality of river Puyo, Puyo, Pastaza, Ecuador*. 2016.
24. Pavluk, T.I., A. bij de Vaate, and H.A. Leslie, *Development of an index of trophic completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing waters*. Hydrobiologia, 2000. **427**(1): p. 135-141.
25. Basset, A., F. Sangiorgio, and M. Pinna, *Monitoring with benthic macroinvertebrates: advantages and disadvantages of body size descriptors*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2004. **14**(S1): p. S43-S58.

26. EQR, E., *Ecological Quality Ratios for ecological quality assessment in inland and marine waters*. 2007.
27. Callisto, M., P. Moreno, and F. Barbosa, *Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil*. Revista Brasileira de Biologia, 2001. **61**(2): p. 259-266.
28. H., B., "Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Tatlı Sularda Su Kalitesinin Biyolojik İzlenmesi - Büyük Menderes Havzası Örneği. 2010: Uzmanlık Tezi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
29. Zeybek, M., et al., *The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey)*. Turkish Journal of Zoology, 2014. **38**(5): p. 603-613.
30. Aslan, A.B., *Su Çerçeve Direktifine Göre Biyolojik Kalite Unsuru: Bentik Makroomurgasız*. 2015, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü: Ankara.
31. DÜGEL, P.D.M., *Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi Tatlı Sularda (Nehir-Göl) Bentik Makroomurgasız Kılavuz Dokümanı*. 2016, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
32. Wang, X. and X. Tan, *Macroinvertebrate community in relation to water quality and riparian land use in a subtropical mountain stream, China*. Environmental Science and Pollution Research, 2017. **24**(17): p. 14682-14689.
33. Yazdian, H., N. Jaafarzadeh, and B. Zahraie, *Relationship between benthic macroinvertebrate bio-indices and physicochemical parameters of water: a tool for water resources managers*. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2014. **12**(1): p. 30.
34. de Niet, A., E. Meijers, and S. Schep, *Accurate prediction of ecological quality ratio with product unit neural networks*. 2014.
35. Mophin-Kani, K. and A. Murugesan, *Assessment of river water quality using macroinvertebrate organisms as pollution indicators of Tamirabarani River Basin, Tamil Nadu, India*. International Journal of Environmental Protection, 2014. **4**(1): p. 1.
36. Ogleni, N. and B. Topal, *Water quality assessment of the Mudurnu River, Turkey, using biotic indices*. Water resources management, 2011. **25**(10): p. 2487.

37. Bottino, F., et al., *Calibration of QUAL2K model in Brazilian micro watershed: effects of the land use on water quality*. Acta Limnologica Brasiliensia, 2010. **22**(4): p. 474-485.
38. Hadgu, L.T., et al., *Application of Water Quality Model QUAL2K to Model the Dispersion of Pollutants in River Ndarugu, Kenya*. Computational water, energy, and environmental engineering, 2014. **3**(04): p. 162.
39. Tang, P.-K., et al., *Variations of model performance between QUAL2K and WASP on a river with high ammonia and organic matters*. Desalination and Water Treatment, 2014. **52**(4-6): p. 1193-1201.
40. Zhang, R., et al., *Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China*. Science of the Total Environment, 2012. **431**: p. 278-285.
41. Fan, C., C.-H. Ko, and W.-S. Wang, *An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation*. Journal of Environmental Management, 2009. **90**(5): p. 1824-1832.
42. Snowling, S. and J. Kramer, *Evaluating modelling uncertainty for model selection*. Ecological modelling, 2001. **138**(1-3): p. 17-30.
43. K.-E. Lindenschmidt, K.F., T. Petrow, S. Vorogushyn, S. Theobald, B. Merz, *Model system development and uncertainty for the provisional management of extreme floods in large river basins*. 2005: Advances in Geosciences.
44. Bakanlığ, T.v.O., *Susurluk Pilot Havzasında Sofralık Zeytin Ve Zeytinyağı İşletmeleri Atıklarının Entegre Yönetiminin Araştırılması Proje Raporu*. 2013, Tarım ve Orman Bakanlığı: Ankara.
45. Dahl, S. and B. Kurtar, *Environmental situation*, in Working Paper No: 2. Omerli and Elmalı Environmental Protection Project—Feasibility Report. 1993, Omerli and Elmalı Joint Venture 1.1–5.10, Turkey.
46. Venture, O.E.J., *Project on Omerli–Elmalı protection project, feasibility study, progress report*. Istanbul Water and Sewerage Administration, Turkey, 1993.

47. Öztürk, İ., et al., *Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı Projesi Su Kalitesi Mevcut Durum Raporu*, in *İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*. 2006.
48. Özalp, D., *Doğu Karadeniz Havzası'nda Yayılı Kirlenici Kaynakların Belirlenmesi Ve Yönetim Önerileri*. 2009, Fen Bilimleri Enstitüsü.
49. TÜBİTAK, *Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporu*. 2016.
50. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler*
51. MAM, T., *Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Gediz Havzasına Uygulanması Projesi* 2016: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
52. (TÜBİTAK), T.B.v.T.A.K.M.A.M., *Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi İzleme Nihai Raporu*. 2018.
53. <https://support.office.com/tr-tr/article/%C3%87%C3%B6z%C3%BCc%C3%BC-y%C3%BC-kullanarak-bir-sorunu-tan%C4%B1mlama-ve-%C3%A7%C3%B6zme-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>.
54. <http://www.calculator.net/dew-point-calculator.html?airtemperature=28.1&airtemperatureunit=celsius&dewpoint=&dewpointunit=celsius&humidity=54.4&x=67&y=29>.
55. Füsün Şengül, A.Ö., *Zeytin Karasuyu Arıtımı Projesi*. 2003, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü: İzmir.
56. <http://zeytinay.csb.gov.tr/zeytinyagi-uretim-proseslerinin-karsilastirilmesi-i-5620>.
57. Çilek, A.S., *Yüzeysel Su Kalitesi Modellerinde Besi Maddesi Döngülerinin Simülasyonlarında Kullanılan Model Katsayıları için Veri Tabanı Tasarımı ve Geliştirilmesi*. 2005, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi: İstanbul.
58. Moriasi, D.N., et al., *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. Transactions of the ASABE, 2007. **50**(3): p. 885-900.
59. Anzecc, A., *Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality*. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and

Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, 2000: p. 1-103.

60. Friberg, N., et al., *Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication*. Freshwater Biology, 2010. **55**(7): p. 1405-1419.

61. Souto, R.d.M.G., et al., *Influence of environmental factors on benthic macroinvertebrate communities of urban streams in Vereda habitats, Central Brazil*. Acta Limnologica Brasiliensia, 2011. **23**(3): p. 293-306.

62. Wang, L., D.M. Robertson, and P.J. Garrison, *Linkages between nutrients and assemblages of macroinvertebrates and fish in wadeable streams: implication to nutrient criteria development*. Environmental management, 2007. **39**(2): p. 194-212.

63. Heiskary, S. and H. Markus, *Establishing relations among instream nutrient concentrations, phytoplankton and periphyton abundance and composition, fish and macroinvertebrate indices, and biological oxygen demand in Minnesota USA rivers*. Final Report to USEPA Region V. Minnesota Pollution Control Agency, St. Paul, Minnesota, 2003.

64. Gabriels, W., et al., *Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium)*. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 2010. **40**(3): p. 199-207.

65. Krueger, C.C. and T.F. Waters, *Annual production of macroinvertebrates in three streams of different water quality*. Ecology, 1983. **64**(4): p. 840-850.

66. Hussain, Q.A., *Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors*. International Journal of Fisheries and Aquaculture, 2012. **4**(7): p. 114-123.

67. Burgmer, T., H. Hillebrand, and M. Pfenninger, *Effects of climate-driven temperature changes on the diversity of freshwater macroinvertebrates*. Oecologia, 2007. **151**(1): p. 93-103.

68. Samain, J.-F., et al., *Genetically based resistance to summer mortality in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and its relationship with physiological, immunological characteristics and infection processes*. Aquaculture, 2007. **268**(1-4): p. 227-243.

EKLER

EK-1: Çalışma Kapsamında Kullanılan Makroomurgasız Örneklemelerinde Tespit Edilen Türler

GEĞİN_013	GEĞİN_003	GEĞİN_015	GEĞİN_011	GEĞİN_012
Diptera	Diptera	Diptera	Diptera	Malacostraca
Chiromidae	Ceratopogonidae	Chiromidae	Ceratopogonidae	Palaemonidae
Cricotopus (Isocladius)	Bezzia sp.	Chironomus annularius	Bezzia sp.	Palaemon longirostris
Cricotopus (Cricotopus)	Chironomidae	Chironomus riparius	Chironomidae	Isopoda
Chironomus anthracinus	Chironomus longipes	Cricotopus (Isocladius) sylvestris	Chironomus annularius	Asellidae
Chironomus piger	Chironomus anthracinus	Cricotopus (Cricotopus) bicinctus	Cricotopus bicinctus	Asellus aquaticus
Chironomus riparius	Cricotopus (Isocladius) tricinctus	Tanytus punctipennis	Cricotopus tremolus	Diptera
Limnophyes gurgicola	Psychodidae	Rheocricotopus (Psilopterus) chalybeatus	Cricotopus tricinctus	Chironomidae
Paratrachocladius rufiventris	Psychoda alternata	Dicortendipes modestus	Brillia modesta	Thienemanniella sp.
Tvetenia calvescens	Oligochaeta	Cryptotendipes holsatus	Diamesa sp.	Chironomus riparius
Psychodidae	Tubificidae	Harnischia fuscimana	Eukiefferiella claripennis	Cricotopus (Cricotopus) bicinctus
Psychoda alternata	Tubifex tubifex	Polypedilum scalaenum	Limnophyes gurgicola	Cricotopus sylvestris
		Limnophyes gurgicola	Orthocladius excavatus	Paratanytarsus confusus
		Paratrachocladius rufiventris	Orthocladius abiscoensis	Parachironomus monochromus
		Tvetenia calvescens	Orthocladius thienemanni	Procladius sagittalis
		Psychodidae	Smittia paranudipennis	Psectrocladius sordidellus
		Psychoda sp.	Thienemanniella majuscula	Rheotanytarsus exiguus
		Simuliidae	Tipulidae	Muscidae
		Simulium angustitarse	Tipula sp.	Limnophora sp.
		Hemiptera	Syrphidae	Coleoptera
		Mesoveliidae	Eristalis sp.	Gyrinidae

GEĞİN_013	GEĞİN_003	GEĞİN_015	GEĞİN_011	GEĞİN_012
		Mesovelgia sp.	Psychodidae	Aulonogyrus concinnus
		Corixidae	Psychoda alternata	Gyrinus sp.
		Corixa panzer	Psychoda sp.	Gastropoda
		Micronectidae	Coleoptera	Physidae
		Micronecta scholtzi	Dytiscidae	Physa acuta
		Gastropoda	Copelatus sp.	Physa fontinalis
		Physidae	Ephemeroptera	Ephemeroptera
		Physa acuta	Baetidae	Baetidae
		Oligochaeta	Baetis rhodani	Baetis vernus
		Naididae		Hemiptera
		Nais sp.		Corixidae
		Coleoptera		Micronecta sp.
		Elmidae		
		Riolus sp.		
		Hydrophilidae		
		Enochrus melanocephalus		
		Rhyncobdellida		
		Glossiphoniidae		
		Haementeria costata		
		Ephemeroptera		
		Baetidae		
		Baetis pavidus		
		Odonata		
		Platycnemididae		
		Platycnemis pennipes		

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Gizem KIYMAZ

Doğum Yeri: Ankara

Medeni Hali: Evli

E-posta: gzm_bereketlioglu@hotmail.com

Adresi: Çankaya/Ankara

Eğitim

Lisans: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: -

Doktora: -

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce, İyi Düzey

İş Deneyimi

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım ve Orman Uzmanı

Deneyim Alanları

Su Kalitesi, Modelleme

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 5/10/2018

Tez Başlığı / ~~Konusu~~: Aşağı Gediz Havzası Nehir Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Fizikokimyasal Parametrelerin Makroomurgasız Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 109 sayfalık kısmına ilişkin, 5/10/2018 tarihinde ~~çalışmam~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'tır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/~~dahil~~
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

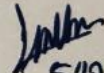
Adı Soyadı: Gizem KIYMAZ

Öğrenci No: 10328098

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

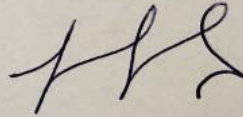
Programı: Çevre Mühendisliği

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.


5/10/2018

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.



(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Dr. Öğretim Üyesi Hatice ŞENOL