

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

NAMNAM ÇAYI SU KALİTESİNİN
FİZİKO-KİMYASAL VE BİYOLOJİK (BENTİK
MAKROOMURGASIZ VE BALIKLAR)
PARAMETRELERE GÖRE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜRÜVVET YILMAZ

AĞUSTOS 2016

MUĞLA

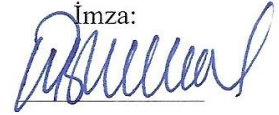
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

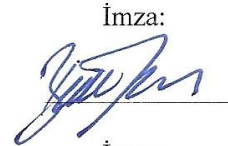
MÜRÜVVET YILMAZ tarafından hazırlanan **NAMNAM ÇAYI SU KALİTESİNİN FİZİKO-KİMYASAL VE BİYOLOJİK (BENTİK MAKRO OMURGASIZ VE BALIKLAR) PARAMETELERE GÖRE BELİRLENMESİ** başlıklı tezinin, 12/08/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JÜRİSİ

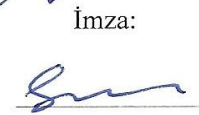
Prof. Dr. Murat BARLAS (**Jüri Başkanı**)
Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

Yrd. Doç. Dr. Bülent YORULMAZ (**Danışman**)
Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

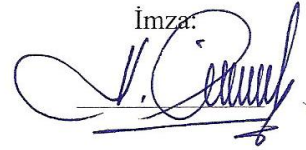
İmza: 

Doç. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK (**Üye**)
Biyoloji Anabilim Dalı,
Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya

İmza: 

ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Hasan Sungur CİVELEK
Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza: 

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Mürüvvet YILMAZ

12/08/2016



ÖZET
NAMNAM ÇAYI SU KALİTESİNİN FİZİKO-KİMYASAL VE BİYOLOJİK
(BENTİK MAKROOMURGASIZ VE BALIKLAR) PARAMETRELERE
GÖRE BELİRLENMESİ

Mürüvvet YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bülent YORULMAZ

Ağustos 2016, 70 sayfa

Bu çalışma Kasım 2012 ile Eylül 2013 tarihleri arasında Namnam Çayı'nın su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle belirlenmesi amacı ile yapılmıştır.

Namnam Çayı'nın su kalitesi özelliklerini belirlemek için beş örnekleme noktası seçilmiş ve altı arazi çalışması yapılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda her bir örnekleme noktasının su kalitesi parametreleri incelenmiş, bentik makroomurgasız ve balık örnekleri toplanmıştır. Su kalitesi parametrelerinin bir kısmı arazide portatif multimetre kullanılarak ölçülmüş, diğer parametreler ise, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji laboratuvarında analiz edilmiştir.

Namnam Çayı su kalitesini belirlemek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler (bentik makroomurgasızlar ve balıklar) indekslere uygulanmıştır. Biyolojik parametre olarak 40 bentik makroomurgasız ve 13 balık taksonu kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalitesi sınıfları birbirini desteklemektedir. Akarsuyun üst havzasında bulunan ilk üç örnekleme noktası birbirine yakın nispeten yüksek kalite sınıflarında, akarsuyun alt havzasında bulunan diğer iki örnekleme noktası ise daha düşük kalite sınıflarında belirlenmiştir.

Namnam Çayı üzerinde belirgin bir kirlilik baskısı bulunmamasına rağmen, akarsuyun alt havzasındaki nispeten yüksek kirlilik baskısı izlenmeli ve kirlilik yükünün azaltılması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Namnam Çayı, Su Kalitesi Biyotik İndeks

ABSTRACT

DETERMINATION OF WATER QUALITY OF THE NAMNAM STREAM ACCORDING TO PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL (MACROINVERTABRATES AND FISH) PARAMETERS

Mürüvvet YILMAZ

Master Thesis

Graduate School of Natural and Applied Science

Supervisor: Assist. Prof. Bülent YORULMAZ

August 2016, 70 pages

This study was carried out to determine the water quality of Namnam River with physical, chemical and biological methods between November 2012 and September 2013.

To determine the water quality features of Namnam River five sampling points were chosen and six field works were done. As a result of field works, water quality parameters of each sampling points were investigated and benthic macro invertebrate and fish samples were collected. Some of water quality parameters were analysed in the field by portative multimeter while others were analysed in Hydrobiology laboratory of Muğla Sıtkı Koçman University, Science Faculty Biology Department. To determine the water quality of Namnam River, the physical, chemical and biological parameters were applied to indices. As biological parameters, 40 benthic macro invertebrate and 13 fish taxa were used.

According to obtained results, physico-chemical and biological water quality classes were found supporting each other. The first three sampling point which were located to the upper basin of the river were found relatively in high water quality classes, close to each other while the other two sampling points in lower basin of the river were determined in lower water quality classes.

The relatively high pollution pressure in the lower basin of the river should be monitored and the required precautions should be taken to decrease the pollution load although a significant pollution pressure is not yet present.

Keywords: Namnam Stream, Water Quality, Biotic Index

ÖNSÖZ

Bu tezin yazarı, Yrd. Doç. Dr Bülent YORULMAZ'a çalışmaları sırasında göstermiş olduğu kolaylıklar ve bilimsel bir çalışmanın ve düşünmenin temellerini öğrettiği için teşekkürü bir borç bilir.

Arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Sibel Zeynep MAMAN'a, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Hidrobiyoloji laboratuvarlarında çalışan tüm arkadaşlara, analiz çalışmalarında katkılarını gördüğüm Uzman Tuncer Okan GENÇ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın her aşamasında manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan, sabırla ve özveriyle meşguliyetlerime katlanan eşim Fevzi YILMAZ'a ve oğullarıma en derin duygularla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Su Kirliliği	3
1.2. Biyolojik İzleme	4
2. KAYNAK ÖZETİ	9
3. MATERYAL VE METOD.....	14
3.1. Namnam Çayı.....	14
3.1.1. İstasyon I örnekleme noktası	14
3.1.2. İstasyon II örnekleme noktası.....	15
3.1.3. İstasyon III örnekleme noktası.....	16
3.1.4. İstasyon IV örnekleme noktası	16
3.1.5. İstasyon V örnekleme noktası.....	17
3.2. Fiziko-kimyasal Özellikler Ve Değerlendirilmesi.....	18
3.2.1. Su örneklerinin alınması ve saklanması	18
3.2.2. Fiziko-kimyasal ölçümlerin değerlendirilmesi	19
3.3. Bentik Makroomurgasızların Toplanması Ve Teşhisi.....	20
3.3.1. Belçika biyotik indeksi	21
3.3.2. Baskınlık analizi	22
3.4. Balıkların Yakalanması Toplanması ve Teşhisi	23
3.4.1. Balıkların biyotik indeksi	23
4. BULGULAR	25
4.1. Fiziko-kimyasal Analiz Sonuçları	25
4.1.1. Sıcaklık (°C).....	25
4.1.2. pH	26
4.1.3. Çözülmüş oksijen (O ₂ mg/l).....	27
4.1.4. Oksijen doygunluğu (%).....	28

4.1.5. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI ₅).....	29
4.1.6. Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$).....	30
4.1.7. Amonyum azotu (NH ₄ -N mg/l)	31
4.1.8. Nitrit azotu (NO ₂ -N mg/l).....	32
4.1.9. Nitrat azotu (NO ₃ -N mg/l)	33
4.1.10. Ortofosfat (PO ₄ -P mg/l).....	34
4.1.11. Sertlik (°dH).....	35
4.2. Biyolojik Parametreler	36
4.2.1. Bentik makroomurgasızlar.....	36
4.2.2. Bentik makroomurgasızların istasyonlara göre baskınlık değerleri	38
4.3. Balık Türleri	41
4.3.1. Balık türlerinin istasyonlardaki baskınlık değerleri.....	44
4.4. Su Kalitesi Bulguları	47
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	48
5.1. Fiziko-kimyasal Değerlendirme	48
5.2. Biyolojik Değerlendirme	56
5.2.1. Bentik makroomurgasızlar.....	56
5.2.2. Balıklar	58
5.3. Genel Değerlendirme Ve Sonuçlar.....	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Kıta içi su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY 2008).....	19
Çizelge 3.2.	Farklı kirlenme basamaklarının istatistiki ortalama değerlerine göre kimyasal parametreleri konsantrasyon dağılımı	20
Çizelge 3.3.	Belçika biyotik indeksi taksonomik düzeyleri	22
Çizelge 3.4.	Belçika biyotik indeksine göre su kalite sınıfları	22
Çizelge 3.5.	Balık biyotik indeksi ve kalite sınıfları	24
Çizelge 4.1.	Namnam Çayı'nda teşhis edilen bentik makroomurgasız taksonları ve istasyonlara göre dağılımları	37
Çizelge 4.2.	Namnam Çayı su kalitesi sınıfları	47
Çizelge 5.1.	Fiziko-kimyasal ve biyolojik veriler birlikte kullanılarak Namnam Çayı su kalitesi değerlendirmesi.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	İstasyon I	15
Şekil 3.2.	İstasyon II.....	15
Şekil 3.3.	İstasyon III.....	16
Şekil 3.4.	İstasyon IV	17
Şekil 3.5.	İstasyon V.....	17
Şekil 4.1.	İstasyonlara göre yıllık sıcaklık değerleri (°C)	25
Şekil 4.2.	Aylara göre yıllık sıcaklık değerleri (°C).....	26
Şekil 4.3.	İstasyonlara göre yıllık pH değerleri	26
Şekil 4.4.	Aylara göre yıllık pH değerleri	27
Şekil 4.5.	İstasyonlara göre yıllık çözülmüş oksijen değerleri (O ₂ mg/l)	27
Şekil 4.6.	Aylara göre yıllık çözülmüş oksijen değerleri (O ₂ mg/l)	28
Şekil 4.7.	İstasyonlara göre yıllık oksijen doygunluğu değerleri (%)	28
Şekil 4.8.	Aylara göre yıllık oksijen doygunluğu değerleri (%).....	29
Şekil 4.9.	İstasyonlara göre yıllık biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri (BOI ₅).....	29
Şekil 4.10.	Aylara göre yıllık biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri (BOI ₅)	30
Şekil 4.11.	İstasyonlara göre yıllık elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm).....	30
Şekil 4.12.	Aylara göre yıllık elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm)	31
Şekil 4.13.	İstasyonlara göre yıllık amonyum azotu değerleri (NH ₄ -N mg/l).....	31
Şekil 4.14.	Aylara göre yıllık amonyum azotu değerleri (NH ₄ -N mg/l)	32
Şekil 4.15.	İstasyonlara göre yıllık nitrit azotu değerleri (NO ₂ - N mg/l)	32
Şekil 4.16.	Aylara göre yıllık nitrit azotu (NO ₂ - N mg/l).....	33
Şekil 4.17.	İstasyonlara göre yıllık nitrat azotu değerleri (NO ₃ - N mg/l)	33
Şekil 4.18.	Aylara göre yıllık nitrat azotu değerleri (NO ₃ - N mg/l).....	34
Şekil 4.19.	İstasyonlara göre yıllık ortofosfat fosforu değerleri (PO ₄ - P mg/l).....	34
Şekil 4.20.	Aylara göre yıllık ortofosfat fosforu değerleri (PO ₄ - P mg/l).....	35
Şekil 4.21.	İstasyonlara göre yıllık sertlik değerleri (dH)	35
Şekil 4.22.	Aylara göre yıllık sertlik değerleri (dH)	36
Şekil 4.23.	İstasyon I’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlık değerleri.....	38
Şekil 4.24.	İstasyon II’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlık değerleri	39
Şekil 4.25.	İstasyon III’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlık değerleri	39

Şekil 4.26.	İstasyon IV’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlık değerleri	40
Şekil 4.27.	İstasyon V’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlık değerleri	40
Şekil 4.28.	İstasyon I’de balık türlerinin baskınlıkları	44
Şekil 4.29.	İstasyon II’de balık türlerinin baskınlıkları	45
Şekil 4.30.	İstasyon III’de balık türlerinin baskınlıkları.....	45
Şekil 4.31.	İstasyon IV’de balık türlerinin baskınlıkları	46
Şekil 4.32.	İstasyon V’de balık türlerinin baskınlıkları.....	46



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrad Derece
°dH	Alman Su Sertliği
AB	Avrupa Birliği
ASPT	Average Score Per Taxon
BBi	Belgian Biotic Index
BMWP	Monitoring Working Party Score
BNBi	Balkan Biotic Index
BOİ ₅	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
CPV	Community Pollution Vlaue
FBI	Family Biyotic Index
g	Gram
Hg	Cıva
IBI	Balık Bütünlük indeksi
l	Litre
m	Metre
mg/l	miligram bölü litre
NBi	Nutrient Biotic Index
NBi-N	Toplam azot
NBi-P	Toplam fosfor
NH ₄ -N	Amonyum azotu
NO ₂ -N	Nitrat azotu
NO ₃ -N	Nitrit azotu
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SPV	Species Pollution Value
µg	Mikrogram
µS	Mikrosimens

1. GİRİŞ

İnsan yaşamında suyun önemi vücudunun %70'inin su içermesi ile başlar. Neredeyse tüm büyük medeniyetlerin büyük nehir havzalarında kurulmuş olması tesadüf değildir. Ülkeler sınırları içindeki akarsuların kalitesini dikkatle izlemek ve yüksek tutmak durumundadır. Nüfus artışıdaki hız, sanayileşme, doğal kaynakların kullanımını özellikle de su kullanımını gün geçtikçe arttırmaktadır. Dünyadaki nüfus artışı doğal kaynakların kullanımında insan faktörünü en önemli unsur haline getirmiştir. Ilıman iklimlerde bir insanın günlük içme suyu ihtiyacı 16 L'dir. Evsel ihtiyaçlar için kullanılan miktar yaklaşık 110 L'dir. Dünyanın %71'i sularla kaplı olup su küredeki suyun %99'u deniz suyudur. Geriye kalan %1'lik oranı ise toplam 214 nehir ve göl havzasında oluşan ortamda tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu havzaların 155'i iki, 36'sı üç, 23'ü ise 12 ülke tarafından paylaşılmaktadır (Kazancı,1997).

Günümüzde, yeryüzündeki su kaynaklarının artan talebi karşılayacak şekilde sınırsız olarak arttırılabileceği gibi bir düşünce mevcuttur. Birçok ülke su sıkıntısı çekmektedir. Bu sorunu çözebilmek için bazı ülkelerde deniz suyunun arıtılması ile tatlı su elde edilmektedir. Ancak bu şekilde tatlı su elde edilmesi çok yüksek maliyet gerektirmektedir. Su kaynakları kıt olan petrol zengini ülkelere Suudi Arabistan, petrolle işletilen sayıları yaklaşık 1400'ü bulan deniz suyu arıtma tesisleri ile deniz suyundan günde yaklaşık 13.2 milyon metreküp içme suyu kalitesinde tatlı su elde edilmektedir. Bol petrol kaynağı olmayan ülkeler için bu yöntemi kullanmak hemen hemen imkânsızdır (Dügel,1995).

İklimdeki sapmalar da tatlı su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Günümüzde bu sorun insanlığı önemli ölçüde tehdit etmektedir. Doğal tatlı su kaynaklarının yenilenmeyen kaynaklar olduğu göz önüne alındığında, kalitelerindeki bozulmaların geri dönüşü olmayan zararlar vereceği kolayca görülmektedir. Akarsular farklı ekolojik bölgeleri doğal yollarla birbirine bağlar. Bu yönüyle tabiattaki hayati iletişim hatlarıdır. Aynı zamanda insan faaliyetleri için

kullanılmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak kirlilik ve yapısal değişikliğe uğramaktadır. Biyotik veya abiyotik parametrelerin sadece birinde ortaya çıkan bozulmalar akarsudaki biyosonöz üzerinde bir dizi olumsuz etkiyi tetikler. Günümüzde bu tür etkilerin oluşturduğu mekanizmalar hakkında çok fazla bilgi mevcut değildir. Nehir sürekliliği kavramından yola çıkılarak sucul türlerin, abiyotik faktörlerin etkilerine karşı verdiği tepkileri balık türleri ve sayılarının gözlenmesi ile ortaya koymak mümkündür. Bu da abiyotik faktörlerdeki değişimlerin değerlendirilmesinde kullanılan tekniklerden birisidir. Mevcut durumları, dönemsel farklılıkları ve mevsim değişikliklerini ortaya koymak amacıyla belirlenen istasyonlarda sistematik çalışmayla araştırma gözlem ve inceleme yapılmaktadır.

Biyolojik parametreleri, ortamın durumunu tanımlayan indikatör organizmalar oluşturmaktadır. Ellenberg et al., (1991) indikatör organizmaların seçiminde önemli olan kriterleri şöyle sıralamıştır; teşhislerinin basit olması, organizmaların kolaylıkla toplanabilmesi, organizmaların kozmopolit bir dağılıma sahip olması, ekolojik isteklerinin iyi bilinmesi, kirlilik etmeni olan maddeleri biriktirebilmeleri, laboratuvar koşullarında üretilmesi ve kommunitedeki rollerinin bilinmesidir. İndikatör organizma olarak bakteriler, protozoonlar, algler, makroomurgasızlar, makrofitler ve balıklar kullanılabilir (Sladeczek 1973).

Bentik makroomurgasızlar, tüm bu grupların içinde en avantajlı gruptur. Bentik makroomurgasızların habitat istekleri diğer gruplara göre daha sınırlıdır. Hareket yetenekleri daha azdır. Olumsuz koşullardan etkilendikleri durumlarda yer değiştirmezler ve kommunitenin bileşenlerinin değişmesi ve duyarlı türlerin yok olması nedeniyle daha kolay izlenebilirler. Teşhisleri, toplanmaları ve saklanmaları diğer bazı gruplara göre daha kolay olmaktadır. Yılın her döneminde bulunmakta ve hayat döngüleri diğer bazı guruplara göre daha uzun sürmektedir (Kazancı vd., 1997). Bu nedenlerden dolayı, bentik makroomurgasızlar indikator organizma olarak diğer gruplara göre daha çok kullanılmaktadır.

1.1. Su Kirliliği

Su kirliliği kısaca, kullanılacak bir su kaynağın doğal yapısının herhangi bir kimyasal veya fiziksel etmen tarafından etkilenecek bozulmasıdır. Bu tanımlamada da görüldüğü gibi doğal yapının bozulması kirliliğin en önemli göstergesidir. Bu da su içinde yaşayan organizmaların çeşitli yönden incelenmesi ile belirlenebilir. Genel bir kural olarak aşağıdaki şartlar bir su kaynağında görüldüğünde kirlilikten söz edilebilir;

- Evsel atıklar ile hayvansal ve bitkisel atıkları içeren endüstriyel atıkların suya karışarak bozulmaları sonucunda sudaki çözünmüş oksijenin tüketilmesi,
- Evsel atıklardan kaynaklanan hastalık etmenleri ile endüstriyel atıklardan kaynaklanan çeşitli hastalık etmenlerinin taşınması,
- Alglerin ve su içi bitkilerinin aşırı büyümesine neden olacak besleyicilerin belli düzeylerin üzerinde bulunması,
- Deterjan pestisit gibi sentetik organik kimyasalların karışması
- Madencilikten kaynaklanan mineraller, inorganik kimyasallar, fabrika atıkları, petrol işletmeleri ve zirai aktivite sonuçlarından etkilerin bulunması (Ellenberg et al.,1991).

Organik maddelerin suya karışması ile ortaya çıkan organik kirlilik en çok rastlanan en çok araştırılmış kirlilik tipidir. Organik kirliliğin nedeni evsel atıklar ve besin sanayiinden kaynaklanan atıklardır. Çözünmüş oksijenin azalması organik atık karışımının en belirgin ve en etkin göstergesidir. Çözünmüş oksijen tükenmesi mikroorganizmaların oksijeni kullanmalarıdır. Organik kirliliğin en yaygın belirlenme şekli biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5) ölçümüdür (Kazancı, 1993).

Yüksek miktarda asılı maddenin suya karışıp substrat üzerine yerleşmesine rağmen suyun türbülanslı akışı nedeniyle havalanma sağlandığı için çözünmüş oksijen seviyesi atığın karışma noktasından önceki düzeye ulaşabilir. Tabana çöken organik maddeler bu yüksek çözünmüş oksijen seviyesinde hızla mikrobiyal parçalanmaya uğrar. Asılı maddeler tabanda sulu bir çamur oluşumu ile birlikte ise BOI_5 değeri

yüksektir. Fakat organik maddeler karıştıktan sonra tabanda yerleşirse su kütlesinin BOI_5 değeri düşük çıkar.

Akarsulardaki organik kirlenmenin ana etkisi biyolojik yapının yani kommunité yapılarının ve canlıların bolluklarının değişmesidir. Bu değişimin, tam organik atığın boşalma noktasından sonra çözünmüş oksijenin aniden düşmesi, substrat üzerinde atıkların neden olduğu birikimin ortaya çıkması ve artan organik maddelerin bazı organizmalar tarafından tercih edilerek kullanılabilmesi nedeniyle bu organizmaların sayısında artış şeklinde ortaya çıktığı görülür.

Su kirliliğinin sebep olduğu sorunlar canlıları doğrudan etkiler. Bu sebeptendir ki kirliliğin belirlenmesi temelde biyolojik bir sorundur. Buna rağmen su kirliliğini belirlemede fiziko-kimyasal değişkenlerin kullanılması da kullanılan bir yöntemdir. Fakat bu yöntemler ölçüm yapılan alandaki anlık durum hakkında bilgi verir. Uzun süreli izleme yöntemleri biyolojik yöntemleri de içermelidir. Çünkü biyolojik teknikler çevresel koşullar hakkında daha uzun süreli bilgiler sağlar. Ayrıca bu yöntemlerle basit yapılı organizmaların kullanımı ile çevresel değişimlerin üst düzeyli organizmaları olumsuz yönde etkilemesine izin vermeden önlem alınabilir (Kazancı vd., 1997).

1.2. Biyolojik İzleme

Biyolojik izleme, canlıların yaşadıkları ortamları bozan her etmen ortamdaki canlılar için bir uyarandır. Canlılığın gereği olarak, canlı organizma yaşama ortamının dengesini bozan her etmene karşı cevap verir. Canlıların bu temel özellikleri çevre kalitesini belirleme ve izleme çalışmalarında biyolojik yöntemlerin kullanımını ortaya çıkarmıştır.

Liebman'nın (1947) belirttiğine göre, biyolojik su kalitesi tayin yöntemlerinin temeli, Kolenati'nin (1848) ve Cohn'un (1853), kirli sularda yaşayan organizmaların, temiz sularda yaşayan organizmalardan farklı olduğunu gözlemlmelerine dayanmaktadır. Bu farkı temel alan çalışmaları ile Kolkwitz ve Marson (1902), Saprobi İndeksi denilen sistemi geliştirmişlerdir. Liebmann (1947) ve Zelinka ve Marvan (1961) saprobi indeksini geliştirerek, bazı eklemeler yapmışlardır. Sladeczek (1973) ise,

saprobi indeksinde kullanılan indikatör organizmaların bir listesini yayınlayarak, bu sistemi daha da geliştirmiştir. Mauch (1976), akarsularda bentik organizmaların kirliliğe göre biyolojik analizlerini yapmış, Lawa (1980) ve Klee (1991) ise saprobi indeksine yeni katkılarda bulunmuştur. Saprobi indeksi, Orta Avrupa’da, özellikle Almanya ve Avusturya’da kullanılmaktadır.

Sonraki yıllarda ülkeler, sadece nehir sistemleri için bile, birçok biyolojik su kalitesi tayin yöntemi geliştirmiştir. Woodiwiss (1964) İngiltere’de bulunan Trent nehri üzerinde Trent Biotic Index isimli yöntemi kullanmıştır. İskoçya’da 1970 yılında Chandler’s Biotic Score (Chandler, 1970) ve İngiltere’de 1978 yılında Biological Monitoring Working Party Score (BMWP) kullanılmıştır (Hellawell, 1978). Belçika’da De Pauw ve Vanhooren (1983) Belgian Biotic Index’i (BBI) geliştirmişlerdir. İngiltere ve diğer bazı Avrupa ülkelerinde kullanılmak üzere Armitage et al., (1983) tarafından BMWP/Average Score Per Taxon (ASPT) indeksi geliştirilmiştir. Hilsenhoff (1988) Amerika Birleşik Devletleri’nde Family Biotic Index’ini (FBI) uygulamıştır. Simić ve Simić (1999) başta Sırbistan olmak üzere, Bulgaristan, Yunanistan, Makedonya, Arnavutluk ve Bosna-Hersek gibi balkan ülkelerinde kullanılmak üzere Balkan Biotic Index (BNBI)’ni geliştirmiştir. Lorenz et al., (2004) Almanya’da beş akarsu tipinde makroomurgasız faunasını inceleyerek German Fauna Index’ini geliştirmiştir. Jiang (2006) Çin’de Hunan Bölgesi’nde Changde şehrinde bulunan akarsu ve göller üzerinde protozoanın tür ve kommunité özelliklerini inceleyerek Species Pollution Value (SPV) ve Community Pollution Vlaue (CPV) indekslerini geliştirmiştir. Smith et al., (2006) bentik makroomurgasızların biyolojik izlenmeleri ve nutrientlerle ilişkilerini ortaya koymak üzere toplam frosfor (NBI-P) ve nitrat azotu (NBI-N) olmak üzere iki farklı parametrenin kullanılabildiği Nutrient Biotic Index (NBI)’ni geliştirmiştir.

Balıkların kullanıldığı biyotik bütünlük indeksi (IBI) ilk olarak Indiana ve merkezi İllinois’te ılıman akarsu kaynaklarında uygulanmıştır. Orijinal versiyonunda 12 metrik karakter kullanılmıştır. Bunlar balıklarda tür zenginliği ve kompozisyonu sayıları ve indikatör türlerin bolluğu, trofik organizasyonu ve fonksiyonu, üreme davranışı, balık bolluğu, ve her bir türün kondisyonu şeklindedir. IBI kısa zamanda çok popüler oldu ve birçok araştırmacı tarafından ılıman sularda kullanılmıştır (Angermeier ve Karr, 1986). IBI çok geniş olarak kullanılması sonucu farklı metrik

ölçümler parametre olarak eklenmiş ve dünyanın birçok yerinde kullanılmıştır. Karr (1972), Balıkların biotik indeks geliştirmekteki uyumu hakkında çalışan ilk araştırmacılardandır. Bunun en önemli sebebi, balıkların insan aktivitelerinden çabuk etkilenir olması ve bu etkilerin balıklar üzerinde ölçülmesinin daha kolay olmasındandır. Genellikle insan aktivitelerinin akarsu sistemi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu, bunların başında su düzeninin bozulması, habitat değişimi ve suya dayalı biotik enerji kaynaklarının değişmesi olarak sayılabileceğini ifade etmiştir. Tüm bu etkilerin daha net olarak ortaya konulabilmesi için balıkların tatlı suların korunabilir kaynakları olduğunu ifade etmiştir. Balık komüniteleri tür kompozisyonları ve ekolojik yapıları gereği aquatik biotayı en iyi yansıtan canlı gruplarının başında gelir. Böylece akarsulardaki değişim en iyi şekilde balıklarla yansıtılabilir. Karr (1981) balık biyotik indisinin geliştirilmesi konusunda parametreleri ilk kez geliştirmiş ve kullanmıştır. Bu parametrelerin kullanılması ile geliştirilen skorların değerlendirilmesini de izah etmiştir.

Belçikanın Flender nehrinde balık tabanlı bir biotik indeks geliştirmişlerdir. Yaklaşık altı yıllık süre içinde 114 noktada örnekleme yaparak bir indeks geliştirmişlerdir. Avrupa su direktifi kriterlerine göre değerlendirmeler yapmışlardır. Bu metodun diğer ekolojik indisleri tamamlayıcı bir metod olduğunu belirtmiştir (Angermeier ve Karr, 1986).

Bozzetti ve Schultz (2004), Brezilya'nın kuzeyindeki subtropikal akarsularda çalışmışlardır. Balık tabanlı bir biotik indeks geliştirmişlerdir. Mevsimsel olarak bir elektroşok ile altı çalışma bölgesinden balık örnekleri alıp en az 10 metrik karakter kullanmışlar ve istatistiki metotlarla istasyonlar arasında değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmaları sonucunda mevsimsel farklılıkların çok belirgin olmadığı ancak antropojenik etkilerin balık indisleri ve skorlarında ciddi farklılıklara yol açtığını belirlemişlerdir (Bozzetti and Schult, 2004).

Angermeier ve Karr, Illinois eyaletinin Ohio ve Batı Virginia'daki bazı akarsularda onlarca örnekleme noktası seçerek insan etkilerinin akarsu ekosistemleri üzerine etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Balıkların bu indekste kullanılması aşamasında beslenme biçimleri ve bazı metrik karakterleri kullanılmıştır. Elde edilen skorlara göre antropojenik etkilerin akarsu üzerindeki sonucunu belirlemeye çalışmıştır (Angermeier and Karr, 1986). Bir başka çalışmada ise, merkezi Romanya'daki iki

farklı coğrafik bölgedeki balık kommunitelerine dayanarak biotik indeks geliştirme çalışmalarında bulunmuşlardır. 35 istasyonda 54 balık türü taksonomik tolerans, bolluk üreme ve beslenme gibi kriterler açısından değerlendirilmiştir (Angermeier ve Davideanu, 2004).

Bazı araştırmacılar Belçika'nın acı su ortamında balık biotik indeksinin kullanılması konusunda çalışma yapmışlardır. Zeeschelde lagününde 13 yıl boyunca yüzey sularda yaşayan balıklarla birlikte multimetrik ölçümler yaparak biotik indeks geliştirmişlerdir. İstasyonları seçerken öncelikle insan etkilerini gösterebilmesi açısından değerlendirmişlerdir. Habitat bozulmalarına karşıda balık biotik indeksinin çok başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir (Brain at all, 2010).

Bu çalışmada akarsuyun fiziko kimyasal özellikleri, makro bentik omurgasızlarına ek olarak su kalitesini belirlemede balıklar da kullanılacaktır. Çünkü biyolojik yöntemlerle izleme yapılması çevresel koşullar hakkında daha uzun süreli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar Biyolojik bütünlük indeksindeki kriterlere göre değerlendirilecektir. Akarsu ortamları için biyolojik indikatörler sistem incelemesinde kullanılan izleme programlarının çok önemli bileşenleridir. Akarsuların durumlarını ortaya koymayı amaçlayan izleme programlarının ayrılmaz bir bileşeni olarak biyolojik indikatörler kullanılır. Esasen bu biyosistem prosesi alanların çeşitli biyotik indeksler açısından sınıflandırılmasını ve akuatik organizma kommunitelerinin yapısal özelliklerin kıyaslanmalarına dayanır.

Doğal tatlı su kaynaklarının yenilenmeyen kaynaklar olduğu göz önüne alındığında, kalitelerindeki bozulmaların geri dönüşü olmayan zararlar vereceği kolayca görülmektedir. Su kalitesini belirleme, izleme ve su kaynaklarının planlanmasına ilişkin çalışmalarda sucul ortamın fiziksel kimyasal ve biyoloji özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi sağlıklı bir sonuca ulaşmaya yardımcı olabilir.

Su kalitesini belirleme çalışmalarında Avrupa'da 1980'lerin başından beri perifiton plankton ve taban büyük omurgasızlarını içeren 20 den fazla yöntem kullanılmaktadır. Bununla birlikte hem ülkemizde, hem de Avrupa'da balıklar üzerindeki hem toksik birikim hem de ağır metal birikimi ile ilgili çalışmalar da yapılmaktadır. Balıkların hem kolay yakalanabilir olması hem de kolay teşhis edilir olması balıklarla yapılacak çalışmaları kolaylaştırmaktadır (Angermeier ve Schlosser, 1989).

Temel biyolojik su kalitesi tayin yöntemleri, birçok ülkedeki limnolojik çalışmalarda kullanılmasına karşın, Türkiye kendi iç sularının kirliliğini belirlemek üzere geliştirilmiş bir biyolojik su kalitesi tayin yöntemine sahip değildir. Ekosistem kalitesinin değerlendirilmesi ve izlenmesinde Biyotik indekslerin kullanımı yakın bir geçmişe sahipken önemi gün geçtikçe artmaktadır. Balıklar bu indekslerde önemli indikatör organizmalar olarak düşünülmektedir. Türkiyede biyolojik indekslerin kullanımı henüz başlangıç aşamasında olup balıkların biyolojik element olarak kullanıldığı indeksler henüz kullanılmamıştır (Çiçek ve Birecikligil, 2015).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ülkemizde, son yıllarda biyolojik su kalitesi tayin yöntemlerinin kullanıldığı, limnolojik çalışmalarda bir artışın varlığı dikkati çekmektedir.

Girgin ve Kazancı (1994), Ankara Çayı'nda su kalitesini fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlerle belirlemiştir ve Ankara Çayı ve kollarına atık sularını bırakan sanayi kuruluşlarının akarsu üzerinde oluşturdukları kirlilik yükünü saptamışlar ve bu çalışmada bentik makroomurgasızları cins düzeyinde kullanmışlardır.

Barlas (1995), akarsu kirlenmesinin biyolojik ve kimyasal açılardan değerlendirilmesini ve bu amaçla ele alınan ölçütleri açıklamıştır. Ayrıca, bu çalışmada daha önce Avrupa da kullanılan biyolojik su kalitesi tayin yöntemlerinden biri olan Sabrobi indeksi hakkında da bilgi verilmiştir.

Dügel, 1995 yılında yapmış olduğu çalışmada Köyceğiz Gölü'ne dökülen Yuvarlakçay, Namnam ve diğer küçük derelerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik verileri kullanarak su kalitesi sınıflarını belirlemiştir. Dügel bu çalışmasında ayrıca, Yuvarlakçay üzerinde kurulu olan alabalık üretim çiftliğinin bentik makroomurgasızların dağılımı üzerine etkili olduğunu belirtmiş ve alabalık üretim çiftliğinin akarsu üzerinde kirlilik baskısı oluşturduğunu gözlemlemiştir.

Girgin ve Kazancı (1996), Kirmir Çayı'nda bentik makroomurgasızların dağılımı üzerine bir çalışma yapmış ve sulama suyu sınıflarına göre bu organizmaların dağılımını incelemişlerdir. Çalışma yapılan dönemde sulama suyu kalite sınıflarına göre dominant cinsleri saptamışlardır.

Kalyoncu ve Barlas (1997), Isparta Deresi'nde belirlenen epilitik diatomelerin su kalitesine bağlı olarak gelişimlerini incelemiştir. Uygulanan Sabrobi indeksine göre Isparta Dere'sinin su kalitesinin kaynak bölgesi hariç organik olarak kritik derecede kirlenmiş akarsu sınıfına dahil olduğunu belirtmiştir.

Girgin ve Kazancı (1997), Ankara Çayı'nda bentik makroomurgasızları ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmişler ve bentik makroomurgasız cinslerinin dağılımı üzerine etkili olan fiziko-kimyasal parametreleri ortaya koymuşlardır. Ayrıca istatistik analiz yöntemi kullanarak akarsudaki bentik makroomurgasızların dağılımını incelemişlerdir.

Girgin vd., (1997), Ankara Çayı'nı sulama suyu kalitesi açısından incelemiş ve akarsu üzerinden seçilen yirmi örnekleme noktasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik örnekleme yaparak yetmiş dört cinse ait 8918 birey toplamışlardır. Bu çalışmada, Belçika biyotik indeksi Türkiye'deki bir akarsuda ilk kez uygulanmıştır.

Kazancı ve Girgin (1998), sucul ekosistemlerin çevre kalitesi yönünden izlenmesinde kullanılan üç temel biyolojik yöntemi ve bu yöntemlerin kullanılmasını açıklamıştır.

Kazancı ve Dügel (2000), Köyceğiz-Dalyan özel çevre koruma bölgesinde bulunan Yuvarlakçay'ın su kalitesini bentik makroomurgasızları kullanarak belirlemiş ve Belçika Biotik indeksini kullanarak akarsu üzerinde seçilen sekiz örnekleme noktasının su kalitesi sınıflarını ortaya koymuşlardır. Buna göre akarsuda hem fiziko-kimyasal parametrelere hem de biyolojik verilere göre, akarsuyun orta derecede organik kirliliğe maruz kaldığını rapor etmişlerdir.

İmamoğlu (2000), Dipsiz-Çine Çayı'nda yapmış olduğu çalışmada Belçika Biotik İndeksi ve Saprobi İndeksini kullanarak akarsuyun su kalitesini belirlemiştir. Bu indeksleri uygularken bentik makroomurgasızları kullanmıştır. Hem fiziko-kimyasal hem de biyolojik açıdan Dipsiz-Çine Çayı'nın çok az kirlenmiş, az kirlenmiş ve orta derecede kirlenmiş su kalitesi sınıflarına dahil olduğunu rapor etmiştir.

Barlas vd., (2000), tarafından, Köyceğiz Gölü'ne dökülen önemli bir akarsu olan Yuvarlakçay'ın su kalitesi fiziko-kimyasal ve biyolojik parametreler açısından incelenmiş ve akarsu, su kalite sınıflarına ayrılarak akarsu üzerinde bulunan alabalık üretim tesisinin etkisi araştırılmıştır.

Barlas vd., (2001a), Muğla-Milas'ta bulunan Sarıçay üzerinde yapmış oldukları çalışmada epilitik diatomeleri kullanarak su kalitesini belirlemişlerdir . Bu taksonları kullanarak yapılan su kalitesi tayinine göre akarsu üzerinde seçilen üç örnekleme noktası iki farklı su kalitesi sınıfına ayrılmıştır. Fiziko-kimyasal verilere göre Sarıçay, üç farklı su kalitesi basamağında tespit edilmiştir.

Barlas vd., (2001b) yılında Muğla-Milas'ta bulunan Sarıçay'ın bentik makroomurgasız faunasını inceleyerek, su kalitesini fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden belirlemişlerdir. Fiziko-kimyasal verilerin Klee (1991)'e göre ve biyolojik verilerin saprobi indeksine göre değerlendirilmesi sonucunda, seçilen istasyonlarda 3 farklı kirlilik basamağı, BMWP skor sistemine göre ise akarsuda iki farklı su kalite sınıfı belirlenmiştir.

Barlas vd., (2002) Tersakan Çayı'nın (Muğla-Dalaman) su kalitesini bentik makroomurgasızları kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda Gastropoda, Hirudinea, Oligochaeta, Arachnida, Crustacea ve Insecta sınıflarına ait 73 takson saptanmış ve bu taksonlara ait organizmalar kullanılarak Tersakan Çayı'nın su kalitesi belirlenmiştir.

Yorulmaz vd., (2003) Dalaman Çayı'nın su kalitesinin biyolojik parametreler kullanılarak belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre Dalaman Çayı'nda henüz yoğun bir kirlilik söz konusu olmadığını, bunun sebebinin de akarsu civarında sanayi tesislerinin bulunmaması ve yerleşim birimlerinin az olması olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, Yapraklı, Suçatı ve Fevziye örnekleme noktalarında orta derecede bir kirliliğin olduğunu rapor etmişlerdir.

Duran vd., (2003), Kelkit Nehri'nin biyolojik çeşitliliğini ve su kalitesini incelemişler ve makroomurgasız ile fitoplankton komunitaslerinin zenginliğini araştırmışlardır. Ayrıca, biyolojik ve fiziko-kimyasal parametreleri kullanarak Kelkit Çayı'nın su kalitesini belirlemişlerdir. Fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalitesi tayin yöntemlerinin sonuçlarının birbirini destekler nitelikte olduğunu ve Kelkit Çayı'nın makroomurgasız ve fitoplankton komunitasleri açısından zengin olduğunu belirtmişlerdir.

Kiriş (2003), Muğla ve Denizli illerinin önemli bir akarsuyu olan Akçay üzerinde yapmış olduğu çalışmada akarsuyu fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak incelemiştir. Biyolojik parametre olarak bentik makroomurgasızları kullanmış ve üç ayrı yöntem (Sabrobi, FBI ve BBI) uygulamıştır. Yapılan değerlendirmelere göre Akçay'ın yoğun bir kirlilik tehlikesi ile karşı karşıya olmadığını belirtmiştir. Ancak Beyağaç ilçesine ait evsel atıkların doğrudan akarsuya verildiği örnekleme noktasında bir kirliliğin varlığına değinmiştir.

Kara ve Çömlekçioğlu (2004), Karaçay'ın kirlilik düzeyini üç örnekleme noktası seçerek araştırmışlar ve akarsuyun evsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklı yoğun bir kirlilik baskısı altında bulunduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında oluşan kirlilikten sucul organizmaların önemli derecede etkilendiğini vurgulamışlardır. Özellikle akarsu üzerinde seçmiş oldukları üçüncü örnekleme noktasında yoğun bir kirliliğin bulunduğunu, bu nedenle de sucul organizmaların hemen hemen hiç bulunmadığını ifade etmişlerdir.

Külköylüoğlu (2004), Bolu bölgesindeki değişik sucul habitatlarda Ostracoda sınıfının üyelerini indikatör olarak kullanmış ve kirlilik baskısı altında bulunan sucul habitatların çevresel değişimlere duyarlı olan organizmaların kullanılarak izlenebileceğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, ayrıca onsekiz denizel olmayan ostracod türünü teşhis etmiş, bazı türlerin kozmopolit dağılım gösterdiğini, bazı türlerinde daha az toleranslı olduğunu belirtmiştir.

Öz ve Şengörür (2004), Melen Çayı ve kollarının su kalitesini BMWP, TBI ve BBI yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre Melen Çayı bir çok kirlletici unsur tarafından etkilenmektedir. Birinci örnekleme noktasının en yüksek ve beşinci örnekleme noktasının en düşük su kalitesi sınıfına dahil olduğunu ifade etmişlerdir.

Gülboy (2004), yapmış olduğu çalışmada, Isparta deresi ve bazı yan kollarında su kalitesini biyolojik ve fiziko-kimyasal özelliklerini ele alarak değerlendirmiş ve çalışma alanı üzerinde üç farklı su kalitesi basamağı olduğunu belirlemiştir. Biyolojik su kalitesi tayini için makroomurgasızları kullanarak Sabrobi İndeksi yöntemini kullanmıştır.

Kalyoncu vd., (2005), Aksu Çayı su kalitesi üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik araştırmalar yapmış ve Aksu Çayı üzerinde seçilen ikinci ve üçüncü örnekleme noktalarının yoğun bir kirlilik baskısı altında bulunduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedeninin de Isparta ilinin çöp toplama merkezinden sızan atık suların bu örnekleme noktalarında akarsuya karışması olduğunu rapor etmişlerdir.

Uyanık vd., (2005), bentik makroomurgasızları kullanarak Eğri Deresi üzerinde üç farklı biyolojik su kalitesi tayin yöntemi uygulamışlardır. Bunun yanı sıra fiziksel ve kimyasal su kalitesi değerlendirmesi de yapmışlardır. Birinci örnekleme noktasının

en yüksek su kalitesi sınıfında bulunduğunu ve organik maddenin sınırlı olmasından dolayı en düşük tür sayısının bu örnekleme noktasında bulunduğunu belirtmişlerdir.

Su kalitesini belirleme, izleme ve su kaynaklarının planlanmasına ilişkin çalışmalarda sucul ortamın fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi sağlıklı bir sonuca ulaşmaya yardımcı olabilir.

Su kalitesini belirleme çalışmalarında Avrupa’da 1980’lerin başından beri perifiton plankton ve taban büyük omurgasızlarını içeren 20’den fazla yöntem kullanılmaktadır. Bununla birlikte hem ülkemizde hem de Avrupa’da balıklar üzerindeki hem toksik birikim, hem de ağır metal birikimi ile ilgili çalışmalarda yapılmaktadır. Balıkların hem kolay yakalanabilir olması hem de kolay teşhis edilir olması balıklarla yapılacak çalışmaları kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışma Muğla Köyceğiz havzasında önemli bir akarsu konumundaki Namnam Çayı üzerinde yapılmıştır. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa fiziko-kimyasal özellikler, bentik makroomurgasızlar ve balıklar kullanılarak bir akarsuyun su kalitesi karşılaştırmalı olarak ortaya konulacaktır. Sonuç olarak yeni bir yaklaşımla akarsularda su kalitesi izleme çalışmalarına bir yenilik getirilmiş olacaktır.

3. MATERYAL METOT

3.1. Namnam Çayı

Namnam Çayı, Muğla il sınırları içinde yer almakta olup, Ula İlçesi'nin 5-6 km. kuzey doğusundan başlayıp önce kuzey doğudan güney batıya, sonra güney batıdan güney doğuya doru akarak Günlük Düveç yöresinde Köyceğiz gölüne dökülür. Uzunluğu 30 km kadardır. Namnam Çayı kışın ve ilkbaharda taşkınlarına sebep olmaktadır. Yazın ise suyu iyice azalmaktadır. Kış ve İlkbahar aylarında artan rejimi, yaz aylarında kuraklık ve şiddetli buharlaşma ile çok azalma olarak kendini gösterir (Anonim, 2011). Namnam Çayı'nın debisi oldukça değişkendir. Debi özellikle yağışlı mevsim olan Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında artmaktadır (Gürel vd. 1994). Namnam Çayı'nın ana kolunun uzunluğu, 13 km civarında, genişliği ise genellikle 25–30 m civarındadır. Taşkınların olmadığı normal akım şartlarında, en geniş yeri ise 50 m'ye yakındır.

3.1.1. İstasyon I örnekleme noktası

Akarsu kaynağına en yakın istasyon olup yıl boyunca su akıntısı mevcuttur. Namnam Çayı'nın kuzey batısında bulunan yan kol üzerinde yer almaktadır. Anakol ile birlikte en önemli yan kol konumunda olan bölgeden bir istasyon belirleme ihtiyacı görüldüğü için bu istasyon seçilmiştir. Dere yatağı iri çakıllıdır. Etrafında çok yıllık iri ağaçlar bulunmaktadır. Akarsu genişliği 5 m civarında, akarsu derinliği ise 50 cm ile 1 m arasındadır. İri taşlar ve büyüklü küçüklü çakıllarla kaplı olup hızlı bir akış mevcuttur. Yağışın çok olduğu dönemlerde sel ve taşkınların görüldüğü bu istasyonun bitişiğinde yerel bir kır lokantası mevcuttur (Şekil 3.1.). Çalışma süresi boyunca balık, su ve bentik örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3.1. İstasyon I.

3.1.2. İstasyon II örnekleme noktası

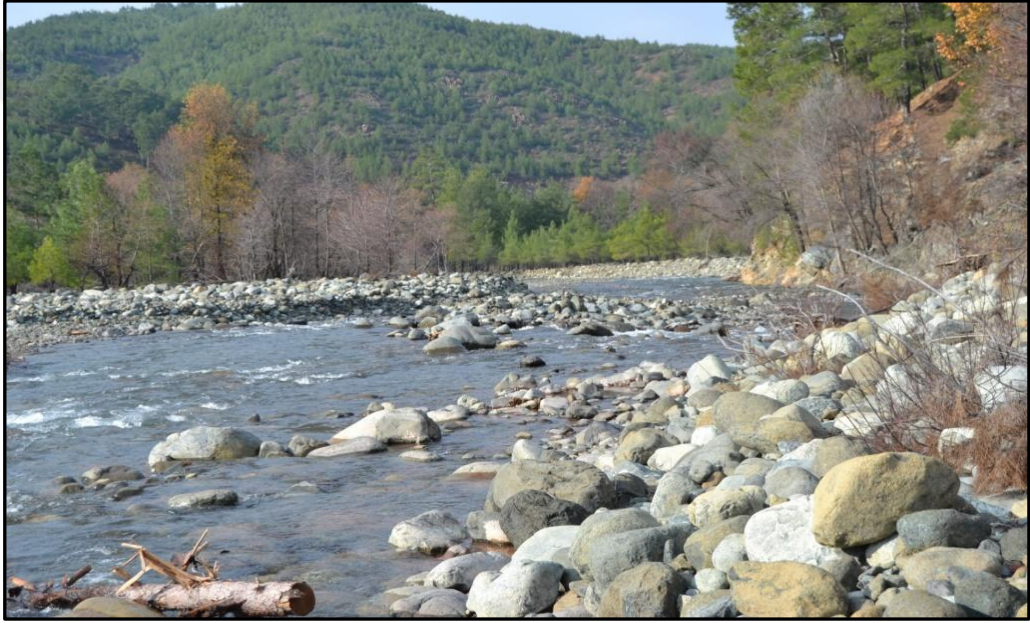
Ana kaynağa en yakın ve ana kol üzerinde bulunan istasyon konumundadır. Akarsu yatağında irili ufaklı çakıllar ve iri kayalar mevcuttur. Tüm akarsu yatağı 25-30 m genişlikte, örnekleme yapılan dönemlerde ise ortalama akarsu genişliği 7-10 m görülmüştür. Yıl boyu su akıntısı mevcuttur. Derinlik 70 cm ile 110 cm arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.2.). Tüm çalışma boyunca su, bentik organizma ve balık örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3. 2. İstasyon II.

3.1.3. İstasyon III örnekleme noktası

Akarsu yatağı boyunca kaynak bölgesi ile kurak sezonda su akışının görülmediği bölge olan İstasyon IV arasında seçilen örnekleme noktasıdır. Akarsu yatağı 10-20 m arasında değişmekte ve küçük kayalar ve büyük çakıllarla kaplı bulunmaktadır. Suyun aktığı alan 7-10 m arasında, su derinliği 30-110 cm arasında ölçülmüştür (Şekil 3.3.). Tüm çalışma boyunca su, bentik organizma ve balık örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3.3. İstasyon III.

3.1.4. İstasyon IV örnekleme noktası

Namnam Çayı'nın yaz aylarında yatağının kuruduğu ve su akışının tamamen kesildiği bölgede seçilmiştir. Akarsu yatağı 120-150 m arasında ölçülmüştür. Akarsu tüm yatağa yayılmış durumda küçük kollar halinde yayılmış ve su derinliği 10-50 cm arasında değişim göstermektedir. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su yeraltında kalmakta ve yağışların azlığına bağlı olarak kurak bir görüntü oluşmaktadır (Şekil 3.4.). Ayrıca bu bölgede bulunan kum ocağı akarsu yatağında ciddi olumsuzluklara neden olmaktadır. Su olduğu dönemlerde örnekleme yapılabilmektedir.



Şekil 3.4. İstasyon IV.

3.1.5. İstasyon V örnekleme noktası

Namnam Çayı ile Köyceğiz Gölü'nün birleşme yeri olan akarsuyun mansap bölgesindedir. Zemin nadiren çakıllı çoğunlukla kumluk ve çamurla kaplı durumdadır. Akarsu yatağı oldukça geniş ve durgun bir görüntü göstermektedir. Ayrıca yoğun alg oluşumları görülmektedir (Şekil 3.5.). Etrafta ekili araziler ve meyve bahçeleri, özellikle narenciye alanları bulunmaktadır. Yaz aylarında sulama için su ve dere yatağından kum alınmakta, bu durumda akarsu yatağında bozulmalara yol açmaktadır.



Şekil 3.5. İstasyon V.

3.2. Fiziko-kimyasal Özellikler Ve Değerlendirilmesi

3.2.1. Su örneklerinin alınması ve saklanması

Polietilen örnek alma kapları kullanılarak, akarsuyun elden geldiğince ortasına yakın olan kesiminden, kimyasal analizler için 1 litre su örneği alınmıştır. Örnek alımları Kasım 2012 ve Ekim 2013 tarihleri arasında bütün örnekleme noktalarından ikişer aylık periyotlarla, her örnekleme noktası için aynı saatlerde olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ancak mevsimsel şartlara ve akarsuyun yapısına bağlı olarak, bazı örnekleme noktalarından örnekleme yapılamamıştır.

Su Sıcaklığı (°C) ve Çözünmüş Oksijen (O_2 mg/l) ve Oksijen Doygunluğu (%) Oxi 330i/ SET WTW marka oksijenmetre ile arazide ölçülmüştür. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5 mg/l), Şilifli cam şişelere alınan su numuneleri, 20°C’de inkübatör kullanılarak karanlık ortamda bekletilip, oksijenmetre ile 5 gün sonra ölçüm yapılmıştır.

pH Hanna HI 8314 marka pH metre ile, Elektriksel iletkenlik ($\mu S\ cm^{-1}$) 330/Set WTW marka konduktivimetre kullanılarak arazide ölçülmüştür. Toplam sertlik (°dH): EDTA titrimetrik metotla laboratuvar ortamında ölçülmüştür ($1^\circ f = 0.56^\circ dH$, $1^\circ dH = 1.78^\circ f$) ve su sertliği sınıflandırması Klee (1990)’a göre yapılmıştır.

Amonyum azotu (NH_4-N mg/l): Nessler reaktifi kullanılarak 405 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Nitrit azotu (NO_2-N mg/l): NED (Naftiletilediamin) metodu ile Aqualytic marka kitler kullanılarak spektrofotometrik olarak laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Nitrat azotu (NO_3-N mg/l): 2-6 difenol metodu ile Aqualytic marka kitler kullanılarak spektrofotometrik olarak laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Orto-fosfat iyonu (PO_4-P mg/l) Phosphomolybden mavisi kompleksi oluşturularak, spektrofotometrede kolorometrik olarak 890 nm dalga boyunda laboratuvar ortamında ölçülmüştür.

3.2.2. Fiziko-kimyasal ölçümlerin değerlendirilmesi

Çevre Bakanlığı 2872 Sayılı Çevre Kanunu'na ek olarak hazırlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKKY 2008) göre kıta içi su kaynakları fiziko-kimyasal veriler kullanılarak dört kalite sınıfında değerlendirilmektedir (Resmi Gazete, 2008). Çizelge 3.1'de bu çalışmada ölçülen parametreler verilmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Kıta içi su su kaynakları sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY 2008).

Parametre/Kalite Sınıfı	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	25	> 30
pH	6,5–8,5	6,5–8,5	6,0–9,0	>6,0–9,0<
Çözülmüş oksijen (O ₂ mg L ⁻¹)	8	5	3	< 3
Biyolojik oksijen ihtiyacı (mg L ⁻¹)	4	8	20	> 20
Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	< 40
Amonyum azotu (NH ₄ -N mg L ⁻¹)	0,2	1	2	>2
Nitrit azotu (NO ₂ -N mg L ⁻¹)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
Nitrat azotu (NO ₃ -N mg L ⁻¹)	5	10	20	> 20
Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65

Su ortamlarının kalite sınıflandırılmasına göre 4 basamağa ayrılan sınıfların anlamları aşağıdaki gibidir; Sınıf I: Yüksek kaliteli su, Sınıf II: Az kirlenmiş su, Sınıf III: Kirli su ve Sınıf IV: Çok kirlenmiş su.

Sınıf I'e ait olan yüksek kaliteli sular yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi hayvan üretimi ve çiftlik suyu ihtiyacı için kullanılır. Sınıf II'e ait olan az kirlenmiş sular ise ileri ve uygun bir arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışındaki diğer balıkların üretimi ve sulama suyu olarak kullanılır. Sınıf III'e ait olan kirlenmiş sular ise uygun bir arıtmadan sonra, kaliteli su kullanımını gerektirmeyen endüstriyel aktiviteler için kullanılır. Sınıf IV'e ait çok kirlenmiş sular ise düşük kaliteli suları ifade eder ve kullanım alanı yoktur.

Fiziko-kimyasal açıdan su kalitesi ayrıca Klee (1991)'ye göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Farklı kirlenme basamaklarının istatistiki ortalama değerlerine göre kimyasal parametreleri konsantrasyon dağılımı (Klee 1991).

Kirlenme Basamakları	Org. Karbon	Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Amonyum azotu NH₄-N	Nitrit azotu NO₂-N	Nitrat azotu NO₃-N	Orto Fosfat fosforu PO₄-P
I	1,6	1,1	0,08	0,006	1,2	0,06
	1,3–2,0	0,7–1,9	0,06–0,15	0,003–0,010	0,8–1,8	0,003–0,09
I-II	1,9	1,8	0,11	0,013	1,7	0,08
	1,4–2,4	1,2–2,8	0,09–0,21	0,008–0,033	1,0–3,9	0,04–0,21
II	2,3	3,2	0,16	0,03	3,0	0,19
	1,8–3,1	2,1–5,8	0,11–0,30	0,018–0,055	1,9–4,7	0,09–0,38
II-III	2,7	6,2	0,4	0,055	3,9	0,3
	2,1–3,3	4,1–7,8	0,14–0,8	0,025–0,104	2,4–6,4	0,09–0,82
III	3,8	9,9	0,9	0,11	4,4	1
	2,8–6,5	5,2–11,6	0,3–2,9	0,056–0,21	2,9–7,3	0,48–1,35
III-IV	5,4	10,8	2,48	0,19	7,0	1,7
	3,5–8,8	6,2–12,3	0,6–5,52	0,092–0,280	3,8–12,2	0,72–1,98
IV	9,4	14,2	12,2	0,28	2,6	2,48
	8,7–10,5	7,9–17	2,8–28	0,06–0,45	1,5–5,2	1,1–3,0

3.3. Bentik Makroomurgasızların Toplanması Ve Teşhisi

Bentik makroomurgasız örnekleri, tabanda bulunan kaya, taş, çakıl parçalarının altının ve sucul bitkilerin arasının, 50x30 ebadında demirden yapılmış ve 500 µm gözenek açıklığı olan tül geçirilmiş saplı bentik kepçesi ile yaklaşık 20 dakika ve örnekleme noktası çevresinde 100 m’lik bir bölümde tarama yapılması ile toplanmıştır. Toplama işlemi yapılırken kepçe akıntının ters yönünde dik olarak suda tutulmuş ve bentik kepçesinin önündeki taşlar yerlerinden oynatılarak veya ayakla karıştırılarak organizmaların akıntı ile beraber kepçede toplanması sağlanmıştır (Plafkin, et al., 1989).

Bir litrelik cam kavanoza aktarılan örnekler, arazide %70’lik alkolle tespit edilerek en kısa sürede laboratuara taşınmıştır. Önce kavanozdaki örnekler bitki artıklarından (yaprak, dal ve diğer bitki parçaları) ve diğer yabancı maddelerden arındırılmıştır. Bu aşamada organizmalar gruplandırılmıştır. Daha sonra gruplandırılan bu organizmalar, en alt taksonomik basamağa kadar teşhis edilmeye çalışılmıştır. Teşhis için Olympus

marka stereo ve araştırma mikroskopları kullanılmıştır. Teşhisi yapılan örnekler %70'lik etil alkolde standart koleksiyon materyali tipinde karanlık ortamda korunmaya alınmıştır ve Muğla Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarında saklanmaktadır.

Toplanan bentik makroomurgasızların teşhisi için kullanılan kaynaklardan; Schumacker (1970), Kimmins (1972), Belfiore (1983), Tercedor (1983), Kazancı (1985a), Berner and Pescador (1987), Eliot, et. al., (1988), Kazancı (1990), Tercedor (1990), Tanatmış (1993), Haybach (1999), Belfiore et. al. (2000), Haybach and Thomas (2000) sadece Ephemeroptera takımının teşhisinde kullanılmıştır. Illies (1955), Hynes (1977) sadece Plecoptera takımının teşhisinde kullanılmıştır. Brauer (1909) sadece Coleoptera takımının teşhisinde kullanılmıştır. Ulmer (1961), Higler (1978), Jansson and Vuoristo (1979), Brohmer (1979), Edington and Hildrew (1981), Morse (1983), Wallace et. al. (1990) sadece Trichoptera takımının teşhisinde kullanılmıştır. Demirsoy (1982), Stobbe (1985) ve Askew (1988) Odonata takımının teşhisinde kullanılmıştır.

3.3.1. Belçika biyotik indeksi (Belgian Biotic Index = BBI)

Su kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri de Belçika Biyotik İndeksidir. Bu yöntemde akarsulardan toplanmış makrozoobentik organizmaların familya, cins veya tür düzeyinde teşhis edilerek, değerlendirilmesi ile uygulanmaktadır. Ancak organizmalar sayısal olarak indekste değerlendirmeye alınmayıp toplanan materyaldeki kirliliğe hassas gruplar ile komponent grupların sayısı indeksin temelini oluşturur (De Pauw and Vanhooren, 1983).

Bu indekste teşhis edilen sistematik birimlerin kullanma düzeyleri farklı taksonomik düzeylerde gerçekleşmektedir (Çizelge 3.3.). İndeksin sınırları 0–10 arasında değişmektedir (Çizelge 3.4.). Yüksek indeks değerleri daha duyarlı grup ve sistematik birimlerin varlığını göstermektedir (Kazancı ve vd., 1997).

Çizelge 3.3. Belçika biyotik indeksi taksonomik düzeyleri.

Taksonomik Grup	Sistematik Birimlerin Teşhis Düzeyi
Plathelminthes	Cins
Oligochaeta	Familya
Hirudinea	Cins
Mollusca	Cins
Crustacea	Familya
Plecoptera	Cins
Ephemeroptera	Cins
Trichoptera	Familya
Odonata	Cins
Megaloptera	Cins
Hemiptera	Cins
Coleoptera	Familya
	Familya
Diptera	Chironomidae <i>thummi- plumosus</i> Chironomidae <i>thummi- plumosus</i> dışı
Hydracarina	Bulunurluk

Çizelge 3.4. Belçika biyotik indeksine göre su kalite sınıfları (De Pauw and Vanhooren, 1983).

Sınıf	Biyotik İndeks değeri	Renk	Renklerin Anlamı
I	10-9	Mavi	Hafif kirlenmiş veya değil
II	8-7	Yeşil	Hafif kirlenmiş
III	6-5	Sarı	Orta derecede kirlenmiş, kritik durum
IV	4-3	Turuncu	Yoğun kirlenmiş
V	2-0	Kırmızı	Çok yoğun kirlenmiş

3.3.2. Baskınlık analizi

Bir tür, kommunitenin öteki türleri üzerinde oransal bir denetim yeteneğine sahipse o türe dominant tür veya baskın tür denir. Dominant organizma türü kommunitenin en belirgin canlısıdır. Baskınlık bir türe ait birey sayısı ile tüm türlere ait toplam birey sayısı arasındaki oranın yüzde (%) ile anlatımıdır (Kocataş, 1997) (3.1).

$$\text{Baskınlık analizinin formülü: Baskınlık} = \frac{N_A}{N_N} \times 100 \quad (3.1.)$$

NA= A türüne ait birey sayısı, NN= Tüm örneklere ait birey sayısı

3.4. Balıkların Yakalanması Ve Teşhisi

Akarsuda belirlenen 5 ayrı istasyonda ikişer aylık periyotlarla örnekleme yapılmıştır. Her istasyonda balıklar elektro şoker kullanılarak suyun akışının tersine olarak 100 m'lik mesafenin 20 dakika süre içinde taranması ile yakalanmıştır. Yakalanan balıkların taksonomik teşhisleri; Geldiay ve Balık 1988; Kuru 2004; ve Kuru vd., 2014'e göre yapılmıştır. Balık örnekleri inceleme yapılincaya kadar %4'lük formaldehitte bekletilmiştir.

3.4.1. Balık biyotik indeksi

Canlılığın gerekliliği olarak canlı organizma, yaşama ortamının dengesini bozan her etmene karşı cevap verir. Canlıların bu temel özellikleri çevre kalitesini belirleme ve izleme çalışmalarına biyolojik yöntemlerin kullanımını gerektirir. Balıklar biyolojik izleme programlarında kullanılmaları için sayısız avantajlara sahiptirler. Bu grubun bireyleri hareketli ve büyük olduğu için biyolojik izlemede uygun olmadığı düşünülse bile aşırı kirlilik sonucu ölen balıkların akarsu veya göl kenarlarında görülmeleri son aşamadaki yoğun kirliliğin çarpıcı göstergesidir. Ancak balıklardaki trofik düzeyler bize gösterir ki, kirlilik bu boyuta gelmeden önlem alınmalıdır.

Balıkları kullanmanın birçok avantajı vardır. Pek çok balığın hayat hikayesi oldukça kapsamlı olup, sucul ortam hakkında bilgi verir. Balık komüniteleri genellikle farklı trofik seviyelerdeki balık türlerini içeren genişliktedir. Hem karasal, hem sucul ortamdan besinlerini alırlar. Besin zincirinin en tepesinde olduklarından dolayı omurgasızlara göre su ortamına daha geniş bakış açısı sağlar. Balıklar nispeten kolay teşhis edilir. Bu konudaki bilgi sahibi olanlar az bir tecrübeyle bunu yaparlar. Toksikoloji testleri, stresin büyüme ve üremenin üzerine olumsuz etkileri hesaplanabilir. Dikkatli laboratuvar denemeleri ile büyüme gelişme dinamikleri açısından faydalı bilgiler sunar. Balıklar ortamda her zaman mevcuttur. Küçük derelerde ve çok kirli sularda bile her zaman balık bulunabilir. Sonuç olarak balıklardan elde edilen sonuçlar diğer kategorilerde uygulama olarak sunulabilir.

Tüm bu verilerin değerlendirilmesi sonucu akarsular için aşağıdaki balık indeksi ortaya çıkmıştır (Karr, 1981).

Çizelge 3.5. Balık biyotik indeksi ve kalite sınıfları.

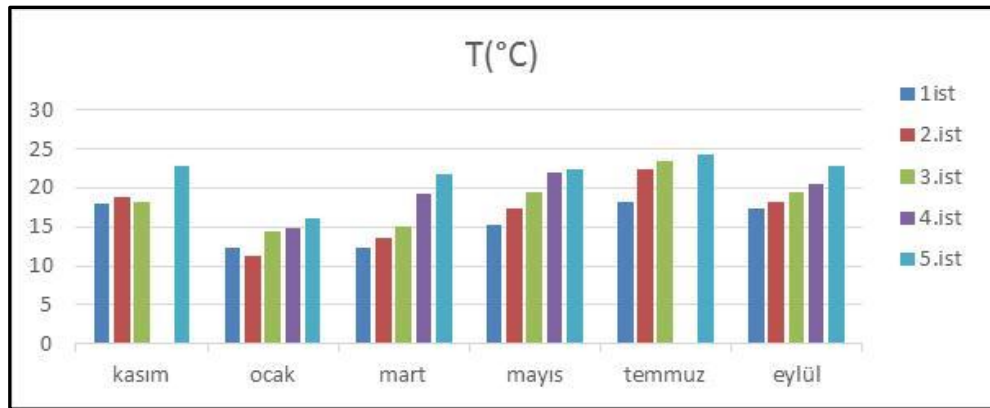
Mükemmel I	Hiç insan etkisi olmayan mükemmel ortamlar, Habitat ve akarsu uzunluğuna göre beklenen tüm türler, toleransı az olan türleri içerir, dengeli trofik yapı ve her yaş düzeyinde birey mevcuttur.
Çok İyi II	Biyolojik tür zenginliği düşmüştür. Toleransı az olan türler kayıptır. Bazı türler en uygun bolluk ve dağılımda daha azdır. Trofi seviyesi stres ve bazı uyarılar gösterir.
İyi III	İntolerant formlar daha azdır. Trofik yapı daha da bozulmuştur. Omnivorlar artmıştır. Yaşlı bireyler azalmıştır.
Fakir IV	Omnivorlar dominanttır. Kirliliğe toleranslı bireyler çoktur. Her türlü ortamda barınabilen türler yaygındır. Çok az karnivor kalmıştır. Büyüme oranları ve kondisyon şartları gerilemiştir. Hibritler ve hastalıklı bireyler mevcuttur.
Çok Fakir V	Birkaç tür balık vardır. Bunlar ya toleranslı ya da aşılانmış türlerdir. Hibrit türler yaygındır. Hastalıklar, parazitler, yüzgeç hasarları ve diğer anormallikler sık ve düzenli görülmeye başlamıştır.
Balıksız Bölge VI	Tekrarlı örneklemelelere rağmen balık yakalanamaz

4. BULGULAR

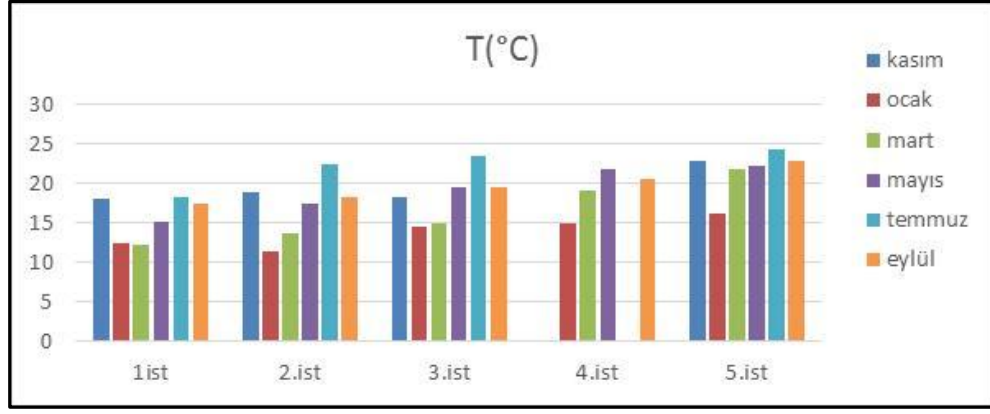
4.1. Fiziko-kimyasal Parametreler

4.1.1. Sıcaklık

Namnam Çayı'nda su sıcaklığına bakıldığında en yüksek su sıcaklığı 11.3°C-24.3°C aralığında ölçülmüştür. Temmuz ayında İstasyon V'de 24.3°C, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında 11.3°C ile İstasyon II'de ölçülmüştür. En değişken ölçümler Mart ayında 15-21.8°C olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar bazında en değişken istasyonlar, Ocak ayında 12°C ve Temmuz ayında 21.8°C ile İstasyon II olarak belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda yıllık ortalama sıcaklık ise sırasıyla; 15.5°C, 16.9°C, 19.0°C, 19.1°C, 18.6°C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık değişimleri istasyonlara (Şekil 4.1.) ve aylara göre (Şekil 4.2.) aşağıda verilmiştir.



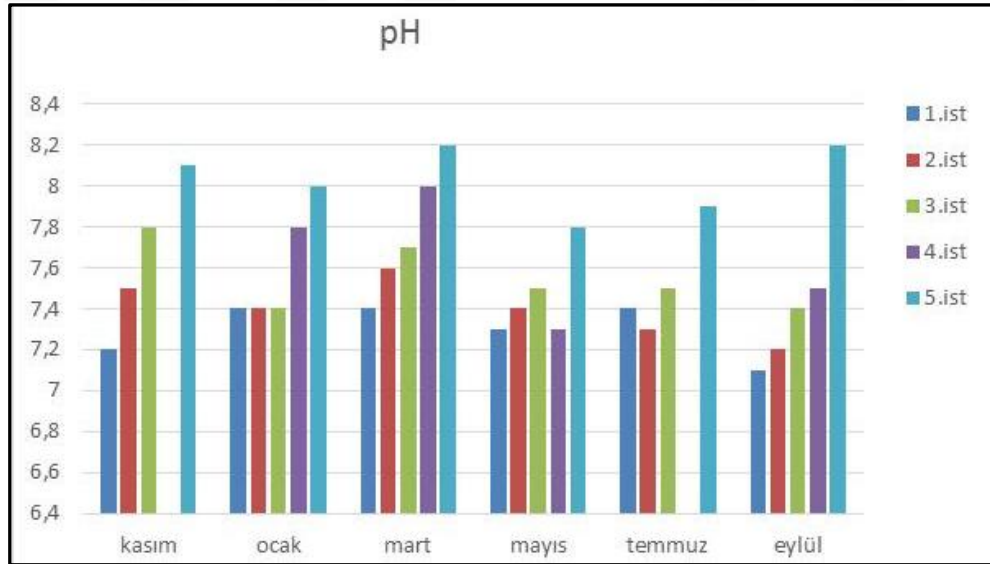
Şekil 4.1. İstasyonlara göre yıllık sıcaklık değerleri (°C).



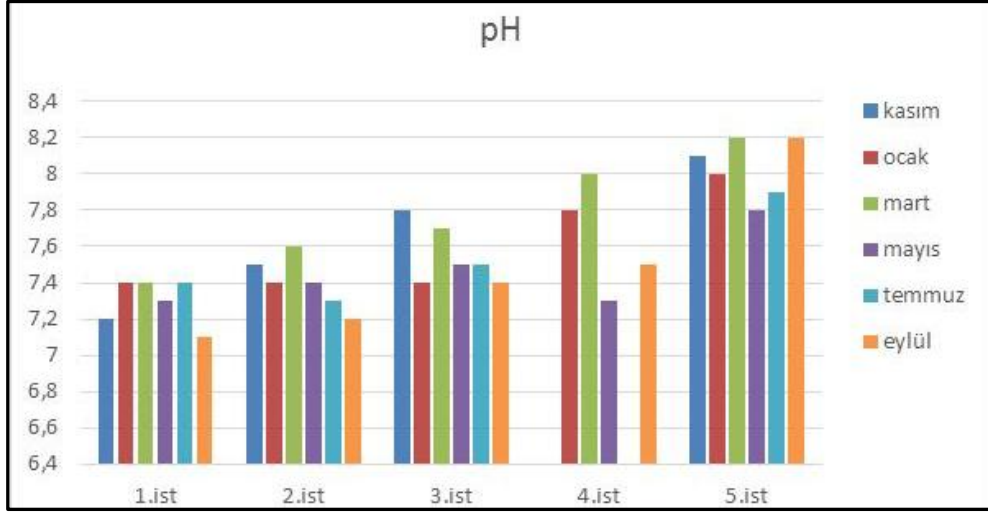
Şekil 4.2. Aylara göre yıllık sıcaklık değerleri (°C).

4.1.2. pH

Namnam Çayı'nda belirlenen istasyonlarda yapılan pH, 7.1-8.2 aralığında ölçülmüştür. Ölçümlerin sonucu yıllık ortalama değer 7.41 olarak belirlenmiştir. En yüksek değer Mart ayında İstasyon V'de 8.2 olarak, en düşük değer ise Eylül ayında İstasyon I'de 7,1 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.3.). pH değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.3.) ve aylara göre (Şekil 4.4.) aşağıda verilmiştir.



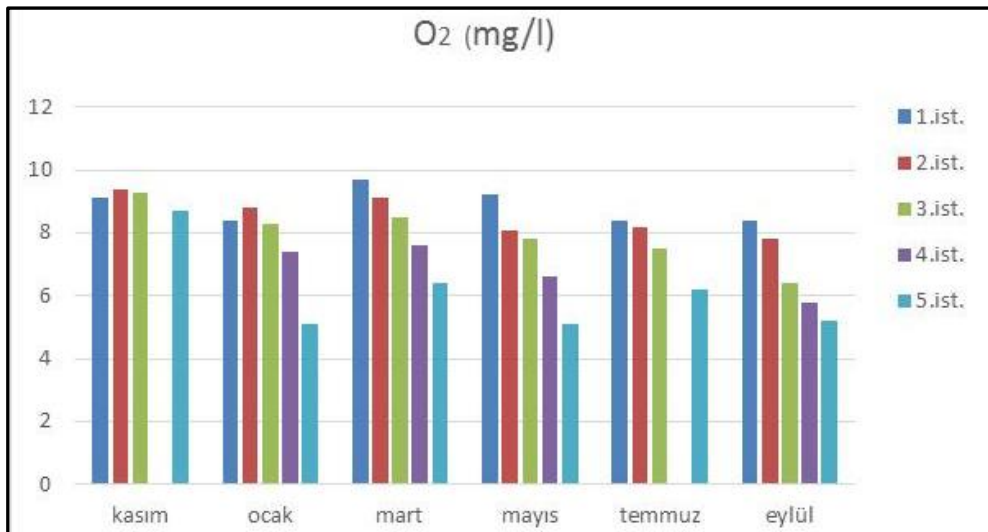
Şekil 4.3. İstasyonlara göre yıllık pH değerleri.



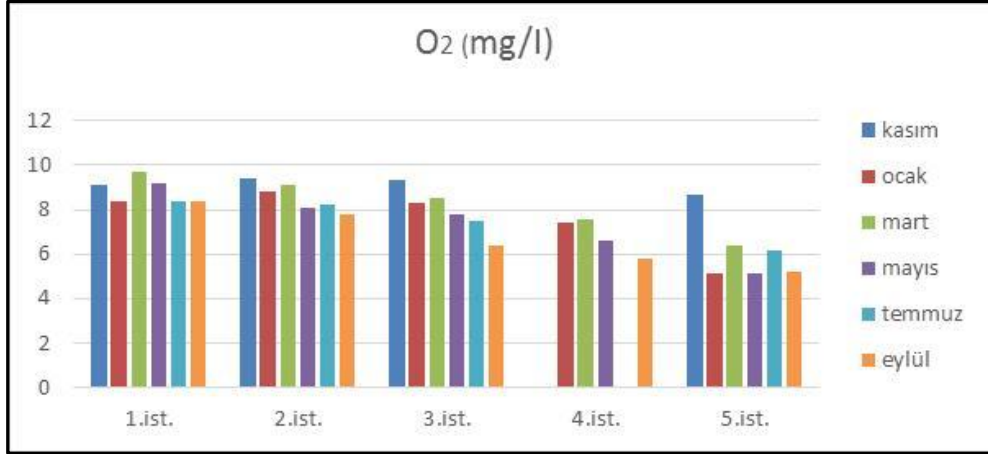
Şekil 4.4. Aylara göre yıllık pH değerleri.

4.1.3. Çözünmüş oksijen (O_2 mg/l)

Namnam Çayı'nda çözünmüş oksijen 5.1 ile 9.7 arasında ölçülmüştür. Tüm dönemlerdeki ölçümlere bakıldığında en yüksek değer Mart ayında İstasyon I'de 9.7 mg/l olarak en düşük ise Ocak ve Mayıs ayında 5.1 mg/l ile İstasyon V'de ölçülmüştür. En değişken ölçümler Mart ayında 9.3-6.4 mg/l olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar bazında en değişken istasyon İstasyon III olarak tespit edilmiştir. İstasyonlara göre ortalama değerler ise; 8.8 mg/l, 8.5 mg/l, 7.9 mg/l, 6.8 mg/l, 6.1 mg/l ve yıllık ortalama değer ise 7.7 mg/l olarak ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.5.) ve aylara göre (Şekil 4.6.) aşağıda verilmiştir.



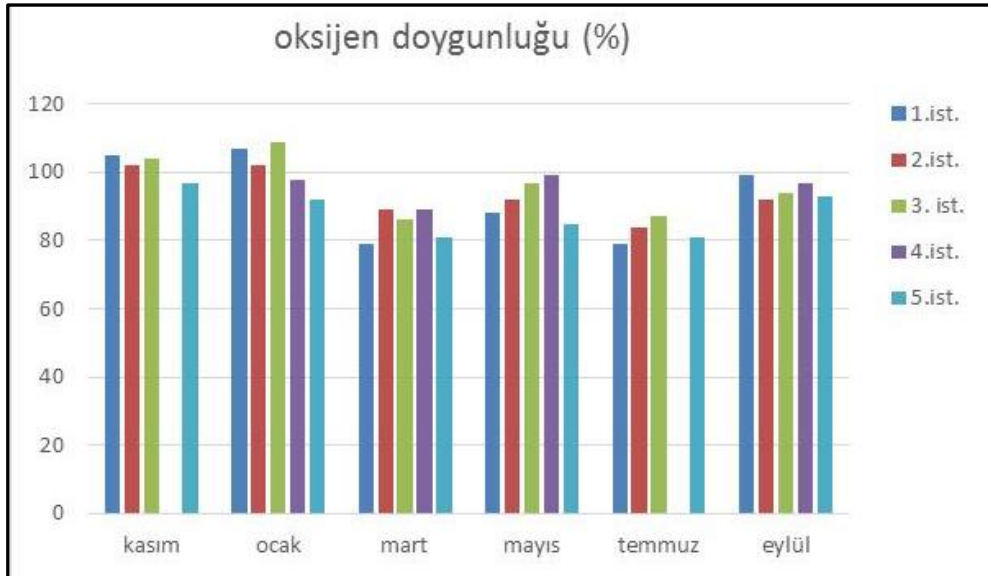
Şekil 4.5. İstasyonlara göre yıllık çözünmüş oksijen değerleri (O_2 mg/l).



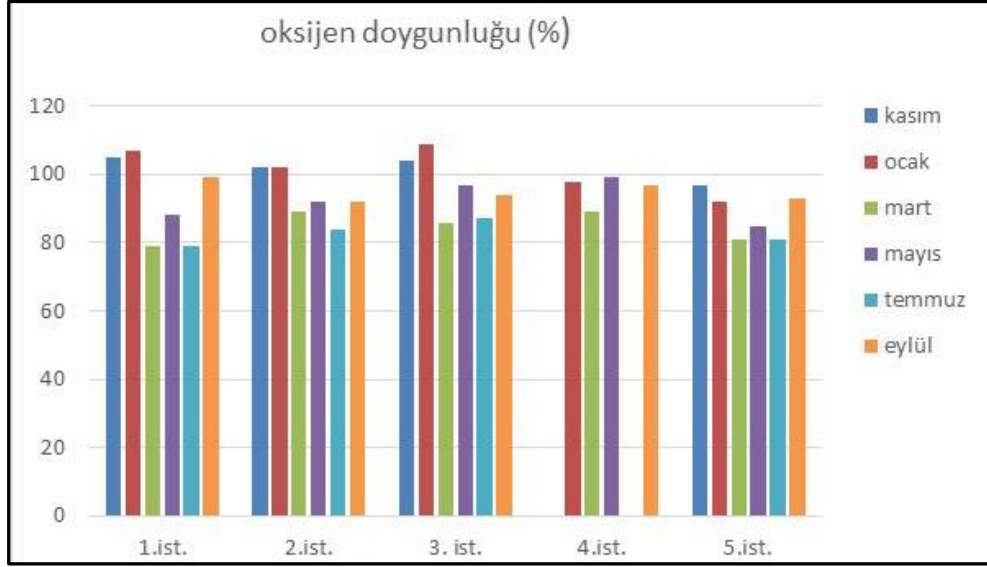
Şekil 4.6. Aylara göre yıllık çözünmüş oksijen değerleri (O₂ mg/l).

4.1.4. Oksijen doygunluğu (%)

Namnam Çayı'nda oksijen doygunluğuna bakıldığında %81-%109 aralığında ölçümler yapılmış olup, yıllık ortalama %91 olarak tespit edilmiştir. Ocak ayında İstasyon III'de en yüksek değeri %107 olarak tespit edilmiş olup en düşük değeri ise Mart ayında İstasyon I'de %79 olarak belirlenmiştir. Oksijen doygunluğu değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.7.) ve aylara göre (Şekil 4.8.) aşağıda verilmiştir.



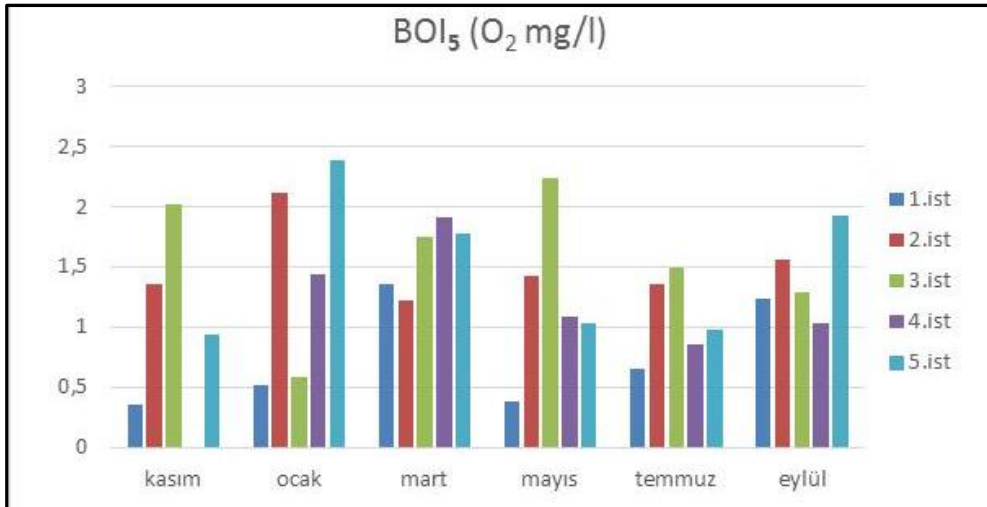
Şekil 4.7. İstasyonlara göre yıllık oksijen doygunluğu değerleri (%).



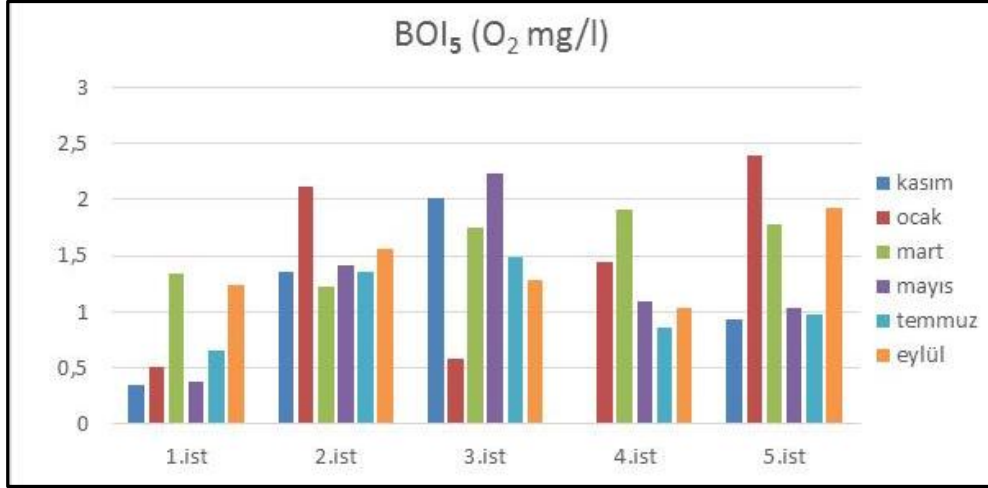
Şekil 4.8. Aylara göre yıllık oksijen doygunluğu değerleri (%).

4.1.5. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5 O_2 mg/l)

Namnam Çayı'nda biyolojik oksijen ihtiyacına bakıldığında 0.35 mg/l-2.39 mg/l arasında ölçümler yapılmış olup, yıllık ortalama 1.3 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mikroorganizmaların tükettiği oksijen ihtiyacı olan BOI_5 Ocak ayında İstasyon V'de en yüksek değeri 2.3 mg/l olarak tespit edilmiş olup, en düşük değeri ise Mayıs ayında İstasyon I'de 0.35 O_2 mg/l olarak belirlenmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.9.) ve aylara göre (Şekil 4.10.) aşağıda verilmiştir.



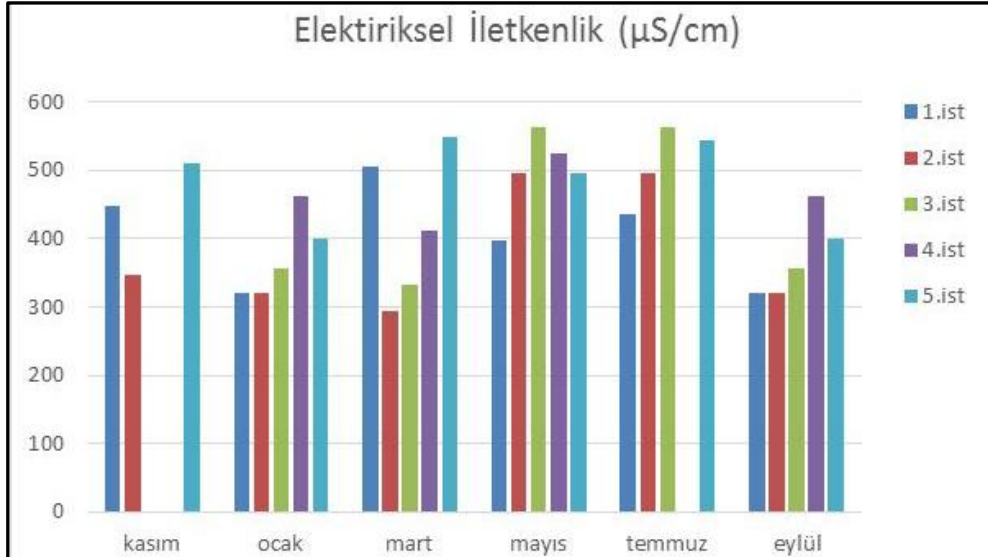
Şekil 4.9. İstasyonlara göre yıllık biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri (O_2 mg/l).



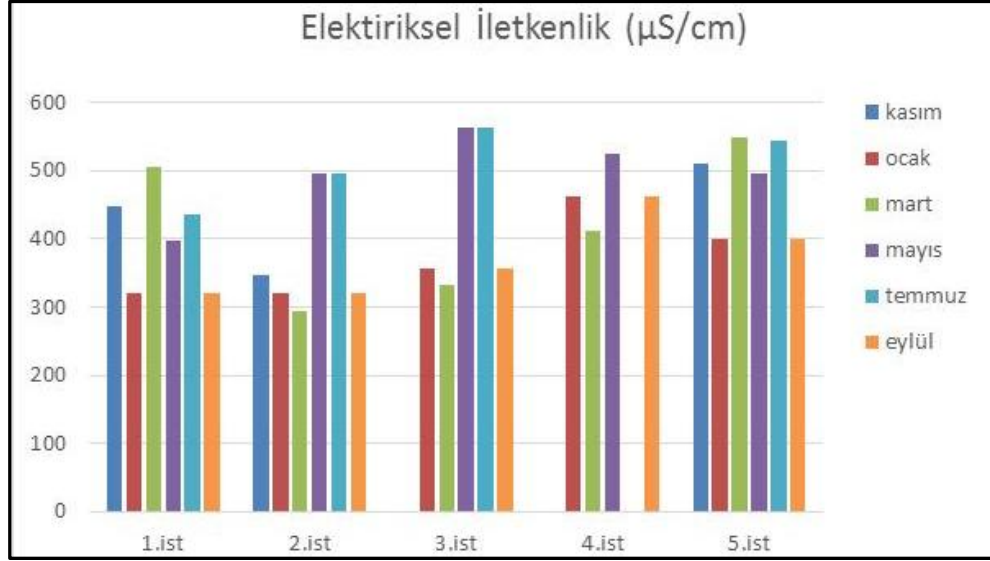
Şekil 4.10. Aylara göre yıllık biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri (O₂ mg/l).

4.1.6. Elektriksel iletkenlik (µS/cm)

Namnam Çayı için elektrik iletkenliği 295 µS/cm ile 564 µS/cm arasında ölçülmüş olup, yıllık ortalaması 439.5 µS/cm'dir. En yüksek değer Mayıs ayında İstasyon III'de 564 µS/cm ve en düşük değer Mart ayında İstasyon II'de 295 µS/cm olarak tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik değeri (µS/cm) değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.11.) ve aylara göre (Şekil 4.12.) aşağıda verilmiştir.



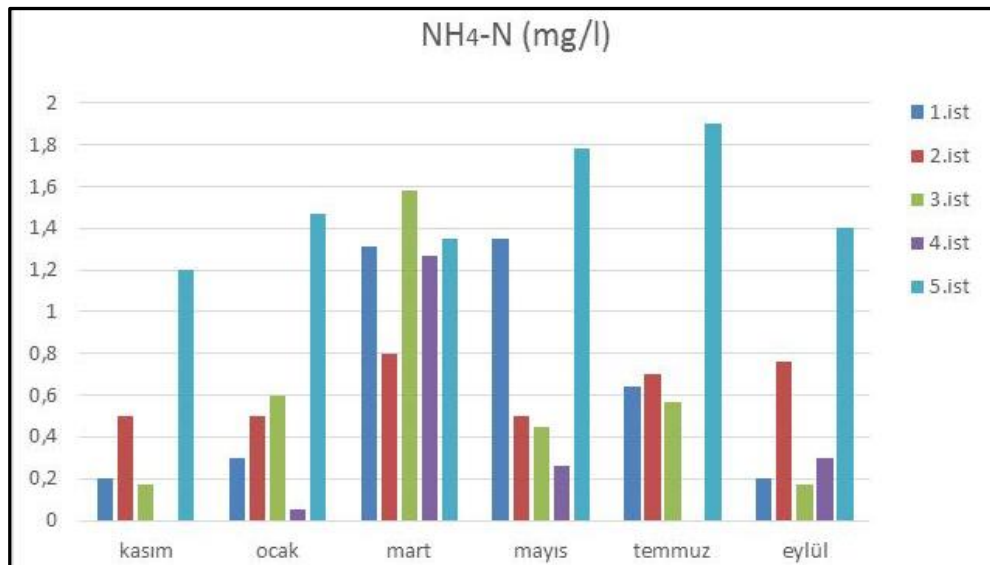
Şekil 4.11. İstasyonlara göre yıllık elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm).



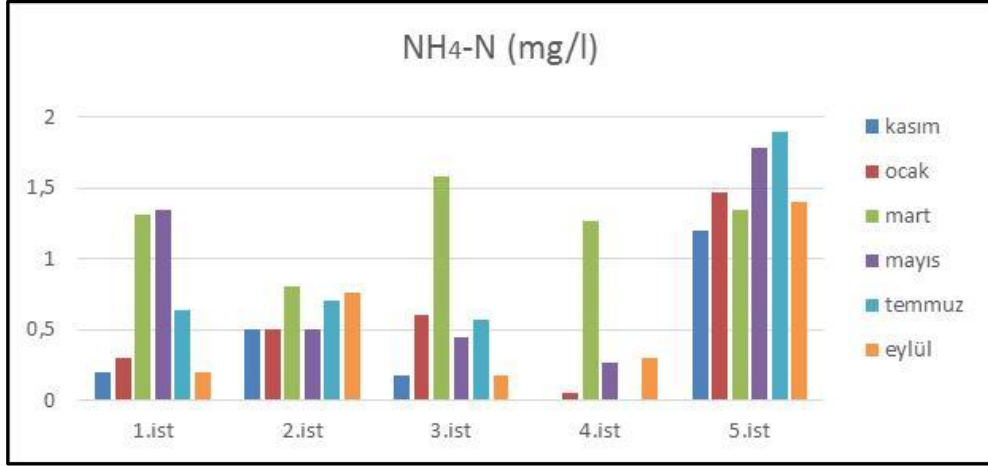
Şekil 4.12. Aylara göre yıllık elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm).

4.1.7. Amonyum azotu (NH₄- N mg/l)

Namnam Çayı'nda ortalama yıllık amonyum azotu miktarı 0.2 mg/l ile 1.9 aralığında ölçülmüştür. En yüksek değer Mayıs ayında İstasyon V'de 1.9 mg/l, en düşük değer ise Kasım ve Eylül ayında İstasyon I'de 0.2 mg/l olarak tespit edilmiştir. Amonyum azotu (NH₄-N mg/l) değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.13.) ve aylara göre (Şekil 4.14.) aşağıda verilmiştir.



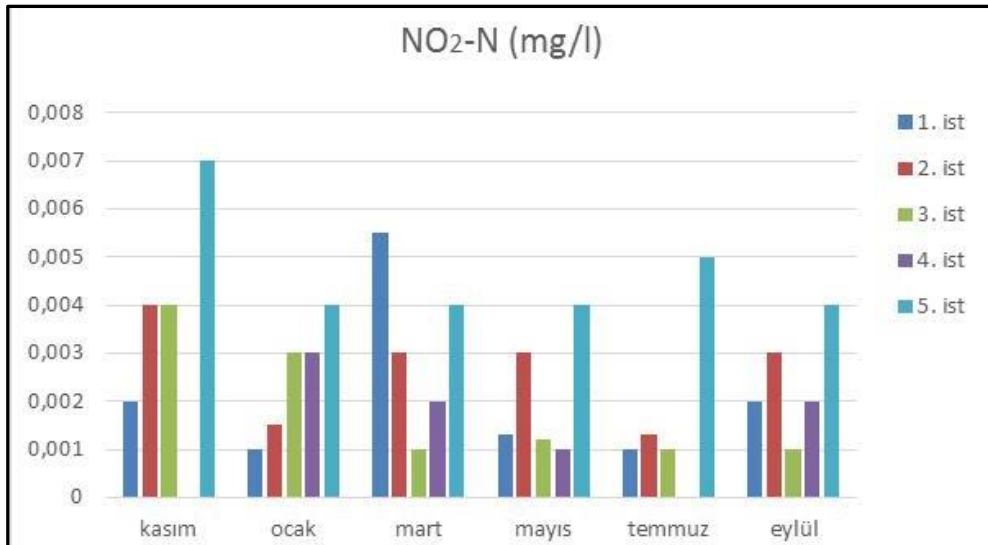
Şekil 4.13. İstasyonlara göre yıllık amonyum azotu değerleri (NH₄-N mg/l).



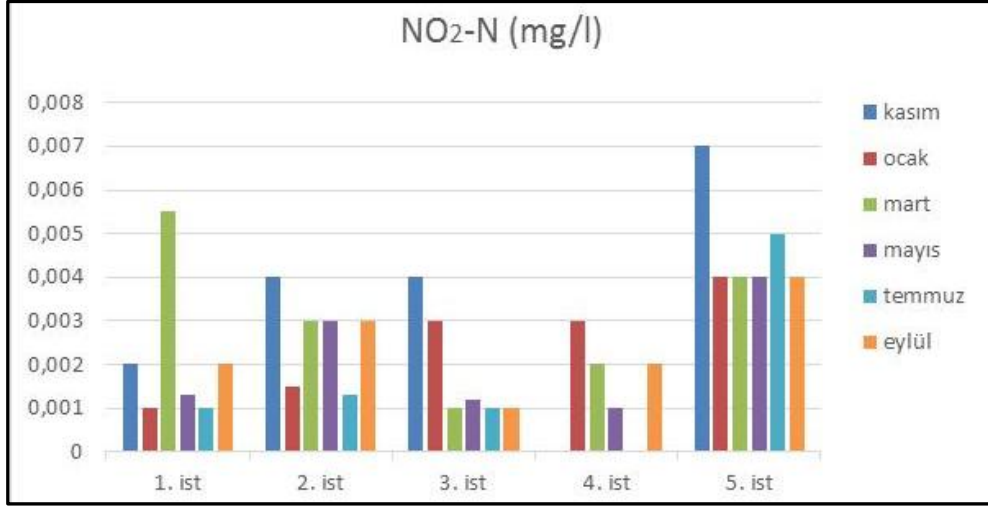
Şekil 4.14. Aylara göre yıllık amonyum azotu değerleri (NH₄-N mg/l).

4.1.8. Nitrit azotu (NO₂- N mg/l)

Namnam Çayı'nda ortalama yıllık nitrit azotu değerleri 0.001 mg/l ile 1.007 mg/l arasında değişim gösterirken, yıllık ortalama değer 0.00264 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek değer Kasım ayında İstasyon V'de 0.007 mg/l, en düşük değer ise Ocak, Mayıs ve Temmuz ayında İstasyon I'de ve Mart, Temmuz ve Eylül aylarında İstasyon III'de 0.001 mg/l olarak tespit edilmiştir. Nitrit azotu değerleri (NO₂- N mg/l) değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.15.) ve aylara göre (Şekil 4.16.) aşağıda verilmiştir.



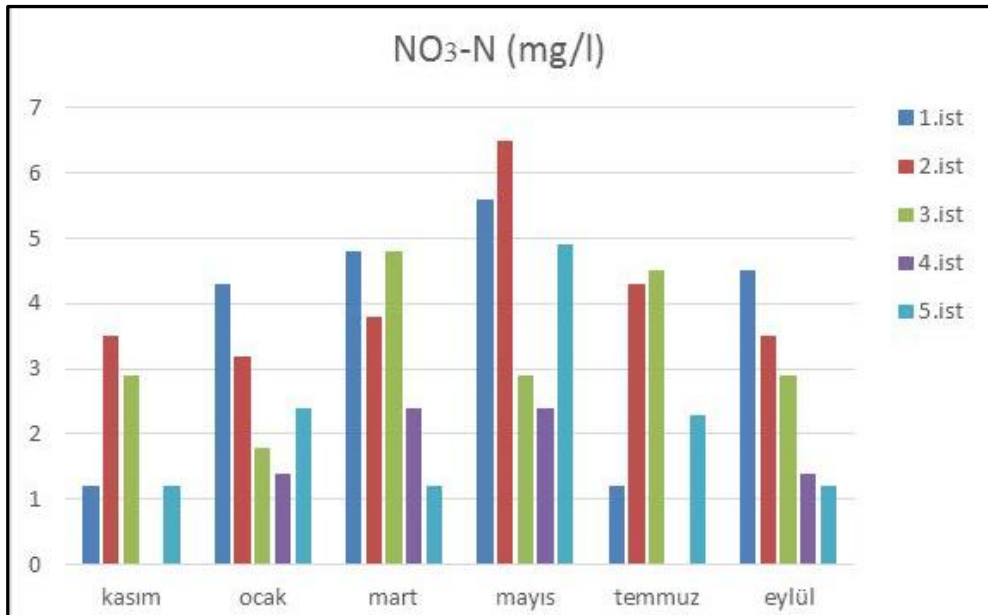
Şekil 4.15. İstasyonlara göre yıllık nitrit azotu değerleri (NO₂- N mg/l).



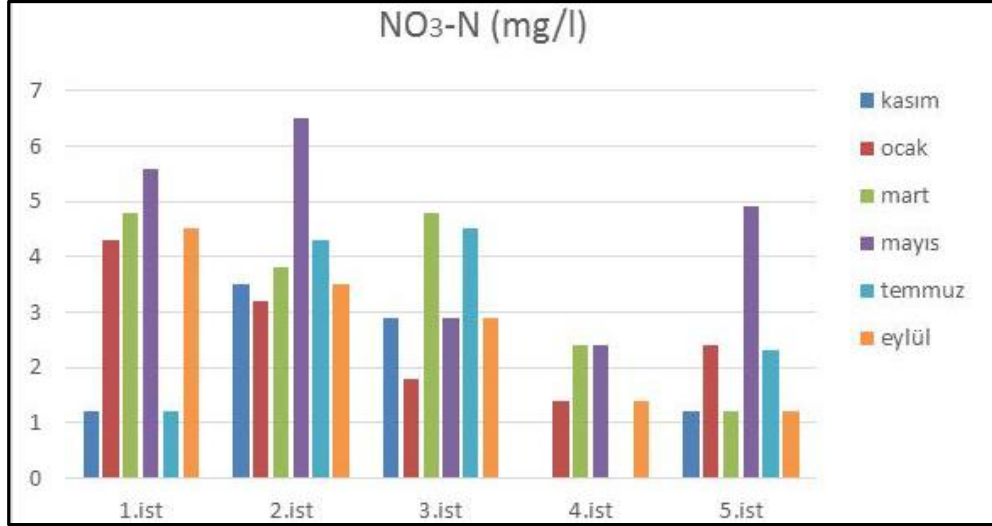
Şekil 4.16. Aylara göre yıllık nitrit azotu değerleri (NO₂- N mg/l).

4.1.9. Nitrat azotu (NO₃- N mg/l)

Namnam Çayı'nda ortalama yıllık nitrat azotu 1.2 mg/l ile 6.5 mg/l arasında değişmekle birlikte ortalama değer 3,03 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek değer Mayıs ayında İstasyon II'de 6,5 mg/l, en düşük değer ise Kasım, Mart ve Eylül ayında İstasyon V'de 1,2 mg/l olarak tespit edilmiştir. Nitrat azotu değerleri (NO₃- N mg/l) değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.17.) ve aylara göre (Şekil 4.18.) aşağıda verilmiştir.



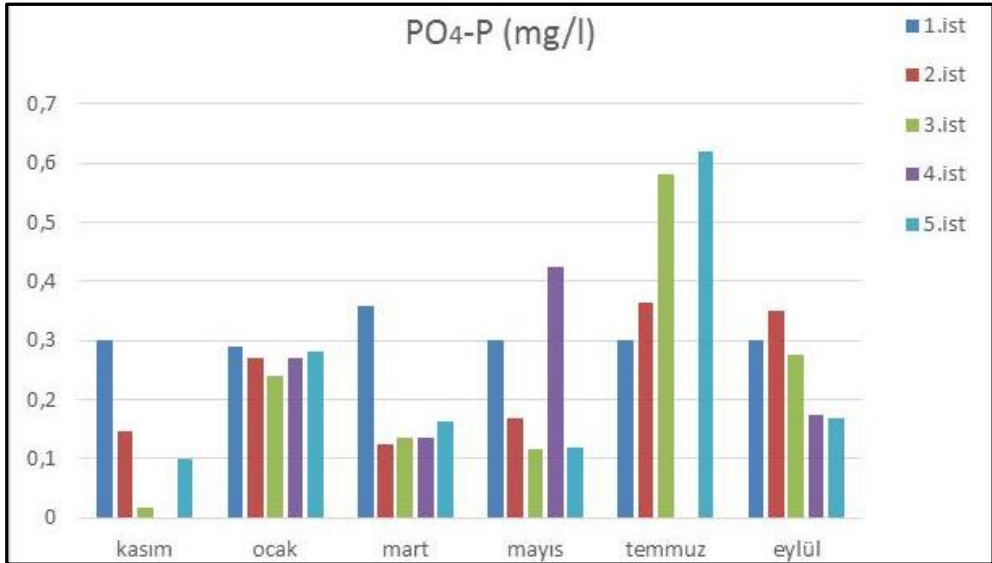
Şekil 4.17. İstasyonlara göre yıllık nitrat azotu değerleri (NO₃- N mg/l).



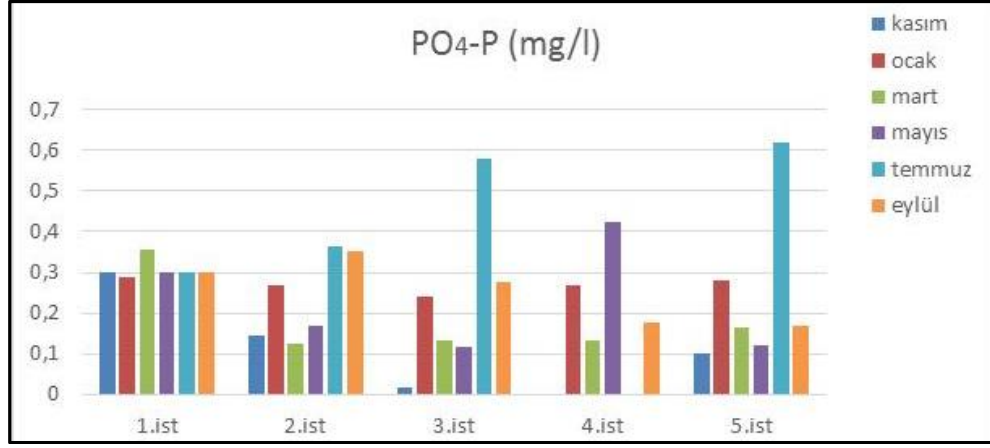
Şekil 4.18. Aylara göre yıllık nitrat azotu değerleri (NO₃- N mg/l).

4.1.10. Ortofosfat fosforu (PO₄-P mg/l)

Namnam Çayı'nda ölçülen değerler 0.017 mg/l ile 0.620 arasında ölçülmüş ortalama yıllık ortofosfat fosforu değerleri 0.253 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek değer Temmuz ayında İstasyon V'de 0,620 mg/l, en düşük değer ise ve Kasım ayında İstasyon III'de 0.017 mg/l olarak tespit edilmiştir. Ortofosfat fosforu değerleri (PO₄-P mg/l) değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.19.) ve aylara göre (Şekil 4.20.) aşağıda verilmiştir.



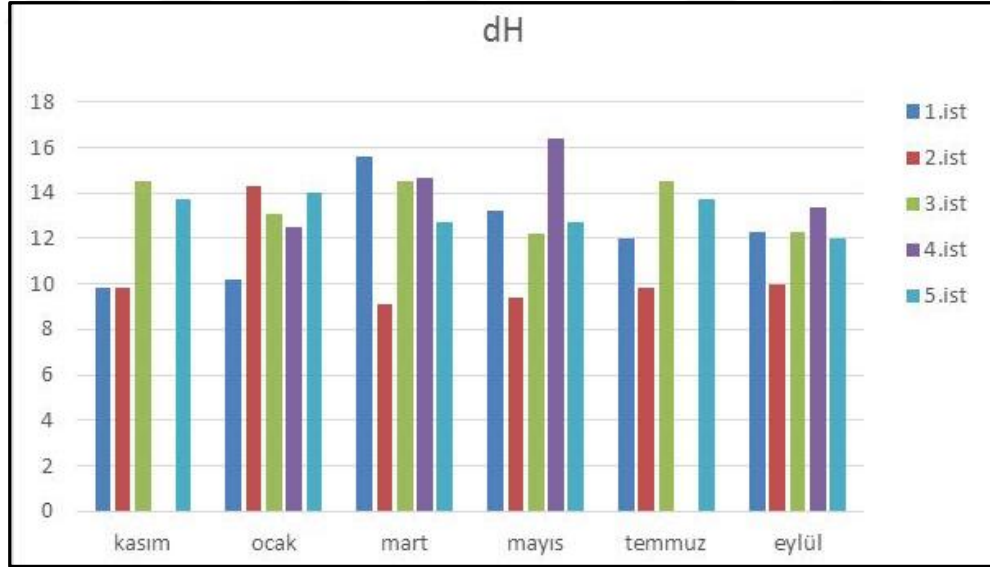
Şekil 4.19. İstasyonlara göre yıllık ortofosfat fosforu değerleri (PO₄- P mg/l).



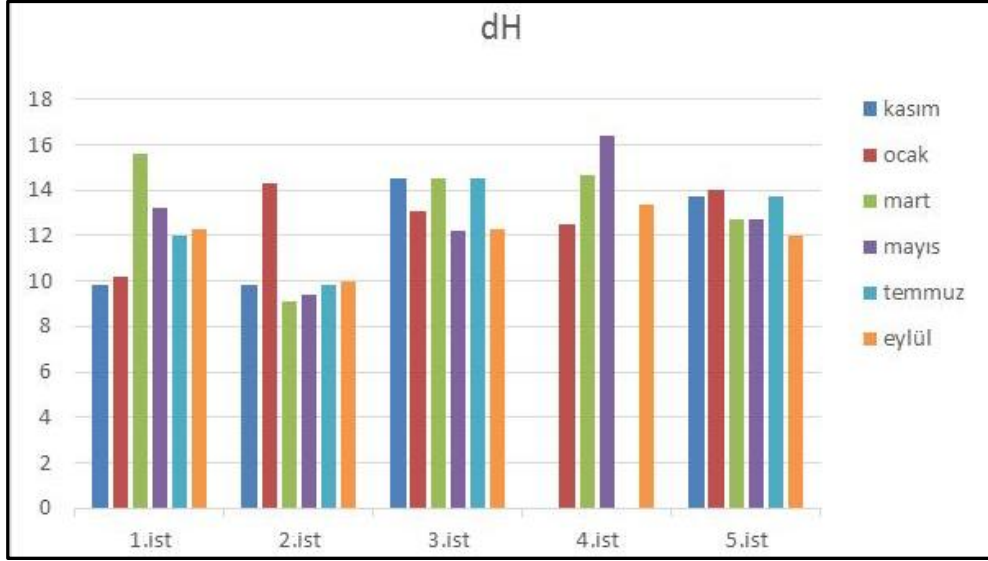
Şekil 4.20. Aylara göre yıllık ortofosfat fosforu değerleri (PO₄- P mg/l).

4.1.11. Sertlik (°dH)

Namnam Çayı'nda yıllık sertlik değerleri 9.1 °dH -16.4 dH aralığında ölçülmüştür. En yüksek değer Mayıs ve ayında İstasyon IV'de 16.4 °dH, en düşük değer ise ve Mart ayında İstasyon II'de 9.1 °dH olarak tespit edilmiştir. Sertlik değerleri değişimleri istasyonlara (Şekil 4.21.) ve aylara göre (Şekil 4.22.) aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.21. İstasyonlara göre yıllık sertlik değerleri (dH).



Şekil 4.22. Aylara göre yıllık sertlik değerleri (°dH).

4.2. Biyolojik Parametreler

4.2.1. Bentik makroomurgasızlar

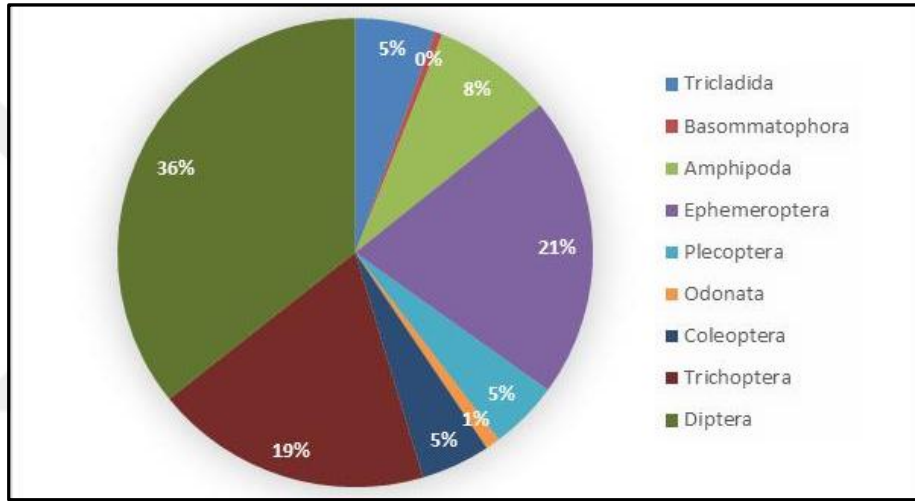
Namnam Çayı'nda yapılan bu çalışmada yıl boyunca tespit edilen bentik makroomurgasızlar çizelge halinde aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.1.)

Çizelge 4. 1. Namnam Çayı'nda teşhis edilen bentik makroomurgasız taksonları ve istasyonlara göre dağılımları.

İstasyonlar	İst. I	İst. II	İst. III	İst. IV	İst. V
TURBELLARIA					
Tricladidae					
<i>Dugesia sp.</i>					
GASTROPODA	+	+	+		
Archeagastropoda					
<i>Theodoxus danubialis</i>	+		+		
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	+	+			
Basommatophora					
<i>Ancylus fluviatilis</i>		+	+		
<i>Physa s.p.</i>		+			
Amphipoda					
<i>Gammarus s.p.</i>	+	+	+	+	+
Ephemeroptera					
<i>Baetis melanonyx</i> (Pictet, 1843)		+	+		
<i>Baetis pavidus</i> Grandi, 1949	+	+	+	+	+
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	+	+			
<i>Epeorus alpicola</i> (Eaton, 1871)			+		
<i>Rhitrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)				+	+
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda 1761)		+	+	+	
Plecoptera					
<i>Leuctra sp.</i>		+	+		
<i>Nemoura picteti</i> Klapalek, 1909	+				
<i>Protonemura sp.</i>			+		
<i>Perla sp.</i>			+	+	+
<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)		+			
Odonata			+	+	
<i>Calopteryx sp.</i>			+		+
<i>Anax sp.</i>			+		
<i>Aeshna sp.</i>		+		+	
Coleoptera					
<i>Elmis sp.</i>	+	+	+		
<i>Hydraena sp.</i>	+	+			
<i>Elodes marginata</i> Fabricius, 1798			+		
Trichoptera					
<i>Glossoma sp.</i>				+	
<i>Hydropsyche sp.</i>	+		+		
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)		+	+		
<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	+	+		+	
<i>Hydropsyche instabilis</i> (Curtis, 1834)			+	+	
<i>Hydropsyche pelludicula</i> (Curtis, 1834)					+
<i>Hydropsyche fulvipes</i> (Curtis, 1834)	+		+		
<i>Hydroptila sp.</i>		+	+		+
<i>Hydroptila siltalati</i>					+
<i>Rhyacophila sp.</i>	+	+	+		
<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis 1834)			+	+	
Diptera					
<i>Ibis marginata</i> (Fabricius, 1781)					+
<i>Chironomus sp.</i>	+		+		
<i>Wiedemannia sp.</i>	+	+			
<i>Simulium sp.</i>	+	+	+	+	+
<i>Tabanus sp.</i>	+	+	+	+	+
<i>Tipula sp.</i>					+

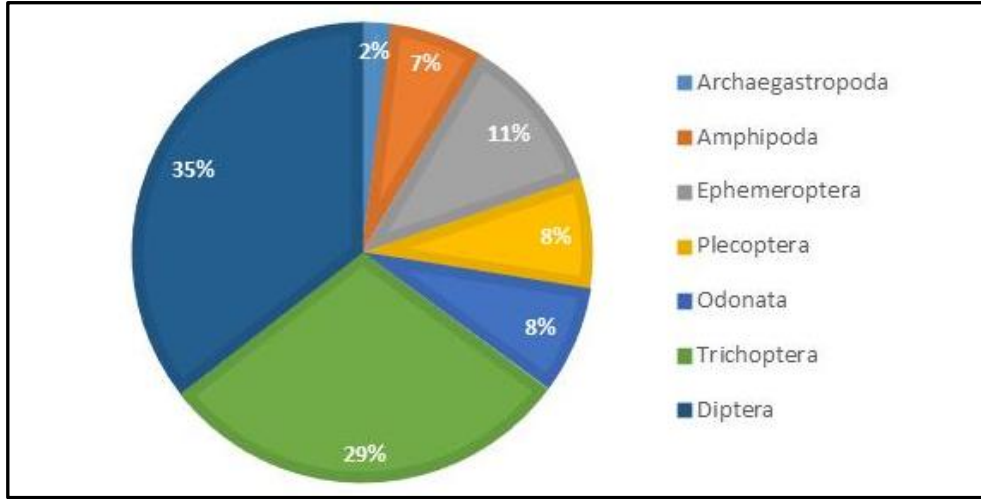
4.2.2. Bentik makroomurgasızların istasyonlara göre baskınlık değerleri

Namnam Çayı'nda yapılan bu çalışmada istasyonlardaki bentik makroomurgasızların istasyonlardaki ordolarına göre baskınlık değerleri şekiller halinde aşağıda verilmiştir. Buna göre İstasyon I'de en baskın gruplar *Diptera* (%36), *Ephemeroptera* (%21), *Trichoptera* (%19) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.23.). Bu grupları *Amphipoda*, *Plecoptera*, *Tricladidae* ve *Coleoptera* takip etmiştir. Bu istasyonda çeşitliliğin oldukça iyi durumda olduğu görülmüştür.



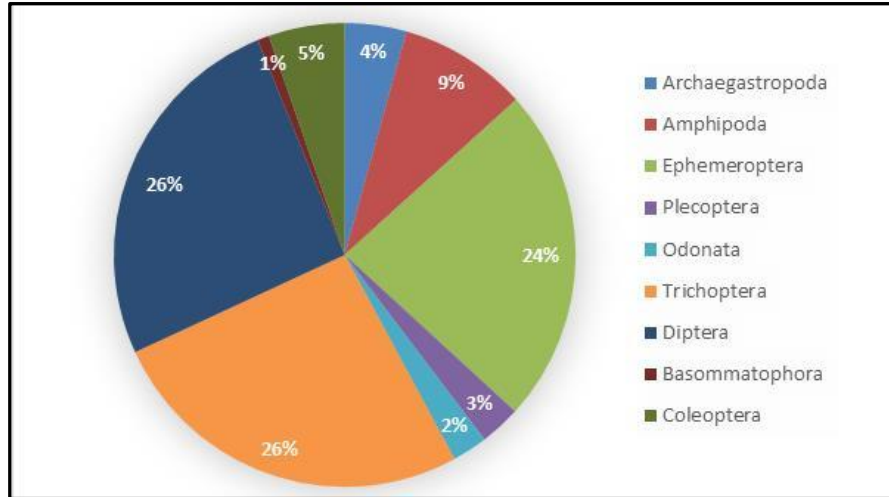
Şekil 4.23. İstasyon I'de makroomurgasız gruplarına göre baskınlıkları.

İstasyon II'de en baskın takımlar *Diptera* (%35), *Trichoptera* (%29), *Ephemeroptera* (%11), olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.24.). Bu grupları *Odonata*, *Plecoptera*, *Amphipoda* takip etmiştir.



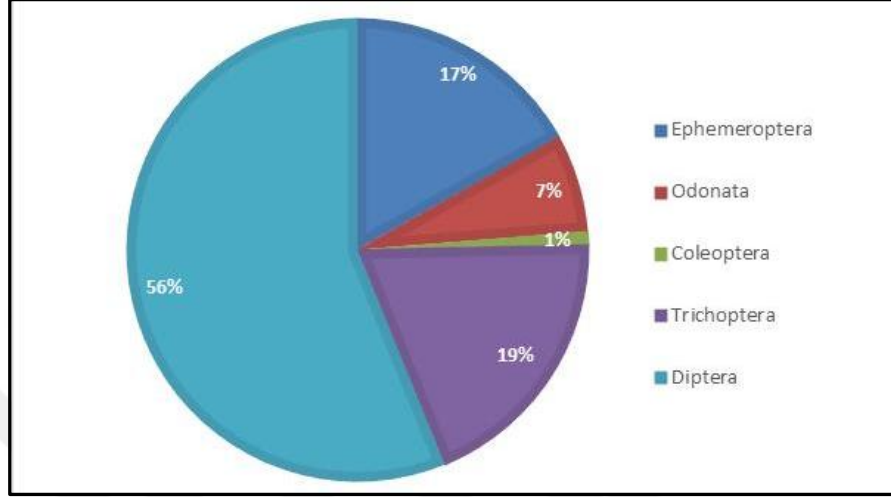
Şekil 4.24. İstasyon II’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlıkları.

İstasyon III’de en baskın takımlar *Diptera* (%26), *Trichoptera* (%26) *Ephemeroptera* (%24), olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.25.). Bu üç grup birbirine yakın değerlerde olup toplam da %76’lık baskınlık göstermişlerdir. Bu grupları *Amphipoda*, *Coleoptera* *Archaeogastropoda* takip etmiştir. Diğer gruplar ise oldukça düşük değerlerde baskınlık değeri göstermişlerdir.



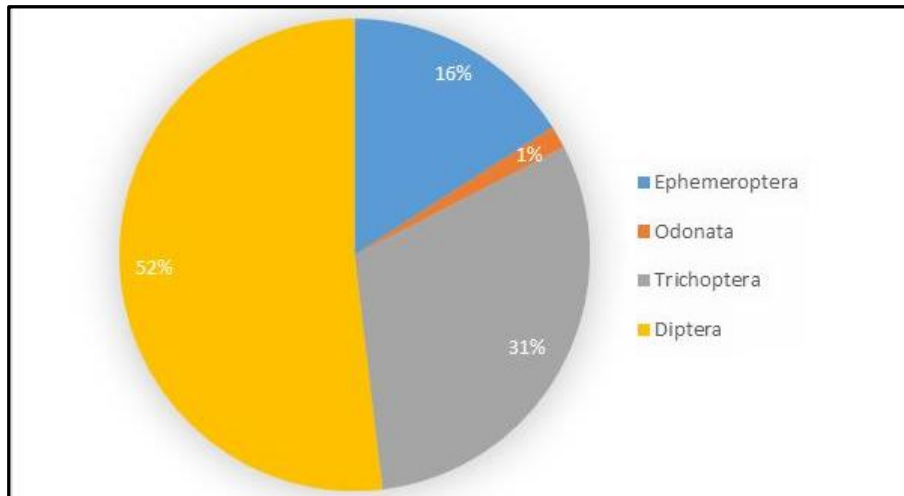
Şekil 4.25. İstasyon III’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlıkları.

İstasyon IV’de en baskın takım tek başına *Diptera* (%56), olarak görülürken, *Trichoptera* (%19) ve *Ephemeroptera* (%17) diğer iki grup olarak bunu takip etmiştir (Şekil 4.26.). Bu istasyonda çeşitlilik oldukça az olup, bu üç grubu düşük baskınlıkta *Odonata* ve *Coleoptera* takip etmiştir.



Şekil 4.26. İstasyon IV’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlıkları.

İstasyon V’de tespit edilen makroomurgasız takım *Diptera* (%52), *Trichoptera* (%31) *Ephemeroptera* (%16), *Odonata* (%1) şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.27.). Bu istasyonda üç grubun çok baskın olarak bulunduğu ve çeşitliliğin oldukça düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.27. İstasyon V’de makroomurgasız gruplarına göre baskınlıkları.

4.3. Balık Türleri

Çalışma sonunda Osteichthyes classisine ait beş ordodan (Anguilliformes, Cypriniformes, Cyprinodontiformes, Perciformes, Salmoniformes) sekiz familyaya ait (Anguillidae, Cobitidae, Cyprinidae, Nemacheilidae, Cyprinodontidae, Cichlidae, Mugilidae, Salmonidae) on üç tür teşhis edilmiştir. Balıkların teşhis ve sistematüğinde, Geldiay ve Balık 1988; Kuru 2004; Kuru ve ark, 2014'den faydalanılmıştır. Balık türlerinin sistematik durumu aşağıdaki gibidir.

Phylum: Chordata

Classis: Osteichthyes

Ordo: Anguilliformes

Famillia: Anguillidae

Tür: *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)

Ordo: Cypriniformes

Familia: Cobitidae

Tür: *Cobitis simplicispina* (Hanko, 1925)

Familia: Cyprinidae

Tür: *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839

Tür: *Capoeta bergamae* Karaman 1969

Tür: *Cyprinus carpio* Linneus 1858

Tür: *Squalius fellowesii* (Günther 1868)

Tür: *Squalius irideus* (Ladiges 1960)

Tür: *Vimba vimba* (Linneus 1758)

Familia: Nemacheilidae

Tür: *Oxinoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897)

Ordo: Cyprinodontiformes

Familia: Cyprinodontidae

Tür: *Aphanius anatoliae* (Leidendenfrost 1912)

Ordo: Perciformes

Familia: Cichlidae

Tür: *Oreochromis niloticus* (Linneus 1758)

Familia: Mugilidae

Tür: *Mugil cephalus* Linneus 1758

Ordo: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Tür: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) .

Namnam ayı'nda yakalanan balık türlerinin ekolojik özellikleri ise öyledir (Geldiay ve Balık 1988) (Kuru M. 1975):

Anguilla anguilla: Yılan şeklinde olan vücudu üzerindeki gayet küçük pullar deri içine gömülüdür. Tarak şeklinde vomer di lerine sahiptir. Meksika'nın Sargasso Denizinde üreyen yılan balıkları tüm dünyaya buradan dağılır ve on yılın sonunda tekrar aynı bölgeye üremek için dönerler. Yılan balıkları karnivor karakterli olup sucul böcekler, larvalar hatta küçük kurba a ve balıkları yerler. Gündüzleri genellikle ta , bitki kökleri gibi yuvalarda saklanırken geceleri aktif olarak hareket ederler.

Cobitis simplicispina: Vücut uzunluğu 10 cm'yi geçmez.     ift bıyı a sahip vücudun yanlarında benekleri ile karakteristik küçük benekler taşır. Gözler altında bulunan suborbiter dikenlerin basit ve ucu  atalsız olması ile ayrılır. Zeminde yaşayan ekseri balık yumurtaları gammarus ve böcek larvaları ile beslenen ve gece aktif olan bir türdür. Akarsularda nisbeten temiz, serin ve çakıllı bölgelerde yaşarlar.

Barbus plebejus: Uzunca ve silindirik bir vücuda sahip olup ağızları ventral konumlu olup iyi geli mi  etli dudakları ve ağız etrafında iki çift bıyıkları vardır. Vücut üzerinde dağınık desenli benekler bulunur, genellikle hızlı akışlı zemini çakıllı sularda yaygındırlar. Başlıca gıdaları arasında küçük böcek larvalar, gammarus, daphnia, sivrisinek larvaları, yumu ak alar bulunur.

Capoeta bergamae: Vücut uzun yapılı ve yuvarla ımsıdır. A ız köşelerinde gayet kısa bir çift bıyık bulunur. Sırt bölgesinde mor renkli yansımalar görülebilir. Akarsuların bol oksijenli kayalık bölgelerinde hatta bazen alabalık zonunda bile görülebilirler.

Cyprinus carpio: Vücut az çok uzamış oval şekilli ve büyük pullarla örtülüdür. Terminal konumlu a ız etrafında iki çift bıyık bulunur. 1 m boy ve 40 kg a ırlı a ulaşırlar. Doğal g ller göletler dibi çamurlu etrafı bitkilerle kaplı yavaş akan akarsuları tercih ederler. Daha çok ılıman sularda bulunurlar oksijen toleransları çok yüksektir. Her türlü gıdayı yiyebilirler birçok ülkede kültürel üretimi de yapılmaktadır.

Squalius fellowesii: Vücut kalın yapılı olup yanlardan hafif basıktır. Nisbeten iri kolay dökülen pullara sahiptir. Ağız terminal konumlu olup ventral ve anal yüzgeçler portakal sarısı renge sahiptirler. Temiz ve hızlı akan akarsuları hatta gölleri yaşama ortamı olarak seçerler. Omnivor karakterli olup her çeşit sucul böcek larva yumuşakça balık yumurtaları çeşitli su bitkileri ve tohumlarını yiyerek beslenirler.

Squalius irideus: Vücut üzerinde kolayca dökülebilen pullar vardır. Linne lateral tamamlanmamıştır. İri gözlere sahip olup vücudu ovalimsidir. Canlı örneklerde vücudun orta ve üst kısmında gökkuşağı rengi yansımalar görülür. 5-6 cm boya sahip olan bu balıklar gezici olup küçük böcekler ve larvalar ile beslenirler.

Vimba vimba: Yuvarlak ve uzun yapılı bir vücuda sahip olup burun uzamış olup alt çenenin üzerini örter. Boyları en fazla 50 cm olan bu balıklar genellikle çamurlu zemine sahip derin akarsuları tercih ederler. Başlıca besinlerini bentik omurgasızlar dipter larvaları ve çeşitli yumuşakçalar oluşturur.

Oxinoemacheilus angorae: Vücut silindirik şekilli olup çok küçük pullarla örtülüdür. Vücut üzerinde gelişi güzel dağılmış kahverengi esmer benekler bulunur. Maksimum vücut uzunluğu 8-10 cm civarındadır. Akarsuların temiz serin yavaş akan ve fazla derin olmayan kıyı bölgelerinde bulunurlar. Çok düşük oksijene sahip sulara bile yaşayabilirler. Gündüzleri gizlenen geceleri ise bentik omurgasızlar ve böcek larvalarıyla beslenen bir zemin balığıdır.

Aphanius anatoliae: Vücudun büyük bir kısmı pulsuz olup küçük bir balık türüdür. Toplam boyları 4-5 cm'yi geçmez. Erkek ve dişileri morfolojik farklılıklar gösterir. Ağızları yukarıya dönük olup böcek larvaları ve yumurtaları ile beslenir. Nispeten tuzlu sular ya da kaynak sular etrafında bulunurlar.

Oreochromis niloticus: Egzotik bir tatlı su balığı olan tilapia esasen Afrika kökenlidir. Yerli balıklar üzerinde büyük baskı oluşturan ve balık larvalarıyla yumurtaları ile beslenerek onlara büyük zarar veren bu tür Köyceğiz'in ılıman kaplıca sularının da katkısıyla gölde ve nehir ağızlarında önemli bir popülasyon oluşturduğu görülmüştür.

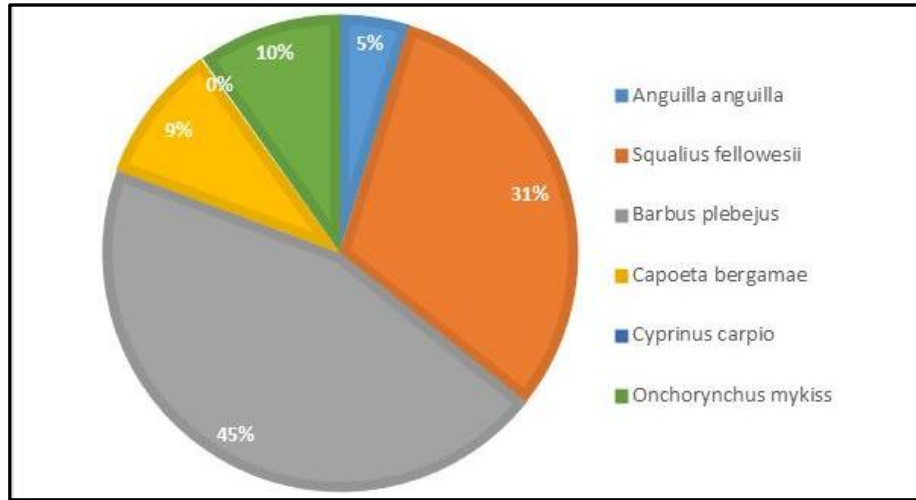
Mugil cephalus: Pektoral yüzgeçlerin kaidesinde üçgenimsi pul, gözler etrafında iyi gelişmiş yağ kapakları ve üzeri pullarla örtülü nisbeten yassılaştırmış iri başları vardır. Vücudun yan tarafında koyu renkli on iki adet bant bulunur. Nehir ağızı lagün dalyan

gibi acı sularda ekonomik avcılığı yapılmaktadır. Çeşitli algler su bitkileri küçük omurgasızlar başlıca besinlerini oluşturur. Boyları 70 cm'ye ulaşabilen bu türden havyar da elde edilir.

Oncorhynchus mykiss: Tüm dünyada kültür alabalığı olarak kullanılan bu tür yörede bulunan alabalık çiftliğinden akarsuya karışmış ve nisbeten soğuk üst bölgede yakalanmıştır. Karnivor karakterli olup akarsuda ise nadiren bulunduğu gözlenmiştir. Çalışma boyunca her bir istasyondan tespit edilen balık türlerinin istasyonlardaki sayıları ve tür sayılarına göre baskınlık değerleri hesaplanmış ve aşağıda şekiller halinde verilmiştir. Bunun sonucunda her bir istasyonun balık tür kompozisyonu ve balık biyotik indeksi bakımından kalite sınıfı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

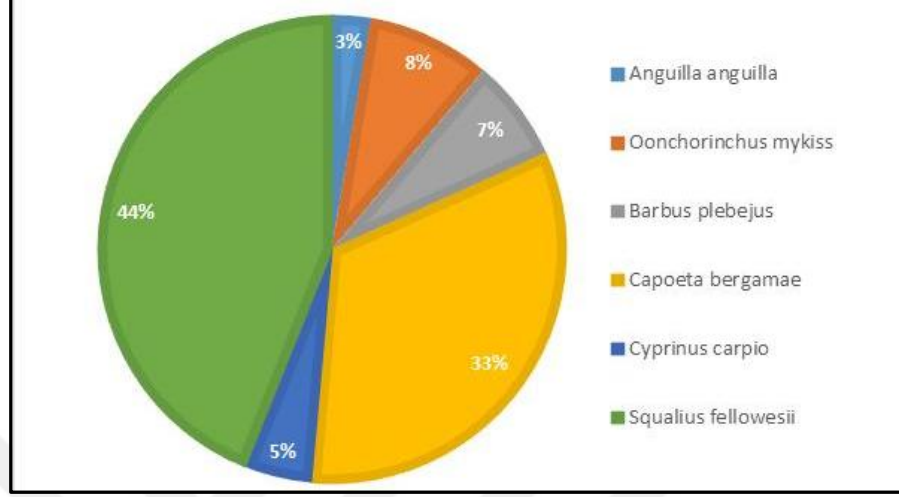
4.3.1. Balık türlerinin istasyonlardaki baskınlıkları

İstasyon I'de en baskın tür *Barbus plebejus* (%45) olarak görülürken, *Squalius fellowesii* (%31) onu takip etmekte, *Onchorynhus mykiss* (%10) ve *Capoeta bergamae* (%9) ise diğer baskın türler konumunda bulunmaktadır. Diğer 2 balık türü ise çok düşük baskınlıkta bu istasyonda yer almaktadırlar (Şekil 4.28.).



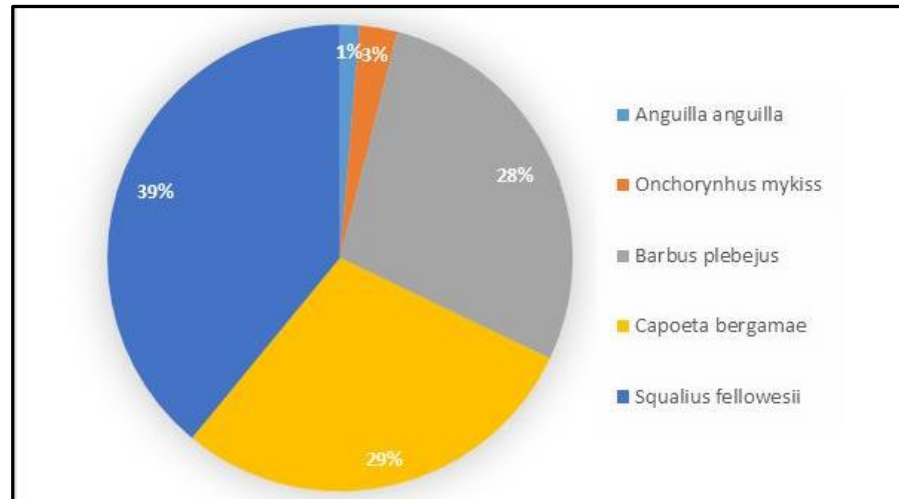
Şekil 4.28. İstasyon I'de balık türlerinin baskınlıkları.

İstasyon II’de en baskın türler *Squalius fellowesii* (%44), *Capoeta bergamae* (%33) olarak görülürken, diğer 4 balık türü ise çok düşük baskınlıkta bu istasyonda yer almaktadırlar (Şekil 4.29.).



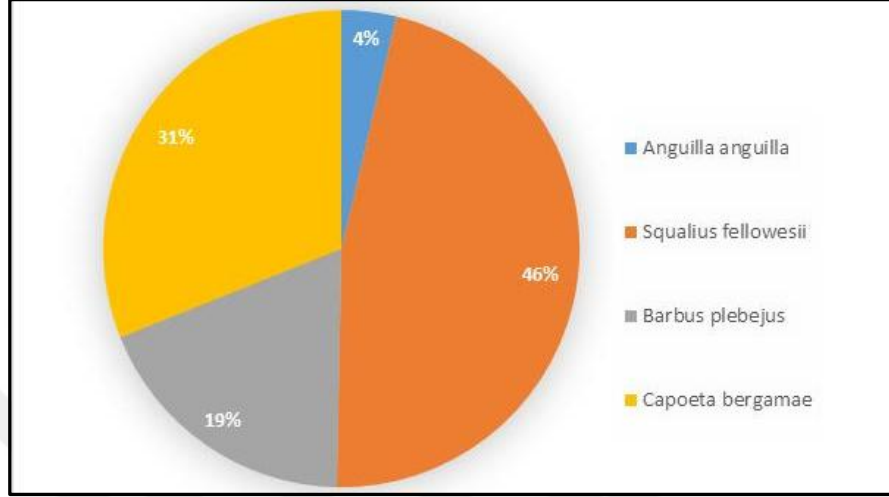
Şekil 4.29. İstasyon II’de balık türlerinin baskınlıkları.

İstasyon III’de 3 balık türü *Squalius fellowesii* (%39), *Capoeta bergamae* (%29) *Barbus plebejus* (%28) oranlarda bulunmakta ve toplam %96’lık baskınlık göstermektedir. Diğer 3 balık türü ise çok düşük baskınlıkta bu istasyonda yer almaktadırlar (Şekil 4.30.).



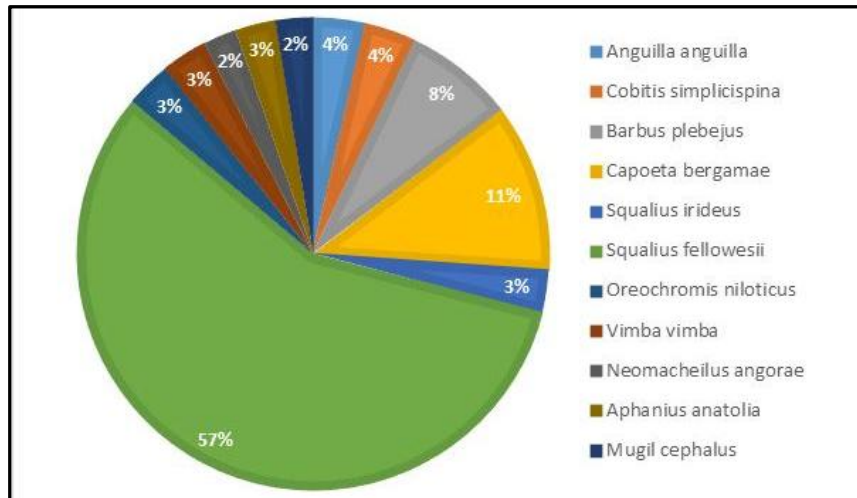
Şekil 4.30. İstasyon III’de balık türlerinin baskınlıkları.

İstasyon IV’de 3 balık türü *Squalius fellowesii* (%46), *Capoeta bergamae* (%31) *Barbus plebejus* (%19) oranlarda bulunmakta ve %96’lık baskınlık göstermektedir. *Anguilla anguilla* ise çok düşük baskınlıkta bu istasyonda yer almaktadırlar (Şekil 4.31.).



Şekil 4.31. İstasyon IV’de balık türlerinin baskınlıkları.

İstasyon V’de *Squalius fellowesii* (%57) baskınlık göstermekte ve çok belirgin bir şekilde bu istasyonda bulunmaktadır. *Capoeta bergamae* (%11) *Barbus plebejus* (%8) oranlarda bulunmakta. Diğer 8 balık türü ise çok düşük baskınlıkta bu istasyonda yer almaktadırlar (Şekil 4.32.).



Şekil 4.32. İstasyon V’de balık türlerinin baskınlıkları.

4.4. Su Kalitesi Bulguları

Namnam Çayı su kalitesini ortaya koymak amacıyla analizleri yapılan ve değerlendirilen fiziko-kimyasal ve biyolojik veriler birlikte değerlendirilmiş ve su kalitesi sınıfları ortaya konulmuştur (Çizelge 4.2.). Tablonun incelenmesi sonucunda fiziko-kimyasal ve biyolojik verilerin bazı farklılıklar gösterse de, genel olarak benzer kalite sınıflarını gösterdiği anlaşılmaktadır. Namnam Çayı su kalite sınıflarının ise I-IV arasında değişmekle birlikte ortalama olarak II-III kalite sınıflarını gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.2. Namnam Çayı su kalitesi sınıfları.

Dönemler İstasyonlar	Su Kalitesi İndeksleri	1	2	3	4	5	6
I	SKKY	I	II	II	II	II	II
	Klee	II	II	II	II	II	II
	BBİ	I	II	I	II	I	II
	Balık İn.	II	III	III	II	II	II
II	SKKY	I	I	II	II	II	II
	Klee	II	II	II	II	II	II
	BBİ	I	II	I	II	I	II
	Balık İn.	II	III	III	II	II	II
III	SKKY	II	II	II	II	II	II
	Klee	I-II	I-II	II	II	II	II
	BBİ	I	II	I	II	II	I
	Balık İn.	III	II	II	II	III	III
IV	SKKY	-	III	II	II	-	II
	Klee	-	II	II	II	-	I-II
	BBİ	-	II	III	III	-	II
	Balık İn.	-	IV	IV	IV	-	V
V	SKKY	II	II	II	III	III	III
	Klee	I-II	II-III	II	II	II	II
	BBİ	II	II	III	III	III	II
	Balık İn.	II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma, Namnam Çayı'nda su kalitesi izleme yapılması amacı ile su kalitesini fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan incelemek üzere Kasım 2012 ve Eylül 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Namnam Çayı üzerinde beş örnekleme noktası seçilmiş, bu örnekleme noktalarında fiziko-kimyasal analizler yapılmış, bentik makroomurgasız örnekleri toplanmış, akarsuyun fiziko-kimyasal özellikleri, bentik makroomurgasız canlıları ve burada bulunan balıkların tür ve sayıları tesbit edilmiştir.

Namnam Çayı'nda yürütülen bu çalışma ile, akarsuyun su kalitesini belirlemede fiziko-kimyasal özellikler ve makro bentik omurgasızlara ek olarak balıklar da kullanılmıştır. Çünkü biyolojik yöntemlerle izleme yapılması çevresel koşullar hakkında daha uzun süreli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar biyolojik bütünlük indeksindeki kriterlere göre değerlendirilmiştir. Akarsu ortamları için biyolojik indikatörler sistem incelemesinde kullanılan izleme programlarının çok önemli bileşenleridir. Akarsuların durumlarını ortaya koymayı amaçlayan izleme programlarının ayrılmaz bir bileşeni olarak biyolojik indikatörler kullanılır (Angermeier and Karr, 1986).

5.1. Fiziko-kimyasal Değerlendirme

Su sıcaklığı, suyun biyokimyasal reaksiyon hızını etkiler. Sıcaklık arttıkça organizmaların biyolojik ve fizyolojik aktivitesi de artar. Canlıların büyüme hızı, üreme hızı ve metabolizma hızı çevresel yaşamı suyun sıcaklığına bağlıdır. Akarsulardaki su sıcaklığı; iklim, atmosfer şartları, deniz seviyesinden yükseklik, akıntı hızı, mevcut su yatağının yapısı ve bitki örtüsü gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Barlas ve Kiriş, 2004; Erdinç, 2010). Sıcaklığın kimyasal ve biyolojik olaylar üzerinde etkisi mevcut olup, su sıcaklığında 10°C'lik

bir artış kimyasal ve biyolojik reaksiyonlarda artışa sebep olur. Diğer taraftan 30°C su sıcaklığında bulunan su ürünlerinin oksijen ihtiyaçları 20°C’ de yaşayanlardan iki kat daha fazladır (Atay ve Pulatsü, 2000). Namnam Çayı üzerinde seçilen beş örnekleme noktasında ölçülen su sıcaklığı, mevsimsel şartlara ve akarsu akımına bağlı olarak değişmektedir. Arazi çalışması süresince en yüksek ortalama su sıcaklığı İstasyon V örnekleme noktasında 24.3°C olarak saptanmıştır (Şekil 4.1.). Akarsularda su sıcaklığının, kaynak bölgelerinden nehir ağzına doğru, su akımının yavaşlaması ve akarsu yatağının genişlemesi ile daha yüksek değerlere ulaşması beklenmektedir (Tanyolaç, 2000). Bu çalışmada, en yüksek ortalama su sıcaklığı beklenildiği üzere Temmuz ayında İstasyon V örnekleme noktasında elde edilmiştir.

Sularda hidrojen iyonu derişiminin ölçüsü pH’dır. Bu ölçüm bize suyun asidik veya bazik olup olmadığını gösterir. Sularda pH 0-14 arasında değişip, suların pH’sı karbondioksit ve asidik maddelerden etkilenir. Fitoplanktonlar ve sudaki diğer bitkiler fotosentez sırasında sudaki karbondioksiti kullandıklarından dolayı suların pH değerleri gündüzleri yükselir, geceleri ise düşer. Kirlenmiş suların pH’sı geniş ölçüde değişiklik gösterir. Bir suyun pH’sı suda erimiş halde bulunan karbonat, bikarbonat ve serbest CO₂ derişimine bağlıdır. Bu maddeler doğal suların en önemli tampon maddeleridir. pH doğal sularda kimyasal ve biyolojik sistemler için en önemli faktördür (Atay ve Pulatsü, 2000). Düşük pH derecesi sucul ortamda bulunan ve yaşayan canlı organizmalar içerisinde ilk olarak makroomurgasızları etkilemektedir. Bunlar için pH değerinin 4’ün altına düşmesi hayati risk taşımaktadır. Organik maddenin parçalanmasının arttığı oranda pH düşer. Doğal suların çoğu karbonat ve bikarbonat içermesi nedeniyle hafif alkali bir özellik gösterir (Yorulmaz, 2000). Namnam Çayı’nda pH, akarsu genelinde çok büyük değişimler göstermemektedir. Tüm aylarda yapılan ölçümlere bakıldığında, en düşük pH değeri (7.10) Eylül 2013’de İstasyon V’de örnekleme noktasında, en yüksek değer (8.2) ise Mart ve Eylül 2013’de İstasyon IV ve V’de örnekleme noktasında görülmüştür (Şekil 4.3.). Arazi süresince istasyonlarda elde edilen ortalama değerlere göre en yüksek değer 8.03 ile İstasyon V örnekleme noktasında belirlenmiştir. Namnam Çayı genelinde pH, nötrün üzerinde saptanmıştır. Dolayısıyla Namnam Çayı alkali özellik göstermektedir.

Yeryüzündeki tüm sular için en büyük oksijen kaynağı atmosferdir. Atmosferik oksijenin suda çözünabilirliği, suyun sıcaklığına, tuzluluğuna ve atmosfer basıncına ve biyolojik olaylara bağlı olarak değişir. Sudaki çözünmüş oksijenin diğer başlıca kaynağı ise fitoplanktonların fotosentezle ürettikleri oksijendir (Egemen ve Sunlu, 1996). Tatlı su yaşamı için, minimum çözünmüş oksijen miktarının 5,0 mg/l olması istenmektedir (Göksu, 2003). Sıcaklığın, basıncın ve su yoğunluğunun artması, sulara atık su karışması ve bunun neticesinde bu ortamlarda kirlilik oluşması, iletkenliğin dolayısı ile suda çözünen maddelerin miktarının artması, sularda çözünmüş karbondioksit gazının artışı, çözünmüş oksijen miktarını düşüren sebeplerdir. Düşük çözünmüş oksijen miktarında organizmalar strese girmekte daha sonra da ya ortamı terk etmekte ya da ölmektedir (Yorulmaz, 2000). Namnam Çayı çözünmüş oksijen miktarı açısından zengin bir akarsudur. Akarsu genelinde çözünmüş O₂ miktarı 5,1 mg/l ile 9,7 mg/l arasında değişmektedir. En düşük çözünmüş oksijen miktarının belirlendiği örnekleme noktası İstasyon V örnekleme noktasıdır (Şekil 4.5.). Bu örnekleme noktası aynı zamanda en düşük yıllık ortalama çözünmüş oksijen miktarının da ölçüldüğü lokalitedir. Tanyolaç (2000) yeraltı suyundan veya sızıntılardan sağlanan suların, çözünmüş oksijen miktarı açısından anaerobik noktasına yakın derece fakir olduğunu, ancak bu suların yüzeye çıktıktan sonra çağlayarak akması sonucunda oksijence zenginleşeceğini belirtmiştir. Aynı şekilde hızla akan akarsularda çözünmüş oksijen zenginliği, yavaş akan akarsularda ise fakirliği söz konusudur. En yüksek çözünmüş oksijen miktarı İstasyon I örnekleme noktasında ölçülmüştür (9.7 mg/l). Akarsu yatağı üzerinde kaynaklara yakın bir bölgede bulunması ve akarsuyun çağlayarak akması nedeniyle en yüksek çözünmüş oksijen miktarına sahip olan İstasyon I örnekleme noktalarında kaynaktan doğan su, kot farkından dolayı aşağıya doğru çağlayarak akmaktadır. Böylece havada bulunan oksijen ile temas etmekte ve oksijen bakımından zenginleşmektedir. İstasyon V örnekleme noktasında ise suyun çağlayarak akması söz konusu değildir. Bu örnekleme noktasında su yavaş akmaktadır. Bu nedenle, çözünmüş oksijen miktarı açısından bir fakirlik söz konusudur. Kazancı ve Dügel (2000), Barlas (1995), İmamoğlu (2000) ve Kiriş (2003) araştırdıkları akarsular üzerinde benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Sonuç olarak Namnam Çayı, çözünmüş oksijen açısından zengin bir akarsudur.

Aerobik şartlar altında bakteriler tarafından organik maddelerin parçalanmasında kullanılmak üzere gerekli olan oksijen miktarı biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5) olarak tanımlanır ve mg/l olarak ifade edilir (Egemen, 1999). Biyolojik oksijen ihtiyacının belirlenmesi, kirli suların ve atık suların bağıl oksijen gereksinimlerini tespit için kullanılan laboratuvar prosedürlerinin standart hale getirildiği deneysel bir testtir. Bu test, sülfid ve demir gibi inorganik materyallerin oksidasyonunda kullanılan oksijeni ve organik materyallerin (karbondan kaynaklanan ihtiyaç) belirli bir inkübasyon periyodundaki biyokimyasal ayrıştırmasında kullanılan moleküler oksijeni ölçer (Eaton vd., 2005). BOI_5 deneyinde oluşan reaksiyonlar biyolojik olayların bir sonucudur. Reaksiyonların hızı su örneklerinde çözünmüş olan organik madde miktarına ve sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle ölçümlerin oda sıcaklığında ($20^{\circ}C$) yapılması gerekir. Kuramsal olarak organik maddelerin tam biyolojik yükseltgenmeleri için sonsuz sürede bir zamana ihtiyaç vardır. Fakat uygulamada reaksiyonun 20 günde tamamlandığı kabul edilmektedir. Bununla birlikte 20 günlük bir zaman aralığı sonuç alma açısından oldukça uzundur. Bu nedenle 5 günlük bir bekleme süresi kabul edilmiştir. BOI_5 tayininde kullanılacak yöntemler kirliliğin derecesine ve suyun yapısına göre değişir (Egemen ve Sunlu, 1996). Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5), aerobik şartlar altında suda bulunan mikroorganizmalar tarafından organik maddelerin parçalanmasında kullanılmak üzere gerekli olan oksijen miktarı olarak tanımlanır. Suyun kimyasal ekolojisinde organik kirlenmenin bir ölçüsüdür (Egemen ve Sunlu, 1996). Namnam Çayı'nda en yüksek BOI_5 yavaş akan akarsu kısımlarında yüksek sıcaklıkla birlikte daha yüksek BOI_5 değerleri belirlenmiştir. Arazi çalışması ortalamasına göre ise en yüksek BOI_5 değeri İstasyon V örnekleme noktasında 2,39 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9.). Barlas vd., (2000) Yuvarlakçay üzerinde yapmış oldukları çalışmada alabalık çiftliklerinden sonraki örnekleme noktasında en yüksek ortalama BOI_5 değerini bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlarla Namnam Çayı üzerinde elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir.

Bir suyun elektriksel iletkenliği o suda bulunan tuzların ve çözünebilir maddelerin tüm miktarının toplamıdır. Suyun elektriksel iletkenliği hem jeolojik etkenlere hem de dış etkilere bağlıdır. Elektriksel iletkenlik, sıcaklık ve tuzluluk artışına paralel olarak artar (Höll, 1979). Doğal sular oldukça seyreltik tuz çözeltileri olduğu için elektriği iletirler (Mutluay ve Demirak, 1996). İyonların yer değiştirme hızı üzerine

sıcaklığın etkisi vardır. Bir başka ifade ile suyun içindeki tuz ve çözünebilir madde miktarı ve su sıcaklığı arttıkça iletkenliği de artar. İletkenliğin birimi μS 'dir. Alman literatüründe ise mikro ohm bazen mikro-siemens olarak isimlendirilir (Günay, 1974). Sularda bulunan çözünmüş mineral maddelerin ve çözünmüş tuzların etkisi ile oluşan elektriksel iletkenlik Namnam Çayı üzerinde en düşük ortalama değeri ($383 \mu\text{Scm}^{-1}$) İstasyon II örnekleme noktasında sergilemektedir (Şekil 4.11.). En yüksek ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise 5. İstasyon örnekleme noktasında ($483 \mu\text{Scm}^{-1}$) belirlenmiştir. Kalyoncu (2005) da Aksu Çayı üzerinde yapmış olduğu çalışmada en yüksek ortalama elektriksel iletkenlik değerlerini çok kirlenmiş su kalite sınıfına dahil ettiği örnekleme noktalarında saptamışlardır. Taşdemir ve Göksu (2001), elektriksel iletkenlik değerinin, çözünmüş olarak bulunan toplam madde miktarı konusunda bilgi verdiğini ve kirlenme için bir gösterge olarak ele alınabileceğini belirtmişlerdir. Namnam Çayı'ndan elde ettiğimiz bulgular, Taşdemir ve Göksu (2001)'nin sonuçlarını destekler niteliktedir. Ancak, bu çalışmada, en yüksek ikinci ortalama elektriksel iletkenlik değeri ($465 \mu\text{Scm}^{-1}$) İstasyon IV örnekleme noktasında belirlenmiştir. Sonuç olarak, elektriksel iletkenliği ile kirlilik arasında bir bağ kurabilmek için, kirlilik parametreleri kadar jeolojik yapının da bilinmesi gerekmektedir.

Sulardaki amonyum, azot içeren organik maddelerin parçalanması sonucu meydana gelen bir ara üründür. Organik maddenin bozulması, organik gübre ya da inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübre kullanımı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucunda sudaki amonyum oranı artar. İyonize olmamış amonyum konsantrasyonu suyun sıcaklığına ve pH'ına bağlıdır. Genel olarak yüksek sıcaklık ve pH'ta toplam amonyumun büyük bir yüzdesi aniyonize formdadır (Egemen ve Sunlu, 1996). Amonyum değeri pH ve sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bol oksijenli temiz sularda, az miktarda amonyuma rastlanmaktadır. Organik maddenin bozulması, özellikle organik gübre veya inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübreleme, evsel ve endüstriyel atık suların deşarjı sonunda sulardaki amonyum oranı artmaktadır. Alglerin aşırı çoğalması ve ölümleri sonucunda da amonyum miktarı yükselir (Barlas ve Kiriş, 2004). Sucul ortamlardaki besleyici elementler olan azot, fosfor ve silisyum canlı yaşamında çok önemli bir role sahiptir. Ancak bu elementlerin belirli sınırlar üzerinde bulunması kirliliğe sebep olmaktadır. Egemen ve Sunlu'ya (1996) göre, sudaki amonyum, organik maddenin bozulması, tarımsal

amaçlı kullanılan organik veya inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübrelerin yüzey suları yoluyla akarsulara karışması, evsel ve endüstriyel atıkların karışımı, yoğun akuakültür uygulamalarından kaynaklanabilir (Egemen ve Sunlu, 1996).

Tanyolaç (2000), temiz sularda amonyum azotunun genellikle 1 mg/l miktarının altında bulunduğunu belirtmektedir. Egemen ve Sunlu (1996) 0,4–2,5 mg/l arasındaki iyonize olmamış amonyumun birçok balık türünde olumsuz etki göstereceğini hatta 3,4 mg/l konsantrasyonda öldürücü olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma dönemi boyunca ortalama amonyum azotu miktarı en yüksek ortalama yıllık amonyum azotu miktarı 1.51 mg/l olarak İstasyon V’de belirlenmiştir. En düşük değer ise İstasyon IV’de 0.47 mg/l olarak belirlenmiştir. Kouimtzs vd., (1994), Aliakmon nehri üzerinde yapmış oldukları çalışmada amonyum azotu miktarının tarımsal aktivitelerle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Namnam Çayı’nda da tarımsal aktivitenin en yoğun olduğu yaz aylarında ve İstasyon V örnekleme noktasında daha yüksek amonyum azotu miktarı ölçülmüştür.

Ayrıca, Namnam Çayı kaynak bölgesine yakın bir noktada bulunan alabalık işletmesi yem atıkları tüm azot türevlerinin yüksek değerlerde bulunmasına yol açmıştır. Özellikle Mart-Mayıs dönemlerinde yağışlarında etkisiyle tüm istasyonlarda bu değerler artış göstermiştir. İstasyon V civarında yoğun olarak bulunan tarımsal faaliyetler ve diğer insan kaynaklı atıklar da amonyum, nitrit ve nitrat değerlerinde artışa sebep olmaktadır.

Nitrit, amonyumun oksitlenmesi reaksiyonunda, amonyağın yükseltgenmesi veya nitratın indirgenmesinden meydana gelen bir ara üründür. Proteinli bazı organik maddelerin biyolojik olarak bozulmasından da nitrit meydana gelir. Doğal sularda konsantrasyonu düşük olmasına karşın organik kirlenmenin olduğu, oksijen konsantrasyonunun düşük olduğu, çevresel ve endüstriyel atık su deşarjının olduğu yerlerde yüksek miktardadır (Giritlioğlu, 1975). Nitrit, oksijen bulunan sularda kararlı olmayıp, yükseltgenerek nitrat haline dönüşür. Sularda nitritin kaynağı organik maddeler, azotlu gübreler ve bazı minerallerdir. Yerleşim bölgelerinde bulunan sularda nitrit organik maddelerden kaynaklanmaktadır. Çoğunlukla doğal sularda ve balık çiftliklerindeki nitrit azotu konsantrasyonları düşüktür. Nitritin yüksek miktarda olması suların kirlenmiş olduğunu gösterir (Egemen ve Sunlu, 1996). Girgin ve Kazancı’ya (1994) göre nitrit azotu temiz sularda bulunmaz veya

eser düzeyde bulunur. Kararsız bir bileşik olan nitrit azotunun sürekli olarak bulunması evsel veya endüstriyel bir atık su karışımının göstergesidir. Namnam Çayı'nda ortalama yıllık nitrit azotu miktarı 0.131 mg/l olarak tespit edilmiştir. Namnam Çayı'nda ortalama yıllık nitrit azotu en yüksek değer Kasım ayında İstasyon V'de 0.007 mg/l, en düşük değer ise bazı aylarda değişik istasyonlarda 0.001 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Ancak bu örnekleme noktasında da sürekli olarak bir nitrit azotu varlığı söz konusu değildir. Stevens ve Laughlin (1994)'a göre nitrit azotu sucul canlılar için toksik etkiye sahiptir ve sularda sürekli bulunması sucul organizmalar için sakıncalıdır. SKKY'e (2008) göre nitrit azotu 0,05 mg/l üzerinde ise su çok kirlenmiş kabul edilmektedir. Namnam Çayı üzerinde tüm örnekleme noktalarında nitrit azotu hiçbir zaman bu değerin üzerine çıkmamıştır.

Nitrat, azot devrindeki azotun en üst yükseltgenme basamağındadır. Yüzey sularında gözlenebilecek miktarlarda nitrat bulunur. Sulardaki nitratın kaynağı jeolojik olarak volkanik kayalardır. Atmosferdeki elektrik boşalmaları havanın serbest azotundan çok azının okside olarak yağmurlardan sulara karışmasına neden olur (Tuncay, 1994). Bakteriyel Nitrifikasyonun bir yan ürünü olarak ortama katılan nitrat, bitkilerin tüketilmesi ile ve amonyağa redüksiyonu ile yok edilir (Giritlioğlu, 1975; İmamoğlu, 2000). Egemen ve Sunlu'ya (1996) göre nitrifikasyonun son ürünü nitrat azotudur ve Dünya Sağlık Teşkilatı'na göre 10 mg/l miktarına kadar olan nitrat azotu miktarı, içme sularında kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Namnam Çayı'nda ortalama yıllık nitrat azotu miktarı 3.03 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek değer Mayıs ayında İstasyon II'de 6.5 mg/l, en düşük değer ise Kasım ayında İstasyon I'de 1.2 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Fosfor, doğal sularda ya erimiş organik fosfor veya sestondaki organik fosfor olarak bulunur. Ayrıca suda demir ve kalsiyum gibi birçok iyonla birleşebildiği için çözünmemiş anorganik fosfor ve çözünmüş anorganik fosfor olarak bulunur. Doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfometrisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde olması veya olmamasına ve sudaki canlıların organik metabolizmasına bağlıdır. Volkanik kayalar başlıca fosfor kaynağı olmakla beraber, topraktan da fosfor sağlanmaktadır. Ayrıca insan atıkları ve deterjanlarda fosfat kapsar (Tanyolaç, 2009). Sudaki fosfat miktarı 0,3

mg/l'den yüksek ise kirlenmeden söz edilebilir. Atık su kirlenmesinde fosfat miktarı garantili bir indikatördür (Höll, 1979). Bir besin elementi olan fosfor, çözünmüş halde iken ortofosfat olarak bulunur (Egemen ve Sunlu 1996). Namnam Çayında ortalama yıllık Orto-fosfat miktarı 0.25 mg/l, en yüksek değer Mayıs ayında İstasyon IV'de 0.423 mg/l, en düşük değer ise Kasım ayında İstasyon III'de 0.017 mg/l olarak ölçülmüştür.

Suyun sertlik derecesi kirlenme indikatörü olarak da kullanılır. Hayvan dışkısı, üre ve atık sulardan dolayı, kirlenmiş kaynaklarda su sertliği değeri yükselir (İmamoğlu, 2000). Sert sular, su ortamında bulunabilecek zehirli maddelerin zehir etkisini artırıcı rol oynamaktadır (Göksu, 2003). Kalsiyum ve magnezyum tatlı suda en bol bulunan iyonlardır. Çözünmüş katı madde miktarı litrede 50 mg'dan daha az olan yumuşak sularda total katyonların aşağı yukarı %48'i Ca ve %14'ü Mg'dir. Orta sert sularda ise Mg'un Ca'a oranı artar, yaklaşık olarak Ca %53 ve Mg %34'tür. Sert sularda bu iyonların artışı iki alkali metal olan sodyum ve potasyumun zararındandır. Suların Sertlik Derecesinin Sınıflandırılması (Klee, 1990): 0-4 °dH: Çok yumuşak, 4-8 °dH: Yumuşak, 8-12 °dH: Orta sert, 12-30 °dH: Sert, > 30: Çok sert, > 50: Alışılmışın dışında sert şeklindedir. Bir suyun sertliği, o suyun temas ettiği topraktaki minarelerin suda çözünmesiyle ilişkilidir (Egemen ve Sunlu, 1996). Sularda geçici ve kalıcı sertlik, toprak alkali iyonlardan kaynaklanmaktadır (Barlas, 1995). Su sertliğinde önemli olan iyonlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır (Egemen ve Sunlu, 1996). Bununla beraber Höll (1979), insan sağlığı için en uygun içme suyu sertliği 5–15 °dH arasında olduğunu vurgulamıştır. Namnam Çayı örnekleme noktalarında analiz edilen su örnekleri, Klee (1990)'ye göre su sertliği bakımından sınıflandırıldığında, Namnam Çayı yumuşak ve orta sert su sınıfına girmektedir ve bu değer Höll (1979) tarafından içme suyu için önerilen sertlik sınıfını göstermektedir. Toplam sertlik değeri, elektriksel iletkenlik değerinde de olduğu gibi tek başına kirlilik göstergesi değildir. Ancak, diğer fiziko-kimyasal parametreler ve jeolojik yapı ile beraber ele alındığında, İstasyon V örnekleme noktasında saptanan yüksek sertlik değerinin kirlilik baskısı ile oluştuğu, İstasyon IV örnekleme noktasında ise jeolojik yapıdan kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, sertlik tüm örnekleme noktaları birbirine yakın değerlerde iken, en düşük sertlik değeri İstasyon II örnekleme noktasında 9.1, en yüksek sertlik değeri İstasyon IV örnekleme noktasında 16.4°dH olarak belirlenmiştir (Şekil 4.22.).

5.2. Biyolojik Değerlendirme

5.2.1. Bentik makroomurgasızlar

Namnam Çayı'nın bentik makroomurgasız yapısını ortaya çıkarmak için 816 birey incelenmiştir. Bu bireyler toplam 40 taksona aittir. Girgin (1994), Ankara Çayı ve kollarında, Dügel (1995) Yuvarlakçay'da, Zamora-Munoz ve Tercedor (1996) İspanya'da organik olarak kirlenmiş bir akarsuda yaptıkları çalışmada en fazla takson ile temsil edilen sınıfın Insecta olduğunu bildirmiştir. İmamoğlu (2000) Dipsiz-Çine Çayı'nda, Yorulmaz (2003) Dalaman Çayı'nda, Kalyoncu (2005) Aksu Çayı'nda ve Kiriş (2003) Akçay'da yapmış oldukları çalışmalarda bentik makroomurgasızlar içinde en fazla takson ile temsil edilen sınıfın Insecta olduğunu saptamışlardır.

Ephemeroptera takımı Namnam Çayı'nda birey olarak en fazla sayıda toplanan bentik makroomurgasız taksonudur. 2. örnekleme noktasında 180, İstasyon III örnekleme noktasında 150, 1. örnekleme noktasında 120 ve İstasyon V örnekleme noktasında 100, 4. örnekleme noktasında 80 bireyle temsil edilmektedir. Bununla birlikte yine 2. örnekleme noktasında 180 bireyle en fazla toplanan taksondur (Şekil 4.1.). Namnam Çayı'nda en fazla bireyle ikinci olarak temsil edilen takım Trichoptera takımıdır.

Akarsulardaki su akımının yüksek olması bentik popülasyonun azalmasına yol açmaktadır. Gray ve Fisher (1981) yapmış oldukları çalışmada, akarsuyun su akımının yüksek olduğu aşağı havzalarında Insecta sınıfına ait sucül organizmaların tür kompozisyonunun olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Sager (1986), Scrimgeour ve Winterborne (1989) ve Cobbe vd., (1992) çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Habit et al., (1998), Itata nehri üzerinde yapmış oldukları çalışmada en düşük omurgasız çeşitliliğini tabanı çamurumsu olan örnekleme noktasında saptamışlardır. Bu çalışmada değerlendirilen İstasyon IV ve İstasyon V örnekleme noktaları benzer bentik yapıya sahiptir ve Habit et al.'ın (1998) Itata nehrinde elde ettikleri veriler ile paralellik göstermektedir. Ayrıca bu örnekleme

noktalarından yapılan kum alımı bentik yapıya zarar vermekte ve biyolojik çeşitlilik değerini olumsuz etkilemektedir.

İstasyon I ve İstasyon II örnekleme noktalarında suyun debisinin ve su akımının daha yavaş olduğu yaz aylarında daha yüksek çeşitlilik değeri belirlenmiştir. İstasyon III örnekleme noktasında, ilkbahar ve yaz aylarındaki çeşitlilik değeri ortalaması birbirine çok yakındır. İstasyon III örnekleme noktasında sonbaharda en yüksek ortalama çeşitlilik değeri belirlenmiştir. İstasyon III ve İstasyon II örnekleme noktalarında ise en yüksek çeşitlilik değerleri ortalamaları kış aylarında rastlanmıştır. İstasyon V örnekleme noktasında ise en yüksek çeşitlilik değerleri, sonbahar ve ilkbaharda belirlenirken kış aylarındaki örnekleme ortalaması da bu değerlere oldukça yakındır. İstasyon IV ve İstasyon V örnekleme noktalarında kış aylarında en yüksek ortalama çeşitlilik değerinin saptanmasının nedeni yüksek su akımı ile birlikte organizmaların sürüklenmesidir. Çünkü bu iki örnekleme noktasının zemin yapısı bentik makroomurgasızların gelişimi açısından elverişsizdir. Bunun yanında yıl boyu yüksek su akımı olması da bentik makroomurgasızların gelişimi açısından uygun olmayan bir durumdur. İstasyon IV örnekleme noktasında ise en düşük çeşitlilik değeri ortalaması yaz aylarında belirlenmiştir. Bunun nedeni ise bu aylarda akarsu tabanından malzeme taşınması ve akarsuyun bu mevsimlerde oksijen ve besin elementleri açısından zenginleşmesi olabilir.

Namnam Çayı üzerindeki örnekleme noktaları incelendiğinde atmosfer basıncının daha düşük olduğu yüksek rakımlı bölgeler olan kaynak bölgelerinin daha yüksek çeşitlilik oranına sahip olduğu görülmektedir. Atmosfer basıncının daha yüksek olduğu düşük rakımlı bölgeler olan İstasyon V ve İstasyon IV örnekleme noktalarında ise daha düşük çeşitlilik oranı görülmektedir. Atmosfer basıncı bentik makroomurgasız çeşitliliği ile direk ilgili olmasa da lokalitelerin özelliğini yansıtması açısından önemlidir.

Atmosfer basıncından sonra, bentik makroomurgasız çeşitliliği üzerine en önemli faktörler sıcaklık, toplam sertlik ve kalsiyum iyonu parametreleridir. Bu parametreleri çözülmüş oksijen, asit bağlama yeteneği ve geçici sertlik parametreleri izlemektedir. Bu çalışmadaki bulgulara paralel olarak, Miltner ve Edward (1998), başlıca nutrientlerin, akarsulardaki biyolojik bütünlük ile ilişkilerini araştırdıkları çalışmalarında, küçük ve orta büyüklükteki akarsulardaki biyolojik bütünlüğün,

nutrintlerle negatif korelasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ometo et al., (2000) Brezilya'daki Pracicaba nehir havasındaki iki farklı akarsudaki bentik makroomurgasızların ve su kimyasının üzerinde toprak kullanımının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, nitrat azotu ile bentik makroomurgasız çeşitliliği arasında bir ilişki belirlemişler ancak korelasyon katsayısının hem nitrat azotu hem de diğer parametreler için önem taşımadığını belirtmişlerdir. Girgin ve Kazancı (1997), Ankara Çayı'nda bentik makroomurgasızlar ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmişler ve bentik makroomurgasız cinslerinin dağılımında nitrit azotunun (%21), amonyum azotunun (%20) ve ortofosfat miktarının (%28) etkili olduğunu belirtmişlerdir. Duran vd., (2003) Kelkit Çayı üzerindeki çalışmalarında iyi su kalitesi sınıfına dahil olan örnekleme noktalarında en yüksek çeşitlilik değerlerine ulaşmışlardır.

Namnam Çayı üzerinde yapılan bu çalışmada örnekleme noktalarının su kalitesi sınıfları fiziko-kimyasal ve biyolojik verilere göre belirlenmiştir. Uygulanan su kalitesi tayin yöntemleri örnekleme noktalarının su kalitesi hakkında birbirlerini desteklemektedir (Çizelge 5.1.). Namnam Çayı örnekleme noktaları hem fiziko-kimyasal veriler, hem de biyolojik veriler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde yüksek su kalitesine sahip olduğu görülmektedir. Bu örnekleme noktalarında bulunan bentik makroomurgasız kommuniteleri incelendiğinde de aynı sonuca ulaşılmaktadır.

5.2.2. Balıklar

Namnam Çayı üzerinde seçilen 5 istasyonda yürütülen bu çalışmada 8 familyaya ait 13 adet balık türü tespit edilmiştir. İstasyonların özellikleri ve su kalitesi açısından bu türlerin dağılımları incelendiğinde belirgin bir şekilde istasyonlardaki tür ve birey sayılarının farklı olduğu gözlenmiştir.

Tüm istasyonlarda ve yıl boyunca yaygın olarak bulunan türlerin 4 türle temsil edildiği ve türlerin sırasıyla 1558 bireyle *Squalius fellowesii*, 1342 bireyle *Barbus plebejus*, 792 bireyle *Capoeta bergamae* ve 110 bireyle *Anguilla anguilla* olduğu görülmüştür.

Tür bakımından en zengin istasyonun mansabta bulunan İstasyon V olduğu ve 11 türün burada yaşadığı, ancak bu türlerden 7 tanesinin diğer istasyonlarda yaşamadığı

tespit edilmiştir. İstasyon V çeşitlilik bakımından zengin diğer istasyonlardan oldukça farklı bir tür kompozisyona sahiptir.

İstasyon I, II ve III'de ortak olarak 5 adet balık türü bulunmakta ve birey sayıları oldukça yüksektir. Bu üç istasyon benzerlik göstermektedir. Sadece İstasyon I ve II'de ve sadece Kasım ayında görülen *Cyprinus carpio* balık çiftliğinden taşkınla akarsuya karışmış ve daha sonraki dönemlerde bir daha görülmemiştir. Yavru sazan türleri akarsuyun akıntı ve sıcaklık gibi şartlarının uygun olmaması nedeniyle burada daha uzun süre yaşayamamışlardır. Yine İstasyon I, II ve III'de Mart-Ekim ayları görülen *Onchorynchus mykiss* türü balık örnekleri de alabalık çiftliğinden akarsuya karışmış olan ve doğal balık faunası içinde yer almayan örneklerdir. İstasyon IV ise sadece 4 balık türü ile temsil edilmekte ve sadece akarsuyun aktığı örnekleme dönemlerinde balıkların burada bulunduğu anlaşılmaktadır.

En yaygın bulunan balık türlerinden; *Squalius fellowesii*, sırasıyla İstasyon III ve II'de; *Barbus plebejus* İstasyon II ve I'de, *Capoeta bergamae* İstasyon III ve II'de, *Anguilla anguilla*'nın ise İstasyon I, IV ve II'de en yaygın oldukları görülmüştür. Buna göre balık biyotik indeksine göre bir kalite sınıflaması yapılırsa İstasyon I, II ve III'ün II-III: İyi, İstasyon IV'ün IV: fakir ve İstasyon V'in ise I-II: Çok iyi kalite sınıfını gösterdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Fiziko-kimyasal ve biyolojik veriler birlikte kullanılarak Namnam Çayı su kalitesi değerlendirmesi.

İstasyon	SKKY	Klee	BBI	Balık İndeksi
1	II Az kirlenmiş	I-II Az Kirlenmiş	II Hafif Kirlenmiş	II-III İyi
2	II Az kirlenmiş	I-II Az Kirlenmiş	II Hafif Kirlenmiş	II-III İyi
3	II Az kirlenmiş	II Orta Dereceli Kirlenmiş	II Hafif Kirlenmiş	II-III İyi
4	II Az kirlenmiş	II Orta Dereceli Kirlenmiş	III Orta Decede Kirlenmiş	IV Fakir
5	II Az kirlenmiş	II-III Kritik Kirlenmiş	II Hafif Kirlenmiş	I-II Çok iyi

5.3. Genel Değerlendirme Ve Sonuçlar

Namnam çayı üzerinde 5 istasyonda yürütülen ve ilk kez fiziko-kimyasal özelliklerin yanında balıkların da su kalitesini belirlemede kullanıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Namnam Çayı su kalitesi bakımından genellikle 1. kalite özellikleri göstermektedir,
- 2- Balık çiftliği ve tarımsal aktivitelerin olduğu bölgelerde besin tuzları (amanyum, nitrit, nitrat ve fosfat) bakımından akarsuyun su kalitesi 2. ve 3. sınıf özellikleri göstermektedir,
- 3- Fiziko-kimyasal, bentik omurgasızlar ve balıkların kullanıldığı kalite sınıflamaları genel olarak benzerlikler gösterse de, elde edilmek istenen hedefe göre farklı sonuçlara ulaştırmaktadır,
- 4- Namnam Çayı'nın üst bölgeleri olan İstasyon I, II ve III bölgeleri ile İstasyon V belirgin olarak farklı özellikler göstermekte ve İstasyon IV çok açık bir şekilde ayırıcı bölge olarak göze çarpmaktadır,
- 5- İstasyon IV gerek akarsuyun doğal rejimi ve yaz aylarında oluşan kuraklık, gerekse de kum ocaklarından dolayı büyük bir baskı altında bulunmaktadır. Bu durum akarsuyun bu bölümünde doğal hayatı olumsuz yönde etkilemektedir,
- 6- Namnam Çayı balıklar bakımından nispeten zengin olmakla birlikte, balık çiftliği, tarımsal ve diğer insani faaliyetlerden dolayı baskı altındadır,
- 7- Gerek Namnam, gerekse de diğer akarsularımız üzerinde benzeri çalışmalar yapılarak izleme çalışmaları devam ettirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Angermeier, P.L. (1983) *The importance of cover and other habitat features to the distribution and abundance of Illinois stream fishes*, Ph.D. Dissertation, University of Illinois, Urbana.
- Angermeier, P.L. and Karr JR. (1986) *Applying an index of biotic integrity based on stream-fish communities: considerations in sampling and interpretation*, North American Journal of Fisheries Management 6: 418-429.
- Angermeier, P.L. and Schlosser, J. (1989) *Species-area relationships for stream fishes*. Ecology 70: 1450-1462.
- Anonim, (2011) *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Muğla il çevre durum raporu* s. 264-265, Muğla.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright J.F. and Furse, M.T. (1983) *The Performance of A New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running Water Sites*, Water Res. 17: 333-47.
- Atay, D. ve Pulatsü, S. (2000) *Su Kirlenmesi ve Kontrolü*, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 307s.
- Barlas, M. (1995) *Akarsu Kirlenmesinin Biyolojik ve Kimyasal Yönden Değerlendirilmesi ve Kriterleri*, Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, 465-479.
- Barlas, M., İmamoğlu, Ö. ve Yorulmaz, B. (2002) *Tersakan Çayı'nın (Muğla-Dalaman) Su Kalitesinin İncelenmesi*, XVI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Malatya.
- Barlas, M., İmamoğlu, Ö., Yorulmaz, B. ve Kiriş, E. (2001) *Sarıçay (Muğla-Milas)'ın Su Kalitesinin ve Makrozoobentik Faunasının İncelenmesi*, IV. Ulusal Çevre ve Ekoloji Kongresi, Bodrum.
- Barlas, M. ve Kiriş, E. (2004) *Akçay (Muğla- Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi* Araştırma Projesi, Muğla Üniversitesi Yayınları: 49, Muğla, 116s.

- Barlas, M., Yılmaz, F., Dirican, S. ve Yorulmaz, B. (2000) *Yuvarlak Çay'ın (Köyceğiz Muğla) Balık Faunasının İncelenmesi*, IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, 423-436ss.
- Belfiore, C., Tanatmış, M., and Kazancı, N. (2000) *Taxonomy of Electrogena antalyensis (Kazancı and Braasch, 1986) (Ephemeroptera, Heptageniidae)*, Aquatic Insects, 22 (4): 261–270.
- Berner, L. and Pescador, L. M. (1987) *The Mayflies of Florida*, University Press of Florida, Florida, 217p.
- Brauer, A. (1909) *Die Süßwasserfauna Deutschland (Coleoptera)*, Verlag von Gustav Fischer Jena, Berlin, 235 p.
- Brohmer, P. (1979) *Fauna von Deutschland*, Heidelberg, 581 p.
- Chandler, J.R. (1970) *A Biological Approach to Water Quality Management*, Water Pollution Control, 69, 415-422.
- Cobbe, D.G., Galloway, T.D. and Flannagan, J.F. (1992) *Effects of Discharge and Substrate Stability on Density and Species Composition of Stream Insects*, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1788-1795.
- Çiçek, E. ve Birecikligil, S. (2015) *Yüzeyel Sularda Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve İzlenmesi için Biyolojik Bütünlük İndekslerinin Kullanılması*, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 4(1): 45-56.
- De Pauw, N., and Vanhooren, G. (1983) *Method for Biological Quality Assessment of Watercourses in Belgium*, Hydrobiologia 100, 153-168 p.
- Demirsoy, A. (1982) *Türkiye Faunası (Odonata)*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), TBAG Seri No:28, TÜBİTAK Yayınları No:508, Ankara, 154s.
- Dirican, S. ve Barlas, M. (2005) *Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın fiziko-kimyasal özellikleri ve balıkları*, Ekoloji 14-54, 25-30.
- Duran, M., Tüzen, M., ve Kayım, M. (2003) *Exploration of Biological Richness and Water Quality of Stream Kelkit, Tokat-Turkey*, Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 12, No.4, 368–375.
- Dügel, M. (1995) *Köyceğiz Gölüne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87s.

- Eaton, A.D., Glesceri, L.S., Rice, E.W. and Greenberg, A.E. (2005) *Standard methods For The Examination of Water & Wastewater*, Port City Press, 5210 s.
- Edington, J.M. and Hildrew, A.G. (1981) *Caseless Caddis Larvae of the British Isles*, London, 92 p.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U. (1996) *Su Kalitesi*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 14, E.Ü. Basımevi, İzmir 153 s.
- Egemen, Ö. (1999) *Çevre ve Su Kirliliği*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 42, Bornova, İzmir.
- Ellenberg, H., Arndt, U., Bretthauer, R., Ruthsatz, B., and Steubing, L. (1991) *Biological Monitoring; signals from the environment*, Friedr. Viewegand Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 318 p.
- Elliot, J.M. and Mann, K.H. (1979) *A Key To British Freshwater Leeches, with Notes On Their Life Cycles and Ecology*, Freshwater Biological Association Scientific Publication No:40, 72 p.
- Elliot, J.M., Humpesch, U.M., and Macan, T.T. (1988) *Larvae of the British Ephemeroptera: A Key With Ecological Notes*, Freshwater Biological Association, London, 49: 145 p.
- Engelhardt, W. (1989) *Was Lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*, Stuttgart, 270 p. Environmental Protection Agency (EPA), 1979, AQ Review of the EPA Red Book Quality Criteria for Water, USA, 311 p.
- Erdinç, S.Ö. (2010) *Gökova Körfezi'ni Besleyen Kadın Azmağı ve Akçapınar Azmağı'nın Su Kalitesi Yönünden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Geldiay, R. ve Balık, S. (1988) *Türkiye Tatlısu Balıkları* (Ders Kitabı II. Baskı), Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, No; 16 786 s.
- Girgin, S. ve Kazancı, N. (1994) *Ankara Çayı'nda Su Kalitesinin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi*, Türkiye iç Suları Araştırma Dizisi I, Özyurt Matbaası, Ankara, 184 s.
- Girgin, S. ve Kazancı, N. (1996) *Kirmir Çayı'nda Taban Büyük Omurgasızlarının Dağılımı Üzerine Bir Araştırma*, XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Hidrobiyoloji Seksiyonu, İstanbul, 53-62.

- Girgin, S., Kazancı, N. ve Doğan, O. (1997) *A new approach to the Irrigation Water Quality Criteria in Turkey: Ankara stream, Int Conf. On "Water Management Salinity and Pollution Control towards Sustainable Irrigation in the Mediterranean Region"*, Bari, Vol 2, Water Quality and Pollution Control, 43-54.
- Girgin, S., ve Kazancı, N. (1997) *Ankara Çayı 'nda Taban Büyük Omurgasızları ile Kirlilik Parametreleri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi*, SKKD Cilt 7, Sayı 1, 49-63.
- Giritlioğlu, T. (1975) *İçme Suyu Kimyasal Analiz Metotları*, İller Bankası Yayını, Ankara, N:18, 343 s.
- Göksu, Z.L. (2003) *Su Kirliliği (Ders Kitabı)*, Nobel Kitabevi, Balcalı-Adana, 232s.
- Gray, L.J. and Fisher, S.G. (1981) *Species Composition and Life Histories of Aquatic Insects in a Lowland Sonoran Desert Stream*, Am. Midl. Nat. 106: 49-257.
- Gülboy, H. (2004) *Isparta Deresi ve Bazı Yan Kollarında (Eğrim ve Darıören) Su Kirliliğinin Biyolojik ve Fizikokimyasal Yönden Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 106 s. (Yayımlanmamış).
- Günay, Y. (1974) *Arazide Uygulanacak Kimyasal Analiz Metodları Klavuzu*, İller Bankası Yayını, No:11, Ankara, 58 s.
- Habit, E., Bertrán, C., Arévalo, S. and Victoriano, P. (1998) *Benthonic Fauna of the Itata River and Irrigation Canals (Chile)*, Irrig. Sci. 18: 91-99.
- Harker, J. (1989) *Naturalists' Handbooks 13*, Richmond Publishing Co. Ltd., England, 56 p.
- Haybach, A. and Thomas, A. (2000) *Ecdyonurus belfiorei nov. sp. from Italy, With a Note on E. aurantiacus androsianus Braasch, 1983*, (Ephemeroptera: Heptageniidae). Ephemera, 2 (2): 79-91.
- Hellawell, J.M. (1978) *Biological Surveillance of Rivers*, water search Center, Stevenage, England, 322 p.
- Hilsenhoff, W.L. (1988) *Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index*, J. N. Am. Benthol. Soc. 7(1): 65-68.

- Höll, K. (1979) *Wasser: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie*, 6. Auflage de Gruyter, Berlin, 1986 Feb 586p.
- Hynes, H.B.N. (1977) *A Key to the Adults and Nymphs of British Stone Flies*, Freshwater Biological Association Scientific Publication No: 17, Ontario, 90p.
- Illies, J. (1955) *Die Tierwelt Deutschlands Plecoptera*, Germany, 150 p.
- İmamoğlu, Ö. (2000) *Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı' nın Fiziko-kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroinvertebrat) Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla. 125s.
- Jansson, A. and Vuoristo, T. (1979) *Significance of Stridulation in Larval Hydropsychidae (Trichoptera)* Anim, Behav., 71, 168-186.
- Jiang, J.G. (2006) *Development of a New Biotic Index to Assess Freshwater Pollution*, Environmental Pollution 139, 306–317.
- Kalyoncu, H. ve Barlas, M. (1997) *Isparta deresinde tespit edilen istasyonlarda yoğun olarak belirlenen Epilitik diatomların su kalitesine bağlı olarak mevsimsel gelişimleri*, IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Eğirdir-Isparta, 1, 310-324.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö.O. ve Çavuşoğlu, K. (2005) *Aksu Çayı'nın Su Kalitesi değişimi Üzerine Bir Araştırma*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-1, 37-45.
- Kara, C., Çömlekçioğlu, U. (2004) *Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-kimyasal Parametrelerle İncelenmesi*, KSU Fen ve Mühendislik Dergisi, 1-7 ss.
- Karr, J.R., Dudley D.R. (1981) *Ecological perspective on water quality goals*. Environ. Manage. 5: 55–68.
- Karr, J.R., Fausch K.D., Angermeier P.L., Yant P.R. and Schlosser I.J. (1986) *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*, Illinois Nat. Hist. Surv. Spec. Publ. 5, Champaign.
- Karr, J.R. (1991) *Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management*. Ecol, Appl. 1: 66–84.

- Kazancı, N. (1985a) *Gümüşhane, Erzurum, Erzincan, Artvin, Kars illerinde Ephemeroptera (insecta) Takımı Nimflerin ve Erginlerin Sistematik Yönden İncelenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80s.
- Kazancı, N. (1985b) *Rhitrogena anatolica sp.n. (Ephemeroptera: Heptageniidae) from Turkey*, Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Vol. 58, 311–313.
- Kazancı, N. (1985c) *Leuctra brachyptera, a new stonefly from Turkey (Plecoptera: Leuctridae)*, Aquatic Insects, Vol. 7, No.1, 49–52.
- Kazancı, N. (1986) *New Ephemeroptera Records from Turkey*, Zoology in the Middle East, Max Kasperek Verlag, Vol.1, 141-143.
- Kazancı, N. (1993) *Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesinde Sucul Ekosistemin Hidrobiyolojik Yönden İncelenmesi*, Darmstadt, 309s.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. ve Oğuzkurt, D. (1997) *Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi*, Ankara, 100s.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. Ve Oğuzkurt, D. (1997) *Akarsuların çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesinde ve izlenmesinde biyotik indeks yöntemi*, Ankara, 100.
- Kazancı, N. ve Girgin, S. (1998) *Sucul Ekosistemlerin Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi ve İzlenmesinde Üç Temel Biyolojik Yaklaşım*, Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum. 51–63.
- Kazancı, N., Dügel, M. (1998) *Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesinde Bulunan Yuvarlakçay'ın Su Kalitesinin Değerlendirilmesi*, Ankara, 69-80 ss.
- Kazancı, N. ve Dügel, M. (2000) *An Evulation of Water Quality of Yuvarlakçay Stream in the Köyceğiz - Dalyan Protected Area, SW Turkey*, Tr. J. of Zoology, 24, 64-80.
- Kazancı, N. (2004) *Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Sucul Ekosistemi'nin Hidrobiyolojik Yönden İncelenmesi*, Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: VIII, İmaj Yayınevi, 2. Baskı, Ankara, 165s.
- Kimmins, D.E. (1972) *A Revised Key to the Adults oft the British Species of Ephemeroptera with Notes on Their Ecology*, Westmorland, 76p.

- Kiriş, E. (2003) *Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 100s. (Yayımlanmamış).
- Klee, O. (1990) *Wasseruntersuchen. Biologische Arbeitsbücher. Quelle & Meyer, Heidelberg*, 230p.
- Klee, O. (1991) *Angewandte Hydrobiologie.- G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart-New York*, 272 p.
- Kocataş, A. (1997) *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir*, 564s.
- Kolkwitz, R. and Marsson, M. (1902) *Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorgung. Abwasserreing. 1*, 33-72.
- Kouimtzis, TH., Samara, C., Voutsas, D. and Zachariadis, G. (1994) Evaluation of Chemical Parameters in Aliakmon River, Northern Greece, Part I: Quality Characteristics and Nutrients, *J. Environ. Sci. Health, A 29 (10)*, 2115–2126.
- Kuru, M. (2004) Türkiye İçsu Balıklarının Son Sistematik Durumu. *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 3* 1-21.
- Lawa, (1980) *Die Gewässergüte Karte der Bundesrepublik Deutschland*, Stuttgart.
- Leonard, P.M. ve D.J. Orth. (1986) *Uygulama ve küçük, CoolWater akarsularda biyotik bütünlüğünün bir indeks testi*, Amerika Balıkçılık Derneği 115 İşlemler: 401-414.
- Liebman, H. (1947) *Die Notwendigkeit einer Revision des saprobien-systems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung. Ges. Ing. 68,33 – 37*.
- Miltner, R.J. and Edward, T.R. (1998) *Primary Nutrients and the Biotic Integrity of Rivers and Streams*, *Freshwater Biology*, 40: 145-158.
- Morse, J.C. (1983) *Proceedings of the Fourth International Symposium on Trichoptera*, South Carolina, Junk Publishers.486 p.
- Ometo, J.P.H.B., Martinelli, L.A., Ballester, M.V., Gessner, A., Krusche, A.V., Victoria, R.L. and Williams, M. (2000) *Effects of Land Use on Water Chemistry and Macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba River Basin, South-East Brazil*, *Freshwater Biology*, 44: 327-337.

- Öz, N. and Sengörür, B. (2004) *The Determining of Water Quality with Biotic Indices in the Melen River and its Tributaries*, Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 13, No 1, 69–70.
- Plafkin, J.L., Barbour, K.D., Gross, S.K. and Hughes, R.M. (1989) *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers*, Benthic Macroinvertebrates and Fish, EPA/444/4-89-001, Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Sager, P.M. (1986) *The Effects of Floods on the Invertebrate Fauna of a Large Unstable Braided River*, N. Z. J. Mar. Freshwat. Res. 20: 37-46.
- Schrimgeour, G.J. and Winterbourn, M.J. (1989) *Effects of Floods on Epilithon and Benthic Macroinvertebrate Populations in an Unstable New Zealand River*, Hydrobiologia, 171: 33-44.
- Simić, V. and Simić, S. (1999) *Use of the River Macrozoobenthos of Serbia to Formulate a Biotic Index*, Hydrobiologia 416: 51-64.
- SKKY (2008) *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*, Resmi Gazete, 13 Şubat 2008, sayı: 26786, Ankara.
- Sladeczek, V. (1973) *System of Water Quality from the Biological point of View*, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 7, 1-218.
- Smith, A., Bode, R.W. and Kleppel, G.S. (2006) *Biological Indicators*, Elsevier Publications, (Article in Pres).
- Stevens, R.J. and Laughlin R.J. (1994) *Determining Nitrogen-15 in Nitrite or Nitrate by Product Nitrous Oxide*, Soil. Sci. Am. J., 58: 1108- 1116.
- Stobbe, H. (1985) *Bestimmungsschüssel für Libellen Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung*, Hamburg, 50 p.
- Tanatmış, M. (1993) *Sakarya Nehir Sistemi Ephemeroptera Limnofaunasının Tespiti ve Yayılışları*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 136 s. (Yayımlanmamış).
- Tanyolaç, J. (2000) *Limnoloji*, 2. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 237s.
- Tanyolaç, J. (2009) *Limnoloji (Tatlı Su Bilimi)*, Ankara, 263s.

- Taşdemir, M., ve Göksu, Z.L. (2001) *Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri*, E. Ü. Su Ürünleri Dergisi, Cilt 18, Sayı (1-2): 55-64.
- Tercedor, J.A. (1983) *Ephemerella (Chitonophora) ikonovici nevadensis n. ssp. de Sierra Nevada*, Espana (Ephemeroptera: Ephemerellidae). Bolletin Asoc. Esp.
- Tuncay, H. (1994) *Su Kalitesi Ders Kitabı*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi, İzmir, 244s.
- Uyanık, S., Yılmaz, G., Yesilnacar, M. I., Aslan, M., and Demir, Ö. (2005) *Rapid Assesment of River Water Quality in Turkey using Benthic Macroinvertebrates*, Fresenius Environmental Bulletin, Vol 14, No 4, 268 272.
- Wallace, I. D., Wallace, B. and Philipson, G. N. (1990) *A Key to the Case-Bearing Caddish Larvae of Britain and Ireland*, Freshwater Biological Association, No. 51, 237p.
- Yorulmaz, B. (2000) *Dalaman Çayı'nın Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Ve Biyolojik (Bentik Mankroinvertebrat) Açidan Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Yorulmaz, B., Barlas, M., Özdemir, N., ve Yılmaz, F. (2003) *Dalaman Çayı (Muğla) Su Kalitesinin Biyolojik Olarak Değerlendirilmesi*, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Elazığ.
- Yorulmaz, B. (2006) *Eşen Çayı (Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açidan İncelenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 195s.
- Zelinka, M. and Marvan, P. (1961) *Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer*, Arch. Hydrobiol. 57: 389- 407.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Mürüvvet YILMAZ
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Beypazarı, 05.03.1972
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 505 5929856
E-posta : muruvvetturkdogan@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Fatih Sultan Mehmet Lisesi-Keçiören-Ankara	1999
Lisans	Gazi Üniversitesi	1993
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2016

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon / Görev
1995-.....	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		x	
Konuşma		x	
Anlama		x	
Okuma		x	

YAYINLAR

- 1- YORULMAZ BÜLENT, MÜRÜVVET YILMAZ, GÖKHAN ÜTÜK, YILMAZ FEVZİ (2012). Kocagöl (Muğla- Dalaman)'ün Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Balık Faunası. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 1161-1161.
- 2- MÜRÜVVET YILMAZ, YORULMAZ BÜLENT, (2015). Namnam Çayı Su Kalitesinin Biyolojik İzlenmesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, II. Fen Bilimleri Araştırma Sempozyumu, 15 s.