



**YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) KULLANILARAK TABAN  
BÜYÜK OMURGASIZLARININ MODELLEMESİ**

**BENTHIC MACROINVERTEBRATES MODELLING USING  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANNS)**

**FATİH VARLIK**

**PROF. DR. NİLGÜN KAZANCI**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

**FATİH VARLIK**'ın hazırladığı “**Yapay Sinir Ağları (YSA) Kullanılarak Taban Büyük Omurgasızlarının Modellemesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr.

Başkan

.....

Prof.Dr.

Danışman

.....

Prof.Dr.

Üye

.....

Prof.Dr

Üye

.....

Prof.Dr

Üye

.....

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

Prof. Dr. FATMA SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# ETİK

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

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

beyan ederim.

26/ 05 / 2015

FATİH VARLIK

## ÖZET

# YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) KULLANILARAK TABAN BÜYÜK OMURGASIZLARININ MODELLEMESİ

Fatih VARLIK

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nilgün KAZANCI

Mayıs 2015, 46 sayfa

Sucul ekosistemlerde komünite yapılarının çevresel değişkenler ve abiyotik karakterlere göre tahmin edilebilmesi için modellemeler oldukça kullanışlıdır. Bu çalışmada Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları (YSA) uygulamasıyla taban büyük omurgasızlarının dağılımlarını incelemek amacıyla Köyceğiz Gölü'ne (Muğla, Türkiye) dökülen Yuvarlakçay ve Namnam Çay'larından seçilen istasyonlar veri seti olarak kullanılmıştır. Elde edilen veri setinden, YSA algoritmaları kullanılarak tahminler yapılabilmektedir. Veri seti toplamda 98 örnekten oluşup, 1992-1993 yılları arasında bir yılı aşkın bir süre içerisinde elde edilmiştir. Ondört çevresel değişken toplamda sekiz istasyon için ölçülmüş, aynı zamanda çalışılan taban büyük omurgasızların (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) baskınlık değerleri de hesaba katılmıştır.

İlk olarak habitatın taban büyük omurgasızlara olan uygunluğunu gösterebilecek, ağın en optimize şekilde geliştirilip eğitilmesi için farklı ağ yapıları test edilmiştir. Ağın en iyi performansı verebilmesi için farklı sayılarda "hidden layer" (gizli katman), nöron ve transfer fonksiyonları araştırılmıştır. Farklı YSA yapıları için tek gizli katmandan 2, 5, 10, 15'e kadar sırasıyla test edilmiştir. Son olarak YSA modelleri "gradient descent" ve "Levenberg- Marquardt (LM)" algoritmaları seçilerek, çalışılan her cins için farklı sigmoid transfer fonksiyonlarıyla eğitilmiştir. LM algoritması taban büyük omurgasızları için en iyi tahmin sonuçlarını vermiştir. Ölçülen veriler ve tahmin edilenler arasında en başarılı sonuçlar ve en yüksek korelasyon katsayısı yaygın olarak bulunan *Baetis* cinsinde gözlenmiştir. Sonrasında tahmin edilen veri seti, Yuvarlakçay'a ekolojik olarak benzeyen Büyük Menderes Nehri'ndeki başka bir istasyon için karşılaştırılarak incelenmiştir. Sonuç olarak modelin doğruluğu sınanmış ve kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taban büyük omurgasızlar, fiziko-kimyasal değişkenler, Yapay Sinir Ağları (YSA), Geri yayılımlı yapay sinir ağları, tahminler, LM

## ABSTRACT

### BENTHIC MACROINVERTEBRATES MODELLING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANNS)

Fatih VARLIK

M. Sc. Thesis, Institute of Natural & Applied Sciences,  
Department of Biology

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Nilgün KAZANCI

May 2015, 46 pages

Models are useful to predict communities in watercourses based on the abiotic characteristics of their aquatic environment. Back-propagation Artificial Neural Networks (ANN) were tested with the aim of modelling the occurrences of benthic macroinvertebrate taxa in Yuvarlakçay and Namnam Streams which both inflow to Köyceğiz Lake in Muğla, Turkey. For that purpose ANN algorithms were used to induce predictive models on a dataset. This dataset consisted of 98 samples, collected over a year period during 1992-1993. Fourteen environmental variables are measured at each site (total 8), as well as dominance values of the benthic macroinvertebrate taxa (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*).

Initially different neural networks were tried to develop and optimize the best model configuration which ensure the prediction of the habitat suitability of each macroinvertebrate taxa. The best performing number of hidden layers and neurons and training algorithms have been searched for. For different ANN architectures, with one hidden layer and 2, 5, 10, 15 neurons were tested respectively. Finally The ANN models were trained using the gradient descendent and Levenberg-Marquardt (LM) algorithms, with different combination of sigmoid transfer functions for each taxa. The networks with the LM algorithm provided the best predictions of macroinvertebrate family occurrence. The best result and high correlation coefficient among real and predicted data was established for very common genus *Baetis*. Then we seek out for the predicted data comparison with Büyük Menderes River which has ecologically similar station like Yuvarlakçay. As a result, accuracy of the model was verified and its applicability was proved.

**Keywords;** Benthic Macroinvertebrates, physico-chemical variables, Artificial Neural Networks, Back-propagation algorithm, Prediction, LM

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın her aőamasında, bilgi birikimi ve deneyimleriyle yol gosteren,yardımlarını esirgemeyen danıőmanım Prof. Dr. Nilgün Kazancı'ya içtenlikle teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca verileri analiz etmemde ve yorumlamamda büyük pay sahibi Dr. Gencer Türkmen'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Çalıőmam boyunca anlayıő ve desteklerinden ötürü her zaman yanımda olan sevgili aileme őükranlarımı sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	İ
ABSTRACT .....	İİ
TEŞEKKÜR .....	İİİ
İÇİNDEKİLER.....	İV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	VIIİ
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Taban Büyük Omurgasızları ve Sucul Böcekler.....	1
1.2. Taban Büyük Omurgasızları ve Modelleme Çalışmaları .....	2
2. KULLANILAN YÖNTEM VE MATERYALLER .....	4
2.1 Yapay Sinir Ağları (YSA) .....	4
2.2 Çalışılan Bölge ve İstasyon Seçimleri .....	7
2.3 Su Örneği Alma ve Taban Büyük Omurgasız Toplama Teknikleri .....	9
2.4 Verilerin İşlenmesi.....	9
2.5 Girdi Veri Kümelerini Oluşturan Fiziko-Kimyasal Değişkenler ve Kullanılan Birimler.....	12
2.6 Kullanılan Veri Kümelerinin Örneklemlere Göre Grafikselleştirimi .....	13
2.7 Çıktı Değerleri Oluşturan 8 İstasyondaki Taban Büyük Omurgasız Taksonlarının Baskınlık Dağılımları .....	17
2.7.1 Nisan 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri.....	17
2.7.2 Mayıs 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri .....	17
2.7.3 Temmuz 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri.....	17
2.7.4 Ağustos 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri .....	17
2.7.5 Eylül 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri .....	18
2.7.6 Şubat 1993 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri .....	18
2.7.7 Nisan 1993 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri.....	18
3. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	19
3.1 <i>Baetis</i> .....	21
3.2 <i>Caenis</i> .....	24
3.3 <i>Onychogomphus</i> .....	27
3.4 <i>Rhithrogena</i> .....	31



3.5	<i>Ephemerella</i> .....	35
3.6	Sarhoş Çayı'nın Tahmin Grubu Olarak Kullanılması .....	38
4.	KAYNAKLAR .....	43
5.	ÖZGEÇMİŞ .....	46

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2-1 Yapay sinir ağları genel şeması. ....	5
Şekil 2-2 Çalışmada yapılacak işlemleri genel görünümü. ....	6
Şekil 2-3 Girdi (input),çıktı (output) ve gizli (hidden) katman (layer) yapıları. ....	7
Şekil 2-4 Köyceğiz gölüne dökülen Yuvarlakçay ve Namnam Çayları.....	8
Şekil 2-5 EC ve Ort. EC grafikleri. ....	13
Şekil 2-6 Sıcaklık ve Ort. Sıcaklık grafikleri. ....	13
Şekil 2-7 pH ve Ort. pH grafikleri.....	13
Şekil 2-8 Çözünmüş O <sub>2</sub> ve Ort. ÇO grafikleri.....	14
Şekil 2-9 Çözünmüş O <sub>2</sub> % ve Ort. ÇO % grafikleri. ....	14
Şekil 2-10 NO <sub>3</sub> -N ve Ort.NO <sub>3</sub> -N grafikleri.....	14
Şekil 2-11 NO <sub>2</sub> -N ve Ort.NO <sub>2</sub> -N grafikleri.....	14
Şekil 2-12 PO <sub>4</sub> P ve Ort.PO <sub>4</sub> -P grafikleri.....	15
Şekil 2-13 SO <sub>4</sub> ve Ort.SO <sub>4</sub> grafikleri.....	15
Şekil 2-14 Mg ve Ort. Mg grafikleri.....	15
Şekil 2-15 NH <sub>4</sub> ve Cl grafikleri. ....	15
Şekil 2-16 Ca ve T. sertlik grafikleri. ....	16
Şekil 3-1 Cinslerin örneklem ve istasyonlara göre baskınlık dağılımları.....	20
Şekil 3-2 <i>Baetis</i> için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri.....	21
Şekil 3-3 <i>Baetis</i> ÖD-TD kıyaslama değer grafiği. ....	21
Şekil 3-4 <i>Baetis</i> TD-Ec ve TD-PO <sub>4</sub> -P grafikleri. ....	22
Şekil 3-5 <i>Baetis</i> TD-NO <sub>3</sub> -N ve TD-NO <sub>2</sub> -N grafikleri.....	22
Şekil 3-6 <i>Caenis</i> için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri. ....	24

Şekil 3-7 <i>Caenis</i> ÖD-TD kıyaslama değer grafiği. ....	25
Şekil 3-8 <i>Caenis</i> TD - NO <sub>2</sub> -N ve TD-NO <sub>3</sub> -N grafikleri. ....	25
Şekil 3-9 <i>Caenis</i> TD-SO <sub>4</sub> ve TD-PO <sub>4</sub> -P grafikleri. ....	25
Şekil 3-10 <i>Onychogomphus</i> için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri. ....	27
Şekil 3-11 <i>Onychogomphus</i> ÖD-TD kıyaslama değer grafiği. ....	28
Şekil 3-12 <i>Onychogomphus</i> TD - Sıcaklık ve TD-pH grafikleri. ....	28
Şekil 3-13 <i>Onychogomphus</i> TD-NO <sub>2</sub> -N ve TD-NO <sub>3</sub> -N grafikleri. ....	28
Şekil 3-14 <i>Onychogomphus</i> TD - SO <sub>4</sub> ve TD-ÇO grafikleri. ....	29
Şekil 3-15 <i>Rhithrogena</i> için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri. ....	31
Şekil 3-16 <i>Rhithrogena</i> ÖD-TD kıyaslama değer grafiği. ....	32
Şekil 3-17 <i>Rhithrogena</i> TD-Sıcaklık ve TD-pH grafiği. ....	32
Şekil 3-18 <i>Rhithrogena</i> TD-EC ve TD-NO <sub>3</sub> -N grafikleri. ....	32
Şekil 3-19 <i>Rhithrogena</i> TD-ÇO ve TD-NO <sub>2</sub> -N grafiği. ....	33
Şekil 3-20 <i>Rhithrogena</i> TD-PO <sub>4</sub> -P grafiği. ....	33
Şekil 3-21 <i>Ephemerella</i> için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri. ....	35
Şekil 3-22 <i>Ephemerella</i> ÖD-TD kıyaslama değer grafiği. ....	36
Şekil 3-23 <i>Ephemerella</i> TD-Sıcaklık ve TD-NO <sub>3</sub> -N grafiği. ....	36
Şekil 3-24 <i>Ephemerella</i> TD-NO <sub>2</sub> -N ve TD-pH grafikleri. ....	36
Şekil 3-25 <i>Ephemerella</i> TD-SO <sub>4</sub> ve TD-Mg grafiği. ....	37
Şekil 3-26 YSA'nın çalıştırılması sonrasında Sarhoş çayı üzerinde taksonların TD ve ÖD kıyaslaması. ....	39

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\Sigma$	Toplam Sembolü
D	Baskınlık

### Kısaltmalar

MAPE	Mean Absolute Percentage Error
RMSE	Root Mean Squared Error
MSE	Mean Square Error
LM	Levenberg-Marquardt Algoritması
BP	Backpropagation (geri yayımlı) Ağ Algoritması
ANN	Artificial Neural Network
SOM	Self Organizing Map (Özdüzenleyici Harita)
YSA	Yapay Sinir Ağı
RIVPACS	River Invertebrate Prediction and Classification System

# 1 GİRİŞ

Komünite yapılarının anlaşılmasında ana faktörlerin başında gelen çevresel değişkenler, ekosistem yönetimi için son derece önemlidir. Özellikle sucul ekosistemlerde bentik komüniteleri oluşturan türler, doğrudan kendileri için uygun gelişim ortamını sağlayan akarsu habitatlarının çeşitlilik ve stabilitesine bağlıdır. Bu noktada taban büyük omurgasızlarının akarsularda kısa ya da uzun vadeli çevresel değişimleri algılamak için indikatör olarak kullanılması sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. İndikatör türlerin çeşitliliği pek çok çevresel faktör bakımından değerlendirilebilir. Ancak değişkenlerin sadece birini ele almak ya da hepsini ayrı ayrı ele almak çoğu zaman genellemeler yapabilmek için yetersizdir. Zira değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmaması başlıca sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada taban büyük omurgasızlarının çevresel stres faktörlerine bağlı olarak dağılımları, modellemeler yapabilmek için son derece ilgi çekicidir. Birkaç şubeyle temsil edilen heterojen bir topluluk olmaları farklı değişkenlere karşı, en azından bazı türlerin, farklı tepkiler vermesine sebep olmaktadır [1]. Bu sayede modelleme için son derece önemli olan veri kümelerinin oluşturulması kolaylaşmaktadır.

## 1.1 Taban Büyük Omurgasızları ve Sucul Böcekler

Taban büyük omurgasızları su kalitesinin tayin edilmesinde indikatör türler olarak kullanılmakta olup, günümüzde de pek çok çalışmada biyolojik izleme metotları içerisinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Örneğin Ephemeroptera takımına dahil olan türlerin kalitesi yüksek sularda buldukları ve suyun kirlenmesiyle nimf sayılarının azalması bilinen bir gerçektir. Bunun yanı sıra ekolojik toleransı geniş olan dayanıklı ve fırsatçı türler, kendilerine avantaj sağlayan kirlilik tiplerinde baskın hale gelebilirler. Bazı türlerin kirliliğe duyarlı taban büyük omurgasızlarına Trichoptera, Ephemeroptera ve Plecoptera takımları örnek verilebildiği gibi kirliliğe toleranslılara örnek olarak Tipulidae, Oligochaeta ve Chironomidae üyeleri gösterilebilir. Ephemeroptera takımı üyeleri sucul

ekosistemler için sahip oldukları çeşitlilik ve fonksiyonlarından ötürü son derece önemlidirler.

## **1. 2. Taban Büyük Omurgasızları ve Modelleme Çalışmaları**

Taban büyük omurgasızlarının biyoindikatörler olarak tercih edilmesi ve modelleme çalışmalarında yoğun olarak kullanılması aşağıdaki nedenlerden ötürüdür [4]:

1- Taban büyük omurgasızları farklı kirleticilere karşı farklı duyarlılıklar gösterirler ve uyum sağlayabilmek için süratle tepki verirler.

2- Taban büyük omurgasızları yaygın bulunan canlılar oldukları için laboratuvar çalışmalarının yanı sıra alan çalışmaları için de oldukça uygun ve kolay toplanan bir canlı grubudur. Teşhis edilmeleri ve sayımları planktonlar gibi zor ve zaman alıcı değildir.

3- Hayat döngüleri çevre kalitesini belirleyebilecek uzunluktadır.

4- Taban büyük omurgasızlarının birkaç şubeyle temsil edilen heterojen bir grup olması, sonuç olarak farklı stres faktörlerine, en azından bazı üyelerin değişik tepkiler vermesini olası kılar. Çevresel stres faktörlerine ve değişkenlere karşı hassas olmaları modelleme çalışmaları için önemli bir avantajdır.

Son yirmi yıl içerisinde taban büyük omurgasızlarının modelleme çalışmalarında sık olarak tercih edilmesi çok değişkenli analiz yöntemlerinin gelişmesiyle mümkün olmuştur [7] [8]. Tahmine dayalı yöntemler çevresel değişkenlerin bilinen çıktı (output) değerler ile ilişkilendirilmesiyle mantıksal bir ilişki sunmaktadır [9] [10].

Taban büyük omurgasızları ve çevresel değişkenleri ilişkilendirme esaslı modelleme çalışmaları dört temel başlık altında özetlenebilir;

1- Çok değişkenli örneklem ve ilişki analizleri taban büyük omurgasız taksonlarını gruplama esasına dayanır. Örneklem analizleri, veri kümeleri ve benzer değerlerin hesaplanması gibi.

2- Taban büyük omurgasızlarının çevresel değişkenlerden elde edilen verilerle istatistiksel olarak dağılımlarını belirleyen çoklu sayısal analizler,

3- Geri yayılım mantığına dayanan taban büyük omurgasız taksonların çevresel değişkenlere bağımlı olarak var olma ya da olmama durumlarına göre analiz edilmesi,

4- Mevcut veri kümelerinden model geliştirerek, bağımsız veri setlerinin kullanılarak tahmin grubu olarak denenmesi.

Uygun modellemenin yapılabilmesi için sayısal değişkenler arasında doğrusal bir ilişki kurabilmek oldukça önemlidir. Ancak bu noktada elde edilen çevresel değişkenlerin doğrusal olmaması ve son derece karmaşık görüntüsü (her değişkenin farklı birimlerden oluşması) çoğu zaman uygun bir modellemenin yapılabilmesinin önündeki en büyük engeldir. Bu problemi aşabilmek için akarsular üzerinde ilk olarak yapılan çalışmalar 1993 yılını işaret etmektedir. Akarsu omurgasızlarının dağılımlarını tahmin etmek ve sınıflandırmak için kurulan sistem (kısaca RIVPACS) tatlı sulardaki biyolojik kaliteyi belirlemek üzere Büyük Britanya [8] ve Avustralya'da [11] denenmiştir. Temel amaç sucul büyük omurgasız faunasının belirlenen istasyonlar içerisindeki dağılımlarını çevresel stres faktörleriyle ilişkilendirerek tahminler yapabilmektir. Bu öncü çalışmanın ardından daha karmaşık verileri daha etkin şekilde işleyebilen ve optimum sonuçlar sağlayan yapay sinir ağı (YSA) uygulamaları, doğrusal olmayan veri setlerini analiz etmek ve isabetli tahminlerde bulunabilmek için yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Temel çalışma prensibi olarak girdi (input) verilerin bilinen çıktı (output) değerleri ile korelasyonuna dayanan yapay sinir ağı algoritması, ağın çeşitli transfer fonksiyonları ile eğitilerek farklı "hidden layer" (gizli katman) değişkenlerine göre sayısal olarak hesaplanması mantığıyla işlemektedir.

Bu çalışmada Muğla'da yer alan Köyceğiz Gölü'ne dökülen akarsulardan seçilen 8 istasyondan alınan veriler, yapay sinir ağı uygulaması için girdi değerler olarak kullanılmıştır. Bir yılı aşkın süreç içerisinde farklı zaman dilimlerinde istasyonlardan yapılan ölçümler örneklemeleri oluşturmaktadır. Her örneklem için seçili 5 cins (*Baetis* Leach, 1815 (Baetidae, Ephemeroptera), *Caenis* Stephens, 1835 (Caenidae, Ephemeroptera), *Ephemerella* Walsh, 1862 (Ephemerellidae, Ephemeroptera), *Onychogomphus* Selys, 1854 (Gomphidae, Odonata), *Rhithrogena* Eaton, 1881 (Heptageniidae, Ephemeroptera) üzerinde çalışılıp, taksonların baskınlık değerleri, ağın eğitiminde çıktı verileri olarak kullanılmıştır. Beş takson için de ayrı ayrı yapay sinir ağı eğitilerek, optimize sonuçlar sağlayacağı "hidden layer" (gizli katman) ve transfer fonksiyonları bulunana kadar denemeler yapılmıştır.

MATLAB [12] ve benzeri programlar sayesinde sayısal veri kümeleri fonksiyon içerisine tanıtılarak yapay sinir ağı uygulamaları yapılabilmektedir. Verilerin normalizasyon (-1 ve

1 aralığına alınması) işlemlerinin ardından tahmin sonuçlarının doğruluğunun ölçümünde, Hata Kareleri Ortalaması (Mean Square Error, MSE), Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (Root Mean Squared Error, RMSE) ve Mutlak Hata Oranları Ortalaması (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) tekniklerinden yararlanılmıştır. R katsayı değerleri +1'e yakın olacak şekilde (bu sayede maksimum başarı oranlarına ulaşılabilir) ağ tekrar tekrar çalıştırılarak optimize değerler elde edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç bölümünde ise ağ eğitilirken deneme amaçlı saklanan örnekleme, ele alınan 5 cins (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) için grafiklerle birlikte tahmin edilen sonuçlar, gerçekte ölçülen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Ardından benzer ekolojik özelliklere sahip Büyük Menderes Nehri üzerinden seçilen farklı bir istasyon yapay sinir ağına tahmin grubu olarak tanıtılmış ve elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

## 2 KULLANILAN YÖNTEM VE MATERYALLER

### 2.1 Yapay Sinir Ağları (YSA)

1950'li yıllardan itibaren insan gibi düşünen ve davranan sistemler geliştirmesine yönelik yapay zeka algoritmaları günümüzde de çeşitli modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Temel olarak insan sinir sistemindeki nöron hücrelerini şekilsel ve işlevsel olarak taklit edebilen yapay sinir ağları, pek çok bilim dalında sıklıkla tercih edilen bir modelleme yöntemidir. Yapay sinir ağı olarak bilinen; öğrenebilen ve öğrendiği verileri yorumlayarak tahminler yapabilen sistemler aracılığıyla, hata payı minimuma indirgenerek gelecek çalışmalar için referans sayısal değerler edinilmektedir. İşleyiş olarak girdi verilerinin çıktı değerleri ile uygun şekilde korelasyonuna dayanan yöntem, MATLAB ve benzeri programlar yardımıyla optimize fonksiyonlar seçilerek sonuç vermektedir.

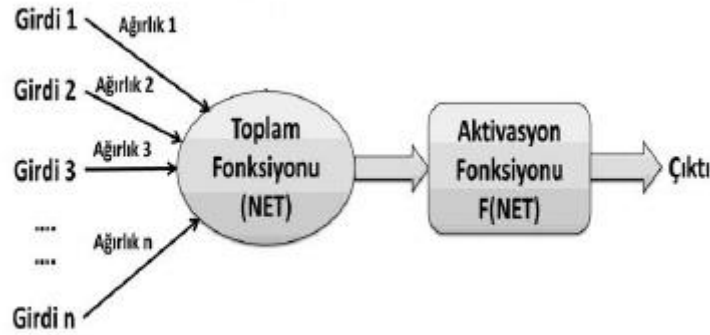
Yapay sinir ağlarının temel mekanizmasına bakacak olursak girdiler (input), ağırlıklar (weight), toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı (output) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur. Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye eğitilmek amacıyla verilen bilgilerdir. Ağırlıklar, girdi hücresinden gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Toplam fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik matematiksel fonksiyonlar kullanılarak sonuçlar elde edilir. Aktivasyon fonksiyonu sayesinde ise birim hücreye girdinin işlenmesi ve bunun sonucunda girdiye karşılık gelen net çıktı miktarı hesaplanır. Son olarak elde edilen bulgular çıktılar



bölümünü oluşturarak, genellemeler ve tahminler yapabileceğimiz, çalışmamız için anlam ifade eden sayısal bilgilere dönüşürler.

Yapay sinir ağı modelleme çalışmaları biyoloji alanında genelde iki tip ağ yapısı ile denenmektedir. Bunlardan biri, Özdüzenleyici Haritalar (Self-Organizing Map) (SOM) olup, verileri kümelemek için kullanılırken, diğer yöntem Geri-Yayımlı (Backpropagation, BP) öğrenme algoritması, biyotik ya da abiyotik değişkenlere göre tahminler yapabilmektedir.

Bu çalışmada, değişik yapay sinir ağı modelleri test edilmiş olup, taban büyük omurgasızları için optimum değerlerin bulunduğu en ideal fonksiyon olarak Geri Yayımlı ağ seçilmiştir. Modelleme metodu olarak geri yayımlı ağ algoritması kullanılarak yapay sinir ağı, bilinen fiziko-kimyasal değişkenler ve çıktı değerleri ile ilişkilendirilerek kurulmuştur. Geri yayımlı algoritma interaktif bir ağ oluşturup bilgisayarda işlenen çıktı değerleri ve tahmin edilen değerler arasındaki Hata Kareleri Ortalamasını (Mean Square Error, MSE) minimize etmektedir.

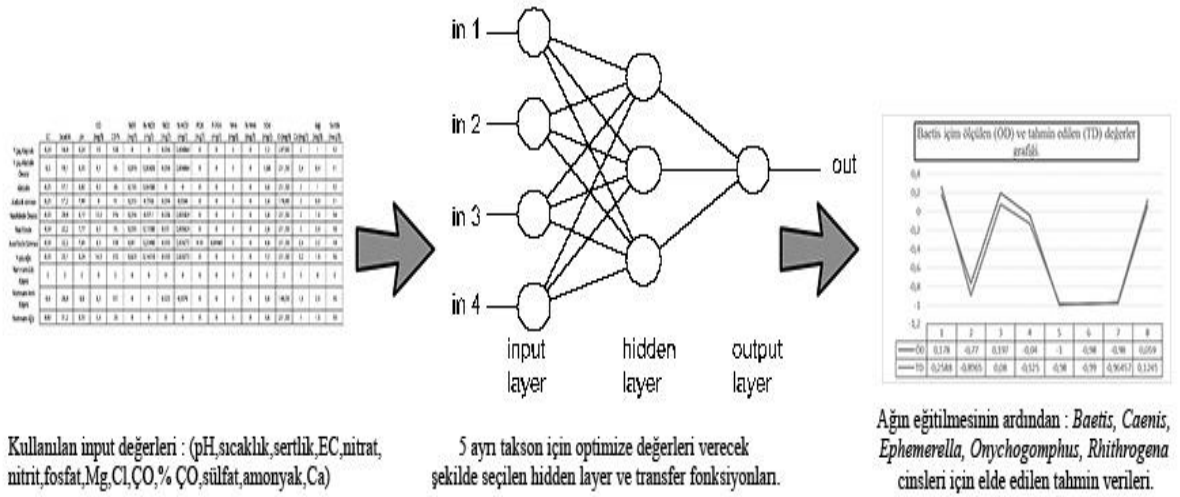


Şekil 2-1 Yapay sinir ağları genel şeması.

Geri yayımlı bir yapay sinir ağı tipik olarak üç nöron ağını karşılaştırır; girdi (input), çıktı (output) ve hidden layer (gizli katmanlar) olmak üzere. Şekil 2-2'de gösterildiği gibi her bir katman (layer) kendisini takip eden nodüldeki tüm katmanlarla bağlantılı olup, katmanlar arasında yatay bağlantı olmadığı gibi geri dönüş bağlantıları da bulunmamaktadır.

Çalışmada 14 girdi verisi kullanılmış olup her biri abiyotik ve çevresel değişkenler arasından seçilmiş fiziko-kimyasal değerlerdir (pH, sıcaklık, T.sertlik, EC, nitrat, nitrit, fosfat, Mg, Cl, ÇO, %ÇO, sülfat, amonyak, Ca). Özetle, yapay sinir ağının eğitilmesinin

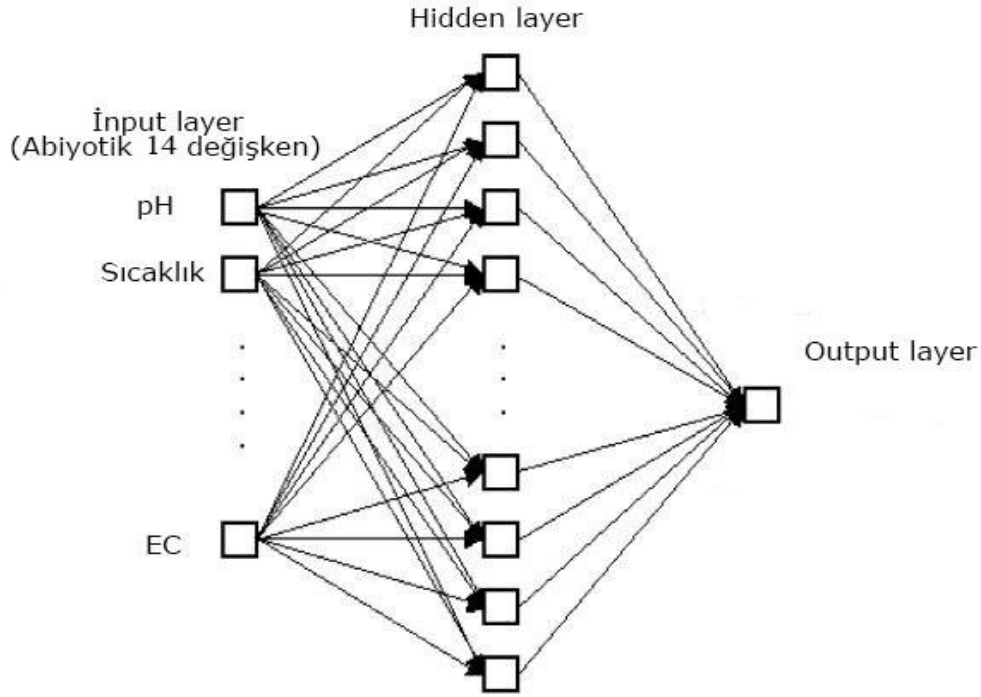
ardından farklı girdi verileri kullanılarak yeni çıktı değerleri ön görülebilmektedir. Çıktı değerleri seçili istasyonlardaki taksonların (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) baskınlık değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Uygun transfer fonksiyonları seçilerek girdi ve çıktı değerler arasında doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Bu sayede seçili taban büyük omurgasız taksonlarının farklı abiyotik değişkenlere göre varlık-yokluk değerleri tahmin edilebilmektedir. Ağın eğitiminin ve test edilmesinin ardından, davranışın incelenebilmesi için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Pek çok farklı yöntemle ağın yönelimi incelenebileceği gibi bu çalışmada girdi verilerine  $\pm 10$  ve  $\pm 30$  arasında değişen rastgele sayısal değerler eklenmiştir.



Şekil 2-2 Çalışmada yapılacak işlemleri genel görünümü.

Çalışmada 14 girdi verisi kullanılmış olup her biri abiyotik ve çevresel değişkenler arasından seçilmiş fiziko-kimyasal değerlerdir (pH, sıcaklık, T.sertlik, EC, nitrat, nitrit, fosfat, Mg, Cl, ÇO, %ÇO, sülfat, amonyak, Ca). Özetle, yapay sinir ağının eğitilmesinin ardından farklı girdi verileri kullanılarak yeni çıktı değerleri ön görülebilmektedir. Çıktı değerleri seçili istasyonlardaki taksonların (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) baskınlık değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Uygun transfer fonksiyonları seçilerek girdi ve çıktı değerler arasında doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Bu sayede seçili taban büyük omurgasız taksonlarının farklı abiyotik değişkenlere göre varlık-yokluk değerleri tahmin edilebilmektedir. Ağın eğitiminin ve test edilmesinin ardından, davranışın incelenebilmesi için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Pek

çok farklı yöntemle ağın yönelimi incelenebileceği gibi bu çalışmada girdi verilerine  $\pm 10$  ve  $\pm 30$  arasında değişen rastgele sayısal değerler eklenmiştir.



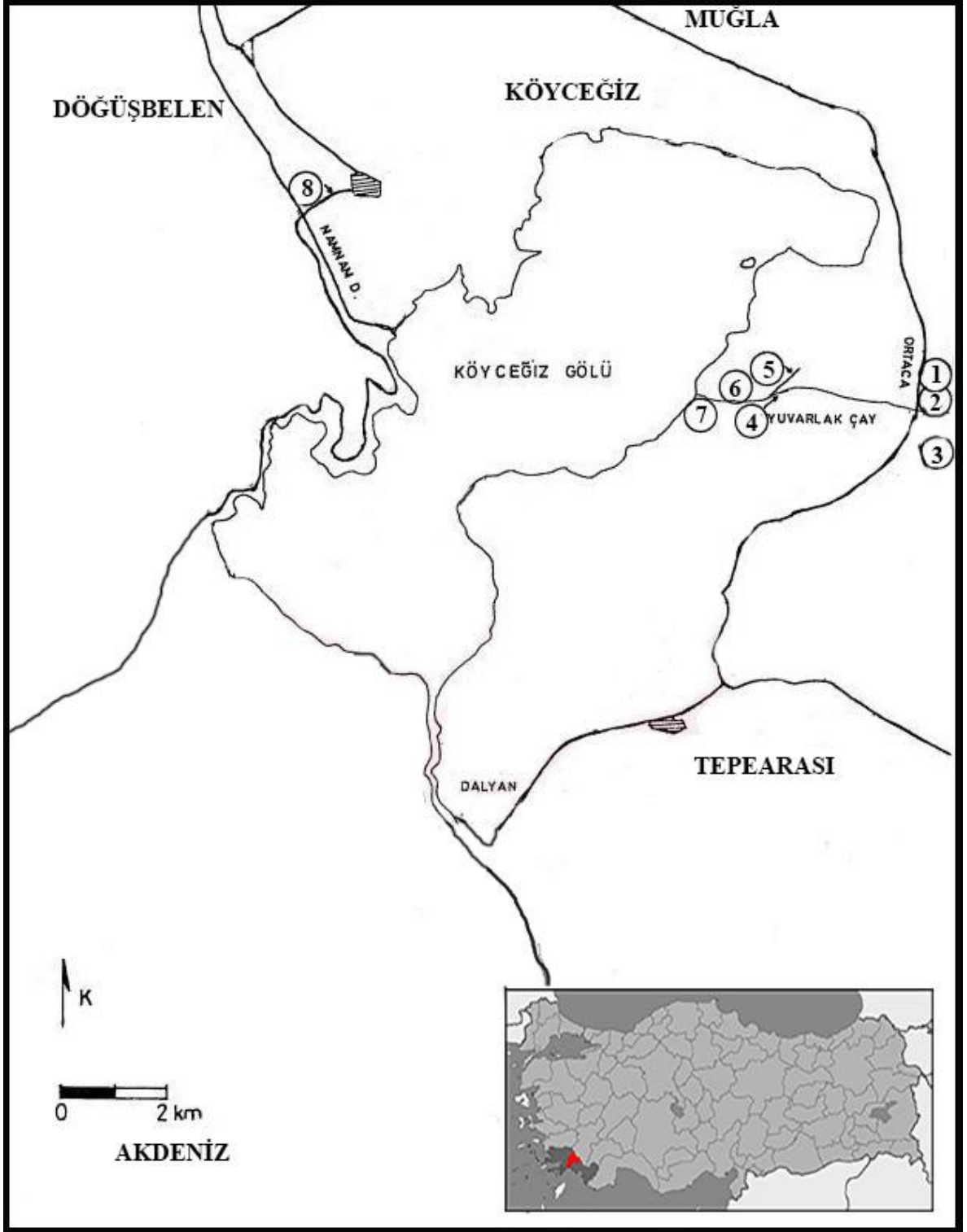
Şekil 2-3 Girdi (input),çıkı (output) ve gizli (hidden) katman (layer) yapıları.

## 2.2 Çalışılan Bölge ve İstasyon Seçimleri

Bu çalışmada kullanılan veriler “Köyceğiz, Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi’nde Çevre ve Doğa Koruma Projesi (Hidrobiyoloji Alt Projesi)” adlı proje [13] kapsamında yürütülen “Köyceğiz Gölü’ne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinden alınmıştır [14]. Köyceğiz gölüne dökülen Yuvarlakçay ve Namnam Çayları üzerinden seçilen istasyonlarla çalışılmıştır. Yuvarlakçay’da, yan kollardan önce ve sonra olmak üzere yedi istasyon seçilmiş ve örneklem için kullanılmıştır. Alabalık çiftliğinden Yuvarlakçay’a karışan bölgeden yaklaşık 250 metre sonrasında istasyon noktası belirlenmiştir. Bu istasyonlar Alabalık öncesi ve sonrası olarak adlandırılmıştır. Aşağı kısımlarda Yuvarlakçay’a karışan Nasıfdede Deresi’nin yan kolundan önce ve sonra istasyonlar seçilmiştir.

Namnam Deresi’nde kaynak olarak ulaşabileceğimiz alan, eski karayollarının Namnam Deresi üzerinden geçtiği yerdir. Namnam Yeni Köprü istasyonu ise Köyceğiz-Ekincik karayolunun Namnam Deresi üzerinden geçtiği alandır. Diyagramda 1-7 arası işaretli

bölüm Yuvarlakçay üzerindeki istasyonları, 8 numara ile işaretlenen kısım ise Namnam Deresi'nden örnek alınan Yeni Köprü istasyonunu göstermektedir. Bu çalışmada 7 farklı örneklem için 1-8 seçili istasyonlardan elde edilen veriler ağın eğitiminde girdi grubunu olarak kullanılacaktır.



Şekil 2-4 Köyceğiz gölüne dökülen Yuvarlakçay ve Namnam Çayları.

İstasyon isimleri ve akıntı hızı bilgileri aşağıdaki gibidir;

No	İstasyon	Akıntı hızı
1	Yuvarlakçay Kaynak	Hızlı
2	Yuvarlakçay Alabalık Öncesi	Yavaş
3	Yuvarlakçay Alabalık Sonrası	Hızlı
4	Y.çay Nasıfdede Öncesi	Yavaş
5	Nasıfdede	Yavaş
6	Y.çay Nasıfdede Sonrası	Yavaş
7	Y.çay Ağız	Yavaş
8	Namnam Yeni Köprü	Yavaş

### 2.3 Su Örneği Alma ve Taban Büyük Omurgasız Toplama Teknikleri

Bahsedilen proje [13] ve tezde [14] kullanılan örnek alma ve toplama teknikleri şu şekildedir: İstasyonlardan alınan su örnekleri analiz yapılana kadar bozulmalarını önlemek için 0,8µm por çaplı selüloz asetat filtreler kullanılarak Sartorius süzme aleti ile süzölmüş ve analizler 24 saat içerisinde yapılmıştır. Taban büyük omurgasız örnekleri belirlenen istasyonlarda beş dakika boyunca dip kelepçesi ile akarsu tabanının taranmasıyla toplanmıştır. Toplanan örnekler %80'lik alkolde saklanmış ve daha sonra laboratuvarında binoküler mikroskop ile incelenip teşhisleri yapılmıştır. Teşhisler cins düzeyinde yapılmıştır. Resh ve Unzicher [15]'e göre, bu tür çalışmalarda cins düzeyinde teşhisler değerlendirmeler için daha kullanışlıdır.[13]

### 2.4 Verilerin İşlenmesi

8 farklı istasyondan Nisan 1992 ve Nisan 1993 yılları arasında yapılan 7 farklı ölçüm ve 14 fiziko- kimyasal abiyotik değişken; çalışma için seçilen beş taban büyük omurgasız taksonunun (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) baskınlık değerleriyle karşılaştırılmıştır. MATLAB programı sayesinde ideal yapay sinir ağı fonksiyonu belirlenmiş ve gerekli fonksiyonlar program aracılığıyla seçilerek girdi verilerinin çıktı değerleriyle korelasyonu sağlanmıştır. Yedi farklı zamana ait ölçümden altı tanesi ağı eğitmek için kullanırken, rastgele seçilen bir diğeri ağı sınamak için denenmiştir. En optimize sonuçları elde edebilmek için tekrar tekrar ağı eğitilmiş ve sonrasında en iyi modelin bir ağı ve on - onbeş gizli katmandan (hidden layer) oluşmasına karar verilmiştir. Altı takson için yapılan işlemler sonrasında kimi zaman logaritmik sinüs

fonksiyonu kimi zaman ise tanjant fonksiyonu kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Girdi değerlerinin farklı değişkenlerden ve birimlerden oluşmasından ötürü veriler  $[-1, 1]$  aralığında yeniden ölçeklendirilmiştir. Bu sayede daha gerçekçi tahminler elde edilmiştir.

Kullanılan denklemler; [16] [17] [18] [19] [20]

$$V_n = 2x \frac{V_o - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} - 1$$

$V_{max}$  ve  $V_{min}$  sırasıyla ait olduğu değişkenin maksimum ve minimum değerlerinden oluşmaktadır.  $V_n$  yeniden ölçeklendirilmiş veri  $V_o$  ise dizindeki ham verileri ifade etmektedir [16]. İntput değerlerinin yanı sıra tüm çıktı değerleri de aynı denklem yardımıyla yeniden ölçeklendirilmiştir. Sonuç olarak tüm değişkenler  $[-1, 1]$  aralığına alınarak yapay sinir ağı fonksiyonda ham veriler olarak kullanılmıştır. Bu sayede tüm veri kümeleri benzer birime çevrilerek normalizasyon işlemi tamamlanmıştır. Tüm girdi verileri  $x_{jn}$ , her biri kendi ağırlık değerleri  $w_{jn}$  çarpılarak,  $z_j$  ile toplanıp aşağıdaki denklemdeki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$a_j = \sum w_{ji}x_i + z_j$$

Çıktı değeri ( $y_j$ ) ağın eğitimde kullanılan transfer fonksiyonu sayesinde hesaplanabilir:

$$y_j = f(a_j)$$

Bu aşamada farklı transfer fonksiyonları kullanılabilir. Ancak bu çalışmada temel olarak teğetsel ve logaritmik olmak üzere iki çeşit sigmoid fonksiyon denenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ağın eğitimi öncesinde ağırlık değerleri ve girdiler başlangıçta rastgele seçilen ufak kümeler halinde denenmiştir. Sonuç olarak girdi ve çıktı değerler ağ içerisinde tanıtılarak ilişkilendirilmiştir. Her bir girdi değeri için çıktı veri, ağ tarafından hesaplanmış ve belli hata payı göz önüne alınarak karşılaştırılarak sonuç bölümünde değinildiği üzere yorumlanmıştır. Bu noktada hata sayısının minimum değerlere düşebilmesi için maksimum tekrarlama sayısına ulaşıp ağın eğitimi tamamlanmıştır.

Yuvarlakçay'dan bir yıl içerisinde yedi farklı istasyondan toplanan aylık veriler ve Namnam Yeni Köprü istasyonundan elde edilen veriler; ondört abiyotik etken (ph, sıcaklık, sertlik vs) (Bölüm 2.6) göz önüne alınarak yapay sinir ağı için ilgili veri seti olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada formüllerle [16] düzenlenen veriler ağın eğitilmesi için kullanılmış olup, veri setlerinden biri ise tahmin grubu olarak ayrıca saklanmıştır.

MATLAB programı yardımıyla geri yayımlı bir yapay sinir ağı oluşturularak, örneklem içerisinde çıktı değerlerini oluşturan farklı taksonlar için ağ yeniden çalıştırılarak; en optimize değerleri verecek ve en düşük standart sapmaya sahip olacak şekilde kurgulanmıştır. Yine MATLAB yardımıyla logaritmik tanjant ve sinüs fonksiyonları arasından taksonlar için en uygun sonucu verecek olanlar seçilmiş ve değişken 'hidden layer'(gizli katman) lara bağlı olarak yapay sinir ağının performansı incelenmiştir.

Özetle çalışmada ham veriler (abiyotik etmenler) girdi değerleri olarak kullanılmış, seçilen taksonlar ve onlara ait baskınlık miktarları ise çıktı değerleri olarak tanıtılmıştır. Taban büyük omurgasızların üzerine yapılan pek çok çalışmada veriler arasında lineer bir bağlantıdan ziyade eğrisel ilişkiler olduğu için en uygun model olarak çok katmanlı ileri beslemeli ağ ile birlikte geri yayımlı yapay sinir ağı algoritması tercih edilmiştir [21] [22] [23]. Bu algorithmada öğrenme mekanizması bilinen çıktı değerlerine göre kurgulanmaktadır [24]. Ağın eğitimde temel amaç olarak girdi-çıkıı değerleri arasında teoride lineer bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Uygun fonksiyonların seçilmesi ve ağın eğitilmesinin ardından girdi ve çıktı değerleri arasındaki korelasyon saptanmış ve tahmin grubu üzerinde denenerak başarılı sonuçlar alınmıştır. Farklı taksonlar için ağın eğitimi tekrarlanmış ve sonuç bölümünde değinileceği gibi görsel materyaller ve grafiklerle desteklenerek yorumlanmıştır.

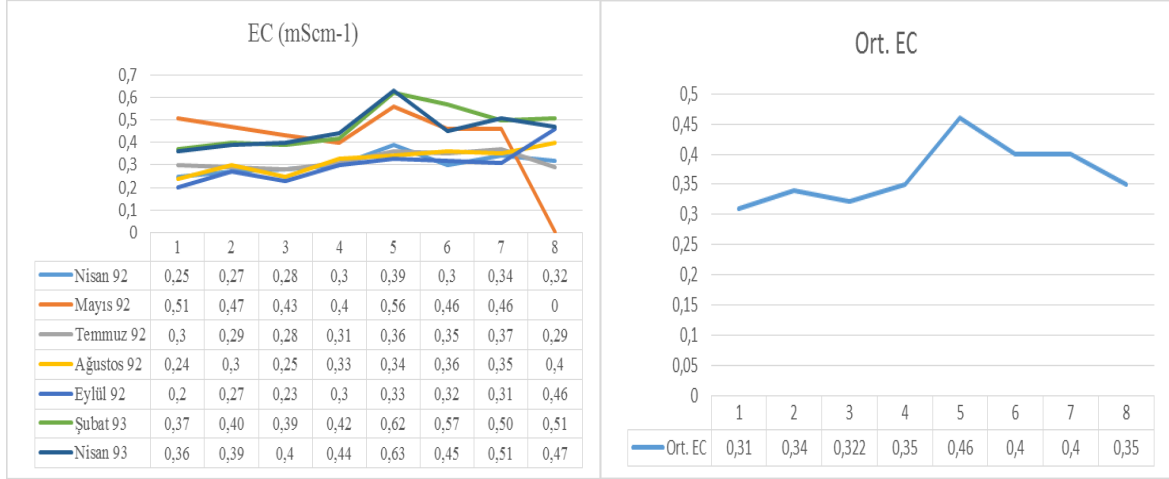
## 2.5 Girdi Veri Kümelerini Oluşturan Fiziko-Kimyasal Değişkenler ve Kullanılan Birimler

Kullanılan fiziko-kimyasal değişken	Birim	Aralık (min-maks)
EC	mScm-1	0-0,63
Sıcaklık	<sup>0</sup> C	12-26,9
pH		5,34-12,4
ÇO	mg/l	5,5-14,5
ÇO	%	56-174
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0-1,832
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0-0,105
NH <sub>4</sub>	mg/l	0-0,05
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0-0,392
SO <sub>4</sub>	g/l	0-14,4
Cl	mg/l	0-1063,6
Ca	mg/l	0-4
Mg	mg/l	0- 4,4
T.Sertlik	meq/l	0 - 60

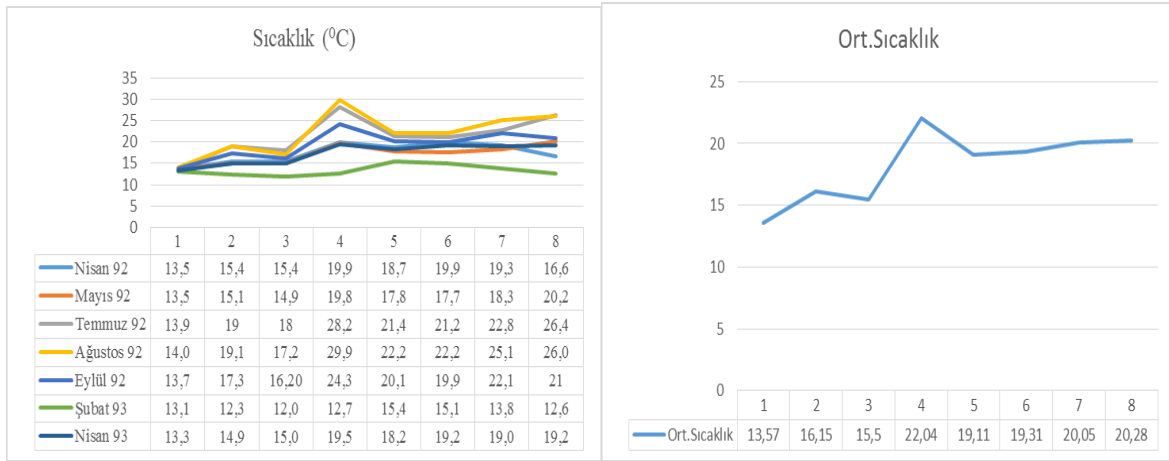


## 2.6 Kullanılan Veri Kümelerinin Örneklemelere Göre Grafikselle Gösterimi

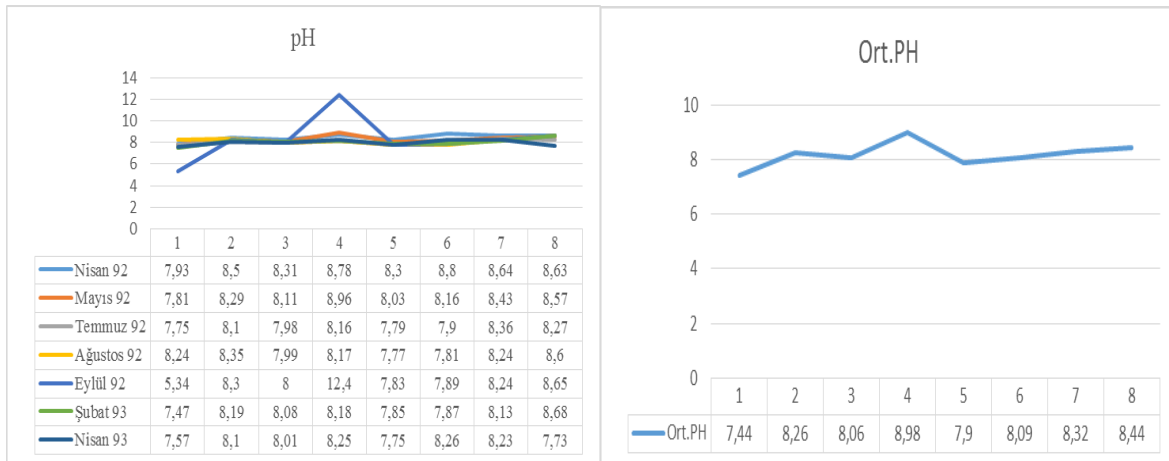
Yapay sinir ağı kurulurken girdi değerler olarak ağı eklenecek olan 14 fiziko-kimyasal değişkene ait sayısal verilerin, 7 örneklem dönemi ve 8 istasyona göre grafikselle olarak dağılımları aşağıdadır.



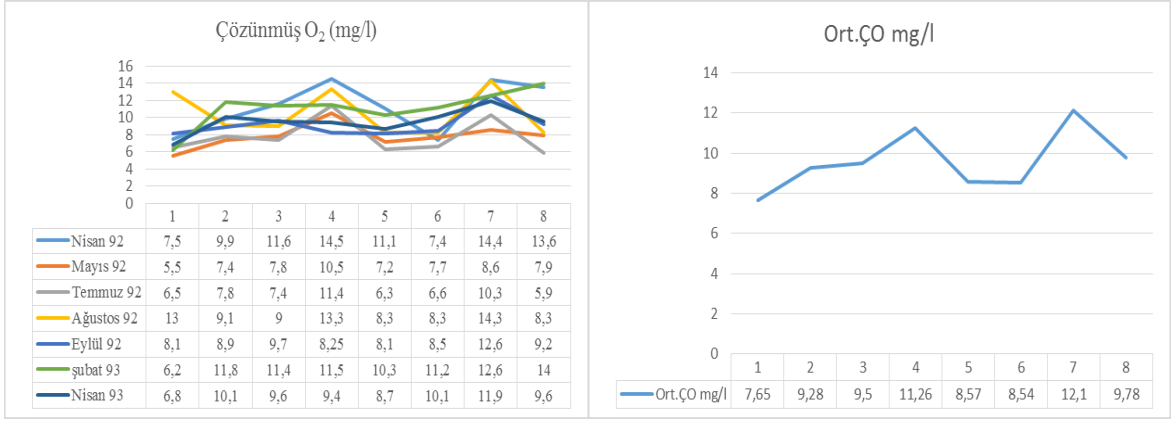
Şekil 2-5 EC ve Ort. EC grafikleri.



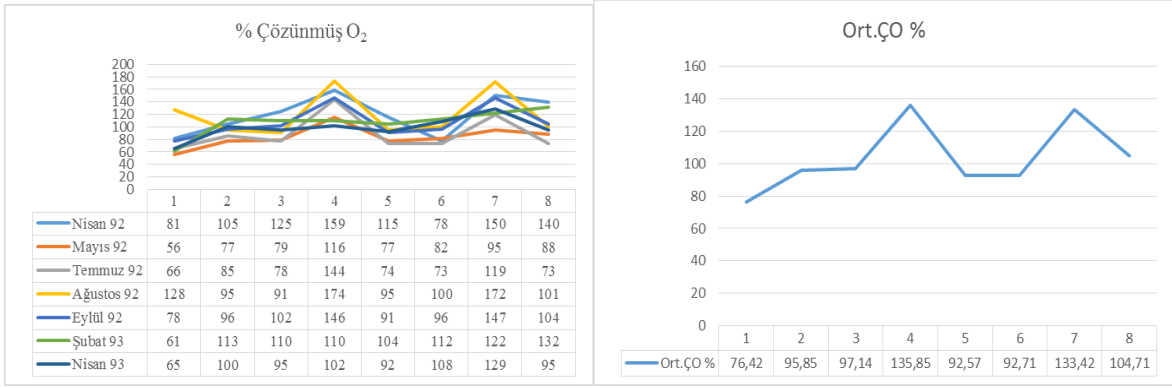
Şekil 2-6 Sıcaklık ve Ort. Sıcaklık grafikleri.



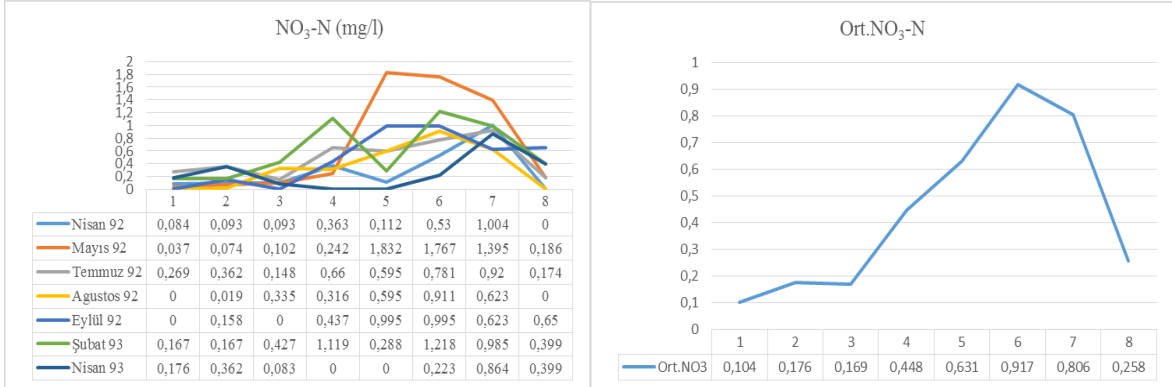
Şekil 2-7 pH ve Ort. pH grafikleri.



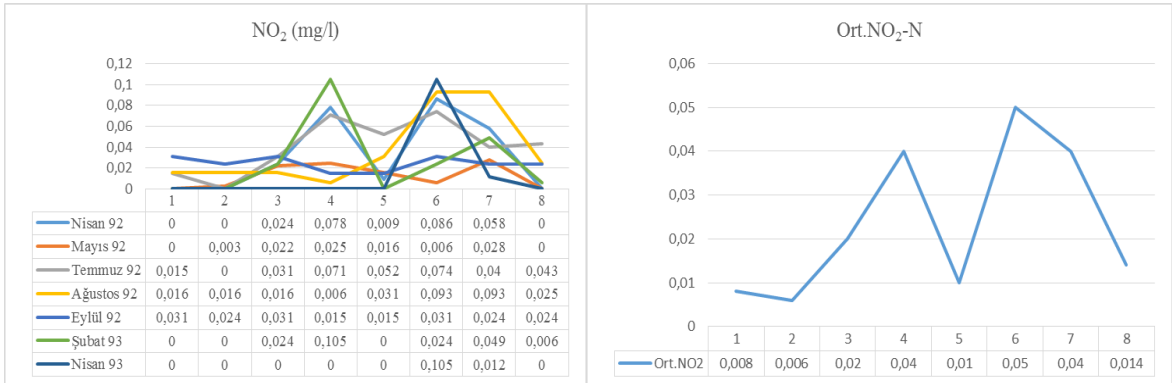
Şekil 2-8 Çözünmüş O<sub>2</sub> ve Ort. ÇO grafikleri.



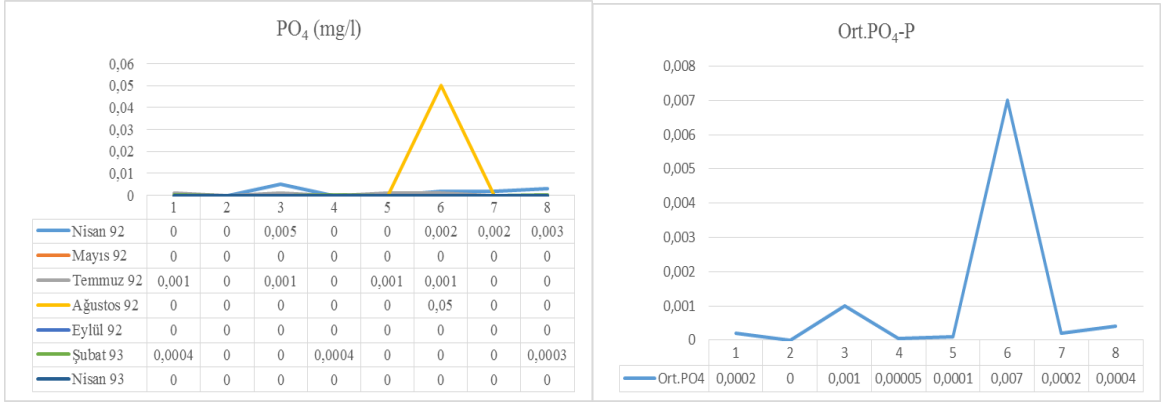
Şekil 2-9 Çözünmüş O<sub>2</sub> % ve Ort. ÇO % grafikleri.



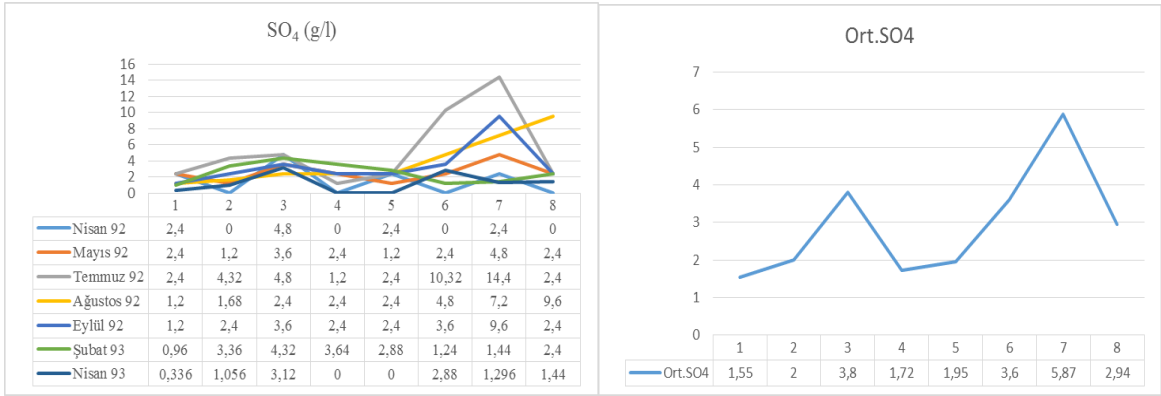
Şekil 2-10 NO<sub>3</sub>-N ve Ort.NO<sub>3</sub>-N grafikleri.



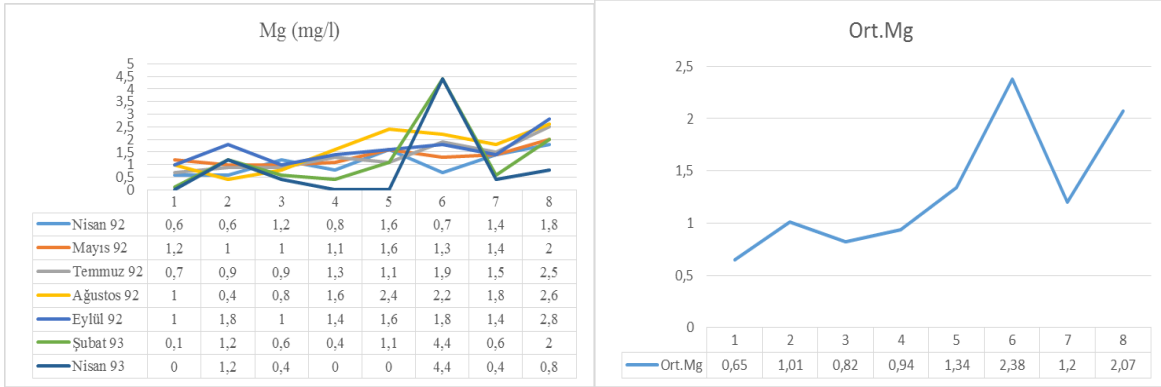
Şekil 2-11 NO<sub>2</sub>-N ve Ort.NO<sub>2</sub>-N grafikleri.



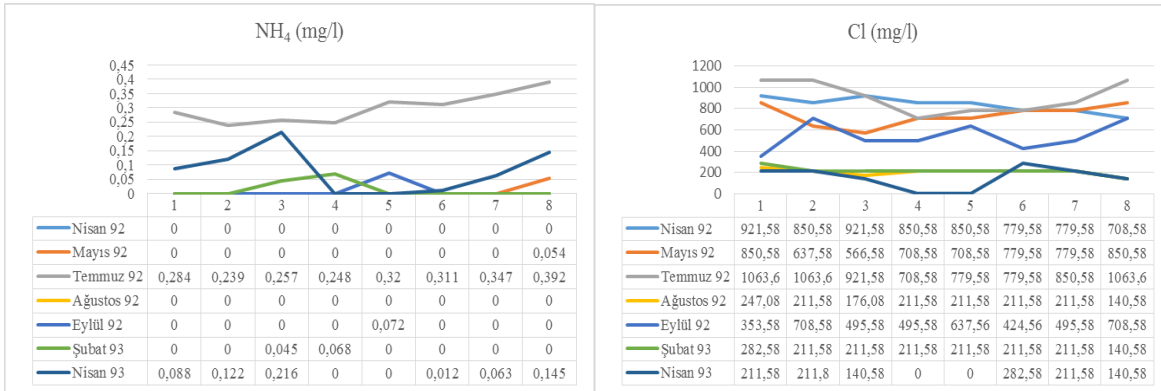
Şekil 2-12 PO<sub>4</sub> P ve Ort.PO<sub>4</sub>-P grafikleri.



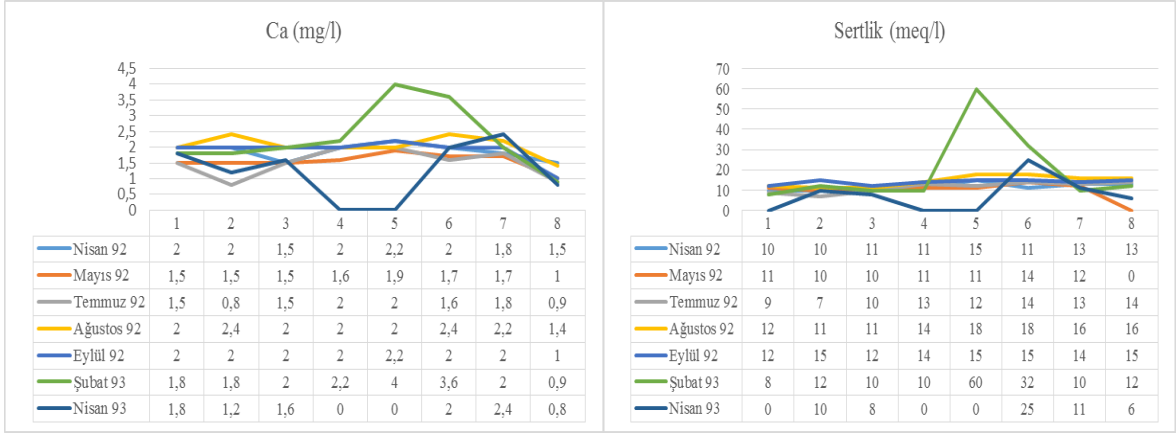
Şekil 2-13 SO<sub>4</sub> ve Ort.SO<sub>4</sub> grafikleri.



Şekil 2-14 Mg ve Ort. Mg grafikleri.



Şekil 2-15 NH<sub>4</sub> ve Cl grafikleri.



Şekil 2-16 Ca ve T. sertlik grafikleri.

## 2.7 Çıktı Değerleri Oluşturan 8 İstasyondaki Taban Büyük Omurgasız Taksonlarının Baskınlık Dağılımları

### 2.7.1 Nisan 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	30,7	5,8	31,2	25	0	0,3	0,5	27,6
<i>Ephemerella</i>	0	1,9	0	8,3	0	2	0,4	0
<i>Caenis</i>	0	0	0	0	0	0,9	0,2	5,3
<i>Onychogomphus</i>	0	0,9	0	8,3	0	0,6	0,3	1,8
<i>Rhithrogena</i>	2,3	0,9	4,9	0	0	0	0	8

### 2.7.2 Mayıs 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	43,1	18,4	0	0	0	0,2	0,4	52,1
<i>Ephemerella</i>	1,6	4,5	0	0	0	0,45	0,4	5,9
<i>Caenis</i>	0	0,2	0	0	0	0,2	0,7	0
<i>Onychogomphus</i>	0	1,4	1,4	0	0	0,1	0,3	0
<i>Rhithrogena</i>	2,5	4	0	0	0	0	0	9,1

### 2.7.3 Temmuz 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	10,4	11,5	17,2	0	3,5	0,23	0	8,4
<i>Ephemerella</i>	0	5,7	0	0,1	0	0	0	0
<i>Caenis</i>	0	0	0	10,6	0	1,1	0	0
<i>Onychogomphus</i>	0	2,3	0,2	0	0	0	0	0,5
<i>Rhithrogena</i>	0,4	0	0	0	0	0	0	0

### 2.7.4 Ağustos 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	39,1	11	2,1	0	1,5	0,3	0	0,5
<i>Ephemerella</i>	0,5	2,7	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis</i>	0	0,4	0	0	0,5	0,7	0	0,9
<i>Onychogomphus</i>	0	0,4	0,5	0,5	0,2	0	0	1
<i>Rhithrogena</i>	0,7	0	0	0	0	0	0	0

### 2.7.5 Eylül 1992 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	19,8	12,5	16,5	0,3	0	0	0,5	0,4
<i>Ephemerella</i>	0,2	4,1	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis</i>	0	1	0,2	0,4	0,4	0	0,3	4,1
<i>Onychogomphus</i>	0	2,6	0,04	0	0	0	0	0
<i>Rhithrogena</i>	5,9	0	0	0	0	0	0,04	0

### 2.7.6 Şubat 1993 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	41	33,1	33	5,6	1,2	2,5	4,6	0
<i>Ephemerella</i>	0,9	5,3	0	0	0	0,5	2,6	0
<i>Caenis</i>	0	0	0	0,2	13,3	1,7	0	0
<i>Onychogomphus</i>	0	1,2	0,4	0	0	0	0	0
<i>Rhithrogena</i>	5,7	5,3	0	0	0	0	0	0

### 2.7.7 Nisan 1993 Taban Büyük Omurgasızlarının Baskınlık Değerleri

Takson/İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Baetis</i>	3,3	1,3	1,5	0	2,9	0	1,1	11
<i>Ephemerella</i>	0	4,7	3,3	0	0,3	0	1,1	37
<i>Caenis</i>	0	0	0	0	13,3	0	0,7	0,7
<i>Onychogomphus</i>	0	9,4	3,7	0	0,3	0	0,2	1,4
<i>Rhithrogena</i>	1,1	0,7	0	0	0	0	0	13,4

Baskınlık (Dominans) Hesaplama;

Baskınlık bir türe ait birey sayısı ile tüm türlere ait toplam birey sayısı arasındaki oranın yüzde anlatımıdır [25]. Çalışmada çıktı değerler olarak kullanılan baskınlık değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$D = \frac{N_a}{N_n} \times 100$$

D: baskınlık

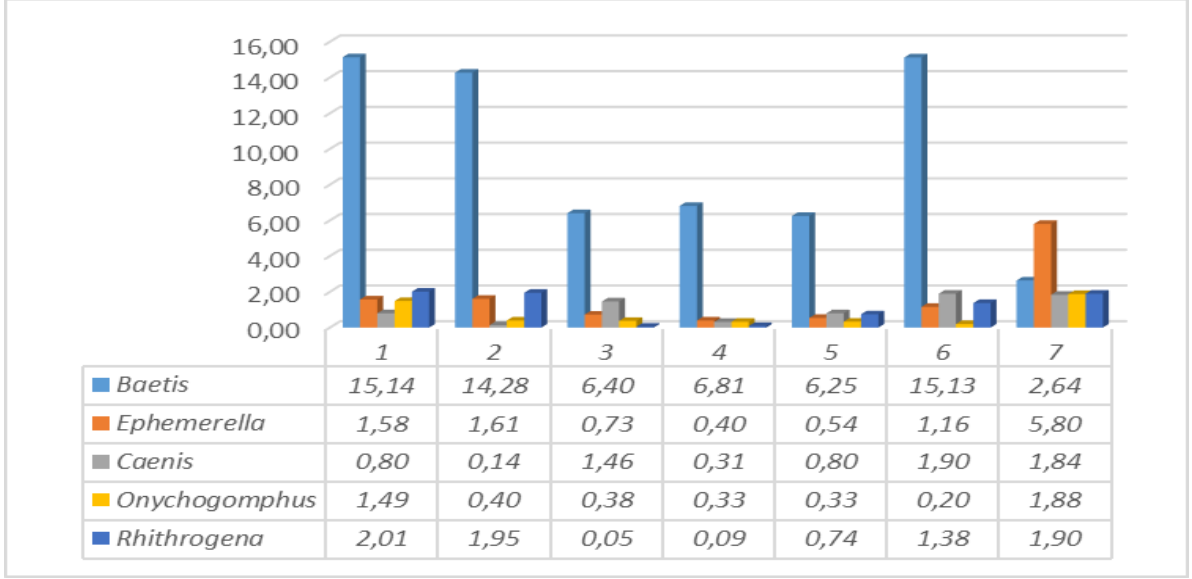
Na: A türüne ait birey sayısı

Nn: Tüm türlere ait birey sayısı

### 3 TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma alanında 8 istasyondan 7 ayrı örneklem değerlendirilmiş ve 5 cins (*Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella*, *Onychogomphus*, *Rhithrogena*) için elde edilen baskınlık değerleri, 14 fiziko-kimyasal değişkeni de hesaba katarak yapay sinir ağı eğitiminde kullanılmıştır. Bahsi geçen 7 örneklemden 6 tanesi ağın eğitimde kullanılmış, rastgele seçilen bir tanesi ise ağın test edilmesi için saklanmıştır. On dört abiyotik değişken yapay sinir ağına girdi değerleri olarak tanıtıldıktan sonra 5 takson için baskınlık değerleri de çıktı olarak ağa eklenmiştir. Tüm girdi ve çıktı değerleri (- 1, 1) aralığına alınarak daha net sonuçlar alabilmek için normalizasyon işlemi yapılmıştır. Yapay sinir ağının asıl amacı olan veriler arasında lineer bir ilişki kurmak için Levenberg-Marquardt algoritması ve değişen sayılarda “hidden layer”lar (gizli katman) kullanılarak denemeler yapılmıştır. Sinüs ve tanjant fonksiyonlarından yararlanarak ağın eğitimi tamamlanmıştır. MATLAB programı sayesinde (nntool) her takson için ayrı ayrı eğitilmiş ve tahmin değerleri hesaplanarak grafiklerde olduğu gibi lineer bir ilişki saptanmaya çalışılmıştır. R (kat sayısı) değeri 1’e ne kadar yakın olursa o kadar yüksek lineer bir ilişki sağlanacağı için ağ tekrar tekrar çalıştırılmış ve en optimize değerler seçilmiştir. Ağın eğitiminin tamamlanmasının ardından denemek için bırakılan örneklem ağın simülasyonu için kullanılmıştır. Sonrasında seçili taksonlar için örnekleme yer alan 8 istasyon ayrı ayrı tahmin verileri oluşturmak için sırasıyla test edilmiştir. Elde edilen veriler; tahmin edilen değerler (TD) ve ölçülen değerler (ÖD) olarak grafiklerle karşılaştırılmıştır. Beş cins için ayrı ayrı yapılan işlemler sonrasında ağın eğitilmesi ile bulunan en yüksek R katsayıları göz önüne alınarak TD ve ÖD değerleri çizgisel grafikler yardımıyla kıyaslanmıştır.

Veri karşılaştırma grafiklerinden anlaşılacağı üzere gerçekte ölçülen veriler ve tahmin edilen değerler arasında ağın eğitilmesinin ardından hata oranlarının minimuma indirildiği yakın bir ilişki gözlenmiştir. Her cins için ayrı ayrı yapılan işlemler farklı gizli katmanlar ve transfer fonksiyonları sayesinde en optimum sonuçlar alınana kadar tekrarlanmıştır. MATLAB (nntool) kullanılarak girdi- çıktı değerleri arasında bağlantı kurularak taksonlar için R değerleri hesaplanmış ve sonrasında ağ test edilmiştir. *Baetis* gibi hemen her örnekleme ve istasyonda yüksek miktarda baskınlık değerine sahip bir cins için tahmin verileri gerçekte ölçülen değerlere yakın belirlendiği gibi, *Caenis* örneklemlerde nispeten minimum saptanan cins olmasına rağmen başarılı sonuçlar alınabilmiştir.



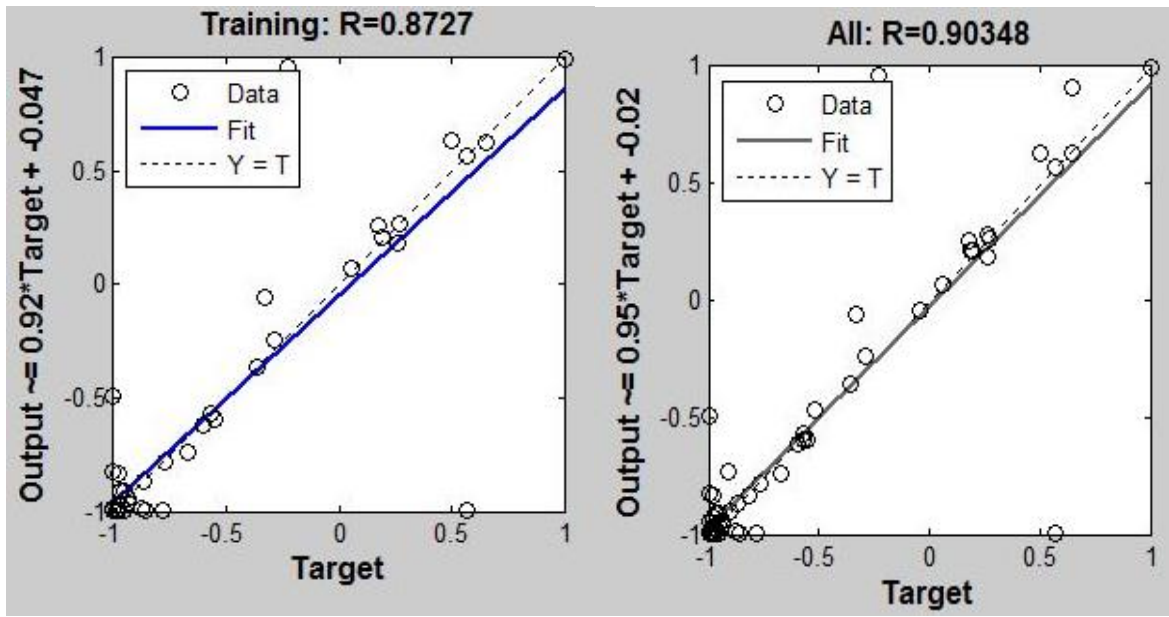
Şekil 3-1 Cinslerin örneklem ve istasyonlara göre baskınlık dağılımları.

Örneklemler içerisinde istasyonlarda yüksek baskınlık oranlarıyla temsil edilen cinsler daha fazla veri sağladığı için ağın eğitimi daha başarılı olmuştur. Tabloda görülen baskınlık değer ortalamalarıyla paralel şekilde R katsayı değerleri arasında daha yüksek bir ilişki bulunmuştur. Bu sayede çalışmada kullanılan 5 cinse ait gerçekte ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. Her bir taksonu ayrı ayrı ele aldığımızda ise TD ve ÖD eğrileri büyük ölçüde benzerdir. Eğrilere göze çarpan pikler modellemedeki hata paylarından oluşabilir. Bunun yanı sıra istasyon seçimleri ve türler arasındaki biyolojik ilişkiler de modellemenin bazı durumlarda yetersiz kalmasına ve nispeten düşük korelasyona sebep olabilir. Özellikle predatör ilişkileri ve örneklemelerin sağlandığı mevsimlere ait ekolojik değişkenler elde edilen sonuçlarda belirleyici faktörler olarak ayrıca hesaba katılmalıdır. Zira örneklem içerisindeki ay seçimlerinden kaynaklanabilecek farklılıklar, özellikle su seviyesindeki değişimlere ve bazı istasyonların kurak dönemlerine denk gelebilmektedir. Özellikle kuruyan istasyonlar modelleme bakımından canlılarının dağılımını tam olarak sayısal verilere dökme hususunda sorunlara yol açmaktadır. Bu noktada istasyonlardan elde edilen kimi değişkenlerin yok olması kimi değişkenlerinse maksimum değerlere ulaşması, sadece bir örneklem döneminde dahi olsa modelleme açısından daha düşük benzerlik katsayılarına sebep olabilir. Modellemenin başarısını artırabilmek için normalizasyon sonrasında değişkenlerin pik değerleri hesaba katılmayıp, ortalama değerler üzerinden yorumlar yapılmıştır.

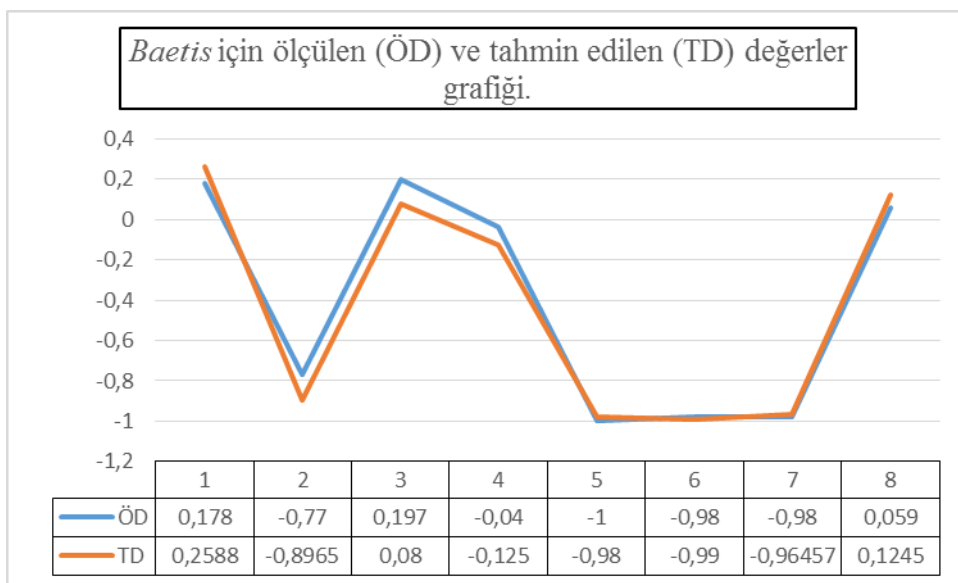


### 3.1 Baetis

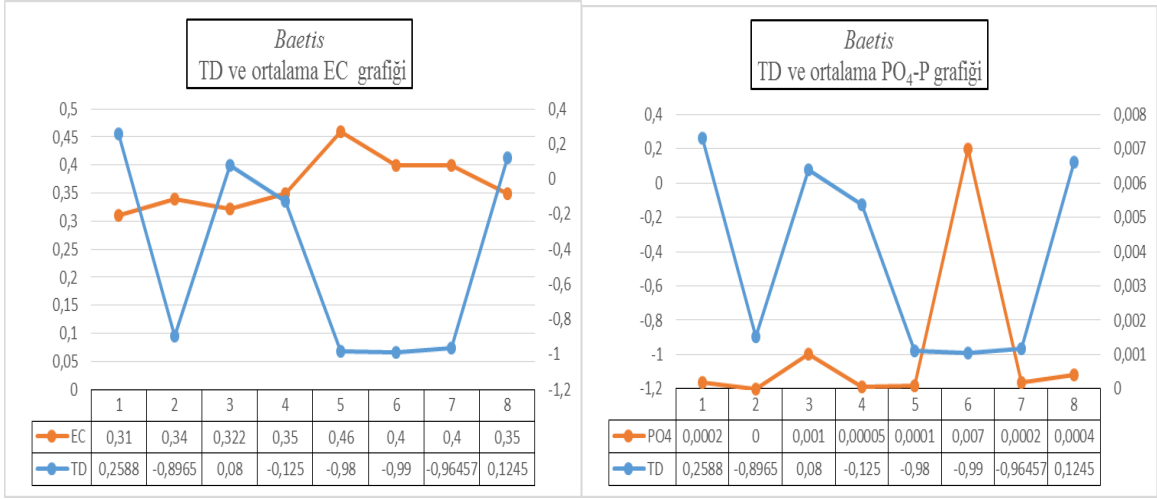
Yuvarlakçay Kaynak' da bir ay dışında baskın cins *Baetis*'tir. En yüksek olarak Mayıs 1992 döneminde % 43,1 baskınlık değerine sahiptir. Genel olarak hemen her istasyonda yoğun olarak temsil edilen *Baetis*, 10 gizli katmandan oluşan logsig transfer fonksiyonu ile ağa tanıtılmıştır. R değerleri (0,87 ve 0,93) arasında değişmekte olup tahmin grubu ve gerçekte ölçülen değerlerle mantıklı bir doğrusal ilişki kurulmuştur. Gerçekte ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırma grafiği aşağıdadır.



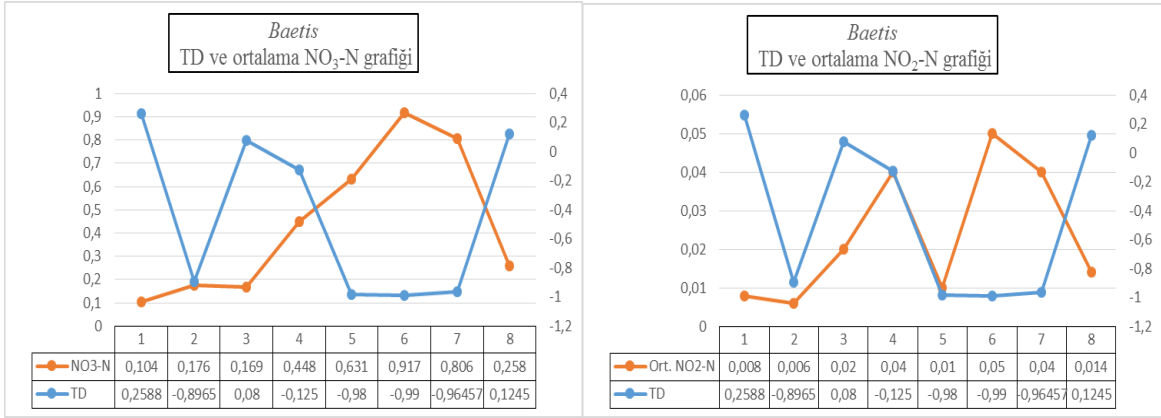
Şekil 3-2 *Baetis* için MATLAB'da hesaplanan R katsayı değerleri.



Şekil 3-3 *Baetis* ÖD-TD kıyaslama değer grafiği.



Şekil 3-4 *Baetis* TD-Ec ve TD-PO<sub>4</sub>-P grafikleri.



Şekil 3-5 *Baetis* TD-NO<sub>3</sub>-N ve TD-NO<sub>2</sub>-N grafikleri.

Fiziko-kimyasal değişkenler ve *Baetis* cinsinin birey dağılımı kullanılarak oluşturulan modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiği (Şekil 3-3) incelendiğinde ölçülen değer ile tahmini değer çizgilerinin birbiriyle örtüştüğü ve uyumlu sonuç verdiği görülmektedir.

*Baetis* cinsinin ekolojik tercihlerine bakıldığında; bu cinse akarsuların hemen hemen her bölgesinde rastlamak mümkündür. Akarsuların kaynak kısımlarındaki krenon bölgelerinden, akarsuyun ağız kısımlarındaki hipopotamon bölgesine kadar tüm akarsu bölgelerini tercih edebilirler [26] [27]. Ayrıca, akarsulardaki fiziko-kimyasal değişimlere ya da habitatlarındaki bozulmalara karşı toleransı yüksek olan Baetidae cinslerine küçük dağ akarsularında, geniş nehirlerde, yapay kanallarda, rezervuarlarda ve göllerin littoral bölgelerinde de rastlamak mümkündür [26] [27] [28] [29]. Bu çalışmada da *Baetis* cinsine tüm istasyonlarda rastlanmıştır. Genelde beta-mesosaprobik zon indikatörü olan *Baetis* cinsi, organik kirliliğin olmadığı (ksenosaprobik ortamlarda) ya da çok hafif olarak

görüldüğü (oligosaprobik ortamlarda) akarsu bölgelerinde rastlamak mümkündür. Çok nadiren de olsa alfa-mezosaprobik ortamlarda da *Baetis* cinsine rastlanabilir. Fakat organik kirliliğin iyice artış gösterdiği polisaprobik ortamlarda bu cinse rastlanmaz [26] [30]. Aynı zamanda *Baetis* cinsi rheofilik bir cinstir [31]. Yani orta ile hızlı akıntılı bölgeleri tercih eder.

*Baetis* cinsinin tahmini değer grafiğindeki (Şekil 3-3) değişimlere, hangi fiziko-kimyasal değişkenlerin etkili olduğunu saptamak için, ortalama değer grafikleri (Bölüm 2.6) oluşturulmuş ve elde edilen grafikler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda *Baetis* cinsinin ortofosfat fosforu ile pozitif korelasyona, nitrat azotu, nitrit azotu ve elektriksel iletkenlik ile negatif korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

Nitrit azotu konsantrasyonu için 3. ve 5. İstasyonlarda bir uyumsuzluk gözlenmiştir. Üçüncü istasyon bir alabalık çiftliğinden sonra yer almaktadır. Çiftlikten bırakılan atık su, akarsuya verilirken, oksijence zenginleşmesi amacıyla belirli bir yükseklikten bırakılarak akarsuya verilmektedir. Nitrit azotu ile negatif ilişkili olarak belirlenen *Baetis* cinsinin, bu istasyonda birey sayısının artış gösterdiği gözlenmiştir. Bunun nedeni, besin girdisi olarak ortamda yükselen  $NO_2$  miktarı ile birlikte, ortamda artan çözülmüş oksijen içeriği *Baetis* cinsi için olumlu bir ortam oluşmasına neden olmuştur. Modellemeden elde edilen sonuçta da *Baetis* cinsi için uygun ortam olduğu ve birey sayısının arttığı görülmektedir. Beşinci istasyon ise organik maddece zengin ve sürekli olarak karıştığı Yuvarlakçay'a azot yükü taşıyan bir istasyondur. Aynı zamanda bu istasyonda akıntı hızı oldukça düşüktür. Bu istasyonda  $NO_3-N$  konsantrasyonu yüksek iken  $NO_2-N$  konsantrasyonu düşük çıkmıştır. Bunun nedenini oluşturan aerobik koşullar nedeniyle,  $NO_2-N$ 'in  $NO_3-N$ 'e yükseltgenmesi olduğunu belirtilmiştir [32]. O nedenle bu istasyonda  $NO_2-N$  konsantrasyonu düşük çıksa da, ortamda artan  $NO_3-N$  konsantrasyonu ve azalan çözülmüş oksijen konsantrasyonu nedeniyle *Baetis* cinsi de azalma göstermiştir. Modellemeden elde edilen sonuçta da *Baetis* cinsi için olumsuz koşullar oluşması nedeniyle birey sayısının azaldığı görülmektedir (Şekil 3-5).

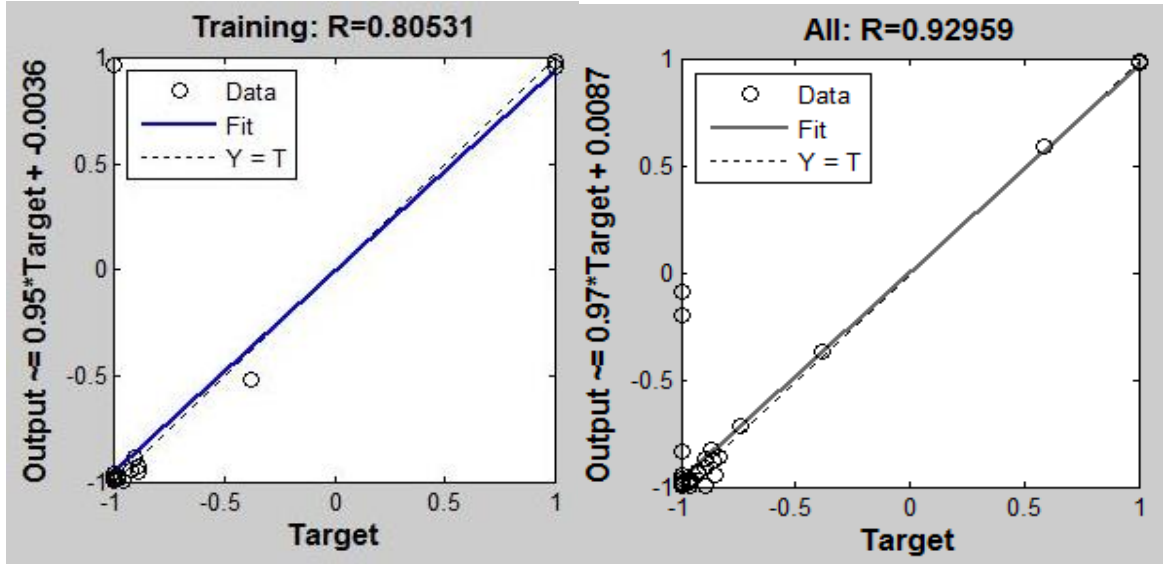
Ortofosfat fosforu ile pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenen *Baetis* cinsi için çalışmada ölçülen değerler, düşük değerler olup, ortama besin girdisi olarak *Baetis* için olumlu bir durum oluşturmaktadır. Ancak 6. İstasyonda yüksek değerde ölçülen  $PO_4-P$  konsantrasyonu (0.007mg/l) (Şekil 3-4) *Baetis* cinsi için tolere edilebilir bir konsantrasyon değeri değildir. Bu nedenle modelleme sonucunda bu istasyonda *Baetis* bulunmayacağı saptanmıştır.

Benzer durum 5., 6. ve 7. İstasyonlarda da gözlenmiştir. Çalışmadaki en yüksek azot değerlerinin ölçüldüğü bu istasyonlar *Baetis* cinsi için olumsuz koşullara sahiptir. Modellemeden elde edilen sonuçta da *Baetis* cinsi için olumsuz koşullar görülmüş ve bu nedenle bu istasyonlarda *Baetis* cinsi bulunmamıştır (Şekil 3-5).

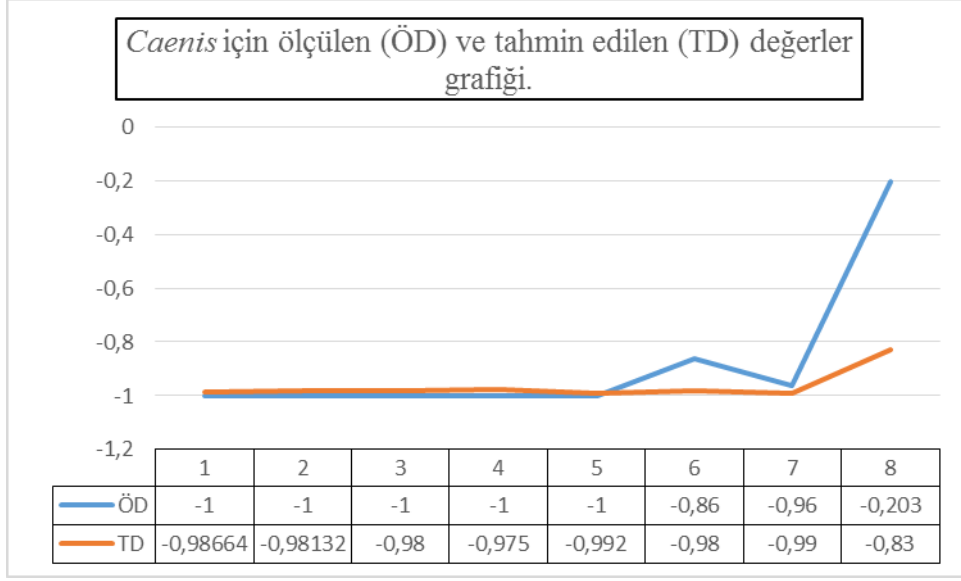
Modelleme sonucunda elde edilen *Baetis* dağılımı, cinsin tercih ettiği fiziko-kimyasal koşullar ve habitat tercihleri bakımından ele alındığında, birbiriyle anlamlı ve uyumlu sonuçlar vermiştir.

### 3.2 *Caenis*

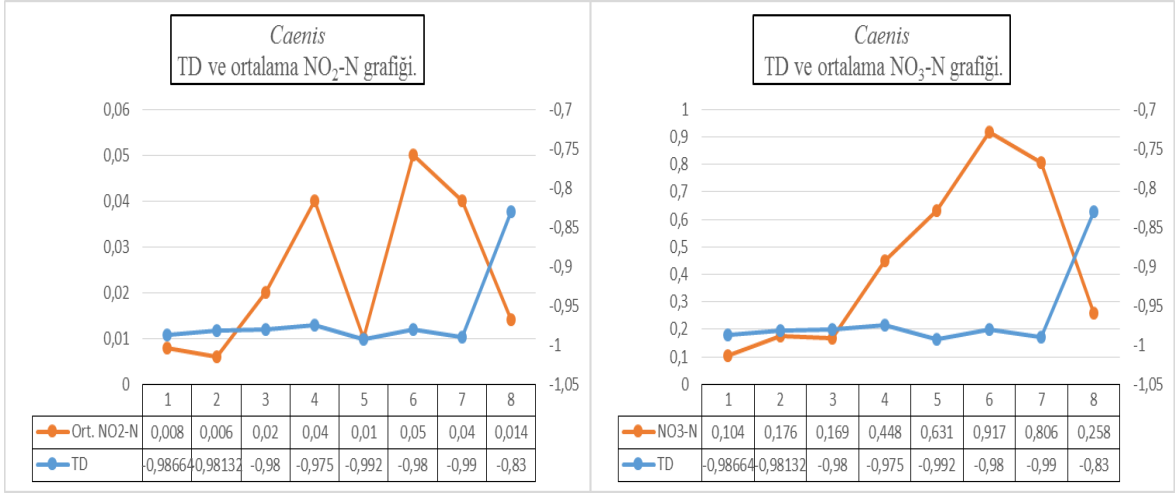
Şubat 1993 ve Nisan 1993 aylarında yapılan örneklemlerde Nasıfde istasyonunda en yüksek baskınlık değerlerine ulaşan *Caenis*, genel olarak örneklem gruplarında ya düşük bireyle temsil edilmiş ya da hiç gözlemlenememiştir. *Caenis* için ağı eğitimi sırasında *Baetis*'de olduğu gibi 10 gizli katman seçilmiş ve tansig transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Sonuç olarak *Baetis*'e kıyasla daha düşük bir doğrusal ilişki bulunmuş; R değerleri 0,77 ve 0,93 arasında hesaplanmıştır. Gerçekte ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırma grafiği aşağıdadır.



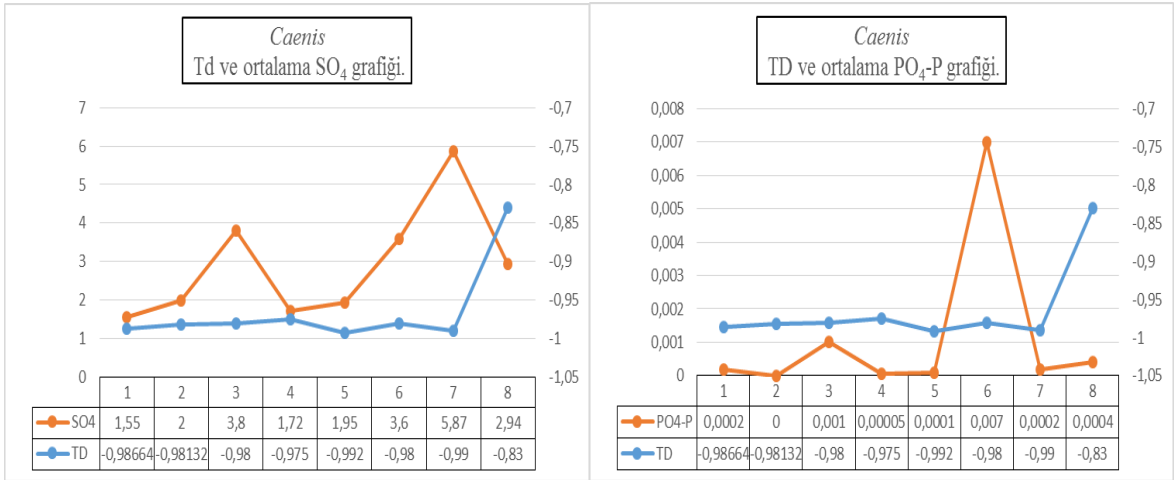
Şekil 3-6 *Caenis* için MATLAB'da hesaplanan R katsayı değerleri.



Şekil 3-7 Caenis ÖD-TD kıyaslama değer grafiği.



Şekil 3-8 Caenis TD - NO<sub>2</sub>-N ve TD-NO<sub>3</sub>-N grafikleri.



Şekil 3-9 Caenis TD-SO<sub>4</sub> ve TD-PO<sub>4</sub>-P grafikleri.

Fiziko-kimyasal değişkenler ve *Caenis* cinsinin birey dağılımı kullanılarak oluşturulan modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiği (Şekil 3-7) incelendiğinde ölçülen değer ile tahmini değer çizgilerinin birbiriyle örtüştüğü ve uyumlu sonuç verdiği görülmektedir.

*Caenis* cinsinin ekolojik tercihlerine bakıldığında; bu cinse genelde akarsuların potamon bölgelerinde rastlanır. Daha çok epipotamon ve metapotamon bölgelerini tercih eder. Bununla birlikte bu cinse nadiren de olsa, rhitron bölgelerde rastlamak da mümkündür [26] [27] [32] [33]. Bu çalışmada da *Caenis* cinsine akarsularına potamon bölgelerinde daha sık rastlanmıştır. *Caenis* cinsi, Ephemeroptera takımı içerisinde organik madde varlığına karşı toleransı en yüksek olan cinslerden bir tanesidir. Fakat yine de, diğer Ephemeroptera cinsleri gibi aşırı organik kirliliğe karşı hassas olan canlılardır. Genelde beta-mezosaprobik ortamları tercih ederler. Ancak nadiren de olsa organik kirliliğin çok hafif olarak gözlendiği oligosaprobik ortamlarda ve orta derecenin biraz üstünde organik kirliliğin gözlendiği alfa-mezosaprobik ortamlarda bu cinse rastlamak mümkündür [26] [30]. Bu çalışmada da *Caenis* cinsi beta-mezosaprobik ve alfa-mezosaprobik özellikteki akarsularda bulunmuştur. Genelde potamon bölgelerde bulunan *Caenis* cinsi, bu bölgelerin ortak özelliği olan orta ya da yavaş akıntıya adapte olmuş canlılardır. Bu cinse hızlı akıntılı yerlerde çok rastlanmaz [27] [34]. Bu çalışmada da *Caenis* cinsi yavaş akıntılı istasyonlarda bulunmuştur.

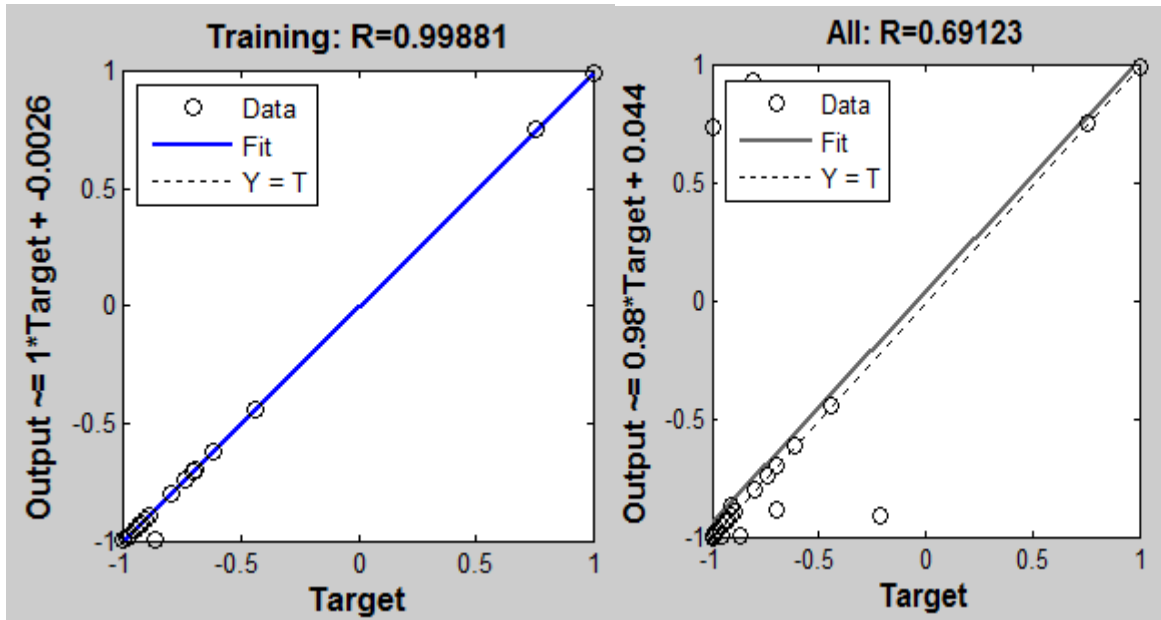
Modelleme sonucunda elde edilen *Caenis* cinsi için tahmini değer – ölçülen değer grafiğinde, eğitilen ağlar üzerine test edilen örneklem, rastgele seçilen ve en optimize sonuçları veren Nisan 1992 verisi olmuştur. O nedenle, ölçülen değerde, sadece 6., 7. ve 8. İstasyonlarda *Caenis* cinsi bulunmaktadır. Zaten 1. ve 3. İstasyonlar hem akarsu bölgesi, hem de akıntı hızı bakımından, 2. İstasyon ise akarsu bölgesi ve organik materyal bakımından *Caenis* için uygun olmayan bölgelerdir. Dördüncü ve 5. İstasyonlar ise taşıdıkları azot yükü bakımından *Caenis* cinsi için uygun olmayan koşullara sahiptir. O nedenle, modelleme sonucunda elde edilen ölçülen değerlerde bu istasyonlarda *Caenis* olmaması, beklenen bir sonuçtur. Tahmini değerlerde ise çok az sayıda da olsa, bu istasyonlarda *Caenis*'in olabileceği, modelleme sonucunda ön görülmektedir. Yukarıdaki literatür bilgilerinde de belirtildiği gibi *Caenis*'in bu ortamlarda az da olsa bulunma ihtimali vardır.

*Caenis* cinsinin tahmini değer grafiğindeki (Şekil 3-7) değişimlere, hangi fiziko-kimyasal değişkenlerin etkili olduğunu saptamak için, ortalama değer grafikleri (Bölüm 2.6) oluşturulmuş ve elde edilen grafikler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda *Caenis* cinsinin nitrit azotu, nitrat azotu ve sülfat konsantrasyonu ile negatif korelasyona, ortafosfat fosforu konsantrasyonu ile de pozitif korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

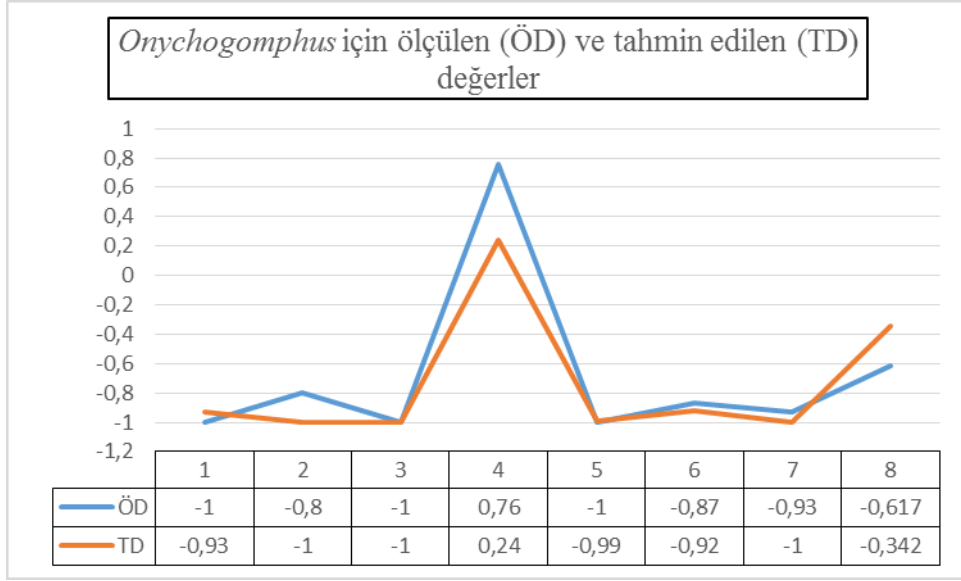
Modelleme sonucunda elde edilen *Caenis* dağılımı, cinsin tercih ettiği fiziko-kimyasal koşullar ve habitat tercihleri bakımından ele alındığında, birbiriyle anlamlı ve uyumlu sonuçlar vermiştir.

### 3.3 *Onychogomphus*

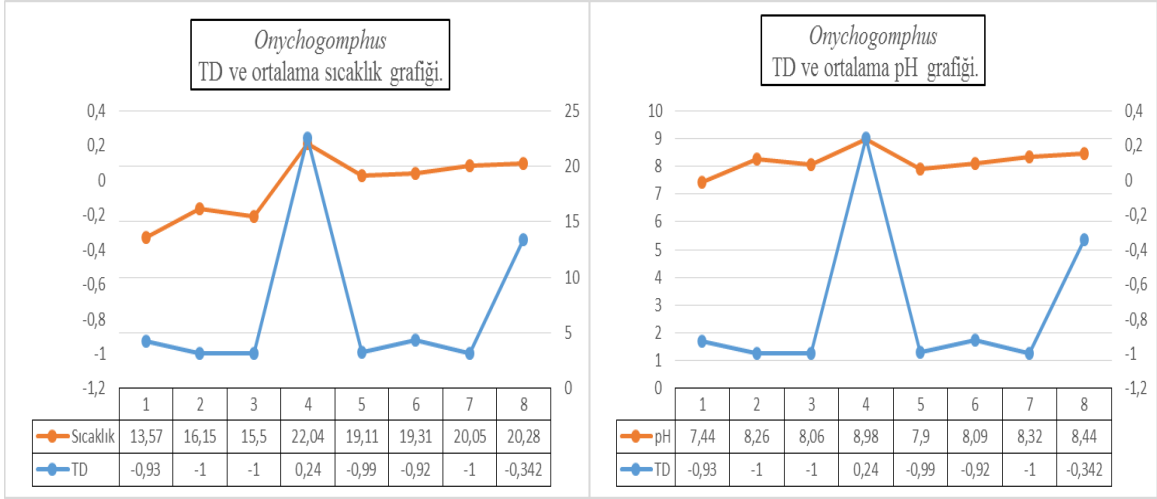
*Onychogomphus* en yüksek baskınlık değerlerine Nisan 1993’de yapılan örnekleme ulaşmış ve 2. istasyonda (Yuvarkçay Alabalık öncesi) saptanmıştır. Genel olarak tüm örneklemler hesaba katıldığında düşük birey sayısı ile temsil edilmiştir. Ağın eğitimi sırasında 15 gizli katman ve tansig transfer fonksiyonu ile en optimize sonuçlar elde edilmiştir. Bulunan R değerleri 0,84 ve 0,91 aralığında değişmektedir. Elde edilen sonuçların karşılaştırması aşağıdadır.



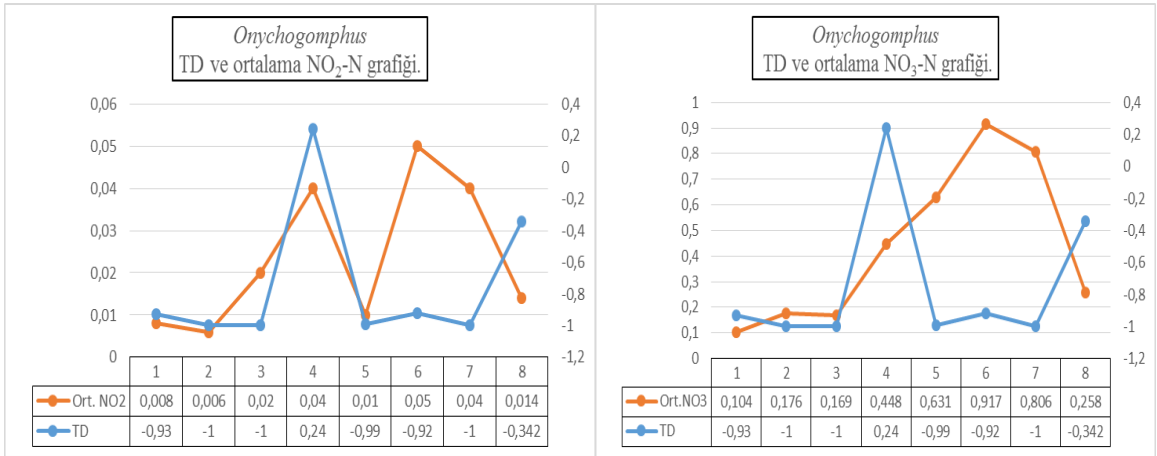
Şekil 3-10 *Onychogomphus* için MATLAB’da hesaplanan R katsayı değerleri.



Şekil 3-11 *Onychogomphus* ÖD-TD kıyaslama değer grafiği.

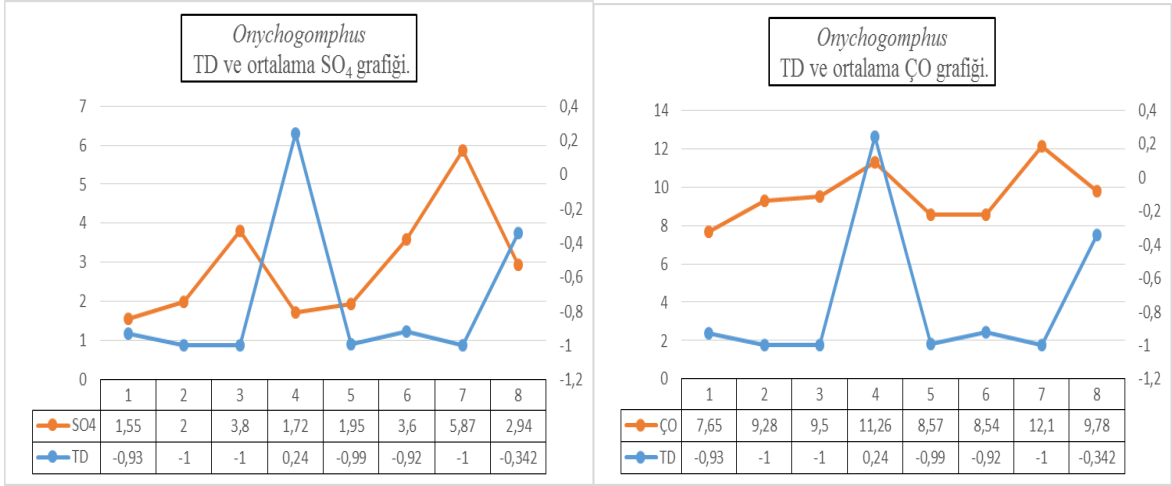


Şekil 3-12 *Onychogomphus* TD - Sıcaklık ve TD-pH grafikleri.



Şekil 3-13 *Onychogomphus* TD-NO<sub>2</sub>-N ve TD-NO<sub>3</sub>-N grafikleri.





Şekil 3-14 *Onychogomphus* TD - SO<sub>4</sub> ve TD-ÇO grafikleri.

Fiziko-kimyasal değişkenler ve *Onychogomphus* cinsinin birey dağılımı kullanılarak oluşturulan modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiği (Şekil 3-11) incelendiğinde ölçülen değer ile tahmini değer çizgilerinin birbiriyle örtüştüğü ve uyumlu sonuç verdiği görülmektedir.

*Onychogomphus* cinsinin ekolojik tercihlerine bakıldığında; bu cins akarsuların genelde epipotamon bölgelerini tercih etmektedir. Ancak bu cinse nadir olarak metarhithron ve hiporhithron bölgelerinde rastlamak da mümkündür [35]. Bu çalışmada da *Onychogomphus* cinsine akarsuların metarhithron, hiporhithron ve epipotamon bölgelerinde rastlanmıştır. Aynı zamanda, epipotamon bölgelerinde bulunan *Onychogomphus* cinsinin baskınlık değerleri, metarhithron ve hiporhithron bölgelerindeki baskınlıklarıyla kıyaslandığında yüksektir. Yani, epipotamon bölgelerini daha çok tercih ettiği görülmektedir. Akarsuların epipotamon bölgeleri, akarsu yatağının genişlemeye, sıcaklığın ve organik maddenin artmaya, akıntı hızının ve çözülmüş oksijenin azalmaya başladığı bölgelerdir [1]. Akarsuların epipotamon bölgesi, potamon bölgesinin başlangıç bölgesidir ve bu bölgede, rhithron bölgelerinde görülen hızlı akıntı, yavaş yavaş azalmaya başlar. *Onychogomphus* cinsi, rheofilik bir cinstir [31]. Yani orta ile hızlı akıntılı bölgeleri tercih eder. Genelde beta-mezosaprobik zon indikatörü olan bu cinse, organik kirliliğin çok hafif olarak gözlemlendiği, oligosaprobik zonda da rastlamak mümkündür. Çok nadiren de olsa, alfa-mezosaprobik zonlarda da bulunabilir [35].

*Onychogomphus* cinsinin tahmini değer grafiğindeki (Şekil 3-11) değişimlere, hangi fiziko-kimyasal değişkenlerin etkili olduğunu saptamak için, ortalama değer grafikleri (Bölüm 2.6) oluşturulmuş ve elde edilen grafikler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda *Onychogomphus* cinsinin sıcaklık, pH, nitrit azotu ve nitrat azotu ile pozitif korelasyona, sülfat ve çözünmüş oksijen ile negatif korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

Çözünmüş oksijen değişkeni için 4. ve 5. istasyonlarda bir uyumsuzluk gözlenmiştir. Dördüncü istasyondaki uyumsuzluğun nedeni, örnekleme yapılan bölgede yoğun olarak görülen ipliksi alg varlığıdır. Bu alglerin fotosentezi sonucunda ortamdaki çözünmüş oksijen miktarı doğal koşulda olması gerekenden yüksek çıkmıştır. Bu nedenle eğim grafikleri karşılaştırıldığında, negatif olması beklenen korelasyon, pozitif çıkmıştır. Beşinci istasyonda da çözünmüş oksijen ile pozitif korelasyon gözlenmiştir. Çözünmüş oksijen eğim grafikleri karşılaştırıldığında, *Onychogomphus* cinsinin artış göstermesi beklenirken azalış göstermiştir. Bu istasyon, organik madde açısından zengin bir istasyondur. Yapılan ölçümlerde nitrat azotu değeri oldukça yüksek çıkmıştır (0.631 mg/l). Bu baskı, *Onychogomphus* cinsinde nitrat azotu için tolere edilebilir değerin üstüne çıkmış olabileceğinin bir göstergesi olabilir.

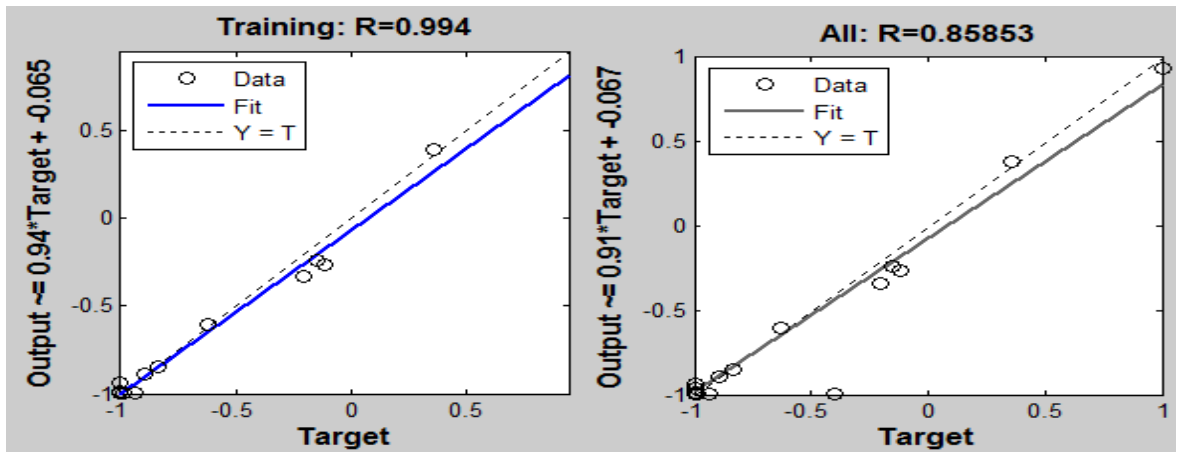
Nitrit ve nitrat azotu ile pozitif korelasyona sahip olan *Onychogomphus* cinsi, 8. istasyonda negatif korelasyon göstermiştir. Bu iki değişkenin eğim grafikleri ile *Onychogomphus* cinsinin tahmini değer eğim grafiği karşılaştırıldığında 8. İstasyonda negatif bir korelasyon var gibi görünse de, bunun nedeni aslında 6. ve 7. İstasyonlarda gözlenen yoğun NO<sub>2</sub> ve NO<sub>3</sub> varlığının, 8. İstasyonda *Onychogomphus* için tercih edilebilir bir değere düşmesi ile ilgilidir. Sekizinci İstasyon, NO<sub>2</sub>-N değişkenine göre II. Sınıf (beta-mezosaprobik) su kalitesine sahip bir istasyondur. *Onychogomphus* cinsi de beta-mezosaprobik bölgeleri tercih eden bir cinstir [35]. Bu nedenle, eğim grafiklerine göre birey sayısında azalma beklenirken, kendisi için uygun koşulların bulunduğu 8. İstasyonda birey sayısında artış gözlenmiştir. Aynı zamanda, besin girdisi olarak NO<sub>2</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu ile pozitif ilişkili olan *Onychogomphus* cinsi, bu değişkenlerin yüksek konsantrasyonuna karşı hassas bir cins olduğu için (NO<sub>3</sub>-N için 0.631 mg/l ve üstü, NO<sub>2</sub>-N için 0.04 mg/l ve üstü), 5., 6. ve 7. İstasyonlarda *Onychogomphus* cinsi için olumsuz koşullar ortaya çıktığı için modellemeden elde edilen sonuçta birey sayısının azaldığı görülmektedir (Şekil 3-13).

Gomphidae familyası üyeleri düşük sıcaklık ve yüksek çözünmüş oksijeni tercih ettikleri ve organik kirliliğe karşı hassas türler olduklarını belirtilmiştir [36]. Fakat sıcaklığın yüksek olduğu koşullarda, eğer çözünmüş oksijen de yüksek ise, bu durum familya için tercih edilebilir bir ortamdır [36]. Bu çalışmada da, sıcaklığın en yüksek olduğu 4. İstasyonda çözünmüş oksijen değeri çok yüksektir (ipliksi alglerin varlığı nedeniyle). Modellemeden elde edilen sonuçta da *Onychogomphus* cinsi için uygun ortam olduğu ve birey sayısının arttığı görülmektedir (Şekil 3-12). Benzer durum 7. İstasyonda da gözlenmektedir. Bu istasyonda, sıcaklık en yüksek ikinci değerdedir ve çözünmüş oksijen içeriği de en yüksek değerdir. Fakat *Onychogomphus* cinsinin tahmini değer grafiğinde, 4. İstasyonunun aksine, az sayıda birey modellenmiştir. Bunun nedeni ise bu istasyonda görülen nitrit ve nitrat azotu konsantrasyonlarının yüksek olmasıdır ( $\text{NO}_3\text{-N}$  0.917 mg/l ve  $\text{NO}_2\text{-N}$  0.05 mg/l ölçülmüştür). Bu nedenle modellemede tahmini değer grafiğinde *Onychogomphus* cinsinin birey sayısı 7. İstasyonda düşük olarak görülmüştür.

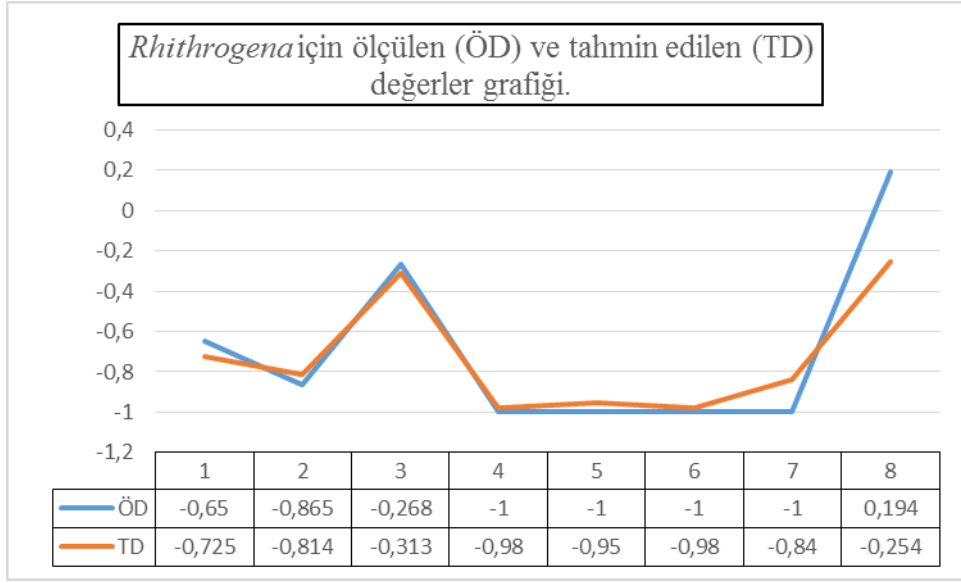
Modelleme sonucunda elde edilen *Onychogomphus* dağılımı, cinsin tercih ettiği fiziko-kimyasal koşullar ve habitat tercihleri bakımından ele alındığında birbiriyle anlamlı ve uyumlu sonuçlar vermiştir.

### 3.4 *Rhithrogena*

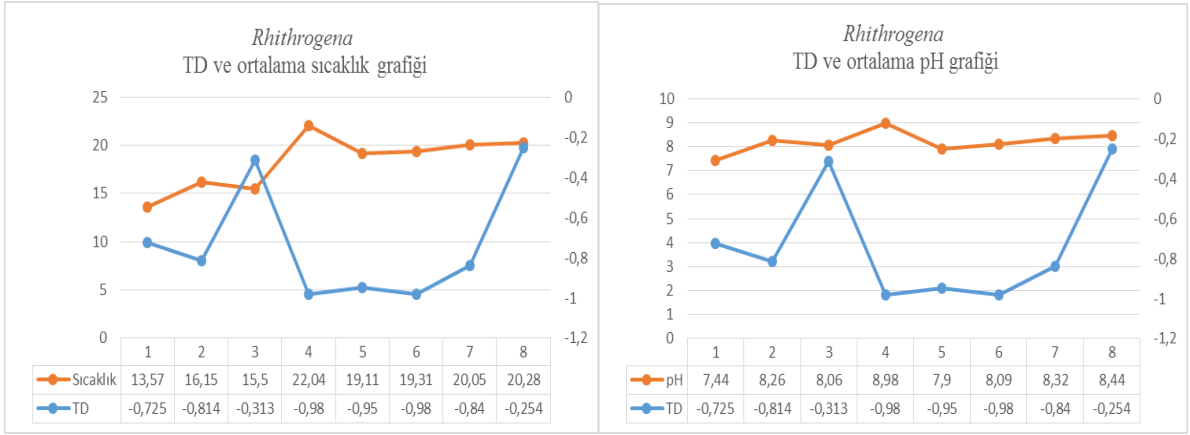
Nisan 1992'de yapılan ölçümde 8. istasyonda (Namnam Yeni Köprü) en yüksek baskınlık değerlerine ulaşan *Rhithrogena*, Temmuz ve Ağustos 1992'de yapılan örneklemlerde minimum değerlerde saptanmıştır. Geriye kalan 4 örneklem de ise Yuvarlakçay Kaynak dışında düşük değerlerde gözlenmiştir. Ağın eğitimi sırasında 10 gizli katman ve logsig transfer fonksiyonu görece en iyi sonuçları vermiştir. R değerleri 0,82 ve 0,99 arasında değişmektedir. Karşılaştırmalı veri grafiği aşağıdadır.



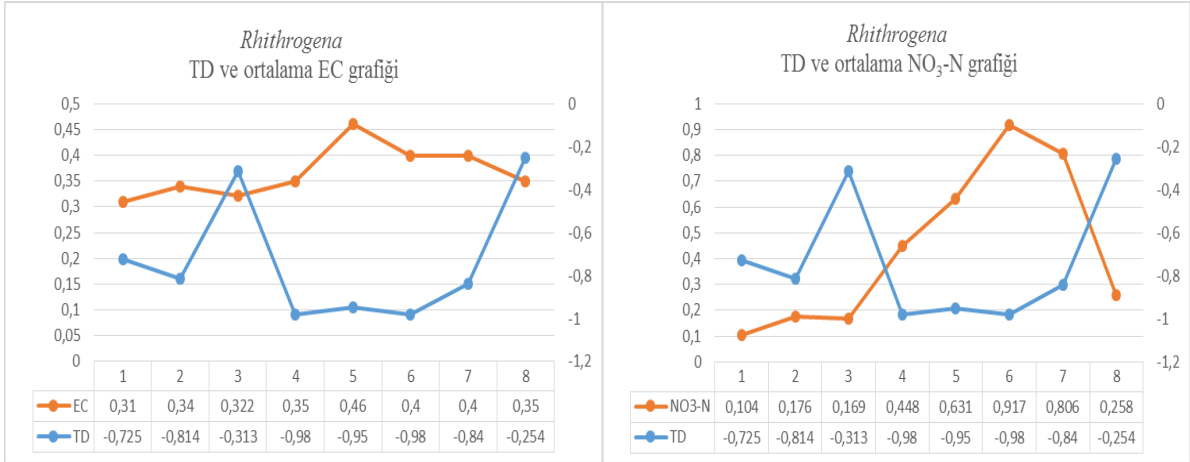
Şekil 3-15 *Rhithrogena* için MATLAB'da hesaplanan R katsayı değerleri.



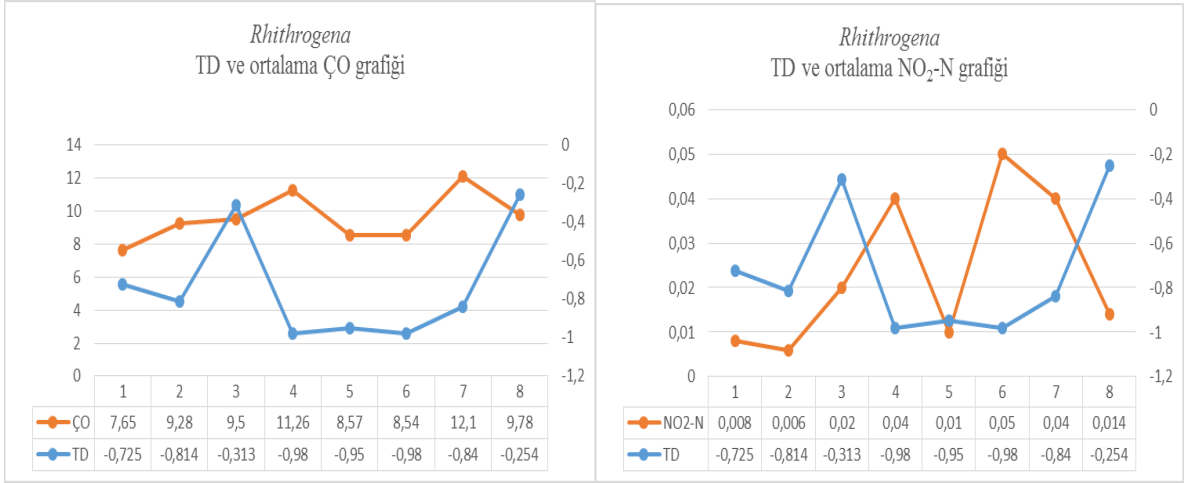
Şekil 3-16 Rhithrogena ÖD-TD kıyaslama değer grafiği.



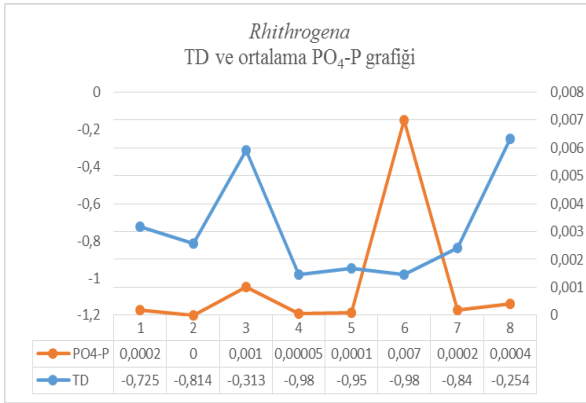
Şekil 3-17 Rhithrogena TD-Sıcaklık ve TD-pH grafiği.



Şekil 3-18 Rhithrogena TD-EC ve TD-NO<sub>3</sub>-N grafikleri.



Şekil 3-19 *Rhithrogena* TD-CO ve TD-NO<sub>2</sub>-N grafiği.



Şekil 3-20 *Rhithrogena* TD-PO<sub>4</sub>-P grafiği.

Fiziko-kimyasal değişkenler ve *Rhithrogena* cinsinin birey dağılımı kullanılarak oluşturulan modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiği (Şekil 3-16) incelendiğinde ölçülen değer ile tahmini değer çizgilerinin birbiriyle örtüştüğü ve uyumlu sonuç verdiği görülmektedir.

*Rhithrogena* cinsinin ekolojik tercihlerine bakıldığında bu cins, akarsuların akıntılı kısımlarını tercih eder [31]. Akarsuların kaynak kısımlarındaki krenon bölgelerinden hiporhithron bölgelerine kadar ve hatta eğer akıntı varsa epipotamon bölgelerinde de bulunabilirler. Ancak genel olarak epirhithron bölgelerini tercih eder [26] [27]. Organik madde varlığına karşı hassas olan bu cins, genelde organik kirliliğin hiç olmadığı ksenosaprobik ortamları tercih eder. Organik kirliliğin çok hafif olarak görüldüğü oligosaprobik ortamları da sıklıkla tercih eder. Fakat bazı *Rhithrogena* türlerine nadiren de olsa beta-mesosaprobik ortamlarda rastlamak da mümkündür [26] [30]. Bu çalışmada da

*Rhithrogena* cinsine akarsuların kaynak ve rhithron bölgelerinde rastlanmıştır. Organik kirliliğin olduğu istasyonlarda *Rhithrogena* cinsi bulunamamıştır.

*Rhithrogena* cinsinin tahmini değer grafiğindeki (Şekil 3-16) değişimlere, hangi fiziko-kimyasal değişkenlerin etkili olduğunu saptamak için, ortalama değer grafikleri (Bölüm 2.6) oluşturulmuş ve elde edilen grafikler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda *Rhithrogena* cinsinin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve nitrat azotu ile negatif korelasyona, sülfat ve çözülmüş oksijen ile pozitif korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

Modellemeden elde edilen sonuçta *Rhithrogena*'nın en yüksek birey sayısı 3. ve 8. İstasyonlarda bulunmuştur. Üçüncü istasyon, bir alabalık çiftliği sonrasında yer almaktadır. Çiftlikten bırakılan atık su, akarsuya verilirken, oksijence zenginleşmesi amacıyla belirli bir yükseklikten bırakılarak akarsuya verilmektedir. Organik madde girdisi yüksek olan bu istasyonda, ortamın çözülmüş oksijence zengin olması ve aynı zamanda bu istasyondaki akıntının da hızlı olması, *Rhithrogena* cinsi için tercih edilebilir bir ortam oluşturmuştur. Benzer şekilde, 8. İstasyonda akıntılı kısımların olması ve düşük organik madde içeriği, *Rhithrogena* için uygun ortam oluşturmuştur.

Çözülmüş oksijen konsantrasyonu ile pozitif korelasyon gösteren *Rhithrogena* dağılımı, 4. ve 8. İstasyonlarda negatif korelasyon göstermiştir. Dördüncü istasyon, zaman zaman su seviyesinin oldukça düştüğü ve akıntı hızının az olduğu bir istasyondur. Örnekleme döneminde ipliksi alglerin varlığı çözülmüş oksijen konsantrasyonunu oldukça arttırmıştır. Fakat ortamdaki NO<sub>2</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu yüksektir. Hem düşük akıntı hızı hem de ortamdaki organik kirlilik, çözülmüş oksijen konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen, *Rhithrogena* dağılımını etkilemiş ve modellemede birey sayısı düşük bulunmuştur. Bu nedenle reofilik bir cins olan *Rhithrogena* için [31] akıntı hızının da dağılımı belirleyici bir faktör olduğunu söyleyebiliriz. Sekizinci istasyonda ise, çözülmüş oksijen konsantrasyonunun düşmesine rağmen, *Rhithrogena* bireyleri artış göstermiştir. Bunun nedeni ise 5., 6., ve 7. İstasyonlarda gözlenen yüksek azot içeriği, bu istasyonda düşük çıkmış ve besin girdisi olarak *Rhithrogena* için tercih edilebilir koşulların oluşması sağlanmıştır. Bu nedenle bu istasyonda *Rhithrogena* birey sayısı modellemede yüksek bulunmuştur.

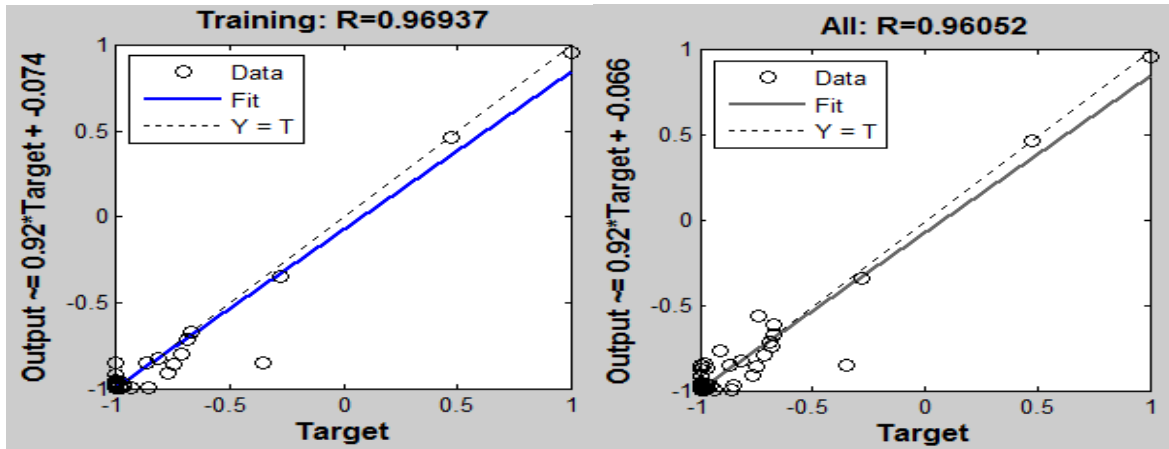
Ortofosfat fosforu ile pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenen *Rhithrogena* cinsi için çalışmada ölçülen değerler, düşük değerler olup ortama belli düzeyde besin girdisi

sağladığı için *Rhithrogena* yönünden olumlu bir durum ortaya çıkarmıştır. Ancak 6. İstasyonda oldukça yüksek değerde ölçülen PO<sub>4</sub>-P değeri (0.007 mg/l) (Şekil 3-20) *Rhithrogena* cinsi için modelleme sonucuna göre tolere edilebilir bir değer değildir. Bu nedenle modelleme sonucunda bu istasyonda *Rhithrogena* bulunmayacağı saptanmıştır.

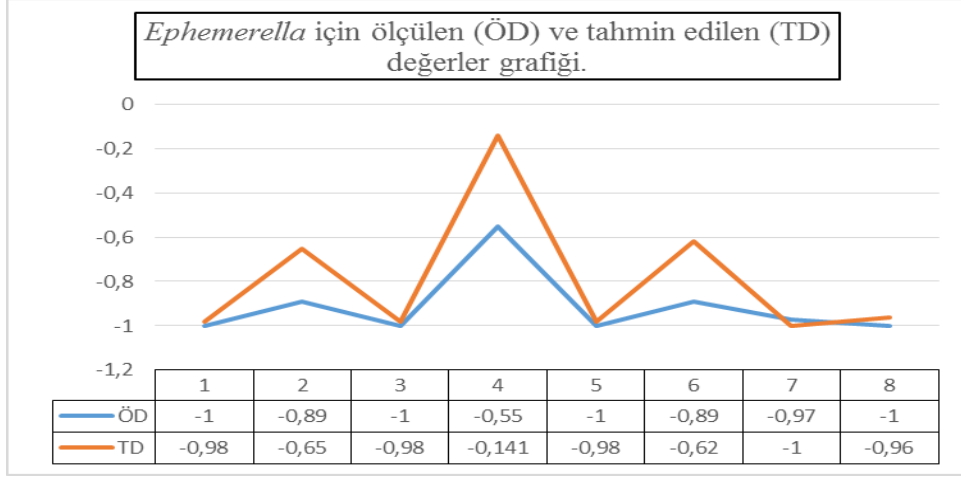
Modelleme sonucunda elde edilen *Rhithrogena* dağılımı, cinsin tercih ettiği fiziko-kimyasal koşullar ve habitat tercihleri bakımından ele alındığında, birbiriyle anlamlı ve uyumlu sonuçlar vermiştir.

### 3.5 *Ephemerella*

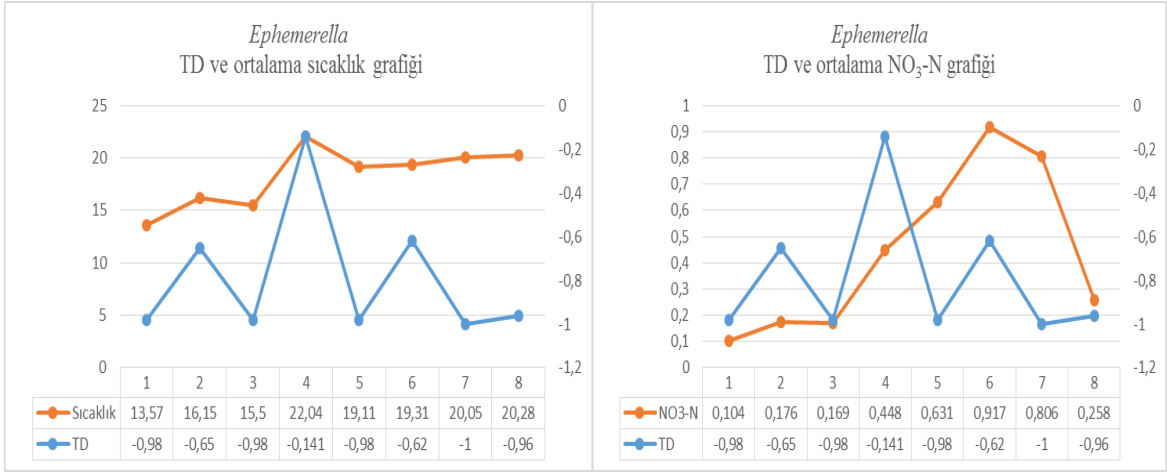
Nisan 1993'de yapılan örnekleme 8. istasyonda (Namnam Yeni Köprü) en yüksek baskınlık değerinde gözlenmiştir. *Ephemerella* genel olarak her örnekleme belirli baskınlık değerlerine sahiptir. Ağın eğitimi sırasında 10 gizli katman ve tansig transfer fonksiyonu en iyi sonuçları vermiştir. R değerleri 0,89 ve 0,98 arasında değişmektedir. Gerçekte ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırma grafiği aşağıdadır.



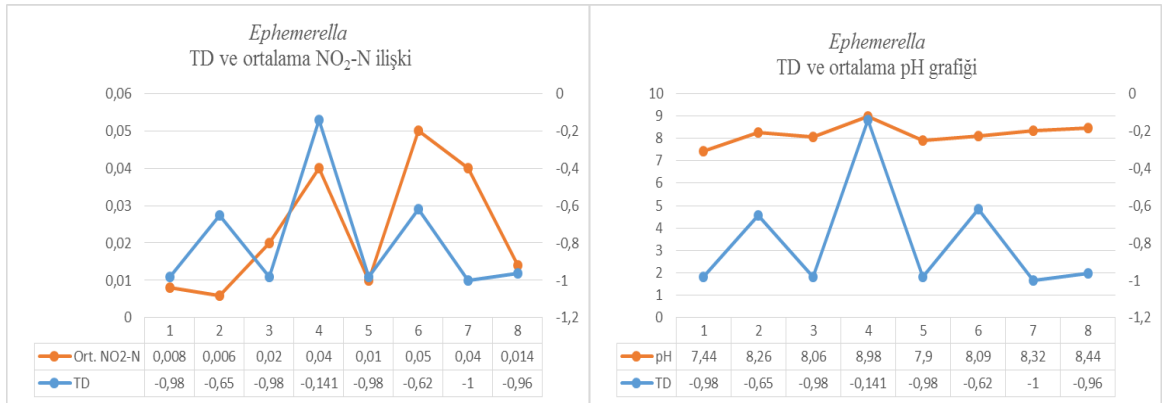
Şekil 3-21 *Ephemerella* için MATLAB'da hesaplanan R katsayı değerleri.



Şekil 3-22 *Ephemerella* ÖD-TD kıyaslama değer grafiği.

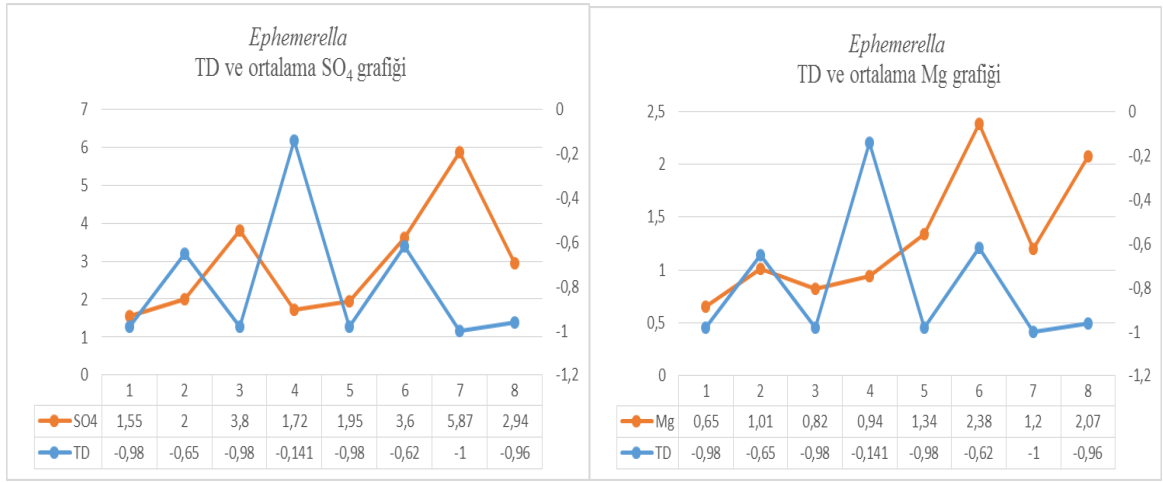


Şekil 3-23 *Ephemerella* TD-Sıcaklık ve TD-NO<sub>3</sub>-N grafiği.



Şekil 3-24 *Ephemerella* TD-NO<sub>2</sub>-N ve TD-pH grafikleri.





Şekil 3-25 *Ephemera* TD-SO<sub>4</sub> ve TD-Mg grafiği.

Fiziko-kimyasal değişkenler ve *Ephemera* cinsinin birey dağılımı kullanılarak oluşturulan modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiği (Şekil 3-22) incelendiğinde ölçülen değer ile tahmini değer çizgilerinin birbiriyle örtüştüğü ve uyumlu sonuç verdiği görülmektedir.

*Ephemera* cinsinin ekolojik tercihlerine bakıldığında; bu cinse akarsuların hemen hemen her bölgesinde rastlamak mümkündür. Akarsuların kaynak kısımlarındaki krenon bölgelerinden, metapotamon bölgelerine kadar tüm akarsu bölgelerini tercih edebilirler. Ancak genelde metarhitron ve hiporhithron bölgelerinde bulunurlar [26] [27]. Organik madde varlığına karşı toleransları *Rhithrogena* cinsine kıyasla daha yüksektir. Genelde akarsuların beta-mesosaprobik zonlarını tercih eden bu cinse, organik kirliliğin görüldüğü alfa-mesosaprobik ortamlarda rastlamak da mümkündür. Her zaman olmasa da oligosaprobik ortamlarda bulunabilirler [26] [30] [37]. Bu çalışmada da *Ephemera* cinsine akarsuların kaynak, rhithron ve potamon bölgelerinde, oligosaprobik, beta ve alfa-mesosaprobik istasyonlarda rastlanmıştır.

*Ephemera* cinsinin tahmini değer grafiğindeki (Şekil 3-22) değişimlere, hangi fiziko-kimyasal değişkenlerin etkili olduğunu saptamak için, ortalama değer grafikleri (Bölüm 2.6) oluşturulmuş ve elde edilen grafikler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda *Ephemera* cinsinin sıcaklık, pH, nitrit azotu, nitrat azotu ve magnezyum konsantrasyonu ile pozitif korelasyona, sülfat konsantrasyonu ile de negatif korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

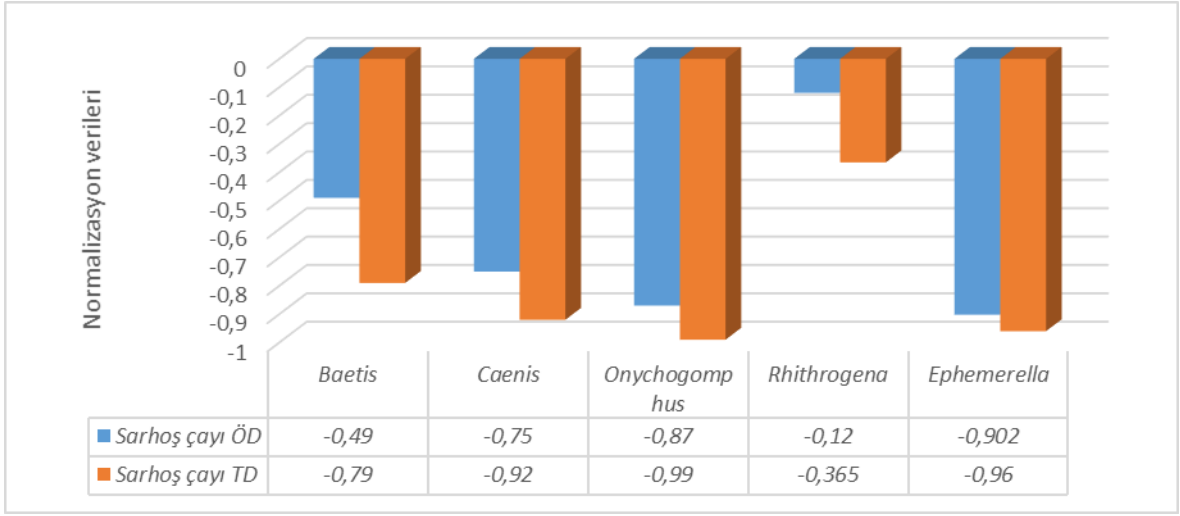
Modelleme sonucunda elde edilen tahmini değer grafiğinde, 7. İstasyonda *Ephemera* bulunmamaktadır. Bu istasyon sülfat konsantrasyonunun en yüksek olduğu istasyondur. Bu değişken ile negatif korelasyona sahip olan *Ephemera* cinsi için, 5,87 g/l sülfat konsantrasyonunda (ve üzerinde) hiç *Ephemera* bireyine rastlanmayacağı tahmin edilmektedir.

Nitrat azotu konsantrasyonu ile pozitif korelasyona sahip olan *Ephemera* dağılımı, 5. İstasyonda negatif korelasyon göstermiştir. Organik maddece zengin olan ve karıştığı Yuvarlakçay'a sürekli azot yükü taşıyan bu istasyonda görülen yavaş akıntı ve oluşan aerobik koşullarda NO<sub>2</sub>'nin NO<sub>3</sub>'e yükseltgenmesi [32], *Ephemera* cinsi için olumsuz koşullar yaratmış ve bunun sonucu da modellemede *Ephemera*'nın birey sayısında düşüş ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, nitrit azotu konsantrasyonu ile pozitif korelasyona sahip olan bu cins, 3. İstasyonda negatif korelasyon göstermiştir. Bunun nedeni ise, 3. İstasyondaki yüksek sülfat konsantrasyonu olabilir. Modelleme sonucunda, *Ephemera*'nın sülfat ile negatif korelasyona sahip olduğu bulunmuştur. Bu istasyondaki sülfat konsantrasyonu da çalışmadaki en yüksek ikinci sülfat değeridir.

Modelleme sonucunda elde edilen *Ephemera* dağılımı, cinsin tercih ettiği fiziko-kimyasal koşullar ve habitat tercihleri bakımından ele alındığında, birbiriyle anlamlı ve uyumlu sonuçlar vermiştir.

### **3.6 Sarhoş Çayı'nın Tahmin Grubu Olarak Kullanılması**

Yuvarlakçay üzerinden seçilen istasyonlardan elde edilen fiziko-kimyasal veriler sayesinde kurulan yapay sinir ağının eğitiminin ardından, benzer ekolojik özelliklere sahip Büyük Menderes Nehri üzerindeki Sarhoş Çayı faunası örneklem olarak ağa eklenip, tahmin grubu olarak değerlendirilmiştir. Sarhoş Çayı için de Yuvarlakçay'da olduğu gibi aynı fiziko-kimyasal değişkenlerin bulunması kıyaslama esasına dayalı çalışmayı mümkün kılmaktadır. Ağın çalışma prensibi olarak, girdi değişkenler ile bilinen çıktı değerler ile ilişki kurma mantığı, bu kez Yuvarlakçay dışında farklı bir konumdaki istasyon için denenmiştir. Yine seçili beş takson için ağ tekrar tekrar çalıştırılmış ve Sarhoş Çayı'na ait fiziko-kimyasal veriler tanıtılarak çıktı değerler ile korelasyon kurulmuştur. Benzer şekilde tahmin edilen değerler (TD) ve ölçülen değerler (ÖD) kıyaslanmıştır. En yüksek R katsayı değeri *Ephemera* için 0.94 olarak bulunmuşken; sırasıyla *Onychogomphus* 0.89, *Caenis* 0.84, *Baetis* 0.82 ve *Rhithrogena* için 0.75 değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3-26 YSA'nın çalıştırılması sonrasında Sarhoş çayı üzerinde taksonların TD ve ÖD kıyaslaması.

Yuvarlakçay üzerinden seçilen istasyonlardan elde edilen fiziko-kimyasal verilerle kurulan yapay sinir ağı, aynı bölgedeki benzer özelliklere sahip başka bir istasyonda sınanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, sınanacak istasyonun da benzer ekolojik özelliklere sahip bir bölgede olması ve kurulan ağda kullanılan aynı fiziko-kimyasal verilerin bulunmasıdır. O nedenle, Yuvarlakçay gibi Ege Bölgesi'nin batısında bulunan Büyük Menderes Nehri'nin yan kolu olan Sarhoş Çayı üzerindeki bir istasyon seçilmiştir. Bu istasyonda ölçülen fiziko-kimyasal değişkenler, Yuvarlakçay'da eğitilen ağ üzerinde kullanılan fiziko-kimyasal değişkenlerle aynı değişkenlerdir. Aynı zamanda bu istasyonda *Baetis*, *Caenis*, *Rhithrogena*, *Ephemerella* ve *Onychogomphus* baskınlık verileri de mevcuttur. Bu sayede, bu cinslere ait modelleme sonucunda elde edilen verilerle (tahmini değer), Sarhoş Çayı üzerinde seçilen istasyondaki verileri (ölçülen değer) karşılaştırılabilirliği imkanı olduğu gibi, hem modellemenin doğruluğunu test etme hem de gözlenen (ölçülen) değerle, beklenen (tahmini) değerler arasındaki benzerliğe ya da farka göre ekolojik bir yorum yapabilme imkanı olmuştur. Bu 5 cins için gözlenen değerlerle, modelleme sonucunda elde edilen tahmini değerlerin birbirine yakınlığı, modellemenin doğru sonuç verdiğinin ve kullanılabilirliğinin bir göstergesidir.

Şekil 3-26'da görüldüğü gibi, modellemenin Sarhoş Çayı'ndaki *Baetis*, *Caenis*, *Rhithrogena*, *Ephemerella* ve *Onychogomphus* cinsleri için tahmin ettiği baskın değerleri, bu cinslerin gerçekte ölçülen değerleri ile büyük benzerlik göstermektedir. Modelleme sonucunda elde edilen R katsayı değeri 1'e ne kadar yakınsa modelleme o derecede

başarılıdır [16]. En yüksek R katsayı değeri *Ephemerella* için 0.94 olarak bulunurken, *Onychogomphus* için 0.89, *Caenis* için 0.84, *Baetis* için 0.82 ve *Rhithrogena* için 0.75 olarak bulunmuştur. Birinci aşamada bu değerlere bakılarak, modellemenin başarılı sonuç verdiği söylenebilir.

İkinci aşama olarak, gözlenen (ölçülen) değerle, beklenen (tahmini) değerler arasındaki farka hangi etmenlerin neden olduğuna bakmak gerekir. Çünkü ekolojik çalışmalarda, bu değerler arasındaki ilişki, canlıların yaşadığı ortamlardaki bozulmaların (organik kirlilik, çevresel tahribat vb.) bir göstergesi olabilmektedir. Bu çalışmadaki en düşük R katsayı değeri (0.75) *Rhithrogena* cinsi için bulunmuştur. Şekil 3-26'ya bakıldığında, *Rhithrogena*'nın ölçülen baskınlık değeri, modellemenin tahmin ettiği baskınlık değerinden, diğer cinslere kıyasla, daha düşük çıkmıştır. Bu aşamada sorgulanması gereken durum şudur, “daha yüksek bir *Rhithrogena* baskınlığı beklerken, hangi etmenlerden dolayı *Rhithrogena*'nın baskınlığı bu istasyonda düşük çıkmıştır?” Sarhoş Çayı'nda ölçülen fiziko-kimyasal değişkenlere bakıldığında NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 0.011 mg/l (III. Sınıf [38]) olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda bu istasyonun yukarısında bir alabalık çiftliği bulunmaktadır. Bu durum akarsuyun organik madde yükünü arttırmaktadır [39]. Bu çalışmada *Rhithrogena* cinsi için tolere edilebilir NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu, 0.04 mg/l'nin (III. Sınıf [38]) altındaki değerler olarak tespit edilmiştir. Yani *Rhithrogena* cinsi, NO<sub>2</sub>-N değişkeni için I. ve II. Sınıf olan sularda bulunabilirken (NO<sub>2</sub>-N değerleri 0.00 mg/l – 0.01 mg/l arasında olmalı), ortamdaki NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu artıp, 0.01 mg/l'nin üzerine çıktığında (ortam III. Sınıf olduğunda), organik kirlilik baskısı olarak *Rhithrogena* için olumsuz bir ortam oluşmaktadır. Sarhoş Çayı'ndaki istasyonda da ölçülen NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu III. Sınıf'a denk geldiği için, burada *Rhithrogena* baskınlığı düşük çıkmıştır.

Bu beş cins içerisinde organik kirliliğe ve çevresel tahribata karşı en hassas olan cins *Rhithrogena* cinsidir. Zaten Şekil 3-26'da görüldüğü gibi, beş cins içerisinde baskınlığı en düşük olan cins *Rhithrogena*'dır. Yani oluşabilecek herhangi olumsuz bir koşulda (organik kirlilik artışı, habitat tahribatı vb.) ortamdaki elenmesi beklenen ilk cins, *Rhithrogena*'dır. *Rhithrogena*'nın ölçülen ve tahmini baskınlık değerleri arasındaki farka bakılarak da ortamdaki olumsuz koşullardan en çok *Rhithrogena*'nın etkilendiği söylenebilir. Modellemeden elde edilen sonuç ile gözlenen sonuç karşılaştırılarak, ortamdaki bozulmanın (alabalık çiftliğinin varlığı, ortama azot yükü girdisi gibi) etkileri

belirlenebilir, yürütülecek izleme çalışmaları ile de modellemedeki beklenen değere ne derece yaklaşıldığı ya da uzaklaşıldığı belirlenerek akarsudaki kirliliği önlemek için çeşitli düzenlemeler yapılarak gerekli önlemler alınabilir.

Yapay Sinir Ağları'nın (YSA) biyoloji alanında kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber, biyoindikatör türler ile özellikle taban büyük omurgasızlarıyla çalışmalar yapılmaktadır (Bölüm 1.2). Bu çalışmada elimizdeki veri setine en uygun olan Geri Yayılımlı YSA kurularak, taban büyük omurgasızlarının baskınlık değerleriyle fiziko-kimyasal değişkenler ilişkilendirilerek modelleme yapılmıştır. Uygun ağ yapılarının kullanılması ve transfer fonksiyonlarının seçilmesi sayesinde çalışılan cinsler için yüksek korelasyon katsayıları ve tahmin değerleri elde edilmiştir (Bölüm 3). Ardından ağın farklı bir veri setiyle (Sarhoş Çay'ı) simülasyonu tamamlanıp, bulgular ekolojik olarak yorumlanmıştır. Bu noktada modellemenin başarısını yükseltebilmek için;

1- Çalışmada girdi değerleri olarak kullanılacak fiziko-kimyasal değişkenlerin ve çevresel faktörlerin çok dikkatli ve doğru bir şekilde ölçülmesi, canlıların habitat seçimini ve dağılımını etkileyebilecek tüm değişkenlerin hesaba katılması,

2- Familya ve cins düzeyinde teşhislerin doğru yapılıp, çalışılan taksonların sıklık ve bolluk değerlerinin, en iyi sonuçları verecek olan örneklem tekniğini kullanarak sayısallaştırılması,

4- Kullanılacak örneklem ve veri setine en uygun YSA yapısının seçilmesi,

5- YSA'nın optimum sonuçları verebilmesi için farklı gizli katmanlar ve farklı transfer fonksiyonlarının test edilmesi,

6-Ağın başarılı bir şekilde eğitilmesi ve simülasyonu,

7-Elde edilen sonuçların aşamalı olarak istatistiksel ve ardından biyolojik ve ekolojik faktörleri göz önüne alarak irdelenmesi gerekmektedir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) sayesinde;

1-Arazi çalışmaları sonrasında elde edilen veri setleri, anlamlı sayısal bilgilere dönüşerek daha sonra yapılması planlanan projeler için ön fizibilite değeri taşıyabilir.

2-Elde edilen bilgi birikimi, aynı çevresel değişkenlerin etkilerini gözleyebilmek için farklı konumlardaki ekolojik olarak benzer habitatlar için test amaçlı kullanılabilir.

3-Başlangıçta örneklem sayısı olarak düşük bir modelleme daha sonraki yıllarda yapılabilecek çalışmalar sayesinde genişletilip, değişkenlerin eski ve yeni değerlerine karşı ağın nasıl bir tepki vereceği incelenip, ağ yapısı geliştirilebilir. Bu sayede çalışılan canlının çevresel değişkenlerle olan ekolojik etkileşimleri daha iyi anlaşılıp, tolerans aralıkları belirlenebilir.

## 4 KAYNAKLAR

- [1] Hynes, H.B.N., *The ecology of running waters*. Liverpool University Press, Liverpool, 555 p, **1970**.
- [2] Rosenberg, D. M. ve V. H. Resh. Use of insects in biomonitoring. Pages 8797 in: R.W. Merritt and K.W. Cummins, eds. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa. **1996**.
- [3] Hart, C.W. and S.L.H. Fuller.. *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*. Academic Press, NY. 389 pp. Heard, W.H. 1970. Eastern freshwater mollusks (II) The south Atlantic and Gulf drainages. *Malacologia*. 10:23- 27, **1974**.
- [4] Hellawell, J.M., *Biological Indicator of Freshwater Pollution and Environmental Management*, Elsevier Applied Science Publishers, London. **1996**.
- [5] Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. **1999**.
- [6] Bonada N, Prat N, Resh VH vd.Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches.*Annu Rev Entomol* 51,495-523, **2006**.
- [7] Wright JF, Armitage PD, Furse MT. Prediction of invertebrate communities using stream measurements. *Regulated Rivers: Research & Management* 4, 147-155, **1989**.
- [8] Wright JF, Sutcliffe DW, Furse MT.Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. *Freshwater Biological Association, Ambleside, UK*. **2000**.
- [9] Verdonschot PFM, Goedhart PW RISTORI. Effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen. *Cenotypenbenadering, fase 2, Verfijning van het prototype*. Alterra, Wageningen, 172, 1-109, **2000**.
- [10] Nestler JM, Milhous RT, Layzer JB Instream habitat modelling techniques. In Gore JA, Petts GE (eds) *Alternatives in regulated river management*. CRC Press, Boca Raton pp 295-315, **1989**.
- [11] Norris RH Biological monitoring: The dilemma of data analysis. *J N Am Benthol Soc* 14, 440-450, **1995**.
- [12] MATHWORKS. *Neural Networks Toolbox User's Guide*. The MathWorks Inc., Natick, MA. **1998**.
- [13] Kazancı, N., Köyceğiz, *Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde Çevre ve Doğa Koruma Projesi (Hidrobiyoloji Alt Projesi)*, Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ) ve Çevre Bakanlığı, Rapor, Darmstadt. **1993**.
- [14] Dügel, M., *Köyceğiz Gölü'ne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1993**.

- [15] Resh, H.V and Unzicker, J.D. Water Quality Monitoring and Aquatic Organisms: The importance of Species Identification, *Journal of W.P.C.F.*, Vol.47 (1), 1-19, **1975**.
- [16] A. Dedecker, P. Goethals, W. Gabriels, N. De Pauw, Optimisation of Artificial Neural Network (ANN) model design for prediction of macroinvertebrate communities in the Zwalm river basin (Flanders, Belgium). **2002**.
- [17] D. Pereira, M. de A. Vitola, O. C. Pedrollo, I. C. Junqueira and S. J. De Luca, Benthic Macroinvertebrates Modelling Using Artificial Neural Networks (ANN): Case Study of a Subtropical Brazilian River. **2004**.
- [18] Scardi, M., Harding, L.W., Jr, Developing an empirical model of phytoplankton primary production: a neural network case study. *Ecological Modelling* 120, 213/223, **1999**.
- [19] Lek, S., Scardi, M., Verdonschot, P.F.M., Descy, J.-P., Park, *Modelling Community Structure in Freshwater Ecosystems*, Springer. **2005**.
- [20] Chon, T.S., Park Y.S., Moon K.H. & Cha E.Y. Patternizing communities by using an artificial neural network. *Ecological Modelling*, 90, 69-78, **1996**.
- [21] Sovan Lek, J.F. Guegan. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction, *Ecological Modelling*, 120, 65-73, **1999**.
- [22] Young-Seuk Park, Céréghino, Arthur Compin, Sovan Lek Applications of artificial neural networks for patterning and predicting aquatic insect species richness in running waters. **2003**.
- [23] Wagner, R., Dapper T. & Schmidt H.H. The influence of environmental variables on the abundance of aquatic insects : a comparison of ordination and artificial neural networks. *Hydrobiologia*, 422-423, 143-152, **2000**.
- [24] Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J., Learning internal representations by error propagation. In: Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (Eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, vol. 1. Foundations, MIT Press, Cambridge, pp. 318/362, **1986**.
- [25] Kocataş, A., *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*, Ege Üniversitesi Fen Fak. Kitaplar Serisi No:142, 564s. **1992**.
- [26] Bauernfeind, E., Moog, O. & Weichselbaumer, P. Ephemeroptera. In: Moog, O. (ed.): *Fauna Aquatica Austriaca*, Lieferung 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, *Umwelt und Wasserwirtschaft*, Wien. **2002**.
- [27] Buffagni, A., Cazzola, M., López-Rodríguez, M.J., Alba-Tercedor, J. & Armanini, D.G. Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 3 - Ephemeroptera. Edited by Schmidt-Kloiber, A. & D. Hering. Pensoft Publishers (Sofia-Moscow). 254pp, **2009**.
- [28] Buffagni A., Gomba T. Larval development and ecology of *Baetis liebenauae* Keffermüller (Ephemeroptera, Baetidae) in a north Italian lowland spring, *Annales de Limnologie*, 32, 221-228, **1996**.
- [29] Jazdzewska, T., Distribution in Poland of species of the *Baetis* group (Ephemeroptera, Baetidae). Pages 259-270 in E. Dominguez (ed.), *Trends in*



Research in Ephemeroptera and Plecoptera, Kluwer Academic/Plenum Publishers. **2001.**

- [30] CSN 75 (7716) Water quality, biological analysis, determination of saprobic index. Czech Technical State Standard. Czech Standards Institute, Prague, 174p, **1998.**
- [31] Schmedtje, U. & Colling, M. Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96, 543 pp, **1996.**
- [32] Kazancı, N. and Dügel, M. An Evaluation of the water quality Yuvarlakçay Stream, in the Köyceğiz, Dalyan protected area. *Turkish. Journal of Zoology*, 24, 69-80, **1998.**
- [33] Soldán T., Zahradkova S., Helesic J., Dusek L., Landa V. Distributional and quantitative patterns of Ephemeroptera and Plecoptera in the Czech Republic: A possibility of detection of long-term changes of aquatic biotopes. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis*, Brno, 305, **1998.**
- [34] Malzacher P. Diagnostik, Verbreitung und Biologie der europäischen Caenis-Arten (Ephemeroptera:Caenidae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie)* 387, 1-41, **1986.**
- [35] Janecek, B.F.U., Moog, O. & Waringer, J. Odonata. In: Moog, O. (Ed.): *Fauna Aquatica Austriaca*, Lieferungen 1995, 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, *Umwelt und Wasserwirtschaft*, Wien. **1995.**
- [36] E. Dakou, P.L.M. Goethals, T. D'heygere, A.P. Dedecker, W. Gabriels, N. De Pauw, M. Lazaridou-Dimitriadou, Development of artificial neural network models predicting macroinvertebrate taxa in the river Axios (Northern Greece), 243-245, **2006.**
- [37] Sporka, F. (ed.) *Vodne bezstavovce (makrovertebrata) Slovenska, supis druhov a autekologicke charakteristiky. Slovak Aquatic Macroinvertebrates Checklist and Catalogue of Autecological Notes.* Slovensky hydrometeorologicky ustav, Bratislava, 590p, **2003.**
- [38] Orman Su İşleri Bakanlığı. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Sayı 28483, 26. Sayfa, **2012.**
- [39] Dügel, M. and Kazancı, N. Assessment of water quality of the Büyük Menderes River (Turkey) by using ordination and classification of Macroinvertebrates and environmental variables. *Journal of Freshwater Ecology*, 19, 605-610, **2004.**

## 5 ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Fatih Varlık  
Doğum Yeri : Ankara  
Medeni Hali : Bekar  
E-posta : [varlkfatih@gmail.com](mailto:varlkfatih@gmail.com)  
Adresi : Mutlu Mahallesi 713.sokak 13/14 Mamak/Ankara

### Eğitim

Lisans : 2006-2011 H.Ü Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü  
Yüksek Lisans : 2012-2015 H.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce 73 (YDS 2015 İlkbahar)

### İş Deneyimi :

2012 yılından itibaren DHMİ (Devlet Hava Meydanları İşletmesi) 'de Hava Trafik Kontrolörü olarak çalışmaktayım.

### Deneyim Alanları

-

### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

### Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

### Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-

