

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE UZMAN
SİSTEM YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Emel DURMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE UZMAN
SİSTEM YAKLAŞIMI**


YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Emel DURMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11 / 06 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR
Üye


Prof. Dr. İ. Hakkı CEDİMOĞLU
Üye

ÖNSÖZ

Tez konusunu belirlememde yardımcı olan ve tezimin her aşamasında desteklerini esirgemeyen, gerek kaynak gerekse bilgi ve yönlendirmesindeki değerli katkılarından dolayı danışmanım Sayın Bülent ŞENGÖRÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Melen Nehir Sisteminde elde ettiği ölçüm sonuçlarını paylaşan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne, daha önce bu konularda çalışarak bilime ve teknolojiye katkıda bulunarak elde ettiği sonuçları paylaşan bilim adamları, mühendisler ve diğer kişilere teşekkür ederim. Bana zaman ayırarak tezime katkıda bulunan Arş. Gör. Rabia KÖKLÜ'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her zaman yanımda olan, beni her konuda yürekten destekleyen ve tezimin uygulama ve yazım aşamasında çok emeği olan değerli eşim Ufuk DURMAZ'a ve maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Konu İle İlgili Yapılmış Bilimsel Çalışmalar	2

BÖLÜM 2.

SU KALİTESİNİ BELİRLEME	5
2.1. Su Kalitesi	5
2.1.1. Su kalite kriterleri	6
2.1.2. Suların kalite özelliklerine göre sınıflandırılması	7
2.1.3. Türkiye’de su kalitesi yönetim yaklaşımı	10
2.1.4. AB’nin genel su kalitesi yönetim yaklaşımı	12
2.2. Su Kirliliği.....	18
2.2.1. Genel kirlenme kaynakları.....	18
2.2.2. Su kalite parametrelerine ait kirletici kaynaklar	20
2.3. Biyolojik İzleme	24
2.3.1. Hidrobiyolojik yöntemler	24
2.3.2. Biyolojik yöntemlerin avantajları.....	25
2.3.3. Biyolojik izleme çalışma grubu skor sistemi (Biological Monitoring Working Party Score System) (BMWP)	25

BÖLÜM 3.

UZMAN SİSTEM	28
3.1. Yapay Zekâ ve Uzman Sistem	28
3.2. Uzman Sistemlerin Genel Özellikleri	29
3.2.1. Bilgi	29
3.2.1.1. İfadelerde esneklik	29
3.2.1.2. Belirsizlik	30
3.2.1.3. İfadelerde kolay anlaşılabilirlik	30
3.2.1.4. Bilgilerin güncelleştirilmesi	30
3.2.2. Yüksek seviyede uzmanlık	31
3.2.3. Teşhis özelliği	31
3.2.4. Hafıza	31
3.2.5. Eğitim	31
3.3. Uzman Sistem Yapısı	31
3.3.1. Bilgi tabanı	32
3.3.2. Sonuç çıkarma mekanizması	33
3.3.3. Kullanıcı ara yüzü	33
3.4. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları	35
3.5. Uzman Sistemlerin Diğer Bilgisayar Programlarından Farklılıkları	36

BÖLÜM 4.

ÖNERİLEN UZMAN SİSTEM MODELİ VE UYGULAMASI	38
4.1. Programın Tanıtılması	40

BÖLÜM 5.

BULGULAR	44
5.1. Faunal Bulgular	44
5.2. Uzman Sistem (Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriyolojik) Bulguları	45

BÖLÜM 6.

SONUÇ VE ÖNERİLER	68
-------------------------	----

KAYNAKLAR.....	71
EKLER	76
ÖZGEÇMİŞ	92

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
AÇ	: Aksu Çayı
AT	: Avrupa Topluluğu
BBI	: Belçika Biotik İndeksi
BMWP	: Biological Monitoring Working Party
BMPÖ	: Büyük Melen Pakmaya Öncesi
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
ÇOB	: Çevre ve Orman Bakanlığı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KMPK	: Küçük Melen Paşa Konağı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NWC	: Natural Water Class
SKKY	: Su kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TBI	: Trend Biotik İndeks
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TÇM	: Toplam Çözünmüş Madde
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UK	: Uğurlu Köyü
US	: Uğur Suyu
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YZ	: Yapay Zeka
WHO	: World Health Organization

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Suyun Kullanım Alanları.....	7
Şekil 3.1. Uzman sistemlerde rol alanlar.....	30
Şekil 3.2. Bir Uzman Sisteminin Genel Yapısı.....	32
Şekil 3.3. Bir Uzman Sistem Oluşturulurken İzlenecek Prosedür.....	34
Şekil 4.1. Melen Nehri Havzasının Haritası.....	39

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. SKKY Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	8
Tablo 2.2. AB Mevzuatına İlişkin Uyumlaştırma ve Uygulama Takvimi.....	14
Tablo 2.3. Avrupa Topluluğu Su Kalite Kriterlerine Göre Kalite Sınıfları.....	15
Tablo 2.4. BMWP Skor Sistemi.....	26
Tablo 2.5. Biyolojik Skorlama ile NWC Sınıfları Arasındaki Bağını.....	26
Tablo 3.1. Uzman Sistemler ve Uygulama Alanları.....	35
Tablo 3.2. Uzman sistem ve geleneksel bilgisayar programları arasındaki farklar...	37
Tablo 5.1. Makroinvertebratlara göre belirlenen Kalite Sınıfları	44
Tablo 5.2. Birinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler.....	48
Tablo 5.3. Birinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları	49
Tablo 5.4. İkinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler.....	52
Tablo 5.5. İkinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları.....	53
Tablo 5.6. Üçüncü örnekleme noktası için istatistiksel değerler.....	56
Tablo 5.7. Üçüncü örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları.....	57
Tablo 5.8. Dördüncü Örnekleme Noktası için istatistiksel değerler.....	60
Tablo 5.9. Dördüncü örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları.....	61
Tablo 5.10. Beşinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler.....	64

Tablo 5.11. Beşinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları	65
Tablo 5.12. Beş örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu karakteristik (% 90 Olasılık) değerleri.....	66
Tablo 5.13. Beş örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu karakteristik (% 90 Olasılık) değerlerine ait kalite sınıfları..	67

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Su Kalite Sınıflandırması, Uzman Sistem

Bu tez çalışmasında, yapay zekâ tekniklerinden olan Uzman Sistemlerin, su kalite kontrol problemlerinin çözümündeki kullanımını incelenmiştir. Uzman Sistemlerle, kalite kontrol faaliyetleri daha etkin uygulanmakta ve kontrol süreleri minimize edilebilmektedir. Bu çalışmada, Melen Nehri üzerindeki 5 ayrı noktadan Ekim 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında alınan su numunelerinde yapılan ölçümler sonucunda ortaya çıkan veriler kullanılarak, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflarına ve Uzman Sistem yaklaşımına göre su kalite sınıfları belirlenmiştir. Bu yaklaşımda, su kalite sınıfları, kirliliği yaratan parametreler ve kirlenici kaynakların neler olduğu, uzman bilgisine dayanarak tahmin edilmiştir.

EXPERT SYSTEM APPROACH IN DETERMINING WATER QUALITY

SUMMARY

Key Words: Water Quality, Water Quality Classification, Expert System

In this thesis, usage of Expert Systems, which is a type of artificial intelligence technique, is investigated in to solve water quality control problems. By using Expert Systems, quality control processes can be applied more efficiently and control process can be minimized. In this study, water quality classes have been determined by using the outputs of measurements of water samples taken from five different points of River Melen between October 2001-September 2002 in accordance with the “Categories of the Continental Water Sources in Water Pollution Control Regularitons of Turkey”. In this approach, water quality classes, the parameters causing of the pollution and what the sources of the pollution are were estimated on the basis of expert knowledge.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yeryüzünde, yaşamın ve medeniyetlerin gelişmesinde büyük önem taşıyan su, milyonlarca yıldır yerkürenin hayat kaynağı olmuştur. Günümüzde tatlı su kaynakları; iklim değişimi, kirlenme ve nüfus artışı ile giderek kıt bir kaynak haline gelmektedir.

Su kirliliği, insanların çeşitli faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştiren, kullanımını kısıtlayan veya engelleyen, ekolojik dengeleri bozan kalite değişimleridir. Bu kirliliği kontrol altında tutabilmek için belirlenen su kalite kriterleri, suyun güvenli olarak kullanımını sağlayan ve suyun kalitesini bozan değişik maddeler üzerinde getirilen kalitatif ve kantitatif sınırlamalardır.

Son yıllarda su kalitesi gözlemleri, çevre ve su kirliliği üzerindeki yoğun endişeler üzerine, daha da önem kazanmıştır. Bu durum, su kaynağının kullanım amacına yönelik olarak, su kalite değerlendirmesinin yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla su kalitesini kontrol etmek ve yönetmek için daha kapsamlı ve çok boyutlu hidrodinamik ve su kalite modelleri geliştirilmesi ve uygulamalarının yapılması mümkün olmuştur. Yaygın olarak kullanılan matematiksel su kalite modellerine; istatistiksel, deterministik, stokastik, yapay sinir ağları ve bulanık mantık örnekleri verilebilir. Son çeyrek yüzyılda bilgisayar teknolojisinin hayatımızın her alanına girmesi, rutin olarak yapılan tüm işlemlerde büyük oranda işgücü, zaman, para ve işlem doğruluğu kazandırmaktadır.

Bu tez çalışmasında, yapay zekanın bir alt dalı olan “Uzman Sistem” yaklaşımıyla, “S.K.K.Y. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosundaki 46 parametre için, su kalite sınıfının, kirliliği yaratan parametrelerin ve kirletici kaynakların belirlenmesinden oluşan, üç aşamalı bilgisayar programı yazılmıştır. Ayrıca, örnek çalışma olarak; Melen Nehrinde Ekim 2001- Eylül 2002 arasında

yapılmış olan, 19 kimyasal parametrenin ve bentik makroinvertebratların ölçüm sonuçları karşılaştırılarak, aralarındaki uyum araştırılmıştır.

1.1. Konu İle İlgili Yapılmış Bilimsel Çalışmalar

Bir problemi, o problemin uzmanlarının çözdüğü gibi çözebilen bilgisayar programları, “Uzman Sistemler” olarak bilinir. Uzmanlar problemleri çözerken bilgilerini ve deneyimlerini kullanırlar. Bu bilgi ve deneyimlerin bilgisayar tarafından anlaşılır olması ve bilgisayarda saklanması gerekmektedir. Bilgi tabanında saklanan bu bilgileri kullanarak insan karar verme sürecine benzer bir süreç ile problemlere çözüm üretirler. Bu tez çalışmasını oluşturan Uzman Sistem ve ayrıca genel su kalite belirleme metotlarıyla ilgili yapılmış olan bazı çalışmalar özetlenecek olursa;

Zhang, hidrolik sistemlerin on-line kontrolü için uzman sistemler ve yapay sinir ağlarını kullanmıştır. Uzman sistemleri hata teşhisinde, YSA sınıflandırıcıları da hata tanımlamada kullanmıştır. Sonuç olarak, uzman sistemlerin sayesinde hatalı alarm sayısı azalmıştır. Hızlı öğrenen YSA sınıflandırıcıları uzman sistem içerisinde kullanılması önerilmiştir. YSA modeli hata prosesini anlamaksızın ya da net kurallar gerektirmeksizin uzman sistem içerisinde otomatik olarak hata semptomlarını tanımlayabilmektedir. Böylece YSA modeli kural sayısını yarı yarıya azaltmıştır. Bu durum YSA'nın başarısını göstermektedir [1].

Hooks ve ark., kalite kontroldeki veri analizi ve boyutsal toleransı artırmak için bir uzman sistem geliştirmişlerdir. Sistemin amacı; kalite kontrol karar verme prosesi ve bu prostedeki otomasyon uygulamalarındaki veri analizi için daha yeterli ve güvenilir bir araç olan kalite denetim sistemini oluşturmaktır. Uzman sistem, kabul edilebilir tolerans limitlerine göre üretilen parçaların kabul edilip edilmeyeceğine karar vermektedir ve kalite kontrolle ilgili istatistikleri hesaplama ve kontrol grafikleri oluşturma fonksiyonunun son veri analizini sağlamaktadır [2].

Vural, kalite kontrol teknikleriyle, kalite kontrol tekniklerinin uygulanmaya başlamasından önceki aşama ile uygulandığı aşamada ortaya çıkabilecek olası

sorunlar ve bu sorunların çözümü ve muhtemel sebepleri ile ilgili bilgileri, kurallar seti haline getirerek bir uzman sistem oluşturmuştur. Sistem, kendine iletilen bilgileri bu kurallar seti ile karşılaştırarak, uygun kontrol aracını tespit etmektedir. Proseste meydana gelebilecek problemler, bu problemlerin mümkün sebepleri ve çözümleri de, uzman sistemde tanımlanmıştır. Uzman sistem, hem kalite kontrol diyagramı çizilmeden önceki safha olan veri toplama safhasında kullanıcıya yardımcı olacak şekilde problem tespiti yapabilmekte, hem de kontrol diyagramı çizimi sırasında diyagramların yorumlanması kısmında kullanıcıya yorum yapmada kolaylık sağlamaktadır [3].

Yüceer ve İnkayalı, Aşağı Seyhan Nehrine deşarj edilen, evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların, nehirde meydana getirebileceği organik kirlilik yükü ve nehir sistemi üzerinde oluşturacağı etkileri, tek boyutlu su kalite modeli olan QUEL2E Su Kalite Modeli ile incelemiştir. Nehrin maksimum ve minimum akım durumları için, Çözünmüş Oksijen (ÇO), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅), NH₃-N ve Çöz-P değişkenlerinin konsantrasyonlarındaki değişimlerin incelenmesi sonucu elde edilen sonuçlar, S.K.K.Y.'ne göre değerlendirilmiştir. Neticede, QUEL2E modelinin, Aşağı Seyhan Nehri'nin değişik kirlilik yükleri altındaki davranışlarının incelenmesinde uygun bir model olduğuna karar verilmiştir [4].

Zhou, genetik algoritma ve yapay sinir ağlarını veri modelleme ve sınıflandırmada kullanmıştır. Genetikle eğitilen YSA modelinin, geleneksel istatistiksel metotlar ya da geri-yayılımlı YSA'dan daha iyi olduğu görülmüştür. Sistemde kriterlerin belirlenmesine gerek yoktur. Çünkü YSA otomatik olarak probleme ilişkin faktörleri ayırt edebilir. Sınıflandırma işlemi başarıyla gerçekleşmiştir [5].

Parvathinathan, YSA kullanarak su kalite parametrelerini modellemeye bağlı belirsizlikleri araştırmıştır. Lower Rio Grande Nehri (LRGR) su kalitesini modellemek için Qual2E-UNCAS (Belirsizlik Analizi) 'ı kullanarak belirsizlik ve kısıtları tahmin etmek üzere çalışmıştır. Burada yapay sinir ağları su kalite parametrelerini modellemede kullanılmıştır. YSA LRGR'deki klorofil-a maddesini tahmin etmede oldukça başarılı olmuştur [6].

Barlas ve diğeri, yapmış oldukları çalışmada, Yuvarlak Çay'ın fiziko-kimyasal verilere ve biyolojik verilere göre su kalitesini tespit etmişlerdir. Araştırmada Yuvarlak Çay'ın bentik makroinvertebrat dağılımı ve fiziko-kimyasal parametreleri incelenmiştir [7].

Öz ve Şengörür, Melen Çayı ve kollarının su kalitesini BMWP, TBI ve BBI yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre Melen Çayı bir çok kirlenici unsur tarafından etkilenmektedir. Birinci örnekleme noktasının en yüksek ve beşinci örnekleme noktasının en düşük su kalitesi sınıfına dâhil olduğunu ifade etmişlerdir [8].

Uyanık ve diğeri, Eğri Deresinde, bentik makroinvertebratları ve fiziko-kimyasal verileri kullanarak su kalitesini değerlendirmişlerdir. Çalışma alanındaki biota'nın koşullarını belirlemek amacıyla BMWP, Trend Biotik İndeks (TBI) ve Chandler Skor Sistemlerini kullanılmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda sudaki kirlilik değerlerindeki en yüksek seviyenin evsel atık yüklemesinden sonra gözlemlendiğini belirtmişlerdir [9].

Yu ve diğeri, Kansas eyaletindeki 4 nehir üzerinde bulunan 15 istasyondaki su kalitesi gözlemlerine uyguladıkları Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall ve Sen'in T testleri ile Van Belle ve Hughes homojenlik testleri sonucunda: elektriksel iletkenlik, kalsiyum, toplam sertlik, sodyum, potasyum, sülfat, klorür ve toplam fosfor miktarlarında, genellikle azalan bir trend bulmuşlardır. Ayrıca bu trendlerin lineer eğimlerinin değerlerini de, Sen tarafından geliştirilen bir metot yardımıyla belirlemişlerdir [10].

BÖLÜM 2. SU KALİTESİNİ BELİRLEME

Dünya tatlı su kaynaklarının gün geçtikçe yetersiz kalması ve artan nüfus, suların daha dikkatli ve titiz kullanılmasını gerektirmektedir. Su insanlar tarafından; tarım arazilerinin sulanması, içme suyu ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetlerde kullanılmaktadır. İnsanların yaşamını direkt etkileyen suyun varlığının yanında suyun kalitesi de en az varlığı kadar önem teşkil etmektedir. Son zamanlarda su kalitesi araştırmaları artmıştır [11].

2.1. Su Kalitesi

Su kaynaklarının kalite açısından incelenmesi; su kaynağının kullanım amacı için gerekli olan su kalitesinin sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek ve su kaynağının kalite açısından hangi kullanımlara uygun olduğunu belirlemek amacıyla yapılmaktadır [12].

Su kalitesiyle ilgili ölçütlerin temel amacı, suyun halk sağlığını tehlikeye düşürebilecek bazı olumsuzluklardan arındırılmasından ibarettir. Sağlığa zararlı bazı maddelerden suyun arındırılması, halk sağlığını tehlikeye düşürebilecek sonuçların engellenebilmesi açısından özellikle önem taşımaktadır [13]. Su, ne kadar özenle kirlilikten arındırılırsa arındırılırsın, suyun kirlenmesine neden olabilecek depolama, taşıma, kullanma kurallarına uyulmadıkça ve bu koşullar sağlanmadıkça kolay kirlenebilir bir maddedir. Eğer kirlilik söz konusu olabilecekse bu kirliliğin erken belirlenmesini sağlayacak izleme ve değerlendirme kurallarının yerine getirilmesi gerekir. Eğer kirlilik durumu tespit edilecek olursa, gerekli önlemler alınmalı; alınması gereken önlemleri kişi, toplum düzeyinde tüm sağlık personeli bilmelidir.

Diğer amaç suyun, insan ve hayvan atıkları ile kirlenmesinin engellenmesidir. Eğer bu sağlanamayacak olursa, tüm enfeksiyon hastalıkları özellikle gastrointestinal

hastalıklardan toplumun korunması mümkün olmayacaktır. Özellikle bebek, çocuk; yaşlı ve düşükün kişiler su ile kirlilikten en kolay etkilenebilecek grubu oluşturmaktadır. Bu gruplar için enfektif doz genel popülasyondan çok daha düşüktür [14].

2.1.1. Su kalite kriterleri

Doğada mevcut su kaynakları ve içme suyu kaynağı olarak kullanılabilirlikleri açısından,

- Arıtma istemeyen kaynaklar
- Konvansiyonel arıtma sistemi ile arıtılabilecek kaynaklar
- İleri arıtma sistemine gereksinim gösteren kaynaklar
- Dış Kullanılmayacak kaynaklar

olarak sıralanabilir. Su kaynağının kullanılabilirliğinde, en önemli unsur su kalitesidir ve bu husus, kalite kriterlerine bakılarak belirlenmektedir.

Hamsu ve içme suyu için 2 ayrı kalite kriteri vardır. Bu kriterler, kontrol parametrelerini, bunlara ait tercih edilen limitleri ve üst limitleri gösterir. Stratejik önemi olan bu kriterler, her ülkenin yetkili kuruluşları tarafından genel ve özel sağlık kuralları, su kullanım alışkanlıkları, ülkenin teknik ve ekonomik gücü, uluslararası anlaşmalar, dış ticaret ve turizm, ülkenin sahip olduğu su kaynakları, sosyal ve siyasi amaçlar dikkate alınarak belirlenmektedir.

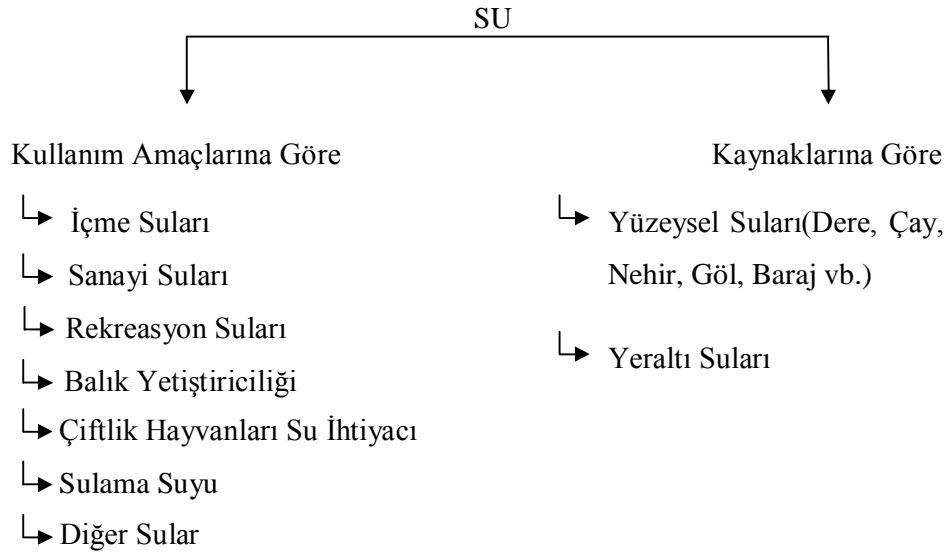
İçme suyu için Dünyada, Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ve Avrupa'da, Avrupa Topluluğu (EC) tarafından kabul edilen ve yayınlanan kriterler vardır. Ülkemizde içme suyu kalitesi, Gıda Maddeleri Tüzüğü'nde belirlenmiş, ayrıca Türk Standartları Enstitüsü'nce, TS-266 İçme Suları Standardı yayınlanmıştır. Devlet Su İşleri, ülkemizde şehirlere içme suyu teminiyle görevlendirilmiş en önemli ve etkin kuruluş olup, DSİ'ce TS-266, Avrupa Topluluğu Standartları ve WHO standartları beraberce kullanılmaktadır [15].

2.1.2. Suların kalite özelliklerine göre sınıflandırılması

Sular kullanım amaçlarına ve kriterlerine göre sınıflandırılabilir. Ancak, kalite kriterleri kullanım amaçlarını da belirlediğinden kalite kriterlerinin suların sınıflandırılmasında esas alınması gerekir.

Su kaynaklarının genel olarak sınıflandırılması amacıyla hazırlanan standartlarda; fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyolojik ve birçok parametre için aşılmaması gereken üst limitler veya alt ve üst limitler şeklinde dışına çıkılmaması gereken, belirli aralıklar verilmiştir. Ülkemizde yürürlükte olan ve Tablo 2.1’de verilen Çevre Bakanlığı’na hazırlanmış “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” içinde yer alan “Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” bu tip standartlardandır.

Sadece belirli bir kullanım alanına yönelik olarak hazırlanan standartlar ise; o kullanım için önemli olan kirlilik parametrelerini içerirler. Bunlara da içme ve kullanma suyu standartları örnek verilebilir. Sular[16];



Şekil 2.1. Suyun Kullanım Alanları

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre su kaliteleri, yüksek kaliteli, az kirlenmiş, kirlili ve çok kirlenmiş su olmak üzere dört sınıfta değerlendirilir.

- Yüksek Kaliteli Sular (I. Sınıf) ; Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu olarak, Rekreatiyonel amaçlar için (yüzme gibi vücut teması gerektirenler), Alabalık üretimi, Hayvan üretimi ve Çiftlik ihtiyacı gibi yerlerde.
- Az Kirlenmiş Sular (II.Sınıf) ; İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu olarak, Rekreatiyonel amaçlar için, Balık üretimi (Alabalık hariç), Sulama suyu olarak, I. Sınıf sular dışında kalan diğer kullanımlar için.
- Kirlenmiş Sular (III. Sınıf) ; Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren sanayiler hariç, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılabilir.
- Çok Kirlenmiş Sular (IV Sınıf) ; Yukarıda açıklanan sular dışında kalan, kalite olarak düşük kalitedeki sulardır.

Tablo 2.1. SKKY Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [17]

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik-kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12

Tablo 2.1'in Devamı

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri				
1) Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	> 10
3) Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	> 50
4) Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	> 100
5) Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	> 200
7) Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$)	Ölçülemeye cek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	> 200
9) Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	> 200
10) Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/L}$)	10	50	100	> 100
12) Florür ($\mu\text{g F}^-/\text{L}$)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$)	10	10	50	> 50
14) Sülfür ($\mu\text{g S}^-/\text{L}$)	2	2	10	> 10
15) Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	> 3000
17) Bor ($\mu\text{g B/L}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	10	10	20	> 20
19) Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

- a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
c) pH değerine bağlı olarak, serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg NH₃- N/L değerini geçmemelidir.
d) Bu gruptaki kriterler, parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
e) Bor'a karşı hassas bitkilerin sulanmasında, kriteri 300 $\mu\text{g/L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

2.1.3. Türkiye’de su kalitesi yönetim yaklaşımı

Birçok farklı yasa, Türkiye’de birçok farklı kurumun su yönetiminde rol aldığını göstermektedir. Türkiye’de çevre alanındaki mevzuat uyumlaştırma sorumlulukları farklı kuruluşlar tarafından yürütülmekte olup, (Çevre ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü gibi), kimi konularda yetki karmaşası sorunu ile de karşılaşmaktadır. Çünkü aynı su kaynağının yönetimi için var olan farklı kurumların yetki ve sorumlulukları konusundaki yasa ve yönetmelikleri bu uyuşmazlıklara neden olmaktadır. Türkiye’deki mevcut sistemin ana zayıflığı su kalite ve kantite yönetiminin birbirinden ayrı olmasıdır. Sorumlulukları olan ana kurumlar; su kalitesindeki sorumlulukları ile Çevre ve Orman Bakanlığı, su kantitesi yönetimindeki sorumlulukları ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’dür. Çevre ve Orman Bakanlığı su kaynaklarının kirlilikten korunması ve ilgili izin ve denetlemelerden sorumludur. Ayrıca Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve ÇED Yönetmeliği de ÇOB sorumluluğundadır. Türk sistemindeki diğer bir zayıflık ise bölgesel düzeyde yetki ve sorumlulukların sürdürülebilir su kullanımını sağlayacak şekilde yetkili organizasyonlara yeterli şekilde dağıtılmamış olmasıdır (planlama; finans sağlama; izin ve yaptırımlar gibi). DSİ, 26 havzada iyi organize olmuş bölge müdürlüklerine, Çevre ve Orman Bakanlığı ise 81 ilde İl Müdürlüklerine sahiptir [18].

1920’lerden beri su kaynaklarını korumak ve çevre kirliliğini önlemek üzere TBMM ve yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından pek çok yasa hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. Anayasa’da da yeri olan yasal düzenlemelerin çoğunluğu çevre ve halk sağlığını korumaya yönelik maddeler içermektedir.

Türkiye’de çevre korunmasındaki mevzuat dört grupta ele alınabilir:

- Anayasal hak ve sorumluluklardan kaynaklanan Çevre Kanunu ile kanunun ilgili maddeleri uyarınca hazırlanmış yönetmelik ve yönergeler (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, vb.)

- Çevre konusunda yatırım ve işletme yapan kurum ve kuruluşlara ait kanun, yönetmelik ve yönergelerin çeşitli maddeleri (Kuruluş kanunları, Köy Kanunu, Maden Kanunu, İSKİ Yönetmelikleri, vb.)
- Doğal kaynakların kullanımı konusundaki kanun, yönetmelik ve yönergeler (Su Ürünleri Kanunu, Sular Hakkındaki Kanun, Orman Kanunu, Boğaziçi Kanunu, Kıyı Kanunu, vb.)
- Halk sağlığı ile ilgili kanun, yönetmelik ve yönergeler (Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, Kaynak Suları Yönetmeliği, TSE İçme Su Standartları, vb.)

Mevcut düzenlemelerle aynı su kaynağından birden fazla kurum farklı amaçlarla kendi yönetmeliklerini uygulayarak yararlanabilmektedir. Yönetmeliklerde belirlenen standartlar ve amaçlar birbiriyle çelişkili olabilmektedir. Ayrıca amaç ve kapsamı ile hazırlanma yılları birbirinden bağımsız gelişen mevcut mevzuat yapısı ve bu yapının oluşturduğu yetki ve sorumluluk karmaşası sonucu çevre sorunları çözülememekte, entegre olamayan tekil uygulamalar kaynak israfına yol açmaktadır. Son olarak, Çevre Kanunu kapsamında 1988 yılında “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Çevre mevzuatının geniş bir görüş açısıyla ele alınabilmesi için su kirliliğine neden olan etmenlerin çok yönlü değerlendirilmesi amaçlanmış ve standartlar hem alıcı ortama yönelik hem de evsel ve endüstriyel deşarjlara yönelik olarak belirlenmiştir. Ancak yönetmelik ülke ölçeğindeki durumu tümüyle yansıtmadığı için etkin bir şekilde uygulanabilirliği halen tartışmalıdır.

Su kirliliğine ilişkin çevre mevzuatının en eksik yönü, yaptırım gücünün olmamasıdır ve çevre kontrolü yeterli yapılamamaktadır. Çevresel kontrol ve yaptırım gücü Çevre Bakanlığında olmalıdır. Ancak Çevre Bakanlığının bölge bazında kontrol laboratuvarlarının olmayışı sistemin aksamasına neden olmaktadır. Bakanlığın kalite ve kontrol laboratuvarları kuruluncaya kadar ilk etapta Bölgelerde laboratuvar ve imkânları olan kuruluşlarca (DSİ gibi) kalite-kontrol işlerinin yapılması, Çevre Mahkemeleri kurularak mevzuatın geliştirilmesi gerekmektedir. Mevcut düzenleyici standartların yaptırım etkinlikleri, kirlilik ücretleri ve bilhassa cezai ve caydırıcı yaptırımlar çok zayıf kalmaktadır. Çevre kalitesi standartları, WHO ve AB standartları ve mevzuatı göz önüne alınarak revize edilmelidir. DPT tarafından bu kapsamda bir inceleme raporu hazırlanmaktadır [19].

2.1.4. AB'nin genel su kalitesi yönetim yaklaşımı

Avrupa Komisyonu 23 Genel Müdürlükten oluşmaktadır. Topluluk su politikalarını denetleyen ve yürüten birim Çevre Kalitesi ve Doğal Kaynaklar Müdürlüğüdür [20].

Su mevzuatı ile ilgili ilk düzenleme 1975 yılında gerçekleştirilen yüzey suyu direktifidir. 1975 – 2000 yılları arası su kalitesi ve su kaynakları yönetimi ile ilgili düzenleme yapılmıştır bunlar sırasıyla [21]:

- İçme suyu sağlanacak yüzey sularının kalitesi (75/440/EEC)
- Kabuklu su ürünleri istihsal alanlarında su kalitesi (76/923/EEC ve 91/492/EEC)
- Yüzme Suyu Kalitesi (76/160/EEC)
- Tatlı su balıkları su kalitesi (76/160/EEC)
- Yüzeysel tatlı sularının kalitesine dair bilgi alışverişini düzenleyen prosedür kararı (77/795/EC)
- Balık hayatını koruyacak tatlı su kalitesine ilişkin direktif (78/659/EEC)
- Yüzeysel suların, içme suları olarak kullanılmasında yapılacak analiz metotları direktifi (79/869/EEC)
- Yeraltı Sularının Kirliliğe karşı Korunması (80/68/EEC)
- İçme Suyu Kalitesi (80/778/EEC)
- İnsan Tüketimine Yönelik Su kalitesi (81/778/EEC)
- Kamu ve Özel Sektör Projeleri Çevresel Etki Değerlendirme (85/337/EEC)
- Kentsel Atıksu Arıtma (91/271/EEC)
- Su kaynaklarının tarımsal faaliyetlerden gelen nitrat kirliliğine karşı korunması

AB'nin su kaynakları yönetimi ile ilgili çalışmaları 3 döneme yaymıştır [22].

- Dönem I: 1970 ve 1980'li yılları izleyen bu dönemde ana tema halk sağlığıdır. Bu ana tema altında içme suyu kalitesi, yüzme suyu kalitesi ile su ürünleri üretim alanlarındaki su kalitesi ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır.

- Dönem II: 1990'lı yılları kapsayan bu dönemde ana tema kirliliğin azaltılması olmuş ve bu doğrultuda kentsel atık su arıtma ve nitrat direktifleri yürürlüğe girmiştir.
- Dönem III: 2000 ve sonrası yılları kapsayan bu dönemde ana tema bütünleşik yönetim ve sürdürülebilir kullanımdır ve bu dönemde Su Çerçeve direktifi kabul edilmiştir.

1995 yılında Avrupa kurumları, topluluğun su politikasının bir revizyon ve tekrar yapılması gerekliliği konusunda ortak karara vardılar. Su politikası konusunda küresel bir yaklaşım gerekliliğini öneren Komisyon, geniş ölçekli müzakerelerden sonra 1997 yılında, su konusunda Çerçeve Yönergesi hazırlanmasına karar verdi. Bu önerge aşağıda sıralan dört ana hedefi gerçekleştirecek şekilde hazırlanacaktır [23].

- Yeterli miktarda içme suyu temini
- Diğer ekonomik gereksinimler için yeterli su miktarı
- Çevrenin korunması
- Sel ve kuraklığın olumsuz etkilerinin hafifletilmesi

Yönergeyi hazırlama kararı alan komisyon 1997 yılında ilk taslağı hazırlamıştır. 1997 ve 1998 yıllarında komisyon taslaklarını hazırlayan komisyon, Şubat 1999'da yönergeyi ilk kez Avrupa Parlamentosunda görüşmeye almıştır. Ekim 1999'da Konsey genel görüşme ve uzlaşma çalışmaları içinde yer alan yönerge, Şubat 2000'de Avrupa Parlamentosunda ikinci kez görüşülmüştür. Ekim 2000'de Su Çerçeve Direktifi, Avrupa Parlamentosu ve Konsey'in ortak karar prosedürü sonucu kabul edilmiştir ve Direktif, 22 Aralık 2000 tarihinde yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir.

Su çerçeve direktifinin amacı 2010 yılında tüm yeraltı ve yüzey sularını iyi bir statüye kavuşturmak. Bu direktif, AB'nin su politikasının yasal çerçevesini oluşturacağı için ve aday ülkeler için tam üyelik tarihinde yürürlüğe girmiş olacağından, ülkelerin yeni mevzuatları bu direktife uygun olmalıdır.

Bu çerçeve kabul edildikten 7 yıl sonra, 75/440/EEC sayılı İçme suyu sağlanacak yüzey sularının kalitesi direktifi, 77/795/EC sayılı yüzeysel tatlı sularının kalitesine dair bilgi alışverişini düzenleyen karar, 79/869/EEC sayılı Yüzeysel suların, içme suları olarak kullanılmasında yapılacak analiz metotları direktifi yürürlükten kalkacaktır. 13 yıl sonra ise 78/659/EEC sayılı balık hayatını koruyacak tatlı su kalitesine ilişkin direktif, 79/923/EEC sayılı kabuklu canlıların yaşadıkları suların kalitesine ilişkin direktif, 80/68/EEC sayılı yeraltı sularının kirliliğe karşı korunması, 76/464/EEC sayılı topluluk sularına karışan tehlikeli maddelere ilişkin direktif yürürlükten kalkacaktır [24].

Tablo 2.2. AB Mevzuatına İlişkin Uyumlaştırma ve Uygulama Takvimi

AB MEVZUATININ ADI	NUMARASI	ÖNGÖRÜLEN UYUMLAŞTIRMA TARİHİ	ÖNGÖRÜLEN UYGULAMA / YÜRÜRLÜK TARİHİ
Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi	91/271	Kentsel Atıksu Arıtma	08/01/2006 (yürürlük tarihi)
Tarımsal Kaynaklardan Gelen Nitratların Sularda Sebep Olduğu Nitrat Kirliliğinin Önlenmesi Direktifi	91/676	“Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği” (18/02/2004)	18/02/2004 (yürürlük tarihi)
Su Çerçeve Direktifi	2000/60	2006 mali işbirliği programına sunulan kapasite geliştirme projesinin 2009 yılında tamamlanması hedeflenmektedir. Bu proje çıktıları uyumlaştırma çalışmalarını destekleyecektir.	Teknik çalışmalar sürdürülmektedir.
İnsani Tüketim Amaçlı Suların Kalitesi Hakkında Konsey Direktifi	98/83	“İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” (17/02/2005)	17/02/2005 (yürürlük tarihi)

Tablo 2.2'nin Devamı

AB MEVZUATININ ADI	NUMARASI	ÖNGÖRÜLEN UYUMLAŞTIRMA TARİHİ	ÖNGÖRÜLEN UYGULAMA / YÜRÜRLÜK TARİHİ
Üye Devletlerde İçme Suyu Elde Edilmesi Amaçlanan Yüzeysel Sularında Aranılan Kalite Hakkında Direktif	75/440	“İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik” (20/11/2005)	20/11/2005 (yürürlük tarihi)
Üye Devletlerde İçme Suyu Elde Edilmesi Amaçlanan Yerüstü Sularının Ölçüm Metotları ve Örnekleme ve Analiz Frekansları Hakkında Direktif	79/859	“İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik” (20/11/2005)	20/11/2005 (yürürlük tarihi)
Bazı Tehlikeli Maddelerin Su Ortamlarına Deşarjlarının yarattığı Kirliliğe Dair Direktif ve Yan Direktifler	76/464	“Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği” (26/11/2005)	26/11/2005 (yürürlük tarihi)
Yüzme Sularının Kalitesine Dair Direktif	76/160	“Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği” (09/01/2006) ile uyumlaştırıldı.	09/01/2006 (yürürlük tarihi)

Tablo 2.3. Avrupa Topluluğu Su Kalite Kriterlerine Göre Kalite Sınıfları [25].

	Parametreler		A1 K	A1 Z	A2 K	A2 Z	A3 K	A3 Z
1	PH		6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Renk (basit filtrasyondan sonra)	mg/l Pt skalası	10	20 (İ)	50	100 (İ)		
3	Toplam askıda katı madde	mg/l SS	25					
4	Sıcaklık	°C	22	25 (İ)	22	25 (İ)	22	25 (İ)

Tablo 2.3'ün Devamı

	Parametreler		A1 K	A1 Z	A2 K	A2 Z	A3 K	A3 Z
5	İletkenlik	20 °C'de μs/cm ⁻¹	1000		1000		1000	
6	Koku	(25 °C'de seyrelme faktörü)	3		10		20	
7	Nitratlar	mg/l NO ₃	25	50 (İ)		50 (İ)		50 (İ)
8	Floridler (Florür)	mg/l F	0,7-1	1,5	0,7-1,7		0,7- 1,7	
9	Toplam ayrıştırılabilir organik klor	mg/l CI						
10	Çözünmüş demir	mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	
11	Mangan	mg/l Mn	0,05		0,1		1	
12	Bakır	mg/l Cu	0,02	0,05 (İ)	0,05		1	
13	Çinko	mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
14	Bor	mg/l B	1		1		1	
15	Berilyum	mg/l Be						
16	Kobalt	mg/l Co						
17	Nikel	mg/l Ni						
18	Vanadyum	mg/l V						
19	Arsenik	mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
20	Kadmiyum	mg/l Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Toplam krom	mg/l Cr		0,05		0,05		0,05
22	Kurşun	mg/l Pb		0,05		0,05		0,05
23	Selenyum	mg/l Se		0,01		0,01		0,01
24	Civa	mg/l Hg	0,000 5	0,001	0,0005	0,001	0,000 5	0,001
25	Baryum	mg/l Ba		0,1		1		1
26	Siyanür	mg/l Cn		0,05		0,05		0,05
27	Sülfat	mg/l SO ₄	150	250	150	250 (İ)	150	250 (İ)
28	Klorür	mg/l CI	200		200		200	
29	Surfaktanlar (Metilen mavisi ile reaksiyona giren)	mg/l (laurilsül fat)	0,2		0,2		0,5	
30	Fosfatlar	mg/l P ₂ O ₅	0,4		0,7		0,7	
31	Fenoller (Fenol indeksi) Para nitroanilin 4 aminoantipirin	mg/l C ₆ H ₅ OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1

Tablo 2.3'ün Devamı

	Parametreler		A1 K	A1 Z	A2 K	A2 Z	A3 K	A3 Z
32	Çözünmüş yada emülsifiye olmuş hidrokarbonlar (petrol eteri ile ayrıştırıldıktan sonra)	mg/l		0,05		0,2	0,5	1
33	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	mg/l		0,000 2		0,000 2		0,001
34	Toplam Pestisit (Parathion,BHC,diel drin)	mg/l		0,001		0,002 5		0,005
35	Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD)	mg/l O ₂					30	
36	Çözünmüş oksijen doygunluk oranı	% O ₂	>70		>50		>30	
37	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı(BOD ₅) (Nitrifikasyonsuz 20 °C' de)	mg/l O ₂	<3		<5		<7	
38	Kjeldahl metodu ile azot(Kjeldahl Azotu) (NO ₃ hariç)	mg/l N	1		2		3	
39	Amonyak	mg/l NH ₄	0,05		1	1,5	2	4(İ)
40	Kloroformla ayrıştırılabilen maddeler	mg/l SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Toplam organik karbon	mg/l C						
42	Flokülasyon ve membran(5µ) filtrasyonundan sonra geriye kalan organik karbon TOC	mg/l C						
43	Toplam koliformlar 37 °C' de	/100 ml	50		5.000		50.00 0	
44	Fekal koliformlar	/100 ml	20		2.000		20.00 0	
45	Fekal streptokok	/100 ml	20		1.000		10.00 0	
46	Salmonella	5.000 ml	Yok		Yok			

Z : zorunlu, K : kılavuz, İ : istisnai iklimsel yada coğrafik şartlar. A1, A2 ve A3 : yerüstü suyunun, içme suyuna dönüştürülmesi için standart arıtma metodlarının tanımı

- Sınıf A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon, yani hızlı filtrasyon ve dezenfeksiyon.
- Sınıf A2: Normal fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon, yani ön klorlama, çökeltme, toplama, aktarma, filtrasyon, dezenfeksiyon (nihai klorlama).
- Sınıf A3: Yoğun fiziksel ve kimyasal arıtma, genişletilmiş arıtma ve dezenfeksiyon, yani kırılma noktasında klorlama, çökeltme, toplama, aktarma, filtrasyon, adsorpsiyon (aktif karbon), dezenfeksiyon (ozon, nihai klorlama).

2.2. Su Kirliliği

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Günümüzde gittikçe artan bir kirlenmeyle karşı karşıya kalan yüzeysel su kaynaklarının korunması ve yönetimi çeşitli yaklaşımlarla çözülmeye çalışılmaktadır.

Bir göl ve rezervuardaki su kalitesi, kendisini besleyen havzadan gelen kirlenme kaynaklarının tür ve miktarıyla yakından ilgilidir. Bu nedenle, su kaynağına gelen kirlenme maddelerinin belirlenmesi, su kalitesi yönetimi çalışmasında, büyük önem taşır.

2.2.1. Genel kirlenme kaynakları

Su kaynaklarına gelen kirlenme maddeleri şu şekildedir [19].

- Noktasal Kaynaklar: Yerleşim bölgelerinden gelen (kanalizasyonlu) atık su (Evsel atık su, Sokak drenajı (yağmur suyu), Endüstriyel atık su) ve Su arıtma tesislerinden çıkan atık su olarak iki kısımda incelenebilir.
- Yayılı Kaynaklar: Yerleşim bölgelerinden (kanalizasyonsuz) gelen atık su, Tarımsal alanlardan gelen atıklar (Toprak erozyonu, gübre fazlası, hayvansal atıklar, organik bitki atıkları), Ekilmemiş alanlardan gelen atıklar (Toprak erozyonu, Organik bitki atıkları, Yabani hayvan atıkları), Kaynak ve memba suları, Su kaynaklarındaki rezervler (Çökeltiler, Yer altı suları, Fauna ve Flora, Hayvansal Atıklar) ve Atmosfer olmak üzere altı kısımda incelenebilir.

Endüstri kaynaklı atık sular, su havzalarının kirlenmesinde önemli ölçüde yer tutmaktadır. Bir takım endüstri kuruluşlarının atıkları arıtılmadan akarsulara verildiğinde, bu akarsularda canlıların üremesi olanaksız hale gelebilir. Kimi zaman bu atıkların toprağa gömülmeleri, yağmur suları ve sızıntılarla yeraltı sularının kirlenmesine yol açabilir. Çünkü bu atıkların bir kısmı toksik bileşikler, çözücüler ve tuzları içerebilir. Bazı endüstriyel atıklar biyolojik olarak yok edilebilir özelliktedir. Ancak bazılarının biyolojik olarak yok edilebilmeleri de mümkün olmayabilir. PET şişeler buna örnek verilebilir. Kimi plastik maddelerin ise doğada yok edilebilmeleri 500 yıllık bir süreyi gerektirir.

Evsel kirlenme etkenlerinin başında deterjanlar, kanalizasyon suları ve çöpler gelir. Günümüzde geliştirilen bazı araçlar, çöplerin öğütülerek kanalizasyon sularına verilmesini sağlamaktadır. Büyük oranda organik atığın su kaynaklarımıza girmesi, bakteri miktarının artmasına neden olur. Organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanması ise oksijen kullanımını artırır. Sonuçta, ortamda bulunan oksijen miktarının azalmasına bağlı olarak, sulara yaşayan canlılar ölür. Deterjanlar bir diğer evsel kirlenme nedenidir. Deterjanların içerisinde bol miktarda fosfat ve nitratlar bulunabilir. Fosfat ve nitratların artması, sulara alglerin artmasına neden olur. Alglerin aşırı derecede artması ise, suların içerisindeki biyolojik dengenin bozulmasına yol açar. Sonuçta ortamdaki besin miktarı azalır. Bu azalım sonunda, üreyen alglerin bile ölmesine neden olabilir.

Tarımda üretimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, böceklerle savaşmakla kullanılan bir takım kimyasal zehirler, yağmur suları ile toprak atına geçerek, yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilir. Akıntılarla akarsulara ulaşan bu kimyasal maddeler akarsulardaki canlı hayatının sona ermesine neden olabilir.

Civa, kurşun ve diğer ağır metalleri bulunduran birçok insektisit bulunmaktadır. Bunların içerisinde söz konusu maddeleri en aza indirmek için çaba harcanmasına rağmen, hayvan ve bitki zinciri içerisinde bu kimyasal maddelerin yoğunluğunun ve miktarının artması söz konusu olabilmektedir. Buna biyolojik birikim ya da biyolojik yoğunlaşma (biological magnification) denmektedir. Başlangıçta düşük miktarda alınan kimyasal maddeler canlıların vücudunda ve belirli dokularda birikerek çok

yüksek miktarlara ulaşabilmektedir. DDT ve bazı civalı bileşikler, radyoaktif bazı maddeler buna örnek verilebilir.

Kirli sulardan yakalanan ve elde edilen bitkisel ve hayvansal gıdaların yenmesi de, tehlikeli olabilir. Birçok bulaşıcı hastalık bu yolla geçebilir. Bazı balıklar, zararlı kimyasal maddeleri vücutlarına alır. Bu kimyasal maddeler az miktarda alınsalar bile, balığın vücudunda büyük miktarlara ulaşabilecek biçimde birikebilir. Özellikle civalı ve radyoaktif maddelerin birikimi büyük oranda tehdit unsurudur.

Isı kirlenmesinin birçok biyolojik etkisi vardır. Sıcak sularda oksijenin çözünürlüğü, soğuk sulardakinden azdır. Sıcaklığın artması organik atıkların daha büyük bir hızla parçalanmasına neden olur. Suda yaşayan hayvanların çoğunun vücut ısısı, dış ortamın sıcaklığına bağlı olarak artmaktadır. Sonuçta metabolik reaksiyonları hızlanır ve oksijen gereksinimleri daha da artar. Oksijen ise ortamda giderek azalmaktadır. Sonuçta birçok balık oksijensiz kalarak ölür [26].

2.2.2. Su kalite parametrelerine ait kirletici kaynaklar

“S.K.K.Y. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 46 parametrenin kirletici kaynakları aşağıda verilmiştir.

- Sıcaklık: Suda oksijen tüketiminin artışı (Organizmaların metabolik hızına), Sudaki kimyasal reaksiyonlar ve enzim faaliyetleri, Mevsimler, hava sirkülasyonu, su kaynağının bulunduğu yer, akışı ve derinliği [27].
- pH: Endüstriyel deşarjlar (bölgedeki endüstrinin durumuna göre pH artış veya azalış gösterir), Jeoloji ve toprak yapısı (kaya-toprak etkileşimi)(Karbonat Kalsit (HCO_3 , CO_3^{-2} ve CaCO_3) suda olduğunda alkalinite ve pH artış gösterir), Sülfid ve Pirit (Su-oksijen değişimiyle H_2SO_4 oluşur ve suyun pH'ı düşer), Maden işletmeleri sularının drenajı ve nötrleştirilmemiş endüstriyel atıksular (pH'ı düşürür) [28], Hava kirliliği (NO_x ler ve Sülfat(SO_2) varlığında, Nitrik Asit(HNO_3) ve Sülfirik Asit (H_2SO_4) yağmurları ile sulara asit özellik kazandırılır).

- Çözünmüş Oksijen (ÇO): Sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı (türbülans) ve atmosferik basınç [28], Suda yaşayan canlı popülasyonu yoğunluğu [29].
- Oksijen Doygunluğu: Suyun içinde ne miktarda oksijenin erimiş (çözündüğünü) olduğunu yüzde olarak belirtir.
- Klorür (Cl): Evsel ve endüstriyel drenaj suları, Tarımsal araziler, Jeolojik yapı, Tuzlu kayalar [30].
- Sülfat (SO₄): Toprak yapısı (piritin oksidasyonu), Hava kirliliği veya atmosferik çökeltme, Magmatik kayalar, Endüstriyel kaynaklar özellikle tekstil (Na₂SO₄), kağıt ((NH)₂SO₄), deri ve metalurji endüstrisi (FeSO₄) atıksuları, Tarım faaliyetleri ve gübreleme [30], Asit yağmurları ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları [32].
- Amonyum (NH₄-N) Azotu: Tarım arazileri ve hayvan dışkıları, Endüstriyel kaynaklar (nitrik asit, üre ve diğer nitrojen bileşenlerinin üretiminde, soğutma ünitelerinde ve sert sularda karbonat giderilmesinde kullanılması) [31], Evsel atıksular (özellikle kanalizasyon girişi), Atmosferik Kaynaklar [32].
- Nitrit (NO₂-N) Azotu: Nitrit (organik kirlilik kaynaklı aktif biyolojik proses girişi yani evsel ve endüstriyel atıksular), Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ve gübreleme, Düzensiz katı atık depo alanları [33], Katı atıkların yakılması ve atmosferdeki azotun yağışlarla yıkanması [32].
- Nitrat (NO₃-N) Azotu: Evsel ve endüstriyel atıksular [34], Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ve gübreleme [33], Sulama suyu geri dönüşleri [31], Katı atık depo alanı, Atmosferik çökeltme [31] ve atmosferik azotun yağışlarla yıkanması [32].
- Fosfat (PO₄): Evsel atıksular (Kanalizasyon atıkları-deterjanlardan ortofosfat ve polifosfat olarak suya karışır). Fosfor konsantrasyonunun %40-50 si evsel deşarjlar [35], Endüstriyel kaynaklı (polifosfatlar, demir oksit ve CaCO₃ oluşumunu engellemek için suya ilave edilir. Bu şekilde polifosfat olarak sulara karışır ve ortofosfata dönüşür) [36], Atmosferik çökeltme, Hayvan dışkıları ve çözünebilir inorganik çökmeler, Toprak erozyonu ve arazi iyileştirmesi, Fosfat madenciliği [39,37].

- Toplam Çözünmüş Madde (TÇM): Endüstri ve yerleşim alanları (tuzlar, gübreler), Kaya ve toprak ayrışması (Kalsit (CaCO_3), Kuarts (SiO_2), Toprak erozyonu, Kanalizasyon atıksuları [36].
- Sodyum (Na): Kayaların bozunması (silikatın hidrolizi), Evsel ve endüstriyel atıksular, Sulama suyu geri dönüşleri (yağmur suları), Yolların tuzlanması.
- Renk: Kayaların bozunması (silikatın hidrolizi), Evsel ve endüstriyel atıksular, Sulama suyu geri dönüşleri (yağmur suları), Yolların tuzlanması [37,30].
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesi, Evsel atıksular, Tarımsal kaynaklı kimyasal atıkların taşınımı.
- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ): Evsel ve endüstriyel atıksular, Suda parçalanmış organik madde konsantrasyonu ve mikroorganizma sayıları, Zehirli etkisi olan maddelerin biyokimyasal işlemleri [32].
- Toplam Organik Karbon (TOC): Evsel ve endüstriyel atıksular, Sularda canlı ve atık maddeler,
- Toplam Kjeldahl Azotu: Endüstri ve yerleşim alanları (tuzlar, gübreler), Kaya ve toprak ayrışması (Kalsit (CaCO_3), Kuarts (SiO_2), Toprak erozyonu, Kanalizasyon atıksuları [36].
- Emülsifiye Yağ ve Gres Kirletici Kaynakları: Petro-kimya tesisleri ve rafinerileri, Tanker kazaları [38].
- Metilen Mavisi Aktif Yüzey Maddeleri (MBAS): Sülfonatlar, sülfatlar ve fenoller gibi organikler; Tiyosiyanat, siyanat ve nitratlar gibi inorganikler; Deterjanlar; Sabun olmayan anyonik yüzey aktif maddeler [39].
- Fenolik Maddeler: Evsel ve endüstriyel atıksular, Organik madde dönüşümü (çürüme gibi) [40], Pestisit, petrol rafinerisi, petro-kimya, selüloz ve tekstil endüstrileri [41].
- Mineral Yağlar ve Türevleri: Petrol ürünleri, Rafineriler ve asfaltlar, Doymamış heterosiklik bileşikler, Hidrokarbonlar [39], Gübre, petro-kimya, selüloz, metal kaplama, tekstil ve demir-çelik endüstrileri [41].
- Toplam Pestisit: Zirai Mücadele İlaçları, Herbisitler, nehirlere olan akışlar ve topraktan süzülerek.

- Civa (Hg): Kloralkali endüstrisi, Maden çıkarma, Civa türevlerinin kullanımı [42], Gübre, pestisit, petro-kimya, kimya, metal kaplama ve demir-çelik endüstrilerinden [41].
- Kadmiyum (Cd): Kimya, demir-çelik ve metal kaplama endüstrilerinden [41], Atmosferik çökme ve kayaların bozunması, Katı atık depo alanları (piller).
- Kurşun (Pb): Gübre, petro-kimya, kimya, metal kaplama ve demir-çelik endüstrilerinden [41], Atmosferik çökme ve volkanik kayaların ayrışması, Düzensiz depo alanları (aküler).
- Arsenik (As): Madencilik ve demir dışı metallerin ergitilmesi[41], Sülfid minerallerinin doğal oksidasyonu, Fosil yakıtların yanması, Arsenik içerikli tarım ilaçları, Kayaların bozunması [43].
- Bakır (Cu): Endüstriyel, madencilik ve tarımsal aktiviteler [44].
- Krom (Cr): Tekstil, cam, deri ve seramik endüstrileri, Maden yatakları [45].
- Krom (Cr⁺⁶): Sudaki pH'ın düşmesinden, Endüstriyel proses sularından [46], Metalik kaplamaları, boya fabrikaları ve boyalardan, Seramik, kağıt endüstrilerinden [45].
- Kobalt (Co): Mıknatıs çeliği ve paslanmaz çelik üretim tesisleri, Petro-kimya endüstrileri, Alaşımları türbinli uçak yapımı [47].
- Nikel (Ni): Maden ocakları, Metal kaplamaları, Arsenik ve sülfürler [45].
- Çinko (Zn): Endüstriyel, madencilik ve tarımsal aktiviteler [44], Düzensiz depo alanları, Kömür ve kil tozları, Yakıt türevlerinin yüzeysel sulara karışımı.
- Siyanür (CN): Endüstriyel uygulamalardan, Elektrokaplama ve metal arıtımı ve işleme sonucu, İçme sularının nötral ve alkali şartlar altında klorlanması sonucu (düşüş) [47].
- Florür (F): Volkanik kayaların bileşimindeki Kalsiyum Florürden, Petrol kuyularındaki tuzlu sulardan, Deniz suyundan [48].
- Serbest Klor (Cl₂): Sanayi sularından, Tuzlu kayalardan, Kışın yolların tuzlanması sonucu, Tarımsal araziler.
- Sülfür (S): Kükürtlü minerallerin parçalanması, Evsel ve endüstriyel atıksular, Volkanik gazlar.
- Demir (Fe): Evsel ve endüstriyel atıksular, Jeolojik yapı, Maden faaliyetleri.

- Mangan (Mn): Toprak veya tortul kütlelerinden atmosferik olayların etkisiyle ve Endüstriyel sulardan [45].
- Bor (B): Evsel ve endüstriyel atık deşarjları, Kayaların hava ile kontaminasyonu, Volkanik faaliyetler, Zirai mücadele ilaçları.
- Selenyum (Se): Kurşun, çinko, fosfat ve uranyum yataklarının işletilmesi cevherlerinin, cevherlerin ekstraksiyonu ile cam seramik ve boya endüstri dallarıyla etkinlikler sonucu, Akaryakıtların yanması sonucu [49].
- Baryum (Ba): Boya sanayi, dericilik ve patlayıcı madde üretimi [45], Sanayi atıksuları, Mürekkep, radyopak madde, fare zehiri, cila, kibrit ve kağıt imalatı [45].
- Alüminyum (Al): Metal sanayi (galvanizleme, elektrolit kaplama, iletken plaka imalatı), Akü imalatı gibi sanayi sektörleri atıksuları, Tarımsal ilaçlar [50].
- Alfa Aktivitesi: Radyoaktif patlamalar.
- Beta Aktivitesi: Laboratuar ve nükleer enerji işlemlerinden kaynaklanan atıklar, Doğal radyoaktifler.
- Fekal Koliform: Hayvansal ve tarımsal faaliyetler [33], Hastane atıkları, Evsel ve Kanalizasyon atıksuları [36].
- Toplam Koliform: Evsel ve endüstriyel atıksular, Sulama suyu geri dönüşleri.

2.3. Biyolojik İzleme

2.3.1. Hidrobiyolojik yöntemler

Son yıllarda su kirliliğini belirleme ile ilgili çalışmalarda fiziksel ve kimyasal verileri toplamakla yetinilmeyip, daha uzun bir dönemde su kalitesindeki değişimleri belirlemek için, ek bir yöntem olarak biyolojik yöntem gerekliliği duyulmaktadır. Çünkü fiziksel ve kimyasal veriler ölçüm yapılan yerlerin o andaki durumu hakkında bilgi verir [51].

Su kalitesinin tayini için biyolojik yaklaşım, kimyasal analizleri tamamlayıcı olarak geliştirilmiştir. Suda belirli organizma yada organizma gruplarının bulunması, belirli bir örnekleme noktasında haftalık veya aylık su kalitesini gösterebilir. Bir nehir veya

sisteminin biyolojik yapısıyla, kirliliğin etkisini araştırmak mümkündür. Suda mevcut olan her tür bitki ve hayvanın araştırılması mümkün değildir. Pratik olması bakımından, genellikle makro invertebratlar seçilir. Makroinvertebratların avantajları, genellikle karmaşık aletlere gerek duyulmadan kolaylıkla örneklenebilmeleri, görülebilmeleri ve arazide teşhis edilebilmeleridir.

Biyolojik örnekleme noktaları, nehirde güvenli bir şekilde durulacak yerlerde seçilmelidir. Buralarda, akarsu yatağı, akıntı ile temizlenmiş taş ve çakıllardan oluşur. Suyun sığ ve hızlı akışlı olduğu yerlerde invertebratlar büyük çeşitlilik gösterir.

2.3.2. Biyolojik yöntemlerin avantajları

Biyolojik değerlendirme, su kütesinin herhangi bir amaçla kullanımının mevcut ekosistem üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Ayrıca ekolojik hasarların belirlenmesine yardımcı olur. Bazı hasarlar gözle görülebilir olmakla beraber, bazıları sucul biotanın, detaylı olarak incelenmesiyle belirlenebilir.

Sucul organizmalar, tüm yaşam evreleri boyunca oluşan değişimleri yansıtırlar. Böylece su kaynağında daha önce olmuş kalite değişimleri de mevcut durumla beraber belirlenebilir. Biyolojik metotlar, çabuk ve ucuzdur. Ayrıca diğer metotlarla bütünleştirilebilir. Fiziko-kimyasal metotlarla kıyaslandığında, biyolojik yöntemler daha az araç gereç ve daha az zaman gerektirir. Ancak kimyasal analizler ile bütünleştirilmesi, daha gerçekçi sonuçlar verecektir [27].

2.3.3. Biyolojik izleme çalışma grubu skor sistemi (Biological Monitoring Working Party Score System) (BMWP)

BMWP adlı biyolojik izleme metodu, İngiltere’de, 1976 yılında, resmi metot olarak kabul edilmiştir. Bu yöntemin ortaya çıkmasından sonraki ilk düzenleme, 1978 yılında İngiltere’de, daha önceki dönemlerde kullanılan “Trent Biyotik İndeks (TBI)” ile İskoçya’da kullanılan “Chandler Skor Sistemi” birleştirilerek yapılmıştır. Bugün Belçika’da uygulanan sistemi de gözönüne aldığımızda, Avrupa’da iki temel sistem olan “BMWP Skor Sistemi” ile “Belçika Biyotik İndeks (BBI)” birbirine paralel olarak gelişmiştir. BMWP skor sisteminde, ailya düzeyinde teşhisler tercih

edilmiştir ve bolluk faktörü göz önüne alınmamıştır. Bu indekste elde edilen organizmaları değerlendirmek için Tablo 2.4 kullanılmaktadır [52].

Tablo 2.4. BMWP Skor Sistemi

Familyalar	Skor
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthiade, Ephemeridae, Teniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Lebellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae	8
Cenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Mesoveliidae, Hydrometriade, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodiade, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculioidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae	4
Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphonidae, Hurididae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta	1

Tablo 2.5. Biyolojik Skorumla ile NWC Sınıfları Arasındaki Bağntı [27]

BMWP	NWC SINIFI
65	1A
41-65	1B
21-40	2
6-20	3
6	4

- Sınıf 1A Sular: Yüksek kaliteli, içme suyu temini ve diğer tüm kullanımlar için uygun olan sulardır.
- Sınıf 1B Sular: 1A sınıfındaki kadar yüksek kalitede olmayan, tüm amaçlar için uygun sulardır.
- Sınıf 2 Sular: Az kirlenmiş sulardır, uygun arıtmadan sonra içme suyu temini için, balıkçılık amacıyla kullanılabilen sulardır.
- Sınıf 3 Sular: Kirlenmiş sulardır, bu sular bazı endüstrilerin su temininde kullanılabilir.
- Sınıf 4 Sular: Aşırı kirli sulardır [27].

BÖLÜM 3. UZMAN SİSTEM

Yapay zekânın bir alt dalı olan uzman sistemler, özel birtakım problemlerin çözümünde, uzmanların bilgisini ve akla dayanma sürecini taklit etmeyi amaçlayan, danışman bilgisayar programları olarak tanımlanmaktadır [53].

3.1. Yapay Zekâ ve Uzman Sistem

Yapay Zekâ (YZ); zekâ ve düşünme gerektiren işlemlerin bilgisayarlar tarafından yapılmasını sağlayacak araştırmaların ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi hususunda çalışan bilim dalıdır. YZ; “düşünme, anlama, kavrama, yorumlama ve öğrenme yapılarının programlamayla taklit edilerek problemlerin çözümüne uygulanması” olarak da ifade edilebilir. Yapay zekâ ile uzman sistemleri birbirinden ayıran en önemli özellik, yapay zekânın insan gibi düşünerek problemi çözmesi; uzman sistemlerin ise ancak ve ancak bir uzman gibi davranarak çözüme ulaşan bir bilgisayar programı olmasıdır [54].

İngiliz Bilgisayar Birliği Uzman Sistem Grubu; uzman sistemleri; uzman bir kişinin becerilerinden oluşan bilgiyle donatılmış bir bilgisayarın içindeki öyle bir yapıdır ki, sistem akıllıca önerilerde bulunabilir veya bir işlemin işlevleri hakkında kararlar verebilir şeklinde tanımlamıştır [55].

Alty ve Coombs’a göre uzman sistemlerin kökeni geleneksel veri işlemedir ve insanın bilgi işleme yeteneğinin makine tarafından otomatik olarak gerçekleştirilebilmesi amacı ile sürdürülen çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır [56].

Problem çözümünde hiyerarsik bir yaklaşım izleyen uzman sistemler, herhangi bir nedenden dolayı ulaşılması zor olan uzman bilgilerini, bilgi seviyeleri daha düşük ve farklı yerlerde bulunan kişilerce kullanıma hazır duruma getirerek mevcut uzmanlık

bilgisinin daha geniş alanlara yayılmasında ve yapılan işlemlerin sebeplerini ve sonuçlarını açıklama yetenekleri sayesinde personelin kendisini eğitmesinde ve uzman bilgisine ulaşmanın zor veya imkânsız olduğu durumlarda uzmanların yerine geçerek uzmanlığın elde edilmesinde son derece yararlıdır [57].

Belirli bir alanda beceri ve tecrübe sahibi kişinin tecrübeleri ile pratik bilgiyi birleştiren bir bilgisayar sistemi olan uzman sistemler, sayısal analizlere dayalı sonuçların uygulanmasındaki katkılarına ek olarak, bir danışman, bir modelleme aracı ve bir öğretici olarak kullanılabilirler [58].

3.2. Uzman Sistemlerin Genel Özellikleri

Uzman sistemlerin genel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Bilgi,
- Yüksek seviyede uzmanlık,
- Teşhis,
- Hafıza,
- Eğitim

3.2.1. Bilgi

İçerdikleri güçlü bilgi kaynağı, uzman sistemlerin kalbi sayılmaktadır. Bilginin toplanması bu sistemlerin en önemli işlemlerinden birisidir. Uzman sistem bilgisinin şu özellikleri vardır:

3.2.1.1. İfadelerde esneklik

Uzman sistemlerin bilgi bankası iyi bilinen, formüle edilmiş ifadelerin yanında, uzmanların kullandığı, fakat daha önce hiç kaleme alınmamış bilgileri de içerebilmektedir.

3.2.1.2. Belirsizlik

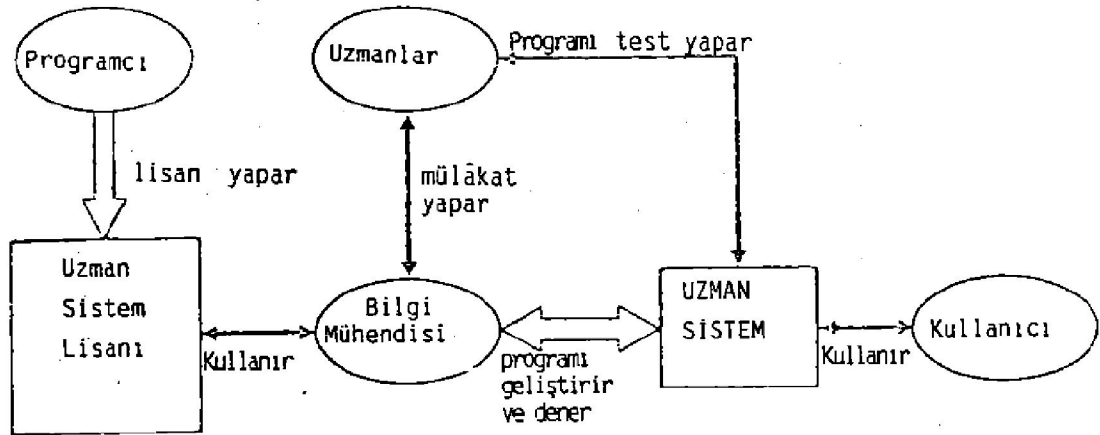
Bir konuda bilgi belirsizlik veya eksiklik nedeniyle, ancak yargıya dayalı çözüm önerebilir.

3.2.1.3. İfadelerde kolay anlaşılabilirlik

Uzman sistemlerin programları normal cümlelerle oluşturulduğu için, diğer programlara göre daha kolay anlaşılmaktadır.

3.2.1.4. Bilgilerin güncelleştirilmesi

Uzman sistemlerin bilgi bankasına çok kolay girilebildiği için, oradaki bilgilerin değiştirilmesi ve güncelleştirilmesi kolaydır.



Şekil 3.1. Uzman sistemlerde rol alanlar

3.2.2. Yüksek seviyede uzmanlık

Uzman sistemler geliştirilirken ilgili konuda bilinen en iyi uzmanlar ziyaret edilip onların bilgisine başvurulur. Bu da geliştirilen sistemin, problem çözmedeki seviyesini yükseltir.

3.2.3. Teşhis özelliği

Bir uzman sistem, bilgi modeli olarak da görev yapabilir. Programla kullanıcı arasındaki karşılıklı diyalog neticesinde program, mevcut veya beklenen programı tanımlayıp, çözüm yolları önerebilmektedir.

3.2.4. Hafıza

Büyük emeklerle oluşturulan uzmanlık bilgileri veya bir kuruma ait önemli bilgiler veya metotlar, uzman sistemlerle bilgisayarlarda saklanabilir.

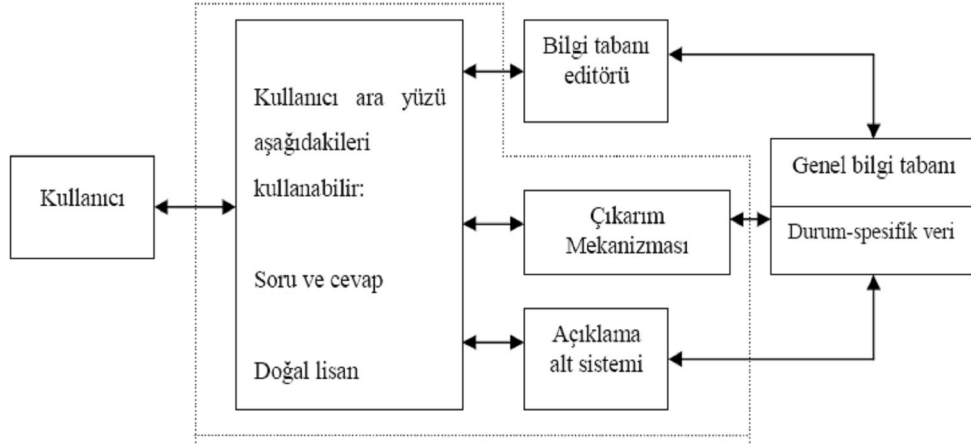
3.2.5. Eğitim

Uzman sistemler bir konuda içerdikleri bilgi yanında bir problemin çözümünde ara işlemleri de vererek, bir sonuca varılırken niye ve nasıl varıldığını da kullanıcıya vermektedir. Bu şekilde kullanıcı, problemin nasıl çözüldüğünü ve çözüm için gerekli bilgiyi parmak uçlarında bulabilmektedir. Uzman sistemler, bu özelliklerinden dolayı eğitim ve öğretimde kullanılabilirler [59]

3.3. Uzman Sistem Yapısı

Belirli bir problem hakkında tüm bilginin yer aldığı bilgi tabanı (knowledge base), bilgi tabanındaki bilgiyi yorumlayan ve sonuçları formüle edici bir metodoloji sağlayan sonuç çıkarma mekanizması (inference engine) ve yeni bilgileri alarak sonuçları açıklayan kullanıcı ara yüzü (user interface) olmak üzere üç ana bileşenden oluşan [61] uzman sistemler, genel anlamda, daha kurallı ve rasyonel, objektif kararların alınması, insan gücünden tasarruf edilmesi, uzman kişilere olan bağımlılığın azaltılması, uzmanlık gerektiren alanlara herkesin belli oranlarda

girebilmesi, her şeyden önemlisi doğru kararların alınarak hata oranlarının azaltılması amacıyla kullanılırlar [60].



Şekil 3.2. Bir Uzman Sisteminin Genel Yapısı [62]

3.3.1. Bilgi tabanı

Bilgi tabanı, gerçekleştirilen uygulama ile ilgili olarak uzman kişinin bilgi ve tecrübelerinden hareketle oluşturulan bir dizi kural (rule) ve şart (condition) içerir. Kurallar, bilginin kullanımını kontrol eden yapılar olup, şartlar kullanıcılara yöneltilen soruları veya karşılaşılabılır durumları içeren ifadelerdir [63].

Bilgi tabanı, ilgili alan bilgisini içerir. Uzman sistemleri yaratmada güncel yaklaşımların en popülerleri, kural tabanlı sistemdir. Kural tabanlı sistemde bilgi tabanı bir kural setini içerir. Kurallar her zaman iki bölümlüdür. İlk bölümde, “eğer” (if) ifadesi ile aranan bir şart, ikinci bölümde ise bu bölüme bağlı, “o halde” (then) ifadesine bağlı bir sonuç bulunur. Kuralın ilk bölümü doğru ise ikinci bölümü de doğrudur [64].

Uzman sistemlerde bilginin tasvirinde yaygın olarak kullanılan metot, “kurallar” metodudur. Bu metotta, verilecek tavsiyeler, stratejiler ve talimatlar kurallar içerisinde verilmektedir. Kurallar bir “EĞER-O ZAMAN” (IF-THEN) dizisini oluşturmaktadır. Örneğin;

“Eğer rüzgar aniden meltemden esmeye başlarsa ve Eğer hava bulutluysa”

“O zaman yarım saat içinde sağanak yağmurlar başlar.”

Uzman sistemlerde, “EĞER” ile başlayan olayların diyalog neticesinde gerçekleştiği anlaşıldığı anda, “O ZAMAN” ile başlayan neticeyi sistem açıklamış olur.

3.3.2. Sonuç çıkarma mekanizması

Bir uzman sistemin en önemli bileşeni olan ve bilgi tabanı ile etkileşimli olarak çalışan sonuç çıkarma mekanizması, ileriye doğru zincir (forward chaining) veya geriye doğru zincir (backward chaining) yaklaşımı ile bilgi tabanındaki kuralları yorumlayarak ve kullanıcıya sorulan sorulara verilen cevapların saklandığı ara sonuç tutma birimine danışarak, kullanıcıların ihtiyaç ve/veya beklentilerine uygun olarak sonuç üreten ve genel anlamda işleyişi kontrol eden mekanizmadır.

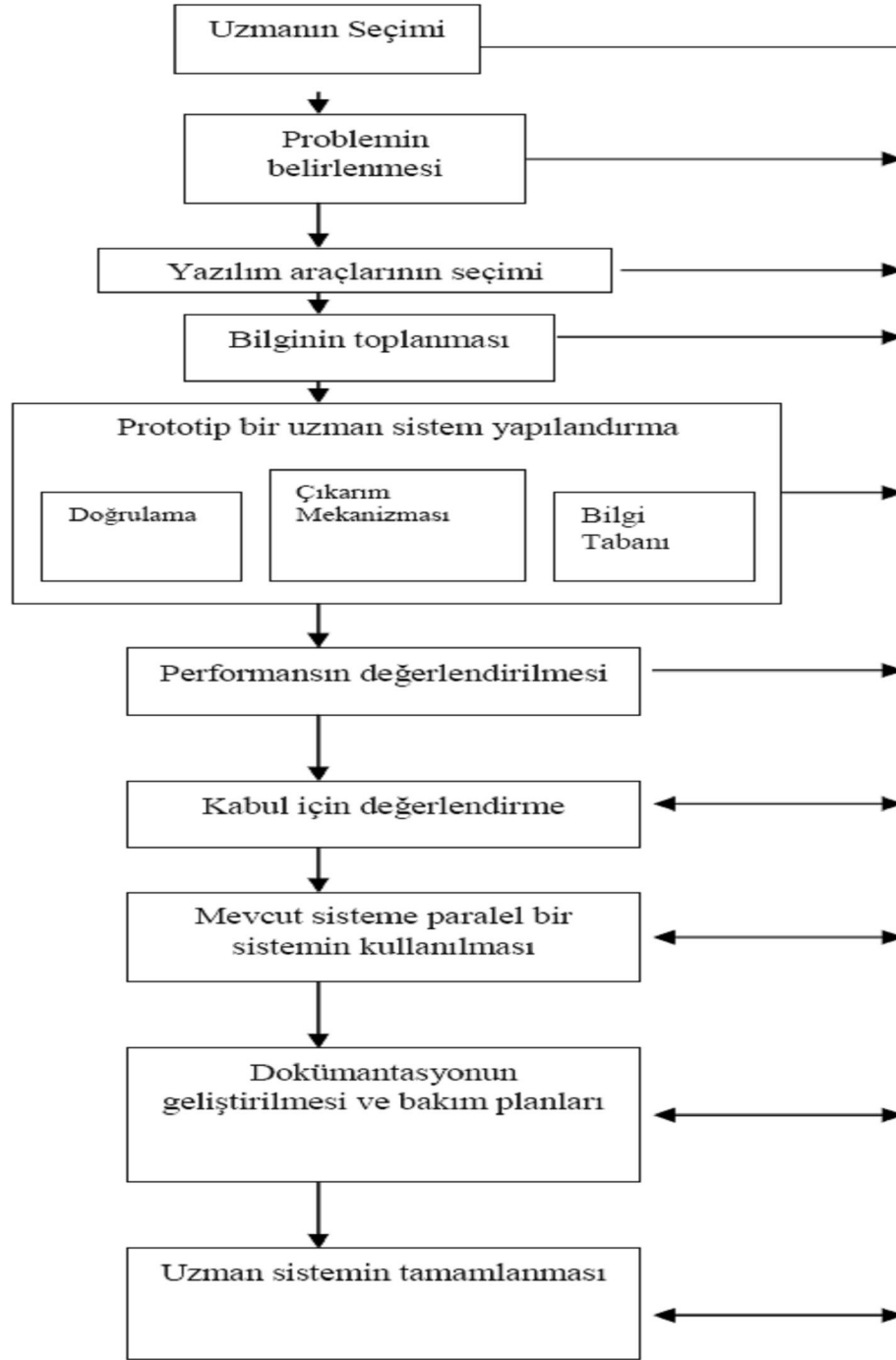
Çıkarım mekanizmasının işlevi, bilgi tabanını yorumlama ve kontroldür. Hangi durumda kuralların uygulanacağını belirlemek için çıkarım mekanizması yardımı ile gerçekleştirilir. Çıkarım mekanizması, uzman sistemin sahip olduğu verileri ve imkânları kullanarak sonuçlara erişim esnasında kullandığı mantık sürecini sağlayan yazılımdır. Mekanizma yeni bilgiler oluşturmak veya bir sorunun cevabına erişebilmek için, uzman sistemin veri tabanından veya kullanıcı tarafından sağlanan verilerden yararlanır [3].

3.3.3. Kullanıcı ara yüzü

Kullanıcı ara yüzü ise, kullanıcının tasarlanan uzman sistemi kullanarak sorgulama yapmasına ve sorulara verilen cevaplar temelinde elde edilen sonucun kullanıcıya iletilmesini sağlayan bileşendir. Bu ara yüzde yer alabilen açıklama mekanizması (explanation mechanism) ile kullanıcı, kendisine sorulan soruların düzenleniş mantığı ve uzman sistemin çalışma prensibi hakkında bilgi elde edebilmektedir.

Bazı ara yüzler donanım, bazı ara yüzler de yazılım ara yüzleridir. Yazılım ara yüzleri, çoğunlukla uzman sistemlerin kullanıcılar ile iletişim kurmasında görev

yapmaktadır. Bu amaçla tasarlanan ara yüzler peş peşe sorular sormakta ve aldıkları cevaplara göre mantık yürüterek vardıkları sonuçları bu ara yüzler ile işleme koymak amacı ile kullanıcıya iletmektedir [65].



Şekil 3.3. Bir Uzman Sistem Oluşturulurken İzlenecek Prosedür [3].

3.4. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları

Günümüzde bilginin kullanıldığı hemen her alanda Uzman Sistemler kullanılmaktadır. Bazı Uzman Sistemler araştırma aracı olarak kullanılırken, bazıları önemli iş ve endüstri alanlarında kullanılmaktadır. Yabancı para değerlerinin takibi ve tahmini, yatırım danışmanlığı, kredi yönetimi ve müşteri değerlendirme, faiz karşılığında ödünç para alma işlemlerini onaylama, sigorta risklerini değerlendirme ve yatırım fırsatlarını değerlendirme gibi alanlarda Uzman Sistem kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Literatürde verilen bilgilere dayanarak değişik alanlarda hazırlanmış olan Uzman Sistemlerden bazıları Tablo 3.1’de verilmiştir [66].

Tablo 3.1. Uzman Sistemler ve Uygulama Alanları

	UZMAN SİSTEM	AMAÇ
BİYOLOJİ	CRYSALIS	Proteinlerin 3 boyutlu yapılarını yorumlama
	DENDRAL	Moleküler Yapı Yorumlama
	CLONER	Yeni biyolojik yapı tasarımı
	MOLGEN	Gen kopyalama (klonlama) deneylerinin tasarımı
	SECS	Kompleks organik moleküllerin tasarımı
	SPEX	Moleküler biyoloji deneylerinin planlanması
	ELEKTRONİK	ACE
IN-ATE		Osiloskop hatalarının teşhisi
NDS		Ulusal iletişim ağının teşhisi
PALLADIO		Yeni VLSI devrelerinin tasarım ve testi
CADHELP		Bilgisayar destekli tasarım yardımı
SOPHIE		Devre arıza teşhisi yardımı

Tablo 3.1'in Devamı

TIP	PUFF	Akciğer hastalıklarının teşhisi
	VM	Yoğun bakım hastalıklarının incelenmesi
	AI/COAG	Kan hastalıklarının teşhisi
	CADUCEUS	Dahili hastalıkların teşhisi
	MYCIN	Bakteriyel enfeksiyonların teşhis ve tedavisi
	ONCOCIN	Kemoterapi hastalarının tedavi ve idaresi
	ATTENDING	Anestezi işlem talimatı
	GUIDON	Bakteriyel enfeksiyonlar için talimat
TERMODİNAMİK	REACTOR	Reaktör kazalarının teşhis ve çözümü
	DELTA	GE lokomotiflerinin teşhis ve çözümü
	STEAMER	Buhar santralinin çalışma talimatı
MADENCİLİK	LITHO	Petrol kuyularının verilerinin yorumlanması
	MUD	Sondaj problemlerinin teşhis ve çözümü
	PROSPECTOR	Mineral arama çalışmaları için jeolojik verilerin yorumlanması
BİLİŞİM	BDS	Şalterli ağlarda bozuk kısımların teşhisi
	YES/MVS	IBM MVS işletim sistemi için kontrol /izleme

3.5. Uzman Sistemlerin Diğer Bilgisayar Programlarından Farklılıkları

Uzman sistemlerin diğer bilgisayar programlarından farklılıkları şu şekilde özetlenebilir:

Tablo 3.2. Uzman sistem ve geleneksel bilgisayar programları arasındaki farklar

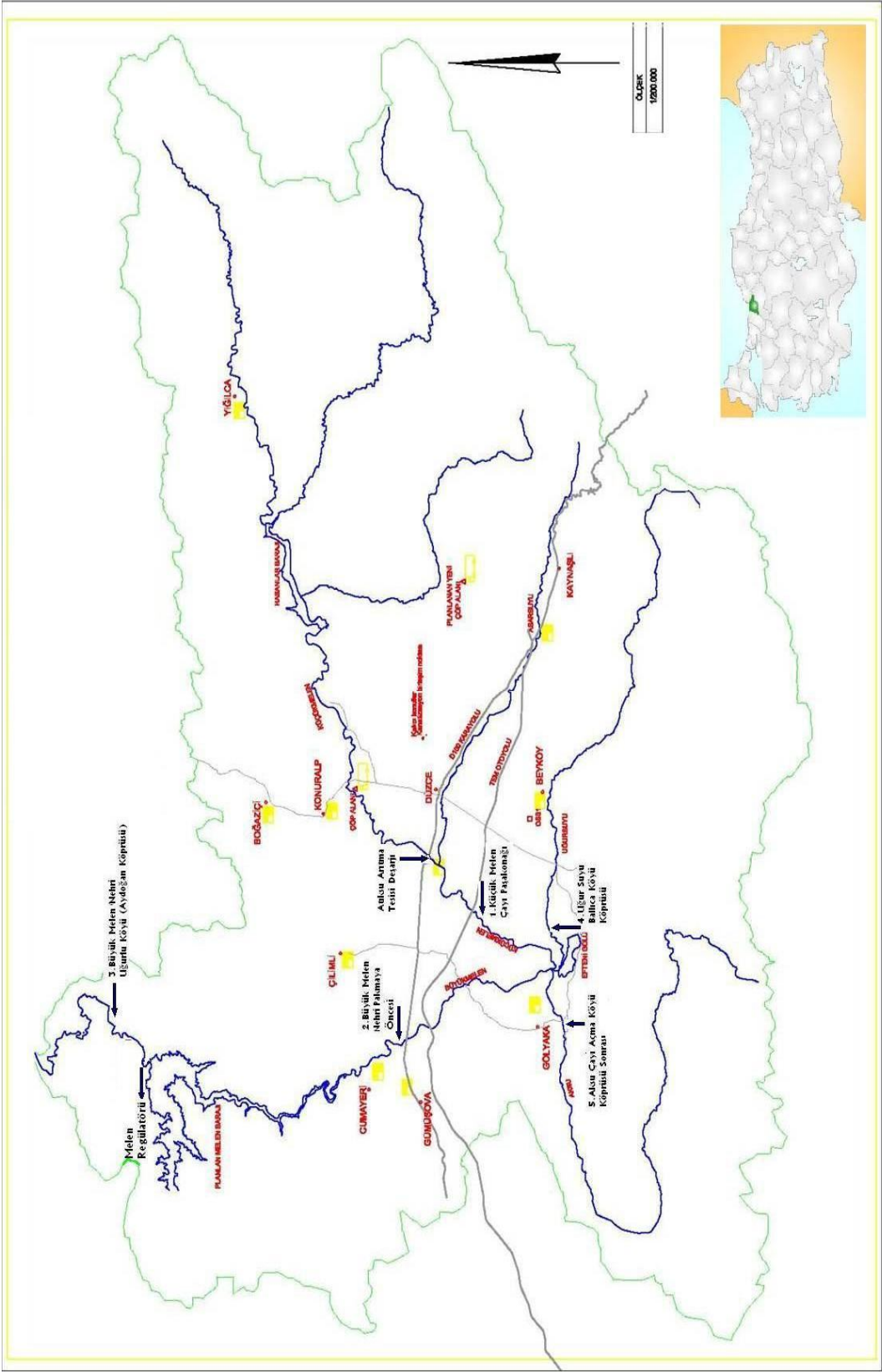
Uzman Sistem	Geleneksel Program
Bilgi kullanırlar	Data kullanırlar
Kararlar alır	Sonuçlar hesaplar
Sezgisel yöntemlere dayanır	Algoritmalara dayanır
Daha esnek	Daha az esnek
Belirsizliği ele alabilir	Belirsizliği ele alamaz
Kısmi bilgi, tutarsızlıklar ve kısmi kanaatlerle çalışabilir	Komple bilgiye ihtiyaç duyar
Sonuçların açıklamalarını sağlayabilir	Sonuçları açıklamaz verir
Sembolik muhakeme	Sayısal hesaplamalar
Öncelikle açıklayıcı	Öncelikle işleme ait
Kontrol ve bilgi ayrılmış	Kontrol ve bilgi iç içe

BÖLÜM 4. ÖNERİLEN UZMAN SİSTEM MODELİ VE UYGULAMASI

Melen Nehir Sisteminde belirlenen üç tane ana kol üzerinde, iki tane ise yan kollarda olmak üzere, beş örnekleme noktasından (Şekil 4.1), Ekim 2001-Eylül 2002 arasında, su ve makroinvertebrat örnekleri alınarak incelenmiştir. Eldeki veriler, 1., 2., 4. ve 5. Örnekleme Noktaları için 2001 (Aralık), 2002 (Mart,Haziran,Eylül); 3. Örnekleme Noktası için, 2001 (Ekim, Kasım, Aralık), 2002 (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) aylarına ait verilerdir.

1. Örnekleme Noktası: Küçük Melen Çayı Paşa Konağı
2. Örnekleme Noktası: Büyük Melen Nehri Pakmaya Öncesi
3. Örnekleme Noktası: Büyük Melen Nehri Uğurlu Köyü
4. Örnekleme Noktası: Uğur Suyu Ballica Köyü Köprüsü
5. Örnekleme Noktası: Aksu Çayı Açma Köyü Köprüsü Sonrası

Su kalite belirlenmesine yönelik olarak yapılan yapay zekânın bir alt dalı olan “Uzman Sistem” yaklaşımında, bilgi tabanı olarak, yukarıda verilen beş nokta için ölçülen 19 parametre dikkate alınmıştır. S.K.K.Y.’ye göre A grubundan; Sıcaklık, pH, Çözünmüş Oksijen (ÇO), Klorür İyonu (Cl), Sülfat (SO₄), Nitrat Azotu (NO₃-N), Nitrit Azotu (NO₂-N), Amonyum Azotu (NH₄-N), Toplam Fosfor (PO₄), Toplam Çözünmüş Madde, Sodyum (Na), B grubundan; Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), C grubundan; Florür (F), Demir (Fe), Mangan (Mn), Bor (B), D grubundan; Fekal Koliform ve Toplam Koliform parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 4.1 Melen Nehri Havzasının Haritası

Sonuç çıkarma mekanizması olarak da “SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametre için, uzman bilgisinden faydalanılarak, If-Then döngüsü yazılarak kurallar oluşturulmuş ve SKKY’de belirtilen parametreler için %90 olasılık değerlerine ait kalite sınıfları, varyans, min, max, standart sapma, medyan, standart hata ve ortalama değerleri gibi istatistiksel değerler hesaplanmıştır.

Programda, SKKY’deki 19 değişkenin, inceleme alanında anlık değerlerine bakılarak su kalitesi belirlenmiştir ve her bir değişken için belirlenmiş olan su kalitesinden, genel su kalitesine geçilmiştir. Genel su kalitesi, SKKY’de olduğu gibi, en kötü gözlemlenen su kalite parametresinin almış olduğu sınıfa göre belirlendikte sonra, genel su kalitesini kötüleştiren kaynaklara bakılarak, kirletici kaynakların neler olabileceği uzman bilgisine dayanarak tahmin edilmiştir.

Yapılan çalışma, Melen Nehri Sistemine ait verilerle, belirli bir bölge için yapılmış bir çalışmadır. Ve program, “SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosundaki sadece 19 parametre için yazılmıştır. Buna ilave olarak program tablodaki tüm değişkenler (46 değişken) için de, yukarıda anlatılan tüm hesapları yapacak şekilde genelleştirilmiştir.

4.1. Programın Tanıtılması

Programın ilk kısmı Matlab Editör’de, Function dosyası olarak aşağıdaki şekilde oluşturuldu.

```
function [Sicaklik_K, pH_K, CozunmusO2_K, Cl_K, SO4_K, NH4N_K,
NO2N_K, NO3N_K, PO4_K, ToplamCozunmusMadde_K,Na_K, KOI_K, BOI_K,
Florur_K, Fe_K, Mn_K, B_K, FekalKoliiform_K, ToplamKoliiform_K] =
part1(Sicaklik, pH, CozunmusO2, Cl, SO4, NH4N, NO2N, NO3N, PO4,
ToplamCozunmusMadde, Na, KOI, BOI, Florur, Fe, Mn, B, FekalKoliiform,
ToplamKoliiform)
```

Eşitliğin sol tarafındaki köşeli parantez ([]) içindeki değişkenler çıkış büyüklüklerini, eşitliğin sağ tarafındaki normal parantez içindeki değişkenler ise giriş büyüklüklerini

ifade etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, eşitliğin sağ tarafındaki normal parantez önündeki ifadenin, dosya ismiyle aynı olması gerektiğidir.

```
data = xlsread ('part1')
s = input ('Satir Numarasini Giriniz');
```

Excel dosyası şeklinde kaydedilmiş veri tabanı “data” değişken ismiyle okutularak, hangi satır için işlem yapacağı sordurulur. Kullanıcı tarafından girilen satır numarası, 19 değişkenin anlık ölçülmüş değerlerini ifade etmektedir.

```
fprintf('A GRUBU FIZIKSEL VE INORGANIK-KIMYASAL PARAMETRELER')

Sicaklik=data(s,1)
pH=data(s,2)
CozunmusO2=data(s,3)
Cl=data(s,4)
SO4=data(s,5)
NH4N=data(s,6)
NO2N=data(s,7)
NO3N=data(s,8)
PO4=data(s,9)
ToplamCozunmusMadde=data(s,10)
Na=data(s,11)

fprintf('B GRUBU ORGANIK PARAMETRELER')

KOI=data(s,12)
BOI=data(s,13)

fprintf('C GRUBU INORGANIK KIRLENME PARAMETRELERI')

Florur=data(s,14)
Fe=data(s,15)
Mn=data(s,16)
B=data(s,17)

fprintf('D GRUBU BAKTERIYOLOJIK PARAMETRELER')

FekalKoliform=data(s,18)
ToplamKoliform=data(s,19)
```

Kullanıcının girdiği satır numarasına göre değişkenlerin anlık değerleri yukarıdaki gibi okutulmuştur.

```
% Sicakliktan oturu kalite belirleme

if Sicaklik > 30
    Sicaklik_K=4;
end
if Sicaklik <= 30 ; Sicaklik > 25
    Sicaklik_K=3;
end
if Sicaklik == 25 ;
    Sicaklik_K=2;
end
if Sicaklik <25
    Sicaklik_K=1;
end
Sicaklik_K
```

Elimizdeki 19 değişene ait verilerin her biri için yukarıda yazılan döngü işletilerek, suyun o değişkene ait kalite sınıfı belirlenmiştir.

```
% TOPLAM KALITEYI BELIRLEME

KALITE=1;

if Sicaklik_K > KALITE
    KALITE=Sicaklik_K;
end
if pH_K > KALITE
    KALITE=pH_K;
end
```

Su kalitesi 19 değişkenin hangisinden ötürü kötüleşmişse, o değişkene ait kirletici kaynaklar aşağıdaki şekilde program tarafından tahmin edilmiştir.

```
%KAYNAGINI BELIRLEME

if KALITE == Cl_K
    KirleticiKaynaklar = 'A grubu fiziksel ve inorganik-kimyasal
parametrelerden Cl : Evsel ve Endüstriyel Drenaj Suları, Tarımsal
Araziler, Jeolojik Yapı, Tuzlu Kayalar'
```

Programın ikinci kısmında, istatistiksel hesaplamalar (ortalama, medyan, standart sapma, varyans, min, max) için bir satır değil, birden fazla satıra ihtiyaç

duyulduğundan; kaç satır için işlem yapılması isteniyorsa, o kadar satır numarası programa girilerek işlem başlatılır.

```
data = xlsread('part2')
s=input('kac satir icin islem?');
dat=[];
for k=1:s
i= input('satiri gir:');
datat(k,:)=data(i,:);
dat=[dat ;datat(k,:)];
end
```

Her bir değişken için (ortalama, medyan, standart sapma, varyans, min, max) MATLAB'deki komutu kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Örneğin ortalama hesabı için aşağıdaki döngü yazılmıştır.

```
fprintf('ORTALAMA HESABI')
ortalama = [];
for m=1:length(dat)
ort=mean(dat(:,m));
ortalama=[ortalama ort];
end
ortalama
```

Programın üçüncü kısmında, SKKY'nin istediği % 90 olasılıklı ortalama değerlerinin hesabı için, her bir değişkenin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplandıktan sonra, aşağıdaki gibi formülize edilerek işlem yürütülmüştür.

```
VeriSayisi = s
SerbestlikDerecesi = s-1
StandartHata = StandartSapma/s^0.5
Yuzde90OlasilikliOrtalama = abs(ortalama-
(Ttablosu(SerbestlikDerecesi)*StandartHata))
AltDeger = ortalama-(Ttablosu(SerbestlikDerecesi)*StandartHata)
UstDeger = ortalama+(Ttablosu(SerbestlikDerecesi)*StandartHata)
```

BÖLÜM 5. BULGULAR

5.1. Faunal Bulgular

Melen Nehir Sisteminde, Ekim 2001-Eylül 2002 arası bentik makroinvertebrat bulgularına göre belirlenen kalite sınıfları beş farklı istasyon için aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Tablo 5.1. Makroinvertebratlara göre belirlenen Kalite Sınıfları [8]

AYLAR	BMWP SU KALİTE SINIFLARI				
	1.Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
EKİM-2001	-	-	4	-	-
KASIM-2001	-	-	4	-	-
ARALIK-2001	3	-	-	2	1B
OCAK-2002	-	-	-	-	-
ŞUBAT-2002	-	-	4	-	-
MART-2002	3	3	3	1B	1A
NİSAN-2002	-	-	4	-	-
MAYIS-2002	-	-	4	-	-
HAZİRAN-2002	3	3	3	2	1B
TEMMUZ-2002	-	-	3	-	-
AĞUSTOS-2002	-	-	3	-	-
EYLÜL-2002	4	3	3	1A	1A

Biyotik indeks değerleri incelendiğinde, Birinci örnekleme noktası (Küçük Melen Çayı Paşa Konağı) için Aralık, Mart ve Haziran aylarına göre su, kirlenmiş su özelliğinde olup; Eylül ayı için de suyun kalitesi aşırı kirli olarak belirlenmiştir.

İkinci örnekleme noktası (Büyük Melen Nehri Pakmaya Öncesi) için Mart, Haziran ve Eylül aylarına göre su, kirli su özelliği taşımaktadır.

Üçüncü örnekleme noktası (Uğurlu Köyü) için Ekim, Kasım, Şubat, Nisan, Mayıs aylarına göre su aşırı kirli olup; Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına göre de su, kirli su özelliği taşımaktadır.

Dördüncü örnekleme noktası (Uğur Suyu) için Aralık ve Haziran aylarına göre su, az kirlenmiş su özelliği taşımakta olup; Mart ve Eylül ayları için de su içme su temini ve diğer kullanımlar için uygun su niteliği taşımaktadır.

Beşinci örnekleme noktası (Aksu Çayı) için Aralık, Mart, Haziran ve Eylül aylarına göre su kalitesi, benzer özellikte olup, içme su temini ve tüm amaçlar için uygun su niteliği taşımaktadır.

5.2. Uzman Sistem (Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriyolojik) Bulguları

Melen Nehri sistemindeki beş farklı istasyon için saptanan Biyotik indeks değerleri ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik bulguları aşağıdaki gibidir:

Birinci örnekleme noktasındaki (Küçük Melen Çayı Paşa Konağı) suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yönden, “SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametrenin 2001 Aralık, 2002 Mart-Haziran-Eylül aylarındaki verilerine bakılarak, aylara ve genel kaliteye göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Suyun kalitesi Aralık, Mart, Haziran, Eylül ayları için IV çıkmıştır. Bu durumda suyun genel kalite sınıfı da IV (düşük kaliteli) olarak belirlenmiştir. Aralık ayı için KOİ, Fekal Koliform ve Sodyum (Na)’ dan ötürü, Mart ayı için Fekal Koliform’dan ötürü, Haziran ayı için Fekal Koliform, Toplam Koliform ve KOİ’den ötürü ve Eylül ayı için Nitrit (NO₂-N) Azotu’ndan ötürü suyun kalitesi IV çıkmıştır (Tablo 5.3).

Program, 19 parametre için ait olduğu grubu da belirterek, ayrı ayrı su kalitesini ve genel kaliteyi verdikten sonra; suyun kalitesini düşüren parametrelere bakarak, kirlenici kaynakların neler olabileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Yani

program, Küçük Melen Çayı Paşa Konağı örnekleme noktası için, kaliteyi IV yapan parametrelerden KOİ için kirletici kaynakların, “Sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesi”, “Evsel atıksular”, “Tarımsal kaynaklı kimyasal atıkların taşınımı” olabileceğini tahmin etmektedir. Aynı şekilde Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) Azotu için kirletici kaynakların, “Nitrit (organik kirlilik kaynaklı aktif biyolojik proses girişı yani evsel ve endüstriyel atıksular)”, “Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ve gübreleme”, “Düzensiz katı atık depo alanları”, “Katı atıkların yakılması ve atmosferdeki azotun yıkanması” olabileceğini tahmin etmektedir. Sodyum (Na) için kirletici kaynakların, “Kayaların bozunması (silikatın hidrolizi)”, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri (yağmur suları)”, Yolların tuzlanması” olabileceğini tahmin etmektedir. Fekal Koliform için kirletici kaynakların, “Hayvansal ve tarımsal faaliyetler”, “Hastane atıkları”, “Evsel ve Kanalizasyon atıksuları” olabileceğini ve son olarak Toplam Koliform için de, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri” olabileceğini program bize vermektedir.

“SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına göre, değerlendirme yapılacak olursa, A grubu parametreler açısından Aralık ve Eylül ayı için su kalitesi IV, Mart ve Haziran ayları için de su kalitesi III. sınıf çıkmıştır. B grubu parametreler açısından Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi IV, Mart ayı için I, Eylül ayı için de su kalitesi II. sınıf çıkmıştır. C grubu parametreler açısından Aralık, Mart, Haziran ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. D grubu parametreler açısından ise kalite, Aralık, Mart, Haziran ayları için IV ve Eylül ayı için de II. sınıf çıkmıştır.

Küçük Melen Çayı Paşa Konağı örnekleme noktasındaki bazı istatistiksel değerlerin (varyans, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, medyan) hesapları Tablo 5.2’de gösterilmektedir.

AT’nin su kalite kriterlerindeki ölçülen parametrelere göre Küçük Melen Çayı Paşa Konağı örnekleme noktası, A₃ kalite su özelliğini taşımaktadır.

Biyotik indeks değerlerine göre ise Küçük Melen ayı Paşa Konağı rnekleme noktası, Aralık, Mart ve Haziran ayı için su kalite sınıfı 3 olmakla beraber kirli su özelliğindedir. Eylül Ayı için de su kalitesi 4 çıkmıştır. Bu durumda, su ařırđ kirlidir.

Tablo 5.2. Birinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler

	Ortalama (x10⁴)	Medyan(x10⁴)	Standart Sapma(x10⁵)	Minimum(x10³)	Maksimum(x10⁵)	Varyans(x10¹⁰)
Sıcaklık	0.0015	0.0014	0.0001	0.0080	0.0002	0.0000
pH	0.0008	0.0008	0.0000	0.0072	0.0001	0.0000
ÇO	0.0009	0.0009	0.0000	0.0079	0.0001	0.0000
Cl	-	-	-	-	-	-
SO₄	0.0018	0.0018	0.0001	0.0127	0.0002	0.0000
NH₄-N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
NO₂-N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NO₃-N	0.0001	0.0001	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
PO₄	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
TÇM	0.0208	0.0206	0.0004	0.1650	0.0025	0.0000
Na	0.0007	0.0007	0.0000	0.0050	0.0001	0.0000
KOİ	0.0050	0.0045	0.0004	0.0140	0.0010	0.0000
BOİ	0.0004	0.0005	0.0000	0.0016	0.0001	0.0000
F	0.0000	0.0000	0	0.0001	0.0000	0
Fe	0.0026	0.0025	0.0003	0.0010	0.0005	0.0000
Mn	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
B	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
Fekal Koli.	1.4800	1.2500	0.1475	0.2000	0.3400	0.0218
Toplam Koli.	8.6500	4.5000	1.1122	6.0000	2.5000	1.2369

Tablo 5.3. Birinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları

	T(sıc)	pH	ÇO	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B	Fekal Koli.	Toplam Koli.	Genel Kalite
2001Aralık	I	I	I	-	I	II	III	I	III	I	I	IV	II	I	I	I	I	IV	III	IV
2002 Mart	I	I	I	-	I	II	II	I	III	I	I	I	I	I	I	I	I	IV	III	IV
2002Haziran	I	I	II	-	I	II	III	I	III	I	I	IV	II	I	I	I	I	IV	IV	IV
2002 Eylül	I	I	I	-	I	II	IV	I	III	I	I	I	II	I	I	I	I	II	II	IV
2002 YılıOrt	I	I	II	-	I	II	IV	I	III	I	I	IV	II	I	I	I	I	IV	IV	IV

İkinci örnekleme noktasındaki (Büyük Melen Çayı Pakmaya Öncesi) suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yönden, “SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametrenin 2001 Aralık, 2002 Mart-Haziran-Eylül aylarındaki verilerine bakılarak, aylara ve genel kaliteye göre ayrı ayrı belirlenmiştir. 2001 Aralık ve 2002 Mart, Haziran, Eylül Ayı verilerine göre, çok kirli (IV. Kalite) sudur. Aralık ayı için KOİ ve Fekal Koliform’dan ötürü, Mart ayı için sadece Fekal Koliform’dan ötürü, Haziran ayı için KOİ, Fekal Koliform ve Toplam Koliform’dan ötürü, Eylül ayı için de Nitrit Azotu(NO₂-N)’ndan ötürü suyun kalitesi IV çıkmıştır (Tablo 5.5).

Program, 19 parametre için ait olduğu grubu da belirterek, ayrı ayrı su kalitesini ve genel kaliteyi verdikten sonra; suyun kalitesini düşüren parametrelere bakarak, kirletici kaynakların neler olabileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Yani program, Büyük Melen Çayı Pakmaya Öncesi örnekleme noktası için, kaliteyi IV yapan parametrelerden KOİ için kirletici kaynakların, “Sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesi”, “Evsel atıksular”, “Tarımsal kaynaklı kimyasal atıkların taşınımı” olabileceğini tahmin etmektedir. Aynı şekilde Nitrit (NO₂-N) Azotu için kirletici kaynakların, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ve gübreleme”, “Düzensiz katı atık depo alanları”, “Katı atıkların yakılması ve atmosferdeki azotun yağışlarla yıkanması” olabileceğini tahmin etmektedir. Fekal Koliform için kirletici kaynakların, “Hayvansal ve tarımsal faaliyetler”, “Hastane atıkları”, “Evsel ve Kanalizasyon atıksuları” olabileceğini ve son olarak Toplam Koliform için de, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri” olabileceğini program bize vermektedir.

“SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına göre, değerlendirme yapılacak olursa, A grubu parametreler açısından Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi III, Mart ayı için II ve Eylül ayı için de su kalitesi IV. sınıf çıkmıştır. B grubu parametreler açısından Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi IV, Mart ve Eylül ayı için de su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. C grubu parametreler açısından Aralık, Mart, Haziran ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. D grubu parametreler açısından ise kalite, Aralık, Mart, Haziran ayları için IV ve Eylül ayı için de III. sınıf çıkmıştır.

Büyük Melen Çayı Pakmaya Öncesi örnekleme noktasındaki bazı istatistiksel değerlerin (varyans, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, medyan) hesapları Tablo 5.4'de gösterilmektedir.

AT'nin su kalite kriterlerindeki ölçülen parametrelere göre Büyük Melen Çayı Pakmaya Öncesi örnekleme noktası, A₃ kalite su özelliğini taşımaktadır.

Biyotik indeks değerlerine göre ise Büyük Melen Çayı Pakmaya Öncesi örnekleme noktasında, Aralık ayı için değer saptanamamış, Mart-Haziran-Eylül Ayları için de su kalitesi 3 çıkmıştır. Yani, kirlenmiş su özelliğindedir.

Tablo 5.4. İkinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler

	Ortalama (x10 ⁴)	Medyan(x10 ⁴)	StandartSapma(x10 ⁴)	Minimum(x10 ³)	Maksimum(x10 ⁵)	Varyans(x10 ⁹)
Sıcaklık	0.0014	0.0014	0.0007	0.0080	0.0002	0.0000
pH	0.0008	0.0008	0.0000	0.0075	0.0001	0.0000
ÇO	0.0009	0.0009	0.0001	0.0078	0.0001	0.0000
Cl	0.0004	0.0004	0.0001	0.0035	0.0000	0.0000
SO₄	0.0016	0.0016	0.0006	0.0100	0.0002	0.0000
NH₄-N	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000
NO₂-N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NO₃-N	0.0001	0.0001	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
PO₄	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
TÇM	0.0197	0.0199	0.0049	0.1400	0.0025	0.0000
Na	0.0006	0.0006	0.0002	0.0043	0.0001	0.0000
KOİ	0.0058	0.0053	0.0052	0.0123	0.0011	0.0000
BOİ	0.0003	0.0003	0.0001	0.0017	0.0000	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
Fe	0.0005	0.0005	0.0003	0.0014	0.0001	0.0000
Mn	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
B	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
Fekal Koli.	0.6725	0.5300	0.7001	0.3000	0.1600	0.0490
Toplam Koli.	4.0750	2.2500	4.6715	8.0000	1.1000	2.1822

Tablo 5.5. İkinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları

	T(sıc)	pH	ÇO	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B	Fekal Koli.	Toplam Koli.	Genel Kalite
2001Aralık	I	I	I	I	I	II	II	I	III	I	I	IV	I	I	I	I	I	IV	III	IV
2002 Mart	I	I	I	I	I	I	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	IV	II	IV
2002Haziran	I	I	I	I	I	II	III	I	II	I	I	IV	I	I	I	I	I	IV	IV	IV
2002 Eylül	I	I	II	I	I	III	IV	I	III	I	I	I	I	I	I	I	I	III	II	IV
2002 YılıOrt	I	I	II	I	I	III	IV	I	III	I	I	IV	I	I	I	I	I	IV	IV	IV

Üçüncü örnekleme noktasındaki (Uğurlu Köyü) suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yönden, “SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametrenin 2001 Ekim, Kasım, Aralık; 2002 Ocak, Şubat, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki verilerine bakılarak, aylara ve genel kaliteye göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Suyun genel kalite sınıfı da IV (düşük kaliteli) olarak belirlenir. Suyun aylara göre kalitesi ise; Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayı verilerine göre IV, Mart ayı verilerine göre de III. Sınıf çıkmıştır. Bu durumda suyun genel kalite sınıfı da IV (düşük kaliteli) olarak belirlenir. 2001 Ekim ayı için Fosfor (PO_4) ve Nitrit Azotu (NO_2-N) ’ndan ötürü kalite IV, 2001 Kasım ve 2002 Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları için Nitrit Azotu (NO_2-N)’ ndan ötürü IV, 2001 Aralık ve 2002 Ocak, Şubat ayları için Fekal Koliform’dan ötürü IV, 2002 Mart ayı için Fekal Koliform ve Nitrit Azotu (NO_2-N)’ndan ötürü III; son olarak 2002 Nisan ayı için de Fekal Koliform ve Toplam Koliform’dan ötürü kalite IV çıkmıştır (Tablo 5.7).

Program, 19 parametre için ait olduğu grubu da belirterek, ayrı ayrı su kalitesini ve genel kaliteyi verdikten sonra; suyun kalitesini düşüren parametrelere bakarak, kirletici kaynakların neler olabileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Yani program, Uğurlu Köyü örnekleme noktası için, kaliteyi IV yapan parametrelerden Nitrit (NO_2-N) Azotu için kirletici kaynakların, “Nitrit (organik kirlilik kaynaklı aktif biyolojik proses girişi yani evsel ve endüstriyel atıksular)”, “Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ve gübreleme”, “Düzensiz katı atık depo alanları”, “Katı atıkların yakılması ve atmosferdeki azotun yağışlarla yıkanması” olabileceğini tahmin etmektedir. Fosfor (PO_4) için kirletici kaynakların, “Evsel atıksular (Kanalizasyon atıkları-deterjanlardan ortofosfat ve polifosfat olarak suya karışır)”, “Fosfor konsantrasyonunun %40-50 si evsel deşarjlardan” , “Endüstriyel kaynaklı (polifosfatlar, demir oksit ve $CaCO_3$ oluşumunu engellemek için suya ilave edilir. Bu şekilde polifosfat olarak sulara karışır ve ortofosfata dönüşür)”, “Atmosferik çökeltme”, “Hayvan dışkıları ve çözünebilir inorganik çökmeler”, “Toprak erozyonu ve arazi iyileştirmesi”, “Fosfat madenciliği” olabileceğini tahmin etmektedir. Fekal Koliform için kirletici kaynakların, “Hayvansal ve tarımsal faaliyetler”, “Hastane atıkları”, “Evsel ve Kanalizasyon atıksuları” olabileceğini ve son olarak Toplam

Koliform için de, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri” olabileceğini program bize vermektedir.

“SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına göre, değerlendirme yapılacak olursa, A grubu parametreler açısından Ekim, Kasım, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ayları için su kalitesi IV; Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları için de su kalitesi III. sınıf çıkmıştır. B grubu parametreler açısından Ekim, Kasım, Aralık, Nisan, Mayıs ve Haziran ayları için su kalitesi II; Ocak, Şubat, Mart, Temmuz, Ağustos, Eylül ayları için I. sınıf çıkmıştır. C grubu parametreler açısından tüm aylar için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. D grubu parametreler açısından ise kalite, Ekim, Mart, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Eylül ayları için III, Kasım ve Ağustos ayları için II ve Aralık, Ocak, Şubat ve Nisan ayları için de IV. sınıf çıkmıştır.

Uğurlu Köyü örnekleme noktasındaki bazı istatistiksel değerlerin (varyans, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, medyan) hesapları Tablo 5.6’da gösterilmektedir.

AT’nin su kalite kriterlerindeki ölçülen parametrelere göre Uğurlu Köyü örnekleme noktası, A₃ kalite su özelliğini taşımaktadır.

Biyotik indeks değerlerine göre ise Uğurlu Köyü örnekleme noktasında, ölçüm yapılamayan aylar hariç olmak üzere, Ekim, Kasım, Şubat, Nisan ve Mayıs ayları için su kalitesi 4. sınıf, Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları içinse 3 çıkmıştır.

Tablo 5.6. Üçüncü örnekleme noktası için istatistiksel değerler

	Ortalama (x10 ⁴)	Medyan(x10 ⁴)	StandartSapma(x10 ⁴)	Minimum(x10 ³)	Maksimum(x10 ⁵)	Varyans(x10 ⁹)
Sıcaklık	0.0015	0.0014	0.0007	0.0060	0.0003	0.0000
pH	0.0008	0.0008	0.0000	0.0071	0.0001	0.0000
ÇO	0.0010	0.0009	0.0001	0.0078	0.0001	0.0000
Cl	0.0008	0.0006	0.0005	0.0039	0.0002	0.0000
SO₄	0.0018	0.0017	0.0005	0.0100	0.0003	0.0000
NH₄-N	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NO₂-N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NO₃-N	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0000	0.0000
PO₄	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
TÇM	0.0234	0.0233	0.0067	0.1320	0.0039	0.0000
Na	0.0011	0.0009	0.0007	0.0046	0.0003	0.0000
KOİ	0.0023	0.0022	0.0009	0.0129	0.0005	0.0000
BOİ	0.0003	0.0003	0.0001	0.0020	0.0000	0.0000
F	-	-	-	-	-	-
Fe	0.0006	0.0002	0.0013	0.0003	0.0005	0.0000
Mn	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
B	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
Fekal Koli.	0.2047	0.1550	0.2108	0.0400	0.0700	0.0044
Toplam Koli.	3.5500	1.1500	7.4751	1.0000	2.7000	5.5877

Tablo 5.7. Üçüncü örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları

	T(sıc)	pH	ÇO	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B	Fekal Koli.	Toplam Koli.	Genel Kalite
2001Ekim	I	I	I	I	I	II	IV	I	IV	I	I	II	I	-	I	I	I	III	II	IV
2001Kasım	I	I	II	I	I	II	IV	I	III	I	I	I	II	-	I	I	I	II	II	IV
2001Aralık	I	I	I	I	I	II	II	I	III	I	I	II	I	-	I	I	I	IV	II	IV
2002 Ocak	I	I	I	I	I	I	III	I	III	I	I	I	I	-	I	I	I	IV	II	IV
2002Şubat	I	I	I	I	I	I	III	I	III	I	I	I	I	-	I	I	I	IV	II	IV
2002Mart	I	I	I	I	I	II	III	I	II	I	I	I	I	-	I	I	I	III	II	III
2002Nisan	I	I	I	I	I	II	III	I	II	I	I	I	II	-	I	I	I	IV	IV	IV
2002Mayıs	I	I	I	I	I	II	IV	I	III	I	I	I	II	-	I	I	I	III	III	IV
2002Haziran	I	I	I	I	I	II	IV	I	III	I	I	II	I	-	I	I	I	III	III	IV
2002Temmuz	I	I	I	I	I	II	IV	I	III	I	I	I	I	-	I	I	I	III	II	IV
2002Ağustos	II	I	I	I	I	II	IV	I	III	I	I	I	I	-	I	I	I	II	II	IV
2002Eylül	I	I	I	I	I	III	IV	I	III	I	I	I	I	-	I	I	I	III	II	IV
2002 Yılı Ort	II	I	I	I	I	III	IV	I	III	I	I	II	II	-	I	I	I	IV	IV	IV

Dördüncü örnekleme noktasındaki (Uğur Suyu) suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yönden, “SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametrenin 2001 Aralık, 2002 Mart-Haziran-Eylül aylarındaki verilerine bakılarak, aylara ve genel kaliteye göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Suyun kalitesi Aralık, Mart, Haziran, Eylül ayları için IV çıkmıştır. Bu durumda suyun genel kalite sınıfı da IV (düşük kaliteli) olarak belirlenir. 2001 Aralık ve Haziran ayı verilerine göre IV, 2002 Mart ayı verileri için II; Eylül Ayı verilerine göre de, III. Sınıf çıkmıştır. Aralık ayı için KOİ ve BOİ den ötürü IV, Mart ayı için Fekal Koliform ve Toplam Koliform’dan ötürü II, Haziran ayı için KOİ’den ötürü suyun kalitesi IV, Eylül ayı için de Sıcaklıktan ötürü Kalite III çıkmıştır (Tablo 5.9).

Program, 19 parametre için ait olduğu grubu da belirterek, ayrı ayrı su kalitesini ve genel kaliteyi verdikten sonra; suyun kalitesini düşüren parametrelere bakarak, kirletici kaynakların neler olabileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Yani program, Uğur Suyu örnekleme noktası için, kaliteyi IV yapan parametrelerden KOİ için kirletici kaynakların, “Sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesi”, “Evsel atıksular”, “Tarımsal kaynaklı kimyasal atıkların taşınımı” olabileceğini tahmin etmektedir. Sıcaklık kirletici kaynakları, “Suda oksijen tüketiminin artışı (Organizmaların metabolik hızına)”, “Sudaki kimyasal reaksiyonlar ve enzim faaliyetleri”, “Mevsimplere, hava sirkülasyonuna, su kaynağının bulunduğu yere, akışına ve derinliğine göre değişkenlik gösterir” şeklinde tahminde bulunmaktadır. BOİ için kirletici kaynakların, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Suda parçalanmış organik madde konsantrasyonu ve mikroorganizma sayıları”, “Zehirli etkisi olan maddelerin biyokimyasal işlemleri” olabileceğini tahmin etmektedir. Fekal Koliform için kirletici kaynakların, “Hayvansal ve tarımsal faaliyetler”, “Hastane atıkları”, “Evsel ve Kanalizasyon atıksuları” olabileceğini ve son olarak Toplam Koliform için de, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri” olabileceğini program bize vermektedir.

“SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına göre, değerlendirme yapılacak olursa, A grubu parametreler açısından Aralık ve Eylül ayı için su kalitesi III, Mart ayı için su kalitesi

I, Haziran ayı için de su kalitesi II. sınıf çıkmıştır. B grubu parametreler açısından Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi IV, Mart ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. C grubu parametreler açısından Aralık, Mart, Haziran ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. D grubu parametreler açısından ise kalite, Aralık, Haziran ayları için III, Mart ve Eylül ayı için de II. sınıf çıkmıştır.

Uğur Suyu örnekleme noktasındaki bazı istatistiksel değerlerin (varyans, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, medyan) hesapları Tablo 5.8'de gösterilmektedir.

AT'nin su kalite kriterlerindeki ölçülen parametrelere göre Uğur Suyu örnekleme noktası, A₃ kalite su özelliğini taşımaktadır.

Biyotik indeks değerlerine göre ise Uğur Suyu örnekleme noktasında, Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi 2, Mart Ayı için 1B, Eylül ayı için de su kalitesi 1A çıkmıştır.

Tablo 5.8. Dördüncü Örnekleme Noktası için istatistiksel değerler

	Ortalama	Medyan(x10³)	Standart Sapma	Minimum	Maksimum(x10³)	Varyans(x10⁵)
Sıcaklık	15.0000	0.0130	8.7178	8.0000	0.0260	0.0008
pH	7.7775	0.0078	0.2958	7.4100	0.0081	0.0000
ÇO	10.0775	0.0097	1.2739	9.0200	0.0118	0.0000
Cl	3.4000	0.0023	3.1509	0.9900	0.0080	0.0001
SO₄	12.2500	0.0100	4.5000	10.0000	0.0190	0.0002
NH₄-N	0.1700	0.0002	0.1013	0.0800	0.0003	0.0000
NO₂-N	0.0050	0.0000	0.0058	0	0.0000	0.0000
NO₃-N	0.2700	0.0003	0.2429	0	0.0006	0.0000
PO₄	0.0800	0.0000	0.1042	0	0.0002	0.0000
TÇM	173.0000	0.1730	49.1257	115.0000	0.2310	0.0241
Na	5.5200	0.0045	2.7398	3.5900	0.0096	0.0001
KOİ	47.3000	0.0431	41.4022	10.0000	0.0930	0.0171
BOİ	18.9575	0.0018	35.1522	0.6500	0.0717	0.0124
F	0.1250	0.0001	0.0500	0.1000	0.0002	0.0000
Fe	15.6400	0.0084	19.1734	1.7300	0.0440	0.0037
Mn	0.6225	0.0003	0.8651	0.0700	0.0019	0.0000
B	0.0850	0.0001	0.0737	0	0.0002	0.0000
Fekal Koli.	377.5000	0.3850	372.5923	40.0000	0.7000	1.3883
Toplam Koli.	915.0000	1.0000	636.3175	60.0000	1.6000	4.0490

Tablo 5.9. Dördüncü örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları

	T(sıc)	pH	ÇO	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B	Fekal Koli.	Toplam Koli	Genel Kalite
2001Aralık	I	I	I	I	I	II	II	I	III	I	I	IV	IV	I	I	I	I	III	II	IV
2002 Mart	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I	II
2002Haziran	I	I	I	I	I	I	II	I	II	I	I	IV	I	I	I	I	I	III	II	IV
2002 Eylül	III	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II	III
2002YılıOrt.	III	I	I	I	I	I	II	I	II	I	I	IV	I	I	I	I	I	III	II	IV

Beşinci örnekleme noktasındaki (Aksu Çayı) suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik yönden, “SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına ait 19 parametrenin 2001 Aralık, 2002 Mart-Haziran-Eylül aylarındaki verilerine bakılarak, aylara ve genel kaliteye göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Suyun kalitesi Aralık, Mart, Haziran, Eylül ayları için IV çıkmıştır. Bu durumda suyun genel kalite sınıfı da IV (düşük kaliteli) olarak belirlenir. Suyun aylara göre kalitesi ise, 2001 Aralık ayı verilerine göre IV, 2002 Mart ayı verileri için II; Haziran ve Eylül Ayı verilerine göre de III. Sınıf çıkmıştır. Aralık ayı için KOİ den ötürü IV, Mart ayı için Fekal Koliform, Toplam Koliform ve Toplam Fosfor (PO₄)’ten ötürü II, Haziran ve Eylül ayı için Fekal Koliform’dan ötürü suyun kalitesi III çıkmıştır (Tablo 5.11).

Program, 19 parametre için ait olduğu grubu da belirterek, ayrı ayrı su kalitesini ve genel kaliteyi verdikten sonra; suyun kalitesini düşüren parametrelere bakarak, kirletici kaynakların neler olabileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Yani program, Uğur Suyu örnekleme noktası için, kaliteyi IV yapan parametrelerden KOİ için kirletici kaynakların, “Sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesi”, “Evsel atıksular”, “Tarımsal kaynaklı kimyasal atıkların taşınımı” olabileceğini tahmin etmektedir. Fosfor (PO₄) için kirletici kaynakların, “Evsel atıksular (Kanalizasyon atıkları-deterjanlardan ortofosfat ve polifosfat olarak suya karışır)”, “Fosfor konsantrasyonunun % 40-50 si evsel deşarjlardan”, “Endüstriyel kaynaklı (çoğunlukla sulara polifosfatlar olarak katılır)”, “Atmosferik çökme”, “Hayvan dışkıları ve çözünebilir inorganik çökmeler”, “Toprak erozyonu ve arazi iyileştirmesi”, “Fosfat madenciliği” olabileceğini tahmin etmektedir. Fekal Koliform için kirletici kaynakların, “Hayvansal ve tarımsal faaliyetler”, “Hastane atıkları”, “Evsel ve Kanalizasyon atıksuları” olabileceğini ve son olarak Toplam Koliform için de, “Evsel ve endüstriyel atıksular”, “Sulama suyu geri dönüşleri” olabileceğini program bize vermektedir.

“SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosunda bulunan A, B, C, D gruplarına göre, değerlendirme yapılacak olursa, A grubu parametreler açısından Aralık ayı için su kalitesi III, Mart, Haziran, Eylül ayları için su kalitesi II. sınıf çıkmıştır. B grubu parametreler açısından Aralık ayı için su

kalitesi IV, Mart, Haziran ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. C grubu parametreler açısından Aralık, Mart, Haziran ve Eylül ayları için su kalitesi I. sınıf çıkmıştır. D grubu parametreler açısından ise kalite, Aralık, Haziran ve Eylül ayları için III, Mart ayı için de II. sınıf çıkmıştır.

Aksu Çayı örnekleme noktasındaki bazı istatistiksel değerlerin (varyans, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, medyan) hesapları Tablo 5.10'da gösterilmektedir.

AT'nin su kalite kriterlerindeki ölçülen parametrelere göre Aksu Çayı örnekleme noktası, A₃ kalite su özelliğini taşımaktadır.

Biyotik indeks değerlerine göre ise Aksu Çayı örnekleme noktasında, Aralık ve Haziran ayı için su kalitesi 1B, Mart ve Eylül Ayları için de su kalitesi 1A çıkmıştır. Yani, tüm amaçlar için uygun su özelliğindedir.

Tablo 5.10. Beşinci örnekleme noktası için istatistiksel değerler

	Ortalama (x10³)	Medyan(x10³)	Standart Sapma(x10³)	Minimum	Maksimum(x10³)	Varyans(x10⁶)
Sıcaklık	0.0140	0.0130	0.0071	8.0000	0.0220	0.0001
pH	0.0076	0.0077	0.0007	6.6500	0.0082	0.0000
ÇO	0.0104	0.0103	0.0013	8.9500	0.0119	0.0000
Cl	0.0036	0.0029	0.0032	0.5000	0.0082	0.0000
SO₄	0.0098	0.0097	0.0028	6.7000	0.0130	0.0000
NH₄-N	0.0003	0.0003	0.0001	0.1500	0.0005	0.0000
NO₂-N	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
NO₃-N	0.0005	0.0004	0.0001	0.3800	0.0006	0.0000
PO₄	0.0001	0.0001	0.0001	0.0300	0.0002	0.0000
TÇM	0.1435	0.1385	0.0441	99.0000	0.1980	0.0019
Na	0.0042	0.0036	0.0019	2.8800	0.0069	0.0000
KOİ	0.0440	0.0160	0.0600	10.0800	0.1338	0.0036
BOİ	0.0011	0.0009	0.0007	0.5700	0.0022	0.0000
F	0.0001	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0000
Fe	0.0201	0.0018	0.0373	0.8300	0.0760	0.0014
Mn	0.0002	0.0001	0.0001	0.0800	0.0003	0.0000
B	0.0001	0.0000	0.0001	0	0.0002	0.0000
Fekal Koli.	0.6850	0.8000	0.4812	40.0000	1.1000	0.2316
Toplam Koli.	3.2250	3.0000	2.6588	900.0000	6.0000	7.0692

Tablo 5.11. Beşinci örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu aylık ve genel kalite sınıfları

	T(sıc)	pH	ÇO	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B	Fekal Koli.	Top Koli.	Genel Kalite
2001Aralık	I	I	I	I	I	II	II	I	III	I	I	IV	I	I	I	I	I	III	II	IV
2002 Mart	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II	II
2002Haziran	I	I	I	I	I	II	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	III	II	III
2002 Eylül	I	I	I	I	I	II	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	III	II	III
2002YılıOrt.	I	I	I	I	I	II	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	III	II	III

Tablo 5.12. Beş örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu karakteristik (% 90 Olasılık) değerleri

	1. Nokta KMPK (x10⁴)	2.Nokta BMPÖ (x10⁴)	3. Nokta UK (x10³)	4. Nokta US	5.Nokta AÇ
Sıcaklık	0.0006	0.0006	0.0118	4.7435	5.6256
pH	0.0007	0.0007	0.0075	7.4295	6.7958
ÇO	0.0008	0.0007	0.0090	8.5788	8.8875
Cl	NaN	0.0004	0.0056	0.3070	0.1584
SO₄	0.0012	0.0009	0.0156	6.9557	6.4999
NH₄-N	0.0000	0.0000	0.0003	0.0508	0.1552
NO₂-N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0016
NO₃-N	0.0000	0.0000	0.0009	0.0158	0.3407
PO₄	0.0000	0.0000	0.0002	0.0426	0.0123
TÇM	0.0160	0.0139	0.1990	115.2036	91.5871
Na	0.0005	0.0004	0.0080	2.2967	2.0123
KOİ	0.0003	0.0003	0.0186	1.4096	26.6159
BOİ	0.0002	0.0002	0.0029	22.3990	0.2518
F	0.0000	0.0000	NaN	0.0662	0.0162
Fe	0.0008	0.0001	0.0005	6.9176	23.7222
Mn	0.0000	0.0001	0.0001	0.3953	0.0078
B	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0391
Fekal Koli.	0.2556	0.1512	0.9545	60.8548	118.8520
Toplam Koli.	4.4346	1.4210	3.2555	166.3724	96.9330

Tablo 5.13. Beş örnekleme noktası için Uzman Sistemin S.K.K.Y.'ye göre bulduğu karakteristik (% 90 Olasılık) değerlerine ait kalite sınıfları

	1. Nokta KMPK (x10⁴)	2.Nokta BMPÖ (x10⁴)	3. Nokta UK (x10³)	4. Nokta US	5.Nokta AÇ
Sıcaklık	I	I	I	I	I
pH	IV	IV	IV	I	I
ÇO	IV	IV	IV	I	I
Cl	-	I	I	I	I
SO₄	I	I	I	I	I
NH₄-N	I	I	I	I	I
NO₂-N	I	I	I	I	I
NO₃-N	I	I	I	I	I
PO₄	I	I	I	II	I
TÇM	I	I	I	I	I
Na	I	I	I	I	I
KOİ	I	I	I	I	II
BOİ	I	I	I	IV	I
F	I	I	-	I	I
Fe	I	I	I	I	I
Mn	I	I	I	I	I
B	I	I	I	I	I
Fekal Koli.	I	I	I	II	II
Toplam Koli.	I	I	I	II	I

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yapay zekâ tekniklerinden olan Uzman Sistemlerin, su kalite kontrol problemlerinin çözümündeki kullanımı incelenmiştir. Melen Nehri üzerindeki beş farklı istasyondan, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Ekim 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında alınan su ve bentik makroinvertebrat verileri kullanılarak, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflarına ve Uzman Sistem yaklaşımına göre su kalite sınıfları belirlenmiştir. Bu kalite sınıfları, aylık ve genel su kalite sınıfları olarak ele alınmış, daha sonra suyun kalitesini kötüleştiren her bir parametre için kirletici kaynakların neler olabileceği Uzman Sistem ile tahmin edilmiştir. Uzman Sistem programının yazım aşamasında kurallar; fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak "SKKY Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" baz alınmıştır. Biyolojik izlemede ise "Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP)" Biyotik İndeksi dikkate alınmıştır.

Birinci örnekleme noktası olan Küçük Melen Çayı Paşa Konağı'ndan alınan veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları, Eylül ayı için birebir ve Aralık, Mart, Haziran ayları için de yaklaşık olarak uyum göstermektedir.

İkinci örnekleme noktası olan Büyük Melen Nehri Pakmaya Öncesi'nden alınan veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları arasında yaklaşık olarak uyum vardır.

Üçüncü örnekleme noktası olan Uğurlu Köyü'nden alınan veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve

bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları, Ekim, Kasım, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs ayları için uyumludur.

Dördüncü örnekleme noktası olan Uğur Suyu'ndan alınan veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları arasında sadece Mart ayı için yaklaşık olarak uyum vardır.

Beşinci örnekleme noktası olan Aksu Çayı'ndan alınan veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları, sadece Mart ayı için yaklaşık olarak uyum göstermektedir.

Burada beş farklı noktadan alınan örneklerdeki su kalitesi değerleri incelendiğinde, fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik bulgular ile biyotik indeks kalite sınıfları arasında yaklaşık olarak uyum olduğu söylenebilir. Bu durum da, ekosistemdeki makroinvertebratların ortam şartlarından etkilendiğini (özellikle zehirli atıkların ortama karışması ile), olumsuz koşulların suda yaşayan canlılar üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Yukarıda bahsedilen beş noktada, suyun kalitesini düşüren kirletici kaynaklara baktığımızda;

Melen Nehrinin genel anlamda, KOİ, Nitrit (NO₂-N) Azotu, Toplam Fosfor (PO₄), Fekal Koliform ve Toplam Koliform parametrelerinden ötürü kirliliğinin arttığını görmekteyiz. Bu parametrelerin ölçüm sonuçları da, organik kaynaklı evsel ve endüstriyel atıksuların, sanayi tesislerinin proses atıksularının arıtılmadan deşarj edilmesinin, hayvansal ve tarımsal faaliyetlerin, çözünebilir inorganik çökmelerin bölgedeki artışını göstermektedir. Her istasyonda Fekal ve Toplam Koliformun baskın derecede bulunması ise bakteriyolojik kirlenme konusunda ciddi problem olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Sonuç olarak, Melen Nehrinin, değişik kirlilik konsantrasyonları altındaki davranışını tahmin edebilen bir su kalitesi modeli uyarlanarak kullanıma hazır hale

getirilmiş bulunmaktadır. Böylelikle gelecekte olabilecek kirlilik konsantrasyonları artışlarını ve değişik arıtım uygulamalarını da hesaba katan çeşitli senaryo koşullarının, Melen Nehrinde veya bir başka bölgede, kirlilik ve su kalitesi parametreleri açısından ne gibi değişiklikler meydana getireceğini tahmin etmek mümkündür.

Bir su kaynağının amaçlara uygun olarak kullanılabilmesi için periyodik olarak sürekli izlenmesi gerekir. Verileri tam olarak değerlendirecek şekilde yönetilen bir izleme programı, çevresel yönetim için oldukça yararlı bilgiler sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ZHANG, Y.F., NEE, A. Y. C., FUH, J. Y. H., NEO, K. S., LOY, H.K., A Neural Network Approach To Determining Optimal Inspection Sampling Size For CMM, Computer Integrated Manufacturing Systems, 9(3), 161-169, 1996.
- [2] HOOKS, K., RABELO, L., VELASCO, T., An Expert System Framework For A CIM Based Quality Inspection System, Computers Industrial Engineering, 29(1-4), 159-163, 1995
- [3] VURAL, İ., Kalite Kontrolünde Uzman Sistemler, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1998.
- [4] YÜCEER, A., İNKAYALI, N.G., “Aşağı Seyhan Nehri Su Kalitesi Değişiminin QUAL2E Modeli İle İncelenmesi”, 2004
- [5] ZHOU, J., Using Genetic Algorithms And Artificial Neural Networks For Multisource Geospatial Data Modeling And Classification, The University of Connecticut, 1998.
- [6] PARVATHINATHAN, G., An Evaluation Of Uncertainty In Water Quality Modeling For The Lower Rio Grande River Using Qual2E-Uncas and Neural Networks, A Thesis for the Master of Science, Texas A&M University, 2002.
- [7] BARLAS, M., YILMAZ, F., İMAMOĞLU, Ö., AKBOYUN, Ö., “Yuvarlakçay (Köyceğiz- Muğla)’ın Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Yönden İncelenmesi”. Su Ürünleri Sempozyumu Kitabı, 249-265, Sinop, 20-22 Eylül 2000.
- [8] ÖZ, N., ŞENGÖRÜR, B., The Determining of Water Quality with Biotic Indices in the Melen River and its Tributaries. Fresenius Environmental Bulletin, 13 (1), 69–70, 2004.
- [9] UYANIK, S., YILMAZ, G., YEŞİLNACAR, M. I., ASLAN, M., DEMİR, Ö., Rapid Assesment of River Water Quality in Turkey using Benthic Macroinvertebrates. Fresenius Environmental Bulletin, 14 (4), 268-272, 2005.
- [10] YU, Y. S., ZOU, S., WHITTEMORE, D., Non-parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, Journal of Hydrology, 150, 61-80, 1993.

- [11] EGEMEN, Ö., SUNLU, U., Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir, 1996.
- [12] KARAKAYA N., “Efteni Havzasında Su Kalitesi Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. FBE, İstanbul, Ekim 2000.
- [13] Guidelines for Drinking-Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information, Second ed. WHO, Geneva, 1996.
- [14] Guidelines for Drinking- Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information, Second ed. WHO, Geneva, 1984.
- [15] Devlet Su İşleri, Su ve Toprak Kaynakları Geliştirme Projeleri Planlama Semineri, 1986.
- [16] GÜLER Ç., Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara, 1997.
- [17] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004, 25687 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [18] Carl Bro Raporu, Su Yönetimi Konusunda Yasal ve Kurumsal Güçlenme, Avrupa Birliği Su Yönetimi Konusundaki Yasal Gerekliliklerin Yerine Getirilebilmesi İçin Yasal ve Kurumsal Gelişme Raporu, Çevre Bakanlığı, Ankara.
- [19] DPT, Ulusal Çevre ve Eylem Planı, Su Kaynaklarının Yönetimi, Ağustos, 1997.
- [20] BUDAK, S., Avrupa Birliği ve Türk Çevre Politikası, İstanbul, Buke Yayınları, 2000.
- [21] TÜSİAD, Avrupa Birliği Çevre Mevzuatına Uyum Süreci, Yayın No. TÜSİAD- T/2002-9/331, İstanbul, TÜSİAD Yayınları, 2002.
- [22] OKUMUŞ, İ., Avrupa Birliği Su Politikası ve Su Kalitesi Düzenlemeleri, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Yıl: 1, sayı:1, s. 109-115, 2003.
- [23] BJERREGAARD, R., Avrupa Birliği Çevre Mevzuatının Birbiriyle Uyumlu Hale Getirilmesi Konusunda Rehber, 1997.
- [24] Türkiye Çevre Vakfı, Avrupa Birliği’nde ve Türkiye’de Çevre Mevzuatı, Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, Ankara, 2001.
- [25] AVRUPA TOPLULUĞU KONSEYİ, Üye Devletlerde İçme Suyu Elde Edilmesi Amaçlanan Yerüstü Sularında Aranan Kalite Hakkında 16 Haziran 1975 Tarihli Direktif, (75/440/EEC).
- [26] GÜLER Ç., ÇOBANOĞLU Z., Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:12, Ankara, 1994.

- [27] DSİ, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Su Kalitesi Yönetimi Semineri, Ekim, 1997
- [28] İLERİ, A. B., Su ve Atık Su Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Ölçüm ve Denetim Dairesi Başkanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- [29] SAMSUNLU, A., Çevre Mühendisliği Kimyası. SAM Çevre Teknolojileri Yayınları, İstanbul, 1998.
- [30] CORTECCI, G., DINELLI, E., BENCINI, A., ADORNI-BRACCESI, A., LA RUFÀ, G., Natural and Anthropogenic SO₄ Sources in The Arno River Catchment, Northern Tuscany, Italy: A Chemical and Isotopic Reconnaissance, Applied Geochemistry 17, 79–92, 2002.
- [31] GOOLSBY, D.A., BATTAGLIN, W.A., AULENBACH, B.T., HOOPER, R.P., Nitrogen Flux and Sources in the Mississippi River Basin, The Science Of The Total Environment, 248, 75-86, 2000.
- [32] LAWRENCE, G.B., GOOLSBY, D.A., BATTAGLIN, W.A., STENSLAND, G.J., Atmospheric Nitrogen in The Mississippi River Basin-Emissions, Deposition and Transport, The Science Of The Total Environment, 248, 87-99, 2000.
- [33] MAILLARD, P., SANTOS, N.A.P., A Spatial-Statistical Approach For Modeling The Effect of Non-Point Source Pollution on Different Water Quality Parameters in The Velhas River Watershed-Brazil, Journal of Environmental Management, 86, 158–170, 2008.
- [34] VAN VLIET, M.T.H., ZWOLSMAN, J.J.G., Impact of Summer Droughts on The Water Quality of The Meuse River, Journal of Hydrology, 353, 1–17, 2008.
- [35] MAINSTONE, C.P., PARR, W., Phosphorus in Rivers- Ecology and Management, The Science of the Total Environment, 282-283, 25-47, 2002.
- [36] BAKRI, D.A., RAHMAN, S., BOWLING, L., Sources and Management of Urban Stormwater Pollution in Rural Catchments, Journal of Hydrology, 356, 299-311, 2008.
- [37] GODWIN, K.S., HAFNER, S.D., BUFF, M.F., Long Term trends in Sodium and Chloride in The Mohawk River, New York: The Effect of Fifty years of Road-Salt Application, Environmental Pollution, 124, 273-281, 2003.
- [38] KARPUZCU, M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 1996.
- [39] “Çevre Kimyası 2 Laboratuvarı Yüzey Aktif Madde Tayini” Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

- [40] KEFELİ VI and KALEVITCH MV. Natural Growth Inhibitors and Phytohormones in Plant and Environment. Kluwer Acad Publ., 1-310, 2002.
- [41] RYAN, J. A., Plant Uptake of Non-ionic Organic Chemicals from Soils, Chemosphere, 17, 2299-2323, 1988.
- [42] SORENSEN, E. M., Metal poisoning in fish, CRC Press., 285-328, 1991.
- [43] BÜYÜKKOL, E., Yer altı ve Yerüstü Sularında Arsenik, Bitirme Tezi, SAÜ, 2008
- [44] ALLEN, P., Chronic Accumulation of Cadmium in the Edible Tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner), Modification by Mercury and Lead, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 29, 8-14, 1995.
- [45] DUMIU. G., Kirli Su El Kitabı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1975.
- [46] KRAMER, H. L., et al., Trace Element Concentrations in The Liver, Kidney and Muscule of Queenslan Cattle. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 30: 588-594, 1983.
- [47] ELÇİ, L., ÖZCAN, B., Tekstil Ürün ve Atıklarında Bazı Eser Elementlerin Birlikte Çöktürme ile Deriştirilmeleri ve Tayinleri, Kayseri, 2002.
- [48] 50. Office of Drinking Water, Estimated Natural Occurrence and Exposure to Nitrate and Nitrite in Public Drinking Water Supply, EPA, Washington DC, 1987.
- [49] ŞANLI, Y., KAYA, S., Veteriner Klinik Toksikoloji, 2. Baskı. Medisan Yayınevi, Ankara, 1995.
- [50] GÜNDOĞDU, V., KOCATAŞ, A., Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı, 2006.
- [51] KAZANCI, N., GİRGİN, S., DÜGEL, M., OĞUZKURT D., Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi, Türkiye İç Suları Araştırma Dizisi II, Ankara, 1997.
- [52] ÖZ, N., Melen Nehri ve Kollarında Bentik Makroinvertebratlar ile Kimyasal Parametreler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi, SAÜ, Doktora Tezi, 2004.
- [53] TURBAN, E., Decision Support and Expert Systems, MacMillian Publishing Co., New York, 1990.
- [54] SAĞIROĞLU, Ş., BEŞDOK, E., ERLER, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1 Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 2003.
- [55] VICKRY, A., BROOKS, H., Expert Systems and Their Applications in LISP, Online Review, 11(3), 149-165, 1987.

- [56] ALTY, I., COOMBS M. J., Expert Systems: Concepts and Examples, Manchester NCC Publishing, 1984.
- [57] WINSTON, P. H., Artificial Intelligence, Addison-Wesley, Reading, 1984.
- [58] TURBAN, E., Expert Systems-Another Frontier for Industrial Engineering, Computers and Industrial Engineering, 10 (3), 227-235, 1986.
- [59] WATERMAN, D. A., A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, Reprint, 1986.
- [60] ORUÇ, K., ANAÜN, A. S., BURNAK, N., Kontrol Grafiği Seçiminde Uzman Sistem Kullanımı, Endüstri Mühendisliği, 9 (4), 3-8, 1998.
- [61] ROLSTON, D. W., Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development, McGraw Hill, New York, 1988.
- [62] LUGER, G. F., STUBBLEFIELD, W. A., Artificial Intelligence, The Benjamin Comings Publishing Company, 1989
- [63] ANAGÜN, A. S., Selecting Inventory Models Using an Expert System, Computers and Industrial Engineering, 33 (1-2), 299-302, 1997.
- [64] SEILER, H. B., SEILER, K. E., Process Control and monitoring using micro computer based expert Systems, Proc Second Annual AI And Advanced Computer Technology, 1986.
- [65] SÜMEN, H., Otomasyon yazılım yönü: Uzman Sistemler, Şubat, 1994.
- [66] AYDIN Y. S., Visual Prolog ile Programlama, Sistem Yayıncılık, 2000.

EKLER

Programda kullanılan Melen Nehir Sistemindeki 5 örnekleme noktası için DSİ tarafından ölçümü yapılmış parametrelere ait veriler aşağıda verilmiştir.

1. Nokta Küçük Melen Paşa Konağı

	Sıcaklık	pH	Çöz.Oks.	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄
2001-Aralık	9	7.2	9.12	12.7	0.3	0.02	0.58	0.27
2002-Mart	8	7.59	11.5	16	0.25	0.01	0.47	0.07
2002-Haziran	18	7.43	7.92	24.5	0.55	0.03	0.38	0.28
2002-Eylül	24	7.78	9.43	19	0.47	0.08	0.58	0.31

	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn	B
2001-Aralık	165	6.33	95.2	5.2	0.1	48	0.05	0.1
2002-Mart	184	5.03	14	1.6	0.1	1	0.11	0
2002-Haziran	228	7.19	71.12	5.84	0.1	51.66	0.6	0
2002-Eylül	254	9.58	19.04	4.57	0.1	1.36	0.24	0.14
	Fekal Koli.	Top.Koli.						
2001-Aralık	18000	30000						
2002-Mart	7000	60000						
2002-Haziran	34000	250000						
2002-Eylül	200	6000						

2.Nokta Büyük Melen Pakmaya Öncesi Verileri

	Sıcaklık	pH	Çöz.Oks.	Cl	SO₄	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N
2001-Aralık	9	7.48	9.31	3.55	10	0.25	0.01	0.58
2002-Mart	8	7.56	10.65	4.89	12	0.2	0.01	0.47
2002-Haziran	18	7.45	7.85	4.75	20.9	0.35	0.02	0.58
2002-Eylül	22	7.74	7.86	3.9	21	1.52	0.09	0.38
	PO₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn
2001-Aralık	0.3	140	4.6	112.56	2.37	0.2	6.6	0.08
2002-Mart	0.07	176	4.31	12.32	1.69	0.1	1.36	0.13
2002-Haziran	0.1	222	7.19	92.4	3.89	0.1	8.91	2.73
2002-Eylül	0.25	251	9.58	14.56	3.29	0.1	3.22	0.26
	B	Fekal Koli.	Top.Koli.					
2001-Aralık	0.1	8100	25000					
2002-Mart	0	2500	20000					
2002-Haziran	0	16000	110000					
2002-Eylül	0.2	300	8000					

3. Nokta UĞURLU
Köyü

	Sıcaklık	pH	Çöz.Oks.	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
2001-Eki	20	7.45	9	21.13	23.6	0.76	0.17	4.03
2001-Kas	14	7.39	7.82	15.03	21	0.6	0.12	2.5
2001-Ara	10	7.1	11.19	4.04	10	0.25	0.01	0.96
2002-Oca	6	7.52	11.49	7.09	15	0.01	0.02	0.83
2002-Şub	8	7.7	11.48	7.23	15.5	0.01	0.02	0.85
2002-Mar	11	7.66	10.35	5.74	15	0.5	0.03	0.63
2002-Nis	9	7.54	10.45	6.03	22	0.6	0.02	0.38
2002-May	15	7.68	8.5	6.03	19	0.7	0.06	0.58
2002-Haz	18	7.61	8.15	6.66	14.5	0.35	0.12	0.77
2002-Tem	24	7.91	9.03	6.24	15	0.6	0.08	0.89
2002-Agu	25	7.57	9.01	3.9	28	0.5	0.17	2.32
2002-Eyl	22	8.1	9.68	9.22	20	1.14	0.23	2.5
	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	Fe	Mn	B
2001-Eki	0.74	386	28.75	30.8	2.96	0.67	0.2	0.19
2001-Kas	0.56	278	18.4	23.52	4.1	0.33	0.05	0
2001-Ara	0.3	132	4.6	48.72	3.02	46	0.07	0.13
2002-Oca	0.17	239	7.03	23.52	3.26	6.47	0.24	0
2002-Şub	0.17	200	8.63	12.88	2.46	1.27	0.13	0.04
2002-Mar	0.14	179	6.47	15.12	3	1.91	0.15	0.17
2002-Nis	0.14	177	10.06	22.4	4.29	3.84	0.21	0
2002-May	0.17	186	7.19	16.24	4.02	2.5	0.23	0
2002-Haz	0.28	226	8.63	27.44	3.87	3.75	0.35	0
2002-Tem	0.34	245	8.94	20.16	2.03	1.91	0.05	0.09
2002-Agu	0.5	277	14.79	20.72	2.64	1.6	0.19	0.2
2002-Eyl	0.63	280	13.8	20.16	3.41	2.17	0.23	0.1
	Fekal Koli.	Top. Koli.						
2001-Eki	210	9000						
2001-Kas	150	1000						
2001-Ara	7000	10000						
2002-Oca	3000	10000						
2002-Şub	4000	20000						
2002-Mar	1500	18000						
2002-Nis	4000	270000						
2002-May	1600	40000						
2002-Haz	1800	30000						
2002-Tem	1000	2000						
2002-Agu	40	3000						
2002-Eyl	270	13000						

4.Nokta UĞUR Suyu

	Sıcaklık	pH	Çöz. Oks.	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
2001-Aralık	8	7.41	10.14	1.91	10	0.3	0.01	0.58
2002-Mart	8	7.86	11.85	2.69	10	0.1	0	0.31
2002-Haziran	18	7.72	9.02	8.01	10	0.2	0.01	0.19
2002-Eylül	26	8.12	9.3	0.99	19	0.08	0	0
	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn
2001-Aralık	0.23	115	4.6	71.68	71.68	0.2	44	0.07
2002-Mart	0.02	157	3.59	10	1.75	0.1	1.73	0.11
2002-Haziran	0.07	189	4.31	92.96	1.75	0.1	9	1.9
2002-Eylül	0	231	9.58	14.56	0.65	0.1	7.83	0.41
	B	Fekal Koli.	Top. Koli.					
2001-Aralık	0.08	700	1600					
2002-Mart	0	40	60					
2002-Haziran	0.18	700	1000					
2002-Eylül	0.08	70	1000					

5.Nokta AKSU Deresi

	Sıcaklık	pH	Çöz. Oks.	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
2001-Aralık	8	6.65	9.92	2.84	11	0.3	0.01	0.58
2002-Mart	8	7.7	11.92	3.05	8.4	0.15	0	0.47
2002-Haziran	18	7.73	8.95	8.15	6.7	0.5	0.01	0.38
2002-Eylül	22	8.23	10.65	0.5	13	0.35	0.01	0.38
	PO ₄	TÇM	Na	KOİ	BOİ	F	Fe	Mn
2001-Aralık	0.2	99	6.9	133.84	2.2	0.1	76	0.33
2002-Mart	0.03	118	2.88	10.08	0.57	0.1	1.46	0.08
2002-Haziran	0.07	159	2.88	15.12	0.72	0.1	0.83	0.08
2002-Eylül	0.03	198	4.31	16.8	1	0	2.17	0.11
	B	Fekal Koli.	Top. Koli.					
2001-Aralık	0.16	1000	1000					
2002-Mart	0	40	900					
2002-Haziran	0	1100	6000					
2002-Eylül	0.04	600	5000					

Birinci örnekleme Noktası Küçük Melen Paşa Konağı 2001-Aralık ve 2002 Mart-Haziran-Eylül e ait aylık ölçümlerinin ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum, varyans ve SKKY'ye göre %90 olasılık değerleri için güven aralığı (alt değer, üst değer) değerlerinin matlab çıktıları aşağıdaki gibidir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla soldan sağa doğru Sıcaklık-pH-Çözünmüş Oksijen(ÇO)-Klorür iyonu (Cl)-Sülfat iyonu (SO₄)-Amonyum Azotu (NH₄-N)- Nitrit Azotu (NO₂-N)- Nitrat Azotu (NO₃-N)-Toplam Fosfor (PO₄)-Toplam Çözünmüş Madde- Sodyum (Na)-KOİ-BOİ-Demir (Fe)-Mangan (Mn)-Bor (B)-Fekal Koliform-Toplam Koliform şeklindedir.

ORTALAMA HESABI (1.0e+004 *)

0.0015	0.0008	0.0009	NaN	0.0018	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
0.0208	0.0007	0.0050	0.0004	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000	1.4800
8.6500								

MEDYAN HESABI (1.0e+004 *)

0.0014	0.0008	0.0009	NaN	0.0018	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
0.0206	0.0007	0.0045	0.0005	0.0000	0.0025	0.0000	0.0000	1.2500
4.5000								

STANDART SAPMA HESABI (1.0e+005 *)

0.0001	0.0000	0.0000	NaN	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0004	0.0000	0.0004	0.0000	0	0.0003	0.0000	0.0000	0.1475
1.1122								

Minimum (1.0e+003 *)

0.0080	0.0072	0.0079	NaN	0.0127	0.0003	0.0000	0.0004	0.0001
0.1650	0.0050	0.0140	0.0016	0.0001	0.0010	0.0001	0	0.2000
6.0000								

Maksimum (1.0e+005 *)

0.0002	0.0001	0.0001	NaN	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0025	0.0001	0.0010	0.0001	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.3400
2.5000								

VARYANS HESABI (1.0e+010 *)

0.0000	0.0000	0.0000	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0218
1.2369								

AltDeger (1.0e+004 *)

0.0006	0.0007	0.0008	NaN	0.0012	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
0.0160	0.0005	0.0003	0.0002	0.0000	-0.0008	-0.0000	-0.0000	-0.2556
4.4346								

UstDeger (1.0e+005 *)

0.0002	0.0001	0.0001	NaN	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0026	0.0001	0.0010	0.0001	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.3216
2.1735								

İkinci örnekleme Noktası Büyük Melen Pakmaya Öncesi 2001-Aralık ve 2002 Mart-Haziran-Eylül e ait aylık ölçümlerinin ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum, varyans ve SKKY'ye göre %90 olasılık değerleri için güven aralığı (alt değer, üst değer) değerlerinin matlab çıktıları aşağıdaki gibidir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla soldan sağa doğru Sıcaklık-pH-Çözünmüş Oksijen(ÇO)-Klorür iyonu (Cl)-Sülfat iyonu (SO₄)-Amonyum Azotu (NH₄-N)- Nitrit Azotu (NO₂-N)- Nitrat Azotu (NO₃-N)-Toplam Fosfor (PO₄)-Toplam Çözünmüş Madde- Sodyum (Na)-KOİ-BOİ-Demir (Fe)-Mangan (Mn)-Bor (B)-Fekal Koliform-Toplam Koliform şeklindedir.

Ortalama

0.0014	0.0008	0.0009	0.0004	0.0016	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
0.0197	0.0006	0.0058	0.0003	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.6725
4.0750								

Medyan (1.0e+004 *)

0.0014	0.0008	0.0009	0.0004	0.0016	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
0.0199	0.0006	0.0053	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.5300
2.2500								

STANDART SAPMA HESABI (1.0e+004 *)

0.0007	0.0000	0.0001	0.0001	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0049	0.0002	0.0052	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.7001
4.6715								

Minimum (1.0e+003 *)

0.0080	0.0075	0.0078	0.0035	0.0100	0.0002	0.0000	0.0004	0.0001
0.1400	0.0043	0.0123	0.0017	0.0001	0.0014	0.0001	0	0.3000
8.0000								

Maksimum (1.0e+005 *)

0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0025	0.0001	0.0011	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.1600
1.1000								

VARYANS HESABI (1.0e+009 *)

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0490
2.1822								

AltDeger (1.0e+004 *)

0.0006	0.0007	0.0007	0.0004	0.0009	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
0.0139	0.0004	-0.0003	0.0002	0.0000	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.1512
1.4210								

UstDeger (1.0e+004 *)

0.0022	0.0008	0.0010	0.0005	0.0023	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
0.0255	0.0009	0.0119	0.0004	0.0000	0.0009	0.0002	0.0000	1.4962
9.5710								

Üçüncü Örnekleme Noktası Uğurlu Köyü 2001 Ekim den 2002 Eylül e kadar 12 aylık ölçümlerinin ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum, varyans ve SKKY'ye göre %90 olasılık değerleri için güven aralığı (alt değer, üst değer) değerlerinin matlab çıktıları aşağıdaki gibidir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla soldan sağa doğru Sıcaklık-pH-Çözünmüş Oksijen(ÇO)-Klorür iyonu (Cl)-Sülfat iyonu (SO₄)-Amonyum Azotu (NH₄-N)- Nitrit Azotu (NO₂-N)- Nitrat Azotu (NO₃-N)- Toplam Fosfor (PO₄)-Toplam Çözünmüş Madde- Sodyum (Na)-KOİ-BOİ-Demir (Fe)-Mangan (Mn)-Bor (B)-Fekal Koliform-Toplam Koliform şeklindedir.

ortalama (1.0e+004)

0.0015	0.0008	0.0010	0.0008	0.0018	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
0.0234	0.0011	0.0023	0.0003	NaN	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000
0.2047	3.5500							

medyan (1.0e+004 *)

0.0014	0.0008	0.0009	0.0006	0.0017	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
0.0233	0.0009	0.0022	0.0003	NaN	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
0.1550	1.1500							

StandartSapma (1.0e+004 *)

0.0007	0.0000	0.0001	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
0.0067	0.0007	0.0009	0.0001	NaN	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000
0.2108	7.4751							

Minimum (1.0e+003 *)

0.0060	0.0071	0.0078	0.0039	0.0100	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001
0.1320	0.0046	0.0129	0.0020	NaN	0.0003	0.0001	0	0
0.0400	1.0000							

Maksimum (1.0e+005 *)

0.0003	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0039	0.0003	0.0005	0.0000	NaN	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
0.0700	2.7000							

Varyans (1.0e+009 *)

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0044	5.5877							

Dördüncü örnekleme Noktası Uğur Suyu 2001-Aralık ve 2002 Mart-Haziran-Eylül e ait aylık ölçümlerinin ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum, varyans ve SKKY'ye göre %90 olasılık değerleri için güven aralığı (alt değer, üst değer) değerlerinin matlab çıktıları aşağıdaki gibidir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla soldan sağa doğru Sıcaklık-pH-Çözünmüş Oksijen(ÇO)-Klorür iyonu (Cl)-Sülfat iyonu (SO₄)-Amonyum Azotu (NH₄-N)- Nitrit Azotu (NO₂-N)- Nitrat Azotu (NO₃-N)-Toplam Fosfor (PO₄)-Toplam Çözünmüş Madde- Sodyum (Na)-KOİ-BOİ-Demir (Fe)-Mangan (Mn)-Bor (B)-Fekal Koliform-Toplam Koliform şeklindedir.

ORTALAMA HESABI

15.0000	7.7775	10.0775	3.4000	12.2500	0.1700	0.0050	0.2700	0.0800
173.0000	5.5200	47.3000	18.9575	0.1250	15.6400	0.6225	0.0850	
377.5000	915.0000							

MEDYAN HESABI (1.0e+003 *)

0.0130	0.0078	0.0097	0.0023	0.0100	0.0002	0.0000	0.0003	0.0000
0.1730	0.0045	0.0431	0.0018	0.0001	0.0084	0.0003	0.0001	0.3850
1.0000								

STANDART SAPMA HESABI

8.7178	0.2958	1.2739	3.1509	4.5000	0.1013	0.0058	0.2429	0.1042
49.1257	2.7398	41.4022	35.1522	0.0500	19.1734	0.8651	0.0737	372.5923
636.3175								

Minimum

8.0000	7.4100	9.0200	0.9900	10.0000	0.0800	0	0	0	115.0000
3.5900	10.0000	0.6500	0.1000	1.7300	0.0700	0	40.0000	60.0000	

Maksimum (1.0e+003 *)

0.0260	0.0081	0.0118	0.0080	0.0190	0.0003	0.0000	0.0006	0.0002
0.2310	0.0096	0.0930	0.0717	0.0002	0.0440	0.0019	0.0002	0.7000
1.6000								

VARYANS HESABI (1.0e+005 *)

0.0008	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0241	0.0001	0.0171	0.0124	0.0000	0.0037	0.0000	0.0000	1.3883
4.0490								

AltDeger

4.7435	7.4295	8.5788	-0.3070	6.9557	0.0508	-0.0018	-0.0158	-0.0426
115.2036	2.2967	-1.4096	-22.3990	0.0662	-6.9176	-0.3953	-0.0017	-
60.8548	166.3724							

UstDeger (1.0e+003 *)

0.0253	0.0081	0.0116	0.0071	0.0175	0.0003	0.0000	0.0006	0.0002
0.2308	0.0087	0.0960	0.0603	0.0002	0.0382	0.0016	0.0002	0.8159
1.6636								

Beşinci örnekleme Noktası Aksu Çayı 2001-Aralık ve 2002 Mart-Haziran-Eylül e ait aylık ölçümlerinin ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum, varyans ve SKKY'ye göre %90 olasılık değerleri için güven aralığı (alt değer, üst değer) değerlerinin matlab çıktıları aşağıdaki gibidir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla soldan sağa doğru Sıcaklık-pH-Çözünmüş Oksijen(ÇO)-Klorür iyonu (Cl)-Sülfat iyonu (SO₄)-Amonyum Azotu (NH₄-N)- Nitrit Azotu (NO₂-N)- Nitrat Azotu (NO₃-N)- Toplam Fosfor (PO₄)-Toplam Çözünmüş Madde- Sodyum (Na)-KOİ-BOİ-Demir (Fe)-Mangan (Mn)-Bor (B)-Fekal Koliform-Toplam Koliform şeklindedir.

ORTALAMA HESABI (1.0e+003 *)

0.0140	0.0076	0.0104	0.0036	0.0098	0.0003	0.0000	0.0005	0.0001
0.1435	0.0042	0.0440	0.0011	0.0001	0.0201	0.0002	0.0001	0.6850
3.2250								

MEDYAN HESABI (1.0e+003 *)

0.0130	0.0077	0.0103	0.0029	0.0097	0.0003	0.0000	0.0004	0.0001
0.1385	0.0036	0.0160	0.0009	0.0001	0.0018	0.0001	0.0000	0.8000
3.0000								

STANDART SAPMA HESABI (1.0e+003 *)

0.0071	0.0007	0.0013	0.0032	0.0028	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
0.0441	0.0019	0.0600	0.0007	0.0001	0.0373	0.0001	0.0001	0.4812
2.6588								

Minimum

8.0000	6.6500	8.9500	0.5000	6.7000	0.1500	0	0.3800	
0.0300	99.0000	2.8800	10.0800	0.5700	0	0.8300	0.0800	0
40.0000	900.0000							

Maksimum (1.0e+003 *)

0.0220	0.0082	0.0119	0.0082	0.0130	0.0005	0.0000	0.0006	0.0002
0.1980	0.0069	0.1338	0.0022	0.0001	0.0760	0.0003	0.0002	1.1000
6.0000								

VARYANS HESABI (1.0e+006 *)

0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0019	0.0000	0.0036	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.2316
7.0692								

AltDeger

5.6256	6.7958	8.8875	-0.1584	6.4999	0.1552	0.0016	0.3407	-0.0123
91.5871	2.0123	-26.6159	0.2518	0.0162	-23.7222	0.0078	-0.0391	
118.8520	96.9330							

UstDeger (1.0e+003 *)

0.0224	0.0084	0.0118	0.0074	0.0131	0.0005	0.0000	0.0006	0.0002
0.1954	0.0065	0.1145	0.0020	0.0001	0.0640	0.0003	0.0001	1.2511
6.3531								

Örnek olarak 2. Örnekleme noktasındaki 2001 Aralık değerleri kullanılarak toplam kalite ve kirlenici kaynaklarının belirlenmesi için yazılan program çalıştırıldığında bazı ekran görüntüleri aşağıdaki gibidir.

MATLAB 7.3.0 (R2006b) Command Window output:

```
Columns 13 through 19
0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0810 0.2500
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0 0.0250 0.2000
0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0 0.1600 1.1000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0030 0.0800
0.0000 0.0000 0.0008 0.0000 0.0000 0.0100 0.0100
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0 0.0004 0.0090
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0 0.0110 0.0600
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0060 0.0500
0.0007 0.0000 0.0004 0.0000 0.0000 0.0070 0.0160
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0 0.0004 0.0006
0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0070 0.0100
0.0000 0.0000 0.0001 0.0000 0.0000 0.0007 0.0100
0.0001 0.0000 0.0005 0.0000 0.0000 0.1800 0.3000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0 0.0700 0.6000
0.0001 0.0000 0.0005 0.0000 0 0.3400 2.5000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0020 0.0600
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0021 0.0900
0.0000 0 0.0000 0.0000 0 0.0015 0.0100
0.0000 0 0.0005 0.0000 0.0000 0.0700 0.1000
0.0000 0 0.0001 0.0000 0 0.0300 0.1000
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0400 0.2000
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0150 0.1800
0.0000 0 0.0000 0.0000 0 0.0400 2.7000
0.0000 0 0.0000 0.0000 0 0.0160 0.4000
0.0000 0 0.0000 0.0000 0 0.0180 0.3000
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0100 0.0200
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0004 0.0300
0.0000 0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0027 0.1300
```

Satir Numarasini Giriniz1

MATLAB 7.3.0 (R2006b) Command Window output:

```
A GRUBU FIZIKSEL VE INORGANİK-KİMYASAL PARAMETRELER
Sıcaklık =
9

pH =
7.4800

CozumunusO2 =
9.3100

Cl =
3.5500

SO4 =
10

NH4N =
0.2500

NO3N =
```

The image shows the MATLAB 7.3.0 (R2006b) interface. The workspace window displays a variable 'ans' with a value of 1. The command window shows the following output:

```

FekalKoliiform_K =

    4

ans =

    1

ToplamKoliiform_K =

    3

KALITE =

    4

KirleticıKaynaklar =

B grubu organik parametrelerden KOI : Sanayi Tesislerinin Proses Atik Sularinin Aritilmadan Desarj Edilmesi,Evsel Atik Sular

KirleticıKaynaklar =

D grubu bakteriyolojik parametrelerden FekalKoliiform : Hayvansal ve Tarımsal Faaliyetler, Hastane Atıkları?, Evsel ve Kanali...

```

The command history window shows the following sequence of commands:

```

--24
--25
--26
--27
--28
1
2
3
4
5
5/10/09 8:51 PM --
1

```

The taskbar at the bottom shows the Start button and several open applications including ML_TEZ, EK_A (U..., emel_du..., MatlabW..., MATLAB..., Editor -..., and Belge1-... The system clock shows 9:01 PM on 5/10/09.

ÖZGEÇMİŞ

Emel DURMAZ, 10.10.1982'de Giresun'da doğdu. İlkokulu Adapazarı Mustafa Kemal Paşa İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu Adapazarı 21 Haziran İlköğretim Okulu'nda tamamladı. 2000 yılında Ali Dilmen Süper Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında kazandığı Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. 2006-2007 öğretim yılında Çevre Mühendisliği Anabilimdalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı, halen öğrenciliği devam etmektedir.