

## SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

Bülent ŞENGÖRÜR, Hüseyin KILIÇ, Hüseyin ESKİ

**Özet** - Günümüzde hızlı nüfus artışına paralel olarak; evlerde, tarım ve sanayi sektörlerinde artan su ihtiyacı ile birlikte oluşan atık suyun, kontrolsüz ve uygun olmayan şartlarda alıcı ortamlara verilmesi sonucu yüzeysel sulardaki su kalitesi bozulmaya başlamıştır. Bu nedenle, evsel ve endüstriyel kaynaklı atık sular alıcı ortam özelliklerine ve kullanma koşullarına bağlı olarak belirli düzeylerde arıtılmalıdır. Su kalitesinin yönetimi, gözleme ve değerlendirme süreçlerine bağlı bütün faaliyetlerin verimliliğine ve güvenilirliğine bağlıdır. Çalışmamızda; ülkemizde kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne ve "Fuzzy Logic" yaklaşımına göre; su kalite sınıfı belirlenirken izlenen yöntemler ile sonuçları arasındaki ilişki irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** - Kirlenici kaynaklar, su kalitesi, su kalitesi yönetimi, bulanık mantık

**Abstract** — Recently; with the rapid increase in the world population the quantity of waste water has increased due to the need of water by houses, agriculture and industrial areas. Water quality in the superficial waters has started to get degenerated as a result of the fact that waste water has been let go to the receiver environment in unsuitable conditions without any control. For this reason; waste water arisen from industries and houses should be increased in determined levels according to the properties of receiver environment and usage conditions. The management of water quality depends on productivity and reliability of all activities relying on observation and evaluation processes. In our study; the relation between the results and methods followed while water quality classes are being determined has been considered according to the Fuzzy Logic Approach and Water Pollution Control Regulations.

**Key Words** - Pollutant resources, water quality, the management of water quality, fuzzy logic.

B. Şengörür, SAÜ Müh.Fak, Çevre Müh. Böl., [sengorur@sakarya.edu.tr](mailto:sengorur@sakarya.edu.tr)  
H. Kılıç, SAÜ Fen Bil. Ens. Çevre Müh. , [huseyinklc@hotmail.com](mailto:huseyinklc@hotmail.com)  
H. Eski, SAÜ Müh. Fak.Bilgisayar Müh. Böl., [heski@sakarya.edu.tr](mailto:heski@sakarya.edu.tr)

### I.GİRİŞ

Su insanlık tarihi ile beraber medeniyetlerin doğuşuna paralel olarak her zaman kullanılmıştır. İnsanoğlunun çeşitli faaliyetleri sonucu; alternatifi olmayan ve gerek üretim, gerekse yaşam için ihtiyaç duyulan su kaynaklarının ve diğer doğal kaynakların kirlenmesi söz konusu olmaktadır. Bunun önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmaması halinde kirlenmeye maruz kalan bu kaynakların elden çıkması tehlikesi vardır. Böyle bir durumla karşı karşıya kalmamak için üretimden ve diğer faaliyetlerden kaynaklanan atıkların ve atık suların alıcı ortamlara deşarjından önce kirlenici özelliklerinin, deşarj edildikleri alıcı ortamların faydalı kullanım maksatlarına zarar vermeyecek derecede arıtılması gerekmektedir[1,2].

### II. KİRLİTİCİ KAYNAKLAR

Su kirlenmesinin ana kaynakları; evsel kullanılmış sular ile sanayi kuruluşları tarafından su yataklarına verilen atıklardır. Bunun dışında, su havzalarındaki tarım alanlarından taşınan, azot ve fosfor bileşikleri bakımından zengin olan sulama suyu sızıntıları, erozyon toprakları taşıyan yağış suları, gemi söküm yerleri, sahil dolgu alanları ve katı atık boşaltma alanları da önemli kirlenicilerdendir.

Su ortamındaki hayat, ortamdaki sıcaklığın, çözülmüş oksijen konsantrasyonunun, pH değerinin, suyun renginin, askıdaki ve toplam katı madde konsantrasyonunun, toplam alkalitenin, besi maddesi konsantrasyonlarının, metal bileşiklerinin ve diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin etkisi altındadır. Bu parametrelerin üst sınırları ve bazı durumlarda da alt eşik değerleri bazı organizmalar için uygun olmayan çevre şartlarını ortaya çıkarmaktadır[3].

Kirleniciler, alıcı su ortamında estetik kirlenme, zehirli reaksiyonlar veya su canlılarının yaşama şartlarını bozan taban birikimlerinin oluşup, biyolojik olarak ayrışarak veya çürüyerek oksijen harcanmasına ve böylece su çevresinden faydalanan insan grupları ve diğer canlı hayatı için tehlikeli durumların doğması gibi çeşitli zararlı etkilere sebep olabilmektedir[4].

Gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkan hastalıkların % 80'inin yeterli içme ve kullanma suyunun bulunmamasından kaynaklanan dünyamızda, toplumların ihtiyacı olan sağlıklı, içme ve kullanma suyu kaynaklarının korunmasının ve optimum şekilde kullanılmasının sağlanması gerekmektedir. Bunu, kullanılmış suların uygun bir şekilde uzaklaştırılması takip etmektedir[3].

1997'deki temiz su hakkındaki BM Raporu; dünyanın birçok yerinde su kalitesinde ciddi düşüş olduğu, uygunsuz kullanım ile su kıtlığına sebep olduğu belirtilmektedir[5].

### III. SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

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[6].

Bir su kaynağı hakkındaki bilginin ne mertebede olduğunun belirlenmesinde temel kavram veri kalitesidir. Günümüzde üretilen verinin kalitesi hala şüphelidir ya da ne kadar kaliteli olduğu hiç bilinmemektedir. Buna rağmen hem veriyi sağlayanlar, hem de veriyi kullananlar onun kaliteli ve yeterli olduğunu düşünmektedir[7].

Rezervuarlardaki su kalitesi ancak disiplinli ve düzenli izleme ve su kalitesi modellerinin simülasyonu ile, istenilen kalite limitlerinde gerçekleştirilebilir[8].

Su kalitesi izleme ve yönetim programları geliştirilmeden önce problemin tüm boyutlarıyla tanımı yapılmış olmalıdır. Mevcut çalışmalar ve benzer sorunlar gözden geçirilmelidir. Gerekli bilgiler, su ve atık su arıtma tesislerinde, üniversiteler ve bölgesel - ulusal laboratuvarlar gibi diğer araştırma merkezlerinden, bilim ve mühendislik literatüründen sağlanabilir. Birtakım kontrol ve koruma çalışmaları bu bilgiler olmaksızın derhal başlatılabilir, fakat kullanım amaçlarının geliştirilmesi gibi yönetsel konular mutlaka ve mutlaka sistemli bilgi akışı gerektirir[7].

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

Sadece belirli bir kullanım amacına yönelik olarak hazırlanan standartlar ise o kullanım için önemli olan

kirlilik parametrelerini içerirler. Bunlara da içme ve kullanma suyu standartları örnek verilebilir[9].

Su kalitesi, bu klasik yaklaşımın yanı sıra Fuzzy (Bulanık) yaklaşımı kullanılarak da belirlenebilir. Bu yaklaşımda, su sınıfları ikili setlerden ziyade esnek kenarları ile fuzzy setleri halinde tanımlanır.

Bu yeni Fuzzy (Bulanık) sınıflandırmasını yaratmanın temel nedeni; mevcut sınıflandırmaya göre, bir su kalitesi parametresine ait küçük değişiklikler bütün su kalitesinde belirli değişikliklere neden olabilir, ama Fuzzy sınıflandırmasında su kalitesindeki küçük değişiklikler su kalitesini bir bütün olarak etkilemez, fakat daha belirli olanlar etkiler.

Bulanık mantık yaklaşımı için diğer bir neden de sınır konsantrasyonlarının değerleridir. Bu değerler mevcut sınıflandırmada tanımlanmasına rağmen, esnek bir yaklaşım bu değerleri tanımlamak için daha uygun olacaktır[8].

Ülkemizdeki kanuni sınıflandırmaya göre su kalitesi sınıfı belirlenirken; su en kötü gözlemlenen parametreye göre sınıflandırılmakta ve su kalite sınıfları ikili setler halinde tanımlanmaktadır.

S.K.K.Y.'ne göre su kalite sınıfları arasındaki geçişte sınır değerleri kesin olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla herhangi bir su parametresine ait küçük bir değişiklik su kalitesi sınıfını bütünüyle değiştirmeye yeterli olacaktır. Fuzzy yaklaşımında ise; sınır değerleri esnek olarak ayarlandığından herhangi bir su parametresine ait küçük bir değişiklik su kalitesi sınıfını etkilemez, fakat bu değişiklik esnek olan kenarlarla belirtilen sınır değerleri de aşarsa su kalite sınıfını etkiler.

### IV. MATERYAL VE METOT

Akarsuda örnekleme noktaları tespit edilirken, su kalitesini etkileyebilecek yan kolların ve atık suların karışma bölgeleri gibi su kalitesi için belirleyici olan noktalar göz önüne alınmıştır. Bu amaçla Melen Nehri üzerindeki suyu kirleten kaynaklar da göz önüne alınarak sistemi en iyi temsil edebilecek şekilde 8 tane ana kol üzerinde 3 tane ise yan kollarda olmak üzere 11 örnekleme noktası seçilmiştir[10].

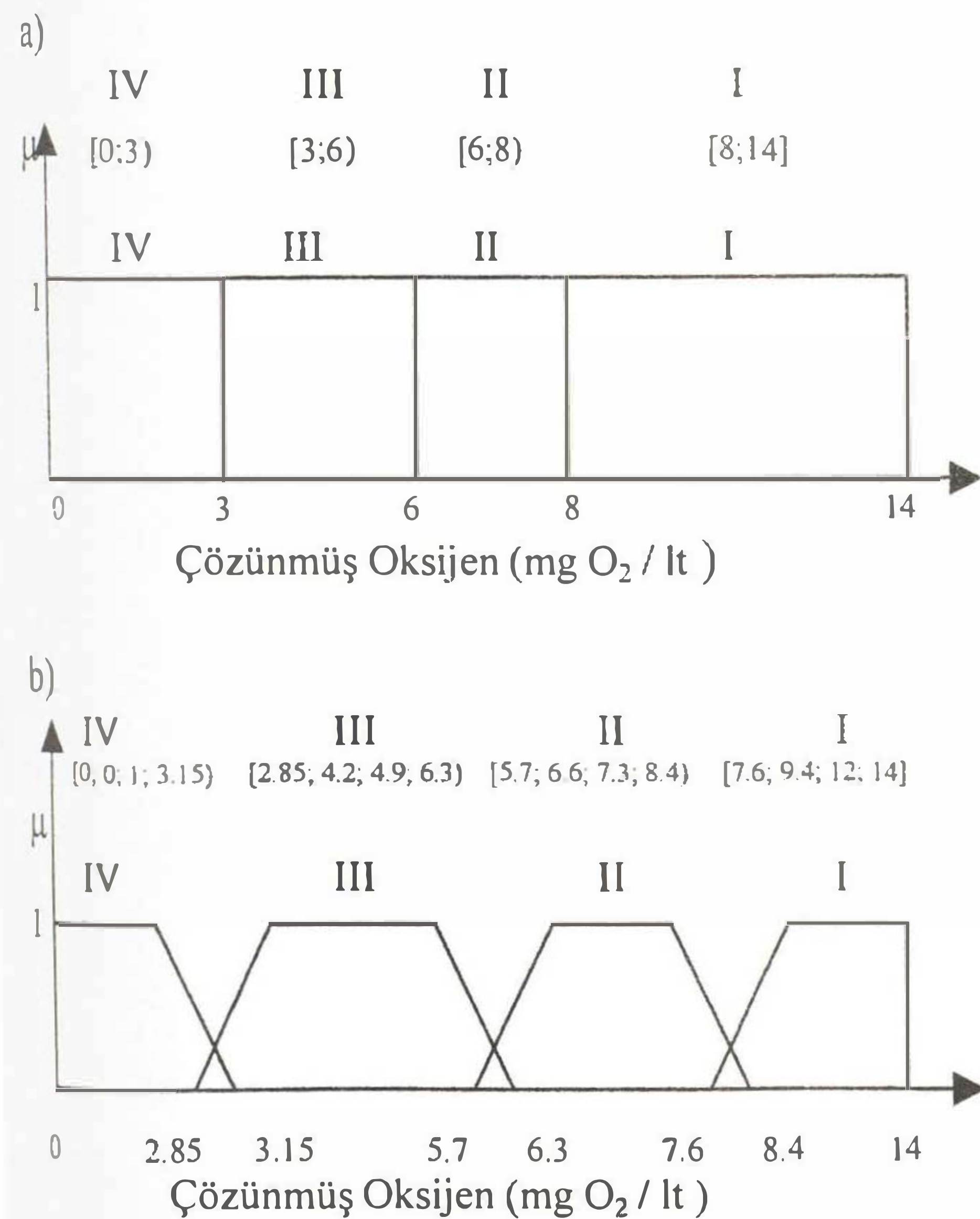
"Bulanık Mantık" yaklaşımı ile su kalitesi belirlemede on beş parametre dikkate alınmıştır. S.K.Y.Y.'ne göre A grubundan; Çözünmüş Oksijen (Ç.O), Klor (Cl), Sülfat (SO<sub>4</sub>), Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N), Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N), B grubundan; Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOD), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Fenol, C grubundan; Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Demir (Fe), Toplam Krom (Cr), D grubundan; Fekal Koliform ve Toplam Koliform parametrelerine ait veriler kullanılarak % 90 olasılık değerleri hesaplanmıştır. Bu

değerler kullanılarak S.K.K.Y.'ne göre su kalite sınıfları belirlenmiştir[11].

Su kalitesi belirlenmesine yönelik olarak; ülkemizdeki kanuni sınıflandırma olan S.K.K.Y.'ne göre, su kalite sınıfları arasındaki geçişte sınır değerleri kesin olarak belirlenmiştir. "Fuzzy Logic" yaklaşımında ise, su sınıfları ikili setlerden ziyade esnek kenarları ile Fuzzy setleri halinde tanımlanmaktadır. Dört su kalitesi sınıfını temsil eden dört Fuzzy seti oluşturulur. Fuzzy setlerindeki esnek kenarlar S.K.K.Y.'ndeki su kalite sınıflarına ait sınır değerlerinin % 5 artırılıp azaltılması ile oluşturulmuştur.

Kesin kümeler, ihtiyaçları karşılarsa da karşılamasa da kesin üyeliklere sahiptir. Sadece doğru ve yanlışın bulunduğu bir kümede sadece 0 veya 1 bulunabilir. Oysa bulanık mantıkta 0 ile 1 arasında değişen birçok değer alınabilir. Yani bulanık mantıkta bir şey ne tam doğru ne de tam yanlış olmaktadır. Doğruluk derecelerine göre ayrılabilir[12].

Fuzzy Logic'te her bir su kalite parametresi girdisi için üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır. Üyelik fonksiyonunun değer aralığı için yaygın olarak [0,1] aralığı kullanılır. Bulanık küme kavramının temsili için genel olarak;  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$  gösterimlerinden biri kullanılır. Çözünmüş Oksijen İhtiyacına ait üyelik fonksiyonu Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonları İçin Su Kalitesi Sınıfları

a) S.K.K.Y. sınıflandırması, b) Fuzzy sınıflandırması

Fuzzy Logic'te kullanılan kural tabanında; A ve C grubunda 5 parametremiz olduğundan bu parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisi açısından 1024 kural, B grubunda 3 parametremiz olduğundan bu parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisi açısından 64 kural ve D grubunda 2 parametremiz olduğundan bu parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisi açısından 8 kural yazılmıştır. Kural tabanında su kalitesi sınıfı, S.K.K.Y.'nde olduğu gibi en kötü gözlemlenen su kalite parametresinin almış olduğu sınıfa göre belirlenmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde; ölçümü yapılan fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin S.K.K.Y.'ne göre su kalite sınıfları ile Fuzzy Logic'te bulunan su kalite sınıflarının karşılaştırılması neticesinde tüm noktalarda uyum olduğu, sadece bir noktada uyumun olmadığı görülmüştür.

Bu örnekleme noktasında; A grubunda S.K.K.Y.'ne göre su kalite sınıfı IV. sınıf, Fuzzy Logic yaklaşımında ise III. sınıf bulunmuştur. Bu farklılık, parametrelerin üyelik fonksiyonları belirlenirken sınır değerlerine %5'lik esneklik payı uygulanmasından dolayıdır. Bu örnekleme noktasında NO<sub>2</sub>-N parametresinin aldığı değer su kalite sınıfında belirlenen sınır değerine ihmal edilebilecek kadar yakındır. Fuzzy sistemi bir grup için sonuç üretirken bütün parametreleri birlikte değerlendirerek tek bir su kalite sınıfı belirlemektedir. Bu örnekleme noktasında A grubu parametrelere ait veriler birlikte değerlendirilmiş ve Fuzzy sistemi bu noktada su kalitesini III. sınıf olarak bulmuştur. Bu sonuç sadece o noktadaki su kalite sınıfını değiştirmektedir, tüm nehir sisteminin su kalitesinde bir değişikliğe sebebiyet vermemektedir.

Melen Nehri'ndeki su kalite sınıfının S.K.K.Y.'ne ve Fuzzy Logic yaklaşımına göre IV. kalite olduğu görülmüştür.

## V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada su kalitesinin belirlenmesi için Fuzzy Logic yaklaşımı uygulanmıştır. Büyük Melen Nehri'nde yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler kullanılarak; S.K.K.Y.'ne ve Fuzzy Logic yaklaşımına göre su kalite sınıfı belirlenmiştir. Bu iki yaklaşım sonucu nehir sisteminin genelindeki su kalitesi sınıfının aynı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak; herhangi bir nehir sisteminde yapılacak ölçümler sonucunda su kalite parametrelerine ait elde edilecek değerler girilerek, su kalitesi sınıfını belirleyecek ve performanslı çalışacak Fuzzy Logic modellemesi tasarlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1]. KILINÇ M., "Atıksuların Sulamada Kullanılması", Kırıkkale Üniv., Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., KIRIKKALE
- [2]. DEMİREL A., "Akgöl'de (Gölkent – Sakarya) Ötrofikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi", YLS, SAÜ FBE, Sakarya, Eylül 2002.
- [3]. KARPUZCU M., "Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü", Kubbealtı Neşriyatı, İstanbul, 1996
- [4]. GÜNER E., "Su Havzaları ve Planlama İlişkisi", YLS , İTÜ FBE, İstanbul, Mayıs 2003.
- [5]. ONGLEY E.D., "Water Quality Management", In Proceedings Of The African Water Resources Policy Conference, Nairobi May 26 – 28, 1999.
- [6]. KARAKAYA N., "Efteni Havzasında Su Kalitesi Yönetimi", YLS , İTÜ FBE, İstanbul, Ekim 2000.
- [7]. MERİÇ M., "An Evaluation Of Statistical Data Analysis Methods For Water Quality Assessment", İstanbul Technical Universty, İnstitute Of Science And Technology, February 1998.
- [8]. DASİC T., DJORDJEVIĆ B., "Prediction and Management Of Water Quality In Water Storage Reservoirs", Faculty of Civil Engineering, Belgrade Yugoslavia, 2000.
- [9]. DAVASLIGİL Ö., "Terkos Gölü'nün Su Kalitesinin Değerlendirilmesi İçin Ön Yaklaşım", YLS , İTÜ FBE, İstanbul, Haziran 1998.
- [10]. ÖZ N., "Melen Nehri ve Kollarında Bentik Makroinvertebratlar İle Kimyasal Parametreler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi", Doktora Tezi, SAÜ FBE, Sakarya, Ocak 2004.
- [11]. ŞAMANDAR A., "Yayınlanmamış Tez Çalışması Verileri", Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2002.
- [12]. GÜMÜŞTAŞ R., "Trafik Akış Sisteminin Bulanık Mantıkla Denetimi" YLS, SAÜ FBE, Sakarya, Aralık 1995.