

AKYATAN LAGÜNÜNDE TUZLULUK VE BAZI KİRLİLİK DÜZEYLERİNİN SAPTANARAK COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ DESTEKLİ DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Determination Of Salinity And Some Pollution Levels With Geographic Information Systems In Akyatan Lagoon

Ayşegül DEMİR
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Zeliha SELEK
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin en büyük sulak alan sistemi Akyatan Lagününün Aralık 2007-Ağustos 2008 dönemleri arasında sıcaklık, çözünmüş oksijen (ÇO), pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik (Eİ), tuzluluk, çözünmüş katı madde (ÇKM), klorür (Cl⁻), askıda katı madde (AKM), sülfat, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam fosfor (TP), amonyum, nitrit, nitrat, toplam koliform (TC) ve fekal koliform (FC) gibi fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin değişimleri 15 farklı istasyonda aylık periyotlarda izlenmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak alansal dağılım haritaları çıkartılmıştır. Sonuç olarak; Akyatan lagünü yüzey suyu pH değerlerinde nispeten küçük bir artış, ÇO değerinde ise fazla bir değişim olmadığı gözlenmiştir. Lagünün batı bölgesinde Tuzluluk, Eİ, ÇKM ve Cl⁻ değerlerinin, denizin 1,5-2 katı kadar yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. AKM değerinin yağış, rüzgar ve dalganın etkisiyle yükseldiği saptanmıştır. Sülfat değerlerinin drenaj kanallarında, lagüne göre daha düşük seviyelerde seyrettiği görülmüştür. Amonyum, drenaj kanallarında düşük, lagün suyunda ise kışın lagünün batı ve yazın da doğu bölgelerde yüksek değerlerde tespit edilmiştir. TP, nitrit, nitrat ve KOİ değerleri genelde lagünün batı ucunda ve drenaj kanallarının boşaldığı bölgelerde yüksek seviyelerde saptanmış ancak, yaza doğru lagün içinde bir düşüş görülmüştür. Su kalitesini gözlemek amacıyla bakılan bütün parametreler; iklimsel, hidrolojik, hidrodinamik olaylar ve insan faaliyetlerinin etkisi ile lagün içerisinde birbirinden farklı değişim göstermiş ve bu değişimler CBS kullanılarak net bir şekilde gözlemlenme imkanı bulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akyatan, aşırı tuzlu lagünler, su kalitesi, CBS.

ABSTRACT

In this study, Akyatan lagoon, which is among the largest wetland systems in Turkey, was characterised based on temperature, dissolved oxygen (DO), pH, alkalinity, electrical conductivity (EC), salinity, total dissolved solids (TDS), chloride(Cl⁻), total suspended solids (TSS), sulphate, chemical oxygen demand (COD), total phosphate (TP), ammonium, nitrite, nitrate, total coliform(TC) and fecal coliform (FC) a period between December 2007-August 2008. Seasonal and local variation were determined on a monthly basis in terms of these physical, chemical and bacteriological parameters at fifteen sampling stations previously determined. In order to determine spatial distribution of these parameters around the lagoon, Geographic Information

* Yüksek Lisans Tezi-Msc. Thesis

System (GIS) were used and the distribution maps were formed. As a result, pH increased, DO values did not differ significantly. Lagoon is defined as hypersalinity lagoon, because of the salinity, EC, TDS and Cl⁻ values 1,5-2 times higher than sea water. However TSS and sulphate values were much higher those observation the drainage channels. COD was found high levels towards the west of the lagoons as well as where the drainage channels discharge. Ammonium values observed in the drainage channel were low, however, ammonium was high in the west of the lagoon in the spring months and east of the lagoon in the summer months. TP, nitrite, nitrate values were found generally high in the west and the drainage channel discharge point with decreasing trend in the summer months with GIS maps, the variation in the water quality of the lagoon in terms of climatic; hydrological; hydrogeological; hydrodynamic and human factors were summarized.

Key Words: Akyatan, hypersalinity lagoons, water quality, GIS

Giriş

İlk uygarlıklardan yakın tarihimize kadar insan toplulukları, uygarlıklarını nehir vadileri ve taşkın düzlüklerinde kurmuşlardır. Tarihsel süreç incelendiğinde ilk insan yerleşimlerinin deltalar, taşkın ovaları, göl ve akarsu kıyıları gibi sulak alan olarak tanımlanan yerlerde yoğunlaştığı görülmektedir ve pek çok topluluk uzun yıllar sulak alanlarla iç içe yaşamışlardır. Her yıl yenilenen verimli taşkın ovalarında tarım ve hayvancılık yapmışlar, sazından balığına ve kuşuna kadar sulak alanların sağladığı olanaklar ile büyük medeniyetler kurmuşlardır (Dugan, 1991; Balkaya ve Çelikoba, 2005).

RAMSAR (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi'ndeki tanıma göre sulak alanlar; "doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan bütün sular, bataklıklar, sazlıklar ve turbalıklar" olarak tanımlanmıştır (Balkaya ve Çelikoba, 2005; Pakalne, 2004; Dugan, 1991; Altan ve ark., 2004; Cirik, 1993). Bir "sulak alan" terimi kıyıda uzak alanları, kıyı ve deniz yataklarını, açık su yüzeylerini, lagünleri, nehir ağızlarını, tuzluları, geçici ve sürekli tatlı ve tuzlu su bataklıklarını, sulak çayırları, sazlıkları ve turbalıkları genel olarak kapsamına alır (SAKY, 1994; Balkaya ve Çelikoba, 2005). Sulak alanlar, birçok kara ve su canlısına barınma ve üreme için doğal ortam sunma, insanların su ihtiyaçlarını karşılama, taşkın ve erozyonu önleme, yerel iklimin düzenlenmesini sağlama, kirliliği alıkoyma gibi sayısız faydalara sahiptirler (Yaşar-Korkanç, 2004). Bu faydaların yanında sulak alanları tehdit eden problemlerde mevcuttur. Tarım ya da yerleşim amaçlı kurutmalar, içme, kullanma ve sulama suyu temin etmek amacıyla aşırı miktarda su alınması, sulak alanı besleyen suların barajlarda tutulması veya yönlerinin değiştirilmesi, yabancı balık türlerinin göllere aşılması dahil edilebilir. Ayrıca sulak alanlardan ve bunları besleyen akarsu yataklarından kum ve çakıl alınması, kontrolsüz saz kesimi, saz yakılması, aşırı otlatma, geçmiş yıllarda olduğu kadar olmasa da hala altyapı ve turizm yatırımları gibi faaliyetlerde bu problemler arasında yer almaktadır. Bunlar ekolojik denge üzerinde olumsuz

etkiye, habitat bozulmalarına ve kayıplarına neden olmaktadır (Görgün, 2002; Beklioğlu ve ark., 2007).

Lagünler, doğal olarak sulak alan habitatının tipleri içerisinde sınıflandırılmakta olup, genel olarak sığ suya sahip, bariyerler nedeniyle denizden kısmen veya tamamen ayrılabilen yüzeysel su alanlarıdır (Kırdağlı, 1999). Ekolojik açıdan büyük önem taşıyan lagünler, özel ekosistemler olup birçok işlevsel görevler üstlenmektedir. Kara ve deniz arasında yer alan kıyusal lagünler, kara ve deniz ekosistemlerinin ara yüzeyi olup karasal ve denizel faktörlerin etkisi altındadır. Aynı zamanda deniz suyu ve tatlı su ortamları arasındaki ekolojik toplulukların geçiş bölgeleridir. Hem bu sistemlerin özelliklerini hem de kendine özgü sahip olduğu özellikleri gösterebilir (Joyce ve ark., 2005; Gilabert, 2001). Lagünler akarsuların taşıdığı besleyici tuzlar nedeniyle yüksek birincil ve ikincil üretime sahiptirler (Gilabert, 2001). Su kültürü projeleri için çoğu kez yüksek derecede üretken ve ideal sistemlerdir (Kjerfve, 1994). Ayrıca yoğun bakteri ve plankton topluluklarını, besin zincirindeki birincil üretim artışlarını ve heterotrofik bakteri aktivitelerini desteklemesi nedeniyle aşırı derecede üretken ortamlar olarak bilinirler (Billen ve Garnier, 1997; Cunha ve ark., 2003; Lopes ve ark., 2005). Lagünler gibi korunaklı alanlar karaya ve denize ait özellikle de insan aktivitelerine karşı savunmasız olan sucul ekosistemler arasındadır (Mudge ve ark., 2007; Kjerfve, 1994). Sahil lagünleri ve haliçlerin büyük çoğunluğunda sirkülasyonu sağlayan ana sebep, nehir akışı ve deniz seviyesindeki değişimlerdir. Bunlar lagün içerisinde tuzluluk ve sıcaklık gibi su özelliklerinin yanında diğer izleyici parametrelerin dağılımını da belirleyen döngülerdir. Sonuç olarak sahil lagünleri çökme, rüzgar-dalga-akıntı etkileri, buharlaşma-tuzluluk etkisi, yüzey suyu sıcaklığı, morfolojik etkenler ve sedimentasyon etkisi gibi bir takım doğal kuvvetlere maruzdur (Vaz ve ark., 2005; Kjerfve, 1994; Sylaios ve Theocharis, 2002).

Bu çalışmada; hem Ramsar (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) alanı hem de Yaban Hayatı Koruma Sahası olan Türkiye'nin en büyük sulak alan sistemi Akyatan Lagününün tuzluluk ve kirlilik seviyelerindeki değişimleri aylık periyotlarda izlemek ve elde edilen sonuçların alansal dağılımlarını, Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanarak gözlemlemek amaçlanmıştır.

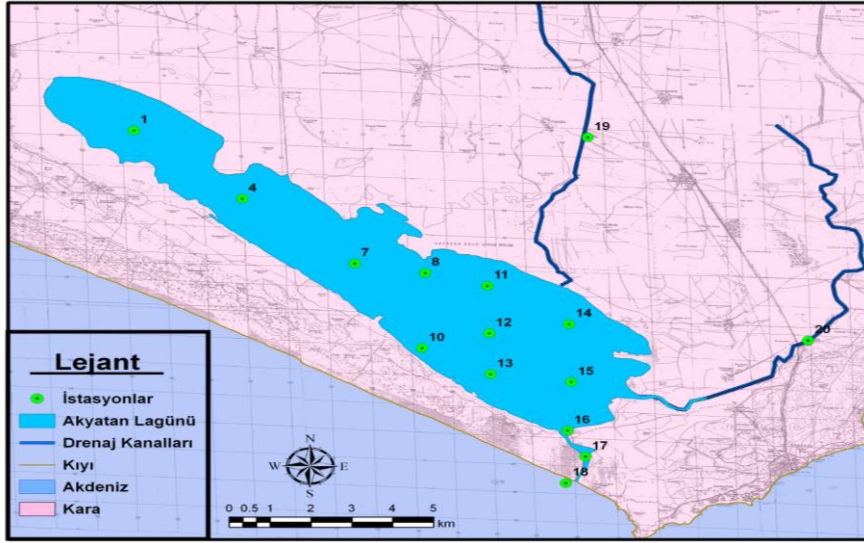
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, Adana iline 48 km, Karataş ilçesine 3 km mesafede bulunan Akyatan Lagününde gerçekleştirilmiştir. Ramsar listesindeki bilgilerde toplam alanı 14700 ha, su ile kaplı alan 4900 ha olarak verilmiştir. Lagünün uzunluğu yaklaşık 17 km, en geniş bölümü ise yaklaşık 4 km'dir. Lagünün etrafı tarım alanlarıyla çevrilidir, özellikle doğu, kuzeydoğu ve kuzey kesimleri ile kısmen güneybatı ve batı kesimlerini bu tarımsal araziler oluşturmaktadır. Derinlik su seviyesinin yükseldiği mevsimde ortalama 1 m, su seviyesinin düştüğü mevsimde ortalama 0.5 m'dir. Akyatan Lagününün denizle bağlantısı güneydoğu kesimindeki yaklaşık 2 km uzunluğunda ve genişliği sürekli değişken olan bir kanalla sağlanmaktadır.

Lagünün denize açılan bu bölümünde bir dalyan mevcuttur. Akyatan lagününe boşalan YD3 drenaj kanalı ve P2D1 Pompa-drenaj kanalı olmak üzere iki adet drenaj kanalı mevcuttur.

Çalışma istasyonları olarak; alanı en iyi tanımlayacak şekilde ve alanın tamamını temsil ettiği düşünülen toplam 15 istasyon belirlenmiştir. Numune alma istasyonlarının ikisi drenaj kanallarında, biri denizde, biri deniz-lagün bağlantı kanalında geriye kalanlar ise lagün içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanı ve istasyonların konumları Şekil 1. de görülmektedir.



Şekil.1. Çalışma alanı ve numune alma istasyonlarının konumu

Yöntem

Akyatan Lagününde yapılan çalışma; Aralık 2007-Ağustos 2008 ayları arasında olmak üzere, her ay periyodik olarak toplam 9 ay yürütülmüştür. Su numunelerinin düzenli olarak aynı koordinatlardan alınması için DSI'ye ait Magellan marka GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlandırma Sistemi ya da Küresel Yer Belirleme Sistemi) kullanılmıştır. Numuneler, lagünün çok sığ (yaklaşık derinlik 0.5-1.5 m arasında) olmasından dolayı su yüzeyinden alınmıştır. Kimyasal ve bakteriyolojik analizler için numunelerin alınması, taşınması, analize hazır hale getirilmesi ve analizleri Standart Metotlar (APHA, 1998)'e göre yapılmıştır.

Çalışmada Akyatan Lagününde Sıcaklık, ÇO, pH, Alkalinite, Eİ, Tuzluluk, ÇKM, Klorür, AKM, Sülfat, KOİ, TP, Nitrat, Nitrit ve Amonyum gibi fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerinin sonuçları alınarak ArcGIS 9.2 CBS yazılımının Kriging İnterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Kriging interpolasyon tekniği, ölçülmüş değerlerden yola çıkılarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi için kullanılmıştır (Karataş ve ark., 2008; Yaprak ve ark., 2008).

Akyatan Lagününün alanını sayısallaştırmak için DSI'den alınan standart 1/25000 ölçekli harita altlık olarak kullanılmış ve bu altlık harita üzerinde sayısallaştırma işlemi yapılmıştır. Projeksiyon sistemi olarak WGS_1984 kullanılmıştır. Yapılan tüm işlemlerde UTM koordinat sistemi, Adana ve yakın çevresinin konumu için 36 kuzey zona ayarlanmıştır.

Böylece su kalitesi ile ilgili yapılan sorgulama sonucu her istasyon için ArcGIS vasıtası ile su kalitesindeki değişimler Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında renklendirilerek gösterilebilmiş, sistemin dinamikliği sayesinde su kalitesindeki değişimler görsel olarak kolaylıkla izlenebilmiştir (Karaman, 2007).

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Yapılan araştırmada Akyatan lagünününde 15 farklı istasyonda sıcaklık, ÇO, pH, alkalinite, Eİ, tuzluluk, ÇKM, klorür, AKM, sülfat, KOİ, TP, amonyum, nitrit ve nitrat gibi 15 farklı parametreden elde edilen verilerin aylara göre hem istasyonlardaki değişimleri hem de çalışma alanı içerisindeki dağılımları incelenmiştir. Çalışmada, ayrıca 4 istasyonda TC ve FC değişimleri de araştırılmıştır. Alanda yapılan çalışmada elde edilen en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri sırasıyla 6,92-33,6 °C olarak tespit edilmiştir. Haritalarda sıcaklık parametresi alansal dağılım açısından her ay çok farklı bir dağılım sergilemiştir (Şekil 2.). Deniz suyunun lagüne giriş yaptığı bölgede su sıcaklıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak; lagünün çok sığ olmasından dolayı lagün suyu sıcaklığı hava sıcaklığı artışına ve azalışına paralel ilerlemesi düşünülmektedir. Deniz suyu ise daha derin olduğu için su sıcaklığı, lagün suyuna göre daha düşüktür. Drenaj kanallarında su sıcaklıkları ise Mayıs ayına kadar lagün içindeki değerlerle aynı, Mayıs ayından sonra lagün suyundan daha düşük değerlerde seyretmektedir.

Çalışmada tüm istasyonlarda elde edilen en düşük ve en yüksek ÇO değeri sırasıyla 2,97-10,3 mg/L olarak tespit edilmiştir. ÇO'nin zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita Şekil 2.'de verilmiştir. Haritalarda ÇO'nin, alansal dağılım açısından her ay çok farklı bir dağılım sergilediği görülmektedir. Lagün suyundaki ÇO değerini canlıların gerçekleştirdiği oksidasyon ve solunum azaltırken, fotosentez ise arttırmaktadır. Rüzgar ve dalga etkileri, ÇO değerini etkileyen diğer sebepler arasında sayılabilir. Ayrıca nitrifikasyon ve organik maddenin parçalanması, sıcaklığın artışıyla oluşan buharlaşma, suyun kirlenmesi ve çeşitli metallerin yükseltgenmesi suyun oksijen kayıplarına sebep olan etmenler arasında sıralanabilir. Aşırı tuzlu olan alanlarda (lagünün en batı ucunda) ÇO değeri, tuz konsantrasyonunun az olduğu diğer bölgelere göre daha düşüktür. Yani tuzluluk arttıkça ÇO konsantrasyonu azalmaktadır.

Yapılan çalışmada tüm istasyonlarda elde edilen en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 7,7-9,1 olarak tespit edilmiştir. pH, alansal dağılım açısından öncekilere benzer bir dağılım sergilemektedir. pH'ın zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita Şekil 2.'de verilmiştir. pH değerini fotosentetik aktiviteler artırırken, su ortamında organik maddenin oksidasyonu ve solunum olayı gibi aktiviteler düşürmektedir. Lagüne düşen yağmur suları, yağışla noktasal

olmayan kirlilik kaynaklarından ve drenaj kanallarından lagüne taşınan organik maddenin parçalanma hızındaki artış ve sudaki organizmaların gerçekleştirdiği solunum olayı, pH değerinin düşmesinde etkili olan sebepler arasında gösterilebilir.

Çalışmada en düşük ve en yüksek Toplam Alkalinite değerleri sırasıyla 94-576 mg/L olarak tespit edilmiştir. Haritalarda alkalinitenin alansal dağılımına bakıldığında; drenaj kanallarının alkalinite değerleri, lagün suyu değerlerine göre çok daha yüksek seviyelerde olduğundan, lagüne boşaldığı noktada alkalinite değerlerini yükselttiği net bir şekilde görülmektedir (Şekil 2). pH dağılımında olduğu gibi alkalinite dağılımı da su sıcaklığının artışına paralel bakteri aktivitesinin artmasıyla değişkenlik göstermektedir. Fotosentetik aktiviteler, su ortamında organik maddenin oksidasyonu, solunum olayı ve bunun yanısıra noktasal olmayan kaynaklardan lagüne sızan sular, lagün çevresinde gerçekleştirilen faaliyetlerin yağışla ve drenaj kanalları ile lagüne taşınması gibi aktiviteler alkaliniteyi değiştiren sebepler arasında sayılabilir.

En düşük ve en yüksek Sülfat değerleri sırasıyla 50-248 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sülfatın zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita Şekil 2.'de verilmiştir. Dağılım haritasına bakıldığında; genel itibarıyla lagünün batı ve orta bölgelerinde sülfat değerlerinin yüksek seviyelerde seyrettiği görülmektedir. YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen suların sülfat değerlerinin, lagüne göre daha düşük seviyelerde gözlenmektedir. Çünkü, lagün suyunda sıcaklık ve tuzluluğun artması sülfat değerini etkilemektedir. Drenaj kanallarından ve tarım arazilerinden sulama ve yağışla lagüne taşınan sülfat içerikli organik maddeler lagün suyundaki sülfat değerlerini arttırmaktadır. Ayrıca su içerisindeki ÇO'nin yeterli olmadığı durumda organik maddenin üretilmesi için sülfatın kullanılması lagün suyundaki sülfat değerini düşürmektedir.

Tüm istasyonlarda elde edilen en düşük ve en yüksek KOİ değerleri sırasıyla 50-248 mg/L olarak tespit edilmiştir. Haritalarda KOİ'nin, alansal dağılım açısından değişken bir dağılım sergilediği görülmektedir (Şekil 2.). Lagün suyunda; sulama döneminde tarım arazilerinden, drenaj kanallarına geçen gübreler ve tarımsal ilaçlar ve drenaj kanalı çevresinden gelen evsel ve endüstriyel atık sular KOİ değerini arttırmaktadır. Ayrıca lagünün batı ve orta bölgelerinde noktasal olmayan kaynaklardan taşınan gübre, ilaç ve evsel nitelikli organik maddeler de lagün suyunun KOİ değerini arttırmaktadır. Buna karşın sıcaklığın artması ve yağışla seyrelme lagün suyundaki KOİ değerini azaltmaktadır.

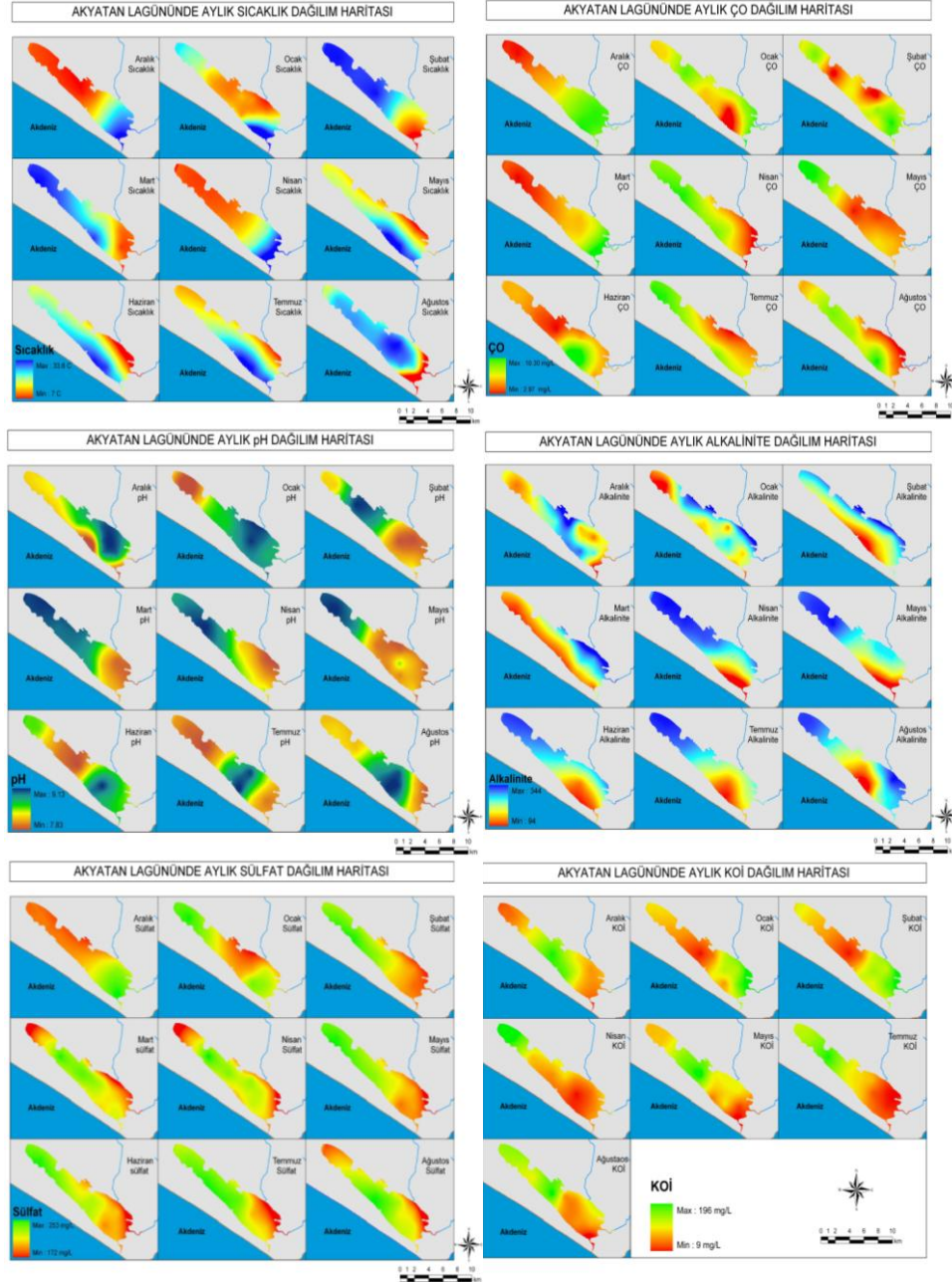
Çalışmada tüm istasyonlardaki en düşük ve en yüksek Eİ, Tuzluluk, ÇKM ve Klorür değerleri sırasıyla 0,65-105,7 ms/cm; 0,3-75,2 ppt; 400-98384 mg/L; 1001-47302 mg/L olarak tespit edilmiştir. Eİ, tuzluluk, ÇKM ve klorürün zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita sırasıyla Şekil 3.'de verilmiştir. Lagün içi dağılımlara bakıldığında, özellikle lagünde herhangi bir akım etkisinin su değişimine neden olmadığı en batıdaki bölgelerde; sıcaklık, buharlaşma ve küçülen lagün alanında kalan tuz birikintileri yağışların etkisi ile lagüne taşınarak Eİ, tuzluluk, ÇKM ve klorürün en yüksek değerlerde (deniz suyuna göre yaklaşık 15-2 kat) olmasına neden olduğu görülmektedir. Ancak drenaj kanallarından tatlı suyun lagüne giriş yaptığı bölgedeki istasyonlarda ise Eİ, tuzluluk, ÇKM ve klorür

konsantrasyonları lagünün diğer bölgelerine göre daha düşük seviyelerde gözlenmektedir.

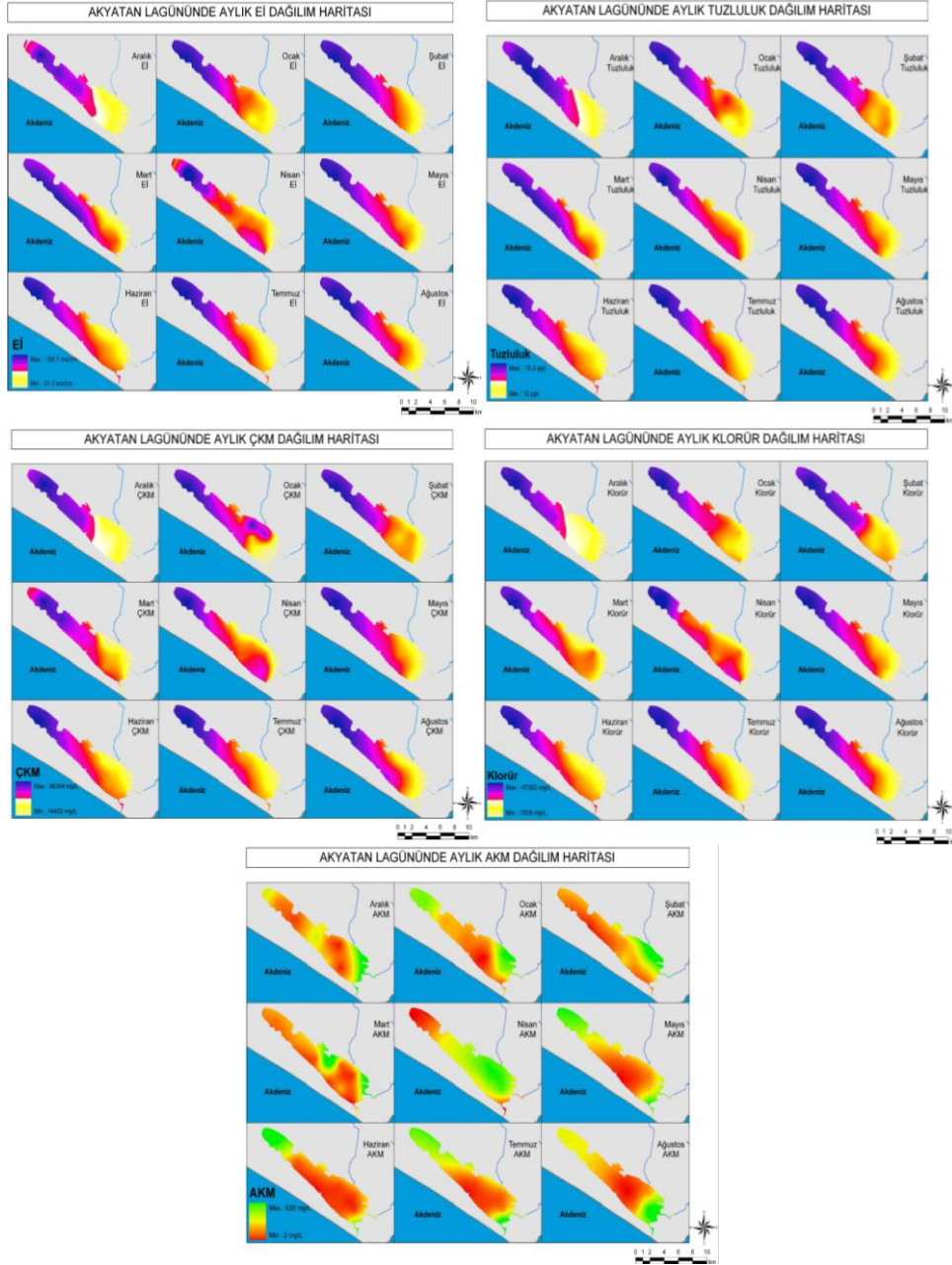
Çalışmada en düşük ve en yüksek AKM değerleri sırasıyla 2-628 mg/L olarak tespit edilmiştir. AKM'nin zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita Şekil 3.'te verilmiştir. AKM değerini; rüzgar, dalga ve akıntı etkileri, drenaj kanallarından gelen yüksek AKM içerikli sular, sulama ve yağış dönemlerinde tarlalardan lagüne taşınan sular arttırmaktadır. Rüzgarın ve dalga etkisinin az ve suyun durgun olduğu durumlarda ise AKM değerinin düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir .

Çalışmada en düşük ve en yüksek TP değerleri sırasıyla 0,1-2,2 mg/L olarak tespit edilmiştir. TP'un zamanla istasyon bazında alansal dağılımını gösteren harita Şekil 4.'te verilmiştir. TP dağılımını etkileyen sebepler arasında; drenaj kanallarından ve lagün civarındaki tarım arazilerinden yağışla ve sulamayla sızan fosforlu gübre ve fosforlu organik maddeler ve civar köylerden lagüne gelen farklı organik fosfor kaynakları sıralanabilir. Ayrıca sedimentte çökmüş vaziyette bulunan fosforun tekrar asılı hale gelerek, su ortamındaki TP konsantrasyonunu arttırması da lagün suyundaki TP değerini etkileyen kaynaklar arasında dahil edilebilir. Yazaya doğru su içerisinde alg aktivitesinin artması, TP değerlerinin lagün içerisinde ve drenaj kanallarında düşük olmasına sebep olmuştur.

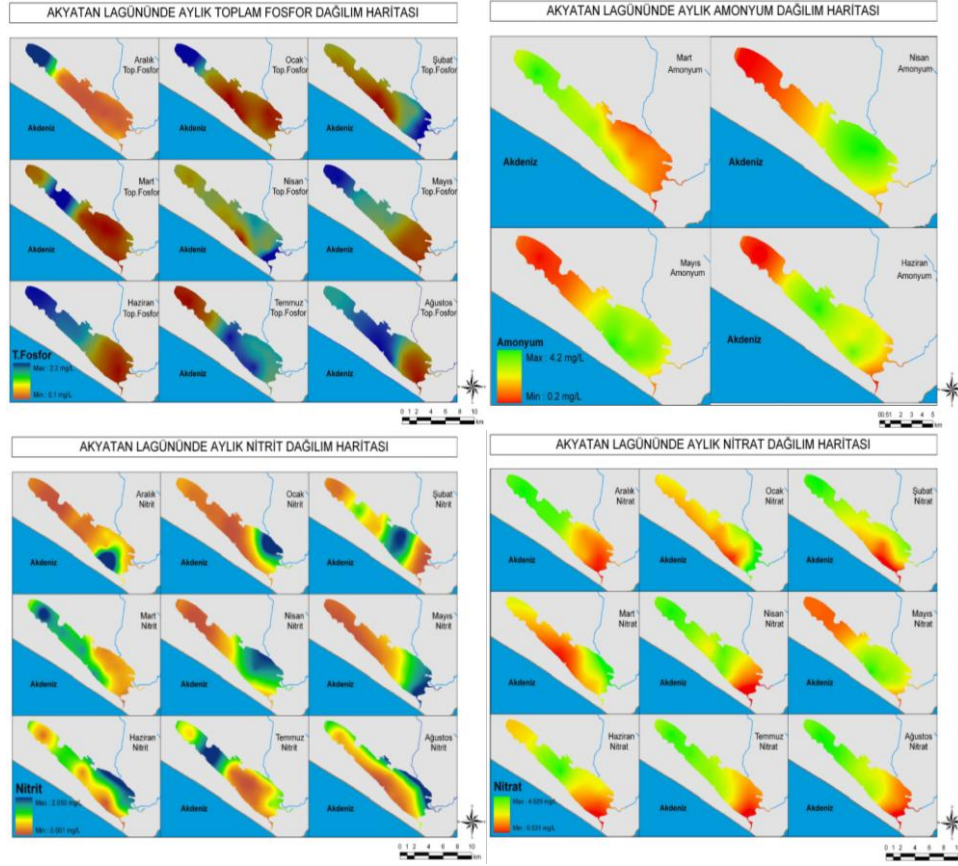
Çalışmada en düşük ve en yüksek amonyum, nitrit ve nitrat değerleri sırasıyla 0,1-4,2; 0,001-2,050; 0,520-6,848 mg/L olarak tespit edilmiştir. Lagün suyundaki amonyum değerlerinin, drenaj kanallarından gelen suların değil, bahar aylarındaki yağışlar ve sulamanın etkisiyle civardaki azotlu gübre ve ilaçların tarım alanlarından taşınması ve bazı organik içerikli atıkların lagün suyuna karışmasından etkilendiği düşünülebilir. Ayrıca su ortamındaki canlı organizma faaliyetlerinin etkisiyle yaz aylarında oksijenin azalmasına bağlı olarak (denitrifikasyon) ve su ortamındaki canlı organizmaların ve bitkilerin ölmesi ile de artma gösterdiği ileri sürülebilir. Nitrit bir geçiş fazı olduğundan dolayı su ortamında genellikle düşük konsantrasyonlarda görülür. Lagün suyundaki nitrit konsantrasyonları Ocak ve Şubat aylarında yüksek değerlerde gözlenmiştir. Bunun sebebi; oksijen bolluğunda amonyumun su içerisindeki bakteriler vasıtasıyla nitrite dönüştürülmesi olabilir. Nitriti ayrıca lagündeki organik kirlenme ve lagüne verilebilecek atık suların da etkilediği düşünülebilir. Nitrat, azotun akarsularda görülen en yaygın formu olarak bilinmektedir. Lagün suyu nitrat değerlerini, öncelikle drenaj kanallarının, azotlu gübre kullanılan tarım arazilerinden ve yağışlı dönemlerde sızan suların arttırdığı söylenebilir. Ayrıca su ortamındaki canlıların nitrifikasyon yoluyla nitratı oluşturmaları da sudaki nitrat değerine katkıda bulunabilir.



Şekil 2. Akyatın lagününde sıcaklık, ÇO, pH, alkalinite, sülfat ve KOİ'nin aylara göre alansal dağılımı



Şekil 3. Akyatın lagününde EI, tuzluluk, ÇKM, klorür ve AKM'nin aylara göre alansal dağılımı



Şekil 4. Akyatan lagününde TP, amonyum, nitrit ve nitratın aylara göre alansal dağılımı

Tablo1. Toplam koliform ve fekal koliformun aylara göre değişimi

İstasyonlar	(adet/ 100 mL)	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
20.İst.P2D1	TC	15000	2100	900	-	460
	FC	700	900	<2	-	210
19.İst.YD3	TC	46000	-	46000	4300	21000
	FC	24000	-	2300	900	4300
16.İst.Lagün	TC	150	-	7	4	23
	FC	<2	-	4	4	93
14.İst.Lagün	TC	150	4	<2	<2	<2
	FC	<2	<2	<2	<2	<2

Çalışmada elde edilen TC ve FC sonuçlarına bakıldığı zaman (Tablo 1.) en yüksek değerler YD3 drenaj kanalında gözlenmiştir. Bunun sebebi; Adana-Yakapınar ve Adana-Karataş karayolu çevresinde bulunan endüstri kuruluşlarının civarındaki bazı yerleşim alanlarının atık sularını YD3 drenaj kanalına bırakması gösterilebilir (Dural, 2004). İkinci olarak yüksek değerler P2D1 drenaj-pompa istasyonunda gözlenmiş olup, bazı numune alma dönemlerinde pompaların çalışması buna sebep olarak gösterilebilir. Lagün içerisinde bulunan 14 ve 16 nolu istasyonlardan elde edilen sonuçlara göre; şuan için tehlikeli bir durumun söz konusu olmadığı ancak, önlemler alınmadığı takdirde ileride lagün suyunda da TC ve FC değerlerinin artabileceği söylenebilir.

Sonuçlar ve Öneriler

Akyatan lagününde pH ve ÇO değerleri, aynı alanda yapılan önceki çalışmalarla kıyaslandığında; pH değerlerinde oldukça küçük bir artış, ÇO değerinde ise fazla bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. Lagünün batı bölgesinde tuzluluk, Eİ, ÇKM ve klorür değerleri, denizin 1,5-2 katı kadar yüksek değerlere sahip olup, lagün aşırı tuzlu olarak tanımlanmaktadır. Bütün canlıların tuzluluğa karşı toleransı değişik olmakla beraber, artma eğilimi gösteren tuzluluğun, tatlısu girişleri ile azalacağı ve lagün ekosistemini korumaya yardımcı olacağı düşünülmektedir. Yağış, rüzgar ve dalga etkisinin gözleendiği zamanlarda sığ olan lagünün sedimentleri resüspanse olarak yüksek AKM değerlerine neden olmakta ve sedimentte sabitlenen ağır metaller gibi bir takım parametrelerin su ortamına karışmasını olası kılabilmektedir. Lagün içerisindeki önemli bir anyon olan sülfat değerinde çok yüksek sonuçlara rastlanmamış ancak yaz aylarında drenaj kanallarında elde edilen sonuçların, lagüne göre daha düşük seviyelerde seyrettiği görülmüştür. Drenaj kanallarında ve drenaj kanallarının döküldüğü istasyonlarda nispeten yüksek KOİ değerlerine rastlanmıştır. Ayrıca lagünün batı bölgesinde de yaz aylarında, KOİ değerlerinin yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Amonyum değerleri, genel olarak drenaj kanallarında düşük seviyelerdedir. Ancak kışın lagünün batı bölgesi, yazın da doğu bölgelerinde yüksek amonyum değerleri saptanmıştır. TP, nitrit ve nitrat değerleri genelde lagünün batı ucunda ve drenaj kanallarından gelen suların lagüne boşaldığı bölgelerde yüksek seviyelerde bulunmuş, ancak yazın doğru lagün içerisindeki TP, nitrit ve nitrat değerlerinde bir düşüş görülmüştür.

Buna göre; Akyatan Lagünü içerisinde tatlı su-tuzlu su sirkülasyonunu ve stabil bir tuz karışımının sağlanması için; YD3 drenaj kanalının lagüne olan mevcut bağlantısının, P2D1 drenaj kanalının deşarj olduğu Acıkulak deresinin P2D1 drenaj pompasından lagüne kadar yeniden temizlenmesi, düzenlenmesi ve mevcut Lagün-Deniz bağlantısının yaklaşık 2,5 km batısına kaydırılması; Drenaj kanalları vasıtasıyla tarımsal ilaç ve gübrelerin lagüne taşınımının engellenmesi aşamasında, bu kimyasalların kaynağında aşırı olmayan miktarlarında, uygun yöntemler kullanılarak tatbik edilebilmesi için ilgili kurumların eğitim programları hazırlayarak çiftçileri bilinçlendirmesi gerektiği; Bunun yanı sıra atıksu deşarjlarını bu kanallara yapan endüstriyel kurumların ilgili kurum tarafından denetimleri

sağlanarak kanal vasıtasıyla taşınan atıksu deşarjlarının lagün için çevresel bir tehdit oluşturmaması; Hem yaban hayatı hemde balıkçılık açısından aşırı ve kaçak avlanmanın önlenmesi; Sığılaşmanın her geçen gün artması nedeniyle drenaj kanallarının debisinin belirlenmesi ve lagüne drenaj kanallarından giren su miktarlarının belirlenerek su bütçesi hesabının yapılması; Lagüne, drenaj kanalları vasıtasıyla AKM girdisini engellemek amacıyla tarla içi kanalların, drenaj kanallarına bağlandığı kısımlarda giriş yapılarının yapılması; Su döngüsünün mevsimsel değişimler gösterdiği ve tarım alanlarından lagüne taşınan sedimentin etkisiyle sığılaşmanın olduğu lagünde belirli zaman aralıklarında derinlik ölçümlerinin yapılması; Son olarak çukurova lagün zincirinde şu anda sadece Yumurtalık lagünleri yönetim planına sahiptir. Bu nedenle önemli bir sulak alan sistemi olan Akyatan Lagünün de yönetim planının yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- ALTAN, T., ARTAR, M., ATİK, M., ÇETİNKAYA, M., 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372s. Adana.
- APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, L.S. Clesceri, A.E. Greenberg and A.D. Eaton (Eds), United Book Press, Baltimore, MD, USA, 20th edn., 4-103
- BALKAYA, N., ÇELİKİKİBA, İ., 2005. Sulakalanlar ve Kızılırmak Deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK, 17-19 Kasım, İstanbul.
- BEKLİOĞLU, M., CERAN, Y., ERDEM, O., ERDOĞAN, S., HEMMAMİ, M., KOOPMANSCHAP, E., MERİÇ, T., ÖZEN, A., DİNÇ-SARISOY, H., 2007. Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi (H, ÖZBEK ed). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü&Kuş Araştırmaları Derneği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 171s.
- BILLEN, G., GARNIER, J., 1997. The Phison river plume: coastal eutrophication in response to changes in land use and water management in the watershed. *Aquat. Microb. Ecol.*, 13:3-17.
- CİRİK, S., 1993. Sulak Alanlar. *Ekoloji Dergisi*, 7: 50-51.
- CUNHA M. A., DIAS J. M., ALMEIDA M.A., LOPES J.F., ALCÂNTARA F., 2003. Fluxes of bacterioplankton between a tidal estuary and the sea: returning to the "Outwelling Hypothesis" .*Aquatic Ecology*, 37:45-54.
- DUGAN, P. J., 1991. Sulak Alanların Korunması, Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme, DHKD, IUCN-The World Conservation Union, PK 1, 80810 Bebek- İstanbul.
- DURAL, M., 2004. Çukurova Bölgesindeki Akyatan, Tuzla ve Çamlık lagünlerinde (Adana, Türkiye) Ağır Metal Araştırması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Tezi.

- GÖRGÜN, E., 2002. Kara Kökenli Kirleticilere İlişkin Ulusal Eylem Planı Hazırlanması Projesi Ulusal Tanı Analizi. TÜBİTAK-MAM-ESÇAE-BM Çevre Programı Akdeniz Eylem Planı Koord. Birimi,1-49 s.
- GILABERT, J., 2001. Seasonal phytoplankton dynamics in a Mediterranean hypersaline coastal lagoon: Mar Menor. *Journal of Plankton Research*, 23(2):207-217.
- JOYCE, C. B., VINA-HERBON, C., METCALFE, D. J., 2005. Biotic variation in coastal water bodies in Sussex, England: Implications for saline lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65:633-644.
- KARAMAN, M., 2007. Dsi Su Kalitesi Uygulaması Coğrafi Bilgi Sistemleri Modeli. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon, 6 s.
- KARATAŞ, B.S., ÇAMOĞLU, G., ÖLGEN, K., AŞIK, Ş., 2008. Taban Suyu Tuzluluğunun Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Jeostatistiksel Yöntemler İle Değerlendirilmesi. Sulama- Tuzlanma Konferansı. 12-13 Haziran, Şanlıurfa, Cilt 1:77-86.
- KJERFVE, B., 1994. Coastal lagoons process. In: Kjerfve B (ed) Coastal lagoons processes. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, 60, pp 1-8.
- KIRDAĞLI, M., 1999. Lagün Deniz Etkileşiminin İncelenmesi, (A. İ. ALDOĞAN, Y. ÜNSAN, E. BAYRAKTARKATAL editör), Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 – Bildiri Kitabı, Cilt 1-2, Yapım Matbaacılık, Maslak-İstanbul, 367-377 s.
- LOPES, J. F., DIAS, J.M., CARDOSO, A. C., SILVA, C. I.V., 2005. The water quality of the Ria de Aveiro lagoon, Portugal: From the observations to the implementation of a numerical model. *Marine Environmental Research* 60:594–628.
- MUDGE, S. M., ICELY, J. D., NEWTON, A., 2007. Residence times in a hypersaline lagoon: Using salinity as a tracer. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*,56:1-7.
- PAKALNE, M., 2004. Wetland management methods in protected nature areas and their application in LIFE-Nature projects. Baltic Environment Forum, University of Latvia Department of Botany and Ecology, Latvia. 31 p.
- SAKY, 1994. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği
- SYLAIOS, G., ve THEOCHARIS, V., 2002. Hydrology and Nutrient Enrichment at Two Coastal Lagoon Systems in Northern Greece. *Water Resources Management*, 16:171-196
- VAZ, N., DIAS, J. M., LEITAO,P., MARTINS, I., 2005. Horizontal patterns of water temperature and salinity in an estuarine tidal channel: Ria de Aveiro. *Ocean Dynamics*. 55: 416-429.
- YAPRAK, S., ARSLAN, E., 2008. Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu. *Jeodezi, Jeoformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98:36-42
- YAŞAR-KORKANÇ, S., 2004. Sulak Alanların Havza Sistemi içindeki yeri. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 6: 117-126.