

MUĞLA İLİ GÜLLÜK KÖRFEZİNDE DENİZ SUYU KİRLİLİĞİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ İLE İZLENMESİ

Hakan YILDIZ¹

Hakan Mete DOĞAN²

Öztekin URLA¹

1. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara

2. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Tokat

ÖZET: Güllük Körfezi, giderek artan kullanım baskıları altındadır. Körfezin mevcut durumu ve hangi kirletici unsurlardan ne oranlarda etkilendiği tam olarak bilinmemektedir. 2000 yılında yürütülen bu pilot çalışmada Muğla ili, Güllük Körfezi'nde seçilen ve koordinatları küresel konumlama sistemi (GPS) ile tespit edilmiş 35 değişik noktadan toplanan deniz suyu örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Su Ürünleri, Kafes Balıkçılığı, Su Kirliliği, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama.

MONITORING SEA WATER POLLUTION IN MUĞLA-GÜLLÜK BAY BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND REMOTE SENSING

SUMMARY: Güllük Bay have been under pressure by several kinds of land use. The current situation of the bay and the impact of pollutants have not been known exactly. Consequently, the measurement and monitoring of pollutants have become a necessity. In this study, some physical and chemical analyses were conducted by using the water samples that were collected from 35 coordinated (fixed) points in Gulluk Bay. Coordinates were determined by Global Positioning System (GPS). The results were evaluated by Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) methods.

Key Words: Fishery Products, Cage Fishery, Water Pollution, Geographic Information Systems, Remote Sensing.

GİRİŞ

Güllük Körfezi canlı kaynakları potansiyeli ile Ege denizinde önemli bir yere sahiptir. Körfez; balıkçılık, deniz taşımacılığı, ve çeşitli kıyısız faaliyetlere kaynaklık etmektedir. Çine, Milas ve Bozdağ da üretilen feldspat madeninin ihracatı Güllük körfezi sınırları içinde bulunan Güllük limanından yapılmaktadır. Diğer yandan kıyı boyunca gün geçtikçe artan yerleşim yerleri ve bölgedeki tarımsal-endüstriyel faaliyetlerden oluşan karasal kökenli kirleticiler direk veya dolaylı olarak Güllük körfezine ulaşmaktadır. Körfezde kafes balıkçılığının yoğun olarak yapılması da dikkatle izlenmesi gereken bir başka konudur.

Türkiye'de kafes balıkçılığı yetiştiriciliği yeni bir sektördür ve çevresel etkilerine ait bilgiler sınırlıdır. Gelişmekte olan bu sektörün çevresel, teknik, ekonomik ve sosyal boyutlarının bir arada değerlendirilmesine gerek vardır. Bu değerlendirmeler yapılırken kirliliğin zaman içindeki değişiminin izlenmesi (monitoring) önemlidir. Kirliliğin sürekli olarak izlenmesinde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) teknikleri son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 1999). Ele alınan kirlilik ölçütlerini

görsel hale getirerek alansal analizlerinin yapılmasına olanak tanınması bu yeni teknolojilerin gücünü açıkça ortaya koymaktadır.

Körfez Kirliliğine Etki Eden Unsurlar

Sarıçay: Milasta yaşayan 35.000 kişinin tüm atıkları Sarıçaya akıtılarak Güllük Körfezine ulaşmaktadır. Bir kişinin günlük ortalama sıvı su atığı 20 litredir. Yani günde 700 ton yılda 255.000 ton evsel atık su Milas'tan Güllük Körfezinin içinde yer alan Asin Körfezine dökülmektedir. Yine Avrupa standartlarına göre günde bir kişi 2.3 gram toplam azot, 5.8 gram toplam fosfor ortama bırakmaktadır. Bu miktar göz önüne alındığında yılda 28980 kg toplam azot, 73080kg toplam fosfor Sarıçaydan Güllük Körfezine akmaktadır.

Güllük Limanı ve Deniz Trafiği: Çine, Milas ve Boğaz da üretilen feldspat madeninin ihracatı Güllük körfezi sınırları içinde bulunan Güllük limanından yapılmaktadır. Güllük limanından 2000 yılı verilerine göre 1.950.000 ton feldspat ihraç edilmiştir. İhracatın %95 i İtalya'nın Adriyatik denizindeki limanlarına yapılmaktadır. Gemiler taşıdıkları yükün %15 kadar balans suyu olarak, dünyanın en kirlenmiş denizinden yani Adriyatik'ten almaktadır. Güllük limanına ulaştıklarında aldıkları balans sularını boşaltarak feldspat madeni yüklemektedir. Bu yolla sadece 2000 yılında gemiler tarafından Güllük Limanına boşaltılan pis su miktarı $1.650.000 \text{ ton} \times 0.15 = 292.500 \text{ ton}$ dur. Yine 2000 verilerine göre 158 adet gemi giriş yapmıştır (Liman Başkanlığı, 2000). Limanın kapasitesi düşük olduğundan, gemiler günlerce demirleme alanlarında yükleme sırasını beklemektedirler. Asin körfezi sınırları içindeki Kıyıkışlacıkta 21, Güllük te 19 ve Torba bölgesinde 1 adet balıkçı gemisi mevcuttur. Özellikle yaz aylarında bölgeyi çok sayıda tur charter tekneleri ziyaret etmektedir.

Turizm: Türkiye'nin her bölgesinde olduğu gibi bu bölgede de 1990 yılından sonra artan ivme ile turistik tesisler hızla yoğunlaşmıştır. Torba'da toplam 15 adet otel ve motel, Güvercinlik'te toplam 20 adet otel ve motel, Güllük'te toplam 3 büyük otel olmak üzere 14 tane otel-motel ve pansiyon, 2 adet kamu eğitim tesisleri mevcuttur. Toba'da 22 tur teknesi, 13 adet yat, Güllükte 5 tur teknesi, 6 adet charter teknesi bulunmaktadır. Bu teknelerin sintine ve pis sularını dökebileceği tesis olmaması, pis sularını dökmek için genelde 3 mil açığa gitmemeleri, sonuç olarak sintine pis sularını dökmemesi gereken yere boşaltmaları deniz kirliliğine neden olmaktadır.

Balık Yetiştiriciliği: Resmi kayıtlara göre Güvercinlikte 21 işletmede yılda 2262 ton balık, Güllük'te 27 işletmede yılda 1239 ton balık üretilmektedir (Anonim, 2001).

Evsel Atıklar: körfez çevresinde yaşayan yazları yaklaşık olarak 50 bine ulaşan kişinin evsel atık suları, körfez çevresindeki yoğurt, maya, zeytin yağı gibi küçük endüstri ve hava alanı atıkları, Güllük körfezinde bulunan küçük endüstri kuruluşlarının atık sularını doğrudan derelere boşaltmaktadır. Bazı kuruluşlar ise atık sularını kanalizasyon sistemine vermektedir. Evsel atık suların önemli bir bölümünü sızdırmalı fosseptik sistemlerinde toplamaktadır. Körfez kıyısında bulunan otellerin ve motellerin atık suları biyolojik arıtma ile arıtılarak körfeze verilmektedir. Ancak biyolojik arıtma sistemleri uygun olarak

çalışmamaktadır veya çalışmamaktadır. Atık sular ister sızdırmalı fosseptiklerde ister derelere verilsin, henüz arıtma sistemleri yeterli olmadığından, sonuçta tüm kirleticiler körfeze ulaşmaktadır. Torba'da kışın 1680 yazın 10.000 kişi, Güvercinlik'te kışın 2400 yazın 5000 kişi, Güllük'te kışın 3720 yazın 15.000 kişi yaşamaktadır. Bölgede en büyük sorunların biride alt yapı sorunudur. Atık sular sızdırmalı fosseptiklerle yer altı suyuna karışarak denize ulaşması mümkündür. Arıtma tesisleri çalıştırmak, ek maliyeti ve teknik bilgi gerektirmektedir. Bu yüzden bu tesisler verimli çalışmamaktadır.

Atmosferik Kirleticiler: Kentsel alana ve körfezin toplama havzasına düşen yağışların getirdiği kirleticiler özellikle bölgede bulunan termik santrallerden dolayı asit karakterli yağışlar

Bu çalışma, ülkemizde kafes balığı yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı alanlardan biri olan Muğla ili Güllük Körfezi'nde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama yöntemleri (UA) kullanarak kirliliğin sürekli olarak izlenmesini hedef almıştır.

MATERYAL VE METOT

Deniz Suyu Örneğinin Alınması ve Kimyasal Analizi

Araştırmada, bölgede gözlenen kirletici unsurların deniz kirliliğine olan etkilerini saptamak amacıyla, kafes balıkçılığı yapılan bölgelerden, tatil köyü ve yerleşim alanlarından etkilenebilecek bölgelerden ve gemilerin demirleme alanlarından toplam 35 ölçüm noktası tespit edilmiştir. Bu noktalardan yüzey ve derin olmak üzere iki farklı derinlikten dört farklı zamanda su örnekleri alınmıştır. Ağustos 2001, Ekim 2001, Mart 2002 VE Haziran 2002 tarihlerinde arazi çalışmaları tamamlanmıştır. Ayrıca derinliğin örnek almaya uygun olduğu yerlere deniz tabanından çamur örnekleri alınmıştır. Alınan deniz suyu örneklerinin analizleri Muğla Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde yapılmıştır. Yapılan kimyasal analizlerle ilgili yöntemler aşağıda verilmiştir.

Amonyum-Azotu ($\text{NH}_4 - \text{N}$): 5 ml su numunesindeki amonyum iyonları pH 12.6 da hipoklorit ve salisilat iyonları ile sodyum nitropruside katazörlüğünde, İndofenol mavisini oluşturulmuştur. Bu çözelti Dr. Lange Spektrofotometresinde 690 nm de kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

Nitrit-Azotu ($\text{NO}_2 - \text{N}$): 2 ml su numunesindeki nitrik iyonları asidik çözeltide başlıca aromatik aminlerle diamonyum tuzunu oluşturmaktadır. Bu çözelti Dr.Lange Spektrofotometresinde 527 nm de kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

Nitrat-Azotu ($\text{NO}_3 - \text{N}$): 1 ml su numunesindeki nitrat iyonları sülfürik asit ve fosforik asit içeren çözeltide 2,6 dimetil fenol ile 4-nitro-2,6 dimetil fenol çözeltisini oluşturur. Bu çözelti Dr. Lange Spektrofotometresinde 345 nm de kolorimetrik olarak ölçülmektedir.

Fosfat-Fosforu ($\text{PO}_4 - \text{P}$): 2 ml su numunesindeki fosfat iyonları asidik çözeltide molibdat ve antimon iyonu ile antimon fosfomolibdat kompleksini oluşturur. Bu çözelti Dr. Lange Spektrofotometrinde 890 nm de kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

Çözünmüş Oksijen: Çözünmüş oksijen Winkler titrasyon metoduyla yapılmıştır. BOD şişesine su numunesi içine daldırılıp doldurularak, üzerine 3M MnCl_2 ve 3M alkali iyodür ilave edilen çökelek H_2SO_4 asitte çözünmüştür. Çözünen numune 0.01N Na_2SO_3 ile titre edilmiştir.

Klorofil – a: Su numunesi GFC cam filtreden geçirilmiş ve. Aseton ile ekstrakte edilmiştir. Bu ekstrakte Dr. Lange Spektrofotometresinde 664, 647 ve 630 nm de kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

pH: Kalibrasyonu yapılmış Handly Lab marka pH metresi ile ölçülmüştür.

İletkenlik: Kalibrasyonu yapılmış WTW marka kondüktümetre ile ölçülmüştür.

Bulanıklık: Kalibrasyonu yapılmış Dr. Lange nefolometre ile ölçülmüştür.

Askıda Katı Madde (AKM): 105 C⁰ de sabit tartıma getirilmiş 0.45 mikron gözenekli filtre vakum pompası düzeneğine yerleştirilir. 1L örnek filtreden geçirilir. Filtre 105C⁰ tekrar sabit tartıma getirilir. Aradaki tartım farkından askıda katı madde hesaplanır. Işık

Geçirgenliği: 30 cm çapında beyaz renkli dairesel disk ile ölçülmüştür.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İlgili Çalışmalar

Örneklere ait analiz sonuçları, harita ve uydu görüntüleri ile birlikte TARM-Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Bölüm Başkanlığı'nda değerlendirilmiştir. Çalışmada ERDAS IMAGINE, PC Arc/Info, PC Arc/View yazılımları kullanılmıştır (Anonymous, 1992-1996). Körfezden su örneklerinin alınmasında ölçüm noktaların koordinatlarını belirlemek amacıyla küresel konumlama sistemi (GPS) cihazı kullanılmıştır. GPS cihazı ile UTM projeksiyon sistemine (Universal Transverse Mercator) göre koordinatlar tespit edilmiştir.

Sayısallaştırma İşlemleri

T.C Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığından temin edilen Güllük Körfezi bölgesine ait kağıt batimetre haritaları PC/ARCINFO ortamında digitizer tabletinde sayısallaştırılmıştır. Her bir noktanın veri tabanına derinlik değeri girilerek, nokta özelliğinde oluşturulan katman IDW (Inverse Distance Weighted) enterpolasyon yöntemi kullanılarak 30m genişliğinde grid veri yapısında Güllük Körfezi deniz taban yükselti modeli oluşturulmuştur.

Karasal yapının da anlaşılabilmesi için bölgeye ait topoğrafik haritalar sayısal olarak Harita Genel Komutanlığından satın alınmıştır.

Veri Dönüşümü

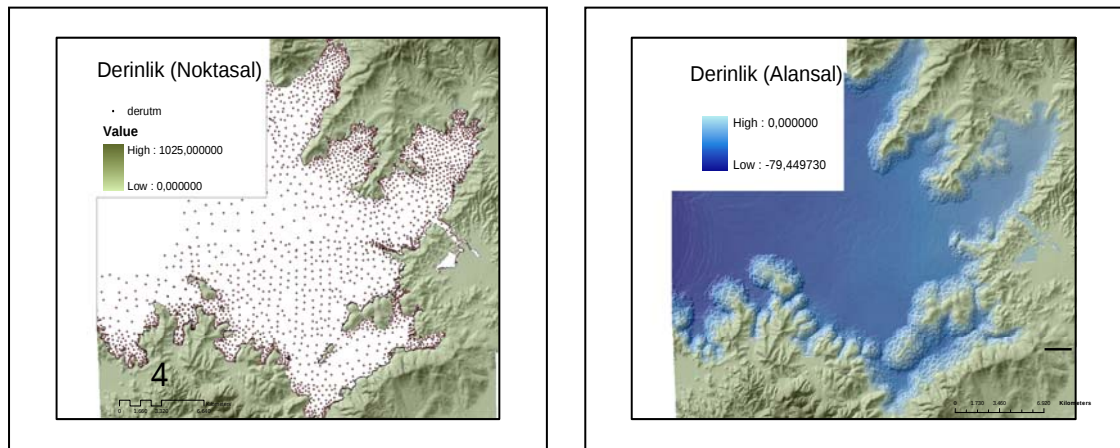
Arazi çalışmalarında GPS ile istasyon yerleri belirlenmiştir. Koordinat alınan istasyondan aynı zamanda deniz suyu örneği de alınmıştır. Bu örneklerde her parametre için yapılan kimyasal analiz sonuçları belirlenen koordinatlar ile veri tabanı mantığı çerçevesinde birleştirilmiştir. Arcview programı ile bu veriler arcview dosya formatı olan shp dosyalarına dönüştürülmüştür. Dört farklı dönemde iki farklı derinlikte nokta özelliğindeki her parametre IDW metodu ile eneterpole edilerek 30x30 metre boyutunda grid formatında katmanlar oluşturulmuştur.

Uydu Görüntülerinin İşlenmesi

Güllük Körfezini Kapsayan 02.02.2000, 08.07.2002 tarihlerinde LANSAT 7-ETM ve 22.07.2002 tarihli IKONOS uydu görüntüsü satın alınmıştır. Görütüler elde edildikten sonra Görüntülerin netleştirilmesi, Radyometrik ve Geometrik düzeltme ve Sınıflandırma işlemleri yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada ele alınan değişkenlerin derinlik ile ilişkilerinin incelenmesi amacıyla, Deniz Kuvvetleri Komutanlığından alınan 1/25000 ölçekli batimetri (derinlik) haritaları sayısallaştırılarak derinlik veri tabanları oluşturulmuştur (Şekil 1). Noktasal özellikteki derinlikler IDW metodu (Isaaks ve Srivastava, 1989) ile enterpole edilerek 30x30 m genişliğinde raster formata dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu katmanında maksimum derinlik 79.4 metre, ortalama derinlik 36.7 metredir.



Şekil 1. Derinlik Veri Tabanı (a) noktasal/vektör (b) grid/raster (30 x 30 m grid)

Yapılan analizlerde ölçülen bulanıklık değerleri Ekim döneminde diğer dönemlerden daha az bulunmuştur; ekim döneminde maksimum bulanıklık 2,37 mg/l iken haziran döneminde minimum bulanıklık 6,15 mg/l olmuştur. Ortalama ölçülen bulanıklık değerleri;

Ağustos döneminde 2,53 mg/l, Ekim 0,91, Mart 3,24 ve Haziran 7,09 olarak ölçülmüştür. Bulanıklık değerleri dört dönemde de kıyı boyunca yoğunluk göstermektedir.

Klorofil değerleri Ağustos ve Ekim 2001 tarihlerinde sırayla 0,086 – 0,77 ve 0,04 – 0,36 mg/m³ değerleri arasında Mart ve Haziran 2002 tarihlerinde sırayla 0,158-1,423 ve 0,13-1,19 değerleri arasında ölçülmüştür. Ekim ayında ölçülen değer en az iken (ortalama 0,074 mg/m³) Mart döneminde en fazla (ortalama 0,258 mg/m³) değer elde edilmiştir. Klorofilin alansal ve dönemsel dağılımı bulanıklık ile paralellik göstermektedir.

PO4-P alınan örneklerde yapılan analizler sonucu ortalama değerleri en yüksek Ağustos döneminde 8,93 mg/l, en düşük ekim döneminde 0,068 mg/l, mart 0,79 mg/l, Haziran 0,11 mg/l olarak ölçülmüştür. Ekim döneminde yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler alansal olarak çok farklılık göstermemektedir (minimum: 0.002, maksimum: 0.78).

Toplam İnorganik Azot değeri NH4-N, NO2 ve NO3 değerlerinin toplamından elde edilmiştir. Güllük körfezinde dört farklı tarihte yapılan analizler sonucunda ortalama TIN değerleri arasında fazla fark bulunmamıştır (Ağustos 0,004 mg/l, Ekim 0,003 mg/l, Mart 0,004 mg/l ve Haziran 0,008 mg/l). Ağustos ayında yüksek değerler kıyı bölgelere yakinken Ekim ve Haziran aylarında ölçülen yüksek değerler kıyıdan uzaklaştıkça artış göstermiştir.

Ağustos 2001 dönemi yüzey çözünür O₂ değerleri 2,84 - 8,8 mg/l, Ekim 2001 tarihinde 3,24 ve 8,4 arasında değer almıştır. Yüksek değerler alansal olarak iki tarih arasında ters dağılım göstermiştir. En yüksek çözünür O₂ değerleri Haziran 2002 döneminde ölçülmüştür (minimum 6,15 maksimum 8,83 ml/l). Ekim dönemi hariç diğer tarihlerde alınan örneklerde çözünür O₂ değerleri kıyı yakınlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Alınan örneklerde sıcaklık değişimi Haziran 2002 döneminde en fazla alansal olarak değişim göstermiştir (20.1-27.9 °C). Diğer tarihlerde alınan örneklerde minimum ve maksimum değerleri arasında fark fazla bulunmamıştır. Mart döneminde deniz suyu sıcaklığının en düşük olduğu tespit edilmiştir.

pH değeri Haziran 2002 döneminde minimum ve maksimum değerleri arasındaki farkın en fazla olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen pH değerleri sırayla Ağustos 2001 de 8,18-8,32, Ekim 2001 de 8,08-8,15, Mart 2002 de 8,2-8,66, Haziran 2002 de 7,06-9,62 olarak ölçülmüştür. Yüksek pH değerleri dört dönemde de kıyıya yakın bölgelerde özellikle asin körfezinde tespit edilmiştir.

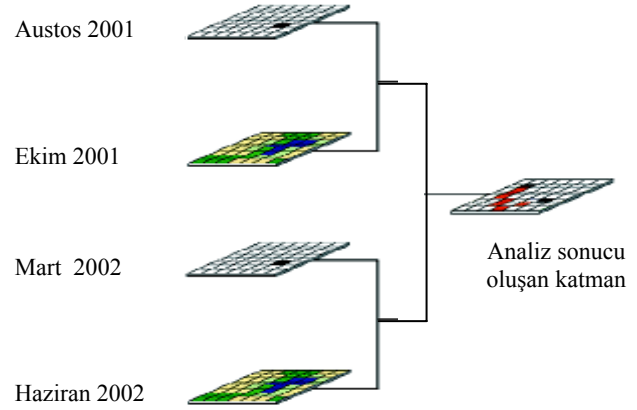
Yapılan iletkenlik ölçümleri Güllük körfezinde deniz suyunda iletkenliğin dönemsel olarak değişiminin fazla olmadığı alansal olarak ise değişimin paralellik gösterdiği görülmüştür.

Dört farklı tarihte alınan örneklerde yapılan analizler CBS ortamına aktarıldıktan sonra her parametre için 30x30 m genişliğinde grid formatında katmanlar oluşturulmuştur. Deniz ekosisteminde besin yoğunluğunu belirleyen parametre (PO4-P, TIN ve Bulanıklık) katmanları dört farklı döneme ait verilerin ortalaması alansal olarak belirlenmiş ve katmanları oluşturulmuştur. Her üç parametre için bu işlem ayrı ayrı uygulanmıştır (Şekil 2).

Dört farklı dönem ortalaması elde edilen PO4-P, Toplam inorganik azot ve bulanıklık parametre katmanları besin yoğunluğu katmanı elde edebilmek için yeniden sınıflanmıştır. Yeniden sınıflamada girdi katmanının piksel değerleri yeni oluşan katmanda yeni değerler almaktadır (McCoy and Johnston, 2001). Katman değerleri ve yeni oluşturulan değerler Çizelge 1’de verilmiştir.

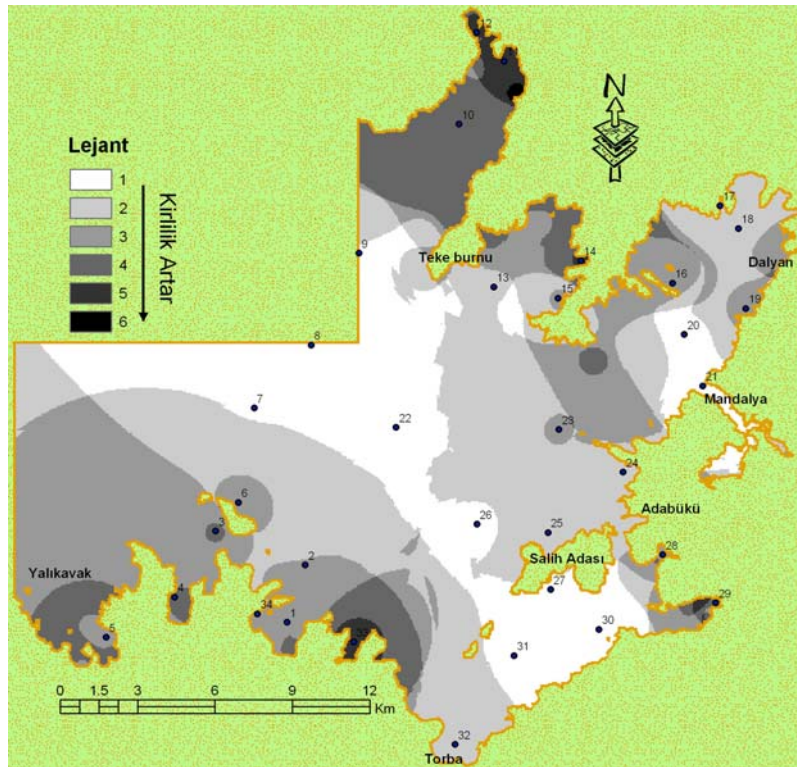
Çizelge 1. Yeniden Sınıflama Analizi

Önceki piksel değeri	Yeni piksel değeri
PO4-P	
0.023 - 0.241	1
0.241 - 0.46	2
0.46 - 0.678	3
Toplam İnorganik Azot	
0.01 - 0.023	1
0.023 - 0.036	2
0.036 - 0.049	3
Bulanıklık	
2.734 - 3.326	1
3.326 - 3.919	2
3.919 - 4.512	3



Şekil 2. Spatial Analiz

Yeniden sınıflamada sınıf değerleri overlay analizini daha kolay ve anlaşılır olması için verilmiştir. Katmanlar besin yoğunluğuna göre üç gruba ayrılmış bir değeri en az üç ise en fazla besin yoğunluğunu göstermektedir. Yeniden sınıflamada kullanılan sınıf değerleri aşağıda Tablo 1’de ve Şekil 2’de verilmiştir. Oluşturulan üç farklı katman alansal olarak toplanmıştır. Bu işlemde her bir katmandaki piksel değerleri kendi arasında toplanmaktadır. Dört farklı dönemde üç farklı parametre kullanılarak şekil 3’teki kirlilik dağılım haritası elde edilmiştir.



Şekil 3. Güllük Körfezi Kirlilik Dağılım Haritası

Bu çalışmada deniz kirliliğine neden olabilecek besin elementleri CBS analizleri için esas alınmıştır. Bunun nedeni besin elementlerinin konsantrasyonunun artması lokal hipernütrifikasyona (çözünmüş besin elementlerinin miktarındaki belirlenebilir artış)bu da, özellikle nütrientlerin sınırlayıcı olduğu durumlarda birincil üretimde artışa veya ötrofikasyona yol açabilmesidir (Gowen et.al, 1988; Stirling and Okumuş, 1995). Azot, PO4 ve bulanıklık değerleri alansal olarak analiz edildiğinde besin yoğunluğunun kıyıya yakın alanlarda arttığı tespit edilmiştir. Bu artış deniz derinlik haritası (Şekil 3) ve Landsat uydu görüntülerinden elde edilen verilerle paralellik göstermektedir. Deniz derinliği arttıkça besin element yoğunluğu azalmaktadır. Uydu görüntülerinde ise kıyıdan uzaklaştıkça yansıma değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bunun nedeni su derinliği azaldıkça deniz tabanından yansımanın artması yanında kıyı yakınlarında bulanıklığın artması da yansımanın fazla olmasına neden olmuştur.

SONUÇ

Güllük Körfezinde alınan deniz suyu örneklerinde yapılan analizler sonucu kıyı bölgelerinde besin yoğunluğunun fazla bulunması yerleşim yerleri; balık çiftlikleri, turizm ve diğer karasal etkilerden kaynaklanmaktadır. Körfezin geleceği düşünüldüğünde tüm bu besin girdisini azaltacak tedbirlerin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2001. Muğla Tarım İl Müdürlüğü Kayıtları, Muğla.
- Anonymous. 1992. ESRI-Surface Modeling with TIN. „Surface Analysis and Display. Arc/Info Users Guide. Redlands, Ca. 2-11.
- Anonymous, 1996. ESRI-Arc/View Spatial Analysis, Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data. San Diego, CA.
- Anonymous, 1999. FAO-Satellite Imagery for Aquaculture Study and Lagoon Magement. Remote Sensing for Decision-Makers Series, Morocco (www.fao.org/sd/EIDIRECT/Elre0068.htm)
- Gowen, R.J., Brown, J., Bradbury, N.B., and McLusky, D.S.1988. Investigation into Benthic Enrichment, Hypernitrification Associated with Mariculture in Scottish Waters. Report to the Highlands and Islands development Board, 289p
- Isaaks E.D and Srivastava R.M, 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, Inc. 198 Madison Avenue, New York 10016-4314
- McCoy J. and Johnston K., 2001. Using ArcGIS™ Spatial Analyst GIS by ESRI . ESRI, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.

Stirling H.P., and Okumuş İ., 1995. Growth and Production of Mussels (*Mytilus edulis* L.) Suspended in Salmon Cages and shellfish Farms in two Scottish Sea Lochs. *Aquaculture*, 134, 193-210.