

MARMARA DENİZİ VE BOĞAZLAR SİSTEMİNİN SU DINAMIĞI VE ÇEVRESEL KARAKTERİSTİĞİ

**Ayşen YILMAZ, Özden BAŞTÜRK, Süleyman TUĞRUL, Cemal SAYDAM,
Ümit ÜNLÜATA**

ÖZET

Marmara Denizinin haloklin altı sularındaki oksijen yetersizliği doğal sebeplerden ileri gelmekte ve başlangıcı jeolojik evrim içinde yaklaşık 3000 yıl öncesine dayanmaktadır. Komşu denizlerle bağlantısını dar ve sıçr boğazlar vasıtıyla sağlayan, nispeten derin Marmara Denizi, temelde kendi bünyesindeki ilave olarak da Karadeniz üst sularından gelen birincil üretkenlikten kaynaklanan organik yük için bir çökelme baseni durumundadır. Marmara Denizinin çökelme baseni özelliği göstermesi nedeni ile yoğun bir şekilde çökelen organik yük basen içinde hapsedilerek oksitlenmeye uğramaktadır. Kuvvetli yoğunluk gradyanının haloklin altı tabakanın yüzey tabakası ile oksijen alışverisini önlemesi, Çanakkale alt akıntı ile basene sağlanan oksijen miktarı tek başına tüketimi dengeleyememesi nedeniyle Marmara alt sularında oksijen yetersizliği oluşmuştur. Doğal olarak böyle yüklü bir basene İstanbul gibi bir metropolitanin hem evsel hem de endüstriyel atıklarının girişi özellikle bu girdilerin yoğunlaşlığı kıyısal alanlarda ekolojik sorunlar yaratmaktadır.

Marmara Denizi'nden gelen ve Boğaz alt akıntısını teşkil eden Akdeniz kökenli sular kısa süreli tıkanmalar haricinde tüm sene boyunca sürekli olarak Karadeniz'e ulaşmaktadır. İstanbul Boğazının Karadeniz çıkışında deniz tabanında bulunan kanal Boğaz alt akıntısının Karadeniz kıyı sahanlığında taşınmasını sağlamaktadır.

Deniz sağlığını bir göstergesi olan fekal koliform deşarj öncesi ve sonrasında farklı dağılım göstermektedir ve deşarj öncesinde yüzey sularına doğrudan yapılan atıksuların neden olduğu ve özellikle kıyı şeridi boyunca insan sağlığını tehdit eden durumu bir ölçüde ortadan kaldırmıştır.

Atık suların neden olduğu ve özellikle kıyı şeridi boyunca insan sağlığını tehdit eden durum bir ölçüde ortadan kaldırılmıştır.

Sunulan çalışma 1985 yılı itibarı ile başlatılan çok detaylı araştırmalara ait özel ve seçme bilgiler derlenerek hazırlanmış ve Marmara Denizinin güncel durumu tartışılmıştır.

GİRİŞ

Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi'ne dar, sıç ve uzun İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile bağlı, oşinografik açıdan geçiş özelliği taşıyan yarı kapalı bir denizdir. Marmara Denizi'nin kuzey kesiminde derinliği 1000 m'yi aşan ve doğu-batı doğrultusunda uzanan üç çukur bulunmaktadır. Basenin güney kısmında ise ortalama 100 m derinliğinde geniş bir kıtla sahanlığı yer almaktadır.

Karadeniz'le bağlantıyı sağlayan İstanbul Boğazı 31 km uzunluğu, 0.7–3.5 km genişliği ve 35 m ortalama derinliği ile dünyanın en dar geçitlerinden birisidir. İstanbul Boğazının Marmara Denizi ile bağlantısı 40–70 m derinlikteki sıç, üçgen şeklindeki bölgenin (BMJ: Marmara-İstanbul Boğazı Birleşim Bölgesi) basenin doğu dip çukuruna ani geçisi ile olmaktadır. Bu bölge hidrodinamiği nedeniyle Marmara Denizi'nin oşinografik açıdan önemli bölgelerinden birisidir. İstanbul Boğazının Karadeniz ile birleştiği bölgede ise 10 km uzunluğunda bir kanal bulunmaktadır. Bu kanal Boğazın uzantısı şeklinde önce 8 km kuzeydoğu istikametinde sonra da kuzeybatı istikametinde uzanmakta olup derinliği 75–80 m, genişliği ise 500–1000 m arasında değişmektedir. Kanal içinde Boğaz çıkışından 2 km kuzeyde 60 m derinlikte bir eşik yer almaktadır (Ünlüata ve diğ. 1990).

Marmara'nın Ege Denizi ile bağlantısını sağlayan Çanakkale Boğazı ise 62 km uzunlukta, 1.2–7 km genişliğinde ve ortalama 55 m derinlikte olup, Marmara Denizi ile bağlantısı daha geniş ve derin (7–80 m) bir alanda sağlanmıştır.

Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemi ve İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışının topografisi ile bu sahada çalışma yapılan istasyonların yerleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Marmara Denizi'nin en önemli özelliklerinden birisi 20–25 m derinlikte keskin ve sürekli bir tuzluluk tabakalanmasının varlığıdır. Akdeniz kaynaklı ve tuzlu (38.50 ppt) dip sularının üzerinde yer alan Karadeniz kaynaklı az tuzlu sular (18–20 ppt), su kolununda belirgin bir yoğunluk tabakalanmasına sebep olmaktadır. Bu tabakanın üst sınırı genelde fotik bölgenin alt sınırı ile çakışmaktadır.

Marmara Denizi'nin bir diğer önemli özelliği de haloklin tabakası altındaki su kolununda sürekli oksijen yetersizliğidir. Marmara Denizinin dip sularındaki oksijen seviyelerinin sürekli düşük oluşu, bu denizin doğal yapısından ve jeolojik evrimindeki sağıksızlığından kaynaklanmaktadır (Stanley and Blanpied, 1980).

SÖNÜCLAR VE TARTIŞMA

Marmara Denizi dip sularındaki oksijen yetersizliğinin 1954–1989 yılları arasında 30 yıllık bir dönemi kapsayan tarihsel durumu Şekil 2'de gösterilmiştir.

Marmara Denizi, oşinografik bakımdan bir tarafta, üst tabaka suları oksijence zengin fakat kalıcı yoğunluk tabakalaşması nedeniyle dip sularının tamamen oksijensiz (anoksik) olduğu Karadeniz (Şekil 3) diğer tarafta düşey su hareketleri nedeniyle tüm su kolonunun oksijence zenginleştirildiği Akdeniz (Şekil 4) arasında yer almaktadır. Bu nedenle, komşu denizlerle karşılaşıldığında Marmara Denizi alt tabaka sularının oksijen yetersizliği bu iki deniz arasında bir geçiş durumunu yansımaktadır.

Karadeniz kaynaklı Boğaz yüzey suları ile Çanakkale alt akıntısı yoluyla gelen Ege Denizi sularının oksijence doygun olmalarına karşılık, Marmara Denizi dip sularının oksijen doygunluğu % 20-30 civarında kalmaktadır.

Marmara Denizi dip sularına yeterli oksijen girdisinin sağlanamaması durumunda mevcut oksijenin alt tabakalara çöken organik maddeler tarafından tüketilmesi, Karadeniz benzeri tamamen oksijensiz koşulların veya Baltık Denizi'nde görüldüğü gibi derece derece bir bozulmanın ortaya çıkması gerekmektedir. Fakat, eldeki mevcut veriler incelendiğinde, böylesine olumsuz bir gelişmeyi gösteren hiç bir delil bulunmamakta, hatta uzun dönem içinde Çanakkale Boğazı'ndan giren oksijence zengin suların zaman zaman Marmara Denizi oksijen tüketimini dengelediği görülmektedir.

Marmara Denizi doğu-batı ekseni boyunca ve Boğazlarında alt tabaka sularında ölçülen oksijen miktarlarında gözlenen zamana bağlı değişimler Şekil 5a,b'de gösterilmiştir. Şekil 5b'den görüleceği üzere, dip sularının içerdeği oksijen miktarı, batı baseninde yıllara bağlı olarak bir değişim göstermekte, yaz aylarında göreceli bir azalma gözlenmektedir. Batıdan doğuya doğru gidildikçe, derin basenlerin alt tabakalarındaki oksijen miktarları azalmaktır ve en düşük seviyelere doğu baseninde ve yaz döneminde rastlanılmaktadır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer özellik de, Marmara Denizi'ne oksijen sağlayan Çanakkale Boğazı alt tabaka sularında oksijen miktarının yaz aylarında belirgin bir şekilde azalmasıdır. Bu azalma Kuzey Ege'de dip sularının kendi iç tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Yakın zamanda gerçekleştirilen araştırmalardan elde edilen veriler, eski verilerin ışığı altında yeniden incelendiğinde (Ünlüata ve diğ. 1990). Marmara dip sularının yenilendiği görülmektedir. Çanakkale Boğazından giren suların bir kısmı yer çekiminin etkisiyle basenin tabanına doğru, bir kısmı da tuzluluk ara yüzeyi ile 300 m derinlik arasındaki tabakaya çökerek bu kesimlere gerekli oksijeni sağlamaktadır. Ünlüata ve Özsoy (1986) yaptıkları hesaplamalarda Marmara Denizi dip sularının yenilenme zamanını minimum 6-7 yıl olarak bulmuştur. Görünürdeki oksijen dengesinin korunması, dip sularının yeterli sıklıkta yenilenmesini gerektirmektedir. Bununla beraber, her yenilenme derin suların yoğunluğunun artmasına, yeterli karışımının olmaması durumunda, yenilenmeleri tekrarlanma frekansının sınırlanmasına yol açmaktadır. Böylece yenilenme süreçleri muhtemelen birkaç yılda bir kez meydana gelmektedir. Bu değişiklik yıldan yıla gözlenen oksijen miktarlarındaki değişkenliği açıklamaktadır. Bir başka deyişle Marmara Denizinin dip sularındaki oksijen yetersizliği kritik bir dengededir. Oksijence zengin Akdeniz

suyunun Çanakkale alt akıntısı ile basene pompalanmasında, hava koşullarında, oksijen tüketimine neden olan organik yükle ve kara kaynaklı girdilerdeki değişiklikler dengeyi olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir.

Marmara Denizi dip sularının yenilenme olayı, iklim açısından tatlı ya da az tuzlu su girdisi bakımından fiyortlarda gözlenen yenilenme mekanizmalarına oldukça benzerdir (Gade ve Edwards, 1980, Farmer ve Freeland, 1983). Fiyortlarda dip sularının yenilenmesi, giren suyun yoğunluğunun basenin ara tabaka yoğunluğunu aştığı durumlarda olabilmektedir. Ara tabaka yoğunluğu her yenilenmeden sonra artacağı için, bir sonraki dönemdeki yenilenme olayını zorlaştıracaktır. Fiyortlarda derin suların yüzey sularıyla kısmen karışması bu tabakanın yoğunluğunu azaltmakta ve su kütlesinin bir sonraki yenilenmeye hazırlamaktadır. Marmara Denizi gibi derin basenlerde ise ara tabakada yoğunluğunun azalması daha zor olmaktadır. Marmara Denizinde ara tabaka yoğunluğunu azaltması beklenen mekanizma ise İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi boyunca olan karışımlardır.

Komşu denizlerle bağlantısını dar ve sıçr boğazlar vasıtıyla sağlayan nispeten derin Marmara Denizi temelde kendi bünyesindeki birincil üretkenlikten kaynaklanan partiküler organik karbon (POC) için bir çökelme baseni durumundadır. Marmara Denizi'ndeki birincil üretimin yıllık ortalaması 100 gC/m^2 olarak hesaplanmıştır. (Göçmen, 1988). Tüm basen düşünüldüğünde, yüzey sularında yıllık birincil üretim yaklaşık $1.2 \times 10^6 \text{ ton C/yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Bu organik yükün % 83'ü ($1.0 \times 10^6 \text{ ton C/yıl}$) üst tabaka içinde rejener olarak yeniden üretimde kullanılmakta, % 17'lik kısmı ($0.2 \times 10^6 \text{ ton C/yıl}$) ise haloklin altı sulara çökmemektedir. Karadeniz'in bu yüke katkısı ise $0.06 \times 10^6 \text{ ton C/yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Marmara Denizi'nin kendi birincil üretimi yanında oldukça düşüktür. Marmara Denizi'nin organik karbon bütçesi Şekil 6'da blok diyagram halinde özellenmiştir. Yüksek birincil üretim hızı sonucu oluşan fazla miktarlarda partiküler organik yük ve buna bağlı oksijen tüketimi. Marmara yüzey sularına farklı bir kaynaktan besin tuzu girdisi olduğunu göstermektedir. Bu kaynak Karadeniz yüzey sularıdır ve basene bu yolla önemli miktarlarda besin tuzu taşımaktadır. İkinci besin tuzu kaynağı ise doğal çevrim içinde haloklin-altı su küllesiinde mikrobiyolojik aktivite sonucu kullanılabilir forma döndürülmüş anorganik besin tuzlarının yüzey sularına karışım ile pompalanmasıdır. Haloklin altı sulara gelen partiküler organik karbonun, ($0.26 \times 10^6 \text{ ton C/yıl}$) büyük bir kısmı (% 85) biyolojik aktiviteye bağlı olarak bozunmakla ve ortamda mevcut oksijenin tüketilmesine neden olmaktadır. Oksijen tüketimi en yoğun olarak haloklin altı sulardan 250 m derinlige kadar devam etmektedir. Haloklin altı sularda parçalanmayan partiküler haldeki organik maddelerden geriye kalan kısmının % 3.5'ü çözünmeye, % 11.5'ü ise sedimanda birikime uğramaktadır.

Marmara Denizi'nin haloklin altı sularında "Birim hacim başına yıllık toplam oksijen kullanım hızı" (R), çözümüş oksijen dengesinden 0.35 mg/1/yıl olarak hesaplanmıştır (Ünlüata ve Özsoy, 1986). Partiküle Karbonun (POC) yüzey sularından dip sulara akış hızı birim organik karbonun oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarı ($1 \text{ gC} = 3.47 \text{ gO}$) ve Marmara Denizi'nin haloklin-altı su hacmi (3148 km^3) dikkate alınarak yapılan hesaplarda oksijen kullanım hızı 0.29 mg/1/yıl

olarak bulunmuştur. Burada, POC akış hızı yüzey sularında nitrat üzerinden yürüyen Birincil Üretim (Yeni Üretim) ile yüzey sularına olan net dış kaynaklı Partiküler Organik Karbon girdilerinin toplamıdır. Görüldüğü üzere farklı iki yoldan yapılan hesaplamalar sonucu bulunan dört sular için oksijen kullanım hızları birbiriyile uyum içerisindeidir. Ayrıca haloklin altı sularda oksijen tüketim hızı, O:C oranı (1.07:1), toplam bozunmaya uğrayan partiküler organik yükü ve basen hacmi hesabı katılarak hesaplandığında $0.20 \text{ m } O_2/\text{yl}$ bulunmuştur.

Marmara Denizi'nin doğu baseninde bulunan ve referans istasyon olarak kullanılan 45C istasyonunda çözünmüş oksijenin doygunluk değerinden (SDO, mg/l) sapma değerini gösteren AOU (mg/l) değerleri 1986/1980 dönemi erken bahar (Şubat-Mart), yaz (Ağustos) ve sonbahar (Ekim-Kasım) dönemleri için profiller halinde Sekil 7a-c'de sunulmuştur.

Sekil 7a-c de sunulmuştur.

Sekil 7a'nın incelenmesiyle, erken bahar döneminde haloklin tabaka sularının AOU değerlerinin yıllara göre değişim gösterdiği, bu mevsimde üst tabakanın oksijen açısından doygun olduğu görülmektedir. Şubat 1989 ayında biyolojik üretim sonucu açığa çıkan oksijenden dolayı negatif AOU değerlerine rastlanılmıştır. Bu değer Şubat 1989 döneminde üst tabaka sularındaki üretimin önceki dönemlerine göre daha fazla olduğunun göstergesidir. Üst tabakada gözlenen aşırı üretimin etkisi üretilen organik maddelerin halokolin altı tabakaya çökerek mevcut oksijeni tüketmesi ve bu tabakanın AOU değerinin düşmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Çetin kış şartlarının gözlendiği Şubat 1986'da su kolonunun 100 m derinliğe kadar oksijen açısından zenginleşmiş ($\text{AOU} = 2.0\text{--}5.0 \text{ mg/l}$), diğer yıllarda $5.0\text{--}6.0 \text{ mg/l}$ arasında kalmıştır. Yaz dönemine doğru (Sekil 7b) üst tabakadan sürekli çöken organik maddelerin oksijen tüketimleri sonucu, haloklin-altı sularda AOU seviyesi $6.5\text{--}7.5 \text{ mg/l}$ ye yükselmiştir.

İklim koşullarının değişmeye başlamasıyla beraber su kolumnunda düşey karışım artmaktadır ve dolayısıyla haloklin-altı suları kısmen de olsa oksijence zenginleştirmektedir. Ekim-Kasım döneminde (Şekil 7c) alt tabaka AOÜ değerleri 6-6.5 mg/l'ye düşmüştür. Şekil 7b ve 7c'nin incelemesinden yaz aylarında piknoklin tabakasının altındaki sularda meydana gelen maksimum oksijen eksikliğinin sonbahar döneminde etkinliğini yitirdiği gözlenmiştir. Aynı dönemde daha derin sularda (100 m) bir değişim olmamaktadır. Bir diğer önemli özellik de 100-300 m derinlikleri arasında kalan su kolumnunda AOÜ'nun Şubat döneminde (Şekil 7a), Ekim-Kasım dönemine (Şekil 7c) oranla oksijence nisbeten daha zengin duruma gelmesidir. Şubat-Ekim, 1989 döneminde ölçülen AOÜ değerleri profil halinde Şekil 8'de ayrıca sunulmuştur. Aynı şekilde 25-100 m derinlikleri arasında en düşük AOÜ değerlerine Şubat-Mart 1989 rastlanırken, 150 metrenin altındaki sularda belirgin bir değişiklik görülmemektedir. Ayrıca Ağustos-Eylül, 1989 döneminde maksimuma (7.75 mg/l) ulaşan AOÜ değerleri, Ekim 1989 döneminde düşey karışım nedeniyle 6 mg/l dolayına düşmektedir.

Haloklin-altı tabakada Ağustos-Eylül 1989 da gözlenen yüksek AOU değeri, aynı yılın Şubat-Mart ayında üst tabakada aşırı oksijen doygunluğu şeklinde ortaya

çıkan ve geçmiş yıllara oranla daha fazla biyolojik üretimden kaynaklanan organik maddelerin oksitlenmesi sonucu ölçülmüştür. Bu derece yüksek AOU'nun tam haloklin derinliğinde ölçülmesi bu tabakada organik yükün birikime uğradığını göstermektedir.

İstanbul Boğazı alt-tabaka sularının Karadeniz'e akımını incelemek amacıyla Boğaz-Karadeniz ağzında detaylı oşinografik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda İstanbul Boğazı'nın Karadeniz ile birleştiği bölgede 10 km uzunluğunda bir kanalın varlığı ve Boğaz alt akıntısını bu kanal dışına taşmadan Karadeniz'in kıyı sahanlığına kadar taşıdığı saptanmıştır (Latif ve diğ.)

Boğazdan Karadeniz'e ulaşan altsu akıntısının Karadeniz kıyı sahanlığı içindeki dağılımını göstermek üzere dip tuzluluğu 24 ppt (binde 24)den yüksek olan istasyonların konumları Şekil 9'da verilmiştir. Şekilden tuzluluğu yüksek olan bu suların bir yayılma göstermeden kanal içinde taşıdığı açıkça görülmektedir. Boğaz alt akıntısının Karadeniz'e sürekli olarak ulaşıp ulaşmadığı Boğaz çıkışında ara tabaka derinliğinin incelenmesinden anlaşılabilir. Üst tabaka sularının tuzluluğu 17-18 ppt civarında olduğundan, 20 ppt tuzluluğun gözlendiği derinlik üst tabakanın kalınlığı olarak alınabilir. Bu derinliğin 60 m veya daha fazla olması durumlarında üst tabakanın eşik derinliğine kadarindiği ve alt akıntılarının eşinin engellemesi dolayısı ile Karadeniz'e ulaşamadığı anlaşılmaktadır. Boğaz alt akıntısının Karadeniz'e sürekli bir şekilde ulaşığı Büyüközden ve diğ., 1985 ve Yüce, 1989 tarafından da teşpit edilmiştir.

Şekil 10'da 20 ppt tuzluluk değerlerinin ölçüldüğü derinliğin Boğaz çıkışında yer alan ve 75 m derinliğinde olan KO istasyonunda 1985-1988 dönemindeki değişimleri gösterilmiştir. Dört yıllık bu çalışma döneminde 13 Mart 1986, 1 Mayıs 1987 ve 13 Şubat 1989 tarihlerinde olmak üzere toplam üç kere üst tabaka kalınlığının 60 metreden fazla olduğu ve alt tabakanın Karadeniz'e ulaşamadığı gözlenmiştir. Ancak bu tikanma ender meteorolojik koşullar altında meydana gelmektedir ve tikanma süresi 1-2 gün mertebeindedir.

İstanbul kanalizasyon projesi atıksu sistemlerinin deniz deşarji işletme öncesi ve sonrası (Kasım 1985-Ekim 1989) dönemlerde detaylı Fekal Koliform (FC) ölçümü yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan İstanbul Boğazı'na 0-10 FC/100 ml olarak giren Karadeniz yüzey sularının Boğaz geçiş esnasında ve özellikle Karaköy, Dolmabahçe ve Üsküdar önlerinde kanalizasyon deşarjları nedeniyle mikrobiyolojik açıdan kirlendiği anlaşılmaktadır. Haliç ağız ise Boğaz hattı boyunca en kirli bölge konumundadır. Boğaz ağzından Marmara Denizi'ne doğru doğal ölüm ve seyrelme nedeniyle Fekal Koliform sayısı düşmektedir. Küçükçekmece-Pendik-Boğaz üçgeni içerisinde kalan bölgede (BMJ) insan sağlığı açısından Dünya Sağlık Teşkilatının verdiği 1000 FC/100 ml limitinin altına inmekte ve doğu çukuru civarında ise sıfır düşmektedir (Şekil 11).

İstanbul Boğazı ve Boğazın Marmara Denizi'ne açıldığı bölgede 1000 FC/100 ml'lik limit daha çok kiş mevsiminde ve İkbal olarak aşılmaktadır (Şekil 12). Bunun nedeni ise taşan yağmur suları nedeni ile evsel atıkların daha yoğun olarak denize

taşınmasıdır. Ağustos-Ekim döneminde yüzey sularında ölçülen Fekal Koliform sayıları kıyı şeridinde zaman zaman 1000 FC/100 ml limitini aşmaktadır (Şekil 13 a-c).

Marmara Denizi alt sularında Kasım 1986'da deniz deşarj işletme öncesi yapılan ölçümlerde 100 ml deniz suyunda 400 adet olan Fekal Koliform sayısı Karadeniz çıkışında 580 koliforma ulaştığı saptanmıştır. Ağustos, Eylül ve Ekim 1989 aylarına ölçülen Fekal Koliform değerlerinden (Şekil 14 a,b,c), Ahırkapı deşarj sistemini işletmeye açılmışından sonra Boğazın haloklin altı sularının yüzeylarına oranla mikrobiyolojik olarak oldukça kirli olduğu saptanmıştır. Deşarj sularına nedeniyle artan bakteriyolojik yük (1000 FC/100 ml den fazla FC içeren sular) Karadeniz kıyı sahanlığına kadar Boğaz alt akıntısi ve daha önce sözü edilen kanal vasıtası ile Karadeniz diper basenine taşınmaktadır.

13 Şubat 1989 Boğaz çalışması süresince alt suların B6 ve B7 nolu istasyonlarından sonra kapalı olduğu gözlenmiştir. Kapanma durumunda alt akıntıya verilen atıksuyun üst sulara karışıp karışmadığı ve karışım oluyorsa bunun alt ve üst tabakaların FC sayısına olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan ölçümlerden alt akıntıının Karadenize geçici olarak ulaşamadığı bu zaman süresinde B5 nolu istasyonun alt tabakalarının (60 m) FC miktarının artarak 3700 FC/100 ml'e ulaştığı, aynı istasyonun yüzey sularında ise bu değerin 1100 FC/100 ml olduğu bulunmuştur. Ancak bu sayı B4 nolu istasyonun yüzey suyunun 100 ml'sinde 540 ve E2 nolu istasyonda ise 150 Fekal Koliforma düşmüştür.

KAYNAKLAR

Büyüközden, A., H. Yüce ve T. Bayraktar, 1985, *Investigation of the Mediterranean water along the Bosphorus and the Black Sea*, Doğa Bilim Dergisi, Seri B. V.9, no.3. pp.312-324, (in Turkish)

Farmer, D.M. and H.J. Freeland, 1983, *The physical oceanography of fjords*, Prog. Oceanogr., V. 12, pp.147-220.

Gade, H.G. and a. Edwards, 1980, *Deep water renewals in fjords*, in: Freeland, H.J., D.M. Farmer and C.D. Levings (eds.), *Fjord Oceanography* pp. 453-489. Plenum Press, New York.

Göçmen, D., 1986, *Fluctuation of chlorophyll-a and related chemical, biological and physical parameters in the Turkish coastal waters*, M.Sc.Thesis, METU Institute of Marine Sciences.

Latif, M.A., E. Özsoy, T.Oğuz and Ü.Ünlüata, 1989, *Observation of the Mediterranean inflow into the Black Sea*, Submitted for publication to the Deep Sea Research.

Stanley, D.J. and C.Blanpied, 1980, *Late Quaternary water exchange between the Eastern Mediterranean and the Black Sea*, Nature, V.285, pp.537-541.

Ünlüata, Ü. and E. Özsoy, 1986, Oceanography of the Turkish Straits, First Annual Report, Volume II, Health of the Turkish Straits, I. Oxygen Deficiency of the Sea of Marmara, METU, Institute of Marine Sciences.

Ünlüata Ü., T.Oğuz, M.A. Latif and E.Özsoy, 1990, On the physical oceanography of the Turkish Straits, The Physical Oceanography of Sea Straits, L.J. Pratt (Ed.), NATO/ASI Series, Kluwer Academic Publishers, in print.

ÖZET TABLO

Marmara Denizinde Oksijen Yetersizliğinin Nedenleri

- * Ortalama 20 M'de KESKİN ve SÜREKLİ su tabakalaşması (Haloklin)
- * Haloklin Derinliği = Fotik su tabakası derinliği
- * Basenin kendi iç üretimi: Bağıl olarak yüksek birincil üretim
- * Yerel Ötriflikasyon
- * Basenin oksijen tüketimi ve üretimi ile oksijence zengin sularla yenilenmesi arasındaki dengesizlik
 - * Tabakalaşmanın düşey su hareketini engellemesi
 - * Akdeniz alt akıntısının dip basendeki oksijen tüketimine yeterli oksijen sağlayamaması
- * Yaz aylarında haloklin altı sularda daha belirgin oksijen yetersizliği
- * Anormal Hava Koşulları
 - * Sakin ve Sıcak Hava ile Tabakalaşmanın Daha Keskinleşmesi ve Gradyan Kalınlığının İncelmesi
 - * Rüzgar yönü ve kuvvetindeki değişimlerin dip suların yüzeye yükselmesine (Upwelling) neden olması
- * Az tuzlu karadeniz üst akıntısında yüklenme: Basende üretime neden olacak besin tuzlarının taşınması
- * Kıyı sulardında evsel atıklardan kaynaklanan besin tuzları girdisinde artış
- * Yüzey ve dip akıntı sistemlerinde olağanüstü değişiklikler
- * Akdeniz alt akıntısının şiddetinde değişiklikler oksijen pompalanmasında farklılık (azalma)

enmesi

oksijen

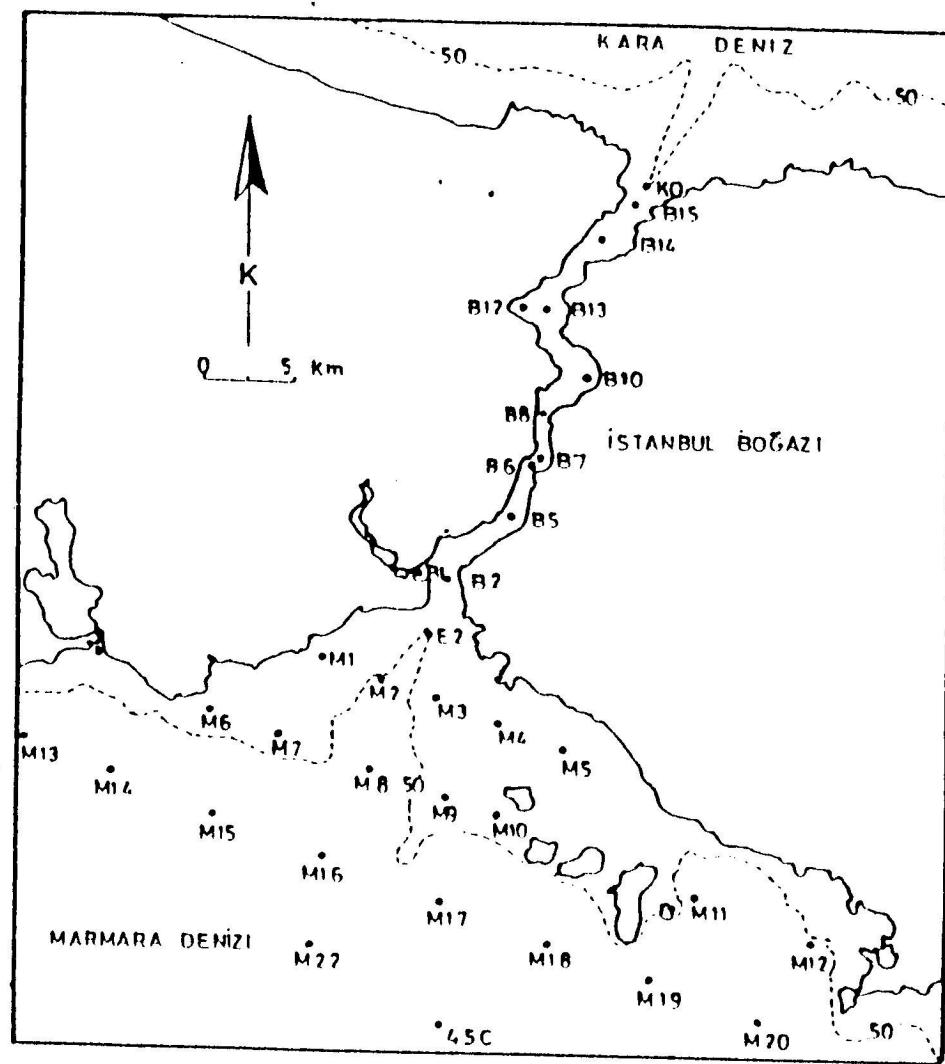
esi ve

yüzeye

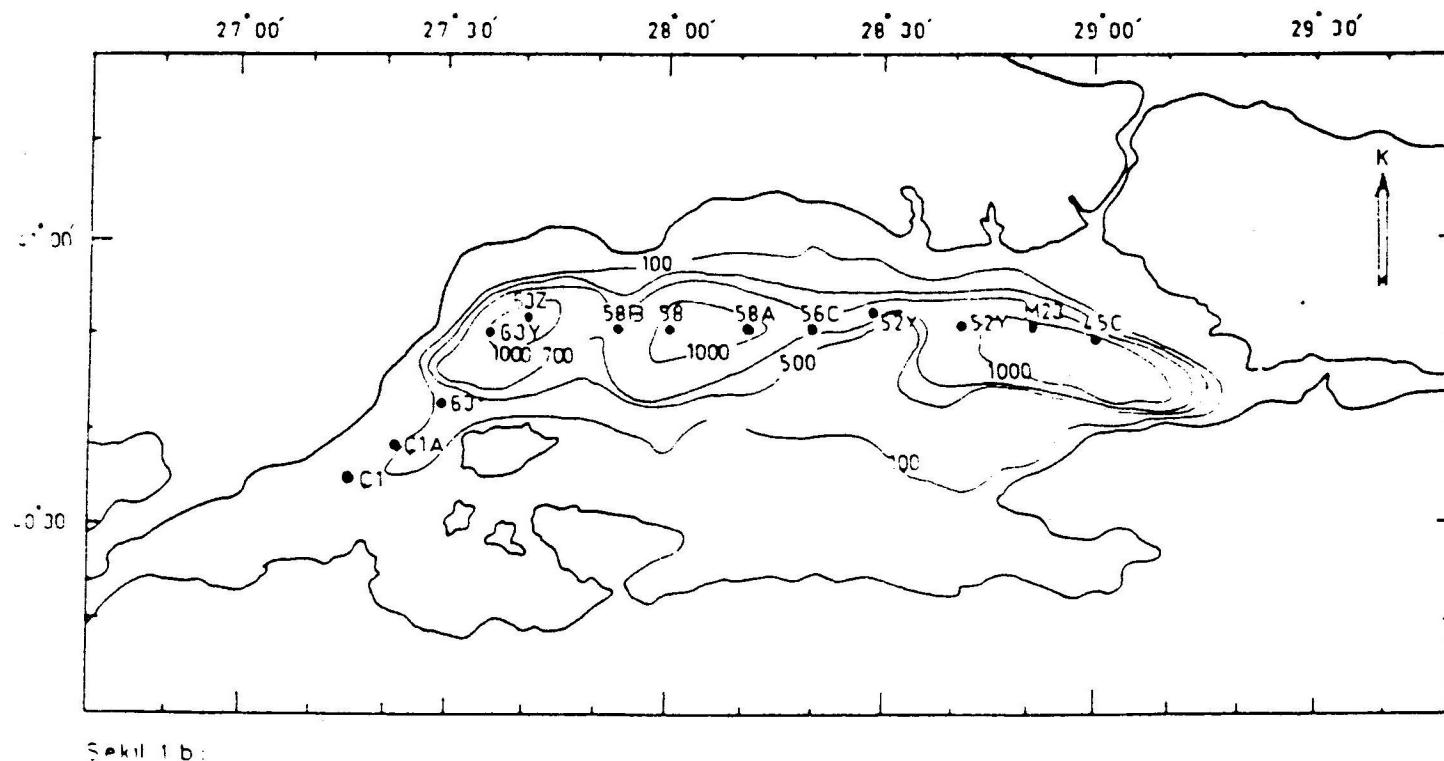
olacak

farklılık

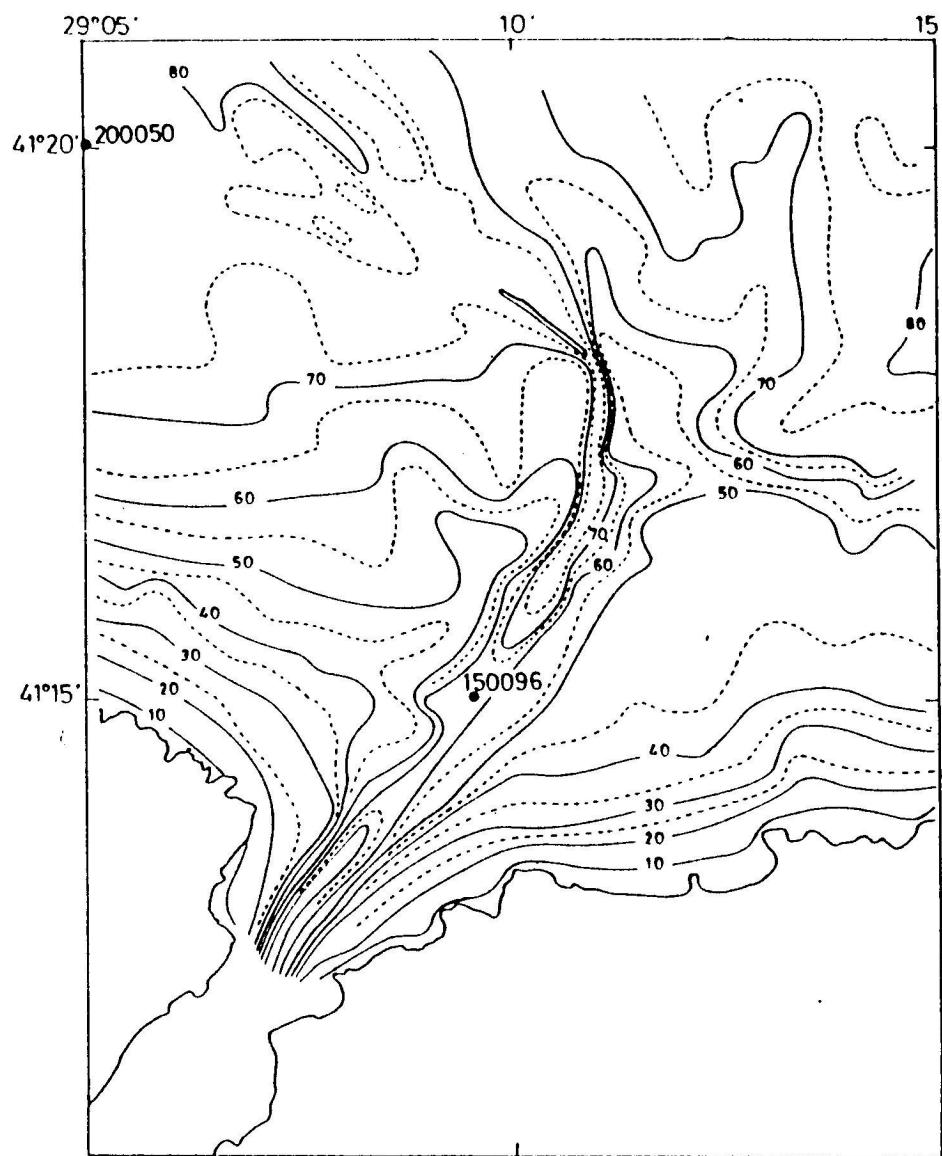
- * Yaşam için yetersiz oksijen içeren suların ani (gün ve hafta mertebesinde) yükselmesi, kıyıda deniz tabanında oksijenli bölgelerin oksijensiz veya az oksijenli sularla kaplanması
- * Oksijen yetersizliğinde had safha: Balık ve diğer deniz canlılarında toplu ölümler.



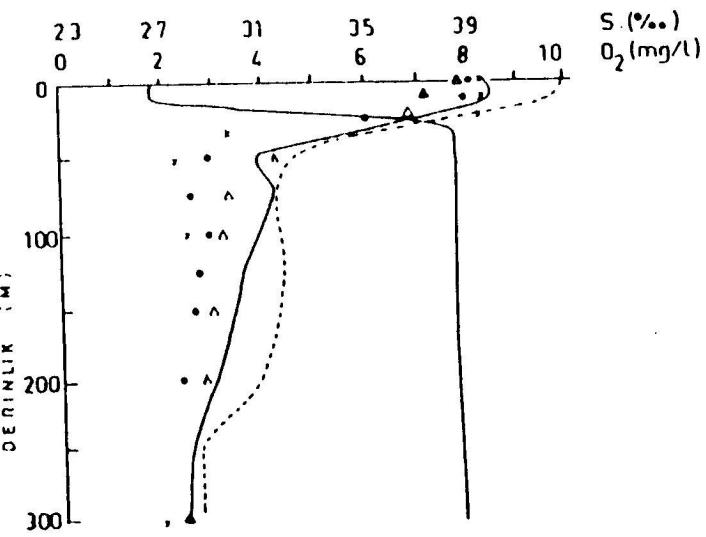
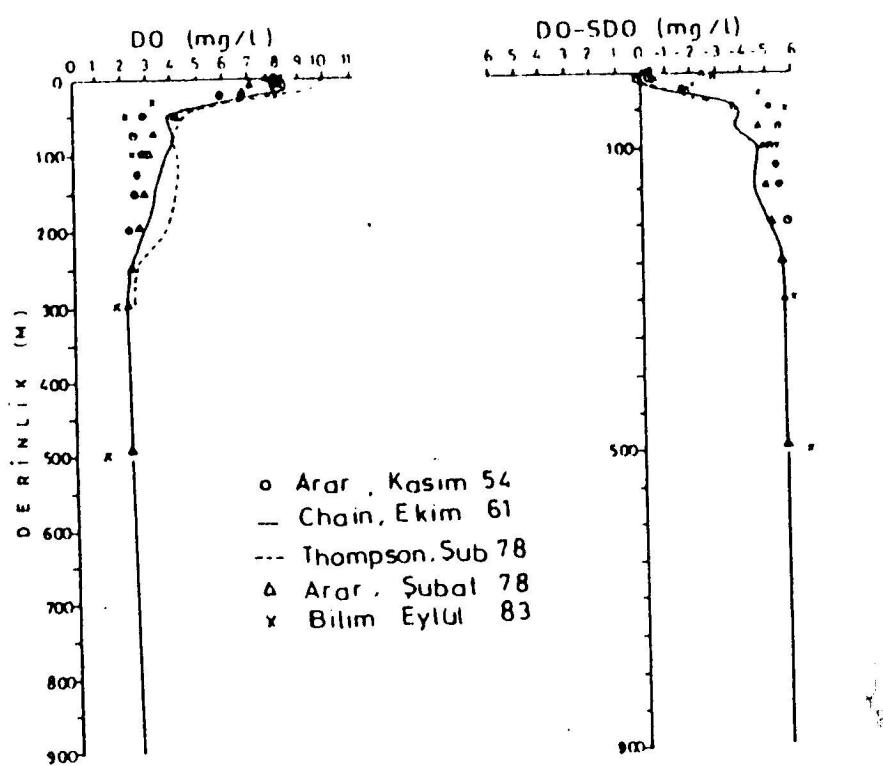
Sekil 1.a :



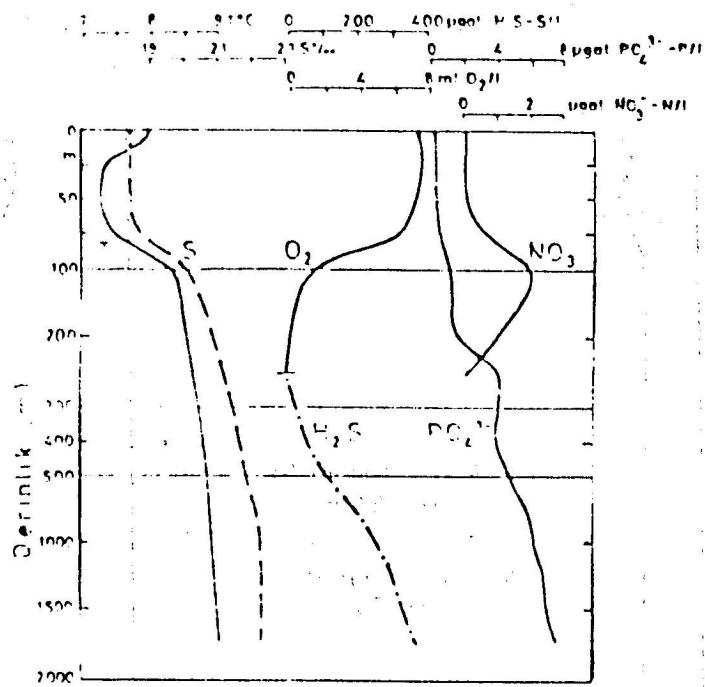
Sekil 1 b:



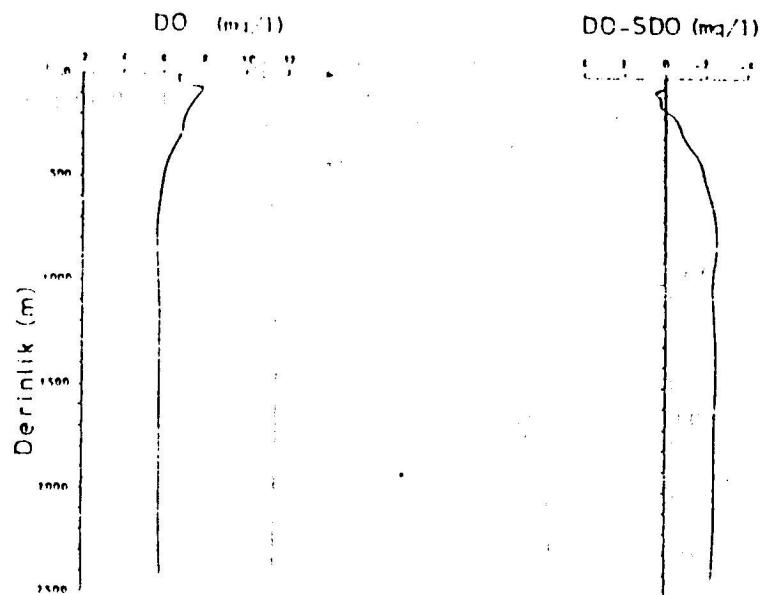
Sekil 1.c:



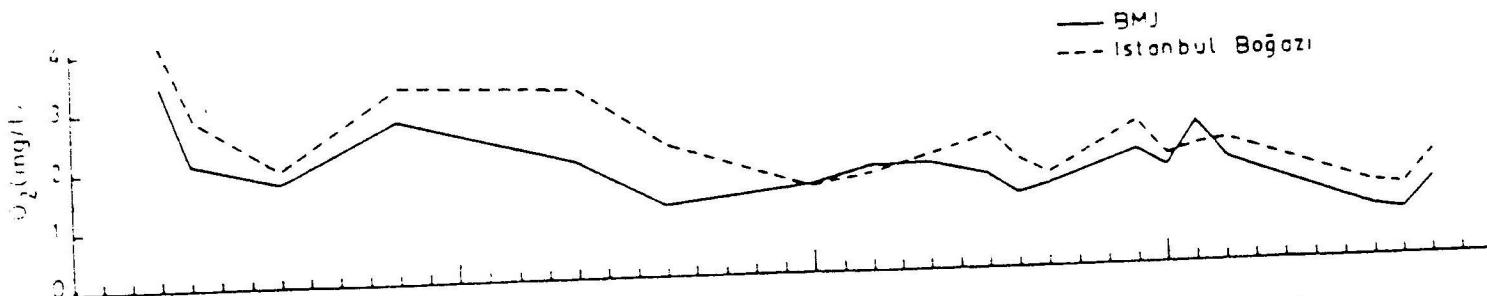
Şekil 2 :



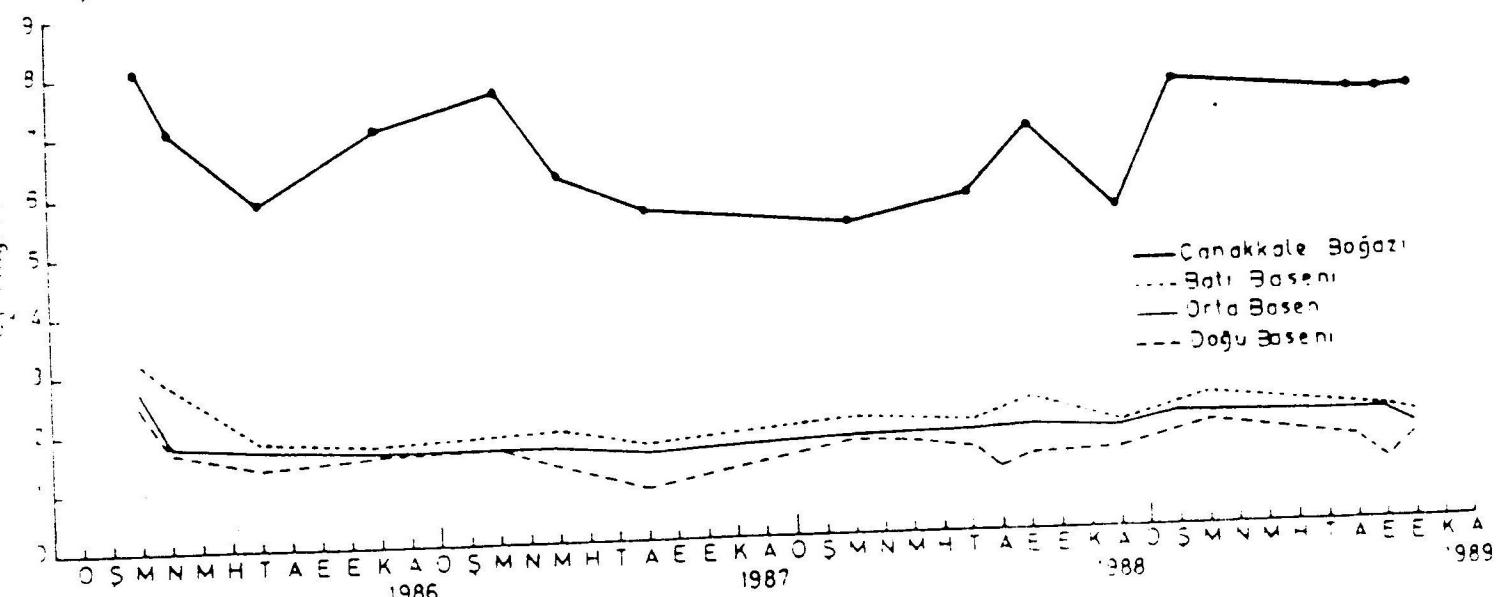
Sekil 3:



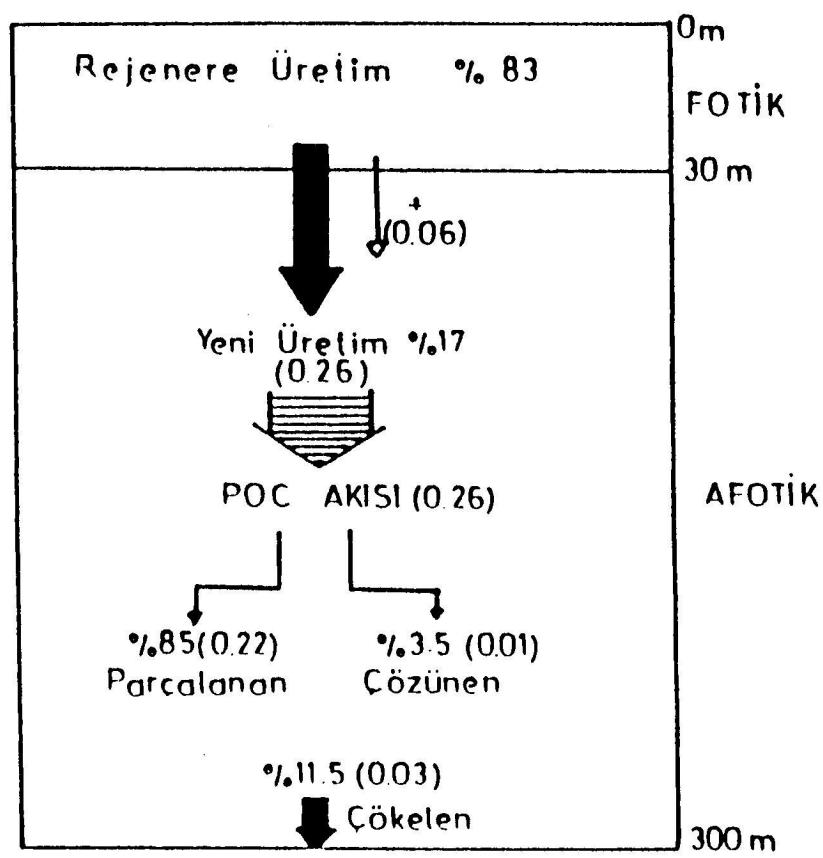
Sekil 4:



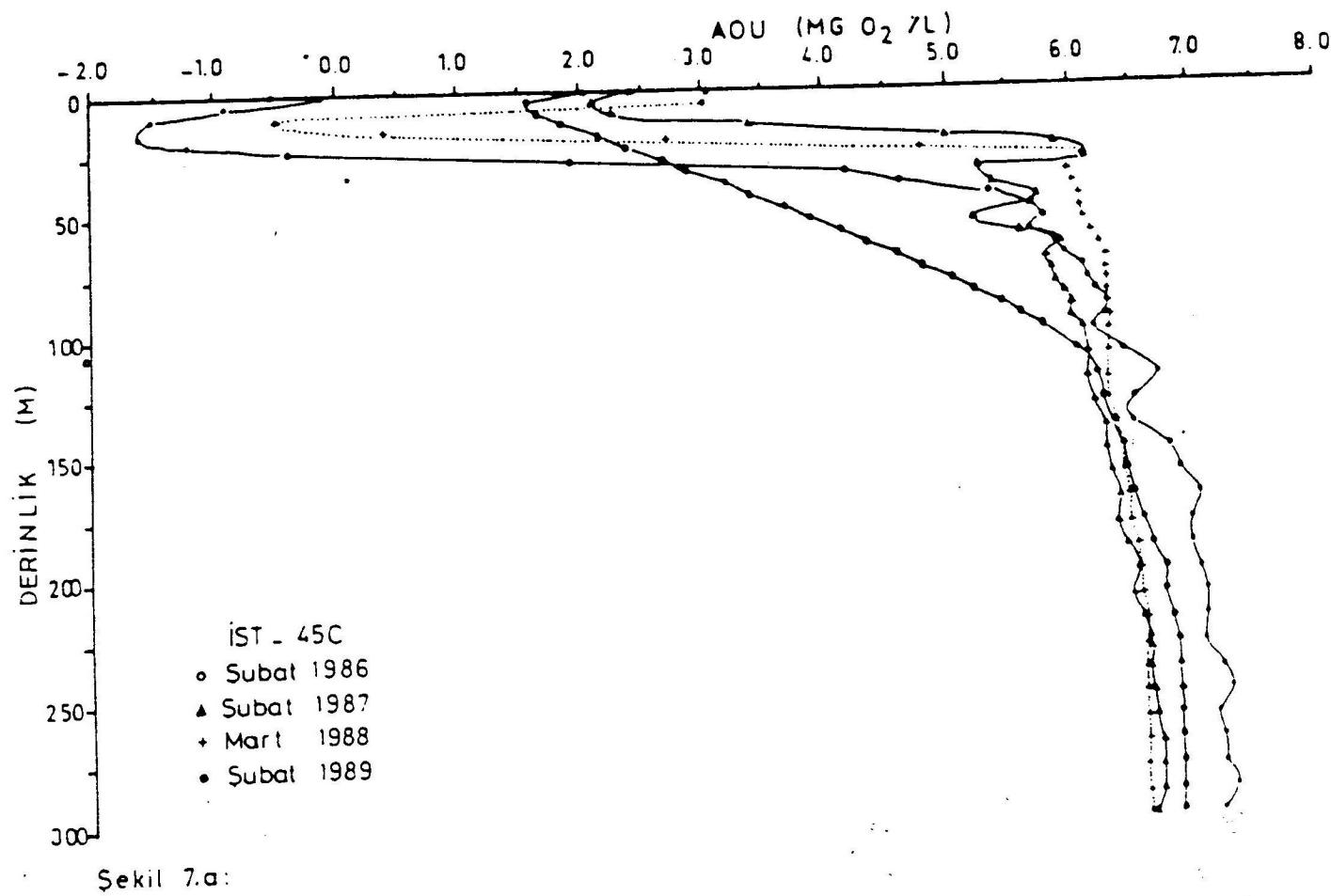
Sekil 5.a:

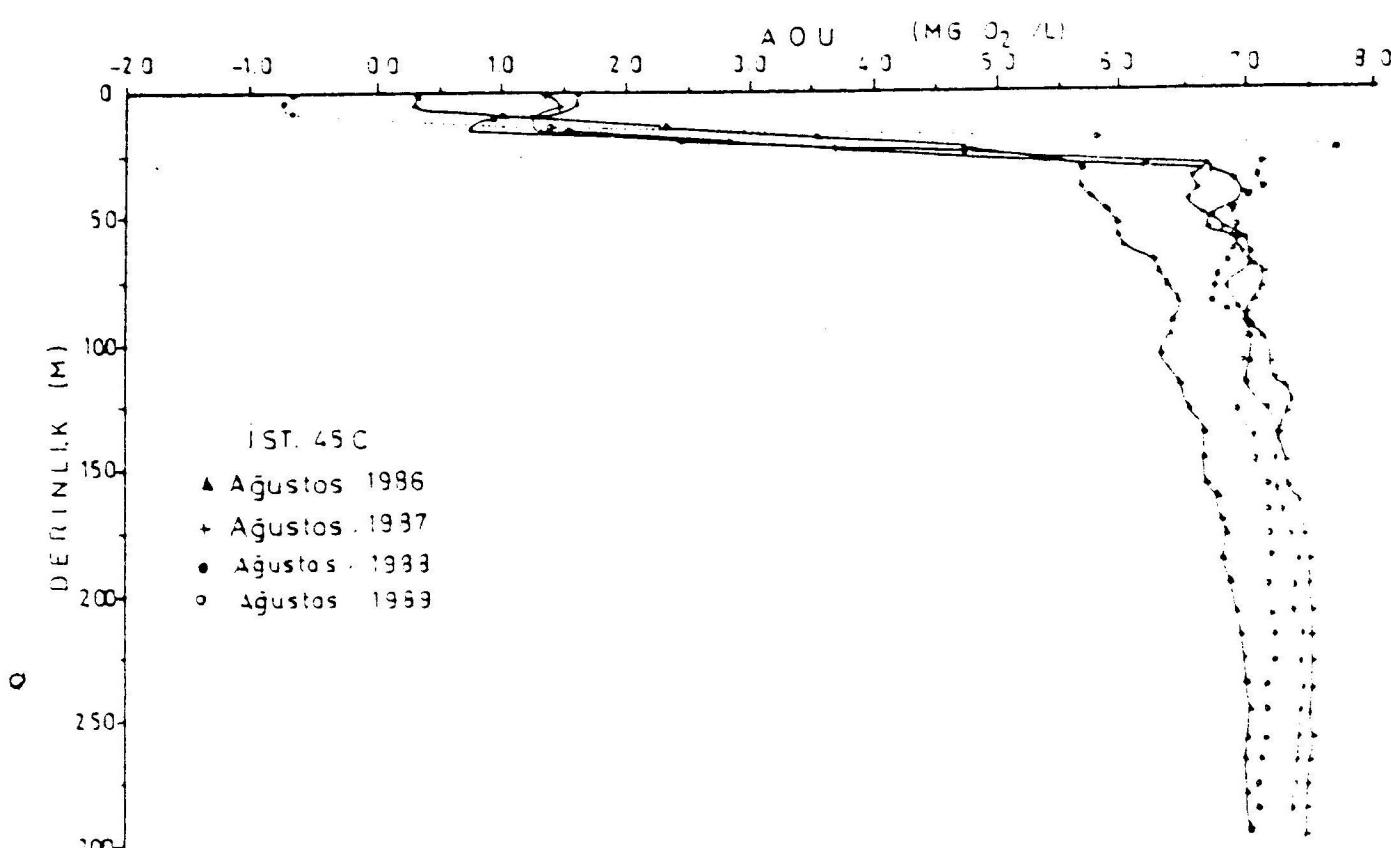


Sekil 5.5:



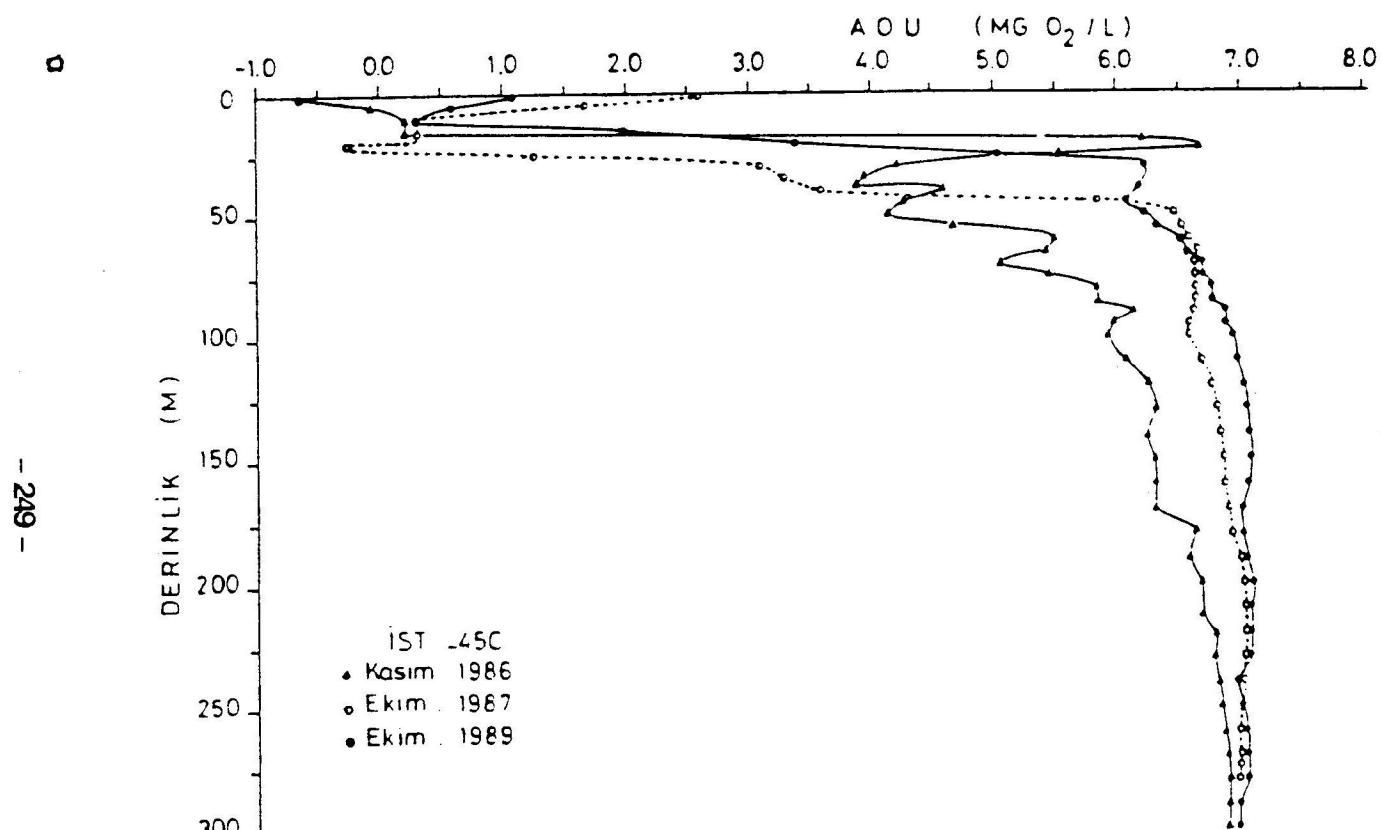
Sekil 6 :





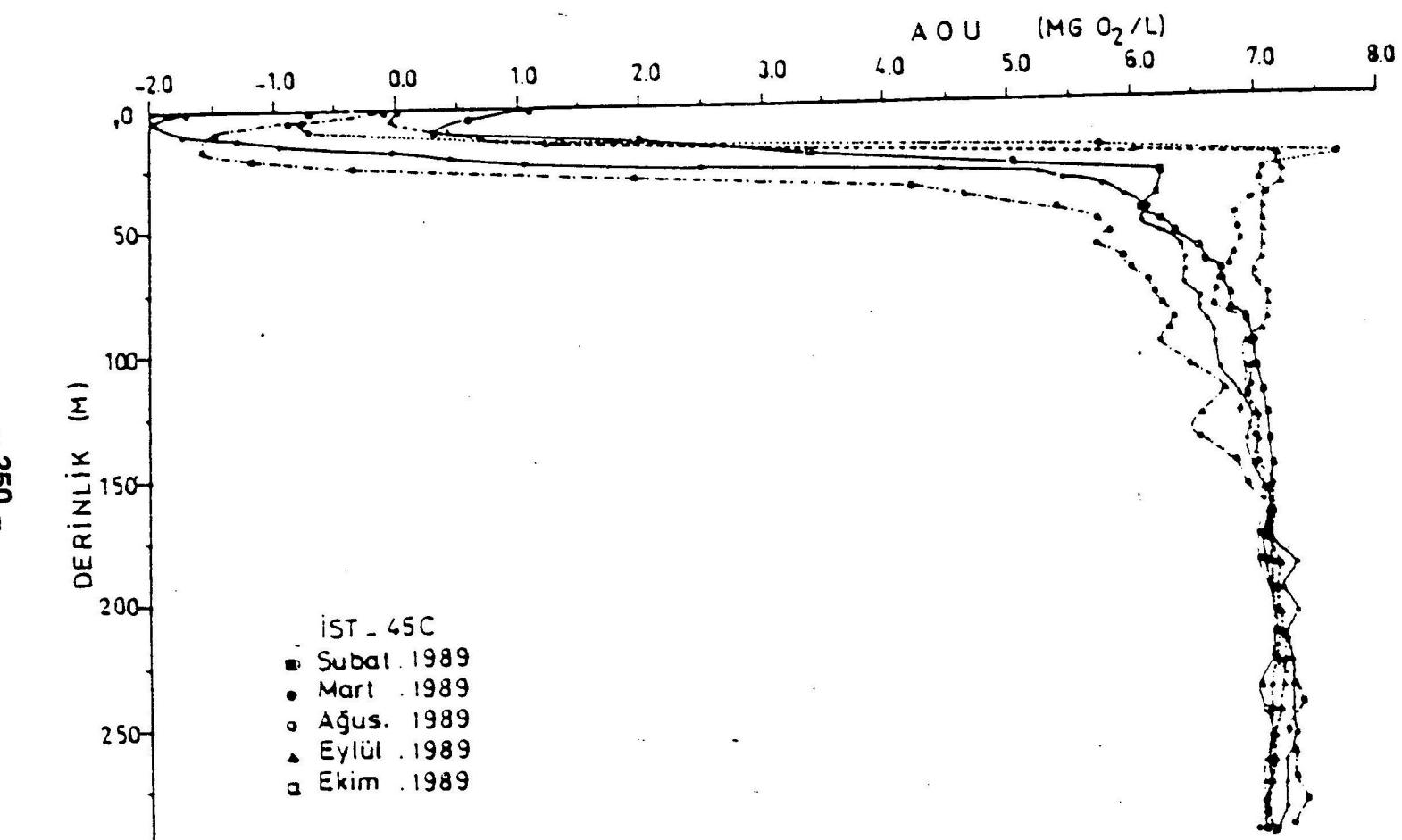
Sekil 7.5:

Sekil 7.b:

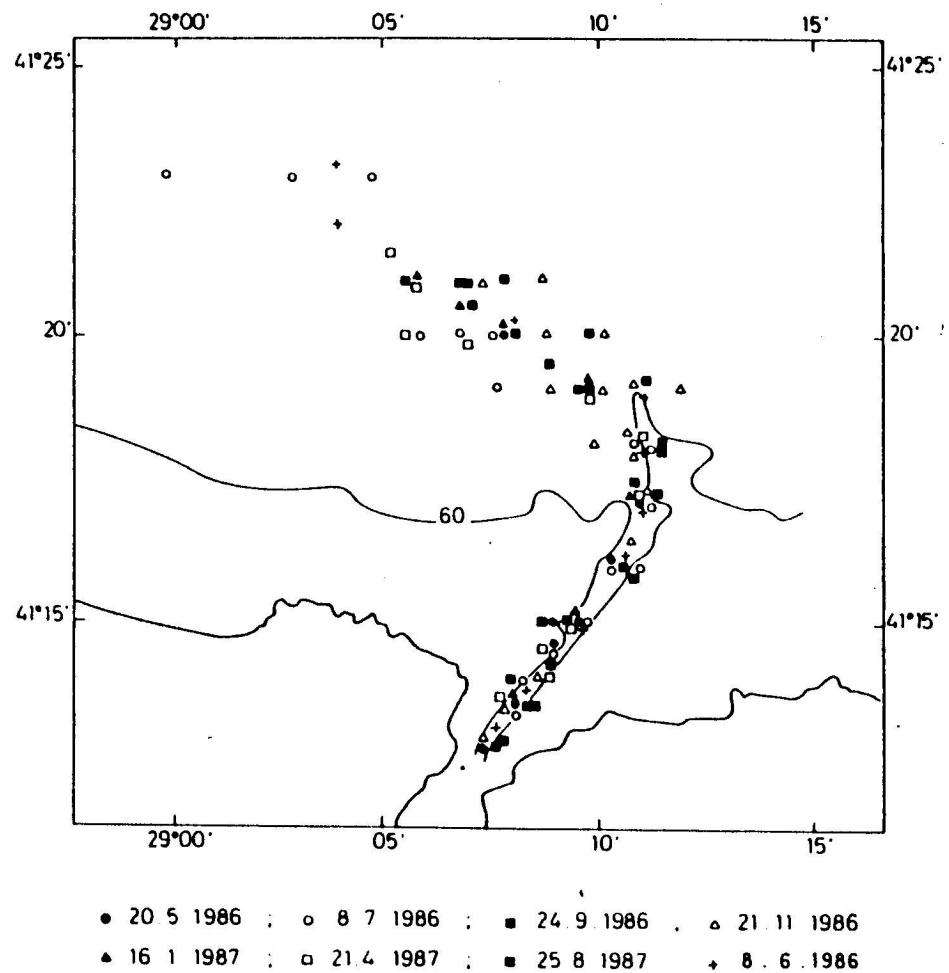


- 249 -

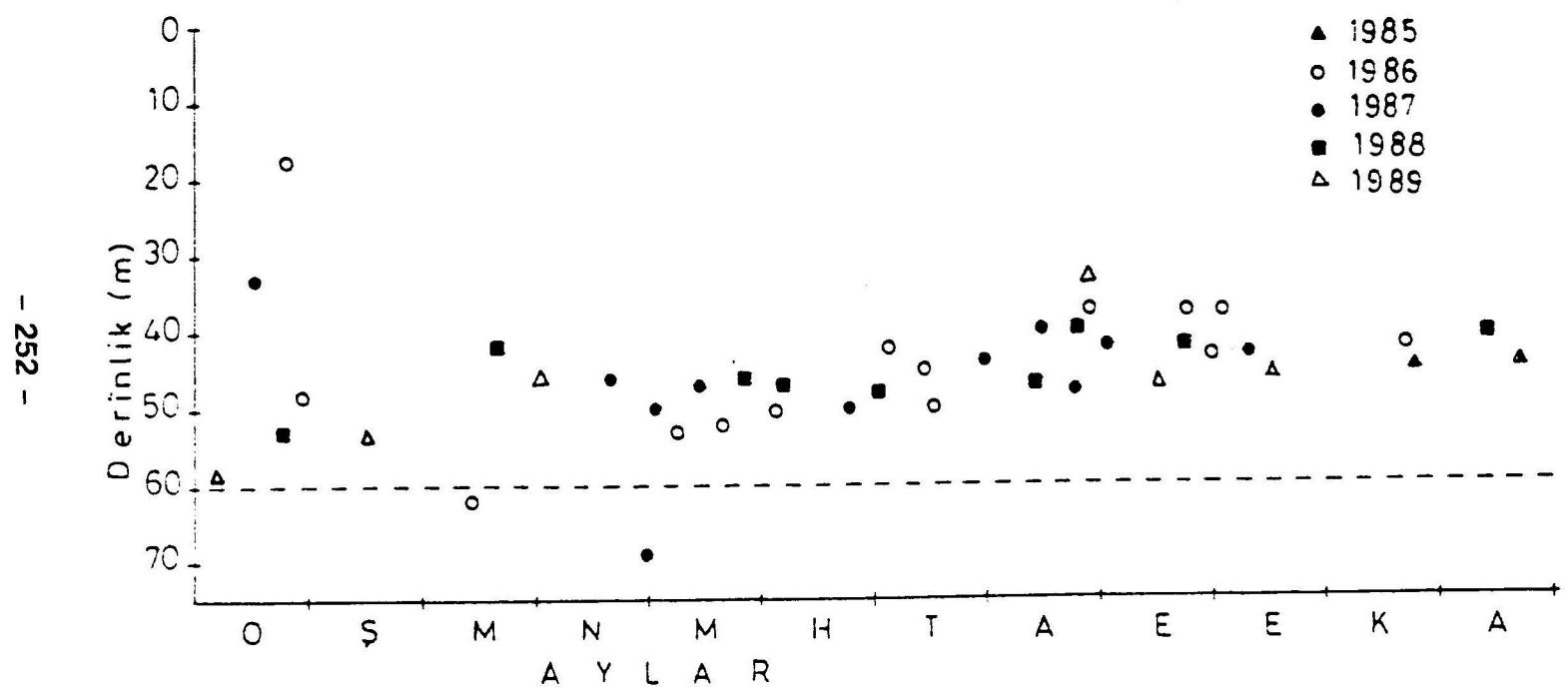
Sekil 7.c:



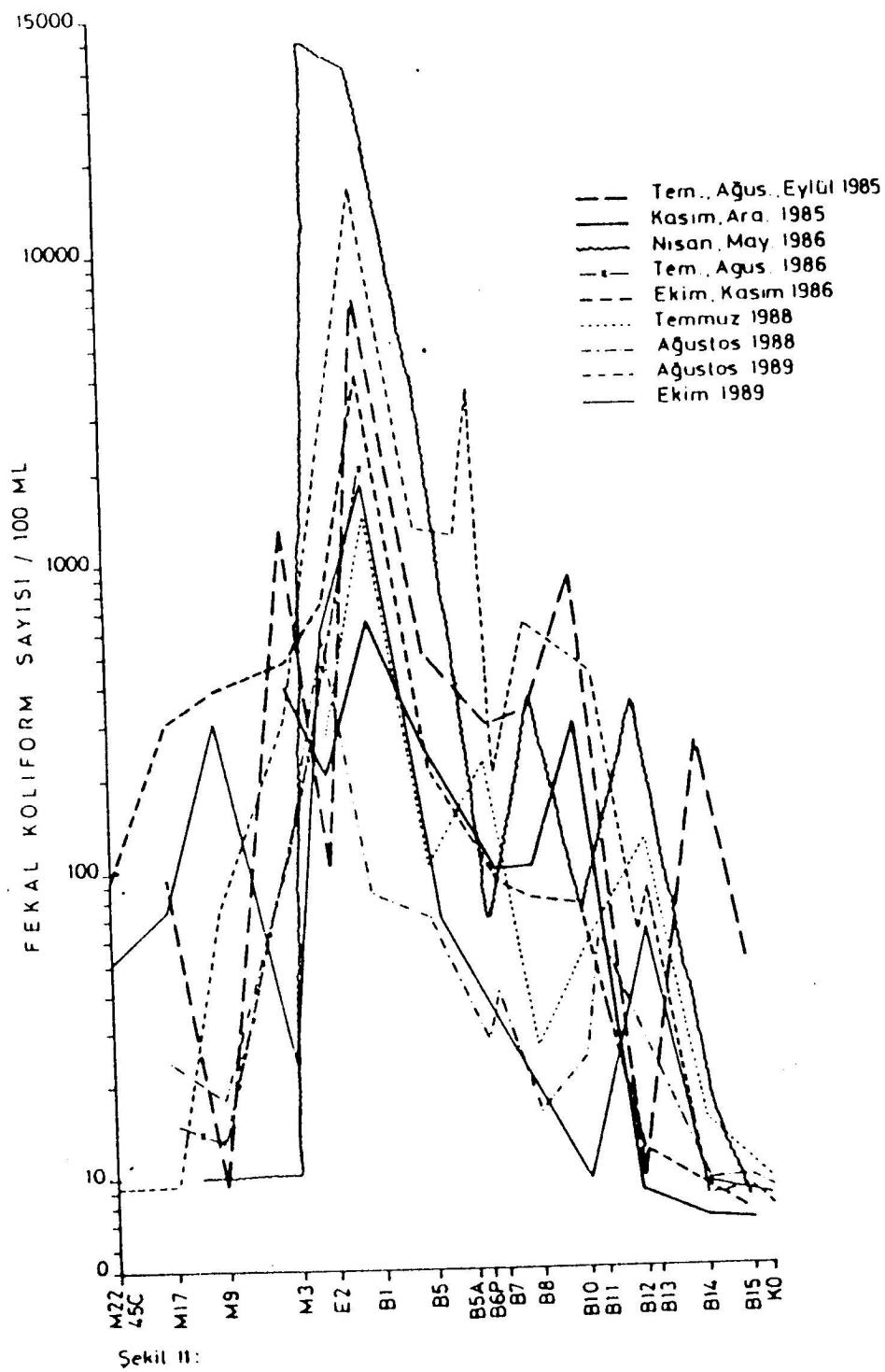
Sekil 8 :



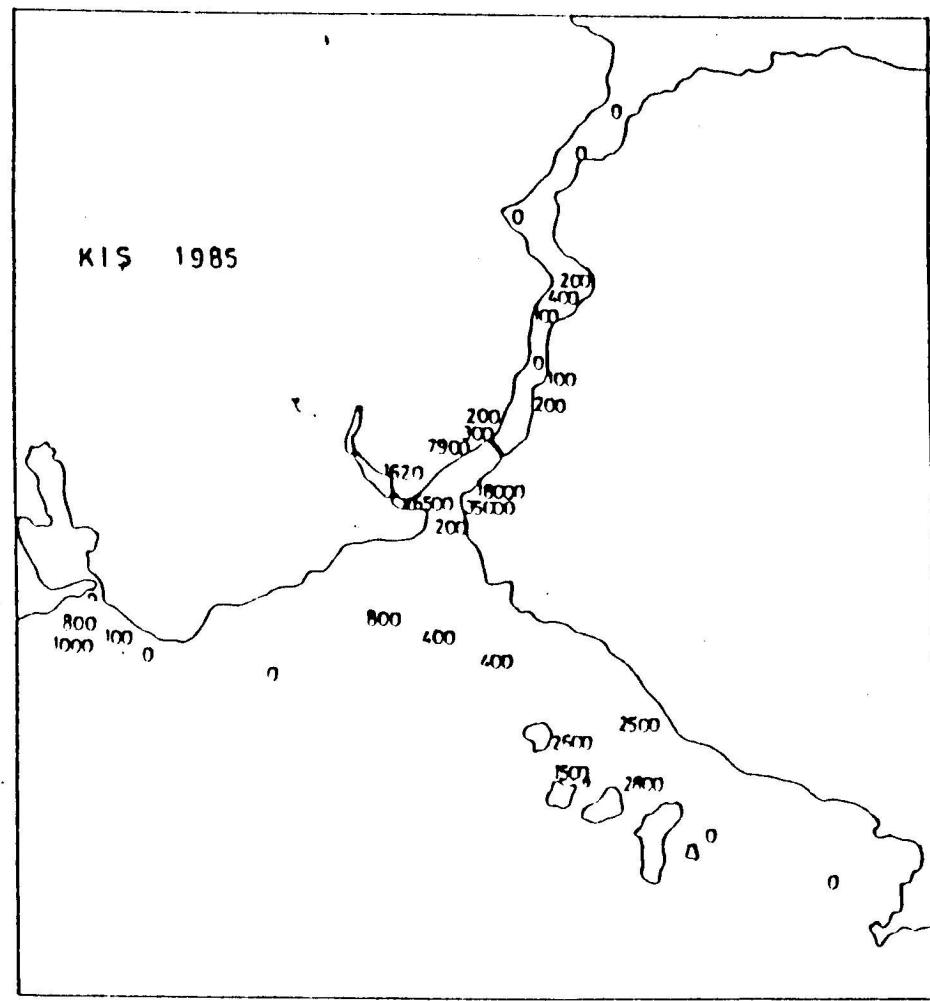
Sekil 9:



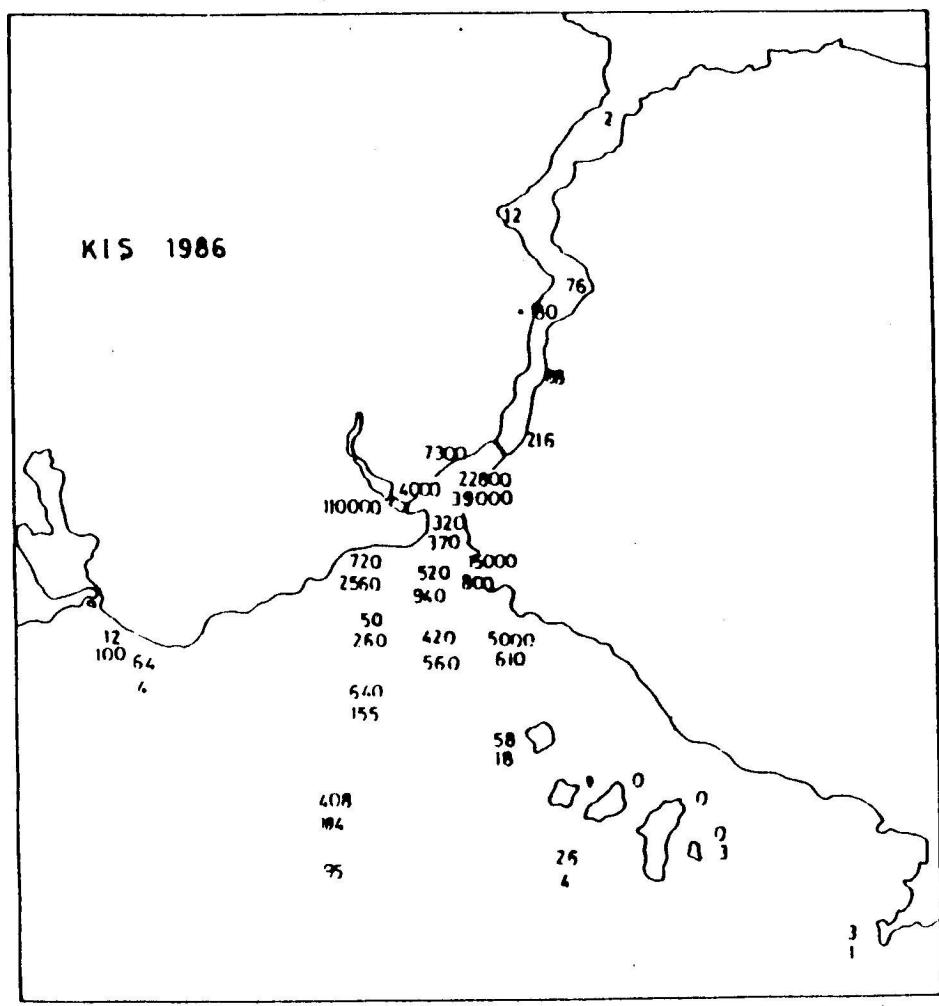
Şekil 10:



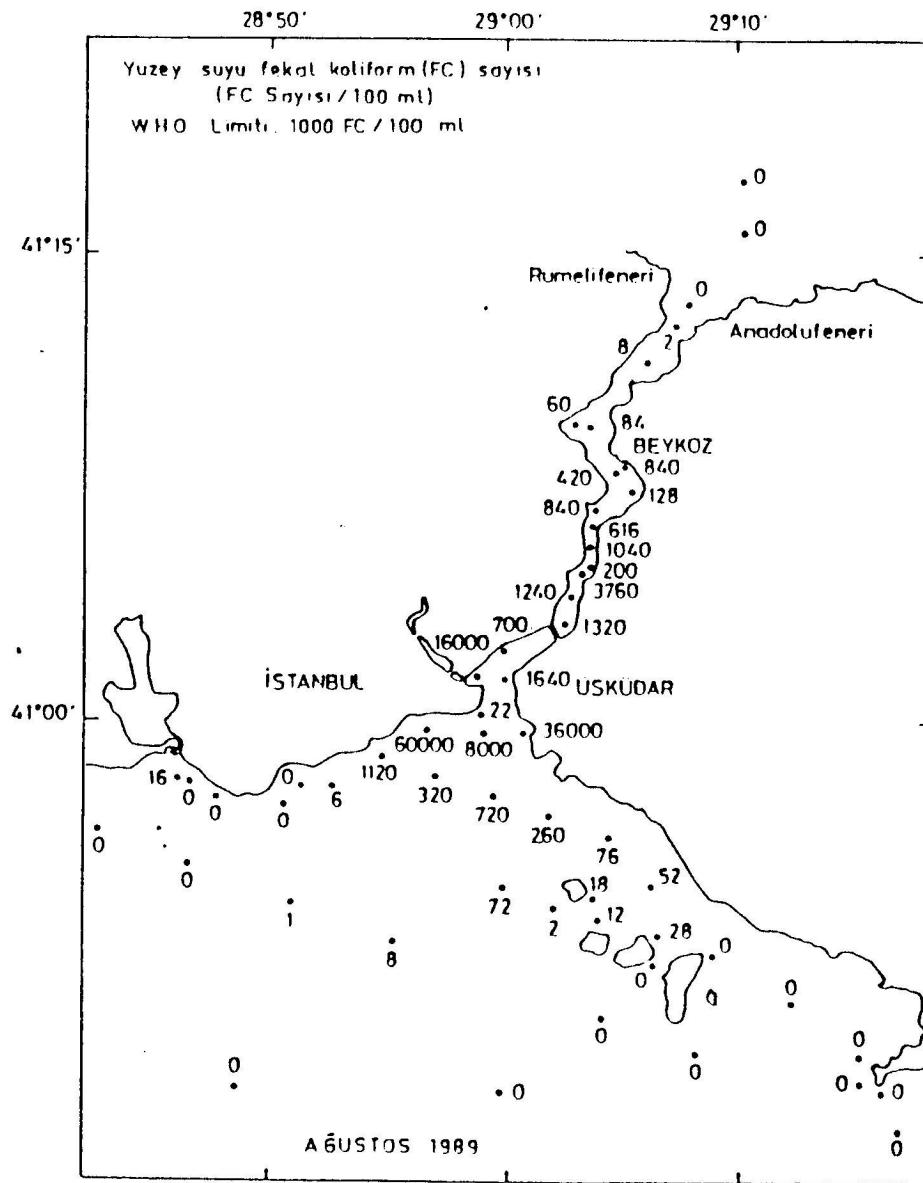
Sekil II:



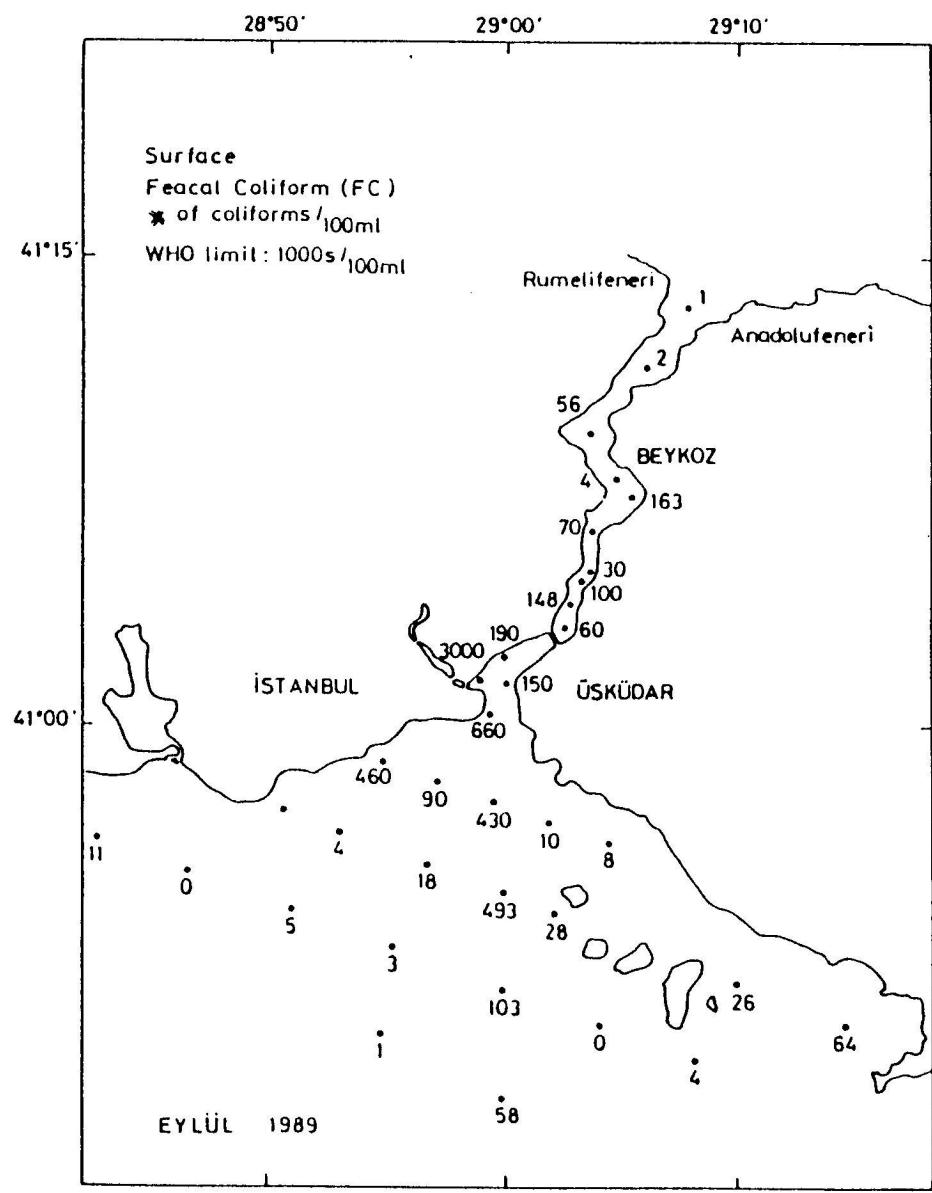
Sekil 12.a:



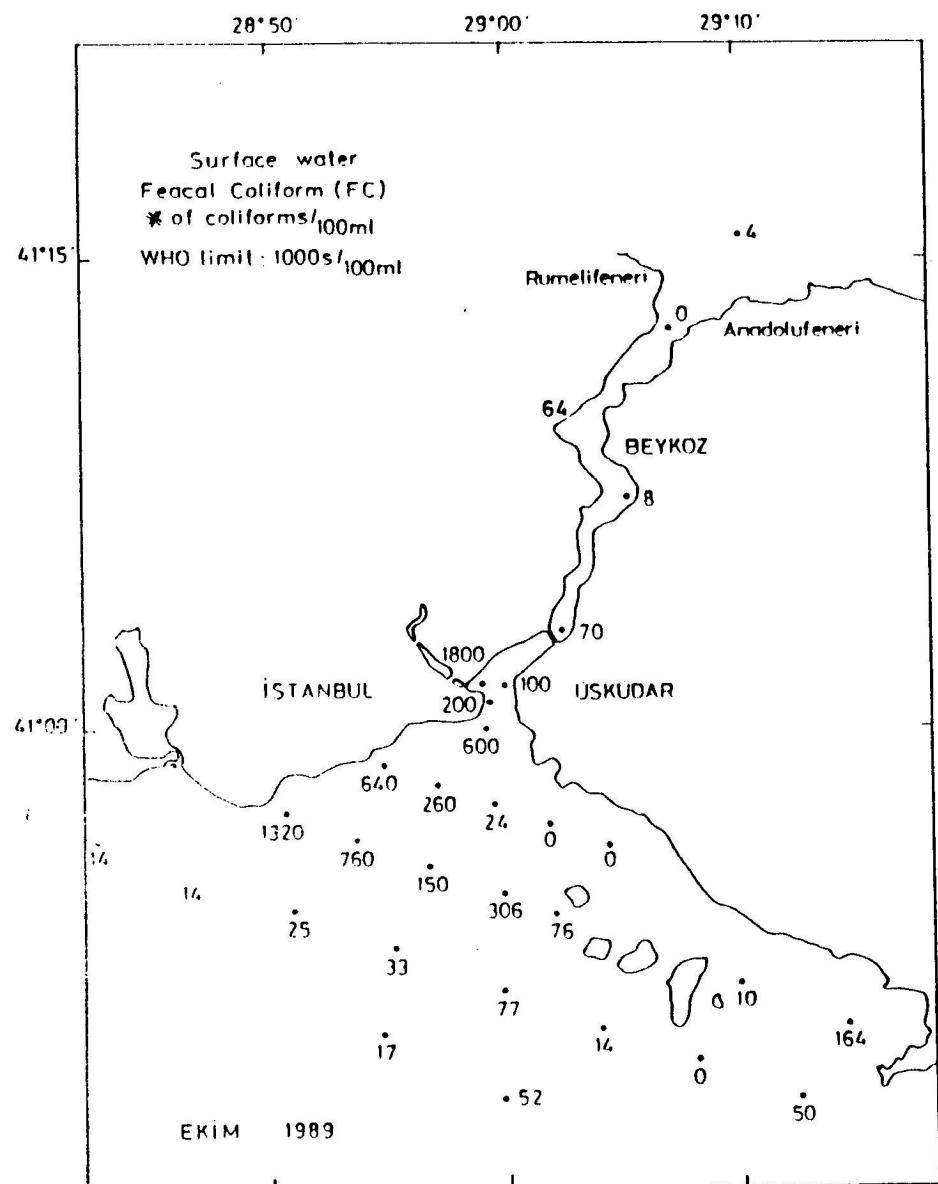
Sekil12.b:



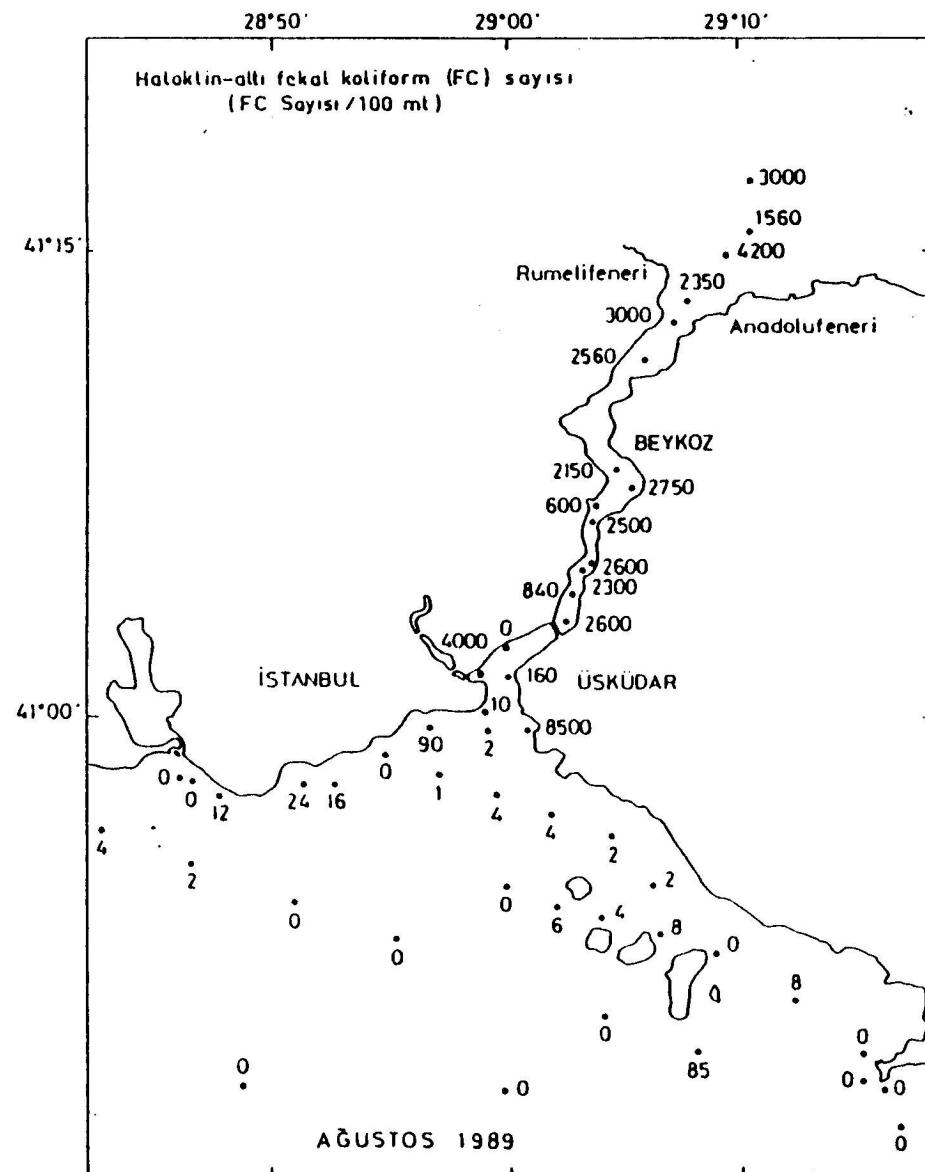
Sekil 13.a :



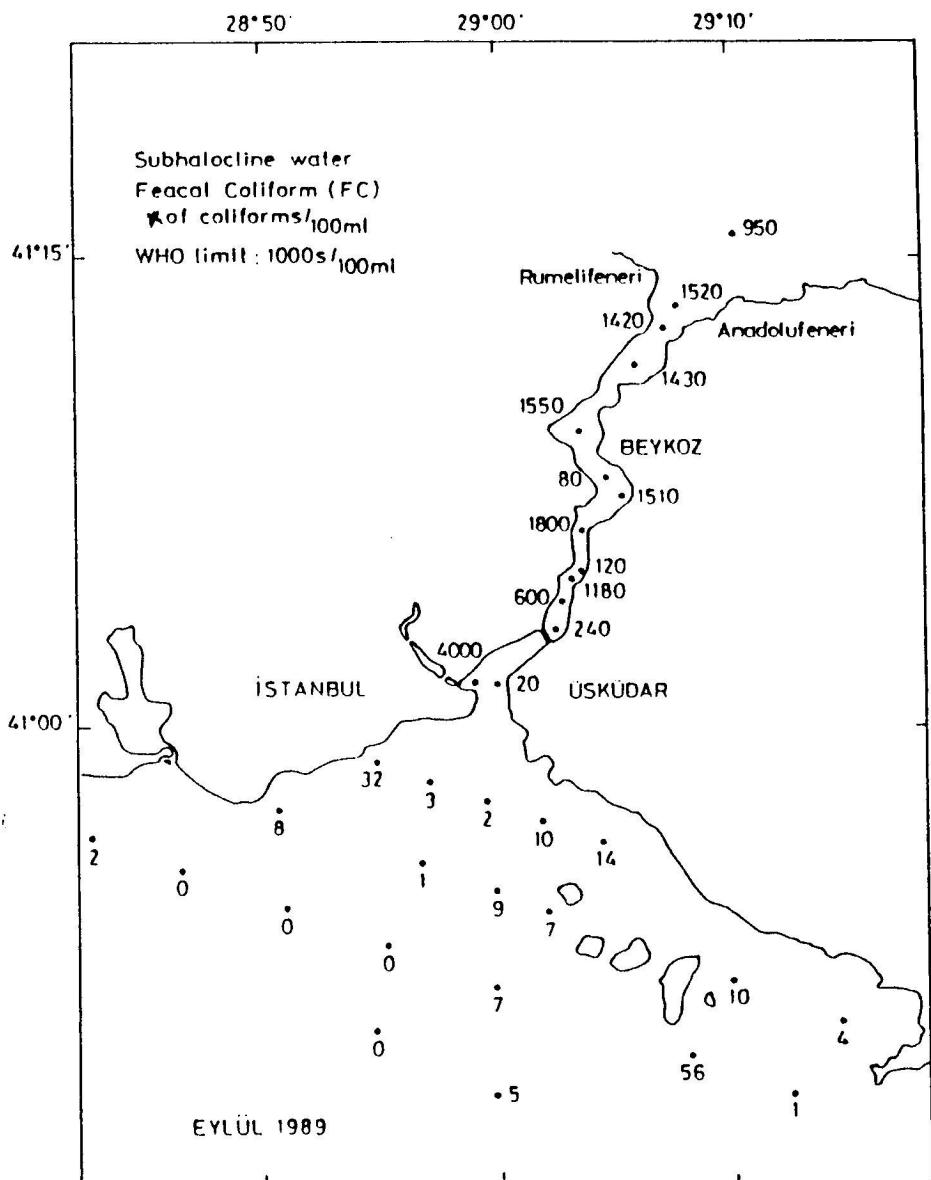
Şekil 13.b :



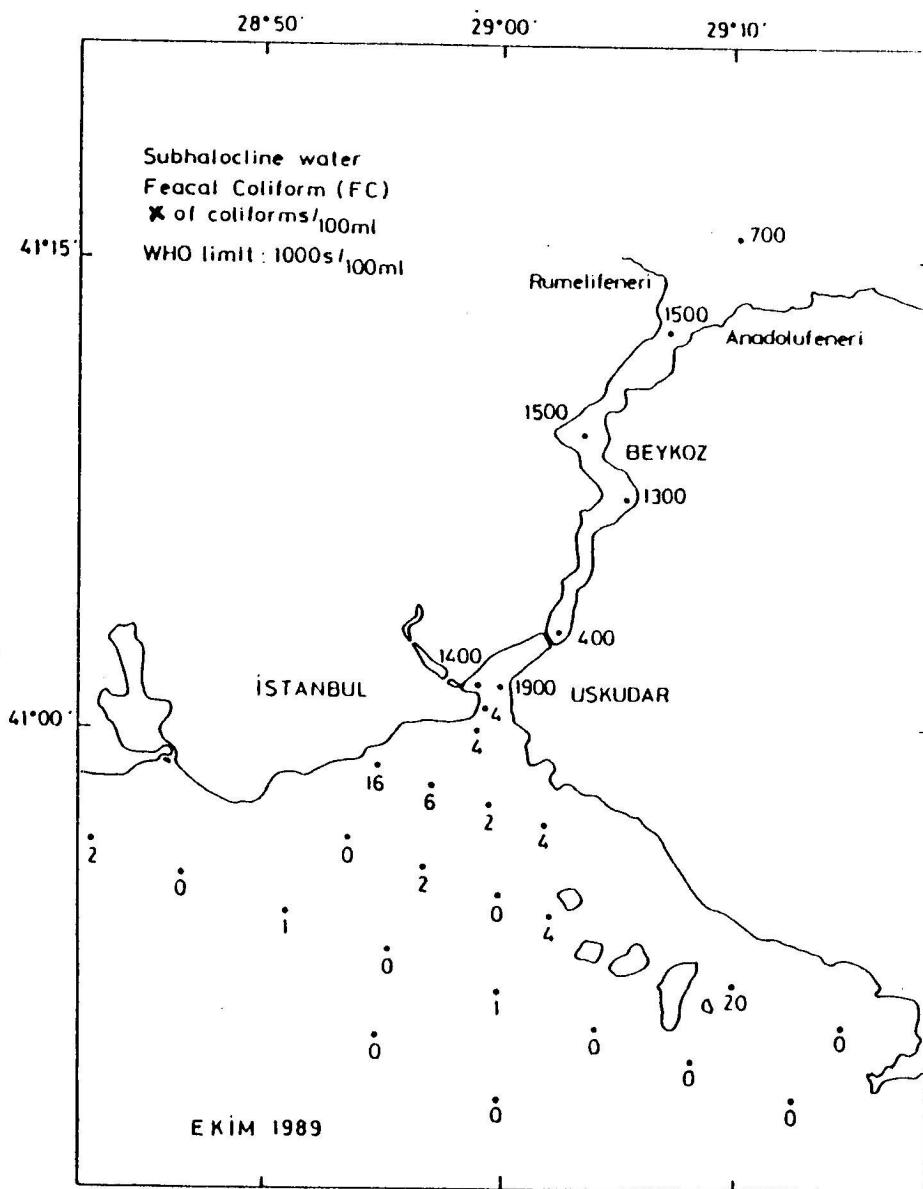
Sekil 13.c :



Sekil 14.a:



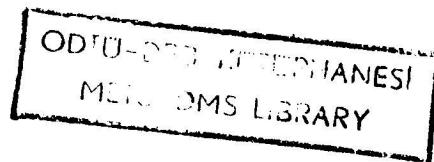
Sekil 14.b:



Sekil 14.c:

7 BÖLÜMDE
İSTANBUL'UN
ÇEVRE SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ
SEMPOZYUMU

9-13 NİSAN 1990
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MAÇKA KAMPÜSÜ



TÜRKİYE
ÇEVRE KORUMA VE YEŞİLLENDİRME
KURUMU