

MARMARA DENIZİ'NE KARADENİZ VE DIGER KAYNAKLARDAN TAŞINAN
TOPLAM FOSFOR, AZOT VE ORGANİK KARBON YÜKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

Çolpan Polat, Süleyman Tuğrul

OTDU-Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel

ÖZET

Karadeniz ile Marmara Denizi arasındaki su değişimini sağlayan İstanbul Boğazı'ndaki ters yönlü akıntılar, aynı zamanda suda çözünmüş ya da partikül halde bulunan organik ve anorganik maddelerin taşınım yoludur. Bu çalışmada her iki denizin ekosistemlerini doğrudan etkileyen ve birincil üretimi kontrol eden fosfor, azot ve organik karbonun boğaz akıntılarıyla taşınan yıllık toplam yükleri ve toplamı nötyonuna getiren bileşenlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Yarı su akış verilerine dayalı ve boğaziaki ters yönlü akıntıların neden olduğu dikey taşınımıları da içeren hesaplamalarla göre İstanbul Boğazı yoluyla Marmara ve Karadeniz'e taşınan toplam fosfor, azot ve organik karbon yükleri şöyledir:

YÜK (ton yıl ⁻¹)	Karadeniz'den Marmara'ya	Marmara'dan Karadeniz'e
Toplam Fosfor	1.2×10^4	1.6×10^4
Toplam Azot	1.0×10^5	1.0×10^5
Toplam Organik Karbon	1.5×10^6	0.4×10^6

Karadeniz'den Marmara'ya taşınan toplam (organik + anorganik) fosfor boğazdaki alt akıntıyla tekrazi Karadeniz'in alt sularına orto-fosfat olarak taşınmaktadır. Ancak, Marmara Denizi'ne giren toplam azot ve organik karbon yükleri Karadeniz'e ulaşan değerlerin yaklaşık 3-4 katıdır. Bu farklı neden olan bileşenlerin sonuçlarına göre Marmara Denizi yoluyla Karadeniz'den Ege Denizi'ne net bir çözünmüş organik azot ve karbon taşınımı vardır. Boğaz yoluyla Karadeniz'den taşınan kimyasal yükler, Marmara Denizi'ne verilen kirletici yüklerin toplamı ile karşılaştırılabilir seviyelerdedir.

Ancıtar sözçukler: Marmara Denizi, Karadeniz, besin tuzları,
organik karbon, harasal girdiler

A COMPARISON OF BLACK SEA AND OTHER SOURCES AS INPUTS OF TOTAL PHOSPHORUS, NITROGEN AND ORGANIC CARBON TO THE SEA OF MARMARA

SUMMARY

The water exchange between the Black Sea and the Sea of Marmara is produced by the adverse currents in the Bosphorus Strait and meanwhile it is also the path of transport of particulate and dissolved material. In this study, the transport of three basic elements, phosphorus, nitrogen and carbon-together with their different forms, through the Bosphorus and priority of various sources of the total inputs was discussed. The importance of these elements are their direct impact on the ecosystems of the Black Sea and the Sea of Marmara, primary production and biochemical oxidation. To calculate the chemical loads transported by the Bosphorus, the most recent water fluxes were used and the effect of entrainment on the material transport was taken into account. Due to this fact, the totals of fundamental chemical fluxes in tons y^{-1} through the Bosphorus are as follows:

Flux (ten year $^{-1}$)	From Black Sea to Marmara Sea	From Marmara Sea to Black Sea
Total Phosphorus	1.2×10^4	1.0×10^4
Total Nitrogen	1.9×10^5	0.6×10^5
Total Organic Carbon	1.5×10^6	0.4×10^6

Both the organic and inorganic phosphorus transported from the Black Sea to the Marmara Sea returns back as orthophosphate with Bosphorus underflow. However, total nitrogen and total organic carbon influxes to the Sea of Marmara are 3-4 times larger than the influx to the Black Sea which means that there is a net input of organic material from the Black Sea to the Aegean Sea. The chemical loads transported from the Black Sea to the Sea of Marmara are at comparable levels with the total amount of pollutant loads dumped into the Marmara Sea.

Key words: Marmara Sea, Black Sea, nutrients, organic carbon, anthropogenic inputs

GİRİŞ

Akarsu girişinin fazla, dikey karlemlarının ise azlığı olduğu Karadeniz'de 100-200 metre nin altındaki derinliklerde oksi-jenizm hidrojen sulfür içerekli bir su karleme bulunmaktadır (Serekin, 1983). Boğaz yoluyla Marmara ya akan Karadeniz'in az tuzlu (%.17-18) suları birkaç ayda Çanakkale Boğazı'na ulaşarak Ege Denizi'nin üst sularına karışır (Ünlüata ve diğ., 1990). Buna karşılık Çanakkale Boğazı yoluyla Marmara Denizi'nin alt tabakasına akan tuzlu Akdeniz suları, önemli kimyasal değişimlere uğradıktan sonra İstanbul Boğazı alt akıntılarıyla Karadeniz'in ara tabakasına yayılır (Bastürk ve diğ., 1990; Latif ve diğ., 1991). Boğazlarda süreğelen iki tabakalı akış rejimi Marmara ve Karadeniz'de haliyi bir miknatıslı (yögenlik tabakalaşması) ve diğer denizlerden çok farklı bir ekosistem oluşturmuştur.

İstanbul Boğazı'ndaki iki tabakalı akış üzerine son yıllarda kapsamlı bilimsel çalışmalar yapılmış nimasına rağmen, boğaz sularıyla taşınan kimyasalların mertebe-i değişimini ve yıllık ortalamalarını gösteren veriler henüz payınlanamamıştır. Geçmişte Deuser (1971) ve Fonselius (1974) tarafından yapılan toplam organik karbon ve toplam fosfat yüklerinin hesaplamaları eski akış vertilerine ve sınırlı kimyasal ölçümlere dayandığından pliniumün değişen koşullarını yansıtmasından uzaktır. Çünkü ekosisteminde son 20 yılda dramatik değişimlerin gölendirdiği Karadeniz de, biyolojik yaşam çeşitliliğinin kontrol eden temel kimyasalların derişimlerinde de önemli değişimlerin olduğu ifadesi sürülmektedir (Tugrul ve diğ., 1991; Mee, 1992). Örneğin Tuna Nehrinin taşıdığı kimyasal kirlilik yükü de aynı dönemde 3-4 kat artmıştır (Mee, 1992). Karadeniz de neytiye gelen ekolojik değişimin boğaz üst akıntısı yoluyla Marmara yi de etkilemesi doğaldır. Diğer tarafından Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'ne giren Akdeniz suları oksi-jenizm nedeniyle kozmetiklerin ve organik karbon... faktörleri... Marmara Denizi içinde 6-7 yıllık haliyle süreçlere nüfijinde (Mee, 1992)

eranında rafkirlegmektedir. Buna karşılık, ölçümlü anorganik besin elementlerince yaklaşık 10 kat yükseltilemeyecektir. Organik karbon seviyesinde ise önemli değişimler olmaktadır (Baştürk ve dig., 1990). Sonuç olarak, İstanbul Boğazı Kanalıyla Karadeniz'e ulaşan Akdeniz suyunun kimyasal Özellikleri Çanakkale'den girenden çok farklıdır.

Karadeniz'den Marmara'ya sağlanan suların besin tuzları ve organik karbon içeriği karasal kaynaklı proteinlerin artması birlikte, deniz ortamında süregelen iyiçkinliklere dayalı olarak dikkate değer mevsimsel değişimler göstertmesi doğaldır. Bu nedenle, Marmara Denizi ile Karadeniz arasındaki kimyasal madde akışının sağlıklı tahmini ancak boğazın iki girişinde sistematik ölçümelerin yapılması ile mümkündür. Bu tur veriler gerek komşu denizlerdeki besin tuzları ve organik karbon bütçelerinin oluşturulması için, gerekse doğal dengelerin bozulduğu bu denizlerin iyileştirilmesini amaçlayan yönetim programları için kritik öneme sahiptir. Marmara ve bogazlarda sistematik işleme çalışmaları ve araştırmalar 1996 yılında İrta Doğa Teknik Üniversitesi-Deniz Bilimleri Enstitüsü (İDTU-DBZ) tarafından başlatılmış ve ulusal destekle bu çalışmalar hala sürdürülmektedir. Bu sunun amacı, İstanbul Boğazı yoluyla sağlanan Karadeniz ve Marmara (Akdeniz kaynaklı) sularının fiziksel ve kimyasal Özelliklerini kısıtlı tanıtmaktır. Bu sunun yeni su akış verilerini kullanarak hesaplanan yıllık su miktarı tuzu ve organik karbon yüklerini tartışırak ve bu nedenlerle Marmara Denizinde diğer kaynaklardan giren yüklerin karşılaştırılacaktır.

MATERIAL VE YÖNTEMLER

İDTU'nun "BILIM" araştırması genelisiyle, 1991-1992 yılları arasında İstanbul Boğazı'nın kuzey ve güney girişlerinde besin tuzu ve organik karbon analizleri için dedektif derinliklerden örneklemeler yapılmıştır. Asitlik temizlenmiş polietilen şişelere alınan deniz suyu örnekleri buzdızılıkla 1 m derinlikte dondurucuda ölçüm zamanına kadar korunmuştur. Örneklerde reaktif fosfat ve nitrat+nitrit ölçülmüştür. Technicon tipi bir kanallı bir otomatik analizör ile yapılmıştır. Çözünen organik karbon konsentrasyonları ise persulfat+UV veya düşey sıcaklık katalitik oksidasyon yöntemi ile elde edilmiştir (Şenel, 1993).

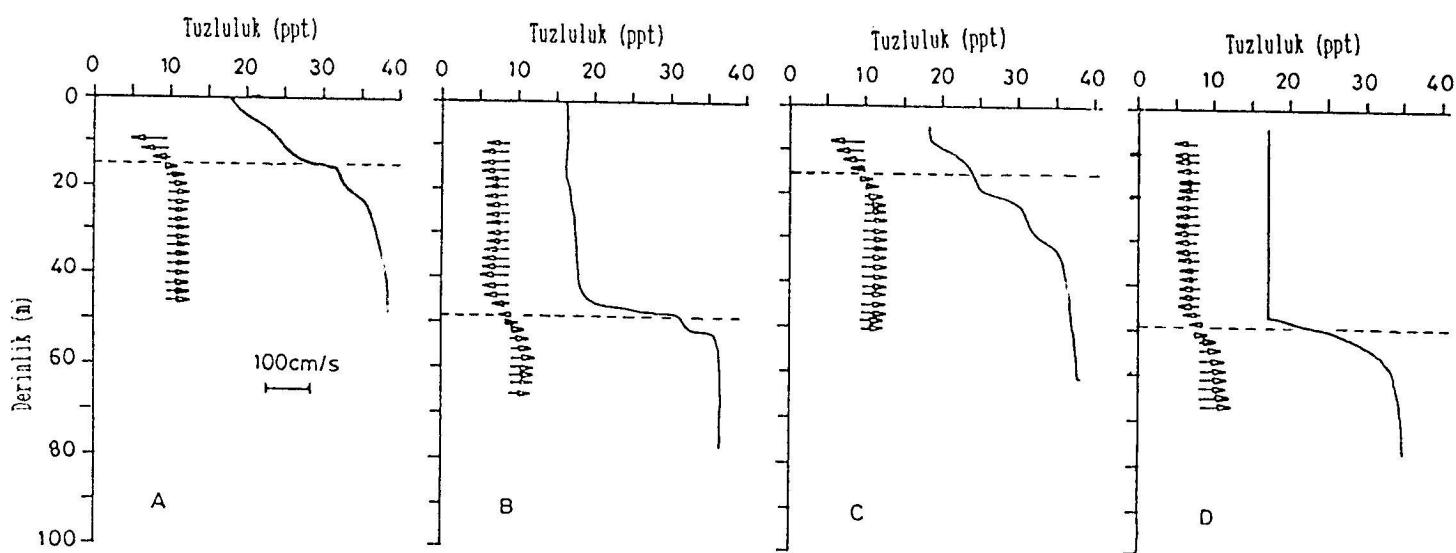
Tuğrul, 1993). Partikül organik karbon, azot ve fosfat (PO₄³⁻ ve F⁻) ölçümleri için toplanan deniz suları doğrudan lasersel altında GF/F tipi filtrelerden süzülmüş ve filtre kağıtları analize kadar dondurulmuş olarak kullanılmıştır. Nitrit ve PO₄³⁻ analizi için ayrılan filtreler daha sonra şerekeleme işlemelerden geçirilmiş ve Carlo-Erba Model 1108 analiz cihazı kullanılarak organik azot ve Karbon miktarları kuantitif olarak ölçülmüştür. PP ölçümü için filtreler 300 ml. su 10 °C'de 2-3 saat tutularak organik fosfat ileşiklerini bulgularla karşılaştırmıştır. Beyazlitik HCl ile hazırlayılan anorganik fosfat iyonlarının miktarı, pH ayarlamazından sonra İonometrik yöntemle ölçülmüştür.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bogaz Akıntısıyla Taşınan Karadeniz Suyunun Özellikleri

Latif ve dig. (1991) tarafından elde edilen kesintisiz akıntı profillerine göre Karadeniz'in bogaz girişindeki homojen ve az tuzlu (‰.17-18) sular 45-50 metrelik bir tabaka halinde Marmara'ya doğru akmaktadır (Şekil 1). Karadeniz sularını taşıyan bu tabaka bogazın güneyinden gelenin deşin'in elinde ve 10-15 metrelik bir tabaka halinde Marmara'ya sularına karışmaktadır. Boğazın Marmara girişinin ise ~10 km uzunluk yarısının altından geçen Akdeniz kapaklı Marmara'ya, sular suyu ile bogaz boyunca Karadeniz'e doğru akmaktadır. Bu da esaslı olarak yarımaları arasında kalır since gelen akıntılar tabakaların ise akıntılarını çok düşürür (Şekil 1).

Karadeniz'den bogaz yönüne akan 45-50 metrelik su koronunda kişi aylarında dumanlı birakır gibi organik besin elementleri derişimlerinin ilkbahar-sentaksis döneminde kapsayan aylarda ise 5-10 kez adetüğü gözlemlenmiştir (Altı ve Tuğrul, 1993). Buyleşine çarpıcı mevsimsel değişimler gösteren bulgulardan yıllık ortalamaya değerlerine ulaşmak için 1986-1992 dönemine ait yıllık ortalamalar hesaplanmıştır. Bu değerlerden elde edilen yıllık ortalamalar ise (nitrat+nitrit) için 1.6 μM , anorganik fosfat (ÇIP) için de 0.18 μM 'dir.



Şekil 1. İstanbul Boğazı'nın güney (A,C), kuzey (B,D) girişlerindeki Ağustos-1991 (A,B) ve Aralık-1991 (C,D) tarihlerine ait tuzluluk profilleri ve akıntı vektörleri (Latif ve dig., 1992)

Boğazda düzenli olarak çözünmüş amonyak ölçülmemişinden, Karadeniz'in güneybatı bölgelerinde farklı gruptarca toplanan sınırlı sayıdaki verilerden (Kirikova, 1985; Sapozhnikov, 1990; Todorovski ve dig., 1991) boğaz üst akıntılarının yıllık ortalama amonyak derisini $0.5 \mu\text{M}$ olarak hesaplamaktır.

Şubat 1991-1992 döneminde mevsimsel şartları göz önünde bulundurularak organik azot (PO_N) ve partikül fosfor (PP)量ından hesaplanan boğaz üst akıntılarının yıllık ortalama PO_N ve PP derişimleri sırasıyla $0.4 \mu\text{M}$ ve $0.17 \mu\text{M}$ 'dir.

Karadeniz akıntılarının verdiği şereftüng organik fosfat (GOF) konzentrasyonları, toplanan fosfat (TF) bulgularından (GOF+PP) hesaplanan miktarla birlikte aynıdır. 1991 de toplanan mevsimsel fosfor ölçümelerinden hesaplanan yıllık GOF ortalaması yaklaşık $0.16 \mu\text{M}$ 'dir. Boğazın üst ve alt sularında bugüne kadar hiç bulunmuş organik azot (CON) ölçümü yapılmamıştır.

Karadeniz'in girişlerindəki geniş kitle saliniliğinin değişmesine neden olabilecek önemli miktarlardaki organik materyallerin etkisinden, Karadeniz'in yüzey sularında ölçulen $18 \mu\text{M}$ lik CON değeri (Zorokin, 1983) boğaz üst akıntıları için yıllık ortalama olarak kabul edilmiştir. Boğaz üst akıntılarında ölçulen çözünmüş organik karbon (OC) değerlerinden tek başına ölçüm, karbon atomlarının elementlerinde genilen salınımları kıyasla

daha azdır (Fehat ve Uzgrul, 1993). Bunun da nedeni, Karadeniz yüzey sularına boyakılmış gibi bozunmaya dirençli fosfor miktarda karasal kaynaklı organik maddelerin girdiinin olmasıdır. 1987-1992 dönemini kapsayan ÇOC ölçümülarından hesaplanan yıllık ortalama $192 \mu\text{M}$ 'dir. 1991-1992 dönemini kapsayan partikül organik karbon (POC) derişimlerinin yıllık ortalaması ise $21 \mu\text{M}$ 'dir.

Özet olarak, Çizelge 1'den de görüldüğü gibi bogaza giren Karadeniz suyundaki ortalama $0.45 \mu\text{M}$ 'lik toplam fosforu meydana getiren fosfor bileşenlerinin derişimleri karşılaştırılabilir seviyelerde iken, toplam azotun (TN) en önemli bileşenini CON oluşturmaktadır. Bunun nedeni de bogaza giren Karadeniz suyundaki organik maddenin çoğunu bakteriyel parçalayanmaya karşı dirençli, karasal kaynaklı olmasıdır.

Çizelge 1. İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişinde karışım tabakasına, Marmara girişinde ise tuzlu alt su tabakasına ait yıllık ortalama anorganik ve organik madde derişimleri (μM)

Parametre	Karadeniz-karışım	Marmara-alt
ÇİP ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)	0.18	1.01
PP	0.17	0.16
ÇÖP	0.16	0.15
TIP	0.50	0.51
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	0.3	0.2
$\text{NO}_2^+ + \text{NO}_3^- \text{-N}$	1.2	1.3
TIN ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^+ + \text{NO}_3^- + \text{N}$)	1.1	1.7
POC	2.4	2.4
ÇOC	192.0	197.0
TIN	12.5	12.1
ÇOC	191.0	197.0
POC	21.0	21.2
TOC	212.0	212.2

Bogaz Alt Akintisiyla Tasinan Marmara Sularinin Ozellikleri

Istanbul Bogazi alt akintisi ile Karadeniz'e tasinan Akdeniz kokenli tuzlu suiarin kimyasal ozelliklerinde Marmara'da kaldigi 6-7 yillik surede dikkate degere degisimler oldugu bilinmektedir (Basturk ve dig., 1990). Iskiliçik 35 metrelilik bir esikten gecerek bogaza giren bu tuzlu sular bogaz boyunca ters yondeki ust akintilarla karisip seyrelmeye usgrayarak Karadeniz'e ulasir. Marmara Denizi'nde fotosenteze dayali birincil uretim 37-38 metrelilik ust tabaka ile sinirlandiginden, Marmara'ya giren Akdeniz kokenli sularda besin elementleri birikimi soz konusu olmakla birlikte, mevsimsel degisimlerin fazia olmadigi gözlenmistir (Basturk ve dig., 1990). 1986-1992 döneni bulgularina göre bogaza giren Marmara'nin alt tabaka sularinda nitrat+nitrit konzentrasyonu 7-12 μM ve CIP konzentrasyonu da 0.7-1.2 μM arazinda degismektedir. Mevsimsel verilerden hesaplanan yillik ortalamalar ise nitrat+nitrit için 9.7 μM , CIP için ise 1.0 μM 'dir. Bogaz alt sularinda amonyak olcumu yapilmamaktan birikte, Marmara'nin bogaza yakin bolgesinde alt sularda amonyak derisimleri nitrat degerlerine komparativ olarak gultur (Friederich ve dig., 1990). Bu sinirli tercih nedeniyle alindiginda, bogaz alt akintisindaki amonyak derisiminin yillik ortalamasi 0.2 μM düzeyindedir.

1991-1992 döneninde sadece 30 ve 50 metrelerde ölçulen PP ve TON konzentrasyonlarının yillik ortalamaları sırasıyla 0.03 μM ve 0.4 μM dir. 1992 konusundan biriken TP ve CIP PP konzentrasyonları aralardan farklıdır. TP'lik CIP yillik ortalaması ise bu sularda gecenler ortalaması 0.95 μM 'lik 117 degerinden çok distiktir. Marmara Denizi'nde bugune kadar TON ölçülmediğinden, Andraim'in ara sularında gösteren (1988) tarafından belirtilen 3 μM lik CIP degeri bogaz alt akintisiyla tasinan Akdeniz sulari için ortalama deger olarak kabul edilmiştir. Bogaz'alt akintisinde mevsimsel bazda 65 ile 80 μM arasinda degisen ve yillik ortalamasi 70 μM olan COC degerleri, aynı tabakada ölçülen 5.2 μM 'lik POC ortalamasından çok yüksektir. Cicelige i'den de goruldugu gibi, bogaz alt sularindaki toplam azot, fosforun ve karbonun en önemli bileşenleri nitrat, fosfat ve çözülmüş organik karbondur.

Istanbul Boğazındaki Su Akışları

Istanbul Boğazı'nda yıl boyunca varlığından günüm ve mevsimsel olgularla sağlanır. İki denizdeki akış rejimini kontrol eden temel faktörler Karadeniz ve Marmara Denizi'ndeki hidrolojik ve meteorolojik koşullar ile birlikte Karadeniz'e giren tatlı su debisindeki değişimlerdir (Latif ve dig., 1992). Karadeniz sularını Marmara ya taşıyan, yazın üst akıntısının ilk bahar-yaz başlangıcı döneminde artıq gösterdiği, sonbahar-kış döneminde ise kısmen azaldığı ifade edilmektedir. Fakat, şiddetli lodos döneminde üst akıntıının boğazın güneyinde - ender de olsa - birkaç saat süreyle tıkanıldığı gözlenmiştir. Benzer şekilde, üst su debisinin arttığı şiddetli poyraz dönemlerinde Karadeniz çıkışında tıkanabilen ters yönlü alt akıntı, Marmara'nın Akdeniz kökenli tuzlu sularını yıl boyunca değişen debilerde Karadeniz'e taşımaktadır (Latif ve dig., 1992; Özsoy ve dig., 1992).

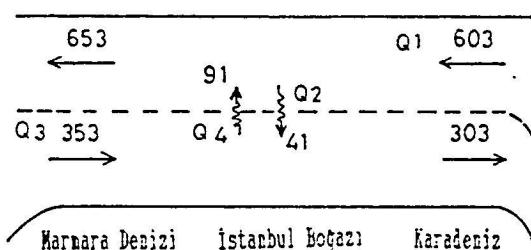
ODTU-Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde görevli bilim adamları Marmara Denizi'nin su dengesini kütlenin ve tuzlulugun korunumu denklemlerini kullanarak ilk kez 1986'da hesaplanmıştır (Özsoy ve dig., 1986). Bu su akı değerlerinin geçerliliği 1986-1991 fiziksel bulgularına dayalı hesaplamalarla da kanıtlanmıştır (Ünluata ve dig., 1990; Beşiktepe, 1991). En son Beşiktepe (1991) tarafından yapılan hesaplamalara göre yılda yaklaşık 600 km^3 ($20.000 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$) Karadeniz suyu İstanbul Boğazı'na girmekte ve bunun yaklaşık 40 km^3 'ü boğazdaki dikey karışıntımları alt suya geçerek tekrar Karadeniz'in ara tabakasına dönmektedir. Alt su ile Karadeniz'e giren yıllık 300 km^3 tuzlu suyun yaklaşık 260 km^3 'ü Akdeniz kaynaklıdır (Bkz. Şekil 2a).

Boğaz Akıntılarıyla Taşınan Yıllık Besin Tuzu ve Organik Karbon Yükleri

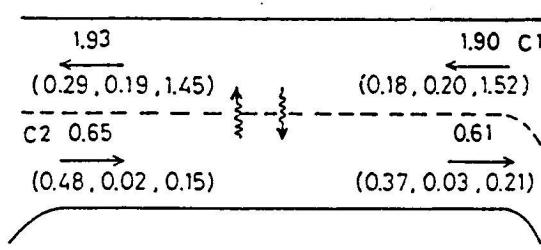
Karadeniz ile Marmara Denizi arasındaki azot, fosfor ve organik karbon taşımlarının hesaplanması Çizelge 1'de verilen ortalamalı konsantrasyonlar ve Şekil 2'deki su akış verileri kullanılmıştır. Marmara Denizi ile Karadeniz arasındaki yıllık su değişimi 600 ve 353 km^3 kadardır. Bu akım

değerleri aynı suların ortalaması kimyasal konsertrasyonları ile çarpıldığında ve boğazdaki dikey karışımlarla meydana gelen kayıp ve kazanımlar dikkate alındığında Karadeniz ve Marmara'ya giren toplam net yükler bulunur. Ünegin, nejatinden Marmara'nın yüzey sularına giren net yük = $\Sigma C_{11} \cdot Q_1 + \Sigma C_{12} \cdot Q_2$ dir.

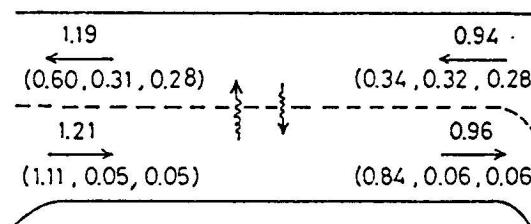
Şekil 2'de görüldüğü gibi Karadeniz'in üçten üç sularından boğaz üst akıntısıyla yılda yaklaşık 3,400 ton toplam fosfor (TP) taşınmaktadır. Çözülmüş anorganik fosfor (CIP) açısından zengin, ters yönlü alt akıntıları dikey karışımlarla bogaz üst akıntısına yaklaşık 3,000 ton yıllık TP girdisi ile birlikte Marmara'ya ulaşan yıllık TP miktarı 12,000 tona çıkmaktadır. Bu TP yükünün yaklaşık %50'si CIP, %26'sı PP ve %24 kadarı da COD'dir. Karadeniz'den çıkan yıllık 9,400 ton TP alt su akısıyla Karadeniz'e taşınan miktarla (9,600 ton yıllık) çok yakındır.



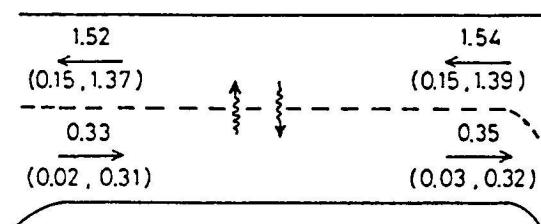
(A)



(C)



(B)



(D)

Şekil 2. İstanbul Boğazı'ndaki su ve kimyasal medya akıları: (A) su akıları ($\text{km}^3/\text{yıl}^{-1}$; Beşiktepe, 1991); (B) fosfor akıları ($\times 10^4$ ton P yıl^{-1}); (C) azot akıları ($\times 10^5$ ton N yıl^{-1}); (D) organik karbon akıları ($\times 10^6$ ton C yıl^{-1}). Okaların üzerindeki değerler TP, TN ve TOC'yi parantez içindelli değerler ise sertifikalı CEN, PP, COD, DIN, PON, CUN veya JIS. Dantel ifade ederler.

Şekil 2'de verilen yıllık azot yüklerine göre Karadeniz'den Marmara'ya taşınan TN (1.96×10^6 ton yıl $^{-1}$) yük Marmara den Karadeniz'e ulaşan yıllık TN yükünün 1.61×10^6 ton
üç katıdır. Marmara'ya giren TN yükünün ancak $\frac{1}{3}$ 'ünü oluşturan
TN, Karadeniz'e giren yükteki payı $\frac{1}{3}$ 'u oluşturur.
Karadeniz'den taşıtan TN yükünün %75'iin CON, altı tane PON
oluştururken, bu bileşenlerin Marmara'dan çıkış İK'in katkıları
arasıyla %35 ve %6'dır. Marmara'ya girmeye gelen
Karadeniz'den Marmara'ya İK ve PON olarak sağlanan azot altı
akıntıyla nitrat formunda geri donmaktadır. Bu da irtmak
kökenli, biyokimyasal bozunmaya dayanıklı CON yükünün önemli
bir bölümünün Marmara Denizi yoluya Ege Denizi ne ullaştığını
 işaret etmektedir.

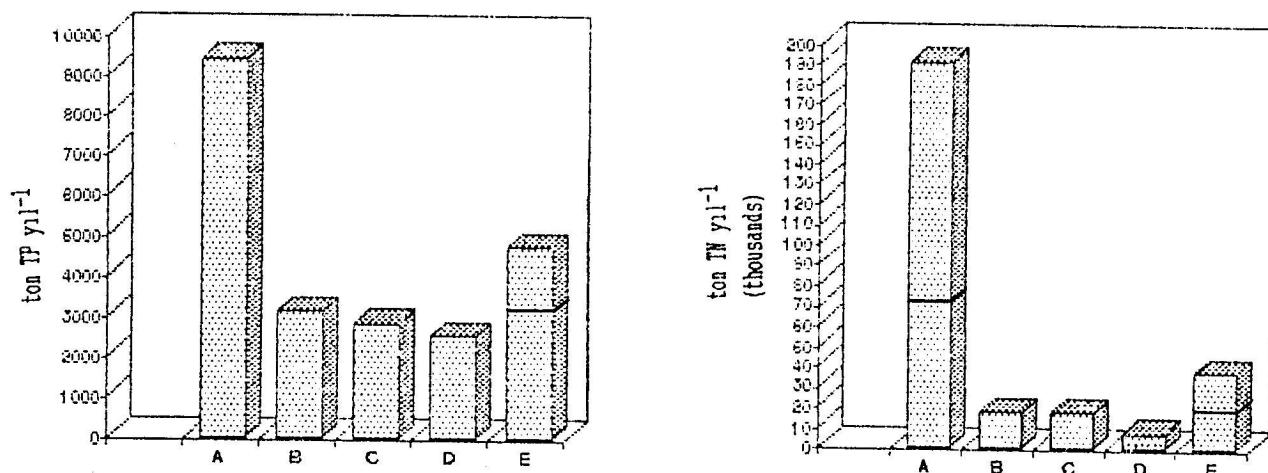
Şekil 2'de incelendiğinde, Karadeniz ve Marmara Denizi'ne
taşınan organik karbon yükleri arasında büyük farklılıklar
olduğu ve Marmara Denizi'ne net bir organik madde CON'ı girdiği
olduğu görüldür. Marmara Denizi'nin yüzey sularına ulaşan CON
miktari 1.37×10^6 ton yıl $^{-1}$ dir. Bu değer Karadeniz'e giren
yükün (0.32×10^6 ton yıl $^{-1}$) yaklaşık dört katıdır. Toplam
organik karbon yükünün yaklaşık %10'unu oluşturan PON yükleri
arasında da benzer oran varıdır.

Marmara Denizi'nin yüzey sularına alt tabakadan, Karadeniz'den
ve karsal kaynaklardan sağlanan kimyasal yüklerin
karşılaştırılması

Onçuklu bölümler belirtildiği gibi, Karadeniz ve Marmara'ya
Bogaz yoluya taşınan toplam fosfor (TP) ve toplam azot (TN)
yükleri sırasıyla 0.04×10^4 ve 1.96×10^6 ton yıl $^{-1}$ düzeyindedir.
Şekil 3a ve 3b'de karsal kaynaklı girdilerie birlikte
gösterilen bu yüklerden TN'nin - daha önce de vurgulandığı gibi
- yaklaşık %75'ini biyokimyasal parçalanmaya dirençli,
akarsularla sağlanan CON oluşturur. Bu tür CON bileşiklerinin
ancak %20'lük bir bölümünün aylık zaman ölçüğünde
parçalanabilir olduğu ieri sürümektedir (Wardner, 1978).
Parçalanabilir CON oranı dikkate alındığında Karadeniz'den
taşınan ve Marmara ekosistemini etkileyen TN yükü (1.96×10^6 ton

yapıdaki ilmazlarındadır. Şekil 2b'de verilen blok grafikte (A) bu yük bir çinçigile işaretlenmiştir.

iki tabakalı bir su kütlesine sahip Marmara Denizi'nin üst sularına dikey karışımalar yoluya da alt tabakadan besin elementleri taşınımı yıl boyunca sürmektedir. Yüzey sularının soğuduğu ve haloklin tabakasının kısmen soyutıldığı kış aylarında Marmara genelinde gözlenen bu taşınım olayı, özellikle Karadeniz suyunun Marmara'ya ulaşığı bölgein güney girişi ve yakın bölgesinde meydana gelmektedir. Alt tabakadaki çözünmüş besin elementleri derişimi ve ara kesitten yüzeye taşınan su hacmi dikkate alındığında, üst tabakaya yaklaşık 0.30×10^4 ton fosfor ve 0.16×10^5 ton azot taşınmaktadır (Şekil 3a ve 3b'de "B" ile gösterilen blok grafikler).



Şekil 3. Marmara Denizi yüzey sularına Karadeniz'den, alt tabakadan ve karasal kaynaklardan taşınan (a) toplam fosfat ve (b) toplam azot yükleri. A: Karadeniz üst suyu ile taşınan, B: karışım ile üst suya geçen, C: İstanbul kentsel atıkları ile taşınan, D: nehirlerle taşınan anorganik fosfat ve azot, E: Marmara Bölgesi'ndeki toplam evsel ve endüstriyel atıklarla taşınan.

Marmara Denizi'ne en fazla kirlilik yükünün İstanbul'da bulunan yerleşim alanlarından ve sanayi kuruluşlarından kaynaklandığı bilinmektedir. Uzlu (1990)'nın hesaplamalarına göre, 1990 yılı itibarıyla boğaz ve Marmara'nın yüzey sularında verilen toplam fosfat ve azot yükleri sırasıyla 0,16x10⁵ ve

0.16×10^5 dir. Yenikapı hölgezinden geçen alt akıntısına verilen yıllık TP ve TN yükü yaklaşık 750 ton TP ve 3800 ton TN'dir. Bu yüklerin yaklaşık %20'lik bir bölümünün geçen periyonda meydana gelen dikey karışımılarla üst akıntıya ve sonucta Marmara'ya döndüğü kabul edildiğinde (Özçay ve dig., 1991), İstanbul bölgesinden Marmara yüzey sularına verilen TP yükü 1.16×10^4 ton yıl^{-1} , TN yükü de 0.17×10^5 ton yıl^{-1} düzeyine ulaşmaktadır (Şekil 3a ve 3b'de "C" ile gösterilen blick grafikler).

DSİ 1990 verilerine göre yılda yaklaşık 0.25×10^4 ton TP ve 0.07×10^5 IN akarsular yoluyla Marmara'nın kıyı sularına taşınmaktadır (Şekil 3a ve 3b'de "D" ile gösterilen bar). Bu yüklerin hangi oranlarda kirletici kökenli olduğu ve ne kadarının kıyı akıntılarıyla açık sulara taşındığı bilinmemektedir.

Marmara Denizi'nin drenaj havzası içerisinde bulunan tüm evsel ve endüstriyel alanlardan atıksular yoluyla taşınan TP ve TN yüklerininin hesaplanması İ.Ü. Araştırma ve Yardım Vakfı'ncı hazırlanan proje raporunda (1992) verilen tahmini yükler baz alınmıştır. İstanbul bölgesini de içeren hesaplamalara göre Marmara Denizi'ne her yıl 0.47×10^4 ton TP ve 0.37×10^5 ton TN girmektedir. TP'in %68'i İstanbul bölgesinden kaynaklanmaktadır; TN için bu oran %54'dür (Şekil 3a ve 3b'de "E" blick grafik üzerinde çizginin altında kalan kısım).

Marmara Denizi'nin yüzey sularına doğal ve kirletici kaynaklardan giren TP ve TN yükleri hangi oranlarda açık sulara taşındığı sorusu dikkate alınmadan karşılaşıldığında önemli sonuçlara ulaşılmaktadır. Şekil 3'ten açıkça görüldüğü gibi, Karadeniz'den Marmara'ya taşınan TP ve TN miktarları Marmara üst sularına değişik kaynaklardan giren yüklerin toplamının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. İstanbul bölgesinin ise TP'ye katkısı %15, TN'ye ise %13 seviyesindedir. Nehirler yoluyla taşınan yüklerin önemli bir oranının kıyı sularında kaldığı dikkate alındığında, Marmara Denizi'ndeki birinci üretimin enelikle Karadeniz'den, ikinci derecede de İstanbul bölgeinden giren azot ve fosfor yüklerinde konumlu olduğu ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, Kuzeybatı Marmara'ya

nehirlerin ulisen kimyasal kirleticilerin boğaz üst ekintisi ile Marmara ya ve daha sonra da Ege Denizi'ne kadar taşındığı dikkate alındığında, gerek Karadeniz'e gerekse Marmara'ya verilen kirleticik yüklerin enflasyonu bu iki denizdeki doğal ekosistemlerin - bunun bir neden olgasında de olsa - kontrole altına alınamasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKCI, A.D.

- Bastürk, O., Tuğrul, S., Yılmaz, A., Baydam, Ü. (1990): Health of the Turkish Straits: Chemical and environmental aspects of the Sea of Marmara. ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, No.90/4, sayfa 9-21.

Besiktepe, S. (1991): Some aspects of the circulation and dynamics of the Sea of Marmara, Doktora tezi, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, 226 sayfa.

Cedispotı, L.A., Friederich, G.E., Murray, J.W., Sutcliffe, C.M. (1991): Chemical variability in the Black Sea, implications of data obtained with a continuous vertical profiling system that penetrated the skin, anoxic interface. Deep-Sea Research, 38(2):6691-6711.

Coste, B., Corre, P.Le., Minas, H.J. (1990): The evolution of the nutrient exchanges in the Strait of Gibralter. Deep-Sea Research, 35(4):767-775.

Deuser, W.G. (1971): Organic carbon budget of the Black Sea.

- Kirikova, M.V. (1980): The content of inorganic nitrogen forms in the upper layer of the Black Sea in the late summer period. Marine Ecology, 21(3): 10.
- Latif, M.A., Ozsoy, E., Oguz, T., Unlüata, U. (1981): Observation of Mediterranean inflow into the Black Sea. Deep-Sea Research, 30(2):711-725.
- Latif, M.A., Ozsoy, E., Salihoglu, I., Gaines, A.F., Baştürk, G., Yilmaz, A., Tuğrul, S. (1992): Monitoring via direct measurements of the modes of mixing and transport of wastewater discharges into the Bosphorus underflow. ODTÜ-Institute of Marine Sciences, No. 92-2, sayfa 3-7.
- Mee L.D.(1992): The Black Sea in crisis: The need for concerted international action. Ambio, 21(4):278-286.
- Ozsoy, E., Oguz, T., Latif, M.A., Unlüata, U. (1986): Oceanography of the Turkish Straits. Physical Oceanography of the Turkish Straits, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, sayfa 1/3.1-3.17.
- Ozsoy, E., Latif, M.A., Salihoglu, I., Beşiktepe, Ş., Gaines, A.F., Oguz, T., Tuğrul, S., Baştürk, G., Saydam, C., Yilmaz, A. (1992): Monitoring via direct measurements of the modes of mixing and transport of wastewater discharges into the Bosphorus underflow: Bosphorus hydrography, currents, fluxes and acoustical, chemical and rhodamine-B dye tracer studies of the waste discharges. ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, sayfa 4-9.
- Pelen, S.Y. (1986): The supply, use and mineralization of organic carbon in the Sea of Marmara. Master's thesis, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, 126 sayfa.
- Pelat, S.C., Tuğrul, S. (1993): Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara seas through the Bosphorus Strait. Deep-Sea Research (in press).
- Sapezhnikov, V.V. (1990): Ammonia in the Black Sea. Oceanology, 30:39-42.
- Sorokin, Yu.I. (1983): The Black Sea. In: Estuaries and Enclosed Seas. Ecosystem of the World. Ed: B.H. Ketchum. Amsterdam, Elsevier. pp 253-291.
- Tuğrul, S., Baştürk, G., Saydam, C., Yilmaz A. (1992): Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from density profiles. Nature, 359:137-139.

- Fugrahi, S. (1990): Comparison of Total concentration by persulphate-UV and HTCO techniques in the Marmara and Black Seas. *Marine Chemistry*, 31:235-247.
- Yıldız, O., Orhan, D., Ünlüata, G., Filibeli, A. (1990): İstanbul Boğazı Akıntılarının ve Kentsel Atıkularının Marmara Denizi Kirliliğine Katkılarının Bilançosu, Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, sayfa 62-64.
- Ünlüata, U., Oguz, T., Latif, M.A., Ozsoy E. (1990): On the physical oceanography of the Turkish Straits. In: The Physical Oceanography of the Straits, ed: J. Pratt. NATO/ASI Series. Portrecht, Kluwer Academic Publishers, pp 25-60.

Tesekkür: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen bu çalışmada saha ve laboratuvarında verilerin toplanmasına -zaman zaman günde 24 saat çalışarak- katkı sağlayan tüm çalışanlara teşekkür ederiz.