



KİRLETİCİLERİN DOĞU AKDENİZİ BESLEYEN NEHIRLERDEKİ VE BAZI ATIK SULARDAKİ DERİŞİMLERİ VE DENİZE DEŞARJ MİKTARLARI

POLLUTANT CONCENTRATION AND THEIR FLUXES IN THE WATERS OF RIVERS AND SOME SEWAGE EFFLUENTS DRAINING INTO THE EASTERN MEDITERRANEAN

Çağan Tunç¹, Süleyman Tuğrul¹, Semal Yemenicioğlu¹, Neslihan Doğan Sağlamtimur¹

cagan@ims.metu.edu.tr,tugrul@ims.metu.edu.tr,semal@ims.metu.edu.tr,neslihan@ims.metu.edu.tr

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü P.K. 28, 33731, Erdemli – Mersin

ÖZET

ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından doğu Akdeniz'de kirleticilerin deşarjını kontrol etmek için kaynaklarda kirlilik izleme, kirleticilerin sebep olduğu çevresel kirlenmenin zamana bağlı etkilerini ve değişimlerini tanımlayabilmek için de yönelik izleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu amaçla doğu Akdeniz'i besleyen nehirlerden ve şehir atıksularından alınan örneklerde kirlilik parametreleri (TAK, BOİ, KOİ, Besin tuzları (azot, fosfor)) mevsimsel sıklıkta ölçülmektedir. Ayrıca yılda bir kez biyota ve sediman örnekleri toplanarak ağır metaller (Hg, Cd, Cr, Cu, Zn) ölçülmüştür. Elde edilen verilerin karşılaştırılması sonucunda kirletici derişimlerinin evsel atık sulara kıyasla daha düşük olduğu halde debilerinin yüksek olması nedeniyle nehirler yoluyla daha fazla kirleticinin doğu Akdeniz kıyı sularına taşıdığı belirlenmiştir. En etkin kirlilik kaynağı olarak Ceyhan ve Seyhan nehirleri öne çıkmaktadır. Ancak, debisi düşük evsel atık sular taşıdığı yüksek derişimlerdeki kirleticileri sığ sulara boşaltmaktadır. Bu kirleticiler seyrelerken su kolonunda dağılmaktadır. Bu nedenle, özellikle ön arıtmısız olarak doğrudan denize verilen atık sular Mersin ve İskenderun körfeleri gibi açık denizle su alış-verışı sınırlı olan yarı kapalı körfelerin kıyı sularında yoğun noktasal kirlenmeye neden olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akdeniz, TAK, BOİ, KOİ, besin tuzları, ağır metaller, sediman, biota, nehirler, atıksu.

ABSTRACT

METU– Institute of Marine Sciences monitors the pollutant levels in the sources to control the pollutant discharge in the Eastern Mediterranean and trend monitoring to define the effects and changes of environmental pollution. For this purpose, seasonal pollution parameters (TSS, BOD, COD, Nutrients) have been measured in the samples collected from the sewages and the rivers draining into the eastern Mediterranean Sea. Furthermore, heavy metal (Hg, Cd, Cr, Cu, Zn) measurements have been carried out in biota and sediment samples once a year. The comparison of the obtained data indicate that, although the pollutant concentrations in the rivers are much less compared to the concentrations in the sewages, more pollutants have been carried by rivers to the Mediterranean coastal waters because of their high flow rate. Ceyhan and Seyhan rivers are the



major pollution sources. However, domestic sewages which have high pollutant concentrations and low flow rates have been discharged to the shallow waters. These pollutants dilute within the water column and disperse. Therefore, especially sewages without purification cause intense local pollution in semi-enclosed gulfs, which have restricted water exchange with open seas, such as Mersin and Iskenderun gulfs.

Keywords: Mediterranean Sea, TSS, BOD, COD, nutrient elements, heavy metals, sediment, biota, rivers, wastewater

GİRİŞ

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın koordinatörlüğünde yürütülen bu çalışmanın amacı, Akdeniz'i kirleten karasal kaynaklarda uygunluk izlenmesi, sıcak noktalarda durum tespiti, biyota ve sediman örneklerinde ağır metallerin uzun süreli değişimlerinin belirlenmesidir. Karasal kaynaklı kırleticilerin izlenmesi kapsamında doğu Akdeniz'i besleyen nehirlerde ve şehir atık sularında mevsimsel sıklıkta su örnekleri toplanmış ve kirlilik parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Kıyısal alanlardan alınan biyota ve sediman örneklerinde ağır metallerin uzun vadeli eğiliminin belirlenmesi bu çalışmanın hedeflerinden biridir.

Bu çalışma kapsamına, doğu Akdeniz'i besleyen nehirler ve şehir atık suları girmektedir. Belirlenen toplam 10 kara kökenli kirlilik kaynağından toplanan örneklerde Q, TSS, BOD, COD, Besin tuzları-azot, fosfor bileşikleri ölçülmüştür. Sıcak noktalarda, kıyı ve referans alanlarda sediman örnekleri grab örnekleyleyiçi ve midye örneklemeleri el'le toplanmıştır. Balık örneklemesi ODTÜ-DBE'nin R/V LAMAS trol teknesi ile yapılmıştır. Örnekleme alanları, Tırtar bölgesi kıyı sahanlığı, Seyhan Nehri ve Göksu Nehri Deltası bölgeleridir.

MATERIAL VE METOD

Balık ve Midye Örnekleri: Ağır metal analizleri yapılan balık ve midye örneklerinin toplanması "UNEP/FAO/IOC/IAEA: Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. Ref. Method No. 7"ye göre yapılmıştır. Balık örnekleri yılda bir defa yumurtlama döneminden önce ve deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin homojen olduğu zaman dilimi içerisinde alındı. Midye örnekleri ise yılda bir defa Şubat ayında ve el'le toplandı. Balık ve midyedeki civa analizleri "UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total mercury in selected marine organisms by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 8" yöntemi kullanılarak gerçekleştirılmıştır. Diğer metallerin (bakır, kadmiyum, çinko ve krom) analizleri "UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total cadmium, zinc, lead and copper in selected marine organisms by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 11" yöntemi kullanılarak gerçekleştirılmıştır.

Sediman Örnekleri : Sediman örneklemesi yılda bir defa kepçe ile (grab sampler) yapılmıştır. Sedimanda civa analizleri "UNEP/IAEA: Determination of total mercury in marine sediments and suspended solids by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Method No: 26"ya göre yapılmıştır. Diğer metal analizleri ise "UNEP/IAEA: Determination of total cadmium, copper and zinc in marine sediments by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method



No: 27, 33, 39" yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Cr, Cu, Zn analizleri gözlenebilir limitler içerisinde ise alevli analiz (hava-asetilen alevi) tekniği ile, GBC 906 marka bilgisayar kontrollü AAS ile yapılmıştır. Alevli analiz yöntemleri ile ölçülemeyen metallerin ve Cd analizi ise grafit fırın yöntemi ile ve GBC GF 3000 grafit fırın sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Su Örnekleri : Toplanan su örneklerinde nitrat, ölçümleri "Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler el Kitabı TÜBİTAK K.D.3"de ve "Methods of Sea Water Analysis, Grasshoff et al., 1983 baskısı" kitabında verilen örneklemeye ve ölçüm teknikleri uygulanarak yapılmıştır. Fosfat ve toplam fosfor ölçümleri için ise "Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler el Kitabı TÜBİTAK K.D.4"de ve "Methods of Sea Water Analysis, Grasshoff et al., 1983 baskısı" kitapta verilen örneklemeye ve analiz teknikleri uygulanmıştır. BOİ ve KOİ ölçümleri, "Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler el Kitabı TÜBİTAK K.K.1 ve K.K.2"de ve "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14. baskı"da verilen ölçüm teknikleri uygulanarak yapılmıştır.

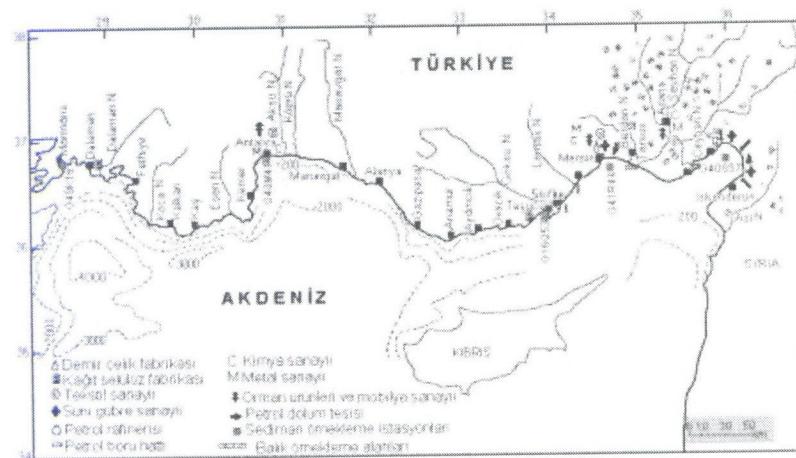
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamındaki evsel atık sular ve atık su alan nehirlerde kış, ilkbahar, yaz, sonbahar dönemlerinde alınan su örneklerinde ölçülen kirlilik parametre değerlerinden hesaplanan yıllık girdiler Tablo 1'de verilmiştir. Örneklemeye yapılan istasyonların konumları Şekil 1 ve Şekil 2'deki haritalarda gösterilmiştir.

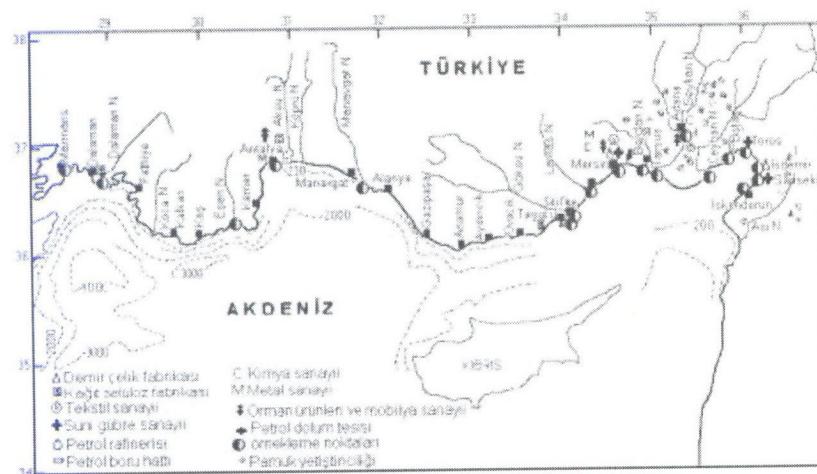
Ölçülen parametrelerin yıllık yükleri

Bölge	TP (t/yıl)	PO ₄ -P (t/yıl)	NO ₃ -N (t/yıl)	NH ₄ -N (t/yıl)	TIN (t/yıl)	TIN/ PO ₄ -P	BOİ ₅ (t/yıl)	TAK (t/yıl)	KOİ (t/yıl)	Debi (m ³ /yıl)
Ceyhan Nehri	693.6 9	604. 22	6797. 13	701.1 3	7498.2 6	12.4 1	8696. 41	203572. 79	137733. 15	6.41E+ 09
Seyhan Nehri	1849. 4	1257 .2	3565. 31	1841. 96	5407.2 7	4.30	19934 .23	149038. 97	163373. 70	5.27E+ 09
Berdan Nehri	14.62	6.04	228.7 8	46.47	275.25	45.5 7	1413. 56	3725.75	11531.1 5	3.98E+ 08
Lamas Nehri	1.71	1.32	194.4 5	0.93	195.37	148. 39	152.8 1	371.74	1138.44	1.75E+ 08
Göksu Nehri	229.5 4	109. 13	2628. 28	296.0 8	2924.3 7	26.8 0	6414. 48	226965. 4	89820.8 2	3.63E+ 09
Mersin Deşarj	136.3 2	91.2 5	0.98	466.3 6	467.33	5.12	3204. 97	4827.53	8453.03	1.89E+ 07
Antalya Deşarj	55.55	41.7 4	104.7 4	0.90	105.64	2.53	297.4 4	93.74	597.03	1.43E+ 07
Marmaris Deşarj	20.01	10.7 5	25.41	0.37	25.79	2.40	374.3 4	28.28	198.90	5.10E+ 06
İskenderun Deşarj	44.35	36.0 3	39.17	1.86	41.03	1.14	93.71	68.31	333.20	8.33E+ 06

Tablo 1



Şekil 1. Sediman ve balık örneklemeye alanları.



Şekil 2. Karasal kaynakların konumları

Doğu Akdeniz'e akan Seyhan, Ceyhan, Berdan, Göksu ve Lamas Nehir suları fosfor iyonlarında oldukça fakirdir. Kış dönemi toplam fosfor konsantrasyonu büyük nehirlerde 1.4-1.8 μM aralığında, daha temiz ve küçük debili Lamas ve Berdan ırmağlarında ise 0.25-0.57 μM seviyesinde ölçülmüştür. En düşük toplam fosfor (0.25 μM) değeri sınırlı su toplama havzası olan Lamas Nehri'nde ölçülmüştür. En yüksek toplam fosfor değeri Seyhan'da ölçülmüştür. Nitrat değerleri en yüksek Lamas Nehri'nde (120 μM); daha sonra Ceyhan'da (160 μM) ölçülmüştür. Diğer nehirlerin nitrat derişimleri biraz daha düşüktür ve 40-80 μM aralığında değişmektedir.

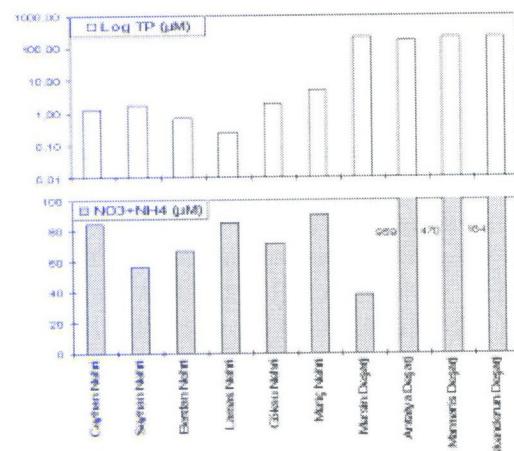
BO₁₅ değerleri doğu Akdeniz nehirlerinde oldukça düşüktür ve 0.7-9.5 mg/L aralığında değişmiştir. En düşük BO₁₅ değeri en temiz olan Lamas nehir suyunda ölçülmüştür. KO₁ değerleri Nehir suyu örneklerinde 12-175 mg/L aralığında değişmektedir. En düşük KO₁, Lamas ve Berdan nehir sularında, en yüksek ise Göksu nehir sularında gözlenmiştir. Nehir sularında toplam askida katı madde derişimi oldukça değişkendir ve en düşük ortalama değer 2.7 mg/L ile Lamas Nehir sularına aittir. En yüksek değer ise Göksu'ya ait olup 122 mg/L seviyesindedir.



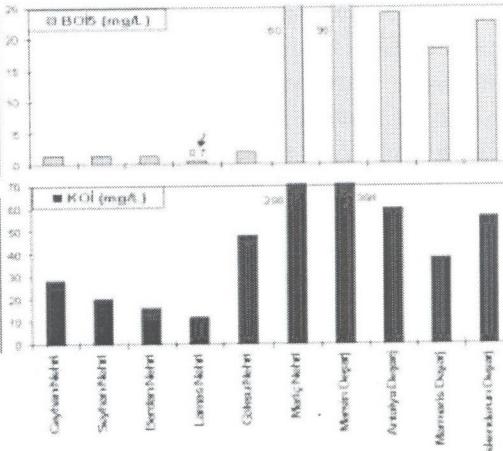
Kış aylarında evsel atık sularda ölçülen toplam fosfor ve reaktif fosfat derişimleri, nehir sularına kıyasla oldukça yüksektir. Atık sularda ortalama 158-208 μM arasında değişen toplam fosfor kaynağı deterjanlarda kullanılan polifosfat bileşiklerdir. Arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık suyunda çok düşük ($3.2 \mu\text{M}$) nitrat derişimi ölçülmüştür. En yüksek ise $958 \mu\text{M}$ ile Antalya atık suyunda gözlenmiştir. Ön arıtmısız denize verilen Mersin evsel atık suları oksijensiz olduğundan atık suda nitrat indirgenmesi çok fazladır. Biyolojik arıtım uygulanan Antalya, İskenderun ve Marmaris evsel atık sularında BOI_5 ve KOI değerleri, arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atığına göre oldukça düşüktür. Mersin evsel atık suyunda KOI derişimi 380 mg/L seviyesinde iken İskenderun, Antalya ve Marmaris atık sularında $38-86 \text{ mg/L}$ aralığında değişmektedir. Benzer şekilde BOI_5 konsantrasyonu Mersin atık suyunda yüksek ve 96 mg/L seviyesindedir. Biyolojik arıtım uygulanan diğer atık sularda ise $18-24 \text{ mg/L}$ aralığındadır.

Evsel atık sularda TAK derişimi oldukça değişkendir. En yüksek TAK değerli beklenildiği üzere Mersin atık sularına aittir (98 mg/L). Arıtılmış evsel atık sularda ise TAK derişimi düşük olup, $21.4-66 \text{ mg/L}$ aralığında bulunmuştur. İlkbahar dönemini temsilen kaynaklarda yapılan kirlilik ölçümlerinin sonuçları Şekil 6-8'de verilmiştir.

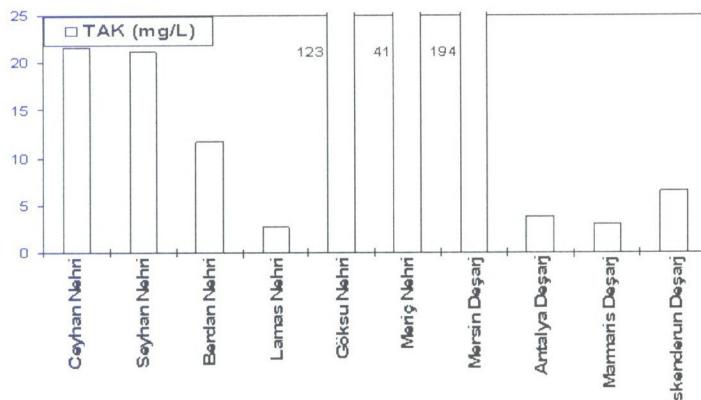
Doğu Akdeniz'e akan Berdan, Göksu ve Lamas Nehir suları fosfor iyonlarında oldukça fakirdir. Fakat Seyhan ve Ceyhan nehir sularında toplam fosfor yüksektir ve $8.6-9.7 \mu\text{M}$ aralığındadır. En düşük TP ($0.44 \mu\text{M}$) değeri küçük debili Lamas nehir suyuna aittir. En düşük reaktif fosfat da beklentiği üzere Lamas'da ölçülmüştür ($0.33 \mu\text{M}$). Bu mevsimde en yüksek toplam fosfor ve reaktif fosfat değerleri doğu Akdeniz nehirleri içinde Seyhan'da ölçülmüştür. İlkbahar dönemi nitrat değerleri $36-107 \mu\text{M}$ aralığındadır; en düşük Berdan'da, en yüksek ise Meriç nehir sularında ölçülmüştür. Doğu Akdeniz nehir sularında ilkbahar BOI_5 değerleri oldukça düşüktür ve $0.77-2.5 \text{ mg/L}$ aralığındadır. En düşük BOI_5 değeri kış dönemdeki gibi en temiz akarsu olan Lamas nehir suyunda ölçülmüştür.



Şekil 3. Ölçülen fosfat ve azot (kış)



Şekil 4. Ölçülen BOI_5 ve KOI (kış)

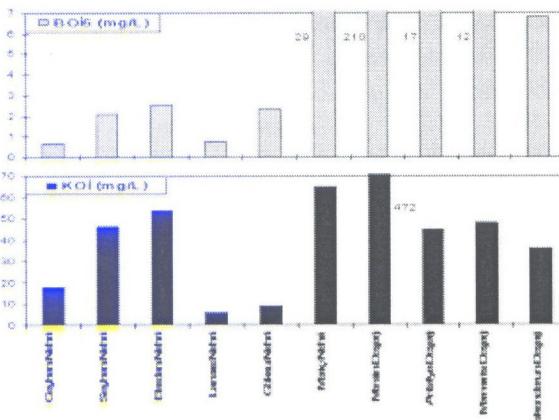


Şekil 5. Ölçülen Toplam asılı katı (kış)

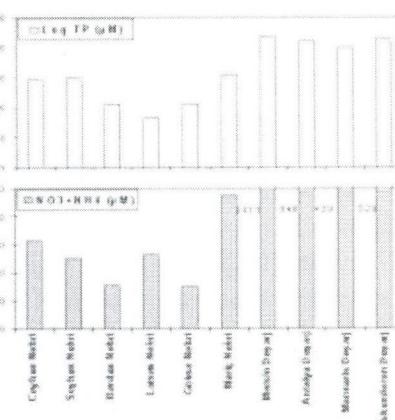
KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) derişimleri nehir sularında oldukça değişkendir. İlkbahar dönemi KOİ değerleri, doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında 6-65 mg/L aralığında değişmektedir. En düşük KOİ, Lamas ve Göksu nehir sularında gözlenmiştir. Nehir sularında ölçülen TAK derişimi de oldukça değişkendir. En düşük TAK değeri 2.5 mg/L ile Lamas Nehir sularına aittir. En yüksek değerler Seyhan Göksu'ya ait olup 22 mg/L mertebesindedir.

Evsel atık sularda ölçülen toplam fosfor ve reaktif fosfat derişimleri, her zaman olduğu gibi nehir sularına kıyasla çok yüksektir. Atık sularda 95-232 μM arasında değişen toplam fosfor derişimi; en düşük Marmaris atık sularında en yüksek de Mersin atığında ölçülmüştür. Reaktif fosfat sonuçlarında da benzer değişimler gözlenmiştir. En düşük değer ($87 \mu\text{M}$) Marmaris evsel atığına; en yüksek değer ise Mersin evsel atık suyunda gözlenmiştir. Arıtımından geçen evsel atık sularındaki nitrat derişimleri de oldukça yüksektir. Fakat arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık suyunda çok düşüktür ($1.9 \mu\text{M}$) ve kış döneminde de benzer sonuç elde edilmiştir. En yüksek nitrat, kış döneminde olduğu gibi, $645 \mu\text{M}$ ile Antalya evsel atık suyuna aittir. Biyolojik arıtım uygulanan Antalya, İskenderun ve Marmaris evsel atık sularında BO_I_5 ve KOİ değerleri düşüktür. KOİ derişimi, atık sularda 36-45 mg/L aralığındadır. Arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık suyunda KOİ derişimi çok yüksek olup 472 mg/L seviyesindedir. Benzer şekilde BO_I_5 konsantrasyonu Mersin atık suyunda yüksektir (210 mg/L). Biyolojik arıtım uygulanan diğer evsel atık sularda ise BO_I_5 değerleri 7-17 mg/L aralığındadır. Arıtılmış evsel atık sularda TAK derişimi oldukça düşüktür ve 3-6 mg/L mertebesindedir. En yüksek TAK değeri ise arıtılmamış Mersin evsel atık sularına aittir ve 296 mg/L mertebesindedir.

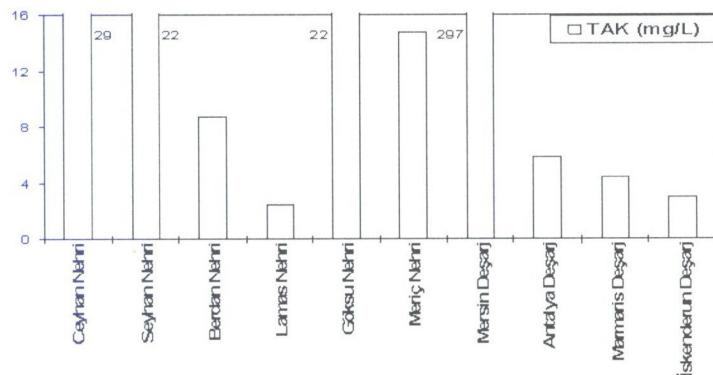
Yaz döneminde doğu Akdeniz'i besleyen nehir sularında fosfor iyonları genellikle düşüktür. Fakat Seyhan nehir sularında toplam ve reaktif fosfor değerleri yüksektir ve $10.6-20 \mu\text{M}$ 'dir. En düşük TP ($0.26 \mu\text{M}$) Lamas nehirne aittir. Nitrat derişimi nehirlerde $16-93 \mu\text{M}$ aralığındadır en düşük Seyhan nehrinde ölçülmüştür. Akdeniz nehir sularında ölçülen BO_I_5 değerleri kısmen yüksektir ve $1.1-6.2 \text{ mg/L}$ aralığındadır. En düşük BO_I_5 değeri Lamas nehir suyuna aittir. KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) derişimleri nehir sularında oldukça değişkendir. Yaz dönemi KOİ değerleri, doğu Akdeniz bölgesi nehir sularında 4-36 mg/L aralığında



Şekil 6. Ölçülen BOİ ve KOİ
 (ilkbahar)



Şekil 7. Ölçülen fosfat ve azot
 (ilkbahar)



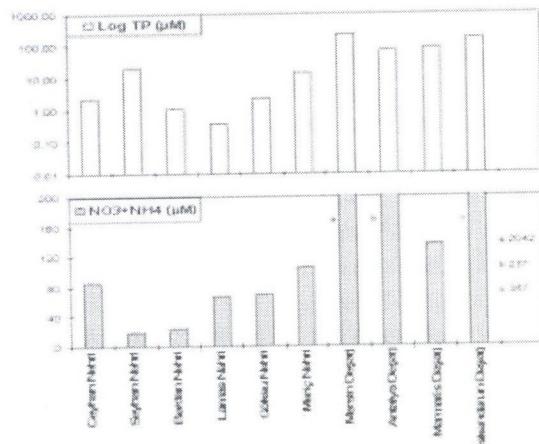
Şekil 8. Ölçülen TAK (ilkbahar)

değişmektedir. En düşük KOİ, Lamas ve Göksu nehir sularında gözlenmiştir. Nehir sularında ölçülen TAK derişimi yaz döneminde oldukça değişkendir. En düşük TAK değeri (1.5 mg/L) yine Lamas Nehir sularına aittir. En yüksek değerleri Seyhan, Ceyhan ve Göksu'da ölçülmüştür.

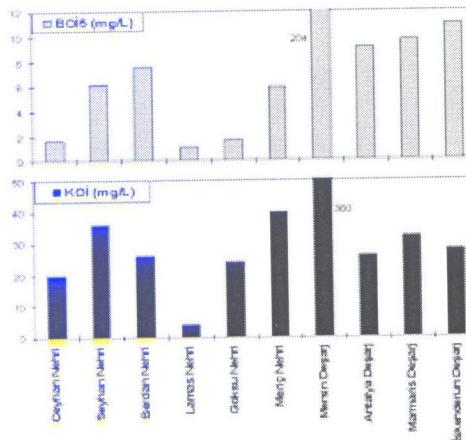
Yaz ayları döneminde evsel atık sularla ölçülen TP derişimleri, her zaman olduğu gibi nehir sularına kıyasla çok yüksektir. Atık sularda 67-129 µM arasında değişen TP derişimi; en düşük Marmaris ve Antalya atık sularında en yüksek de Mersin evsel atığında ölçülmüştür. Arıtımından geçen evsel atık sulardaki nitrat derişimleri de oldukça yüksektir. Fakat arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık suyunda her zaman çok düşüktür (2.0 µM). En yüksek nitrat, 310 µM ile Marmaris evsel atığına aittir. Yaz döneminde biyolojik arıtım uygulanan Antalya, İskenderun ve Marmaris evsel atık sularında BOİ₅ ve KOİ değerleri düşüktür. KOİ derişimi, atık sularda 26-23 mg/L aralığındadır. Arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık su KOİ derişimi çok yüksek olup 360 mg/L'dir. Benzer şekilde BOİ₅ konsantrasyonu Mersin atık suyunda yüksektir (204 mg/L). Biyolojik arıtım uygulanan diğer evsel atık sularda ise BOİ₅ değerleri çok düşüktür ve 9-11 mg/L'dir. Arıtılmış evsel atık sularda TAK derişimi de oldukça düşüktür ve 6-8 mg/L'dir. En yüksek TAK değeri ise arıtılmamış Mersin evsel atık sularına aittir ve 375 mg/L'dir.



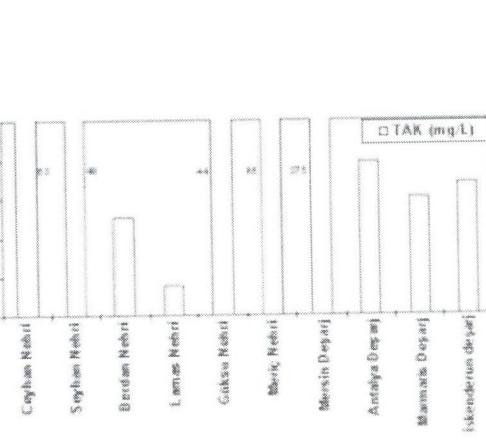
Sonbahar döneminde elde edilen bulgulara göre nehirler arasında fosfat açısından en fakir olan Lamas Nehridir ($0.2 \mu\text{M}$). En yüksek fosfat ise Seyhan nehrinde ölçülmüştür ($13.8 \mu\text{M}$). Nitrat derişimleri nehirler arasında fazla bir farklılık göstermemekte ve $45-85 \mu\text{M}$ arasında değişmektedir. Sonbahar döneminde nehir sularında ölçülen BO I_5 değerleri kısmen yüksektir ve $0.9-5.27 \text{ mg/L}$ aralığındadır. En düşük BO I_5 değerleri Lamas ve Göksu nehir sularına aittir. KO I derişimleri nehir sularında $4-22 \text{ mg/L}$ aralığında değişmektedir. En düşük KO I değeri, Lamas nehir sularında gözlenmiştir. Diğer nehirlerin KO I değeri, $18-22 \text{ mg/L}$ seviyesindedir. Nehir sularında ölçülen TAK derişimi yaz döneminde oldukça değişkendir. En düşük TAK değeri (1.8 mg/L) yine Lamas nehir sularına aittir. En yüksek TAK ise Göksu'da ölçülmüştür. Evsel atık sularda sonbahar döneminde ölçülen en düşük fosfat Antalya deşarjına aittir ($112 \mu\text{M}$), en yüksek değer ise $282 \mu\text{M}$ ile Mersin deşarjında ölçülmüştür. Biyolojik arıtım uygulanan Antalya, İskenderun ve Marmaris evsel atık sularında BO I_5 ve KO I değerleri yine düşüktür. KO I derişimi, artırılmış atık sularda $36-40 \text{ mg/L}$ aralığındadır. Arıtılmadan denize verilen Mersin evsel atık su KO I derişimi çok yüksek olup 573 mg/L seviyesindedir. Benzer şekilde BO I_5 konsantrasyonu Mersin atık suyunda yüksektir (168 mg/L). Biyolojik arıtım uygulanan diğer evsel atık sularda ise BO I_5 değerleri çok düşüktür ($4.5-12.5 \text{ mg/L}$) seviyesindedir.



Şekil 9. Ölçülen fosfat ve azot (yaz)



Şekil 10. Ölçülen BO I_5 ve KO I (yaz)

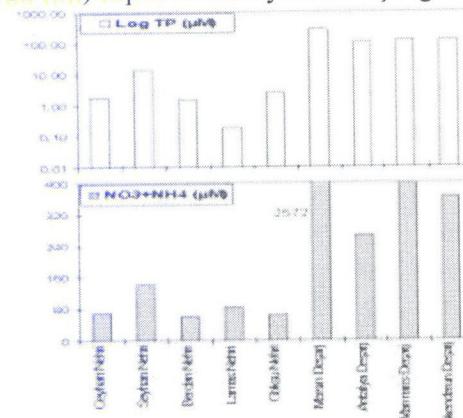


Şekil 11. Ölçülen TAK (yaz)

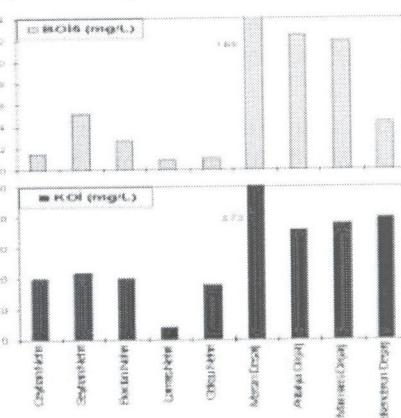


Aritilmiş evsel atık sularında TAK derişimi oldukça düşüktür ve 8.6-16.6 mg/L mertebesindedir. En yüksek TAK değeri ise aritilmamış Mersin evsel atık sularında 156 mg/L mertebesindedir. Nehirlerde olduğu gibi aritilmiş evsel atık sularda PAH derişimi çok düşüktür (0.5-4.9 µg/L); en yüksek PAH, Mersin atıındanadır. Evsel atıkların fekal koliform (FC) değerleri çok yüksektir.

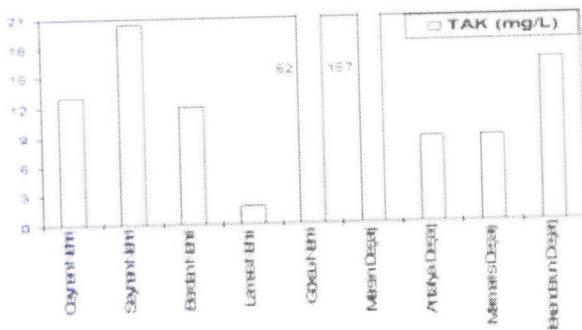
Noktasal kirlilik kaynakları olarak seçilen nehirler ve evsel atık sularдан alınan örneklerde toplam fosfor (TP), reaktif fosfat (PO_4^3- -P), nitrat (NO_3^- -N), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam asılı katı (TAK) ölçümleri yapılmış ve yıllık kirlilik yükleri hesaplanarak Tablo 1'de, verilmiştir. Atık suların TP derişimi, nitrata göre daha az değişkendir. Çünkü, atık sudaki TP, biyolojik arıtım aşamasında fazla kayba uğramadan denize ulaşmaktadır. Oysa, arıtılmadan denize verilen atık sularda nitrat az, amonyum-azotu çok yüksektir. Bu nedenle, Mersin atık suyunda nitrat derişimi çok düşüktür ve hesaplanan nitrat yükü, izlenen diğer kaynaklara göre oldukça düşüktür. Mersin atığının yıllık BOI_5 ve KOİ yükleri sırasıyla yıllık 1447 ve 4044 ton iken, Antalya evsel atığının taşıdığı yıllık BOI_5 ve KOİ sırasıyla 146 ton ve 375 ton'dur. İskenderun ve Marmaris evsel atıkların yıllık BOI_5 ve KOİ yükleri birbirine yakındır BOI_5 : 19-39 ton ve KOİ: 100-110 ton). İzlenen doğu Akdeniz nehirleri arasında gerek debisi gerekse kirlilik derişimi en düşük olan Lamas'dır. Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin debileri ve kirletici derişimleri benzerlik gösterdiğiinden, bu nehirlerin denize taşıdığı yıllık kirlilik yükleri karşılaştırabilir seviyededir. Yüksek debili bu nehirlerin denize taşıdıkları TİN ve toplam fosfor yükleri evsel atıklardan çok yüksektir ve daha geniş kıyısal alanları etkilemektedir. Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin yıllık nitrat-azotu yükü 2100 ve 3700 tondur. Seyhan nehir sularında nitrat düşük olduğundan denize taşınan nitrat yükü de daha azdır. Göksu Nehri'nin nitrat yükü, Seyhan ve Ceyhan'ın %30-35'i kadardır. En yüksek nitrat yüküne sahip olan Antalya evsel atığı 80 ton olup, Ceyhan'ın yaklaşık %2'si kadardır; fakat Lamas'ın nitrat yüküne (101 ton/y) yakındır. Doğu Akdeniz'i besleyen kirli Seyhan Nehri'nin yıllık BOI_5 (4820 ton) ve KOİ (86950 ton) yükleri, Ceyhan'ın yüklerinden kısmen yüksektir. Diğer nehirlerin KOİ ve BOI_5 yükleri oldukça düşüktür. Seyhan'ın BOI_5 yükü, ön arıtım uygulanmayan Mersin evsel atığının ancak dört katı fazladır. Yıllık TAK yükü en fazla olan Nehir Goksu'dur 131065 ton) ve Ceyhan (80720 ton) ile Seyhan'ın (57480 ton) toplam TAK yüküne eşdeğerdir (Tablo 1).



Şekil 12. Ölçülen fosfat ve nitrat (sonbahar)



Şekil 13. Ölçülen BOI ve KOI (sonbahar)



Şekil 14. Ölçülen TAK (sonbahar)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

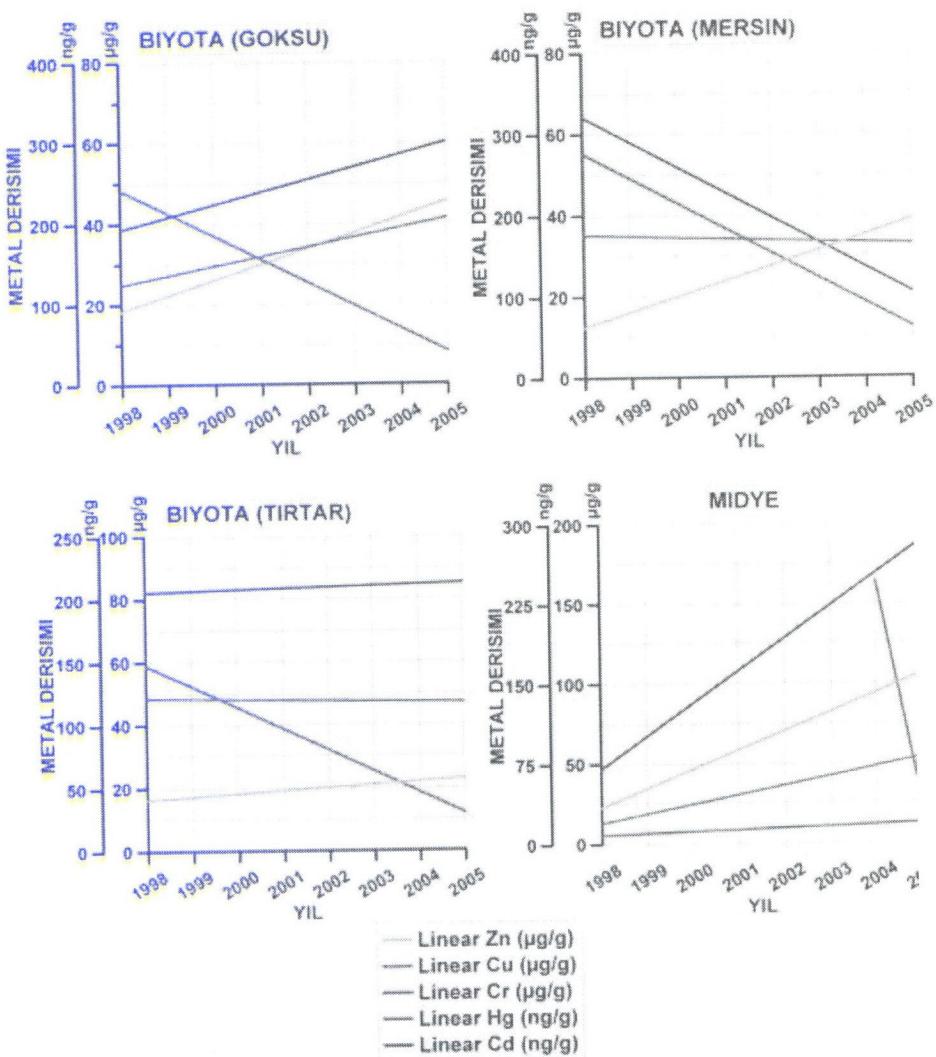
Kaynaklar içinde en kirli olanı arıtım uygulanmayan Mersin evsel atığıdır. Nehirleri içinde en temiz olanı Lamas'tır. En kirli olanı ise Seyhan Nehri'dir.

İzlenen nehirlerin debileri yıllık 10^8 - 10^9 metreküp seviyelerinde ve evsel atık suların yıllık debilerinden (10^6 - 10^7 metreküp) çok fazladır.

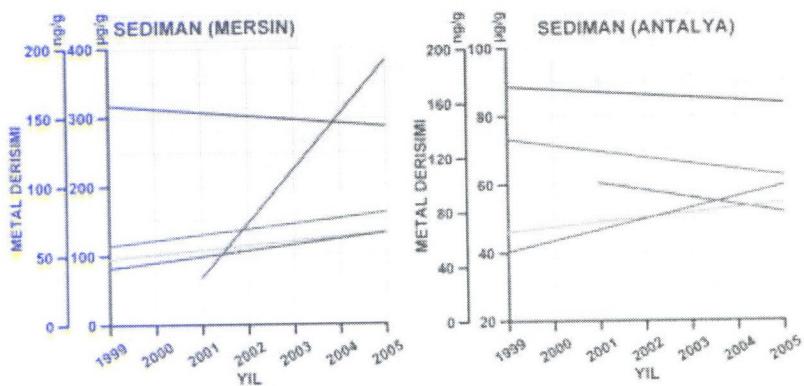
Mersin evsel atık sularının nitrat yükü çok düşüktür. Çünkü artılmayan atıktaki organik madde parçalanması sudaki oksijenin ve nitratın tüketilmesine neden olmaktadır. Doğu Akdeniz kıyı suları için temel nitrat kaynağı nehirlerdir. Atık sular başlıca fosfor kaynağıdır.

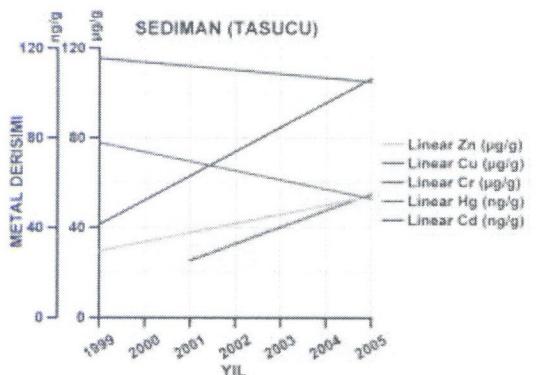
Bu çalışma kapsamında kıyı, referans ve sıcak alanlarda yapılan yönelik izleme çalışmaları, sedimanda ve organizmada ağır metallerin ölçümlerini kapsamaktadır (Şekil 15-16). Analiz sonuçlarından anlaşılabileceği üzere, midye örneklerinde Cu konsantrasyonu çok az da olsa artan bir değişim göstermektedir. Benzer şekilde toplam Hg, Cd ve Zn derişimleri oldukça yüksek bir artış eğilimi göstermektedir. Ancak, Cr derişiminde hızlı bir düşüş var. Balıklarda ölçülen ağır metal yıllık değişimleri grafikler halinde Şekil 16'da çizilmiştir. Göksu deltası bölgesindeinden alınan balıkların Cu derişiminde zamana bağlı bir azalma gözlenirken diğer metallerde (Zn, Cd, Hg) artış gözlenmiştir. Mersin bölgesinde alınan balıklarda ise Zn derişimi artarken; Cu ve Cd derişimlerinde azalma vardır. Hg derişimi ise hemen hemen hiç bir değişim göstermemektedir. Tırtar bölgesindeinden alınan balıklarda ise Cd ve Zn derişiminde bir artış söz konusudur. Cu ve Hg derişimlerinde ise azalma gözlenmiştir. Toplanan balık örneklerinin ağır metal derişimlerinde yıllık salınımlar ve bölgesel farklılıklar vardır.

Kıyısal alanlardan alınan sediman örneklerinde ağır metaller bölgesel değişim göstermektedir. Sedimanda ölçülen metal derişimleri düşüktür ve doğal seviyelerdedir. Zamana bağlı grafikler incelendiğinde İskenderun körfezinden alınan sedimanlarda ölçülen ağır metaller zaman içerisinde artış eğilimi göstermektedir. Mersin körfezinden alınan sedimanlarda ise Cd düşüş eğilimi gösterirken diğer metaller (Zn, Cu, Cr, Hg) artan bir eğilim göstermektedir. Taşucu körfezinden alınan sedimanlarda Cr ve Hg azalırken Cd, Zn ve Cu artan bir eğilim göstermektedir. Antalya körfezinden alınan sediman örneklerinde Zn ve Hg metalleri artış gösterirken Cd, Cr ve Cu azalan bir eğilim göstermektedir.



Şekil 15. Biyota (midye *Mytilus galloprovincialis* ve balık *Mullus barbatus*) örneklerinde ağır metallerin yıllık değişimi.





Şekil 16. Sediman örneklerinde ağır metallerin yıllık değişimi

KAYNAKLAR

APHA-AWWA-WPCF (1985). Standard methods for the examination of water and wastewater. 16. baskı, American Public Health Association, Washington (ABD).

Grasshoff, K, M. Ehrhard ve K. Kremling (1983). Methods of Sea Water Analysis, 2. baskı, Verlag-Chemie, Florida (ABD). 419 sayfa.

TÜBİTAK. Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler El Kitabı. Kalibrasyon 1.

UNEP/FAO/IOC/IAEA: Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. Ref. Method No. 7

UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total Hg in selected marine organisms by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 8

UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total Cd, Zn, Pb and Cu in selected marine organisms by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 11

UNEP/IAEA: Determination of total Hg in marine sediments and suspended solids by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Method No: 26

UNEP/IAEA: Determination of total Cd, Cu and Zn in marine sediments by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 27, 33, 39

UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total mercury in estuarine waters and suspended sediment by cold vapor atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 19.

TEŞEKKÜR

Bu proje çerçevesinde yürütülen çalışmalar için gerekli parasal destek Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sağlanmıştır. Bu çalışmada emeği geçen Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Deniz Bilimleri Enstitüsü mensubu araştırma görevlisi ve teknisyen arkadaşlara teşekkür ederiz.