

Kapalı Koy ve Körfezlerde Hidrojen Sülfürden Kaynaklanan Kokunun Giderimi: İzmir Körfezi Uygulaması

**Deniz Dölgen¹, Delya Sponza², M. Necdet Alpaslan³,
Aysen Müezzinoğlu⁴, Zihni Yılmaz⁵, İlknur Köken⁶,
Adnan Akyarlı⁷ ve Nezih Öztüre⁸**

^{1, 2, 4, 5} *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre
Mühendisliği Bölümü, Buca 35160 İzmir, Tel: 0 (232) 453 10 08,
Faks: (232) 453 11 53, E-posta: deniz.dolgen@deu.edu.tr;
delya.sponza@deu.edu.tr; aysen.muezzinoglu@deu.edu.tr;
zihni.yilmaz@deu.edu.tr*

³ *Dokuz Eylül Üniversitesi, ÇEVMER, Çevre Araştırma ve Uygulama
Merkezi, Buca 35160, İzmir, Tel: (232) 453 10 08,
Faks: (232) 453 42 79, E-posta: necdet.alpaslan@deu.edu.tr*

⁶ *İzmir Çevre İl Müdürlüğü, Alsancak, İzmir,*

^{7, 8} *AKOKS Çevre San. A.Ş. Şehit Nevres Bulvarı, Kızılay İş Merkezi,
No: 3/7 Alsancak/ İzmir, Tel: (232) 464 57 67, Faks: (232) 464 53 63,
E-posta: akoks@ozture.com.tr*

Özet

İzmir Körfezi uzun yıllardır hızlı kentleşmenin, evsel, endüstriyel, tarımsal ve deniz ulaşım faaliyetlerinin etkisiyle yoğun kirliliğe maruz kalmıştır. Yapılan araştırmalar, özellikle iç körfez bölgesinde organik ve inorganik madde konsantrasyonunun yüksek, çamur birikiminin yoğun, buna karşın su değişimi ve atıksu

seyrelme kapasitesinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Körfeze akan dereler ve yaygın kaynaklar ile taşınan kirliliklerin zaman içerisinde artması sonucu ortamda oksijen miktarı giderek azalmış, pek çok noktada sıfırın altına düşerek anaerobik koşullar oluşmuştur. Özellikle yaz aylarında, yüksek sıcaklıkların etkisiyle, anaerobik mikroorganizma faaliyetleri artmakta ve su-sediment arakesitinde yeterli çözünmüş oksijen bulunmaması sonucu, ortamdaki organik kükürtlü bileşikler ile inorganik sülfatlı bileşikler hızla parçalanarak karbondioksit, amonyak, hidrojen sülfür ve metan gibi gaz ürünlere dönüşmektedir. Açığa çıkan hidrojen sülfür (H_2S) gazı ise kendine has çürük yumurta kokusu ile İzmir şehri için büyük bir koku problemine neden olmakta, iç körfezden başlayarak hakim rüzgarlarla İzmir'in yoğun yerleşim bölgelerine yayılmaktadır.

Sunulan bildiri de H_2S gazının neden olduğu kötü kokunun, katkılı sönmüş kireç ilave edilerek gideriminin incelendiği bir saha çalışması tanıtılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, öncelikle laboratuvar ortamında kurulan düzenek ile dere ağzından alınan çamurlu sıvı örneklerine değişik kireç dozları uygulanarak su-sediment arakesitindeki toplam bakteri, anaerobik bakteri ve sülfat indirgeyen bakterilerin sayıları ile oluşan toplam gaz ve hidrojen sülfür gazı konsantrasyonları izlenmiş; sonuçta, anaerobik reaktörlerde, mikroorganizmaların en az etkilendiği ve hidrojen sülfürün oluşmadığı optimum kireç dozları saptanmıştır. Laboratuvar araştırmalarını izleyen saha çalışmalarında ise iç körfeze ulaşan derelerden birisi üzerinde katkılı kireç çözeltisi uygulaması yapılarak H_2S oluşumunun zamanla değişimi izlenmiştir. Sonuç olarak, alan çalışmalarından edinilen veriler doğrultusunda, körfezin rehabilitasyonu başlayıncaya kadar geçecek süreçte, H_2S 'den kaynaklanan istenmeyen kokunun, kireç uygulanması ile giderilmesi alternatif teknik ve ekonomik bakımlardan değerlendirilmiş ve bir ara çözüm olarak önerilmiştir.

Giris

Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmadan deşarjı sonucu sığ körfez ve lagünler gibi ekosistemlerde çözünmüş oksijen giderek azalmakta; anaerobik ve anoksik koşullarda sülfat indirgeyen bakterilerin faaliyetiyle (*Desulfovibrio*, *Desulfomonas* ve *Desulfotomaculum* gibi) H_2S oluşmaktadır. H_2S sedimentte metal iyonları ile birleşerek metal sülfür (MS) bileşiklerini meydana getirmekte; ağır metallerle bağlanamayan H_2S ise sedimentten yüzeye doğru çıkmakta ve sonuçta balık ölümlerine dahi neden olabilmektedir (Nriagu vd., 1978). 1981-1983 yılları arasında anoksik koşullar nedeniyle İskandinav ülkelerinin bazı denizlerinde kitlesel balık ölümleri buna örnek verilebilir (Spiro ve Stigliani, 1996).

Organik ve inorganik kökenli kükürtlü bileşiklerin ayrışma ürünlerinden oluşan H_2S , ortam koşullarına bağlı olarak sistein ve metionin gibi kükürtlü aminoasitler ile metil merkaptanların anaerobik ayrışması sonucu ortamda bulunabilmektedir. Benzer şekilde sülfano gruplarını içeren organik bileşiklerin anaerobik/anoksik ayrışması ile dimetil sülfür bileşikleri oluşabilmektedir (Nriagu vd., 1978). Yapılan araştırmalar hidrojen sülfür, dimetil sülfür, karbonil sülfür ve karbon disülfürün özellikle deniz ekosisteminde biyojeokimyasal döngü boyunca oluşan sülfürlü gazlar olduğunu ortaya koymaktadır. Sirkülasyonun olmadığı durgun sularda dip sediment bölgeleri, çözünmüş oksijen içermeyen anoksik özellik göstermekte; anaerobik bakteri aktiviteleri sonucu özellikle yaz aylarında aşırı H_2S çıkışı izlenebilmektedir. İzmir Körfezi buna uygun bir örnek teşkil etmekte olup, iç körfez ve bazı dere sularının boşaldığı sığ lagünde

anaerobik bakteri aktiviteleri sonucu, özellikle yaz aylarında aşırı H_2S çıkışı görülmektedir. Bölgede yapılan hava kalitesi çalışmaları da bu sonucu desteklemekte olup; kış mevsiminde 5 mg/l, yaz mevsiminde de 100 ile 200 mg/l arasında değişen H_2S gazı konsantrasyonları ölçülmüştür (Ermir ve Köse, 1990; Öztürk, 1994).

Mevcut literatür incelendiğinde kireç kullanılarak H_2S gazının neden olduğu koku probleminin azaltıldığı; göllerde ötrofikasyonun önlediği; su kalitesinin iyileştirildiği; özellikle durgun su birikintilerinde ve sığ göllerde sönmüş kireç ilavesi ile mikro ve makro alglerin, bazı yüksek bitkilerin ve fosforun çöktürülerek giderildiği görülmektedir. Japonya'da Mikawa körfezinde yapılan uygulamalarda su-sediment arakesitine yapılan kireç dozlamalarında deniz suyunun kalitesinin iyileştiği gözlenmiştir (Japon Kireç Birliği, 1995). Kalsiyum oksit, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum oksit pelletleri vb. farklı kireç türlerinin kullanılabilirdiği uygulamalarda kirecin özellikle sedimentteki çamur bölgesinin üst yüzeyine tatbikiyle bu bölgedeki H_2S üretiminin durdurulması, fosforun stabilizasyonu, ağır metal ve yağların çöktürülmesi mümkün olmaktadır.

Yapılan kirlilik araştırmaları İzmir Körfezi'nde dereler (Melez, Arap, Bornova, Manda ve Laka dereleri) ve yaygın kaynaklar ile taşınan kirliliklerin zaman içerisinde artması sonucu özellikle iç körfez bölgesinde organik ve inorganik madde konsantrasyonunun yüksek, çamur birikiminin yoğun, oksijen miktarının düşük ve pek çok noktada anaerobik koşulların hakim olduğunu ortaya koymaktadır (Sponza vd., 1998). Özellikle yaz aylarında, anaerobik mikroorganizma faaliyetlerinin artması ve su-sediment arakesitinde yeterli çözülmüş oksijen bulunmaması sonucu açığa çıkan H_2S gazı İzmir şehri için büyük bir koku problemi yaratarak toplumun olumsuz tepkilerine neden olmaktadır. Sorunun giderilmesinde temel çözümün körfeze gelen bu girdilerin kesilmesi olduğu açıktır. Bu amaçla çalışmalara 1980'li yıllarda başlanmış; tüm körfezin (güneyden-kuzeye) atıksularının toplanarak merkezi bir tesiste arıtılacağı ve arıtılmış suların dış körfeze deşarj edileceği "Büyük Kanal Projesi" (BKP) başlatılmıştır. Ancak, İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen projenin kapsam ve maliyeti yüksek olup, çeşitli nedenlerle işin tamamlanma süresi uzamaktadır. Ayrıca, BKP bugün itibari ile tümüyle bitirilmiş olsa dahi körfezin mevcut durumunun rehabilitasyonu için belli sürelerle ihtiyaç olacağı kesindir. Nitekim, proje kapsamında planlanan biyolojik arıtma tesisi 1999 yılında kısmen tamamlanarak sadece belli bir bölgenin atıksularını alacak şekilde devreye girmesine rağmen önümüzdeki birkaç yıl hatta daha fazla bir sürede kokunun tam olarak ortadan kalkamayacağı ileri sürülmektedir. BKP'nin tamamlanması ve mevcut dip çamurunun stabilizasyonu için gereken süre içinde koku probleminin giderilmesi amacıyla mevcut literatür ve uygulamalardan hareket edilerek İzmir Körfezi'nde H_2S gazından kaynaklanan kokunun kontrolü amacıyla bir saha çalışması yapılmış ve bildiri kapsamında bu uygulamaya ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir.

Araştırma Yöntemi

İlk aşamada, saha çalışmasında uygulanacak dozları belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında bir düzenek kurularak H_2S oluşumunu engelleyecek kireç miktarı tesbit edilmiştir. Bu amaçla körfeze yoğun kirlilik taşıyan derelerden birisi olan Arap Deresi ağzında L_1 noktasından (Bkz. Çizim 1) çamurlu sıvı örnekleri alınarak, yaklaşık 2 litre hacimli anaerobik reaktörlere konulmuş ve teleskopik gaz depolama (saklama) ekipmanı kullanılarak gaz ürünlerin toplanması sağlanmıştır. Takiben, değişik kireç dozları uygulanarak oluşan toplam gaz ve H_2S gazı konsantrasyonları ölçülmüş; su-

sediment arakesitindeki toplam bakteri, anaerobik bakteri ve sülfat indirgeyen bakterilerin sayıları belirlenmiştir. Sonuçta, anaerobik reaktörlerde, mikroorganizmaların en az etkilendiği ve H₂S gazının oluşmadığı optimum kireç dozu 200 g/m² olarak saptanmıştır. Sediment-su örneklerinde Standart Metodlar ile KOİ, azot, fosfor, askıda katı madde analizleri; "Dräger Sıvı Ekstraksiyon Yöntemi - Dräger Liquid Extraction Method" kullanılarak H₂S ölçümü yapılmıştır (Standard Methods, 1990; APHA-AWWA-WPCF, 1985). Ayrıca, pH metre, termometre, çözünmüş oksijen probu ve kondüktometri cihazı ile sırasıyla pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik parametreleri ölçülmüştür.

Ön araştırmaları takiben yapılan saha çalışmalarında, laboratuvar araştırmaları ile kanıtlanan yöntemin arazide uygulanabilirliği denenmiştir. İlk aşamada Arap Deresi ve Melez Çayı ağzlarından Ocak-Mayıs 1998 ayları arasında örnekler alınarak analizlenmiş ve suyun karakterizasyonu ortaya konmuştur. Bu kapsamda yapılan ölçümlerin sonuçları minimum ve maksimum değerler esas alınarak düzenlenmiş ve Çizelge 1'de toplu halde verilmiştir. Özellikle yaz dönemine yakın zamanda alınan örneklerde sülfat, H₂S ve KOİ parametrelerinin daha yüksek ölçülmesi, bakteri sayısındaki artışın reaksiyonları hızlandırdığını ve gaz oluşumunu artırdığını ortaya koymakta; bu sonuç yaz ayları süresince daha belirgenleşen koku problemini doğrulamaktadır (Sponza, 1998; Erol, 1999).

Bölgenin özelliklerinin belirlenmesinin ardından Arap Deresi ağzında yapılan ilk saha çalışmasında laboratuvar araştırmalarında saptanan kireç dozları (250 g/m², 125 g/m²-yarı doz ve 189 g/m²-ara doz) kullanılmış ve daha kapsamlı uygulamalar başlatılmadan bir kez daha elde edilen verilerin doğruluğu denenmiştir (Köken vd., 1998; Müezzinoğlu vd., 2000). Bunu takiben, İzmir Büyükşehir Belediyesi'nden alınan izin ile Manda Deresi'nde 1 km uzunluğunda, yaklaşık 10.000 m²'lik bir alanda katkılı kireç çözültüsü uygulaması gerçekleştirilmiştir. Alt sedimende sprey şeklinde yapılan 200 g/m² kireç dozlamasının ardından, belirlenen altı noktadan (membadan mansaba doğru sırasıyla Kontrol Noktası (KN), S₁-S₂) örnekler alınarak H₂S, pH ve sıcaklık değerleri ölçülmüş ve belirtilen parametreler 10 gün süreyle izlenmiştir. Çizim 1'de yapılan saha çalışmasının ve ölçüm yerlerinin lokasyonu yer almaktadır.

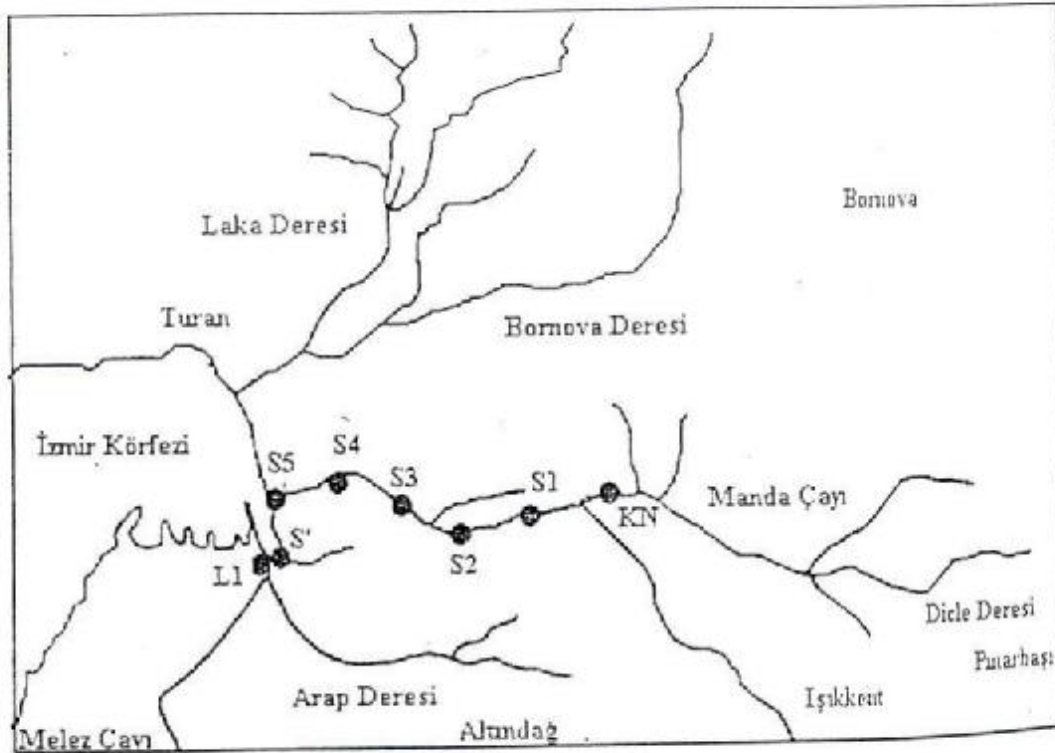
Son olarak, Nisan-Mayıs 2001 döneminde Arap Deresinin körfeze döküldüğü noktadan (S₁)mamba tarafına doğru yaklaşık 500 metre uzunluğundaki bir kısımda kireç uygulaması yapılarak alınan örneklerde H₂S, pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Tüm saha çalışmaları kapsamında alınan örneklerin analiz sonuçları değerlendirilerek grafiksel olarak Bulgular bölümünde verilmiştir.

Bulgular

Manda Deresi'nde Ekim 1998 döneminde yapılan kireç dozlamasını takiben dere boyunca toplam altı noktada ölçümler yapılmıştır. Bu noktalardan dördü, (S₁-S₄), Manda Deresi üzerinde birbirlerine ortalama 200 m mesafede bulunmaktadır. Beşinci nokta (S₅ noktası) ise Manda Deresi'nin körfeze döküldüğü nokta (haliç) olarak seçilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında bir nokta Kontrol Noktası (KN) şeklinde belirlenmiş, burada kireç dozlaması yapılmamış, sadece kontrol amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık bir haftalık sürede tamamlanan izleme çalışmaları kapsamında sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve H₂S parametreleri ölçülmüş olup bulgular Çizim 2-6'da grafiksel olarak sunulmuştur. Çizim 2'de uygulamanın yapıldığı

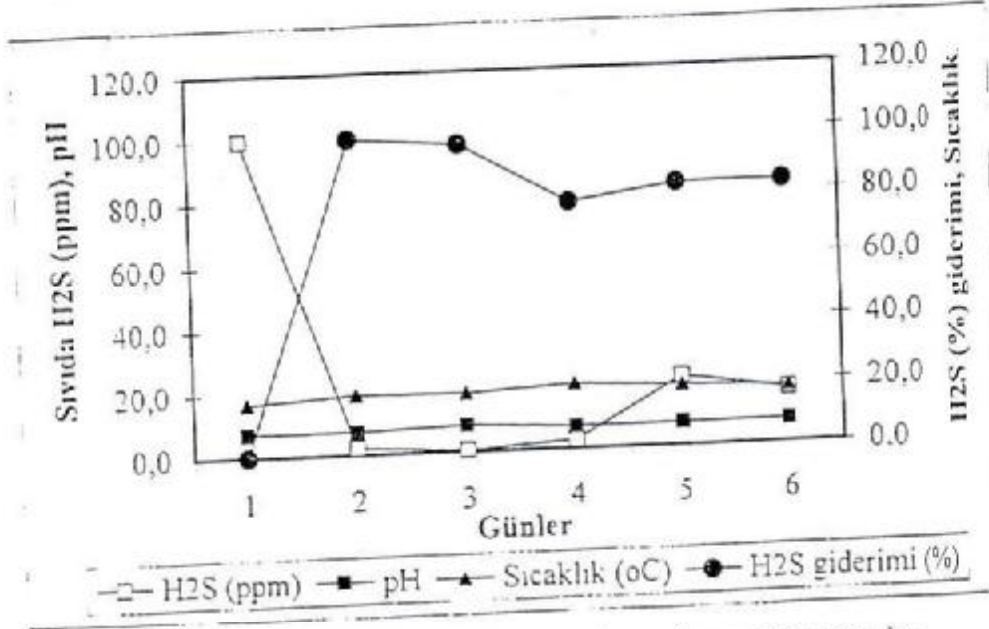
Çizelge (1) - Melez çayı ve Arap deresi ağzından (L₁ noktası) Ocak ve Mayıs 1998 aylarında alınan çamurlu sıvı örneklerinin karakterizasyonu

| Parametre | Konsantrasyon |
|---|--|
| PH | 6.9-7.5 |
| Sıcaklık (°C) | 16.5-26.4 |
| Çözülmüş Oksijen (mg/l) | 0-1.9 |
| Tuzluluk (‰) | 1.9-3 |
| Elektriksel İletkenlik (µmhos) | 1650-2900 |
| KOİ (mg/l) | 130-1200 |
| Toplam Azot (mg/l) | 20-32 |
| Toplam Fosfor (PO ₄ -P) (mg/l) | 1.25-9.0 |
| Sülfat (SO ₄ ^m) (mg/l) | 127-187 |
| H ₂ S (mg/l) (gazda) | 0 |
| H ₂ S (mg/l) (sıvıda) | 160-420 |
| Toplam Katı Madde (mg/l) | 80-225 |
| Toplam Katı Madde (%) | 8-22 |
| Su Muhtevası (%) | 77.5-93.7 |
| Organik Katı Madde (mg/l) | 22-200 |
| Organik Katı Madde (%) | 14-89 |
| İnorganik Madde (%) | 11-86 |
| Toplam Bakteri (adet/ ml) | 255*10 ⁹ - 230*10 ¹⁰ |
| Anaerobik Bakteri (adet/ml) | 19*10 ⁷ - 60*10 ¹⁰ |
| Sülfat İndirgeyen Bakteri (adet/ ml) | 33*10 ³ - 45*10 ⁹ |



Çizim (1) - Uygulama sahası ve örnekleme yapılan noktaların çizim üzerinde gösterimi

ilk noktada (S₁) yapılan ölçümlerin değişimi grafiksel olarak verilmektedir. Buna göre kireç tatbiki ile H₂S konsantrasyonunun kısa sürede 100 ppm'den 0.5 ppm'e düştüğü ve %99 oranında bir azalma sağlandığı görülmektedir. Yapılan uygulamanın üzerinden 4-5 gün geçtikten sonra H₂S konsantrasyonu bir miktar artarak 15-20 ppm seviyesine ulaşmıştır. Uygulama süresince su sıcaklığı 19-22°C arasında değişim göstermiş; pH ise kireç uygulamasından önce 6.8 iken uygulama sonrasında 7-7.3 değerlerine yükselmiştir.

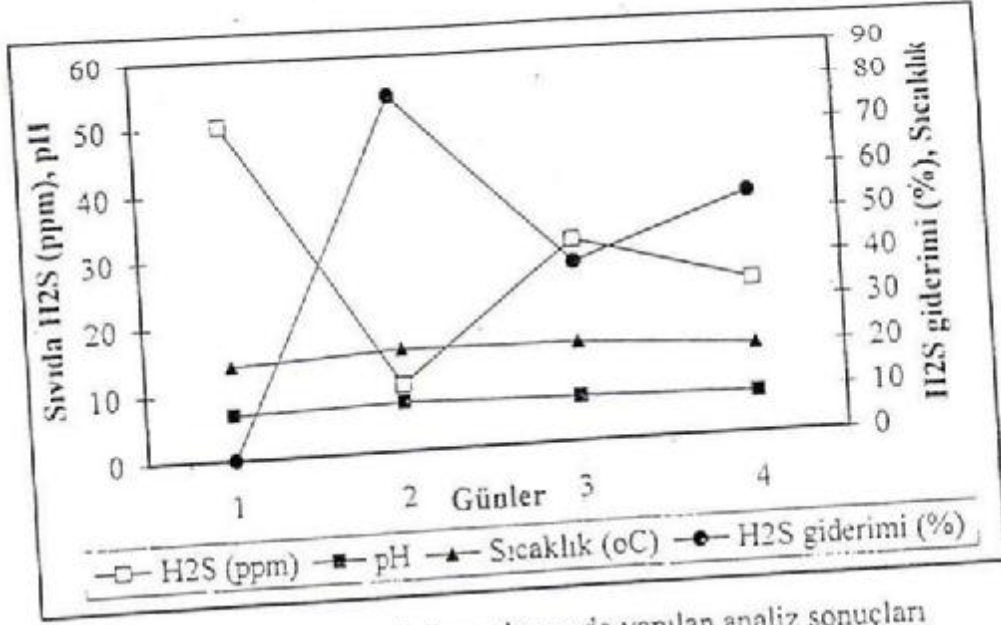


Çizim (2) - S₁ no'lu ölçüm noktasında yapılan analiz sonuçları

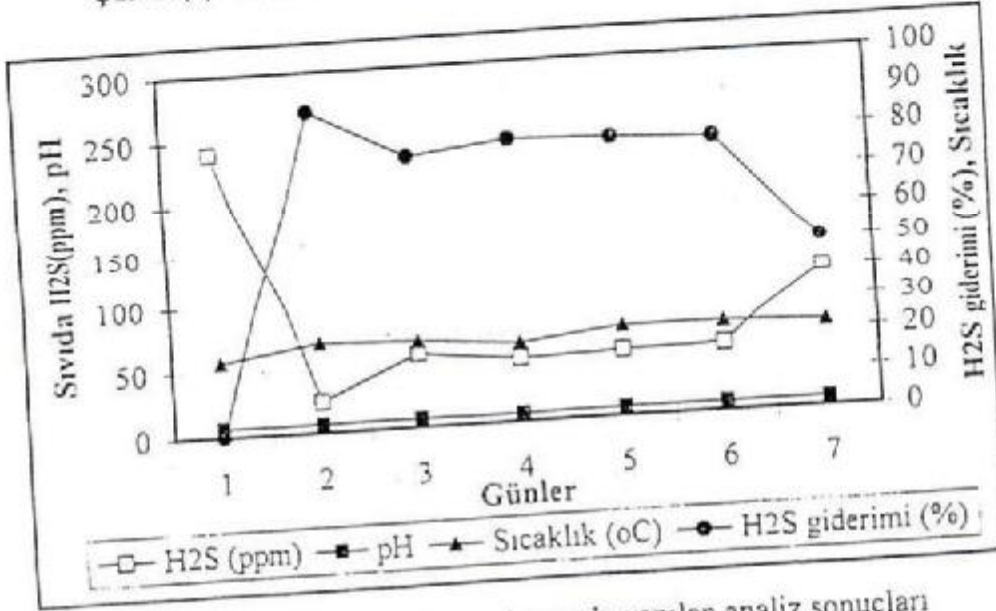
İlk noktanın (S₁ noktası) mansap yönünde 200 m ilerisinde yer alan S₂ noktasında kireç uygulaması yapıldıktan sonra H₂S konsantrasyonu %80 oranında azalarak 50 ppm'den 10 ppm'e inmiş; 1. gün sonunda ise 30 ppm (%40 oranında giderim) olarak tesbit edilmiştir. Bu noktada H₂S konsantrasyonundaki azalmanın daha düşük mertebede gerçekleşmiş olması örnekleme noktasına sürekli kanalizasyon atıklarının gelmesiyle açıklanabilir. Çizim 3'de ikinci örnekleme noktasına (S₂ noktası) ait ölçümlerin sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir.

Manda Deresi üzerindeki üçüncü örnekleme noktasına (S₃ noktası) ait analiz neticeleri ise Çizim 4'de sunulmakta olup; bu noktada H₂S konsantrasyonu kısa sürede %90 mertebesinde azalarak 240 ppm değerinden 24 ppm'e düşmüş; 6. güne kadar %75-80 seviyesinde giderim elde edilebilmiştir. Bir haftanın sonunda yapılan ölçümlerde ise H₂S konsantrasyonunun artarak 50 ppm seviyesine ulaştığı tesbit edilmiştir.

Çizim 5'de dördüncü (S₄ noktası) noktada yapılan ölçümler yer almaktadır. Bu noktada uygulama sonrasında hemen H₂S konsantrasyonu 320 ppm'den 34 ppm'e inmiş ve bu koşullarda %90 oranında azalma sağlanmıştır. H₂S miktarı daha sonra giderek artarak 60 ppm seviyesine çıkmış, giderim verimi ise azalarak %80 mertebesine düşmüştür. Bir haftanın sonunda 140 ppm değerine yükselerek sonuçta %56 oranında bir azalma elde edilmiştir. Bir hafta süresince sıcaklık birkaç derecelik değişim göstererek 19-22 °C arasında kalmıştır. pH ölçümleri de aynı şekilde daha önceki noktadaki ölçümlerle benzerlik göstermiş, kireç ilavesini takiben yaklaşık 7 civarına yükselmiştir.

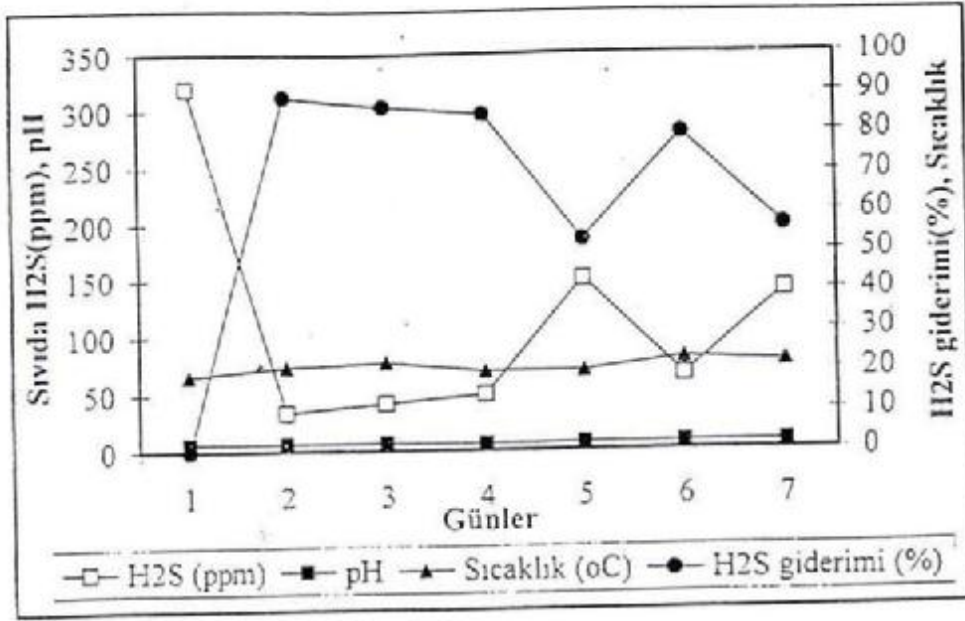


Çizim (3) - S₂ no'lu ölçüm noktasında yapılan analiz sonuçları

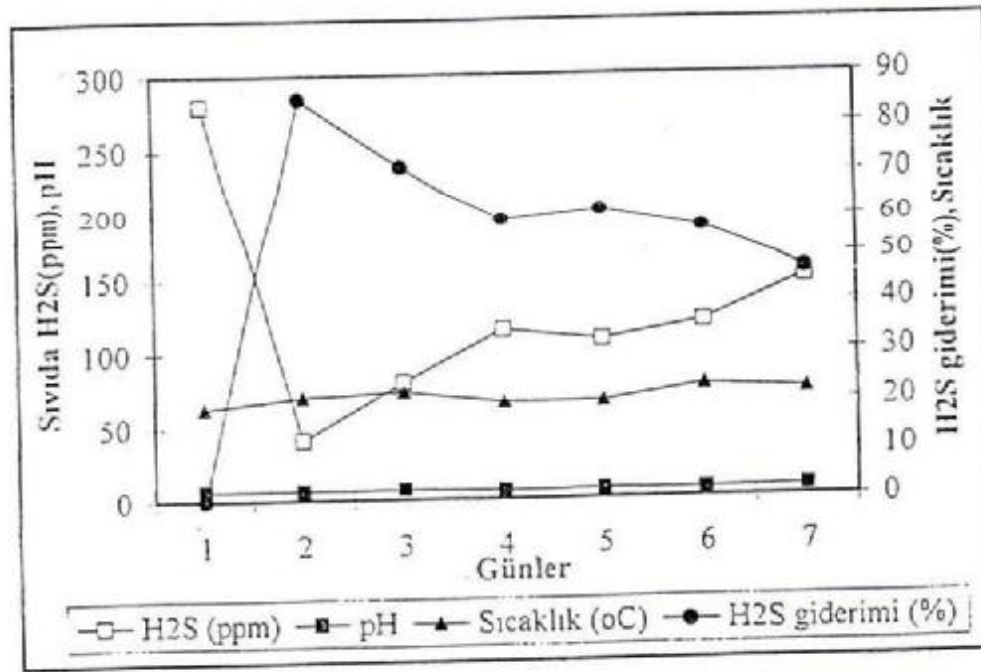


Çizim (4) - S₃ no'lu ölçüm noktasında yapılan analiz sonuçları

Manda Deresi ağzında yapılan uygulamadaki son ölçüm noktası (S₃-haliç noktası) S₂ noktasından yaklaşık 300 m uzaklıkta, derenin denize döküldüğü yerde bulunmaktadır. Bu noktada yapılan kireç uygulamasıyla H₂S konsantrasyonu %85 oranında azalarak 280 ppm'den 41 ppm seviyesine düşmüştür. Takip eden analizlerde 2. gün sonunda H₂S miktarı 80 ppm'e yükselmiş buna karşın giderim oranı %71 mertebesinde gerçekleşmiştir. Bir haftalık ölçüm süresinin sonunda % 57 oranında bir giderim elde edilmiştir. S₃ noktasının Manda Deresi'nin denize ulaştığı nokta olma özelliği dolayısıyla burada uygulanan kirecin bir kısmının deniz ortamına sürüklendiği, bu nedenle giderimin diğer noktalara kıyasla bir miktar daha az gerçekleşmiş olabileceği düşünülebilir.



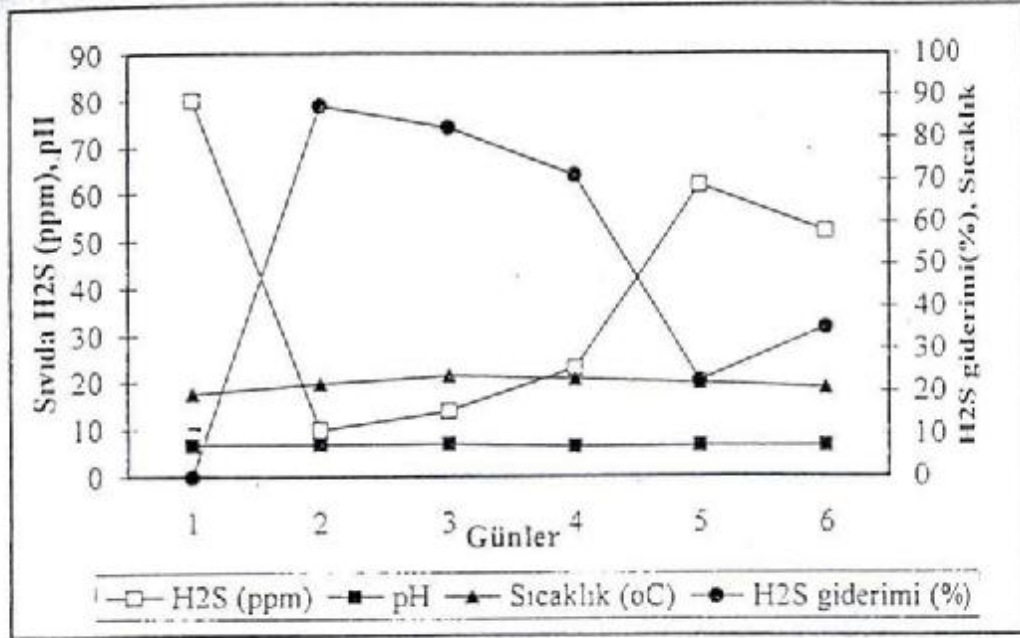
Çizim (5) - S₄ no'lu ölçüm noktasında yapılan analiz sonuçları



Çizim (6) - S₅ no'lu ölçüm noktasında yapılan analiz sonuçları

Manda Deresi'nde 1998, Ekim döneminde yapılan saha çalışmasını takiben 2001, Nisan ayında, Arap Deresi üzerinde mansaptan yaklaşık 500 m uzunluğundaki kısımda kireç uygulaması tekrarlanmıştır. Son çalışma BKP kapsamında yapılan atıksu arıtma tesisi kısmen işletilmeye başladıktan birkaç yıl sonra körfezde H₂S seviyesinin yeniden belirlenmesi, daha önce yapılan uygulamanın mevcut durumda bir kez daha denenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çizim 1'de gösterilen S' noktasında su-sediment arakesitine delikli boruyla kireç verilmesini takiben örnekler alınarak analizlenmiş; yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilerek Çizim 7'de grafiksel olarak sunulmuştur. Uygulama süresince sıcaklık 16-20 °C arasında değişmiş; H₂S

konsantrasyonu kireç uygulandıktan 1 gün sonra 100 ppm'den 2 ppm değerine düşmüştür. Bu koşullarda elde edilen giderim %98 olarak hesaplanmıştır. Uygulamayı takiben yaklaşık bir hafta boyunca örnekler alınarak izlemeye devam edilmiş ve bu sürenin sonunda H₂S konsantrasyonunda %80 civarında azalma elde edilmiştir.



Çizim (7) - Nisan 2001 döneminde S' noktasında yapılan uygulamanın sonuçları

Sonuçlar

Arap ve Manda Derelerinde yapılan saha çalışmalarından edinilen veriler, İzmir Körfezi'nde H₂S gazından kaynaklanan kötü kokunun, dip sediment kısmına katkılı kireç çözeltisi uygulanması ile kontrol edilebileceğini ortaya koymaktadır. Kireç ilavesinden hemen sonra yaklaşık %90-99 mertebesinde koku giderimi sağlanmakta; daha sonra gerek gelen yeni kirliliklerden, gerekse kirecin etkinliğinin azalmasından dolayı koku miktarı yavaş yavaş yükselerek, 7-10 gün sonra başlangıçtaki kötü kokunun yaklaşık yarısına eşdeğer bir koku seviyesine ulaşılmaktadır. Bu durumda, mevcut koşullar dikkate alınarak yeni bir dozlama yapılmasıyla kokunun tekrar en düşük seviyelere indirilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmayla, gerçekçi ve radikal çözümler getirilinceye kadar İzmir Körfezindeki kötü kokunun geçiş dönemi olarak düşünülebilecek sürede kontrol altına alınabileceği ortaya konmaktadır. Bu tür bir uygulamanın en azından kokunun çok daha yoğun hissedildiği yaz aylarında yapılmasının gerek kentte yaşayanlar gerekse bu dönemde kentin büründüğü turistik özellik açısından büyük önemi ve yararı olduğu açıktır. Yapılan çalışmalarda kireç ilavesinin ortamın pH değerini önemli ölçüde artırmadığı, pH'ın uygulamanın hemen sonrasında maksimum 7.3 değerine yükseldiği gözlenmiştir. Böylelikle kirecin mevcut ekolojik ortam üzerindeki muhtemel olumsuz etki riskinin de çok düşük olduğu ortaya konmaktadır. Sonuçta, nihai çözüm olan BKP tamamlanıncaya ve körfezin rehabilitasyonu gerçekleşinceye kadar olan sürede İzmir halkının özellikle yaz ayları süresince kötü kokunun etkisinden kurtulması için katkılı kireç uygulamasının

belirlenecek periyotlarda tekrarlanarak uygulanması basit, ekonomik ve işlemini kolay bir seçenek olarak görülmekte ve önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Araştırma ve Uygulama Merkezi (ÇEVMER) ve AKOKS Ltd. Şti. arasında gerçekleştirilen protokol ile AKOKS tarafından desteklenmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen her türlü bilgi bu gruplara aittir. Bildirinin yazarları çalışmaya verilen her türlü destekten ötürü ÇEVMER ve AKOKS'a teşekkürlerini sunmaktadır.

Kaynaklar

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WPCF), (1985): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Ed., Washington, DC.

Ermir, T. ve Köse, S., (1990): Melez Çayı civarında atmosferik H₂S seviyelerinin araştırılması, Diploma tezi, Danışman: A. Müezzinoğlu, DEÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Erol, A., (1999): "İzmir Körfezinde hidrojen sülfür kirliliği", Danışman: D. Sponza, DEÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Japon Lime Association, (1995): Report on water pollution prevention.

Köken, İ., Sponza, D. ve Müezzinoğlu, A., (1998): A Biochemical sulfur cycle with a view to odorous sulfide gas emissions in Izmir Bay, 1st International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region, S.U. Env. Eng. Dept., Konya, p.54-66.

Müezzinoğlu, A., Sponza, D., Köken, İ., Alpaslan, N., Akyarlı, A. ve Öztüre, N., (2000): "Hydrogen sulfide and odor control in Izmir Bay", Journal of Water, Air, and Soil Pollution, 123: 245-257.

Nriagu, J. O. ve Hem, J.D., (1978): Sulphur in the Environment, J.O. Nriagu (ed.), John Willey and Sons, New York, 448-450.

Öztürk, Z., (1994): Melez Çayı civarında son yapılan atmosferik H₂S seviyeleri araştırması, Diploma tezi, Danışman: A. Müezzinoğlu, DEÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Standard Methods for DLE-Kit, (1990): Measurement of contaminants in liquids with DLH-Kit, German Environmental Monitoring Institute.

Spiro, T.G. ve Stigliani, W.M., (1996): "Chemistry of the Environment", Prentice Hall, New Jersey, pp.234-236.

Sponza, D.T., Müezzinoğlu, A., Alpaslan, N., Dölgen, D., Yılmaz, Z., (1998): 4/4'lük Çevre Sempozyumu, Sempozyum bildiriler kitabı.