

DENİZDEKİ PETROL DÖKÜNTÜLERİNDE NUMUNE ALMA VE İZLEME

TEKNİK BİLGİ KİTAPÇIKLARI

14



Giriş

Bir petrolün kazara dökülmesini müteakip hükümetler ve diğer kuruluşlar genellikle temel kaynaklardaki kirlenmenin boyutunu ve vakanın deniz ortamına olan etkisini bilmek istemektedir. Bu bilgiler insan sağlığını veya hassas kaynakları korumak için acil adım atılmasının gerekip gerekemeyebileceğinin tespit edilmesi için önem arz etmektedir. Karar vermenin kolaylaştırılması için, izleme programları başlatılabilmektedir, bu izleme programları genellikle tetkikleri ve kimyasal analiz için petrol, su, tortu veya bir bölgede yaşayan derin deniz bitki ve hayvan türlerinin toplanmasını içerecektir.

Bu kitapçıkta petrol kirliliğinin nitel ve nicel olarak izlenmesi için kullanılabilecek olan izleme ve numune alma usullerinin geniş bir özeti verilmektedir. Nitel analizler petrol kirliliğinin kaynağını teyit edebilirken izleme programları genellikle hidrokarbon seviyelerinde zamanla nicel değişikliklerle ilgilenmektedir. En iyi analitik uygulama hakkında rehberlik verilmektedir ve ortak terminoloji açıklanmaktadır. Bununla birlikte, özel ekolojik ve biyolojik etkilerin izlenmesi için ve havadaki kirlenici maddelerin izlenmesi için gerekli olan teknikler ve gözlemler bu kitapçığın kapsamının ötesindedir.

Genel Bakış

Bir kazara dökülmeyi müteakip, izleme programının amaçlarına bağlı olarak izleme birkaç farklı yolla gerçekleştirilebilmektedir. Havadan keşif, tekneden veya sahilden yapılan tetkiklerin kullanılması sayesinde petrol kirliliğinin boyutunun belgelendirilmesi genellikle herhangi bir izleme programında bir ik dadım olarak gerçekleştirilmektedir. Bu da kirliliğin dağılım ve boyutunun tespit edilmesine olanak sağlamaktadır ve tehlike altındaki kaynaklar için korunmaları amacıyla müdahale stratejilerinin oluşturulması mümkün olabilmektedir. Kirliliğin kapsamının görsel olarak betimlenmesi (Şekil 1) herhangi bir izleme programının tasarımına yardımcı olacaktır ve izlemenin özel amaçlarına göre, etkilenen alanın sınırları içerisinde ve dışarısında numune alma yerlerinin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bir petrolün kazara dökülmesinden sonra izlemenin gerçekleştirilmesinin mantığı vakadan vakaya göre değişiklik göstermektedir. Özellikle kazara dökülmenin boyutu küçükse ve kaynaklar tehlike altında değilse veya petrolün belirli bir kaynak üzerindeki etkileri iyi bilinmiyorsa, izleme her zaman gerekli olmayabilmektedir. İzlemenin gerçekleştirildiği hallerde aşağıdaki amaçlarla birlikte gerçekleştirilmiştir:

- petrol kirliliğinin kökeninin tasdik edilmesi;
- insan besin zincirine kirlenici maddelerin aktarılma tehlikesinin tespit edilmesi;
- ihtiyaçla ilgili olarak karar vermenin desteklenmesi veya başka bir şekilde balık avlanma yasaklarının getirilmesi için kirliliğin ticari balık ve kabuklu deniz ürünleri üzerindeki etkisinin saptanması;
- sebep ve sonucun teyit edilmesi; yani gözlemlenen herhangi bir çevresel etkinin belirli bir kirlilik vakasından kaynaklanan yüksek petrol yoğunluklarına doğrudan atfedilebilir olup olmadığının tespit edilmesi;
- müdahalenin devam etmesi veya sonlandırılması hakkında karar vermeye yardımcı olmak için tortu veya suya hidrokarbon yoğunluklarının ölçülmesi;
- deniz ortamında hidrokarbon yoğunluklarının tespit edilmesi ve iyileşmenin izlenmesi;
- onarım tedbirlerinin başlatılması ve izlenmesi için uygun koşulların tespit edilmesi;



◀ Şekil 1: Bir kazara dökülmeye sonra çevredeki kirlenici madde seviyesindeki değişikliklerin tespit edilmesi için bir izleme programı gerekli olabilmektedir.

- bir kazara dökülmenin neden olduğu hasarın değerlendirildiğinin, toparlanmanın devam ettiğinin ve deniz ortamındaki petrol yoğunluklarının önceki seviyelerine geri döndüğünün gösterilmesi;
- sahilde yüzme suları için standartlar gibi, uygulanabilir ulusal yönetmelikler uyarınca izleme gereksinimlerinin ele alınması.

Herhangi bir izleme programının çevrede kazara dökülen petrolün mevcudiyeti hakkındaki özel, mantıklı kaygılara cevap vermek için güvenilir, tarafsız ve faydalı bilgiler sağlanması olmak zorundadır. Zaman içerisinde çevredeki kirlenicilerin boyutu ve seviyesinin tespit edilmesi çoğu izleme programının dönüm noktasını meydana getirmektedir ve vakaların çok büyük bir çoğunluğu için bunlar sadece ölçüm için gerekli olan parametrelerdir. Kirlenici madde izlenmesinin yanı sıra, petrol kirliliğinin bir sonucu olarak çevresel etki olasılığının araştırılması için ek araştırmalar yürütülebilmektedir fakat bireysel kaynakların veya doğal yaşam alanlarının araştırılması için uygulanan yöntemler değişiklik göstermektedir ve pek çoktur. Bu itibarla, bu kitapçıkta müdahale boyunca karar vermenin desteklenmesi amacıyla kirlenici madde izlenmesinin yürütülmesinin mantığı ve yöntemi üzerine odaklanılmaktadır.

Herhangi bir izleme programının amaçlarının iş başlamadan önce mümkün olduğunca kesin bir şekilde tanımlanması önem arz ederken, ek amaçların dahil edilmesine veya araştırmanın bir önceki aşamasının sonuçlarına bağlı olarak ilk amaçların ayarlanmasına imkân vermek için aşamalı bir yaklaşım uygun olabilmektedir.

İzleme programlarının yürütülmesi için üç ek yaklaşım mümkün olmaktadır:

- kazara dökülme sonrasındaki verilerle kazara dökülme öncesindeki verilerin karşılaştırılması;
- kirlenmiş alanlardan verilerin ve kirlenmemiş referans alanların verilerinin karşılaştırılması, ve
- bir süre boyunca değişikliklerin izlenmesi.

İzleme, bir vakanın bilimsel, yasal, işletmesel ve mali yönleri arasında önemli bir ara yüz oluşturmaktadır. Sistemik olarak üretilen sonuçlar, kazara dökülmenin kaynağının ve bu suretle de yasal sorumlulukların teyit edilmesi, temizlik çalışması boyunca verilen kararların onaylanması (örneğin uygun yöntemlerin ve en uygun sonlandırma uç noktaları) ve çevresel toparlanmanın takip edilmesi için kullanılabilir. İzleme araştırmalarının sonucu tazminat ve diğer mali konular hakkında önemli bir etkiye sahipken, izleme için en yapıcı yaklaşım tüm tarafların birlikte işbirliği halinde çalıştığı yaklaşım olmaktadır. Bu, ortak numune alma ve analiz sayesinde, bağımsız bir üçüncü tarafın kullanılmasıyla veya bir tarafın numune alma ve tahlili üstlenmesi ve sonuçları paylaşmasıyla başarılabilmektedir. Sonuçların yorumlanmasında fikir ayrılıkları ortaya çıkabilmesine rağmen, bu yaklaşımların her birisi çaba ve maliyetlerin katlanmasını azaltmakta ve temel olgular üzerinde mutabakat fırsatını azami seviyeye çıkartmaktadır.

Bir izleme programının tasarlanması

Kazara dökülen petrolün akıbetinin, davranışının ve etkilerinin ve kaynakların hidrokarbonlara maruz kalabileceği kaynakların olası yollarının anlaşılması bir izleme programına ihtiyaç olup olmadığının değerlendirilmesini kolaylaştıracaktır ve ihtiyaç varsa tasarıma yardımcı olacaktır¹. Kirliliğin coğrafi boyutu, araştırma alanının

temizlenmesine olanak sağlamasına rağmen petrolün sürekli olarak serbest bırakıldığı, karaya oturmuş olan petrolün tekrar hareket etmesinin bir etken olduğu veya başlangıçta alınan numunelerin sonuçlarının ve tahlilin etkilenen alanın başlangıçta düşünülen farklı olduğuna işaret ettiği durumlarda bu sınırların tekrar tanımlanmasına ihtiyaç olabilmektedir. Kazara dökülen petrolün türü ve doğal kaynakların maruz kalmasının olası olduğu boyut da bir izleme programı tasarlanırken göz önünde bulundurulacak olan anahtar parametrelerdir. Bu etkenlere ilaveten olası maruziyet yollarının hesaba katılması uygun mekansal ve geçici parametrelerin uygulanmasına olanak sağlamaktadır.

Bir izleme programı tasarlanırken, ilk aşama araştırmanın amaçlarının açık bir şekilde tanımlanması ve bu amaçların başarılması için gerekli olan bilgilerin ve verilerin tespit edilmesidir. Amaçlar, programın kapsam ve içeriğini tanımlayacaktır ve normal olarak bir resmi daire tarafından veya kirleticie karşı olası hak taleplerine yanıt olarak belirlenmektedir. Her iki durumda da, araştırmanın kapsamı ve uygulanması için yapılan planın üzerinde erken bir aşamada ve daha önce açıklandığı gibi en elverişli bir şekilde müştereken mutabık kalınması gerekmektedir.

Amaçlarda mutabık kalındıktan sonra, elde edilecek olan verilerin veya bilgilerin türünü ve numunelerin alınmasına gerek olup olmadığını, numune alınacak olan yerlerin dağılımını ve her bir numune alma yerinde alınacak olan numunelerin türü, sayısı ve hacmini tespit eden ayrıntılı bir izleme planı oluşturulabilmektedir. Numune alma sıklığı, tahlillerin türü ve araştırmanın genel zaman çizelgesi, izlemenin amaçlarına bağlı olacaktır. Örneğin amaç, çevredeki petrol yoğunluklarının önceki seviyelere düştüğünün tespit edilmesi ise, eski seviyelere ulaşıldığında veya sonuçlar tatmin edici bir gerileme oranı gösterdiğinde araştırmanın tamamlandığı düşünülebilmektedir. Gemi kaynaklı birçok kazara petrol dökülme vakasındakazara dökülme öncesi uygun veriler bakımından çok az veri mevcut olmaktadır ve gerçek kontrol numunelerinin elde edilmesi için birkaç fırsat olacaktır. Bu nedenle, izleme

¹ *Denizdeki Petrol Döküntülerinin Geleceği, Petrol Kirliliğinin Balık Yatakları Ve Deniz Kültürü Üzerindeki Etkileri, Petrol Kirliliğinin Sosyal ve Ekonomik Faaliyetler Üzerindeki Etkileri Ve Petrol Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri hakkındaki ayrı ITOFF kitapçıklarına bakınız.*

Yer	İzlemenin amacı	İzleme faaliyeti
Güney Amerika	Kirlenmenin boyutunun ve sürekli temizlik tedbirlerine duyulan ihtiyacın belirlenmesi.	Su üzerinde petrolün var olup olmadığının ve sahil şeridindeki petrol kirliliğinin boyutunun görsel olarak belgelendirilmesi için kapsamlı tekne ve sahil şeridi tetkikleri gerçekleştirilmiştir. Temizlik gerektiren petrol bulaşmış olan sahalar tespit edilmiştir ve uygun temizlik teknikleri tavsiye edilmiştir. Temizlik çalışmaları boyunca yapılan sürekli gözlemler ve nihai denetleme iş tamamlandığında temizlik çalışmasının uygun bir şekilde sonlandırılmasıyla ilgili tavsiyelerde bulunulmasına olanak sağlamıştır.
Avrupa	Vakanın bir sonucu olarak petrol bulaşmış olan anahtar sahalarındaki tortularda petrol kirlilik seviyesinin tespit edilmesi.	3 aylık bir sürede vaka boyunca petrol bulaştığı bilinen anahtar sahalarındaki sığ sulardan ve sahillerden tortu numuneleri toplanmıştır. Numuneler TCH ve PAH'ler için analiz edilmiştir. İzlemenin sonuçları tortunun çoğunun kazara dökülen petrolden nispeten etkilenmediğini göstermiştir.
Hint Okyanusu	Fosfat yükü ve gemi yakıtı kaybının bir sonucu olarak sahil şeridinde yer alan su kuyularındaki içme suyunun kirlenip kirlenmediğinin saptanması.	Kirlenmiş sahil boyunca kuyulardan ve alanın dışındaki kuyulardan su numuneleri alınmıştır ve fosfat, PAH'ler ve ağır metaller için tahlil edilmiştir. Referans kuyulardan ve kirlenmiş alandaki kuyulardan alınan su için ortalama değerlerin karşılaştırması kayda değer herhangi bir fark göstermemiştir, vakanın yerel içme suyu beslemesinde kirliliğe neden olmadığı sonucuna varılmasına imkan vermiştir.
Atlantik Okyanusu	Bir dalyandaki olası kirlenmenin mekansal boyutu ve süresinin tespit edilmesi.	Etkilenen alandan ve referans alanlardan ve birkaç ay boyunca türlerden numuneler toplanması için bir numune alma programı teşvik edilmiştir. PAH'lerin temizlenme oranlarının izlenmesi için numuneler tahlil edilmiş ve ulaşılan önceki seviyeleriyle karşılaştırılmıştır.

► *Tablo 1: Geçmişteki petrol kirliliği vakalarındaki izleme amaçları ve faaliyetlerinin örnekleri. Tahlil edilen çeşitli parametreler daha sonra Kutucuk 1'de tartışılmaktadır.*

programları genellikle, yakındaki etkilenmemiş, referans sahalardan bir vaka boyunca toplanan kontrol verilerine bel bağlamaktadır. Seçilen referans sahaların etkilenen alanın sınırları içerisinde araştırılmakta olan doğal yaşam alanı türlerini temsil etmesinin ve bir bölgede yaşayan derin deniz bitki ve hayvan türleri, yüzey betimi ve fiziki özellik, örneğin akıntılara veya dalga etkisine maruziyet bağlamında karşılaştırılabilir olmasının sağlanması önem arz etmektedir. Ayrıca, nicel veriler sağlamak amacıyla olan tetkiklerde herhangi bir ekolojik sistemde alışlageldik biçimde meydana gelen doğal çeşitliliğin hesaba katılması gerekmektedir. Referans sahalardan ve etkilenen alanın sınırları içerisinde belirli aralıklarla alınan numunelerin karşılaştırılması doğal olarak meydana gelen çeşitlilik ve mevsimsel değişikliklerin hesaba katılmasına olanak sağlamaktadır.

Tablo 1'de geçmişteki petrol kirliliği vakalarından izleme amaçlarının örnekleri verilmektedir ve gerçekleştirilen izleme faaliyetlerinin bir özeti verilmektedir.

İzleme sahalarının yeri ve sayısı

Saha tetkikleri, petrolün yeri ve kapsamı hakkında coğrafi olarak atıfta bulunulan bilgilerin hızlı bir şekilde toplanması için faydalı olabilmektedir. Tetkikler aynı zamanda sahil şeridi temizlik faaliyetlerinin etkililiğinin veya özellikle düzenli aralıklarla gerçekleştirildiğinde, doğal iyileşmenin ilerleyişinin izlenmesi için de faydalı olabilmektedir. Saha tetkiklerine veya numune alma yerlerine dahil edilecek olan sahaların yeri ve sayısı büyük oranda etkinin değişkenliği ve etkilenen sahil şeridinin değişkenliği ve boyutuna bağlı olacaktır. Seçilen sahaların temizlenmekte olan alanı, gözlemlenen kirliliği veya izlenmekte olan doğal yaşam alanını temsil etmesinin sağlanmasına her zaman dikkat edilmelidir. Bununla birlikte, kazara petrol dökülme senaryolarının çoğu tetkik edilecek olan sahaların sayısını veya toplanacak olan numunelerin sayısını belirlemek için karmaşık istatistiksel yöntemlerin kullanılmasını gerektirmemektedir. Gerçekte, hem istatistiksel güvenilirlik taleplerinin karşılanması hem de mevcut zaman çizelgesi ve mali sınırlandırmalar içerisinde karmaşık ekosistemlerde tam mekansal ve zamansal değişikliğin hesaba katılmasının uygulanabilirliğinin sağlanması için genellikle uzlaşılar ve belirli bir derecede faydacılık gerekmektedir. Ayrıca, kazara dökülme sonrası izleme çalışmaları için numune alma yerlerinin en iyi konumu ve sayısı ile ilgili olarak birkaç evrensel kural mevcuttur. Buna karşın bu, izleme programının amaçlarına ve aşağıdakiler gibi birtakım vakaya özgü değişkenlere bağlı olacaktır.

- kazara dökülen petrolün miktarı ve türü;
- petrolün hava etkisiyle aşınma davranışı (örneğin, yayılma, çözünme, vb.);
- etkilenen alanın fiziki özellikleri (örneğin, kumu, açık, vb.);
- hassas kaynakların niteliği ve konumu;
- numune alma ve tahlil için mevcut olan araçlar; ve
- numune almayı engelleyebilecek olan fiziki koşullar (örneğin, erişim veya hava koşulları).

En basit durumlarda, örneğin amacın kaynak kirliliğinin tespit edilmesi olduğu durumlarda, olasılık tabanlı numune alma tasarımlarına gerek olmamaktadır. Buna karşın, su yüzeyindeki petrol tabakasından veya kirlenmiş olan sahil şeridinden alınan çok küçük sayıda numune genellikle taraflarca o kirliliğin bir temsilcisi olarak kabul edilebilmektedir.

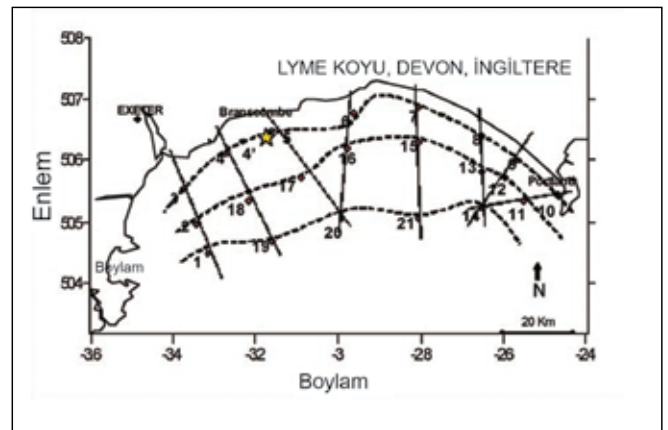
Bazı durumlarda, numune alma yerlerinin en uygun konumları ve sayısı GPS (Küresel Konumlandırma Cihazı) koordinatlarının eklendiği, petrol kirliliğini gösteren bir ızgarayla birlikte bir araştırma alanının bir haritası üst üste bindirilerek ortaya çıkartılabilmektedir. Kirlilik kaynağından mesafeyle veya gelgit yüksekliği gibi başka çevresel

değişiklerle ilgili eğilimlerin tanımlanması için bir enkesitin veya bir dizi kesit çıkartılması faydalı olabilmektedir. Bu sistematik yaklaşım geniş bataklık veya kum alanlar gibi nispeten türdeş sahil şeridi alanları için özellikle faydalı olabilmektedir. Fiziki özelliklerde (örneğin ayrı koylar) veya geniş sahil şeridi alanlarının etkileyen kazara dökümlerde biraz karmaşıklığa sahip sahile yakın alanlarda, alan ayrı ayrı izlenecek olan daha küçük, katmanlara ayrılmış alt bölgelere ayrılabilir. Uygulamada, numune alma yerlerinin petrolün dağılımı ve doğal çevresel eğimleri yansıtacak şekilde seçilmesi gerekmektedir ve bu bağlamda, izleme programı planlanırken yerel bilgilerden yararlanılması faydalı olmaktadır.

Numune almak için tamamen rastlantısal yaklaşımlar mümkün olmaktadır ancak bir izleme programında sadece kirlenici maddeler için numune alınırken nadiren kullanılmaktadırlar. Rastlantısal bir yaklaşım sonuçların rapor edilmesinde istatistiksel çıkarımın daha fazla kullanılmasına olanak sağlayabilmesine rağmen, elde edilen verilerde ufak bir ilerleme için çok daha fazla maliyetle önemli derecede fazla sayıda numunenin tahlil edilmesine ihtiyaç olabilmektedir. Buna karşın, karmaşık vakalarda, örneğin katmanlı rastlantısal numune alma yöntemi kullanılarak veya daha karmaşık aşamalı veya karma numune alma yöntemi uygulanarak, araştırmadaki bazı elemanlar rastlantısal hale getirilerek faydalı bir uzlaşma elde edilebilmektedir. Bu gibi durumlarda uygun bir olasılık tabanlı numune alma tasarımının hazırlanması bir çevre istatistik uzmanının hizmetlerini gerektirmektedir. Numune alma planları için istatistiksel yaklaşım tasarlanırken çeşitli yaklaşımlar Tablo 2'de özetlenmektedir.

İzleme programının zamanlaması

Kirlenimin izlenmesi ve numune alma faaliyetleri için herhangi bir kesin son tarih mevcut olmamakla birlikte, izleme ne kadar kısa sürede başlatılırsa, kısa süreli (gelip-geçici) etkiler o kadar kısa sürede tespit edilebilmekte ve kirlenimin değişen boyutu o kadar kısa sürede kaydedilebilmektedir. Numune almanın gerekli olduğu hallerde olası kaynaklardan petrol numunelerinin kaynağın teyit edilmesi için etkilenen alanlardan numunelerin toplanmasıyla ve gelip geçici etkilerle ilgili veriler için numunelerin toplanmasıyla (özellikle su numunelerinde) aynı zamanda emniyete alınması ve muhafaza edilmesi gerekmektedir. Birçok etki değerlendirmeler, model tahminlerine dayandığından,



▲ Şekil 2: Bir geminin karaya oturmuş konumunun yakınında su numunesi alma yerlerinin konumu (sarı yıldız). (Kaynak—2007 yılı Ocak ayında MSCNAPOLI gemisinin karaya oturmasına müteakip Lyme Koyunda bir etki değerlendirmesiyle birlikte yürütülen çevresel izleme. CEFAS Su Ortamı İzleme Raporu No. 61 — <http://cefas.defra.gov.uk>).

Numune alma tasarımı	Kazara dökülme sonrası izlemeyle ilgili ana özellikler
Yargısal numune alma	Uygulaması kolay, "ortak akıl" yaklaşımı, özellikle parmak izi alan ve karşılıklı mutabakata bağlı, düşük çabalı izleme programları için iyi olmaktadır. Numune alan kişinin kararına bağlı olan, olasılığa bağlı olmayan numune almanın bir örneği.
Basit rastlantısal numune alma.	Numuneler daha büyük bir gruptan tamamen rastlantısal olarak seçilmektedir. İstatistiksel olarak güvenilir, türdeş alanlarda (açık sular, uzun ve sabit sahil şeritleri, dalyanlar) uygulaması kolaydır; değişik sahil şeridi alanlarında ve değişik kirletici madde seviyelerinde zordur.
Katmanlı rastlantısal numune alma.	Alanların rastlantısal numune alma için vakayla ilgili alt gruplara (örneğin katman) bölündüğü basit rastlantısal numune alınan bir "yargısal" değişim. Bir genel gruptaki alt gruplar değişiklik gösterdiğinde aynı cinsten (özellik olarak farklı) alanlarda iyi olmaktadır.
Sistemik (ızgara) numune alma.	Bilinen değişikliğin az olduğu geniş alanlar için, özellikle en kesitlerin alınabileceği gemi tabanlı numune alma için uygundur. Başka değişkenlerin (örneğin başka kirletici kaynakların) sistemik olarak işin içine dahil olabileceği hallerde istatistiksel olarak can sıkıcı olabilmektedir.
Grup numunesi alınması	Birinci aşamada tespit edilen hassas alanların ikinci bir daha ayrıntılı araştırmasına olanak sağlayan etkili, çok aşamalı yaklaşım (genellikle bir ızgara tasarımı).
Karma numune alma	Tahlil için numuneler birleştirilerek geniş alanların taranabileceği aşırı derecede etkili aşamalı yaklaşım. Son derece değişken kirliliğin olduğu alanlarda uygun değildir.

▲ *Tablo 2: Kazara dökülme sonrası izlemede numune alma yeri dağılımında alışlageldik istatistiksel yaklaşımlar.*

tahminlerin doğrulanması için bir bölgede yaşayan derin deniz bitki ve hayvan türlerinin maruz kaldığı gerçek yoğunlukların belgelendirilmesi amacıyla gelip geçici etkiler hakkındaki veriler önemli olabilmektedir.

İzleme programının süresini ve tekrar numune alma sıklığı programın amaçlarına bağlı olmaktadır ve ölçülmekte olan özel parametrelerin tabiatı gereği var olan özelliklerine bağlı olmaktadır. Örneğin, kirletilmiş bir ortamda toplam petrol yoğunluğunun ölçümü, önceki yoğunluklar tespit edilmeden önce haftalar veya aylar süren izleme gerektirebilen bir parametredir. Buna karşın amaç, dağıtıcı maddelerin kullanımı gibi belirli bir müdahale tekniğinin faydasının tespit edilmesiye, sonuçların izlenmesi ve hızlı bir şekilde işlenmesinin acilen uygulamaya koyulması zamanında bir kararın verilmesine olanak sağlanması için hayati olabilmektedir.

Eğitilmiş personel ve uygun numune alma gemileri gibi kaynakların mevcudiyetine ilaveten ikmallerin ve işin içine dahil olan maliyetlerin de hesaba katılması gerekmektedir. Numunelerin güvenli ve doğru bir şekilde alınma hızı hava koşullarına, deniz durumuna ve numune alma sahalarına erişilebilirliğe bağlı olacaktır. Buna ilaveten, gelip geçici etkilerin ölçülmesinin gerekeceği hallerde, ilgili alanın ayarlanmasına ihtiyaç duyulabilmektedir veya mevcut zaman dilimi içerisinde numunelerin alınması amacıyla istenilen numune alma yoğunluğunun uygun hale getirilmesi gerekebilmektedir. Her halükarda, zamanlama ve genel program tasarımının tahlil laboratuvarlarında numunelerin işlenmesi için gerekli olma ihtimali olan zaman ve sonuçların istenilme hızının hesaba katılması gerekmektedir. Örneğin, balık üretme çiftliklerinin bir kazara dökülmeden etkilenip etkilenmeyeceği araştırılırken, numune alma ve analiz zamanlamasının balık üretme çiftliğinin kapanması veya yeniden açılması hakkındaki kararların bildirilmesi için verilere duyulan ihtiyaçtan etkilenmesi muhtemel olmaktadır.

Maliyet için bütçe hazırlanması

İzleme programı için ödeme sorumluluğu vakanın veya hasarın meydana geldiği ülkenin sınırları içerisinde uygulanabilir yasal sisteme bağlı olmaktadır. Kimin ödeyeceğine bakılmaksızın, süreçte başlangıçta kalem kalem listelenen bir bütçe içeren bir teklifin hazırlanması iyi bir uygulama olmaktadır (Tablo 3). İlgili olduğu hallerde bu, işin başlangıcından önce tazminat ödeyen kurumlarla birlikte tartışılabilir.

Genel olarak, izlemenin genel maliyetinin işin içine dahil olan seviyeyi, girişilen tetkiklerin sıklığını, numunelerin ve numune alma yerlerinin sayısını, gerekli olan tahlil türlerini yansıtmaları gerekmektedir ve ele alınmakta olan konuların ölçeğiyle orantılı olması gerekmektedir. Bununla birlikte, örneğin gemi kirası gibi bazı maliyetler sabit olduğundan numune başına nihai maliyet alınan toplam numune sayısından illa ki etkilenmemektedir ve az bir ek maliyetle asgari sayıda numuneden daha fazlasının alınması için fırsatlar olabilmektedir. Buna rağmen, tahlillerin maliyetleri numune sayılarıyla doğrudan bağlantılı olma eğiliminde olduğundan, sadece asgari sayıda numunenin tahlil edilmesi değil ama aynı zamanda daha sonra ihtiyaç duyulmaları ihtimaline karşı geriye kalan numunelerin uygun depolama alanında tutulması sıklıkla tavsiye edilmektedir.

Aşamalı bir yaklaşımın kullanımı, izleme maliyetlerinin orantılı tutulması için başka bir strateji olmaktadır. Bir kazara dökülmeden kısa süre sonra gerçekleştirilebilecek olan bir ilk numune alma aşamasıyla karşılaştırıldığında, sonraki aşamalar kapsam olarak genellikle daha dar olmaktadır. İzleme programının sonlandırılması için ölçütlerin başlangıçta göz önünde bulundurulması gerekmektedir fakat kirletici madde izlemesi genellikle önceki seviyeler tespit edildiğinde sona erdirilebilmektedir.

Geçmiş	Numune alma	Analiz	İkmaller
<ul style="list-style-type: none"> Vaka adı, tarihleri, yeri Bilimsel takımın isimleri ve bağlantıları Amaçlar, yöntemler ve usuller 	<ul style="list-style-type: none"> Dönem ve sıklığı Coğrafi kapsam Numune türleri 	<ul style="list-style-type: none"> Tahlilleri üstlenen laboratuvarlar Tahlil planları ve ilgili maliyetler Raporun yayınlanması için taahhüt tarihi 	<ul style="list-style-type: none"> Donanımların ve malzemelerin tanımı ve maliyetleri Herhangi bir özel ikmal desteğinin maliyetinin çıkartılması Seyahat ve barınma ihtiyaçlarının maliyetinin çıkartılması

▲ *Tablo 3: Bir bütçe teklifinin alışlageldik bileşenleri*

Laboratuvar seçimi

Numune tahlillerinin yapılmasıyla görevlen dirilen laboratuvarların, program tasarım aşamasında tüm taraflarca seçilmesi ve üzerinde mutabık kalınması gerekmektedir. Laboratuvarın öngörülen numune sayılarının üstesinden gelecek kapasiteye sahip olması ve program amaçlarının karşılanması için gerekli olan teknikleri sunması gerekmektedir. Belirli bir laboratuvarın uygunluğunun tespit edilmesi için yapılabilecek olan ön sorguların bazıları aşağıdakilerdir:

- Laboratuvar teknisyenleri hidrokarbon analizinde deneyimli ve nitelikli mi?
- Laboratuvar gerekli donanımlara, esasen UVF, GC-FID ve GC-MS (bu kitapçıkta daha sonra tanımlandığı şekliyle) sahip mi?
- Laboratuvar ulusal olarak onaylı mı veya uluslararası kabul görüyor mu?
- Uygulanmakta olan kalite güvence ve kalite kontrol usulleri nelerdir?
- Olağan faaliyetlerden kazara petrol dökülmesine öncelik verilebiliyor mu?
- Numunelerin taranması ve tahlilin gerçekleştirilmesiyle ilgili maliyetler nelerdir?
- Sonuçlar nasıl rapor edilecektir?
- Laboratuvar sonuçlarını gerektiğinde mahkemede açıklamaya ve savunmaya rıza gösteriyor mu?

Kalite kontrol

Yüksek kaliteli bir numune alma ve tahlilin muhafaza edilmesi için, her bir izleme planının iki temel unsuru barındırması gerekmektedir:

- izleme planının numune alma ve tahlil gibi yönlerinin doğru bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin kontrol edilmesi için süreçlerin ve usullerin yerinde uygulanmasının sağlanması için kalite güvence (sürecin denetlenmesi); ve
- izleme planının planlanan amaçları yerine getirmesinin sağlanması için kalite kontrol (ürünün bir kontrolü).

Numuneler kalite kontrol amaçları için birkaç yolla bölünebilmektedir ve buna numune toplama işleminden önce karar verilmektedir:

- numunelerin bölünmesi: tamamen homojen hale getirilmiş olan her bir numune çekildikten veya alındıktan sonra bölünmektedir, bağımsız tahlillerin gerçekleştirilmesi için iki veya daha fazla grup oluşturulmaktadır;
- sahada çift/çoklu numunelerin alınması: özdeş olabilecek iki veya daha fazla numunenin alınması için aynı yerde aynı cihaz ve usuller kullanılmaktadır. Bu gibi numuneler, numune değişkenliğinin test edilmesi için kullanılmaktadır ve kimlikleri laboratuvara her zaman bildirilmeyebilmektedir; veya
- laboratuvarında çift/çoklu numunelerin alınması: aynı laboratuvara verilen numunelerin tahlil için bölünmesi, buna rağmen iki farklı numune olarak tanımlanması. Bunlar, laboratuvar tahlilinin hassasiyetinin kontrol edilmesi için kullanılabilir.

Numune alma ve izleme programının uygulanması

Toplanan saha verilerinin ve bilgilerinin türü ve kapsamı, gerçekleştirilmekte olan izlemenin amaçlarına bağlı olmaktadır. Örneğin, eğitimli gözlemciler tarafından görsel gözlemlere ilaveten, dağıtıcı madde uygulamasının verimliliğinin izlenmesi için, mor ötesi flüoresan ölçüm (UVF)

su sütunundaki petrol yoğunlukları hakkında veriler toplanması için kullanılabilir². Açık bir şekilde, karar vermede faydalı olması için saha tetkiklerinden sonuçların komuta merkezine zamanında bir şekilde iletilmesi gerekmektedir.

Havadan keşif petrolün denizde ve sahil şeridinde genel coğrafi boyutu hakkında bilgi toplanması için faydalı olmakla birlikte, sahil şeridindeki petrol kirliliğinin hızlı bir şekilde belgelendirilmesini amaçlayan daha ayrıntılı sahil şeridi tetkikleri uygun temizlik tekniklerinin belirlenmesine yardımcı olmak için hayati bilgiler sağlamaktadır. Yazılı notlara ve krokilere ilaveten, fotoğraflar ve videolar kullanılarak bulguların belgelendirilmesi sahil şeridi tetkikleri için yaygın bir uygulama olmaktadır. Hem havadan keşif hem de sahil şeridi tetkikleri için, GPS (Küresel Konumlandırma Cihazı) verileri kullanılarak görüntülerin kaydedilmesi, bu suretle de verilerin ve bilgilere doğrudan başvurulmasına olanak sağlanması faydalı olmaktadır³.

Petrolün özellikleri ve kazara dökülme esnasındaki çevresel koşullar büyük miktarlarda petrolün suyun dibine batmış olabileceğine işaret ettiğinde, bunun gerçekleşip gerçekleşmediğinin tespit edilmesi ve etkilenen herhangi bir alanın boyutunun belirlenmesi için sualtı tetkikleri gerekli olabilmektedir. Bu gibi tetkikleri hem çeşitli veya uzaktan kumandalı taşıtlar, ses algılayıcıları ve sonar hem de mekanik yöntemlerle görsel değerlendirme gibi çeşitli yöntemler sayesinde yapılabilmektedir. Sabit konumlara demirlenen ve deniz yatağı boyunca yedekte çekilen emici malmemeler biçiminde mekanik yöntemler (Şekil 3) geçmişteki vakalarda suyun dibine batmış olan petrolün mevcudiyetinin tespit edilmesi için kullanılmıştır.

Toplanmakta olan sahadaki verilerin ve bilgilerin türüne bakılmaksızın, verilerin ve bilgilerin toplanma biçiminde doğruluk ve tutarlılığın sağlanması için SCAT (Sahil Şeridi Temizlik Değerlendirme Tekniği veya Takımı) gibi kuralların geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, tetkikleri gerçekleştiren personelin uygun bir şekilde eğitime tabi tutulması gerekmektedir. Toplanan herhangi bir saha verisinin veya bilgisinin uygun bir şekilde sınıflara ayrılması, saklanması ve arşivlenmesi, gerçekleştirilebilecek olan başka herhangi

² Kazara Dökülen Petrollerin İşleme Tabi Tutulması İçin Dağıtıcı Maddelerin Kullanımı hakkındaki ayrı ITOPF kitapçığına bakınız.

³ Denizde Kazara Dökülen Petrolün Havadan Gözlemlenmesi ve Sahil Şeritlerinde Petrolün Tanınması hakkındaki ayrı ITOPF kitapçıklarına bakınız.



▲ Şekil 3: Gelgitte suyun çekildiği seviyenin altından numune alma için emici maddelerin kullanılması. Emici maddenin tutturulduğu çerçeve, deniz yatağı boyunca yedekte çekilmektedir. Yukarı kaldırıldığında emici madde üzerinde petrolün mevcudiyeti suyun içine batmış olan petrolün coğrafi boyutunun tespit edilmesine olanak sağlamaktadır.

Tanım	Gerekli olan asgari miktarın belirtilmesi (numune başına)
Saf petrol kaynağı numunesi	30–50 ml
Kirlenmiş petrol (örneğin sütsüleşmiş petrol, deniz veya sahilden petrol, kumlu katran topu, vb.)	10–20 g
Petrollü döküntü, petrolün karaya oturduğu sahil	Petrol içeriğinin yaklaşık olarak 10 gram olduğu yeterli miktarda
PEtrol bulaşmış tüy	Mevcut olan petrol miktarına bağlı olarak 5-10 tüy
Balık, kabuklu deniz ürünleri (et ve organlar)	Toplamda 30 gram ağırlığında olan bazı türlerden birçok birey
Gözle görülebilir petrolün olduğu su numunesi	1 litre
Gözle görülebilir petrolün olmadığı su numunesi	3-5 litre

▲ Tablo 4: Hidrokarbon tahlili için alışıldık biçimde gerekli olan numune miktarı için rehber.

bir izleme çalışmasının sonuçlarıyla bağlantılandırılmasına olanak sağlanması gerekmektedir.

Numune toplanması

Numune toplama usullerinin uluslararası en iyi uygulamaya uygun olması gerekmektedir ve izleme planında ayrıntılı olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu yaklaşım, numune alma takımlarının sahada aynı kurallara riayet etmesini ve sonuçların doğru bir şekilde yorumlanmasına olanak sağlamak için yeterli bilgilerin mevcut olmasını sağlamaktadır. Uluslararası kabul gören en iyi uygulamaya riayet edilmişse, gerekli hale gelmişse sonuçların mahkemede de savunulabilmesi daha olası olmaktadır. Çeşitli türlerdeki numune miktarları için rehber bilgiler Tablo 4'te sağlanmaktadır.

Kaynak numuneler

Bir izleme programında öncelikle elde edilecek olan en önemli numuneler arasında olası tüm kaynaklardan petrolün temiz ve teyit edilmiş numuneler yer almaktadır (Şekil 4). Kopuk bir boru veya geminin tankı gibi, kaynak bilindiğinde ve erişilebilir olduğunda, numuneler doğrudan nitelikli personel tarafından alınabilmektedir (Şekil 5). Kaynak bilinmediğinde, numunelerin çeşitli aday kaynaklardan alınmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Kargo tanklarındaki petrolden numune genel olarak bir yerden alınabilirken, gemi yakıtı tanklarının veya sintinenin içerikleri tek bir noktadan numune alınmaya yetecek kadar nadiren

birbirine benzer olmaktadır ve numuneler genellikle tankın başından sonuna kadar, genellikle en üstten, ortadan ve dipten çeşitli derinliklerden alınmaktadır.

Petrol numuneleri genel olarak yük veya gemi yakıtı gemiye yüklenirken alınmaktadır ve bunlar ticari ihtilaf olması halinde standart işletme uygulaması gereği muhafaza edilmektedir. Kaynak numuneler olarak faydalı olabildikleri halde, özellikle plastik kaplarda saklandıklarında, kullanımlarına dahil olan kalite ve koruma zinciri konularının var olabileceğine dikkat edilmesi önem arz etmektedir. Petrol kaynağı batmış bir enkaz olduğunda ve numune almak için erişim elverişli olmadığında, petrol deniz yüzeyine, doğrudan batığın üstüne yükseldikçe bir petrol numunesinin toplanması mümkün olabilmektedir. Gemi enkazından petrol kaldırma çalışmaları daha sonra alınmışsa, kurtarma takımından küçük miktarda toplanan bir petrol elde edilebilmektedir. Kaynaktan bir numunenin elde edilmesinin mümkün olmadığı hallerde, kirlenmiş sahil şeritlerinden birçok petrol numunesi vekil kaynak numuneleri olarak kullanılabilir.

Kazara dökülen petrolden numune alınması

Su yüzeyindeki petrol tabaksından veya karaya oturmuş petrol tabakasından numunelerin alınması genellikle yoğunlukların nicel olarak haritasının çıkartılmasından ziyade petrol kaynağının doğrulanması amacıyla alınmaktadır. Tahlil için genellikle sadece küçük miktarlarda petrol (örneğin 10-



▲ Şekil 4: Bir enkazın güvertesinde bir gemi yakıtı kaynağından petrol numunesinin boşaltılarak aktarılması.



▲ Şekil 5: Gemi kaynaklı numune alınması, gemi mürettebatı, deniz denetçileri veya kurtarma görevlileri tarafından gerçekleştirilmesi gereken son derece teknik ve tehlikeli olması muhtemel bir faaliyettir.



▲ Şekil 6: Temiz bir emici yastıkla su yüzeyindeki petrol tabakasının yakalanması.

20 gram) alınmaktadır. Su yüzeyinden alınan numuneler doğrudan numune alma kavanozları veya emici maddeden yastıklarla toplanabilmektedir (Şekil 6).Erişim sınırlıysa, numuneler halata bağlanmış bir kova kullanılarak veya uzatma sırik kullanılarak toplanabilmektedir. Numune alma gemisinin gövdesinden ve motor egzozundan veya soğutma suyundan herhangi bir parlaklık gelmesinden kaçınılarak, numunelerin numune alma teknesinin pruvasından alınması gerekmektedir.

Bazen ince petrol parlaklığı numuneleri gerekli olmaktadır, bunun için ince gözlük numune alma ağı gibi uzman numune alma donanımları mevcuttur. Parlaklıklardan sadece çok küçük miktarlarda petrol elde edilmektedir, numunesi alınan şeritler ne kadar ince olursa, numune kirliliği tehlikesi o kadar büyük olmaktadır (örneğin, numune alma gemisi veya donanımından). Kalite kontrolü için, kullanılmamış numune alma ağı veya emici maddeden yastıklarının numunenin yanında tahlil için laboratuvara referanslar olarak sağlanması gerekmektedir.

Sahil şeritlerinde karaya oturmuş olan petrolden veya gelgitler arası bir bölgenin sınırları içerisinde numune alınması için yöntem genel olarak, kum ve döküntü içeriğinin en aza indirilmesi için petrolün kazınmasını ve bir numune kavanozu (Şekil 7) içerisinde toplanmasını içermektedir.

Çevresel numuneler

Hidrokarbon kirliliğinin miktarının tespit edilmesi amacını taşıyan numune alma ve izleme kazara dökülen petrolün hedeflenmesinden kirlenmiş olma ihtimali olan ortamdan numune alınmasına doğru bir değişim içermektedir. İlk yaklaşım genel olarak su sütunundan numuneler alınması olmaktadır, çünkü su sütunu petrolün sahil şeritlerine, tortulara ve bir bölgede yaşayan deniz bitki ve hayvan türlerine ulaşmak üzere yer değiştirme yoludur izlemenin başlangıcında karar verilen amaçlara bağlı olarak, su sütunu içerisindeki yüksek petrol yoğunluklarının kanıtı, numune alma işleminin bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türleri gibi başka hedeflerdeki sistemin numunesinin alınmasına yayılması için tetikleyici olabilmektedir. Diğer durumlarda, yoğun bir çevresel izleme programı (örneğin, kirlenmiş madde izlemesi ve biyolojik etki değerlendirmesi) başlatılabilmektedir, sudan, bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinden ve tortulardan bir dizi numune alınmasını gerektirebilmektedir fakat bu sadece kirlilik genişse ve etkilerin büyük olma ihtimali varsa gerekli olmaktadır.

Numune alma çabasının başından sonuna kadar tutarlılığın sağlanması ve mümkün olduğunda karşılaştırılabilir numunelerin hedeflenmesinin sağlanması önem arz etmektedir. Örneğin, birkaç yerde kabuklu deniz canlılarındaki



▲ Şekil 7: Sahil şeridinde karaya oturmuş olan petrolden numune alınması.

kirlilik izlenirken, anlamı, nicel karşılaştırmalara olanak sağlanması amacıyla, tüm konumlarda kabuklu deniz canlılarının aynı türlerinin ve en uygun olarak kendi yaşam döngülerinde aynı aşamada hedeflenmesi gerekmektedir.

Her bir numune için gerekli olan hacim veya kütle, planlanan tahlillerin sayısı ve türüne, numunedeki petrol yoğunluğuna, kazara dökülen petrolden kendi numunelerini alması gereken katılımcı kuruluşların sayısına ve kalite kontrol amaçları için gerekli olan çift veya çoklu numunelerin sayısına bağlı olmaktadır. Modern test yöntemleri, nispeten saf olan petrol için sadece çok küçük sayıda numuneler gerektirmektedir (Tablo 4).

Su numunesinin alınması

Su sütunu izlemesi yerinde yapılan saha ölçümleriyle veya korunmuş ve tahlil için bir laboratuvara nakledilen numunelerin elle toplanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Saha ölçümleri, temel su kalitesi ve petrole özgü tespiti içermektedir, bunların her iki de gerçek zamanlı girdi sağlayan seyyar saha algılayıcıları içermektedir.

- Elektronik su kalitesi algılayıcıları pH, tuzluluk, iletkenlik, kimyasal oksijen talebi veya biyolojik oksijen talebi gibi kimyasal ve fiziksel değişkenleri ölçmektedir. Bunlar, petrol kaynaklı kirlenmiş madde izlenmesiyle doğrudan alakalı değildir fakat ilgili ekolojik izleme çalışmalarında faydalı olabilmektedirler.
- Yedekte çekilen flüoresanla dalga boyu ölçüm cihazları gibi, kazara petrol dökülmesine özgü saha algılayıcıları, örneğin dağılmış petrol yoğunluklarına işaret etmek için müdahale çalışmalarında çevresel izlemeden daha büyük bir uygulama alanı bulmaktadır.

Su numunelerin elle toplanması, kapalı konumda istenilen su derinliğine indirilen belirli amaç için üretilmiş numune alma cihazları ile gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 8). İstenilen su derinliğine indirildiğinde, cihaz numune almak için açılmaktadır, daha sonra su yüzeyinde mevcut olabilecek olan petrol şeritlerinden gelecek kirliliğin önlenmesi amacıyla geri almak üzere kapatılmaktadır. Sonraki laboratuvar tahlili için elle toplama, kirlenmiş maddenin izlenmesi için yaygın hale gelmiş uygulama olarak kalmaktadır.



▲ Şekil 8: Kazara dökülmüş petrolden numune almak için, su numunelerinin numune toplama cihazından cam şişelerin içerisine boşaltılarak aktarılması.

Tortudan numune alınması

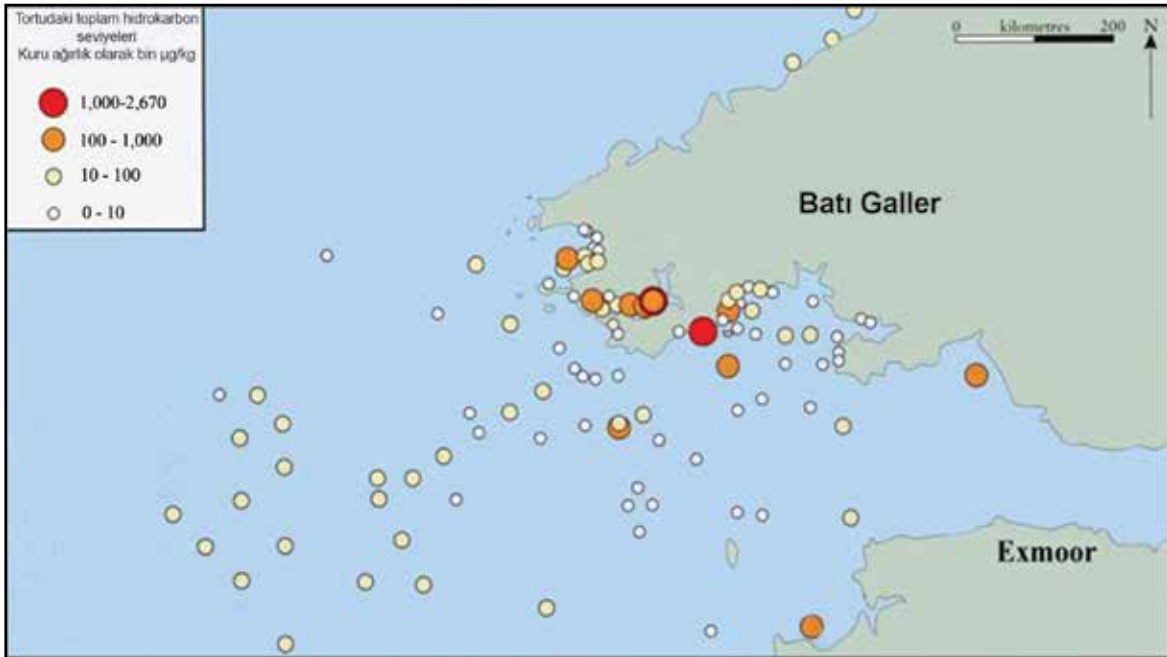
Toplam petrolün nicel ölçümü veya bozundukça petrolün tortular içerisindeki değişen bileşimi genellikle kirletici madde izleme programlarının bir parçasını oluşturmaktadır (Şekil 9). Gelgitte suyun çekildiği seviyenin altındaki tortulardan bu tortu türlerinde petrolün yer değiştirme hızının düşük olması nedeniyle genellikle gemilerden numune alınmaktadır, sıklıkla sığ çeneli kepçeler kullanılmaktadır. İyi tasarlanmış olan çeneli kepçeler içeriklerin geri alma boyunca geriye akmasını önlemektedir ve numune alma işlemleri arasında uygun bir eritici madde ile çeneli kepçenin durulanması iyi bir uygulama olmaktadır. Dalgıcın çalıştığı karot alma makineleri bazen, özellikle başka kaynaklardan önceden kirlilik olduğundan şüphelenildiğinde kullanılmaktadır. Gelgitler arası tortudan numune alınması genellikle ya yüzey spatulaları kullanılarak ya da karot cihazlarıyla gerçekleştirilmektedir. Sonuçlar örneğin temizlik çalışmalarının ne zaman sona erdirileceği hakkındaki kararlara yardımcı olmak için kullanılabilir.

Bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinden numune alınması

Bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinden numune alınması yöntemleri çeşitlidir ve dahil edilecek olan organizmaların ve doğal yaşam alanlarına, örneğin su altındaki ve açık denizlerde yaşayan türler (örneğin deniz yatağının yakınında veya su sütununun içinde olanlar), deniz dibi türlerine (deniz yatağı üzerinde veya tortuların içerisinde yaşayanlar) ilaveten kuşlar ve memelilere bağlı olacaktır. Çalışmaların, kuraldan her dalgalanmanın belgelendirilmesi için girişimde bulunulmasından ziyade ekosistem içerisindeki eğilimlere odaklanması gerekmektedir ve anahtar gösterge türlerin kullanımının en iyi yaklaşım olduğu gösterilmiştir. Bu türler genellikle ya ticari olarak ya da nitelikleri itibarıyla önemli olmaktadır ve maruziyet kirliliğin belgelendirilmesi için iyi fırsatlar sunmaktadır (örneğin midyeler ve diğer filtre yemlikler). Numuneler ya organa özgü olabilmektedir (örneğin birkaç bireyden aynı organ) veya tüm yumuşak parçalar dövülerek türdeş hale getirilerek tüm organizma olabilmektedir (Şekil 10).

Bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinden numuneler hem yabani türleri hem de deniz ürünleri yetiştirme tesislerinde bulunanlar gibi çiftlik türlerini içerebilmektedir. Deniz ürünleri yetiştirme tesislerinden tesis işletmecisi ile birlikte ve en uygun şekilde numune alma takımı tarafından seçilen temsili yerlerden alınması gerekmektedir. Ticari olarak işletilen türlerin yabani türleri için numuneler balıkçılardan satın alınabilmekle birlikte bu yöntem balığın nerede ve ne zaman yakalandığına ilişkin birçok kalite denetim sorunları ve karşılıklı kirlenme tehlikesine sahiptir. Balıkçılarla birlikte numuneleri toplanması bu sorunları önlemektedir ve muhtemelen avın yerel olduğu ve günlük olarak sahile getirildiği yerlerde elle yapılan geleneksel bir balıkçılıkta en uygun olmaktadır.

Kuşlar, memeliler veya başka daha yüksek organizmalar petrol kaynaklı kirletici maddenin izlenmesinde alışlageldik test denekleri olmamaktadır çünkü kirlilik genellikle görsel olarak fark edilmektedir ve değişkenlik midyeler gibi daha alt



▲ Şekil 9: İngiltere'de Galler'de SEA EMPRESS'ten kazara petrol dökülme vakasından sonra petrolün deniz yatağı tortusunda neden olduğu kirliliğin değerlendirilmesi için seçilen numune alma yerlerinin konumları. Bu büyük çaplı kazara dökülme vakasını müteakip kazara dökülmeden sonra yaklaşık altı ay sonra tortudaki kirliliğin en çok kıyıya yakın olan sığ sularda devamlılık gösterme eğiliminde olduğu görülmektedir. (Kaynak: SEA EMPRESS Kazara Petrol Dökülmesinin Çevresel Etkisi; SEA EMPRESS Çevresel Değerlendirme Kurulu (SEEEK) 1998).

gösterge türlerden daha büyük olmaktadır. Petrol bulaşmış hayvanlardan numuneler enkazlardan ve canlı hayvanlardan, örneğin petrol bulaşmış olan tüylerden veya petrol bulaşmış kürkten müdahaleci olmayan bir şekilde alınma eğiliminde olmaktadır.

Numunelerin yüklenmesi-boşaltılması

Birçok durumda, bir numunenin ve analizinin nihai kullanımı numunenin alındığı anda bilinmemektedir. Daha sonra kullanılabilmesi için numunenin bütünlüğünün muhafaza edilmesi amacıyla, uygun yükleme-boşaltma ve depolama kurallarına riayet edilmesi gerekmektedir. Numunelerin sahada yüklenip-boşaltılması depolama, etiketleme, laboratuvar öncesi dengeli hale getirme, paketlenme, sevkiyat ve sürecin yönetimini içermektedir. İlgili kronolojik belgelere gözetim zinciri olarak atıfta bulunmaktadır.

Depolama

Depolama, numune almanın kendine özgü bir parçasıdır çünkü malzeme karşılıklı kirlenmenin ve bozulmanın en aza indirilmesi amacıyla derhal ve doğrudan saklama kabının içerisine yerleştirilmektedir. Su yüzeyindeki petrol tabakasının deniz süpürücüsüyle süpürüldüğü veya petrol bulaşmış kum bir cam kavanoz içerisine aktarıldığı gibi bazı durumlarda, kabın kendisi toplama cihazı olarak kullanılmaktadır. Depolama için uygun kapların tedarik edilmesinin önceden planlanması gerekmektedir. Başka uygun herhangi bir kap mevcut olduğunda, plastik su şişeleri gibi belirli bir amaç için üretilmemiş kapların kullanımından kaçınılması gerekmektedir. Çözünmüş plastikten bir kirlilik tehlikesi mevcutsa, kabın kendisinin tahlil edilmesi ve tahlilin sonuçlarına karşı referans olarak kullanılması gerekmektedir. Uygun saklama kaplarının birçok özelliği Tablo 4'te ve Şekil 11 ve Şekil 12'de sağlanmaktadır.

Etiketlendirme

Depolama ve etiketlendirmenin birbirine bağlı olarak göz önünde bulundurulması gerekmektedir çünkü gözetim zinciri numune bir kap içerisine koyulur koyulmaz etkili bir şekilde başlamaktadır. Mekansal veya geçici numune alma programı birçok kap gerektirecektir ve kafa karışıklığı ve kapların kasıtsız bir şekilde karıştırılması olanağı çoktur. Bunu önlemek için, numunenin nerede, ne zaman ve kim tarafından alındığı hakkında ayrıntılı bilgilerle birlikte numuneye eşsiz bir kimlik tanıttıcı verilmesine olanak sağlayan standart

numune etiketlerinin hazırlanması gerekmektedir. Numune, müşterek bir numune alma uygulamasının bir parçasıysa, numune alma işlemine şahitlik eden bir kişinin isim ve irtibat bilgilerinin dahil edilmesi gerekmektedir.

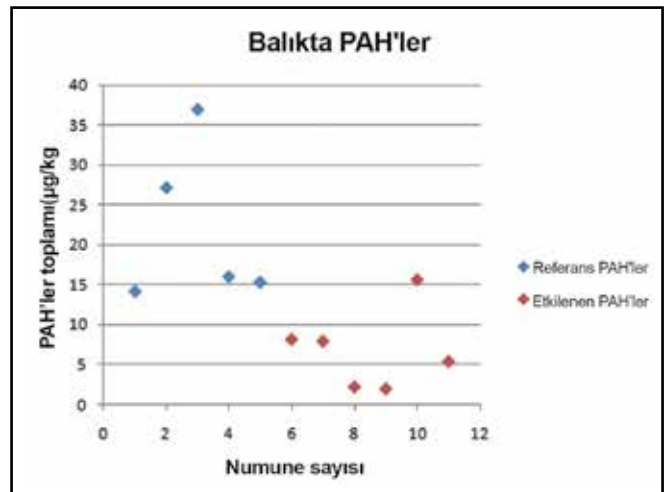
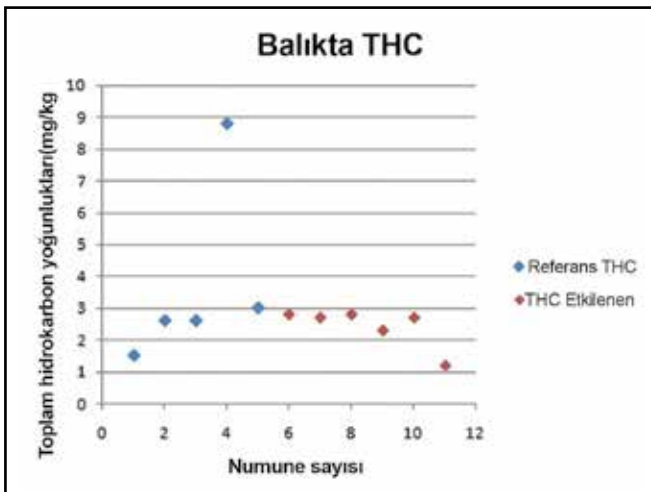
Örneğin aynı bilgilerin kaydedildiği ve suretlerinin ilgili tarafların ve tahlil laboratuvarının kullanımına sunulabileceği bir elektronik veri sayfası olarak paralel bir numune envanterinin de tutulması gerekmektedir. Saf bilimsel değişkenlerin kaydedilmesine ilaveten, numune alma takımlarının bir taraftan bir diğerine aktarılırken numunelerin isimleri, tarihleri, yerleri ve gözetimiyle ilgili diğer ayrıntıları belgelendirilmesi gerekmektedir. Gözetim zincirinin korunması, numunelerin herhangi bir fiziki bozulma, karşılıklı kirlenme veya ister kasıtlı olsun isterse olmasın başka herhangi bir değişiklik tehlikesine maruz kalmamalarını sağlamaktadır.

Kararlı hale getirme

Birçok numune bir müddet kararlı kalacaktır ve orijinal numune kaplarında tutulmaları gerekebilmektedir çünkü örneğin hava etkisiyle aşınmış katran topları veya saf petrol gibi bozunmaya özellikle duyarlı değildirler veya örneğin balık dokusu numuneleri gibi soğutulmuş veya dondurulmuşlardır. İzleme kuralına bağlı olarak, sürekli olarak bütünlüklerinin sağlanması amacıyla laboratuvara teslimde bir gecikme olacaksa, su ve tortu numunelerinin sahada kararlı hale getirilmesine ihtiyaç duyulabilmektedir. Numuneler asitleşebildiğinde veya biyolojik anlı öldürücü maddeler ilave edilebildiğinde, genel uygulama numunelerin toplandığı günle aynı günde eritici madde özütlemesinin gerçekleştirilmesidir. Dondurulduğunda dahi, numunelerin bozulabilme ve malzemenin kapların duvarlarına tutunabilme tehlikesi mevcut olmaktadır. Sonuç olarak, numuneler için izin verilen depolama süresi bazı tahlili kuralları uyarınca sıkı sıkıya tayin edilebilmektedir. Özütleme için sadece en saf eritici maddelerin elde edilmesine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Eritici maddelerdeki kirlenici maddeler özellikle bu bileşikler çok düşük yoğunluklarda olduklarında, ilgi gösterilen bileşiklerin tespitinde kafa karışıklığına yol açabilmekte veya tespitini maskeleyebilmektedir.

Paketleme ve nakliye

Numuneler esasen cam malzemeler içerisindedir ve saklanmaktadır ve numunelerin kırılmasının, kaybının veya bozulmasının önlenmesi için nakliyeden önce dikkatli bir şekilde paketlenmesi gerekmektedir. Bölmeleri olan yastıklı kutular tahlil laboratuvarına emniyetli bir şekilde teslim



Şekil 10: Balıkta toplam hidrokarbon (THC) ve policiklik aromatik hidrokarbon (PAH) yoğunluklarının ölçülmesi için gerçekleştirilen testin sonuçları.

edilebilirlerse sert kabuklu soğutucu kutular olduklarından faydalı olmaktadır. Her halükarda, iyi uygulama petrol numunelerindeki serbest suyun en aza indirilmesini, biyolojik malzeme için uygun sıcaklığa riayet edilmesini, vakanın ismiyle herhangi bir dış kabın etiketlendirilmesini ve numunelerin bir envanterinin paket içerisine koyulmasını içermektedir. Yurt içi nakliye gereksinimleri bir ülkeden bir diğerine farklılık gösterdiğinden, yerel tavsiye alınması gerekmektedir. Numunelerin uluslararası nakliyesi daha karmaşıktır ve petrolün özelliklerinin, örneğin parlama noktasının gerekli paketleme ve nakliye türünü etkileyecek olduğu hallerde sıkı paketleme ve etiketlendirme kurallarına riayet edilmesini içerebilmektedir.

Petrol kirliliği için tahlil teknikleri

Uygun bir laboratuvar seçildiğinde ve numuneler sahada toplandığında, petrolün kaynağının ve kirlilik seviyesinin tespit edilmesi için tahlillerin başlatılması için çalışma başlatılabilmektedir. Uzman olmayanların tahlilleri gerçekleştirmesi beklenmediğinden, farklı tahlili tekniklerinin ve amaçlarının bir takdiri, izleme programlarının planlanması ve yürütülmesine dahil olanlar için faydalı olmaktadır.

Numunelerde petrol kirliliği seviyesinin tespit edilmesi ve belirli bir petrol kaynağının teyit edilmesi için belirli bir tahlil yönteminin kullanılmasının mantığının anlaşılması amacıyla, sayfanın arkasındaki Kutucuk 1'de özetlendiği gibi, petrolün

kimyasal bileşeni hakkındaki bilgi sahibi olunması faydalı olabilmektedir.

Tek başına hiçbir uluslararası standart veya talimatlar grubu dünya çapında petrol kirliliği numunelerinin analizini kapsamamaktadır. Bununla birlikte, aşağıdakiler tarafından yayınlananlar dahil olmak üzere, numune tahlili boyunca uluslararası ve ulusal seviyelerde birtakım ilgili kurallar takip edilebilmektedir:

- Amerikan Test Etme ve Malzeme Derneği (ASTM)
- Amerikan Petrol Enstitüsü (API);
- ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA);
- Kanada Bakanlar Çevresel Danışma Kurulu (CCME);
- Avrupa Standart Hazırlama Kurulu (CEN); veya
- Rusya'da Avrupa-Asya Standart Hazırlama Kurulu (EASC);

Laboratuvara varışta ve tahlil çalışması başlayabilmeden önce, numunelerin yabancı maddenin kaldırılması ve hidrokarbon bileşiklerinin yoğunlaştırılması için temizlenmesi gerekmektedir. En yaygın teknikler eritici madde özütlemesi ve kromatografidir. Bu hazırlık aşamasının niteliği kullanılacak olan nihai tahlil tekniklerine ve numunenin durumuna bağlı olmaktadır. Örneğin, tortu numunelerinden döküntünün kaldırılması gerekecektir, asıltı sıvıların parçalanması (örneğin suyun tahliye edilmesi ve boşaltılması) ve görünüm olarak belirgin bir şekilde saf olsa dahi petrol numunelerinin özütünün çıkartılması gerekecektir. (Şekil 13).

Kromatografi, (arındırılacak olan numuneyi içeren) seygar



▲ Şekil 11: Geniş ağızlı cam kavanozlarda çok iyi etiketlenmiş gemi yakıtı numuneleri (bu durumda tek bir tanktan alınan numuneler bölünmüştür).



▲ Şekil 12: Açık, dar ağızlı şişeler (solda) veya plastik şişeler (sağda) izleme amaçları için en uygun kaplar değildir.

Genel talimatlar	Açıklamalar
Numunelerin Teflon kapaklı veya ince temiz alüminyum yaprak ile kaplanan kapakları olan temiz cam kavanozlara koyulması gerekmektedir. Sıvı kaynaklı petroler paslanmaz çelik kaplar içerisinde toplanabilmektedir. Katı veya yarı katı numuneler kullanılmamış bir kamaş veya ahşap dil bastırıcısı ile aktarılabilmektedir. Nitril eldivenlerin giyilmesi gerekmektedir (Şekil 7).	Plastik kaplar numuneyi kirlitebilmektedir. Numune kavanozlarının öncelikle uygun bir eritici madde ile çalkalanması gerekmektedir. Her bir numune için yeni numune alma çubuklarının kullanılması gerekmektedir. Eldivenler yükleme-boşaltma boyunca eser miktarda petrolle kirlenme tehlikesini önlemektedir.
Nakliye ve depolama boyunca kehribar şişeler kullanınız veya numuneleri karanlıkta tutunuz.	Özellikle su sütünü numuneleri için ışık etkisiyle oksitlenme ve bozulmaya karşı koruma.
Saf petrol ve petrol bulaşmış tortular için 30 ml veya daha büyük numune kavanozları kullanınız. Geniş boğazlar veya vidalı kapaklar tavsiye edilmektedir.	Dar ağızlı ve ince camın doldurulması daha zor olmaktadır ve nakliye boyunca kırılabilir.
Numune kavanozlarını sıvıyla veya petrol bulaşmış döküntüyle tamamen doldurmayınız.	Özellikle bir donma tehlikesi mevcut olduğunda ısıl genişleme için biraz alan bırakınız.
Numune kavanozlarının eşsiz bir numune referans numarası, yeri, zamanı ve tarihi, türü ve diğer ilgili bilgilerle (örneğin derinlik) doğru bir şekilde etiketlenmesi gerekmektedir.	Numune alınmadan hemen önce mümkün olduğunca fazla bilgiyle standart etiketler hazırlayınız. Okunaklılığını muhafaza etmek için silinmez tükenmez kalem kullanınız ve temiz bantla kaplayınız.
Dökülmenin önlenmesi ve gözetim zinciri boyunca herhangi bir bozulmanın gerçekleşmemesini sağlamak için kapağı iyice kapatınız. Kirlenmeyi önleyiniz.	Kapağın iyice kapatılması için bant kullanınız.
	Numuneler arasında numune alma cihazlarını eritici maddeyle temizleyiniz. Sigara içmek yasaktır! Tekne egzozu ve benzerinden uzakta tutunuz.

▲ Tablo 4: Numunelerin depolanması için genel talimatlar.

bir aşamanın sabit bir aşamanın içerisinde geçtiği birçok teknikten birisidir. Hidrokarbon moleküllerinin parçalanması ve ayrı gruplara ayrılması için en yaygın olarak kullanılan tekniklerden ikisi silis sütunlu gaz kromatografisi (GC) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisidir (HPLC). Gaz kromatografisi nispeten yaygın biri şekilde mevcut olurken HPLC son derece karmaşık donanımlar ve çok saf eritici maddeler gerektirmektedir ve bu nedenle daha az hakimdir. Bununla birlikte HPLC, PAH'lerin güvenilir bir şekilde tespit edilmesi için yüksek hassasiyet ve kabiliyet sağlamaktadır.

Uygun maliyetliliğin artırılması ve sürecin genel olarak hızlandırılması için numuneler genellikle daha ayrıntılı araştırmayı hak edenlerin seçilmesi için elenmekte ve bu suretle de tam tahlilin gerekli olduğu numune sayısının azaltılması için elenmektedir. Gaz kromatografisinin

ve alev iyonlaştırma tespitinin (GC-FID) birleştirildiği teknik alışlageldik biçimde elemek için kullanılmaktadır fakat UVF spektroskopisi ve duyuşsal algılama testi de kullanılabilir. Duyusal algılama testi, tat, koku ve görünüm için şüphe edilen ve kontrol numunelerinin değerlendirilmesi için denetimli bir ortamda çalışan eğitimli bir duyuşsal algılama değerlendiriciler heyeti kullanımını içermektedir ⁴.

Mor ötesi flüoresan (UVF)

Mor ötesi flüoresan spektroskopisi, hem seyyar cihazlarla yerinde su sütununda hem de laboratuvarında hazırlanan

⁴ Petrol Kirliliğinin Balık Çiftlikleri ve Su Ürünleri Üretim Tesisleri Üzerindeki Etkileri hakkındaki ayrı ITOF kitapçığına bakınız.

Kutucuk 1: Petrolün bileşimi

Petrol, basit düşük molekül ağırlığına sahip hidrokarbon moleküllerinden reçinelere ve metaller ve başka elementler barındıran başka yoğun büyük moleküllere kadar değişiklik gösteren bileşiklerin son derece karmaşık bir karışımıdır. Birçok kazara petrol dökülme vakasında, izleme programının odağı toplam hidrokarbon içeriğinin (THC) veya aynı şekilde yağlı ve aromalı bileşiklerin toplamını temsil eden toplam petrol hidrokarbonları (TPH) içeriğinin tespit edilmesi olacaktır. Toplam hidrokarbon içeriği genellikle çevresel bir numunede mevcut olan hidrokarbonların ölçülebilir miktarını tanımlamaktadır fakat ayrı ayrı bileşenler hakkında bilgi sağlamamaktadır. Ölçülen toplam hidrokarbon içeriğinin miktarı kullanılan özütleme yöntemlerine ve özüt tarafından kızılötesi ışığı soğurulmasına bağlı olduğundan, sonuçlar kullanılan yöntemle bağımlı olmaktadır. Bir numune içerisinde, örneğin bir deniz ürünü içerisinde petrol kirliliğinin niteliğiyle ilgili olarak veya kazara dökülen petrolün kaynağının tespit edilmesi için daha fazla ayrıntı gerektiğinde, belirli hidrokarbon bileşikleri ayrı ayrı analiz edilebilmektedir.

Normal alkanlar (n-alkanlar) karbon atomlarının düz zincirlerinden meydana gelen bileşiklerdir ve alışlageldik biçimde taze ham petrol veya damıtık ürünlerden büyük bir oran içermektedir. Molekül ağırlığı düşük olan n-alkanlar buharlaşmaya ve biyolojik bozunmaya karşı hassas olmaktadır. Sonuç olarak, hava etkisiyle aşınmış petroler kendilerine karşılık gelen yeni kopyalarından daha düşük oranda n-alkan içermeye eğiliminde olmaktadır. Dallara ayrılmış zincir bileşikler olarak isimlendirilen izo-alkanlar taze petrolerde eşit oranda bol olmaktadır ve aynı zamanda biyolojik bozunmaya karşı da hassas olmaktadır. Bazı izo-alkan bileşikleri biyolojik bozunma göstergeleri olarak faydalı olabilmektedir.

Aliciklik bileşikler biyolojik bozunmaya karşı nispeten dirençli olan döngüsel, doymuş hidrokarbonlardır. Doymuş terimi tamamen hidrojenleşmiş olan ve sadece tekil karbon-karbon bağlarına sahip moleküllere atıfta bulunmaktadır. Nispi kararlılıkları molekül ağırlığı daha yüksek olan bazı aliciklik bileşikleri ayrı ayrı petrolerin tespit edileceği kolaylıkla ayırt edilebilen özellikler olarak özellikle faydalı hale getirmektedir. Bu bileşiklere biyolojik işaretçiler olarak atıfta bulunmaktadır çünkü petrol oluşumunun coğrafi süreci boyunca biyolojik malzemedeki dönüşümlümlerdir.

Yağlı hidrokarbonlar düz, dallara ayrılmış veya (aromalı olmayan) döngüsel karbon atomları zincirlerinden oluşmaktadır ve hem n-alkanlar hem de aliciklik bileşikler içermektedir.

Aromalı bileşikler alışlageldik biçimde birbirini sırayla takip eden çift veya tek karbon-karbon bağları ve altı karbon atomundan oluşan bir veya daha fazla halka (benzen halkaları) olan doymamış döngüsel hidrokarbonlardır ve Uçucu Organik Bileşikler (VOC) ve Policiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'ler) içermektedir. Uçucu Organik Bileşikler molekül ağırlığı düşük olan, hızlı bir şekilde buharlaşan bileşikler, örneğin benzen ve toluen içermektedir ve bu nedenle uçucu organik bileşiklerin numunesinin toplanması ve tahlil edilmesi uzman teknikler gerektiren zorlu bir iş olmaktadır.

Policiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) zehirli ve kansere yol açan bileşiklerdir ve bu nedenle birçok çevresel izleme programının bir odak noktasıdır. Özellikle, ABD EPA (Çevre Koruma Ajansı) tarafından "öncelikli kirlenici maddeler" olarak tespit edilen 16 PAH ortaklaşa ölçülmektedir ve Petrol Kirliliğinin Balık Çiftlikleri ve Su Ürünleri Üretim Tesisleri Üzerindeki Etkileri hakkındaki ayrı ITOF kitapçığında daha fazla ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Petrol oluştuğunda ortaya çıkan PAH karışımlarındaki değişiklik, petrolün kendi eşsiz imzasına veya PAH profiline sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bu, hava etkisiyle aşınmaya karşı yüksek bir dirençle birleştiğinde PAH'yi farklı petrolerin kimliğinin tespit edilmesi için önemli bir yöntem haline getirmektedir. PAH çalışması aynı zamanda su kirliliğinin olası kaynaklarının tespit edilmesi için de kullanılabilir çünkü tahlil petrolün ateşlendirici (yanma ürünleri), püskürük kaya kökenli (ham petrol kökenli) ve biyolojik kökenli (biyolojik süreçlerden kaynaklanan) kaynakları arasında ayırım yapabilmektedir.

* Çevresel izlemede, biyolojik işaretçi terimi burada petrolerin parmak izinin alınmasında kullanılan bileşiklere veya hayvanlarda enzim faaliyeti seviyelerine işaret eden bileşiklere atıfta bulunabilmektedir. Hayvanlarda enzim faaliyeti seviyelerine işaret eden bileşikler için, lütfen Petrol Kirliliğinin Deniz Ortamı Üzerindeki Etkileri hakkındaki ayrı ITOF belgesine bakınız.

numunelerde petrolün varlığının tespit edilmesi için kullanılabilen nitel ve nicel bir tahlil yöntemidir. Test edilecek olan malzeme aromatik molekülleri flüoresana doğru harekete geçiren (örneğin düşük enerjili ışık yayan) ve daha sonra spektrometre tarafından tespit edilen özel mor ötesi ışınlar maruz bırakılmaktadır. PAH'nin petrole özgül bileşimi mor ötesi flüoresanı farklı petrol türlerinin tespit edilmesi (Şekil 14) ve aynı zamanda bir numunedeki THC'nin tespit edilmesi için iyi bir teknik haline getirmektedir. Ayrıca, bilinen bir kaynak numunesiyle ayar gerçekleştirilmesi kaydıyla, su içerisinde çok düşük petrol yoğunluklarını, sahada alışılageldik biçimde 1.0 jg/l'ye kadar (örneğin, ppb), laboratuvarında 0.1 jg/l'ye kadar ve tortuda 1.0 mg/kg'a kadar (örneğin, ppm) petrol yoğunluklarını da tespit edebilmektedir. Mor ötesi flüoresan hızlı ve değerli bir eleme tekniği olarak göz önünde bulundurulmaktadır fakat bir kaynak numunenin doğrulanması için her zaman kullanılmamaktadır çünkü bu Kutucuk 1'de vurgulandığı gibi bireysel petrol bileşiklerinin tahlil edilmesini gerektirebilmektedir. Mor ötesi flüoresan parmak izi tahlili için uygun olmamaktadır çünkü hidrokarbon olmayan moleküller aynı tahrik dalga boylarında sinyal yayımlayabilmektedir ve PAH sinyalleriyle birbirine karışabilmektedir.

Gaz kromatografisi-alev iyonlaşması tespiti (GC-FID)

Gaz kromatografisi petroldeki hidrokarbonların karmaşık karışımının bileşimde bulunan moleküler gruplara ayrılmasını içermektedir. Küçük bir sıvı numunesi, önceden belirlenen bir sıcaklık aralığında kontrollü bir hızda ısıtılan uzun ve dar bir metal sütunun içerisine püskürtülmektedir. Sütun daha sonra taşıyıcı bir gazla, genellikle helyumla sürekli olarak yılanmaktadır. Sütun içerisindeki özel kaplamalar içeriden geçerken buharlaşan bileşiklerle etkileşime girmektedir, molekülleri uçuculuk gibi kimyasal özelliklerine göre ayırmaktadır, her bir bileşenin farklı zaman aralıklarında veya tutma sürelerinde sütundan ayrıştırılmasıyla sonuçlanmaktadır.

Bir alev iyonlaştırma detektörü (FID) bir hidrojen alevinde yakıldıklarında bir gaz kromatografisinden ayrılan moleküllerin yamasından serbest kalan iyonlara tepki gösteren bir algılayıcıdır. DAHA hafif moleküller sütunun içerisinden daha hızlı bir şekilde geçmektedir, bu nedenle sütunun içerisindeki tutma süresi molekül ağırlığıyla ilişkilendirilebilmektedir ve standartların uygulanmasıyla ayrı ayrı hidrokarbonların kimliği tespit edilebilmektedir.



▲ Şekil 13: Bir ayırma hunisi kullanılarak petrol numunelerinin özütünün çıkartılması (Görüntü CEFAS'ın izni alınarak yayınlanmıştır).

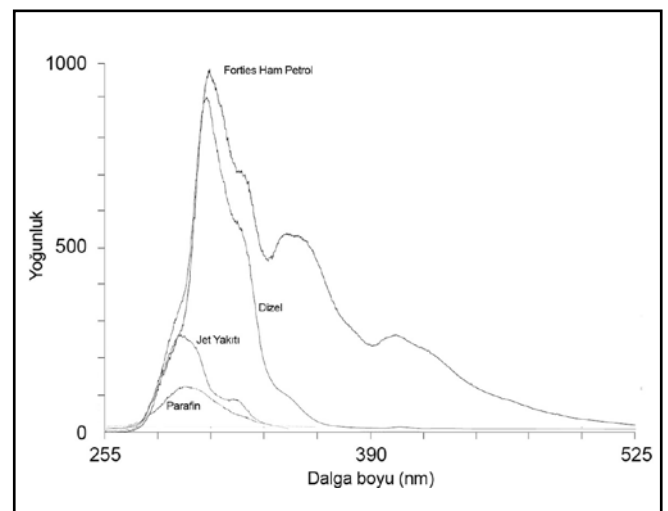
Belirli bir bileşiğin yoğunluğu ne kadar yüksek olursa, alev iyonlaştırma detektörünün sinyali o kadar güçlü olmaktadır, bu da bilgisayarda işlendikten sonra ortaya çıkan kromatogramda bir zirve olarak görüntülenmektedir. Gaz kromatografisi - alev iyonlaştırma detektörü nispeten hızlı bir birleştirilmiş eleme ve parmak izi alma tekniğidir ve aynı zamanda hidrokarbonların nicel ölçümü için uygun bir teknik olmaktadır.

Her bir petrol türü kendi dağıtım örneğine veya parmak izine sahip olduğundan, birçok petrol numunesinin kimliği kazara dökülme ve kaynak numuneleri için gaz kromatografisi - alev iyonlaştırma detektörünün karşılaştırmalı bir araştırması sayesinde tespit edilebilmektedir. Bazı durumlarda, özellikle nispeten taze petroler için, iki numunenin eşleşmediğinin (örneğin, bir kazara dökülme vakasından alınan petrol numunesinin kaynak numunesiyle eşleşmemesi) doğrulanması için gaz kromatografisi - alev iyonlaştırma detektörü tek başına yeterli olabilmektedir. Sonuçlar inandırıcı olmadığında ve sadece muhtemel bir eşleşme olduğunda veya belirli bileşenlerin miktarının tespit edilmesine ihtiyaç duyulduğunda, ek araştırma daha yüksek gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi çözünürlüğü gerektirebilmektedir.

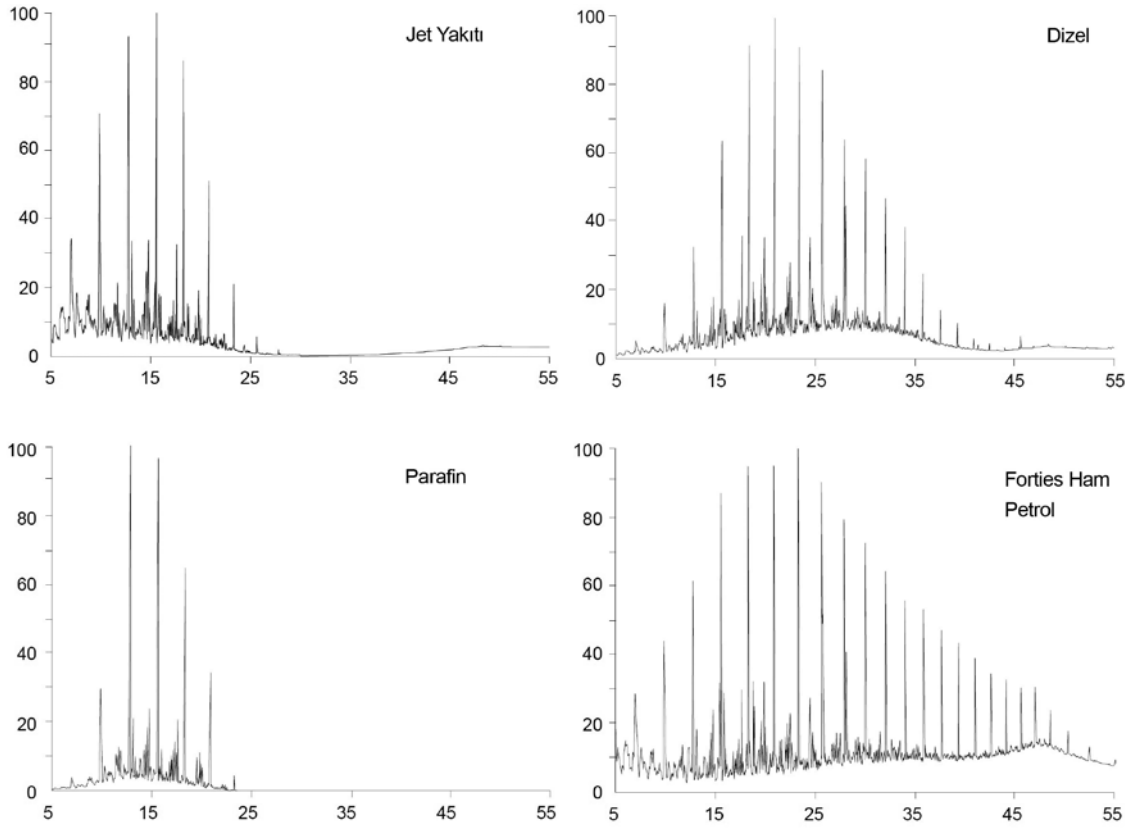
Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi (GC-MS)

Birleştirilmiş gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi süreci her bir molekülü ayrı ayrı tespit ve tahlil eden, moleküllerin doğru, yüksek çözünürlüklü keşfine ve kimlik tespitine olanak sağlayan bir kütle spektrometrisiyle (MS) bağlantılı bir gaz kromatografisinden oluşmaktadır. Kütle spektrometrisi iyonlaştırma, parçalama, manyetik saptırma ve pozitif iyonların tespitinden oluşan dört kademeli bir süreç içermektedir. Farklı iyon parçaları sayılarak ve grafiksel olarak gösterilerek, molekülün genel yapısı ortaya koyulmaktadır (Şekil 15).

Yüksek çözünürlüğü nedeniyle, gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi biyolojik işaretçilerin, uçucu organik bileşikler ve özel PAH'lerin kimliğinin tespit edilmesi için başarılı bir teknik olmaktadır. Gaz kromatografisi - kütle spektrometrisinin tespit sınırları alışılageldik biçimde 0.1 jg/kg'dır fakat gemi kaynaklı deniz kirliliğinin gözlemlenmesi bağlamında bu tespit seviyesinin uygunluğu tartışmaya açık



▲ Şekil 14: Birleştirilen dört farklı petrol türü için mor ötesi flüoresan tayfları. Bu, arka sayfadaki aynı petrol seviyeleri için gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi kromatogramları ile karşılaştırılabilmektedir. (CEFAS Su Ortamı Rapor No. 12 - Deniz Numunelerinde Hidrokarbonlar ve PAH için Tahlil Yöntemleri, 2000, belgesinden uyarlanmıştır).



▲ Şekil 15: Bir jet yakıtı, bir mazot, parafin ve Forties ham petrol için alışılageldik dört toplan iyon kromatogramı (GC-MS). Mazot, açık renkli uçlarla bir hakimiyet göstermektedir. Forties ham petrolü hem hafif petrolün hem de daha ağır petrolün çift örneğini göstermektedir. (CEFAS Su Ortamı Rapor No. 12 - Deniz Numunelerinde Hidrokarbonlar ve PAH için Tahsil Yöntemleri, 2000, belgesinden uyarlanmıştır).

olmasına rağmen trilyon başına parçalara (örneğin, ng/kg) kadar seviyelerin tespit edilebildiği teknikler mevcuttur.

Tahsil tekniğinin seçimi

Uygun tekniğin seçimi, izleme programının amaçlarıyla belirlenmektedir (Tablo 5). Amaç, kazara dökülme numunelerinin şüphelenilen bir kaynaktan alınmış olduğunun kanıtlanmasıysa, o halde biyolojik işaretçilerin gaz kromatografisi - alev iyonlaştırma detektörü taraması kullanılarak yapılan nitel analiz ve gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi kullanılarak yapılan analizi en sık bir şekilde takip edilen yaklaşımdır. Morötesi flüoresan veya gaz kromatografisi - alev iyonlaştırma detektörü teknikleri, izleme programı basit bir şekilde ortamdan alınan numunelerdeki toplam hidrokarbonun takip edilmesi ve önceki seviyelere geri dönüşün kaydedilmesini ilgilendiriyorsa kullanılabilir. Gaz kromatografisi - kütle spektrometrisi genellikle bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinin tahlili ve özellikle de PAH yoğunluklarının ölçülmesi gerekli olabileceğinde, insanlar tarafından tüketim amaçlı türlerin tahlili için kullanılabilir.

Tahsilin sonuçlarının yorumlanması ve rapor edilmesi

Yukarıda tanımlanan tahsil tekniklerinden sonuçların yorumlanması kullanılan yöntem hakkında derinlemesine bir bilgi ve tahsil sonuçlarının yeniden incelenmesinde deneyim gerektirmektedir ve bu nedenle uzman olmayanların kapsamının dışındadır. Sonuçların yorumlanmasında karşılaşılan güçlükler petrolün numunesi alınmadan önce maruz kaldığı hava etkisiyle aşınma süreçlerine ilaveten petrolde yaygın olarak bulunan hidrokarbon bileşiklerinin

püskürük kaya kökenli ve biyolojik kökenli kaynaklarının mevcudiyetini içermektedir.

Petrol analizlerinin sonuçları ve çıkarımlarının vakayı müteakip sahada yapılan gözlemler bağlamında yorumlanması gerekmektedir. Petrolün kazara dökülmesinin neden olduğu kirliliğin boyutu ve yollarının tamamen anlaşılması amacıyla, tortulardan, bir bölgede yaşayan bitki ve hayvan türlerinden ve su sütunundan farklı yerlerde alınan numunelerin sonuçlarının her bir konum için önceki hidrokarbon seviyeleriyle ilgili olarak yorumlanması gerekmektedir.

Bir izleme programının sonuçlarının rapor edilmesinde, numune alma ayrıntıları ve uygulanan analitik kuralların sunulması önem arz etmektedir. Sonuçların yorumlanmasına, örneğin geliştirilen kromatogramlar dahil olmak üzere ham verilerin eşlik etmesi gerekmektedir.

Analiz edilen nispeten az sayıda numune olduğunda görsel gözlemlerin nicel verilerin rapor edilmesi için, sayısal tablolar, grafikler ve metin tanımları yeterli olabilmektedir (Şekil 16). Bununla birlikte, petrol kirliliği karmaşık bir coğrafya boyunca yayıldığında, sayısal tablolara gözlemlenen kirlilik derecesini

Bileşenler	UVF	GC-FID	GC-MS
n-alkan		X	X
izo-alkan		X	X
biyolojik işaretçiler		X	X
VOC'ler		X	X
PAH'ler	X	X	X
THC	X	X	

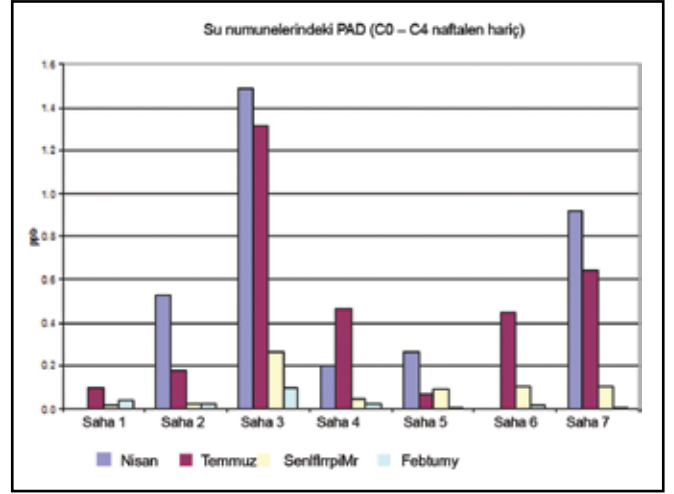
▲ Tablo 5: Moleküler grupların tahsil edilmesi için kullanılan tahsil teknikleri

gösteren haritalar veya ayrı ayrı numune alma yerlerinden sonuçlar eklenebilmektedir.

İzleme faaliyetlerinin sonlandırılması

Bir izleme programının tasarım aşaması boyunca, herhangi bir sahadan numune almanın beklenen süresi ve programın sonlandırılması için kullanılan ölçütlerin dikkate alınması gerekmektedir. Hem doğal olarak ortaya çıkan hem de müdahaleden türeyen, deniz ortamında petrol kirliliğinin sürekli mevcudiyetini etkileyecek olan birçok etken göz önünde bulundurulduğunda, izleme için uygun bir sürenin tahmin edilmesi güç olabilmektedir. Sonuç olarak, izleme programları genellikle tekrarlayıcıdır, önceki numune alma olaylarının sonuçları bir sonraki numune alma olayının gereksinim ve ölçeğinin tespit edilmesi için ve izleme programının ne zaman sonlandırılacağına karar verilmesine yardımcı olmak için bir temel olarak kullanılmaktadır.

Çevrenin sınırları içerisinde petrol için izleme programları tüm kazara dökülme vakalarından sonra gerekli olmayabilmektedir ve normal olarak petrolün geniş bir coğrafi alana yayıldığı ve petrolün hem büyük çevresel hasara neden olma olasılığının olduğu hem de deniz ürünleri güvenliği için tehlike arz ettiği veya izlemenin müdahale faaliyetlerine doğrudan yardımcı olabileceği hallerde, büyük çaplı vakalar durumunda en uygun olabilmektedir. İzlemenin bilimsel titizlik, tarafsızlık ve denge ile ve petrol kirliliğinin ölçeğinin ve boyutunun değerlendirilmesi için kullanılabilir olan güvenilir bilgilerin sağlanması amacıyla gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Çok iyi uygulanmış bir kirlenici madde numunesi alma ve izleme programının sonuçları,



▲ Şekil 16: Sahil şeridi temizliği boyunca kıyıda uzaktaki sularda PAH'lerin önceki seviyelere geri dönüşünün izlenmesi için yapılan bir araştırmanın sonuçları 1. ve 6. sahalar referans sahalarıdır.

bazı durumlarda çevresel etkilerin daha uzun vadeli daha karmaşık araştırmasıyla birlikte veya çevresel etkilerin doğrulanması için kullanılabilir.

Bir vakayı müteakip kapsamlı izleme programlarının gerçekleştirilmesi için siyasi ve kamuoyu baskısı olabilmekle birlikte, etkilenmiş veya etkilenmemiş olabilecek tüm kaynakların ve ekosistemlerin izlenmesi nadiren gerekli veya elverişli olmaktadır. ITOPF'un deneyiminde, vakayla doğrudan bağlantılı olan açık amaçlara sahip çok iyi planlanmış ve odaklı izleme programları etkili olması en muhtemel olan programlar olmaktadır.

Anahtar noktalar

- Kazara dökülmenin boyutu küçükse ve kaynaklar tehlike altında değilse veya petrolün belirli bir kaynak üzerindeki etkileri iyi bilinmiyorsa, izleme her zaman gerekli olmayabilmektedir.
- Müşterek numune alma ve tahlili izleme için yapışlı bir işbirlikçi bir yaklaşım sağlamaktadır.
- Bir izleme programının, araştırmanın amaçlarını açık bir şekilde tanımlanması ve bu amaçların başarılması için gerekli olan bilgileri ve verileri tespit etmesi gerekmektedir.
- Vakanın amaçları ve özel etkenleri, numune alma yerlerinin en uygun konumu ve sayısını tanımlamaktadır.
- Programın maliyetlerinin açık bir şekilde bütçelendirilmesi ve uygun olduğu hallerde işin başlangıcından önce tazminat ödeyen kuruluşla tartışılması gerekmektedir.
- Seçilen referans sahaların etkilenen ve araştırılmakta olan doğal yaşam alanı türlerini temsil etmesi gerekmektedir.
- Kaynak numunelerin toplanmasının yüksek bir öncelikte olması gerekmektedir fakat etrafı çevrili alanlara girmek için işin içine nitelikli personeli dahil olmasını gerektirebilmektedir.
- Tahlil için bütünlüklerinin sağlanması için numunelerin yüklenmesi-boşaltılması ve depolanması için uygun kurallara riayet edilmesi gerekmektedir.
- İzleme programında daha önce alınmış olan numunelerin tahlilinden elde edilen sonuçlar ek izleme kapsamı ve süresini tanımlayabilmektedir.
- Numunelerin tahlil edilmesi için kullanılan teknikler, izlemenin amaçlarına bağlı olacaktır fakat daha karmaşık tahliller içeren numunelerin sayısının sınırlandırılması için eleme teknikleri faydalı olabilmektedir.

TEKNİK BİLGİ KİTAPÇIKLARI

1. Denizdeki Petrol Döküntülerinin Havadan Gözlemlenmesi
2. Denizdeki Petrol Döküntülerinin Geleceği
3. Petrol Kirliliğine Müdahalede Vinç Kollarının Kullanımı
4. Petrol Döküntülerine İşlem Uygulanması Sırasında Dağıtıcıların Kullanımı
5. Petrol Kirliliğine Müdahalede Sıyırıcı Kullanımı
6. Petrolün Kıyı Şeritlerinde Fark Edilmesi
7. Petrolün Kıyı Şeritlerinden Temizlenmesi
8. Petrol Döküntüsüne Müdahalede Emici Maddelerin Kullanımı
9. Petrolün ve Kalıntının Bertaraf Edilmesi
10. Petrol Döküntülerinde Liderlik, Kumanda VE Yönetim
11. Petrol Kirliliğinin Balık Yatakları ve Deniz Kültürü Üzerindeki Etkileri
12. Petrol Kirliliğinin Sosyal ve Ekonomik Faaliyetler Üzerindeki Etkileri
13. Petrol Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri
14. Denizdeki Petrol Döküntülerinde Numune Alma ve İzleme
15. Petrol Kirliliği Tazminat Taleplerinin Hazırlanması ve Sunulması
16. Denizdeki Petrol Döküntüleri için Acil Durum Planlaması
17. Denizdeki Kimyasal Olaylara Müdahale

Uluslararası Tanker Sahipleri Kirlilik Federasyonu Limited (ITOPF) petrol, kimyasallar ve diğer tehlikeli maddelerin denize kazara dökülmesine etkili bir şekilde müdahale edilmesini desteklemek için dünyadaki gemi sahipleri ve sigortacıları adına kurulan kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Teknik hizmetler acil durum müdahalesi, temizlik teknikleri hakkında tavsiye, kirlilik hasar değerlendirmesi, kazara dökülmeye müdahale planlamasına yardım ve eğitim sağlanmasını içermektedir. ITOPF, denizde petrol kirliliği hakkında kapsamlı bir bilgi kaynağıdır ve bu kitapçık ITOPF'un teknik personelinin deneyimini temel alan bir dizinin birincisidir. Bu kitapçıkta bilgiler ITOPF'tan önceden açık izin alınarak kopyalanabilir. Daha fazla bilgi için lütfen temasa geçiniz:



ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, Londra EC1Y 1HQ, İngiltere

Telefon: +44 (0)20 7566 6999
24 Saat: +44 (0)20 7566 6998

E-posta: central@itopf.org
Web: www.itopf.org