



DENİZDEKİ PETROL DÖKÜNTÜLERİNİN GELECEĞİ

TEKNİK BİLGİ KİTAPÇIKLARI

2



Giriş

Petrol denize kazara döküldüğünde birtakım fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramaktadır, bu değişimlerden bazıları deniz yüzeyinden kaldırılmasına yol açarken diğerleri sürüp gitmelerine neden olmaktadır. Deniz ortamına kazara dökülen petrolün akıbeti kazara dökülen miktar, petrolün başlangıçtaki fiziki ve kimyasal özellikleri, hakim iklim ve deniz koşulları ve petrolün denizde kalıp kalmadığı veya kıyıya vurup vurmadığı gibi etkenlere bağlı olmaktadır.

İşin içine dahil olan süreçler ve doğayı, petrolün bileşim ve davranışını zamanla değiştirmek için nasıl etkileşime girdiklerinin anlaşılması, kazara dökülen petrole müdahalenin tüm yönleri için temel teşkil etmektedir. Örneğin, temizlik işlemleri gerekli olmasın diye, doğal dağılma nedeniyle petrolün hassas kaynaklara ulaşmayacağına güvenle tahmin edilmesi mümkün olabilmektedir. Etkin bir müdahale gerektiğinde, petrolün türü ve olası davranışı hangi müdahale seçeneklerinin en etkin olma ihtimalinin fazla olduğunu belirleyecektir.

Bu kitapçıkta kazara dökülmüş olan petrol üzerinde etkili olan çeşitli doğal süreçlerin birleştirilmiş etkileri tanımlanmaktadır, bu etkiler birlikte hava etkisiyle aşındırma etkileri olarak bilinmektedir. Petrolün deniz ortamında devamlılık gösterme ihtimali olup olmadığını tespit eden etkenler müdahale çalışmalarının gereksinimleriyle birlikte göz önünde bulundurulmaktadır. Deniz ortamına kazara dökülen petrolün akıbeti bir müdahalenin tüm yönleri için önemli anlamlara sahiptir ve sonuç olarak bu kitapçığın bu Teknik Bilgi Kitapçıkları serisindeki diğerleriyle birlikte okunması gerekmektedir.

Petrolün Özellikleri

Farklı menşeli ham petroler fiziksel ve kimyasal özelliklerinde büyük oranda değişiklik gösterirken arıtılmış birçok ürün türetildikleri ham petrole bakılmaksızın iyi tanımlanmış özelliklere sahip olma eğiliminde olmaktadır. Daha hafif arıtılmış ürünlerle harmanlanan arıtma sürecinin atıklarından değişik oranlarda içeren orta ve ağır dereceli yağ yakıtlar da özellikleri anlamında büyük ölçüde değişiklik göstermektedir.

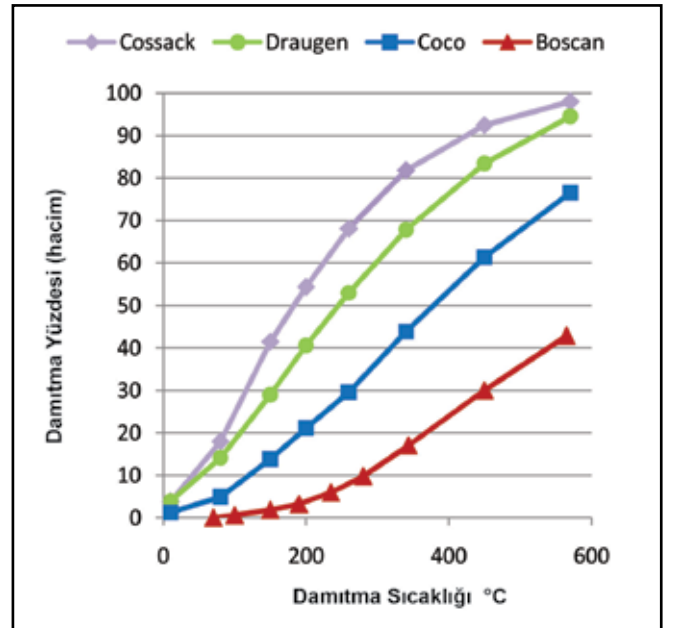
Denize kazara dökülen bir petrolün davranışını ve devamlılık göstermesini etkileyen ana fiziksel özellikler özgül ağırlık, damıtma özellikleri, buhar basıncı, akışkanlık ve akma noktasıdır. Tamamı uçucu bileşenlerin oranı ve asfaltın, reçinelerin ve mumların içeriği gibi kimyasal bileşime bağlı olmaktadır.

Bir petrolün özgül ağırlığı veya nispi yoğunluğu özgül ağırlığı 1 olan saf suya ilişkin olarak yoğunluğudur. Petrollerin çoğu tipik olarak yaklaşık 1,025'lik bir özgül ağırlığa sahip olan deniz suyundan daha az yoğun veya daha hafiftir. Amerikan Petrol Enstitüsü ağırlık ölçeği °API, ham petrolerin ve petrol ürünlerinin özgül ağırlığının aşağıdaki gibi tanımlanması için yaygın olarak kullanılmaktadır:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{özgül ağırlık}} - 131.5$$

Petrolün su yüzeyinde yüzüp yüzmeyeceğinin tespit edilmesine ilaveten, özgül ağırlık da petrolün diğer özelliklerinin genel bir göstergesini verebilmektedir. Örneğin, düşük bir özgül ağırlığa (yüksek °API) sahip olan petroler uçucu bileşenlerden yüksek bir oranda içerme ve düşük akışkanlığa sahip olma eğiliminde olmaktadır.

Bir petrolün damıtma özellikleri uçuculuğunu belirlemektedir. Damıtma işlemi, bir petrolün sıcaklığı arttığından, farklı bileşenler kaynama noktalarına ardışık olarak ulaşmakta, buharlaşmakta ve daha sonra soğumakta ve yoğunlaşmaktadır. Damıtma özellikleri belirli bir sıcaklık aralığında damıtılan



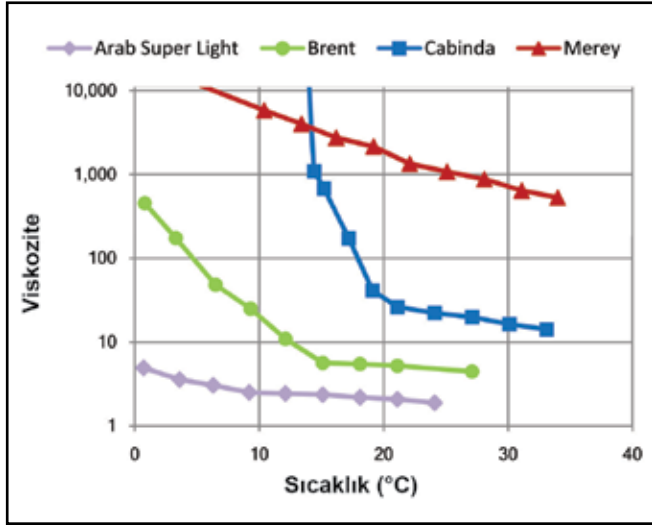
▲ Şekil 1: Dört ham petrol için damıtma eğrileri. Azami sıcaklığın üstünde kalan petrol birincil atıktır. Ham petrol deneylerinden veriler.

ana petrolün özellikleri olarak ifade edilmektedir (Şekil 1). Bazı petroler yüksek sıcaklıklarda dahi kolay bir şekilde damıtılmayan ve ayrıca deniz ortamında uzun süreler boyunca devamlılık gösterme ihtimali olan ziftli, mumlu veya asfalt türünde atıklar içermektedir (örneğin Şekil 1'deki Boscan ham petrolü).

Buhar basıncı genellikle 100°F (37.8°C)'de ölçülen Reid Buhar Basıncı olarak aktarılan, bir petrolün uçuculuğunun başka bir göstergesini sağlamaktadır. 3 kPa'dan (23 mHg) fazla bir buhar basıncı çoğu koşul altında buharlaşmanın meydana gelmesi için ölçüttür. 100 kPa (760 mmHg) üzerinde, madde bir gaz gibi davranmaktadır. Örneğin

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Arap Süper Hafif	Brent/Koyu	Cabinda	Merey
Menşeye	Suudi Arabistan	İngiltere	Angola	Venezuela
-API	50.7	37.9	32.5	17.3
15°C'de SG	0.79	0.83	0.86	0.96
Mum içeriği	%12	Veri yok	%10.4	%10
Asfaltanlar	%7	0.5	0.16	%9
Akma noktası	-39°C	-3°C	12°C	-21°C

▲ Tablo 1: Dört tipik ham petrolün fiziki özellikleri. Renkler ve gruplandırmalar Tablo 2'deki sınıflandırmaya tekabül etmektedir (Sayfa 8).



▲ Şekil 2: Tablo 1'deki dört ham petrol için akışkanlık/sıcaklık ilişkisi.

benzin 40-80 kPa (300-600 mmHg) arasında bir buhar basıncına sahiptir. Cossack ham petrolü 44 kPa'lık bir Reid Buhar Basıncına sahipken ve düşük sıcaklıklarda buharlaşan bileşenlerden yüksek bir oranla çok uçucuyken Boscan ham petrolü sadece 1,7 kPa'lık bir Reid Buhar Basıncıyla çok daha az uçucudur.

Bir petrolün **akışmazlığı akmaya** karşı direncidir. Yüksek akışmazlığa sahip petroler daha düşük akışmazlığa sahip olanlardan daha az kolay bir şekilde akmaktadır. Petrolerin tamamı sıcaklık düştükçe daha yapışkan olmaktadır (örneğin daha az kolay bir şekilde akmaktadır), bazıları bileşimlerine bağlı olarak diğerlerinden daha yapışkandır. Dört ham petrol için sıcaklık-akışmazlık ilişkileri Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Kinematik akışmazlık birimleri* bu kitapçıkta kullanılmaktadır, santistok ($cSt = mm^2 s^{-1}$) olarak ifade edilmektedir.

Akma noktası altına düşüldüğünde bir petrolün artık akmadığı sıcaklıktır ve mum ve asfaltan içeriğinin bir fonksiyonudur. Soğurken, bir sıcaklığa ulaşacaktır, bu sıcaklığa bulutlanma noktası denilmektedir, bu noktada mum bileşenleri kristalli yapılar meydana getirmeye başlamaktadır. Kristal oluşumu, ek soğutmayla akma noktasına erişilinceye, akış duruncaya ve petrol bir sıvıdan bir yarı katıya değişinceye kadar petrolün akışını gittikçe artan bir şekilde engellemektedir (Şekil 3). Bu davranışın bir örneği Şekil 2'de Cabinda ham petrolü için gösterilmektedir. Bu petrol 30°C'den soğuduğundan akışmazlık yavaşça artış göstermektedir fakat 20°C'lik bulutlanma noktasının altında



▲ Şekil 3: Akma noktalarının altındaki sıcaklıklarda denize kazara dökülen petroler yarı katı parçalar oluşturmaktadır. Bu görüntü, 28°C'lik deniz suyunda, +33°C'lik akma noktasıyla Nil harman ham petrolünü göstermektedir. Bu gibi petroler yüksek seviyede devamlılık göstermektedir ve büyük mesafeler kat edebilmektedir.

olduğunda üstsel olarak kalınlaşmaya başlamaktadır. 12°C'lik akma noktasında, akışmazlık akışı önlemeye yetecek kadar artmıştır.

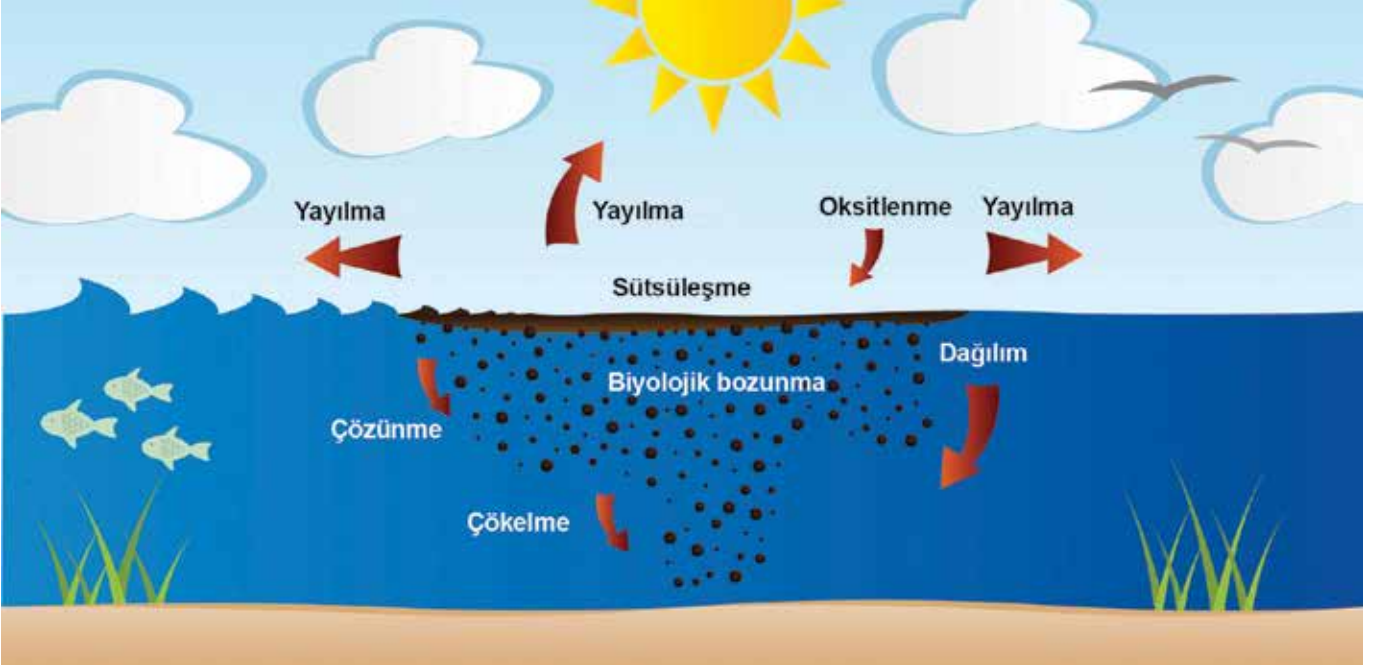
Hava etkisiyle aşındırma süreçleri

Bir sonraki bölümde ele alınan bireysel süreçler, kazara dökülmüş olan bir petrolün hava etkisiyle aşınmasına yol açmak için birlikte hareket etmektedir (Şekil 4). Bununla birlikte, her bir sürecin kendi önemi zamanla değişiklik göstermektedir. İlimli deniz koşulları altında tipik bir orta dereceli ham petrolün kazara bir dökülmesi için bu Şekil 6'da gösterilmektedir. Bu süreçlere ilaveten, su yüzeyindeki bir petrol tabakası Denize Kazara Dökülen Petrolerin Havadan Gözlemlenmesi hakkında ayrı bir kitapçıkta tanımlandığı gibi rüzgara ve akımlara göre sürüklenecektir.

Yayıma

Petrol kazara dökülür dökülmez, hemen deniz yüzeyi üzerinde yayılmaya başlamaktadır. Bunun gerçekleşme hızı büyük ölçüde, petrolün akışmazlığı ve kazara dökülen hacme bağlı olmaktadır. Sıvı, düşük akışmazlığa sahip petroler yüksek akışmazlığa sahip olanlardan çok daha hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Sıvı petroler başlangıçta su yüzeyinde tutarlı bir petrol tabakası olarak yayılmaktadır fakat hızlı bir şekilde parçalanmaya başlamaktadır. Petrol yayıldığından ve kalınlığı azaldığından, görünümü siyahtan koyu kahverengi renkte kalın petrol beneklerinden suda yüzeyindeki petrol tabakasının kenarlarında yanardöner ve gümüş parlaklıklara doğru değişmektedir (Şekil 5). İnce tabakalar halinde yayılmak yerine, yarı katı veya yüksek derecede akışmaz petroler birbirinden ayrı hareket eden benekler halinde parçalanmaktadır ve bazen santimetrelerce kalınlıkta olabilmektedir. Açık denizde, rüzgar dolaşım örnekleri petrolün dar şeritler veya rüzgar yönüne paralel "rüzgarın neden olduğu kümeler" oluşturma eğiliminde olmaktadır ve zaman içerisinde, petrol özellikleri su yüzeyindeki petrol tabakasının hareketinin belirlenmesinde daha az önemli hale gelmektedir

* kinematik akışmazlık = dinamik akışmazlık - yoğunluk. Dinamik akışmazlık santipuzaz (cP) veya SI eşdeğeri saniyede mili Paskal (mPa s) olarak ölçülmektedir.



▲ Şekil 4: Denizde petrol üzerinde etkili olan hava etkisiyle aşınma süreçleri Petrol sahil şeridinde karaya vurduğunda, bu süreçlerin bazılarını artık müracaat edilmeyecektir.

Petrolün yayılma ve parçalanma hızı da dalgalardan, türbülans, gelgit akıntıları ve akımlarından etkilenmektedir, birleşik güçler ne kadar güçlü olursa süreç o kadar hızlı olmaktadır. Sadece birkaç saat içerisinde birkaç kilometrekareye yayılan ve birkaç gün içerisinde birkaç yüz kilometre kareye yayılan birçok petrol örneği mevcuttur. Düşük akışmazlığa sahip olan küçük miktarda kazara dökümler durumunda, yayılma daima aynı tarzda olmamaktadır ve petrol kalınlığında bir mikrometreden daha az bir değişimden birkaç milimetre veya daha fazlasına kadar büyük değişiklikler meydana gelebilmektedir.

Buharlaştırma

Bir petrolün daha uçucu bileşenleri atmosfere buharlaşacaktır. Buharlaştırma hızı ortam sıcaklıklarına ve rüzgar hızına bağlı olmaktadır. Genel olarak, kaynama noktası 200°C'nin altında olan bu petrol bileşenleri ılıman koşullarda 24 saatlik bir süre içerisinde buharlaşacaktır. Düşük kaynama noktasına sahip bileşenlerin oranı ne kadar büyük olursa, petrolün damıtılma özellikleriyle gösterildiği gibi, buharlaştırma derecesi o kadar büyük olmaktadır. Örneğin, Şekil 1'de Cossack ham petrolü için

ham petrolün %55'i 200°C'nin altında kaynayan bileşenlerden oluşurken, Boscan ham petrolü için sadece %4'tür.

Yüzey alanı ne kadar büyük olursa hafif bileşenler o kadar hızlı bir şekilde buharlaşacağından, petrolün başlangıçtaki yayılma hızı da buharlaştırma hızını etkilemektedir. Dalgalı denizler, yüksek rüzgar hızları ve ılık sıcaklıklar da buharlaşmayı artırmaktadır.

Buharlaştırma sonrasında geriye kalan petrol artıkları yüksek yoğunluk ve akışmazlığa sahip olmaktadır, bu da sonraki hava etkisiyle aşınma süreçlerine ilaveten temizlik tekniklerini etkilemektedir.

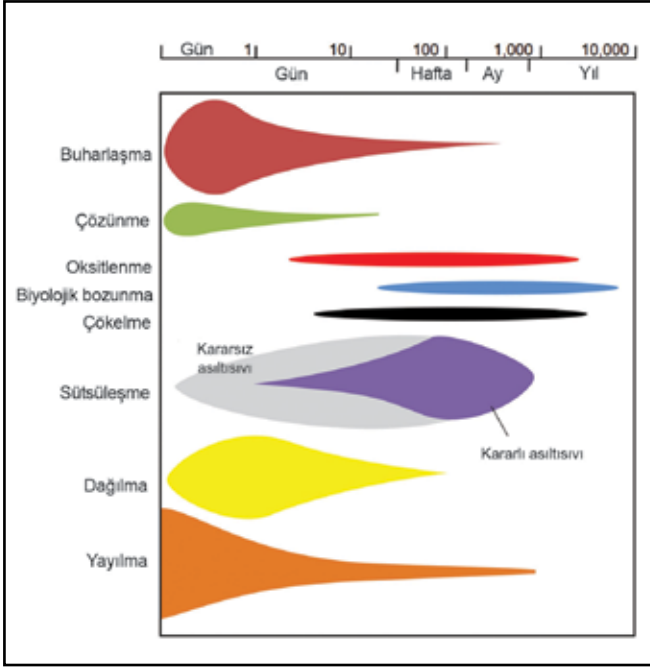
Kerosen ve benzin gibi artılmış ürünlerin kazara dökümleri birkaç saat içerisinde tamamen buharlaşabilmektedir ve Cossack gibi hafif ham petroler ilk gün boyunca hacimlerinin %50'sinden daha fazlasını kaybedebilmektedir. Bu gibi aşırı derecede uçucu olan petroler kapalı alanlara kazara döküldüğünde yangın veya patlama riski veya insan sağlığı tehlikeleri olabilmektedir. Buna karşın, ağır yağ yakıtlar mümkünse, az miktarda buharlaşmaktadır ve en az seviyede patlama riski ortaya koymaktadır. Buna rağmen, ağır yağ yakıtlar bir yangın riski ortaya koyabilmektedir. Döküntü ılıman koşullarda bir petrol havuzunda tutuşturulduğunda, kuvvetli bir yağ yakıt yangınına sürdürmeye yeterli bir fitil oluşturabilmektedir.

Dağılım

Dağılım hızı, büyük oranda petrolün niteliğine ve deniz durumuna bağlı olmaktadır, en fazla kırılan dalgaların mevcudiyetinde düşük akışmazlığa sahip petrolerle birlikte ilerlemektedir. Deniz yüzeyindeki dalgalar ve türbülans, su yüzeyindeki bir petrol tabakasının tamamının veya bir kısmının su sütununun üst katmanlarının içine karışan değişik ebatlardaki damlacıklar halinde kırılmasına neden olabilmektedir. Daha küçük damlacıklar askıda kalırken daha büyük olanları ya su yüzeyinde bir petrol tabakası oluşturmak ya da çok ince bir şerit halinde yayılmak için diğer damlacıklarla birleştikleri yüzeye doğru geri çıkmaktadırlar. Çap olarak yaklaşık μm 'den küçük olan damlacıklar için, yüzeye doğru geri çıktıkları hız askıda tutulmaları için denizin türbülansıyla dengelenmektedir.



▲ Şekil 5: Orta ve hafif dereceli petroler engellenmeden yayıldığında sonuç olarak çok ince şeritler oluşmaktadır. Bu, yanardöner (gök kuşağı) ve gümüş renginde, hızlı bir şekilde dağılan parlaklıklar olarak görünmektedir.



▲ Şekil 6: Kazara dökülen, zamanla hava etkisiyle aşınma süreçlerinin nispi öneminde değişiklikler gösteren tipik bir 2./3. grup ham petrolün şematik bir sunumu - her bir şeridin genişliği sürecin önemine işaret etmektedir (SINTEF'in bir şema için verdiği bir izinden sonra)

Bu dağılan petrol daha da büyük deniz suyu hacimlerine karışmaktadır, petrol yoğunluğunda çok hızlı ve büyük bir azalmayla sonuçlanmaktadır. Dağılmış petrolün sergilediği artan yüzey alanı aynı zamanda biyolojik bozunma, çözünme ve tortulaşma gibi süreçleri de ilerletmektedir.

Sıvı olarak kalan ve diğer hava etkisiyle aşınma süreçleriyle engellenmeden yayılan petroler ılık deniz koşullarında birkaç gün içerisinde tamamen dağılabilmektedir. Dağıtıcı maddelerin uygulanması bu doğal süreci hızlandırabilmektedir. Bunun aksine, yapışkan petroler dağıtıcı maddeler ilave edildiğinde dahi deniz yüzeyi üzerinde az miktarda dağılıma eğilimi gösteren kalın parçaları oluşturma eğiliminde olmaktadır.

Sütsüleşme

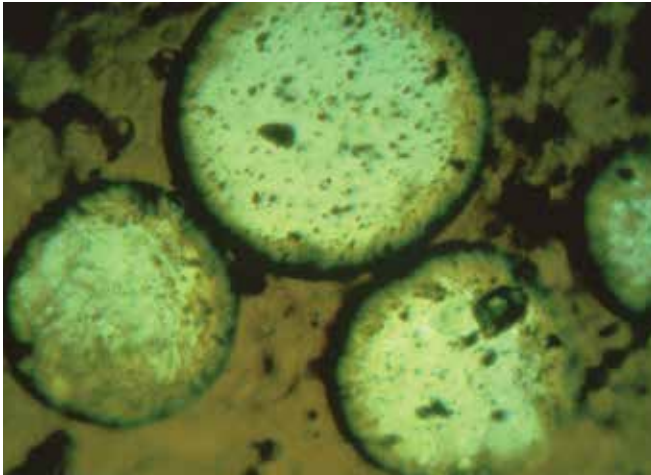
Birçok petrol su tutmaktadır ve yağda su asıltı sızmaları meydana getirmektedir. Bu, kirletici madde hacmini beş katına kadar bir

çarpanla artırabilmektedir. Asıltı sızmaları kazara döküldüğünde 15 ppm'den daha büyük bir birleşik Nikel/Vanadyum yoğunluğu ve %0,5'ten fazla bir asfaltin içeriğine sahip olan petroler için en kolay şekilde oluşmaktadır. Bu bileşiklerin ve Beaufort Etkisi 3'ten (3-5ms-1 veya 7-10 deniz mili rüzgar hızı) tipik olarak daha büyük olan deniz durumlarının mevcudiyeti asıltı sızmalarının oluşma hızını belirlemektedir. Ağır yağ yakıtlar gibi yapışkan petroler daha sıvı petrolerden daha yavaş bir şekilde su tutma eğiliminde olmaktadır. Asıltı sızmaları geliştikçe, petrolün dalgalar içerisindeki kareketi boyut olarak azalmak için petrolün içerisinde tutulan su damlacıklarına neden olmaktadır (Şekil 7), bu da asıltı sızmayı kademeli olarak daha yapışkan hale getirmektedir. Aynı zamanda, asfaltin bileşikleri asıltı sızmasının kararlılığını artıran su damlacıklarını kaplamak için petrolden çökelebilmektedir. Birleşen su miktarı arttığından, asıltı sızmasının yoğunluğu deniz suyununkine yaklaşmaktadır fakat katı maddeler ilave edilmeksizin geçme olasılığı yoktur. Kararlı asıltı maddeler %70 - %80 kadar fazla su içerebilmektedir, genellikle yarı katıdır ve koyu kırmızı/kahverengi, turuncu veya sarı renge sahiptir (Şekil 8). Devamlılık gösterme özellikleri yüksektir ve sonsuza kadar sütsüleşmiş bir şekilde kalabilirler. Daha az kararlı asıltı sızmaları sakin koşullar altında güneş ışığıyla ısıtıldıklarında veya sahil şeritlerinde karaya vurduklarında petrol ve suya ayrılabilirler.

Yağ içinde su asıltı sızmalarının oluşması diğer hava etkisiyle aşındırma süreçlerinin hızını azaltmaktadır ve deniz yüzeyinde ve sahil şeridinde hafif ve orta dereceli ham petrolerin devamlılık göstermesinin ana sebebidir. Kararlı yağ içinde su asıltı sızmaları yapışkan petrolere benzer bir şekilde hareket etmesine rağmen, bileşimlerindeki farklılıklar etkili müdahale seçenekleri için anlamlar ifade etmektedir.

Çözünme

Bir petrolün çözünme hızı ve boyutu bileşimine, yayılmasına, su sıcaklığına, türbülansa ve dağılıma derecesine bağlı olmaktadır. Ham petrolün ağır bileşenleri suda neredeyse çözünmezken daha hafif bileşenler, özellikle benzen ve toluen gibi aromatik hidrokarbonlar önemsiz derecede çözünebilirler. Bununla birlikte, bu bileşenler aynı zamanda en uçucu olanlardır ve buharlaşmayla çok hızlı bir şekilde, tipik olarak çözüldüklerinden 10 ila 1.000 kat daha hızlı bir şekilde kaybolmaktadırlar. Sonuç olarak, deniz suyunda çözülmüş hidrokarbon yoğunlukları 1 ppm'yi ender olarak aşmaktadır ve çözünme petrolün deniz yüzeyinden kaldırılmasına kayda değer bir katkıda bulunmamaktadır.



▲ Şekil 7: Petrolle çevrelenmiş bireysel su damlacıklarını gösteren yağ içinde su asıltı sızmasının çok büyütülmüş görüntüsü (x1,000).



▲ Şekil 8: Tipik bir kırmızı/kahverengi renk sergileyen sütsüleşmiş ağır yağ yakıtın geri alınması. Analizler, asıltı sızmasının su içeriğinin %50 kadar fazla olacağını göstermiştir.

Işık etkisiyle oksitlenme

Hidrokarbonlar oksijenle tepkimeye girebilmektedir, bu da ya çözünebilir ürünlerin ya da devamlılık gösteren katranların oluşmasına yol açabilmektedir. Güneş ışığı oksitlenmeyi ilerletmektedir ve kazara dökülmenin süresinin başından sonuna kadar ortaya çıkmakla birlikte, dağılma üzerindeki genel etkisi hava etkisiyle aşınma süreçlerinininkiyle karşılaştırıldığında önemsiz olmaktadır. Yoğun güneş ışığı altında dahi, ince petrol şeritleri sadece yavaş bir şekilde bozulmaktadır ve genel olarak günde %0,1'den daha azdır. Koruyucu bir yüzey tabakası oluşturan daha yüksek moleküler ağırlığa sahip olan bileşikler olduğundan, çok yapışkan petrolerin veya yağ içinde su asıltı sıvılarının kalın tabakaları bozulmaktan ziyade devamlılık gösteren tortuları oksitleme eğiliminde olmaktadır. Bu genel olarak, daha yumuşak, hava etkisiyle daha az aşınmış bir içi kısmı çevreleyen, oksitlenmiş petrol ve tortu taneciklerinin katı bir dış kabuğundan oluşan, sahil şeritlerine vuran katran toparlarında görülebilmektedir.

Çökeltme ve batma

Dağılan petrol damlacıkları, damlacıkların deniz yatağına doğru yavaşça batmaya yeterli yoğunluğa gelmesi için tortu tanecikleriyle ve su sütununun içerisinde asılı kalan organik maddeyle etkileşime girebilmektedir. Sığ sahil şeridi alanları ve nehir ağızlarının ve haliçlerin suları sıklıkla dağılmış petrol damlacıklarıyla birleşebilen asıltı katı maddelerle yüklenmektedir, böylece petrolü taneciklerin çökmesi için elverişli koşullar sağlamaktadır. Nehirlerden gelen tatlı suyun deniz suyunun tuzluluğunu ve dolayısıyla özgül ağırlığını azalttığı hafif tuzlu suda, nötr olarak yüzeyde batmadan kalabilen petrol damlacıkları bataabilmektedir. Petrol aynı zamanda planktonik organizmalar tarafından yenilebilmektedir ve daha sonra deniz yatağına düşen dışkı taneciklerine dahil olabilmektedir. Ender örneklerde, petrol fırtına koşulları boyunca yüksek seviyede asıltı katı madde tarafından çekilebilmekte ve deniz yatağına düşebilmektedir. Benzer bir şekilde, rüzgarın savurduğu kum bazen su yüzeyinde yüzen petrolün üzerine çökebilme ve batmasına yol açabilmektedir.

Petrolerin çoğu daha yoğun maddelerle etkileşime girmediği ve daha yoğun maddelere yapışmadıkça su üstünde kalmak için yeterli düşük özgül ağırlıklara sahiptir. Bununla birlikte, bazen ağır ham petroler, ağır yağ yakıtın ve yağ içinde su asıltı sıvılarının çoğu deniz suyununkine yakın özgül ağırlıklara sahip olmaktadır ve tortuyla asgari etkileşim dahi batmaya neden olunması için yeterli olabilmektedir. Sadece birkaç artık petrol deniz suyundan daha büyük olan özgül ağırlıklara sahiptir (>1.025), böylelikle kazara döküldüklerinde batmalarına neden olmaktadır.

Bazı petroler bir yangını müteakip bataabilmektedir, yangın sadece daha hafif bileşenleri tüketmemektedir ama aynı zamanda ilgili yüksek sıcaklıkların bir sonucu olarak ateşlendirici daha ağır ürünlerin oluşmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bir müdahale tekniği olarak kasıtlı yerinde yakma tasarlanmışsa bu bir etken olmaktadır.

Dalgalı denizlerde, yoğun petrol tortuları fırtına dalgalarıyla sığ alanlara sürüklenebilmektedir ve yüzeyin hemen altında kayda değer miktarda zaman geçirebilmektedir, petrolün havadan gözlemlenmesini çok güç hale getirmektedir. Bu olay bazen petrolün batmasıyla karıştırılmaktadır fakat koşullar sakın gale geldiğinde petrol yüzeye tekrar çıkmaktadır.

Çökeltme kazara dökülmüş olan petrolün deniz ortamında toplanmasına neden olan uzun vadeli temel süreçlerden birisidir. Bununla birlikte, hacimli petrolün batması



▲ Şekil 9: Batmış ağır yağ yakıtın elle geri alınması.

esasen sahil şeridi etkileşiminin bir sonucu olarak sahile yakın bir yerde, sığ sudakinden daha ender bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 9).

Sahil şeridi etkileşimi

Sahil şeritleriyle karaya oturmuş petrolün etkileşimi öncelikle sahil şeridinin maruz kaldığı enerji seviyelerine ve sahil şeridi alt katmanının niteliği ve ebadına bağlı olmaktadır.

Batmaya yol açan tortu etkileşimi çok sıklıkla kumdan oluşan sahil şeritleri üzerine petrol oturmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Korunmasız kum sahillerde, mevsimsel tortu birikme (organik büyüme) döngüleri ve aşınma petrol tabakalarının ardışık bir şekilde gömülmesine ve açığa çıkmasına neden olabilmektedir. Daha az korunmasız kum sahillerde dahi, karaya oturan petrol rüzgarın savurduğu kumla kaplanabilmektedir. Petrol kumla karıştığında, gelgit yükselmesi ve alçalması veya fırtınalarla sahile yakın sulara geri sürüklenmişse batacağıdır. Petrol/kum karışımının kumsaldan yakındaki sahil sularına sürüklendiği ve daha kaba kum taneciklerinin petrolün yüzeyde tekrar yüzmesine olanak sağlayarak serbest bırakıldığı tekrarlı bir döngü sıklıkla meydana gelmektedir. Bu petrol daha sonra kumla karışmak için tekrar karaya oturmaktadır ve döngü kendisini tekrar etmektedir. Bir kum sahilden yayılan parlaklık bu sürecin meydana geldiğinin bir göstergesi olabilmektedir.

Petrolün çok ince (< 4 mikron) mineral tanecikleri (ince) ile bir sahil şeridinde etkileşimi mineral veya kil-petrol topaklarının oluşmasına yol açmaktadır. Petrolün akışmazlığına bağlı olarak, yeterli su hareketi ince taneciklerin elektrostatik olarak çekildiği petrol taneciklerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Damlacığı çevreleyen ince tanecikler daha büyük taneciklerle birleşmeyi ve daha büyük tortu alt katmanlarına, örneğin kum veya çakıllara yapışmayı önlemektedir. Ortaya çıkan kararlı topaklar nötr olarak su yüzeyine batmadan kalabilmektedir ve gelgitler veya fırtınaların bir sonucu olarak su kumsalı yaladılarından türbülansla asıltı halinde tutulmaya yetecek kadar küçük olmaktadır. Nihayetinde kıyasal akımlarda büyük oranda dağılmış hale gelebilmektedirler ve bir süre boyunca dalga hareketinin ve akımların diğer işlemlerin, örneğin tortu aşındırmasının ortaya çıkması için çok zayıf olduğu korunaklı (düşük enerjili) sahil şeritlerinden petrolün çoğunun kaldırılmasının nedenini açıklayabilmektedir.

Çamurlu tortular ve bataklıklar korunaklı kıyı şeritlerinde yaygındır. Çoğu koşul altında, petrol bu ince tortuların içerisine nüfuz etmemektedir ve yüzeyde kalmaktadır.

Bununla birlikte, "toprak veya tortunun canlı organizmalarla karışması", tünel kazan hayvanlar tarafından tortuların yeniden işlenmesi bazen solucan delikleri, bitki kökleri ve benzerinden aşağıya doğru yer değiştirmesi sayesinde tortunun içine daha az yapışkan petrolün biraz nüfuz etmesine olanak sağlamaktadır. Petrol aynı zamanda ince çamur tanecikleri su sütunu içerisinde asılı kaldığında ve petrolle karıştığında şiddetli fırtına koşulları altında bu ince tanecikli tortularla birleşmiş hale gelebilmektedir. Koşullar sakın olduğunda, çamur çökmektedir ve petrol tortu içerisinde hapsolabilmektedir. Bu korunaklı yerlerde, tortu uzun süreler boyunca bozulmadan kalabilmektedir. Tortu içerisindeki oksijen seviyeleri düşük olduğundan, çok düşük miktarda bozunma meydana gelecektir.

Korunaklı kiremit veya çakıl sahil şeritlerinde, temizlik işlemleri boyunca kaldırılmadıysa, akışmazlığı yüksek olan petroler öncelikle yüzeydeki petrol tabakasının oksitlenmesinin bir sonucu olarak "asfalt kaplamalar" meydana getirebilmektedir (Şekil 10). Su yüzeyinde yüzen petrol bu açık alt katmanlara daha kolay bir şekilde nüfuz edebilmektedir ve o halde deniz tarafından kaldırılmaktan ve alt katmanın kendisi tarafından diğer hava etkisiyle aşınma süreçlerinden korunmaktadır. Asfalt kaplamalar bozulmadan kalırsa onlarca yıl devamlılık gösterebilmektedir.

Biyolojik bozunma

Deniz suyu petrol bileşenlerini metabolizmasına alabilen bir dizi deniz mikro organizması içermektedir. Bunlar petrolü bir karbon ve enerji kaynağı olarak kullanabilen bakteriler, küfler, mantarlar, tek hücreli algler ve tek hücreli hayvanları içermektedir. Bu gibi organizmalar doğal petrol sızıntısının olduğu alanlarda veya kronik olarak kirletilen kıyı sularında, tipik olarak sanayi boşaltmaları ve artırılmış kanalizasyon alan şehir merkezlerine yakın olanlarda bol olmakla birlikte dünyadaki okyanuslar boyunca geniş bir şekilde dağılmaktadır.

Biyolojik bozunma hızını ve boyutunu etkileyen ana etkenler petrolün özellikleri, oksijenin ve besinlerin (teme olarak nitrojen ve fosfor bileşikleri) mevcudiyeti ve sıcaklıktır. Hidrokarbonlar bozunduğundan birtakım ara bileşenler meydana gelmektedir fakat biyolojik bozunmanın nihai ürünleri karbondioksit ve sudur.



▲ Şekil 10: Bir ham petrol sızıntısını müteakip bir deneyin bir parçası olarak, etkilenen sahil şeridinin bir alanı kasıtlı olarak dokunulmamış bir şekilde bırakılmıştır. Yaklaşık olarak 1m² olan bu petrol parçası asfalt kaplama olarak 15 yıldan daha uzun bir süre kalmaktadır.

Sürece dahil olan her bir mikroorganizma türü hidrokarbonların belirli bir grubunu bozma eğiliminde olmaktadır ve bu şekilde bozunmanın devam etmesi için birlikte veya ardışık olarak hareket eden çok sayıda mikro organizmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bozunma devam ettiğinden, mikro organizmaların karmaşık bir topluluğu gelişmektedir. Biyolojik bozunma için gerekli olan mikro organizmalar açık denizde nispeten küçük sayılarda mevcut olmaktadır fakat petrol mevcut olduğunda hızlı bir şekilde çoğalmaktadır ve süreç besin veya oksijen yetmezliği ile sınırlandırılmadıkça bozunma devam edecektir. Buna ilaveten, mikro organizmalar ham petroldeki bileşiklerin çoğunu bozabilmesine rağmen, bazı büyük ve karmaşık moleküller saldırıya karşı dirençlidir ve bu çözünmez artıklar petrole siyah rengini veren bileşikler içermektedir.

Biyolojik bozunmanın hızını artırmak için tasarlanan ürünler mevcuttur. Besinlerin az miktarda bulunacak olması, özellikle kıyı sularında olası olmadığından ve oksijen seviyelerinin veya su sıcaklığının artırılması için çok az şey yapılabildiğinden bu gibi malzemelerin etkisi sorgulanabilir.

Mikro organizmalar su içerisinde yaşamaktadır, sudan oksijen ve temel besin maddelerini elde etmektedirler ve sonuç olarak biyolojik bozunma sadece bir petrol/su ara yüzünde gerçekleşebilmektedir. Denizde, petrol damlacıklarının ister doğal istese kimyasal dağılma sayesinde oluşması biyolojik etkinlik için mevcut olan ara yüzey alanını artırmaktadır, dolayısıyla bozunmayı artırmaktadır. Buna karşın, sahil şeritlerinde veya karada suyun yükseldiği seviyeyi gösteren çizginin üstünde kalın tabakalar halinde karaya oturan petrol sınırlı bir yüzey alanına ve suyla çok sınırlı bir temasa sahip olacaktır. Bu koşullar altında, biyolojik bozunma, aşırı derecede yavaş bir şekilde devam edecektir, petrolün kaldırılmaması halinde yıllar boyu varlığını sürdürmesine yol açacaktır.

Biyolojik bozunmayı etkileyen etkenlerin çeşitliliği bir petrolün kaldırılabilirliği oranının tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Biyolojik bozunma hacimli petrol birikintilerini açık bir şekilde ortadan kaldıramamakla birlikte, gelgit veya rüzgarın yol açtığı deniz hareketiyle sıklıkla sürüklenen petrolün nihai izlerinin sahil şeritlerinden doğal olarak kaldırılması için uzun vadeli temel mekanizmalardan birisidir.

Birleştirilmiş işlemler

Daha önce tanımlanan süreçlerin birleşik etkisi Şekil 13'te özetlenmektedir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, nispi önemleri zamanla değişiklik göstermesine rağmen, petrol kazara dökülür dökülmez tamamı kullanılmaya başlanmaktadır. Yayılma, buharlaşma, dağılma, sütsüleşme ve çözünme bir kazara dökülmenin ilk aşamaları boyunca en önemlileri olmakla birlikte çökme ve biyolojik bozunma petrolün nihai akıbetini tespit eden daha uzun vadeli süreçlerdir. Dağılma ve sütsüleşme birbirine rakip süreçlerdir, dağılma petrolü deniz yüzeyinden kaldırırken sütsüleşme kirletici madde hacminin artmasına ve mevcudiyetini devam ettirmesine neden olmaktadır. Petrolün dağılıp dağılmayacağını veya sütsüleşip sütsüleşmeyeceğini tespit eden etkenler şunları içermektedir: (kazara dökülme oranı ve miktarı; yüzeysel veya su altı sızıntısı, vb.); çevresel koşullar (sıcaklık, deniz durumu, akıntılar, vb.) ve petrolün fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Denizde su yüzeyinde bir petrol tabakasının ömrü boyunca bir petrolün değişen özellikleri tahmin edilmeye çalışılırken hava etkisiyle aşınma süreçlerinin etkileşime girme şeklinin anlaşılması önem arz etmektedir. Petrol özelliklerinde zamanla meydana gelmesi olası değişikliklerin

1. Grup Petroller

- A:** °API > 43 (Özgül ağırlık > 0.8)
B: Akışkanlık @ 10-20°
C: 3 Cst'den az
D: %1: 200°C altında kaynama: %30'dan fazla
E: %: 370°C üstünde kaynama %: % 20 ve %0 arasında

	A	B	C	D	E
Aasgard	49	-28	2 @ 10°C	58	14
Arap Süper Hafif	51	-39	2 @ 20°C		
Cossack	48	-18	2 @ 20°C	51	18
Curlew	47	-13	2 @ 20°C	57	17
F3 Yoğuşma Ürünü	54	<-63	1 @ 10°C	81	0
Gippsland	52	-13	1.5 @ 20°C	63	8
Hidra	52	-62	2.5 @ 10°C	60	11
Terengganu yoğuşma ürünü	73	-36	0.5 @ 20°C	>95	0
Wollybutt	49	-53	2 @ 20°C	55	4
Benzin	58		0.5 @ 15°C	100	0
Kerosen	45	-55	2 @ 15°C	50	0
Nafta	55		0.5 @ 15°C	100	0

2. Grup Petroller

- A:** °API 33-43 (Özgül ağırlık 0.8-0.83)
B: Akma noktası °C
C: Akışkanlık @ 10-20°C: 4 Cst ve yarı katı arasında
D: %1: 200°C altında kaynama %: %20 ve % 30 arasında
E: %: 370°C üstünde kaynama %: %13 ve % 30 arasında

Düşük akma noktası <6°C

	A	B	C	D	E
Arap Çok Hafif	38	-30	3 @ 15°C	26	39
Azeri	37	-3	8 @ 20°C	29	46
Brent/Koyu	38	-3	7 @ 10°C	37	33
Draugen	40	-15	4 @ 20°C	37	32
Dukhan	41	-49	9 @ 15°C	36	33
Liverpool Körfezi	45	-21	4 @ 20°C	42	28
Sokol (Sakhalin)	37	-27	4 @ 20°C	45	21
Rio Siyah	35	-5	23 @ 10°C	29	41
Umm Shaif	37	-24	10 @ 10°C	34	31
Zakum	40	-24	6 @ 10°C	36	33
Deniz gazyağı (MGO)	37	-3	5 @ 15°C		

Yüksek akma noktası <5°C

	A	B	C	D	E
Amna	36	19	Yarı katı	25	30
Beatrice	38	18	32 @ 15°C	25	35
Bintulu	37	19	Yarı katı	24	34
Escravos	34	10	9 @ 15°C	35	15
Sarir	38	24	Yarı katı	24	39
Statfjord	40	6	7 @ 10°C	38	32

Not: 1- Akma noktası yüksek olan petroller sadece akma noktalarının üstündeki ortam sıcaklıklarında 2. Grup olarak

3. Grup Petroller

- A:** °API 17,5-35 (Özgül ağırlık 0.85-0.95)
B: Akma noktası °C
C: Akışkanlık @ 10-20°C: 8 Cst ve yarı katı arasında
D: 200°C altında kaynama %: %10 ve % 35 arasında
E: 370°C üstünde kaynama %: %30 ve % 65 arasında

Düşük akma noktası <6°C

	A	B	C	D	E
Alaska Kuzey Yamaçları	28	-18	32 @ 15°C	32	41
Arap Ağır	28	-40	55 @ 15°C	21	56
Arap Orta	30	-21	25 @ 15°C	22	51
Arap Hafif	33	-40	14 @ 15°C	25	45
Bonny Hafif	35	-11	25 @ 15°C	26	30
İran Ağır	31	-36	25 @ 15°C	24	48
İran Hafif	34	-32	15 @ 15°C	26	43
Khafji	28	-57	80 @ 15°C	21	55
Sirri	33	-12	18 @ 10°C	32	38
Thunder Horse	35	-27	10 @ 10°C	32	39
Tia Juana Hafif	32	-42	500 @ 15°C	24	45
Troll	33	-9	14 @ 10°C	24	35
IFO 180	18-20	10-30	1.500-3.000 @ 15°C		-

Yüksek akma noktası <5°C

	A	B	C	D	E
Cabinda	33	12	Yarı katı	18	56
Coco	32	21	Yarı katı	21	46
Gamba	31	23	Yarı katı	11	54
Mandji	30	9	70 @ 15°C	21	53
Minas	35	18	Yarı katı	15	58

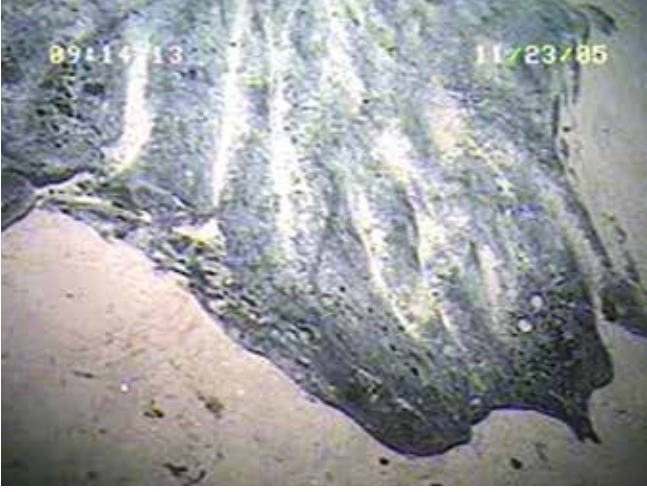
Not: Akma noktası yüksek olan petroller sadece akma noktalarının üstündeki ortam sıcaklıklarında 3. Grup olarak hareket etmektedir. Bunun altında, 4. Grup petrol olarak ele alınır.

4. Grup Petroller

- A:** °API < 17,5 (Özgül ağırlık > 0.953) veya
B: AKMA noktası >30°C
C: Akışkanlık @ 10-20°C: 1500 Cst ve yarı katı arasında
D: 200°C altında kaynama: %25'ten düşük
E: 370°C üstünde kaynama: %30'dan büyük

	A	B	C	D	E
Bachaquero 17	16	-29	5.000 @ 15°C	10	60
Boscan	10	15	Yarı katı	4	80
Cinta	33	43	Yarı katı	10	54
Handil	33	35	Yarı katı	23	33
Merey	17	-21	7.000 @ 15°C	7	70
Nil Harman	34	33	Yarı katı	13	59
Pilon	14	-3	Yarı katı	2	92
Shengli	24	21	Yarı katı	9	70
Taching	31	35	Yarı katı	12	49
Tia Juana Pesado	12	-1	Yarı katı	3	78
Widuri	33	46	Yarı katı	7	70

▲ Tablo 2: °API'ye (Amerikan Petrol Enstitüsü ağırlık ölçeği) göre sınıflandırılan petrollerin örneği. Her bir grubun renkleri Tablo 1 ve Şekil 1, 2, 12 ve 13 ile ilgilidir. Genel olarak, kazara döküldüğünde mevcudiyetini sürdürme grup numarasıyla birlikte artış göstermektedir.



▲ Şekil 11: Hasar görmüş olan bir mavnadan sızmasını müteakip deniz yatağı üzerinde çok ağır bir yağ yakıt. Petrol, 1,025'lik deniz suyu ile karşılaştırıldığında, 1,04'lük bir özgül ağırlığa dönüştürülen 4'lük bir oAPI ağırlık ölçüsüne sahiptir (NOAA'nın izni alınan görüntü).

tahminleri kazara dökülen petrolün mevcudiyetini sürdürme ihtimalinden ve en uygun müdahale seçeneğinden bir değerlendirmenin yapılmasına olanak sağlayacaktır. En uygun müdahale seçeneği bakımından, uçucu nitelikleri ve düşük akışkanlıkları nedeniyle deniz yüzeyinden hızlı bir şekilde kaybolma eğiliminde olan devamlılık göstermeyen petroler ve daha yavaş bir şekilde dağılan ve genel olarak bir temizlik müdahalesi gerektiren devamlılık gösteren petroler arasında sıklıkla bir ayırım yapılmaktadır. Devamlılık göstermeyen petrolün örnekleri benzin, nafta ve kerosenken, ham petrolerin çoğu, orta ve ağır dereceli yağ yakıtlar ve katran ise devamlılık gösteren olarak sınıflandırılmaktadır.*

Alternatif bir sınıflandırmada, yaygın olarak taşınan petroleri °API ağırlık ölçeklerine göre dört gruba tahsis edilmektedir (Tablo 2). Bunun amacı, denizde kazara döküldüklerinde benzer bir şekilde hareket etmesi olası olan petrolerin gruplandırılmasıdır. Genel bir kural olarak, petrolün °API ağırlık ölçüğü ne kadar yüksek olursa (ve özgül ağırlığı ne kadar düşük olursa), devamlılık göstermesi o kadar az olacaktır. Bununla birlikte, bazı petrolerin görünüşe bakılırsa mumların mevcudiyeti nedeniyle daha çok ağır olanlar gibi davranacağına anlaşılması önem arz etmektedir. Yaklaşık olarak %10'dan daha büyük mum içerikleri olan petroler yüksek akma noktalarına sahip olma eğiliminde olmaktadır ve ortam sıcaklığı düşükse, petrol ya yarı katı ya da akışkanlığı yüksek sıvı olacaktır ve doğal hava etkisiyle aşındırma süreçleri yavaş olacaktır.

1'den daha büyük bir özgül ağırlık ve 10'dan daha az bir °API ağırlık ölçüğüne sahip olan petroler için bazen beşinci bir grup kabul edilmektedir. Bu gibi petrolerin özellikle hafif tuzlu suda batmaları olasıdır ve bazen LAPIO (°API ağırlık ölçüğü düşük petroler) olarak isimlendirilmektedirler. bu kategori çok ağır yağ yakıtları ve bulumaç halinde artık petroleri içermektedir (Şekil 11).

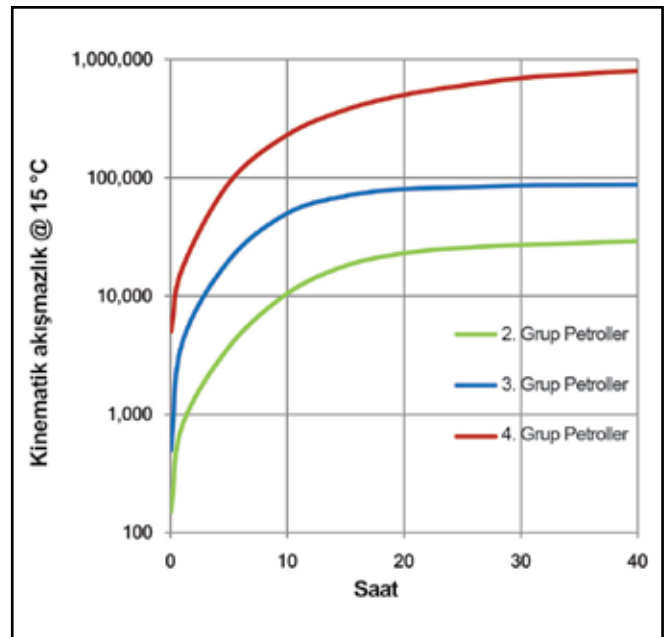
* Tankerden kazara dökülme için uluslararası sorumluluk ve tazminat sistemi devamlılık gösteren ve devamlılık göstermeyen petroler arasında ayırım yapmaktadır, ASTM Yöntemi D 86/78 veya bu yöntemin sonraki herhangi bir düzenlemesi ile test edildiğinde (a) hacmen en az %50'si 340°C'lik bir sıcaklıkta damıtılan ve (b) 370°C'lik bir sıcaklıkta en az %95'i damıtılan devamlılık göstermeyen petroler hidrokarbon parçalarından meydana gelir şeklinde tanımlanmaktadır.

Şekil 12'de buharlaşma ve sütsüleşmenin bir sonucu olarak 2. Grup ile 4. Grup için kazara dökülme sonrasında akışmazlık zamanla meydana gelen tipik artış gösterilmektedir, bu da sütsüleşmenin akışmazlıktaki artışta en büyük etkiye sahip olduğunu ispat etmektedir.

Şekil 13'te dört petrol grubunun doğal olarak ortadan kalkma hızının basitleştirilmiş bir şeması gösterilmektedir ve aynı zamanda kirletici hacminde zamanla yağ içinde su asıltı sıvılarının oluşmasının etkisi hesaba katılmaktadır. Şema sahada yapılan gözlemler temel alınarak geliştirilmiştir ve devamlılık göstermenin petrolün fiziki özelliklerine göre nasıl değişiklik gösterdiği hakkında bir izlenim bırakmak amacını taşımaktadır. Tek başına bir ham petrolün tam davranışı özelliklerine ve kazara dökülme anındaki koşullara bağlı olacaktır. Hava ve iklim koşulları su yüzeyindeki bir petrol tabakasının devamlılık göstermesini özellikle etkileyecektir. Örneğin, çok dalgalı havada 3. Gruptaki bir petrol daha çok 2. Gruptaki bir petrole özgü olan bir zaman ölçeğinde dağılabilmektedir. Bunun aksine, soğuk, sakin koşullarda 4. Grup petrolerin gösterdiği devamlılığa yaklaşabilmektedir. Birçok gemi tarafından gemi yakıtı olarak taşınan ağır yağ yakıtlar dahil olmak üzere 4. Gruptaki petroler tipik olarak çok akışmazdır ve devamlılık gösterme özelliği yüksektir ve temizlenmesi en sorunlu olanlar arasındadır. Devamlılık gösterme özellikleri bu yakıtlara denizde uzun mesafeler katetme ve yaygın kirliliğe neden olma potansiyeli vermektedir.

Bilgisayar modelleri

Kazara dökülen bir petrolün hareketini veya yörüngesini tahmin eden birtakım bilgisayar modelleri mevcuttur. Bazıları kazara dökülen petrolün koşulların belirli kümeleri altında zamanla değişme ihtimalinin ne kadar olduğunu gösteren hava etkisiyle aşınma tahminleri içermektedir. Bunlar sıklıkla farklı petrolerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilaveten petrol davranışı hakkında bilimsel araştırma ve gözlemlerin sonuçlarının veri tabanlarından yararlanmaktadır. Bununla birlikte, hava etkisiyle aşınma süreçlerinin karmaşıklığı ve su yüzeyindeki petrol tabakasının hareketiyle ilgili belirsizlik nedeniyle, yayılmanın akibetin tam tahminlerinin elde edilmesi hâlâ güçtür.



▲ Şekil 12: Tipik akışmazlık hızları dalgalı denizlerde orta seviyede artış göstermektedir. 1. Grup petrolerin akışmazlığı deniz ortamında 100 CsT'yi hiçbir zaman aşmamaktadır ve bu nedenle burada gösterilmemiştir.

Bu nedenle, hava etkisiyle aşınma ve yörünge modellerinin temel aldığı varsayımların anlaşılması ve bu varsayımların sonuçlar kullanılırken hesaba katılması önem arz etmektedir. Örneğin, müdahale çalışmalarında, model tahminlerinin gerçek petrol dağılımı ve davranışının gözlemleri sayesinde teyit edilmesi gerekmektedir. Buna karşın, bu gibi modeller bu gibi tetkiklerin odaklanmasının gerektiği faydalı bir gösterge ve belirli bir petrolün olası akıbeti ve davranışını sağlamaktadır. En iyi hale getirilmiş temizlik tekniklerinin değerlendirilmesi bağlamında, eğitim için ve acil durum müdahale planlama sürecinde de değerli olmaktadır.

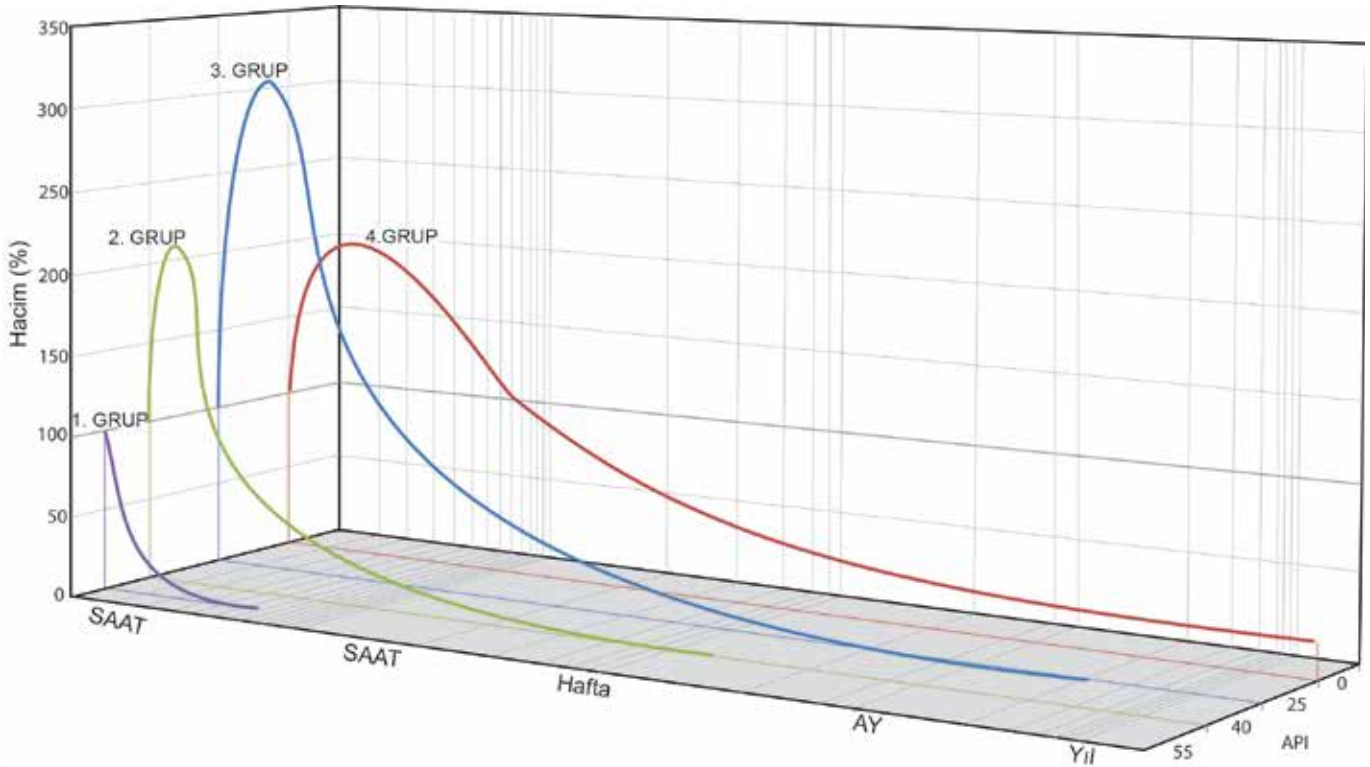
Temizlik ve acil durum eylem planı hazırlanması için tavsiyeler

Petrolün özellikle dalgalı deniz koşullarında hızlı bir şekilde yayılma ve parçalanma eğilimi herhangi bir müdahale tekniğine her zaman kısıtlamalar getirecektir ve küçük görülmemesi gerekmektedir. Örneğin, tipik olarak sadece birkaç metrelik şerit alanı olan gemiyle taşınan petrol toplama sistemleri birkaç kilometreye yayıldığında ve dağıldığında kayda değer herhangi bir miktarda petrolle karşı karşıya gelemeyecektir. Akışkanlığı düşük olan petroler halinde bu sadece birkaç saat içerisinde gerçekleşebilmektedir. Denizde petrol toplama işlemlerinin su yüzeyinde büyük bir petrol tabakasından daha fazlasını kaldırmayı nadiren başarmasının temel nedenlerinden birisi budur.

Su yüzeyindeki petrol tabakalarının hareketi ve hava etkisiyle aşınma yoluyla petrolün değişen niteliği su yüzeyindeki petrol tabakasının dağılıp dağılmadığının gözlemlenmesinin ötesinde herhangi bir müdahalenin gerekli olup olmadığını belirleyebilmektedir. Etkin bir müdahale gerekli olduğunda,

hava etkisiyle aşınma süreçleri seçilen temizlik tekniklerinin uygunluğunun yeniden değerlendirilmesini ve müdahale ilerledikçe ve koşullar değiştikçe değişikliğe uğratılmasını gerektirecektir. Örneğin, denizde uygulanan dağıtıcı maddeler petrol yayıldığından ve akışmazlık arttığından verimi azaltmaktadır. Belirli bir petrolün özelliklerine bağlı olarak, akışmazlık 10.000 cSt'ye yaklaştığından birçok dağıtıcı madde kayda değer bir şekilde daha az etkili hale gelmektedir ve akışmazlık bu değer çok üstüne çıktığında çalışmayı tamamen durdurmaktadır. Petrol akışmazlığı çok hızlı bir şekilde artabilmektedir, bu da dağıtıcı maddelerin kullanılması için mevcut olan sürenin çok kısa olabileceği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, dağıtıcı madde uygulamasının düzenli olarak izlenmesi ve etkisizse püskürtme işlemlerinin sonlandırılması gerekmektedir (Şekil 14).

Benzer bir şekilde, mekanik toplama sistemleri plana göre yerleştirilmişse, petrol hava etkisiyle aşındıkça, akışmazlığı arttıkça ve asıltı sızılar oluştuğunda kullanılan deniz süpürücülerin ve pompaların türünün değiştirilmesi gerekebilir. Örneğin, yağ tutan (yağ çeken) disk şeklinde süpürücüler petrolün toplanması için diske yapışmasına bel bağlamaktadır (Şekil 15). Bununla birlikte, bir asıltı sızı örneğin bir döner disk sayesinde bir burulma hareketi uygulandığında, asıltı sızı içerisindeki su damlacıklarının tamamının bir yönde hizalanacağı, akışmazlığın azalacağı ve asıltı sızının diske yapışmak yerine dilimlenmesine neden olunacağı şekilde "kayma nedeniyle incelen" bir sıvı olarak hareket etmektedir. Aynı etki, pompa çarkının asıltı sızısının pompanın içerisinde etkili hareketi olmaksızın dönebildiği merkezkaç pompalarla ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, asıltı sızılarının aktarılması için pozitif yer değiştirmeli pompalar tavsiye edilmektedir.



▲ Şekil 13: Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilen grupların her birisinden tipik bir petrol için kazara dökülen orijinal hacmin bir yüzdesi (%100) olarak gösterilen deniz yüzeyi üzerinde kalan petrol ve yağ içinde su asıltı sızısı Eğriler her bir grup için tahmini bir ortalamayı temsil etmektedir. Bununla birlikte, belirli bir ham petrolün davranış özelliklerine ve kazara dökülme esnasındaki çevresel koşullara bağlı olarak genel davranış biçiminden farklılık gösterebilmektedir.



▲ Şekil 14: Yüksek petrol akışmazlığı, petrolün etrafında tipik bir beyaz dağıtıcı madde kümesiyle işaretlenen başarısız bir dağıtıcı madde uygulaması ile sonuçlanmıştır.



▲ Şekil 15: Kazara yeni dökülmüş hafif ham petrolde başarılı bir şekilde çalışan disk şeklinde süpürücü. Bununla birlikte, petrolün kayda değer bir şekilde sütsüleşmesi halinde, geri toplama çalışmasının verimliliği asıltısının disklere yapışmaması nedeniyle azalabilir.

Farklı petrolerin olası akıbeti ve davranışının ve bunların temizlik çalışmalarına getirdiği kısıtlamaların anlaşılması etkin acil eylem planlarının hazırlanmasında temel teşkil etmektedir. Buna ilaveten, yıl boyunca hakim rüzgarlar ve akımlar hakkındaki bilgiler petrolün en olası hareketine ve belirli bir yerde etkilenebilecek olan hassas kaynaklara işaret edecektir. Yüklenen-boşaltılan ve taşınan petrol türleri hakkındaki veriler su yüzeyinde petrol tabakalarının olası ömrü ve bir temizlik müdahalesi gerektirebilen geriye kalan petrolün miktarı ve niteliğiyle ilgili tahminlerin yapılmasına olanak sağlayabilmektedir. Aynı zamanda uygun temizlik tekniklerinin ve donanımlarının seçiminin belirlenmesine de yardımcı olacaktır.

Petrol terminalleri kıydan uzak yükleme ve boşaltma şamandıraları gibi sınırlı bir sayıda petrol türünün söz konusu olduğu ve hakim hava ve deniz koşullarının çok iyi bilinebileceği sabit tesisatlar için oldukça doğru tahminler yapılabilmektedir. Bu da etkili bir acil durum eylem planının geliştirilmesini basitleştirmekte ve uygun müdahale düzenlemelerinin kurulmasına izin vermektedir. Yoğun gemi trafiğinin olduğu, birçok geminin uğraksız geçiş yaptığı veya çok sayıda petrol türünün yüklenip-boşaltıldığı alanlarda, planlar tüm ihtimalleri kapsayamamaktadır. Bu nedenle, kazara dökülen petrolün türü ve davranışının, bir müdahale gerekiyorsa, en uygun tekniklerin kullanılabilmesi için ilk fırsatta tespit edilmesi daha da fazla önem arz etmektedir.

Anahtar noktalar

- Kazara döküldüğünde petrol hava etkisiyle aşınmaya başlamaktadır ve fiziksel ve kimyasal özellikleri zamanla değişmektedir.
- Yayılma, buharlaşma, dağılma ve sütsüleşme kazara dökülmenin ilk aşamaları boyunca en önemlileri olmakla birlikte çökelme ve biyolojik bozunma petrolün nihai akıbetini tespit eden uzun vadeli süreçlerdir.
- Bu süreçlerin ortaya çıkma hızı hava koşullarına ve petrolün özgül ağırlık, uçuculuk, akışmazlık ve akma noktası gibi özelliklerine bağlı olmaktadır.
- Buharlaşma ve dağılma petrolün deniz yüzeyinden kalkmasından sorumluyken sütsüleşme mevcudiyetini devam ettirmesine ve kirlenici maddenin hacminde bir artışa yol açmaktadır.
- Sahil şeritleriyle bir etkileşim petrolün kil-petrol topaklarının oluşması sayesinde kaldırılmasına veya korunaklı yerlerde ince tortularla birleşmesi veya kaba kiremit veya çakış kumsallarla karıştığında asfalt kaplamaların oluşması sayesinde mevcudiyetini devam ettirmesine yol açabilmektedir.
- Kazara döküldüğünde, az sayıda atık petrol batmaya yetecek yoğunluktadır. Bununla birlikte, petrolerin çoğu su yüzeyinde yüzecektir ve sadece daha yoğun tortularla karıştıklarında batabilmektedir.
- Bir petrolün olası akıbeti ve davranışının anlaşılması, müdahale seçeneklerinin en iyi hale getirilmesine olanak sağlamaktadır.

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