

SENTINEL-1 SAR VERİLERİ İLE MARMARA DENİZİNDE PETROL SIZINTISI TESPİTİ

Ünal BULUT¹

¹ Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, unal.bulut@csb.gov.tr

ÖZET

Petrol sızıntısı, petrolün çevreye, genellikle denizlere ve okyanuslara salınımını tanımlayan terimdir. Bazen yeraltı kaynaklarından kendiliğinden gerçekleşse de denizde meydana gelen araçların yaptığı kazalar bunun tipik bir nedenidir. Denizlerimizin sağlığı, halk sağlığıyla doğrudan bağlantılı olduğundan dolayı, petrolün denizlere ve okyanuslara sızması, yaşam alanlarını bozarak ve büyük sorunlar yaratarak deniz ekosistemleri üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, petrol sızıntılarının tespit edilmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu ekolojik risklerin tespit edilmesi ve yönetilmesi için çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Öncelikle yağ tabakasının kalınlığına bağlı olarak insan gözüyle tespit edilebilmektedir. Ancak bu görünürlük deniz yüzeyinin uzak bölgelerini tamamen kapsamamaktadır. Bu nedenle bu alanların izlenmesi için uzaktan algılama şarttır. Petrol sızıntılarının tespit etmek için hem optik hem de radar uzaktan algılama yöntemleri kullanılmış olmasına rağmen, Sentetik Açıklıklı Radar (SAR), optik yöntemlere kıyasla daha tatmin edici sonuçlar göstermiştir. Bunun nedeni, ultraviyole ve yakın kızılötesi dalga boyları arasındaki petrol sızıntılarını gözlemlemenin zor olmasıdır. Ek olarak SAR, geri saçılım yoğunluğundan dolayı petrolün kalınlığının değerlendirilmesinde daha etkilidir. Üstelik SAR, optik yöntemlerden farklı olarak geceleri de etkin çalışabilmekte olup, bulutlardan etkilenmemektedir. Çok sayıda uydu SAR sensörleriyle donatılmıştır, ancak Sentinel-1, sensörlerinde bulunan C-bandı ve 10 metrelik mekansal çözünürlüğe sahip açık erişimli SAR verileri sağlamasıyla bu alanda dikkat çekmektedir. Ayrıca, Marmara Denizi gemilerin petrol sızıntılarını yoğun olarak serbest bırakmakta olduğu önemli bir ulaşım rotası olması nedeniyle, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilen SNAP yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılımın petrol sızıntısı tespit modülü, petrol sızıntısını tespiti için kullanıldı ve özellikle deniz yüzeyindeki petrol kümelerinin tespit edilmesiyle başarılı bir sonuç ortaya koydu. Ancak modülün etkinliği kullanılan parametrelerle bir hayli değişmektedir. Bu nedenle, uygun parametrelerin seçilmesi daha kesin bir analiz yapılabilmesi açısından çok önemlidir. Ek olarak modül, kıyı kesimlerinde petrol sızıntılarının tespit etmekte başarılı bir sonuç verememiştir.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, petrol sızıntısı, sentetik açıklıklı radar, Sentinel-1

ABSTRACT

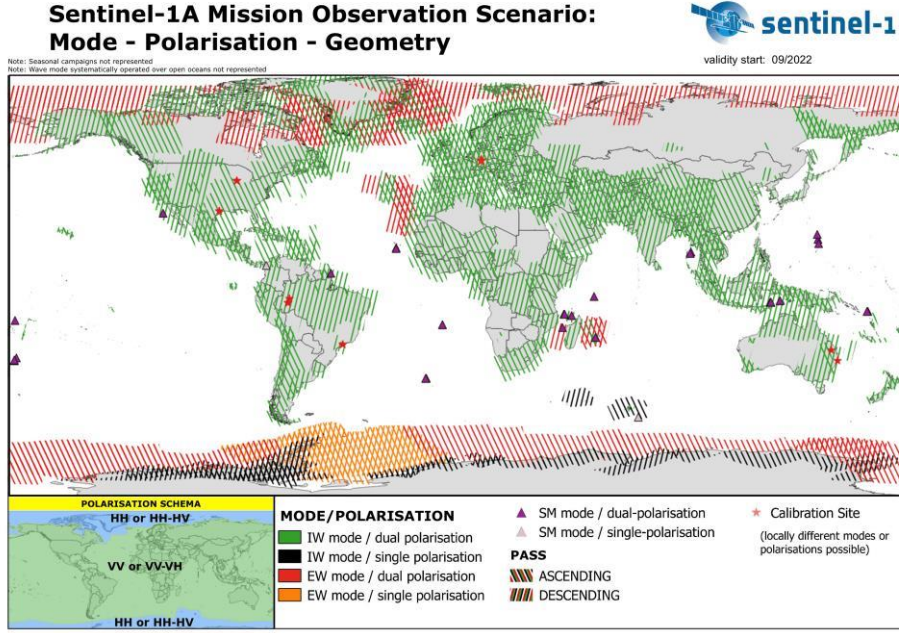
DETECTION OF OIL SPILLS USING SENTINEL-2 SAR DATA OVER THE SEA OF MARMARA

Oil spill is the term that describes the release of petroleum into the environment, usually into seas and oceans. Although it occasionally happens spontaneously from the ground, marine accidents are a typical cause of this. The introduction of oil has a damaging impact on marine ecosystems by disturbing habitats and creating major issues, as the health of marine environments is directly linked to public health. As a result, it is necessary to detect oil spills, and numerous techniques have been devised to recognize and manage these ecological risks. First, depending on the thickness of the oil layer, it can be detected by the human eye. However, this visibility does not completely cover the remote areas of the sea surface. Thus, remote sensing is essential in order to monitor these areas. Although both optical and radar remote sensing have been employed to detect oil spills, Synthetic Aperture Radar (SAR) has demonstrated more satisfactory results compared to optical methods. This is because observing oil spills between ultraviolet and near-infrared wavelengths is challenging. Additionally, SAR is more effective at assessing the thickness of the oil due to its associated backscatter intensity. Moreover, SAR is capable of operating at night and is not affected by clouds, unlike optical methods. Numerous missions are equipped with SAR sensors, but Sentinel-1 is notable for providing open-access SAR data with a 10-meter spatial resolution using a C-band, which is utilized in this study. Additionally, the Marmara Sea was chosen as the study area due to its status as a major ship transportation route, where ships can release oil spills. The research was primarily conducted using the SNAP software developed by the European Space Agency (ESA). The oil spill detection module of the software was implemented to identify oil leakage and proved particularly successful in highlighting oil clusters on the sea surface. However, the effectiveness of the module was highly dependent on the parameters used to detect the oil trails left by ships. Therefore, selecting the appropriate parameters is crucial to maintaining a stable analysis. Additionally, the module was largely unable to detect traces over shallow water.

Keywords: Marmara Sea, oil spill, Sentinel-1, synthetic aperture radar

1. GİRİŞ

Petrol sızıntıları, deniz ve kıyı ekosistemleri üzerinde ciddi çevresel tehditler oluşturur (Dong et al., 2023). Özellikle denizlerdeki ekosistemler üzerinde uzun vadeli etkiler bırakarak biyoçeşitliliği olumsuz etkiler, su kalitesini düşürür ve insan sağlığını tehdit eder (Solomon, 2010). Su yüzeyini kaplayan petrol tabakası ışığın geçişini engelleyip denizen alt kısmında bulunan bitkilerin fotosentezini yavaşlatıp durdurarak deniz ekosisteminin dengesini bozar (Beyer et al., 2016). Bu durum, balıkçılık faaliyetlerini de etkileyerek ekonomik zararlar verebilir. Bu sebeplerden ötürü petrol sızıntılarının düzenli takip ve tespit edilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Ayrıca, çevresel zararların minimuma



Şekil 2. Sentinel-1A farklı mod ve polarizasyonların kapsadıkları alanlar (S1 Mission, Eylül 2024)

Çalışma için Sentinel-1A uydusuna ait 28 Temmuz 2024 yükselen yörünge SAR görüntüsü kullanılmıştır. Görüntü elektromanyetik spektrumun C bandında olup Interferometrik Geniş Tarama (IW) modu kullanılmaktadır. Mekansal çözünürlüğü ise 5 x 20 metredir.

Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) ait Sentinel-1 yaygın olarak kullanılan bir uydu görevidir. Bu görev, 2014'te fırlatılan ve hala çalışan Sentinel-1A ve 2016'da fırlatılan ancak yetersiz güç kaynağı nedeniyle 2021'de çalışmayı durduran Sentinel-1B olmak üzere iki farklı uydulla çalışır. Dünya yüzeyini izlemek için güneşle senkronize yakın kutup yörüngesinde dolaşan C bandı (3,7-7,5 cm) SAR sensörleriyle donatılmıştır. Amaç, kullanıcılara yüksek zamansal ve mekansal çözünürlüklü radar verileri sağlamaktır. Her uydu aynı yörüngede çalışan 12 günlük bir döngüyü takip eder. Her iki uydunun birleşimi, özellikle Avrupa olmak üzere belirli bölgeler üzerinde 6 günlük tekrarlayan bir döngüye sahiptir (Şekil 2). Dört farklı tarama modu mevcuttur:

250 km'lik bir tarama ve 5 x 20 m mekansal çözünürlüğe sahip İnterferometrik Geniş Tarama Modu (IW), 80 km'lik bir tarama ve 5 x 5 m mekansal çözünürlüğe sahip Şerit Harita Modu, 400 km'lik bir tarama ve 20 x 40 m mekansal çözünürlüğe sahip Ekstra Geniş Tarama Modu ve 20 x 20 km ve 5 x 5 m mekansal çözünürlüğe sahip Dalga Modu. Aşamalı Taramalarla Arazi Gözlemi SAR (TOPSAR) IW modunda, üç bitişik alandan görüntü almak için kullanılır. Avrupa'yı içeren alanlarda yer gözlemi için varsayılan olarak IW modu kullanılmaktadır. Üç ayrı düzeydeki veriler uydu sağlayıcısı tarafından paylaşılmaktadır: Seviye-0 ham, Seviye-1 Tek Bakış Karmaşık (SLC), Seviye-1 Algılanmış Yer Menzili (GRD) ve Seviye-2 Okyanus. GRD, IW modunda 10x10 m piksel aralığına sahip yüksek mekansal çözünürlüklü görüntüler üretmektedir (ESA, 2022). Uydunun polarizasyon seçimi gözlem alanına göre değişir. HH HV veya HH, kutup bölgelerini izlemek için kullanılırken, VV-VH veya VV, Dünya'nın geri kalanını gözlemlemek için kullanılır, ancak Baltık Denizi'nin bazı kısımları kış aylarında HH-HV ile Sentinel-1B tarafından izlenir.

3. YÖNTEM



Şekil 3. Yöntem akış grafiği

Çalışmaya Sentinel-1 SAR verisinin Copernicus Browser'dan indirilmesi ile başlamıştır. Sentinel görüntülerine özel bir program olan SNAP programında görüntüler ön işlemeden geçirilip petrol sızıntısı tespiti yapılmıştır. Öncelikle görüntüde oluşması muhtemel atmosferik etkilerin minimuma indirilmesini sağlamak amacıyla radyometrik düzeltme

yapılmıştır. Bu işlemle birlikte görüntüde bulunan genlik ve yoğunluk değerlerinden analiz yapılabilmesi sonuçların doğruluğunu etkileyeceğinden dolayı sigma nought (σ_0) yani geri saçılım katsayısı olarak sonuç çıkmaktadır.

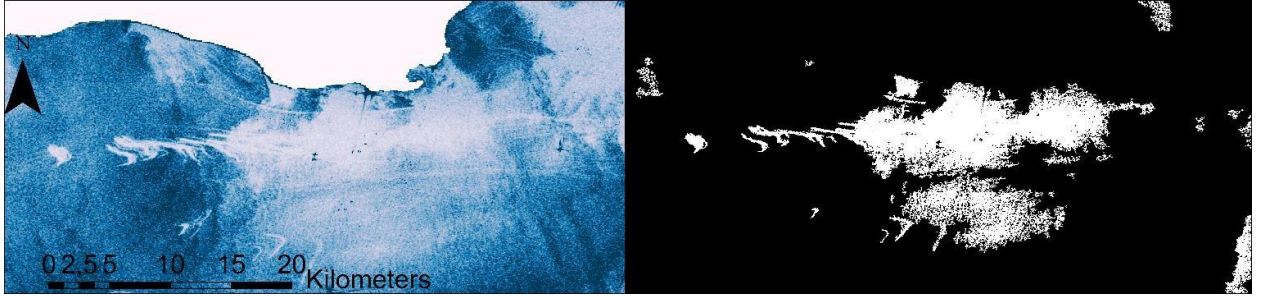
Filter:	Lee Sigma
Number of Looks:	1
Window Size:	7x7
Sigma:	0.9
Target Window Size:	3x3

Şekil 4. Benek filtresi parametreleri

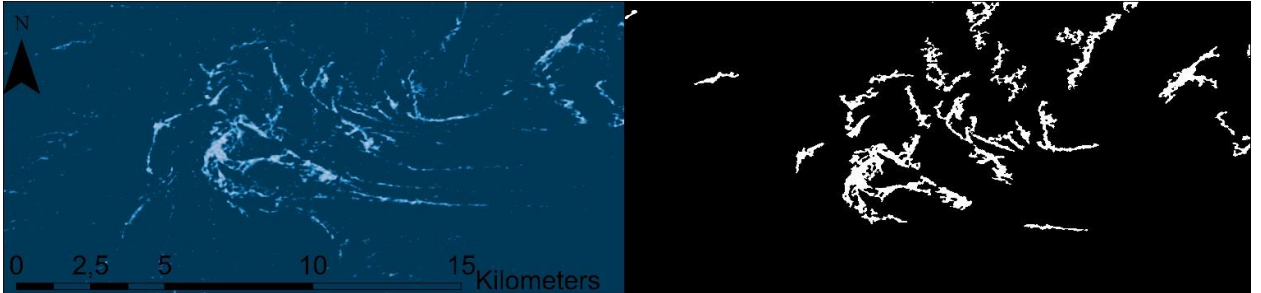
Daha sonrasında görüntüde bulunması muhtemel beneklerin giderilmesi adına benek filtrelemesi yapılmıştır. Lee Sigma benek filtresi (Şekil 4.) kullanılmıştır (Liu et al. 2021). Görüntüde oluşan beneklerin sebebi bir pikseli kapsayan alan içerisinde birçok farklı özellik taşıyan ve dielektrik katsayısı farklı olabilecek nesnenin bulunmasıdır. Sensörlere farklı bilgiler gelmesi halinde görüntüde benekler oluşabilmektedir. Bunların yanı sıra, genellikle uydu ve platform hareketlerinden dolayı görüntü olması gerektiği yerden farklı bir yerde ve açıda belirebilir. Bu nedenle geometrik düzeltme yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada ellipsoid düzeltmesi kullanılmıştır.

Son olarak da petrol sızıntısı tespiti modülü uygun parametreler tespit edilene kadar çalıştırılmıştır. Bu modülde üç adet önemli parametre bulunmaktadır. Birincisi, arka plan pencere boyutudur. Bu boyut ortalama geri saçılım düzeyini piksel cinsinden hesaplamakta kullanılır ve bu çalışma için seçilen boyut 300'dür. Bir diğeri ise desibel cinsinden eşik değeri kaymasıdır. Ortalama geri saçılım düzeyinden ne kadar sapma olabileceğini belirler ve 0.3 dB olarak seçilmiştir. Son önemli parametre ise minimum küme boyutudur. Petrol sızıntıları küme halinde bulunabileceğinden dolayı modülün kümelenmelere olan hassasiyetini belirler ve km2 cinsinden ifade edilir. Bu çalışmada 0.1 km2 olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR



Şekil 5. Marmara Denizi kuzey kıyısından alınmış işlenmiş Sentinel-1 SAR görüntüsü (soldaki) ve petrol sızıntısı tespiti modulünden çıkan maske görüntüsü (sağdaki)

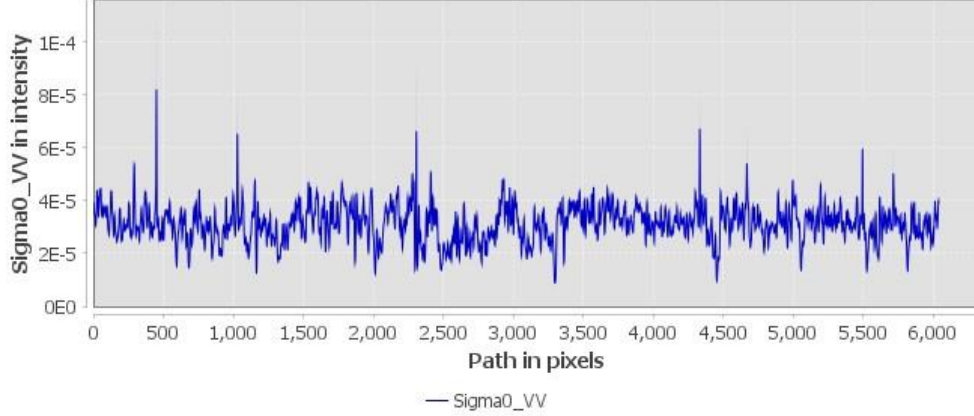


Şekil 6. İşlenmiş Sentinel-1 SAR görüntüsü (soldaki) ve petrol sızıntısı tespiti modulünden çıkan maske görüntüsü (sağdaki)

Çalışmada Marmara Denizi'ndeki petrol sızıntılarının tespiti için Sentinel-1 SAR verilerinin etkinliğini ortaya koyulmuştur. SNAP yazılımı ile yapılan analizler, deniz yüzeyindeki petrol birikintilerinin başarılı bir şekilde tespit edildiğini göstermiştir. Özellikle kalınlığı fazla olan petrol kümelerinin tespiti konusunda kullanılan yöntem başarılı olmuştur. Şekil 5.'de işlenmiş bir SAR verisinin VV polarizasyonuna ait görüntü ile petrol sızıntısı tespiti görülmektedir. Bu polarizasyon deniz yüzeyinde bulunan maddelerin dielektrik katsayılarına yüksek oranda duyarlı olup petrol sızıntısını kolayca tespit etmekte başarılı olabilmektedir. Bunun sebebi su yüzeyinde bulunan kalın petrol tabakalarının geri saçılımının suyun geri kalanından farklı olmasıdır. Modülden çıkan sonuca bakıldığında küme halinde bulunmakta olan petrol birikintilerinin net bir şekilde tespit edilebildiği görülmüştür. Özellikle kıyı

alanlarında birikim bir hayli fazladır. Bunun yanı sıra şekil 6.'da kümelenmelere nispeten daha düz bir çizgide bulunan petrol sızıntıları görülmektedir. Bunun sebebinin kümeleşen birikintilerden farklı olarak gemilerin bıraktığı izler olduğu ayırt edilebilmektedir.

Profile Plot for Sigma0_VV



Şekil 7. Şekil 6'daki alanın Sigma VV yoğunluğunu gösteren grafik

Şekil 7'deki grafik incelendiğinde ise sabit bir profil dağılımı gözlemlenmektedir. Yüksek yoğunluğa sahip pikseller geri saçılımın yüksek olduğu objelerin varlığını belirtebilir. Yani bu alandaki gemilerin varlığını gösterebilir. Düşük yoğunluklu bir profil ise petrol sızıntısının varlığını göstermektedir.

5. ÖNERİLER

Çalışmanın sonuçlarına göre Marmara Denizi'ndeki petrol sızıntılarının izlenmesi için daha hassas ve kapsamlı analizler yapılması önerilmektedir. Yöntem içerisinde kullanılan parametreler alınan sonucu direkt olarak etkilemektedir. Bu sebeple spesifik gemilerin takip edilip aksiyon alınabilmesi için duruma özel parametreler kullanılıp modül test edilebilir. Bunun yanı sıra, SAR verileriyle birlikte yüksek çözünürlüklü optik ve termal uydu verilerinin entegrasyonu sağlanarak tespit hassasiyeti artırılabilir. Ayrıca, düzenli olarak elde edilen Sentinel-1 zaman serisi verilerinin analiz edilmesi, petrol sızıntılarının zaman içindeki yayılımını daha iyi anlamaya katkı sağlayacaktır. Son olarak, uydu verileriyle tespit edilen petrol sızıntılarının yerinde doğrulama çalışmalarıyla desteklenmesi, analiz sonuçlarının güvenilirliğini artıracaktır.

KAYNAKLAR

Beyer, J., Trannum, H. C., Bakke, T., Hodson, P. V., & Collier, T. K., 2016. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 28–51. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.027>

Dong, X., Li, J., Li, B., Jin, Y., & Miao, S., 2023. Marine Oil Spill Detection from Low-Quality SAR Remote Sensing Images. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1552. <https://doi.org/10.3390/jmse11081552>

Fan, J., Zhang, F., Zhao, D., & Wang, J., 2015. Oil spill monitoring based on SAR remote sensing imagery. *Aquatic Procedia*, 3, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.234>

Harosa, D., 2024. STEP – Science Toolbox Exploitation Platform. <https://step.esa.int/main/>

Liu, Y., Qian, J., & Yue, H. J., 2021. Combined Sentinel-1A With Sentinel-2A to Estimate Soil Moisture in Farmland. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 1292–1310. <https://doi.org/10.1109/jstars.2020.3043628>

Migliaccio, M., Nunziata, F., & Buono, A., 2015. SAR polarimetry for sea oil slick observation. *International Journal of Remote Sensing*, 36(12), 3243–3273. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1057301>

S1 Mission. (2024, Eylül). <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-mission>

Sentinel-1. (2024, Eylül). https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1

Solomon, G. M., 2010. Health effects of the Gulf oil spill. *JAMA*, 304(10), 1118. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1254>

Topouzelis, K., 2008. Oil spill detection by SAR Images: dark formation detection, feature extraction and classification algorithms. *Sensors*, 8(10), 6642–6659. <https://doi.org/10.3390/s8106642>