

EUMETSAT H-SAF H10 Kar Algılama Ürününün Yer Verisi ve Sentinel 2 Görüntüleri Kullanılarak 2018-2019 Türkiye Kar Sezonu için Doğrulaması

Semih Kuter¹, Kenan Bolat², Zuhale Akyürek^{3,4}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı, semihkuter@karatekin.edu.tr

²Hidrosaf Ltd. Şti., Orta Doğu Teknik Üniversitesi Teknokent, 06800, Ankara, kenanbolat@hidrosaf.com.tr

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, zakyurek@metu.edu.tr

⁴Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, 06800, Ankara

Araştırma Makalesi

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 3 Haziran 2021

Kabul Tarihi : 18 Haziran 2021

DOI: 10.53516/ajfr.944309

*Sorumlu yazar:

 semihkuter@karatekin.edu.tr

ÖZ

Kar örtüsünün özellikleriyle ilgili bilgiler, özellikle hidrolojik amaçlar için yürütülen çeşitli bilimsel çalışmalar ve operasyonel uygulamalar için kritik öneme sahiptir. Uzaktan algılama mevsimsel kar örtüsünün geniş alanlarda ve sürekli olarak izlenebilmesi için oldukça uygun bir kaynaktır. Bu çalışmanın temel amacı Avrupa Meteorolojik Uydulardan Yararlanma

Teşkilatı'nın (EUMETSAT - European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites) Operasyonel Hidroloji ve Su Yönetimine Destek (H-SAF - Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management) projesi kapsamında üretilmekte olan düşük çözünürlüklü günlük operasyonel H10 (SN-OBS-1) kar algılama ürününün yer istasyon verisi ve daha yüksek çözünürlüğe sahip Sentinel 2 uydu görüntüleri kullanılarak 2018-2019 Türkiye kar sezonu için doğrulamasının yapılmasıdır. Çalışmada 101 yer istasyon verisinden elde edilen kar derinliği ölçümleri ile 106 Sentinel 2 görüntüsünden üretilen ikili kar haritaları referans veri olarak kullanılmıştır. Yer verisiyle yapılan doğrulama sonuçlarına göre H-SAF H10 kar ürününün algılama olasılığı 0.60 olurken, referans uydu görüntüleri ürünün 2018-2019 kar sezonu için algılama olasılığının 0.89 olduğunu ortaya koymaktadır. Her iki referans veriye göre ürünün yanlış algılama oranının ise oldukça düşük olduğu görülmektedir ($\leq 0,11$).

Anahtar Kelimeler: Karın uzaktan algılanması, H10, Sentinel 2, ikili kar örtüsü haritalaması.

Validation of the EUMETSAT H-SAF H10 Snow Detection Product for the 2018-2019 Snow Season in Turkey using in-Situ Data and Sentinel 2 Imagery

ABSTRACT

Information on the characteristics of the snow cover is critical for various scientific studies and operational applications, especially for hydrological purposes. Remote sensing is a very convenient source for continuous monitoring of seasonal snow cover over large areas. The main purpose of this study is to validate the EUMETSAT H-SAF H10 coarse resolution snow detection product for the 2018-2019 Turkey snow season using ground station data and higher resolution Sentinel 2 satellite imagery. In the study, snow depth measurements obtained from 101 ground stations and binary snow maps produced from 106 Sentinel 2 images were used as reference dataset. Validation with in-situ data shows that the probability of detection of the H-SAF H10 snow product is 0.60, whereas the reference satellite images reveal that the probability of detection for the 2018-2019 snow season is 0.89. According to both reference datasets, it is seen that the false detection ratio of the product is quite low (≤ 0.11).

Key Words: Remote sensing of snow, H10, Sentinel 2, binary snow cover mapping.

Bu makaleye atf:

Kuter, S., Bolat, K., Akyürek, Z., 2021. Eumetsat H-Saf H10 Kar Algılama Ürününün Yer Verisi ve Sentinel 2 Görüntüleri Kullanılarak 2018-2019 Türkiye Kar Sezonu İçin Doğrulaması. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 7(1): 52-58.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

1. Giriş

Kuzey yarımküredeki kar örtüsünün yüksek yıl içi ve yıllar arası değişimler sergilediği bilinmesine rağmen, son kırk yılda küresel ısınmaya bağlı olarak hızlanan bir eğilimle kar örtüsünün mekânsal dağılımı önemli ölçüde azalmıştır (Pulliainen ve ark., 2020; Wang ve ark., 2018). Barnett ve ark. (2005)'na göre, dünya nüfusunun altıda birinden fazlası tatlı su temini için mevsimsel buzul veya kar erimesine bağlıdır. Küresel enerji ve su döngüleri temelde mevsimsel kar örtüsü eğilimleriyle bağlantılı olduğundan, değişen iklim nedeniyle karın mekânsal dağılımındaki değişimin önemli sosyal ve ekonomik etkileri olduğu düşünölmektedir (Bormann ve ark., 2018; Sturm ve ark., 2017). Bu çerçeveden bakıldığında, kar örtüsünün yüksek doğrulukla sürekli haritalanması ve uzun süreli davranışı hakkında bölgesel veya küresel ölçekte bilgi edinilmesi, yerküre bilimleri açısından kesinlikle en önemli ve öncelikli araştırma konularından biridir (Hüsler ve ark., 2012).

Bu çalışmanın temel kapsamı, EUMETSAT H-SAF projesi kapsamında üretilen operasyonel günlük kar algılama ürünü olan H10 (SN-OBS-1)'un 2018-2019 Türkiye kar sezonu için yer istasyon verilerinden elde edilen kar derinliği (KD) ölçümleri ve daha yüksek çözünürlüklü Sentinel 2 uydu görüntülerinden elde edilen referans ikili kar örtüsü (kar/kar değil) haritaları kullanılarak doğrulama analizlerinin yapılmasıdır.

Bu çalışmanın geri kalan kısmı řu şekilde düzenlenmiştir: Bir sonraki bölümde çalışmada kullanılan uydu veri seti ve ilgili ön işleme aşamaları ile doğrulamada kullanılan yer istasyon verisi tanıtılmaktadır. Elde edilen bulgular ile ilgili ayrıntılar Bölüm 3'te verilmektedir. Son olarak, Bölüm 4'te çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

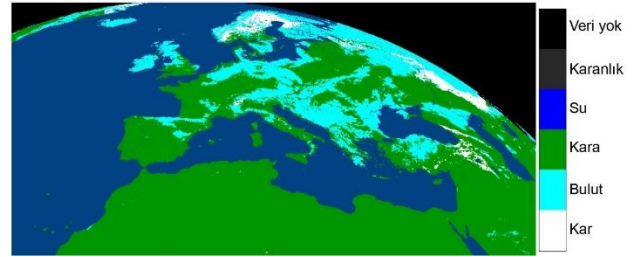
2.1. H-SAF H10 Kar Algılama Ürünü

H-SAF H10, yer-durağan bir uydu olan MSG (Meteosat Second Generation) üzerindeki SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) sensörüne ait görünür ve kızılötesi bantları kullanılarak üretilen günlük operasyonel bir kar algılama ürünüdür (Akyurek ve ark., 2020; EUMETSAT, 2018). SEVIRI görüntülerinin yüksek zamansal çözünürlüğü ve geniş mekânsal kapsamı, bulut örtüsü sürekli olarak izlendiğinden, kar örtüsü haritalaması için son derece uygundur.

H10 ikili kar algılama ürünü (kar/kar değil), mümkün olan en çok sayıdaki bulutsuz pikseli

toplamak amacıyla 15 dakikalık SEVIRI görüntülerinin çok zamanlı analizi yoluyla elde edilir. Örnekleme 3 km'lik aralıklarla gerçekleştirilir, ancak Avrupa üzerinde ~5 km'ye düşer. Ortaya çıkan günlük harita, 25° B - 45° D boylam ve 25° - 75° K enlem arasında sınırlandırılmış bir mekânsal kapsama sahiptir ve dört farklı sınıftan oluşur: kar, bulut, su ve kara (Bkz. şekil 1).

H10 ürününün düz/ormanlık alanlar için olan bölümü Finlandiya Meteoroloji Enstitüsü (FMI – Finnish Meteorological Institute) tarafından geliştirilmiş olup orada üretilirken, ürünün dağlık alanlar için olan bölümü ise ODTÜ tarafından geliştirilmiş ve daha sonrasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nün operasyonel ortamına aktarılmıştır. FMI ve MGM'den gelen ürünler tüm H-SAF alanını kapsamakta olup FMI ürününden düz/ormanlık alanlara ilişkin bilgiler ile MGM ürününden dağlık alanlara ilişkin bilgilerin harmanlanmasıyla FMI'da birleştirilmektedir (EUMETSAT, 2018).



Şekil 1. 5 Nisan 2017 tarihli H-SAF H10 ürünü

2.2. Sentinel 2 Görüntüleri ve Referans İkili Kar Haritaları

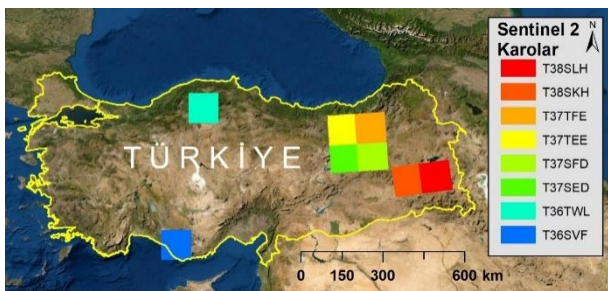
Sentinel 2, Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA - European Space Agency) kara, okyanus ve atmosferik gözlemler için kutup yörüngeli, çok bantlı, yüksek çözünürlüklü bir görüntüleme görevidir. Zamansal çözünürlük ve kapsama alanı gereksinimlerini karşılamak amacıyla sistem, 23 Haziran 2015 tarihinde fırlatılan Sentinel 2A ve 7 Mart 2017 tarihinde fırlatılan Sentinel 2B olmak üzere iki özdeş uydudan oluşmaktadır (Drusch ve ark., 2012). Sentinel 2, 0,4 ile 2,2 µm dalga boylarını kapsayan görünür ve yakın kızılötesi ile kısa dalga kızılötesine uzanan 13 spektral banda sahiptir (Bkz. Çizelge 1).

Çizelge 1. Sentinel 2 spektral bantlar

Spektral Bant	Çözünürlük (m)	Sentinel 2A Merkez Dalgaboyu (nm)	Sentinel 2B Merkez Dalgaboyu (nm)
1	60	442,7	442,2
2	10	492,4	492,1
3	10	559,8	559,0
4	10	664,6	664,9
5	20	704,1	703,8
6	20	740,5	739,1
7	20	782,8	779,7
8	10	832,8	832,9
8a	20	864,7	864,0
9	60	945,1	943,2
10	60	1373,5	1376,9
11	20	1613,7	1610,4
12	20	2202,4	2185,7

H-SAF projesi kapsamında, H10 ürününün yer verisi ile yapılan doğrulama çalışmaları 2007 yılından beri düzenli olarak devam etmekte olup (EUMETSAT, 2018), 2017 yılından itibaren de Finlandiya, Avrupa Alpleri ve Türkiye üzerinde belirlenmiş olan karo konumlarında Sentinel 2 görüntüleri kullanılarak doğrulama çalışmaları yürütülmektedir (Piazzini ve ark., 2019).

H10 ürününün doğrulama çalışmalarında Kasım 2018 ile Nisan 2019 tarihleri arasında elde edilen toplam 106 Sentinel 2 görüntüsü kullanılmıştır. H-SAF projesi kapsamında belirlenmiş olan Sentinel 2 karoların yerleri Şekil 2’de gösterilmektedir. Seçilen her bir Sentinel 2 görüntüsündeki bulutluluk oranı en fazla %30 olup görüntüler Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Merkezinin (USGS - The United States Geological Survey - <https://earthexplorer.usgs.gov/>) ilgili internet sitesinden indirilmiştir.

**Şekil 2.** Çalışmada kullanılan Sentinel 2 karoların konumları

Referans ikili kar haritalarının oluşturulmasında ESA'nın Sentinel 2 için geliştirdiği Sen2Cor (v2.8) görüntü işleme modülü kullanılmıştır (Mueller-Wilm, 2019). Sen2Cor, on ana modülden oluşmakta ve optimum olarak düzeltilmiş atmosfer altı reflektans görüntülerini oluşturmak için seviye L1C giriş verileri üzerinde atmosferik, arazi ve sirüs

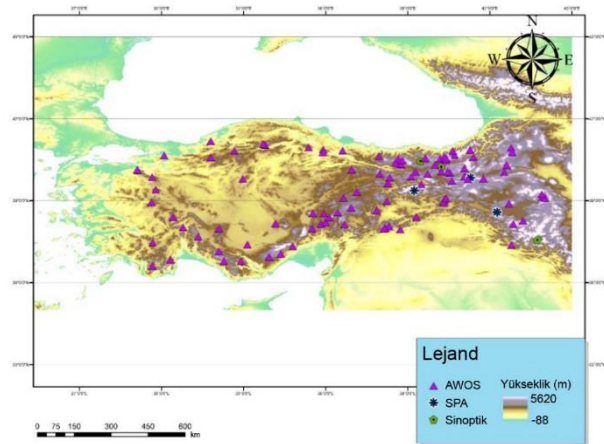
düzeltilmesi yapabilmektedir. Sen2Cor algoritması bulut, bulut gölgeleri, bitki örtüsü, su ve kar gibi toplam 12 sınıftan (Bkz. Çizelge 2) oluşan bir sınıflandırma haritası üretebilmekte olup (Louis ve ark., 2016) bu çalışmada da 20 m mekânsal çözünürlükteki referans ikili kar haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Çizelge 2. Sen2Cor sınıfları.

Sınıf Kodu	Açıklama
0	Veri yok
1	Doymuş/Kötü
2	Karanlık alan
3	Bulut Gölgesi
4	Bitki örtüsü (vejetasyon)
5	Bitki örtüsü yok
6	Su
7	Sınıflandırılmamış
8	Bulut (orta olasılık)
9	Bulut (yüksek olasılık)
10	İnce sirüs
11	Kar

2.3. Referans Yer Verisi

H10 ürününün 2018-2019 Türkiye kar sezonu için doğrulama çalışmasında yer verisi olarak MGM tarafından işletilen 3 adet sinoptik, 4 adet SPA (Snow Pack Analyzer – Kar Kütle Analizörü) ve 94 adet AWOS (Automated Weather Observing System – Otomatik Hava Gözlem Sistemi) olmak üzere toplam 101 yer istasyonundan (Bkz. Şekil 3) Ekim 2018 ile Mayıs 2019 arasında elde edilen kar verisi kullanılmıştır. Bu istasyonlar tarafından sağlanan ham verilerin işlenmesi ve filtrelenmesi (çim nedeniyle olası yanlış kar tespitinin kaldırılması vs.) ile günlük KD değerleri elde edilmiştir.

**Şekil 3.** Çalışmada kullanılan KD verisinin alındığı yer istasyonlarının konumları

2.4. İkili Doğrulama Metrikleri

H10 ürününün Sentinel 2 görüntülerinden üretilen referans ikili kar haritaları ve yer istasyon verisinden elde edilen KD ölçümleri kullanılarak doğrulamasında Çizelge 3'te verilen hata matrisinden elde edilen ikili doğrulama metrikleri kullanılmıştır (Doswell III ve ark., 1990):

- Algılama olasılığı - Probability of detection (POD) = $A/(A+C)$
- Yanlış alarm oranı - False alarm ratio (FAR) = $B/(A+B)$
- Doğruluk - Accuracy (ACC) = $(A+D)/(A+B+C+D)$

Çizelge 3. İkili hata matrisi

		Referans Veri		
		Kar	Kar değil	
Uydu Görüntüsü	Kar	İsabet (A)	Hatalı Algılama (B)	İsabet + Hatalı Algılama
	Kar değil	İskalanan (C)	Doğru Negatifler (D)	İskalanan+ Doğru Negatifler
		İsabet + İskalanan	Hatalı Algılama + Doğru Negatifler	

3. H10 Kar Ürününün Referans veri setleri ile Doğrulaması

3.1. Sentinel 2 İkili Kar Haritaları ile Doğrulama

Tüm H10 görüntüleri, karşılık gelen Sentinel 2 karolarının projeksiyonu ile eşleşmesi için ortak bir UTM/WGS84 projeksiyonlu koordinat sistemine yeniden projeksiyonlandırılmıştır. Daha sonra, her bir H10 pikselinin içine düşen referans Sentinel 2 kar pikseli sayısının aritmetik ortalaması alınmış ve bu

değer %50'nin üzerinde ise ilgili H10 pikseli kar olarak etiketlenmiştir.

Analiz sırasında bulut eşik değeri %50 olarak alınmıştır, yani bir H10 pikselde referans Sentinel 2 görüntülerinden hesaplanan bulut örtüsü ve bulut gölgesi oranı %50'yi aşmış ise, ilgili H10 pikseli analiz dışında bırakılmıştır. Buna ek olarak, veri olmayan, karanlık alan ve doymuş/hatalı Sentinel 2 pikseli içeren H10 pikseller analizin dışında tutulmuştur. Sentinel 2 referans ikili kar haritaları kullanılarak elde edilen aylık bazdaki doğrulama sonuçları Çizelge 4'te verilmektedir.

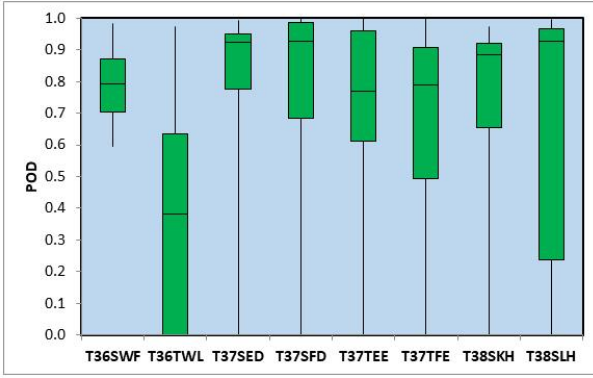
Çizelge 4. Sentinel 2 ile yapılan doğrulama sonuçları.

	Kasım 2018	Aralık 2018	Ocak 2019	Şubat 2019	Mart 2019	Nisan 2019	Toplam
POD	0,683	0,850	0,980	0,947	0,856	0,801	0,892
FAR	0,230	0,122	0,048	0,089	0,097	0,238	0,107
ACC	0,931	0,845	0,940	0,897	0,891	0,857	0,899

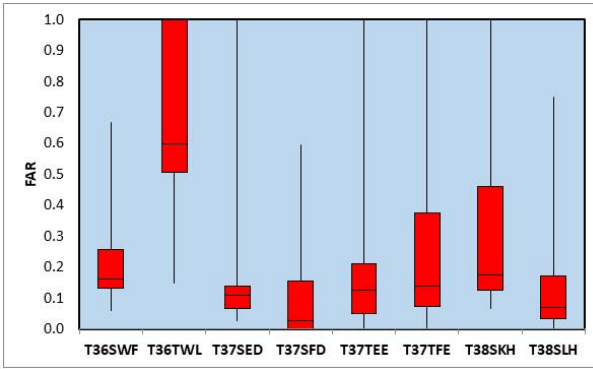
Doğrulamada kullanılan 8 Sentinel 2 karosu üzerinde elde edilen ortalama POD ve FAR metriklerine ait grafikler ise sırasıyla Şekil 4 ve 5'te gösterilmektedir. Sentinel 2 referans ikili kar haritaları ile yapılan doğrulama analizleri toplamda 31.910 H10 pikseli üzerinde yürütülmüştür.

Sentinel 2 referans ikili kar haritaları ile yapılan doğrulama sonuçlarına göre, elde edilen ortalama POD (~0,89) ve FAR (~0,11) değerleri H10 ürününün genel anlamda yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir. Kar sezonunun başlangıcı olan Kasım 2018 ayında diğer aylarla kıyaslandığında biraz daha düşük POD (~0,68) ve biraz daha yüksek FAR (~0,23) değerlerinin elde edildiği gözlemlenmekle birlikte, kar örtüsünün tam olarak

oluştugu Aralık, Ocak ve Şubat aylarında POD değerlerinde yükselme ve FAR değerlerinde azalma gözlemlenmektedir. Erime dönemi olan Mart ve Nisan aylarında ise kar kütesinin daha ıslak, yamalı ve sığ yapısından dolayı POD ve FAR değerlerinde sırası ile kademeli bir azalma ve artış izlenmektedir. 2018-2019 kar sezonu genelinde bakıldığında, H10 ürününün genel doğruluk oranı (ACC) ortalama ~0,90 ile oldukça yüksektir.



Şekil 4. Sentinel 2 karo bazında H10 POD değerleri.



Şekil 5. Sentinel 2 karo bazında H10 FAR değerleri.

Doğrulama çalışmasında kullanılan Sentinel 2 karoları bazında elde edilen sezonluk ortalama POD ve FAR grafiklerine bakıldığında ise T36TWL karosu

dışında kalan karolarda yüksek POD ve düşük FAR değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Ormanlık alanlarda uzaktan algılama yoluyla elde edilen optik görüntülerle kar örtüsünün haritalandırılmasında tepe kapalılığının sensöre giden yol boyunca elektromanyetik sinyali kısmen gizlemesi ve gözlemlenen yansımayı değiştirmesinden dolayı doğruluğun azaldığı bilinmektedir (Metsämäki ve ark., 2002; Metsämäki ve ark., 2005; Vikhamar ve Solberg, 2003). T36TWL karosu büyük ölçüde Ilgaz Dağları bölgesindeki ormanlık alanı kapsamakta olup bu karo özelinde elde edilen düşük POD ve yüksek FAR değerlerinin ormanlık yapı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Dikkate alınması gereken bir konu da, yoğun bulutluluk ve özellikle yamalı kar örtüsü unsurlarından dolayı Sentinel 2 verisinden elde edilen kar haritalamasının doğruluğunun azalabileceğidir (Piazzini ve ark., 2019).

3.1. Yer Verisi ile Doğrulama

H10 ürününün yer verisi ile doğrulamasında Ekim 2018 ile Mayıs 2019 arasında elde edilen toplam 6.430 KD ölçümü kullanılmış olup WMO-No.8 (2008)'da belirtildiği üzere 5 cm'lik KD eşiği aşıldığında kar varlığı tespit edilmiş olarak kabul edilmiştir. Yer verisi ile yapılan doğrulama analizleri neticesinde elde edilen POD, FAR ve ACC metrikleri Çizelge 5'te sunulmaktadır.

Çizelge 5. Yer verisi ile yapılan doğrulama sonuçları.

	Ekim 2018	Kasım 2018	Aralık 2018	Ocak 2019	Şubat 2019	Mart 2019	Nisan 2019	Mayıs 2019	Toplam
POD	0,05	0,36	0,64	0,87	0,75	0,54	0,37	0,06	0,60
FAR	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
ACC	0,30	0,48	0,64	0,87	0,75	0,54	0,36	0,06	0,61

Yer verisi ile yapılan doğrulama sonuçlarına göre H10 ürününün tam kar örtüsünün oluştuğu Aralık, Ocak ve Şubat aylarındaki ortalama POD ve ACC değerleri 0,75 olup aynı aylar için Sentinel 2'den elde edilen POD (~0,93) ve ACC (~0,89) değerlerinden daha düşüktür. Kar örtüsünün erime dönemi olan Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ise POD ve ACC değerlerinin kademeli olarak düştüğü gözlemlenmektedir. Yer verisinden elde edilen FAR değerlerinin tüm kar sezonu için ortalamasının 0,00 olduğu görülmektedir.

Yer tabanlı otomatik ölçümler, sürekli ve doğrudan gözlemsel veriler yoluyla kar örtüsünün zamansal değişimi hakkında bilgi sağlamakla birlikte, yersel gözlemler ile elde edilen kar verisi ölçümün yapıldığı istasyonun bulunduğu yerdeki lokal şartlara bağlıdır (rüzgar, bitki örtüsü etkileşimi vb.) ve genellikle bozulmalara açıktır. Ayrıca, ölçüm ağına göre hem iklim hem de arazinin

heterojenliği nedeniyle kar kütesinin mekânsal değişkenliğini yeterli ölçüde yakalamayı başaramazlar (López-Moreno ve ark., 2013). Bununla birlikte, yerinde ölçümlerin büyük mekânsal ölçekte toplanmasında, özellikle sert çevre koşullarının genellikle yüksek bir işletme maliyeti gerektirdiği dik yamaçlar ve uzak yüksek rakımlı alanlarda yeterli mekânsal yoğunlukta ölçüm yapacak cihaz eksikliği problemi ile karşılaşmakta olduğu da unutulmamalıdır (Viviroli ve ark., 2011).

4. Sonuçlar

Karın çoğu kara yüzeyine göre yüksek albedosu ve karla kaplı yüzeylere kıyasla çoğu bulutun daha yüksek yakın kızılötesi yansıması nedeniyle, kar örtüsünün tespiti uydu tabanlı optik gözlemlerle nispeten basittir (Frei ve ark., 2012). Uzaktan algılama ile orta ve düşük mekânsal çözünürlükte kar

örtüsünün algılanması için algoritma geliştirilmesi ve bu algoritmaların güncellenerek iyileştirilmesine yönelik yürütülen çalışmalarda daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin referans veri olarak kullanılması oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir (Hall ve ark., 1998; Hall ve ark., 1995; Kuter, 2021; Kuter ve ark., 2018; Salomonson ve Appel, 2004; Sürer ve Akyürek, 2012). Bu çalışmada H10 ürününün doğrulamasında referans veri olarak kullanılan Sen2Cor modülü ile Sentinel 2 görüntülerinden üretilen 20 m çözünürlükteki ikili kar haritalarının yer verisinden elde edilen KD ölçümleri ile karşılaştırıldığında yüksek doğruluğa sahip olduğu ve orta/düşük çözünürlüklü uydu kar ürünlerinin doğrulama çalışmalarında referans veri olarak kullanılabilceği daha önce yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Piazzi ve ark., 2019; Tuttu ve Kuter, 2020).

Uydu tabanlı veriler karla ilgili dolaylı ölçümler sağladığından uzaktan algılama yoluyla elde edilen kar ürünlerinin doğruluklarının nicel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, uydu kar ürünlerinin kapsamlı bir şekilde doğrulanarak güvenilirliklerinin analiz edilmesi, olası hataların

Kaynaklar

Akyurek, Z., Arslan, A.N., Bolat, K., Gabellani, S., Puca, S., Simsek, B., Kuter, S., Takala, M. ve Toniazzo, A., 2020. EUMETSAT HSAF Snow Cover Products: 10 Years On. *9th EARSeL workshop on Land Ice and Snow (3 - 5 February 2020)*, Bern, Switzerland, syf.

Barnett, T.P., Adam, J.C. ve Lettenmaier, D.P., 2005. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 438(7066): 303-309.

Bormann, K.J., Brown, R.D., Derksen, C. ve Painter, T.H., 2018. Estimating snow-cover trends from space. *Nature Climate Change*, 8(11): 924-928.

Doswell III, C.A., Davies-Jones, R. ve Keller, D.L., 1990. On summary measures of skill in rare event forecasting based on contingency tables. *Weather and Forecasting*, 5(4): 576-585.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F. ve Bargellini, P., 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*, 120: 25-36.

EUMETSAT, 2018. Product User Manual (PUM) for product H10 –SN-OBS-1. *EUMETSAT Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management*.

Frei, A., Tedesco, M., Lee, S., Foster, J., Hall, D.K., Kelly, R. ve Robinson, D.A., 2012. A review of global satellite-derived snow products. *Advances in Space Research*, 50(8): 1007-1029.

Hall, D., Foster, J., Verbyla, D., Klein, A. ve Benson, C., 1998. Assessment of snow-cover mapping accuracy in

belirlenmesi ve kullanılan algoritmaların iyileştirilmesine yönelik yürütülen çalışmalara girdi verisi sağlaması açısından oldukça önemlidir. Uzaktan algılama ile elde edilen verilerin kalitesine ilişkin bilgilerin mevcudiyeti, nihai amaca göre etkin bir şekilde kullanılacak en uygun veri setinin seçiminde de anahtar kriterlerden biri olarak oldukça yüksek öneme sahiptir.

Bu çalışmada 2018-2019 Türkiye kar sezonu ölçeğinde doğrulaması yapılan H-SAF H10 kar algılama ürününün, özellikle kar örtüsünün yoğun olduğu kış aylarında gerek Sentinel 2 görüntülerinden gerekse yersel gözlemlerden elde edilen referans veri ile yüksek uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar yüksek mekânsal kapsama alanına sahip ve ücretsiz olarak sunulan günlük H10 kar ürününün hidrolojik ve iklimsel araştırmalar için etkili bir şekilde kullanılmasını teşvik etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

a variety of vegetation-cover densities in central Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 66(2): 129-137.

Hall, D.K., Riggs, G.A. ve Salomonson, V.V., 1995. Development of Methods for Mapping Global Snow Cover Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 54: 127-140.

Hüsler, F., Jonas, T., Wunderle, S. ve Albrecht, S., 2012. Validation of a modified snow cover retrieval algorithm from historical 1-km AVHRR data over the European Alps. *Remote Sensing of Environment*, 121: 497-515.

Kuter, S., 2021. Completing the machine learning saga in fractional snow cover estimation from MODIS Terra reflectance data: Random forests versus support vector regression. *Remote Sensing of Environment*, 255: 112294.

Kuter, S., Akyurek, Z. ve Weber, G.W., 2018. Retrieval of fractional snow covered area from MODIS data by multivariate adaptive regression splines. *Remote Sensing of Environment*, 205: 236-252.

López-Moreno, J.I., Fassnacht, S.R., Heath, J.T., Musselman, K.N., Revuelto, J., Latron, J., Morán-Tejeda, E. ve Jonas, T., 2013. Small scale spatial variability of snow density and depth over complex alpine terrain: Implications for estimating snow water equivalent. *Advances in Water Resources*, 55: 40-52.

Louis, J., Debaecker, V., Pflug, B., Main-Korn, M., Bieniarz, J., Mueller-Wilm, U., Cadau, E. ve Gascon, F., 2016. Sentinel-2 Sen2Cor: L2A Processor for Users. *Living Planet Symposium*, Prague, Czech Republic, syf.

Metsämäki, S., Vepsäläinen, J., Pulliainen, J. ve Sucksdorff, Y., 2002. Improved linear interpolation method for the estimation of snow-covered area from optical data. *Remote Sensing of Environment*, 82(1): 64-78.

- Metsämäki, S.J., Anttila, S.T., Markus, H.J. ve Vepsäläinen, J.M., 2005. A feasible method for fractional snow cover mapping in boreal zone based on a reflectance model. *Remote Sensing of Environment*, 95(1): 77-95.
- Mueller-Wilm, U., 2019. Sen2Cor Configuration and User Manual - v2.8. <http://step.esa.int/thirdparties/sen2cor/2.8.0/docs/S2-PDGS-MPC-L2A-SUM-V2.8.pdf>. [Erişim tarihi: 22 Feb 2019].
- Piazzì, G., Tanis, C.M., Kuter, S., Simsek, B., Puca, S., Toniazzo, A., Takala, M., Akyürek, Z., Gabellani, S. ve Arslan, A.N., 2019. Cross-Country Assessment of H-SAF Snow Products by Sentinel-2 Imagery Validated against In-Situ Observations and Webcam Photography. *Geosciences*, 9(3): 129.
- Pulliainen, J., Luojus, K., Derksen, C., Mudryk, L., Lemmetyinen, J., Salminen, M., Ikonen, J., Takala, M., Cohen, J., Smolander, T. ve Norberg, J., 2020. Patterns and trends of Northern Hemisphere snow mass from 1980 to 2018. *Nature*, 581(7808): 294-298.
- Salomonson, V.V. ve Appel, I., 2004. Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index. *Remote Sensing of Environment*, 89: 351-360.
- Sturm, M., Goldstein, M.A. ve Parr, C., 2017. Water and life from snow: A trillion dollar science question. *Water Resources Research*, 53(5): 3534-3544.
- Sürer, S. ve Akyürek, Z., 2012. Evaluating the utility of the EUMETSAT HSAF snow recognition product over mountainous areas of eastern Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 57(8): 1684-1694.
- Tuttu, U. ve Kuter, S., 2020. 2017-2018 Türkiye Kar Sezonu İçin MODIS Etkili Kar Örtüsü Ürününün Sentinel 2 Görüntüleriyle Doğrulaması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2): 556-570.
- Vikhamar, D. ve Solberg, R., 2003. Snow-cover mapping in forests by constrained linear spectral unmixing of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 88(3): 309-323.
- Viviroli, D., Archer, D.R., Buytaert, W., Fowler, H.J., Greenwood, G.B., Hamlet, A.F., Huang, Y., Koboltschnig, G., Litaor, M.I., López-Moreno, J.I., Lorentz, S., Schädler, B., Schreier, H., Schwaiger, K., Vuille, M. ve Woods, R., 2011. Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and policy. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(2): 471-504.
- Wang, Y., Huang, X., Liang, H., Sun, Y., Feng, Q. ve Liang, T., 2018. Tracking Snow Variations in the Northern Hemisphere Using Multi-Source Remote Sensing Data (2000–2015). 10(1): 136.
- WMO-No.8, 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_8_en-2012.pdf [Erişim tarihi: 22 Feb 2019].