

Kış Rekreasyon Alanlarında Kar Derinliğinin RADAR Görüntüleri ile İncelenmesi: Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi Örneği*

Okan YELER, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, okanyeler@yyu.edu.tr, Van, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0405-4829

Emel AYDIN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, ronyaemel@gmail.com, Van, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5262-6975

Öz

Meteoroloji istasyonlarından temin edilen iklim parametreleri verileri ve birçok meslek disiplini için güvenilir olan RADAR sistemleri, kış rekreasyon alanlarında kar kalınlığı tespiti ve değişim takibi yapmaya yarayan araçların başında gelmektedir. Yapılan çalışmada Hakkâri ili sınırları içerisinde yer alan, kış sporları tesisi olarak kurulan Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Merkezin 2021-2022 kış sezonu (aralık, ocak, şubat) kar derinliği, SAR tabanlı RADAR verilerinden olan, C band destekli Sentinel-1A görüntü setiyle ölçülerek doğruluğunun test edilmesi amaçlanmıştır. İnterferometri yöntemiyle analiz edilen görüntü sonuçları ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen kar kalınlığı verileri karşılaştırılarak korelasyon değerine ulaşılmış ve C band destekli Sentinel-1A görüntülerinin doğruluk testi yapılmıştır. 0,72 korelasyon değeri ile sonuç orta kuvvetli olarak tespit edilmiş ve tutarlı olduğu gözlenmiştir. Konu ile ilgili yapılacak çalışmalarda daha uzun periyotlarla bakılabilecek veri setleri ile karın derinliği test edilebilecek, tesisleşme ve diğer yatırımlar için yer gerçeği verilerine ihtiyaç duyulmaksızın uzaktan algılama yöntemleriyle bilgi edinilebilmesi sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: InSAR, interferometri, kış rekreasyonu, RADAR, Sentinel-1A

Investigation of Snow Depth in Winter Recreation Areas with RADAR Images: The Case of Hakkâri Merga Bûtan Ski Center

Abstract

RADAR systems, which are a reliable base for many occupational disciplines and climatic parameters data obtained from meteorological stations, are among the tools for detecting snow thickness and tracking the changes in winter recreation areas. Hakkâri Merga Bûtan Ski Center, which was established as a winter sports facility, was selected as the study area. It was aimed to measure the snow depth of the center in the 2021-2022 winter season (December, January, February) with the C band supported Sentinel-1A image set, which is one of the SAR-based RADAR data, and to test its accuracy. The correlation value was obtained by comparing the image results analyzed by the interferometry method with the snow thickness data obtained from the General Directorate of Meteorology, and the accuracy of the C band supported Sentinel-1A images was tested. The result was found to be moderately strong with a correlation value of 0.72 and it was observed to be consistent. In the relevant studies, the snow depth can be tested with long-term data sets, and information other investments without the need for ground truth data.

Keywords: InSAR, interferometry, winter recreation, RADAR, Sentinel-1A

*Bu çalışma, TR Dizin etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

Extended Summary

Ski centers, which are one of the winter tourism and recreation areas and whose users are increasing day by day, are one of the important study areas in the literature. There are many studies on these areas, however, the subjects of the studies are generally discussed by associating with the subjects such as tourism, user behaviors, health, and disaster. Studies on the snow thickness of winter recreation areas are relatively more limited. The efficient service of ski centers is directly related to factors such as the altitude and aspect of the place, snow conditions, and the length of the season. Moreover, global climate change also negatively affects winter recreation areas. With the increasing temperature and falling precipitation over time, winter recreation areas receive less snow and cannot function. The presence, thickness and permanence of snow in winter recreation areas are desirable features in terms of not damaging the equipment, the floor and the user in winter sports. Therefore, the areas of ski centers are concentrated in areas with high altitudes, and ski centers located at low altitudes are out of use due to insufficient snow conditions. Mountainous regions with suitable latitude, continentality and altitude appear as suitable areas for winter recreation due to their low temperature and humidity. Ski centers are areas that can maintain their continuity depending on the presence of snow. Here, studies on the presence of snow will make significant contributions to the literature. The amount of snow received by winter recreation areas such as ski centers is generally determined by terrestrial measurements/meteorological stations. Furthermore, there are methods such as determining the snow mass volume stored around the station using the GPS interferometric reflectometer (GPS-IR) method from the data, and obtaining images with low error with the help of data sets with satellite data properties such as Sentinel-1A within the scope of RADAR images.

Turkey has very suitable areas for winter tourism and recreation due to its geographical features, and the Eastern Anatolia Region is the most advantageous region of the country in terms of winter tourism due to its surface shapes and climatic conditions. In the region, Hakkari is one of the cities that stand out with its high-altitude mountains, rugged geographical structure and climatic conditions suitable for winter tourism. Hakkari province, where the average altitude is above 2000 meters and there are many peaks above 3000 meters, is one of the provinces in the first place in Turkey in terms of the number of days with snowfall and snow cover. Hakkari was selected as the study area because of these features, having an active ski center established as a winter sports facility and a meteorological station that makes terrestrial measurements in the ski center. In this context, Hakkari Merga Bûtan Ski Center, which provides active service in the province and whose snow thickness reaches 4 meters, was discussed. The ski center, that is located 12 km from the settlement and at an altitude of 2800 meters, is one of the facilities with the longest ski season in Turkey. This facility has the potential to serve from autumn to spring due to the snowfall it receives and the thickness of the snow on the ground. In the center, there is a chair lift with a length of 1165 meters with 4 seats and a chairlift with a length of 680 meters. With the new investments, the track length has been increased to 3 thousand 500 meters with a 4-chair lift. Remote sensing SAR-based RADAR satellite data, a reliable base in many areas, were used in analyzing the snow thickness Hakkari Merga Bûtan Ski Center, which was selected as the study area. This method, which is used to measure snow thickness and change, was preferred to enable access to information in a short time, reliably and economically, and to show that it can be used instead of terrestrial measurements. In the study, snow height data obtained from the General Directorate of Meteorology and SAR-based RADAR data were used to cover the borders of Merga Bûtan Ski Center, which is located within the borders of Hakkari province and was established as a winter sports facility. Interferometry analysis of SAR-based RADAR data was performed in the SNAP program environment by using the C band supported Sentinel-1A image set. As a result of the analysis of SAR-based RADAR data, which consists of images taken at 12-day intervals, in the SNAP environment, the mean values of snow change were obtained. The snow height data obtained from the General Directorate of Meteorology were addressed at 12-day intervals to correspond to the RADAR data, and the snow change values were also obtained for the snow height data obtained from the station. When the results of the analysis were examined, the correlation value between the data sets was found to be moderately strong by 0.72. While consistency values of between 0.5-1 are acceptable in

interferometry analyses, the values below these values and close to 0 are known as inappropriate values. The resulting correlation value showed that there was a consistent conclusion relationship between RADAR interferometry and meteorology data. This result is also compatible with the snow thickness value of Hakkari Merga Bûtan Ski Center for January 2022, which is included in the literature. In this study, in which remote sensing and GIS methods were applied in temporal and spatial estimations of snow thickness and RADAR datasets were used together with these methods, it was determined that snow was deposited easily at the desired level in the ski center. Based on the analyses and comparisons, it was observed that this value could increase even more and effective results could be obtained with temporally longer-term and sensitive studies to be conducted by this method. As a result of the study, the importance of the snow factor in determining winter recreation area and detecting this factor was emphasized once again. In the relevant studies, the snow depth can be tested with the data sets to be analyzed in the longer term, especially with temporal periods, and as a result of these tests, the effect of the snow factor in the region will be revealed more clearly. it will be possible to obtain information by remote sensing methods without the need for ground truth data for installation and other investments. This study shows a distinctive feature in terms of revealing it. It will be possible to reveal encouraging results for long-term sustainable investments in future studies in which this method will be used.

1. Giriş

Önemli miktarda kar varlığına ve tesislere sahip dağlık alanlarda gerçekleştirilen kış sporları bugün dünyada önemli bir turizm alanı haline gelmiştir (Vanat, 2019; Aydın & Alaaddinoğlu, 2020). Kış rekreasyonu için önemli bir yere sahip olan kayak merkezleri birçok spor faaliyetinin gerçekleştiği alanlardır. Günümüzde önemli yatırımlara konu olan kayak merkezleri, sahip olduğu fiziki özellikler açısından yer seçimi özenle yapılması gereken alanlardır. Kayak merkezlerinde spor faaliyetlerinin verimliliği için lokasyonun iyi seçilmesi ve alanın doğal özelliklerinin iyi irdelenmesi gerekmektedir. Kış sporlarında verimliliği belirleyen başlıca unsur yeterli kar yağışının gerçekleşmesi ve karın zeminde yeterli kalınlığa ulaşabilmesidir. Kış turizminin finansal olarak uygulanabilirliği ve bunun sürdürülebilirliği, yeterli kar koşullarına bağlıdır (Elsasser & Burki, 2002; Aydın & Alaaddinoğlu 2020). İklim değişikliğine bağlı olarak yağış ve sıcaklık gibi iklim parametrelerinde değişimler meydana gelmekte ve bu durum kış sporları için önemli merkezler olan kayak tesislerini olumsuz etkilemektedir. Yüksek sıcaklık ve düşük yağışlar kar örtüsü ve kalınlığını azaltmaktadır. İklim kapsamında yapılan araştırmalar, kar yağışlı kışların sayısında azalma olacağını göstermekte ve kar koşullarının yeterli olmadığı durumlar karşısında kış rekreasyon alanları hassas olduğundan kullanılamaz duruma gelebilmektedir (Elsasser & Burki, 2002). Kar kalınlığının 30 cm'nin altına düşmesi durumunda hem kayak ekipmanları hem de zemin zarar göreceğinden, kayak merkezlerinin işlevini yerine getirememesi muhtemel bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır (Zeydan & Sevim, 2008; Aydın & Alaaddinoğlu, 2020). Bununla birlikte kış sporlarının kar örtüsü ve kalınlığı açısından güvenilir olan yüksek rakımlı alanlarda yoğunlaşması, düşük rakımlı kayak merkezlerinin kar olmaması nedeniyle kullanım dışı kalması muhtemel olacaktır (Yorulmaz, 2019). Kış rekreasyon alanlarında uzun süreli kar yağışlarının olması ve yağın uzun süre yerde kalması istenen bir durumdur. Bu anlamda enlemi, karasallık durumu ve yükseltisi uygun dağlık bölgeler düşük sıcaklık ve neme sahip olması sebebiyle kış rekreasyonu için uygun alanlardır (Demiroğlu, 2014; Aydın & Alaaddinoğlu, 2020).

Kar kalınlığında meydana gelen değişimlerin takibi, arazi kullanım kararlarının alınmasında, iklim projeksiyonlarının oluşturulmasında ve su yönetiminde, kuraklık ve sel baskınlarının tahmininde ve buna benzer birçok alanda azaltıcı/önleyici tedbirlerin alınmasında önemli bir yere sahiptir (Larson & Nievinski, 2013). Gelişen teknoloji ile birlikte bu amaçla kullanılan birçok yöntemin varlığından söz edilebilir. Yer-bazlı geleneksel yöntemler, verilerden GPS enterferometrik reflektometre (GPS-IR) yöntemi kullanılarak istasyon civarında depolanan kar kütle hacminin belirlenmesi, RADAR görüntüleri kapsamında Sentinel-1A gibi uydu verileri özelliklerindeki veri setleri yardımı ile gönderilen sinyallerin yansımaları sonucu depo edilen ve hassas, daha az sorunlu ve milimetrik bazda görüntü elde edilen uzaktan algılama destekli yöntemler bunların başlıcalarıdır. Birçok meslek disiplini için güvenilir bir altlık olması nedeniyle uzaktan algılama, vazgeçilmez bir kaynak olmuştur. Uzaktan algılanmış uydu verileri yardımıyla bilgiye çok kısa sürede, güvenilir ve ekonomik bir şekilde ulaşılabilir. Bunun sonucunda yapılacak çalışmalar ve alınacak önlemler kısa sürede planlanabilmektedir. Büyük doğa olaylarının uzaktan algılama yöntemleriyle izlenmesi, verdiği veya verebileceği zararların tekrarlanmaması ve minimum zararla son bulması açısından önemlidir (Tunay & Ateşoğlu, 2008). Buna ek olarak uzaktan algılama RADAR sistemleri kış rekreasyonu için önemli bir yere sahip kayak merkezlerinde kar kalınlığının tespitinde de kullanılmaktadır (Güher vd., 2022).

Kış rekreasyonu için önemli merkezlere sahip olan Türkiye'de yüksekliği 1000 metrenin üzerinde 435 dağ bulunmakta ve bu durum ülkeyi kış rekreasyonu için cazip kılmaktadır. Ortalama rakımının 2000 metrenin üzerinde olması ve Türkiye'deki en yüksek bölge olması sebebiyle Doğu Anadolu Bölgesi kış rekreasyonu konusunda ön plana çıkmaktadır (Kumartaşlı vd., 2021). Doğu Anadolu Bölgesinin en engebeli ve yüksek şehirlerinden olan ve Toros Dağlarının en heybetli bölümü oluşturan Hakkâri ilinde rakım 1500 ile 2000 metrede yoğunlaşırken, ilde 3000 metrenin üzerinde 30'dan fazla zirve bulunmaktadır (Anonim, 2022a). Hakkâri ilinin yüksek kesimlerinde iklim, Doğu Anadolu Bölgesinin genelinde hâkim olan karasal iklim şeklinde görülürken, vadi tabanlarında Akdeniz iklimi görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık (9,4 derece) ve yağış ortalaması (791,7 mm) bölgedeki birçok il merkezinden daha yüksek olan

2.2. Veri Seti

Çalışma kapsamında 2 ayrı veri seti kullanılmıştır. Bunlar; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen kar yüksekliği verileri ve SAR tabanlı RADAR verileridir. Çalışmada kullanılan tüm veri setleri, Hakkâri ili sınırları içerisinde yer alan ve kış sporları tesisi olarak kurulan Merga Bûtan Kayak Merkezi'nin sınırlarını kapsayacak biçimde temin edilmiştir.

2.2.1. Kar Yüksekliği Verisi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait, 20513 numaralı Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi istasyonundan, 2021-2022 kış sezonuna ait (aralık, ocak, şubat ayları) aylık ve günlük ortalama kar yüksekliği verileri ile aylık maksimum kar yüksekliği verileri temin edilmiştir (Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3). Kayak merkezinde yersel ölçüm yapan bir meteoroloji istasyonunun bulunması sağlıklı veri temini açısından çalışma için ön açıcı olmuştur.

Tablo 1. Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi Aylık Ortalama Kar Yüksekliği (Anonim, 2022c)

Yıl	Ay	Değer	Birim
2021	Aralık	40.2	cm
2022	Ocak	112.1	cm
2022	Şubat	113	cm

Tablo 2. Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi Aylık Maksimum Kar Yüksekliği (Anonim, 2022c)

Yıl	Ay	Değer	Birim
2021	Aralık	91	cm
2022	Ocak	159	cm
2022	Şubat	136	cm

Tablo 3. Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi Günlük Kar Yüksekliği (Anonim, 2022c)

Gün/ay/yıl	Değer	Birim
08.12.2021	cm	08.12.2021
20.12.2021	cm	20.12.2021
13.01.2022	cm	13.01.2022
25.01.2022	cm	25.01.2022
6.02.2022	cm	6.02.2022
18.02.2022	cm	18.02.2022

2.2.2. SAR tabanlı RADAR verileri

SAR görüntü yardımıyla uzaktan algılanmış uydu verilerinin kullanılmasında planlanan veriler ve bu kapsamda kullanılacak programlar ile ilgili detaylı araştırmalar gerçekleştirilerek (Coltelli, 1996; Wynne & O'Connor, 1998; Campbell, 2002; Rabus vd., 2003; Painter & Dozier, 2004; Rignot vd., 2008; Joughin vd., 2010; Lievens vd., 2019) kış rekreasyonu amaçlı kullanılan alanda en önemli faktör olan kar faktörüne yönelik kalınlık ölçümü için C band destekli Sentinel 1A veri setinin kullanılmasının gerektiği belirlenmiştir. Güncel etkinlik gösteren SAR verileri hakkında genel bilgiler Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Güncel Etkinlik Gösteren SAR Sistemlerinin Özellikleri (Lievens ve ark., 2015)

Fırlatma yılı	Uydu	Ülke	RADAR Bandı	Pol. Modu	Bakış Açısı	Çözünürlük, m
2014	Sentinel- 1A	ESA	C	Çift	20-47°	5-40
2016	Sentinel- 1B	ESA	C	Çift	20-47°	5-40

Sentinel-1A veri seti; ESA (European Space Agency) tarafından sunulan C-band (5.405 GHz) görüntüleme özelliğine sahip, 5 metre çözünürlük ve 80 km Strip-map modu ve 250 km'lik bir tarama genişliğine sahip interferometrik veri özelliğinde iki uygunun birlikte çalışması ile tek geçişli bir interferometrik mod sunmaktadır. Zamansal olarak 6'şar gün aralıklarla hizmet vermektedir (Yeler, 2021).

Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi çalışmasının veri setini oluşturan, SAR tabanlı RADAR verileri, 2021 yılı Aralık, 2022 yılı Ocak ve Şubat aylarını kapsayacak şekilde, 2021-2022 kış aylarına ait aynı track değerlerinde, 12'şer gün aralıklar ile alınan görüntülerden oluşmuştur. Polarizasyon, ürün tipi, sensör modu ve track değerlerinin aynı olmasına dikkat edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Çalışmada Kullanılan SAR Veri Seti Özellikleri

Görüntü Tarihi	Uydu Platformu	Ürün Tipi	Polarizasyon	Sensör Modu
08.12.2021	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
20.12.2021	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
13.01.2022	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
25.01.2022	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
06.02.2022	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
18.02.2022	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW

2.3. Yöntem

Çalışma kapsamında, amaca uygun olarak kış rekreasyon alanlarında kayak merkezlerinin en önemli kriterlerinden olan kar faktörünün kalınlığına bakabilmek ve bölgede kış aylarındaki değişimini inceleyebilmek adına hassas ölçüm sağlayabilen, teknolojinin gelişmesi ile yenilenen uydu platformlarının hizmete sunduğu veri setleri desteği ile hata payının az ve tutarlılık oranlarının yüksek sonuçlar verdiği interferometri yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem uygulanırken ESA'nın açık erişim sunan uydu platformlarından veri setleri indirilmiştir. Çalışmanın devamında ESA tarafından hizmete sunulan ve interferometri gibi SAR tabanlı işlem ve analiz desteği veren SNAP programı kullanılmıştır.

İnterferometri analizleri birkaç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar; veri seti temini ve hazırlanması, interferogram grafiği oluşumu, alan belirleme, arka plan yükseklik modeli seçimi, tek veri haline getirme, filtreleme, faz açma, geometrik düzeltme, konumlandırma, tutarlılık kontrolü ve sonuç verilerinin elde edilmesi aşamalarını kapsamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. İnterferometri Akış Şeması

2021-2022 kış aylarına ait aynı track değerlerinde, 12'şer gün aralıklarla alınan görüntülerden oluşan, SAR tabanlı RADAR verilerinin SNAP ortamında analiz edilmesi sonucunda RADAR interferometri ortalama kar değişim değerlerine ulaşılmıştır. Bunun devamında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen kar yüksekliği verisi RADAR verileri ile aynı günlere denk gelecek şekilde, 12'şer gün aralıklarla ele alınmış ve ilgili tarihler için kar değişim değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda veri setleri arasındaki tutarlılık (coherence) değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, RADAR interferometri ve meteoroloji verileri arasında tutarlı bir sonuç ilişkisi olup olmadığı değerlendirilmiştir.



Şekil 3. İnterferometri Analiz Alanı

3. Bulgular

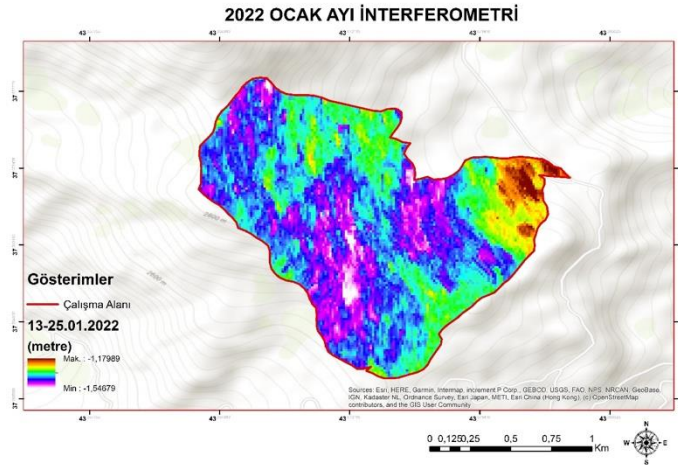
Çalışma, 2021 yılı aralık ayı, 2022 yılı ocak ve şubat aylarını kapsayacak şekilde 2021-2022 kış sezonuna ait, 12'şer gün aralıkla edinilen RADAR veri setleri ve kar yüksekliği verileri analiz edilmiş ve değişim değerleri aşağıdaki tablolarda (Tablo 6, Tablo 7) gösterilmiştir. Analiz sonuçları ve tutarlılık (coherence) değerleri aylık şekilde değerlendirilmiştir.

Tablo 6. RADAR İnterferometri Ortalama Kar Değişim Değerleri

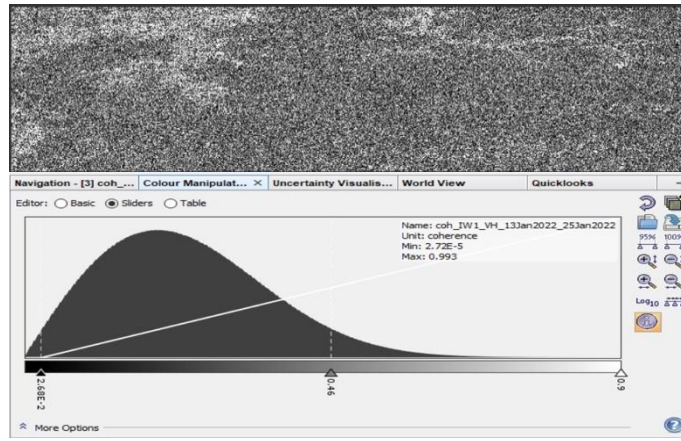
Gün/ay/yıl	Ortalama değişim (cm)
08.12.2021	19,919
20.12.2021	
13.01.2022	36,690
25.01.2022	
06.02.2022	32,111
18.02.2022	

Yeler, O. & Aydın, E. (2023). Kış Rekreasyon Alanlarında Kar Derinliğinin RADAR Görüntüleri ile İncelenmesi: Hakkâri Merga Bütan Kayak Merkezi Örneği. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*, 6 (1): 17-29

verileri ortalama kar değişimi ise 32 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 7). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,993'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 7).



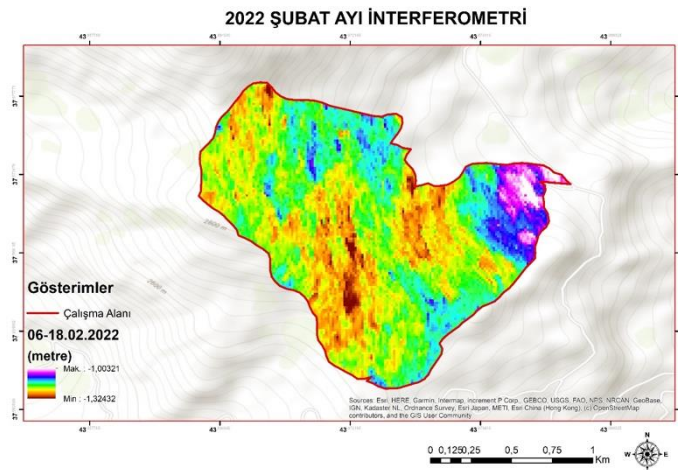
Şekil 6. İnterferometri Analiz Sonuçları (Ocak 2022)



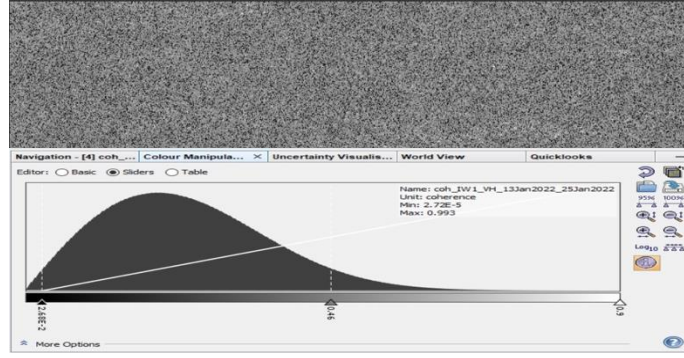
Şekil 7. İnterferometri Tutarlılık (Coherence) Değerleri (Ocak 2022)

3.3. Şubat Ayı İnterferometri İşlemi

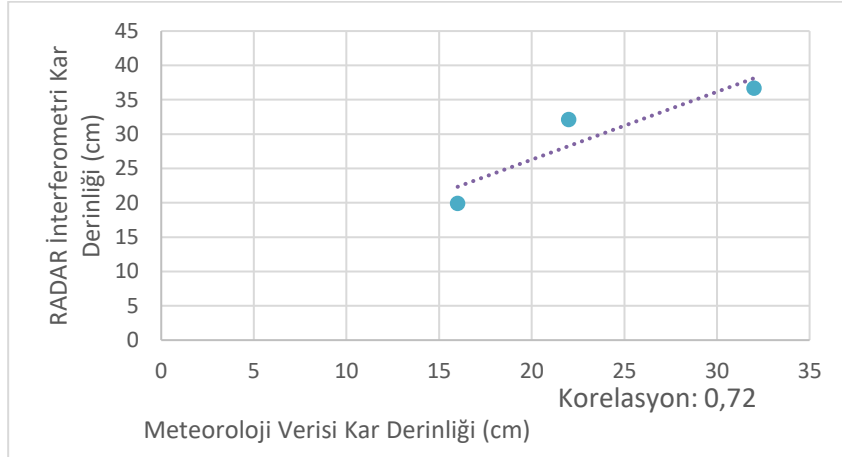
2022 yılı 06 ve 18 Şubat tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi kar kalınlığı değişimi 32,111 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 8, Tablo 6). Meteoroloji verileri ortalama kar değişimi ise 22 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 7). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,993'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. İnterferometri Analiz Sonuçları (Şubat 2022)



Şekil 9. İnterferometri Tutarlılık (Coherence) Değerleri (Şubat 2022)



Şekil 10. 2021 yılı Aralık, 2022 Ocak ve Şubat ayları karşılaştırması

Analiz sonuçları incelendiğinde veri setleri arasındaki korelasyon değeri 0,72 ile orta kuvvetli olarak belirlenmiştir. Tutarlılık değerlerinin interferometri analizlerinde 0.5-1 arasında olması kabul edilebilir bir değer olurken, bu değerlerin altında ve 0'a yakın olması uygun olmayan değerler olarak bilinmektedir. Çıkan korelasyon değeri RADAR interferometri ve meteoroloji verileri arasında tutarlı bir sonuç ilişkisi olduğunu göstermektedir (Şekil 10).

Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi'nin 2022 yılı 13 Ocak ve 25 Ocak tarihlerine ait meteoroloji verilerine göre; kar yüksekliğinin 110 – 142 cm, değişimin 32 cm olduğu gözlenmiştir. RADAR interferometri değişimlerinde bu değerler arasında 36 cm bir değişim farkı olduğu gözlenmiştir. Türkiye'deki kayak merkezlerinin ortalama kar kalınlıkları listesinde (Anonim, 2022c) dördüncü sırada yer alan Hakkâri Merga Bûtan Kayak Merkezi'nin ocak ayı kar kalınlığı 136 cm olarak belirlenmiştir. İki ayrı kar yüksekliği değeri ile yaklaşık bir değere sahip olan RADAR interferometri sonuçlarının yüksek doğruluğa sahip olduğu belirlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Sporun ve rekreasyonel faaliyetlerin tüm mevsimlere yayılması ve alternatif/farklı aktivitelerin desteklenebilmesi adına kış rekreasyon alanlarına yönelik tesisleşme alt yapıları ve yatırımlar giderek artmaktadır. Kar faktörü de bu aktivitelerin en önemli dinamiklerinden biridir. Bu sebepten ötürü tesisleşmenin olacağı bölgede potansiyel rekreasyonel alanların belirlenebilmesi ve sürdürülebilir yatırımların gerçekleşebilmesi için kar kalınlığı başta olmak üzere diğer tüm faktörlerin de birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada yapılan çalışma konu ile ilgili önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak; rekreasyon sahalarının planlama ve tasarım aşamalarında teknolojik alt yapılardan faydalanmalarının önemli olduğu hassas verilerle ortaya konulmuş ve bu süreçlerde ekolojik kriterlerin de dikkatte alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, kış için uygun rekreasyonel alan olarak belirlenen ve Hakkâri ilinde yer alan mevcut Merga Bûtan Kayak Merkezi için en önemli bileşen olan doğal kar kalınlığının zamansal ve yersel tahminlerinde uzaktan algılama ve CBS yöntemlerinin uygulanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu yöntemlerle birlikte kullanılan RADAR veri setlerinden yararlanılarak çalışma bölgesindeki mevcut alanların kar kalınlıkları test edilerek meteoroloji verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu kullanılan yöntemin geçerliliği ve doğruluğu ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında, 2021 yılı Aralık ayı, 2022 yılı içinse Ocak ve Şubat aylarında yapılan analizlerde çalışma alanı sınırları içerisinde kalan kayak merkezinin 0.5 üzerinde bir değer aldığı tespit edilmiştir. Bu durum da interferometri sonuçlarının meteoroloji verileri ile kıyaslanabilmesine imkân sağlamıştır. Kıyaslamalar sonucunda ise korelasyon değeri 0,72 ile orta kuvvetli olarak belirlenmiştir. Çıkan korelasyon değeri RADAR interferometri ve meteoroloji verileri arasında tutarlı bir sonuç ilişkisi olduğunu göstermektedir. Meteoroloji verileri ve RADAR interferometri değişimleri sonucunda çıkan oranlar, literatürde verilen Türkiye kayak merkezleri ortalama kar kalınlıkları listesinde dördüncü sırada yer alan Merga Bûtan Kayak Merkezi kar kalınlığı verisiyle de örtüşmüştür. Çalışma alanında istenilen düzeyde karın rahatlıkla biriktiği görülmekte ve sonuçlar birbirini desteklemektedir. Yapılan analiz ve karşılaştırmalar ışığında bu şekilde yapılacak olan, zamansal olarak daha uzun dönemli ve hassas çalışmalar ile bu değerin daha da artabileceği ve etkili sonuçların çıkabileceği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda kış rekreasyon alanı belirlemede kar faktörünün önemi bir kez daha vurgulanmıştır. Konu ile ilgili yapılacak çalışmalarda özellikle zamansal periyotlar ile daha uzun vadede bakılabilecek veri setleri ile karın derinliği test edilebilecek ve bu testler sonucu bölgede kar faktörünün etkisi daha net bir şekilde ortaya konulabilecektir. Tesisleşme ve diğer yatırımlar için yer gerçeği verilerine ihtiyaç duymadan uzaktan algılama yöntemleri ile bilgi edinilebilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca uzun vadeli sürdürülebilir yatırımlar için teşvik edici sonuçlar ortaya konulabilecektir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Destek Bilgisi: Bu çalışmanın hazırlanması süresince herhangi bir bireyden ya da kurumdan aynî ya da nakdî bir yardım/destek alınmamıştır.

Etik Onayı: Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde **GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences** Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.

Etik Kurul Onayı: Bu çalışma, TR Dizin etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

Çıkar Çatışması: Makalede herhangi bir çıkar çatışması ya da kazancı yoktur.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Çalışma iki yazarın katkısı ile hazırlanmıştır. Katkı oranları: 1. Yazar = %50, 2. Yazar = %50.

Kaynaklar

- Anonim, (2017). Mergabüt Kayak Merkezi - Hakkâri, *Türkiye Kültür Portalı*, Erişim Adresi (27.04.2022): <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/hakkari/TurizmAktiviteleri/mergabut-kayak-merkezi>
- Anonim, (2022a). İlimizin Coğrafi Yapısı, *Hakkâri Valiliği*, Erişim Adresi (27.04.2022): <http://www.hakkari.gov.tr/tarihce-ve-cografi-yapi>
- Anonim, (2022b). Hakkâri Genel Bilgi, *Tarım ve Orman Bakanlığı*, Erişim Adresi (27.04.2022): <https://hakkari.tarimorman.gov.tr/Menu/12/Hakkari>
- Anonim, (2022c). Kar Kalınlıkları, *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*, Erişim Adresi (08.12.2021-18.02.2022): <https://www.mgm.gov.tr/sondurum/kar-kalinliklari.aspx>
- Aydın B. & Alaaddinoğlu, F. (2020). Kayak merkezlerinde yer seçimi: Van ve Bitlis ili örnekleri. *Journal of Academic Tourism Studies*, 1(1), 59-83.

- Yeler, O. & Aydın, E. (2023). Kış Rekreasyon Alanlarında Kar Derinliğinin RADAR Görüntüleri ile İncelenmesi: Hakkâri Merga Bütan Kayak Merkezi Örneği. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*, 6 (1): 17-29
- Campbell, N.A., Reece, J.B. & Mitchell, L.G. (2002). Biologi. Jilid 1. Edisi Kelima. Alih Bahasa: Wasmien. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Coltelli, M. G., Fornaro, G., Franceschetti, R., Lanari, M., Migliaccio, J. R., Moreira... & Riccio, M. (1996). SIR-C/X-SAR multifrequency multipass interferometry: A new tool for geological interpretation. *Journal of Geophysical Research*, 101, 23127-23148.
- Demiroğlu, O. C. (2014). Kış turizmi. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Elsasser, H. & Burki, R. (2002). Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research*, 20, 253-257.
- Güher, H., Öterler, B., Elipek-Çamur, B., Yeler, O. & Aydın, G.B. (2022). Spatial and temporal evaluation of the physicochemical quality of domestic/industrial water in the Kırklareli Reservoir (Turkish Thrace). *Journal of the Serbian Chemical Society*, 87(3), 389-399.
- Joughin, I., Smith, B., Howat, I., Scambos, T. & Moon, T. (2010). Greenland flow variability from Ice Sheet-Wide Velocity mapping. *Journal of Glaciology*, 56, 415-430.
- Kumartaşlı, M., Başıyigit Gönendi, F.E., Gönendi, B. & Sevinç, N. (2021). Hakkari ilinde yapılan Mergabütan kayak merkezinin halkın kayak sporuna yönelik olumlu veya olumsuz etkileri. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 123-135.
- Larson, K. M. & Nievinski, F. G. (2013). GPS snow sensing: results from the EarthScope Plate Boundary Observatory. *GPS Solutions*, 17(1), 41-52.
- Lievens, H., Al Bitar, A., Verhoest, N. E. C., Cabot, F., De Lannoy, G. J. M., Drusch, M., Dumedah, G., Hendricks Franssen, H., Kerr, Y., Tomer, S. K., Martens, B., Merlin, O., Pan, M., van den Berg, M. J., Vereecken, H., Walker, J. P., Wood, E. F., & Pauwels, V. R. N. (2015). Optimization of a radiative transfer forward operator for simulating SMOS brightness temperatures over the Upper Mississippi Basin. *Journal of Hydrometeorology*, 16(3), 1109-1134.
- Lievens, H., Demuzere, M., Marshall, H., Rolf, H., Ludovic, B., Isis...& Gabrielle, J.M., (2019). Snow depth variability in the Northern Hemisphere mountains observed from space. *Nature Communications*, 10, 4629.
- MTA, (2022). Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü. RADAR (Radio Detection and Ranging) Sistemleri Kullanımı, Erişim Adresi (20.04.2022):<https://www.mta.gov.tr/ucretli-isler/liste/test-ve-analizler/test/>
- Painter, T.H. & Dozier, J. (2004). Measurements of the hemispherical-directional reflectance of snow at fine spectral and angular resolution. *Journal of Geophysical Research*, 109, 2-12.
- Rignot, E., Bamber, L. van den Broeke, M. R., Davis, C., Li, Y., van de Berg, W. J. & van Meijgaard, E. (2008). Mass balances of different sectors in Antarctica in 1996, 2000 and 2006. *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.819271>
- Tunay, M. & Ateşoğlu, A. (2008). Çok zamanlı uydu görüntüleri ile Amasra ve yakın çevresine ait bitki örtüsü değişim analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 71-80.
- Rabus, B., Eineder M., Roth A. & Bamler R. (2003). The shuttle RADAR topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne RADAR, *Photogramm. Rem. Sens.*, 57, 241-262.
- Wynne, D. & O'Connor, J. (1998). Consumption and the Postmodern City. *Urban Studies*, 35, 841-864. 10.1080/0042098984583.
- Vanat, L. (2019). 2019 International Report on Snow & Mountain Tourism. <https://vanat.ch/RMworld-report-2019.pdf>
- Yeler, O. (2021). Seyhan Havzası Örneğinde Kış Rekreasyon Alanı Belirlemede Uzaktan algılama ve CBS Tabanlı Model Geliştirme, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Yorulmaz, E. (2019). Eskişehir'de Rekreasyonel Faaliyetlerin Dağılışı, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Zeydan, Ö., & Sevim, B. (2008). İklim değişikliğinin kış turizmine etkileri. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 159-174.