



Basılı ISSN 1302-5856

Elektronik ISSN 1308-9773



Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Morfo-Klimatik özelliklerin Sündiken Dağları'nda (Eskişehir) bitki örtüsünün dağılışı üzerindeki etkileri¹

Effect of morpho-climatic properties on vegetation cover distribution of the Sündiken Mountains (Eskişehir)

Hülya Kaymak *^a 

^a Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Afyonkarahisar.

ORCID: H.K. 0000-0002-4358-4566

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 28.10.2019

Kabul/Accepted: 06.08.2020

Anahtar Kelimeler:

Sündiken Dağları
Bitki örtüsü
Morfo-klima
NDVI

Keywords:

Sündiken Mountains
Vegetation cover
Morpho climate
NDVI

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(H. Kaymak)
hulyakaymak26@hotmail.com

DOI: 10.17211/tcd.639024

Atf/Citation:

Kaymak, H. (2020). Morfo-klimatik özelliklerin Sündiken Dağları'nda (Eskişehir) bitki örtüsünün dağılışı üzerindeki etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi* (75), 17-32.
DOI: 10.17211/tcd.639024

ÖZ / ABSTRACT

Bu çalışma kapsamında, Eskişehir il sınırları içerisinde yer alan ve doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 120 km uzanan Sündiken Dağları'nda bitki örtüsünün dağılışı, sahanın morfo-klimatik özellikleri göz önünde bulundurularak Coğrafi bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile incelenmiştir. Bu amaçla, 2000-2019 yılları arasını kapsayan MODIS uydu görüntülerinden yararlanılarak Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileri oluşturulmuştur. Bu verilerle, farklı yamaçlardaki bitki varlığı tüm aylar göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır. Bitki indeksi sonuçları ortaya çıkarılırken sahaya ait çeşitli CBS analizleri (eğim, baki, yükselti) uygulanmış, bitki varlığı ile morfolojik özellikler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Ayrıca, dağın farklı kesimlerinden seçilen istasyonlara ait sıcaklık, yağış, rüzgâr, bağıl nem gibi iklimsel parametreler esas alınmış ve Erinç Yağış Etkinlik İndisi, Thornthwaite İklim Tasnifi ile Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması kullanılarak iklimik özellikler belirlenmiştir. Böylece iklim-bitki örtüsü arasındaki yakın ilişki ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmanın amacı, bitki indeksi verilerinin morfo-klimatik özelliklere göre gösterdiği değişimi ortaya koymaktır. Bitki indeksi sonuçları; dağın farklı yamaçlarında, özellikle kuzey ve güney yamaçlarında, farklı yükselti kademelerinde ve eğim değerlerinde bitki yoğunluğu açısından önemli değişimler olduğunu göstermiştir. Buna göre, dağın daha nemli ortamları oluşturan kuzey bakan yamaçlarında bitki örtüsünün yoğunluğu artmaktadır. İnsan kaynaklı bitki tahribatının daha fazla olduğu, daha kurak güneye bakan yamaçlarda ise bitki yoğunluğunun daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, dağın özellikle 1100 m'den yüksek kesimleri ile %20-40 eğimli ve %40'tan daha fazla eğimli yamaçlarında NDVI değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Within the scope of this study, vegetation distribution in the Sündiken Mountains which are extending along 120 km in an east-west direction in Eskişehir province, has been examined by using Remote Sensing and Geographic Information System techniques in terms of morphoclimatic properties of the field. For this purpose, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data was created by using MODIS satellite images covering the years 2000-2019. With this data, vegetation presence on different slopes was compared, taking into consideration each month in a year. While vegetation index results have been obtaining, various GIS analyzes (slope, aspect, altitude etc.) belong to field were applied and the relation between vegetation presence and geomorphological properties investigated. Also, climatic parameters such as temperature, precipitation, wind, relative humidity are collected from the stations which were chosen from various levels of the mountain were taken as a basis and climatic properties were determined by using of the Thornthwaite Climate Classification, Erinç precipitation efficiency index and Köppen-Geiger Climate Classification. Thus, the close relation between climate-vegetation revealed. Aim of the study is to reveal the change in vegetation index data according to morphoclimatic properties. Vegetation index results showed that there are significant changes in terms of vegetation density at different slope values and elevation levels, also at different side slopes, especially on the northern and southern slopes of the mountain. Accordingly, the density of vegetation increases on the north-facing slopes of the mountain, which form more humid environments. It was determined that on the more arid, south-facing slopes where the human-caused vegetation destruction is higher, the density of the vegetation is less. Besides, it was determined that the NDVI values to be higher in the elevation levels higher than 1100 m of the mountain and in hillsides where the slope is between 20% and 40% or above.

¹ Çalışma, II. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi'nde (UCEK-2019) bildiri özeti olarak sunulmuştur.

¹ The study was presented as an abstract at the II. International Geography Education Congress (UCEK-2019).

Extended Abstract

Introduction

With remote sensing techniques, significant data have been obtained in terms of the presence and alteration of vegetation in large fields and over many years. NDVI is one of the most commonly used remote sensing models to observe vegetation presence and alteration. Within the scope of this study, yearly vegetation distribution of the Sündiken Mountains located in Eskişehir province and extending along the east-west direction, examined by using Remote Sensing and Geographic Information System techniques in terms of morphologic and climatic properties of the field.

Data and Method

In this context, MODIS satellite images for the years between 2000 and 2019 was obtained (consisting 23 images in periods of 16-days, in total 457 MODIS satellite images) and NDVI data was generated by using these images. Thus, in the last 20 years, vegetation presence on different slopes was compared taking into consideration each month in a year and vegetation alteration due to morphological characteristics was revealed. While vegetation index results have been obtaining, the close relations between vegetation presence and morphological characteristics were revealed by applying various GIS analyses (slope, aspect, altitude, etc.). In addition, climatic parameters such as temperature, precipitation, wind, relative humidity, etc. belong to the stations selected from various levels of the mountain were taken as a basis and climatic properties were determined by using Erinc Aridity Index, Thornthwaite Climate Classification and Köppen-Geiger Climate Classification. In this context, close relations between climate and vegetation was emphasized. The alterations of vegetation index data according to the ambient conditions were revealed with their reasons. Therefore, this study aims to reveal the change in vegetation index data according to morpho-climatic properties with GIS and RS techniques.

Results

The Sündiken Mountains located at the intersection of the Black Sea and Central Anatolia Region, have different ambient characteristics due to their geographical location, climatic conditions and topographical features. Different environmental conditions on the mountainous mass also affected the plant activity. That is to say, while the slopes of the mountain facing north are under the influence of humid (North Anatolia) and mild (Mediterranean) climatic conditions, the semi-arid (Central Anatolia) climate is effective on the south-facing slopes. Particularly, regions where the Sakarya Valley (northern slopes) is located show microclimate characteristic and some species were seen in the Mediterranean climate regions are grown. Besides, there are human effects on the plant presence in the field. Since the southern slopes of the mountain (slopes overlooking the Porsuk lowland) are more suitable for settlement, the losses in the forest fields are higher on these slopes where human influence is dominant than the northern slopes. All these features are reflected in the NDVI values, and the NDVI results clearly showed the differences in vegetation density on different slopes of the mountain (especially the

northern and southern slopes), different elevation levels and different slope levels.

The mountainous mass starts from an altitude of 250 m along the Sakarya Valley in the north and 800 m on the southern slopes and goes up to 1800 m. Agricultural activities are prevalent on the northern slopes up to 400-500 m altitudes that form the lower forest boundary and 1000 m altitude on the southern slopes and the southern slopes steppe vegetation is also common. On the northern slopes, there are Calabrian pine forests from 400-500 meters up to 800-900 meters, black pine (*P. nigra*) forests up to 1200 meters, black pine-scots pine (*P. nigra-P. sylvestris*) mixed forests up to 1400 meters and scots pine forests up to 1800 meter which is the summit. Besides, these forests include Turkey oak (*Quercus cerris*), Sessile oak (*Q. Petraea*), Aleppo oak (*Q. infectoria*), Greek juniper (*Juniperus excelsa*) and stinking juniper (*J. foetidissima*) species. On the southern slopes, both prickly juniper (*J. oxycedrus*) and oak bushes (*Quercus sp.*) are spread starting from 1000 meter and disordered oak (*Q. cerris*) forests starting from 1100 m give place to black pine (*P. nigra*) as from 1200-1300 meters altitudes. Black pine (*P. nigra*) forests extend up to 1600 m and are accompanied by Scots pines (*P. sylvestris*) in regions very close to the waterline.

Vegetation density increases on the north-facing more humid slopes of the Sündiken Mountains. As a matter of fact, on the much more humid and mild featured north-facing slopes of the mountain where narrow and deeply split valleys cover a large area and are more aspect differences and slope levels, vegetation density is high therefore forest cover is more and NDVI values are high. On the south-facing slopes of the Sündiken Mountains, where continental climate characteristics and human activities are evident, it was determined that the vegetation density is less. Our observations during the field studies also support the NDVI results. So indeed, during the field observations, it was noticed that the plant communities on the north-facing slopes are more concentrated in comparison to the south-facing slopes. As the altitude increased, the change in climate characteristics affected the ambient conditions and this situation is reflected in the vegetation. The NDVI values showed that the distribution of vegetation on the Sündiken Mountains (with a height of approximately 1800 m) varies according to the altitude levels.

It was observed that the vegetation density increased significantly and therefore the forest cover is more at the regions with an altitude of more than 1100 meter on the mountainous mass in the period from spring to winter season. The high-altitude regions which construct a humid environment, form the slopes where the plant photosynthesis activity is high during this period. The distribution of plant communities on the mountainous mass differs in flatlands and slopes. Inclined steep slopes (20.01-40%) and many steep slopes (>40%) constitute slopes with the highest vegetation index values. That is to say, the deeply split valley slopes on the mountainous mass create suitable environments in terms of plant growth and propagation. These slopes with relatively high inclination are also the regions with more forest cover and high NDVI values. This is noticeable especially on north-facing slopes that are frequently split by deep valleys and NDVI values are high

in these regions. It has been revealed that there is a close relationship between climate data and NDVI values, and climatic conditions are determinant on vegetation distribution and photosynthesis activity in the field.

Conclusion

During field observations, it was observed that the morphological units on the mountainous area caused different ambient conditions by affecting the climatic elements. It has been observed that this situation affects plant species, diversity, growth and distribution. As a result, the alteration of vegetation cover depending on the morphological and climatic characteristics of the field is reflected in the NDVI values and this situation was revealed with the reasons.

1. Giriş

İklim ile topoğrafya arasında yakın ve karşılıklı bir ilişki söz konusudur. İklim; herhangi bir sahadaki yükselti kademeleri, eğim değerleri, arazinin yarıma derecesi üzerinde rol oynayarak topoğrafyanın şekillenmesini sağlar. Nitekim farklı iklim bölgelerinde topoğrafyanın şekillenmesi, o bölgede etkili olan dış etken ve sürece göre farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra, topoğrafya özellikleri de o kesimlerdeki iklim koşulları üzerinde belirleyici rol oynar. Şöyle ki, yer yüzeyinin özelliklerini oluşturan yükselti, yamacın baktığı yön ve eğim durumları ile bazı yüzey şekilleri; sıcaklık, yağış, rüzgâr gibi iklim elementlerinin dağılışını etkiler. Bu durum ise, bitkilerin yayılışı ve biyokütle verimi üzerinde önemli rol oynamaktadır (Atalay ve Efe, 2015: 42). Dolayısıyla, yer şekilleri ile bitki gelişimi ve yayılışı arasında yakın bir ilişki söz konusudur.

Bir iklim bölgesinde yer alan yüksek bir dağ veya dağ sırasında, yükseltinin artışına bağlı olarak sıcaklık düşer, vejetasyon süresi azalır, doğrudan gelen güneş radyasyonu artar, yerine göre yağış miktarında artış veya azalma meydana gelir (Atalay, 2014: 16). Araştırma sahasını oluşturan Sündiken Dağlık Kütle-i, bu özelliği yansıtmakta olup farklı ortam koşullarına sahiptir. Doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlık kütle, genel itibarıyla kuzeydeki Sakarya Vadisi ile güneyinde yer alan Eskişehir-Alpu Ovaları ve Porsuk Vadisi'nden farklılık göstermektedir. Şöyle ki, kütlein kuzeye bakan kesimleri yaklaşık 250 m, güneye bakan yamaçları 800 m'lerden başlayarak 1800 m'lere kadar ulaşmaktadır. Sakarya Nehri ve Porsuk Çayı kolları tarafından yarılan dağın çeşitli kesimleri üzerinde derin vadi sistemleri meydana gelmiştir. Bu durum, aynı zamanda eğim değerlerini de etkilemiştir. Yarımanın fazla olduğu yamaçlar, genellikle kuvvetli eğim değerlerinin olduğu yamaçları meydana getirmektedir. Buna göre, dağın kuzey yamaçları genel itibarıyla daha fazla yarılmış olup bu kesimlerde eğim değerleri oldukça fazladır. Güney yamaçlarda ise, eğim değerleri nispeten azalmıştır. Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri'nin kesiştiği kesimde yer alan Sündiken Dağları, farklı iklim koşullarının etkisi altındadır. Kuzeye bakan yamaçlarda Karadeniz üzerinden gelen hava kütle-i, güneye bakan yamaçlarda ise İç Anadolu'nun karasal iklim koşulları etkilidir. Dağlık kütle üzerinde bu farklı ortam koşulları bitki aktivitesini de etkilemiş; farklı yamaçlarda, yükselti kademelerinde ve eğim değerlerinde bitki gelişimi ve yayılışı değişim göstermektedir. Topoğrafya özellikleri ile iklim

koşullarındaki farklılığa bağlı olarak meydana gelen bu değişim CBS ve UA teknikleri kullanılarak gösterilmek istenmiştir.

Günümüzde çoğu disiplin için, güvenilir bir altlık olması nedeniyle CBS ve UA teknikleri, vazgeçilmez bir kaynak olmuştur (Özdemir, 2010: 336). Zaman içerisinde, UA teknikleri ve CBS teknolojisinin güvenilir veri seti sağladığı kanıtlanmış ve bu çok çeşitli veri setleri kullanılarak tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir (Kose, 2015; Köse vd, 2017). UA teknikleri hedef alandaki bitki örtüsünü incelemek ve izlemek için, geleneksel alan araştırmaları yerine aktif olarak benimsenmiştir (Song ve Park, 2020: 1-2). Çünkü, UA teknikleriyle geniş alanlarda bitki örtüsünün gelişimi ve dağılışı hakkında sağlıklı ve güvenilir veriler elde etmek mümkündür. Üstelik UA verileri kolay bir şekilde matematiksel modellere dönüştürülerek, bitkilerin biyolojik aktivite durumuyla ilgili pratik bilgilere ulaşılabilir (Karabulut, 2019: 112). Böylelikle, UA teknikleri ile elde edilen uydu görüntülerine çok çeşitli bitki indeksleri uygulanarak organizmaların, tür topluluklarının veya ekolojik toplulukların uzaktan algılanması, bitki örtüsünün var olduğu veya olmadığı yerlerin tespit edilmesi, arazi örtüsünün yeşilliği veya vejetasyonun canlılığının ölçülmesi, biyolojik canlılıkta meydana gelen değişimlerin izlenmesi mümkün olmaktadır (Turner vd., 2003; Karabulut, 2019; Song ve Park, 2020). Günümüzde bitki indeksleri sadece bitki habitatlarını izlemek için değil, kuraklık ve çevresel değişimin analizi dahil çeşitli alanlarda da kullanılmaktadır (Song ve Park, 2020: 2).

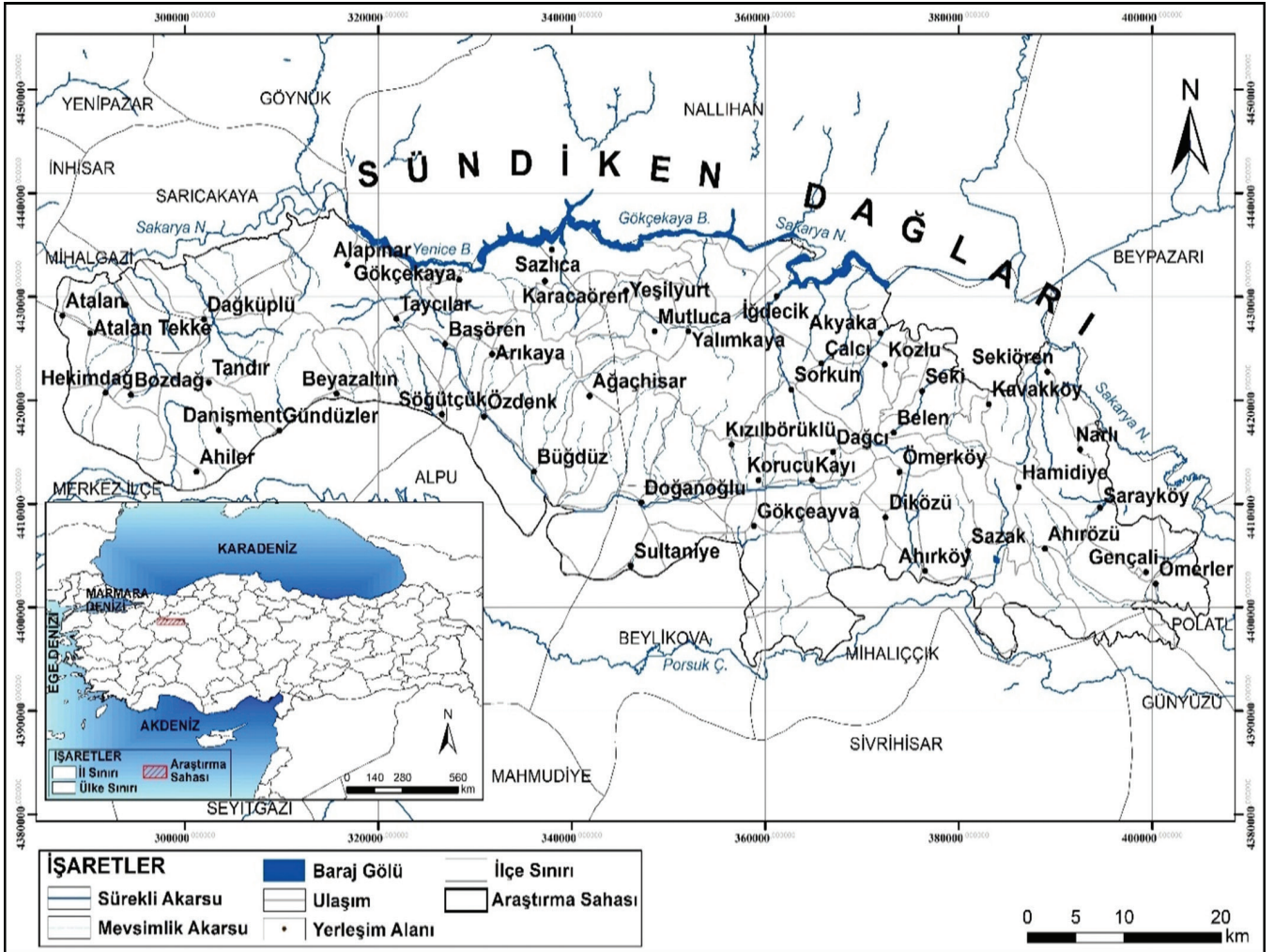
Bitki indeksleri, genellikle birçok spektral bandın piksel değerlerinin toplanması, çıkarılması, çarpılması veya bölünmesiyle elde edilir. Bu süreçte amaç, bitkinin biyolojik aktivite durumunun piksel değerlerinden hareketle belirlenmesidir (Karabulut, 2019: 132). Bu indekslerden NDVI, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar arasında normalize edilmiş oran olarak multispektral bilgiden hesaplanan, iklim ve insan kaynaklı bitki örtüsü değişimlerini izlemede en çok kullanılan indekslerden birini oluşturmaktadır (Xue ve Su, 2017; Bayram, Kopar ve Çelik, 2018). NDVI, zamansal ve mekânsal eğilimler, bitki örtüsü dağılımı, üretkenlik ve dinamiklerdeki değişim, habitat bozulması ve parçalanması, toprak nemi değerlendirmesi ile kuraklık veya yangın gibi iklim afetlerinin ekolojik etkilerini izlemek amacıyla birçok araştırmacı tarafından uygulanmaktadır (Justice vd., 1991; Pettorelli vd., 2005; Karabulut, 2006; Rizvi vd., 2009; Kafira vd., 2014; Çelik ve Karabulut, 2014; Çelik ve Gülersoy, 2014; Yengoh vd., 2015; Sisay ve Burka, 2016; Martı'n-Sotoca vd, 2017; Çelik ve Gülersoy, 2017; Çömert vd., 2017; Bayram vd., 2018; Karabulut, 2019).

Günümüzde bitki çalışmalarında MODIS uydularına ait NDVI verileri birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. MODIS tarafından geliştirilmiş ve kullanıcılarına sunulmuş Geliştirilmiş Bitki İndeksi'nin (EVI) de son zamanlarda kullanımını artmış olup birçok çalışmada uygulanmaktadır (Obata vd., 2013; Çelik ve Karabulut, 2014; Setiawan, 2014; Fraga vd., 2014; Çelik, 2016). Bu çalışmada, NASA tarafından yörüngeye yerleştirilmiş MODIS uydularına ait NDVI verileri kullanılmıştır. NDVI görüntülerinden elde edilen bitki örtüsünün durumu, sahanın morfolojik özellikleri (bakı, yükselti, eğim) ve iklim koşulları ele alınarak değerlendirilmiş, topoğrafya-iklim-bitki örtüsü arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır.

2. Araştırma Alanının Morfo-klimatik Özellikleri ve Bitki Örtüsü

Araştırma sahasını oluşturan Sündiken Dağları, İç Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Sakarya Bölümü'nde Eskişehir il sınırları içerisinde yer almaktadır. Kuzeyde Sakarya Nehri ile güneyde Porsuk Çayı arasında yer alan bu dağlık kütle, Kuzey Anadolu Dağları'na paralel bir şekilde doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 120 km uzanmaktadır (Şekil-1). Kuzey-güney yönünde genişliği ise ortalama 25 km civarındadır. Dağın kuzeyi Sakarya Vadisi, güneyi Eskişehir, Alpu Ovaları ve Porsuk Vadisi ile sınırlanmıştır.

olup 1800 m yükseltilere kadar çıkmaktadır. En yüksek kesimini 1818 m yükseltisi ile Kızıl Tepe meydana getirmektedir (Şekil-7). Kütlein kuzey kesimleri dar ve derin vadilerle yarılmış olup bu kesimler çoğu yerde eğimli dik yamaç ve çok dik yamaç özelliği göstermektedir (Şekil-13). Derin vadilere sahip olan bu akarsuların özellikle de dağın batı kesimlerinde gelişmesi sonucu su bölümü, güney kısma kadar geriletilmiştir (Bilgin, 1980: 61) (Şekil-9). Dağın güney yamaçlarında ise eğim değerleri nispeten azalmış olup bu yamaçlar (özellikle de dağın orta ve doğu bölümlerinde) muntazam eğimlerle Eskişehir-Alpu Ovalarına ve daha doğuda Porsuk Vadisi'ne uzanmaktadır (Şekil-13). Sündiken Dağları doğu-batı yönünde de farklı yük-



Şekil 1. Sündiken Dağları'nın lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of Sündiken Mountains.

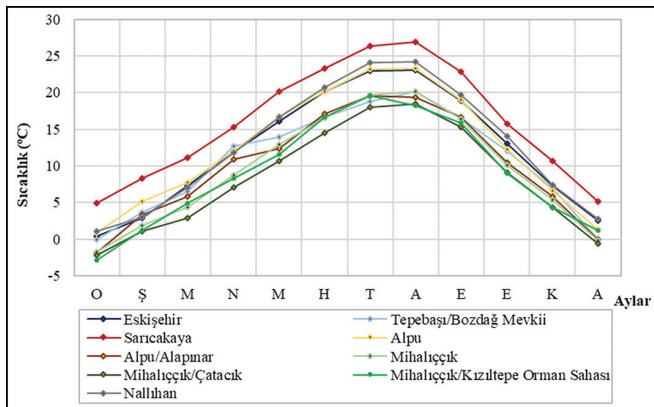
Sündiken Dağları, derin yarılarak platolar haline geçmiş Pliyoosen sonlarına ait düzlükler arasında yükselen, Paleozoik metamorfik kayalardan oluşmuş bir dağ külesidir (Erol, 1958: 526). Batı bölümü (Gökçekaya, Başören, Söğütçük arasından geçirilen hattın batısı), araya mermer ve yeşil kayalar girmesine rağmen esas olarak kıvrımlı bir metamorfik şist serisinden oluşmaktadır. Doğu bölümü ise, esas itibarıyla metamorfik şistler, yeşil kayalar ve mermerlerden oluşmuş olmakla birlikte kuzeydoğu ve güney kısımları Neojen'e ait genç formasyonlarla (gre, konglomera, marn, kireçtaşı, jips) örtülmüştür (Bilgin, 1980: 59-202).

Dağlık kütle, kuzeyde Sakarya Vadisi boyunca yaklaşık 250 m, güney yamaçlarda ise 800 m yükseltilerden başlamakta

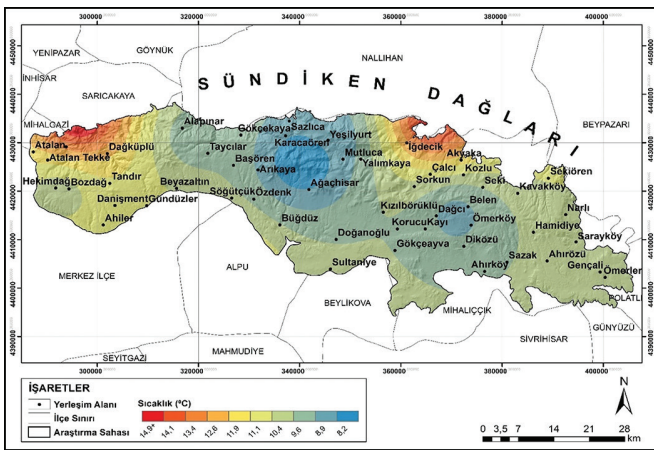
selte ve eğim değerlerine sahiptir. Şöyle ki, dağın batı bölümü karakteristik bir plato görünümüne sahiptir. Doğu bölümünde ise, yükseltinin orta kısımlarda 1400-1700 m'lerde olması ve bu yüksek kısımların kuzeyden ve güneyden sokulan kollarla derin bir şekilde yarılmış bulunması dağlık bir görünümün ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu bölümün iç kısımları, Orta Sakarya Platolarının en yüksek reliefe sahip sahalarından birini oluşturmaktadır (Şekil-7) (Bilgin, 1980: 59-60-61-202-212).

Çalışmada, sahanın iklim özelliklerini temsil eden kuzey kesimlerde Sarıcakaya (247 m), Nallıhan (650 m) ve Nallıhan/Sarıyar Barajı (413 m), güney kesimlerde Eskişehir (801 m) ve Alpu (771 m) ile dağın yüksek kesimlerine kurulmuş Alpu/Alapınar (1250 m), Mihaliçcik (1388 m), Tepebaşı/Bozdağ (1407

m), Mihaliççık/Kızıltepe (1341 m) ve Mihaliççık/Çatacık (1586 m) meteoroloji istasyonlarının verileri (MGM) kullanılmış ve şu bulgulara ulaşılmıştır: Sahada yıllık ortalama sıcaklık 8.2 oC (Mihaliççık/Çatacık) ile 15.9 oC (Sarıcakaya) arasında değişmekte olup dağın farklı yamaçlarında ve farklı yükselti kademelerinde yer alan istasyonların yıllık sıcaklık değerlerinde yaklaşık 7.7 oC sıcaklık farkı bulunmaktadır. En soğuk ayı oluşturan ocak ayında sıcaklık değerleri -2.9 oC (Mihaliççık/Kızıltepe) ile 4.9 oC (Sarıcakaya) arasında; en sıcak ayı temsil eden ağustos ayında ise 18.2 oC (Mihaliççık/Kızıltepe) ile 26.9 oC (Sarıcakaya) arasındadır (Şekil-2-3). En yüksek sıcaklık değerleri 31.3 oC (Tepebaşı/Bozdağ) ile 44.0 oC (Sarıcakaya); en düşük sıcaklık değerleri ise -22.1 oC (Eskişehir) ile -6.8 oC (Sarıyar Barajı) arasında değişmektedir.



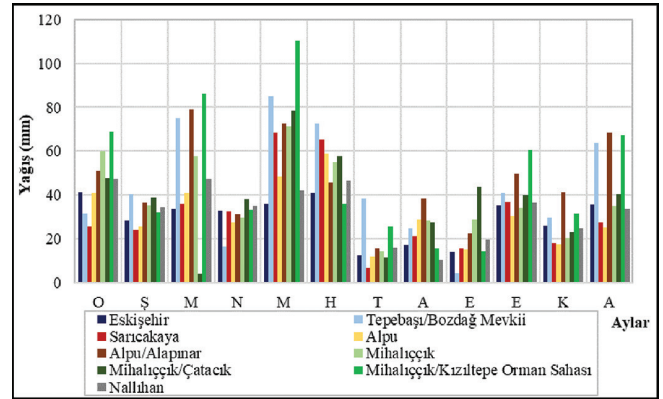
Şekil 2. Sündiken Dağları çevresindeki istasyonların aylık sıcaklık grafiği.
Figure 2. Monthly temperature graph belongs to stations around Sündiken Mountains.



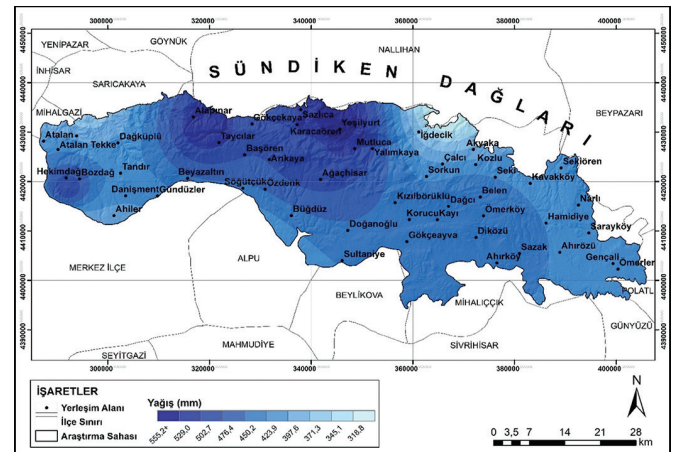
Şekil 3. Sündiken Dağları'nın yıllık ortalama sıcaklık haritası.
Figure 3. Annual average temperature map of Sündiken Mountains.

Yıllık ortalama yağış miktarı 315.60 mm (Nallıhan/Sarıyar Barajı) ile 581.60 mm (Mihaliççık/Kızıltepe) arasındadır (Şekil-4-5). Sahada, genelde ilkbahar aylarının daha yağışlı olduğu tespit edilmiş olup bu mevsimde düşen yağışların oranı %27.8 (Nallıhan/Sarıyar Barajı) ile %39.5 (Mihaliççık/Kızıltepe) arasında değişmektedir. Kış mevsimi ilkbahar aylarından sonra yağışların fazla olduğu mevsimi oluşturmaktadır. Bu mevsimde yağış değerleri %20.6 (Sarıcakaya) ile %32.4 (Nallıhan/Sarıyar Barajı) arasında seyretmektedir. Yaz yağışları da önem arz etmekte olup yaz aylarında düşen yağış miktarı %13.3 (Mihaliççık/Kızıltepe) ile %26.8 (Alpu) arasındadır. Yıllık ortalama bağıl nem miktarı %64.3 (Nallıhan) ile %78.3 (Tepebaşı/Bozdağ); yıllık ortalama su buharı basıncı 7.7 mb (Mihaliççık) ile 11.5 mb

(Nallıhan/Sarıcakaya Barajı); yıllık ortalama basınç değerleri ise, 840.1 hPa (Mihaliççık/Çatacık) ile 984.3 hPa (Sarıcakaya) arasında değişmektedir. Sahada, genel olarak kuzey ve güney sektöründen esen rüzgârlar önem arz etmektedir. Kışın daha ziyade güney sektöründen esen rüzgârlar egemen iken, yazın hâkim rüzgâr yönleri farklılık göstermektedir.



Şekil 4. Sündiken Dağları çevresindeki istasyonların aylık yağış grafiği.
Figure 4. Monthly precipitation graph belongs to stations around Sündiken Mountains.



Şekil 5. Sündiken Dağları'nın yıllık ortalama yağış haritası.
Figure 5. Annual average precipitation map of Sündiken Mountains.

Sündiken Dağları üzerinde ve yakın çevresinde etkili olan iklim tiplerini belirlemek amacıyla, herhangi bir bölgenin iklim özelliklerini diğer sistemlere göre daha iyi ortaya çıkardığı kabul edilen, yağış-buharlaşma ve sıcaklık-buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanan Thornthwaite İklim Sınıflandırması kullanılmıştır (Çiçek, 1995; Birsoy ve Ölgün, 1992; Yılmaz ve Çiçek, 2016). Thornthwaite sınıflandırmasına göre sahada yarı kurak (D), mezotermal (B'1/ B'3), su fazlası olmayan veya çok az olan (d), okyanus iklimine yakın (b'3) (Eskişehir, Alpu, Nallıhan, Sarıcakaya, Nallıhan/Sarıyar Barajı); kurak-az nemli (C1), mezotermal (B'1), su fazlası kış mevsiminde ve orta derece olan (s), okyanus iklimine yakın (b'3) (Mihaliççık, Tepebaşı/Bozdağ, Alpu/Alapınar); yarı nemli (C2), mezotermal (B'1), su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan (s2), okyanus iklimine yakın (b'3) (Mihaliççık/Kızıltepe); yarı nemli (C2), mikrotermal (C'2), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan (s), okyanus iklimine yakın (b'3) (Mihaliççık/Çatacık) iklim tipleri belirgin (Tablo-1).

Tablo 1. İstasyonların Thornthwaite İklim Sınıflandırması, Erinç Yağış Etkinlik İndisi ve Köppen-Geiger iklim sınıflandırması tablosu.**Table 1.** Thornthwaite climate classification, Erinç precipitation efficiency index and Köppen-Geiger Climate Classification table of the stations

İstasyonlar	Thornthwaite iklim sınıflandırması		Erinç Yağış Etkinlik İndisi					Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması
			Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık	
Eskişehir	D B'1 d b'3	Yarı kurak-mezotermal-su fazlası olmayan veya çok az olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli Nemli	Yarı nemli Yarı kurak	Yarı kurak Tam kurak	Yarı nemli Yarı kurak Tam kurak	Yarı kurak	BSk - Yarı kurak step iklimi (soğuk)
Tepebaşı/Bozdağ	C1 B'1 s b'4	Kurak-Az Nemli-mezotermal-su fazlası kış mevsiminde ve orta derece olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli	Çok nemli Nemli Kurak	Yarı nemli Yarı kurak Kurak	Yarı nemli Tam kurak	Yarı nemli	Dsb - Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim
Sarıcakaya	D B'3 d b'3	Yarı kurak-mezotermal-su fazlası olmayan veya çok az olan-okyanus iklimine yakın	Yarı nemli Yarı kurak	Yarı nemli Yarı kurak	Yarı nemli Tam kurak	Yarı kurak Kurak Tam kurak	Yarı kurak	BSk - Yarı kurak step iklimi (soğuk)
Alpu	D B'1 d b'3	Yarı kurak-mezotermal-su fazlası olmayan veya çok az olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli Nemli Yarı nemli	Yarı nemli Yarı kurak	Yarı nemli Kurak Tam kurak	Yarı kurak Tam kurak	Yarı Kurak	BSk - Yarı kurak step iklimi (soğuk)
Alpu/Alapınar	C1 B'1 s b'3	Kurak-Az Nemli-mezotermal-su fazlası kış mevsiminde ve orta derece olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli	Çok nemli Nemli Yarı nemli	Yarı nemli Yarı kurak Tam kurak	Nemli Yarı nemli Kurak	Yarı nemli	Dsb - Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim
Mihalıççık	C1 B'1 s b'3	Kurak-Az Nemli-mezotermal-su fazlası kış mevsiminde ve orta derece olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli	Çok nemli Yarı nemli Nemli	Yarı nemli Kurak Tam kurak	Yarı nemli Yarı kurak	Yarı nemli	Dsb - Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim
Mihalıççık/Çatacık	C2 C'2 s b'3	Yarı nemli- mikrotermal-su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli	Çok nemli Yarı nemli	Yarı nemli Kurak Tam kurak	Yarı nemli	Nemli	Dsb - Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim
Mihalıççık/Kızıltepe	C2 B'1 s2b'3	Yarı nemli-mezotermal-su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli	Çok nemli Yarı nemli	Yarı kurak Kurak Tam kurak	Nemli Tam kurak	Nemli	Dsb - Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim
Nallıhan	D B'1 d b'3	Yarı kurak-mezotermal-su fazlası olmayan veya çok az olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli Nemli	Nemli Yarı kurak	Yarı kurak Tam kurak	Yarı kurak Tam kurak	Yarı kurak	BSk - Yarı kurak step iklimi (soğuk)
Nallıhan/Sarıyar Barajı	D B'3 d b'3	Yarı kurak-mezotermal-su fazlası olmayan veya çok az olan-okyanus iklimine yakın	Çok nemli Kurak	Yarı nemli Kurak Tam kurak	Kurak Tam kurak	Yarı nemli Yarı kurak Tam kurak	Yarı kurak	BSk - Yarı kurak step iklimi (soğuk)

Çalışmada, sahanın kurak-nemli alanlarını ve dönemlerini tespit edebilmek amacıyla, Türkiye koşullarını en iyi yansıtan indislerden bir tanesi olarak kabul edilen, yıllık yağış miktarı ile yıllık ortalama maksimum sıcaklık parametrelerine dayanan, Erinç'in indis sonuçlarını vejetasyon formasyonlarının yayılış alanları ile kontrol ederek yağış etkinliği sınıfları oluşturduğu Erinç Kuraklık İndisi olarak da ifade edilen Erinç Yağış Etkinlik İndisi kullanılmıştır (Hepbilgin ve Koç, 2018; Aydın vd., 2019). Erinç yağış etkinliği formülüne göre, araştırma sahası yıllık olarak yarı kurak (Eskişehir, Sarıcakaya, Alpu, Nallıhan, Nallıhan/Sarıyar Barajı), yarı nemli (Tepebaşı/Bozdağ, Alpu/Alapınar, Mihalıççık) ve nemli (Mihalıççık/Çatacık, Mihalıççık/Kızıltepe) bir özellik göstermektedir. Kış ayları genelde, yarı nemli-nemli-çok nemli geçer. Yaz ayları ise, yarı kurak-kurak-tam kurak geçmekle birlikte bazı istasyonlarda (Tepebaşı/Bozdağ, Sarıcakaya, Alpu, Mihalıççık, Mihalıççık/Çatacık) özellikle de haziran ayında yarı nemli koşullara da rastlanmıştır (Tablo-1).

Dünya üzerinde en çok kullanılan iklim sınıflandırmalarının başında gelen ve alansal tutarlılığı fazla, doğruluğu denetlenmiş yöntem (Öztürk vd., 2017: 19) olan Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması'na göre; araştırma sahasında BSk-Yarı kurak step iklimi (soğuk) (Eskişehir, Sarıcakaya, Alpu, Nallıhan, Nallıhan/Sarıyar Barajı) ile Dsb-Kışı soğuk, yazı kurak ve ılık iklim (Tepebaşı/Bozdağ, Alpu/Alapınar, Mihalıççık, Mihalıççık/Çatacık, Mihalıççık/Kızıltepe) gözlenmektedir. Sündiken Dağları'nın bitki örtüsünü antropojenik step, ağaççık ve orman formasyonu oluşturmaktadır (Saraçoğlu, 2001: 98). Dağlık kütlenin kuzeye ve güneye bakan yamaçlarında bitki örtüsü yayılış, kuzeyde

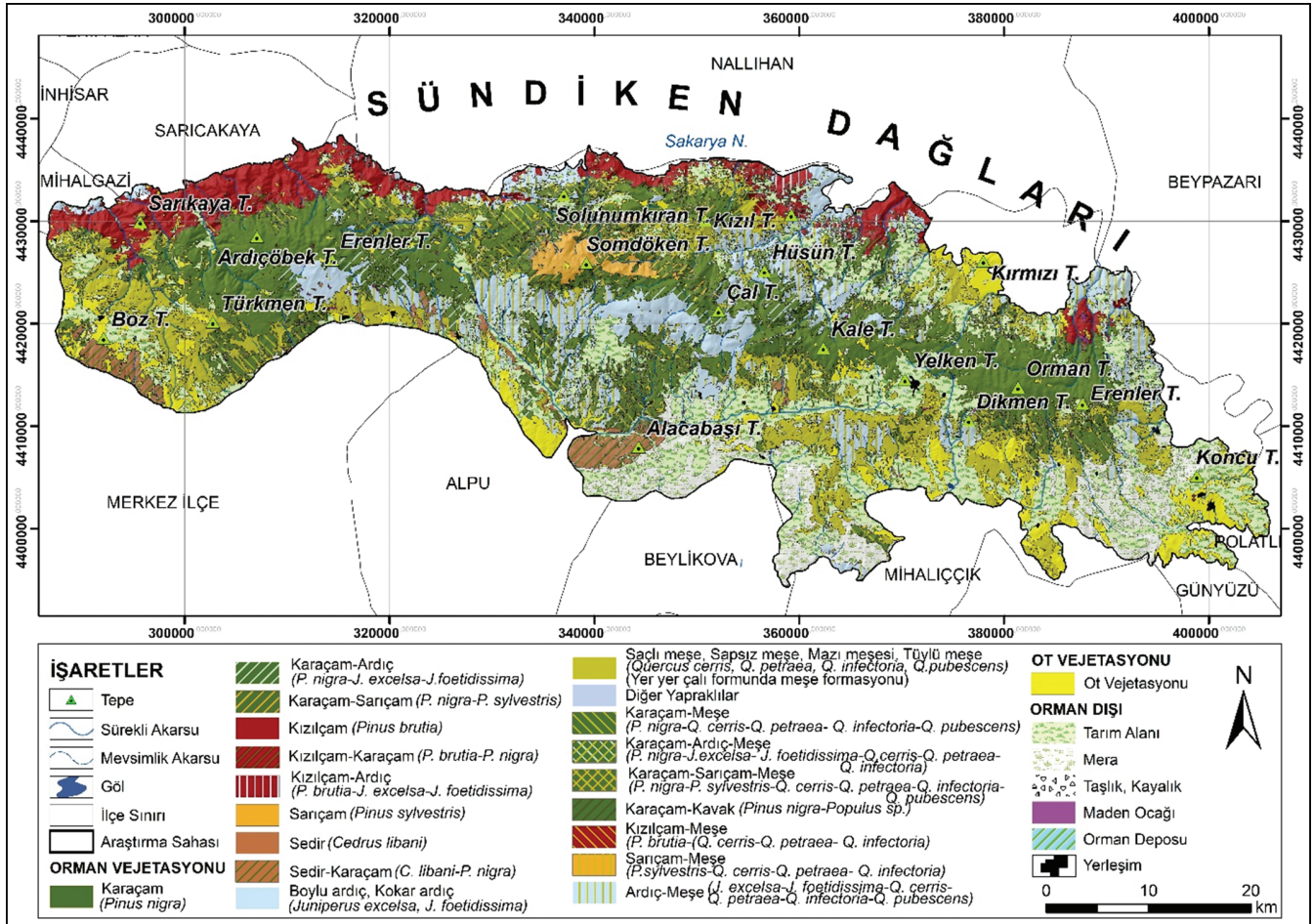
Sakarya Vadisi'nin nem etkisi ve güneyde Eskişehir Ovası'nın karasal iklimi etkisi ile farklılıklar göstermektedir. Kuzey bakırlı yamaçlarda orman bitki toplulukları güney yamaçtan daha zengin ve karışıktır. Dağın Sakarya Vadisi'nin tabanı ile ilişkili alt seviyeleri, genellikle tarım arazisi haline getirildiği için bu yamaçlarda orman alt sınırı 400-500 m olarak kabul edilebilir. Alt seviyelerde en yaygın bitki topluluğu kızılçam ormanları (*Pinus brutia*) olup 800-900 m yükseltilere kadar çıkar. 800/900-1200 m'ler arası karaçam (*Pinus nigra*) ormanı yayılış göstermektedir. 1200 m'den itibaren karaçam-sarıçam (*P. nigra*-*Pinus sylvestris*) karışık ormanı başlar ve 1400 m'ye kadar devam eder. 1400 m'ler ile dağın zirvesine kadar olan kesimde ise saf sarıçam (*P. sylvestris*) ormanları yer alır (Şekil-6). Bu ormanlar içerisinde; saçlı meşe (*Quercus cerris*), sapsız meşe (*Quercus petraea*), mazı meşesi (*Quercus infectoria*), boylu ardıc (*Juniperus excelsa*) ve kokar ardıc (*Juniperus foetidissima*) türleri de yer almaktadır (Çömez, 2004; Ekim, 1977; Çelik, 2006; Çetin, 2007).

Güney yamaçlar 1000 m'ye kadar ağaçsız olup ormanın tahrip edildiği araziye oluşturmaktadır. 1000 m'den itibaren katran ardıcının (*Juniperus oxycedrus*) karıştığı meşe (*Quercus sp.*) çalılıkları yer almaya başlamakta; 1100 m'den itibaren bozuk meşe ormanları (*Q. cerris*) 1200-1300 m'den sonra yerini karaçama (*P. nigra*) bırakmaktadır. Karaçam (*P. nigra*) ormanları 1600 m'ye kadar çıkar ve dağın güney yamacını bir kuşak halinde çevirir; su bölümü hattına çok yakın kısımlarda sarıçam (*P. sylvestris*) ile karıştığı yerler hariç tutulursa genellikle saf topluluklar oluşturur (Şekil-6). Güney yamaçlardaki meşe (*Qu-*

ercus sp.) ormanı kuzey yamaçlara göre daha seyrek olup bu yamaçlarda yetişen meşe türleri saçlı meşe (*Q. cerris*) ve tüylü meşe (*Quercus pubescens*) ile temsil edilir ve tüylü meşe (*Q. pubescens*) daha ziyade step ile sınır olan yerlerde yaygın olarak görülür. Ardıç türlerinden boylu ardıç (*J. excelsa*) yaygın olan tür olmakla birlikte aralarında bol miktarda katran ardıç (*J. oxycedrus*) ve az miktarda kokar ardıç (*J. foetidissima*) görülür (Tunçdilek, 1957; Ekim, 1977; Saraçoğlu, 2001; Çömez, 2004; Çelik, 2006; Çetin, 2007).

(0.5-0.68 μm) denk gelen band 1 ve infrared (kızılötesi) dalga boyundaki (0.725-1.10 μm) ışınları içeren band 2 bitki örtüsü incelemelerinde en kullanışlı ışık dalga boylarıdır (Karabulut, 2019: 133).

Bitkiler bilindiği üzere, fotosentez faaliyetleri sırasında kullanmak amacıyla kırmızı ışığın büyük bir kısmını bünyelerinde tutup depolar, buna karşın yakın NIR dalga boyundaki ışınların büyük kısmını yansıtır. Bu ilişkiden yararlanarak bitki indeksleri



Şekil 6. Sündiken Dağları'nın Bitki Örtüsü Haritası.

Figure 6. Vegetation map of Sündiken Mountains.

3. Veri ve Yöntem

Bu çalışmada, Sündiken Dağları üzerinde bitki örtüsünün morfo-klimatik özelliklere göre gösterdiği değişimi ortaya koymak amacıyla NASA (National Aeronautical and Space Administration) tarafından geliştirilmiş MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) uydularına ait Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle USGS Earth Explorer web sitesi (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) kullanılarak MOD 13Q1 V6 verileri elde edilmiştir.

NDVI verilerinin üretildiği MODIS uyduları, dalga boyunda 0,4 μm ile 14,4 μm arasında değişen 36 spektral bantta yüksek radyometrik hassasiyet (12 bit) sağlar (<https://modis.gsfc.nasa.gov/>). 1. ve 2. bandlar 250 m, 3-7 arası bandlar 500 m uzamsal çözünürlüğe sahipken, geriye kalan bandlar (8-36) 1 km'den daha az bir uzamsal çözünürlüğe sahiptir (Mather, 2004: 36). MODIS uydusuna ait kırmızı dalga boylu ışınlar

hazırlanmaktadır (Çelik ve Gülersoy, 2017: 91). NDVI, en sık kullanılan bitki indeksidir (Shahrokhnia ve Ahmadi, 2019: 27). Yakın kızılötesi band (NIR) ve kırmızı band (R) arasındaki farkın ve bu iki bandın toplamının oranını ifade etmektedir (Yengoh vd., 2015; 11).

$NDVI = \frac{\text{Yakın İnfrared Band (NIR)} - \text{Kırmızı Band (R)}}{\text{Yakın İnfrared Band (NIR)} + \text{Kırmızı Band (R)}}$ (Myneni, vd., 1995; Yengoh vd., 2015; Martı'n-Sotoca vd., 2017; Xue ve Su, 2017; Karabulut, 2019; Shahrokhnia ve Ahmadi, 2019; Song ve Kyunghun, 2020; Fawcett vd., 2020).

NDVI değerleri, yukarıdaki matematiksel denklemden türetilip teorik olarak -1 ila 1 arasında değişmektedir. Sıfırın üzerindeki değerler yeşil bitki örtüsünün (klorofil) veya çıplak toprağın (sıfıra yakın değerler) varlığını gösterirken, sıfırın altındaki değerler bitki örtüsünün tamamen yokluğunu ve su, kar, buz, bulutların varlığını gösterir (Kafira vd., 2014: 300).

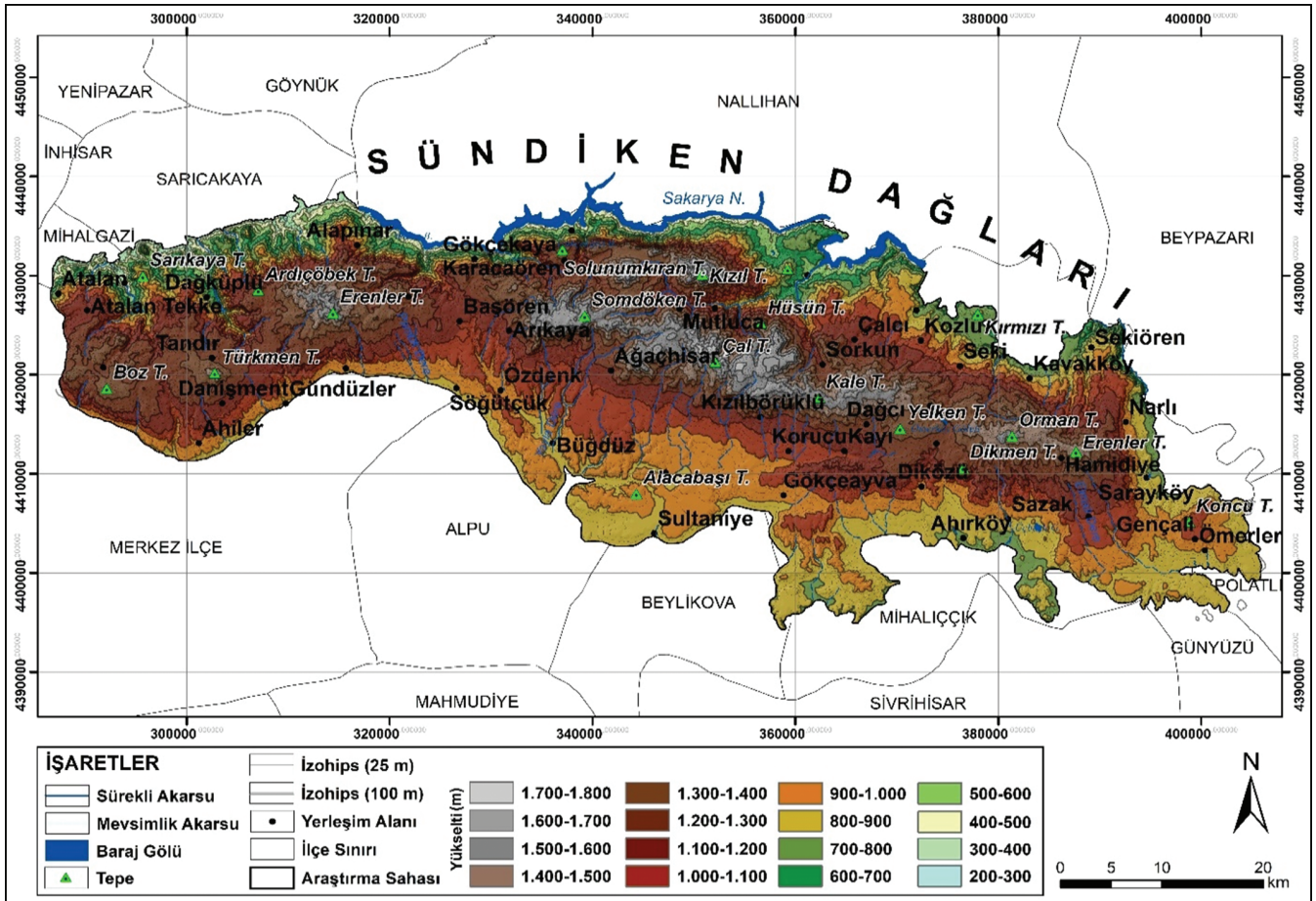
Tablo 2. Farklı arazi örtüsü tiplerinde NDVI indeksinin değerleri (Kafira vd., 2014: 300).

Table 2. Values of NDVI index in different types of land cover (Kafira vd., 2014: 300)

Arazi Örtüsü Türü	NDVI (-1 ila 1)
Yoğun Bitki Örtüsü	0.501 ile 1 arası
Orta Düzeyde Bitki Örtüsü	0.141 ile 0.500 arası
Cılız Bitki Örtüsü	0.091 ile 0.140 arası
Çıplak Zemin (kaya, kum vb)	0.026 ile 0.090 arası
Bulutlar	0.003 ile 0.025 arası
Buz ve Kar	-0.047 ile 0.002 arası
Su	-1 ile -0.046 arası

Tablo 2’de de görüldüğü üzere, bitki örtüsüne bağlı biyolojik aktivitelerin var olduğu alanlar her zaman pozitif değerle ifade edilmiş olur ve yüksek indeks değerleri daha yeşil ve sağlıklı bitki örtüsüne karşılık gelir (Karabulut, 2019: 133). Ancak, negatif değerler bazı analizlerde güçlülere sebep olmaktadır. Bu nedenle, çalışmada NDVI değerlerine $((NDVI * 0.5) + 0.5) * 200$ formülü uygulanmış ve -1 ila 1 arasında değişen NDVI değerleri, 0-200 arasındaki değerlere dönüştürülerek grafik haline getirilmiştir. Buna göre, 100’den küçük değerler bitki örtüsünün yoksun olduğu, bulut, su, buz gibi alanlara; 100 ve yakın değerler çıplak veya cılız bitki örtüsüne; 130-200 arasındaki yüksek indeks değerleri ise bitki örtüsüne karşılık gelen alanları ifade etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, 2000-2019 yılları arasını kapsayan ve 16 günlük periyodlar halinde olan toplam 457 adet MODIS uydu görüntüsü ArcMap 10.3 yazılım programına indirilmiştir. 23’er görüntüden oluşan hdf formatındaki veriler (2000 yılının ocak ayı dışında) tiff formatı haline dönüştürülmüş ve NDVI verileri oluşturulmuştur. Elde edilen NDVI verilerine, ERDAS Imagine 2014 yazılım programında geometrik ve radyometrik doğrulamalar uygulanmıştır. Geniş bir alanı kapsayan MODIS NDVI görüntülerinden Sündiken Dağları’nın (dağlık alan ile ova tabanı arasındaki sınır esas alınarak belirlenen) sınırları kesilmiştir. Yukarıda da ifade edildiği üzere -1 ila 1 arasında değişen NDVI değerleri, 0-200 arasındaki değerlere dönüştürülmüştür. Hazır hale getirilen 457 adet dönüştürülmüş NDVI görüntü birleştirilerek aritmetik ortalamaları alınmış ve 16 günlük periyodlar halinde 23 bileşke görüntü elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, sahanın sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model-DEM) oluşturularak yükselti basamakları belirlenmiş, bu DEM verisi kullanılarak eğim sınıfları, bakı sınıfları oluşturulmuş ve bunların haritaları üretilmiştir. Bu raster veriler Reclasify ile yeniden sınıflandırılmıştır. Oluşturulan bu her bir sınıfı (yükselti, eğim, bakı) temsil eden NDVI verileri üretilmiştir. Bu veriler Zonal Statistic fonksiyonu ile tablosal veri haline getirilmiş ve Excel 2013 programında düzenlenerek grafikleri oluşturulmuştur. Böylece, topoğrafik özelliklere göre bitki örtüsündeki değişimi vurgulamak amacıyla bakı-NDVI, yükselti-NDVI ve eğim-NDVI ilişkisi belirlenmiştir. Ayrıca, kütlelerin üzerinde ve yakın çevresinde bulunan çeşitli istasyonların MGM’ye ait iklim verileri kullanılarak sahanın iklim elemanları (sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr, subuharı, bağıl nem vb.) çıkarılmış, sıcaklık



Şekil 7. Sündiken Dağları'nın Yükselti Haritası.

Figure 7. The elevation map of Sündiken Mountains.

ve yağış verilerinden yararlanılarak Erinç Yağış Etkinlik İndisi ile Thornthwaite İklim Tasnifi ve Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması elde edilmiştir. Sahaya ait istasyon sayısının fazla olması ve yükselti değerlerini karşılaması nedeniyle, bilinen noktalara ait değerlerden bilinmeyen noktalara ait değerleri belirlemek amacıyla kullanılan, IDW Enterpolasyon Yöntemi uygulanmış ve sahanın sıcaklık ve yağış haritaları üretilmiştir. Böylelikle, sahanın topoğrafya özellikleri ile bitki dağılışı arasındaki ilişki değerlendirilirken aynı zamanda iklim ile olan ilişkisi de göz önüne alınmış iklim-morfoloji-bitki arasındaki yakın ilişki vurgulanmıştır. Tüm bu işlemlerin yanı sıra arazi gözlemleri de çalışmanın bir parçasını oluşturmaktadır. Elde edilen analiz sonuçları, arazi gözlemleriyle desteklenmiş çekilen fotoğraflarla söz konusu ilişki görsel olarak da kanıtlanmıştır.

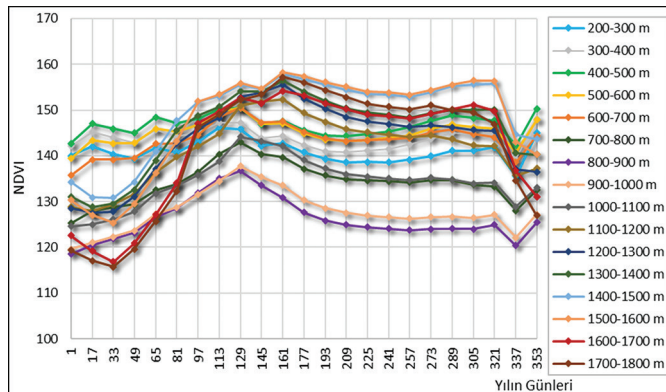
4. Bulgular ve Tartışma

Sündiken Dağları üzerinde bitki durumunu ortaya koymak amacıyla, MODIS/MOD 13Q1 V6 uydu görüntüsüne ait toplam 139 708 piksel incelenmiştir. Bu pikseller kullanılarak elde edilen NDVI değerleri sahanın yükselti, bakı ve eğim durumu dikkate alınarak ayrı ayrı ele alınmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

4.1. Yükselti-NDVI İlişkisi

Yükselti faktörüne bağlı olarak bitki örtüsündeki değişimi göstermek amacıyla 100'er m aralıklarla yükselti kuşakları belirlenmiş (Şekil-7) ve her bir yükselti kuşağına ait NDVI değerleri oluşturulmuştur. Buna göre, NDVI değerleri çeşitli yükselti kademelerinde farklılık göstermektedir.

Sündiken Dağları'nda 1100-1800 m'ler arasındaki yükselti kademelerinde NDVI değerleri genel olarak yüksek değer göstermekte olup, nisan başından (97. gün) kasım sonuna (321. gün) kadar geçen dönemde 142 (7 Nisan) ila 158 (10 Haziran) arasında değişmektedir (Şekil-8; Foto-1/A-B). Nitekim nemli ortamları oluşturan yüksek kesimler, bu dönemde bitki fotosentez aktivitesinin yüksek olduğu yamaçları meydana getirmektedir. Bununla birlikte, aralık ayı başından mart ayı sonuna kadar geçen dönemde (337. ve 81. günler arası) NDVI verileri belirgin bir iniş göstermekte olup özellikle de 1600-1800 m'ler arasında 116'ya (2 Şubat) kadar düşmüştür (Şekil-8). Bu mevsimde, söz konusu yükselti kademelerinde daha sert iklim koşullarının etkili olması bitki biyokütlesinin azalmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla, bu yükselti basamaklarında bitki örtüsünün başlangıç tarihi alt kesimlere göre daha geç olmaktadır. Yani, yükselti arttıkça vejetasyon süresi kısalmaktadır.



Şekil 8. Farklı yükselti kademelerine göre araştırma sahasının ortalama NDVI değerleri.

Figure 8. Average NDVI values of research area according to different elevation levels.

Sahada 200 ila 700 m yükseltileri, NDVI değerlerinin genel olarak yüksek olduğu ve yıl içerisinde düzenli gidışat gösterdiği kesimleri oluşturmaktadır. Bu kesimlerde, NDVI değerleri 136 (1 Ocak) ila 151 (9 Mayıs) arasında seyretmektedir (Şekil-8). Bu yükselti kademeleri, daha ziyade dağın kuzey yamaçlarında yer almaktadır. Bu yamaçlar, Karadeniz'den gelen ancak içerisindeki nemin bir kısmını bırakmış olan nispeten az nemli hava kütlelerinin Sündiken Dağları boyunca yükselmeleri sonucu, daha yağışlı ve nemli bir özellik göstermektedir. Aynı zamanda, bu yamaçlar Sakarya Nehri ve kolları tarafından çoğu yerde derin bir şekilde yarılmış ve bu kesimlerde yer yer lokal ortam özellikleri meydana gelmiştir. Bu nedenlerle, bu yamaçlarda bitki türü ve yoğunluğu farklılık göstermektedir. Bu durum, indeks değerlerine de yansımış olup bu yükselti kademeleri arasında NDVI değerleri artış göstermiştir. Şunu da ifade etmek gerekir ki, 200-700 m yükselti kademelerine ait NDVI değerleri kış mevsiminde (337. ve 49. günler arasında) diğer yükselti basamaklarına göre yüksek değer göstermektedir. Nitekim bu yamaçlarda NDVI değerleri 136 (1. Ocak) ila 150 (19 Aralık) arasındadır (Şekil-8). Bu mevsimde, söz konusu yükselti basamaklarında iklim koşullarının yüksek kesimlere göre daha uygun olması, dağın zirvesine çıkıldıkça sertleşmesi bu durum üzerinde rol oynamıştır (Şekil-2-3). Dolayısıyla, bu yamaçlarda vejetasyon süresi yüksek kesimlere göre daha uzundur. Yani, bitki örtüsünün biyolojik aktivitesinin yıl içerisindeki değişimi az belirgindir (Şekil-8).

Dağlık kütle üzerinde NDVI değerlerinin en düşük olduğu yükselti basamağını 800-1000 m yükseltileri arası oluşturmaktadır. Nitekim bu yamaçlarda, indis değerleri diğer yükselti kademelerinden oldukça farklıdır (Fotoğraf-1/C-2/A). Bu yükselti kademeleri, dağın kuzey kesimlerinde daha az alan kaplayan güney yamaçlarda daha fazla alana sahiptir (Şekil-6). Kuzey kesimlerde yer alan bu yükselti basamakları üzerinde kızılçam (*P. brutia*), karaçam (*P. nigra*) ormanları yer alırken (Fotoğraf-2/B-C), güney kesimlerde step elemanları arasında seyrek, çalı formunda meşe türleri (*Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. infectoria*) ve katran ardıcı (*J. oxycedrus*) yaygındır (Fotoğraf-1/C-2/A). Dolayısıyla, bu yamaçlarda orman kaplılığı oldukça düşüktür. Bu durum, NDVI değerlerinde açık olarak görülmektedir. Nitekim 800-900 m yükselti basamaklarında ortalama NDVI değerleri 120 (17. ve 337. günler) ila 137 (129. gün) arasında; 900-1000 m yükseltilerinde 120 (1. gün) ila 138 (129. gün) arasındadır. (Şekil-8).

4.2. Bakı-NDVI İlişkisi

Yamacın baktığı yön, bitki dağılışı ile tür ve çeşitliliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Kütle üzerinde, kuzeye bakan yamaçlar daha nemli ortamları oluştururken, güneye bakan yamaçlar İç Anadolu'nun karasal ikliminin etkisinde olan daha kurak kesimleri meydana getirmektedir. Bu durum, bitki indeks değerlerine yansımış olup bitki canlılığının daha fazla olduğu kuzey yamaçlarda NDVI verileri daha yüksek değer göstermiştir (Şekil-10-12).

Sündiken Dağları, çeşitli kesimlerinde dar ve derin vadi sistemleriyle yarılmıştır. Bu nedenle, kuzey ve güney yamaçlar içerisinde lokal ölçekli farklı yöne bakan yamaçlar meydana gelmiştir. Yani, kuzeye bakan yamaçlar içerisinde güneye bakan kesimler; yine güney yamaçlarda kuzeye bakan ortamlar söz konusu olmuştur. Ancak, bu genel bakı grupları içinde yer alan farklı yöne bakan yamaçlar, içerisinde yer aldığı genel bakı gru-

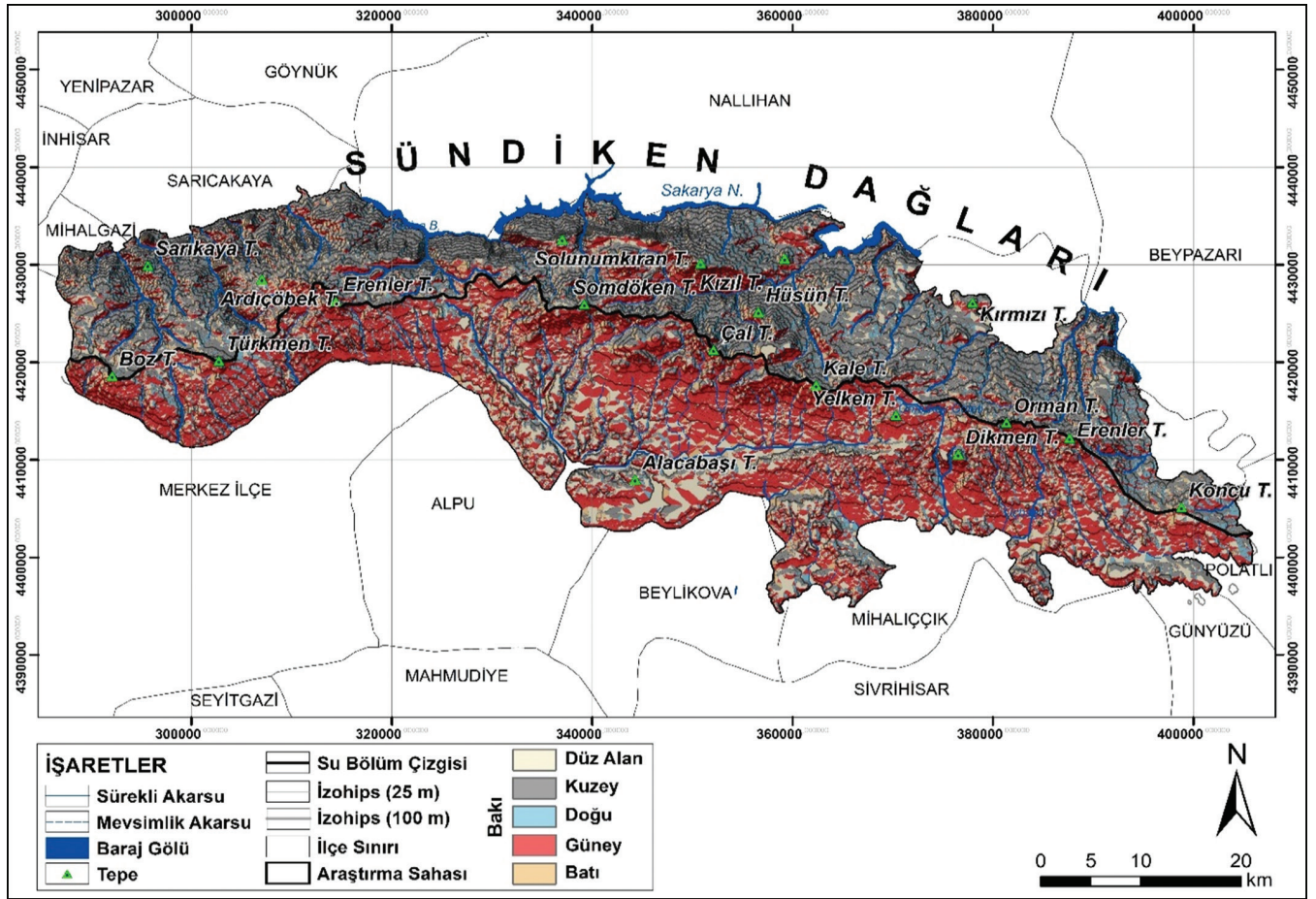


Fotoğraf 1. (A) Ayvalıkıran Tepe'nin 1287 m yükseltisinde ve (B) Pelitçik Tepenin yaklaşık 1610 m yükseltisinden Haydarbaba Tepe yamaçlarında karaçam (*P. nigra*) ve sarıçamların (*P. sylvestris*) oluşturduğu sık orman örtüsü. (C) Bakacak Tepe (918 m) yamaçlarında seyrek gelişmiş katran ardıcı (*J. oxycedrus*), tüylü meşe (*Q. pubescens*) türleri ile çeşitli otsu türler.

Photo 1. (A) Dense forests with consist of black pine (*P. nigra*) and scots pine (*P. sylvestris*) at Elevation of 1287 m in Ayvalıkıran Tepe (B) and on the slopes of Haydarbaba Tepe, which is approximately 1610 m high from the Pelitçik Hill. (C) Sparsely developed bushy juniper (*J. oxycedrus*), downy oak (*Q. pubescens*) species and various herbaceous species on the slopes of Bakacak Tepe (918 m).

bunun özelliğini daha fazla yansıttığı için, bu yamaçların genel bakı grubuna dâhil edilmesinin daha doğru olacağı düşünülmektedir. Örneğin, kuzey genel bakıda yer alan Kızıl Tepe ile Çal ve Hüsün Tepeler arası Damya ve Çal Dereleri tarafından yarılarak burada derin bir vadi meydana gelmiştir (Şekil-9). Bu vadinin kuzey kesimini oluşturan Kızıl Tepe'nin güney yamaçları, İç Anadolu'nun karasal ikliminden korunmakta olup daha nemli bir özellik göstermektedir. Bu nedenle, güney alt bakı grubunu oluşturan bu yamaçlarda bitki yoğunluğu fazladır (Şekil-10). Bu yamaçlar güney genel bakı grubu içerisinde de-

ğerlendirildiğinde, bu durum güney bakılı yamaçların da sanki yoğun bitki gelişiminin söz konusu olduğu yamaçlar şeklinde algılanmasına sebep olmaktadır. Benzer durum, güney genel bakı içerisinde yer alan kuzey alt bakı grupları için de söz konusudur. Bu nedenle, Sündiken Dağları üzerinde yaklaşık 1500 ila 1700 m'ler civarından geçirilen su bölümü hatları² birleştirilerek genel olarak kuzey ve güney bakılı yamaçlar ayrılmış; bu yamaçlar içerisinde yer alan alt bakı grupları da bu genel bakı grupları (kuzey ve güney bakı) içerisinde değerlendirilmiştir (Şekil-9).

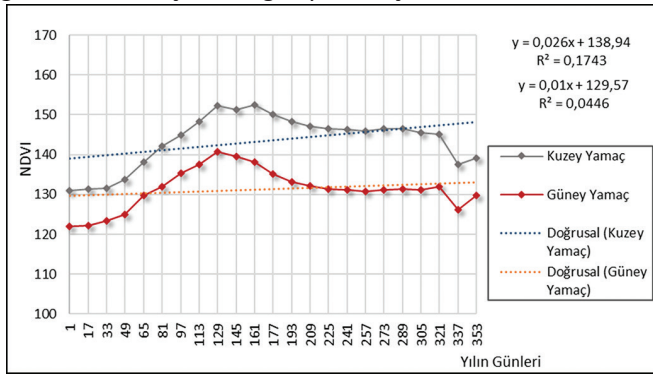


Şekil 9. Sündiken Dağları'nın Bakı Haritası.

Figure 9. Aspect map of Sündiken Mountains.

² Dağlık kütle üzerinde su bölümü hatları Türkmen Tepe (1523 m), Kötüparınarçamlık Tepe (1235 m), Sündiken (Somdöken) Tepe (1769 m), Abasalani Tepe (1786 m), Kartal Tepe, Orman Tepe'ler (1574 m) üzerinden geçirilerek su ayırıcı çizgisi belirlenmiştir.

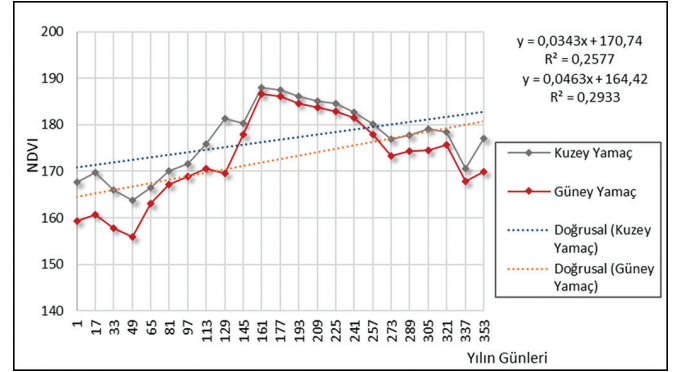
Sahada, kuzeye bakan yamaçlar güney yamaçlara göre bitki örtüsünün fotosentez aktivitesinin yüksek olduğu, dolayısıyla da bitki örtüsünün daha yoğun olduğu kesimleri oluşturmaktadır. Bu durum, NDVI değerlerine yansımıştır ve kuzey yamaçlarda indeks değerleri daima yüksektir. Kuzey yamaçlarda, nisan sonu temmuz başı NDVI değerlerinin en yüksek olduğu dönem olup bitkilerin fotosentezi maksimum düzeydedir (Fotoğraf-2/B-C). Özellikle de 129. (9 Mayıs), 145. (25 Mayıs), 161. (10 Haziran) ve 177. (26 Haziran) günler NDVI değerlerinin en yüksek olduğu günleri meydana getirmektedir. Bu aylarda NDVI değerleri 150 ila 153 arasındadır. Bölgede yağış miktarının arttığı (%27.8 ila %39.5 arasında) ilkbahar aylarında sıcaklık değerlerinin de yükselmesi, bitki örtüsünün fotosentez aktivitesinin, dolayısıyla da bitki canlılığının artmasını sağlamıştır. Bunun yanı sıra, NDVI değerleri 337. (3 Aralık) ve 49. (18 Şubat) günler arasında yani kış mevsiminde daha düşük değerleri temsil etmektedir. Güney yamaçlarda, NDVI değerleri mevsimlik gidişat bakımından kuzey yamaçlara benzemekle beraber daima daha düşük değer göstermiştir (Fotoğraf-2/A). Bu yamaçlarda da nisan-haziran (özellikle de 12., 145. ve 161. günler) arasındaki dönem NDVI değerlerinin en yüksek olduğu, bitkilerin vejetasyon süresi dışında oldukları devreye karşılık gelen aralık-şubat (özellikle de 1. ve 49. günler arası) arasındaki dönem ise NDVI değerlerinin en düşük olduğu ayları oluşturmaktadır.



Şekil 10. Sahanın kuzey ve güney yamaçlarına ait ortalama NDVI değerleri. **Figure 10.** Average NDVI values of northern and southern slopes of the area.

Kuzey ve güney yamaçlar arasında NDVI değerleri arasındaki farkın en fazla arttığı dönemi yaz ve sonbahar mevsimleri (161. ve 321. günler arası) oluşturmaktadır (Şekil-10). Bu mevsimlerde güney kesimlerde, özellikle de alt yamaçlarda çalı şeklinde gelişmiş meşe (*Q. pubescens*, *Q. infectoria*), ardıç (*J. oxycedrus*) türlerinin seyrek yayılış göstermesi, yaz aylarında kuruyan geven (*Astragalus microcephalus*, *A. Micropterus*, *A. angustifolius*, *A. Baibutensis*, *A. christianus*), yavşanotu (*Artemisia fragrans*), çoban yastığı (*Acantholimon echinus subsp. puber-*

lens), kekik (*Thymus sipyleus var. punctatus*), ısırgan (*Urtica dioica*), karabaş (*Trifolium pratense*), avcı otu (*Adonis vernalis*), anakafesotu (*Symphytum anatolicum*), kadın tuzluğu (*Berberis crataegina*), demirdelen (*Ononis spinosa subsp. leiosperma*) başta olmak üzere çeşitli step elemanlarının (Tunçdilek, 1957; Saraçoğlu, 2001) geniş yayılış alanına sahip olması bu durum üzerinde rol oynamış olmalıdır (Fotoğraf-1/C-2/A).



Şekil 11. Sahanın kuzey ve güney yamaçlarına ait maksimum NDVI değerleri. **Figure 11.** Maximum NDVI values of northern and southern slopes of the area.

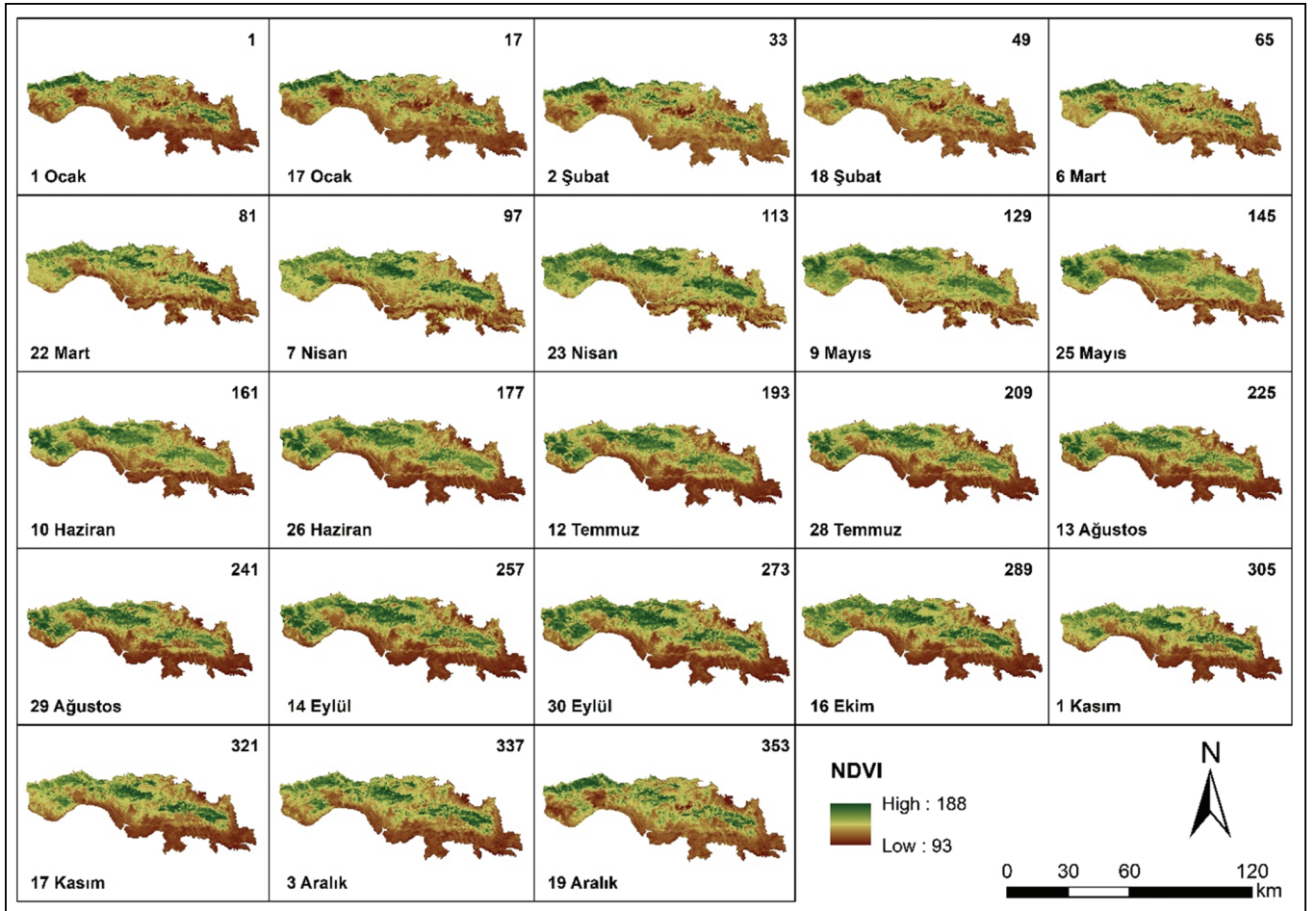
Dağlık kütle üzerinde, kuzey yamaçlarda NDVI verilerinin yüksek, güney kesimlerde ise daha düşük değer göstermesi, dağın kuzey kesimlerinin kapalılık oranının güney yamaçlara göre yüksek olduğunu ifade etmektedir. Güney kesimlerde yaklaşık 1000 m'lere kadar step elemanları ile seyrek yayılış gösteren meşe (*Q. pubescens*, *Q. infectoria*) ve ardıç (*J. oxycedrus*) türlerinin yer alması bu durum üzerinde rol oynamıştır (Fotoğraf-1/C-2/A). Bu türlerin yayılış gösterdiği söz konusu yükselti basamaklarının güney yamaçlarda geniş alan kaplaması, bitki indeks değerleri üzerinde rol oynamış olmalıdır. Ayrıca, güneye bakan yamaçların 1000 yer yer 1100 m'lere kadar olan yükselti basamaklarında eğim değerleri kuzey yamaçlara göre belirgin şekilde azalmaktadır. Yerleşmeye uygun olan bu yamaçlarda insan etkisinin ön plana çıkması, bitki örtüsündeki tahribatın artmasını sağlayarak bitki yayılışını dolayısıyla da NDVI değerlerini etkilemiştir (Şekil-6). Nitekim bu yamaçlarda indeks değerleri 120'ye (1. ve 17. günler) kadar düşmüştür. Kuzey yamaçlarda ise, ortalama NDVI değerleri 131 (1. Ocak) ile 153 (10 Haziran) arasında olup bitki kapalılığı yüksektir (Şekil-10).

Şunu da ifade etmek gerekir ki, güney yamaçlarda yüksek kesimler kapalılık üzerinde farklı bir durum göstermektedir. İç Anadolu'nun karasal hava kütleleri, yamaçlar boyunca yükselirken içerdikleri nem (nispeten az da olsa) yoğunlaşmakta ve yukarı kesimler daha serin ve nemli bir özellik göstermektedir.



Fotoğraf 2. (A) Dağın güney kesiminde Ören Sırtı yamaçlarında kapalılığı düşük katran ardıç (*J. oxycedrus*) ve mazı meşesi (*Q. infectoria*), tüylü meşe (*Q. pubescens*) türleri. (B) Dağın kuzey kesiminde Ellez Tepeleri ve (C) Büyükhisar Tepe (582 m) yamaçlarında yoğun kızılçam (*P. brutia*) ormanı.

Photo 2. (A) Bushy juniper (*J. oxycedrus*) and Cyprus oak (*Q. infectoria*), downy oak (*Q. pubescens*) species with low closure on the slopes of Ören Ridge on the southern part of the mountain (B) Dense Calabrian pine (*P. brutia*) forests on the slopes of Ellez Hills and (C) Büyükhisar Hill which is on the northern part of the mountain.



Şekil 12. Sahanın 16 günlük periyodlar halinde NDVI haritaları (2000-2019) (USGS Earth Explorer web sitesinden indirilen MODIS/MOD 13Q1 V6 görüntüleri kullanılarak hazırlanmıştır).

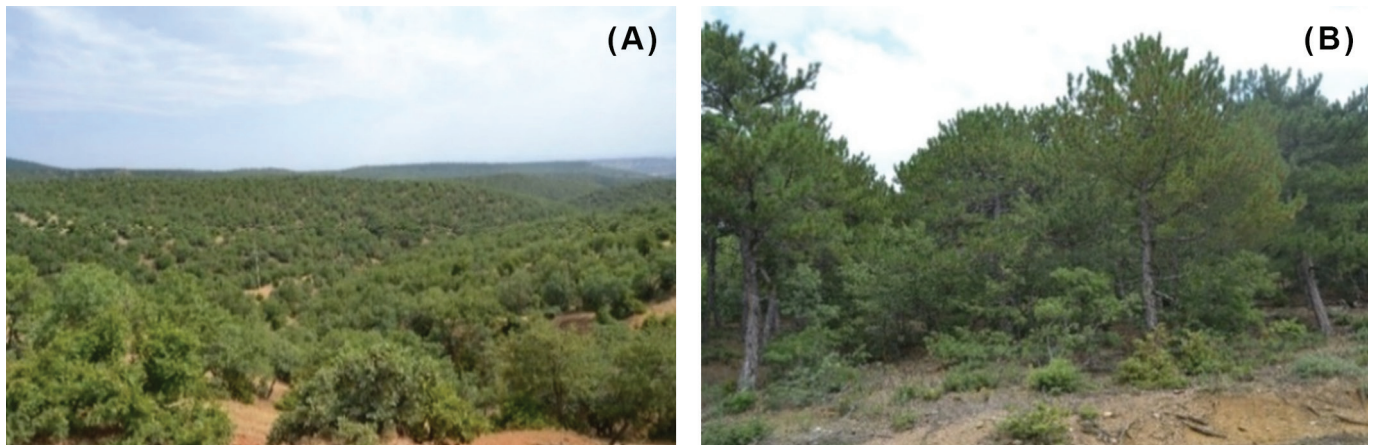
Figure 12. NDVI maps of the research area in periods of 16 days (2000-2019) (Prepared by using MODIS/MOD 13Q1 V6 images downloaded from the USGS Earth Explorer website).

Dolayısıyla, bu kesimler bitki dağılışı ve kapalılığı bakımından farklı ortamları oluşturmaktadır. Buralarda gelişen meşe (*Q. cerris*, *Q. petraea*, *Q. infectoria*) ve karaçam (*P. nigra*) ormanları daha alt kesimlere göre bitki yoğunluğunun fazla olduğu kesimleri meydana getirmektedir (Fotoğraf-3; Şekil-11-12). Bu durum kendini maksimum NDVI değerlerinde göstermiştir. Yani, maksimum NDVI değerleri açısından kuzey ve güney yamaçlar arasında bitki gelişiminde belirgin farklar görülmektedir. Maksimum NDVI değerlerinin kuzey ve güney ya-

maçlarda özellikle de 145. (25 Mayıs) ve 273. (30 Eylül) günler arasında oldukça yakın değer göstermesi bu durumu kanıtlar niteliktedir (Şekil-11).

4.3. Eğim-NDVI ilişkisi

Araştırma sahasında, farklı eğime sahip yamaçlarda bitki dağılışı bakımından farklar bulunmaktadır. Bu nedenle, Erol (1993) ile Elibüyük ve Yılmaz (2010) tarafından yapılan eğim



Fotoğraf 3. (A) Dağın güneyinde Oğlanöldüğü Tepe yamaçlarından (1156 m) tüylü meşe (*Q. pubescens*) ve (B) Hamzaasılan Tepe (1250 m) yamaçlarında karaçam (*P. nigra*).

Photo 3. (A) Downy oak (*Q. pubescens*) on the slopes of Oğlanöldüğü Hill (1156 m) and (B) Black pine (*P. nigra*) forest on the slopes of Hamzaasılan Hill (1250 m) which are on the south of the mountain.

sınıflarından yararlanılarak dağlık kütle üzerinde eğim sınıfları oluşturulmuştur (Tablo-3; Şekil-13). Her bir eğim sınıfı dikkate alınarak elde edilen NDVI verileri değerlendirilmiş ve bitki örtüsünün yamaç eğimlerine göre gösterdiği fark ortaya konulmak istenmiştir.

Tablo 3. Araştırma Sahasında eğim sınıfları (Erol, 1993; Elibüyük ve Yılmaz, 2010'a göre değiştirilerek düzenlenmiştir).

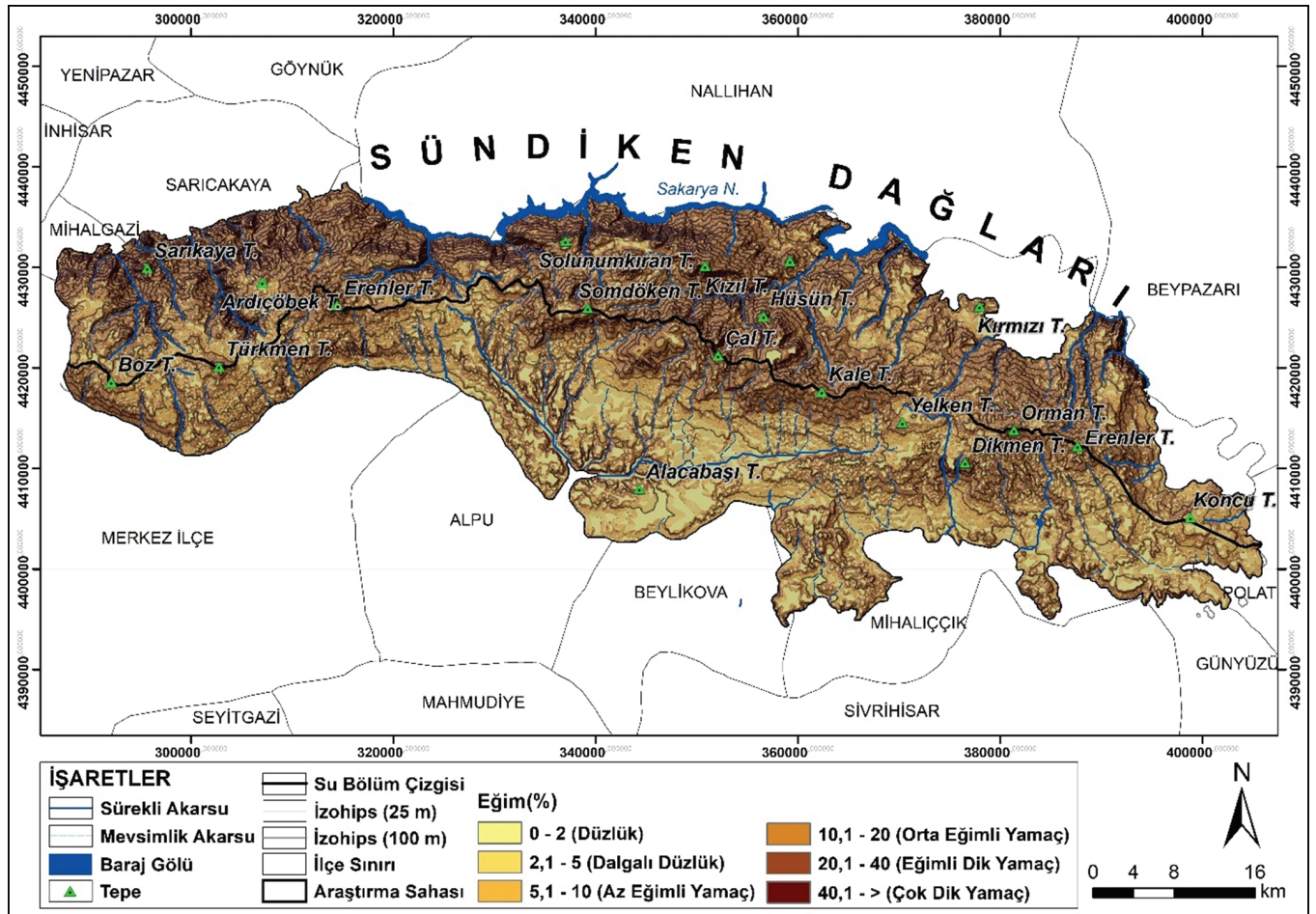
Table 3. Slope classifications of the research area (Erol, 1993; Elibüyük and Yılmaz, 2010).

Eğim Sınıfları (%)	Morfografik Tanımlama	
Düzlük	0-2	Düzlük
	2.01-5	Dalgalı Düzlük
Yamaç	5.01-10	Az Eğimli Yamaç
	10.01-20	Orta Eğimli Yamaç
	20.01-40	Eğimli Dik Yamaç
	40.01>	Çok Dik Yamaç

Dağlık kütle üzerinde NDVI değerleri genel olarak düzlük alanlar ile farklı eğime sahip yamaçlarda farklılık göstermektedir. Şöyle ki, bitki indeks değerlerinin en yüksek olduğu yamaçları %20.01-40 arasındaki eğimli dik yamaçlar ile %40.01-> çok dik yamaçlar oluşturmaktadır (Fotoğraf-4). Bu yamaçları, %10.01-20 eğime sahip orta eğimli yamaçlar takip etmektedir. NDVI değerlerinin en düşük olduğu yamaçlar ise, düzlük veya hafif eğimli düzlük alanlar (%0-2 ile %2.01-5) ile az eğimli (%5.01-10) yamaçlardır (Şekil-14).

Sahada %0.01-2 eğime sahip düzlükler ve %2.01-5 eğimli dalgalı düzlükler ile %5.01-10 eğime sahip az eğimli yamaçlara ait NDVI değerleri yer yer birbiri içerisine geçmiş olup aralarında önemli bir fark bulunmamaktadır. Bu yamaçlar ile %20.01-40 eğimli dik ve %40.01-> çok dik yamaçlar arasında NDVI değerleri arasındaki fark artmakta olup özellikle de 129. günden (25 Mayıs) ile 321. güne (17 Kasım) kadar olan dönemde söz konusu fark belirginleşmektedir (Şekil-14).

Araştırma sahasında eğimli yamaçlarda genel olarak bitki yoğunluğunun artması şu şekilde ifade edilebilir: Dağlık kütle üzerinde derin yarılmış vadi yamaçları bitki gelişimi ve yayılışı bakımından uygun ortamları oluşturmaktadır. Eğim değerlerinin nispeten fazla olduğu bu yamaçlar, aynı zamanda orman kapalılığının dolayısıyla da NDVI değerlerinin yüksek olduğu kesimleri meydana getirmektedir (Fotoğraf-4/B). Özellikle de derin vadilerle sık olarak yarılmış kuzey bakılı yamaçlarda bu durum dikkati çekmekte olup bu kesimlerde NDVI değerleri yüksektir (Şekil-14). Bunun yanı sıra, kuzeyde Sakarya Vadisi'ne bakan yamaçlar özellikle de dağın batı ve orta bölümlerinde eğimli dik ve çok dik yamaç özelliği göstermektedir. Bu yamaçlar boyunca yükselen hava kütlelerinin sebep olduğu nemli ortam koşulları bitki aktivitesine yansımış olup bu yamaçlarda orman kapalılığı yüksektir (Fotoğraf-2/B-C-4/B; Şekil-14). Ancak, dağlık kütle üzerinde çok dik kayalıklarda bitki dağılışı da sınırlanmış hatta ortadan kalkmıştır. Ayrıca, sahada eğim değerlerinin azaldığı kesimler insan kaynaklı bitki tahribatının belirgin olduğu yamaçları oluşturmaktadır olup bu yamaçlarda orman arazisi yer yer kesintiye uğramıştır. Yani,



Şekil 13. Sündiken Dağları'nın Eğim Haritası.

Figure 13. Slope map of Sündiken Mountains.

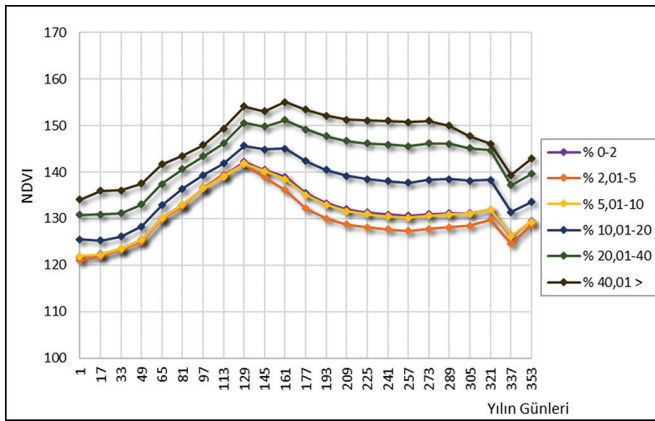
orman arazisi içerisine yerleşim alanları ve tarım arazilerinin açılması bitki yoğunluğunu etkilemiş, insan etkisinin azaldığı hatta ortadan kalktığı eğimli yamaçlarda ormanın daha yoğun olması bitki indeks değerlerine pozitif yönde yansımıştır.

vitesini etkilemiş olup bu aylarda NDVI verileri en düşük değer göstermiştir. Dolayısıyla, yükseklere çıkıldıkça bitki örtüsünün yıl içerisindeki değişimi belirginleşmekte vejetasyon süresi kısalmaktadır. NDVI değerleri arazide 200 ila 700 m yükselteleri



Fotoğraf 4. (A) Dağın kuzey kesiminde Hamam Dere Vadisi yamaçları ve (B) Yenice Baraj Gölü güneyinde Küplüce Tepe'nin farklı eğime sahip yamaçlarında gelişmiş yoğun orman örtüsü.

Photo 4. Developed dense forest cover, (A) on the slopes of the Hamamdere Valley on the northern part of the mountain and (B) on different slopes of Küplüce Hill located south of Yenice Dam Lake.



Şekil 14. Sahanın tablo-3'teki eğim sınıflarına göre ortalama NDVI değerleri.
Figure 14. Average NDVI values of the field according to the slope classes in Table-3.

5. Sonuç

Sündiken Dağları, sahip olduğu tüm topoğrafik ve iklimik özellikleri ile farklı ortam koşullarına sahiptir. Dağlık kütle üzerinde bu farklı ortam koşulları bitki aktivitesini de etkilemiştir. Nitekim kütle üzerindeki bitki örtüsünün morfo-klimatik özelliklere göre gösterdiği değişim CBS ve UA teknikleri ile incelenmiş olup yapılan çeşitli analizler bitki aktivitesinin farklı yamaçlarda, farklı yükselti kademelerinde ve farklı eğim değerlerinde belirgin değişimler gösterdiğini kanıtlamıştır. Arazide yapılan gözlemler, uydu görüntülerinden elde edilen bulguları ayrıca doğrulamıştır. Buna göre:

NDVI değerleri yaklaşık 1800 m yükseltiyeye sahip Sündiken Dağları üzerinde, bitki dağılışının yükselti kademelerine göre değiştiğini göstermiştir. Yükseltiyeye bağlı olarak iklim özelliklerinde meydana gelen değişim ortam koşullarını etkilemiş olup kütle üzerinde 1100 m'den daha yüksek kesimlerde ilkbahar aylarından itibaren kış mevsimine kadar olan dönemde bitki yoğunluğunun belirgin bir şekilde arttığı, dolayısıyla da orman kapalılığının yüksek olduğu gözlenmiştir. Ancak, kış mevsiminde sıcaklık değerlerindeki belirgin düşüş bitki fotosentez akti-

arasında, nisan başından kasım sonuna kadar geçen dönemde (97 gün ile 321. günler arası) yüksek kesimlere (1100-1800 m) göre daha düşük değerler göstermektedir. Bunun dışında, yıl içerisinde düzenli gidışat göstermektedir.

Dağın kuzeye bakan yamaçlarında bitki örtüsünün fotosentez aktivitesi güney yamaçlara göre yüksek olup bu yamaçlar daha bitki örtüsünün daha yoğun olduğu kesimleri oluşturmaktadır. Nitekim daha nemli ve ılıman bir özellik gösteren, eğim değerlerinin daha fazla olduğu, dar ve derin yarılmış vadilerin geniş alan kapladığı, dolayısıyla da bakı farklılıklarının daha fazla olduğu dağın kuzeye bakan yamaçları; bitki yoğunluğunun ve buna bağlı olarak da orman kapalılığının fazla, NDVI değerlerinin yüksek olduğu yamaçları oluşturmaktadır. Karasal iklim etkisinin belirgin olduğu güney yamaçlarda ise, bitki dağılışı daha seyrek ve özellikle de alt kesimlerde (1000-1100 m'lere kadar) çalı karakterindedir. Bu kesimlerde, düz ve az eğimli yamaçların daha geniş alan kaplaması ve dolayısıyla beşerî faaliyetlerin belirgin olması bitki yayılışı ve buna bağlı olarak da NDVI değerleri üzerinde ayrıca etkili olmuştur. Nitekim bu yamaçlarda NDVI değerleri 120'ye (1. ve 17. günler) kadar düşmüştür. Ancak, alt kesimlerde yer alan otsu vejetasyon ile çalı görünümü meşe ve ardıç türlerinin yerini yükseklerde çıkıldıkça ortam koşullarının değişmesi nedeniyle orman formasyonu almıştır. Bu durum, indeks değerlerine yansımış olup maksimum NDVI değerleri kuzey ve güney yamaçlar arasında bitki gelişimi ve vejetasyon süresi bakımından belirgin farklar olmadığını ortaya koymuştur.

Dağ yamaçlarının eğim değerlerine göre, NDVI verileri de farklılık göstermektedir. NDVI değerleri %20.01-40 eğimli dik yamaçlar ile %40.01-> çok dik yamaçlarda oldukça yüksektir. Çünkü kütle üzerinde derin yarılmış vadi yamaçları bitki gelişimi ve yayılışı bakımından uygun ortamları oluşturmakta olup eğim değerlerinin fazla olduğu bu yamaçlar aynı zamanda bitki yoğunluğunun fazla olduğu kesimleri meydana getirmektedir. Sündiken Dağları üzerinde beşerî faaliyetler etkin olup çok sayıda orman içi köy bulunmaktadır. Dolayısıyla, dağın

farklı yükseltilerinde nispeten düzlük veya hafif eğimli düzlük alanlar (%0-2 ila %2.01-5) ile az eğimli (%5.01-10) yamaçlarda insan faaliyetlerinin belirgin olması, bitki dağılışı üzerinde rol oynamıştır. Nitekim bu yamaçlarda NDVI değerleri 121'e kadar düşmüştür. Farklı yükselti kademelerinde yer alan söz konusu düz ve az eğimli yamaçlarda, orman açıklıkları belirgin olup bu durum bitki indeks değerlerinde belirgin olarak görülmektedir.

Sahada iklim verileri ile NDVI değerleri arasında sıkı bir ilişkinin var olduğu, bitki dağılışı ve fotosentez aktivitesi üzerinde iklim koşullarının belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, saha gözlemlerinden kütle üzerindeki farklı morfolojik birimlerin iklim elemanlarına etki ederek farklı ortam koşulları meydana getirdiği görülmüştür. Bu durum bitki gelişimini, çeşitliliğini, tür ve dağılışını etkilemiştir. Dolayısıyla, sahanın morfolojik ve iklimik özelliklerine bağlı olarak bitki örtüsündeki değişim NDVI değerlerine yansımıştır.

Teşekkür

Yazar, çalışmanın çeşitli aşamalarında değerli yorum ve önerileriyle yardımlarını gördüğü Prof. Dr. M. Ali ÖZDEMİR'e ve ayrıca önemli katkılarından dolayı hakemlere teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. İzmir: Meta Basım Matb. Hizmetleri.
- Atalay, İ., Efe, R. (2015). *Türkiye Biyocoğrafyası*. İzmir: Meta Basım Matb. Hizmetleri.
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., Öztürk, M. Z. (2019). Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne Göre Belirlenen Türkiye İklim Bölgelerinin Rejim Karakteristikleri. 1. *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı*, 20-22 Haziran 2019, 752-760, İstanbul.
- Bayram, H., Kopar, İ., Çelik, M.A. (2018). Akdağ Kütesinde (Olur-Erzurum) Bitki Örtüsünün Ortam Koşullarına Göre Değişiminin Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak İncelenmesi. *TUCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 3-6 Ekim 2018, 584-596, Ankara.
- Bilgin, T. (1980). Orta Sakarya Platolarında Yapı, Sathlar ve Drenaj. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TBAG-275 Nolu Proje Kesin Raporu*, 303 s.
- Birsoy, Y., Ölgen, M. K. (1992). Thornthwaite Yöntemi ile Su Bilançosunun ve İklim Tipinin Belirlenmesinde Bilgisayar Kullanımı. *Ege Coğrafya Dergisi* 6: 153-178.
- Çelik, N., (2006). *Sündiken Dağları Kütesinin Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Çelik, M.A., Karabulut, M. (2014). Antakya-Kahramanmaraş Grabeninde Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orman Alanları ile Yağış Arasındaki İlişkilerin MODIS Verileri (2000-2010) Kullanılarak İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12 (1): 49-68.
- Çelik, M.A., Gülersoy, A.E. (2014). Bitki Örtüsü Değişimlerinin 16 Günlük Periyotlar Halinde İzlenmesi: Mardin İli Örneği (2000-2010). *International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9 (2): 471-494, Ankara.
- Çelik, M.A. (2016). *Bitki İndeks Modelleri (NDVI, EVI, VCI) Kullanılarak Akdeniz Bölgesi'nde Kuraklık Analizi (2000-2014)*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.Soyal Bil. Enst., Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- Çelik, M.A., Gülersoy, A.E. (2017). Nur Dağları'nın (Amanoslar) Orta Kesiminin Farklı Yamaçlarında Bitki İndeks Değişiminin İzlenmesi. *İğdir Ü. Fen Bil. Ens. D, 7* (3): 87-97.

- Çetin, M. (2007). *Sündiken Kütesindeki Yükselti-İklim Kuşaklarının ve Orman Toplumlarının Özelliklerinin Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Çömert, R., Küçük Matçı, D., Emir, H., Avdan, U. (2017). Nesne Tabanlı Sınıflandırma ile Yanmış Orman Alanlarının Tespiti. *AKÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Derg.*, 17: 27-34.
- Çömez, A. (2004). *Sündiken Dağları Kütesinin Batı Bölümünde (Çatacak İşletmesi) Hava Kirliliğinin Orman Ağaçlarına Etkisinin Yükselti ve Bakıya Göre İncelenmesi*. İstanbul Ün. Fen Bil. Enst., Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çiçek, İ. (1995). Türkiye'de Kurak Dönemin Yayılışı ve Süresi (Thomthwaite Metoduna Göre). *Türkiye Coğrafyası Ar. ve Uy. Mer. Der.*, 4, 77-102.
- Ekim, T., 1977. *Sündiken Dağları Vegetasyonunun Sosyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması*, Ankara Üniversitesi Sistematik Botanik Kürsüsü, Doçentlik Tezi, Ankara.
- Elibüyük, M., Yılmaz, E. (2010). Türkiye'nin Coğrafi Bölge ve Bölümlerine Göre Yükselti Basamakları ve Eğim Grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8 (1): 27-55.
- Erol, O. (1958). Mihalıççık Dağlarının Jeomorfolojisi ve Araziden Faydalanma. *Ankara Ün. Dil ve Tarih-Coğrafya Fak. Dergisi*, 10 (3-4): 519-531.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10: 19-37.
- Fawcett D., Panigada, C., Tagliabue, G., Boschetti, M., Celesti M., Evdokimov, A., Biriukova, K., Colombo, R., Miglietta, F., Rascher, U. and Anderson, K. (2020). Multi-Scale Evaluation of Drone-Based Multispectral Surface Reflectance and Vegetation Indices in Operational Conditions. *Remote Sensing*, 12, 514: 2-21.
- Fraga, H., Amraoi, M., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Eiras-Dias, J., Silvestre, J., Santos, J. (2014). Examining the Relationship Between the Enhanced Vegetation Index and Grapevine Phenology. *European Journal of Remote Sensing*, 47: 753-771.
- Hepbilgin, B., Koç, T. (2018). Bölgesel Sıcaklık ve Yağış Verilerine Göre Kazdağ'ı ve Yakın Çevresinin İkliminde Öngörülen Değişiklikler (2000-2099). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37: 253-270.
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Kalb, V. L. (1991). Representation of Vegetation by Continental Data Sets Derived from NOAA-AVHRR Data. *International Journal of Remote Sensing*, 12 (5): 999-1021.
- Kafira, V., Albanakis, K., Oikonomidis, D. (2014). Flood Susceptibility Assessment using G.I.S. An example from Kassandra Peninsula, Halkidiki, Greece. *Proceedings of the 10th International Congress of the Hellenic Geographical Society*, 22-24 October 2014, Thessaloniki, Greece, 287-308.
- Karabulut, M. (2006). NOAA AVHRR Verilerini Kullanarak Türkiye'de Bitki Örtüsünün İzlenmesi ve İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4 (1): 29-42.
- Karabulut, M. (2019). Vegetasyon Çalışmalarında Uzaktan Algılama İçinde (133). *Coğrafyada Uzaktan Algılama* (Ed.: Doğukan Doğu Yavaşlı ve M. Kırımı Ölgen). İstanbul: Kriter Yay.
- Kose, M. (2015). *Improving Population Estimation Models Using Remotely Sensed and Ordnance Survey Datasets*. University of Leicester, Department of Geography, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Leicester, United Kingdom.
- Köse, M., Tate, N., Tansey, K. (2017). İkili Eşleme ve Hacimsel Nüfus Tahmini Teknikleri Kullanarak Nüfus Dağılışının Haritalanması. *Afyon Kocatepe Ün. Sos. Bil. Dergisi*, 19 (2), 339-363.
- Martí'n-Sotoca, J.J., Saa-Requejo, A., Borondo, J., Tarquis, A.M. (2017). Singularity Maps Applied to a Vegetation Index. *Biosystems Engineering*, XXX: 1-12.
- Mather, P. M. (2004). *Computer Processing of Remotely-Sensed Images (Third Edition)*, England: John Wiley & Sons Ltd., 215 pp.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., Marshak, A. L. (1995). The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Rem. Sens.*, 33 (2): 481-486.

- Obata, K., Miura, T., Yoshioka, H., Huete, A. R. (2013). Derivation of a MODIS-Compatible Enhanced Vegetation Index from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Spectral Reflectances Using Vegetation Isoline Equations. *Journal of Appl. Rem. Sensing*, 7: 1-16.
- Özaydın, B. U., Yücel, E. (2004). Mihalıççık İlçesinin (Eskişehir) Florası. *Anadolu Üniv. Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (1): 83-106, Eskişehir.
- Özdemir, M. A., Bahadır, M. (2010). Uzaktan Algılama ile Acıgöl Havzası'nda Arazi Kullanımının Zamansal Değişim Analizi (1975-2005). *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3 (12): 335-351.
- Özşahin, E. (2015). Hoşköy Deresi Havzası'nın (Tekirdağ) Jeomorfolojik Özellikleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 33: 99-120
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35: 17-27.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. and Stenseth, N. C. (2005). Using the Satellite-Derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change. *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (9): 503-510.
- Rizvi, R. H., Yadav, R. S., Singh, R., Datt, K., Khan, I. A., Dhyani, S. K. (2009). Spectral Analysis of Remote Sensing Image for Assessment of Agroforestry Areas in Yamunanagar District of Haryana. *ISRS Symposium, Precision Farming and Agro-meteorology*, 1-13.
- Saraçoğlu, H. (2001). *Eskişehir Kuzeydoğusunun Coğrafi Etüdü (Mihalıççık, Beylikova, Alpu ve Çevresi)*. Marmara Üniv. Sos. Bil. Enst., Yayınlanmamış Dokt. Tezi, İstanbul.
- Setiawan, Y., Yoshino, K., Prasetyo, L.B. (2014). Characterizing the Dynamics Change of Vegetation Cover on Tropical Forestlands Using 250 m Multi-Temporal MODIS EVI. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26; 132-144.
- Shahrokhnia, M.H., Ahmadi, S.H. (2019). Remotely Sensed Spatial and Temporal Variations of Vegetation Indices Subjected to Rainfall Amount and Distribution Properties. İçinde (27). *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences* (Ed.: Hamid Reza Pourghasemi and Candan Gokceoglu, Elsevier, India: MPS Limited.
- Song, B., Kyunghun, P. (2020). Detection of Aquatic Plants Using Multispectral UAV Imagery and Vegetation Index. *Remote Sensing*, 12, 387: 1-16.
- Sisay, A., Burka, A. (2016). Normalized Difference Vegetation Indexing Approaches: Accuracy and Use Evaluation. *Geospatial Science*, (2, 1): 16-29.
- Tunçdilek, N. (1957). İç Anadolu'nun Kuzey-Batı Bölümünde (Eskişehir Bölgesi) Bitki Örtüsünün Dağılımına Toplu Bir Bakış. *İst. Üniv. Orman Fak. Der.*, VII (1): 120-139.
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. and Steininger, M. (2003). Remote Sensing for Biodiversity Science and Conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (6): 306-314.
- Xue, J. and Su, B. (2017). Hindawi Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, Article ID 1353691, 17.
- Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E., Tucker, C.J. (2015). *Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales*. Springer Briefsin Environmental Science, Switzerland: Springer International Publishing.
- Yılmaz, E., Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13 (3): 3973-3994.

İnternet Kaynakçası

- <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>
Son erişim 18.07.2018.
- <https://earthexplorer.usgs.gov/> Son erişim 08.06.2019-10.06.2019 tarihleri arası ile 16.03.2020-20.03.2020 tarihleri arası.
- <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/curvature.htm> Son erişim 29.08.2019.