ÇUKUROVA ARAŞTIRMALARI

E-ISSN: 2458-7559

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI Number: <http://dx.doi.org/10.29228/cukar.54129>

Topuz, M. ve Geçen, R. (2021). Silifke ve Erdemli ilçe merkezlerinin yer yüzey sıcaklığına etkisi. *Çukurova Araştırmaları*, 7(3), 439-453.

CİLT 7, SAYI 3, KIŞ 2021, s. 439-453

SİLİFKE VE ERDEMLİ İLÇE MERKEZLERİNİN YER YÜZEY SICAKLIĞINA ETKİSİ¹

Muhammet TOPUZ²

Reşat GEÇEN³

Öz

Güneşten farklı dalga boylarında yayılan enerji, yüzey özelliğine göre farklı oranlarda yansıtılır ve tutulur. Arazi örtüsü/arazi kullanımı durumuna göre yerden yansıyan enerji farklılaşır. Sanayi devrimi ile birlikte insanoğlunun doğaya müdahalesi giderek daha geniş alanlarda kendini göstermiştir. İnsanoğlunun Neolitik'ten itibaren başlayan yerleşme serüveni, günümüzde megaşehirler boyutuna ulaşmıştır. Yüzey örtüsünden büyük oranda arındırılarak yapay bir görünüme sahip şehirler, çevresine göre farklı yansıma ve yutulma değerlerine sahiptir. Literatürde şehir ısı adası olarak adlandırılan bu durum hem yersel meteoroloji istasyonları verileri ile hem de uydu görüntüleri üzerinden incelenmektedir. Uydu görüntüleri üzerinden yapılan çalışmalarda yaygın kullanılan yöntem Yer yüzey sıcaklığı (YYS)'nin hesaplanmasıdır. Bu çalışmada amaç; YYS hesabı kullanılarak Silifke ve Erdemli ilçe merkezlerinin çevresine göre sıcaklık durumunun incelenmesidir. 17.06.2019 ve 06.06.2021 tarihlerinde alınmış Landsat 8 uydu görüntülerinin yanı sıra Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 'nden alınan saatlik hava ve toprak sıcaklık verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak 2021 yılının 2019 yılına göre daha fazla YYS değerlerine sahip olduğu; Silifke'de YYS ve hava sıcaklığının Erdemli'de ise toprak sıcaklığının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Her iki ilçe merkezi, genel olarak çevresine göre daha yüksek YYS değerine sahiptir. Yüzey sıcaklık farkının oluşmasında arazi örtüsü ve kullanımı, yapı malzemesi, kompaktlık, baki, yükselti, şehir alanı genişliği vb. etkili olan faktörlerdir. Ayrıca içerisinden yüksek debili Göksu Nehri geçen Silifke'nin Erdemli'ye göre YYS ranj değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yer yüzey sıcaklığı (YYS), Silifke-Erdemli, şehir ısı adası

¹ Bu çalışmada; "2020 TR Dizin Dergi Değerlendirme Kriterleri"nin 8. maddesinde belirtilen araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

² Dr., Arş. Gör., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, ksutopuz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5526-3797>

³ Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, rgecen@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4144-6645>

Article Info/ Makale Bilgisi

Received/Geliş: 09.11.2021

Accepted/Kabul: 18.11.2021

Published/Yayın: 21.12.2021

THE EFFECT OF SILIFKE AND ERDEMLİ DISTRICT CENTERS ON LAND SURFACE TEMPERATURE

Abstract

The energy emitted from the sun at different wavelengths is reflected and retained at different rates according to the surface feature. According to the land cover/land use situation, the energy reflected from the ground differs. With the industrial revolution, human intervention in nature covers increasingly wider areas. The settlement adventure of mankind, which started from the Neolithic, has reached the size of megacities today. Cities that have an artificial appearance by being largely free of surface cover have different reflection and absorption values according to their surroundings. This situation, which is called the urban heat island in the literature, is examined both by terrestrial meteorology stations data and satellite images. The commonly used method in studies on satellite images is the calculation of the Land surface temperature (LST). The aim of this study is the examination of the temperature situation according to the surroundings of Silifke and Erdemli district centers using LST calculation. In addition to Landsat 8 satellite images taken on 17.06.2019 and 06.06.2021, hourly weather and soil temperature data from the General Directorate of Meteorology (MGM) were used. As a result, it has been determined that 2021 has more LST values than 2019. While LYS and air temperature were higher in Silifke, it was determined that the soil temperature was higher in Erdemli. Both district centers generally have a higher YYS value than their surroundings. Land cover and use, building material, compactness, aspect, elevation, width of city area etc. in the formation of surface temperature difference are influencing factors. In addition, it was determined that the YYS range value of Silifke, through which the Göksu River with high flow passes, is higher than Erdemli.

Keywords: Land surface temperature (LST), Silifke-Erdemli, urban heat island

GİRİŞ

Şehirlerin ve çevresindeki kırsal alanların sıcaklık farklarının akademik olarak ortaya konulma çabasına yönelik ilk bilimsel gözlemler 1833 yılında Luke Howard tarafından Londra için başlatılmıştır (Mills, 2008; Stewart, 2011; Bilgen, 2016). 1970'lerden sonra uydu görüntülerinin de kullanılmaya başlanması konuya yeni bir yaklaşım getirmiş ve ısıya duyarlı termal band verileri kullanılarak yüzey ısıları ölçülmek suretiyle şehir ve çevresindeki kırsal alanların sıcaklık farkları literatürde ortaya konulmuştur. Yüzey ısı adası (YIA) ve şehir ısı adası (ŞİA) farklı terimler olup; bunların farkı, İstanbul örneğinde Özbilge (2020) tarafından incelenmiştir. Özetle ŞİA'nın meteoroloji istasyonlarında ölçümü yapılan hava sıcaklığı ile ortaya konabileceği, yüzey sıcaklık hesaplarında bu ayrımın net olmadığı belirtilmiştir (Özbilge, 2020). Ancak literatürde meteoroloji istasyonu verileri kullanılmadan sadece YYS ile yapılmış şehir ısı adaları çalışmaları da mevcuttur (Şekertekin ve Marangoz, 2019; Mercan, 2020; Polat, 2020; Türkyılmaz vd., 2020; Orhan, 2021).

Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), uydu görüntülerinde termal bandlar kullanılarak hesaplanabilir. Farklı yöntemlerle hesaplansa da temelde termal bandların kullanımı ve sıcaklık ölçü birimlerinin dönüşümü söz konusudur. Literatürde YYS hesabı ile yapılan, farklı disiplinlerde çok sayıda çalışma mevcuttur. YYS, farklı meşcere türlerinde değişmektedir. Bu bağlamda araştırmacılar küresel iklim değişikliği ile mücadelede hangi türlerin peyzajda yer alması gerektiğini incelemişlerdir. Sonuç olarak kayın ve meşe meşcerelerinin yüzey sıcaklığının 2.4 °C fark ettiği bulgusuna ulaşılmıştır (Kuşçu Şimşek ve Doğan, 2019). Jeolojik özellikler ile YYS'nin ilişkisi Kuzeydoğu Ürdün özelinde incelenmiş (İbrahim ve Mallouh, 2018); 0.61 r değeri ile oldukça yüksek ilişki katsayısı ile izleme yeteneğinin olduğu belirtilmiştir. Tarımda insansız hava araçları (İHA) ile termal kızılötesi ve multispektral sensör kullanılarak farklı ülkelerde kullanışlı bir algoritma yardımıyla kuraklığın izlenmesi hedeflenmiştir (Heinemann vd., 2020). Topoğrafyanın

YYS'ye etkisinin incelendiği bir çalışmada YYS ile yükseklik arasında % 99 güven aralığında negatif korelasyon olduğu ($r = 0.55$), 1 km yükseklik değişiminde sıcaklık farkının 5.16°C olduğu tespit edilmiştir (Peng vd., 2020). YYS'nin arazi örtüsüne bağlı değişiminin incelendiği çalışmalar da literatürde oldukça yoğun olup; Türkiye'de Aydın ili (Atak ve Tonyaloğlu, 2020) ve Dünya'da Çin (Wang vd., 2016; Peng vd., 2020) örnekleri mevcuttur. Şehirleşmenin YYS'ye etkisi Bursa örneğinde incelenmiş; şehir ısı adası ile kırsal alan arasında 10°C fark olduğu belirtilerek, şehir ısı adası etkisinin ağaçlandırma ile azaltılacağı vurgulanmıştır (Yamak vd., 2021).

YYS ve NDVI ilişkisi Monte Şehri (Arjantin, Buenos Aires) örneğinde 2008-2012 yılları arası için incelenmiş; her yıl için 4 görüntü olmak üzere toplam 20 görüntüde 0.51 ile 0.93 arası değişen r değerleri elde edilmiştir (Ferelli vd., 2017). Arazi kullanımı da YYS de etkili olan diğer bir faktör olup literatürde örnekleri mevcuttur. Antoropojenik etkinin arttığı dönemlerde Hindistan'da iki iklim bölgesi içerisinde yer alan farklı şehirlerde (Jaipur ve Guwahati) YYS'nin arttığı belirtilmiştir (Das vd., 2020).

Konya kapalı havzasında gerçek zamanlı kızılötesi termometre ölçümleri ile birlikte YYS değişimleri incelenmiş; 1984-2011 yılları arasında YYS değerleri artma trendi şeklinde yaklaşık 2°C değişirken gerçek zamanlı ölçümler ile uydu ölçümleri arasında 0.94 r değeri ile yüksek korelasyon tespit edilmiştir (Orhan vd., 2019). YYS, şehrsel ısı adalarının ortaya çıkarılması konularında bina yüksekliklerinin de hesaba katılarak şehrsel morfolojinin analiz edildiği çalışmalarda da kullanılmıştır (Guo, 2016). Literatürde YYS'nin en yoğun kullanıldığı alan ise şehir ısı adalarının tespiti (Şekertekin ve Marangoz, 2019; Mercan, 2020; Polat, 2020; Türkyılmaz vd., 2020; Orhan, 2021) ve beşeri müdahaleler sonucu yapay yapıların çevresine göre oluşturduğu farklılık (Küçükönder vd., 2014; Bozdoğan vd., 2021; Topuz, 2021) konularıdır. Weng vd. (2008), çizgisel yapay unsurların kolay ayırt edildiğini ve mevsimsel değişimin şehirle kaplı bölgelerde daha az olduğunu belirtmiştir. Yüzey sıcaklığı ve değişimi iklim senaryolarını etkilediği ve farklılaşan senaryolardan da etkilendiği için YYS hesabı, iklim modellemeleri açısından da önemlidir (NASA, 2021).

Zhou vd. (2017), şehirlerin, oluşan ısı adası ile ilişkisini incelemiş ve şehir alanının büyüklüğünün en büyük etkiye sahip olduğunu, kompakt olma durumunun ise büyüklükten sonra ikinci derecede YYS'de etkili olduğunu belirtmiştir. Şehirlerin yatay büyümesi ise 3. etkili faktör olarak tanımlanmış; küçük, dağınık ve bir hat boyunca uzatılmış şehirlerin kurulması önerilmiştir. Literatürde Türkiye'de ve Dünya'da pek çok şehirde şehir ısı adalarının çalışıldığı görülür. Bunlara örnek olarak İzmir (Çorumluoğlu ve Asri, 2015), Tahran (Rousta vd., 2018), Osmaniye (Atasoy, 2020), Aydın (Atak ve Tonyaloğlu, 2020), Tekirdağ/Çorlu (Özkök vd., 2017), Muş (Mercan, 2020), Sivas (Karakuş, 2019), Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yer alan İstanbul, Bursa, Ankara, İzmir, Gaziantep, Erzurum ve Trabzon olmak üzere yedi şehir (Dihkan vd., 2018), İstanbul (Karaca vd., 1995; Bilgen, 2016; Özbilge, 2020), Ankara (Çiçek ve Doğan, 2005), Singapur (Wong ve Yu, 2005), Hatay/İskenderun (Sert vd. 2021), Antalya (Koç ve Koç-San, 2016; Şensoy vd., 2017), Zonguldak (Şekertekin ve Marangoz, 2019), Kocaeli (Akyürek, 2020), Niğde (Soydan, 2020), New York (Bornstein, 1968) verilebilir. Meteoroloji istasyonları verileri kullanılsa da çoğunlukla farklı uydu görüntülerinin termal bandlarından elde edilen verilerin kullanılmasına dayalı şehir ısı adası çalışmaları son yıllarda yoğunluk kazanmıştır. Konunun iklim değişikliği, peyzaj düzenlemesi, biyoklimatik konfor gibi pek çok paydaşının olması, coğrafya, geomatik mühendisliği, peyzaj mimarlığı vb disiplinler tarafından ele alınmasını adeta zorunlu kılmıştır.

Her iki ilçe merkezi özellikle 1980'li yıllardan itibaren turizm kaynaklı ikincil konutların artmasına bağlı olarak yoğun bir yapılaşma sürecine girmiştir. Türkiye'de diğer şehirlerde olduğu gibi köyden kentlere göç de şehrsel yapıları ve nüfusu arttıran diğer bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. 2021 yılı itibarıyla Erdemli nüfusu; 144 bin 548 ve Silifke'nin 125 bin 173'tür (TÜİK, 2021). Google earth üzerinden 2021 yılı şehir alanı Erdemli için yaklaşık 4 km^2 olarak hesaplanırken Silifke için bu değer 10 km^2 'dir.

Yapılan bu çalışmada amaç; özellikle yaz aylarında önemli bir turizm potansiyeline erişen ve bu özelliğine bağlı eksponansiyel olarak büyüyen alanını genişleten Silifke ve Erdemli ilçe merkezlerinin, çevresine göre oluşturduğu yüzey sıcaklık farkının uydu görüntüleri üzerinden araştırılmasıdır.

Çalışma sahası

Çalışma sahası olarak seçilen iki şehir, Orta Toroslar'ın güneye bakan yamaçlarında yer alan Silifke ve Erdemli'dir (Şekil 1).

Şekil 1. Çalışma Sahasının Lokasyon Haritası

YÖNTEM

17.06.2019 ve 06.06.2021 tarihlerinde her ikisi de saat 11: 22'de alınmış iki adet Landsat 8 uydu görüntüsünün yanı sıra MGM'den alınan aynı tarihli ve yaklaşık saatli (saatlik veri 11.00'in verisidir) hava ve toprak sıcaklık verileri kullanılmıştır. İki yakın tarihli görüntünün kullanılmasının nedeni; zamansal değişimden çok kontrol amaçlıdır. Hava sıcaklığı ölçümü verileri standart (yerden 2 m ve belirtilen toprak derinliklerinde) meteorolojik ölçüm değerleri olup herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın YYS ile kıyaslanmıştır.

YYS için literatürde sıkça kullanılan yöntem, aşağıda verilen sırasıyla izlenmiştir (Küçükönder vd., 2014; Avdan ve Jovanovska, 2016; Oğuz, 2017; Çelik, 2017; Şekertekin ve Marangoz, 2019; Mercan, 2020; Polat, 2020; Türkyılmaz vd., 2020; Orhan, 2021). Landsat 8 uydu görüntüsünün 10. Bandı ve NDVI için 4 ve 5. Bandı kullanılmıştır. İşlemler Arcmap programında raster calculator kullanılarak yapılmıştır.

- 1) TOA (Top of Atmospheric) = $0.0003342 * \text{"band10"} + 0.1$
- 2) BT (Brightness Temperature) = $(1321.08 / \ln((774.89 / \text{"TOA"}) + 1)) - 273.15$
- 3) TM NDVI = $(\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$
- 4) PV = $\text{Square}((\text{"NDVI"} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}))$
- 5) E = $0.004 * \text{"PV"} + 0.986$
- 6) LST = $\text{"BT"} / (1 + (10.8 * \text{"BT"} / 14388) * \ln(\text{"e"}))$

BULGULAR

Şehir ısı adası etkisinin daha net ortaya konulabilmesi amacıyla ilçe merkezlerinin her iki yakasında yapılaşmanın olmadığı alanlar, profillerin başlangıç ve bitiş noktası olarak belirlenmiştir. Her iki ilçede de yerleşmenin en yoğun olduğu noktalardan geçecek şekilde profiller alınmış ve alınan bu profiller üzerinde seçilen 2 yılın YYS haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2, 3, 4, 5).

Erdemli ilçe merkezinde yer alan Talat Göktepe Çamlığı karşısındaki tarım alanlarından başlamak üzere Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yakınlarındaki alana bir hat çekilmiştir. Silifke içinse Gazi Mahallesi doğusunda yer alan tarım alanlarından başlamak ve şehir merkezinden geçmek suretiyle küçük sanayi sitesi batısında yer alan dağlık alanda son bulacak şekilde bir profil alınmıştır. Profiller şehirlerin uzun eksenlerinde, kırsalda başlayıp kırsalda bitmek ve şehir merkezlerinden geçmek ön koşuluyla rastgele çekilmiş hatlardan çıkarılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; görüntülerin alındığı dönem için 2021 yılının 2019 yılına göre daha yüksek YYS değerlerine sahip olduğu görülür. Silifke'nin Erdemli 'ye göre daha büyük ranjda YYS değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun da şehrin ortasından geçen Göksu Nehri'nden, şehir içine sıkışmış tarım arazilerinin varlığından ve şehrin kompaktlığının zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Silifke'nin şehir alanının Erdemli'nin yaklaşık 2 katı bir büyüklükte olmasına rağmen Erdemli kadar yoğun betonlaşmamış olması, kullanılan uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğünün düşük olması, profil çizgisinin geçtiği yüzey özellikleri oluşan grafikte önemli unsurlardır.

Şehirlerin kuruluş yerleri ve özellikleri, yüzey sıcaklıklarında da etkilidir. Çünkü eğim, baki, yükselti gibi özelliklerin yanı sıra şehirlerin üzerine kurulduğu morfolojik ünite de önemlidir. Örneğin; Silifke ilçe merkezinin bir yamaçta yer alması, rakımının 20 m olması ve denizden uzaklığının 7 km olmasına karşın; Erdemli şehir merkezinin ise bir kıyı düzlüğünde yer alması, rakımının 10 m olması ve denize kıyısının olması oluşan bu farkta etkilidir. Erdemli yıllık ortalama sıcaklığı 18 °C iken Silifke'de bu değer 19 °C'dir.

Her iki ilçe merkezinin de benzer arazi örtüsü/arazi kullanımı vardır. Şehir merkezlerinde kısmen yüksek katlı binalar ve daha kompakt bir yapı haki iken şehir merkezinden uzaklaştıkça bahçe

içerisine yapılmış müstakil evlerden oluşan mahalleler yer alır. Tarım arazileri şehir merkezlerinin çok yakınlarına kadar sokulmuş olup özellikle de bu sınır Silifke için oldukça belirsizdir. Erdemli ilçe merkezi 2019 yılı YYS haritası incelendiğinde; Mersin-Antalya istikametinde giderken Erdemli ilçesi girişindeki çamlık ve Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün bir soğuk ada oluşturduğu görülür (Şekil 2). Deniz suyu sıcaklığı 22 °C civarında iken ilçede sıcaklık 27 ile 31.5 °C arasında değişmektedir. Özellikle D-400 Adana-Antalya karayolu boyunca oluşan yüzey ısı adası net olarak izlenebilmektedir. Ayrıca profilin B noktasına yakın bir bölgede oluşan soğuk adanın kuzeyinde yer alan Erdemli sanayi sitesinden ve güneyindeki Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait boş ve kumlu tarlalardan kaynaklı, geniş bir yüzey ısı adasının oluştuğu görülür (Şekil 2). İlçe merkezinin kuzeydeki şehir sınırı, adeta oluşan ısı adasının da sınırındır. Bölgede geniş yer kaplayan örtülü tarım kuzeyde benekler halinde kendini gösterir. Şehir merkezinin içinde ise yapı malzemesi ve kompaktlık durumu, karayollarına yakınlık yüksek YYS değerinin oluşmasında önemli etkindir (Şekil 2).

Şekil 2. Erdemli İlçe Merkezinin 2019 YYS Haritası ve A-B Profili Grafiği

MGM tarafından yapılan ölçümlerde Erdemli'de görüntünün alındığı zamanda 2019 yılında hava sıcaklığı 28.7 °C, toprak sıcaklığı 10 cm'de 28.5 °C, 20 cm'de 30.7 °C, 50 cm'de 29.9 °C ve 100 cm'de 28.3 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Sıcaklık Değerleri (°C) (Kaynak: MGM)

İstasyon ve Parametre/Değeri (2019)	Silifke/Saatlik	Erdeмли/Saatlik	Silifke/10 cm	Erdeмли/10 cm	Silifke/20 cm	Erdeмли/20 cm	Silifke/50 cm	Erdeмли/50 cm	Silifke/100 cm	Erdeмли/100 cm
	30.4 °C	28.7 °C	28.5 °C	30.3 °C	29.3 °C	30.7 °C	28.0 °C	29.9 °C	25.3 °C	28.3 °C
İstasyon ve Parametre/Değeri (2021)	Silifke/Saatlik	Erdeмли/Saatlik	Silifke/10 cm	Erdeмли/10 cm	Silifke/20 cm	Erdeмли/20 cm	Silifke/50 cm	Erdeмли/50 cm	Silifke/100 cm	Erdeмли/100 cm
	29.7 °C	27.1 °C	32.1 °C	33.9 °C	29.3 °C	29.9 °C	27.3 °C	28.8 °C	24.4 °C	27.2 °C

Erdeмли 2021 yılı YYS haritasına bakıldığında; 2019 yılında B noktasında oluşan soğuk adanın alanını genişletmesine ek olarak çevresine göre oluşturduğu sıcaklık farkının azaldığı görülür (Şekil 3). Yine bu soğuk ada çevresinde bir yüzey ısı adası oluşmuştur fakat 2019'a kıyasla yaklaşık 3 °C daha sıcaktır. 2021 yılı haritasında şehrin içindeki görece soğuk alanlar 2019 yılına oranla daha net olarak görülmektedir. Ayrıca deniz suyu sıcaklığında ciddi bir farklılaşma görülmezken kara yüzey sıcaklığı maksimumu 2021'de 2019'a göre 3.4 °C daha sıcaktır. Bu durum, görüntü alım zamanındaki meteorolojik koşullarla ilişkili olmalıdır.

Şekil 3. Erdemli İlçe Merkezinin 2021 YYS Haritası ve A-B Profili Grafiği

MGM tarafından yapılan ölçümlerde Erdemli’de görüntünün alındığı zamanda 2021 yılında hava sıcaklığı 27.1 °C, toprak sıcaklığı 10 cm’de 33.9 °C, 20 cm’de 29.9 °C, 50 cm’de 28.8 °C ve 100 cm’de 27.2 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 1). 2019 yılına benzer şekilde sahil kıyı şeridi ve yollar, en yoğun yüzey ısı adalarının olduğu alanlara denk gelmektedir. İlçeye ait iki yılın profil grafikleri birlikte değerlendirildiğinde; 2019 yılının 27-31.5 °C aralığında YYS değerlerine sahip olurken 2021 yılının 29.5-34.5 °C aralığında YYS değerlerine sahip olduğu görülür. Dolayısıyla 2021 yılı 2019 yılına göre hem daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip iken hem de 0.5 °C daha fazla ranj değerine sahiptir.

Silifke İlçesi, 2019 yılı YYS haritasına bakıldığında; Göksu Nehri ile birlikte Silifke Kalesi ve bölgedeki diğer yüksek bölgelerin kuzey yamaçlarının soğuk ada oluşturdıkları görülür ve tematik haritada mavi renk ile işaretlenmişlerdir (Şekil 4). En büyük yüzey ısı adasının meydana geldiği bölge, yüzey örtüsünden yoksun, güneye bakan ve mostra vermiş bir kireçtaşdır. Şehrin Erdemli kadar kompakt olmaması, bahçeli evlerin olması, Göksu gibi büyük bir suyun şehrin tam ortasından geçmesi vb. nedenler geniş yüzey ısı adasının oluşumunu engellemiştir. Silifke için MGM tarafından yapılan ölçümlerde görüntünün alındığı zamanda 2019 yılında hava sıcaklığı 30.4 °C, toprak sıcaklığı 10 cm’de 28.5 °C, 20 cm’de 29.3 °C, 50 cm’de 28 °C ve 100 cm’de 28.3 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 1).

Silifke'nin 2021 yılı YYS haritası incelendiğinde; profilin B noktasındaki yüzey ısı adalarının yoğunluk kazandığı görülür (Şekil 5). Her iki görüntüde de Silifke-Mut-Karaman yolu bir hat

şeklinde yüzey sıcaklık adası oluşturmıştır. Silifke için MGM tarafından yapılan ölçümlerde görüntünün alındığı zamanda 2021 yılında hava sıcaklığı 29.7 °C, toprak sıcaklığı 10 cm’de 32.1 °C, 20 cm’de 29.3 °C, 50 cm’de 27.3 °C ve 100 cm’de 24.4 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 1).

Silifke Şehri’ne ait iki yılın profil grafikleri birlikte değerlendirildiğinde; 2019 yılının 27.5-33 °C aralığında YYS değerlerine sahip olurken 2021 yılının 31-43 °C aralığında YYS değerlerine sahip olduğu görülür. Dolayısıyla 2021 yılı 2019 yılına göre hem daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip iken hem de 6.5 °C daha fazla ranj değerine sahiptir. Erdemli ile bu değer kıyaslandığında 6 °C daha yüksektir. YYS çalışmalarında genellikle elde edilen YYS değerleri ile bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun hava ve toprak sıcaklık verileri kıyaslanmaktadır (Çelik, 2017, Peng vd., 2020; Topuz, 2021). Elde edilen YYS değerleri MGM tarafından ölçülen hava ve toprak sıcaklıkları ile kıyaslandığında oldukça uyumlu oldukları gözlenir.

2019 ve 2021 yıllarında alınan görüntülere yaklaşık eş değer vakitte alınan MGM ölçümlerine göre hava sıcaklığı Silifke istasyonunda fazla iken; tüm derinliklerde (10, 20,50 ve100 cm) ölçülen toprak sıcaklıklarında Erdemli istasyonu en yüksek değerlere sahiptir (Tablo 1). Bu durum hava ve toprak sıcaklıklarının farklı olabilirliğine, yerin ısınmasında toprak türünün özelliklerinin etkinliğine bağlanabilir (Atalay, 2006; Çelik, 2017). 2019 yılında Silifke’de YYS maksimum 33 °C’ye ulaşırken; Erdemli’de ancak 31.5 °C’yi görebilmiştir. 2021 yılında ise Silifke 43 °C’yi görürken; Erdemli 34.5 °C’de kalmıştır. Minimum seviyeleri Göksu Nehri’nin yansıma özelliği farklı olacağı için kıyaslamanın doğru olmadığı kanaatindeyiz. Ancak çevresinde aktif bir su bulunan şehirlerin YYS değerlerinin ranjlarının yüksek olacağı kesindir. Şehirlerin betonlaşma bakımından kapalılık gösterdiği alanlarda YYS kesintisiz yüksek çıkmakta, kapalılığın seyrekleştiği noktalarda ise alan büyüklüğüne de bağlı olarak YYS değerleri düşmektedir.

Toprak sıcaklıkları değerlendirildiğinde; yüzey sıcaklıklarındaki uyum parametrelerine ek olarak toprak derinliği göze çarpar. 10, 20, 50 ve 100 cm toprak derinlikleri ile YYS değerleri kıyaslandığında ölçüm noktası derinleştikçe yüzey ile olan uyum azalmaktadır (Tablo 1). İstasyonların şehir içinde kalmış konumları da göz önüne alındığında 2019’da Erdemli’de 30.3 °C ve 2021’de 32.1 °C olan 10 cm toprak sıcaklıkları, ŞİA kavramını akla getirmektedir. YIA kavramından farklı olan bu durum İstanbul örneğinde işlenmiştir (Özbilge, 2020). 2019’da 20 cm toprak sıcaklık değerleri, 10 cm’e göre Silifke ve Erdemli istasyonlarında artarken; 2021 yılında her iki istasyonda da 10 cm’den 20 cm’e geçilirken toprak sıcaklık değerleri 2019’a göre düşüş göstermiştir. 2019 yılında 50 cm derinlikte ise değerler yeniden 10 cm seviyelerine gerilemiş; 2021 yılında ise benzer şekilde her iki istasyonda da düşmüştür. 2019 ve 2021 yıllarında 100 cm’de Silifke istasyonundaki azalma, Erdemli istasyonuna kıyasla daha fazladır. Toprak sıcaklıkları bir bütün olarak YYS’ye uyum bağlamında değerlendirildiğinde genel olarak derinliğe bağlı azalan bir uyum söz konusudur. 2019’da 20 cm’deki artış ise ısı depolanma süreçleri ile ilgili olmalıdır (Atalay, 2006; Çelik, 2017).

Şekil 4. Silifke İlçe Merkezinin 2019 YYS Haritası ve A-B Profili Grafiği

Şekil 5. Silifke İlçe Merkezinin 2021 YYS Haritası ve A-B Profili Grafiği

SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliği ile birlikte sıcak hava dalgalarının sayısı ve şiddetlerindeki artışlara (Türkeş vd., 2000; Aykır, 2017; Demirbaş ve Aydın, 2020) ek olarak giderek artan konut ihtiyacı ve bunun sonucu olarak yüzeylerin betonlaşması, YYS değerlerini etkilemektedir. Bunun sonucunda WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ŞİA'ların sayısı ve büyüklük artışına dikkat çekerek sıcak hava dalgalarına bağlı artan ölümlere ve riskli zonda yer alan insan sayısının 2000-2016 yılları arasında 125 milyon kişi arttığına vurgu yapmıştır. Bölgenin artan turizm potansiyeline bağlı olarak artan nüfus ile birlikte düşünüldüğünde, iklim değişikliğine hassas bir zonda yer alan

bölgede şehirlerin insanlar için daha sağlıklı hale getirilmesi zorunluluktur. Bir bölgeye gelen turistlerin biyoklimatik konforları önemli olup literatürde bu konu ele alınmıştır (Adıgüzel vd., 2020). Biyoklimatik konfor çalışmaları YYS ile birlikte değerlendirilmiş ve rahatsızlık indeksi (Discomfort Index – DI) Song ve Wu (2018) tarafından Wisconsin için uygulanmıştır (Erkek vd., 2020). Dolayısıyla YYS değişimi ve eğiliminin izlenmesi, gerekli peyzaj düzenlemelerinin yapılması bölgedeki yaşayan halk sağlığı ve ekonomik faaliyetler açısından oldukça önemlidir.

Çalışmada sonuç olarak; 2021 yılının 2019 yılına göre daha fazla YYS değerlerine sahip olduğu; Silifke’de YYS ve hava sıcaklığının Erdemli’de ise toprak sıcaklığının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkta ise farklı coğrafi özelliklerin etkili olduğu tespit edilmiş ve bulgular bölümünde etraflıca sunulmuştur.

Şehirlerin adeta nefes almasını sağlayan yeşil alanların önemi, literatürde çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Bilgen, 2006; Sert vd., 2021). Buna ek olarak şehirlerin çevrelerinde veya içlerinde doğal su yapıları da YYS için önemli bir etkidir. Dolayısıyla suların da ağaçlar gibi ortamı serinletici etkisi, peyzaj düzenlemelerde kullanılabilir. Oluşan yüzey sıcaklık farklarında yapı malzemeleri, arazi örtüsü ve arazi kullanımı, tarım ve arazinin ekimin hangi aşamada olduğu, şehirlerin içlerinde yer alan yeşil alanlar ve şehir içine sıkışmış tarım arazilerinin varlığı, parklar etkilidir.

Çalışma sonucunda; şehirlerin birer ısı adalarına dönüşmesini engelleyici önlemlerin alınması, doğru kararlarla peyzajların yapılması veya yeniden düzenlenmesi gerektiği, şehirlere ivedi olarak yeşil alanların kazandırılmasının zorunluluğu önerilir.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, F., Cetin, M., Kaya, E., Simsek, M., Gungor, S., & Sert, E. B. (2020). Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3), 1493-1503.
- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.
- Aslan, N., & Koc-San, D. (2016). Analysis of relationship between urban heat island effect and land use/cover type using landsat 7 etm+ and landsat 8 oli images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.
- Aslan, N., & Koc-San, D. (2016). Analysis of seasonal variation in urban heat island effect for West Mediterranean Region of Turkey using Landsat 8 OLI/TIRS data. 41st COSPAR Scientific Assembly, 41, A3-1.
- Atak, B.K., & Tonyaloğlu, E. E. (2020). Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4), 489-497.
- Atalay, İ. (2006). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: Meta Basımevi.
- Atasoy, M. (2020). Assessing the impacts of land-use/land-cover change on the development of urban heat island effects. *Environment, Development and Sustainability*, 22(8), 7547-7557.
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of sensors*, 2016.
- Bilgen, S. İ. (2016). *İstanbul için şehir ısı adası şiddetinin araştırılması ve azaltma stratejilerinin geliştirilmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- Bornstein, R. D. (1968). Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 7(4), 575-582.
- Bozdoğan Sert, E., Kaya, E., Adıgüzel, F. et al. Effect of the surface temperature of surface materials on thermal comfort: a case study of Iskenderun (Hatay, Turkey). *Theor Appl Climatol* 144, 103–113.

- Corumluoglu, O., & Asri, I. (2015). The effect of urban heat island on Izmir's city ecosystem and climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3202-3211.
- Çelik, M. A. (2017). Split Window Yöntemi Kullanılarak Kireçtaşı ve Bazalt Üzerinde Yeryüzeyi Sıcaklıklarının (YYS) İncelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0 (36) , 120-134.
- Çiçek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.
- Das, D. N., Chakraborti, S., Saha, G., Banerjee, A., & Singh, D. (2020). Analysing the dynamic relationship of land surface temperature and landuse pattern: A city level analysis of two climatic regions in India. *City and Environment Interactions*, 8, 100046.
- Demirbaş, M. & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15 (4) , 163-179.
- Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, N., & Guneroglu, A. (2018). Evaluation of urban heat island effect in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(8), 1-20.
- Erkek, E., Kalaycı, Ö., Başaran, N., Öner, A., Atun, R., LAMBA, H., Öner A., Çabuk, S.N., Uyguçgil, H. & Ağaçsapan, B. (2020). Biyoklimatik konfor ve arazi kullanımı arasındaki ilişkinin CBS ve UA teknikleri kullanılarak incelenmesi: İzmir İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(1), 174-188.
- Ferrelli, F., Huamantincio Cisneros, M. A., Delgado, A. L., & Piccolo, M. C. (2018). Spatial and temporal analysis of the LST-NDVI relationship for the study of land cover changes and their contribution to urban planning in Monte Hermoso, Argentina; Universitat Autònoma de Barcelona; *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, (64) 25-47.
- Guo, G., Zhou, X., Wu, Z., Xiao, R., & Chen, Y. (2016). Characterizing the impact of urban morphology heterogeneity on land surface temperature in Guangzhou, China. *Environmental Modelling & Software*, 84, 427-439.
- Heinemann, S., Siegmann, B., Thonfeld, F., Muro, J., Jedmowski, C., Kemna, A., ... & Rascher, U. (2020). Land Surface Temperature Retrieval for Agricultural Areas Using a Novel UAV Platform Equipped with a Thermal Infrared and Multispectral Sensor. *Remote sensing*, 12(7), 1075.
- Ibrahim, M., & Abu-Mallouh, H. (2018). Estimate land surface temperature in relation to land use types and geological formations using spectral remote sensing data in Northeast Jordan. *Open Journal of Geology*, 8(2), 174-185.
- IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- Karaca, M., Anteplioglu, Ü., & Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey. *Il Nuovo Cimento C*, 18(1), 49-55.
- Karakuş, C. B. (2019). The impact of land use/land cover (LULC) changes on land surface temperature in Sivas City Center and its surroundings and assessment of Urban Heat Island. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55(4), 669-684.
- Kuşçu Şimşek, Ç. & Doğan, O. (2019). Investigation of Surface Temperature Differentiation of Fagus and Quercus Stands by Using Landsat Images. *Cumhuriyet Science Journal*, 40 (1) , 265-274.
- Küçükönder M., Karabulut M. & Çelik, M. A. (2014). Afşin-Elbistan termik santral çevresinde yer yüzeyi sıcaklıklarının değişimi. *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı* s.445-452.
- Mercan, Ç. (2020). Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49.
- Mills, G. (2008). Luke Howard and the climate of London. *Weather*, 63(6), 153-157.

- NASA, (2021). *Küresel yeryüzey sıcaklığı*, Erişim Tarihi: 16.10.2021, https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M.
- Oğuz, H. (2017). Automated land surface temperature retrieval from Landsat 8 satellite imagery: A case study of Diyarbakır-Turkey. *Turkish Journal of Forest Science*, 1 (1), 33-43.
- Orhan, O. , Dadaser-celik, F. & Ekercin, S. (2019). Investigating land surface temperature changes using landsat-5 data and real-time infrared thermometer measurements at Konya closed basin in Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4 (1) , 16-27.
- Orhan, O. (2021). Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması. *Geomatik*, 6(1), 69-76.
- Özbilge, M.K., (2020). Şehir ısı adası ile yüzey ısı adası kavramları arasındaki farklar ve İstanbul örneği (Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özkök, M. K., Ezgi, T. O. K., Gündoğdu, H. M., & Demir, G. (2017). Arazi yüzey sıcaklığı farklılaşmalarının kentsel gelişim ve planlama süreçleri açısından uzaktan algılama verileri ile değerlendirilmesi: Çorlu/Çerkezköy/Ergene/Kapaklı alt bölgesi örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 69-79.
- Peng, X., Wu, W., Zheng, Y., Sun, J., Hu, T., & Wang, P. (2020). Correlation analysis of land surface temperature and topographic elements in Hangzhou, China. *Scientific Reports*, 10(1), 1-16.
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 10-15.
- Rousta, I., Sarif, M. O., Gupta, R. D., Olafsson, H., Ranagalage, M., Murayama, Y., ... & Mushore, T. D. (2018). Spatiotemporal analysis of land use/land cover and its effects on surface urban heat island using Landsat data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988–2018). *Sustainability*, 10(12), 4433.
- Sert, E. B., Kaya, E., Adiguzel, F., Cetin, M., Gungor, S., Cetin, I. Z., & Dinc, Y. (2021). Effect of the surface temperature of surface materials on thermal comfort: a case study of Iskenderun (Hatay, Turkey). *Theoretical and Applied Climatology*, 144(1), 103-113.
- Soydan, O. (2020). Effects of landscape composition and patterns on land surface temperature: Urban heat island case study for Nigde, Turkey. *Urban Climate*, 34, 100688.
- Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31(2), 200-217.
- Sümer, Ö. , Alak, A. & Tekin, A. (2020). Antropojen ve antroposen kavramlarının tarihsel gelişimine yerbilimsel bir bakış. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63 (1), 1-20.
- Şahin, M., Yıldız, B. , Şenkal, O. & Peştemalcı, V. (2014). Uydu verileri kullanılarak İzmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36-46.
- Şekertekin, A. & Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak metropolitan alanındaki arazi kullanımı arazi örtüsünün yer yüzey sıcaklığına etkisi. *Geomatik*, 4 (2) , 101-111.
- Şensoy S., Şahin L., Yılmaz E., Türkoğlu N., Çiçek İ., Darende V., Yazıcı B., (2017), Antalya yüzey ısı adası özelliklerinin uydu verileri ile analizi, III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 16-19 Ekim, Antalya, Türkiye. Erişim Tarihi: 10.11.2021, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2017/17.pdf>.
- Topuz, M., (2021 Haziran). Açık taş ocakları işletmelerinin yer yüzey sıcaklığına etkisi: Silifke-Erdemli arası örneği (tam metin), 2. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, s.18-19. 17-2 Haziran 2021, İstanbul.
- TÜİK, (2021). *Adrese DAYALI NÜFUS KAYIT SİSTEMİ SONUÇLARI*, Erişim Tarihi: 24.11.2021, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>.

- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. çevre bakanlığı, birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi seminer notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkyilmaz, M., Özelkan, E., & Karaman, M. (2020). Termal uydu görüntülerinden üretilen yer yüzeyi sıcaklığı ile hava sıcaklığı ilişkisinin değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 932-948.
- Uzun, M. (2020). Anthropogenic geomorphology in the Dilderesi basin (Gebze-Dilovası): Changes, dimensions and effects. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 319-345.
- Weng, Q., Liu, H., Liang, B., & Lu, D. (2008). The spatial variations of urban land surface temperatures: pertinent factors, zoning effect, and seasonal variability. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1(2), 154-166.
- Wang, J., Zhan, Q., & Xiao, Y. (2016). Identifying the local surface urban heat island through the morphology of the land surface temperature. *ISPRS annals of photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 3(2).
- Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat international*, 29(3), 547-558.
- WHO (Dünya Sağlık Örgütü), *Sıcak hava dalgaları*, Erişim Tarihi: 16.10.2021, https://www.who.int/health-topics/heatwaves#tab=tab_1.
- Yalcin, T., & Yetemen, O. (2009). Local warming of groundwaters caused by the urban heat island effect in Istanbul, Turkey. *Hydrogeology journal*, 17(5), 1247-1255.
- Yamak, B., Yağcı, Z., Bilgilioğlu, B. B. & Çömert, R. (2021). Investigation of the effect of urbanization on land surface temperature example of Bursa. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6 (1) , 1-8.
- Zhou, B., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2017). The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific reports*, 7(1), 1-9.