



Received: 22 December 2023 | Revised: 11 April 2023 | Accepted: 19 April 2023

MODIS VERİLERİNE GÖRE İZMİR VE MANİSA ŞEHİRLERİ VE ÇEVRESİNDE YÜZEY SICAKLIK DAĞILIŞI VE EĞİMLERİ

Surface Temperature Distribution and Trends in İzmir and Manisa Urban Area and Their Surrounds Using MODIS Data

Yasin Furkan ŞENLİK¹ 

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Manisa-Türkiye
yasin.senlik@cbu.edu.tr

Erkan YILMAZ¹ 

Ankara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Ankara-Türkiye
eryilmaz@ankara.edu.tr

Abstract

In our cities, which are changing more and more every day, land cover and land use are also changing at the same pace. One of the most important parameters affected by this change is the surface temperature (ST). In this study, the monthly average ST and its trends around İzmir and Manisa between 2002-2022 were determined and the relationship between land cover and these parameters were revealed using MODIS satellite data. According to the findings, it was understood that the most important factors affecting ST are maritime-terrestrial, land cover and altitude. In the study area, mountainous areas, water surfaces and forest areas have low ST, while agricultural lands, industrial zones and urban areas have high ST. The lowest ST was detected in January nights in places with high elevation such as Manisa Mountain and Bozdağlar and in the Gediz Depression due to the inversion effect. The highest ST were determined in July and August, again in the Gediz Depression and on the slopes of Çal Mountain. In particular, İzmir and Manisa city centers were determined to show surface heat island characteristics both during the day and at night for most of the year. According to Mann-Kendall trend analysis; were observed statistically significant decreases in ST during the days of January, June, July and August, and statistically significant increases in ST during the nights of February, July, August and September. Summer months presented a more variable than other months, with a significant decrease during the day and a significant increase at night.

Keywords: Surface temperature, land cover, surface heat island, Mann-Kendall, MODIS.

Öz

Her geçen gün daha da hızla değişen ve gelişen şehirlerimizde, arazi örtüsü ve arazi kullanımı da aynı hızla değişmektedir. Bu değişimden etkilenen en önemli parametrelerden biri de yüzey sıcaklığıdır (YS). Bu çalışmada MODIS uydusunun verileri kullanılarak İzmir ve Manisa çevresinin 2002-2022 yılları arasındaki aylık ortalama YS ve eğilimleri belirlenmiş ve arazi örtüsü ile bu parametreler arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgulara göre YS'yi etkileyen en önemli faktörlerin denizellik-karasallık, arazi örtüsü ve yükselti olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sahasındaki dağlık alanlar, su yüzeyleri ve orman sahaları düşük YS'ye sahipken, tarım arazileri, sanayi bölgeleri ve şehirsiz alanlarda YS'nin yüksek olduğu görülmüştür. YS'nin en düşük olduğu yerler Manisa Dağı ve Bozdağlar gibi yükseltinin fazla olduğu yerlerde ve terselme etkisiyle Gediz Depresyonunda, ocak ayı gecelerinde tespit edilmiştir. En yüksek YS'ler ise temmuz ve ağustos aylarında, yine Gediz Depresyonunda ve Çal Dağı yamaçlarında belirlenmiştir. Özellikle İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin yılın büyük bölümünde hem gündüzleri hem de geceleri yüzey ısı adası özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Mann-Kendall eğilim analizine göre; ocak, haziran, temmuz ve ağustos aylarının gündüzlerinde istatistiksel olarak anlamlı YS azalışları; şubat, temmuz, ağustos ve eylül aylarının gecelerinde ise istatistiksel olarak anlamlı YS artışları olduğu görülmüştür. Yaz ayları, gündüzleri anlamlı azalış, geceleri ise anlamlı artışlar göstermesiyle diğer aylara göre daha değişken bir özellik sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüzey sıcaklığı, arazi örtüsü, yüzey ısı adası, Mann-Kendall, MODIS

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Kırsal bölgelerden İzmir ve Manisa gibi büyük şehirlere olan göçler son yıllarda yavaşlamakla beraber devam etmektedir. Büyük şehirlerde nüfusun aşırı artışı nedeniyle daha fazla şehir alanına, tarım ve sanayi üretimine ihtiyaç duyulduğu için daha çok mera alanı, ormanlık alan, sulak arazi vb. şehir alanına dönüştürülmekte, bu da doğa için olumsuz etki yapmaktadır (Demirci & Karakuyu, 2002; Kadioğlu, 2009). Her 38 yılda bir şehir nüfuslarının ikiye katlanması beklenmekte, buna paralel olarak ihtiyaçlar da aynı hızla artmaktadır. Bu ihtiyaçların başında, şehirlerimizi kurduğumuz, tarım yaptığımız, sanayi üretimini gerçekleştirdiğimiz toprak gelmektedir. Bu bağlamda arazi örtüsü büyük tahribata uğramakta ve doğru arazi kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır (Gülersoy, 2013; Karakuyu, 2002). Sonuçta, yoğun şehirleşme ve sanayi faaliyetleri, yerel iklimi etkilemekte ve böylece şehirsiz alanların iklimini kırsal alanların ikliminden farklı bir hale getirmektedir (Karl & Trenberth, 2003). Buna iyi örneklerden biri, İzmir şehir merkezindeki kümülatif yapılaşmanın deniz üzerinden gelen serinletici rüzgarları engellemesidir (Kesgin Atak, 2020).

Arazi yüzey sıcaklığı, yer yüzey sıcaklığı veya yer kabuğu sıcaklığı olarak da isimlendirilebilen yüzey sıcaklığı (YS), dünya yüzeyinin radyasyon özelliklerini ifade etmektedir (Oguz vd., 2019; Urban vd., 2013). YS, atmosfer ve dünyanın jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal parametrelerine bağlı olarak değişebilen, dünya yüzeyinin sıcaklığının doğrudan bir göstergesidir (Ovalle vd., 2021). YS, kara yüzeyi ve atmosfer arasındaki enerji akışını, madde alışverişini, su döngüsünü ve bu ikisi arasındaki etkileşimleri denetleyen, aynı zamanda yer kürenin ekolojik, biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçlerini kontrol eden kilit parametrelerden biridir (Feizizadeh vd., 2013; Guo vd., 2021; Tan vd., 2021; Wang vd., 2014; Zhao vd., 2020). Yine YS dünyanın hidrolojik dengesinin ve iklim değişikliklerinin anlaşılması ve yüzey enerji bütçesinin doğru bir şekilde modellenmesi açısından önemli bir değişkendir (Li vd., 2004; Li vd., 2021).

Uluslararası Jeosfer ve Biyosfer Programının yüksek öncelikli parametrelerinden biri olan YS çalışma alanı ve yapılacak çalışmalar açısından çok geniş bir yelpaze sunmaktadır (Li vd., 2013). YS, klimatoloji, jeoloji, hidroloji, denizcilik, tarım, şehir planlama, ekoloji, halk sağlığı, ormancılık, kıyı yönetimi ve çevre gibi birçok farklı alanda yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (Himayah vd., 2020; Malamiri vd., 2018; Şahin vd., 2009). YS parametresinin bu kadar çok alanda kullanılması ortaya çok çeşitli çalışmalar çıkarmaktadır. Bunlar; iklim değişikliği, evapotranspirasyon tahmini, hidrolojik döngü, çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, bitki örtüsü izleme, toprak nemini belirleme, kentsel iklim ve çevre çalışmaları, don tespiti ve tahmini, deniz ve kıyı kirliliği, mahsullerde su stresinin izlenmesi, hava durumu tahminleri, orman yangınlarının tahmini, termal atalet çalışmaları, arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi, iklim modelleme, ekosistem değerlendirmesi ve tarımsal kuraklığın belirlenmesi gibi sayısını daha da arttırabileceğimiz çalışmalardır (Akyürek, 2020; Çolak & Sunar, 2018; Guo vd., 2021; Lata & Ghosh, 2022; Li vd., 2013; Oguz vd., 2019; Prata vd., 1995; Sertel & Örmeci, 2009; Tan vd., 2021).

YS verisi temelde iki şekilde elde edilebilir. Birincisi meteoroloji istasyonları tarafında yapılan ölçümler, ikincisi ise uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan ölçümlerdir. İlkinde YS, bitki örtüsü ve toprak emisyonunun gözlemlenmesiyle tespit edilebilirken ikincisinde YS kara yüzeyinin radyasyon özelliğini belirtir ve kara yüzeyinin yaydığı radyasyon, uçaklar ve uydular tarafından tespit edilebilir (Himayah vd., 2020; Urban vd., 2013). Teoride her iki yöntemle de YS verisi toplanabilmektedir fakat iki yöntemde aynı doğrulukta olduğunu söylemek mümkün değildir. Uzaktan algılama teknolojileriyle dünya yüzeyinin her kilometresinin taranması mümkünken meteoroloji istasyonları arasında çok büyük mesafeler olabilir ve bu istasyonlar çok farklı coğrafi ortamları temsil edebilir. Bu yüzden son yıllarda YS verilerinin temininde gerek doğruluğu gerekse ucuz ve kolay ulaşılabilirliği açısından uzaktan algılama yöntemleri tercih edilmektedir (Şahin vd., 2011).

Küresel iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak YS'de 19. yüzyılın ortalarından günümüze 0.6 ± 0.2 °C artış gerçekleşmiştir (McMichael vd., 2004). YS'nin bu hızla yükselmesi durumunda 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %69'unun YS'nin olumsuz etkilerine maruz kalacağı öngörülmektedir (Hua & Ping, 2018).

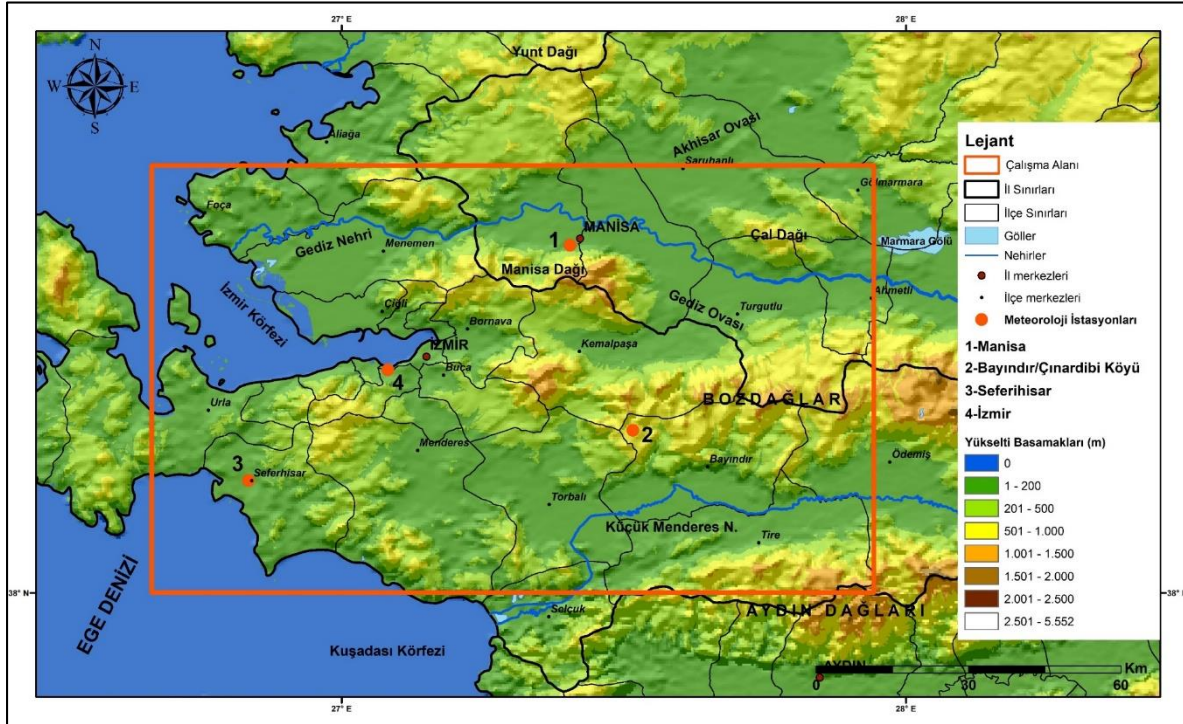
İzmir, 2000'li yılların başına kadar İstanbul'un ardından en yüksek net göçü olan ikinci il olmuştur (Işık, 2009, 2017). Manisa ise 1990'lı yıllardan itibaren bir sanayi kenti kimliğine bürünmüştür (Gülersoy, 2013). Hem

bu illere dışardan gelen göçün artması hem de bu sahadaki şehir nüfusunun toplam nüfus içindeki oranının artması hızlı bir şehirleşmeye sebebiyet vermiş, İzmir ve Manisa, Ege Bölgesinin önemli bir nüfus toplanma bölgesi olmuştur. Şehirlerin sunduğu fonksiyonlar ve çevresindeki tarımsal potansiyel, bu sahaları çekim alanı haline getirmiş, nüfusun sürekli artmasına neden olmuştur. Bu da, hem sera gazı salınımı artışına hem de çevresel değişimlere neden olmuş, İzmir-Manisa çevresinde iklimsel anlamda değişiklikler meydana getirmiştir. Bu değişikliklerin belirlenmesi, bu sahada yaşayan nüfusun toplamı düşünüldüğünde daha da önem kazanmaktadır. Bu amaçla özellikle İzmir'i konu alan birçok YS çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle hızla artan nüfus ve şehirleşme, bununla birlikte de YS'deki artışın üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu bölgedeki çalışmaların daha ayrıntılı bir şekilde ve güncel verilerle devam ettirilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir (Kesgin Atak, 2020; Oguz vd., 2019; Şahin vd., 2011; Şentürk & Çubukçu, 2022; Tanrıku, 2006; Yavaşlı, 2017; Yavaşlı vd., 2018). Bu çalışmada, İzmir ve Manisa şehirleri ile çevresindeki alanda, MODIS verileri kullanılarak YS değişimi ve eğilimleri incelenmiş, aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- İzmir ve Manisa çevresinde YS'ler nasıl bir dağılışı göstermektedir?
- İzmir ve Manisa çevresinde YS'lerde anlamlı eğilimler var mıdır varsa hangi yöndedir?
- İzmir ve Manisa çevresinde YS'ler ile hava sıcaklıkları arasında nasıl bir ilişki vardır? Bu değişkenlerdeki eğilimler birbiri ile paralellik göstermekte midir?

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Ege Bölgesinin, Kıy Ege Bölümünün, Aşağı Gediz ve İzmir-Urla Yöresini kapsamakta, İzmir ve Manisa illerinin özellikle büyükşehir merkezleri ve çevresindeki alanlardan oluşmaktadır (Şekil 1). Saha içerisinde, İzmir ve Manisa il merkezleri ve çevresindeki ilçelerin tamamı ile; Ahmetli, Aliağa, Göl marmara, Menderes, Ödemiş, Saruhanlı, Şehzadeler, Tire ve Yunusemre ilçelerinin bir bölümü kalmaktadır (Tablo 1). Çalışma alanı; doğuda Marmara Gölü batısından başlamakta, batıda İzmir'in Urla ilçe merkezini, güneyde Küçük Menderes Ovasını içine alacak şekilde Aydın Dağlarının bir kısmını içermekte, kuzeyde ise Manisa'nın Saruhanlı ilçesine kadar uzanmakta, yaklaşık 10404 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı; Gediz havzasının, Marmara Gölünden Gediz Deltasına kadar uzanan bölümünü; Küçük Menderes havzasının büyük bir bölümünü, Bozdağların kuzeybatı kesimini ve Manisa Dağının tamamını içine almaktadır.



Şekil 1- Çalışma alanının lokasyon haritası ve seçilen meteoroloji istasyonları.

Figure 1- Location map of the study area and selected meteorological stations.

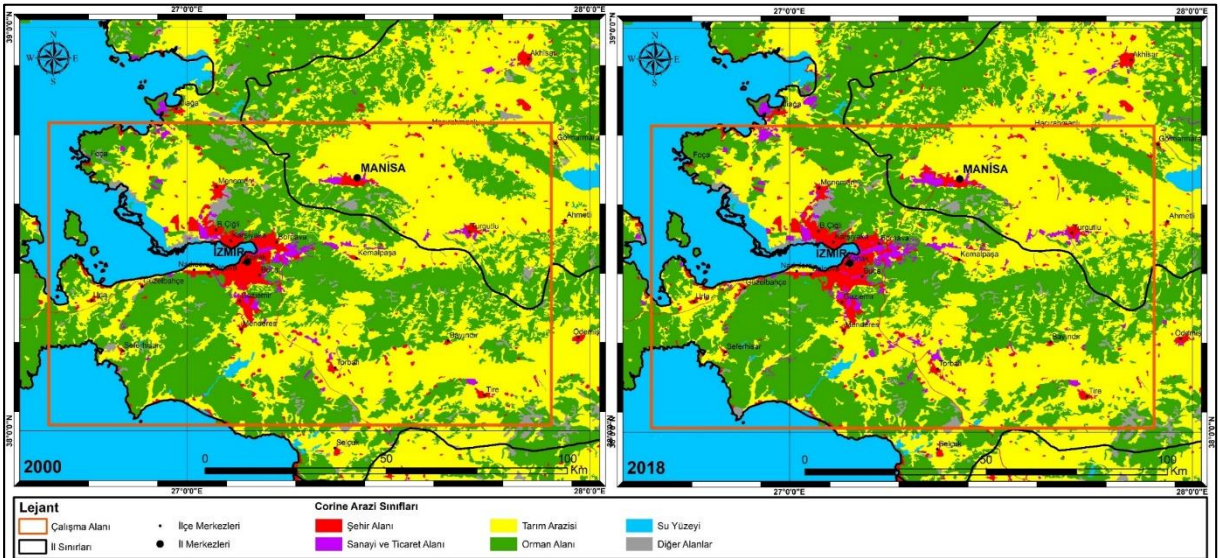
İzmir ve Manisa illerinin nüfusu, Cumhuriyet döneminde büyük artış göstermiş, çalışma alanı sınırları içinde, 60 yıllık bir dönemde; İzmir'e ait alanlardaki nüfus 5, Manisa iline ait alanlarda ise yaklaşık 6 katlık artış göstermiştir (Tablo 1). Bu artış, şehirselleşme alanı genişletmiş (Şekil 2), çevredeki tarım, mera ve orman alanlarının daralmasına neden olmuştur. İzmir nüfusu günümüzde 4 milyonu geçmiş, Manisa ise 1,5 milyona yaklaşmıştır. Bu nüfusun daha da artacağını kestirmek oldukça makul bir öngörü halini almıştır. Bu da iklimsel özelliklerin daha da baskı altında kalacağını göstermektedir.

Tablo 1- Yıllara göre nüfus sayısı.
Table 1- Number of population by years.

Sayım Yılı	İzmir İli Nüfusu	Çalışma Alanı Nüfusu (İzmir)	Manisa İli Nüfusu	Çalışma Alanı Nüfusu (Manisa)
1960	1.063.490	773.249	657.104	107.914
1970	1.427.173	1.116.041	805.650	218.666
1980	1.976.763	1.626.599	941.941	266.795
1990	2.694.770	2.246.532	1.151.799	362.099
2000	3.370.866	2.874.850	1.276.590	436.626
2010	3.948.848	3.459.669	1.379.484	533.981
2020	4.394.694	3.831.877	1.450.616	614.870
2022	4.462.056	3.888.187	1.468.279	634.321

Kaynak: (Başbakanlık İstatistik Genel Direktörlüğü, 1990; Taşlıgil, 1992; TÜİK, 2021 & TÜİK Biruni, 2023)'den derlenmiştir.

İzmir ve Manisa, Köppen-Geiger iklim tasnifine göre Csa (Ilıman kurak yaz, sıcak yaz) (Öztürk vd., 2017; Yılmaz & Çiçek, 2018), Erinç kuraklık indisine göre yarı nemli, Aydeniz sınıflandırmasına göre yarı kurak, De Martonne'ye göre ise step-nemli arası (MGM, 2022) iklim tipine dahil edilmektedir. Çalışma alanı, iklim tipine paralel olarak Akdeniz flora bölgesi içerisinde yer almaktadır. Sahada, 600 m yüksekliğe kadar hâkim ağaç türü Kızılcıamken bu seviyeden sonra Karaçamlar görülmeye başlar. Bunlar dışında bölgede Kızılcıam ile aynı seviyelere kadar yaygın olan maki türleri de (Ardıç, Pınal vs.) görülmektedir. İklim şartlarının ve toprakların tarıma elverişli olması nedeniyle bölgede tarımsal ürünlerin çeşitliliği yüksek, üretim miktarı oldukça fazladır. İzmir'de mısır, pamuk, patates, mandalina ve zeytin; Manisa'da üzüm, domates, tütün, susam ve hıyar alanları geniş alan kaplamaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yanı sıra her iki şehir de önemli sanayi alanlarına sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2- Çalışma alanı için hazırlanmış sadeleştirilmiş CORİNE arazi kullanım haritası.

Figure 2- Simplified CORINE land use map prepared for the study area.

Çalışma sahası, Ege Bölgesinin tektonik yapısına uygun şekilde horst-graben yapısı göstermekte, birçok fay tarafından kesilmektedir. Bu grabenlerin içine bölgenin önemli akarsuları olan Gediz ve Küçük Menderes yerleşmiştir. Sahanın jeolojik birimleri içerisinde Gediz ve Küçük Menderes nehirleri çevresindeki ayrılmamış Kuvaterner, Bozdağlar'da Paleozoyik yaşlı kuvarsit ve kuvarssistler, Seferihisar ve Karabağlar civarındaki Üst Senoniyen flişleri, Manisa Dağındaki Alt-Orta Miyosen piroklastik ve Üst Senoniyen flişleri ve Yunt Dağındaki Alt-Orta Miyosen ayrılmamış volkanitler ile Miyosen karasal kırıntılıları bulunmaktadır. Bu jeolojik yapı hem yükselti özelliklerini belirlemekte hem de litolojik farklılıklar oluşturarak yüze Y sıcaklıklarına da etki etmektedir.

3. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan YS verileri, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) tarafından ücretsiz olarak sunulan MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer/Orta Çözünürlüklü Görüntü Spektrometresi) uydusu veri sunucusundan elde edilmiştir. MODIS sisteminin TERRA ve AQUA olarak iki ayrı uydusu bulunmaktadır. MODIS-TERRA uydusu ilk kez 24/02/2000, MODIS-AQUA uydusu ise 04/07/2002 tarihinde YS verisi toplamaya başlamıştır. Çalışma için MODIS-TERRA uydusundan temin edilen veriler 24/02/2000 ile 28/02/2022 tarihleri arasında kapsarken, AQUA-MODIS uydusundan temin edilen veriler ise 04/07/2002 ile 26/02/2022 tarihleri arasında kapsamaktadır.

MODIS-TERRA uydusu verilerini yerel saatle yaklaşık olarak gündüz 10:30, gece 22:30 da toplarken, MODIS-AQUA uydusu ise verilerini yaklaşık olarak gündüz 13:30 ve gece 01:30 da toplamaktadır (Noi vd., 2016). Böylelikle günün farklı periyotlarına ait dört kez veri elde edilmektedir. Çalışmada, MODIS uydusunu 1 km çözünürlüklü yüze Y sıcaklık verileri kullanılmıştır. Buna rağmen uydular, bulutlu günlerde ve sahalarda yüze Y sıcaklık verilerini toplayamamakta, bu da bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, yüze Y verilerin günlük olması ve 1 km çözünürlüğe sahip olması, bu çalışmayı yapma motivasyonunu sağlamıştır. İncelenen yüze Y sıcaklıklarının bulutsuz günlere ait olduğu, bu nedenle çalışmada, bulutsuz günlerdeki yüze Y sıcaklık durumu ve eğilimleri incelenmiştir. Dolayısıyla sonuçların da bu şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada önce, MODIS uydularından alınan veriler, zaman serisine çevrilmiş, bunlardan da aylık ortalama yüze Y sıcaklıkları üretilmiştir. Sıcaklıkların eğilimleri Mann-Kendall analizi (Kendall, 1970; Mann, 1945) ile yapılmış, önce S değeri belirlenmiştir (Eşitlik 1). Daha sonra varyans (Eşitlik 2) ve Z_{MK} (Eşitlik 3) değerleri hesap edilmiş, bu değerler standart normal dağılıma göre yorumlanmıştır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{ışrt}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n_i} t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} m &= 1 & \text{eğer } S < 0 \\ m &= 0 & \text{eğer } S = 0 \\ m &= -1 & \text{eğer } S > 0 \end{aligned} \quad Z_{MK} = \frac{S + m}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad (3)$$

Değerler, $p < 0,05$ ve $p < 0,01$ seviyesinde sınanmış, Mann-Kendall Z değeri 1,96'da büyük ise anlamlı artma, -1,96'dan daha düşüğe anlamlı azalma, Z değeri 2,58'de büyük ise şiddetli anlamlı artma, -2,58'den düşüğe şiddetli anlamlı azalma şeklinde yorumlanmıştır.

Çalışma alanına ait CORİNE arazi kullanım verileri (2018) kullanılarak, arazi kullanımı ile yüze Y sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Hem CORİNE arazi kullanım haritaları hem de YS haritaları hazırlanmadan önce çözünürlükleri çalışmaya uygun şekilde düzenlenmiştir. CORİNE 2018 verilerinin 250 m çözünürlükteki versiyonu 1km çözünürlükte hata verebileceği düşünülerek 500m'ye çevrilmiştir. MODIS uydularından elde edilen YS verileri de CORİNE verilerine paralel olarak 500m çözünürlüğe göre Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW) ile enterpole edilerek haritalandırılmıştır. Bu şekilde iki verinin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için uygun koşullar oluşturulmuştur.

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden çalışma alanı sınırları içerisinde kalan ve farklı ortamları yansıtan 4 adet meteoroloji istasyonunun (Şekil 1) 2002 ile 2022 yılları arasındaki sıcaklık verileri temin edilmiştir. Aynı dönem için temin edilen MODIS uydusu yüzey sıcaklıkları ile meteoroloji istasyonlarından elde edilen hava sıcaklıkları ve her ikisinin eğilimleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, meteoroloji istasyonunun içerisinde yer aldığı MODIS hücrendeki veriler ile istasyon verileri kullanılmıştır.

Yapılan haritalara İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin sınırları eklenmiş böylece kentsel alanlar ile YS arasındaki ilişki gösterilmeye çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada yapılan çalışmalar anlatılırken önce aylık yüzey sıcaklık ortalamaları, daha sonra bu yüzey sıcaklıklarının arazi örtülerine göre durumu ardından da eğilimleri sırası izlenecektir. Yukarıda belirtilen meteoroloji istasyonlarındaki sıcaklık eğilimleri ile yüzey sıcaklık eğilimleri karşılaştırılacak, gerektiği yerlerde literatüre başvurulacaktır.

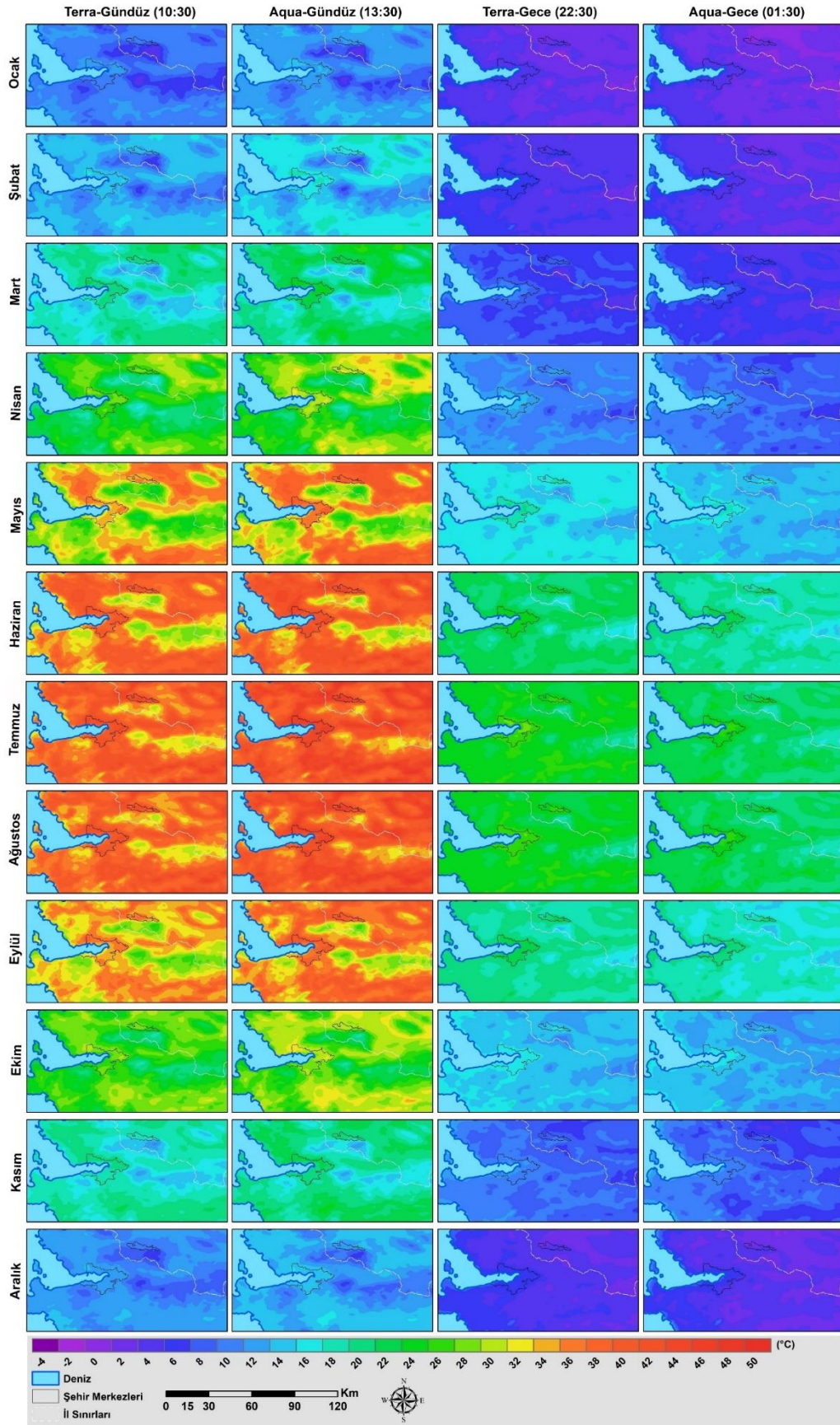
4.1. Ortalama yüzey sıcaklıkları ve eğilimleri

Çalışma alanında tüm aylara ve farklı saatlere göre yapılan sıcaklık analizleri sonucunda (Şekil 3), İzmir-Manisa çevresinde sıcaklık dağılımını etkileyen en önemli etmenin yükselti olduğu anlaşılmış, yükseklik arttıkça sıcaklığın düştüğü gözlemlenmiştir ki bu dağılım beklenen bir durumdur (Erol, 2014). Bununla birlikte, karasallık-denizellik özelliklerinin de etkili olduğu, yaz aylarında kara içinde, Gediz depresyonunda sıcaklıkların çok yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. Sahada sıcaklığı etkileyen bir diğer etmen arazi örtüsü-kullanım özellikleri olmuştur. Özellikle şehrsel alanlar, sulak alanlar ve tarım alanları ile orman alanları sıcaklık dağılımında önemli etmenler olmuştur.

İzmir ve çevresinde, 2002-2022 yılları arasında, günün farklı saatleri için oluşturulan aylık ortalama yüzey sıcaklıkları, -4 °C ile 50 °C arasında değişmektedir (Şekil 3). En düşük sıcaklıklar ocak ayı gecelerinde, yüksek dağlık alanlar ile muhtemelen terselme olayının gerçekleştiği Gediz depresyonunda görülmektedir. En yüksek sıcaklıklar ise temmuz ve ağustos aylarında, alçak sahalarda ile yine denizden uzakta bulunan Gediz depresyonu içerisinde, Çal Dağı yamaçlarında belirlenmiştir.

Çalışma sahasında en soğuk ay olan ocakta, İzmir şehri çevresine göre sıcak özellik gösterirken (pozitif yüzey ısı adası-YIA) Manisa'daki durum belirgin değildir. Bu ayda İzmir şehri kuzeyi (Karşıyaka, Bornova), gündüzleri hem öğleden önce hem de öğleden sonra şehrin diğer yerlerine göre daha sıcak özellik göstermekte, bu farklılık bakıdan dolayı oluşmaktadır. Geceleri hem İzmir hem de Manisa şehirleri belirgin bir sıcaklık farkı göstermemekte, bunun haritadaki renk rampasından kaynaklandığı, şehirlerin çevrelerine göre muhtemelen daha sıcak olduğu düşünülmektedir. Şubat ayında benzer durumlar gözlemlenmekte, Manisa şehri de gündüzleri çevresine göre daha sıcak özellik göstermektedir. Mart ayında da aynı özellik devam ettikten sonra, nisan ayında hem İzmir hem de Manisa şehrsel alanları hem gündüz hem de geceleri daha pozitif YIA durumundadır. Bununla birlikte, gündüzleri Manisa şehrinin batısı, sanayi alanları, geceleri ise şehrin doğu yarısı daha belirgin bir ada özelliği göstermektedir.

Mayıs ayında gündüzleri hem İzmir hem de Manisa şehirleri pozitif YIA özelliği gösterse de bu farklılık çok belirgin değildir. Özellikle İzmir şehri batısında, sahil kesimlerinde düşük sıcaklıklar belirlenmiş, bunun da meltemlerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Geceleri her iki şehrin de pozitif YIA özelliği çok belirgindir. Bu ayda, Turgutlu ilçesi şehrsel alanı da hem gece hem de gündüz pozitif YIA özelliği göstermektedir. Benzer özellikler haziranda da devam etmekte, mevsimsel olarak yağış azalması, topraktaki su ve nem içeriğinin



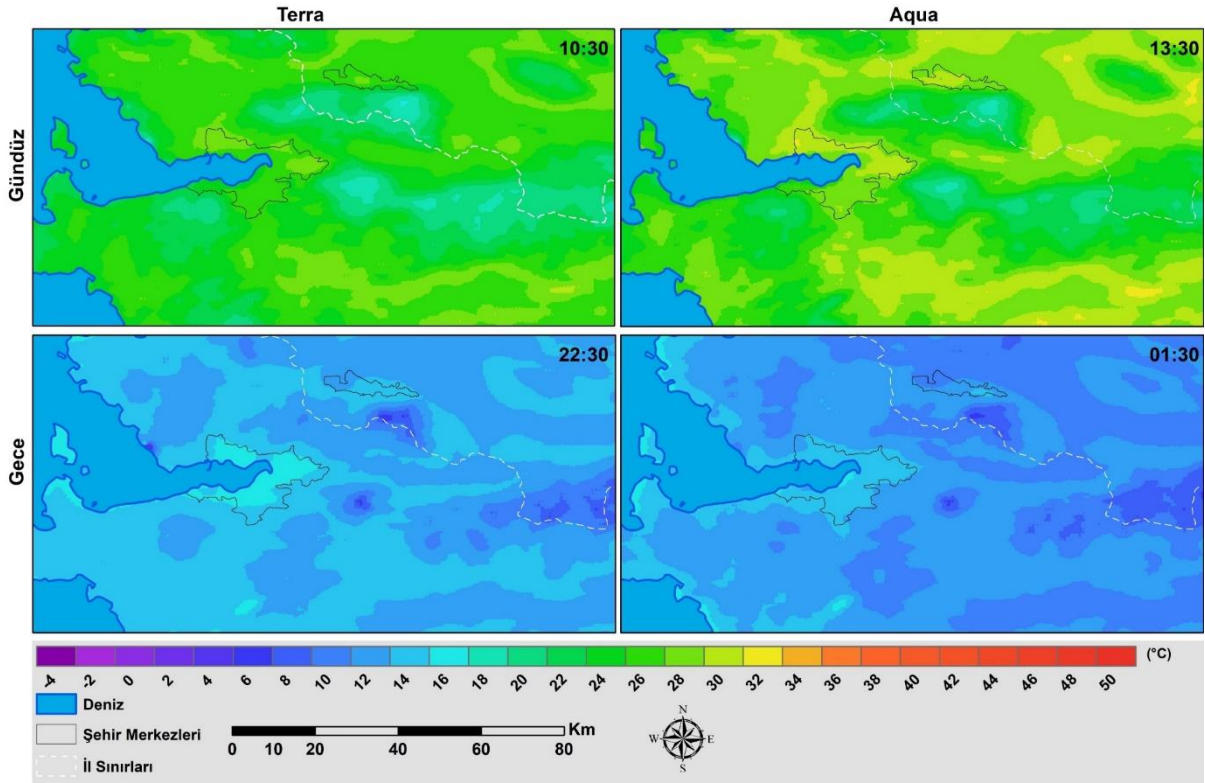
Şekil 3- Çalışma sahasına ait aylık ortalama yüze Y sıcaklığı (°C) haritası.
Figure 3- Monthly average surface temperature (°C) map of the study area.

düşmesi, tüm depresyon alanlardaki sahalara ısınmasına neden olmakta, İzmir ve Manisa şehirlerine yakın sıcaklık özellikleri görülmektedir.

Temmuz ve ağustos aylarında çalışma alanındaki gündüz yüzey sıcaklıkları 25 °C'ın üzerindedir. Depresyonlarda bu sıcaklık değeri 50 °C'a varmaktadır. Geceleri dağlık alanlarda 15 °C civarında olan yüzey sıcaklıkları, şehrsel alanlarda ve depresyonlarda 22 °C'ın üzerindedir. Bu aylarda şehrsel alanlarla çevresindeki sıcaklık farkları çok yüksek değilse de, İzmir şehrinin sahilinden uzak kesimlerinde belirlenen sıcaklıklar daha yüksektir.

Eylül ayından sonra, depresyonlardaki gündüz yüzey sıcaklıkları 30 °C civarındayken, geceleri 15 °C'ın altına inmekte, şehrsel alanlarla çevrelerindeki sıcaklık farkları yükselmektedir. Eylül-aralık ayları arasında, İzmir ve Manisa şehrsel alanları çevrelerine göre hem gece hem de gündüzleri sıcak özellik göstermekte, genel olarak pozitif YIA özelliği göstermektedirler.

İzmir ve çevresinde, farklı saatlerdeki uzun yıllık (2002-2022) yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde (Şekil 4), İzmir şehrinin hem gece hem de gündüzleri pozitif bir YIA özelliği gösterdiği, Manisa'da ise gündüzleri öğleden sonra şehrin batısında, gece yarısından sonra ise şehrin doğusunda oluşan bir sıcak merkez özelliği gösterdiği ve yine pozitif YIA oluştuğu anlaşılmaktadır. Sahadaki en soğuk yerler yükseltiye bağlı olarak Bozdağlar ve Spil ile Manisa dağları olduğu görülmektedir. Bu dağların da özellikle kıyılardan uzak kesimlerinde daha düşük sıcaklık değerleri belirlenmektedir.

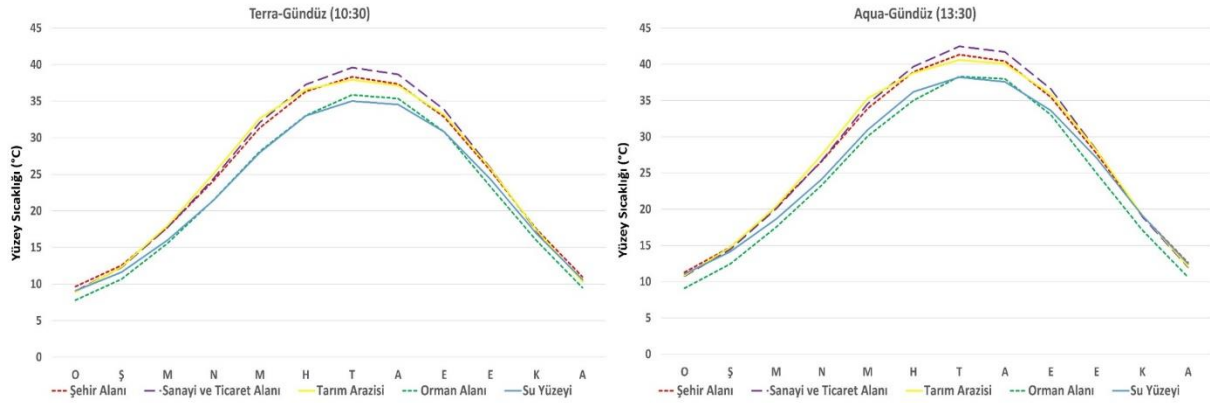


Şekil 4- Çalışma sahasına ait yıllık ortalama yüzey sıcaklığı (°C) haritası (2002-2022).

Figure 4- Annual average surface temperature (°C) map of the study area (2002-2022).

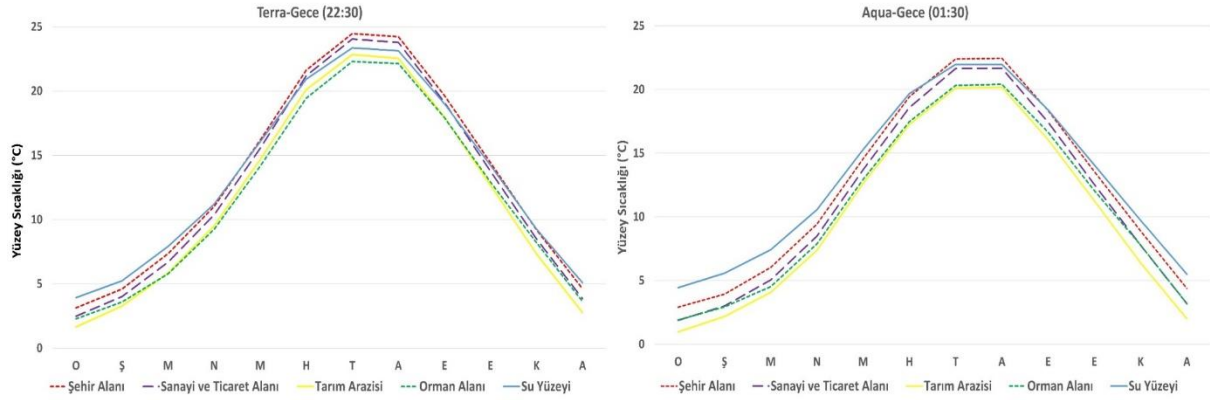
Büyük şehirlerde özellikle sanayi tesislerinin her geçen gün çoğalması bununla birlikte nüfusun ve şehirleşme oranının hızla artması bu çalışmada olduğu gibi önceki çalışmalarda da YS'nin artmasına neden olan en önemli etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Adana, Afyonkarahisar, Ankara, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Muş gibi ülkemizin farklı şehirlerinde yapılan çalışmalarda ortak nokta, özellikle şehrsel alanlar ve sanayi tesislerinin yoğun olduğu sahalarda yüksek, vejetasyonun yoğun olduğu alanlarda ve su yüzeylerinde ise düşük YS'lerin ortaya çıktığını göstermektedir (Gökdemir, 2020; Khorrami & Gündüz, 2019, Yılmaz, 2017). Mercan (2020) tarafından Muş ili YS'nin incelendiği çalışmada ise Muş nüfusun da yıllar içinde fazla bir artış yaşanmadığı ve

bundan ötürü yapı stokunda önemli değişimler olmadığı için YS'de ciddi değişiklik görülmediğinin altını çizmiştir.



Şekil 5- Yüze sıcaklığının arazi örtüsüne göre dağılımı (gündüz).

Figure 5- Distribution of land surface temperature according to land cover (daytime).



Şekil 6- Yüze sıcaklığının arazi örtüsüne göre dağılımı (gece).

Figure 6- Distribution of land surface temperature according to land cover (nighttime).

Rinner ve Hussain (2011), Xiong, vd. (2012), Çiçek, vd., (2013), Yılmaz (2015), Pal ve Ziaul (2017) tarafından yapılan yüze sıcaklığı çalışmalarında; en düşük sıcaklıkların su yüzeyleri ve vejetasyonun yoğun olduğu alanlarda, en yüksek sıcaklıkların ise; nüfusun yoğun olduğu şehir alanlarında, sanayi ve ticaret faaliyetlerinin yürütüldüğü sahalarda ve tarım alanlarında görüldüğü belirtilmiştir.

Yılmaz (2017) ve Kesgin Atak (2020) tarafından İzmir şehrini konu alan yüze sıcaklığı çalışmalarında ise; endüstriyel alanlar, ticaret merkezleri, inşaat ve maden sahaları YS'nin yüksek olduğu alanlar olarak belirtilirken, su yüzeyleri, orman sahaları, dağlık alanlar, park ve bahçeler YS'nin düşük olduğu alanlar olarak gösterilmiştir. Tanrikulu (2006), Corumluoglu ve Asri (2015), Ciğerci (2021) tarafından İzmir ve İstanbul'u ele alan çalışmalarda özellikle yerleşim alanları ve sanayi bölgelerindeki yapı malzemelerinin ısıyı tutma kabiliyeti üzerinde durulmuştur. Bu tür alanlardaki yapı malzemelerinin albedo değerlerinin oldukça düşük olduğu ve güneş enerjisini daha az miktarda yansıttığına değinilmiştir. Bu sebeple gün boyu diğer yerlere göre daha fazla ısınan şehrsel alanlar elde ettiği ısıyı çok yavaş şekilde kaybettiği için bu çalışmada da görüldüğü üzere yüze ısı adaları meydana gelmektedir.

Cihan vd., (2022) tarafından YS'ye diğer çalışmalara göre daha farklı yaklaşmış ve İzmir'in Menderes ilçesinde gerçekleşen bir orman yangını incelenmiştir. Özellikle yangından sonra bölgede YS'lerin çok yükseldiği belirtilmiştir. Yine diğer çalışmalarda olduğu gibi burada da vejetasyonun önemi vurgulanmıştır.

Sanayi bölgelerinde ve yoğun yerleşim alanlarında karşılaşılan bu yüksek YS'lere çalışmalarda; özellikle şehir içlerindeki yeşil alanların artırılması, sanayi bölgelerinin çevresine yeşil alan tamponu oluşturulması, yapay gölet alanları gibi su yüzeylerinin oluşturulması, var ise sayılarının artırılması çözüm önerisi olarak sunulmuştur (Corumluoglu & Asri, 2015; Gökdemir, 2020; Şentürk & Çubukçu, 2022).

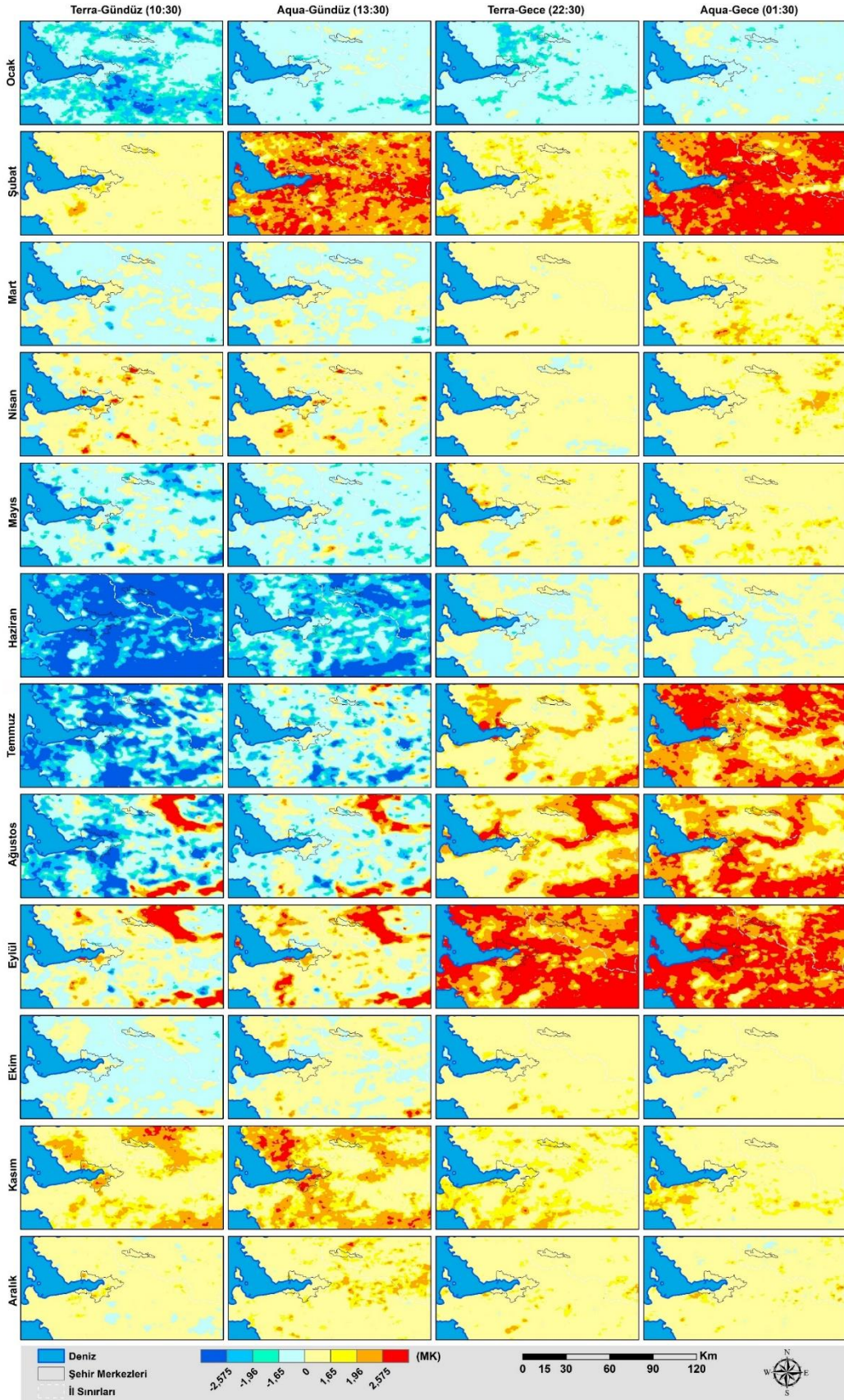
Bu perspektiften baktığımızda, çalışma alanında da yukarıdaki çalışmalara benzer şekilde düşük YS'ler su yüzeyleri ve bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda, yüksek YS'ler ise tarım arazileri, nüfusun yoğun olduğu yerleşim alanları ve sanayi ve ticaret bölgelerinde görülmüştür. Sanayi ve ticaret sahalarının daha sıcak olması yapı malzemelerinden ötürü olduğu, şehir alanlarının ise geçirimsiz yüzeylere sahip olmasının YS'yi artırdığını, YS'nin düşük olduğu sahalarda ise gizli ısı transferi, orman örtüsünün tampon görevi üstlenmesi ve su yüzeylerinde termal iletkenliğin yüksek olmasından dolayı ısınmanın diğer arazi örtülerine göre daha yavaş meydana gelmesinin etkili olduğu önceki çalışmalar ışığında anlaşılmıştır. Ayrıca YS'nin yüksek veya düşük olduğu sahaların yılın tamamı için aynı kalmadığı sıcak ve soğuk periyotlarda arazi örtülerinin birbirlerine göre daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklar gösterebileceği de anlaşılmıştır. Tüm çalışmalarda, bu çalışmada da belirtildiği gibi, vejetasyon yoğunluğu ile YS'nin negatif korelasyon ilişkisine sahip olduğu vurgulanmıştır.

Yavaşlı (2017) ve Yavaşlı, vd. (2018) tarafından İzmir ili için gerçekleştirilen YS çalışmalarında da diğer çalışmalardaki gibi şehrsel yerleşimlerin kırsal bölgelere oranla daha sıcak olduğu belirtilirken ayrıca bu çalışmada da ortaya konulduğu gibi yaz aylarının gecelerinde YS'de artış eğilimi görülürken, gündüzlerinde ise azalış eğilimi görüldüğü belirtilmiştir.

Çalışma alanında, yüzey sıcaklıklarındaki eğilimin belirlenmesi için yapılan Mann-Kendall analizi sonuçlarında; ocak ayında genel olarak yüzey sıcaklık azalışlarının olduğu, azalışların öğleden önce ve gece yarısından önceki saatlerde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7). Özellikle saat 10:30'da Bozdağların batı kesimindeki azalmalar istatistiksel olarak anlamlıdır. Şubat ayında ise azalışın yerini artma eğilimleri almakta, öğleden sonra ve gece yarısından sonra, anlamlı artışlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle gece 01:30'da yapılan ölçümlerde, çalışma alanının büyük bir bölümünün $p < 0,01$ düzeyinde artışlar bulunmakta, İzmir ve Manisa şehirlerindeki artışlar ise $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde kalmaktadır. Mart ayında, Buca ve Tire çevresinde gündüzleri anlamlı azalışlar, Torbalı ve Menderes çevresinde geceleri ise anlamlı artışlar görülmekte, nisan ayında ise çok dar alanlı anlamlı artış ve azalışlara rastlanmaktadır. Bu ayda gündüz ölçümlerinde, İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin sanayi ve ticaret faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlarındaki artışlar, belirgindir. Mayıs ayında, özellikle Gediz Depresyonunda anlamlı yüzey sıcaklık azalışları ortaya çıkmakta, bu durum gece gözlemlenmemektedir. Hazirana gelindiğinde, geceleri anlamlı artış veya azalış görülmezken, gündüzleri anlamlı yüzey sıcaklık azalmaları belirlenmiş, bu durum özellikle saat 10:30 ölçümlerinde daha yoğun görülmektedir. Söz konusu saatte çalışma alanının genelinde $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı azalmalar belirlenmiştir.

Temmuz ayında, gündüz ve geceler arasındaki eğilimlerde bariz farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Genel olarak gündüz yüzey sıcaklıkları, anlamlı azalışlar gösterirken, gece yüzey sıcaklıklarında anlamlı artışlar belirlenmiştir. Ağustos ayında gündüzleri kıyılarda ve şehrsel alan çevrelerinde azalmalar hesaplanırken, kıyıdan uzak Gediz Depresyonunda hem gündüzleri hem de geceleri yüzey sıcaklık artış eğilimi ortaya çıkmaktadır. Bu durum, ovadaki ürünlerin hasat edilmesinden dolayı, sulamanın azalmasından kaynaklanıyor olması muhtemeldir. Eylül ayında ağustos ayına benzer bir şekilde gündüzleri Gediz Depresyonu ve diğer ovalık alanlardaki anlamlı artışlar devam etmekte, geceleri anlamlı artışların çalışma alanının neredeyse tamamını kapladığı görülmektedir. Ekim ayında yüzey sıcaklıklarındaki anlamlı artış veya azalışlar çok sınırlı alanda belirlenmiş, genel olarak eğilimler durağan eğilimler olarak ortaya çıkmıştır. Kasımda ise özellikle gündüzleri kıyı kesimlerde ve kıyıdan uzaktaki ovalarda anlamlı artışlar olduğu tespit edilmiştir. Kıyı kesimlerindeki artış eğilimlerinin tarım arazileri ve şehir alanlarında olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise bazı bölgelerde dar alanlı artış eğilimleri olmakla birlikte, 13:30 ölçümlerinde Bozdağlarda anlamlı artışların olması, artışların dağlık alanlarda da yaşandığını göstermektedir. Aylık değerlendirmelerde, yüzey sıcaklığındaki anlamlı azalışların ocak, haziran, temmuz ve ağustos aylarında, gündüz saatlerinde olduğu görülmektedir. Anlamlı artışların ise şubat, temmuz, ağustos, eylül ve kasım aylarında, gündüzleri sadece depresyon alanlarında geceleri ise tüm sahayı kapsayacak şekilde meydana geldiği görülmüştür. Burada dikkat çeken en önemli husus yaz aylarının

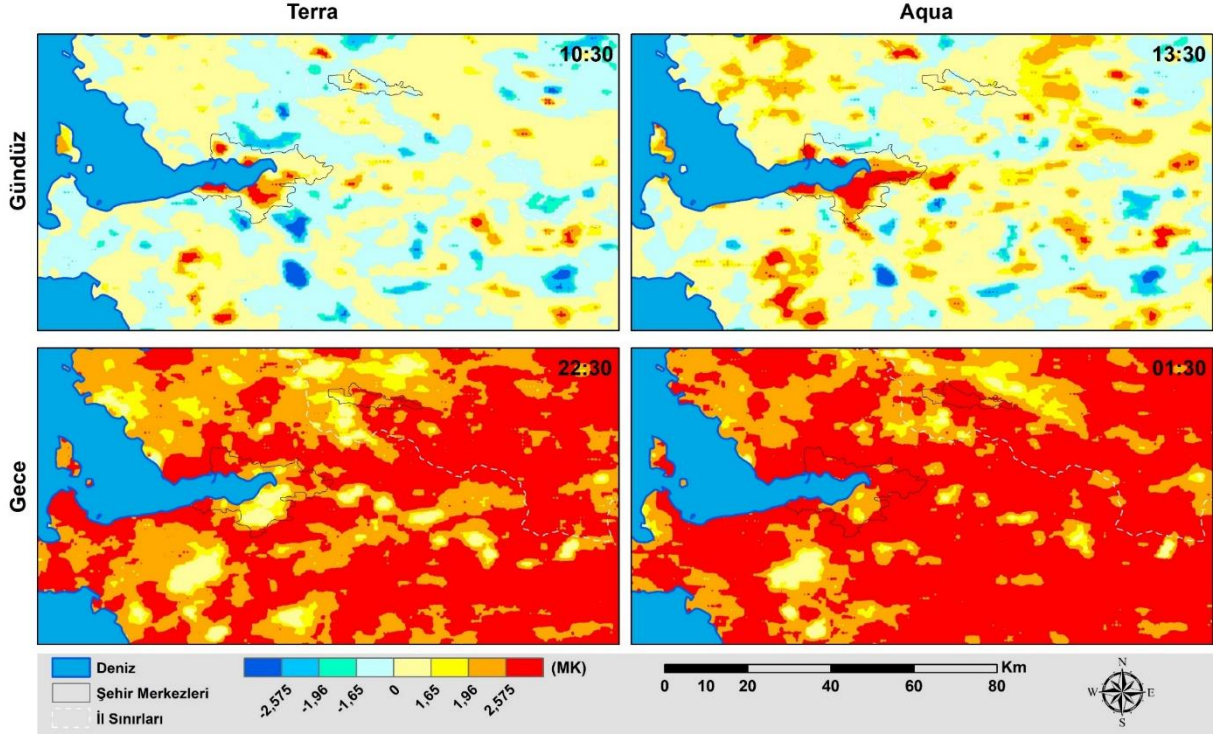
gündüzleri azalış, geceleri artış eğilimi göstermesidir. Bu yönüyle yaz mevsimi diğer mevsimlere kıyasla daha değişken bir görünüm sunmaktadır.



Şekil 7- Çalışma sahasına ait yüze sıcaklığı için Mann-Kendall eğilim haritası.

Figure 7- Mann-Kendall trend map for surface temperature of the study area.

Farklı saatteki yıllık ortalama sıcaklık eğilimleri incelendiğinde; gündüzleri anlamlı artış ve azalışların dar alan kapladığı fakat artış eğilimlerinin özellikle İzmir şehir merkezinde olduğu net bir şekilde görülmektedir. Buradan, özellikle geceleri çevresine göre daha sıcak olan yerleşim alanlarının gündüzleri de giderek daha sıcak bir hale geldiği anlaşılmakta, şehirselleşimin etkisinin zamanla arttığı ortaya çıkmaktadır. Geceleri de anlamlı artışların yaşandığı, bu durumun şehirselleşim alanlarına daha az yoğun şekilde yansıdığı görülmektedir. Gece eğilimleri incelendiğinde, çalışma alanının büyük çoğunluğunda $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı artışların olduğu belirlenmiştir. Önemli bir hususta İzmir şehir merkezinde görülen anlamlı yüzey sıcaklık artışlarının, gündüzleri şehrin güneyinde yoğunlaşırken, geceleri daha çok kuzey yarısında yoğunlaşmasıdır.



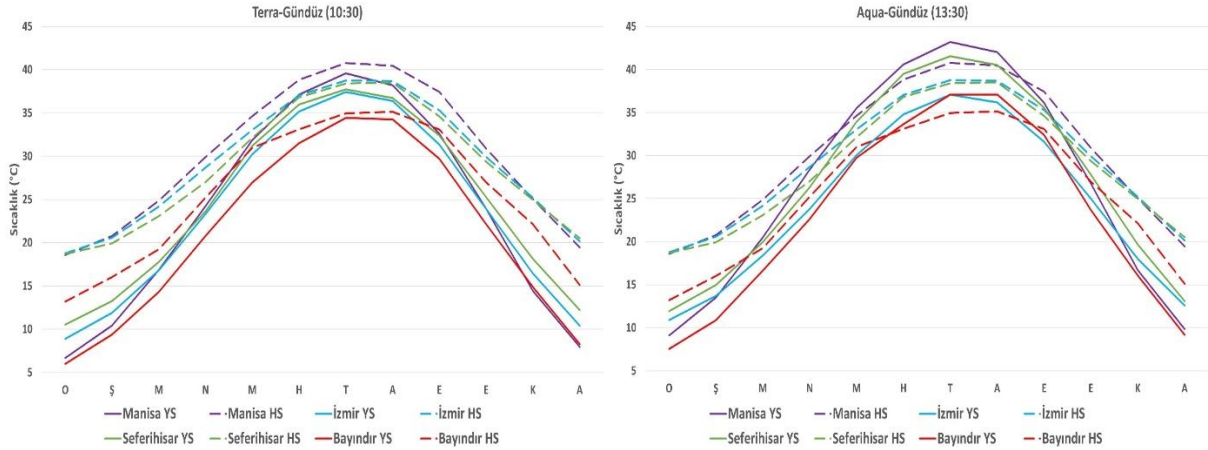
Şekil 8- Çalışma sahasına ait yüzey sıcaklığı için Mann-Kendall eğilim haritası (2002-2022).
Figure 8- Mann-Kendall trend map for surface temperature of the study area (2002-2022).

4.3. MODIS ile meteoroloji istasyonu verilerinin karşılaştırılması

Yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının nasıl bir ilişki gösterdiğini ortaya koyabilmek için, meteoroloji istasyonlarından alınan aylık ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile istasyonların bulunduğu noktanın aylık ortalama yüzey sıcaklıkları ve bunların eğilimleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda, gündüz saatlerinde (10:30 ve 13:30) ölçülen yüzey sıcaklıkları ile maksimum hava sıcaklıkları, gece saatlerinde (22:30 ve 01:30) ölçülen yüzey sıcaklıkları ile de minimum hava sıcaklıkları kullanılmıştır.

Analizler sonucunda, gündüz saatlerinde, çalışma alanında en yüksek sıcaklıkların Manisa'da, en düşük sıcaklıkların ise Bayındır istasyonundaki hava ve yüzey sıcaklıklarında ölçüldüğü belirlenmiştir. Öğleden önce, saat 10:30'da tüm istasyonlarda hava sıcaklıklarının yüzey sıcaklıklarına kıyasla daha yüksek olduğu, buna rağmen 13:30'daki durumun farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 9). Bu saatteki hava sıcaklıkları soğuk dönemde yüzey sıcaklıklarına göre yüksek, sıcak dönemde genel olarak daha düşüktür. Saat 10:30'daki yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki farklar, tüm istasyonlarda soğuk dönemde yüksekken, sıcak dönemde azalmakta, yaz aylarında ise birbirine yaklaşmaktadır. Bu durumun oluşmasında, muhtemelen güneşin doğuşundan sonra geçen süre etkili olmakta, bu süre uzadığında, her iki sıcaklık arasında fark azalmaktadır. Saat 13:30'da yüzey sıcaklıklarında, sadece İzmir istasyonundaki hava sıcaklığı yıl boyunca yüzey sıcaklığından yüksek çıkmış, diğer istasyonlarda ise, nisan-eylül arasındaki yüzey sıcaklıkları hava sıcaklığını geçmiştir. Bu durum muhtemelen İzmir'in şehirselleşim özelliğinden kaynaklanmış, yüksek şehir yoğunluğu, yıl boyunca hava

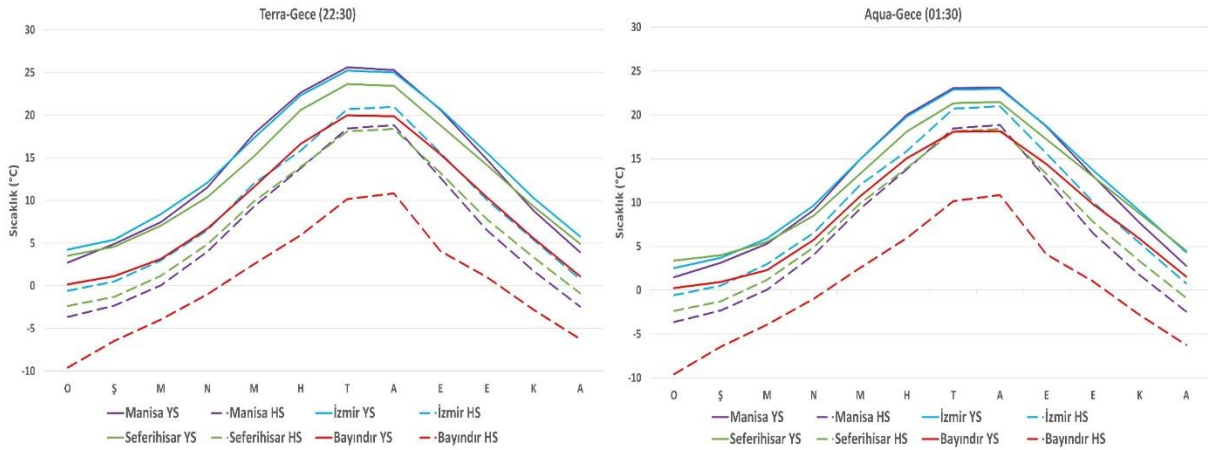
sıcaklığının yüksek olmasına neden olmuş, düşük şehir yoğunluğu ise hava ve yüze sıcaklığı arasındaki farkın saat 13:30'da değişkenlik göstermesine izin vermiştir.



Şekil 9- Yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (gündüz).

Figure 9- Comparison of land surface temperatures and air temperatures (daytime).

Gece ölçümleri, gündüzlerin tersi bir görüntü sunmaktadır (Şekil 10). Özellikle yer yüzeyinin havaya göre daha geç soğumasından kaynaklı olarak tüm ölçümlerde ve tüm istasyonlarda yüze sıcaklıklarının hava sıcaklıklarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Deniz etkisinin görüldüğü İzmir ve Seferihisar istasyonlarında hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki farkın Manisa ve Bayındır istasyonlarına kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle kırsal istasyon olarak seçilen Bayındır istasyonunda hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki fark 10 °C'ye kadar çıkmaktadır. Gece 22:30 saatinden elde edilen hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki farklar yıl boyunca sabitken, saat 01:30'da durum biraz değişmekte, İzmir ve Seferihisar istasyonlarında fark, sıcak dönemde azalmaktadır.

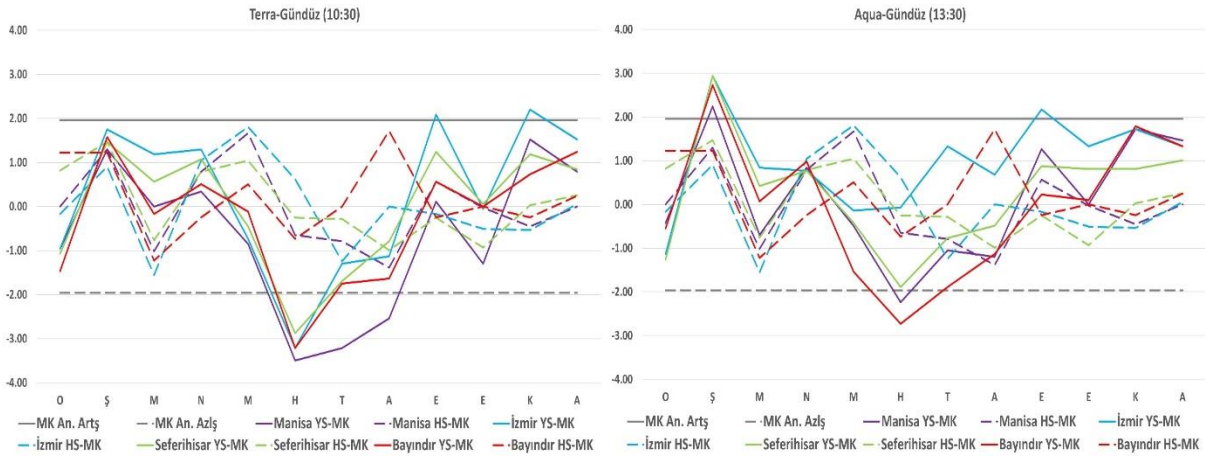


Şekil 10- Yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (gece).

Figure 10- Comparison of land surface temperatures and air temperatures (nighttime).

İstasyonlardaki hava ve yüze sıcaklığı eğilimleri incelendiğinde, gündüzleri yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının eğilimleri arasında çoğunlukla paralellik olduğu, bazı aylarda ise farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 11). Saat 10:30'daki hava ve yüze sıcaklık eğilimleri incelendiğinde, genel olarak soğuk dönemdeki hava ve yüze sıcaklık eğilimlerinin benzer olduğu, yaz aylarında ise bu durumun değiştiği, tüm istasyonların yüze sıcaklıklarında istatistiksel olarak anlamlı azalmaların görüldüğü belirlenmiştir. Buna rağmen incelenen dönem için hava sıcaklıklarında anlamlı eğilimler belirlenmemiştir. Eylül ve kasım aylarında İzmir için yüze sıcaklıklarının anlamlı artışlar göstermesi, yine bu istasyonun yoğun şehirselleşmesinden

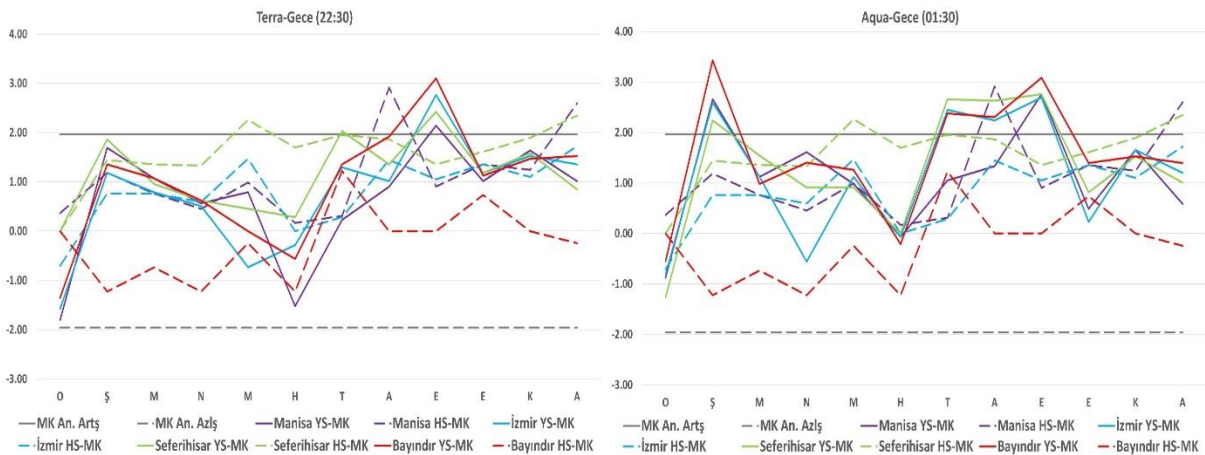
kaynaklanmaktadır. Öğleden sonraki eğilim sonuçları, öğleden önceye benzemekte, özellikle yaz aylarında Bayındır ve Manisa istasyonlarında anlamlı ve anlamlıya yakın yüzey sıcaklık azalışları belirlenirken, özellikle şubat ayında tüm istasyonlar için anlamlı yüzey sıcaklık artışları ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte hava sıcaklıklarında anlamlı eğilimler belirlenememiştir.



Şekil 11- Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı eğilimlerinin karşılaştırılması (gündüz).

Figure 11- Comparison of land surface temperature and air temperature trends (daytime).

Gece verileri için yapılan analizler neticesinde, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin Bayındır istasyonunda farklılıklar gösterdiği, diğer istasyonlarda ise benzer eğilimlerin olduğu görülmüş, bu durum nispeten az yoğun şehirleşmeye sahip bir yerde çıkması, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin kırsal alanlarda farklı olabileceğini düşündürmüştür. Eğilimler incelendiğinde; şubat ayında, gündüz sonuçlarına benzer şekilde, özellikle gece 01:30'da yüzey sıcaklıklarında anlamlı artışlar belirlenmiş, yüzey sıcaklıklarındaki artışlar, su açığının yüksek olduğu yaz aylarında da kendini göstermiştir. Geceleri, Manisa ve Seferihisar istasyonlarının hava sıcaklıklarında (minimum sıcaklıklar) anlamlı artışlar belirlenmiş, Manisa'da bu artış sadece ağustos ayında ortaya çıkarken, Seferihisar'da hem mayıs hem de aralık ayındaki artışlar, istatistiksel anlam seviyesini aşmıştır. Bu eğilimler, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin gündüzleri nispeten benzer değerler gösterirken, geceleri farklılaşabileceğini göstermektedir.



Şekil 12- Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı eğilimlerinin karşılaştırılması (gece).

Figure 12- Comparison of land surface temperature and air temperature trends (nighttime).

6. SONUÇ

İzmir ve Manisa şehirleri ve çevrelerinin aylık ve yıllık yüzeY sıcaklık değişiminin ve eğilimlerinin incelendiği bu çalışmada, MODIS uydularından alınan görüntüler kullanılarak, 2002-2022 yılları arasındaki her aya ve günün 4 farklı periyoduna ait yüzeY sıcaklıkları, 1 km çözünürlükte belirlenmiştir. YüzeY sıcaklığı ile arazi örtüsü arasındaki ilişkileri ortaya koymak üzere CORİNE arazi kullanım verisi kullanılmıştır. CORİNE arazi kullanım verisinde 44 farklı arazi kullanım sınıfı bulunmaktayken, bu çalışmada gruplama yapılmış, yüzeY sıcaklıkları, şehir alanları, sanayi ve ticaret alanları, su yüzeYleri, tarım arazileri ve orman alanlarına göre incelenmiştir.

Günün her saatinde yüzeY sıcaklığını etkileyen en önemli faktörler, denizellik-karasallık, arazi örtüsü ve yükseltilerdir. Karasallığın hâkim olduğu alanlarda daha yüksek yüzeY sıcaklıkları kaydedilmiştir. Arazi örtüsünün sıcaklığı tutma veya yansıtma kabiliyeti, söz konusu sahanın çevresine kıyasla daha yüksek ya da düşük sıcaklığa sahip olmasını etkilemektedir. Yükselti ile YS arasında negatif bir korelasyon olduğu anlaşılmıştır. Aynı şekilde vejetasyon yoğunluğu ile YS arasında da negatif bir korelasyon bulunmaktadır.

En düşük yüzeY sıcaklıklarına, su yüzeYleri ve orman alanlarında, en yüksek yüzeY sıcaklıklarına ise tarım alanları, sanayi ve ticaret alanları ve şehir alanlarında rastlanmakla beraber, yıl içerisinde farklılıklar da belirlenmiştir. İlkbaharda tarım arazileri daha sıcakken yazları özellikle sanayi ve ticaret alanları daha sıcak çıkmaktadır. Orman alanlarının su yüzeYlerine göre yaz ayları dışında daha düşük yüzeY sıcaklığına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında yüksek sıcaklıklar kıyı kesimlerinde, şehir alanlarında ve kıyından uzak ovalarda görülmektedir. En yüksek sıcaklıklar temmuz ve ağustos aylarında Gediz Depresyonu ve Çal Dağı eteklerinde belirlenmiştir. Bu sonuçta özellikle karasallığın etkisi büyüktür. En düşük yüzeY sıcaklıkları ise ocak ayı gecelerinde, hem yükseltinin çevresine göre daha fazla olduğu hem de orman örtüsünün daha fazla alan kapladığı Manisa Dağı ve Bozdağlarda tespit edilmiştir. Bu ayda, terslemenin etkisiyle Gediz depresyonu da dağlık alanlar gibi soğuk çıkmıştır.

İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin hem gündüz hem de geceleri çevrelerine göre daha sıcak olduğu görülmüştür. Ocak ayında İzmir şehir merkezinde bakı etkisiyle şehrin kuzeyi, güneyine göre daha sıcak özellik göstermektedir. Bu yönüyle şehrin kendi içinde dahi farklı sıcaklıklar gösterdiği anlaşılmıştır. Manisa şehrinde ise gündüzleri sanayi ve ticaret alanlarının olduğu batı kesimde, geceleri ise konut alanlarının yoğun olduğu doğu kesimde yüksek yüzeY sıcaklıkları belirlenmiştir. Her iki şehir merkezinin de birkaç ay dışında pozitif YIA özelliği gösterdiği belirlenirken, geceleri YIA'ların daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır.

YüzeY sıcaklıklarındaki artış eğilimi, şubat, temmuz, ağustos ve eylül aylarında yoğunlaşmakla birlikte bu artışın özellikle geceleri olduğu belirlenmiştir. YüzeY sıcaklıklarındaki azalma eğilimi ise artışların aksine gündüzleri daha baskın görülmektedir. Azalmalar, artışlara benzer şekilde yaz aylarında hakimdir. Eğilimlerde özellikle yaz aylarının hem artış hem azalış bakımından daha değişken, diğer ayların ise daha homojen olduğu görülmektedir. Uzun yıllara ait eğilimlerde ise İzmir şehir merkezinde gündüz ve geceleri ciddi artış eğilimleri olduğu görülürken Manisa şehir merkezindeki artışlar gece ile sınırlıdır.

YüzeY sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasında yapılan kıyaslamalarda; sabahları hava sıcaklıkları daha yüksekken, öğlen saatlerinde ise soğuk dönemde hava, sıcak dönemde ise yüzeY sıcaklıkları daha yüksektir. Geceleri ise yüzeY sıcaklıkları tüm istasyonlarda hava sıcaklığına göre daha yüksektir.

YS ile hava sıcaklıklarının eğilimleri kıyaslandığında; gündüzleri özellikle soğuk dönemde hava ve yüzeY sıcaklığının paralel olduğu, sıcak dönemde ise paralelliğin ortadan kalktığı, yüzeY sıcaklıklarının anlamlı azalmalar gösterdiği belirlenmiştir. Geceleri ise Bayındır istasyonu haricinde yüzeY ve hava sıcaklıklarının benzer eğilimler gösterdiği tespit edilmiştir. Geceleri ne yüzeY ne de hava sıcaklıklarında anlamlı azalışlar görülmemiş, aksine istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu belirlenmiştir.

MODIS uydusu verileri; Landsat, ASTER, Sentinel gibi uydulardan farklı olarak 1 km çözünürlük sunmakta, buna rağmen günün 4 farklı saatinde alınmakta, veri sürekliliği sağlamaktadır. Bu bakımdan çalışma, günün 4 farklı saatine ait YS ve eğilimlerini ortaya koyması, YIA ve dolaylı olarak şehir ısı adası özelliklerinin

ve farklı saatlerdeki en yüksek ve en düşük YS'ye sahip noktaların tespit edilmesi açısından ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. Çalışma aynı zamanda, Manisa şehri çevresinde YS analizini de içermekte ve daha evvel incelenmemiş bir alan için de detaylı bilgiler barındırmaktadır. Yine çalışma, birisi kıyıda, diğeri ise denize kıyısı olmayan bir alanda bulunan iki farklı şehrin karşılaştırmalı YS analizini sunmaktadır.

Çıkar Çatışması / <i>Conflict of Interest</i>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	E. Yılmaz
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	E. Yılmaz
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz

REFERANSLAR

- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377–390.
- Çiğerci, H. (2021). *Yer Yüzey Sıcaklığının Uzaktan Algılama Verileri ve Mekansal İstatistik Yöntemleri ile Analizi: İstanbul Örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Cihan, A., Cerit, K., & Eren, A. (2022). Yangın Alanında Uydu Görüntüleri ile Yer Yüzey Sıcaklık Değişimi Gözlemi ve Mekansal Alan Tespiti. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 142–155.
- Corumluoğlu, 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.
- Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi. *International Journal of Human Sciences*, 10(1), 621–640.
- Çolak, E., & Sunar, F. (2018). *Yüzey sıcaklığı ve spektral yanma indekslerinin orman yangın analizinde kullanımı*. ESTÜ. UZAL-CBS (Dü.), VII. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 311-320). 18-21 Eylül, Eskişehir.
- Demirci, A., & Karakuyu, M. (2002). *Küresel iklim değişimi ve Türkiye'nin fiziki ve beşeri coğrafyası üzerindeki olası etkileri*. Ege Ü. (Dü.), *Klimatoloji Çalıştay Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 235–245). 11-13 Nisan, İzmir.
- Erol, O. (2014). *Genel klimatoloji* (10. b.). Çantay Kitapevi.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., & Kohbanani, H. R. (2013). Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9), 1290–1315.
- Gökdemir, N. (2020). *Yapay Su Yapılarının Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimine Olan Etkilerinin Meteorolojik Veriler ve Uydu Görüntüleri ile Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Guo, D., Wang, C., Zang, S., Hua, J., Lv, Z., & Lin, Y. (2021). Gap-filling of 8-day terra MODIS daytime land surface temperature in high-latitude cold region with generalized additive models (GAM). *Remote Sensing*, 13(18), 3667–3685.
- Gülersoy, A. E. (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa merkez ilçesi örneği (1986- 2010). *Journal of Turkish Studies*, 8(8), 1915–1934.
- Himayah, S., Ridwana, R., & Ismail, A. (2020). Land surface temperature analysis based on land cover variations using satellite imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1), 1–9.

- Hua, A. K., & Ping, O. W. (2018). The influence of land-use/land-cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 1049–1069.
- Işık, Ş. (2009). 1995-2000 Döneminde İzmir'e Yönelik Göçler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 52, 9–16.
- Işık, Ş. (2017). 21. Yüzyılın Başında İzmir'in İller Arası Göçlerdeki Konumunda Ne Değişti? *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(1), 1–19.
- Kadıoğlu, M. (2009). Küresel iklim değişimi ve Türkiye. *Mühendis ve Makina*, 50(593), 15–25.
- Karakuyu, M. (2002). Şehirleşmenin küresel iklim sapmaları ve taşkınlar üzerindeki etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 6, 97–108.
- Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *Science*, 302(5651), 1719–1723.
- Kendall, M. G. (1970). *Rank Correlation Methods* (2. Edition). London, Probability and Statistical Inference.
- Kesgin Atak, B. (2020). Analysing the relationships between land use / land cover and urban land surface temperature using regression tree in İzmir. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 280–291.
- Khorrani, B., & Gündüz, O. (2019). *Uzaktan Algılama ve CBS'nin Yüzeysel Sıcaklığı ve Kentsel Isı Adası Tespit ve Analizinde Uygulanması*. AFAD. UZALMET (Dü.), *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, 11-15 Kasım, Antalya.
- Lata, R., & Ghosh, S. (2022). Assessing the impact of spatio-temporal land cover changes on land surface temperature using satellite data in Beas Valley, Himachal Pradesh, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 1–15.
- Li, F., Jackson, T. J., Kustas, W. P., Schmugge, T. J., French, A. N., Cosh, M. H., & Bindlish, R. (2004). Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 521–534.
- Li, S., Wang, J., Li, D., Ran, Z., & Yang, B. (2021). Evaluation of landsat 8-like land surface temperature by fusing Landsat 8 and Modis land surface temperature product. *Processes*, 9(12), 2262–2279.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Trigo, I. F., & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14–37.
- Malamiri, H. R. G., Roustai, I., Olafsson, H., Zare, H., & Zhang, H. (2018). Gap-filling of MODIS time series land surface temperature (LST) products using singular spectrum analysis (SSA). *Atmosphere*, 9(9), 334–351.
- Mann, H. B. (1945). 'Nonparametric Tests Against Trend', *Econometrica*, 13 (3), 245–259.
- McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Sauer, D. Le, Schlesinger, M., & Andronova, N. (2004). Global climate change. In Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., & Murray C. J. L. (Eds), *Comparative quantification of health risks* (s. 1543–1649). World Health Organization.
- Mercan, Ç. (2020). Yer Yüzeysel Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42–49.
- Noi, P. T., Kappas, M., & Degener, J. (2016). Estimating daily maximum and minimum land air surface temperature using MODIS land surface temperature data and ground truth data in Northern Vietnam. *Remote Sensing*, 8(12), 1002–1025.
- Oguz, H., Doygun, N., Kisakurek, S., & Ozcalik, M. (2019). Calculating surface temperature of İzmir, Turkey. *Journal of Architecture, Engineering & Fine Arts*, 1(2), 36–46.
- Ovalle, A. G. C., Tristan, A. C., Amador-Nieto, J. A., Putri, R. F., & Zahra, R. A. (2021). Analysing the land use/land cover influence on land surface temperature in San Luis Potosí Basin, México using remote sensing techniques. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 686(1), 1–10.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Journal of Geography*, 35, 17–27.
- Pal, S., & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125–145.

- Prata, A. J., V. Casellescoll, C., Sobrino, J. A., & Otle, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: current status and future prospects. *Remote Sensing Reviews*, 12(3–4), 175–224.
- Rinner, C., & Hussain, M. (2011). Toronto's urban heat island-exploring the relationship between land use and surface temperature. *Remote Sensing*, 3(6), 1251–1265.
- Sertel, E., & Örmeci, C. (2009). *Uzaktan algılama verilerinin iklim biliminde kullanım olanakları*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. 11-15 Mayıs, Ankara.
- Şahin, M., Şenkal, O., & Sarıkoç, A. (2009). Yer yüzey sıcaklığının Price–1984 algoritmasına bağlı hesaplanması. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 241–253.
- Şahin, M., Yıldız, B. Y., Şenkal, O., & Peştemalci, V. (2011). Uydu verileri kullanılarak İzmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36–45.
- Şentürk, Y., & Çubukçu, K. M. (2022). Kentsel Soğuk Alan Soğutma Kapasitesinin Araştırılması, İzmir Örneği. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 106–126.
- Tanrikulu, M. (2006). *İzmir'de Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış Üzerine Etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Tan, W., Wei, C., Lu, Y., & Xue, D. (2021). Reconstruction of all-weather daytime and nighttime MODIS aqua-terra land surface temperature products using an XGboost approach. *Remote Sensing*, 13(22), 4723–4749.
- Taşlıgil, N. (1992). Manisa ilinin nüfus gelişimi ve özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 232–245.
- T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. (1991). Genel nüfus sayımı 1990: İdari bölünüş (özet tablolar) (Yayın No. 1458). Erişim adresi: <https://bnk.institutkurde.org/images/pdf/8TDN1CX7FY.pdf>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). İklim sınıflandırması İzmir. Haziran 13, 2022 tarihinde MGM: <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=IZMIR> adresinden alındı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). İklim sınıflandırması Manisa. Haziran 13, 2022 tarihinde MGM: <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=MANISA> adresinden alındı.
- TÜİK Biruni (2023). Merkezi Dağıtım Sistemi. Mart 7, 2023 tarihinde TÜİK: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> adresinden alındı.
- TÜİK Biruni (2023). Genel Nüfus Sayımları. Mart 7, 2023 tarihinde TÜİK: <https://biruni.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul> adresinden alındı.
- TÜİK. (2021). Nüfus ve Demografi. Mayıs 25, 2022 tarihinde TÜİK: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> adresinden alındı.
- Urban, M., Eberle, J., Hüttich, C., Schmullius, C., & Herold, M. (2013). Comparison of satellite-derived land surface temperature and air temperature from meteorological stations on the pan-arctic scale. *Remote Sensing*, 5(5), 2348–2367.
- Wang, L. J., Zuo, H. C., Ren, P. C., & Qiang, B. (2014). Land surface temperature retrieval from MODIS and VIRR data in northwest China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 17(1), 1–7.
- Xiong, Y., Huang, S., Chen, F., Ye, H., Wang, C., & Zhu, C. (2012). The impacts of rapid urbanization on the thermal environment: a remote sensing study of Guangzhou, South China. *Remote Sensing*, 4(7), 2033–2056.
- Yavaşlı, D. D. (2017). Spatio-Temporal Trends of Urban Heat Island and Surface Temperature in Izmir, Turkey. *American Journal of Remote Sensing*, 5(3), 24–29.
- Yavaşlı, D. D., Ölgen, K., & Zoğal, V. (2018). Are summer resorts cooler in summer? A case study of İzmir province. *Aegean Geographical Journal*, 27(2), 127–134.
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13 (2), 115-138.
- Yılmaz, E. (2017). Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed) içinde, *Türkiye coğrafyası araştırmaları-Prof. Dr. Mesut Elibüyük'e armağan* (s. 177-204). PEGEM Akademi.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). Detailed Köppen-Geiger climate regions of Turkey / Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 225–242.

Zhao, B., Mao, K., Cai, Y., Shi, J., Li, Z., Qin, Z., Meng, X., Shen, X., & Guo, Z. (2020). A combined Terra and Aqua MODIS land surface temperature and meteorological station data product for China from 2003 to 2017. *Earth System Science Data*, 12(4), 2555–2577.