



Şehir klimatolojisi çalışmalarının geçmişi ve geleceği: Türkiye literatürüne dair bir inceleme

The past and future of urban climatology studies: a review of the Turkey literature

Yasin Furkan Şenlik^{*a}, Erkan Yılmaz^b, İhsan Çiçek^c

Makale Bilgisi

Derleme

DOI:

10.33688/aucbd.1702214

Makale Geçmişi:

Geliş: 19.05.2025

Kabul: 10.07.2025

Anahtar Kelimeler:

Şehir klimatolojisi

Şehir ısı adası

Uzaktan algılama

Meteoroloji istasyonu

Mobil ölçüm

Öz

Dünya nüfusunun artması ve hızlı şehirleşmeyle beraber şehir iklimleri de değişmeye başlamıştır. Bu çalışmada öncelikle Dünya'da şehir klimatolojisi çalışmalarının nasıl bir gelişim gösterdiği incelenmiş daha sonra Türkiye'deki çalışmaların gelişimi detaylı olarak ele alınmıştır. Türkiye'de şehir klimatolojisi çalışmaları 3 evrede gelişim göstermiştir. Birinci dönem 1960-2000 (Öncü Çalışmalar) yılları arasını kapsamaktadır ve bu dönemde hava kalitesi ölçümlerinin başlamasıyla genellikle büyük kentlerin hava kirliliği üzerine çalışmalar yapılmıştır. 2000-2015 (Meteoroloji İstasyonları Dönemi) yılları arasını kapsayan ikinci dönemde ise meteoroloji istasyonlarından yararlanarak Türkiye'nin birçok kentinde şehirleşmeyle sıcaklık ve yağış ilişkisi incelenmiştir. 2015-2025 (Uzaktan Algılama Dönemi) yılları arasındaki üçüncü periyotta ise termal bantlara sahip uydulardan yararlanılarak şehirlerin yüzey sıcaklıklarındaki değişimler incelenmiştir. Türkiye'de şehir klimatolojisi çalışmaları genellikle tekrar eden çalışmalardır ve şehir modeli oluşturularak yapılan çalışmalarda eksiklik söz konusudur. Şehir ikliminin daha iyi bir hal alabilmesi için bilim insanlarının konuya farklı açılardan bakması ve yetkililerin çalışmalara önem vermesi gerekmektedir.

Article Info

Review

DOI:

10.33688/aucbd.1702214

Article History:

Received: 19.05.2025

Accepted: 10.07.2025

Keywords:

Urban climatology

Urban heat island

Remote sensing

Meteorological station

Mobile measurement

Abstract

With the growth of the world population and rapid urbanization, urban climates have also begun to change. This study first examines how urban climatology studies have developed around the world, and then discusses the development of such studies in Turkey in detail. Urban climatology studies in Turkey have developed in 3 stages. The first period covers the years 1960-2000 (Pioneering Studies), during which air quality measurements began and studies were generally conducted on air pollution in large cities. In the second period, covering the years 2000-2015 (Meteorological Stations Period), the relationship between urbanization, temperature, and precipitation was examined in many cities in Turkey using meteorological stations. During the third period between 2015-2025 (Remote Sensing Period), changes in surface temperatures of cities were examined using satellites equipped with thermal bands. Urban climatology studies in Turkey are generally repetitive, and there are shortcomings in studies conducted constituting urban model. In order for the urban climate to improve, scientists need to look at the issue from different angles and authorities need to give importance to the studies.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: yasin.senlik@cbu.edu.tr

^a Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara/Türkiye

^b Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara/Türkiye

^c Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara/Türkiye

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

The human population is constantly increasing, and this growth has witnessed significant turning points. The human population, which was 800 million until the Industrial Revolution, one of the most important turning points, increased tenfold in a short period of time (Akbaba & Sunay, 1999; World Bank, 2024a). With this population growth, significant changes have also occurred in society's lifestyles, and the population living in cities has increased rapidly. While the urban population was below 35% globally in the early 1960s, it exceeded 57% in 2023 (World Bank, 2024b).

With the growing urban population, the need for building stock has increased, land cover has rapidly changed, and a large portion of global primary energy is used in cities (UN-Habitat, 2025). This situation has caused the climate of cities to become more different from that of the surrounding rural areas. Consequently, it has become essential to examine these changes in cities and take necessary measures.

This study sought to answer the following questions: What has been the trajectory of urban climatology studies in Türkiye and around the world? What are the turning points in urban climatology studies? How have technological advances impacted urban climatology studies?

2. The Development of Urban Climatology Studies Around the World

With the development of cities in ancient times, people realized that there was a difference in air quality between cities and rural areas (Landsberg, 1981). As fossil fuel use increased with the industrial revolution, early studies on urban climate generally focused on air pollution (Howard, 1818). Furthermore, Howard (1818) established that cities are cooler during the day and hotter at night than rural areas, laying the foundation for today's "Urban Heat Island" studies.

Timothy Richard Oke is one of the researchers who has made significant contributions to urban climatology. He has published extensively on various topics, including temperature differences between urban and rural areas using mobile measurements, the relationship between city size and urban heat islands, the relationship between population size and the intensity of urban heat islands, and methods for accurately collecting meteorological data in urban areas (Oke, 1973,1981a, 1982a,2004; Oke & Maxwell, 1975). Oke not only demonstrated the temperature differences between rural and rural areas, but also transformed urban climatology studies beyond descriptive studies by modeling energy flows between urban and rural areas, ushering in a new era in the field.

TIROS-1, the first successful meteorological satellite, was launched by NASA in 1960 (NESDIS, 2021). The 1960s marked a turning point, and from that date on, a series of satellite systems collecting meteorological data began to be launched. With the successive launches of satellite systems such as Nimbus, NOAA, GOES, and Meteosat, the limitations of terrestrial measurements were overcome and remote sensing data became more readily available.

Wark et al. (1962) demonstrated methods for obtaining and correcting surface temperature data using the TIROS-2 satellite, and the surface temperatures of major cities were determined. Rao 's (1972) study of urban heat islands was one of the first urban climatology studies using satellite data. Matson et al. (1978) identified more than 50 urban heat islands in the United States using NOAA-5 satellite data. These studies heralded a new era in urban climatology studies.

3. The Development of Urban Climatology Studies in Turkey

3.1. Pioneering Urban Climatology Studies (1960-2000)

In 1961, particulate matter and sulfur dioxide concentrations began to be monitored for the first time at the Ankara Mülga Refik Saydam Hygiene Center (SİM, 2024). The first studies examining changes in urban climate in Turkey were those focusing on air pollution in the early 1960s.

The causes of air pollution, its results and the precautions that can be taken in the important and crowded cities of Turkey such as Istanbul, Ankara, Izmir, Bursa, Konya, Sivas, Kayseri, Erzurum, Adana, Trabzon, Malatya and Sanliurfa or in the important districts of these provinces have been emphasized (Adalı, 1996; Altuntaş,1992; Aslantürk ,1990; Atalay,1976; Bayrı,1964; Bozyiğit,1996; Doğan, 1991; Eğri,1997; Emiroğlu,1967; Everest, 1993; Güllü,1999; Güneş, 1987; Kartal,1985; Keleş, 1962; Nişancı,1994; Özsoy,1988; Sengel ,1992; Tulay ,1994; Uçar,1996; Vardar, 1993; Yalçın,1990; Yavuzdemir,1997).

In addition to air pollution, changes in precipitation and temperature in urban climates have been the subject of study since the 1990s. Kadioğlu and Toros 's (1993) study, "The Impact of Urbanization on Climate in Turkey," is one of the first examples in this field. The study identified significant trends in temperature increases, particularly during spring nights, in various provinces across Turkey.

3.2. The Meteorological Station Period in Urban Climatology Studies (2000-2015)

In the 2000s, with the increasing number of meteorological and air quality measurement stations, many urban climatology studies have been carried out in different cities such as Aksaray, Ankara, Bursa, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Istanbul, Izmir, Kayseri, Konya, Mersin and Nevsehir (Acar, 2005; Bulut et al., 2008; Çalışkan,2012; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çiçek, 2004,2005; Çiçek et al.,2004; Çiçek & Doğan, 2005,2006; Çiçek & Türkoğlu, 2005,2007,2009; Çiftçi et al.,2013; Ezber et al., 2007; Gümüş, 2015; Kum,2006; Kum & Kılıç,2013; Ozdemir et al.,2012; Özdemir, 2013; Sensoy et al.,2015; Tanrikulu,2006; Toy & Yılmaz,2010; Türkoğlu et al., 2004, 2012; Türkoğlu & Çalışkan,2011; Yalcin & Yetemen ,2009; Yılmaz et al., 2007,2009).

During this period, issues such as air pollution, the effect of urbanization on temperature and precipitation, urban heat island, temperature differences between urban and rural areas, and the effect of urbanization on bioclimatic conditions in Ankara were discussed (Çalışkan, 2012; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çiçek, 2004,2005; Çiçek et al.,2004; Çiçek & Doğan, 2005,2006; Çiçek & Türkoğlu,2005; Gümüş,2015; Sensoy et al.,2015; Türkoğlu et al.,2004,2012). The formation of an urban heat island in Ankara has also been one of the subjects of investigation. Studies have determined that the capital city is warmer than the surrounding rural areas, especially in winter and at night, and that an

urban heat island has formed in the city (Çiçek, 2005; Çiçek & Doğan,2005,2006; Gümüş,2015). In these studies, it is extremely important to see the temperature-lowering effect of urban green spaces.

The general results of studies conducted during this period indicate that cities experiencing rapid and intense urbanization and industrialization experience significant air pollution, particularly during the winter months. However, due to factors such as the widespread use of natural gas, there is a decreasing trend in air pollution. Furthermore, increasing trends in temperature differences are observed between cities undergoing rapid urbanization, particularly large cities, and between rural areas in their immediate vicinity.

3.3. The Remote Sensing Era in Urban Climatology Studies (2015-2025)

In Turkey, pioneering work in this field was carried out between 1995 and 2014, and since 2015, urban climatology studies using satellite data have increased significantly year on year, with many of Turkey's major cities, particularly Ankara, Istanbul, and Izmir, becoming the subject of such studies.

The first study conducted in Turkey using thermal satellite imagery was Barış 's (1995) thesis, "Measures to be Taken from the Standpoint of Landscape Architecture for the Problem of Air Pollution in Ankara". The study used thermal bands from the Landsat 4 satellite to determine the city's surface temperature and examine its relationship with air pollution. Data obtained from the thermal bands determined that the coolest surfaces in the city are water surfaces and forested areas, while the hottest are rocky areas, construction sites, and impermeable surfaces such as airports.

During this period, studies focusing on Istanbul have utilized data sets from various satellites such as Landsat, MODIS, ASTER, and Sentinel to conduct numerous urban climate studies. These studies generally focus on the distribution of surface temperatures in Istanbul (Çiğerci, 2021; Ergene, 2016; Mamizadeh,2019), the relationship between surface temperature and land cover (Çelik, 2019; Parsova, 2020; Şengün,2022), the urban heat island (Aksak et al., 2023; Khorrami & Gündüz, 2019; Özbilge,2020; Temizöz,2019; Ünsal et al., 2024; Zaeemdar, 2019), and precautions that can be taken against high surface temperatures (Eminoğlu, 2023; Erdem Okumuş,2022). Studies have emphasized that impermeable areas where urbanization is intense are warmer than their surroundings, mostly due to the change in land cover and the heat retention ability of artificial surfaces along with the rapidly ongoing urbanization process.

In studies focusing on other cities located on the seashore such as Antalya, Mersin, Adana, Trabzon, Samsun and Zonguldak; It has been determined that such cities generally show positive surface heat island properties both during the day and at night (Ahmed, 2015; Alpaslan & Ortaçşme, 2019; Aslan, 2016,2023; Çevik Değerli,2023; Dihkan,2015; Doğan, 2021; Doğan,2023; İnce, 2023; Orhan, 2021; Şekertekin,2019; Şekertekin et al., 2015,2018; Şekertekin & Marangoz, 2019; Şenlik,2024; Şenlik & Yılmaz,2025; Şensoy et al.,2017; Taymuş, 2009; Topuz & Geçen,2021; Ünal Çilek,2022; Yılmaz, 2015; Yılmaz,2017a; Zeğerek Altunbey ,2023). In coastal cities in both the Mediterranean and Black Sea regions, the coldest surfaces are forested areas, urban green spaces, and water surfaces. In Black Sea cities, the hottest surfaces are urban areas, industrial areas, bare land, and impermeable surfaces. In

Mediterranean cities, the hottest surfaces are particularly dry agricultural land and areas where greenhouses are located.

There are some noteworthy points in the studies conducted during this period. The hottest and coldest surfaces in cities show a high degree of parallelism. This result is due to each material having its own heat retention capacity, specific heat, and thermal conductivity. As a result, urban areas with high levels of development and impervious surfaces tend to heat up more quickly than surrounding areas. Consequently, bare land, dry agricultural fields, industrial areas, mining and construction sites, and recreational areas emerge as the hottest surfaces.

4. Conclusions

Urban climatology studies have been conducted in Turkey for approximately 65 years, from the 1960s to the present day. Especially since the 2000s, there has been a significant increase in the number of studies each year, due to both the numerical increase in meteorological and air quality stations and the widespread use of remote sensing technologies. However, these studies generally present the effects of urbanization on the urban climate from a general perspective, without conducting an in-depth analysis.

Especially with the advancements in satellite technology, most studies are repetitive office-based studies, and there are fewer researchers conducting fieldwork. Most studies rely on data from the Meteorological Service or satellite imagery. The number of publications based on primary data production, such as mobile measurements or long-wave radiation in urban climatology, is quite low.

Both scientists and ministries and local governments have important responsibilities when it comes to improving the climate of cities in Turkey. Urban climatology studies need to become more multidisciplinary and ask the right questions in order to determine what the urban climate will be like in the future and what measures need to be taken to address it. The Ministry of Environment Urbanization and Climate Change, along with local governments, must take the necessary steps to improve the urban climate by considering the studies presented. When urban planning is carried out, regulations must be made not only to solve disasters or transportation problems but also to make the urban climate more livable.

1. Giriş

İlk aletin yapımı, tarım ve sanayi devrimi gibi olaylar insanlık tarihinde önemli dönüm noktaları oldu ve insanlığın her başarısı onu her seferinde yeni teknolojiler üretmeye ve nüfusu hızla arttırmaya sevk etti. Gelişmeler yaşam süresini ve kalitesini arttırdıkça insan nüfusu çığ gibi büyümeye başladı. Ancak insanoğlunun tüm çalışmalarının birikimi Sanayi Devrimiyle birlikte ortaya çıkacaktı. 1760 yılındaki Sanayi Devrimine kadar insan nüfusu sadece 800 milyona ulaşabilmişti (Akbaba ve Sunay, 1999). O günden bugüne insan nüfusu 8 milyarı aştı ve yaklaşık 260 yıllık bir sürede kendini 10'a katladı (World Bank, 2024a).

Teknoloji ve sanayi geliştikçe bu sahalarda daha fazla insan gücüne ihtiyaç duyuldu. Bu yüzden önceleri daha dağınık bir yaşam stilinden daha kalabalık ve bir arada yaşadığımız şehir hayatına geçiş hızlandı. Böylelikle kentlerde yaşayan nüfus toplam nüfus içerisinde giderek daha büyük bir paya sahip olmaya başladı.

Dünya genelinde kentte yaşayan nüfus 1960'ların başında %35'in altında iken, 2023 yılında %57'nin üzerine çıkmıştır (World Bank, 2024b). Başka bir deyişle yaklaşık 60 yıllık bir süreçte, şehirde yaşayan nüfusta %20'in üzerinde bir artış görülmüştür. 1960 yılında kentli nüfus oranının %58 olduğu Avrupa Birliği ülkelerinde, 2023 yılı itibarıyla bu oran %75'e yükselmiştir. ABD'de ise 1960'ta %70 olan kentli nüfus oranı 2023'te %83'e ulaşmıştır. Genellikle bir "Tarım Ülkesi" olarak tanımlanan Türkiye'de kentli nüfus oranı 1960 yılında %31'dir. 1968 yılı itibarıyla Türkiye'de kentli nüfus oranı ilk kez Dünya ortalaması üzerine çıkmış, 2016 yılında ise Avrupa Birliği ülkelerinin şehirli nüfus oranını yakalamış hatta geçmiştir. 2023 yılı itibarıyla de kentli nüfus oranı %77'yi aşmıştır (World Bank, 2024b). Ancak Türkiye'de kentlerde yaşayan nüfus sayısında görülen bu hızlı artışta 2012 yılında yürürlüğe giren 6360 sayılı Büyük Şehir kanununun da büyük bir etkisi olmuştur.

İnsanlık olarak bu hızlı gelişim beraberinde bazı problemleri de getirmiştir. Şehirlerdeki nüfusun hızla artmasıyla daha fazla yapı stoku ihtiyacı ortaya çıkmış ve arazi örtüsü hızlı bir şekilde değişmiştir. Ayrıca araç ve endüstriyel tesislerin sayısının artmasıyla beraber enerji ihtiyacı ve tüketimi de giderek artmıştır. Şehirlerin faaliyetlerini sürdürebilmeleri için kesintisiz bir enerji kaynağına ihtiyaçları olduğu için küresel birincil enerjinin yaklaşık %75'ini tüketmektedirler ve bu yüzden dünyanın toplam sera gazlarının %50 ila %60'ını yayarlar (UN-Habitat, 2025). Bu nedenle şehirlerde antropojenik ısı yayımı ve hava kirliliği giderek artmış, şehirlerin iklimi çevrelerindeki kırsal sahalara göre değişmeye başlamıştır. Sonuçta şehirlerdeki bu değişimin incelenmesi ve önlemler alınması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Bu çalışmada dünyada ve Türkiye'de şehir klimatolojisi çalışmaları nasıl bir seyir izlemiş? Şehir klimatolojisi çalışmalarındaki dönüm noktaları nelerdir? Teknolojik gelişmeler şehir klimatolojisi çalışmalarını nasıl etkiledi? Dünya ve Türkiye literatürdeki çalışmalar arasındaki benzerlik ve farklılıklar nedir? Sorularına cevap aranmıştır. Bunun için şehir klimatolojisi ile ilgili dünya ve Türkiye literatüründe yer alan mimarlık, mühendislik, coğrafya, şehir ve bölge planlama, toprak bilimi, uzay bilimleri, afet risk yönetimi gibi farklı disiplinlerdeki çalışmalar değerlendirilmiş, çalışmalardaki farklı bakış açıları, çalışmaların artı ve eksi yönleri ortaya konulmuştur. Geçmişten günümüze kadar yapılan

şehir klimatolojisi çalışmalarını incelemek için Google Scholar, DergiPark Akademik, YÖK Ulusal Tez Merkezi, ProQuest, Research Gate, Academia gibi arama motorları ve sosyal ağlar, konuyla ilgili anahtar kelimeler kullanılarak taranmıştır.

1. 1. İlk Şehir Klimatolojisi Çalışmaları

Antik çağlarda şehirlerin gelişmeye başlamasıyla birlikte insanlar şehirler ve kırsal bölgeler arasında hava kalitesinde bir farklılık olduğunu anlamışlardır (Landsberg, 1981). Bu yüzden kirli hava kentsel atmosferin ayırt edici özelliği olarak görülmüştür. Quintus Horatius Flaccus'un (M.Ö. 65 – M.Ö. 8) M.Ö. 24 tarihine ait kasidelerinde Roma'daki hava kirliliğine değindiği görülmektedir. Yine Roma'daki hava kirliliği ile ilgili Lucius Annaeus Seneca (M.Ö. 4 – M.S. 65) Roma'nın ağır ve pis kokulu ortamını terk eder etmez ruh halinde bir değişim olduğunu belirtmiştir. Orta Çağ'ın sonlarına doğru kömür kullanımının giderek artması sorunun boyutunu iyice arttırmış ve sonunda 1273 yılında Londra'da kömür yakılmasının yasaklanmasına sebep olmuştur. Kentsel hava kirliliği sorunu 1952'de İngiltere'de 4.000 kişinin ölümüne sebep olana kadar çok fazla dikkate alınmamıştır (Landsberg, 1981).

Sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımının daha da artması sonucunda şehir iklimi ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda genellikle hava kirliliği üzerinde durulduğu görülmektedir (Howard, 1818). Howard (1818) "The Climate of London" kitabında "Şehir Sisi" tanımını ortaya atmıştır. Howard Londra'yı "Binlerce ağız olan bir volkan" olarak tanımlamış ve gündüzleri meydana gelen hava kirliliğinin kazalara sebebiyet verdiğini ifade etmiştir. Howard'ın belki de en önemli keşfi, termometre ölçümlerini kullanarak Londra şehri ve kırsal alanlar arasında bir sıcaklık farkının olduğunu belirlemesidir. Howard Londra şehrinin, kırsal alanlara göre gündüzleri daha serin, geceleri ise daha sıcak olduğunu tespit ederek günümüz "Şehir Isı Adası" çalışmalarının temelini atmıştır.

Renou (1855) ise başka bir metropol şehir olan Paris için "Sayısız baca güneşi engelleyen bir pusa neden olmaktadır ve bu bulanık, dumanlı atmosferin çevresine göre daha sıcak olmaması mümkün değildir" ifadesini kullanmıştır. Renou (1868) bir sonraki çalışmasında ise termometrelerden elde ettiği veriler ile aynı yükseltide bulunan bir şehrin, kırsal alana kıyasla 1 °C daha sıcak olduğunu ifade etmiştir.

1. 2. Şehir Klimatolojisi Çalışmalarında Mobil Ölçümler ve Meteoroloji İstasyonlarına Geçiş

17. yy.'da termometre ve barometre gibi ölçüm aletlerinin icadıyla birlikte sıcaklık, nem ve basınç gibi parametreler ölçülmeye başlanmıştır (Kandilli Rasathanesi, 2024). Bu sayede meteorolojik parametreler farklı sahalarda ölçülebilmıştır. Ancak telgrafın icadına kadar istasyonlar arasındaki bilgi alışverişi sınırlı düzeyde kalmıştır. 1848 yılında İngiltere'de bir gazete telgraf aracıyla Greenwich Rasathanesi'ne ait meteorolojik ölçümleri yayınlamış, 1858'de ise telgrafla veri aktaran ilk meteoroloji istasyonu Fransa hükümeti tarafından kurulmuştur. Sıcaklık dışındaki farklı değişkenlerin de ölçülebilmesi ve ölçüm sonuçlarına daha hızlı ve rahat erişim sağlanabilmesi hem araştırmacılara kolaylık sağlamış hem de çalışmalara daha nesnel bir bakış katmıştır.

İlk şehir klimatolojisi çalışmalarından sonra araştırmalar devam etse de bunlar genellikle sistematik olmayan birkaç kısa makaleden öteye geçememiştir (Hann, 1885). Schmidt (1917) "Zum Einfluss grosser Stadte auf das Klima" adlı çalışmasında büyük şehirlerin iklim üzerindeki etkisini sebep ve sonuçlarıyla birlikte sistematik olarak incelemiştir. Ayrıca Schmidt daha sonra yaptığı çalışmalarda

aletli bir motosiklet yardımı ile kırsal ve kentsel alanlara ait ölçümler yapmıştır (Schmidt, 1927, 1930). Schmidt'in yaptığı mobil ölçümler şehir klimatolojisi çalışmalarda yeni bir döneme geçilmesine sebep olmuştur.

August Schmauss şehirler ve kırsal alanlar arasında sıcaklık ve hava kalitesi dışında da farklılıklar olduğunu ifade etmiştir. Schmauss (1927), Münih şehrini konu alan çalışmasında kentsel sahaların kırsal sahalarla kıyasla daha fazla yağış aldığını belirtmiştir.

2. Dünya Savaşı'ndan sonra şehirleşme ve sanayileşmede görülen hızlı büyüme özellikle Londra gibi büyük metropollerde gözle görünür sorunlara yol açmış ve bu zamandan itibaren şehir klimatolojisi çalışmalarında gözle görünür bir artış yaşanmıştır (Chandler, 1962, 1965).

Timothy Richard Oke şehir klimatolojisi çalışmalarına en çok katkı sunan araştırmacıların başında gelmektedir. Oke mobil ölçümlerle kent ve kır arasındaki sıcaklık farkı, şehrin boyutu ve şehir ısı adası ilişkisi, nüfus sayısı ve şehir ısı adasının şiddeti ilişkisi, kentsel alanlarda doğru bir şekilde meteorolojik veri toplama yöntemleri gibi farklı konularda birçok eser vermiş (Oke, 1973, 1981a, 1982a, 2004; Oke & Maxwell, 1975) ve daha önce yapılan kent iklimi çalışmalarının bibliyografyasını ortaya koymuştur (Oke, 1974, 1979, 1981b, 1982b, 1990). Bu tür bibliyografya çalışmaları çoğunlukla Dünya Meteoroloji Örgütü'nün çalışma ve destekleriyle ortaya konulmuştur. Oke'ye benzer şekilde DMÖ'nün desteğiyle Ernesto Jauregui ve Yinka R. Adebayo gibi araştırmacılar da Afrika, tropikal ve subtropikal alanlarda yapılmış çalışmaların bibliyografyasını ortaya koymuş ayrıca kendileri de bu alanda çalışmalar yapmışlardır (Adebayo, 1992; Jauregui, 1993, 1996) Oke sadece kır ve kent arasındaki sıcaklık farkını ortaya koymakla kalmamış, oluşturduğu "Urban Climatology" araştırma grubundaki araştırmacılar ile birlikte şehir ve kırsal alanların enerji modellemesini yaparak şehir klimatolojisi çalışmalarını betimsel olmaktan çıkarmış ve bu konuda yeni bir dönemin açılmasını sağlamıştır.

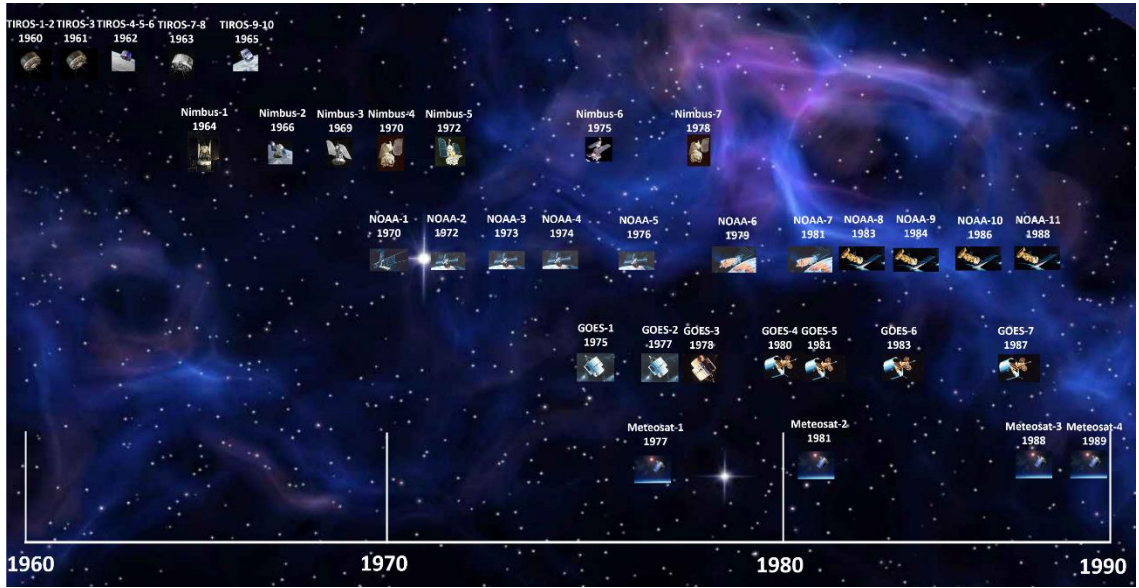
Oke ilk mobil araçlı ölçümlerden birini yapması bakımından da bu alanın önemli isimleri arasında yer almaktadır. Oke (1973) çalışmasında farklı nüfusa sahip ABD'deki yerleşim yerlerini ele alarak yaptığı mobil ölçümler aracılığıyla şehir ısı adası şiddeti ile nüfus arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Oke bu çalışmada açık gökyüzü koşullarında yapılan sıcaklık ölçümleri ile rüzgâr hızının arasında ters ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Voogt & Oke (1998) Kanada'yı konu alan başka bir çalışmada; mobil araçlar kullanarak caddelerin hava sıcaklıkları ve bina duvarlarının yüzey sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda duvar yüzey sıcaklıklarının günün farklı saatlerinde farklı sıcaklıklar gösterdiği ayrıca caddenin uzanış yönüne göre sıcaklıkların değiştiği tespit edilmiştir. Bundan önceki çalışmalarda kentsel kanyonlara ait sıcaklıklar incelenirse de kent kanyonlarının duvarları pek dikkate alınmamıştır. Çalışma kent kanyonlarının duvarlarındaki sıcaklıkların ve sıcaklık değişiminin incelenmesi bakımından bundan sonraki araştırmacılara farklı bir bakış açısı katmıştır.

Farklı şehirlerde ve kırsal alanlarda bulunan meteoroloji istasyonlarının sayısı arttıkça kır ve kent iklimi arasındaki farklar Tokyo/Japonya, Londra/İngiltere, Mexico City/Meksika, Şanghay/Çin, Hann. Münden/Almanya gibi farklı ülkelere ait birçok şehri konu alan çalışmada incelenmiştir (Chandler, 1962; Djen, 1992; Jauregui, 1973; Katzschner, 1988; Yamashita, 1990). Ancak uzaktan algılama teknolojilerine yönelik gelişmelerin hız kazanması, şehir klimatolojisi çalışmalarına bambaşka bir boyut kazandırmıştır.

1. 3. Şehir Klimatolojisi Çalışmalarında Uzaktan Algılama Dönemine Geçiş

Gaspard-Félix Tournachon, Paris’te 1858 yılında 80 m yükseklikteki bir balondan tarihin ilk hava fotoğrafını çekmiştir (Le Moal, 2023). Zamanla hava araçlarına takılan cihazlarla meteorolojik ölçümler yapılmaya başlanmıştır. Daha sonraki çalışmalarda uçak ve helikopter gibi daha gelişmiş hava araçlarına takılan cihazlar ile yüzey sıcaklığı verisi toplanmış hem farklı yüzeylerdeki sıcaklık değişimleri hem de şehir ısı adası etkisi incelenmiştir (Bornstein, 1968; Lenschow & Dutton, 1964; Lorenz, 1966). Böylelikle bilim insanları artık yalnızca karasal ölçümlerle değil, uzaktan algılama ile de veri toplayıp, işlemeye başlamıştı. Fakat bu yol her araştırmacının erişebileceği bir yol olamamıştır.

İlk başarılı meteoroloji uydusu olan TIROS-1, NASA tarafından 1960 yılında fırlatılmıştır (NESDIS, 2021). 1960’lı yıllar bir milat olmuş ve bu tarihten itibaren bir dizi meteorolojik veri toplayan uydu sistemleri fırlatılmaya başlanmıştır. 1964’te Nimbus (NASA), 1970’te NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi) ve 1975’te GOES (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi)’in ardından 1977’de de Avrupa’nın ilk meteoroloji uydusu olan Meteosat (Avrupa Uzay Araştırma Örgütü) (ESA, 2024) gibi uydu sistemlerinin ardı ardına fırlatılmasıyla beraber hem karasal ölçümlerin sınırlılıkları aşılmış hem de uzaktan algılama verileri daha kolay erişilebilir hale gelmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. 1960-1990 yılları arasında fırlatılan meteoroloji uydularındaki gelişim (Kidder ve Vonder Haar, 1995)

Wark, Yamamiti & Lienesch’nin (1962) “Methods of Estimating Infrared Flux and Surface Temperature from Meteorological Satellites” çalışmalarında TIROS-2 uydusunu kullanarak yüzey sıcaklığı verilerini elde etme ve düzeltme yöntemleri gösterilmiş ve büyük şehirlerin yüzey sıcaklıkları ortaya konmuştur. Rao (1972)’nin şehir ısı adalarını incelediği “Remote Sensing of Urban Heat Islands from an Environmental Satellite” adlı çalışması ise uydu verisi kullanılarak yapılan ilk şehir klimatolojisi çalışmalarındandır. Matson vd. (1978) ise “Satellite Detection of Urban Heat Islands” adlı çalışmalarında NOAA-5 uydu verileri ile ABD’de 50’den fazla şehir ısı adası tespit etmiştir. Söz konusu çalışmalar şehir klimatoloji çalışmalarında yeni bir döneme geçişin habercisi niteliğindedir. Gerçi ilk zamanlar uydu verilerinin kullanımı uyduların çözünürlük ve hassasiyet sorunlarından ötürü çok

güvenilir bulunmamıştır (Block, 1978; Wark vd., 1962). Ancak yörüngeye gönderilen her yeni uydu ile beraber yavaş yavaş bu sorunlar aşılmaya başlanmış ve uydu görüntüleri ile yapılan şehir iklimi çalışmaları günden güne artmaya başlamıştır.

Uydu teknolojileriyle eş zamanlı olarak Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin de geliştiği görülmektedir. 1963 yılında Roger Tomlinson ilk kez Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) terimini ortaya atmıştır (ESRI, 2024). Tomlinson, Kanada için ulusal bir arazi kullanım yönetimi programı başlatmıştır. CBS’de görülen her gelişim uydulardan elde edilen verilerin işlenmesi ve haritalanması açısından araştırmacılara büyük kolaylık sağlamıştır (ESRI, 2024).

Uydu teknolojileri ve CBS’deki hızlı gelişmelerle beraber uzaktan algılama teknolojileri kullanarak yapılan şehir klimatolojisi çalışmalarının sayısı da hızla artmıştır. Bu gelişmeler sayesinde araştırmacılar hiç gitmedikleri veya gidemeyecekleri ülkeler ve şehirler hakkında veri temin edip, çalışma yapabileme imkânına kavuşmuştur. Uyduların sayısı ve türleri (Meteoroloji, yer gözlem vs.) arttıkça da yapılan çalışmaların çeşitliliğinde de artış görülmeye başlamıştır. Kırsal ve kentsel alanlardaki sıcaklık farkı (Gallo vd., 1993), farklı arazi kullanım türlerinin sıcaklıkları ve birbirleri ile kıyası (Bhang & Park, 2009; Feizizadeh vd., 2013; Halder vd., 2021; Himayah vd., 2020; Shang vd., 2023; Stone, 2001), topografya ile yüzey sıcaklığı ilişkisi (Chen vd., 2012), hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı ilişkisi (Nichol vd., 2009), bitki örtüsü ve yüzey sıcaklığı ilişkisi (Xiong vd., 2012), nüfus ve şehir ısı adası ilişkisi (Miles & Esau, 2017), farklı şehirlerin sıcaklıklarının tespiti ve birbirleri ile kıyaslanması (Imhoff vd., 2010; Li vd., 2021; Peng vd., 2012), şehir ısı adası ve hava kirliliği (Ulpiani, 2021) gibi farklı konularda birçok çalışma ortaya konulmuştur.

Uzaktan algılama dönemindeki önemli gelişmelerden biri de Radar (Radio Detection And Ranging) ve Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojilerinin gelişimidir. 1930’larda kullanılmaya başlanan Radarlar 1950’lerden itibaren meteoroloji alanında da kullanılmaya başlanmıştır (Britannica, 2025; MGM, 2025). 1970’lerden itibaren ise Doppler Radar teknolojisinin gelişimiyle radarlardan dijital formda bilgi alınmaya başlanmıştır. Meteoroloji Radarlarının kullanılmaya başlanmasıyla tornado, şiddetli yağış, sel, dolu ve taşkınlar önceden belirlenebilmiş ve bu konuda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Austin & Austin, 1974; Bellon & Austin, 1984; Caetano vd., 2012; Demircan vd., 2014; Saltikoff vd., 2019). 1960 yılında lazer ışınlarının keşfi ise hemen ardından Lidar teknolojisinin doğuşuna sebep olmuştur (Acroname, 2020). Radara benzeyen ancak lazer ışınları ile çalışan Lidarlar şehir klimatolojisi çalışmalarının önemli bir parçası olan şehir sınır tabakasının incelenmesinde önemli bir rol almıştır (Kolev vd., 2000; Lin vd., 2008; Menut vd., 1999; Murayama vd., 1996). Bu sayede şehir ısı adalarının dikey yapıları incelenebilmiştir.

1. 4. Şehir Klimatolojisi Çalışmalarında Kullanılan Uydular

TIROS-1 1960 yılında yörüngeye fırlatılan ilk meteorolojik uydudur (NESDIS, 2021). 78 günlük kısa süreli ömründe 23.000 görüntü topladı ve uyduların meteoroloji ve klimatoloji çalışmalarında kullanılabileceğini kanıtladı (Kidder & Vonder Haar, 1995). 1964 yılında fırlatılan Nimbus-1 ilk güneş senkronlu uydudur. Aynı noktadan düzenli bir şekilde veri toplanabilmesi uydu verilerinin operasyonel hava tahminindeki güvenilirliği ve kullanımını artırmıştır (Kidder & Vonder Haar, 1995). İlki 1970 yılında fırlatılan NOAA-1 uydusu geliştirilmiş bir TIROS uydusu olarak

tasarlanmıştır (NESDIS, 2024a). Uydu serisi 1,1 km çözünürlüğe sahip AVHRR sensörleriyle günde 2 kez Dünya yüzeyinin sıcaklığını ölçmektedir (Taymuş, 2009). 1972 yılında fırlatılan Landsat-1 ilk yer gözlem uydusu olmuştur (Landsat, 2024). Landsat serisi uyduların şehir klimatolojisi çalışmalarından sıkça tercih edilmesinde yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip olması etkilidir. Jeostatik bir uydu serisi olarak tasarlanan GOES uydularının ilki 1975 yılında fırlatıldı. Bu uydular yerçekimi etkisiyle Dünyanın dönüş hızına senkronize bir yörüngede dönerler (NESDIS, 2024b). Avrupa'nın ilk meteoroloji uydusu olan Meteosat-1 1977'de fırlatılmış ve başlangıç meridyenine yerleştirilmiştir (ESA, 2024; Kidder ve Vonder Haar, 1995). Uyduların asıl amacı anlık hava durumunu takip etmek ve acil durumlara karşı önleyici veriler sunmaktır (EUMETSAT, 2024). 1. nesil Meteosat uyduları yaklaşık 30 dakikada bir veri toplarken 2. nesilde bu süre 15 dakikaya düşmüştür (Kidder & Vonder Haar, 1995; Schmetz vd., 2002). MODIS; 1999 yılında fırlatılan TERRA ve 2002 yılında fırlatılan AQUA uydularında yer alan bir araçtır (MODIS, 2024). MODIS uyduları termal bantları sayesinde yüzey sıcaklığını ölçebilmektedir. Uydular aynı gün içerisinde aynı noktadan 2 kez veri toplayabilmektedir. Ayrıca TERRA uydusuna monte edilen ASTER sensörü, yüksek mekânsal çözünürlük sunan (90 m) ve termal kızılötesi bantları aracılığıyla yüzey sıcaklığı verisi toplayabilen bir araçtır (NASA, 2024). Birçok farklı misyonu olan Sentinel uydu serisinin ilki Sentinel-1A 2014 yılında fırlatıldı (SentiWiki, 2024). Bu uydu serisinden sırasıyla 2016 ve 2018 yıllarında fırlatılan Sentinel-3A ve Sentinel-3B uyduları yüzey sıcaklıklarını ölçebilmelerinden ötürü şehir klimatolojisi çalışmalarında kullanılabilirlerdir.

1. 5. Şehir Isı Adası Etkisini Azaltmaya Yönelik Uygulamalar

Şehir klimatolojisiyle ilgili ilk çalışmalar şehir ile kırsal arasındaki farkı ortaya koymaya yöneliktir ve özellikle tropikal, ılıman ve kutup kuşağındaki şehir ikliminin durumu ortaya konmaya çalışılmıştır. Daha sonra şehir ikliminin enerji dinamiği ortaya konduktan sonra şehir iklimi ile ilgili olumsuz koşulların ortadan kaldırılması çalışmaları başlamıştır. Yine bu arada şehir kanyonlarının etkisi, enerji ve kirlilik dağılım modelleri, bu nedenle şehir planlarının ve mimaride pasif yöntemler ile şehir ısı adası etkisi azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda bitki örtüsü ve su yüzeylerinin yüzey sıcaklığını azaltmada etkili olduğu görülmüş ve şehir içi yeşil ve mavi alanların önemi vurgulanmıştır (Santamouris, 2007; Sierka vd., 2022; Wong vd., 2021; Xiong vd., 2012; Yang vd., 2017; Yue vd., 2007; Zhou vd., 2022). Buna istinaden şehirlerdeki yeşil alanları artırmaya yönelik farklı alternatifler ortaya çıkmıştır. Bu alternatiflerden biri olan yeşil çatı sistemleri estetik bir görünüme ve sıcaklığı düşürücü etkiye sahiptir (Irfeey, 2023; Manso vd., 2021; Shafique vd., 2018; Vijayaraghavan, 2016). Şehirlerde yeşil alanları artırmaya yönelik bir diğer uygulama olan yeşil duvarlar ise yüksek katlı binaların duvarlarının tamamen ya da kısmen bitkilerle kaplandığı bir uygulamadır (Irfeey, 2023; Manso vd., 2021; Manso & Castro-Gomes, 2015). Bu uygulama sayesinde kentlerin hem hava kalitesi açısından, hem de sıcaklık açısından daha uygun koşullara erişmesi hedeflenmektedir. Caddeler ve sokakların ağaçlandırılması ile gölgeli sokaklar oluşturulabilmektedir. Bu tür gölgeli sokaklar özellikle yaz aylarında şehir ısı adası etkisinin azaltılmasında oldukça kıymetlidir (Hwang vd., 2011; Irfeey, 2023; Mascaro, 2012). Şehirlere bitki örtüsü ve sudan oluşan doğal sahalar eklemenin yanı sıra kullanılan yapay malzemelerinde daha iyi hale getirilmesi oldukça önemlidir. Bu yüzden çalışmalarda şehir ısı adası etkisini hafifletmek için ışığı yansıtma kabiliyeti daha yüksek olan açık renkli boyalar ve malzemelerin kullanılması tavsiye edilmiştir (Pal vd., 2020; Rawat & Singh, 2022). Ayrıca birçok

çalışmada yüksek yansıtma özelliğine sahip renkli taş kaplamalar, açık renkli agregalar içeren beton ve asfaltlar gibi “serin malzemeler” incelenmiş, yollar ve kaldırımların bu tür malzemelerle yapılmasının şehir ısı adası etkisini azaltmada faydalı olacağı belirtilmiştir (Akbari vd., 1992; Bretz & Akbari, 1997; Lee vd., 2010; Park vd., 2016). Kentsel iklimi daha uygun bir hale getirebilmek için gerçekleştirilen uygulamalardan biri de Termokromik Leuco Boyalar gibi renk değiştiren malzemelerin kullanılmasıdır. Bu tür malzemeler sıcaklığa tepki göstererek renk değiştirebilmektedir. Böylelikle bu tür malzemeler farklı mevsimsel koşullara uygun olarak şehir iklimini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Irfey, 2023).

2. Türkiye’de Şehir Klimatolojisi Çalışmalarının Gelişimi

Türkiye’de şehir klimatolojisi çalışmalarının geçmişi incelendiğinde ilk çalışmaların 1960’lı yıllarda ortaya konulmaya başlandığı görülmektedir. Bu bölümde Türkiye’de şehir klimatolojisindeki öncü çalışmalar, daha sonra meteoroloji istasyonlarının kullanılarak gerçekleştirilen ve çalışma sayısının artmaya başladığı ikinci dönem ve son olarak uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak yapılan ve günümüze kadar uzanan çalışmalar, 3 ayrı dönem olarak ele alınacaktır.

2. 1. Öncü Şehir Klimatolojisi Çalışmaları (1960-2000)

Dünya literatüründe 1800’lü yılların başında ilk şehir klimatolojisi çalışmalarına başlandığı görülmektedir. İlk çalışmalarda da genel olarak hava kirliliği konusu üzerinde durulmuştur. 1960’lı yıllarda Türkiye’de hava kirliliğine olan ilginin artmasıyla birlikte 1961 yılında hava kalitesinin izlenmesine yönelik ilk adımlar atılmıştır. 1961’de ilk kez Ankara Mülga Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi’nde partiküler madde ve kükürtdioksit konsantrasyonu izlenmeye başlamıştır (SİM, 2024). Türkiye’de şehir iklimindeki değişimlerin incelendiği ilk çalışmaların 1960’ların başında, hava kirliliğini konu alan çalışmalar olduğu görülmektedir.

Bu alandaki ilk çalışmalar 1960’lı yıllarda ortaya konulsa da özellikle 1990’lı yıllardan itibaren hava kalitesini/kirliliğini konu alan çalışmalarda ciddi bir artış görülmüştür. Türkiye’nin önemli ve kalabalık kentleri olan İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Konya, Sivas, Kayseri, Erzurum, Adana, Trabzon, Malatya ve Şanlıurfa gibi illerde veya bu illerin önemli ilçelerinde hava kirliliğinin sebepleri, sonuçları ve alınabilecek önlemler üzerinde durulmuştur (Adalı, 1996; Altuntaş, 1992; Aslantürk, 1990; Atalay, 1976; Bayrı, 1964; Bozyiğit, 1996; Doğan, 1991; Eğri, 1997; Emiroğlu, 1967; Everest, 1993; Güllü, 1999; Güneş, 1987; Kartal, 1985; Keleş, 1962; Nişancı, 1994; Özsoy, 1988; Sengel, 1992; Tulay, 1994; Uçar, 1996; Vardar, 1993; Yalçın, 1990; Yavuzdemir, 1997).

Öncü çalışmalarda, çalışma sahası olarak özellikle başkent Ankara’nın seçildiği görülmektedir (Akalan, 1984; Atalay, 1976; Bayrı, 1964; Emiroğlu, 1967; Erol, 1996; Etikan & Alpar, 1995; Keleş, 1962). Ankara’da 60’lı yıllardan itibaren nüfus ve konut sayısı hızla artmış ve buna bağlı olarak konutlarda tüketilen yakıt miktarı da artış göstermiştir. Yıllar geçtikçe taş kömürü tüketim oranı azalmış ve daha düşük kaloriye sahip olan linyit tüketiminde artış görülmüştür. Özellikle kömürün tam ve verimli yakılamaması da kirliliği artırıcı bir etki göstermiştir. Ancak Ankara’nın kendisinden çok daha nüfuslu olan Dünya kentlerinden daha kirli bir atmosfere sahip olmasında şehrin morfolojisinin de önemli olduğu görülmüştür. Bir çanak durumunda olan ve özellikle kış aylarında kararlı bir havanın hakim olduğu kentte rüzgâr etkisi ile şehir atmosferinin temizlenmesi neredeyse imkansız hale

gelmektedir. 1970'lerde Türkiye'nin Başkentinde hava kirliliği öyle bir boyuta erişmişti ki, insanlar yıllık izinlerini yaz aylarında değil, kirli havadan kurtulabilmek için kış aylarında kullanmaya başlamıştı (Engin, 2010).

İlk çalışmalarda hızlı ve plansız şehirleşme, nüfusta ve araç sayısındaki artış, yanlış yakıt tercihi ve bunların neden olduğu kirleticiler yanında hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerde incelenmiştir (Bebek, 1996; Çelebi, 1999; Olgun, 1996). Çalışmalarda özellikle kış aylarında ısınma ihtiyacından ötürü şehirsal alanlardaki hava kirliliğinin arttığı vurgulanmıştır. Kartal (1985) Kayseri'deki hava kirliliğini incelediği çalışmasında kış aylarında yakıt türüne de bağlı olarak kükürt dioksit ve duman miktarında artış olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmalarda doğru yakıt tercihinin de üzerinde durulmuş, düşük kükürt dioksit oranına ve yüksek kaloriye sahip kömür tercih edilmesi ve şehirlerde doğalgaz kullanımının hayata geçirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Türkiye'de doğalgazın konut ısıtmasında kullanılması ilk olarak 1988'de Ankara'da başlamıştır (Özçelik, 2018). Daha sonra 1992 yılında İstanbul ve Bursa, 1996 yılında ise İzmit ve Eskişehir illerinde doğalgaz kullanımı başlamıştır. 2000'li yıllara kadar sadece söz konusu 5 ilde konut ısıtmasında doğalgaz kullanılmıştır.

Çalışmalarda ayrıca şehir planının, topografik yapının ve meteorolojik koşullarında hava kirliliği koşullarını etkilediği belirtilmiştir. Örneğin Malatya ve Trabzon'u konu alan çalışmalarda, söz konusu illerde rüzgârın hava kalitesine iyileştirici bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır (Adalı, 1996; Eğri, 1997). Malatya ilinin etrafı yükseltilerle çevrili bir çanak şeklinde olmasından dolayı rüzgâr etkisine kapalı olması ve Trabzon ilindeki yanlış yapılaşmanın rüzgâr hızını kesmesi bu sonuçlara sebep olarak ortaya konulmuştur. Nişancı (1994) tarafından Erzurum ilini ele alan çalışmada ise yüksek basıncın hakim olduğu kararlı hava devrelerinde de hava kirliliğinin olduğu buna bağlı olarak alçak basıncın hakim olduğu kararsız hava devrelerinde de daha temiz hava koşullarının olduğu vurgulanmıştır.

Türkiye'de ilk meteoroloji istasyonu 1925 yılında Ankara Etlik'te Rasadat-ı Cevviye (Meteoroloji Enstitüsü) ismi ile kurulmuştur (MGM, 2024). 1926 yılının sonunda Türkiye'nin önemli bir bölümünde iklim çalışmalarında kullanılabilecek meteorolojik veriler elde edilmeye başlanmıştır. Hava kirliliği dışında şehir ikliminde görülen yağış ve sıcaklıktaki değişimler ise 1990'lı yıllardan itibaren inceleme konusu olmaya başlamıştır. Kadioğlu & Toros (1993)'un "Şehirleşmenin Türkiye'de İklim Etkisi" adlı çalışması bu sahadaki ilk örneklerdendir. Çalışmada Türkiye'nin farklı illerinde yer alan ve en az 52 yıllık rasat süresi olan 17 meteoroloji istasyonunun gece ve gündüz sıcaklıkları incelenmiş ve özellikle ilkbahar gecelerinde önemli sıcaklık artış eğilimlerinin olduğu tespit edilmiştir. Kadioğlu (1997a) diğer çalışmasında da Türkiye'de geceleri sıcaklık artış eğilimlerinin olduğunu ancak eğilimlerin anlamlılık kazanmadığı belirtmiştir. Tayanç vd. (1997) ise büyük şehirlerde minimum sıcaklıklarda bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye'de şehir ısı adasını inceleyen ilk çalışmalar dünya literatüründeki çalışmalardan yaklaşık 170 yıl sonra ortaya konulmuştur. Eljadid (1992)'in "Urban Heat Island Effect in Istanbul City" adlı çalışması bu alandaki ilk çalışma örneklerindedir. Çalışmada İstanbul'da seçilen kentsel ve kırsal karakterleri meteoroloji istasyonlarının sıcaklık değerlerinde belirgin farklılıklar olduğu ve İstanbul'un yoğun yerleşim sahalarında şehir ısı adası oluştuğu tespit edilmiştir. Karaca, Antepioğlu & Karsan

(1995)'in "Detection of Urban Heat Island in Istanbul, Turkey" adlı çalışması şehir ısı adasının incelendiği ilk çalışmalardan. Bu çalışmada İstanbul'un güneyinde yer alan ve kentleşmenin daha yoğun olduğu sahalarda minimum sıcaklıklarda bir artış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Karaca, Tayanç & Toros (1995)'un "Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara" çalışmasında ise İstanbul ve Ankara'da kentsel ve kırsal istasyonlar üzerinden şehir ısı adası etkisi incelenmiştir. Sonuçta İstanbul'un diğer sahalarda bir soğuma eğilimi görülürken güneyde şehirleşme ve sanayileşmenin yoğun olduğu sahalarda sıcaklık artış eğilimlerinin olduğu görülmüş, önemli bir hava kirliliği sorunu olan Ankara'da ise İstanbul'da olduğu gibi belirgin bir ısı adası etkisi belirlenmemiştir. Öncü çalışmalarda İstanbul ve Ankara dışındaki diğer büyük şehirlerdeki durumlarda araştırma konusu olmuştur. Tayanç & Toros (1997) Adana, İzmir, Bursa ve Gaziantep illerinde gece sıcaklıklarında artış eğilimi olduğu belirlemiş ve bu durumu ısı adasının göstergesi olarak değerlendirmişlerdir.

Türkiye'de 1990'lı yıllarda şehirleşmenin sıcaklık üzerinde bir etkisinin olduğu görülmüş ve aynı etkinin yağışlarda da olup olmadığı araştırma konusu olmaya başlamıştır. İlk çalışmalarda metropol bir kent olması bakımından öncelikle İstanbul ele alınmış ayrıca Marmara bölgesindeki durumda incelenmiştir (Kadıoğlu, 1995, 1997b; Tayanç & Toros, 1997). Çalışmalarda sıcaklığın şehirleşme etkisinden yağışa göre daha hızlı etkilendiği vurgulanmıştır. İstanbul ve Marmara bölgesindeki yağış miktarının yıllara göre değişimi incelendiğinde anlamlı bir değişim olmadığı görülmüş ancak yağışlı gün sayılarında artışlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yağışın günlere göre dağılımında da önemli farklar tespit edilmiş, pazartesi ve perşembe günleri arasında yağışın kademeli olarak arttığı ve perşembe günü yağış miktarının zirveye ulaştığı görülmüştür. Bu durum hafta içi atmosfere salınan kirletici miktarının artarak donma çekirdeği vazifesi üstlenmesi ile açıklanmıştır.

2. 2. Şehir Klimatolojisi Çalışmalarında Meteoroloji İstasyonları Dönemi (2000-2015)

Türkiye topografik özelliklerinden ötürü çok farklı ortamları barındırmaktadır ve bu yüzden farklı ortamlara ait meteorolojik verilerin temini için meteoroloji istasyonu sayısı yıldan yıla sürekli arttırılmıştır (Yılmaz & Darende, 2021). 2003 yılından itibaren otomatik meteoroloji gözlem istasyonlarının da kurulmaya başlamasıyla 2000'li yıllarda Türkiye'nin meteorolojik gözlem ağında ciddi bir gelişme kaydedilmiştir (MGM, 2024). Yine ilk kez Ankara'da 1961 yılında hava kalitesi ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Meteoroloji istasyonlarına benzer şekilde hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısı da 2000'li yıllarda giderek artmış, 2005 yılından itibaren 81 ilin hava kalitesini ölçebilmek ve Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı oluşturabilmek için çalışmalara hız verilmiştir (SİM, 2024).

Öncü çalışmalarla beraber şehrsel alanlarda sıcaklık, yağış ve hava kalitesinin çevrelere kıyasla daha farklı olduğuna yönelik sonuçların görülmesi araştırmacıların bu alanda daha fazla çalışma yapmasına neden olmuştur. 2000'li yıllarda meteoroloji ve hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısının da giderek artmasıyla beraber Aksaray, Ankara, Bursa, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Kayseri, Konya, Mersin ve Nevşehir gibi farklı kentleri konu alan birçok şehir klimatolojisi çalışması yapılmıştır (Acar, 2005; Bulut vd., 2008; Çalışkan, 2012; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çiçek, 2004, 2005; Çiçek vd., 2004; Çiçek & Doğan, 2005, 2006; Çiçek & Türkoğlu, 2005, 2007, 2009; Çiftçi vd., 2013; Ezber vd., 2007; Gümüş, 2015; Kum, 2006; Kum & Kılıç, 2013; Özdemir vd., 2012; Özdemir,

2013; Sensoy vd., 2015; Tanrikulu, 2006; Toy & Yılmaz, 2010; Türkoğlu vd., 2004, 2012; Türkoğlu & Çalışkan, 2011; Yalçın & Yetemen, 2009; Yılmaz vd., 2007, 2009).

Bu dönemde güncel veriler ışığında Ankara'da hava kirliliği, şehirleşmenin sıcaklık ve yağışa olan etkisi, şehir ısı adası, şehir ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı, şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisi gibi konular ele alınmıştır (Çalışkan, 2012; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çiçek, 2004, 2005; Çiçek vd., 2004; Çiçek & Doğan, 2005, 2006; Çiçek & Türkoğlu, 2005; Gümüş, 2015; Sensoy vd., 2015; Türkoğlu vd., 2004, 2012). Bu dönemde yapılan çalışmalarda da özellikle kış aylarıyla beraber Ankara'da hava kirliliğinin arttığı, rüzgâr hızının arttığı dönemlerde kirleticilerin azaldığı ancak şehrin konumu dolayısıyla fazla rüzgâr almamasından ötürü hava kirliliğinin olduğu vurgulanmıştır (Çiçek vd., 2004; Türkoğlu vd., 2004). Ayrıca artan motorlu taşıt sayısının da bu duruma katkı sağladığı görülmüştür. Ancak öncü çalışmalarda da belirttiği üzere doğalgaz kullanımıyla beraber hava kirliliğinin azalış eğilimi göstermeye başladığı ve doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber bu durumun daha da belirginleşeceği öngörülmüştür.

Ankara'da şehir ısı adası oluşumu da inceleme konularından biri olmuştur. Çalışmalarda başkentin özellikle kış aylarında ve gece saatlerinde çevresindeki kırsal sahalara kıyasla daha sıcak olduğu ve kentte şehir ısı adası oluştuğu tespit edilmiştir (Çiçek, 2005; Çiçek & Doğan, 2005, 2006; Gümüş, 2015). Bu çalışmalarda özellikle şehir içi yeşil alanların sıcaklığı düşürücü etkisinin görülmesi son derece önemlidir. Bu çalışmalarda genel olarak MGM'ye ait meteoroloji istasyonlarından faydalanılırken, Çiçek & Doğan'ın (2005, 2006) çalışmasında araştırmacılar tarafından kurulan ve şehrin farklı sahalarını temsil eden 7 adet istasyon kullanılmıştır. Bu bakımdan çalışma kullanılan veri açısından alanındaki ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Bunun yanı sıra diğer çalışmalardan örnek olarak da ayrılmaktadır. Çalışma sonucunda Ankara'da maksimum ısı adasının 9,4 °C olduğu tespit edilmiş ve gece saatlerinde şehir ısı adasının gündüzlere kıyasla daha kuvvetli olduğu ortaya koyulmuştur. Yağışlardaki durum incelendiğinde ise Ankara'da şehirselleşen alanda yıllık yağışlarda bir artış olduğu görülmüştür (Çiçek, 2003). Şehirselleşen ve kırsal alan karşılaştırması yapıldığında ise sıcak periyotta şehirselleşen alanlarda şiddetli yağışlı gün sayılarının artarken kırsal alanda bu oranın düştüğü görülmüş ve şehirleşme ile şiddetli yağışlı gün sayısındaki artış ilişkilendirilmiştir (Çiçek, 2004; Çiçek & Türkoğlu, 2005). Şiddetli yağışlardaki artış toplam yağışlarda da artışa neden olmuştur.

Bu dönemde Megakent İstanbul'u ele alan çalışmalarda ise kentsel ve kırsal karakterleri meteoroloji istasyonları arasındaki sıcaklık farkının artış eğiliminde olduğu ve kentleşmenin etkilerinin özellikle yaz aylarında en belirgin halini aldığı belirtilmiştir (Ezber vd., 2007; Kum, 2006). Ayrıca İstanbul'daki şehir ısı adası etkisinin, yeraltı sularının ısınmasında etkisi olduğunun görülmesi son derece dikkat çekicidir (Yalçın & Yetemen, 2009).

İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirler dışındaki kentlerde inceleme konusu olmuştur. Bu kentlerden birisi olan Erzurum'da uzun vadeli sıcaklık ölçümlerinde şehirleşmeye bağlı anlamlı bir sıcaklık değişimi görülmemekle beraber kısa vadeli ölçümlerde şehirselleşen ve kırsal alanlar arasında belirgin sıcaklık farklarının olduğu görülmüştür (Bulut vd., 2008; Yılmaz vd., 2007, 2009). Ayrıca şehir içi yeşil alanların, şehirselleşen alanlara kıyasla daha düşük sıcaklıklara sahip olduğu da vurgulanmıştır.

Bu dönem de meteoroloji ve hava kalitesi ölçüm istasyonları kullanılarak yapılan çalışmalardan çıkan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Hızlı ve yoğun şehirleşmenin ve sanayileşmenin olduğu kentlerde özellikle kış aylarında ciddi bir hava kirliliği söz konusudur. Ancak önceki dönemle (1960-2000) karşılaştırıldığında doğalgazın yaygınlaşmaya başlaması gibi bazı sebeplerden ötürü hava kirliliğinde azalma eğilimi vardır.
- Özellikle büyük şehirler başta olmak üzere yüksek nüfuslu ve hızlı şehirleşme süreci içerisinde olan kentlerde ve kentlerin yakın çevresinde yer alan kırsal sahalar arasındaki sıcaklık farklarında artış eğilimleri görülmektedir. Bunun sonucunda birçok önemli şehirde, şehir ısı adası etkisi görülmektedir.
- Şehirsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkları Türkiye'deki tüm şehirlerde artış göstermemektedir. Nüfusun diğer illere kıyasla daha düşük olduğu ve sanayileşmenin fazla gelişmediği doğu illerinde uzun vadeli ölçümler incelendiğinde sıcaklık farklarında anlamlı artış eğilimleri görülmemiştir.
- Büyük şehirlerde atmosfere salınan yüksek miktardaki kirleticiler donma çekirdeği vazifesi görmekte ve bu durum ise şehirlerde şiddetli yağışlı gün sayısında bir artışa neden olmaktadır. Şiddetli yağışlardaki artış ise toplam yağışlara da artış olarak yansımaktadır.

2. 3. Şehir Klimatolojisi Çalışmalarında Uzaktan Algılama Dönemi (2015-2025)

Türkiye'de uydu verilerinin şehir klimatolojisi çalışmalarında kullanılması dünya literatüründeki ilk çalışmalardan yaklaşık 35 yıl sonrasını bulmuştur. 1995-2014 yılları arasında bu alandaki öncü çalışmalar ortaya konulmuş, 2015 yılı ve sonrasında ise uydu verileri kullanılarak yapılan şehir klimatolojisi çalışmaları yıldan yıla büyük bir artış göstermiş ve başta Ankara, İstanbul ve İzmir gibi büyük şehirler olmak üzere gibi Türkiye'nin birçok önemli kenti çalışmalara konu olmuştur.

Türkiye'de termal uydu görüntüleri kullanılarak yapılan ilk çalışma Barış (1995)'ın "Ankara Kentinde Hava Kirliliği Sorununun Çözümünde Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınması Gerekli Önlemler" adlı tez çalışmasıdır. Çalışmanın odak noktası Ankara kentindeki hava kirliliği sorunudur. Çalışmada Landsat 4 uydusunun termal bantlarından yararlanılarak şehrin yüzey sıcaklığı ortaya konulmuş ve hava kirliliği ile ilişkisi incelenmiştir. Termal bantlardan elde edilen verilere göre şehirde en serin yüzeylerin su yüzeyleri ve ormanlık sahalar olduğu, en sıcak yüzeylerin ise kayalık alanlar, inşaat sahaları ve hava alanı gibi geçirimsiz yüzeyler olduğu belirlenmiştir. Bu zamana kadar çalışmalarda sabit meteoroloji istasyonları arasında kıyaslama yapılmış ya da dar bir sahada mobil ölçümlerden yararlanılmıştır. Bu çalışma ile birlikte ise geniş bir alandaki sıcaklık farklılıkları tespit edilmeye ve bunun sebep ve sonuçları üzerinde çalışılmaya başlanmıştır.

Bu periyotta uydu görüntülerinden yararlanılarak Ankara'yı konu alan çalışmalarda özellikle yaz aylarında şehirde ısı adası olup olmadığı ve çalışma alanındaki en sıcak ve serin yüzeylerin hangilerinin olduğu incelenmiştir. Bu çalışmalarda sıklıkla Landsat uydularına ait veriler kullanılmıştır.

Landsat uydularının sabah erken saatlere (10:00-11:00 civarı) ait görüntüler toplaması bazı sonuçlara sebep olmuştur. Step şehri karakteri gösteren Ankara kenti sabah erken saatlerde fazla ısınmamakta ancak çevresindeki kırsal saha şehre kıyasla hızla ısınmakta ve şehir negatif yüzey ısı adası özelliği göstermektedir (Duman Yüksel, 2005; Duman Yüksel & Yılmaz, 2008; Çiçek vd., 2013; Yıldız, 2024; Yılmaz, 2013). Ancak gece veri toplayan uydularla yapılan çalışmalarda görülmektedir ki şehir geceleri çevresi göre daha sıcak bir hal almakta ve pozitif yüzey ısı adası özelliği göstermektedir (Dihkan, 2015; Doğan, 2023; Yıldız, 2024). Ankara’da en sıcak yüzeyler genellikle mera alanları, kuru tarım alanları, geçirimsiz yüzeyler, şehir alanı ve çıplak arazilerken, en serin yüzeyler su yüzeyleri, ormanlık alanlar ve şehir içi yeşil alanlardır (Barış, 1995; Duman Yüksel, 2008; Kanter Otçu, 2023; Kayahan, 2020; Somuncu, 2021). Bu dönemde Ankara şehrinde uzaktan algılama yöntemleri ile yağışın dağılımını inceleyen çalışmalarda yapılmıştır (Demircan vd., 2014).

Yapılan çalışmalarda; Ankara şehrine benzer şekilde Şanlıurfa, Mardin, Malatya, Konya, Gaziantep, Batman ve Diyarbakır gibi step şehirlerinin de sabahın erken saatlerinde çevresindeki kırsal sahaya kıyasla daha düşük sıcaklıklara sahip olduğu ve negatif yüzey ısı adası özelliği gösterdiği görülmüştür (Alkan vd., 2017; Çirkin vd., 2024; Dihkan, 2015; Doğan, 2023; Oğuz, 2017; Ünsal & Avcı, 2023; Yılmaz, 2017a).

Uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan öncü çalışmalarda, ilk iki dönemde olduğu gibi Ankara yine en fazla çalışılan illerin başında gelmiştir. Ancak 2015 yılı ve sonrasında yani uzaktan algılama ile gerçekleştirilen şehir klimatolojisi çalışmalarında ciddi bir artışın görüldüğü dönemde durum farklı bir hal almıştır. Megakent İstanbul’un (Aksak vd., 2023; Ciğerci, 2021; Çelik, 2019; Eminoğlu, 2023; Erdem Okumuş, 2022; Ergene, 2016; Doğan, 2023; Işık, 2019; Khorrami & Gündüz, 2019; Mamizadeh, 2019; Özbilge, 2020; Parsova, 2020; Şengün, 2022; Temizöz, 2019; Ünsal vd., 2024; Zaeemdar, 2019) yanı sıra Türkiye’nin 3. büyük ili olan İzmir en fazla çalışılan şehir haline gelmiştir (Ay, 2024; Çorumluoğlu & Asri, 2015; Doğan, 2023; Kesgin Atak, 2020; Oğuz vd., 2019; Şengün, 2022; Şenlik ve Yılmaz, 2023, 2024; Şentürk & Çubukçu, 2022, 2023; Tunçbilek, 2023; Yavaşlı, 2017; Yavaşlı vd., 2018; Yılmaz, 2017a; Yüksel & Coşkun Hepcan, 2023).

Bu dönemde İstanbul’u ele alan çalışmalarda; Landsat, MODIS, ASTER ve Sentinel gibi farklı uydulara ait veri setlerinden yararlanılarak birçok şehir iklimi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle İstanbul’da yüzey sıcaklıklarının nasıl dağılım gösterdiği (Ciğerci, 2021; Ergene, 2016; Mamizadeh, 2019), gelecek senaryoları (Işık, 2019), yüzey sıcaklığı ve arazi örtüsü arasındaki ilişki (Çelik, 2019; Parsova, 2020; Şengün, 2022), şehir ısı adası (Aksak vd., 2023; Khorrami & Gündüz, 2019; Özbilge, 2020; Temizöz, 2019; Ünsal vd., 2024; Zaeemdar, 2019) ve yüksek yüzey sıcaklıklarına karşı alınabilecek önlemler üzerinde durulmuştur (Eminoğlu, 2023; Erdem Okumuş, 2022). Çalışmalarda çoğunlukla hızla devam eden şehirleşme süreci ile birlikte arazi örtüsündeki değişim ve yapay yüzeylerin ısı tutma kabiliyetinden ötürü şehirleşmenin yoğun olduğu geçirimsiz sahaların çevrelerine kıyasla daha sıcak olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca su yüzeyleri ve ormanlık alanların, ısı adası etkisini azaltıcı ve yüzey sıcaklığını düşürücü etkisine dikkat çekilmiştir. İstanbul’da farklı uydu veri setleriyle yapılan çalışmalarda genel olarak hem gündüz, hem de geceleri pozitif yüzey ısı adası oluşumu görülmüştür (Dihkan, 2015; Doğan, 2023; Kuşçu Şimşek & Şengezer, 2012; Kuşçu Şimşek, 2013).

Ankara ve İstanbul gibi Türkiye'nin en büyük şehirleri üzerine birçok çalışma yapılması araştırmacıların farklı çalışma sahaları aramasına ve önceki çalışmalarla olan tutarlılıklarını incelemeye sevk etmiştir. Nüfusu hızla artan ve sanayileşme süreci de giderek hızlanan İzmir şehri bu dönemde çalışmalara sıkça konu olmuştur. Yapılan çalışmalarda özellikle arazi örtüsündeki farklılıkların yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkisine dikkat çekilmiştir (Ay, 2024; Çorumluoğlu & Asri, 2015; Kesgin Atak, 2020; Şengün, 2022; Şenlik & Yılmaz, 2022, 2023; Yılmaz, 2017a). Ormanlık alanlar ve su yüzeyleri gibi doğal yüzeylerin düşük sıcaklıklara sahipken, endüstriyel alanlar, yoğun yerleşim sahaları gibi yapay yüzeylerin en yüksek sıcaklıklara sahip alanlar olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca gece ile gündüzleri arazi örtüsünden kaynaklı olarak düşük ve yüksek sıcaklıklara sahip alanlarda farklılıklar olduğu da görülmüştür. Gündüzleri endüstriyel alanlar en yüksek yüzey sıcaklığına sahip alanlar iken, geceleri ise yoğun yerleşim sahaları en yüksek sıcaklıklara sahip alanlar olduğuna dikkat çekilmiştir. İzmir'de deniz meltemlerinin yüzey sıcaklıklarını düşürücü etkisinin olduğu da vurgulanmıştır (Şenlik & Yılmaz, 2024; Yavaşlı, 2017). Çalışmalarda çevresine göre daha yüksek sıcaklıklara sahip olan yani pozitif yüzey ısı adası özelliği gösteren sahalara yönelik nasıl tedbirler alınması gerektiği ve yeşil ve mavi alanların yüzey sıcaklığına olan etkisi üzerinde de durulmuştur (Şentürk & Çubukçu, 2022, 2023; Tunçbilek, 2023; Yüksel & Çoşkun Hepcan, 2023).

Antalya, Mersin, Adana, Trabzon, Samsun ve Zonguldak gibi deniz kıyısında yer alan diğer şehirleri konu alan çalışmalarda; bu tür şehirlerin genellikle hem gündüz, hem de geceleri pozitif yüzey ısı adası özelliği gösterdiği belirlenmiştir (Ahmed, 2015; Alpaslan & Ortaçesme, 2019; Aslan, 2016, 2023; Çevik Değerli, 2023; Dihkan, 2015; Doğan, 2021; Doğan, 2023; İnce, 2023; Orhan, 2021; Şekertekin, 2019; Şekertekin vd., 2015, 2018; Şekertekin & Marangoz, 2019; Şenlik, 2024; Şenlik & Yılmaz, 2025; Şensoy vd., 2017; Taymuş, 2009; Topuz & Geçen, 2021; Ünal Çilek, 2022; Yılmaz, 2015; Yılmaz, 2017a; Zeğerek Altunbey, 2023). Hem Akdeniz, hem de Karadeniz bölgesinde yer alan kıyı kentlerinde en soğuk yüzeyler ormanlık alanlar, kent içi yeşil alanlar ve su yüzeyleridir. En sıcak yüzeyler ise Karadeniz kentlerinde şehir alanları, endüstriyel alanlar, çıplak araziler ve geçirimsiz yüzeylerdir. Akdeniz kentlerinde de sıcak yüzeyler benzer özellikler göstermekte ancak ismi anılan sahalarda dışında özellikle kuru tarım arazileri ve seraların bulunduğu sahalarda en sıcak yüzeyler olarak kendini göstermektedir.

Yukarıda adı zikredilen şehirler dışında; Afyonkarahisar, Aksaray, Aydın, Burdur, Bursa, Çanakkale, Denizli, Erzurum, Eskişehir, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Karabük, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kocaeli, Mardin, Muğla, Muş, Sivas, Tekirdağ ve Van gibi Türkiye'nin farklı bölgelerindeki birçok kent çalışmalara konu olmuştur. Tüm şehirlerde genel olarak en serin yüzeyler ormanlık alanlar, şehir içi yeşil alanlar ve su yüzeyleridir (Akkurt, 2020; Ay, 2020; Bahtiyaroğlu, 2023; Çakıcı, 2021; Çalhan, 2022; Çalhan & Özelkan, 2022; Doğan, 2023; Geçen & Aytemur, 2022; Gökdemir, 2020; Gümüş & Durduran, 2022; Güran, 2023; Kaçmaz, 2021; Kaçmaz & Gürbüz, 2022; Kesgin Atak & Ersoy Tonyalıoğlu, 2020; Kırcı & Yılmaz, 2024; Mercan, 2020; Özkök vd., 2017; Polat, 2020; Şenlik & Çiçek, 2025; Türkyılmaz, 2021; Türkyılmaz vd., 2020; Ünsal vd., 2023; Yılmaz, 2017a; Yılmaz, 2018; Zobu & Yılmaz, 2024). En sıcak yüzeyler ise şehir alanları, endüstriyel alanlar, tarım arazileri ve geçirimsiz yüzeylerdir. Sıcak yüzeyler genellikle benzer olmakla birlikte şehirden şehre değişebilen, öne çıkan en sıcak yüzeyler bulunmaktadır. Örneğin Bursa, Karabük, Kocaeli ve Manisa gibi sanayisi gelişmiş

kentlerde endüstriyel alanlar en sıcak yüzeyler olarak ön plana çıkmaktadır (Akyürek, 2020; Dihkan, 2015; Şenlik & Çiçek, 2025; Şenlik & Yılmaz, 2023, 2024; Taşdelen, 2019; Yücer, 2023). Burdur, Isparta, Muğla ve Van gibi şehirlerde ise kuru tarım arazileri sıcak yüzeyler olarak öne çıkmaktadır (Ardahanlıoğlu, 2023; Aslan, 2016, 2023; Yılmaz & Özcanlı, 2021).

Bu dönemde yapılan çalışmalarda dikkat çeken bazı noktalar vardır. Şehirlerdeki en sıcak ve en soğuk yüzeyler büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Her maddenin kendine özgü ısı tutma kapasitesi, özgül ısı ve termal iletkenliği olması bu sonucu doğurmaktadır. Bunun sonucunda da kentlerde genellikle yapılaşmanın ve geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu şehir alanları, çevresindeki alanlara göre daha hızlı ısındığı için çıplak araziler, kuru tarım arazileri ve endüstriyel alanlar, maden ve inşaat alanları ve eğlence alanları en sıcak yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 1). En soğuk yüzeyler ise çoğunlukla yüksek özgül ısıya sahip olduğu için geç ısınıp geç soğuyan su yüzeyleri, bunun dışında mezarlık, park ve bahçeler gibi şehir içi yeşil alanlar ile ormanlık alanlardır.

Bir diğer husus ise farklı araştırmacılar tarafından çalışılan aynı şehirlere ait sonuçlarda farklılıkların görülmesidir. Aynı sahanın farklı uydu veri setleriyle çalışılması buna sebep olmaktadır. Çalışmaların birçoğunda yüksek mekânsal çözünürlük sunması bakımından Landsat serisi uydular tercih edilmiştir (Çizelge 1). Landsat serisi uydular Türkiye saatiyle yaklaşık 10:00-11:00 civarında ölçüm yapmaktadır. Sabah erken saatlerde şehir yüzeyinin hemen ısınmayıp çevresindeki kırsal sahaların daha hızlı ısınması sonucunda şehir alanında negatif yüzey ısı adası tespit edilebilmektedir. Bu durum Türkiye'deki step alanlarındaki birçok şehirde karşılaşılan bir durumdur. Gün doğumuyla beraber step sahaları hızla ısınmakta, şehirler ise çevresine kıyasla daha geç ısındığı için çevresine göre daha soğuk bir hal almaktadır (Yılmaz, 2017b). Ancak aynı saha Türkiye saatiyle öğleden sonra 14:00-15:00 arasında ölçüm yapan AQUA uydusu ile ya da gece saatlerinde veri toplayan ASTER, AQUA veya TERRA gibi uydular ile incelendiğinde sonuçlarda değişiklik olduğu anlaşılmaktadır. İkinci durum ise çalışmaların çoğunluğunun temiz ve bulutsuz bir görüntü temin etmek amacıyla haziran-ekim arasındaki sıcak dönemi konu almasıdır. Ayrıca sıcak dönemde şehir ısı adası etkisinin daha net görülmesi de çalışmaların genellikle sıcak periyodu konu almasında etkilidir.

Çizelge 1. Uzaktan algılama verileri ile yapılan şehir klimatolojisi çalışmalarının sonuçları

Sıra	Şehir	En sıcak yüzeyler	En soğuk yüzeyler	Şehir ısı adası	Uydu	Dönem	Çalışma
1	Adana	ŞA-TA	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 5	Gündüz	Ahmed, 2015
2	Adana	STA-MA	SY- OKYA	Negatif/Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Yılmaz, 2015
3	Adana	ÇA	OKYA		ASTER	Gündüz	Şekertekin vd., 2018
		ŞA	OKYA			Gece	
4*	Adana			Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz	Doğan, 2023
				Pozitif		Gece	
5*	Afyonkarahisar	HA-ÇA	OKYA -STA	Belirgin değil	Landsat 8	Gündüz	Yılmaz, 2017
		ŞA-ESA	STA-HA	Pozitif	ASTER	Gece	
6	Afyonkarahisar		SY		Landsat 5&8	Gündüz	Gökdemir, 2020
7	Aksaray	TA-ÇA-YY-OBÖ	SY- OKYA	Belirgin değil	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Kaçmaz, 2021
8	Aksaray	TA-ÇA-YY	SY- OKYA	Belirgin değil	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Kaçmaz & Gürbüz, 2022

9	Ankara	ŞA-ÇA-GY	OKYA	Negatif	Landsat 5&7	Gündüz	Duman Yüksel, 2005
10	Ankara	ŞA-GY	OKYA		Landsat 7	Gündüz	Duman Yüksel, 2008
11	Ankara	ŞA-ÇA-GY-HA	OKYA	Negatif	Landsat 5&7	Gündüz	Duman Yüksel & Yılmaz, 2008
12	Ankara	MA-KTA	SY- OKYA	Negatif	Landsat 7	Gündüz	Çiçek vd., 2013
13	Ankara	MA-KTA	SY- OKYA	Negatif	Landsat 5&7	Gündüz	Yılmaz, 2013
14*	Ankara	ÇA-TA		Belirgin değil	Landsat 5	Gündüz	Dihkan, 2015
				Pozitif	ASTER	Gece	
15	Ankara	TA-ÇA-ŞA	STA- OKYA		Landsat 5	Gündüz	Kayahan, 2020
16	Ankara	ŞA	OKYA		Landsat 8	Gündüz	Somuncu, 2021
17	Ankara	ŞA-GY	SY-OKYA		Landsat 8	Gündüz	Kanter Otçu, 2023
18	Ankara	EA-GY	SY-OKYA	Negatif	TERRA AQUA	Gündüz	Yıldız, 2024
		ŞA	OKYA	Pozitif		Gece	
19*	Ankara			Belirgin değil	TERRA AQUA	Gündüz	Doğan, 2023
				Pozitif		Gece	
20*	Antalya	ŞA-HA-EA-KTA-Sr-ÇA	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 7&8 TERRA	Gündüz	Aslan, 2016
21	Antalya	ŞA-Sr-EA-ÇA	SY- OKYA	Negatif/Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Şensoy vd., 2017
22	Antalya	HA-TA-YY-SK	SY- OKYA	Pozitif	Landsat 7	Gündüz	Alpaslan & Ortaçesme, 2019
23*	Antalya	KTA-EA-ŞA-Sr	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Aslan, 2023
24*	Antalya			Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz	Doğan, 2023
				Pozitif		Gece	
25	Antalya	ŞA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Zeğerek Altunbey, 2023
26	Antalya	Sr-TA-KTA	OKYA	Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz	Şenlik, 2024
		ŞA	OKYA	Pozitif		Gece	
27	Antalya	Sr-TA	OKYA	Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz	Şenlik & Yılmaz, 2025
		ŞA	OKYA	Pozitif		Gece	
28	Aydın	EA-MS-ŞA	SY- OKYA	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Kengin Atak & Ersoy Tonyaloğlu, 2020
29	Batman	ŞA-KTA-GY	SY- OKYA	Negatif	Landsat 5&7&8	Gündüz	Alkan vd., 2017
30*	Burdur	ŞA-EA-KTA-ÇA	SY-OKYA	Negatif/Pozitif	Landsat 7&8 TERRA	Gündüz	Aslan, 2016
31*	Bursa	GY-EA		Pozitif	Landsat 5	Gündüz	Dihkan, 2015
		GY		Pozitif	ASTER	Gece	
32*	Bursa			Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz	Doğan, 2023
				Pozitif		Gece	
33	Bursa	EA-ŞA-KTA	SY-OKYA	Pozitif	AQUA	Gündüz	Şenlik & Çiçek, 2025
		ŞA-SY	TA	Pozitif		Gece	
34	Çanakkale	ÇA-TA-YY	OKYA	Belirgin değil	Landsat 5&8	Gündüz	Türkyılmaz vd., 2020

35	Çanakkale	ŞA-ÇA-GY-HA- EA	OKYA	Negatif-Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Türkyılmaz, 2021
36	Denizli	ŞA-ÇA	OKYA		Landsat 5&8	Gündüz	Çalhan, 2022
37	Denizli	ŞA-ÇA	OKYA		Landsat 5&8	Gündüz	Çalhan & Özelkan, 2022
38	Diyarbakır	ÇA	TA	Negatif	Landsat 8	Gündüz	Oğuz, 2017
39*	Diyarbakır			Negatif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
40*	Diyarbakır	HA-TA-MA	OKYA-ŞA	Negatif	Landsat 5&8	Gündüz	Ünsal & Avcı, 2023
41*	Erzurum	GY		Pozitif Belirgin değil	Landsat 5 ASTER	Gündüz Gece	Dihkan, 2015
42	Erzurum	TA-MA-ŞA	OKYA	Belirgin değil	Landsat 5&8	Gündüz	Ünsal vd., 2023
43	Eskişehir	ŞA-YY	SY-OKYA		Landsat 5&8	Gündüz	Akkurt, 2020
44*	Gaziantep	TA ŞA-ESA-MS	SY-ŞA- OKYA KTA-EA-TA	Negatif Pozitif	Landsat 8 ASTER	Gündüz Gece	Yılmaz, 2017
45*	Gaziantep	ÇA-TA	ÇA-TA	Negatif Pozitif	Landsat 5 ASTER	Gündüz Gece	Dihkan, 2015
46*	Gaziantep			Negatif Negatif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
47	Hatay	EA-ŞA-MS-TA	SY- OKYA	Belirgin değil	Landsat 8	Gündüz	Geçen & Aytumur, 2022
48*	Hatay			Negatif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
49*	Isparta	ŞA-EA-KTA-ÇA	SY-OKYA	Negatif/Pozitif	Landsat 7&8 TERRA	Gündüz	Aslan, 2016
50*	Isparta	KTA-EA-ŞA	SY	Pozitif	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Aslan, 2023
51	İstanbul	ŞA	OKYA	Pozitif	Landsat 5	Gündüz	Kuşçu Şimşek & Şengezer, 2012
52	İstanbul	ŞA	OKYA	Pozitif	Landsat 5	Gündüz	Kuşçu Şimşek, 2013
53*	İstanbul	GY-EA		Pozitif Belirgin değil	Landsat 5 ASTER	Gündüz Gece	Dihkan, 2015
54	İstanbul	ŞA	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Ergene, 2016
55	İstanbul	GY-EA-ESA	OKYA	Pozitif	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Çelik, 2019
56	İstanbul	ŞA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Khorrani & Gündüz, 2019
57	İstanbul	ŞA		Negatif Pozitif	TERRA	Gündüz Gece	Temizöz, 2019
58	İstanbul	ŞA-GY	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Zaeemdar, 2019
59	İstanbul	GY-HA-ŞA	SY-OKYA	Belirgin değil/Pozitif	Landsat 8 AQUA	Gündüz	Özbilge, 2020
60	İstanbul	GY-ŞA-OBÖ	SY-OKYA	-	ASTER	Gündüz	Parsova, 2020
61	İstanbul	ŞA-ÇA	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Ciğerci, 2021
62	İstanbul	ŞA-GY-HA	SY-OKYA-TA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Erdem Okumuş, 2022
63	İstanbul	ŞA-GY	OKYA	Pozitif	Landsat 8&9	Gündüz	Eminoğlu, 2023

64	İstanbul	ŞA-MS-ÇA-EA	OKYA-SY	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Aksak vd., 2023
65*	İstanbul			Pozitif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
66	İstanbul	ŞA	OKYA		Landsat 5&8	Gündüz	Ünsal vd., 2024
67	İzmir	EA-ŞA	OKYA-SY	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Corumluoğlu & Asri, 2015
68*	İzmir	GY-EA		Pozitif	Landsat 5 ASTER	Gündüz Gece	Dihkan, 2015
69	İzmir	ŞA ŞA		Pozitif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Yavaşlı, 2017
70*	İzmir	MA-HA-KTA Tz-SY	SY- OKYA -Tz OKYA	Pozitif Pozitif	Landsat 8 ASTER	Gündüz Gece	Yılmaz, 2017
71	İzmir	ÇA	SY- OKYA	Belirgin değil	Landsat 8	Gündüz	Oguz vd., 2019
72	İzmir	İA-MS	SY- OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Kesgin Atak, 2020
73*	İzmir			Belirgin değil Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
74*	İzmir	EA-ŞA-TA ŞA-EA-SY	SY-OKYA OKYA-TA	Pozitif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Şenlik & Yılmaz, 2023
75	İzmir	EA	SY-OKYA		Landsat 8	Gündüz	Şentürk & Çubukçu, 2023
76	İzmir	ŞA-GY	OKYA		Landsat 8	Gündüz	Tunçbilek, 2023
77	İzmir		OKYA		Landsat 8	Gündüz	Yüksel & Coşkun Hepcan, 2023
78	İzmir	MA-EA-TS-MS	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 5&7&8	Gündüz	Ay, 2024
79*	İzmir	EA ŞA	SY-OKYA SY-OKYA		TERRA AQUA	Gündüz Gece	Şenlik & Yılmaz, 2024
80*	Kahramanmaraş	TA-MA-HA ŞA	SY- OKYA-STA- İA SY-STA	Belirgin değil Pozitif	Landsat 8 ASTER	Gündüz Gece	Yılmaz, 2017
81	Kars	ŞA-GY	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 9	Gündüz	Bahtiyaroğlu, 2023
82	Karabük	ŞA-EA	OKYA		Landsat 7&8	Gündüz	Yücer, 2023
83	Kastamonu	EA-KTA ŞA-SY-OKYA	SY-OKYA KTA-EA	Negatif/Pozitif Pozitif	Landsat 8&9 ASTER	Gündüz Gece	Kırıcı & Yılmaz, 2024
84	Kayseri	ŞA	SY-OKYA	Belirgin değil	Landsat 5&8	Gündüz	Çakıcı, 2021
85*	Kayseri			Belirgin değil Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023
86	Kayseri	SK-TA-HA ŞA	ÇA	Belirgin değil Belirgin değil	Landsat 5&8 ASTER	Gündüz Gece	Zobu & Yılmaz, 2024
87	Kocaeli	EA-ŞA	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 5&8 TERRA	Gündüz	Taşdelen, 2019
88	Kocaeli	EA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Akyürek, 2020
89*	Kocaeli			Pozitif Pozitif	TERRA AQUA	Gündüz Gece	Doğan, 2023

90*	Konya	MA-HA-KTA	SY- OKYA -STA	Negatif	Landsat 8	Gündüz	Yılmaz, 2017
		ŞA-ESA	ÇA- OKYA	Pozitif	ASTER	Gece	
91*	Konya	Belirgin değil			TERRA	Gündüz	Doğan, 2023
		Pozitif			AQUA	Gece	
92*	Malatya	MA-HA-KTA	SY-ÇA	Negatif	Landsat 8	Gündüz	Yılmaz, 2017
		ESA-SY- OKYA	HA-ÇA	Pozitif	ASTER	Gece	
93*	Manisa	Belirgin değil			TERRA	Gündüz	Doğan, 2023
		Pozitif			AQUA	Gece	
94*	Manisa	EA-ŞA-TA	SY-OKYA	Pozitif	TERRA	Gündüz	Şenlik & Yılmaz, 2023
		ŞA-EA-SY	OKYA-TA	Pozitif	AQUA	Gece	
95*	Manisa	EA	SY-OKYA	Pozitif	TERRA	Gündüz	Şenlik & Yılmaz, 2024
		ŞA	SY-OKYA		AQUA	Gece	
96	Mardin	ŞA	STA	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Polat, 2020
97*	Mardin	TS-ÇA-OBÖ	OKYA	Negatif	Landsat 5&8	Gündüz	Ünsal & Avcı, 2023
98	Mersin	ŞA-GY	OKYA	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Orhan, 2021
99	Mersin	EA-GY	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Topuz & Geçen, 2021
100*	Mersin	Pozitif			TERRA	Gündüz	Doğan, 2023
				Pozitif	AQUA	Gece	
101	Muğla	TA-KTA-ESA-ŞA	OKYA	Belirgin değil	Landsat 8	Gündüz	Ardahanlıoğlu, 2023
102	Muş	ÇA	SY-OKYA		Landsat 5&8	Gündüz	Mercan, 2020
103	Samsun	EA-ŞA-ÇA	OKYA	Pozitif	Landsat 5&8	Gündüz	Doğan, 2021
104	Samsun	ŞA-ÇA-EA-MS	SY-OKYA	Pozitif	Landsat 7&8	Gündüz	Çevik Değerli, 2023
105	Sivas	Belirgin değil			Landsat 8	Gündüz	Güran, 2023
106*	Şanlıurfa	Negatif			TERRA	Gündüz	Doğan, 2023
		Pozitif			AQUA	Gece	
107*	Şanlıurfa	İA-TA-ÇA-MA	SY-OKYA-ŞA	Negatif	Landsat 5&8	Gündüz	Ünsal & Avcı, 2023
108	Şanlıurfa	OBÖ	SY-OKYA	Negatif	Landsat 8	Gündüz	Çirkin vd., 2024
		ŞA	STA	Pozitif	ASTER	Gece	
109*	Trabzon	GY	Belirgin değil	Pozitif	Landsat 5	Gündüz	Dihkan, 2015
		Pozitif			ASTER	Gece	
110*	Trabzon	İA-ŞA-HA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Yılmaz, 2017
		İA-ESA	OKYA	Pozitif	ASTER	Gece	
111	Trabzon	ŞA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	İnce, 2023
112	Van	ŞA	SY	Pozitif	TERRA	Gündüz	Ay, 2020
113	Van	KTA-MA	SY	Negatif	Landsat 5&8	Gündüz	Yılmaz & Özcanlı, 2021
		SY-ŞA	STA-MA	Pozitif	ASTER	Gece	
114	Zonguldak	EA-SK	OKYA	Belirgin değil	Landsat 5	Gündüz	Şekertekin vd., 2015
115	Zonguldak	ŞA-ÇA	OKYA	Pozitif	Landsat 8	Gündüz	Şekertekin & Marangoz, 2019

Notlar: Şehir ısı adası ile ilgili bilgi verilen çalışmalarda ilgili ilin tamamı ya da şehir merkezi ele alınmıştır. İlçe veya semt bazlı çalışmaların bütün ili genellemeye kullanılması uygun olmayacağından o alan boş bırakılmıştır.

Bir çalışmada birden fazla şehir çalışma konusu oldu ise ilgili çalışmanın sıra numarasının sonuna “*” işareti konulmuştur.

Kısaltmalar: ÇA: Çıplak Arazi, EA: Endüstriyel Alan, ESA: Eğlence ve Spor Alanı, GY: Geçirimsiz Yüzey, HA: Havaalanı, İA: İnşaat Alanı, KTA: Kuru Tarım Arazisi, MA: Mera Alanı, MS: Maden Sahası, OBÖ: Otsu Bitki Örtüsü, OKYA: Orman veya Kent içi Yeşil Alan, SK: Sahil ve Kumsal, Sr: Sera, STA: Sulu Tarım Arazisi, SY: Su Yüzeyi, ŞA: Şehir Alanı, TA: Tarım Arazisi, TS: Ticaret Sahası, Tz: Tuzla, YY: Yapay Yüzey.

2. 4. Şehir Modeli Oluşturularak Yapılan Çalışmalar

Bir şehirdeki binaların yüksekliğinin, binalar arasındaki mesafenin, cadde ve sokak genişliklerinin şehir iklimi üzerinde etkisi vardır. Şehrin farklı alanlarındaki farklı yükseklikteki binalar ve farklı genişlikteki caddelerin bulunduğu sahalarda gökyüzünün görünme oranı da farklılık göstermektedir. Bu farklılık “Gök Görüş Oranı” olarak adlandırılmaktadır. Gök görüş oranı 0 ila 1 arasında değişebilmektedir. Değer 0’a yaklaştıkça gökyüzü çok az görünürken, değer 1’e yaklaştıkça neredeyse tüm gökyüzü görünür (Hammerle vd., 2011). Örneğin bir şehirde binaların yükseklikleri aynı kalıp, caddeler daraltılırsa burada gök görüş oranı düşer. Ya da cadde genişlikleri değiştirilmeyip binaların yüksekliği artırılırsa yine gök görüş oranı düşer. Bu durumda aynı şehirde aynı yapı malzemelerinin kullanıldığı ve aynı uzanış yönüne sahip iki farklı cadde, farklı gök görüş oranına ve farklı sıcaklık değerlerine sahip olacaktır (Yılmaz, 2013). Çünkü gök görüş oranının düşük olduğu sahalarda giden uzun dalga radyasyonunda azalma meydana gelirken, gökyüzünü engelleyen yüzeylerden yayılan uzun dalga radyasyonunda da bir artış meydana gelmektedir (Hammerle vd., 2011). Caddeler ve sokaklar arasındaki bu tür ısınma ve soğuma farklılıkları termal konfor özelliklerini de etkiler. Gök görüş oranı düşük olan cadde ve sokaklar kış aylarında zor ısınır ve buralarda daha fazla ısınma ihtiyacı doğurur (Yılmaz, 2013). Yaz aylarında ise bu tür şehir kanyonları çok fazla ısınır ve normalden daha fazla soğutma ihtiyacı ortaya çıkar. Bina yüksekliğinin sokak genişliğine oranı olan H/W oranı da gök görüş oranına benzer bir parametredir (Bakarman & Chang, 2015). Orandaki “H” ortalama bina yüksekliğini ifade ederken, “W” ise rüzgâr aralığını ifade etmektedir (Oke, 1987). Bir şehirde yer alan binalar geniş aralıklı mesafeye sahip ise izole edilmiş bir akış modeli ortaya çıkmaktadır. Ancak binalar birbirine yaklaştıkça daha karışık bir akış modeli oluşmaya başlamaktadır. Bu nedenle kent geometrisinin şehir ısı adası oluşumu üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır (Oke, 1981a). İki tür şehir ısı adası ayırt edilebilir. Bunlardan birincisi “şehir sınır tabakası ısı adası” ikincisi ise “şehir gölgelik tabakası ısı adası”dır (Arellano-Ramos vd., 2018). Şehir gölgelik tabakası; şehir alanlarında üst sınırını bina çatılarının aşağı kısımlarının oluşturduğu, şehir kanyonlarını oluşturan binalar ve ağaçların içinde yer alan gölgelik alanları ifade etmektedir (Oke, 1987). Söz konusu şehir modeli oluşturularak yapılan çalışmalar genellikle “şehir gölgelik tabakası” seviyesinde yapılmaktadır. Bu yüzden klasik meteoroloji istasyonlarının kullanımı bu tür çalışmalar için pek uygun değildir. Bunun yerine mobil ölçümler veya bina yüzeylerine monte edilen ölçüm cihazlarıyla bu tür çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Kent geometrisinin; şehir iklimi, şehir ısı adası ve termal konfor üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu yüzden doğru şehir planlaması büyük önem kazanmaktadır. Dünya literatüründe de şehirlerde sabit (Matzarakis vd., 2007, 2010) veya sabit olmayan (Höppe, 1993, 1999) termal koşulların değerlendirilmesi için bazı modeller ortaya konulmuştur. Bu tür modellerle hesaplama yapılırken hava

sıcaklığı, nem, bulutluluk, binaların geometrisi, gök görüş oranı ve bitki örtüsünün özellikleri gibi faktörler göz önüne alınmaktadır. Bu modeller ile sabit termal koşullar modellenerek şehir planlaması çalışmaları yapılabilmekte hatta güneşli bir kaldırımdan gölgeli bir kaldırıma geçen bir kişinin değişen termal durumu dahi ortaya koyulabilmektedir. Bu modeller sayesinde şehirlere ait ortalama yüzey sıcaklığı gibi parametreler geleceğe yönelik tahmin edilebilmekte ve buna göre önlem ve tedbirler alınabilmektedir.

Türkiye literatüründe ise şehir modeli oluşturularak yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Yapılan çalışmalarda gök görüş oranının belirlenmesi için balık gözü lens (180°lik aşırı geniş açılar çekmek için kullanılan bir kamera parçasıdır) ile fotoğraflar çekilmiş ya da yüksek çözünürlüklü arazi modelleri üzerinden hesaplama yapılmıştır. Gök görüş oranı belirlenirken yukarıda bahsi geçen modellerden de yararlanılmıştır. Çalışmalarda genellikle gök görüş oranı gibi birçok parametre ve yüzey sıcaklıkları hesaplanarak parametreler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı incelenmiş ve bu ilişkinin şehir ısı adası ve termal konfor şartları üzerindeki etkileri tartışılmıştır (Canan ve Geyikli, 2021; Çiçek & Doğan, 2005, 2006; Çufalı,2023; Erdem Okumuş, 2022; Gülten & Aksoy, 2010; İnce, 2023; Kanter Otçu, 2023; Somuncu, 2021; Toy & Esringü, 2021; Yılmaz, 2013, 2019; Yılmaz vd., 2016). Çalışmalarda genellikle gök görüş oranı yükseldikçe sıcaklıkların düştüğü, gök görüş oranının düşük olduğu dar cadde ve yüksek binaların bulunduğu sahalarda sıcaklıkların arttığı belirlenmiştir. Ancak bu durum şehirden şehre ve aydan aya değişiklik göstermekte ve gök görüş oranının şehir ısı adası üzerindeki etkisi her zaman aynı olmamaktadır. Bu çalışmalar dışında farklı modellerden yararlanılarak çalışma alanındaki olası durumlar simüle edilerek termal konfor şartlarının daha uygun hale gelip gelmeyeceği de test edilmiştir (Yavaş & Yılmaz, 2019). Ayrıca gök görüş oranı ve hava kirliliği arasındaki ilişki de inceleme konusu olmuştur (Sarı & Yılmaz, 2021). Daha önce ortaya koyulan modellerden yararlanılarak yapılan çalışmalar dışında, model ve algoritma geliştiren çalışmalarda bulunmaktadır (Fındık, 2021; Okur, 2022). Bu çalışmalarda şehirlerin en uygun gök görüş oranına sahip alanlar olarak tasarlanması, binaların verimli bir biçimde güneş enerjisinden yararlanabilmesi ve kent geometrisi ile şehir ısı adası arasındaki etkilerin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmalar model olarak ortaya konulmuş ancak örnek şehirler üzerinde test edilmemiştir.

3. Türkiye'deki Şehir Klimatolojisi Çalışmalarına Yönelik Genel Değerlendirme

Türkiye'de 1960'lı yıllardan günümüze yaklaşık 65 yıldır şehir klimatolojisi çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren gerek meteoroloji ve hava kalitesi istasyonlarındaki sayısal artış, gerekse uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ile çalışma sayısında yıldan yıla ciddi artışlar meydana gelmiştir. Ancak bu çalışmalarda genellikle şehirleşmenin kent iklimi üzerindeki sonuçları genel perspektifte ortaya konmakta, derinlemesine bir inceleme yapılmamaktadır.

Özellikle uydu teknolojilerindeki gelişmelerle beraber genellikle çalışmalar, birbirini tekrar eden ofis çalışmaları şeklinde olup, saha çalışması yapan araştırmacıların sayısı daha azdır. Çalışmaların pek çoğu MGM verilerine veya uydu görüntülerinden elde edilen verilere dayanmaktadır. Mobil veya OGM kurularak yapılan ölçümlere dayanan ya da şehir klimatolojisinin uzun dalga yayılımı gibi birincil veri üretimine dayalı verilerden üretilmiş yayın sayısı oldukça azdır. Çalışmalarda uydu verilerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları ile yine uydu verilerinden elde edilen arazi örtüsü/kullanımı verileri ile

karşılaştırılarak şehirleşme ve iklim değişikliği ilişkisi kurulmaktadır. Hatta birçok çalışma yalnızca bir şehrin yüzey sıcaklığı dağılımını ortaya koymaktan öteye geçmemekte, bunların sebep ve sonuçları tartışılmamaktadır.

Türkiye’de gerçekleştirilen şehir klimatolojisi çalışmalarında çoğunlukla arazi örtüsü ve şehirleşme ilişkisi kurulduğundan, çalışmalarda genellikle şehir içi yeşil ve mavi alanların önemi vurgulanmaktadır. Ancak şehir ısı adası etkisini azaltmanın tek yöntemi bunlardan ibaret değildir. Önceki bölümlerde dünya literatüründe kentsel iklimi iyileştirmeye yönelik yapılan çalışmalara değinilmişti. Türkiye’de de bu tür çalışmaların yapılması son derece önemlidir. Türk araştırmacılar tarafından dirençli kentler ve sürdürülebilir kentler üzerine araştırmalar yapılsa da bunlar genellikle literatür taraması şeklindedir (Demircan vd., 2024; Esringü & Toy, 2021; Koç & Toy, 2022; Samancı & Toy, 2024). Kentsel iklim değişikliğini ortaya koyan çalışmalar ise bu tür konulara biraz daha yüzeysel olarak değinmektedir. Ancak iklime duyarlı şehir planlarının ve kentteki farklı yüzeylerin (asfalt, beton, çimen, toprak vs.) yüzey sıcaklıklarına olan etkisini özele inerek karşılaştırmalı olarak ele alan çalışmalar bulunsa da bunların sayısının az olduğu görülmektedir (Aşıcı vd., 2025; Toy vd., 2019; Yavaş & Yılmaz, 2020; Yılmaz vd., 2007, 2008). Ayrıca şehir modeli oluşturularak yapılan çalışmalarda da önemli bir eksiklik söz konusudur. Şehir modellerinin oluşturulması şehrin gelecekteki durumu hakkında ipucu vermesi ve doğru şehir planlamalarının yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum ve topografik özelliklerinde ötürü farklı özelliklere sahip birçok ortamı barındırmaktadır. Bu yüzden her şehrin yer aldığı topografya, iklim tipi, jeolojik ve bitki örtüsü özelliklerine göre kullanılan yapı malzemeleri farklılık göstermektedir. Ayrıca her şehirde şehirleşmenin hızı ve şekli de birbirine göre farklılık göstermektedir. Bu noktada tek düze çalışmalardan ziyade, doğru sorular sorularak şehir ikliminin daha iyi bir hale gelmesine yönelik nitelikli çalışmalar ortaya konmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin;

- a) Çatı örtü materyalinin farklılığı (kiremit, metal, şingil vs.) veya çatı tipinin farklılığı (dam, sundurma, tonoz vs.) sıcaklık farklılığı üzerinde etkili midir?
- b) Otobüs duraklarının cam, metal veya tahtadan olmasının kentsel iklim üzerinde etkisi var mıdır?
- c) Farklı iklim bölgelerindeki şehirlerde, kentsel iklim değişikliği aynı düzeyde midir?
- d) Bina renklerinin ve yapı malzemelerinin kentsel iklim üzerindeki rolü nedir? Şehir ısı adası etkisini etkileyecek düzeyde midir?
- e) Rize’deki ahşap evler, Bitlis’teki Ahlat taşından yapılmış evler ve İstanbul’daki betonarme evler arasında nasıl bir sıcaklık farkı bulunmakta?
- f) Mardin taş evleri ile Beypazarı evlerinin şehir ısı adasına etkileri ne düzeydedir?
- g) Kentsel soğuk alanlar olarak görülen parklarda doğal örtü ile betondan oluşan örtünün oranı nasıl bir farka sebep olmaktadır?
- h) Farklı şehirlerin farklı morfolojik yapısı kentsel iklimi nasıl etkilemektedir?

- i) Kaldırım taşlarının rengi, kirli veya temiz olması şehir iklimini ne derecede etkilemektedir?
- j) Geçirimli asfalt veya geçirimli beton yüzeylerin kent iklimli üzerinde etkisi ne düzeydedir?
- k) Asfalt renklerinin şehir ısı adası etkisini azaltmaya faydası var mıdır?
- l) Tek bir mükemmel şehir planı var mıdır? Yoksa her şehre uygun şehir planlaması mı yapılmalıdır?
- m) Şehir planlamasında bina yüksekliği ve cadde genişliklerinin önemi ne boyuttadır?
- n) Bitki türünün ve yeşil alan genişliğinin şehir iklimini iyileştirmedeki rolü nedir?
- o) Şehir ikliminin daha iyi bir hale gelmesi için her şehirde aynı miktarda mı yeşil/mavi alan olmalıdır? Yoksa bu durum şehirden şehre farklılık mı göstermelidir?
- p) Ankara-Atatürk Orman Çiftliği ile Antalya-Zeytinpark'ın şehir iklimi üzerindeki etkisi aynı derecede midir?

Bu sorulardan da anlaşılacağı üzere her şehir gerek morfolojik, gerek iklimsel gerek yapı malzemeleri açısından farklı kimliklere sahiptir. Örneğin rüzgâr etkisinin hem hava kalitesinin iyileşmesinde hem de şehri serinletici etki yapması açısından önemine değinilmişti. Dünya literatürüne bakıldığında da meltemlerin şehir ısı adasına etkisi ve şehirlerin hava kalitesine olan etkisi birçok çalışmada ele alınmaktadır (He vd., 2020; Hidalgo vd., 2010; Papanastasiou & Melas, 2009; Yoshikado, 1994). İzmir'de yanlış şehir planlanması sonucunda denizden gelen serinletici meltem etkisi şehrin içlerine doğru sokulamamaktadır. Ancak geleceğe yönelik doğru planlamalarla rüzgâr etkisinden en iyi şekilde yararlanılabilecektir. Fakat Ankara ilinde rüzgâr etkisinden yararlanmak şehrin kurulmuş olduğu alanın morfolojisinden ötürü pek mümkün değildir. Bu yüzden bu şehre özel başka önlemlerin alınması şarttır.

Türkiye'de bu konudaki en önemli sorunlardan biri birincil veri üretmek yapılan çalışmaların azlığı, diğeri ise ölçek sorunudur. Çalışmalar genelde betimsel olup, şehir ikliminin bir sorununu çözmeye dayanan çalışmalar değildir. Sorun çözmek isteniyorsa konuya göre mezo veya mikro ölçekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Başka bir problem ise gerçekleştirilen çalışmaların ilgili bakanlıklar ve yerel yönetimler tarafından ne kadar dikkate alındığıdır. Başta İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlerimiz olmak üzere birçok önemli kentte, şehir klimatolojisi ile ilgili sorunlar ortaya konmuştur. Ancak bu sorunlara yönelik çözümler tam olarak ortaya konabilmiş değildir. Önemli eksikliklerden birisi de yerel yönetimlerin kadrolarında ya da TOKİ gibi kurumların bünyesinde klimatologların bulunmamasıdır. Şehir ikliminin ve şehir iklimiyle ilgili sorunların tam olarak algılanabilmesi için klimatologlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye'de Gaziantep ve Bursa gibi bazı illerde şehir ikliminin iyileştirilmesine yönelik bazı adımlar atılmıştır. Her iki ilin büyükşehir belediyesi Avrupa Belediye Başkanları Sözleşmesini imzalayıp, Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı kapsamında niyetlerini uluslararası düzeye

taşımıştır (Biçer, 2023). Ayrıca Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası Yeşil Şehirler Programına katılmıştır. Ancak bu tür atılımların hem ülke geneline yayılması hem de gelecekte imzalanan sözleşmelere uygun olarak aksiyon alınması son derece önemlidir.

Bu noktada görülmektedir ki, Türkiye'deki şehirlerin ikliminin daha iyi bir hale gelmesinde hem bilim insanlarına hem de bakanlıklar ve yerel yönetimlere önemli görevler düşmektedir. Şehir klimatolojisi çalışmalarının daha multidisipliner bir hale gelerek ve doğru sorular sorularak şehir ikliminin gelecekte nasıl bir hal alacağı ve buna karşı alınması gereken önlemlerin ortaya konulması gerekmektedir. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile yerel yönetimlerin ise ortaya konulan çalışmaları dikkate alarak şehir ikliminin daha iyi bir hale gelmesi için gerekli adımları atması gerekmektedir. Şehir planlamaları yapılırken yalnızca afetler ya da ulaşım sorunlarını çözmeyi değil şehir ikliminin daha yaşanabilir bir hale gelmesine yönelik düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Referanslar

- Acar, D. (2005). Bursa'da şehirleşmenin yağış ve sıcaklık üzerine etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Acroname (2020). *The History of Lidar*, 16.05.2025 Erişim adresi: <https://acroname.com/blog/history-lidar>
- Adalı, M. K. (1996). *Trabzon'daki hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkinin incelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trabzon. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Adebayo, Y. R. (1992). Urban climatology in Africa (WMO No. 509). Geneva: World Meteorological Organization. Erişim adresi: <https://library.wmo.int/records/item/36904-urban-climatology-in-africa?offset=19>
- Ahmed, S. O. (2015). Determining the impact of urban expansion on land surface temperature in Adana-Turkey (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Akalan, İ. (1984). *Hava Kirlenmesi Ankara Örneği*. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu.
- Akbaba, G., & Sunay, Ç. (1999). Nüfus artışı ve açlık. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 32(376), 98–101. Erişim adresi: <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=32&sayi=376&sayfa=98&yaziid=11374>
- Akbari, H., Davis, S., Dorsano, S., Huang, J., & Winett, S. (1992). *Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light colored surfacing*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.
- Akkurt, A. (2020). Arazi örtüsü/kullanım değişimlerinin yer yüzey sıcaklığına olan etkisinin araştırılması: Eskişehir ili örneği (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Aksak, P., Kartum Öztürk, Ş., & Ünsal, Ö. (2023). Kentsel ısı adasının iklim parametreleri ve uzaktan algılama üzerinden incelenmesi: İstanbul kenti örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 151-171. doi: 10.51800/ecd.1266060
- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390. doi: 10.21324/dacd.667594
- Alkan, A., Adıgüzel, F., & Kaya, E. (2017). The importance of green places in decreasing the urban temperature in Batman. *Journal of Geography*, (34), 62-76. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/30935/310864>
- Alpaslan, A. Ö., & Ortaçesme, V. (2019). Antalya kentinde enerji etkin planlama kapsamında yeşil altyapının yeri ve önemi. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2), 31-37. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/paud/issue/51351/657184>
- Altuntaş, A. K. (1992). *1990-1991 ısınma mevsiminde Konya'daki hava kirliliğinin meteorolojik verilere göre değerlendirilmesi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ardahanlıoğlu, Z. R. (2023). Kayaköy-Hisarönü (Fethiye) ve Yakın Çevresinde Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ile Arazi Yüzey Sıcaklığının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Academic Social Resources Journal*, 8(54), 4013-4022. doi: 10.29228/ASRJOURNALS.73007
- Arellano Ramos, B., Roca Cladera, J., & Biere Arenas, R. M. (2018). *Planning and urban climate: the example of the metropolitan area of Barcelona*. SPIE Remote Sensing 2018, 10-13 Eylül, Berlin/Almanya. Erişim adresi: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/127385>
- Aslan, N. (2016). Landsat uydu görüntülerinden kentsel ısı adalarının belirlenmesi: Batı Akdeniz bölgesi örneği (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Aslan, N. (2023). Arazi örtüsü/arazi kullanımı ve arazi yüzey sıcaklıkları ilişkisinin zamansal-mekansal analizi ve gelecek için modellenmesi (Yayımlanmamış doktora tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Aslantürk, F. (1990). Hava kirliliği yönünden İstanbul'da 1987-1988 yılları kükrütdioksit ve aslı partiküler madde kirliliğinin izlenmesi (Yayımlanmamış tıpta uzmanlık tezi). İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Aşıcı, G., Aygün Oğur, A., & Hazar, D. (2025). Kır-Kent Çeperinde İklim Duyarlı Planlama Yaklaşımı: Denizli Örneği. *Planlama Dergisi*, 35(1), 50-69. doi: 10.14744/planlama.2024.10438

- Atalay, F. (1976). Ankara hava kirliliği incelenmesi-temizlenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Austin, G. L., & Austin, L. B. (1974). The use of radar in urban hydrology. *Journal of hydrology*, 22(1-2), 131-142. doi: 10.1016/0022-1694(74)90100-0
- Ay, E. C. (2020). *Kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi: Van kenti örneği*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Van. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Ay, F. (2024). *Assessment of spatial/temporal variability of urban heat island effect: a case study in the central districts of İzmir*. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Bahtiyaroğlu, T. (2023). *Kentsel dokunun yüzey sıcaklık farklılıklarına etkisinin değerlendirilmesi: Kars kenti örneği*. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Erzurum. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Bakarman, M. A., & Chang, J. D. (2015). The influence of height/width ratio on urban heat island in hot-arid climates. *Procedia Engineering*, 118, 101-108. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.408.
- Barış, M. E. (1995). *Ankara kentinde hava kirliliği sorununun çözümünde peyzaj mimarlığı açısından alınması gerekli önlemler*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Bayrı, F. (1964). Ankara şehrinde hava kirlenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 63, 64-74. Erişim adresi: <https://dergi.mta.gov.tr/article/show/902.html>.
- Bebek, Ö. (1996). *Hava kirliliğinin solunum semptomları nedeniyle hastaneye yatışlara etkisi*. Sağlık Bakanlığı, İstanbul Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Yayımlanmamış Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Bellon, A., & Austin, G. L. (1984). The accuracy of short-term radar rainfall forecasts. *Journal of hydrology*, 70(1-4), 35-49. doi: 10.1016/0022-1694(84)90112-4
- Bhang, K. J., & Park, S. S. (2009). Evaluation of the surface temperature variation with surface settings on the urban heat island in Seoul, Korea, using Landsat-7 ETM+ and SPOT. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 6(4), 708-712. doi: 10.1109/LGRS.2009.2023825
- Biçer, G. (2023). *İklim değişikliği ve kentsel direnç: kırılmalardan dirence Konya örneği*. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Block, R. L. (1978). *Development of thermal infrared imagery to the detection of urban heat islands*. University of Nebraska-Lincoln, Department of Geography, Thesis (M. A.), Lincoln, USA. Erişim adresi: <https://digitalcommons.unl.edu/opentheses/16/>
- Bornstein, R. D. (1968). Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology*, 7(4), 575-582. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/26174417>
- Bozyiğit, R. (1996). Konya'da hava kirliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (1), 335-344. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/marucog/issue/448/560507>.
- Bretz, S. E., & Akbari, H. (1997). Long-term performance of high-albedo roof coatings. *Energy and buildings*, 25(2), 159-167. doi: 10.1016/S0378-7788(96)01005-5
- Britannica (2025). *History of Radar*, 16.05.2025 tarihinde <https://www.britannica.com/technology/radar/History-of-radar> adresinden erişilmiştir.
- Bulut, Y., Toy, S., Irmak, M. A., Yılmaz, H., & Yılmaz, S. (2008). Urban-rural climatic differences over a 2-year period in the City of Erzurum, Turkey. *Atmósfera*, 21(2), 121-133. Erişim adresi: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362008000200001
- Caetano, E., Méndez-Antonio, B., & Magaña, V. (2012). Use of Radar Precipitation Estimates in Urban Areas: A Case Study of Mexico City. Bech, J., Chau, J. L. (Eds.), *Doppler Radar Observations-Weather Radar, Wind Profiler, Ionospheric Radar, and Other Advanced Applications* içinde (143-158). Rijeka: IntechOpen.
- Canan, F., & Geyikli, H. B. (2021). *Kentsel ısı adası etkisinin farklı dokusal özelliklerde karşılaştırmalı analizi: Konya kenti örneği*. 5. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, 9-11 Eylül, Ankara. Erişim adresi: <https://gcris.ktun.edu.tr/handle/20.500.13091/5808?mode=simple>.

- Chandler, T. J. (1962). London's urban climate. *The Geographical Journal*, 128 (3), 279-298. <https://doi.org/10.2307/1794042>
- Chandler, T.J. (1965). *The Climate of London*. London: Hutchinson.
- Chen, Z., Gong, C., Wu, J., & Yu, S. (2012). The influence of socioeconomic and topographic factors on nocturnal urban heat islands: a case study in Shenzhen, China. *International Journal of Remote Sensing*, 33(12), 3834-3849. [doi: 10.1080/01431161.2011.635717](https://doi.org/10.1080/01431161.2011.635717)
- Ciğerci, H. (2021). *Yer yüzey sıcaklığının uzaktan algılama verileri ve mekânsal istatistik yöntemleri ile analizi: İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Corumluoglu, O., & Asri, I. (2015). The effect of urban heat island on Izmir's city ecosystem and climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 3202-3211. [doi: 10.1007/s11356-014-2874-z](https://doi.org/10.1007/s11356-014-2874-z)
- Çağlak, S., Toy, S., Bahadır, M. & Matzarakis, A. (2024). Assessment of biometeorological conditions in Eastern Mediterranean City Adana, Turkey from past to the future. *International Journal of Biometeorology*, 68, 1–16. [doi: 10.1007/s00484-024-02666-w](https://doi.org/10.1007/s00484-024-02666-w)
- Çağlak, S., Toy, S., & Esringü, A. (2022). Kentlerin biyoklimatik şartlara etkisinin analizine dair bir yaklaşım: Erzurum örneği. *Kesit Akademi Dergisi*, 8(31), 220-239. [doi: 10.29228/kesit.57438](https://doi.org/10.29228/kesit.57438)
- Çakıcı, G. (2021). *Kayseri'nin arazi kullanımı ve ısı adası etkisinin modellenmesi*. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kayseri. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çalhan, E. (2022). *Denizli ili kent merkezindeki yer yüzey sıcaklıklarının değişiminin Landsat uydu görüntüleri kullanılarak çok zamanlı incelenmesi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çalhan, E., & Özelkan, E. (2022). Şehirleşmenin Yer Yüzeyi Sıcaklıklarına Etkisinin İncelenmesi: Denizli İli Kent Merkezi Örneği. *Journal of Research in Atmospheric Science*, 4(1), 20-30. [doi: 10.29228/resatmsci.64012](https://doi.org/10.29228/resatmsci.64012)
- Çalışkan, O. (2012). *Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının analizi ve şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çalışkan, O., & Türkoğlu, N. (2014). Ankara'da termal konfor koşullarının eğilimi ve şehirleşmenin termal konfor koşulları üzerine etkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 119-132. [doi: 10.1501/Cogbil_0000000156](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000156)
- Çelebi, S. (1999). *Çocuklarda hava kirliliğinin hematolojik parametreler üzerine etkisi*. Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Yayınlanmamış Tıpta Uzmanlık Tezi, Bursa. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çelik, B. (2019). *Arazi örtüsü değişimlerinin kentsel ısı adalarına olan etkilerinin zamansal ve mekânsal olarak araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çevik Değerli, B. (2023). *Kentsel peyzaj planlamada ısı adası oluşumunun uzaktan algılama yönetimi ile analizi; Samsun örneği*. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kastamonu. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çiçek, İ. (2003). The Statistical analysis of precipitation in Ankara, Turkey. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 1-20. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/71988#page=7>.
- Çiçek, İ. (2004). Ankara'da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 1-17. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/71990#page=6> adresinden erişilmiştir.
- Çiçek, İ. (2005). Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/firsatbed/issue/45191/565904>.
- Çiçek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72. [doi: 10.1501/Cogbil_0000000049](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000049)
- Çiçek, İ., & Doğan, U. (2006). Detection of urban heat island in Ankara, Turkey. *Nuovo Cimento-C*, 29(4), 399-409. Erişim adresi: [https://www.semanticscholar.org/paper/Detection-of-urban-heat-island-in-Ankara%2C-Turkey\(%E2%88%97\)-%C3%87i%C3%A7ek-Do%C4%9Fan/84a6bd08b58c45443d93e0cb2536898362b7bb66](https://www.semanticscholar.org/paper/Detection-of-urban-heat-island-in-Ankara%2C-Turkey(%E2%88%97)-%C3%87i%C3%A7ek-Do%C4%9Fan/84a6bd08b58c45443d93e0cb2536898362b7bb66)
- Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2005). Urban effects on precipitation in Ankara. *Atmosfera*, 18(3), 173-187. Erişim adresi: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-62362005000300003&script=sci_abstract&tlng=pt

- Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2007). Konya'da Şehirleşmeye Bağlı Bağıl Nem ve Su Buharı Basıncı Değişiklikleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-13. doi: [10.1501/Cogbil_0000000077](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000077)
- Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2009). The effects of urbanization on water vapour pressure in a semi-arid climate. *Theoretical and applied climatology*, 95, 125-134. doi: [10.1007/s00704-007-0363-8](https://doi.org/10.1007/s00704-007-0363-8)
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., & Gürgen, G. (2004). Ankara'da hava kirliliğinin istatistiksel analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/71991#page=7>
- 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. Erişim adresi: <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/ijhs/article/view/2466>
- Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S., & Kunt, F. (2013). Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejosat/issue/5383/73020>
- Çirkin, D. A., Yılmaz, E., & Özcanlı, M. (2024). Şanlıurfa Şehir Isı Adası'nın Zamansal ve Mekânsal Özellikleri. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*, (7), 66-95. doi: [10.62068/visbid.1481455](https://doi.org/10.62068/visbid.1481455)
- Çufalı, A. B. (2023). *İklim odağında tarihi ve kültürel kolektif belleğin yönlendirdiği kentsel tasarım rehberi: Safranbolu kent örneği*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Arslan, M., & Darende, V. C. (2014). *Ankara'da Yağışın Dağılımının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Analizi*. TÜCAUM-VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24 Ekim, Ankara. Erişim adresi: <https://cevresehiriklimkutuphanesi.csb.gov.tr/Books/Book/9244dc24-97ef-4446-bf89-3fc1cf00c52f>
- Demircan, N., Çubukçu, G. S., Bayburtlu, H., & Toy, S. (2024). Kentlerde Yapı Yüzeylerinin Bitkilendirilmesinin Kent Mikro İklimine Etkisi. 6th International Symposium on Innovation in Architecture, Planning and Design, 9-10 Kasım, Ankara. doi: [10.36287/setsci.20.19.145.2687-5](https://doi.org/10.36287/setsci.20.19.145.2687-5)
- Djen, C. S. (1992). The urban climate of Shanghai. *Atmospheric Environment*, 26 (1), 9-15. doi: [10.1016/0957-1272\(92\)90033-Q](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90033-Q)
- Dihkan, M. (2015). *Kentsel ısı adalarının (KIA) uydu görüntüleri ile konumsal olarak modellenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Doğan, İ. (2023). *Türkiye'de yüzey sıcaklıkları ile çeşitli indislerden elde edilen fenolojik aktivitenin kırsal ve kentsel alanlardaki durumunun incelenmesi*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kahramanmaraş. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Doğan, L. (1991). Adana'da ulaşım kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Doğan, T. (2021). *Kentsel ısı adalarının uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmesi: Samsun ili örneği*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Samsun. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Doulos, L., Santamouris, M., & Livada, I. (2004). Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. *Solar energy*, 77(2), 231-249. doi: [10.1016/j.solener.2004.04.005](https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.04.005)
- Duman Yüksel, Ü. (2005). *Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Duman Yüksel, Ü. (2008). Kentlerde Yapısal ve Yeşil Alanlardaki Hava ve Yüzey Sıcaklıklarının İrdelenmesi: Ankara Örneği. *Ekoloji Dergisi*, 17(69), 66-74. Erişim adresi: https://www.academia.edu/16535772/Kentlerde_Yap%C4%B1sal_ve_Ye%C5%9Fil_Alanlardaki_Hava_ve_Y%C3%BCzey_S%C4%B1caklı%C4%Bİklar%C4%Bİn%C4%B1n_%C4%B0rdelenmesi
- Duman Yüksel, Ü., Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 937-952. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6678/88558>
- Eğri, D. M. (1997). 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların

- Etkisi. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 4(3), 265-269. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/totm/issue/13148/158563>
- Eljadid, A. G. (1992). *Urban heat island effect in İstanbul city*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr/items/7b72b64c-b5f7-42af-bd71-b51b49e41171>
- Eminoğlu, Y. (2023). *Yüzey kentsel ısı adası yoğunluğu ve kırılganlığının araştırılması: İstanbul metropoliten bölgesi için çok boyutlu bir yaklaşım*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Emiroğlu, M. (1967). Ankara şehrinde hava kirlenmesini arttıran doğal faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (24-25), 172-193. doi: [10.17211/tcd.01119](https://doi.org/10.17211/tcd.01119)
- Engin, N. (2010). Enerji kaynağı olarak doğalgaz ve Türkiye. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (22), 233-244. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/marucog/issue/469/3798>
- Erdem Okumuş, D. (2022). *Kentsel mikro iklimin iyileştirilmesine yönelik kent dokularında ısı adası etki değerlendirme ve azaltım stratejileri geliştirme modeli: İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ergene, E. M. (2016). *Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak yeryüzü sıcaklıklarının uzaktan algılama tekniği ile belirlenmesi: İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Erol, H. (1996). *Ankara'da hava kirliliği ve çözüm yolları*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- ESA (2024). *Meteosat satellites*, 24.11.2024 tarihinde https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Meteosat_satellites#:~:text=Initiated%20in%201972%20by%20ESA's,1%20from%20Kourou%2C%20French%20Guiana adresinden erişilmiştir.
- Esri (2024). *Timeline of the evolution of GIS*, 24.11.2024 tarihinde <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis> adresinden erişilmiştir.
- Esringü, A., & Toy, S. (2021). Kent İklimine Çatı ve Cephe Bahçelerinin Etkisi. *Climate and Health Journal*, 1(2), 97-103. Erişim adresi: <https://climateandhealthj.org/index.php/ch/article/view/19/33>
- Etikan, D. İ., & Alpar, D. (1995). Ankara'daki hava kirliliği üzerine bir çalışma. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 2(2), 184-188. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/totm/issue/13157/158764>
- EUMETSAT (2024). *Meteosat Series*, 09.12.2024 tarihinde <https://www.eumetsat.int/our-satellites/meteosat-series> adresinden erişilmiştir.
- Everest, N. (1993). *Sivas kentinde hava kirliliğinin incelenmesi*. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sivas. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ezber, Y., Sen, L. O., Kindap, T., & Karaca, M. (2007). Climatic effects of urbanization in İstanbul: a statistical and modeling analysis. *International Journal of Climatology*, 27(5), 667-679. doi: [10.1002/joc.1420](https://doi.org/10.1002/joc.1420)
- 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 Marağeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56 (9), 1290-1315. doi: [10.1080/09640568.2012.717888](https://doi.org/10.1080/09640568.2012.717888)
- Fındık, O. (2021). *Yerleşmelerde güneş ışınımından optimum yararlanma ve gökyüzü görüş faktörünün belirlenmesine yönelik bir algoritma önerisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J., & Tarpley, J. D. (1993). The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 32 (5), 899-908. doi: [10.1175/1520-0450\(1993\)032<0899:TUONAD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1993)032<0899:TUONAD>2.0.CO;2)
- Geçen, R., & Aytemur, D. (2022). Termal uzaktan algılama görüntüsü ile Hatay ili yer yüzey sıcaklığının belirlenmesi, yer şekilleri ve arazi örtüsüyle ilişkilendirilmesi. *Çukurova Araştırmaları*, 8(3), 514-534. doi: [10.29228/cukar.66583](https://doi.org/10.29228/cukar.66583)
- Gökdemir, N. (2020). *Yapay su yapılarının yer yüzey sıcaklığı değişimine olan etkilerinin meteorolojik veriler ve uydu görüntüleri ile araştırılması: Afyonkarahisar örneği*. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Güllü, G. (1999). *Çevrenin önemi, İstanbul'da yaşanan hava kirliliği ve kaliteli kömür kullanımının hava kalitesine etkisi*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Gülten, A., & Aksoy, U. T. (2010). Gökyüzü Görüş Faktörü ve Bina Yüzey Sıcaklıklarına Bağlı Olarak Cadde Geometrisi-Güneş Işınımı İlişkisi. *Firat University Journal of Engineering Science*, 22(2), 157-170. Erişim adresi: <https://research.ebsco.com/c/fqb72i/viewer/pdf/5t3ax4oiff>
- Gümüş, A. E. (2015). *Ankara kenti ısı adası oluşumunun saptanması ve değerlendirilmesi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Gümüş, M. G., & Durduran, S. S. (2022). *Arazi kullanımı/razi örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniği kullanılarak araştırılması*. IV. Uluslararası Türk Dünyası Fen Bilimleri ve Mühendislik Kongresi, 23-24 Haziran, Niğde. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/361513037_Arazi_kullanimiarazi_ortusu_degisiminin_razi_yuzey_sicakligi_uzerindeki_etkisinin_Uzaktan_Algilama_ve_Cografik_Bilgi_Sistemleri_Tekniği_kullanılarak_arastirilmesi
- Güneş, M. (1987). *Hava kirliliğinde etkili parametrelerin istatistiksel analizi*. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Güran, Ş. (2023). *Fiziksel boyutta kentsel iklim direncinin analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi ile belirlenmesi: Sivas ili örneği*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sivas. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Halder, B., Bandyopadhyay, J., & Banik, P. (2021). Monitoring the effect of urban development on urban heat island based on remote sensing and geo-spatial approach in Kolkata and adjacent areas, India. *Sustainable Cities and Society*, 74, 1-18. doi: 10.1016/j.scs.2021.103186
- Hammerle, M., Gal, T., Unger, J., & Matzarakis, A. (2011). Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations. *Theoretical and Applied Climatology*, 105, 521-527. doi: 10.1007/s00704-011-0402-3
- Hann, J. V. (1885). Über den Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land [On the temperature difference between town and country]. *Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, Zeitschrift*, 20, 457-462.
- He, B. J., Ding, L., & Prasad, D. (2020). Relationships among local-scale urban morphology, urban ventilation, urban heat island and outdoor thermal comfort under sea breeze influence. *Sustainable Cities and Society*, 60, 102289. doi: 10.1016/j.scs.2020.102289
- Hidalgo, J., Masson, V., & Gimeno, L. (2010). Scaling the daytime urban heat island and urban-breeze circulation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(5), 889-901. doi: 10.1175/2009JAMC2195.1
- 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. doi: 10.1088/1755-1315/500/1/012019
- Howard, L. (1818). *The climate of London*. Dublin: SATTAL.
- Höppe, P. (1993) Heat balance modelling. *Experientia*, 49, 741-746. doi: 10.1007/BF01923542
- Höppe P (1999) The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75. doi: 10.1007/s004840050118
- Hwang, R. L., Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2011). Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and environment*, 46(4), 863-870. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.10.017
- Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote sensing of environment*, 114(3), 504-513. doi: 10.1016/j.rse.2009.10.008
- Irfeey, A. M. M., Chau, H. W., Sumaiya, M. M. F., Wai, C. Y., Muttill, N., & Jamei, E. (2023). Sustainable mitigation strategies for urban heat island effects in urban areas. *Sustainability*, 15(14), 10767. doi: 10.3390/su151410767
- Işık, D. (2019). *Kentsel iklim değişiminin yapay sinir ağları ile simülasyonu*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sivas. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- İnce, A. (2023). *Kentsel ısı adası oluşumu; Trabzon Ortahisar örneği*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Rize. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Jauregui, E. (1973). The urban climate of Mexico City. *Erdkunde*, 27 (4), 298-307. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/25641419>
- Jauregui, E. (1993). *Bibliography of urban climate in tropical/subtropical areas, 1981-1991*. Geneva: World Meteorological Organization, No: 552. Erişim adresi: <https://library.wmo.int/records/item/37193-bibliography-of-urban-climate-in-tropical-subtropical-areas-1981-1991?offset=59>
- Jauregui, E. (1996). Bibliography of urban climatology for the period 1992-1995 including a special section on urban climate in tropical/subtropical areas. Geneva: World Meteorological Organization, No: 759. Erişim adresi: <https://library.wmo.int/ar/records/item/37197-bibliography-of-urban-climatology-for-the-period-1992-1995-including-a-special-section-on-urban-climate-in-tropical-subtropical-areas?offset=29>
- Kaçmaz, G. (2021). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile arazi örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin belirlenmesi: Aksaray ili örneği*. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aksaray. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Kaçmaz, G., & Gürbüz, E. (2022). Arazi örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile belirlenmesi: Aksaray ili örneği. *Harita Dergisi*, 88(167), 38-54. Erişim adresi: <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/arazi-ortusu-degisiminin-arazi-yuzey-sicakligina-etkisinin-uzaktan-algilama-ve-cbs-entegr-1590.pdf>
- Kadioğlu, M., & Toros, H. (1993). *Şehirleşmenin Türkiye'de iklim etkisi*. Türk Devletleri Arasında 2. İlim İşbirliği Konferansı, 26-29 Haziran, Almatı, Kazakistan. Erişim adresi: https://web.itu.edu.tr/~toros/yayinlar/sehirlesmenin_Turkiyede_iklime_etkisi.pdf.
- Kadioğlu, M. (1995). *Şehirleşmenin İstanbul'da yağışa etkisi*. II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu, 22-24 Mart, İstanbul. Erişim adresi: https://www.academia.edu/20268305/%C5%9Eehirle%C5%9Fmenin_%C4%B0stanbulda_Ya%C4%9F%C4%B1%C5%9Fa_Etkisi.
- Kadioğlu, M. (1997a). Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17(5), 511-520. doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(199704)17:5<511::AID-JOC130>3.0.CO;2-0
- Kadioğlu, M. (1997b). *Şehirleşmenin Marmara Bölgesindeki yağışlara etkisi*. Su ve Çevre Sempozyumu, 2-5 Haziran, İstanbul. Erişim adresi: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/38901788c533e82_ek.pdf.
- Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji Laboratuvarı (2024). *Tarihçe*, 26.11.2024 tarihinde <https://meteoroloji.boun.edu.tr/tarihce.php> adresinden erişilmiştir.
- Kanter Otçu, İ. (2023). *Kent ikliminin geometrik indeksler ve termal konfor üzerinden değerlendirilmesi: Ankara kenti örneği*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Karaca, M., Antepioğlu, Ü., & Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey. *II. Nuovo Cimento*, 18(1), 49-55. doi: 10.1007/BF02561458
- Karaca, M., Tayanç, M., & Toros, H. (1995). Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29(23), 3411-3421. doi: 10.1016/1352-2310(95)00085-D
- Kartal, Ş. (1985). *Kayseri'deki hava kirliliği ve kirlenme konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle ilişkisi*. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kayseri. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Katzschner, L. (1988). The urban climate as a parameter for urban development. *Energy and Buildings*, 11, 137-147. doi: 10.1016/0378-7788(88)90030-8
- Kayahan, N. G. (2020). *Farklı arazi örtüsü ve kullanımının yer yüzey sıcaklıklarına etkisinin uydu görüntüleri ile belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Keleş, R. Y. (1962). Şehirlerde hava kirlenmesi problemi. *İller ve Belediyeler Dergisi*, 203, 417-420. Erişim adresi: https://www.tbb.gov.tr/online/dergiler/1962/1962_eyul/index.html#p=2.
- 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*, (41), 280-291. doi: 10.32003/igge.632841
- Kesgin Atak, B., & Ersoy Tonyaloğlu, 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. doi: 10.18182/tjf.786827

- Khorrami, B., & Gündüz, O. (2019). *Uzaktan Algılama ve CBS'nin Yüzeysel Sıcaklığı ve Kentsel Isı Adası Tespit ve Analizinde Uygulanması*. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 11-15 Ekim, Antalya. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/BehnamKhorrami/publication/337275043_Uzaktan_Algilama_ve_CBS'nin_Yuzey_Sicakligi_ve_Kentsel_Isi_Adasi_Tespit_ve_Analizinde_Uygulanmasi/links/5dce537b92851c382f3e1459/Uzaktan-Algilama-ve-CBSnin-Yuezey-Sicakligi-ve-Kentsel-Isi-Adasi-Tespit-ve-Analizinde-Uygulanmasi.pdf
- Kırcı, B., & Yılmaz, E. (2024). Kastamonu şehri yakın çevresinde aylık ve günlük yüzeysel sıcaklık değişimleri. *Kastamonu İnsan ve Toplum Dergisi*, 2(4), 187-222. doi: 10.5281/zenodo.13902427
- Kidder, S. Q., & Vonder Haar, T. H. (1995). *Satellite Meteorology: An Introduction*. San Diego: Academic Press.
- Koç, K., & Toy, S. (2022). Yeşil Bina Uygulamalarının Sürdürülebilirlik İlkeleri Açısından Değerlendirilmesi ve Sivas Hobbit Yamaç Evleri Örneği. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(1), 52-64. doi: 10.53472/jenas.1060741
- Kolev, I., Savov, P., Kaprielov, B., Parvanov, O., & Simeonov, V. (2000). Lidar observation of the nocturnal boundary layer formation over Sofia, Bulgaria. *Atmospheric Environment*, 34(19), 3223-3235. doi: 10.1016/S1352-2310(99)00490-2
- Kum, G. (2006). *Göztepe, Kandilli ve Şile sıcaklık verileri kullanılarak İstanbul'da şehir ısı adası etüdü*. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Kum, G., & Kılıç, S. (2013). Şehirleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi: Gaziantep örneği. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(6), 21-42. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kilissbd/issue/45256/566845>.
- Kuşçu Şimşek, Ç. (2013). *İstanbul'da kentsel iklim üzerine antropojenik etkiler: kent ısı adalarının incelenmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Kuşçu Şimşek, Ç., & Şengezer, B. (2012). İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Megaron*, 7(2), 116-128. Erişim adresi: <https://research.ebsco.com/c/fqb72i/search/details/v77vjslumb?db=obo>
- Landsat (2024). *Landsat 1*, 09.12.2024 tarihinde <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-1/> adresinden erişilmiştir.
- Landsberg, H.E. (1981). *The urban climate*. New York: Academic Press.
- Lee, K. W., Craver, V. O., Kohm, S., Chango, H. (2010). *Cool pavements as a sustainable approach to green streets and highways*. In *Green Streets and Highways*. 2010: An Interactive Conference on the State of the Art and How to Achieve Sustainable Outcomes, 235-247. doi: 10.1061/41148(389)20
- Le Moal, S. (2023). History of meteorological satellites. Phulpin, T., Renaut, D., Roquet, H., Camy-Peyret, C. (Eds.), *Satellites for Atmospheric Sciences 1: Meteorology, Climate and Atmospheric* içinde (3-36). Londra & Hoboken: ISTE & Wiley.
- Lenschow, D. H., & Dutton, J. A. (1964). Surface temperature variations measured from an airplane over several surface types. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 3(1), 65-69. doi: 10.1175/1520-0450(1964)003<0065:STVMFA>2.0.CO;2
- Li, X., Stringer, L. C., & Dallimer, M. (2021). The spatial and temporal characteristics of urban heat island intensity: implications for East Africa's urban development. *Climate*, 9(4), 51. doi: 10.3390/cli9040051
- Lin, C. Y., Chen, F., Huang, J. C., Chen, W. C., Liou, Y. A & Liu, S. C. (2008). Urban heat island effect and its impact on boundary layer development and land-sea circulation over northern Taiwan. *Atmospheric Environment*, 42(22), 5635-5649. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.03.015
- Lorenz, D. (1966). The effect of the long-wave reflectivity of natural surfaces on surface temperature measurements using radiometers. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 5 (4), 421-430. doi: 10.1175/1520-0450(1966)005<0421:TEOTLW>2.0.CO;2
- Mamizadeh, S. (2019). *Yapay sınır ağları ile yüzeysel sıcaklık ve albedo modellenmesi*. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871. doi: 10.1016/j.rser.2014.07.203
- Manso, M., Teotonio, I., Silva, C. M., & Cruz, C. O. (2021). Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135. doi: 10.1016/j.rser.2020.110111
- Mascaro, J. J. (2012). Shaded pavements in the urban environment—a case study. *Road materials and pavement design*, 13(3), 556-565. doi: 10.1080/14680629.2012.657098

- Matson, M., McClain, E. P., McGinnis Jr, D. F., & Pritchard J. A. (1978). Satellite detection of urban heat islands. *Monthly Weather Review*, 106 (12), 1725-1734. doi: [10.1175/1520-0493\(1978\)106<1725:SDOUHI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1978)106<1725:SDOUHI>2.0.CO;2)
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments-application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323-334. doi: [10.1007/s00484-006-0061-8](https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8)
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 54, 131-139. doi: [10.1007/s00484-009-0261-0](https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0)
- Menut, L., Flamant, C., Pelon, J., & Flamant, P. H. (1999). Urban boundary-layer height determination from lidar measurements over the Paris area. *Applied Optics*, 38(6), 945-954. doi: [10.1364/AO.38.000945](https://doi.org/10.1364/AO.38.000945)
- Mercan, Ç. (2020). Yer Yüze Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal/issue/57834/787041>.
- Miles, V., & Esau, I. (2017). Seasonal and spatial characteristics of urban heat islands (UHIs) in northern West Siberian cities. *Remote sensing*, 9(10), 989. doi: [10.3390/rs9100989](https://doi.org/10.3390/rs9100989)
- MODIS (2024). About, 09.12.2024 tarihinde <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/> adresinden erişilmiştir.
- Murayama, T., Furushima, M., Oda, A., Iwasaka, N., & Kai, K. (1996). Depolarization ratio measurements in the atmospheric boundary layer by lidar in Tokyo. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 74(4), 571-578. doi: [10.2151/jmsj1965.74.4_571](https://doi.org/10.2151/jmsj1965.74.4_571)
- NASA (2024). *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, 09.12.2024 tarihinde <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/aster> adresinden erişilmiştir.
- NESDIS (2021). *Celebrating 60 Years of the World's First Weather Satellite*, 23.11.2024 tarihinde <https://www.nesdis.noaa.gov/news/celebrating-60-years-of-the-worlds-first-weather-satellite#:~:text=On%20April%201%2C%201960%2C%20the.world's%20first%20successful%20meteorological%20satellite.&text=Nearly%2063%20years%20ago%2C%20on.placed%20in%20orbit%20around%20Earth> adresinden erişilmiştir.
- NESDIS (2024a). *History of NOAA Satellites*, 09.11.2024 tarihinde <https://www.nesdis.noaa.gov/our-satellites/related-information/history-of-noaa-satellites> adresinden erişilmiştir.
- NESDIS (2024b). *Geostationary Satellites: A Look Back*, 09.11.2024 tarihinde <https://www.nesdis.noaa.gov/our-satellites/related-information/history-of-noaa-satellites/goes-history> adresinden erişilmiştir.
- Nichol, J. E., Fung, W. Y., Lam, K. S., & Wong, M. S. (2009). Urban heat island diagnosis using ASTER satellite images and 'in situ' air temperature. *Atmospheric Research*, 94(2), 276-284. doi: [10.1016/j.atmosres.2009.06.011](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.06.011)
- Nişancı, A. (1994). Belli hava durumlarında Erzurum'un hava kirliliği. *Edebiyat ve Beşeri Bilimler Dergisi*, (15), 319-324. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/literatureandhumanities/issue/83391/1445494>.
- Oguz, H. (2017). Landsat 8 uydu görüntüsünden otomatik yer yüzey sıcaklığı eldesi: Diyarbakır-Türkiye örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1), 33-43. doi: [10.32328/turkjforsci.296845](https://doi.org/10.32328/turkjforsci.296845)
- Oguz, H., Doygun, N., Kısakürek, Ş., & Özçalık, M. (2019). Calculating Surface Temperature of Izmir, Turkey. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 1(2), 36-46. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/artgrid/issue/51326/664786>.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779. doi: [10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Oke, T. R. (1974). *Review of urban climatology, 1968-1973*. Genova: World Meteorological Organization, Vol: 383. Erişim adresi: https://urban-climate.org/wp-content/uploads/2023/10/Oke_1974.pdf
- Oke, T. R. (1979). *Review of urban climatology, 1973-1976*. Genova: Secretariat of the World Meteorological Organization, Vol: 539. Erişim adresi: https://urban-climate.org/wp-content/uploads/2023/10/Oke_1979_wmo_539.pdf
- Oke, T. R. (1981b). *Bibliography of urban climate, 1977-1980*. Vancouver: World Meteorological Organization, Vol: 45.
- Oke, T. R. (1981a). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254. doi: [10.1002/joc.3370010304](https://doi.org/10.1002/joc.3370010304)
- Oke, T. R. (1982a). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (455), 1-24. doi: [10.1002/qj.49710845502](https://doi.org/10.1002/qj.49710845502)
- Oke T. R. (1982b). *Bibliography of urban climate, 1977-1980*. World Meteorological Organization, Vol: 45. https://urban-climate.org/wp-content/uploads/2023/10/Oke_1983_wcp_45_en.pdf

- Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates* (Second Edition). Methuen: Routledge.
- Oke, T. R. (1990). *Bibliography of urban climate, 1981-1988*. Genova: World Meteorological Organization, Vol: 397. Erişim adresi: <https://library.wmo.int/records/item/37329-bibliography-of-urban-climate-1981-1988?offset=7741>
- Oke, T. R. (2004). *Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites*. 27th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 25-29 October, Banff/Kanada. Erişim adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-68854-1_66.
- Oke, T. R., & Maxwell, G. B. (1975). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* (1967), 9(2), 191-200. doi: [10.1016/0004-6981\(75\)90067-0](https://doi.org/10.1016/0004-6981(75)90067-0)
- Okur, E. H. (2022). *A generative urban configuration model: Optimization of sky view factor and open spaces*. Yaşar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Olgun, Ç. (1996). *Hava kirliliğinin 0-2 yaş grubunda solunum sistemi enfeksiyonlarına mortalite ve morbidite yönünden etkisi*. Sağlık Bakanlığı, İstanbul Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Yayınlanmamış Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Orhan, O. (2021). Mersin İlindeki Kentsel Büyümenin Yer Yüzey Sıcaklığı Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 6(1), 69-76. doi: [10.29128/geomatik.679858](https://doi.org/10.29128/geomatik.679858)
- Ozdemir, H., Unal, A., Kindap, T., Turuncoglu, U. U., Durmusoglu, Z. O., Khan, M., Tayanc, M., & Karaca, M. (2012). Quantification of the urban heat island under a changing climate over Anatolian Peninsula. *Theoretical and applied climatology*, 108, 31-38. doi: [10.1007/s00704-011-0515-8](https://doi.org/10.1007/s00704-011-0515-8)
- Özbilge, M. K. (2020). *Şehir ısı adası ile yüzey adası kavramları arasındaki farklar ve İstanbul örneği*. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Özçelik, H. (2018). *Doğal gaz dağıtım ve satış işletmelerinde özellik arzeden muhasebe işlemleri: İGDAŞ örneği*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Özdemir, H. (2013). *Investigation of the impact of urbanization on climate and air quality: a case study over Turkey*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Özkök, M. K., Tok, E., 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. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbbbd/issue/32854/365405>.
- Özsoy, Y. (1988). *İzmir'de hava kirliliğinin meteorolojik klimatolojik nedenleri*. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Pal, R. K., Goyal, P., & Sehgal, S. (2020). Thermal performance of buildings with light colored exterior materials. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1307-1313. doi: [10.1016/j.matpr.2020.04.508](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.508)
- Papanastasiou, D. K., & Melas, D. (2009). Climatology and impact on air quality of sea breeze in an urban coastal environment. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(2), 305-315. doi: [10.1002/joc.1707](https://doi.org/10.1002/joc.1707)
- Park, J. H., Kim, J., Yoon, D. K., & Cho, G. H. (2016). The influence of Korea's green parking project on the thermal environment of a residential street. *Habitat International*, 56, 181-190. doi: [10.1016/j.habitatint.2016.05.005](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.05.005)
- Parsova, Ö. (2020). *Kentsel ısı adası etkisinin yapısal ve bitkisel alanlarda incelenmesi: Kadıköy ilçesi örneği*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Oettle, C., Bréon, F. M., Nan, H., Zhou, L., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental science & technology*, 46(2), 696-703. doi: [10.1021/es2030438](https://doi.org/10.1021/es2030438)
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 10-15. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/52699/649526>
- Rao, P. K. (1972). Remote Sensing of Urban Heat Islands from an Environmental Satellite. *Bulletin of the American*

- Meteorological Society*, 53, 647-648.
- Rawat, M., & Singh, R. N. (2022). Impact of light-colored paint materials on discomfort in a building for hot-dry climate. *Materials Today: Proceedings*, 52, 998-1005. doi: [10.1016/j.matpr.2021.10.470](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.470)
- Renou, E. (1855). Instructions meteorologiques. *Annuaire Societe Meeorologie de France*, 3(1), 73-160.
- Renou, E. (1868). Differences de temperature entre la ville et la campagne'. *Annuaire Societe Meeorologie de France*, 3, 83-97.
- Saltikoff, E., Friedrich, K., Soderholm, J., Lengfeld, K., Nelson, B., Becker, A., Hollmann, R., Urban, B., & Tassone, C. (2019). An overview of using weather radar for climatological studies: Successes, challenges, and potential. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(9), 1739-1752. doi: [10.1175/BAMS-D-18-0166.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0166.1)
- Samancı, Ö. N., & Toy, S. (2024). Soğuk İklim Kentlerinde İklim Değişikliğine Uyumlu Kentsel Tasarım İlkeleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 29(51), 90-99. doi: [10.17295/ataunidcd.1453087](https://doi.org/10.17295/ataunidcd.1453087)
- Santamouris, M. (2007). Heat island research in Europe: the state of the art. *Advances in building energy research*, 1(1), 123-150. doi: [10.1080/17512549.2007.9687272](https://doi.org/10.1080/17512549.2007.9687272)
- Sarı, E. N., & Yılmaz, S. (2021). Farklı sokak kanyonlarında rüzgârın hava kirliliği dağılımı üzerindeki etkisi: Erzurum örneği. *Planlama*, 31(3), 466-479. doi: [10.14744/planlama.2021.49368](https://doi.org/10.14744/planlama.2021.49368)
- Schmauss, A. (1927). Groszstadte und Niederschlag. *Meteorolog. Z.* 44, 339-341.
- Schmetz, J., Pili, P., Tjemkes, S., Just, D., Kerkmann, J., Rota, S., & Ratier, A. (2002). An introduction to Meteosat second generation (MSG). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(7), 977-992. doi: [10.1175/1520-0477\(2002\)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2002)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2)
- Schmidt, W. (1917). Zum Einfluss grosser Stadte auf das Klima. *Naturwissenschaften*, 5, 494-495. doi: [10.1007/BF02450060](https://doi.org/10.1007/BF02450060)
- Schmidt, W. (1927). Die Verteilung der Minimumtemperaturen in der Frostnacht des 12.5.1927 im Gemeindegebiet von Wien. *Fortschr. Landwirtsch.* 2(21), 681-686.
- Schmidt, W. (1930). Kleinklimatische Aufnahmen durch Temperaturfahrten. *Meteorologische Zeitschrift*, 47, 92-106.
- Sengel, C. M. Y. (1992). *Kadıköy belediye sınırları içerisinde ısınmada kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi ve öneriler getirilmesi*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Demircan, M., Arabacı, H., & Bölük, E. (2015). *Urbanization effect on trends of extreme temperature indices in Ankara*. VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan, İstanbul. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2015/3.pdf>
- SentiWiki (2024). *SentiWiki Home Page*, 09.12.2024 tarihinde <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentiwiki> adresinden erişilmiştir.
- Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenge –A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 757-773. doi: [10.1016/j.rser.2018.04.006](https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006)
- Shang, K., Xu, L., Liu, X., Yin, Z., Liu, Z., Li, X., Yin, L., & Zheng, W. (2023). Study of urban heat island effect in Hangzhou Metropolitan Area based on SW-TES algorithm and Image Dichotomous Model. *Sage Open*, 13(4). doi: [10.1177/21582440231208851](https://doi.org/10.1177/21582440231208851)
- Sierka, E., Radosz, Ł., Ryś, K., & Woźniak, G. (2022). Ecosystem services and post-industrial areas. Dyczko, A., Jagodzinski, A. M., Wozniak, G. (Eds), *Green Scenarios: Mining Industry Responses to Environmental Challenges of the Anthropocene Epoch* içinde (265-274). Leiden: CRC Press.
- Somuncu, D. H. (2021). *Kentsel ısı adası etkisinin yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılarak irdelenmesi: Ankara kent merkezi örneği*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Stone Jr, B. (2001). *A remote sensing analysis of residential land use, forest canopy distribution, and surface heat island formation in the Atlanta Metropolitan Region*. Georgia Institute of Technology, Thesis (PhD), Erişim adresi: <https://repository.gatech.edu/entities/publication/71630b79-2514-44d7-aaf3-3db1b132b6d5>
- Şahin, M., Yıldız, B., Şenkal, O., & Peştemalçı, V. (2011). Uydu verileri kullanılarak İzmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/sdufenbed/issue/20794/222159>.
- Şekertekin, A. (2019). Işınım Transferi Denklemi Baz Alınarak Yer Yüzey Sıcaklığının Landsat-8 Uydu Verileri ile Haritalanması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 769-777.

doi: [10.35414/akufemubid.559576](https://doi.org/10.35414/akufemubid.559576)

- Şekertekin, A., Çiçekli, S. Y., & Arslan, N. (2018). *Gece ve gündüz yer yüzey sıcaklığı görüntüleri ile yüzey ısı adası analizi*. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 18-21 Eylül, Eskişehir. Erişim adresi: http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/bildiriler/2018/2018_6905.pdf
- Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş., & Marangoz, A. M. (2015). *Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye*. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart, Ankara. Erişim adresi: https://obs.hkmo.org.tr/show-media/resimler/ekler/82d5c1f3a23df2c_ek.pdf
- Şekertekin, A., & Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111. doi: [10.29128/geomatik.497051](https://doi.org/10.29128/geomatik.497051)
- Şengün, E. (2022). *Arazi örtüsü-arazi kullanımı değişikliğinin yer yüzey sıcaklığına etkisinin Landsat görüntüleri ve Google Earth Engine platformu kullanımıyla uzun vadeli izlenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Şenlik, Y. F. (2024). *Antalya ilinde orman yangınlarının farklı parametrelerle ilişkisi*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Şenlik, Y. F., & Çiçek, İ. (2025). MODIS-AQUA verilerine göre Bursa şehri ve çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı ve eğilimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (87), 79-97. doi: [10.17211/tcd.1642864](https://doi.org/10.17211/tcd.1642864)
- Şenlik, Y. F., & Yılmaz, E. (2023). MODIS Verilerine göre İzmir ve Manisa Şehirleri ve Çevresinde Yüzey Sıcaklık Dağılışı ve Eğilimleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 51-68. doi: [10.51800/ecd.1223028](https://doi.org/10.51800/ecd.1223028)
- Şenlik, Y. F., & Yılmaz, E. (2024). İzmir ve Manisa şehirlerinde en sıcak ve en soğuk noktaların dağılışı ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (86), 45-56. doi: [10.17211/tcd.1488891](https://doi.org/10.17211/tcd.1488891)
- Şenlik, Y. F., & Yılmaz, E. (2025). Antalya İlinde Yüzey Sıcaklıklarındaki Değişimler ve Orman Yangınları ile İlişkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 11(1), 220-248. doi: [10.21324/dacd.1532721](https://doi.org/10.21324/dacd.1532721)
- Şensoy, S., Şahin, L., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Darend, V., & Yazıcı, B. (2017). *Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi*. III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 16-19 Ekim, Antalya. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2017/17.pdf>
- Şentürk, Y., & Çubukçu, K. M. (2022). Kentsel soğuk alan soğutma kapasitesinin araştırılması, İzmir örneği. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 106-126. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/csid/issue/69388/1102333>
- Şentürk, Y., & Çubukçu, K. M. (2023). Kentsel Mekânda Soğutma Yayılımının Araştırılması, İzmir Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 21(2), 453-480. doi: [10.33688/aucbd.1340464](https://doi.org/10.33688/aucbd.1340464)
- Tanrıkulu, M. (2006). *İzmir'de şehirleşmenin sıcaklık ve yağış üzerine etkisi*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Taşdelen, Ö. (2019). *Yer yüzey sıcaklık haritalarının yerel ve ilke ölçeğinde zamansal ve mekânsal olarak uzaktan algılama ile tespiti*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Tayanç, M., Karaca, M., & Yenigün, O. (1997). Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation to air pollutants in Turkey. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D2), 1909-1919. doi: [10.1029/96jd02108](https://doi.org/10.1029/96jd02108)
- Tayanç, M., & Toros, H. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change*, 35, 501-524. doi: [10.1023/A:1005357915441](https://doi.org/10.1023/A:1005357915441)
- Taymuş, N. (2009). *NOAA-AVHRR verileri kullanılarak Çukurova bölgesinin yayınlık değerlerinin bulunması*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- T. C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2024). *Türkiye Meteoroloji Gözlem Sistemleri İstatistiksel Analizleri: (1949-2024)*, 04.01.2025 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=gozlemSistemleri> adresinden erişilmiştir.
- T. C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2024). *Türk Meteoroloji Tarihi*, 11.12.2024 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojitarhi.aspx> adresinden erişilmiştir.
- T. C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2025). *Meteoroloji Radarı Nedir?*

- Ünsal, Ö., Kuzulugil, A. C., Aytatlı, B., Demircioğlu ve Yıldız, N. (2023). Alan Kullanım Türlerinin Yer Yüzeysel Sıcaklığı Verileri ile Zamansal Değişiminin Belirlenmesi (Erzurum Kenti Örneği). *Kent Akademisi*, 16(2), 1334-1361. doi: [10.35674/kent.1200305](https://doi.org/10.35674/kent.1200305)
- Vardar, N. (1993). *Bursa'daki hava kirliliğinin matematik modelle incelenmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 740-752. doi: [10.1016/j.rser.2015.12.119](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119)
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (1998). Radiometric Temperatures of Urban Canyon Walls obtained from Vehicle Traverses. *Theoretical and Applied Climatology*, 60(1), 199-217. doi: [10.1007/s007040050044](https://doi.org/10.1007/s007040050044)
- Wark, D. Q., Yamamoto, G., & Lienesch, J. H. (1962). Methods of estimating infrared flux and surface temperature from meteorological satellites. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 19 (5), 369-384. doi: [10.1175/1520-0469\(1962\)019<0369:MOEIFA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1962)019<0369:MOEIFA>2.0.CO;2)
- Wong, N. H., Tan, C. L., Kolokotsa, D. D., & Takebayashi, H. (2021). Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth and Environment*, 2(3), 166-181. doi: [10.1038/s43017-020-00129-5](https://doi.org/10.1038/s43017-020-00129-5)
- World Bank (2024a). *Population 2023*, 23.11.2024 tarihinde <https://datacatalogfiles.worldbank.org/ddh-published/0038126/DR0046429/POP.pdf?versionId=2024-07-01T12:43:46.5296311Z> adresinden erişilmiştir.
- World Bank (2024b). *Urban population (% of total population)*, 21.11.2024 tarihinde <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?view=map> adresinden erişilmiştir.
- Xiong, Y., Huang, S., Chen, F., Ye, H., Wang, C., ve 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. doi: [10.3390/rs4072033](https://doi.org/10.3390/rs4072033)
- Yalçın, N. (1990). *Erzurum'da hava kirliliğinin iklimik açıdan incelenmesi*. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- 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. doi: [10.1007/s10040-009-0474-7](https://doi.org/10.1007/s10040-009-0474-7)
- Yamashita, S. (1990). The urban climate of Tokyo. *Geographical Review of Japan*, 63 (1), 98-107. doi: [10.4157/grj1984b.63.98](https://doi.org/10.4157/grj1984b.63.98)
- Yang, C., He, X., Yu, L., Yang, J., Yan, F., Bu, K., Chang, L., & Zhang, S. (2017). The cooling effect of urban parks and its monthly variations in a snow climate city. *Remote Sensing*, 9(10), 1066. doi: [10.3390/rs9101066](https://doi.org/10.3390/rs9101066)
- Yavaş, M., Yılmaz, S. (2019). Soğuk İklim Bölgesinde Kentsel Mikro İklimin Değerlendirilmesi: Erzurum Kentsel Dönüşüm Alanı Örneği. *Artium*, 7(2), 103-114. Erişim adresi: <http://artium.hku.edu.tr/tr/pub/issue/47900/568298>.
- Yavaş, M., & Yılmaz, S. (2020). İklim duyarlı kentsel tasarım ilkeleri: Erzurum kenti örneği. *Planlama Dergisi*, 30(2), 294-312. doi: [10.14744/planlama.2020.04934](https://doi.org/10.14744/planlama.2020.04934)
- 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. doi: [10.11648/j.ajrs.20170503.11](https://doi.org/10.11648/j.ajrs.20170503.11)
- Yavaşlı, D. D., Ölgen, M. K., & Zoğal, V. (2018). Are Summer Resorts Cooler in Summer? A Case Study of İzmir Province. *Ege Coğrafya Dergisi*, 27(2), 127-134. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/issue/41304/499202>
- Yavuzdemir, F. (1997). *Air quality impacts of various heating systems in Ankara*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yıldız, S. (2024). *MODIS uydu verileri ile Ankara yüzey ısı adası ve bulutluluk oranlarının incelenmesi*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, E. (2013). *Ankara şehrinde ısı adası oluşumu*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13(2), 115-138. doi: [10.1501/Cogbil_0000000167](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000167)
- Yılmaz, E. (2017a). Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed.), *Türkiye coğrafyası araştırmaları-Prof. Dr. Mesut Elibüyük'e armağan içinde* (177-204). Ankara: PEGEM Akademi.

- Yılmaz E. (2017b). *Türkiye şehirlerinde ısı adası karakterleri*. Türk Coğrafya Kurumu 75. Yıl Uluslararası Kongresi, 8-10 Kasım, Ankara.
- Yılmaz, E. (2018). *Surface Heat Island Characteristics of Erzurum, Northeast Turkey*. EGU General Assembly Conference, 4-13 Nisan, Vienna-Austria. Erişim adresi: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-3734-1.pdf>
- Yılmaz, E., & Darende, V. (2021). Türkiye’de yağış ölçümü yapılan manuel-otomatik meteoroloji gözlem istasyonu verilerinin karşılaştırılması. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 53-66. doi: 10.17211/tcd.834500
- Yılmaz, E., Özcanlı, M. (2021). Van Şehir Gelişimi ile Şehir Isı Adası Arasındaki İlişkiler ve Sıcaklık Değişimleri. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 40-60. <https://dergipark.org.tr/en/pub/visbid/issue/68752/1084820> adresinden erişilmiştir.
- Yılmaz, H., Toy, S., Irmak, M. A., Yılmaz, S., & Bulut, Y. (2008). Determination of temperature differences between asphalt concrete, soil and grass surfaces of the City of Erzurum, Turkey. *Atmósfera*, 21(2), 135-146. Erişim adresi: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-62362008000200002&script=sci_arttext&tlng=en .
- Yılmaz, H., Yılmaz, S., Yavaş, M., Mutlu, E., & Koç, A. (2016). Climate-sensitive pavement modelling for pedestrian ways. *Procedia Engineering*, 169, 408-415. doi: 10.1016/j.proeng.2016.10.050
- Yılmaz, S., Toy, S., Demircioğlu Yıldız, N., & Yılmaz, H. (2009). Human population growth and temperature increase along with the increase in urbanisation, motor vehicle numbers and green area amount in the sample of Erzurum city, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 148, 205-213. doi: 10.1007/s10661-007-0151-z
- Yılmaz, S., Toy, S., Irmak, M. A., & Yılmaz, H. (2007). Determination of climatic differences in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment*, 42(4), 1604-1612. doi: 10.1016/j.buildenv.2006.01.017
- Yılmaz, S., Toy, S., & Yılmaz, H. (2007). Human thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Atmósfera*, 20(3), 289-297. Erişim adresi: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-62362007000300004&script=sci_arttext.
- Yoshikado, H. (1994). Interaction of the sea breeze with urban heat islands of different sizes and locations. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 72(1), 139-143. doi: 10.2151/jmsj1965.72.1_139
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., & Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3205-3226. doi: 10.1080/01431160500306906
- Yücer, E. (2023). Albedo, yer yüzey sıcaklığı ve NDVI arasındaki ilişkinin Landsat-7 ve Landsat-8 uydu verileri kullanılarak incelenmesi: Safranbolu örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 177-190. doi: 10.17780/ksujes.1192591
- Yüksel, A. T., & Coskun Hepcan, Ç. (2023). Kentsel Yüzey Sıcaklığı ve Mavi-Yeşil Altyapı İlişkisi: Karşıyaka Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 91-98. doi: 10.25308/aduziraat.1214763
- Zaeemdar, S. (2019). *Adapting Istanbul metropolitan city to urban heat island: the case study of Beyoglu*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Zeğerek Altunbey, P. (2023). *Kentsel yeşil alanlarda alan büyüklüğü, bitki örtüsü ve yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi: Antalya kenti örneği*. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Antalya. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Zhou, Y., Zhao, H., Mao, S., Zhang, G., Jin, Y., Luo, Y., Hou, W., Pan, Z., An, P., & Lun, F. (2022). Studies on urban park cooling effects and their driving factors in China: Considering 276 cities under different climate zones. *Building and Environment*, 222, 109441. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109441
- Zobu, Z., & Yılmaz, E. (2024). *Kayseri şehri ve çevresinde yüzey sıcaklığı ile çeşitli faktörler arasındaki ilişkinin uydu görüntüleri ile incelenmesi*. TÜCAUM 2024 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 8-10 Ekim, Ankara. Erişim adresi: <https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2024/12/TM-31-Zeynep-Zobu-Erkan-Yilmaz-404-422.pdf>