

**For citation / Atf için:**

KIRCI, B. & YILMAZ, E. (2024). Kastamonu Şehri Yakın Çevresinde Aylık ve Günlük Yüzeysel Sıcaklık Değişimleri. *Kastamonu İnsan ve Toplum Dergisi – KİTOD* 2(4), 15-50.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13902427>, <https://dergipark.org.tr/pub/kitod>

## Kastamonu şehri yakın çevresinde aylık ve günlük yüzeysel sıcaklık değişimleri

Monthly and diurnal surface temperature variations in the vicinity of Kastamonu City

### *Büşra KIRCI*

Ar. Gör.; Kastamonu Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Posta kodu, Ankara, Türkiye

E-mail: [busra.krc.93@gmail.com](mailto:busra.krc.93@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2731-3846

### *Erkan YILMAZ*

Doç. Dr.; Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Posta kodu, Ankara, Türkiye

E-mail: [erkanyilmazz@gmail.com](mailto:erkanyilmazz@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3821-3648

Makale Türü / Article Type:

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderilme Tarihi / Submission Date:

10/09/2024

Revizyon Tarihleri / Revision Dates:

11/09/2024 (Editör r.); 03/10/2024 (Minör r.)

Kabul Tarihi / Accepted Date:

10/10/2024

### **Etik Beyan / Ethics Statement**

- ✓ Makale için etik onay alınmamıştır. Yazar(lar), çalışmanın etik kurul onayına tabi olmadığını beyan eder(ler).
- ✓ Ethical approval was not obtained for this study. The author(s) declare(s) that the study is not subject to ethics committee approval.

### **Araştırmacıların çalışmaya katkısı / Researchers' contribution to the study**

- ✓ Yazarın katkısı: Makaleyi yazdı, verileri topladı ve sonuçları analiz etti/raporladı (%50).

Author contribution: Wrote the article, collected the data, and analyzed/reported the results (50%).

- ✓ Yazarın katkısı: Makaleyi yazdı, verileri topladı ve sonuçları analiz etti/raporladı (%50).

Author contribution: Wrote the article, collected the data, and analyzed/reported the results (50%).

### **Çıkar çatışması / Conflict of interest**

Yazar(lar) bu çalışmada olası bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

The author(s) declare(s) that there is no potential conflict of interest in this study.

### **Benzerlik / Similarity**

Bu çalışma iThenticate programında taranmıştır. Nihai benzerlik oranı %1'dir.

This study was scanned in the iThenticate program. The final similarity rate is 1%.

## Kastamonu şehri yakın çevresinde aylık ve günlük yüzey sıcaklık değişimleri

### Öz

Küresel sıcaklığın artışıyla birlikte şehirleşme faaliyetlerinin hız kesmeden devam ediyor olması, son yıllarda şehir ısı adaları üzerine dikkatlerin yoğunlaşmasına neden olmuştur. Şehir ısı adası meteorolojik ölçümlerle belirlenebileceği gibi uydu görüntüleri vasıtasıyla da incelenebilir. Uydu görüntülerinin termal kızılötesi bantları bir şehirden yayılan enerjinin kaydını tutar ve belli bir alana ait sürekli yüzey ısı verisi sunar. Bu çalışmada Kastamonu şehir merkezini ve yakın çevresini kapsayan bir alanda yüzey sıcaklık modelleri oluşturulmuştur. Aylık modeller LANDSAT ve bir günlük model LANDSAT-ASTER görüntülerinden türetilmiştir. Aylık değişimler mahalle ölçeğinde aktarılmış, çalışma alanı, şehrsel mahallelerin toplam alanı ve şehrsel alan için ortalamalar hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Günlük değişim (gündüz-gece), kabaca K-G ve D-B doğrultulu 2 profilde arazi örtüsüyle ilişkilendirilerek incelenmiştir. Buna göre ulaşılan genel hususlar şöyledir: (1) Kış mevsiminde şehir merkezi çevresine göre daha serindir, (2) bununla birlikte biri şehir diğeri doğal peyzajlı 2 ayrı alandan, şehir olanı yıl boyunca daha sıcaktır, (3) gündüz-gece arasındaki en büyük sıcaklık farkları şehrsel bileşenlerde, en küçük farklar su kütlesi ve orman gibi doğal peyzaj bileşenlerindedir, (4) yüzey heterojenliği arttıkça enerjinin dengeli bir şekilde dağıldığı ve sıcaklık farklarının küçüldüğü belirlenir. Nisan ve mayısta gelişmeye başlayan şehir/yüzey ısı adası etkisi haziranda en şiddetli hale gelerek ekim başına kadar hafifleyerek devam eder.

**Anahtar Kelimeler:** Uydu görüntüsü, Yüzey sıcaklığı, Şehir ısı adası, Yüzey ısı adası, Günlük değişim

## Monthly and diurnal surface temperature variations in the vicinity of Kastamonu City

### Abstract

In addition to the global temperature increase, the fact that urbanization activities continue unabated has caused attention to be focused on urban heat islands in recent years. Urban heat islands can be determined through satellite images as well as meteorological measurements. The thermal infrared bands of satellite imagery record the energy emitted from a city and provide continuous data on a surface. In this study, surface temperature models were created for an area encompassing Kastamonu city center and its immediate surroundings. Monthly models were derived from LANDSAT, and one-day models were obtained from LANDSAT-ASTER imagery. Monthly variations were reported at the neighborhood scale, and averages for the study area, total urban neighborhood area, and the urban area were calculated and compared. Diurnal variation was assessed in relation to land cover in 2 profiles oriented roughly N-S and E-W. Accordingly, the general conclusions are as follows: (1) In winter, the city center is cooler than its surroundings, (2) nevertheless, of the 2 similar areas, one urban and one naturally landscaped, the urban area is warmer throughout the year, (3) the largest diurnal differences are in urban components, while the smallest differences are in natural landscape components such as water bodies and forests, (4) as the surface heterogeneity increases, it is determined that the energy is evenly distributed and temperature differences become smaller. The urban/surface heat island effect starts to develop in April and May, becomes most severe in June and continues in a fading form until the beginning of October.

### EXTENDED ABSTRACT

#### Introduction

Increasing population and growing cities in the context of global warming have led to increased studies on surface heat islands and thermal comfort. Remote sensing tools are one of the primary data sources used in these studies. The infrared bands of satellite images record the energy emitted from a city. With some formulations applied to these bands, surface temperature models can be obtained.

Urban heat island studies mostly focus on metropolitan cities with large populations. In this study, surface temperature changes in Kastamonu city, which has a population of around 350,000 and where various land types are intertwined, were investigated on monthly and diurnal scales.

## Data and Method

In this study, although the monthly changes in 2023, the most recent and hottest year, were intended to be monitored, the monthly images were selected from the previous year, 2022, because LANDSAT images, one of the main data sources of the study, were cloudy in some months, and a complete one-year period was needed. Monthly and seasonal changes in surface temperatures were monitored through thermal band-calibrated images. A monthly surface temperature dataset was obtained for the neighborhoods in the study area. ASTER images were used for night surface temperatures. Day and night temperatures and their changes for the month of July were analyzed by land cover types. To compare surface temperatures in the north and south, and east and west of the city, two profile lines in roughly N-S and E-W directions were determined. Day and night surface temperature datasets were created for various terrain types at points corresponding to 100-meter distances along these profiles. The findings are expected to be representative of a year and a day in general.

## Results

While describing the findings, two reference values were created to ensure comparison. One is the average surface temperature over the entire study area. The other is the average temperature of the urban area, which includes the discontinuous and continuous city structures that form the main line of the city, as well as the large industrial-commercial unit to the north of this structure. In December, January, and February, SAMST and UAMST values were 3°C, 0.5°C, and 5°C, respectively. In mid-winter, the urban area average is lower than the study area average. This indicates that the urban structure is cooler. SAMST and UAMST values are around 17°C, 24°C, and 26°C in March, April, and May, respectively. In June, SAMST was 22°C, while UAMST was 26°C. Throughout the year, the strongest positive surface heat island occurs in June. SAMST and UAMST values were 27°C and 30°C in July, and 31°C and 32°C in August. The reference values were around 25°C in September, 13°C in October, and 2°C in November. As in January, the SAMST value is higher than the UAMST value in October and November. During these months, the urban structure is cooler than its surroundings. In the cold season, the urban area is a negative surface heat island, while in the hot season, it is a positive surface heat island. In summer, the positive surface heat island feature includes the urban area as well as the dry farmland, while at night, the positive surface heat island is limited to the urban area. During the daytime in summer (July), dry farming areas are as hot as the urban area. However, in this season, when the sunshine duration is long and the energy loss is short, the dry agricultural areas cool down rapidly after sunset. The urban area, on the other hand, remains hot when the villages cool down. However, it is cooler in the early morning hours. The highest diurnal surface temperature differences are observed in industrial and commercial units, continuous urban structures, sports and recreation units, and discontinuous urban structures.

## Conclusion

Kastamonu has an annual range of surface temperatures of 30°C. Winter and summer seasons transition with two rapid cooling and warming periods. In summer, surface temperatures diverge more strongly according to land cover. The surface heat island in the study area can be described as positive in summer and negative in winter. However, the north of the city has higher surface temperature values than the south throughout the year. In seasons with long sunshine hours, the villages cool down rapidly after sunset, causing the city to exhibit a positive surface heat island feature at night. In the same season, water bodies and forest cover, which are the coolest land types during the day, become the warmest surfaces at night due to slow cooling. The diurnal surface temperature difference is greater on the artificial materials that make up the urban structure.

**Keywords:** Satellite data, Land surface temperature, Urban heat island, Surface heat island, Diurnal variation

## GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında mevcut şehirler alansal olarak genişlerken aynı zamanda çok sayıda yeni şehir de ortaya çıkmıştır. Şehirlerin kurulması ve/veya genişlemesi doğal peyzajın bozulmasıyla sonuçlanırken, özellikle endüstriyel şehirlerde biyoklimatik açıdan koşullar kötüleşmiştir (Yue vd., 2014). Bu nedenle şehirlerin hava kalitesi (Liang ve Gong, 2020; Stone, 2008) ve termal konforu (Mahmoud ve Gan, 2018; Mayer ve Höpfe, 1987) gün geçtikçe

üzerinde durulması gereken konular haline gelmiştir. Son 70 yılın güçlü fenomeni şehirleşmenin, şehir klimatolojisi açısından önemini ilerleyen zaman içerisinde sürdürmesi muhtemel görünmektedir. Nitekim, 1950'lilerde şehirli nüfus oranı dünya ölçeğinde %30 civarındayken, 2015 yılı itibariyle dünya nüfusunun %54'ünün şehirlerde yaşadığı belirlenmiştir (UN, 2018). Nüfus projeksiyonlarındaysa bunun 2050'de %68'e yükseleceği öngörülmektedir. Şehirsel alanların genişlemesiyle birlikte şehir ısı adası olgusu, tetikleyicisinin sanayi devrimi olduğu küresel ısınma bağlamında gittikçe önem kazanacaktır (Çirkin vd., 2024).

Küresel ısınma süreci, yerküre sistemini doğrudan ve dolaylı olarak tüm boyutlarıyla etkilemeye devam ederken, dünyanın son on yıllarda tecrübe ettiği yoğun kentleşme faaliyetleri araştırmacıları şehir klimatolojisine odaklanmaya itmiştir (Janković, 2013; Masson vd., 2020). Şehirsel alanları meydana getiren yapı yoğunluğu, bu yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri ve diğer topografik etmenler, şehirlerin iklimini kendine özgü kılmaktadır (Bozdoğan Sert vd., 2021; Canan, 2017; Çiçek vd., 2013). Kilometre başına düşen kişi sayısının gün geçtikçe yükseldiği metropollerde inşa edilen çok katlı binalar şehir kanyonlarını ortaya çıkarmıştır (Nunez ve Oke, 1976, 1977). Bu kanyonlar, rüzgâra bariyer oluşturarak (Buccolieri vd., 2022), rüzgârın kanalize olmasını sağlayarak (Louka vd., 1998), rüzgâr hızını değiştirerek (DePaul ve Sheih, 1986) veya girdaplar oluşturarak (Johnson ve Hunter, 1999) şehrin ısınma ve soğuma bilançosunda değişikliklere yol açmaktadır (Memon vd., 2010). Yüksek binaların birbirine yaklaşması, şehirlerde gök görüş oranlarını düşürmekte, yerden yansıyan ışınların şehir içerisinde hapsolmesine ve böylece şehirlerin çevrelerine göre daha sıcak olmasına neden olmaktadır (Scarano ve Sobrino, 2015). Ya da farklı bir açıdan yüksek yapılar güneş ışınlarının yere ulaşmasını engelleyen bir gölgelik gibi işlev görebilir (Sakınç ve Şerefhanoğlu Sözen, 2012). Bu durumda şehirsel yapı kolaylıkla ısınamayacaktır. Mevsime ve gün içerisindeki duruma göre şehirlerin çevrelerinden daha serin olabildiği literatürde saptanan bir olgudur (Q. Chen vd., 2021; Kim vd., 2022). Şehirsel doku, aerodinamik özellikleri ve radyatif enerjiyi manipüle etmekte, bu sayede şehrin termal karakterini belirlemektedir (Zajic vd., 2011).

Şehirleri oluşturan geçirimsiz yüzeylerle, kırsal çevre olarak tanımlanan doğal peyzaj unsurlarının kısa ve uzun dalga boylu ışınları farklı düzeylerde emmesi ve/veya yansıtması bu iki arazi örtüsü arasında belirgin sıcaklık farklılıklarını ortaya çıkarmaktadır (Liu ve Zhang, 2011). Bu farklılık şehir ısı adası (ŞIA) olarak adlandırılır ve kavram, şehirlerin çevreleriyle kıyaslandığında daha sıcak olmasını tanımlar. Ancak şehirler bazen çevrelerinden daha soğuk da olabilmektedir (Çiçek vd., 2013). Sıcak olma durumunun ŞIA olarak adlandırılmasına

binaen, beklenenin aksine soğuk olması negatif ŞIA olarak adlandırılır. Bu olgu, istasyonlarda ölçülen hava sıcaklıklarıyla belirlenebileceği gibi, uydu görüntülerinden sağlanan yüzey sıcaklık modelleriyle de çalışılabilir. Yılmaz (2015), şehir-kırsal farklılaşmasını, hava sıcaklıklarıyla tespit edildiğinde ŞIA, yüzey sıcaklıklarıyla (YS) tespit edildiğindeyse yüzey ısı adası (YIA) olarak tanımlanmasının doğru bir yaklaşım olacağını belirtir. Çünkü ŞIA, meteorolojik bir ölçümken, YIA, şehirden etrafa yayılan enerjinin ifadesidir. Gerek istasyon gerek YS olsun her iki veri seti de şehir ve yakın çevresi arasında farklılıkların ortaya çıkarılmasında başarılıdır ve ŞIA/YIA durumu hem yıl hem gün içerisinde değişmektedir. Literatürde ŞIA, YIA'yı da karşılamaktadır (Eminoğlu, 2023).

Daha önceleri, ŞIA çalışmalarında meteorolojik ölçümlerin kullanımı neredeyse mecburiyken, uyduların faaliyet göstermeye başlamasıyla ŞIA çalışmaları başka bir boyut kazanmıştır. Kızılötesi sensörler sayesinde artık belli ölçüm noktalarıyla değil bir yüzey boyunca enerjinin dağılışını/değişimini tespit etmek mümkün olmuştur. Nitekim bugün gelinen noktada, ŞIA çalışmalarında en çok uzaktan algılama verileri tercih edilmektedir. Uydu görüntülerinin termal kızılötesi bantlarından türetilen YS modelleri, ŞIA çalışmalarının temel araçlarından. Günlük (Klok vd., 2012; Tran vd., 2006; J. Zhou vd., 2013), aylık (Dian vd., 2020; Fu ve Weng, 2018; Huang vd., 2016) veya uzun dönemli (Y. Chen vd., 2023; Kikon vd., 2016; Si vd., 2022) YS değişimleri bu modeller üzerinden çalışılmakta, bununla ŞIA'nın şiddeti, büyüklüğü ve boyutları gibi hususları ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır (Cheval vd., 2009; Díaz-Chávez vd., 2024; Xian vd., 2021). Teknolojik ilerlemelerin etkisiyle 2000'li yıllardan sonra ŞIA çalışmaları ağırlık kazanmıştır. Nitekim, Almeida vd. (2021) özellikle 2016 sonrasında ŞIA çalışmalarında bir artışın olduğunu belirlemiştir.

Türkiye'de ŞIA üzerine ilk çalışmalar 1990'lı yıllara rastlamaktadır (Eljadid, 1992; Karaca, Anteplioglu, vd., 1995; Karaca, Tayanç, vd., 1995; Tayanç vd., 1997; Tayanç ve Toros, 1997). Araştırmacılar şehri ve kırsalı temsil eden farklı meteoroloji istasyonları arasında istatistik testler kullanarak ŞIA'yı incelemişlerdir. 2000-2010 yılları arasında Türkiye'deki ŞIA çalışmaları meteoroloji temellidir (Acar, 2005; Çiçek, 2005; Çiçek ve Doğan, 2005; Çiçek ve Türkoğlu, 2007, 2009; Kum, 2006; Tanrikulu, 2006; Yalçın ve Yetemen, 2009). Dikkat çekici bir çalışma Yalçın ve Yetemen (2009) tarafından gerçekleştirilmiş, buna göre yazarlar İstanbul'da ŞIA etkisinin yeraltı suyu sıcaklığını yükselttiğini belirlemiştir. Türkiye'de bir ŞIA çalışmasında uydu görüntülerinin kullanıldığı ilk çalışma bilindiği kadarıyla Duman Yüksel ve Yılmaz (2008)'a aittir. 2010 sonrasında Türkiye'de ŞIA çalışmalarında uydu görüntülerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (Çiçek vd., 2013; Güneş vd., 2021; Mercan, 2020; Orhan, 2021;

Orhan vd., 2019; Şekertekin ve Marangoz, 2019; Şenlik ve Yılmaz, 2023; Yılmaz, 2013, 2015; Yılmaz ve Özcanlı, 2021).

YS, hava sıcaklığına paralel seyretmektedir. 1850'den bu yana son 174 yıllık süreç içerisinde en sıcak 10 yılın değerleri, son 10 yılda (2014-2023) saptanırken (NOAA, 2024), 2023 en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir (ECMWF, 2024). Türkiye'de ŞIA ve YS çalışmaları başta İstanbul, Ankara olmak üzere büyük şehirleri konu edinmektedir. Bu çalışmada küçük şehir niteliğindeki Kastamonu'ya odaklanılmıştır. Türkiye'nin diğer çoğu şehrine kıyasla Kastamonu, şehir merkezine de karşılık gelen dar alanlı bir sürekli ve kesikli şehir yapısına sahiptir. Şehir yapısı kuru tarımdan iğne yapraklı ormana kadar çeşitli nitelikte arazi örtüsü bileşenleriyle çevrelenmiştir. ŞIA çalışmalarında konu edinilen büyük şehir eğiliminden sapılarak, küresel ısınma bağlamında en sıcak ve en güncel zaman dilimi için Kastamonu şehir merkezi ve yakın çevresini kapsayan bir alanda YS veri seti oluşturulmuştur. Değişim mahalleler bazında aylık olarak izlenmiş, yılın en sıcak ayında gece ve gündüz sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre nasıl değiştiğine bakılmıştır. Bu çalışmada YIA, ŞIA'ya karşılık gelmektedir.

## **VERİ ve YÖNTEM**

Çalışmada kullanılan veri setini temelde 2 kısma ayırmak mümkündür. Birinci kısım, tüm bir yılı incelemek amacıyla her bir ayı temsilen birer uydu görüntüsünden oluşmaktadır. Aylık görüntüler LANDSAT uydularına aittir. Görüntünün elde edildiği tarihin gündüz durumunu göstermektedir. İkinci kısım veri setiyse 2 görüntü içermektedir. LANDSAT ve ASTER görüntüleri sırasıyla gündüz ve gece YS'lerini tespit etmek üzere seçilmiştir.

Belirlenen çalışma alanı için en bulutsuz ve en güncel tarihli ASTER gece görüntüsü 11 Temmuz 2023'te elde edilmiştir. Bu ASTER görüntüsüne en yakın tarihli gündüz görüntüsü ise LANDSAT 9 uydusuna aittir ve 13 Temmuz 2023'ü göstermektedir. İndirilen uydu görüntülerinin zamansal bilgileri Tablo 1'de yer almaktadır. Tüm görüntülerin en sıcak ve en güncel 2023 yılına ait olması istenmişse de uyduların görüntü aldığı tarihlerde çalışma alanının kısmen veya tamamen bulutlu olduğu aylarda bir önceki yılın uydu görüntülerine bakılarak 12 aylık periyot tamamlanmıştır.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri

Aylık			
Tarih	Uydu Görüntüsü	Tarih	Uydu Görüntüsü
10/01/2023-11:26	LANDSAT 8	29/07/2023-11:26	LANDSAT 9
16/02/2022-11:26	LANDSAT 9	30/08/2023-11:26	LANDSAT 9
28/03/2022-11:26	LANDSAT 8	15/09/2023-11:26	LANDSAT 9
29/04/2022-11:26	LANDSAT 8	30/10/2022-11:27	LANDSAT 9
15/05/2022-11:26	LANDSAT 8	15/11/2022-11:27	LANDSAT 9
16/06/2022-11:26	LANDSAT 8	04/12/2023-11:26	LANDSAT 9
Günlük			
Tarih	Uydu Görüntüsü	Tarih	Uydu Görüntüsü
13/07/2023-11:26	LANDSAT 9	11/07/2023-22:21	ASTER

2013 yılında uzaya fırlatılan LANDSAT 8 uydusu, görünür ve kızılötesi ışınları algılayan iki sensöre sahiptir: Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS). OLI sensörü verileri 9 bantta toplar; bunların mekânsal çözünürlüğü 30 m, pankromatik 8. bandın ise 15 m'dir. TIRS sensöründen alınan 10. ve 11. bantların çözünürlüğü 100 m'dir (USGS, 2023a). Bu çalışmada, LANDSAT 8'in 10. bandı yüzey sıcaklık modellemesinde kullanılmıştır, 11. bantta doğru görüntüler içermediğinden dikkate alınmamıştır (Yılmaz vd., 2019, s. 41).

LANDSAT 8 gibi OLI ve TIRS sensörlerine sahip LANDSAT 9, 2021 sonbaharında uzaya fırlatılmıştır. LANDSAT 9, topladığı verileri 11 bantta tutar; ilk 9 bant arazi görüntüleyicisinden, 10. ve 11. bant ise termal sensörden gelir. Bantların mekânsal çözünürlüğü LANDSAT 8 ile aynıdır, ancak radyometrik çözünürlük 12 bit'ten 14 bit'e yükseltilmiştir. Bu ise su ve yoğun orman örtüsü gibi karanlık alanlardaki ince farklılıkları daha iyi tespit etmeyi sağlamaktadır (USGS, 2023b).

ASTER görüntüleri, 1999'da fırlatılan TERRA uydusuyla elde edilmektedir. TERRA, 5 operasyonel araca sahiptir; bunlardan MOPITT kirlilik, CERES bulutlar ve enerji sistemi ölçümleri yaparken, MISR ve MODIS spektrometrelerdir<sup>1</sup>. ASTER ise termal emisyon ve yansıma değerlerini ölçen bir radyometredir (NASA, 2023a) ve en yüksek mekânsal çözünürlüğe sahiptir, bu da ASTER'in, diğer TERRA araçlarına yardımcı bir yakınlaştırma lensi gibi kullanılmasını sağlamaktadır (NASA, 2023b). 14 bandı bulunan ASTER'in 5 bandı termaldir ve çözünürlüğü 90 m'dir (Yılmaz vd., 2019, s. 41). LANDSAT'ın 10. bandındaki dalga boyunu (10.6-11.19  $\mu$ ) karşılaması amacıyla ASTER'in 13. bandı (10.25-10.95  $\mu$ ) dikkate alınmıştır (Yılmaz, 2017, s. 182).

<sup>1</sup> Radyometre, bir nesneden yayılan ışınım enerjisini tespit etmeye ve ölçmeye yarayan cihazdır. Bu cihaz, özellikle kızılötesi radyasyonu ölçen araçların önemli bir parçasıdır (<https://www.britannica.com/technology/radiometer>).

Yüzey sıcaklık modeli elde etmek üzere termal bantlara birtakım işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Buna göre ilk olarak spektral radyans (SR) hesaplanır (Eşitlik 1). Diğer bir aşamada Spektral radyans değerleri Kelvin sıcaklığında enerjiye çevrilir (Eşitlik 2). Son aşamada Celsius sıcaklığı elde etmek için Kelvin sıcaklık farkı çıkarılır (Eşitlik 3).

$$SR = M_L * PD + A_L \quad \text{Eşitlik [1]}$$

$$T_K = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{SR} + 1\right)} \quad \text{Eşitlik [2]}$$

$$T_C = T_K - 273,15 \quad \text{Eşitlik [3]}$$

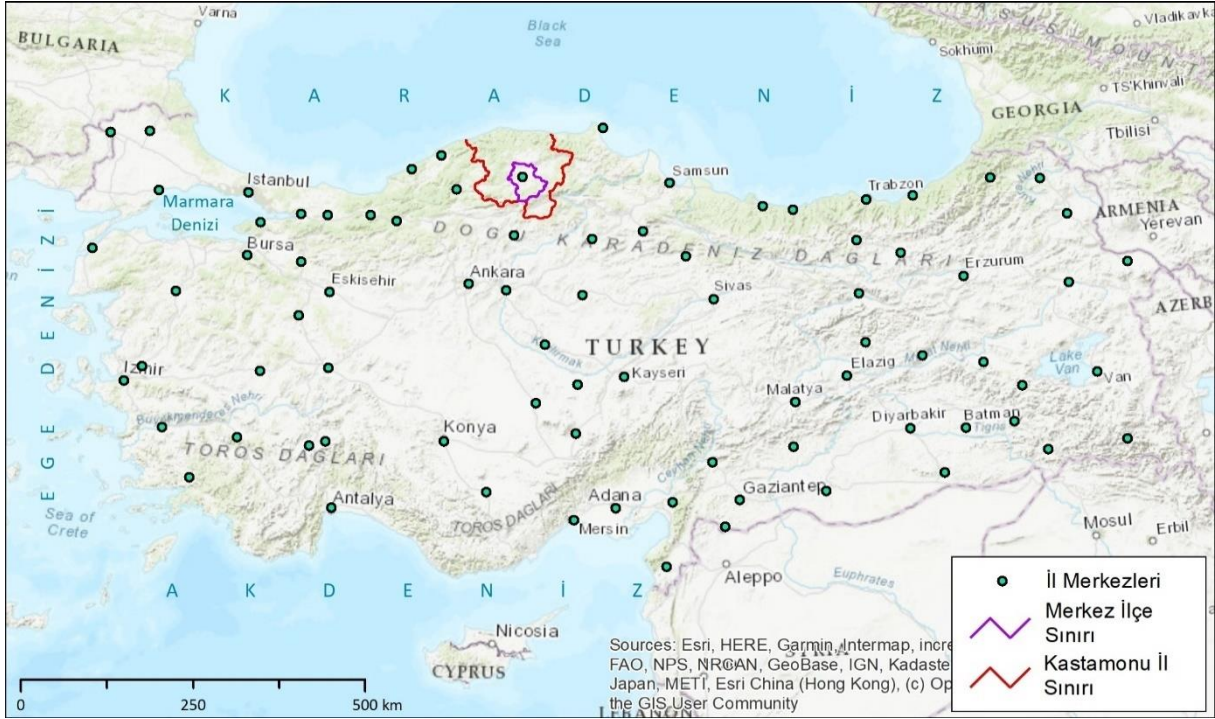
Eşitliklerde PD, termal bandın piksel değerini temsil etmektedir. Piksel değerleri, yeryüzünden yansıyan ve sensörler tarafından algılanan yansıma değerlerine karşılık gelmektedir. ML, AL, K1 ve K2 ise uydu görüntüsünü oluşturan bantlara göre değişen sabit değerleri temsil etmektedir. Buna göre LANDSAT 8’de 10.bant için ML= 0,0003342; AL= 0,1; K1= 774,89 ve K2= 1321,89’dur. LANDSAT 9’un 10.bantında bu değerler ML= 0,00038; AL= 0,1; K1= 799,0284 ve K2= 1329,2405 olur. ASTER’de 13.bant için AL yoktur, ML= 0,005693; K1= 866,468575 ve K2= 1350,069147’dir. Yukarıdaki eşitliklerde bu değerler kullanılmıştır.

CORINE projesi 1980’lerin başında Avrupa Komisyonun girişimleriyle hayata geçirilmiştir. Proje, Avrupa kıtasının tamamını kapsayacak şekilde tutarlı ve standart bir arazi örtüsü sistematiği geliştirmeyi amaçlamıştır. İlk CORINE arazi örtüsü verisi 1990 yılında, ikincisi 2000’de, bundan sonrakilerse her 6 senede bir yeni durum ve değişim katmanlarıyla ilgili güncellemeleri içerecek şekilde üretilmiştir (Copernicus, 2023). CORINE’nin en güncel versiyonu 2018’de yayınlanmıştır. 2023 yılındaki yüzey sıcaklıklarını inceleyen söz konusu bu çalışmada CORINE’in bu versiyonundan faydalanılmıştır.

### Çalışma alanının lokasyonu ve genel fiziki özellikleri

Çalışma alanı, Batı Karadeniz bölümünde yer alan Kastamonu ilinden seçilmiştir (Şekil 1). Kastamonu merkez ilçesinde küçük bir alana karşılık gelen çalışma alanı şehir merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Şehir, kuzeybatıya doğru akış gösteren Karaçomak derenin çevresinde kurulmuş ve genişlemiştir.





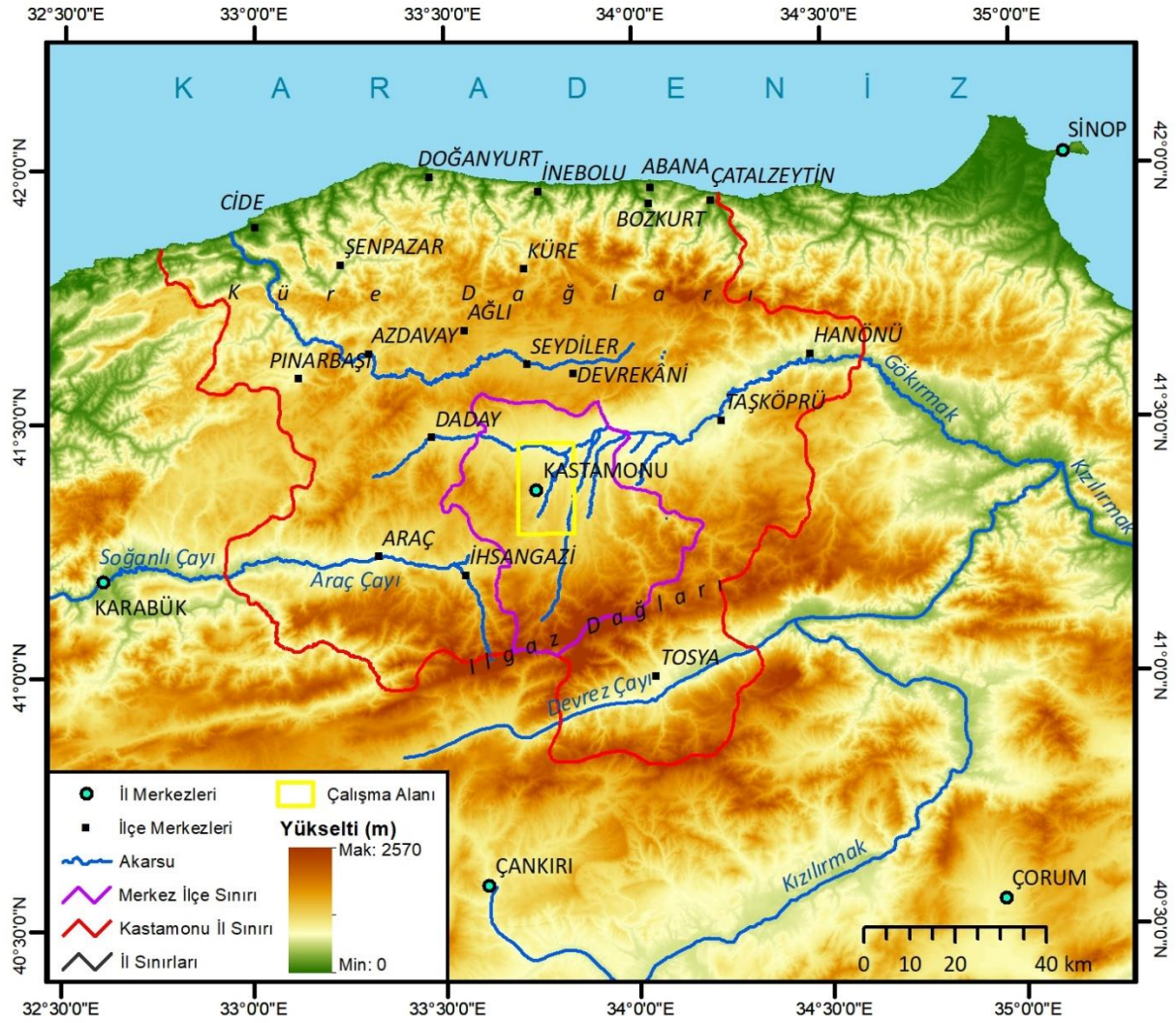
**Şekil 1.** Kastamonu ili ve merkez ilçenin Türkiye'deki konumu

Şehir merkezi, Karadeniz'e paralel uzanan yer yer yükseltisi 2000 m'ye yaklaşan ve doğu-batı uzanımı 300 km'yi bulan Küre Dağları olarak adlandırılan jeomorfolojik ünitenin güneyinde kalmaktadır (Coşkun, 2021). Bu dağlık kütle, denizden gelen nemli havanın önünde bariyer oluşturarak iç kesimlere ilerlemesini engellemektedir. Şehrin güneyinde ise Ilgaz Dağları olarak adlandırılan dağlık kütle bulunmaktadır (Şekil 2).

1991-2020 periyodu için MGM (2024) tarafından hesaplanan Kastamonu'nun iklim parametrelerine ait mevsim normalleri Tablo 2'de yer almaktadır. Ortalama sıcaklıklar, kışın 1,5°C'nin altında, yazın ise 17,5°C'nin üzerindedir. Yağışlı gün sayısı temmuz ve ağustosta 6,5 gün kadardır. Haziran ayı 12,6 gün yazdan çok ilkbahar mevsimiyle uyumlu bir örüntü sergilemektedir. Mayıs ayı 14,4 gün ile yıl içerisinde en yağışlı aydır. Bununla birlikte en büyük aylık toplam yağış miktarı ortalaması değerine mayısta değil haziranda ulaşılmaktadır. Nisan, mayıs, haziran ayları en az 50 mm'lik yağış değerleriyle yıl içerisinde öne çıkmaktadır. Küre ve Ilgaz dağları arasında yer alan ve ortalama yükseltisi 775 m olan Kastamonu'da (Çoban ve Aydınöz, 2016), İç Anadolu Bölgesi'nin karakteristiği konveksiyonel yağışların, ilin kuzeyde olmasının da etkisiyle temmuz başına kadar sarkan bir versiyonunu görmek mümkündür.

**Tablo 2.** 1991-2020 kapsayan dönemde Kastamonu için hesaplanan mevsim normallerine ilişkin değerler

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0,6	1,1	4,8	9,50	14,20	17,70	20,50	20,50	16,20	11,20	4,90	0,70	10,10
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,23	10,77	12,37	12,80	14,40	12,60	6,73	6,10	7,17	9,37	9,07	12,07	125,70
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	29,40	28,10	38,50	50,50	77,90	89,60	36,00	38,20	38,70	34,80	27,50	36,10	525,30

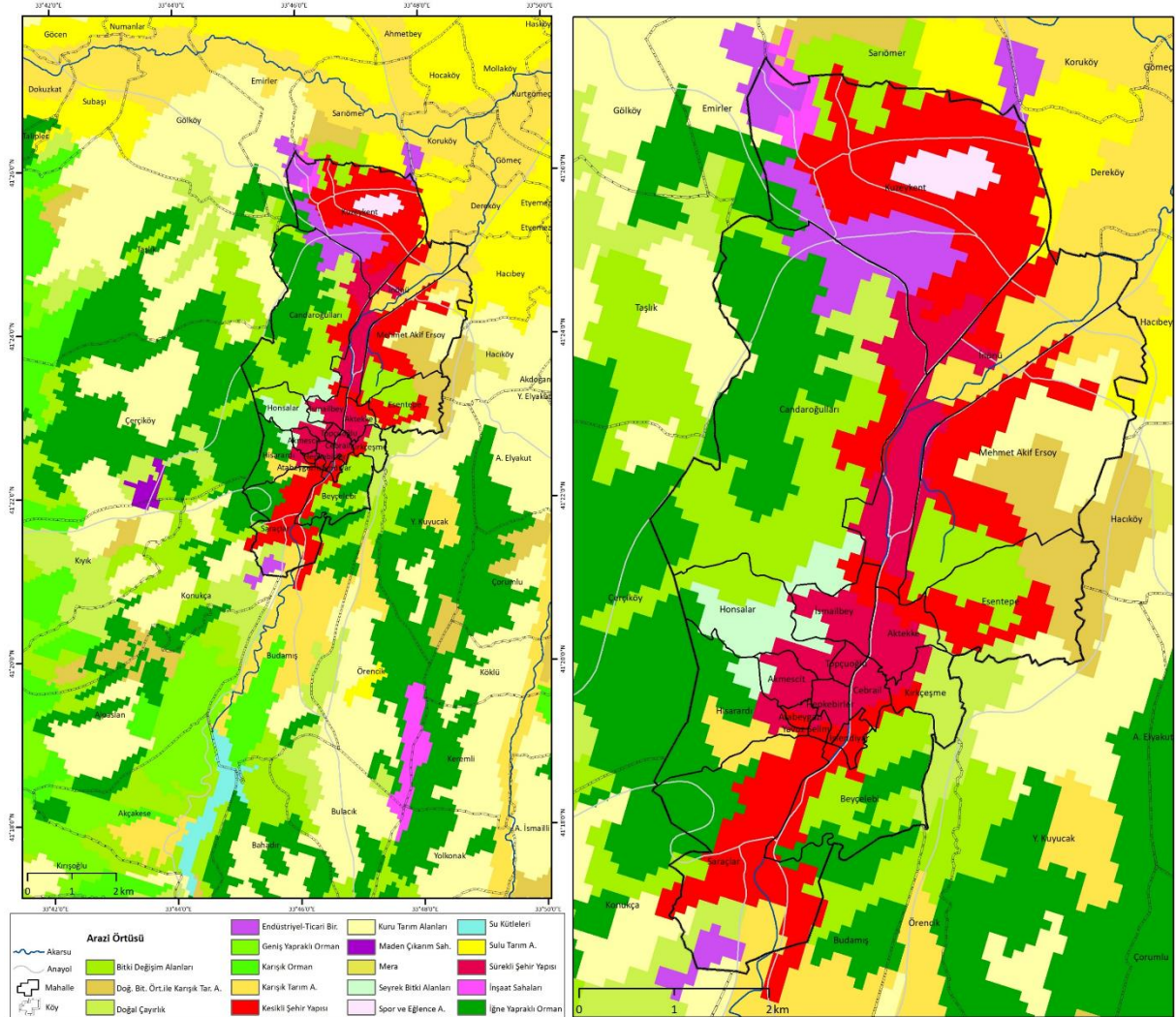


Şekil 2. Kastamonu ve yakın çevresine ait topografya haritası

### Çalışma alanında arazi örtüsü

Kastamonu Merkez ilçe 197 mahalleden oluşmaktadır (Kastamonu Valiliği, 2023). Çalışma kapsamında belirlenen alan, bunlardan yaklaşık 50 kadarını içerir. Mahallelerin çoğunluğu köy niteliğindedir ve şehrsel yerleşme yapısından uzaktır. Bu mahallelerde arazi örtüsü tamamen tarım alanı, mera veya doğal bitki örtüsü gibi kırsal bileşenlerden oluşmaktadır (Şekil 3). Sürekli veya kesikli şehir yapısı özelliğinde az ya da çok yerleşmeye sahip 19 mahalle bulunmaktadır. Bunlar: Akmesic, Atabeygazi, Yavuz Selim, Hepkebirler, Topçuoğlu, Honsalar, İsmailbey, İsfendiyar, Cebrail, Akteke, Esentepe, Beyçelebi, Kırkçeşme, Candaroğulları, Saraçlar, Hisarardı, İnönü, Mehmet Akif Ersoy ve Kuzyekent mahalleleridir. Bunlardan İsfendiyar, Hepkebirler, Yavuz Selim, Atabeygazi, Akmesic, İsmailbey, Topçuoğlu, Cebrail, İnönü ve Kuzyekent mahalleleri tamamıyla şehrsel alandan oluşmaktadır. Kuzyekent mahallesinin kuzeyinde çok az bir kesim bitki değişim alanı özelliğinde, Akmesic

ve İsmailbey mahallelerinin batısında dar bir saha seyrek bitki alanı özelliğindedir ve bunlar şehirsal alana kıyasla ihmal edilebilir düzeylerdedir.



**Şekil 3.** Çalışma alanında arazi örtüsü (solda), çalışma alanında şehirsal yapı örtüsüne yakından bakış (sağda).

Kuzeykent mahallesiyle Candaroğulları mahallesi sınırında endüstriyel ve ticari birim olarak tanımlanan genişçe bir saha bulunur. Şehir merkezinin batısında kalan Candaroğulları mahallesi nispeten geniş bir yüzölçümüne sahiptir ve sayılan mahalleler arasında yerleşme sahası, yüzölçümüne göre en dar olanıdır. Şehir merkezine bağlanan kesimde yapılaşma yoğunlaşırken, mahallenin batı kesimi Batı Çevre yolu civarı iğne yapraklı örtüyü, güney kesimi bitki değişim alanlarını, kuzey kesimi doğal çayırılık örtüyü içerir. İnönü mahallesi neredeyse yarı yarıya şehirsal alan ve karışık tarım alanı örtüsünden oluşmaktadır. Mehmet Akif Ersoy mahallesinin kuzeyinde küçük bir kesim karışık tarım alanı, doğusu kuru tarım ve doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanı, güneyi bitki değişim alanlarını içerir. Esentepe mahallesinin kuzeyinde bitki değişim alanı, kuzeydoğu ve doğusunda doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanı bulunur. Kırkçeşme mahallesinin doğusunu doğal çayırılık kaplar. Beyçelebi

mahallesinin batısındaki şehrsel alanla doğusundaki iğne yapraklı örtü bitki değişim alanlarıyla birbirinden ayrılır. Saraçlar mahallesinin batı ve doğusunda bitki değişim alanı dar bir sahayı kapsar, mahallenin batısında iğne yapraklı örtü daha geniş bir alan kaplar. Mahallenin güneyinde doğal çayırılık, kuru tarım ve karışık tarım alanı kontağında endüstriyel ticari nitelikte bir saha oluşturulmuştur. Hisarardı mahallesinin batısında karışık tarım alanlarıyla iğne yapraklı örtü ve seyrek bitki alanı bulunur. Honsalar mahallesinde baskın arazi niteliği seyrek bitki örtüsüdür. Şehir merkezine yakın kesimde dar bir sahada yerleşme söz konusudur.

Çalışmanın geri kalanının aktarımı sırasında, şehir ve kıy ayrımını belirtebilmek adına az ya da çok bir kısmında şehrsel yapı bulunan mahalleler yine mahalle, şehrsel yapı içermeyen diğer mahallelerse köy olarak adlandırılacaktır.

## **BULGULAR**

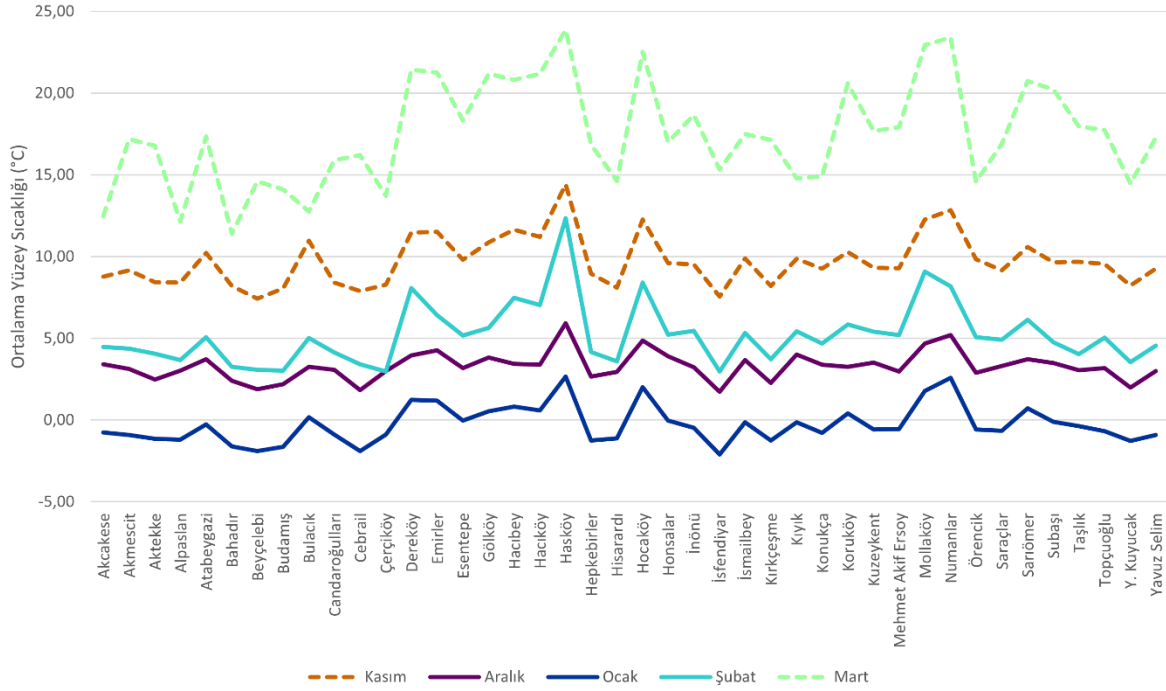
Aylık YS değişimleri anlatılırken karşılaştırmanın sağlanabilmesi adına 2 referans değer oluşturulmuştur. Mahalle ve köy sınırları içerisinde YS'nin ortalaması alınmış (OYS) ve hesaplanan bu ortalamalar, 2 referans değerle karşılaştırılır. Bu referans değerlerden bir tanesi, çalışma alanının tamamını kapsayacak şekilde YS'nin ortalamasıdır ve ÇAYS olarak etiketlenilecektir. Bir diğeri, sürekli ve kesikli şehir yapısıyla beraber kuzeybatıda bu şehir yapısına bitişik çalışma alanındaki en geniş ticari endüstriyel ticari birimi de kapsayan şehrsel alanda hesaplanmış ortalama YS'dir ve bu da ŞAYS ile temsil edilecektir.

### **Mahallelere göre aylık YS değişimi**

Bu kısımda, yılın tamamı aylık görüntülerle verilmiş, LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu nedenle, YS değerleri gündüz (genelde TSİ 10.30 civarı) saatlerini yansıtmaktadır.

#### ***Kış mevsimi***

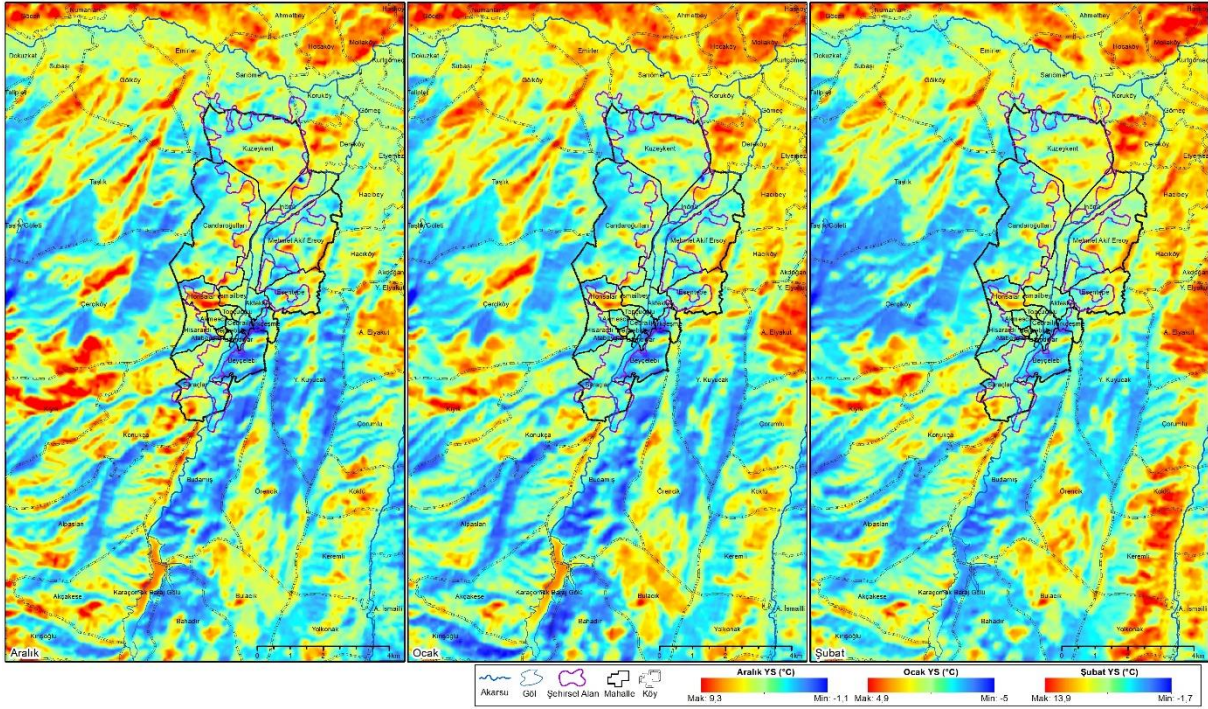
Kasımda çalışma alanında YS'ler 8-13°C arasında değişirken, aralıkta 2-5°C'ye kadar düşer (Şekil 4). Kış mevsiminde şehrsel alan kırsal peyzajdan daha serindir (Şekil 5). Kasımdan aralığa hızlı bir soğuma söz konusu olduğu gibi şubattan martta hızlı bir ısınmanın gerçekleştiği söylenebilir. Bu ısınma, halk arasında cemre olarak adlandırılan güneşlenme süresinin uzadığı ve güneş ışınlarının daha dik gelmeye başladığı süreçle ilintilidir.



**Şekil 4.** Kastamonu şehri yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının kış mevsimi başında, sırasında ve sonunda değişimi

Aralık ayında genel olarak köyler, mahallelerden daha sıcaktır. Aralık için ÇAYS 3,2°C ve ŞAYS değerleri 3,3°C hesaplanmıştır. Hocaköy, Mollaköy, Emirler, Dereköy, Sarıömer, Gölköy, Hacıbey, Subaşı, Konukça, Akçakese ve Hacıköy'de OYS'ler ÇAYS ve ŞAYS değerlerini aşmaktadır. Y. Kuyucak aralık ayında en serin köydür. ŞAYS'tan daha sıcak mahallelerse Saraçlar, Kuzeykent, Atabeygazi, İsmailbey ve Honsalar'dır. Diğer 14 mahallede hesaplanan OYS'ler ŞAYS'tan düşüktür. İsfendiyar, Cebrail ve Beyçealebi ise bu ayda en serin mahallelerdir.

Ocakta ÇAYS -0,3°C ve ŞAYS, -0,6°C'dir. ÇAYS, ŞAYS'tan yüksektir. Buna göre şehirsal alan çalışma alanından küçük bir farkla daha serindir. Genel anlamdaysa şehrin güneyi kuzeyine göre daha serindir (Şekil 5). Konukça, Akçakese, Çerçiköy, Y. Kuyucak, Bahadır ve Budamış'taki ŞAYS değerleri ŞAYS'tan daha düşüktür. Kuzeydeki köyler nispeten sıcaktır. Bunlara örnek, Hacıköy, Hacıbey, Sarıömer, Gölköy, Dereköy, Mollaköy ve Emirler gösterilebilir. ŞAYS'tan daha düşük OYS değerlerine sahip mahallelere örnek olarak ise Hepkebirler, Cebrail, Aktekke, Beyçealebi, Kırkçeşme, Hisarardı sayılabilir. Ocakta İsfendiyar en serin mahalledir. Küçük farklarla ŞAYS'ın üzerinde OYS'lere sahip mahalleler Atabeygazi, İsmailbey, İnönü, Mehmet Akif Ersoy ve Kuzeykent'tir.

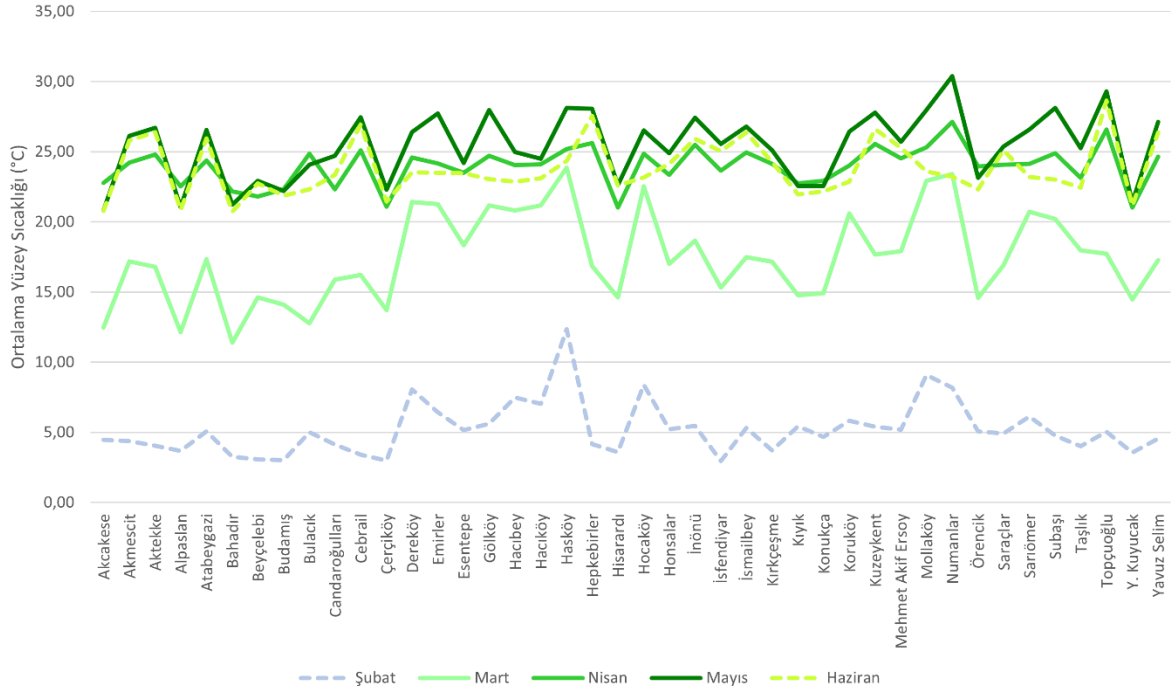


**Şekil 5.** Aralık, ocak ve şubat aylarında Kastamonu şehri ve yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı

Şubat ayı için ÇAYS 5°C ve ŞAYS 5,1°C olarak belirlenmiştir. Şehrin batısı doğusuna göre daha serindir (Şekil 5). Koruköy, Gölköy, Sarıömer, Emirler, Hacıköy, Hacıbey, Dereköy ve Hocaköy gibi köylerde OYS'ler ŞAYS'tan daha yüksektir. Bu ayda Mollaköy en sıcak köydür. Subaşı, Taşlık ve Çerçiköy en serin köylere örnek gösterilebilir. ÇAYS ve ŞAYS'a yakın değerler alan mahalleler Topçuoğlu ve Atabeygazyken, küçük bir farkla Esentepe ve Mehmet Akif Ersoy ve İsmailbey ŞAYS'tan daha yüksek değere sahiptir. Şubatta en sıcak mahalleler Kuzeykent ve İnönü'dür. İsfendiyyar ise en serin mahalledir. ŞAYS'tan daha serin diğer mahalleler Cebrail, Beyçeşme, Hisarardı, Akmescit, Saraçlar, Hepkebirler, Aktekke gibi eski yerleşim birimleridir.

### **İlkbahar mevsimi**

Şubatta 3-10°C arasında değişen YS'ler, martta hızla yükselerek 12-20°C arasında değişmeye başlamaktadır (Şekil 6). Mayıs YS'leri biraz daha sıcak olmak üzere nisan ayı YS'leriyle birbirine benzer seviyelerde seyretmektedir. Mayıs ayı YS'leri haziran YS'leriyle de benzer olup hatta küçük bir farkla hazirandan daha sıcaktır (Şekil 6). Bu durum, 2022 yılı haziranının, mayıstan daha yağışlı olmasıyla ilintili olabilir (MGM, 2023). Bulutluluğun yüksek olması, yere ulaşan kısa dalga boylu enerjiyi azaltırken, ısınmayı azaltmakta, yağmur suyunun zeminden buharlaşması için harcanan enerjinin artması da sıcaklığın düşük çıkmasında etkili olmuştur.



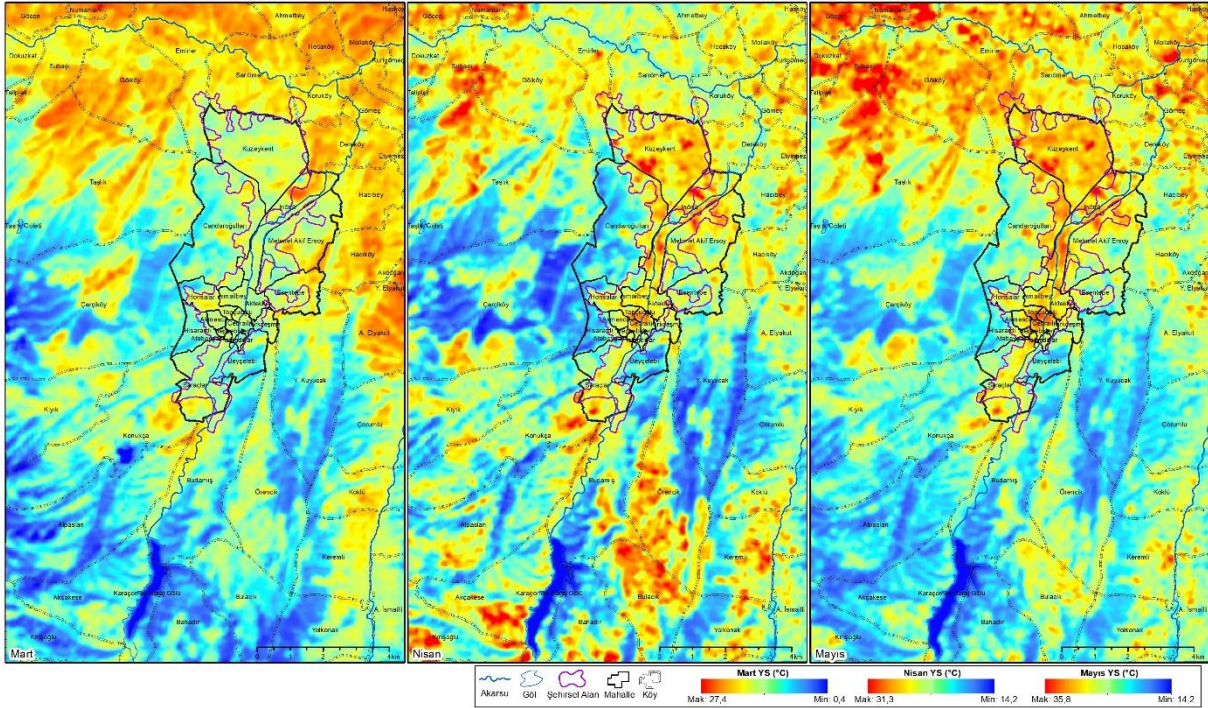
**Şekil 6.** Kastamonu şehri yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının ilkbahar mevsimi başında, sırasında ve sonunda değişimi

Mart için ÇAYS ve ŞAYS değerleri sırasıyla 16,5°C ve 17,4°C hesaplanmıştır. Bu ayda en sıcak köyler Hocaköy, Mollaköy ve Hocaköy'dür. ŞAYS'tan daha sıcak diğer köylere, Dereköy, Emirler, Gölköy, Koruköy, Sarıömer ve Hacıköy örnek gösterilebilir. ŞAYS'tan daha serin köylerse Konukça, Y. Kuyucak, Örencik, Budamış, Çerçiköy, Bulacık ve Akçakese, Alpaslan ve Bahadır gibi şehrin güneyinde kalan köylerdir. Aktekke, Hepkebirler, Saraçlar, Honsalar, Akmescit, Kırkçeşme mahallelerinde OYS'ler ÇAYS'tan daha sıcakken ŞAYS'tan daha serindir. ŞAYS'tan daha sıcak mahalleler Kuzeykent, Topçuoğlu, Mehmet Akif Ersoy ve İnönü'dür. En serin mahallelerse 14,6°C'yle Beyçelebi ve Hisarardı'dır.

Nisanda ÇAYS 23,3°C ve ŞAYS 25,1°C hesaplanmıştır. Mollaköy ŞAYS ve ÇAYS'tan daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Aynı durum Cebrail, İnönü, Kuzeykent, Hepkebirler ve Topçuoğlu mahalleleri için de söz konusudur. Diğer mahallelerse ortalamalar altında kalmaktadır. Hisarardı ve Beyçelebi bu aydaki en soğuk mahallelerdir. Köyler arasında en soğuk olanları, iğne yapraklı örtünün baskın olduğu Çerçiköy ve Y. Kuyucak köyleridir. Gölköy, Emirler, Sarıömer, Hocaköy, Koruköy, Dereköy, Hacıbey, Hacıköy ÇAYS'tan daha yüksek değere sahipken, ŞAYS'tan daha düşük değer göstermiştir.

ÇAYS ve ŞAYS değerleri mayısta 24,5°C ve 27°C olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı martta olduğu gibi kuzey güney olarak belirgin bir şekilde ikiye ayrılabilir (Şekil 7). Çerçiköy'den Y. Kuyucak'a kadar çalışma alanının güneybatı köşesi çalışma alanının geri

kalanından serindir. Çerçiköy, Konukça, Alpaslan, Akçakese, Budamış, Örencik ve Y. Kuyucak her iki ortalamadan daha düşük değerlere sahiptir. Kuzeydeki köyler olan Hacıbey, Sarıömer, Hocaköy, Koruköy ve Dereköy ÇAYS'tan yüksek değere sahipken, ŞAYS'tan düşük değere sahiptir. Subaşı, Gököy, Emirler ve Mollaköy gibi köylerse de her iki ortalamadan daha soğuktur. Yavuz Selim, Cebrail, İnönü ve Kuzyekent mahalleri için ÇAYS ve ŞAYS'tan daha yüksek OYS'ler hesaplanır. Hisarardı ve Beyçelesi bu aydaki en serin mahallelerdir. Diğer mahallelerde OYS'ler 25-27°C arasında değişmektedir.



**Şekil 7.** Mart, nisan ve mayıs aylarında Kastamonu şehri ve yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı

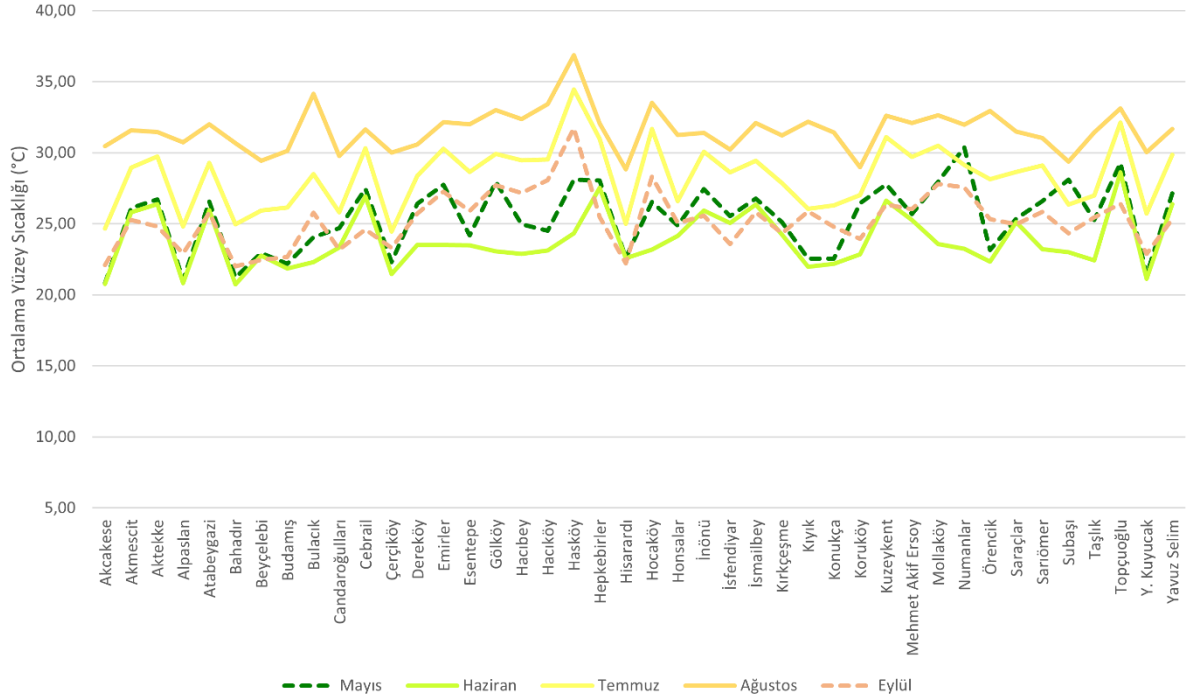
### Yaz mevsimi

Bu mevsimde en yüksek YS'ler ağustosta belirlenmiştir (Şekil 8). Yaz başında YS'ler 21-28°C arasında, yaz sonunda 25-36°C arasında değişmektedir. Sonbahar başındaysa ilkbahar sonundaki seviyelerine düşmektedir.

Haziran ayı için hesaplanan ÇAYS ve ŞAYS değerleri 22,4°C ve 26,3°C'dir. Haziran, yerleşme alanının çok güçlü pozitif YIA özelliğiyle tüm yıl içerisinde en belirgin olduğu aydır (Şekil 9). Her bir köyde OYS, ÇAYS veya ŞAYS'tan daha düşüktür. Mahalleler daha yüksek OYS değerleriyle ÇAYS'ı geçer. ŞAYS'tan daha sıcak mahalleler: Yavuz Selim, Cebrail, Akteke, Kuzyekent, Hepkebirler ve Topçuğlu'dur. Hisarardı, Beyçelesi ise mahalleler içerisinde en serin olanlarıdır. Esentepe ve Candaroğulları'nda OYS 23°C civarındadır. Candaroğulları mahallesinin batısındaki iğne yapraklı örtünün oluşturduğu serinlik, mahalle ölçeğinde OYS'nin düşmesine neden olmaktadır, bununla birlikte yerleşmeye karşılık gelen alanda YS



çok daha yüksek çıkmaktadır. Kırkçeşme ve seyrek bitki alanın baskın olduğu Honsalar'da OYS 24°C'nin üzerine çıktığı görülmüştür. Akmescit, Atabeygazi, İsfendiyar, Saraçlar, İnönü, Mehmet Akif Ersoy mahallelerinde OYS 25-26°C arasında değişmektedir. Baraj alanı en serin yüzeydir.

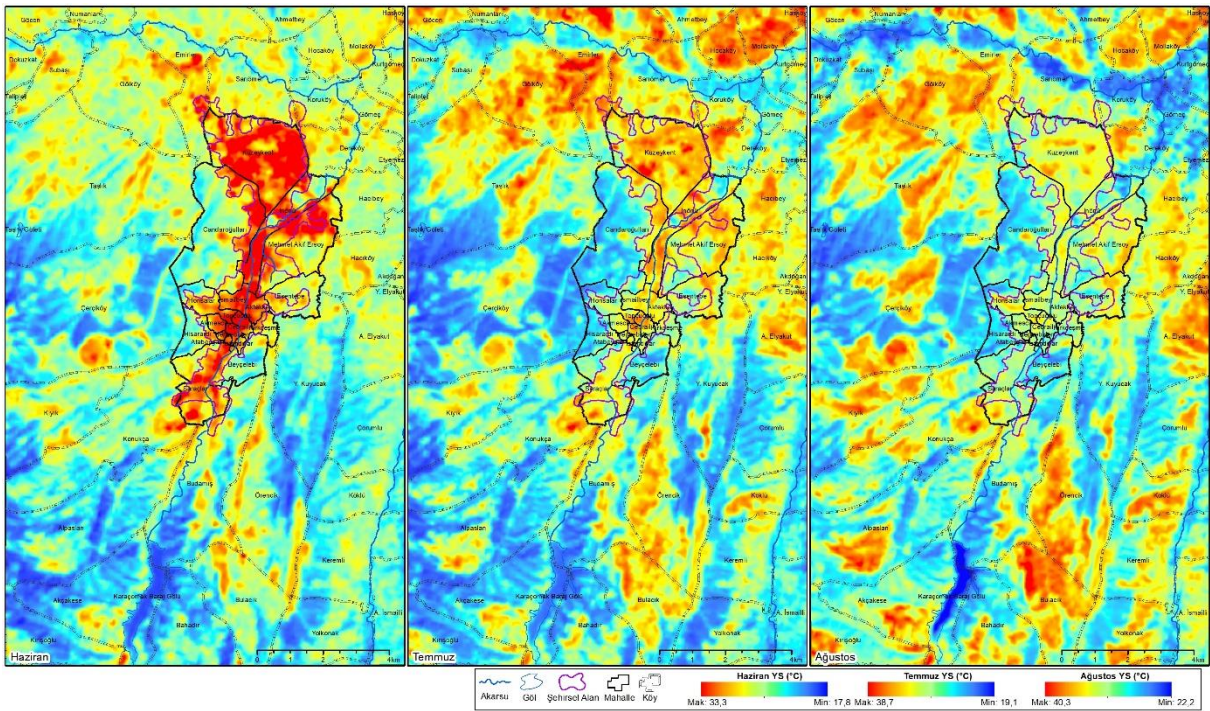


**Şekil 8.** Kastamonu şehri yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının yaz mevsimi başında, sırasında ve sonunda değişimi

Temmuzda ÇAYS 27°C ve ŞAYS 30,2°C'dir. Haziranda hiçbir köy ŞAYS'tan daha sıcak değilken, temmuzda Hocaköy ve Mollaköy ŞAYS'tan daha yüksek değerlere sahiptir. Bu ayda da güneydeki köyler kuzeydekilerden serindir (Şekil 9). Topçuoğlu bu aydaki en sıcak olan mahalledir. Cebrail, Hepkebirler ve Kuzeykent mahalleleri ŞAYS'tan daha yüksek YS değerine sahiptir. En serin mahalleler Hisarardı ve Beycelebi'dir. Honsalar ÇAYS'tan daha serinken, Akmescit, Kırkçeşme, Saraçlar, İsfendiyar ve Esentepe ŞAYS'tan serindir. Atabeygazi, İsmailbey, Aktekke, Mehmet Akif Ersoy ve İnönü mahalleleri 30°C'ye yaklaşan OYS değerleriyle şehirselsel alan kadar sıcak özellik göstermektedir.

Ağustosta ÇAYS 31,3°C ve ŞAYS 32,2°C'dir. Şehrin kuzeyindeki sahada, önceki aylarda görülen yüksek YS değerleri yoğunlaşmasının bu ayda kaybolmuş olduğu görülür (Şekil 9). Yıl içerisinde ilk kez güneydeki köylerin de kuzeydekiler kadar sıcak olabileceği belirlenmiştir. Kuzeybatıda Taşlık ve Gölköy güneydoğuda Örencik ve Bulacık köyleri çalışma alanındaki en geniş en sıcak yüzeylere sahiptir. ŞAYS'tan daha yüksek değere sahip köyler içinde Hocaköy, Mollaköy, Hacıbey, Hacıköy, Bulacık ve Gölköy bulunur. İğne yapraklı örtünün baskın olduğu

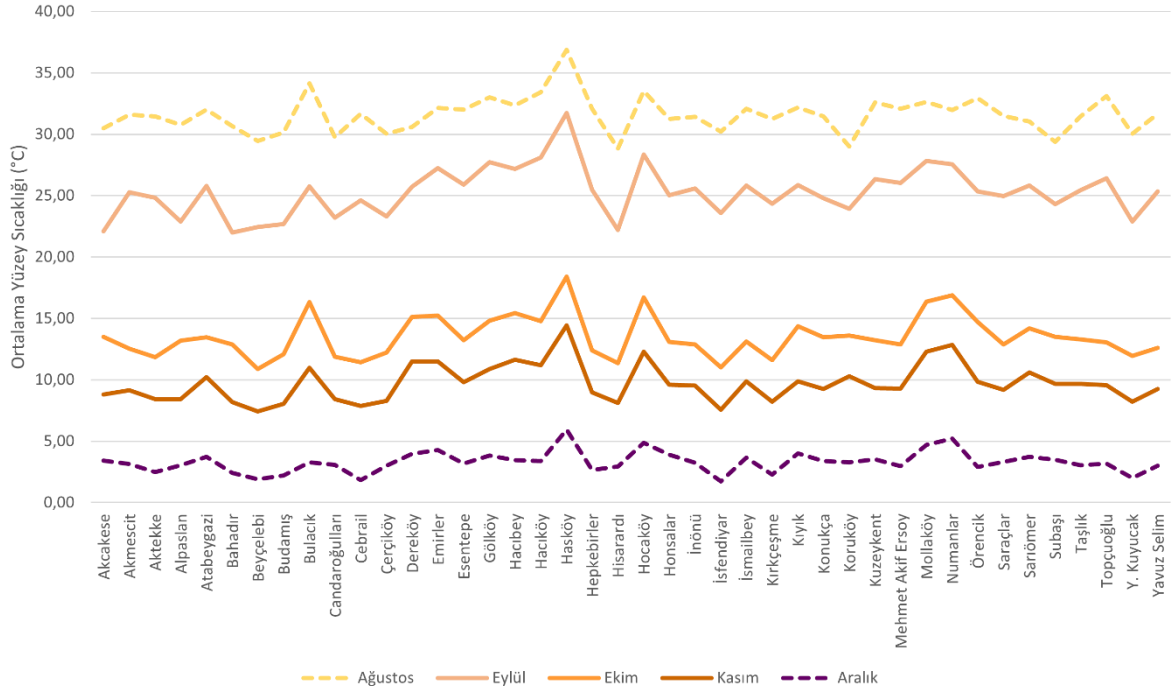
Çerçiköy ve Y. Kuyucak bu aydaki en serin köylerdir. Çalışma alanındaki en serin yüzey barajı kapsayan Akçakese ve Budamış köylerinde hesaplanan OYS, barajın etkisiyle düşüktür. Ancak bu köylerdeki kuru tarım alanlarında YS'ler çalışma alanındaki en yüksek YS değerlerine yaklaşmaktadır. Çalışma alanında genel olarak köyler mahallelerden daha sıcaktır. Topçuoğlu ve Kuzeykent mahalleleri, ŞAYS'tan daha yüksek değere sahiptir. Hisararadı, Beyçelebi ve İsfendiyar ise ÇAYS'tan daha düşük YS değerleri göstermektedir. Akmescit, Saraçlar, Yavuz Selim, Honsalar, Cebrazil, Aktekke, Kırkçeşme ve İnönü mahallelerindeki OYS, ÇAYS'a yakındır. Atabeygazi, Hepkebirler, Esentepe ve Mehmet Akif Ersoy mahalleleri 32°C'yle çalışma alanından biraz daha sıcaktır. Buralarda YS değerleri ŞAYS kadardır.



**Şekil 9.** Haziran, temmuz ve ağustos aylarında Kastamonu şehri ve yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı

### **Sonbahar mevsimi**

Ağustosta YS'ler 30-35°C, eylülde 22-28°C arasında değişir (Şekil 10). Eylülden ekime doğru hızlı bir soğuma gerçekleşmektedir. Bu ayda YS'ler 11-16°C; kasımda 7-11°C arasında değişir. Kasımdan aralığa YS'ler ikinci kez hızla düşer. Aralıkta YS'ler en fazla 5°C civarındadır.

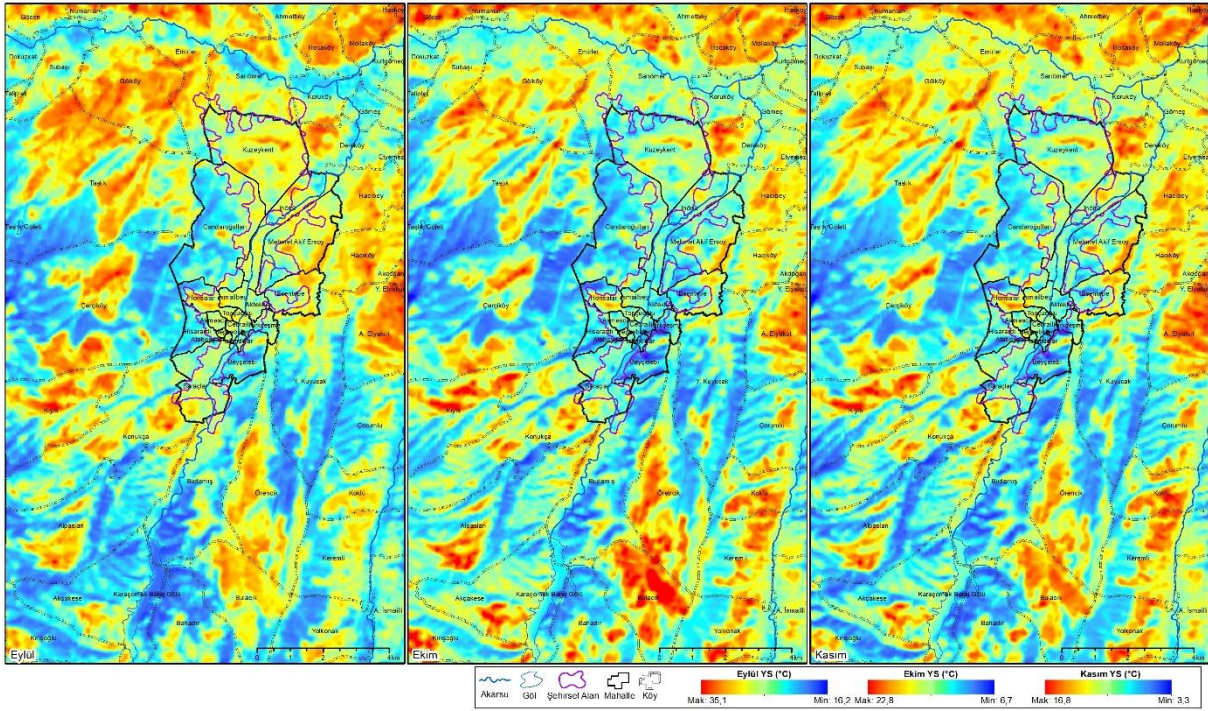


**Şekil 10.** Kastamonu şehri yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının sonbahar mevsimi başında, sırasında ve sonunda değişimi

Eylülde ÇAYS 24,7°C ve ŞAYS 25,8°C olarak belirlenmiştir. Ağustostaki gibi güneydeki Örencik ve Bulacak köyleri kuzeybatıdaki köylerle benzer OYS'lere sahiptir (Şekil 11). Emirler, Gölköy, Hocaköy ve Hacıköy bu aydaki en sıcak köylerdir. Sarıömer ve Kıyık'ta da ŞAYS'ın OYS değerleri ŞAYS'tan yüksektir. Bahadır, Akçakese, Budamış, Alpaslan ve Y. Kuyucak en serin köylere örnek gösterilebilir. Mahalleler içerisinde en sıcak olanlar Topçuoğlu, Kuzeykent, Mehmet Akif Ersoy ve Esentepe'dir. Bunlar, ŞAYS'tan daha yüksek OYS'lere sahiptir. Hisarardı, Beyçelebi ve İsfendiyar'daki OYS'ler, ÇAYS'tan daha düşüktür. Cebrail, Aktekke, Kırkçeşme, Saraçlar'da OYS, ÇAYS ve ŞAYS kadardır. Akmescit, Atabeygazi, Yavuz Selim, Hepkebirler, Honsalar, İsmailbey ve İnönü mahallelerinde OYS'ler ÇAYS'tan yüksek olsa da ŞAYS'tan biraz düşüktür.

Ekimde ÇAYS 13,7°C ve ŞAYS 12,9°C'dir. ÇAYS, ŞAYS'tan daha yüksek çıkmıştır. Nitekim bu ayda köyler, mahallelerden daha sıcaktır (Şekil 11). ŞAYS'tan daha düşük OYS'ye sahip köyler Y. Kuyucak, Budamış'da ve Çerçiköy'dür. Konukça, Alpaslan, Akçakese, Taşlık, Subaşı ve Koruköy gibi köyler ŞAYS'tan daha sıcak ÇAYS'tan daha serindir. Diğer çoğu köyde OYS'ler ÇAYS'tan daha sıcaktır. ŞAYS'tan daha sıcak mahalleler içinde Atabeygazi, Kuzeykent, Esentepe, İsmailbey, Honsalar ve Topçuoğlu bulunmaktadır. Hiçbir mahallede OYS, ÇAYS'tan daha yüksek değildir. Beyçelebi, İsfendiyar, Cebrail, Aktekke, Kırkçeşme, Hisaradı en serin mahalleler içerisinde. Akmescit, Yavuz Selim, Hepkebirler, Saraçlar, İnönü

ve Mehmet Akif Ersoy mahallelerindeyse OYS'ler, ŞAYS'a yakındır. Mahallelerin ÇAYS'ın altında kalması şehrsel alanın bu ayda negatif YIA özelliğinde olduğunu göstermektedir.



**Şekil 11.** Eylül, ekim ve kasım aylarında Kastamonu şehri ve yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı

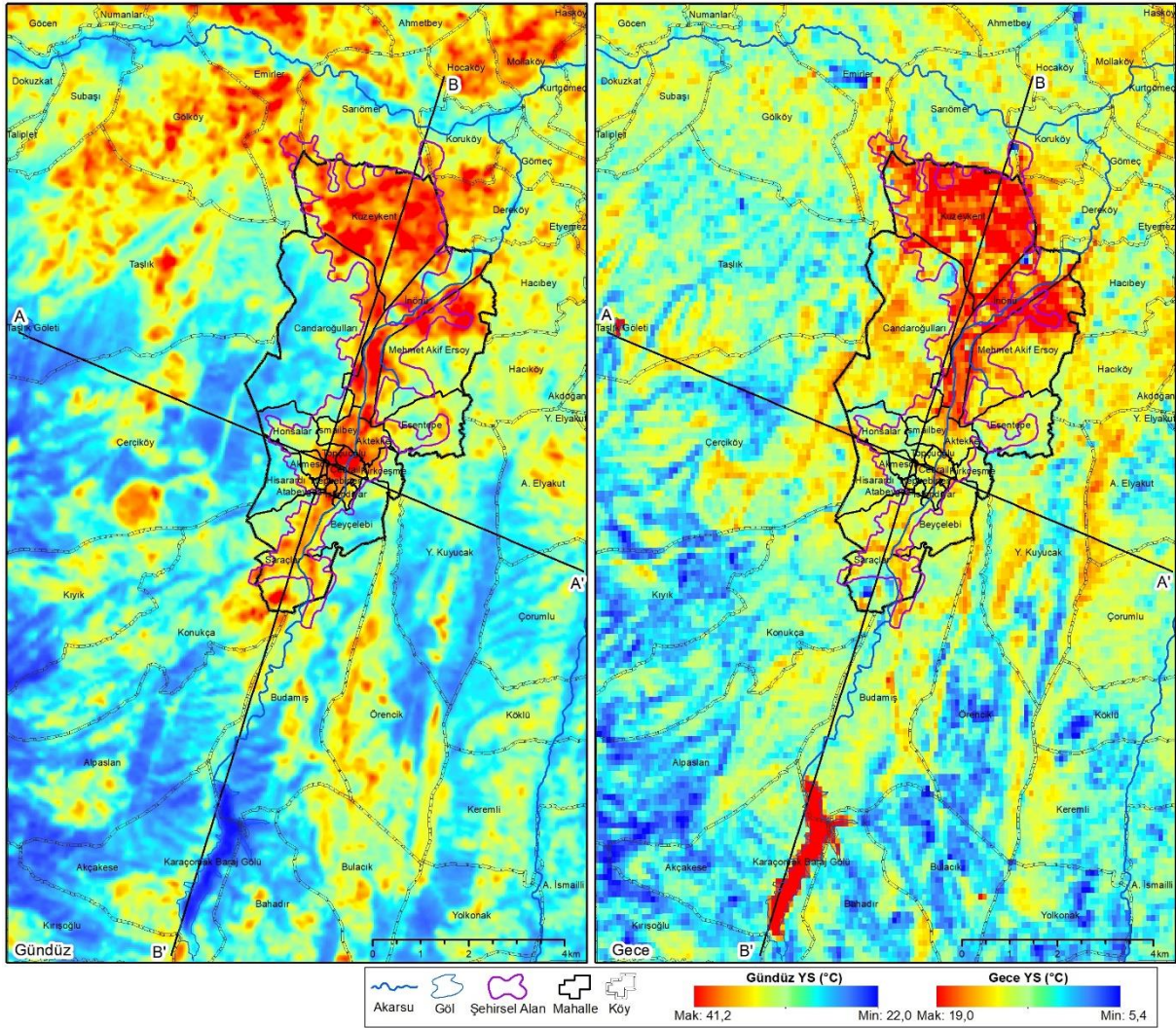
Kasım ayında ÇAYS 9,6°C ve ŞAYS 9,2°C hesaplanmıştır. Bu ayda da ÇAYS, ŞAYS'tan yüksektir. Köyler mahallelerden daha sıcak özellik göstermektedir. Mahallelerdeki OYS'ler ŞAYS civarında ya da biraz daha yüksektir. Mahalleler içerisinde kasımda en sıcak olanı Atabeygazi'dir. Yavuz Selim, Topçuoğlu, Honsalar, İsmailbey, Esentepe, İnönü, Mehmet Akif Ersoy ve Kuzeykent mahallelerinde OYS değerleri 9-10°C arasında değişmektedir. Bu mahalleler ŞAYS'tan daha yüksek YS değerine sahiptir. Akmescit ve Saraçlar mahallesinde OYS, ŞAYS kadardır. Beyçelesi, İsfendiyar, Cebrail, Hisarardı, Kırkçeşme ve Akteke mahalleleri ise ŞAYS'tan daha düşük YS değeri belirlenen mahallelere örnek verilebilir. Köylerin çoğu ÇAYS ve ŞAYS'tan daha yüksek YS değeri göstermektedir. ŞAYS'tan düşük değere sahip köyler içinde Budamış, Çerçiköy, Alpaslan, Akçakese, Y. Kuyucak ve Bahadır bulunmaktadır. Bulacık, Koruköy, Sarıömer ve Gököy'de OYS 10-11°C arasında değişmektedir. Hacibey, Dereköy, Emirler ve Hacıköy'de OYS 11-12°C arasında değişirken 12,2°C'lerdeki OYS'leriyle Hocaköy ve Mollaköy en sıcak köylerdir.

### Farklı arazi örtülerinde günlük YS değişimi

LANDSAT görüntüleri gündüzleri, ısınma döneminde (öğleden önce) alınmakta, bu nedenle aylık durumun ortaya koyulduğu önceki bölümde, sadece gündüz YS özellikleri görülmektedir. Bununla birlikte, şehir-kır arasındaki sıcaklık farkı, geceleri tersine dönebilmektedir. Bu

nedenle ASTER görüntüsüyle sadece bir gün incelenmiş, şehir ve çevresindeki sıcaklık dağılışı ortaya koyulmuştur. Bu veriler, genel olarak mutlak değerlerle düşünülmez, bunun yerine nispi değer göz önünde tutularak değerlendirilmelerde bulunmaktadır. Bu nedenle, bir gün için veriler gece-gündüz YS veriler, nispi değerler düşünülerek, tüm aylara da genellenebilir.

Gündüz şehir şiddetli bir YIA'dır (Şekil 12). Şehrin kuzeyindeki Gölköy, Emirler ve Hocaköy de şehir kadar sıcaktır. Ancak sayılan yerler geceleri soğurken, şehir hâlâ çevresine göre sıcaktır.

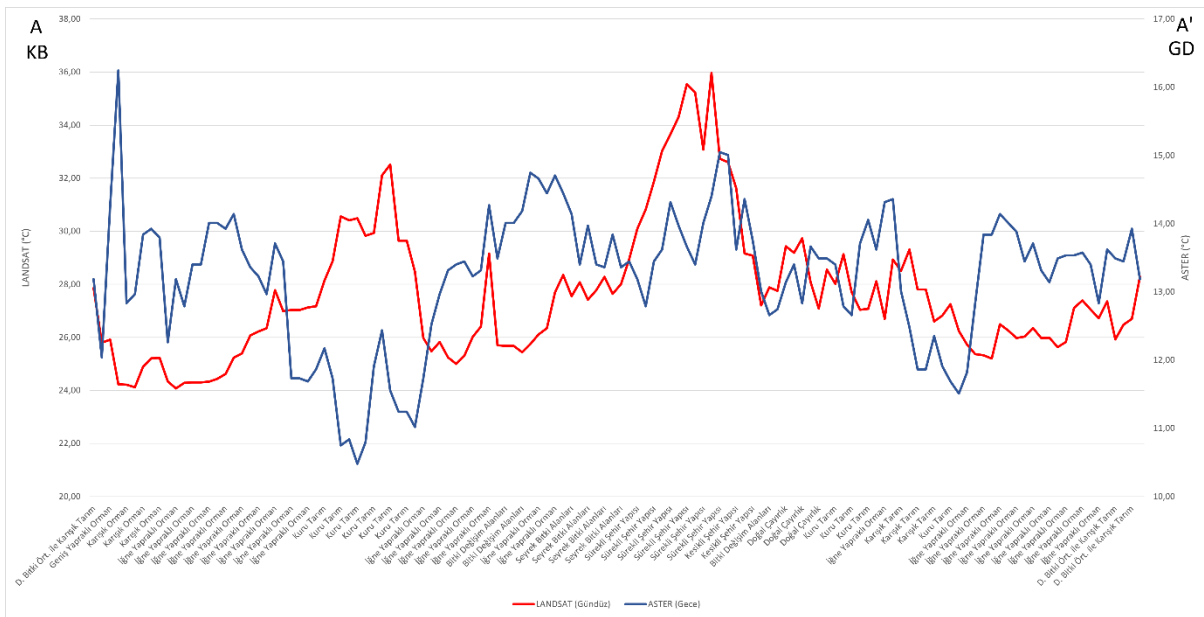


Şekil 12. Gündüz ve gece Kastamonu şehri ve yakın çevresinde yüzey sıcaklıklarının dağılışı

### D-B profilinde değişim

Gündüz D-B profilinde maksimum YS, 36°C'ye ulaşan değeriyle sürekli şehir yapısında belirlenmiştir (Şekil 13). Şehrin merkezini oluşturan sürekli ve kesikli şehir yapısı üzerinde YS 30-36°C arasında değişmekte, şehir merkezinin doğusundaki bitki değişim alanında YS 27,2°C'ye kadar düşerken, doğal çayırılık üzerinde bir miktar yükselmektedir (27,5-28,9°C). Buranın doğusunda kuru tarım alanında YS 28-29°C arasında değişmekte, iğne yapraklı

ormandaysa nispeten düşmektedir ( $26,3^{\circ}\text{C}$ ). Karışık tarım alanında şehir merkezinden uzaklaşıp ( $29,6^{\circ}\text{C}$ ) iğne yapraklı ormana yaklaşıldıkça ( $26^{\circ}\text{C}$ ) YS'ler yine düşmektedir. Şehir merkezinin doğusunda kalan kesim için en serin arazi yüzeyini iğne yapraklı orman örtüsü oluşturmaktadır ( $25,5-26,2^{\circ}\text{C}$ ). İğne yapraklı örtünün dış sınırında doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanına doğru YS yükselmektedir ( $27,5^{\circ}\text{C}$ ). Doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanında YS değeri,  $26-28^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Şehir merkezinin batısında kalan kesim için en serin arazi yüzeyini karışık ve iğne yapraklı orman örtüsü oluşturmaktadır ( $24-25,2^{\circ}\text{C}$ ). Şehir merkezine daha yakın iğne yapraklı örtüde YS daha yüksektir ( $25-27^{\circ}\text{C}$ ). Şehir merkezi en sıcak arazi yüzeyine karşılık gelirken, buradan hem doğuya hem batıya doğru uzaklaşıldıkça YS'ler genel olarak yükselmektedir. Şehir merkezinden sonraki ikinci en sıcak yüzeyse kuru tarım alanları oluşturmaktadır. Burada YS  $28,5-32,2^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. İğne yapraklı örtüdeyse tarım alanına yaklaşıldıkça YS yükselmektedir. Benzer durum bitki değişim ve seyrek bitki alanlarında görülür. Seyrek bitki alanı, sürekli şehir yapısından sonra YS'nin azaldığı yerlere karşılık gelirken burası iğne yapraklı örtüye göre YS'nin daha yüksek olduğu yerlerdendir ( $27,7-28,2^{\circ}\text{C}$ ). Bitki değişim alanı, iğne yapraklı örtü içerisinde YS'nin birden yükseldiği noktaları oluşturmaktadır ( $29,3^{\circ}\text{C}$ ).



**Şekil 13.** D-B profilinde gündüz (LANDSAT) ve gece (ASTER) yüzey sıcaklıkları ( $^{\circ}\text{C}$ )

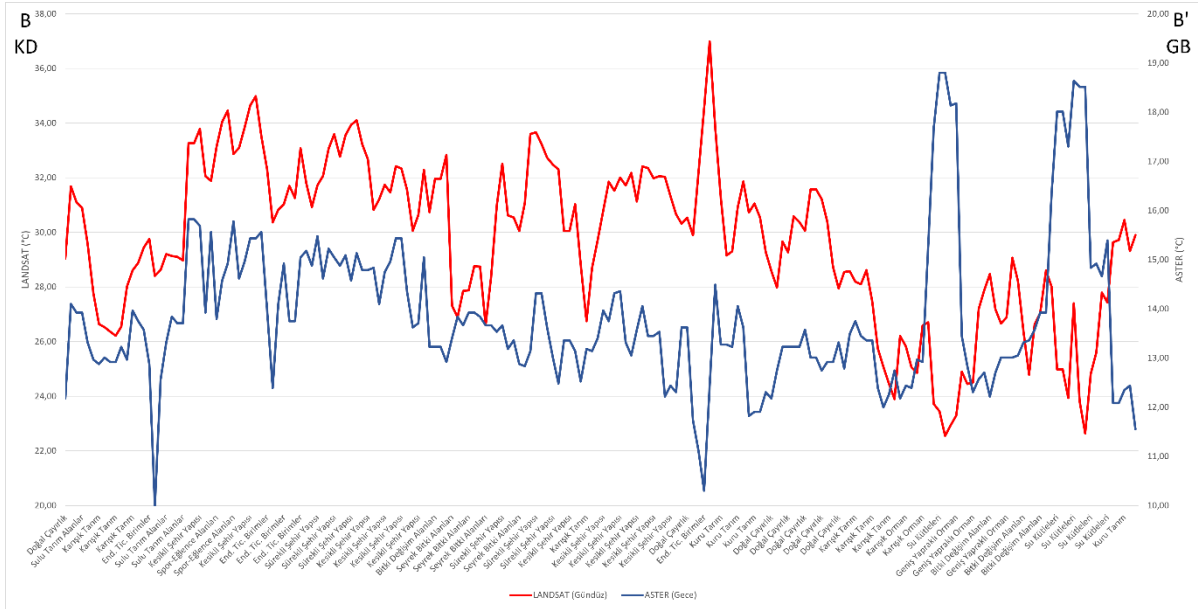
Geceleri, YS'nin en düşük olduğu arazi örtüsü şehrin batısındaki kuru tarım alanıdır ve burada YS  $10,7^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşmektedir. Bu değer, şehrin doğusundaki kuru tarım alanında  $12,6-13,2^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Buranın da doğusundaki iğne yapraklı ormanda YS yükselirken ( $14,3^{\circ}\text{C}$ ) daha doğudaki karışık tarım alanında düşmektedir ( $11,5-12,2^{\circ}\text{C}$ ). En doğudaki doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanında YS, kuru tarım alanındakinden biraz daha yüksektir ( $13,1-14^{\circ}\text{C}$ ). Batısındaki karışık orman biraz daha serindir ( $12,3-14^{\circ}\text{C}$ ). Bununla birlikte karışık

ormanın en batısında 16°C'yi aşan bir YS değeri de saptanmıştır. Doğudaki iğne yapraklı örtüde YS'ler 13,2-14,3°C arasında değişmektedir. Şehrin merkezine doğru aynı örtüde YS nispeten yükselmektedir. Sürekli şehir yapısının hemen batısındaki iğne yapraklı yüzeyde YS 14,8°C'ye ulaşılmakta, en batıdaki iğne yapraklı ormanda hemen hemen doğudaki örtüde ölçülen değerler saptanmaktadır (13,5-14,3°C). İğne yapraklı örtüde, doğuya doğru kuru tarım alanına yakın kesimde YS 11,8-12,1°C arasında değişmektedir. Sürekli şehir yapısında en düşük ve en yüksek YS değerleri 12,8°C 14,5°C olarak belirlenmiştir. Daha batıda, kesikli şehir yapısı biraz daha sıcaktır, YS değerleri burada 15°C'ye kadar yükselmektedir. Şehrin hemen batısında bulunan seyrek bitki alanında YS, 14°C'nin altında, şehrin doğusunda bulunan doğal çayırılık alanında 14°C civarındadır. Şehir, yazın geceleri çevresinden biraz daha sıcaktır. Şehir yapısında sürekli ve kesikli ayırımına gidildiğinde, kesikli şehir yapısı bitki değişim alanı ve doğal çayırılık örtüsüyle benzer sıcaklıklara sahip olduğu görülmektedir. Şehrin batısındaki seyrek bitki alanı, geceleri hem şehirden hem de iğne yapraklı örtüden daha serindir. Batıdaki iki farklı iğne yapraklı örtüden şehre daha yakın olanı, uzaktakine göre daha sıcaktır.

### ***K-G profilinde değişim***

Gündüz YS'nin en yüksek değerine K-G profilinde 37°C'ye yaklaşan değeriyle en güneydeki endüstriyel ticari örtü üzerinde ulaşılmaktadır (Şekil 14). Gündüz YS, profilin güneyindeki orman ve su kütlesi örtüleriyle kuzeyindeki sulu tarım ve karışık tarım arazilerinde, şehrin merkezine göre daha düşüktür. Öyle ki şehrin merkezinde kalan endüstriyel ticari birim çalışma alanındaki en sıcak YS'yi oluştururken, kuzeydeki sulu ve karışık tarım alanlarıyla komşu aynı örtüde YS 29,8°C olup şehrin merkezini oluşturan kesikli ve sürekli şehir yapılarından daha serin bir özellik göstermektedir. Şehrin merkezindeyse YS'ler güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükselmektedir. Profilin en güneyinde kuru tarım arazisi bulunmakta, YS burada 30°C civarında belirlenmektedir. Sonrasında su kütlesi üzerinde YS 22,3°C'ye kadar düşmektedir. Bitki değişim alanları ve geniş yapraklı orman örtüsü üzerindeyse 26,5-29°C arasında değişmektedir. Karışık orman alanında YS, 25-26°C arasında değişirken, karışık tarım arazisinde en düşük 24°C'den başlayıp doğal çayırılığa yaklaştıkça 28,3°C'ye kadar yükselmektedir. Doğal çayırılıklardaki YS, 28-31,8°C arasında değişmekte, kuru tarım alanı, sulu tarım ve karışık tarım arazilerinden daha sıcak yüzeyleri oluşturmaktadır (29-32°C). Güneydeki kesikli şehir yapısında YS, 30,5-32,3°C arasında değişmekte, karışık tarım alanında 26,5°C'ye kadar düşmekte, kesikli ve sürekli şehir yapısı üzerinde 30-33,8°C arasında değişmektedir. YS'ler, seyrek bitki alanlarında 26,5-29°C arasında farklılaşmaktadır. Kuzeydeki kesikli ve sürekli şehir yapısında YS, en düşük 30°C, en yüksek 34 °C arasında belirlenmiştir. Burada endüstriyel ticari birimler nispeten serinken (30,5-31°C), spor ve eğlence

alanlarında YS 34°C'nin biraz üzerine çıkmaktadır. Kesikli şehir yapısından (33,5°C) sonra sulu tarım arazileri gelir ki burada YS'ler belirgin ölçüde düşmektedir (28,5-29°C). Karışık tarım alanında 26,2-28°C arasında değişmekte, doğal çayırlıklarda YS yükselmektedir (31,7°C).



Şekil 14. K-G profilinde gündüz (LANDSAT) ve gece (ASTER) yüzey sıcaklıkları (°C)

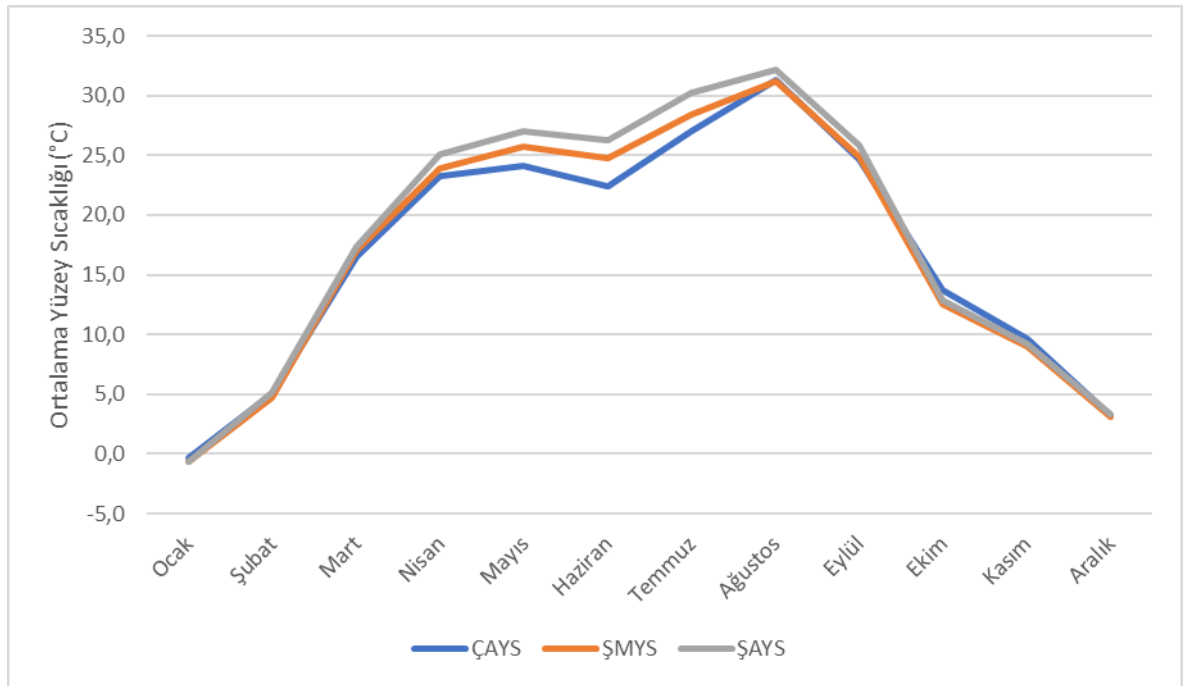
Geceleri en sıcak arazi yüzeyleri, su kütleleriyle geniş yapraklı orman örtüsü olarak belirlenmiştir. Su kütlelerinde YS 19°C civarındadır. Geniş yapraklı orman, su kütleleri kadar sıcak olmasa da çevresine göre daha sıcak yüzeyleri oluşturmaktadır. Bitki değişim alanlarındaki YS, 12°C'ye kadar düşmekte, profilin en güneyinde kalan kuru tarım alanında YS, 11,5°C olarak ortaya çıkmaktadır. Kuzeydeyse bu değer 11,5-14,5°C arasında değişmektedir. Su külesine komşu karışık orman karışık tarım arazi örtülerinde YS 11,8-13°C arasında değişmekte, doğal çayırlıklarda en düşük 11,7°C olurken maksimum YS 13,5°C'nin üzerinde belirlenmiştir. Doğal çayırılık ve kuru tarım alanına komşu güneydeki endüstriyel ticari birimde YS, 10,3°C'ye kadar düşmektedir. En kuzeydeki karışık tarım ve sulu tarım alanlarıyla komşu endüstriyel ticari örtüdeyse YS, 10°C'dir. Sürekli ve kesikli şehir yapısıyla çevrili endüstriyel alanda en düşük YS, 12,3°C'in üzerindedir. Bununla birlikte, endüstriyel ve ticari birimler, geceleri arazi örtüsündeki en serin yüzeyleri oluşturmaktadır. Kesikli şehir yapısında YS, 12-14,4°C arasında değişmektedir. Karışık tarım alanı-kesikli şehir yapısı civarlarındaysa YS'ler 12,2-13,2°C'ler arasında farklılaşmaktadır. Seyrek bitki alanlarında YS, 13°C'ler civarında belirlenmiştir. Güneydeki sürekli şehir yapısında maksimum YS, 14,5°C'ye, minimum YS ise 13,3°C'dir. Kuzeydeki sürekli şehir yapısı (14,5-15,5°C) geceleri güneydekenden daha sıcaktır. Yine burada yer alan spor eğlence birimlerinde de YS 15,5°C'yi geçmektedir. Kuzeyde kesikli şehir yapısından sonra başlayan sulu tarım arazilerine kadar,



genel anlamda güneyden kuzeye gidildikçe YS'ler artmaktadır. Kuzeydeki sulu tarım arazisinde YS 13,7°C civarındadır. Karışık tarım alanları biraz daha serindir (13°C).

## TARTIŞMA

Kastamonu ve yakın çevresi için YS'lerin yıl içerisinde dağılışı hava sıcaklıklarına paraleldir. Çalışma alanı için ortalama YS (ÇAYS) ocakta 0,3°C; ağustosta 31,3°C'dir. Şehirsel mahalleler için ortalama (ŞMYS) değerler ocakta 0,7°C; ağustosta 31,2°C hesaplanmıştır. Şehirsel alanda (ŞAYS) ocak ortalaması 0,6°C; ağustos ortalaması 31,2°C olarak bulunmuştur. Ortalama değerlerin yıl içerisindeki gidişi birbiriyle uyumludur. Bununla birlikte arazi örtüsüne göre YS değişimlerini, yazın daha net bir şekilde gözlemlemek mümkündür (Şekil 15).

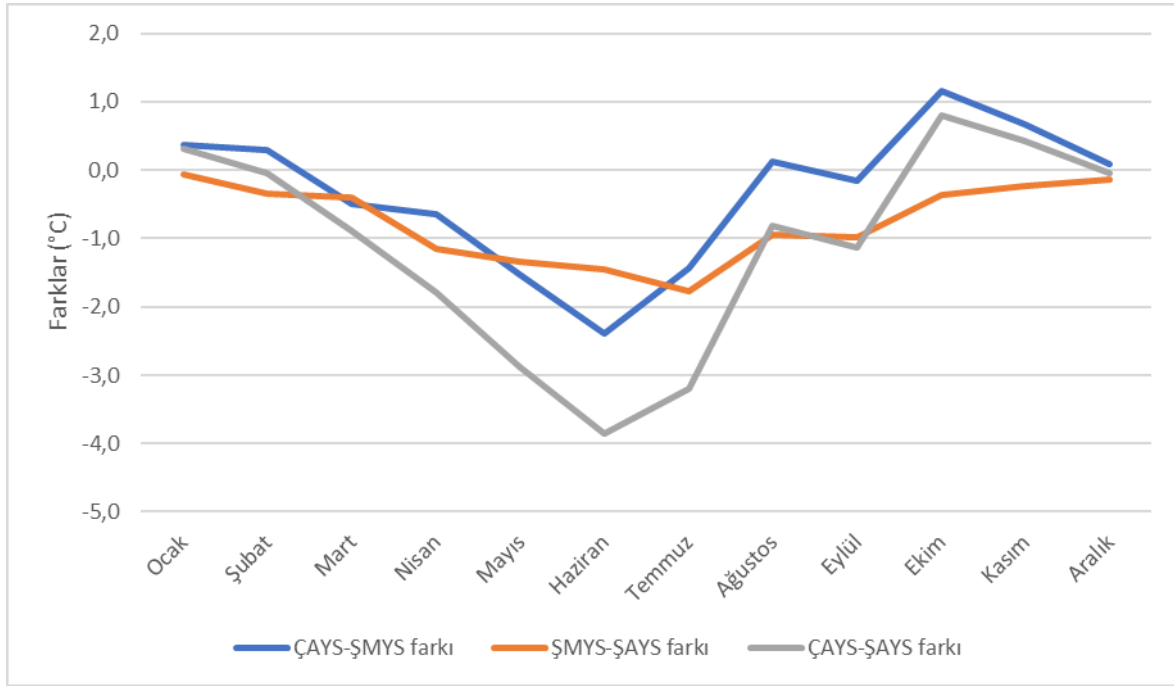


**Şekil 15.** Çalışma alanı (ÇA), şehirsel mahalleler (ŞM) ve şehirsel alan (ŞA) düzeyinde aylık ortalama yüzey sıcaklıkları (YS)

Nisandan ağustosa kadar, yılın nispeten sıcak döneminde, hesaplanan ortalamalar farklı mekânsal ölçeklere göre daha belirgin değişime sahiptir. Başka bir ifadeyle, her üç düzey arasında bu farklar yazın güçlenmektedir. Bu ise arazi örtüsünün belirleyiciliğinin bu mevsimde güçlendiği anlamını taşımaktadır. Ağustos'taki 0,1°C'lik fark hariç tutulursa mart-eylül arasında ÇAYS, ŞMYS'den düşüktür. Ekimden şubata kadar ÇAYS, ŞMYS'den yüksektir (Şekil 16).

ŞAYS, ŞMYS'den tüm aylarda daha sıcaktır (Şekil 16). Bu da şehir yapısının, diğer arazi tiplerinden daha yüksek YS'lere sahip olduğunu göstermektedir. Çünkü ŞMYS hesaplanmasına, şehirsel yapının yanı sıra diğer arazi tiplerine ait YS'ler de dahil olmuştur ve bunların dahil, sadece şehirsel yapıdaki ortalama daha düşük bir ortalamanın

hesaplanmasını sağlamıştır. ÇAYS ile ŞAYS arasındaki farka bakıldığında şubattan eylüle kadar ŞAYS'ın ÇAYS'tan daha yüksek; ekimden ocağa kadarki sürede aralık hariç daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 16). Aralıkta ŞAYS'ın ÇAYS'tan büyük olması  $0,1^{\circ}\text{C}$  kadardır.



**Şekil 16.** Farklı düzeylerde (ÇA, ŞM, ŞA) hesaplanan aylık ortalama yüzey sıcaklıklarının (YS) birbirleriyle farkları

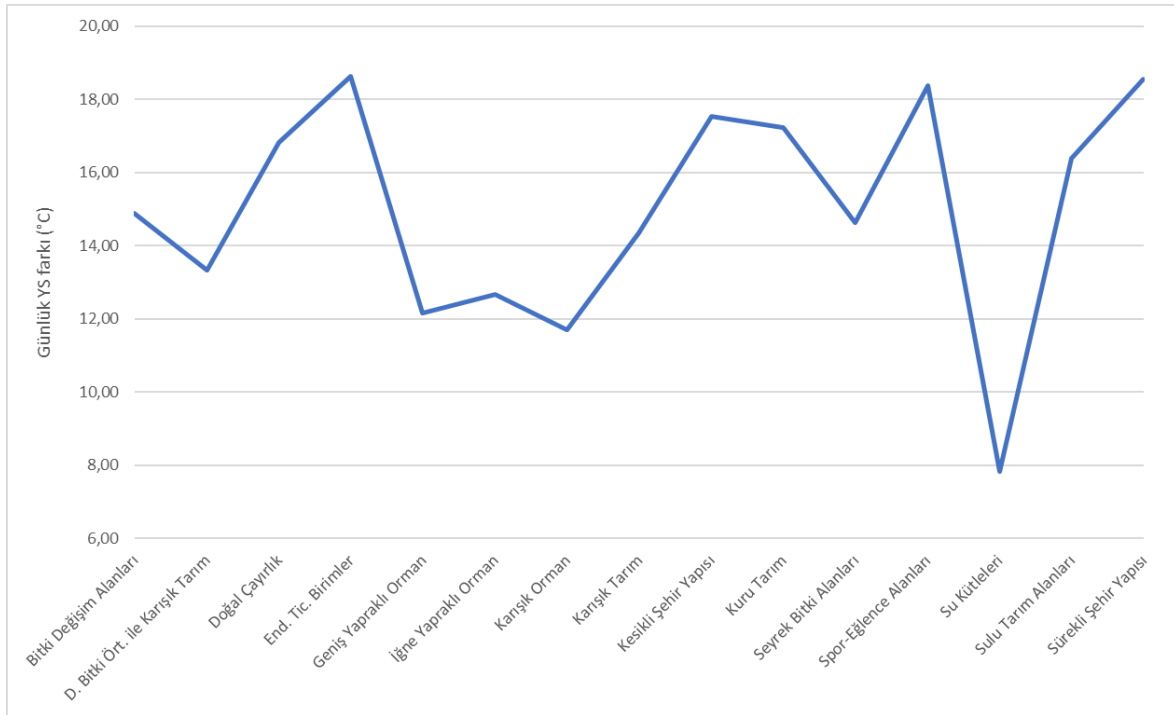
Özetle ÇAYS-ŞMYS farkı ve ÇAYS-ŞAYS farkı hemen hemen benzer örüntüye sahiptir. Buna göre soğuk dönemde ÇAYS, sıcak dönemde ŞMYS ve ŞAYS daha yüksektir. ŞMYS ve ÇAYS'ın kapsamı ŞAYS'tan daha geniştir ve her ikisi farklı arazi tipleriyle beraber şehrsel yapıyı da içermektedir. Bununla birlikte bu ikisi arasında en önemli farklılık şehrsel yapının oranıyla ilgilidir. Şehrsel yapının, tüm arazi tiplerine oranı ŞMYS'de daha yüksek (%14), ÇAYS'ın içerisinde daha düşüktür (%7). Bu durumda kışın ÇAYS'ın ŞMYS'den daha sıcak olması, şehrsel yapı oranı arttıkça YS ortalamasının düşeceğini göstermektedir. Bu da kışın şehir merkezinde negatif YIA olduğunu doğrular. ÇAYS'ın ŞMYS'den daha büyük olduğu aylar, ocak, şubat, ağustos, ekim, kasım, aralıktır.  $0,1^{\circ}\text{C}$ 'lik küçük bir farkla ağustos bu grubun dışında tutulabilir. Buna göre, soğuk dönemde şehrsel yapı çevresine göre daha soğuktur. ŞAYS şehrsel yapının kendisine karşılık geldiğinden burada oran %100'dür. ÇAYS'ın ŞAYS'tan daha yüksek olduğu aylar, ocak, ekim, kasımdır.  $0,1^{\circ}\text{C}$ 'lik küçük bir farkla aralık da bu gruba dahil edilebilir. Bu durumda kışın şehrin, çalışma alanındaki çoğu arazi tipinden daha serin olduğu doğrulanmaktadır. Yazın ise ŞAYS, ÇAYS'ı geçmektedir. Şehrsel alan diğer arazi tiplerinden daha sıcaktır.

Yukarıda kışın şehrsel yapının oranı arttıkça YS ortalamalarının düşeceğinden bahsedilmektedir. Bu durumda kışın ŞAYS'ın, ŞMYS'den daha düşük hesaplanması gerekirdi (Şekil 16). Bununla birlikte ŞMYS sadece kışın değil yıl boyunca ŞAYS'tan daha serindir. Bu da gösterir ki şehrsel yapının kendisi daha sıcaktır. ŞMYS içerisindeki farklı arazi tipleri YS'lerin farklılaşmasını sağlamaktadır. ŞAYS'taki gibi homojen özellikteki genişçe bir alanın ısı adası olarak belirmesi daha olası görünmektedir. Arazi örtüsü özelliğinin parçalı değil de aynı özelliğin genişçe bir alan boyunca devam etmesinin, enerji birikiminde ya da kaybında önemli bir payının olduğu anlaşılmaktadır. YIA şiddeti alanın alanıyla doğru orantılı artar (Bottyán vd., 2005; Tan ve Li, 2015; B. Zhou vd., 2017). Şehrsel mahallelerin toplam alanı, şehrsel alanın iki katıdır. Şehrsel alanın alanıyla beraber bir bu kadar ancak farklı arazi tiplerinden oluşan alan ŞMYS hesabında dikkate alınmıştır. ŞAYS'tan ŞMYS'ye farklı arazi tipleri ortalama YS'leri düşürmektedir. Bu, şehrsel yapıda biriken enerjinin doğal örtü tarafından maskelendiği anlamına gelmektedir.

Kastamonu şehrinde Kuzeykent mahallesinin kapladığı alanın tamamı şehrsel yapıya karşılık gelmektedir. Mahalle sınırları içerisinde hesaplanan OYS yıl boyunca ŞAYS'ın üzerindedir. Aynı durum Topçuoğlu mahallesi için de geçerlidir. Kuzeykent mahallesi nispeten yeni bir yerleşim birimidir. Topçuoğlu mahallesiye eski bir yerleşim birimidir ve burada genellikle binalar 3-4 katla sınırlı olup sokaklar dardır. Kuzeykent'te 10 katı geçen yüksek bloklar bulunur ancak bunlar birbirine yakın mesafelerde değildir. Birbirinden yapısal olarak farklı bu iki mahallede YS'lerin yıl boyunca ŞAYS'ın üzerinde olması, ısı adası durumunun şehirlerin geçirimsiz yüzeylerle kaplanmasıyla alakalı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Kuzeykent'te yüksek binalar olsa da bu özellik metropollerdekine benzer şehir kanyonları oluşturacak boyutlarda değildir. Bununla birlikte genel olarak şehrin kuzey kesimi güneyine göre daha sıcaktır. Eski yerleşim alanları daha serin niteliktedir. Bu durum K-G profilinde gözlemlenmiştir.

Yazın gündüzleri, şehrsel alan bir YIA olarak belirlenmiştir. Şehrin kuzeyi de şehrin oluşturduğu YIA kadar sıcaktır. Ancak şehrin bu kısmı gece olunca hızlıca soğumaktadır. Şehirse gündüz emdiği enerjiyi büyük ölçüde korumakta ve böylece çevresine göre en sıcak yüzey olarak saptanmaktadır. Bu durum, gün içerisinde ŞIA'nın en şiddetli olduğu vaktin güneşin batışını takip eden 3-5 saat sonrası olduğuyla tutarlılık göstermektedir (Oke ve Maxwell, 1975). Kastamonu şehri yazın, gündüz ve gece YIA oluşturmaktadır. Şehir içinde YS'nin dağılışına bakıldığında, kuzey kesim daha sıcaktır. Bu sonuç, en iyi gece YS dağılışında gözlemlenmektedir. Gündüz şehrsel alanın tamamı sıcakken, geceleri şehrin güneyi soğumaya başlamıştır.

Gündüz en serin yüzey olan su kütlesi, gece en sıcak yüzey haline gelmektedir. Tersine, gündüz en sıcak yüzey endüstriyel ticari birimlerdir ve gece burası en serin yüzeye dönüşmektedir. K-G ve D-B doğrultulu profilleri birlikte değerlendirilmiş ve gündüz ve gece YS'leri arasındaki farkların ortalaması bulunmuştur (Şekil 17). Buna göre günlük en büyük YS farkı 18,6°C'yle endüstriyel ve ticari birimlerde ortaya çıkmıştır. En küçük YS farkı 7,8°C'yle su kütlesinde belirlenmiştir. Endüstriyel birimlerin yanı sıra kesikli ve sürekli şehir yapılarıyla spor-eglençe alanları suni yüzeyleri oluşturmaktadır. Bu yüzeyler gündüz ısınırken, gece de en hızlı soğuyan bir özellik göstermektedir. Bu nedenle günlük YS farkı nispeten yüksektir. Bu yüzeylerde günlük YS farkı sırasıyla 18,5°C, 17,5°C ve 18,4°C'dir. Kesikli şehir yapısı sürekli şehir yapısından daha büyük YS farkına sahiptir. Bu da ısınma ve soğumada yapı yoğunluğunun belirleyici olduğunu göstermektedir. Kesikli yapıdaki gibi yüzey heterojenliğinin, sürekli yapıya göre yüksek olması, gündüz ve gece YS'leri arasındaki farkı düşürmektedir. Sürekli yapıdaysa enerjinin emilimi ya da kaybı söz konusu olduğunda, sıcaklıklar daha hızlı değişebilmektedir.



**Şekil 17.** K-G ve D-B profillerindeki noktaların gündüz ve gece yüzey sıcaklığı (YS) farklarının ortalaması

Doğal peyzaj içerisinde, şehirselleşmeye en benzer özellik gösteren yüzey kuru tarım alanlarıdır. Burada günlük YS farkı 17,2°C'dir. Bu alanlar, gündüz en sıcak, gece en serin yüzeylerden biridir. Doğal çayırılıkta ve sulu tarım alanlarında YS farkı 16,8°C ve 16,3°C olarak belirlenmiştir. Bitki değişim alanları, seyrek bitki alanları ve karışık tarım alanlarında YS farkı: 14,9°C, 14,6°C ve 14,3°C'dir. Doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanlarında YS farkı daha da

düşüktür ve  $13,3^{\circ}\text{C}$  hesaplanmıştır. Su kütesinden sonra gündüz en serin, gece en sıcak yüzeyi orman örtüsü oluşturur. Bu örtü içerisinde iğne yapraklılar daha yüksek YS farkına sahiptir. Burada fark  $12,7^{\circ}\text{C}$ 'dir. Geniş yapraklılarda fark  $12,2^{\circ}\text{C}$ , karışık ormanda  $11,7^{\circ}\text{C}$ 'dir. Orman örtüsünde, iğne yapraklıdan geniş yapraklıya, geniş yapraklıdan karışık ormana doğru YS farkları  $0,5^{\circ}\text{C}$  azalmaktadır. Benzer şekilde karışık tarım alanından doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanına gelindiğinde YS farkı  $1^{\circ}\text{C}$  düşmektedir. Bu iki durum, yüzey heterojenliği artışının, enerjinin dengeli dağılışında önemli olduğunu desteklemektedir.

## SONUÇ

Literatürdeki ŞIA çalışmalarının çoğu büyük şehirlere odaklanmaktadır. Bu çalışmada küçük bir şehir üzerinde durulmaktadır. Çalışmada, Kastamonu şehir merkezi ve yakın çevresini kapsayan bir alanda aylık yüzey sıcaklığı değişimine bakılmıştır. Bunun yanı sıra aynı çalışma alanında arazi örtüsüyle ilişkili olarak gece-gündüz YS değişimi belirlenmiştir. Aylık ve gündüz YS modelleri LANDSAT görüntülerinden, gece YS modeli ASTER görüntüsünden üretilmiştir. Aylık YS değişimi mahalleler ölçeğinde incelenmiş, arazi örtüsüne bağlı gece-gündüz YS değişimiye kabaca K-G ve D-B doğrultulu 2 profil üzerinden takip edilmiştir. Buna göre elde edilen sonuçları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- >> Kastamonu çevresinde yıllık YS ranjı  $30^{\circ}\text{C}$  kadardır.
- >> Yıl içerisinde YS'lerin nispeten hızla arttığı ve azaldığı ikişer dönem tespit edilmiştir. Şubattan marta ve marttan nisana doğru iki adımlı hızlı ısınma devresi, eylülde ekime ve kasımdan aralığa yine iki adımlı hızlı soğuma devresiyle dengelenmektedir.
- >> Güneşlenme süresinin kısa olduğu aralık-ocak ve/veya ocak-şubat gibi aylar için YS'lerin seyrettiği seviyeler birbirinden farklıdır. Güneş ışınlarının daha dik açılarla geldiği dönemlerdeyse geceleri kaybolan enerjinin azalmasıyla mayıs-haziran ya da temmuz-ağustos gibi ayların YS seviyeleri birbirine benzeşmektedir.
- >> Arazi örtüsünün YS değişimindeki etkisi yılın nispeten sıcak döneminde daha güçlüdür.
- >> Çalışma alanı ortalaması, kış aylarında şehirsiz alan ortalamasından daha yüksektir. Bu, şehirsiz alanın bu mevsimde düşük sıcaklıkta olduğunu göstermektedir.
- >> Genel olarak şehrin kuzeyinde güneyine göre daha yüksek YS değerleri belirlenmiştir.
- >> Şehir, yazın gündüz ve gece şiddetli bir YIA özelliğindedir.
- >> Gündüzleri, şehirsiz alan kadar sıcak olan köyler, geceleri hızlıca soğurken, şehirsiz alan sıcak olma özelliğini korumaktadır.

>> Gündüzleri en serin yüzeyler, su kütlesi ve orman örtüsü olup, yavaşça soğumanın etkisiyle gece de en sıcak yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır.

>> Gündüzleri en sıcak ve geceleri en serin yüzeyler yapay yapılarla ilişkili oluşmaktadır.

>> En büyükten küçüğe günlük YS farkları, endüstriyel ticari birimler, sürekli şehir yapısı, spor-eğlence alanları ve kesikli şehir yapısında saptanır.

>> Sürekli şehir yapısından kesikli şehir yapısına, karışık tarım alanından doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanına doğru günlük YS farkları 1°C azalmaktadır. YS farkları, iğne yapraklıdan geniş yapraklıya ve bundan da karışık ormana doğru YS farkları 0,5°C azalmaktadır. YS farklarının azalması, dengeli bir enerji dağılışına yaklaşıldığını göstermekte, geç ısınma ve geç soğumayı belirtmektedir. Kesikli şehir yapısı, doğal bitki örtüsüyle karışık tarım alanı ve karışık ormanda yüzey heterojenliği daha yüksektir. Heterojenlik, enerji dağılışında önemli bir rol oynamakta ve pozitif veya negatif ısı adası oluşumunu engellemektedir.

## KAYNAKÇA

- Acar, D. (2005). *Bursa'da şehirleşmenin yağış ve sıcaklık üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Almeida, C. R. de, Teodoro, A. C., & Gonçalves, A. (2021). Study of the Urban Heat Island (UHI) using remote sensing data/techniques: A systematic review. *Environments*, 8(10), 105. <https://doi.org/10.3390/environments8100105>
- Bottyán, Z., Kircsi, A., Szegedi, S., & Unger, J. (2005). The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *International Journal of Climatology*, 25(3), 405-418. <https://doi.org/10.1002/joc.1138>
- Bozdoğan Sert, E., Kaya, E., Adiguzel, F., Cetin, M., Gungor, S., Zeren Cetin, I., & Dinc, Y. (2021). Effect of the surface temperature of surface materials on thermal comfort: a case study of Iskenderun (Hatay, Turkey). *Theoretical and Applied Climatology*, 144(1-2), 103-113. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03524-0>
- Buccolieri, R., Carlo, O. S., Rivas, E., Santiago, J. L., Salizzoni, P., & Siddiqui, M. S. (2022). Obstacles influence on existing urban canyon ventilation and air pollutant concentration: A review of potential measures. *Building and Environment*, 214, 108905. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108905>
- Canan, F. (2017). Kent geometrisine bağlı olarak kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesi: Konya örneği. *Çukurova Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 32(3), 69-80.

- Chen, Q., Cheng, Q., Chen, Y., Li, K., Wang, D., & Cao, S. (2021). The influence of sky view factor on daytime and nighttime urban land surface temperature in different spatial-temporal scales: A case study of Beijing. *Remote Sensing*, 13(20), 4117. <https://doi.org/10.3390/rs13204117>
- Chen, Y., Amani-Beni, M., Chen, C., Liang, Y., Li, J., & Yang, L. (2023). Projection of urban land surface temperature: An inter- and intra-annual modeling approach. *Urban Climate*, 51, 101637. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101637>
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Bell, A. (2009). The urban heat island of Bucharest during the extreme high temperatures of July 2007. *Theoretical and Applied Climatology*, 97(3-4), 391-401. <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0088-3>
- Copernicus. (2023). *CORINE Land Cover*. <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>
- Coşkun, S. (2021). Küre Dağlarının Kastamonu iklimi üzerindeki etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 37-52. <https://doi.org/10.17211/tcd.833701>
- Çiçek, İ. (2005). Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16.
- Çiçek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.
- Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2007). Konya'da şehirleşmeye bağlı bağıl nem ve su buharı basıncı değişiklikleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 13-25.
- Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2009). The effects of urbanization on water vapour pressure in a semi-arid climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1-2), 125-134. <https://doi.org/10.1007/s00704-007-0363-8>
- 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.
- 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. <https://doi.org/10.62068/visbid.1481455>
- Çoban, A., & Aydınözü, D. (2016). Ilıca Şelalesi (Kastamonu-Pınarbaşı). *Journal of Turkish Studies*, 11(8), 43-43. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.9955>
- DePaul, F. T., & Sheih, C. M. (1986). Measurements of wind velocities in a street canyon. *Atmospheric Environment (1967)*, 20(3), 455-459. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(86\)90085-5](https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90085-5)
- Dian, C., Pongrácz, R., Dezső, Z., & Bartholy, J. (2020). Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest. *Urban Climate*, 31, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100573>

- Díaz-Chávez, L., Melendez-Surmay, R., & Arregocés, H. A. (2024). Urban heat island intensity in coastal cities of northern Colombia using Landsat data and WRF/UCM model. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100617>
- 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 ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 937-952.
- ECMWF. (2024). *2023 was the hottest year on record, Copernicus data show*. <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2024/2023-was-hottest-year-record-copernicus-data-show>
- Eljadid, A. G. (1992). *Urban Heat Island Effect in Istanbul City* [Master Thesis]. Istanbul Technical University.
- Eminoğlu, Y. (2023). *Yüzey Kentsel Isı Adası Yoğunluğu ve Kırılabilirliğinin Araştırılması: İstanbul Metropolitan Bölgesi İçin Çok Boyutlu Bir Yaklaşım* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Fu, P., & Weng, Q. (2018). Variability in annual temperature cycle in the urban areas of the United States as revealed by MODIS imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.09.003>
- Güneş, C., Pekkan, E., & Tün, M. (2021). Eskişehir kent merkezinde yer alan üniversite kampüslerindeki kentsel ısı adası etkilerinin LANDSAT-8 uydu görüntüleri üzerinden araştırılması. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 22-32.
- Huang, F., Zhan, W., Voogt, J., Hu, L., Wang, Z., Quan, J., Ju, W., & Guo, Z. (2016). Temporal upscaling of surface urban heat island by incorporating an annual temperature cycle model: A tale of two cities. *Remote Sensing of Environment*, 186, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.009>
- Janković, V. (2013). A historical review of urban climatology and the atmospheres of the industrialized world. *WIREs Climate Change*, 4(6), 539-553. <https://doi.org/10.1002/wcc.244>
- Johnson, G. T., & Hunter, L. J. (1999). Some insights into typical urban canyon airflows. *Atmospheric Environment*, 33, 3991-3999.
- Karaca, M., Antepiloğlu, Ü., & Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey. *Il Nuovo Cimento C*, 18(1), 49-55. <https://doi.org/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. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00085-D](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00085-D)
- Kastamonu Valiliği. (2023). *Kastamonu merkez ilçe mahalle sayısı*. <http://www.kastamonu.gov.tr/muhtar-iletisim-bilgileri>



- Kikon, N., Singh, P., Singh, S. K., & Vyas, A. (2016). Assessment of urban heat islands (UHI) of Noida City, India using multi-temporal satellite data. *Sustainable Cities and Society*, 22, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.01.005>
- Kim, J., Lee, D.-K., Brown, R. D., Kim, S., Kim, J.-H., & Sung, S. (2022). The effect of extremely low sky view factor on land surface temperatures in urban residential areas. *Sustainable Cities and Society*, 80, 103799. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103799>
- Klok, L., Zwart, S., Verhagen, H., & Mauri, E. (2012). The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.009>
- Kum, G. (2006). *Göztepe, Kandilli ve Şile Sıcaklık Verileri Kullanılarak İstanbul'da Şehir Isı Adası Etüdü* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Liang, L., & Gong, P. (2020). Urban and air pollution: a multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*, 10(1), 18618. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74524-9>
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552. <https://doi.org/10.3390/rs3071535>
- Louka, P., Belcher, S. E., & Harrison, R. G. (1998). Modified street canyon flow. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 74-76, 485-493. [https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(98\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(98)00044-0)
- Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Long-term impact of rapid urbanization on urban climate and human thermal comfort in hot-arid environment. *Building and Environment*, 142, 83-100. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.007>
- Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J., & Voogt, J. (2020). Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45(1), 411-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>
- Mayer, H., & Höpfe, P. (1987). Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, 38(1), 43-49. <https://doi.org/10.1007/BF00866252>
- Memon, R. A., Leung, D. Y. C., & Liu, C.-H. (2010). Effects of building aspect ratio and wind speed on air temperatures in urban-like street canyons. *Building and Environment*, 45(1), 176-188. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.015>
- Mercan, Ç. (2020). Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49.
- MGM. (2023, Nisan 19). *Türkiye 2022 Yılı İklim Verileri Haber Bülteni*. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/haberBulteni/2022-iklim-verileri.pdf>
- MGM. (2024). *İllere Ait Mevsim Normalleri (1991-2020)*. Resmi İklim İstatistikleri. <https://www.mgm.gov.tr/Veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KASTAMONU>
- NASA. (2023a). *About Terra*. <https://terra.nasa.gov/about>

- NASA. (2023b). ASTER. <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/aster>
- NOAA. (2024). 2023 was the warmest year in the modern temperature record. [https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2023-was-warmest-year-modern-temperature-record#:~:text=Details,decade%20\(2014%E2%80%932023](https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2023-was-warmest-year-modern-temperature-record#:~:text=Details,decade%20(2014%E2%80%932023)
- Nunez, M., & Oke, T. R. (1976). Long-wave radiative flux divergence and nocturnal cooling of the urban atmosphere. *Boundary-Layer Meteorology*, 10(2), 121-135. <https://doi.org/10.1007/BF00229280>
- Nunez, M., & Oke, T. R. (1977). The energy balance of an urban canyon. *Journal of Applied Meteorology*, 16(1), 11-19. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1977\)016<0011:TEBOAU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1977)016<0011:TEBOAU>2.0.CO;2)
- Oke, T. R., & Maxwell, G. B. (1975). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* (1967), 9(2), 191-200. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(75\)90067-0](https://doi.org/10.1016/0004-6981(75)90067-0)
- Orhan, O. (2021). Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması. *Geomatik Dergisi*, 6(1).
- Orhan, O., Dadaser Çelik, F., & Ekercin, S. (2019). Investigating land surface temperature changes using Landsat-5 data and real-time infrared thermometer measurements at Konya Closed Basin in Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(1), 16-27. <https://doi.org/10.26833/ijeg.417151>
- Sakınç, E., & Şerefhanoglu Sözen, M. (2012). The effect of tall buildings on solar access of the environment, İstanbul Levent as case. *METU Journal of the faculty of architecture*. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2012.1.5>
- Scarano, M., & Sobrino, J. A. (2015). On the relationship between the sky view factor and the land surface temperature derived by Landsat-8 images in Bari, Italy. *International Journal of Remote Sensing*, 36(19-20), 4820-4835. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1070325>
- Si, M., Li, Z.-L., Nerry, F., Tang, B.-H., Leng, P., Wu, H., Zhang, X., & Shang, G. (2022). Spatiotemporal pattern and long-term trend of global surface urban heat islands characterized by dynamic urban-extent method and MODIS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 183, 321-335. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.11.017>
- Stone, B. (2008). Urban sprawl and air quality in large US cities. *Journal of Environmental Management*, 86(4), 688-698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.034>
- Şekertekin, A. İ., & Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak metropolitan alanındaki arazi kullanımı arazi örtüsünün yer yüzey sıcaklığına etkisi. *Geomatik Dergisi*, 4(2), 101-111. <https://doi.org/10.29128/geomatik.497051>
- 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. <https://doi.org/10.51800/ecd.1223028>

- Tan, M., & Li, X. (2015). Quantifying the effects of settlement size on urban heat islands in fairly uniform geographic areas. *Habitat International*, 49, 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.05.013>
- Tanrikulu, M. (2006). *İzmir'de Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış üzerine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi.
- 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. <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(4), 501-524. <https://doi.org/10.1023/A:1005357915441>
- Tran, H., Uchihama, D., Ochi, S., & Yasuoka, Y. (2006). Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(1), 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.05.003>
- UN. (2018). *Percentage of Population at Mid-Year Residing in Urban Areas by region, subregion and country, 1950-2050*. World Urbanization Prospects. <https://population.un.org/wup/>
- USGS. (2023a). *LANDSAT 8*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>
- USGS. (2023b, Mart 4). *LANDSAT 9*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>
- Xian, G., Shi, H., Auch, R., Gallo, K., Zhou, Q., Wu, Z., & Kolian, M. (2021). The effects of urban land cover dynamics on urban heat Island intensity and temporal trends. *GIScience & Remote Sensing*, 58(4), 501-515. <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.1903282>
- Yalçın, T., & Yetemen, Ö. (2009). Local warming of groundwaters caused by the urban heat island effect in Istanbul, Turkey. *Hydrogeology Journal*, 17(5), 1247-1255. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0474-7>
- Yılmaz, E. (2013). *Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu* [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13(2), 115-138.
- Yılmaz, E. (2017). Türkiye'nin bazı şehirlerinde ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed.), *Türkiye Coğrafyası Araştırmaları* içinde, ss. 177-204. Pegem Akademi Yayıncılık. <https://doi.org/10.14527/9786053188858>
- Yılmaz, E., Aydın, O., & Çiçek, İ. (2019). Klimatoloji çalışmalarında CBS kullanımı. E. Akköprü & M. F. Döker (Ed.), *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları* içinde, ss. 29-57. Pegem Akademi Yayıncılık. <https://doi.org/10.14527/9786052419878>
- Yılmaz, E., & Özcanlı, M. (2021). Van şehir gelişimi ile şehir ısı adası arasındaki ilişkiler ve sıcaklık değişimleri. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 40-60.

- Yue, W., Fan, P., Wei, Y. D., & Qi, J. (2014). Economic development, urban expansion, and sustainable development in Shanghai. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(4), 783-799. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0623-8>
- Zajic, D., Fernando, H. J. S., Calhoun, R., Princevac, M., Brown, M. J., & Pardyjak, E. R. (2011). Flow and turbulence in an urban canyon. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(1), 203-223. <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2525.1>
- Zhou, B., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2017). The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific Reports*, 7(1), 4791. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04242-2>
- Zhou, J., Chen, Y., Zhang, X., & Zhan, W. (2013). Modelling the diurnal variations of urban heat islands with multi-source satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 34(21), 7568-7588. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.821576>