



## Eskişehir Kent Merkezinde Yer Alan Üniversite Kampüslerindeki Kentsel Isı Adası Etkilerinin LANDSAT-8 Uydu Görüntüleri Üzerinden Araştırılması

Coşkun Güneş<sup>1\*</sup>, Emrah Pekkan<sup>2</sup>, Muammer Tün<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

<sup>2</sup> Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

<sup>3</sup> Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

E-Posta: [coskungunes@eskisehir.edu.tr](mailto:coskungunes@eskisehir.edu.tr), [emrahpekkkan@eskisehir.edu.tr](mailto:emrahpekkkan@eskisehir.edu.tr), [muammertun@eskisehir.edu.tr](mailto:muammertun@eskisehir.edu.tr)  
Orcid: 0000 0001 7138 3908

**Gönderim 23.01.2021; Kabul 18.03.2021**

**Özet:** 2019 yılı sonrası yaşanan süreç çevre ve insan sağlığını küresel boyutta birincil öncelik haline getirmektedir. İnsan popülasyonunun en yoğun olduğu kentlerde de çevre problemlerinin çözümüne yönelik çalışmalar hızlanmaktadır. Bu çalışmada ise küresel bir çevre problemi olan kentsel ısı adası etkisinin Eskişehir kent merkezindeki üniversite yerleşkeleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İlk kez 1818 yılında Londra kenti için tanımlanan kentsel ısı adası etkisi, kentsel alanların çevresindeki yeşil alanlardan daha fazla ısınması olarak bilinmektedir. Uydu teknolojilerindeki gelişmeler termal bantlar sayesinde Uzaktan Algılama (UA) ortamında yüzey sıcaklıklarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Yüzey sıcaklıkları üzerinden de kentsel ısı adası etkisi gösteren alanlar tanımlanabilmektedir. Son yıllarda UA ortamında üretilen yüzey sıcaklığı haritaları üzerinden, kentsel ısı adası etkisini tanımlayan çalışmalar Hong Kong, Kahire, Şangay, Ankara, Prag, Eskişehir, Üsküp gibi metropolitan alanlarda başarılı sonuçlar vermiştir. Öğrenci popülasyonu Eskişehir' in önemli bir sosyo-ekonomik parametresidir. Bu nedenlerden dolayı kent merkezinde yer alan 3 farklı üniversitenin (Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi ve Anadolu Üniversitesi) 5 farklı yerleşkesinde kentsel ısı adası etkileri UA ortamında Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) haritaları üzerinden yorumlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında yorumlanan haritalarda, Eskişehir Teknik Üniversitesi 2 Eylül Kampüsü' nün ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Meşelik Kampüsü' nün çevresinden daha fazla ortalama yer yüzey sıcaklığına sahip olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Eskişehir kent merkezi, kentsel ısı adası, landsat, uzaktan algılama, yer yüzey sıcaklığı

## Investigating Urban Heat Island Effects on University Campuses Where Located in Eskişehir City Center With LANDSAT-8 Data

**Received 23.01.2021; Accepted 18.03.2021**

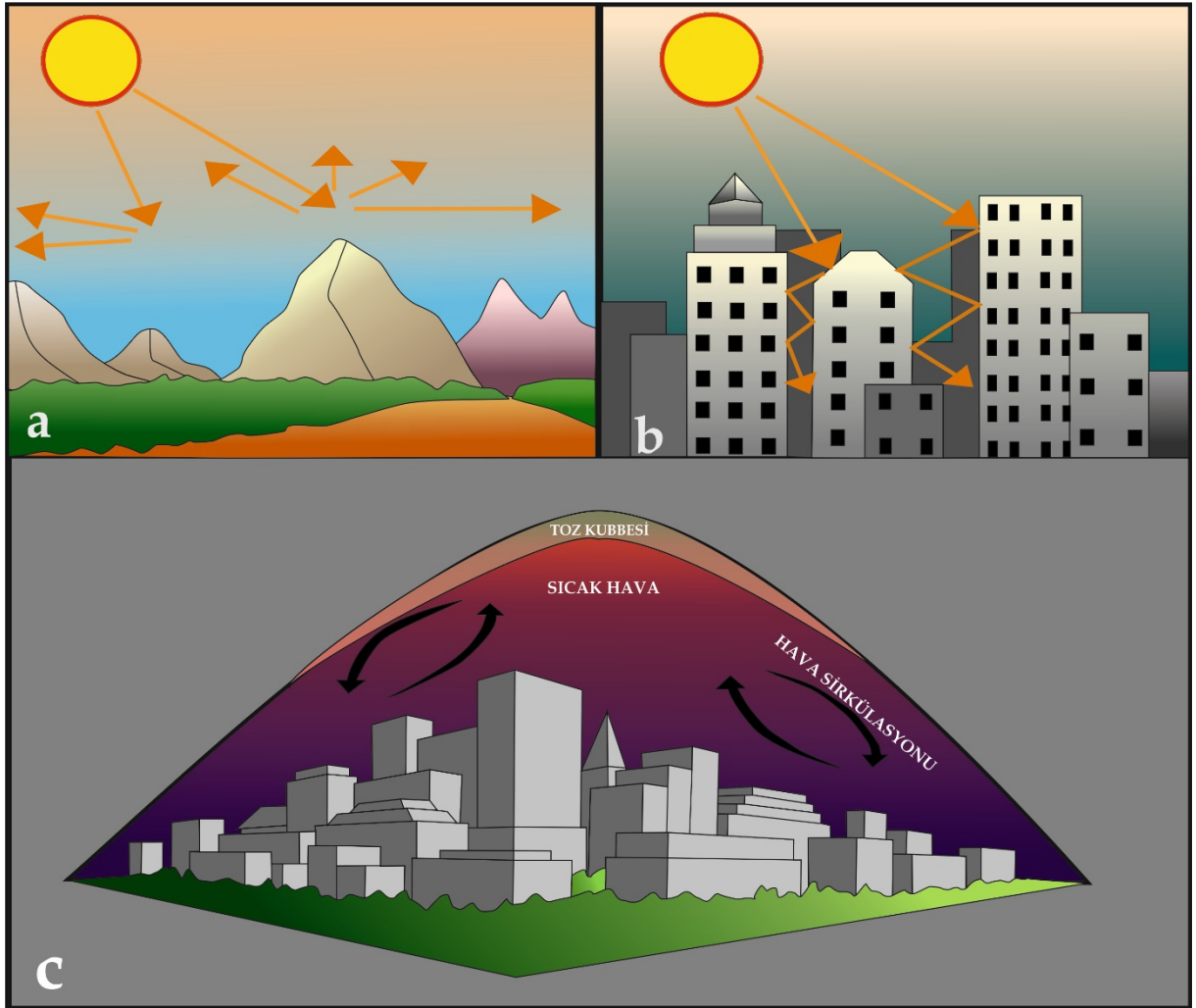
**Abstract:** The time period after 2019 makes the environment and human health a global priority. Efforts to solve environmental problems are accelerating in cities where have dense human population. In this case it was investigated that urban heat island effect which is a global environment problem on university settlements in Eskişehir city center. The urban heat island effect which was defined for London City at first in 1818 is known as urban areas having more heat than the green areas around them. Advances in satellite technologies allow the determination of surface temperatures in Remote Sensing (RS) environment thanks to thermal bands. Areas that show the effect of urban heat island can be defined through surface temperatures. Studies defining the urban heat island effect through surface temperature maps produced in the RS environment in recent years have yielded successful results in metropolitan areas such as Hong Kong, Cairo, Shanghai, Ankara, Prague, Eskişehir, Skopje. Student population is one of the important socio-economic parameters of Eskişehir City. For these reasons urban heat island effects of 5 settlements of three different universities (Eskişehir Technical University, Eskişehir Osmangazi University and Anadolu University) which are located in Eskişehir City Center were interpreted in RS environment. In the maps interpreted in the Geographical Information Systems (GIS) environment it is seen that Eskişehir Technical University 2 Eylül Campus and Eskişehir Osmangazi University Meşelik Campus have higher average land surface temperature than its surroundings.

**Key Words:** Eskişehir city center, landsat, land surface temperature, remote sensing, urban heat island

\*İlgili E-posta/Corresponding E-mail: [coskungunes@eskisehir.edu.tr](mailto:coskungunes@eskisehir.edu.tr)

## GİRİŞ

Özellikle metropolitan bölgelerde görülen kentleşmeye bağlı sıcaklık artışları, gün geçtikçe küresel bir problem haline gelmektedir. Canlıların hayat kaliteleri ve enerji tüketimi üzerine olumsuz etkileri olan kentsel ısı adası bölgeleri, global iklim değişikliğinin kentsel ölçekte ortaya çıkan durumu olarak tanımlanabilir<sup>[1]</sup>. Çevresindeki kırsal alanlardan daha fazla ısınan kentsel alanlar olarak bu bölgeler ilk defa Londra kenti için tanımlanmıştır<sup>[2]</sup>. Güneşten gelen elektromanyetik ışınım yeryüzü cisimleri ile; i) absorpsiyon ii) geçirim iii) yansıtılma etkileşimlerinde bulunur. Bu ışınım etkileri, kırsal alanlarda yapay engellere takılmadan gerçekleşirken (Şekil 1a) kentsel alanlarda (Şekil 1b) bina yükseklikleri, cadde-sokak genişlikleri gibi etkenler tarafından absorbe edilme oranları artarken geri yansıtılma zamanları gecikmektedir. Kentlerde gerçekleştirilen yapılaşma faaliyetleri sonucu kentsel alanlar çevresindeki doğal ortamlardan farklı bir atmosfer sıcaklığı oluşturup bu faaliyetler şehirler üzerinde toz kubbeleri ve ısı adalarının oluşumuna yol açabilmektedir (Şekil 1c)<sup>[3]</sup>.

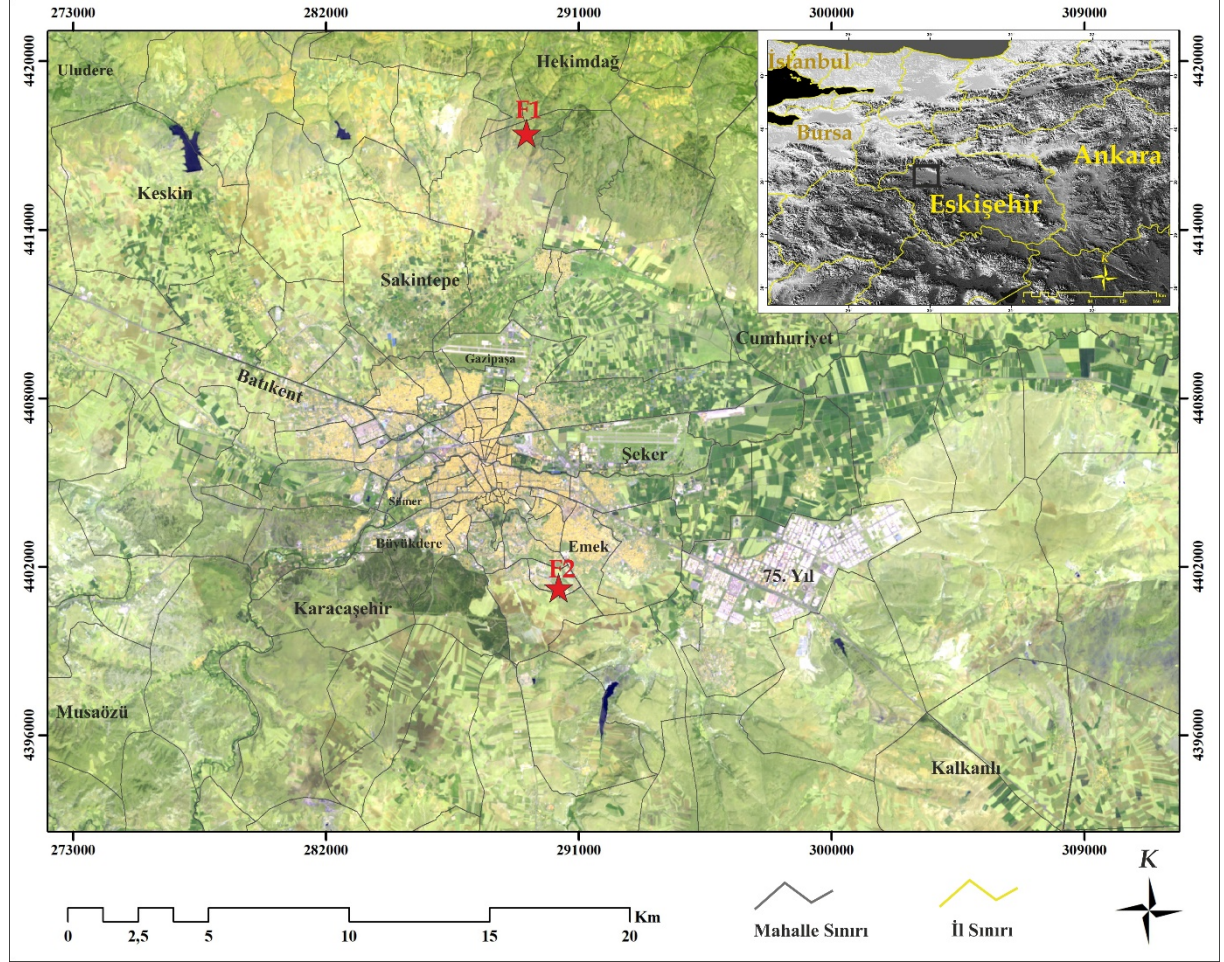


Şekil 1. a. Kırsal alanlarda yapay engellere takılmayan güneş ışınları b. Kentsel alanlarda güneş ışınlarının yapılarla etkileşimi c. Kentsel ısı adalarının şematik gösterimi (Tozam ve Karaca<sup>[8]</sup>, dan yeniden çizilmiştir).

Kentsel ısı adası etkisinin tespitinde uzaktan algılama (UA) teknikleriyle elde edilen yüzey sıcaklığı haritalarının kullanımı son yıllarda yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Ankara, Hong Kong, Şangay, Kaire, Prag, Brno, Eskişehir ve Üsküp gibi kentlerde yürütülen UA tabanlı çalışmalarda kentsel ısı adası etkisinde kalan bölgeler tanımlanmıştır<sup>[1,4-9]</sup>. Aydın ili ve yakın çevresinde yürütülen bir diğer çalışmada, kentsel ısı adası gösteren yerlerin tespit edilmesinde Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) haritalarının önemine dikkat çekilmiştir<sup>[10]</sup>. YYS haritaları, yeryüzeyinin ışıma sıcaklığı değerlerinden elde edilir ve elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi dalga boyu aralığında algılama yapabilen sensörler

aracılığıyla bu haritalar oluşturulabilir. 11 şubat 2013 tarihinde yerkürenin yörüngesine fırlatılan Amerika üretilmiş Lansat-8 yer gözlem uydusu sahip olduğu termal kızılötesi sensör sayesinde YYS haritaları elde etmek için gerekli verileri sağlamaktadır<sup>[11-17]</sup>.

Çalışma alanı Eskişehir kent merkezine odaklı olup doğu batı doğrultusunda (272230/312400), kuzey güney doğrultusunda (4393630/4418300) UTM Zone 36 koordinatlarıyla sınırlanmaktadır. D-B uzanımlı bir ova üzerine kurulan şehirde kentleşmenin KB-GD doğrultusunda geliştiği görülmektedir. Şehrin doğusunda organize sanayi bölgesi kuzeyinde ise Eskişehir Teknik Üniversitesi hava alanı kentleşmenin sınır lokasyonları olarak göze çarpmaktadır (Şekil 2). Kent merkezinde yaklaşık D-B doğrultusunda akan Porsuk Çayı, şehrin merkez ilçeleri olan Tepebaşı ve Odunpazarı arasındaki doğal sınırı oluşturmaktadır.



Şekil 2. Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin Landsat-8 uydu görüntüsü (K:B7, Y:B6, M:B4)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2019 yılı itibarıyla 887.475 nüfusa sahip olan Eskişehir Türkiye'nin 25. en kalabalık kentidir (Şekil 3 a ve b). Anadolu Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi ve Eskişehir Teknik Üniversitesini bünyesinde barındıran Eskişehir için öğrenci kenti de sıklıkla kullanılan bir tabirdir.

2019 yılı sonrası yaşanılan dönemde insan ve çevre sağlığının önemi küresel boyutta birinci öncelik haline gelmektedir. Yeşil alanların insan sağlığını dolayısıyla eğitim kalitesini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir<sup>[18-22]</sup>. Eskişehir kenti için de en önemli sosyo-ekonomik parametrelerden birisi öğrenci nüfusudur. Eskişehir kenti için daha önce tanımlanan ısı adası bölgelerinde<sup>[8]</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi'nin yer alması bu çalışmadaki ana problemi tanımlamıştır. Çalışma kapsamında, Eskişehir kent merkezinde yer alan 3 farklı üniversiteye (Eskişehir Teknik Üniversitesi (ESTÜ), Anadolu Üniversitesi (AÜ), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ)) ait 5 farklı yerleşkede (ESTÜ 2 Eylül ve Porsuk Kampüsleri, AÜ Yunussemre Kampüsü, ESOĞÜ Meşelik ve Bademlik Kampüsleri)



YYs haritaları üzerinden yeşil alanların, yapısal unsurların kentsel ısı adası etkisi oluşumundaki rollerini değerlendirmek ve daha sağlıklı çevre koşulları için öneriler sunmak hedeflenmiştir.



Şekil 3. a. Eskişehir kent merkezine ait kuzeyden bir görünüm (bakış yönü:G, lokasyon: bkz Şekil 2:F1) b. Eskişehir kent merkezine ait güneyden bir görünüm (bakış yönü:K, lokasyon: bkz Şekil 2:F2)

## YÖNTEM

Çalışmada 26.27.2020 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Bant 4 ve 5, 100 m konumsal çözünürlüğe sahip Bant 10 çalışma yönteminin ana girdilerini oluşturmaktadır. Çalışmanın ana hedefi doğrultusunda ArcMap ortamında yer yüzey sıcaklığı haritası oluşturulup ardından hedef alanlar çevresinde tampon bölgeler belirlenmiştir. Hedef alanların ve tampon bölgelerin ortalama, en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri bölgesel istatistikler aracılığıyla belirlenmiştir. Yer yüzey sıcaklığı haritası, literatürde yaygın olarak “Land Surface Temperature (LST)” adıyla bilinmektedir. Bu haritanın Landsat-8 uydu görüntüsünden elde edilmesinde termal kızıl ötesi bant (TIRS-1) olan Bant 10 (10.6-11.19  $\mu\text{m}$ ) üzerinde Atmosfer Zirvesi Hesaplaması (“Top of Atmosphere Calculation”) ardından Parlaklık Sıcaklığı Hesaplaması (“Brightness Temperature Calculation”) işlemleri yapılmıştır<sup>[8,11-17]</sup>. Atmosfer Zirvesi Hesaplaması, görüntü içerisindeki dijital rakamların parlaklık faktörleri kullanılıp yeniden ölçeklendirilerek fiziksel olarak anlamlı değerler kazanmalarını sağlar (Eşitlik 1). Yeryüzü cisimlerinin yaptığı ışınımın atmosferik etkilerinin düzeltilmesi amacıyla radyans değerleri parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmüştür (Eşitlik 2).

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{CAL} + A_L \quad (\text{Eşitlik 1})$$

( $L_{\lambda}$ ; Spektral Işınım ( $\text{watt}/\text{mm}^2 \times \text{srad} \times \mu\text{m}$ ),  $M_L$ ; gruba özgü ışınım ilave çarpımsal ölçeklendirme faktörü,  $Q_{CAL}$ ; nicelendirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değeri  $A_L$ ; ışınım çarpımsal ölçeklendirme faktörü)

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273,15 \quad (\text{Eşitlik 2})$$

(TB; parlaklık sıcaklığı (°C),  $L_\lambda$ ; Spektral ışımım,  $K_1$ ; bant özel termal dönüşüm katsayısı (774,8853)  $K_2$ ; bant özel termal dönüşüm katsayısı (1321,0789))

Diğer uygulama adımlarında, Bant 4 (Kırmızı Bant) (0.64-0.67  $\mu\text{m}$ ) ve Bant 5 (Yakın Kızılötesi Bant) (0.85-0.88  $\mu\text{m}$ ) oranlamalarından Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) (Eşitlik 3) ve Bitki Örtüsü Oranı (Pv) (Eşitlik 4) hesaplamaları yapılarak yüzey emissivitesi (e) (Eşitlik 5) hesaplanmıştır.

Bu adımlarda:

$$NDVI = \frac{\text{Bant 5} - \text{Bant 4}}{\text{Bant 5} + \text{Bant 4}} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

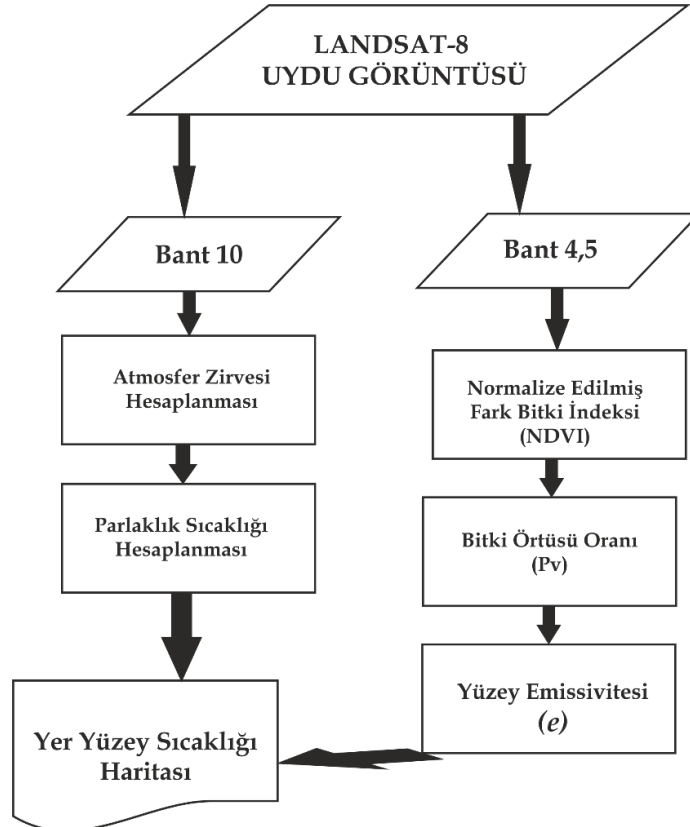
$$Pv = \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$$e = 0.0004 \times Pv + 0.986 \quad (\text{Eşitlik 5})$$

eşitlikleri kullanılarak (Şekil 4), Yer Yüzey Sıcaklığı (YYs) (Eşitlik 6) sonuç haritası elde edilmiştir.

$$YYs = \frac{T_B}{\left[ 1 + \left( \frac{T_B}{c_2} \times \lambda \right) \times \ln(e) \right]} \quad (\text{Eşitlik 6})$$

( $T_B$ : Parlaklık Sıcaklığı,  $C_2 = h$  (Planck sabiti)  $\times c$  (ışık hızı) / s (Boltzmann sabiti),  $\lambda$ : ortalama dalga boyu, e: emissivite)



Şekil 4. Çalışma yönteminin şematik gösterimi

## ESKİŞEHİR KENT MERKEZİNDE VE ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE KENTSEL ISI ADASI ETKİLERİ

Eskişehir il merkezinde kentsel yerleşim alanlarının kuzeybatıda Yukarı Söğütönü, güneydoğuda 75. Yıl, kuzeyde Orta-1, güneyde Vadişehir-Orhangazi mahallelerince sınırlandırıldığı gözlenmektedir. Kentsel ısı adası tanımı gereği çevresindeki kırsal alanlardan daha fazla ısınan kentsel alanları ifade etmektedir. Bu etkinin şehir merkezindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla kent merkezini kapsayacak biçimde 1, 3, 5 ve 7 km' lik tampon bölgeler oluşturulmuştur (Şekil 5a). YYS haritası üzerinde kent merkezi ve tampon bölgelerdeki en düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Eskişehir kent merkezi ve çevresindeki YYS değerleri

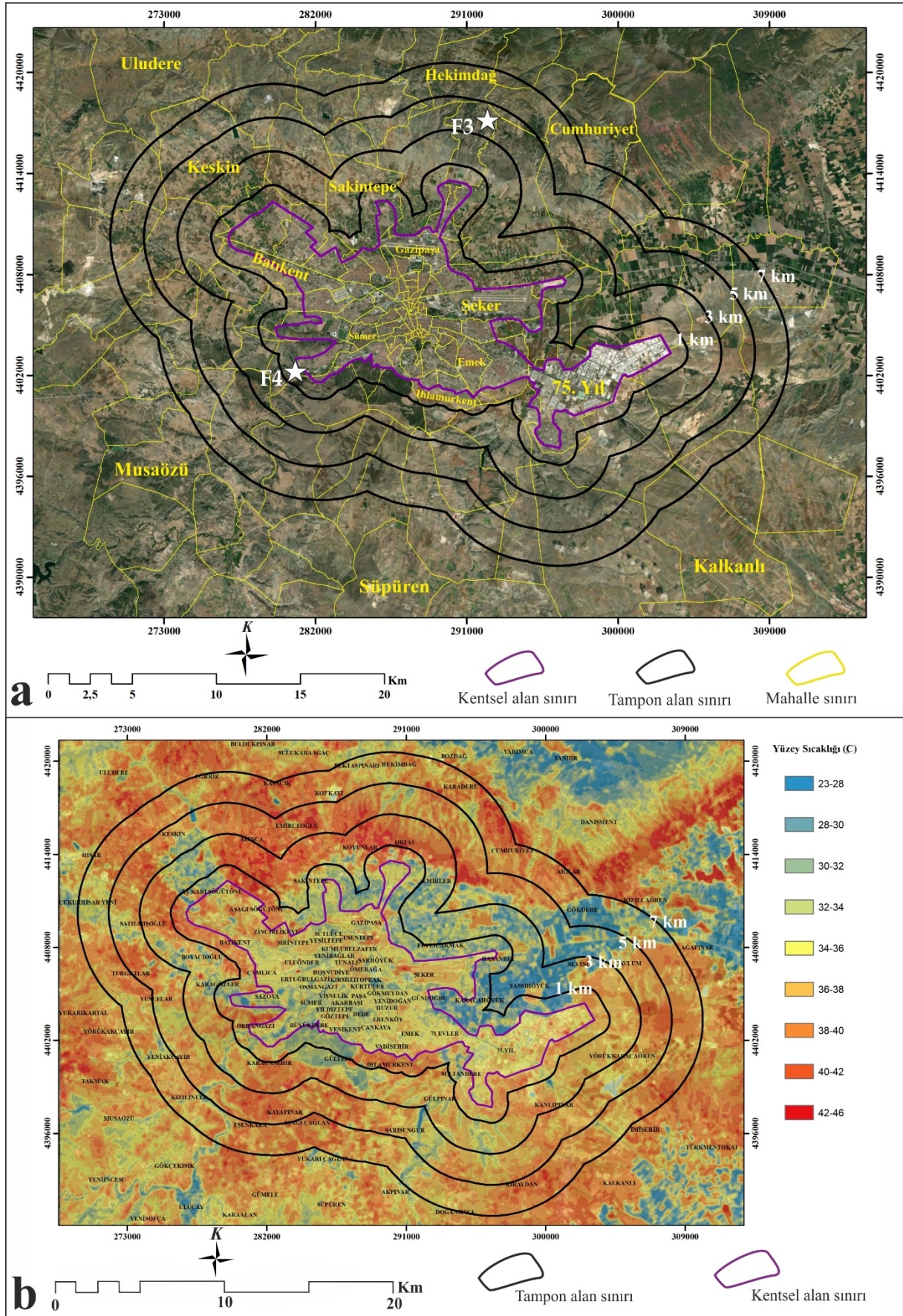
	<b>En Düşük Sıcaklık (°C)</b>	<b>En Yüksek Sıcaklık (°C)</b>	<b>Ortalama Sıcaklık (°C)</b>
<b>Kent Merkezi</b>	26,47	45,85	35,18
<b>1 km' lik Tampon Bölge</b>	25,68	45,85	35,08
<b>3 km' lik Tampon Bölge</b>	25,36	45,85	35,49
<b>5 km' lik Tampon Bölge</b>	24,76	45,85	36,06
<b>7 km' lik Tampon Bölge</b>	24,76	45,85	36,49

YYS haritası üzerinden elde edilen sıcaklık verilerine göre Eskişehir kuzeyinde, yaklaşık D-B doğrultusunda uzanım sunan Alınca-Kızılcıören arasındaki dağlık bölgenin güney yamaçları çalışma alanı içerisinde en fazla yüzey sıcaklığına sahip bölge olarak görülmektedir. Ekili ve yeşil alanların yoğun olarak gözlendiği; Karacahöyük-Gökdere arası, Fevziçakmak kuzeyi, Büyükdere güneyi ve Keskin-Yukarısöğütönü arasında kalan alanlarda göreceli olarak düşük yüzey sıcaklıkları gözlenmektedir. Şehrin doğusunda ve kuzeyinde yer alan havaalanları, dar cadde ve sokak genişliğine sahip mahalleler ve stadyumlar kentsel alanlar içerisinde en fazla yer yüzey sıcaklığına sahip bölgeleri oluştururken yeşil alanların fazla olduğu parklar, ağaçlandırılmış geniş cadde ve sokakların olduğu bölgelerde bağıl ölçekte düşük yüzey sıcaklığı görülmektedir (Şekil 5b).

26.27.2020 tarihli görüntü üzerinden Eskişehir ve yakın çevresinde belirlenen en yüksek sıcaklık değeri 45,85 °C iken en düşük sıcaklık 24,76 °C olarak hesaplanmıştır. Kent merkezi ve bu alanı kapsayan tampon bölgelerde belirlenen ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla; 35.18 °C, 35.08 °C, 35.49 °C, 36.06 °C, 36.49 °C' dir. Kent merkezinin çevre alanlarıyla olan bağıl sıcaklık ilişkileri yorumlandığında sadece 1 km' lik tampon alandan 0.1 °C daha sıcak olduğu görülmektedir. 3, 5 ve 7 km' lik tampon bölgeler sırasıyla; 0.31 °C, 0.88 °C, 1.31 °C' lik farklarla kent merkezinden daha fazla ortalama sıcaklık değerine sahiptir. Bu sonuçlar ışığında Eskişehir kent merkezinin tamamı için kentsel ısı adası etkisinin oluşmadığı söylenebilir. Kentsel alanlardan dışarı açıldıkça ortalama sıcaklık değerlerinde görülen artışın sebepleri bitki örtüsü, yeşil ve ormanlık alanların azlığı, bakı etkisi gibi parametrelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

ESTÜ 2 Eylül, ESOGÜ Bademlik, ESTÜ Porsuk Meslek Yüksek Okulu, AÜ Yunus Emre ve ESOGÜ Meşelik kampüslerinin ortalama yer yüzeyi sıcaklık değerleri sırasıyla; 35.54 °C, 32.87 °C, 33.37 °C, 33.23 °C, 33.64 °C olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu yerleşkelerde kentsel ısı adası etkileri, her kampüsün çevresinde oluşturulan 500 m' lik tampon bölgelerin ortalama yer yüzey sıcaklık değerleri (Tablo 3) üzerinden yorumlanmıştır.





Şekil 5. a. Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin uydu görüntüsü üzerinde çalışma alanı için belirlenen tampon bölgeler b. Çalışma alanı yer yüzeyi sıcaklık haritası

**Tablo 2.** Eskişehir kent merkezinde yer alan üniversite kampüslerine ait yer yüzeyi sıcaklık değerleri

	Alan (m <sup>2</sup> )	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
<b>ESTÜ 2 Eylül Kampüsü</b>	4133700	31,52	39,57	35,54
<b>ESOGÜ Bademlik Kampüsü</b>	32400	32,45	33,14	32,87
<b>ESTU Porsuk Meslek Yüksek Okulu</b>	18000	32,85	33,97	33,37
<b>AÜ Yunus Emre Kampüsü</b>	852300	30,36	36,47	33,23
<b>ESOGU Meşelik Kampüsü</b>	1332000	26,67	40,47	33,64

**Tablo 3.** Üniversite kampüsleri çevresinde oluşturulan tampon bölgelere ait yer yüzeyi sıcaklık değerleri

	Alan (m <sup>2</sup> )	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
<b>ESTÜ 2 Eylül Kampüsü</b>	9538200	28,75	41,57	34,96
<b>ESOGÜ Bademlik Kampüsü</b>	1204200	29,52	36,33	33,51
<b>ESTÜ Porsuk Meslek Yüksek Okulu</b>	1090800	30,21	37,68	34,44
<b>AÜ Yunus Emre Kampüsü</b>	3661200	30,36	37,71	34,66
<b>ESOGÜ Meşelik Kampüsü</b>	5256000	26,67	40,47	33,26

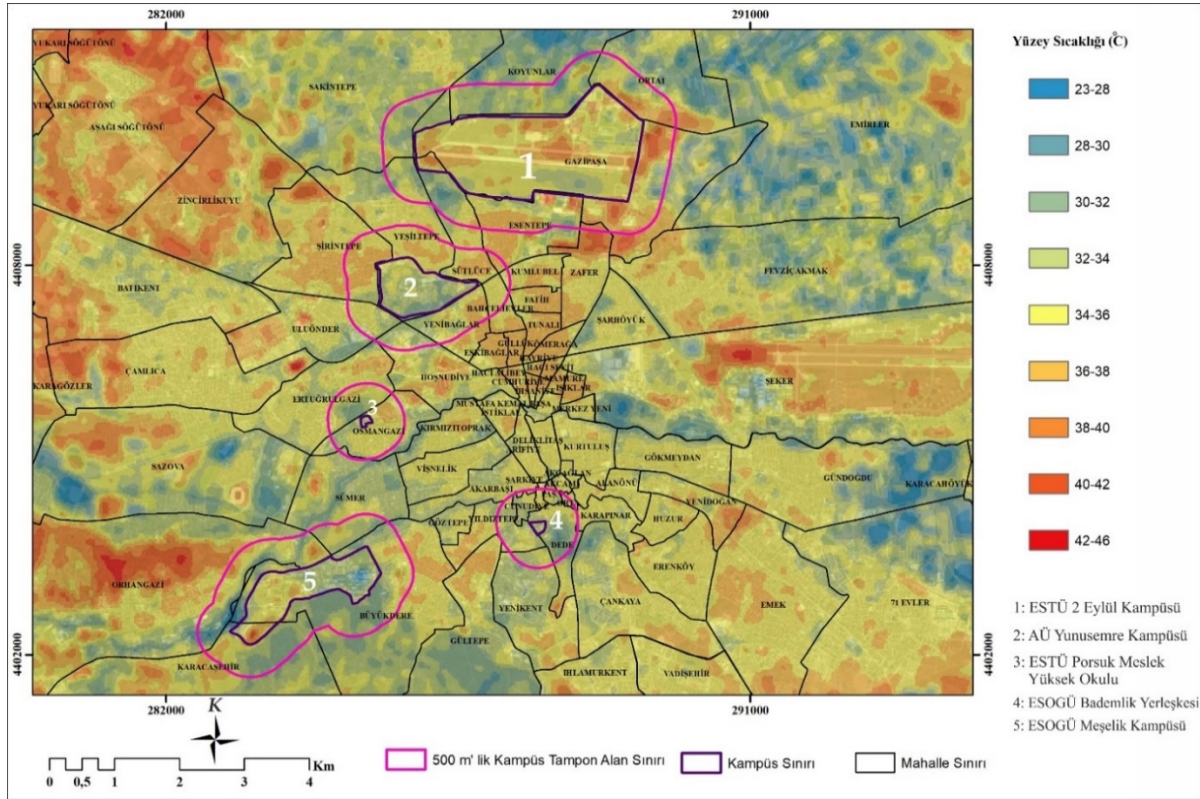
ESOGÜ Bademlik, ESTÜ Porsuk Meslek Yüksek Okulu ve AÜ Yunus Emre kampüsleri çevre alanlarından sırasıyla; 0.63 °C, 1.08 °C, 1.44 °C daha düşük ortalama yer yüzey sıcaklığı değerlerine sahiptir dolayısıyla bu alanlarda kentsel ısı adasının tersi bir etki olduğu söylenebilir (Şekil 6). Bu durumun yerleşkelerdeki yeterli ağaçlık ve yeşil alan varlığından ve yerleşkeler içindeki yolların uygun genişlikte olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ESTÜ 2 Eylül Kampüsü ve ESOĞÜ Meşelik Kampüsü 0.57 °C ve 0.39 °C olmak üzere çevrelerinden daha fazla ortalama yüzey sıcaklığına sahiptir. Bu iki yerleşke için yer yüzeyi sıcaklık haritası verilerine bakılarak kentsel ısı adası etkisi görüldüğü söylenebilir. Bu etkinin ESTÜ 2 Eylül Kampüsünde (Şekil 7a) doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 5 km uzanan havaalanı pistinden, ESOĞÜ Meşelik Kampüsünde ise yerleşkenin güneybatısında konumlanmış stadyum ve çevresindeki çorak araziden kaynaklandığı düşünülmektedir. ESTÜ 2 Eylül Kampüsündeki kentsel ısı adası etkisi, havaalanı dahil edilmeden incelendiğinde (Tablo 4) yerleşkenin çevresinden 0.32 °C daha fazla ortalama yer yüzeyi sıcaklığına sahip olduğu gözlenmektedir ancak sıcaklık farklarında ilk duruma göre 0.25 °C'lik bir iyileşme söz konusudur. Bu durum kampüs içerisindeki havaalanı ve pistinin ortalama yer yüzeyi sıcaklık değerini arttırdığını desteklemektedir.

**Tablo 4.** Havaalanı pisti hariç tutularak belirlenen ESTÜ 2 Eylül Kampüsü yer yüzeyi sıcaklık değerleri

	Alan (m <sup>2</sup> )	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
<b>ESTÜ 2 Eylül Kampüsü</b>	1710900	31,65	39,25	35,47
<b>Kampüs Tampon Alanı</b>	6134400	28,74	41,57	35,15





Şekil 6. Eskişehir kent merkezinde yer alan üniversite kampüslerini kapsayan yer yüzeyi sıcaklık haritası



Şekil 7 a. ESTÜ 2 Eylül Kampüsü içerisinde yer alan havaalanı ve yakın çevresinin görünümü (bakış yönü: G, lokasyon bkz. Şekil 5a: F3) b. ESOĞÜ futbol stadyumu ve yakın çevresinin görünümü (bakış yönü: KD, lokasyon bkz. Şekil 5a: F4)

## SONUÇLAR

Günümüzde insan sağlığını ve hayat kalitesini konu alan çalışmalar yoğunluk kazanmaktadır. Küresel ısınmanın şehir ölçeğindeki karşılığı olarak tanımlanan kentsel ısı adası etkisi de son yıllarda metropolitan bölgeler için yaygın bir çalışma konusu haline gelmiştir. İlk kez 1800' lü yılların başında tanımlanan kentsel ısı adası etkisi, çevresindeki kırsal alanlardan daha fazla ısınan kentsel alanlarda tanımlanmaktadır. Çalışmanın ana hedefi doğrultusunda Eskişehir merkezi ve yakın çevresindeki yüzey sıcaklıklarını belirleyerek kent merkezindeki ve üniversite kampüslerindeki ısı adası etkilerini araştırmak amacıyla UA ve CBS tekniklerine başvurulmuştur. Uydu teknolojilerindeki gelişmelere

paralel olarak şehirlerdeki yüzey sıcaklığı termal algılama yapabilen termal kızılötesi bantlar aracılığıyla mümkün hale gelmiştir. 11.02.2013 tarihinde yerkürenin yörüngesine yerleştirilen Landsat-8 uydusu da termal kızılötesi banta sahiptir ve günümüzde de aktif olarak yerküreden veri toplamaktadır. Yerküreden yayılan veya yansıtılan elektromanyetik radyasyon verileri bir dizi matematiksel işlemin ardından dijital görüntülere dönüştürülebilir. Bu görüntüler üzerinden yer yüzeyi sıcaklık haritası oluşturulmuştur. CBS ortamında tanımlanan haritadaki °C türündeki piksel değerlerinden Eskişehir kent merkezi ve merkezde yer alan üniversite kampüslerindeki kentsel ısı adası etkileri araştırılmıştır. Bu etkilerin araştırılması, hedef alanları kapsayan çevre alanları arasındaki ortalama yer yüzeyi sıcaklık değerlerinin bağıl olarak karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Kent merkezinin tamamını ve kampüslerin herbirini kapsayacak biçimde tampon bölgeler oluşturulmuştur. Kent merkezini kapsayan tampon bölgeler 1, 3, 5 ve 7 km , kampüsleri kapsayan tampon bölgelerse 500 m olarak seçilmiştir. Çalışma alanındaki en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri 24.76 °C ve 45.85 °C olarak hesaplanmıştır. Ormanlık, yeşil ve ekili alanlarda bağıl ölçekte düşük yer yüzeyi sıcaklıkları gözlenirken bitki örtüsünün zayıf olduğu çorak alanlarda yüksek sıcaklık değerleri görülmektedir. Çalışmadaki kentsel alanlarda hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sadece 1 km' lik tampon bölgede çevre alanından 0.1 °C daha fazlayken 3, 5 ve 7 km olarak belirlenen tampon alanlarda sırasıyla; 0.31 °C, 0.88 °C ve 1.31 °C kent merkezinden daha yüksek ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu durum, çevresindeki kırsal alanlardan daha fazla ısınan kentsel alanların tanımının, Eskişehir kent merkezinin tamamı için geçerli olmadığını göstermektedir. ESOGÜ Bademlik, ESTÜ Porsuk Meslek Yüksek Okulu ve AÜ Yunus Emre kampüsleri çevresindeki tampon bölgelerden sırasıyla; 0.63 °C, 1.08 °C ve 1.44 °C daha düşük ortalama yüzey sıcaklığına sahiptirler. Bu yerleşmelerde kentsel ısı adasının tersi bir etkinin olduğu görülmektedir. ESTÜ 2 Eylül Kampüsü 0.57 °C, ESOGÜ Meşelik Kampüsü 0.39 °C olmak üzere çevresinden daha fazla ortalama yer yüzeyi sıcaklık değerine sahiptir ve bu alanlarda kentsel ısı adası etkisi söz konusudur. ESTÜ 2 Eylül Kampüsünün D-B doğrultusunda yaklaşık 5 km uzanım sunan havaalanı boyunca, ESOGÜ Meşelik Kampüsünün ise GB'sında yer alan stadyum ve çevresinde daha fazla yeşil alanlara ihtiyaçları olduğu önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Yüksel, Ü. D., & 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).
- [2] Howard, L. (1818). *The Climate of London: deduced from Meteorological observations, made at different places in the neighbourhood of the metropolis* (Vol. 1). W. Phillips, George Yard, Lombard Street, sold also by J. and A. Arch, Cornhill; Baldwin, Cradock, and Joy, and W. Bent, Paternoster Row; and J. Hatchard, Picadilly.
- [3] Tozam, İ., Karaca, Ü.B., 2018, "Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar", TC İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, 12 – 13
- [4] 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.
- [5] Zhang, H., Jing, X. M., Chen, J. Y., Li, J. J., & Schwegler, B., 2016, Characterizing urban fabric properties and their thermal effect using quickbird image and Landsat 8 thermal infrared (TIR) data: The case of downtown Shanghai, China. *Remote Sensing*, 8(7), 541.
- [6] Taheri Shahraini, H., Sodoudi, S., El-Zafarany, A., Abou El Seoud, T., Ashraf, H., & Krone, K., 2016, A comprehensive statistical study on daytime surface urban heat island during summer in urban areas, case study: Cairo and its new towns. *Remote Sensing*, 8(8), 643.
- [7] Geletič, J., Lehnert, M., & Dobrovolný, P., 2016, Land surface temperature differences within local climate zones, based on two central European cities. *Remote Sensing*, 8(10), 788.
- [8] Kaplan, G., Avdan, Z. Y., & Avdan, U., 2018, International Symposium on Urbanization and Environmental Problems: Transition/Transformation/Authenticity Urban Heat Island Analysis, Eskişehir, Turkey.
- [9] Kaplan, G., 2019, Evaluating the roles of green and built-up areas in reducing a surface urban heat island using remote sensing data. *Urbani izziv*, 30(2), 105-112.
- [10] Tonyaloğlu, E. E., 2019, Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-13.

- [11] Yılmaz, E., 2015, Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası (Adana Surface Heat Island using Landsat Images). *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 13(2), 115-138.
- [12] Oğuz, H., 2016., Automated Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Satellite Imagery: A Case Study of Kahramanmaraş-Turkey. *Environmental Sustainability and Landscape Management*, 598.
- [13] 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.
- [14] Şekertekin, A., & Marangoz, A. M., 2019, Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111.
- [15] Akyürek, Ö., 2020, Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.
- [16] Mercan, Ç., 2020, Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49.
- [17] Orhan, O., 2021, Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması. *Geomatik*, 6(1), 69-76.
- [18] Ulrich, R.S., 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science* 224 (4647), 420–421.
- [19] Kaplan, R., Kaplan, S., 1989, *The Experience of Nature. A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, USA.
- [20] Marcus, C.C., Barnes, M., 1999, *Healing Gardens*. Wiley, New York.
- [21] Iojă, C. I., Grădinaru, S. R., Onose, D. A., Vânău, G. O., & Tudor, A. C., 2014, The potential of school green areas to improve urban green connectivity and multifunctionality. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 704-713.
- [22] Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., & Sanesi, G., 2015, Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and urban planning*, 134, 221-228.