

Kentsel Yüze Sıcaklığı ve Mavi-Yeşil Altyapı İlişkisi: Karşıyaka Örneği

Ahsen Tuğçe YÜKSEL*¹, Çiğdem COŞKUN HEPCAN²¹Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye²Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir, Türkiye

Öz: Mavi-yeşil altyapı (MYA) iklim değişikliğine bağlı yüksek sıcaklıkları ve bu sıcaklıkların neden olduğu kentsel ısı adası etkilerini azaltmaktadır. Bu çalışmada İzmir kenti Karşıyaka ilçesindeki MYA'nın arazi yüze sıcaklığı (AYS) üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak çalışma alanının 2022 yaz aylarına ait (Haziran, Temmuz, Ağustos) yüze sıcaklıkları AYS indeksi ve buna bağlı ısı adası etkisi ise ısı alanı yoğunluk indeksi (HFI) kullanılarak hesaplanmıştır. Karşıyaka MYA birimleri arasından belirlenen farklı özelliklere sahip örnek alanların 100, 200 ve 300 metre uzaklıktaki tampon bölgelerindeki soğutma etkileri park cooling intensity (PCI) indeksi kullanılarak hesaplanmıştır. Bulgular Karşıyaka'daki yaz aylarına ait ortalama yüze sıcaklıklarının maksimum 46,66 °C, minimum 29,59 °C ve kent genelinde yüksek ısı alanı yoğunluk indeksinin fazla olduğunu göstermektedir. Örnek MYA birimleri arasında en yüksek soğutma etkisi 100, 200 ve 300 metre tampon bölgelerde sırayla 1,16 °C, 1,42 °C, 2,17 °C en düşük değerler 0,23 °C, 0,14 °C ve 0,17 °C olarak hesaplanmıştır. Yüksek soğutma etkilerini yoğun taç örtüsüne sahip MYA birimleri oluşturmuştur. Örnek birimler arasında bitki örtüsü zayıf olan 2 ve 7 nolu açık alanların soğutma etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: mavi-yeşil altyapı, yüze sıcaklığı, soğutma etkisi, Karşıyaka**The Relationship Land Surface Temperature and Blue-Green Infrastructure: The Case of Karsiyaka**

Abstract: Blue green infrastructure (BGI) reduces the high temperatures associated with climate change and the urban heat island effects. This study aimed to determine the effect of BGI on land surface temperature (LST) in Karsiyaka district, İzmir. The surface temperatures of the study area for the summer months of 2022 (June, July, and August) were calculated with the LST index using Landsat 8 satellite images. The associated heat island effect was obtained with the heat field intensity index (HFI). The cooling effects of the 100, 200 and 300 meters buffer zones of sample BGI areas that have different characteristics were calculated using the park cooling intensity. Results determined that high-temperature areas are predominant throughout the city. The maximum average surface temperature is calculated at 46.66 °C, and minimum average surface temperature is calculated at 29.59 °C in Karsiyaka for summer months in Karsiyaka. The highest cooling effect was calculated as 1.16 °C, 1.42 °C, 2.17 °C in the 100 m, 200 m, and 300 m buffer zones, respectively, with the lowest values 0.23 °C, 0.14 °C and 0.17 °C. Blue green infrastructure units with dense canopy cover created high cooling effects. It was determined that among the sample units open spaces with little or no vegetation (sample 2 and 7) did not have cooling.

Keywords: blue-green infrastructure, surface temperature, cooling effect, Karşıyaka**GİRİŞ**

Küresel ölçekte nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak kentleşmenin artması, doğal peyzajların yok olmasıyla birlikte birçok çevresel ve ekolojik bozulmalara neden olmaktadır (Zhang ve ark., 2018). Kentleşme sürecinde doğal ve yarı doğal peyzajlar geçirimsiz yüzeylerle kaplanmaktadır. Kentlerde binaların ve geçirimsiz yüzeylerin artması mevcut ve gelecekteki kentler için çeşitli tehditler oluşturarak kentsel termal ortamı da değiştirmektedir (Liu ve ark., 2018). Bu değişim, kentlerde ölçülen sıcaklıklarının çevrelerindeki kırsal ve doğal alanlara göre daha yüksek olduğunu ifade eden kentsel ısı adası etkisinin ana nedeni olarak kabul edilmektedir (Yao ve ark., 2020). Kentsel ısı adası etkisi özellikle yüksek ısı dalgaları sırasında insan sağlığı ve kentsel yaşam kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Piracha ve Chaudhary, 2022). Yüksek sıcaklık değerleri ve kentsel ısı adası etkisi doğrudan ve dolaylı olarak biyoçeşitliliğin azalmasına, sıcaklıkların şiddetlenmesine, enerji ve su kullanımlarının ve hava kirliliğinin artmasına neden olabilmektedir (Syahira ve ark., 2021).

İklim değişikliğine yönelik tahminler sıcaklıkların artacağı ve sıcak hava dalgalarının sıklığında artış olacağını göstermektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü verilerine göre 2022'deki küresel ortalama sıcaklık sanayi öncesi ortalamadan yaklaşık 1,5 °C üzerindedir. Son sekiz yıl içinde (2015-2022 yılları arasında) küresel sıcaklık rekorları görülmüş ve 2022 Avrupa kıtasında yaşanan en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir (WMO, 2022). Yüksek sıcaklıkların kentlerde çok sayıda can kaybının yaşanmasına yol açtığına yönelik kayıtlar bulunmaktadır örneğin Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre Avrupa'da yaşanan sıcak hava dalgaları 2003 yılında 70.000, 2022 yılında ise 15.000'in üzerinde kişinin yaşamını yitirmesine neden olmuştur (WHO, 2022). İklim değişikliğiyle birlikte kentsel ısı adasının canlı yaşamı ve

***Sorumlu Yazar:** ahsentugceyukse@gmail.com

Bu makale yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Geliş Tarihi: 5 Aralık 2022**Kabul Tarihi:** 7 Haziran 2023

kentsel sistemler üzerindeki olumsuz etkilerinin daha da artması beklenmektedir (IPCC, 2022). Bu durum kentsel termal çevre ve ısı adası etkilerine yönelik çalışmaların önemini artırmaktadır. Yüksek sıcaklığın kentler üzerindeki etkilerini hafifletmek, sürdürülebilir ve yaşanabilir kentler oluşturmak için gri ve mavi-yeşil altyapılara yönelik çeşitli yaklaşımlar geliştirilmektedir (MacLachlan ve ark., 2021). Kentsel ısı adası etkisini ve yüksek yüzey sıcaklıklarını azaltmaya yönelik çalışmalarda yeşil altyapı ve kentsel bitki örtüsünün, yüksek albedo özelliğine sahip malzemelerin (güneş radyasyonunu büyük ölçüde yansıtma yeteneğine sahip açık renkli yüzeyler) kullanılması gibi gri altyapıya yönelik uygulamalara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (O'Malley ve ark., 2015). Mavi altyapı yüksek emisyon özellikleriyle yüzey sıcaklıklarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Li ve ark., 2022). Mavi altyapılar özellikle sıcak dönemlerde yakın çevrelerinde kentsel serin adalar oluşturarak soğutma etkisi sağlamaktadır (Du ve ark., 2017).

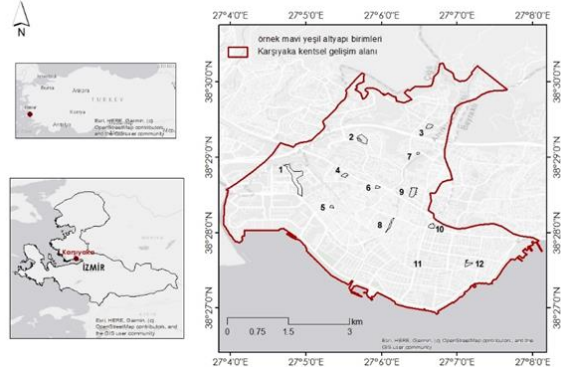
Yeşil alanların iç sıcaklığının çevre sıcaklığına göre 1-2 °C daha düşük olduğu, bu sıcaklık farkının 4-7 °C' ye kadar çıkabildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Pramanik ve Punia, 2019). Soğutma etkisi farklı iklim koşullarına, coğrafi konuma, mekânsal ve karakter özellikleri bağlı olarak doğal ve antropojenik etkilere göre değişiklik gösterebilmektedir (Şentürk ve Mert, 2022) Değişkenlere rağmen MYA kentsel termal ortamının iyileştirilmesinde etkili bir yaklaşım olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Li ve ark., 2022) Kentsel ısı adası hava ve AYS verileri aracılığıyla tahmin edilebilir. AYS tahminleri uzamsal olarak çeşitli sıcaklık analizlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Yüzey kentsel ısı adası olgusu kentsel ısı adasının dolaylı bir tahmini olarak ifade edilmektedir (Marando ve ark., 2022). AYS temelli çalışmalar sağladıkları avantajlar nedeniyle küresel ve bölgesel ölçekte çeşitli analizlerin yapılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (H-García ve A-Díaz, 2022). İklim değişikliğinin yüksek sıcaklığa bağlı etkileri İzmir kentinde de belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Kentte yaşanan sıcak hava dalgalarında son 20 yılda belirgin artış görülmektedir (MGM, 2022). Bu çalışmada İzmir ili Karşıyaka ilçesindeki MYA'nın AYS üzerindeki etkisi ne düzeydedir sorusuna cevap aranması, MYA birimlerinden seçilen örnek alanların yüksek sıcaklık tehlikesine karşı işlevlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Alanı

Araştırma alanını İzmir kentinin merkez kıyı ilçelerinden biri olan Karşıyaka (38°30' - 38°26' N ve 27°4'-27°8' E) ilçesinin 18,09 km² büyüklüğündeki kentsel gelişme alanı içinde kalan MYA oluşturmaktadır (Şekil 1). Karşıyaka kentsel gelişim alanında MYA birimleri kentin %24' lük bölümünü oluşturmaktadır (Yüksel, 2022). MYA'nın kentsel yüzey sıcaklığını azaltma etkisinin değerlendirilmesi amacıyla MYA içinde farklı karakteristiklere sahip örnek alanlar

tanımlanmıştır. Landsat uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen yüzey sıcaklık verisinde piksel boyutunun 30 m x 30 m olması nedeniyle bu çalışmada 900 m² ve üzeri büyüklükteki MYA birimleri arasından farklı sınıflara ait 12 birim (3 bahçe, 5 park, 1 mezarlık, 3 açık alan) örnek alan olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Örnek alanların kentin yapı alanı içinde homojen dağılım göstermesine dikkat edilmiş, denizin yüksek serinletici etkisi bulunması nedeniyle kıyı kesiminden seçim yapılmamıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı

Çizelge 1. Mavi yeşil altyapı birimleri ve özellikleri.

Mavi yeşil altyapı birimi	Mekânsal Özellikleri
1. Peynircioğlu Deresi Halk Parkı	Peynircioğlu deresi kıyısı ve çevresinde bulunan yoğun taç örtüsüne sahip kent parkı
2. Açık alan	Zayıf otsu bitki örtüsüyle kaplı açık alan
3. Şehit Komutan N. Vesugay Parkı	Ayrık nizam yapı adaları arasında bulunan, zayıf taç örtüsüne sahip park
4. Açık alan	Bitişik nizam yapı adaları arasında bulunan yoğun taç örtüsüne sahip açık alan
5. Bahçe	Bitişik nizam yapılar arasında bulunan taç örtüsüne sahip konut bahçesi
6. Serinkuyu Kayalar Kent Mezarlığı	Yoğun trafiğe sahip otoyol kenarında ve bitişik nizam yapı adalarının arasında bulunan; yoğun bitki ve taç örtüsüne sahip mezarlık
7. Açık alan	Kent geneline göre daha yeni ve yüksek yapılar arasında bulunan, bitki örtüsüne sahip olmayan açık alan
8. Tuncel Kurtiz Parkı	Bostanlı deresi kıyısında doğrusal formu, koridor özelliği gösteren zayıf bitki örtüsüne sahip park
9. Bahçe	Ayrık nizam yapı adasında, yoğun bitki örtüsüne ve taç örtüsüne sahip kamu bahçesi
10. 80. Yıl Cumhuriyet Parkı	Yoğun bitki örtüsüne ve taç örtüsüne sahip park
11. Girne Kültür Parkı	Geniş geçirimsiz yüzeylerle kaplı, zayıf bitki örtüsüne sahip park
12. Bahçe	Ayrık nizam yapı adasında kamu binasına ait, yoğun bitki örtüsüne sahip bahçe

Karşıyaka'nın yıllık ortalama sıcaklık değeri 17,9 °C olup Temmuz ayı ortalama en yüksek sıcaklığa (33,2 °C), ocak ayı en düşük sıcaklığa (5,8 °C) sahiptir. Akdeniz ikliminin görüldüğü ilçede yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 84,2'dir. En çok yağış sonbahar ve ilkbahar (Ekim–Mart) periyodunda görülürken yıllık toplam yağış miktarı 713,8 mm'dir (MGM, 2022).

Yöntem

Araştırmanın ana materyalini yüksek mekânsal çözünürlüklü WorldView-2 (0.5 m MS) uydu görüntüsünden yararlanılarak üretilmiş MYA haritası (Yüksel, 2022) ile 2022 yılı Haziran (05.06.2022 ve 20.06.2022) Temmuz (17.07.2022 ve 31.07.2022) ve Ağustos (08.08.2022 ve 16.08.2022) Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

Araştırmada izlenen yöntem, çalışma alanının yüzey sıcaklığı ile kentsel ısı adası yoğunluk indeksinin belirlenmesi ve MYA birimleri arasından seçilen birimlerin soğutma etkilerinin belirlenmesi olarak iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi Yüzey Sıcaklığı

Araştırmada kentlerde sıcaklıkların ve ısı adası etkisinin en yoğun görüldüğü yaz ayları dikkate alınarak 2022 Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait Landsat 8 uydu görüntüleri üzerinden AYS verisi elde edilmiştir. AYS indeksi, Landsat 8 termal bantlarından parlaklık sıcaklığı için Band 10; Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) için Band 4 (RED) ve Band 5 (NIR) kullanılarak hesaplanmıştır (Ünal Çilek, 2022). Hesaplama sürecinde literatürde geçen adımlar izlenmiştir (Akyürek, 2020; Kumar ve ark., 2022).

Piksel Değerinin (DN) Spektral Parlaklık Değerine Dönüştürülmesi (TOA)

Landsat 8 termal bandı (Band 10) piksel değeri (DN) eşitlik 1 kullanılarak TOA atmosfer üstü spektral ışımaya değerine dönüştürülmüştür.

$$TOA = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (\text{Eşitlik 1})$$

TOA=spektral parlaklığı, M_L =banda özüğü yeniden ölçeklendirme faktörü (Band10: 0.0003342)

Spektral Parlaklık Değerinin Parlaklık Sıcaklığına Dönüştürülmesi (BT)

Işıma değeri (TOA) atmosfer parlaklık sıcaklığına dönüştürülmüştür (Eşitlik 2).

$$BT = K_2 / \ln(K_1 / L + 1) - 273,15 \quad (\text{Eşitlik 2})$$

BT=parlaklık sıcaklık değeri, $K_1 = 774,88$; $K_2 = 1321,07$ termal dönüşüm sabitleri

Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksinin (NDVI) Hesaplanması

Yakın kızıl ötesi (NIR) Band 5 ve kırmızı (Red) Band 4 üzerinden bitki örtüsü oranının belirlenmesinde bir gösterge olan NDVI değeri hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

$$NDVI = (Band5 - Band4) / (Band5 + Band4) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Bitki Örtüsü Oranının (Pv) Belirlenmesi

NDVI ile ilişkili olan bitki örtüsü oranı (Eşitlik 4) ve Pv ile ilişkili yüzey emisyon oranı (ϵ) hesaplanmıştır (Eşitlik 5).

$$((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$$\epsilon = 0,004 \times P_V + 0,986$$

(Eşitlik 5)

Arazi Yüzey Sıcaklığının (AYS) Belirlenmesi

Parlaklık sıcaklığı ve yüzey emisyon oranı kullanılarak AYS hesaplanmıştır (Eşitlik 6).

$$LST = (BT / (1 + (0,00115 \times BT / 1,4388) \times \ln(\epsilon))) \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Isı Alanı Yoğunluk İndeksi

Isı alan yoğunluk indeksi (HFI), termal alanların yüksek ve düşük sıcaklık değerlerini içeren bölgelerinin daha belirgin bir şekilde yansıtılması ve ısı adası yoğunluk derecelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Gao ve ark., 2019). Bu araştırmada Karşıyaka'nın ısı alanı yoğunluk indeksi Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HFI = \frac{T_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

T_i = Yüzey sıcaklığı, T_{max} = Alandaki en yüksek sıcaklık, T_{min} = Alandaki en düşük sıcaklık

Soğutma Yoğunluğunun Belirlenmesi

Bu çalışmada kentsel MYA'nın soğutma etkilerinin belirlenmesinde gösterge olarak Park Cooling Intensity (PCI) kullanılmıştır. PCI belirlenen kentsel yeşil alan sınırları içindeki ve dışındaki sıcaklık farkını hesaplamaktadır (Eşitlik 8) (Hanif ve ark., 2022).

$$PCI = \Delta T = T_{dış} - T_{iç} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$T_{dış}$ = alan sınırları dışındaki belirli tampon bölgedeki ortalama yüzey sıcaklığı; $T_{iç}$ = alan sınırları içindeki ortalama yüzey sıcaklığı

Bu sıcaklık farkı hava veya yüzey sıcaklığı olabilir. Bu çalışmada sıcaklık ortalama yüzey sıcaklığı farkı olarak belirlenmiştir. MYA birimleri için PCI hesaplaması belirli mesafeleri içine alan tampon bölgeler için yapılmaktadır. Bu çalışmada seçilen örnek MYA birimlerinin birbirine maksimum yaklaşık 600 m olması nedeniyle bu birimler çevresindeki tampon alanlar 100, 200 ve 300 m olarak belirlenmiştir. 300 m genişliğinde tampon alanlar MYA'ların dışındaki sıcaklık değerlerini içine almaktadır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Arazi Yüzey Sıcaklığı

Kentin 2022 yılı yaz ayları dönemine ait ortalama yüzey sıcaklığı maksimum 46,66 °C, minimum 29,59 °C olarak belirlenmiştir. Kentin yüzey sıcaklığı kentin güneyinde bulunan kıyı şeridinden iç kesimlerine doğru artmaktadır. Özellikle kent merkezinde ve kentin kuzeyinde yüzey sıcaklığının yoğunlaştığı alanlar bulunmaktadır (Şekil 2a).

Isı Alanı Yoğunluk İndeksi

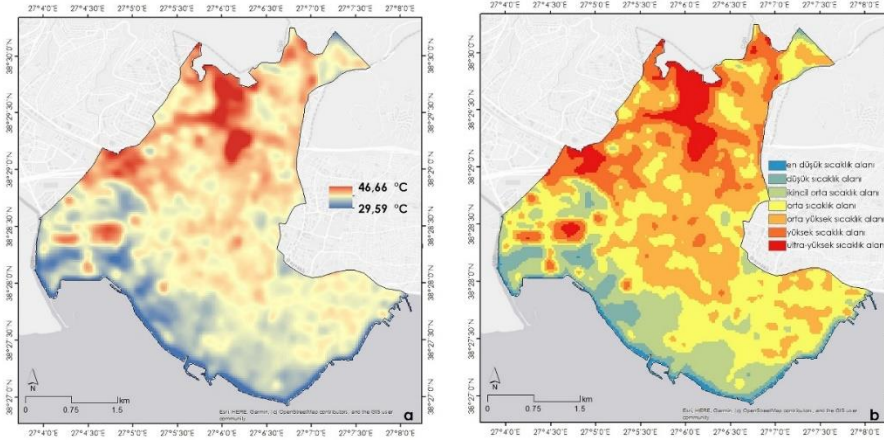
Karşıyaka' da ısı alanı yoğunluk indeksi haritasında yüksek sıcaklık sınıfları ağırlıklı olduğu görülmektedir. Kentin kıyı çizgisi boyunca düşük sıcaklık sınıflarının oluşturduğu serin adalar bulunmaktadır. Kent merkezi ve kentin kuzeyine doğru ilerledikçe ısı alanı yoğunluk indeksi artmaktadır (Şekil 2b).

Soğutma Yoğunluk İndeksi

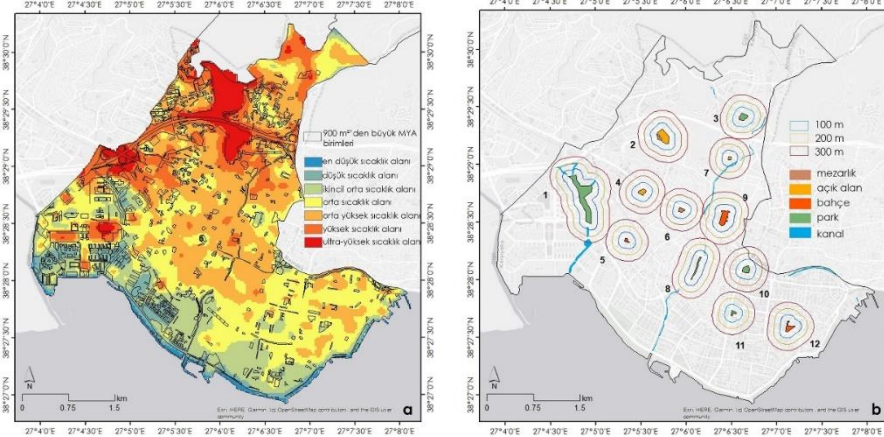
MYA birimlerinin soğutma indeksleri 0,17 °C - 1,94 °C arasında değişmektedir. En yüksek soğutma etkisini 10 numaralı birim oluşturmuştur (Çizelge 2). En düşük soğutma

değerleri 11 numaralı birimde, tampon bölgelerine (100 m, 200m ve 300 m) göre sırasıyla 0,23 °C, 0,14 °C, 0,17 °C olarak tespit edilmiştir. En yüksek yüzey sıcaklıkları bitki örtüsü bulunmayan 2 (41,68 °C) ve 7 (41,5 °C) numaralı açık alanlarda tespit edilmiştir (Şekil 5; Çizelge 2). Bu alanlar,

çevresinde oluşturulan tampon alanlardan daha yüksek sıcaklıklara sahiptir ve herhangi bir serinletici etkileri bulunmamaktadır (Çizelge 2; Şekil 4).



Şekil 2. (a) arazi yüzey sıcaklığı (b) ısı alanı yoğunluk indeksi

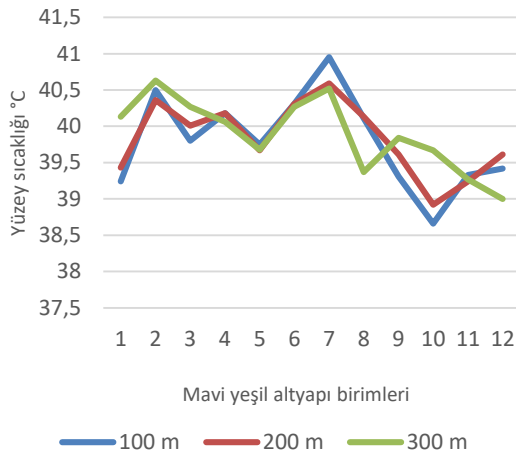


Şekil 3. (a) 900 m² ve üzeri büyüklüğe sahip mavi yeşil altyapı haritası (b) örnek alanlar ve tampon bölgeleri

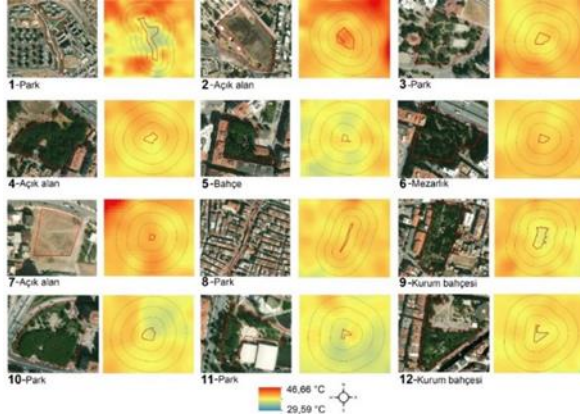
Çizelge 2. Mavi yeşil altyapı birimleri, sıcaklık değerleri ve soğutma indeksleri

Birim tipi	Alan m ²	Ortalama sıcaklık °C	Soğutma Etkisi °C			
			100 m	200 m	300 m	
1	Park	83952.13	38.19	1.05	1.24	1.94
2	Açık alan	26822.56	41.68	-1.18	-1.32	-1.05
3	Park	10459.04	39.50	0.30	0.51	0.77
4	Açık alan	7421.15	39.50	0.68	0.68	1.1
5	Bahçe	2800.70	39.50	0.25	0.17	0.18
6	Mezarlık	4633.10	39.90	0.41	0.41	0.37
7	Açık alan	2178.47	41.50	-0.55	-0.91	-0.98
8	Park	7435.31	39.83	0.28	0.30	-0.46
9	Bahçe	23322.29	38.58	0.73	1.03	1.26
10	Park	10413.60	37.50	1.16	1.42	2.17
11	Park	3373.80	39.10	0.23	0.14	0.17

12	Bahçe	9765.84	38.58	0.84	1.03	0.48
----	-------	---------	-------	------	------	------



Şekil 4. Mavi yeşil altyapı birimleri ve tampon bölgeleri sıcaklık değerleri



Şekil 5. Örnek birimler

1, 3, 9, 10 ve 11 numaralı birimlerin tampon bölgeleri genişledikçe soğutma indeksleri de artmıştır. 4 ve 6 numaralı birimlerin ise 100 ve 200 metrelik tampon bölgelerinde soğutma indeksleri değişmemiştir (Çizelge 2).

Örnek birimlerin 100 m, 200 m ve 300 m tampon bölgelerindeki soğutma etkileri değişiklik göstermektedir. 1 numaralı kent parkı en yüksek soğutma etkisini 300 metrede gösterirken 5 numaralı birim (bahçe) 100 metrede göstermektedir. Bu durum örnek birimlerin çevrelerindeki yapısal alanların yoğunluğu gibi mekânsal özelliklerin farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. 1 numaralı örnek olanın 300 metrelik tampon bölgesinde yüksek yüzey sıcaklıkların görüldüğü ve bitki örtüsüne sahip olmayan geniş açık alanlar bulunmaktadır. Bu durum 300 metrelik tampon bölgedeki yüzey sıcaklık değerlerini artırarak 1 numaralı parkın soğutma etkisinin daha etkili olmasına neden olmuştur. 5 numaralı örnek alanın 100 metrelik tampon bölgesinde yoğun yapılaşma görülürken 300 metrelik tampon bölgesi diğer MYA (refüj ve park) birimlerini de

kapsamaktadır. 5 numaralı parkın yoğun yapıların sıcaklığı artırdığı 100 metrelik bölgede bulunması serinletici etkisinin daha yüksek olmasına neden olmuştur. 300 metrelik bölgede ise diğer MYA birimlerinin de yüzey sıcaklığını düşürmedeki etkisi dikkate alındığında 100 metreye göre daha düşük soğutma etkisi oluşturmuştur. Araştırma bulgularında 3, 9, 10 ve 11 numaralı birimlerin tampon bölgeleri genişledikçe soğutma indekslerinin artıp; 4 ve 6 numaralı birimlerin ise 100 ve 200 metrelik tampon bölgelerinde soğutma indeksleri değişmemesi tampon bölgelerdeki arazi örtüsü çeşitleri ile ilişkilendirilebilir. Soğutma etkisi birimlerin mekânsal özellikleri ile çevrelerindeki geçirimsiz yüzeyler ve arazi örtüsü çeşitlerinden etkilenmektedir (Li ve ark., 2020).

Sıcak yaz aylarında belirlenen MYA birimleri arasında en yüksek soğutma etkisini 2,17 °C ile 10 numaralı 80. Yıl Cumhuriyet Parkı oluşturmaktadır. Benzer çalışmalarda birimlerin özelliklerine göre soğutma etkileri 2,78 °C (Sun ve ark., 2021b), 3,93 °C' ye (Feyisa ve ark., 2014) kadar çıkabilmektedir. 10 numaralı park örnek olarak belirlenen parklar arasında aynı zamanda geniş yüz ölçümüne ve yoğun taç örtüsüne sahiptir. Yüksek soğutma etkisine sahip örnek birimlerden bir diğeri kentin batısında yer alan 1 numaralı örnek alan Peynircioğlu Halk Parkı'nın sürekli su bulunduran Peynircioğlu Deresi kıyısında bulunması ve taç örtüsü geniş bitki örtüsünü içermesinin yüksek soğutma etkisi oluşturmada etkili olduğunu söylenebilir. 80. Yıl Cumhuriyet Parkı ile Peynircioğlu Halk Parkı kent içinde buldukları alanda serin adalar oluşturmaktadır (Çizelge 2; Şekil 4). Bostanlı deresinin kıyısında bulunan ve koridor özelliği gösteren 8 numaralı parkın 100 metrede 0,28 °C, 200 metrede 0,30 °C soğutma etkisi bulunurken 300 metrelik tampon alan içinde soğutma etkisi göstermediği belirlenmiştir. Bu durum parkın zayıf taç örtüsüne sahip olması, kenarında yer aldığı beton kanala alınmış Bostanlı deresinin yaz aylarında su bulundurmaması ve dolayısıyla yüzey sıcaklığını artıran bir etken olması ile 300 metrelik tampon alan içinde geniş taç örtüsüne sahip başka bir kent parkının yer almasıyla açıklanabilir. 4 numaralı açık alanın 100, 200 ve 300 metrelik tampon alanlardaki serinletme etkisi 3, 8 ve 11 numaralı kent parklarının soğutma değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni bu alanların büyüklüklerindeki farklılıklar ile üç parkın bitki örtüsü açısından zayıf olması, 4 numaralı açık alanın yüzeyi büyük ölçüde kaplayacak şekilde kademeli doğal bitki topluluklarını içermesi olabilir. Sıcak iklim koşullarında kent sakinlerinin yüksek sıcaklığa maruziyetini azaltma işlevini yerine getirmesi beklenen parkların düşük soğutma değerlerine sahip olması yoğun taç örtüsüyle kaplı kentsel açık alanların önemini ve potansiyellerini artırmaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan ve açık alanlar arasında oldukça zayıf bitki örtüsüne sahip olan 2 ve 7 numaralı

alanların yüze sıcaklığı yakın çevresinin sıcaklığına göre daha yüksek iken bitki örtüsüyle kaplı 4 numaralı açık alanın yüze sıcaklığı çevresine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. 2 ve 7 numaralı açık alanların ortalama yüze sıcaklığı 41 – 46 °C arasında değişmektedir. Bu durum kentsel ısı adası etkisinin daha da artmasına neden olmaktadır. Kentsel açık alanlar uygun bitki kompozisyonlarıyla ekolojik kalitesi yüksek alanlara dönüştürülebilir. 2 ve 7 numaralı açık alanlar yüksek sıcaklık etkilerinin yoğun şekilde hissedildiği bu bölgede serin adalar oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle yoğun taç örtüsüne sahip ağaçları kapsayan bitki örtüsü güneş ışınlarını absorbe ederek yüze sıcaklığının azalmasına yardımcı olacaktır (Howe ve ark., 2017). Kentteki sıcaklık stresini azaltmak için bu alanlara Bogota (Kolombiya), Atina (Yunanistan) kentlerindeki örneklere benzer şekilde geniş taç örtüsüne sahip ağaçlar getirilebilir. Kamuya ait olmayan parsellerde mülkiyet sahipleriyle anlaşma sağlanarak bu uygulamaların belirli bir süre burada uygulanması ve kentte iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması sağlanabilir. MYA birimleri içinde bahçelerin soğutma etkileri kent içinde bulunan parklara (3, 8, 11) göre daha yüksektir. Özellikle 9 ve 12 numaralı kurum bahçelerinin kent içinde serin adalar oluşturduğu görülmektedir. Kurum bahçelerinin ortak özellikleri geniş yüz ölçümüne ve yoğun bitki örtüsüne sahip olmalıdır. Yoğun yapılaşma bölgeleri arasında bulunan bu bahçeler kent için önemli MYA birimleridir. Bahçeler ile bitki örtüsüne sahip açık alanların kentin iç kesimlerinde bulunan parklara göre daha yüksek serinletici etkiler oluşturmaktadır. Bu alanlar kent sakinlerinin kullanımına yönelik olmasa da hem kentin MYA sistemi hem de dolaylı şekilde sağladıkları serinletici etkilerle kent için önemli potansiyele sahiptir.

SONUÇ

Bu çalışmada Karşiyaka ilçesindeki MYA birimlerinin yüze sıcaklığı üzerindeki soğutma etkileri incelenmiştir. Sıcak yaz aylarında mavi yeşil alanlardaki ortalama yüze sıcaklığının yakın çevrelerindeki ortalama yüze sıcaklığa göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum kentsel mavi yeşil alanların yüksek sıcaklık değerlerini ve ısı adası etkisini azaltabileceğini göstermektedir. Sonuçlar benzer çalışmaların bulgularıyla uyumludur (Hanif ve ark., 2022; Sun ve ark., 2021a; Yao ve ark., 2020).

Çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde MYA birimlerinin yüze sıcaklıklarının 37-41°C arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler kullanıcıların yüksek sıcaklıkla ilişkili iklim tehlikelerine maruziyetini azaltacak düzeyde değildir. İzmir kentinin geleceğine yönelik hazırlanan iklim senaryoları kentteki ortalama sıcaklık değerlerinin artış göstereceğini ve sıcak hava dalgalarının geçmişe göre daha sık meydana geleceğini yönündedir (Berberoğlu ve ark., 2019). Kentin yüksek sıcaklıkla ilişkili iklim tehlikelerine açık olması MYA' nın serinletici ekosistem servisi açısından

önemini ve mevcut MYA' nın nu kapsamda güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

MYA birimlerinin soğutma etkileri şekil, büyüklük, ağaç taç örtüsü ve bitki türleri gibi birimlere özgü özelliklere göre değişiklik göstermektedir (Feyisa ve ark., 2014; G. Yang ve ark., 2020). Bu durumda çalışmadaki örnek birimlerin soğutma etkilerinde karakteristik özelliklerinin de etkili olduğunu söylemek mümkündür. Belirlenen MYA birimleri arasında daha geniş yüze ölçümüne ve yoğun bitki örtüsüne sahip örnek alanlar yüze sıcaklığı düşürmede daha etkili olmuştur (Şekil 5; Çizelge 2). Büyük birimlerin özellikle bitki örtüsünün yoğunluğuyla birlikte daha düşük sıcaklıklara veya daha yüksek soğutma etkisine sahip olduğu görüşü desteklenmektedir (Lin ve ark., 2015). Bilimsel çalışmalar yeşil alanların soğutma etkisinin yoğun yerleşim alanları içinde daha düşük düzeyde olduğunu göstermektedir (Blachowski ve Hajnrych, 2021). Karşiyaka gibi yoğun yapılaşmaya sahip kentlerde kentsel mavi yeşil alanların boyutlarında büyük artışlar yapmak zor olabilir. Bu nedenle mevcut ve yeni MYA birimlerinde optimum düzeyde soğutma etkilerinin elde edilmesi önemlidir. Kentsel MYA birimlerinde bitki örtüsü ve su yüzeyi oranı geçirimsiz yüze oranından ne kadar fazlayla sıcaklıklarını düşürmede daha etkilidir (Dai ve ark., 2018; Yao ve ark., 2022). Bu bağlamda Karşiyaka kentinde yeşil alanların planlanması ve yenilenmesinde odak noktası geniş geçirimsiz yüzeylerin azaltılması ve alana uygun bitki seçimiyle özellikle ağaç taç örtüsünün artırılması olmalıdır. Buna ek olarak yeşil çatıların yüksek yapı yoğunluğuna sahip kentlerde yüze sıcaklığını düşürmede önemli bir yere sahip olduğu belirlenmiştir (Dong ve ark., 2020). Yoğun yapılaşmaya sahip Karşiyaka' nın büyük bir bölümünün yüksek ısı alanları sınıfında olması dikkate alındığında binalarda yeşil çatı uygulamalarının yapılması hem kentsel termal ortamın iyileştirilmesi hem de MYA sistemini destekleyebilir. Kent ölçeğinde yüksek sıcaklıkları ve ısı adası etkilerini hafifletmeye yönelik çalışmalarda birçok faktörü anlamak gerekmektedir. Bu çalışma kentin yoğun ısı alanlarına yönelik kentsel planlama kararlarında hangi bölgelerin öncelikli olacağı hakkında fikir verebilir. Kentsel termal çalışmalarda kentsel mavi yeşil alanlarının mekânsal özelliklerinin yanı sıra yakın çevrelerindeki peyzaj deseninin de soğutma kapasitelerini etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada MYA' nın yüze sıcaklığını azaltma etkisi uzaktan algılama teknikleri aracılığıyla belirlenmiştir. Kullanılan Landsat 8 uydu görüntüleri uzamsal ve mekânsal çözünürlüğe bağlı sınırlamalara sahiptir. Bu durum çalışmanın kısıtlayıcı unsurlarından bir tanesidir. MYA' nın soğutma etkisinin belirlenmesinde termal bantlı uydu görüntülerinin yanı sıra iklim değişkenleri, antropojenik etkiler ve kentsel morfolojik özelliklerin de dikkate alınmasıyla daha hassas mekânsal sorucular elde edilebilir.

Kentsel ısı adası etkisi, hızlı kentleşme ve iklim değişikliği sürecinde dünya çapındaki çoğu kentte en önemli iklim olaylarından biri haline gelmiştir. Kentsel MYA iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmek için giderek daha fazla kabul edilmektedir. Yerel ölçekte MYA kentlerdeki yüzey sıcaklığı ve ısı adası etkilerini azaltmanın yanında sağladığı birçok ekosistem servisleriyle kentsel dirençliliği desteklemektedir. Kent sakinlerine sağlıklı yaşam alanı sağlamak, kentsel direnci artırmak, ekosistemleri sürdürülebilir bir şekilde yöneterek eşit ve adil bir çevre oluşturmakla yakın ilişki içindedir. Kentsel MYA'nın termal özelliklerini ve soğutma etkilerini anlamak, bu alanların sağladığı bu ekosistem servisinin iyileştirilmesine yönelik yönetim stratejilerinin belirlenmesi için önemli bilgiler sağlayabilir. Kentlerde MYA sistemleri aynı zamanda 13 numaralı İklim Eylemi ile 11 numaralı "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar" Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma sonuçları kentsel MYA birimlerinin kentsel yüzey sıcaklıklarını ve buna bağlı ısı adası etkisini nasıl azaltabileceğinin anlaşılmasına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda çalışmada elde edilen sonuçlar, Karşıyaka kentinin sürdürülebilirliğini desteklemek için ve termal ortamı iyileştirmeye yönelik peyzaj planlama ve yönetim çalışmalarında kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Akyürek Ö (2020) Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 90:262 377-390.

Berberoğlu S, Çilek A, Ünlükaplan Y (2019) İklim Değişikliğine Dirençli Kentler için Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarılma Kılavuzu. H. Alphan ve Ç. Coşkun Hepcan (Der.) PARDUS Ankara 168.

Blachowski J, Hajnrych M (2021) Assessing the Cooling Effect of Four Urban Parks of Different Sizes in a Temperate Continental Climate Zone: Wrocław, *Forests* 12:8.

Dai Z, Guldmann J. M, Hu Y (2018). Spatial Regression Models of Park And Land-Use Impacts on the UHI in Central Beijing. *Sci. Total Environ* , 626: 1136-1147.

Dong J, Lin M, Zuo J, Lin T, Liu J, Sun C, Luo (2020) Quantitative Study on the Cooling Effect of Green Roofs in A High-Density Urban Area-A Case Study of Xiamen, China. *Journal of Cleaner Production* 255.

Du H, Cai W, Xu Y, Wang Z, Wang Y, Cai Y (2017) Quantifying the Cool Island Effects of Urban Green Spaces Using RS Data. *Urban Forestry and Urban Greening*, 27: 24-31.

Feyisa G L, Dons K, Meilby H (2014) Efficiency of Parks in Mitigating Urban Heat Island Effect: An Example from Addis Ababa. *LAUP*, 123: 87-95.

Gao G, Chang M, Zhao Z (2019) Research on Temporal and Spatial Variation of Heat Island Effect in Xi'an, China. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 17:1, 231-244.

Hanif A, Nasar-U-Minallah M, Zia S, Ashraf I (2022) Mapping and Analyzing the Park Cooling Intensity in Mitigation of Urban Heat Island Effect in Lahore, Pakistan. *Korean Journal of Remote Sensing* 38:1 127-137.

H-García D, A-Díaz J (2022) Modeling The Surface Urban Heat Island (SUHI) to Study of Its Relationship with Variations in the Thermal Field and with The Indices of Land Use in the Metropolitan Area of Granada (Spain). *Sustainable Cities and Society*, 87.

Howe D A, Hathaway J M, Ellis K N, Mason L R (2017) Spatial and Temporal Variability of Air Temperature Across Urban Neighborhoods with Varying Amounts of Tree Canopy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27: 109-116.

IPCC (2022) Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva: IPCC.

Kumar B P, Babu K R, Anusha B N, Rajasekhar M (2022) Geo-Environmental Monitoring and Assessment of Land Degradation and Desertification in the Semi-Arid Regions Using Landsat 8 OLI/TIRS, LST, and NDVI Approach. *Environmental Challenges* 8.

Li H, Wang G, Tian G, Jombach S (2020) Mapping and Analyzing the Park Cooling Effect on UHI in an Expanding City: A Case Study in Zhengzhou City, China. *Land* 9:2.

Li Y, Xia M, Ma Q, Zhou R, Liu D, Huang L (2022) Identifying the Influencing Factors of Cooling Effect of Urban BI Using The Geodetector Model. *Remote Sensing* 14:21.

Lin W, Yu T, Chang X, Wu W, Zhang Y (2015) Calculating Cooling Extents of Green Parks Using Remote Sensing: Method and Test. *LAUP* 134: 66-75.

Liu Y, Peng J, Wang Y (2018) Efficiency of Landscape Metrics Characterizing Urban Land Surface Temperature. *Landscape and Urban Planning* 180: 36-53.

MacLachlan A, Biggs E, Roberts G, Boruff B (2021) Sustainable City Planning: A Data-Driven Approach for Mitigating Urban Heat. *Front. Built Environ.* 6:519599.

Marando F, Heris M P, Zulian G, Udías A, Mentaschi L, Chrysoulakis N, Parastatidis D, Maes J (2022) Urban Heat Island Mitigation by Green Infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society* 77.

MGM (2022) Meteoroloji Genel Müdürlüğü istatistikleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR> (Erişim tarihi 10/11/2022).

O'Malley C, Piroozfar P, Farr E R P, Pomponi F (2015) Urban Heat Island Mitigating Strategies: A Case-Based Comparative Analysis. *Sustain. Cities Soc.* 19: 222-235.

- Piracha A, Chaudhary M T (2022) Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of The Literature. Sustainability (Switzerland) 14:15.
- Pramanik S, Punia M (2019) Assessment of Green Space Cooling Effects in Dense Urban Landscape: A Case Study Delhi, India. Modeling Earth Systems and Environment 5:3, 867-884.
- Şentürk Y, Mert K (2022) Kentsel Soğuk Alan Soğutma Kapasitesinin Araştırılması, İzmir Örneği. Çevre Şehir ve İklim Dergisi 1:1 106-126.
- Sun Y, Gao C, Li J, Gao M, Ma R (2021a). Assessing the Cooling Efficiency of Urban Parks Using Data Envelopment Analysis and Remote Sensing Data. Theoretical and Applied Climatology 145:3-4 903-916.
- Sun Y, Gao C, Li J, Gao M, Ma R (2021b) Assessing the Cooling Efficiency of Urban Parks Using Data Envelopment Analysis and Remote Sensing Data. Theoretical and Applied Climatology 145:3-4 903-916.
- Syahira N, Harmay M, Kim D, Choi M (2021) Urban Heat Island Associated with Land Use/Land Cover and Climate Variations in Melbourne, Australia. Sustain. Cities Soc. 69.
- Ünal M (2022), Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı. European Journal of Science and Technology 33: 213-222.
- Wang C, Ren Z, Dong Y, Zhang P, Guo Y, Wang W, Bao G (2022) Efficient Cooling of Cities at Global Scale Using Urban Green Space to Mitigate Urban Heat Island Effects in Different Climatic Regions. Urban Forestry and Urban Greening, 74.
- WHO (2022) Heatwaves. https://www.who.int/healthtopics/heatwaves#tab=tab_WHO (Erişim tarihi: 15.10.2022).
- WMO (2022) World Meteorological Organization Provisional State of The Global Climate 2022. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22156#.Y3dta XZBw2x (Erişim tarihi: 15.10.2022).
- Yang G, Yu Z, Jørgensen G, Vejre H (2020) How Can Urban Blue-Green Space Be Planned For Climate Adaption in High-Latitude Cities? A Seasonal Perspective. Sustain. Cities Soc., 53.
- Yao L, Li T, Xu M, Xu Y (2020) How The Landscape Features of Urban Green Space Impact Seasonal Land Surface Temperatures at A City-Block-Scale: An Urban Heat Island Study in Beijing, China. Urban Forestry and Urban Greening 52.
- Yao X, Yu K, Zeng X, Lin Y, Ye B, Shen X, Liu J (2022) How Can Urban Parks Be Planned to Mitigate Urban Heat Island Effect in “Furnace Cities”? An Accumulation Perspective. Journal of Cleaner Production 330.
- Yüksel A T (2022) Kentsel Yeşil Alanlarda Ekosistem Servislerinin Hesaplanması: Karşıyaka Örneği. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Zhang Y, Liu Y, Zhang Y, Liu Y, Zhang G, Chen Y (2018) On The Spatial Relationship Between Ecosystem Services and Urbanization: A Case Study in Wuhan, China. Science of The Total Environment 637:638 780-790.