

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2018, 55 (3):255-263
DOI: 10.20289/zfdergi.390630

Gülşah ADIGÜZEL¹
Erhan Vecdi KÜÇÜKERBAŞ¹

**Kentsel Yeşil Alanların Mikro-İklimsel Etkilerinin
İzmir-Bornova Örneğinde Araştırılması***

Investigating Micro-Climatic Effects of Urban Green Spaces; The Case of
Bornova, İzmir

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı
Bölümü, 35100, İzmir / Türkiye

sorumlu yazar: gul.sah.k@hotmail.com

* Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Alınış (Received): 06.02.2018

Kabul tarihi: (Accepted): 15.02.2018

Anahtar Sözcükler:

Kentsel ısı adası, park serin adası (PSA),
kentsel yeşil alanlar, kent iklimi

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada artan kentsel sıcaklıkları azaltmada bir kontrol parametresi olan yeşil alanların, iklimsel parametreler ile olan ilişkileri, gerçek zamanlı verilere dayalı olarak analiz edilmiştir.

Materyal ve Metod: Araştırmanın ana materyalini Bornova'nın 3 büyük kentsel yeşil alanı ve yakın çevresini içinde bulunduran kent bölgesi oluşturmaktadır. Yeşil alanlar ve yakın çevrelerindeki kentsel peyzajların meteorolojik koşulları sabit ve mobil istasyon ölçümleri kullanılarak tespit edilmiştir. Bu ölçümlerden toplanan meteorolojik veriler, istatistiksel analizler yardımıyla değerlendirilmiştir.

Bulgular: Araştırmaya konu olan tüm yeşil alanların, kendi meteorolojik koşullarını oluşturarak çevrelerindeki kentsel peyzajdan farklı iklim koşullarına sahip olduğu belirlenmiştir. Yeşil alanlar ile yakın çevredeki kentsel alanlar arasındaki en büyük sıcaklık farkı, ibreli ve yoğun ağaç örtüsüne sahip Ege Üniversitesi Ormanı'nda yıllık ortalama 2.81 °C olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: Araştırma sonucunda; araştırma alanı ve genel bağlamda planlama ve tasarım önerilerinin yanında, yasal ve yönetsel bağlamda öneriler ile hem ileriki çalışmalar, hem de kentsel iklim haritalarının hazırlanmasına öncülük edecek öneriler geliştirilmiştir.

Key Words:

Urban heat island, park cool island (PCI),
urban green areas, urban climate

ABSTRACT

Objective: The present study is examining the relationships between the climate components and urban green spaces that function as control parameter in decreasing of urban temperatures based on real-time data.

Material ve Methods: The main material of the research consists of an urban district in Bornova that contains 3 large urban green spaces and their immediate vicinity. The meteorological conditions of the green spaces and their spheres of influence have been analyzed using permanent and mobile station measurements. The meteorological data collected from these measurements has been evaluated with the help of statistical analyses.

Results: It has been determined that all the green areas that are subject to the research have different climatic conditions from the urban landscape in their surroundings by creating their own meteorological conditions. The greatest temperature difference between the green areas and the immediate surroundings urban landscapes is calculated annual average of 2.81 °C at the Ege University Forest which has coniferous and dense tree coverings.

Conclusion: In conclusion, various recommendations in terms of planning and design considerations, and legal and managerial aspects have been presented both for further studies and developing urban climate maps.

GİRİŞ

Bugün dünya nüfusunun yarısından fazlası kentsel peyzajlarda yaşamaktadır (UNFPA, 2007). 2030 yılına gelindiğinde ise bu oranın %60'lara ulaşması beklenmektedir (UN, 2008). Geçmiş yarım yüzyılda hızlı kentleşme, sadece insanları kentlere getirmekle kalmayıp, aynı zamanda fiziksel çevreyi de değiştirmiştir. Doğal olarak kentsel peyzajlardaki dönüşümler ve insan faaliyetlerine bağlı olarak kentin meteorolojisi ve özellikle örtü tabakası iklimi de değişmiştir (Ren et al., 2001). Bu değişimle birlikte kent peyzajları kendilerine özgü kentsel iklimlerini oluşturmuştur.

Yerel iklim değişimlerinden en çok etkilenen iklimsel parametre ise, sıcaklıktır. Kentsel hava sıcaklığının çevredeki kırsal peyzajlara göre daha yüksek olması durumu olarak tanımlanan kentsel ısı adası oluşumunda, sıcaklık farklılıklarının büyüklüğü; yerel hava koşulları, konum ve kentsel özelliklere bağlı olarak zamansal ve mekânsal bağlamda değişkenlik göstermektedir (Kleerekoper et al., 2012). Stone (2005)'e göre, özellikle kentsel gelişme tarafından yönlendirilen kentsel ısı adaları, yüzey örtüleri ile atmosfer arasındaki karşılıklı etkileşimlerin sonucudur. Oke (1982); özellikle buharlaşma ve gölgeleme sağlayan bitki örtüsünün yok edilmesi, ısıyı emen ve hapseden karmaşık kentsel geometriler ve düşük albedolu kentsel malzemelerin ısı adası oluşumunun temel nedenleri olduklarını belirtmiştir.

Bu nedenle; kentleşme hızının en üst seviyelere ulaştığı günümüzde, insan sağlığını tehdit eder boyutlara gelen kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına yönelik ülkesel/bölgesel/kentsel ve mikro ölçekte çalışmalar oldukça önem kazanmaktadır.

Kentsel ısı adaları ve yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkileri Dünya'da uzun yıllardır çalışılan, araştırılan ve üzerinde çok sayıda modelin geliştirildiği konuların başında gelmektedir. Konu ülkemiz için çok

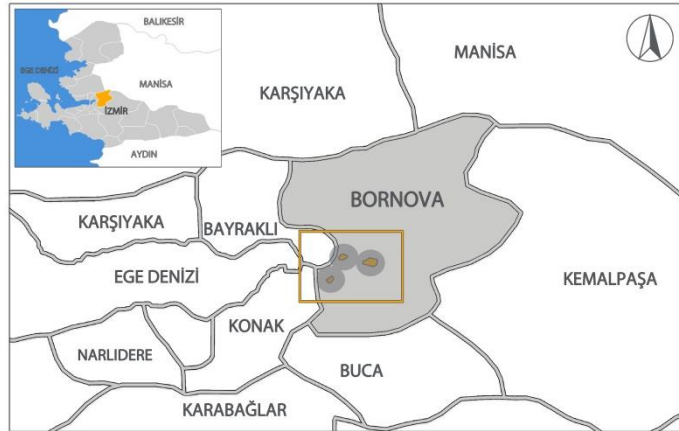
yeni olup büyük önem taşımaktadır. Çünkü ülkemizde konu ile ilgili yapılmış bilimsel çalışma sayısı oldukça azdır. Dolayısıyla, bu araştırma ülkemizdeki bilimsel eksikliğin giderilmesine bir katkı sağlanması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, ülkemizde gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki araştırmalarda kentsel örtü tabakası iklim özelliklerinin belirlenmesinde, mikro ölçekte saha ölçümlerinden yararlanılmış olsa da, mekânsal parametreler ile olan ilişkileri bu çalışmada ele alınan ölçek ve detayda değildir. Tüm bunlara ilaveten, İzmir kentinde, konu ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışma olmayışı bu çalışmayı önemli kılan bir başka etmendir.

Bu araştırmanın başlıca amaçlarını; yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkilerinin İzmir-Bornova'daki bazı yeşil alanlar örneğinde ortaya koymak, incelenen yeşil alanlar özelinde, yeşil alanların PSA (park serin adası) geliştirip geliştirmediğini saptamak ve yeşil alanların PSA etkisi ve boyutunun mekânsal parametrelere bağlı olarak ne ölçüde değiştiğini ortaya koymak, şeklinde açıklamak mümkündür. Yeşil alanların mekânsal sınırlarını aşan etkilerinin incelendiği bu araştırmanın temel hipotezi; "yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkileri, kendi karakteristiklerinin yanı sıra çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir" şeklinde ifade edilebilir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu araştırmanın ana materyali; genelde İzmir'in Bornova ilçesi olup, özelde ise ilçedeki 3 büyük yeşil alanı içinde bulunduran kent bölgesidir (Şekil 1). Araştırmanın ana materyaline ilaveten; uydu görüntüleri (Worldview-2), ortofotolar, sayısal haritalar ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bornova iklim verileri ile sabit meteorolojik ölçüm istasyonları ve mobil sıcaklık - nem ölçüm aletleri de çalışmada kullanılan yardımcı materyalleri oluşturmaktadır.



Şekil 1. Araştırma Alanları
Figure 1. Study areas

Yöntem

Deneyisel yöntemlere dayalı bu çalışmada, farklı bitki örtüsü ve yüzey örtüsü ile farklı kentsel çevrelerdeki yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkileri ve PSA (park serin adası) oluşturma özellikleri; kentsel örtü tabakası iklim özellikleri belirleme yöntemlerinden olan sabit ve hareketli (mobil) istasyon ölçümleri yapılarak incelenmiştir. Bu ölçüm sonuçları, istatistiksel analizler kullanılarak derinlemesine irdelenmiş ve ayrıca, coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak sıcaklıkların mekânsal dağılımları haritalanmıştır.

Yapılan birçok çalışma oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan kentsel çevrelerde, yüzey örtüsü, yüzey yapısı ve kültürel pek çok parametrenin kentsel sıcaklıklar üzerinde etkili olduğunu belirtmektedir (Oke, 2009; Roth, 2013). Bu çalışmada, konu ile ilgili önceden yapılmış bilimsel araştırmaların incelenmesiyle sıcaklık değişimleriyle ilişkilendirilecek parametreler belirlenerek incelenmiştir. Bu doğrultuda yöntemin uygulanması aşağıdaki şekilde kurgulanmıştır;

- I. Mekânsal Analizlere İlişkin Veri Tabanının Hazırlanması/Haritalanması: Araştırma kapsamında sıcaklık değişimleri ile ilişkilendirilecek mekânsal parametreler Oke (1973) ve Lu et al. (2012)'den yararlanılarak; NDVI, yüzey örtüsü, ortalama kat yükseklikleri, kanyon geometrisi ve yeşil alana olan mesafe olarak belirlenmiştir.
- II. Sabit İklim İstasyonları ile Meteorolojik Ölçümler ve İstatistiksel Değerlendirmeler: Deneyisel gözleme dayalı olarak meteorolojik ölçümlerin yapılacağı istasyon ve alanları belirlemek üzere yapılan analiz sonucunda; 1. istasyon: Ege Üniversitesi Ormanı'na, 2. istasyon: Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'na, 3. istasyon: Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'ne ve 4. istasyon: Kentsel bölge olarak tanımlanan yapılaşmış bölgeye yerleştirilmiştir. İklim istasyonları ile alanlara ait hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve nem verileri 10 dakikalık arayla, 30 Temmuz 2015-30 Temmuz 2016 tarihleri arasında; günlük olarak ölçülmüş olup, veriler istasyonların kendi hafızasında depolanmıştır. İklim istasyonlarında her bir parametre için günlük 144, aylık 4320 olmak üzere toplam 51840 veri kaydedilmiştir. Sabit iklim istasyonlarından elde edilen 4 farklı bölgeye ait veriler; bölgelere, zamana (gece/gündüz) ve aylara göre Varyans analizi ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çalışmanın ana hipotezi olan yeşil alanların PSA oluşturma etkisini belirlemek amacıyla Sporcken Smith (1994) 'in kullandığı;

$$PSA_{max} = Max(neighbourhood) - Min(park)$$
 eşitliğinden yararlanılmıştır.
- III. Hareketli (mobil) Meteorolojik Ölçümler ve İstatistiksel Değerlendirmeler: Her bir yeşil alan ve çeperlerindeki tampon bölgede eş zamanlı olarak

mobil sıcaklık ve nem ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yeşil alanların PSA etkileri ve boyutlarını belirlemeye yönelik gerçekleştirilen bu ölçümler ile iklimsel parametreler ve alanlara ait mekânsal özellikler arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Bu ölçümler yeşil alanların içlerinde ve çeperlerindeki kentsel bölgede olmak üzere iki seviyede gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda mobil ölçümlerin kurgulanmasında, yeşil alanların PSA etkilerini araştıran çalışma yöntemleri irdelenerek, çalışma özelinde araştırmanın amacına uygun şekilde modifiye edilerek uygulanmıştır (Gomez et al. (1998), Shashua-bar and Hoffman (2000), Wong and Yu (2005), Potchter et al. (2006), Sun et al. (2007). Mobil sıcaklık ölçümleri kentsel sıcaklıkların en yüksek olduğu yaz döneminde (3-7 Ağustos 2016), toplam 5 günde belirlenen güzergâhlar boyunca eş zamanlı [09.00 (sabah) – 15.00 (öğle) – 21.00 (akşam)] olarak 70 dakikada yaya olarak yapılmıştır. Hareketli (mobil) sıcaklık/nem ölçüm cihazlarından elde edilen veriler ile mekânsal parametrelerin ilişkisinin incelendiği istatistiksel analizlerde korelasyon ve çoklu doğrusal regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca elde edilen sıcaklık verilerinden ArcGIS 10.2 yazılımından yararlanılarak, IDW yöntemi ile sıcaklık haritaları hazırlanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırma Alanlarına Yönelik Mekansal Analizler

Araştırmaya konu olan yeşil alanlar ve çeperlerindeki tampon bölgelere yönelik olarak gerçekleştirilen bitki örtüsü analizleri sonucunda, en yüksek ortalama NDVI değeri 0.38 ile Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda hesaplanırken, farklı mekânsal büyüklüklere sahip olmalarına rağmen Ege Üniversitesi Ormanı ve Zeytincilik Araştırma Enstitüsü 0.35 ile aynı ortalama NDVI değerine sahiptirler. NDVI analizleri sonucunda Ege Üniversitesi Ormanı'nda hesaplanan düşük NDVI değerleri, iğne yapraklı bitki örtüsünün biyo-kütle yoğunluğunun doğal bir orman örtüsü düzeyinde olmayışı ve iğne yaprakların küçük yüzey alanına sahip oluşuna bağlı olarak açıklanmıştır. Yeşil alanların çeperlerinde oluşturulan tampon bölgelerdeki NDVI analizleri sonuçlarına göre en yüksek değerler Ege Üniversitesi Ormanı tampon bölgede hesaplanmıştır. Ayrıca bu bölgedeki bitki örtüsünün neredeyse homojen dağılışı gösterdiğini söylemek mümkündür. Bu veriler, yeşil alanların serinletme etki mesafelerinin hesaplandığı bölümdeki verilerle birlikte değerlendirildiklerinde, belirli aralıklarla konumlanmış küçük yeşil alanların (Honjo and Takakura, 1990; Givoni, 1972), özellikle ısı adası etkisinin hakim olduğu akşam saatlerinde, Ege Üniversitesi Ormanı'nın serinletici etkisinin daha uzun mesafeler taşınmasına yardımcı oldukları düşünülmektedir. Benzer bir yorumlama Aşık

Veysel Rekreasyon Alanı tampon bölgede rota 3 yönünde de yapılabilecek olsa da, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü tampon bölge için bu değerlendirmeyi yapmak mümkün değildir.

Yapı yükseklikleri, kentsel sıcaklıklar üzerinde, özellikle rüzgar yönlerini değiştirmeleri ve yüzey özellikleri ve yüzey alanı büyüklüklerine bağlı olarak sıcaklıkları depolayarak kentlerin ısınmasına yol açmaları bakımından oldukça etkilidir (Oke, 2004; Elhanas, 2003). Bu etkilerine bağlı olarak, yeşil alanların yakın çevrelerindeki tampon bölgelerin yapılaşma yükseklikleri değerlendirildiğinde; bina kat sayılarının fazla olduğu Ege Üniversitesi Ormanı ve Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nın rota 1 yönleri (Bornova merkez doğrultusu) ile Zeytincilik Araştırma Enstitüsü rota 3 yönünde, özellikle akşam mobil ölçümlerinde sıcaklıklarda belirgin bir artış saptanmıştır. Fakat Aşık Veysel Rekreasyon Alanı rota 3 yönünde bina kat sayılarının yukarıda bahsedilen alanlarla benzer olmasına rağmen, aynı etkiye bu bölgede rastlanmamıştır. Bahsi geçen rotada, artan bina yüksekliklerine rağmen, yol genişliklerinin fazla olmasına bağlı olarak bu etkiyi açıklamak mümkündür.

Bina kat yüksekliklerinin yol genişlikleri ile oranlanması sonucu elde edilen kanyon geometrisi değerleri, yeşil alanların çeperlerindeki tampon bölgelerde mobil ölçüm güzergahları boyunca hesaplanmıştır. Kanyon geometrisi ile sıcaklık değerleri arasındaki ilişki gündüz ve gece dönemlerinde farklılık göstermektedir. Dar sokak ve yüksek bina dokusuna sahip bölgelerde gündüz saatlerinde binaların gölge etkisine bağlı olarak sıcaklık değerleri ile negatif bir korelasyon görülürken, gün batımından sonra binalardan

yayılan ısılarla bağlı olarak pozitif bir korelasyon söz konusudur. Ayrıca Hisarlıgil (2009)'un da belirttiği gibi bina yükseklik ve genişliklerine bağlı olarak kentsel rüzgarların yön ve hızları da değişmektedir. Konutlar arası uzaklık, konut yüksekliğinin yarısı kadar olduğunda; konutlar rüzgarı perdelemekte, bu uzaklığın yüksekliğin 4 katına ulaşmasından sonra rüzgar doğal hızına ulaşmaktadır. Ölçüm yapılan rotalardaki bu oranlar incelendiği zaman Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nın 1. Rotası ile Ege Üniversitesi Ormanı ve Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'nün 3. rotalarında konutlar arası mesafelerin konut yüksekliklerinden düşük olduğu, buna bağlı olarak da özellikle akşam sıcaklıkları bakımından olumsuz koşulların ortaya çıktığı saptanmıştır.

Araştırmaya konu olan yeşil alanlar ve çeperlerindeki tampon bölgelerde ağaç örtüsü, çim yüzey, geçirimli/ yarı geçirimli yüzey ve geçirimsiz yüzey olmak üzere 4 sınıfta hesaplanan yüzey örtüsü analizleri sonucunda; Ege Üniversitesi Ormanı ve Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'nde baskın yüzeyleri ağaç örtüsü oluştururken, Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda baskın yüzeyleri geçirimsiz yüzeyler oluşturmaktadır.

Sabit İstasyon Ölçümleri / İstatistiksel Değerlendirmeler

Bölgeler arasında sabit iklim istasyonları aracılığıyla toplanan bir yıllık meteorolojik verilerin istatistiksel analiz sonuçlarına göre; sıcaklık ortalamaları ($P=0.05$), serinletme etkisi ortalamaları (Δt) ($P<0.05$), nem ($P<0.05$) ve rüzgâr hızı ortalamaları ($P<0.05$) bakımından bölgeler arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. İklimsel parametrelere göre bölgelere ait en küçük kareler ortalaması ve standart hatalar

Table 1. Least square means and standart error of means of the regions based on climatic parameters

İKLİMSSEL PARAMETRE	BÖLGE	N	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	P
SICAKLIK	Ege Üniversitesi Ormanı	104	18.48 ± 0.77	.05*
	Aşık Veysel Rekreasyon A.	104	19.10 ± 0.72	
	Zeytincilik Araştırma E.	104	19.51 ± 0.78	
	Kentsel Bölge	104	21.30 ± 0.73	
	Genel	416	19.60 ± 0.37	
ΔT (PSA)	Ege Üniversitesi Ormanı	104	2.81 ± 0.09	.01*
	Aşık Veysel Rekreasyon A.	104	2.19 ± 0.05	
	Zeytincilik Araştırma E.	104	1.78 ± 0.08	
	-	-	-	
	Genel	312	2.26 ± 0.05	
NEM	Ege Üniversitesi Ormanı	104	65.46 ± 1.35	.04*
	Aşık Veysel Rekreasyon A.	104	61.62 ± 1.02	
	Zeytincilik Araştırma E.	104	61.23 ± 1.02	
	Kentsel Bölge	104	61.23 ± 1.27	
	Genel	416	62.39 ± 0.62	
RÜZGÂR	Ege Üniversitesi Ormanı	104	0.02 ± 0.04	.01*
	Aşık Veysel Rekreasyon A.	104	2.29 ± 0.16	
	Zeytincilik Araştırma E.	104	0.94 ± 0.07	
	Kentsel Bölge	104	2.11 ± 0.14	
	Genel	416	1.34 ± 0.07	

* = $P \leq 0.05$

Yıllık sıcaklık ortalamaları bakımından kentsel bölge (KA) en yüksek sıcaklık ortalamasına (21.30 ± 0.73) sahip bölge iken, Ege Üniversitesi Ormanı en düşük sıcaklık ortalamasına (18.48 ± 0.77) sahip bölgedir. Oluşturdukları yıllık serinletme etkisi ortalamaları (Δt) bakımından yine en yüksek Δt değeri (2.81 ± 0.09) Ege Üniversitesi Ormanı'nda hesaplanırken, en düşük Δt değeri (1.78 ± 0.08) Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda hesaplanmıştır. Ölçüm yapılan diğer iklimsel parametrelerden farklı olarak rüzgâr hızı ortalamaları bakımından ise, en düşük rüzgâr hızı ortalaması (0.02 ± 0.004) Ege Üniversitesi Ormanı'nda hesaplanırken, en yüksek rüzgâr hızı ortalaması (2.29 ± 0.16) Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Araştırma alanlarından toplanan bir yıllık verilerin değerlendirilmesi sonucunda kentsel bölge ile yeşil alanlar arasında iklimsel parametreler bakımından belirgin farklılıklar olduğu açıkça görülmektedir. Araştırma bulgularına göre, yılın neredeyse tüm dönemlerinde kentsel bölgede yüksek sıcaklıkların yanı sıra, düşük nem değerleri de saptanmıştır. Bu bulgular, araştırmanın yeşil alanların özellikle kentsel sıcaklıkları azaltarak (Spronken Smith, 1994; Upmanis et al., 1998; Shashua-Bar et al., 2010; Al-Gretawee, Rayburg and Neave, 2016) kent iklimi üzerinde olumlu etkiler yarattığı hipotezini destekler niteliktedir.

Gerek Spronken Smith and Oke (1998)'in belirttiği gibi gerekse de araştırma alanlarında tüm yıla ait verilerin değerlendirilmesi sonucunda; bütün yeşil alanların gündüz ve gece ortalama sıcaklık değerleri bakımından yapılaşmış bölgeden daha serin olduğu saptanmıştır. Buna karşın bu çalışmada verilerin tümünün (farklı mevsim ve aylara ait) ve hareketli/mobil ölçüm sonuçlarının da değerlendirilmesiyle, özellikle gün doğumundan hemen sonra yeşil alanların kentsel bölgeden daha sıcak olduğu bulunmuştur.

Uzun dönemlik verileri içeren analiz sonuçları, gündüz ortalama sıcaklık değerleri bakımından sık iğne yapraklı ağaç dokusuna sahip olan Ege Üniversitesi Ormanı'nın diğer yeşil alanlardan belirgin bir farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak gündüz sıcaklıklarının oldukça yüksek olduğu yaz döneminde (Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları), düşük gündüz rüzgâr hızı değerlerine bağlı olarak Ege Üniversitesi Ormanı'nda sıcaklıklar yüksektir. Buna karşın hâkim rüzgâr yönünde yakın çevresinin geniş ve boş arazilerle kaplı olmasına bağlı olarak daha yüksek rüzgâr hızı değerleri ile geniş yapraklı ağaç örtüsüne sahip Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda sıcaklıkların düştüğü düşünülmektedir. Gece ise tüm bölgelerde rüzgâr hızının 2m/sn. değerinin altına düşmesi, gece sıcaklıkları üzerinde rüzgâr hızının etkisini azaltmakta, artan ağaç

örtüsü ve nem miktarına bağlı olarak Ege Üniversitesi Ormanı'ndaki sıcaklıkların düşmesine neden olmaktadır.

Oke ve Hanel'in nüfusa bağlı olarak kentsel ısı adasının oluşmaması için gerekli rüzgâr hızını hesapladıkları formüle dayanarak Bornova için kritik rüzgâr hızı değeri hesaplanmıştır (Duman Yüksel, 2005). Bu formül;

$$U = 3.4 \log P - 11.6 \text{ (m/sn.)} \text{ (} U = \text{Hız, } P = \text{Nüfus)}$$

şeklinde dir.

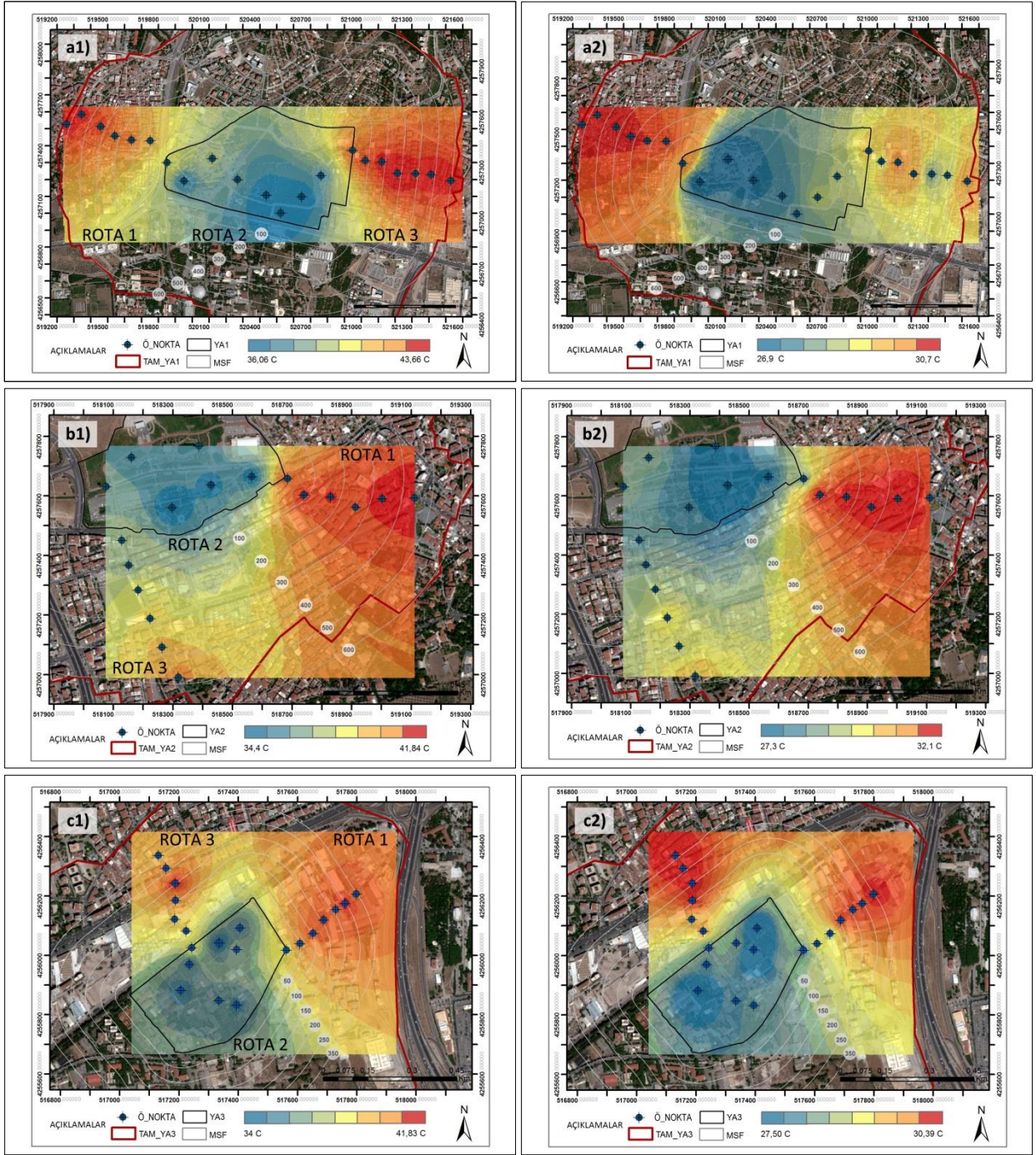
Bu kritik rüzgâr hızı formülü Bornova için uygulandığında; $U = 3.4 \log 435.000 - 11.6 = 7.6 \text{ m/sn.}$ çıkmaktadır. Başka bir deyişle Bornova'da kentsel ısı adası etkisinin oluşmaması için rüzgâr hızının en az 7.6 m/sn. olması gerekmektedir. Bu değer, ölçüm yapılan sürelerde hesaplanan ortalama rüzgâr hızı değerlerinin çok üzerindedir.

Hareketli (mobil) Ölçümler / İstatistiksel Değerlendirmeler

Araştırmaya konu olan farklı yeşil alanlar ve çeperlerindeki tampon bölgelerde gerçekleştirilen mobil ölçümler sonucunda, farklı bölge ve rotalardaki sıcaklık değerlerinde farklılıklar saptanmıştır. Bu bölümde bölgesel farklılıklardan daha çok, her bir yeşil alan ve çeperlerindeki tampon bölgelerdeki zamansal (sabah/09.00 – öğle/15.00 – akşam/21.00) sıcaklık dağılımları incelenmiş olsa da, elde edilen mobil ölçüm bulgularının sabit ölçüm bulguları ile benzerlik gösterdiği açıkça görülmektedir. Ayrıca, noktasal verilerin IDW yöntemiyle mekânsal veriye dönüştürülmesi ile elde edilen sıcaklık haritaları incelendiğinde, sıcaklık dağılımlarının gece ve gündüz ölçümlerine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır (Şekil 2).

Sıcaklık verileri ile mekânsal değişkenler arasındaki ilişkiler, sabah sıcaklıkları bakımından yeşil alanların kentsel bölgeye göre daha yüksek sıcaklıklara sahip olması nedeniyle, öğle (15.00) ve akşam (21.00) verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda her iki ölçüm periyotunda da sıcaklık değişimleri ile yüksek korelasyon gösteren parametre ağaç örtü oranı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Yeşil alanların oluşturdukları serinletme etkilerinin kanyon geometrisi ve yeşil alana uzaklık parametreleriyle ilişkilerinin incelendiği analizlerde (tampon bölgelerde) ise; gündüz ve akşam periyotlarında farklı oranlarda olmak üzere en yüksek korelasyon gösteren parametre yeşil alana olan uzaklık olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve Çizelge 3). Bu bağlamda; yaz dönemi gündüz ve akşam sıcaklıklarının park sınırından uzaklaştıkça kademeli olarak arttığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 2. Araştırma alanlarına ait sıcaklık dağılımları (1-öğle / 2-akşam)

a1-a2) Ege Üniversitesi Ormanı, b1-b2) Aşk Veysel Rekreasyon Alanı, c1-c2) Zeytincilik Araştırma Enstitüsü

Figure 2. Temperature distributions of the study areas (1-noon / 2-night)

a1-a2) Ege University Forest, b1-b2) Aşk Veysel Recreation Area, c1-c2) Zeytincilik Research Institute

Çizelge 2. Mekânsal parametreler ile sıcaklık değişimlerinin çok değişkenli regresyon analizi (öğle/15.00)
Table 2. Multivariate regression analysis of temperature changes with spatial parameters (noon/15.00)

Yeşil Alanlar						
Parametre	EGE ÜNİ. O.		AŞIK VEYSEL R.A		ZEYTİNCİLİK A.E	
	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P
Ağaç örtü	-.841 ¹	.001*	-.480 ¹	.001*	-.568 ¹	.001*
Çim yüzey	.289 ²	.001*	-.069 ²	.685	.230 ²	.035*
Geçirimli / Y.geç.yüzey	-.215 ¹	.001*	-.179 ²	.298	.275 ¹	.020*
Geçirimsiz yüzey	.860 ²	.001*	.404 ¹	.001*	.785 ²	.001*
R ² (¹)	.833 ¹	.001*	.495 ¹	.001*	.551 ¹	.001*
R ² (²)	.776 ²	.001*	.050 ²	.309	.546 ²	.001*
Tampon Bölgeler						
Parametre	EGEtampon		AŞIKtampon		ZEYTİntampon	
	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P
Kanyon geo.	-.190	.047*	.429	.001*	-.631	.001*
Yeşil Alana Uzaklık	.725	.001*	.579	.001*	.694	.001*
R ²	.623	.001*	.631	.001*	.731	.001*

(Not: yeşil alanlarda aynı üst rakama sahip parametreler birlikte analiz edilmiştir) (* = P < 0.05)

Çizelge 3. Mekânsal parametreler ile sıcaklık değişimlerinin çok değişkenli regresyon analizi (akşam/21.00)
Table 3. Multivariate regression analysis of temperature changes with spatial parameters (night/21.00)

Yeşil Alanlar						
Parametre	EGE ÜNİ. O.		AŞIK VEYSEL R.A		ZEYTİNCİLİK A.E	
	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficient Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P
Ağaç örtü	-.384 ¹	.030*	-.771 ¹	.001*	-.659 ¹	.001*
Çim yüzey	-.022 ²	.868	-.072 ²	.682	.316 ²	.020*
Geçirimli / Y.geç.yüzey	-.384 ¹	.030*	.014 ²	.935	.249 ¹	.042*
Geçirimsiz yüzey	.508 ²	.001*	.356 ¹	.001*	.458 ²	.001*
R ² (¹)	.386 ¹	.001*	.866 ¹	.001*	.403 ¹	.001*
R ² (²)	.253 ²	.001*	.004 ²	.907	.247 ²	.001*
Tampon Bölgeler						
Parametre	EGEtampon		AŞIKtampon		ZEYTİntampon	
	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P	Standardized Coefficients Beta	P
Kanyon geo.	.643	.001*	.429	.001*	.469	.001*
Yeşil Alana Uzaklık	.259	.013*	.579	.001*	.709	.001*
R ²	.587	.001*	.631	.001*	.618	.001*

(Not: yeşil alanlarda aynı üst rakama sahip parametreler birlikte analiz edilmiştir) (* = P < 0.05)

Kanyon geometrisi parametresi bakımından öğle ve akşam dönemlerine ait analizlerde ilişkilerin derece ve yönlerinde farklılıklar olduğu saptanmıştır. Öğle ölçümlerinde negatif olan kanyon geometrisi parametresinin regresyon belirleme katsayısı, akşam ölçümlerinde pozitiftir. Bu farklılık, gündüz kanyon geometrisinin yüksek olduğu dar sokaklarda, binaların gölge etkisine bağlı olarak kısa süreli serinlemeler yaşanmasına rağmen, gölge faktörünün ortadan kalktığı akşam saatlerinde yapılaşmış yüzeylerden

yayılan güneş radyasyonu nedeniyle sıcaklıkların yükselmesine bağlı olarak açıklanmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada uzaktan algılama ve saha ölçümleri yöntemleri kullanılarak, yeşil alanlardaki bitkisel materyalin nitelik ve yoğunluğunun yanı sıra, farklı termal özellikteki yüzey karakteristiklerinin zaman faktörüne bağlı olarak sıcaklık, rüzgâr ve nem gibi iklim elemanlarını etkileme biçimleri araştırılmıştır.

Araştırmada ulaşılan en önemli sonuçlardan birisi; yeşil alanların oluşturdukları PSA etkisi ve boyutunun yeşil alan özelliklerinin yanı sıra yakın çevredeki yapı çevrenin formuna bağlı olarak değiştiğidir. Bir başka altı çizilmesi gereken çıkarım ise; yeşil alanlardaki ağaç örtüsünün serinletme etkisi bağlamında da diğer bitki gruplarından daha çok öne çıkmasıdır. Bu çalışmada; araştırmaya konu olan bütün yeşil alanların bir biçimde kendi meteorolojik koşullarını yaratarak, çevrelerindeki kentsel peyzajdan farklı iklimsel koşullar ve farklı boyut ve mesafelerde PSA oluşturma etkisine sahip oldukları saptanmıştır. Yeşil alanlar ile yakın çevrelerindeki kentsel peyzajlar arasındaki en büyük sıcaklık farkı ise; yıllık ortalama 2.81 °C ile iğne yapraklı ve sık dokulu ağaç örtüsüne sahip Ege Üniversitesi Ormanı'nda hesaplanmıştır. Ayrıca, gerçekleştirilen mobil ölçümler sonucunda yine aynı alanın serinletme etkisinin özellikle akşam saatlerinde alan sınırından itibaren 600 m.'yi aştığı görülmüştür. Bu sonuçlar Ege Üniversitesi Ormanı'nı niteliği itibarıyla kentsel sıcaklıkları azaltmasının yanı sıra, Çoşkun Hepcan ve Hepcan (2017)'nin de belirttiği gibi pek çok ekosistem servisi sağlaması açısından da Bornova için oldukça önemli kılmalıdır.

Yine araştırma sonuçlarına göre; gün doğumundan hemen sonra, tüm yeşil alanların çevrelerindeki kentsel peyzajlardan daha yüksek sıcaklıklara sahip oldukları saptanmıştır. Bu sonuçlar, yüzeylerin geç soğuyup, geç ısınması etkisine bağlı olarak açıklanmıştır. Günün diğer dönemlerinde ise, yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerinde pozitif etkilere sahip oldukları saptanmıştır.

Rüzgâr hızının özellikle yoğun yapılaşmış kentlerde, kentsel ısı adasının azaltılmasında önemli bir etken olduğu pek çok araştırmacı tarafından kanıtlanmıştır (Oke, 1987; Fernando, 2010; Gomez et al., 1998; Kuşçu Şimşek 2013). Ancak Bornova'daki ortalama rüzgâr hızı ısı adası oluşumunu engelleyecek kritik hız seviyesinin oldukça altındadır. Bu doğrultuda özellikle kentsel havalanmayı sağlayacak yeşil koridorlar yaratılmalı, var olan doğal koridorlar yeşili güçlendirilerek desteklenmelidir. Ayrıca rüzgâr tüneli görevi gören şehir içi yollar ağaçlandırılarak serinletici etkinin kent içlerine taşınması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Al-Gretawee, H., Rayburg, S. and Neave, M. 2016. The cooling effect of a medium sized park on an urban environment, *International Journal of Geomate*, 11(26):2541-2546pp.
- Çoşkun Hepcan, Ç. ve Hepcan Ş. 2017. Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinin Hava Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Düzenleyici Ekosistem Servislerinin Hesaplanması, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (1):113-120ss.
- Çoşkun Hepcan Ç., Özeren, M., Hepcan, Ş., Özkan, M.B. 2015. İzmir İli Metropol Kıyı İlçelerinin Peyzaj Yapı Analizi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (3):353-362ss.

Ayrıca Hepcan (2013)'ün de vurguladığı gibi Bornova'nın yeşil alan sistemi elemanlarının boyutlarının küçük, parçalı, süreklilik göstermeyen ve rastlantısal dağılımı serinletme etkileri üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu konudaki en temel sıkıntı, ülkemizde açık-yeşil alanlara yönelik nicelik ve nitelik açısından standartların olmamasıdır (Önen, 2015). Bu doğrultuda yapılması gerekenlerin en başında yeşil alanlara yönelik sorunların aşılması yönünde adımlar atılması gerekmektedir. Bornova'daki kentsel yeşil alanlar, kentsel gelişme alanının çeperlerindeki doğal yeşil alanlarla birlikte bir kentsel ekolojik ağ ya da yeşil alt yapı oluşturma/destekleme bağlamında ele alınmalıdır. Bu bağlamda Çoşkun Hepcan ve ark. (2015)'inde belirttiği gibi bağlantı sağlamada akarsuların doğal bağlayıcılar olduğu unutulmadan, kent içinden geçen dereler birer mavi koridor olarak düşünülüp kullanılmalıdır. Başta Bornova deresi olmak üzere kent içinden geçen ve betonla kaplı derelerin doğal hale getirilerek evapotranspirasyon yoluyla serinletmeye katkıda bulunmaları sağlanmalıdır.

Sonuç olarak bu araştırma başka bilimsel araştırmalarla da desteklenerek sonuçları kentsel iklim haritalarına aktarılmalıdır. Tabi her şeyden önce ülkemiz kentleri ve özelde Bornova kentsel yeşil alanlarına yönelik nicelik, nitelik ve bağlantılılık anlamında sorunları çözme yolunda yukarıda söz edilen öneriler dikkate alınarak önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerin başında yeşil alt yapı strateji ve planlarının yapılması gerekmektedir. Bu sayede yeşil alanlara yönelik yaklaşımlar sistematik hale getirilecek ve diğer mekânsal planlara bir altlık oluşturabilecektir. Bunun yansısı ısı adası etkisi oluşturacak yapısal uygulamalardan mümkün olduğunda kaçınılarak kentteki geçişgen yüzey miktarı artırılmalıdır. Unutulmamalıdır ki bu konularda hem teşvik edici hem de zorlayıcı yasal ve yönetsel bir çerçeve oluşturmak çok yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya (2013-ZRF-011 nolu proje) olan katkılarından dolayı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonuna teşekkür ederiz.

- Duman Yüksel, Ü. 2005. Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 212s (yayımlanmamış).
- Elnahas, M.M. 2003. Energy simulation of urban wellings in temperate climates, *Architectural Science Review*, 46(3):239-246pp.
- Fernando, H.J.S. 2010. Fluid dynamics of urban atmospheres in complex terrain *Annual Review of Fluid Mechanics*, 42:365-89pp.

- Givoni, B. 1972. Comparing temperature and humidity conditions in an urban garden and in its surrounding areas, Building Research Station, Technion, Israel, Interim Report no. 2.
- Gomez, F., Gaja, E. and Reig, A. 1998. Vegetation and climatic changes in a city, Ecological Engineering, 355-360pp.
- Hepcan, Ş. 2013. Analyzing the pattern and connectivity of urban green spaces: a case study of İzmir, Turkey, Urban Ecosystems, 16:279-293pp.
- Hisarlıgil, H. 2009. Enerji Etkin Planlamada Konut Adası Tasarımı: Hipotetik Konut Adalarının Ankara Örneğinde Mikro klima Analizi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge planlama Anabilim Dalı, 300s (yayımlanmamış).
- Honjo, T. and Takakura, T. 1990. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas, Energy and Buildings 15(16):443-446pp.
- Lu, J., Li, C., Yang, Y., Zhang, X., Jin, M. 2012. Quantitative evaluation of urban park cool island factors in mountain city, J. Cent. South Univ., 19: 1657-1662pp.
- Kleerekoper, L., Van Esch, M. and Salcedo, T.B. 2012. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect, Resources, Conservation and Recycling, 64:30-38pp.
- Kuşçu Şimşek, Ç. 2013. İstanbul'da Kentsel İklim Üze Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 217s, (yayımlanmamış).
- Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island, Atmospheric Environment, 7:769-779pp.
- Oke, T.R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108:1-24pp.
- Oke, T.R. 2004. Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites, World Meteorological Organization, Report No. 81, WMO/TD No. 1250
- Oke, T.R. 2009. The need to establish protocols in urban heat island work. Preprints T.R. Oke Symposium and Eighth Symposium on Urban Environment, January 11-15pp. Phoenix, AZ.
- Önen, E. 2015. Kentsel Açık-Yeşil Alan Stratejilerinin Belirlenmesi; Güzelbahçe (İzmir) İlçesi Örneği. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 289s, (yayımlanmamış).
- Potchter, O., Cohen, P., Bitan, A. 2006. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, International Journal of Climatology, 26:1695-1711pp.
- Ren, C., Yan-Yung, Ng. E. and Katzschner, L. 2001. Urban climatic map studies: a review, International Journal of Climatology, 31:2213-2233pp.
- Roth, M. 2013. Urban heat islands, Handbook of Environmental Fluid Dynamics, 2:143-163pp.
- Shashua-Bar, L. and Hoffman, M.E. 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees, Energy and Buildings, 31:221-235pp.
- Spronken-Smith R.A. 1994. Energetics and Cooling In Urban Parks, A Thesis Submitted In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Doctor Of Philosophy, in The Faculty Of Graduate Studies Department Of Geography, 204p.
- Spronken-Smith, R.A. and Oke T.R. 1998. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. International Journal of Remote Sensing, 19(11):2085-2104pp.
- Stone, B. 2005. Urban heat and air pollution: An emerging role for planners in the climate change debate, Journal of the American Planning Association, 71:13-25pp.
- Sun, C.Y., Lin, H.T. and Ou, W.S. 2007. The Relationship between Urban Greening and Thermal Environment, Urban Remote Sensing Joint Event.
- Taha, H., Douglas, S. and Haney, J. 1997. Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation, Energy and Buildings, 25:169-177pp.
- UN, 2008. State of the World's Cities 2008/2009 - Harmonious Cities. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT): Earthscan, London.
- UNFPA, 2007. Earlier UN estimates indicated that this urban transition would occur in 2007, United Nations Population Fund, 1.
- Upmanis, H., Eliasson, I. and Linqvist, S. 1998. The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden), International Journal of Climatology, 18:681-700pp.
- Wong, N.H. and Yu, C. 2005. Study of green areas and urban heat island in a tropical city, Habitat International, 547-558 pp.