

Kent Kanyon Geometrilerinin Yer Yüzeyi Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi: Kurtuluş Mahallesi Örneği

The Influence of Urban Canyon Geometry on Land Surface Temperature: Kurtuluş Neighborhood

Müge Ünal Çilek^{1*} 

¹Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 23119, Elazığ/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Müge Ünal Çilek
mugeunal@firat.edu.tr

doi: 10.48123/rsgis.1095619

Yayın süreci

Geliş tarihi: 30.03.2022
Kabul tarihi: 20.06.2022
Basım tarihi: 18.09.2022

Özet

Kentsel mekanda binalar ve sokakların oluşturduğu form kent kanyonu olarak tanımlanmaktadır. Kent kanyonlarının geometrik özellikleri dış mekan ısı durumu üzerinde etkiye sahiptir. Bu yüzden çalışmada sıcak-nemli Adana kent dokusunda yer alan Kurtuluş Mahallesi'ndeki kent kanyonlarının uydu görüntüleri aracılığı ile ısı durumlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın yöntemi 4 basamaktan oluşmaktadır. (i) Landsat 8'den elde edilen termal görüntüler aracılığı ile çalışma alanı yer yüzeyi sıcaklık (YYS) durumu belirlenmiştir. (ii) Çalışma alanındaki kent kanyonları geometrik özelliklerine (yönelim ve bina yüksekliği/sokak genişliği oranı) göre sınıflanmıştır. (iii) YYS ve geometrik özellikler arasındaki ilişki istatistiksel olarak saptanmıştır. (iv) Bulgular doğrultusunda kent planlarına yansıtılabilir öneriler geliştirilmiştir. Çalışmada en düşük YYS'ye sahip olan alanlar gölge oranının yüksek olduğu derin kent kanyonları ve yoğun kanopi dokusuna sahip yeşil alanlar olarak belirlenmiştir (34,0-35,5 °C). En yüksek YYS'ye sahip alanlar ise güneş maruziyetinin yüksek ve gölge oranının düşük olduğu istasyon alanı, stadyum, vb. kentsel mekanlardır (36,5-37,2 °C). Derin kanyonlarda D-B yönelimli alanlar K-G yönelimli alanlardan daha düşük YYS'ye sahip olarak istatistiksel olarak ayrılmaktadır ($p<0.05$). Sığ ve orta derin kanyonlarda ise D-B yönelimli alanlar, K-G yönelimli alanlardan daha yüksek YYS'ye sahip olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Anahtar kelimeler: Kent kanyonu, En-boy oranı, Yönelim, Yer yüzeyi sıcaklığı, Sıcak-nemli kent

Abstract

Cities have been formed by buildings and streets in urban spaces, defined as city canyons. The geometrical characteristics of canyons affect outdoor thermal conditions. Therefore, this study uses satellite images to determine the thermal conditions of city canyons in the Kurtuluş Neighborhood, which is located in hot-humid Adana city. The study methodology consists of four steps: (i) determination of the land surface temperature (LST) by Landsat 8 thermal images; (ii) classification of canyons according to their geometric characteristics, including orientation and aspect ratio; (iii) determining the statistical relationship between LST and geometric characteristics; and (iv) developing suggestions for future city plans. The study results show that the lowest LSTs (34.0-35.5 °C) were determined in deep canyons with a high shadow ratio and green spaces with dense canopy layers. In contrast, the highest LSTs (36.5-37.2 °C) were determined in the canyons, where the sun exposure is high, and the shade ratio is low (spaces, train stations, stadiums, etc.). In deep canyons, E-W oriented areas have lower LST than the N-S oriented canyons, and these canyons are statistically distinguished ($p<0.05$). On the contrary, in shallow and medium-deep canyons, E-W oriented canyons have a higher temperature than the N-W canyons, and these canyons have statistically significant differences ($p<0.05$).

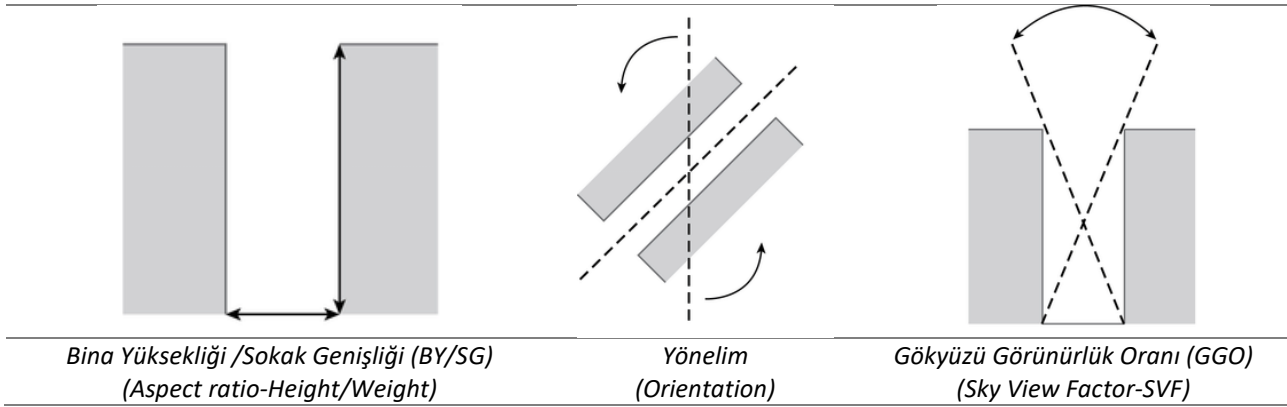
Keywords: Urban canyon, Aspect ratio, Orientation, Land surface temperature, Hot-humid city

1. Giriş

Günümüzde göç olgusunun artması hızlı kentleşmeye ve beraberinde hızlı nüfus artışına sebep olmuştur. Kentsel mekanın genişlemesi, geçirimsiz yüzeylerin geçirimsiz alanlara dönüşmesi ve antropojenik etkilerin beraberinde getirdiği olumsuzluklar kentsel ısı adası olgusunu ortaya çıkarmıştır. Kent iklimindeki değişiklikler sadece iklimsel koşulları olumsuz etkilememiş, kentli insanın günlük yaşantısını da olumsuz etkilemeye başlamıştır. Bu durum kentsel mekanlarda mikro düzeydeki iklimsel çalışmaların önemini arttırmıştır. İklimsel çalışmalar sadece dış mekan insan konforunu temel almakla kalmayıp, iç mekan konforunu, yapıların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarındaki enerji tasarruflarını, iklime dayalı tasarım ve planlama prensiplerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur (Ali-Toudert vd., 2005; Ali-Toudert ve Mayer, 2006; Andreou, 2013; Johansson, 2006). Kentlerde ise farklı mekanlarda (yeşil alanları, avlular, kamusal alanlar, vb.) kent morfolojisi ve kent geometrisinin dahil edildiği iklimsel çalışmalar hız kazanmıştır. Yeni tesis edilen alanlarda doğru tasarım ve plan stratejileri ile kentsel ısı adası oluşumu engellenebilmektedir. Isı adası çalışmalarında iklimsel faktörler (rüzgar, yağış, hava sıcaklığı, vb.) kontrol edilemeyen özellikler iken, kentin geometrik yapısı, malzeme seçimi, yeşil alan oranı, kullanılan bitki özellikleri gibi unsurlar kentsel ısı adası olgusu üzerinde etkisi olan ve kontrol edilebilen özelliklerdir (Chatzidimitriou ve Yannas, 2017; De ve Mukherjee, 2018; Sharmin vd., 2017).

Yoğun kent dokusu içerisinde yüksek binaların ve yolların oluşturduğu kent formu kent kanyonu olarak tanımlanmaktadır. Binaların iki boyutlu enine kesiti ile tahmin edilen temel bir geometrik birimdir (Oke, 1988). Kent kanyonlarının geometrisi, ısı adalarının belirlenmesinde ve yaya termal konforu çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Bu tanımdan yola çıkarak farklı bina yüksekliklerinin, farklı yol genişliklerinin, hakim rüzgar yönüne göre farklı kanyon konumlarının dış mekan ısı konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi çalışmaların temel konusu olmuştur (Alchapar ve Correa, 2016; Ali-Toudert ve Mayer, 2007; Alobaydi vd., 2016; Emmanuel ve Krüger, 2012; Lobaccaro ve Acero, 2015; Martins vd. 2012; Targhi ve Van Dessel, 2015).

Kent kanyonu çalışmalarında kullanılan kentsel geometri parametreleri bina yüksekliği/sokak genişliği (BY/SG), gökyüzü görünürlük oranı (GGO) ve yönelimdir (Şekil 1). BY/SG oranı bir kentsel kanyonda gelen ve giden güneş radyasyonunu, radyasyon akışını ve rüzgar sirkülasyonunu etkileyen en önemli kentsel geometri parametresidir. Gökyüzü görüş oranı (GGO), yerdeki belirli bir noktadan görülebilen gökyüzü miktarının, yatay bir yüzeyin kapsadığı potansiyel olarak mevcut gökyüzü yarıküresine oranı olarak tanımlanır (Oke, 1982). Boyutsuz ve 0 ile 1 arasında değişen GGO, kentsel ısı adası etkisini ölçmek için önemli bir parametredir (Sharmin vd., 2017).



Şekil 1. Kentsel geometri parametreleri (Boeters vd., 2012)

Pek çok çalışmada kanyonların dış mekan ısı durumlarının BY/SG oranı, GGO ve yönelime göre nasıl değiştiği incelenmiştir. Fakat literatürde farklı kentsel tasarım unsurlarının (bitkilendirme, su yüzeyi, gölge elemanları, vb.) kanyon dış mekan ısı durumunu nasıl etkilediğini inceleyen çalışmalarda yaygın bir şekilde yer almaktadır. Kentsel alandaki süs havuzları, fiskiyeler veya göl, nehir gibi su kaynakları varlığı, farklı gölge miktarına sahip farklı taç genişliği ve dokudaki bitki varlığı, gölge elemanları ve yüzey malzemelerindeki farklılıklar (albedo farklılıkları) kanyon ısı durumunu etkileyen diğer fiziksel unsurlardır. Çalışmalar geometrik özellikler ve tasarım unsurlarının birini veya birkaçının birleşimini kullanarak kanyon ısı durumu değerlendirmişlerdir (Tablo 1).

Tablo 1. Kent kanyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar

YAZAR	ÇALIŞMA ALANI	İKLİM BÖLGESİ	DÖNEMİ	İKLİMSEL KONFOR					
				Bitkilendirme	Su yüzeyi	Albedo	Gölge elemanları	BY/SG	Yönelim
Ali-Toudert vd., (2005)	Freiburg-Almanya	Sıcak-Kurak	Yaz	X					X
Johanson (2006)	Fas	Sıcak Kurak	Yaz-Kış	X			X		X
Ali-Toudert ve Mayer (2006)	Freiburg-Almanya	Sıcak-Kurak	Yaz	X					
Ali-Toudert ve Mayer (2007)	Cezayir	Sıcak-Kurak	Yaz	X				X	X
Emmanuel ve Fernando (2007)	Kolombo-Sri Lanka	Tropik	Yaz			X			
Martins vd., (2012)	Petrolia-Brezilya	Tropik-Yarı Kurak	Yaz	X					X
Andreou (2013)	Yunanistan	Sıcak-Kurak	Yaz					X	
Paolini vd., (2014)	Milano-İtalya	Sıcak-Nemli	Yaz				X	X	
Targhi ve Van Dessel (2015)	Amerika	Sıcak-Nemli	Yaz			X			
Lobaccaro ve Acero (2015)	Bilbao-İspanya	Ilıman	Yaz	X		X		X	X
Alabaydi vd., (2016)	Irak	Sıcak-Kurak	Yaz					X	
Alchapar ve Correa (2016)	Arjantin-Güney Amerika	Sıcak-Kurak	Yaz	X		X		X	X
Chatzidimitriou ve Yannas (2017)	Yunanistan	Sıcak-Nemli	Yaz-Kış					X	X
Sharmin vd., (2017)	Dhaka-Bangladesh	Sıcak-Nemli	Yaz					X	
De ve Mukherjee (2018)	Hindistan	Ilık-Nemli	Yaz-Kış					X	

Çalışmalar genellikle dış mekan aktivitelerinin yoğun gerçekleştirildiği yaz dönemi için gerçekleştirilmiştir. Bunun temel sebeplerinden birisi yaz mevsiminin güneşlenme süresinin kış mevsimine göre uzun olmasıdır. Fakat kış döneminin yoğun ve uzun geçirildiği bölgeler için her iki dönemi değerlendiren çalışmalarda bulunmaktadır. BY/SG oranı ve GGO'ya ek olarak optimum ısı durumunun sağlanması veya geliştirilmesinde alanın sahip olabileceği farklı tasarımsal özelliklerde dikkate alınmıştır. Bu özelliklerin alandaki varlığı veya yokluğu, oransal olarak artış veya azalışları kanyon ısı konforunu etkilemektedir. Bitki, su yüzeyi ve gölge elemanları varlığının alandaki oransal artışları kanyon ısı konforunu olumlu yönde etkilemektedir. BY/SG oranı ve yönelim ise kanyonun güneş maruziyeti veya sahip olduğu gölge oranını ile ilişkilendirildiği için uygun oran ve yönelim kanyon konforunu olumlu etkilemektedir. Ayrıca farklı malzeme kullanımından kaynaklı olabilecek sıcaklık farklılıklarının belirlenmesinde yüzey malzemelerinin albedo değerleri incelenmiş ve iklime uygun olabilecek malzemeler belirlenmiştir. Bu etkileri tespit etmede mikroiiklimsel simülasyon programları (ENVI-met, Rayman, SkyHelios, Ecotech vb.) kullanılmıştır. Simülasyon programlarının dahil edildiği bu çalışmalar genellikle 1x1 m ile 5x5 m çözünürlüklü ve küçük alanlar için uygulanan (sokak, meydan, vb.) senaryo bazlı çalışmalardır. Bu çalışmaların yanı sıra kanyon ısı adası etkisinin belirlenmesinde uzaktan algılama verilerinin (LANDSAT veya MODIS) temel alındığı çalışmalardan da faydalanılmıştır. Özellikle ısı adası tespit çalışmalarında termal uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Fakat bu çalışmalar daha düşük çözünürlüklü ve nispeten büyük alanları (mahalle, ilçe, kent, vb.) içeren çalışmalardır (Unal Cilek, 2021, Unal Çilek 2022).

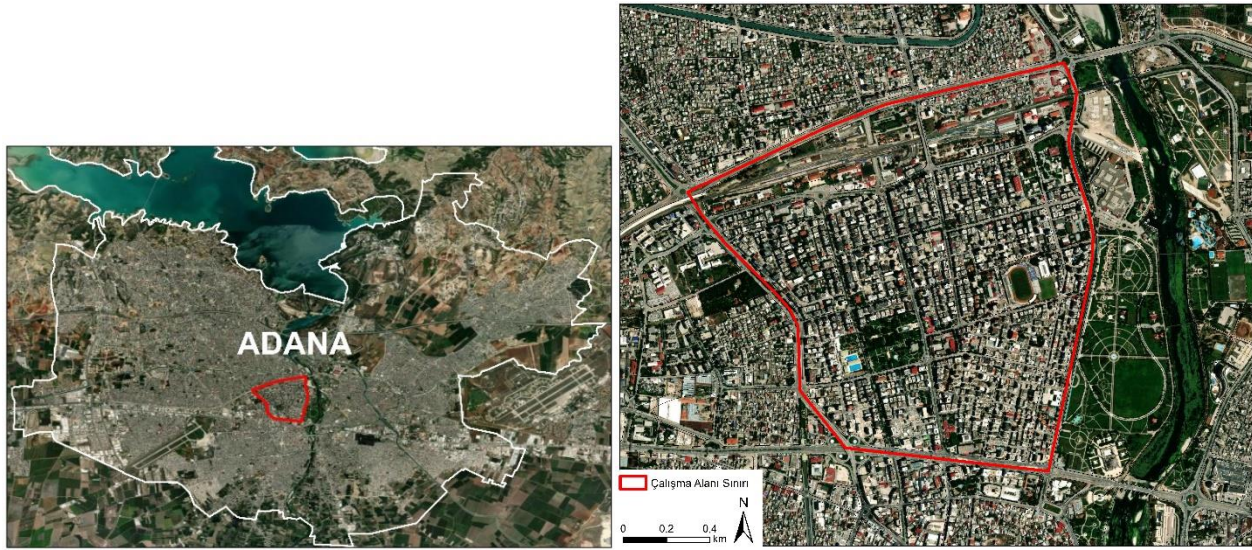
Adana kenti son yıllarda hızlı kentleşme ile birlikte arazi örtüsü değişiminin yoğun yaşandığı illerden birisidir. Özellikle kenti çevreleyen tarım alanları artan nüfusun konut ihtiyacını karşılayabilmek için zaman içerisinde konut alanlarına dönüşmüştür. Bu durum her ne kadar kent insanının barınma ihtiyacını karşılasa da kentin daha farklı çevresel problemlerle karşılaşmasına yol açmıştır. Bunlardan bir tanesi kentsel ısı adası etkisinin kentte yoğun bir şekilde hissedilmesidir (Unal Cilek ve Cilek, 2021). Adana kenti tipik Akdeniz iklimine sahip kentlerden birisidir. Sıcak-nemli iklimi ile özellikle yaz döneminde hava sıcaklığı ortalama 30-35°C ve nem oranı %80'lerde seyretmektedir (MGM, 2020). Güneşlenme süresinin 12-13 saat olması ile kent dış mekan aktiviteleri için uzun bir periyoda sahip olmakla birlikte iklimsel koşullar bu durumu kısıtlamaktadır. Fakat bu kısıtı kentin morfolojik özellikleri ile avantaja dönüştürmek mümkündür. Kentlerin morfolojik özellikleri yani uygun bina yüksekliği/sokak genişliği oranının belirlenmesi, binaların hakim rüzgarı engellemeyecek şekilde ve güneşlenme yönünün dikkate alınarak konumlanması dış mekan ısı durumunu etkileyecektir. Adana kenti gibi dış mekan olanaklarından faydalanmak için uzun bir periyoda sahip kentlerde sıcak iklimden kaynaklı olabilecek olumsuzlukların en az düzeye indirgenmesinde kent morfolojisi önemlidir.

Bu yüzden çalışmada farklı geometrilere sahip kent kanyonlarının ısı durumlarının uydu verileri aracılığı ile tespit edilmesi ve sıcak-nemli Adana kenti için uygun olabilecek morfolojik özelliklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanını olarak Adana kent merkezinde yer alan Kurtuluş Mahallesi seçilmiştir. Tarihi kent merkezinin kuzeyinde konumlanan bu alan 1940 yılında yürürlüğe giren Jansen planı ile biçim kazanmıştır. Zamanla yoğunluğu artmış ve 1980'li yıllardan sonra mekansal karakteristikleri günün koşullarına uyum gösteren bir yapılaşma süreci yaşamıştır. Günümüzde yüksek katlı yapılaşmaların yer aldığı alanda doğu-batı ve kuzey-güney yönelimli akslar ile ızgara plan sistemi benimsenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alan sınırları-Kurtuluş Mahallesi

Çalışma alanının yer aldığı Adana kenti tipik Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtmakta olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Köppen-Geiger iklim sınıfına göre kentin bulunduğu bölge Csa (Kış ılık, yazı çok sıcak ve kurak Akdeniz iklimi) olarak belirlenmiştir (Bölük, 2016). Kış mevsiminin en soğuk ayı ortalama 9 °C ile Ocak ayı iken, en sıcak ayı 28 °C ile Ağustos ayıdır (Tablo 2). En sıcak dönemde kentteki bağıl nem %80 ve üzerinde seyretmektedir (MGM, 2020). Bu dönemde güneşlenme süresinin uzun, rüzgar hızı ve esme sayısının yetersiz olmasından dolayı bireylerin dış mekan aktivitelerinde konforlu ortam bulmalarını engellemektedir (Altunkasa, 1987).

Tablo 2. Adana kenti uzun yıllar (1929-2019) iklim verileri (MGM, 2020)

ADANA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.5	10.5	13.4	17.5	21.7	25.6	28.2	28.7	26.1	21.6	15.8	11.2	19.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.8	16.1	19.4	23.7	28.2	31.7	33.9	34.7	33.1	29	22.6	16.7	25.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.2	6	8.2	11.8	15.7	19.7	22.9	23.3	20.1	15.7	10.7	6.9	13.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.6	5.3	6.1	7.2	9.1	10.6	10.8	10.4	9.1	7.5	5.9	4.4	9.1
Ortalama Toplam Yağışlı Gün Sayısı	10.6	10.1	9.6	8.6	6.3	2.9	0.9	0.7	2.6	5.4	6.9	10.2	74.8
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	110	89.7	65.1	51.1	47.1	20.5	6.2	5.5	17.6	42.4	71.1	121.2	647.5
Ortalama Bağıl Nem (%)	67	68	66	68	72	78	72	81	62	60	63	67	66
En Düşük Bağıl Nem (%)	11	10	2	3	4	5	8	2	3	5	7	12	2
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.5	28.5	32	37.5	41.3	42.8	44.4	45.6	43.2	41.5	34.3	30.2	45.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.1	-6.6	-4.9	-1.3	5.6	<9.2	11.5	14.8	9.3	3.5	-4.3	-4.4	-8.1

Çalışma alanı olarak bu alanın seçilmesinin temel sebepleri, doğu-batı ve kuzey-güney yönelimli kent kanyonlarına sahip olması, bina kat yüksekliklerinin çalışma alanı boyunca değişkenlik göstermemesi ve karşılaştırma yapılabilmesi için düzenli bir veri altyapısı oluşturacak olmasıdır.

2.2 Veriler

Çalışma alanına ait sayısal veriler (kat yüksekliği, bina konumları, yol genişlikleri, alan kullanımları) Adana Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir.

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen uzun yıllar (2001-2021) iklim verileri, Adana kenti için en sıcak dönemin tespit edilmesinde kullanılmıştır. En sıcak dönemin belirlenmesindeki temel amaç, bu dönem için belirlenen optimum koşulların diğer sıcak dönem koşulları altında da uygun olabileceği düşüncesidir. Bu yüzden kent kanyonlarının yer yüzeyi sıcaklık durumlarının değerlendirilmesinde en sıcak döneme ilişkin uydu verilerinden faydalanılmıştır. Adana kenti için en sıcak dönem Ağustos ayı olarak belirlendiği için 2021 yılı Ağustos ayına ilişkin görüntüler Landsat 8 Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) aracılığı ile elde edilmiştir. Fakat çalışma uydu görüntülerinin periyodu ve gün içerisindeki geçiş saatinden dolayı bazı kısıtlamalara sahiptir. Bu kısıtlamalardan birincisi uydu periyodunun 16 gün olmasıdır. İklim verileri doğrultusunda elde edilen en sıcak gün 5 Ağustos olarak tespit edilmesine rağmen buna en yakın olan görüntü tarihi 2 Ağustos'a ait veriler (Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 LC08_L1TP_175034_20210802_20210811_01_T1) çalışmada kullanılmıştır. Çalışmadaki ikinci kısıt ise uydu geçiş saatidir. Güneşin gün içerisindeki hareketinden kaynaklı olarak gün içerisinde farklı sıcaklık, gölge ve yansıma değerleri oluşmaktadır. Fakat uydu geçiş saatinin 11.15 olmasından dolayı çalışma bu saatteki veriler doğrultusunda ilerlemiştir. Fakat yaz döneminde gün doğumunun erken olması Adana kenti koşulları için saat 11.15'in değerlendirme sonuçlarının anlamlı olabileceği öngörüsünü oluşturmuştur. Çalışmadaki üçüncü kısıt ise görüntü çözünürlüğüdür. Landsat TIRS bantları 100 m yersel çözünürlüğe sahiptir. Fakat çalışmada bu çözünürlük kaba olacağı için United States Geological Survey (USGS) tarafından geliştirilen yeniden örnekleme yöntemiyle (kübik enterpolasyon) veriler 30 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Analizlerde ArcGIS Pro yazılımı kullanılmıştır. Son olarak kanyon termal konforu üzerinde etkisi olan albedo farklılıkları bu çalışmada ihmal edilmiştir. Çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan binalar, yaya yolları ve taşıt yollarında malzeme farklılığı bulunmamaktadır. Bu sebeple aynı alan kullanımındaki albedo farklılıklarından kaynaklanacak yansıma farklılıkları göz ardı edilmiştir (örnek: bina renklerinden kaynaklanan yansıma değeri farklılıkları). Uydu görüntüsü çözünürlüğünden dolayı bu farklılıkların algılanması mümkün olmamakla birlikte, albedo değerlerinde farklılık olmaması sonuçların geometrik özellikler doğrultusunda yorumlanması için avantaj oluşturmaktadır.

2.3 Yöntem

- Çalışma alanı yer yüzeyi sıcaklığının (YYS) veya Land Surface Temperature (LST) Landsat-8 TIRS uydu verisi aracılığı ile elde edilmesi
- Kent kanyonlarının geometrik özelliklerinin belirlenmesi (yönelim ve yükseklik/genişlik oranı)
- Farklı kent kanyonlarındaki yönelim ve BY/SG oranlarına göre yer yüzeyi sıcaklık farklılıklarının istatistiksel ilişkisinin ANOVA aracılığı ile ortaya koyulması,
- Bulgular doğrultusunda ısı durumu iyileştirmeye yönelik sonuç ve önerilerin geliştirilmesi

2.3.1 YYS Verilerinin Üretilmesi

Kentsel alanda yapılan çalışmalarda YYS kentsel ısı adası etkisi ve yüzey-atmosfer ilişkisinin belirlenmesinde önemli bir parametredir (Dickinson, 1994; Zhou vd., 2011; Mallick vd., 2013). Kentsel dokudaki termal değişkenlerin kentin fiziki yapısı ve yeryüzü özelliklerine göre nasıl farklılaştığını belirlemede yardımcı olur. Yüzey albedolarından kaynaklı farklılıklar uydulardaki kızılötesi sensörler aracılığı ile sıcaklık değerine dönüştürülürler (Dash vd., 2002). YYS hesaplamak için Landsat 8 OLI/TIRS verilerinden yararlanılmıştır. Bu verilerden YYS elde etmek için bir dizi hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamalar sırasıyla:

1. Uydu görüntüsündeki sayısal numaraların atmosfer üstü (TOA) spektral yansımaya dönüştürülmesi (Eşitlik 1),

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Eşitlikte L (watt/m²*ster*µm) atmosfer üstü parlaklığını, M_L bandlara özel çarpısal yeniden ölçeklendirme faktörünü, A_L bandlara özel ilave ölçeklendirme faktörünü ve Q_{cal} düzeltilmiş sayısal numaraları ifade eder.

2. K1 ve K2 sabitleri kullanılarak spektral yansıma değerinin parlaklık sıcaklık (brightness temperature) değerine dönüştürülmesi (Eşitlik 2),

$$BT = (K_2 / (\ln(K_1 / L) + 1)) - 273.15 \quad (2)$$

BT, TOA parlaklık sıcaklığı, $K_1 = 774.8853$ (watt/(m² * ster * µm)) ve $K_2 = 1321.0789$ (Kelvin) kalibrasyon sabitleridir.

3. Kentsel ve kırsal yüzey özelliklerinden kaynaklanan farklılıkların göstergesi olan Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksinin (NDVI) oluşturulması (Eşitlik 3),
NDVI verisinden bitki örtüsü oranı tahmin edilerek yer yüzeyinin emisyonunu ölçmek için bir girdi parametresi olarak kullanılır.

$$NDVI = (Yakın\ kızıl\ ötesi\ band - Kırmızı\ band) / (Yakın\ kızıl\ ötesi\ band + Kırmızı\ band) \quad (3)$$

4. NDVI ile yüksek oranda ilişki bulunan bitki örtüsü oranının (P_v) belirlenmesi (Eşitlik 4),

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

5. Bitki örtüsü oranı ile ilişkili Emisyon oranının (ϵ) hesaplanması (Eşitlik 5),

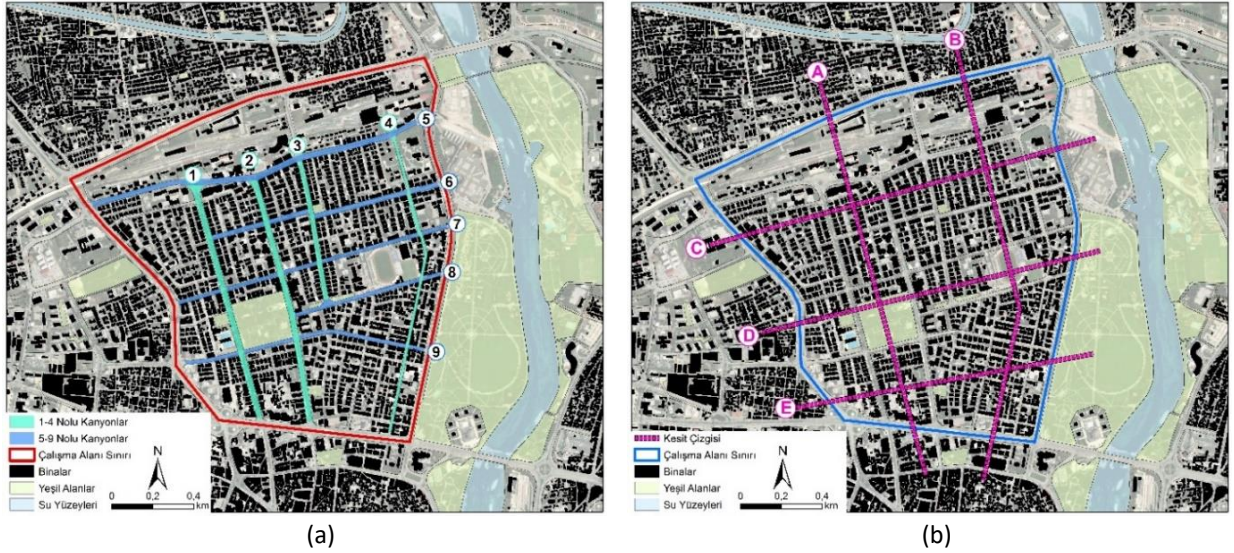
$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (5)$$

6. TOA parlaklık sıcaklığı ve bitki örtüsü emisyon oranı kullanılarak YYS'nin hesaplanmasıdır (Eşitlik 6) (Türkyılmaz ve ark., 2020, Ünal Çilek, 2022).

$$YYS = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * Ln(\epsilon)) \quad (6)$$

2.3.2 Kent Kanyonlarının Geometrik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma alanında toplam 9 adet kent kanyonu değerlendirme yapılmak için belirlenmiştir. Bu kanyonlar taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu arterler dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca kanyonların belirlenmesinde karşılaştırma yapabilmek için farklı geometrik özelliklere sahip olmalarına özen gösterilmiştir. Çalışma alanı sınırları içerisinde genel olarak bina kat yükseklikleri benzer iken, sokak genişlikleri farklıdır. Kanyonların farklı yönelime sahip olmaları da çalışma için önemlidir. Belirlenen 9 adet kanyondan 4 adeti Kuzey-Güney yönelimli iken (1-4 no'lu), 5 adeti ise Doğu-Batı yönelimine (5-9 no'lu) sahiptir. Kanyonların hem kanyon hattı boyunca hem de diğer kanyonlarla olan sıcaklık farklılıklarının karşılaştırılabilmesi için çalışma alanından 3 yatay 2 dikey kesit alınmıştır (Şekil 3a). Kesit çizgileri kent kanyonlarını en iyi şekilde yansıtabilecek noktalardan geçirilmiştir (Şekil 3b). Kesit hatlarının belirlenmesinde şunlara dikkat edilmiştir: Kesit hatlarının kanyonları dik kesecek ve bina morfolojisini yansıtacak hatlardan geçirilmesine özen gösterilmiştir. Örneğin A kesitinin 5, 6, 7 ve 9 no'lu kanyonları dik kesmesi gerekir iken, A kesiti ile aynı yönelime sahip yani A kesitine paralel 1 veya 2 no'lu kanyonlar ile çakışmaması gerekmektedir. Ayrıca çalışma alanında kent için önemli törenlerinde düzenlendiği ve yaklaşık 60.000 m² büyüklüğündeki Atatürk Parkı'na komşu olan kanyon parçalarında sıcaklık farklılıklarının olabileceği düşüncesi ile kesit çizgilerinin bu yeşil alandan geçmesine de özen gösterilmiştir. Çalışma kentsel geometri parametrelerinden bina yüksekliği/sokak genişliği oranı (BY/SG) ve yönelim kent kanyonlarının kategorize edilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 3. Değerlendirmeye alınan (a) kanyonlar ve (b) kesit hatları

2.3.3 İstatistiksel Analizler

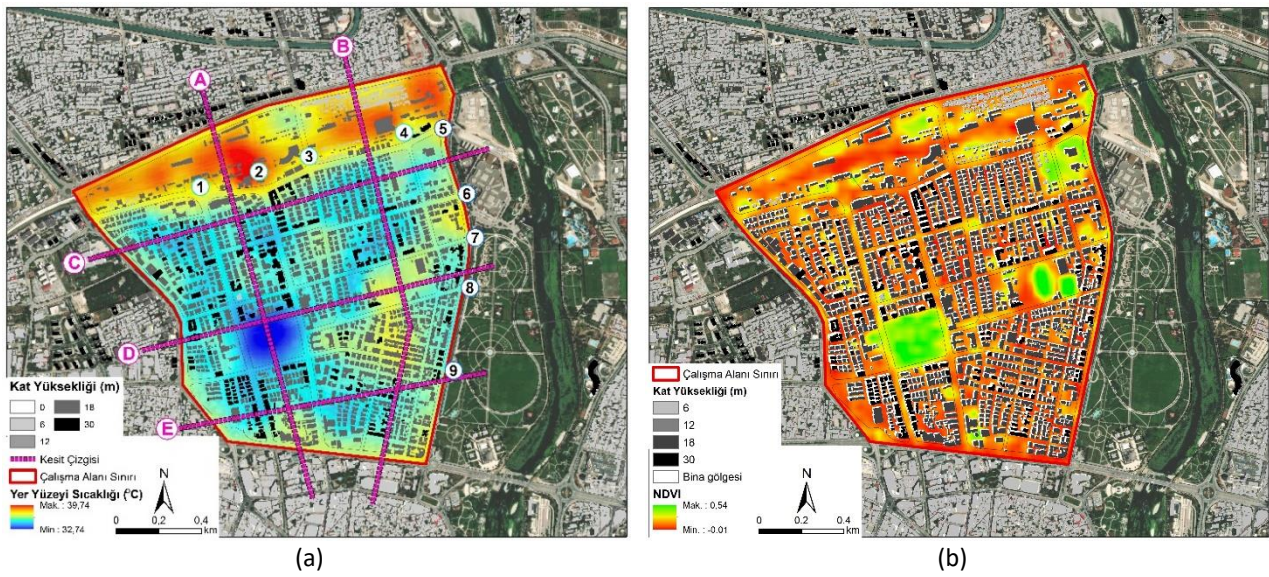
Çalışmada farklı yönelim ve BY/SG oranına sahip kent kanyonlarının sıcaklık farklılıklarının karşılaştırılmasında istatistiksel analizlerden faydalanılmıştır. İlk olarak farklı kanyon geometrilerine ait YYS verileri uydu görüntülerinden tespit edilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Belirlenen kesitlerdeki kanyon noktalarına ait YYS değerleri bağımlı değişken, yönelim ve BY/SG oranı bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. İkinci olarak ANOVA (varyans analizi) kent geometrileri ve YYS verilerinin karşılaştırılması için kullanılmıştır. ANOVA, değişkenlerin istatistiksel farklılığını analiz etmek için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Fakat analizleri gerçekleştirmeden önce değişkenlerin normallik (Kolmogorov-Smirnov testleri, Q-Q grafikleri ve histogram karşılaştırmaları) ve homojenlik varsayımlarının (Levene testi) test edilmesi gerekmektedir (Ferguson, 1972; Bartesaghi Koç vd., 2018; Geletič vd., 2019). Bu yüzden veri setinin normallik ve homojenlik testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA belirlenen kanyon gruplarının YYS değerlerindeki farkın anlamlılığı test ederken ($p < 0.05$), hangi grup ya da grupların farklılığına neden olduğu belirlemez. Bu yüzden farklı geometrik özelliklere sahip kanyonlarda sıcaklık farklılığının hangi özellikten kaynaklandığının istatistiksel olarak belirlenmesinde post-hoc analizler kullanılmıştır. Eşit varyans durumunda kullanılacak post-hoc istatistikler genellikle çoklu ikili karşılaştırmalar ve çoklu aralık testleridir (Kayri, 2009). Bu çalışmada her bir kanyon grubunun diğer gruplarla tek tek karşılaştırılması için çoklu ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. YYS değerindeki farklılığın kent kanyonlarına göre nasıl değiştiğini belirlemek için kullanılan çoklu karşılaştırma yöntemi Tukey-HSD testidir. Bunun nedeni, grup varyansları eşit olduğunda Tukey HSD testinin en çok tercih edilen istatistiksel yöntem olmasıdır (Chen vd., 2020)

3. Bulgular

Çalışmada ilk olarak çalışma alanına ait YYS haritası elde edilmiştir. 2 Ağustos 2021'de saat 11.15'e ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinin gerekli hesaplamalar sonucunda YYS haritası oluşturulmuştur (Şekil 4a). Buna göre çalışma alanında en yüksek sıcaklık 39,7°C iken, en düşük sıcaklık 32,7°C'dir. Bitki varlığı YYS değerini etkileyen faktörlerden birisidir. Bunun temel sebebi bitki örtüsünün yeryüzüne ulaşan elektromanyetik enerjiyi diğer alanlardan daha fazla miktarda absorbe etmesidir. Çalışmada yüksek sıcaklığa sahip alanlar genellikle güneş maruziyetinin yüksek olduğu, kanopi örtüsünün olmadığı yapısal alanlardır. Diğer yandan vejetasyona sahip alanların sıcaklık değerleri diğer alanlardan daha düşük sıcaklığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ağaçların güneş ışığını toprağı ısıtmadan yakalama ve buharlaşma yoluyla çevrelerini soğutma yetenekleri vardır. Ağaçlar, kentsel alanda gölge oluşturması ve evapotranspirasyon sağlaması ile yüksek sıcaklıkların azalmasına destek olarak kentsel ısı adası oluşumunu önlemektedir. Ancak, bu katkının düzeyi bitki türü, taç yapısı, yaprak büyüklüğü ve rengi ile tekstürüne göre değişmektedir. Kent parklarının soğutma etkisi bitki örtüsünün yoğunluğundan ve yaprakların renginden büyük ölçüde etkilendiği belirtilmektedir (Demircioğlu Yıldız vd., 2018). Yaprak sıcaklığı, bir dizi anatomik, fiziksel ve biyolojik olaya bağlı olan yaprak seviyesindeki enerji dengesinin sonucudur. Ortaya çıkan yaprak sıcaklığı, yaprak sıcaklığı bitkinin kendisi için olduğu kadar bitkinin çevresindeki çevre için de önemli sonuçlara sahiptir. Burada renk ve albedo değerine bağlı olarak yansıma değerlerinde (absorbe etmede) farklılık olması çim alanlar ve ağaçlar arasında yüksek yüzey sıcaklığı farklılıklarına neden olmaktadır. Bu yüzden özellikle yoğun kanopi dokusuna sahip geniş taçlı ağaçların kullanıldığı alanlar (Atatürk Parkı, 1, 2 ve 5 no'lu kanyonlar) daha

düşük YYS değerine sahip iken, çim dokuya sahip kent stadyumu, tren garı çevresi yüksek YYS değerine sahip olmuşlardır. Buna göre çalışma alanındaki kanopi yoğunluğu yüksek Atatürk Parkı'nın YYS değerleri 32,7-35,3°C arasında değişkenlik göstermektedir ve bu alan çalışma alanındaki en düşük sıcaklık değerine sahiptir. Ayrıca Atatürk Parkı'na komşu yerleşim dokusunda da düşük YYS değerleri gözlemlenmiştir (34,0-35,6°C). Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Adana Tren Garı hattının bulunduğu bölgede ise YYS değerleri 36,0°C ile 39,7°C arasında değişkenlik göstermektedir. Konut dokusu içerisinde yer alan, bitki oranının düşük, geçirimsiz yüzey oranının yüksek olduğu alanlarda YYS ortalama 36.8°C'dir (Şekil 4a ve 4b).

YYS değerini etkileyen faktörlerden bir diğeri ise gölgelemedir (Johanson, 2006; Paolini vd., 2014). Bu sebeple çalışmada gölge etkisini incelemek için bina gölge analizleri gerçekleştirilmiştir. Fakat uydu geçiş zamanının günde bir kere olması çalışmanın farklı zaman dilimindeki gölge analiz sonuçları ve YYS değerlerinin kıyas yapılmasına olanak tanımamaktadır. Çalışma bu yönü ile bir kısıtlamaya sahiptir. Bu yüzden çalışmada kullanılan görüntü saati dikkate alınarak gölge analizleri gerçekleştirilmiş ve YYS değerleri yorumlanmıştır. (Şekil 4b). Fakat uydu geçiş saatinde güneşin yeryüzüne düşme açısının dike yakın olmasından dolayı bina gölgelerinin kısa olduğu tespit edilmiş ve YYS değerleri ile ilişkilendirilememiştir. Bu aşamada YYS değerinin düşük çıkmasındaki en önemli faktör kanopi varlığı olarak belirlenmiştir.



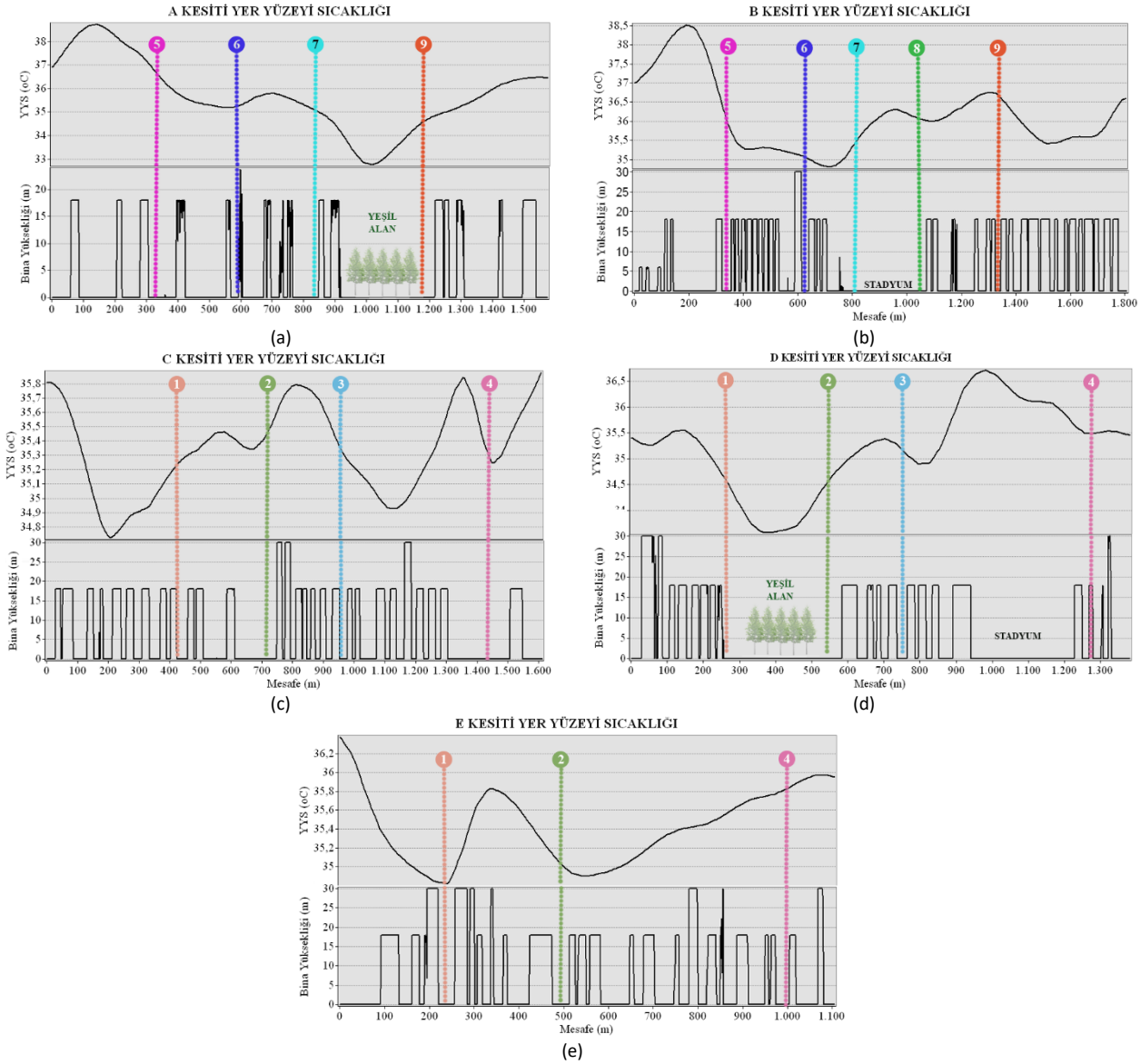
Şekil 4. Kurtuluş Mahallesi (a) YYS haritası, kent kanyonları ve kesitler, (b) NDVI ve bina gölge analizi haritası

Alanda genel olarak konut adaları yoğun dokulu yüksek katlı binalara sahiptir. Kat yükseklikleri genel olarak 6-10 kat arasında değişkenlik göstermektedir. Kanyon genişlikleri ise 15-30 m arasında değişmektedir. Kanyon genişliği kanyon hattı boyunca değişmez iken, bina yükseklikleri aynı kanyon hattı boyunca farklılık göstermektedir. Bu sebeple kanyonun sahip olduğu en düşük, ortalama ve en yüksek sıcaklık değerlerine Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Kent kanyonlarının niteliksel özellikleri

Kanyon No	Yönelim	Kanyon Genişliği (m)	YYS (°C)		
			En düşük	En yüksek	Ortalama
1	Kuzey-Güney	30	33,85	37,02	35,06
2	Kuzey-Güney	30	34,35	37,04	35,24
3	Kuzey-Güney	25	35,05	36,54	35,53
4	Kuzey-Güney	15	35,16	36,51	35,76
5	Doğu-Batı	30	35,76	38,03	36,73
6	Doğu-Batı	25	34,68	36,51	35,38
7	Doğu-Batı	20	34,65	36,22	35,37
8	Doğu-Batı	20	34,88	36,72	35,72
9	Doğu-Batı	20	34,27	36,83	35,61

Çalışmanın ikinci aşamasında kesit çizgilerinin geçtiği noktalara göre kanyon profilleri ve YYS değerleri görselleştirilmiştir. Bu aşamada çalışmada belirlenen kesit hatları boyunca YYS değişimleri, kanyon numaraları ve konumları Şekil 5'teki grafiklerde gösterilmiştir. Şekil 5a ve 5b A ve B kesitini yani Doğu-Batı yönelimli kanyonları içerirken, Şekil 5c, 5d ve 5e C, D ve E kesitlerini yani Kuzey-Güney yönelimli kanyonları içermektedir. Konut alanları içerisinde yüksek katlı ve binalar arası mesafenin az olduğu alanlar nispeten düşük YYS değerine sahip olmuştur (ortalama 34-35 °C). A ve B kesitinde 5 ve 6'nolu kanyonlar (Şekil 5a, 5b), E kesitinde ise 1 no'lu kanyon noktası düşük YYS değerine sahip alanlardır (Şekil 5e). Bina arası mesafenin yüksek olduğu, kanopi oranının düşük olduğu alanlar ise yüksek YYS değerine sahiptir. Şekil 5b ve 5d'de Stadyum olarak tanımlanan alanlar, Şekil 5c'de YYS değerindeki zirve noktalar bu alanları ifade etmektedir. Şekil 5a ve Şekil 5d'de yeşil alan olarak tanımlanan bölgeler Atatürk Parkı'nı göstermektedir. En düşük YYS değerine yoğun kanopi dokusuna sahip bu alan ve çevresindeki konut dokusu sahip olmuştur (33-36 °C).



Şekil 5. YYS grafikleri ve kesitleri (a) ve (b) Doğu-Batı yönelimli kent kanyonları; (c), (d), ve (e) Kuzey-Güney yönelimli kent kanyonları

Çalışmada üçüncü aşama istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesidir. Bu aşamada ilk olarak bir veri seti oluşturulmuştur. Burada değerlendirmeye konu olacak noktalar kesit noktaları ile kanyonların kesiştiği noktalardır. Kesişim noktasında yer alan piksel ve bu pikseli çevreleyen 8 pikseldeki (toplam 9 piksel) değerler dikkate alınarak en düşük, en yüksek ve ortalama değerler elde edilmiştir. Aynı kanyon hattındaki farklı BY/SG'den kaynaklı YYS değerleri tespit edilmiştir. Bu yüzden bu noktalar kanyon numarası önce kesit ismi sonra gelecek şekilde adlandırılmış ve sayısal veriler bu noktalara göre elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4'te çalışma alanında 20 noktaya ilişkin veri elde edilmiştir. ANOVA analizinin yapılabilmesi için veri dağılımlarının homojenliği önemlidir. Bu yüzden ilk önce veri dağılımlarının homojenliği test edilmiştir. Noktaların 11 adeti Kuzey-Güney yönelime sahip iken 9 adeti Doğu-Batı yönelime sahiptir. Bu noktalar yönelimlerine göre gruplandırılarak değerlendirildiğinde homojen dağılım göstermektedir.

Tablo 4. Kent kanyonlarının niteliksel özellikleri

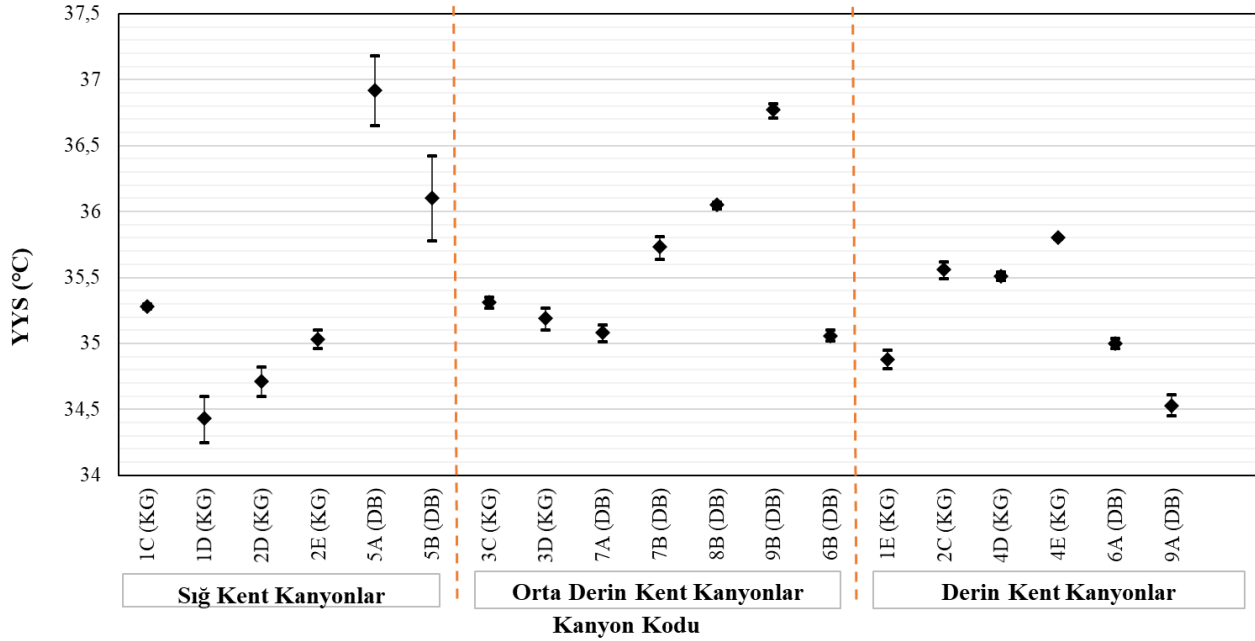
Kanyon Kodu	Yönelim	Sokak genişliği (m)	Bina yüksekliği (m)	BY/SG	Kanyon Niteliği	Yer Yüzeği Sıcaklığı (°C)		
						En düşük	En yüksek	Ortalama
1C	K-G	30	18	0,6	Sığ	35,26	35,3	35,28
1D	K-G	30	18	0,6	Sığ	34,25	34,6	34,43
1E	K-G	30	30	1,1	Derin	34,81	34,95	34,88
2C	K-G	30	30	1,1	Derin	35,49	35,62	35,56
2D	K-G	30	18	0,6	Sığ	34,6	34,82	34,71
2E	K-G	30	18	0,6	Sığ	34,96	35,1	35,03
3C	K-G	25	18	0,72	Orta	35,27	35,35	35,31
3D	K-G	25	18	0,72	Orta	35,1	35,27	35,19
4C	K-G	15	Bina yok	-	-	35,26	35,31	35,29
4D	K-G	15	18	1,2	Derin	35,48	35,54	35,51
4E	K-G	15	18	1,2	Derin	35,79	35,81	35,8
5A	D-B	30	18	0,6	Sığ	36,65	37,18	36,92
5B	D-B	30	18	0,6	Sığ	35,78	36,42	36,1
6A	D-B	25	30	1,2	Derin	34,96	35,04	35
6B	D-B	25	24	0,96	Orta	35,02	35,1	35,06
7A	D-B	20	18	0,9	Orta	35,01	35,14	35,08
7B	D-B	20	18	0,9	Orta	35,64	35,81	35,73
8B	D-B	20	18	0,9	Orta	36,02	36,07	36,05
9A	D-B	20	30	1,5	Derin	34,45	34,61	34,53
9B	D-B	20	18	0,9	Orta	36,71	36,82	36,77

Elde edilen veri setinde 20 adet noktadaki BY/SG oranları tespit edilmiş ve BY/SG oranlarına göre kanyonlar kategorize edilmiştir. Her ne kadar literatürde farklı BY/SG oranları yer alsın da, en sık kullanılan değer aralıkları bu çalışmada kanyon derinliklerini kategorize etmede kullanılmıştır. Literatürde yer alan BY/SG oranları şunlardır: 0,6-sığ ve 1-derin (Shashua-Bar vd., 2004); 0,5-sığ, 1-orta, 2-derin ve 4-çok derin (Ali-Toudert vd., 2005; Ali-Toudert ve Mayer, 2006); 0,6-sığ, 1,0-orta ve 1,3-derin (Andreou, 2013); 0,1, 0,5, 1,75, 2 (Targhi ve Van Dessel, 2015); 0,6, 1,5, 2 ve 2,5 (De ve Mukherjee, 2018). Buna göre 0,0-0,6 oranına sahip kanyonlar "sığ kanyonlar", 0,7-0,9 arasındaki kanyonlar "orta derin kanyonlar", $\geq 1,0$ oranına sahip kanyonlar "derin kanyonlar" olarak sınıflandırılmıştır. Literatürdeki çalışma alanlarının Türkiye dışında yer alması ve bazı bölgelerde binaların gökdelen olması, derin kanyon değerlerinde farklılıklar olmasına yol açmaktadır. Bu yüzden derin kent kanyonlarındaki BY/SG değeri bu çalışmadaki konut tipleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanındaki sığ kent kanyonlarında bina kat yükseklikleri genellikle 6 kat olmakla beraber sokak genişliği 30 m'dir. Orta derin kent kanyonlarında ise kat yüksekliği genellikle 6 katlı olmakla birlikte binalar arası mesafe 20-25 m arasında değişkenlik göstermektedir. Derin kent kanyonlarında bina kat yükseklikleri 10 katlı olmakla beraber sokak genişliği 15-30 m arasında değişmektedir. Sokak genişliğinin düşük bina yüksekliğinin yüksek olduğu alanlarda BY/SG yüksek değer almıştır. Kanyon niteliği açısından da kanyonların dağılımı homojenlik göstermektedir. Değerlendirmeye konu olan kanyonların niteliklerine göre dağılımları 6 adet sığ, 7 adet orta ve 6 adet derin kent kanyonları şeklindedir (Tablo 4).

Homojenlik testi veri setinin ANOVA yapılması için uygunluğunu göstermiştir. Bu aşamadan sonra kategorize edilen kanyonların sıcaklık dağılımlarının yönelim ve BY/SG oranına göre istatistiksel olarak nasıl değiştiği belirlenmiştir. İstatistiksel farklılıkların yorumlanmasında Şekil 6'dan faydalanılmıştır. Şekil 6 belirlenen noktalara ilişkin en düşük, en yüksek ve ortalama değerlere ilişkin bilgiler ile grupların istatistiksel olarak anlamlı farklılığa sahip olup olmadığını göstermektedir. Şekil 6'ya göre sığ kent kanyonlarının sıcaklık dağılımı 34,3°C ile 37,2°C arasında değişkenlik göstermektedir. Buna göre Kuzey-Güney yönelimli kent kanyonlarının sıcaklık dağılımları 34,2°C-35,3°C YYS'ye sahip iken Doğu-Batı yönelimli kent kanyonları 35,7°C ile 37,2°C arasında değişmektedir.

D-B yönelimli sığ kent kanyonları çalışma alanının kuzeyinde istasyona komşu alanda yer almaktadır. Bu alanların güneş maruziyeti yüksek ve gölge oranı düşük olması sebebi ile en yüksek sıcaklığa sahip alanlar olarak tanımlanmıştır. D-B yönelimli kanyonlar K-G yönelimli kanyonlardan 1,5-2°C daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Ayrıca K-G yönelime sahip sığ kanyonların YYS değerleri D-B yönelime sahip sığ kent kanyonlarının YYS değerinden istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,05$).

Orta derinliğe sahip kent kanyonlarında da sığ kanyonlarda olduğu gibi K-G yönelime sahip kanyonlar (35,1°C-35,3°C), D-B yönelime sahip kanyonlardan (35,1°C-36,8°C) daha düşük YYS değerine sahiptir. Bu kategoride yer alan noktalardan biri hariç tutulursa, K-G yönelimli kanyonların D-B yönelimli kanyonlardan 1,0-1,5°C daha serin olduğu gözlemlenmiştir. D-B yönelimli kanyonların çalışma alanındaki yüksek YYS'ye sahip alanlardır. Ayrıca bu iki yönelim istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılık göstermektedir. ($p<0,05$).



Şekil 6. Kanyon niteliklerinin istatistiksel olarak kıyaslanması

Derin kent kanyonlarının sıcaklık dağılımları 34,4°C ile 35,3°C arasında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak çalışma alanındaki ortalama YYS değerleri ile paralellik göstermektedir. Sığ ve orta derin kent kanyonlarının aksine derin kent kanyonlarında K-G yönelime sahip alanların D-B yönelime sahip kanyonlardan daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. D-B yönelimli kanyonlarda özellikle kanyonun güneyinde yer alan yüksek katlı binaların gölgesi D-B yönelimli kanyonları etkilediğinden bu noktalarda kanyon düşük YYS değerine sahip olmuştur. Bu kategoride değerlendirmeye alınan noktalardan biri hariç diğer noktalar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir.

4. Tartışma

Güncel literatürde sıcak-kurak veya sıcak-nemli iklimdeki kent kanyonlarını değerlendiren pek çok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar kanyon ısıl durumlarını yerel ölçekte değerlendirerek önerilerde bulunmuşlardır. Az sayıda da olsa bazı çalışmalar yıl boyu kullanıma olanak sağlayabilecek öneriler geliştirebilmek için hem yaz hem de kış dönemi verilerini dikkate almışlardır (Chatzidimitriou ve Yannas, 2017; De ve Mukherjee, 2018; Johanson, 2006). Kent kanyonunu, kent morfolojisi veya kent geometrisi terimleri ile literatürde yer alan çalışmalar genel olarak bina yüksekliği/sokak genişliği oranını (BY/SG) temel almakla birlikte farklı tasarımsal özelliklerin de (albedo, bitkilendirme, yönelim, gölge elemanları) dahil edildiği model sonuçlarını değerlendirmiştir. Bu çalışmada ise model çalışmalarından farklı olarak uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Çalışmaların pek çoğu kentte farklı konumlarda bulunan kanyonları değerlendirirken, bu çalışmada mahalle ölçeğinde uydu görüntüleri kullanılarak kanyon niteliği taşıyan alanların YYS değerlendirmesi yapılmıştır. BY/SG'ye ek olarak albedo değerlerindeki farklılıklardan kaynaklı olabilecek sıcaklık değişimlerini inceleyen Emmanuel ve Fernando (2007) ile Targhi ve Van Dessel (2015) sonuçların yorumlanmasında ortalama ışınım sıcaklığı parametresinden faydalanmışlardır. Tek bir alanda günün farklı saatlerindeki simülasyon sonuçlarını içeren çalışmalarda gündüz saatlerindeki kanyon sıcaklık değerlerinde yönelime göre herhangi bir farklılık gözlemlenmez iken, öğleden sonraki analizlerinde özellikle Doğu-Batı yönelimli kanyonların sıcaklık değerlerinde ciddi artışlar gözlemlenmişlerdir.

Binalardan kaynaklı gölge öğleden sonraki saatlerde Kuzey-Güney yönelimli kanyonların ortalama ışıyım sıcaklığını düşürmüştür. Yani güneş ışınlarının yeryüzü ile doğrudan etkileşimi engellenmekte ve solar radyasyondan kaynaklı sıcaklık artışı binalar tarafından engellenmektedir. Bu çalışmada uydu görüntüsünün yersel çözünürlüğünün bina gölgelerinin tespitinde etkili olmamasından dolayı bina yüksekliklerine göre gölge analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre tek bir saatteki (11.15) gölge durumları değerlendirildiğinde güneş açısının dike yakın olmasından dolayı bina gölge boyları kısadır ve kanyon ısıl durumu üzerinde yönelime göre belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Çalışmada gündüz saati gerçekleştirilen gölge analizi sonuçları önceki çalışma sonuçları ile örtüşmektedir. Öğleden sonraki saatlerde gölge durumu değişmekle birlikte gölgenin YYS değeri üzerindeki değişiminin tespit edilmesinde uydu görüntüleri yetersiz kaldığından çalışmada değerlendirilememiştir. Ancak ileride yapılacak çalışmalarda günün farklı saatlerindeki gölge analizlerinin dahil edilmesi ve kanyon ısıl durum değişikliğinin tespit edilmesi önemlidir. Yüksek albedo değerlerinin yeryüzü sıcaklığını düşürücü etkisi olduğu literatürde yer almaktadır. Bu çalışmada ise uydu görüntüsü çözünürlüğünden kaynaklı albedo etkisi algılanamamaktadır. Fakat çalışmadaki arazi kullanım tiplerinde albedo farklılığının olmaması çalışma sonuçlarını etkilememiştir.

Kent kanyonlarında YYS üzerinde etkili olan bir diğer unsur bitki varlığı veya doğal kanopi varlığıdır (Ali-Toudert vd., 2005; Ali-Toudert ve Mayer, 2007; Johanson, 2006; Lobaccaro ve Acero, 2015; Martins vd., 2012). Bitki varlığı güneş ışınlarının yer yüzeyine ulaşmasına engel olmakta ve ısıl durumu olumlu etkilemektedir. Bu çalışmada ise bitki varlığı ile ilişkilendirilen NDVI hem yeniden örnekleme işleminde hem de kanopi varlığının tespit edilmesinde kullanılmıştır. Literatürde model kullanan çalışmalar bitki türlerinin kanyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine değinmişlerdir. Bu çalışmada bitki varlığında tür bazlı analiz yapmak mümkün olmamakla birlikte çim ve ağaç kullanımı olan alanların yansıma değerlerindeki farklılıklardan kaynaklı kanopi varlığı ve YYS'ye etkisi belirlenmiştir. Bitki varlığı gölgeleme ile ilişkilendirilerek YYS değerlerinin yorumlanmasında faydalanılmıştır. Buna göre çalışma alanında yoğun kanopi dokusuna sahip kent kanyonlarının daha düşük sıcaklığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Çim vejetasyonuna sahip alanlar ise yüksek güneş maruziyetinden dolayı yüksek YYS'ye sahiptir. Böylece vejetasyon varlığı YYS'yi etkileyen önemli unsurlardan birisidir.

Literatürde kanyon ısıl durumlarının karşılaştırılmasında en çok kullanılan parametreler BY/SG ve yönelimdir. BY/SG oranı çalışmalarda özellikle derin kanyonlarda farklılık göstermesine rağmen en yaygın kullanılan oranlar bu çalışmada da kanyonların kategorize edilmesinde kullanılmıştır. Literatürde yer alan BY/SG oranları şunlardır: 0,6-sığ ve 1-derin (Shashua-Bar vd., 2004); 0,5-sığ, 1-orta, 2-derin ve 4-çok derin (Ali-Toudert vd., 2005; Ali-Toudert ve Mayer, 2006); 0,6-sığ, 1,0-orta ve 1,3-derin (Andreou, 2013); 0,1, 0,5, 1,75, 2 (Targhi ve Van Dessel, 2015); 0,6, 1,5, 2 ve 2,5 (De ve Mukherjee, 2018). Buna göre bu çalışmada 0,0-0,6 sığ kanyonları, 0,7-0-9 orta derin kanyonları ve 1,0 ve üzeri oranlar ise derin kanyonları göstermektedir. Önceki çalışmalar çalışma sonuçlarını genellikle matematiksel farklılıklara göre yorumlamıştır. Bu çalışmada ise belirlenen kanyon noktalarının YYS değerlerinin karşılaştırılmasında ANOVA analizinden faydalanılmıştır. ANOVA kentsel ısı adası çalışmalarında farklı sınıfların çoklu karşılaştırma yapılmasında yaygın olarak kullanılan istatistiksel yöntemlerden birisidir (Unal Çilek ve Çilek, 2021). Çalışmada derin kanyonlar sığ kanyonlardan, Kuzey-Güney yönelimli kanyonlar Doğu-Batı yönelimli kanyonlardan daha düşük YYS değerine sahiptir. Literatürdeki çalışma sonuçları ile bu çalışma sonuçları benzerlik göstermektedir. Çalışmada uydu görüntüsünün kullanımı çözünürlük, uydu geçiş periyodu gibi özelliklerden dolayı kısıtlamalara sahip olmasına rağmen çalışma sonuçlarının literatür ile uyumu, çalışma yönteminin uygulanabilirliğini göstermektedir. Kuzey-Güney yönelimli kanyonlar Doğu-Batı yönelimli kanyonlardan daha düşük sıcaklığa sahiptir ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Sığ ve derin kent kanyonlarının YYS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Mahalle ölçeğinde geometrik yapının dikkate alınması ile elde edilen sonuçlar uzaktan algılama ile çalışma yapan disiplinlere fikir vermesi açısından önemlidir. Fakat sonuçların daha farklı parametreler ve model sonuçları dahil edilerek yorumlanması çalışma alanı özelinde uygulamaya yansıtılabilir sonuçların ortaya çıkmasına yardımcı olacaktır.

5. Sonuç ve Öneriler

Farklı yönelim ve BY/SG' ye sahip kent kanyonlarının değerlendirildiği çalışmada iklimsel açıdan konfora sahip kanyon özelliklerinin sıcak-nemli iklime sahip Kurtuluş Mahallesi örneğinde incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada düşük YYS değerinin hangi özellik veya özelliklerden kaynaklandığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Tartışmalar ışığında YYS'yi etkileyen pek çok unsur olmakla beraber bu çalışma için kentsel geometrik özellikler (yönelim, sokak genişliği ve bina yüksekliği) değerlendirmeye alınır iken, yüzey malzemelerinden kaynaklı olabilecek farklılıklar ve gökyüzü görüş oranı değerlendirme dışı tutulmuştur. Çünkü 100 m çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin yeniden örnekleme işlemleri aracılığı ile 30 m çözünürlüklü elde edilen YYS haritasında bu detaylar hassas bir şekilde anlaşılacaktır. Fakat çalışma alanında yoğun bitki örtüsüne sahip yeşil alanlar, açık alanlar, istasyon gibi bölgeler bu çözünürlükte net bir şekilde algılanmaktadır. Bu yüzden bu alanlara ilişkin sıcaklık verilerine çalışmanın bulgular bölümünde yer verilmiştir. Çalışmada K-G yönelime sahip kent kanyonlarının ortalama YYS değerleri karşılaştırıldığında ortalama en düşük değer 34,8 °C ile sığ kent kanyonlarında iken, ortalama en yüksek değer orta (35,2°C) ve derin (35,3°C) kent kanyonlarındadır.

Bu durum D-B yönelimli kent kanyonlarında ise daha farklıdır. YYS değerleri en düşükten en yükseğe doğru 34,7°C ile derin kent kanyonları, 35,9°C ile orta derin kent kanyonları ve 36,5°C ile sığ kent kanyonları şeklinde sıralanmaktadır. Orta derinlikteki kent kanyonlarının genel olarak derin ve sığ kent kanyonlarından daha yüksek YYS değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Kent kanyonlarında termal konforu sağlayan en önemli unsur gölgeleme olarak tespit edilmiştir (Alchapar ve Correa, 2016; Alobaydi vd., 2016; Chatzidimitriou ve Yannas, 2017; De ve Mukherjee, 2018; Paolini vd., 2014; Sharmin vd., 2017). Çalışmada sığ ve orta derin kent kanyonlarındaki K-G yönelime sahip kanyonların, D-B yönelime sahip kent kanyonlarından daha düşük YYS değerine sahip olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum derin kent kanyonlarında ise tam tersidir. K-G yönelimli kanyonlar D-B yönelimli kanyonlardan daha yüksek YYS değerine sahiptir. Bunun temel sebebi gölge analizlerinde gölge boyunun kısa olması yüksek katlı binaların kanyona gölge sağlamamasıdır. Gelecek araştırmaların farklı saatleri de içeren gölge analizleri ve model sonuçlarının eklenmesi gölge etkisinin daha net yorumlanmasına yardımcı olacaktır.

Düşük YYS'ye sahip kent kanyonları derin ve sığ kanyonlarda farklı geometrik özellikler göstermekle birlikte, en önemli unsur vejetasyon varlığı olarak belirlenmiştir. Fakat kentte tüm alanların uygun saptanan özelliklerde tasarlanması mümkün değildir. Bu aşamada kent iklimi ve alan karakteri ile uyum gösterecek tasarım önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle detay çözünürlükte çalışma kolaylığı sağlayan iklimsel modellerden (ENVI-met, Ecotech, SkyHelious, vb.) destek alınarak uygulamaya yansıtılabilecek kentsel tasarım önerilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Model sonuçları ve uydu verilerinin entegrasyonunun sağlandığı çalışmaların gerçekleştirilmesi konforlu kentlerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Çalışmadaki iklimsel verilerin temini için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, Adana kentine ait sayısal veriler için Adana Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alchapar, N. L., & Correa, E. N. (2016). The use of reflective materials as a strategy for urban cooling in an arid "OASIS" city. *Sustainable Cities and Society*, 27, 1-14.
- Ali-Toudert, F., Djenane, M., Bensalem, R., & Mayer, H. (2005). Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria. *Climate Research*, 28(3), 243-256.
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment*, 41(2), 94-108.
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81(6), 742-754.
- Alobaydi, D., Bakarman, M. A., & Obeidat, B. (2016). The impact of urban form configuration on the urban heat island: the case study of Baghdad, Iraq. *Procedia Engineering*, 145, 820-827.
- Altunkasa, M. F. (1987). *Çukurova Bölgesi'nde Biyoklimatik Veriler Kullanılarak Açık ve Yeşil Alan Sistemlerinin Belirlenmesi İlkeleri Üzerinde Bir Araştırma* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- Andreou, E. (2013). Thermal comfort in outdoor spaces and urban canyon microclimate. *Renewable Energy*, 55, 182-188.
- Boeters, R., Donkers, S., Lee, D.J., Liem, V., Montazeri, S., van Oostveen, J., & Pietrzyk, P. (2012). *The effect of 3D geometry complexity on simulating radiative, conductive and convective fluxes in an urban canyon* (Student theses). Retrieved from <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Aa957e358-0d7d-4f6b-92ea-dccf8d89babc>
- Bölük, E. (2016). *Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2017). Street canyon design and improvement potential for urban open spaces; the influence of canyon aspect ratio and orientation on microclimate and outdoor comfort. *Sustainable Cities and Society*, 33, 85-101.
- Chen, Y., Zheng, B., & Hu, Y. (2020). Mapping Local Climate Zones Using ArcGIS-Based Method and Exploring Land Surface Temperature Characteristics in Chenzhou, China. *Sustainability*, 12(7), 2974. doi: 10.3390/su12072974.
- Dash, P., Göttsche, F. M., Olesen, F. S., & Fischer, H. (2002). Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice-current trends. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2563-2594.

- De, B., & Mukherjee, M. (2018). Optimisation of canyon orientation and aspect ratio in warm-humid climate: Case of Rajarhat Newtown, India. *Urban Climate*, 24, 887-920.
- Demircioğlu Yıldız, N., Aydan, U., Yılmaz, S., & Irmak, M. A., (2018). The effect of the temperature of the surface of vegetation to the temperature of an urban area. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 2(2), 76-85.
- Dickinson, R. E. (1994). Satellite systems and models for future climate change. In Henderson-Sellers, A. (Eds.), *Future Climates of the World: A Modelling Perspective (World Survey of Climatology)* (pp. 16-26), Netherlands: Elsevier Science.
- Emmanuel, R., & Fernando, H. J. S. (2007). Urban heat islands in humid and arid climates: Role of urban form and thermal properties in Colombo, Sri Lanka and Phoenix, USA. *Climate Research*, 34(3), 241–251.
- Ferguson, G. A. (1972). Statistical analysis in psychology and education. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 135(1), 153-154.
- Geletiç, J., Lehnert, M., Savić, S., & Milošević, D. (2019). Inter-/intra-zonal seasonal variability of the surface urban heat island based on local climate zones in three central European cities. *Building and Environment*, 156, 21-32.
- Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 41(10), 1326-1338.
- Koc, C. B., Osmond, P., Peters, A., & Irger, M. (2018). Understanding land surface temperature differences of local climate zones based on airborne remote sensing data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(8), 2724-2730.
- Lobaccaro, G., & Acero, J. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Kayri, M. (2009). The multiple comparison (post-hoc) techniques to determine the difference between groups in researches. *Firat University Journal of Social Science*, 19(1), 51-64.
- Mallick, J., Rahman, A., & Singh, C. K. (2013). Modeling urban heat islands in heterogeneous land surface and its correlation with impervious surface area by using night-time ASTER satellite data in highly urbanizing city, Delhi-India. *Advances in Space Research*, 52(4), 639-655.
- Martins, T., Adolphe, L., & Krause, C. (2012). *Microclimate effects of urban geometry on outdoor thermal comfort in the Brazilian tropical semi-arid Climate*. Retrieved from <http://plea-arch.org/ARCHIVE/websites/2012/files/T01-20120111-0010.pdf>
- MGM. (2020, Eylül 9). Adana iklim verileri. Retrieved from <https://www.mgm.gov.tr/?il=Adana>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oke, T. R. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical geography*, 12(4), 471-508.
- Paolini, R., Mainini, A. G., Poli, T., & Vercesi, L. (2014). Assessment of thermal stress in a street canyon in pedestrian area with or without canopy shading. *Energy Procedia*, 48, 1570-1575.
- Sharmin, T., Steemers, K., & Matzarakis, A. (2017). Microclimatic modelling in assessing the impact of urban geometry on urban thermal environment. *Sustainable Cities and Society*, 34, 293-308.
- Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. *Energy and Buildings*, 31, 221-235.
- Targhi, M. Z., & Van Dessel, S. (2015). Potential contribution of urban developments to outdoor thermal comfort conditions: The influence of urban geometry and form in Worcester, Massachusetts, USA. *Procedia engineering*, 118, 1153-1161.
- Unal Cilek, M. (2021). Outdoor Thermal Comfort Indicators and Indices. In L. G. Kayalar & F. Celik Aslan (Eds.), *Academic Research and Reviews in Architecture, Planning and Design Sciences* (pp. 19-40), Ankara: Duvar Publishing.
- Unal Cilek, M., & Cilek, A. (2021). Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102877.
- Unal Cilek, M. (2022). Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 213-222.
- Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 54-63.