T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

KENTSEL YEŞİL ALANLARDA ALAN BÜYÜKLÜĞÜ, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve YÜZEY SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ARALIK 2023

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

KENTSEL YEŞİL ALANLARDA ALAN BÜYÜKLÜĞÜ, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve YÜZEY SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ARALIK 2023

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL YEŞİL ALANLARDA ALAN BÜYÜKLÜĞÜ, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve YÜZEY SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ARALIK 2023

Evrak Tarih ve Sayısı: 29.12.2023-450

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL YEŞİL ALANLARDA ALAN BÜYÜKLÜĞÜ, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve YÜZEY SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 28/12/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Veli ORTAÇEŞME (Danışman)
Prof. Dr. Şerif HEPCAN
Prof. Dr. Gül ATANUR
Prof. Dr. Tahsin YILMAZ
Doç. Dr. Ahmet BENLİAY

Bu belge, güvenli elektronik İmza ile imzalanmıştır.
Evrak sorgulaması https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5543&eD=BSFRYE4262&eS=450 adresinden yapılabilir. (PIN:56232)

ÖZET

KENTSEL YEŞİL ALANLARDA ALAN BÜYÜKLÜĞÜ, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve YÜZEY SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KENTİ ÖRNEĞİ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

Doktora Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Veli ORTAÇEŞME

Aralık 2023; 173 sayfa

Kentleşme ile artan yapı malzemelerinin yüksek sıcaklık depolaması ve çevreye iletilmesi gibi etkenler nedeniyle iklim değişimi hızlanmaktadır. Bu durum, kentlerin kendine özgü bir kentsel iklim oluşturarak kentsel ısı adasına dönüşmesine, çevre ve insan sağlığını tehdit etmesine neden olmaktadır.

Kentlerde ekosistem hizmetlerinin temel bileşeni olan yeşil alanlar ekolojik açıdan birçok katkı sağlamaktadır. Bu katkıların başında sıcaklıkların düzenlenmesi, sera etkisinin azaltılarak kentsel ısı adası oluşumunun azaltılması gibi iklimsel düzenlemeler gelmektedir. Bu etkiler yeşil alanın bitki yoğunluğu, alansal büyüklüğü vb. mekânsal birtakım özelliklerine bağlıdır. Antalya gibi sıcaklığın yüksek olduğu ve yılın uzun bir dönemine etki ettiği bir kentte gerçekleştirilen bu çalışmada, kentsel sıcaklıkları azaltmada ve hatta ısıtma etkisi de yaratarak iklim değişikliğinde önemli bir değişken olan bazı yeşil alanlar, mekânsal ve uzaktan algılama yöntemleri ile analiz edilmiştir. Kentleşmenin yoğun olduğu Konyaaltı, Muratpaşa ve Kepez ilçelerinde bulunan üç farklı büyüklük sınıfında değerlendirilen 9 aktif yeşil alan ve etki alanlarında; ayrıca 4 farklı çok büyük kentsel açık yeşil alanın çevresinde oluşturduğu iklimsel etkiler çeşitli değişkenlere bağlı olarak incelenmiştir.

Araştırma kapsamında, yeşil alanların iklimsel özellikleri etkilemesinin belirlenmesi yöntemlerinden olan hareketli (mobil) ölçüm ve uzaktan algılama ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi yapılarak incelenmiştir. Bu ölçümler ve analizler sonucunda elde edilen veriler, çeşitli istatistik analizlere dayanarak değerlendirilmiştir. Buna göre yeşil alanların etki alanlarında ortalama 3 ^{o}C serinletme etkisi yarattığı ve bu etkinin alan büyüklüğü arttıkça daha uzak mesafedeki etki alanına ulaştığı belirlenmiştir. Buna ek olarak alandaki bitki yoğunluğunun ve niteliğinin de bu etkiyi değiştirdiği saptanmıştır. Mevsimsel sıcaklık ortalamalarına göre yaz aylarında bitki örtüsü tek başına değerlendirildiğinde ağaç örtüsü ($p=0,03$) ve diğer bitki örtüsünün etkili olduğu ($p=0,002$) ve modelin %76'sını açıkladığı, alan büyüklüğü ile birlikte değerlendirildiğinde ise özellikle temmuz ayında diğer bitki örtüsü ve alan büyüklüğü birlikte modelin %80'ini açıkladığı belirlenmiştir ($p=0,000$). Benzer sonuç kış ayları ortalamasında da elde edilmiştir. Buna göre özellikle şubat ayında alan büyüklüğü ve diğer bitki örtüsü oranı, farklı ölçüm noktalarında anlamlı bir etki oluşturmuş ($p=0,000$) ve modelin %73'ünü açıkladığı belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıkları analizlerine göre ise, sıcaklık ortalamaları 0-50m ve 50-100m etki alanı mesafesinde ayrılmaktadır. Bir alan dışında her alanın merkezinden uzaklaştıkça yüzey sıcaklık farkı oluştuğu, alansal

büyüklük arttıkça mesafelere bağlı sıcaklık farkının kademeli olarak arttığı görülmüştür. Buna göre alan merkezleriyle olan sıcaklık farkının; 50m'de 1,15 ^{o}C; 100m'de 1,34 ^{o}C'ye; 200m'de 2,17 ^{o}C'ye kadar ulaştığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kent iklimi, Kentsel yeşil alanlar, Yüzey sıcaklıkları.

JÜRİ: Prof. Dr. Veli ORTAÇEŞME (Danışman)

Prof. Dr. Şerif HEPCAN

Prof. Dr. Gül ATANUR

Prof. Dr. Tahsin YILMAZ

Doç. Dr. Ahmet BENLİAY

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN AREA SIZE, VEGETATION COVER AND SURFACE TEMPERATURES IN URBAN GREEN AREAS: THE CASE OF ANTALYA CITY

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

PhD Thesis in Department of Landscape Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Veli ORTAÇEŞME

December 2023; 173 pages

Climate change is accelerating due to factors such as high temperature storage and transmission of building materials to the environment, which increase with urbanization. This situation causes cities to turn into urban heat islands by creating a unique urban climate, threatening the environment and human health.

Green areas, which are the main component of ecosystem services in cities, provide many ecological contributions. One of the most important of these contributions is climatic regulation such as regulating temperatures, reducing the greenhouse effect and reducing the formation of urban heat islands. These effects depend on some spatial characteristics of the green area such as plant density, areal size, etc. In this study carried out in a city like Antalya, where the temperature is high and affects a long period of the year, some green areas, which are an important variable in climate change by reducing urban temperatures and even creating a heating effect, were analysed with spatial and remote sensing methods. The climatic effects of 9 active green areas in three different size classes in Konyaaltı, Muratpaşa and Kepez districts, where urbanization is dense, and their impact areas, as well as the climatic effects of 4 different very large urban open green areas on their surroundings were examined depending on various variables.

Within the scope of the research, surface temperatures were determined and analysed by mobile measurement and remote sensing, which are methods of determining the effect of green areas on climatic characteristics. The data obtained as a result of these measurements and analyses were evaluated based on various statistical analyses. Accordingly, it was determined that green areas create an average cooling effect of 3 ºC in their impact areas and this effect reaches the impact area at a greater distance as the area size increases. In addition, it was determined that the density and quality of plants in the area also changed this effect. According to the seasonal temperature averages, when the vegetation cover was evaluated alone in summer months, it was determined that tree cover ($p=0.03$) and other vegetation cover were effective ($p=0.002$) and explained 76% of the model, and when evaluated together with the area size, it was determined that other vegetation cover and area size together explained 80% of the model, especially in July ($p=0.000$). Similar results were obtained in the average of winter months. Accordingly, especially in February, the ratio of area size and other vegetation had a significant effect at different measurement points ($p=0.000$) and explained 73% of the model. According to the analysis of surface temperatures, temperature averages are separated at 0-50m and 50-100m spatial distances. It was observed that there was a surface temperature difference

as the distance from the centre of each area except for one area, and the temperature difference gradually increased with distance as the areal size increased. Accordingly, it was found that the temperature difference with the centre of the area reached 1.15 ºC at 50m, 1.34 ºC at 100m and 2.17 ºC at 200m.

KEYWORDS: Urban climate, Urban green areas, Surface temperatures.

COMMITTEE: Prof. Dr. Veli ORTAÇEŞME

Prof. Dr. Şerif HEPCAN

Prof. Dr. Gül ATANUR

Prof. Dr. Tahsin YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Ahmet BENLİAY

ÖNSÖZ

Öncelikle bu zorlu ve uzun çalışma süresi boyunca akademik yönde vermiş olduğu her türlü destek, imkan, deneyim ve bilgi aktarımı ile doktora dönemi boyunca kazandırdığı bilgiler, kazanımlar ve değerli yönlendirmeleri için danışman hocam Prof. Dr. Veli Ortaçeşme'ye; doktora çalışmamın her aşamasında büyük katkıları bulunan Tez İzleme Komitesi üyelerinden, fikir ve önerileri ile bana destek olan ve her daim olumlu, destekleyici ve teşvik edici yaklaşımıyla yanımda olan Prof. Dr. Şerif Hepcan'a; sakinliği, tecrübesi ve yönlendirmesi ile her zaman bana katkıda bulunan Prof. Dr. Tahsin Yılmaz'a; pozitif yaklaşımıyla bana moral veren ve çalışmamı doğru şekilde tamamlamama yardımcı olan Doç Dr. Ahmet Benliay'a, tez savunmamda değerli katkılar sunan Prof. Dr. Gül Atanur'a;

Çalışmalarımda her türlü imkanı sağlayan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve keyifli bir çalışma ortamı sağlayan Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölüm Başkanlığı'na ve tüm hocalarına;

Değerli zamanını bana ayırdığı ve istatistik katkıları için Prof. Dr. İbrahim Yılmaz'a; uzaktan algılama konusunda bana destek olan Dr. Öğr. Üyesi Emrah Yıldırım ve sevgili arkadaşım Araş. Gör. Sıla Balta'ya; her türlü teknik, lojistik ve motivasyon anlamında beni hiç yalnız bırakmayan, birlikte çalışmaktan zevk aldığım arkadaşlarım Araş. Gör. Elif Parlak ve Dr. Ayşe Durak'a, yardımları için Dr. Nisa Durak'a;

Hayatım boyunca beni hep destekleyen, her türlü kararımda arkamda duran, bana güvenen, eğitimim için çabalayan ve iyi-kötü her anımda yanımda olan Anneme ve aileme;

Akademik hayatımın başından beri yanımda olan, varlığından ve manevi desteğinden sonsuz güç aldığım sevgili yoldaşım ve eşim Mete Altunbey'e doktora süresince gösterdiği yakın ilgi, destek ve sabrı için; doktora sürecimin son döneminde heyecanıma heyecan katan henüz doğmamış oğlum Başar'a varlığıyla mutlu ettiği için

Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
AKADEMİK BEYAN viii
SİMGELER VE KISALTMALAR ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xvii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI 7
2.1. Kuramsal Bilgiler 7
2.1.1. İklim Değişikliği ve Kentleşme İlişkisi 7
2.1.2. Kent İklimi 10
2.1.3. Kentsel Isı Adaları 15
2.1.4. Yeşil Alanlar ve Kent İklimi Üzerine Etkileri 16
2.1.5. Yüzey Sıcaklıkları ve Kentsel Yeşil Alanlar Arasındaki İlişki 18
2.2. Kaynak Taramaları 19
2.2.1. Yeşil Alanların Sıcaklıklar Üzerine Etkileri 19
2.2.2. Yüzey Sıcaklıkları Tespitinde Kullanılan Yöntemler 21
3. MATERYAL VE METOT 25
3.1. Materyal 25
3.1.1. Araştırma ana materyali 25
3.1.2. Araştırma yardımcı materyalleri 27
3.2. Metot 29
3.2.1. Yeşil alanların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve alan seçimi 32
3.2.2. Hareketli (mobil) sıcaklık ölçümleri 33
3.2.3. Bitki örtüsü indisi, alan örtü oranları ve yüzey sıcaklık analizlerinin yapılması 39
3.2.4. İstatistiksel analizlerin yapılması 43
4. BULGULAR 47
4.1. Çalışma Alanına Yönelik Bulgular 47
4.1.1. İklim Verisi Bulguları 47
4.1.2. Bitki Örtüsü İndisinin (NDVI) Tespiti ve Yüzey Örtüsünün Belirlenmesi 51

4.2. Hareketli (Mobil) Ölçümler ve İstatistiksel Analizleri 60
4.2.1. Etki Alanları Sıcaklık Farkları ve Haritalandırılması 60
4.2.2. Hareketli Ölçümler İstatistik Analiz Bulguları 82
4.3. Yüzey Sıcaklıklarının Tespiti 87
4.3.1. Çalışma Alanları Yıllara Göre Yüzey Sıcaklıkları 91
4.3.2. Yüzey Sıcaklıkları İstatistik Analiz Bulguları 131
5. TARTIŞMA 137
6. SONUÇLAR 147
7. KAYNAKLAR 153
8. EKLER 163
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum "Kentsel Yeşil Alanlarda Alan Büyüklüğü, Bitki Örtüsü ve Yüzey Sıcaklıkları Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: Antalya Kenti Örneği" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/12/2023

Öğrencinin Adı Soyadı

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m : metre

km : kilometre

ºC : santigrat derece

T : sıcaklık

ΔT : sıcaklık farkı

º : derece (açı)

% : yüzde

, : ondalık ayracı (sıcaklık)

. : ondalık ayracı (alan büyüklüğü)

Q_F : Antropojenik ısı akısı

Q_H : Hissedilir ısı akısı

ΔQ_S : Isı depolama akısı

ε : Emisivite

Kısaltmalar

BM : Birleşmiş Milletler

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

CH_4 : Metan

CO_2 : Karbondioksit

DN : Piksel değeri (Digital Number)

FFI : Fosil Yakıt ve Sanayi (Fossil Fuel and Industry)

GHG : Sera Gazları (Greenhouse Gasses)

HFC : Hidroflorokarbon

IPCC : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)

KIA : Kentsel ısı adası

N_2O : Azot oksit

NF_3 : Nitrojen triflorit

NDVI : Normalize Edilmiş Bitki İndeksi Farkı (Normalized Difference Vegetation Index)

PFC : Perflorokarbonlar

PSA : Park serin adası (Park Cool Island)

SF_6 : Kükürt hekzaflorür

TM : Tematik Haritalayıcı (Thematic Mapper)

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

UHI : Kentsel ısı adası (Urban Heat Island)

UN : Birleşmiş Milletler (United Nations)

UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)

YYS : Yer Yüzey Sıcaklığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kent merkezleri ve iklim değişikliği, bütünleşik bir çerçeve 10

Şekil 2.2. Küresel net antropojenik sera gazı emisyonları 1990-2019 12

Şekil 2.3. Kent iklimi modeli 14

Şekil 2.4. Kentsel ısı adası profili. 15

Şekil 3.1. Çalışma alanlarının bulunduğu ilçeler 25

Şekil 3.2. Çalışma alanları 27

Şekil 3.3. Diğer yeşil alanlar 27

Şekil 3.4. Yöntem akış şeması 31

Şekil 3.5. Özkanlar Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 34

Şekil 3.6. Aydın Kanza Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 35

Şekil 3.7. Ahmet Belen Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 35

Şekil 3.8. Reşat Oğuz Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 36

Şekil 3.9. Mustafa Karabulut Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 36

Şekil 3.10. Sakarya Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 37

Şekil 3.11. Songül Yakut Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 37

Şekil 3.12. EXPO Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 38

Şekil 3.13. Şehitler Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu 38

Şekil 3.14. Zonal İstatistik Örneği 43

Şekil 3.15. Zonal istatistik süreci 44

Şekil 3.16. Fishnet Analizi örneği 44

Şekil 4.1. Antalya 30 yıllık (1991-2021) ortalama sıcaklık ve yağış verileri. 48

Şekil 4.2. Antalya 30 yıllık (1991-2021) en yüksek sıcaklık verileri. 49

Şekil 4.3. Antalya 30 yıllık (1991-2021) yağış verileri. 49

Şekil 4.4. Antalya 30 yıllık (1991-2021) bulutlu, güneşli ve yağışlı günler verileri. 50

Şekil 4.5. Antalya 30 yıllık (1991-2021) ortalama rüzgar hızı 50

Şekil 4.6. YA_1 NDVI sınıflandırması 53
Şekil 4.7. YA_2 NDVI sınıflandırması 54
Şekil 4.8. YA_3 NDVI sınıflandırması 54
Şekil 4.9. YA_4 NDVI sınıflandırması 55
Şekil 4.10. YA_5 NDVI sınıflandırması 55
Şekil 4.11. YA_6 NDVI sınıflandırması 56
Şekil 4.12. YA_7 NDVI sınıflandırması 56
Şekil 4.13. YA_8 NDVI sınıflandırması 57
Şekil 4.14. YA_9 NDVI sınıflandırması 57
Şekil 4.15. BYA_1 NDVI sınıflandırması 58
Şekil 4.16. BYA_2 NDVI sınıflandırması 59
Şekil 4.17. BYA_3 NDVI sınıflandırması 59
Şekil 4.18. BYA_4 NDVI sınıflandırması 60
Şekil 4.19. YA_1 kış sıcaklık dağılım haritaları 62
Şekil 4.20. YA1 bahar sıcaklık dağılım haritaları 63
Şekil 4.21. YA_1 yaz sıcaklık dağılım haritaları 63
Şekil 4.22. YA_2 kış sıcaklık dağılım haritaları 64
Şekil 4.23. YA_2 bahar sıcaklık dağılım haritaları 65
Şekil 4.24. YA_2 yaz sıcaklık dağılım haritaları 65
Şekil 4.25. YA_3 kış sıcaklık dağılım haritaları 66
Şekil 4.26. YA_3 bahar sıcaklık dağılım haritaları 67
Şekil 4.27. YA_3 yaz sıcaklık dağılım haritaları 67
Şekil 4.28. YA_4 kış sıcaklık dağılım haritaları 69
Şekil 4.29. YA_4 bahar sıcaklık dağılım haritaları 70
Şekil 4.30. YA_4 yaz sıcaklık dağılım haritaları 70
Şekil 4.31. YA_5 kış sıcaklık dağılım haritaları 71

Şekil 4.32. YA_5 bahar sıcaklık dağılım haritaları 72
Şekil 4.33. YA5 yaz sıcaklık dağılım haritaları 72
Şekil 4.34. YA_6 kış sıcaklık dağılım haritaları 73
Şekil 4.35. YA6 bahar sıcaklık dağılım haritaları 74
Şekil 4.36. YA_6 yaz sıcaklık dağılım haritaları 74
Şekil 4.37. YA_7 kış sıcaklık dağılım haritaları 76
Şekil 4.38. YA_7 bahar sıcaklık dağılım haritaları 77
Şekil 4.39. YA_7 yaz sıcaklık dağılım haritaları 77
Şekil 4.40. YA_8 kış sıcaklık dağılım haritaları 78
Şekil 4.41. YA_8 bahar sıcaklık dağılım haritaları 79
Şekil 4.42. YA_8 yaz sıcaklık dağılım haritaları 79
Şekil 4.43. YA_9 kış sıcaklık dağılım haritaları 80
Şekil 4.44. YA_9 bahar sıcaklık dağılım haritaları 81
Şekil 4.45. YA_9 yaz sıcaklık dağılım haritaları 81
Şekil 4.46. Çalışma alanı 2020 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası 88
Şekil 4.47. Çalışma alanı 2021 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası 89
Şekil 4.48. Çalışma alanı 2022 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası 90
Şekil 4.49. Çalışma alanı 2023 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası 91
Şekil 4.50. YA_1 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 92
Şekil 4.51. YA_1 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 93
Şekil 4.52. YA_1 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 93
Şekil 4.53. YA_1 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 94
Şekil 4.54. YA_1 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 94
Şekil 4.55.YA_2 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 95
Şekil 4.56. YA_2 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 96
Şekil 4.57. YA_2 2021yılı yüzey sıcaklık dağılımları 96

Şekil 4.58. YA_2 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 97
Şekil 4.59. YA_2 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 97
Şekil 4.60. YA_3 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 98
Şekil 4.61. YA3 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 99
Şekil 4.62. YA_3 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 99
Şekil 4.63. YA_3 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 100
Şekil 4.64. YA_3 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 100
Şekil 4.65. YA_4 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 101
Şekil 4.66. YA_4 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 102
Şekil 4.67. YA_4 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 102
Şekil 4.68. YA_4 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 103
Şekil 4.69. YA_4 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 103
Şekil 4.70. YA_5 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 104
Şekil 4.71. YA_5 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 105
Şekil 4.72. YA_5 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 105
Şekil 4.73. YA_5 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 106
Şekil 4.74. YA_5 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 106
Şekil 4.75. YA_6 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 107
Şekil 4.76. YA_6 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 108
Şekil 4.77. YA_6 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 108
Şekil 4.78. YA_6 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 109
Şekil 4.79. YA_6 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 109
Şekil 4.80. YA_7 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 110
Şekil 4.81. YA_7 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 111
Şekil 4.82. YA_7 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 111
Şekil 4.83. YA_7 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 112

Şekil 4.84. YA_7 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 112
Şekil 4.85. YA_8 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 113
Şekil 4.86. YA_8 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 114
Şekil 4.87. YA_8 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 114
Şekil 4.88. YA_8 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 115
Şekil 4.89. YA_8 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 115
Şekil 4.90. YA_9 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 116
Şekil 4.91. YA_9 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 117
Şekil 4.92. YA_9 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 117
Şekil 4.93. YA_9 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 118
Şekil 4.94. YA_9 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 118
Şekil 4.95. BYA_1 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 119
Şekil 4.96. BYA_1 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 120
Şekil 4.97. BYA1 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 120
Şekil 4.98. BYA_1 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 121
Şekil 4.99. BYA_1 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 121
Şekil 4.100. BYA_2 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 122
Şekil 4.101. BYA_2 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 123
Şekil 4.102. BYA_2 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 123
Şekil 4.103. BYA_2 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 124
Şekil 4.104. BYA_2 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 124
Şekil 4.105. BYA_3 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 125
Şekil 4.106. BYA_3 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 126
Şekil 4.107. BYA_3 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 126
Şekil 4.108. BYA_3 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 127
Şekil 4.109. BYA_3 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları 127

Şekil 4.110. BYA_4 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği 128

Şekil 4.111. BYA_4 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları..... 129

Şekil 4.112. BYA_4 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları..... 129

Şekil 4.113. BYA_4 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları..... 130

Şekil 4.114. BYA_4 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları..... 130

Şekil 4.115. YA_1 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 131

Şekil 4.116. YA_2 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 132

Şekil 4.117. YA_3 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 132

Şekil 4.118. YA_4 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 133

Şekil 4.119. YA_5 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 133

Şekil 4.120. YA_6 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 134

Şekil 4.121. YA_7 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 134

Şekil 4.122. YA_8 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 135

Şekil 4.123. YA_9 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği .. 135

Şekil 5.1. Küçük ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları..... 139

Şekil 5.2. Orta ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları 140

Şekil 5.3. Büyük ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları..... 140

Şekil 5.4. Çalışma alanlarının alanların NDVI-YYS korelasyonu 144

Şekil 5.5. Diğer alanların etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği..... 145

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yerleşim yeri büyüklük sınıfına göre dünya nüfusu, 2018 ve 2030. 7

Çizelge 3.1. Sentinel-2A uydu görüntülerinin teknik özellikleri 29

Çizelge 3.2. Landsat 8OLI/TIRS uydu görüntülerinin teknik özellikleri 29

Çizelge 3.3. Çalışmanın yürütüldüğü kentsel yeşil alanlar ve büyüklükleri 33

Çizelge 4.1. Antalya 30 yıllık (1991-2021) iklim verileri. 48

Çizelge 4.2. Çalışma alanında yer alan yeşil alanların fiziksel özellik büyüklükleri 52

Çizelge 4.3. Çalışma alanında yer alan yeşil alanların ortalama NDVI değeri ve yeşil örtü toplamı ve oranları 53

Çizelge 4.4. Çalışma alanında yer alan büyük yeşil alanların ortalama NDVI değeri ve yeşil örtü toplamı ve oranları 58

Çizelge 4.5. Küçük ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı 61

Çizelge 4.6. Orta ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı 68

Çizelge 4.7. Büyük ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı 75

Çizelge 4.8. Fiziksel özellikler ile temmuz ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi 82

Çizelge 4.9. Fiziksel özellikler ile ağustos ve eylül ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi 83

Çizelge 4.10. Fiziksel özellikler ile sıcaklıkların yaz ayları ortalamasına göre regresyon analizi 84

Çizelge 4.11. Fiziksel özellikler ile sıcaklık ortalamalarının bahar aylarına göre regresyon analizi 84

Çizelge 4.12. Fiziksel özellikler ile şubat ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi 85

Çizelge 4.13. Fiziksel özellikler ile mart ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi 86

Çizelge 4.14. Fiziksel özellikler ile kış ayları sıcaklık ortalamalarına göre regresyon analizi 86

Çizelge 4.15. YA_1 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C) 92

Çizelge 4.16. YA_2 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C) 95

Çizelge 4.17. YA_3 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C) 98

Çizelge 4.18. YA_4 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C) 101

Çizelge 4.19. YA_5 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 104

Çizelge 4.20. YA_6 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 107

Çizelge 4.21. YA_7 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 110

Çizelge 4.22. YA_8 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 113

Çizelge 4.23. YA_9 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 116

Çizelge 4.24. BYA_1 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 119

Çizelge 4.25. BYA_2 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 122

Çizelge 4.26. BYA_3 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 125

Çizelge 4.27. BYA_4 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)..... 128

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun %54'ü artan bir ivmeyle kentlerde yaşamaktadır ve yapılan projeksiyonlara göre 2050 yılında bu oranın %68 olması beklenmektedir (United Nations, 2018). Bununla birlikte, bir kentin kontrolsüz büyümesi insan sağlığı, doğal çevre ve doğal kaynaklar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Annez and Bucklet, 2008; Akande et al., 2019) ve çevresel altyapılarda sürdürülebilirliğe yönelik zorluklara neden olmaktadır (David, 2017; Estevez, et al, 2016; Han et al., 2016). Bu zorlukların başında iklim değişikliğine bağlı değişen çevresel sorunlar gelmektedir. İklim koşullarının kentlerde çevrelerine göre farklı olduğuna dair birtakım kanıtlar bulunmaktadır. Birçok araştırma, kentlerin büyük oranda dönüşüme uğramış bir fiziksel çevre üzerinde geliştiğini ve bir dizi doğal faktörler açısından çevresinden oldukça farklılaştığını ortaya koymuştur.

20yy.'ın son yarısında artan kentsel yayılma ve doğal alanların kullanılması, yeşil alan kaybı, biyolojik çeşitlilik kaybı, ekosistemlerin bölünmesi gibi arazi kullanımında, özellikle kentsel alanlarda ciddi değişikliklere neden olmuştur. Aslında bitki örtüsü, özellikle insan kaynaklı iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurulduğunda, kentli nüfusun sağlığı, termal konforu ve yaşam kalitesi için kilit bir unsur olarak kabul edilmektedir. Kentlerin dünya yüzeyinin %2'sini kapsadığı, sera gazlarının toplam karbondioksit miktarının % 80'ini açığa çıkardığı (Lugaric et al, 2010) düşünüldüğünde, kentsel gelişmenin etkili bir yeşil altyapıya dayalı yönetim için yapılacak akıllı seçimlerle ele alınması iklimsel açıdan kritik bir rol oynayarak, yaşanabilir ve sürdürülebilir yaşam alanları olarak geri dönecektir. Bu nedenle son yıllarda planlama gündeminde yer alan sürdürülebilir gelişme stratejilerinin kentler özelinde incelenip iklimsel koşullar göz önünde bulundurularak planlama ve tasarım sürecine dahil edilmesi önem taşımaktadır.

Küresel düzeyde yeryüzünün ortalama sıcaklığının artışı ile oluşan küresel ısınma, iklim değişikliği sorununun göstergelerinden sadece bir tanesini oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan ölçümler atmosferdeki sera gazı seviyelerinin kritik eşiği geçtiğini ve küresel ısınmanın toplumlar ve ekosistemler üzerinde etkili olmaya başladığını göstermektedir. 19. yüzyılın ortalarında yüzey sıcaklıklarında başlayan bu artışın günümüzde de etkisini sürdürdüğünü, ortalama hava sıcaklıklarının geçen yüzyıla göre 0,4 - 0,8 ºC artış gösterdiğini belirten Marda ve Şahin (2007), en iyi iklim senaryoları incelendiğinde, 1990-2100 dönemi için ortalama yüzey sıcaklıklarında 1,5 - 5,8 ºC arasında bir artışın olabileceğini belirtmektedir (Ateş, 2008).

İklim değişikliğinin sebep olduğu sıcaklık artışı günümüzün önemli bir çevre sorunu olan kentsel ısı adası etkisini de ortaya çıkarmıştır. Kentsel ısı adası, yerleşim yerlerinin çevresinde yer alan kırsal bölgelere göre daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip olması durumudur. Kentli nüfusunda yaşanan artışlar ve buna bağlı yapılaşma, kentin morfolojik yapısının değişmesi, nitelikli kentsel açık ve yeşil alanların azalması

ve sistematik şekilde planlanmaması, sert yüzeylerin artması olumsuz mikroklimatik koşulların oluşmasına neden olmaktadır. Yoğun ve yüksek binalar, ısı emilimini artırmasının yanı sıra, hava akımını engellemesi nedeniyle de sıcaklık artışında etken olabilmektedir. Bu mikroklimatik koşullar diğer yandan, hava kalitesinin bozulmasına, yüksek enerji tüketimine, rüzgar, nem ve yağış rejimlerinde düşmelere de yol açmaktadır.

Bir kentin sürdürülebilir gelişimi ve iklim değişikliğine dirençliliğin sağlanması, daha yeşil kentlere ulaşmak ve karbon ayak izini azaltmak için ekolojik çözümler kullanılmalıdır. Bu çözümlerden yeşil altyapı sistemlerinin oluşturulması ve yönetimi, kentsel sürdürülebilirlik ve yaşanabilirlik için yaşamsal öneme sahiptir (Duinker et al, 2015; Nitolawski et al, 2017). Yeşil altyapı, kentsel çevre kalitesinin iyileştirilmesi ve halk sağlığının korunması amacıyla yeşil kuşak, yeşil koridor, yeşil yamalar, yeşil matrisler ile kentsel açık ve yeşil alanların biyoçeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin korunması ve geliştirilmesine yönelik modellerin ve uygulamaların tümünü kapsamaktadır.

Kentsel peyzajlarda yeşil alanların oluşturulması, iklim değişikliği ve kentsel ısı adası etkileriyle mücadele stratejilerinin yanı sıra çevresel, sosyal ve sağlık açısından faydalar sağladığı için sürdürülebilir bir kent geliştirme stratejilerinden biridir. Parklar, bahçeler ve ağaçlar gibi yeşil alanlar, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Yeşil alanlar, kentsel alanlardaki yüzey sıcaklıklarını azaltarak kentsel ısı adası etkisinin hafifletilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çalışmalar, yeşil alanların gölge sağlayarak, güneş radyasyonu emilimini azaltarak ve evapotranspirasyonu teşvik ederek yüzey sıcaklıklarını düşürmeye yardımcı olabileceğini göstermiştir (Semeraro vd., 2021). Yeşil alanlar, kentsel alanlardaki beton ve asfalt yüzeylere kıyasla daha az güneş radyasyonu emdikleri için doğal bir soğutma mekanizması görevi görür. Yeşil alanlar ayrıca, kentsel yeşil alan soğutma etkisi olarak bilinen bir olgu olarak çevredeki alanlar üzerinde de olumlu bir etkiye sahiptir. Sadece mevcut alanı soğutmakla kalmazlar, aynı zamanda çevredeki kentsel ortamın sıcaklığını da etkilerler. Bu soğutma etkisi, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklarının azaltılmasında çok önemlidir ve sonuçta kent sakinleri için daha dengeli ve konforlu bir iklime katkıda bulunur.

Kentlerdeki yeşil alanların varlığı, kentsel ısı adalarıyla ilişkili sağlık risklerinin azaltılmasında özellikle önemlidir. Isıyı emen yüzeyleri azaltarak, gölgeleme ve evapotranspirasyon yoluyla soğutmayı artırarak ve çevresel kirleticileri filtreleyerek yeşil alanlar, kentsel alanlarda artan sıcaklıkların olumsuz sağlık etkilerini en aza indirmede önemli bir rol oynamaktadır. Kent sakinleri ısı adası etkisiyle şiddetlenen sağlık sorunlarına karşı özellikle hassas olduklarından bu durum özellikle önemlidir. Yeşil alanların hem kentsel hem de banliyö ortamlarına dahil edilmesi, bu sağlık endişelerinin hafifletilmesine yardımcı olabilir ve daha sürdürülebilir ve konforlu bir kentsel çevreye katkıda bulunabilir.

Yeşil alanların azalması; özellikle kent merkezlerinde bozulmuş olan bitki örtüsü dokusu, yeşil alanların tahribatı ve koyu renk yüzeylerin artması ısı emilimini artırarak, ısı adası etkisini daha da artırıcı etki yaratmaktadır. Kentsel yeşil alanlar iklim değişikliği ve adaptasyon sürecinde kentsel altyapının önemli bir parçası olarak kabul edilmelidir. Yeşil alanlar karbon emilimi özelliği ile hava kirliliğin azaltılması ve kalitesinin iyileştirilmesi, sera gazı etkisinin azaltılması ile hava sıcaklıklarının düşürülmesi, yerel mikro iklimi nispeten düzenlenmesiyle kentsel alanlarda kentsel ısı adalarının etkilerini azaltmak için önemli, uygun maliyetli bir çözümdür. Konforlu kent iklimi yaratma ve yapı çevrelerinin mikro ölçekli hava sıcaklığını düşürmede bitkilendirme oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Kentsel açık ve yeşil alanların ve doğal bitki örtüsünün bölgenin hava sıcaklığını etkilediği ve iklimsel koşuları iyileştirdiği bilimsel pek çok çalışmayla kanıtlanmıştır.

Park alanlarının iklimsel açıdan kente sunduğu yararlar; kentsel ısı adası olarak kendini gösteren yüksek sıcaklıkları, gölgeleme ve buharlaşma- terleme yoluyla azaltması, park esintileri yardımıyla yerel rüzgar desenlerinin değişmesine neden olması, ısı adalarının etkisiyle güçlenen yerel yağış anomalilerini azaltması ve ısı adaları tarafından tutulan ve yerel- küresel atmosfer bileşimini değiştiren karbon ve diğer kirleticileri filtreleyerek azaltması olarak sıralanmaktadır (APA, 2007).

Ülkemizde yeşil alanların önemi, ekonomik, sosyal, iklimsel konfor ve sağlıklı yaşam üzerine katkıları, kent planlama ve yönetiminde yeterince dikkate alınmamaktadır. Rekreasyonel ve estetik değerinden önce yeşil alanlar fiziksel, ekolojik, ekonomik ve sosyal pek çok işleve sahip, nitelikli alanlardır. Özellikle içinde bulunduğumuz süreçte, iklim değişikliğinin etkilerinin büyük ölçülerde yaşanmaya başlamış olması sonucunda kentsel yeşil alanların doğrudan ve dolaylı etkileri göz önünde bulundurularak, iklim değişikliğine uyum ve etkilerini hafifletme sürecinde yeşil alanların kentlerde yeniden ele alınması gerekmektedir. Yeşil alanlar karbon emilimi, yüzey suyu yönetimi, su kaynakları yönetimi, sel ve taşkınların etkisinin azaltılması, yüksek sıcaklıkların kontrolü, toprak erozyonunun azaltılması, kıyı taşkınlarının azaltılması ve canlı türlerinin yeni iklim koşullarına uyum sağlayabilmesi için mekan oluşturması gibi pek çok önemli doğrudan fiziksel etkilere sahiptir. Tüm bu nedenlerle iklim değişikliğine uyum sürecinde kentsel açık ve yeşil alanlara yönelik stratejiler belirlenmeli ve kent planlarında buna yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Kentsel peyzajlarda oluşan sıcaklık değişiklikleri, enerji tüketimi ve hava kalitesini olduğu kadar insan sağlığını ve konforunu doğrudan ve dolaylı olarak etkilemekte ve bu nedenle kentsel planlamada ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada etkin kullanılmaları gerekmektedir. Yeşil alanlar, yeşil çatılar, yeşil cepheler gibi alternatiflerle birlikte bu işlevleri tam olarak yerine getirebilmeleri için kent planlamada bir sistem dâhilinde, belirli standartlara uygun ve yeterli büyüklükte planlanmalı ve kent dokusu içinde düzenli bir dağılıma sahip olmalıdırlar (Manavoğlu, 2013; Zeğerek ve ark, 2018).

İklimsel çalışmalarda kentsel yeşil alanlar sağladığı ekosistem hizmetleri nedeniyle son derece önemlidir. Bu nedenle kentsel yeşil alanların niceliksel ve niteliksel bakımdan incelenmesi, iklimsel açıdan hava ve yüzey sıcaklıklarına etkilerinin ortaya konulması ve mekânsal özelliklerinin bu bağlamda yeterliliğinin sorgulanması sağlıklı kentler için bir gereklilik oluşturmaktadır. Kentsel planlama ve yeşil alan tasarımı aşamalarında bölgenin iklimsel koşullarının belirlenmesi, mevcut yeşil alanların yeterliliğinin sorgulanması ve bulguların kentsel planlama ve tasarımlarında altlık veriler olarak kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bugüne kadar yapılan iklimsel konfor ve enerji etkin planlama çalışmalarında çoğunlukla yapı adası ve mimari ölçekte çözümler ele alınmıştır. Ancak son zamanlarda kentlerde sürdürülebilirlik esasının ve iklim değişikliğine uyumun ekosistem hizmetlerine dayandığı, dolayısıyla akıllı bir yeşil alan planlama çalışmasının gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Ancak "bitki örtüsü ve yeşil alan büyüklüğü ile yüzey sıcaklığı ilişkisi" gibi konularda yapılmış bilimsel çalışmaların yeterli olmadığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışma özellikle bu konulardaki bilimsel bilgi eksikliğinin giderilmesine, yeşil alanların mekânsal özelliklerinin ve bitki örtüsünün biyoklimatik etkilerinin kanıtlanmasına ve kentsel planlama ve tasarımına yönelik bilimsel altlıkların hazırlanması sürecine katkı sağlamaktadır. Her ne kadar ülkemizde de kentsel ısı adası ve iklimsel konfor üzerine çalışmalar artmış olsa da kentin kendine özgü bir yapısı ve buna bağlı değişen iklimsel koşulları vardır. Dolayısıyla başka kentlerde yapılan çalışmalar belirli bir noktaya kadar fikir vermektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan Antalya kentinin özellikle çok fazla göç alması konut sorununu beraberinde getirmekte ve kentsel yayılım tarım alanları başta olmak üzere doğal alanlara doğru artış göstermektedir. Aynı zamanda bölgenin sahip olduğu yüksek tarım ve turizm potansiyeli endüstriyel gelişimin hızlanmasına, sektörlerin gelişmesine ve buna dayalı kentsel alanların giderek artmasına olanak yaratmaktadır. Bu değişimlere bağlı olarak, kentsel alanlarda iklim koşulları kent nüfusuna ve diğer canlılara uygunluktan uzaklaşarak, mikro iklimin değişmesine yol açmaktadır. Antalya kenti Akdeniz iklim bölgesinde olmasına bağlı olarak yılın büyük bir bölümünde dış mekan kullanımına olanak sağlamaktadır. Neredeyse yılın dört mevsiminde gündüz saatlerinde sıcaklık yüksek düzeydedir. Sıcak ve nemli iklim kuşağında bulunması nedeniyle kent nüfusu, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen iklim özellikleri yanında, yoğun kentleşme ve buna bağlı gelişen kentsel olumsuzluklar (trafik, enerji sorunu vb.) sebebiyle özellikle yaz aylarında yüksek sıcaklıklara maruz kalmakta ve yıl boyunca farklı boyutlarda iklimsel sorunlarla karşılaşmaktadır. Kentte iklimsel konforu azaltan en önemli etkenler yüksek bağıl nem düzeyi, yüksek sıcaklıklar ve kent geometrisine bağlı serinletici rüzgarların etkili olmamasıdır. Bu nedenle küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen iller arasında yer alan ve kent nüfusu artışına paralel olarak yapısal alanların hızla artması nedeniyle konunun Antalya kentinde çalışılması önem taşımaktadır.

Çalışmanın diğer bir önemli noktası ise, ele alınan detaylar ve araştırma ölçeğidir. Çalışmada kullanılan mikro ölçekli alanlar ve mekânsal detaylar sonuçlar açısından önemli veriler elde edilmesini sağlayacak özgün bir değere sahiptir. Diğer çalışmalarda kentsel iklim özelliklerinin belirlenmesinde sabit ölçüm istasyon verilerinden ve saha ölçümlerinden yararlanılmış olsa da alana özgü biyofiziksel değişkenlerin etkisi detaylı bir şekilde ele alınmamıştır. Bu çalışmada ise alanların sahip olduğu çeşitli mekânsal özellikler ele alınarak, çok yönlü bir sonuç ortaya konmuştur.

Buradan hareketle çalışma alanı olarak seçilen Antalya kenti için klasik yeşil alan planlama yaklaşımından farklı olarak yeşil alanların kentsel iklim üzerinde önemli bir etken olduğu, yüzey sıcaklıkları ve yeşil alan ilişkileri ele alınarak, deneysel verilerle araştırılmıştır. Buna göre çalışmanın temel savı; "*Yeşil alanlar sahip olduğu biyofiziksel değişkenlere bağlı olarak kentsel sıcaklıklar üzerinde etkilidir ve bu etki yeşil alanın büyüklüğüne göre değişmektedir*" olarak ifade edilebilir.

Çalışmanın ana amaçları, yoğun kentsel dokunun bulunduğu alanlarda yeşil alanların ısı adası üzerindeki etkilerinin Antalya'nın kentleşmenin yoğun olduğu Konyaaltı, Muratpaşa ve Kepez ilçelerinde bulunan bazı yeşil alanlar üzerinden belirlenmesi, incelenen yeşil alanlar özelinde, alanların kent iklimine ne yönde etki ettiğinin belirlenmesi ve yeşil alanların biyofiziksel değişkenlerinin hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığına etkilerine yönelik ilişkilerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda küçük, orta, büyük olmak üzere değerlendirilen 9 aktif yeşil alan ve etki alanlarında; ayrıca 4 farklı çok büyük kentsel yeşil alanda, sahip oldukları bitki örtüsü, alan büyüklüğü ve diğer örtü oranlarının iklimsel açıdan yeterliliği, kente sunduğu iklimsel yararlar; kentsel ısı adası olarak kendini gösteren yüzey sıcaklıklarına etkileri sıcaklık ölçümleri ve uzaktan algılama ile ölçülmüş ve istatistik olarak değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI

2.1. Kuramsal Bilgiler

2.1.1. İklim Değişikliği ve Kentleşme İlişkisi

Kent, insan ilişkileri açısından ancak belirli nüfusa sahip toplumlarda karşılanması mümkün olan fizyolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel ihtiyaçların belirli düzeylerde karşılandığı; her ülkenin kendi özelliklerine göre ölçütlerini belirlediği fiziki yerleşme alanlarıdır (İsbir 2018). Diğer yandan insanların kırsal alanlardan kentsel alanlara taşınması da kentleşme olarak bilinir ve en büyük toplumsal dönüşümlerden biridir (Humbal vd. 2023). Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki kırsaldan kentlere süren göç ve aşırı kentleşme, yeni yerleşim yerleri arayışına ve kent sınırlarının genişlemesine yol açmaktadır. Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı hızlı kentleşme bu tür istekleri oluşturan etmenlerin başında gelmektedir. Hızlı nüfus artışının kentler üzerinde oluşturduğu en önemli baskı barınma olup, beraberinde arazi örtüsü dönüşümünü getirmesi ve geçirimsiz yüzeyleri artırmasıdır.

Birleşmiş Milletler 2018 yılı raporuna göre, son 200 yılda küresel nüfus yedi kat artarak 1800'lerde 1 milyardan 2018'te 7 milyarın üzerine çıkmıştır; aynı dönemde kentsel alanlarda yaşayan insanların oranı %3'ten %55'in üzerine çıkmıştır (Çizelge 2.1). 2000li yılların ilk yüzyılının başında, dünya genelinde 1 milyon veya daha fazla nüfusa sahip 371 kent vardır. 2018 yılına gelindiğinde en az 1 milyon nüfusa sahip kent sayısı 548'e ulaşmıştır ve 2030 yılında 706 şehrin en az 1 milyona sahip olacağı tahmin edilmektedir. Küresel olarak nüfusu 10 milyondan fazla olan "megakent" sayısı 2018'de 3 iken 2030'da 43'e yükseleceği tahmin edilmektedir (United Nations 2019).

Çizelge 2.1. Yerleşim yeri büyüklük sınıfına göre dünya nüfusu, 2018 ve 2030 (UN 2019).

	2018			2030		
Büyüklük sınıfları	Yerleşim sayısı	Nüfus (milyon)	Dünya nüfusuna oranı	Yerleşim sayısı	Nüfus (milyon)	Dünya nüfusuna oranı
Kent	-	4.220	55,3	-	5.167	60,4
10 milyon veya fazlası	33	529	6,9	43	752	8,8
5-10 milyon	48	325	4,3	66	448	5,2
1-5 milyon	467	926	12,1	597	1.183	13,8
50000-1 milyon	598	415	5,4	710	494	5,8
50000'den az	-	2.025	26,5	-	2.291	26,8
Kırsal	-	3.413	44,7	-	3.384	39,6

Çizelge incelendiğinde görüldüğü üzere 2030 yılına gelindiğinde kentsel nüfusun tüm büyüklük sınıflarında artacağı, kırsal nüfusun ise yavaşça azalacağı öngörülmektedir. Önümüzdeki kısa süreçte kırsal nüfus oranı %5 azalacaktır. 2030 yılında, insanların çoğunluğunun 10 milyon nüfusa sahip kentlerde yaşayacağı ve bunun da küresel nüfusun %8'ini temsil edeceği tahmin edilmektedir.

İnsanlar çeşitli sosyal, ekonomik ve çevresel faktörler nedeniyle kentleşmeye doğru ilerlemektedir. Kentleşmeyi teşvik eden diğer unsurlar sanayileşme, iş fırsatları, nüfus artışı, sosyal kaygılar ve modernleşmedir. Buna bağlı olarak artan kentleşme yoğunluğu peyzaj değişiminin önünü açmış ve kentsel çevre normunu oluşturmuştur (Humbal vd. 2023; Oke vd. 2017).

İklim değişikliği ve kentleşme arasında karşılıklı bir ilişki vardır. İklim değişikliği kentsel gelişim ve artan nüfus için benzersiz zorluklar getirirken, buna karşın kentleşme de iklim değişikliği için itici bir güç oluşturmaktadır ve hem iklim değişikliği hem de kentleşme ekolojik çevreyi etkilemektedir. Bu etkileşim kentsel alanların içindeki ve çevresindeki biyotik ve abiyotik (flora, fauna, toprak, su vb.) unsurların özelliklerini etkiler (Xu vd. 2021). Song vd. (2018) belirttiği üzere küresel çapta arazi örtüsü değişikliklerinin %60'ı doğrudan insan faaliyetleriyle, %40'ı ise dolaylı olarak iklim değişikliği ile ilgilidir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) 2012 raporuna göre, kentler dünya yüzeyinin yalnızca %3'ünü oluşturmasına rağmen, kentsel alanlar aynı zamanda tüm enerjinin %69 ila %80'ini tüketmekte ve tüm sera gazı emisyonlarının %60-80'ini üretmektedir (Xu vd. 2021; Adams ve Klobodu 2017).

Kentsel gelişim, peyzajın jeomorfolojisini ve toprak bileşenlerini değiştirebilen köklü bir değişimdir (Oke vd. 2017). Kentsel altyapı unsurlarının inşası sırasında gerçekleştirilen eylemlerle küçük ekosistemler tamamen yok olabilir (bataklıkların kurutulması, akarsuların yönünün değişmesi vb.); arazi ıslahı ile vadiler ve kıyı şeritleri değişikliğe uğrayabilir; bitki örtüsünün tamamen uzaklaştırılması ile toprak erozyonu sonucu doğabilir. Çünkü toprağın üst katmanının bozulması doğal yapısını yok eder. Böylece toprağın bileşenlerinin ve katmanlarının bozulmasına, dolayısıyla verimliliğinin, hidrolojisinin ve geçirimliliğinin değişmesine neden olur.

Kentlerde arazi örtüsü değişiminden en çok etkilenen alanlar da biri de hidrolojik yapılardır. Çoğunlukla kentleşme baskısına maruz kalan sulak alanlar, göletler ve göller doldurulur veya kurur. Kentsel arazi kullanım modelinin ulaşım altyapıları ve inşaat sahaları gibi geçirimsiz yüzeylerde daha fazla arazi kaplaması yeraltı suyunun infiltrasyonunda azalma yaratarak hidrolojik rejimi etkiler (Conley vd. 2022; Agrawal vd. 2021). Toprak yüzeyinin tamamı kapatılmamış olsa bile, arazi yapısının bozulması, kirlenmiş kentsel yüzey akışı ve kanalizasyon altyapısı hem karasal hem de yüzey altı drenaj yapılarını ve oranlarını bozar. Bu da yer altı suyu depolamasını ve yüzey akışını etkileyerek ani sel baskınlarının oluşmasına neden olur ve zamanla su kalitesi bozulur (Carle vd. 2007; Peters 2009). Bu durum ilerleyen süreçte küresel çapta su sıcaklıklarını artırır ve temiz suya erişimi de zorlaştırır.

Kentsel dönüşüm, düşük yoğunluklu konut gelişiminden yüksek yoğunluklu konut gelişimine kadar uzanan bir süreçtir ve ekolojik örüntüleri, süreçleri ve toplulukları önemli ölçüde değiştirebilen büyük ölçekli bir peyzaj değişimine yol açmaktadır (McKinney 2008; Li vd. 2022) ve gelecek yüzyılda, bu tür peyzaj dönüşümünün peyzajın parçalanması ve biyolojik çeşitlilik kaybının başlıca nedenlerinden biri olması beklenmektedir (Seto vd. 2012).

Kentsel gelişim, tarım veya diğer faaliyetler için arazi kullanılmadan önce bitki örtüsünün temizlenmesiyle başlar. Bu süreç, genellikle yerli bitkilerin kaybolmasına ve yerlerini egzotik türler ve yabani otların almasına neden olur. Ayrıca, bu çevre

değişiklikleri, kentsel-kültürel türlerin yeniden dikilmesi ve doğal bitki örtüsünün kaybının hızlanmasına yol açar. Bu tür kentsel değişiklikler, kentlerin biyofiziksel çevresini etkiler ve özellikle hayvan popülasyonları üzerinde geniş kapsamlı etkilere sahiptir. Yabani ve evcil hayvanların yaşam alanları ve besin kaynakları tehdit altında olabilir ve aynı zamanda kirlilik ve yırtıcılık sistemlerinde değişikliklere yol açabilir. Sonuç olarak, kentsel gelişim doğal yaşamı, habitat kalitesini ve ekolojik dengeyi olumsuz etkileyebilir (Oke vd. 2017; Lewis vd. 2015).

Kentsel ekosistemler, bitki örtüsü, hayvanlar ve insanlar gibi biyolojik bileşenler ile kentlerin abiyotik ortamları tarafından oluşturulan karmaşık ekosistemlerdir. Tüm ekosistemlerde bu bileşenler belirli bir alan içerisinde birbirleriyle etkileşim halindedir. Ancak kentsel ekosistemler söz konusu olduğunda, biyolojik kompleks aynı zamanda insan nüfusunu, demografik özelliklerini, kurumsal yapılarını ve kullandıkları sosyal ve ekonomik araçları da içerir (Pickett 2015). Bolund ve Hunhammar'a (1999) göre, kentsel çevreler, bazen tek bir ekosistem olarak kabul edilebileceği gibi, kent içinde parklar, göletler ve diğer farklı ekosistemlerin bir araya geldiği karmaşık sistemler olarak da görülebilir. Bu bağlamda, kentsel ekosistemler terimi, kentteki tüm doğal yeşil ve mavi alanları içerecek şekilde genişletilmiştir. Ancak, sokak ağaçları gibi küçük unsurlar tek başlarına ekosistem olarak kabul edilemez ve genellikle daha büyük ekosistemlerin parçaları olarak değerlendirilir.

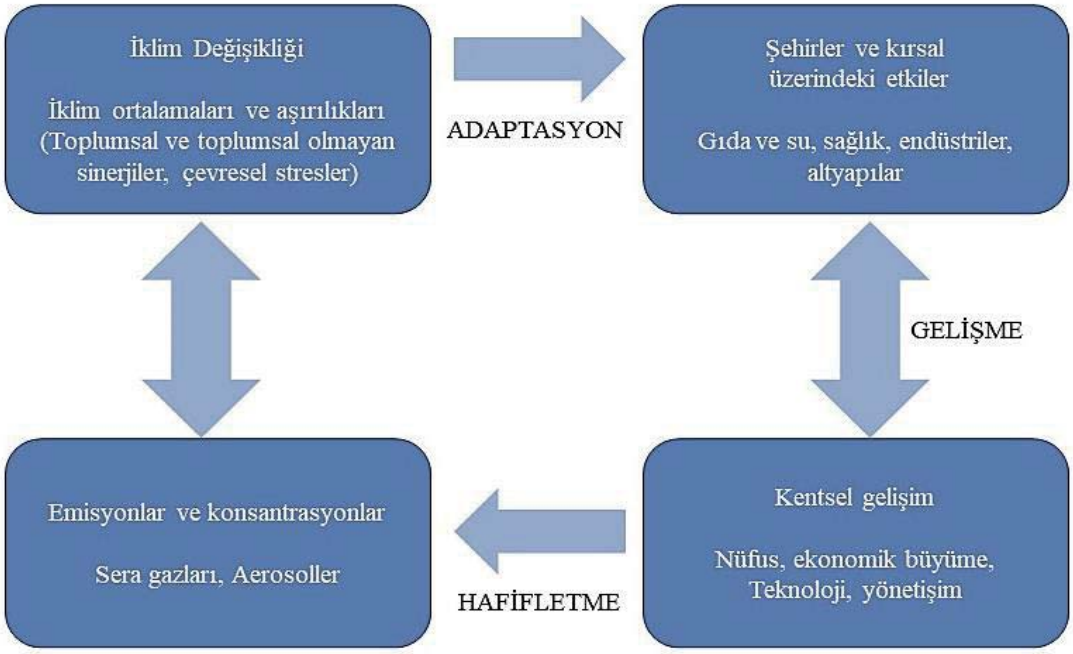
Kentsel ekosistemler, kentsel gelişim ve kentsel dönüşüm sürecinde yaratılır ve yeniden şekillendirilir. Kültürel ve biyofiziksel özelliklerin bir arada bulunduğu karmaşık ekosistemlerdir. Kırsal bölgelerden kentsel alanlara dönüşüm sürecinde, doğal alanlardaki geleneksel seçilim süreçlerinden farklı bir dinamik gözlemlenir ve bu farklılık, insan müdahalesinin bu sürecin anahtar belirleyicisi olarak ortaya çıkar. Örneğin ulaşım altyapıları kültürel bir peyzaj elemanı olarak kabul edilirken, inşa süreci ve varlığı aynı zamanda bitki örtüsünün tahrip olmasına veya bölünmesine, hayvan habitatlarının kaybına, arazi değişikliklerine, toprak kirliliğine, yüzey suyunun etkilenmesine ve iklimde değişikliklere yol açabilir.

Büyük kentsel alanların genişlemesi, ormanlar, sulak alanlar, çöller ve diğer doğal ekosistemlerin konut, endüstri, ticaret ve ulaşım kullanımları için ayrılmış alanlara dönüştürülmesine yol açmaktadır. Bu dönüşüm süreci çorak arazi oluşumuna neden olabilir ve ayrıca yabani veya kırsal ekosistemleri küçük parçalara böler (Bennet ve Saunders 2011), böylece doğal ve insan müdahalesi görmüş alanlar arasında yetersiz habitatlar oluşur. Bu "kenar habitatlar", özellikle dar çevresel koşullarına uyum sağlayabilen türlerin, yani uzman bitki ve hayvan türlerinin yayılmasını engelleyebilir. Ayrıca, kentsel ekosistemlerin çevresindeki doğal ekosistemler, rüzgar yönü ve akış yönünde bulunan kentsel alanlar tarafından yüksek düzeyde su ve hava kirliliği ile egzotik türlerin girişine maruz kalmaktadır.

Hızlı kentleşmenin iklim ve atmosferik durum başta olmak üzere çevresel sistemler üzerindeki etkisi derindir ve bu etki hava olaylarının ötesinde bölgesel ve küresel sistemlere de aktarılır. Nüfus artışı ve buna bağlı gelişen kentleşmeyle birlikte kırsal nitelikli alanların hızla kentsel alana dönüşmesi, kendine has bir kent iklimi geliştirmesine sebep olmaktadır. Kentsel iklim olarak adlandırılan bu durum, insan faaliyetlerinin atmosfer üzerindeki istenmeyen etkisi olan iklim değişikliğinin en önemli örneklerindendir. Kentler yerel, bölgesel ve hatta küresel ölçeklerde iklim ve atmosferik

düzen değişikliklerine katkıda bulunurlar. Buna karşılık olarak da atmosferin, aşırı hava olaylarıyla mücadele etmeye çalışan kentlerin altyapısı, sakinlerinin sağlığı ve güvenliği üzerinde etkileri vardır. Bu etkileşimin tanımlanması ve özelliklerinin belirlenmesi, beklenmedik sonuçların en aza indirilmesi ve daha sürdürülebilir ve dirençli yerleşimler için veri sağlayarak, sağlıklı planlama, tasarım ve yönetim için bilimsel altlık sağlar.

Kısacası, kentsel alanların iklim değişikliği ile birçok bağlantısı vardır: kentsel merkezler endüstrileri, ulaşımı, hane halklarını ve sera gazı (GHG) emisyonu yapanların çoğunu bir araya getirir; iklim değişikliğinden etkilenirler, emisyonları azaltmayı ve iklim değişikliğine uyum sağlamayı amaçlayan girişimlerin, politikaların ve eylemlerin kaynağıdırlar (Şekil 2.1) (Lankao 2008).



Şekil 2.1. Kent merkezleri ve iklim değişikliği, bütünleşik bir çerçeve (Lankao 2008)

2.1.2. Kent İklimi

Kent kaynaklı çevresel değişim olgusu yüzyıllardır bilinmektedir ve antik çağlarda kentler geliştiğinden beri insanlar kent havasının kırsal havadan farklı olduğunu fark etmişlerdir. Tespit yöntemleri çağlar boyunca değişmiş olsa da özellikle hava kirliliği kentsel atmosferin ayırt edici özelliği olmuştur. M.Ö. yayınlanan kasidelerde dahi kent havasının kirliliğine dair imgeler bulunmaktadır (Landsberg 1981). Antik Hint mimari el kitabı "Silpa Sastra" köylerin, kasabaların ve kalelerin yerleşimini, hakim rüzgar yönleri ve güneş yönlendirmelerine dayalı olarak belirlemek için kurallar belirlemiştir. Bina ve sokak düzeni ile yapılaşma, sokak seviyesinde gölgelendirme, hava kirliliği dağılımı ve yağmur suyu drenajını artırmak amacıyla belirli kurallar çerçevesinde önerilmiştir. Vitruvius'un (M.Ö. 75–M.Ö. 25) "Mimarlık Üzerine On Kitap" adlı eserinin ilk kitabı, yerel çevresel koşullarla ilişkili olarak kent düzenini de ele almıştır (Emmanuel 2005).

Landsberg'in belirttiği üzere, kentsel atmosferin görsel gözlemleri, Roma döneminden bu yana, çevresindeki kırsal alanlardan farklı kentsel iklim etkilerine işaret etmektedir. 1653-54 yıllarında başlayan ilk sıcaklık ölçüm ağı, Floransa, Vallombrosa, Cutigliano, Bologna, Parma, Milano, Paris, Innsbruck, Osnabrük ve Varşova gibi kentsel alanlara odaklanmıştır. Bu istasyonlarda benzer termometreler kullanılmış ve bu termometreler, karşılaştırılabilir veriler elde etmek amacıyla yüksek bir konumda bulunan, kuzeye bakan duvarlara monte edilmiştir. Rete Medicea adı verilen bu ağ, 1667 yılında faaliyetlerine son vermiş, ancak bazı istasyonlar (örneğin Paris, Vallombrosa) sıcaklık izlemeye devam etmiştir (Grimmond 2004).

Kentsel klimatolojinin öncüleri, on dokuzuncu yüzyıl kent olgusunun teşvik ettiği araştırmalardır. Orta çağın sonlarında Londra, kömür yakılmasına dayalı kentsel hava kirliliğinin örnek modeli olarak öne çıkmaktadır. Buna bağlı olarak kentlerdeki atmosferik koşulların ve süreçlerin gözlemlenmesi, kentsel iklimlerin anlaşılmasındaki ilerlemeler temel olarak Luke Howard'ın Londra'da 1820 yılında doğrudan sıcaklık (termometre ile) ölçümlerine dayanmaktadır ve kent merkezinin çevresindeki kırsal alanlardan daha sıcak olduğunu fark etmiştir. Buna göre kentde gece, kırsala göre $3,70^0$ derece daha sıcak, gündüz ise $0,34^0$ daha soğuktur (Landsberg 1981; Grimmond 2004). Şehrin daha sıcak olması yakıt tüketimine bağlanmış ve kentsel ısı adası tanımının temeli atılmıştır. Yine 19. Yüzyılda Émilien Renou (1815-1902) Paris'in atmosferik epidemiyolojisini; Max Von Pettenkofer (1818-1901) Münih'in biyoklimatolojisini ölçmüştür. Hava kirliliği ve havalandırma, Viktorya döneminde su temini, drenaj ve kanalizasyon gibi diğer sağlık konularıyla aynı öneme sahip olmuştur. Ancak, özel bacalar ve baca kaynaklı zararı önlemek, su tabanlı hijyen uygulamalarına göre daha zorlayıcı bir sorun olmuştur (Hebbert 2014).

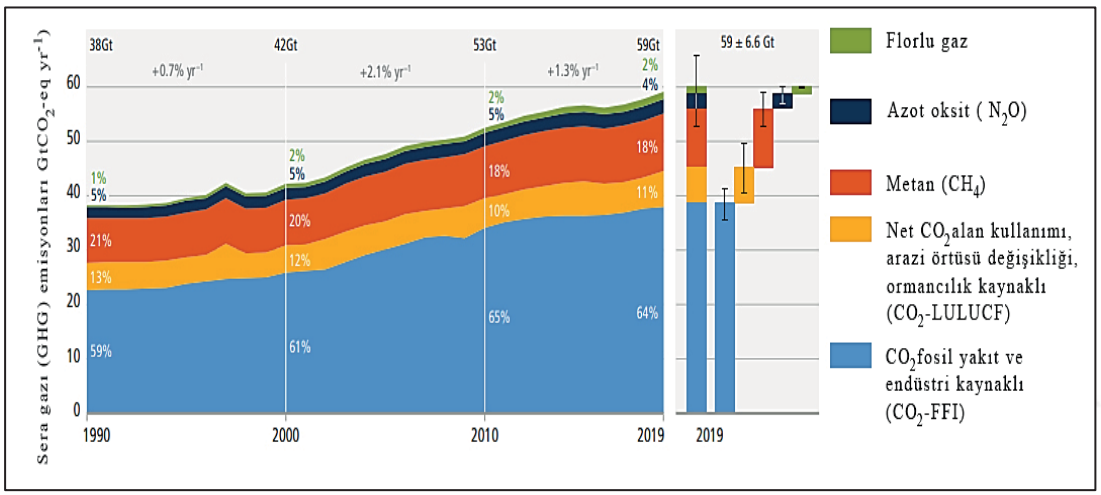
Yirminci yüzyıl ise, daha temiz enerji ve ulaşım teknolojilerini amaçlayarak bu etkiyi bir nebze de olsa azaltma eğilimindedir. Yeni kent planlama anlayışında iklimsel farkındalık ve yönetim modelleri göz önüne alınmaya başlamıştır. Hebbert'ın belirttiğine göre, 1904 yılında dünyanın ilk planlama dergisi Der Städtebau'nun açılış sayısının önsözünde, dikkate alınması gereken birçok teknik faktör arasında nem, sıcaklık, hava kalitesi ve havalandırma da yer almıştır. Ancak iklimin kent planlamasına dahil edilmesine yönelik adımlar, bölgesel hava modelleri ve hakim rüzgarlar hakkında genellemeyle sınırlı kalmıştır. Alman coğrafyacı Kratzer'in 1956'da yenilediği Stadtklima adlı kitabında antropojenik çevresel etkilerin kentsel iklim üzerinde etkili olduğu ele alınmaya başlanmıştır (Hebbert 2014).

Yirmi birinci yüzyıla gelindiğinde küresel iklim değişikliği artık insanlığın karşı karşıya olduğu en zorlu çevre sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Küresel ısınma, fosil yakıtların yakılması ve arazı kullanımlarındaki değişiklikler gibi insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkmakta ve yerleşimler üzerinde global düzeyde geniş kapsamlı sonuçlar doğurmaktadır. Lankao'ya göre, iklim değişikliği küresel bir mesele olmasının yanı sıra, aynı zamanda son derece yerel bir meseledir. Bu bağlamda kentler başta olmak üzere farklı büyüklükteki kent merkezleri, iklim değişikliği alanında büyük bir etki yaratmaktadır (Lankao 2008).

Kentsel alanların iklim değişikliği ile birçok bağlantısı vardır. Kentsel merkezler küresel ısınmanın tetikleyicilerinden biridir. Çünkü sera gazları doğal yolların dışında, kentlerde bulunan endüstri, ulaşım, üretim ve tüketim faaliyetleri ve diğer yapılarla sera

gazı (GHG) yayıcılarının çoğunun kaynağıdır. Sera gazları ısıyı hapseder ve gezegeni daha sıcak hale getirir. Son 150 yılda atmosferdeki sera gazlarındaki artışın neredeyse tamamından insan faaliyetleri sorumludur.

Şekil 2.2'de küresel net antropojenik sera gazı emisyonları arasında fosil yakıt yanması ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan CO_2 (CO_2-FFI); arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılıktan kaynaklanan net CO_2 (CO_2-LULUCF); tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan metan (CH_4) ve azot oksit (N_2O); ve diğer faaliyetler kaynaklı florlu gazlar (HFC'ler, PFC'ler, SF_6, NF_3) yer almaktadır. Sera gazı salınım parametrelerine bakıldığında, kentleşmenin bu faktörlerin birincil sebebi olduğu dolayısıyla, bu çerçevede küresel ısınmanın, küresel bir konu olduğu kadar, yerel bir konu olduğu da görülmektedir. Uluslararası düzeyde ana emisyon kaynağı enerji arzı ve endüstridir (%64), bunu arazi örtüsü, arazi örtüsü değişikliği ve ormancılık (%11), tarım (%18) ve ulaşım (%5) ve diğer faaliyetler (%2) izlemektedir (IPCC, 2022).



Şekil 2.2. Küresel net antropojenik sera gazı emisyonları 1990-2019 (IPCC 2022)

Genel bir bakış açısıyla, kentsel atmosferi etkileyen iki ana grup özellik bulunmaktadır: birincisi, kentsel formun (tasarım) özellikleriyle ilişkilidir; ikincisi ise kentsel işlevle bağlantılıdır. İnşa edilen binalar, oluşturulan yollar, altyapı malzemeleri ve kentsel peyzajın üç boyutlu yapısı, yüzeyin radyatif (ışınımsal), termal, hidrolojik ve aerodinamik özelliklerini etkiler. Bu etkileşimler sonucunda hava akışı, enerji alışverişi ve su döngüsü gibi önemli faktörler değişir. Ayrıca, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ısı, karbondioksit ve diğer kirleticilerin doğrudan emisyonları da kent iklimini etkileyerek daha karmaşık hale getirir (Grimmond vd. 2016; Oke vd. 2017). Bu iki grup, kentsel iklimleri oluşturan aktörlerin önemli bir sınıflandırmasını sunar. Mevcut araştırmalar, bir şehrin toplam emisyonlarında farklı sektörlerin ağırlığının, aynı zamanda şu faktörlerle de ilişkili olduğunu göstermektedir (Lankao 2008; Oke vd. 2017):

a) Bir şehrin ekonomik temeli, yani ağırlıklı olarak sanayi mi yoksa hizmet odaklı mı olduğu;

b) Şekli, yani ne kadar yoğun olduğu ve yerleşimlerinin, ekonomik faaliyetlerinin ve altyapısının konumu; bir şehrin alanı, çapı, şekli (yani dairesel, radyal, doğrusal veya hücresel), ufuk çizgisi ve çekirdeğinin merkezi, merkez dışı veya çoklu olup

olmadığı gibi genel boyutları, kentsel iklimlerin mekansal biçiminde rol oynayabilir.

c) Ulaşım sistemlerinin düzeni ve yapısı, otomobil altyapısının kapsamı.

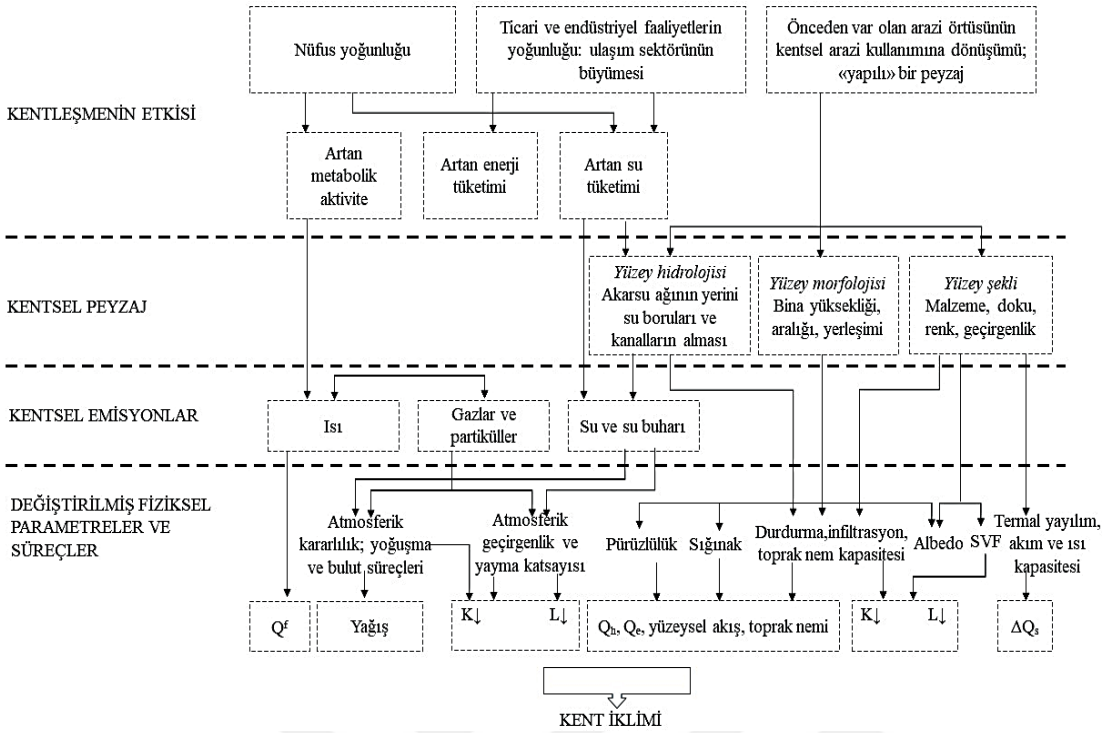
Daha alt ölçeklerde, herhangi bir kentsel alanın biçimi atmosferi aşağıdaki gibi etkiler (Oke 2017; Cleugh ve Grimmond 2012):

a) **Kent dokusu:** Kentsel gelişim, doğal veya tarımsal bitki örtüsünün yerini, tipik olarak su ve hava hareketine karşı geçirimsiz ve esnek olmayan binalarla değiştirir. Binalar, yollar ve bitki örtüsü gibi kentsel unsurları oluşturan doğal ve inşaat yapılarını içeren kentsel elemanlar kent dokusunu oluşturur. Keskin yapısal özellikler, atmosferde türbülanslı dalgalara ve girdaplara neden olabilir. Ayrıca, binalar genellikle hava akışını etkileyen ve hızlandıran düzenli düzenlemelerle inşa edilir. Su, karbon ve toprak depolama yanı sıra bitki atmosfer sürekliliğindeki değişiklikler, yağış, hava akışı ve güneş ışığı akışlarını etkileyen geçirimsiz yüzeylerin ve binaların eklenmesiyle değişebilir. Peyzajın ışınımsal, termal, aerodinamik ve nem tutma özelliklerinde meydana gelen bu değişiklikler; radyasyonu emme, yansıtma ve yayma yeteneklerini, ısı ve suyun alınmasını, iletilmesini ve tutulmasını etkiler ısı, momentum ve kütle dengelerini değiştirerek kentsel alanların kendi karakteristik iklimini geliştirmesine neden olur.

b) **Yüzey örtüsü:** Farklı dokulardan oluşan ve farklı yamalarla kaplanan yüzey arayüzünün kesirlerini ifade eder: yerleşim, asfalt, bitki örtüsü, çıplak toprak, su vb. Kentsel peyzaj örtüsü, tek tek binalar ve kentsel ağaçlarla mikro ölçekten mezo ölçekte tüm şehre kadar farklılık gösterir. Mevcut peyzaj üzerine inşa edilen morfolojinin değiştirilmesiyle kent ölçeğinde bir kentsel ekosistem yaratılır: borular ve kanallar oluşan bir ağ, dere ve nehirler gibi doğal drenaj sistemlerinin yerini alır veya bunları tamamlar; malzeme ve enerji akışları biyofiziksel olmayan etmenler tarafından yönlendirilir ve bir kentsel iklim yaratılır. Kentler aynı zamanda açık yeşil alanlar, parklar, bahçeler, çalılar ve ağaçlar gibi geniş 'yeşil alanlar' da içermektedir. Bu farklı örtü desenleri, özellikle ısının bölünmesi açısından önemlidir, örneğin güneşli bir günde kuru bir yama, buharlaşma yoluyla güneş enerjisini atamadığı için çok sıcak hale gelir; bitkisel yamalar, bitkiler ve topraklar güneş enerjisini buharlaştırmak için kullanır ve bu nedenle nispeten serin kalır.

c) **Kentsel yapı:** Kentsel unsurların 3 boyutlu konfigürasyonunu ifade eder: binaların boyutları ve aralarındaki boşluklar, sokak genişlikleri ve sokak aralıkları. Yapı, iki ölçekte önemlidir: şehrin tamamı için albedoyu ve aerodinamik pürüzlülüğünü belirlemeye yardımcı olur ve binaların ve sokakların bireysel ölçeğinde radyasyon değişimi ve hava akışı desenlerini kontrol eder.

Şekil 2.3'te kentsel peyzajın ve kentsel emisyonların, kentleşmeden kaynaklanan temel parametreler ve süreçler üzerindeki etkilerinin meydana getirdiği kent iklim modeli verilmiştir.



Şekil 2.3. Kent iklimi modeli (Grimmond vd. 2016)

Yine de eğer kent merkezleri iklim değişikliğini tetikliyorsa ister deniz seviyesinin yükselmesi (Mimura 2013) ister sıcaklıktaki değişiklikler (sıcak hava dalgaları), isterse de daha aşırı ve belirsiz hava koşulları (sık ve yoğun yağışlar, fırtınalar, kuraklık) yoluyla olsun, küresel ısınmanın etkilerine karşı en savunmasız coğrafi alanlar arasında yer almaktadırlar. Özellikle bu olayların zaten yaygın olduğu kent merkezleri, artan riskle karşı karşıyadır. Bu tür olayların sıklığında ve yoğunluğunda beklenen artış, zaten tehlikede olan bölgeler için riskleri daha da artırabilir. Ortalama sıcaklıklar, yağış miktarları ve deniz seviyesi değişiklikleri, enerji talebine, kanalizasyon sistemlerinin drenaj kapasitesine ve alçak kıyı kentlerinin uzun vadeli kırılganlıklarına etki edecektir. Ayrıca, iklim değişikliğinin potansiyel olarak korkutucu etkileri arasında, sıcaklık ve hava modellerindeki ani değişikliklerin etkileri de vardır, ancak henüz tam olarak anlaşılmamıştır (Lankao 2008; While ve Whitehead 2013).

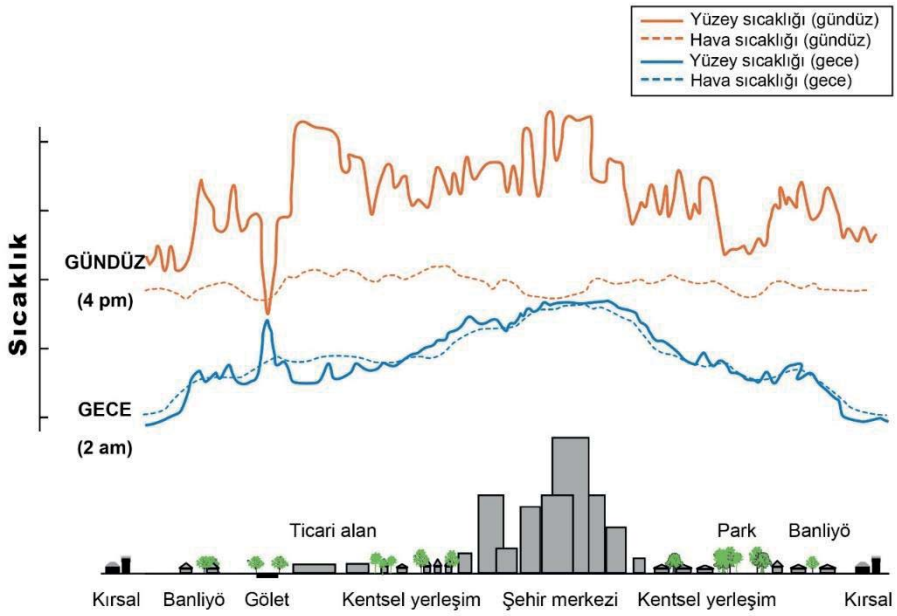
Kentler, hatta mega kentler, iklim ve hava durumunu etkileyen büyük ölçekli sistemlere (okyanuslar ve kıtalar; sıradağlar; antisiklonlar ve siklonlar) ve yerel sistemlere (deniz/kara meltemi sistemlerine sahip kıyı bölgeleri, ormanlar, dağ ve vadi özellikleri, vb.) kıyasla meteorolojik açıdan daha az etkileyen yapılar olarak görülebilir. Bununla birlikte, yerel ölçeklerde yüzey ve atmosferik özellikleri kapsamlı bir şekilde değiştirmeleri, kentlerin çevrelerindeki neredeyse tüm atmosferik değişkenleri değiştirdiği anlamına gelir. Böylece kentler yerel olarak hava durumunu önemli bir şekilde etkiler, özellikle de yüksek etkili hava olaylarını değiştirir ve çoğu zaman artırır. Bu durum "kent iklimi" olarak adlandırılır (Masson vd. 2020).

2.1.3. Kentsel Isı Adaları

Kentler nüfus artışına bağlı olarak hızla değişmektedir. Arazi örtüsündeki değişim bunun en belirgin sonuçlarındandır. Kent içinde kalan doğal çevre unsurları yerini yapısal unsurlarla yer değiştirerek, kırsal niteliğin yok edilmesine ve bu doğal elemanların kent çeperinden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu durum atmosferde su ve ısı döngüsünü etkilemekte ve kırsaldan farklılaşarak kent iklimi olarak adlandırılan yeni bir kavramı ortaya çıkarmaktadır.

19. yüzyılın başlarında, ilk kez Londra'da Luke Howard kentsel iklimi incelerken kentsel ısı adası etkisini ölçmüş ve tartışmıştır. O zamandan günümüze kadar dünya çapında birçok büyük kentte bu etkinin özellikleri ve nedenleri hakkında araştırmalar yapılmıştır (Yang vd 2016). Bir kentin ısı adası etkisi (kent öncesi koşullarla karşılaştırıldığında ya da mevcut kentsel/kırsal farkla yaklaşık olarak hesaplanan göreli sıcaklığı) kentsel klimatolojinin temel araştırma odaklarından biri olmaya devam etmektedir. Gelecekte iklim değişikliği ve potansiyel küresel ısınma ile sıcaklık muhtemelen artacağından ve kentsel ısı adası buna katkıda bulunacağından giderek daha önemli bir konu olacaktır.

Kentsel ısı adası, kentlerdeki hava sıcaklığının, çevresinde yer alan kırsal alanlara göre yükselmesidir (Şekil 2.4) ve kentleşmenin iklimsel özellikleri değiştirdiğinin en belirgin kanıtıdır (Parker 2010). Bunun başlıca nedeninin, güneşten alınan ısının binaların dokusunda ve diğer kentsel yüzeylerde tutulması ve gökyüzü görüşünü engelleyen bina yükseklikleri ile uzun dalga boylu radyasyonun engellenmesi ve yeniden emilmesidir. Kentsel yüzey kaplamaları güneş ısısının topraktan daha uzun süre tutulmasına ve gece boyunca çevreye salınmasına neden olur. Şehrin iklimsel özelliklerinin aksine, doğal havalandırmanın engellenmesi, evapotranspirasyonun düşük olması oluşan ısının dağılmasını da engeller (Gomez vd. 2004).



Şekil 2.4. Kentsel ısı adası profili (EROS 2019).

Kentsel ısı adası etkisinin kentsel ısı salınımı, alttaki yüzeyin özellikleri ve yapısı, bitki örtüsü, nüfus yoğunluğu ve hava koşulları ile yakın ilişkisi olduğu ortaya konmuştur. Bu etkinin ölçeği ve yoğunluğu, devam eden kentleşme ile daha ciddi noktalara ulaşacaktır. Nitekim Manchester ve New York'da yapılan ölçümler, yazın maksimum kentsel ısı adası yoğunluğunun 8 °C olduğunu göstermektedir. İklim değişikliği projeksiyonları, Birleşik Krallık'ın kuzey batısındaki yaz ortalama sıcaklıklarının 2080'lere kadar 5 °C (%50 olasılık, aralığın en üst noktası 7 °C) artabileceğine işaret etmektedir (yüksek emisyon senaryosu). Kentsel ısı adası iklim değişikliğinin yanı sıra kentsel alan sıcaklığına da katkıda bulunacaktır (Levermore vd 2018).

Kentsel iklim çalışmaları; kentsel ve kırsal yerleşimde oluşan sıcaklık farklarından ya da kentin gelişimine göre antropojenik etkilerle oluşan sıcaklık farkı üzerinden ısı adalarının belirlenmesi ile yapılmaktadır. Bu etkiler iki şekilde sınıflandırılabilir (Oke 1979).

Kentsel Sınır Katmanı

a) Çatı ve bacalardan kaynaklanan antropojenik ısı
b) Bitki örtüsü altındaki (kanopi) sıcak hava ile üstündeki soğuk hava arasındaki etkileşim
c) Isınan hava tarafından üstte bulunan kararlı hava tabakasının yükselirken geçilmesi (Penetrative konveksiyon)
d) Kirli hava içinde kısa dalga radyatif (ışınımsal) akımın bir araya gelmesi

Kentsel Kanopi Katmanı

a) Bina kenarlarından kaynaklanan antropojenik ısı
b) Kanyon geometrisi nedeniyle daha fazla kısa dalga emilimi
c) Kanyon geometrisinin gökyüzü görüş faktörünü azaltması nedeniyle net uzun dalga kaybının azalması (gece radyatif akım sapmasının azalması dahil)
d) Yapı malzemelerinin termal özellikleri nedeniyle daha fazla gündüz ısı depolanması (ve gece salınımı)
e) Bitki örtüsünün kaldırılması ve yüzeyin 'su geçirmez hale getirilmesinden' kaynaklanan buharlaşmanın azalması nedeniyle daha fazla hissedilebilir ısı akışı
f) Kanopi içinde rüzgar hızının azalması nedeniyle hissedilebilir ısının yoğunlaşması

2.1.4. Yeşil Alanlar ve Kent İklimi Üzerine Etkileri

Kentler bitki örtüsünün azaldığı, geçirimsiz ve yapısal yüzeylerin çoğunlukta olduğu alanlardır. Kentleşme olarak adlandırılan bu sürecin hızlanması, kırsal alanlara oranla bölgesel ve yerel ölçekte kent ikliminde ciddi değişimlere neden olmaktadır. Bu değişim kentleşme eğilimi sürdükçe artış göstererek, iklimsel olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Kentleşmenin iklimsel etmenler üzerindeki ilişkin çalışmaların olumsuz gelişmelerin hızlanmasıyla paralel olarak arttığı görülmektedir. Kent iklimi ile ilgili çalışmalar; iklim değişikliği, hava kirliliği, iklimsel konfor, kentsel ısı adaları gibi konularda yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmaların ortak sonucu olarak ise yeşil alanların hatta bazen tek bir ağacın kent iklimi ve iklimsel konfor üzerinde etkili olduğudur. Bitki örtüsü, özellikle antropojenik faaliyetlerin neden olduğu iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurulduğunda, termal konfor ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri ile, yaşam kalitesinin artırılması için anahtar bir unsur olarak

kabul edilmektedir. Her ne kadar kötü planlamanın bir sonucu olarak kentleşmenin artmasıyla yok olsa da çeşitli kentsel yeşil alanlar birçok kentin kentsel peyzajının önemli bir parçası olmaya devam etmektedir.

Yeşil alanlar, biyoklimatik konfora ilişkin kentsel iklim iyileştirmelerine ek olarak birçok ekosistem hizmetleri de sağlar. Bunlar arasında kentsel ısı adası etkisinin soğutma yoluyla doğrudan azaltılması (Wang vd. 2018), evapotranspirasyon ve gölgeleme, hava kalitesinin iyileştirilmesi (partikül madde tutumu), sel ve taşkın kontrolü, rekreasyon ve kültürel hizmetlerin sağlanması, erozyon kontrolü, yeraltı sularının korunması, rüzgar perdelemesi, zihinsel ve fiziksel sağlık faydaları, yakıt ve gıda kaynağı oluşturması sayılabilir. Yeşil alanların ekosistem hizmetleri sağlama kapasitesi, kentteki alan genişliği, kompozisyonu, biyolojik çeşitliliği ve yönetimi ile güçlendirilebilmektedir.

Bitki örtüsünün yerini geçirimsiz yüzeylerin alması, enerji akışlarını da değiştirmekte ve yüzey sıcaklıklarının artmasına katkıda bulunarak kentsel ısı adası olgusuna neden olmaktadır (Oke 1997). Hava sıcaklığı yüzey sıcaklığı ile bağlantılı olduğundan (yüzeyden atmosfere akış yoluyla), arazi örtüsü modellerindeki değişiklikler yüzey sıcaklığını değiştirir ve KIA oluşumunu artırmaya veya azaltmaya katkıda bulunabilir. Hava ve yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki karmaşık olmakla birlikte, her iki sıcaklık arasındaki farklar bitki örtüsü oranı arttıkça azalmaktadır. Kentsel ortamların çeşitli özellikleri enerji parametrelerini değiştirmekte ve KIA oluşumunu etkileyebilmektedir (Grimm vd 2008). Örneğin geçirimsiz malzemelerin büyük ölçekli kullanımı yağış sularının hazla akmasına neden olarak buharlaşmayı azaltır ve uzun dalga emisyonları için daha fazla enerji kullanılabilir hale gelebilir.

KIA özellikleri ve bunun kentsel alanlardaki yeşil alanlarla ilişkisi dünya çapında pek çok kez araştırılmış ve araştırılmaya da devam etmektedir. Çalışmalar kentsel yeşil alanların kapsamı ve kalitesinin kentlerdeki iklim düzenlemeleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Örneğin Wong ve Yu (2005) Singapur'daki kentlerin yeşil alanlarının soğutma etkisini incelemiş ve daha büyük yeşil alanların sanayi alanları gibi diğer arazi kullanımlarına kıyasla daha düşük sıcaklıklar (4,01 ^{o}C'den daha az) sunduğunu bulmuştur. Benzer şekilde Sukopp (2008), Berlin'de parklar veya hayvanat bahçeleri gibi daha büyük yeşil alanların geceleri çevredeki alanlardan 4 ^{o}C daha serin olabileceğini göstermiştir.

Öte yandan kent ormanları, parklar, meydanlar, bahçeler ve diğer yeşil alanlar gibi kentsel peyzajı çeşitlendiren bitkisel yamalar, yoğun kentleşmiş alanlarda önemli bir ekolojik bileşendir. Yerel ölçekte kent ağaçları gölge sağlayarak, gelen güneş radyasyonunu azaltmakta, yüzey sıcaklığını düşürmekte ve evapotranspirasyon yoluyla havayı serinletmektedir (Akbari vd 2001).

Özellikle ılıman iklimlerde yaprak döken ağaçlar ısı kontrolünde oldukça önemlidirler. Yaz boyunca güneş radyasyonunu engelleyerek yüzey sıcaklıklarını azaltırken, yapraksız oldukları kış döneminde, daha fazla güneşlenme sağlayarak ısınmaya yardımcı olurlar. İğne yapraklı ağaçlara kıyasla yaklaşık %20 oranında daha yüksek albedoya sahip olan yapraklı ağaçlar, güneş radyasyonunu yansıtmada iğne yapraklı ağaçlara göre daha etkilidirler (Oke, 1987).

2.1.5. Yüzey Sıcaklıkları ve Kentsel Yeşil Alanlar Arasındaki İlişki

Geçirimsiz yüzey, su kütleleri ve bitki örtüsü gibi kentsel peyzajlar, KIA'yı etkileyen ana faktörler olarak kabul edilmektedir. Çok sayıda çalışma kentsel peyzajın YYS üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Genel olarak, geçirimsiz yüzeyler yüzeydeki hissedilebilir ısı akışını artırarak YYS'nin artmasına neden olmaktadır. Aksine, su kütleleri ve bitki örtüsü YYS'yi azaltabilir ve bunun ana nedenleri; yüksek ısı kapasitesi ve buharlaşarak soğuması ve ısı akısını arttırmasıdır. Bu nedenle, peyzaj alanlarının uygun bir şekilde tahsis edilmesi, KIA etkilerini azaltmak için etkili önlemlerden biri haline gelmiştir (An ve ark. 2022).

Çoğunlukla doğal alanlar, meralar, ormanlar ve yeşil alanlar gibi her türlü bitki örtüsünden oluşan kentsel yeşil alan, KIA etkilerini azaltmak için etkili bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bunun başlıca nedeni, yeşil alanların kara yüzeyinin nemini ve albedosunu etkileyerek YYS'yi azaltmasıdır. Yeşil alanların hem bileşiminin hem de kompozisyonunun YYS'yi etkileyebileceği vurgulanmaktadır (Ke ve ark. 2021). Genel olarak, yeşil alan miktarı arttıkça soğutma etkisinin de arttığı kabul edilmektedir. Bazı çalışmalar kentsel yeşil alanların mekânsal düzeninin YYS üzerindeki etkilerini araştırmış ve yeşil alan miktarının artırılmasının YYS'yi azaltabileceğini vurgulamıştır. Özellikle yeşil alanların yaz aylarında YYS ile önemli ölçüde negatif yönde bir sıcaklık etkisine sahip olduğu belirlenmiştir (An ve ark. 2022). Ayrıca, yeşil alanların kompozisyonu (örneğin, şekil ve bağlantı) YYS'yi de etkileyebilecek bir başka önemli faktör olarak vurgulanmaktadır.

Kentsel alanlarda sıcaklık değişimlerini belirleyen birçok faktör bulunmaktadır; artan asfalt ve beton yüzey alanları nedeniyle albedo değişiklikleri, transpirasyonun artması, kentsel altyapılar nedeniyle antropojenik kentsel ısı yayılımının artışı vb. Arazi örtüsü/arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle termal deseni değiştirerek yüzey sıcaklıklarını etkiler. Birçok çalışma, normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve geçirimsiz yüzeylerin ısı adasına etkisini araştırmaktadır.

Geçirimsiz yüzeyler, kentsel alanlardaki arazi yüzeyinin baskın karakterini oluşturur ve yüzey sıcaklıklarını önemli ölçüde etkiler. Kentsel alanlardaki geçirimsiz yüzeylerin, arazi yüzey sıcaklığı ile pozitif yönde bir ilişkisi olduğu bilinmektedir. NDVI, bu çalışmalarda kentsel iklimi analiz etmek ve yüzey sıcaklıklarına etkisini belirlemek ve kentsel ısı adası ile yeşil alanların etkisini incelemek için ana gösterge olarak kullanılmaktadır. Bitki örtüsü, buharlaşma ve yansıtma yoluyla YYS üzerinde kritik bir etkiye sahiptir, bu da daha yüksek NDVI değerine sahip bir bölgenin daha düşük YYS'ye sahip olduğu bir ilişki ortaya koymaktadır. Çalışmalar YYS ve NDVI değerlerinin negatif bir ilişkiye sahip olduğunu ve mevsimsel olarak bu ilişkinin değişebileceğini göstermiştir.

Yüzey özelliklerinin sıcaklık üzerindeki etkisi, her arazi örtü türü ile YYS arasındaki ilişki ile belirlenebilir. Kent alanlarındaki parklar gibi yeşil alanlar, nispeten düşük yüzey sıcaklıkları nedeniyle ısı adası etkisini hafifletir Binalar ve sokaklar, fiziksel özellikleri nedeniyle nispeten yüksek sıcaklıkları gösterir. Binaların yüksekliği, yüzeyin güneş enerjisi akışını, gölgeyi, radyasyon soğutmayı ve hava dolaşımını etkiler; bu nedenle yapılaşmış bir bölgenin sıcaklığı yüksektir Dar sokaklar, güneş radyasyonunu tıkayarak sıcaklığı artırır. Sokaklar, yönlerine göre farklı hava sıcaklıklarına sahiptirler, çünkü gölgelendirme etkileri çeşitlidir

2.2. Kaynak Taramaları

2.2.1. Yeşil Alanların Sıcaklıklar Üzerine Etkileri

Isı emilimi, depolanması ve akışları açısından, bir kentin arazi örtüsü, kentsel peyzaj (binalar ve çıplak zemin) ve doğal peyzaj (ormanlar, otlaklar, su kütleleri, sulak alanlar) olmak üzere iki başlıkta ele alınabilir. Doğal peyzaj, kentlerin yerel sıcaklığı üzerinde önemli bir soğutma etkisi oluşturmaktadır (Zhou ve ark., 2020). Bu nedenle, kentsel yeşil alanlar kentleri soğutmak için uygun maliyetli ve sürdürülebilir doğa temelli bir azaltma stratejisi olarak savunulmaktadır. Birçok çalışma, ağırlaşan termal zorlukların zararlı etkilerini hafifletmek için çözümler bulmaya çalışmıştır. Kentsel yeşil alanlar tarafından üretilen serin ada etkisinin, çevredeki yerleşim alanlarına yayılan soğutma hizmeti ile, yerel mikro iklimin iyileştirilmesinde ve insan konforunun artırılmasında önemli bir rol oynadığı kanıtlanmıştır. Bu kapsamda yapılan ulusal ve uluslararası bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

McPherson (1998), ABD'de gerçekleştirdiği bir çalışmada 6 milyon ağacın 304.000 ton atmosferik karbondioksiti tüketerek, sera gazı etkisini azalttığını ortaya koymuştur. Shashua-Bar ve Hoffman (2000) Mexico City'de yürüttükleri çalışmada 500 ha büyüklüğündeki Chapultepec Parkı'nın 2 km çevresindeki hava sıcaklığını etkilediğini belirlemiştir. İsveç-Gothenburg'da yapısal alanlarda gündüz ve gece, farklı iklim koşullarında, geceleri yapısal alanların daha sıcak olduğu; bu sıcaklık farkının yoğun kentsel alanlarda bulutsuz gecelerde 8 ºC'ye kadar çıkabildiği görülmüştür. Bulutlu günlerde yerleşim alanları 2,5 ºC daha sıcaktır. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere hava sıcaklığı yapılaşmış alanlarda günlük ve farklı hava koşullarında değişiklik göstermektedir (Yüksel, 2008).

Saito, Kumamoto (Japonya) kentinde yaz aylarında yeşil alanların termal etkilerini belirlemek için kent içinde ve kent çeperlerinde yaptığı çalışmasında yapısal yoğunluğu yüksek alanların daha yüksek sıcaklığa sahip bölgeler olduğunu, yeşil alan miktarı arttıkça hava sıcaklığının da düştüğünü tespit etmiştir. 60m-40m boyutlarındaki küçük bir yeşil alan dahi belirgin bir soğutma etkisi göstermektedir. Yeşil alan ve çevresi arasındaki maksimum sıcaklık farkı 3,8 ºC olabilmektedir (Yüksel, 2008). Frankfurt kentinden yapılan bir araştırmada ise; kent çevresinde yer alan küçük ölçekli bitkisel alanların, hava sıcaklığını 3,5 ºC'ye kadar azalttığı saptanmıştır (Barış, 2005). Göteborg'da (İsveç) ve Tokyo'da (Japonya) yapılan araştırmalarda parkların 6 ºC daha düşük sıcaklıkta olduğu belirtilirken, Kuala Lumpur'da (Malezya) bu fark 4-5 ºC olarak saptanmıştır (Spronken ve Oke, 1998).

Manchester'da 1961-1990 yıllarını baz alarak yapılan farklı iklim değişikliği senaryolarına göre modelleme çalışmasında kent merkezi ve yüksek yoğunluklu konut alanlarında yeşil alanlardaki %10'luk azalışın 2080 yılında yüzey sıcaklıklarında 7 ºC ile 8.2 ºC artışa neden olabileceği ortaya konmuştur. Bu artışın, yeşil alanların aynı oranda kalması durumunda 3.3 ºC ile 3.9 ºC arasında tahmin edilmektedir (Derman, 2016).

Topay ve Yılmaz (2004), Muğla İli'nin, iklim verilerine göre, biyoklimatik konfor açısından en uygun alanların tespitinde uzaktan algılama olanaklarını ele almışlardır. Bu kapsamda Muğla İli'ne ait iklim verileri temin edilerek iklimsel değişiklikler CBS ortamında değerlendirilmiş, iklim haritaları elde edilmiş tir. Buna göre biyoklimatik

konfor açısından konforlu alanlarda optimum sıcaklığın 15-27 ºC, bağıl nemin % 30-70, rüzgar hızının ise 0-6 m/s aralığında olması gerektiği ve ilin büyük bir kısmının bu iklimsel değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Yüksel (2005), Ankara'da yürüttüğü tez çalışmasında, bölge ölçeğinde 1985 yılından 2005 yılına kadar yapılaşmış alanların artması sonucu oluşan alan kullanımlarındaki ve arazi örtüsündeki değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı açısından farklılıklar ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimini tespit etmiştir. Ayrıca bu tespitlere bağlı olarak seçilen farklı arazi örtüsüne ve farklı yüzey sıcaklığına sahip 3 alanda (Migros, Bahçelievler ve Anıtkabir) sıcaklık ve nem değişkenleri açısından sabit meteorolojik ölçüm aletleri ile ölçümler yaparak yapı yoğunluğu, yeşil alanlar ve meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkiler ortaya koymuştur. Araştırma sonucunda Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin görüldüğü tespit edilmiştir. Tamamen yapısal alan olarak tanımlanan Migros, hem yapısal hem bitki örtüsüne sahip Bahçelievler ve tamamen bitki örtüsüne sahip olan Anıtkabir'den daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Migros ve Bahçelievler istasyonları arasındaki en büyük farkın 15,09 ºC, Migros -Anıtkabir istasyonları arasındaki farkın 15,5 ºC, Bahçelievler- Anıtkabir istasyonları arasındaki farkın ise 8,03 ºC olduğu görülmüştür.

Potchter ve arkadaşları (2006), çalışmalarında kent parklarının farklı tasarımlarının sıcak ve nemli yaz koşullarındaki iklim davranışlarını ve bunların Tel Aviv, İsrail'deki insan konforuna etkilerini incelemektedir. Araştırma üç farklı tipte kentsel parkta gerçekleştirilmiştir: çim ve kısa ağaçların olduğu bir park, orta büyüklükte ağaçların bulunduğu bir park ve yüksek ve geniş taç yapan ağaçların bulunduğu bir park. Sonuçlar, geniş taç yapan yüksek ağaçlar içeren bir kent parkının gündüz maksimum serinletme etkisine sahip olduğunu, sıcaklıkları 3,5 °C'ye kadar düşürdüğünü ve bağıl nem değerlerinin artmasına rağmen ısı stresi değerlerini düşürdüğünü göstermiştir. Yoğun, orta büyüklükte ağaçlar içeren bir kent parkının da gündüz sıcaklıkları 2,5 °C'ye kadar düşürebildiği, ayrıca biraz daha düşük ısı stresiyle azaltabildiği tespit edilmiştir.

Manavoğlu (2013), çalışmasında Antalya kenti içerisindeki açık ve yeşil alanları çok ölçütlü analizler yardımıyla incelemiştir. Bunun için Antalya kentindeki aktif yeşil alanları hesaplamış ve bu değeri yaklaşık 4,2 m^2 olarak bulmuştur. Kent genelinde aktif yeşil alanların düzenli bir dağılım göstermediği fakat aktif yeşil alan varlığının yıllara göre artış gösterdiğini belirlemiştir. Kent için geliştirilecek yeşil alan sisteminin yeşil alanlar ve bunların bağlantısını sağlayan yapay ve doğal peyzaj koridorlarıyla sağlanmasının kent mikro klimasına faydalar sağlayacağı, kentin sahip olduğu fiziksel, doğal ve ekolojik özelliklerin buna uygun olduğu çalışmada tespit edilmiştir.

Gioia ve arkadaşları Arjantin'in kuzeybatı kesiminde yer alan üç farklı kentsel alanda gerçekleştirdikleri çalışmada bitkisel kompozisyon, yeşil alan büyüklüğü ve yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçlamışlardır. Seçilen 38 farklı büyüklükte yeşil alan ve subtropik ormanda yürütülen çalışmada biti örtüsü analizi (NDVI) ve yüzey sıcaklığı (LST) verileri kullanılarak, yama büyüklüğünün yüzey sıcaklığını azaltmada doğrudan etkisinin olduğu saptanmıştır. Yerel ölçekte, kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsü ile kentleşme derecesi arasındaki yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkinin analizi, daha fazla bitki örtüsüne sahip yeşil alanların yüzey sıcaklığını azaltma eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Semiz (2016), yeşil altyapı sistemleri ve kent sürdürülebilirliğini ele almıştır. Türkiye'de yürütülen yeşil altyapı çalışmalarından Antalya Yeşil Hub projesini incelediği çalışmasında, uygulanan yeşil altyapı sistemleriyle kentlerin çevresel problemlerinin ekolojik ve ekonomik olarak çözüm bulabileceğinin yanı sıra, kentsel kalitenin yükselmesi ve buna bağlı olarak yaşam kalitesinin olumlu yönde etkilenmesi sonuçlarına değinmiştir.

Tozam (2016), kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında ülkemizde kullanılan çeşitli çatı malzemelerinin karşılaştırmasını yaparak, yeşil çatı uygulamalarının etkinliğine değinmiştir. Yeşil çatıların bitki örtüsü ile çatı yüzeyinin aşırı sıcak olmasını engelleyerek yaz aylarında iklimlendirme cihazlarının kullanımını azaltarak kentsel ısı adası etkisi oluşumunu önlemeye yardımcı olduğunu tespit etmiştir.

Alkan ve arkadaşlarının (2017) Batman Kenti'nde gerçekleştirdiği çalışmada yeşil alanların sıcaklık üzerine etkileri araştırılmıştır. Batman yerleşim alanı için yapılan analizde bitki örtüsünün en az olduğu yerler ile en yoğun olduğu yerler arasındaki sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Buna göre yeşil alanların fazla olduğu yerlerde yüzey sıcaklık değerlerinin daha az olduğu, yapılaşmanın daha çok olduğu yerlerde ise, yüzey sıcaklıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Xu ve arkadaşları (2017) Çin'in başkenti Pekin'de parklarda bulunan peyzaj elemanlarının yüzey sıcaklıklarına etkisini Landsat ve Quickbird verileri ile ele almıştır. Çalışmada parklarda bulunan bitki kompozisyonunun yanı sıra su yüzeyleri, çim alanlar gibi diğer peyazj unsurlarının da parkın büyüklüğüne bakılmaksızın yüzey sıcaklığını azaltmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Alpaslan (2019), Antalya kenti özelinde enerji etkin planlama yöntemlerine değindiği çalışmasında, kent ölçeğinde yıl boyunca iklimsel ölçümler gerçekleştirerek yüzey ısı adası ve kentsel ısı adası etkisini saptamıştır. Buna göre iç kesimlerde yer alan yeşil alanların ve su yüzeylerinin etkisiyle ısı adası etkisinin 6-9 ^{o}C arasında hafiflediği; kent merkezi ve kırsal ve yarı kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkının 2.60-3.80 ^{o}C olduğu; kent merkezindeki yeşil alanlarda bitki örtüsü yoğunluğunun 0.4 – 0.6 arasında olduğu sonuçlarına varılmıştır.

2.2.2. Yüzey Sıcaklıkları Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Yüzey sıcaklık analizinin belirlenmesinde uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Genellikle MODIS ve ASTER uydu görüntüleri kullanılırken, bazı çalışmalarda (Zhang et al. 2013) alan kullanım tipine bağlı olarak yüzey sıcaklığında meydana gelen değişimleri LANDSAT uydu görüntüsü kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Landsat ve Modis uydu görüntülerinden faydalanılarak son yıllarda kentsel ısı adası (KIA) kentsel alanlardaki uzamsal dağılımı ve değişimi analiz edilmektedir. Uydu görüntülerinin termal bantlarından çeşitli dönüşümler ile elde edilen 'Yüzey Sıcaklığı' haritasının, yüzey bitki örtüsü ve yüzey geçirmezlik indeksi olan Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) ve Normalize Fark Geçirgenlik İndeksi (NDSI) ile ve güneşlenme oranı ile ilişkileri incelenerek korelasyon analiziyle ilişkisi saptanabilmektedir.

Kentsel mekanlarda termal konfor değerlerinin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda termal bant, termal kamera, taşınabilir yer verileri (iklim istasyonları)

ölçümü ve meteoroloji istasyonu verileri kullanılmaktadır. Kentsel planlamalarda altlık veri olarak kullanılabilecek bu mikroiklim verileri, doğru yeşil alan plan kararlarının alınması, daha az enerji tüketimi ve benzeri birçok faktörde etkili olmaktadır. Bu açıdan tez kapsamında çalışmanın da yönteminin belirlenmesinde yararlanılan ulusal ve uluslararası bazı kaynaklar özetlenmiştir.

Xu ve Chen (2004), uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak Çin'in Xiamen kentinde KIA üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yüzey radyan sıcaklıklarını belirlemek için uydu termal kızılötesi görüntüleri kullanılmıştır. 11 yıllık dönem boyunca KIA değişikliklerini gözlemlemek için 1989 ve 2000 yıllarına ait iki Landsat TM ETM+ görüntüleriyle çalışılmıştır. Termal kızılötesi bantlar çeşitli görüntü iyileştirme teknolojileriyle işlenerek Xiamen'in kentsel ısı adasının sırasıyla 1989 ve 2000 yıllarına ait iki adet 3 boyutlu perspektif görüntüsü oluşturulmuş ve KIA'nın ısı özellikleri ve mekansal dağılım özellikleri ortaya çıkarılmıştır. 1989 ve 2000 yılları arasında KIA'nın değişimini bulmak için iki termal görüntü önce normalize edilmiş ve ardından ilgili pikseller çıkarılarak bir fark görüntüsü oluşturmak için üst üste bindirilmiştir. Fark görüntüsü, 11 yıl içinde kentsel ısı adasında belirgin bir gelişme olduğunu göstermiştir. Bu değişiklik büyük ölçüde kentsel genişlemeden ve bunun sonucunda hissedilebilir ısı akısının geçici ısı akısına oranında meydana gelen değişiklikten kaynaklanmıştır. KIA'nı niceliksel olarak karşılaştırmak için, kentsel alan içindeki KIA'nın yoğunluğunu ortaya koyabilen Kentsel-Isı Adası Oranı Endeksi (URI) adı verilen bir endeks oluşturulmuştur.

Liu ve ark. (2016) Çin'in Nanjing kentinde Landsat-5 Thematic Mapper'ın termal kızılötesi bandından elde edilen kentsel ısı üzerinde arazi örtüsü türlerinin etkisini ortaya koymayı amaçladığı çalışmasında, yüksek sıcaklığa sahip alanların çoğunlukla Nanjing'in kentsel bölgesinde yer aldığını, düşük sıcaklığa sahip alanın ise orman ve su kütlesi alanlarında bulunduğunu tespit etmiştir. Arazi örtüsü sınıflandırması ve yüzey sıcaklıklarının tespit edildiği çalışmada, geometrik olarak, kent merkezinin en yüksek sıcaklığa sahip olduğu ve arazi yüzey sıcaklığının kent merkezinden uzaklaştıkça kademeli olarak azaldığı görülmüştür. Sanayi arazilerinin arazi yüzeyi sıcaklığı en yüksek iken, nehirler bölgedeki en düşük sıcaklığı (24,3 °C) ortaya koymuştur. Arazi örtüsü yamalarının büyüklüğü ve sayısı, ısı katkısı ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Yi ve ark. (2007) Tainan Metropolis Bölgesi'nde hem kentsel ısı adası etkisinin şiddetini hem de yeşil alanların soğutma etkilerini makro düzeyde araştırmak için gezici sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Kentsel sıcaklık dağılımı, gezici ölçümlerden elde edilen verilere dayanılarak haritalandırılmıştır. Öte yandan, FORMOSAT-2 uydusunun çalışma alanındaki algısı, uzaktan algılama teknolojisi ile araştırma alanının bitki indeksi olan Normalize Farklı Bitki Örtüsü İndeksini (NDVI) hesaplamak için kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Tainan metropol bölgesinde kentsel yeşillendirme ve termal çevre arasındaki ilişkiyi araştırmak ve kentin yeşillendirilmesinin kentsel sıcaklıkları düşürmek ve ısı adası etkisini azaltmak için getirdiği etkinliği tartışmaktır. Yer ölçümlerinden elde edilen hava sıcaklığı verileri ve ASTER TIR görüntülerinden hesaplanan yüzey sıcaklığı verileri ile karşılaştırıldığında, yüksek NDVI alanı genellikle daha düşük hava sıcaklığına ve daha düşük yüzey sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür. Bu da kentsel bitkilendirmenin KIA'ların azaltılmasında önemli bir rol oynadığı anlamına gelmektedir.

Jung ve ark. (2005) Macaristan'da farklı bitki türleri arasındaki farklılığı belirlemede kısa dalga boylu ışığın önemli olduğunu belirlediği çalışmasında, görünür dalga boyu ve yakın kızılötesini içeren 79 bantlı dijital hava fotoğrafı kullanmıştır. Görüntülerin işlenmesi için uygun dalga bantlarının örneklenmesi amacıyla ENVI 3.6 kullanılmıştır. Sonuçlar, kentsel ve banliyö alanları için değerleri tahmin edebilen bir evapotranspirasyon (ET) modeline girdi olarak değerlendirilmiştir. ET modelinin başarısından bitki örtüsünün ve diğer yüzeylerin insan konforu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Buna göre yapay yüzeylerin özellikle yaz aylarında (vejetasyon dönemi) kent iklimini büyük ölçüde etkilediği, bu etkinin bitki örtüsünün büyümesini de belirleyen kentsel ısı adalarının oluşmasında önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir.

Li ve ark. (2013) kentsel yeşil alanların haritalanmasında kullanılan görüntülerin mekânsal çözünürlüğünün YYS ile yeşil alanların mekânsal örüntüsü arasındaki ilişkiyi etkileyip etkilemediği Çin'in Pekin kenti örnek alınarak incelemiştir. Yeşil alanın mekânsal deseni QuickBird, SPOT ve TM görüntülerine dayalı olarak üç mekânsal çözünürlükte (2,44 m, 10 m ve 30 m) yedi peyzaj metriği ile ölçülmüştür. YYS, Landsat TM görüntülerinin termal bandından elde edilmiştir. YYS ile yeşil alanın mekansal deseni arasındaki ilişki, analitik birim olarak Pearson korelasyon ve kısmi Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar, yeşil alan peyzaj metriklerinin mekânsal çözünürlüğe göre değiştiğini göstermiştir. Daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip görüntüler yeşil alanın mekânsal örüntüsünü daha doğru bir şekilde ölçebilmektedir. YYS ile yeşil alan sayısı arasındaki ilişki sürekli olarak negatifken, YYS ile yeşil alanın mekansal konfigürasyonu arasındaki ilişki mekansal çözünürlüğe göre değişmiştir. Bu çalışma, mekânsal örüntünün, özellikle de yeşil alanların mekânsal yapılandırmasının YYS üzerindeki etkilerine ilişkileri bilimsel açıdan ortaya koymuştur.

Lin ve Tin (2016) Çin'in Taipei kentinde yaptıkları çalışma, parkların soğutma etkileri üzerine yapılan önceki araştırmalara dayanmakta ve kentsel parkların mekânsal düzenlemesinin yerel sıcaklık düşüşü üzerindeki etkisini karakterize etmek için bir ENVI-met modeli kullanmaktadır. Sonuçlar, parkların farklı mekânsal düzenlemelerinin dış mekân soğutma etkilerinde önemli farklılıklar sergilediğini göstermiştir. Daha büyük bir toplam park alanı, daha fazla sayıda park, en büyük parkın daha büyük bir alanı, daha eşit dağılmış park alanları ve daha fazla park çeşitliliği daha dramatik dış mekan soğutma etkilerine yol açmıştır.

Susca ve ark. (2011) New York kentinde, bitki örtüsünün olumlu etkilerini çok ölçekli bir yaklaşımla kentsel ve bina ölçeğinde değerlendirmeye çalışmıştır. New York'un dört bölgesinde kentsel ısı adasını izleyerek, bitki örtüsünün insan yapımı yapı malzemeleriyle ikame edilmesine atfedilebilecek şekilde, en çok ve en az bitki örtüsüne sahip alanlar arasında ortalama 2 °C'lik bir sıcaklık farkı bulmuşlardır. Mikro ölçekte, bir klimatolojik model kullanarak yüzey albedosunun iklim üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ardından, iklim üzerindeki etkinin göstergesi olarak CO_2 eşdeğerlerini kullanarak, yüzey albedosunu ve siyah, beyaz ve yeşil bir çatının yapım, değiştirme ve kullanım aşamaları karşılaştırılmıştır. Analizler sonucunda hem beyaz hem de yeşil çatıların siyah olanlara göre daha az etkili olduğunu; termal direncin, bitkilerin biyolojik aktivitesinin ve yüzey albedosunun önemli bir rol oynadığını tespit etmiştir.

Van de Griend ve ark. (1993) Botswana kentinde bir dizi doğal yüzey için hem termal emisyonun (8-14 / mu; m) hem de NDVI uzamsal değişimi ölçülmüştür. Termal

emisyonun NDVI ile yüksek derecede korelasyon olduğu bulunmuştur. Bu ampirik ilişki, termal kızılötesi uzaktan algılama kullanan enerji dengesi çalışmaları için potansiyel kullanımdır. İlişki, çeşitli mekansal ölçeklerin uzamsal değişkenliğini göstermek ve karşılaştırmak için AVHRR (GAC), AVHRR (LAC) ve Landsat ™ verileri ile kombinasyon halinde kullanılmıştır.

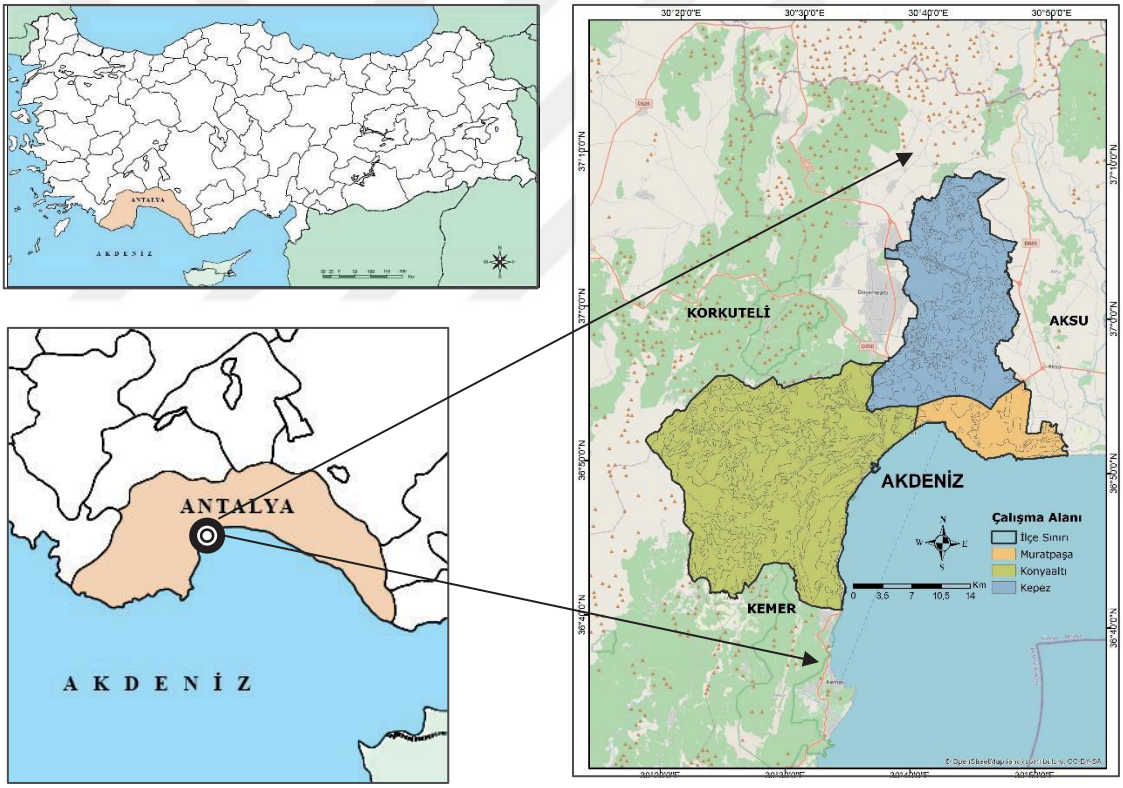
Şimşek ve Şengezer (2012), İstanbul metropoliten alanında kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların etkisini incelemiştir. Çalışmada İstanbul kentinde bulunan yeşil alan/bitki örtüsünün sıcaklık üzerindeki etkisi ASTER ve TM verileri kullanılarak uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmiş ve YYS ve normalize edilmiş bitki indeksi farkı (NDVI) değerleri saptanmıştır. Sıcaklık bağımlı değişken, bitki örtüsü bağımsız değişken olmak üzere regresyon analizi yapılmış, karar ağacı modeli oluşturulmuştur. Buna göre İstanbul yerleşim alanında bitki örtüsünün en az olduğu küme ile en yoğun olduğu kümenin beklenen sıcaklık değeri arasındaki farkın 4.24 °C olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Antalya kenti, Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz kıyısında yer almaktadır ve kentsel alan büyüklüğü 138.000 hektardır. 1994 yılında Büyükşehir statüsüne geçen Antalya kenti, 2014 yılında yürürlüğe giren 6360 sayılı Büyükşehir Yasası nedeniyle Konyaaltı, Muratpaşa, Kepez, Döşemealtı ve Aksu olmak üzere 5 merkez ilçe belediyesine ayrılmıştır. Çalışma alanı, kent sınırları içerisinde yer alan Konyaaltı, Muratpaşa ve Kepez ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 3.1). İl nüfusu 2022 yılında 2.688,004 olup, bu üç merkez ilçenin nüfusu yaklaşık 1.339,763 tür (TÜİK 2022).

Antalya kenti iskan alanı, kuzeyde Döşemealtı yarı kırsal alanı, batıda Beydağları Sahil Milli parkı ve tarımsal alanlarla birlikte kıyıda ticaret ve konut alanları, güneyde yoğun konut ve ticaret alanları ve doğuda yine konut ve ticaret alanlarıyla birlikte tarımsal alanlar ile sınırlanmıştır. Kentsel alan, doğu-batı yönünde ilerlemiş, korunan alan ve tarımsal sınırlar nedeniyle kuzeye doğru yönelmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanlarının bulunduğu ilçeler

3.1.1. Araştırma ana materyali

Çalışmanın ana materyalini Antalya anakent sınırları içerisindeki 3 merkez ilçenin (Konyaaltı, Kepez, Muratpaşa) kentsel yerleşim dokusu içerisinde yer alan farklı büyüklük ve bitki örtüsüne sahip yeşil alanlar oluşturmaktadır. Ana kent dokusu dışındaki Döşemealtı ve Aksu ilçeleri kırsal ve tarımsal niteliğinin devam etmesi ve diğer merkez ilçelerle eşdeğer yapılaşma dokusu göstermemesi nedeniyle çalışma alanlarına dahil

edilmemiştir. Bu yerleşimler aynı zamanda sanayi kuruluşlarına yakın olması ve tarımsal faaliyetlerin devam ettiği, kırsal geçiş alanları ile yapılanmıştır. Kırsal ve kentsel alanlardaki iklimsel farklılıkların değerlendirilmesi çalışma kapsamı dışında olması, büyük yamaların mevcut yeşil alanların iklimsel özellikler üzerindeki etkiyi ölçmede sonucu etkileyecek olması ve bu alanların yapısal özelliklerinin kent merkezinden farklı olmasından dolayı çalışma kapsamında değerlendirilecek yeşil alanların iklimsel etkilerinin belirlenmesinde farklı sonuçlar vermesine neden olabilecektir. Dolayısıyla seçilen üç merkez ilçe konum, iklim ve büyüme dinamikleri gibi benzer özellikler taşıması nedeniyle karşılaştırmayı desteklemektedir. Buna ek olarak ana kent dokusu içinde olup dağınık, bağlantısız ve seyrek kentsel yerleşim dokusuna sahip olan mahallerde bulunan yeşil alanlar da çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Çalışmanın birincil amacı doğrultusunda yeşil alanların alansal büyüklüğünün ve biyofiziksel özelliklerinin kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkilerini mikro ölçekte görmek amacıyla, belirlenen ilçeler ve mahallerde uydu görüntülerinin çözünürlüğü de göz önünde bulundurularak; 10 dekardan küçük, 10-20 dekar aralığında ve 20-30 dekar aralığında alana sahip yeşil alanların her birinden 3'er adet örnek alan belirlenmiştir (Şekil 3.2). Buna ek olarak kentsel alan içinde yer alan 4 çok büyük yeşil alan yaması da çalışma kapsamında değerlendirilmiştir (Şekil 3.3). Bu alanların belirlenmesinde materyal olarak kullanılan ilgili belediyelerden alınan yeşil alan listeleri, imar plan ve raporları ile arazi gözlem notları kullanılmıştır. Örnek yeşil alan seçiminde mikro iklime etki eden faktörler dikkate alınarak, konum bakımından benzer özellik taşıyan alanlar seçilmiştir. Bu nedenle araştırma alanları belirlenirken aşağıdaki kıstaslar dikkate alınmıştır.

i. Sıcaklık etkisi oluşturacak belirli bir büyüklüğe sahip olması,

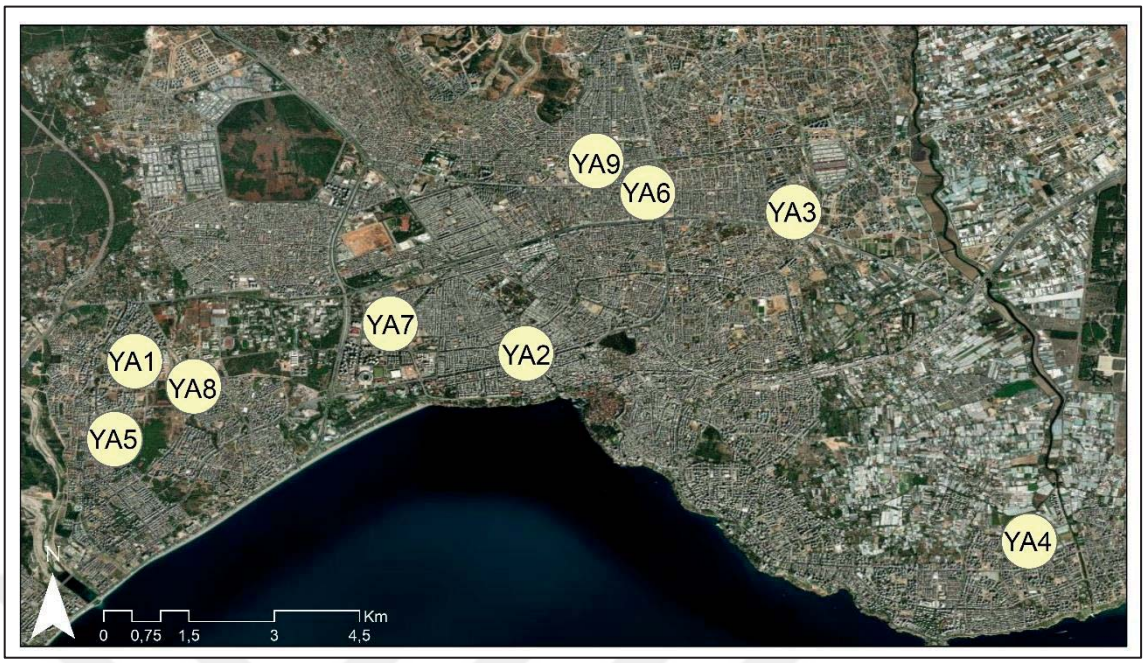
ii. Deniz kıyısında olmaması,

iii. Büyük yeşil alan yamalarından eşit uzaklıkta olması,

iv. Etrafında benzer kentsel doku ve yapılaşma koşullarının bulunması,

v. Parkta bulunan geçirimsiz yüzeylerin %25'i geçmemesi,

vi. En az %50 bitki örtüsüne sahip olması



Şekil 3.2. Çalışma alanları

Şekil 3.3. Diğer yeşil alanlar

3.1.2. Araştırma yardımcı materyalleri

Araştırmada yardımcı materyal olarak; uydu görüntüleri (Sentinel 2A ve Landsat 8 OLI/TIRS), Antalya Büyükşehir Belediyesi, Harita Genel Komutanlığı vb. kurumlardan elde edilen halihazır haritalar, ilgili belediyelerden alınan yeşil alan listeleri, imar plan ve raporları, diğer grafik ve grafik olmayan belgeler, sayısal haritalar, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Antalya iklim verileri, mobil sıcaklık ve nem ölçüm cihazları, bitki örtüsü

analizi (NDVI), yüzey sıcaklığı analizi ve verilerin işlenmesi için ArcMap 10.5 (ESRI) yazılımı, mobil ölçümlerin işlenmesi ve istatistiksel analizlerde SPSS (IBM 2020) yazılımları kullanılmıştır.

Buna ek olarak araştırmanın her aşamasına ilişkin yapılan çalışmalar, yeşil altyapı, sürdürülebilirlik, kent ekolojisi, kentsel ısı adası, yüzey sıcaklıkları, yeşil alanların ekolojik etkileri, iklimsel konfor vb. konularda yayınlamış kitap, makale ve tez gibi ulusal ve uluslararası bilimsel yazılı kaynaklar yine yardımcı materyali oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm materyaller aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Hareketli (mobil) ölçüm cihazları

Hareketli sıcaklık ölçüm cihazları yeşil alanlardaki bitki kapalılığının, alan büyüklüğünün ve yüzey örtüsünün, etki alanı olarak belirlenen çevresindeki alanlarda yarattığı sıcaklık değişiminin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu amaçla belirlenen 9 kentsel yeşil alanların içinde ve etki alanlarında mobil sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler için Extech 45160- portatif anemometre (Rüzgar Hızı, Sıcaklık ve Nem Ölçüm Cihazı) kullanılmıştır.

Uydu Görüntüleri

Tez çalışması kapsamında farklı büyüklüğe sahip yeşil alanların iklim değişkenleri ve vejetasyon yoğunluğu değişkenleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla bitki örtüsü yoğunluğu indisi (NDVI) ve çalışma alanı yüzey örtüsünün tespiti yapılmak üzere 16.08.2021 tarihli ve 10x10 m yersel çözünürlüğe sahip Sentinel-2A görüntüsü kullanılmıştır. Bitki örtüsü kompozisyonunun belirlenmesinde arazi gözlemleri ve güncel Google Earth görüntüleri de kullanılarak uydu görüntülerinin doğruluğu desteklenmiştir. Yüzey sıcaklığı analizi için 12.07.2023 tarihli Landsat-8 OLI/TIRS, 25.07.2022 tarihli Landsat-8 OLI/TIRS, 23.07.2021 tarihli Landsat-8 OLI/TIRS ve 04.08.2020 tarihli Landsat-8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüsünün seçiminde, çalışmanın amacı doğrultusunda yüzey sıcaklık verisini barındıran termal banda sahip Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsü tercih edilmiştir.

Uydu görüntülerinin seçiminde, çalışmanın amaçlarından biri olan yeşil alanların serinletme etkilerinin tespit edilebilmesi için yıllık meteoroloji verilerine dayanarak uydu görüntüsünün ait olduğu yılın en sıcak olduğu gün tercih edilmiştir. Zamansal seri uydu görüntülerinin kullanıldığı çalışmada son dört yılda (2020-2023) çekilmiş ve bulutluluk oranının %10'u geçmediği günlere ait görüntüler olmasına dikkat edilmiştir. Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri 8 renkli bant ve 2 termal ve 1 pankromatik bant içermektedir (USGS 2023). Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin radyometrik çözünürlüğü 12 bit'tir. Landsat uyduları 705m yükseklikten görüntü almaktadır ve zamansal çözünürlükleri 16 gündür. Landsat uydularının yörüngeleri güneş eşzamanlıdır. Bu sayede, uydular dünyada görüntülediği her bölgeyi aynı yerel saatte görüntüler. Bu görüntüler öğlen ısı etkisinin en etkili olduğu öğlen 13.30 saatlerinde alınmıştır. Yüzey örtüsü (CORINE) ve uydu görüntüleri Avrupa Yer İzleme Servisi (Copernicus) ve USGS'nin resmi veri tabanından ücretsiz erişimle temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Sentinel-2A uydu görüntülerinin teknik özellikleri

Sentinel-2 Bantlar	Dalga Boyu Aralığı (µm)	Mekansal Çözünürlük(m)
Bant 1 (kıyı aerosolü)	0.443	60
Bant 2 (mavi)	0.490	10
Bant 3 (yeşil)	0.560	10
Bant 4 (kırmızı)	0.665	10
Bant 5 (vejetasyon kırmızı kenar)	0.705	20
Bant 6 (vejetasyon kırmızı kenar)	0.740	20
Bant 7 (vejetasyon kırmızı kenar)	0.783	20
Bant 8 (yakın infrared)	0.842	10
Bant 8A (vejetasyon kırmızı kenar)	0.865	20
Bant 9 su buharı)	0.945	60
Bant 10 (SWIR-Cirrus)	1.375	60
Bant 11 (SWIR)	1.610	20
Bant 12 (SWIR)	2.190	20

Çizelge 3.2. Landsat 8OLI/TIRS uydu görüntülerinin teknik özellikleri

Landsat 8 OLI/TIRS	Dalga Boyu Aralığı (µm)	Mekansal Çözünürlük(m)
Bant 1 (kıyı aerosolü)	0.43-0.45	30
Bant 2 (mavi))	0.45-0.51	30
Bant 3 (yeşil)	0.53-0.59	30
Bant 4 (kırmızı)	0.64-0.67	30
Bant 5 (yakın-infrared)	0.85-0.88	30
Bant 6 (SWIR)	1.57-1.65	30
Bant 7 (SWIR 2)	2.11-2.29	30
Bant 8 (pankromatik)	0.50-0.68	15
Bant 9 (sirrus)	1.36-1.38	30
Bant 10 (TIRS 1)	10.6-11.19	100 (30) *
Bant 11 (TIRS 2)	11.5-12.51	100 (30) *

*Termal bantlar 100m mekânsal çözünürlükte elde edilmekte ancak 30 m'ye yeniden örnekleme yapılarak dağıtılmaktadır.

3.2. Metot

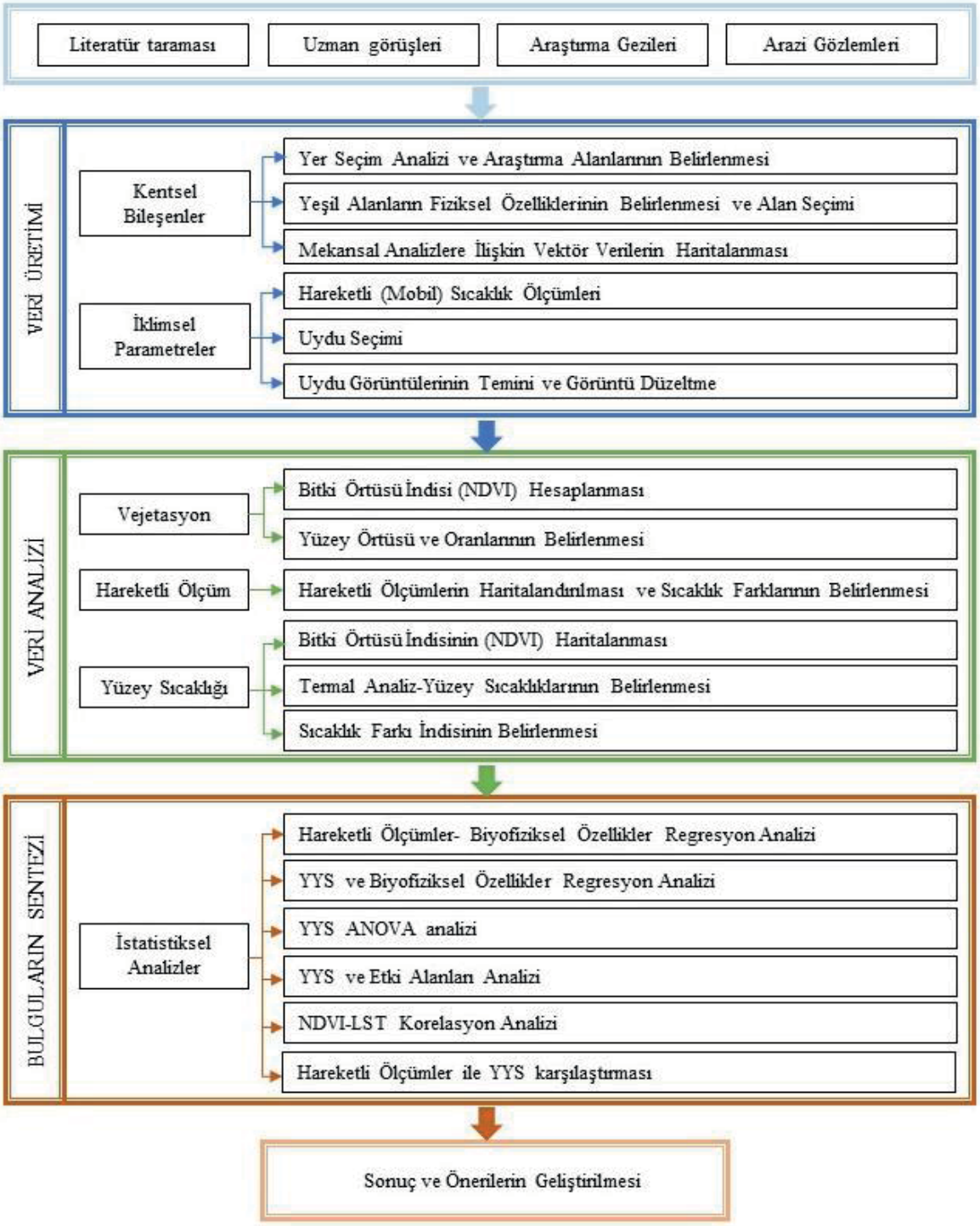
Deneysel yöntemlere dayalı bu araştırmada, farklı bitki örtüsü ve yüzey örtüsü ile farklı büyüklükteki yeşil alanların kentsel sıcaklıklar üzerindeki etkileri ve etki alanları; kentsel örtü tabakası iklim özellikleri belirleme yöntemlerinden olan haraketli (mobil) istasyon ölçümleri ve uydu görüntüleri üzerinden tespiti yapılarak incelenmiştir. Ölçüm sonuçları ve uydu verileri, istatistiksel analizler kullanılarak irdelenmiş ve açıklanmıştır.

Çalışma, her birinin içinde farklı analizlerin ve değerlendirmelerin yapıldığı, "Veri Üretim", "Veri Analizi", "Bulguların Sentezi" ve "Sonuç-Öneriler" olmak üzere 4

ana bölümden oluşmaktadır. Bu aşamalar ve analizlerin yapılmasında kullanılan yöntem ve teknikleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1. Veri Üretimi
   - Çalışma alanı seçmede kullanılacak kriterlerin belirlenmesi
   - Yeşil alanların yüzey sıcaklığında etkili olabilecek biyofiziksel özelliklerinin belirlenmesi
   - Vejetasyon yoğunluğunun belirlenmesi ve haritalanması
   - Belirlenen alanlarda bulunan bitki materyalinin tespiti
   - Belirlenen alanlarda ve etki alanlarında ölçek etkisinin tespiti için mobil ölçüm yapılması
   - İklimsel verilerin tespiti
2. Veri Analizi
   - Uydu görüntüleri üzerinden bitki örtüsü indisinin hesaplanması
   - Yüzey sıcaklıklarının hesaplanması
3. Bulguların Sentezi
   - Mobil ölçümlerden elde edilen sonuçların biyofiziksel değişkenler ile ilişkilerinin istatistiksel olarak belirlenmesi
   - Yüzey sıcaklıkları ile biyofiziksel özelliklerin arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak belirlenmesi
   - Mobil ölçüm sonuçları ile uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklık değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması
4. Sonuçlar ve Tartışma
   - Analiz bulguları yönünde kentsel alanlar içinde iklime uyumlu yeşil alan planlanması ve tasarımında kullanılabilir en uygun fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Çalışmada uygulanan yönteme ait akış şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Yöntem akış şeması

3.2.1. Yeşil alanların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve alan seçimi

Araştırmanın ilk aşamasında temel amaç yeşil alanların biyofiziksel özellikleri doğrultusunda belirlenmesini sağlayacak kriterlerin saptanmasıdır. Ulusal ve uluslararası ölçekte yapılan birçok çalışma kentsel yeşil alanların planlanması ve tasarlanması aşamasında alınacak ve uygulanacak bazı kararların iklimsel koşulların iyileştirilmesinde etkili olduğunu göstermektedir (Oke 2006; Gomez vd. 2004; Kuşçu Şimşek 2016). Çalışmanın ilk aşaması olan veri üretimi bölümünde araştırma alanlarıyla ilgili veriler toplanmıştır. Çalışma alanındaki yeşil alanların konum, sınır ve alansal büyüklükleri yerel yönetimlerden temin edilen listelerden, imar planları ve raporlarından elde edilerek, alan ve uydu görüntüleri yardımıyla kontrol edilerek listelenmiştir. Çalışma alanında farklı büyüklük ve niteliklerde toplam 686 adet düzenlenmiş yeşil alan tespit edilmiştir. Ancak çalışma kapsamında tüm yeşil alanların istatistiksel olarak analiz edilmesi ve hareketli (mobil) ölçüm yapılması mümkün olmadığından, aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilerek belirlenmiştir. Bunlar;

- Kentsel alan içerisinde kalan küçük ölçekli yeşil alanların çevresine iklimsel etkiyi hissettirememesi,
- İklimsel veri üretiminde kullanılan uydu görüntülerinin çözünürlüğünün piksel bazında düşünüldüğünde küçük ölçekli yeşil alanlarda yeterli veri sağlamaması,
- Yeşil alan nitelikleri ile iklimsel etkilerin istatistiksel ilişkilerinin ortaya koyulmasında optimum özellikler taşıması zorunluluğu olarak sıralanabilir.

Bu kapsamda uydu görüntülerinden veri elde edilememesi, biçimsel olarak uygun olmaması (doğrusal vb.), yetişmiş bitki türünün bulunmaması ve çözünürlükten dolayı 6000 m^2'nin altında kalan yeşil alanlar değerlendirmeye alınmamıştır. Çalışmada yeşil alanların belirlenmesinde kullanılan diğer esaslar "3.2.1 Yeşil alanların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve alan seçimi" metot bölümü başlığı altında detaylandırılmış ve iklimsel açıdan değerlendirme niteliği taşıyan ve konu kapsamıyla ilişkili fiziksel özellikler göz önünde bulundurulmuştur. Biçim olarak yeşil alanların en-boy oranları belirleyici olmuş ve kare, dikdörtgen olmak üzere iki grupta değerlendirilmiştir. Çalışmada biçimsel formun iklimsel açıdan değerlendirilmesi kapsam dışı olması nedeniyle benzer forma sahip yeşil alanlar üzerinde araştırma yürütülmüştür.

Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi bağlamında, yeşil alanların dış mekan ısıtma ve serinletme etkisinde değişken olabilecek şu niteliksel özellikler göz önünde bulundurulmuştur:

- Alan büyüklüğü
- Biçim
- Bitki örtüsü yoğunluğu
- Çim alan yüzdesi
- Geçirimsiz yüzey yüzdesi
- Su ögesi varlığı
- Yeşil alan çevresinde yer alan ve kent iklimini etkileyen yapılar

Bu aşamada konuyla, alanla ve yöntemle ilgili tezler, araştırma projeleri, makaleler ve kitaplar incelenmiştir. Nitel ve nicel verilere ilişkin arazi gözlem çalışmaları yapılarak belirlenen kriterlere göre araştırmaya konu olan yeşil alanlar tespit edilmiştir. Alan büyüklüğü 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 50-100 dekar aralıklarında 2şer düzenlenmiş kentsel yeşil alan belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak Antalya kentinin 20 dekar ve üzeri birçok yeşil alanın kıyıda ve falez bölgesinde olması ve ölçütleri karşılamaması nedeniyle 30 dönüm üzeri yeşil alanlar çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Buna göre en sık rastlanan alan büyüklüklerinden 3er adet olmak üzere, 0-10 dekar aralığında, 10-20 dekar aralığında ve 20-30 dekar aralığında düzenlenmiş kentsel yeşil alan belirlenmiştir. Buna ek olarak yüzey sıcaklıklarının alansal büyüklükler ile ilişkilendirilmesi açısından değerlendirmek üzere kent dokusu içinde yer alan 100 dekar üzeri çok büyük 4 farklı yeşil alan yamasıyla (pasif yeşil alan) karşılaştırma yapılmıştır. Belirlenen bu alanlar Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmanın yürütüldüğü kentsel yeşil alanlar ve büyüklükleri

İlçe	Yeşil Alanın Adı	Alan Büyüklüğü(m^2)	Büyüklük (dekar)
Konyaaltı	Özkanlar Parkı	6.800	0-10
Konyaaltı	Ç. H. Mustafa Karabulut Parkı	15.300	10-20
Konyaaltı	EXPO 2016 Parkı	28.000	20-30
Kepez	Ş. P. Çavuş Ahmet Belen Parkı	12.100	0-10
Kepez	Sakarya Parkı	20.250	10-20
Kepez	Şehitler Parkı	33.500	20-30
Muratpaşa	Aydın Kanza Parkı	10.100	0-10
Muratpaşa	Senatör Reşat Oğuz Parkı	13.000	10-20
Muratpaşa	Ş. J. Yarbay Songül Yakut	21.750	20-30
Muratpaşa	Batem	264.000	≥ 100
Muratpaşa	Kent içi orman	970.000	≥ 100
Kepez	Vakıf Çiftliği	2.614,145	≥ 100
Kepez	Karayolları G.M.	118.680	≥ 100

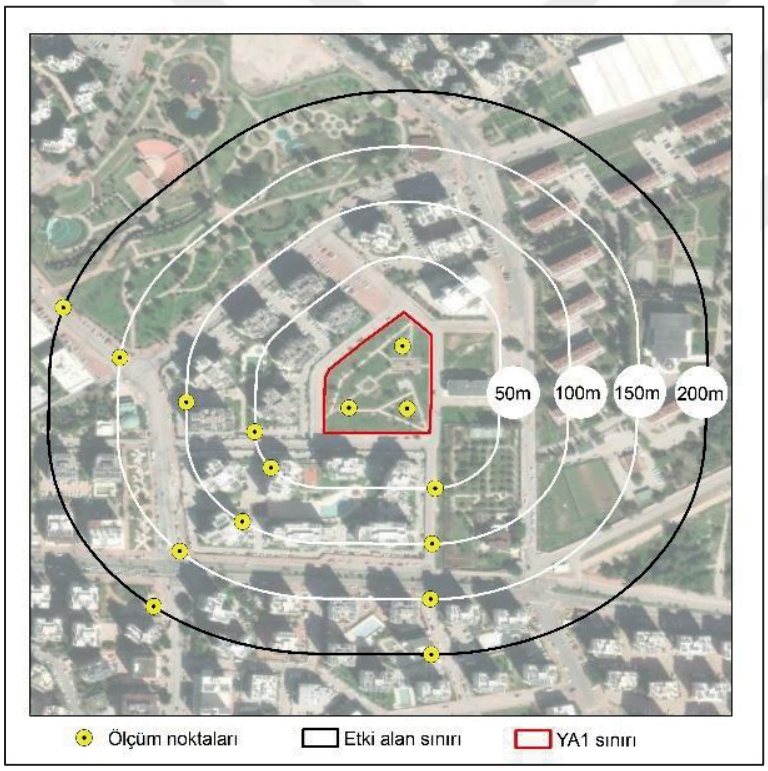
3.2.2. Hareketli (mobil) sıcaklık ölçümleri

Kentin birden fazla noktasında sıcaklık verilerinin aynı anda ölçülmesinin teknik ve ekonomik sebeplerle mümkün olmaması nedeniyle, her bir yeşil alan ve çevresindeki tampon bölgede eş zamanlı olarak mobil sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yeşil alanların yüzey sıcaklıklarına etkileri ve boyutları ile serinletme ve ısıtma etkisini belirlemeye yönelik bu ölçümlerle, iklimsel değişkenler ve alanlara ait mekânsal özellikler arasındaki ilişkiler irdelenmiştir.

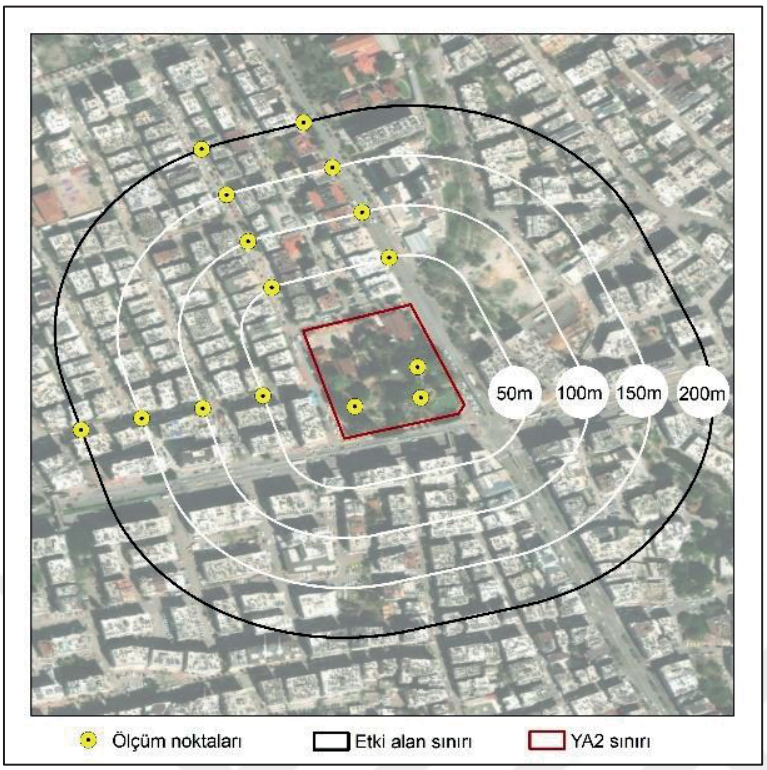
Bu ölçümler yeşil alanların içlerinde 3 farklı noktada ve çevrelerindeki yapılı çevrede olmak üzere 2 ana bölge ve her bir alan için 3 farklı rotada gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5 - Şekil 3.13 arasında). Tampon bölgelerde gerçekleştirilen ölçümler, belirlenen rotalar boyunca araştırma alanı olarak tespit edilen kentsel yeşil alanların sınırından itibaren 50 m, 100 m, 150 m ve imar planlarında belirlenen etki alanı sınırı olarak 200

metrelerde üç yinelemeli olarak hakim rüzgar yönünde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda mobil ölçümlerin kurgulanmasında, yeşil alanların sıcaklığa etkilerini araştıran çalışma yöntemleri irdelenmiş, çalışma özelinde araştırmanın amacına uygun şekilde modifiye edilerek uygulanmıştır.

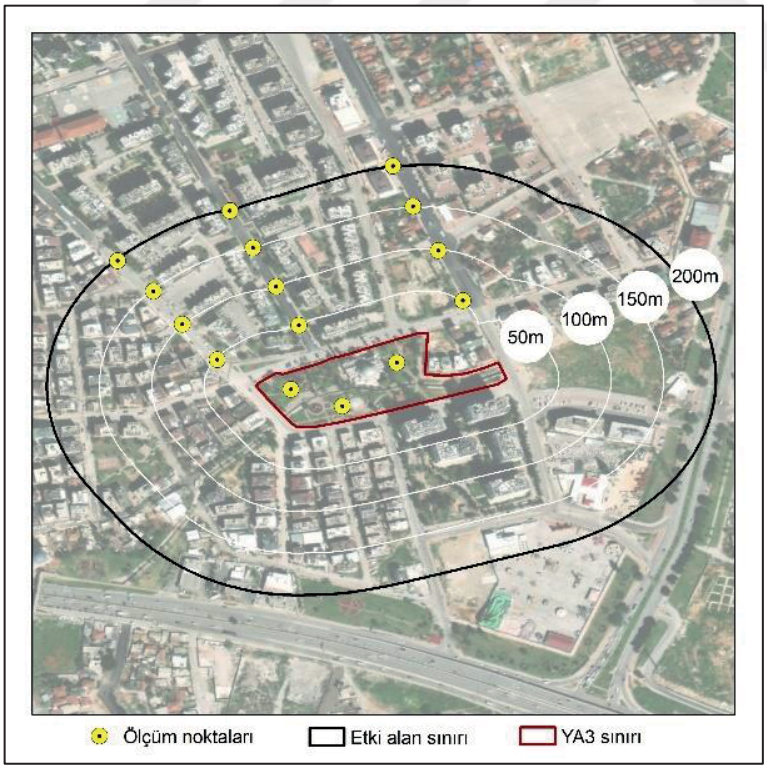
Oke (1989)'ye göre; kentsel ısı adası araştırmalarında, mobil ölçüm yöntemine bağlı olarak gerçekleştirilen çalışmalarda rüzgar hızının önemli bir faktör olduğu ve 5 m/sn'yi geçtiği koşullarda parkların serinletme etkisinin belirlenemeyeceği öne sürülmüştür. Dolayısıyla, mobil ölçümlerin yapılacağı günler Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Havalimanı ve Bölge İstasyonlarının 1990-2020 yılları arasında gerçekleştirilen istasyon ölçüm verilerine göre aylık ekstrem maksimum sıcaklık verileri ile rüzgar hızı verilerine bağlı olarak, günün koşulları da göz önünde bulundurularak uydu görüntülerine de paralel mevsim dönemlerinde (Ocak-Mart/Nisan-Haziran/ Temmuz-Eylül) 2021 yılında ayda iki kez olmak üzere yapılmıştır. Ölçümler 14:00-15:00 (öğle) saatleri arasında belirlenen ölçüm noktaları doğrultusunda zeminden yaklaşık 2m yükseklikten yaya olarak yapılmıştır.



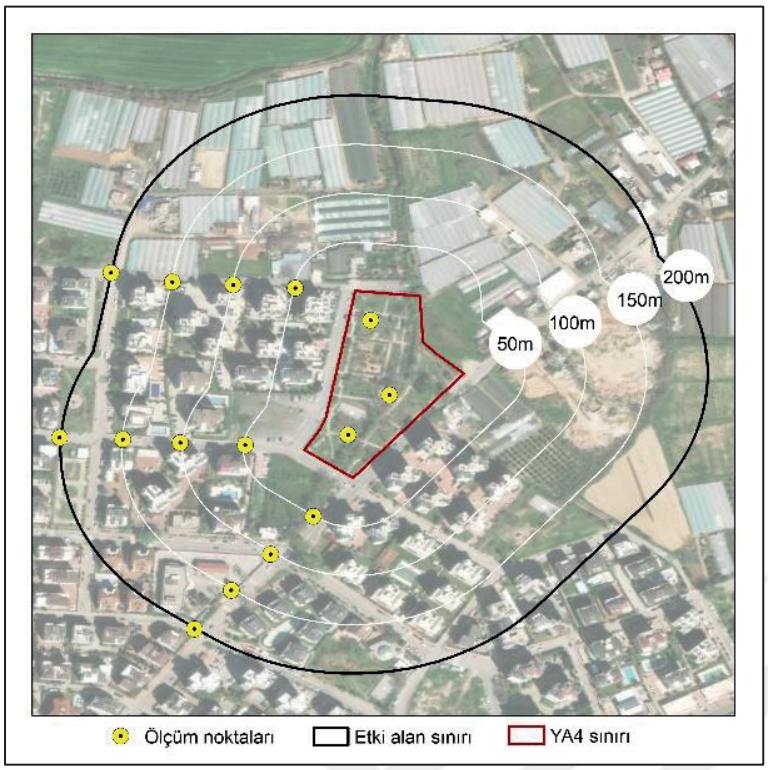
Şekil 3.5. Özkanlar Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



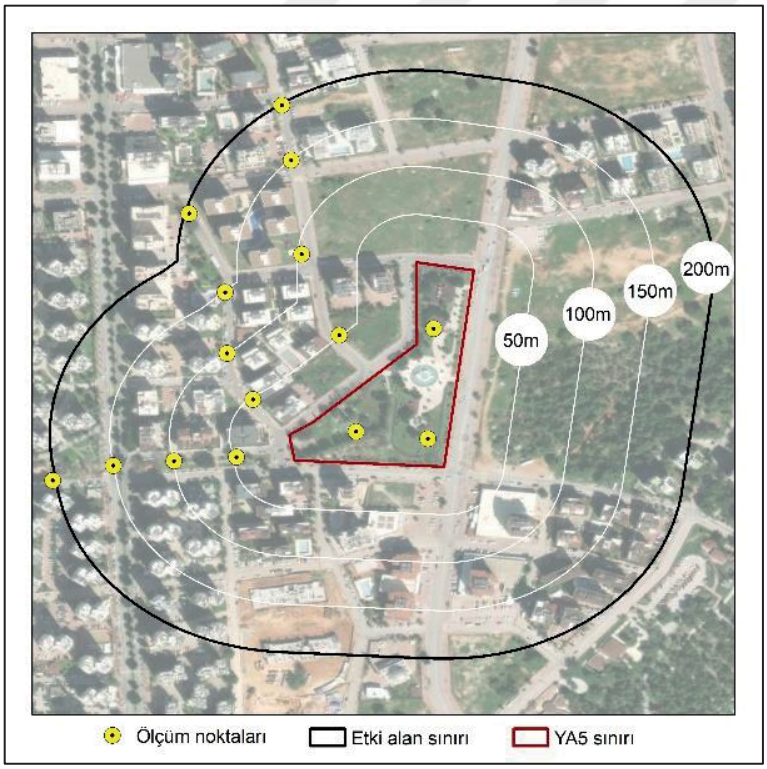
Şekil 3.6. Aydın Kanza Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



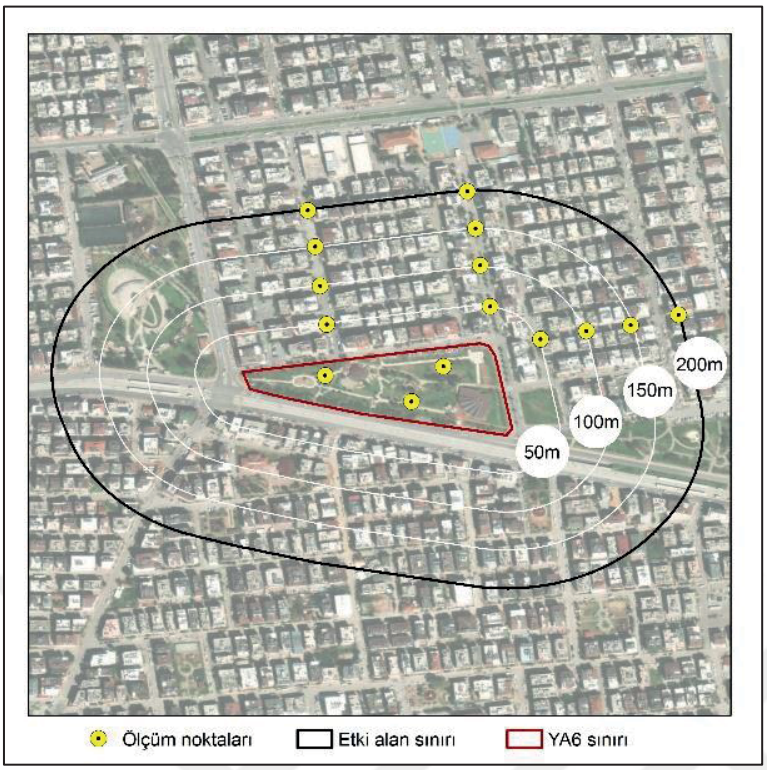
Şekil 3.7. Ahmet Belen Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



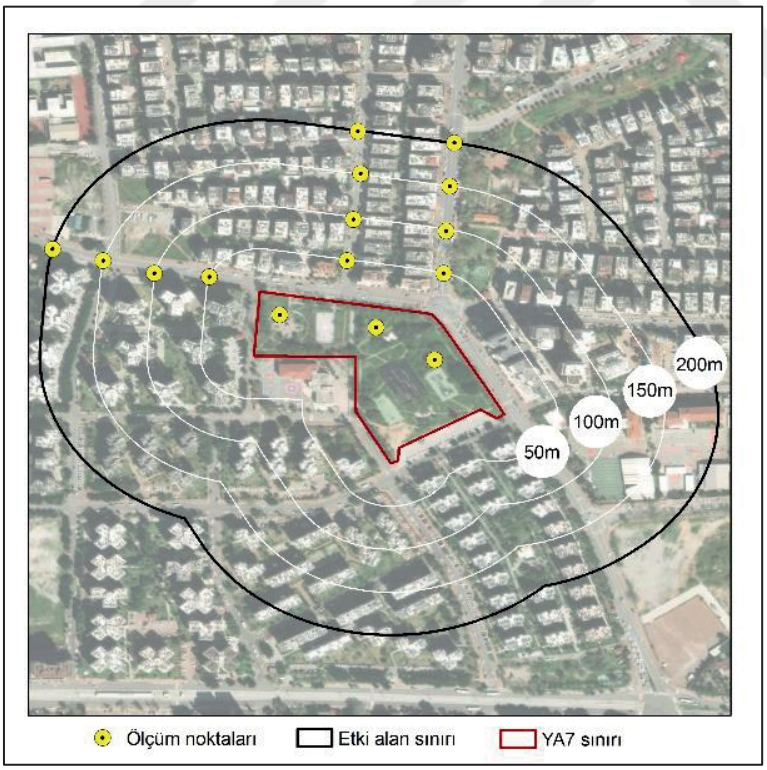
Şekil 3.8. Reşat Oğuz Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



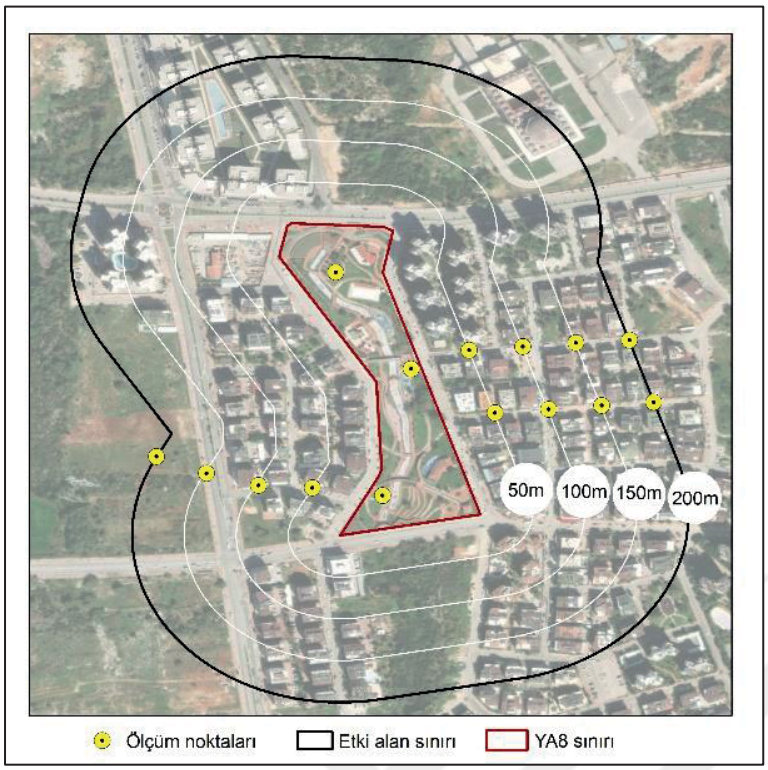
Şekil 3.9. Mustafa Karabulut Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



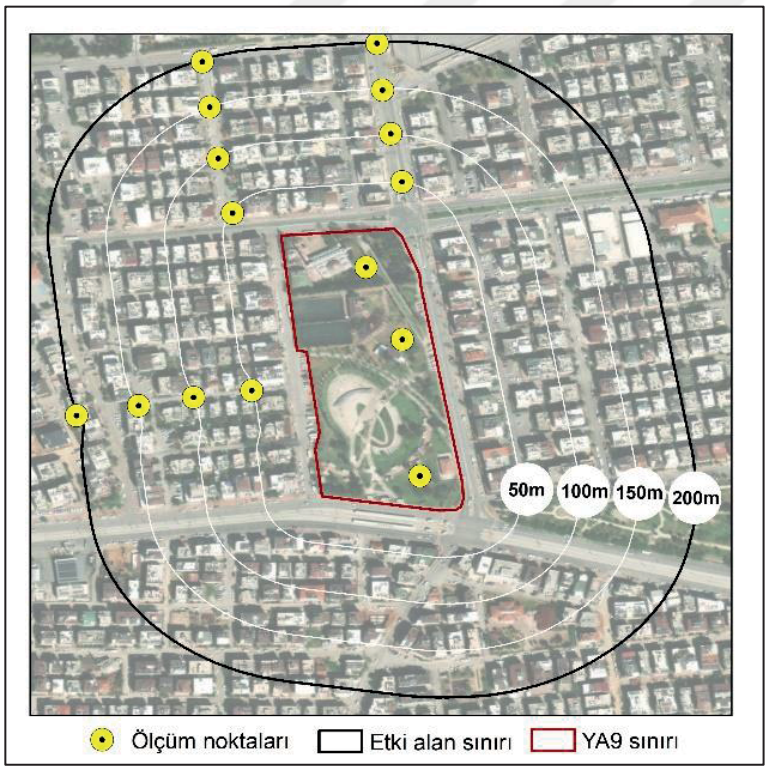
Şekil 3.10. Sakarya Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



Şekil 3.11. Songül Yakut Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



Şekil 3.12. EXPO Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu



Şekil 3.13. Şehitler Parkı yerel ölçüm noktalarının konumu

Hareketli ölçümlerden elde edilen bu noktasal sıcaklık verileri ArcGIS 10.5 yazılımında, IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi kullanılarak mekânsal veriye dönüştürülmüş ve sıcaklık haritaları hazırlanmıştır. Ters Mesafe Ağırlıklandırma Yöntemi olarak da adlandırılan IDW bir enterpolasyon yöntemidir. Kullanıcının belirli bir bölgeye veya alana ilişkin elde ettiği veriler ışığında, bilinmeyen bir alanın veya noktanın değerinin belirlenmesini sağlar (Çatalbaş ve Gülten, 2018). Ters Mesafe Ağırlık Enterpolasyon yöntemi, dayanak noktalar ile kestirim yapılacak nokta arasındaki mesafenin tersinin ağırlıklandırılması esasına dayanır. IDW yönteminde, dayanak noktalara olan mesafe arttıkça uzaktaki noktanın kestirilecek değere olan etkisinin azaltılması amaçlanmaktadır (Göğsu ve Hastaoğlu 2019). Böylece hem doğrudan ölçüm değerleri hem de noktalar arasında uzaysal bir enterpolasyon yaparak tahmin geliştirmektedir.

3.2.3. Bitki örtüsü indisi, alan örtü oranları ve yüzey sıcaklık analizlerinin yapılması

Çalışmanın ikinci aşaması olan veri analizi bölümünde seçilen 9 farklı yeşil alanda beş biyofiziksel değişken hesaplanmıştır:

a. Çimlerin kapladığı alan yüzdesi,

b. Ağaç örtüsünün kapladığı alanın yüzdesi,

c. Geçirimsiz yüzeyler yüzdesi,

d. Normalleştirilmiş Diferansiyel Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) ve

e. Yüzey Sıcaklıkları ve Sıcaklık farkı indisi.

a) Bitki örtüsü indisi (NDVI) hesaplanması

Yeşil boşluk parametreleri içeren poligonlar, NDVI'yi hesaplamak için Sentinel 2A görüntüleri ile eşleştirilmiştir. Sentinel 2A görüntülerinin kullanılmasının nedeni termal kızıl ötesi bantın sunduğu yüksek mekânsal çözünürlüktür ve 10 m'den bilgi toplar.

Bitki örtüsü analizinde kullanılacak olan ArcMap yazılımı, daha önce tanımlanmış ve "Normalized Difference Vegetative Index (NDVI)" olarak adlandırılan band aritmetiğini veya indislerini kullanarak; bitki, bulut / su / kar, kaya / çıplak arazi, kesilmiş ormanlık saha vb. özellikleri geliştirerek belirleme olanağını sağlamaktadır. Ön analizler aşamasında, öncelikle Sentinel 2A görüntülerinin çok bantlı görüntüleri, pankromatik görüntü kullanılarak keskinleştirilmiş ve 10 m mekânsal çözünürlüklü çok bantlı görüntüler elde edilmiştir. Ham veri olarak temin edilen Sentinel 2A uydu görüntüleri öncelikle ArcMap 10.5 yazılımı ile WGS84 UTM Zone 36N projeksiyonu ve ED50 datuma göre georeferanslandırılarak ve çalışma alanına göre kesilerek çalışma kapsamında analiz yapılabilir hale getirilmiştir. Jeoreferanslandırma yöntemi olarak "Affine Calibration" kullanılarak; doğrulama için ise referans olarak koordinatlı 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Çalışma alanı içerisinde yer alan yeşil alanların bitki örtüsünü saptamak ve yüzey sıcaklığı analizleri ile ilişkilendirmek amacıyla bu analiz gerçekleştirilmiştir.

Yeşil alan araştırmaları, bir bölgenin uydu görüntülerinde gerçekleştirilen Normalleştirilmiş Diferansiyel Bitki Örtüsü Indisine (NDVI) dayanarak yeşil alanı nicelemektedir. NDVI, bir alandaki bitki örtüsünü uydu görüntüleriyle karakterize etmek için uydu görüntü işlenmesinde kullanılan bir tekniktir. NDVI, yaprakların kırmızı (R) ve yakın IR (NIR) dalga boylarındaki yansıma özelliklerine dayanan yaygın olarak kullanılan bir bitki örtüsü indisidir. Yeşil bitki yaprakları (fotosentetik olarak aktif), kuvvetli olması nedeniyle elektromanyetik spektrumun görünür bölgelerinde düşük yansıma özelliğine sahiptir. Değeri −1 ile 1 arasındadır ve genel olarak fotosentetik olarak aktif yeşil bitki örtüsü için yüksek değerler sağlar. NDVI hesaplamalarında aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Tucker and Sellers, 1986) (Formül 1):

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \tag{1}$$

b) Alan örtü sınıflarının hesaplanması

Belirlenen NDVI değerleri üzerinden her bir yeşil alan için sahip olduğu bitki örtüsü ve diğer yüzey örtüsünün alansal olarak dağılımı ve büyüklüğü hesaplanmıştır. Bu değerler toplam alana bölünerek çalışma alanlarındaki oransal dağılımları elde edilmiştir. Uydu görüntüsü üzerinden her bir piksel verisi için hesaplanan NDVI, Arcgis 10.5 yazılımının Arctoolbox aracı içerisinde bulunan "Reclassify" komutuyla sınıflandırılmış ve her sınıfın toplam piksel değeri alansal olarak hesaplanmıştır.

c) Yüzey sıcaklıklarının hesaplanması

Yüzey sıcaklıklarının dağılımını göstermek için çalışmada ArcMap programı tarafından Landsat uydu görüntüleri için geliştirilmiş olan modül kullanılmıştır. Arazi yüzey sıcaklığı (LST) değerleri esas olarak kullanılmıştır, çünkü LST, arazi örtüsü yüzeyinin mekansal düzeniyle doğrudan bir ilişkiye sahiptir ve tüm çalışma alanı üzerinde mekansal olarak açık kayıtlar vardır (yani, her pikselin bir LST kaydı vardır). Ayrıca, kentsel yüzeyler (özellikle asfalt döşemeler) havadan daha hızlı ısınır ve bu nedenle en yüksek LST, gece yarısına karşı hava sıcaklığı için görülür (Imhoff et al. 2009). Çalışma alanının LST haritası, Temmuz ve Ağutos aylarına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinden elde edilmiştir. LST'yi hesaplamak için kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Jiménez-Muñoz vd. 2009) (Formül 2):

$$LST = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon} (\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \tag{2}$$

ε NDVI'ın sadeleştirilmiş metodu ile hesaplanan yüzeyin salınımının olduğu durumlarda (Sobrino vd. 2008); L_{sen}, sensör tarafından ölçülen ışınımdır, γ ve δ sıcaklık seviye sensörüne, L_{sen}'e ve kanalın dalga boyuna bağlı parametrelerdir; Denklem Ψ1 Denklem Ψ2 ve Denklem Ψ3, atmosferik fonksiyonlar olarak adlandırılır ve aşağıdaki formülle hesaplanır (Formül 3).

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau} \qquad \psi_2 = -L^{\downarrow} - \frac{L^{\uparrow}}{\tau} \qquad \psi_3 = L^{\downarrow} \tag{3}$$

τ atmosferin geçirgenliği olduğunda, L ↓ aşağı doğru parlaklık ve L ↑ yukarı doğru parlaklık parametreleridir. Analiz edilen tüm kentsel alanlardaki yeşil alan yüzey sıcaklığı (Land Surface Temperature) ve çevresindeki alan arasındaki bağıl farklılıkları değerlendirmek için, denklemde açıklandığı gibi bir Sıcaklık Farkı İndis'i hesaplanmıştır (Formül 4).

$$Sıcaklık\ Farkı\ Indisi = \frac{(LST_{SU} - LST_{GE})}{(LST_{SU} + LST_{GE})} \quad (4)$$

LST_{SU}, çevrenin arazi yüzey sıcaklığı (180 m tampon) ve LST_{GE} ise yeşil alanın arazi yüzey sıcaklığıdır. Değeri −1 ile 1 arasındadır ve LST değeri, yeşil alan ve çevresi arasındaki farklar maksimum olduğunda yüksek olmaktadır. Çalışma alanlarımız LST'nin değerlerinde çeşitlilik gösterebileceğinden, indiste yer alan normalleşme süreci, indisin hesaplandığı mutlak sıcaklık değerlerine rağmen, her yeşil alan ve onun arasındaki farklılıklar arasındaki karşılaştırma problemini çözmektedir.

Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla ArcMap raster calculator aracıyla; Landsat görüntülerinin sahip olduğu termal görüntü bandı değerlerine (DN), uydu görüntüsüne ait metaveri dosyasındaki parametreler yardımıyla spektral radyans dönüşümü uygulanmıştır. Spektral radyans değeri belirli bir dalga boyunda, belirli bir açı ve bölgeden yansıyan veya iletilen enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Akyürek 2020). Bu dönüşüm için aşağıdaki formül uygulanır (Formül 5):

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (5)$$

Bu formülde kullanılan;

L_λ = Hesaplanan Radyans değeri (W/ (m^2 * sr * μm))
M_L = Radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörü (Uydu meta verisinden)S
Q_{cal} = Uydu görüntüsünün piksel değeri (DN)
A_L = Radyans ilave ölçeklendirme faktörünü (Uydu meta verisinden) temsil etmektedir.

Bu spektral radyans değerlerinden parlaklık sıcaklıkları hesaplanmıştır. Parlaklık Sıcaklığı, dünya atmosferinin en yüksek noktasından (T: Parlaklık Sıcaklığı) yukarıya doğru yol alan mikrodalga yayılımının parlaklık değeridir. İkinci işlem adımı olarak Formül 1 ile piksel değerlerinden elde edilen spektral radyans değerleri parlaklık sıcaklığına dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm Formül 6 ile gerçekleştirilmiştir.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (6)$$

Bu formülde kullanılan;

T = Parlaklık sıcaklığı (C^0)
L_λ = Hesaplanan Radyans değeri (W/(m^2 * sr * μm))
K_1 ve K_2 = Uydu meta verisinde bulunan Termal Band için dönüşüm sabitlerini tanımlamaktadır.

Daha sonra, Landsat görüntülerinin kırmızı ve yakın kızılötesi bantları ve raster calculator aracı kullanılarak NDVI ve gerekli formüller kullanılarak bitki oranı

hesaplanmıştır. Çalışma alanına ait NDVI değerleri belirlendikten sonra NDVI'ın bitki ve toprak değerleri kullanılarak Bitki Örtüsü Oranı (P_v) belirlenir. Bu oran NDVI üzerinden maksimum ($NDVI_{max}$) ve minimum ($NDVI_{min}$) değerleri kullanılarak belirlenir. Bitki Örtüsü Oranı (P_v) formül 7 (Sobrino vd. 2008) ile hesaplanır;

$$P_V = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{max}}\right]_2 \quad (7)$$

Bitki örtüsü oranları ile yeryüzü yayınırlık (ışınım) değeri (emissivite) oluşturularak ε değeri hesaplanmıştır (Formül 8). Yayınırlık (ışınım) (ε) değeri yer yüzeyi sıcaklıklarının hesaplanmasında kullanılan önemli bir parametredir. Ancak bu çalışmada NDVI değerlerine dayalı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde NDVI değerleri toprak ve bitki değerleri olarak eşiklenerek çalışma alanına ait yayınırlık değerleri hesaplanmıştır. Eşik değerler olarak literatürde global olarak kullanılmış değerler olan toprak için 0.2, bitki için ise 0.5 değeri kullanılmıştır (Akyürek 2020).

$$\varepsilon_\lambda = \begin{cases} \varepsilon_{s\lambda}, & NDVI < NDVI_s \\ \varepsilon_{v\lambda}P_v + \varepsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C, & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ \varepsilon_{s\lambda} + C, & NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad (8)$$

Buna göre yukarıdaki formüller kullanılarak eşik değerler yardımıyla yayınırlık değerleri hesaplanmıştır. Burada $\varepsilon_{s\lambda}$ toprak yüzeylerden yayılan enerjiyi, $\varepsilon_{v\lambda}$ ise bitkilerden yayılan enerji değerini temsil etmektedir. C değeri yer yüzeyinin pürüzlülüğünü temsil eder. Düz alanlar için sıfır kabul edilir. Bu çalışmada C değeri Akyürek'in de kullandığı Sobrino ve Raissouni'nin kabul ettiği sabit değer olan 0.005 olarak kabul edilmiş ve hesaplamalarda bu şekilde kullanılmıştır (Sobrino ve Raissouni 2000).

Son olarak bu değerlerle LST değerinin hesaplanması yapılmıştır. Bunun için daha önceki adımlarda hesaplanmış olan sensör sıcaklığı değerine yer yüzey yayınırlık düzeltmesi yapılması gerekmektedir. Bu düzeltme için Formül 9 kullanılır:

$$LST = \frac{T}{\left(1 + \left(\frac{w.T}{\rho}\right) * \ln(\varepsilon)\right)} \quad (9)$$

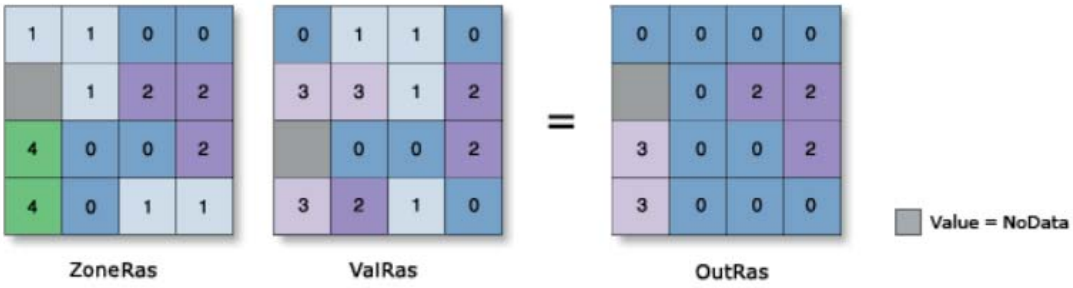
Burada daha önceki aşamalarda hesaplanmış olan T sıcaklık değerleri, w kullanılan termal banda ait ortalama dalga boyu değeri (10.9 μm), ε ise yayınırlık değerini temsil etmektedir. ρ değeri sabit bir değer olup aşağıda belirtilen formül (Formül 10) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\rho = h * {}^{c}/_{S} = 1{,}438 \times 10 - 2mK \quad (10)$$

h: Planck sabiti (6.626 * 10-34 Js),
s: Boltzmann sabiti (1.38 * 10-23 J/K),
c: Işık hızı (2.998 * 108 m/s) dır.

3.2.4. İstatistiksel analizlerin yapılması

Önceki aşamalarda elde edilen yüzey sıcaklığı (LST) ve her bir tamponun tanımlayıcı bir ölçüsü olarak bitki örtüsü indisi (NDVI) ile aralarındaki ilişkiyi belirlemek üzere piksel olarak elde edilen verileri sayısal değere dönüştüren Fishnet (balık ağı) analizi ve Zonal istatistik analizi (Şekil 3.14) uygulanmıştır.



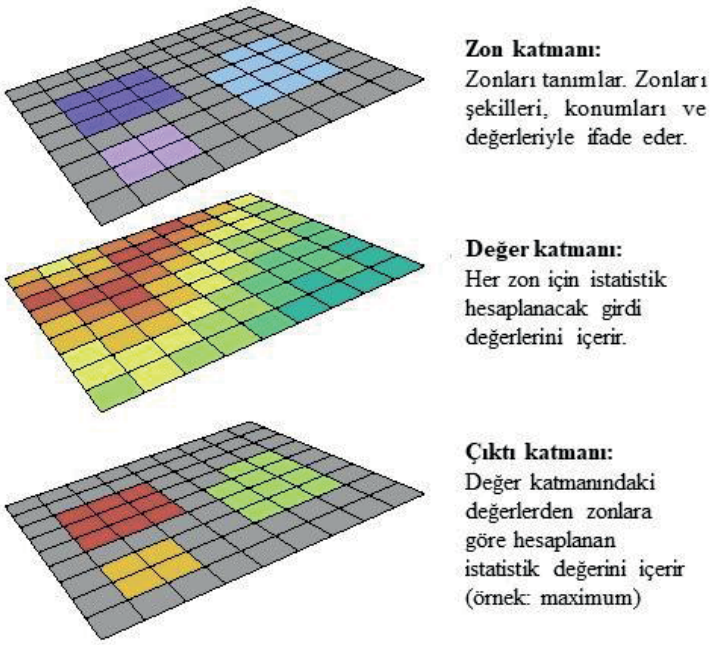

```
OutRas = ZonalStatistics(ZoneRas, "VALUE", ValRas, "Majority")
```

=

Rowid	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	VARIETY	MAJORITY	MINORITY	MEDIAN
1	0	5	5	0	2	2	0.6	0.8	3	3	0	1	0
2	1	5	5	0	3	3	1	1.095	5	3	0	3	1
3	2	3	3	1	2	1	1.667	0.471	5	2	2	1	2
4	4	1	1	3	3	0	3	0	3	1	3	3	3

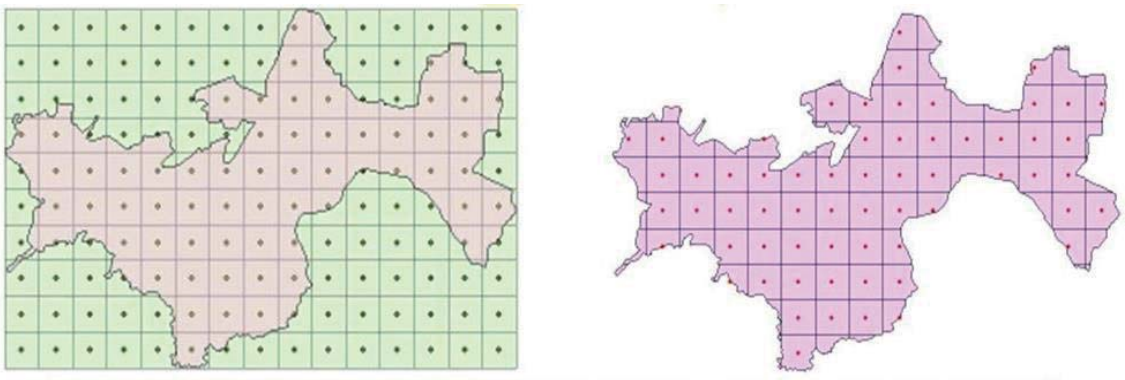
Şekil 3.14. Zonal İstatistik Örneği (ESRI 2023)

Zonal İstatistik bir ArcGIS Spatial Analiz fonksiyonu (Şekil 3.15) olup bir girdi raster verisindeki piksel değerleri için başka bir girdi verisinde tanımlanan zonları (aynı değere sahip piksellerin tümü) kullanarak gruplayan ve bu veri grupları için istatistikler hesaplayan işlemler bütünüdür. Bu süreçte her bir zone alanına düşen piksel değerleri için tek bir değer hesaplanır. Zonal İstatistik, belirli bir girdi için başka bir veri ile tanımlanmış zonlar ile tanımlanan alt kümeler için tercih edilen bir istatistiği bir raster bir çıktı olarak hesapladığı gibi tercihen her bir zon için belirtilmiş tablosal bir çıktı olarak da hesaplayabilir (Erdoğan 2017).



Şekil 3.15. Zonal istatistik süreci (ESRI 2023)

Fishnet (Balık ağı) aracı, dikdörtgen hücrelerden oluşan bir ağ içeren bir özellik sınıfı oluşturur. Fishnet analizi, ArcGIS programında kullanılan bir coğrafi bilgi sistemleri (GIS) analiz yöntemidir (Şekil 3.16). Bu yöntem, belirli bir coğrafi alanı düzenli bir ızgara veya file ile örtmeye yöneliktir. Fishnet analizinin temel işlevleri, coğrafi alanları düzenlemek, verileri organize etmek, analiz yapmak ve referans noktalarını belirli bir koordinat sistemi içinde düzenlemektir. Ayrıca, coğrafi alanlarda örnekleme yapmak, istatistiksel analizler gerçekleştirmek ve belirli yönlere hizalamak için kullanılabilir.



Şekil 3.16. Fishnet Analizi örneği

Çalışmanın ilk amacı doğrultusunda, bu iki analizle elde edilen yüzey sıcaklığı (LST) ve bitki örtüsü indisi (NDVI) ile aralarındaki ilişki birlikte değerlendirilerek, SPSS ortamında korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre seçilen yeşil alanların sahip olduğu bitki örtüsü yoğunluğunun sıcaklık üzerine etkisi arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

Son olarak yeşil alan sıcaklığının bitişik piksellerin üzerinde alabileceği uzaysal etki nedeniyle, Sıcaklık Farkı İndisini hesaplamadan önce, her yeşil alanın etrafında 50m, 100m, 150m ve 200m tamponlar oluşturarak bir ölçeklendirme analizi yapılmıştır (mesafeden bağımsız olarak piksel bazında). Yeşil alanın çevresi üzerinde bir ölçek etkisinin olup olmadığını değerlendirmek için yeşil alanların LST değeri ve her tamponun LST değeri arasında korelasyon ve ANOVA varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece alansal büyüklüklerin etki alanlarında yaratacağı sıcaklık etkisi ortaya konmuştur.

Hareketli ölçümlerden elde edilen sıcaklık verileri de her bir alan için belirlenen fiziksel değişkenlerle regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre etki alanları ve alan içinde ölçülen sıcaklıkların yeşil alanların fiziksel özellikleri bağlamında değişip değişmediği irdelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü ve son aşamasında, belirlenen yeşil alanlarda mikro ölçekte; yüzey sıcaklığı, bitki örtüsü ve yeşil alan büyüklüğü ilişkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan analiz ve ölçümler değerlendirilerek, bulgular doğrultusunda kentsel gelişim alanları için iklimsel konforu sağlayacak en uygun yeşil alan planlama, tasarım ve yönetim bağlamında öneriler getirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde; araştırma alanlarına yönelik elde edilen bulgular, deneysel gözlemlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen veriler ve bu verilere dayalı olarak yapılan istatistiksel analizler sunulmuştur. Buna göre sırasıyla;

1. Çalışma alanına yönelik bulgular
   a) İklim verisi bulguları
   b) Bitki örtüsü indisinin (NDVI) tespiti ve yüzey örtüsünün belirlenmesi
2. Hareketli (mobil) ölçümler/istatistiksel analiz bulguları
3. Yüzey sıcaklıklarının tespiti
4. İstatistik analiz bulguları olmak üzere beş temel başlık altında sunulmuştur.

4.1. Çalışma Alanına Yönelik Bulgular

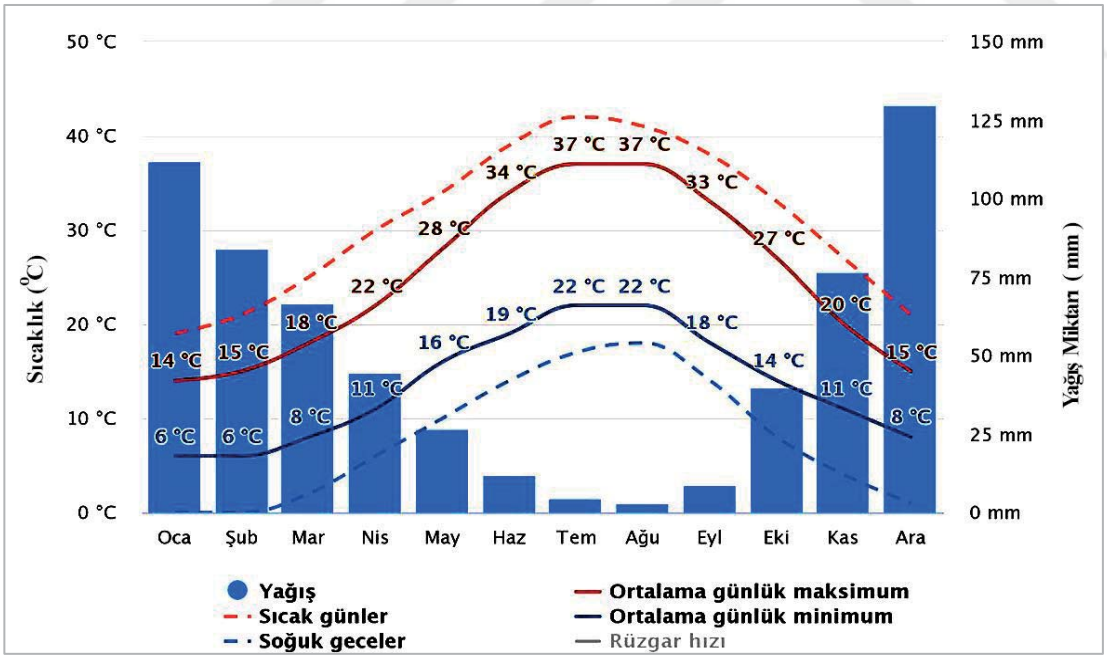
4.1.1. İklim Verisi Bulguları

Antalya kenti yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı tipik Akdeniz iklim özelliklerine sahiptir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Csa olarak adlandırılabilir. Denizden 47 m yüksekliktedir. Ortalama güneşlenme süresi 8,3 saattir ve yaz mevsiminde uzayan güneşlenme süresi, tüm istasyonlarda kış mevsiminde kısadır. Kış mevsiminde sis olayı neredeyse hiç görülmediğinden, sisin güneşlenme süresi üzerinde bir etkisi yoktur. Hakim rüzgar yönü kışın kuzey doğu yönlü rüzgarlar iken, ilkbahar mevsimiyle birlikte güney yönlü rüzgarlar esmeye başlar (Sarı ve İnan 2010).

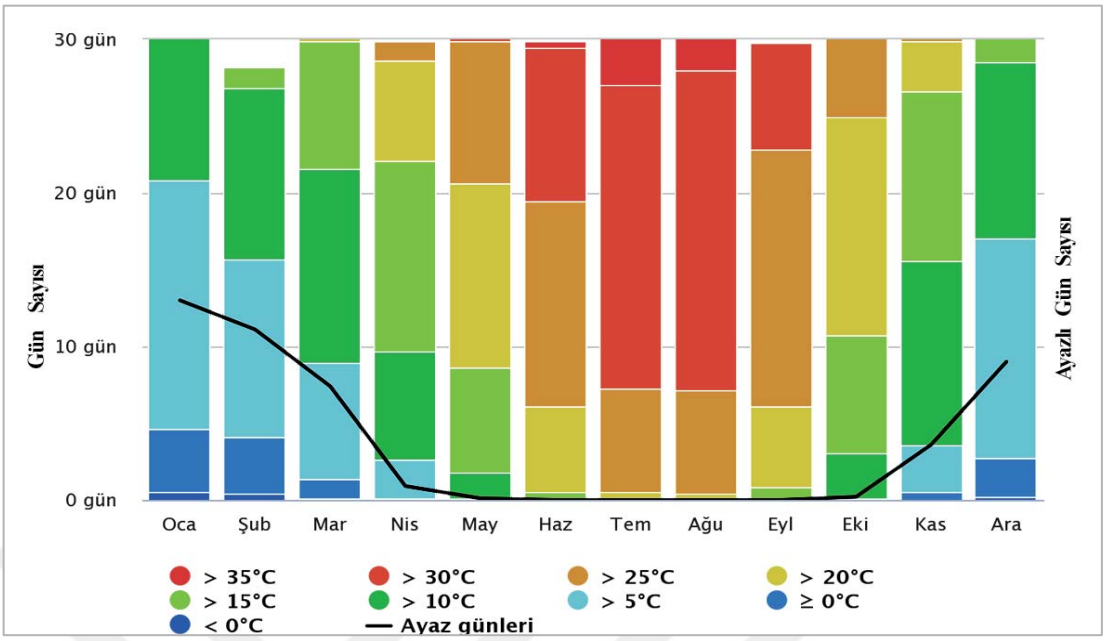
Antalya ili ortalama sıcaklık değerleri 0 ºC ile 30,5 ºC arasında değişmektedir. Mart ayı ile sıcaklıkların 11 ºC'nin üzerine çıktığı ve mayıs ayı itibari ile 23 ºC'ye kadar yükseldiği görülmektedir. Sıcaklık artışı özellikle kıyı bölgelerinde daha fazla görülmektedir. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında ise yaz mevsimine geçişle birlikte ortalama sıcaklık 30,5 ºC'ye ulaşmaktadır. Temmuz ve ağustos aylarında kıyı şeridi boyunca yükseltinin 300 m'ye kadar arttığı yerlerde ortalama sıcaklık değeri 29,2 ºC'dir. Eylül ayı ile ortalama sıcaklık 17,5 ^{0}C-24,6 ºC arasındadır. Sonbahara geçiş döneminde sıcaklık değerlerinde 5 ^{0}C'den fazla düşüş yaşanarak ekim ayında en yüksek sıcaklık 22 ºC olarak belirlenmiştir. Yükselti artıkça sıcaklık düşüşü 9 ºC'ye kadar çıkmaktadır. Kasım ayında mevsime bağlı olarak hızlı sıcaklık değişimleri gözlemlenerek, dağlık bölgelerde en düşük sıcaklık değeri 5 ºC; kıyı şeridi boyunca yükseltinin 200 m'ye kadar çıktığı yerlerde 17 ºC'ye kadar ulaşmaktadır (Sancar & Güngör 2022). Çalışma alanının genel iklimsel karakterini ortaya koyabilmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden ve önceki çalışmalardan yararlanılarak elde edilen sonuçlar çizelge ve grafik halinde Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1-Şekil 4.5 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.1. Antalya 30 yıllık (1991-2021) iklim verileri (MGM 2021).

ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (^{0}C)	7.7	8.7	11.5	15	20	25.6	29.3	29.1	24.6	18.9	13.4	9.3
Ort. En Yüksek Sıcaklık (^{0}C)	12	13.6	16.9	20.7	25.8	31.8	35.9	35.5	31	24.7	18.8	13.8
Ort. En Düşük Sıcaklık (^{0}C)	4	4.3	6.3	9.4	13.8	18.8	22.5	22.8	18.7	14	9.1	5.5
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	5.8	7.0	8.8	10.2	11.9	13.0	12.9	12.1	10.8	9.1	7.6	6.2
Ort. Toplam Yağışlı Gün Sayısı	10	8	8	6	4	1	0	0	2	4	6	10
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	215	137	110	74	45	7	1	1	25	103	138	225
Ort. Bağıl Nem (%)	58%	62%	62%	66%	61%	56%	62%	56%	60%	59%	63%	71%
En Düşük Bağıl Nem (%)	14	15.5	11.7	14.5	12.5	13.2	12	11.2	14.2	10.5	16	25
En Yüksek Sıcaklık (^{0}C)	18.8	22.3	24.4	27.4	31.6	42.2	42.3	40.5	36.7	32.9	25.6	21.8
En Düşük Sıcaklık (^{0}C)	1.8	6	7.6	11.2	13.7	19.2	24.5	24.3	19.6	15.5	10.7	5.5

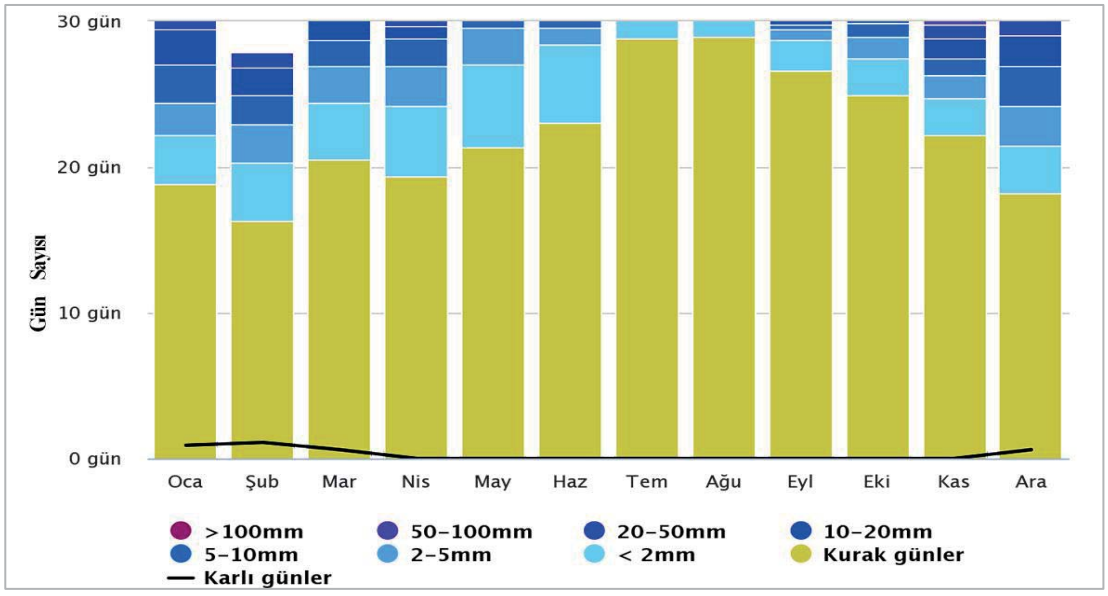


Şekil 4.1. Antalya 30 yıllık (1991-2021) ortalama sıcaklık ve yağış verileri (Meteoblue 2023).

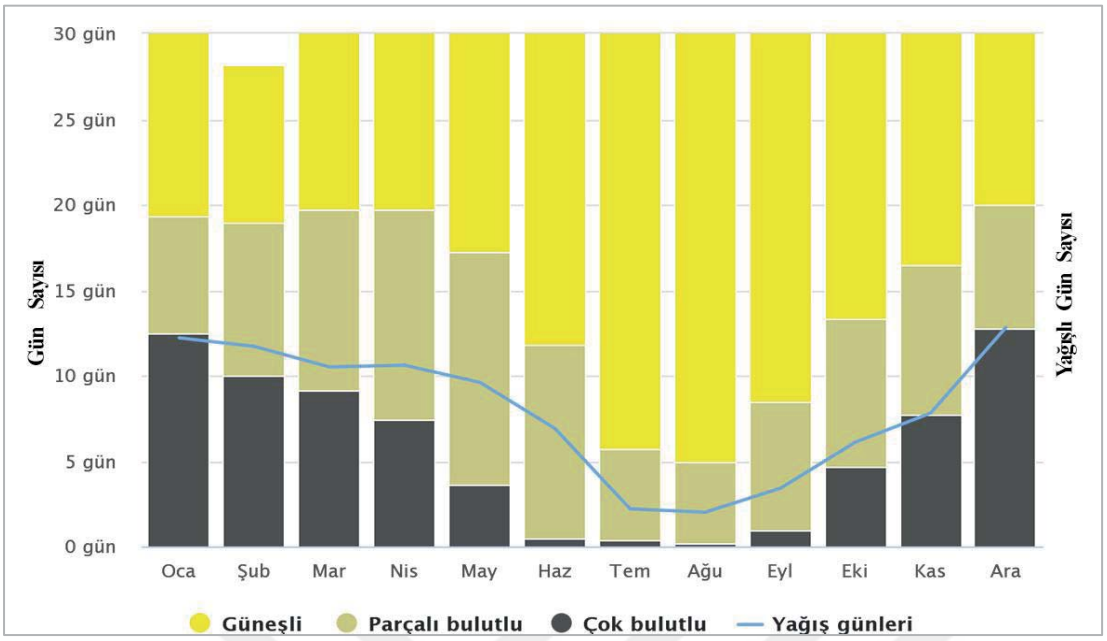


Şekil 4.2. Antalya 30 yıllık (1991-2021) en yüksek sıcaklık verileri (Meteoblue 2023).

Bağıl nem kentin topografik özelliği ve deniz etkisiyle yıl boyunca yüksek seyretmektedir. Uzun dönem meteorolojik ölçümlere göre aylık ortalama bağıl nem değeri %39,1 ile %89 arasındadır. Yağışın etkisiyle birlikte kış aylarında bağıl nem oranları %60'ın üzerinde iken, ilkbaharda en düşük bağıl nem oranı %53, en yüksek ise %77'dir. Yaz aylarında bu etkinin azalması beklenirken, denizellik ile kıyı kesimlerde bağıl nem %70'in üzerinde olabilmektedir. Bağıl nem değerinin en yüksek olduğu aylar haziran (%75), temmuz (%70) ve ağustos (%71)'tur. Bu değerler yükseltinin fazla olduğu yerlerde %41'e kadar düşerken kıyı kesiminde %75'e kadar çıkabilmektedir (Sancar & Güngör 2022).

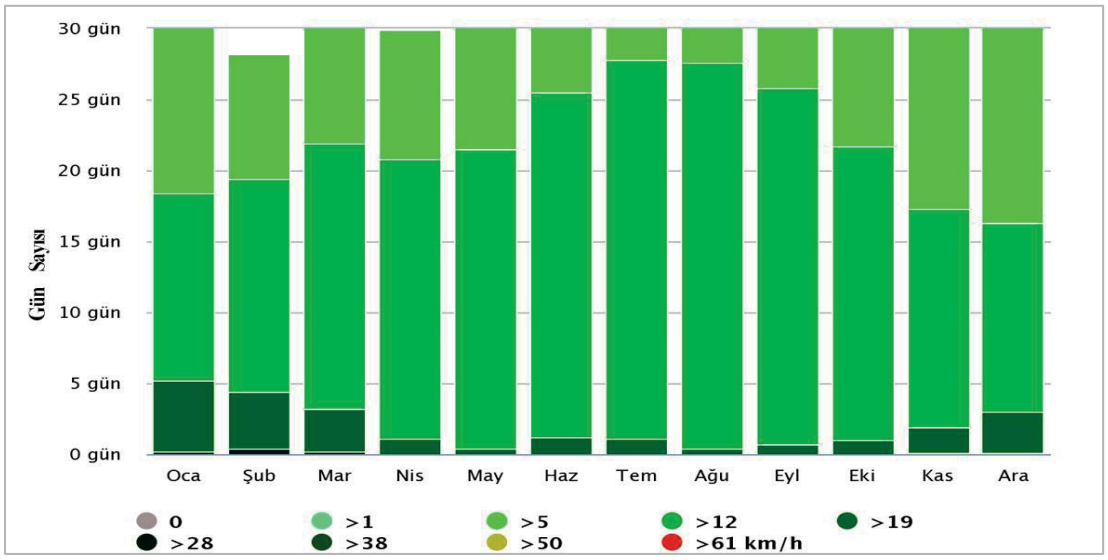


Şekil 4.3. Antalya 30 yıllık (1991-2021) yağış verileri (Meteoblue 2023).



Şekil 4.4. Antalya 30 yıllık (1991-2021) bulutlu, güneşli ve yağışlı günler verileri (Meteoblue 2023).

Grafik aylık güneşli, parçalı bulutlu, bulutu ve yağışlı gün sayısını göstermektedir (Şekil 4.3). %20'den az bulutlu günler güneşli olarak, %20-80 arasındaki bulut örtüsüne sahip olanlar parçalı bulutlu olarak ve %80'den fazla olanlar kapalı gün olarak kabul edilmektedir (Meteoblue 2021). Çalışma alanında uzun yıllık verilere göre yağış değerleri mevsimlere göre oldukça farklılık göstermektedir. Kente düşen toplam yağışın (yıllık ortalama 224 mm) en büyük kısmı kış aylarında (aralık-ocak-şubat) ve kısmen de ilkbahar ve sonbaharda (mart-nisan-kasım) düşmektedir. Mayıs ve ekim ayları arasındaki mevsimde yağış miktarı oldukça düşüktür. Günlük toplam yağışın 50mm ve üzerinde olduğu gün sayısı yıllık ortalaması 2,21'dir.



Şekil 4.5. Antalya 30 yıllık (1991-2021) ortalama rüzgar hızı (Meteoblue 2023).

4.1.2. Bitki Örtüsü İndisinin (NDVI) Tespiti ve Yüzey Örtüsünün Belirlenmesi

Araştırmada ele alınan yeşil alanların yüzey örtüsünün belirlendiği bu aşamada, bitki örtüsü analizi sonucunda, ortalama NDVI değerleri üzerinden alanların sahip oldukları bitki örtüsünün mekânsal büyüklükleri ve toplam alandaki dağılım yüzdesi hesaplanmıştır. Buna göre üç yüzey örtüsü belirlenmiş olup, bunlar ağaç örtüsü, çim alan örtüsü ve diğer yüzey örtüsü olarak adlandırılmıştır. Bu değerlerle birlikte toplam alan büyüklükleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

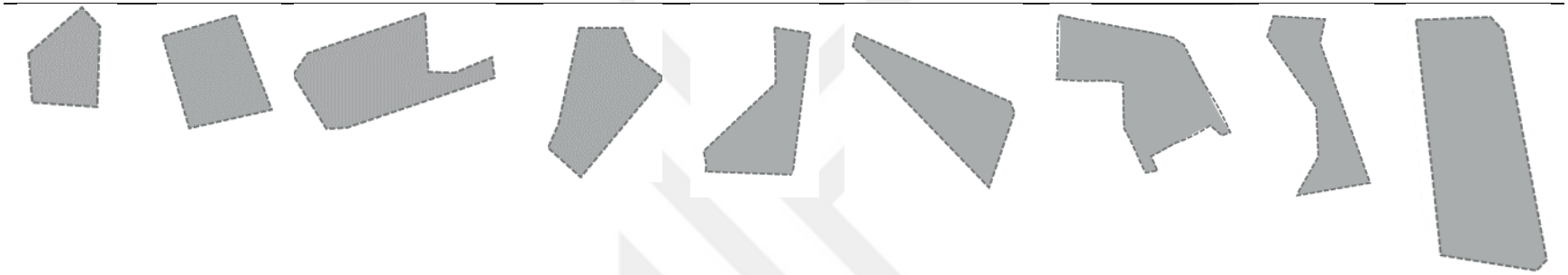
Yüksek çözünürlüklü (10 m) Sentinel 2 uydu görüntülerinden her bir piksel için hesaplanan NDVI değerleri (-1) ile (+1) arasında değişmektedir. Sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün fazla olduğu yerlerde indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken, sağlıksız ve zayıf bitki örtüsünün fazla olduğu yerlerde ve çıplak topraklarda ise indeks değeri -1'e yaklaşmaktadır (Gessesse & Melesse 2019).

Bu bağlamda çalışma kapsamında yapılan NDVI analizi sonucu oluşan indeks değerlerinin kontrolleri gerçekleştirildikten sonra, çalışma kapsamında oluşan indeks değerleri 0,02 ile 0,45 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanı olan yeşil alanlar kendi içerisinde değerlendirilerek ve doğrulaması yapılarak piksel değerlerine göre, sahip olduğu bitki örtüsünün alansal olarak dağılımı ve büyüklüğü ile bitki örtüsü olmayan yüzeylerin alansal büyüklüğü hesaplanmıştır. Bitki örtüsü olmayan boş pikseller toplam alandan çıkarılarak yeşil örtü kaplı alan hesaplanmıştır. Sonrasında bu değerler toplam alana bölünerek çalışma alanlarındaki kapladığı yüzde oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Belirlenen değerlerin her alandaki dağılım ve oranı farklılık göstermektedir. Buna göre hesaplanan NDVI değerlerinin, arazi çalışmaları ve Google Earth görüntüleri ile kontrolleri gerçekleştirildikten sonra, 5 sınıfta incelenen NDVI değerlerine göre araştırma kapsamında 0,1'den küçük değerler bitki örtüsü olmayan (diğer örtü) olarak kabul edilmiştir ve değerler Çizelge 4.3'te; haritalar Şekil 4.6- Şekil 4.14 arasında verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre alanların NDVI değerleri; YA_9 0,45-0,02 arasında; YA_8 0,30-0,05 arasında; YA_7 0,37-0,003 arasında; YA_6 0,41-0,02 arasında; YA_5 0,39-0,04 arasında; YA_4 0,45-0,17 arasında; YA_3 0,34-0,007 arasında; YA_2 0,39- 0,02 arasında ve YA_1 0,37-0,14 arasında bulunmuştur. En yüksek ortalama NDVI değeri 0,34 ile YA_4 ve 0,29 ile YA_1 olarak adlandırılan alanda hesaplanırken, en düşük ortalama NDVI değeri 0,16 ile YA_8 alanında hesaplanmıştır. Farklı alansal büyüklükte olmasına rağmen YA_4 ve YA_9 olarak tanımlanan alanlar aynı NDVI değerine sahiptirler. Buna sebep olarak, farklı alansal büyüklük ve yüzey örtüsüne sahip olmalarına karşın, sahip oldukları bitki materyalinin türü, dikim sıklığı, yetişkinlik durumu gibi özelliklerin benzer NDVI değerler verdiği gösterilebilir.

Belirlenen diğer büyük yeşil alanların NDVI değerleri ise 0,02 ile 0,48 arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Yapılan analiz sonuçlarına göre alanların NDVI değerleri; BYA_1 0,46-0,06 arasında; BYA_2 0,42-0,06 arasında; BYA_3 0,45 -0,03 arasında ve BYA_4 0,48-0,02 arasında bulunmuştur. En yüksek ortalama NDVI değeri 0,20 ile BYA_3 olarak adlandırılan alanda hesaplanırken, en düşük ortalama NDVI değeri 0,16 ile BYA_2 alanında hesaplanmıştır ve Şekil 4.15-Şekil 4.18 arasında verilmiştir.

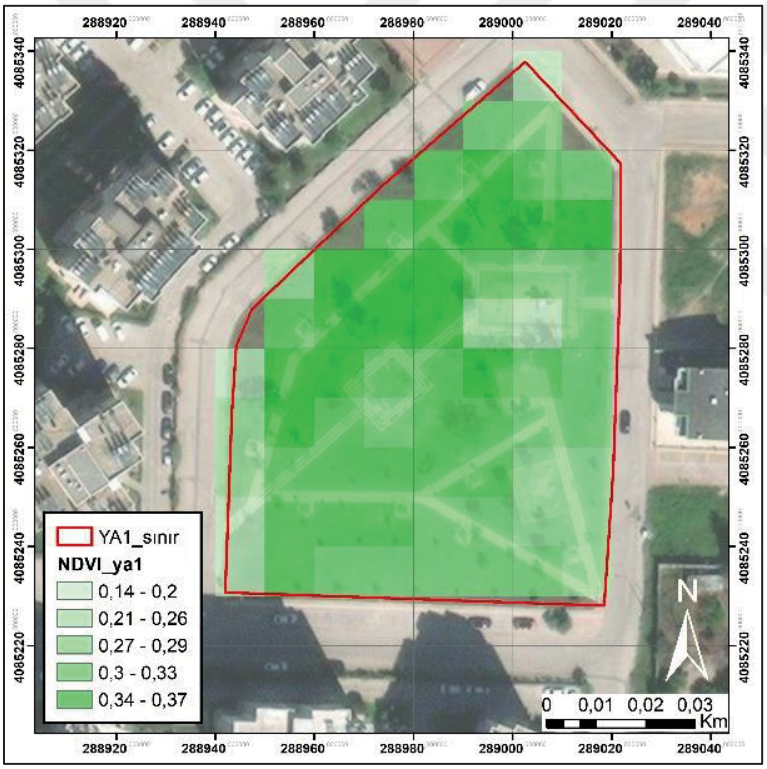
Çizelge 4.2. Çalışma alanında yer alan yeşil alanların fiziksel özellik büyüklükleri



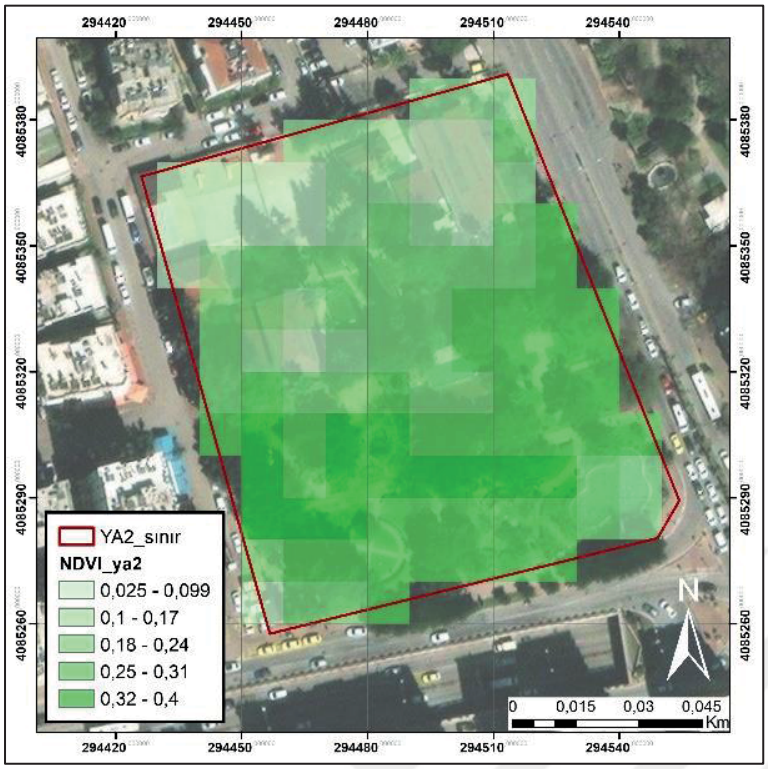
Alan	**YA$_1$**	**YA$_2$**	**YA$_3$**	**YA$_4$**	**YA$_5$**	**YA$_6$**	**YA$_7$**	**YA$_8$**	**YA$_9$**
Biçim	Kare	Kare	Dikdörtgen	Dikdörtgen	Dikdörtgen	Dikdörtgen	Kare	Dikdörtgen	Dikdörtgen
Ölçü	Küçük	Küçük	Küçük	Orta	Orta	Orta	Büyük	Büyük	Büyük
Nitelik	**Büyüklük (m^2)**								
Alan	6.800	10.100	12.100	13.000	15.300	20.250	21.750	28.000	33.500
Ağaç Örtü	1.000	4.100	900	1.300	3.600	3.600	2.050	6.200	9.100
Çim Örtü	4.400	1.700	6.300	9.500	9.400	11.050	13.000	10.500	13.500
Diğer Örtü	1.400	4.300	4.900	2.200	2.400	5.600	6.700	11.300	10.900

Çizelge 4.3. Çalışma alanında yer alan yeşil alanların ortalama NDVI değeri ve yeşil örtü toplamı ve oranları

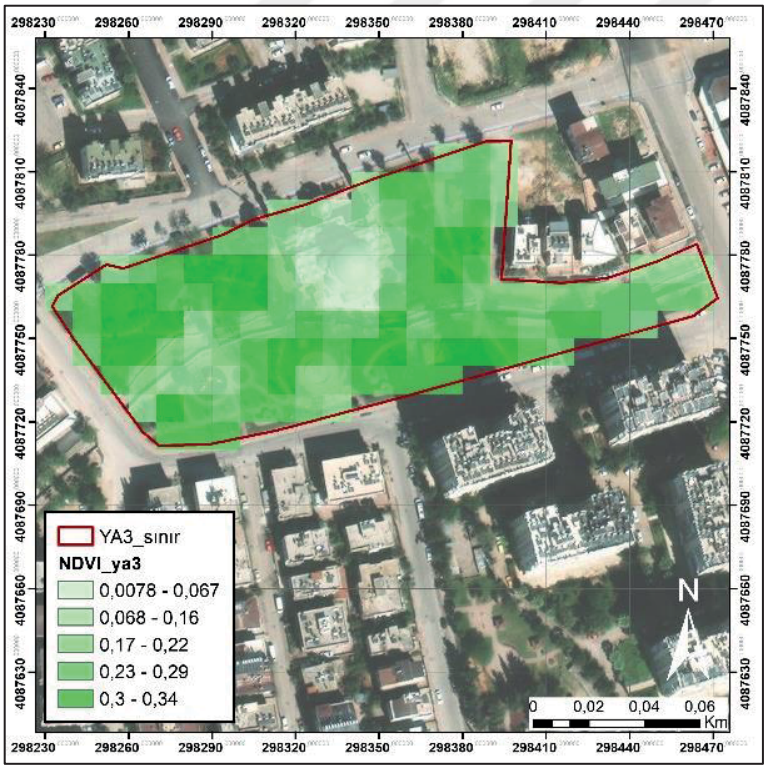
Alan	Yeşil Örtülü Alan (daa)	Oran (%)	Diğer Örtülü Alan (daa)	Oran (%)	Toplam Alan (daa)	Ortalama NDVI Değeri
YA_1	5,4	79,4	1,4	20,1	6,8	0,29
YA_2	5,8	57	4,3	43	10,1	0,21
YA_3	7,2	59,5	4,9	32	12,1	0,21
YA_4	10,8	83	2,2	17	13	0,34
YA_5	13	85	2,4	15	15,3	0,23
YA_6	14,65	72	5,6	28	20,25	0,26
YA_7	15,05	69	6,7	31	21,75	0,20
YA_8	16,7	59,6	11,3	40,4	28	0,16
YA_9	22,6	67	10,9	33	33,5	0,24



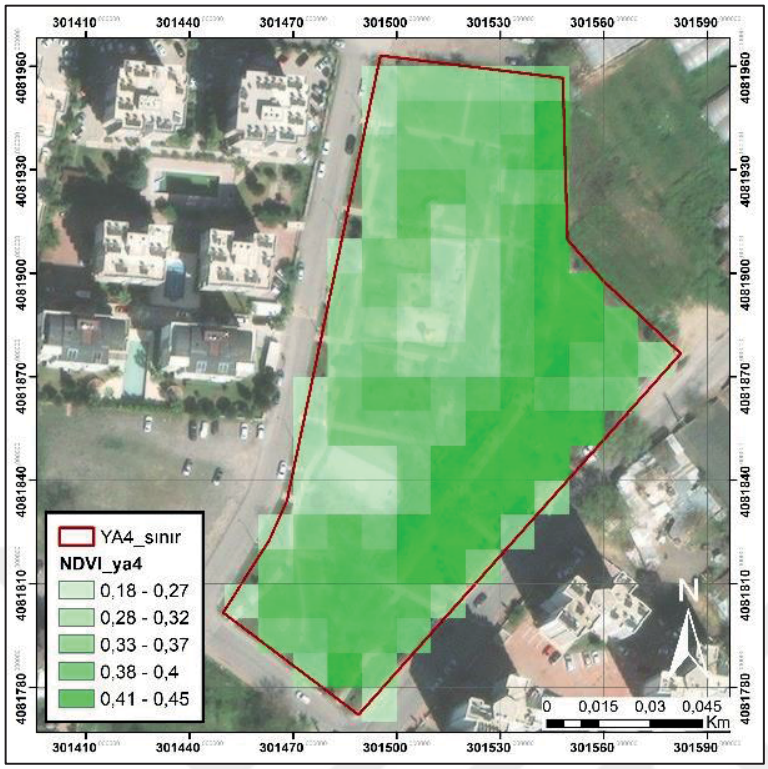
Şekil 4.6. YA_1 NDVI sınıflandırması



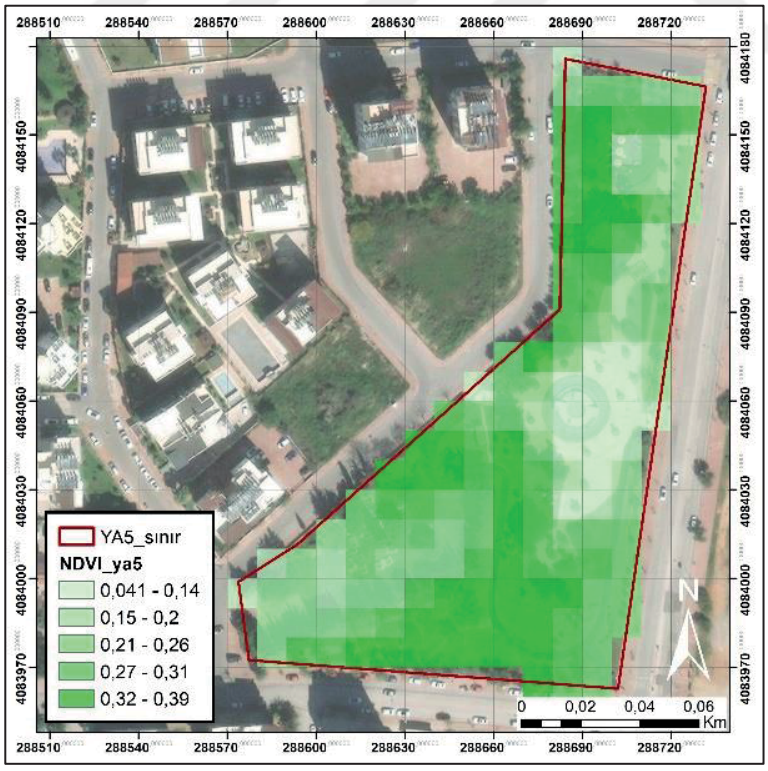
Şekil 4.7. YA_2 NDVI sınıflandırması



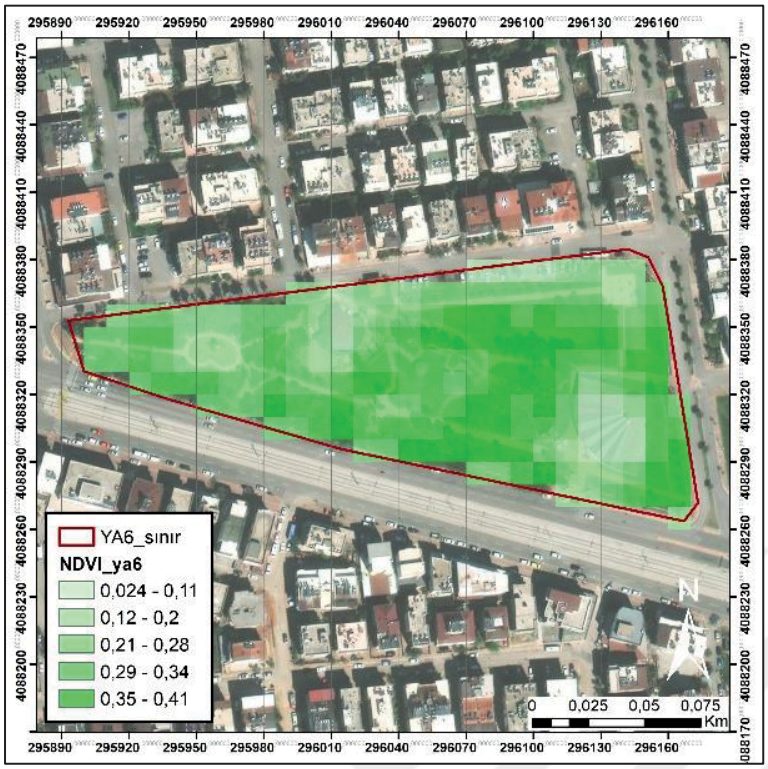
Şekil 4.8. YA_3 NDVI sınıflandırması



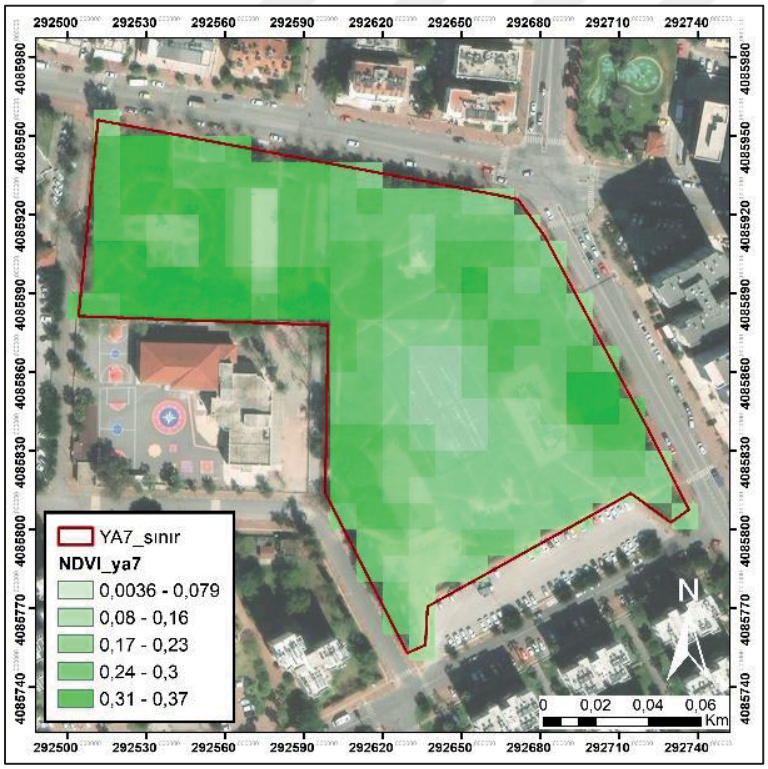
Şekil 4.9. YA$_4$ NDVI sınıflandırması



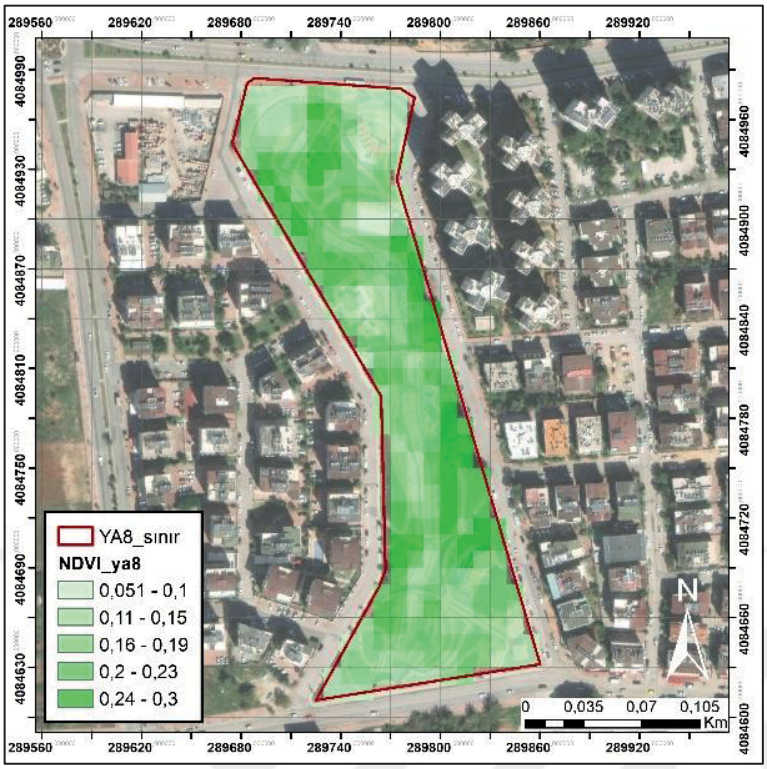
Şekil 4.10. YA$_5$ NDVI sınıflandırması



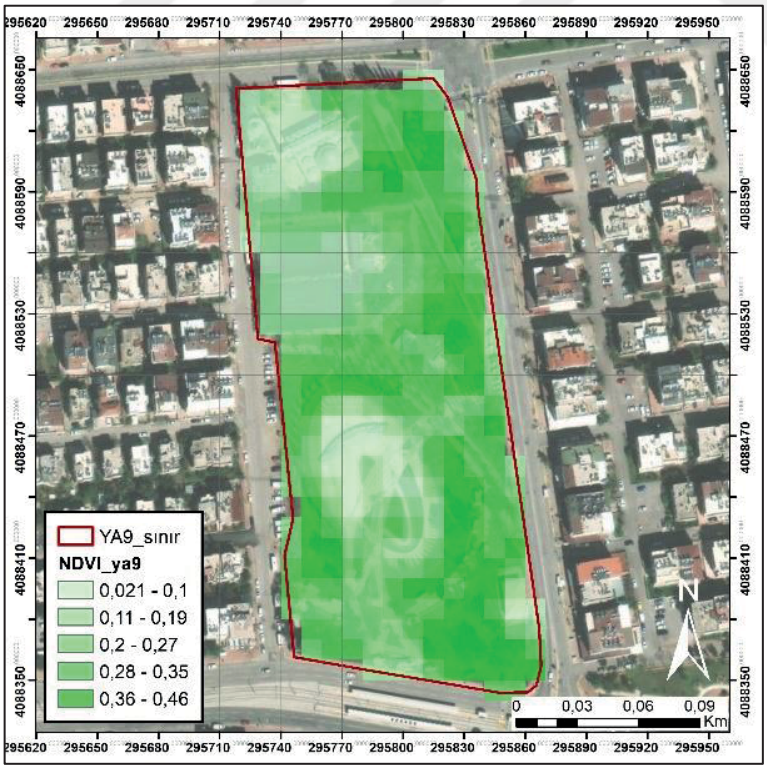
Şekil 4.11. YA_6 NDVI sınıflandırması



Şekil 4.12. YA_7 NDVI sınıflandırması



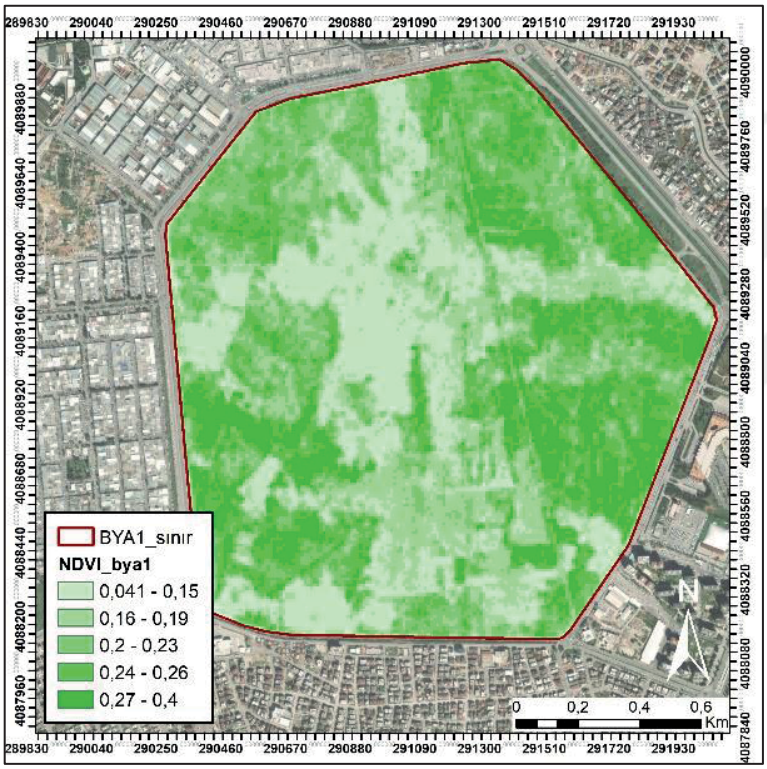
Şekil 4.13. YA8 NDVI sınıflandırması



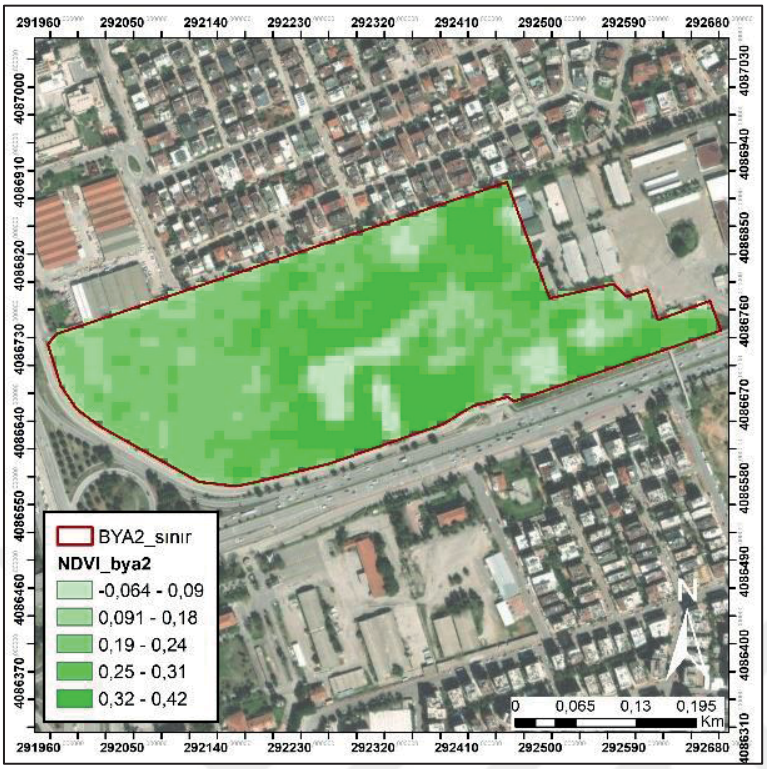
Şekil 4.14. YA9 NDVI sınıflandırması

Çizelge 4.4. Çalışma alanında yer alan büyük yeşil alanların ortalama NDVI değeri ve yeşil örtü toplamı ve oranları

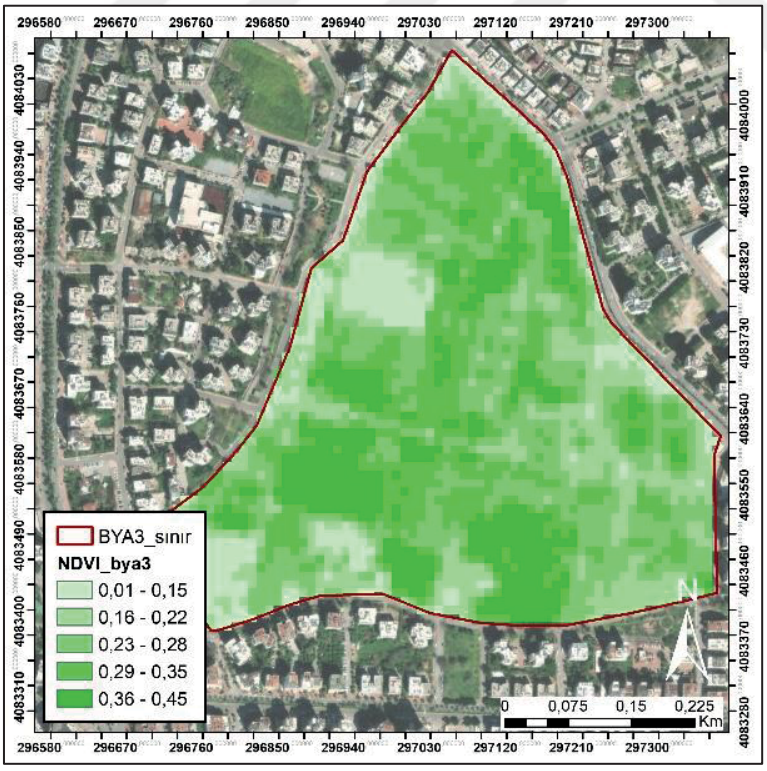
Alan	Yeşil Örtülü Alan (daa)	Oran (%)	Diğer Örtülü Alan (daa)	Oran (%)	Toplam Alan (daa)	Ortalama NDVI Değeri
BYA_1	-		-		2614.5	0,17
BYA_2	-		-		118,68	0,16
BYA_3	-		-		264,9	0,20
BYA_4	-		-		970,33	0,18



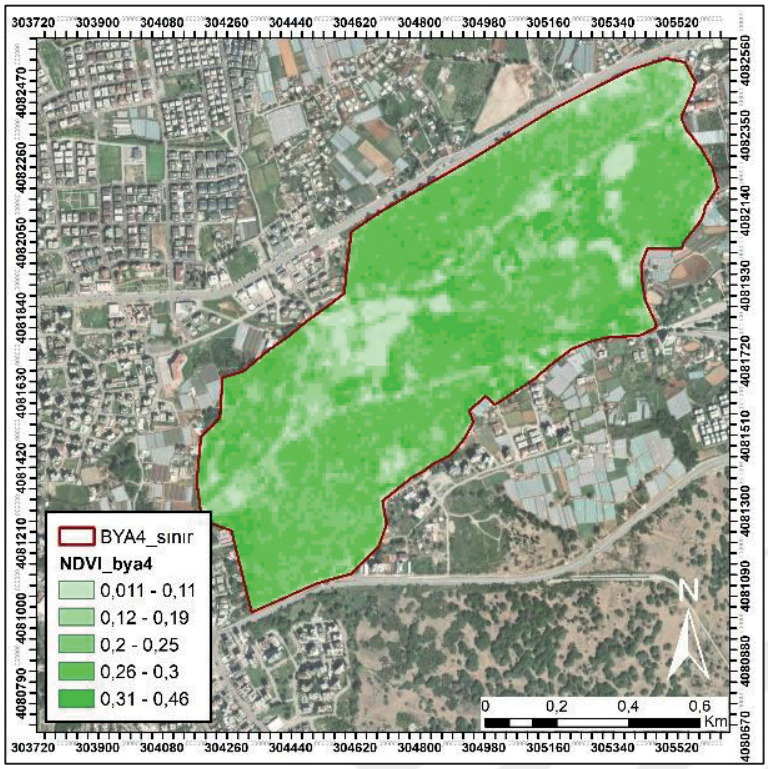
Şekil 4.15. BYA_1 NDVI sınıflandırması



Şekil 4.16. BYA_2 NDVI sınıflandırması



Şekil 4.17. BYA_3 NDVI sınıflandırması



Şekil 4.18. BYA4 NDVI sınıflandırması

4.2. Hareketli (Mobil) Ölçümler ve İstatistiksel Analizleri

4.2.1. Etki Alanları Sıcaklık Farkları ve Haritalandırılması

Araştırma kapsamında belirlenen farklı büyüklükteki yeşil alanlar ve çevrelerindeki etki alanlarında gerçekleştirilen mobil ölçümler sonucunda, alan içinde ve etki alanları boyunca ölçüm rotalarındaki sıcaklık değerleri saptanmıştır. Alan içinde yapılan ölçümler farklı bitki yoğunluklarını temsil edecek noktalarda yapılırken, alan çevresinde yapılan ölçümler 50 m aralıklarla parsel köşelerine denk gelecek şekilde yapılmıştır. 200 m etki alanına kadar bu yeşil alanların sıcaklıklara ekişinin yeşil alandan uzaklaştıkça nasıl değiştiği ve yeşil alanın fiziksel özelliklerinin bu değişime nasıl etki ettiği belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm yapılan ilk nokta ile son nokta arasında zaman farklılığından kaynaklanan bir değişim olmaması için ölçümler en fazla 1 saatlik süre içinde ve günün aynı saatlerinde yapılmıştır. Sıcaklık farkı aşağıda yer alan Formül 11 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta T = t_2 - t_1 \quad (11)$$

ΔT: sıcaklık farkı
t_2: Etki alanı sıcaklığı
t_1: Alan içi sıcaklık

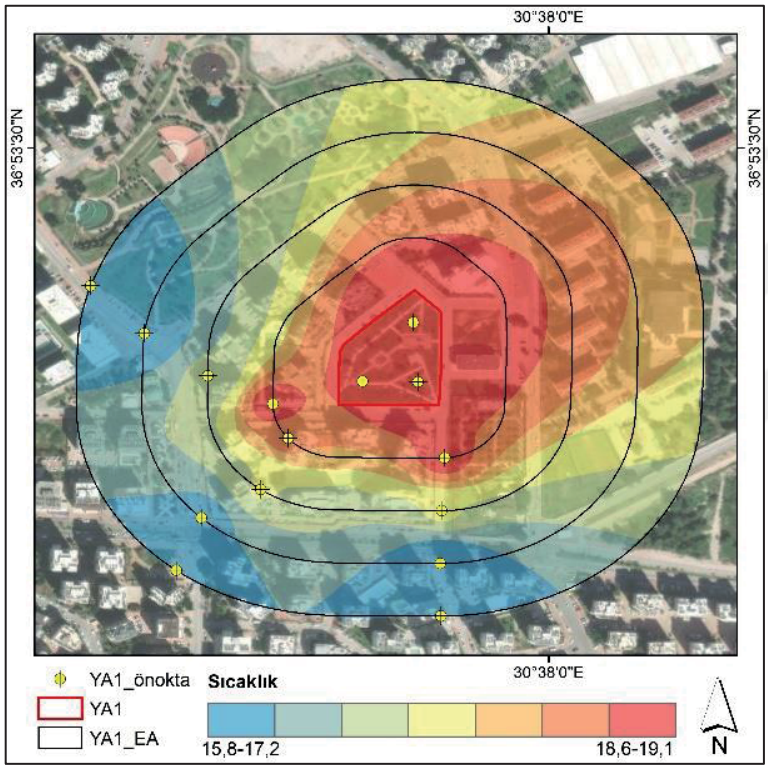
Bu bölümde ayrıca, noktasal ölçüm rotaları boyunca kaydedilen dönemlik sıcaklık verileri mekansal veriye dönüştürülerek sıcaklık haritaları elde edilmiş ve Şekil 4.19 ile Şekil 4.27 arasında verilmiştir. Hazırlanan sıcaklık haritaları ve değerlendirmelere göre;

üç farklı büyüklük sınıfına sahip alanların etki alanlarına serinletme ve ısıtma etkisi farklılaşmaktadır. Küçük (≤ 10 dekar) alanların özellikle serinletme etkisinin ilk 50 m etki alanında; orta büyüklükte (10-20 dekar) alanların ikinci 50 m'lik etki alanında da serinletme etkisinin görülmeye başladığı; büyük (20-30 dekar) alanların ise 100 m etki alanında serinletme etkisinin devam ettiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7). Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere küçük yeşil alanların ısıtma ve serinletme etkisi ilk 50 m'lik etki alanında daha yüksek olduğu, bu noktadan sonra bu etkinin azaldığı söylenebilir. Buna göre üç alanda da üç ölçüm rotasında yapılan ölçümlerde kış ayları ortalamasına göre, alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı 0,50 ºC ve 1 ºC arasında değişmektedir. Yaz ayları ortalamasına göre ise alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı yine farkı 0,50 ºC ve 1 ºC arasında değişmektedir. Her iki mevsim ortalamasında da 200 m etki alanında alan içi ile sıcaklık farkı yaklaşık 2 ºC olarak belirlenmiştir. Buna göre bu büyüklükteki yeşil alanların ısıtma ve serinletme etkisinin ilk 50 m'de etkili olduğu, bu noktadan sonra etkisinin azalmaya başladığı sonucuna varılabilir.

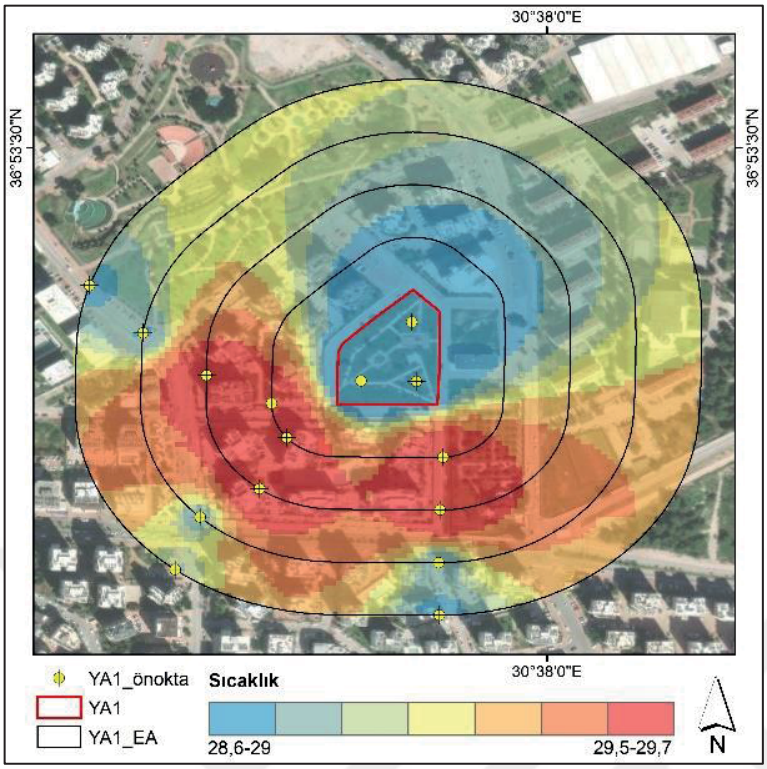
Çizelge 4.5. Küçük ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı

		Etki Alanı Uzaklığına Göre Sıcaklık Farkı (ΔT) ºC			
YA_1	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	0,52	0,84	2,09	2,69
	Bahar	0,91	1,04	0,41	0,44
	Yaz	0,39	0,79	1,18	2,03
Ö. Rota 2	Kış	0,19	1,12	2,46	2,92
	Bahar	1,01	1,04	0,38	0,39
	Yaz	0,39	0,88	1,34	2,16
Ö. Rota 3	Kış	0,26	0,77	2,47	3,09
	Bahar	1,08	1,06	0,39	0,33
	Yaz	0,51	0,86	1,78	2,74
YA_2	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	0,54	1,02	2,12	2,32
	Bahar	1,08	1,20	0,85	0,98
	Yaz	0,25	1,35	1,58	1,82
Ö. Rota 2	Kış	0,61	1,44	2,06	2,31
	Bahar	1,13	1,52	0,92	0,82
	Yaz	0,85	1,47	1,77	2,28
Ö. Rota 3	Kış	0,79	1,71	2,19	2,77
	Bahar	1,05	1,53	0,85	0,92
	Yaz	1,00	1,75	1,98	2,57
YA_3	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	1,11	1,74	2,66	2,83
	Bahar	0,40	1,28	1,52	2,13
	Yaz	0,15	0,80	1,30	2,00
Ö. Rota 2	Kış	1,29	1,91	2,46	2,99
	Bahar	0,50	1,27	1,35	2,05
	Yaz	0,48	1,42	1,83	2,30
Ö. Rota 3	Kış	1,59	1,99	2,44	3,01
	Bahar	0,50	1,15	1,28	1,87
	Yaz	0,95	1,62	2,38	2,65

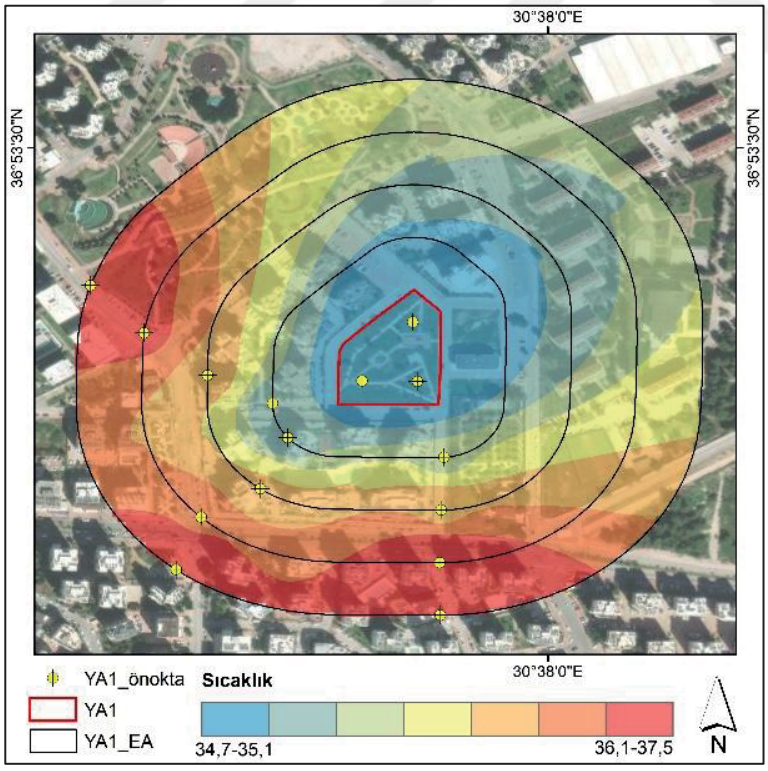
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_1'de kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da mesafe uzadıkça 2,5 ºC'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,30 ºC fazlayken; yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 3'te 3 ºC'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.19-Şekil 4.21). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 1 ºC iken, bu noktadan sonra 0,5 ºC 'nin altına düşmektedir. Yaz ölçümlerinde ise yine ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkının yaklaşık 0,70 ºC'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu noktadan sonra sıcaklık farkı 1 ºC'nin üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.19. YA_1 kış sıcaklık dağılım haritaları

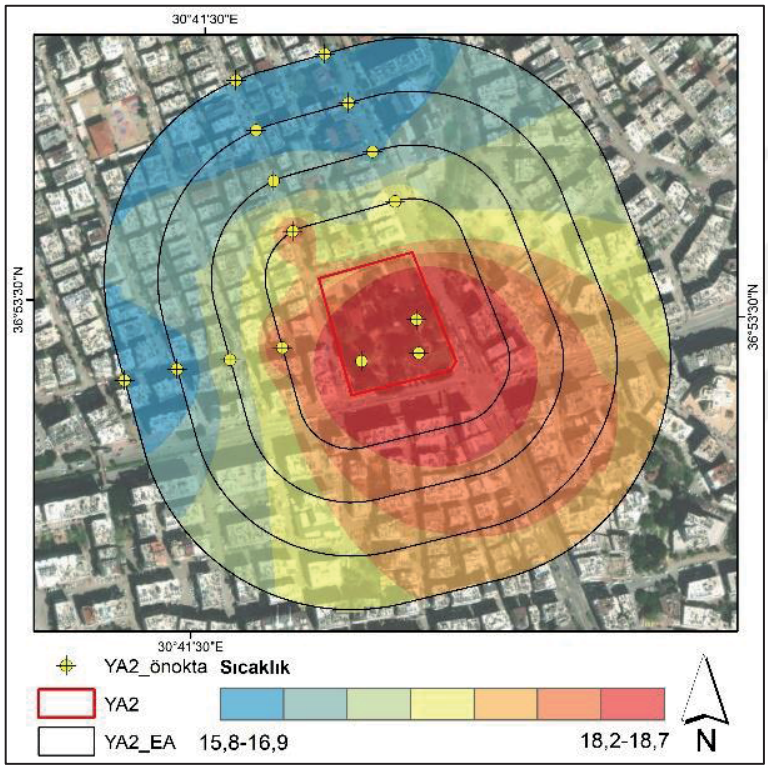


Şekil 4.20. YA1 bahar sıcaklık dağılım haritaları

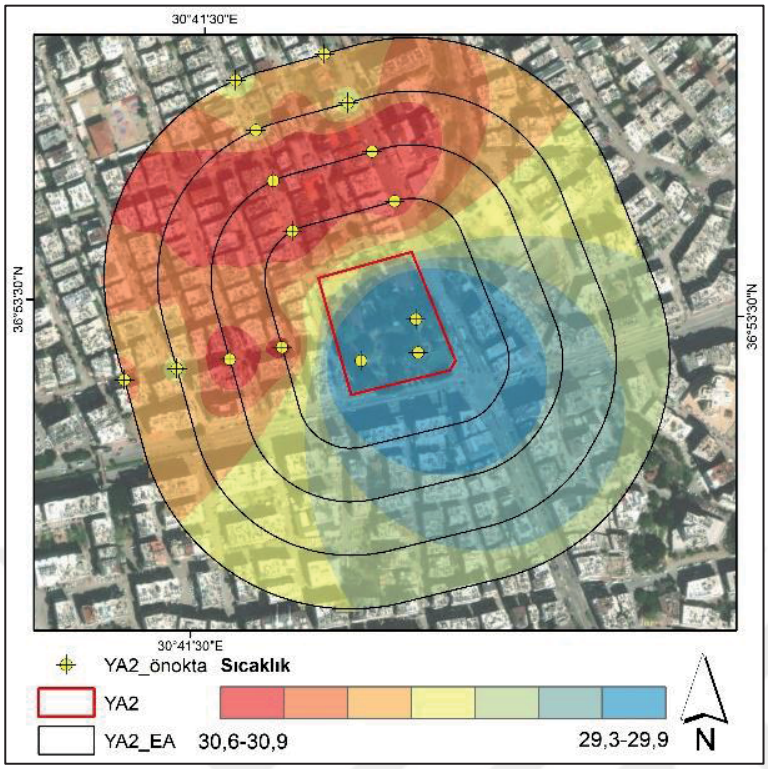


Şekil 4.21. YA$_1$ yaz sıcaklık dağılım haritaları

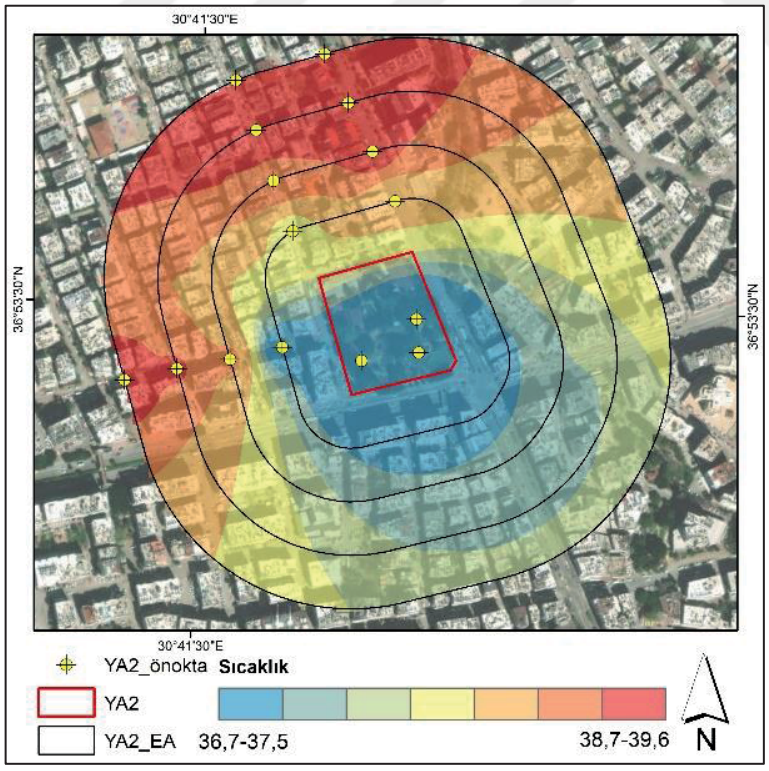
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_2'de kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da mesafe uzadıkça 2,3 ^oC'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Ölçüm rotası 3'te ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,30 ^0C fazlayken; yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 3'te 2,5 ^oC'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.22-Şekil 4.24). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 1 ^0C'nin üzerinde iken, bu noktadan sonra 1 ^oC 'nin biraz altına düşmektedir. Yaz ölçümlerinde ise ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkı 0,28 ^oC iken, bu farkın diğer iki rotada 0,8 ^oC'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu noktadan sonra sıcaklık farkı 1,5 ^oC'nin üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.22. YA_2 kış sıcaklık dağılım haritaları

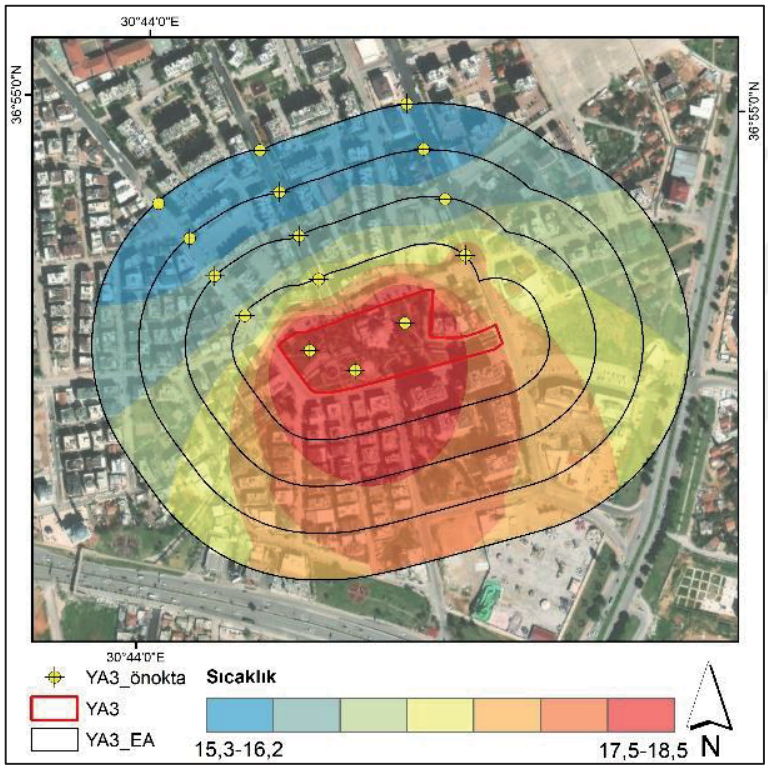


Şekil 4.23. YA_2 bahar sıcaklık dağılım haritaları

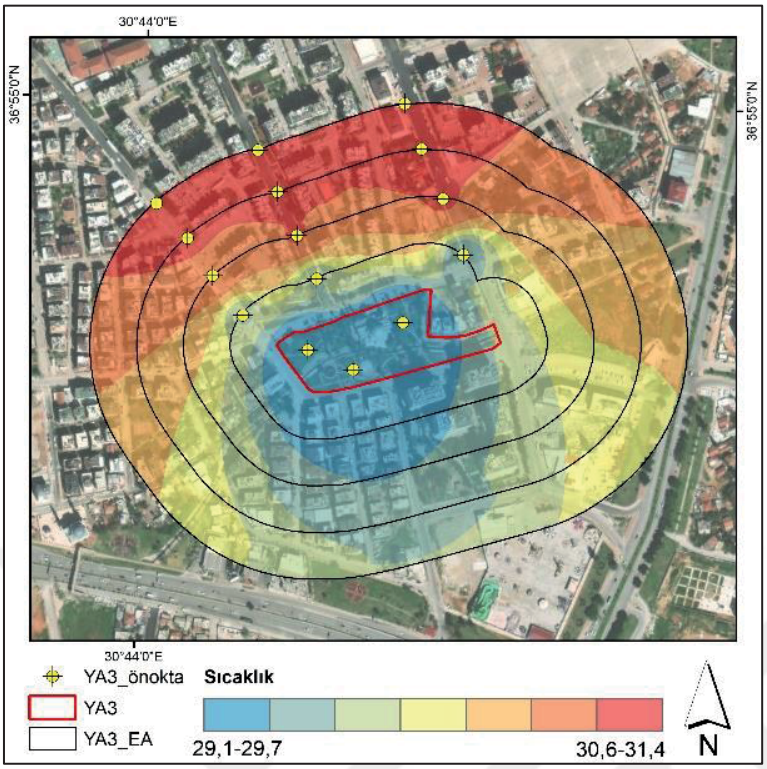


Şekil 4.24. YA_2 yaz sıcaklık dağılım haritaları

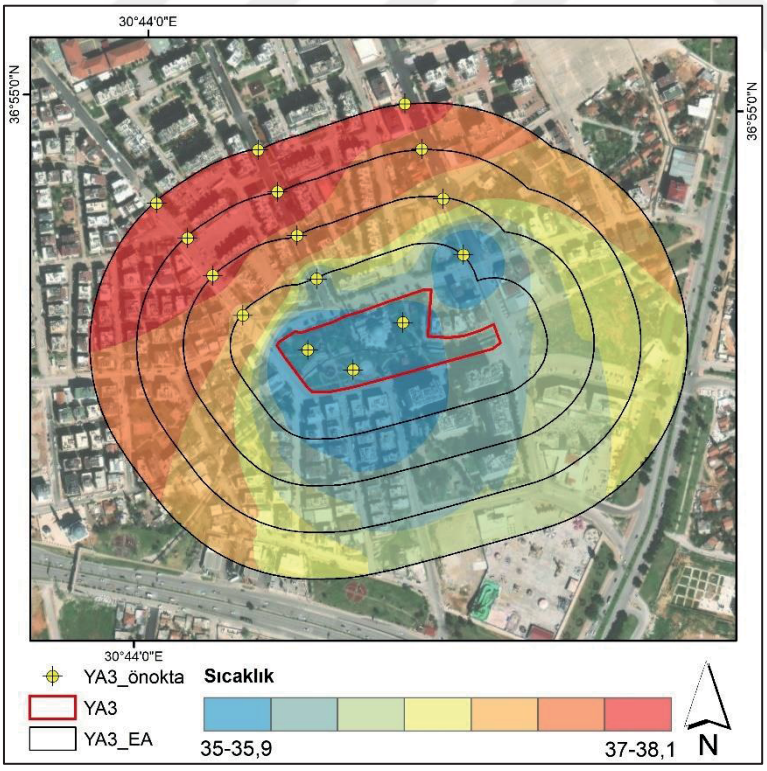
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_3'te kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da mesafe uzadıkça 2 ^oC'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Ölçüm rotası 3'te ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı önceki iki alana göre yüksek çıkmıştır. Yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 1'de 2,8 ^oC'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.25-Şekil 4.27). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 50 m'de yaklaşık 0,50 ^oC iken, bu noktadan sonra 1 ^oC 'nin üzerine çıkmaktadır. Yaz ölçümlerinde ise ölçüm rotası 3'te ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkı 0,95 ^oC iken, bu farkın diğer iki rotada 0,5 ^oC'nin altında olduğu görülmektedir. Bu noktadan sonra sıcaklık farkı 1,4 ^oC'nin üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.25. YA_3 kış sıcaklık dağılım haritaları



Şekil 4.26. YA_3 bahar sıcaklık dağılım haritaları



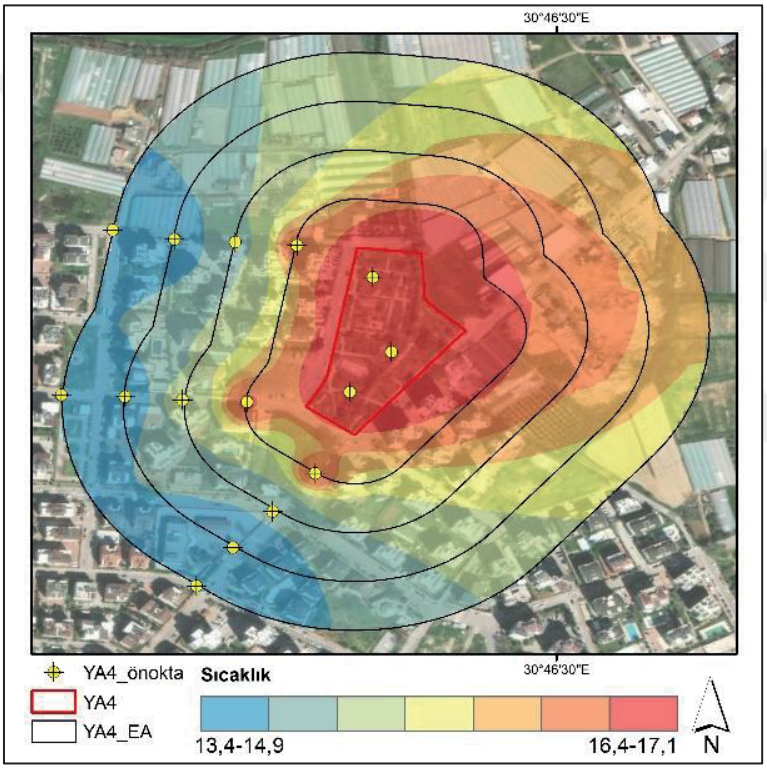
Şekil 4.27. YA_3 yaz sıcaklık dağılım haritaları

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere orta ölçekli yeşil alanların ısıtma etkisinin YA_4'te 50 m'lik etki alanında daha yüksek olduğu, diğer iki alanda ise bu etkinin az olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan rotaların mekânsal özellikleri incelendiğinde; YA_5'te rüzgar yönünde dikey konumlanması, YA_6'da ise hakim rüzgar yönünde yatay konumlanmasına bağlı olarak bu sonuçlar açıklanabilir. Bu noktadan sonra yine sıcaklık farkının arttığı söylenebilir. Buna göre üç alanda da üç ölçüm rotasında yapılan ölçümlerde kış ayları ortalamasına göre, alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı 0,50 ºC ve 2 ºC arasında değişmektedir. Yaz ayları ortalamasına göre ise alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı 0,50 ºC ve 0,95 ºC arasında değişmektedir. Her iki mevsim ortalamasında da 200 m etki alanında alan içi ile sıcaklık farkı yaklaşık 3 ºC olarak belirlenmiştir. Buna göre bu ölçekteki yeşil alanların ısıtma ve serinletme etkisinin ilk 50 m'de etkili olduğu, 100 m'de 0,5 ºC olduğu ve bu noktadan sonra etkisinin azalmaya başladığı sonucuna varılabilir. Dolayısıyla orta ölçekli yeşil alanların küçük ölçekli yeşil alanlara kıyasla etki alanının 50 m'den sonra maximum 100 m'ye kadar etki etmeye devam ettiği söylenebilir.

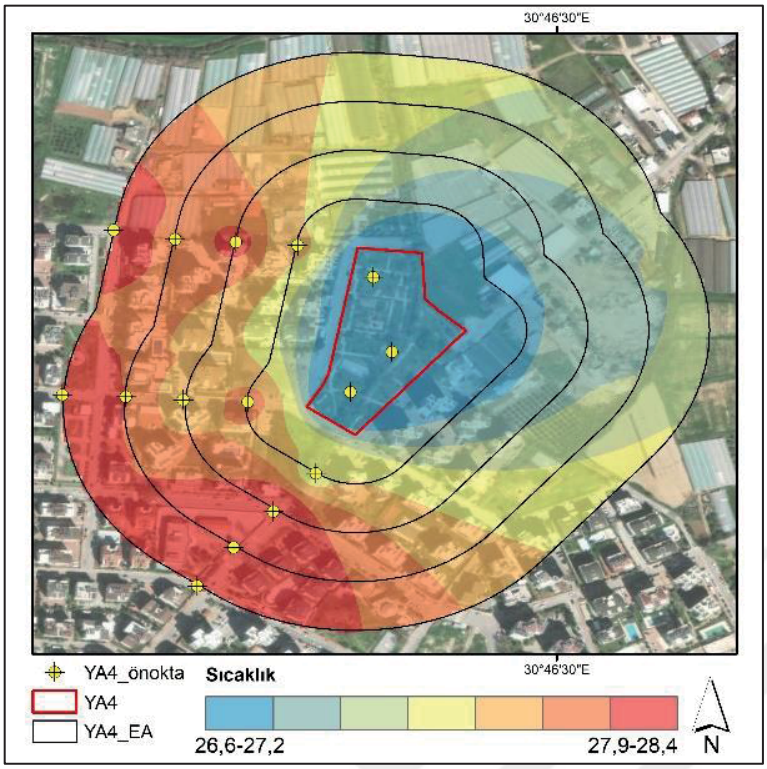
Çizelge 4.6. Orta ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı

		Etki Alanı Uzaklığına Göre Sıcaklık Farkı (ΔT) ºC			
YA_4	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
	Kış	0,54	1,16	2,49	3,03
Ö. Rota 1	Bahar	0,94	0,76	1,04	1,36
	Yaz	0,36	1,16	1,54	2,57
	Kış	0,63	1,49	2,59	2,99
Ö. Rota 2	Bahar	0,77	1,11	0,97	1,37
	Yaz	0,61	1,81	2,12	2,77
	Kış	0,59	1,93	2,69	3,44
Ö. Rota 3	Bahar	0,69	1,32	1,24	1,66
	Yaz	0,69	1,87	2,32	2,76
YA_5	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
	Kış	1,77	1,95	2,33	2,57
Ö. Rota 1	Bahar	0,24	0,69	1,21	1,43
	Yaz	0,48	1,22	1,62	2,48
	Kış	2,00	1,95	2,52	2,90
Ö. Rota 2	Bahar	0,09	0,59	1,38	1,56
	Yaz	0,95	1,37	2,07	2,67
	Kış	2,02	2,45	2,73	3,48
Ö. Rota 3	Bahar	0,18	0,68	1,49	1,69
	Yaz	0,82	1,55	2,00	2,85
YA_6	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
	Kış	1,26	2,33	3,46	3,66
Ö. Rota 1	Bahar	0,41	0,66	0,76	1,03
	Yaz	0,62	1,24	1,81	2,62
	Kış	1,91	1,91	3,28	3,69
Ö. Rota 2	Bahar	0,19	0,63	0,63	0,89
	Yaz	0,84	1,47	2,01	2,27
	Kış	2,14	3,09	3,36	3,74
Ö. Rota 3	Bahar	0,38	0,81	0,74	0,94
	Yaz	0,82	1,64	2,01	2,69

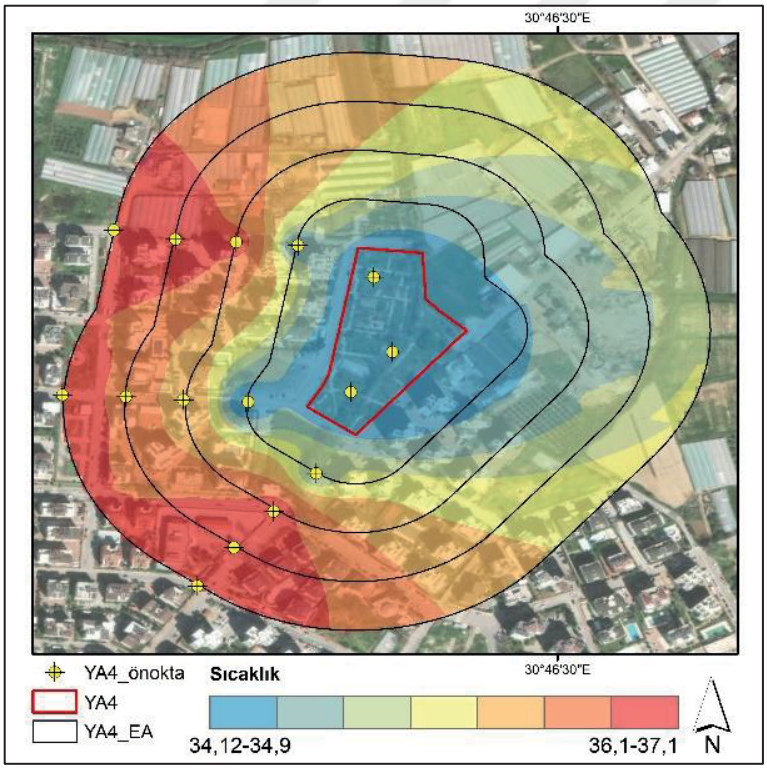
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_4'te kış ve yaz periyodunda, 200 m etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da 2,6 ^oC'nin üzerindedir. 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı birbirine yakın olup yaklaşık 0,6 ^oC'dir. Yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 1'de 0,3 ^oC'nin diğer iki rotada ortalama 0,6 ^oC'dir (Şekil 4.28-Şekil 4.30). 100 m'de kışın ölçüm rotası 1'de bu fark 1 ^oC'nin biraz üzerinde iken, diğer iki ölçüm rotasında bu fark 1,5 ^oC ve üzerine çıkmaktadır. Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 50 m'de ortalama 0,7 ^oC iken, 100 m'de ölçüm rotası üçte diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,5 ^oC daha yüksektir. Yaz ölçümlerinde ise yine ilk 50 m'lik etki alanından sonra ölçüm rotası 1'de alan içi ile sıcaklık farkı 1 ^oC'nin biraz üzerinde iken, diğer iki ölçüm rotasında 2 ^oC'ye yaklaştığı görülmektedir. Her üç rotada da 200 m'de yaz sıcaklık ortalaması farkı 2,5 ^oC'nin üzerindedir.



Şekil 4.28. YA_4 kış sıcaklık dağılım haritaları

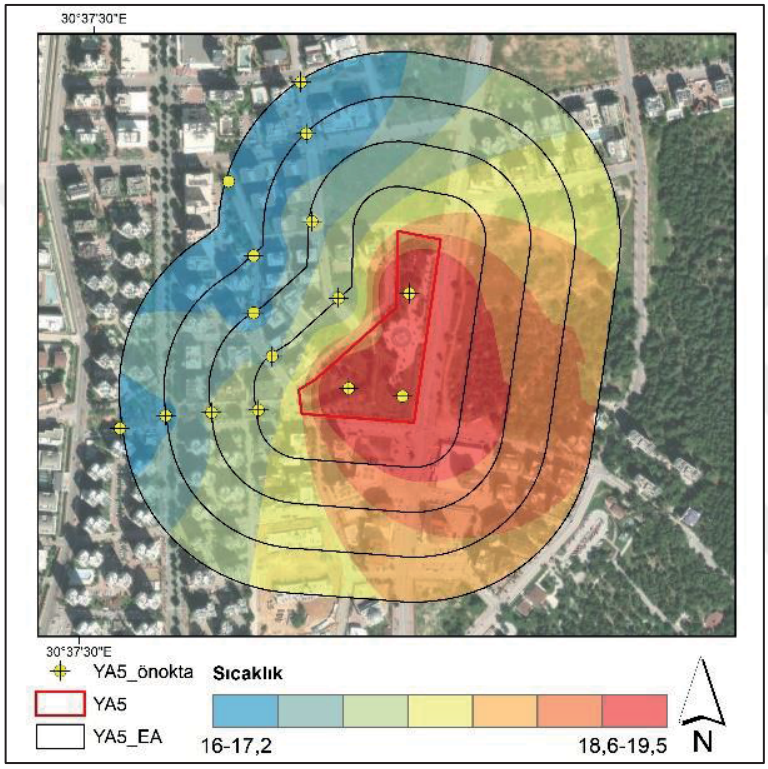


Şekil 4.29. YA4 bahar sıcaklık dağılım haritaları

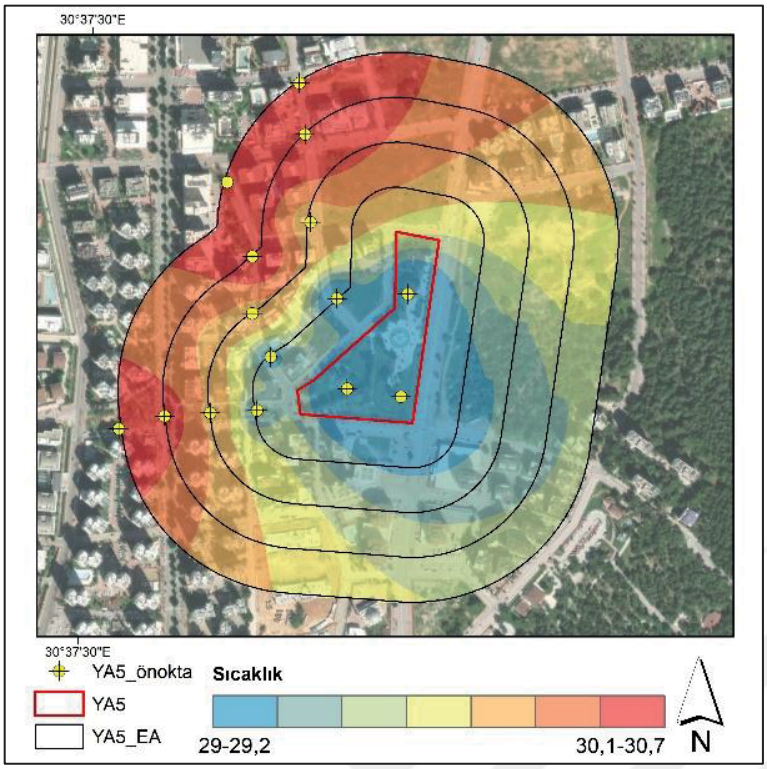


Şekil 4.30. YA4 yaz sıcaklık dağılım haritaları

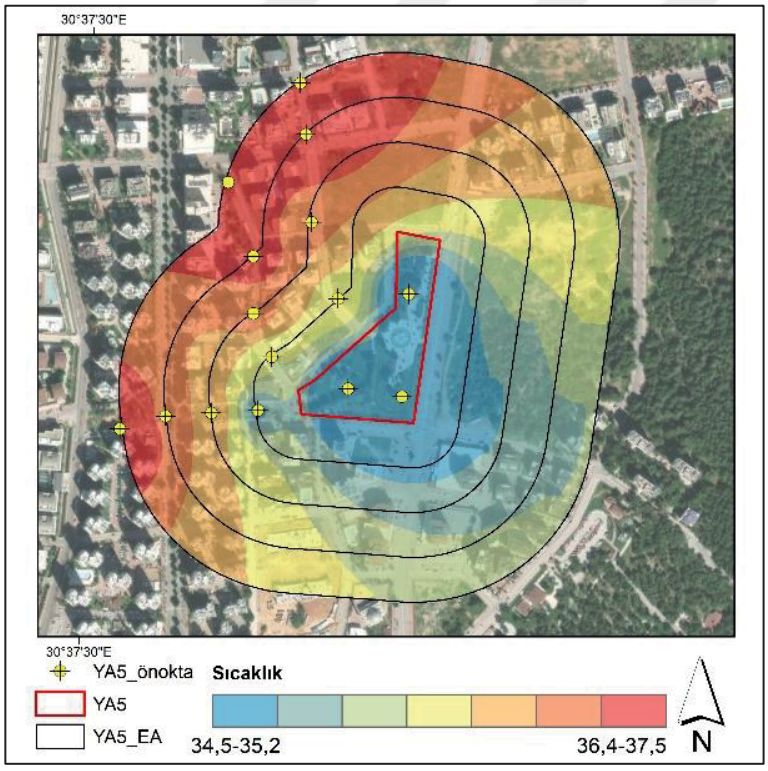
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_5'te kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da kışın ilk 100 m'de 2 ^{0}C'nin biraz altında iken, bu noktadan sonra 2,3 ^{o}C'nin üzerine çıkmaktadır. Yazın ise üç ölçüm rotasında da ilk 50 m'de fark 1 ^{o}C'nin altında iken, 100 m'de bu fark 1,2 'nin üzerine çıkmış, 150 m'de 2 ^{o}C üzeri ve 200 m'de 2,5 ^{o}C'nin üzerine çıkmıştır. (Şekil 4.31-Şekil 4.33). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 0,6 ^{o}C iken, bu noktadan sonra 1 ^{o}C 'nin üzerine çıkmaktadır. Yaz ölçümlerinde ise yine ilk 100 m'lik etki alanına kadar sıcaklık farkı yaklaşık 1,3 ^{o}C iken, 100 m'den sonra alan içi ile sıcaklık farkı en fazla ölçüm rotası 3'te görülmektedir.



Şekil 4.31. YA_5 kış sıcaklık dağılım haritaları

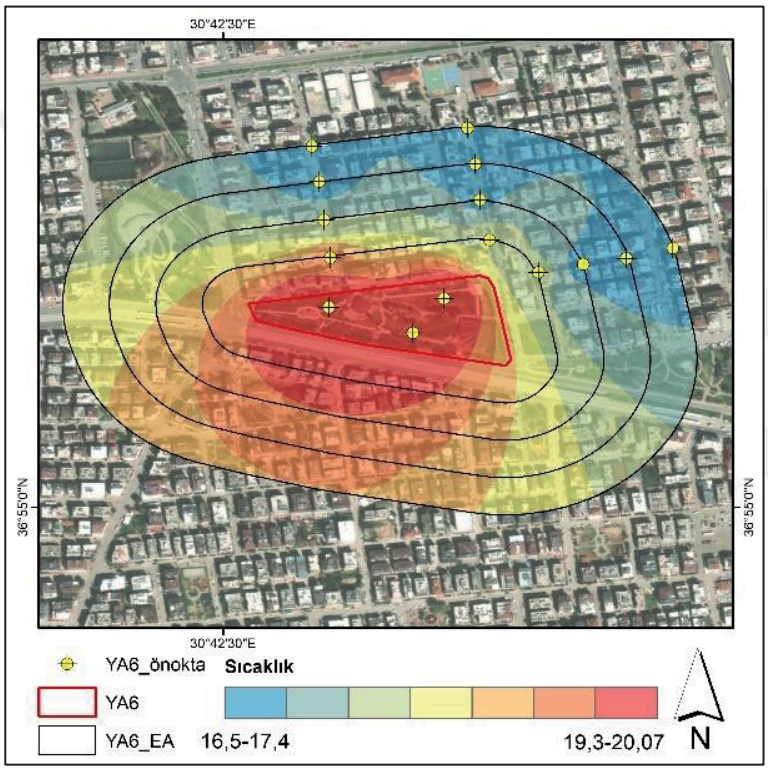


Şekil 4.32. YA_5 bahar sıcaklık dağılım haritaları

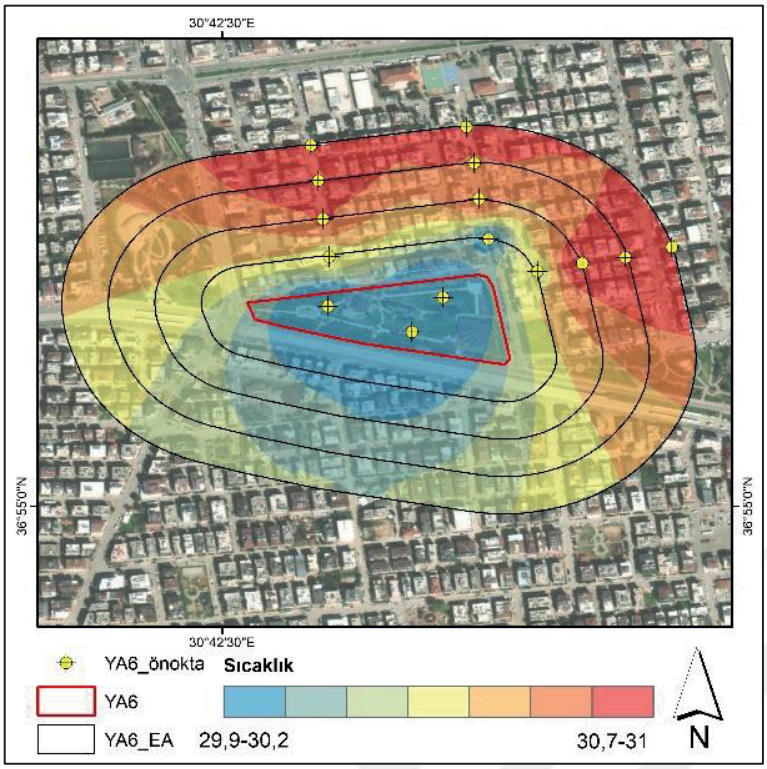


Şekil 4.33. YA5 yaz sıcaklık dağılım haritaları

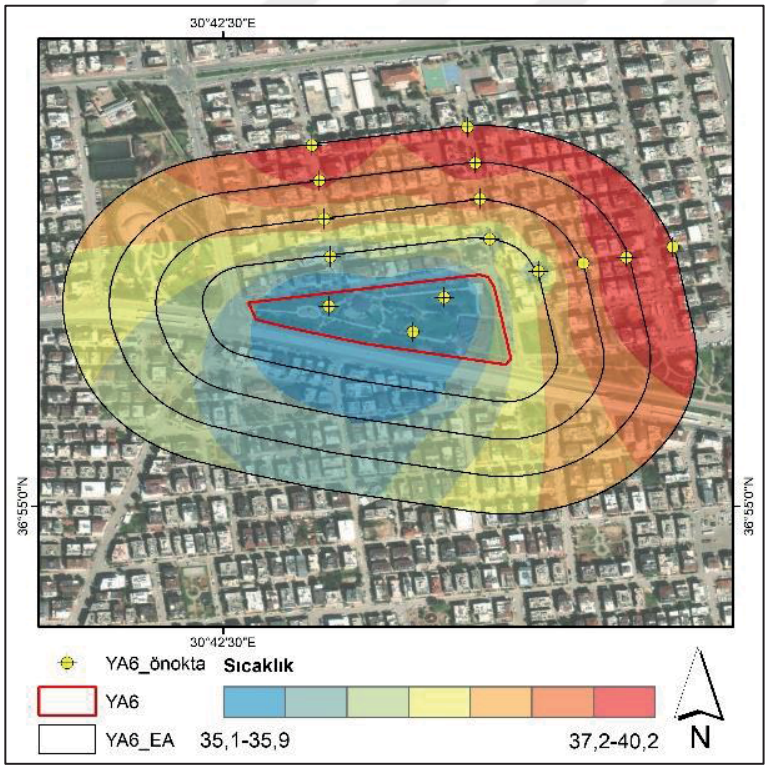
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_6'da etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da kış periyodunda 3 ^oC'nin üzerinde, yaz periyodunda ise 2,5 ^oC'nin üzerindedir. Ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,70 ^oC düşükken bu noktadan sonra yaklaşık 1 ^oC fark oluşmaya başlamıştır. Ancak ölçüm rotası 2'de ilk 100 m'de aynı sıcaklık değeri ölçülmüştür. Yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı üç ölçüm rotasında da mesafeye bağlı olarak kademeli şekilde artış göstermektedir (Şekil 4.34-Şekil 4.37). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 0,7 ^oC iken, bu noktadan sonra 1 ^oC'ye yaklaşmaktadır. Yaz ölçümlerinde ise yine ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkı 1 ^oC'nin üzerinde olduğu, ancak bu noktadan sonra sıcaklık farkının 2 ^oC'nin üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.34. YA_6 kış sıcaklık dağılım haritaları



Şekil 4.35. YA6 bahar sıcaklık dağılım haritaları



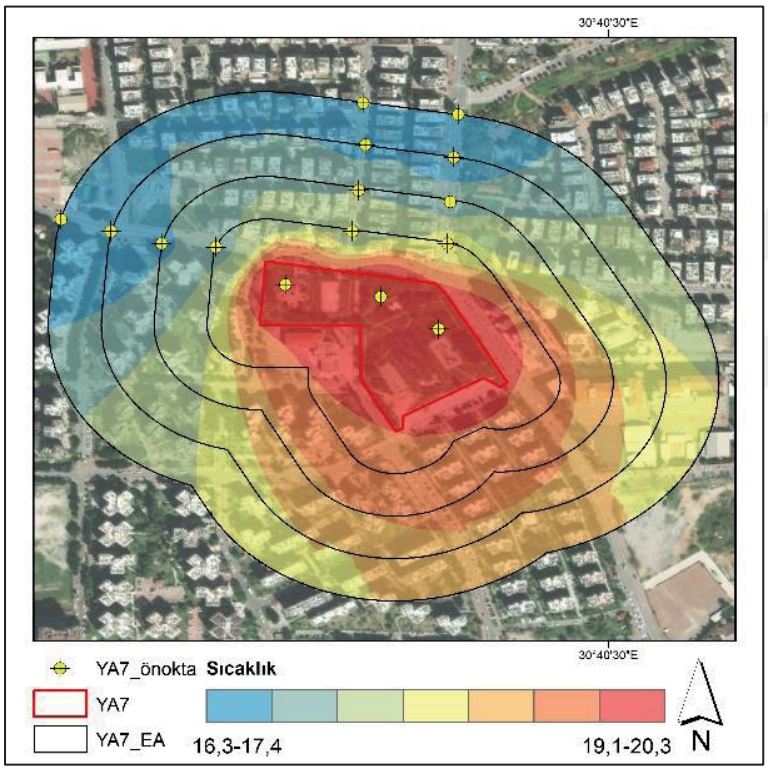
Şekil 4.36. YA_6 yaz sıcaklık dağılım haritaları

Çizelge 4.7'de görüldüğü üzere büyük ölçekli yeşil alanların ısıtma etkisinin YA_8'de 50 m'lik etki alanında daha yüksek olduğu, diğer iki alanda ise bu etkinin az olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan rotaların mekânsal özellikleri incelendiğinde; YA_7 ve YA_9'da rüzgar yönünde dikey konumlanması, YA_8'de ise hakim rüzgar yönünde yatay konumlanmasına bağlı olarak bu sonuçlar açıklanabilir. Bu noktadan sonra yine sıcaklık farkının mesafeye bağlı olarak üç alanda da arttığı söylenebilir. Buna göre üç ölçüm rotasında yapılan ölçümlerde kış ayları ortalamasına göre, alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı 0,7 ºC ve 2 ºC arasında değişmektedir. Yaz ayları ortalamasına göre alan içi sıcaklıkları ile 50 m'de ölçülen sıcaklık farkı yine farkı 0,70 ºC ve 1,18 ºC arasında değişmektedir. Her iki mevsim ortalamasında da 200 m etki alanında alan içi ile sıcaklık farkı yaklaşık 3 ºC olarak belirlenmiştir. Buna göre bu ölçekteki yeşil alanların ısıtma etkisinin ilk 50 m'de nispeten etkili olduğu, serinletme etkisinin ise 100 m'de yaklaşık 1,5 ºC olduğu ve bu noktadan sonra etkisinin azalmaya başladığı sonucuna varılabilir. Dolayısıyla büyük ölçekli yeşil alanların orta ölçekli yeşil alanlara kıyasla etki alanının 100 m'den sonra etkisinin azalmaya başladığı söylenebilir.

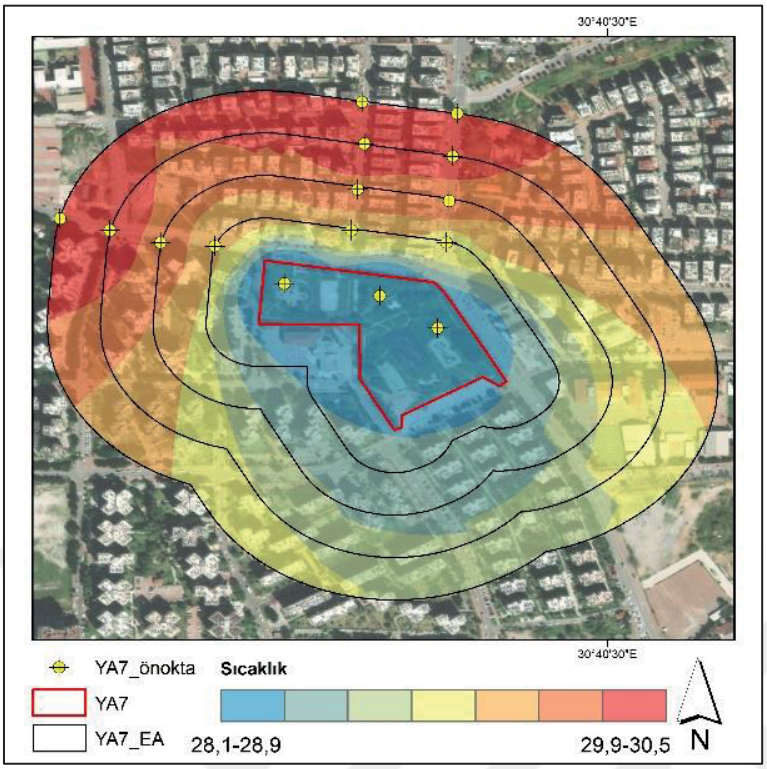
Çizelge 4.7. Büyük ölçekli yeşil alanların etki alanları ile sıcaklık farkı

		Etki Alanı Uzaklığına Göre Sıcaklık Farkı (ΔT) ºC			
YA_7	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	1,51	2,21	3,39	3,78
	Bahar	0,87	1,35	1,75	2,20
	Yaz	0,73	1,34	1,68	2,58
Ö. Rota 2	Kış	1,78	2,08	2,79	3,58
	Bahar	0,95	1,50	1,82	2,30
	Yaz	0,59	1,29	2,01	2,89
Ö. Rota 3	Kış	2,18	2,68	3,41	3,81
	Bahar	0,97	1,37	1,93	2,27
	Yaz	1,04	1,73	2,51	3,34
YA_8	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	0,78	1,13	1,94	2,24
	Bahar	0,44	0,91	1,54	1,97
	Yaz	0,56	1,14	1,61	2,08
Ö. Rota 2	Kış	1,14	1,54	2,34	2,94
	Bahar	0,52	1,17	1,72	1,96
	Yaz	1,03	1,79	2,31	2,61
Ö. Rota 3	Kış	1,04	1,68	2,43	3,38
	Bahar	0,84	1,21	1,71	2,07
	Yaz	1,18	2,14	2,64	2,99
YA_9	**Dönem**	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ö. Rota 1	Kış	2,26	2,26	3,24	3,71
	Bahar	0,91	1,36	1,42	1,86
	Yaz	0,93	1,32	2,27	2,80
Ö. Rota 2	Kış	2,02	3,07	3,92	4,07
	Bahar	0,66	1,16	1,31	1,96
	Yaz	0,95	1,65	2,37	3,02
Ö. Rota 3	Kış	2,02	2,97	3,49	4,04
	Bahar	0,92	1,36	1,42	2,06
	Yaz	0,27	1,77	2,00	3,12

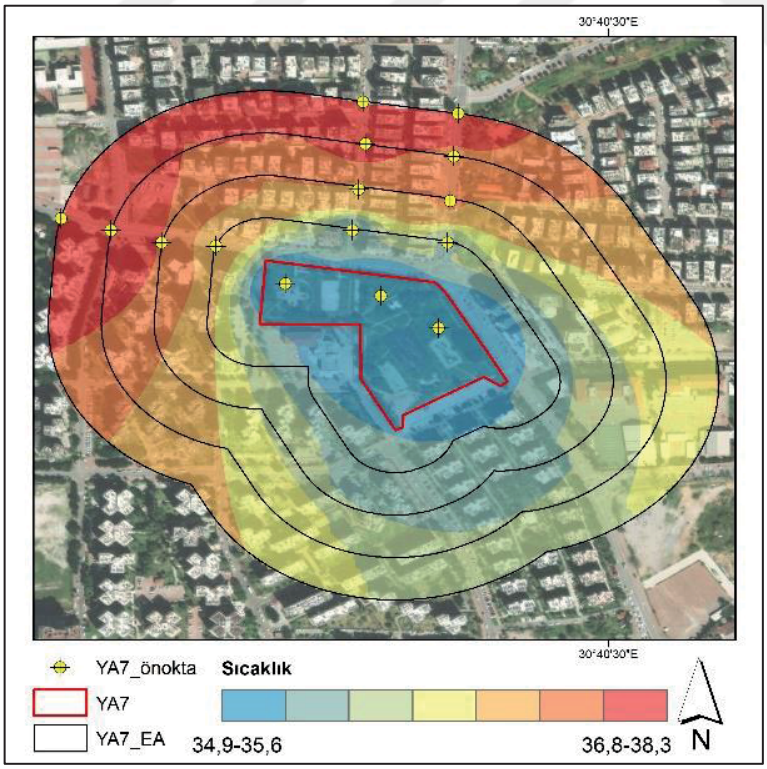
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_7'de kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da kışın 3 ^oC'nin üzerinde yazın 2,5 ^oC'nin ise üzerindedir. Ölçüm rotası 3'te ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,50 ^oC fazlayken; yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 3'te 3 ^oC'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.37-Şekil 4.39). Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 1,3 ^oC iken, bu noktadan sonra 1,8 ^oC'nin üzerine çıkmaktadır. Yaz ölçümlerinde ise ölçüm rotası 1 ve 2'de ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkı 1 ^oC'nin altında iken rota 3'te yaklaşık 1 ^oC olduğu görülmektedir. 100 m'de üç rotada da 0,6 ^oC bir artış oluşurken, bu noktadan sonra fark rota 2 ve 3'te 0,8 ^oC, rota 1 'de ise 0,30 ^oC olmuştur. Bu noktadan sonra serinletme etkisi azalmış ve sıcaklık farkı 2,5 ^oC'nin üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.37. YA_7 kış sıcaklık dağılım haritaları

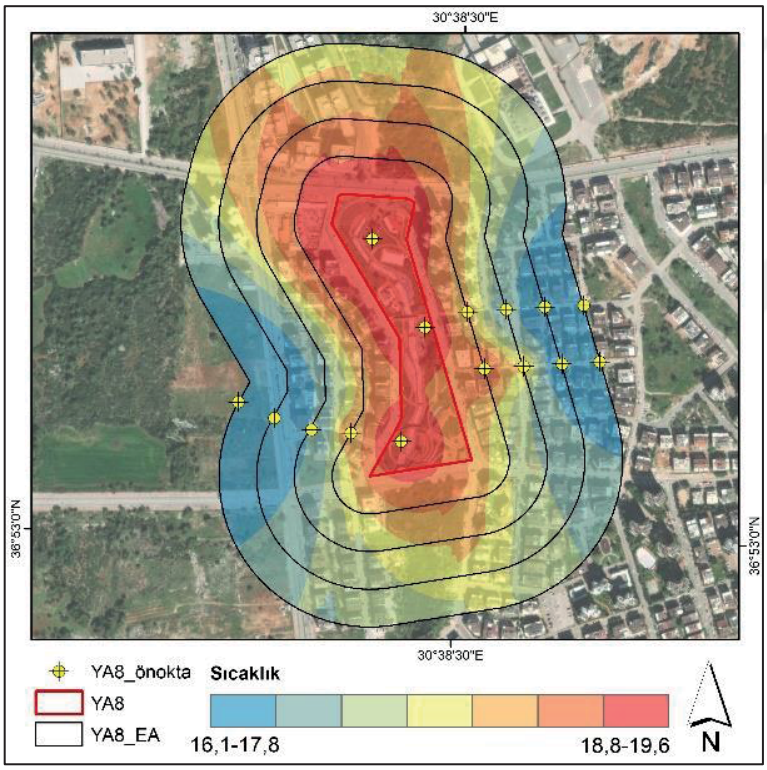


Şekil 4.38. YA_7 bahar sıcaklık dağılım haritaları

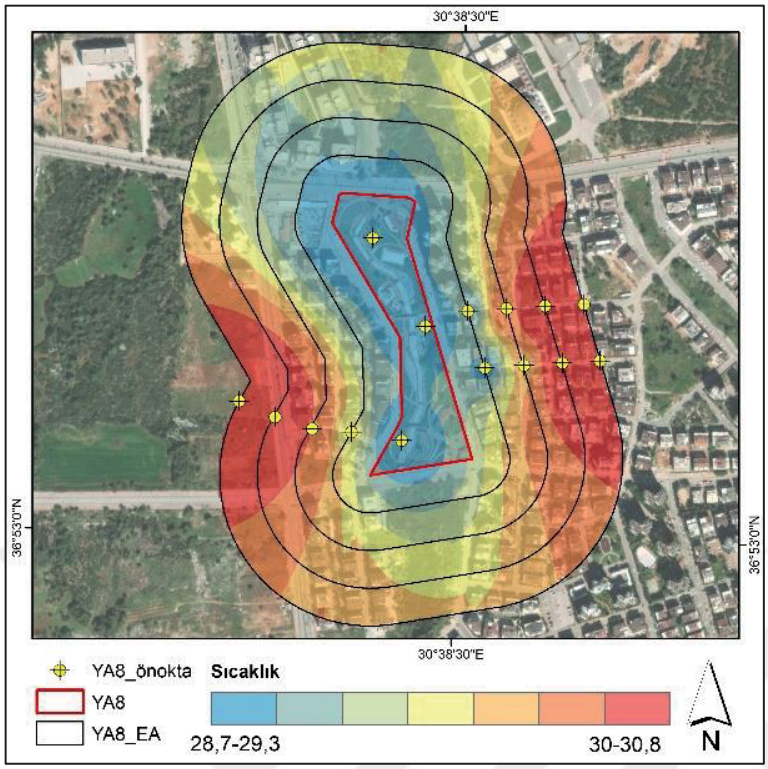


Şekil 4.39. YA_7 yaz sıcaklık dağılım haritaları

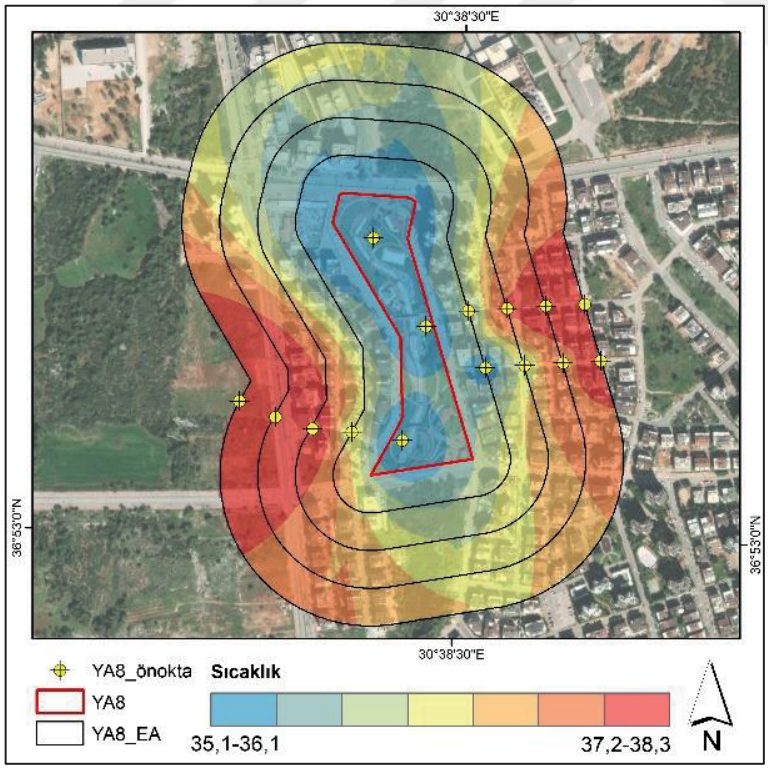
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_8'de kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da 2,5 ºC'nin üzerindedir. Ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,30 ºC azken; yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 2ve 3'te 1 ºC'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.40-Şekil 4.42). 100 m'de iki mevsimde de sıcaklık farkı önceki ölçüm noktasına göre yaklaşık 0,5 ºC artış göstermiştir. Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 1 ºC iken, bu noktadan sonra 1,5 ºC'yi bulmaktadır. En uzak mesafede ise yaklaşık fark 2 ºC'dir. Yaz ölçümlerinde ise ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanından sonra alan içi ile sıcaklık farkı 0,56 ºC iken, diğer iki rotada yaklaşık 1 ºC olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak rota 1'de kanyon geometrisi olmaması gösterilebilir. Bu rotada diğer etki alanlarında görülen sıcaklık farkının diğer iki rotaya göre düşük çıkmasını açıklamaktadır.



Şekil 4.40. YA_8 kış sıcaklık dağılım haritaları

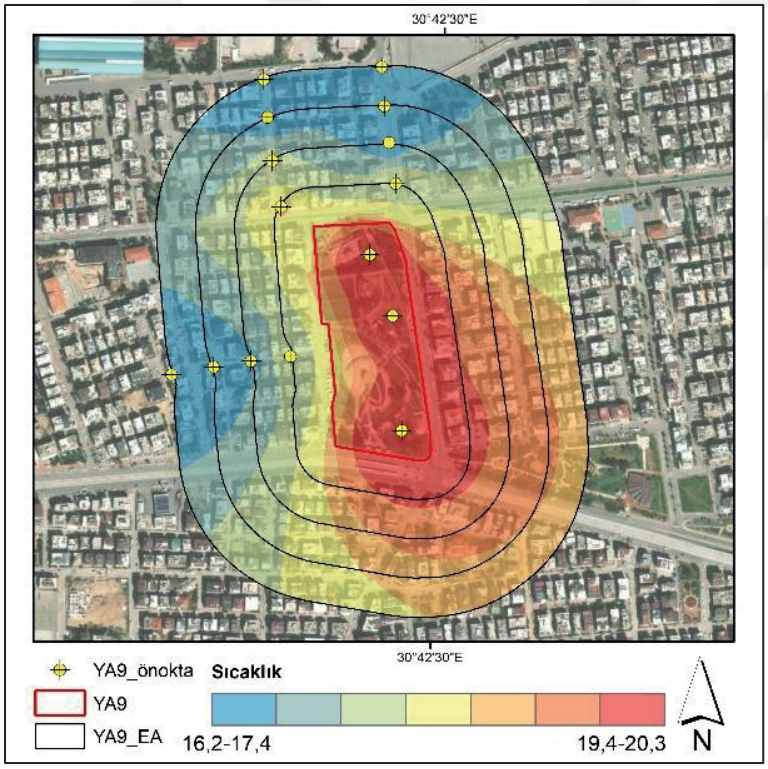


Şekil 4.41. YA_8 bahar sıcaklık dağılım haritaları

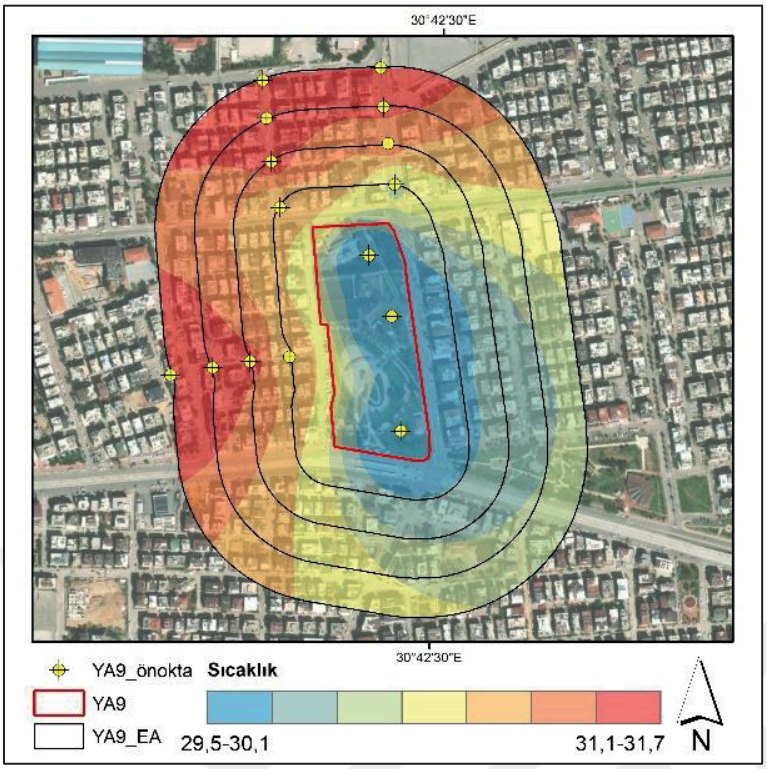


Şekil 4.42. YA_8 yaz sıcaklık dağılım haritaları

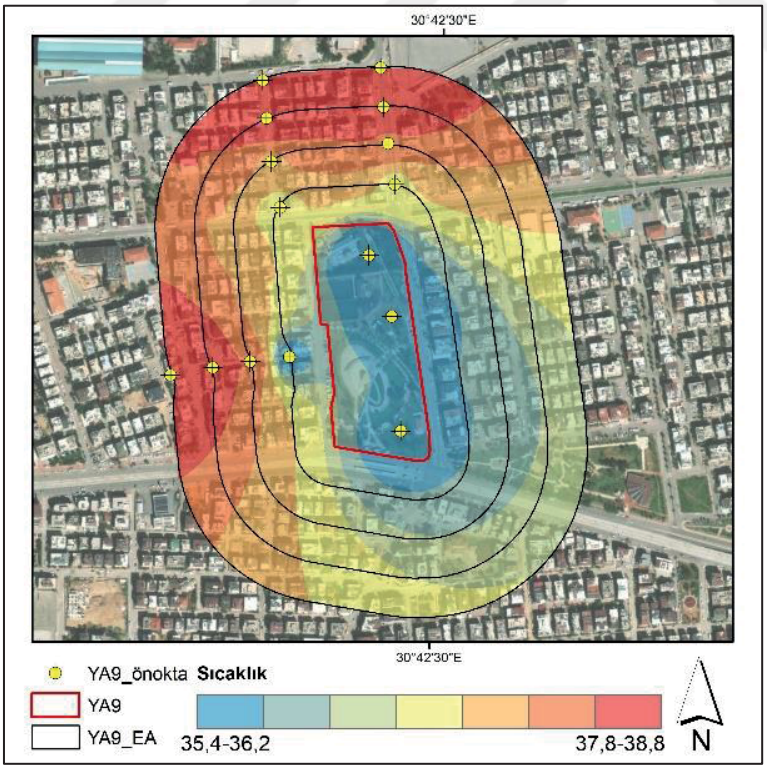
Yeşil alan özelinde hazırlanan sıcaklık haritalarına göre; YA_9'da kış ve yaz periyodunda, etki alanlarında ölçülen sıcaklık farkı üç ölçüm rotasında da 3 ºC'nin üzerindedir. Ölçüm rotası 1'de ilk 50 m'lik etki alanında kış ayı sıcaklık ortalaması farkı diğer iki rotaya göre yaklaşık 0,30 ºC fazla olduğu görülmüştür. (Şekil 4.43-Şekil 4.45). 100 m'de kış mevsiminde sıcaklık farkı rota 1 'de aynı kalırken, diğer iki rota da yaklaşık 1 ºC artış göstermiştir. Yaz ölçümünde ise rota 1 ve 2'de önceki ölçüm noktasına göre yaklaşık 0,5 ºC artış görülmüştür. Bu alanın serinletme etkisinin ısıtma etkisine oranla daha etkili olduğu söylenebilir. Bahar ayları sıcaklık ortalaması üç ölçüm rotasında da ilk 100 m'de yaklaşık 1,3 ºC iken, bu noktadan sonra 150 m'den sonra yaklaşık 0,6 ºC artış göstermiştir. En uzak mesafede ise yaklaşık fark 2 ºC'dir. Yaz ayları sıcaklık ortalaması farkı ölçüm rotası 3'te 0,57 ºC olduğu, diğer iki rotada ise yine 1 ºC'nin altında olduğu görülmüştür Bunun sebebi olarak rota 3'te hakim rüzgar yönünde yatay olarak konumlanması gösterilebilir. 100 m'de her üç rotada da yaklaşık 0,5 ºC artış görülmüş, bu noktadan sonra sıcaklık farkı her alanda yaklaşık 0,8 ºC yükselmiştir.



Şekil 4.43. YA_9 kış sıcaklık dağılım haritaları



Şekil 4.44. YA9 bahar sıcaklık dağılım haritaları



Şekil 4.45. YA9 yaz sıcaklık dağılım haritaları

4.2.2. Hareketli Ölçümler İstatistik Analiz Bulguları

Yeşil alanlar ve çevresindeki sıcaklık farklılığının hangi fiziksel özelliklerden kaynaklandığının belirlenmesinde çeşitli istatistiksel analizler kullanılmıştır. Tanımlanan fiziksel özellikler neticesinde oluşturulan veri setinde dört farklı değişken açısından ortalama sıcaklık değerleri incelenmiştir. Bu değişkenler alan büyüklüğü, ağaç örtü yüzdesi, çim örtü yüzdesi ve diğer örtü yüzdesi olarak birbirleri ile olan kombinasyonları incelenmiştir.

Yapılan hareketli ölçümlerin belirlenen etki alanlarında oluşturduğu sıcaklık farkı etkisi, daha önce bahsedilen bu dört mekansal özelliğine göre çoklu doğrusal regresyon modeli ile test edilmiştir. Çizelge 4.12'de verilen analiz sonuçlarına göre; belirlenen değişkenler birlikte analiz edildiğinde kendi aralarında yüksek korelasyon oluşturması nedeniyle regresyon modelinin stepwise yöntemi uygulanmıştır (Arsham 2020). Bu yönteme göre analize R^2 üzerinde olumlu etki oluşturan değişken modele dahil edilmektedir. Böylece bağımlı değişken üzerinde en etkili olan bağımsız değişken belirlenmiş olmaktadır. Buna göre tüm alanlarda mekânsal özellikler mevsim sıcaklık ortalamalarına göre test edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8'deki sonuçlar incelendiğinde; temmuz ayında yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analiz sonuçlarına göre, öne çıkan fiziksel özelliğin çim örtü olduğu görülmektedir. Temmuz ayı özelinde tüm değişkenlerin modele katkısı olduğu görülmüştür. Regresyon modeline göre çim örtü oranı, farklı ölçüm noktalarında anlamlı bir etki oluşturmaktadır (P=0,000) ve R^2 0,49 olduğu görülmektedir. Bu değişken ölçüm noktalarındaki sıcaklık değişimini tek başına yalnızca %49'unu açıklamaktadır. Ancak diğer değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde R^2'nin 0,80 ve 0,86 olduğu görülmektedir. Buna göre farklı ölçüm noktalarında çim örtü oranı ve alan büyüklüğü birlikte modelin %80'ini açıklarken; diğer örtü oranı da hesaba katıldığında modelin %86'sını açıkladığı görülmektedir (P=0,000). Çim örtü oranı regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere, ölçüm noktaları ise pozitif bir değere sahiptir. Bu durum çim örtü oranının sıcaklıklar ile ters, ölçüm mesafeleri ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Yani çim örtü oranındaki artış sıcaklık ortalamalarını düşürürken, ölçüm mesafesi arttıkça bu ortalamaların arttığı söylenebilir.

Çizelge 4.8. Fiziksel özellikler ile temmuz ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi

	Temmuz					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Çim örtü oranı	42,699	0,490	0,475	-0,700	32,725	0,000[b]*
Çim örtü_ölçüm noktası	40,996	0,776	0,762	0,534	57,172	0,000[c]*
Çim örtü_ölçüm noktası_alan büyüklüğü	41,572	0,806	0,788	-	44,269	0,000[d]*
Çim örtü_ölçüm noktası_alan büyüklüğü_diğer örtü	44,456	0,862	0,845	-	48,525	0,000[e]*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B) a=bağımlı değişken (sıcaklık)						

Çizelge 4.9'daki sonuçlar incelendiğinde; ağustos ve eylül aylarında yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analiz sonuçlarına göre, olarak öne çıkan fiziksel özelliğin yine çim örtü olduğu görülmektedir. Temmuz ayından farklı olarak bu iki ayda diğer fiziksel özelliklerin modele anlamlı bir katkısı olmamıştır. Regresyon modeline göre çim örtü oranı, farklı ölçüm noktalarında anlamlı bir etki oluşturmaktadır (P=0,000) ve $R^{2'}$nin 0,53 olduğu görülmektedir. Bu değişken ölçüm noktalarındaki sıcaklık değişimini tek başına yalnızca %53'ünü açıklamaktadır. Ancak ölçüm noktasıyla birlikte değerlendirildiğinde $R^{2'}$nin 0,73 olduğu görülmektedir. Buna göre farklı ölçüm noktalarında çim örtü oranı ve ölçüm mesafesi birlikte modelin %73'ünü açıklamaktadır (P=0,000). Çim örtü oranı regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere, ölçüm noktaları ise pozitif bir değere sahiptir. Bu durum temmuz ayına benzer şekilde çim örtü oranının sıcaklıklar ile ters, ölçüm mesafeleri ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Yani burada da çim örtü oranındaki artış sıcaklık ortalamalarını düşürürken, ölçüm mesafesi arttıkça bu sıcaklık farklarının arttığı söylenebilir.

Çizelge 4.9. Fiziksel özellikler ile ağustos ve eylül ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi

	Ağustos		**Eylül**	
	Değişkenler			
	Çim örtü oranı	Çim örtü oranı_ölçüm noktası	Çim örtü oranı	Çim örtü oranı_ölçüm noktası
Sabit (b_0)	37,614	39,304	34,137	32,840
R^2	0,534	0,814	0,318	0,558
Düzeltilmiş R^2	0,520	0,802	0,298	0,531
Standardized Coefficient (Beta)	-0,529	0,731	-0,564	0,490
F	38,966	72,044	15,855	20,815
P	0,000[b]*	0,000[c]*	0,000[b]*	0,000[c]*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B) a=bağımlı değişken (sıcaklık)				

Çizelge 4.10'daki sonuçlar incelendiğinde; yaz döneminde yapılan tüm ölçümler istatistiksel olarak analiz edildiğinde, tüm alanlarda çim örtü oranı R^2 değeri en yüksek değerde 0,762 olarak hesaplanmıştır. Buna göre çim örtü oranı yaz dönemi ölçüm ortalamalarına göre, sıcaklık bağımlı değişkenindeki değişimin %76'sını açıklamaktadır (P = 0,002). Çim örtü oranı regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere sahip olup, sıcaklık değişimi ile ters ilişki içerisinde olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle çim örtü oranındaki artış yaz dönemi tüm etki alanlarında sıcaklıkların azalmasına neden olmaktadır.

Ölçüm değerlendirmeleri sonucunda, yaz dönemi sıcaklıkları açısından beklenenin aksine ağaç örtü oranı ve diğer örtü oranı değişkenlerine göre büyük bir kısmını açıklamak mümkün olmamıştır. Ancak yine de ağaç örtü değişkeninin sıcaklık ortalamaları üzerinde anlamlı bir etki oluşturduğu görülmektedir (P=0,03). Diğer örtü oranı anlamlı çıkmamış ve R^2 değeri 0,30 olarak belirlenmiştir. Ağaç örtü oranı R^2 değeri

ise 0,48 olup, sıcaklık bağımlı değişkenindeki değişimin yalnızca %48'ini açıklamaktadır. Değişimin açıklanamayan kısmının ölçüm kapsamında ele alınmayan diğer değişkenlere (yapısal çevrenin yüzey malzeme örtüsüne bağlı termal özellikleri, kanyon etkisi, kanopi vs.) bağlı olduğu varsayılmaktadır. Her ne kadar benzer rüzgar hızına sahip günlerde ölçüm yapılmış olsa da ağustos ve eylül aylarındaki muhtemel nemlilik düzeyinin de bu sonuçları etkilediği düşünülmektedir. Modelin genelinde diğer örtü oranı ile sıcaklık değişiminin doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Buna göre diğer örtü olarak adlandırılan geçirimsiz yüzey arttıkça sıcaklık farkının artacağı söylenebilir.

Çizelge 4.10. Fiziksel özellikler ile sıcaklıkların yaz ayları ortalamasına göre regresyon analizi

	Temmuz-Ağustos-Eylül					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Ağaç örtü oranı	36,901	0,488	0,415	0,698	6,669	0,03*
Çim örtü oranı	41,692	0,762	0,762	-0,873	22,446	0,002*
Diğer örtü oranı	37,351	0,304	0,072	0,552	1,310	0,158
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B)						

Çizelge 4.11'deki sonuçlar incelendiğinde; bahar dönemi istatistiksel olarak analiz sonuçlarına göre bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken olan sıcaklık değişimi üzerinde etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yine tüm değişkenler birlikte analiz edildiğinde aralarında yüksek korelasyon oluşturmuş olup, stepwise yöntemi uygulandığında bu dönemde ağaç örtü oranının etkili olduğu ve R^2 değerinin 0,41 olduğu belirlenmiştir. Buna göre sıcaklık bağımlı değişkeninin yalnızca %41'ini açıklamaktadır (P=0,04). Regresyon belirleme katsayısı pozitif olup, beklendiği üzere ağaç örtüsündeki artışın sıcaklık farklarını da artırdığı söylenebilir. Bulgular 4.2.1 başlığı altında da açıklandığı üzere sıcaklık farklarına bakıldığında, tüm alanlarda en düzensiz sıcaklık değişiminin bu dönemde yaşandığı görülmektedir. İstatistik analiz sonuçları da bunu desteklemektedir. Tüm alanlardaki sıcaklık değişimlerini incelenen değişkenlere bağlı olarak açıklamak mümkün olmamıştır.

Çizelge 4.11. Fiziksel özellikler ile sıcaklık ortalamalarının bahar aylarına göre regresyon analizi

	Nisan-Mayıs-Haziran					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Ağaç örtü oranı	28,909	0,41	0,23	0,199	2,245	0,04*
Çim örtü oranı	31,662	0,086	0,069	-0,291	4,957	0,002*
Diğer örtü oranı	28,125	0,073	0,055	0,279	4,122	0,005*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B)						

Kış ortalamalarının analizinde ise yine aylara göre farklılıklar söz konusudur. Ocak ayı ölçümleri için tüm değişkenler birlikte istatistiksel olarak analiz edildiğinde ölçüm mesafesine göre birlikte anlamlı sonuç vermiştir (P=0,004) ve R^2 değeri 0,42 bulunmuştur. Bu değişkenler ocak ayında sıcaklık ortalamalarındaki değişimin %42'sini açıklamaktadır. Bu yöntemde (enter) diğer örtü oranı ölçüm mesafelerine göre anlamlı sonuç vermiştir (P=0,01) ve regresyon katsayısı negatif değerdedir. Buna göre ölçüm mesafesi ve diğer örtü oranı arttıkça sıcaklık ortalamaları azalacaktır. Ancak diğer değişkenler arasında yüksek korelasyon olması nedeniyle stepwise yöntemi uygulandığında ise ocak ayında ağaç örtü oranı anlamlı bulunmuştur (P=0,04) ve R^2 değerinin 0,115 olduğu belirlenmiştir. Buna göre sıcaklık bağımlı değişkeninin yalnızca %11'ini açıklamaktadır. Ancak düşük R^2 değeri ocak ayında yapılan ölçümlerin oldukça küçük bir kısmını açıklamaktadır.

Çizelge 4.12'deki sonuçlar incelendiğinde ise; şubat ayında yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analiz sonuçlarına göre, öne çıkan fiziksel özelliğin çim örtü olduğu görülmektedir. Şubat ayı özelinde alan büyüklüğü ve çim örtü oranı değişkenlerinin modele katkısı olduğu görülmüştür. Regresyon modeline göre çim örtü oranı, farklı ölçüm noktalarında anlamlı bir etki oluşturmaktadır (P=0,000) ve R^2 0,68 olduğu görülmektedir. Bu değişken ölçüm noktalarındaki sıcaklık değişimini tek başına yalnızca %68'ini açıklamaktadır. Ancak diğer değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde $R^{2'}$nin 0,73 olduğu görülmektedir. Buna göre farklı ölçüm noktalarında çim örtü oranı ve alan büyüklüğü birlikte modelin %73'ünü açıklamaktadır (P=0,000). Çim örtü oranı ve ölçüm noktaları regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere sahiptir. Bu durum bu iki değişkenin kış döneminde sıcaklık farkları ile ters orantılı olduğunu göstermektedir. Yani çim örtü oranı ve ölçüm mesafesi arttıkça bu sıcaklık farkının arttığı söylenebilir. Kış dönemi olması ve iklimsel koşulların yaz dönemine göre farklı olmasının bu duruma sebep olduğu söylenebilir. Çim örtü oranının sıcaklık farklarını ters orantılı olarak etkilemesi yaz dönemi ile aynı etkiyi yaratırken, ölçüm mesafesindeki artışın da ters orantılı olması bu nedenle açıklanabilir.

Çizelge 4.12. Fiziksel özellikler ile şubat ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi

	Şubat					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Ölçüm noktası	18,874	0,632	0,622	-0,795	58,484	0,000[b]*
Çim örtü_ölçüm noktası	19,648	0,687	0,668	-0,233	36,178	0,000[c]*
Çim örtü_ölçüm noktası_alan büyüklüğü	19,066	0,732	0,732	-	29,158	0,000[d]*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B) a=bağımlı değişken (sıcaklık)						

Çizelge 4.13'teki sonuçlar incelendiğinde ise; mart ayında yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analiz sonuçlarına göre, öne çıkan fiziksel özelliğin yine çim örtü olduğu görülmektedir. Regresyon modeline göre çim örtü oranı, farklı ölçüm noktalarında

anlamlı bir etki oluşturmaktadır (P=0,000) ve R^2 0,68 olduğu görülmektedir. Bu değişken ölçüm noktalarındaki sıcaklık değişimini tek başına yalnızca %68'ini açıklamaktadır. Çim örtü oranı ve ölçüm noktaları regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere sahiptir. Bu durum bu iki değişkenin kış döneminde sıcaklık ortalamaları ile ters orantılı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak şubat ve mart aylarına bakıldığında çim örtü oranı ve ölçüm mesafesi arttıkça ölçüm mesafelerine bağlı sıcaklık farklarının azaldığı söylenebilir.

Çizelge 4.13. Fiziksel özellikler ile mart ayı sıcaklıklarına göre regresyon analizi

	Mart					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Ölçüm noktası	19,694	0,688	0,679	-0,829	74,898	0,000[b]*
Çim örtü_ölçüm noktası	20,439	0,751	0,736	-0,252	49,863	0,000[c]*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B) a=bağımlı değişken (sıcaklık)						

Kış döneminde tüm değişkenler birlikte istatistiksel olarak analiz edildiğinde ölçüm mesafesine göre birlikte anlamlı sonuç vermiştir (P=0,000) ve R^2 değeri 0,31 bulunmuştur. Bu değişkenler kış sıcaklık ortalamalarındaki değişimin %31'sini açıklamaktadır. Bu yöntemde (enter) değişkenler anlamlı sonuç vermediği ve aralarında yüksek korelasyon oluştuğu için yine stepwise yöntemi uygulandığında ölçüm mesafelerine göre çim örtü oranı ve diğer örtü oranı birlikte modeli daha iyi anlatmaktadır.

Çizelge 4.14'teki sonuçlar incelendiğinde; çim örtü oranı kış dönemi ölçüm ortalamalarına göre, sıcaklık bağımlı değişkenindeki değişimin %27'sini açıklamaktadır (P = 0,000). Çim örtü oranı regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere sahip olup, sıcaklık değişimi ile ters ilişki içerisinde olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle çim örtü oranındaki artış kış dönemi tüm etki alanlarında sıcaklık ortalamalarının azalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 4.14. Fiziksel özellikler ile kış ayları sıcaklık ortalamalarına göre regresyon analizi

	Ocak-Şubat-Mart					
Değişkenler	Sabit (b_0)	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standardized Coefficient (Beta)	F	P
Ölçüm noktası	18,469	0,225	0,217	-0,474	30,725	0,000[b]*
Çim örtü_ölçüm noktası	19,530	0,273	0,260	-0,221	19,755	0,000[c]*
Çim örtü_ölçüm noktası_diğer örtü oranı	21,445	0,307	0,307	-	15,381	0,000[d]*
* = P <0.05; b_0: unstandardized coeffificients (B) a=bağımlı değişken (sıcaklık)						

Değişimin açıklanamayan kısmının ölçüm kapsamında ele alınmayan diğer değişkenlere kış döneminde yaşanan iklimsel başka etmenlerin bu durum üzerinde etkili olduğu ve açıklanamayan kısmın bu değişkenlere bağlı olduğu varsayılmaktadır.

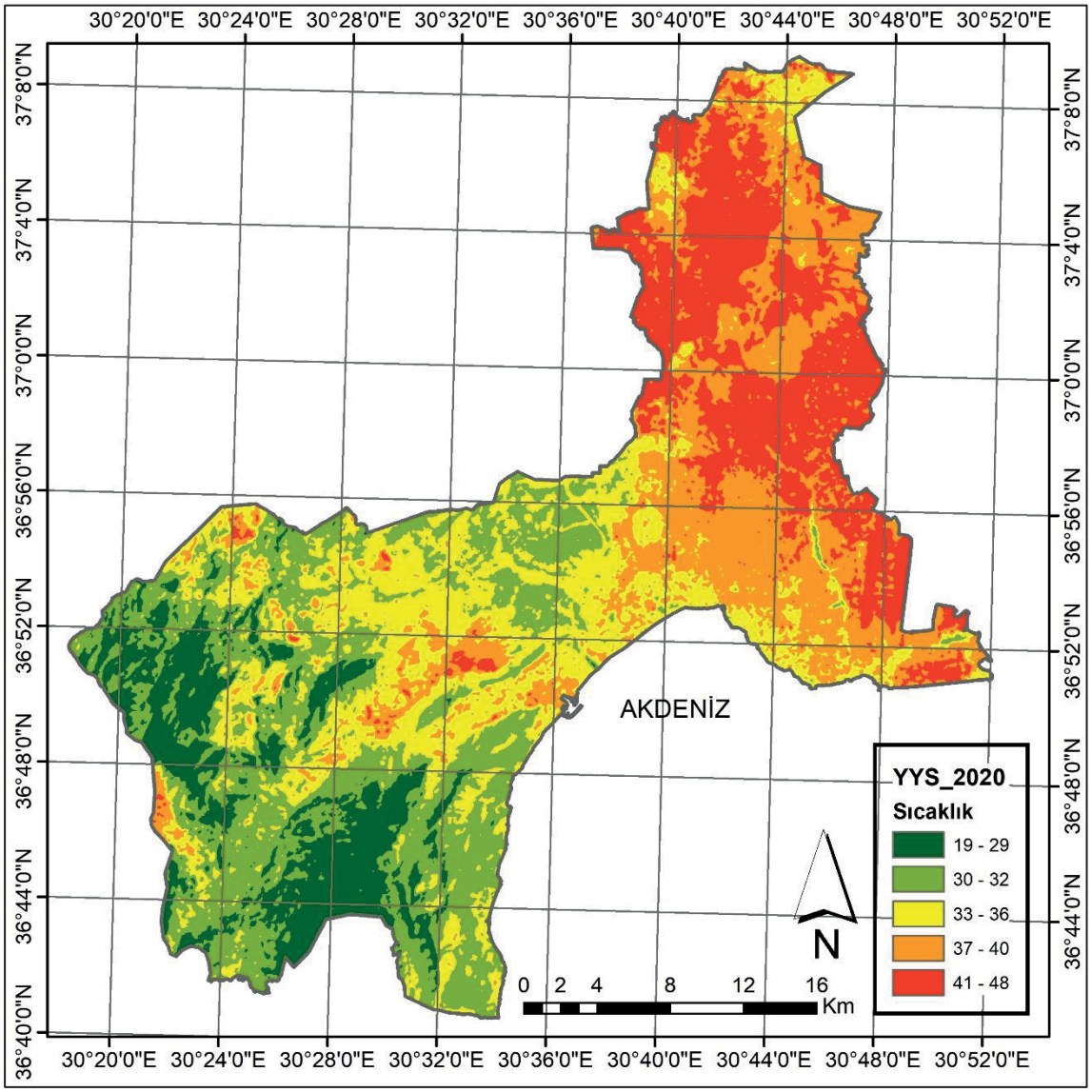
4.3. Yüzey Sıcaklıklarının Tespiti

Kentsel alanlarda farklı birçok mekânsal alan olmasına rağmen, farklı çözünürlüğe sahip uzaktan algılama teknikleri ile bu alanları sınırlandırmak, sınıflandırmak ve istenen veriyi elde etmek mümkündür. Özellikle zamana dayalı uydu görüntülerinin kullanımı, değişimin daha net takibine ve daha fazla veri sağlayarak sağlıklı sonuçlar elde edilmesi olanağını artırmaktadır. Bu nedenle çalışmada iklimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan ve uydu görüntülerinin termal bantları üzerinden yapılan yüzey sıcaklıklarının tespiti yapılmış (Şekil 4.46- Şekil 4.49) ve her bir alanın etki alanları üzerinde test edilmiştir. 2020-2021-2022 ve 2023 yıllarına ait zamansal uydu seri görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmanın amaçlarından biri olan mikro ölçekteki yeşil alanların sıcaklıklara etkisi göz önünde bulundurulduğundan uydu görüntüleri yılın en sıcak aylarında 7 Temmuz-25 Ağustos tarihleri arasında seçilmiştir. Ancak belirtmek gerekir ki Kuşçu Şimşek'in de çalışmasında bahsettiği üzere bu yöntemde, kentsel sıcaklık sadece kuş bakışı olarak ölçülebilmekte, ağaçların altında kalan yeşil örtü ve duvar sıcaklıkları ihmal edilmektedir (Kuşçu Şimşek 2016).

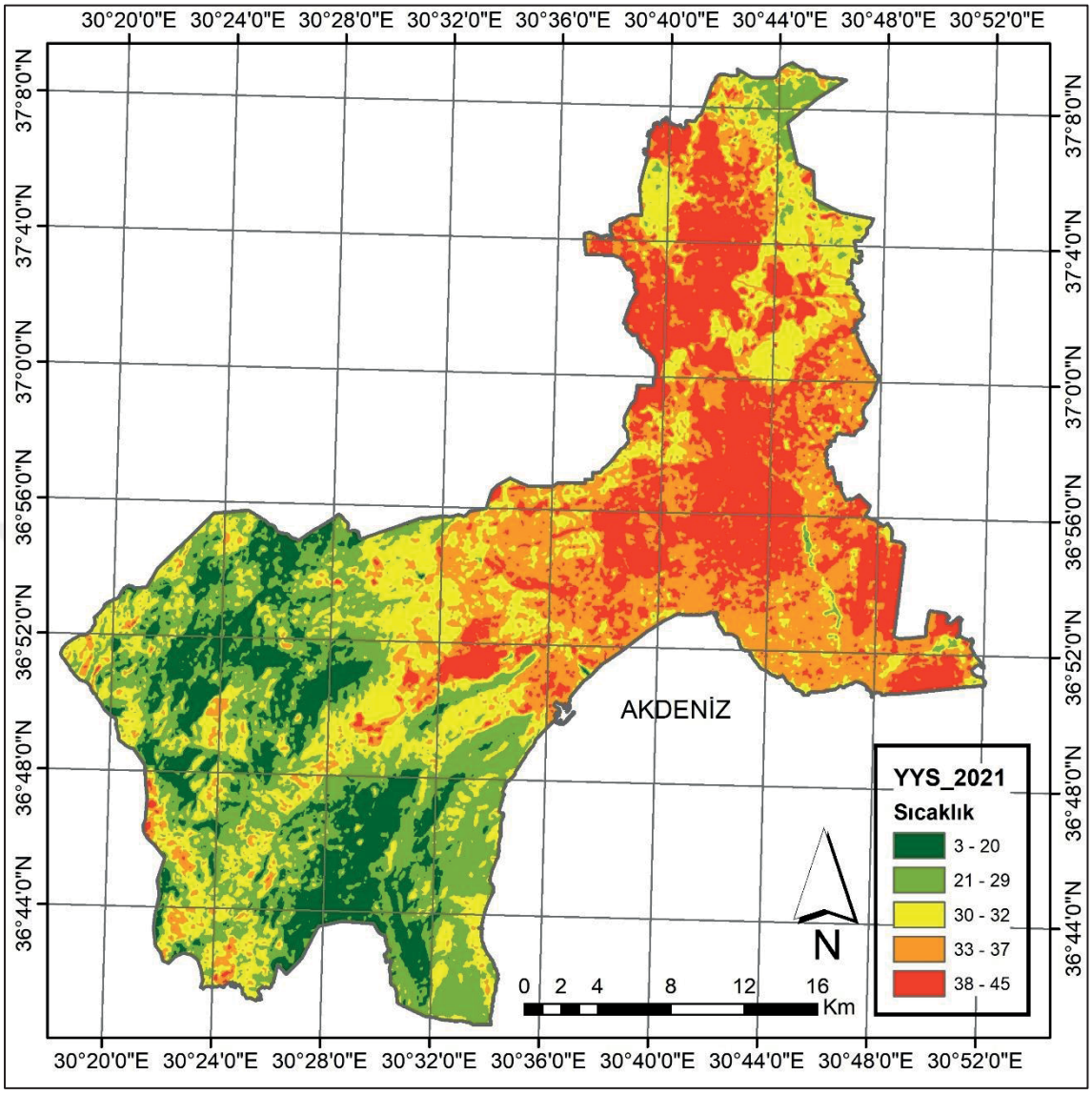
Analiz yapılan görüntüde piksel değeri 30*30 m^2'lik alanı temsil etmektedir. Uydu görüntüsünün kullanılması ve işlemin gerçekleştirilmesi aşamasında, termal bant üzerinden daha önce "Yöntem 3.2.3" adlı başlıkta verilen denklemler kullanılarak her bir piksele ait sıcaklık verisi elde edilmiş, yeşil alan içinde ve etki alanlarında ortalama sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Yeşil alan merkezinin ortalama sıcaklığından, her bir etki alanının ortalama sıcaklığı çıkarılarak, sıcaklık farkı indisi elde edilmiş, çizelge ve grafiklerle gösterilmiştir.

Yüzey sıcaklık haritalarına göre en yüksek ve en düşük sıcaklıkların alansal dağılımının benzerlik göstermesi ve görsel olarak da algılanabilmesi için, her bir yeşil alanın, belirlenen yıllara ait uydu görüntüsü üzerinden elde edilen yüzey sıcaklık verisi soğuk yüzeyden sıcak yüzeye doğru (yeşilden kırmızıya) 5 sınıfta kategorik olarak renklendirilmiştir.

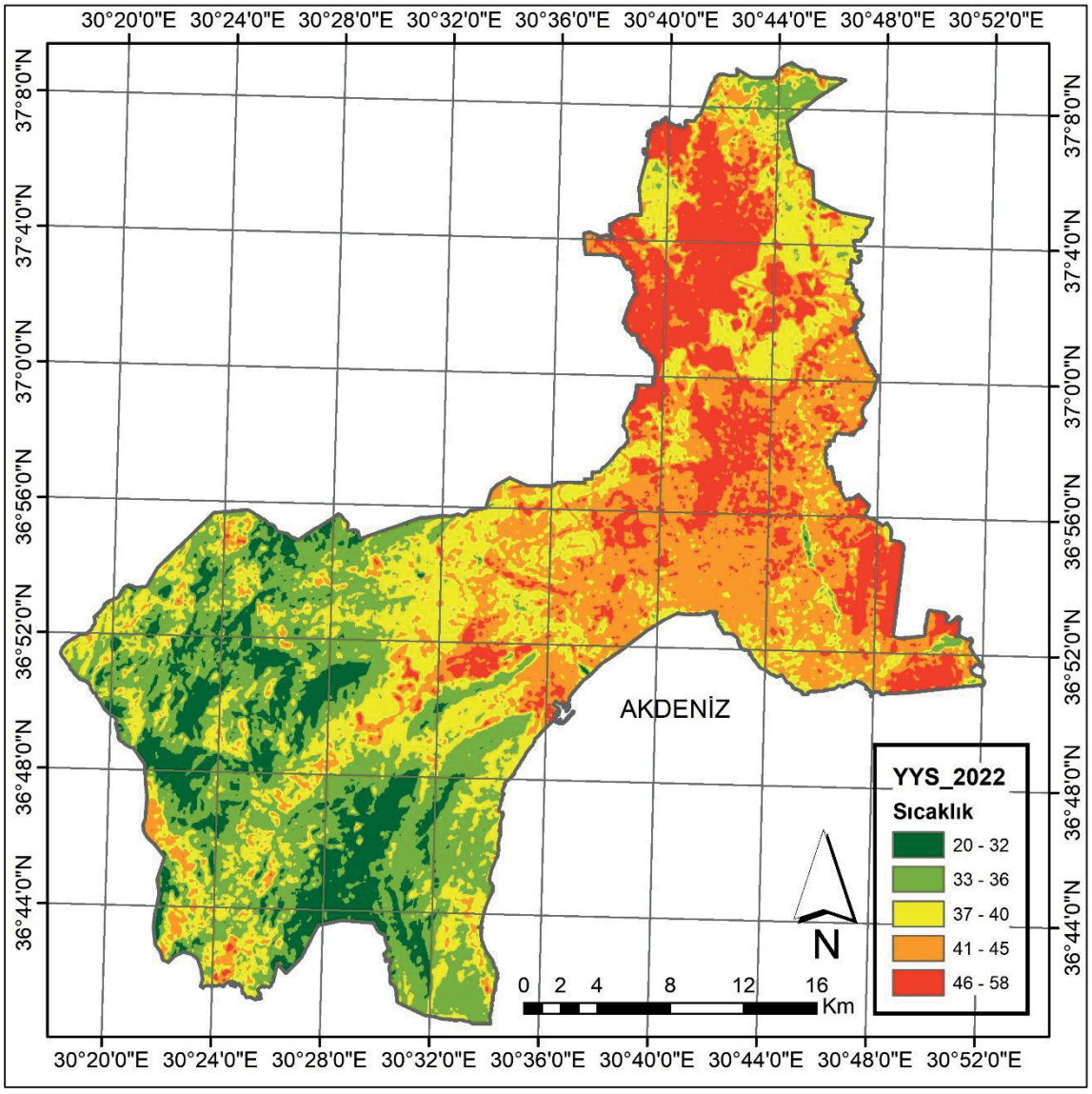
Elde edilen yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında 58 ^oC'yi aşan değerler görülmektedir. Uydu görüntüleri yüzeylerin tepe noktasından veri topladığı için yüzey ısı adaları atmosferin bir katmanına ait sıcaklık verisini değil, kentsel unsurların yüzeylerinden elde edilen sıcaklık verilerini vermektedir. Dolayısıyla örtü tabakası sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir (Kuşçu Şimşek 2016).



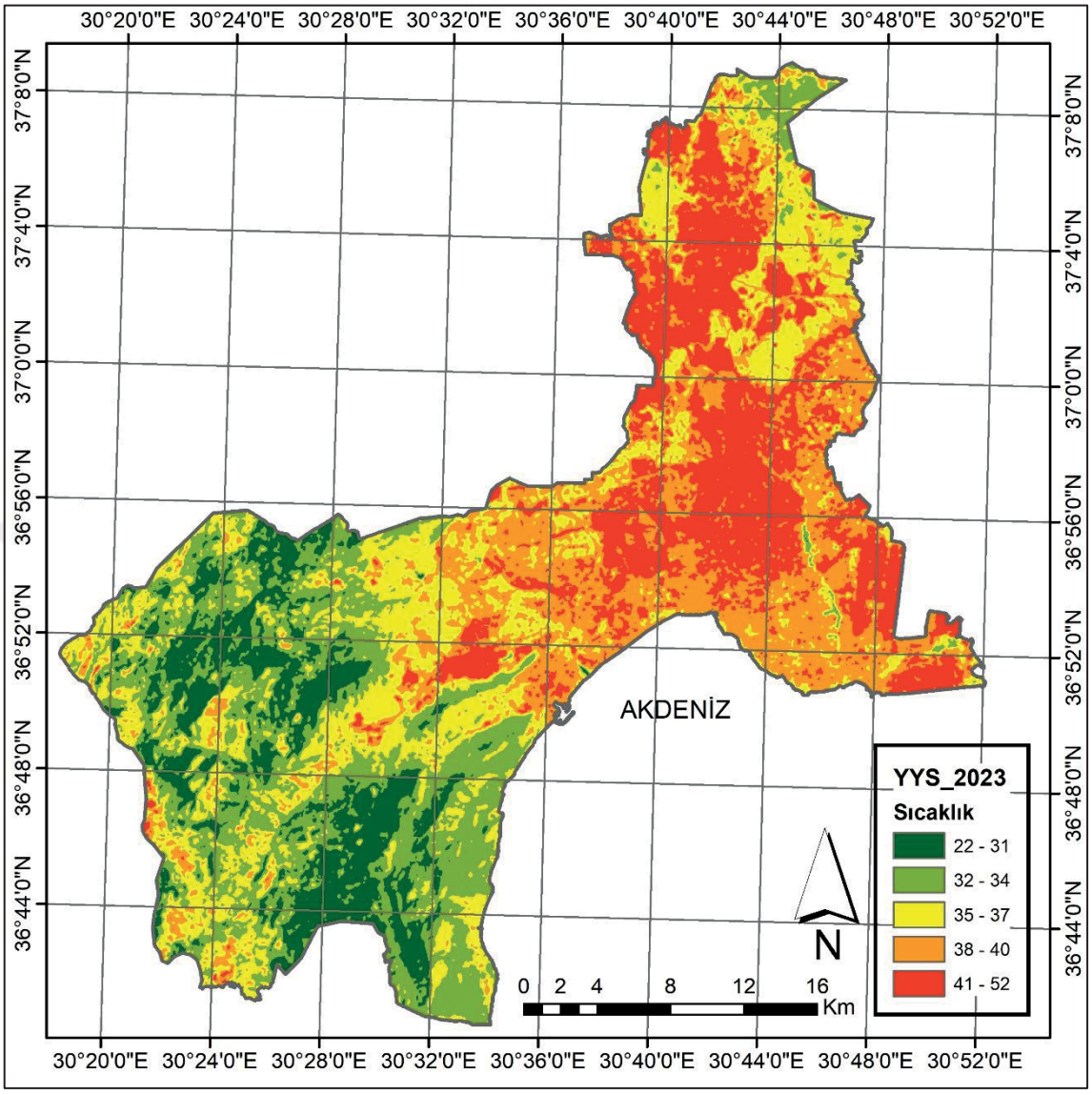
Şekil 4.46. Çalışma alanı 2020 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası



Şekil 4.47. Çalışma alanı 2021 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası



Şekil 4.48. Çalışma alanı 2022 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası



Şekil 4.49. Çalışma alanı 2023 yılı yer yüzeyi sıcaklık haritası

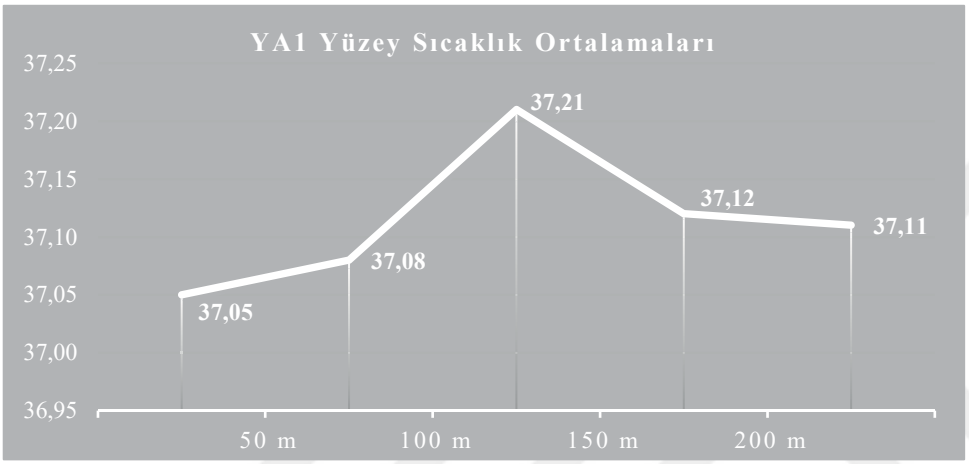
4.3.1. Çalışma Alanları Yıllara Göre Yüzey Sıcaklıkları

Bu bölümde zamansal olarak belirlenen yüzey sıcaklık haritaları üzerinden çalışma kapsamında ele alınan her bir yeşil alanın alan içi ve 50 m'lik etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık ortalamaları ve farkları ele alınmıştır. Bu değerler Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.28 arasında verilmiştir. Aynı zamanda sıcaklık değişimi grafiklerle gösterilmiştir.

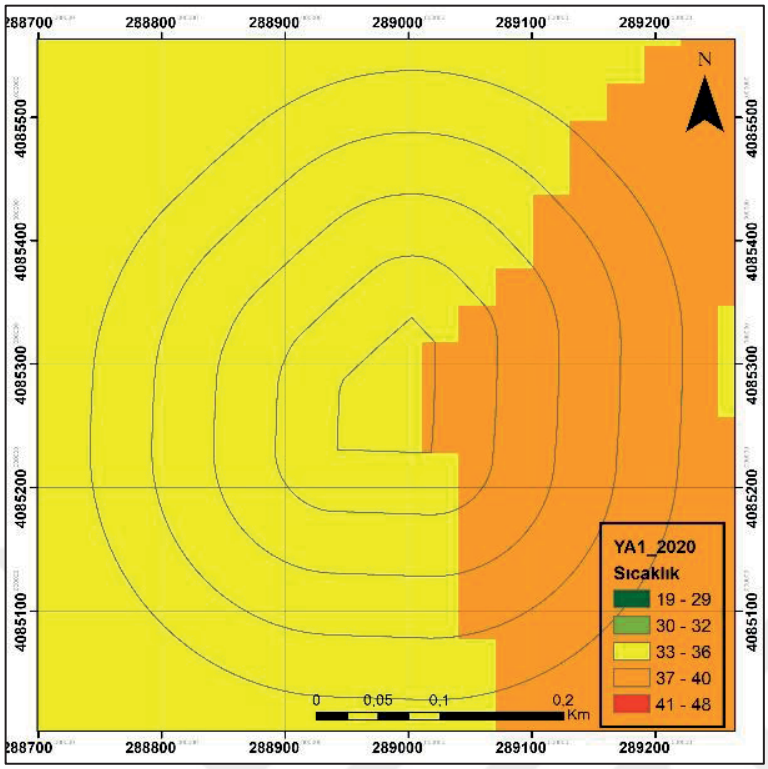
YA_1 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde düşük oranda etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.50-Şekil 4.54). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında 0,2 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir. Park dışındaki etki alanları mesafeleri arasındaki sıcaklık değişimi her 50 m'de yaklaşık 0,1 °C artış göstermektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. YA_1 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

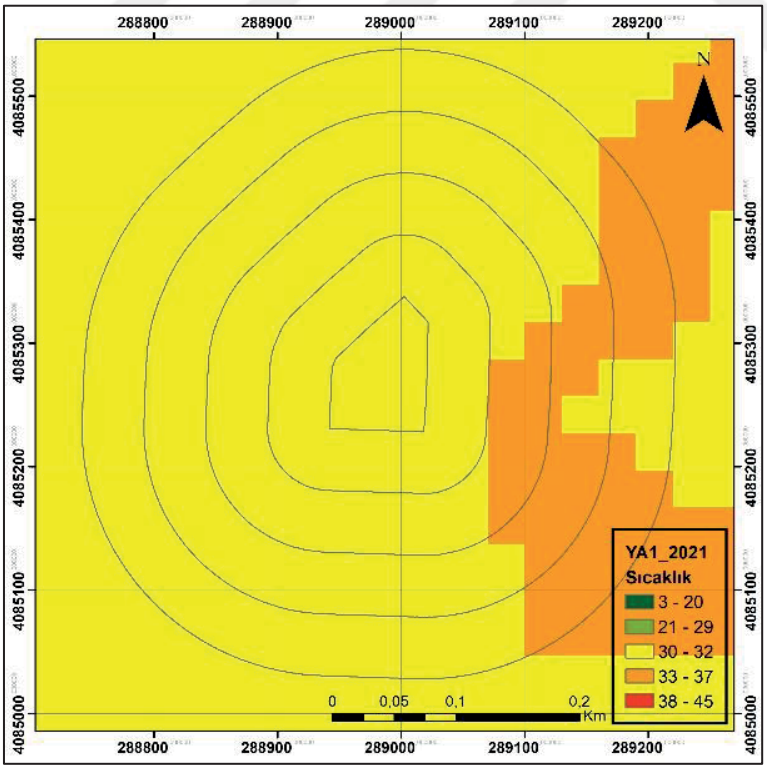
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	35,33	31,70	42,05	39,10
50	35,38	31,69	42,15	39,11
100	35,44	31,74	42,34	39,32
150	35,33	31,67	42,21	39,27
200	35,18	31,65	42,22	39,37



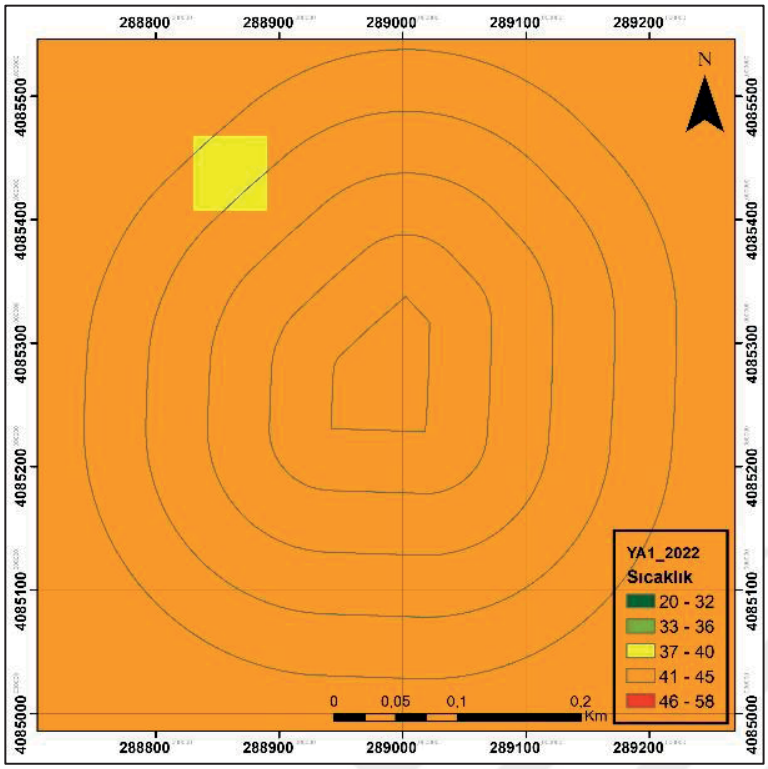
Şekil 4.50. YA_1 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



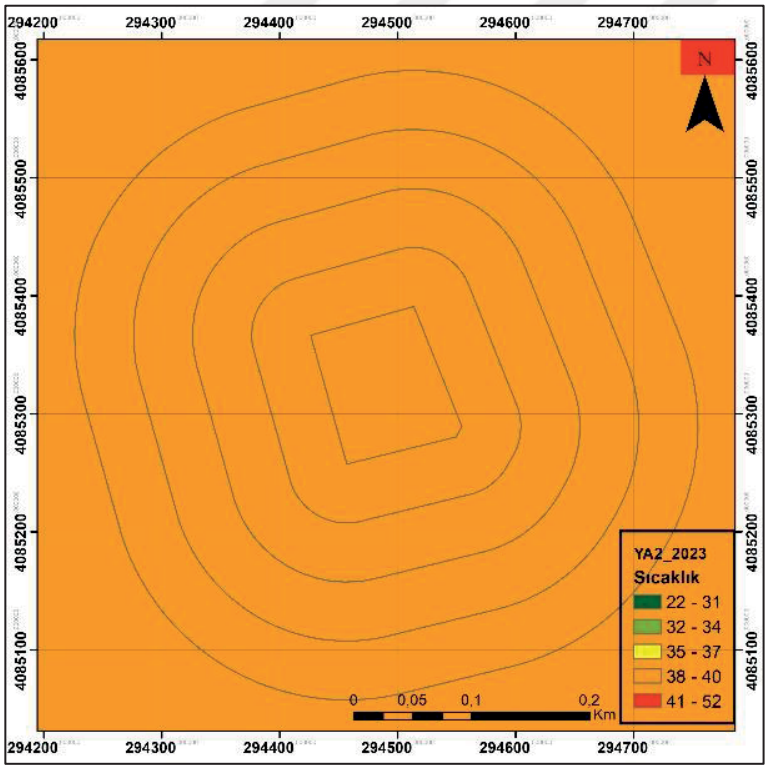
Şekil 4.51. YA_1 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.52. YA_1 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.53. YA$_1$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

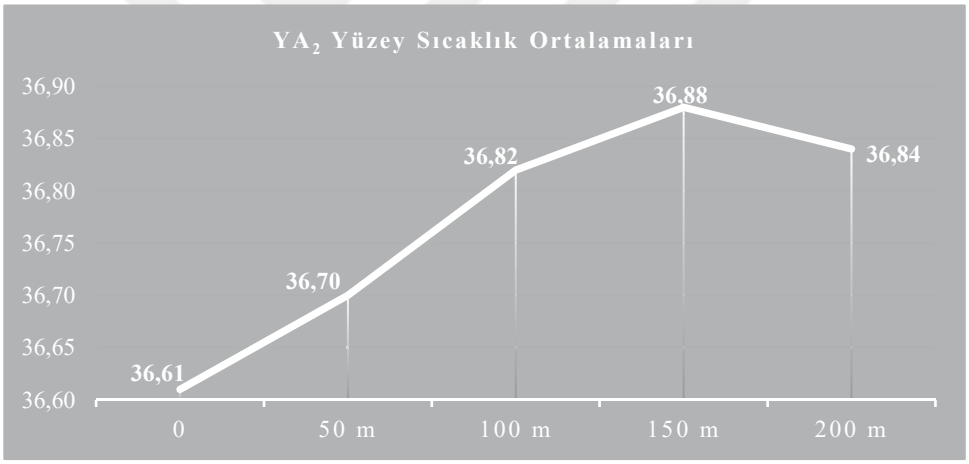


Şekil 4.54. YA$_1$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

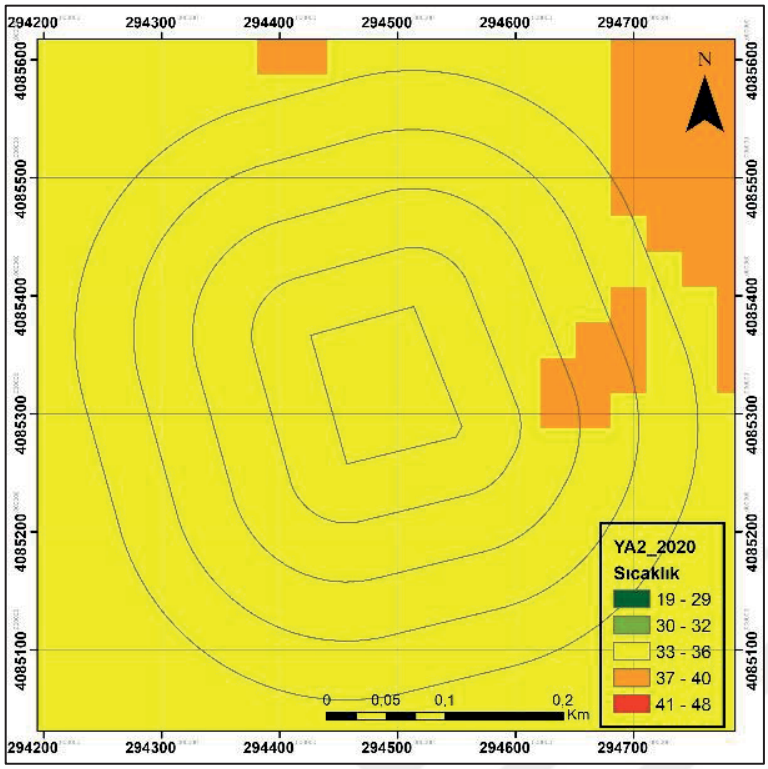
YA_2 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde yaklaşık düşük bir oranda serinletme etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.55-Şekil 4.59). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında yaklaşık 0,3 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir. Park dışındaki etki alanları mesafeleri arasındaki sıcaklık değişimi ilk 50 m'de yaklaşık 0,1 °C artış gösterirken mesafe arttıkça sıcaklık farkı azalmaktadır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. YA_2 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

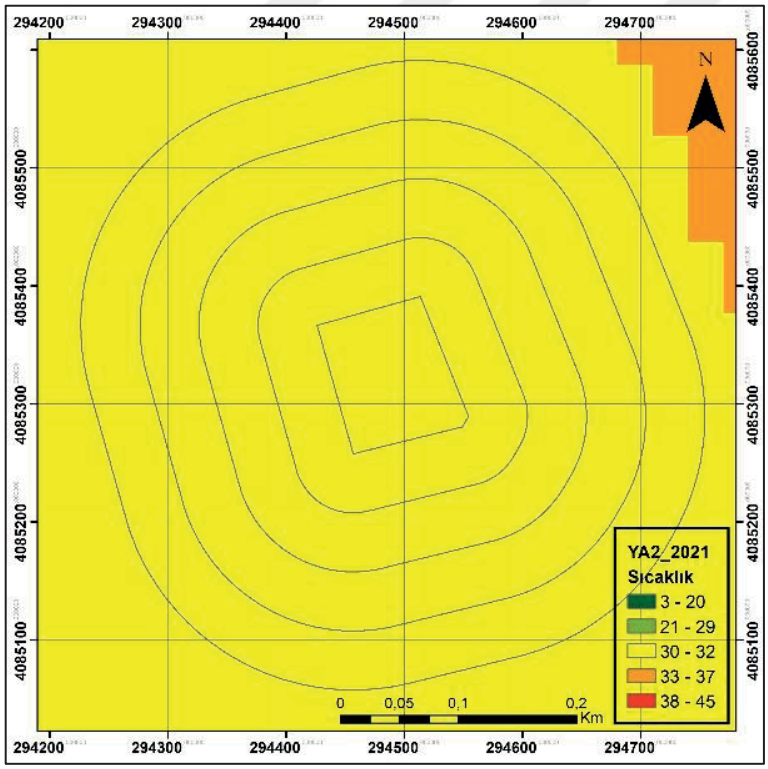
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	35,08	31,70	41,02	38,64
50	35,20	31,73	41,12	38,76
100	35,33	31,79	41,24	38,90
150	35,37	31,84	41,36	38,95
200	35,33	31,83	41,28	38,92



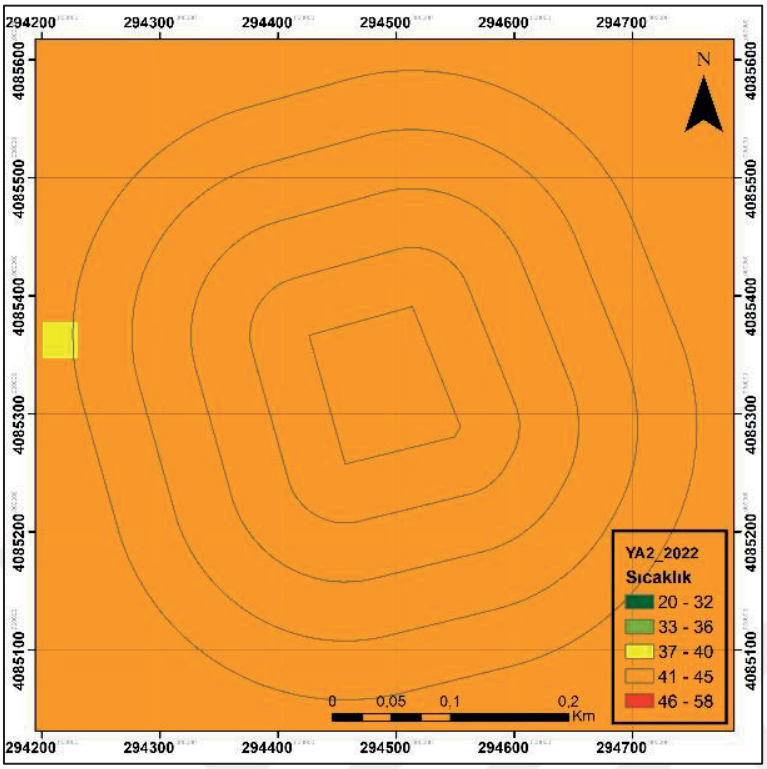
Şekil 4.55.YA_2 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



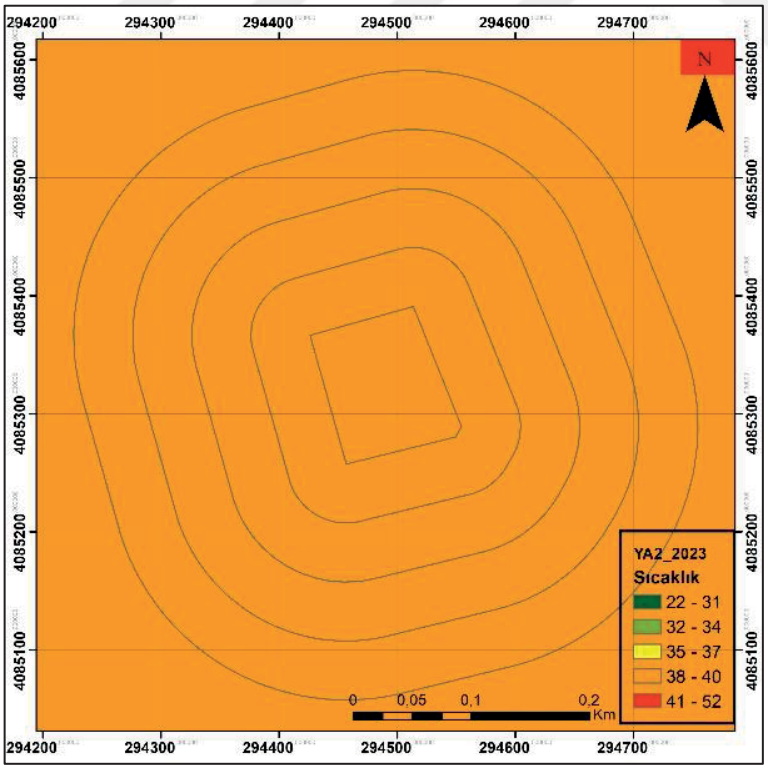
Şekil 4.56. YA_2 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.57. YA_2 2021yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.58. YA_2 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

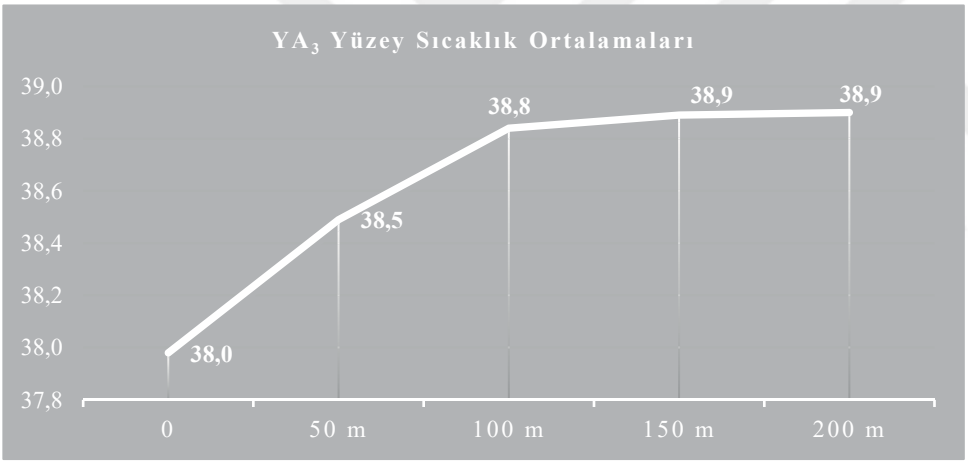


Şekil 4.59. YA_2 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

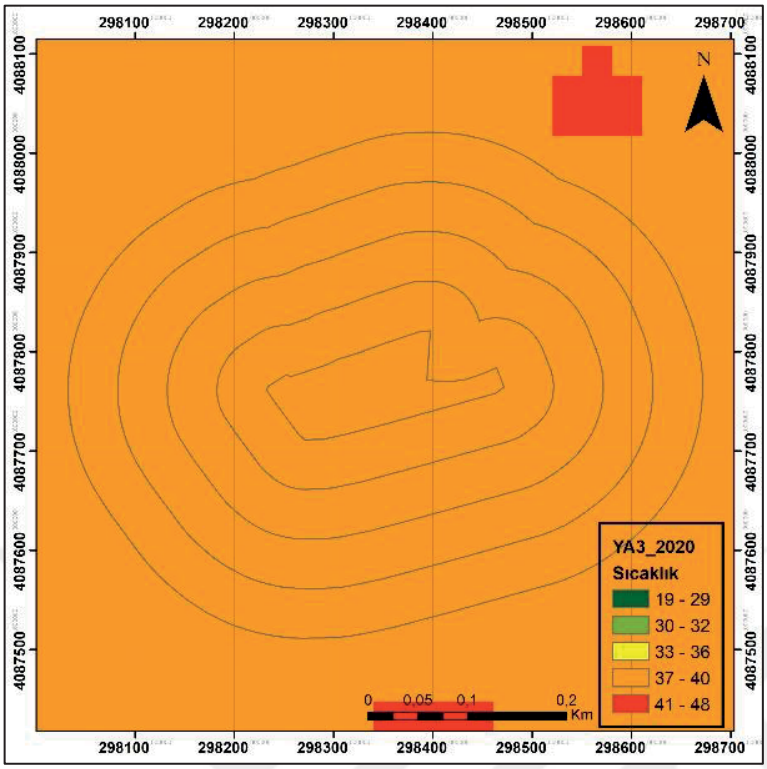
YA_3 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde ilk 50 m'de 0,5°C'ye yakın oranda etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.60-Şekil 4.64). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında 1 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir. Park dışındaki etki alanları mesafeleri arasındaki sıcaklık değişimi ilk 50 m'de yaklaşık 0,1 °C artış gösterirken mesafe arttıkça sıcaklık farkı azalmaktadır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. YA_3 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

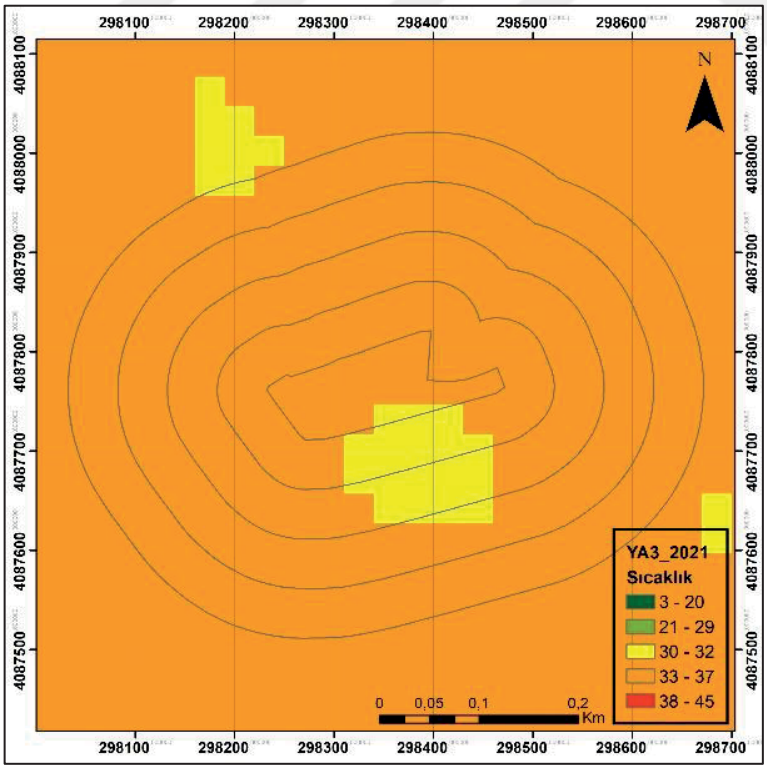
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	37,51	32,76	41,79	39,85
50	37,99	33,04	42,44	40,47
100	38,41	33,23	42,94	40,78
150	38,52	33,22	43,03	40,77
200	38,55	33,24	43,00	40,82



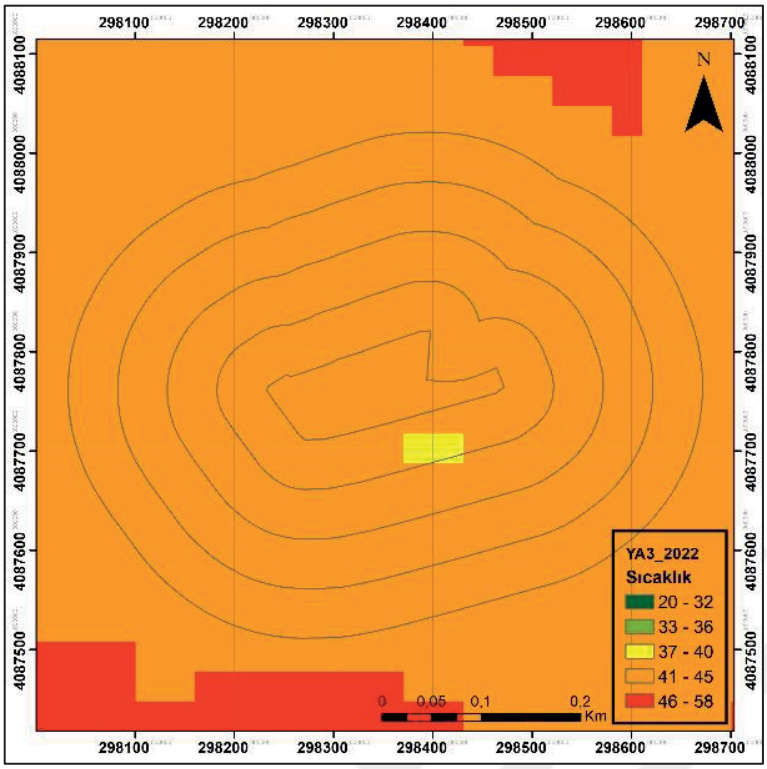
Şekil 4.60. YA_3 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



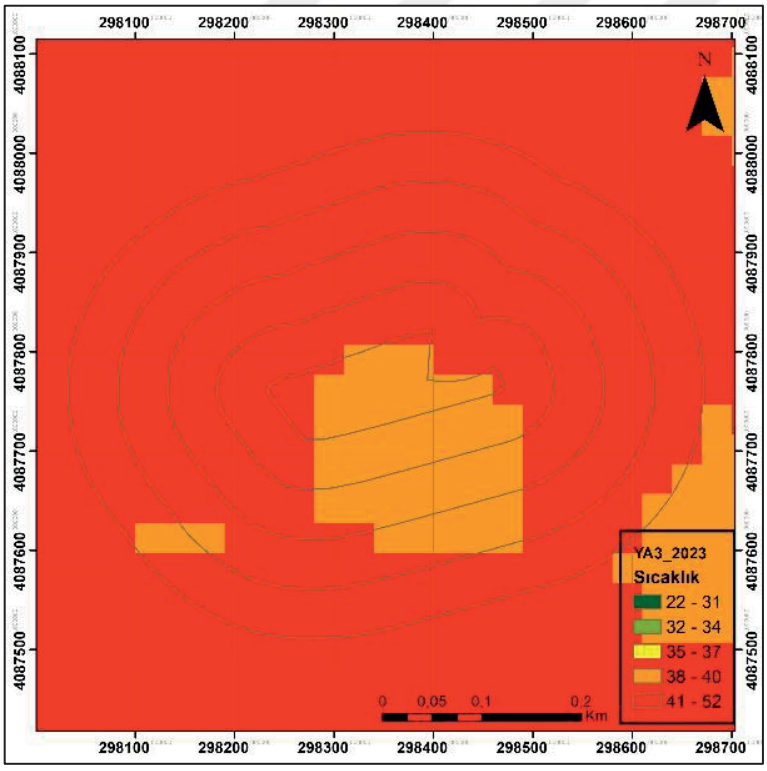
Şekil 4.61. YA3 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.62. YA$_3$ 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.63. YA$_3$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

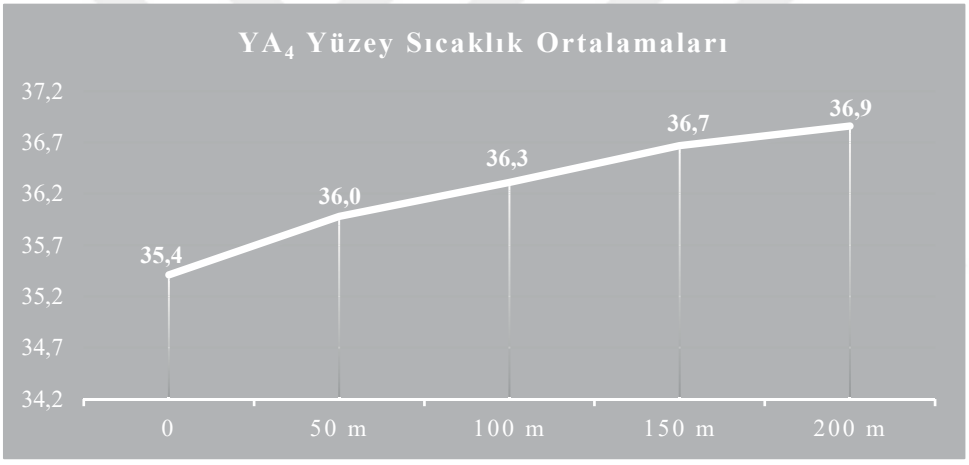


Şekil 4.64. YA$_3$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

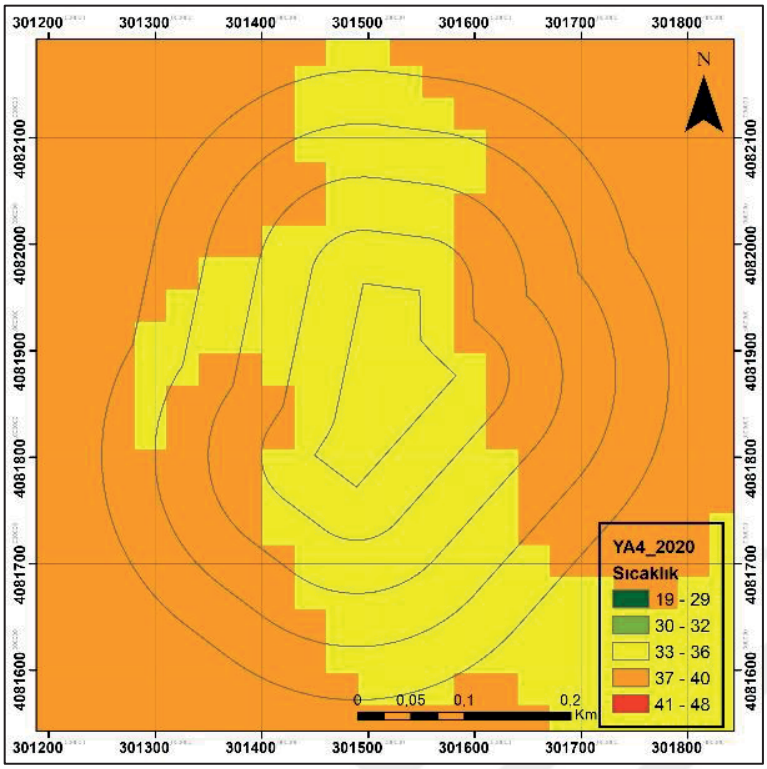
YA_4 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.65-Şekil 4.69). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında 1 °C ve üzeri sıcaklığın arttığı görülmektedir. Park dışındaki etki alanları mesafeleri arasındaki sıcaklık değişimi ilk 50 m'de yaklaşık 0,4 °C artış gösterirken mesafe arttıkça sıcaklık farkı azalmaktadır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. YA_4 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

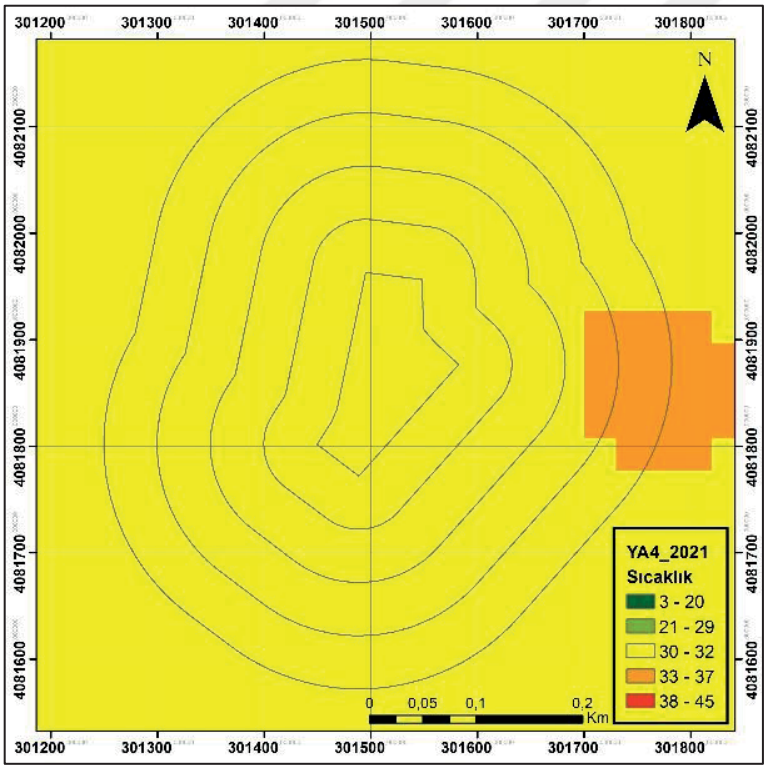
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	35,07	30,25	39,18	37,13
50	35,38	30,65	40,17	37,73
100	35,75	30,97	40,59	37,93
150	36,23	31,33	41,09	38,04
200	36,49	31,53	41,35	38,05



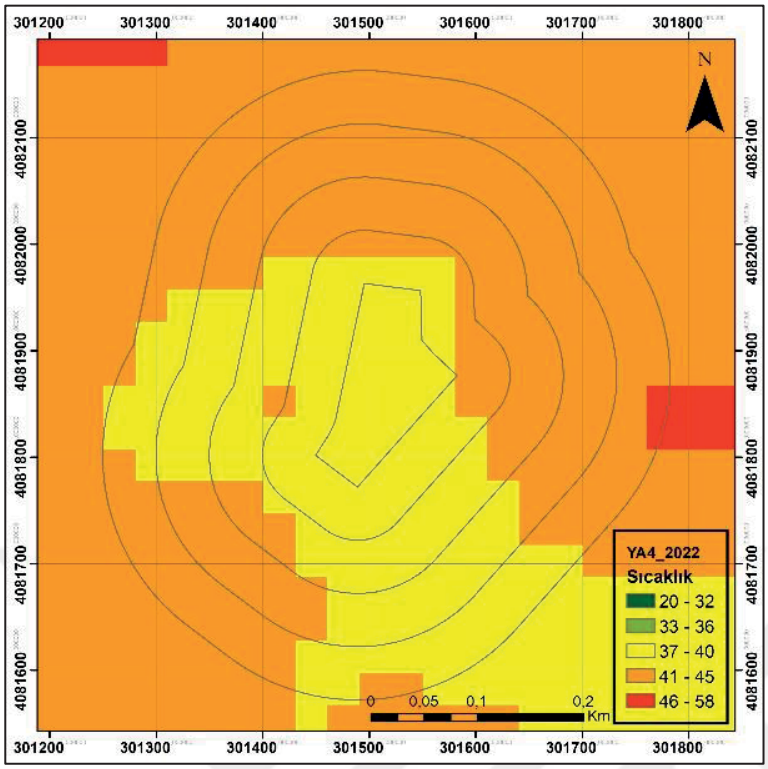
Şekil 4.65. YA_4 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



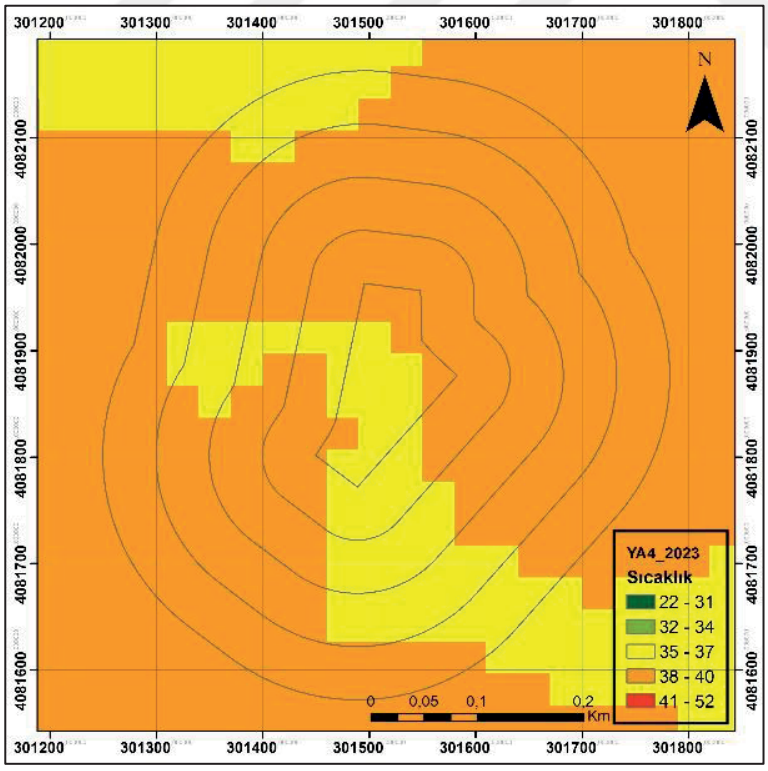
Şekil 4.66. YA4 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.67. YA4 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.68. YA4 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

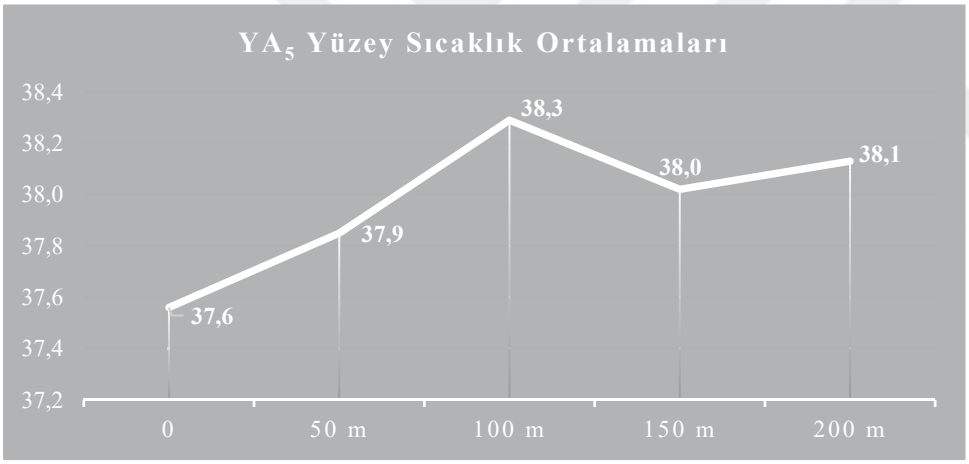


Şekil 4.69. YA4 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

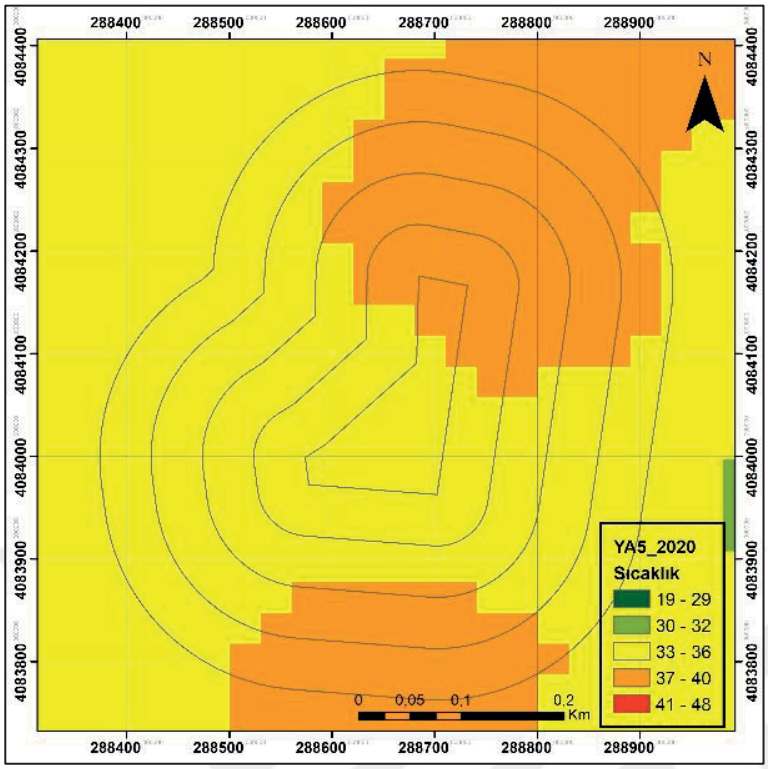
YA_5 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.70-Şekil 4.74). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında 0,6 °C ile 1 °C arasında sıcaklığın arttığı görülmektedir. Park dışındaki etki alanları mesafeleri arasındaki sıcaklık değişimi ilk 50 m'de yaklaşık 0,4 °C artış gösterirken mesafe arttıkça sıcaklık farkı azalmaktadır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. YA_5 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

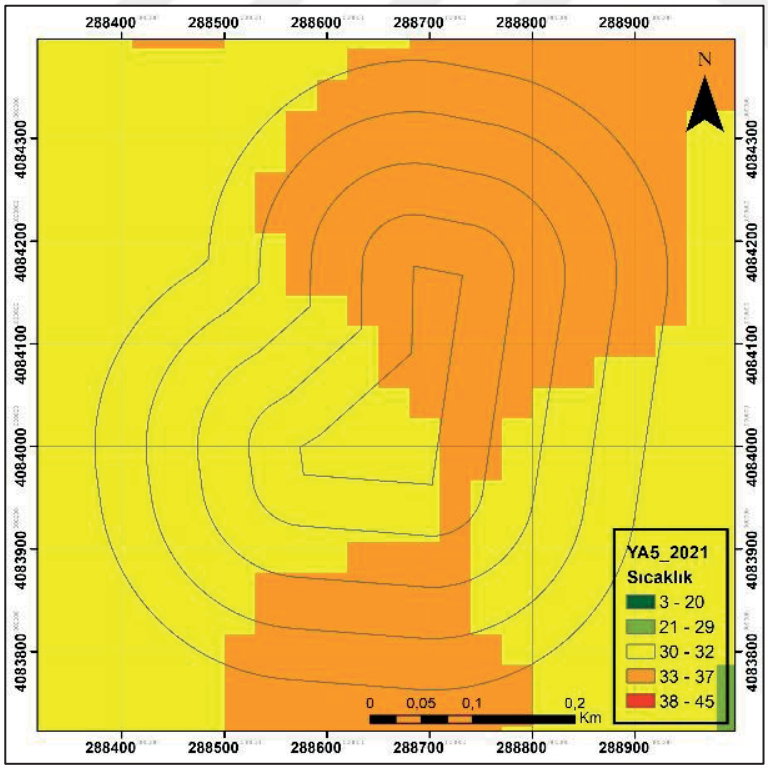
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	35,62	32,33	42,65	39,63
50	35,44	32,54	43,17	40,25
100	35,63	32,83	43,72	40,97
150	35,43	32,70	43,31	40,64
200	35,23	32,94	43,54	40,82



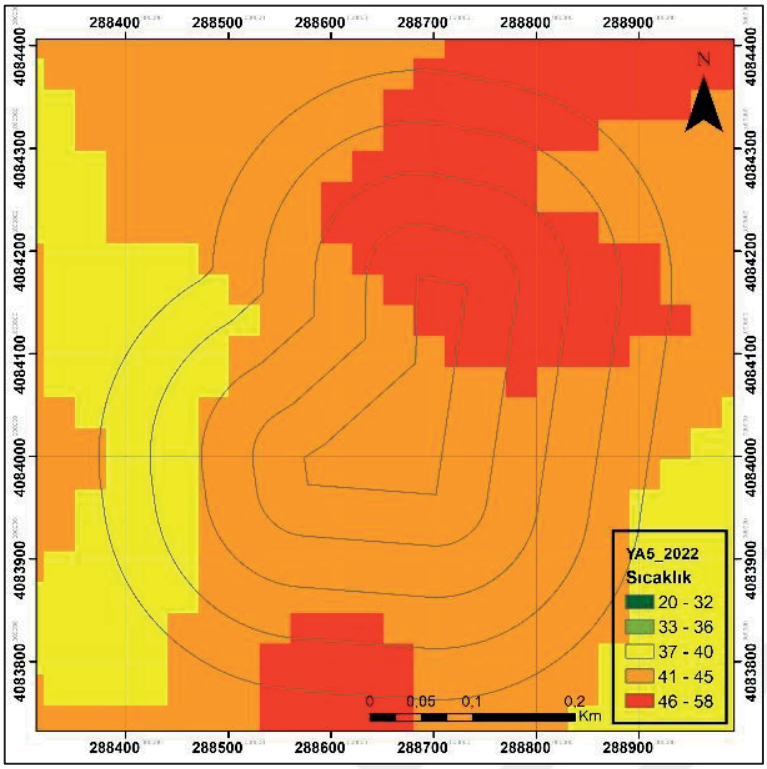
Şekil 4.70. YA_5 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



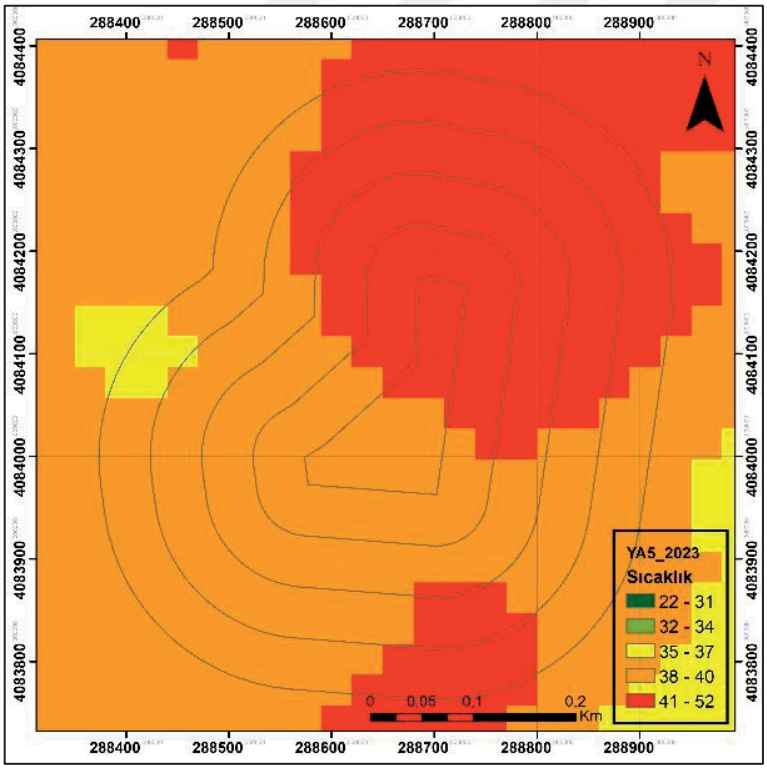
Şekil 4.71. YA_5 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.72. YA_5 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.73. YA$_5$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

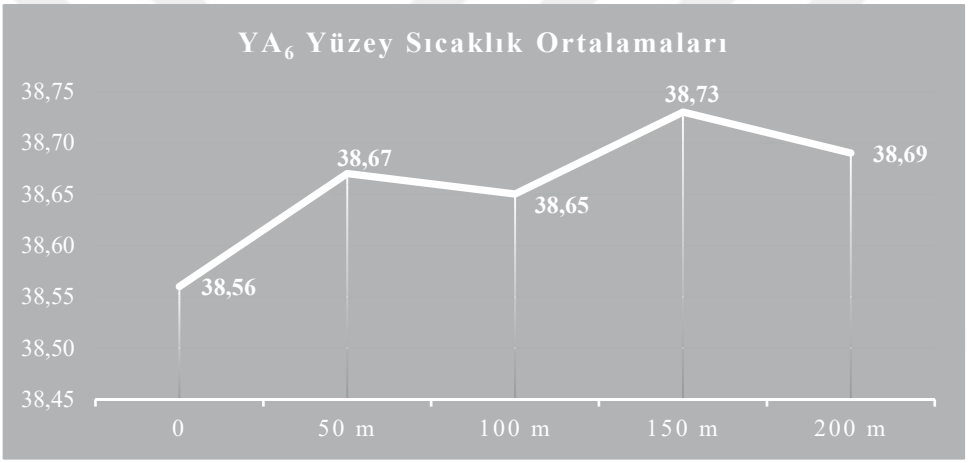


Şekil 4.74. YA$_5$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

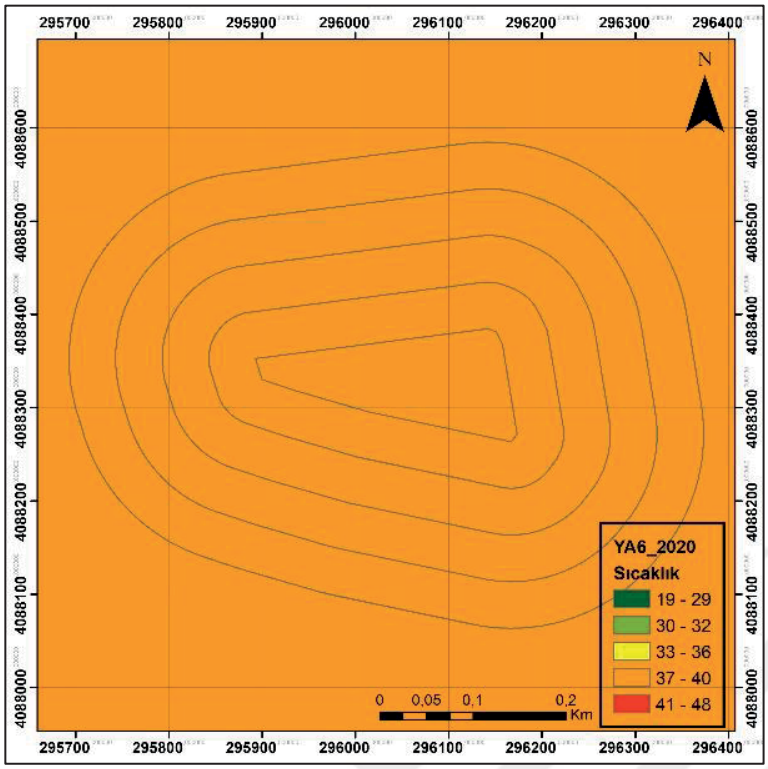
YA_6 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde 2022 yılı dışında etkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 4.75- Şekil 4.79). Yalnızca bu yıl içerisinde park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında 1 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. YA_6 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

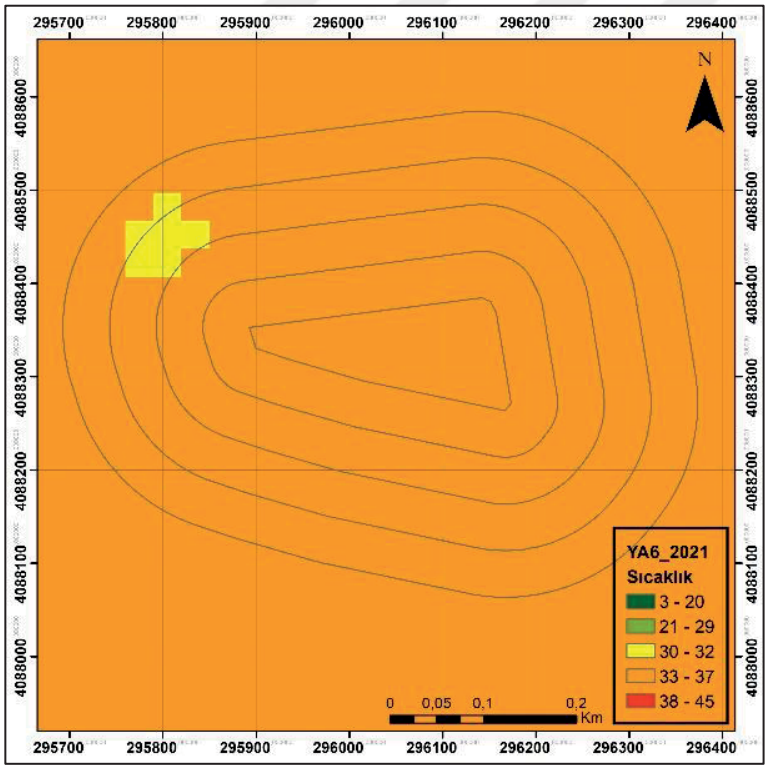
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	37,90	33,24	42,21	40,89
50	37,84	33,35	42,77	40,73
100	37,74	33,21	43,00	40,65
150	37,84	33,20	43,21	40,65
200	37,90	33,25	43,38	40,24



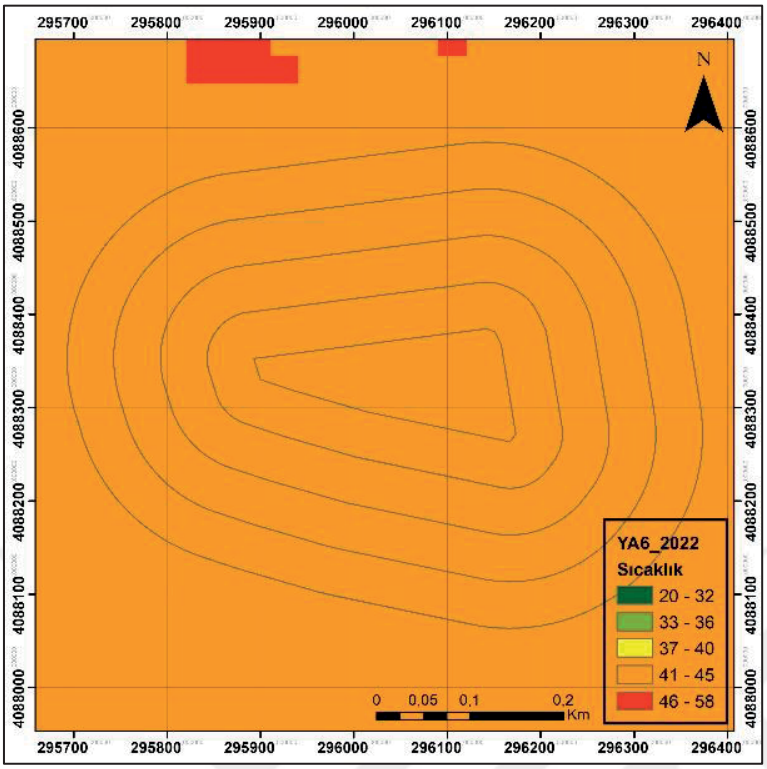
Şekil 4.75. YA_6 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



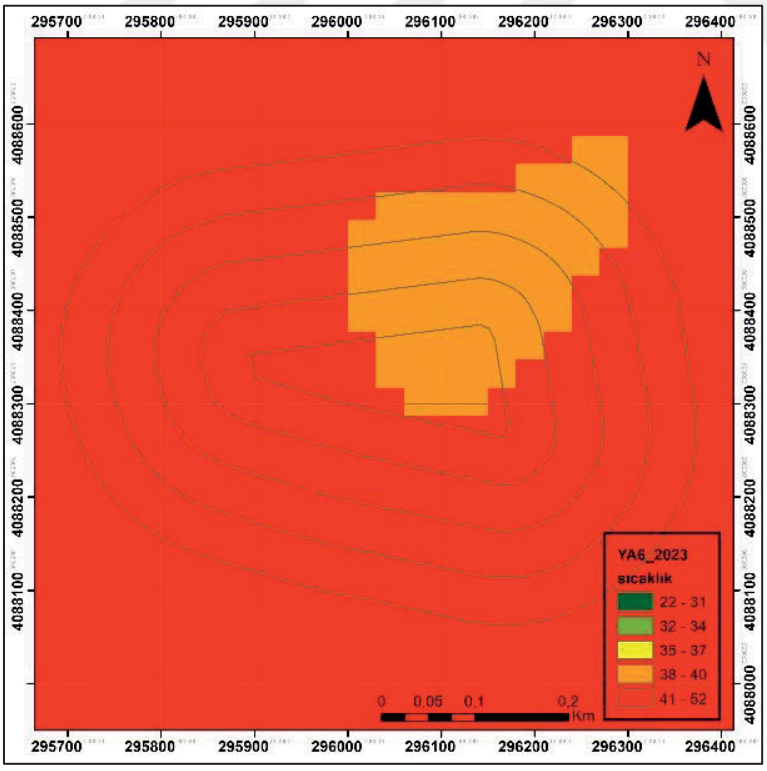
Şekil 4.76. YA_6 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.77. YA_6 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.78. YA$_6$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

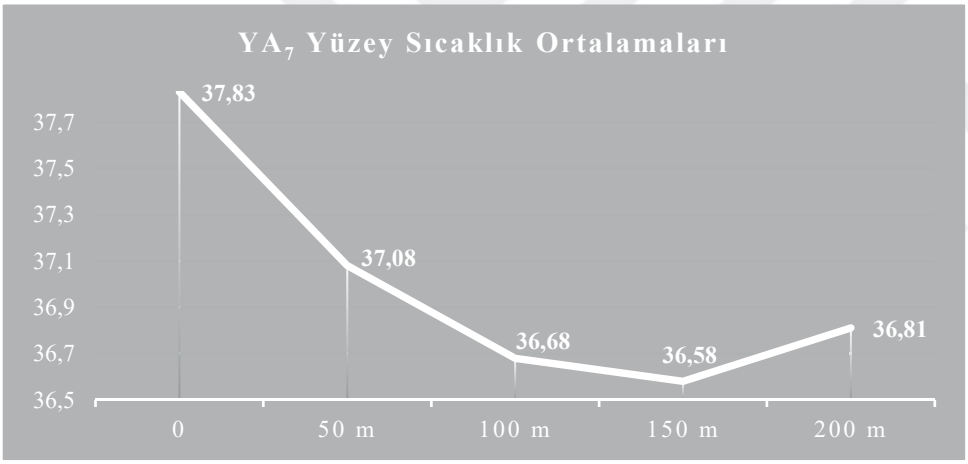


Şekil 4.79. YA$_6$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

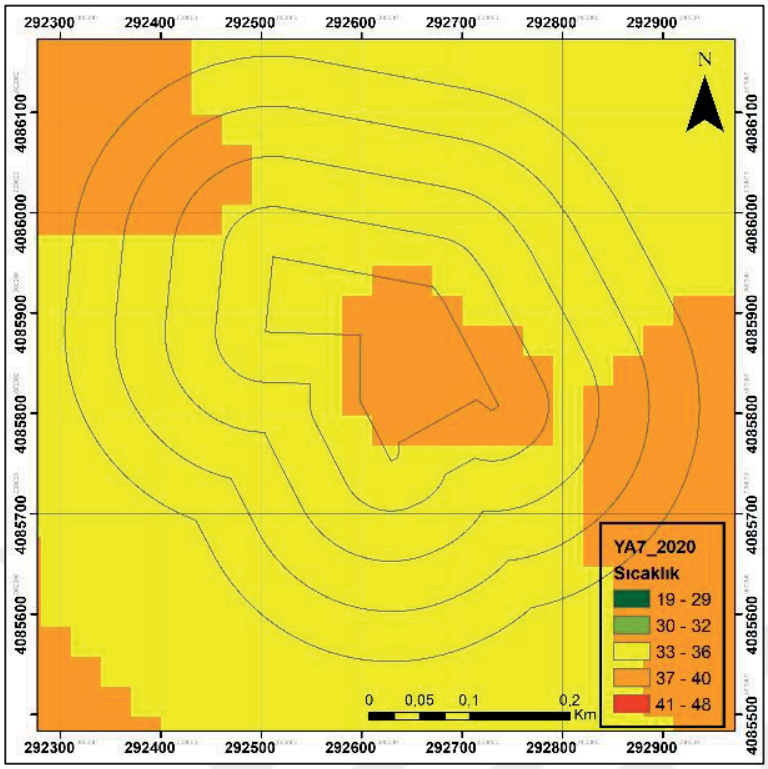
YA_7 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, diğer alanların aksine park çevresinde etkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 4.80-Şekil 4.84). Uydu görüntülerinin yüzey materyalinin yansıma değerleri üzerinden hesaplamalar yaptığı göz önünde bulundurulduğunda, alandaki bitki örtüsü ile kaplı olmayan açık alandaki yüzey sıcaklığının yüksek olması ve toplam alan ölçüsü üzerinden ortalama piksel değeri alınması bu durumu açıklamaktadır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. YA_7 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

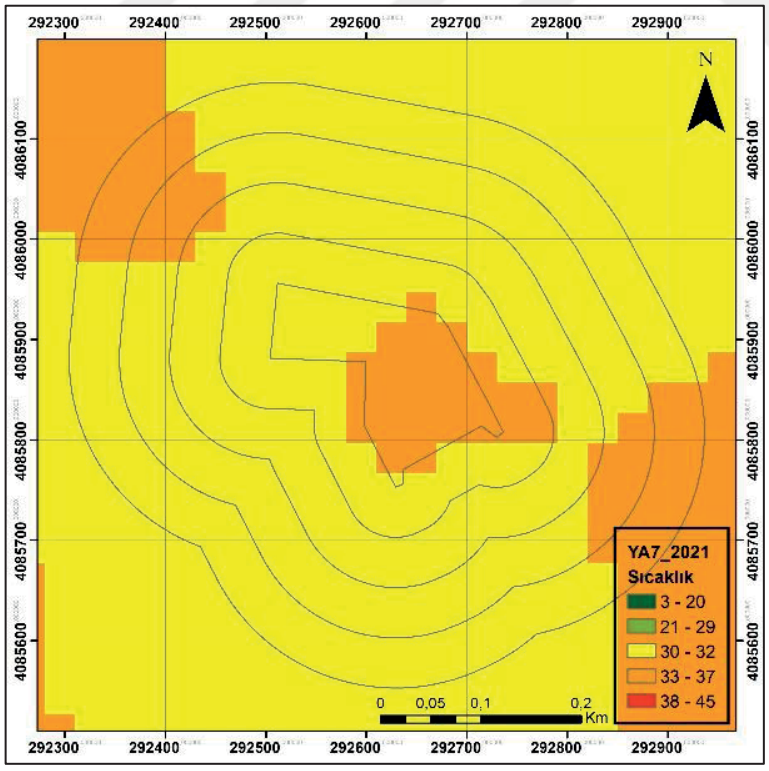
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	36,11	31,60	42,86	40,74
50	35,47	31,59	41,67	39,59
100	35,10	31,68	41,11	38,81
150	34,96	32,00	40,79	38,58
200	35,05	32,64	40,85	38,71



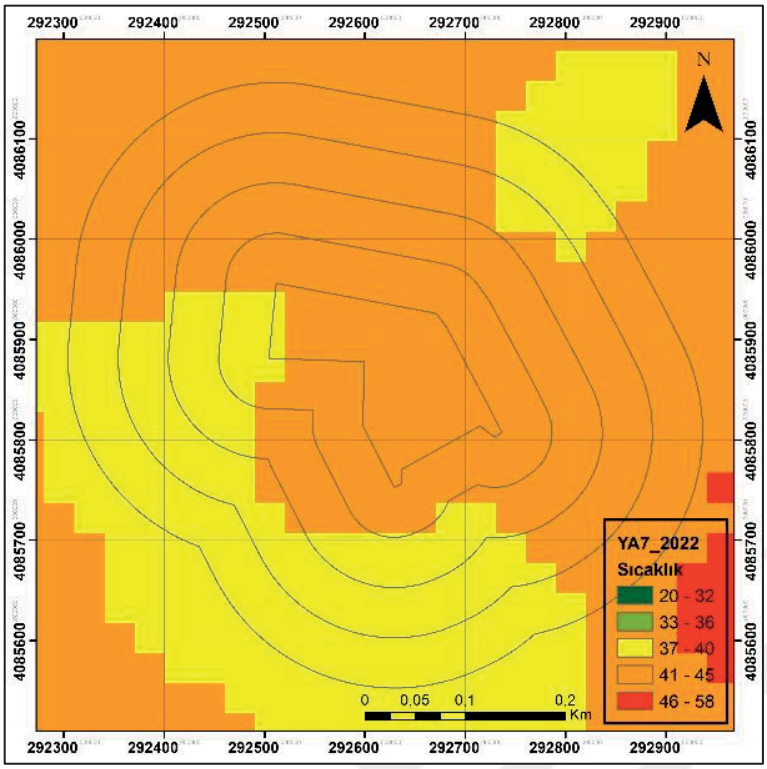
Şekil 4.80. YA_7 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



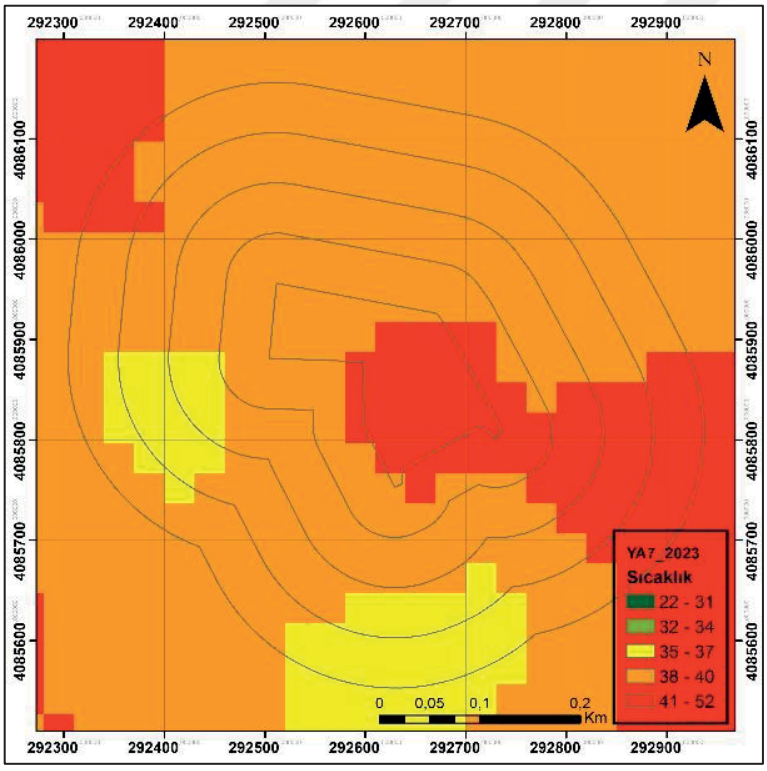
Şekil 4.81. YA7 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.82. YA7 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.83. YA7 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

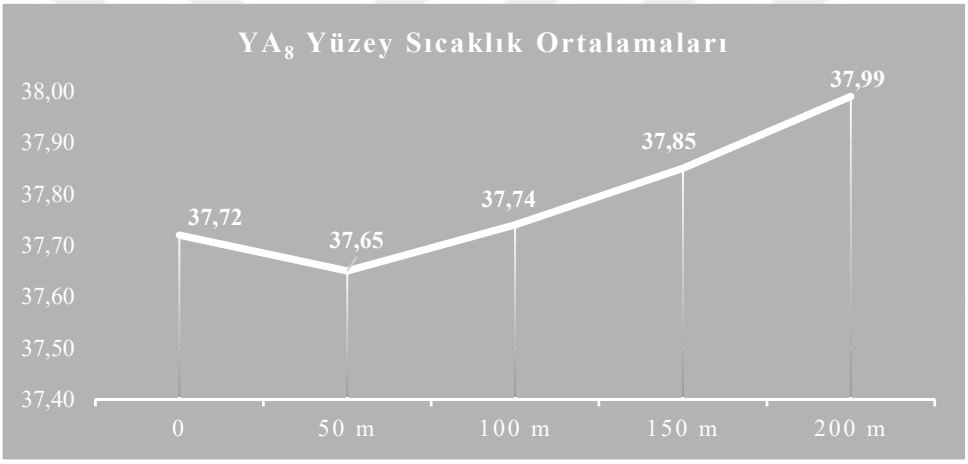


Şekil 4.84. YA7 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

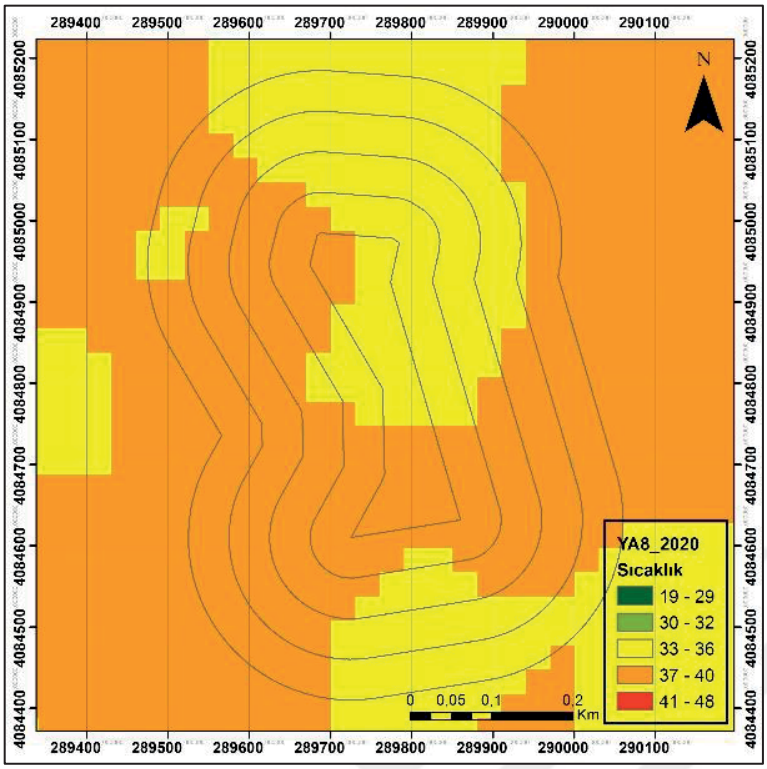
YA_8 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta yükselme görülmektedir (Şekil 4.85-Şekil 4.89). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında yaklaşık 0,3 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. YA_8 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

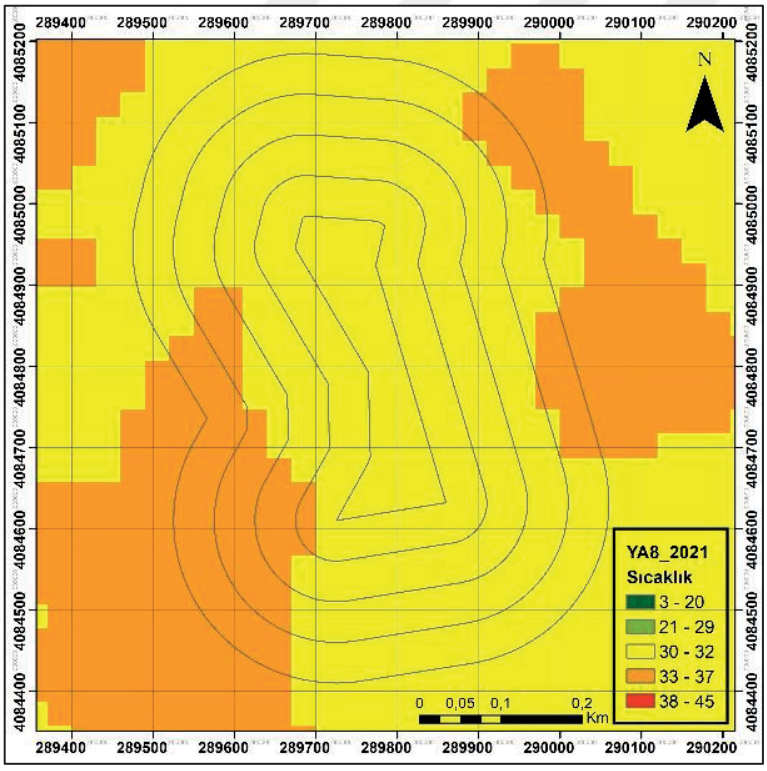
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	35,89	31,80	42,90	40,29
50	35,91	31,72	42,76	40,22
100	36,08	31,79	42,89	40,18
150	36,21	31,94	43,19	40,06
200	36,28	32,06	43,42	40,18



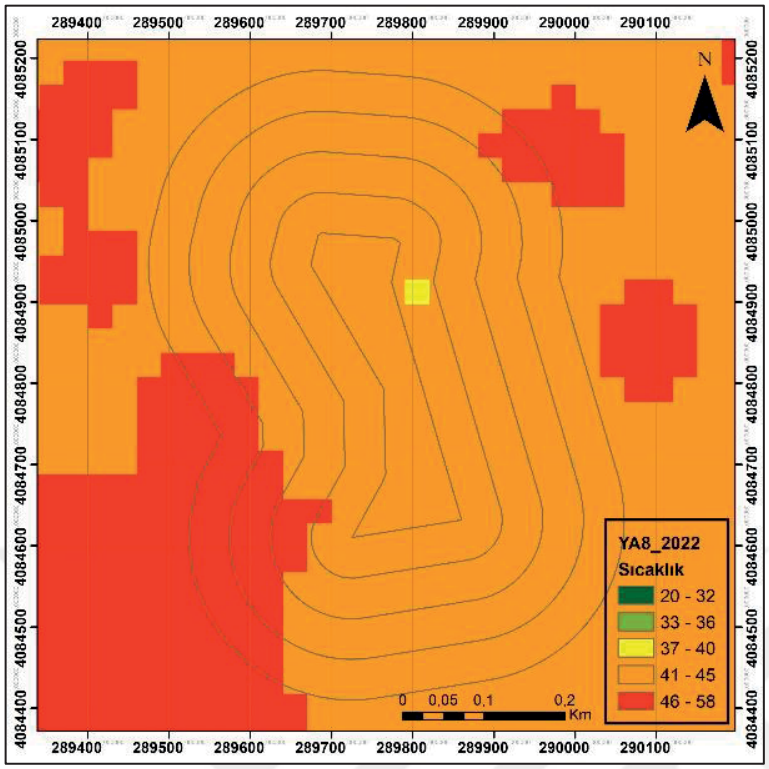
Şekil 4.85. YA_8 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



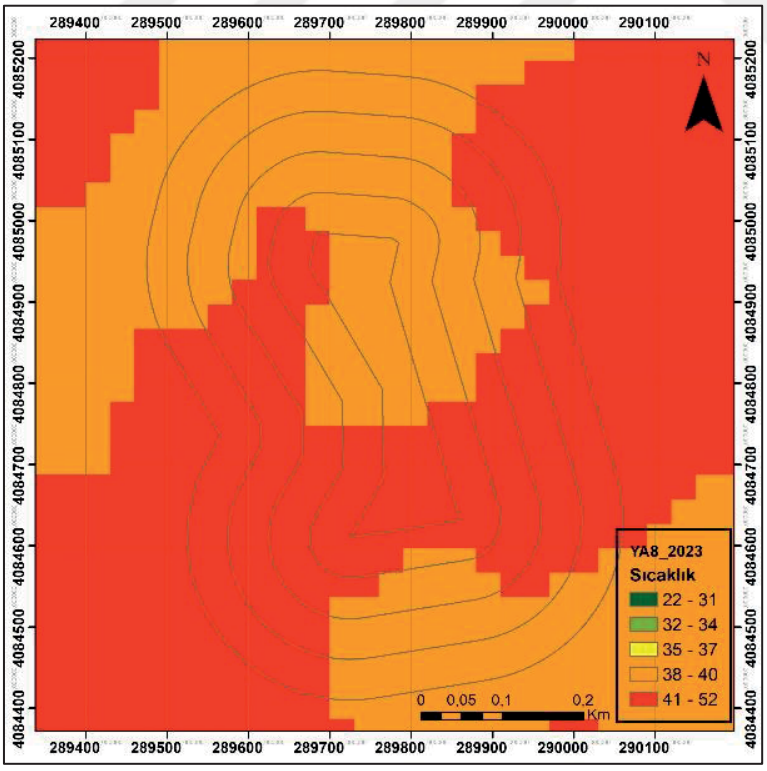
Şekil 4.86. YA8 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.87. YA8 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.88. YA_8 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

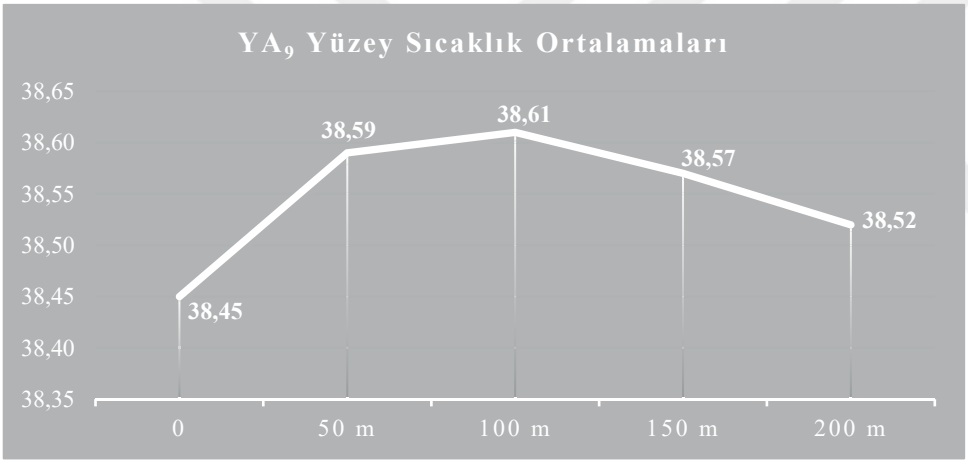


Şekil 4.89. YA_8 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

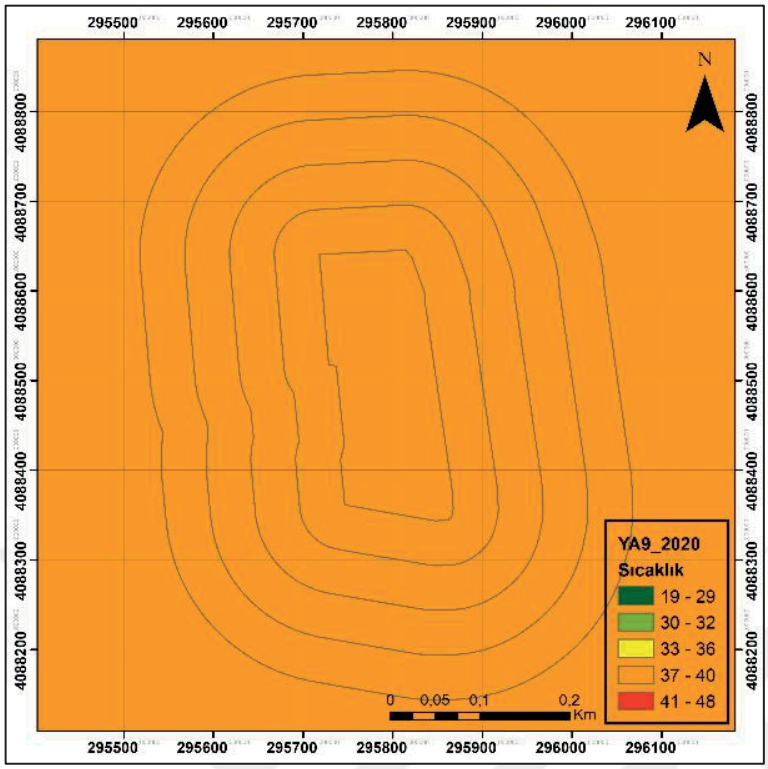
YA_9 ve park çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, park içerisindeki düşük sıcaklığın, park çevresinde düşük oranda etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta düşük farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 4.90-Şekil 4.94). Park sınırından 200 metre uzaklığa bakıldığında yalnızca 2020 yılında 0,65 °C sıcaklığın arttığı görülmektedir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. YA_9 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

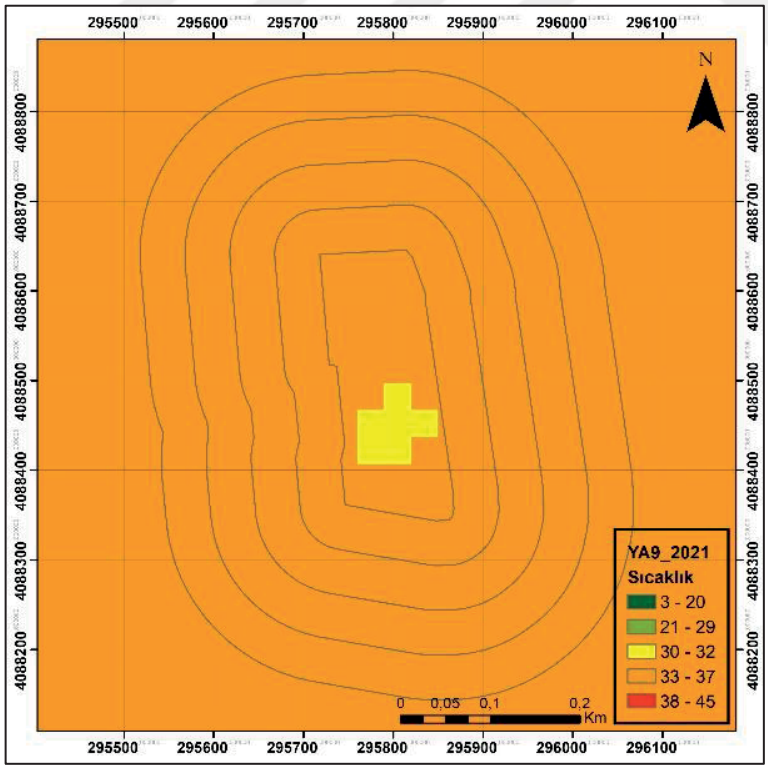
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	37,45	31,70	43,32	41,33
50	37,88	31,69	43,56	41,24
100	38,02	31,74	43,58	41,09
150	38,07	31,67	43,53	41,01
200	38,11	31,65	43,40	40,90



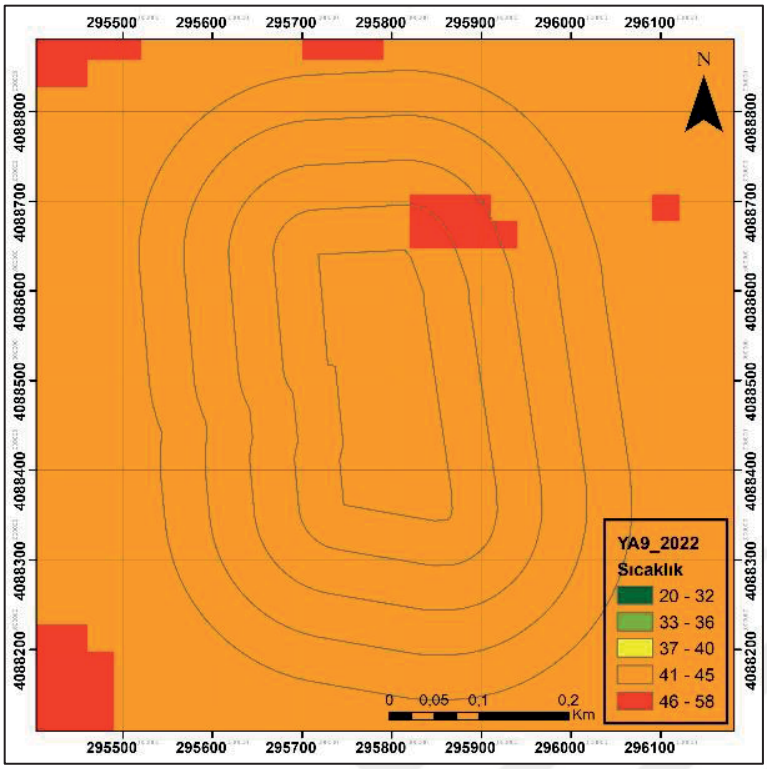
Şekil 4.90. YA_9 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



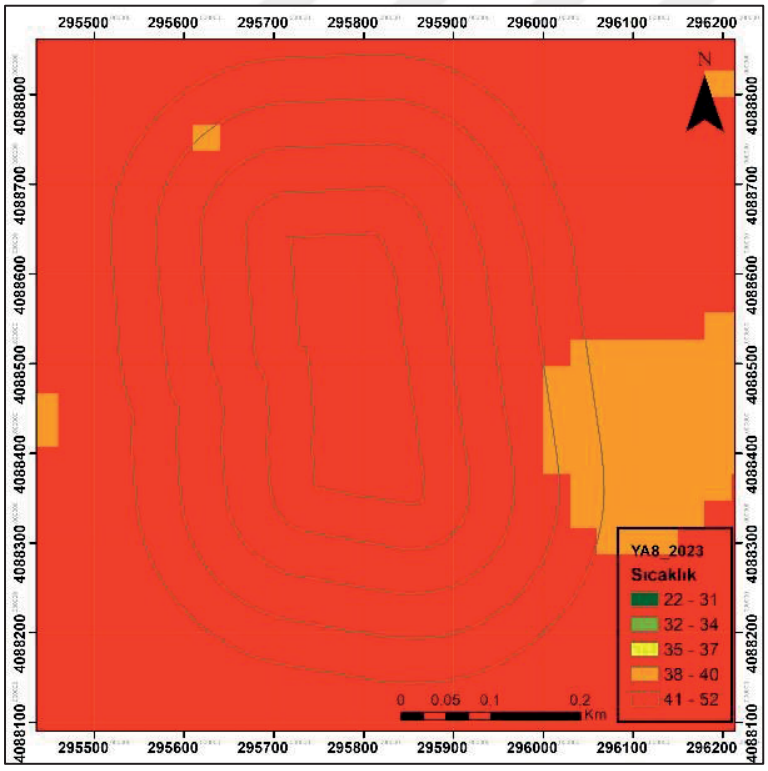
Şekil 4.91. YA9 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.92. YA9 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.93. YA9 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

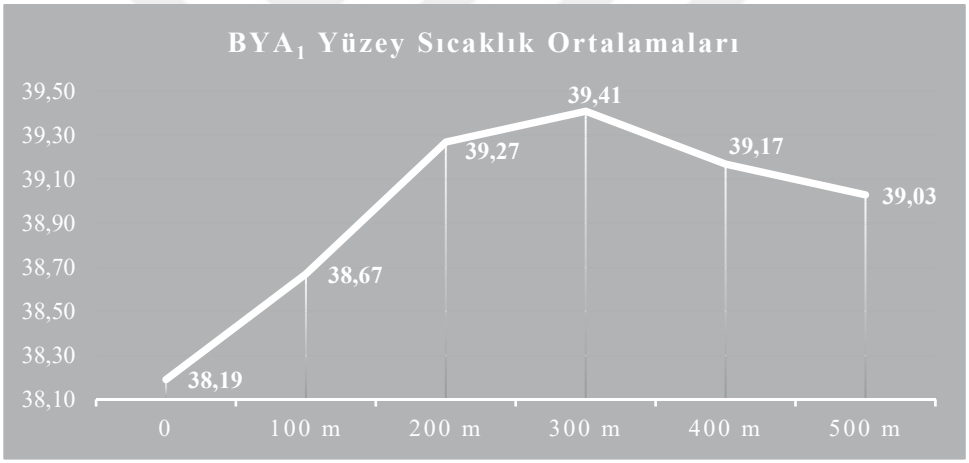


Şekil 4.94. YA9 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

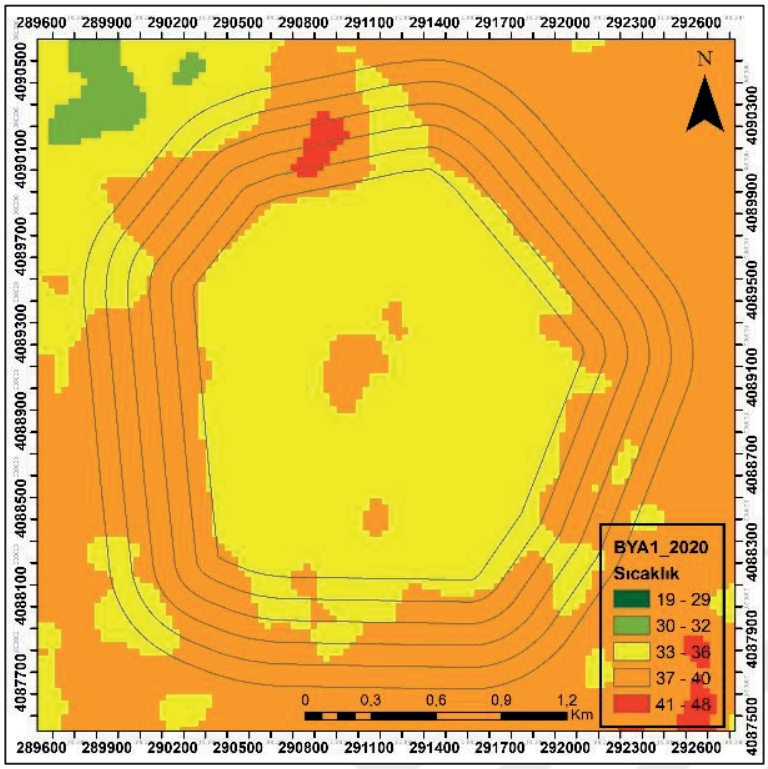
BYA_1 ve çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, yeşil alan içerisindeki düşük sıcaklığın, alan çevresinde etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta kademeli olarak farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 4.95-Şekil 4.99). Özellikle 300 m'de alan içi ile 1,2 °C fark olduğu, mesafe arttıkça bu farkın korunmaya devam ettiği ancak bu noktadan sonra 0,4 °C kadar azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. BYA_1 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

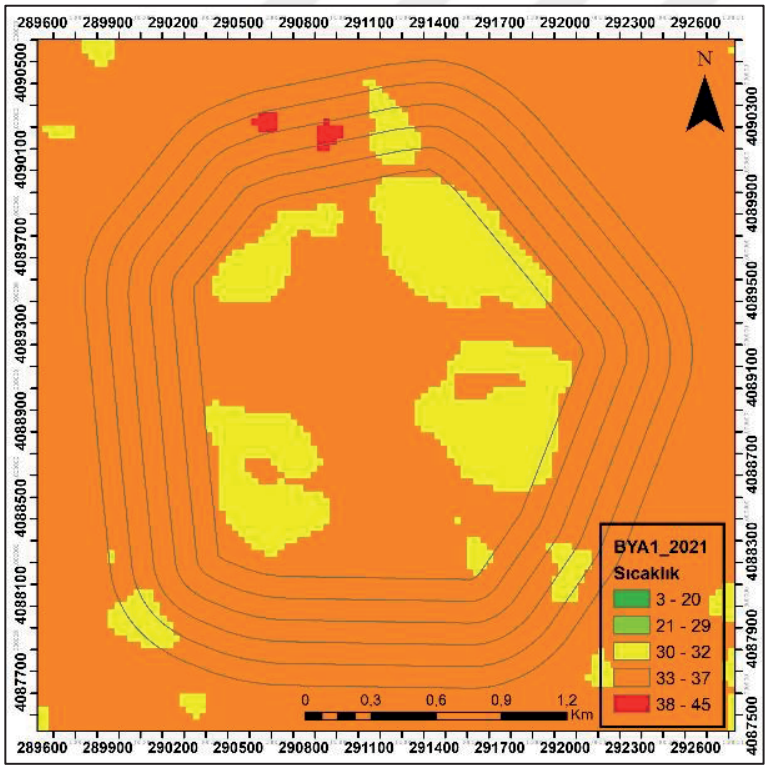
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	34,56	33,01	44,60	40,58
100	36,25	33,56	43,98	40,89
200	37,03	33,98	44,46	41,62
350	37,14	34,08	44,65	41,78
400	36,78	34,00	44,44	41,46
500	36,55	33,91	44,29	41,37



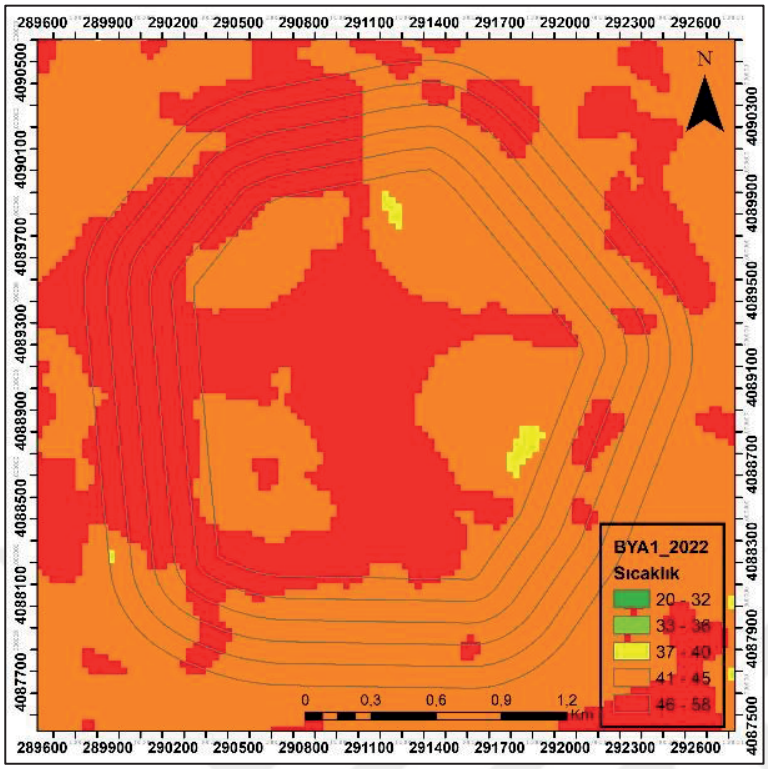
Şekil 4.95. BYA_1 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



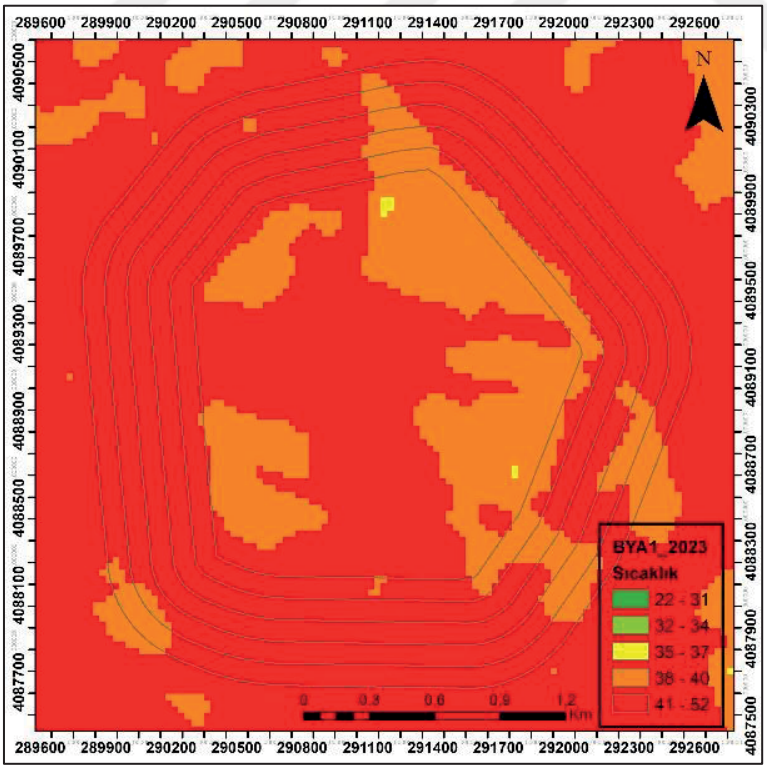
Şekil 4.96. BYA$_1$ 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.97. BYA1 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.98. BYA_1 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

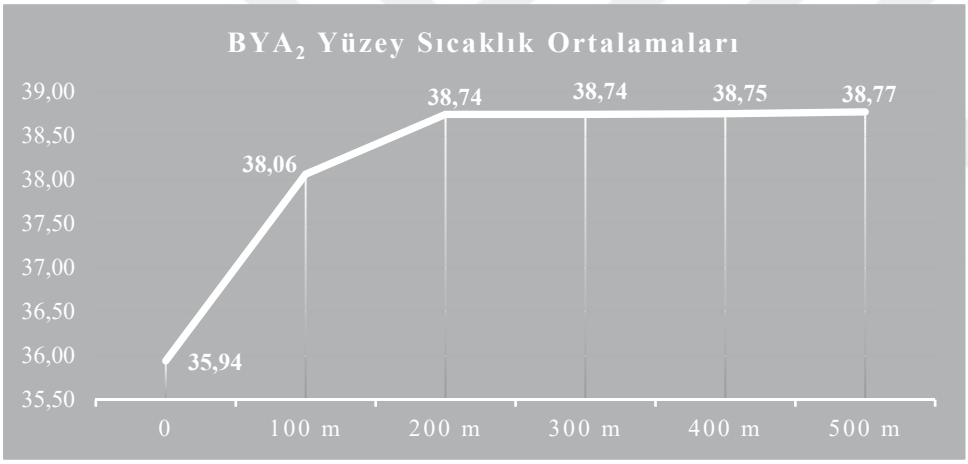


Şekil 4.99. BYA_1 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

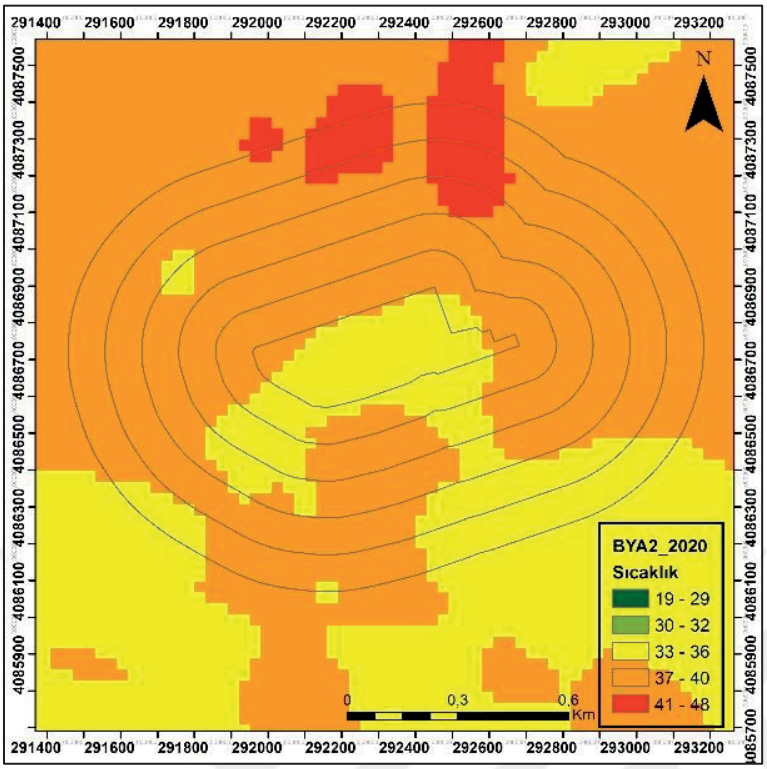
BYA_2 ve çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, yeşil alan içerisindeki düşük sıcaklığın, alan çevresinde yüksek etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta kademeli olarak farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 4.100- Şekil 4.104). Özellikle ilk 100 m'de alan içi ile 2 °C fark olduğu, mesafe arttıkça bu farkın arttığı ve 200m'den sonra korunmaya devam ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. BYA_2 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

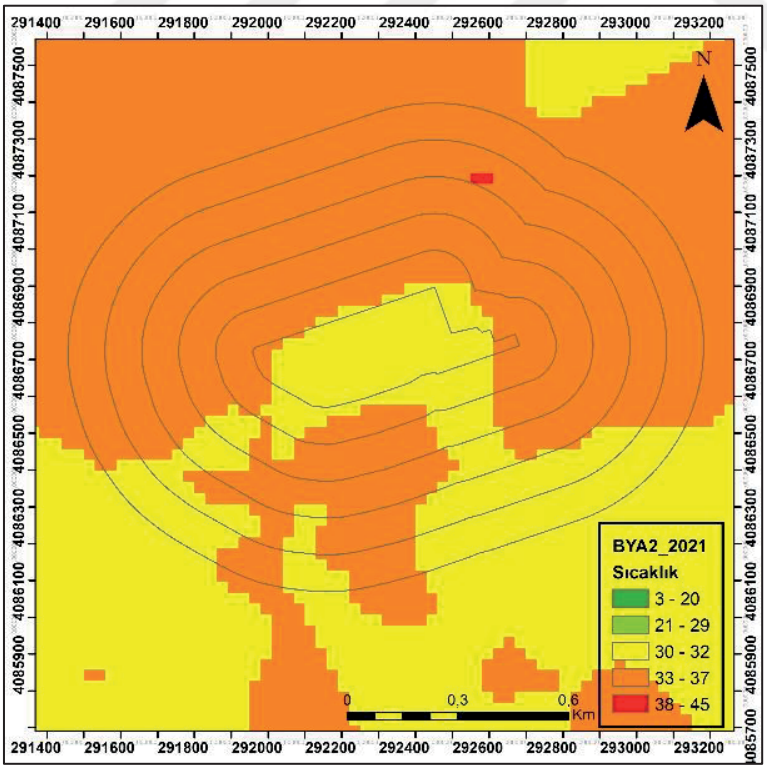
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	34,69	31,04	40,00	38,03
100	36,73	32,86	42,49	40,16
200	37,38	33,37	43,40	40,81
350	37,44	33,37	43,36	40,79
400	37,44	33,26	43,42	40,86
500	37,42	33,20	43,50	40,96



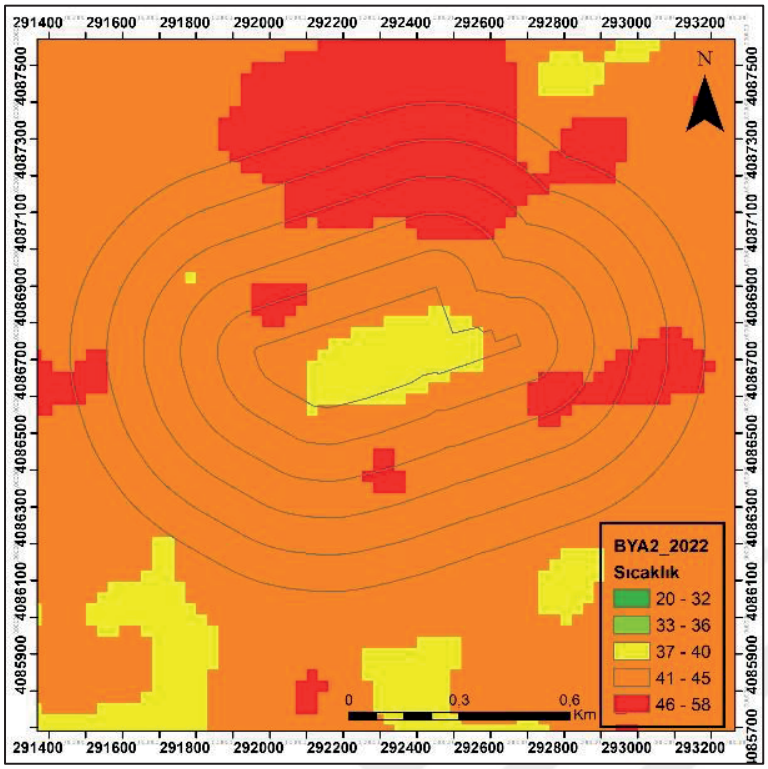
Şekil 4.100. BYA_2 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



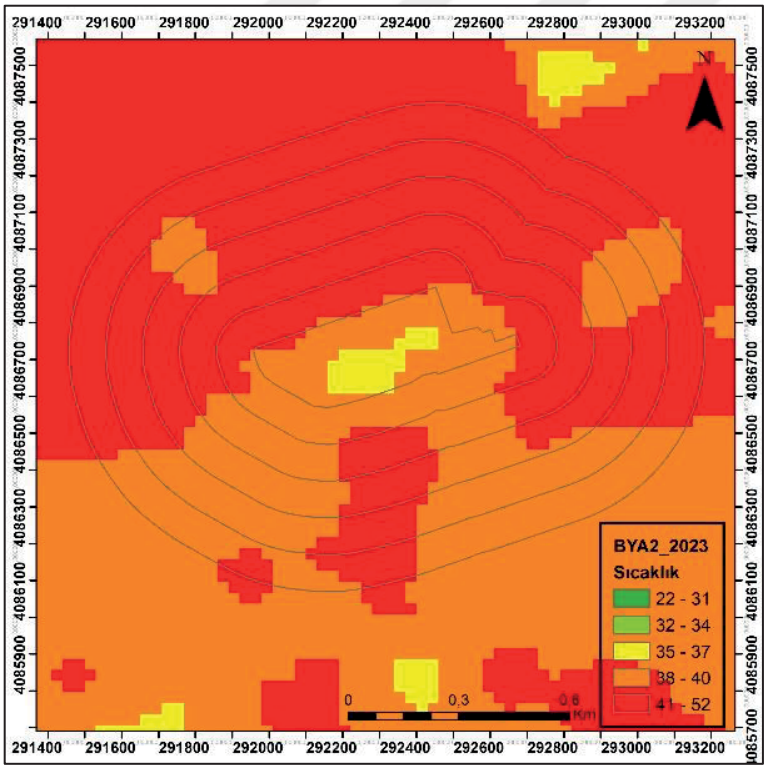
Şekil 4.101. BYA$_2$ 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.102. BYA$_2$ 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.103. BYA_2 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

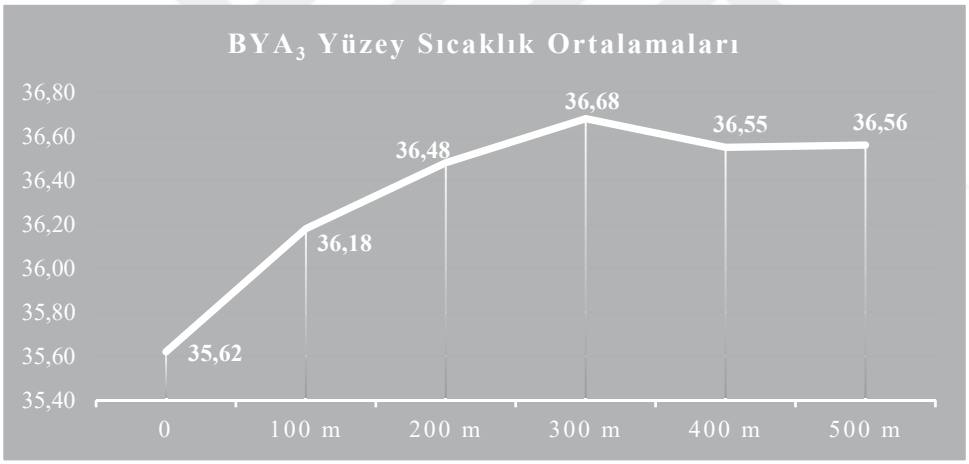


Şekil 4.104. BYA_2 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

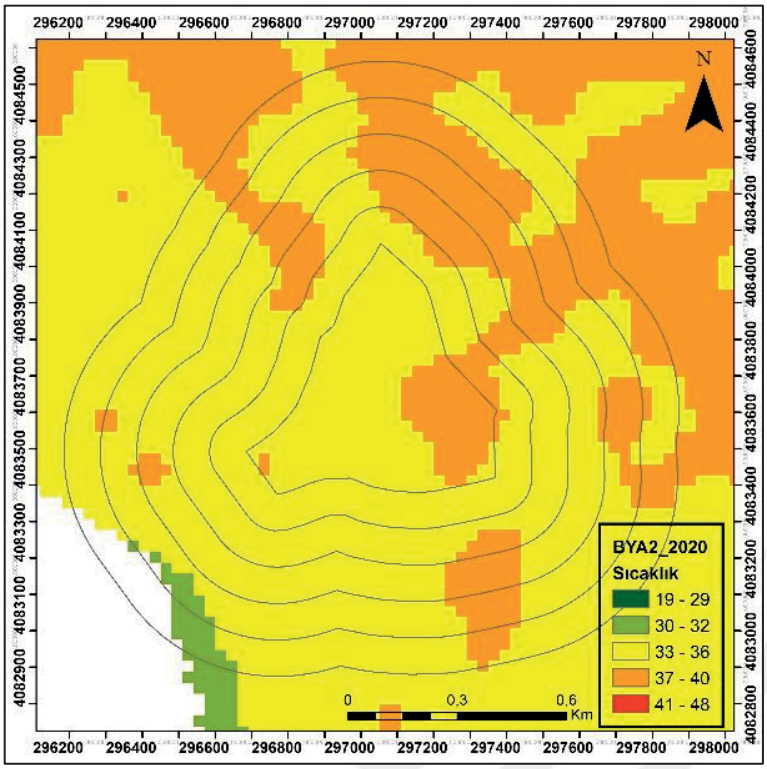
BYA_3 ve çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, yeşil alan içerisindeki düşük sıcaklığın, alan çevresinde düşük etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta kademeli olarak farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 4.105- Şekil 4.109). İlk 100 m'de alan içi ile yaklaşık 0,6 °C fark olduğu, mesafe arttıkça bu farkın arttığı ve 300m'den sonra korunmaya devam ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Her ne kadar büyük bir alana sahip olsa da alanda kullanılan bitki türlerinin, diğer alanlara göre daha düşük sıcaklık farkı oluşturduğu söylenebilir.

Çizelge 4.26. BYA_3 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

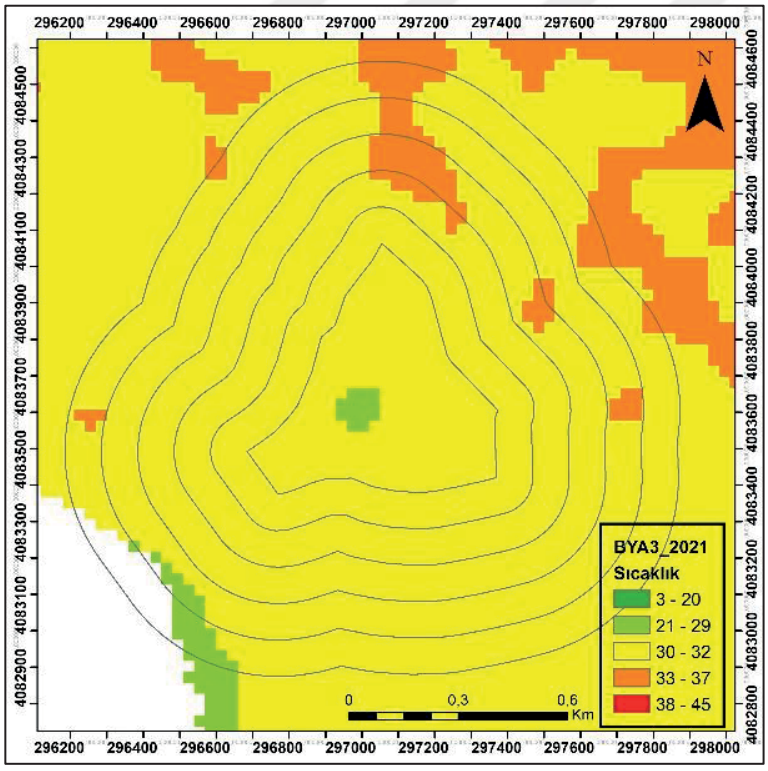
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	34,96	30,38	39,84	37,31
100	34,95	31,12	40,52	38,14
200	35,16	31,39	40,85	38,50
350	35,42	31,57	41,04	38,68
400	35,34	31,47	40,82	38,56
500	35,37	31,52	40,78	38,58



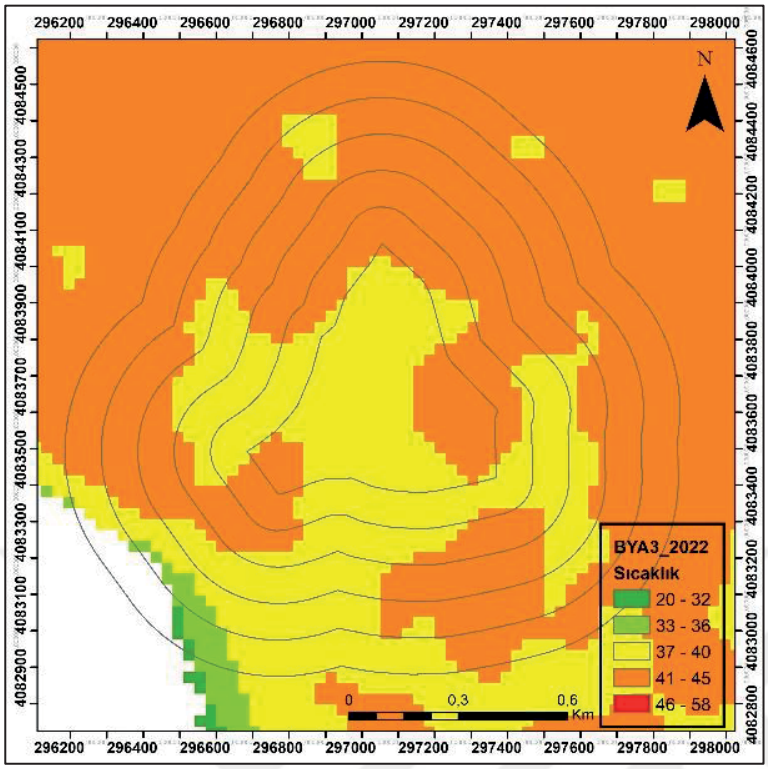
Şekil 4.105. BYA_3 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



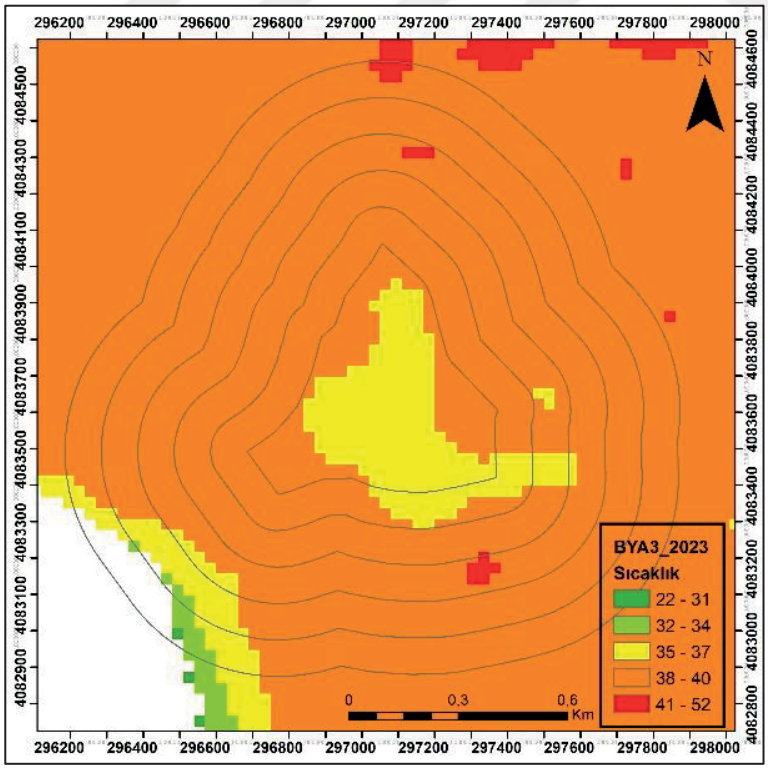
Şekil 4.106. BYA$_3$ 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.107. BYA$_3$ 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.108. BYA$_3$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

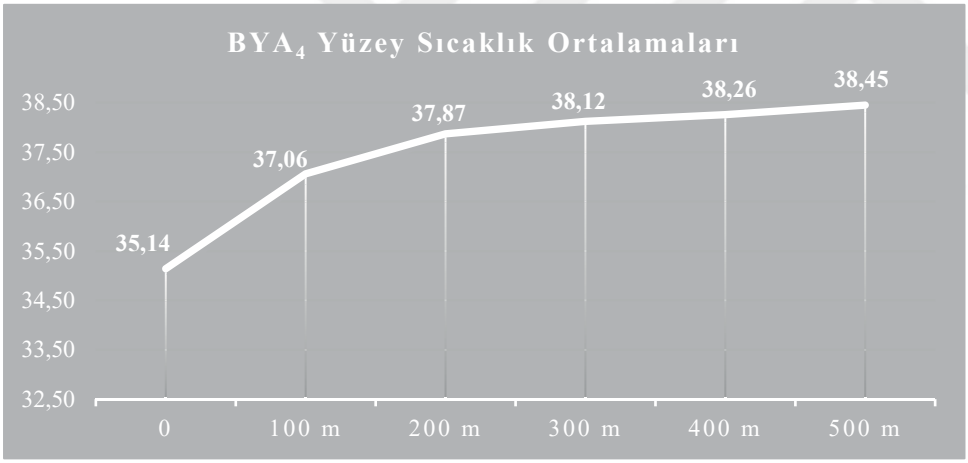


Şekil 4.109. BYA$_3$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

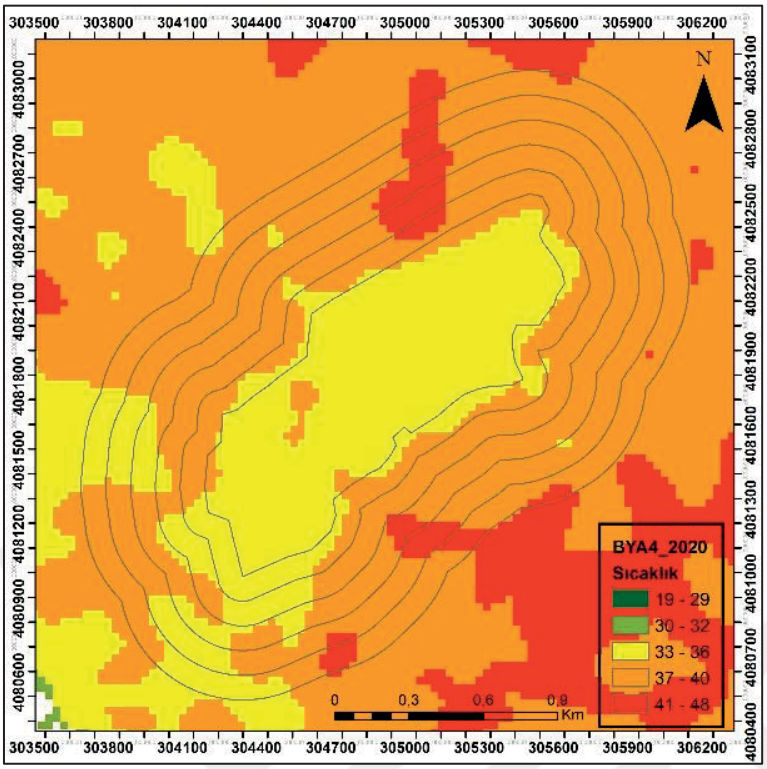
BYA_4 ve çevresinde oluşturulan YYS etki alanları incelendiğinde, yeşil alan içerisindeki düşük sıcaklığın, alan çevresinde diğer alanlara göre büyük oranda etkisinin olduğu görülmüştür. Etki alanı mesafesi arttıkça sıcaklıkta kademeli olarak farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 4.110- Şekil 4.114). İlk 100 m'de alan içi ile yaklaşık 2 °C fark olduğu, mesafe arttıkça bu farkın arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.27). Alanın kent içi orman yaması niteliğinde olmasının bu farkın oluşmasında önemli bir etken olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.27. BYA_4 yıllara göre ortalama yüzey sıcaklık değerleri (°C)

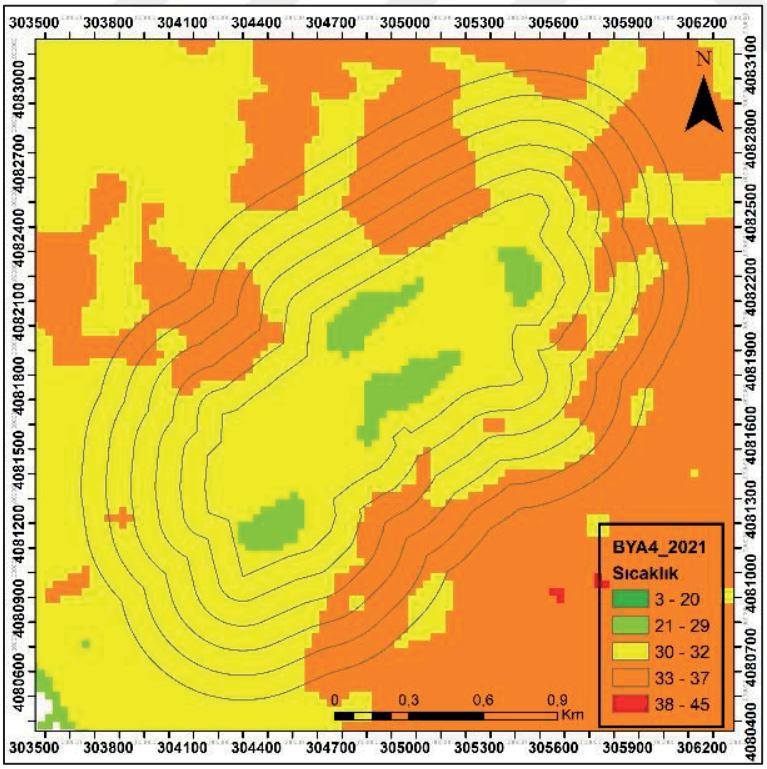
Yıl Uzaklık (m)	2020	2021	2022	2023
0	34,39	29,83	39,59	36,75
100	36,32	31,59	41,77	38,57
200	37,20	32,20	42,75	39,31
350	37,51	32,37	43,09	39,52
400	37,63	32,49	43,26	39,64
500	37,87	32,64	43,43	39,85



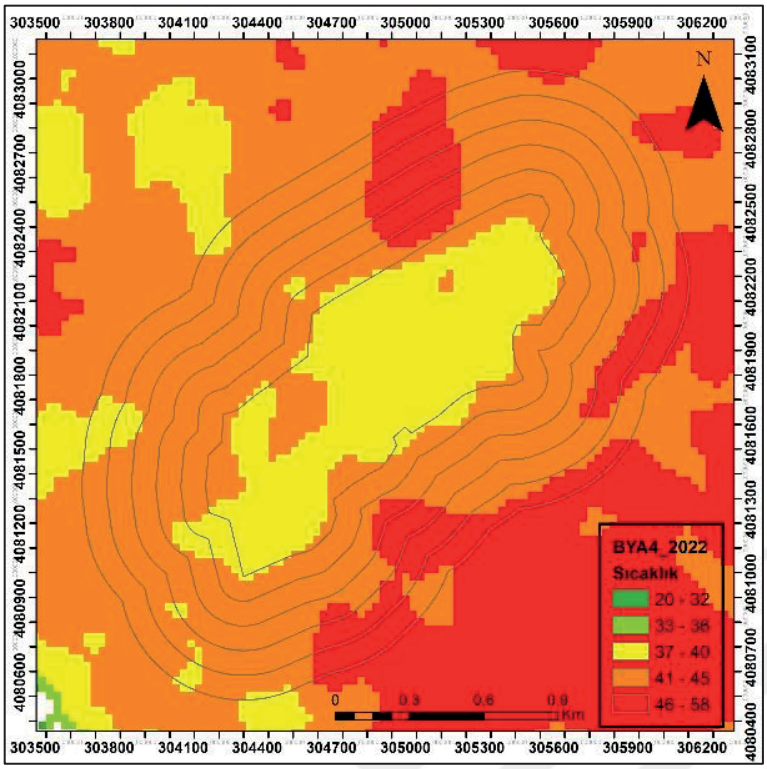
Şekil 4.110. BYA_4 yıllara göre yüzey sıcaklık ortalamaları grafiği



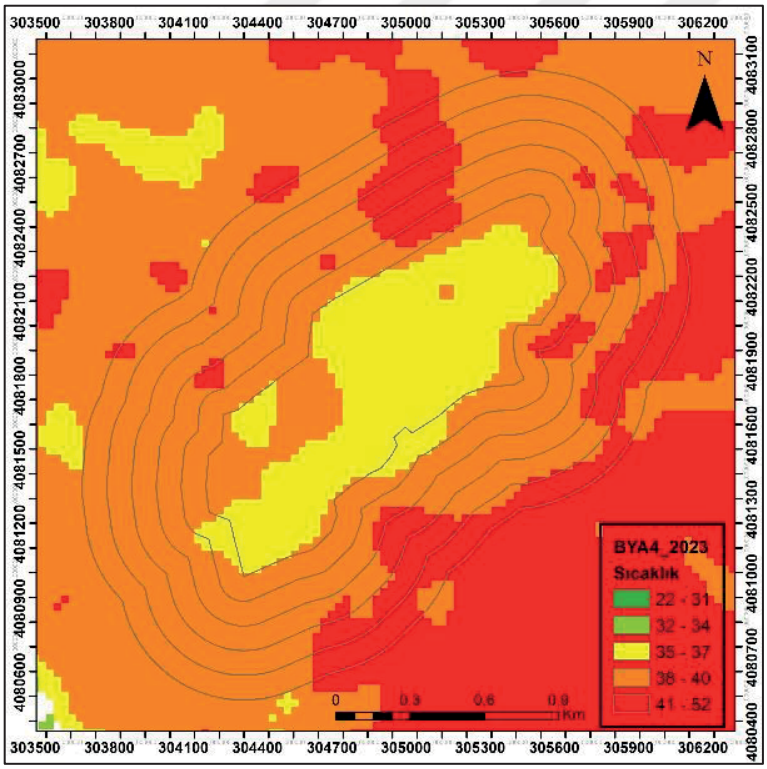
Şekil 4.111. BYA$_4$ 2020 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.112. BYA$_4$ 2021 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 4.113. BYA$_4$ 2022 yılı yüzey sıcaklık dağılımları



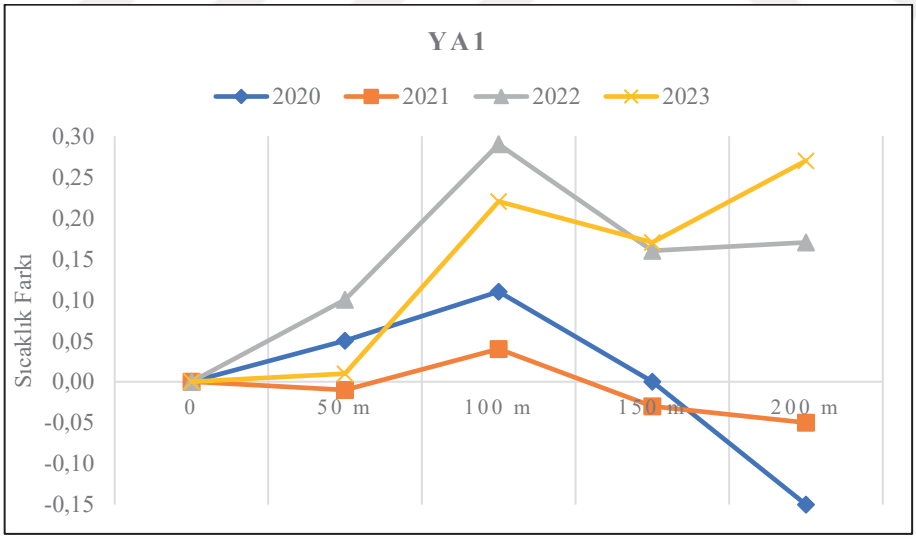
Şekil 4.114. BYA$_4$ 2023 yılı yüzey sıcaklık dağılımları

4.3.2. Yüzey Sıcaklıkları İstatistik Analiz Bulguları

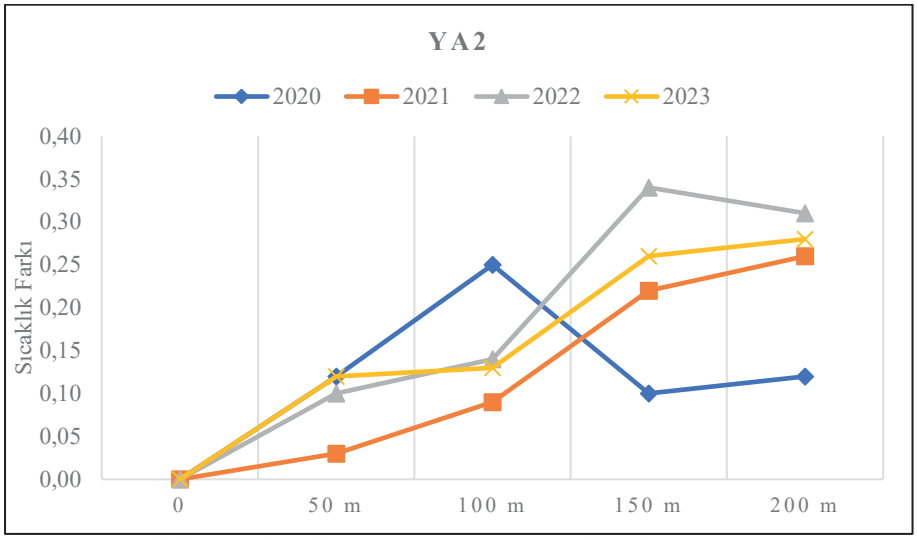
Yeşil alanlar ve çevresindeki yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkinin sorgulandığı bu bölümde, alanların fiziksel özellikleri ile yüzey sıcaklıkları istatistiksel analizlerle incelenmiştir. Tanımlanan fiziksel özellikler neticesinde oluşturulan veri setinde, alan büyüklüğü ve etki alanlarındaki yüzey sıcaklık değerlerine etkisi analiz edilmiştir.

İstatistiksel analizler yapılırken önce yüzey sıcaklık verilerinin normallik testleri yapılmıştır. Buna göre tanımlayıcı istatistiklerden çarpıklık değeri (Kurtosis-Skewnesss) -1,5 +1,5 arasında bulunduğu için (Tabachnick & Fidell 2013) verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Sonrasında varyansların Levene homojenlik testleri yapılmış ve yüzey sıcaklık verilerinin homojen dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Tek yönlü varyans (ANOVA) analizine göre varyansların homojen olduğu durumda çoklu karşılaştırma (Post-hoc) testlerinden Tukey testi seçilerek, %95 güven aralığında alt gruplar incelenmiştir. Buna göre alt sınıflar incelendiğinde alan büyüklüğü ve bitki yoğunluğu ile test edildiğinde etki alanı mesafelerine göre yüzey sıcaklık ortalamalarının anlamlı bir farklılaşma göstermediği belirlenmiştir ($p>0,05$).

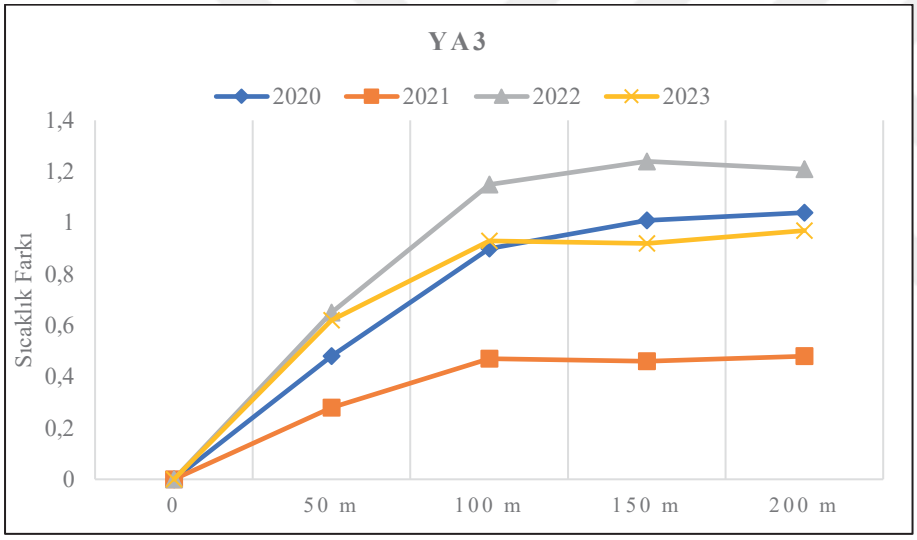
Ancak her bir park için yıllara ait ortalama sıcaklıkları karşılaştırıldığında ortalamalar 0-50 m ve 50-100 m etki alanı mesafesinde ayrılmaktadır. Yalnızca YA_7 alanında bir fark görülememiştir. Her yeşil alan için analiz sonuçları sıcaklık farkı indisi üzerinden değerlendirildiğinde ise; YA_7 dışında her alanın merkezinden uzaklaştıkça sıcaklık farkı oluştuğunu, alansal büyüklük arttıkça mesafelere bağlı sıcaklık farkının kademeli olarak arttığı söylenebilir (Şekil 4.115-Şekil 4.123).



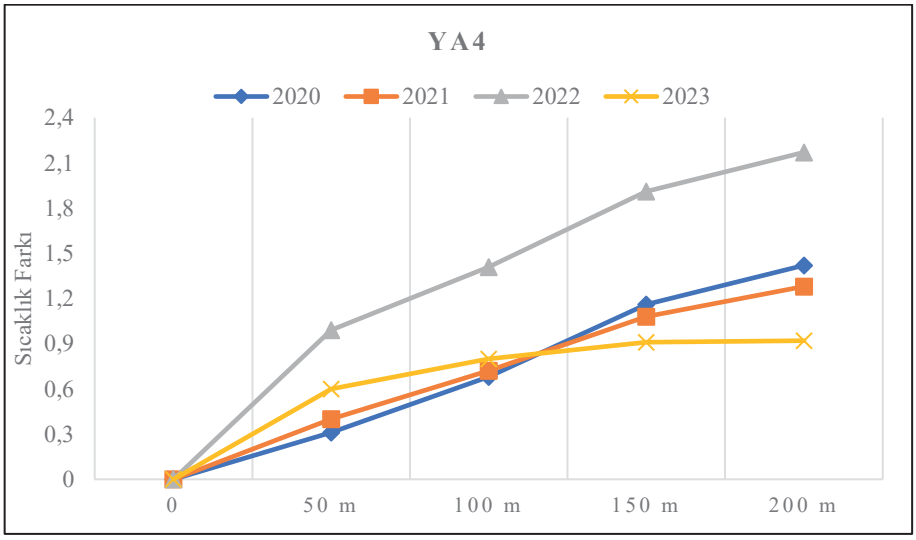
Şekil 4.115. YA_1 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



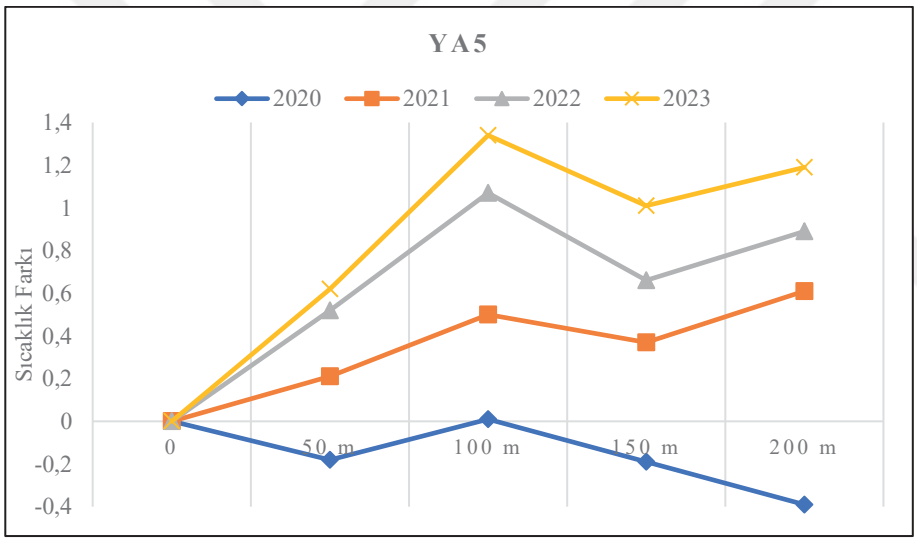
Şekil 4.116. YA_2 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



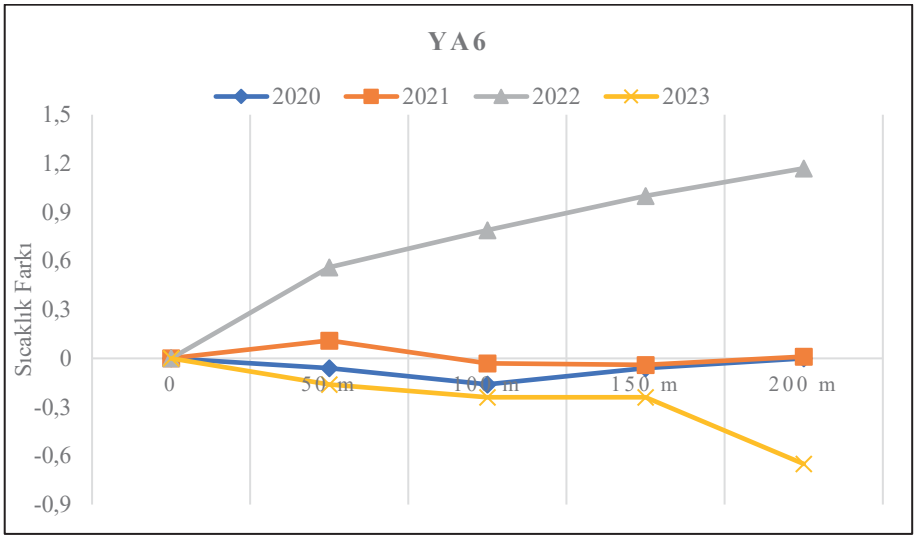
Şekil 4.117. YA_3 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



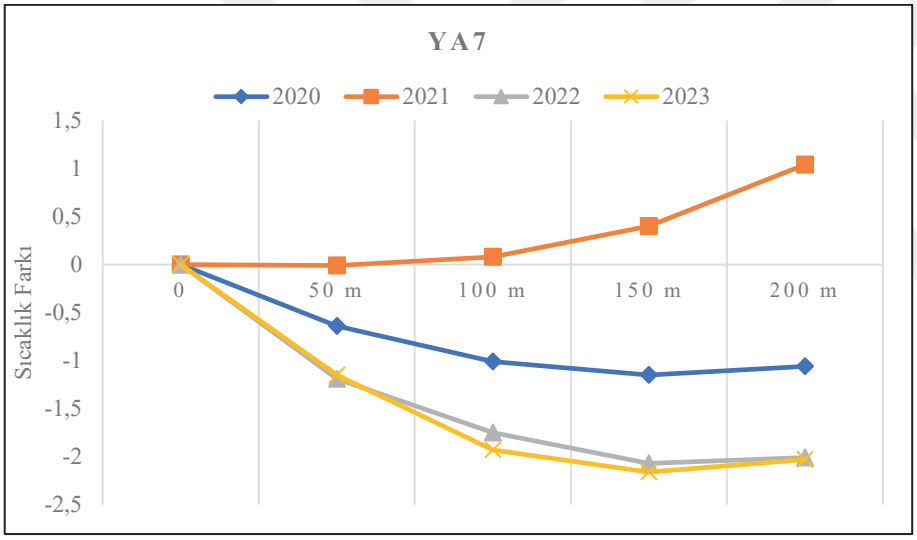
Şekil 4.118. YA_4 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



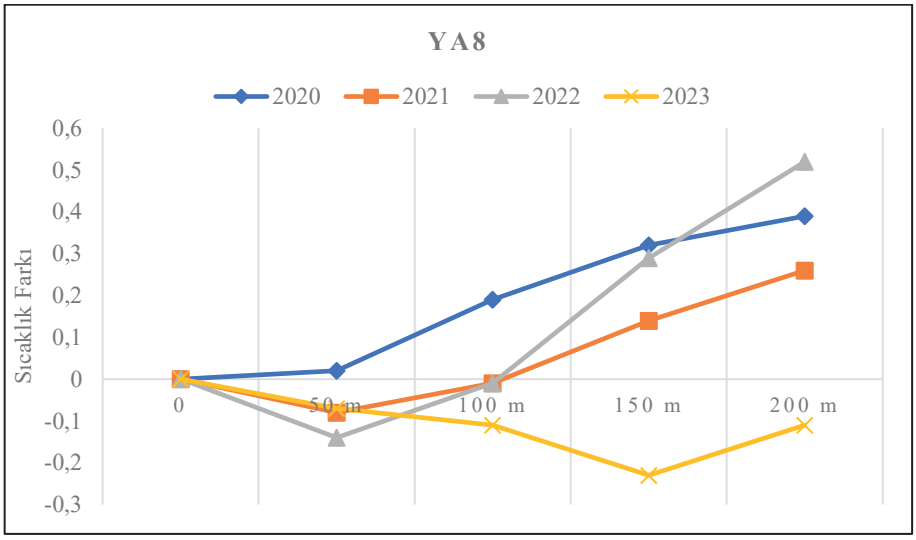
Şekil 4.119. YA_5 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



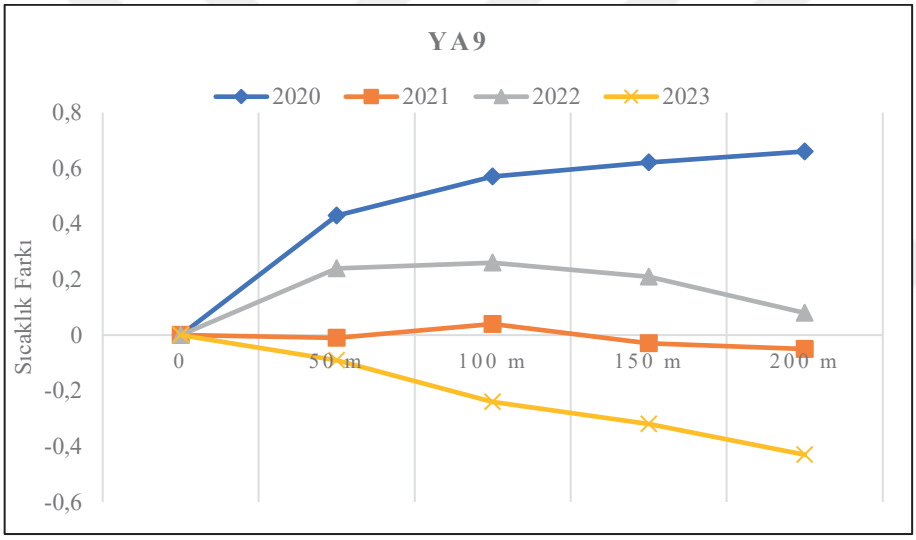
Şekil 4.120. YA_6 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



Şekil 4.121. YA_7 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



Şekil 4.122. YA_8 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği



Şekil 4.123. YA_9 yıllara göre etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği

Yeşil alanların 50-100 m'lik etki alanları incelendiğinde; YA_1, YA_2 ve YA_5'te 100 m'ye kadar oluşan kademeli sıcaklık farkı artışı bu noktadan sonra net bir şekilde kaybolmaya başlamıştır. YA_3 ve YA_4'te kademeli sıcaklık farkı artışı 100 m'ye kadar az da olsa devam etmiş, bu noktadan sonra azalmıştır. YA_6'da yalnızca 2022 yılında elde edilen sıcaklık verilerinde etki alanlarında düzenli ve kademeli bir sıcaklık farkı görülmekte olup, diğer yıllarda sapmalar olmuştur. Ancak önceki başlıkta ele alınan yıl ortalamalarına bakıldığında (bknz. Şekil 4.42) bu alan için az da olsa 100 m'ye kadar sıcaklık farkı oluştuğu, bu noktadan sonra düzensizleştiğini söyleyebiliriz. YA_7'de yine 2021 yılında 100m'ye kadar etki görülmemiş, bu noktadan sonra kademeli sıcaklık farkı oluşmuştur. Diğer yıllara ve ortalamalara bakıldığında ise bu alanda alan içi çevresine göre daha yüksek yüzey sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür. YA_8'de 2023 yılı dışında 100 m'den sonra sıcaklık farkı oluşmuş ve kademeli olarak artış göstermiştir. Son olarak YA_9'da 2020 yılında kademeli sıcaklık farkı artışı net bir şekilde görülürken 2021 ve

2022 yılında sapmalar olmuş, 2023 yılında ise alan içi sıcaklığı çevresinden yüksek çıkmıştır. Bu ve benzeri farklılıklar oluşması nedeniyle zamansal seri uydu görüntüleri üzerinden değerlendirme yapmak daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır. Tüm yeşil alanlar birlikte değerlendirildiğinde, alan merkezleriyle olan sıcaklık farkının; 50 m'de 1,15 °C'ye; 100 m'de 1,34 °C'ye; 200 m'de 2,17°C'ye kadar ulaştığı tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Küresel iklim eşi benzeri görülmemiş bir hızla değişmeye devam ederken, etkilerini anlamak ve hafifletmek için giderek daha acil bir ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Gözlemlenen kentsel meteorolojik olaylara göre, iklim değişikliğinin kayda değer sonuçlarından biri, kentsel alanlardaki yüzey sıcaklıklarının çevredeki banliyö ve kırsal alanlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu kentsel ısı adaları olgusudur (Oke vd. 2017; Koranteng vd., 2019; Kollarath ve Sheriff 2022). İklim değişikliğinin önemli bir etkisi, yapılı çevrenin etkilere aracılık etmede çok önemli bir rol oynadığı kentsel ısı adalarının yoğunlaşmasıdır. Kentleşmenin artması ve hızlı nüfus artışıyla birlikte, kentler istemeden de olsa ısı adası etkilerinin şiddetlenmesine katkıda bulunmaktadır (Voog ve Oke 2003; Rhee vd. 2014). Bu durum daha yüksek yerel hava ve yüzey sıcaklıklarına yol açarak kentlerde zaten yüksek olan sıcaklıkları daha da kötüleştirmektedir. Sonuç olarak, kentlerdeki yüzey sıcaklıklarının hangi bölgelerde yoğunlaştığı ve nedenleri tespit edilerek, ısı adaptasyon önlemlerinin alınmasına acil ihtiyaç duyulmaktadır. Dahası, sıcaklık artışları küresel bir sorun haline geldikçe, bu etkileri azaltmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi öncelikli hale gelmektedir.

Özellikle son on yıllık süreçte, KIA etkisi birçok açıdan incelenmiştir. Örneğin birçok çalışma KIA'nın dağılım modellerini ve hava sıcaklığı-arazi yüzey sıcaklığı ile arazi örtüsü/arazi kullanımı arasındaki ilişkileri (Soydan 2020; Lin vd. 2023) ve ekosistem hizmetleri ile arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Farklı ölçeklerde yapılan ve tez kapsamında incelenen kentsel iklim çalışmaları sonucuna göre, kentsel ısı adaları üzerinde en önemli etkenlerin; topografya, nüfus büyüklüğü, kentsel geometri, kanyon geometrisi, kentsel yüzey özellikleri, kentsel kullanım deseni, tarımsal alan oranı, yeşil alan oranı vb. olduğu görülmektedir ve yeşil alanların kentsel ısı adası yoğunluğunu azalttığı farklı yöntemlerle tespit edilmiştir (Li vd., 2022; Duman Yüksel 2008; Adıgüzel vd. 2022; Yu vd., 2020). Yapı ölçeğinde dahi (yeşil çatılar) yeşil örtünün varlığı, binalardaki yüzey sıcaklıklarının azaldığını göstermiştir. Ayrıca, yeşil alanlar sadece yakın çevrelerini serinletmekle kalmayıp, kentsel yeşil alan soğutma etkisi (PSA) olarak bilinen bir olgu aracılığıyla daha geniş bir çevreyi etkileme potansiyeline sahiptir (Kulish 2022).

Birçok dünya kentinde olduğu küresel ısınmaya bağlı sorunların geliştiği ve Türkiye'nin en önemli kentlerinden biri olan Antalya'nın da iklimsel zorluklarla karşı karşıya kaldığı bilinmektedir. Kent özelinde yapılan çalışmalar kentleşme eğiliminin Antalya kentinde de yüksek olduğu ve buna bağlı arazi örtüsü değişiminin özellikle doğal alanlar ve tarım alanlarında yoğunlaştığını göstermektedir. Alpaslan (2019)'ın çalışmasında, kentte 1987-2010 yılları arasında 11.915 ha tarım alanı ve 20.853 ha orman ve yarı doğal alanların azalarak kentsel yapılara dönüştüğü belirtilmektedir. Nitekim iklimsel açıdan öne çıkan kentleşme sorununa karşı, ekosistem hizmetlerine altlık olması açısından, kentin sahip olduğu yeşil alanların fiziksel özelliklerinin sıcaklıkları ne ölçüde etkilediğinin araştırılması önem taşımaktadır. Antalya kentinin iklimsel konforunun sağlanması ve iklim değişikliğine dirençliliğinin artırılması bakımından, mevcut yeşil alanların iklimsel etkilerinin araştırılmasının gerekliliği ve sağlıklı bir yeşil alan sistemine sahip olmasında büyük önem taşıyacağı düşüncesi tezin hipotezinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Kent iklimi ve ekolojisini etkileyen etmenlerin başında gelen yeşil alanlar hem kendi sınırları içerisinde hem de çevresinde mikro ölçekte sıcaklığı etkileyerek iklimsel parametreler üzerinde etkilidir. Bu etkinin sağlanmasında sahip oldukları mekânsal özellikler (Yan vd. 2018; Monteiro vd. 2016) ve fiziksel özellikler (bitki örtüsü yoğunluğu vb.) önemli birer değişkendir (Lin & Lin 2016; Wang vd. 2018). Bu etkiyi somutlaştırma temelinde kurgulanan bu çalışmada; kentsel ısı adası etkisine yol açacak sıcaklık farklarını azaltmada önemli bir değişken olan yeşil alanların, sahip olduğu farklı fiziksel özelliklerine bağlı olarak oluşturduğu etkiyi görmek amaçlanmıştır. Literatürdeki benzer kapsamlı çalışmalardan farklı olarak,

1. Bir veya birden fazla, birbirinden bağımsız farklı büyüklükteki kentsel yeşil alanda çalışılmıştır.

2. Sıcak ve yüksek bağıl nemli bir kent ortamında çalışılmıştır.

3. Bitki örtüsü yoğunluğu dışında, bitki örtüsünün niteliği ve yeşil alanın alansal büyüklüğü irdelenmiştir.

4. Sıcaklık ölçümleri mevsimsel olarak uzun bir periyotta sürdürülmüştür.

5. Sıcaklık ölçümleri dışında uzaktan algılama ile yüzey sıcaklıkları da tespit edilerek iki yönlü veri elde edilmiş ve istatistiksel olarak karşılaştırması yapılmıştır.

Bu noktadan yola çıkarak araştırmanın temel hipotezi; yeşil alanların yerel sıcaklıklar ve yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkilerinin, sahip oldukları bitki örtüsü yoğunluğu, bitki örtüsü oranı ve alansal büyüklüklerine bağlı olarak değişmekte olduğu doğrultusunda oluşturulmuştur. Hipotez, bu fiziksel özelliklerin hava ve yüzey sıcaklıkları üzerinde etkili olduğu düşüncesi üzerinden gitmiş ve araştırma sonucunda özellikle **bitki örtüsü oranının** bu konuda etkili olduğu sonucunu doğrulamıştır. Bu sonuçların saptanmasında, uzaktan algılama yöntemi ile bitki örtüsü yoğunluğu ve yüzey sıcaklıklarının tespiti ile mekânsal ölçekte hareketli ölçümler sonucu elde edilen sıcaklık verileri, CBS yardımıyla etken değişkenlerle ilişkilendirilmiş ve mekânsal veriye dönüştürülmüş; bu değişkenlerin etki ve önem dereceleri istatistiksel analizlerle sorgulanmıştır. Bu etmenler çerçevesinde yeşil alanların iklimsel etkileri incelenmiş ve aşağıda belirtilen konular tespit edilmiştir.

1. Yeşil alanlar için bitki örtüsü indisi verileri bitki materyalinin tespitinde önemli bir göstergedir.

2. Yüzey sıcaklıklarının tespiti iklimsel çalışmalarda önemli bir göstergedir.

3. Farklı yeşil alanlar çevresine iklimsel ve ekolojik anlamda etki eder ve bu etki, alanın fiziksel özelliklerine göre değişir.

4. Yeşil alanın mekânsal büyüklüğü ile yüzey sıcaklıkları arasında ilişki vardır.

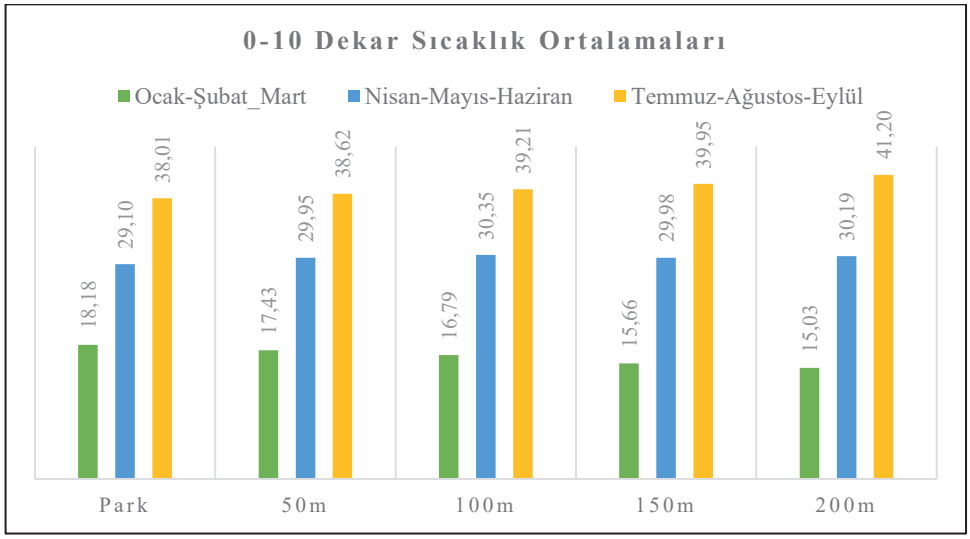
5. Bitki örtüsü yoğunluğu, yeşil alanların iklimsel etkileri üzerinde önemli bir etkendir.

6. Farklı bitki örtüsü dokusu (örneğin: çim, ağaç) hava sıcaklığı üzerinde etkilidir.

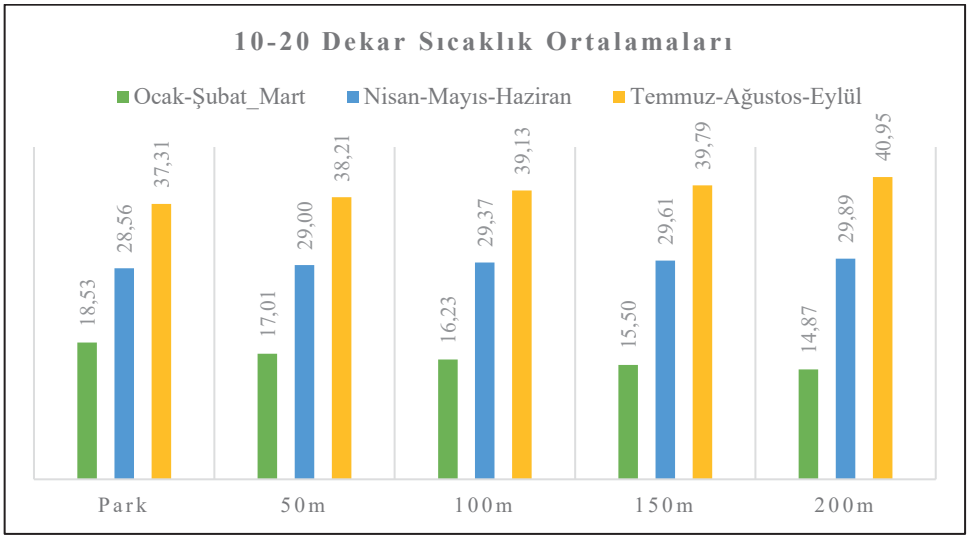
7. Çalışmada kullanılan yöntemler bu sonuçların elde edilmesinde güvenilirdir.

Çalışmanın ilk aşamasında uzaktan algılama araçlarından faydalanarak NDVI değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler yeşil alanların sahip olduğu bitki örtüsünün niteliği ve oransal dağılımı hakkında önemli bir veriyi oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan NDVI değerleri 15 Temmuz 2021 tarihli 10 m çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntülerinden hesaplanmıştır. NDVI değeri sınıflandırması olarak Sobrino ve Raissouni (2000)'in kullandığı sınıflandırma dikkate alınmış ve 0.2'den küçük değerlere sahip olan alanlar bitki örtüsü olmayan toprak yüzey (diğer örtü) olarak tanımlanmıştır. Bitkisel materyalin tespitinde kullanılan bu sınıflandırma, saha çalışmaları ve Google Earth görüntüleri ile örtüşmektedir. Tarih olarak bitki örtüsünün yoğun gelişim gösterdiği dönem ve hareketli ölçümlerin yapıldığı yıl seçilmiştir. Çalışma materyali olarak seçilen alanların bu görüntülere bağlı olarak bakıldığında bitki materyali ile kaplı alanının % 60 ve üzerinde olduğu belirlenmiştir (bkz. Çizelge 4.2)

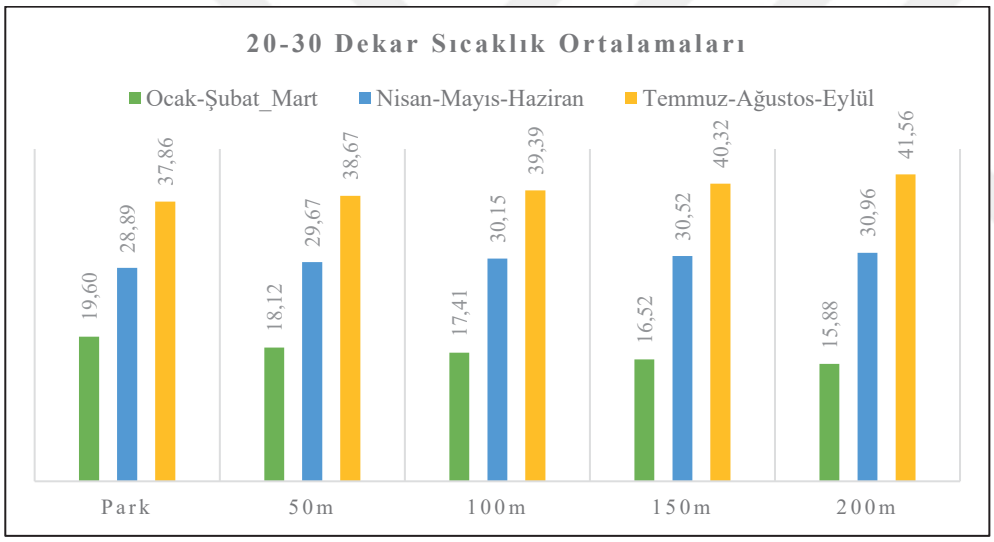
Çalışmanın ikinci aşamasını belirlenen yeşil alanların iklimsel etmenlerden biri olan sıcaklık üzerine etkisinin ölçülmesi oluşturmaktadır. Kent iklimi üzerinde etkili olan yeşil alanların iyileştirme etkisi ve mikroklima oluşturma özelliği taşıması, kentlerde yaşanan iklimsel değişikliğin hafifletilmesinde ve kentlinin sağlığının da korunmasında yardımcı olur (Zang vd 2023; Alpaslan ve Ortaçeşme 2019; Emecen & Erdem 2016,). Bu nedenle kent iklimi üzerine katkı sağlayacak yeşil alanlarda, alansal büyüklük ve bitki örtüsü özelliklerine bağlı olarak oluşturdukları klimatik sonuçları belirlemek için, hareketli ölçüm aleti ile sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Belirlenen dokuz yeşil alanın da büyüklüklerine göre ortalamaları alındığında, ölçüm yapılan mevsimlerde etki alanlarında sıcaklık farkı oluşturduğu ve bunun mesafelere göre değiştiği belirlenmiştir (Şekil 5.1- Şekil 5.3). Kış mevsiminde en küçük alanda sıcaklık 3,15 ºC değişirken, en büyük alanda bu fark 3,72 ºC'dir. Yaz mevsiminde ise en küçük alanda 3,19 ºC değişirken, en büyük alanda 3,70 ºC değişmiştir. Bu sonuç alansal büyüklüklerin ölçüm mesafesine göre sıcaklık ortalamalarında fark oluşturduğu savını kanıtlamaktadır.



Şekil 5.1. Küçük ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları



Şekil 5.2. Orta ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları



Şekil 5.3. Büyük ölçekli alanların ortalama sıcaklık dağılımları

Bu sonuçlara benzer olarak Upmanis vd. (1998) İsveç'in Göteborg kentinde 3 park ve bu parkların çevresinde yaptıkları çalışmada, Elma (2020)'in çalışma alanı olan Aydın Kanza Parkı'na büyüklük olarak en yakın park olan Gubberoparken'da Nisan ayında 1,7 ºC serinletme etkisi bulmuşlardır. Elma (2020), Aydın Kanza Parkı'nın (bu tezde de YA_2 olarak adlandırılan park) Nisan ayında park içi sıcaklığın çevresine göre 0,5 ºC yüksek olduğunu tespit ederken, bu çalışmada da benzer büyüklükteki üç parkın ortalama olarak (Mart-Nisan-Mayıs) 200m etki alanına göre 1,33 ºC daha sıcak olduğu tespit edilmiştir. Barış (2005) yeşil alanların kent iklimine etkilerini belirlemek amacıyla Ankara'da 3 farklı tipteki açık yeşil alanda ve yakın çevrelerinde yaptığı çalışmada yeşil alanlar ile yapısal alanlar arasındaki farkın 5,2 ºC'ye kadar çıktığını saptamıştır. Bu çalışmada da yeşil alanların alansal büyüklüklerine göre çevresine kıyasla, 3,19 ºC, 3,64 ºC ve 3,7 ºC serinletici etkisi olduğu belirlenmiştir.

Yu ve Hien (2006) 36 ve 12 hektar büyüklüğünde iki yeşil alanda ve çevrelerinde sıcaklık ve nem ölçümü yapmış ve 36 hektarlık park ile, park dışı arasında Ocak-Şubat aylarında sıcaklık farkı 1,5 ºC ile 1,8 ºC, park içi ölçüm noktaları arasında ise 0,3 ºC olarak ölçmüştür. 12 hektarlık park ile park dışı arası sıcaklık farkı Haziran-Temmuz aylarında 2 ºC ila 2,3 ºC park içi ölçüm noktaları arasında ise 1,5 ºC ile 1,8 ºC olarak bulunmuştur. Bu tez çalışmasında ise, Ocak-Şubat-Mart aylarında sıcaklık farkı en küçük alanda 0,75-3,15 ºC (50 m-200 m), Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında ise 0,61-3,19 ºC; en büyük alanda Ocak-Şubat-Mart aylarında 1,48-3,72 ºC ile Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında 0,81-3,7 ºC olarak bulunmuştur.

Tezde sıcaklık farklarının yanı sıra istatistik olarak da farklar sorgulanmıştır. Sıcaklık bağımlı değişken, bitki örtüsü yoğunluğu (ağaç örtü, çim örtü, diğer örtü) ve alan büyüklüğü bağımsız değişken olarak ele alınmış ve etki alanlarında (50 m-100 m-150 m-200 m) test edilmiştir. İki aşamada yapılan analizlerin ilk aşamasında hareketli ölçümlerden elde edilen sıcaklık değişkeni ile diğer bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu doğrusal regresyon analizi ile saptanmıştır. İkinci aşamada ise aynı değişkenler yüzey sıcaklıkları ile ilişkilendirilmiştir. Değişkenler arasında yüksek korelasyon oluşması nedeniyle regresyon analizi, farklı değişkenler üzerinden ayrı ayrı test edilmiştir.

Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri yeşil alanlardaki bitki örtüsünün diğer ekosistem servislerinde olduğu gibi sıcaklıklar üzerinde etkisi bağlamında diğer alansal özelliklerden öne çıkmasıdır. Yeşil alanlardaki ağaç örtüsü ve çim örtüsü artışı ile özellikle ısı adası etkisinin yoğun olduğu yaz aylarında sıcaklık farklılıklarını belirli ölçüde etkileyebilmektedir. Bu tez çalışmasının savında da olduğu üzere, ele alınan bütün yeşil alanların bir biçimde kendi iklimsel koşullarını oluşturduğu ve çevrelerindeki kentsel dokuda farklı boyut ve mesafelerde iklimsel özellik oluşturma etkisine sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak küçük (≤ 10 dekar) alanların özellikle serinletme etkisinin ilk 50 m etki alanında; orta büyüklükteki (10-20 dekar) alanların ikinci 50 m'lik etki alanında da serinletme etkisinin görülmeye başladığı; büyük (20-30 dekar) alanların ise 100 m etki alanında serinletme etkisinin devam ettiği belirlenmiştir.

Buna göre, dokuz adet parkın mevsimsel dönemlere göre ölçüm yapıldığı 2021 yılının, özellikle Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılan ölçümler üzerinden gerçekleştirilen istatistiksel analizler önemli sonuçlar vermiştir ($p<0.05$). Yaz döneminde yapılan ölçümler analiz edildiğinde, tüm alanlarda çim örtü oranı R^2 değeri 0,762 olarak hesaplanmış olup, sıcaklık bağımlı değişkenindeki değişimin %76'sını açıklamaktadır ($p = 0,002$). Çim örtü oranı regresyon belirleme katsayısı negatif bir değere sahiptir ve sıcaklık değişimi ile ters ilişki içerisinde olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle çim örtü oranındaki artış yaz dönemi tüm etki alanlarında sıcaklıkların azalmasına neden olmaktadır. Ağaç örtü oranı ve diğer örtü oranı değişkenlerine göre büyük bir kısmını açıklamak mümkün olmamıştır. Ancak yine de ağaç örtü değişkeninin sıcaklıklar üzerinde anlamlı bir etki oluşturduğu görülmektedir ($p=0,03$) ve R^2 değeri 0,48 olup, sıcaklık bağımlı değişkenindeki değişimin tek başına %48'ini açıklamaktadır. Özellikle temmuz ayı ölçümlerine bakıldığında, çim örtü oranı diğer değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde $R^{2'}$nin 0,80 ve 0,86 olduğu görülmektedir. Buna göre farklı ölçüm noktalarında çim örtü oranı ve alan büyüklüğü birlikte modelin %80'ini açıklarken; diğer örtü oranı da hesaba katıldığında modelin %86'sını açıkladığı görülmektedir ($p=0,000$).

Çalışmada serinletme etkisinin yanında ısıtma etkisinin de olup olmadığı belirlenmeye çalışılmış ve aynı yılın kış aylarında da ölçüm gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en önemli sıcaklık farkının şubat ve mart aylarında olduğu görülmektedir. Bu aylarda da yine en önemli değişken çim örtü oranı olmuştur. Farklı aylarda farklı sonuçlar elde edilmiş olup, en net etki şubat ayında tespit edilmiştir. Bu ay özelinde alan büyüklüğü ve çim örtü oranı değişkenlerinin modele katkısı olduğu görülmüştür. Regresyon modeline göre çim örtü oranı, farklı ölçüm noktalarında anlamlı bir etki oluşturmaktadır (*p=0,000*) ve R^2 0,68 olduğu görülmektedir. Bu değişken ölçüm noktalarındaki sıcaklık değişiminin tek başına yalnızca %68'ini açıklamaktadır. Ancak diğer değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde $R^{2'}$nin 0,73 olduğu görülmektedir. Buna göre farklı ölçüm noktalarında çim örtü oranı ve alan büyüklüğü birlikte modelin %73'ünü açıklamaktadır (*p=0,000*). Ocak ayında bu oran %42, mart ayında ise % 68'dir (*p<0.05*).

Kısaca verilen bu bulgularda da görüldüğü gibi, yeşil alanlar sahip oldukları fiziksel özellikler bağlamında kendi mikro iklimini oluşturarak çevresinde oluşan sıcaklıkları belli oranlarda etkilemektedir. Bu etkide yalnızca alansal büyüklüğün değil, sahip olduğu bitkisel materyalin ne olduğu ve kompozisyonunun da önemli bir etken olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Hareketli ölçümler sonucu yapılan hesaplamalara göre alan içi ile etki alanlarındaki sıcaklık farkının küçük ölçekli alanlarda dahi 200 m'de 2,5 ºC'lere ulaştığı kanıtlanmıştır. Bu fark alan büyüdükçe 3 ºC'leri geçmektedir. Ancak alansal büyüklüğün arttıkça bitki örtüsünün de artacağı göz önünde bulundurulduğunda, önemli bileşenin yine bitkisel doku olduğu söylenebilir.

Çalışmada büyük yeşil alan sınıfında değerlendirilen YA_9'un NDVI değerlerinden hesaplanan, ağaç örtü oranı ve alan büyüklüğü diğer alanlardan önemli ölçüde büyüktür. En yüksek sıcaklık farkı da bu alanda oluşmaktadır. YA_7 ve YA_8 ile yakın alansal ölçülere ve çim örtüsüne sahip olmasına rağmen çevresinde oluşturduğu sıcaklık farkının özellikle yaz ve kış döneminde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılık bitki materyalinin niteliğinden kaynaklanmaktadır. Bitki örtüsü üç parkta da oransal olarak benzerlik göstermesine rağmen, yapısal olarak farklıdır. YA_9 bitki örtüsünün büyük bir kısmı yüksek boylu geniş taç yapısına ve sık dokuya sahip ağaçlardan oluşurken, YA_7 ve YA_8'in önemli bir kısmı çim alanlardan ve sık dokuya sahip olmayan ağaçlardan oluşmaktadır. YA_7 ve YA_8 yakın alansal büyüklüklere sahip olmasına rağmen, YA_8'in oransal olarak daha yüksek bitki dokusuna sahip olması çevresinde oluşturduğu sıcaklık farkını artırmaktadır.

Ancak yine de genel olarak istatistik sonuçlarına bakıldığında çim örtü oranının sıcaklık farkı üzerinde etkili olduğu bu tez çalışması kapsamında bulunmuştur. Bu sonuca karşın Potcher vd. 2006'da yaptıkları çalışmada çim alan oranının yüksek olduğu bir yeşil alanın çevresindeki kentsel dokudan 1ºC daha sıcak olduğunu tespit etmiştir. Burada vurgulanması gereken kentsel yapının karmaşık dokusunun ve ölçülemeyen pek çok etmenin iklimsel koşulların belirlenmesinde önemli olduğudur. Sonuçta yapılan istatistik analizlerde de çim örtü oranının etkili olduğu yüzde yüz olarak kanıtlanmamış, açıklanmaya çalışılan etkinin en fazla %60'ına yanıt olmuştur. Dolayısıyla çim alan oranının tek başına sıcaklık üzerine etkisi vardır demek yanıltıcı olur. Burada uydu görüntüsünün çözünürlüğü de göz önünde bulundurulduğunda çim alan örtü olarak nitelendirilen alanın yer örtücü doğal bitki örtüsüyle birlikte değerlendirildiği, dolayısıyla

tek başına çim örtünün etken olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. İklimsel değişkenler üzerinde çok fazla faktörün etkili olması ve bunlar arasındaki ilişkinin araştırılması ve ne oranda etkili olduğunun ortaya konulması oldukça karmaşık ve uzun bir süreçtir. Yine de bu ve benzeri çalışmalardan elde edilen sonuçlarla oluşturulacak tahmin çalışmaları ve senaryolar ile daha net çerçeve çizmek mümkün olabilir.

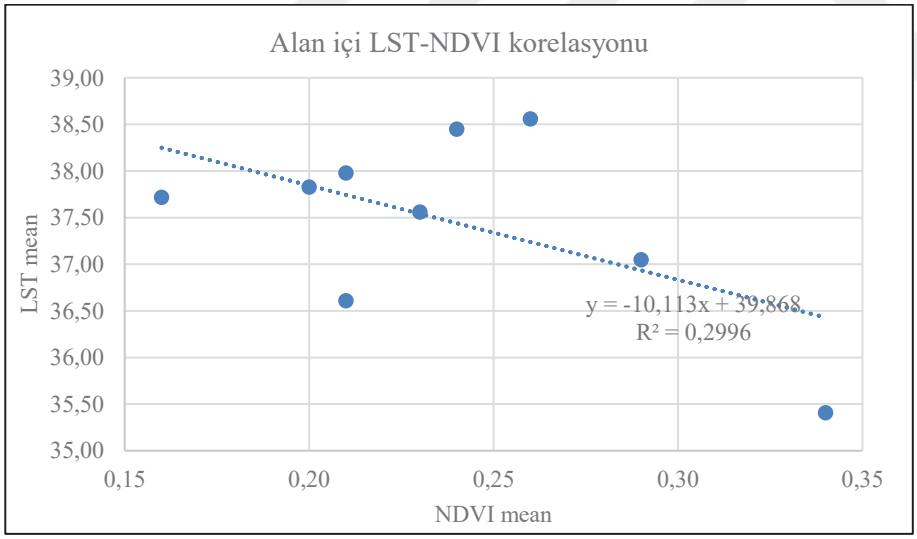
Tez çalışmasının ikinci aşamasında yeşil alanların yüzey sıcaklıklarına etkisi de araştırılmış ve istatistik analizlerle aynı değişkenlerin ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Uzaktan algılama yöntemiyle belirlenen yüzey sıcaklıkları, bitki örtüsünün önemli bir değişken olarak ele alınması nedeniyle vejetasyonun en çok gelişim gösterdiği ve yüksek sıcaklıkların hissedildiği yaz aylarında tercih edilmiş ve zamansal seri olarak 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarına ait görüntülerden elde edilmiştir. Yüzey sıcaklığı analizi Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsünün termal bantları kullanılarak elde edilmiştir.

Yüzey sıcaklıkları sonuçlarına bakıldığında kentin batısında kalan büyük yeşil alan örtüsünün yüzey sıcaklığı ile kent merkezinin yüzey sıcaklığı arasında ciddi farklar olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 4.28-4.31). Yüzey sıcaklıklarına göre yapılan çalışmada Antalya kent merkezi ve çevresi 33 ºC-45 ºC sıcaklık aralığında iken; alanın kuzey doğusunda Kepez ilçesinde bulunan tarım alanlarında sıcaklık aralığı çoğunlukla 30 ºC-35 ºC arasındadır. Kentin doğusunda bulunan Antalya Havaalanı, idari olarak Muratpaşa ilçesinde yer alan Lara Kumulları da 38 ºC-50 ºC sıcaklık aralığında olup en yüksek sıcaklık yansımasına sahip olan bölgelerdendir. Analiz edilen kentsel yüzey sıcaklıklarına göre, daha az yoğun kentleşmiş bölgelerdeki yeşil alanlar daha fazla bitki örtüsüne ve yapılaşmış alana göre daha fazla NDVI değerine sahip olmasına rağmen, YYS farkı kentleşmiş bölgeden daha düşüktür. Bunun nedeni, yeşil alanların içinde ve arasında yüksek oranda bitki örtüsü ve düşük oranda yapılaşmış arazi olmasıdır. Daha yoğun kentleşmiş alanlarda yeşil alanların çevrelerine göre daha düşük YYS değerine sahip olmasının başlıca nedeni, daha önce de belirtildiği gibi kent ağaçlarının serinletici etkisidir. Ayrıca, yoğun yapılaşmış yapı adalarının geçirimsiz yüzeyleri, kanyon geometrisi vb. etkilerle arazi yüzeyinin ışınım özelliklerini değiştirerek daha yüksek YYS üretmesine neden olmakta ve yeşil alanlar ile çevreleri arasında YYS farkının artmasını sağlamaktadır. Bu nedenle gelecekte kentin yapılaşma dinamiği araştırılması gereken bir konu olarak öne çıkmaktadır.

Alpaslan (2019)'ın çalışmasında belirttiği üzere nemin problem olduğu bölgelerde rüzgarı etkin kullanmak için binalar arasındaki mesafeler fazla olmalı, dolayısıyla yerleşme dağınık ve yaygın bir forma sahip olmalıdır. Rüzgara karşı olan ilk binanın yüksekliği ve rüzgarın bu binaya çarpıp, binanın yüksekliğini aşıp tekrar aynı şiddete ulaşması için optimum mesafenin, en az 5H ile 7H yüksekliği kadar olmalıdır. Ancak bu mesafenin sağlanılamadığı kentsel iklim zonlarında (Muratpaşa, Kepez) yapı kütlelerinde rüzgar hareketine izin verecek boşluklarla ventilasyon sağlanılmalıdır. Antalya gibi sıcak ve kuru iklim bölgelerinde binalar birbirine yakın tasarlanarak, güneşe maruz kalan yüzey alanı küçültülmeye çalışılır. Bu nedenle yerleşmeler kompakt bir forma sahiptir. Buna göre yapılar inşa edilirken, rüzgarın serinletici etkisinden maksimum yönde yararlanmaya çalışmak iklimsel açıdan kanyon geometrisinin doğru kullanılmasına olanak sağlayacaktır.

Antalya bir kıyı kenti olması nedeniyle yazın ve kışın pozitif kentsel ısı adası etkisi göstermektedir. Bu sebeple yüzey sıcaklıkları açısından çevresindeki bazı kırsal alanlardan daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olduğu görülmektedir. Kent için daha önce yapılan kentsel ısı adası araştırmalarında 2012 yılında kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı 3,80 °C bulunmuştur (Alpaslan 2019). Yüzey sıcaklıklarına yansıyan bu kıyı etkisi, bitki örtüsü olan alanlarda da etkisini göstermektedir. Kentsel alan içinde yer alan yeşil alanların yüzey sıcaklıklarının, yapı alanlarından yaklaşık 3,7 °C daha düşük olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında az da olsa bir sıcaklık farkı oluşması yeşil alanların kentsel ısı adasını hafifleten unsurlar olduğu gerçeğini göstermektedir. Bu farkın bağlı olduğu etkenler tespit edildiği takdirde Antalya kenti için optimum yeşil alan büyüklüğü ve sahip olması gereken fiziksel özellikler sınıflandırılarak kentsel ısı adası etkisinin iyileştirilmesine yönelik destekleyici bir sonuç ortaya çıkacaktır. Buradan hareketle bu tez kapsamında ele alınan yeşil alanların yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkileri araştırılmış ve nedenleri istatistiksel analizlerle ortaya konmaya çalışılmıştır.

Elde edilen yüzey sıcaklık verilerine göre yeşil alanların alansal büyüklükleri arttıkça etki alanlarında görülen yüzey sıcaklıkları ile arasında oluşan fark artmaktadır. Buna göre küçük alanlarda 200m'de yüzey sıcaklık farkı 0,3 ^{0}C, orta büyüklükteki alanlarda 0,6 °C ile 1 °C arasında, büyük alanlarda ise YA_8 dışında 1 °C ve üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu farkta yüzey örtüsünün yansıtma değeri yani bitki örtüsü yoğunluğunun etkili olduğu Şekil 5.4'te verilen korelasyon grafiğinde de görülmektedir.



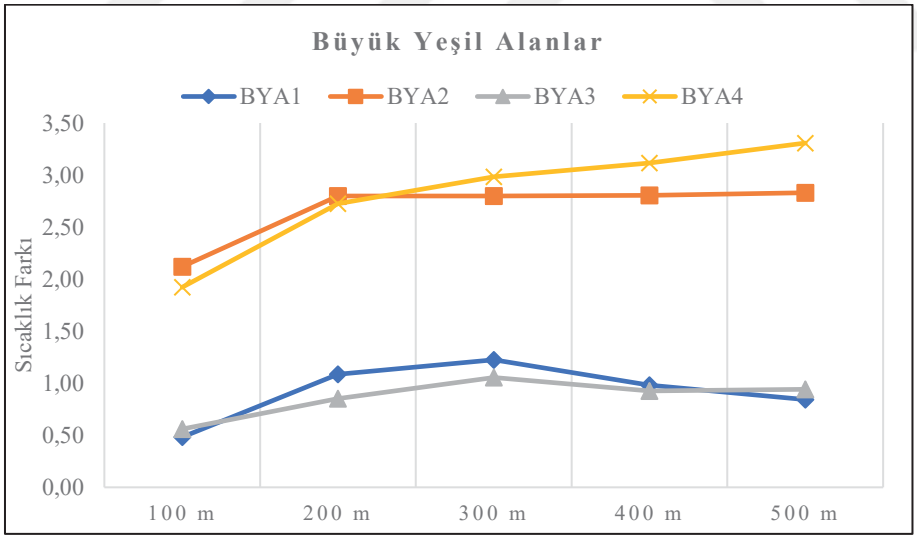
Şekil 5.4. Çalışma alanlarının alanların NDVI-YYS korelasyonu

Araştırma sonuçları, bitki örtüsü yama büyüklüğü ile sıcaklık farkı indeksi arasında pozitif, yüzey sıcaklıkları ile negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. bu nedenle, yeşil alanlar ve çevreleri arasındaki yüzey sıcaklık farkı belirgindir ve yeşil alanlar her zaman çevresine göre serindir. Özellikle, sıcaklık ölçümlerinde de verilen çoklu regresyon sonuçları bu sonucu destekleyerek, yeşil alanlardaki yüksek ağaç örtüsü yüzdesiyle birlikte daha büyük bir alanın yeşil alanın yüzey sıcaklığını azaltmada önemli faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, kentsel bitki örtüsünün artırılmasıyla

(Gioia ve ark., 2014) güneş radyasyonunu azaltır, sıcaklığı düşürür, bağıl nemi artırır ve rüzgar hızını kontrol ederek mikro iklim üzerindeki soğutma etkisinin KIA etkisini azaltabileceğini göstermektedir.

Elde edilen bu sayısal değerler yorumlandığında, yeşil alanların nitelikleri ne olursa olsun, kentsel sıcaklıklar üzerinde az ya da çok pozitif bir etkiye sahiptir ve iklimi düzenlemede önemli bir unsurdur. Araştırma bulgularında yüzey sıcaklıkları ile yapılan istatistiksel analizlerde tüm yeşil alanlar birlikte değerlendirildiğinde, alan merkezleriyle olan sıcaklık farkının; 50 m'de 1,15 °C'ye; 100 m'de 1,34 °C'ye; 2,17°C'ye kadar ulaştığı ve çevresinde serinletme etkisi oluşturduğu açıktır. Verilen sıcaklık ortalama ve fark grafikleri, yeşil alanların çeperlerinde aşamalı olarak serinletme etkisi olduğunu gösterse de, ortalama dışı olan ve diğer bir çok iklimsel veya insan kaynaklı etkilerle açıklanabilecek mikro iklim bölgeleri oluşturmaktadır.

Burada beklenenin aksine alan büyüklüğünden çok bitki örtüsü yoğunluğu ve niteliği ön plana çıkmaktadır. Karşılaştırma amaçlı analiz edilen büyük yeşil alanlarda bu sonuç daha açık bir şekilde görülmektedir. Yüzey sıcaklıkları hesaplamalarına göre yeşil alanlar ile çevresindeki kentsel alanlarla en büyük sıcaklık farkı 500 m'de; iğne yapraklı ve sık dokulu ormanlık alan olan BYA_4 alanında 3,31°C olarak hesaplanmıştır. Yine iğne yapraklı ve sık dokulu ağaçlık alana sahip olan BYA_2 alanında bu fark 2,83 °C iken, en büyük alan olan BYA_1'de 0,84 °C, diğer büyük alan olan BYA_3'te 0,94 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.5). Bu iki alanda da bitki yoğunluğu sık dokulu olmayan geniş yapraklı türlerden oluşmaktadır.



Şekil 5.5. Diğer alanların etki alanlarında oluşan yüzey sıcaklık farkları grafiği

Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, karmaşık ve kendine özgü bir yapıya sahip olan kentsel alanların ve onların önemli bir parçası olan yeşil alanların iklimsel koşullarının belirlenmesinde, aynı anda ölçülmesi mümkün olmayan birçok değişken olduğu ve bu değişkenlerin sonuçları farklı yönde etkilediği bilinmelidir. Bu tezdeki en büyük kısıtlayıcı durum da bu değişkenlerin fazlalığı ve aynı anda belirlenmesinin güçlüğüdür. Benzer çalışmalarda da bütün değişkenleri aynı anda açıklamak mümkün olmamış, ancak pek çok önemli sonuç ortaya konulmuştur.

Ülkemizde ve dünyada yapılan bazı çalışma sonuçlarına göre tez çalışmasında bulunan sonuçlar; Kuşçu Şimşek (2013) İstanbul'da bitki örtüsü yoğunluğunun sıcaklığı 4,5 °C Singapur'da 3 °C'ye kadar (Jaung vd 2020) düşürdüğü, Amerika'da ağaç örtüsünün % örtü başına -0,089 K ortalama soğutma etkisine sahip olduğunu ve % örtü başına -0,021 K olan ortalama çim örtüsü soğutma etkisinden yaklaşık dört kat daha güçlü olduğunu (Smith vd 2023), İsrail'de yoğun ağaç örtüsüne sahip bir kent parkının yaz ve kış aylarında gündüzleri maksimum serinletme etkisinde olduğunu ve yaz aylarında sıcaklıkları 3,8 °C'ye düşürdüğü (Cohen vd 2012) bulgularıyla paralellik göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Türkiye'de iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olayları özellikle Antalya gibi kıyı kentlerinde önemli sorunlar oluşturmaktadır. Bu nedenle kentin iklimsel koşulları araştırılmalı ve mevcut durumu ortaya konulmalıdır. Bu sebeple yürütülen çalışmada, Antalya kentinin bazı yeşil alanlarının ısıtma ve soğutma etkilerini değerlendirmek için yer tabanlı hareketli hava sıcaklığı ölçümleri ve uydu tabanlı termal bantlar kullanılarak uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen sıcaklık verileri ve yeşil alanların fiziksel özellikleri ile arasındaki ilişkileri incelenmiştir. Aynı kent içinde farklı yeşil alanlarda, ağaç bitki örtüsünün özellikle serinletme etkinliğinin tür kompozisyonu, kanopi yoğunluğu, parkların boyutu gibi parka özgü özelliklerle değiştiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma, ısı adası etkisinin azaltılmasında kentsel yeşil alanların etkinliğinin değerlendirilmesinin önemi hakkında fikir vermektedir. Parklar arasındaki soğutma etkileri farklılıklarının anlaşılması, kent planlamacıları ve peyzaj mimarlarının tür seçimi, yeşil alanların büyüklüğü ve şekli ile ilgili uygun kararlar almalarına yardımcı olabilir. Parkların soğutma etkilerini en üst düzeye çıkarmak açısından bu çalışmaya dayanan ana öneriler, ağaç örtüsünü artırmak, park boyutunu ve şeklini optimize etmek ve yeşillendirme için tür seçimini önceliklendirmektir. Çalışmada bulunan sonuçlar, bitki örtüsü yama boyutunun hem yamanın kendisinin hem de çevresinin yüzey sıcaklığını etkilediğini ve çevresindeki hava sıcaklığını etkilediğini ortaya koymuştur. Analiz edilen en büyük yeşil alanlar çevresindeki yapılaşmış alanlardan 1,5 ºC -3 ºC daha serindir. Bu sonuçlar, KIA etkisini azaltmak için, yeşil alan büyüklüğünün (örneğin 6 hektardan büyük) çevredeki yapılar tarafından baskılanmadan daha serin bir alan olarak hizmet vermesi için dikkate alınmasının önemli olduğunu göstermektedir.

İklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadele sürecinde kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için kentlerde alınacak en önemli ve kalıcı önlemlerden birisi yeşil alanların oluşturulması ve iyi planlanarak tasarlanmasıdır. Kent merkezinde yer alan yeşil alanların, geniş ulaşım akslarında yer alan ağaçların, kent merkezindeki yoğun ısıtıcı etmenlere rağmen, hava ve yüzey sıcaklıklarını en az 3 ºC düşürmesi, kentlerde yeşil alanların ve yeşil aksların kentsel altyapı kapsamında düşünülerek belli bir sistem dâhilinde düzenlenmesi gereğini ortaya koymaktadır. Büyük yeşil alanlar KIA 'nı azaltmak için olası bir çözüm olarak ele alınmalıdır. Tez çalışmasında da elde edilen benzer sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler kentlerin geleceği için önem taşımaktadır. Bu çalışmada uygulanan yöntem, subtropik bölgelerde yer alan diğer kentlerde yeşil alanlar ile biyofiziksel değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması ve benzer iklim bölgelerine uygulanması için faydalı olacaktır. Çalışma çıktıları yeşil alanlar için optimum alan büyüklüğü ve bitkisel tasarımın dahil olduğu mikroiklim açısından uygun olabilecek tasarım rehberlerinin oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Planlama Ölçeğinde Öneriler

Bu çalışmada da bulgularda görüldüğü üzere Antalya kenti hızlı ve keskin bir kentleşme yaşamaktadır. Denizin soğutucu etkisine rağmen kentsel ısı adası etkisinin merkezde yoğunlaşmış olması ve bu etkinin kentin gelişme alanlarına kadar devam etmesinin nedenlerinden biri, kent merkezinde yeterli yeşil alan bulunmamasıdır. Manavoğlu'nun (2013) çalışmasında değindiği gibi Antalya kentinin yeşil alan sistemi elemanları yeterli büyüklükte olmayıp, bir sistem dahilinde süreklilik göstermemektedir.

Kentsel sıcaklıkların azaltılmasında yeşil alanların önemi göz önünde bulundurularak, mevcut sorunların tespiti ve bu alanların yeterliliği sorgulanmalıdır. Bu açıdan imar planları yeniden gözden geçirilmeli ve gerekli düzenlemeler yapılarak kentsel yeşil alanların bir sistem dahilinde yeşil altyapı oluşturmaya yönelik birbirleriyle veya kent çeperinde bulunan doğal yeşil alanlarla bağlantısı sağlanmalıdır. Kent merkezlerinde bu durum çok mümkün olmasa da yapay koridorlar oluşturarak yol ağaçlandırması ile bu alanlar arasında fiziksel bir bağ kurulmalıdır.

Kentte yeşil alanlar planlanırken yalnızca 3194 Sayılı İmar Kanunun Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmeliğinde yer alan kişi başına düşen 10 m^2 standardı değil, iklimsel açıdan değerlendirilerek yeterli bitki örtüsüyle (geniş taçlı ağaç örtüsü) tasarlanmış alanlar olması ve birbirleriyle ekolojik bağlantısının sağlanması, iklimsel etkilerin ağ şeklinde kentte hissedilmesine olanak sağlayacaktır.

En önemli ve kalıcı önlemlerden birisi yeşil alanların oluşturulması ve iyi planlanarak tasarlanmasıdır. Kent merkezinde yer alan yeşil alanların, geniş ulaşım akslarında yer alan ağaçların, kent merkezindeki yoğun ısıtıcı etmenlere rağmen, hava ve yüzey sıcaklıklarını en az 3 ºC düşürmesi, kentlerde yeşil alanların ve yeşil aksların kentsel altyapı kapsamında düşünülerek belli bir sistem dâhilinde düzenlenmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Denizellik etkisi kullanılarak planlanan yeşil alanların özellikle yüksek sıcaklıkların görüldüğü dönemlerde serinletme etkisi daha yüksek olacaktır. Benzer şekilde bir kıyı kentinde yapılan çalışmaya göre denize yakınlık ağaç örtüsü oranı kadar önemli sonuçlar vermektedir (Zhang vd 2022). Özellikle öğlen sıcaklıklarda bu mesafenin kısalığı etkiliyken, akşam saatlerinde ağaç örtüsü yoğunluğunun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu bakımdan denize en yakın konumda, büyük yeşil alanlar planlanması kent iklimi üzerinde etkili sonuçlar getirecektir. Yakın olamaması durumunda geniş yüzeyin deniz esintisi yönünde konumlandırılması serin havanın daha uzak mesafelere ulaşmasını sağlayacaktır.

Kentsel tüm kullanımlarda düşük albedo (yansıtma) etkisine sahip yapısal materyallerin kullanımından kaçınılması ve alternatif yüzey malzemeleri kullanılması kentsel ısı adası oluşumunu azaltacaktır. Yüzey sıcaklık haritaları ve arazi örtüsü/alan kullanımı haritaları birlikte değerlendirildiğinde açıkça görülmektedir ki kentsel birçok kullanım (yollar vb.) bu yansıtma özelliğinden dolayı en yüksek ısı tutma özelliğine sahip alanlardır.

Bugün artık hemen hemen her kent için önemli hale gelen kentsel iklim haritalarının oluşturulması geleceğe yönelik iklim stratejilerinin geliştirilmesinde yardımcı olacaktır. Kentlerde iklimsel açıdan sorunlu (ısı adası sorunu olan alanlar, havalandırma etkisi düşük veya olmayan alanlar, doğal afetlere hassas alanlar vb.) ve hassas bölgelerin tespit edilmesiyle iklim değişikliğine dirençliliği artıracak planlama ve tasarım fikirleri geliştirilmelidir. Özellikle yeni imara açılacak bölgelerde bu tür iklimsel altlıklar kullanılarak daha sağlıklı bir kentleşme sağlanabilir. Bu hususta her kentin kendine ait veri arşivi oluşturması, mevcut durum ve meteorolojik verilerin düzenli olarak analiz edilmesi, değişikliklerin ortaya konulması ve olası ısı etkisine karşı önlemler alınması, bilimsel çalışmaların artırılması ve pratiğe dökülmesi kentlinin iklim hakkında bilinçlendirilmesi önerilmektedir. Buna ek olarak hazırlanacak kentsel termal kontrol

haritaları, hava kirliliği haritaları ve kent iklimi modelleme ve simülasyonları ile sürdürülebilir gelişme için mekânsal planlamaya önemli birer bilimsel altlık olacaktır. Böylece yüksek oranda yüzey sıcaklıkları oluşmadan, gerekli yeşil altyapı unsurları tesis edilerek oluşacak sıcaklık farklılıkları önlenebilir. Antalya gibi yüksek sıcaklıkların görüldüğü kentlerde bu veri tabanının oluşturulması ve buna bağlı kentleşmenin planlanması insan sağlığından, enerji kullanımına kadar geniş bir açıdan kente katkı sağlayacaktır.

Önceki çalışmalarda ele alınan AK/AÖ değişimi ve bu çalışmanın sonuçlarından olan yüzey sıcaklıkları haritaları karşılaştırıldığında en çok yeşil alan kaybının (tarım alanı, orman) Kepez ve Muratpaşa ilçelerinde olduğu ve yüksek yüzey sıcaklıklarının bu iki ilçede olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu ilçelerde düzenlenecek olan yeşil alanlar Konyaaltı ilçesine kıyasla daha büyük önem taşımaktadır. Özellikle denizellik etkisinin düşük olduğu Kepez ilçesinde daha sık kentsel doku görülmesi de bu durumu güçlendirmektedir. Bu nedenle bu ilçede tesis edilecek yeşil alanların kare veya dikdörtgen formda, uzun kenarı güney bakarlı olacak şekilde, yeterli alansal büyüklüğe sahip (en az 6 ha) ve yoğun bitki dokusu barındırması önerilmektedir.

Ayrıca bu tez çalışmasından ve benzer kaynaklardan çıkan sonuçlar doğrultusunda Antalya ve diğer kentler için de uygulamaya yönelik öneriler olarak; kent içi orman alanları ve doğal alanlar korunmalı, kent içlerinde yeni yeşil alanlar tesis edilmeli ve geçirimsiz yüzeyler minimumda tutulmalı, yapı çevreleri bitkilendirilmeli, önemli mavi altyapı unsurlarıyla birlikte bir yeşil altyapı sistemi tasarlanmalıdır olarak sıralanabilir. Yeşil alanların sistem dahilinde bağlantısının sağlanması kent iklimini olumlu etkileyecektir. Ancak çalışmaların yalnızca yeşil alanlar düzeyinde kalmaması, kent genelinde uygulanabilecek iklimsel diğer önlemlerin de belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Tasarım Ölçeğinde Öneriler

Birçok durumda, kentsel yeşillendirme parkların ve diğer yeşil alanların estetik değerlerini vurgulamakta ve bitki örtüsünün yerel iklimsel etkisini göz ardı etme eğilimindedir. Bu nedenle, Antalya kenti ve benzer ortamlara sahip bölgelerdeki kentsel yeşillendirme çabalarının, yeşil alanların çoklu çevresel ve sosyal değerlerini entegre ve optimize etmesi gerekmektedir.

Parkların soğutma etkilerini en üst düzeye çıkarmak açısından bu çalışmaya dayanan ana öneriler, ağaç örtüsünü artırmak, park boyutunu ve şeklini optimize etmek ve yeşillendirme için tür seçimini önceliklendirmektir. Bazı çalışmalarda sonuçlar okaliptüs, zeytin ve bir dereceye kadar akasya'nın cupressus türlerine göre kentsel çevreyi soğutmada daha etkili olduğunu göstermektedir (Feyisa vd 2014). Burada dikkat edilmesi gereken bölgenin öncelikle bölgenin doğal bitki örtüsünde yer alan geniş yapraklı türlerin kullanılması ve alan içinde belirli kompozisyonlarda yer alması gerektiğidir. Grup bitkilendirmesi alansal olarak gölgelendirmeyi artıracağından tekil bitki kullanımından kaçınılarak, bitkisel tasarım bu yönde ele alınmalıdır.

Gioia vd (2014) Arjantin'de gerçekleştirdikleri çalışmalarında yerel ölçekte, analiz edilen kentleşme eğilimi boyunca, daha az yoğun kentleşmiş alanlardaki yeşil alanlar, yapılı alana göre daha fazla bitki örtüsüne ve daha fazla NDVI değerine sahip

olmasına rağmen, yüzey sıcaklık farkı kentleşmiş bölgeye göre daha düşük bulmuştur. Bunun nedeni, yeşil alanların içinde ve arasında bitki örtüsü oranının yüksek olması ve inşa edilmiş arazi oranının düşük olması olabilir. Daha yoğun kentleşmiş alanlarda yeşil alanlar, yukarıda bahsedildiği gibi esasen kentsel ağaçların serinletici etkisi nedeniyle çevrelerine göre daha düşük yüzey sıcaklığına sahiptir. Bu nedenle özellikle kentleşmiş alanlarda oluşturulacak yeşil alanların daha çok bitki örtüsü kapalılığına sahip olması gerekmektedir. Alansal olarak büyük yeşil alanlar tesis edilemediği durumlarda, bu koşulun sağlanması veya sokak-cadde ölçeğinde kent ağaçlandırmasının yapılması yine serinletme etkisini oluşturacak ve ısı adası etkisini hafifletecektir.

Akdeniz kıyılarında yapılan çalışmalar, ağaçların serinletici etkisinin yaprak yoğunluğu kadar, ağaç yüksekliği ve boyutu ile orantılı olarak oluşturduğu gölge hacmiyle de ilgisi olduğunu göstermiştir (Potcher vd 2006). Daha önce de ele alınan çalışmalarda daha yüksek yaprak alanı indeksine sahip bitkilerin parklarda daha düşük ortam sıcaklığına neden olabileceği vurgulanırken, bu tez çalışmasında ve Gioia'nın çalışmasında daha yüksek bitki örtüsü yapısına ve çim örtü yüzdesine sahip yeşil alanların da yüzey sıcaklıklarını düşürmede etkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, farklı ölçeklerde, daha büyük yeşil alanların çevresine göre daha serin olacağını ve yeşil alanların bitki örtüsünün yanı sıra çim örtü oranının da yüzey sıcaklığını azaltmak için değerli etmenler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak burada belirtilmelidir ki sürdürülebilirlik açısından su kaynaklarının doğru kullanımı da göz önünde bulundurularak salt çim alan tesisinden ziyade, doğal bitki örtüsü barındıran yeşil alan örtüsü daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Sonuç olarak, bitki örtüsü yama boyutunun yamanın kendisinde ve çevresinde yüzey ve hava sıcaklıklarında etkili olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, kentsel ısı adası etkisini azaltmak için, yeşil alan büyüklüğünün (örneğin 6 hektardan büyük) çevredeki yapılar tarafından sıkıştırılmadan serin bir alan olarak kent iklimine hizmet edebilmesi için dikkate alınmasının önemli olduğunu göstermektedir. Büyük yeşil alanlar ve en az %60 bitki örtüsüne sahip yeşil alanlar kentsel ısı adasını azaltmak için olası ve uygun bir çözüm yoludur.

Bu nedenle, farklı ölçeklerde, daha büyük yeşil alanların çevresine göre daha serin olacağını ve yeşil alanların bitki örtüsünün yanı sıra çim örtü oranının da yüzey sıcaklığını azaltmak için değerli etmenler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, bitki örtüsü yama boyutunun yamanın kendisinde ve çevresinde yüzey ve hava sıcaklıklarında etkili olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, yüzey sıcaklıklarını azaltmak için, yeşil alan büyüklüğünün (örneğin 6 hektardan büyük) çevredeki yapılar tarafından sıkıştırılmadan serin bir alan olarak kent iklimine hizmet edebilmesi için dikkate alınmasının önemli olduğunu göstermektedir. Büyük yeşil alanlar ve en az %60 bitki örtüsüne sahip yeşil alanlar yüzey sıcaklıklarını azaltmak için olası ve uygun bir çözüm yoludur. Daha büyük kapalılık değeri komşu birimdeki yerleşim dokusunun ısıl konforunu olumsuz etkilemektedir (Ünal Çilek 2021).

Alan büyüklüğü belirlenirken, geçmiş çalışmalarda tespit edilen «Yeşil alan çevresinde kendi alansal genişliği kadar iklimsel etki alanı oluşturur» (Sporken-Smith & Oke 1998) teorisi göz önünde bulundurularak optimum büyüklük belirlenmelidir. Bu çalışmada her ne kadar çim örtü anlamlı çıkmış olsa da Akdeniz kentlerinde tamamen çim kaplı, ağaçsız alanlar tasarlanmamalıdır. Yalnızca çim örtüsünden oluşan alanlar beklenenin aksine nem adası olarak sıcaklığa tersi yönde etki edebilir.

Bazı çalışmalarda sonuçlar okaliptüs, zeytin ve bir dereceye kadar akasya türlerinin, cupressus türlerine göre kentsel çevreyi soğutmada daha etkili olduğunu göstermektedir (Feyisa vd 2014). Bu çalışmada değerlendirilen 4 büyük yeşil alandan iğne yapraklı yoğun ağaç kapalılığına (*Pinus brutia*) sahip olan iki alan geniş yapraklı türlerin bulunduğu ve alansal olarak daha büyük olan iki alandan daha yüksek oranda yüzey sıcaklıklarını pozitif etkilemiştir. Antalya kentinin doğal bitki örtüsü göz önünde bulundurulduğunda bu türün yeşil alanlarda belli bir kompozisyon dahilinde kullanımı sıcaklıklar üzerinde etkili sonuçlar getirecektir.

Sonuçlar, büyük parkların iklim azaltım ve uyum stratejilerini desteklemek için çekirdek alanlar olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, yürüme mesafesinde bulunan küçük ve orta ölçekli parklar, kent sakinlerinin günlük iklim konforu için büyük ancak daha az erişilebilir doğal parklar kadar değerlidir. Kent planlamacıları, farklı büyüklükteki kentsel yeşil alanların iklimsel etkileri arasındaki dengeyi göz önünde bulundurmalı ve bu alanların kent içinde eşit olmayan dağılımından kaçınmalıdır.

Sıcak hava dalgası koşulları için rüzgar yönünü dikkate almak ve nüfusun yoğun olduğu bölgelerin rüzgar yönünde konumlandırılan yeşil alanlar tasarlanmasına öncelik vermek de önemlidir. Özellikle Kepez ilçesinde denizellik etkisinin Konyaaltı ve Muratpaşa ilçelerine göre düşük olması bu yaklaşımı öncelikli kılmaktadır. Nitekim en büyük alan olan YA9 bu ilçede olup, sıcaklık farkı beklenenin aksine çok yüksek değildir. Burada öne çıkan konulardan birisi de alanın konumlandırılması ve biçimidir. Simülasyon geliştirilen çalışmalarda dikdörtgen biçimli alanların kare ve doğrusal alanlardan istatistiksel olarak ayrılarak daha düşük sıcaklıklar verdiği belirlenmiştir (Ünal Çilek, 2021). Örneğin küçük alan büyüklüğüne sahip kare, dikdörtgen ve doğrusal yeşil alanların orta, çok büyük ve aşırı büyük kare ve doğrusal yeşil alanlardan 3-4 °C daha yüksek sıcaklık farkı değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu alan da dikdörtgen biçiminde olup, kısa kenarı rüzgar yönünde konumlanmaktadır. Yetişkin yüksek boylu ağaç topluluğu olmasına rağmen bu gibi etmenler beklenen sıcaklık farkını vermemiştir. Bu nedenle yeşil alanlar tasarlanırken biçim olarak kare ve doğrusal formlar tercih edilmelidir.

Yeşil alanlarda bitkilendirme çalışmasının kent geometrisinden bağımsız yapılmaması gerekmektedir. Yüksek katlı yerleşimlerin etkisinde kalan küçük yeşil alanlarda bitkilendirme ile sağlanacak gölge etkisine ihtiyaç duyulmayabilir ve düşük katlı yerleşim birimlerine ve arazi örtüsü sınıflarına komşu olan yeşil alanlar için farklıdır. Kent geometrisi bu tezde ele alınmasa da rüzgar hızını ve hava sıcaklığını etkileyen faktörlerden birisidir. Hakim rüzgar yönünde, seyrek kentsel dokuda yer alan yeşil alanlarda rüzgarın serinletici etkisi tüm alanda hissedilmesinden dolayı iklimsel açıdan konforlu alanlardır. Bitkisel tasarım bu göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Yapısal ölçekte de birçok uygulamanın olduğu bu dönemde, çatı bahçeleri, dikey bahçeler vb. unsurlarla yapılarda oluşacak ısınmanın azaltılmasını sağlayarak, kentsel sıcaklıkların kontrolünde yardımcı eleman olarak kullanılabilir. Birçok çalışma çatı bahçelerinin yapılarda oluşturduğu serinletme etkisini ortaya koymuştur. Bazı sonuçlar yeşil çatıların, gündüz ortalama hava sıcaklığını maksimum 0,41 ºC ve yapı çevresindeki yaya yolunun 1,2 km'sine kadar 0,37 ºC azaltabildiğini göstermektedir (Fang vd 2023).

Yöntem Açısından Öneriler

Bu çalışmanın bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Çalışma sadece sıcak ve soğuk mevsimde ağaçların ve alan büyüklüğünün bazı yeşil alanlarda ısıtma ve soğutma etkilerini dikkate almaktadır. Diğer iklimsel veriler göz ardı edilmiştir. Bu çalışmada incelenen iki faktörün etkileri meteorolojik olarak farklı olduğu için sıcak ve soğuk mevsimde farklı termal etkilere sahip olması mümkündür. Tüm alanlarda ay boyunca iki kez ölçüm alınmıştır. Gündüz ve gece sıcaklık farkları da göz ardı edilmiştir. Bu nedenle bu saatler arasında sıcaklık farkı olup olmadığını söylemek çalışma kapsamında zordur. Ayrıca, tüm parklarda farklı günlerde ölçümler yapılmıştır. Hepsi açık ve aynı rüzgar değerlerine sahip günler olmasına rağmen, hafif bir hava değişimi olabilir.

Çalışma alanlarının kısıtlı olması, benzer özellikte alan bulmada yaşanan sorunlar, büyük yeşil alanların genellikle deniz kıyısında veya falezlerde olması, seçilen ilçeler arasında kentleşme dokusunda farklılıklar çalışmanın kısıtlarını oluşturan diğer unsurlardır ve verilerde sapmalara neden olabilmektedir. Bu nedenle metodolojinin geliştirilmesi ve devam edilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın uzaktan algılama bileşeninde sadece 13 yeşil alan dikkate alındığından ve mikro iklim verileri parkların sadece 9'unda ve 14 gün boyunca izlendiğinden, çalışma parkların ısıtma ve soğutma etkisinin günlük, mevsimsel ve yıllık değişimlerini tam olarak temsil etmeyebilir. Bu nedenle, bu verimliliği daha iyi anlamak ve kent planlamacılarına özel tavsiyelerde bulunmak için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Birden fazla kentten çok sayıda örnek parkı içeren ve daha fazla sayıda ağaç türünün karşılaştırıldığı çalışmalar daha genelleştirilebilir sonuçlar sağlayabilir. Bitki örtüsü yoğunluğu ve evaporatif soğutmadaki mevsimsel değişimlerin araştırılması gerekebilir.

7. KAYNAKLAR

Adams, S. & Klobodu, E. K. M., 2017. Urbanization, Democracy, Bureaucratic Quality, And Environmental Degradation. *Journal of Policy Modelling*, 39(6): 1035-1051.

Adıgüzel, F., Bozdoğan Sert, E. & Çetin, M. Kentsel Alanlarda Kullanılan Zemin Malzemelerinden Kaynaklanan Yüzey Sıcaklığı Artışının Önlenmesinde Ağaçların Etkisinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 18-26.

Agrawal, K.K., Panda, C., Bhuyan, M.K. 2021. Impact of Urbanization on Water Quality. In: Acharya, S.K., Mishra, D.P. (eds) Current Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore.

Akande A., Cabral P., Gomes P., and Casteleyn S., 2019. The Lisbon ranking fors mart sustainable cities in Europe. Sustainable Cities and Society (44); pp 475-487.

Akbari, H., pomerantz, M. & Taha, H., 2001. Cool Surfaces And Shade Trees To Reduce Energy Use And İmprove Air Quality İn Urban Areas. *Solar Energy,* 70(3): 295-310.

Alkan, A., Adıgüzel, F. ve Kaya, E., 2017. Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 34, ss: 63-76

Alpaslan, A. Ö., 2019. Enerji Etkin Planlama Kapsamında Antalya Kenti İçin Bir Yöntem Yaklaşımı. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 216 sayfa.

Alpaslan, A. Ö., & Ortaçeşme, V. 2019. Antalya Kentinde Enerji Etkin Planlama Kapsamında Yeşil Altyapının Yeri ve Önemi. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2): 31-37.

An H, Cai H, Xu X, Qiao Z, Han D., 2022. Impacts of Urban Green Space on Land Surface Temperature from Urban Block Perspectives. Remote Sensing, 14(18):4580

Annez, P. C., and Bucklet, R. M., 2008. Urbanization and growth: Setting the context. https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7573-0

Ateş, İ., 2008. Küresel Isınmanın Sebep Olacağı Siyasal ve Ekonomik Gelişmeler ve Muhtemel Türkiye Yansımaları. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul

APA, 2007. How cities use parks for climate change management? City Parks Forum Briiefing Papers, http://www.planning.org/cityparks/briefingpapers/pdf/climatechangemanagement.pdf [Son erişim tarihi 28 Eylül 2019]

Barış, M.E. 2005. Kent Planlaması, Kent Ekosistemleri ve Ağaçlar. *Planlama Dergisi*, TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını, (4): 156-63.

Bennet, A. F. & Saunders, D., 2011. Habitat Fragmentation and Landscape Change. In: Navjot S Sodhi and Paul R Ehrlich (Ed.), Conservation Biology for All. Oxford University Press, pp.88-106.

Bolund, P. & Hunhammar, S., 1999. Ecosystem Services in Urban Areas. *Ecological Economics*, 29: 293-301.

Carle, M. V., Halpin, P. N. & Stow, C. A., 2007. Patterns Of Watershed Urbanization And Impacts On Water Quality.*Journal of American Water Resources Association*, 41(3): 693-708.

Cleugh, H. & Grimmond, S., 2012. Urban Climates and Global Climate Change. *The Future of the World's Climate,* pp:47-76.

Cohen, P., Potcher, O. & Matzarakis, A., 2012. Daily and Seasonal Climatic Conditions of Green Urban Open Spaces in The Mediterranean Climate And Their İmpact on Human Comfort. *Building and Environment*, 51:285-295.

Conley, G., Mcdonald, R.I., Nodine, T., Chapman, T., Holland, C., Hawkins, C. & Beck, N., 2022. Assessing The İnfluence Of Urban Greenness And Green Stormwater İnfrastructure On Hydrology From Satellite Remote Sensing. *Science of The Total Environment*. 817.

Çatalbaş, M. C. & Gülten, A., 2018. A Novel Super Resolution Approach For Computed Tomography Images By Inverse Distance Weighting Method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(2):697-711.

David, D. (2017). Environment and urbanization. The International Encyclopedia of Geography, 24(1); pp:31–46. https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0623

Derman S., C., 2016. Kentsel Yeşil Alanların İklim Değişikliğinde Azaltım ve Uyum Sürecine Etkileri. https://prezi.com/k1_cagl6jqhi/kentsel-yesil-alanlar/ (Erişim tarihi: 07.09.2019).

Duinker, P. N., Ordóñez, C., Steenberg, J. W. N., Miller, K. H., Toni, S. A., & Nitoslawski, S. A. 2015. Trees in Canadian cities: Indispensable life form for urban sustainability. Sustainability, 7, pp:7379–7396.

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. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi, 212 s.

Duman Yüksel, Ü. 2008. Kentlerde Yapısal ve Yeşil Alanlardaki Hava ve Yüzey Sıcaklıklarının İrdelenmesi. *Ekoloji,* 18(69):66-74.

Elma, S. 2020. Parkların Mikroiklimsel Etkilerinin Aydın Kanza Parkı (Antalya) Örneğinde İncelenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD, yüksek lisans tezi, 93 sayfa.

Emecen, Y., & Erdem, N. 2019. Kent İklimi Üzerinde Yeşil Alanların Etkileri. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2): 24-30.

Emmanuel, M. R., 2005. An Urban Approach to Climate-Sensitive Design. Strategies for the Tropics (1st ed.). Taylor & Francis.

Erdoğan, M. A. 2017. CBS Tabanlı Modellemeler, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Yayınları: Ders Kitabı, 249 s.

EROS 2019. Urban Heat Islands. https://www.usgs.gov/media/images/urban-heat-islands [Son erişim tarihi: 09.07.2023].

ESRI, 2023. How Zonal Statistics Tools Work. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-zonal-statistics-works.htm [Son erişim tarihi: 09.11.2022].

Estevez, E., Lopes, N. V., and Janowski, T. ,2016. Smart sustainable cities. Reconnaissance Study. File online https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5825/Smart_Sustainable_Cities_v2final.pdf. pp 330

Fang, Y., Du, Xintong, D., Zhao, H., Hu, M. & Xu, X., 2023. Assessment of Green Roofs' Potential to Improve the Urban Thermal Environment: The Case of Beijing. *Environmental Research*, 237(1):116857.

Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R. & Proud, S., R. 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment,*140:23-35.

Gessesse, A. M. & Melesse, A. M., 2019. Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and MODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. A.M. Melesse, W. Abtew, G. Senay (Ed.) *Extreme Hydrology and Climate Variability*,pp. 81-92.

Gioia A., Paolini, L., Malizia, R. O. C. & Sobrino A. 2014. Size Matters: Vegetation Patch Size and Surface Temperature Relationship in Foothills Cities of Northwestern Argentina. *Urban Ecosystem*, 17:1131-1174.

Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL, Wu J, Bai X, Briggs JM (2008) Global Change And The Ecology Of Cities. *Science* 319:756–760

Grimmond, C. S. B., 2004. Progress In Measuring And Observing The Urban Atmosphere. *Theoretical and Applied. Climatology*. 84, pp:3–22.

Grimmond, S., Ward, H. & Kotthaus, S., 2016. How Is Urbanization Altering Local And Regional Climate? The Routledge Handbook of Urbanization and Global

Environmental Change, ed Seto KC, Solecki WD, Griffith CA, Routledge, pp:582.

Göğsu, S., & Hastaoğlu, K. M., 2019. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-27 Nisan 2019, Ankara.

Gomez, F., Gil, L. & Jabaloyes, J., 2004. Experimental Investigation On The Thermal Comfort In The City: Relationship With The Green Areas, Interaction With The Urban Microclimate. *Building and Environment* 39:1077-1086.

Han, J., Meng, X., Zhou, X., Yi, B., Liu, M., & Xiang, W.-N. (2016). A long-term analysis of urbanization process, landscape change, and carbon sources and sinks: A case study in China's Yangtze River Delta region. Journal of Cleaner Production, 141, 1040–1050.

Hebbert, M., 2014. Climatology For City Planning In Historical Perspective. *Urban Climate,* 10(2): 204-2015.

Humbal, A., Chaudhary, N., Pathak, B. 2023. Urbanization Trends, Climate Change, and Environmental Sustainability. In: Pathak, B., Dubey, R.S. (eds) Climate Change and Urban Environment Sustainability. Disaster Resilience and Green Growth. Springer, Singapore.

IPCC 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

İsbir, G., E., 2018. Kentleşme ve Konut Politikaları. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları, 2599, ss:169.

Jaung, W., Carrasco, L. R., Shaikh, S., Tan, P. Y. &Richards, D. R., 2020. Temperature and Air Pollution Reductions by Urban Green Spaces are Highly Valued in a Tropical City-State. *Urban Forestry & Urban Greening,* 55:126827.

Jung, A., Kardevan, P. & Tokei, L., 2005. Detection Of Urban Effect On Vegetation In Less Built-Up Hungarian City by Hyperspectral Remote Sensing. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(1-3):255-259.

Ke, X.; Men, H.; Zhou, T.; Li, Z.; Zhu, F. 2021. Variance of the impact of urban green space on the urban heat island effect among different urban functional zones: A case study in Wuhan. *Urban Forestry. Urban Greening*, 62, 127159.

Kollarath, R. M. & Sheriff, V. A. 2022. Green Infrastructure Strategies As Countermeasures To Urban Heat Islands with Particular Reference To The

Bangalore Metropolitan Area. 5th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands.

Koranteng, C., Simons, B., & Nyame-Tawiah, D. 2019. Green To Grey: An Urban Heat Assessment Of Kumasi, Ghana. *International Journal of Environment and Climate Change*, 751-763.

Kulish, T., 2022. Spatial Variation of Soil Temperature Fields in an Urban Park. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1049(1), 012056. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012056

Kuşçu Şimşek, Ç., 2013. İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi, 217 s.

Kuşçu Şimşek, Ç., 2016. Orta Ölçekli Parkların Mikro İklimsel Etki Alanlarının Araştırılması: Gezi Parkı, Maçka Parkı ve Serencebey Parkı Örneği. *METU JFA*, 33(2):1-17.

Landsberg, H. E., 1981. The Urban Climate. International Geophysic Series, Ed. J. Van Mıeghem (1959-1976), Anton L. Hales, and William L. Donn (1972-1980), Volume 28.

Lankao, P. R., 2008. Urban Areas and Climate Change: Review of Current Issues and Trends. Issues Paper for the 2011 Global Report on Human Settlements.

Levermore, G., Parkinson, J., Lee, K., Laycock, P. & Lindley, S. 2018. The Increasing Trend of The Urban Heat İsland Intensity. *Urban Climate*, 24:360-368.

Lewis, S., L., Edwards, d., P.& Galbraith, D., 2015. Increasing Human Dominance Of Tropical Forests. *Science*, 349:jun827-832.

Li, X., Zhou, W. & Ouyang, Z. 2013. Relationship Between Land Surface Temperature and Spatial Pattern of Greenspace: What are The Effects Of Spatial Resolution?. *Landscape and Urban Planning*, 114:1-8.

Li, G., Fang, C., Li, Y. et al., 2022. Global Impacts Of Future Urban Expansion On Terrestrial Vertebrate Diversity. *Nature Communications*. 13(1628).

Li, B., Xing, H., Cao, D., Guang, Y., & Zhang, H. 2022. Exploring The Effects Of Roadside Vegetation On The Urban Thermal Environment Using Street View Images. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 19(3), 1272.

Lin, B. & Tin, C., 2016. Preliminary Study of The İnfluence of The Spatial Arrangement of Urban Parks on Local Temperature Reduction. *Urban Forestry & Urban Greening,* 20:348-357.

Lin, J., Qiu, S., Tan, X. & Zhuang, Y. 2023. Measuring the relationship between morphological spatial pattern of green space and urban heat island using machine learning methods. *Building and Environment,* 228(109910).

Lin, B. S. & Lin, C. T. 2016. Preliminary Study of The Influence of The Spatial Arrangement of Urban Parks on Local Temperature Reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20:348-357.

Liu, G., Zhang, Q., Li, G. et al. 2016. Response of land cover types to land surface temperature derived from Landsat-5 TM in Nanjing Metropolitan Region, China. *Environmental Earth Science* 75(1386).

Lugaric, L. 2010. Smart City - Platform for Emergent Phenomena Power System Testbed Simulator. Innovative Smart Grid Technologies Conference, Zagreb, Europe 2010 IEEE PES

Manavoğlu, E. 2013. Antalya Kenti Yeşil Alanlarının Çok Ölçütlü Analizi ve Planlama Stratejilerinin Geliştirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi, 287 s.

Marda Ö. Ve Şahin Ü., (2007), Küresel Isınma ve İklim Krizi: Niçin Daha Fazla Bekleyemeyiz, Agora Kitaplığı Yayınları.

Masson, V., Heldens W., Bocher, E. et. al. 2020. City-Descriptive İnput Data For Urban Climate Models: Model Requirements, Data Sources And Challenges. *Urban Climate,* 100536

Mcpherson, E.G., 1998. Atmosferic Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest. Journal of Arboriculture, S.24(4): 215-222.

Monteiro, M. V., Doick, K. J., Handley, P. & Peace, A. 2016. The Impact Of Greenspace Size on The Extent of Local Nocturnal Air Temperature Cooling In London, *Urban Forestry & Urban Greening*,16:160-169.

McKinney, M. L., 2008. Effects of Urbanization on Species Richness: A Review of Plants and Animals. *Urban Ecosystems* 11: 161–176.

Meteoblue 2023. Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Verileri Antalya. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/antalya_t%c3%bcrkiye_323777 [Son erişim tarihi: 10.08.2023].

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) 2021. Antalya İklim Verileri.

Mimura, N., 2013. Sea-Level Rise Caused By Climate Change And İts İmplications For Society. Proceedings Of The Japan Academy Series B-*Physical And Biological Sciences*, 89(7): 281-301.

Nitolawski S. A., Galle N. J., Konijnendijk van den B., Steenberg J. W. N., 2019. Smarter ecosystems for smartes cities? A review o trends, Technologies and turning points for smart urban forestry. Sustainable Cities and Society. 51, pp:1-11.

Oke, T.R. 1987. Boundary Layer Climates. 2nd Edition, Methuen Co., London, New York, 435.

Oke, T.R., 1989. Review of Urban Climatology 1973-1979. World Meteorological Organization Technical Note: No. 169, World Meteorological Organization, Geneva, 100

Oke, T. R., 1997. Urban Climates and Global Environmental Change. In A. Perry, & R. D. Thompson (Eds.), Applied Climatology: Principles and Practice (pp. 273-287). Routledge

Oke, T. R., 2006. Towards better scientific communication in urban climate. Theor. Appl. Climatology. 84, 179–190.

Oke, T. R., G. Mills, A. Christen, J.A. Voogt, 2017. Urban Climates. *Cambridge University Press.*

Parker, D. E. 2010. Urban Heat Island Effects on Estimates of Observed Climate Change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1(1): 123-133.

Peters, N. E., 2009. Effects of Urbanization on Stream Water Quality In The City of Atlanta, Georgia, USA. *Hydrological Processes*, 23(20): 2860-2878.

Pickett, S., 2015. Urban Ecosystem file online. https://www.britannica.com/science/urban-ecosystem [Son erişim tarihi: 15.06.2023].

Potchter, O., Cohen, P. and Bıtan, A. 2006. Climatic Behavior of Various Urban Parks During Hot And Humid Summer In The Mediterranean City Of Tel Aviv, Israel. International Journal of Climatology, 26: 1695–1711.

Rhee, J., Park, S. & Lu, Z., 2014. Relationship Between Land Cover Patterns And Surface Temperature in Urban Areas. *GIScience & Remote Sensing,* 51(5): 521-536.

Sancar, M.C. & Güngör, Ş., 2022. Isı İndeksine Göre Antalya İli Biyoklimatik Konfor Özelliklerinin Analizi. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 13(48): 710-723.

Sarı, S. & İnan, N., 2010. Antalya-Anamur Kıyı Bölgesindeki İklim Farklılıkları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 22: 325-362.

Shashua-Bar, L. and Hoffman, M., 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, 221-235.

Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A., & Aarrevaara, E. (2021). Planning of urban green spaces: an ecological perspective on human benefits. Land, 10(2), 105.

Semiz M., 2016. Yeşil Altyapı Sistemleri ve Kent Sürdürülebilirliği İlişkisi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, ss:87

Seto, K. C., B. Güneralp, & L. R. Hutyra, 2012. Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 And Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 109(40): 16083–16088.

Smith, I. A., Fabian, M. P. & Hutyra, L. R., 2023. Urban Green Space and Albedo İmpacts on Surface Temperature Across Seven United States Cities. *Science of Total Environment*, 857(3):159663.

Sobrino, J.A., Munoz, J. C. J. & Paolini, L. 2004. Land Surface Temperature retrieval from Landsat TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(2004): 434-440.

Sobrino, J. A. and Raissouni, N., 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*. 21(2): 353-366.

Song, XP., Hansen, M.C., Stehman, S.V., Potapov P.V., Tyukavina A., Vermote, E.F. & Townshend, J.R., 2018. Global Land Change From 1982 to 2016. *Nature* 560: 639–643

Soydan, O., 2020. Effects of landscape composition and patterns on land surface temperature: Urban heat island case study for Nigde, Turkey. *Urban Climate,* 34(100688).

Spronken, S., R. A., Oke, T. R. 1998. The Thermal Regime of Urban Parks in Two Cities with Different Summer Climates. *International Journal of Remote Sensing* 19(11): 2085-104.

Sukopp H., 2008. The City as a Subject For Ecological Research. Urban Ecology 4:281–298

Susca, T., Gaffin, S. R. & Dell'osso, G. R., 2011. Positive Effects of Vegetation: Urban Heat Island and Green Roofs. *Environmental Pollution*, 158(8-9): 2119-2126.

Şimşek, Ç., K. & Şengezer, S., B. 2012. İstanbul Metropoliten Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Megaron,* 7(2):116-128.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S., 2013. Using Multivariate Statistics (6th ed.). Boston, MA: Pearson.

Topay, M. & Yılmaz, B., 2004. Biyoklimatik konfora sahip alanların belirlenmesinde CBS'nden yararlanma olanakları: Muğla ili örneği. 3. CBS Bilişim Günleri Bildiri Kitapçığı, İstanbul. ss:425- 434

Tozam, İ., 2016. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Çatıların Değerlendirilmesi: Yeşil Çatılar ve Serin Çatılar. İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ss: 64

TÜİK, 2022. Coğrafi İstatistik Portalı, İl ve İlçe Nüfusları. https://cip.tuik.gov.tr/

United Nations, 2019. United Nations World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, NY, USA, 2019.

Upmanis H., Eliasson I., Lindqvist S., 1998. The İnfluence Of Green Areas On Nocturnal Temperatures In a High Latitudecity (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, 18:681–69

Ünal Çilek, M. 2021. Kamusal Yeşil Alanlar İle Isıl Konfor Arasındaki İlişkilerin Modellenmesi: Adana Kenti Örneği. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi, 339 s.

Van De Griend A.,A. & M. Owe, 1993. On The Relationship Between Thermal Emissivity and The Normalized Difference Vegetation Index For Natural Surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 14(6): 1119-1131.

Voogt, J.A. & Oke, T.R. 2003. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*, 86, 370-384.

Yan, H., Wu, F. & Dong, L. 2018. Influence of a Large Urban Park on The Local Urban Thermal Environment. *Science of The Total Environment.* 622-623: 882-891.

Yang, L., Qian, F., Song, D. & Ke-Jia Zheng, K., 2016. Research on Urban Heat-Island Effect. *Procedia Engineering,* 169:11-18.

Yi. Sun, Te Lin, H. & Seng Ou, W. 2007. The Relationship Between Urban Greening and Thermal Environment. Urban Remote Sensing Joint Event, pp: 1-6.

Yu, C. & Hien, W.N. 2006. Thermal Benefits of City Parks. *Energy and Buildings*, 38, 105-120.

Yu, Z., Yang, G., Zuo, S., Jorgensen, G., Koga, M. & Vejre, H., 2020. Critical Review On The Cooling Effect Of Urban Blue-Green Space: A Threshold-Size Perspective. Urban Forestry & Urban Greening, 49(126630)

Wang, X., Cheng, H., Xi, J., Yang, G., & Zhao, Y., 2018. Relationship Between Park Composition, Vegetation Characteristics And Cool Island Effect. *Sustainability*, 10(3): 587.

While, A. & Whithead, M., 2013. Cities, Urbanisation and Climate Change. *Urban Studies*, 50(7): 1325-1331.

Wong NH, Yu C (2005) Study Of Green Areas And Urban Heat İsland İn A Tropical City. *Habitat International* 29:547–558

Xu, H. & Chen, B., 2004. Remote Sensing Of The Urban Heat Island And Its Changes In Xiamen City Of SE China. *Journal of Envronmental Sciences*, 16(2): 276-281.

Xu, X., Cahi, H., Qiao, Z., Wang, L., Jin, C., Ge, Y., Wang, L. and Xu, F., 2017. Impacts of park landscape structure on thermal environment using Quickbird and Landsat Images. *Chinese Geographical Sciences*, 27(5), pp:818-826. 10.1007/s11769-017-0910-x

Xu, D., Gao, J., Lin, W., & Zhou, W., 2021. Differences In The Ecological Impact of Climate Change and Urbanization. *Urban Climate,* 38(100891).

Zeğerek P., Yıldırım E., Ortaçeşme V., 2018. İklim Değişikliğinin Kentsel Peyzajlar Üzerine Etkileri. Alanya Yerel Yönetimler Sempozyumu Bildiri Kitabı, ss:272-287. https://www.alanya.bel.tr/sempozyumkitabi.pdf

Zhang, D., Xie, X. & Zhou, C., 2023. Spatial Influence of Exposure to Green Spaces on The Climate Comfort of Urban Habitats in China. *Urban Climate*, 51(101657).

Zhou, H. X., Tao, G. X., Yan, X. Y., Sun, J., & Wu, Y. 2020. A Review Of Research On The Urban Thermal Environment Effects Of Green Quantity. The Journal of Applied Ecology, 31(8), 2804-2816.

8. EKLER

1. Ek 1 Hareketli Ölçüm Sıcaklık Ortalamaları
2. Ek 2 Hareketli Ölçüm Analiz Sonuçları

EK 1 Hareketli Ölçüm Sıcaklık Ortalamaları

	YA_1 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **(Ölçüm ortalamaları)**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak	17,60	16,80	16,50	16,00	16,00
Şubat	18,55	18,05	16,95	15,95	15,10
Mart	18,55	18,05	16,95	15,95	15,10
Ort.	**18,23**	**17,63**	**16,80**	**15,97**	**15,40**
Nisan	26,67	27,87	28,70	27,67	28,63
Mayıs	29,20	30,90	31,20	30,80	30,70
Haziran	32,32	32,75	32,75	32,29	31,62
Ort.	**29,40**	**30,51**	**30,88**	**30,25**	**30,32**
Temmuz	37,39	40,48	41,30	41,55	42,65
Ağustos	36,88	37,15	37,80	38,95	39,38
Eylül	35,50	36,40	36,65	37,80	39,20
Ort.	**37,39**	**38,01**	**38,58**	**39,43**	**40,41**

	YA_2 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **(Ölçüm ortalamaları)**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak	17,60	16,80	16,50	16,00	16,00
Şubat	18,55	18,05	16,95	15,95	15,10
Mart	18,55	18,05	16,95	15,95	15,10
Ort.	**18,23**	**17,63**	**16,80**	**15,97**	**15,40**
Nisan	26,67	27,87	28,70	27,67	28,63
Mayıs	29,20	30,90	31,20	30,80	30,70
Haziran	32,32	32,75	32,75	32,29	31,62
Ort.	**29,40**	**30,51**	**30,88**	**30,25**	**30,32**
Temmuz	40,90	41,48	41,95	42,55	44,10
Ağustos	38,90	39,15	39,95	40,17	41,32
Eylül	36,50	36,92	37,65	38,50	40,10
Ort.	**38,77**	**39,18**	**39,85**	**40,41**	**41,84**

	YA_3 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	16,84	14,82	14,34	13,39	13,69
	18,47	17,49	16,90	16,33	15,30
	18,47	17,49	16,90	16,33	15,30
Ort.	**17,93**	**16,60**	**16,05**	**15,35**	**14,76**
Nisan Mayıs Haziran	27,47	28,49	29,17	29,72	29,94
	28,89	28,80	30,02	29,70	30,90
	29,24	29,70	30,47	30,62	31,25
Ort.	**29,40**	**30,51**	**30,88**	**30,25**	**30,32**
Temmuz Ağustos Eylül	39,90	41,60	41,95	42,55	43,10
	38,25	38,52	39,15	39,73	41,32
	35,50	35,90	36,50	37,75	39,60
Ort.	**37,88**	**38,67**	**39,20**	**40,01**	**41,34**

	YA_4 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	19,80	16,62	16,62	15,95	15,97
	18,67	17,46	17,17	16,85	16,15
	18,67	17,45	17,17	16,85	16,15
Ort.	**19,05**	**17,17**	**16,98**	**16,55**	**16,09**
Nisan Mayıs Haziran	27,83	27,87	28,00	28,55	28,47
	29,24	29,35	30,07	31,02	31,70
	29,90	30,27	30,87	31,48	31,49
Ort.	**28,99**	**29,16**	**29,65**	**30,35**	**30,55**
Temmuz Ağustos Eylül	39,90	40,65	41,28	41,99	42,65
	36,85	37,65	38,40	38,98	39,85
	35,50	36,40	36,65	37,80	39,20
Ort.	**37,42**	**38,23**	**38,78**	**39,59**	**40,57**

	YA_5 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	14,17	14,13	12,64	12,22	11,79
	17,60	16,70	15,55	14,25	13,95
	17,60	16,70	15,55	14,25	13,95
Ort.	**16,46**	**15,84**	**14,58**	**13,57**	**13,23**
Nisan Mayıs Haziran	23,95	25,37	25,54	25,85	26,05
	27,39	28,00	27,87	28,02	27,87
	28,85	29,22	29,97	29,57	30,65
Ort.	**26,73**	**27,53**	**27,79**	**27,81**	**28,19**
Temmuz Ağustos Eylül	38,90	40,65	41,28	41,90	42,75
	37,40	37,65	39,15	39,32	40,35
	34,30	35,40	36,28	36,80	37,90
Ort.	**36,87**	**37,90**	**38,90**	**39,34**	**40,33**

	YA_6 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	19,39	16,75	15,90	15,90	16,08
	20,42	18,67	17,73	16,62	14,92
	20,40	19,43	18,70	17,64	16,90
Ort.	**20,07**	**18,28**	**17,45**	**16,72**	**15,96**
Nisan Mayıs Haziran	28,87	29,19	29,52	29,65	30,20
	28,79	29,19	29,52	29,12	29,75
	32,27	32,54	32,99	33,28	32,84
Ort.	**29,97**	**30,30**	**30,67**	**30,68**	**30,93**
Temmuz Ağustos Eylül	40,90	41,65	42,68	42,90	43,65
	38,07	38,15	39,82	39,95	41,68
	35,50	36,40	37,65	38,70	41,30
Ort.	**38,16**	**38,73**	**40,05**	**40,52**	**42,21**

	YA_7 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	18,17	17,39	18,02	16,55	16,35
	19,60	18,45	17,50	17,00	16,55
	19,60	18,45	17,50	17,00	16,55
Ort.	**19,12**	**18,10**	**17,67**	**16,85**	
Nisan Mayıs Haziran	25,05	25,10	25,65	26,14	27,64
	30,19	30,90	31,20	32,17	31,53
	31,00	32,03	32,67	32,90	33,07
Ort.	**28,75**	**29,34**	**29,84**	**30,40**	**30,74**
Temmuz Ağustos Eylül	29,20	40,12	40,78	41,75	42,85
	37,73	38,55	39,27	39,82	40,13
	35,50	36,40	36,65	37,80	39,20
Ort.	**37,48**	**38,36**	**38,90**	**39,79**	**40,73**

	YA_8 Yerel Ölçüm Sıcaklık Verileri **Ölçüm ortalamaları**				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	19,55	17,10	17,75	17,05	17,39
	19,85	18,50	17,30	16,45	14,90
	19,85	18,50	17,30	16,45	14,90
Ort.	**19,75**	**18,03**	**17,45**	**16,65**	**15,73**
Nisan Mayıs Haziran	25,35	27,15	27,70	28,10	28,40
	28,77	29,45	29,99	30,17	30,50
	30,60	30,92	31,29	31,99	32,62
Ort.	**28,24**	**29,17**	**29,66**	**30,09**	**30,51**
Temmuz Ağustos Eylül	39,90	40,65	41,28	41,95	42,85
	37,93	38,42	39,72	40,45	41,86
	35,20	36,40	36,65	37,80	39,20
Ort.	**37,68**	**38,49**	**39,22**	**40,07**	**41,30**

	Ölçüm ortalamaları				
	Alan İçi	**50m**	**100m**	**150m**	**200m**
Ocak Şubat Mart	18,94	17,05	16,45	15,92	15,85
	20,44	18,82	17,45	16,15	15,24
	21,36	19,86	18,10	17,40	16,80
Ort.	**20,06**	**18,57**	**17,33**	**16,49**	**15,96**
Nisan Mayıs Haziran	28,55	29,35	29,92	30,35	30,53
	28,47	29,27	29,74	29,34	30,05
	29,68	30,51	30,97	31,06	31,63
Ort.	**29,68**	**30,51**	**30,97**	**31,06**	**31,63**
Temmuz Ağustos Eylül	40,23	41,16	41,75	42,75	4,66
	37,94	38,46	39,42	40,08	41,09
	35,40	36,40	36,98	38,13	39,93
Ort.	**37,86**	**38,67**	**39,39**	**40,32**	**41,56**

EK 2 Hareketli Ölçüm Analiz Sonuçları

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Çim_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Ölçüm_nokta	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
3	Büyüklük	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
4	Diğer_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Temmuz

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,700[a]	,490	,475	1,04650
2	,881[b]	,776	,762	,70424
3	,898[c]	,806	,788	,66589
4	,929[d]	,862	,845	,56977

a. Predictors: (Constant), Çim_örtü

b. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta

c. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta, Büyüklük

d. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta, Büyüklük, Diğer_örtü

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	35,840	1	35,840	32,725	,000[b]
	Residual	37,236	34	1,095		
	Total	73,076	35			
2	Regression	56,709	2	28,355	57,172	,000[c]
	Residual	16,367	33	,496		
	Total	73,076	35			
3	Regression	58,887	3	19,629	44,269	,000[d]
	Residual	14,189	32	,443		
	Total	73,076	35			
4	Regression	63,012	4	15,753	48,525	,000[e]
	Residual	10,064	31	,325		
	Total	73,076	35			

a. Dependent Variable: Temmuz

b. Predictors: (Constant), Çim_örtü

c. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta

d. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta, Büyüklük

e. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta, Büyüklük, Diğer_örtü

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	42,699	,580		73,618	,000
	Çim_örtü	-,062	,011	-,700	-5,721	,000
2	(Constant)	40,996	,470		87,161	,000
	Çim_örtü	-,062	,007	-,700	-8,501	,000
	Ölçüm_nokta	,681	,105	,534	6,487	,000
3	(Constant)	41,572	,515		80,712	,000
	Çim_örtü	-,301	,136	-,173	-2,216	,034
	Ölçüm_nokta	,681	,099	,534	6,860	,000
4	(Constant)	44,456	,921		48,256	,000
	Çim_örtü	-,484	,127	-,277	-3,807	,001
	Ölçüm_nokta	,681	,085	,534	8,018	,000

a. Dependent Variable: Temmuz

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ölçüm_nokta	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Çim_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Ağustos

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,731[a]	,534	,520	,70747
2	,902[b]	,814	,802	,45412

a. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta

b. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19,503	1	19,503	38,966	,000[b]
	Residual	17,017	34	,501		
	Total	36,520	35			
2	Regression	29,715	2	14,858	72,044	,000[c]
	Residual	6,805	33	,206		
	Total	36,520	35			

a. Dependent Variable: Ağustos

b. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta

c. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	37,614	,289		130,234	,000
	Ölçüm_nokta	,658	,105	,731	6,242	,000
2	(Constant)	39,304	,303		129,588	,000
	Ölçüm_nokta	,658	,068	,731	9,725	,000
	Çim_örtü	-,033	,005	-,529	-7,037	,000

a. Dependent Variable: Ağustos

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Çim_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Ölçüm_nokta	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Eylül

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,564[a]	,318	,298	1,00627
2	,747[b]	,558	,531	,82245

a. Predictors: (Constant), Çim_örtü

b. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16,054	1	16,054	15,855	,000[b]
	Residual	34,427	34	1,013		
	Total	50,482	35			
2	Regression	28,160	2	14,080	20,815	,000[c]
	Residual	22,322	33	,676		
	Total	50,482	35			

a. Dependent Variable: Eylül

b. Predictors: (Constant), Çim_örtü

c. Predictors: (Constant), Çim_örtü, Ölçüm_nokta

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	34,137	,558		61,210	,000
	Çim_örtü	-,041	,010	-,564	-3,982	,000
2	(Constant)	32,840	,549		59,786	,000
	Çim örtü	-,041	,009	-,564	-4,872	,000
	Ölçüm nokta	,519	,123	,490	4,230	,000

a. Dependent Variable: Eylül

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Büyüklük, Ölçüm nokta, Çim_örtü, Diğer_örtü, Ağaç_örtü[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Ocak

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,648[a]	,420	,323	1,32351

a. Predictors: (Constant), Büyüklük, Ölçüm_nokta, Çim_örtü, Diğer_örtü, Ağaç_örtü

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	37,997	5	7,599	4,338	,004[b]
	Residual	52,550	30	1,752		
	Total	90,547	35			

a. Dependent Variable: Ocak

b. Predictors: (Constant), Büyüklük, Ölçüm_nokta, Çim_örtü, Diğer_örtü, Ağaç_örtü

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	22,959	3,463		6,629	,000
	Ağaç örtü	-,001	,042	-,006	-,022	,982
	Çim örtü	,195	,302	,100	,645	,524
	Diğer örtü	-,084	,032	-,672	-2,659	,012
	Ölçüm nokta	-,408	,197	-,288	-2,070	,047

a. Dependent Variable: Ocak

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ölçüm_nokta	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Çim_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
3	Büyüklük	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Şubat

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,795[a]	,632	,622	,72845
2	,829[b]	,687	,668	,68250
3	,856[c]	,732	,707	,64090

a. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta

b. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü

c. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü, Büyüklük

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	31,034	1	31,034	58,484	,000[b]
	Residual	18,042	34	,531		
	Total	49,075	35			
2	Regression	33,704	2	16,852	36,178	,000[c]
	Residual	15,372	33	,466		
	Total	49,075	35			
3	Regression	35,931	3	11,977	29,158	,000[d]
	Residual	13,144	32	,411		
	Total	49,075	35			

a. Dependent Variable: Şubat

b. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta

c. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü

d. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü, Büyüklük

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	18,784	,297		63,165	,000
	Ölçüm_nokta	-,830	,109	-,795	-7,647	,000
2	(Constant)	19,648	,456		43,104	,000
	Ölçüm_nokta	-,830	,102	-,795	-8,162	,000
	Çim_örtü	-,017	,007	-,233	-2,394	,022
3	(Constant)	19,066	,496		38,459	,000
	Ölçüm_nokta	-,830	,096	-,795	-8,692	,000
	Çim_örtü	,305	,131	,213	2,329	,026

a. Dependent Variable: Şubat

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ölçüm_nokta	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Çim_örtü	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Mart

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,829[a]	,688	,679	,53561
2	,867[b]	,751	,736	,48516

a. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta

b. Predictors: (Constant), Ölçüm_nokta, Çim_örtü

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	19,694	,219		90,068	,000
	Ölçüm_nokta	-,691	,080	-,829	-8,654	,000
2	(Constant)	20,439	,324		63,080	,000
	Ölçüm_nokta	-,691	,072	-,829	-9,554	,000
	Çim_örtü	-,015	,005	-,252	-2,905	,007

a. Dependent Variable: Mart

ÖZGEÇMİŞ

Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2017-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Antalya
Yüksek Lisans 2014-2017	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Antalya
Lisans 2008-2013	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi (35.madde) 2016-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya
Araştırma Görevlisi 2016-	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Benliay A., Zeğerek P., Soydan O. Hardscape Suitability Analysis for Autism Spectrum Disorder in Case Study of Antalya Konyaaltı Parks. *International Journal of Landscape Architecture Research*, 1(2):22-28.
2. Zeğerek Altunbey, P., Balta, S., Ortaçeşme, V., & Atik, M., 2023. Smart Environment Practices In Kashiwa-No-Ha (Japan) Smart City. *Acta Horticulturae ET Regiotecturae (AHR)*, 26(2): 137-146.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Zeğerek, P., & Ortaçeşme, V., 2017. Yeşil Alanların Kent Turizmine Katkısının Antalya Örneğinde İncelenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(3): 205-212.
2. Ortaçeşme, V., & Zeğerek Altunbey, P., 2022. Green Infrastructure As Key Of Climate Adaptation: Urban Nature And Climate Change. *PEYZAJ*, 4(2): 123-132.

Hakemsiz dergilerde yayımlanan makaleler

1. Ortaçeşme V., Zeğerek P., 2017. Yeşil Alanlar ve Kent Turizmi. *PLANT Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi,* 160-164.
2. Ortaçeşme V., Zeğerek P., 2018. Küresel İklim Değişikliğinin Kıyı Alanlarına Etkileri ve Türkiye'de Alınabilecek Olası Önlemler. *PLANT Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi*, 22:16-22.

Kitap ve kitap bölümleri

1. Yıldız N. E., Zeğerek P., 2018. Doğa Turizminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Rota Planlama: Aladağlar Milli Parkı Örneği. Current Academic Studies In Architectural Sciences -2018, Hasan Babacan, Editör, Gece Kitaplığı, Ankara, ss.267-280.
2. Ortaçeşme V., Yıldırım E., Zeğerek Altunbey P., 2022. Tarihsel Süreçte Akdeniz Peyzajlarının Değişimi ve Dönüşümü. Bütün Yönleriyle Akdeniz II, Ekin KAYNAK İLTAR, Editör, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, Antalya, ss.111-124.
3. Zeğerek Altunbey P., Ortaçeşme V., 2023. The Importance of Green Infrastructure Practices in Urban Areas in the Context of Global Climate Change. Pioneer and Contemporary Studies In Architecture, Planning And Design, Mehmet Emin Başar,İlknur ACAR ATA, Editör, Duvar, İzmir, ss.193-222

Hakemli Kongre / Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar

1. Zeğerek Altunbey P., Parlak E., Ortaçeşme V., Atik M., 2023. Antalya, a Mediterranean Urban Green Infrastructure At The Crossroads Of Time. ECLAS 2023 Labyrınth Of The World Landscape Crossroads , Brno, Çek Cumhuriyeti, 10 - 13 Eylül 2023, ss.42
2. Ortaçeşme V., Zeğerek Altunbey P., 2022. İklim Adaptasyonunun Anahtarı Olarak Yeşil Altyapı: Kentsel Doğa ve İklim Değişikliği Türkiye Peyzajları 4. Ulusal Konferansı, Trabzon, Türkiye, 17- 19 Kasım 2022
3. Zeğerek P., Balta S., Taşkan G., 2020. İklim Değişikliği ile Mücadelede Yeşil Altyapı Uygulamaları. 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Adana, Türkiye, 21- 23 Şubat 2020, ss.110-111.
4. Ortaçeşme V., Yıldırım E., Zeğerek P., 2020. Kentsel Yeşil Alanların Sağladığı Yararların Ekonomik Boyutu. İstanbul Yeşil Alanlar Çalıştayı, İstanbul, Türkiye, 5 - 06 Şubat 2020, ss.125-136.
5. Yıldız N. E., Zeğerek P., 2018. Doğa Turizminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Rota Planlama: Aladağlar Milli Parkı Örneği. V. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Sempozyumu (ISMS), Ankara, Türkiye, 16- 17 Kasım 2018
6. Zeğerek P., Yıldırım E., Ortaçeşme V., 2018. Turizm Kentleşmesinin Kıyı Kentleri Üzerine Etkileri: Alanya Örneği / The Effects of Tourism Related Urbanization on

Coastal Cities: The Case of Alanya. Alanya International Local Goverments Symposium, Antalya, Türkiye, 1 - 03 Kasım 2018, ss.253-264.

7. Zeğerek P., Yıldırım E., Ortaçeşme V., 2018. İklim Değişikliğinin Kentsel Peyzajlar Üzerine Etkileri / Effects Of Climate Change On Urban Landscapes. Alanya International Local Goverments Symposium, Antalya, Türkiye, 1- 03 Kasım 2018, ss.272-287
8. Zeğerek P., Ortaçeşme V., 2018. Kent Turizmi Destinasyon Tercihlerinde Yeşil Alanların Rolü: Yerli ve Yabancı Ziyaretçilerle Karşılaştırmalı Bir Çalışma / The Role Of Green Spaces In The Destınatıon Choıce Of Urban Tourısts: A Comparatıve Study Wıth Domestıc And Internatıonal Vısıtors. IWACT 2018-II. West Asia Congress of Tourism Research, Van, Türkiye, 27- 30 Eylül 2018, ss.796-812.
9. Zeğerek P., Ortaçeşme V., 2018. Van Gölü ve Çevresinin Turizm Ve Rekreasyon Potansiyelinin Değerlendirilmesi / Evaluatıon Of Tourısm And Recreatıon Potentıal Of Lake Van And Its Near Envırons. IWACT 2018-II. West Asia Congress of Tourism Research, Van, Türkiye, 27- 30 Eylül 2018, ss.813-825
10. Zeğerek P., Ortaçeşme V., 2018. Kentsel Yeşil Alanların Antalya Kent Turizmindeki Yeri/ The Role Of Green Spaces In Antalya Urban Tourısm. III. INES Education and Social Science Congress, Antalya, Türkiye, 28 Nisan- 01 Mayıs 2018, ss.524
11. Yıldırım E., Zeğerek P., Ortaçeşme V., 2017. Kentsel Açık ve Yeşil Alan Planlama ve Kent Ekolojisi. XIII. Uluslararası Katılımlı Ekoloji ve Çevre Kongresi, Edirne, Türkiye, 12- 15 Eylül 2017, ss.703
12. Zeğerek P., Ortaçeşme V., 2017. Kentsel Hava Kirliliğinin Kontrolünde Açık Yeşil Alanların Önemi. XIII. Uluslararası Katılımlı Ekoloji ve Çevre Kongresi, Edirne, Türkiye, 12- 15 Eylül 2017, ss.581
13. Benliay A., Zeğerek P., 2017. Evaluation of Antalya, Konyaaltı Parks Outdoor Furniture Design for Autism Spectrum Disorder. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, Nevşehir, Türkiye, 15 - 17 Mayıs 2017, ss.621