T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YER YÜZEYİ SICAKLIĞI İLE YAPI YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA EREN

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2024

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YER YÜZEYİ SICAKLIĞI İLE YAPI YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA EREN

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2024

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Esra EREN
20/08/2024

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, akademinin gereklerini bana sabırla öğreten saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Emre ÖZELKAN'a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen değerli bölüm, iş ve ev arkadaşım Sedanur GÜVEN'e, lisans eğitimimden beri bana her anlamda destek olmuş değerli arkadaşlarım Beyza YILMAZ, Hatice ÇETİN, İrem AKKAŞ, Meltem ULUDAĞ, Tuğçe AKAR'a, ve hayatımın her evresinde yanımda olmuş ve bana her koşulda destek olan değerli aileme, başta ikizim Esma EREN olmak üzere, her birine ayrı ayrı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Esra EREN

Çanakkale, Ağustos 2024

ÖZET

YER YÜZEYİ SICAKLIĞI İLE YAPI YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ANALİZİ

Esra EREN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Emre ÖZELKAN
16/08/2024, 109

Yapılaşmış çevrede, suyun toprağa sızmasını engelleyen malzemeler kullanılması yani geçirimsiz yüzey alanlarının oluşturulması, ısınma kapasitesi ve ısı iletkenliği yüksek, albedosu düşük yüzey malzemelerinin kullanılması yüzey sıcaklığını artırır. Geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kentsel alanlarının, çevresindeki yoğun bitki örtüsüne sahip kırsal alanlara göre daha fazla ısınarak Kentsel Isı Adası (KIA) oluşumuna neden olur. KIA ile iklim değişikliği arasında güçlü bir ilişki vardır ve bu durum insan biyoiklimsel konforunu da olumsuz etkiler. Bu çalışmada, artan nüfus ve buna bağlı olarak genişleyen kentsel alanlardaki yapı yoğunluğu ve Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS) arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla, çalışma alanı olarak farklı kentsel dokuları ve yapı yoğunluklarını barındıran Çanakkale İli kent merkezinin 2010-2023 yılları arasındaki YYS haritaları Landsat uydu görüntüleri kullanılarak üretilmiştir. YYS ile yapı yoğunluğuyla ilişkili kat adedi, yeşil alan, kentsel doku, nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen yapılaşmış alan yoğunluğu ve hava sıcaklığı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada, bütün bina kat adetleri ile YYS arasında düşük; ancak mesken amaçlı kullanım niteliğine sahip binalar ile YYS arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yapılaşmış alanlar ile YYS arasında pozitif, yeşil alanlar ile YYS arasında ise negatif ilişki bulunmuştur. Hava sıcaklığı ve YYS arasında çok yüksek pozitif ilişki bulunmuştur. YYS'nın artışını bina yüksekliği, binaların kullanım niteliği, bina kaplama ve çatı malzemesi, yapı tipolojisi, geçirimli ve geçirimsiz alanların varlığı ve antropojenik ısı üretiminin bütünleşik bir etkisi ile ifade etmek gerekir.

Anahtar Kelimeler: Şehir Planlama, Bina Kat Adedi, Yapılı Çevre, Uzaktan Algılama, Yer Yüzeyi Sıcaklığı

ABSTRACT

USING REMOTE SENSING TO ANALYSE THE RELATIONSHIP BETWEEN LAND SURFACE TEMPERATURE AND BUILDING DENSITY

Esra EREN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Risk Management of Natural Disasters

Supervisor: Assoc. Prof. Emre ÖZELKAN

16/08/2024, 109

The Urban Heat Island (UHI) effect occurs when impermeable surfaces, low-albedo materials, and high-heat-capacity structures in cities increase surface temperatures. This phenomenon is linked to climate change and negatively impacts human bioclimatic comfort. UHI contributes to climate change by raising energy consumption due to urban warming and leads to health issues. In this study, the relationship between building density, which are expanding due to increasing population, and Land Surface Temperature (LST) in urban areasis analysed. For this purpose, the LST maps of the city centre of Çanakkale Province, which contains different urban textures and building densities, between 2010 and 2023 were generated using Landsat satellite images. The relationships between the LST, and the building density related to number of floors, green area, urban texture, population density, built-up area density per capita and air temperature were analysed. In the study, a low correlation was found between the number of storeys of all buildings, and LST, but a significant correlation was found between residential buildings and LST. A positive correlation was found between built-up areas and LST, and a negative correlation was found between green areas and LST. A very high positive correlation was found between air temperature and LST. It is necessary to express the increase of LST through an integrated effect of building height, the usage quality of buildings, building covering and roofing material, building typology, the presence of permeable and impermeable areas and anthropogenic heat generation.

Keywords: Urban Planning, Number of Floors, Built Environment, Remote Sensing, Land Surface Temperature

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ETİK BEYAN…… i
TEŞEKKÜR…….. ii
ÖZET ……..…….…….. iii
ABSTRACT …….. iv
İÇİNDEKİLER ……..…… v
SİMGELER ve KISALTMALAR…….....……. vii
TABLOLAR DİZİNİ…….…. viii
ŞEKİLLER DİZİNİ……...……...…….….. ix

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ 1

1.1 Yapılaşmış Çevre ve İklim Değişikliği……... 1
1.2 Yapılaşmış Çevrede Yoğunluk……... 4
1.2.1 Nüfus Yoğunluğu……... 6
1.2.2 Yapı Yoğunluğu……. 6
1.3 Yapılaşmış Çevre ve Geçirimsiz Yüzeyler…… 7
1.4 Yer Yüzeyi Sıcaklığı……. 7
1.5 Kentsel Isı Adası…… 9
1.6 Uzaktan Algılama……... 12
1.6.1 Termal Uzaktan Algılama…….……. 13
1.6.2 Termal Banda Sahip Uydular…… 13

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 16

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL YÖNTEM 21

3.1 Çalışma Alanı……. 21

3.2 Uzaktan Algılama Verileri……. 22
3.2.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı……..……..... 22
3.2.1 Kentsel Doku…….……..... 27
3.2.1 Yeşil Alan……..……..... 28
3.3 Meteorolojik Veriler……. 29
3.4 Kat Adetleri Verisi…..……... 29
3.5 Yöntem……... 31
3.5.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı Belirlenmesi……..... 32
3.5.2 Kat Adedinin Belirlenmesi……. 33
3.5.3 Kentsel Isı Adasının Belirlenmesi…….. 34
3.5.4 Kentsel Dokunun Belirlenmesi…….. 34
3.5.5 Yeşil Alanların Belirlenmesi…….. 35
3.5.6 Nüfus Yoğunluğunun ve Kişi Başına Düşen Yapılaşmış Alanın Belirlenmesi…… 36
3.5.7 Hava Sıcaklığının Belirlenmesi 37

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM 38
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kat Adedi ile YYS Arasındaki İlişki…….. 38
4.1.1 Aylık Ortalama YYS ile Kat Adedi ile YYS Arasındaki İlişki……. 40
4.1.2 Mevsimlik Ortalama YYS ile Kat Adedi ile YYS Arasındaki İlişki……. 46
4.1.3 Yıllık Ortalama YYS ile Kat Adedi ile YYS Arasındaki İlişki……. 49
4.1.4 Kat Adedi ile KIA Arasındaki İlişki…….. 56
4.2. Kentsel Doku ile YYS Arasındaki İlişki…… 57
4.3 Yeşil Alan ile YYS Arasındaki İlişki…… 71
4.4 Nüfus Yoğunluğu ve Kişi Başına Düşen Yapılaşmış Alan ile YYS Arasındaki İlişki……... 76
4.5 Hava Sıcaklığı ile YYS Arasındaki İlişki……... 79

BEŞİNCİ BÖLÜM 82
SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA ...……. 88

SİMGELER VE KISALTMALAR

KAKS	Kat Alanı Kat Sayısı
TAKS	Taban alanı Kat Sayısı
YYS	Yer Yüzeyi Sıcaklığı
TIR	Termal Kızılötesi
KIA	Kentsel Isı Adası
YKIA	Yüzey Kentsel Isı Adası
AKIA	Atmosferik Kentsel Isı Adası
ÖTKIA	Örtü Tabakası Kentsel Isı Adası
STKIA	Sınır Tabakası Kentsel Isı Adası
UA	Uzaktan Algılama
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü
ASTER	Gelişmiş Uydu Tabanlı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi
AVHRR	İleri Düzey Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre
AKÖ	Arazi Kullanımı/ Örtüsü
USGS	Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu
CORINE	Çevresel Bilgilerine Koordinasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
r	Pearson korelasyon katsayısı
AF	Anlamlılık F

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Termal banda sahip uydular ve özellikleri	14
Tablo 2	Literatürde bulunan YKIA hesaplama formülleri	17
Tablo 3	Landsat Koleksiyon 2 Seviye-2 Yüzey Sıcaklığı ürün özellikleri	23
Tablo 4	Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait bilgiler	26
Tablo 5	Kentsel doku sınıfları ve özellikleri	28
Tablo 6	Kentsel doku sınıflarına ait ortalama ve standart sapma YYS'nın elde edilmesi	35
Tablo 7	1, 6, 10 ve 14 yıllık aylık ortalama YYS ile kat adedi ilişkisini (r katsayısı)	40
Tablo 8	Kentsel doku sınıflandırması	57
Tablo 9	Mahallelerin nüfus, YYS, kişi başına düşen yapılaşmış alan ve nüfus yoğunluğu değerleri	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Afet türlerine göre ölüm sayıları	2
Şekil 2	Yoğunluk türleri	5
Şekil 3	A örneğinde TAKS: 0.25, KAKS: 1, B örneğinde TAKS:0.25, KAKS: 1.5, C örneğinde TAKS:0.25, KAKS: 0.5, D örneğinde TAKS: 0.5, KAKS: 1'dir	7
Şekil 4	KIA etkisi	10
Şekil 5	Şehir alanlarındaki gölgelik ve sınır katmanlarının gösterimi	11
Şekil 6	Şehir alanlarındaki YKIA, ÖTKIA ve STKIA etkisinin gösterimi	12
Şekil 7	Çalışma alanı	21
Şekil 8	Çanakkale iline ait iklim verileri	22
Şekil 9	Hamidiye mahallesi (j) TOKİ alanı 2009 (A.1) ve 2013 (A.2) görünümü, Çınarlı mahallesi (l) kıyı yerleşiminin 2010 (B.1) ve 2023 (B.2) görünümü	24
Şekil 10	Hamidiye mahallesine (j) devlet hastanesi yapıldığı 2016 yılı (A.1) ve sonrası 2018 yılı (A.2) görünümü, İsmetpaşa (e) mahallesi 2016 (B.1) ve 2018 yılı (B.2) görünümü	25
Şekil 11	Toplam bina sayısına göre bina kat adetlerinin gruplandırılması	30
Şekil 12	Alandaki yapılar ve kat adetleri	30
Şekil 13	Çalışmada incelenen ilişkiler	31
Şekil 14	Kentsel doku sınıflarına ait ortalama ve standart sapma YYS değerlerinin elde edilmesi	35
Şekil 15	Sağlıklı bir bitkinin spektral yansıması	36
Şekil 16	Mahalle nüfusları	37
Şekil 17	Çanakkale arazi kullanım haritası	39
Şekil 18	Landsat uydularının spektral bantlarının karşılaştırılması	41
Şekil 19	Aylık ortalama YYS ile kat adedi ilişkisi	42

Şekil 20	1, 6, 10, 14 yıllık ortalama aylık (Ocak (A, B, C, D), Şubat (E, F, G, H), Mart (I, J, K, L), Nisan (M, N, O, P)) YYS haritaları	43
Şekil 21	1, 6, 10,14 yıllık ortalama aylık (Mayıs (A, B, C, D), Haziran (E, F, G, H), Temmuz (I, J, K, L), Ağustos (M, N, O, P)) YYS haritaları	44
Şekil 22	1, 6, 10, 14 yıllık ortalama aylık (Eylül (A, B, C, D), Ekim (E, F, G, H), Kasım (I, J, K, L), Aralık (M, N, O, P) YYS haritaları	45
Şekil 23	Mevsimlik ortalama YYS ile kat adedi ilişkisi	46
Şekil 24	1, 6, 10, 14 yıllık ortalama mevsimlik (Kış (A, B, C, D), İlkbahar (E, F, G, H), Yaz (I, J, K, L) ve Sonbahar (M, N, O, P)) YYS haritaları	48
Şekil 25	1, 6, 10, 14 yıllık ortalama (A, B, C, D) YYS haritaları	50
Şekil 26	Bina kat adetleri ile 1, 6, 10, 13 yıllık ortalama YYS arasındaki ilişki	51
Şekil 27	Küçük sanayi alanındaki yapılarda kullanılan çatı malzemesi	52
Şekil 28	Kat adetlerine ait ortalama YYS değerleri (◦C)	52
Şekil 29	Yüksek katlı ve düşük katlı binaların YYS değerlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 30	176 noktaya denk gelen kat adetleri aylık ortalama YYS	55
Şekil 31	Farklı kat adedine sahip binaların gölge boyu	56
Şekil 32	Bina kat adetleri ile KIA arasındaki ilişki	57
Şekil 33	Çınarlı köyü (l) kıyı yerleşimindeki kentsel doku örneği	58
Şekil 34	Kentsel doku sınıfları ile ortalama YYS değerleri arasındaki ilişki	59
Şekil 35	Kentsel doku sınıfları ve 14 yıllık ortalama YYS değerlerinin standart sapması arasındaki ilişki	60
Şekil 36	14 yıllık YYS (A) ve kentsel atlası haritası (B)	60
Şekil 37	Fevzipaşa (d) ve Namık Kemal(g) mahalleleri sokak (A,Bb) ve uydu (C) görüntüleri	61
Şekil 38	Namık Kemal (g) mahallesinde bulunan pazar alanı uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları	62
Şekil 39	Kapalı pazar alanında (Cuma Pazarı) kullanılan çatı malzemesi	63

Şekil 40	Esenler ve Cevatpaşa mahalleleri YYS haritası (A-C) ve uydu görüntüsü (B)	64
Şekil 41	Kemalpaşa (f) mahallesi iskele meydanından çarşıya ve saat kulesine doğru sokak görünümü	64
Şekil 42	Kemalpaşa (f) mahallesi sokak görünümü	65
Şekil 43	(f) mahallesi uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları	65
Şekil 44	(e) mahallesi uydu görüntüsü (A) ve YYS haritası (B)	66
Şekil 45	(e) mahallesinde bulunan stadyumun YYS (sol) ve sokak (sağ) görünümü	67
Şekil 46	(a) mahallesi uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları	68
Şekil 47	Boğazkent (h), Cumhuriyet (i) ve Hamidiye (j) mahalleleri uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları	69
Şekil 48	Hamidiye (j) mahallesinde bulunan blok tipi yüksek katlı yapılaşma uydu (üst sağ ve alt) ve sokak (üst sol) görüntüleri	70
Şekil 49	Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) mahalleleri kıyıda bulunan yerleşim tipi	70
Şekil 50	(k) ve (l) mahalleleri uydu (sol) ve YYS (sağ) değerleri	71
Şekil 51	NDVI analizi (A) ve eşik değerlerine göre yüzey alanların sınıflandırılması (B)	72
Şekil 52	Aylara göre geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerde görülen ortalama YYS değerleri (ºC)	73
Şekil 53	Geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerde görülen ortalama YYS arasındaki ilişki	73
Şekil 54	Ağustos ayı YYS haritası ve orman alanları (a), Ağustos ayı YYS haritası ve kentsel yeşil alanlar (b)	74
Şekil 55	Cumhuriyet (i) mahallesinde bulunan koruluk ve halı saha alanlarının YYS (sağ) ve uydu (sol) görüntüleri	75
Şekil 56	(b) mahallesinde bulunan açık alanların uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları	75
Şekil 57	(b) mahallesi YYS (a) haritası, Kordon (b) ve park alanı (c)	76
Şekil 58	Nüfus yoğunluğu ve kişi başına düşen yapılaşmış alan ile YYS narasındaki ilişkiler	78

Şekil 59 Kent atlası ve nüfus yoğunluğunun karşılaştırılması 78

Şekil 60 Hava sıcaklığı ile YYS arasındaki ilişki 79

Şekil 61 Aylık ortalama sıcaklık ve YYS değerlerinin standart sapması 80

Şekil 62 Uydu görüntülerinin çekildiği tarih ve eş zamanlı günlük hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki 80

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

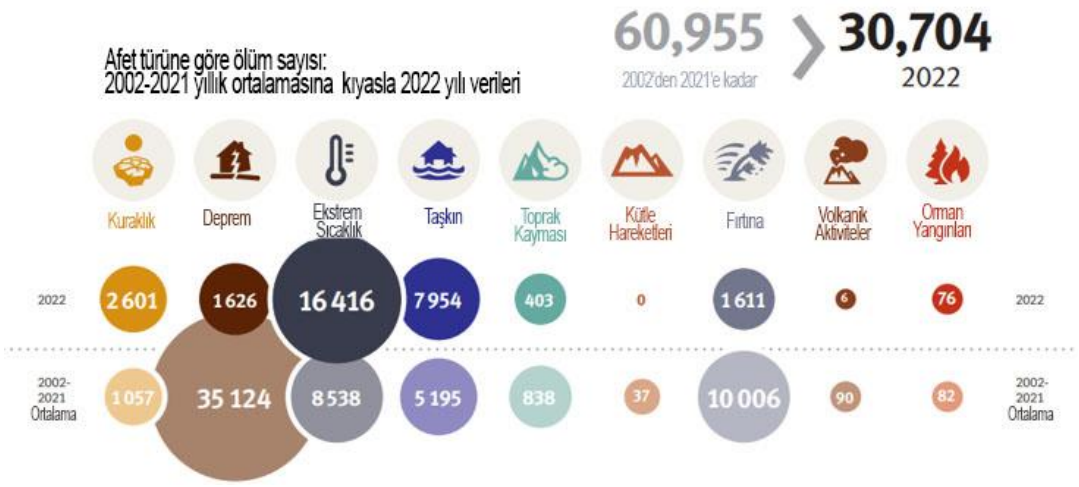
Sanayi devrimiyle başlayan ve devam eden kent nüfusunun ani ve sürekli artışı kentlerin geniş alanlara yayılmasına neden olmaktadır (Childe, 1950; Davis, 1955). Ancak kentsel alanların yayılması çevresindeki tarım, orman veya sulak alanlar gibi doğal alanların tahribatına, hava kirliliğine ve kentsel alanlarda sıcaklıkların artışına neden olur (Berry, 2008; Chen vd., 2021; Hao vd., 2023). Kentsel alanların yayılması sonucu ortaya çıkan doğal ve çevresel sorunlar karar vericileri ve plancıları bu sorunlar için yeni çözümler bulmaya itmektedir (Jim, 2000). Bulunan çözümlerden en çok tercih edilenlerin arasında kompakt kentler yani kentsel alanlardaki yapılaşma yoğunluğunun artırılması yaklaşımı gelmektedir. Bu yaklaşımda kentsel yayılmanın en büyük sorunlarından; uzak mesafe ulaşımına bağlı artan bireysel araç kullanımı, doğal ve tarihi alanlara baskı, yapılaşmış çevre ve dolayısıyla hava kirliliği ve hissedilen sıcaklıkların azaltılması hedeflenmektedir (Greco, 2018; Lin ve Gámez, 2018). Ancak yapılaşma yoğunluğunun artırılması da nüfus yoğunluğunun, enerji tüketim yoğunluğunun, hava kirliliğinin (karbon emisyonunun) ve tabi ki kentlerde oluşan sıcaklığın diğer bir deyişle ısı yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır (Jonsson vd., 2004; Lai ve Cheng, 2009; Liang ve Gong, 2020; Weng ve Yang, 2006; Zhao vd., 2006;). Bununla beraber kentlerdeki yapılaşmış alan yoğunluğu ve nüfus yoğunluğunun artması kişi başına düşen doğal çevre (bitki örtüsü ve sulak alanlar) alanlarını azaltmaktadır (Fuller ve Gaston, 2009). Geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kent alanlarının çevresindeki bitki yoğunluğu fazla olan kırsal alanlara göre daha sıcak olmasıyla Kentsel Isı Adaları (KIA) oluşmaktadır (Howard, 1833). Yapılaşmış çevrenin neden olduğu tüm bu olumsuzluklar da insanın dış ortam konforunu ifade eden biyoiklimsel yaşam konforunu olumsuz yönde etkilemektedir (Shirinde ve Wichmann, 2022; USEPA, 2023; WHO, 2022). Yapılaşmış alanlar ile iklim değişikliği ilişkisi ve bu sürecin getirdiği olumsuz etkiler (bu çalışma için sıcaklık artışı) tezin devamında detaylandırılacaktır.

1.1 Yapılaşmış Çevre ve İklim Değişikliği

Sanayileşme ve kentleşmenin artması, kent nüfusunu arttırmaktadır (Najafzadeh vd., 2021). Hızlı ve plansız kentleşme ve sanayileşmeyle fosil yakıt kullanımın artması, havaya salınan sera gazlarını (metan, karbondioksit vs.) arttırarak dünyada yaşamı olanaklı kılan doğal sera etkisinin bozulmasına ve atmosferin olması gerektiğinden daha fazla ısınmasına

neden olmaktadır (Kim vd., 2022). Bütün bu etkenlerin sonucunda doğal olarak var olan bir iklim değişim süreci insan etkinlikleri ile hızlanmaktadır (Çağlak, 2022). İklim değişikliklerinde; ekonomik kalkınma, nüfus artışı ve gelişmiş sanayi, süreci hızlandıran insan etkinlikleridir (Aslan, 2016). Yüksek yoğunluklu geçirimsiz yüzey alanlarına sahip kentlerde güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyon tutulmakta ve atmosfere geri salınan uzun dalga boylu radyasyon azalmaktadır. Özellikle mega kentler gibi nüfus ve yapı yoğunluğunun yüksek olduğu kentler, sıcaklığın arazideki dağılımını etkilemektedir. Ayrıca yoğun nüfusun bulunması nedeniyle insan etkinliklerine bağlı enerji tüketimi de artmaktadır. Bu nedenle kentsel yerleşmeler, insan etkinliklerinin iklim olaylarını değiştirdiği mekânlar olarak tanımlanabilir (Altıner, 2022).

İklim değişikliği, sıcak hava dalgaları, ani yağışlar, sel ve taşkınlar, kuraklık ve orman yangınları gibi afetlerin sıklığını ve yıkıcılığını artırmaktadır (Şekil 1.). Ülkemiz, iklim değişikliğinden en fazla etkilenen bölgelerden Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Ortadoğu ve Afrika'dan gelen sıcak hava dalgaları kentsel alanlardaki hissedilen sıcaklığı artırmaktadır.



Şekil 1. Afet türlerine göre ölüm sayıları

Kaynak: (EMDAT,2022)

Farklı ölçeklerdeki kentlerde değişen ısı yoğunlukları sıcak hava dalgalarının yaşanmasına zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle kentsel alanlardaki sıcaklığın araştırılması kent alanlarındaki riskleri ortaya koymak için kırılganlıkların belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Kentsel alanlardaki afetler açısından kırılganlıkları belirlemek, baş etme

kapasitesini güçlendirerek kentsel alanların dirençliliğini artıracaktır. Bu amaçla kentsel alanlardaki yapılaşmış alanlar ile sıcaklık ilişkisinin belirlenmesi önemlidir.

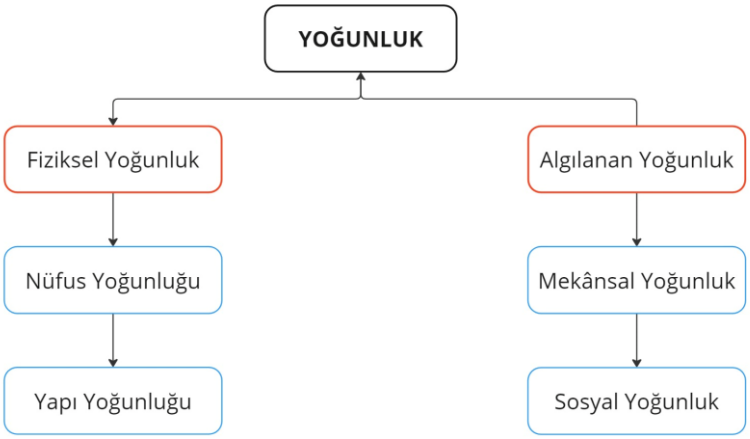
Yapılaşmış çevre, insan eliyle üretilmiş, içinde yaşadığımız binalar; su ve elektrik gibi altyapı sistemleri, yollar, otoparklar, havaalanları veya köprüler gibi ulaşım sistemlerini kapsayan alanlara denmektedir (EPA, 2023). Bir diğer deyişle yapılaşmış çevre, "binalar ve binalar arasında kalan tanımlı ya da tanımsız boşlukların bir araya gelmesiyle oluşan üç boyutlu bir fiziksel biçimleniştir" (Dağlı vd., 2010). Yapılaşmış çevre ve iklim değişikliği ilişkisi genellikle kentsel alanlar üzerinden tartışılmaktadır. Çünkü sanayileşme süreci kent nüfusunun çok hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur (Williamson, 1988). Bunun sonucu olarak kentsel alanlar hızlı ve plansız bir şekilde geniş alanlara yayılarak yapılaşmış çevreyi artmıştır. Yapılaşmış çevrenin artması birtakım sorunları beraberinde getirmiştir. Kentsel alanlar, üretim ve tüketim mekanlarıdır. Kentsel alanların yayılması yani yapılaşmış çevrenin artması, doğal kaynakların tüketimine neden olur. Bunun yanında kentsel alanlardaki sanayi ve ticari faaliyetlerin yanında ulaşım, ısınma gibi insan faaliyetleri sonucunda enerji tüketimi, kirlilik ve atık üretimi artar (Pınarcıoğlu ve Kanbak, 2020).

Hızlı ve plansız kentleşme ile artan nüfusun çevre üzerine olumsuz etkileri Dünyada 1960'lardan itibaren konuşulmaya başlanmıştır. Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak adına 'sürdürülebilirlik' kavramı çatısı altında çevreci yaklaşımlar benimsenmeye başlanmıştır (Basiago, 1998). Sürdürülebilirlik, "bir toplumun, ekosistemin ya da sürekliliği olan bir sistemin işleyişinin kesintisiz, bozulmadan, aşırı kullanımla tüketilmeden ya da ana kaynaklara aşırı yüklenmeden" devam ettirilebilmesini ifade eder (Güler ve Turan, 2013). Kentsel alanlar sürdürülebilirliğin en fazla tartışma konusu olduğu yerlerdir (Alberti, 1996). Çünkü sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kentsel alanlardaki sorunların çözümü önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda, "gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanaklarını ellerinden almadan, ekonomi ve ekosistem arasındaki dengeyi koruyarak ve sosyal dengeyi gözeterek kentsel yaşam kalitesini yükseltmek" olarak tanımlanan sürdürülebilir kentsel gelişme kavramı ortaya çıkmıştır (Pınarcıoğlu ve Kanbak, 2020). İnsan ve doğa arasındaki dengeyi sağlamak, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak, afet riskini azaltmak, herkes için erişilebilir konutlar üretmek ve yaşam kalitesini artırmak, sürdürülebilir kentsel gelişme hedeflerinden bazılarıdır. Planlama literatüründe bu hedefleri benimsemiş yani çevre ile uyumlu ve dengeli bir ilişki içinde olan kentler üretmek adına bazı kavramlar ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Yeşil kentler, eko-kentler, yaşanabilir kentler,

sürdürülebilir kentler, kompakt kentler bu kavram ve yaklaşımlardan bazılarıdır. Bu kavram ve yaklaşımların benzer hedefleri olsa da farklı yöntem ve uygulamaları vardır. Bahsedilen yaklaşımlardan kompakt kentler, kentsel yayılmayı engelleyerek doğal kaynakların korunmasını, ulaşım mesafesini kısaltarak ve karma arazi kullanımı yaklaşımını benimseyerek bireysel araç kullanımın azaltılması dolayısıyla havaya salınan kirleticilerin ve karbon ayak izinin azaltılmasını hedeflemektedir. Bu nedenle kompakt kentlerde birim alana düşen kişi ve yapı yoğunluğunun artırıldığı yani yüksek yoğunluklu yerleşim alanları ile alternatif ulaşım türlerinin bulunduğu bir kent modelidir. Bu yaklaşım, kentsel yayılmanın önüne geçmeyi başararak yapılaşmış alanın dağılmasını engellese de belirli bir alandaki yapılaşmış alanı ve o alan içindeki artan nüfus yoğunluğuna bağlı enerji tüketimini artırmaktadır. Bu durum kentsel alanlardaki ısı yoğunluğunu artırmaktadır. Bu doğrultuda yapılaşmış çevrede yoğunluk ve sıcaklık arasındaki ilişki tezin devamında tartışılacaktır.

1.2 Yapılaşmış Çevrede Yoğunluk

Kent bilimleri sözlüğüne göre yoğunluk "belli bir büyüklükte bir alana düşen bina, kişi, aile ya da konut birimi sayısı" olarak tanımlanır (Keleş, 1980). Yapılaşmış alanlarda yoğunluk; yaşayan yoğunluğu, çalışan yoğunluğu, kullanıcı yoğunluğu ve yapı yoğunluğu gibi birçok kavram ile tanımlanır. Berghauser Pont ve Haupt'a (2010) göre yoğunluk, fiziksel yoğunluk ve algılanan yoğunluk olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Buna göre algılanan yoğunluk, mekânsal ve sosyal yoğunluk olarak alt başlıklara ayrılır (Şekil 2.). Algılanan yoğunluklar daha çok sosyoloji, psikoloji, şehir planlama veya biyoloji gibi disiplinlerin çalışma alanına girmektedir (Yavuz Kumlu vd., 2018). Fiziksel yoğunluk ise nüfus yoğunluğu ve yapı yoğunluğu olarak alt başlıklara ayrılır. Fiziksel yoğunluklar ise daha çok ekoloji, ekonomi, coğrafya, ulaşım mühendisliği ve şehir planlama gibi disiplinlerin çalışma alanına girmektedir.



Şekil 2. Yoğunluk türleri

Kaynak: (Berghauser Pont ve Haupt, 2010)

Şehir planlama yapılı yani insan eliyle biçimlenmiş kentsel fiziksel mekânın biçimlendirilmesine yön veren bir disiplindir. Ancak planlamayla biçimlenmiş fiziksel mekân, uzun vadede sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin belirlenmesinde de sorumludur (Yavuz Kumlu vd., 2018). Bu yüzden kent planlarında verilen yoğunluk kararları yalnızca fiziksel çevreyi değil aynı zamanda algılanan çevreyi de şekillendirmektedir.

Kentleşmenin çevreye zararları artmaya başladıkça kent alanlarındaki yapılaşma koşullarının belirlenmesi ve standartlarının getirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Kentsel alanlardaki yoğunluğa neden olan etmenlerin belirlenmesi amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda; merkezi iş alanına yaklaştıkça yoğunluğun arttığı (Clark, 1951; Mills, 1970), kullanma talebi arttıkça yoğunluğun arttığı (Bölen vd., 2009), merkeze ulaşım maliyetine ve seyahat zamanına göre kentsel toprak değerinin belirlenmesi nedeniyle merkezdeki talebin şiddetinin artması ve bunun da yoğunluk artışına neden olduğu (Alonso, 1960; Bertaud, 2015; Harvey, 2010; Wingo, 1972) bulunmuştur. Kentsel alanlarda yoğunluğun tespiti için geliştirilmiş çok sayıda ölçüm yöntemi (taban alanı kat sayısı, hane yoğunluğu, kişi yoğunluğu, konut yoğunluğu, net yoğunluk, brüt yoğunluk, fiziksel yoğunluk, ölçülmüş yoğunluk, algılanan yoğunluk, iç yoğunluk, mekânsal yoğunluk, sosyal yoğunluk vb.) geliştirilmiştir (Boyko ve Cooper, 2011; Dovey ve Pafka, 2014; Yavuz Kumlu vd., 2018). Yoğunluğun ölçüm yöntemleri ve standartları ülkeden ülkeye veya bölgeden bölgeye göre değişebilmektedir. Örneğin ABD'de, yerleşim alanlarındaki açık alan kullanımı ve inşaat alanını ilişkilendirerek yaşanabilir alanların standartlarının

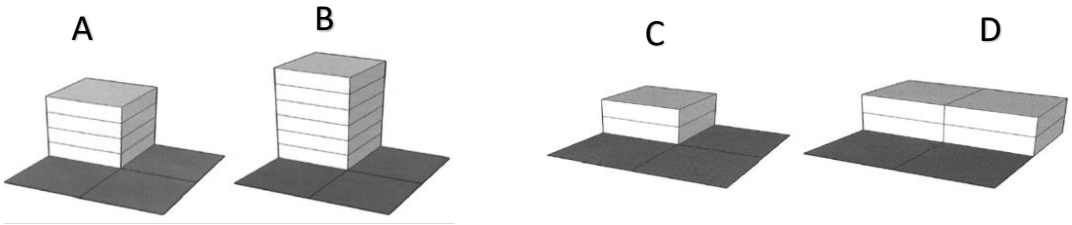
belirlenmesinde kullanılan ‘Açık Alan İndeksi’, ‘Yaşanabilir Alan İndeksi’, ‘Rekreasyon Alan İndeksi’ ve ‘Otopark Alan İndeksi’ gibi ölçme yöntemleri geliştirilmiştir (Bölen vd., 2009; De Chiara vd., 1995). Almanya’da binaların birbirinin güneşine engel olmaması için gölge boyu düşünülerek bina kat adedine bağlı olarak aralarındaki mesafenin ve bina yönlenmelerinin belirlenmesine yönelik yöntemler geliştirilmiştir (Chiri ve Giovagnorio, 2015). Hollanda’da düşük yoğunluklu yerleşim dokusunun yeşil peyzaj alanlarını yok etmesi endişesiyle inşaat parseli veya adası içindeki inşaat koşullarını belirleyen kat alanı kat sayısı (KAKS) değerine standart getirilmesi için araştırmalar yapılmıştır (Bölen vd., 2009). Ülkemizde ise kentsel alanların fiziksel yoğunluğu, nüfus yoğunluğu yani birim alana düşen kişi sayısı ve yapı yoğunluğu yani birim alana düşen inşaat miktarı ölçümleri başlıkları altında incelenir (Kıdır, 2015).

1.2.1 Nüfus Yoğunluğu

Çalışma alanının ölçeğine göre dikkate alınan nüfus yoğunlukları değişmektedir. Global yoğunluk, ülke-bölge gibi büyük ölçekli planlamalarda; gross yoğunluk, yerleşme-kent ölçeğindeki planlamalarda; brüt yoğunluk, yerleşme, kent, mahalle ölçeğindeki planlamalarda; net yoğunluk ise yapı adası ölçeğindeki planlamalarda, çalışma alanı içindeki nüfus yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılır. Nüfus yoğunlukları genel olarak kişi/hektar birimiyle ifade edilir.

1.2.2 Yapı Yoğunluğu

Ülkemizde “yapılaşma yoğunlukları Kat Alanı Katsayısı (KAKS) ve Taban Alanı Kat Sayısı (TAKS) gibi iki katsayı ile ifade edilmektedir. Bir parsel veya yapı adası üzerinde toplam kaç metrekare inşaat yapılabileceğini (KAKS) ve yine bir parsel veya yapı adasında alanın ne kadarının yapı ile kaplanabileceğini (TAKS) gösteren bu iki ölçüt konutun yakın çevresindeki açık alan kullanım olanakları ile ilgili bir standart getirmemektedir” (Bölen vd., 2009). Bu iki değer birbiriyle ters orantılıdır, yani yaşam alanı arttıkça (KAKS) zeminde kişi başına düşen açık alan oranı azalmaktadır (Şekil 3.), (Kıdır, 2015).



Şekil 3. A örneğinde TAKS: 0.25, KAKS: 1, B örneğinde TAKS:0.25, KAKS: 1.5, C örneğinde TAKS:0.25, KAKS: 0.5, D örneğinde TAKS: 0.5, KAKS: 1'dir

Kaynak: (Cheng, 2009)

Nüfus ve yapı yoğunluğu kentlerdeki trafik yoğunluğundan, altyapı ihtiyaçlarına ve hatta konut fiyatlarına kadar birçok faktörü etkileyebilir. Artan nüfus ve yapı yoğunluğu yanında azalan yeşil alanlar, kentsel alanlardaki ısı yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda kentsel alanda artan ısı yoğunlukları, yapılaşmış çevrenin niteliği ve niceliği hakkında bilgi veren yapı yoğunluğu kavramı ekseninde incelenebilir.

1.3 Yapılaşmış Çevre ve Geçirimsiz Yüzeyler

Yapılaşmış çevrenin yalnızca niceliği yani alansal olarak artması değil yapılaşmış çevrenin niteliği de kent iklimini ve insan konforunu belirleyen etmenlerdendir. Yapılaşmış çevrede, suyun toprağa sızmasını engelleyen malzemeler kullanılması yani geçirimsiz yüzey alanlarının oluşturulması, ısınma kapasitesi ve ısı iletkenliği yüksek, albedosu düşük yüzey malzemelerinin kullanılması yüzey sıcaklığını artırmaktadır (Arnold ve Gibbons, 1996). Bu nedenle kentsel alanlarda beton zemin, asfalt yüzey, kiremit, cam, alüminyum, çelik, taş, toprak gibi yüzey malzemelerin kullanılarak geçirimsiz yüzeylerin artırılması, kentsel alanlarda hissedilen sıcaklığı değiştirerek kent iklimini etkileyen faktörlerdendir. Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzey ve doğal alanların dengesi oldukça önemlidir. Kentsel alanlarda artan geçirimsiz yüzey alanlarının (yapılar, yollar, çatılar, otoparklar vs.) artması ve soğutma etkisine sahip su yüzeyi ve yeşil alanların azalması yüzey ve hissedilen sıcaklığı artırmaktadır (Xinyue ve Mingxing, 2019).

1.4 Yer Yüzeyi Sıcaklığı

Dünya yüzeyinin sıcaklığını ifade eden Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS), güneşten gelen radyasyon, bulut örtüsü, sera gazlarının yoğunluğu, insan faaliyetleri ve yüzey özellikleri (doğal veya geçirimsiz) gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Amiri vd., 2009; Du vd.,

2016; Liang vd., 2022; Oke, 1982). Yapılaşmış alanlardaki YYS'nı etkileyen faktörler iç ve dış etmenler olarak ikiye ayrılabilir. Coğrafi konum, su kütlelerinin varlığı, topografik özellikler, bölgedeki toprakların özellikleri, bitki örtüsü ve arazi kullanım YYS'nı etkileyen dış etmenler olarak sayılabilir (Xiao ve Weng, 2007). Bina yüksekliği/kat adedi, binaların birbirine yakınlığı, yönlenmesi, bina kaplama ve çatı malzemeleri gibi inşaat malzemelerinin termal özellikleri, yapılaşma yoğunluğu, yol genişliği/uzunluğu, bahçe mesafesi gibi özellikler de YYS üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğu bulunan iç etmenler olarak sıralanabilir (Goward, 1981; Song vd., 2020).

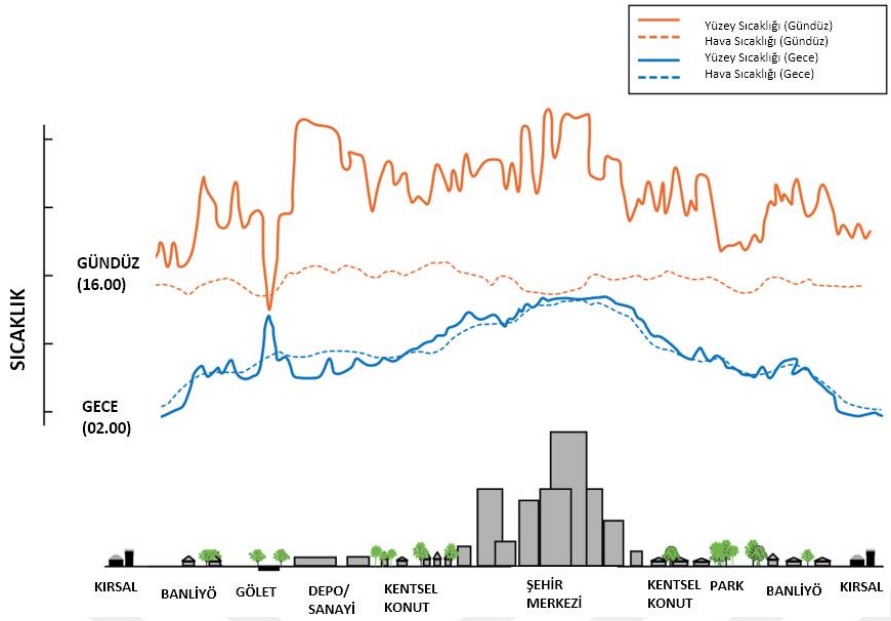
İç etmenler kentsel alanlarda mikroklimatik koşulları etkiler. Yapılaşmış alanın genişliği ve yüzey malzemesinin yanı sıra yapılaşmış alanın 3 boyutlu biçimi de ısı tutma kapasitesini etkilemektedir. Birbirine yakın binalar ve aralarındaki yolun oluşturduğu boşluk olan sokak kanyonu bu koşulları etkileyen parametrelerden biridir (DePaul ve Sheih, 1986). Binaların yüksekliğinin yol genişliğine oranı sokak kanyonunun geometrisini oluşturur (Ali-Toudert ve Mayer, 2006). Geometri, gelen ve giden güneş radyasyonunu, radyasyon akışını, yağışın alınması ve rüzgâr sirkülasyonunun mekânsal dağılımını etkiler (Çilek, 2022). Güneşten alınan kısa dalga boylu radyasyonun yeryüzü tarafından emilir ve gökyüzüne uzun dalga boylu radyasyon olarak salınır; ancak yüksek binalar sokak kanyon geometrisini ve termal özelliklerini dikey olarak değiştirebilir ve bu da kısa dalga boylu radyasyonun emiliminde artışa neden olurken uzun dalga boylu radyasyonun gökyüzüne salınımında azalmaya neden olur ve ısı kaybı daha az olur (Bottyán ve Unger, 2003). Kanyonları oluşturan malzemelerin su tutma kapasitesi özelliklerine bağlı olarak alınan radyasyon ve yağışın dağılımını mekânsal ve zamansal olarak değiştirerek enerji dengesinde karmaşıklık sergiler (Voogt ve Oke, 1998). Sokak kanyonlarının en önemli etkilerinden biri rüzgâr hızı ve yönünü etkilemesidir. Hâkim rüzgâr yönüne paralel inşa edilen sokaklar, rüzgâr dolaşımına izin vererek kanalizasyon etkisi meydana getirirler. Bu durum sokağın kirletici maddelerden temizlenmesini sağlayarak hava kalitesini artırır ve rüzgâr hızına bağlı olarak sıcaklığın düşmesine neden olur (Fu vd., 2017). Ancak sokak kanyonunun uzunluğu artıkça havalandırma etkisi de azalmaktadır (Theurer, 1999). Sokak kanyonlarını oluşturan bina ve yolların konumu rüzgâr dolaşımı için oldukça belirleyicidir. Rüzgârın dar bir açıklıktan kanalize edildiği kanyonlarda rüzgâr hızı artar ve insanlar için rahatsız edici bir iklimsel durum oluşabilir. Plansız ya da kötü planlanmış yerleşim alanlarında, kat adetleri artarken daralan yol genişlikleri, değerli kent toprağından elde edilecek rant uğruna artan bina sayısı

ve kat adedi yanında sabit kalan ya da daha da azalan yeşil alanlar yoğun bir kentsel doku oluşturmaktadır. Kentsel alanlardaki sıcaklığı artıran yanlış uygulamalar ve riskli bölgeler belirlenmeli ve insan yaşamına uygun hale getirilmelidir.

1.5 Kentsel Isı Adası

Geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kentsel alanlarda ölçülen ve hissedilen sıcaklık ile bitki yoğunluğunun fazla olduğu kırsal alanlarda ölçülen ve hissedilen sıcaklık birbirinden farklıdır. Bu duruma Kentsel Isı Adası (KIA) oluşumuna neden olur (Howard, 1833). KIA etkisi bilimsel olarak ilk defa 1833'te Howard tarafından Londra ve çevresinde yapılan bir çalışmada gözlemlenmiştir. Sıcaklık analizi yapan Howard, kent merkezinin kırsal alanlardan belirgin bir şekilde daha sıcak olduğunu gözlemlemiştir (Stewart, 2011). KIA oluşumunu doğal peyzaj alanlarının azalması, materyal kullanımı, kentsel geometri (binaların ve sokakların boyutu, şekli ve yönü), kent formu, insan faaliyetleri sonucunda üretilen ısı, iklim özellikleri, coğrafi özellikler ve nüfus yoğunluğu gibi faktörler etkilemektedir (Ağgül vd., 2021; Gümüş, 2015; Aslan, 2016; Kim vd., 2022).

KIA gelişimini etkileyen yüksek sıcaklık, düşük rüzgâr hızı, düşük bağıl nem ve bulutsuzluk gibi meteoroloji parametreleri hava kirliliğini tetiklemektedir. Yalnızca yapılaşmış çevrenin alansal olarak artması değil yapılaşmanın kompaktlığı, geometrisi ve bütünlüğü de KIA etkisi ve hava kirliliğini etkilemektedir. KIA ile hava kirliliği arasındaki ilişkiden bahseden birçok çalışma bulunmaktadır (Jonsson vd., 2004; Lai ve Cheng, 2009; Weng ve Yang, 2006; Zhao vd., 2006;). Kentleşmeyle KIA ve hava kirliliğinin ilişkileri çalışmalarla ortaya konmaya başladığında kentsel planlama ve tasarım alanında 'Sağlıklı Şehirler', 'Akıllı Büyüme' ve' Yeni Şehircilik' gibi planlama kavramları ortaya çıkmıştır (Piracha ve Chaudhary, 2022). Bu kavramlardan yeni şehircilik, artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için sürekli yayılan ve araç kullanımına bağımlı hale gelen kentlere çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Yürünebilir, karma arazi kullanımı ve erişebilir kamusal alanlar ile insan ölçeğine odaklanan planlar bu planlama kavramının özelliğidir (CNU, 2021). Ancak, KIA'lar yalnızca büyük şehirlerin fenomeni olmayıp, aynı zamanda küçük yerleşimlerin merkezlerinde bulunan yoğun yapılaşmış alanlarda da görülebilmektedir (Fehrenbach vd., 2001). KIA küçük veya büyük şehirlerde, her mevsim, gündüz veya gece oluşabilir (Şekil 4.).



Şekil 4. KIA etkisi

Kaynak: (NASA ARSET, 2023)

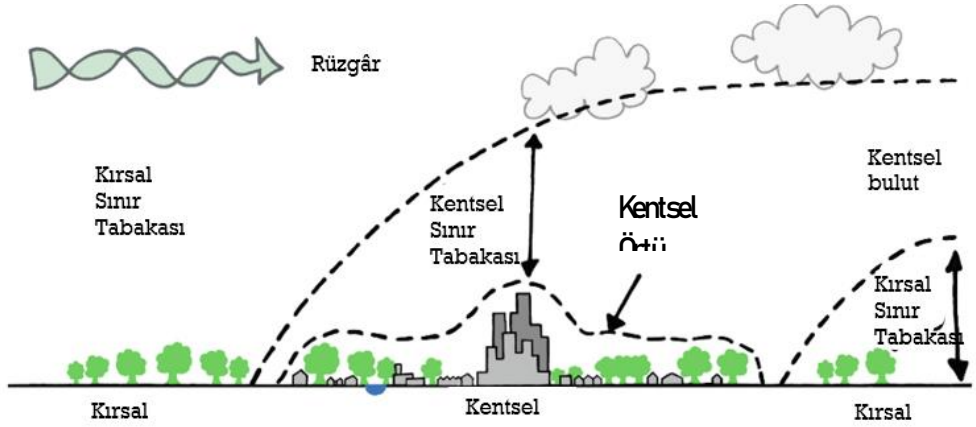
Yüzey Kentsel Isı Adası ve Atmosferik (Hava) Kentsel Isı adası olmak üzere iki tür kentsel ısı vardır. YKIA, geçirimsiz ve doğal yüzeyler arasındaki radyasyon (ışınım) sıcaklığı farkını temsil eder. Gündüz boyunca, yüzey sıcaklıkları hava sıcaklıklarına göre daha değişkendir. Yer yüzünün güneşten gelen radyasyonu emmesi gecikmeli olur. Yer yüzünden yayılan uzun dalga boylu radyasyon en yüksek seviyesine öğleden sonra ulaşır. Yer yüzünden salınan uzun dalga boylu radyasyonun etkisi hava sıcaklığıyla da birleştiğinden gün içerisinden eyn yüksek seviyesine öğleden sonra ulaşır. Geçirimsiz yüzeyler tarafından gün boyu emilen ısının yavaş yavaş salınması, geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kentsel alanlar ile doğal yüzeylerin fazla olduğu kırsal alanlardaki sıcaklık farkını artırır. Sıcaklıkların en yoğun olduğu öğleden sonra emilen ısı kent ve kırda farklı sürelerde geri salınır; geceleri kırsal alanlar kentsel alanlara göre daha soğuk olur. YKIA etkisinin boyutu mevsimsel olarak değişir ancak tipik olarak yaz mevsiminde etkisi daha fazla görülür. Yer yüzeyi sıcaklığı, elektromanyetik spektrumun termal bölgede yaydığı enerjinin kaydedilmesi yoluyla uzaktan algılama araçları ile ölçülür (Fily vd., 2003). YKIA, geçirimli ve geçirimsiz yüzey alanlarının yer yüzeyi sıcaklığı farkı ile hesaplanır. Bu nedenle YKIA, sıklıkla uzaktan algılanmış verilerden görüntü işleme ile hesaplanır (Gawuc ve Struzewska, 2016).

AKIA, gölgelik (kanopi) veya sınır tabakasındaki gözlemlenen sıcaklık farklılıklarıdır (McCartney vd., 2020) . AKIA ikiye ayrılır:

a) Örtü Tabakası KIA (ÖTKIA), yüzeyden ağaç tepelerine/çatılara kadar olan hava tabakasıdır. Sabit meteoroloji istasyonlarına veya mobil cihazlara monte edilmiş yerinde sensörlerle ölçülür.

b) Sınır Tabakası KIA (STKIA), ağaç tepelerinden/çatı tepelerinden kentsel peyzajların artık atmosferi etkilemediği yüksekliğe (~1,5 km) kadar uzanır. Yüksek kuleler, radyosondlar ve uçaklarla ölçülür (NASA ARSET, 2023).

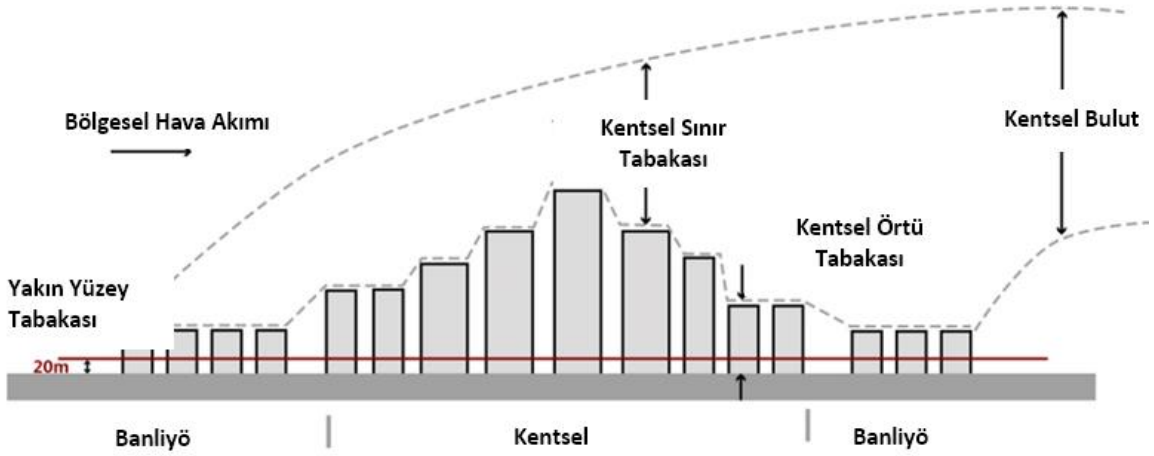
Şekil 5'te görüldüğü üzere sınır tabakası kentsel ve kırsal alanlarda farklılık göstermektedir. Az katlı yapıların olduğu kırsal alanlardaki sınır tabakası, yüksek katlı yapıların bulunduğu kentsel alanlardaki sınır tabakasına göre daha yüksektir. Ancak rüzgâr etkisi ve kentsel bulut etkisi nedeniyle şeklin en sağında görüldüğü üzere bazı kırsal alanlarda sınır tabakası oldukça alçak olabilir. Bu nedenle STKIA. kentsel alanın genişliği, yoğunluğu, iklimi ve kırsal alanlarla mesafesi gibi faktörlerle ilişkilidir. Yüzeyden ağaç ve çatı tepelerine kadarki hava tabakasını ifade eden ÖTKIA ise daha çok yapılaşma yoğunluğu, bina ve sokak yönlenmeleri gibi kentsel alanlardaki mikro iklimi değiştiren faktörlerle ilişkilidir.



Şekil 5. Şehir alanlarındaki gölgelik ve sınır katmanlarının gösterimi

Kaynak: (Sankar, 2021)

Farklı tipte ve yoğunlukta yapılaşmış alanlarda YKIA ve ÖTKIA etkisinin belirlenmesi, insan ölçeğinde hissedilen sıcaklığın ve KIA etki alanlarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 6.).



Şekil 6. Şehir alanlarındaki YKIA, ÖTKIA ve STKIA etkisinin gösterimi

Kaynak: (Yang vd., 2020)

1.6 Uzaktan Algılama

Literatürde gerçekleştirilen ilk KIA belirlenme çalışmalarında, kentsel ve kırsal alanlardaki sıcaklık farklarının hesaplanması amacıyla meteoroloji verileri kullanılmaktaydı (Howard, 1833; Landsberg, 1981; Oke, 1973). Uzaktan algılanmış uydu görüntülerinin elde edilebilmesi ile KIA etkisinin belirlenmesinde uzaktan algılama verileri ve yöntemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Uzaktan algılama (UA), bir nesneye fiziksel temasta bulunmadan, nesnenin çevresindeki alana yaydığı enerjideki (elektromanyetik, akustik veya potansiyel alan gibi) değişimleri izleyerek o nesne hakkında bilgi edinmeye yarayan teknoloji ve yöntemler bütünüdür (Elachi ve Van, 2021).

UA teknolojisinin KIA alanında kullanımı ilk kez Rao tarafından 1972 yılında "Remote Sensing of Urban Heat Island from an Environmental Satellite" adlı çalışmasında YYS verileri kullanarak KIA kavramı hakkında değerlendirmelerde bulunmasıyla olmuştur (Rao, 1972). Uydu platformlarından elde edilen görüntüler geniş alanların analiz edilmesine olanak sağlamıştır. YYS hesaplanmasında alanın bitki örtüsü hakkında fikir veren uydu görüntülerinin kırmızı ve kızılötesi bantlarının farklarının ve toplamlarının oranlanmasıyla elde edilen Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) kullanılır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, yeşil alanların soğutucu etkisi nedeniyle yoğun bitki örtüsünün bulunduğu kırsal alanlar ile yoğun yapılaşmanın bulunduğu kentsel alanların sıcaklık farkı, meteoroloji verileri ya da UA verileri ve yöntemleri ile belirgin bir şekilde

ortaya konarak KIA haritaları elde edilmektedir (Najafzadeh vd., 2021). Uydu görüntülerinden UA yöntemleriyle farklı sınıflandırma teknikleri (piksel tabanlı, nesne tabanlı) kullanılarak YYS'nı etkileyen geçirimli ve geçirimsiz yüzey bilgilerini içeren Arazi Kullanımı/Örtüsü (AKÖ) haritaları üretilebilir (Arda, 2020; Avci vd., 2011; Yıldız ve Kavzoğlu, 2012).

1.6.1 Termal Uzaktan Algılama

YKIA, geçirimsiz ve doğal yüzeyler arasındaki radyasyon sıcaklığı farkını temsil eder. YKIA, başlıca UA yöntemleriyle ölçülür. UA, elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi bölgesinde yer yüzünden yayılan radyasyonu kaydederek YYS'nın izlenmesine olanak verir (Fily vd., 2003; Weng vd., 2004; Zhao vd., 2015). Termal uzaktan algılama yerden, havadan ve uzaydan gerçekleştirilebilir (Allison vd., 2016; Maes ve Steppe, 2019; Wan vd., 2002). Geniş kapsama alanıyla kentsel alanları tek seferde rahatlıkla görüntüleyebilmesi nedeniyle uydudan termal uzaktan algılama YYS ve KIA çalışmalarında en sık tercih edilen veri kaynaklarındandır (Almeida vd., 2021; Rao, 1972).

1.6.2 Termal Banda Sahip Uydular

Landsat (Çalhan ve Özelkan, 2022; Özelkan vd., 2011; Özelkan vd., 2013; Türkyılmaz vd., 2020;), Gelişmiş Uydu Tabanlı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (ASTER) (Ndossi ve Avdan, 2016), Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi (MODIS) (Luintel vd., 2019; Wang ve Liang, 2009) ve Sentinel (Yang vd., 2020; Zarei vd., 2021) YYS ve KIA çalışmalarında yaygın olarak kullanılan termal banda sahip uydulardan bazılarıdır. YYS çalışmalarında en yaygın kullanılan termal banda sahip uydulardan bazıları ve özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Termal banda sahip uydular ve özellikleri

Sensörler	Uydu Platformu	Görüntü Alma Sıklığı	Mekânsal Çözünürlük	Spektral Bantlar (µm)	Bant Numarası	Veri Erişim Tarihi
AATSR	Envisat	35 günde bir	1 km (yaklaşık)	11 ve 12	TIR	2002-2012
ASTER	Terra	2 günde bir	90 m	8,125-8,475	10	1999
				8,475-8,825	11	
				8,925-9,275	12	
				10,25-10,95	13	
				10,95-11,65	14	
AVHRR (İleri Düzey Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre)	NOAA 6,8,10 TIROS-N	2 günde bir	1,1 km (yaklaşık)	10,3-11,3	4	1978-2001
				11,5-12,5	5	
AVHRR/2	NOAA 7,9,11, 12,13,14	2 günde bir	1,1 km (yaklaşık)	10,3-11,3	4	1981-2007
				11,5-12,5	5	
AVHRR/3	METOP-A, B, C	29 günde bir	1,1 km (yaklaşık)	10,3-11,3	4	2006
				11,5-12,5	5	
AVHRR/3	NOAA 15, 16, 17, 18, 19	Günde 2 kere	1,1 km (yaklaşık)	10,3-11,3	4	1998
				11,5-12,5	5	
GOES Görüntüleyici	GOES	Yer sabit	4 km (yaklaşık)	10,2-11,2	TIR	1974
				11,5-12,5		
IRMSS (Kızılötesi Multispektral Tarayıcı)	HJ-1B	31 günde bir	300 m	10,5-12,5	TIR	2008-2018
MODIS	Terra	Günde 2 kere	1 km (yaklaşık)	10,78-11,28	31	1999
				11,77-12,27	32	
MODIS	Aqua	Günde 2 kere	1 km (yaklaşık)	10,78-11,28	31	2002
				11,77-12,27	32	
SEVIRI	Meteosat-8	Yer sabit	3 km (yaklaşık)	10,812	TIR	2005
TM	Landsat 4	16 günde bir	120 metre toplanıp 30 metreye örnekleniyor	10,4-12,5	6	1982-1993
TM	Landsat 5	16 günde bir	120 metre toplanıp 30 metreye örnekleniyor	10,4-12,5	6	1984-2012
ETM+	Landsat 7	16 günde bir	60 metre toplanıp 30 metreye örnekleniyor	10,4-12,5	6	1999-2022
TIRS	Landsat 8	16 günde bir	100 metre toplanıp 30 metreye örnekleniyor	10,6-11,2	10	2013-
				11,5-12,5	11	günümüz
TIRS 2	Landsat 9	16 günde bir	100 metre toplanıp 30 metreye örnekleniyor	10,6-11,2	10	2022-
				11,5-12,5	11	günümüz

Kaynak: (Almeida vd., 2021)

Landsat uydu serisi sahip olduğu geniş arşiv ve yüksek mekânsal çözünürlük sayesinde KIA çalışmalarında sıklıkla tercih edilen bir veri kaynağıdır (Almeida vd., 2021; Chen vd., 2017; Ermida vd., 2020; Jiménez-Muñoz vd., 2014). Landsat 5,-7,-8 ve 9 uydularının sahip olduğu termal sensörler sayesinde elde edilen yansıtım değerleri, 10.31-12.51 mikrometre (µm) aralığında, termal bölge hakkında bilgi vermektedirler. YYS hesaplanmasında Landsat arşivinin termal ve multispektral bantları (NDVI için) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Anbazhagan ve Paramasivam, 2016; Govil vd., 2020; Guha vd., 2020; Yue vd., 2007). Landsat veri sağlayıcısı olan United States Geological Survey (USGS)

tarafından 2021 yılında, önceki Koleksiyon-1 ürünlerine kıyasla gelişmiş işleme, geometrik doğruluk ve radyometrik kalibrasyon sunmasının yanında; atmosferik düzeltilmesi yapılmış, yüzey yansıması ve yüzey sıcaklığı veri setlerini içeren Koleksiyon 2 Seviye-2 ürünlerini piyasaya sürmüştür (Harod vd., 2021; Parastatidis ve Chrysoulakis, 2021; USGS, 2023a).

Açık kaynaklı bir veri olan orta uzamsal çözünürlüğe sahip (30 m) Landsat arşivine ait YYS verisinin, kentsel yerleşim alanlarında bina ölçeğinde kullanımı sorgulanabilir. Kentsel ölçekte bina bazında yapılan çalışmalarda 1,5 m veya 50 cm gibi mekânsal ölçeğe sahip WorldView ya da SPOT gibi uydu görüntülerini kullanmak doğruluğu artırabilir. Ancak yüksek çözünürlüklü görüntüler ücret karşılığı elde edilebilmekte ve geniş alanlarda çalışma yaparken verileri işlemek için yüksek işlemci kapasitesine sahip donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi yapılaşmış alanlarda kent iklimi mikro ölçekte değişir ve ısı yoğunluğu dağılımı tek bir faktöre bağlı değildir. Rüzgâr, ısının kentsel alanlardaki dağılımının belirlenmesinde önemli bir iklim parametresidir. Bina yüksekliği, yönlenmesi, mesafesi ve sokak genişliğine bağlı olarak değişen sokak kanyonlarının özellikleri rüzgârın kentsel alanlardaki ısı dağılımı üzerindeki etkisini değiştirmektedir. Bu nedenle Landsat gibi orta mekânsal çözünürlüğe sahip uydular kentsel alanlarda YYS ve KIA etkisi belirleme çalışmalarında tercih edilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kentler birden çok parça ve alt parçadan oluşan karmaşık sistemlerdir. Karmaşık sistemlerden oluşan kentsel alanların YYS'nı ve KIA oluşumunu etkileyen faktörler de karmaşık bir sorundur ve bir arada ele alınmalıdır. Ulusal ve uluslararası literatürde yapılmış bu konu kapsamında birçok çalışma incelenmiş ve bazıları aşağıda özetlenmiştir. Bu bağlamda:

Howard, 1833; Landsberg, 1981; Oke, 1973). Howard (1833), Landsberg (1981) ve Oke (1973) tarafından yapılan çalışmalarda meteoroloji verileri ile KIA etkisi arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda hava sıcaklığı, rüzgâr ve nem gibi iklim parametrelerinin KIA üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Yüksel ve Yılmaz (2008) yaptıkları çalışmada, Ankara için yüzey sıcaklığı açısından farklılıklar ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiş; ayrıca sıcaklık ve nem parametreleri ile yapı yoğunluğu, yeşil alanlar arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Baykara (2023), İstanbul'daki kentleşmenin kent iklimine etkilerini 5 meteoroloji istasyonuna ait hava sıcaklığı verileriyle incelemiştir.

UA teknolojilerinin gelişmesiyle KIA etkisinin araştırılması amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. UA ile KIA'nın belirlenmesi ve kentleşmeyle ilişkisinin incelendiği birçok çalışma yapılmıştır (Akyürek, 2020; Çalhan ve Özelkan, 2022; Mercan, 2020; Orhan, 2021; Özelkan vd., 2013; Şekertekin vd., 2013). Literatürde, YKIA hesaplamaları için farklı yöntemler mevcuttur (Gawuc ve Struzewska, 2016; Schwarz vd., 2012; Schwarz vd., 2011). Çalışma alanı ve amacına göre farklılaşan YKIA hesaplama yöntemlerinden bazıları Tablo 2'de sıralanmıştır.

Tablo 2

Literatürde bulunan YKIA hesaplama formülleri

Yöntem	Kısa Tanım	İlgili Referanslar (Orijinal çalışmada kullanılan sensör; zamansal çözünürlük)
Standart sapma	Şehrin idari sınırları içindeki YYS değerlerinin standart sapması	Schwarz vd., (2011) -MODIS, gündüz, birkaç gün
Büyüklük	Maksimum YYS-ortalama YYS (şehir sınırları içinde)	Rajasekar ve Weng (2009) -MODIS, gündüz ve gece, birkaç gün
Aralık	Maksimum YYS-en düşük YYS (şehir sınırları içinde)	Runnalls ve Oke (2000) Q: Bütün enstürmanların AIRT maksimumu-bütün enstürmanların AIRT minimumu, K
Kentsel ortalama-diğer	Ortalama YYS (şehir sınırları içinde)-ortalama YYS (bir tampon bölge içindeki sınırların dışındaki alanlar)	Imhoff vd., (2010) -MODIS, gündüz ve gece, birkaç gün
Kentsel ortalama-su	Ortalama YYS (şehir sınırları içinde)-su alanının YYS'si	Chen vd., (2006) -Landsat 5+7, birkaç gün
Kentsel ortalama-tarım	Ortalama YYS (şehir sınırları içinde)-tarım alanının YYS'si	Jin vd., (2005) -MODIS, gündüz ve gece, birkaç gün
Kent içi-kırsal alan	Şehir sınırları içinde: yapay alanların ortalama YYS'si-doğal alanların ortalama YYS'si	Roth vd., (1989) -NOAA-AVHRR, gündüz ve gece, birkaç gün Gallo vd., (1993) -NOAA-AVHRR, gündüz ve gece, birkaç gün, Dousset ve Gourmelon (2003) -NOAA-AVHRR, gündüz ve gece, birkaç gün Tomlinson vd., (2011) -MODIS, gece, birkaç gün Zhou vd., (2010)-MODIS, gündüz ve gece, birkaç yıl
Kentsel çekirdek-kırsal halka	Şehir sınırları içinde: yapay alanların ortalama YYS'si-şehir dışındaki piksel halkasındaki ortalama sıcaklık	Gawuc ve Struzewska (2016) -MODIS, gündüz, birkaç gün
Kentsel çekirdek-derin orman	Şehir sınırları içindeki yapay alanların ortalama YYS'si-yoğun orman kaplı piksel	Gawuc ve Struzewska (2016) -MODIS, gündüz, birkaç gün
Sıcak ada	YYS'nın ortalamadan daha yüksek olduğu alan (piksel sayısı) +bir standart sapma	Zhang ve Whang (2006) -Landsat 7, birkaç gün
Mikro-KIA	Ağaç örtüsüyle ilişkili en sıcak YYS'dan daha yüksek YYS'na sahip (su yüzeyi olmayan) alan yüzdesi	Aniello vd., (1995) -Landsat 5, birkaç gün

Yapılaşmış çevrenin alansal olarak artması ve yapılaşmanın kompaktlığı, geometrisi ve bütünlüğü KIA etkisi ve hava kirliliğini etkilemektedir. Bu bağlamda farklı tipteki kentsel makraform ve kentsel kompaktlığa sahip şehirlerin hava kirliliği açısından incelendiği çalışmalar mevcuttur (Carozzi ve Roth, 2023; Liang ve Gong, 2020). Zhou vd. (2019), Çin'in hızla büyüyen kentlerinde yaptıkları çalışmada kentsel genişlemenin hava kirliliğindeki azalmayla ilişkisi olduğu ve mekânsal olarak bağlantısı az olan, parçalanmış şehirlerde daha az hava kirliliği yaşandığını bulmuşlardır. Liang ve Gong (2020) da Çin'deki farklı büyüklükteki ve gelişme düzeyindeki kentler üzerinde yaptıkları çalışmada, mekânsal

olarak bağlantılı kentsel alanların daha fazla hava kirliliği yaşadığını bulmuşlardır. Bu çalışmaların yanı sıra Castells-Quintana vd. (2021), yüksek yoğunluklu şehirlerin kişi başına düşen daha düşük hava kirliliği ile ilişkisinin olduğunu keşfetmişlerdir. Birbiriyle çelişen sonuçlar, hava kirliliğin yalnızca kentsel makraform ve kompaktlıkla açıklanamayacağını göstermektedir. Bu konuda toplu ulaşım sistemlerinin, kentlilerin araç kullanma davranışları eğilimi ve kamu politikalarıyla desteklenen arazi kullanım planları kentsel hava kirliliğinin azaltılması bakımından önemlidir.

Meteoroloji ve UA verilerine ek olarak Arazi Kullanımı/Örtüsü (AKÖ), sayısal yükseklik modelleri, gece ışıkları verisi gibi ek verilerin de KIA etkisinin belirlenmesinde kullanılan çalışmalar mevcuttur (Aslan, 2016; Ghobadi vd., 2018; Türkyılmaz, 2021).

Literatürde YYS'nı etkileyen parametrelerden artan bina yoğunluğunun, yüksek YYS değeriyle pozitif ilişkili olduğunu bulan birçok çalışma bulunmaktadır (Estoque vd., 2017; Guo vd., 2016; Li vd., 2011; Pal ve Ziaul, 2017). Bunun yanı sıra Zheng vd. (2019) Çin'in başkenti Pekin'de yaptıkları çalışmada ise, bina yüksekliğinin artmasının bina taban alanını azalttığı ve yeşil alan için daha fazla yer kalmasından dolayı YYS'yi azalttığını bulmuşlardır. Bu durumda kentsel alanlardaki YYS artışını yalnızca bina yoğunluğu parametresiyle açıklamak yeterli değildir. Özellikle farklı kentsel dokuları barından kentlerde bina sayısı ve yüksekliğine ek olarak yapı nizamları, bina bahçeleri, sokak geometrisi, bina ve sokak kaplama malzemelerinin özellikleri, geçirimli ve geçirimsiz yüzey alanların oranları gibi birçok faktör birlikte ele alınmalıdır. Kentsel iklimde, kompaktlığı (yapılaşma yoğunluğunu) karakterize etmek için, hacimsel kompaktlık (bina yüzey alanından bina hacmine), en boy oranı (yükseklikten genişliğe), form faktörü (bina yüzey alanı/bina hacmi), gökyüzü görüş faktörü, en yakın duvara olan mesafe, cadde genişliği, yerleşim alanı, yeşil alanlar, albedo, su yüzeyi, yollar, açık alanlar gibi faktörlerin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Giridharan ve Emmanuel, 2018; Yu vd., 2020). Çilek'in (2022) çalışmasında, kent kanyon geometrilerinin YYS üzerindeki etkisi, Landsat verisi kullanılarak mahalle ölçeğinde incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda derin kanyonlarda doğu-batı yönelimli alanların kuzey-güney yönelimli alanlara göre daha düşük YYS değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Yapılaşmış alanların aksine yeşil alanların ve su kütlelerinin serinletici etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Cheval vd., 2020; He vd., 2019). Geçirimli yüzey alanları olarak tanımlanan yeşil alanlar ile YYS arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda; yeşil alanların alansal olarak küçük ve parçalı olması, üzerinde bulunan ağaçların genç ya da seyrek olması veya ağaç örtüsü bulunmayan yüzeyleri yalnızca çim ile kaplı olan yeşil alanlarda beklenen soğutma etkisi gözlemlenememiştir (Cao vd., 2010; Chang ve Li, 2014; Yang vd., 2017).

YYS'nı etkileyen bir diğer faktör ise antropojenik (insan kaynaklı) ısı üretimidir. Isı üretiminin önemli göstergeleri nüfus yoğunluğu ve enerji tüketimidir (Du vd., 2016). Arazi kullanımı, iklimlendirme ve ısıtıcı kullanımlarının yanı sıra ulaşım, sanayi gibi kentlerdeki enerji tüketen insan aktiviteleri, antropojenik ısı üretiminin artırır ve sonuç olarak YYS artışına neden olurlar (Mansour vd., 2022). Lee vd. (2009) yaptıkları çalışmada, antropojenik ısı yayılımının en fazla kış mevsiminde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kat adedinin artması hane halkının da artması demek olduğu için orta ve yüksek katlı yerleşimlerde nüfus yoğunluğu da artmaktadır. Artan hane halkı, kış aylarındaki ısınma amaçlı enerji tüketimindeki artışa neden olacağından enerji tüketimine bağlı ısı üretiminin artırmaktadır. YYS veya KIA ile nüfus yoğunluğu arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda, antropojenik ısı üretimine bağlı artan KIA etkisi ortaya konmaktadır (Elvidge vd., 1997; Oke, 1973; Xiao vd., 2008). Bonafoni ve Keeratikasikorn (2018), şehir merkezinden uzaklaştıkça kentsel yoğunluğun azaldığı yaklaşımını benimseyerek MODIS verisinin gündüz ve gece YYS verilerini kullanarak yoğunluk ile YYS arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada kamu, ticari ve konut bölgelerinde gündüz YYS değerlerinin antropojenik ısı salınımı nedeniyle daha yüksek olduğu ve gece boyunca azalan ısıtma yoğunluğu nedeniyle daha düşük YYS etkisi gözlemlenmiştir. Ancak çalışma alanı yüksek nüfusa (6,3) ve geniş yüzölçümüne (156900 ha) sahip olmakla birlikte tek merkezli bir kentsel yayılma tipi göstermektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan mesafeye bağlı yoğunluk hesabının farklı türde yayılma gösteren ve farklı yoğunluğa sahip olan kentlerde kullanılması tartışmalıdır. Hindistan'ın iki şehrindeki AKÖ ve YYS değişikliklerinin Landsat verisi kullanılarak araştırıldığı çalışmada sıcaklığın yön profilindeki değişim ile kentin gelişme yönü arasında pozitif ilişki; NDVI ile YYS arasında negatif ilişki bulunmuştur (Mukherjee ve Singh, 2020).

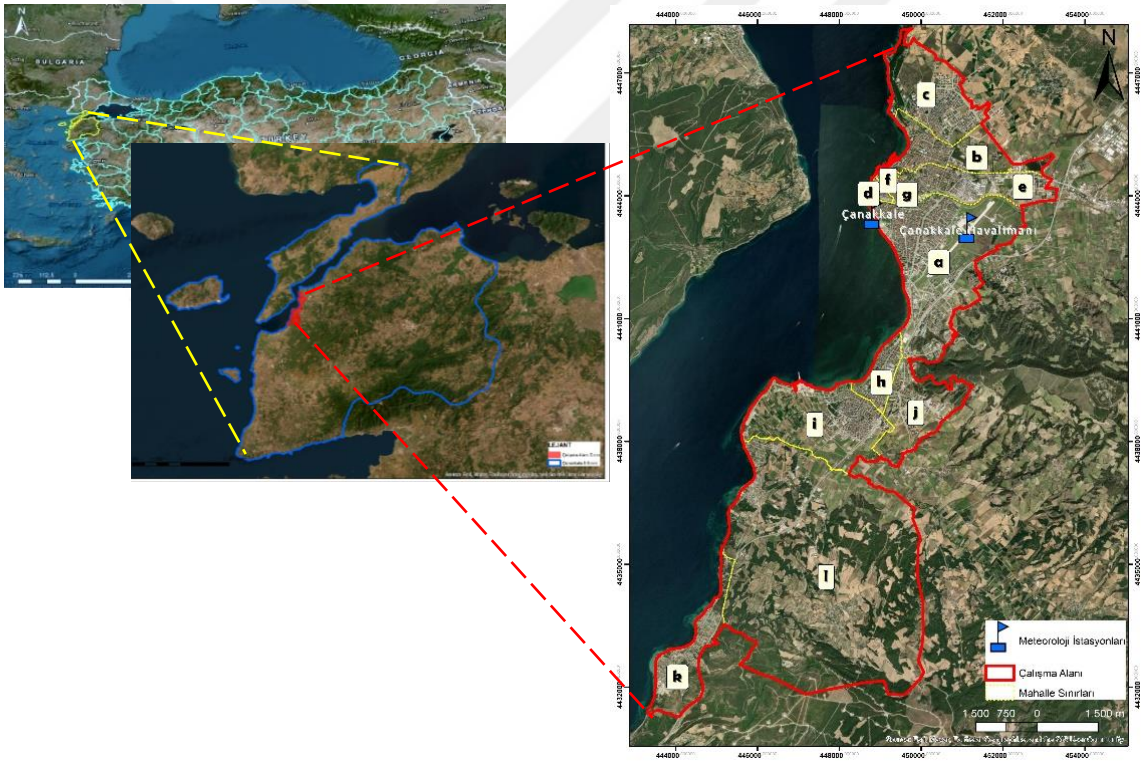
Kentsel alanlardaki sıcaklığın artması, insan etkinlikleri sonucunda kentleşme ve sanayileşmeyle havaya salınımı artan ozon gibi ikincil kirleticiler ile ilişkilidir (Jonsson vd., 2004). Bu bağlamda farklı tipteki kentsel makroform ve kentsel kompaktlığa sahip şehirlerin hava kirliliği açısından incelendiği çalışmalar mevcuttur (Carozzi ve Roth, 2023; Liang ve Gong, 2020; Zhou vd., 2018). Zhou vd. (2018), Çin'in hızla büyüyen kentlerinde yaptıkları çalışmada kentsel genişlemenin hava kirliliğindeki azalmayla ilişkisi olduğu ve mekânsal olarak bağlantısı az olan, parçalanmış şehirlerde daha az hava kirliliği yaşandığını bulmuşlardır. Liang ve Gong (2020) da Çin'deki farklı büyüklükteki ve gelişme düzeyindeki kentler üzerinde yaptıkları çalışmada, mekânsal olarak bağlantılı kentsel alanların daha fazla hava kirliliği yaşadığını bulmuşlardır. Birbiriyle çelişen sonuçlar, hava kirliliğin yalnızca kentsel makraform ve kompaktlıkla açıklanamayacağını göstermektedir. Bu konuda toplu ulaşım sistemlerinin, kentlilerin araç kullanma davranışları eğilimi ve kamu politikalarıyla desteklenen arazi kullanım planları, kentsel hava kirliliğinin azaltılması bakımından önemlidir.

Bu konuda yapılan ve üstte bahsedilen çalışmalarda da görüldüğü üzere kentlerde YYS artışı genellikle tek bir faktör üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Karmaşık bir sisteme sahip kentsel alanlardaki YYS'nın artışı birden çok faktör ele alınarak incelenmelidir. Ulusal ve uluslararası literatürde bu konudaki çalışmalar yeterli sayıda ve ayrıntıda değildir. Bu çalışma kapsamında, artan nüfus ve buna bağlı olarak genişleyen kentsel alanların olumsuz etkileri (bu çalışma için sıcaklık artışı), yapı yoğunluğuyla ilişkili olarak YYS üzerindeki etkisinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Çalışma alanı Çanakkale ili merkez ilçe olarak, çalışmanın zamansal kapsamı ise 2010 yılından günümüze kadar belirlenmiştir. Bu kapsamda, farklı kentsel dokuları ve yapı yoğunluklarını bir arada bulunduran Çanakkale ili merkez ilçesinde YYS ile bina kat adedi, kentsel doku, yeşil alan, nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen yapılaşmış alan ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki ortalama aylık, mevsimlik, 1 (2022), 6 (2018-2023), 10 (2013 Haziran-2023 Haziran) ve 14 (2010-2023) yıllık olarak incelenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

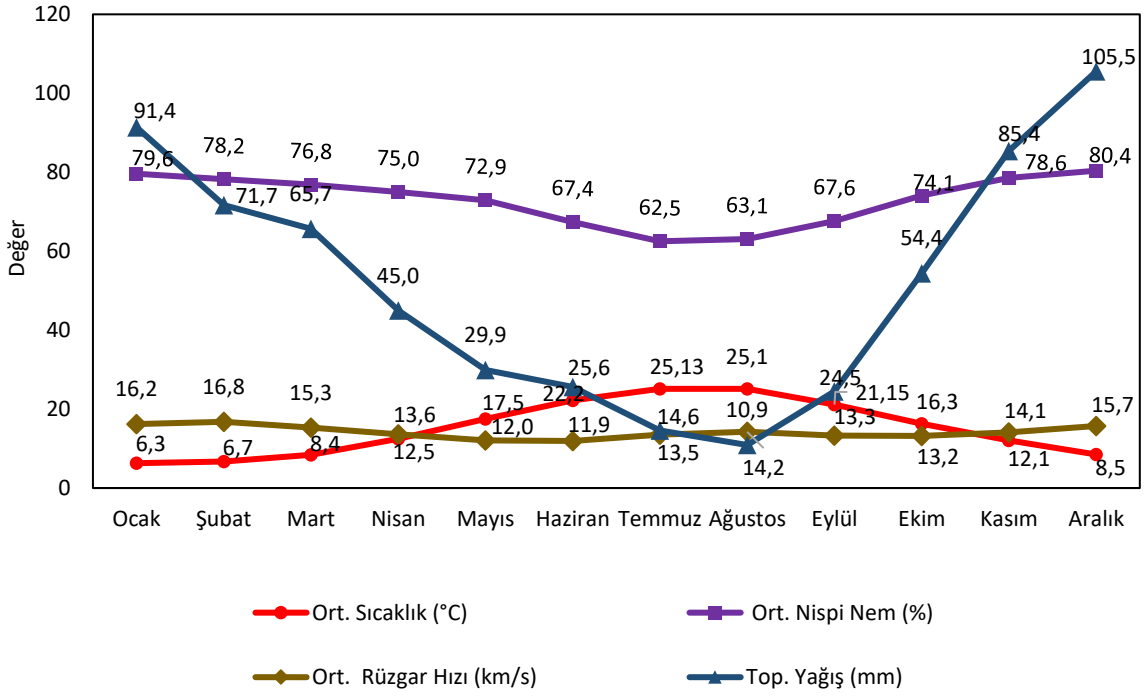
Çalışma alanı, 26°00’36”- 27°56’57” doğu boylamları ve 39°21’19”- 40°50’34” kuzey enlemleri arasında yer alan Çanakkale ilinin merkez mahalleleridir (Şekil 7.). Çalışmada incelenen yerleşim alanları merkez ilçeye bağlı Barbaros (a), Cevatpaşa (b), Esenler (c), Fevzipaşa (d), İsmetpaşa (e) ve Kemalpaşa (f), Namık Kemal (g) olmak üzere 7 mahalle; merkez ilçeye bağlı Kepez Beldesinin Boğazkent (h), Cumhuriyet (i) ve Hamidiye (j) olmak üzere 3 mahalle ve Çanakkale Belediyesi mücavir alan sınırlarında kalan Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köyleridir. Toplam çalışma alanı 5337 hektardır.



Şekil 7. Çalışma alanı

Çanakkale subtropikal Akdeniz iklim kuşağındadır (Altan ve Türkeş, 2015) ve bölgede Akdeniz ve Karadeniz iklimi etkilerinin görüldüğü bir geçiş iklimi olan bölgesel Marmara iklimi yaşanmaktadır. Daha özelde, Köppen iklim sınıflandırmasına göre bakıldığında çalışma alanında, kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi) özelliği gösteren Csa iklim tipi mevcuttur (MGM, 2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Çanakkale ilinin uzun yıllar yıllık sıcaklık ortalaması 15,2 °C’dir. En sıcak

ay ortalama 25,13 °C ile Temmuz ve en düşük ise ortalama 6,3°C ile Ocak ayıdır (Şekil 8.). En yüksek hava sıcaklığı 39,7°C ile Ağustos ve en düşük ise-11,5°C ile Şubat ayında ölçülmüştür. Yıllık ortalama bağıl nem yaklaşık %73 olmakla birlikte yazın ortalama %60 kışın ise %80 civarındadır. Yıllık yağış toplamlarının ortalaması 624,4 mm olup, en çok yağış alan ay ortalama 105,5 mm ile Aralık ve en az yağış alan ay ise 10,9 mm ortalama ile Ağustos ayıdır. İlde don olayı görülen günlerin ortalama sayısı yılda 13,4 olup, en çok don olayı Ocak ve Şubat aylarında görülmektedir. Çanakkale kent merkezi için hâkim rüzgâr yönü en fazla Kuzeydoğu ve sonra Güneybatıdır (MGM, 2023a). Kuzey rüzgarları hava sıcaklığını düşürürken güneyli rüzgarlar yağış getirir (Ilgar, 2010).



Şekil 8. Çanakkale iline ait iklim verileri

3.2 Uzaktan Algılama Verileri

3.2.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı

Bu çalışma kapsamında YYS verisi elde etmek için Landsat arşivi verileri kullanılmıştır. Çalışma alanını bir Landsat görüntüsü/çerçevesi kapsanmaktadır (path/row: 181/032, 182/032). Çalışmada 2010 ve 2023 yılları arasında temin edilmiş 142 adet Landsat 5/7/8 ve 9 Koleksiyon 2 Seviye-2 yüzeyi sıcaklığı görüntüsü, açık kaynaklı Birleşik

Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) veri portalından indirilmiştir (USGS, 2023). Kullanılan görüntülerde çalışma alanı üzerinde bulut ya da sis olmamasına dikkat edilmiştir. 30 m mekânsal çözünürlükte üretilen tüm görüntülere ait atmosferik ve geometrik düzeltmeleri sağlayıcı tarafından yapılmıştır (Tablo 3), (Cook, 2014; Cook vd., 2014; USGS, 2023d). YYS verileri UTM WGS 84 zone 35 projeksiyon sisteminde kullanılmıştır. Kullanılan verilere ait özellikler Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3

Landsat Koleksiyon 2 Seviye-2 Yüzey Sıcaklığı ürün özellikleri

Uydu	Landsat-5	Landsat-7	Landsat-8	Landsat-9
Sensör	Multispectral Scanner (MSS) Thematic Mapper (TM)	Enhanced Thematic Mapper (ETM+)	Operational Land Imager (OLI) Thermal Infrared Sensor (TIRS)	OLI-2, TIRS-2
Bant Sayısı	10	10	10	10
Mekânsal Çözünürlük	30	30	30	30
Koordinat Referans Sistemi	Universal Transverse Mercator (UTM)	UTM	UTM	UTM
Zamansal Çözünürlük	16 günde bir	16 günde bir	16 günde bir	16 günde bir
Zamansal Aralık	1984-2012	1999-günümüz	2013-günümüz	2021-günümüz

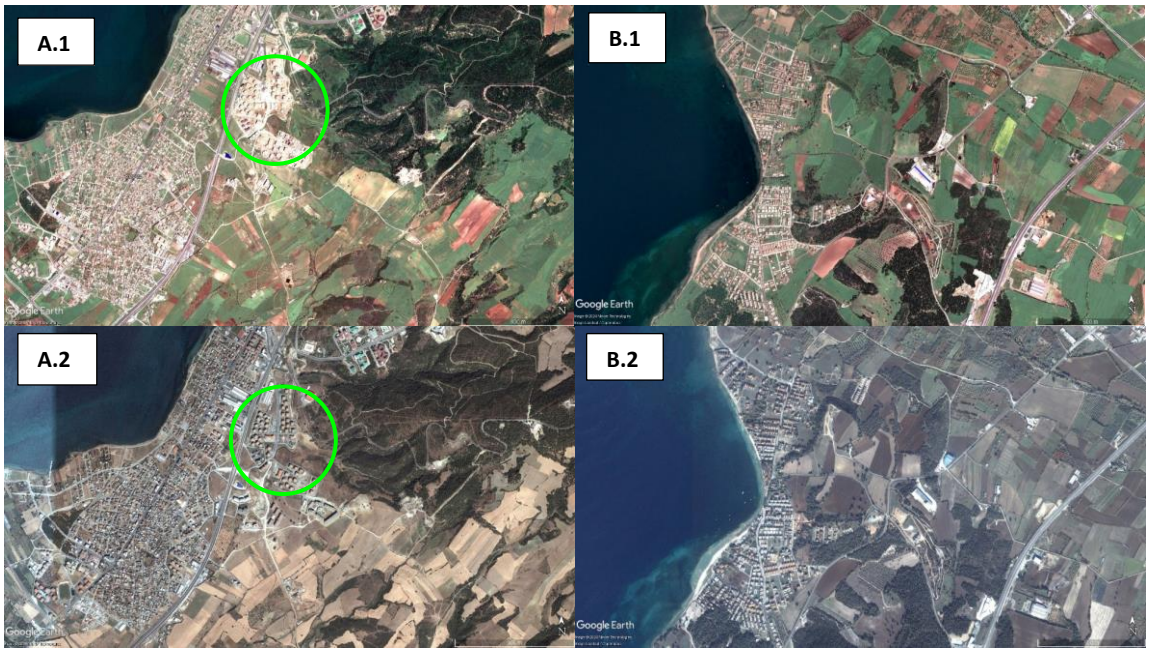
Kaynak: (USGS, 2023d)

Bu çalışmada YYS ile bina kat adedi arasındaki ilişki zamansal olarak 1,6 10 ve 14 yıl için aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama için incelenmiştir. Zaman aralıkların seçilme nedeni aşağıda açıklanmıştır:

- 14 yıllık ortalama aylık, mevsimlik ve yıllık YYS verisi ile ortalaması ile kat adedi arasındaki ilişki 2010-2023 yılları arasında incelenmiştir. Çalışmanın başlangıç zamanı, Çanakkale ilinde konut sektörünün yanı sıra kent içindeki kamu hizmet binalarının kentin çeperine taşınmasıyla kentsel yayılmanın hızlandığı yıl olan 2010 olarak, bitiş yılı ise bütün aylara ait veri olan günümüze en yakın yıl 2023 yılı olarak belirlenmiştir (Çavuş ve Başaran Uysal, 2018).

- 10 yıllık ortalama aylık, mevsimlik ve yıllık YYS verisi ile ortalaması ile kat adedi arasındaki ilişki 2013 Haziran ve 2023 Haziran ayları arasında incelenmiştir. Bu tarihin başlıca seçilme nedeni aynı özelliklere sahip uydu verileri (Landsat 8 ve 9) ile hesaplanan YYS ile farklı özelliklere sahip Landsat 5-7-8 ve 9 uydu verileriyle hesaplanan YYS arasındaki farkın gözlenmek istenmesidir. Bunun yanında 2010 yılında başlayan

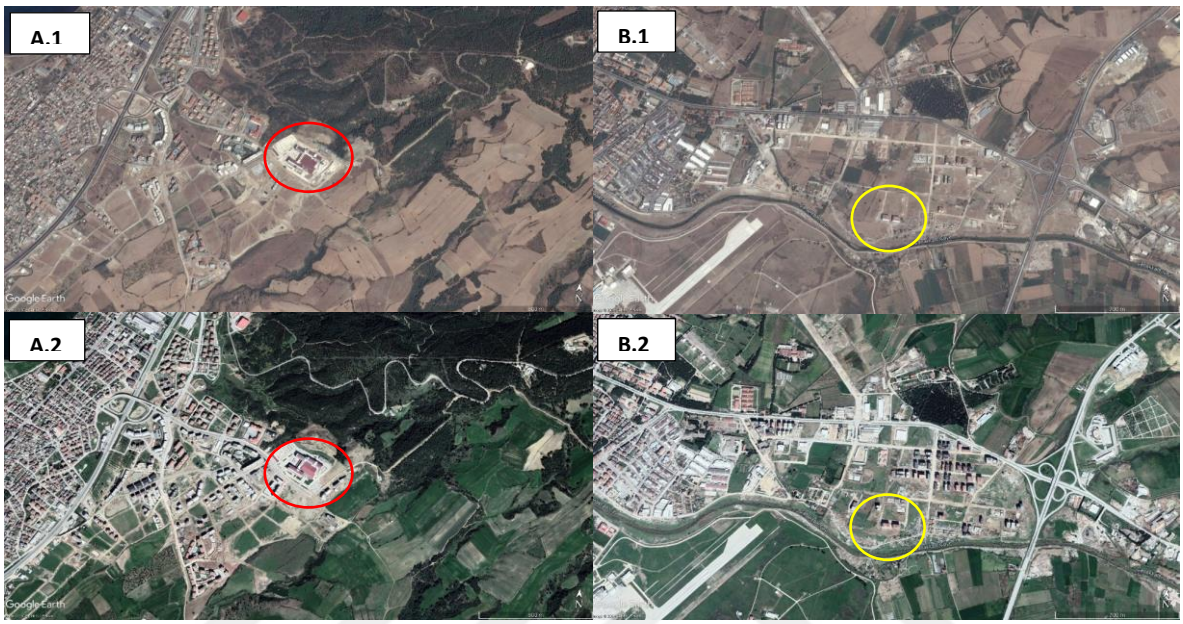
yapılaşmanın YYS üzerindeki etkisini düzenli aralıklarla incelemek adına 10 yıllık ortalama veriler hesaplanmıştır. Bu yapılaşmaya ilk örnek; Hamidiye mahallesinde (j) Şekil 9A.1'de yeşil çember ile gösterilen TOKİ binaları 2009 yılında inşa edilmiştir. 2013 yılına gelindiğinde Şekil 9A.2'de de görüldüğü üzere TOKİ binaları çevresinde yeni yapılaşmalar başlamıştır. Diğer bir örnek ise Çınarlı mahallesinde (l) bulunan bir kıyı yerleşimi olan Dardanos'ta yaşanan değişimdir. Şekil 9B.1 2010 yılına, Şekil 9B.2 ise 2013 yılına aittir. Görseller incelendiğinde, yapılaşmış alanın sınırlarının genişlemediği görülse de mevcut yerleşim alanları arasındaki boş alanlardaki yapılaşmanın arttığı görülmektedir.



Şekil 9. Hamidiye mahallesi (j) TOKİ alanı 2009 (A.1) ve 2013 (A.2) görünümü, Çınarlı mahallesi (l) kıyı yerleşiminin 2010 (B.1) ve 2023 (B.2) görünümü

- 6 yıllık YYS değerleri, 2018 yılından 2023 yılına kadar olan veriler kullanılarak üretilmiştir. 2018 yılı çalışma alanındaki yapılaşmanın değiştiği, kırılma noktası denilebilecek yıllardan biridir. 2017 yılında Hamidiye (j) mahallesine açılan devlet hastanesi sonrası mahalledeki yapılaşma önemli ölçüde artmıştır. Şekil 9A.1'de 2016 yılında kırmızı çember ile gösterilen hastane binası inşa edilmiş ancak; kullanıma 2017 yılında açılmıştır. Şekil 9A.2 aynı alanın 2018 yılına ait, yapılaşmanın belirgin bir şekilde artığını gösteren uydu görüntüsüdür. 2016 ve 2018 yıllarına ait Şekil 10B.1 ve 10B.2'de İsmetpaşa (e) mahallesinde yaşanan değişim gösterilmiştir. Tekzen Bölgesi olarak da

adlandırılan yerleşim alanında 5-9 kat adedine sahip site tipi yapılaşmalar başlamıştır. Sarı çember ile gösterilen alandaki erkek öğrenci yurdu 2016'da inşa edilmiştir (Şekil 10B.1). 2018 yılına gelindiğinde (Şekil 10B.2) alandaki yapılaşmanın artışı dikkate değerdir.



Şekil 10. Hamidiye mahallesine (j) devlet hastanesi yapıldığı 2016 yılı (A.1) ve sonrası 2018 yılı (A.2) görünümü, İsmetpaşa (e) mahallesi 2016 (B.1) ve 2018 yılı (B.2) görünümü

- Aylık YYS haritasının üretilmesi için bir ayda bir görüntü kullanılmıştır. Ancak bazı aylarda bulutluluk ve karlılık gibi sorunlar nedeniyle kullanıma uygun görüntü bulunamamıştır (Tablo 4). Bu nedenle, her ay için 1 görüntü, 1 yıl için 12 görüntünün kullanıldığı 1 yıllık verilerin oluşturulmasında, tüm aylar için görüntülerin bulunduğu, günümüze 2023'ten sonra en yakın tarih olan 2022 yılı verileri kullanılmıştır.

Çalışma alanına ait YYS değerleri aylık olarak hesaplanmış ve aylara ait verilerin ortalamaları alınarak aylık, mevsimlik ve yıllık YYS değerleri elde edilmiştir. Çalışmada incelenen ve kullanılan uydu görüntülerine ait bilgiler Tablo 4'te verilmiştir:

Tablo 4

Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait bilgiler

No	Yıllar	Aylar	Tarih	Yol/Sıra	No	Yıllar	Aylar	Tarih	Yol/Sıra
1	2010	Ocak	Karlı		85	2017	Ocak	28.01.2017	182/032
2	2010	Şubat	19.02.2010	181/032	86	2017	Şubat	22.02.2017	181/032
3	2010	Mart	23.03.2010	181/032	87	2017	Mart	1.03.2017	182/032
4	2010	Nisan	1.05.2010	182/032	88	2017	Nisan	11.04.2017	181/032
5	2010	Mayıs	26.05.2010	181/032	89	2017	Mayıs	20.05.2017	182/032
6	2010	Haziran	11.06.2010	181/032	90	2017	Haziran	14.06.2017	181/032
7	2010	Temmuz	13.07.2010	181/032	91	2017	Temmuz	23.07.2017	182/032
8	2010	Ağustos	21.08.2010	181/032	92	2017	Ağustos	24.08.2017	182/032
9	2010	Eylül	12.09.2010	181/032	93	2017	Eylül	18.09.2017	181/032
10	2010	Ekim	Bulutlu		94	2017	Ekim	20.10.2017	181/032
11	2010	Kasım	Bulutlu		95	2017	Kasım	5.11.2017	181/032
12	2010	Aralık	Bulutlu		96	2017	Aralık	Bulutlu	
13	2011	Ocak	Bulutlu		97	2018	Ocak	31.01.2018	182/032
14	2011	Şubat	6.02.2011	181/032	98	2018	Şubat	Bulutlu	
15	2011	Mart	26.03.2011	181/032	99	2018	Mart	4.03.2018	182/032
16	2011	Nisan	Bulutlu		100	2018	Nisan	14.04.2018	181/032
17	2011	Mayıs	29.05.2011	181/032	101	2018	Mayıs	Bulutlu	
18	2011	Haziran	21.06.2011	182/032	102	2018	Haziran	8.06.2018	182/032
19	2011	Temmuz	16.07.2011	181/032	103	2018	Temmuz	3.07.2018	181/032
20	2011	Ağustos	17.08.2011	181/032	104	2018	Ağustos	27.08.2018	182/032
21	2011	Eylül	18.09.2011	181/032	105	2018	Eylül	12.09.2018	182/032
22	2011	Ekim	4.10.2011	181/032	106	2018	Ekim	7.10.2018	181/032
23	2011	Kasım	5.11.2011	181/032	107	2018	Kasım	Bulutlu	
24	2011	Aralık	Bulutlu		108	2018	Aralık	26.12.2018	181/032
25	2012	Ocak	23.01.2012	182/032	109	2019	Ocak	18.01.2019	182/032
26	2012	Şubat	Bulutlu	181/032	110	2019	Şubat	19.02.2019	182/032
27	2012	Mart	20.03.2012	182/032	111	2019	Mart	23.03.2019	182/032
28	2012	Nisan	28.04.2012	181/032	112	2019	Nisan	17.04.2019	181/032
29	2012	Mayıs	7.05.2012	181/032	113	2019	Mayıs	19.05.2019	181/032
30	2012	Haziran	8.06.2012	181/032	114	2019	Haziran	27.06.2019	182/032
31	2012	Temmuz	10.07.2012	182/032	115	2019	Temmuz	22.07.2019	181/032
32	2012	Ağustos	18.08.2012	182/032	116	2019	Ağustos	23.08.2019	181/032
33	2012	Eylül	28.09.2012	181/032	117	2019	Eylül	8.09.2019	181/032
34	2012	Ekim	14.10.2012	181/032	118	2019	Ekim	26.10.2019	181/032
35	2012	Kasım	Bulutlu		119	2019	Kasım	11.02.2019	182/032
36	2012	Aralık	Bulutlu		120	2019	Aralık	Bulutlu	
37	2013	Ocak	Bulutlu		121	2020	Ocak	14.01.2020	181/032
38	2013	Şubat	Bulutlu		122	2020	Şubat	Bulutlu	
39	2013	Mart	23.03.2013	181/032	123	2020	Mart	18.03.2020	181/032
40	2013	Nisan	24.04.2013	181/032	124	2020	Nisan	19.04.2020	181/032
41	2013	Mayıs	18.05.2013	181/032	125	2020	Mayıs	21.05.2020	181/032
42	2013	Haziran	19.06.2013	181/032	126	2020	Haziran	29.06.2020	182/032
43	2013	Temmuz	21.07.2013	181/032	127	2020	Temmuz	24.07.2020	181/032
44	2013	Ağustos	13.08.2013	182/032	128	2020	Ağustos	25.08.2020	181/032
45	2013	Eylül	14.09.2013	182/032	129	2020	Eylül	10.09.2020	181/032
46	2013	Ekim	25.10.2013	181/032	130	2020	Ekim	12.10.2020	181/032
47	2013	Kasım	10.11.2013	181/032	131	2020	Kasım	Bulutlu	
48	2013	Aralık	Bulutlu		132	2020	Aralık	31.12.2020	181/032
49	2014	Ocak	13.01.2014	181/032	133	2021	Ocak	Bulutlu	
50	2014	Şubat	Bulutlu		134	2021	Şubat	17.02.2021	181/032
51	2014	Mart	18.03.2014	181/032	135	2021	Mart	5.03.2021	181/032
52	2014	Nisan	3.04.2014	181/032	136	2021	Nisan	2.04.2021	181/032

Tablo 4'ün Devamı

53	2014	Mayıs	21.05.2014	181/032	137	2021	Mayıs	24.05.2021	181/032
54	2014	Haziran	13.06.2014	182/032	138	2021	Haziran	9.06.2021	181/032
55	2014	Temmuz	8.07.2014	181/032	139	2021	Temmuz	27.07.2021	181/032
56	2014	Ağustos	25.08.2014	181/032	140	2021	Ağustos	12.08.2021	181/032
57	2014	Eylül	10.09.2014	181/032	141	2021	Eylül	29.09.2021	181/032
58	2014	Ekim	19.10.2014	182/032	142	2021	Ekim	22.10.2021	182/032
59	2014	Kasım	4.11.2014	182/032	143	2021	Kasım	7.11.2021	182/032
60	2014	Aralık	22.12.2014	182/032	144	2021	Aralık	10.12.2021	181/032
61	2015	Ocak	23.01.2015	182/032	145	2022	Ocak	19.01.2022	181/032
62	2015	Şubat	Bulutlu		146	2022	Şubat	4.02.2022	181/032
63	2015	Mart	Bulutlu		147	2022	Mart	24.03.2022	181/032
64	2015	Nisan	13.04.2015	182/032	148	2022	Nisan	9.04.2022	181/032
65	2015	Mayıs	15.05.2015	182/032	149	2022	Mayıs	11.05.2022	181/032
66	2015	Haziran	16.06.2015	182/032	150	2022	Haziran	3.06.2022	181/032
67	2015	Temmuz	11.07.2015	181/032	151	2022	Temmuz	14.07.2022	181/032
68	2015	Ağustos	12.08.2015	181/032	152	2022	Ağustos	15.08.2022	181/032
69	2015	Eylül	20.09.2015	182/032	153	2022	Eylül	16.09.2022	181/032
70	2015	Ekim	15.10.2015	181/032	154	2022	Ekim	10.10.2022	181/032
71	2015	Kasım	Bulutlu		155	2022	Kasım	11.11.2022	181/032
72	2015	Aralık	25.12.2015	182/032	156	2022	Aralık	21.12.2022	181/032
73	2016	Ocak	19.01.2016	181/032	157	2023	Ocak	Bulutlu	
74	2016	Şubat	27.02.2016	182/032	158	2023	Şubat	23.02.2023	181/032
75	2016	Mart	7.03.2016	181/032	159	2023	Mart	27.03.2023	181/032
76	2016	Nisan	15.04.2016	182/032	160	2023	Nisan	20.04.2023	181/032
77	2016	Mayıs	10.05.2016	181/032	161	2023	Mayıs	13.05.2023	182/032
78	2016	Haziran	11.06.2016	181/032	162	2023	Haziran	7.06.2023	181/032
79	2016	Temmuz	13.07.2016	181/032	163	2023	Temmuz	25.07.2023	181/032
80	2016	Ağustos	30.08.2016	181/032	164	2023	Ağustos	2.08.2023	181/032
81	2016	Eylül	15.09.2016	181/032	165	2023	Eylül	3.09.2023	181/032
82	2016	Ekim	1.10.2016	181/032	166	2023	Ekim	21.10.2023	181/032
83	2016	Kasım	18.11.2016	181/032	167	2023	Kasım	14.11.2023	181/032
84	2016	Aralık	20.12.2016	181/032	168	2023	Aralık	24.12.2023	181/032

3.2.2 Kentsel Doku

Kentsel dokunun belirlenmesinde Çevresel Bilgileri Koordinasyonu (CORINE) projesi kapsamında üretilmiş olan Çanakkale Merkez ilçesine ait kent atlası verisi kullanılmıştır (CORINE, 2023). Kent atlası verisi, nüfusu 100000'den fala olan kentler için, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla işlenerek oluşturulmaktadır. Bu veri, CORINE arazi kullanım verisinden 100 kat daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Kent atlası berileri yapay yüzeylerde %85, diğer bölgeler %80 doğruluğunda üretilmiştir (Ekinci, 2017). Kent atlası verilerinde insan etkisi altında bulunan tarım dışı bölgeler yapay yüzeyler olarak tanımlanmaktadır yani binalar, yollar, altyapıların tüm yapıları, yapay olarak kapatılmış ve asfaltlanmış alanlar bu sınıfa girmektedir (Ekinci, 2017). Yapay yüzey sınıfının alt sınıfı olan şehir dokuları, inşa edilen alanlar, bunlarla ilgili bahçeler, parklar, ekili alanlar altyapı gibi alanları kapsamaktadır. Bu veriye göre kentsel alanlar sürekli kentsel doku, süreksiz kentsel doku, süreksiz orta

yoğunluk kentsel doku, süreksiz düşük yoğunluk kentsel doku ve süreksiz çok düşük yoğunluk kentsel doku ve izole suni yapılar olmak üzere 6 gruba ayrılmaktadır. Bu gruplandırma yalnızca binaların tipine değil (müstakil ev veya apartman bloğu) aynı zamanda toprak geçirimsizlik derecelerine göre yapılır (Özmekik vd., 2022). Tablo 5'te kentsel doku sınıflarının niteliği ve açıklaması verilmiştir.

Tablo 5

Kentsel doku sınıfları ve özellikleri

Kent Atlası Kodu ve Kentsel Doku Sınıfı	**Niteliği**	**Açıklama**
11100-Sürekli Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi> 80%	Binalar, yollar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %80 üzerinde olan alanlar
11210-Süreksiz Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 50-80%	Binalar, yollar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %50-80 arasında olan alanlar
11220-Süreksiz Orta Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 30-50%	Binalar, yollar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %30-50 arasında olan alanlar
11230-Süreksiz Düşük Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 10-30%	Binalar, yollar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %10-30 arasında olan alanlar
11240Süreksiz Çok Düşük Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi <10 %	Binalar, yollar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %10 altında olan alanlar
11300-İzole Yapılar	İzole Suni Yapılar	Konut yapısını taşıyan küçük bireysel çiftlik evleri ile izole suni yapılar

3.2.3 Yeşil Alan

Çalışma alanındaki yeşil alanlar 2022 yılının her ayı için Landsat arşivinin multispektral bantlarından kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarının oranlanmasıyla elde edilen NDVI ile belirlenmiştir. Ek olarak kentsel yeşil alanlar CORINE kent atlası verisinden elde edilmiştir. Kent atlası verisinde kentsel yeşil alanların sınıflandırılmasında, konut alanlarındaki özel bahçeler, mezarlıklar, kaleler veya müzelerde bulunan parklar ve tarım alanlarında doğal bitki örtüsü bulunan ya da yeşil kentsel alan olarak kullanılmayan alanlar dahil edilmemiştir (Ekinci, 2017).

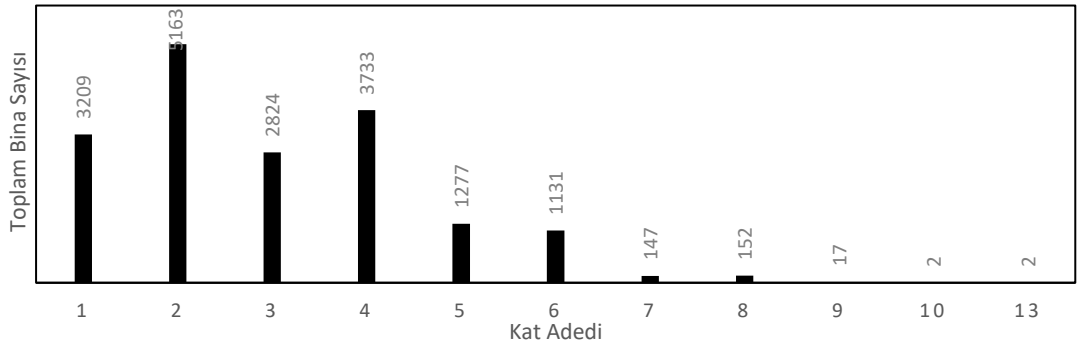
3.3 Meteorolojik Veriler

Üretilen YYS verilerinin hava sıcaklığı ile ilişkisinin incelenmesi amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan Çanakkale'ye ait meteoroloji verileri kullanılmıştır (Şekil.5). Kat adetleriyle sıcaklıklar arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla ortalama yıllık hava sıcaklıkları, kat adedi ile mevsimsel ve yıllık YYS ilişkisinin incelenmesi için uzun yıllar ortalama hava sıcaklığı verileri kullanılmıştır. YYS verisinin elde edildiği uydu görüntülerinin kullanılabilirliğinin tespiti, görüntünün alındığı günün hava sıcaklığı verisi, MGM'den alınan eş zamanlı günlük ortalama hava sıcaklığı verisi ile sağlanmıştır. Ayrıca KIA yorumlamasında bağıl nem ve rüzgâr hızı/yönü verileri kullanılmıştır.

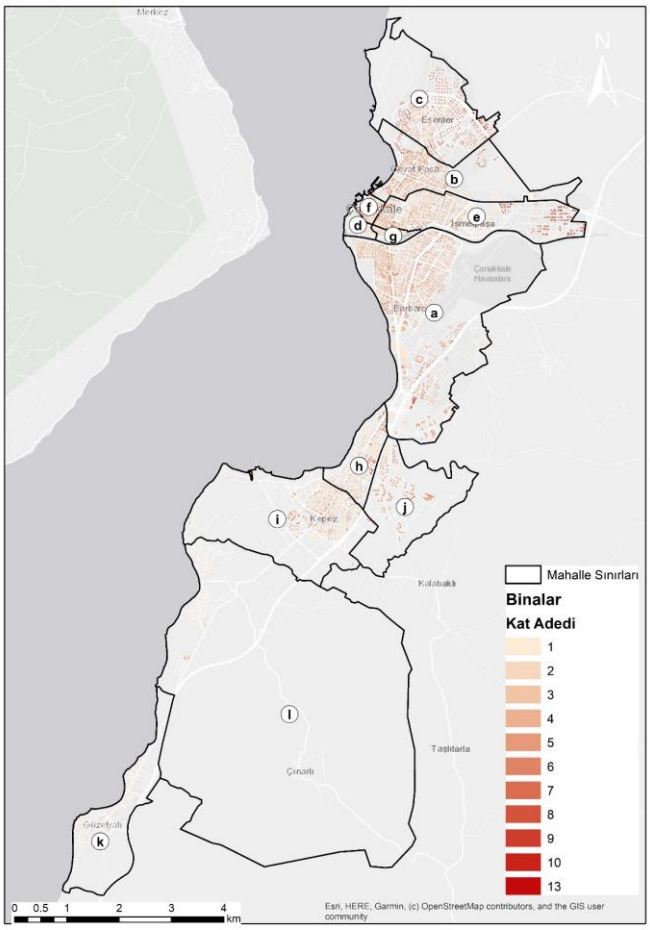
3.4 Kat Adetleri Verisi

YYS ile ilişkisi incelenen kat adetleri bilgisi, Çanakkale ve Kepez Belediyelerine ait 1/1000 ölçekli hâlihazır haritalardan elde edilmiştir. Kat adedi bilgileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarında öznitelik bilgisi olarak elde edilmiş ve kontrol edilmiştir. Halihazır haritalarından elde edilen kat adetleri verisinde eksik ve eski olan veriler Google Earth sokak görünümü ve Tapu Kadastro Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama uygulaması üzerinden kontrol edilerek güncellenmiştir. Buna göre çalışma alanında toplam 17657 adet bina bulunmaktadır (Şekil 11.). Kat adetleri 1 ila 13 arasında değişmektedir (Şekil 12.). Bu çalışma kapsamında 1-3 katlı binalar düşük, 4-6 katlı binalar orta, 7-9 katlı binalar yüksek, 10-13 katlı binalar çok yüksek katlı olarak tanımlanmıştır. Alanda en fazla (%29) 2 katlı binalar, en az (%1) 10 ve 13 katlı binalar bulunmaktadır. Çalışma alanında 1 ve 2 katlı binalar genel olarak Güzelyalı (k), Çınarlı (l) mahalleleriyle Kepez beldesinin kıyı yerleşiminde ve en eski yerleşim dokusunun görüldüğü Cumhuriyet (i) mahallelerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 11.). 2 katlı binalar en fazla çalışma alanının güneyinde bulunan Çınarlı ve Güzelyalı kıyı yerleşimlerinde yer almaktadırlar. Turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bu yerleşimlerde kat adedi sınırlaması 2 kat olarak belirlenmiştir. Bu yerleşimlerde hâkim yapı tipolojisi bahçeli, dubleks ve villa tipi betonarme binalardır. Tüm alandaki 1 katlı binalar toplam binaların %18'ini oluşturmaktadır. Alandaki binaların genel kullanım niteliği meskendir. 1 katlı binalarda mesken amaçlı kullanım diğerlerine oranla daha az olmakla birlikte genel olarak sanayi, depo, ticaret ve sosyal tesis gibi kullanım niteliklerine sahiptir. Alandaki diğer kat adedi türleri ise yoğun olarak mesken kullanım niteliğindedir ancak yapı

tipolojileri değişiklik göstermektedir. Sanayi, stadyum, AVM gibi farklı fonksiyonlara sahip binalar da genel olarak düşük katlıdır. 5-6 katlı binalar ana caddeler çevresinde yoğunlaşırken, ana caddeler arasındaki sokaklarda 3-4 katlı binalar bulunmaktadır. Esenler (c) mahallesindeki site tipi binalar genelde 6-8 katlı, İsmetpaşa (e) mahallesindeki siteler 7-9 katlı ve Hamidiye mahallesindeki (j) siteler 5-7 katlıdır.



Şekil 11. Toplam bina sayısına göre bina kat adetlerinin gruplandırılması

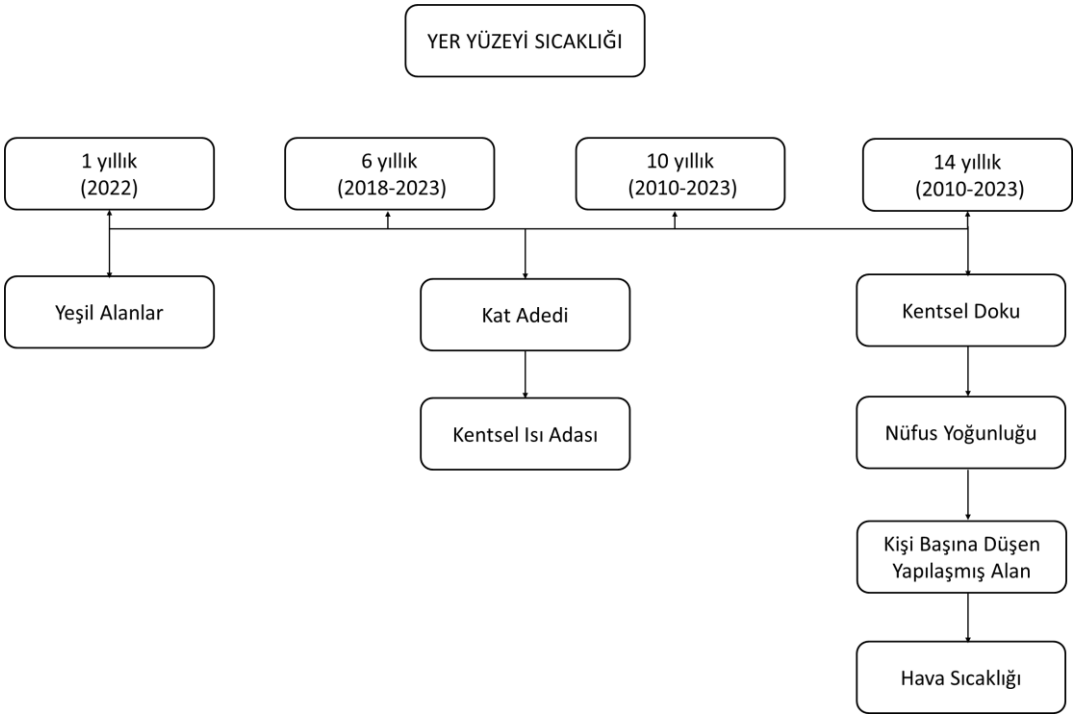


Şekil 12. Alandaki yapılar ve kat adetleri

3.5 Yöntem

Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzey alanlarının (yapılar, yollar, çatılar, otoparklar vs.) artması ve soğutma etkisine sahip su yüzeyi ve yeşil alanların azalması yüzey ve hissedilen sıcaklığı artırmaktadır. Bu çalışmada yapı yoğunluğu ile yer yüzeyi sıcaklığı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmaktadır (Şekil 13.). Bu bağlamda, çalışmada incelenen altı önemli konu şu şekilde sıralanabilir;

1) Kat adedi ile YYS arasındaki ilişkinin aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelenmesi,
2) Kat adedi ile KIA arasındaki ilişkinin incelenmesi,
3) Kentsel doku ile YYS arasındaki ilişkinin incelenmesi,
4) Yeşil alan ile YYS arasındaki ilişkinin incelenmesi,
5) Nüfus yoğunluğu ve kişi başına düşen yapılaşmış alan ile YYS arasındaki ilişkinin incelenmesi,
6) Hava sıcaklığı ile YYS arasındaki ilişkinin incelenmesidir.



Şekil 13. Çalışmada incelenen ilişkiler

3.5.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı Belirlenmesi

Çalışma alanının YYS değerlerini belirlemek için Landsat arşivinin Koleksiyon-2 Seviye-2 verileri kullanılmıştır. "Seviye-2 yüzey sıcaklığı ürünü, Landsat Koleksiyon 2 Seviye-1 termal kızılötesi bantlarından, Atmosfer Üstü (TOA) yansımasından, TOA parlaklık sıcaklığından, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Global Emissivity Database (GED) verilerinden, ASTER NDVI verileri, 1982 – 1999 yılları için: Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Versiyon 2 (MERRA-2) ve 2000'den günümüze: Goddard Earth Observing System (GEOS) Modeli Versiyon 5, Forward Processing Instrument Teams (FP-IT)'ten elde edilen potansiyel yükseklik, özgül nem ve hava sıcaklığının atmosferik profilleri, verilerinden oluşturulmaktadır" (USGS, 2023d). Landsat seviye-2 yüzey sıcaklığı ürünleri Rochester Teknoloji Enstitüsü Haziran 2017 versiyonu sürüm 1.3.0 algoritması kullanılarak türetilmektedir (Landsat C2 U.S. ARD, 2023). YYS hesabı için geliştirilen Tek Pencere, Radyatif Transfer, Artis ve Carnahan, Tek Kanal gibi farklı denklemler bulunmaktadır (Artis ve Carnahan, 1892; Jiménez-Muñoz ve Sobrino, 2003; Qin vd., 2001). Landsat Koleksiyon-2 Yüzey Sıcaklığı hesaplamasında, Jimenez-Munoz ve Sobrino'nun (2003) geliştirdiği, tek bir termal bant kullanılarak YYS hesaplanmasına olanak veren Tek kanal Denklemi kullanılmaktadır. (Denklem 1), (Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003).

$$Ts=\gamma[(\psi1\backslash timesLsen) +\psi2) /\varepsilon+\psi3] +\delta \quad (3.1)$$

Dünya yüzeyinin Kelvin cinsinden sıcaklığı olarak tanımlanan Landsat Koleksiyon 2 Seviye-2 yüzey sıcaklığı verileri, yerel ölçeklendirme aralığında (1- 65.535 (0, veri yok)) veri sunmaktadır. "Landsat Koleksiyon 2 yüzey sıcaklığı, 0,00341802 ölçek faktörüne ve piksel başına 149,0 ek kaymaya sahiptir" (USGS, 2023c). Yüzey sıcaklık değerlerine ulaşmak için Denklem 2 kullanılarak piksel değerleri Kelvin'e dönüştürülmektedir (USGS, 2023b).

$$YYSK= (\text{“}PikselDe\breve{g}eri\text{”} *0.00341802+149) \quad (3.2)$$

Burada "Piksel Değeri"; Landsat 5 ve 7 için 6. bandı (ST_B6), Landsat 8 ve 9 için 10. bandı (ST_B10), "0.00341802"; ölçüm faktörünü, "149" ise ek kayma değerini ifade etmektedir. Bu işlemlerden sonra piksel değerlerinden, Kelvin cinsinden yüzey sıcaklığı

verileri elde edilmektedir. Elde edilen Kelvin cinsinden yüzey sıcaklığı değerlerini santigrat derece (°C) birimine dönüştürmek için Denklem 3.3 kullanılmıştır.

$$YYS = YYSK - 273.15 \tag{3.3}$$

Çalışma alanındaki 14 yıla ait bütün görüntülerin YYS değerleri hesaplanmıştır. Ancak bazı aylardaki görüntü eksikliğinden dolayı aylık YYS değerlerinin elde edilmesi için 14 yıla ait her ayın YYS değerlerinin hücre bazında ortalaması alınmış ve aylık ortalama YYS değerlerine ulaşılmıştır. Aylık ortalama YYS değerlerinden mevsimlik ve yıllık değerler üretilmiştir. YYS verilerinin doğruluklarının analizinde meteorolojik ölçüm cihazları ile elde edilen hava sıcaklığı verileri kullanılır (Özelkan vd., 2014; Özelkan vd., 2015; Xian, 2008).

3.5.2 Kat Adedinin Belirlenmesi

YYS ile ilişkisi incelenecek olan kat adetleri bilgisi Çanakkale ve Kepez Belediyelerine ait 1/1000 ölçekli hâlihazır haritalardan elde edilmiştir. Kat adedi bilgileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarında öznitelik bilgisi olarak elde edilmiş ve kontrol edilmiştir. Halihazır haritalarından elde edilen kat adetleri verisinde eksik ve eski olan veriler Google Earth sokak görünümü ve Tapu Kadastro Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama uygulaması üzerinden kontrol edilerek güncellenmiştir (Google Earth, 2023; Parsel Sorgulama, 2024).

Kat adetleri ve YYS arasındaki ilişkiyi belirlemede kullanılacak YYS değerleri için tüm bina sayısı ve toplam bina sayısının %10'u olan 176 nokta binaların üstüne gelecek şekilde atılmıştır. 176 nokta atılırken noktaların alanda homojen dağılmasına ve kullanım niteliği mesken olan binalara denk gelmesine dikkat edilmiştir. Atılan noktaların üstüne geldiği binalara ait kat adedi bilgileri ve YYS değerleri noktalara öznitelik bilgisi olarak eklenmiştir. Kat adedi ve YYS arasındaki ilişkiyi incelemek üzere noktaların ait değerler tablo halinde dışarı aktarılmıştır.

Çalışmada kat adedi ve YYS arasındaki ilişkinin belirlenmesi için r (Pearson korelasyon) katsayısı ve istatistiksel olarak tutarlılığın belirlenmesi için ANOVA'nın Anlamlılık F (AF) değerleri kullanılmıştır (Ezekiel, 1930; Gogtay ve Thatte, 2017; Kul,

2014). ANOVA'nın (Varyans Analizi) anlamlılık olasılığı olan Anlamlılık F (AF) değerleri %95 güvenirlik düzeyinde hesaplanmıştır.

3.5.3 Kentsel Isı Adasının Belirlenmesi

Çalışma alanındaki KIA etkisinin belirlenmesi için geçirimsiz ve doğal yüzeyler arasındaki radyasyon sıcaklığı farkını temsil eden YKIA kullanılacaktır. YKIA, çalışma alanı ve amacına yönelik olarak birden çok yöntemle hesaplanabilir. Bu yöntemlerden bazıları; geçirimsiz yüzey alanları ile doğal alanların farkı, yapay alanlar ile su, tarım ve yeşil alanların farkı, kentsel alanla ile kırsal alan farkının hesaplanmasıdır. Bu çalışmada şehir sınırları içindeki geçirimsiz yüzey alanları ve doğal alanların YYS değerlerini karşılaştırmaya olanak veren Denklem 3.4 kullanılmıştır (Dousset ve Gourmelon 2003; Gallo vd., 1993; Roth vd., 1989; Tomlinson vd., 2011; Zhou vd., 2010).

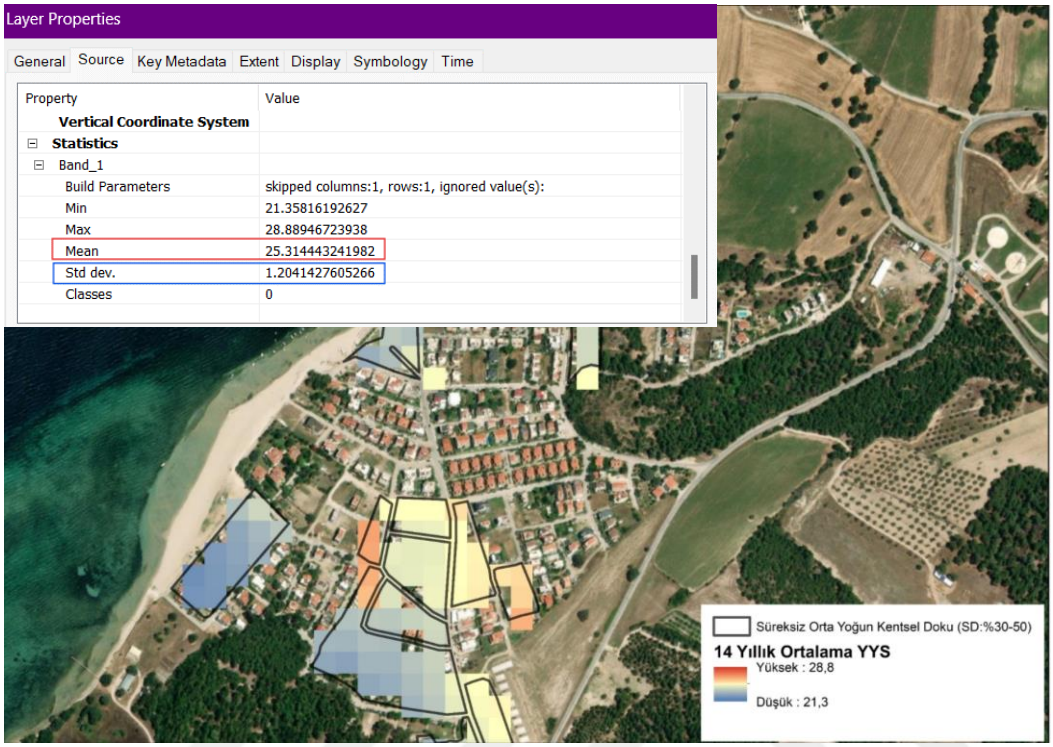
KIA=Geçirimsiz yüzeylerin ortalama YYS-Doğal alanların ortalama YYS (3.4)

3.5.4 Kentsel Doku Sınıflarına Ait Ortalama ve Standart Sapma YYS verisinin Elde Edilmesi

Kentsel dokunun belirlenmesinde CORINE projesi kapsamında üretilmiş olan Çanakkale Merkez ilçesine ait kent atlası verisi kullanılmıştır (CORINE, 2023). 6 adet kentsel doku sınıfiile 14 yıllık ortalama YYS ve 14 yıllık ortalama mevsimlik YYS arasındaki ilişki korelasyon analiziyle incelenmiştir. Bunun için öncelikle kent atlası verisinden 6 adet kentsel doku sınıfı alansal olarak (polygon) elde edilmiştir. Kent atlası sınıflarına ait alansal veriler kullanılarak hücresel bazdaki (raster) YYS verisi kesilmiştir (raster clip), (Şekil 14.). Böylelikle her bir kentsel doku sınıfının temas ettiği alandaki YYS değerleri elde edilmiştir. Kentsel doku sınıfına göre kesilmiş YYS verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri kaydedilmiştir. Kentsel doku sınıfları arasındaki sıcaklık farkı ortalama YYS değerleri ile incelenmiştir. Her bir kentsel doku sınıfının kendi içindeki değişiminin ortaya konması için de kentsel doku sınıflarına ait alanlar içinde kalan YYS değerlerinin standart sapması incelenmiştir.

Kentsel doku sınıfları ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için kentsel doku sınıflarının sızdırmazlık derecelerinin ortalaması alınmıştır. Her bir sınıfa ait ortalama değerler ve örnek olarak 14 yıllık ortalama ve kış mevsimine ait YYS değerleri Tablo 6'da

verilmiştir. İlişkilerin belirlenmesi için sızdırmazlık derecelerinin ortalaması ile ortalama YYS arasındaki korelasyon hesaplanmıştır.



Şekil 14. Kentsel doku sınıflarına ait ortalama ve standart sapma YYS değerlerinin elde edilmesi

Tablo 6

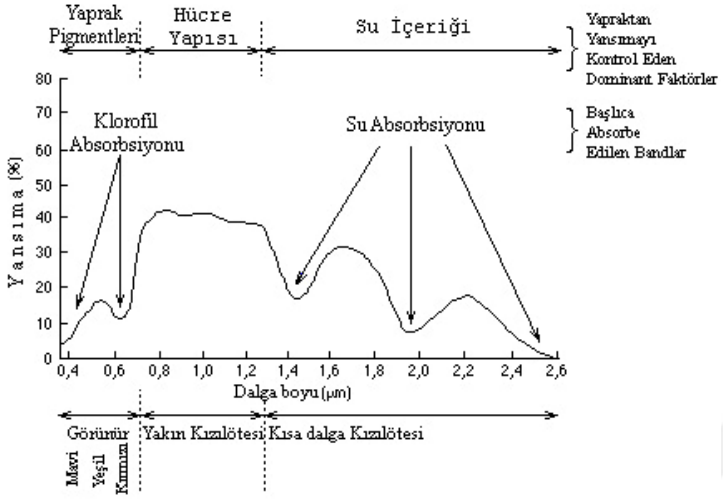
Kentsel doku sınıflarına ait ortalama ve standart sapma YYS'nın elde edilmesi

		14 Yıllık		Kış Mevsimi	
Niteliği	S. Ortalaması	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Sızdırmazlık Derecesi> 80%	90	26,85	0,72	12,16	0,58
Sızdırmazlık Derecesi 50-80%	65	26,19	1,01	11,76	0,7
Sızdırmazlık Derecesi 30-50%	40	25,31	1,2	11,44	0,63
Sızdırmazlık Derecesi 10-30%	20	25,31	1,25	11,19	0,6
Sızdırmazlık Derecesi <10 %	5	25,37	1,35	11,52	0,63
İzole Suni Yapılar	0	25,24	1,24	11,53	0,97
Korelasyon		0,91	-0,93	0,78	-0,49

3.5.5 Yeşil Alanların Belirlenmesi

Bu çalışmada yeşil alanlar 2022 yılının her ayı için Landsat uydu görüntülerinin multispektral bantlarından kırmızı ve yakın kızılötesi bantları kullanılarak hesaplanan NDVI ile belirlenmiştir. Sağlıklı bir bitkinin spektral yansıması incelendiğinde klorofil içerdiğinden dolayı kırmızı dalga boyunda emilme, fotosentez için kullanılan güneş ışığını yaprağın fizyolojik yapısına bağlı olarak yakın kızılötesi dalga boyunda yansıma görülür

(Şekil 15.) (Myneni vd., 1995). Bitkinin spektral yansımasındaki bu değişimler, bitki örtüsünün sağlığını izlemeye ve meydana gelen vejetasyon değişikliklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Kasischke ve French, 1995; Pettorelli vd., 2005; Running, 1990).



Şekil 15. Sağlıklı bir bitkinin spektral yansıması

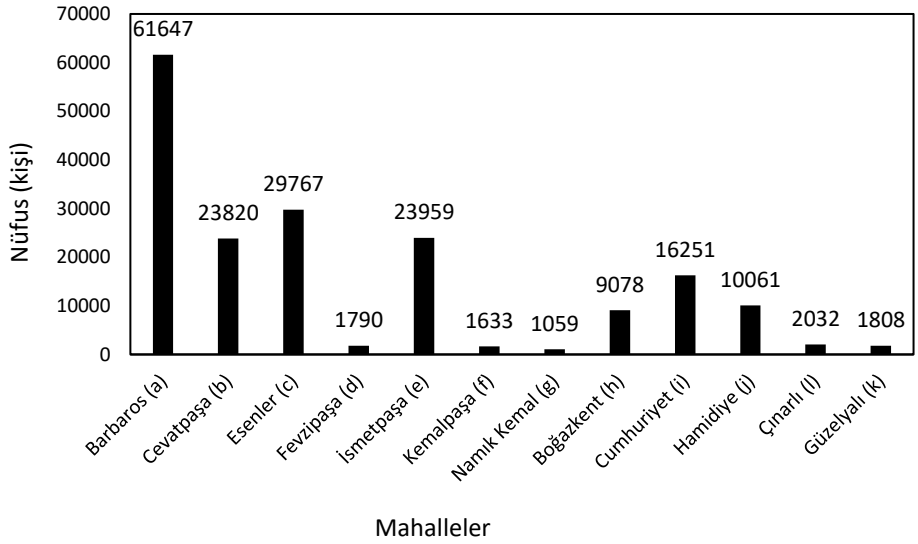
Kaynak: (Bitkisel İndis, 2024)

NDVI uydu görüntülerinin multispektral bantlarından kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarının oranlanmasıyla elde edilir (Denklem 3.5). NDVI indeksi -1 ile +1 arasında değerler alır. NDVI değerlerinde kullanılan standart eşik aralıkları bulunmamaktadır. Ancak genel bir fikir verecek belirli eşik aralıkları çalışmalar neticesinde ortaya konulmuştur (Bhandari vd., 2012; Hashim vd., 2019; Pu vd., 2008). Örneğin negatif değerler su kütlelerini, 0 ve 0'a yakın değerler bulutları, karlı alanları, 0-0,2 arası değerler çıplak toprakları, kent alanları gibi geçirimsiz yüzey alanların bulunduğu yerleri, 0,3-0,6 arası değerler çalı ve fundalıkları, 0,6 ve üzeri değerler yoğun bitki örtüsü bulunan orman alanlarını temsil etmektedir (Gandhi vd., 2015).

$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kızılötesi - Kırmızı}}{\text{Yakın Kızılötesi + Kırmızı}} \quad (3.5)$$

3.5.6 Nüfus Yoğunluğunun ve Kişi Başına Düşen Yapılaşmış Alanın Belirlenmesi

Nüfus yoğunluğu, konut alanlarında birim alana düşen kişi sayısının hesaplanmasıyla elde edilir. Bu çalışmada nüfus yoğunluğu, her mahalleye ait nüfusun o mahallendeki toplam konut alanlarına bölünmesiyle elde edilmiştir (kişi/hektar). Mahallelere ait nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumundan elde edilmiştir (TÜİK, 2024), (Şekil 16.).



Şekil 16. Mahalle nüfusları

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Yapı yoğunluğun artması kişi başına düşen yapılaşmış alanın azalmasına neden olmaktadır. Ülkemizde kullanılan yapı yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden KAKS, bir parsel veya yapı adasına toplam kaç metrekare inşaat yapılabileceğini, TAKS ise bu alanın ne kadarının yapı ile kaplanabileceğini ifade etmektedir. Bu ölçütler ile şekillenen kentsel alanlardaki yapılaşmış alanların niceliği ve niteliği YYS'nı etkilemektedir. Bu nedenle bu çalışmada nüfus yoğunluğuyla birim alana düşen kişi sayısının belirlenmesinin ardından kişi başına düşen yapılaşmış alanın belirlenmiştir. Kişi başına düşen yapılaşmış alan, bina taban alanları toplamının bina kat adetleri ile çalışma alanının ortalama hane halkı büyüklüğünün (2.55) çarpımına bölünmesiyle belirlenmiştir.

3.5.7 Hava Sıcaklığı ile YYS Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

YYS verilerinin hava sıcaklığı ile ilişkisinin incelenmesi amacıyla, 14 yıllık aylık ortalama hava sıcaklığı ile 14 yıllık aylık ortalama YYS tarihleri arasındaki ilişki korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Buna ek olarak uydu görüntülerinin çekildiği tarih ile o güne (eş zamanlı) ait günlük ortalama hava sıcaklığı arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bu çalışmada uzun yıllar (2010-2023) YYS değerleri hesaplanmıştır. Uzun yıllar verilerinin kullanılmasının amacı YYS verilerinden bir iklim verisi çıkarmaktır (Özelkan vd., 2014; Özelkan vd., 2015). Bu da şehirleşmeyi etkileyen faktörlerin şehir iklimi üzerindeki etkisinin hissedilen hava sıcaklığıyla ilişkilendirilmesine olanak sağlamaktadır.

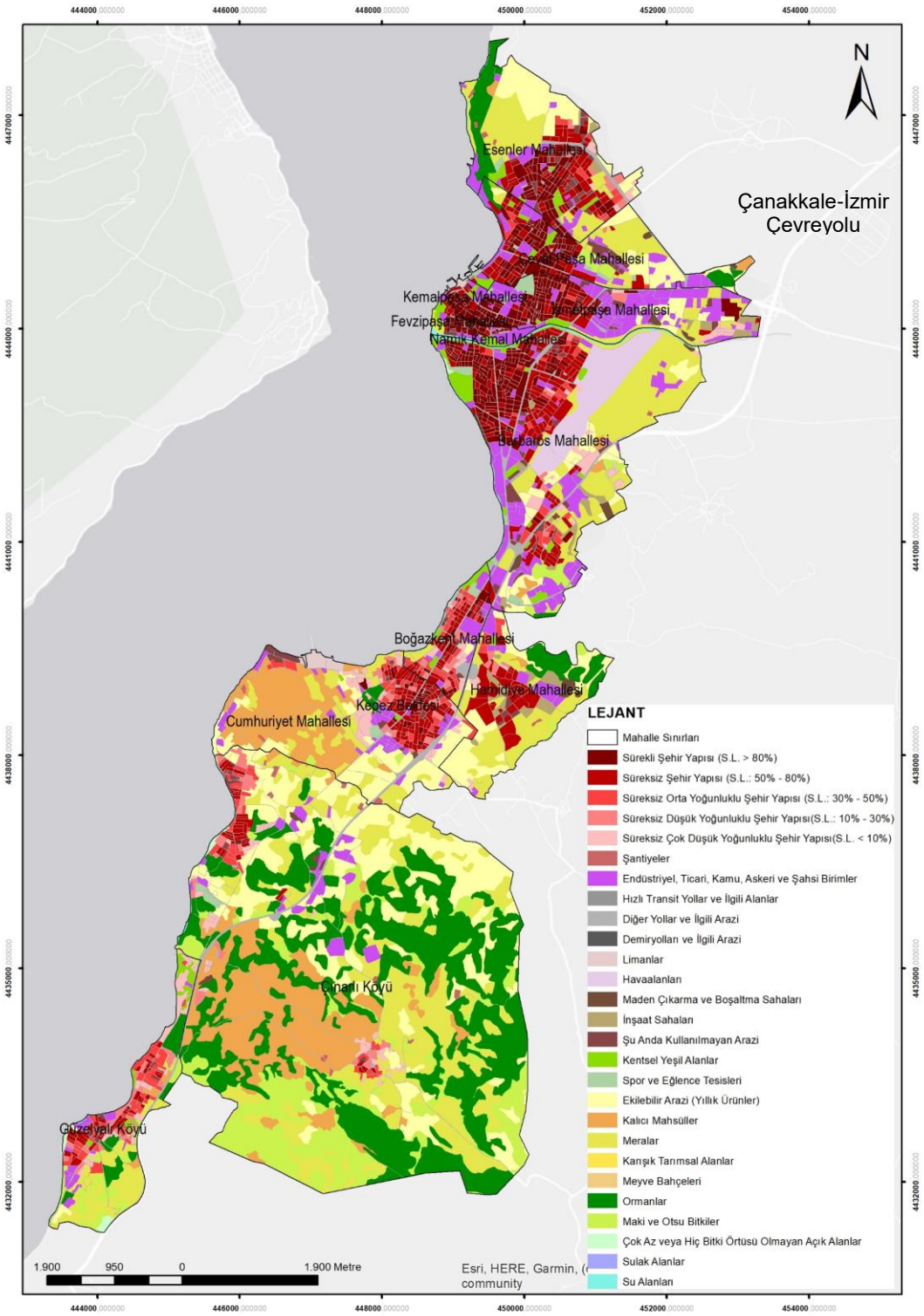
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Kat Adedi ile YYS Arasındaki İlişki

Bu çalışmada, artan nüfus ve buna bağlı olarak genişleyen ve yoğunluğu artan kentsel alanların olumsuz etkileri (bu çalışma için sıcaklık artışı) tartışılacaktır. Bu kapsamda, yapı yoğunluğuyla ile YYS arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu ilişkinin belirlenmesinde ilk olarak yapı yoğunluğunu belirleyen faktörlerden bina kat adetleri ile YYS arasındaki ilişki incelenecektir. İlişkilerin yıl içerisindeki değişimini tespit etmek amacıyla aylık, mevsimlik ve yıllık olmak üzere 3 adet veri seti belirlenmiştir. Bunun yanında üçüncü bölümde "3.2.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı" adlı alt başlıkta anlatılan sebeplerden dolayı ilişkiler 1, 6, 10 ve 14 yıllık olmak üzere 4 farklı zamansal çözünürlük altında incelenmiştir. Örneğin 1 yıllık ilişkilerin incelenmesinde aylık ilişkilerde her ay için 1, her mevsim için 3 ve 1 yıl için 10 görüntü kullanılırken, 10 yıllık ilişkilerin incelenmesinde her ay için 10, her mevsim için 30 ve 10 yıl için 120 görüntü kullanılmıştır. Hava koşullarından dolayı (bulut ve kar gibi) bazı aylarda uygun görüntü bulunamamıştır (Tablo 4.). Bu nedenle bazı veri setlerinin oluşturulmasında daha az görüntü kullanılmıştır. Mesela 14 yıllık verinin oluşturulmasında 168 görüntü kullanılması gerekirken 142 adet görüntü kullanılmıştır. Bu kapsamda tezin devamında, bütün binalara ait kat adetleri ile YYS arasındaki ilişki aylık, mevsimlik ve yıllık ilişkiler 1, 6, 10 ve 14 yıllık YYS verileri kullanılarak incelenecektir. Ayrıca yıllık ilişkilerin incelenmesinde bütün binalara ait kat adetlerinin yanında mesken tipi kullanım niteliğine sahip bina kat adetleri ile YYS arasındaki ilişki belirlenecektir. Son olarak 1 yıllık YYS verileri kullanılarak kat adediyle KIA arasındaki ilişki belirlenecektir.

Şekil 17'de Çanakkale merkez ilçesine ait arazi kullanım haritası verilmiştir. Buna göre, yerleşim alanlarının kuzey-güney doğrultusunda kıyı boyunca ve Sarıçay etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Çanakkale kent merkezi mahallelerinde yüksek yoğunluklu yerleşim görülürken, Kepez beldesinde orta yoğunluklu yerleşimler, Güzelyalı ve Çınarlı köylerinde ise düşük yoğunluklu yerleşimler görülmektedir. Yerleşimin üst kısmında doğuya doğru gittikçe yani Çanakkale-İzmir çevre yoluna yaklaştıkça sanayi alanları artmaktadır. Barbaros (a) mahallesinin doğusunda bulunan havaalanı, doğuya doğru kentsel yayılmayı sınırlandırmaktadır. Kepez Beldesinde yerleşim yine kıyı boyunca paralel olarak yayılmaktadır; ancak Hamidiye (j) mahallesinin kurulmasıyla yerleşim doğuya doğru

yayılmaya başlamıştır. Tezin devamında, çalışma alanının yerleşim özelliklerine bağlı olarak YYS ile yapı yoğunluğu ilişkisi tartışılacaktır.



Şekil 17. Çanakkale arazi kullanım haritası

Kaynak: (CORINE, 2023)

4.1.1 Aylık Ortalama YYS ile Kat Adedi Arasındaki İlişki

Aylık ortalama YYS değerleri, günümüze en yakın tam görüntüye sahip olan 2022 yılı için tek yıl, yapılaşmış alanın günümüz sınırlarına yaklaştığı 2018 yılından günümüze 6 yıl, yapılaşmanın yayılmaya başladığı 2013 yılından günümüze 10 yıl ve yapılaşmanın hızlandığı 2010 yılından günümüze 14 yıla ait aylık YYS değerlerinin hücre bazında ortalaması alınarak üretilmiştir (Şekil 20., 21., 22.). Hesaplanan aylık YYS verileri ile alanda bulunan bütün binalara ait kat adetleri arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiştir. Tablo 7'de kat adedi ile farklı zamansal çözünürlüğe sahip (1, 6, 10, 14) aylık ortalama YYS değerleri arasındaki en yüksek ilişki yeşil renk ile gösterilmiştir.

Tablo 7

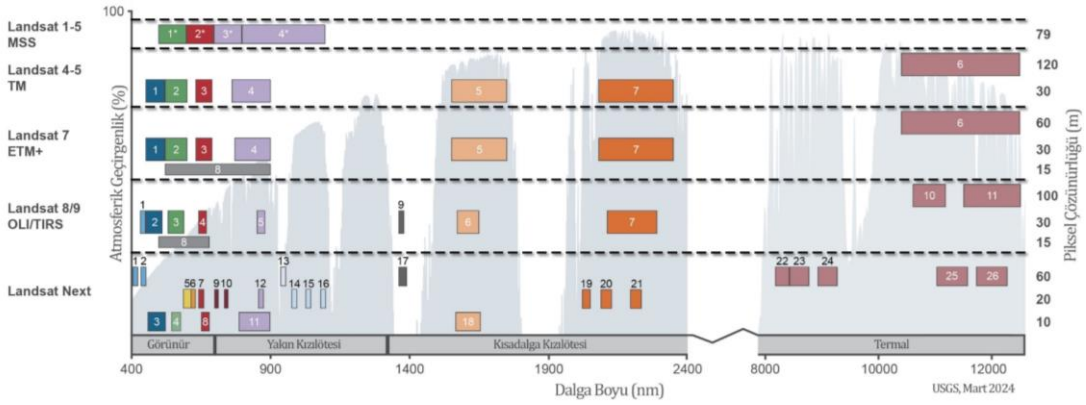
1, 6, 10 ve 14 yıllık aylık ortalama YYS ile kat adedi ilişkisini (r katsayısı)

	1 Yıllık	6 Yıllık	10 Yıllık	14 Yıllık
Ocak	0,04	0,18	0,16	0,18
Şubat	-0,02	0,1	0,14	0,145
Mart	0,13	0,14	0,19	0,18
Nisan	0,11	0,217	0,216	0,19
Mayıs	0,12	0,19	0,2	0,18
Haziran	0,2	0,17	0,23	0,22
Temmuz	0,16	0,18	0,199	0,2
Ağustos	0,16	0,18	0,19	0,18
Eylül	0,16	0,214	0,219	0,217
Ekim	0,07	0,12	0,16	0,15
Kasım	-0,01	-0,1	0,06	0,07
Aralık	-0,07	0,04	0,07	0,07

Buna göre tüm aylar için en düşük ilişki tek bir yıla (2022) ait verilerin kullanıldığı 1 yıllık verilerde bulunmuştur. Bu durum kat adedi ile YYS arasındaki ilişkilerin incelenmesinde tek bir görüntünün bütün ayı temsil etmediğini ve anlamlı sonuç vermediğini göstermektedir. Bu ilişkilerin incelenmesinde zamansal çözünürlüğü düşük uydu görüntüleri kullanıldığında (Landsat gibi) daha anlamlı sonuçlar elde etmek için uzun yıllar ortalama YYS'nı kullanmak mantıklı bir yaklaşım olacaktır. 1 yıllık aylık ortalama YYS ve kat adedi arasındaki ilişki, zamansal çözünürlüğü yüksek olan (MODIS gibi), bir ayda çok sayıda görüntü elde edilebilen uydu görüntüleriyle incelenmesi daha uygundur.

Kat adedi ile YYS arasındaki en yüksek ilişki 10 yıllık ortalamanın alındığı YYS verisi ile bulunmuştur. 14 yıllık ortalama YYS verilerinde, 10 yıllık verilere göre düşük ilişki bulunmuştur. 2010 yılı ile 2013 yılında alandaki yapılaşma dikkate değer ölçüde artmıştır.

Bu doğrultuda zamansal çözünürlüğün arttığı 14 yıllık verilerde ilişkilerin daha yüksek olması beklenmektedir. Fakat, 10 yıllık haritaların üretilmesinde aynı özelliklere sahip 2013 yılında hizmete başlayan Landsat 8 ve 2022 yılında hizmete başlayan Landsat 9 uydusuna ait veriler kullanılmıştır. Bunun yanında, 14 yıllık haritalar için 2012 yılında kayıp şerit hatasına sahip Landsat 7 verileri kullanılmış ve bu hata GIS programlarına entegre düzeltme araçları kullanılarak giderilmiştir. Ek olarak 2010-2011 yılları için ise Landsat 5 verileri kullanılmıştır. Şekil 18'de görüldüğü üzere Landsat 5 ve 7 uydularında tek bir termal bant bulunmaktadır ve aynı dalga boyundaki sensörlere sahiptir ancak; Landsat 8 ve 9'da iki adet termal bant bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında 10. Banda ait veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda, 14 yıllık haritaların üretilmesinde 4 farklı sensöre ait veriler, 10 yıllık haritaların üretilmesinde aynı özelliğe sahip 2 sensöre ait veriler kullanılmıştır. Bu nedenle tek bir uyduya ait veriler kullanılarak üretilen YYS haritalarının, 3 farklı uyduya ait veriler kullanılarak üretilen YYS haritalarından daha tutarlı olması beklenebilir.

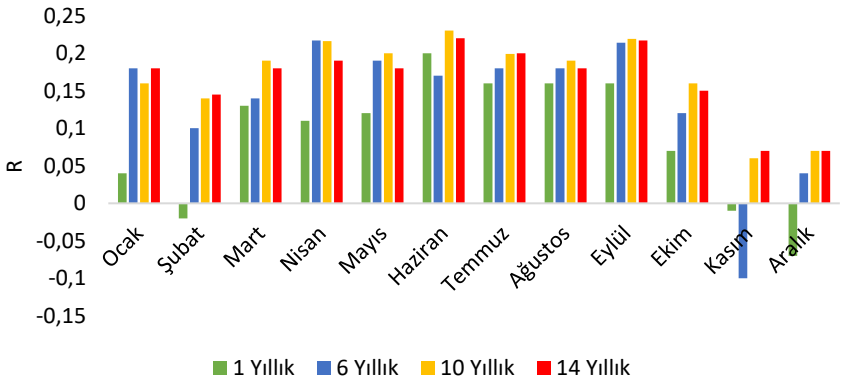


Şekil 18. Landsat uydularının spektral bantlarının karşılaştırılması

Kaynak: (Landsat-9, 2024)

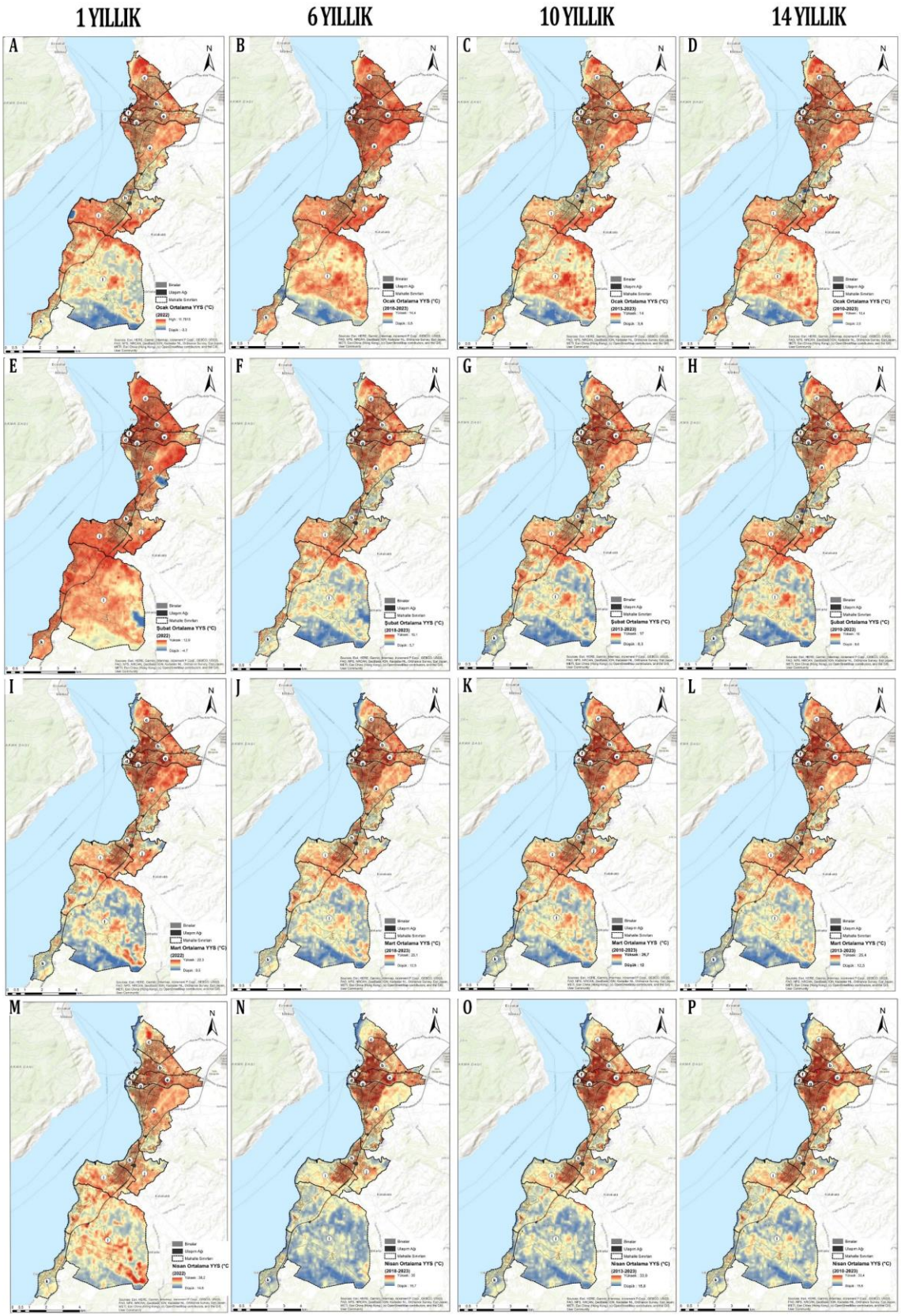
Kat adedi ile aylık ortalama YYS arasındaki en yüksek ilişkiler Haziran (0,23) ve Eylül (0,21) aylarında bulunmuştur (Şekil 19.). YKIA'nın en fazla yaz aylarında etkili olduğu bilindiğinden bu bulgular literatür ile tutarlıdır. Son 14 yılın en yüksek sıcaklık ortalamasına sahip olan Ağustos ayında 0.18 r değeri ile düşük pozitif ilişki tespit edilmiştir; ancak yine de 0.005 AF değeri yani %99,5 ile kat adetleri ve YYS değerleri arasında yüksek düzeyde istatistiksel anlam olduğu bulunmuştur. YYS ile kat adetleri arasındaki korelasyon analizinde en düşük değer Kasım (-0,01) ve Aralık (-0,07) aylarında bulunmuştur. Bu aylardaki AF değeri %95 yani 0,05 olarak belirlenen güven aralığının dışında %94 olarak bulunarak düşük düzey istatistiksel anlam ifade eden aylar olarak belirlenmiştir. Çalışmada

elde edilen sonuçlar, Guo ve arkadaşlarının (2016), bina yüksekliği ile YYS arasındaki ilişkinin mevsimsel farklılıkların atmosferik sınır tabakasını değiştirmesinden dolayı Temmuz'dan Kasım'a (Temmuz (r)= 0,36 6 Ekim (r)= 0,29, 22 Ekim (r)= 0,21, Kasım (r)= 0,05) doğru giderek düştüğünü buldukları çalışmalarının sonuçlarıyla tutarlıdır.

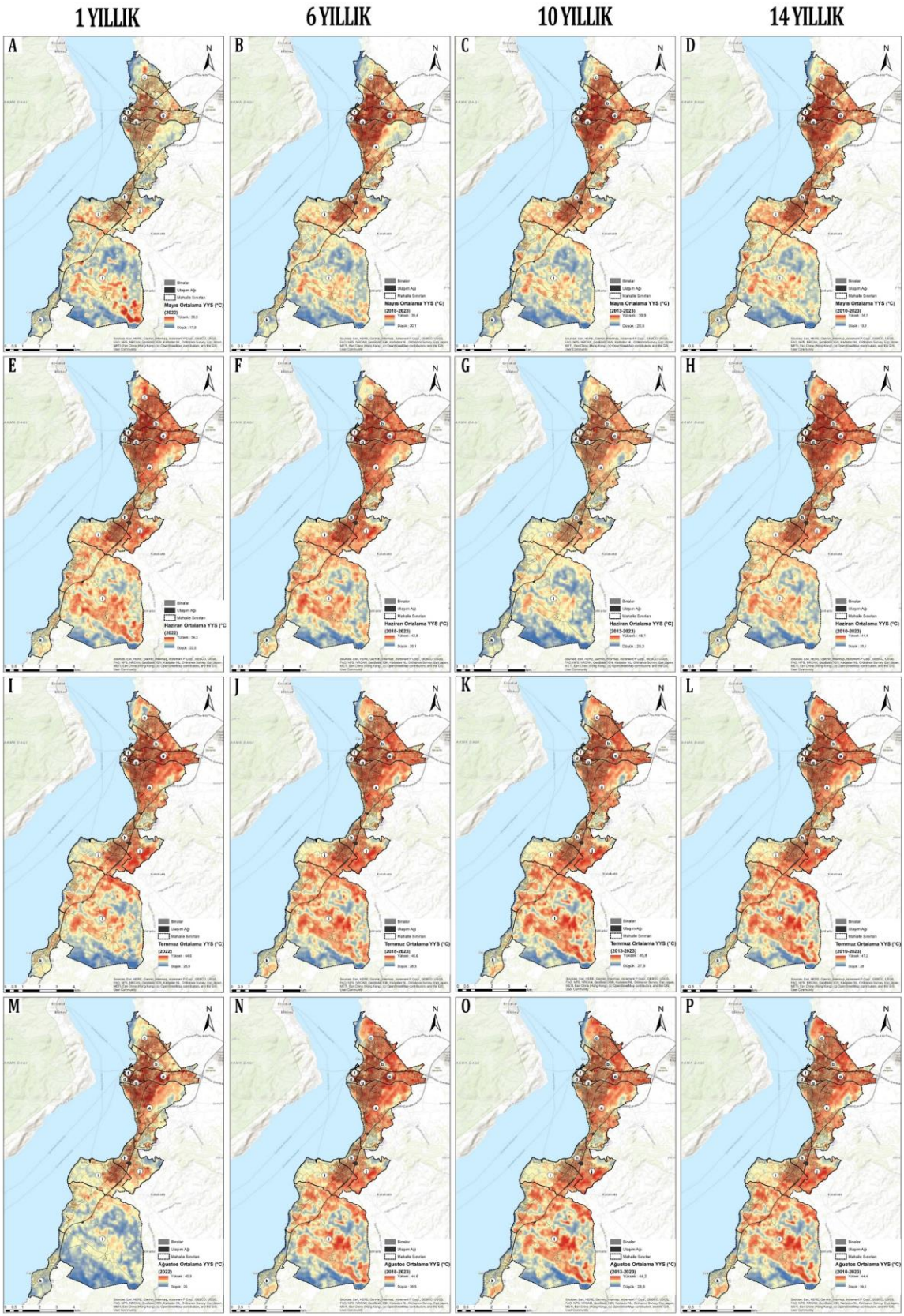


Şekil 19. Aylık ortalama YYS ile kat adedi ilişkisi

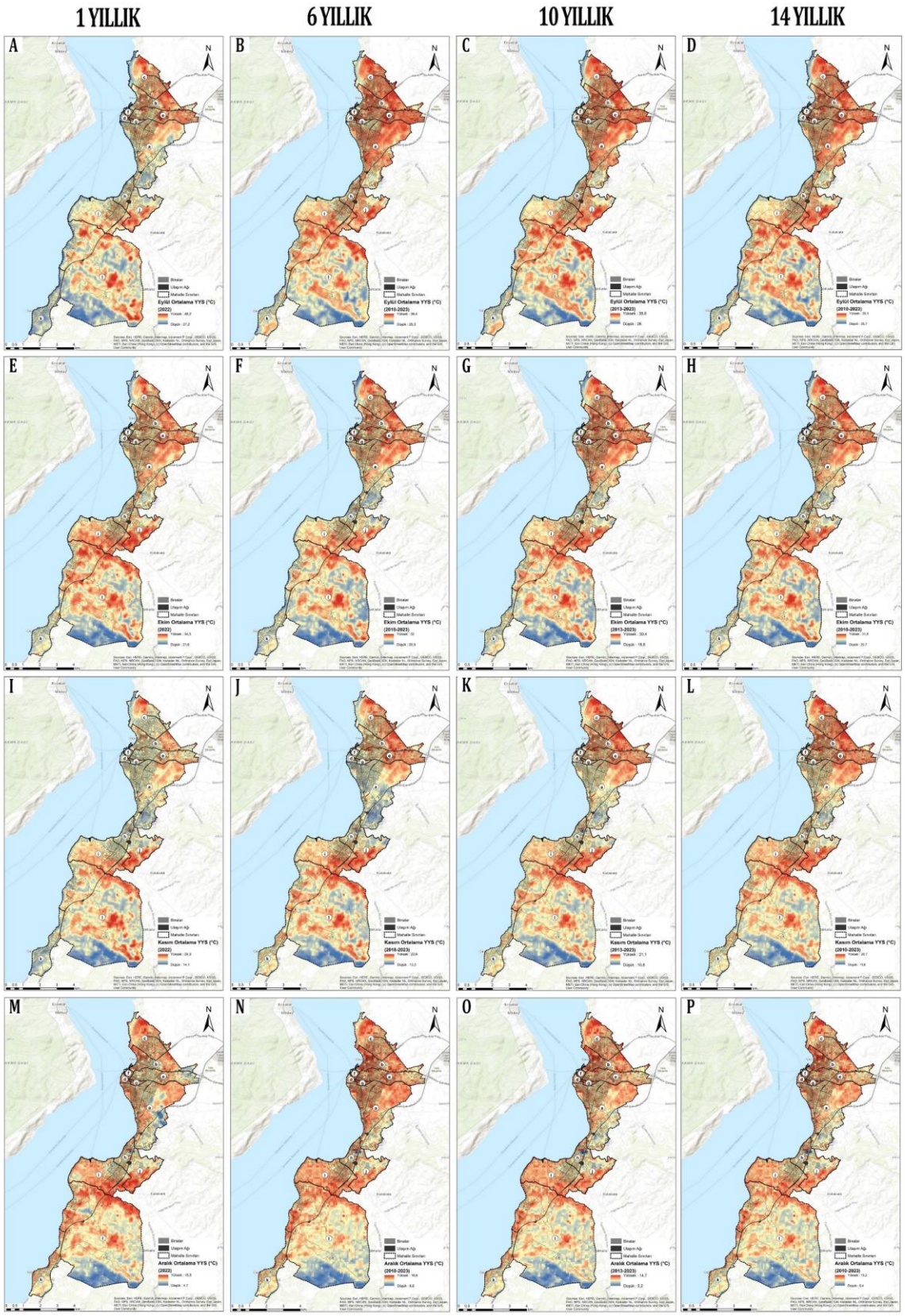
Bütün ortalamalar arasında en düşük YYS değerleri Aralık ayından Ağustos ayına kadar, en yüksek YYS değerleri Ağustos ayından Aralık ayına ve ek olarak Nisan ve Mayıs aylarında1 yıllık verilerde yani 2022 yılı için hesaplanan YYS haritalarında gözlemlenmiştir. Bu sonuç, bir ay için tek bir görüntü kullanımının ekstrem değerler görülme olasılığını arttırdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca Şekil 13, 14 ve 15'te görüldüğü üzere 1 yıllık verilere kıyasla 6, 10 ve 14 yıllık verilerde minimum ve maksimum YYS değerleri arasındaki fark azalmaktadır. Şöyle ki aylık YYS verisinin oluşturulmasında kullanılan uydu görüntülerinin sayısının artırılması, değerlerin normalize edilmesine yarar sağlamaktadır. Bütün yıllara ait oluşturulan YYS haritaları incelendiğinde Nisan ve Eylül ayları arasında Çanakkale ilinin kent merkezi olarak tanımlanan a, b, c, d, e, f, g mahallerini kapsayan alanlarda KIA etkisi gözlemlenmektedir. Fakat 1 yıllık verilerde Nisan, Mayıs ve Eylül aylarında diğer verilerde görülen KIA etkisine rastlanmamaktadır. Bunun yanında k ve l mahallelerinde bulunan boş tarım arazileri YYS'nın arttığı diğer alanlardır.



Şekil 20. 1, 6, 10, 14 yıllık ortalama aylık (Ocak (A, B, C, D), Şubat (E, F, G, H), Mart (I, J, K, L), Nisan (M, N, O, P)) YYS haritaları



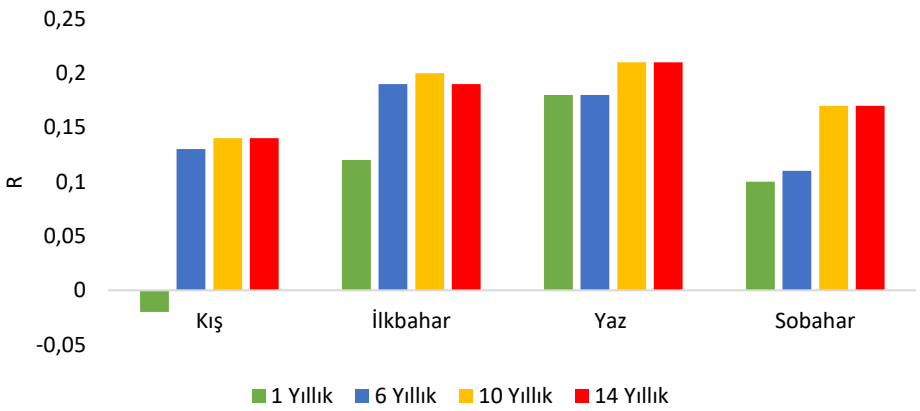
Şekil 21. 1, 6, 10,14 yıllık ortalama aylık (Mayıs (A, B, C, D), Haziran (E, F, G, H), Temmuz (I, J, K, L), Ağustos (M, N, O, P)) YYS haritaları



Şekil 22. 1, 6, 10, 14 yıllık ortalama aylık (Eylül (A, B, C, D), Ekim (E, F, G, H), Kasım (I, J, K, L), Aralık (M, N, O, P) YYS haritaları

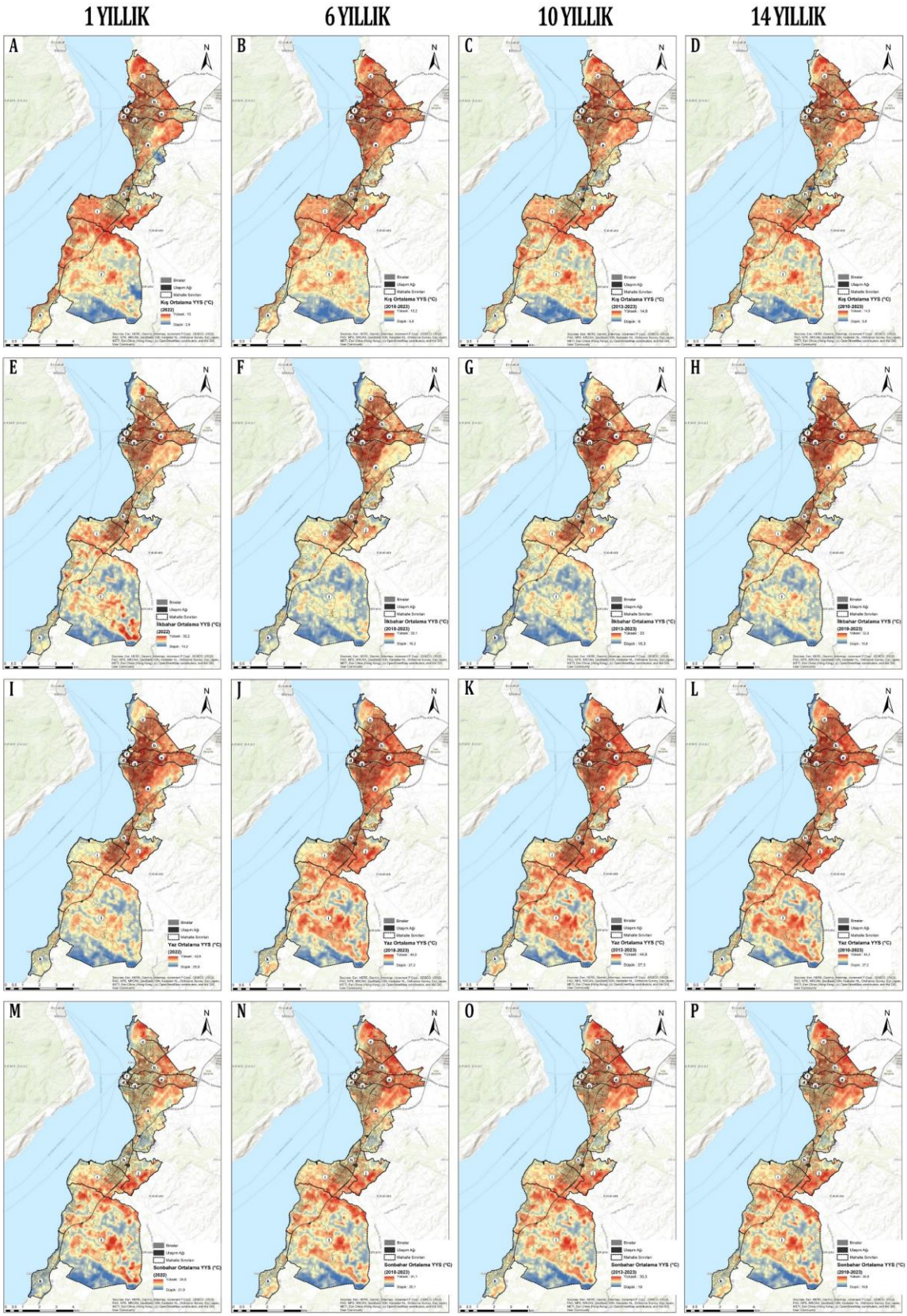
4.1.2 Mevsimlik Ortalama YYS ile Kat Adedi Arasındaki İlişki

Bu çalışmada bina kat adetleri ile YYS değerlerinin mevsimsel ilişkisi korelasyon ve tek yönlü varyans (ANOVA) analizi ile incelenmiştir (Şekil 23.). Mevsimsel ortalamalar her mevsime ait 3 ayın YYS değerlerinin piksel bazında ortalamaları alınarak üretilmiştir (Şekil 24.). Buna göre istatistiksel olarak en yüksek ilişki ve tutarlılığın görüldüğü mevsim; Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının piksel bazında ortalamalarının alınarak elde edilen Yaz mevsiminde bulunmuştur. Yaz mevsiminde 0,21 r katsayısıyla pozitif ilişkinin olduğu ve %99,9 ile yüksek düzeyde istatistiksel anlam ifade eden AF değeri bulunmuştur. İstatistiksel olarak en düşük ilişki ve tutarlılığın gözlemlendiği mevsim ise Kış mevsimidir (-0,02). Kış mevsiminde 1 yıllık ortalama YYS verilerinde negatif ilişki bulunmuştur ancak diğer 3 ortalamada (6, 10, 14 yıllık) pozitif korelasyon bulunmuştur. İlişkiler aylık bazda incelendiğinde Sonbahar ve Yaz aylarında çok yakın değerler aldığı görülmüştür; ancak Kasım ayının %94 güvenilirlik düzeyinde düşük tutarlılığa sahip olması nedeniyle Sonbahar mevsimindeki ilişkilerin daha zayıf çıkmasına neden olmuştur. Kış mevsimindeki negatif ilişki ve sonbahar mevsimindeki düşük ilişkiler YYS hesaplanmasında kullanılan uydu görüntülerindeki ekstrem durumlardan kaynaklanmaktadır. Özellikle Kasım, Aralık ve Ocak aylarında iklimsel koşullardan dolayı bulutlu ve karlı gün sayısı diğer aylara göre daha fazladır. Bu nedenle bazı aylarda kullanıma uygun hiç görüntü bulunamadığı için %20 civarında bulutluluk etkisi olan görüntüler kullanılmıştır. Bu nedenle sonbahar ve kış aylarında YYS'nda görülen değişimler daha fazladır.



Şekil 23. Mevsimlik ortalama YYS ile kat adedi ilişkisi

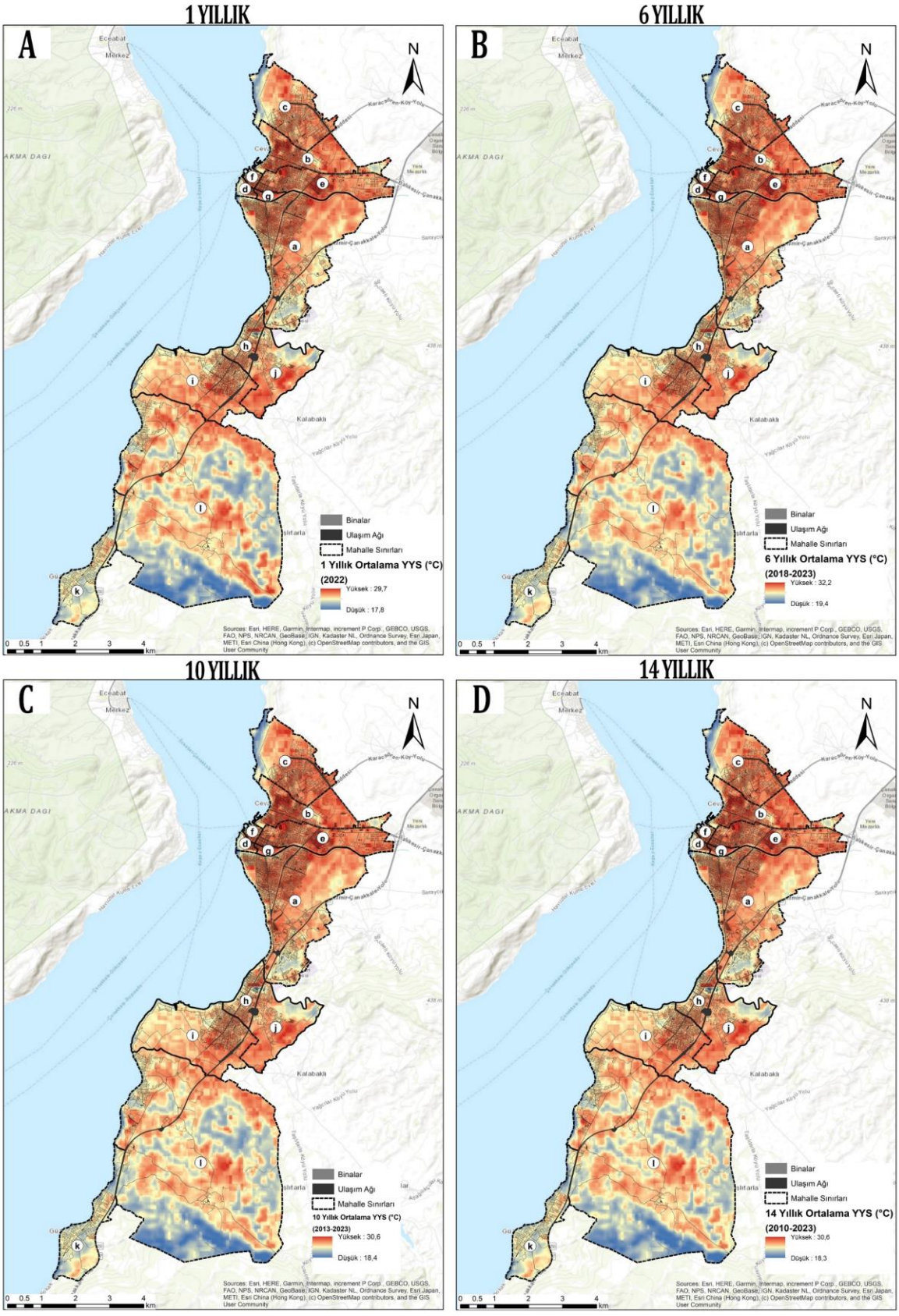
Kat adetleri ve YYS ilişkisinin belirlenmesinde diğer bir dikkate alınması gereken konu ise antropojenik (insan kaynaklı) ısı üretimidir. Nüfus yoğunluğu ve enerji tüketimi, antropojenik ısı üretiminin önemli göstergelerindendir (Du vd., 2016). Arazi kullanımı, iklimlendirme ve ısıtıcı kullanımlarının yanı sıra ulaşım, sanayi gibi kentlerdeki insan aktiviteleri, antropojenik ısı üretiminin artırır ve sonuç olarak YYS artışına neden olurlar (Mansour vd., 2022). Lee vd. (2009) yaptıkları çalışmada, antropojenik ısı yayılımının en fazla kış mevsiminde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kat adedi ile YYS arasında kış mevsiminde bulunan pozitif ilişkide özellikle kış aylarında ısınma için kullanılan enerji tüketiminin artışından söz etmek mümkündür. Kat adedinin artması hane halkını da arttıracağından orta, yüksek ve çok yüksek katlı yerleşimlerdeki nüfus yoğunluğu artmaktadır. Artan hane halkı, kış aylarındaki ısınma amaçlı enerji tüketimindeki artışa neden olacağından enerji tüketimine bağlı ısı üretiminin artmasına neden olmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulardan; Kış mevsimindeki kat adedi ile YYS arasındaki pozitif ilişki, YYS veya KIA ile nüfus yoğunluğu arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların bulgularıyla tutarlıdır (Elvidge vd., 1997; Oke, 1973; Xiao vd., 2008).



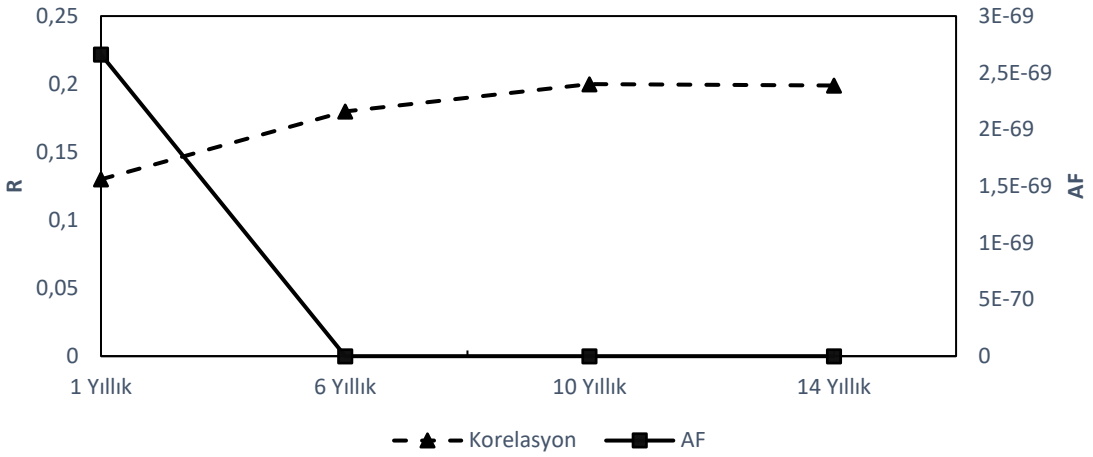
Şekil 24. 1, 6, 10, 14 yıllık ortalama mevsimlik (Kış (A, B, C, D), İlkbahar (E, F, G, H), Yaz (I, J, K, L) ve Sonbahar (M, N, O, P)) YYS haritaları

4.1.3 Yıllık Ortalama YYS ile Kat Adedi Arasındaki İlişki

Yıllık ortalama YYS ile kat adetleri arasındaki ilişkiler 1, 6, 10 ve 14 yıllık veriler ile korelasyon analizi ile ilişkilendirilmiştir. Buna göre ilişkiler sırasıyla r=0,13, r=-0,18, r=0,20, r=0,19 olarak bulunmuştur. Bu nedenle YYS verisinin zamansal çözünürlüğünün artırılmasının, kat adetleriyle ilişkisini artırdığı belirlenmiştir. Burada birden çok veri kullanılması, alınan görüntülerdeki bulut, sis gibi atmosferik etkilerin en aza indirilmesine fayda sağlamaktadır. Şekil 25'de görüldüğü üzere geçirimli ve geçirimsiz alanlardaki YYS farkı yani KIA etkisi bütün ortalamalar için benzer sonuçlar göstermiştir. Lakin en az verinin kullanıldığı 1 yıldan en çok verinin kullanıldığı 14 yıllık verilerde görülen maksimum YYS değeri giderek artmaktadır. Bu artışın korelasyon değerlerinde de görülmesi, maksimum YYS artışının yüksek katlı yapıların bulunduğu alanlarda olduğu söylenebilir. Sonuç olarak yıllık YYS verileri ile bina kat adetleri arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuş ve zamansal çözünürlüğün artırılması yapılaşmış alanlar görülen ortalama YYS değerini artırdığı bulunmuştur.



Şekil 25. 1, 6, 10, 14 yıllık ortalama (A, B, C, D) YYS haritaları



Şekil 26. Bina kat adetleri ile 1, 6, 10, 13 yıllık ortalama YYS arasındaki ilişki

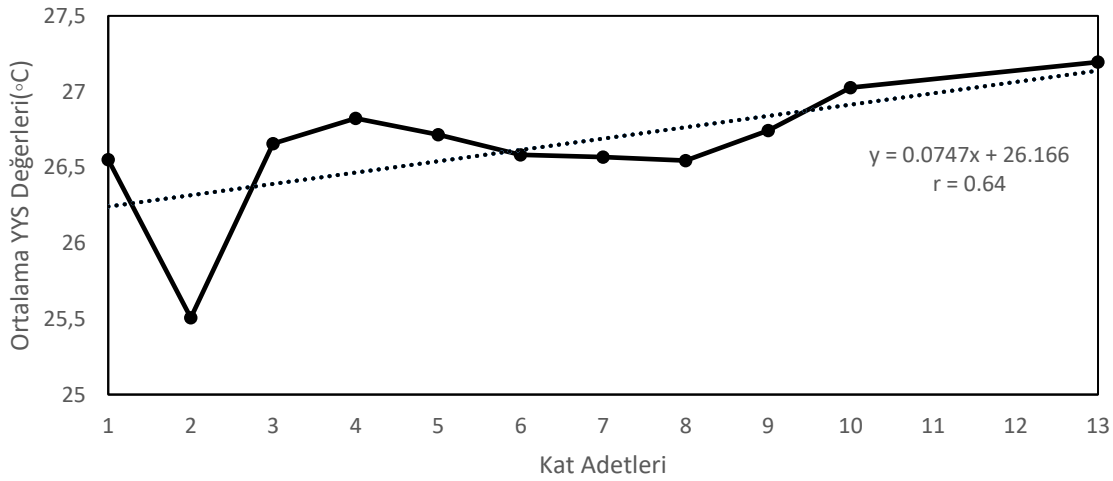
Çalışma alanında bulunan bütün binalar (17657 adet) ile binaların bulunduğu hücrelere ait YYS değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre 14 yıla ait ortalama YYS değerleri arasında 0,19 r kat sayısı ile düşük pozitif ilişki bulunmuştur (Şekil 26.). Daha önce de bahsedildiği gibi 1 katlı binalarda mesken dışı kullanım diğer katlara göre daha yoğundur. Özellikle sanayi bölgelerinde bulunan 1 katlı binalarda kullanılan ısı tutma kapasitesi yüksek yapı ve çatı malzemeleri ile bina çevrelerinin beton, asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerle kaplı olması nedeniyle bu alanlarda YYS yüksektir (Şekil 27.). Bunun yanında depo amaçlı kullanılan 1 katlı binaların ise genel olarak ticaret alanlarında veya bitişik nizam yapılaşma bulunan alanlarda olması da YYS'nı artıran diğer etmenlerdir. Ticaret alanı niteliğine sahip bazı 1 katlı binalar, çevre yolu ya da anayol gibi geçirimsiz yüzeylerin yakınında bulunurken, bir kısmı da yüksek katlı sitelerin bahçesinde bulunan satış ofisi binalarından oluşmaktadır. Ek olarak kreş, muhtarlık, ek hizmet binaları gibi taban alanı geniş kamu binalarının bazıları da 1 katlıdır. Mesken tipi kullanım niteliğine sahip binalar ile YYS ilişkisini belirlemek amacıyla 1 katlı binalar hesaplama dışı tutularak 2-13 katlı binalar ile 14 yıllık ortalama YYS arasındaki ilişki hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda 0,34 r katsayısı ile pozitif ilişki bulunmuştur. Kat adedi dağılımı incelendiğinde 10 ve 13 katlı binaların alanda sadece 2 adet bulunması ve toplam binaların %0,2'sini oluşturması nedeniyle ortalamadan sapmalara neden olduğu bulunmuştur. Bu nedenle bir sonraki ilişki 2-9 katlı binalar ile 14 yıllık ortalama YYS arasında hesaplanmıştır. Buna göre 0,347 r katsayısı ile ilişki pozitif yönde artmıştır. Sonuç olarak bütün binalar ile YYS arasındaki

ilişkiler pozitif yönde ama düşük olarak bulunmuştur. Alandaki bina kat adetleri homojen dağılmamaktadır. Bu nedenle yerleşim alanlarının farklı bölgelerine dağılmış; ancak aynı kat adedine sahip tüm binalardaki YYS ortalaması elde edilmiştir. Daha sonra kat adetlerinin ortalama YYS değerleri ile kat adetleri arasındaki korelasyon hesaplanmıştır. Buna göre 0,64 r katsayısı ile pozitif yönde ortalama bir ilişki bulunmuştur. Kat adetlerinin ortalama YYS değerleri Şekil 28'deki gibidir.



Şekil 27. Küçük sanayi alanındaki yapılarda kullanılan çatı malzemesi

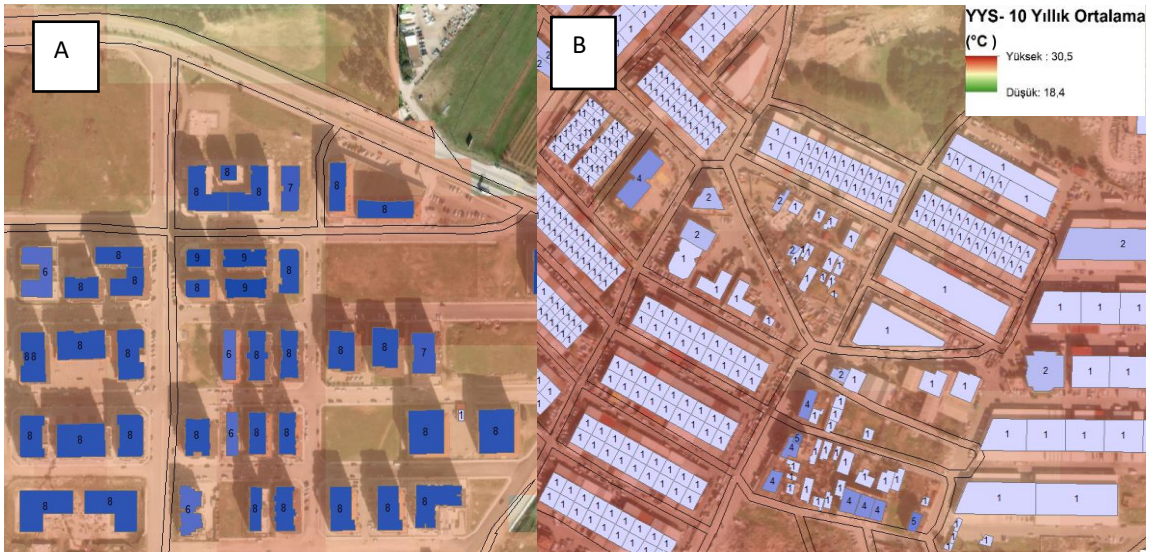
Kaynak: (Google Earth, 2023)



Şekil 28. Kat adetlerine ait ortalama YYS değerleri (◦C)

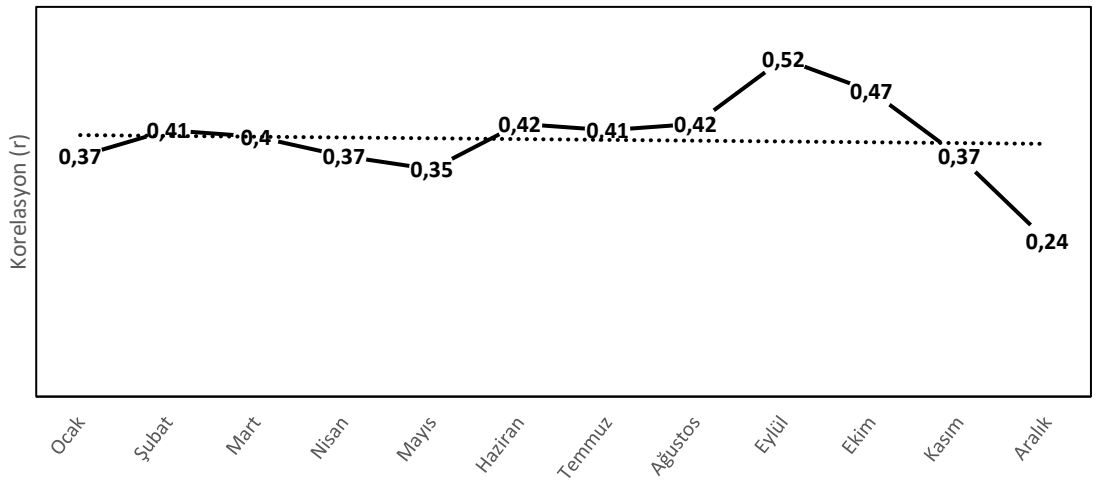
Grafikten de görüldüğü üzere 1 ve 2 katlı binalar arasındaki fark diğerlerine oranla daha fazladır. 2 katlı binaların ortalama YYS (25,5 °C) değeri tüm katlar içinde en düşük değere sahiptir. Bunun nedeni 2 katlı binaların Güzelyalı ve Çınarlı yerleşimlerinde yoğunlaşmasıdır. Bu yerleşimler alansal olarak küçük, doğal alanlar ile iç içedir. Ayrıca tüm yerleşim alanında yalnızca düşük katlı (1-3) katlı yapılar bulunmaktadır. Yapı tipolojisi ise genellikle 2 katlı villa tipi bahçeli meskenlerdir. Bu özellikleri nedeniyle alandaki diğer yerleşimlerden düşük YYS'na sahiptir. Bu nedenle alandaki benzer yerleşim tipi ve yapı tipolojisi gösteren yerleşimlerdeki ilişkilerin belirlenmesi de kararlaştırılmıştır. Bunun yanında 1 katlı binaların ortalama YYS (26,5°C) değeri 3 katlı binalarda görülen ortalama YYS (26,6°C) değerleri ile oldukça yakındır. 1 katlı binalardaki mesken dışı kullanımın yoğun olması gibi yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı ilişkiler yeniden ele alınmıştır. Bahsedilen sebeplerden ötürü bu ilişki yine 1 katlı binalar devre dışı bırakılarak yeniden incelenmiştir. Buna göre 2-13 katlı binaların ortalama YYS ile kat adetleri arasında 0,69 r katsayısına sahip pozitif yönde yüksek ilişki bulunmuştur.

Bir diğer incelenen ilişkiye göre her kat adedine ait minimum YYS'na sahip 10 değer ile kat adetleri arasında 0,93 r katsayısıyla pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunmuştur. Daha sonra her kat adedine ait maksimum YYS'na sahip 10 değer ile kat adetleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise -0,91 r katsayısıyla negatif yönde yüksek bir ilişki bulunmuştur. Bu durum maksimum değerler açısından incelendiğinde YYS'nı etkileyen birden çok faktörün bulunduğunu göstermektedir. Örneğin Şekil 29A'da görüldüğü üzere geçirimsiz yüzey alanlarının fazla olduğu (geniş yollar, beton zemine sahip bahçeler vb.) sitelerdeki yüksek katlı binalarda YYS da yüksektir. Ancak yine aynı özelliklere sahip ancak tamamı 1 katlı yapılardan oluşan sanayi alanlarında görülen YYS daha yüksektir (Şekil 29B). 1 ve 2 katlı binalarda minimum YYS değeri kıyı, orman veya yoğun bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerdeki yapılarda görülmektedir. Minimum YYS değeri görülen yüksek katlı yapılar ise genellikle yerleşim alanlarının yanında geçirimsiz yüzey alanı fazla olan bölgelerde bulunmaktadır.



Şekil 29. Yüksek katlı ve düşük katlı binaların YYS değerlerinin karşılaştırılması

Kullanım niteliğine göre yapı tipolojileri değişmektedir. Üstte bahsedilen ilişkilerde 1 katlı binaların genel olarak mesken dışı kullanıma sahip olduğu bilindiğinden yalnızca 1 katlı binalar devre dışı bırakılarak ilişkiler incelenmişti. Ancak diğer kat adetlerinde de (2-13) mesken dışı kullanım niteliğine sahip binalar bulunmaktadır. İncelenen ilişkilerde görülen durumlar nedeniyle yalnızca gece-gündüz kullanımı bulunan yani insan etkinliklerinin fazla olduğu mesken alanları ile YYS arasındaki ilişki incelenmek istenmiştir. Bu ilişkinin incelenmesinde toplam bina sayısının %10'una denk gelen 176 nokta, CBS programı ile alana rastgele bir şekilde (create random points) atılmıştır. Daha sonra atılan noktalardan mesken dışı kullanılan binalara gelen noktalar en yakın mesafedeki ve aynı kat adedindeki binaya atanmıştır. Elde edilen 176 noktaya denk gelen bina kat adetleri ile kat adetlerinin denk geldiği hücredeki 14 yıllık ortalama YYS değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde 0,44 r kat sayısıyla pozitif yönde ortalama ilişki bulunmuştur. Daha sonra bu veriler ile mevsimsel ilişkiler incelenmiştir. Sırasıyla kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimindeki YYS değerleri ile kat adetleri karşılaştırıldığında 0,37-0,37-0,42 ve 0,5 r katsayıları elde edilmiştir. Bunlara göre en yüksek ilişki sonbaharda görülürken en düşük ilişki kış mevsiminde görülmektedir. Son olarak 14 yıla ait YYS değerlerinin aylık ortalamaları ile 176 meskene ait kat adetleri arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 30.).



Şekil 30. 176 noktaya denk gelen kat adetleri aylık ortalama YYS

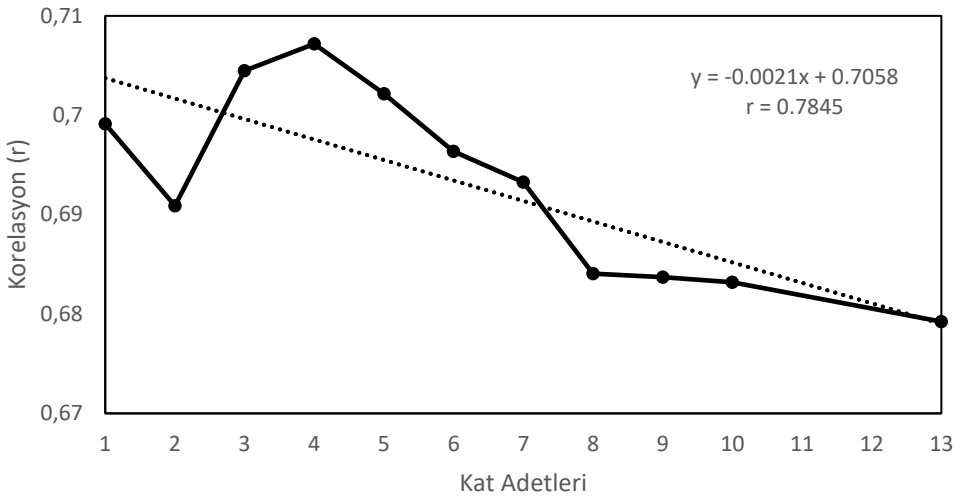
Buna göre en düşük ilişki Aralık (0,24) ayında görülürken en yüksek ilişki Eylül ayında (0,52) görülmektedir. En düşük ilişkinin görüldüğü Aralık, çalışma alanında ortalama en çok yağışın (108,7 mm) yaşandığı aydır. Çalışma alanında en yüksek sıcaklığın görüldüğü Ağustos ayında (39,7 °C) görülen ilişki (0,42) daha düşük sıcaklıkların yaşandığı Eylül ayında görülen ilişkiden (0,5) daha düşüktür. Çin'in başkenti Pekin'de bina gölgelerinin YYS üzerindeki mevsimsel etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, daha fazla gölge oluşturan yüksek katlı bina alanlarının Temmuz ayında daha büyük bir soğutma etkisi gösterirken, en düşük soğutmanın ise Aralık ayında gerçekleştiği bulunmuştur (Yu vd., 2019). Şekil 31'de çalışma alanında bulunan en yüksek kata sahip 13 katlı bina ile 5 katlı bir binaya ait gölgeler karşılaştırılmıştır. Bina yüksekliği daha fazla olan 13 katlı binanın beklendiği üzere gölgesi daha uzundur. Bu durum bina çevresindeki soğutma etkisinin yüksek katlı binalarda daha fazla olduğunu gösterir. Bu durumda çalışmada kullanılan 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat uydusu ile yalnızca binanın olduğu alan değil binanın çevresinin sıcaklığı da bir piksel içindeki YYS'nı etkilemektedir. Bu nedenle yaz aylarında, yüksek katlı binaların yoğun olduğu alanlarda, düşük katlı binaların yoğun olduğu alanlara göre gölge uzunluğundan dolayı daha fazla soğutma etkisi beklenebilir.



Şekil 31. Farklı kat adedine sahip binaların gölge boyu

4.1.4 Kat Adedi ile KIA Arasındaki İlişki

KIA etkisi, boş tarım arazileri, yapılaşmış alanlar ve yol ağları gibi geçirimsiz yüzeyler ile bitki örtüsünün yoğun olduğu yeşil alanlar, orman veya mera gibi geçirimli yüzey alanları arasındaki YYS farkının alınmasıyla elde edilmiştir. Bu işlem 2022 yılının tüm ayları için yapılmıştır. Geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler NDVI analiziyle belirlenmiştir (Detaylı bilgi 4.3. başlıklı bölümde verilmiştir). Daha sonra her ay için belirlenen KIA değeri ile kat adetlerinin ortalama YYS değerleri arasındaki ilişki korelasyon-regresyon analiziyle incelenmiş ve 0.7845'lik kuvvetli bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 32.). Tüm katlar için KIA etkisi incelendiğinde 1'den 13. kata doğru KIA etkisinin azaldığı görülmektedir. KIA etkisinin en yüksek olduğu kat adetleri 3-5 katlar arasıdır. Bu ilişki, alandaki 3-5 katları binaların yerleşim alanlarının merkezinde ana caddeler arasında bitişik nizamlı yapılar olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek ve çok yüksek kat adedine sahip binalar (7-13), yerleşimin çeperinde yeni gelişme alanlarında bulunan blok veya ayrık nizamlı yapılardır. KIA etkisi 1 katlı binalarda oldukça fazla iken 2 katlı binalarda dramatik bir azalma görülmektedir. Bunun nedeni yukarıda bahsedildiği gibi, 1 katlı binaların sanayi, ticaret gibi farklı kullanım niteliğine sahip, geçirimsiz yüzey alanların fazla olduğu, ısı tutma kapasitesi yüksek çatı malzemelerinin kullanıldığı ve insan kaynaklı ısı üretiminin yoğun olduğu alanlarda bulunmasıdır.



Şekil 32. Bina kat adetleri ile KIA arasındaki ilişki

Bunun yanında 2 katlı binaların büyük çoğunluğu kent merkezinden uzak, yoğun bitki örtüsüne yakın olan kıyı yerleşimlerindedir. Bu nedenle 2 katlı binalarda görülen KIA etkisi, 1 katlı binalarda görülen KIA etkisine göre daha düşüktür.

4.2 Kentsel Doku ile YYS Arasındaki İlişki

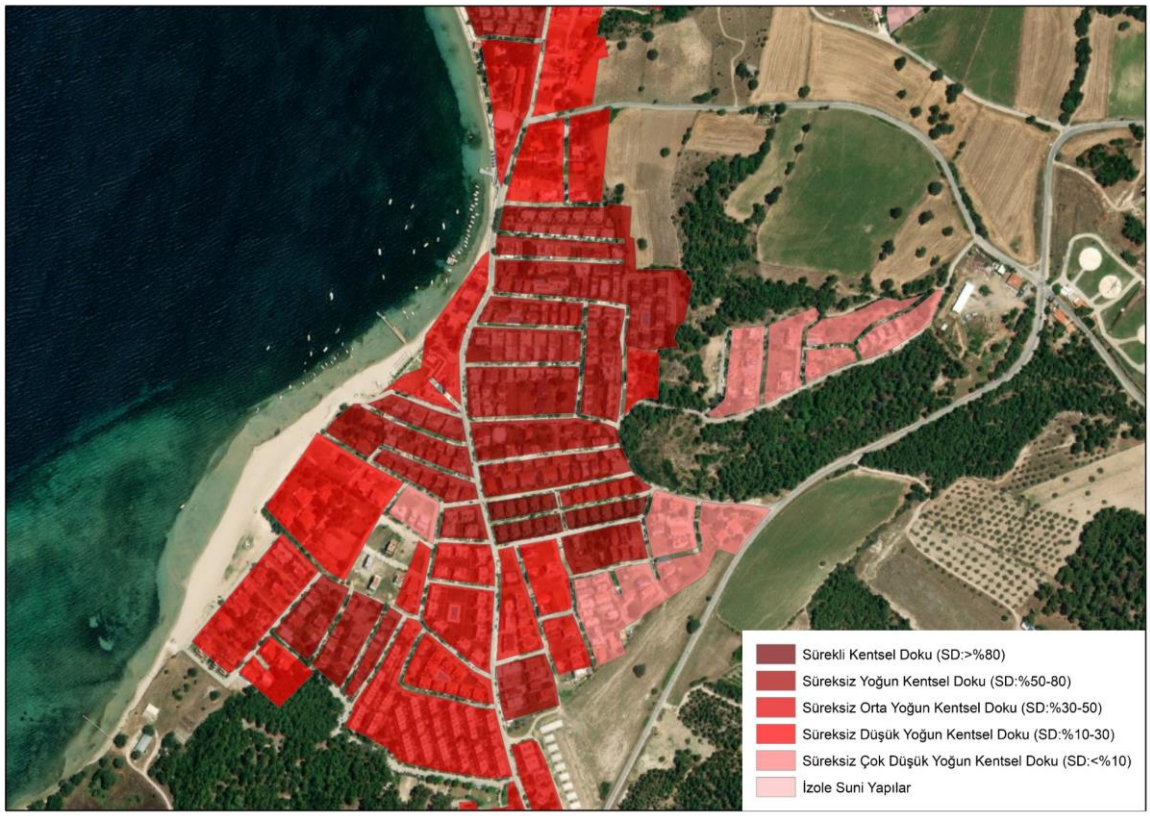
Bu çalışmada kentsel doku verisi, CORINE projesi kapsamında üretilen kent atlası verisinden elde edilmiştir. Kent atlası verisinde kentsel doku toprağın geçirimsizlik/sızdırmazlık derecesine göre 6 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 8). Kentsel doku sınıfları, yoğunlukların mekânda nasıl dağıldığı hakkında bilgi vermektedir. Buna göre sızdırmazlık derecesinin artması yani toprağa sızma seviyesinin düşmesi geçirimsiz yüzeylerinin arttığını göstermektedir (Şekil 33.).

Tablo 8

Kentsel doku sınıflandırması

Kentsel Doku Sınıfı	**Niteliği**
Sürekli Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi> 80%
Süreksiz Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 50-80%
Süreksiz Orta Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 30-50%
Süreksiz Düşük Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi 10-30%
Süreksiz Çok Düşük Yoğun Kentsel Doku	Sızdırmazlık Derecesi <10 %
İzole Yapılar	İzole Suni Yapılar

Kaynak: (CORINE,2023)

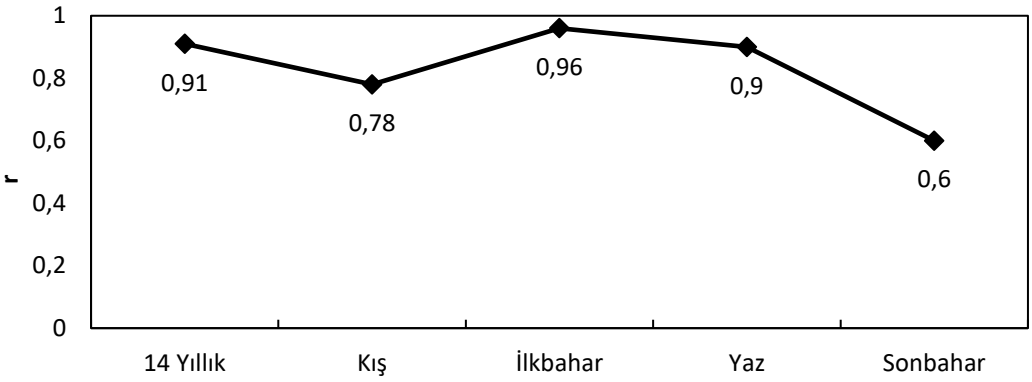


Şekil 33. Çınarlı köyü (l) kıyı yerleşimindeki kentsel doku örneği

Kentsel doku verileri sınıflarına göre alansal olarak kent atlası verisinden elde edilmiştir. Daha sonra 14 yıllık aylık ortalama YYS verileri, kentsel doku sınıflarının alanlarına göre kırpılmıştır. Kentsel doku sınıfları arasındaki YYS değişimini tespit etmek amacıyla kentsel doku sınıflarının temas ettiği YYS haritalarını oluşturan hücrelerin ortalama YYS değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni, sızdırmazlık derecesi %30-50 olan kentsel doku sınıflarında geçirimsiz ve doğal yüzeyler dengeli iken, sızdırmazlık derecesi %80 üzeri olan alanlarda geçirimsiz yüzeyler doğal yüzeylerin alanına göre oldukça fazla, sızdırmazlık derecesi %10'dan az olan alanlarda ise doğal yüzeylerin alana geçirimsiz yüzeylerin alanına göre oldukça fazladır. Bu bağlamda alandaki geçirimsiz ve doğal yüzeylerin oranının farklılaştığı kentsel dokulardaki YYS değişimini incelemek anlamlı olacaktır. Kırpılan verilerin ortalama YYS değerleri ve kentsel doku ilişkisi korelasyon analiziyle incelenmiştir (Şekil 34.).

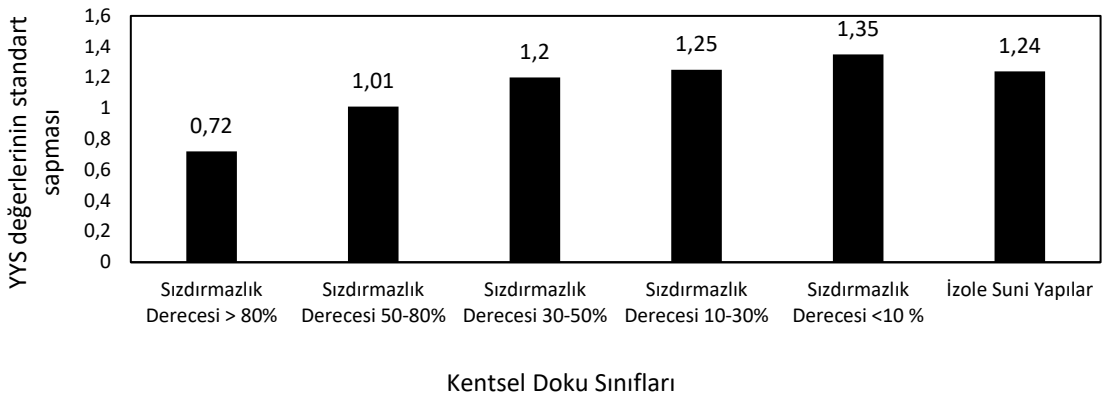
İlişkilerin belirlenmesi için sızdırmazlık derecelerinin ortalaması ile ortalama YYS arasındaki korelasyon hesaplanmıştır (Tablo 6.). Buna göre, kentsel doku ile 14 yıllık ortalama YYS arasında 0,84r katsayısıyla yüksek pozitif ilişki bulunmuştur. Mevsimlik

ortalama YYS ile kentsel doku arasındaki ilişkiler incelendiğinde en yüksek ilişki ilkbahar mevsiminde (0,95), en düşük ilişkinin sonbahar mevsiminde (0,45) bulunmuştur. Kış mevsiminde bulunan ortalama üstü pozitif ilişki (0,66) antropojenik ısı üretiminin YYS üzerindeki etkisini göstermektedir.



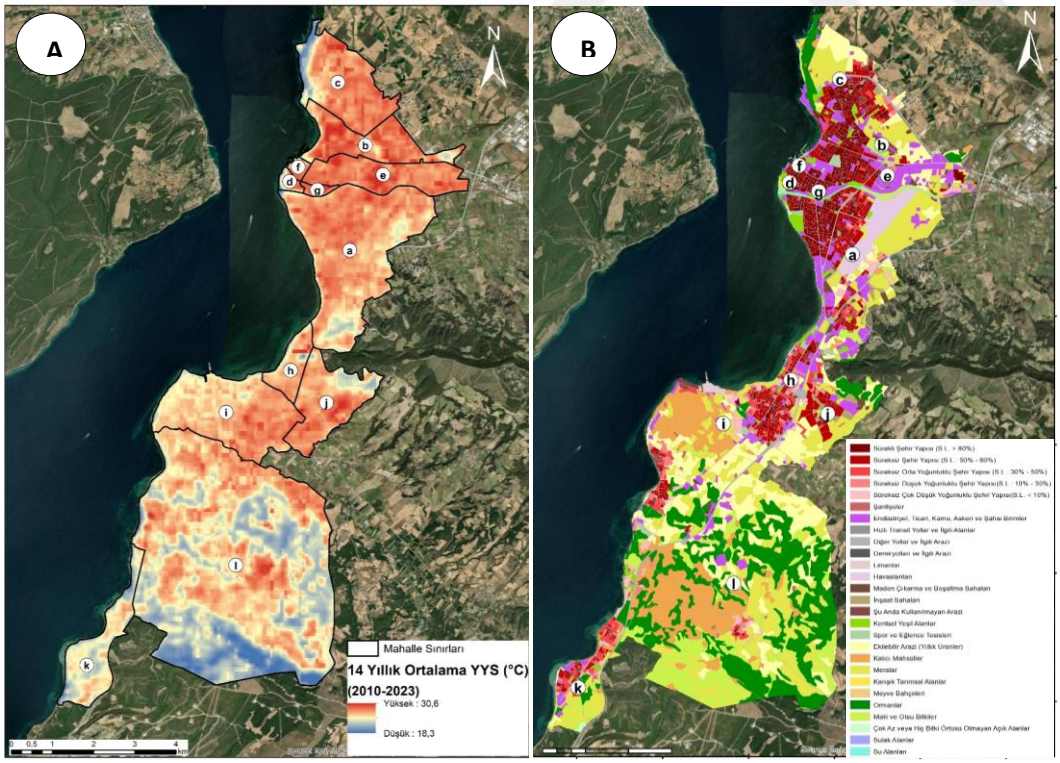
Şekil 34. Kentsel doku sınıfları ile ortalama YYS değerleri arasındaki ilişki

Kentsel doku sınıfları arasındaki sıcaklık farkı ortalama YYS değerleri ile incelenmiştir. Her bir kentsel doku sınıfının kendi içindeki değişiminin ortaya konması için de kentsel doku sınıflarına ait alanlar içinde kalan YYS değerlerinin standart sapması incelenmiştir. Bunun nedeni, %10'dan düşük sızdırmazlık derecesine sahip bir kentsel doku alanı yerleşim alanı içindeki ayrık nizamlı, yüksek katlı ve bahçeli konutların bulunduğu bir alanı ya da tarım alanları içinde kalan tek bir yapıyı da ifade edebilir. Bir başka örnek ise %80 üzeri sızdırmazlık derecesine sahip bir alan yüksek katlı, blok nizam, etrafı geniş yollarla çevrili ancak yerleşim dokusunun en çeperinde doğal alanlara yakın bir alan ya da 1 katlı, bitişik nizam yapıların bulunduğu sanayi bölgesini de ifade edebilir. Her iki durumda da aynı sınıf içindeki alanlardaki YYS değerleri farklılaşacaktır. Bu bağlamda, kentsel doku sınıflarına ait YYS değerlerinin standart sapması Şekil 35'te verilmiştir. Buna göre, sızdırmazlık derecesi azaldıkça kentsel doku sınıflarının YYS değerleri birbirinden farklılaşmaktadır. Bu durum, çalışma alanındaki geçirimsiz ve doğal yüzeylerin çevresindeki arazi kullanımının YYS üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Çalışma alanındaki %80 üzeri sızdırmazlık derecesine sahip geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu alanla genellikle yüksek yoğunluklu yerleşimlerin arasında yer almaktayken, %10'dan düşük sızdırmazlık derecesine sahip alanlar doğal yüzeylerin yoğun olduğu veya orta yoğunluklu yerleşimlerin arasında yer almaktadır. Bu durumda, geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kentsel dokulardaki YYS değişimlerinin daha düşük olması bu çalışma alanı için tutarlıdır.



Şekil 35. Kentsel doku sınıfları ve 14 yıllık ortalama YYS değerlerinin standart sapması arasındaki ilişki

Tezin bu bölümünde çalışma alanındaki farklı kentsel dokular ile YYS ilişkisi birtakım örnekler ile tartışılacaktır. Çalışma alanı olarak seçilen Çanakkale ilinin Merkez mahallelerinde farklı tipte ve yoğunlukta yapılaşmış alanlara rastlanmaktadır (Şekil 36B.). Bir kıyı şehri olan ve içinden akarsu (Sarıçay) geçen çalışma alanında su alanlarının varlığı kıyılardaki yapılaşmayı ve YYS'nı etkilemektedir (Şekil 36A.).



Şekil 36. 14 yıllık YYS (A) ve kentsel atlası haritası (B)

Kaynak: (CORINE, 2023)

Çanakkale'nin kurulduğu ilk mahalleler olan Fevzipaşa (d) ve Namık Kemal (g) mahalleleri günümüzde kent merkezinin bir kısmını oluşturmaktadır (Şekil 37C.). Bu mahallelerde dar sokakların kenarındaki, bitişik nizamlı, düşük ve yüksek katlı binalar ile orta yoğun bir kentsel doku oluşturmaktadır (Şekil 37A.). Bu mahallelerde (a, g) yoğun kentsel dokunun aksine açık yeşil alanlar bulunmamaktadır (Şekil 37B.). Bu durumlar Fevzipaşa (d) ve Namık Kemal (g) Mahallelerinin iç kısımlarındaki YYS'nın artmasının en önemli nedenleridir.

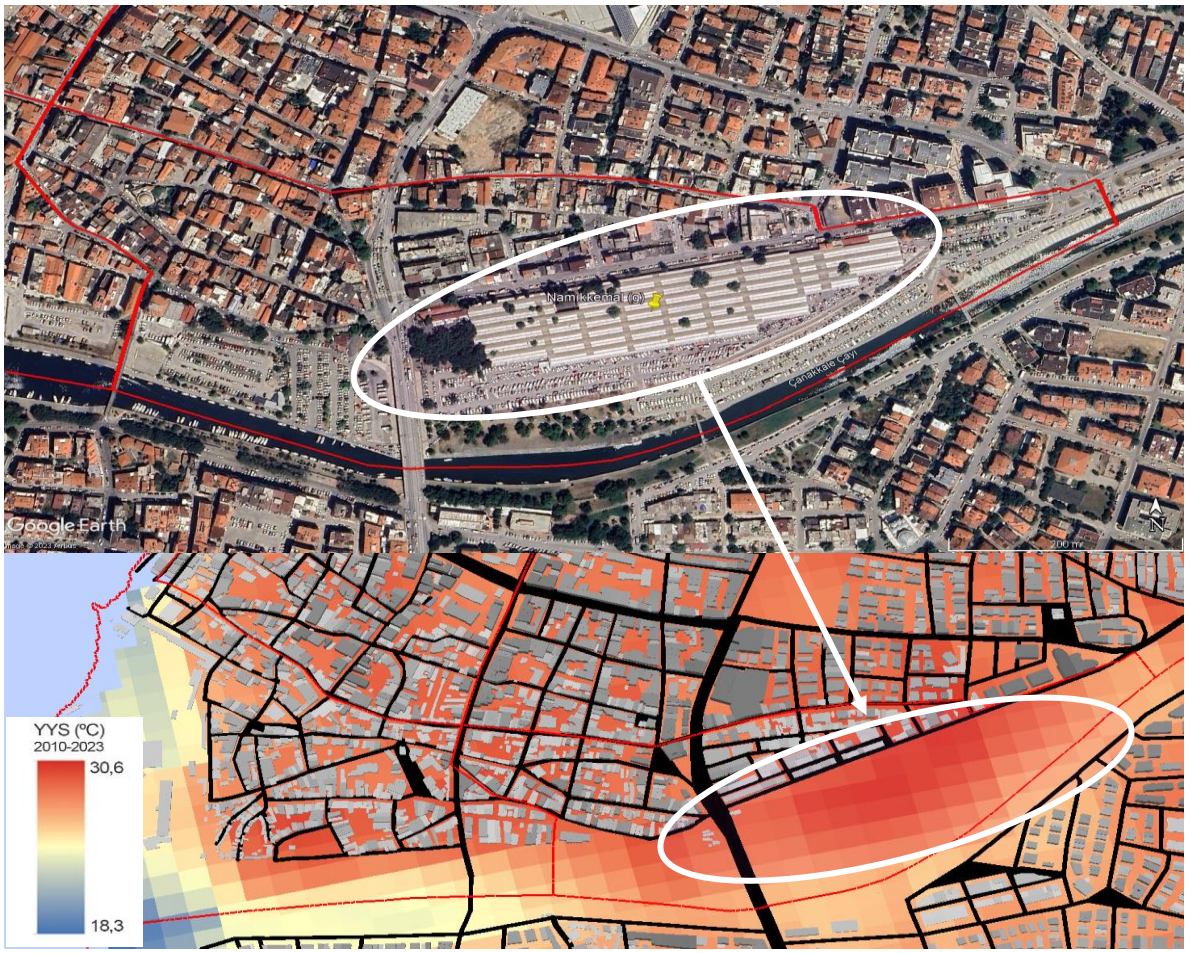


Şekil 37. Fevzipaşa (d) ve Namık Kemal(g) mahalleleri sokak (A,B) ve uydu (C) görüntüleri

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Bunun yanında iki mahallenin de çalışma alanının içindeki tek su yüzeyi olan Sarıçay'ın kıyısında yer alan bölgelerinde rüzgâr dolaşımına izin veren topografya ve sokaklara sahip olması kıyı bölgelerinde görülen YYS'nın düşük olmasının nedenlerindendir. Kent merkezinin bir kısmını oluşturan bu mahallelerde, konut amaçlı kullanılan binaların düşük katlı olması ve yüksek katlı binaların genellikle ticari amaçlı kullanılması nedeniyle sürekli nüfus bulunmadığından nüfus yoğunluğu çok yüksek değildir. Bu durum kış aylarında-özellikle gece saatlerinde- ısınma için olan enerji tüketimini azaltmaktadır. Kıyı ile iç yerleşimlerde yaz aylarında 10 ºC'leri bulan sıcaklık farkı, kış aylarında 3 ºC'lere düşmektedir. Çalışma neticesinde bulunan bina kat adetleri ve YYS arasındaki ilişkinin kış aylarında pozitif olması bazı yerlerde nüfusa bağlı enerji tüketimiyle

açıklanabilirken, enerji tüketimi görece daha az olan bu gibi alanlarda farklı faktörlerin (deniz etkisi, rüzgâr dolaşımı vs.) YYS üzerindeki etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir. Namık Kemal (g) mahallesinde bulunan Pazar alanı ve Sarıçay'ın kenarındaki otopark alanları YYS'nın en fazla görüldüğü yerlerdir (Şekil 38.). Pazar alanında, ısı tutma kapasitesi yüksek çatı malzemesi kullanılması ve otopark alanındaki beton zeminler YYS'nı artıran geçirimsiz yüzey alanı oluşturmaktadır (Şekil 39.). Bu alanda, geçirimsiz yüzeylerin, soğutma etkisi fazla olan su yüzeyi kenarında bile YYS'nı artırma üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir.



Şekil 38. Namık Kemal (g) mahallesinde bulunan pazar alanı uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları

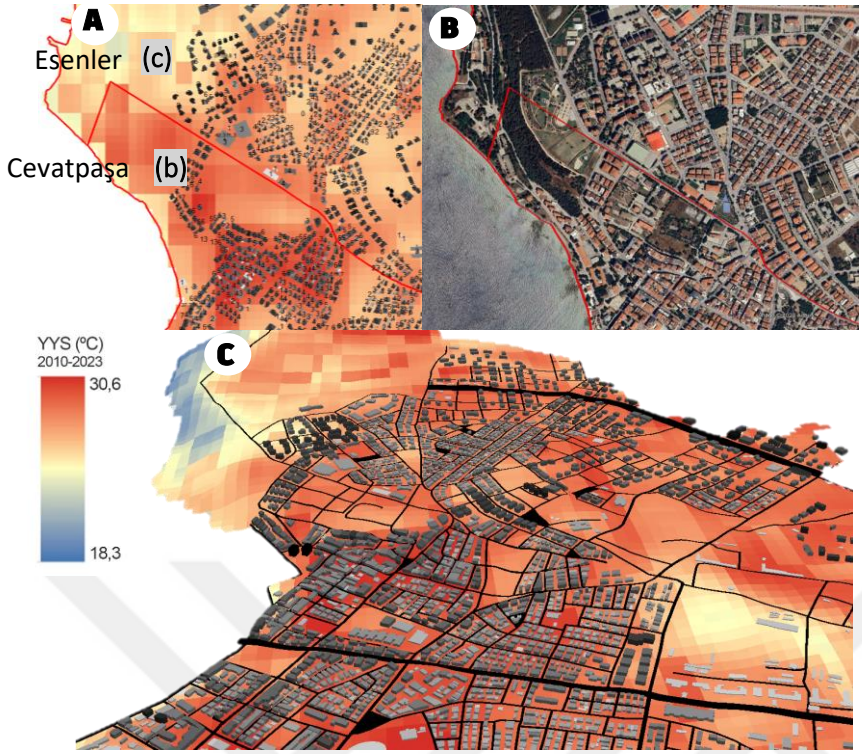
Kaynak: (Google Earth, 2023)



Şekil 39. Kapalı pazar alanında (Cuma Pazarı) kullanılan çatı malzemesi

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Kent merkezinde kıyı şeridinin devamında bulunan bir diğer mahalle ise Cevatpaşa'dır (b). Bu mahallede orta ve yüksek katlı binalar, bitişik ve ayrık nizamda bulunmaktadır. Mahallede gözlemlenen YYS değerlerinin farklılaşmasında bina kat adetleri, bina yoğunluğu, çatı malzemeleri, yeşil alanların varlığı ve denize kıyısının olmasının etkileri çok net bir şekilde gözlemlenmektedir. Esenler (c) mahallesindeki en yüksek YYS, yüksek katlı binalar ve çevresinde çıplak arazilerin olduğu alanlarda gözlemlenmektedir. Esenler mahallesinde yoğun olarak 4,6,7 ve 8 katlı, ayrık ve blok nizamda binalar bulunmaktadır. Esenler mahallesinde de görülen kat adedi yüksek site tipi yapılaşmalarda bina taban alanı düşük ve bahçe alanları mevcuttur. Esenler (c) ve Cevatpaşa (b) mahallelerinde benzer kat yüksekliklerine sahip iki alan incelendiğinde farklı YYS değerleri gözlemlenmektedir (Şekil 40A.). Daha yüksek YYS'na sahip olan Cevatpaşa (b) mahallesindeki binalar bitişik nizamlı ve bahçesi bulunmayan yapılardır (Şekil 40B.). Bu durum, artan bina yoğunluğunun yüksek YYS değeriyle pozitif ilişkili olduğunu bulan çalışmalar ile tutarlılık göstermektedir (Estoque vd., 2017; Guo vd., 2016; Li vd., 2011; Pal ve Ziaul, 2017). Ancak Esenler mahallesinin daha yüksek rakımda bulunması ve rüzgârın etkisi de bu alandaki YYS'nı düşüren bir faktör olabilir (Şekil 40C.). Fakat sayılan sebeplerden dolayı bu düşüşü sadece yüksekliğe bağlamak doğru olmaz.



Şekil 40. Esenler ve Cevatpaşa mahalleleri YYS haritası (A-C) ve uydu görüntüsü (B)

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Çanakkale ilinin ticaret merkezi olan Kemalpaşa (f) ve İsmetpaşa (e) mahalleleri, nüfus yoğunluğu fazla olan mahallelerdendir (e:90.8, f:80.07). Kemalpaşa mahallesinde bulunan çarşı caddesi aksı üzerinde 5 kat ve üzeri, ticaret+konut fonksiyonuna sahip binalar bulunmaktadır (Şekil 41.).



Şekil 41. Kemalpaşa (f) mahallesi iskele meydanından çarşıya ve saat kulesine doğru sokak görünümü

Kaynak: (Google Earth, 2023)

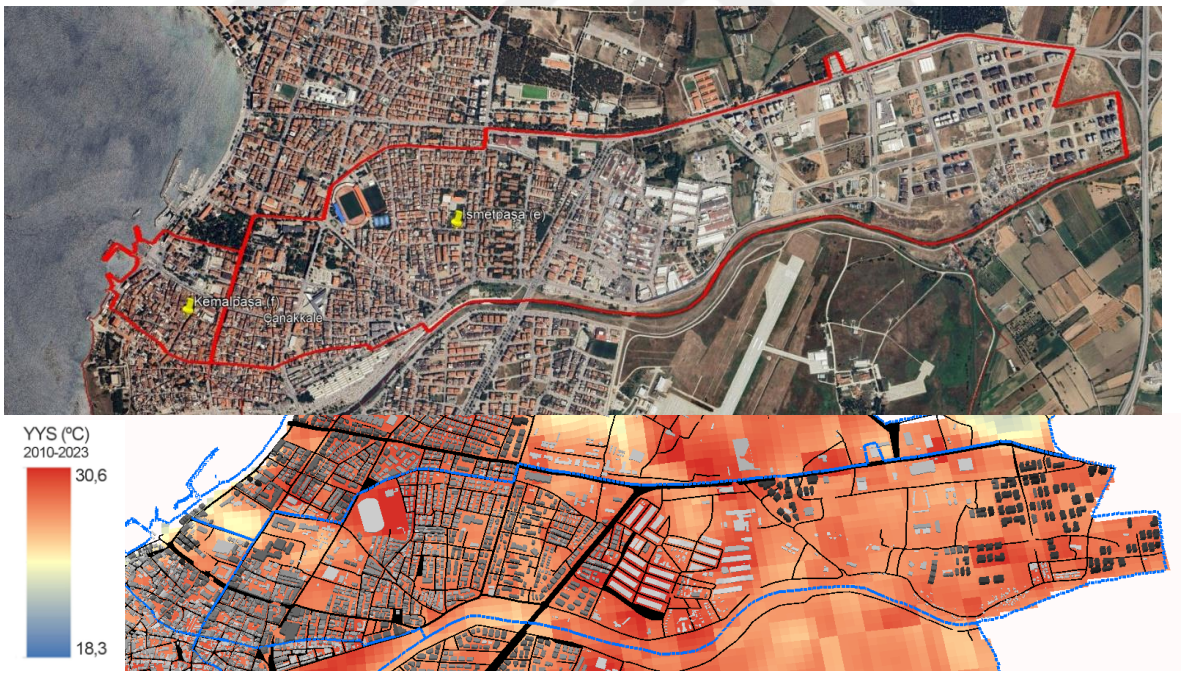
İskele meydanından çarşıya (Demircioğlu Caddesi) doğru giden caddenin güneyinde de yine ticari faaliyetlerin yoğun olduğu, dar sokaklara sahip, genel olarak orta katlı (4-5) bitişik nizamlı binalar bulunmaktadır (Şekil 42.).



Şekil 42. Kemalpaşa (f) mahallesi sokak görünümü

Kaynak: (Google Earth, 2023)

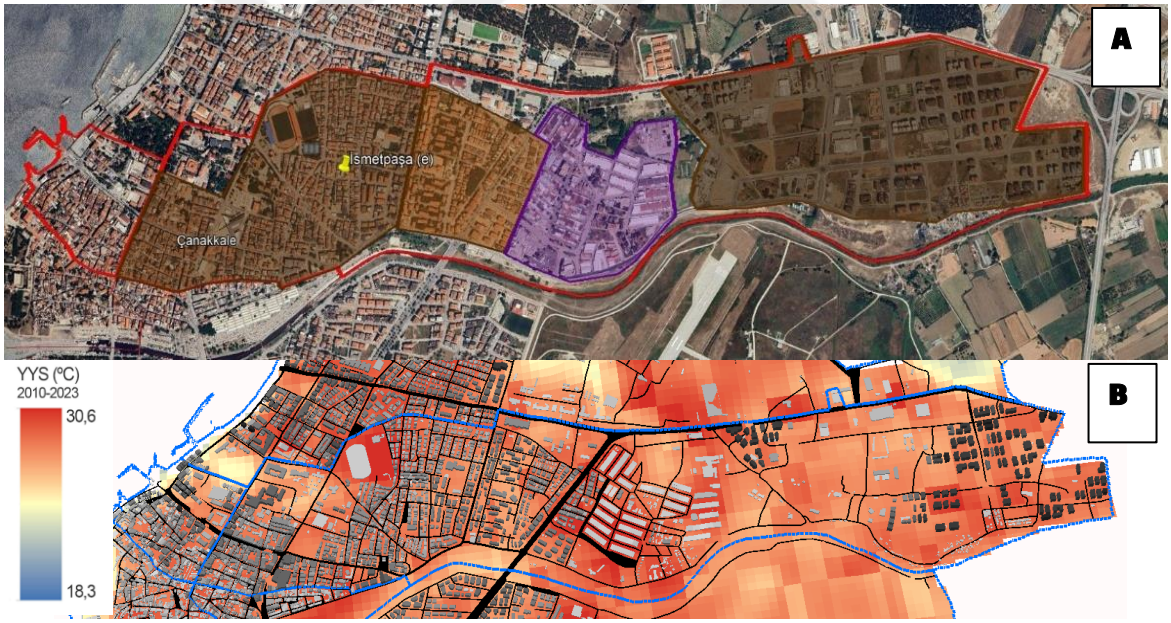
Bu mahallede(f) kıyıdan uzaklaştıkça yapılaşmanın yoğunlaştığı alanlarda YYS artmaktadır (Şekil 43.).



Şekil 43. (f) mahallesi uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Farklı tipte yapılaşmaların görüldüğü İsmetpaşa mahallesi (e) YYS'nı etkileyen faktörleri tartışmak açısından önemlidir. Şekil 43A'da kahverengi ile gösterilen, mahallenin (e) en batısında bitişik nizamlı, 2-4 katlı binalar bulunan konut bölgesinde görülen YYS değerleri, hemen yanında bulunan açık kahverengi ile gösterilen, ayrık nizamlı ve bahçeli, 4-5 katlı yapıların bulunduğu alana göre daha yüksektir. Şekil 44A'da mor rengi ile gösterilen, mahallenin (e) ortasında bulunan düşük katlı (1-2) sanayi bölgesinde ise en yüksek YYS değerleri görülmektedir (28-29,5 ºC). Bu alandaki yüksek YYS değerleri sanayi yapılarının çatı malzemeleriyle, zeminin geçirimsiz yüzeylerle kaplı olmasıyla ve antropojenik ısı üretiminin fazla olmasıyla açıklanabilir. Şekil 33A'da koyu kahverengi ile gösterilen, mahallenin (e) doğusunda en yüksek katlı (8-9) binalar bulunmaktadır. Bu alanda ayrık ve site tipi yapılaşma görülmesine rağmen geçirimsiz malzemeyle kaplı bahçe alanları ve çevresinin geniş yollarla (20-25m) çevrili olmasından dolayı yüksek YYS değerleri görülmektedir (Şekil 44B.).



Şekil 44. (e) mahallesi uydu görüntüsü (A) ve YYS haritası (B)

Kaynak: (Google Earth, 2023)

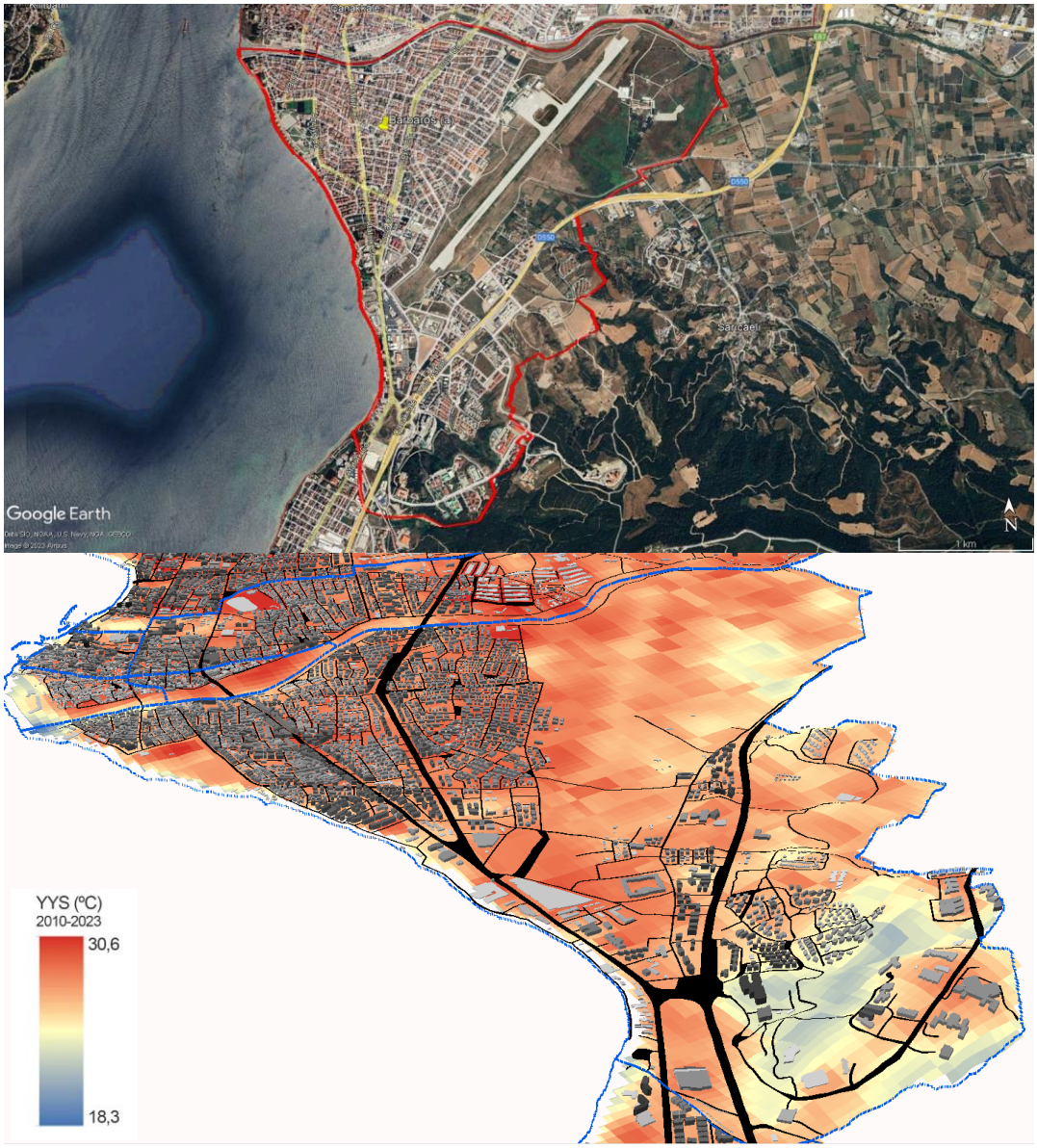
İsmetpaşa mahallesinde (e) bulunan stadyum alanı ise bütün çalışma alanı içinde en yüksek YYS değerinin (30 °C) görüldüğü alanlardandır (Şekil 45.).



Şekil 45. (e) mahallesinde bulunan stadyumun YYS (sol) ve sokak (sağ) görünümü

Kaynak: (Google Earth, 2023)

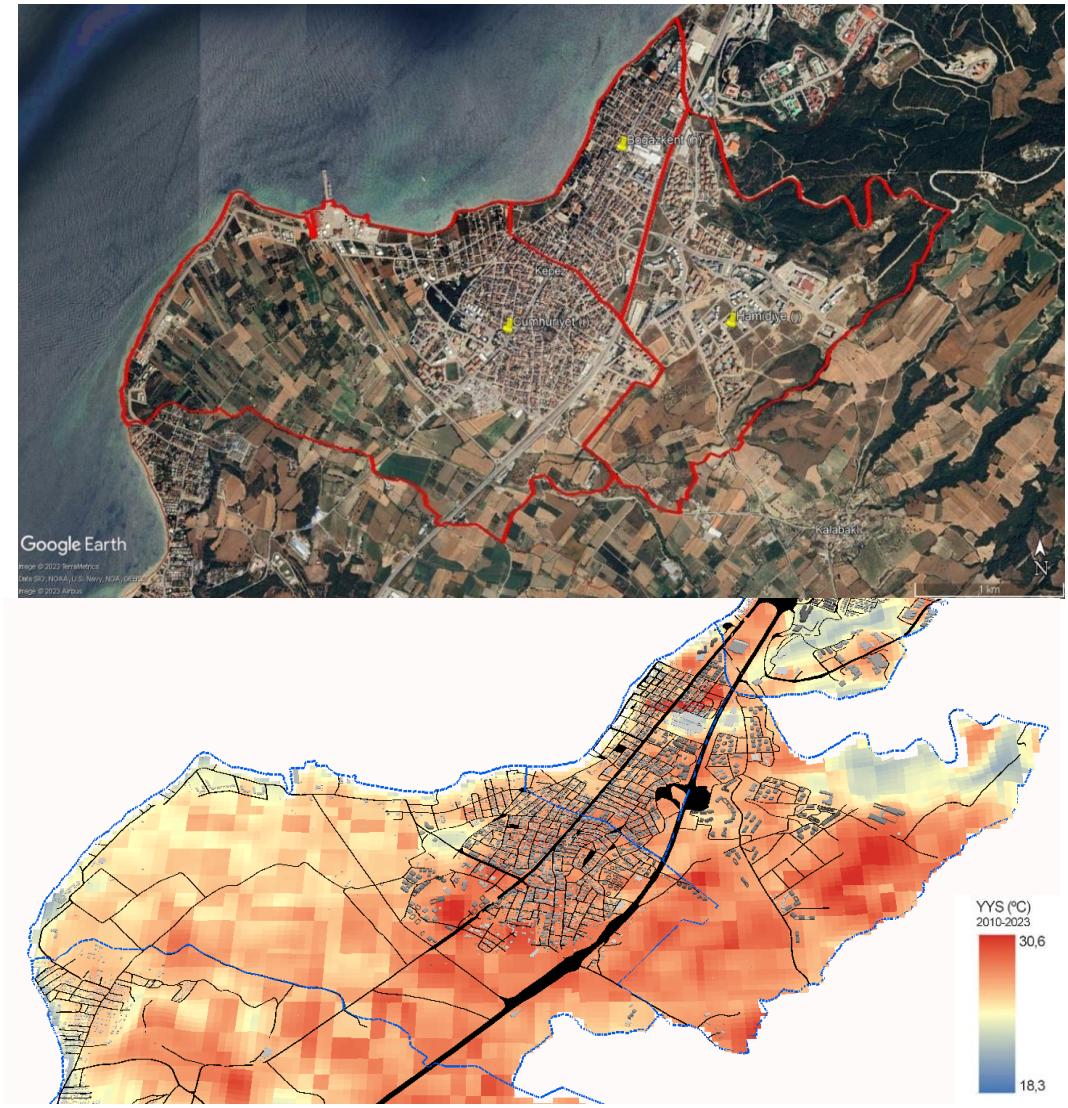
Barbaros (a), Sarıçay'ın güneyinde Merkez mahallelerinden en büyük yüzölçümüne sahip mahalledir. Denize kıyısı olan ve havaalanını içinde bulunduran bu mahalleden (a) Çanakkale ulaşımı için en önemli iki cadde (Atatürk ve Troya) geçmektedir. Mahallede (a) binalar bu iki cadde etrafında ve deniz kıyısında orta, yüksek katlı (4-5-6-7) iken diğer alanlarda düşük, orta katlıdır (3-4-5). Barbaros mahallesinde (a) bina kat adedine bağlı olarak caddelerin etrafında yüksek YYS değerleri görülmektedir (Şekil 46.). Ancak YYS üzerinde önemli etkisi olan yapı yoğunluğu açısından incelendiğinde mahalledeki bitişik nizam yapılaşmanın bulunduğu alanın YYS değerinin, ayrık ve blok tipi yapılaşmaların görüldüğü alana göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Burada mahallenin doğusundaki caddenin kenarında bulunan ayrık nizam ve yüksek katlı, hâkim rüzgâr yönüne dik bir şekilde planlanan binalar özellikle çalışma alanının ikincil hâkim rüzgâr yönü olan güneybatı yönlü rüzgarların iç kısımlara girmesini engellemektedir. Rüzgâr dolaşımına uygun olmayan sokaklar, caddenin arkasında kalan daha düşük katlı (3-4) ve ayrık nizam yapılaşmanın görüldüğü alanlarda yüksek YYS değerlerinin görülmesine neden olmaktadır. Mahallede geniş geçirimsiz yüzeye sahip havaalanı bulunmaktadır. Ancak havaalanına ait belirlenen mania alanı içinde kalan; özellikle büyük taban alanına sahip AVM gibi binaların daha düşük katlı olması ve havaalanı çevresinde doğal bitki örüsüne sahip alanların bulunması nedeniyle havaalanı çevresinde YYS değerleri çok yüksek değildir.



Şekil 46. (a) mahallesi uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Çalışma alanında Kepez belediyesine bağlı Boğazkent (h), deniz kıyısında 2 katlı, ayrık nizam ve bahçeli binaların, iç kısımlarda ise genel olarak orta katlı (3-4-5), ayrık nizam ve bahçeli binaların bulunduğu bir mahalledir. Genel olarak 24-26 ºC YYS değerlerine sahip olan mahallede (h) YYS değerleri kıyıdan iç kısımlara gidildikçe artmaktadır (Şekil 47.).



Şekil 47. Boğazkent (h), Cumhuriyet (i) ve Hamidiye (j) mahalleleri uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Kepez belediyesine bağlı diğer bir mahalle olan Cumhuriyet (i) ise beldede yerleşimin başladığı ilk mahalledir. Beldenin merkezinin de bulunduğu bu mahallede (i), ana cadde (Atatürk) etrafında dahaorta katlı (4-6) binalar bulunurken caddeden uzaklaştıkça 2-düşük katlı (1-3) binalara rastlanmaktadır. Kepez belediyesinin en son yapılaşmaya başladığı ve yapılaşmanın hızla devam ettiği Hamidiye (j) mahallesi, genel olarak 6-7 katlı, blok nizamlı ortak bahçeli site tipi binalar bulunmaktadır (Şekil 48.). Geniş bahçeye sahip sitelerde YYS değerleri bina kat adedi artmasına rağmen yüksek değildir. Ayrıca mahallenin (j) rakımının yüksek olması da YYS'nın düşük olmasının diğer nedenidir. Mahallenin (j) doğusunda bulunan boş tarım arazileri YYS'nın yüksek olduğu alanlardandır.



Şekil 48. Hamidiye (j) mahallesinde bulunan blok tipi yüksek katlı yapılaşma uydu (üst sağ ve alt) ve sokak (üst sol) görüntüleri

Kaynak: (Google Earth, 2023)

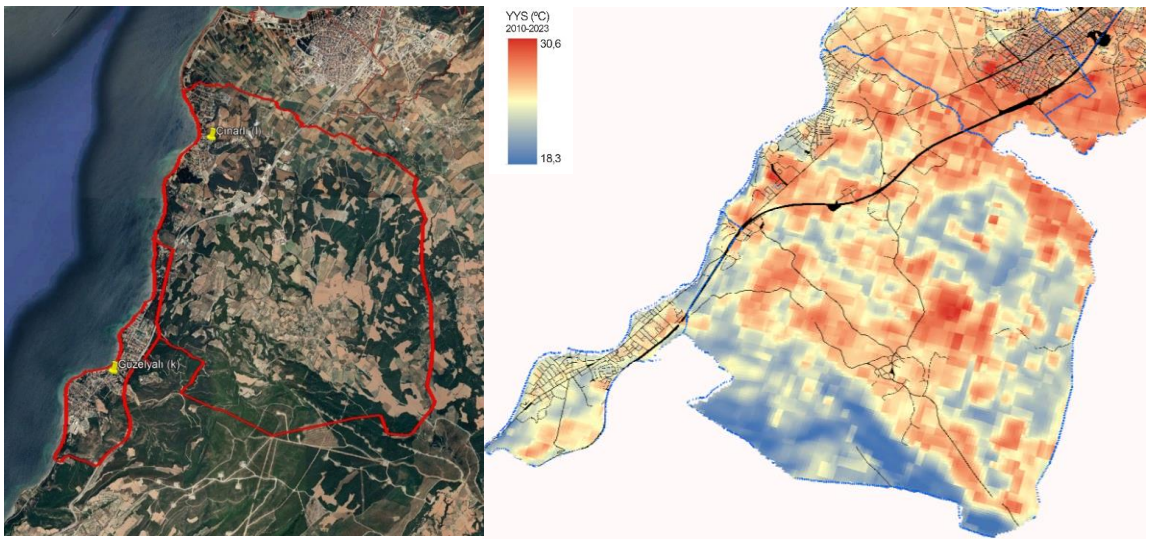
Çalışma alanında incelenecek son alanlar Çanakkale iline bağlı kıyı yerleşimleri olan Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köyleridir. Bu yerleşim alanlarında yoğun olarak 2 katlı ve bahçeli villa tipi ikincil konutlar bulunmaktadır (Şekil 49.).



Şekil 49. Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) mahalleleri kıyıda bulunan yerleşim tipi

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köyüne bağlı kıyı yerleşimi olan Dardanos'da görülen YYS değeri (22-24 ºC) ile diğer mahallelere göre oldukça düşüktür (Şekil 50.). Çalışma alanındaki en düşük YYS değeri (18 °C), Çınarlı (l) köyünün güneyindeki yüksek rakımlı (200-300 m) alanlarda görülürken en yüksek YYS (30.5 ºC) Çınarlı köyünün kıyıdan içeride bulunan yerleşim alanı ve boş tarım arazilerinin bulunduğu alanlarda görülmektedir (Şekil.34). Çevresi yoğun yeşil ve su alanlarıyla kaplı bu yerleşimlerde (k,l) YYS değerlerinin benzer şekilde yerleşim tipi görülen ancak çevresinde yapılaşmış alanların daha çok olduğu (örneğin: h mahallesi kıyı yerleşimi) alanlara göre düşük olması KIA etkisinin tespitine iyi bir örnektir.



Şekil 50. (k) ve (l) mahalleleri uydu (sol) ve YYS (sağ) değerleri

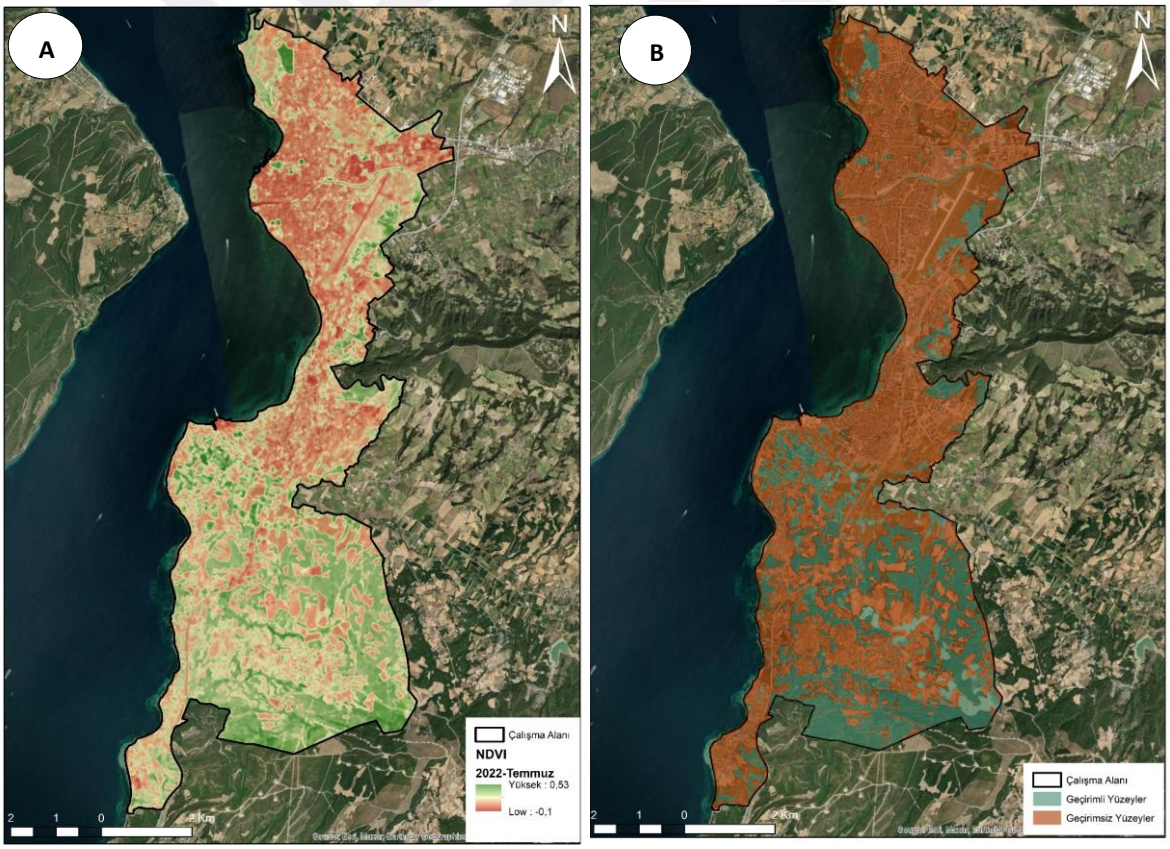
Kaynak: (Google Earth, 2023)

Çalışma alanındaki bina kat adetleri ve YYS değerleri arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur. Ancak benzer yükseklikte binalar bulunan alanlardaki değişen kullanım niteliği, yapı nizam türü, geçirimsiz yüzey alanlarının varlığı, topografya veya iklimsel durum gibi faktörlerin de YYS değerlerini oldukça etkilediği belirlenmiştir.

4.3 Yeşil Alan ile YYS Arasındaki İlişki

Kentteki geçirimsiz yüzeylerin artması ve yeşil alanların azalması YYS'nı artıran en önemli faktörlerdir (Kim vd., 2022). Çalışma alanındaki doğal alanların belirlenmesi için NDVI analizi yapılmıştır. NDVI, bitki örtüsünün klorofil miktarı ve hücre yapısındaki değişimini belirleyerek bitki örtüsünün sağlığı hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle çıplak toprak, beton, asfalt yüzey gibi geçirimsiz yüzeylerde farklı yansıtım göstermektedir.

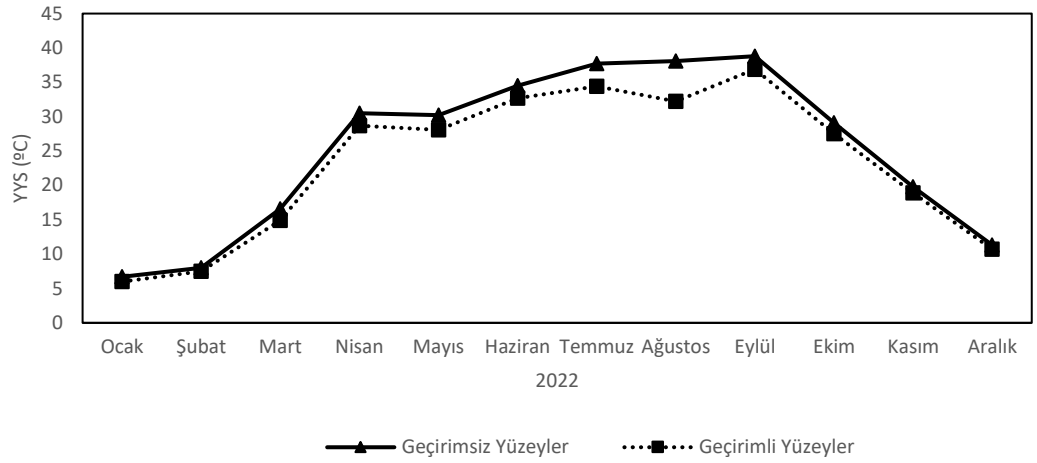
Bu özelliği sebebiyle NDVI kentsel bitki örtüsü sınıflarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Aryal vd., 2022). NDVI hesaplamasında normalizasyon işlemi yapıldığı için aldığı değerler -1 ila +1 arasında değişmektedir. Yapılan birçok çalışmada NDVI değerleri için eşik aralıkları genel olarak birbirine yakın değerlerde belirlenmiştir (Bhandari vd., 2012; Idrees vd., 2022; Taufik vd., 2016). Su ve kar yüzeyleri -1-0 arasında, çıplak alanlar, yapılaşmış alanlar ve yol ağı gibi geçirimsiz yüzeyler 0-0,2 arasında, az yoğun bitki örtüsü 0,2-05 arasında, çok yoğun bitki örtüsü ise 0,5-1 arasında değerler almaktadır (Hashim vd., 2019). Bu çalışma için 0-0,2 arası yapılaşmış alanlar yani geçirimsiz yüzeyler, 0,5-1 değerleri arası ise bitki örtüsünün yoğun olduğu yani geçirimli yüzey alanı olarak tanımlanmıştır. Buna göre 2022 yılının tüm ayları için NDVI hesaplanmış (Şekil 51A.) ve eşik değerlerine göre geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler olmak üzere sınıflandırılmıştır (Şekil 51B.).



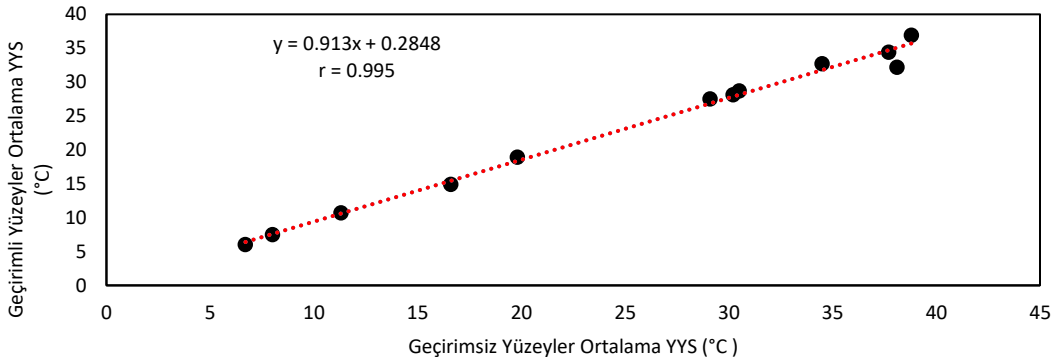
Şekil 51. NDVI analizi (A) ve eşik değerlerine göre yüzey alanların sınıflandırılması (B)

Daha sonra 2022 yılı için aylık hesaplanan YYS verileri, bu sınıflara göre kırpılmış ve her sınıfa ait ortalama YYS değerleri elde edilmiştir. Tüm aylar için geçirimsiz yüzeylerde YYS, geçirimli yüzeylerin YYS'ndan yüksek bulunmuştur (Şekil 52.). Buna göre yoğun

bitki örtüsü alanlarında görülen YYS'nın, yapılaşmış alanlarda görülen YYS'ndan her zaman daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu fark hava sıcaklıklarının yıllık ortalamanın üstünde olduğu Nisan-Eylül arasında çok belirgindir. Geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerin aylık ortalama YYS değerleri arasındaki korelasyon 0.99 bulunmuştur (Şekil 53.). Yapılaşmış alalnarın fazla olduğu geçirimsiz yüzeyler ile YYS arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Buna göre yapılaşmış alanların artması YYS'nı artırmaktadır. Geçirimli yüzeyler yani yoğun bitki örtüsüne sahip doğal alanlar ile YYS arasında negatifilişki bulunmuştur. Buna göre, bitki örtüsünün varlığı YYS'nı düşürmektedir.



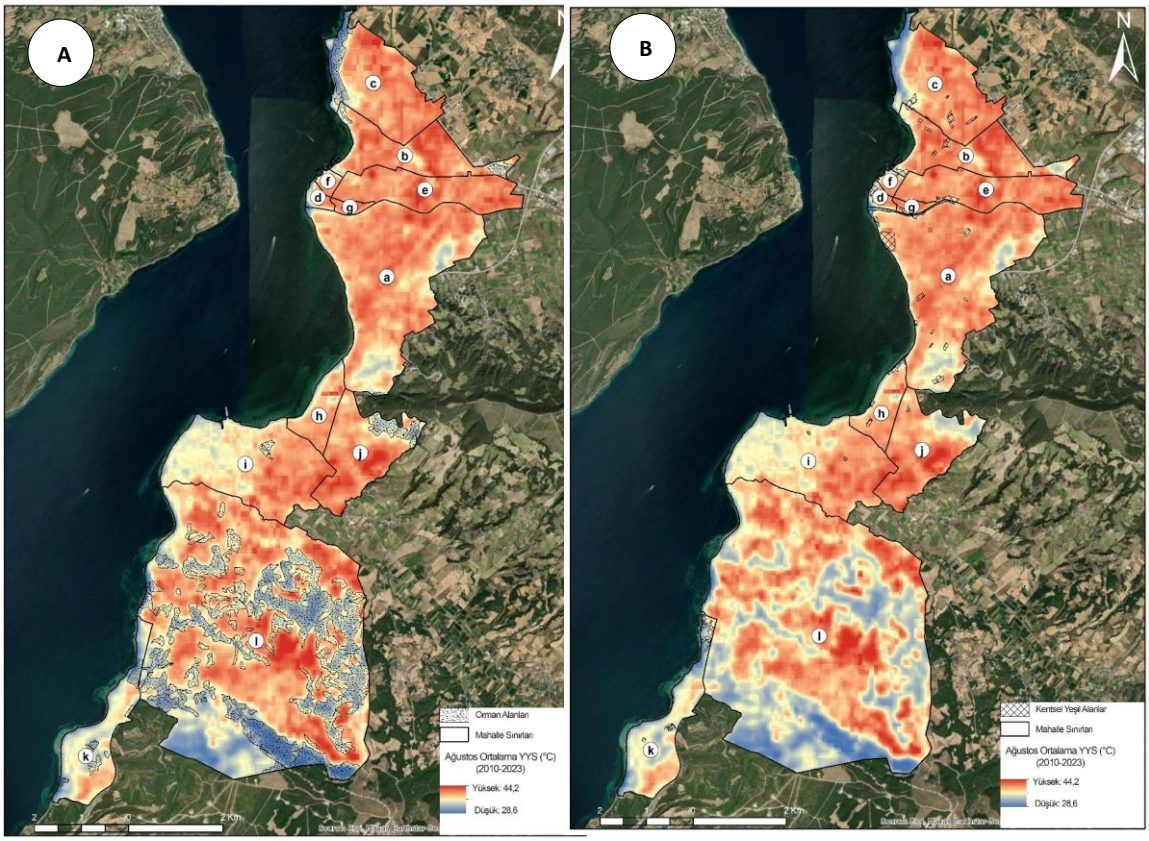
Şekil 52. Aylara göre geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerde görülen ortalama YYS değerleri (ºC)



Şekil 53. Geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerde görülen ortalama YYS arasındaki ilişki

Kentsel yeşil alanlar ve orman alanlarının YYS etkisinin belirlenmesi amacıyla kent atlasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Buna göre, en yüksek sıcaklığa sahip Ağustos ayının YYS değerleri ve orman alanları verisi üst üste getirildiğinde yeşil alanların soğutma

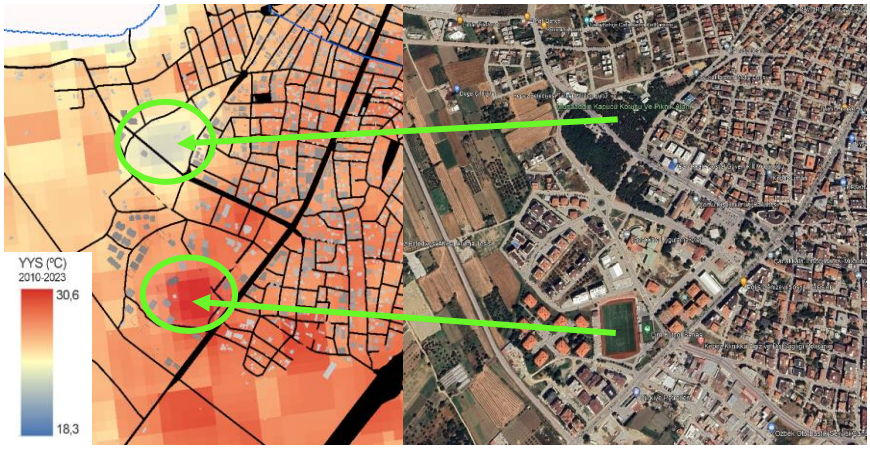
etkisi net bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 54A.). Ancak yine en sıcak aydaki YYS ve kentsel yeşil alanlar üst üste getirildiğinde aynı etkiyle karşılaşılmamaktadır (Şekil 54B.).



Şekil 54. Ağustos ayı YYS haritası ve orman alanları (a), Ağustos ayı YYS haritası ve kentsel yeşil alanlar (b)

Burada kentsel yeşil alanların alan olarak çok küçük ve parçalı olması, genellikle parklarda seyrek ve genç ağaçların bulunması veya yüzeylerinin sadece çim ile kaplı olması yeşil alanlarda soğutma etkisinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu veriler YYS ile yeşil alanların ilişkisinin incelendiği çalışmalarla tutarlıdır (Cao vd., 2010; Chang ve Li, 2014; He vd., 2019; Yang vd., 2017).

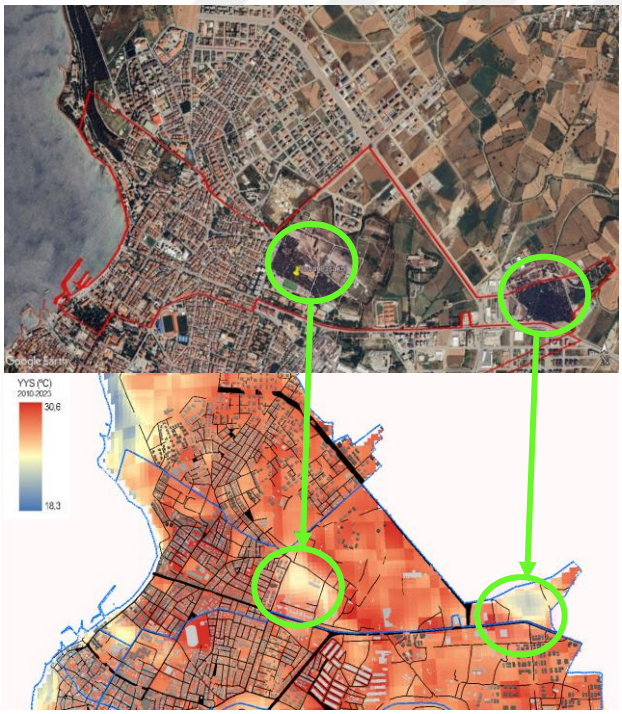
Cumhuriyet mahallesindeki (i) yerleşim alanları içindeki en düşük YYS değeri (23 °C), yetişkin ve sık ağaç örtüsüne sahip koruluk alanda belirlenirken en yüksek YYS değeri (28 °C), yapay çim, plastik gibi geçirimsiz malzemelerle kaplı halı sahanın bulunduğu alanda belirlenmiştir (Şekil 55.).



Şekil 55. Cumhuriyet (i) mahallesinde bulunan koruluk ve halı saha alanlarının YYS (sağ) ve uydu (sol) görüntüleri

Kaynak: (Google Earth, 2023)

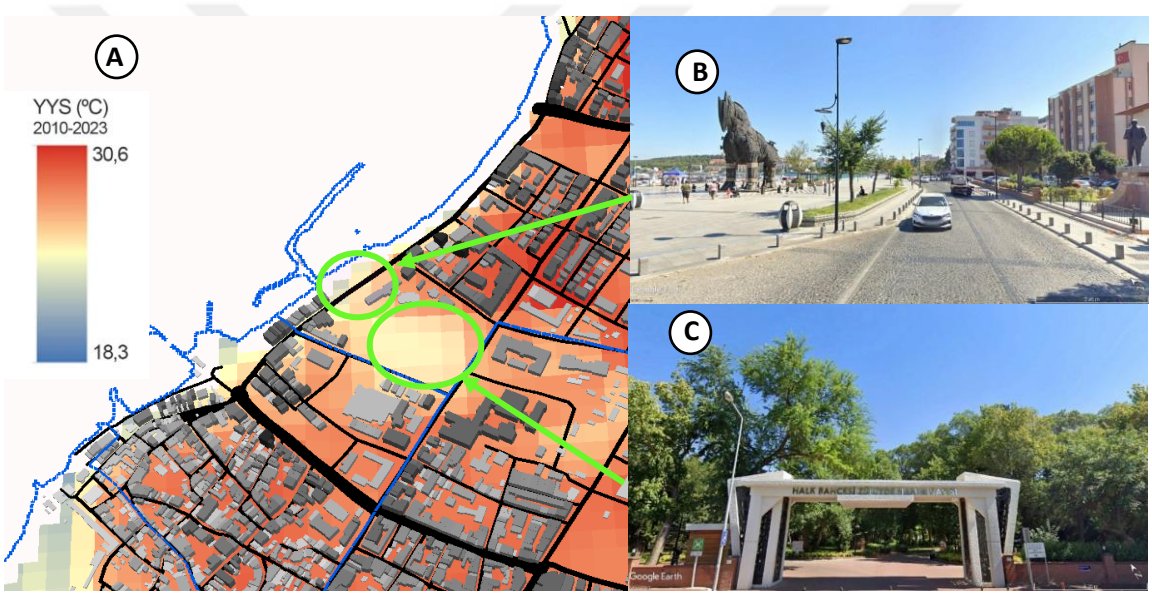
Cevatpaşa mahallesinin (b) doğusunda bulunan askeri alandaki ağaçlandırılmış alanlarda yine yeşil alanların soğutma etkisi gözlemlenirken, alanda bulunan binaların tek katlı olmasına rağmen taban alanının geniş olması ve çevresindeki halı saha ve otopark gibi geçirimsiz alanların bulunması YYS'nın artmasına neden olmaktadır (Şekil 56.).



Şekil 56. (b) mahallesinde bulunan açık alanların uydu (üst) ve YYS (alt) haritaları

Kaynak: (Google Earth, 2023)

Çanakkale ilinin en önemli kamusal alanlarından kordon (Şekil 57B.) ve Halk Bahçesi (Şekil 57C.) YYS'nın düşük olduğu alanlardandır (Şekil 57A.). Yoğun kentsel doku arasında bulunan geniş alana ve erişkin ağaçlara sahip bir yeşil alan olan Halk bahçesi, KIA oluşmasını önlemede soğuk adalar olarak tanımlanan su yüzeyleri ve yeşil alanlara güzel bir örnektir (Cao vd., 2010). Halk Bahçesinin YYS değerleri, 14 yıllık süreçte bütün aylar için incelendiğinde çevresine göre her zaman daha düşük YYS değerine sahiptir. Kordon alanı yaklaşık 3.1 hektar geçirimsiz malzemelerle kaplı zemine sahiptir. Kordon'un Çanakkale Boğazı'nın kıyısında olması ve doğusunda yetişkin ağaçların yoğun olduğu bir park olan Halk bahçesinin bulunması alanda beklenenin aksine düşük YYS değerlerinin görülmesine neden olmaktadır.



Şekil 57. (b) mahallesi YYS (a) haritası, Kordon (b) ve park alanı (c)

Kaynak: (Google Earth, 2023)

4.4 Nüfus Yoğunluğu ve Kişi Başına Düşen Yapılaşmış Alan ile YYS Arasındaki İlişki

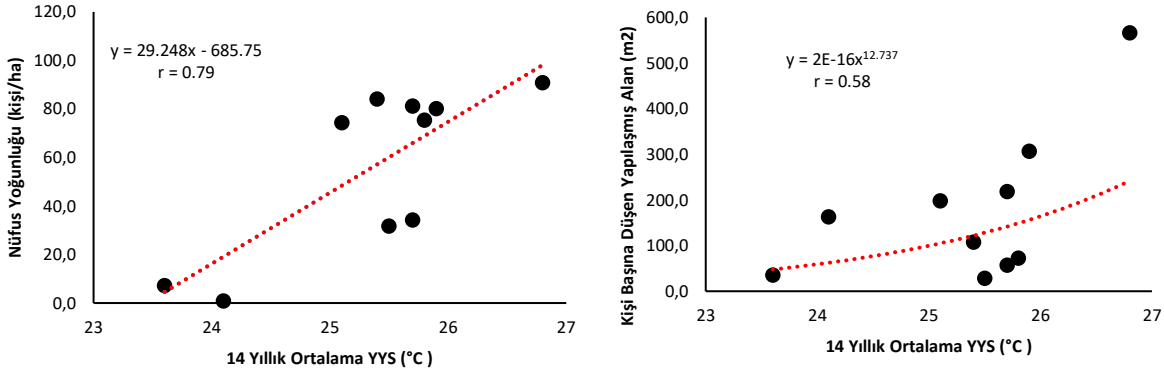
Çalışma alanındaki ortalama nüfus yoğunluğu 24.3 kişi/hektardır. Cevatpaşa (b) nüfus yoğunluğu en yüksek, Çınarlı (l) ise nüfus yoğunluğu en düşük olan mahalledir (Tablo 9).

Tablo 9

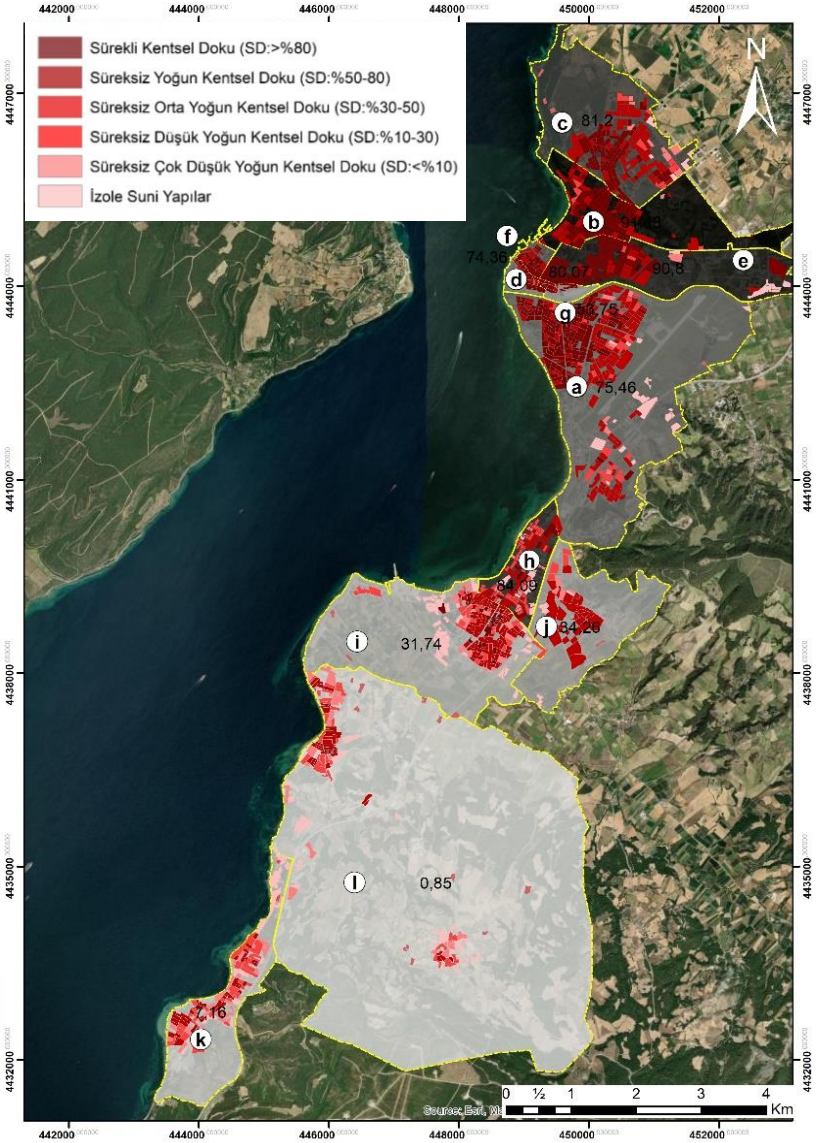
Mahallelerin nüfus, YYS, kişi başına düşen yapılaşmış alan ve nüfus yoğunluğu değerleri

Mahalleler	Nüfus (kişi)	YYS (ºC)	Kişi Başına Düşen Yapılaşmış Alan (m^2)	Nüfus Yoğunluğu (kişi/hektar)
Namık Kemal (g)	1059	26,9	59,8	53,8
Kemalpaşa (f)	1633	25,9	306,7	80,1
Fevzipaşa (d)	1790	25,1	198,3	74,3
Güzelyalı (k)	1808	23,6	35,5	7,2
Çınarlı (l)	2032	24,1	163,1	0,9
Boğazkent (h)	9078	25,4	107,9	84,1
Hamidiye (j)	10061	25,7	56,8	34,3
Cumhuriyet (i)	16251	25,5	28,7	31,7
Cevatpaşa (b)	23820	26,5	19,9	91,5
İsmetpaşa (e)	23959	26,8	566,0	90,8
Esenler (c)	29767	25,7	218,4	81,2
Barbaros (a)	61647	25,8	72,3	75,4

Mahalle nüfusları ve konut alanlarının ortalama YYS değerleri arasında 0,79 r katsayısına sahip pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur. Kişi başına düşen yapılaşmış alan ile ortalama YYS değerleri arasında ise 0,58 r katsayısıyla orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Buna göre nüfus yoğunluğu en fazla olan Cevatpaşa mahallesi (b) aynı zamanda kişi başına düşen yapılaşmış alanın en düşük olduğu mahalledir (Şekil 58.). Ancak nüfus yoğunluğu en fazla olan ikinci mahalle olan İsmetpaşa mahallesi(e), kişi başına düşen yapılaşmış alanın en yüksek olduğu mahalledir. Bunun nedeni, nüfus yoğunluğu hesaplamasında konut alanları dikkate alınırken, kişi başına düşen yapılaşmış alanın hesaplamasında alanda bulunan tüm yapılar dikkate alınmıştır. Bu bağlamda İsmetpaşa (e) mahallesindeki zıt durum mahallede bulunan konut dışı fonksiyonlara sahip (sanayi, stadyum vb.) yapıların geniş taban alanlarına sahip olmasıdır (Şekil 59.). Sonuç olarak nüfus yoğunluğu ile sürekli kullanımın yoğun olduğu konut alanlarındaki ilişki incelenirken, kişi başına düşen yapılaşmış alanlar ile geçirimsiz yüzeyler ile nüfus arasındaki ilişkinin YYS üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sanayi alanı, ticaret alanı veya yüksek katlı ofis yapıları gibi alanlarda sürekli kullanıcı bulunmadığından nüfus yoğunluğu yerine kullanıcı yoğunluğunun tespit edilmesi ve bu kapsamda ilişkilerin incelenmesi daha anlamlı olacaktır.



Şekil 58. Nüfus yoğunluğu ve kişi başına düşen yapılaşmış alan ile YYS narasındaki ilişkiler

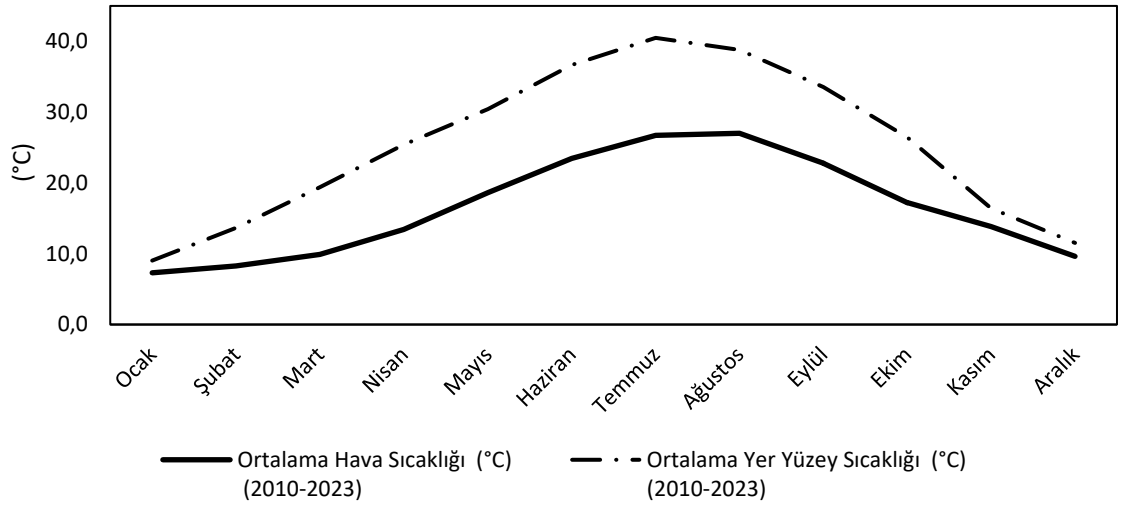


Şekil 59. Kent atlası ve nüfus yoğunluğunun karşılaştırılması

En düşük nüfus yoğunluğuna sahip olan Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köylerinde (7.2, 0.9) en düşük YYS değerleri (23.6, 24,1) görülmektedir (Tablo 9). Çınarlı köyünde kişi başına düşen yapılaşmış alan Güzelyalı'ya göre fazladır (163.1, 35.5). Yapılaşmış alanın artması geçirimsiz yüzeyleri, alanda bulunan nüfusun artması da antropojenik ısıyı artırmaktadır. Bu yüzden yapılaşmış alan ve nüfus yoğunluğunun artması KIA etkisini artırmaktadır.

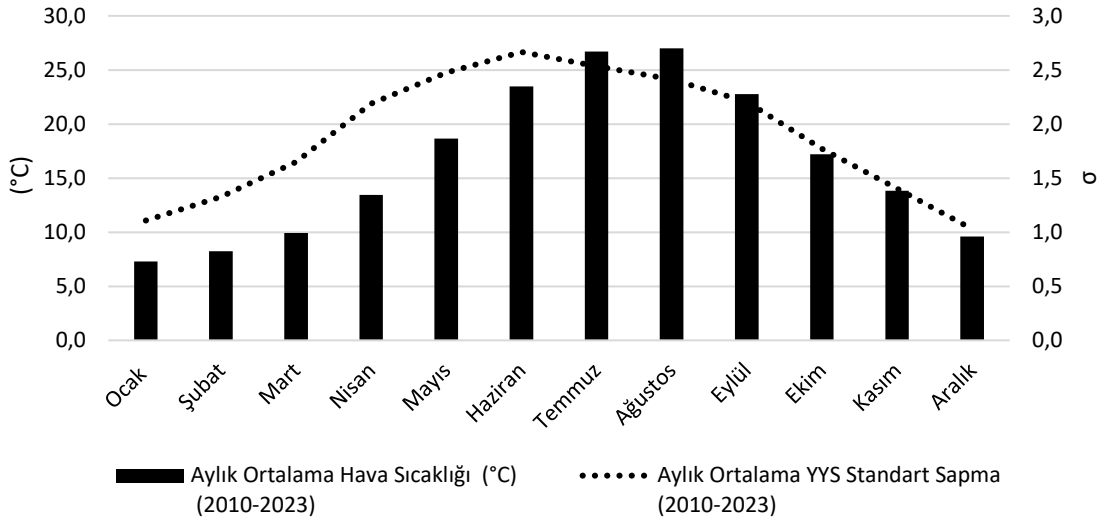
4.5 Hava Sıcaklığı ile YYS Arasındaki İlişki

Çalışma alanının 14 yıllık aylık ortalama hava sıcaklığı ile 14 yıllık aylık ortalama YYS arasındaki ilişki incelendiğinde 0,96 r katsayısıyla çok yüksek ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Hava sıcaklığı arttıkça yer yüzeyi sıcaklığı artmaktadır (Şekil 60.).



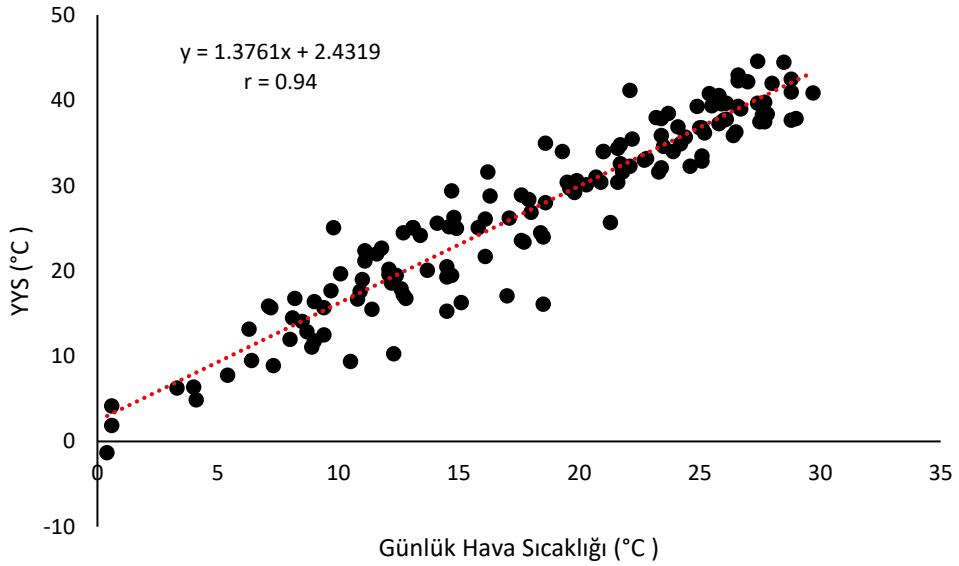
Şekil 60. Hava sıcaklığı ile YYS arasındaki ilişki

Çalışma alanının aylık ortalama sıcaklığı (2013-2023) ve aylık ortalama YYS değerlerinin standart sapması arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil 61.). Bu analiz sonucunda veriler arasında 0,83 r katsayısı ile pozitif ve yüksek düzeyde tutarlı bir ilişki bulunmuştur. Tüm yüzeylerdeki sıcaklıktaki standart sapma, geçirimsiz yüzeylerin ısıyı tutma ve yayma özelliğini gösterir. Sıcaklıklar arttıkça ısı tutma kapasitesi de artar. Bu durum aylık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu yaz aylarındaki standart sapmanın da yüksek olmasını açıklar.



Şekil 61. Aylık ortalama sıcaklık ve YYS değerlerinin standart sapması

YYS hesaplamasında kullanılan uydu görüntülerinin ortalama YYS değerleri ile görüntünün çekildiği tarihteki günlük ortalama hava sıcaklığı arasında çok yüksek ve pozitif ilişki (0,94) bulunmuştur (Şekil 62.). Hava sıcaklığı ile yer yüzeyi arasında gerçekleşen ısı iletimi nedeniyle hava sıcaklığının artması YYS'nın artışına ve aynı şekilde YYS'nın artması hava sıcaklığının artışına neden olmaktadır.



Şekil 62. Uydu görüntülerinin çekildiği tarih ve eş zamanlı günlük hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki

En yüksek YYS değerinin görüldüğü Temmuz ve Ağustos ayı, en düşük bağıl nem değerinin görüldüğü aylardır. Bağıl nemin düşük olması havanın su ile doymaya yakın olduğunu ifade ettiğinden düşük bağıl nem değeri, YYS'nın artmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda Temmuz ayına ait rüzgâr hızı (3,78 m/sn), ortalamanın (3,95 m/sn) altınadır. Çalışma alanının deniz kenarında olması nemi artırmaktadır. Yüksek nem ve düşük rüzgâr hızı, hissedilen sıcaklığı artırır. Geçirimsiz yüzeylerin YYS'nı artırmasıyla çevresindeki yoğun bitki örtüsünden daha yüksek YYS değerine sahip olan kentsel alanlarda oluşan KIA etkisiyle birlikte iklimsel olayların neden olduğu hissedilen sıcaklığın artması, insan sağlığını ve konforunu olumsuz etkiler.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çanakkale ili kent merkezindeki YYS ile bina kat adetleri, KIA etkisi, kentsel doku, yeşil alan, kişi başına düşen yapılaşmış alan ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen çıktılar aşağıdaki gibidir:

- Bina kat adedi ile YYS arasındaki ilişki, aylık, mevsimlik ve yıllık olmak üzere ve 4 farklı zamansal çözünürlük (1, 6, 10, 14 yıllık) kullanılarak incelenmiştir. Buna göre en düşük ilişki en az verinin kullanıldığı 1 yıllık verilerde, en yüksek ilişki ise aynı özelliklere sahip sensörlerin kullanıldığı (Landsat 8/9) uydu görüntüleriyle oluşturulan 10 yıllık verilerde bulunmuştur.

- Bu kapsamda, YYS verilerinin üretilmesinde zamansal çözünürlüğün artırılması ve benzer özelliklere sahip uydu görüntülerinin kullanılması verinin tutarlılığını artırmaktadır. Özellikle kentsel alanlardaki çalışmalarda, Landsat gibi ortalama mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin kullanılması ve bu verideki bilinen hatalar (Landsat 7 kayıp şerit hatası) nedeniyle kayıp verilerin bulunması gibi nedenler YYS değerlerinde görülen sapmaları artırmaktadır.

- Kat adedi ve YYS arasındaki aylık ilişkilere göre en yüksek ilişki Haziran (0,23), en düşük ilişki ise Aralık (-0,07) ayında bulunmuştur. En yüksek sıcaklığın görüldüğü Ağustos ve Temmuz aylarında ilişki Eylül ayına göre daha düşüktür. Sonuçta, kat adedi ile YYS arasında bazı aylarda anlamlı ancak kuvvetli olmayan ilişkiler belirlenmiştir. Bu bulgular, Yu vd.'nin (2019) daha fazla gölge oluşturan yüksek katlı binaların Temmuz ayında büyük bir soğutma etkisi gösterirken, en düşük soğutma etkisin Aralık ayında gerçekleştiğini buldukları çalışma ile tutarlıdır.

- Alandaki bütün bina kat adetleri ve YYS değerleri arasında düşük düzeyde ancak anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur. Bu nedenle bina kat adediyle ilişkili olarak YYS'nı etkileyen diğer faktörler ele alınmıştır. YYS'nın yapılaşmış alanlardaki dağılımı incelendiğinde en yüksek sıcaklıkların sanayi alanları ve bitişik nizamlı, orta katlı yapılaşmanın bulunduğu alanlarda olduğu görülmüştür.

- Yapılaşmış alanlardaki en düşük YYS ise 2 katlı, bahçeli, villa tipi betonarme binaların bulunduğu Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köylerinde görülmüştür.

- YYS ile binaların kullanım niteliği (mesken, ticaret, sanayi, kamu vb.) arasındaki ilişkiden yola çıkarak sürekli kullanımın bulunduğu mesken alanları ile YYS arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bunun için öncelikle 1 katlı binaların genel olarak mesken dışı kullanım niteliğinde olması ve ısı tutma kapasitesi yüksek çatı malzemeleri kullanılması nedeniyle bu binalar göz ardı edilerek 2 ve 13 katlı binalar ile yer yüzeyi sıcaklığı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Buna göre, 2 ve 13 katlı binalar ile YYS arasındaki ilişki (r=0,34), bütün binalar ile YYS arasındaki ilişkiden (r=0,19) daha yüksek bulunmuştur.

- Ancak 1 katlı yapılarda görülen yüksek YYS değerlerini, yapının kullanım niteliğinin yanında bina çatı malzemesi ve çevresindeki geçirimsiz yüzey alanlarının fazlalığı gibi farklı faktörlerde etkilemektedir.

- Ayrıca 2 ve 13 katlı binalar arasında da kullanım niteliği farklı yapılar bulunmaktadır. Yalnızca mesken alanlarındaki kat adetleriyle YYS arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla tüm binaların %10'una denk gelen 176 meskenin kat adedi ve ortalama YYS değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde 0.64 r katsayısıyla ilişkilerin pozitif yönde arttığı gözlenmiştir.

- Buna göre binaların kullanım niteliği (mesken, ticaret, sanayi, kamu vb.), yapı ve çatı malzemesi YYS'nı etkilemektedir. Bunun yanında bina çevresinin yüzey malzemesi de YYS'nı etkileyen diğer faktörlerdendir.

- Yapı tipolojisi YYS'nın değişimini oldukça etkilemektedir. Binaların yönleniş biçimi, nizamı ve kat adediyle birlikte üzerinde bulunduğu sokağın genişliği güneşten alınan radyasyonu etkilemektedir.

- Bitişik nizamlı yapıların bulunduğu alanlar, ayrık ve blok nizam yapıların bulunduğu alanlara göre daha yüksek YYS değerlerine sahiptir.

- Rüzgâr dolaşımına izin veren sokaklar YYS'nı düşürmektedir. Bitişik nizam yapılar rüzgârın dolaşımını engellediği için YYS'i arttırmaktadır.

- Geçirimsiz yüzey alanları arttıkça YYS artmaktadır.
- Geçirimsiz yüzey alanlarının genişliği ve çevresindeki arazi kullanım YYS'nın değişiminde etkilidir. Bu nedenle bina taban alanı ve bahçe alanı büyüklüğü YYS'nı etkilemektedir.
- Geçirimli alanlar olarak tanımlanan yeşil alanlar ile su yüzeylerinde ve çevrelerinde düşük YYS değerleri bulunmuştur. Bu alanların soğutma etkisi yalnızca kendi yüzeylerinde değil çevresinde de görülmesi kentsel alanlarda soğuk adaların oluşmasına katkı sağlamaktadır.
- Yeşil alanların yüzey kaplama malzemesi, büyüklüğü ve formu soğutma etkisini önemli ölçüde değiştirmektedir. En fazla soğutma etkisi yetişkin ve sık ağaçlarla kaplı, geniş yeşil alanlarda görülmüştür.
- Topografyanın YYS üzerinde etkisi vardır. Yükseklik arttıkça YYS değerleri düşmektedir. Ancak bu düşüşü sadece yüksekliğe bağlamak doğru olmaz, çünkü Çanakkale'de yüksek yerlerde geçirimli yüzeyleri bol site yerleşimleri mevcuttur. Diğer taraftan deniz seviyesine yakın yerlerde, özellikle en eski kent merkezinde, bitişik nizamlı, yeşil alanı az yani geçirimsiz yüzeyleri bol alanlarda YYS değerleri yüksektir.
- Yerleşimin kıyıya yakın veya yüksek rakımda bulunması gibi coğrafi konumu ve topografik özellikleri YYS'nı etkilemektedir.
- İnsan kaynaklı enerji tüketimi YYS'nı değiştirmektedir. Bu nedenle gece-gündüz kullanımının yoğun olduğu yüksek yoğunluklu mesken alanlarında görülen YYS, diğer alanlara (orta ve düşük yoğunluklu) göre daha yüksektir.
- Antropojenik enerji tüketimi, kat adedi ve YYS arasındaki ilişkiyi nüfus yoğunluğuna bağlı olarak yaz ve kış mevsiminde etkilemektedir.
- İklim YYS'nı etkileyen önemli faktörlerdendir. En fazla ortalama yağışın olduğu Aralık ayında, YYS ile bina kat adetleri arasındaki en düşük ilişki gözlemlenmiştir.

- Çalışma alanının aylık ortalama hava sıcaklığı ile aylık ortalama YYS değerleri arasında yüksek düzeyde, pozitif ve anlamlı ilişki bulunmuştur. Bu ilişki sıcaklıkların artmasıyla, geçirimsiz yüzeylerin ısı kapasitesinin arttığını gösterir.

- Landsat uydusu, çalışma alanından sabah saat 10.30 civarında geçmekte ve görüntüler bu saatte alınmaktadır. Uydu görüntülerinin doğruluğunun sağlanmasında günlük ortalama hava sıcaklığı verisi yerine saatlik hava sıcaklığı verisinin kullanılması daha uygun olacaktır. Bu tez kapsamında yalnızca günlük veriler elde edildiğinden bu konuda bazı sınırlılıklar yaşanmıştır. Bu çalışmanın detaylandırılması ve geliştirilmesi için planlanan doktora çalışmasında, uydu görüntülerinin doğruluğu saatlik hava sıcaklığı verileriyle sağlanacaktır.

Çanakkale ili, doğal güzellikleri, tarihi değerleri, üniversitesi, çeşitli ulaşım olanakları ve köprü gibi önemli yatırımların gerçekleşmesi nedeniyle nüfusu artan ve artmaya devam edecek illerimizdendir. İldeki geçici nüfusu öğrenciler yani genç yaş grubu oluşturmaktayken, ilin kalıcı nüfusunda ileri yaş grubunun varlığı hatırı sayılır seviyelerdedir. Bu bağlamda, Çanakkale ilinin planlanmasında, hissedilen ve yüzey sıcaklığını arttıran uygulamalardan kaçınılmalıdır. Var olan yerleşim alanlarında ise riskli bölgeler belirlenmeli ve riski azaltmaya yönelik eyleme geçilmelidir. Bu tez kapsamında incelenen Çanakkale ilinin kent merkezinde Barbaros (a), Cevatpaşa (b), Fevzipaşa (d), İsmetpaşa (e) ve Kemalpaşa mahalleleri en yüksek YYS değerlerinin görüldüğü mahallelerdir. Bu mahallelerdeki YYS'nı arttıran durumlar incelendiğinde, geçirimsiz yüzey alanların fazla olması, bitişik nizamlı orta ve yüksek katlı yerleşimlerin yanında dar ve uzun sokaklar ile yetersiz yeşil alan varlığı ilk dikkat çeken durumlardandır. Bunun yanında Cevatpaşa, İsmetpaşa ve Kemalpaşa mahallelerindeki yoğun ticaret ve sanayi faaliyetlerin insan kaynaklı ısı üretimini artırmaktadır. Ayrıca bu alanlarda, geçirimsiz yüzey alanlarının fazla olması ve ısı tutma kapasitesi yüksek malzemelerle kaplı olması nedeniyle en yüksek YYS değerleri görülmektedir. Barbaros mahallesinde ise hâkim rüzgar yönüne dik planlanan alanlarda, orta katlı ve ayrık nizamlı yapı tipolojilerine rağmen yüksek YYS değerleri görülmektedir. Esenler (c) ve Hamidiye (j) mahallelerinde bulunan yüksek katlı sitelerde farklı YYS değerlerine rastlanmaktadır. Bu durumun belirleyicilerinden biri bahçe alanı büyüklüğü ve yüzey malzemesidir. Hamidiye mahallesindeki yüksek katlı sitelerde ortak bahçe alanları ve peyzaj düzenlemeleri bulunması ve alanın rüzgâr dolaşımına izin veren şekilde planlanması nedeniyle YYS beklenenden daha düşüktür. Düşük katlı, bahçeli

villa tipi yapılaşmaların yoğun olduğu Güzelyalı (k) ve Çınarlı (l) köylerinde ise YYS düşüktür. Bu alanlarda geçirimli yüzey alanların oranı, geçirimsiz yüzey alanlarına göre oldukça fazladır. Bu durum bu alanlardaki KIA etkisinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle benzer yapı tipolojisine sahip ancak kent yerleşimi içinde kalan Boğazkent (h) mahallesinin kıyı kesimlerinde görülen KIA etkisi daha fazladır. Alanın en eski yerleşimlerin olan Fevzipaşa (d) ve Cumhuriyet (i) mahalleri, düşük ve orta katlı yapıların bulunduğu orta yoğunluklu yerleşimlerdir. Bu alanlar zamanla ticaret faaliyetlerinin yoğun olduğu kent merkezi konumuna geldiğinden alandaki yapılaşma fazladır. Kentin değerli topraklarından olan bu yerleşimlerde özellikle Fevizpaşa'da yeşil ve açık alanlar neredeyse hiç yoktur. Bu durumlar nedeniyle mahallelerde görülen YYS beklenenden daha yüksektir.

Bu tezin sonucunda, planlama literatüründe yapı yoğunluğu ve kent iklimi arasındaki ilişkiye dair birkaç çıkarımda bulunulmuştur. Yerleşim alanlarındaki yüksek bina kat adetlerinden ziyade bina kullanım niteliği (mesken, ticaret, sanayi vb.), bina kaplama ve çatı malzemesi, bina çevresindeki geçirimsiz ve geçirimli yüzey alanların varlığı, binaların birbirine yakınlığı, binaların aralarındaki sokak genişliği ve uzunluğu, binaların yönlenmesi gibi faktörler YYS'nı daha fazla etkilemektedir. Kentlerde dinlenme, eğlence ve rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamak için büyük öneme sahip olan yeşil alanlar, aynı zamanda hissedilen ve yüzey sıcaklığını düşürerek önemli bir soğutma etkisi göstermektedir. Ancak, bu çalışmada yeşil alanların niceliği ve niteliğinin soğutma etkisini oldukça etkilediği tespit edilmiştir. Alansal olarak geniş, üzerinde sık ve yaşlı ağaçların bulunduğu yeşil alanların, alansal olarak küçük ve parçalı, üzerinde çim veya seyrek ağaçların bulunduğu yeşil alanlara göre daha fazla soğutma etkisine sahip olduğu görülmüştür.

Kentsel alanlardaki sıcaklığın artması, insan etkinlikleri sonucunda kentleşme ve sanayileşmeyle havaya salınımı artan ozon gibi ikincil kirleticiler ile ilişkilidir (Jonsson vd., 2004). Yüksek sıcaklık, düşük rüzgâr hızı, düşük bağıl nem ve bulutsuzluk gibi meteoroloji parametreleri hava kirliliğini tetiklemektedir. Hava kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kentsel alanlarda farklı uygulamalara rastlanılmaktadır. Kentsel hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden olan araç kullanımı sonucu salınan gazların etkilerinin azaltılması, kentsel hava kirliliğinin azaltılmasında en önemli konulardandır. Hava kalitesinin iyileştirilmesi için büyük hacimli trafiğe sahip yolların etrafında, bitki örtüsü bariyerleri gibi yeşil altyapı sistemlerinin oluşturulması yaygın olan uygulamalardandır (Barwise ve Kumar, 2020). Geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla artan KIA etkisi ve dolaylı olarak artan hava kirliliğinin

önlenmesi için ise geçirimsiz yüzey alanlarında kullanılan malzemelerin değişimine yönelik uygulamalar bulunmaktadır. Evapotranspirasyonun sağladığı soğutma etkisi nedeniyle bitkilerin geçirimsiz alanlarda kullanımı KIA etkisinin azaltılmasında kullanılan yöntemlerdendir. Bina çatıları, geçirimsiz yüzey alanlarından KIA etkisini artıran en önemli faktörlerden biridir. Bina çatılarının yansıtım özelliğinin düşürülmesi amacıyla çatılarda farklı malzeme kullanımı ya da yeşil bitki örtüsü ile çatı malzemesinin kaplanması bu bağlamda literatürde serin/ soğuk çatılar olarak bilinen uygulamalardandır (Macintyre ve Heaviside, 2019).

Kentlerdeki yapı yoğunluğu kentsel iklimini mikro ölçekte değiştirmektedir. Plansız ya da kötü planlanmış yerleşim alanlarında bilinçsiz veya kötü niyetli yanlış uygulamalar, kentsel alanlardaki hissedilen sıcaklığın artışına neden olmaktadır. Bu durum insan konforunu dolayısıyla insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliğinin etkisiyle her geçen yıl giderek artan sıcaklıklar, kentsel alanlarda yaşayan kişilerin sıcak hava dalgaları gibi afetlere karşı savunmasızlığını artırmaktadır. Bu nedenle bir yerleşim yerinin planlanmasında alınacak temel kararların, orada yaşayacak insanların fiziksel ve psikolojik sağlığını etkileyeceği unutulmamalıdır. Sağlık açısından riskli grupların çoğunlukta bulunduğu yerleşim alanlarında afet risklerini en aza indirmek ancak sorunları bütüncül bir yaklaşım ile ele alan, transdisipliner çalışmalarla mümkündür. Bu doğrultuda, YYS ve KIA verileri, risk belirleme, zarar azaltma ve acil durum eylem planları gibi çalışmalarda altlık olarak kullanılmalıdır. Planlamalar yapılırken YYS'nı etkileyen bütün faktörler birlikte ele alınmalıdır.

KAYNAKÇA

Ağgül, D., Aydemir, B., ve Erdoğan, N. (2021). "Kentsel Isı Adasının Sağlık Üzerine Etkileri", *İzmir Demokrasi Üniversitesi Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi 2021*, (s. 111-115). İzmir: İzmir Demokrasi Üniversitesi.

Akyürek, Ö. (2020). "Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 377-390. https://doi.org/10.21324/dacd.667594

Alberti, M. (1996). "Measuring urban sustainability". *Environmental impact assessment review,* 16(4-6), 381-424. https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00083-2

Ali-Toudert, F., and Mayer, H. (2006). "Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate". *Building and environment,* 41(2), 94-108. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013

Allison, R. S., Johnston, J. M., Craig, G., and Jennings, S. (2016). "Airborne optical and thermal remote sensing for wildfire detection and monitoring". *Sensors,* 16(8), 1310. https://doi.org/10.3390/s16081310

Almeida, C. R. D., Teodoro, A. C., and Gonçalves, A. (2021). "Study of the urban heat island (UHI) using remote sensing data/techniques: A systematic review". *Environments,* 8(10), 105. https://doi.org/10.3390/environments8100105

Alonso, W. (1960). "A Theory of the Urban Land Market". *Papers and Proceedings, Regional Science Association*, Vol. 6, 1960, 149-157. https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1960.tb01710.x

Altan G, ve Türkeş M (2015). "Hydroclimatologic characteristics of the forest fires occurred at the Çanakkale district and relationship with climate variations". *Aegean Geograph* J 20(2):1

Altıner, F. 2022. Alansal Değişime Etki Eden Parametrelerin Ayvalık İlçesi Örneğinde İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart

Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Çanakkale.

Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., and Alavipanah, S. K. (2009). "Spatial–temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran". *Remote sensing of environment*, 113(12), 2606-2617. https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.021

Anbazhagan, S., and Paramasivam, C. R. (2016). "Statistical correlation between land surface temperature (LST) and vegetation index (NDVI) using multi-temporal landsat TM data". *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 5(1), 333-346. https://doi.org/10.23953/cloud.ijaese.204

Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., and Newland, L. (1995). "Mapping micro-urban heat islands using Landsat TM and a GIS". *Computers & Geosciences,* 21(8), 965-969. https://doi.org/10.1016/0098-3004(95)00033-5

Arda, G. (2020). "Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişiminin Değerlendirilmesi: Muğla-Ula Örneği", *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(1), 49-61.

Arnold Jr, C. L., and Gibbons, C. J. (1996). "Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator". *Journal of the American planning Association*, 62(2), 243-258. https://doi.org/10.1080/01944369608975688

Artis, D. A., ve Carnahan, W. H. (1982). "Survey of emissivity variability in thermography of urban areas". *Remote sensing of Environment*, 12(4), 313-329. https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8

Aryal, J., Sitaula, C., and Aryal, S. (2022). "NDVI threshold-based urban green space mapping from sentinel-2A at the Local Governmental Area (LGA) level of victoria, Australia". *Land,* 11(3), 351. https://doi.org/10.3390/land11030351

Aslan, N. (2016). Landsat Uydu Görüntülerinden Kentsel Isı Adalarının Belirlenmesi: Batı Akdeniz Bölgesi Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya.

Avci, Z. D. Uca, M. Karaman, E. Özelkan ve I. Papila. (2011). "A Comparıson Of Pıxel-Based And Object-Based Classıficatıon Methods, A Case Study: Istanbul, Turkey", *In Proceedings of the 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Sydney, Australia.

Barwise, Y., and Kumar, P. (2020). Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: A practical review for appropriate plant species selection. *Npj Climate and Atmospheric Science*, *3*(1), 12.

Basiago, A. D. (1998). "Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice". *Environmentalist,* 19(2), 145-161. https://doi.org/10.1023/A:1006697118620

Baykara, M. (2023). An assessment of long-term urban heat island impact on Istanbul's climate. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, *10*(2), 40-47.

Berghauser Pont, M., and Haupt, P. (2010). "Spacematrix: space, density and urban form". (No Title).

Berry, B. J. (2008). "Urbanization". *Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature*, 25-48. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_3

Bertaud, A. (2015). "The Spatial Distribution of Land Prices and Densities". *The Models Developed.*

Bhandari, A. K., Kumar, A., and Singh, G. K. (2012). "Feature extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A case study of Jabalpur city". *Procedia technology*, 6, 612-621. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.074

Bitkisel İndis. (2024). Erişim 4 Nisan 2024, https://wiki.netcad.com.tr/display/HELP/Bitkisel+Indis

Bonafoni, S., and Keeratikasikorn, C. (2018). "Land surface temperature and urban density: Multiyear modeling and relationship analysis using MODIS and Landsat data". *Remote Sensing,* 10(9), 1471. https://doi.org/10.3390/rs10091471

Bottyán, Z., and Unger, J. (2003). "A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island". *Theoretical and applied climatology*, 75, 233-243. https://doi.org/10.1007/s00704-003-0735-7

Boykot, C. T., and Cooper, R. (2011). "Clarifying and re-conceptualising density". P*rogress in planning*, 76(1), 1-61. https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.07.001

Bölen, F., Dülger Türkoğlu, H., ve Yirmibeşoğlu, F. (2009). "İstanbul'da yapılaşma yoğunluğu-yaşanabilir alan ilişkisi". *İTÜDERGİSİ/a*, 8(1).

Cao, X., Onishi, A., Chen, J., and Imura, H. (2010). "Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data". *Landscape and urban planning*, 96(4), 224-231. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.03.008

Carozzi, F., and Roth, S. (2023). "Dirty density: air quality and the density of American cities". *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102767. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102767

Castells-Quintana, D., Dienesch, E., and Krause, M. (2021). Air pollution in an urban world: A global view on density, cities and emissions. *Ecological Economics*, *189*, 107153.

Chang, C. R., and Li, M. H. (2014). "Effects of urban parks on the local urban thermal environment". *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 672-681. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.08.001

Chen, F., Yang, S., Yin, K., and Chan, P. (2017). "Challenges to quantitative applications of Landsat observations for the urban thermal environment". *Journal of Environmental Sciences*, 59, 80-88. https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.02.009

Chen, M., Xian, Y., Wang, P., and Ding, Z. (2021). "Climate change and multi-dimensional sustainable urbanization". *Journal of Geographical Sciences*, 31(9), 1328-1348. https://doi.org/10.1007/s11442-021-1895-z

Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X., and Yin, Z. Y. (2006). "Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes". *Remote sensing of environment*, 104(2), 133-146. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016

Cheng, V. (2009). “Understanding density and high density”. *In Designing high-density cities* (pp. 37-51). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781849774444

Cheval, Sorin, Ana Maria Popa, Ionuț Șandric, and Ioan Cristian Iojă. (2020). “Exploratory Analysis of Cooling Effect of Urban Lakes on Land Surface Temperature in Bucharest (Romania) Using Landsat Imagery”, *Urban Climate* 34. doi: 10.1016/j.uclim.2020.100696. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100696

Childe, V. G. (1950). “The urban revolution”. *The town planning review*, 21(1), 3-17. https://doi.org/10.3828/tpr.21.1.k853061t614q42qh

Chiri, G., and Giovagnorio, I. (2015). “Gaetano Vinaccia’s (1881–1971) theoretical work on the relationship between microclimate and urban design”. *Sustainability*, 7(4), 4448-4473. https://doi.org/10.3390/su7044448

Clark, C. (1951). “Urban population densities”. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General),* 114(4), 490-496. https://doi.org/10.2307/2981088

CNU. (2021). New Urbanism, Congress of New Urbanism. Retrieved: June 03, 2023 https://www.cnu.org/resources/what-new-urbanism

Cook, M. (2014). “Atmospheric Compensation for a Landsat Land Surface Temperature Product”. *Tez. Rochester Institute of Technology*. Erişim: http://scholarworks.rit.edu/theses/8513. https://doi.org/10.1117/12.2015320

Cook, M., Schott, J. R., Mandel, J., and Raqueno, N. (2014). “Development of an Operational Calibration Methodology for the Landsat Thermal Data Archive and Initial Testing of the Atmospheric Compensation Component of a Land Surface Temperature Product from the Archive”, *Remote Sensing* 6 (11), 11244-11266. https://doi.org/10.3390/rs61111244

CORINE. (2023). Urban Atlas. Retvieved: July, 07, 2023 https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas

Çağlak, S. (2022). Amasya kentinin biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve gelecek projeksiyonları. *Mavi Atlas*, *10*(1), 182-197.

Çalhan, E., ve Özelkan, E. (2022). "Şehirleşmenin Yer Yüzeyi Sıcaklıklarına Etkisinin İncelenmesi: Denizli İli Kent Merkezi Örneği". https://doi.org/10.29228/resatmsci.64012

Çavuş, C. Z., ve Başaran Uysal, A. (2018). "Çanakkale'de kentsel gelişme, yayılma ve kırsal alanlarla etkileşim". *Planlama Dergisi*, 28(Supp: 1), 105-117.

Çilek, M. Ü. (2022). "Kent Kanyon Geometrilerinin Yer Yüzeyi Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi: Kurtuluş Mahallesi Örneği". *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 3(2), 98-111.

Dağlı, U., Hoşkara, E., ve Hoşkara, Ş. (2010). *Mekanperest* (1), 5. Erişim: 31 Temmuz 2023, https://farc.emu.edu.tr/old_website/foa/tr/foa/pages/news/mekanperest/no1/mekanperest_sayi_1.pdf

Davis, K. (1955). "The origin and growth of urbanization in the world. American". *Journal of Sociology*, 60(5), 429-437. https://doi.org/10.1086/221602

De Chiara, J., Panero, J., and Zelnik, M. (1995). "Time-saver standards for housing and residential development". (No Title).

DePaul, F. T., and Sheih, C. M. (1986). "Measurements of wind velocities in a street canyon". *Atmospheric Environment* (1967), 20(3), 455-459. https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90085-5

Dousset, B., and Gourmelon, F. (2003). "Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover". *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing,* 58(1-2), 43-54. https://doi.org/10.1016/S0924-2716(03)00016-9

Dovey, K., and Pafka, E. (2014). "The urban density assemblage: Modelling multiple measures". *Urban design international,* 19, 66-76. https://doi.org/10.1057/udi.2013.13

Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., and Cai, Y. (2016). "Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration". *Science*

of the Total Environment, 571, 461-470. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.012

Ekinci, K., (2017). Web dosya erişim adresi: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/kubra_e k-nc-_tez-20180925133745.pdf.

Elachi, C., and Van Zyl, J. J. (2021). "Introduction to the physics and techniques of remote sensing". *John Wiley & Sons*. https://doi.org/10.1002/9781119523048

Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., Davis, E. R., and Davis, C. W. (1997). "Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption". *International Journal of Remote Sensing*, 18(6), 1373-1379. https://doi.org/10.1080/014311697218485

EMDAT, (2022). 2022 Disaster in Number. 19 Ağustos 2024 tarihinde https://www.cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf adresinden alındı

EPA. (2023). Basic Information about the Built Environment. Erişim: 31 Temmuz 2023, https://www.epa.gov:https://www.epa.gov/smm/basic-information-about-built-environment

Ermida, S. L., Soares, P., Mantas, V., Göttsche, F. M., and Trigo, I. F. (2020). "Google earth engine open-source code for land surface temperature estimation from the landsat series". *Remote Sensing*, 12(9), 1471. https://doi.org/10.3390/rs12091471

Estoque, R. C., Murayama, Y., and Myint, S. W. (2017). "Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia". *Science of the Total Environment*, 577, 349-359. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195

Ezekiel, M. (1930). "Methods of correlation analysis".

Fehrenbach, U., Scherer, D., and Parlow, E. (2001). Automated classification of planning objectives for the consideration of climate and air quality in urban and regional

planning for the example of the region of Basel/Switzerland. *Atmospheric Environment*, *35*(32), 5605-5615.

Fily, M., Royer, A., Goıta, K., and Prigent, C. (2003). "A simple retrieval method for land surface temperature and fraction of water surface determination from satellite microwave brightness temperatures in sub-arctic areas". *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 328-338. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00011-7

Fu, X., Liu, J., Ban-Weiss, G. A., Zhang, J., Huang, X., Ouyang, B., ... and Tao, S. (2017). "Effects of canyon geometry on the distribution of traffic-related air pollution in a large urban area: Implications of a multi-canyon air pollution dispersion model". *Atmospheric Environment*, 165, 111-121. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.06.031

Fuller, R. A., and Gaston, K. J. (2009). "The scaling of green space coverage in European cities". *Biology letters*, 5(3), 352-355. https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0010

Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J., and Tarpley, J. D. (1993). "The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect". *journal of applied meteorology and climatology,* 32(5), 899-908. ttps://doi.org/10.1175/1520-0450(1993)032<0899: TUONAD>2.0.CO;2

Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., and Christy, A. (2015). "Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis–A case study of Vellore District". *Procedia computer science*, 57, 1199-1210. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415

Gawuc, L., and Struzewska, J. (2016). "Impact of MODIS Quality Control on Temporally Aggregated Urban Surface Temperature and Long-Term Surface Urban Heat Island Intensity", *Remote Sensing* 8, 374 https://doi.org/10.3390/rs8050374

Ghobadi, Asad, Mahmood Khosravi and Taghi Tavousi. (2018). "Surveying of Heat Waves Impact on the Urban Heat Islands: Case Study, the Karaj City in Iran", *Urban Climate* 24:600-615. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.12.004

Giridharan, R., and Emmanuel, R. (2018). The impact of urban compactness, comfort strategies and energy consumption on tropical urban heat island intensity: A review. *Sustainable cities and society*, *40*, 677-687.Gogtay, N. J., & Thatte, U. M. (2017). "Principles of correlation analysis". *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.

Google Earth. (2023). Google Earth. 06.11.2023 tarihinde https://earth.google.com/web/ adresinden alındı

Govil, H., Guha, S., Diwan, P., Gill, N., and Dey, A. (2020). "Analyzing linear relationships of LST with NDVI and MNDISI using various resolution levels of Landsat 8 OLI and TIRS data". *In Data Management, Analytics and Innovation: Proceedings of ICDMAI 2019*, Volume 1 (pp. 171-184). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9949-8_13

Goward, S. N. (1981). "Thermal behavior of urban landscapes and the urban heat island". *Physical Geography*, 2(1), 19-33. https://doi.org/10.1080/02723646.1981.10642202

Greco, E. (2018). "Questioning the vertical urbanization of post-industrial cities: The cases of Turin and Lyon". *Built Environment*, 43(4), 555-570. https://doi.org/10.2148/benv.43.4.555

Guha, S., Govil, H., and Diwan, P. (2020). "Monitoring LST-NDVI relationship using Premonsoon Landsat datasets". *Advances in Meteorology*, 2020, 1-15. https://doi.org/10.1155/2020/4539684

Guo, G., Zhou, X., Wu, Z., Xiao, R., and Chen, Y. (2016). "Characterizing the impact of urban morphology heterogeneity on land surface temperature in Guangzhou, China". *Environmental Modelling & Software*, 84, 427-439. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.06.021

Güler, M., & Turan, A. (2013). Türkiye'de Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Stratejileri: KENTGES Eylem Planı (2010-2023) Örneği Development Strategies for Sustainable Urbanization in Turkey: KENTGES Action Plan (2010-2023) Case.

Gümüş, A. E. (2015). Ankara Kenti Isı Adası Oluşumunun Saptanması ve Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üiversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.

Hao, M., Gao, C., Gu, C., Hou, T., and Zhang, Y. (2023). "Numerical simulation of the impact of urbanization on climate in Taihu Lake Basin". *Ecological Indicators*, 154, 110522. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110522

Harod, R., Eswar, R., and Bhattacharya, B. K. (2021). "Effect of surface emissivity and retrieval algorithms on the accuracy of Land Surface Temperature retrieved from Landsat data". *Remote Sensing Letters*, 12(10), 983-993. https://doi.org/10.1080/2150704X.2021.1957511

Harvey, D. (2010). *Social justice and the city* (Vol. 1). University of Georgia press.

Hashim, H., Abd Latif, Z., and Adnan, N. A. (2019). "Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) Pleiades imagery". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 237-240. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-237-2019

He, B. J., Zhao, Z. Q., Shen, L. D., Wang, H. B., and Li, L. G. (2019). "An approach to examining performances of cool/hot sources in mitigating/enhancing land surface temperature under different temperature backgrounds based on landsat 8 image". S*ustainable Cities and Society,* 44, 416-427. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.049

Howard, L. (1833). *The climate of London: deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it* (Vol. 3). Harvey and Darton, J. and A. Arch, Longman, Hatchard, S. Highley [and] R. Hunter.

Idrees, M. O., Omar, D. M., Babalola, A., Ahmadu, H. A., Yusuf, A., and Lawal, F. O. (2022). "Urban land use land cover mapping in tropical savannah using Landsat-8 derived normalized difference vegetation index (NDVI) threshold". *South African Journal of Geomatics*, 11(1). https://doi.org/10.4314/sajg.v11i1.8

Ilgar, R (2010). “Drought status and trends in the Dardanelles and the standardized precipitation index determination”. *Marmara Geograph Rev* 0 (22), 183.

Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., and Bounoua, L. (2010). “Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA”. *Remote sensing of environment*, 114(3), 504-513. https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008

Jim, C. Y. (2000). The urban forestry programme in the heavily built-up milieu of Hong Kong. Cities, 17(4), 271-283. https://doi.org/10.1016/S0264-2751(00)00023-8

Jiménez-Muñoz, J. C., and Sobrino, J. A. (2003). “A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data”. *Journal of geophysical research: atmospheres*, 108(D22). https://doi.org/10.1029/2003JD003480

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., and Cristobal, J. (2014). “Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data”. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 11(10), 1840-1843. https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2312032

Jin, M., Dickinson, R. E., and Zhang, D. A. (2005). “The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS”. *Journal of climate*, 18(10), 1551-1565. https://doi.org/10.1175/JCLI3334.1

Jonsson, P., Bennet, C., Eliasson, I., and Lindgren, E. S. (2004). “Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam, Tanzania”. *Atmospheric Environment*, 38(25), 4175-4181. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.04.021

Kasischke, E. S., and French, N. H. (1995). “Locating and estimating the areal extent of wildfires in Alaskan boreal forests using multiple-season AVHRR NDVI composite data”. *Remote Sensing of Environment*, 51(2), 263-275. https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)00074-J

Keleş, R. (1980). Kent terimleri sözlüğü. *Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara*.

Kıdır, Y. (2015). Kamusal Açık Kent Mekânı Kullanımını Dönüştüren Bir Mekânizma Olarak Yoğunluk: Levent Bölgesi Örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Kim, YouJoung, Siyu Yu, Dongying Li, Sarah N. Gatson and Robert D. Brown. (2022). "Linking Landscape Spatial Heterogeneity to Urban Heat Island and Outdoor Human Thermal Comfort in Tokyo: Application of the Outdoor Thermal Comfort Index", *Sustainable Cities and Society* 87:104262. doi: 10.1016/j.scs.2022.104262.

Kul, S., (2014). "İstatistik Sonuçlarının Yorumu: P Değeri ve Güven Aralığı Nedir?" *Bulletin Of Pleura / Plevra Bülteni*, 8 (1): 11-13. https://doi.org/10.5152/pb.2014.003

Lai, L. W., and Cheng, W. L. (2009). "Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns". *Science of the total environment*, 407(8), 2724-2733. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.002

Landsat C2U.S. ARD. (2023). USGS. Retrieved: July 21, 2023, https://pubs.usgs.gov/fs/2023/3015/fs20233015.pdf

Landsat-9. (2024). Landsat-9. Retrieved: July 02, 2024, https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9

Landsberg, H. E. (1981). *The urban climate*. Academic press.

Lee, S. H., Song, C. K., Baik, J. J., and Park, S. U. (2009). "Estimation of anthropogenic heat emission in the Gyeong-In region of Korea". *Theoretical and Applied Climatology*, 96, 291-303. https://doi.org/10.1007/s00704-008-0040-6

Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., and Wu, J. (2011). "Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China", *Remote sensing of environment,* 115(12), 3249-3263. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008

Liang, L., and Gong, P. (2020). "Urban and air pollution: a multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends". *Scientific Reports,* 10(1), 1-13. https://doi.org/10.1038/s41598-020-74524-9

Liang, H., Kasimu, A., Ma, H., Zhao, Y., Zhang, X., and Wei, B. (2022). “Exploring the Variations and Influencing Factors of Land Surface Temperature in the Urban Agglomeration on the Northern Slope of the Tianshan Mountains”. *Sustainability,* 14(17), 10663. https://doi.org/10.3390/su141710663

Lin, Z., and Gámez, J. L. (Eds.). (2018). “Vertical urbanism: designing compact cities in China”. *Routledge.* https://doi.org/10.4324/9781351206839

Luintel, N., Ma, W., Ma, Y., Wang, B., and Subba, S. (2019). “Spatial and temporal variation of daytime and nighttime MODIS land surface temperature across Nepal”. *Atmospheric and Oceanic Science Letters,* 12(5), 305-312. https://doi.org/10.1080/16742834.2019.1625701

Xinyue, L., and Mingxing, C. (2019). Research progress on the impact of urbanization on climate change. *Advances in Earth Science*, *34*(9), 984.

Macintyre, H. L., and Heaviside, C. (2019). Potential benefits of cool roofs in reducing heat-related mortality during heatwaves in a European city. *Environment international*, *127*, 430-441.

Maes, W. H., and Steppe, K. (2019). “Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture”. *Trends in plant science*, 24(2), 152-164. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007

Mansour, K., Aziz, M. A., Hashim, S., and Effat, H. (2022). “Impact of anthropogenic activities on urban heat islands in major cities of El-Minya Governorate, Egypt”. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 25(2), 609-620. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.03.014

McCartney, S., Mehta, A., Shandas, V., Gallo, K., Paris, G., Nix, S., ... & Xian, G. (2020). Satellite Remote Sensing for Urban Heat Islands. *NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET)*.

Mercan, Ç. (2020). “Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği”, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 42-49.

MGM. (2023). İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri. Erişim: 5 Haziran 2023, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (mgm.gov.tr)

MGM. (2023a). MGM İklim Sınıflandırması. Erişim: 23 Ocak 2023, https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx

Mills, E. S. (1970). "Urban density functions". *Urban Studies,* 7(1), 5-20. https://doi.org/10.1080/00420987020080011

Mukherjee, F., and Singh, D. (2020). "Assessing land use–land cover change and its impact on land surface temperature using LANDSAT data: A comparison of two urban areas in India". *Earth Systems and Environment,* 4(2), 385-407. https://doi.org/10.1007/s41748-020-00155-9

Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., and Marshak, A. L. (1995). "The interpretation of spectral vegetation indexes". *IEEE Transactions on Geoscience and remote Sensing*, 33(2), 481-486. https://doi.org/10.1109/TGRS.1995.8746029

Najafzadeh, F., Mohammadzadeh, A., Ghorbanian, A. and Jamali, S. (2021). "Spatial and Temporal Analysis of Surface Urban Heat Island and Thermal Comfort Using Landsat Satellite Images between 1989 and 2019: A Case Study in Tehran", *Remote Sensing*, 13(21). doi: 10.3390/rs13214469. https://doi.org/10.3390/rs13214469

NASA ARSET. (2023). Erişim 6 Mart 2023, https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/UHI_Part1_v5.pdf

Ndossi, M. I., and Avdan, U. (2016). "Inversion of land surface temperature (LST) using Terra ASTER data: a comparison of three algorithms". *Remote Sensing*, 8(12), 993. https://doi.org/10.3390/rs8120993

Oke, T. R. (1973). "City size and the urban heat island". *Atmospheric Environment*, (1967), 7(8), 769-779. https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6

Oke, T. R. (1982). "The energetic basis of the urban heat island". *Quarterly journal of the royal meteorological society,* 108(455), 1-24. https://doi.org/10.1002/qj.49710845502

Orhan, O. (2021). “Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması”, *Geomatik Dergisi,* 69-76. https://doi.org/10.29128/geomatik.679858

Özelkan, E., Papila, I., Uca Avci, D. Z., and Karaman, M. (2011). “Drought determination by using land surface temperature and normalized difference vegetation index”. *In 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment,* Sydney.

Özelkan, E., Bağış, S., Özelkan, E. C., Üstündağ, B. B., ve Örmeci, C. (2014). “Land surface temperature retrieval for climate analysis and association with climate data”. *European Journal of Remote Sensing,* 47(1), 655-669. https://doi.org/10.5721/EuJRS20144737

Özelkan, E., Bağış, S., Özelkan, E. C., Üstündağ, B. B., Yücel, M., ve Örmeci, C. (2015). “Spatial interpolation of climatic variables using land surface temperature and modified inverse distance weighting”. *International Journal of Remote Sensing,* 36(4), 1000-1025. https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1007248

Özelkan, E., Bağış, S., Üstündağ, B., Yücel, M., Özelkan E. C. ve Örmeci, C. (2013). “Land Surface Temperature- Based Spatial Interpolation Using a Modified Inverse Distance Weighting Method”, *Ss. 110-15 içinde 2013 2nd International Conference on Agro-Geoinformatics: Information for Sustainable Agriculture, Agro-Geoinformatics* 2013. https://doi.org/10.1109/Argo-Geoinformatics.2013.6621890

Özmekik, İ. M., Tonyaloğlu, E. E., ve Göktuğ, T. H. (2022). Kent atlası verilerinden kentsel saçaklanmanın belirlenmesi: Samsun ili örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, *5*(2), 102-111.

Pal, S., and Ziaul, S. K. (2017). “Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre”. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science,* 20(1), 125-145. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.003

Parastatidis, D., and Chrysoulakis, N. (2021), September. “RSLab Landsat land surface temperature application assessment with the new Landsat collection 2 in urban areas”. *In Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments VI* (Vol. 11864, p. 1186404). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2600277

Parsel Sorgulama. Erişim 15 Mayıs 2024 https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/

Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., and Stenseth, N. C. (2005). "Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change". *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011

Pınarcıoğlu, N. Ş., ve Kanbak, A. (2020). *Sürdürülebilir Kent Modelleri*. IJOPEC PUBLICATION.

Piracha, A., and Chaudhary, M. T. (2022). "Urban air pollution, urban heat island and human health: a review of the literatüre". *Sustainability,* 14(15), 9234. https://doi.org/10.3390/su14159234

Pu, R., Gong, P., Tian, Y., Miao, X., Carruthers, R. I., and Anderson, G. L. (2008). "Using classification and NDVI differencing methods for monitoring sparse vegetation coverage: a case study of saltcedar in Nevada, USA". *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), 3987-4011. https://doi.org/10.1080/01431160801908095

Qin, Z., Karnieli, A. and Berliner, P. (2001). "A Mono-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region". *International journal of remote sensing*, 22(18), 3719-3746. https://doi.org/10.1080/01431160010006971

Rajasekar, U., and Weng, Q. (2009). "Urban heat island monitoring and analysis using a non-parametric model: A case study of Indianapolis". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 64(1), 86-96. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.05.002

Rao, P.K., (1972). "Remote sensing of urban heat island from an environmental satellite", *Bulletin American Meteorological socity,* 53: 647-648. https://doi.org/10.1175/1520-0477-53.7.648

Roth, M., Oke, T. R., and Emery, W. J. (1989). "Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology". *International Journal of Remote Sensing,* 10(11), 1699-1720. https://doi.org/10.1080/01431168908904002

Runnalls, K. E., and Oke, T. R. (2000). “Dynamics and controls of the near-surface heat island of Vancouver, British Columbia”. *Physical Geography,* 21(4), 283-304. https://doi.org/10.1080/02723646.2000.10642711

Running, S. W. (1990). “Estimating terrestrial primary productivity by combining remote sensing and ecosystem simulation”. *In Remote sensing of biosphere functioning* (pp. 65-86). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3302-2_4

Sankar, Ş. M. (2021). “Urban Heat Island (UHI): A Global Phenomena”. Erişim (04.06.2023): (1) Urban Heat Island (UHI): A Global Phenomena | LinkedIn

Schwarz, N., Lautenbach, S., and Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, *115*(12), 3175-3186.

Schwarz, N., Schlink, U., Franck, U., and Großmann, K. (2012). Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—An application for the city of Leipzig (Germany). *Ecological indicators*, *18*, 693-704.

Shirinde, J., and Wichmann, J. (2022). “Temperature modifies the association between air pollution and respiratory disease mortality in Cape Town, South Africa”. *International Journal of Environmental Health Research,* 1-10. https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2076813

Song, J., Chen, W., Zhang, J., Huang, K., Hou, B., and Prishchepov, A. V. (2020). “Effects of building density on land surface temperature in China: Spatial patterns and determinants”. *Landscape and Urban Planning,* 198, 103794. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103794

Stewart, I. D. (2011). “A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature*”, In International Journal of Climatol*ogy (Vol. 31, Issue 2, pp. 200–217). https://doi.org/10.1002/joc.2141

Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., ve Kaya, Ş. (2013). "Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi.", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17.

Taufik, A., Ahmad, S. S. S., and Ahmad, A. (2016). "Classification of landsat 8 satellite data using NDVI tresholds". *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 8(4), 37-40.

Theurer, W. (1999). "Typical building arrangements for urban air pollution modelling". *Atmospheric Environment,* 33(24-25), 4057-4066. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00147-8

Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., and Baker, C. (2011). "Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review". *Meteorological Applications,* 18(3), 296-306. https://doi.org/10.1002/met.287

TÜİK. (2024). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Erişim: 15 Mayıs 2024, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr

Türkyılmaz, M. (2021). "Çanakkale İlindeki 1984-2020 Yılları Arasındaki Kent Isı Adası Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanarak Çok Zamanlı İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 1-141.

Türkyilmaz, M., Özelkan, E., ve Karaman, M. (2020). "Termal uydu görüntülerinden üretilen yer yüzeyi sıcaklığı ile hava sıcaklığı ilişkisinin değerlendirilmesi". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* (20), 932-948. https://doi.org/10.31590/ejosat.799722

USEPA. (2023). Erişim 3 Haziran 2023, Health Effects of Ozone Pollution | US EPA

USGS. (2016). Landsat 8 (L8) data users handbook, Department of the Interior US Geological Survey, LSDS-1574.

USGS. (2023a). Landsat Koleksiyonu 2. 23 Haziran 2023, https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2

USGS. (2023b). Landsat Collection 2 Level-2 Science Products. 23 Haziran 2023, https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-2-science-products

USGS. (2023c). How do I use a scale factor with Landsat Level-2 science products? 24 Mayıs 2023, https://www.usgs.gov/faqs/how-do-i-use-scale-factor-landsat-level-2-science-products

USGS. (2023d). Landsat Collection 2 Surface Temperature. 10 Mayıs 2023, https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-surface-temperature

Xian, G. (2008). "Satellite remotely-sensed land surface parameters and their climatic effects for

three metropolitan regions". *Advances in Space Research*, 41(11), 1861-1869. https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.11.004

Voogt, J. A., and Oke, T. R. (1998). "Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature". *International Journal of Remote Sensing*, 19(5), 895-920. https://doi.org/10.1080/014311698215784

Yang, C., He, X., Yu, L., Yang, J., Yan, F., Bu, K., ... and Zhang, S. (2017). "The cooling effect of urban parks and its monthly variations in a snow climate city". *Remote Sensing,* 9(10), 1066. https://doi.org/10.3390/rs9101066

Yang, J., Shi, B., Xia, G., Xue, Q., and Cao, S. J. (2020). "Impacts of urban form on thermal environment near the surface region at pedestrian height: a case study based on high-density built-up areas of Nanjing City in China". *Sustainability,* 12(5), 1737. https://doi.org/10.3390/su12051737

Yavuz Kumlu, K. B., Tüdeş, Ş., ve Keleş, R. (2018). "Komşuluk birimi ölçeğinde yapılı çevreyi biçimlendiren planlama kararlarına ilişkin sonuçların ölçülmesine yönelik çok değişkenli bir yöntem önerisi". *Planlama Dergisi,* 28(3), 328-347. https://doi.org/10.14744/planlama.2018.07379

Yıldız, M., ve Kavzoğlu, T., (2012). "Nesne Tabanlı Sınıflandırma Tekniği İle Arazi Örtüsünün Belirlenmesi: Quıckbırd ve Landsat Örneği", *IV. UZAL-CBS Sempozyumu*, 16-19.,

Yu, K., Chen, Y., Wang, D., Chen, Z., Gong, A., and Li, J. (2019). "Study of the seasonal effect of building shadows on urban land surface temperatures based on remote sensing data". *Remote Sensing* 11 (5): 497. MDPI AG. https://doi.org/10.3390/rs11050497

Yue, W., Xu, J., Tan, W., and Xu, L. (2007). "The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data". *International journal of remote sensing*, 28(15), 3205-3226. https://doi.org/10.1080/01431160500306906

Yüksel, Ü. D., ve Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde kentsel isi adasi etkisinin yaz aylarinda uzaktan algilama ve meteorolojik gözlemlere dayali olarak saptanmasi ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *23*(4).

Zarei, A., Shah-Hosseini, R., Ranjbar, S., and Hasanlou, M. (2021). "Validation of non-linear split window algorithm for land surface temperature estimation using Sentinel-3 satellite imagery: Case study; Tehran Province, Iran". *Advances in Space Research*, 67(12), 3979-3993. https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.019

Zhang, J. Q., Wang, Y. P., and Li, Y. (2006). "A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6", *Computers & Geosciences*, vol. 32(10), p. 1796-1805. doi: 10.1016/j.cageo.2006.05.001

Zhao, S., Da, L., Tang, Z., Fang, H., Song, K., and Fang, J. (2006). "Ecological consequences of rapid urban expansion: Shanghai, China". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(7), 341-346. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0341:ECORUE]2.0.CO;2

Zhao, Q., Myint, S. W., Wentz, E. A., and Fan, C. (2015). "Rooftop surface temperature analysis in an urban residential environment". *Remote Sensing*, 7(9), 12135-12159. https://doi.org/10.3390/rs70912135

Zheng, Z., Zhou, W., Yan, J., Qian, Y., Wang, J., and Li, W. (2019). "The higher, the cooler? Effects of building height on land surface temperatures in residential areas of Beijing". *Physics and Chemistry of the Earth,* Parts A/B/C, 110, 149-156. https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.01.008

Zhou, J., Li, J., and Yue, J. (2010). "Analysis of urban heat island (UHI) in the Beijing metropolitan area by time-series MODIS data". *In 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 3327-3330). IEEE. https://doi.org/10.1109/IGARSS.2010.5651278

Zhou, C., Li, S., and Wang, S. (2018). "Examining the impacts of urban form on air pollution in developing countries: A case study of China's megacities". *International journal of environmental research and public health,* 15(8), 1565. https://doi.org/10.3390/ijerph15081565

Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., and Li, Z. L. (2002). "Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data". *Remote sensing of Environment*, 83(1-2), 163-180. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00093-7

Wang, K., and Liang, S. (2009). "Evaluation of ASTER and MODIS land surface temperature and emissivity products using long-term surface longwave radiation observations at SURFRAD sites". *Remote Sensing of Environment,* 113(7), 1556-1565. https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.03.009

Weng, Q., Lu, D., and Schubring, J. (2004). "Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies". *Remote sensing of Environment,* 89(4), 467-483. https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005

Weng, Q., and Yang, S. (2006). "Urban air pollution patterns, land use, and thermal landscape: an examination of the linkage using GIS". *Environmental monitoring and assessment,* 117, 463-489. https://doi.org/10.1007/s10661-006-0888-9

WHO. (2022). Heat and Healt. 28 Ağustos 2023, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health

Williamson, J. G. (1988). “Migrant selectivity, urbanization, and industrial revolutions”. *Population and Development Review*, 287-314. https://doi.org/10.2307/1973573

Wingo, L. (1972) ed. *“Cities and Space: The Future Use of Urban Land”.* Resources for the Future, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1972.

Xiao, R., Weng, Q., Ouyang, Z., Li, W., Schienke, E. W., and Zhang, Z. (2008). “Land surface temperature variation and major factors in Beijing, China”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,* 74(4), 451-461. https://doi.org/10.14358/PERS.74.4.451

Xiao, H., and Weng, Q. (2007). “The impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a karst area of China”. *Journal of environmental management*, 85(1), 245-257. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.07.016