



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**FARKLI KENTSEL DOKULARDA YAPILI
ÇEVRE PARAMETRELERİNİN
MİKROKLİMAYA VE DIŞ ORTAMDA
TERMAL KONFORA ETKİSİ: KONYA
KENTİ ÖRNEĞİ**

Hande Büşra GEYİKLİ

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hande Būşra GEYİKLİ tarafından hazırlanan “FARKLI KENTSEL DOKULARDA YAPILI ÇEVRE PARAMETRELERİNİN MİKROKLİMAYA VE DIŞ ORTAMDA TERMAL KONFORA ETKİSİ: KONYA KENTİ ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması 23/06/2023 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Danışman

Doç. Dr. Fatih CANAN
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. İlknur AKINER
Akdeniz Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Selçuk SAYIN
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN
Necmettin Erbakan Üniversitesi

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hande Büşra GEYİKLİ

Tarih: 05.07.2023

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI KENTSEL DOKULARDA YAPILI ÇEVRE PARAMETRELERİNİN MİKROKLİMAYA VE DIŞ ORTAMDA TERMAL KONFORA ETKİSİ: KONYA KENTİ ÖRNEĞİ

Hande Büşra GEYİKLİ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Doç. Dr. Fatih CANAN

2023, 288 Sayfa

Jüri

**Danışman Doç. Dr. Fatih CANAN
Başkan Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ
Üye Prof. Dr. İlknur AKINER
Üye Doç. Dr. Selçuk SAYIN
Üye Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN**

Yoğun sanayileşme ve kentleşme sonucunda artan sera gazı salınımı nedeniyle kent merkezlerinde sıcaklıklar artmakta ve kırsal alanlara kıyasla farklılıklar meydana gelmektedir. Bu durum kentsel ısı adası etkisi olarak tanımlanmaktadır. Kentsel ısı adası etkisi kentlerde olumsuz birçok duruma neden olmakta ve bunların başında da konforsuz dış ortamlar gelmekte ve bunun sonucunda sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Olumsuz birçok sonucundan dolayı kentsel ısı adası etkisi özellikle son yıllarda azaltılmaya çalışılmış ve birçok strateji geliştirilmiştir. Bunların başında, kentsel bitki örtüsünün artırılması ve albedonun yükseltilmesi gelmektedir.

Kentsel ısı adası etkisi, nüfus yoğunluğu, kent morfolojisi, kentsel yüzey malzemelerinin termal özellikleri, kentsel alanlardaki bitki örtüsü yoğunluğu, antropojenik ısı salınımı, evapotranspirasyon, rüzgâr hızı, bulutlanma ve kentsel enerji dengesi gibi birçok durumdan etkilenebilmektedir. Bu nedenle kent merkezi içinde farklı karakteristiğe sahip bölgelerde de farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklar kent içindeki kullanıcıları da farklı boyutlarda etkilemektedir. Bu çalışmada ise BSk (soğuk-yarı kurak) iklimine sahip Konya kentinde 6 farklı yerel iklim bölgesinde (LCZ) kentsel ısı adası etkisinin yaz ve kış aylarında dış ortamda termal konfora olan etkisinin tespit edilmesi, kent içindeki termal açıdan en konforlu bölgelerin bulunması amaçlanmıştır.

Yapılan analizler için tipik bir yaz günü olan 10 Temmuz ve tipik bir kış günü olan 10 Ocak tarihleri belirlenmiş ve bu tarihlerin 10 yıllık (2012-2021) saatlik hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem değerleri "Konya Bölge İstasyonu"ndan temin edilmiştir. Alınan ortalama saatlik veriler ile ENVI-met simülasyon programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen iklim parametreleri (T_a , W_s , RH , T_{MRT}) ile aynı simülasyon programında yer alan BIO-met modülü kullanılarak bir termal konfor indisi olan PET (Fizyolojik eşdeğer sıcaklık) değerleri yaz ve kış mevsimi için ortalama olarak bulunmuştur. Bu değerler tüm yerel iklim bölgesi içinden 10 farklı noktanın ortalaması hesaplanarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular ile parametreler arasındaki genel ilişkiler sorgulanmış, gün içindeki iklim parametreleri değişimleri gözlenmiş, maksimum, minimum ve ortalama değerler tespit edilmiştir. Referans meteoroloji istasyonu (RMI) ile farklı yerel iklim bölgeleri arasındaki karşılaştırmalar değerlendirilmiştir. Diğer aşamalarda ise kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor düzeyleri tüm yerel iklim bölgelerinde tespit edilmiş, yapıları çevre parametreleri ile arasındaki ilişkiler

sorgulanmıştır. Son olarak bir yerel iklim bölgesi içindeki farklı karakteristiğe sahip noktalar karşılaştırılmıştır.

Ulaşılan sonuçlara göre yaz mevsimi için SVF-PET ve SVF-MRT arasında güçlü ilişkilerin olduğu, kış mevsiminde ise hiçbir ilişkinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Tüm iklim parametrelerinin yerel iklim bölgesi içindeki farklı noktalarda ve farklı saat aralıklarında yaz ve kış mevsiminde sürekli değişim gösterdikleri bulunmuştur. Referans meteoroloji istasyonu ile gerçekleştirilen karşılaştırmalar sonucunda kent merkezinde yer alan 6 farklı yerel iklim bölgesinin tümünde yaz ve kış mevsimleri için kentsel ısı adası etkisinin varlığı tespit edilmiştir. Yaz ve kış mevsiminde bu etki en fazla LCZ-1, en az LCZ-6 bölgesindedir. Dış ortamda termal konfor analizleri sonucunda ise, yaz mevsiminde en konforlu bölgenin LCZ-1, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu; kış mevsiminde ise en konforlu bölgenin LCZ-3, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu görülmüştür. Yapılı çevre parametrelerinden kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanının yaz ve kış mevsimlerinde kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor ile güçlü ilişkili olduğu bulunmuştur. Yapılı çevre parametrelerinden h/W oranı ve bina taban alanı oranı ise her iki mevsim için de anlamlı ilişkili bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Dış ortamda termal konfor, ENVI-met, İklim, Kentsel ısı adası etkisi, Kentsel morfoloji, PET



ABSTRACT

PhD THESIS

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS BUILT IN DIFFERENT URBAN TEXTURES ON THE MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT IN THE OUTDOOR ENVIRONMENT: THE CASE OF KONYA

Hande Büşra GEYİKLİ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture and Design**

Advisor: Doç. Dr. Fatih CANAN

2023, 288 Pages

Jury

**Supervisor Assoc. Prof. Dr. Fatih CANAN
Head Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ
Member Prof. Dr. İlknur AKINER
Member Assoc. Prof. Dr. Selçuk SAYIN
Member Assoc. Prof. Dr. Hatice Derya ARSLAN**

Due to the increased greenhouse gas emissions as a result of intensive industrialization and urbanization, temperatures increase in urban centers and differences occur compared to rural areas. This is known as the urban heat island effect. The urban heat island effect causes many negative conditions in cities, the most important of which is uncomfortable outdoor environments, resulting in health problems. Due to its many negative consequences, the urban heat island effect has been tried to be reduced especially in recent years and many strategies have been developed. Chief among these are increasing urban vegetation and raising albedo.

The urban heat island effect can be affected by many conditions such as population density, urban morphology, thermal properties of urban surface materials, vegetation density in urban areas, anthropogenic heat release, evapotranspiration, wind speed, cloud cover and urban energy balance. For this reason, it also shows differences in regions with different characteristics within the city center. These differences also affect the users within the city in different dimensions. In this study, it is aimed to determine the effect of urban heat island effect on outdoor thermal comfort in summer and winter seasons for different areas in 6 different local climate zones (LCZ) in Konya city with BSk (cold-semi-arid) climate and to find the most thermally comfortable areas in the city.

For the analyses, the dates of July 10, a typical summer day, and January 10, a typical winter day, were determined and 10-year (2012-2021) hourly air temperature, wind speed and relative humidity values of these dates were obtained from "Konya Regional Station". Analyses were carried out using ENVI-met simulation program with the average hourly data. Using the obtained climate parameters (T_a , W_s , RH, MRT) and the BIO-met module in the same simulation program, PET (Physiological equivalent temperature) values, which is a thermal comfort index, were found as average for summer and winter seasons. These values were used by calculating the average of 10 different points within the whole local climate zone.

With the findings obtained, the general relationships between the parameters were questioned, changes in climate parameters during the day were observed, maximum, minimum and average values were determined. Comparisons between the reference meteorological station (RMI) and different local climate zones were evaluated. In other stages, the urban heat island effect and outdoor thermal comfort levels were determined in all local climate zones, and the relationships between them and built

environment parameters were questioned. Finally, points with different characteristics within a local climate zone were compared.

According to the results, it was found that there were strong correlations between SVF-PET and SVF-MRT for the summer season, while no correlation was found in the winter season. All climate parameters were found to vary continuously in summer and winter at different points within the local climate zone and at different time intervals. As a result of the comparisons with the reference meteorological station, the existence of the urban heat island effect for summer and winter seasons in all 6 different local climate zones located in the city center is determined. In summer and winter seasons, this effect is highest in LCZ-1 and lowest in LCZ-6. As a result of outdoor thermal comfort analysis, it was observed that the most comfortable zone in summer was LCZ-1 and the least comfortable zone was LCZ-4. In winter season, the most comfortable zone is LCZ-3 and the least comfortable zone is LCZ-4. Among the built environment parameters, total plan area to total area ratio, total building volume and building surface area are found to be strongly related to the urban heat island effect and outdoor thermal comfort in summer and winter seasons. Among the built environment parameters, h/W ratio and building floor area ratio were not found to be correlated for both seasons.

Keywords: Climate, ENVI-met, PET, Thermal comfort in outdoor environment, Urban heat island effect, Urban morphology,



ÖNSÖZ

Öncelikle bu konuyu tez konum olarak belirlememde desteği olan, her zaman yanımda olup beni destekleyen, tüm katkılarını, bilgilerini benden bir an olsun esirgemeyen, cesaretimin kırıldığı anda beni cesaretlendiren, çalışmama farklı bakış açıları ile bakmamı sağlayan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Fatih CANAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecim başlamadan önce yanına giderek tanıştığım ve beni kırmayan değerli Prof. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL ve hem yüksek lisans sürecinde hem de doktora çalışmam sürecinde yanımda olan, fikirlerine ve bilgisine çok değer verdiğim değerli Doç. Dr. Selçuk SAYIN hocalarıma beni engin bilgi birikimleri ile destekledikleri ve katkılarını sundukları için teşekkür ederim.

Son olarak, bu uzun süreçte her zaman yanımda olan aileme, benim bu insan olmamdaki çabalarıyla maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Hülya KOBYA ve canım babam Haydar KOBYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Hande Büşra GEYİKLİ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın problemi, kapsamı ve amacı	2
1.2. Çalışmanın alt problemleri.....	3
1.3. Çalışmanın hipotezleri	3
1.4. Kaynak Araştırması	5
1.4.1. Kentsel ısı adası etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar.....	5
1.4.1.1. Uzaktan algılama sistemleri kullanılarak yapılan çalışmalar	7
1.4.1.2. Simülasyon programı kullanılarak yapılan çalışmalar.....	9
1.4.2. Dış ortamda termal konfor ile ilgili yapılan çalışmalar	19
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	23
2.1. Kentleşme ve Mikroklima	23
2.2. Kentsel Isı Adası Etkisi (Urban Heat Island Effect / UHIE)	27
2.2.1. Kentsel ısı adası etkisi tanımı	27
2.2.2. Kentsel ısı adası etkisi oluşumu.....	29
2.2.3. Kentsel ısı adası etkisi nedenleri.....	31
2.2.3.1. Kentleşme ve nüfus yoğunluğu.....	33
2.2.3.2. Hava kirliliği	34
2.2.3.3. Kent morfolojisi.....	34
2.2.3.4. Kentsel yüzey malzemelerinin termal özellikleri	43
2.2.3.5. Kentsel alanlarda bitki örtüsünün azalması	44
2.2.3.6. Antropojenik ısı oluşumu.....	46
2.2.3.7. Evapotranspirasyonun azalması.....	47
2.2.3.8. Rüzgârın kesilmesi ve hızının azalması	47
2.2.3.9. Kentsel enerji dengesinin bozulması	48
2.2.4. Kentsel ısı adası türleri	50
2.2.4.1. Atmosferik ısı adası	50
2.2.4.2. Yüzey altı ısı adası	52
2.2.4.2. Yüzeysel ısı adası.....	52
2.2.5. Kentsel ısı adası etkileri.....	53
2.2.5.1. İnsan termal konforuna olan etkileri	54
2.2.5.2. İnsan sağlığına olan etkileri	55
2.2.5.3. Hava ve su kirliliğine olan etkileri.....	56
2.2.5.4. Bina enerji tüketimine olan etkileri	57
2.2.5.5. Meteorolojik ve mikroklimatik koşullara olan etkileri	58

2.2.6. Kentsel ısı adası azaltma stratejileri.....	59
2.2.6.1. Yeşil alanların arttırılması	60
2.2.6.2. Kentsel geometrinin düzenlenmesi	62
2.2.6.3. Yüzeylerin termal iletkenliklerinin (albedo) değiştirilmesi.....	63
2.2.7. Kentsel ısı adası etkisi ölçme yöntemleri	65
2.3. Dış ortamda termal konfor	68
2.3.1. Ortalama radyant sıcaklık (MRT / T_{mrt} / Mean radiant temperature)	70
2.3.2. Dış ortamda termal konfor çalışmalarında kullanılan indisler.....	71
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	74
3.1. Seçilen çalışma alanları	74
3.1.1. LCZ-1 bölgesi için seçilen “Nişantaş Mahallesi”	79
3.1.2. LCZ-2 bölgesi için seçilen “Konevi Mahallesi”	80
3.1.3. LCZ-3 bölgesi için seçilen “Aydınlıkevler Mahallesi”	81
3.1.4. LCZ-4 bölgesi için seçilen “Şeker Mahallesi”	81
3.1.5. LCZ-5 bölgesi için seçilen “Yazır Mahallesi”	82
3.1.6. LCZ-6 bölgesi için seçilen “Yaka Mahallesi”	83
3.2. Çalışmanın yöntemi	83
3.2.1. Yerinde saha ölçümleri ve tespitleri	88
3.2.2. Simülasyon öncesi hazırlık ve simülasyonun başlatılması	89
3.2.3. Simülasyon sonunda elde edilen verilerin görselleştirilmesi.....	97
3.2.4. Termal konfor düzeylerinin tespit edilebilmesi için PET değerlerinin bulunması.....	98
3.2.5. Elde edilen bulguların karşılaştırılması ve yorumlanması.....	101
3.2.6. Ağaçların etkisinin tespit edilmesi.....	102
3.2.7. Yapılı çevre ve iklim verilerinin karşılaştırılması	103
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	106
4.1. Meteorolojik veriler ile ENVI-met simülasyon programından elde edilen verilerin kalibrasyonu	107
4.2. Tüm parametreler arasındaki genel ilişkilendirmeler	117
4.2.1. Tüm iklim parametreleri ve SVF arasındaki genel ilişkilerin analiz edilmesi	117
4.2.2. Farklı yerel iklim bölgelerindeki temel iklim parametrelerinin aynı saatlerde karşılaştırılması (yaz ve kış mevsimi için)	123
4.2.3. Farklı yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonunun karşılaştırılması.....	130
4.2.4. Tüm iklim parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerindeki maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerlerinin hesaplanması	145
4.3. Tüm yerel iklim bölgeleri için dış ortamda termal konfor değerlerinin tespit edilmesi.....	167
4.3.1. Yaz mevsiminde yapılan simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması.....	169
4.3.2. Kış ayı simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması	186
4.4. Tüm yerel iklim bölgeleri için kentsel ısı adası etkisinin tespit edilmesi.....	202
4.4.1. Yaz mevsimi simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması ...	204
4.4.2. Kış mevsimi simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması	209
4.5. Ağaçların tüm yerel iklim bölgeleri için etkisinin tespit edilmesi.....	214

4.6. Yapılı çevre verilerinin iklim parametreleri ve dış ortamda termal konfor ile ilişkilendirilmesi	221
4.6.1. Yapılı çevre verilerinin dış ortamda termal konfor koşulları ve iklimsel parametreler ile ilişkilendirilmesi	223
4.6.2. Yapılı çevre verilerinin kentsel ısı adası ile ilişkilendirilmesi.....	227
4.7. Bir yerel iklim bölgesi içindeki karakteristik bazı noktaların karşılaştırılması .	234
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	249
5.1 Sonuçlar	249
5.2 Öneriler	252
KAYNAKLAR	254
EKLER	283



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
C	: Santigrat derece
K	: Kelvin
m/sn	: metre/saniye
r^2	: Regresyon katsayısı
RH	: Bağıl nem
Ta	: Hava sıcaklığı
Ts	: Yüzey sıcaklığı
W	: Watt
W _s	: Rüzgâr hızı

Kısaltmalar

3D	: Üç boyutlu
AVM	: Alışveriş merkezi
BSk	: Soğuk-yarı kurak iklim
CDC	: Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention)
Cfa	: Subtropikal iklim
clo	: Giysi ısıl direnci (Clothing and thermal insulation)
CO ₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
EF	: Evapotranspirasyon faktörü
GOCI	: Küresel dış mekân konfor indisi (Global outdoor comfort index)
GPS	: Küresel konumlama sistemi (Global Positioning System)
H/W	: Boy/genişlik
HAD	: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği / CFD (Computational fluid dynamics)
IPCC	: Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KAKS	: Kat alanı katsayısı
km	: Kilometre
LCZ	: Local climate zone (Yerel iklim bölgesi)
LST	: Yeryüzü yüzey sıcaklığı (Landscape surface temperature)
m	: Metre
MRT	: Mean radiant temperature (Ortalama radyant sıcaklık)
NO _x	: İnsan ve çevre için zararlı gazlar
O ₂	: Oksijen
OLS	: Sıradan en küçük kareler (Ordinary Least Squared)
PET	: Physiological equivalent temperature (Fizyolojik eşdeğer sıcaklık)
PM10	: Partikül madde kirleticisi
PMV	: Tahmini ortalama puan (Predicted mean vote)
Ppm	: Milyonda bir (parts per million)
RMI	: Referans meteoroloji istasyonu
SET	: Standart etkili sıcaklık (Standard effective temperature)
SVF	: Sky view factor (Gökyüzü görünüm faktörü)

TAKS : Taban alanı katsayısı
TSV : Termal duyu oyu (Thermal sensation vote)
UBL : Kentsel sınır katmanı (Urban Boundary Layer)
UCL : Kentsel gölgelik (kanopi) katmanı (Urban Canopy Layer)
UTCI : Evrensel termal iklim indisi (Universal thermal comfort index)
VOC : Uçucu organik bileşik (Volatile Organic Compounds)
WHO : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation)
WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organisation)



1. GİRİŞ

Sanayileşme sürecinin hızlanması ile kentlerdeki nüfus artış göstermiş, çevre kirliliği artmış ve yeşil alanlar azalarak kent içindeki arazi örtüsü değişim göstermiştir. Bu durum sera gazı salınımını arttırarak bazı olumsuzluklara neden olmuştur. Bu olumsuzlukların en başında mikro iklimde değişimler gözlenmesi ve bunun sonucunda kentlerdeki bölgesel sıcaklıkların artması söylenebilmektedir. Kentsel alanların, kırsal alanlara oranla sıcak olması durumu ise “Kentsel Isı Adası Etkisi” olarak adlandırılmıştır.

Kentsel ısı adasının en temel sebebi, kentsel enerji dengesinin bozulmasıdır. Bu durum, güneşten gelen radyasyonun geri yansıtılmaması ve kent içindeki dengeyi bozması olarak özetlenebilmektedir. Kentsel enerji dengesinin bozulması ise kent içindeki geometrinin bozulması, nüfusun artışı ile beraber kent içindeki sert yüzeylerin artmasından kaynaklanmaktadır. Kentleşme ve nüfusun artışıyla beraber, kent morfolojisi, kentlilerin yaşam şartlarına uygun olarak daha dikey ve geçirimsiz yüzeyler biçiminde şekillenmiş ve aynı zamanda bu binaların yüzeylerinde kullanılan malzemeler nedeniyle kentsel enerji dengesinin bozulmasına neden olmuştur. Kent içindeki araç yolları, kaldırımlar ve bina yüzeylerinde kullanılan malzemelerin termal özellikleri doğal malzemelere kıyasla daha çok enerji depoladığı için kent içindeki dengenin bozulmasına neden olmuştur. Aynı zamanda, kent içindeki yeşil alanların tahrip edilmesi ve yok edilmesi de bu durumun hızlanmasına neden olmuştur. Kentsel ısı adasının en önemli nedenlerinden bir diğeri de kent içinde yaşayan insanlar, ısıtma-soğutma sistemleri ve araçlar tarafından oluşturulan antropojenik etkilerdir. Bu etki, aynı zamanda hava ve su kirliliği, rüzgâr hızı ve yönü, bulutluluk, yağış gibi meteorolojik parametrelerden de etkilenmektedir. Fakat bu problemler ve kentsel ısınma karşılıklı olarak birbirini tetiklediği için bu etkinin azaltılabilmesi de oldukça zor bir hale gelmiştir.

Kentsel ısı adası etkisinin artması, beraberinde ekolojik problemleri de getirmiş, kentsel ısınma ve ekolojik problemler karşılıklı olarak birbirini etkilemiştir. Bu durum, kent içinde yaşayan kentlileri ve çevreyi oldukça kötü etkilemiştir. Günümüze kadar yapılan birçok çalışma ile bu etkinin özellikle insan termal konforu ve sağlığını da olumsuz etkilediği kanıtlanmıştır. Artan sıcaklıklar nedeniyle birçok ülkede hastalıklar çoğalmış ve bu hastalıklardan bazıları ölümlere kadar ilerlemiştir. Bu durum sonucunda kentsel dış mekânlar ve iç mekânlarda sıcaklıklar artmış ve ısıtma-soğutma için

harcanan enerji tüketimi de artmıştır. Dolayısıyla insan yaşamı hem psikolojik ve fizyolojik hem de maliyet açısından olumsuz etkilenmiştir.

İnsan yaşamını bu denli olumsuz etkileyen kentsel ısı adası etkisi, özellikle son yıllarda birçok araştırmacı tarafından azaltılmaya çalışılmıştır. Bunun için birçok araştırma yapılmış ve bu etkinin azaltılması sonucunda kentlilerin konfor ve sağlık düzeylerinin artacağı tespit edilmiştir. Bazı araçların icat edilmesi bu süreci etkilemiş, özellikle de barometre, rüzgâr ölçer gibi meteorolojik aletler ile yapılan çalışmalar olumlu etkilenmiştir. Aynı zamanda günümüzde teknolojik ölçüm aletlerinin dışında, gerçekçi simülasyonlar yapabilen programların bulunması ile bu araştırmalar daha kolay bir halde gerçekleştirilebilmiştir. Bu bağlamda, kentsel ısı adasına neden olan etmenler belirlenmiş, özellikle de gelişmekte olan ve hızla gelişen ülkelerdeki kentlerin bu etkiye büyük ölçüde maruz kaldığı gözlenmiştir. Bu etkinin azaltılabilmesi için bazı stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejilerden bazıları yeşil çatılar ve yeşil duvarların kent içindeki yüzeylerde kullanılması, ağaçlandırmaların artırılması ve sert yüzey malzemelerinin termal özelliklerinin değiştirilmesidir.

Bulunan bu stratejiler, farklı iklim özelliklerine sahip farklı kentlerde ve kent içinde bulunan farklı kentsel geometrilere sahip çeşitli bölgelerde farklı etkiler yaratabilmektedir. Dolayısıyla yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar, aynı iklim bölgesine sahip ya da aynı kentsel geometrik özelliklere sahip bölgeler için de geçerli sayılabilmektedir.

1.1. Çalışmanın problemi, kapsamı ve amacı

Kentsel ısı adası etkisi kentlerde dış ortamda bulunan kullanıcıları termal açıdan olumsuz etkilemektedir. Bu durum kentler içinde yer alan farklı kentsel dokularda değişiklik göstermektedir. Çalışmanın kapsamını Konya kent merkezinde yer alan farklı bölgeler ve yaz-kış aylarında bu bölgelerde dış ortamda yer alan kentli oluşturmaktadır. Konya kentinde (soğuk-yarı kurak / BSk iklimine sahip) farklı yerel iklim bölgelerinde dış ortamda yer alan kentliler termal konfor düşünüldüğünde farklı durumlara maruz kalmaktadır. Çalışmanın problemi, Konya kenti içinde yer alan kullanıcıların farklı yerel iklim bölgelerinde farklı konfor düzeyleri hissetmeleri olarak belirlenmiştir. Bu durumun nedeni ise kent içinde yer alan farklı yapısal parametrelerin kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfora olan etkileridir.

Bu çalışma, genel olarak bir kent içindeki farklı kentsel dokularda, kentsel ısı adası etkisinin değişimini ve insanların dış ortamdaki termal konfor düzeylerinin nasıl

etkilendiğinin gözlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle ilk olarak tüm parametreler arasındaki genel ilişkilerin sorgulanması amaçlanmıştır. Elde edilen verilerin referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile karşılaştırılması sonucunda farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisi karşılaştırılmıştır. İkincil olarak, farklı yerel iklim bölgelerindeki dış ortamda termal konfor düzeyleri ve kentsel ısı adası etkisi tespit edilmiştir. Bu durum ile yapılı çevre verilerinin ilişkisi sorgulanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada, BSk (soğuk-yarı kurak) iklimine sahip Konya kentinde 6 farklı yerel iklim bölgesinde (LCZ) kentsel ısı adası etkisinin yaz ve kış aylarında dış ortamda termal konfora olan etkisinin tespit edilmesi, kent içindeki termal açıdan en konforlu bölgelerin bulunması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın alt problemleri

S1: BSk iklimine sahip kentlerde ısı adası etkisi farklı yerel iklim bölgelerinde yaz ve kış mevsiminde nasıl farklılaşmaktadır? Kentsel ısı adası etkisini en aza indirmek için farklı yerel iklim bölgelerinde gerçekleşen mikro müdahaleler nasıl değişmektedir?

S2: BSk iklimine sahip kentlerde dış ortamda termal konfor farklı yerel iklim bölgelerinde yaz ve kış mevsiminde nasıl farklılaşmaktadır? Dış ortamda termal konforu iyileştirmek için farklı yerel iklim bölgelerinde gerçekleşen mikro müdahaleler nasıl değişmektedir?

S3: BSk ikliminde ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor düşünüldüğünde yaz ve kış mevsiminde hangi yerel iklim bölgesi en iyi sonucu vermektedir?

S4: Yeni tasarlanacak kentsel alanlarda ısı adası etkisinin ve dış ortamda termal konforun en iyi şekilde olması için neler yapılabilir?

1.3. Çalışmanın hipotezleri

Çalışmanın hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H1: Bir kent içindeki farklı yerel iklim bölgelerinde dış ortamda termal konfor farklılık gösterir.

H2: Bir kentte farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisi farklılık gösterir.

H3: Kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor düşünülduğünde BSk iklimine sahip kentlerde yaz ve kış mevsimi için en konforlu yerel iklim bölgeleri farklıdır.

H4: BSk ikliminde bir kent için yaz aylarında ısı adası etkisi termal konforu olumsuz etkilerken, kış aylarında olumlu etkiler.

H5: Yeni tasarlanacak olan kentsel alanlar için, ağaç kullanımının arttırılması tüm yerel iklim bölgelerinde dış ortamda termal konfor ve ısı adası etkisi için olumlu sonuçlar verir.

H6: Yapılı çevre parametreleri ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.

- Bina taban alanı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Kat alanları toplamı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Yeşil zemin (çim) oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Sert zemin oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Toplam bina hacmi ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Bina yüzey alanı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- h/W oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.
- Gökyüzü görünüm faktörü (SVF) ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.

H7: Yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.

- Bina taban alanı oranı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Kat alanları toplamı oranı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Yeşil zemin (çim) oranı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Sert zemin oranı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Toplam bina hacmi ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Bina yüzey alanı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- h/W oranı ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.
- Gökyüzü görünüm faktörü (SVF) ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.

H8: Bir yerel iklim bölgesinde günün farklı saat aralıklarında dış ortamda termal konfor ve hava sıcaklığı değişim gösterir.

H9: Bir yerel iklim bölgesi içindeki farklı karakteristiğe sahip noktalarda dış ortamda termal konfor değişim gösterir.

1.4. Kaynak Araştırması

Literatürde kentsel ısı adası etkisi, iklim ve dış ortamda termal konfor çalışmaları son yıllarda artış göstermiştir. Bu konular birbiriyle etkileşimli olduğu için bazı çalışmalarda ortak olarak değerlendirmeler yapılmıştır. Tüm konular ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

1.4.1. Kentsel ısı adası etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar

Cheung (2011), Manchester için kentsel ısı adası etkisini tespit ederek bu etkiyi azaltmak adına yeni modeller sunmaktadır. Çalışmada, yer gözlem ofislerinden elde edilen hava verileri kullanılarak çoklu regresyon modeli geliştirilmiştir. Sonuçta, kentsel ısı adası etkisinin yazın 8 °C, kışın ise 10 °C olabileceği tespit edilmiştir. Bunun dışında, gökyüzü görünüm faktörü (SVF), kent merkezine uzaklık, evapotranspirasyon faktörü (EF), rüzgâr hızı, bulut örtüsü gibi çeşitli parametrelerin kentsel ısı adası ile negatif doğrusal bir ilişkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Takebayashi ve Moriyama (2012), kentsel gölgelik özelliklerinin kentsel ısı adalarındaki radyant ortam üzerindeki etkisini analiz etmiş ve her bir kentsel gölgelik ölçüm parametresinin genel kentsel ısı adası etkisine göreceli katkıları radyant ortamın gerçek koşullarına bağlı olarak belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, basit kentsel kanyon modelinin iki gerçek kentsel kanyonla karşılaştırılması, en-boy oranının (W/H) yol ve duvar yüzeylerindeki günlük net güneş radyasyonu kazançları için baskın faktör olduğunu göstermiştir. Gölgeleme çevre binalar üzerindeki etkileri, kentsel sokak kanyonlarındaki radyasyon ortamı için de önemli faktörlerdir.

Taleghani ve diğ. (2014), bitki örtüsü ve su kütlelerinin mikro iklimler üzerindeki etkisini, iki üniversite kampüsünde hem yaz hem de kış aylarında alan ölçümleri yoluyla incelenmişlerdir. İkisi de ılıman iklime sahip olan Portland ve Delft'de ölçümler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, yaz ayında bitki örtüsü ve su ögeleri olan üniversite avlularında kentsel sıcaklık düşmüştür. Kış ayında ise en küçük olan avlunun (su ögesi ve bitki örtüsü yer alan) bulutlu günlerde en sıcak olduğu, büyük avlunun ise (su ögesi ve bitki örtüsü olmayan) güneşli günlerde en sıcak olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla bu çalışma sonucunda yaz ve kış aylarında farklı iklimlerde uygulanan azaltma stratejilerinin değişim gösterdiği kanıtlanmıştır.

Yang ve diğ. (2015), kentsel yüzeylerde yansıtıcı malzemelerin kullanımının kentsel iklime etkilerini tespit etmektedirler. Bu konudaki ilgili literatür incelenmiş ve çalışmanın sonucunda yüzey albedosunu artırmanın kentsel sıcaklıkları düşürdüğü

bulunmuştur. Ancak, yapılan çalışmaların çoğunun yaz mevsimi için gerçekleştirildiği, kış mevsimi için de çeşitli çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Aflaki ve diğ. (2016), Kuala Lumpur, Singapur ve Hong Kong için kentsel ısı adası azaltma stratejilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Bu azaltma stratejileri, yeşil çatılar, yeşil cepheler ve serin kaldırımlardır. Çalışmanın sonucunda, kentsel yeşillendirmenin kentsel ısınmayı önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. İncelenen analizler ile çevre sıcaklığının ve enerji tüketiminin azaltılmasında etkili bir strateji olarak yeşil çatının kentsel bağlamda küçük veya büyük ölçekte uygulanabileceği doğrulanmıştır.

Bassani ve diğ. (2022), yeni bir yöntem önerisini geliştirmiş ve bu önerinin Subtropikal iklim (Cfa) iklim tipine sahip Torino, İtalya'da test edilmesini sağlamışlardır. Önerilen yöntem, incelenen alanda kentsel ısı adası ölçümü için temsili kentsel-kır sıcaklık farklarını tespit etmek için mevcut ölçüm istasyonları arasında kümelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın sonucunda bu yöntemin, istasyonlar arasındaki termal davranış açısından temel farklılıkları kavrayabilen etkili bir ölçüm olduğu tespit edilmiştir.

Çiçek ve Doğan (2005), Ankara kentinde farklı bölgelerde kurulan yedi farklı istasyondan alınan ölçümler ile kentsel ısı adası etkisinin büyüklüğü ve alansal dağılımını incelemişlerdir. Çalışma kış mevsimi için gerçekleştirilmiş ve Oke'un (1982) denklemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, maksimum ısı adası büyüklüğü 9 °C olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda ısı adası etkisinin özellikle akşam saatlerinde gündüze kıyasla daha yüksek olduğu da görülmüştür.

Somuncu (2021), Ankara kentinde artan kentleşme beraberinde ortaya çıkan sıcaklık artışlarını tespit etmek amacıyla yerel iklim bölgelerini kullanmıştır. Sekiz farklı yerel iklim bölgesinde yüzey sıcaklıkları ve yapılı çevre parametreleri arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası büyüklüğü arasında anlamlı bir ilişki olduğu istatistiksel olarak ortaya konulmuştur.

Kentsel ısı adası etkisi ile ilgili literatürde yer alan ulusal ve uluslararası birçok çalışmada uzaktan algılama veya simülasyon yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

1.4.1.1. Uzaktan algılama sistemleri kullanılarak yapılan çalışmalar

Duman Yüksel (2005), kentleşmenin hızla artması sonucu açık ve yeşil alanların azaldığı Ankara kenti için yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, nem parametreleri dikkate alınarak kent ikliminin belirlenmesi ve kentsel gelişim, arazi kullanımı değişimi, arazi örtüsü değişimi ve kentsel ısı adasının oluşumu arasındaki ilişkinin bölgesel ölçekten yerel ölçeğe kadar tespit edilmesini amaçlamıştır. Araştırmanın ilk aşamasında 1985, 1995, 2001 yıllarına ait Landsat 5-TM, Landsat 7-ETM (ısı bantlı) uydu görüntülerinden kentsel ısı adası ve arazi değişimleri saptanmış, ikinci aşamada ise ilk aşama sonucunda seçilen üç farklı örneklem alanında (yeşil alan, AVM ve konut alanı) meteorolojik ölçüm istasyonları kurulmuştur. Çalışmanın sonucunda, yaz aylarında Ankara'da kentsel ısı adası etkisinin görüldüğü, bu etkinin kentleşme ile geçmişten günümüze arttığı tespit edilmiş, yeşil alanla geniş asfalt yüzeylere sahip AVM alanı arasında anlık yaklaşık 10 °C sıcaklık farkı ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Kuşçu Şimşek (2013), hızla gelişen İstanbul kenti için sıcaklık değişimi ve yerleşme arasındaki ilişkileri saptamıştır. Çalışmada; uydu verileri (2007-Landsat ve 2003-Landsat), İstanbul yapı verileri (2005-1/5000 yapı verileri), İstanbul topografik verileri (1 m yükseklik verilerinden elde edilmiş dem eğim), İstanbul kıyı verileri kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde ise; çoklu regresyon analizi ile bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasında bulunan doğrusal bağıntı oluşturulmuş, Anova testi ile modelin anlamlılığı, t-test ile de her bir değişkenin anlamlılık düzeyleri incelenmiştir. Bu testlerden sonra ağaç diyagramı ile sınıflandırma yapılarak faktörlerin farklı koşullarda sıcaklığı etkileme düzeyleri tespit edilmiştir. Sonuçta, İstanbul'un yoğun yapılaşmış bölgelerinde ısı adası etkilerinin daha yoğun olduğu, taban alanı katsayısı (TAKS), kat alanları kat sayısı (KAKS), doku ve kanyon geometrisi, yapılaşma yoğunlukları ile arasında pozitif korelasyon olduğu gözlenmiştir.

Dihkan (2015), İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Trabzon, Erzurum ve Gaziantep kentlerinde 1984-2011 yılları arasındaki kentsel ısı adası değerlerinin tespit edilmesi, haritaların hazırlanması ve çeşitli önerilerin geliştirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada, çok bantlı uydu görüntüleri, yersel meteorolojik veriler, sosyo-ekonomik veriler ve coğrafi veriler dikkate alınmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, yüzeysel kentsel ısı adası etkisinin zamansal gelişim süreci tüm kentsel çalışma bölgelerinde analiz edilmiş, ikinci aşamada, OLS (Ordinary Least Squared) çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiş, son aşamada ise, tüm kentsel çalışma bölgelerinde gece döneminde mobil transekt geçiş tekniği kullanılarak atmosferik kentsel ısı adası etkisinin varlığı araştırılmıştır.

Irger (2014), yapılı çevre ile kentsel mikro iklim arasındaki karmaşık etkileşimi bulmuştur. Çalışmada, kentsel hava ve yüzey sıcaklıkları ile kentsel formun farklı yönleri, özellikle kentsel kanyon geometrisi ve yönü, yapılı çevre içindeki bitki örtüsü içeriği ve yapısı, kentsel yüzey özellikleri ve sokakların hacimsel yoğunluğu arasındaki olası ilişkileri doğrulanması amaçlanmaktadır. Uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen yüksek çözünürlüklü veriler sayesinde Sidney metropol bölgesinde kent çapında bir kentsel ısı adası analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda yerleşimleri planlarken belirli morfolojik niteliklerin çevresel etkilerini anlamının, yaşanabilir ve sağlıklı toplulukların yaratılması için çok önemli olduğu bulunmuştur.

Dian ve diğ. (2020), yüzeysel kentsel ısı adası ile farklı yerel iklim bölgeleri (LCZ, Local Climate Zone) arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Yüzeysel kentsel ısı adası MODIS uydu verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek yüzey ısı adası Budapeşte'nin merkezinde, en düşük yüzey ısı ise kentin yeşil alanında tespit edilmiştir.

Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar aşağıda detayları ile yer almaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Uzaktan algılama sistemleri ile yapılan çalışmalar ve detayları

Referans	Konum	İklim türü	Periyot	Uydu görüntüsü
Stathopoulou ve Cartalis (2007)	Yunanistan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	2000-2001	Landsat
Yuan ve Bauer (2007)	Minnesota / ABD	Ilık-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	2000-2002	Landsat
Schwarz ve diğ. (2011)	263 Avrupa kenti	-	2002-2003	MODIS
Li ve diğ. (2012)	Şangay / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	1997-2008	Landsat
Senanayake ve diğ. (2013)	Colombo / Sri Lanka	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	2000-2001	Landsat
Gerçek ve Bayraktar (2014)	İzmit / Türkiye	Subtropikal iklim (Cfa)	2014	MODIS
Amanollahi ve diğ. (2016)	Malezya	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	2000-2010	Landsat
Flores R. ve diğ. (2016)	Sao Paolo / Brezilya	Subtropikal iklim (Cfa)	2001-2014	MODIS
Estoque ve Murayama (2017)	Baguio / Filipinler	Tropikal muson iklimi (Am)	1987-2015	Landsat
Sheng ve diğ. (2017)	Hangzhou / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	2006-2011	Landsat
Son ve diğ. (2017)	Ho Chi Minh / Vietnam	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	1996-2016	Landsat
Sultana ve Satyanarayana (2020)	Hindistan	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	2000-2018	Landsat
Faisal ve diğ. (2021)	Dhaka / Bangladeş	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	2000/2010/2020 / 2030	Landsat

Güneş ve diğ. (2021)	Eskişehir / Türkiye	Akdeniz'den etkilenen sıcak yaz nemli karasal iklim (DSb)	2020	Landsat
Liang ve diğ. (2021)	Pekin / Çin	Musondan etkilenen sıcak yaz nemli karasal iklim (Dwa)	2018	MODIS
Monteiro ve diğ. (2021)	Brezilya	Subtropikal iklim (Cfa)	2000-2016	MODIS
Wang ve diğ. (2021)	Toulouse / Fransa	Subtropikal iklim (Cfa)	2004-2005	MODIS
Carrillo-Niquete ve diğ. (2022)	Merida / Meksika	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	2000-2018	Landsat
Cheval ve diğ. (2022)	Romanya	Subtropikal iklim (Cfa)	2000-2018	MODIS
Colaninno ve Morello (2022)	Lombardy / İtalya	Subtropikal iklim (Cfa)	2020	MODIS
Mandal ve diğ. (2022)	Kolkata / Hindistan	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	2001-2019	MODIS
O'Malley ve Kikumoto (2022)	Tokyo / Japonya	Subtropikal iklim (Cfa)	2013-2021	MODIS
Peng ve diğ. (2022)	Çin / 180 farklı kent	-	2001-2019	MODIS
Renc ve diğ. (2022)	Polonya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	2015-2019	Landsat
Sahoo ve diğ. (2022)	Kolkata / Hindistan	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	2016-2019	Landsat
Si ve diğ. (2022)	1711 farklı kent	-	2003-2019	MODIS
Tariq ve diğ. (2022)	Pakistan	Sıcak çöl iklimi (BWh)	2000-2019	MODIS
Yoo ve diğ. (2022)	Roma / İtalya Madrid / İspanya Seoul / Güney Kore	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa) Soğuk-yarı kurak iklim (BSk) Musondan etkilenen sıcak yaz nemli karasal iklim (Dwa)	2017-2020	MODIS
Kimothi ve diğ. (2023)	Himalayalar / Hindistan	Musondan etkilenen nemli subtropikal iklim (Cwa)	2013-2020	Landsat
Xu ve diğ. (2023)	Shenzhen / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	2017	Landsat

1.4.1.2. Simülasyon programı kullanılarak yapılan çalışmalar

Gülten (2014), Elazığ ilinde yer alan ve yoğun yapılaşmaya sahip üç farklı kentsel yerleşim alanının (Gazi Caddesi, Şehit İlhanlar Caddesi ve yeni yerleşim alanı) bilgisayar ortamında modellenerek, kentsel ısı adasının varlığının araştırılmasını, kentsel ısı adasına etki eden parametrelerin tartışılmasını ve kentsel ısı adası potansiyellerinin hesaplanmasını amaçlamıştır. Çalışmada, simülasyonlar yapılmış ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılmıştır. Sonuçta, kentsel alanlarda rüzgâr hızı ve yönü, ağaç ve trafik etkisi, farklı bina yüksekliği cadde genişliği oranları, yüzey kaplama malzemeleri, bina yönelimi ve binaların bitişik ya da ayrık nizam olması parametrelerinin ısı adası potansiyeli üzerinde önemli etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir.

Rosheidat ve Bryan (2010), Phoenix Arizona'da farklı boyut, yoğunluk ve bitki örtüsü konfigürasyonları ile çeşitli simülasyonlar sunmuşlardır. Çalışmada meteorolojik verilerle birlikte ENVI-met kullanılmış ve yedi farklı senaryonun simülasyonları

gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için yüzeylerde kullanılan malzeme özelliklerinin oldukça önemli olduğu ve yalnızca masif ağaç dikimlerinin ise kentsel sıcaklığı azaltmada o kadar etkili olmadığı gözlenmiştir.

Bourbia ve diğ. (2010), yarı kurak iklime sahip Konstantin / Cezayir’de yer alan bir kentsel kanyonda bazı stratejilerin farklı simülasyonlar ile kentsel iklime olan etkilerini tespit etmişlerdir. Yapılan simülasyon ENVI-met v3.0 yazılımında, farklı yüzey malzemeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, albedo değeri düşük cephe malzemelerinin kanyonlardaki hava sıcaklığını önemli ölçüde arttıracığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla cephe malzemelerinin türü ve renginin kentsel ısı adasına neden olan önemli faktörler arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

Georgakis ve diğ. (2014), Atina kenti için serin malzemelerin kentsel ısı adasına olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ilk olarak, farklı karakteristiğe sahip sokaklar için, ikinci aşamada ise, serin malzemeler için hesaplamalı akış dinamiği modeli (HAD) gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, bir sokak kanyonunun yüzeylerindeki kaplamanın albedosunun arttırılmasıyla zemin seviyesinde yüzey sıcaklığının 7-8 °C ve duvarların yüzey sıcaklığının ise 2-3 °C azalmasını sağladığı görülmüştür.

Buccolieri ve diğ. (2015), kentsel alanlardaki yeşil altyapının termal stresi azaltmadaki etkinliğini göstermeyi amaçlamışlardır. Bu analiz, CFD tabanlı ENVI-met (v3.1) kullanılarak 2012 yaz ayında Lecce’de (güney İtalya) yapılan saha ölçümlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ağaçların termal konforu iyileştirmedeki etkinliğinin çoğunlukla ağaçların bulunduğu sokaklarla sınırlı olduğunu ve kesinlikle doğrudan güneş ışınımını ve/veya bina gölgelerinin varlığını etkileyen sokak yönelimine bağlı olduğunu göstermiştir. Kentsel sıcaklığı azaltmak amacıyla ağaç dikmek, cadde geometrisi ve konumunun yanı sıra meteorolojik faktörlerin etkisini de içeren kapsamlı bir analiz yoluyla dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir.

Noro ve Lazzarin (2015), Prato della Valle meydanı ENVI-met programı kullanılarak farklı azaltma stratejilerine göre analiz edilmiştir. Yeşil alanların arttırılması ve soğuk malzemelerin kullanılması senaryoları simüle edilerek kentsel ısı adası etkisi tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, yeşil alan kullanımının kentsel sıcaklığı gece ve gündüz için sırasıyla 4 °C ve 3 °C azalttığı, soğuk malzemelerin kullanımının ise gece ve gündüz için sırasıyla 1,8 °C ve 4 °C azalttığı bulunmuştur.

Crank ve diğ. (2018), çatı ve kaldırım yüzeylerinin albedosunu arttırmak gibi kentsel ısı azaltma stratejilerinin değerlendirilmesinde ENVI-met simülasyon programının doğruluğunu test etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, iki farklı sorun için

testler yapılmıştır. Bunlar; (1) ENVI-met grid sistemi bağımsız mıdır? ve (2) Model, ısı azaltma stratejileriyle ilişkili hava sıcaklığı dalgalanmalarını yeterince temsil edebilir mi?

Tsoka ve diğ. (2018), çeşitli kentsel ısı adası azaltma stratejilerinin soğutma potansiyelini gösteren mevcut ENVI-met simülasyon sonuçlarını karşılaştırmalı ve eleştirel bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda ENVI-met yazılımının artan kullanımı göz önüne alındığında, bu çalışma, rapor edilen değerlendirme sonuçlarının bir meta-analizini gerçekleştirmeyi, modelin mikroklimatik değişkenlerin günlük hesaplarını doğru bir şekilde hesaplama kapasitesini yansıtmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın sonucunda, analizin (simülasyon sonucunun yorumlanması sırasında kullanıcı tarafından sınırlamalarının ve özelliklerinin hesaba katılması koşuluyla) kentsel iklim analizi için yararlı bir araç olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur.

Chatterjee ve diğ. (2019), Hindistan'ın Kalküta bölgesinden seçilen dört farklı kentsel dokuda kentsel ısı adası azaltma stratejilerini (serin çatılar, serin kaldırımlar, serin kentler ve kentsel peyzaj alanları) kullanarak çeşitli simülasyonlar gerçekleştirmiştir. Çalışmada ENVI-met V 4.0 programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, farklı parametrelerin farklı kent dokularındaki azaltma stratejileri test edilmiştir.

Farhadi ve diğ. (2019), kentsel ısınmadan etkilenen Tahran'daki termal konfor koşulları nedeniyle gündüz kentsel ısı adası etkisini azaltmak için farklı stratejileri değerlendirmektedir. Kentsel bitki örtüsünün etkileri (sokak seviyesinde ve çatılarda), yüksek albedo yüzeyler (sokak kaldırımlarında ve çatılarda) ve binaların yönelimi ENVI-met mikro iklim modeli kullanılarak sayısal simülasyonlarla analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kentsel formların uygun şekilde tasarlanmasının, özellikle yeni sürdürülebilir gelişmeler için kentsel ısınmayı büyük ölçüde azaltacağını, termal konfor iyileştirmelerinin kentsel bitki örtüsü kapsamını artırarak etkili bir şekilde elde edilebileceğini göstermektedir.

Lyu ve diğ. (2019), CFD ve ENVI-met ile gerçekleştirilen sayısal simülasyonlar aracılığıyla kentsel form ve mikro iklim arasındaki ilişki hakkında daha fazla bilgi sağlamaya çalışmaktadırlar. 9 farklı LCZ bölgesinde gerçekleştirilen simülasyonlar ile kentsel morfoloji ve termal konfor arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kentsel morfolojinin mikro iklim ve termal konfor üzerindeki etkisinin yerel olduğu, morfolojik parametrelerin ve mikro iklim indislerinin ortalama

değerleri kullanılarak elde edilemeyeceği bulunmuştur. Öte yandan, bina yüksekliği, yerleşim düzeni ve yoğunluğunun etkisini aynı anda hesaba katan kapsamlı morfolojik parametre olan SVF, morfolojinin termal konfor indisleri üzerindeki etkilerini temsil etmek için uygun görünmektedir.

Fahed ve diğ. (2020), Lübnan'ın yoğun bir bölgesi olan Dora kentinde farklı azaltma stratejisi senaryolarını test etmişlerdir. Azaltma stratejileri arasında, albedo değişikliği, yeşil alanların artırılması ve su kaynaklarının kullanımı yer almaktadır. Aynı zamanda bu stratejilerin yaya konforu üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, su öğelerinin değerlendirildiği senaryonun kentsel ısı adası ve yaya konforu açısından en iyi sonucu verdiği bulunmuştur.

Li ve diğ. (2020), soğuk bir iklime sahip olan Çin'in Harbin bölgesinde bir sokak kanyonu için farklı yeşil alan tasarım düzenlerinin termal olarak nasıl etkilerinin bulunduğu bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ENVI-met V4 programında çeşitli simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve çalışmanın sonucunda peyzaj morfolojisinin bir düzenleme indeksi olarak SVF'nin, Harbin'deki kentsel sokak kanyonunun termal ortamını etkileyen önemli bir indis olduğu, termal ortamdaki değişen eğilimlerle önemli ölçüde ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Muniz-Gaal ve diğ. (2020), kentsel sokak kanyon geometrilerinin mikro-iklim ve yaya termal konforuna olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, ENVI-met V 4.0 programı kullanılarak, Sao Paulo Campinas kentinde farklı kentsel kanyonlarda toplamda 36 farklı simülasyon gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, daha yüksek bir H/W en boy oranına sahip kanyonların binaların rüzgâr hızını ve gölgelemesini arttırdığını, böylece özellikle yaz aylarında yaya seviyesinde termal konforu da arttırdığını tespit edilmiştir. Tersine, L/H oranındaki bir artışın yaya düzeyinde termal konfor hissi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Jia ve Wang (2021), ENVI-met simülasyon programını kullanarak ısı azaltma stratejilerinden bazılarının termal parametrelere etkisini tespit ederek bu stratejilerin yayaların dış mekan termal konforu üzerindeki değişimlerini incelemişlerdir. Çalışmada evrensel termal iklim indisi (UTCI) termal konfor indisi kullanılmıştır. Sonuçta; sokak ağaçlandırmalarının en etkili sonucu verdiği gözlenirken (4,23 °C azalma), bunu soğuk malzemelerin kullanımının (0,36 °C azalma) takip etmektedir.

Karimi ve diğ. (2020), kentsel bir parkta termal konfor ile ilişkili parametreleri araştırmış, malzemelerin ve bitki örtüsünün termal konfor koşulları üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışma önceki çalışmalara kıyasla bitki türlerini (ağaçlar ve

çalılar dahil) ve yüzey albedo etkilerini birleştiren entegre bir analitik yaklaşım sergilemiştir. Ayrıca araştırmada, çevresel durum hassas bir şekilde analiz edilmekte ve etkililik indeksleri birbirleriyle karşılaştırılarak verimlilikleri ölçülmektedir. Simülasyonlar ve analizlere dayalı olarak, sonuçta, Shafagh Park'ta düşük albedolu kaldırımlar ile geniş taçlı ve yüksek gövdeli ağaçların kombinasyonunun, termal konfor için en iyi koşulları sağlayabileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda, termal konfor için önceki çalışmalarda SVF değerinin sıklıkla radyasyon ve gölgeleme için belirleyici bir faktör olarak kullanılmasına rağmen, PET ile SVF arasında yüksek bir korelasyon bulunamamıştır.

Mohammad ve diğ. (2021), Hindistan, Uttarkand ve Roorkee kentlerindeki farklı kentsel kanyoların bitki örtüsü ve yüzey albedosuna odaklanmışlardır. Mikro-meteorolojik ölçümler sonrasında kentte yaşayan insanların rapor edilen termal konforlarını karşılaştırmak için bir anket ile yol kenarı boyunca açık havada termal konforu değerlendirmişlerdir. Bu araştırmada, hava sıcaklığı (T_a), yüzey sıcaklığı (T_s), rüzgâr hızı (W_s), gökyüzü görünüm faktörü (SVF), ortalama radyant sıcaklık (MRT) ve fizyolojik eşdeğer sıcaklık gibi dış mekân termal konfor ile ilgili parametreler ele alınmıştır. PET indisi, kentsel caddede bir sokak kanyonunda ENVI-met simülasyonu kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca, termal konfor koşullarını iyileştirmek için çalışma alanındaki kaplama albedosu ve baskın ağaç olan Fraxinous Exceliour yüzdesinin etkileri de incelenmiştir. Alanda yapılan arazi ölçümleri ile eş zamanlı olarak kentsel kanyonlarda kullanıcıların termal konfor aralığını belirlemek için anket uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları, SVF'nin önceki çalışmalarda geniş çapta test edilmesine rağmen yüksek radyasyona maruz kalma ve termal konfor koşulları için kesin bir gösterge olmadığını ortaya koymuştur. Aynı zamanda, düşük albedolu kaldırımların kombinasyonu ve caddenin yarısını ağaçlarla kaplamak (*Fraxinus excelsior*), termal konfor için en etkili koşulları oluşturmuştur. Simülasyon araştırması, albedonun termal konfor üzerindeki etkisinin ağaç örtüsünden daha az olduğunu da ortaya koymuştur. Bununla birlikte, albedo değerlerindeki önemli değişikliklerin ve kent sıcaklığındaki azalmanın, kentsel kanyonlarda termal konforun iyileştirilmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür.

Salvati ve diğ. (2022), Londra'nın tipik bir yerleşim bölgesinde kentsel kanyon albedo değişkenliğini ve bunun açık ve kapalı mikro iklimler üzerindeki etkisini, ENVI-met ve EnergyPlus tarafından yapılan ölçümler ve simülasyonlar kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, geniş kanyonlarda yol yansımalarını arttırmanın kentsel kanyon

albedosu üzerinde yüksek bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Daha derin kanyonlarda, yol yansımalarının mutlak etkisi azalırken, duvarların yansımalarının göreceli etkisi artmaktadır. Ayrıca, kentsel kanyonlarda artan yüzey yansımalarının, daha yüksek ortalama radyant sıcaklıklara yol açan yüzeyler arasındaki artan yansımalar nedeniyle dış mekân termal konforu üzerinde zararlı bir etkiye sahip olduğu da bulunmuştur.

ENVI-met programı kullanılarak yapılan çalışmalar aşağıda detayları ile yer almaktadır (Çizelge 1.2). Bu çalışmalar; ENVI-met programının doğruluğunun tespiti, çeşitli kentsel ısı adası azaltma stratejileri, kentsel geometri, sokak ağaçlandırması ve kentsel geometri, sokak ağaçlandırması ve kentsel yeşil alanlar, albedo, sokak ağaçlandırması ve albedo, farklı yerel iklim bölgeleri, serin malzemeler, termal konfor, yeşil altyapı, yeşil çatılar ve yeşil duvarlar şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1.2. ENVI-met programı ile yapılan çalışmalar ve detayları

Referans	Konum	İklim türü	Simülasyon mevsimi	Simülasyon tarihi	Simülasyon başlangıç saati	Simülasyon süresi
ENVI-met simülasyon programının doğruluğunun tespiti						
Gál ve Kántor (2020)	Szeged / Hungary	İlk-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	-	-	-	-
Yang ve diğ. (2021)	Şangay / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	28.06.2019	08.00 12.00 16.00	1 saat
Detommaso ve diğ. (2021)	Katanya / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz Sonbahar	7-9.08.2019 16-18.09.2019	06.00	78 saat
Çeşitli kentsel ısı adası azaltma stratejileri						
Emmanuel ve Fernando (2007)	Colombo / Sri Lanka Phoenix-Arizona / ABD	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af) Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	-	19.00	10 saat
Rosheidat ve Bryan (2010)	Phoenix / ABD	Sıcak çöl iklimi (BWh)	-	-	06.00	12 saat
Huynh ve Eckert (2012)	Vietnam	Subtropikal iklim (Cfa)	Kış	01.02.2013	10.00	36 saat
Ambrosini ve diğ. (2014)	Teramo / İtalya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	22-23 Temmuz	-	-
Skelhorn ve diğ. (2014)	Manchester / İngiltere	Ilman okyanus iklimi (Cfb)	Yaz	19.07.2010	-	-
Sodoudi ve diğ. (2014)	Tahran / İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Ghaffarianhoseini ve diğ. (2015)	Kuala Lumpur / Malezya	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	5 Mart	06.00	14 saat

Noro ve Lazzarin (2015)	Padua / İtalya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	27.07.2012	06.00	72 saat
Peron ve diğ. (2015)	İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	1.08.2012	06.00	-
Taleghani ve diğ. (2016)	Los Angeles / ABD	Ilık-yaz Akdeniz iklimi (Csb)	Yaz	30.07.2014	04.00	-
Wang ve diğ. (2016b)	Toronto / Kanada	Sıcak-yaz nemli karasal iklim	Yaz Kış	15 Temmuz 15 Ocak	21.00	-
Evola ve diğ. (2017)	Avola / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	24.08.2014	-	-
Jamei ve Rajagopalan (2017)	Melbourne / Avustralya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	Kış	6.01.2015	01.00	48 saat
Salata ve diğ. (2017)	Roma / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	16.07.2014	06.00	72 saat
Tsoka ve diğ. (2017)	Selanik / Yunanistan	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-
Herath ve diğ. (2018a)	Sri Lanka	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	-	01.00	24 saat
Piselli ve diğ. (2018)	İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Santamouris ve diğ. (2018)	Sidney / Avustralya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	00.00	25 saat
Tsoka ve diğ. (2018)	-	-	-	-	-	-
Aboelata ve Sodoudi (2019)	Kahire / Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Sonbahar	24.09.2018	-	-
Chatterjee ve diğ. (2019)	Hindistan	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	26.07.2017	23.00	30 saat
Fahed ve diğ. (2020)	Lübnan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	9-10 Temmuz	07.00	24 Saat
Farhadi ve diğ. (2019)	İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	30.07.2017	04.00	17 Saat
Kotharkar ve diğ. (2020)	Nagpur / Hindistan	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	İlkbahar	-	-	-
Ziaul ve Pal (2020)	Batı Bengay / Hindistan	Musondan etkilenen nemli subtropikal iklim (Cwa)	Yaz	-	10.00	7 saat
Jia ve Wang (2021)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	İlkbahar Sonbahar	-	-	-
Yılmaz ve diğ. (2021)	Erzurum / Türkiye	Ilık-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	Kış	25.02.2019 25.02.2020	-	24 saat
(Cortes ve diğ., 2022)	Mandaue / Filipinler	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	-	03.00	15 saat
Tseliou ve diğ. (2022)	Atina / Yunanistan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	14.07.2010	23.00	24 Saat
Lam ve diğ. (2023)	Guangzhou / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	9.06.2018	22.00	48 saat

Kentsel geometri						
Taleb ve Abu-Hijleh (2013)	Dubai	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz Sonbahar Kış	21 Haziran 21 Eylül 21 Aralık	04.00	16 Saat
Middel ve diğ. (2014)	Phoenix / ABD	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	-	03.00	45 saat
Wang ve Akbari (2014)	Montreal / Kanada	İlk-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	Yaz Kış	20.01.2012 21.07.2012	00.00 22.00	24-28 Saat
Gusson ve Duarte (2016)	Sao Paulo / Brezilya	Subtropikal iklim (Cfa)	İlkbahar	-	-	71 saat
Maleki ve Mahdavi (2016)	Viyana / Avusturya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	Yaz	13.07.2011	05.00	24 saat
Muniz-Gaal ve diğ. (2020)	Brezilya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz-Kış	21.08.2015 07.01.2016	21.00	76 saat
He ve diğ. (2021)	Kitakyushu / Japonya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	17.08.2012	00.00	48 saat
Abd Elraouf ve diğ. (2022)	Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	3.07.2021	06.00	14 saat
Abdallah ve Mahmoud (2022)	Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	19-24 Ağustos	-	-
Ahmadi ve diğ. (2022)	Tahran / İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	-	-	-	-
Karimimoshaver ve Shahrak (2022)	Tebriz / Azerbaycan	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	Yaz Kış	21.06.2020 21.12.2021	09.00	11 saat
Sun ve diğ. (2022)	Harbin / Çin	Nemli karasal iklim (Dwa)	Yaz Kış	08 Ağustos 16 Temmuz 27 Aralık 31 Aralık	02.00	17 saat
Darbani ve diğ. (2023)	Mashhad / İran	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	Yaz Kış	21.07.2018 26.01.2018	-	-
Sokak ağaçlandırması ve kentsel geometri						
Morakinyo ve diğ. (2017a)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-
Wu ve diğ. (2019)	Pekin / Çin	Nemli karasal iklim (Dwa)	Yaz	-	-	-
Lan ve diğ. (2021)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-
Cilek ve Uslu (2022)	Adana / Türkiye	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	8 Ağustos	12.00	3 saat
Cui ve diğ. (2023)	Harbin / Çin	Nemli karasal iklim (Dwa)	Yaz Kış	14.07.2021 27.01.2021	00.00	24 Saat
Najah ve diğ. (2023)	Bağdat / Irak	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	18.06.2022	00.00	24 saat
Zhu ve diğ. (2023)	Qingdao / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Sonbahar	02.10.2021	06.00	14 saat
Sokak ağaçlandırması ve kentsel yeşil alanlar						
Ng ve diğ. (2012)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	23 Haziran	06.00	-
Égerházi ve diğ. (2013)	Szeged / Macaristan	İlk-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	Yaz	12.07.2011	00.00	18 saat

Chen ve Ng (2013)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	21.06.2008	06.00	24 Saat
Srivanit ve Hokao (2013)	Japonya	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-
Rajabi ve Abu-Hijleh (2014)	Dubai	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	21 Temmuz	-	-
Ballout ve diğ. (2015)	Cezayir	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Tsilini ve diğ. (2015)	Hanya ve Chalepa / Yunanistan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz İlkbahar Sonbahar Kış	21.07.2012 21.03.2012 21.10.2012 21.01.2012	00.00	24 saat
Wang ve Akbari (2016b)	Montreal	Ilk-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	Yaz	21.07.2013	21.00	30 saat
Pastore ve diğ. (2017)	Palermo / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	5 Ağustos 15 Ağustos	-	-
Tan ve diğ. (2017)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-
Wu ve Chen (2017)	Pekin / Çin	Nemli karasal iklim (Dwa)	Yaz	11.08.2014	-	24 saat
Li ve diğ. (2020)	Çin	Nemli karasal iklim (Dwa)	Yaz	02.08.2018	00.00	18 saat
Teshnehdel ve diğ. (2020)	İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz Kış	22.06.2017 22.12.2017	09.00	8 saat
Motie ve diğ. (2023)	Tahran / İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz Kış	22 Temmuz 20 Ocak	07.00	12 saat
Yu ve diğ. (2023)	Xi'an / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz Kış	27.07.2020 20.01.2021	02.00	18 saat
Albedo						
Salata ve diğ. (2015)	Roma / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz Kış	13.02.2014 21.05.2014	-	-
Song ve Park (2015)	Changwon / Güney Kore	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	29.06.2013 09.08.2013 13.08.2013	06.00	24 Saat
Crank ve diğ. (2018)	Portland	Ilk-yaz Akdeniz iklimi (Csb)	Yaz	22.08.2011	04.00	24 Saat
Sokak ağaçlandırması ve Albedo						
Karimi ve diğ. (2020)	Tahran / İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	27-28.06.2018	22.00	26 saat
Mohammad ve diğ. (2021)	Utarkand / Hindistan	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	11-12.06.2020	22.00	26 saat
Farklı yerel iklim bölgeleri (LCZ)						
Lyu ve diğ. (2019)	Nanjing / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	23.06.2017	06.00	15 saat
Wang ve diğ. (2019)	Luoyang / Çin	Musondan etkilenen nemli subtropikal iklim (Cwa)	Yaz	02.07.2017	-	12 saat
Cilek ve Cilek (2021)	Adana / Türkiye	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi	Yaz	13.08.2019	10.00	4 saat

(Csa)

Serin malzemeler						
Di Giuseppe ve diğ. (2017)	Roma / İtalya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Kyriakodis ve Santamouris (2018)	Atina / Yunanistan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Termal konfor						
Emmanuel ve Fernando (2007)	Colombo / Sri Lanka	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	-	-	-
Hedquist ve Brazel (2014)	Phoenix / ABD	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz İlkbahar Kış Sonbahar	-	-	19 saat
Martins ve diğ. (2016)	Toulouse / Fransa	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	21.Tem	00.00	24 saat
López-Cabeza ve diğ. (2018)	İspanya	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	40 saat
Ma ve diğ. (2019)	Taizhou / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	00.00	48 saat
Faragallah ve Ragheb (2022)	İskenderiye / Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	Yaz	8.08.2020	06.00	12 saat
Ma ve diğ. (2022)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	21.08.2020	06.00	12 saat
Sinsel ve diğ. (2022)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Sonbahar	11.09.2019	06.00	12 saat
Yeşil altyapı						
Lobaccaro ve Acero (2015)	Bilbao / İspanya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	Yaz	7.Ağu	04.00	44 saat
Zölch ve diğ. (2016)	Münih / Almanya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	Yaz Kış	18.06.2002 01.06.2058	06.00	48 saat
Ebrahimnejad ve diğ. (2017)	Tahran / İran	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	-	-	-
Antoniadis ve diğ. (2018)	Yunanistan	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	Yaz	23.06.2011	07.00	24 saat
Herath ve diğ. (2018a)	Colombo / Sri Lanka	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	-	-	-
Herath ve diğ. (2018b)	Bambalapitiya / Sri Lanka	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	Yaz	-	01.00	24 saat
Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar						
Peng ve Jim (2013)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	1.08.2009	12.00	24 saat
Berardi (2016)	Toronto / Kanada	Sıcak-yaz nemli karasal iklim	Yaz	5.Ağu	04.00	24 saat
Morakinyo ve diğ. (2017b)	Cairo / Mısır Hong Kong / Çin Tokyo / Japonya Paris / Fransa	Sıcak çöl iklimi (BWh) Subtropikal iklim (Cfa) Subtropikal iklim (Cfa) Ilıman okyanus	Yaz	07.07 01.07 03.07 02.07	06.00	24 Saat

iklimi (Cfb)

Jin ve diğ. (2018)	Chongqing / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	08.00	24 Saat
Morakinyo ve diğ. (2019)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	Yaz	-	-	-

1.4.2. Dış ortamda termal konfor ile ilgili yapılan çalışmalar

Santamouris ve diğ. (2011), serin malzemelerin kullanımının kentsel ısınmaya etkilerini bulmuşlardır. Çalışma dört farklı malzemeye odaklanmaktadır. Bunlar; (a) yüksek düzeyde yansıtıcı açık renkli malzemeler, (b) soğuk renkli malzemeler (c) faz değiştiren malzemeler ve (d) dinamik soğuk malzemelerdir.

Johansson ve diğ. (2014), son on yılda literatürde çok çeşitli iklimleri ve coğrafi bağlamları kapsayan 26 çalışmada dış mekân termal konforunu ve öznel termal algıyı değerlendirmek için kullanılan araçları ve yöntemleri gözden geçirmişlerdir. Bu analizler sonucunda dış ortamlarda saha araştırmalarının nasıl yapılacağı konusunda standardizasyona ve rehberlik etmeye ihtiyaç olduğu bulunmuştur. Bu tür standartlar ve kılavuzlar; ölçüm yerlerinin seçimi, aletlerin tipi ve konumu, ortalama ışıma sıcaklığını belirlemek için uygun yöntemler, anket tasarımı ve uygun termal konfor indisleri hakkında tavsiyeler vermeli ve raporlamaya ilişkin tavsiyeleri de içermelidir.

Fang ve diğ. (2018), termal ortamın kişisel faktörleri ve fiziksel parametreleri de dâhil olmak üzere farklı faktörlerin hassasiyetlerinin bir analizini yapmışlardır. Sonuçlar, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (PET) ile çalışma sıcaklığı arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu göstermiştir. Çalışma sıcaklığı 32 °C'nin altına düştüğünde hava hızının PET üzerindeki etkisi pozitif olmuştur. Ancak bağıl nem, giysi yalıtımı ve metabolik hız gibi diğer faktörlerin PET üzerindeki etkileri önemsiz olduğu görülmüştür. UTCI ile çalışma sıcaklığı arasında üstel bir ilişki bulunmuştur. PET ile karşılaştırıldığında, UTCI ile bağıl nem arasındaki doğrusal ilişkinin daha net olduğu görülmüştür.

Golasi ve diğ. (2018), mevcut literatür tarafından sağlanan ampirik ilişkilerin birleşimi sayesinde elde edilen Global Outdoor Comfort Index'i (GOCI) önermektedirler. Bu indis ampirik dış mekan termal konfor indisleri arasında bir standardizasyon gerekliliği ve mevcut literatürde bulunabilen farklı ilişkilerin kombinasyonu sayesinde geliştirilmiştir. Bu yeni indis, ampirik indislerin henüz geliştirilmediği alanlarda veya iklim kategorilerinde dış mekanları planlamak için

faydalı bir araç olarak kullanılabilir. GOCI indisi, Roma'da (İtalya) gerçekleştirilen bir saha araştırmasının ardından PET, PMV, MOCI ve UTCI indisleri ile karşılaştırılmıştır.

Potchter ve diğ. (2018), (a) hem hesaplanan insan termal koşullarını hem de dış ortamdaki subjektif termal algıyı içeren çalışmaları gözden geçirmek, (b) insan termal algısını değerlendirmek için en çok kullanılan insan termal indislerini belirlemek, (c) insan ısı konfor aralığı ile dış ortam ısı konfor koşulları arasındaki ilişkiyi incelemek ve (d) farklı iklim bölgelerindeki ısı duyum kategorileri arasında öznel algı ve ısı gerilim seviyelerine dayalı olarak karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda kapsamlı bir incelemeye dayanarak, geliştirilen 165 insan termal indisinden sadece 4'ünün (PET, PMV, UTCI, SET) dış mekan termal algılama çalışmaları için yaygın olarak kullanıldığı bulunmuştur. Önceki çalışmalar PMV, PET ve SET'in mutlaka en kesin indisler olmadığını bulmuş olsa da, indisin uygulanabilirliğinin doğruluktan daha önemli bir rol oynadığı görülmüştür. PET indisinin, nötr sıcaklık aralığını tanımlamak ve her bir konumdaki insan termal algısını sınıflandırmak amacıyla farklı iklim bölgelerinde yaygın olarak uygulandığı kanıtlanmıştır.

Sharmin ve diğ. (2019), yayaların subjektif tepkilerine paralel olarak kapsamlı mikro iklimsel analizin gerçekleştirildiği yüksek yoğunluklu, tropik bir şehir olan Dakka'da dış ortamdaki termal konfor koşullarını saha araştırmaları yoluyla incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, kentsel geometriden etkilenen mikro iklim koşullarının, termal duyu oyları (TSV) ile istatistiksel olarak ilişkili olduğu, hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklığın en önemli parametreler olduğu bulunmuştur.

Potchter ve diğ. (2022), insan biyo-meteorolojik araştırmaları için strateji ve yöntemleri gözden geçirmeyi ve bunların termal algı değerlendirmesine uygunluğunu incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda, ölçüm prosedürüne, uygun anket tasarımına, dikkatli veri kontrolüne ve termal indislerin değiştirilmesini mümkün kılmak için uygun yöntemlere dikkat ederek biyo-meteorolojik araştırmalar için bir çerçeve önerilmiştir. Bu çalışma, indeks ölçeğinin tamamını başarılı bir şekilde değiştirmek için doğrusal regresyon analizi gibi sistematik ve nesnel istatistiksel yöntemlerin uygulanmasını da önermektedir.

Dış ortamda termal konfor ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda detayları ile yer almaktadır (Çizelge 1.3). Bu çalışmalar; kentsel yeşil alanlar ve ağaçların etkisi, dış ortamda termal konforu iyileştirme stratejileri, gölgeleme elemanlarının etkisi, kentsel

morfolojinin etkisi, dış ortamda termal konforun tespit edilmesi şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1.3. Dış ortamda termal konfor ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları ve bu çalışmaların detayları

Referans	Konum	İklim türü	Kullanılan indis
Kentsel yeşil alanlar ve ağaçların etkisi			
Gachkar ve diğ. (2021)	Shiraz / İran	Sıcak step iklimi (BSh)	PET
Speak ve diğ. (2021)	Bolzano / İtalya	Ilıman okyanus iklimi (Cfb)	UTCI
Kim ve diğ. (2022)	Tokyo / Japonya	Subtropikal iklim (Cfa)	-
Liu ve diğ. (2022)	Singapur	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	PET
Mohammadzadeh ve diğ. (2023)	Tebriz / İran	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	PET
Dış ortamda termal konforu iyileştirme stratejileri			
Salman ve Saleem (2021)	Bağdat / Irak	Sıcak çöl iklimi (BWh)	PMV
Gölgeleme elemanlarının etkisi			
Xu ve diğ. (2019)	Xi'an / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	UTCI
Nasrollahi ve diğ. (2021)	Ahvaz / İran	Sıcak çöl iklimi (BWh)	PET
Mahmoud ve Abdallah (2022)	New Assiut / Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	PET
Kentsel morfolojinin etkisi			
Balogun ve Daramola (2019)	Akure / Nijerya	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	-
Liang ve diğ. (2019)	Çin	-	PET UTCI
Roshan ve diğ. (2019)	İran	-	PET SET UTCI
Das ve diğ. (2020)	Doğu Hindistan	Musondan etkilenen nemli subtropikal iklim (Cwa)	PET SET DI
Deevi ve Chundeli (2020)	Hindistan	Musondan etkilenen nemli subtropikal iklim (Cwa)	PET
Deng ve Wong (2020)	Nanjing / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET
Acero ve diğ. (2021)	Singapur	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	-
Chen ve diğ. (2021)	-	-	UTCI
Ibrahim ve diğ. (2021)	Kahire / Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	UTCI
Abdallah ve Mahmoud (2022)	Mısır	Sıcak çöl iklimi (BWh)	PET
Fallahpour ve diğ. (2022)	-	-	PET
Mirzabeigi ve Razkenari (2022)	Syracuse / New York / ABD	Sıcak-yaz Akdeniz iklimi (Csa)	-
Yilmaz ve diğ. (2022)	Erzurum / Türkiye	Ilık-yaz nemli karasal iklim (Dfb)	PET

Deng ve diğ. (2023)	Guangzhou / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET
He ve diğ. (2023)	Haining / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET
Ma ve diğ. (2023)	Hong Kong / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET
Sun ve diğ. (2023)	Tianjin / Çin Shanghai	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk) Subtropikal iklim (Cfa)	UTCI
Yuan ve diğ. (2023)	Xi'an / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET
Dış ortamda termal konforun tespit edilmesi			
Ghaffarianhoseini ve diğ. (2019)	Kuala Lumpur / Malezya	Tropikal yağmur ormanı iklim (Af)	PET
Sharmin ve diğ. (2019)	Dhaka / Bangladeş	Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Aw)	PET
Smith ve Henriquez (2019)	Chillán / Şili	Ilık-yaz Akdeniz iklimi (Csb)	-
Canan ve diğ. (2020)	Konya / Türkiye	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	PET
Chen ve diğ. (2020)	Harbin / Çin	Musondan etkilenen sıcak yaz nemli karasal iklim (Dwa)	PET SET UTCI
An ve diğ. (2021)	Pekin / Çin Xi'an / Çin Hami / Çin	Musondan etkilenen sıcak yaz nemli karasal iklim (Dwa) Subtropikal iklim (Cfa)	UTCI
Alkhoudiri ve diğ. (2022)	Riyad / Suudi Arabistan	Sıcak çöl iklimi (BWh)	UTCI
Khalili ve diğ. (2022)	Birjand / İran	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	PMV PET
Lin ve diğ. (2022)	Çin	Soğuk-yarı kurak iklim (BSk)	UTCI
Zhang ve diğ. (2023)	-	-	PET UTCI
Zhou ve Dong (2023)	Xiamen / Çin	Subtropikal iklim (Cfa)	PET

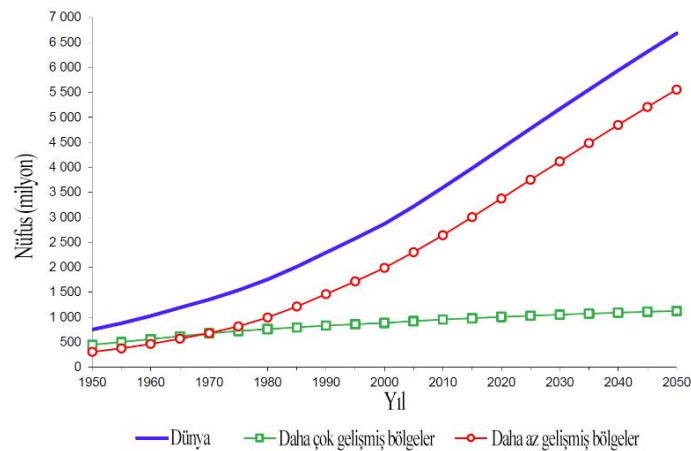
Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, genellikle sıcak ya da tropikal iklime sahip kentlerde kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konforun analiz edildiği görülmüştür. Aynı zamanda yapılan çalışmaların çoğunda kent içindeki farklı yerel iklim bölgelerindeki farklılıklar ortaya konulmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada literatürde bir eksiklik olarak gözlenen soğuk iklime sahip bir kent içinde yer alan farklı yerel iklim bölgelerine odaklanılmaktadır. Analizler sonucunda soğuk-yarı kurak iklim tipine sahip bir kent içindeki farklı yerel iklim bölgelerinin arasındaki farklılıklar bulunmuş ve en konforlu bölgeler tespit edilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Kentleşme ve Mikroklima

Nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak kentleşmenin artması iklimi doğrudan etkileyen en önemli parametrelerdir. Kentleşme; yapılı çevrenin kırsal alandan kentsel alana dönüşümü, nüfusun mekânsal dağılımının kırsal alandan kentsel alanlara kaymasıdır (Montgomery ve diğ., 2003). Ekonomik ve sosyal modernleşmeyi temsil eden, nüfusun çoğunluğunun kentlerde yoğunlaştığı arazi kullanım değişikliğidir (Ren ve diğ., 2015; Wang ve diğ., 2015). Bu durum bir süreçtir ve hem kentsel hem de kırsal alanların demografik ve sosyal yapısını değiştirmektedir (Montgomery ve diğ., 2003).

1800'lü yıllarda dünyadaki nüfusun yalnızca %3'ü kentlerde yaşamaktayken, bu durum 1950 yılında %30, 2014 yılında %54 (Nations, 2015), 2018 yılında ise %58'e ulaşmıştır (Şekil 2.1.). Birleşmiş Milletler Ekonomi ve Sosyal İşler Bölümü Nüfus Departmanı (UN DESA) tarafından bu değerlerin 2050 yılında %68'e kadar ulaşması öngörülmektedir (Nations, 2019).



Şekil 2.1. 1950-2050 arasında Dünyanın tahmini ve öngörülen kentsel nüfusu (gelişmiş bölgeler ve az gelişmiş bölgeler) (Nations, 2019)

Artan nüfusun sonucunda yoğun kentleşme ile kentlerdeki arazi ayrımı farklılaşmış, binalar, yollar ve kaldırımlar gibi sert zeminler artmıştır. Sert zeminlerin hızla artması da kent içinde bulunan yeşil alanların tahrip edilerek azalmasına neden olmuştur. Yeşil alanların azalması ve sert zeminlerin hızla artması beraberinde çevresel sorunları da getirmiştir. Bunlardan birisi sera gazı salınımları bir diğer deyişle CO₂ emisyonlarının artmasıdır. CO₂ emisyonunun artmasına kentleşme sonucunda insanların tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve sanayileşme neden olmuştur (Al-Mulali ve diğ.,

2012; Wang ve diğ., 2016a). Atmosferdeki CO₂ yoğunluğu, fosil yakıtların aşırı kullanımı ve orman alanların yok edilmesiyle birlikte son 150 yıl içinde %25 artmıştır (Koçak, 2009). 150 yıl önce atmosferdeki CO₂ miktarı 260 ppm iken, Şubat 2006 yılında alınan ölçümlerde bu miktar 382 ppm'ye ulaşmıştır ve Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) üçüncü değerlendirme raporunda sunulan tahminlere göre bu yüzyılın sonunda 700 ppm'ye ulaşacağı beklenmektedir (Nösberger ve diğ., 2006). Bu sonucun insanların sağlığında ve yaşam şartlarında birçok olumsuzluğa sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Kentleşme küresel ısınmayı tetikleyen en önemli etkenlerden biridir (Chen ve diğ., 2006). IPCC'ye göre, geçtiğimiz yüzyılda küresel ısınma derin bir evrensel sorun olarak kabul edilmiştir (Trenberth ve diğ., 2007). Bu durum, dünyanın yüzeyine yakın atmosfer sıcaklığı ve atmosferin en alt katmanındaki ortalama sıcaklık artışıdır ve bu da küresel iklime katkıda bulunabilmektedir. Küresel ısınma, hem doğal hem de insan kaynaklı çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir. Yaygın kullanımda, “küresel ısınma” genellikle insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının artması sonucu ortaya çıkabilecek ısınmayı ifade etmektedir. Küresel ısınma aynı zamanda yağış, deniz seviyesi vb. değişikliklerle birlikte küresel iklim değişikliğinin bir parçası olarak da düşünülebilmektedir (Ferguson ve diğ., 2008).

Kent iklimi ve küresel ısınma birbirini doğrudan etkileyen kavramlardır. Bu iki kavramın birbirini olumsuz etkilemesi sonucunda kent içinde konforsuz mekânların varlığı artmakta ve bu nedenle de insanların hem psikolojik hem de fiziksel sağlık durumları kötü etkilenmektedir.

Yoğun kentleşmenin sonucu olarak artan sert zemin yüzeyler, sera gazı salınımı ve azalan yeşil alanlar nedeniyle iklimde değişiklikler meydana gelmektedir. İklim, uzun süreli (on yıl ve fazlası) alınan ölçümlerdeki (sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yönü, vb.) önemli değişikliklerdir. Bu durum güneşin yoğunluğundaki değişimler, dünyanın yörünge etrafındaki farklılaşmaları ve insan faaliyetleri sonucunda atmosfer ve kara yüzeyinde meydana gelen değişimlerden kaynaklanabilmektedir (Ferguson ve diğ., 2008). Bu değişimleri inceleyen bilim dalına ise “iklimbilim” denilmektedir. Kent iklimi ise, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation, WHO) tarafından ısı kirliliği ve hava kirleten emisyonların da olduğu yapılaşmış alanlar ile bölge iklimi arasındaki etkileşimler tarafından değiştirilen yerel iklim olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2004).

Kent iklimi, küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarını azaltmaya yönelik stratejilerin belirlenebilmesi, yaşam konforunun yükseltilmesi ve insan sağlığına olan olumlu etkilerinin artırılabilmesi açısından oldukça büyük bir önem taşımaktadır (Kuşçu Şimşek, 2013). Bu nedenle, kent ikliminde meydana gelen küçük değişiklikler bile hem kent içindeki insanları hem de diğer canlıları olumsuz olarak etkileyebilmektedir.

Oke tarafından hazırlanmış olan Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organisation, WMO) rehberinde, kentsel iklimi kontrol eden dört bileşen tanımlanmıştır. Bunlar;

- Kentsel yapı (binaların boyutları, aralarındaki mesafe, cadde genişlikleri ve cadde alanı)
- Kentsel yüzey (yapılaşmış alanlar, kaldırımlar, bitkilendirme, çıplak toprak, su)
- Kentsel yapı malzemeleri dokusu (inşaat ve doğal malzemeler)
- Kentsel metabolizmadır (ısı, su ve insan eylemleri nedeniyle kirlenme) (Oke, 2004; Kuşçu Şimşek, 2013).

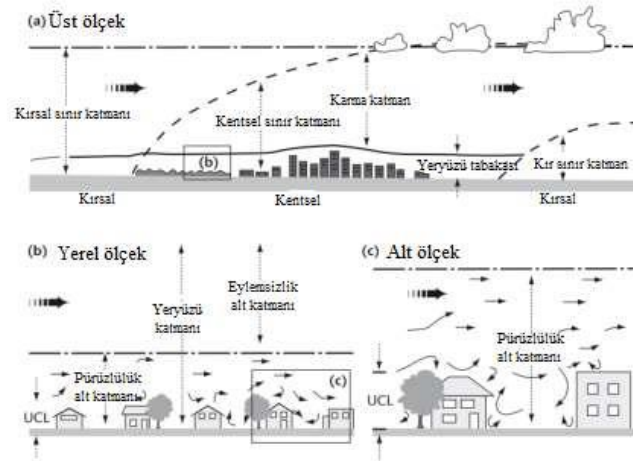
Kentlerdeki bazı olumsuz durumlar (sert zeminlerin artması, yeşil alanların ve tarım arazilerinin azalması, vb.) kent iklimini ve küresel ısınmayı doğrudan etkilemekte ve kentler içinde bölgesel ısınmaya neden olmaktadır. Kent merkezinde çepçepere kıyasla, artan nüfus ihtiyaçlarına cevap verebilmek adına arazi örtüsünde değişiklikler meydana getirilmektedir. Sert zeminler artmakta, yeşil alanlar ise azalmaktadır. Bu durum ise kent içindeki mikroklimanın değişimine neden olmaktadır. İklimdeki bu değişiklik her ne kadar doğal süreçlerin bir sonucu olarak görünse de bu sonucun odağında aslında insan ihtiyaçları için yapılan birçok işlemin olduğu görülmektedir. Hızla artan endüstrileşme ve buna bağlı olarak nüfus artışı, sert zeminlerin artışı, yeşil alanların azalması, ısıtma ve soğutma için harcanan enerji bu değişimlerin başlıca nedenleridir.

İklim değişikliği, kentler ve sakinlerine göre, kentsel ekosistem ve ekonomi için önemli etkileri olan, zamanımızın en büyük zorluklarından biri olarak kabul edilmektedir. Yüzyılın sonuna kadar dört santigrat dereceyi aşan tahmini küresel ortalama sıcaklık artışının yönlendirdiği olumsuz etkiler arasında aşırı sıcak dalgaları, değişen yağış düzenleri, daha şiddetli sel ve daha güçlü fırtına dalgalanmaları yer almaktadır (IPCC, 2002).

İklimle ilgili çalışmalar, 19. yüzyıl sonrasında teknolojideki gelişmelerin artmasıyla beraber yerel ölçekten küresel ölçeğe ulaşmıştır. Bu dönemde icat edilen meteorolojik aletler ile hem iklim hem de daha mikro ölçekteki kent iklimi daha doğru sonuçlar ile belirlenmeye başlamıştır. 1833 yılında kentsel iklim değişikliğinde kabul gören ilk bilimsel çalışmayı yapan Luke Howard (Landsberg, 1981), maksimum sıcaklık, atmosfer basıncı, yağış ve rüzgâr yönüne ilişkin sürekli günlük iklim gözlemlerini toplayan ilk kişi olarak kabul edilmektedir (Howard, 1833). Londra'da bulunan bir kentsel alanın ölçümlerini kış aylarında kırsal bir alanda elde edilen ölçümlerle karşılaştıran Howard, kentteki sıcaklıkların insanlar, hayvanlar ve çeşitli malzemeler nedeniyle yükseldiği, yazın ise bu etkinin daha fazla arttığı sonucuna varmıştır (Howard, 1833; Gartland, 2008).

İklim koşulları, farklı faktörlerden farklı ölçeklerde etkilenmektedir. Oke'a göre atmosferik hava olaylarının incelendiği dört farklı ölçek bulunmaktadır (Şekil 2.2). Bunlar; makro ölçek, mezo ölçek, yerel ölçek ve mikro ölçektir (Oke, 2002). Makro ölçek, iklim, topografya, enlem ve boylam gibi coğrafi özellikler, hâkim rüzgârlar-bulut örtüsü gibi meteorolojik faktörlerden etkilenmektedir. Mezo ölçek kentin büyüklüğü, kent içindeki geniş ormanlık alanlar veya su kütleleri gibi özelliklerden etkilenmektedir (Oke, 1988b). Yerel ve mikro ölçekte ise, bina özellikleri, yapı sistemi, yapı çevrenin yüzey özellikleri, bitki örtüsü içeriği, sokakların yönü ve antropojenik ısı salınımı gibi kentsel parametrelere göre değerlendirilmeler yapılmaktadır (Oke, 1988a; 1988b; 2006; Kuşçu Şimşek, 2013). Bu ölçeklerin detayları;

- Micro ölçek 10^{-2} ile 10^3 m,
- Yerel ölçek 102 ile 5×10^4 m,
- Mezo ölçek 104 ile 2×10^5 m,
- Makro ölçek 105 ile 108 m şeklindedir (Oke, 2002).



Şekil 2.2. Kentsel ısı adası ölçümünde farklı ölçekler (Oke, 2004b)

2.2. Kentsel Isı Adası Etkisi (Urban Heat Island Effect / UHIE)

2.2.1. Kentsel ısı adası etkisi tanımı

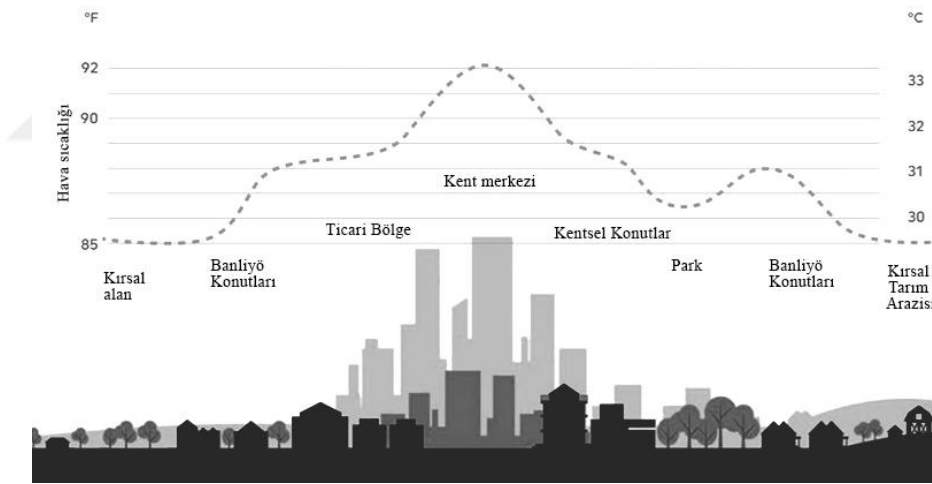
Arazi örtüsündeki değişimler, sert zeminlerin artması, yeşil alanların azalması ve insan kaynaklı antropojenik etkiler nedeniyle kent merkezlerinin, çeperde bulunan kırsal alanlara oranla hava ve yüzeyde daha sıcak olmasına “Kentsel Isı Adası Etkisi” denilmektedir (Oke, 1982; Stone Jr ve Rodgers, 2001; Streutker, 2003; Theophilou ve Serghides, 2015). Bu terime ait ilk bilgiler 1820’de Luke Howard tarafından ortaya atılmış ve “Urban Heat Island Effect (UHIE)” olarak literatüre girmiştir (Howard, 1833; Streutker, 2003; Fan, 2004). Kentsel ısı adası etkisi (Denklem 2.1) kısacası kent içindeki maksimum hava sıcaklığı değeri ile kırsal alandaki hava sıcaklığı değeri arasındaki farktır (Li ve diğ., 2004).

$$\Delta T_{u-r(max)} = T_u - T_r \quad (2.1)$$

Kentsel ısı adası etkisi her kentte bağımsız olarak gelişmekte (Stewart ve Oke, 2012) ve dünyada 400’den fazla kentsel alanda gözlenmektedir (Santamouris, 2007). Bu etki gün boyunca değişken olarak devam etmekte (Oke, 1982; Tsoka, 2011) ve gece saatlerinde etkisi en yüksek düzeye ulaşmaktadır (Mathew ve diğ., 2016). Kentsel ve kırsal bölgeler arasında veya kent içindeki farklı yerel iklim bölgeleri arasındaki hava sıcaklığı farkı; yaz mevsiminde, yağışsız, rüzgârın olmadığı açık ve durgun gökyüzüne sahip sakin gece saatlerinde ölçülmektedir (Oke, 1982). Kent merkezleri, daha fazla sert zemine sahip yüzeyleri ve daha az bitki örtüsü nedeniyle, kenti çevreleyen alanlara

kıyasla daha yüksek güneş absorpsiyonuna, daha düşük güneş yansıtıcılığına (albedo) ve daha yüksek termal kapasiteye/iletkenliğe sahiptir (Martin ve diğ., 2015; Kaloustian ve Bechtel, 2016). Gece sıcaklığındaki termal farklılığın en önemli nedeni de, kentsel alanlardaki bu termal kütlelerin (binalar vb.) gün boyunca alınan kısa dalga radyasyonlarını emip depolaması ve gece boyunca uzun dalga radyasyonları yoluyla emilen enerjiyi serbest bırakması gerçeğine dayanmaktadır (Fernández ve diğ., 2015).

Kentsel ısı adası büyük ve küçük hemen hemen tüm yerleşimlerde yaz-kış gözlemlenen hem yatay, dikey hem de zamansal boyutlara sahip bir termal anomalidir (Şekil 2.3). Bu etkinin yüksekliği yaklaşık olarak 100 metredir, bu durum büyük kentler için 300 metreye kadar ulaşabilmektedir. Yatay yönde ise, hava durumuna göre değişim gösterebilmektedir. Sıcaklık farkı açık ve sakin hava koşullarında fazla iken, rüzgârlı ve bulutlu havalarda bu fark azalmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005). Ağır bulut örtüsü, güneş ışınımını engelleyerek kentlerde gündüz ısınmayı azaltmakta, aynı zamanda kuvvetli rüzgârlar da kentsel-kırsal sıcaklık farkını azaltmaktadır.



Şekil 2.3. Kentsel ısı adası etkisinin farklı bölgelere göre değişimi (Zubair ve Ekanayake, 2021)

Günümüze kadar gerçekleştirilmiş bazı ölçümlere göre kentsel alanlar kırsal alanlara oranla 1-3 °C daha sıcak olabilmektedir (Oke, 2002). Bu durum kentin karakteristiğine göre 10-12 °C'ye kadar ulaşabilmektedir. 87 farklı Avrupa kenti için ortalama maksimum kentsel ısı adası yoğunluğunun 2,8 K ile 12 K arasında yaklaşık olarak ortalama 6,2 K olduğu (Santamouris, 2016), 101 Asya ve Avustralya kenti için de benzer büyüklükte kentsel ısı adası yoğunluğu ölçüldüğü görülmektedir (Santamouris ve diğ., 2015). IPCC'nin 1990'da yayımladığı rapora göre ise New

York'ta 2,9 °C, Moskova'da 3-3,5 °C, Tokyo'da 3 °C, Şangay'da 6,5 °C ısı farkları gözlemlenmiştir (Alexandri, 2002).

Chandler (1962) belki de kentin iklim temelli bir sınıflandırmasını geliştiren ilk ısı adası araştırmacısıdır. Büyük Londra'yı dört yerel bölgeye ayırarak bir sistematik geliştirmiştir. Chandler'ın liderliğini takiben Auer (1978), St. Louis, Missouri kenti için bir kentsel-kırsal sınıflandırma önermiştir (Stewart ve Oke, 2012). Hem Auer'in hem de Ellefsen'in şemalarının özelliklerini birleştiren Oke (2004), yapılı çevreyi sınıflandırmaya yönelik, kentsel enerji dengesini ve dolayısıyla kentsel mikro iklimi yöneten özellikleri içeren kentsel form tanımı için tek tip bir yaklaşımı kolaylaştırmak için "Yerel İklim Bölgeleri (LCZ) Sınıflandırma Sistemi"ni ortaya çıkarmıştır. LCZ sistemi, kent içindeki mikroklimatik koşullara odaklanarak, kenti meteorolojik düşünceler temelinde farklı gruplara (doğal ve yapay kapaklar dâhil) bölmektedir. Bu iklim tabanlı araç, yerel yüzey iklimlerini kontrol eden, yönlerle ilgili ölçütleri kullanarak, tek tip yüzey örtüsü, yapı, malzeme ve insan etkinliği ile karakterize edilen 17 bölgeyi sınıflandırmaktadır. Sınıflandırma, hem yapılı hem de doğal çevreleri kapsamaktadır. LCZ 1-10 yerleşik formu ifade ederken, LCZ A-G doğal yerleşimleri ifade etmektedir (Stewart ve Oke, 2012).

Yerel iklim sınıflandırmasının temel amacı, farklı kentsel yapıların mikro iklimini karakterize etmektir. Bu amaçla Stewart ve Oke (2012), yerel iklim bölgelerini sınıflandırmak için çeşitli parametreler belirlemiştir. Yedi parametre (gökyüzü görünüm faktörü, en-boy oranı, bina yüzeyi oranı, geçirimsiz yüzey oranı, geçirgen yüzey oranı, pürüzlülük elemanlarının yüksekliği, arazi pürüzlülük sınıfı) geometri ve yüzey kaplama özelliklerini temsil etmektedir. Termal, ışınımsal ve metabolik özellikler için ise üç parametre (yüzey girişi, yüzey albedo, antropojenik ısı çıkışı) kullanılmaktadır (Dian ve diğ., 2020). LCZ sınıflamaları, Avrupa ve Asya'da hava sıcaklığına (Leconte ve diğ., 2015) veya yüzey sıcaklığına (Kaloustian ve Bechtel, 2016) dayalı kentsel ısı adası etkisi çalışmaları için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

2.2.2. Kentsel ısı adası etkisi oluşumu

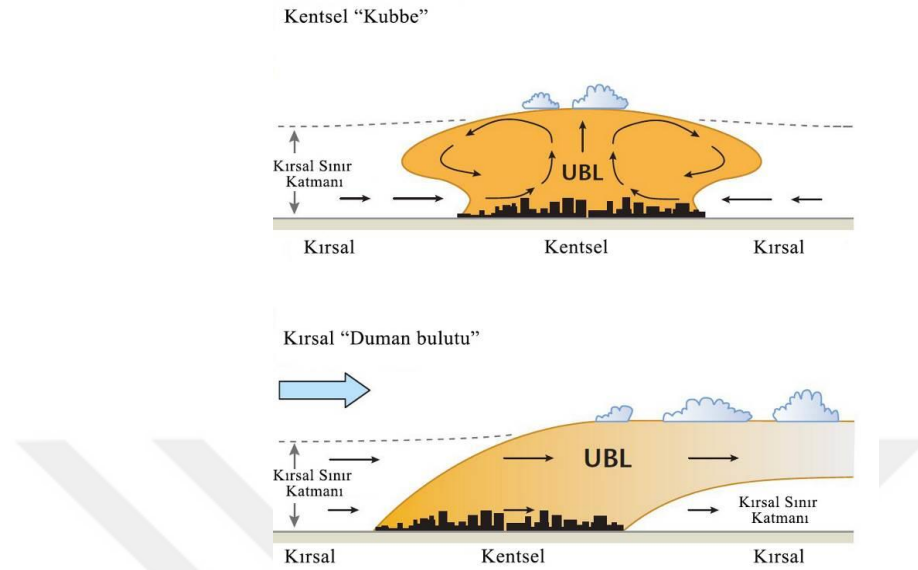
Değişen kent ortamı ile geçirimli yüzeyler (ağaçlar, toprak, vb. doğal elemanlar) yavaşça geçirimsiz yüzeylere (asfalt yollar, beton kaldırımlar, sert bina yüzeyleri vb. yapay elemanlar) dönüşmüştür. Bu değişim kent içinde radyasyon dengesinde de farklılıklara neden olmaktadır. Kentlerdeki yüzeylerin optik, termal, nem ve aerodinamik özelliklerindeki antropojenik değişiklikler, tipik olarak kentsel ısı adası

etkisi ile karakterize edilen farklı kentsel iklimler ortaya çıkarmaktadır. Bunun sonucunda, sıcaklık kent ve kırsal bölge arasında değişmektedir. Bu durum, esas olarak güneş enerjisini verimli bir şekilde emen ve depolayan, ısıyı yavaşça ve özellikle gece boyunca serbest bırakan inşaat malzemelerinden oluşan geçirimsiz yüzeyler ve insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Kentsel yüzeyin termal karakteristiği, kentsel ısı adası etkisini etkileyen ana faktörlerden biridir.

Kentlerde yer alan geçirimsiz yüzeyler (bina cephelerinde ve çatılarında kullanılan sert yüzeyler, asfalt yollar, beton kaldırımlar, tuğla vb. geçirimsiz materyaller) güneşten gelen kısa dalga boylu enerjiyi doğal materyallere kıyasla daha fazla emer. Bu enerjinin bir kısmı gün içinde yansiyarak kenti ısıtır, geri kalanı ise gece yavaşça uzun dalga boylu olarak yayılmaya devam eder (Oke, 1982). Bu durum gece hava sıcaklığının artmasına neden olur. Aynı zamanda geçirimsiz kent yüzeyleri suyun hızlı bir şekilde drene olmasına neden olarak buharlaşmayı (evapotranspiration) hızlandırır ve ısı artışına neden olur (Owen ve diğ., 1998). İnsan kaynaklı faaliyetler; araç egzozları, soğutmadan kaynaklı sıcaklık salınımı vb. kentsel ısı adası etkisine katkıda bulunurken, kent formu, kent dokusu, bina malzemeleri ve termal özellikleri de bu durumun oluşumunda etkili olmaktadır (Taha ve diğ., 1992; Yamamoto, 2006; Gerçek ve Bayraktar, 2014). Bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan kirleticiler ile hava kirliliği oluşmakta ve kentler görüş oranının azaldığı yerler haline gelmektedir (Cheng ve Tsai, 2000; Gaillard ve diğ., 2010; Zheng ve diğ., 2018). Aynı zamanda kentsel yüzeyler rüzgâr hızını azaltarak konvektif ısı giderimini de arttırmaktadır (Santamouris, 2007; Sailor, 2011; Santamouris ve diğ., 2011; Joudi ve diğ., 2013).

Güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyonun kentteki geçirimsiz yüzeyler tarafından emilmesi, bu enerjinin birçoğunun gece yavaş bir şekilde dışarı salınması, kentlerdeki kirleticilerin gündüz saatlerinde albedoyu artırması ve hava kirliliğine neden olması, insani faaliyetlerden kaynaklanan ısınma, araçlar ve ısıtma-soğutma için harcanan enerji, kentlerdeki evapotranspirasyon dengesinin bozulması, hidrolojik döngünün kesintiye uğraması vb. nedenlerle kent üzerinde bir ısı kubbesi oluşmaktadır. Sıcak bir hava balonu gibi yükselen bu kubbe havanın soğuması nedeniyle zamanla kentin dışlarına doğru yatay hareketler ile itilmekte ve çökmektedir. Dolayısıyla kent merkezinde daha yoğun dışlara doğru ise daha az yoğun bir toz kubbesi (Şekil 2.4) oluşmaktadır (Göksu, 1993). Gökyüzünün açık olduğu zamanlarda bu değer en yüksek iken, rüzgârlı havalarda bu toz kubbesi etkisi azalmaktadır (Dwivedi ve Khire, 2014). Bu toz kubbesi ve ısı adasının etkisi birçok parametreye bağlıdır. Bunlar arasında, iklim,

topografya, kentin büyüklüğü ve yoğunluğu, kent morfolojisi, kent içindeki antropojenik etkiler, ısıtma-soğutma tüketim miktarı bulunmaktadır (Göksu, 1993).



Şekil 2.4. Kentsel alanlarda oluşan toz kubbesi ve kırsal alanlarda oluşan duman bulutu (Oke ve diğ., 2017)

Akbari ve diğ. (1999), kentsel alanların yaklaşık %39'unun otoparklar ve kaldırımlar da dâhil olmak üzere asfalt yüzeylerden oluştuğunu belirtmektedir. Bu kentsel yüzeyler bölgesel ısıyı arttırmakta ve termal konforu olumsuz etkilemektedir. Çeşitli çalışmalarda geçirimsiz beton ve asfalt yüzeyler yaz aylarında 50-56 °C yüzey sıcaklıklarına ulaşabilmektedir (Pomerantz ve diğ., 2000). Dolayısıyla kentin farklı noktalarında farklı sıcaklıklar hâkim olmakta, tüm bölgelerde homojen bir dağılım bulunmamaktadır (Chieppa ve diğ., 2018). Bu durum kentlinin termal konfor açısından kendini rahat hissettiği yerleri tercih etmesine neden olmaktadır. Bu alanlar özellikle yaz aylarında gölge mekânlar olmakta, ağaç, çim vb. doğal elemanların tercih edildiği mekânlar daha sıklıkla kullanılmaktadır. Kentin yoğun bölgeleri, kalabalık ve yapay elemanların kullanıldığı daha sıcak bölgeler ise kentli tarafından tercih edilmemektedir.

2.2.3. Kentsel ısı adası etkisi nedenleri

Kentsel ısı adası etkisini saptayabilmek için literatürde genellikle üç farklı ölçekte çalışmalar yürütülmektedir. Bunlar makro, mezo ve mikro ölçeklerdir. Makro ölçekte yapılan çalışmalarda kentsel ısı adasının nedenleri genellikle iklim, topografya vb. kent yapısının dışında olan etmenler olarak ortaya konulmuştur. Mezo ölçekteki

çalışmalarda ise kent geometrisi, kentsel yoğunluk, nüfus yoğunluğu, yeşil alanların varlığı, vb. gibi etmenlerin kentsel ısı adasını etkilediği tespit edilmiştir. Mikro ölçekteki çalışmalar diğerlerine göre daha az olsa da; bu çalışmalarda da genellikle belli bir kentsel alandaki bina yüzeyi, kaldırım ve araç yolu yüzeylerinin serin malzemeler ile değiştirilmesi ve yeşil alanların artırılması sonucunda kentsel ısı adası etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmaların sonucunda ısı adasını etkileyen birçok faktör tespit edilmiştir. Bulutluluk, topografya, okyanus akıntıları ve gündüz-gece uzunluğu bunlardan bazılarıdır (Singh ve diğ., 2014). Kentin coğrafi konumu, hâkim hava koşulları ve hava kirliliği de ısı adalarını etkilemektedir (Effat ve Hassan, 2014). Ayrıca ekonomik gelişim, nüfus artışı ve sanayinin gelişimi de kentsel iklimi değiştirmektedir (Tayanc ve Toros, 1997; Jin ve diğ., 2015).

Kentsel ısı adası etkisinin oluşumunu etkileyen kontrol edilemeyen faktörlerin (çevresel ve doğayla ilgili faktörler) yanı sıra, kentsel planlama ve tasarım koşullarını içeren insanla ilgili parametreler de dikkate alınmalıdır (Rizwan ve diğ., 2008).

- Arazi örtüsü kullanımında meydana gelen değişiklikler,
- Bitki örtüsü kaybına bağlı evapotranspirasyon yoluyla gizli ısı akışının azalması (Taha, 1997a),
- Düşük güneş enerjisinin bir sonucu olarak kentsel yüzeyler tarafından emilen, yeniden yayılan büyük miktarlarda güneş ısı (Santamouris ve diğ., 2015),
- Yapı malzemelerinin albedo değeri ve ısıl özellikleri (Santamouris ve diğ., 2015),
- Kanyonlar içinde kısa dalga ve uzun dalga radyasyonunun tutulması ve yüksek kentsel yoğunluklar nedeniyle azalan havalandırma (Oke, 1982),
- Antropojenik ısı akışındaki artış (Gago ve diğ., 2013),
- Binaların geometrisi ve yüksekliği nedeniyle rüzgârın hızının azalması, kentsel morfolojinin değişikliklerinden kaynaklanan kentsel mikro iklim sorunlarından yalnızca birkaçıdır.

Aşağıda; kentleşme ve nüfus yoğunluğu, hava kirliliği, kent geometrisi (kentsel kanyon, gökyüzü görünüm faktörü, yönlenme), kentsel yüzey malzemelerinin termal özellikleri (albedo), kentsel alanlarda bitki örtüsünün azalması, antropojenik ısı

oluşumu, evapotranspirasyon, rüzgar ve türbülans, kentsel enerji dengesi değişiminin ısı adasına etkileri detaylı olarak anlatılmıştır.

2.2.3.1. Kentleşme ve nüfus yoğunluğu

Kentsel yoğunluk; kent içinde yaşayan nüfus yoğunluğu, fiziksel yapılar, meskenler, işletmeler, hizmetler ve süreçler dâhil olmak üzere yerleşim yerlerindeki bir dizi yönü ifade etmektedir. Kompaktlık ise genellikle, kentsel yayılma ile nispeten yüksek kentsel yoğunluğa sahip alanları ifade ederken, doğası gereği üç boyutlu bir kavramdır.

Yapılan çalışmalara göre kentlerde ortaya çıkan hızlı büyüme nedeniyle sıcaklık değerlerinin de aynı doğrultuda arttığı belirlenmiştir (Imhoff ve diğ., 2010). Nüfus artışı ve kentleşme, kentsel iklimi doğrudan etkilemese de dolaylı olarak etkilemektedir. Kent içinde inşa edilen binalar, kaldırımlar ve yollar nüfusun artışıyla beraber artmakta ve kentsel yeşil alanlar azalmaktadır. Çarpık yerleşme, yüzeylerde kullanılan malzemeler, rüzgârı kesen yüksek binalar, binalar arasındaki boşlukların azalması bölgesel iklimi olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda kentteki insan yoğunluğunun artması enerji tüketiminin ve antropojenik etkilerin de artmasına neden olmaktadır.

Daha yüksek nüfus yoğunluğuna sahip ve kompakt bir kentsel form, daha yüksek kentsel sıcaklıklar nedeniyle oldukça yoğun bir kentsel ısı adası etkisine neden olma potansiyeline sahiptir ve bu nedenle sera gazı salınımı da artmaktadır (Stone Jr ve Rodgers, 2001; Coutts ve diğ., 2007).

Bir kent içindeki farklı karakteristiğe sahip farklı alanlarda da kentsel ısı adası etkisi değişim göstermektedir. Yeşil alanların fazla olduğu bir rekreatif alan ile yüksek binaların yer aldığı, trafiğin oldukça sıkışık olduğu yoğun bir kent dokusundaki ısı adasının farklı olması beklenmektedir. Stewart ve Oke (2012)'un oluşturmuş oldukları yerel iklim bölgeleri tablosu da kentin farklı bölgelerinde farklı iklimsel özellikler görülmekte olduğunu desteklemekte ve kentin tasarlanmasında ana aktörler olan şehir plancılarına, mimarlara, tasarımcılara yardımcı olmaktadır.

Oke (1973), Avrupa'da 11 farklı kentte yaptığı ölçümler sonucunda ısı adası etkisi ile nüfus yoğunluğu arasında bir ilişki kurmaya çalışmıştır. Buna göre; 10.000 nüfuslu bir yerleşkede en fazla 4 °C, 100.000 nüfuslu bir yerleşkede 6 °C, 1.000.000 nüfuslu bir yerleşkede 8 °C, 10.000.000 nüfuslu bir yerleşkede ise 10 °C'lik sıcaklık farkının ortaya çıktığı bir algoritma bulmuştur. Nüfusu bir milyondan fazla olan kentlerde bu değer rüzgârsız ve açık gökyüzü koşullarında 12 °C'ye kadar

çıkabilmektedir (Oke, 1982). Oke, 1973 yılında Kuzey Amerika ve Avrupa kentlerini içeren bir çalışmada, nüfusa bağlı olarak ısı adası etkisinin değişimini gösteren bir denklem (Denklem 2.2) bulmuştur (Oke, 1973). Bu denkleme göre P nüfusu için;

$$T_{kent-kır} = 2,01 \log P - 4,06 \text{ 'dir.} \quad (2.2)$$

2.2.3.2. Hava kirliliği

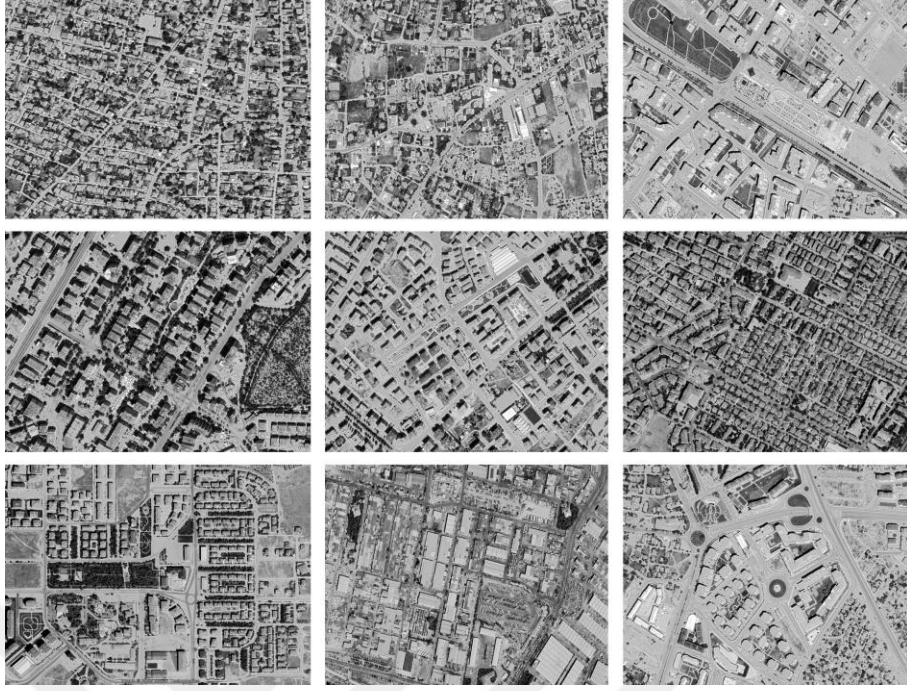
Hava kirliliği, hava kirleticilerinin insan sağlığı, ekosistemler veya altyapı için bir endişe veya hatta acil bir tehlike oluşturan atmosferik bir durumdur (Oke ve diğ., 2017).

Olumsuz meteorolojik koşullar altında hava kirleticileri birikebilmekte ve kentsel sınır tabakasında (UBL) hava kalitesini kademeli olarak bozabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), dünya çapında hava kirleticilerine maruz kalmanın yılda yaklaşık yedi milyon erken ölümle sonuçlandığını tahmin etmektedir (WHO, 2018). Bunların yaklaşık 4,3 milyonu ekonomik olarak daha az gelişmiş ülkelerde iç mekân hava kirliliğine bağlanmakta, geri kalanı ise orta ve yüksek gelirli ülkelerin yoğun kentleşmiş bölgelerinde öncelikle bir çevre sağlığı sorunu olan dış ortam hava kirliliğinden kaynaklanmaktadır (Oke ve diğ., 2017). Endüstriyel kaynaklardan ve yakıtla çalışan birçok araçtan kaynaklanan hava kirleticileri, kent üstündeki atmosferi kirletmektedir.

Kentsel alanlar, yoğunluk nedeniyle, kırsal alanlara oranla daha fazla kirlidir. Atmosferde bulunan kirleticiler (aerosoller ve çeşitli gazlar) yüzeylere gelen toplam radyasyon miktarını etkilemektedir (Landsberg, 1981; Estournel ve diğ., 1983). Böylece kısa dalga boylu radyasyonda azalma ve uzun dalga boylu radyasyonda artış olmaktadır (Dihkan, 2015). Aerosoller uzun dalga boylu radyasyonu emerek yeniden yansıtılması ve radyasyon ile soğutulmasını engellemektedir ve bu durum yalancı sera etkisi oluşturarak kentsel ısınmayı arttırmaktadır (Streutker, 2003).

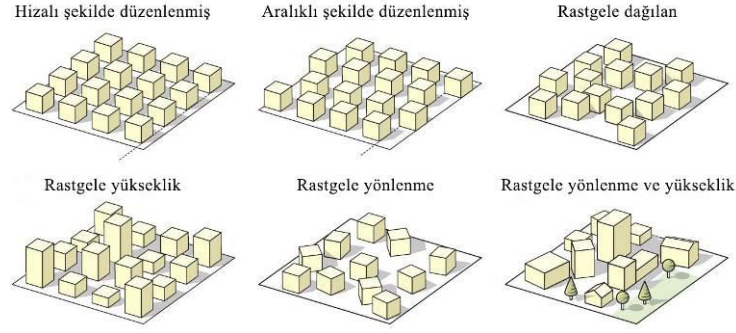
2.2.3.3. Kent morfolojisi

Üstten bakıldığında, bir yerleşimin, farklı mekânsal konfigürasyonlar oluşturan geniş bir yapı yelpazesi ile çeşitli arazi kullanımlarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 2.5). Kent morfolojisi; kentsel form, binalar, şehir blokları, yollar, yüzey örtüsü, ağaçlar ve diğer bitki örtüsü dâhil olmak üzere insan yerleşimlerindeki doğal ve insan yapımı yapıların fiziksel düzenlenmesini ifade etmektedir (Irger, 2014).



Şekil 2.5. Kentsel morfolojinin farklılığını anlatan çeşitli kentlere ait haritalar

Kent morfolojisi, kent geometrisini de kapsayan bir tanımdır. Kentsel geometrik özellikleri ele alan tanımlayıcılar, parametrelerin gerektirdiği tasarım özelliklerine göre arazi kullanım yoğunluğu, yapı formu, kanyon geometrisi, mekân ve tanımlayıcı özellikler olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Lyu ve diğ., 2019). Kentsel geometri farklı ölçeklere bağlıdır ve literatürde farklı ölçeklerde çalışılmaktadır. Bunlar makro ölçekten mikro ölçeğe doğru; kentin tamamı, yapılı çevre, sokak veya cadde, bina bloğu, tekil binalar şeklinde sıralanabilir. Mikro ölçekte belli bir yapılı çevrede binaların yerleşimi ve yönelimi, kullanılan geçirimsiz malzemeler, bitkilerin varlığı ve türü oraya özgü mikro iklimler oluşturmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerin fazlalığı, bitki örtüsünün azlığı ve koyu renkli malzemelerin kullanımı ile kentsel ısı adası etkisinin bu bölgelerde daha yoğun hissedildiği yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Mahalle ya da sokak ölçeğinde, kentsel gölgelik katmanı (UCL) içindeki yapıların heterojenliği; rüzgâr, termodinamik yapı ve kentsel sınır katmanı (UBL) üzerinde güçlü bir etki yaparak hava kalitesini etkilemektedir. Dolayısıyla kenti karakterize eden fiziksel, çevresel, morfolojik bileşenler arasındaki ilişkiler (Şekil 2.6), daha fazla sürdürülebilirliğin sağlanması, olası veya planlanan dönüşümlerin paylaşılması amacıyla oldukça önemlidir.

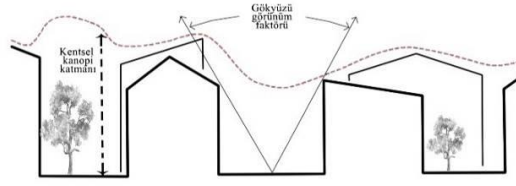


Şekil 2.6. Farklı tasarımlara sahip yerleşim bölgeleri (Oke ve diğ., 2017)

Kentsel geometri uzun dalga veya kızılötesi radyasyonun atmosfere salınmasını engelleyebilir. Bu durum, rüzgâr akışını, enerji emilimini ve belirli bir yüzeyin uzun dalga radyasyonu yayma yeteneğini etkilemektedir. Gelişmiş yoğun kentsel alanlarda, yüzeyler ve yapılar çoğu zaman komşu binalar gibi nesnelere tarafından kısmen engellenmekte ve bu engeller nedeniyle ısıyı kolayca serbest bırakamayan büyük termal kütleler haline gelmektedir. Binalar veya diğer nesnelere gelen kısa dalga radyasyonunu emdiğinde, bu enerjiyi uzun dalga enerjisi veya ısı olarak yeniden yayabilirler. Bununla birlikte, gece saatlerinde, düşük gökyüzü görünüm faktörlerine sahip gelişmiş alanlardaki yoğun altyapı nedeniyle uzun dalga radyasyonu kolayca serbest bırakılamaz ve bu sıkışan ısı kentsel ısı adasına neden olur.

Yüksek katlı binaların bulunduğu yoğun kentlerde yüksekliğe bağlı olarak kent içinde kanyonlar oluşmaktadır (Oke, 1981). Büyük kentlerdeki bu yüksek binaların mevcudiyeti, güneş radyasyonlarının yansımaları ve emilmesi için potansiyel olarak birden fazla yüzey sunarak kentsel alanlarda bölgesel ısınma olasılığını artırır (Fernández ve diğ., 2015). Ayrıca binaların kentsel konumu, rüzgârı bloke ederek ve konveksiyon yoluyla soğutma sürecini önleyerek kentsel iç mekânlardaki rüzgâr sirkülasyonunu etkilemekte ve gelen radyasyonun depolanarak kent içinde sıkışmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gece saatlerinde atmosfere yavaşça yayılan sıcaklıklar bölgesel sıcaklıkları artırır.

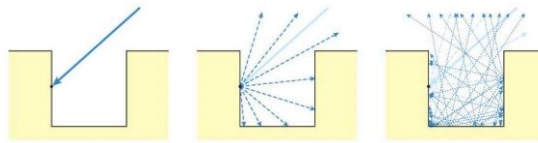
Kentsel Kanyon (Aspect ratio): Kanyon geometrisi, kentsel ısı adasını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kanyonun şekli, uzun dalga radyasyonunun kaçışının yanı sıra giren güneş ışınlarının miktarını da sınırlamaktadır. H/W oranı ya da SVF cinsinden ifade edilebilir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kentsel sokak kanyonunu ve gökyüzü görünüm faktörü ((Oke, 1982)-yeniden çizilmiştir)

Kentsel bir sokak kanyonunu, doğal bir kanyona benzer şekilde bir sokağın her iki tarafındaki binalarla çevrili olduğu geometrik bir yapılandırma olarak tanımlanmaktadır (Ali-Toudert ve Mayer, 2006). Kentsel sokak kanyonları, bir araya getirildiğinde bir kentin iklimine katkıda bulunan özel mikro iklime sahip birimlerdir. Sokak kanyonlarının termal ortamı, tüm bir kentin termal ortamının temelini oluşturmaktadır ve bu nedenle kentsel fiziksel ortamın kalitesini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Kentsel sokak kanyonlarının mikro iklimi, hava ve yüzey sıcaklıklarını değiştirerek güneş erişimi ve gölgeleme koşullarından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Yüksek binalar gölge sağlayarak yüzey ve hava sıcaklıklarını azaltabilir. Öte yandan, güneş ışığı kanyondaki yüzeylere ulaştığında, güneşin enerjisi, kentin genel albedosunu (yüzey albedo + kentsel geometriden net yansımaya) daha da düşüren ve sıcaklıkları arttırabilen bina duvarları tarafından yansıtılır ve emilir (Şekil 2.8) (Sailor ve Fan, 2002). Gece saatlerinde, binalar ve yapılar kentsel altyapıdan salınan ısıyı engelleyebileceğinden kentsel kanyonlar genellikle soğutmayı engeller ve ısı adası etkisini artırır.



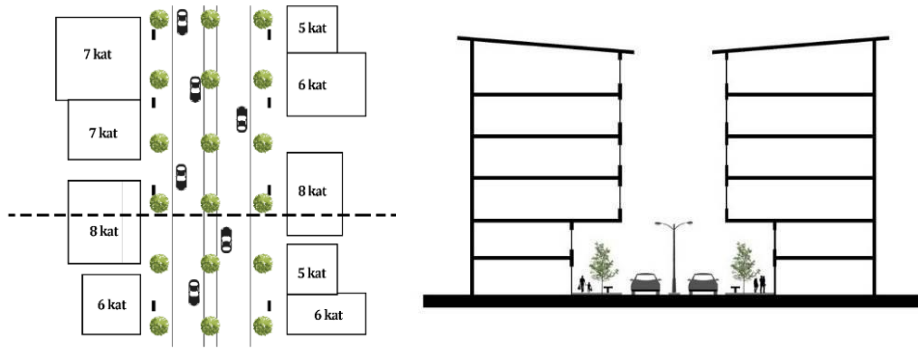
Şekil 2.8. Sokak kanyonlarından yansımaya (Oke ve diğ., 2017)

Bina yüksekliğinin cadde genişliğine oranı ne kadar yüksek olursa, kentsel kanyon içinde o kadar fazla enerji tutulur ve gökyüzüne geri yayılması engellenir. Genellikle gece saatlerinde daha belirgin olan bu etki, kırsal ve kentsel konumlar arasında yüksek sıcaklık farklılıklarına neden olmaktadır (Oke, 1988a). Kentsel kanyonun geometrisi, kanyona kabul edilen güneş radyasyonu miktarını, gökyüzüne doğru radyasyon kaybını, rüzgâr akışını, havalandırmayı ve kirletici dağılım derecesini

yönettiğinden, kentsel gölgelik katmanındaki (UCL) mikro iklimi etkileyen ana faktörlerden biridir (Oke, 1981; 1988a).

Kentsel geometri karakteristikleri iki indeks ile ayırt edilebilir: gökyüzü görünümü faktörü (SVF / ψ) ve en-boy oranı (bina yüksekliklerinin (H) sokak kanyonu genişliğine (W) oranı) (Arnfield, 2003; Unger, 2009). En-boy oranı, binaların eninin yüksekliklerine oranını ifade eder. En-boy oranıyla karşılaştırıldığında, SVF karmaşık kentsel ortamı daha iyi tanımladığı için daha avantajlı bir parametredir (Johnson ve Watson, 1984).

Kentsel sokak kanyonları (Şekil 2.9) yüksekliklerine (H), genişliğine (W) ve uzunluğuna (L) göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. H/W en-boy oranına göre, bir sokak kanyonu; sığ ($H/W < 0,5$), normal ($H/W = 1$) veya derin ($H/W > 2$) kanyon olarak sınıflandırılabilir. Kentsel bir sokak kanyonunun geometrisini belirleyen bir diğer parametre, kanyon uzunluğu ile bina yüksekliği arasındaki orandır (L/H oranı). Bu parametreye göre, kentsel sokak kanyonları kısa ($L/H < 3$), orta ($L/H = 5$) ve uzun ($L/H > 7$) kanyonlar olarak sınıflandırılabilir (Afiq ve diğ., 2012). Daha yüksek H/W oranlarına sahip kompakt kentsel formlar, maksimum gölgeleme elde edilebildiğinden sıcak iklimler için daha uygundur. Sığ kentsel kanyondaki sıcaklık, derin kanyonla karşılaştırıldığında güçlü bir sıcaklık değişimi olduğu kanıtlanmıştır; dolayısıyla, daha yüksek H/W oranlarına sahip bir alanın, daha düşük H/W olan alanlara kıyasla kentsel ısı adalarını azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Johansson, 2006).



Şekil 2.9. Kentsel sokak kanyonu

Hava sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı ve radyasyon ile belirlenen genel konfor, insanların dış mekânı kullanma şeklinin algılanması ve tercihiyle yakından ilişkilidir (Hwang ve diğ., 2011). Kentsel sokak kanyonlarının termal ortamı; sokak oryantasyonu, yapı malzemeleri, yüzey malzemesi ve bitki örtüsü gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Mevcut binalarda değişiklik yapılmısa bile, sokak kanyonları ve bitkilendirmenin termal çevre üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Bu durum, kentsel ısı adası etkisini hafifletmek, bina enerji verimliliğini arttırmak, kentsel mikro iklim ve insan termal konforunu değiştirmek için ortak bir planlama stratejisi olarak kabul edilebilir (Wong ve diğ., 2007; Shashua-Bar ve diğ., 2011; Ng ve diğ., 2012).

Günümüzdeki kentsel ısı adası ile ilgili araştırma konuları genellikle bitkilerin soğutma ve nemlendirme etkileri ile ilgilidir; ancak, sokak kanyonları ve termal çevre arasındaki ilişki konusunda nispeten daha az araştırma vardır. Bu çalışmalar çoğunlukla sıcak ve nemli iklimler üzerine odaklanılarak yapılmış (Bowler ve diğ., 2010; Gómez-Baggethun ve Barton, 2013; de Abreu-Harbach ve diğ., 2015), ancak yalnızca birkaçında soğuk iklimlere odaklanılmıştır (Li ve diğ., 2020).

Gökyüzü Görünüm Faktörü (Sky view factor / SVF): Gökyüzü görünüm faktörü veya gökyüzü açıklığı, kentsel iklim çalışmalarında kullanılan önemli bir geometrik parametredir. Bu terim, herhangi bir noktadan gökyüzünün görülebilirliği olarak tanımlanmaktadır. Kentsel geometrinin kentsel ısı adaları üzerindeki etkileri, genellikle bir yüzey üzerinde belirli bir noktadan gökyüzünün görünen alanı olan “gökyüzü görünüm faktörü” (SVF) ile tanımlanır. SVF, 0 ile 1 arasında değişen bir değişkendir. Bir noktanın SVF değerinin “1” sayısına denk olması, gökyüzünün tamamen engelsiz, açık olduğu anlamına gelir. “0” ise tamamen engellenmiş bir gökyüzünün varlığını göstermektedir (Chen ve diğ., 2012). Örneğin, çok az engeli olan açık bir otopark veya alan büyük bir SVF değerine (1'e yakın) sahip olacaktır. Tersine, yakın mesafeli, yüksek binalarla çevrili bir kent kanyonunda, gökyüzünün sadece küçük bir görünür alanı olacağı için düşük bir SVF değerine (sıfıra yakın) sahip olacaktır. Dolayısıyla, sokak kanyonlarının etrafındaki binaların yüksekliğinin artırılması gökyüzünü bloke ederek SVF'de bir azalmaya yol açarken, yüksekliği azaltmak SVF'de bir artışa yol açmaktadır (Bourbia ve diğ., 2010; Qaid ve diğ., 2018).

Genel olarak, kısa ve uzun dalga yansımasını etkilediğinden, ortalama SVF'nin, kentin konumu ne olursa olsun, ideal koşullar altında ısı adası performansını karakterize etmek için doğrudan kullanılabileceği kanıtlanmıştır (Unger, 2004). Oke (1981), maksimum ısı adası yoğunluğunun, ortalama SVF ve sokak kanyonu en-boy oranı ile doğrusal bir ilişkisi olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca Oke ve diğ. (1991), SVF'nin azaltılmasının uzun dalga ısı yayılım verimliliğini azalttığını, yüzey sıcaklığını arttırdığını ve ardından ısı adası etkisini de arttırdığını kanıtlamıştır.

Yapılan diğer çalışmalarda; Hye-Sook (1987), Japonya ve Kore'nin merkezi iş bölgelerindeki SVF'yi balıkgözü lensler kullanarak hesaplamış ve ardından maksimum kentsel ısı adası yoğunluğu ile SVF arasında bir denklem kurmuştur. Chen ve diğ. (2012) ise Hong Kong'daki meteorolojik gözlemlere dayanarak ortalama SVF ve kentsel ısı adası etkisi arasında negatif bir korelasyon bulmuştur. Unger (2009) önceki çalışmaları gözden geçirmiş ve büyük ölçekli alanlarda bazı ölçümler uygulanırsa sokak yüzeyi morfolojisi, sıcaklık dağılımı ve kentsel ısı adası yoğunluğu ile SVF'nin güçlü bir korelasyona sahip olması gerektiğini öne sürmüştür.

SVF, radyasyon ve yansıma miktarını belirleyerek (Hämmerle ve diğ., 2011) gölgeleme seviyesinin bir göstergesi olarak da kullanılır (Bourbia ve Awbi, 2004; Hwang ve diğ., 2011; Lin ve diğ., 2012). SVF değerinin yüksek olması, yaz aylarında özellikle sıcak iklime sahip kentlerde rahatsızlığa neden olabilmektedir (Ali-Toudert ve Mayer, 2006). Fakat gölgeleme miktarı ortalama radyant sıcaklığı azaltarak kentsel ısı adası etkisini ve termal konfor rahatsızlıklarını da önlemektedir (Tan ve diğ., 2013). Dolayısıyla SVF, özellikle sıcak aylarda termal konfor açısından keyifli mekânlar yaratılmasında belirleyici bir role sahiptir (Hwang ve diğ., 2011).

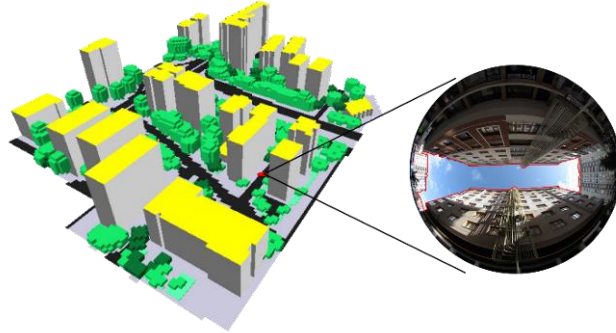
Literatürde, kentsel ortamda SVF tahmin yöntemleri beş farklı şekilde araştırılmıştır:

- a. Geometrik yöntemler (Johnson ve Watson, 1984; Watson ve Johnson, 1987),
- b. Balıkgözü fotoğraf yöntemleri (Grimmond ve diğ., 2001; Matzarakis ve Matuschek, 2011),
- c. GPS yöntemleri (Chapman ve diğ., 2001; Chapman ve Thornes, 2004),
- d. Dijital tabanlı simülasyon yöntemleri ve 3D kent modelleri (Gal ve diğ., 2009; Unger, 2009; Cheung ve diğ., 2016; Li ve diğ., 2018),
- e. Sokak görüntülerinden veri yaklaşımları (Gong ve diğ., 2018; Middel ve diğ., 2018; Zeng ve diğ., 2018; Gong ve diğ., 2019).

Geometrik yöntemler, zeminden çevredeki binaların tepelerine kadar olan açılara göre SVF'nin hesaplanmasıdır. Bu yöntemle genellikle sokak kanyonlarında H/W oranına göre SVF hesaplanabilmektedir.

Balıkgözü fotoğraf yöntemi, dairesel balıkgözü mercekten yukarı doğru çekilen fotoğraflardan SVF değerinin bulunmasıdır (Şekil 2.10). Bu yöntem, 2 boyutlu bir fotoğraf çekilip siyah-beyaza dönüştürülerek gerçekleştirilmektedir. Çekilen fotoğraflardan SVF'nin bulunması için çeşitli programlar kullanılmaktadır. Bunlar

Hämmerle ve diğ. (2011) göre, RayMan modeli, BMSkyView, SkyHelios, ArcView ve Solweig1D yazılımlarıdır.



Şekil 2.10. Feritpaşa Mahallesinden bir sokak kanyonu ve balıkgözü fotoğrafı (Canan, 2017; Canan ve Geyikli, 2021)

GPS yönteminde, bir alıcı ile uydu görüntüsü verilerinden SVF değerleri tahmin edilmektedir. GPS tekniği (prototipik yöntem), Chapman ve Thornes (2004) tarafından, 1 saniyelik işlem süresine sahip mobil platformlarda daha hızlı bir SVF hesaplaması sunmak için daha da geliştirilmiştir.

Simülasyon yönteminde, kentsel modellemeler ve hesaplamalar sayesinde SVF değerleri tahmin edilmektedir. 3DSky View ve ArcView SVF uzantısı GIS tabanlı bir 3D bina veri tabanı kullanmakta ve kentsel hafızayı bilgisayar belleğinde yeniden yapılandırmaktadır (Chen ve diğ., 2012; An ve diğ., 2014). SkyHelios, SVFEngine ve Munoz'un yöntemi (Muñoz ve diğ., 2018), SVF değerlerini hesaplamak için 3D kent modellerinden veya sokak görünümünden sanal balıkgözü görüntüleri oluşturmaktadır (Liang ve diğ., 2017). Aynı zamanda ENVI-met simülasyon programı da SVF değerlerinin bulunmasında özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Sokak görüntüleri yönteminde ise, Google sokak görüntülerinden alınan görsellerden sokak kanyonları geometrisi gerçek zamanlı olarak hesaplanmakta ve SVF değerleri tahmin edilmektedir.

Yönlenme: Bir kentin coğrafi konumu kentsel ısı adası oluşumunu etkilemektedir. Kentin konumunun önemi kadar, kent içindeki doğal ve yapay unsurların yerleşimi ve yönelimi de oldukça büyük önem taşımaktadır. Örneğin, büyük su kütleleri sıcaklıkları ılımlı hale getirir ve ısıyı kentlerden uzaklaştıran rüzgârlar

üretebilir. Ya da yakındaki sıra dağlar, rüzgârın kente ulaşmasını engelleyebilir veya bir kentten geçen rüzgâr koridorları oluşturabilir.

Bir kent içinde bulunan binaların konumları ve yönelimleri kentsel ısı adası etkisini dolaylı yoldan olsa da oldukça fazla etkilemektedir. Aynı zamanda sokakların yönelimi, sokaklardaki ve binaların etrafındaki havalandırma derecesi ve rüzgâr hızı üzerinde büyük etkilere sahip olabilmektedir (Oke, 1988a). Hâkim rüzgârların yönüne paralel caddeler, havalandırmayı daha fazla kolaylaştırabilir ve serin deniz meltemleri gibi rüzgârların kentin daha derinlerine nüfuz etmesine izin verebilirken, aynı zamanda rahatsız edici derecede yüksek rüzgâr hızlarını da arttırabilmektedir (Oke, 1988b; Golany, 1996). Rüzgâr yönüne dik caddeler ise yaya seviyesinde rüzgâr hızını azaltmakta ve cadde genişliğine, binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak havalandırmayı engelleyebilmektedir (Oke, 1988a; Wong ve diğ., 2011). Sokakların yönelimi, özellikle hem güneş hem de rüzgâr yönelimi düşünüldüğünde bazı tasarım zorluklarına neden olabilmektedir.

Tarihsel olarak kent yerleşimleri ve konumları incelendiğinde, hâkim rüzgâr ve güneşten maksimum derecede yararlanılan düzenler görülmektedir. Özellikle sıcak ve nemli iklim bölgelerinde kurulan kent düzenlerinde; binaların yerleşimleri, düzenleri ve boyutları rüzgârın yerleşim içinde rahatça dolaşabilmesine imkân tanımaktadır. Aynı zamanda bu bölgelerde gölgelenme sağlamak amacıyla bitkilendirme de sıklıkla tercih edilmektedir. Bitkilerin buharlaşma yoluyla sağladığı düşük sıcaklıklar bölgesel iklimde konforlu alanlar yaratmaktadır. Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde binalar parçalı ve birbirine yakın tutularak gölge alanlar yaratmak amaçlanırken, soğuk iklim bölgelerinde daha kompakt binalar tercih edilmiştir.

Kentsel kanyon yöneliminin önemi, bir şehrin bulunduğu iklim bölgesine göre değişmekte ve sokakların, mahallelerin tasarımına ilişkin hususlar, hâkim rüzgârlar veya topografik koşullar gibi sahaya özgü özelliklerden etkilenebilmektedir (Oke, 1988b). Sıcak ülkelerde binaların güneş ışığına maruz kalmasını en aza indirmek, yayalar ve sokaklar için gölge miktarını en üst düzeye çıkarmak ve havalandırmayı kolaylaştırmak önemli olsa da, soğuk iklimdeki kentlerde güneş erişimini en üst düzeye çıkarmak ve soğuk rüzgârlardan korunmak önem arz etmektedir (Johansson ve Emmanuel, 2006). Arnfield (1990) yapmış olduğu bir çalışmada, kuzey-güney kanyonlarının doğu-batı kanyonlarına kıyasla yaz aylarında daha düşük zemin ışıması gösterdiğini bulmuştur. Bu farklılık, alt enlemlerde daha yüksek olarak bulunmuştur.

2.2.3.4. Kentsel yüzey malzemelerinin termal özellikleri

Kentsel alanlarda kent içine giren güneş radyasyonu bina, cadde, kaldırım, çatılar ve diğer yüzeyler tarafından emilmekte ve ısı adası yoğunluğunu etkilemektedir. Binaların ve kentsel yapıların dış kabuğunda kullanılan materyaller, kentsel termal dengede çok önemli bir rol oynamaktadır. Geçirimsiz yüzeylerde kullanılan bu materyaller termal özellikleri nedeniyle kısa dalga boylu radyasyonu kırsal alandaki doğal malzemelere oranla daha az yansıtılmaktadırlar (Oke, 2002). Bu nedenle, kullanılan malzemelerin teknik özellikleri, açık alanların yanı sıra tek tek binaların enerji tüketimini ve konfor koşullarını büyük ölçüde belirlemektedir. Malzemelerin optik ve termal özelliklerinin yanı sıra kent iklimi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için birçok çalışma yapılmıştır (Yap, 1975; Gustavsson ve Bogren, 1991; Taha ve diğ., 1992; Asaeda ve diğ., 1996; Chen ve diğ., 2009; White ve diğ., 2010).

Doğadaki farklı malzemelerin radyasyonu yansıtma oranları farklı olabilmektedir. Özellikle kırsal alanda bulunan doğal malzemeler (taş, toprak veya yeşil alanlar) düşük özgül ısıya sahip oldukları için hızlıca ısınma ve soğuma yapmaktadır. Kentlerdeki geçirimsiz sert yüzey malzemeleri ise yüksek özgül ısıya sahip olduklarından sıcaklık yavaş bir şekilde artmakta ve azalmaktadır. Bu durum kentlerdeki bölgesel kalıcı sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır.

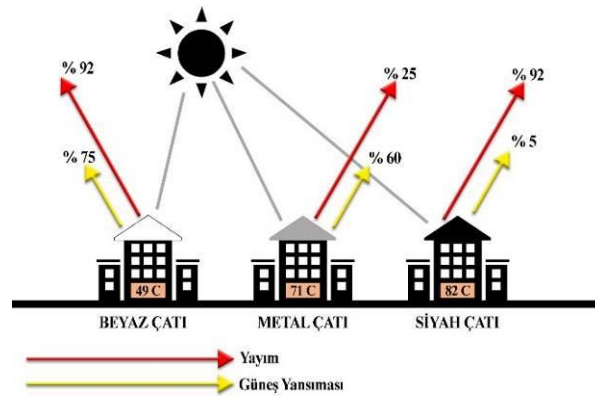
Materyal rengi de ısı adasını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Latince Albus'tan gelen albedo, güneş ışığının yüzey tarafından yansıtılması oranını veren bir katsayıdır ve yüzde ile ifade edilmektedir. Tamamen siyah bir yüzeyin albedosu 0 iken, tamamen beyaz bir yüzeyin albedosu 1'dir (Oke ve diğ., 2017). Yüzey albedosu, yüzeye özgü renk, pürüzlülük ve diğer ışımaya özellikleri ile karakterize edilen yüzey yansımalarıdır. Literatürde yüzey albedosu aynı zamanda yansıtma olarak da adlandırılmaktadır. Düşük albedoya sahip koyu renkli yüzeyler, aynı termal özelliklere sahip daha açık renkli yüzeylere göre genellikle kentsel sıcaklıkların yükselmesine daha fazla katkıda bulunmaktadır. Benzer şekilde, karmaşık, düz olmayan bir yüzey, aynı malzemeden düz, pürüzsüz bir yüzeye göre daha fazla radyasyon emme eğilimindedir (Akbari, 2009)

Albedo, şehir ortamının termal dengesinin düzenlenmesinde en etkili parametrelerden biridir (Baldinelli ve Bonafoni, 2015). Kentlerdeki albedo değerlerinin düşük olması fazla net radyasyona neden olarak sıcaklık değerlerini arttırmaktadır (Kum ve Kılıç, 2014). Açık renkli materyaller gelen güneş ışığını yansıtarak fazla ısınmaz, yüzey sıcaklığı ve havaya ısı iletimini azaltırlar. Koyu renkli materyaller ise,

gelen güneş ışığını soğurarak fazlaca ısınırlar ve hem yüzey sıcaklığı hem de havaya ısı iletimi artırırlar (Akbari ve diğ., 1990; Yılmaz, 2013).

Kentlerin albedosu, düzensiz bina yapısı nedeniyle çevredeki kırsal alanlara göre ciddi şekilde azalmıştır. Aida ve Gotoh (1982) ise kentsel kanyonların geometrik özelliklerinden dolayı kentsel albedonun azaldığını değerlendirmişlerdir. Bir dizi deneysel çalışma sonucunda düşük güneş yansımaya ve yüksek kızılötesi yayılıma sahip yüzeylerin (siyah kaplama, asfalt, siyah çakıl yüzeyi) 75-80 °C, orta ila yüksek güneş yansımaya ve düşük kızılötesi yayılıma sahip yüzeylerin (boyasız metal çatılar, alüminyum kaplamalar) 60–75 °C, güneş yansıtması ve kızılötesi yayılımı yüksek yüzeylerin (soğuk beyaz kaplamalar, beyaz membranlar vb.) ortalama 45 °C sıcaklıklara ulaşabildiği kanıtlanmıştır.

Kentlerdeki ısı adası etkisini azaltma stratejilerinden birisi, geçirimsiz yapay yüzey malzemelerinin renklerini daha açık hale getirerek, kentsel albedonun artmasını sağlamaktır (Şekil 2.11). Bunun dışında serin ya da soğuk malzemeler çatılarda ve kaldırım yüzeylerinde kullanılarak da bu etki en az düzeye indirilebilmektedir. Yüksek oranda yansıtıcı açık renkli yüzeylerin kullanımı veya soğuk malzemeler, soğutma için enerji talebini azaltarak ve yüzey-hava sıcaklıklarını düşürerek kentsel mikro iklimi iyileştirmektedir. Bu uygulamalar binalarda enerji verimliliğinin sağlanmasına katkıda bulunan uygun maliyetli, çevre dostu ve pasif tekniklerdir.

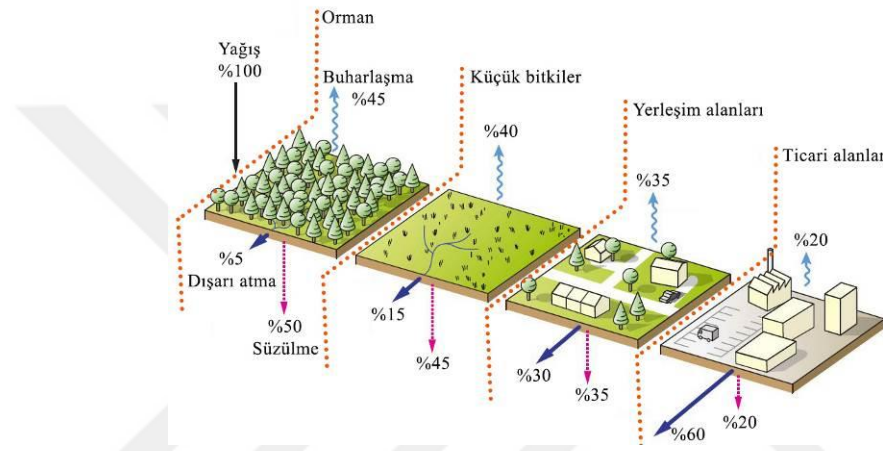


Şekil 2.11. Farklı renkte ve özellikte çatı tiplerinin güneş yansımaları

2.2.3.5. Kentsel alanlarda bitki örtüsünün azalması

Ağaçlar ve diğer bitki örtüsü; gölge sağlanması, buharlaşma yoluyla soğutma, biyoçeşitliliğin desteklenmesi, partikül madde ve kimyasal kirleticileri azaltarak kentsel hava kalitesinin iyileştirilmesi dahil olmak üzere kentsel iklimin iyileştirilmesine önemli

faydalar sağlamaktadır (Oke, 1989; Akbari, 2001). Bitkiler havadaki CO₂ konsantrasyonunu doğrudan fotosentez süreciyle, dolaylı olarak da gölgeleme ve evapotranspirasyon yoluyla çevrelerindeki sıcaklığı düşürerek azaltır, bu da klima ihtiyacını ve dolayısıyla CO₂ emisyonlarını azaltır (Akbari, 2001; Akbari ve diğ., 2001; Akbari ve Konopacki, 2005). Bitki örtüsünün buharlaşmalı soğutma potansiyeli; bitki türüne, suyun varlığına, rüzgâr hızına, hâkim meteorolojik koşullara ve günün saatine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilmektedir (Erell ve diğ., 2011). Aynı zamanda, bitki örtüsü rüzgâr hızını azaltmakta ve yağmur suyunun akışını yavaşlatarak toprağa nüfuz etmesine izin vermektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Çeşitli bölgelerde yağışın buharlaşma, süzülme ve dışarı atılma oranları (Oke ve diğ., 2017)

Bitki örtüsü, güneş radyasyonunun kentsel yüzeylere ulaşmasını engeller ve gün boyunca sıcaklıklarının düşmesine neden olur, aynı zamanda yerden ve dikey yapılardan yükselen uzun dalgalı radyasyonu bloke ederek, özellikle geceleri kentsel gölgelik katmanı (UCL) içinde ısının tutulmasını tetikler. Sonuç olarak, ağaçların kapladığı alanlar; gündüzleri daha düşük hava sıcaklıkları yaşarken, özellikle kış aylarında, uzun bitki örtüsü olmayan açık alanlara kıyasla gecenin ikinci yarısına doğru daha sıcak bir ortam sağlamaktadır.

Yapılan birçok çalışmada da kanıtlandığı üzere kentin en serin mekânları genelde bitki örtüsünün yoğun olduğu park veya ormanlık alanlardır. Kamuya açık alan ve özel bahçeler için arazinin mevcudiyeti hızla azaldıkça, sokaklardaki ağaçların ve diğer bitki örtüsünün yükselen kentsel sıcaklıklarını azaltma ve kentsel iklimi iyileştirme potansiyeli giderek önem kazanmaktadır. Kamu mülkiyeti, erişim kolaylığı ve çok çeşitli faydalar için sokakların yeniden ağaçlandırılması ile büyük ölçekli iklim değişikliğini önleme ve kentsel ısınmaya uyum stratejileri geliştirilmekte ve kentlerdeki termal konfor düzeyleri iyileştirilmektedir.

2.2.3.6. Antropojenik ısı oluşumu

Antropojenik ısı, otomobiller, klimalar, endüstriyel tesisler ve özellikle kış aylarında kentsel enerji dengesine katkıda bulunan çeşitli insan kaynakları tarafından üretilen ısıyı ifade etmektedir (Oke, 1988b; Taha, 1997a; Wen ve Lian, 2009). İnsanlar tarafından çeşitli aktiviteler sonucunda ortaya çıkan ısı akısı üç farklı şekilde tanımlanabilir. Bunlar; (a) araçlarda kullanılan yakıtların dışarıya verdiği ısı, (b) binalar, endüstriyel bölgeler, konutlar gibi sabit kaynaklar tarafından üretilen ısı ve (c) insan metabolizmasından yayılan ısıdır (Grimmond, 1988; Sailor ve Lu, 2004; Dihkan, 2015). Dolayısıyla, dağınık kırsal bölgeler nispeten az antropojenik enerji yayarken, yüksek yoğunluklu kent merkezlerinde ısı salınımı önemli derecede olabilmektedir (Gartland, 2008).

Antropojenik ısı, üretilen hava kirleticileri kısa dalga (güneş) radyasyonunu engellediği ve bu enerjiyi uzun dalga (termal) spektrumda yeniden yaydığı için dolaylı olarak hava sıcaklığını artırabilmektedir (Kuttler, 2011). Artan miktarda sera gazı ve su buharı da atmosferin ısınmasına neden olduğundan, aynı ilke iklim değişikliği için de geçerlidir.

Değişen tüketim alışkanlıkları sonucunda araç kullanımının artması, ısıtma-soğutma tüketiminin artması, hava kirliliğinin artması ve kent içindeki antropojenik ısı salınımlarının artması hava kirliliğini ve aynı zamanda iç mekânda termal konfor sağlamak için kullanılan ısıtma-soğutma ile enerji tüketimini arttırmaktadır. Bu, nihayetinde sera gazı emisyonlarının artmasına ve gelişmekte olan kentlerde yaşayan insanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. CO₂ emisyonunun artması da sıcaklıkta bölgesel değişiklikler oluşmasına neden olmaktadır. CO₂ emisyonlarının dışında arazi kullanımının değişimi de antropojenik etkileri desteklemektedir. Aynı zamanda, ulaşım sonucu ortaya çıkan emisyon hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum kentin yoğunluğuna ve kullanılan araç sayısına göre değişmektedir. CO₂ emisyonlarının yoğunluğu arabalarda yakıt seçimine (benzin, dizel) göre de değişmektedir (Gülten, 2014).

Bir kentte yaratılan antropojenik enerji miktarı, coğrafi konuma ve sonuçta ortaya çıkan ısıtma veya soğutma talebine, nüfus yoğunluğuna, kişi başına düşen enerji tüketimine, ulaşım yoğunluğuna ve bina standardına bağlıdır (Erell ve diğ., 2011). Aynı zamanda antropojenik ısı kentsel aktiviteye ve altyapıya göre değişmekte, yüksek ve yoğun kullanıma sahip binalar ile ulaşımdan kaynaklı daha fazla ısı üretilmektedir. Antropojenik ısı tipik olarak kırsal alanlarda ve yaz aylarında çok sıkıntılı olmamakla

birlikte, kış ve yaz aylarında kentsel alanlarda yıl boyunca ısı ada oluşumuna önemli ölçüde katkıda bulunabilmektedir.

Antropojenik ısınmanın etkileri kentsel yoğunlukla önemli ölçüde artabilse de, konut ve banliyö alanlarında bu durum genellikle ihmal edilebilir düzeydedir (Taha, 1997b). Özellikle bina ısıtma ihtiyacının yoğun olduğu soğuk ülkelerde, kış aylarında bu etki oldukça fazladır, daha sıcak iklim bölgelerinde ise antropojenik ısının etkisi nispeten daha küçüktür (Erell ve diğ., 2011).

2.2.3.7. Evapotranspirasyonun azalması

Evapotranspirasyon, nem olarak hissedilen gizli ısının dünyanın yüzeyinden buharlaşan su yoluyla havaya aktarılmasını tanımlamaktadır. Kentsel alanlar, doğal alanlara göre daha az buharlaşmaya sahip olma eğilimindedir, çünkü kentlerde çok az nem tutulmaktadır. Yerleşim alanlarındaki bu azaltılmış nem, kuru, geçirimsiz kentsel altyapının çok yüksek yüzey sıcaklıklarına ulaşmasına neden olmakta ve bu da daha yoğun kentsel ısı adası etkisine neden olmaktadır. Bu durum genellikle yeşil alanların eksikliği ve geçirimsiz yüzeylerin artmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Yeşil alanların azlığı nedeniyle terleme yoluyla ısı kaybı kentsel alanlarda kırsal alanlara oranla daha az olmaktadır. Buharlaşma yoluyla atılmayan enerji de kent içinde depolanmaktadır. Bu da kentlerde bölgesel ısınmayı arttırmaktadır.

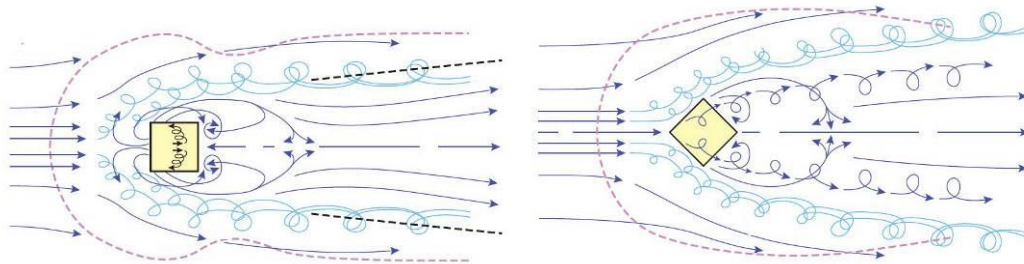
Suya erişimi olan bölgelerde (göller, nehirler, vb.) evapotranspirasyon sürecinde tüketilen enerji, yüzey enerji dengesinin oluşmasında oldukça önemlidir. Bu nedenle ısı adasını azaltma stratejisi olarak su ögeleri tercih edilebilir. Toprak ise yaz aylarında gelen radyasyonu hissedilir ısı akısına dönüştürerek net radyasyonun artmasına yol açmaktadır (Oke, 2002; Dihkan, 2015). Dolayısıyla hem toprak zeminler hem de su ögeleri kullanılarak kent içindeki buharlaşma düzeyi arttırılmakta ve kentsel soğutma sağlanabilmektedir.

2.2.3.8. Rüzgârın kesilmesi ve hızının azalması

İstatistiksel çalışmalar, ısı adası yoğunluğunu yöneten en önemli meteorolojik değişkenin rüzgâr hızı ve ardından bulut örtüsü olduğunu kanıtlamıştır (Duckworth ve Sandberg, 1954; Oke, 1982). Başka bir çalışma, rüzgâr hızı ilişkisinin doğrusal olmadığını yaklaşık olarak ters karekök olduğunu (Oke, 1973) ve düşük bulutların ısıyı sınırlamada eşit miktarda yüksek bulutlardan daha etkili olması nedeniyle bulut türünün ve miktarının önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Oke, 1982). En yüksek yüzey

sıcaklıkları az türbülanslı ve rüzgârdan korunan yüzeylerde meydana gelirken, rüzgâr etkisi düşünülerek tasarlanmış binaların yüzeylerinde daha düşük yüzey sıcaklıkları görülmektedir (Oke ve diğ., 2017).

Rüzgâr hızı ve yönü, çatı seviyesinin üzerindeki atmosfere kıyasla hızın çok daha az olduğu ve binaların boyutuna, şekline, düzenine, ağaçlar gibi diğer engellere ve bölgenin topografyasına bağlı olduğu kentsel gölgelik katmanı (UCL) içinde büyük ölçüde değişebilmektedir (Erell ve diğ., 2011). Kent içindeki rüzgâr, kümelenmiş sıcak havayı dağıtma özelliği ile ısı adası etkisini önemli derecede azaltabilmektedir. Bu nedenle kent içi hava koridorları ve rüzgârlara uygun kentsel tasarımlar kentlinin termal konforu açısından önem taşımaktadır (Şekil 2.13). Ancak kent içindeki yüksek ve birbirine yakın binaların varlığı nedeniyle rüzgâr yönü değişmekte ve hızı azalmaktadır. Bu nedenle atmosferik konveksiyon yolu ile ısı kayıpları oluşmaktadır (Duman Yüksel, 2005). Yüksek geçirimsiz binalara çarpan rüzgârın bir kısmı istenmeyen rüzgâr sirkülasyonuna neden olurken, bir kısmı ise yapının kenarlarında yüksek hızlı rüzgârlara neden olmaktadır. Aslında bu binalar her ne kadar gölgeleme ile sıcaklıkları azaltsalar da kentsel kanyonlar nedeniyle radyasyonel soğuma azalmakta ve ısı adası etkisini arttırmaktadır (Sabnis, 2015). Aynı zamanda kentsel kanyonlarda ısı dolaşımının azalması nedeniyle ısı depolanmakta ve bu durum ısı adası etkisini olumsuz olarak etkilemektedir.



Şekil 2.13. Binanın yönlenmesine göre değişen rüzgâr türbülansları (Oke ve diğ., 2017)

2.2.3.9. Kentsel enerji dengesinin bozulması

Kentsel enerji dengesi denklemi (Şekil 2.14), kentsel çevrenin yüzeyleri arasındaki enerji transferini tanımlamaktadır. Bu kavram, enerjinin asla kaybolmadığını belirten termodinamiğin ilk yasasına dayanmaktadır; bu nedenle enerji girişi, enerji çıkışı ve depolanan enerjinin toplamına eşit olmalıdır (Gartland, 2008). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Dünya'nın Enerji Dengesi toplam gelen ve giden enerji arasındaki fark olarak tanımlamaktadır. Bu farklar arasındaki denge pozitifse,

ısınma meydana gelmekte, negatifse soğuma meydana gelmektedir. Dünya üzerinde uzun süreli ortalamalar alındığında, bu denge sıfır olmalıdır. Kentsel yüzey enerji dengesi aşağıdaki denklemde (Denklem 2.3) ifade edilebilir (Oke, 1988b):

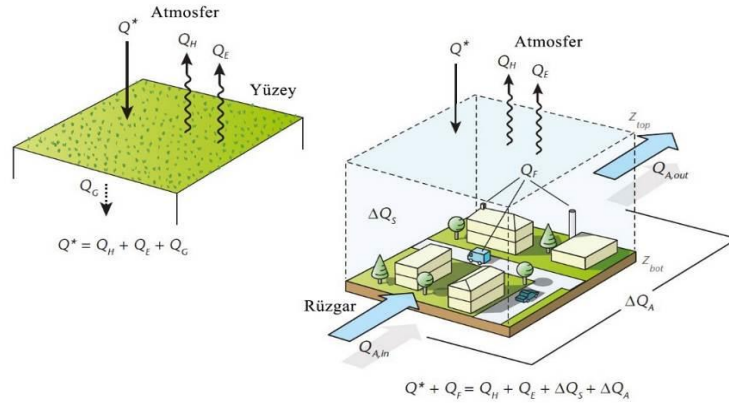
$$Q^* + QF = QH + QE + \Delta QS + \Delta QA \quad (2.3)$$

Bu denklemde, Q^* net radyasyonu (atmosferdeki kısa ve uzun dalga radyasyonu), QF antropojenik ısı (binalar, makineler ve insanlar tarafından üretilen ısı), QH konvektif duyulur ısı akısı (yüzeylerden havaya enerji transferi), QE gizli ısı akısı (buharlaşma sürecinde alınan ısı), ΔQS net ısı depolama (malzemelerde depolanan enerji) ve ΔQA net yatay ısı adveksiyonudur (örneğin hava hızı için gerekli enerji).

Herhangi bir dış yüzeyin net radyasyon alışverişi aşağıdaki denge denklemi ile tanımlanabilir (Denklem 2.4) (Oke, 1988b; Ereil ve diğ., 2011):

$$Q^* = (K_{dir} + K_{dif}) - K\uparrow + L\downarrow + L\uparrow \quad (2.4)$$

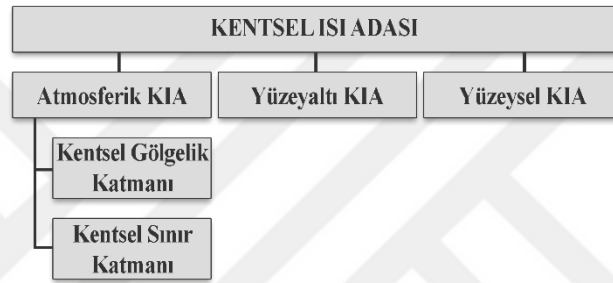
Bu denklemde, Q^* net radyasyon, K_{dir} güneş tarafından yayılan doğrudan gelen kısa dalga radyasyonu, K_{dif} gelen dağınık kısa dalga radyasyonu (atmosfer tarafından yayılan güneş radyasyonu), $K\uparrow$ yüzeyden yansıyan kısa dalga radyasyonu, $L\downarrow$ ve $L\uparrow$, sırasıyla bir yüzey tarafından alınan ve yayılan uzun dalga radyasyonudur. Bu nedenle net radyasyon tarihe ve günün saatine, su buharı veya toz gibi atmosferdeki partiküllerin ve aerosollerin miktarına, bir yüzeyin albedosuna ve emisyon gücüne bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 2.14. Kırsal ve kentsel alanlardaki enerji dengesi (Oke ve diğ., 2017).

2.2.4. Kentsel ısı adası türleri

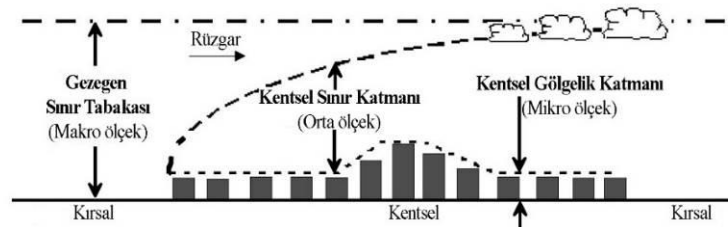
Kentsel ısı adaları, oluşumlarından sorumlu olan ölçekler ve süreçlerle veya onları gözlemek için kullanılan yöntem ve araçlarla tanımlanabilir. Tüm kentsel ısı adaları kütle, enerji ve momentum ile birbirine bağlanırken, her bir ısı adası türü farklı süreçler, ölçüm sistemleri, ayar ve alan ölçekleri içermektedir. Kentsel ısı adaları, bu ortamların hangisinin algılandığına bağlı olarak “yüzeysel kentsel ısı adası”, “yüzey altı kentsel ısı adası” ve “atmosferik kentsel ısı adası” olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Atmosferik ısı adası ise, kentsel gölgelik katmanı ve kentsel sınır katmanı olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.15) (Stewart, 2011).



Şekil 2.15. Kentsel ısı adası türleri

2.2.4.1. Atmosferik ısı adası

En geleneksel sıcak ada tipi atmosferde bulunmaktadır. Atmosferik ısı adası, kent içinde yoğun yapılaşma sonucu ortaya çıkan bölgesel sıcaklıkların değişimini ele almaktadır. Oke (1976), her biri farklı, ancak fiziksel olarak birbirine bağlı kent atmosferinin katmanları ile ilişkili iki tür atmosferik ısı adasını (Şekil 2.16) belirtmiştir. Bunlar; “Kentsel Gölgeleme Katmanı” ve “Kentsel Sınır Isı Katmanı”dır (Stewart, 2011).



Şekil 2.16. Kentsel ısı adası türleri

Atmosferik kentsel ısı adaları genellikle sabah erken saatlerde ve gün boyunca zayıftır, gün batımından sonra ise ısının kentsel altyapıdan yavaş salınması nedeniyle

daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum, kentsel ve kırsal yüzeylerin özelliklerine, mevsime ve mevcut hava koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Kentsel gölgelik (kanopi) katmanı (Urban Canopy Layer / UCL): Kentte meydana gelen iklim değişikliklerinden zemin seviyesine en yakını olup, insanları en çok etkilemektedir. Bu katman, kentsel yüzey ile ağaçlar veya binaların çatı seviyesi arasında insanların yaşadığı hava katmanında bulunan yüksek hava sıcaklıklarını ifade etmektedir (Oke, 1988a).

Kentsel gölgelik katmanı evapotranspirasyon, konveksiyon ve yüzeylerden yayılan emisyonu göre değişim göstermekte ve bu nedenle doğrudan kentsel form ve yüzeysel ısı adası yoğunluğu ile ilişkili bulunmaktadır (Oke, 1988a). Bu katman içindeki koşullar, havanın yukarıdaki sınır katmanı ile karışması nedeniyle orta ölçekli arka plan iklimine de bağlıdır (Oke, 1982). Kentsel gölgelik katmanı ısı adası, genellikle geceleri en belirgin olmakla birlikte, sokak ve mahalle ölçeğindeki ortam sıcaklıkları insan sağlığı ve enerji tüketimi ile oldukça ilgilidir. Gökyüzü görünüm faktörü (ψ_{sky}) gece soğutma oranıyla ters orantılıdır, bu nedenle binaların uzun ve sokakların dar olduğu (bitki örtüsünün az olduğu) kent merkezinde, bu etki en güçlü şekilde ortaya çıkmaktadır. Gündüz ise bu etki genellikle oldukça küçük veya negatiftir.

Kentte yapılacak olan küçük müdahalelerin bu katmandaki ısı adasına etkileri oldukça büyük olmaktadır. Binaların ve sokakların yerleşimleri, bitki örtüsünün fazlalığı ve kullanılan materyallerin termal özellikleri kentsel gölgelik katmanı ısı adasını olumlu yönde etkileyerek kentte yaşayanlar için konforlu alanlar oluşturabilmektedir.

Bu katmandaki hava sıcaklığı değişimleri genellikle termometreler kullanılarak ölçülmektedir. Hava sıcaklığı kırsal ve kentsel bölgede ölçülerek aradaki farklar bulunabilmektedir (Stewart ve Oke, 2012). Alternatif veya ek olarak, termometre bir araca monte edilebilir ve bir yerleşim ile çevresindeki kentleşmemiş alan boyunca ölçümler alınabilir. Sabit istasyonlar zamansal değişimleri daha kolay ortaya koyarken, traversler ise kentsel formdaki değişimler hakkında daha net bilgiler ortaya koyabilmektedir. Aynı zamanda simülasyon programları ile de bu ölçümler kolayca gerçekleştirilebilmektedir.

Kentsel sınır katmanı (Urban Boundary Layer / UBL): Çatıların ve ağaçların tepelerinden başlayarak, kentsel peyzajın atmosferi etkilemediği yere kadar olan

sıcaklık değişimlerini tanımlamaktadır. Kent çapında veya bölgesel ölçekte ısı adalarına atıfta bulunmakta ve kentsel gölgelik tabakası içindeki iklim koşullarının kümülatif etkisinden dolayı kentsel alanların üzerindeki atmosferin yüzlerce metre yüksekliğe kadar ısınmasını tanımlamaktadır. Rüzgâr hızına bağlı olarak, kentsel sınır katmanı ısı adası, kentlerin üzerinde rüzgâr yönünde bulutlar veya sıcak hava kubbeleri oluşturarak, altında yer alan gölgelik katmanındaki iklim değişikliğini de şiddetlendirebilmektedir (Oke, 1982).

Gün boyunca kalınlığı 1 km veya daha fazla olurken, gece saatlerinde sadece 100 m veya daha da azdır (Voogt, 2004). Bu tip kentsel ısı adaları, gece saatlerinde daha belirgindir. Uzun kuleler, radyosonit, balon ve uçak gibi belirli uzaktan algılama platformları kullanılarak ölçülebilir ve gözlenebilir (Voogt ve Oke, 2003). İklimsel etkilerin çoğunluğu ağırlıklı olarak bu katmanda hissedilir (Emmanuel, 2005) ve bu nedenle, genel olarak, kentsel ısı adası çalışmalarının çoğu, genel olguyu anlamak için bu katman seviyesinde araştırılmaktadır (Shahidan, 2011).

2.2.4.2. Yüzey altı ısı adası

Kent yüzeyinin altında yer alan “Yüzey Altı Isı Adaları” literatürde oldukça az dikkat çekmektedir. Sıcak bir kent yüzeyi, ısıyı zemine iletir ve bu nedenle yüzey altı sıcaklık dağılımı, genellikle yüzeyin üzerindeki ile aynıdır. Yüksek sıcaklıkları tipik olarak kentin yoğun yerleşim alanlarının altında ve düşük sıcaklıklardaki doğal alanların altında bulunur (Taniguchi ve diğ., 2008). Yüzey altı ısı adası, kentsel alanların yüzeyinin altındaki sıcaklığı tanımlar ve yer altı katmanının özelliklerine, yeraltı altyapısı gibi insan yapımı malzemelerin varlığına bağlıdır ve kentsel yüzeyin sıcaklığından ve absorbe edilmiş radyasyonu iletme yeteneğinden doğrudan etkilenmektedir (Menberg ve diğ., 2013).

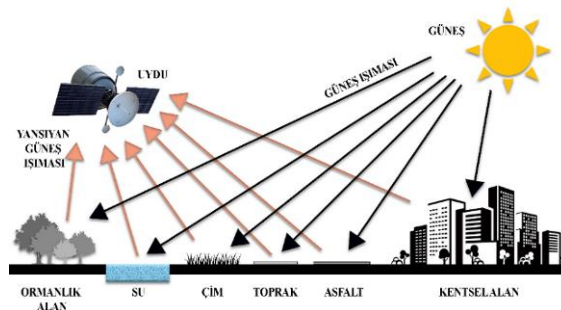
2.2.4.2. Yüzeysel ısı adası

Yüzeysel ısı adası, kentsel çevredeki tüm yatay ve dikey yüzeylerin ısınmasını tanımlamaktadır (Stone Jr ve Rodgers, 2001). Kent içindeki yollar, binalar gibi geçirimsiz yüzeylerin güneşten gelen radyasyonu emerek kent içinde tutması ve kırsal alandaki yeşil alanlar ile arasındaki sıcaklık farkları bu tip ile tanımlanmaktadır (Stewart, 2011). Kentsel yüzeylerin sıcaklığı; yansıtıcılık, soğurma, iletkenlik ve duyulur ısı enerjisinin depolama kapasitesi gibi malzemenin farklı fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Kent içinde bulunan sayısız yatay ve dikey yüzeylerin her

biri yüzeysel ısı adasını farklı şekillerde etkilemektedir (Voogt ve Oke, 2003). Atmosferik kentsel ısı adasının aksine, yüzeysel kentsel ısı adası, uzun dalga kayıplarının meydana geldiği güneş enerjisinin en yüksek olduğu günlerde oldukça şiddetlidir (Roth ve diğ., 1989). Yüzey sıcaklıkları genellikle yaz aylarında güneş ışınımının maksimum olduğu öğle saatlerinden hemen sonra en yüksek seviyeye ulaşır.

Yüzeyin sıcaklığının araştırılması, kentsel atmosfer çalışmalarının önemli alanlarından birisidir. Yüzey sıcaklığı, en düşük hava tabakasının sıcaklığını ve yüzey enerji dengesini düzenlemektedir. Ayrıca, binaların içindeki iklimi belirleyerek kullanıcıların konforunu da etkilemektedir.

Yüzeysel kentsel ısı adası çalışmalarında, genel olarak havadan ve uydudan termal kızılötesi uzaktan algılamadan (Şekil 2.17) elde edilen arazi yüzey sıcaklığı (LST) görüntüleri kullanılmaktadır (Srivani ve Hokao, 2012). Termal kameralar tarafından yakalanan, genellikle kuş bakışı bir görünümünden uzaktan alınan ve taşınabilir cihazlar aracılığıyla yerinde nadiren elde edilen görüntüler aracılığıyla tespit edilebilir. Uydudan veya havadan alınan görüntü, kameraların görüş açısı nedeniyle yalnızca yatay yüzeyler hakkında bilgi verirken (Voogt ve Oke, 2003), cephelerin yüzey sıcaklığını ölçmek için elde tutulan termal kameralar da kullanılabilir.



Şekil 2.17. Uzaktan algılama yöntemi ile ısı adası etkisinin ölçülmesi

2.2.5. Kentsel ısı adası etkileri

Kentsel ısı adasının insanların yaşamına, kent ekosistemine (yeşil alanlar ve hayvanlar) ve kent içinde bulunan öğelere (binalar, kaldırımlar, araç yolları vb.) genellikle olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunlar;

- Kent içindeki sıcaklıkların artması nedeniyle insan termal konfor düzeyinin azalması,
- Yüksek sıcaklıkların insan sağlığını olumsuz etkileyerek çeşitli hastalıklara hatta ölümlere neden olması,

- Kent içindeki sıcaklıklar nedeniyle ısıtma-soğutma için makinelerin kullanımının yoğunlaşması ve bina enerji tüketiminin artması,
- Enerji tüketimiyle birlikte enerji santrallerinin de artması ve bu nedenle maliyetlerin artması,
- Enerji tüketiminin artması ve araç kullanımlarının yoğunlaşması nedeniyle hava ve su kirliliğinin oluşması
- Meteorolojik ve mikro-meteorolojik koşulların etkilenmesi, yağış rejimlerinin değişmesi,
- Havadaki birikmiş ve oldukça yanıcı parçacıklar ve sıcaklıktaki artışla birlikte yangın riskinin artması olarak sıralanabilir.

Kentsel ısı adası etkisinin bu olumsuz etkileri dışında, kış ayları için bazı olumlu etkilerinin olduğu da söylenebilmektedir. Soğuk iklim koşullarında hava sıcaklığında hissedilen artış, kentli için konforlu ortamlar sağlamakta ve enerji tüketiminin daha az olmasını sağlamaktadır.

Fakat genel olarak, sera gazı emisyonlarının iklim değişikliğine olan etkilerini önlemek amacıyla, mimarlar, şehir plancıları ve tasarımcılar dâhil olmak üzere toplumun tüm meslekleri ve disiplinleri arasında çeşitli stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.5.1. İnsan termal konforuna olan etkileri

Termal konfor altı temel faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir. Bunlardan dördü çevresel faktörler (hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı) ve diğer ikisi kişisel faktörlerdir (giysi izolasyonu ve aktivite seviyesine bağlı metabolik ısı oranı) (Chatterjee ve diğ., 2019). Dolayısıyla kentlerde yaşayan insanlar, kent içindeki bölgesel sıcaklık değişimlerinden çoğunlukla olumsuz olarak etkilenmektedir. Yapılan birçok araştırmaya göre, kentlerde artan sert yüzeyler, azalan yeşil alan ve gölge mekânlar nedeniyle sıcaklıklar artmakta ve kentli için olumsuz kentsel mekânlar ortaya çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıklar, insanları rahatsız hissettirmekte ve özellikle klima veya doğal soğutma mekanizmaları olmayan konutlarda, boş zamanlarından keyif almalarını engelleyerek gece boyunca verimli şekilde dinlenme olanaklarını sınırlamaktadır. Aynı zamanda, bu sıcaklıklar yayaların kent içinde yürünebilirliğini de olumsuz etkileyerek, insanların sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Büyük kent merkezlerinde, yayalar tarafından kentsel sokak kanyonları gibi açık alanların kullanımı oldukça yoğundur, bu nedenle insanlar termal rahatsızlığa yol açabilecek yüksek termal yüklerle maruz kalmaktadır. Bu alanların yeniden uyarlanması veya planlanmasının iyileştirilmesi, diğer faydaların yanı sıra termal konforu artırabilir, enerji tüketimini azaltabilir ve kamusal alanların kullanımını teşvik edebilir (da Silveira Hirashima ve diğ., 2016). Bölgesel sıcaklık artışları aynı zamanda, endüstriyi, altyapı hizmetlerini ve tarımı da doğrudan etkileyerek çalışan kişilerin verimliliğini, refahını ve ekonomik üretkenliğini de azaltabilir (Irger, 2014).

Yüzey ve hava sıcaklığını düşürme yeteneği ile yansıtıcı malzemeler, kuşkusuz yapılı bir çevrede termal konforu da değiştirmektedir. İnsan termal konforuna katkıda bulunan çevresel faktörler arasında çevre sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı, radyasyona maruz kalma, ortamdaki buharlaşma ve hissedilir ısı akısı bulunmaktadır. Yansıtıcı malzemelerin kullanılması esas olarak çevre sıcaklığını ve radyasyona maruz kalmayı değiştirmekte ve bu da termal konfor seviyesinin değişmesine neden olmaktadır.

Klimasız iç ortamlarda, yansıtıcı çatılar güneş ışınımını yansıtarak ve ısının binalara transferini engelleyerek iç ortam sıcaklığını düşürmektedir. Yapılan çalışmalar, çatı albedosunu 0,4 arttırmanın, 27 °C için yaz aylarında rahatsızlık saatlerini %75'e kadar azaltabileceğini göstermiştir. 29 °C'lik bir eşik sıcaklık için de, albedo 0,4 ve 0,65 oranında arttırıldığında rahatsızlık düzeylerindeki azalma sırasıyla %5-97 ve %9-100 olmaktadır (Santamouris ve diğ., 2012).

2.2.5.2. İnsan sağlığına olan etkileri

Kentlerdeki yüksek hava sıcaklıkları insan konforunu ve verimliliğini azaltarak insan sağlığı için önemli tehditler oluşturmakta, hastalık, ölüm oranını arttırmakta ve yapılı çevreye ısıyla ilgili zararlar vermektedir (Watkins ve diğ., 2007). Bunlar; genel rahatsızlık, solunum güçlüğü, termoregülatuar sistem hasarları, kardiyovasküler stres, termal yorgunluk, kalp felci, kalp-solunum hastalıkları, ısı krampları, ısı tükenmesi, ölümcül olmayan ısı çarpması ve ısıya bağlı ölümlerdir. Nüfus artışı ile artan sayıdaki insan bu risklere maruz kalmaktadır (Bambrick ve diğ., 2011; Kleerekoper ve diğ., 2012; Rydin ve diğ., 2012). Daha sık, daha uzun ve yoğun ısı dalgaları dâhil olmak üzere, kentsel ısınmanın ve küresel ısınmanın üst üste binmesi de bu durumu daha ölümcül hale getirmektedir (Tan ve diğ., 2010; Heaviside ve diğ., 2017; Paravantis ve diğ., 2017). Aynı zamanda aşırı kentsel ısı, dış mekân konforuna zarar vermekte,

ekonomik ve bina enerji etkilerini olumsuz yönde etkilemektedir (Santamouris ve diğ., 2015; Akbari ve diğ., 2016).

Yapılan araştırmalar ile ısı artışlarının insan ölümlerinde oldukça etkili olduğu görölmektedir. 1995 yılında, Amerika Midwest'te Temmuz ortasındaki bir ısı dalgası 1000'den fazla ölüme neden olmuştur (Taha ve diğ., 2004). Bir ısı dalgasının bu kadar yıkıcı olması nadir olmakla birlikte, ısıya bağlı ölüm nadir değildir. Hastalık kontrol merkezleri, 1979'dan 1999'a kadar aşırı ısıya maruz kalmanın ABD'de 8.000'den fazla erken ölüme katkıda bulunduğunu tahmin etmektedir (CDC, 2004). Bu rakam, kasırgalar, yıldırım, kasırga, sel ve depremlerden kaynaklanan ölüm sayısından daha fazladır. 1995 yılında Chicago'daki sıcak hava dalgası sırasında 800'den fazla kişi (Changnon ve diğ., 1996), 2003 yılında Avrupa'daki sıcak hava dalgası sırasında ise 70.000 kişi sıcaklığa bağlı hastalıklardan dolayı hayatını kaybetmiştir (Robine ve diğ., 2008). Aynı sıcak hava dalgasında Paris'te hastalık nedeniyle 15 bin ölüm meydana gelmiştir (Wright ve diğ., 2005). 2016'da ise Hindistan'da ölümcül sıcak hava dalgaları birçok kişinin hastalanmasına ve hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Mohammad ve diğ., 2021). Bu sıcaklık dalgaları özellikle ısıya daha duyarlı kişilerde (yaşlılar ve çocuklar) rahatsızlığa neden olmakta ve binalarda iklimlendirme taleplerini arttırmaktadır (Dhalluin ve Bozonnet, 2015).

2.2.5.3. Hava ve su kirliliğine olan etkileri

Dış mekân hava kalitesinin önemi birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Costa ve diğ., 2014). Kentlerde artan sıcaklıklar, dolaylı olarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Yüksek kentsel sıcaklık, kirleticiler ve yetersiz doğal hava sirkülasyonu, kentsel ortamdaki sıcaklığı soğutmak için iklimlendirme sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasına yol açmaktadır. Bu durum, daha fazla ısınmaya ve CO₂ salınımına yol açarak (Wong ve Lau, 2013) kentsel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Aynı zamanda, yüksek hava sıcaklıkları, duman oluşumunu ve havadaki kirleticilerin kimyasal reaktivitesini artırarak, solunum yolu hastalıklarını ve göz tahrişlerini şiddetlendirmektedir (Watkins ve diğ., 2007) .

Almanya'nın Duisburg kentindeki bir sanayi sitesinde kaydedilen nitrojen oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gibi ozon oluşumunda rol oynayan öncü gazların, sıcak koşullarda daha aktif hale geldiği kanıtlanmıştır (Kuttler, 2011). Bu nedenle artan hava sıcaklıkları ile hem hava kalitesi bozulmakta, hem küresel ısınmanın oluşumu hızlanmakta, hem de insan sağlığı ve termal konforu olumsuz yönde

etkilenmektedir. Termal rahatsızlıktaki artış, klima cihazlarının kullanımının artmasına yol açarak, küresel iklim değişikliğine yol açan zararlı sera gazlarının emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Enerji santrallerinden salınan zararlı gazlar hava kirliliğinin daha da artmasına neden olmakta ve zamanla kentsel ısı adası etkisini yoğunlaştırmaktadır.

Hava kalitesi dışında yüksek sıcaklıklar dolaylı olarak su kirliliğine de neden olmaktadır. Su sıcaklığı, su yaşamının tüm yönlerini, özellikle de birçok su türünün metabolizmasını ve çoğalmasını etkilemektedir.

Yüzeysel kentsel ısı adaları da su kalitesini, çoğunlukla termal kirlilik nedeniyle bozmaktadır. Hava sıcaklıkları 50 °C'den daha yüksek sıcaklıklara ulaşan kaldırım ve çatı yüzeyleri bu fazla ısıyı yağmur suyuna aktarmaktadır. Bu da su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır (Ferguson ve diğ., 2008).

2.2.5.4. Bina enerji tüketimine olan etkileri

Yüksek kentsel hava sıcaklığının insan iç ve dış mekân termal konforunun yanı sıra binaların enerji performansını da olumsuz etkilediği çeşitli çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Santamouris, 2007; Mavrogianni ve diğ., 2011; Vardoulakis ve diğ., 2013; Santamouris ve diğ., 2015).

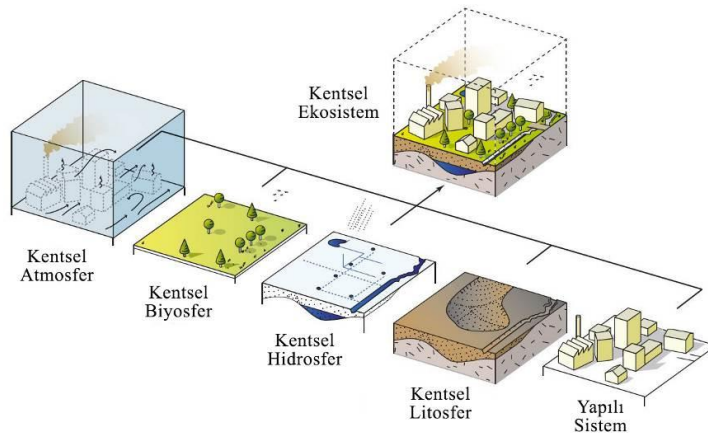
Kentsel alanlardaki yüksek çevresel sıcaklıklar, soğutma için enerji tüketiminin (Fung ve diğ., 2006; Kolokotroni ve diğ., 2007; Hirano ve Fujita, 2012; Salamanca ve diğ., 2013) ve elektrik talebinin artmasına (Hassid ve diğ., 2000) yol açmaktadır. Ek olarak, son yıllarda konutlarda ve ofislerde özellikle yaz aylarında hava sıcaklığındaki artışlar daha fazla klima kullanımına yol açmakta (Hart ve De Dear, 2004; Kolokotroni ve diğ., 2006) ve bu nedenle daha yüksek CO₂ salınımı gerçekleşmektedir.

Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'ndaki araştırmacılar, kentsel ısı adası etkisinden kaynaklanan sıcaklık artışının, kentlerdeki elektrik talebinin %10'una ve sis yoğunluğunun %20'sine kadar sorumlu olduğunu bulmuşlardır (Akbari, 2001). Bueno ve diğ. (2012) da, günlük maksimum kentsel ısı adası etkisi için konut binalarının enerji tüketiminin %20 oranında değiştirilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda, binaların enerji performansı, özellikle dış mekân klima ekipmanlarından kaynaklanan atık ısı emisyonları yoluyla dış ortam hava sıcaklıklarına etki edebilmektedir. Sıcaklıktaki her 0,6 °C'lik artış için, elektrik tüketiminde yaklaşık %2'lik bir artış olduğu tahmin edilmektedir (Voogt, 2004).

Yüksek sıcaklıklar elektrik talebinin artmasına neden olduğu için elektrik üretimi ve iletiminin verimliliği düşmektedir. Bu nedenle bu etkinin en aza indirilerek kentsel iç ve dış mekânlarda sağlıklı ve konforlu alanlar oluşturulma isteği artmıştır. Araştırmacılar, bina enerji tüketim maliyetlerinin azaltılması ve uyarlanması ile ilgili stratejiler geliştirmektedir (Gago ve diğ., 2013; Santamouris, 2015; Akbari ve diğ., 2016). Yayıları güneş radyasyonundan koruyacak kentsel tasarım önlemlerinin yokluğu ve kentlerdeki bölgesel sıcaklıklar nedeniyle yürümek veya bisiklete binmek zorlaşmış, bu durum araba kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu nedenle, yeni tasarlanan bölgelerin karbon ayak izini azaltmaya odaklanan iklime duyarlı kentsel tasarım kılavuzları geliştirmek ve mevcut bölgelerde kentsel ısınmanın olumsuz etkilerini en aza indirmek için pragmatik tasarım müdahaleleri bulunması zorunlu hale gelmiştir.

2.2.5.5. Meteorolojik ve mikroklimatik koşullara olan etkileri

Yoğun kentleşme ve endüstrileşme sonucunda kentlerdeki mikroklima değişmekte, bu durum da makro ölçekte tüm dünyayı ve içinde yaşayan tüm ekosistemleri (Şekil 2.18) etkilemektedir. Kentlerde artan bölgesel sıcaklıklar ve küresel ısınma birbirini karşılıklı olarak tetiklemekte ve bu durum kentlerde yaşayan kişiler için olumsuzluklar oluşturmaktadır.



Şekil 2.18. Bir kentsel ekosistemi oluşturan biyofiziksel bileşenler (Oke ve diğ., 2017)

Kentsel ısı adasının iklim değişikliği üzerindeki etkisi iki yönlüdür. İlk olarak, kentsel ısı adası etkisinin neden olduğu ısı birikimi, etkilenen kentsel alanlarda küresel ısınmanın etkisini kötüleştirir. Bu alanlar çok yüksek gündüz yaz sıcaklığı ile daha şiddetli ısı dalgaları yaşayabilir. İkincisi, ısı birikiminin neden olduğu koşullu binalarda

artan ısı kazanımları, soğutma için artan elektrik talebine yol açar. Gelişmekte olan ülkeler ağırlıklı olarak geleneksel enerji üretim yöntemlerine bağımlı olduğundan, artan elektrik talebi sera gazlarının atmosfere salınım oranında artışa neden olabilir. Sınırlı doğal kaynaklara ve iyi bir ekonomiye sahip olmayan gelişmekte olan ülkeler için artan elektrik talebi de ekonomik strese yol açabilir (Ferguson ve diğ., 2008).

Değişen mikro-meteorolojik koşullar nedeniyle sıcaklık, rüzgâr, nem ve yağış rejimlerinde farklılıklar meydana gelebilir ve bu nedenle tüm ekosistem olumsuz etkilenebilir. Değişen bu rejimler, uzun süreçte birbirini etkileyerek daha kötü yaşam koşullarına neden olarak güçlü fırtınalar ve kasırgalara neden olabilir. Bu nedenle, kentsel ısı adası etkisini en aza indirmek, gelecekte yaşayacak tüm ekosistemler için de önem arz etmektedir.

2.2.6. Kentsel ısı adası azaltma stratejileri

Kentsel ısı adasının zararlı etkilerini azaltmak ve minimum düzeye indirmek için tüm dünyada kent plancıları, tasarımcılar ve devlet yetkilileri gibi temel aktörler tarafından çeşitli önlemler alınmaktadır. Asıl amaç, kentlerde sıcaklık artışının engellenerek mikro ölçekte iç ve dış mekân termal konforunu düzenlemek, makro ölçekte ise küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazı emisyonlarını azaltmaktır. Bu durum için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar;

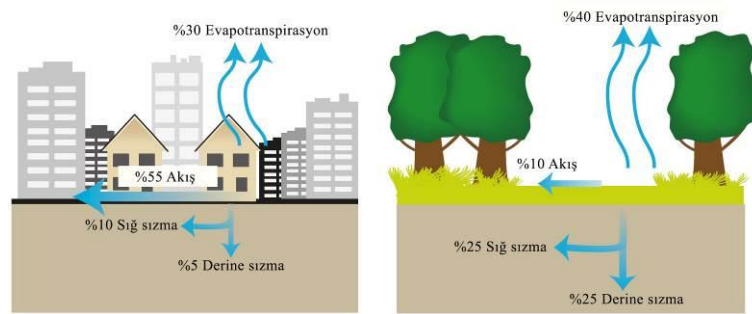
- Kentsel geometrinin hâkim rüzgâr ve güneşlenme gibi temel iklimsel parametrelere uygun olarak tasarlanması,
- Kentsel yüzey malzemelerinin albedosunun artırılması,
- Kentsel yeşil alanların artırılması ve özellikle kent içindeki ağaçların uygun konumlarda ve uygun türlerde tercih edilmesi,
- Bina enerji tüketim maliyetlerinin azaltılması,
- Kent içinde yaşayan kentlinin tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi,
- Antropojenik etkiye neden olabilecek sorunların tespit edilmesi ve bu etkinin en aza indirilmesi,
- Serin kaldırımlar, serin çatılar, geçirgen kaldırımlar, yeşil çatılar ve yeşil duvarlar gibi enerji verimliliği sağlayan sürdürülebilir sistemlerin kullanılması,
- Yeşil altyapının ve yeşil binaların teşvik edilmesi,
- Binaların karbon emisyonlarının azaltılması,

- Kentin tasarımında aktif role sahip bireylerin bu konu hakkında eğitilmesi şeklinde sıralanabilir.

Bu azaltma stratejilerinin uygulanmasının önündeki önemli engeller, kent genelinde uygulama maliyetini ve hava sıcaklıklarını düşürmedeki performanslarına ilişkin genel niceliksel gözlemsel verilerin eksikliğini içermektedir. Bu nedenle araştırmacılar, kentsel yapıyı çevreyi ve atmosferini temsil etmek için hesaplamalı modellere yönelmektedir. Bu modeller, çeşitli senaryolarda azaltma stratejilerinin etkinliğini keşfedebilmektedir (örneğin bu stratejilerin tüm alanlarda veya kentsel alanın daha küçük, hedeflenen bölgelerinde test edilmesi). Bu durum, kent plancıları ve tasarımcılar için daha maliyet etkin bir strateji olabilmektedir (Ambrosini ve diğ., 2014; Santamouris, 2014; Taleghani ve diğ., 2014; Taleghani ve diğ., 2015).

2.2.6.1. Yeşil alanların artırılması

Bitkiler, kentsel iklimi direkt olarak etkileyen en önemli parametrelerdendir. Toprak katmanı ve bitkilerin gün boyunca güneşten gelen radyasyonu emmesi ve buharlaşma yoluyla uzaklaştırması (Şekil 2.19) sonucunda kentsel ısı adası etkisi azalmakta ve kent iklimi olumlu yönde etkilenmektedir. Kent içindeki ağaçlandırma çalışmaları ile sert zeminlerin yumuşatılması, hava sirkülasyonunun oluşması, kirli toz ve gazların emilimi sağlanmaktadır. Aynı zamanda ağaçlar, kışın gölgeleme, yazın ise rüzgârın yalıtılmasını sağlayarak binaların soğutma enerjisinin düşürülmesine de katkıda bulunmaktadır.



Şekil 2.19. Kentsel yeşil unsurların evapotranspirasyon yoluyla gelen radyasyonu uzaklaştırması (Ferguson ve diğ., 2008)

Kent içindeki park alanları, ormanlar ve yoğun yeşil dokuya sahip bölgeler aynı zamanda insanlar için de bir rahatlama, dinlenme ve nefes alma mekânlarıdır. Bu mekânlar insan termal konforunu olumlu yönde etkilemektedir (Balling Jr ve Lolk,

1991; Spronken-Smith ve Oke, 1998; Eliasson ve Upmanis, 2000; Chang ve diğ., 2007; Leslie ve diğ., 2007). Kentsel yeşil alanların büyüklüğü ve yoğunluğu da bu etkinin azalmasında etkilidir (Chen ve diğ., 2006; Zhang ve diğ., 2009; Cao ve diğ., 2010; Chen ve diğ., 2014; Kong ve diğ., 2014).

Yeşil alan ve ağaçların genişlemesinin, ısı adası etkisini azalttığı birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Taha, 1997a; Ali-Toudert ve Mayer, 2006; Lindberg ve Grimmond, 2011; Doick ve diğ., 2014; Duarte ve Ferreira, 2016; Gunawardena ve diğ., 2017). Akbari ve diğ. (2001) yapmış oldukları çalışmada, kentsel albedo ve kentsel yeşil alanların aynı anda artırılması ile kentsel ısınmanın azaltılmasında en iyi sonucu aldığını kanıtlanmıştır. Monteiro ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, Londra kentindeki yeşil alanlar ile gece sıcaklıkları arasında bir korelasyon olduğu kanıtlanmıştır. Çalışmada, yeşil alan genişliklerinin artması ile sıcaklık değerlerindeki düşüşün de önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Saga'nın (Japonya) subtropikal-nemli ikliminde kurumsal bir kampüste yapılan bir araştırma, kampüs alanındaki ağaçların miktarının %20 arttırıldığında ortalama günlük maksimum sıcaklığın 2,7 °C azaldığını göstermiştir (Srivanit ve Hokao, 2012). Diğer birçok çalışma, bitki örtüsü tarafından azaltılmış ortalama radyant sıcaklığın dış mekân termal konforu üzerindeki önemini göstermiştir (Robitu ve diğ., 2006; Ng ve diğ., 2012; Shahidan ve diğ., 2012; Coutts ve diğ., 2013). Murphy ve diğ. (2011) yaptığı bir çalışmada ise, kentsel alan ve kent ormanı arasında yapılan sıcaklık ölçümlerinde önemli farklar bulunmuştur. Ancak bu noktada, çim ve otsu bitkilerin odunsu bitkilere oranla sıcaklığa çok az etki ettiği oldukça önem taşımaktadır. Köklü ağaçların kesilmesi ve yerine çim alanların yapılması iklimsel açıdan negatif etkiler yaratmakta, fakat beton yüzeyler yerine yapılacak olan bitkisel düzenlemeler çok daha olumlu etkiler sağlamaktadır (Kuşçu Şimşek, 2013). Dolayısıyla kent içinde bina çevresi ve kaldırım üzerlerinde yer alan ağaçların su tutma kapasitesi yüksek bodur ağaçlardan seçilmesi de oldukça önem taşımaktadır.

Sokak ağaçlarının soğutma etkisi parklara göre daha az olmakla birlikte, yine de önemli bir etkiye sahip olabilmektedirler (Kleerekoper ve diğ., 2012). Wang ve Akbari (2016a), sokak ağaçlarının hava sıcaklığını 0,2–0,3 °C, ortalama radyant sıcaklığı 1,1–3 °C ve PET'i 0,1-0,4 °C azaltabileceğini göstermiştir. Ayrıca kentlerde yeşil çatılar uygulandığında ortalama hava sıcaklığındaki azalma 0,3 ile 3,0 °C arasında olabilmektedir. Bu yeşil çatı yüzeyinin miktarı da soğutma etkisinde belirleyici bir faktördür (Santamouris, 2014). Aynı zamanda yeşil çatılar, bina enerji performansını ve dış mekânların çevre koşullarını iyileştirmektedir (Gago ve diğ., 2013).

Ağaçların su tutma özellikleri de kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında göz önüne alınmalı, su tutuculuğu yüksek ağaç tipleri tercih edilmeli, ağaçların dikiminin doğru yerlere yapılması gerekmektedir. Bölgeye uygun ağaç türleri, doğru yerlerde konumlandırıldığında 1-5 °C arasında düşüşler olabilmektedir (Manning, 2008). Bitkilerin seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise, alerjik reaksiyonlara neden olabilecek ve polen üretimi yapabilen bitkilerin tespit edilmesi ve bu bitkilerin yaya tarafından yoğun kullanıma sahip alanlarda tercih edilmemesidir (Kuttler, 2011).

Kentlerde yeşil alanların artırılması için kentsel tasarımcılar ve mimarlar tarafından yeşil çatılar ve yeşil duvarlar son yıllarda sıklıkla tercih edilmeye başlamıştır. Hatta bazı ülkelerde bu sistemlerin kullanımı ile ilgili bazı yönetmelikler belirlenmiştir. İsviçre ve Tokyo'da yapılan yeni binalar için binanın kapladığı alanın %20'si kadar çatı bahçesi yapılması zorunlu hale getirilmiştir (Şimşek ve Şengezer, 2012). Singapur'da yapılan bir araştırma, çatı bahçesinin üzerindeki ortalama radyant sıcaklığın, beton bir çatıdan önemli ölçüde daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışma aynı zamanda soğutma potansiyelini artırmak için düşük albedo malzemeleri olarak bitkilerin seçimi için bir tahmin modeli sağlamıştır (Tan ve diğ., 2015).

Tüm bunların dışında yeşil alanlar, ısıtma ve soğutma giderlerinin azalmasını, hava kalitesinin artmasını, CO₂ ve O₂ dengesinin sağlanmasını, sera etkisinin önlenmesini, su dengesinin sağlanmasını, biyoçeşitliliğin artmasını, rekreasyon alanının artmasını, ses ve rüzgâr yalıtımının sağlanması, görsel değeri artırması ve kentlinin sağlığını olumlu yönde etkilemesi gibi birçok olumlu özelliği sayesinde yaşam koşullarını ve konforu arttırmaktadır.

2.2.6.2. Kentsel geometrinin düzenlenmesi

Binaların formu, konumları, yönelimi ve mekânsal düzenlemeleri mikro klimayı etkilemektedir (Chatterjee ve diğ., 2019). Bu nedenle son yıllarda, kentsel ısı adasının etkisini azaltmak, güneş ışınımının emilimini kontrol etmek ve nemin kullanılabilirliğini arttırmak için (Levinson ve diğ., 2007), kentsel geometrideki değişikliklere odaklanılmıştır (Synnefa ve diğ., 2006; Bonamente ve diğ., 2013).

Kentsel ısı adası etkisinin azaltılabilmesi için kentlerdeki hava akımlarının sağlanabilmesi, gelen rüzgârın kesilmeden devam ederek kenti soğutabilmesi gerekmektedir. Bu durumda kent içinde bulunan binalar ve yolların rüzgâra göre konumlanması önem arz etmektedir.

Kentsel yeşil alanın mekânsal örüntüsüne ek olarak, kentsel morfoloji (kentsel alan büyüklüğü, kentsel alan şekli) de kentsel ısı adası etkisini önemli ölçüde etkilemektedir (Imhoff ve diğ., 2010; Zhang ve diğ., 2012; Debbage ve Shepherd, 2015; Tan ve Li, 2015; Cui ve diğ., 2016; Li ve diğ., 2017). Bu iki strateji (kentsel yeşil alan ve kentsel morfolojiyi yönetmek) birbirini tamamlayıcı olduklarından, bunların kentsel ısı adası azaltma etkilerini araştırmak büyük önem taşımaktadır.

2.2.6.3. Yüzeylerin termal iletkenliklerinin (albedo) değiştirilmesi

Sert ve geçirimsiz yüzeyler (araç ve yaya yolları, binalar, vb.) kentin önemli bir yüzdesini kaplamaktadır. Bu yüzeyler, güneş radyasyonunu emerek bu enerjiyi kaldırım yüzeyinde depolar ve gece saatlerinde kızılötesi radyasyon ve konveksiyon yoluyla çevrelere bırakır. Sonuç olarak, kentsel atmosferin en alt katmanlarının hava sıcaklığını etkileyerek kentsel ısı adası etkisinin oluşumuna katkıda buldukları için bu yüzeylerin termal özellikleri çok önemlidir (Asaeda ve diğ., 1996; Pomerantz ve diğ., 2000; Voogt ve Oke, 2003). Kentsel alanlar genellikle kırsal alanlara kıyasla güneş ısını daha az yansıtılabilen yollar, çatılar ve kaldırımlar gibi düşük albedo yüzeylere sahiptir. Bu nedenle kentsel yüzeyler, yüksek yüzey sıcaklıklarına ve sonuç olarak yüzeysel kentsel ısı adası oluşumuna yol açan çok fazla ısıyı emer. Kentsel malzemelerin özellikleri, özellikle güneşten gelen radyasyonunun nasıl yansıtıldığını, yayıldığını ve emildiğini belirlediklerinden, kentsel ısı adası gelişimini de etkilemektedir.

Küresel ölçekte, artan kentsel albedo, artan sera gazı konsantrasyonlarının etkilerini bir dereceye kadar karşılayarak, yüzey-troposfer sistemi tarafından gelen güneş radyasyonunun daha az emilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca, soğuk malzemelerin kent ölçeğinde uygulanması, potansiyel olarak hava kirliliğini hem doğrudan hem de dolaylı olarak azaltmaktadır (Rosenfeld, 1996). Hava kirliliğinin doğrudan azaltılması, daha az soğutma enerjisi kullanılmasından kaynaklanmaktadır; bu nedenle daha az enerji santrali emisyonu (CO₂ ve PM10 parçacıkları) üretilmektedir. Dolaylı hava kirliliği azalmaları da, ozon oluşumunun reaksiyonunlarını azaltarak düşük kentsel hava sıcaklıklarında duman oluşumu (sis) olasılığını azaltır (Taha, 1997b).

Geçtiğimiz on yıl boyunca, yansıtıcı malzemeler, yüksek optik ve termal performansa sahip malzemeler, yeşil çatılar, serin çatılar ve kaldırımlar dâhil olmak üzere, kentsel ısı adası etkisini azaltmak için çeşitli stratejiler önerilmiş, geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Geleneksel malzemelere ek olarak retroreflektif (yansıtıcı) yüzeyler, özellikle yaz aylarında, kentsel ısı adasının etkisinin azalması, kentsel iklimin iyileşmesi ve soğutma için harcanan enerji ihtiyacının en aza inmesini sağlamaktadır (Rossi ve diğ., 2014). Çatılar ve kaldırımlar üzerinde yansıtıcı malzemeler kullanılarak yapılan 75 simülasyon çalışması sonucunda hava sıcaklığında ortalama olarak 1,4-3,4 K düşüş olduğu görülmüştür (Santamouris ve diğ., 2017). Aynı çalışmada, serin çatılarda ve serin kaplama teknolojilerinde albedoda %10 artışla hava sıcaklığında sırasıyla ortalama olarak 0,23 K ve 0,27 K düşüşleri gözlenmiştir. Bununla birlikte, yansıtıcı yüzey sistemlerinin soğutma faydalarının yaygın olarak kabul edilmesine ve yansıtıcı çatı ve kaldırım malzemeleri kullanılarak sayısız büyük ölçekli projelerin uygulanmasına rağmen (Pisello, 2017), bu sistemlerin dış mekân termal konforu nasıl etkilediklerine dair daha ayrıntılı çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır (Yang ve diğ., 2015; Lee ve Mayer, 2018; Lontorfos ve diğ., 2018).

Meteorolojik simülasyonlardan elde edilen sonuçlar, şehirlerin çatı kaplama ve döşeme malzemelerinin albedosunu artırarak ve kentsel alanları yeniden ağaçlandırarak kentsel hava sıcaklıklarını 2-4 K arasında azaltabileceğini göstermektedir (Taha, 1997b). Akbari ve diğ. (2009), dünya çapında tüm kentlerde kaldırım albedosunu 0,15 oranında artırmanın, küresel karbondioksitte (CO₂) azalma sağlayabileceğini tahmin etmişlerdir. Santamouris ve diğ. (2012) bir parkta 4500 m² yüksek albedolu kaldırım kullanımının etkisini incelemişlerdir. Tipik bir yaz gününde, zemin yüzey sıcaklığı 12 °C düştüğünde hava sıcaklığının 1,9 °C düştüğünü ve kentsel alanlarda termal koşulları iyileştirmek için yansıtıcı kaplama malzemelerinin kullanılmasının etkili bir strateji olduğunu kanıtlanmışlardır. Millstein ve Menon (2011), ABD'de de gerçekleştirdikleri bir çalışmada kentsel alanlarda çatı albedosunun 0,25 ve kaldırım albedosunun 0,15 artırılarak, kentsel mekânlarda yaz mevsiminde öğleden sonraki sıcaklığın 0,53 °C kadar azaltılabileceğini bulmuşlardır. Akbari ve Konopacki (2005) ABD'deki 240 bölge için ısı adası azaltma stratejilerinin (soğuk malzemelerin uygulanması ve bitki örtüsünün artırılması) uygulanmasından kaynaklanan soğutma enerjisi tasarruflarını hesaplamışlardır. Konut binaları için soğutma enerjisi tasarrufunun %12 ile %25 arasında, ofis binaları için %5 ile %18 arasında ve ticari binalar için %7 ile %17 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Rosenfeld (1996), yaygın olarak kullanılan 93 dış mekân kaplama malzemesi kullanarak gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada, açık renkli karoların koyu renkli karolara göre daha soğuk olduğunu tespit etmiştir. Todhunter (1990) göre, 0,61 albedolu beyaz bir yüzey ortam havasından sadece 5°C

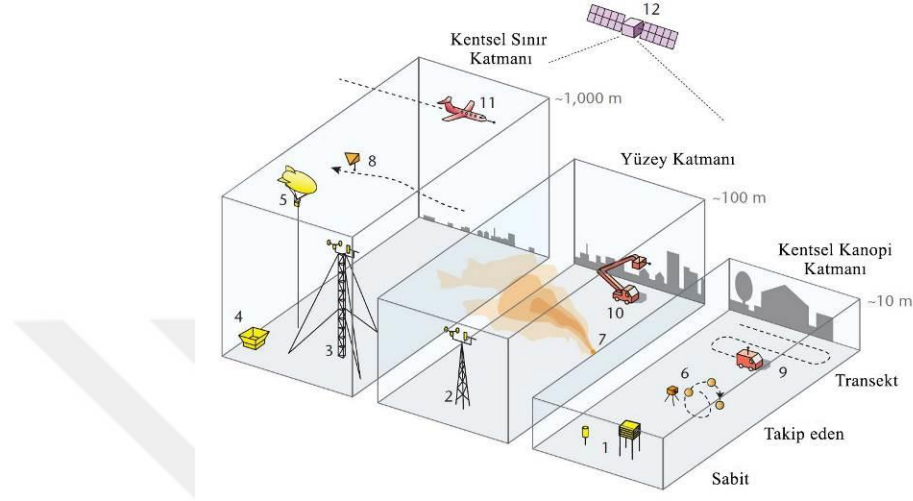
daha sıcakken, 0,09 albedolu geleneksel çakıllı yüzey havadan 30°C daha sıcaktır. Bina ölçeğinde ise, birçok çalışma, yüksek yansımaya malzemelerinin bina soğutma enerjisi talebini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Synnefa ve diğ., 2007; Zinzi, 2010; Boixo ve diğ., 2012; Romeo ve Zinzi, 2013; Pisello ve Cotana, 2014; Zinzi, 2016; Kolokotroni ve diğ., 2018; Rosado ve Levinson, 2019).

Daha yüksek yüzey albedosunun yüzey sıcaklığı ve kentsel ısı adası etkisini azaltma üzerindeki olumlu etkisi, dünyanın farklı bölgelerinde geniş çapta gösterilmiştir (Santamouris, 2014; Kyriakodis ve Santamouris, 2018; Morini ve diğ., 2018; Taha ve diğ., 2018; Krayenhoff ve diğ., 2021). Albedo değerlerinin özellikle termal konfor üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu da birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Wang ve Akbari, 2016a; Wang ve diğ., 2016a; Taleghani ve Berardi, 2017). Bina kabuğunda soğuk malzemelerin kullanılması, aynı zamanda, yaz aylarında iç mekân termal koşulları üzerinde faydalı bir etkiyle, duvarlar ve çatılardan olan ısı transferini de azaltır (Pisello ve diğ., 2017; Kolokotroni ve diğ., 2018; Rosado ve Levinson, 2019; Guo ve diğ., 2020). Ancak, artan sayıda çalışma, kaplamanın güneş yansımalarını artırmanın yaz dış mekân termal konforu üzerinde etkisiz ve hatta zararlı olduğunu bildirmektedir (Pearlmutter ve diğ., 2006; Lynn ve diğ., 2009; Erell ve diğ., 2014; Salata ve diğ., 2015; Alchapar ve Correa, 2016; Middel ve diğ., 2020). Bunun nedeni, kentsel bağlamda, bir kişinin vücudunun ısınmasına katkıda bulunan farklı radyasyon türlerine maruz kalmasıdır; gelen güneş radyasyonu (doğrudan ve dağınık), yansıyan radyasyon (yerden ve dikey yüzeylerden) ve uzun dalga radyasyonu. Bununla birlikte, bazı araştırmalar, yolların ve cephelerin yansımalarının arttırılmasının, yayalara ve bitişik binalara yansıyan radyasyonun artması nedeniyle sokak seviyesindeki mikro iklim ve bina soğutma yükleri üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabileceğini vurgulamıştır (Erell ve diğ., 2014; Qin, 2015; Nazarian ve diğ., 2019; Middel ve diğ., 2020). Bu durum, artan kentsel albedonun kentte zıt sonuçlara yol açabileceği ve bu kentsel ısı adası etkisini azaltma stratejisini geniş ölçekte benimsemeden önce mikro ölçekler üzerinde denenerik önlemler alınması gerektiği anlamına gelmektedir.

2.2.7. Kentsel ısı adası etkisi ölçme yöntemleri

Kent ikliminin bilimsel analizi, termometre, barometre ve anemometre gibi meteorolojik araçların yaygın olarak bulunmasıyla başlamıştır. 19. yüzyıldan beri kentsel klimatoloji, kentsel alanlardaki enerji akışlarının dengesi ve bunların kırsal çevredeki farklılıklarıyla ilgilenmiştir (Oke, 1988b).

Kentsel ısı adası yoğunluğunun ölçülmesi, türlerine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Şekil 2.20). Yüzeysel kentsel ısı adasının bulunması için, belli bir alanın yüzey sıcaklığının ölçülmesi gerekirken; atmosferik kentsel ısı adasının bulunabilmesi için hava sıcaklığının tespit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.20. Kentsel ısı adası türlerine göre ölçüm yöntemleri (Oke ve diğ., 2017)

Kentsel ısı adası çalışmalarında iki temel araştırma yöntemi vardır: (i) yerinde hava sıcaklığı ölçümleri ve (ii) uydu ölçümlerinden elde edilen yüzey sıcaklığı verileri (Voogt ve Oke, 2003). Atmosferik ısı adaları doğrudan ölçme teknikleri ile meteorolojik istasyon ağlarından elde edilen hava sıcaklıkları kullanılarak tespit edilirken, yüzey ısı adaları ise genellikle hava veya uydu platformunda kullanılan ısı kızılotesi algılayıcılar tarafından elde edilen yeryüzü sıcaklıkları (LST) ile tespit edilmektedir (Yuan ve Bauer, 2007).

Uzaktan algılama ölçümleri: İlk olarak askeri veri toplama aracı olarak kullanılan bu ölçüm yöntemi daha sonrasında kent iklimi çalışmaları da dâhil olmak üzere çeşitli çalışmalarda tercih edilmeye başlanmıştır. Bu sistem, tüm kent veya bazı bölgeler için kentsel ısı adasının modelinin haritalanmasını sağlamaktadır. Coğrafi bir konumun kızılotesi görüntüleri, Landsat gibi uydular veya belirli bir kentin üzerinden uçan uçaklara monte edilen termal kameralardan alınan görüntüler tarafından sağlanabilmektedir. Bu kızıl ötesi görüntülerde parlak renkli alanlar, yollar ve çatılar gibi daha sıcak yüzeyleri, daha koyu renkler ise yeşil alanlar ve su kütleleri gibi daha soğuk yüzeyleri göstermektedir (Sastri ve diğ., 2017). Aslında kent içindeki tüm yüzeylerden yayılan ve yansıyan enerji tespit edilebilmektedir. Yüzey sıcaklıklarının

tespiti için elde edilen verilerin farklı programlarda işlenmesi ile iki ve üç boyutlu sıcaklık dağılımları veya tek boyutlu yüzey sıcaklığı elde edilebilmektedir (Duman Yüksel, 2005).

Uzaktan algılama sistemleri belirli sınırlamalara sahiptir. Birincisi, binaların dış duvarları gibi dikey yüzeylerin termal görüntüleri tespit edilememektedir. Kentsel sıcaklık yalnızca kuşbakışı olarak ölçülebilmekte, ağaçların altında kalan yüzeylerin sıcaklığı tespit edilememektedir. İkincisi; uzaktan algılanan veriler atmosferde iki kez dolaşan radyasyonu temsil eder, çünkü dalga boyları güneşten dünyaya ve dünyadan atmosfere geçer. Bu nedenle, veriler güneş yansıtma ve sıcaklık gibi yüzey özelliklerini doğru bir şekilde tahmin etmek için düzeltilmelidir. Bu yöntem de çok pahalıdır ve atmosferik etkileşimler ve kullanılan aparatın çalışma kabiliyeti gibi çeşitli faktörler nedeniyle kentsel yüzeyin sabit görüntülerini elde etmek çok zordur (Sastri ve diğ., 2017). Fakat kısa vadeli veri toplamalarına rağmen, uzaktan algılama ve havadan yüzey sıcaklığı çıkarımı, daha yüksek bir uzamsal yayılıma sahip veriler üretmektedir.

Saha ölçümleri: Daha küçük bir coğrafi alanda yapılan bir araştırma için uzaktan algılama yöntemlerine kıyasla doğrudan ölçümler daha uygun olabilmektedir. Bu yaklaşımda kentsel alanlardaki yakın yüzey sıcaklığı modelleri ölçülmekte ve çevredeki kırsal alanlarla karşılaştırılmaktadır. Aletler sabit veya mobil istasyonlar olarak kullanılabilir. Bu tür ilk çalışma 1818 yılında Howard tarafından Londra kenti için yapılmıştır. Bu yaklaşımın bazı sınırlamaları da vardır. İlk olarak, ölçüm cihazlarının geliştirilmesi ve kurulması çok pahalı ve zaman alıcı bir iştir. İkincisi, bu tür bir yaklaşımla, sadece sınırlı sayıda parametre eşzamanlı olarak ölçülebilir, bu nedenle bir kentsel alandaki büyüklüklerin üç boyutlu uzamsal dağılımını göstermek çok zordur. Bu ölçümlerin uzun bir süre yapılması gereklidir, böylece öngörülemeyen faktörlerin etkisi iptal edilebilir.

i. Sabit istasyon ölçümleri, bir veya daha fazla sabit konumdan alınan verilerin karşılaştırılmasıdır. Bu ölçüm yöntemi, ısı adalarını analiz etmenin en hızlı ve en yaygın yoludur. Bu yöntem (Kuşçu Şimşek, 2013),

- Bölgesel gelişme bağlamında geçmişten günümüze verilerin karşılaştırılarak ısı adalarının gelişimini değerlendirmek,
- Kentsel ve kırsal meteoroloji istasyonu verilerini karşılaştırılmak ve
- Birden fazla istasyondan alınan veriler kullanılarak bölgesel etkileri tespit etmek için kullanılmaktadır.

ii. Mobil ölçüm yöntemleri (Transekt). bir hava ölçüm cihazı monte edilmiş hareketli bir araçta hava sıcaklığının sürekli olarak ölçülmesidir (Sastri ve diğ., 2017). Bu ölçüm yöntemi genellikle kentsel ve kırsal alanlardan veya farklı arazi kullanım özelliklerine sahip alanlardan oluşmaktadır. Verilerin zamansal olarak yüksek çözünürlüğünü ve maliyet etkinliğini sağlamaktadır. 1998 yılında Berkshire'da bisiklet kullanarak Melhuish ve Pedder bu yaklaşımı kullanan ve gösteren ilk kişilerdir.

Sabit istasyonla yapılan ölçümlere kıyasla daha ekonomik ve kolaydır. Mobil ölçümlerde dikkat edilmesi gereken husus, doğru ölçümler elde edebilmek amacıyla alınan ölçümlerin araç ve yaya trafiğinden en az etkilenmesini sağlamaktır.

Arabalara ölçüm cihazları veya meteoroloji istasyonları monte ederek, hava sıcaklığı hakkında uzun vadeli veriler elde etmek mümkündür, ancak bu yaklaşım sıcaklığın mekânsal dağılımını göstermede oldukça zayıftır (Duman Yüksel, 2005).

Küçük ölçekli modelleme: Bu ölçüm yönteminde kentsel alanın bir prototipi küçük ölçekli bir model olarak hazırlanmıştır. Prototip rüzgâr tünelleri veya dış mekân bazı cihazlar kullanılarak test edilir. Küçük ölçekli modelleme çoğu kentsel iklim çalışmasında matematiksel modelleri doğrulamak, kalibre etmek ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Doğru sonuçlar elde etmek için model ve prototip arasında benzerlik olmalıdır. Bununla birlikte, gerçek atmosfere benzeyen bir termal tabakalaşma deneysel olarak üretmenin maliyeti ve zorluğu ana dezavantajlardan birisidir.

Simülasyon programları: Özellikle son yıllarda teknolojinin gelişimiyle beraber kentsel iklim çalışmalarında bazı yazılım programları kullanılmaya başlanmıştır. Bu yazılımların kullanılması; hem kolay olması hem de maliyetsiz olması açısından birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Aynı zamanda bu programlar tüm kenti modellemeye imkân tanıyarak araştırmacılar için geniş çalışma kapsamı sunmaktadır. Hatta bu programlar kullanılarak mevcut kentlerde yapılan bazı değişimler ile sonuçlar önceden tahmin edilebilmektedir. Bu programların en başında, Envi-met gelmektedir. Özellikle son yıllarda kentsel iklim çalışmalarında en sık kullanılan yazılım olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.3. Dış ortamda termal konfor

Dış ortamda termal konfor, iç mekân konforunun aksine, nispeten yeni bir araştırma alanıdır (Spagnolo ve de Dear, 2003; Johansson ve diğ., 2014). Hâlihazırda toplam dünya nüfusunun %54'ü kentsel alanlarda yaşamaktadır. Ortalama olarak, insanlar zamanlarının %90'ından fazlasını iç mekânlarda geçirmektedir, bu da konforlu

iç mekân termal ortamı yaratmak için enerji tüketiminde bir artışa neden olmuştur. Fakat günümüzde, insanlar dışarıda daha fazla zaman geçirmeye teşvik edilmektedir. Bu nedenle, son birkaç yılda termal olarak konforlu dış mekân alanlarının planlanmasına artan bir ilgi ortaya çıkmıştır.

İnsan biyometeorolojisi, atmosferik ortamın insanlar üzerindeki etkilerini inceleyen bilim olarak tanımlanmaktadır (Höppe, 1997). 20. yüzyılda, insan biyometeorolojisi, insan enerji dengesi modellerine ve nicel istatistiksel yöntemlere dayanan bir doğa bilimi olarak kabul edilmiştir (Höppe, 1997; Blażejczyk, 2011; McGregor, 2012). İnsan termal konforunun değerlendirilmesi, küresel çevresel değişikliklerle ilgili artan endişe nedeniyle biyometeorolojide gelişen bir alan haline gelmiş (McGregor, 2012) ve 2000'lerin başından beri, yeni bir biyometeoroloji alanı olarak dış ortamlardaki insan termal konforuna çok fazla ilgi gösterilmiştir (Nikolopoulou ve diğ., 2001; Givoni ve diğ., 2003). İnsan ısı konforu, “ısı ortamdan duyulan memnuniyeti ifade eden ruh hali” olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE, 2004). Bu tanıma göre insanın termal konforu öznel bir duyumdur ve kişiden kişiye farklılık göstermektedir (Nikolopoulou ve Lykoudis, 2006). Bununla birlikte, insanların termal konfor hissi, insanların yaşadıkları kentin iklimine ve kültürel geçmişlerine bağlı olarak oldukça çeşitlenebilmektedir (Salata ve diğ., 2016). Her kentin bağlamı benzersizdir ve bu nedenle sağlıklı kentler oluşturmak için o kente özgü saha çalışmaları gerçekleştirilmek önem arz etmektedir.

Dış ortam ısı konforunun tahminindeki zorluklar, davranışsal, sosyal, fizyolojik adaptasyon ve iklimlendirme gibi faktörlerdir (Knez ve Thorsson, 2008). Bu nedenle, aynı mikro iklim koşullarının varlığında, farklı Köppen-Geiger sınıflandırmasına sahip bölgelerde yaşayanlar arasında farklı bir termal algı ölçülmektedir (Köppen ve diğ., 2011).

Rahat ve sağlıklı bir mikro iklim koşullarının oluşturulabilmesi için zorluklardan biri olan kent planlamasının; fiziksel, çevresel, ekonomik ve sosyal yönleri dikkate alınarak yapılması gerekmektedir (Hass-Klau, 1993; Hakim ve diğ., 1998). Dış ortamın optimize edilmiş tasarımı sadece kentin yaşanabilirliğini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda iç mekânlarda harcanan süreyi kısaltarak binaların ısıtma ve iklimlendirme enerji tüketiminden tasarruf sağlar. Bu nedenle dış ortam termal ortamının doğru bir şekilde değerlendirilmesi için uygun dış ortam termal konfor modellerinin kullanılması gerekmektedir.

Dış ortam ısı konforu, bir alanın yaşanabilirliğini ve gerçekleştirilen ticari ve rekreasyonel aktivite sayısını etkileyen temel faktörlerden biridir (Givoni ve diğ., 2003; Spagnolo ve de Dear, 2003). Ayrıca konforlu mikro-meteorolojik koşullar, insanların dışarıda geçirdikleri zamanı artırabilir ve klima kullanımının azalması nedeniyle enerji tasarrufu sağlayabilir (Lai ve diğ., 2014). Ek olarak, mikro iklimin insan sağlığı üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır (Kovats ve Hajat, 2008).

Birçok çalışma, dış mekânda termal konforun değerlendirmesinde insan psikolojisine odaklanmıştır (Nikolopoulou ve Steemers, 2003; Nikolopoulou ve Lykoudis, 2006; Knez ve diğ., 2009). Dış ortamda psikolojik mekanizmalar, termal konforun nesnel ve öznel değerlendirmesine %50'ye kadar katkıda bulunabilmektedir (Nikolopoulou ve Steemers, 2003).

Dış mekân termal konforu ve termal algıyı değerlendirmek için araçlar ve metodolojiler geliştirmek gerekmektedir. Bu araçlar, kentsel dokuyu karakterize eden kentsel mobilya ve malzemelerin doğru bir şekilde planlanmasına (Rosso ve diğ., 2016), kentsel yeşillendirmenin (Salata ve diğ., 2015; Salata ve diğ., 2016) tanıtılmasına yol açmalıdır. Geçtiğimiz yüzyılda, insanlar için termal koşulları değerlendirmek, termal konforu tanımlamak ve termal stresi sıralamak amacıyla birçok araştırma çalışması yapılmıştır. de Freitas ve Grigorieva (2017), dünya çapında geliştirilen 165 farklı termal indisin bu çalışmalarda kullanıldığını tespit etmiştir.

2.3.1. Ortalama radyant sıcaklık (MRT / T_{mrt} / Mean radiant temperature)

PET değerinin hesaplanmasında kullanılan ortalama radyant sıcaklık parametresi, çevreden yayılan ısı enerjisi olarak tanımlanmaktadır. İnsan vücudu ve çevresi arasındaki ışımsal ısı alışverişini kısa dalga ve uzun dalga ışıma akıları aracılığıyla iletmektedir (Alkhoufiri ve diğ., 2022). Diğer bir tanımla, T_{mrt} , PET indisinin hesaplanmasında kritik bir faktördür. Ortalama radyant sıcaklık, "insan vücudundan radyant ısı transferinin, üniform olmayan gerçek mahfazadaki radyant ısı transferine eşit olduğu hayali bir mahfazanın üniform sıcaklığı" olarak tanımlanır. T_{mrt} , insan enerji dengesini yöneten önemli meteorolojik parametrelerden biridir (Das ve diğ., 2020). Isı kaynaklarından ışıma yolu ile yayılan radyant ısı glop termometre ile ölçülmektedir. Glop termometre ince ve dış yüzü mat siyah boya ile boyanmış 15 cm çapında bakır bir küre merkezine yerleştirilmiş bir kuru termometreden oluşmaktadır.

Diğer bir tanımla çevreden yayılan ısı enerjisi olarak tanımlanmaktadır. İnsanların radyasyonu nasıl deneyimlediğini gösteren sayısal bir temsildir. Bu bağlamda

MRT, dış ortamdaki bir kişi için geçerlidir ve maruz kaldıkları doğrudan, yayılan ve yansıyan termal ve güneş radyasyonunun bir fonksiyonudur.

Dış termal ortam için T_{mrt} 'yi hesaplamak için, integral radyasyon yöntemleri (Thorsson ve diğ., 2007), küre termometreler (Lau ve diğ., 2019; Banerjee ve diğ., 2020) ve Rayman yazılımı (Matzarakis ve diğ., 2006; Lee ve Mayer, 2016) kullanan simülasyon gibi çeşitli yöntemler de kullanılmıştır.

2.3.2. Dış ortamda termal konfor çalışmalarında kullanılan indisler

İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı alışverişinden kaynaklanan algıyı tahmin etmek için farklı indisler ve modeller geliştirilmiştir. Bunların çoğu, iç ortamlardaki termal algıyı değerlendirmek için oluşturulmuş ve bazı ayarlamalardan sonra dış ortamlar için de kullanılabilir hale getirilmiştir (Epstein ve Moran, 2006; Blazejczyk ve diğ., 2012; Johansson ve diğ., 2014). Dış ortam koşulları, iç ortamdaki çok daha karmaşık olduğu için bazı sorunlara neden olmuştur. Örneğin, meteorolojik değişkenlerin uzamsal ve zamansal mikro-iklimsel varyasyonları genellikle çok büyüktür. Zorluğun diğer nedenleri arasında dış mekânlarda iklim kontrolünün olmaması, deneğin fiziksel, sosyo-kültürel adaptasyonu ve dış ortamdaki kullanıcıların geniş çeşitlilik göstermesi sayılabilmektedir. Bu nedenle, iç mekân için oluşturulan indislerin doğrudan dış ortam koşullarında kullanılması hatalara neden olmaktadır.

20. yüzyılda, dış mekân insan termal indislerin ayarlanması, iklim odalarındaki deneylere ve insan enerji dengesi hesaplamalarına dayanmaktaydı (Blazejczyk ve diğ., 2012; Fiala ve diğ., 2012; Enescu, 2017). Daha sonra, yerel iklim koşullarına göre indislerin değiştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmış ve bunlar farklı coğrafi konumlara uyarlanmış ve kültürel davranışa göre değiştirilmiştir.

Daha önceki indisler esas olarak, çalışanlarının veya personelinin üretkenliklerini ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyebilecek ve hatta hayatta kalmalarını tehdit edebilecek aşırı hava koşullarında aktif olması gereken endüstriler ve askeri ordu için geliştirilmiştir (Epstein ve Moran, 2006). Buna göre bu çalışmalar ağırlıklı olarak halk sağlığı, tıp, fizyoloji, biyometeoroloji ve mühendislik alanlarından araştırmacılar tarafından yürütülmüştür. Dolayısıyla, daha önceki termal indisler, iklimlerin sıcak ve soğuk stres gibi insanlar üzerindeki olumsuz etkilerine odaklanmıştır. Bu nedenle, ilk bilimsel yaklaşım, bazıları sıcak koşullara daha uygun olan indislerin geliştirilmesine yol açan, insanlar için konfor veya rahatsızlık termal

koşullarının tanımlanmasına odaklanmıştır (D'ambrosio Alfano ve diğ., 2011; Tahbaz, 2011).

Termal konfor ile ilgili günümüzde yaygın olarak kullanılan dört farklı indis bulunmaktadır.

Standart Etkili Sıcaklık (Standard Effective Temperature / SET), bir denegin ilgili aktivite için standardize edilmiş giysiler giyerken, gerçek test ortamındaki ile aynı ısı stresine ve termoregülatuar gerilime sahip olacağı %50 bağıl nemde izotermal bir ortamın eşdeğer sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır (Gagge ve diğ., 1986; Xi ve diğ., 2012).

Tahmini Ortalama Puan (Predicted Mean Vote / PMV), tanıtılan ilk indislerden biridir ve ilk olarak 1565 görüşmeciye gönderilen anketler aracılığıyla iç ortamlar için geliştirilmiştir. Asıl amaç, iklimlendirme mühendislerine konforlu ortamların gerçekleştirilmesi sırasında onlara yardımcı olabilecek bir araç sağlamaktır.

Evrensel Termal İklim İndeksi (Universal Thermal Comfort Index / UTCI), bir referans kişinin gerçek ortamla aynı fizyolojik tepkisini sağlayan bir referans ortamın eşdeğer ortam sıcaklığı (°C) olarak tanımlanmaktadır (Blazejczyk ve diğ., 2012). Çok düşük bir insan termoregülasyon modeli aracılığıyla mikrometeorolojik koşullar tarafından belirlenen fizyolojik yanıtı değerlendirmektedir (Fiala ve diğ., 2001). Tüm iklim bölgeleri ve mevsimlerdeki değerlendirmeler için uygundur (Blazejczyk ve diğ., 2012; Jendritzky ve diğ., 2012).

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (Physiological Equivalent Temperature / PET), standartlaştırılmış bir iç mekân ortamında yeniden üretmek için gereken hava sıcaklığına ve standart bir kişi için değerlendirilen koşullar altında gözlemlenen çekirdek ve cilt sıcaklıklarına eşdeğer olarak tanımlanır (Höppe, 1999). 0,9 clo'luk bir termal giysi yalıtımı ve bazal metabolik hıza eklenmesi gereken 80 W'lık bir metabolik hız (hafif bir aktivitenin temsili değeri) varsayılmaktadır. PET değeri bulunurken; ortalama radyant sıcaklık değeri kullanılmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık (T_{mrt}), özellikle sıcak ve güneşli hava koşullarında termal konforun değerlendirilmesinde en önemli değişkenlerden biridir (Mayer ve Höppe, 1987). Bu terim, insan vücudundan ışıma ısı transferinin, gerçek ve düzgün olmayan mahfazadaki radyant ısı transferine eşit olduğu hayali bir mahfazanın muntazam sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE, 2004) ve belirli bir ortamda kısa ve uzun dalga radyasyon akıları yayan (doğrudan, dağınık, yansıyan ve yayılan) insan vücudunun tüm etkilere maruz kalmasını açıklamaktadır.

PET indisi termal konfor çalışmalarında en sık kullanılan indistir. Bunun nedenleri;

- PET sıradan bir kişinin karmaşık dış mekân termal koşullarının bütünleyici etkisini kendi iç mekân deneyimleriyle karşılaştırmasını sağlamaktadır (Nikolopoulou ve Lykoudis, 2006).
- PET, termal stresin ölçümünde yaygın olarak bilinen bir birime ($^{\circ}\text{C}$) sahip olduğu için kabul edilen bir biyo-iklimsel indistir (Gulyás ve diğ., 2006).
- PET indisi termal stresi, insan biyometeorolojik terminolojisine aşina olmayan sıradan kullanıcılar için bile anlaşılır hale getirmiştir (Lin, 2009; Lin ve diğ., 2010).
- PET, mevcut yazılım paketleri (RayMan, ENVI-Met vb.) kullanılarak hesaplanabilmektedir. Almanya Freiburg Üniversitesi Meteoroloji Enstitüsünde geliştirilen ve son zamanlarda radyasyon ve biyoklimatik modellerden biri olarak kabul edilen RayMan modeli kullanılarak PET tahmini oldukça kolaydır (Matzarakis ve diğ., 2007).

PET değeri, Rayman yazılımı (Matzarakis ve diğ., 2007) veya mikroklimayı modelleyen çeşitli simülasyon yazılımları ile hesaplanabilmektedir. Hesaplamalarda kullanılan temel girdiler mikro-meteorolojik ve kişisel verilerden oluşmaktadır. Mikro-meteorolojik veriler sırasıyla; havanın sıcaklığı (T_a), bağıl nem oranı (RH), rüzgâr hızı (W_s) ve özellikle de ortalama radyant sıcaklık değeridir (T_{mrt}). Bunlar yere özgü mikro-meteorolojik değerlerdir. PET değerlerinin hesaplanmasında kullanılan T_a , RH, W_s ve MRT değerleri, bir mikroklima ölçüm cihazı ile yerinde ölçümlerle belirlenebilir. Ya da bölgenin meteorolojik istasyonundan alınan veriler kullanılabilir. Diğer veri türü olan kişisel veriler ise kişinin yaşı, cinsiyeti, boyu, ağırlığı, yaptığı aktivite (metabolizma enerjisi) ve kıyafet durumudur (kıyafetlerin ısı direnci dikkate alınır).

Kent ortamında, bir dış mekânda PET değeri, noktasal olarak hesaplanabilir ve o noktanın çevresel koşullarına bağlı olarak değer alır. Gökyüzü açıklık değeri (SVF), çevresel malzeme bileşeninin yoğunluğu ve özellikleri, kent ortamında değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle farklı noktaların sahip oldukları çevresel özelliklere bağlı olarak mikro meteorolojik değerler de değişkenlik gösterebilmektedir. Sonuçta, kent ortamında farklı mikroklimalar oluşmakta ve beraberinde farklı termal algı kategorileri ortaya çıkmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde kentsel ısı adası etkisinin farklı bölgelerde tespit edilmesi ve karşılaştırılması için öncelikle alan seçimi yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Konya kenti seçilmiştir. Konya, 36°22' ve 39°08' kuzey paralelleri ile 31°14' ve 34°05' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin en büyük yüzölçümüne sahip bir Anadolu kenti olmasının yanında oldukça eski bir tarihe de sahiptir.

Dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası etkisinin tespit edilmesi ve karşılaştırılması için öncelikle Konya kenti içinden farklı alanlar belirlenmiştir. Bu alanların modellemeleri yapılarak ENVI-met simülasyon programı kullanılarak gerçeğe yakın sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Sonraki aşamada bu simülasyonlarda kullanmak için gerekli verilerin elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler;

- Seçilen bölgelerdeki bina boyutları, bina yönelimleri, bina rengi, araç ve yaya yolları, yeşil alanlar, ağaçların boyutu ve cinsi vb. özelliklerin yerinde tespit edilmesi ve fotoğraflanması,
- Mevcut alanlar için duvar, çatı, araç yolu, yaya yolu vb. elemanların malzemelerinin tespit edilmesi,
- Meteorolojik verilerin ilgili birimlerden temin edilmesidir.

3.1. Seçilen çalışma alanları

Kentsel ısı adası konulu ulusal ve uluslararası literatürde sıklıkla tropikal ve sıcak iklime sahip bölgelerin tercih edildiği (Çizelge 3.1), soğuk iklime sahip olan alanların ise bu konuda azınlıkta olduğu görülmüştür (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Uluslararası literatürde yer alan tropikal iklimde çalışılan kentsel ısı adası konulu çalışmalar		
Simulating micro-scale thermal interaction different building environments for mitigating urban heat islands	Chatterjee ve diğ. (2019)	Hindistan
Urban geometry and the micro climate of street canyons in tropical climate	Muniz-Gaal ve diğ. (2020)	Brezilya
Optimizing the effect of vegetation for pedetrian thermal comfort and urban heat island mitigation in a hot arid urban environment	Rosheidat ve Bryan (2010)	Phoenix
Optimizing the effect of vegetation for pedetrian thermal comfort and urban heat island mitigation in a hot arid urban environment	Crank ve diğ. (2018)	Portland
Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials and orientation of	Farhadi ve diğ. (2019)	İran

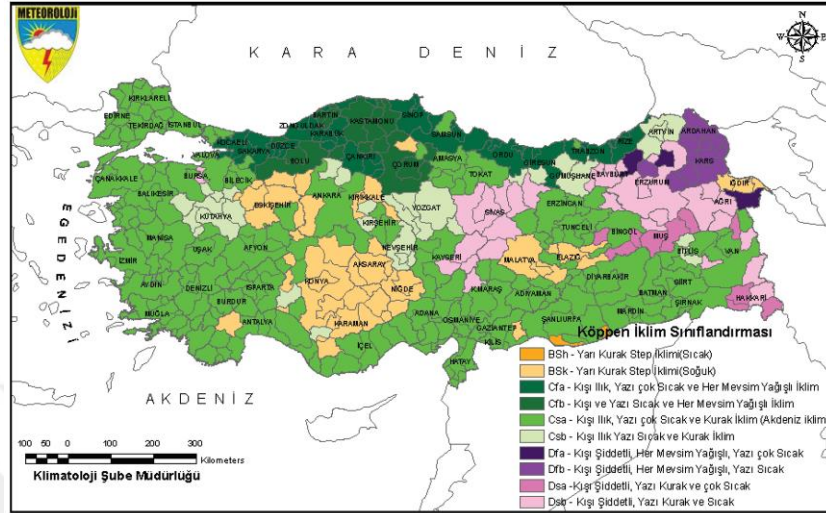
buildings		
Urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE	Taleb ve Abu-Hijleh (2013)	Dubai
Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park	Karimi ve diğ. (2020)	İran
An innovative approach to select urban-rural sites for Urban Heat Island analysis: the case of Turin (Italy)	Bassani ve diğ. (2022)	Torino (İtalya)
Evaluation of mitigation strategies to improve pedestrian comfort in a typical Mediterranean city	Buccolieri ve diğ. (2015)	Lecce (İtalya)
Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong	Aflaki ve diğ. (2016)	Hong Kong Singapur Kuala Lumpur
Urban heat island in Padua, Italy: Simulation analysis and mitigation strategies	Noro ve Lazzarin (2015)	İtalya
Evaluating the role of the albedo of material and vegetation scenarios along the urban Street canyon for improving pedestrian thermal comfort outdoors	Mohammad ve diğ. (2021)	Hindistan
Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong	Jia ve Wang (2021)	Hong Kong
Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon	Fahed ve diğ. (2020)	Lübnan

Çizelge 3.2. Uluslararası ve ulusal literatürde yer alan soğuk iklimde çalışılan kentsel ısı adası konulu çalışmalar

Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates	Salvati ve diğ. (2022)	Londra
Sky View Factor-based correlation of landscape morphology and the thermal environment of street canyons: A case study of Harbin, China	Li ve diğ. (2020)	Harbin-Çin
Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma	Duman Yüksel (2005)	Ankara
Kentsel ısı adası etkisinin yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılarak irdelenmesi: Ankara kent merkezi örneği	Somuncu (2021)	Ankara

Çalışmada, Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına (Şekil 3.1) göre BSk iklimine sahip olan Konya kenti tercih edilmiştir. BSk, soğuk-yarı kurak iklim olarak tanımlanabilmektedir. Yazları genelde kurak ve kışları sert geçmektedir. Konya kentinin

örneklem alan olarak seçilmesindeki nedenlerden en önemlisi, literatürde soğuk iklime sahip örneklem alanının azınlıkta olmasıdır. Aynı zamanda kent içinde farklı birçok kentsel doku barındırmasıdır.



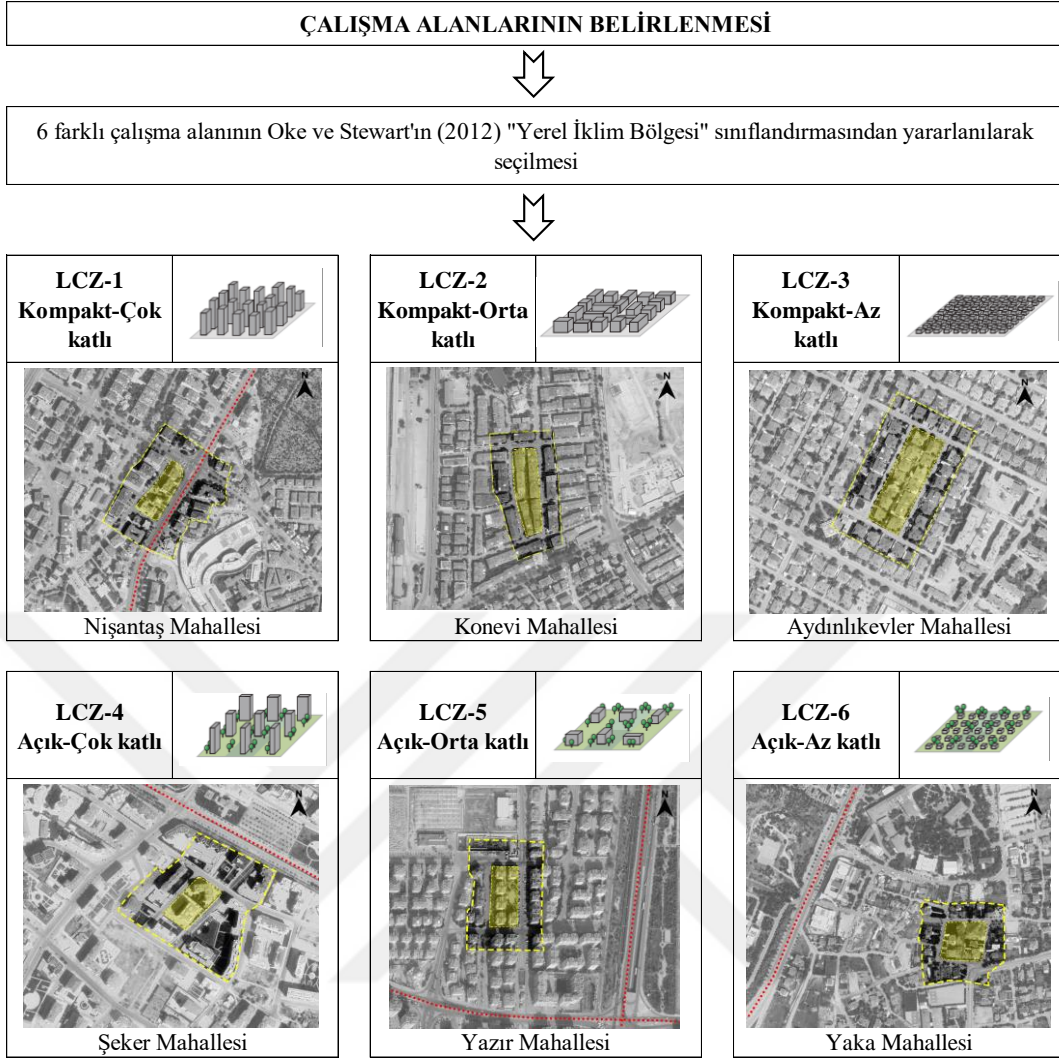
Şekil 3.1. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasında Türkiye’deki kentlerin dağılımı (Bölük, 2016)

Kent iklimi, mekânsal biçim, coğrafi çevre ve iklim koşulları ile yakından ilişkili olduğundan, belirli bir kentsel iklim araştırmasından çıkan herhangi bir sonuç, çoğunlukla yalnızca benzer iklim ve coğrafi bölgeler için geçerlidir. Daha önceki çalışmalara dayanarak, Stewart ve Oke tarafından hazırlanan (Stewart, 2011; Stewart ve Oke, 2012) “Yerel İklim Bölgesi (LCZ) Sınıflandırma” sistemi kentsel alanların çevrelerindeki termal farkını değerlendirmek için kullanılmaktadır (Oke ve diğ., 2017). Bu sınıflandırma sisteminin amacı kentsel ısı adası etkisi araştırmalarında sıcaklık farkı gözlem ve tanımlama yöntemlerinin standardizasyonuna katkı sağlamaktır (Lyu ve diğ., 2019). Sınıflandırma, hem yapılı hem de doğal ortamları kapsamakta ve her bölge, ayırt edici bir yüzeye yakın sıcaklık rejimi ile karakterize edilmektedir (Bassani ve diğ., 2022). Sınıflandırma sistemi iki grup için oluşturulmuştur: LCZ 1-10 yerleşik formu belirtirken, LCZ A-G ise doğal ortamları belirtmektedir. Şekil 3.2, Stewart ve Oke (2012) tarafından tanımlanan LCZ tiplerine genel bir bakış sağlamaktadır. LCZ sınıflandırması, birçok kentte ve iklim bölgesinde hava sıcaklığına veya yüzey sıcaklığına dayalı kentsel ısı adası yoğunluk çalışmaları için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Dian ve diğ., 2020).

Yerel İklim Sınıflandırması	Taban Alanı Katsayısı (%)	Kat Alanı Katsayısı (Emsal) (%)	Kanyon En-Boy Oranı (H/W)	Gökyüzü Görünüm Faktörü	Sertlik Elemanlarının Ortalama Yüksekliği (m)	Isıl Depolama	Antropojenik Isı Akışı Yoğunluğu
LCZ 1 Kompakt Çok Katlı	40-60	40-60	> 2	0.2-0.4	> 25	1,500-1,800	50-300
LCZ 2 Kompakt Orta Katlı	40-70	30-50	0.75-2	0.3-0.6	10-25	1,500-2,200	< 75
LCZ 3 Kompakt Az Katlı	40-70	20-50	0.75-1.5	0.2-0.6	3-10	1,200-1,800	< 75
LCZ 4 Açık Çok Katlı	20-40	30-40	0.75-1.25	0.5-0.7	> 25	1,400-1,800	< 50
LCZ 5 Açık Orta Katlı	20-40	30-50	0.3-0.75	0.5-0.8	10-25	1,400-2,000	< 25
LCZ 6 Açık Az Katlı	20-40	20-50	0.3-0.75	0.6-0.9	3-10	1,200-1,800	< 25
LCZ 7 Hafif Az Katlı	60-90	< 20	1-2	0.2-0.5	2-4	800-1,500	< 35
LCZ 8 Geniş Az Katlı	30-50	40-50	0.1-0.3	> 0.7	3-10	1,200-1,800	< 50
LCZ 9 Seyrek Yapılaşma	10-20	< 20	0.1-0.25	> 0.8	3-10	1,000-1,800	< 10
LCZ 10 Ağır Endüstri	20-30	20-40	0.2-0.5	0.6-0.9	5-15	1,000-2,500	> 300

Şekil 3.2. Yerel iklim bölgeleri sınıflandırması (Stewart ve Oke, 2012'den alınarak Türkçe'ye çevrilmiştir.)

Konya kentinde kentsel ısı adası etkisinin tespit edilebilmesi amacıyla farklı dokuya sahip bölgeler seçilmiştir. Seçilen bölgeler, Stewart ve Oke (2012)'un belirlemiş oldukları “Yerel İklim Bölgeleri”ne göre tespit edilmekte ve kentin tipik farklı dokularından oluşmaktadır. Çalışmada özellikle konut bölgeleri yoğun olarak seçildiği için ilk 6 LCZ bölgesi için değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bölgeler, Konya kent merkezinde yer alan çok katlı-kompakt (LCZ-1), orta katlı-kompakt (LCZ-2), az katlı-kompakt (LCZ-3), çok katlı-açık (LCZ-4), orta katlı-açık (LCZ-5) ve az katlı-açık (LCZ-6) olmak üzere farklı kent dokularına sahip alanlardır. Seçilen bölgelerin taban alanları birbirine yakın tutulmuş ve yaklaşık 7000-9000 m² olması sağlanmıştır. Bu bölgelerin TAKS ve emsal değerleri için yine Stewart ve Oke (2012) belirlemiş oldukları yerel iklim bölgelerinin tipik özellikleri adlı tablosundan yararlanılmış, Konya kentinden bu tablodaki değerlere en yakın TAKS ve emsal değerlerine sahip bölgeler seçilmiştir. Aynı zamanda seçilen bu bölgelerde, esas yapı adasının çevresindeki yapı adaları da simülasyonlarda daha doğru sonuçlar elde edilmesi için değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 3.3). Seçilen 6 farklı bölgenin konumları aşağıdaki haritada yer almaktadır (Şekil 3.4).



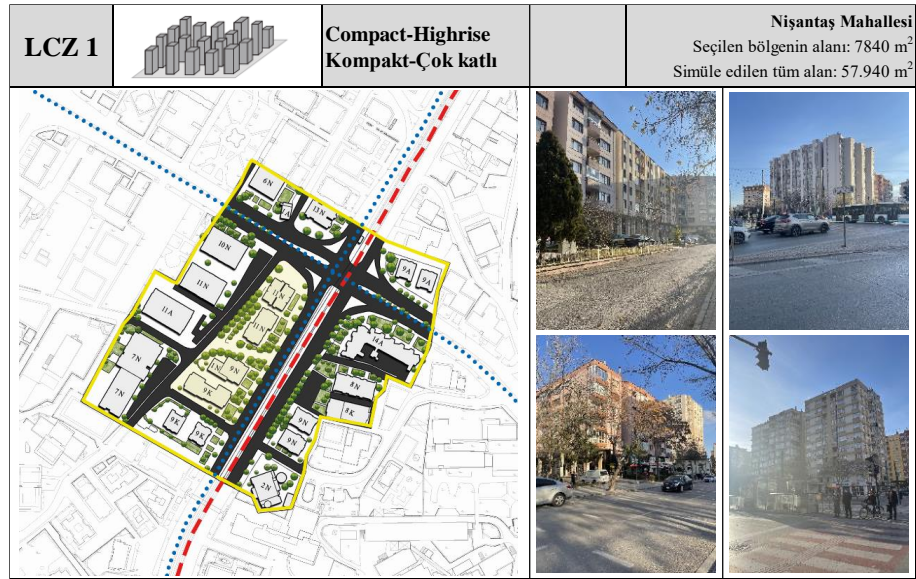
Şekil 3.3. 6 farklı LCZ bölgesinden seçilen örneklem alanlar



Şekil 3.4. Konya kentinde seçilen 6 farklı LCZ bölgesinin konumları

3.1.1. LCZ-1 bölgesi için seçilen “Nişantaş Mahallesi”

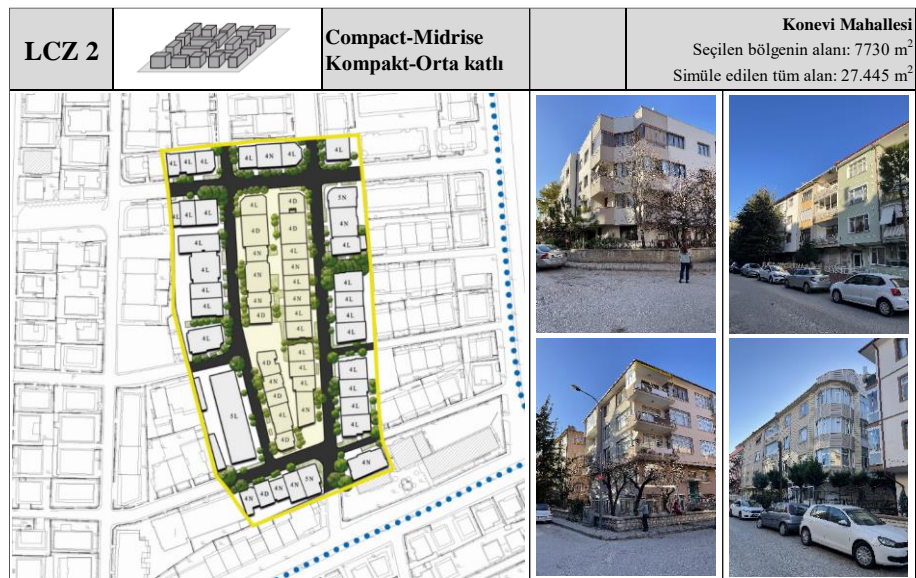
Nişantaş Mahallesi, Konya kent merkezinde yer alan yoğun bir yerleşim bölgesidir. Genellikle konut ve ticaret birimlerinin yer aldığı bu alan içerisinde Nalçacı Caddesi aksı boyunca araç ve tramvay aksı devam etmektedir. Genellikle 9-14 katlı binalar yer almaktadır. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-1 olarak tanımlanan çok katlı ve kompakt (sıkışık) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. LCZ-1 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.1.2. LCZ-2 bölgesi için seçilen “Konevi Mahallesi”

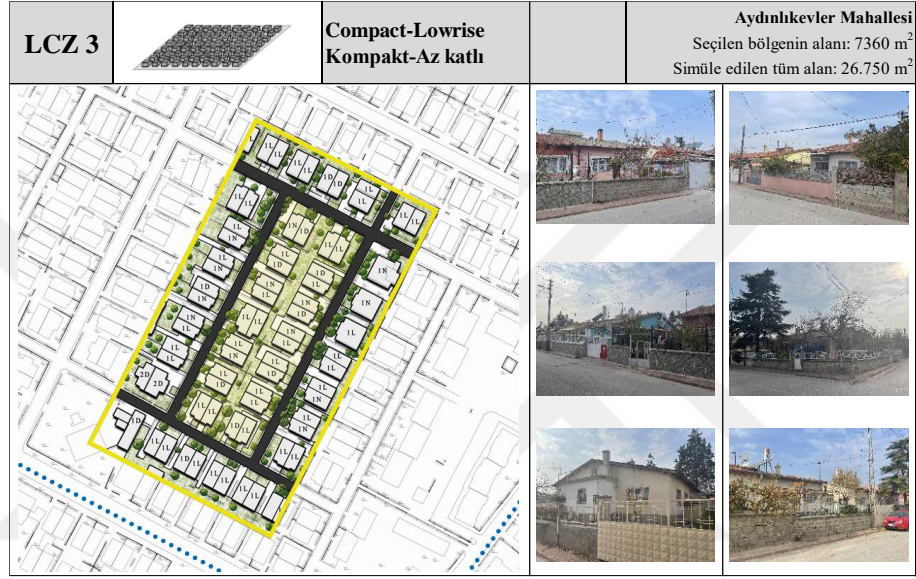
Konevi Mahallesi, Konya kent merkezinde yer alan eski ve yoğun bir yerleşim bölgesidir. Genellikle konut birimlerinin yer aldığı bu alana yakın konumda (alanın batısında) tren hattı devam etmektedir. Bu alandaki binalar genellikle 4 katlıdır. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-2 olarak tanımlanan orta katlı ve kompakt (sıkışık) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. LCZ-2 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.1.3. LCZ-3 bölgesi için seçilen “Aydınlıkevler Mahallesi”


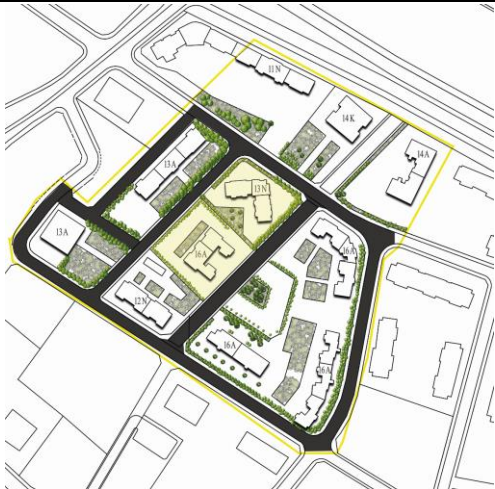
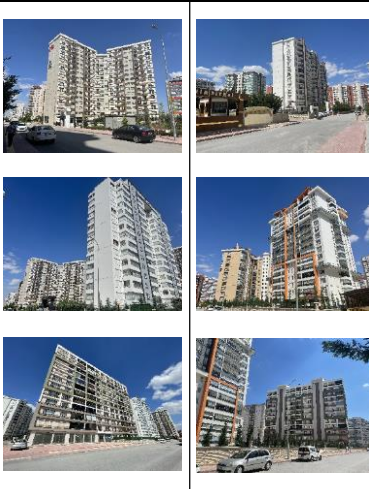
Aydınlıkevler Mahallesi, Konya kent merkezinde yer alan, genellikle tek katlı müstakil konutların bulunduğu bir bölgedir. Bu alan gecekondu önleme bölgesi olarak inşa edilmiştir. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-3 olarak tanımlanan az katlı ve kompakt (sıkışık) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. LCZ-3 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.1.4. LCZ-4 bölgesi için seçilen “Şeker Mahallesi”

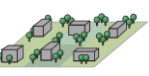


Konya kent merkezinde yer alan Şeker Mahallesi son yıllarda kentsel dönüşüm ile beraber oldukça fazla yapılaşma gösteren, yüksek katlı binaların bulunduğu bir bölgedir. Seçilen yapı adasında bulunan binalar 13-16 katlıdır. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-4 olarak tanımlanan çok katlı ve açık (az yoğun) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.8).

LCZ 4		Open-Highrise Açık-Çok katlı		Şeker Mahallesi Seçilen bölgenin alanı: 7380 m ² Simüle edilen tüm alan: 68.470 m ²
				

Şekil 3.8. LCZ-4 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.1.5. LCZ-5 bölgesi için seçilen “Yazır Mahallesi”

Konya'da üniversite yerleşkesine doğru yerleşim gösteren Yazır Mahallesi, orta katlı kapalı sitelerin, nispeten yüksek katlı kapalı sitelerin ve tekil apartmanların bulunduğu, kent merkezine göre yapılaşma yoğunluğu daha az olan bir bölgedir. Bu bölgeden seçilen yapı adasında bulunan binalar 4 katlıdır. Adanın dört tarafı yollar ile çevrilidir. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-5 olarak tanımlanan orta katlı ve açık (az yoğun) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.9).

LCZ 5		Open-Midrise Açık-Orta katlı		Yazır Mahallesi Seçilen bölgenin alanı: 7350 m ² Simüle edilen tüm alan: 43.300 m ²
				

Şekil 3.9. LCZ-5 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.1.6. LCZ-6 bölgesi için seçilen “Yaka Mahallesi”

Konya'da Meram ilçesinde yer alan bu bölge, genellikle tek ya da iki katlı müstakil ve bahçeli konutların bulunduğu, kent merkezine kıyasla daha fazla yeşil alana sahip bir bölgedir. Bu bölgeden seçilen yapı adasında bulunan binalar 1-2 katlıdır. Adanın dört tarafı yollar ile çevrilidir. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına göre LCZ-6 olarak tanımlanan az katlı ve açık (az yoğun) tanımı ile örtüşmektedir. Seçilen yapı adası (sarı ile taralı olan alan) ve çevredeki yapı adaları (sarı çizgi ile tanımlanmış alan) alttaki şekilde aktarılmaktadır (Şekil 3.10).



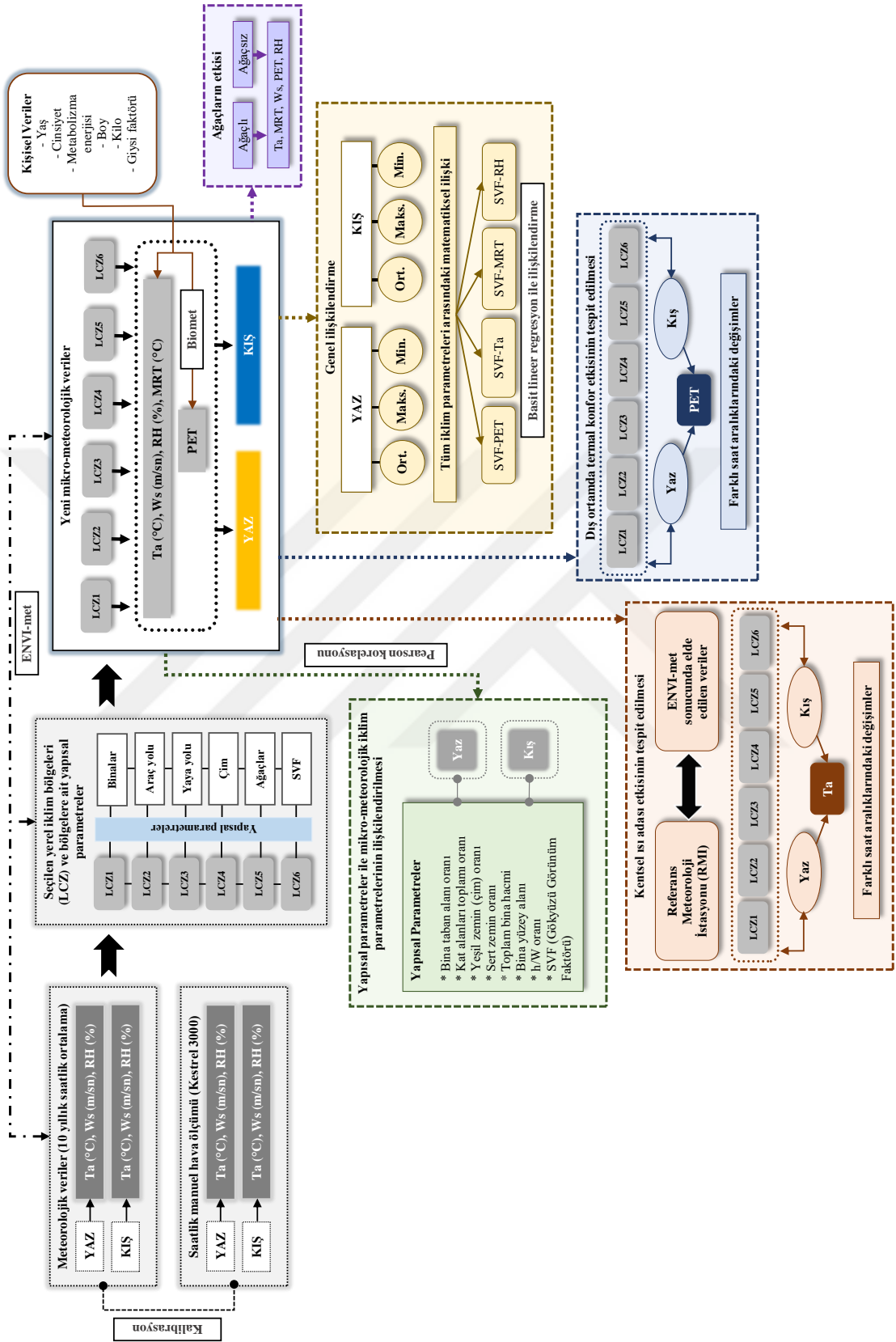
Şekil 3.10. LCZ-6 için seçilen yapı adaları ve alandan görseller

3.2. Çalışmanın yöntemi

“Yerel iklim bölgesi” sınıflandırmasına göre alan seçimlerinin gerçekleştirilmesinden sonra çalışmada altı farklı aşama bulunmaktadır. Bunlar, yerinde saha ölçümleri ve tespitleri, simülasyon öncesi hazırlık ve simülasyonun başlatılması, simülasyon sonrası görselleştirme ve verilerin elde edilmesi, termal konfor değerlerinin elde edilmesi, istatistikî verilerin yardımıyla farklı LCZ bölgeleri için karşılaştırmaların yapılması ve bazı grafiklerin elde edilmesi, elde edilen tüm bulgulara göre yorumlamaların yapılması ve önerilerin geliştirilmesidir. Elde edilen hava sıcaklığı (Ta), rüzgâr hızı (Ws), bağıl nem (RH) ve ortalama radyant sıcaklık (MRT) iklim parametreleri ile yaz ve kış mevsimi için ilişkilendirmeler ve karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu iklimsel parametreler ve kullanıcı verileri ile PET (fizyolojik

eşdeğer sıcaklık) bulunmuş ve dış ortamda termal konfor tespiti yapılmıştır. Aynı zamanda yapısal ve iklimsel parametreler arasındaki ilişkiler de sorgulanmıştır. Çalışmanın makro ölçekte yöntem şeması (Şekil 3.11) ve yöntem akışı (Şekil 3.12) aşağıda yer almaktadır.

Bu çalışmada ENVI-met simülasyon programı kullanılmaktadır. ENVI-met, kentsel ortamlarda atmosferik akış ve ısı transferini çözmek için RANS denklemlerine dayanan bir “Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD)” modelidir. Model ara yüzünün tasarımı, herhangi bir araştırmacının hızlı bir şekilde deneysel bir alan kurabilmesi ve yazılımla simülasyonlar yapmaya başlayabilmesi için yeterince sezgisel ve basittir. Bu nedenle, kentsel çevreye odaklanan çeşitli disiplinlerdeki paydaşlar ve araştırmacılar tarafından (şehir planlama, peyzaj mimarisi, inşaat mühendisliği ve mimar) yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.11. Çalışmanın yöntemini anlatan makro şema

Çalışma alanlarının Stewart ve Oke tarafından belirlenen yerel iklim bölgelerine (LCZ) uygun şekilde belirlenmesi



1. AŞAMA

SAHA ÖLÇÜMLERİ VE TESPİTLERİ

Yerinde ölçümler

Seçilen yerel iklim bölgelerinden ikisinde için yaz ve kış ayında Kestrel 3000 cihazı ile yerinde saatlik hava ölçümlerinin yapılması

Yerinde tespitler

Seçilen alanların tümünde bina boyutları, bina renkleri, sert zeminler, araç ve yaya yolları, yeşil alanlar, ağaçların boyutları ve türleri gibi tespitlerin yapılması


2. AŞAMA

SİMÜLASYON

	Duvar, çatı, araç, yaya yolları ve çim için materyallerin belirlenmesi		Modellemenin yapılması
	Ağaçların türleri ve boyutlarının belirlenmesi		Simülasyon için dosyanın oluşturulması
	Mevcut meteorolojik verilerden ENVI-met için hava dosyasının oluşturulması		Simülasyon dosyasının çalıştırılması


3. AŞAMA

GÖRSELLEŞTİRME

	Simülasyonlar tamamlandıktan sonra ENVI-met modülü "Leonardo"da görselleştirmelerin yapılması ve çizelgelerin elde edilmesi
---	---

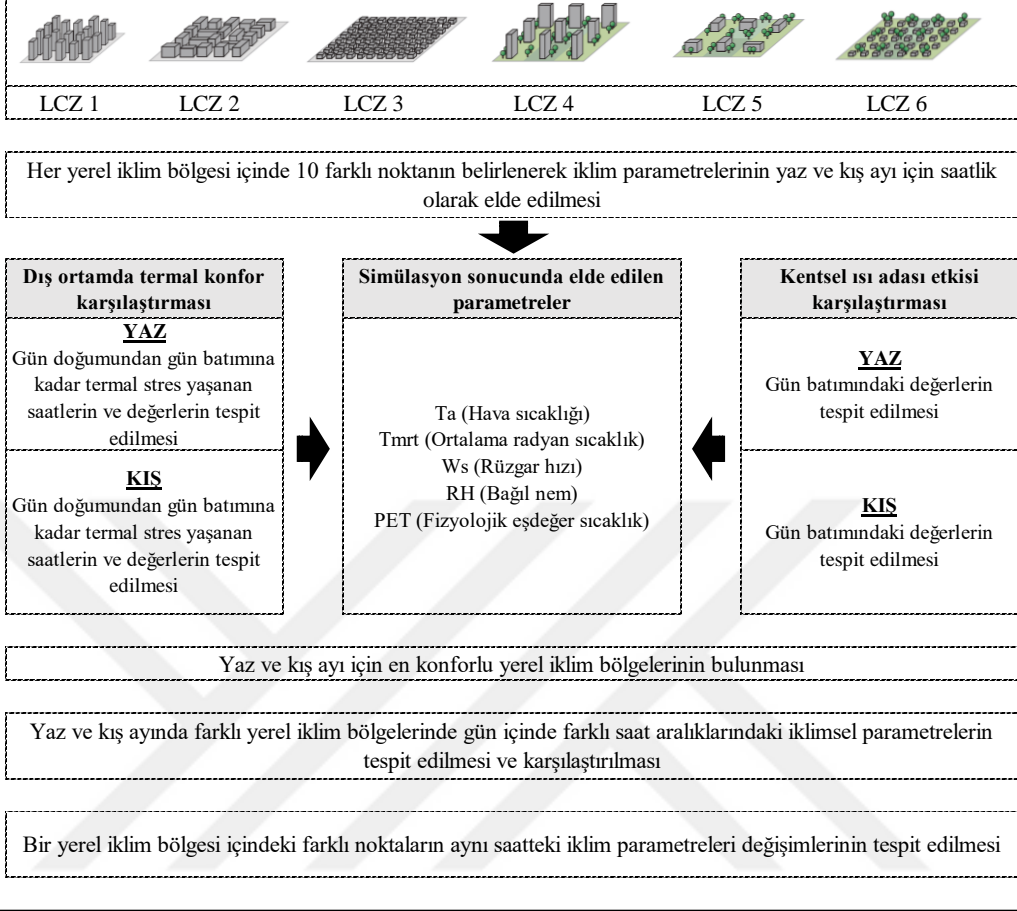
4. AŞAMA

DIŞ ORTAMDA TERMAL KONFOR (PET)

	Simülasyonlar tamamlandıktan sonra ENVI-met modülü "Biomet"te termal konfor analizi için PET değerlerinin elde edilmesi
---	---

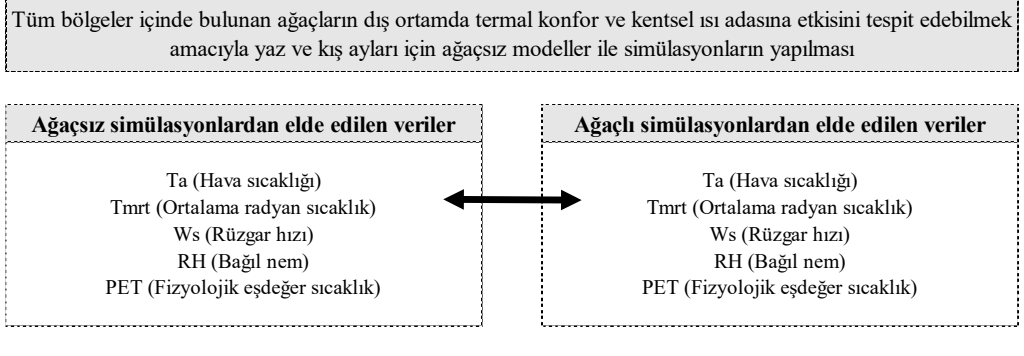
5. AŞAMA

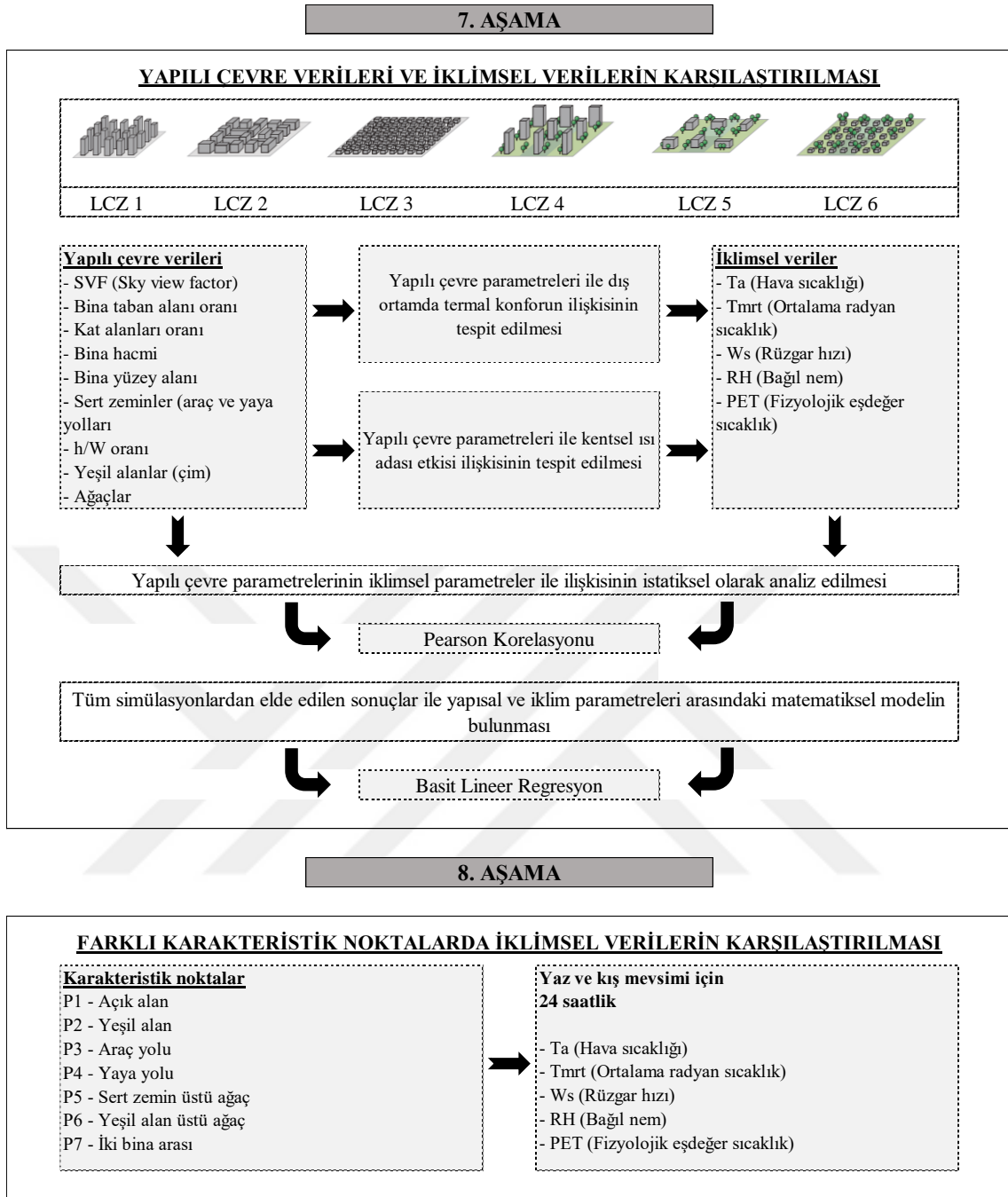
ELDE EDİLEN BULGULARIN KARŞILAŞTIRILMASI VE YORUMLANMASI



6. AŞAMA

AĞAÇLARIN ETKİSİNİN TESPİT EDİLMESİ





Şekil 3.12.Çalışmanın yöntem akışı

3.2.1. Yerde saha ölçümleri ve tespitleri

Çalışmanın ilk aşamasında yaz ve kış ayları için programdan elde edilen veriler ile kalibrasyon yapmak üzere bazı ölçümler alınmıştır. Yaz ve kış ayları için iki farklı LCZ bölgesinden tipik bir nokta seçilmiş ve gün içinde Kestrel 3000 hava ölçüm cihazı (Şekil 3.13) ile 15 dakikada bir manuel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu hava ölçüm cihazı bir tripoda sabitlenmiş ve gün boyunca yerinden oynatılmadan ölçümlerin elde

edilmesi sağlanmıştır. Gerçekleştirilen ölçümler ile hava sıcaklığı (T_a), rüzgâr hızı (W_s) ve bağıl nem (R_h) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.13. Kalibrasyon için yerinde alınan meteorolojik ölçümlerden görseller

Kalibrasyon amacı ile yapılan ölçümlerin detayları alttaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Yerinde saha ölçümlerinin detayları

Dönem	Tarih	Saat aralığı	Bölge
Yaz	10.07.2021	10:00-20:00 (15 dk'da bir)	LCZ-3 (Aydınlıkevler Mahallesi)
Yaz	11.07.2021	10:00-20:00 (15 dk'da bir)	LCZ-2 (Konevi Mahallesi)
Kış	10.01.2022	10:00-20:00 (15 dk'da bir)	LCZ-2 (Konevi Mahallesi)
Kış	19.01.2022	10:00-20:00 (15 dk'da bir)	LCZ-3 (Aydınlıkevler Mahallesi)

Meteorolojik ölçümler dışında, Konya Büyükşehir Belediyesi'nden alınan hâlihazır haritalar ile yerinde tespitler yapılmıştır. Hâlihazır haritada bulunan veriler ile mevcut durum karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda binaların boyutları ve renkleri, yaya-araç yolları, sert zeminler, yeşil alanlar, malzemeler, ağaçların türleri ve boyutlarının tespit edilmesi de yerinde gerçekleştirilmiş ve fotoğraflar ile desteklenmiştir.

3.2.2. Simülasyon öncesi hazırlık ve simülasyonun başlatılması

ENVI-met, Michael Bruse tarafından Bochum Ruhr Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Modelin ilk resmi piyasaya sürülme tarihi 1998 yılına dayanmaktadır ve 2017'ye kadar dünya çapında 1900'den fazla kayıtlı kullanıcı tarafından mikro iklim araştırmaları için kullanılmıştır (Bruse ve Fler, 1998). Kısaca, kentsel ortamdaki karmaşık yüzey-bitki örtüsü-hava etkileşimlerini simüle etmek için tasarlanmış, prognostik, üç boyutlu, ızgara tabanlı bir mikro iklim modelidir ve 0,5 m'den 10 m'ye kadar tipik bir uzaysal çözünürlüğe, 10 saniyelik bir zamansal çözünürlüğe sahiptir (Ozkeresteci ve diğ., 2003). Bu yazılım, bitkiler için tüm fiziksel parametrelerin

simülasyonu dâhil olmak üzere, binalardan ve bitki örtüsünden doğrudan yansıyan kısa ve uzun dalga radyasyon akışlarına göre kentsel iklimi hesaplamaktadır. Minimum simülasyon süresi genellikle altı saattir ve simülasyonu başlatmak için en iyi zaman gece veya gün doğumudur, böylece yazılım güneş radyasyonunu takip ederek daha doğru sonuçlar verebilmektedir.

Modelin öne çıkan en önemli özelliği, karmaşık kentsel geometrileri ve bitki örtüsünü modelleme yeteneğidir ve aynı zamanda araçlardan gelen antropojenik etkiler gibi enerji girdilerine izin vermektedir. Kentsel iklim çalışmalarında ENVI-met'i kullanmaya yönelik genel tercih, modelin karmaşık olmaması, kullanıcı dostu olması (Samaali ve diğ., 2007; Lindberg ve Grimmond, 2011; Elnabawi ve diğ., 2013) ve daha düşük hesaplama maliyetleri dengesinden kaynaklanmaktadır (Chow ve Brazel, 2012; Singh ve Laefer, 2015; Roth ve Lim, 2017). Bir diğer neden ise, atmosferik süreçlerin bitki örtüsü ve toprak nemi değerleri ile dinamik olarak birleştirilmesidir. Yazılım aynı zamanda mahalle boyutuna uyum sağlamak için hücre başına iki metre uzamsal çözünürlük kullanmaya uygundur.

ENVI-met programında gerçekleştirilecek olan simülasyon için, öncesinde bazı hazırlıklar yapılmıştır.

- Database Manager modülünde malzemeler ve detayların programa tanıtılması:

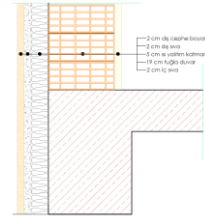
Yerinde yapılan tespitler ile alan içerisindeki elemanların malzeme ve detayları tespit edilmiştir. Bu malzeme detayları için genel bir kabul alınmış ve programa tanıtılmıştır.

Öncelikle alan içerisinde bulunan binaların duvar katmanları için genel bir kabul yapılmıştır. Bu kabuller doğrultusunda, materyallerin fiziksel özellikleri araştırılmış ve malzeme kalınlığı, emilim, iletim, yansıma, emisyon, özısı, termal iletkenlik ve yoğunluk gibi değerleri programa tanıtılmıştır.

En dışta bulunan boya katmanı için ise, alanda bulunan farklı renklere sahip binalar için farklı albedo değerlerine sahip özellikler tanımlanmıştır. Albedo değeri; koyu renkli binalar için 0,30, normal renkli binalar için 0,50, açık renkli binalar için ise 0,70 olarak kabul edilmiştir. Tüm binalar için duvar katmanlarındaki malzemeler ise dış cephe boyası hariç aynı özelliklere sahip kabul edilmiştir. Bunun için Konya kentinde sıklıkla kullanılan duvar katmanı genel kabul olarak alınmıştır. Duvar katmanı dıştan içe doğru sırasıyla dış cephe boyası, dış sıva, ısı yalıtımı, tuğla duvar ve iç sıva şeklinde sıralanmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Duvar katmanı için malzemeler ve özellikleri

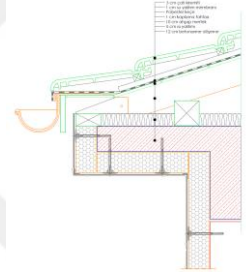
	Dış cephe boyası			Dış sıva	Isı yalıtımı	Tuğla duvar	İç sıva	
	Light Paint (Açık renkli boya)	Normal Paint (Normal renkli boya)	Dark Paint (Koyu renkli boya)	Plaster (Sıva)	Insulation (Isı Yalıtımı)	Brick: Burned (Pişmiş tuğla)	Ortalama değerler	Plaster (Sıva)
Thickness (Kalınlık) / m	0,02	0,20	0,20	0,02	0,05	0,19	0,26	0,02
Absorption (Emilim) / Frac	0,30	0,50	0,70	0,50	0,50	0,60	0,57	0,50
Transmission (İletim) / Frac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reflection (Yansım) / Frac	0,70	0,50	0,30	0,50	0,50	0,40	0,43	0,50
Emissivity (Emisyon) / Frac	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Specific heat (Öz ısı) / J/(Kg*K)	1000,00	1000,00	1000,00	850,00	1500,00	650,00	829,00	850,00
Thermal conductivity (Termal iletkenlik) / W/ (m*K)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,07	0,44	0,38	0,60
Density (Yoğunluk) / kg/m ³	1000,00	1000,00	1000,00	1500,00	400,00	1500,00	1288,00	1500,00



Çatı katmanı ise dıştan içe doğru; çatı kiremiti, su yalıtım membranı, polyester keçe, kaplama tahtası, ahşap mertek, ısı yalıtımı ve betonarme döşeme şeklinde sıralanmaktadır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Çatı katmanı için malzemeler ve özellikleri

	Terracota (Kiremit)	Bitümen membrane (Su yalıtımı)	Rafter (Kaplama tahtası + Mertek)	Insulation (Isı Yalıtımı)	Ortalama değerler	Concrete (Betonarme döşeme)
Thickness (Kalınlık) / m	0,03	0,01	0,11	0,05	0,17	0,12
Absorption (Emilim) / Frac	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Transmission (İletim) / Frac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reflection (Yansım) / Frac	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Emissivity (Emisyon) / Frac	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Specific heat (Öz ısı) / J/(Kg*K)	840,00	2300,00	1700,00	1500,00	1676,00	850,00
Thermal conductivity (Termal iletkenlik) / W/ (m*K)	0,81	0,50	0,09	0,07	0,29	1,60
Density (Yoğunluk) / kg/m ³	1700,00	900,00	500,00	400,00	494,00	2200,00



Duvar ve çatı katmanı dışında dış mekânda kullanılan sert ve yumuşak zeminlerin de materyal özellikleri altta verilmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Sert ve yumuşak zeminler için materyal özellikleri

Asfalt için malzeme özellikleri	
Roughness Length (Kalınlık)	0,01
Albedo	0,10
Emissivity (Emisyon)	0,90
Water: Mixing Coefficient (Su: Karıştırma Katsayısı)	0,00
Water: Turbidity/Extinction (Su: Bulanıklık/Yok olma)	2,10

Kaldırım için malzeme özellikleri	
Roughness Length (Kalınlık)	0,01
Albedo	0,30
Emissivity (Emisyon)	0,90
Water: Mixing Coefficient (Su: Karıştırma Katsayısı)	0,00
Water: Turbidity/Extinction (Su: Bulanıklık/Yok olma)	2,10

Yeşil alanlar için malzeme özellikleri	
Albedo	0,30
Transmittance (Geçirgenlik)	0,30
Plant height (Bitki yüksekliği)	0,20
Root Zone Depth (Kök derinliği)	0,20
Leaf Area (LAD) / Yaprak yoğunluğu	0,30
Root Area (RAD) / Kök Yoğunluğu	0,10

- Albero modülünde ağaçların boyutları ve türlerinin belirlenmesi:

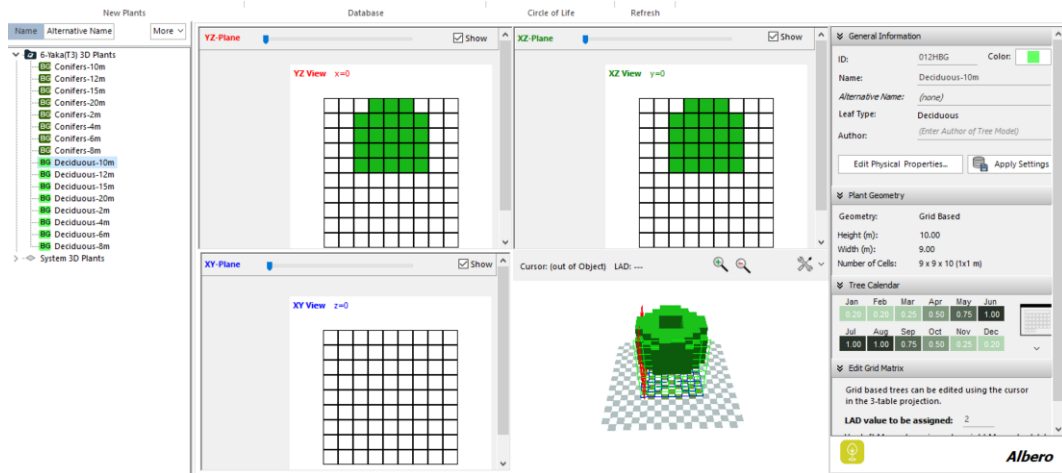
Yerinde yapılan tespitler ve ölçümler ile bütün alanlardaki ağaçların konumları, türleri (iğne ya da geniş yapraklı olma durumu) ve boyutları belirlenmiştir (Şekil 3.14).



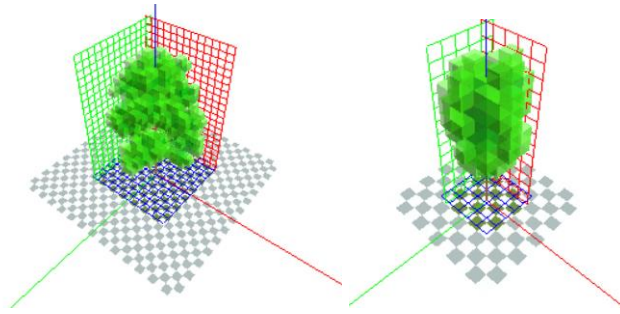
Şekil 3.14. Sırasıyla tüm alanlarda bulunan ağaçlardan görseller

Belirlenen ağaçlar, “Albero” modülü (Şekil 3.15) ile oluşturulmuş ve programa tanıtılmıştır. Ağaçların yaprak yoğunluğu ve kök derinlikleri yerinde tespitler ile belirlenemediği için tümünde normal olarak kabul edilmiştir.

Tüm alanlarda mevcut durumda yapılan tespitlere göre hem geniş yapraklı hem de iğne yapraklı ağaçlar bulunmaktadır. Bu ağaçlar genellikle 2,4,6,8,10,12,15 ve 20 m yüksekliğindedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Albero modülü ara yüzü



Şekil 3.16. Albero modülünde oluşturulan geniş ve iğne yapraklı ağaç tipleri

- Forcing Manager modülünde meteorolojik verilerin oluşturulması ve programa tanıtılması:

Simülasyonda kullanılmak üzere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Konya kentine ait son 10 yıllık hava verileri (2012-2021) alınmıştır. Bu veriler Konya'nın Meram ilçesinde Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü kurumunun bahçesi içerisinde bulunan "Bölge" istasyonuna ait verilerdir. Bu hava verileri saatlik hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü verileridir.

ENVI-met programı Forcing ara yüzü içindeki "Full Forcing" en detaylı ve gelişmiş hava verilerini oluşturmak için kullanılan modüldür (Şekil 3.16). Bu modül, yarım saatlik hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü değerlerini kullanmaktadır. Fakat istasyonlardan sağlanan veriler saatlik verilerdir. Dolayısıyla programın kullanacağı veriler oluşturulurken yarım saatlik verilere göre bir uyarılama yapılmıştır.

Import From CSV file

Select CSV

CSV Settings
Value Separator: , Decimal Separator: . Header exists:

CSV file: D:\Doktora17 - 2021-2022 Bahar Dönemi TİK3\Meteoroloji Verileri\Envimet-Yaz-Oranlama.csv

CSV needs to fit this format

Date [DD.MM.YYYY]	Time [HH:MM:SS]	SW dir / low clouds [W/m ²] / 0-8	SW dif / med. clouds [W/m ²] / 0-8	LW / high clouds [W/m ²] / 0-8	Abs. Air Temperature [K]	Rel. Humidity [%]	Windspeed [m/s]	Winddirection [°]	Precipitation [mm]
09.7.2020	23:30:00	0	0	0	294.15	63	1.26	153	0
10.7.2020	00:00:00	0	0	0	294.15	44	1.16	153	0
10.7.2020	00:30:00	0	0	0	294.15	44	1.16	153	0
10.7.2020	01:00:00	0	0	0	293.15	45.8	1.16	220.5	0
10.7.2020	01:30:00	0	0	0	293.15	45.8	1.16	220.5	0
10.7.2020	02:00:00	0	0	0	293.15	48.6	1.17	193.5	0
10.7.2020	02:30:00	0	0	0	293.15	48.6	1.17	193.5	0
10.7.2020	03:00:00	0	0	0	292.15	50.5	1.02	218.25	0

Time interval for measurement data must be 30 minutes!

Further settings

Force radiation or cloud cover
 Force radiation (direct, diffuse, longwave)
 Force cloud cover
 Do not force radiation/clouds

Measurement Height
 Air temperature and relative humidity: 2
 Wind speed and direction: 10
 Roughness length: 0.1
 Radiation measured on horizontal surface?

Import Cancel

Şekil 3.16. Full Forcing Manager ara yüzü ve hava verilerinin programa tanıtılması

Alınan hava verileri öncelikle Microsoft Excel programında .xls formatında düzenlenmiş (Şekil 3.17), sonrasında ise .csv uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür (Şekil 3.18). CSV formatı programa aktarılarak yeni bir FOX dosyası oluşturulmuştur. FOX dosyası, ENVI-met programında kullanılabilen bir dosya türüdür. Excel'de hazırlanan tüm dosyalar ile rahatlıkla FOX dosyaları oluşturulabilmektedir. Yaz ve kış (10 Temmuz ve 10 Ocak) için ayrı ayrı dosyalar oluşturulduktan sonra simülasyonda bu veriler kullanılmıştır.

Date	Time	SW Down	sw dif	lw down	AbsAir	Rel.Humidity	Windspeed	Winddirection	Precipitation
9.7.20	23:30:00	0	0	0	5790,05	44	1,16	153	0
10.7.20	00:00:00	0	0	0	5790,05	44	1,16	153	0
10.7.20	00:30:00	0	0	0	5790,05	44	1,16	153	0
10.7.20	01:00:00	0	0	0	5674,91	45,8	1,16	220,5	0
10.7.20	01:30:00	0	0	0	5674,91	45,8	1,16	220,5	0
10.7.20	02:00:00	0	0	0	5546,05	48,6	1,17	193,5	0
10.7.20	02:30:00	0	0	0	5546,05	48,6	1,17	193,5	0
10.7.20	03:00:00	0	0	0	5414,46	50,5	1,02	218,25	0
10.7.20	03:30:00	0	0	0	5414,46	50,5	1,02	218,25	0
10.7.20	04:00:00	0	0	0	5502,19	49,5	1,23	186,75	0
10.7.20	04:30:00	0	0	0	5502,19	49,5	1,23	186,75	0
10.7.20	05:00:00	0	0	0	6168,38	42	1,56	171	0

Şekil 3.17. Full Forcing Manager ara yüzüne aktarılmak üzere düzenlenen .xls uzantılı dosya

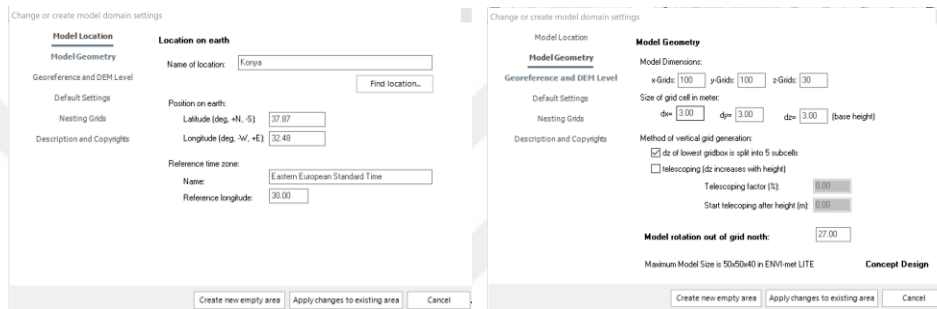
Date,Time,SW Down,sw dif,lw down,AbsAir,Rel.Humidity,Windspeed,Winddirection,Precipitation
09.7.2020,23:30:00,0,0,0,294.15,63,1.26,153,0
10.7.2020,00:00:00,0,0,0,294.15,44,1.16,153,0
10.7.2020,00:30:00,0,0,0,294.15,44,1.16,153,0
10.7.2020,01:00:00,0,0,0,293.15,45.8,1.16,220.5,0
10.7.2020,01:30:00,0,0,0,293.15,45.8,1.16,220.5,0
10.7.2020,02:00:00,0,0,0,293.15,48.6,1.17,193.5,0
10.7.2020,02:30:00,0,0,0,293.15,48.6,1.17,193.5,0
10.7.2020,03:00:00,0,0,0,292.15,50.5,1.02,218.25,0
10.7.2020,03:30:00,0,0,0,292.15,50.5,1.02,218.25,0
10.7.2020,04:00:00,0,0,0,293.15,49.5,1.23,186.75,0
10.7.2020,04:30:00,0,0,0,293.15,49.5,1.23,186.75,0
10.7.2020,05:00:00,0,0,0,295.15,42,1.56,171,0

Şekil 3.18. Full Forcing Manager ara yüzüne aktarılmak üzere düzenlenen .csv uzantılı dosya

- Spaces modülünde modellemelerin yapılması:

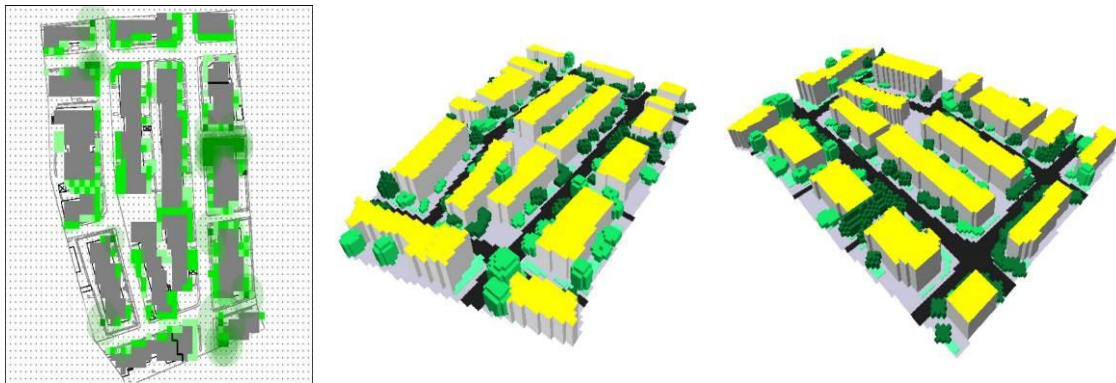
Materyaller ve ağaçlar oluşturulup, meteorolojik veriler düzenlendikten sonra tüm alanların Spaces modülünde modellemeleri yapılmıştır. Öncelikle modelin bulunduğu konumun koordinatlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu düzenleme model ayarlarından yapılabilmektedir. Spaces modülü gridler ile çalışmaktadır. Dolayısıyla öncelikle gridlerin boyutlarının belirlenmesi gerekmiştir. Bu aynı zamanda modelin çözünürlüğünü etkilemektedir. Gridlerin boyutları ne kadar küçük olursa model o kadar detaylı olacak ve çözünürlük artacaktır. Çözünürlüğün artması ile de simülasyon süresi uzayacaktır. Tüm alanlar için yapılan çeşitli çözünürlük denemelerinden sonra

simülasyon süresinin çok uzun olmaması için 3m \times 3m \times 3m boyutunda gridler kullanılmasına karar verilmiştir. Gridlerin boyutları belirlendikten sonra her alan için alan boyutları hesaplanmıştır. Örneğin; LCZ-1 bölgesindeki Nişantaşı Mahallesi için, 100*100*30 olacak şekilde model alanı oluşturulmuştur. X ekseninde 100 grid, y ekseninde 100 grid, z ekseninde ise 30 grid vardır. Z eksenini için grid sayısını tespit ederken model içindeki en yüksek binanın 2 katından yüksek bir değer seçilmesi gerekmektedir. Modelde gridler ile çalışıldığı için, dikey olmayan yüzeylerde bazı kırıklıklar oluşacaktır. Bu nedenle modellerin bazıları kuzeye göre döndürülmüştür (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Spaces modülünde konum belirleme, gridler, rotasyon gibi genel ayarların oluşturulması

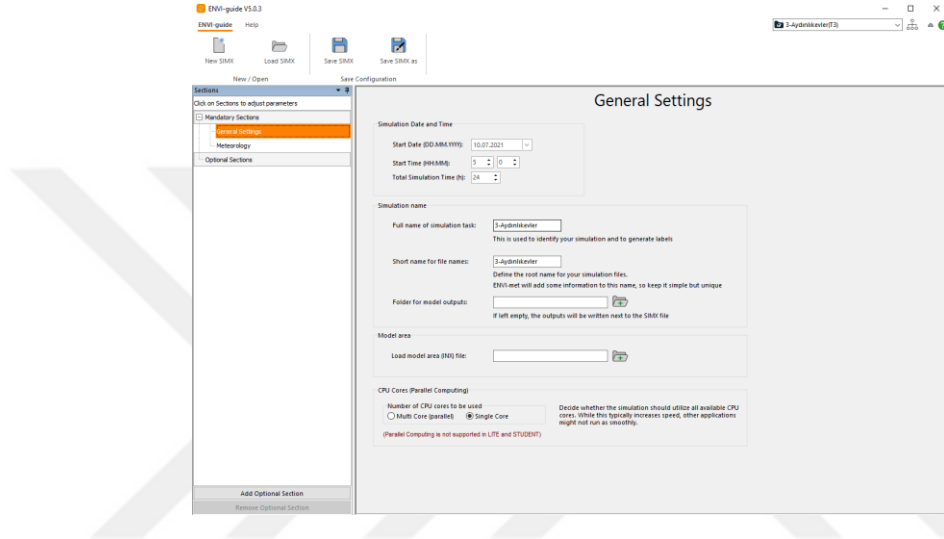
Modellemeler yapılırken bina yüzeyleri, çatılar, sert zeminler ve yumuşak zeminler için oluşturulan materyaller kullanılmıştır (Şekil 3.20). Kat yükseklikleri dikkate alınarak yapılan modellemede pencere ve kapı açıklıkları hesaplama dışı bırakılmıştır. Bunun nedeni ise, ENVI-met programında bu açıklıkların sağlıklı bir şekilde oluşturulamamasıdır. Modellemede Albero modülünden Spaces modülüne tanıtılan/aktarılan üç boyutlu ağaçlar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen ağaçlar ise yerinde tespitler ile belirlenmiştir.



Şekil 3.20. Spaces modülünde oluşturulan LCZ-2 bölgesi (Konevi Mahallesi) modellemesi

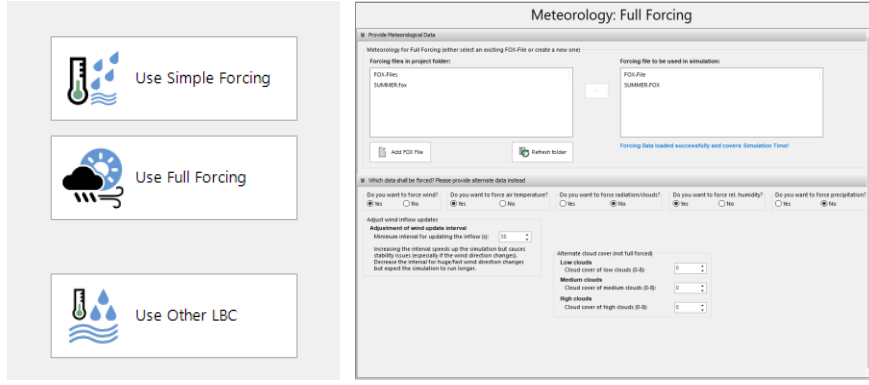
- Envi-guide modülünde simülasyon dosyasının oluşturulması:

Envi-guide, simülasyonun başlatılabilmesi için son ayarların gerçekleştirildiği modüldür. İlk aşamada, birinci kısımda, simülasyonun başlayacağı tarih, saat ve simülasyon süresi bilgileri belirlenmiştir. Bu bilgilerden sonra ise, ikinci kısımda, elde edilen veriler için dosyanın bilgisayarda kaydolması gereken yeri ve ismi belirlenmiştir. Üçüncü kısımda, hangi dosyanın simülasyonunun gerçekleşeceği seçilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Envi-guide modülünde yapılan simülasyon ayarlarının ilk aşaması

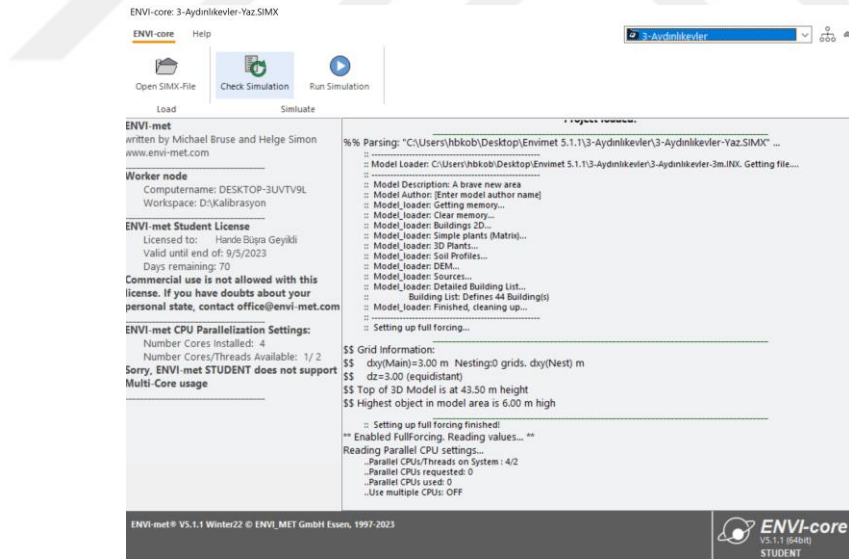
Bu modülde ikinci aşamada, simülasyonda kullanılacak, daha öncesinden Forcing modülünde hazırlıkları tamamlanmış olan iklim verileri programa tanıtılmıştır. Seçilen iklim verileri için iki farklı ayar bulunmaktadır. Bu aşamada daha detaylı sonuçlar elde etmek amacıyla “Full Forcing” ayarı tercih edilmiştir. Bulutluluk, radyasyon ve yağış verileri yapılan tüm simülasyonlar için değerlendirmeye alınmamıştır (Şekil 3.22). Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden alınan ve yerinde hava ölçümleri ile kalibrasyonu yapılan hava değerleri, 6 farklı alan için yaz-kış ve ağaçlı-ağaçsız olmak üzere toplamda 24 farklı simülasyonda kullanılmıştır.



Şekil 3.22. Envi-guide modülünde yapılan simülasyon ayarlarının ikinci aşaması

- Envi-core modülünde simülasyonların başlatılması ve sonuçlandırılması:

Simülasyon için tüm hazırlıklar tamamlandıktan sonra Envi-core modülünde simülasyon dosyasını seçerek ilk aşamada kontroller sağlanmıştır. Bu aşamada simülasyon dosyası içinde modelleme ya da iklim verileri ile ilgili hatalar tespit edilmektedir. Hataların giderilmesi ile ikinci aşama olan simülasyon başlatılmış ve elde edilen veriler ilgili dosya içinde kaydedilmiştir. Simülasyonlardan her biri genel olarak üç ila yedi gün arasında tamamlanmıştır (Şekil 3.23).

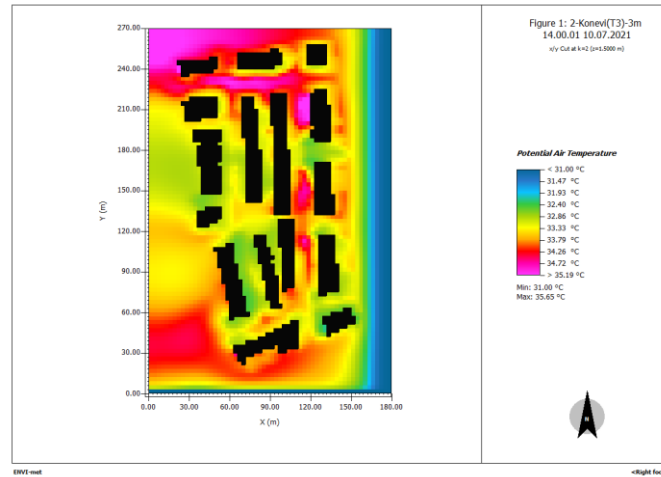


Şekil 3.23. Envi-core modülünde simülasyonun başlatılması

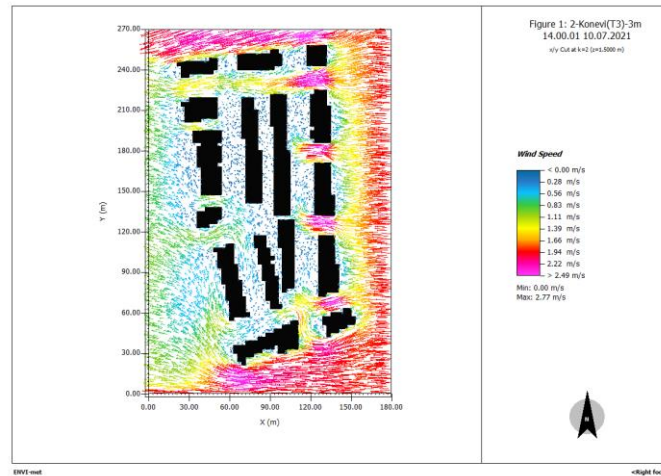
3.2.3. Simülasyon sonunda elde edilen verilerin görselleştirilmesi

Simülasyon sonunda elde edilen tüm verilere göre çeşitli haritalar elde edilmiştir. Bu haritalar belli bir saat ve belli bir parametre için simüle edilen tüm alanın haritasını işlemektedir. Bu görselleştirme işlemleri için “Leonardo” modülü kullanılmıştır.

Elde edilen haritalar ile tüm alandaki sıcaklık, bağıl nem, ortalama radyant sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, PET gibi parametrelerin değişimleri görülebilmektedir. Aşağıda LCZ 2 bölgesinde yer alan Konevi Mahallesi'nden bir alanın 10.07.2021 tarihinde saat 14:00 için, sıcaklık (Şekil 3.24), rüzgâr hızı ve yönü (Şekil 3.25) haritaları bulunmaktadır.



Şekil 3.24. LCZ 2 bölgesi saat 14:00 için elde edilen sıcaklık haritası

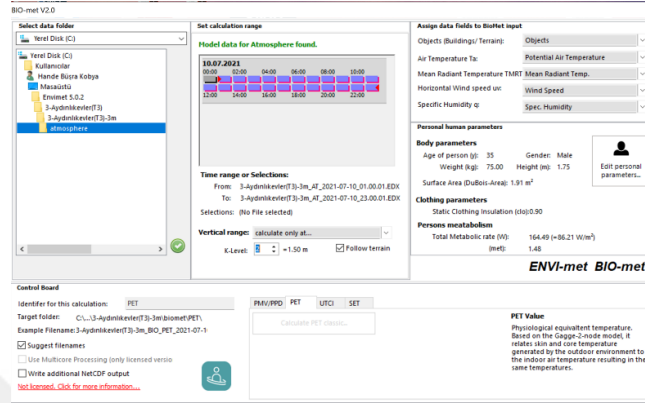


Şekil 3.25. LCZ 2 bölgesi saat 14:00 için elde edilen rüzgâr hızı ve yönü haritası

3.2.4. Termal konfor düzeylerinin tespit edilebilmesi için PET değerlerinin bulunması

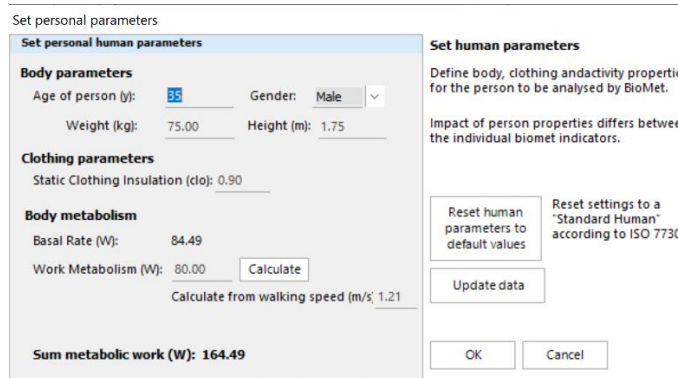
Termal konfor düzeylerinin tespit edilebilmesi için “BIO-met” modülünden PET değerleri elde edilmiştir. Bunun için modülde yer alan bazı düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada PET değerlerinin bulunacağı dosyanın atmosferik verileri ana dosya olarak seçilmiştir. Seçilen dosyanın içinde yer alan saat aralıkları tüm

gün boyunca PET değerlerinin bulunması için ayarlanmıştır. Aynı zamanda bu PET değerleri tüm alandaki tek bir nokta olan 1,50 m düzeyinde bulunacak şekilde ayarlanmıştır. Bu düzey ortalama bir insanın ayaktaki hali düşünülerek tercih edilmiştir (Şekil 3.26).



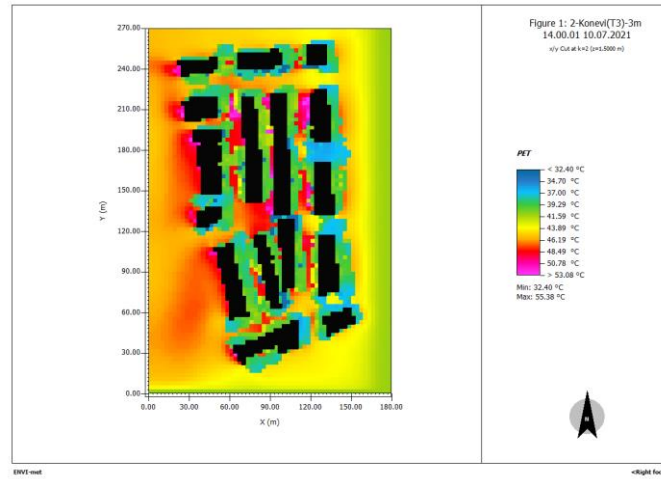
Şekil 3.26. PET değerlerinin bulunması için BIO-met modülünde düzenlemelerin yapılması

PET değerlerinin bulunabilmesi için daha önce bahsedildiği üzere iki farklı parametre gerekmektedir. Bunlar ilk olarak hava sıcaklığı (T_a), bağıl nem (RH), rüzgâr hızı (W_s) ve ortalama radyant sıcaklık (MRT) gibi temel meteorolojik parametrelerdir. Bir diğer parametre ise kişinin yaşı, cinsiyeti, boyu, ağırlığı, yaptığı aktivite ve kıyafet durumları gibi kişisel verilerdir (Canan ve diğ., 2020). Bu çalışmada; 35 yaşında, 75 kg ağırlığında ve 175 cm boyunda erkek bireyler genel kabul olarak alınmıştır. Bunun nedeni ise literatürde yer alan çalışmaların çoğunda erkek bireyler için analizlerin gerçekleştirilmiş olmasıdır. Giysi ısı direnç katsayısı ise 0,9 clo alınmış, bireylerin yürür vaziyette oldukları düşünülerek de metabolik hızları da yaklaşık 85 W/m^2 olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.27).

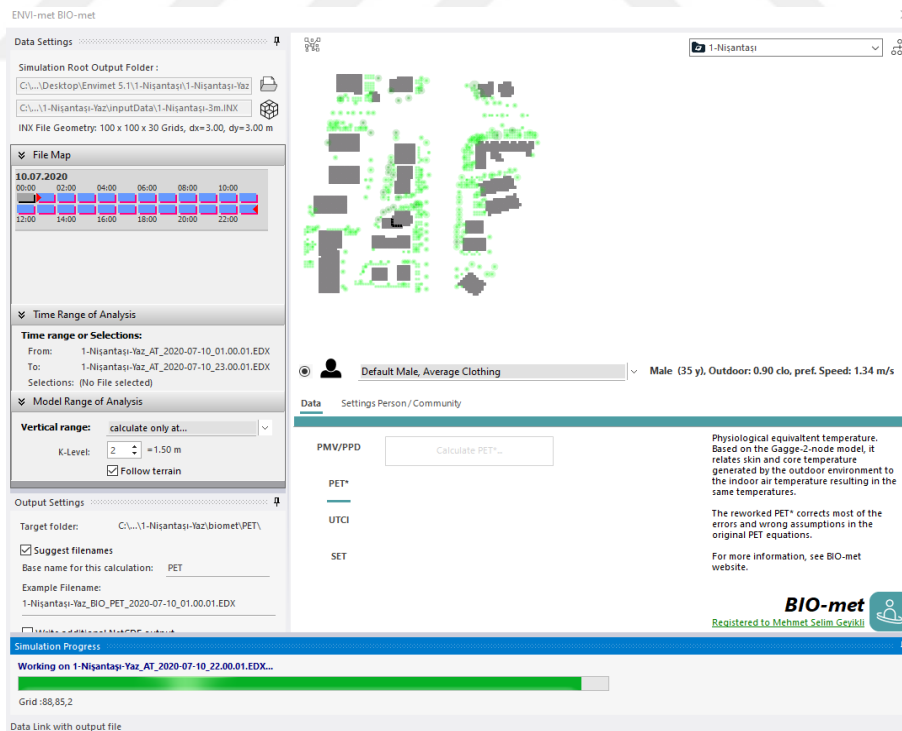


Şekil 3.27. PET değerlerinin bulunması için kişisel verilerin düzenlenmesi

Tüm ayarlamalar sonunda tüm alan için 1,5 m yükseklikteki PET değerleri elde edilmiştir. Bu verilere göre “Leonardo” modülünde PET haritaları elde edilmiştir. Aşağıda LCZ 2 bölgesi yaz mevsimine ait saat 14:00 için PET haritası yer almaktadır (Şekil 3.28). PET haritaları elde edilirken çeşitli parametrelerin belirlendiği ara yüz aşağıda yer almaktadır (Şekil 3.29).



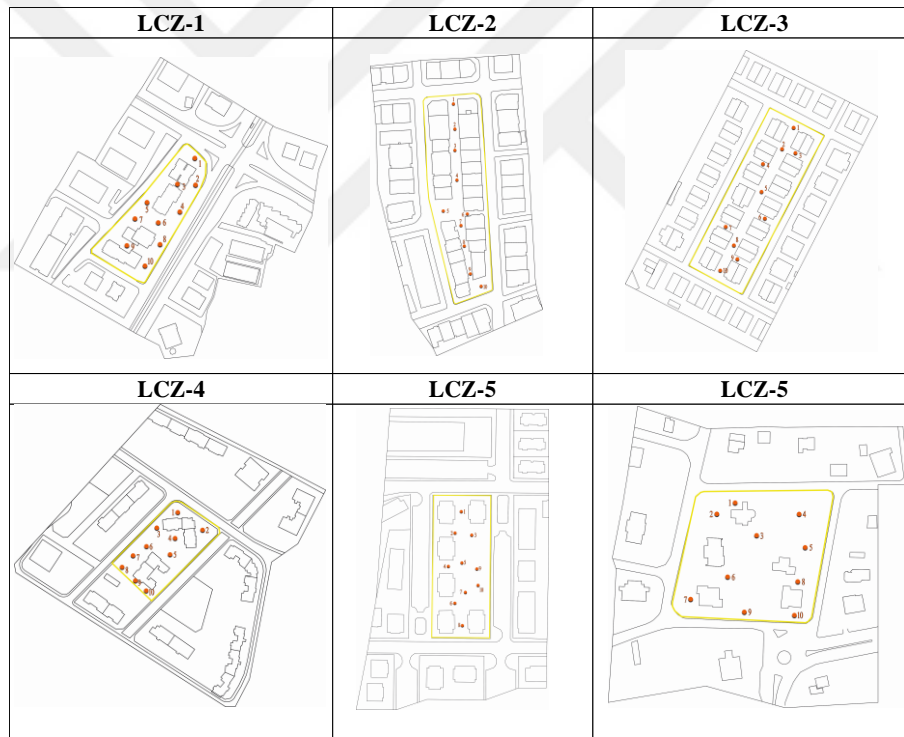
Şekil 3.28. LCZ 2 bölgesine ait saat 14:00 için elde edilen PET haritası



Şekil 3.29. ENVI-met Leonardo modülünde PET değerinin bulunması için çeşitli düzenlemelerin yapılması

3.2.5. Elde edilen bulguların karşılaştırılması ve yorumlanması

Simülasyonlar sonucunda altı farklı yerel iklim bölgesi için yaz ve kış ayında tipik günler olarak seçilen 10 Temmuz ve 10 Ocak tarihleri için iklim parametreleri elde edilmiştir. Bu tarihler tipik olarak yaz ve kış mevsimini temsil etmek için belirlenmiştir. Elde edilen veriler ENVI-met programının Leonardo modülünde noktasal olarak hesaplanabilmektedir. Bu nedenle tüm yerel iklim bölgelerinden çeşitli noktalar belirlenmiştir. Bu noktalar belirlenirken yapı adası içinde homojen aralıklarla seçilmesi ve karakteristik her noktadan değerlerin alınmasına dikkat edilmiştir. Seçilen noktalar sert zemin, yumuşak zemin üstünde, ağaç altında, açık bir alanda, bina blokları arasında olmak üzere çeşitlendirilmiştir. Aynı zamanda seçilen noktaların arasında yaklaşık olarak 20 metre olacak şekilde eşit aralıklarla seçilmesi uygun görülmüştür. Bu şekilde her bölgeden 10 farklı nokta belirlenmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. ENVI-met Leonardo modülünde PET değerinin bulunması için çeşitli düzenlemelerin yapılması

Seçilen bu noktalardan alınan gökyüzü görünüm faktörü oranları Stewart ve Oke (2012) tarafından her yerel iklim bölgesi için belirlenen değerler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.7). Bu değerler yaz ve kış mevsimine göre değişim göstermektedir. Kış aylarında yaprak döken geniş yapraklı ağaçlar nedeniyle SVF değeri genelde artmaktadır.

Çizelge 3.7. Her bölgede seçilen noktaların koordinat, yaz ve kış gökyüzü görünüm değerleri

Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
N1	45.68.2	0,55	0,59
N2	50.60.2	0,13	0,40
N3	45.58.2	0,15	0,15
N4	48.49.2	0,26	0,32
N5	39.48.2	0,06	0,31
N6	45.44.2	0,09	0,38
N7	37.38.2	0,05	0,29
N8	48.36.2	0,37	0,44
N9	39.31.2	0,44	0,45
N10	48.27.2	0,30	0,36
N _{ort}	0,24	0,37	0,2-0,4

Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
K1	28.71.2	0,46	0,47
K2	28.66.2	0,15	0,35
K3	29.62.2	0,14	0,36
K4	29.49.2	0,38	0,38
K5	25.43.2	0,67	0,68
K6	31.43.2	0,01	0,01
K7	30.36.2	0,41	0,41
K8	31.32.2	0,36	0,36
K9	32.25.2	0,27	0,27
K10	34.23.2	0,45	0,47
K _{ort}	0,33	0,38	0,3-0,6

Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
A1	25.60.2	0,18	0,24
A2	25.53.2	0,59	0,72
A3	28.54.2	0,54	0,63
A4	22.48.2	0,66	0,67
A5	25.42.2	0,34	0,65
A6	28.35.2	0,62	0,64
A7	22.29.2	0,56	0,64
A8	25.25.2	0,33	0,61
A9	28.22.2	0,54	0,60
A10	25.18.2	0,15	0,17
A _{ort}	0,45	0,56	0,2-0,6

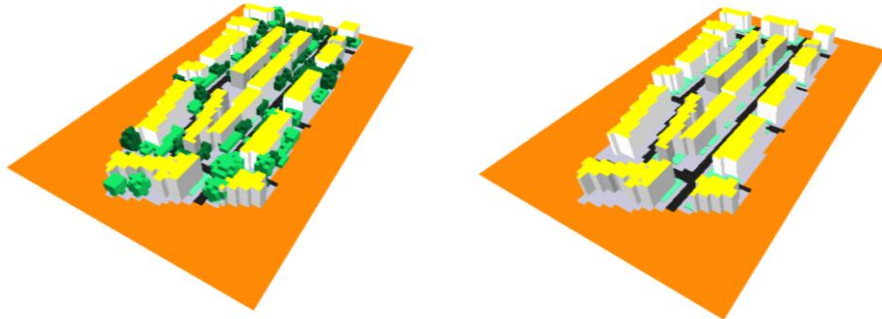
Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
S1	49.59.2	0,55	0,55
S2	61.57.2	0,49	0,49
S3	46.49.2	0,59	0,59
S4	53.49.2	0,34	0,43
S5	57.43.2	0,49	0,49
S6	45.44.2	0,60	0,60
S7	43.39.2	0,61	0,61
S8	41.32.2	0,65	0,65
S9	47.30.2	0,60	0,60
S10	57.28.2	0,62	0,63
S _{ort}	0,55	0,57	0,5-0,7

Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
Z1	34.62.2	0,52	0,52
Z2	32.55.2	0,46	0,46
Z3	35.55.2	0,60	0,60
Z4	30.47.2	0,33	0,33
Z5	35.47.2	0,69	0,70
Z6	32.33.2	0,30	0,31
Z7	35.38.2	0,53	0,53
Z8	34.28.2	0,42	0,42
Z9	33.45.2	0,57	0,57
Z10	38.44.2	0,73	0,73
Z _{ort}	0,52	0,52	0,5-0,8

Koor.	SVF _{Yaz}	SVF _{Kış}	Stewart ve Oke SVF
Y1	30.49.2	0,50	0,50
Y2	26.47.2	0,40	0,40
Y3	36.41.2	0,82	0,84
Y4	42.47.2	0,80	0,84
Y5	43.40.2	0,82	0,83
Y6	29.32.2	0,72	0,74
Y7	21.28.2	0,54	0,57
Y8	43.31.2	0,60	0,60
Y9	34.23.2	0,43	0,59
Y10	44.23.2	0,63	0,63
Y _{ort}	0,62	0,65	0,6-0,9

3.2.6. Ağaçların etkisinin tespit edilmesi

Ağaçların dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasına etkisinin tespit edilebilmesi için tüm modellemelerden ağaçlar çıkarılmış ve simülasyonlar tekrarlanmıştır. Sonuçta toplamda 6 farklı bölge için; yaz-ağaçlı, kış-ağaçlı, yaz-ağaçsız, kış-ağaçsız olmak üzere 24 farklı simülasyon gerçekleştirilmiştir. Ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan (Şekil 3.31) elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak ağaçların iklim parametreleri üzerindeki etkisi sorgulanmıştır.

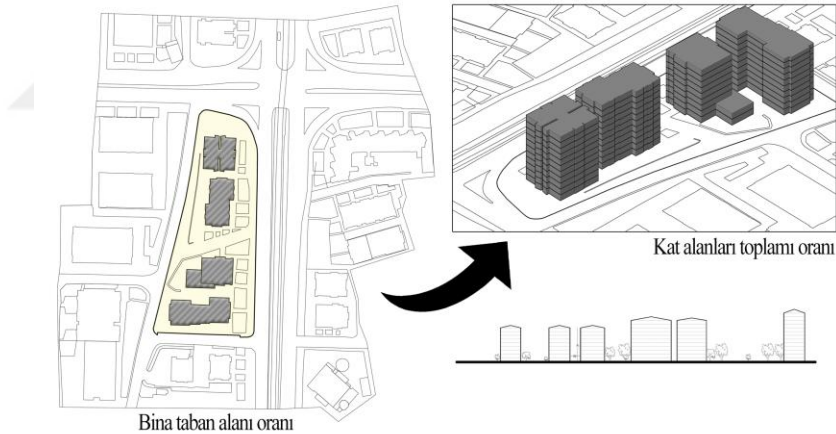


Şekil 3.31. LCZ-2 bölgesine ait ağaçlı ve ağaçsız modellemeler

3.2.7. Yapılı çevre ve iklim verilerinin karşılaştırılması

Çalışma kapsamında seçilen 6 farklı yerel iklim bölgesindeki yapısal parametreler farklılık göstermektedir. Stewart ve Oke'un da belirttiği üzere her bölge içindeki bina boyutları, yönelimleri ve kat yükseklikleri, sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı, yeşil alan oranları (çim ve ağaçlar) farklılaşmaktadır. Hipotezlerden biri olan yapısal parametrelerin kentsel ısı adası ve dış ortamda termal konfora etkilerinin tespit edilebilmesi amacıyla her bölgedeki yapısal parametreler belirlenmiştir. Bu yapısal parametreler; bina taban alanı oranı, kat alanları toplamı oranı, yeşil zemin (çim) oranı, sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı, toplam bina hacmi, toplam bina yüzey alanı, H/W oranı ve SVF (gökyüzü görünüm faktörü) değerleridir.

- Bina taban alanı oranı, yapı adası içinde bulunan tüm binaların taban alanları toplamının tüm yapı adası alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.32).
- Kat alanları toplamı oranı, yapı adası içindeki binaların kat alanlarının toplamının tüm yapı adası alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. LCZ-1 bölgesinde bina taban alanı ve kat alanları toplamı hesaplaması

- Yeşil zemin (çim) oranları, yapı adası içinde bulunan çim alanlarının toplamının tüm yapı adası alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.33).
- Sert zemin oranı, yapı adası içindeki tüm araç ve yaya yolu alanlarının toplanarak tüm yapı adası alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. LCZ-1 bölgesinde sert zemin ve yeşil alan oranlarının hesaplaması

- Toplam bina hacmi, yapı adası içindeki bütün binaların kapladığı hacmin toplanması ile m^3 cinsinden hesaplanmıştır.
- Toplam bina yüzey alanı, yapı adası içindeki bütün binaların tüm yüzey alanlarının toplanması ile m^2 cinsinden hesaplanmıştır.
- H/W oranı hesaplaması yapı adası içindeki binaların yüksekliklerinin, bina arasındaki genişliğe oranlanması ile yapılmıştır (Şekil 3.34).

		LCZ-1 Nisantaş Mah.
		$h/W=3,20$
		LCZ-2 Konevi Mah.
		$h/W=0,75$
		LCZ-3 Aydınliköyler Mah.
		$h/W=0,69$
		LCZ-4 Şeker Mah.
		$h/W=0,98$
		LCZ-5 Yazır Mah.
		$h/W=0,39$
		LCZ-6 Yaka Mah.
		$h/W=0,30$

Şekil 3.34. Tüm yerel iklim bölgeleri için H/W oranları

Her bölgeye ait H/W oranı bulunduktan sonra Stewart ve Oke tarafından oluşturulan LCZ tablosundan karşılaştırma yapılmış ve seçilen bölgelerin uygunluğu da kontrol edilmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Seçilen bölgeler ile Stewart ve Oke'un belirlemiş olduğu H/W oranı arasındaki karşılaştırma

	Seçilen bölgelerin H/W oranları	Stewart ve Oke'un belirlemiş oldukları H/W oranları
LCZ-1	3,20	>2
LCZ-2	0,75	0,75-2,00
LCZ-3	0,69	0,75-1,50
LCZ-4	0,98	0,75-1,25
LCZ-5	0,39	0,30-0,75
LCZ-6	0,30	0,30-0,75

Yapılan hesaplamalara göre 6 farklı yerel iklim bölgesine ait değerler aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.9) yer almaktadır. Bu veriler ile yapısal parametrelerin yaz ve kış aylarında kentsel ısı adası ve dış ortamda termal konfora olan etkileri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre her bölge için yorumlamalar yapılmış ve farklı mevsimlerdeki en konforlu yerel iklim bölgeleri bulunmuştur.

- Farklı yerel iklim bölgelerindeki SVF değerleri hesaplanırken 10 noktanın yaz ve kış ayına ait değerlerinin ortalaması bulunmuştur. Yaz ve kış ayına ait SVF ortalama değerleri değişim göstermektedir. Kış ayında geniş yapraklı ağaçların yapraklarını dökmesinden dolayı SVF değerleri artış gösterebilmektedir. Daha önce “Elde edilen bulguların yorumlanması” başlığı altında her LCZ bölgesine ait SVF değerleri hakkında bilgi verilmiştir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Farklı yerel iklim bölgelerindeki yapısal parametrelerin hesaplamaları

	Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	H/W oranı
LCZ-1	0,27	2,57	0,10	0,64	60415	13372	3,20
LCZ-2	0,56	2,23	0,05	0,39	51600	8715	0,75
LCZ-3	0,37	0,37	0,40	0,23	8190	2375	0,69
LCZ-4	0,20	2,96	0,16	0,64	65595	14500	0,98
LCZ-5	0,24	0,98	0,24	0,51	21600	5275	0,39
LCZ-6	0,11	0,24	0,82	0,07	5720	2045	0,30

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Önceki bölümde çalışmanın yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde ise çalışmadan elde edilen bulgular yorumlanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular iki farklı olguya göre (dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası) karşılaştırılmış ve tartışmaya sunulmuştur.

Bu kısımda ilk aşamada hava ölçüm cihazı ile yapılan ölçümlerden elde edilen veriler ile simülasyon sonucunda elde edilen veriler kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan elde edilen sonuçlar ile ENVI-met simülasyon programının doğruluğu test edilmiştir.

İkinci aşamada, elde edilen bulguların genel yorumlaması yapılmıştır. Öncelikle farklı yerel iklim bölgelerinden elde edilen veriler ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmış ve böylece yerel iklim bölgeleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Sonrasında tüm iklim parametreleri arasındaki genel ilişkiler yerel iklim bölgelerine bakılmaksızın tespit edilmiştir. Tüm yerel iklim bölgelerinde aynı saatlerdeki iklim parametreleri arasındaki farklar ve bu farkların nedenleri tartışmaya sunulmuştur. Son olarak farklı yerel iklim bölgelerindeki maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri bulunmuş ve genel karşılaştırmalar yapılmıştır.

Üçüncü aşamada, farklı yerel iklim bölgelerindeki dış ortamda termal konfor değerleri yaz ve kış mevsimi için tespit edilmiştir. Bir yerel iklim bölgesinde 10 farklı noktadaki PET değişimleri ve termal algı kategorileri bulunmuştur. Gün içindeki değişimleri gösteren PET haritaları üzerinden yorumlamalar yapılmış ve son olarak dış ortamda termal konforun (PET) farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırması yapılmıştır.

Dördüncü aşamada, ilk olarak RMI'dan alınan veriler ile her bölgedeki kentsel ısı adası etkisinin varlığı yaz ve kış mevsimine göre tespit edilmiştir. Sonrasında farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisi yaz ve kış mevsimi için karşılaştırılmıştır.

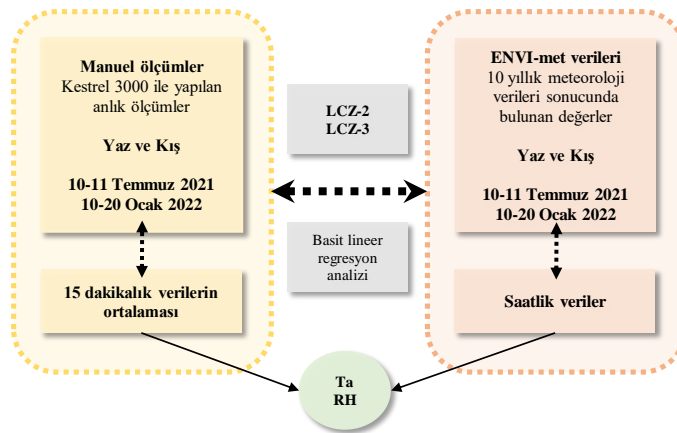
Beşinci aşamada, tüm modellerden mevcutta yer alan ağaçlar çıkarılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve elde edilen ağaçlı ve ağaçsız simülasyon verileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda ağaçların yaz ve kış mevsiminde dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasına olan etkileri tespit edilmiştir.

Altıncı aşamada, farklı yerel iklim bölgelerindeki yapılı çevre parametrelerinin dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasına etkileri yaz ve kış mevsimleri için sorgulanmıştır.

Son olarak, yedinci aşamada, bir yerel iklim bölgesinden alınan farklı karakteristiğe sahip noktalardan alınan değerlerin dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası etkisi bazında karşılaştırması yapılmıştır. Sonuç olarak, yerel iklim bölgeleri fark etmeksizin kent içinde termal konfor açısından en iyi noktaların hangileri olduğu tespit edilmiştir.

4.1. Meteorolojik veriler ile ENVI-met simülasyon programından elde edilen verilerin kalibrasyonu

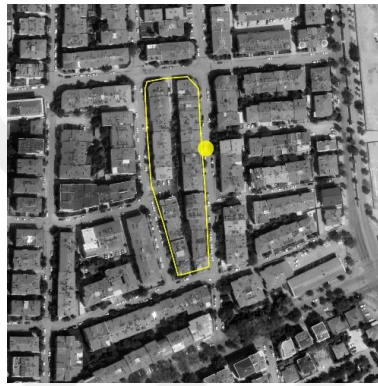
Kalibrasyon için LCZ-2 ve LCZ-3 bölgelerinden belli noktalardan hava ölçüm cihazı ile ölçülen iklim parametreleri ve simülasyondan elde edilen iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu parametrelerin birbiri ile ilişkilerini tespit etmek amacıyla basit lineer regresyon analizi yapılmıştır. Yaz için; LCZ-3 bölgesinden 10.07.2021 tarihinde, LCZ-2 bölgesinden ise 11.07.2021 tarihinde saat 10.00-20.00 aralığında her 15 dakikada bir manuel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kış için ise; LCZ-2 bölgesinden 10.01.2022 tarihinde, LCZ-3 bölgesinden ise 20.01.2022 tarihinde saat 10.00-20.00 aralığında her 15 dakikada bir manuel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için daha önce de belirtildiği üzere Kestrel 3000 marka bir hava ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kalibrasyonlar için hava sıcaklığı (Ta) ve bağıl nem (RH) değerleri karşılaştırmıştır (Şekil 4.1). Yapılan kalibrasyonlar aşağıda yaz ve kış mevsimi için ayrı başlıklar halinde yer almaktadır.



Şekil 4.1. Kalibrasyonlar için yöntem akış şeması

- Yaz ayında LCZ-2 bölgesinden alınan manuel ölçümler ile simülasyon sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırılması

Yaz ayında LCZ-2 bölgesinden belli bir noktadan (Şekil 4.2) yapılan manuel ölçümler sonucunda 15'er dakikalık veriler elde edilmiştir. 15'er dakikalık verilerin saatlik ortalaması alınmış ve 11.07.2021 tarihi için saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilerin saatlik olarak kullanılma nedeni, Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan iklim parametrelerinin saatlik olmasıdır.



Tarih	Saat	YAZ		YAZ	
		LCZ-2 bölgesinden Kestrel 3000 ile alınan manuel ölçümler	Envimet programından elde edilen ölçümler	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
11.07.2021	10.00	26,2	37,70	29,24	40,91
11.07.2021	11.00	30,1	35,68	31,27	35,07
11.07.2021	12.00	32,5	33,05	31,94	40,15
11.07.2021	13.00	32,8	29,03	33,54	30,52
11.07.2021	14.00	33,2	26,90	34,00	32,82
11.07.2021	15.00	30,3	27,08	32,90	32,08
11.07.2021	16.00	30,0	26,93	31,29	32,63
11.07.2021	17.00	29,9	26,98	29,63	33,28
11.07.2021	18.00	29,9	27,05	28,59	36,79
11.07.2021	19.00	29,9	27,80	27,18	38,81
11.07.2021	20.00	26,2	28,20	25,92	36,49

Şekil 4.2. LCZ-2 bölgesinden yaz ayında manuel ölçüm yapılan nokta (solda) ve elde edilen veriler (sağda)

LCZ-2 bölgesinden alınan manuel hava sıcaklığı ölçümleri ile simülasyondan elde edilen hava sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır (Şekil 4.3). Elde edilen farklı verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesi için “Basit Lineer Regresyon” analiz yöntemi kullanılmıştır.

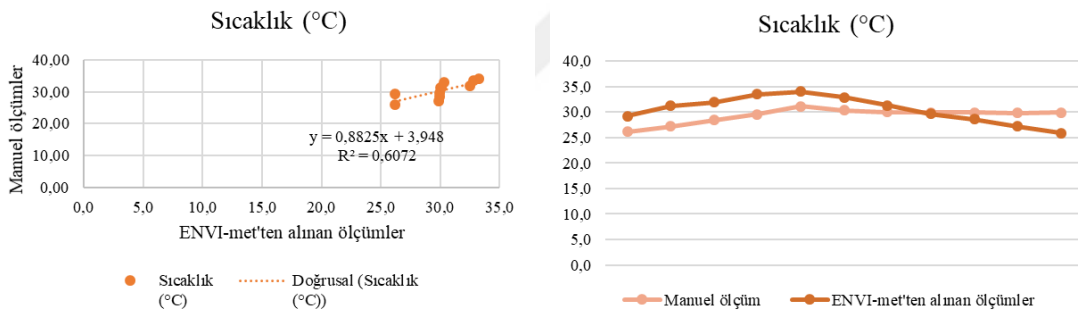
Basit lineer regresyon modeli, iki değişken arasında bir ilişki modeli kurmak için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bağımsız bir değişken ile bağımlı bir değişken arasında lineer (doğrusal) bir ilişki olduğu durumlarda bağımsız değişken yardımı ile bağımlı değişkeni tahmin edebilen bir yöntemdir. Elde edilen bir matematiksel denklem (eşitlik) ile x 'in (bağımsız değişken) aldığı değere göre y (bağımlı değişken) bulunabilmektedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen r^2 değeri (çoklu belirtme katsayısı) bağımlı değişkendeki değişimlerin yüzde olarak bağımsız değişkence açıklanması olarak tanımlanmaktadır. Bu değer doğrusal regresyon modelleri için bir uygunluk ölçüsüdür. r^2 değeri bu denklemin tahmin doğruluğunu vermektedir. 0 ile 1 arasında değişen r^2 değeri; 1'e yaklaştıkça anlamlılık oranı artmakta, 0'a yaklaştıkça

ise anlamlılık değeri düşmekte ve 0,5 değerinin üstündeki değerler anlamlı ya da uygun ilişki şeklinde yorumlanabilmektedir. Aynı zamanda bu değer regresyon denkleminin başarısını ölçme yanında, denklemin “tahmin gücü”nü de yansıtan bir analiz yöntemidir. Bu analizde yapılan, değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel bir denklem ile açıklanmasıdır. Buna regresyon denklemi ya da modeli denilmektedir (Denklem 4.2).

$$Y = a + bX \quad (4.1)$$

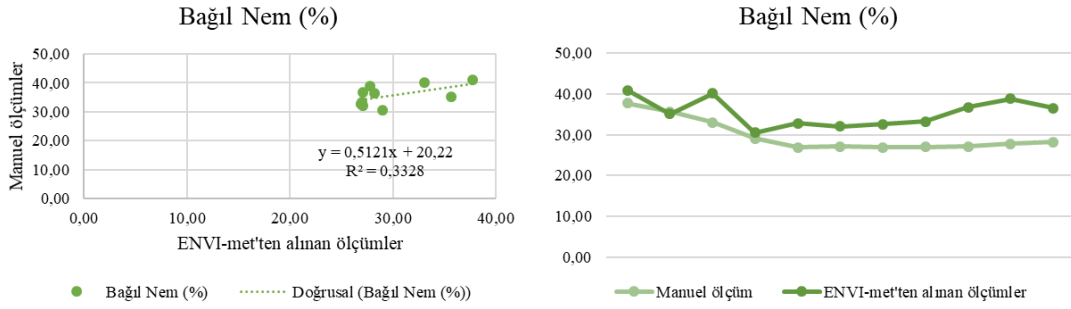
Basit lineer regresyon denkleminde; Y bağımlı değişken, X bağımsız (açıklayıcı) değişken, a kesişme (sabit), b regresyon katsayısıdır.

Yapılan basit lineer regresyon istatistiksel analizine göre 2 farklı veri arasındaki ilişkiyi gösteren r^2 değeri 0,61 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre regresyon model uyumunun hava sıcaklığı için anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yaz ayı için LCZ-2 bölgesinden alınan hava sıcaklığı kalibrasyon analizi

Aynı bölgeden alınan bağıl nem manuel ölçümleri ve simülasyondan elde edilen verilerin karşılaştırılması aşağıda grafiklerde yer almaktadır (Şekil 4.4). Yapılan analizlere göre r^2 değeri 0,33 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,5'in altında olduğu için bağıl nem değerleri için anlamlı bir uygunluk tespit edilememiştir.



Şekil 4.4. Yaz ayı için LCZ-2 bölgesinden alınan bağıl nem kalibrasyon analizi

- Yaz ayında LCZ-3 bölgesinden alınan manuel ölçümler ile simülasyon sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırılması

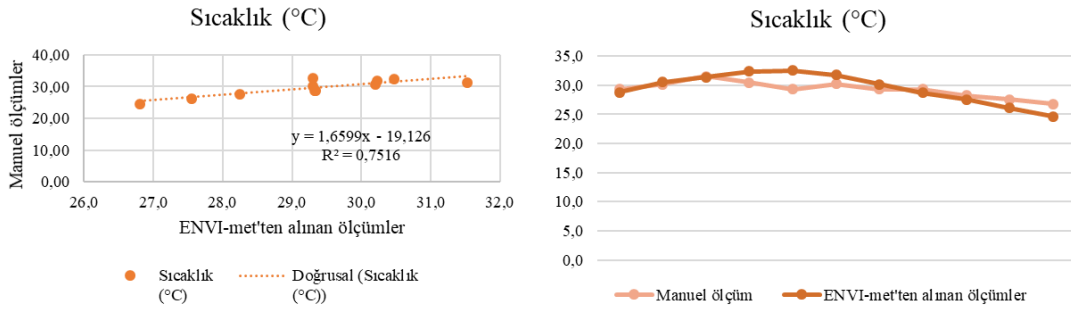
Yaz ayında LCZ-3 bölgesinden belli bir noktadan (Şekil 4.5) yapılan manuel ölçümler sonucunda 15'er dakikalık veriler elde edilmiştir. 15'er dakikalık verilerin saatlik ortalaması alınmış ve 10.07.2021 tarihi için saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri elde edilmiştir.



		YAZ		YAZ	
		LCZ-3 bölgesinden Kestrel 3000 ile alınan manuel ölçümler		Envimet programından elde edilen ölçümler	
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
10.07.2021	10.00	29,3	38,85	28,80	40,66
10.07.2021	11.00	30,2	35,53	30,54	37,28
10.07.2021	12.00	31,5	34,15	31,35	33,14
10.07.2021	13.00	30,5	30,38	32,41	33,94
10.07.2021	14.00	29,3	28,45	32,55	33,42
10.07.2021	15.00	30,2	29,05	31,75	33,74
10.07.2021	16.00	29,3	30,08	30,14	35,26
10.07.2021	17.00	29,3	29,98	28,72	35,97
10.07.2021	18.00	28,3	31,58	27,57	37,67
10.07.2021	19.00	27,6	32,88	26,13	39,88
10.07.2021	20.00	26,8	35,00	24,63	42,41

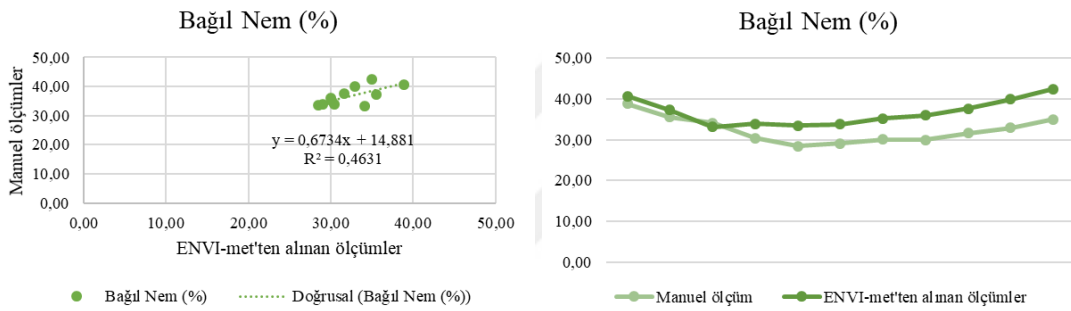
Şekil 4.5. LCZ-3 bölgesinden yaz ayında manuel ölçüm yapılan nokta (solda) ve elde edilen veriler (sağda)

LCZ-3 bölgesinden alınan manuel hava sıcaklığı ölçümleri ile simülasyondan elde edilen hava sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır. Yapılan basit lineer regresyon istatistiksel analizine göre 2 farklı veri arasındaki ilişkiyi gösteren r^2 değeri 0,75 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre regresyon model uyumunun hava sıcaklığı için oldukça anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Yaz ayı için LCZ-3 bölgesinden alınan hava sıcaklığı kalibrasyon analizi

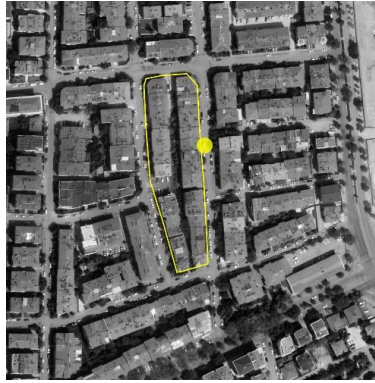
Aynı bölgeden alınan bağıl nem manuel ölçümleri ve simülasyondan elde edilen verilerin karşılaştırılması aşağıda grafiklerde yer almaktadır (Şekil 4.7). Yapılan analizlere göre r^2 değeri 0,46 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,5'in altında olsa da bağıl nem için anlamlı bir uygunluğa yakın bulunmaktadır.



Şekil 4.7. Yaz ayı için LCZ-3 bölgesinden alınan bağıl nem kalibrasyon analizi

- Kış ayında LCZ-2 bölgesinden alınan manuel ölçümler ile simülasyon sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırılması

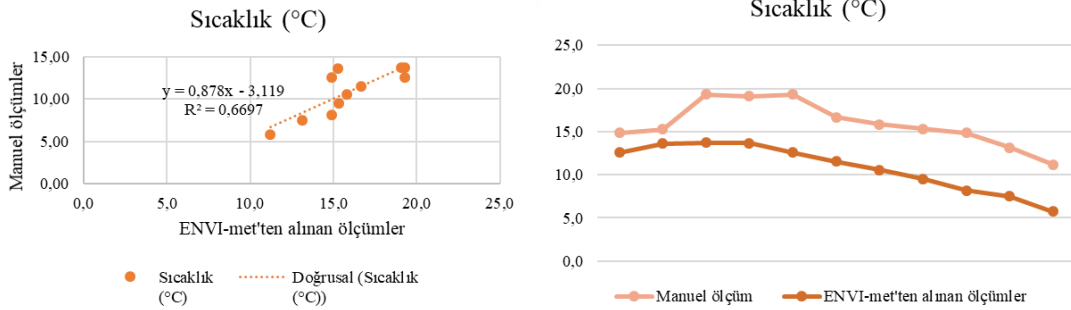
Kış ayında LCZ-2 bölgesinden belli bir noktadan (Şekil 4.8) yapılan manuel ölçümler sonucunda 15'er dakikalık veriler elde edilmiştir. Ölçüm yapılan noktalar hem yaz hem de kış ayı için aynı yerel iklim bölgesi ve aynı koordinatlar olarak belirlenmiştir. 15'er dakikalık verilerin saatlik ortalaması alınmış ve 10.01.2022 tarihi için saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri elde edilmiştir.



		KİŞ		KİŞ	
		LCZ-2 bölgesinden Kestrel 3000 ile alınan manuel ölçümler		Envimet programından elde edilen ölçümler	
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
10.01.2022	10.00	14,9	38,93	12,57	58,47
10.01.2022	11.00	15,3	34,63	13,63	56,54
10.01.2022	12.00	19,3	30,48	13,71	54,46
10.01.2022	13.00	19,1	28,78	13,66	51,01
10.01.2022	14.00	19,3	32,90	12,58	53,66
10.01.2022	15.00	16,7	31,33	11,52	54,94
10.01.2022	16.00	15,8	30,58	10,58	58,77
10.01.2022	17.00	15,3	35,13	9,52	63,35
10.01.2022	18.00	14,9	36,70	8,18	67,25
10.01.2022	19.00	13,2	37,43	7,49	70,47
10.01.2022	20.00	11,2	37,10	5,77	76,50

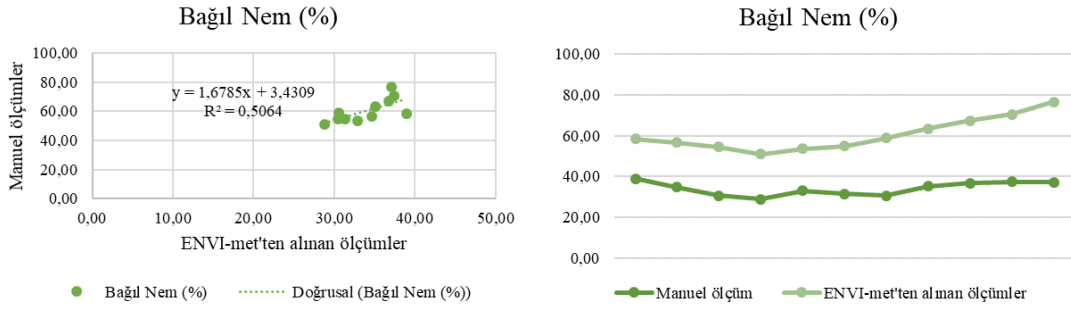
Şekil 4.8. LCZ-2 bölgesinden kış ayında manuel ölçüm yapılan nokta (solda) ve elde edilen veriler (sağda)

LCZ-2 bölgesinden alınan manuel hava sıcaklığı ölçümleri ile simülasyondan elde edilen hava sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır. Yapılan basit lineer regresyon istatistiksel analizine göre 2 farklı veri arasındaki ilişkiyi gösteren r^2 değeri 0,67 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre regresyon model uyumunun hava sıcaklığı için oldukça anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Kış ayı için LCZ-2 bölgesinden alınan hava sıcaklığı kalibrasyon analizi

Aynı bölgeden alınan bağıl nem manuel ölçümleri ve simülasyondan elde edilen verilerin karşılaştırılması aşağıda grafiklerde yer almaktadır (Şekil 4.10). Yapılan analizlere göre r^2 değeri 0,51 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre regresyon model uyumunun bağıl nem için anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Kış ayı için LCZ-2 bölgesinden alınan bağıl nem kalibrasyon analizi

- Kış ayında LCZ-3 bölgesinden alınan manuel ölçümler ile simülasyon sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırılması

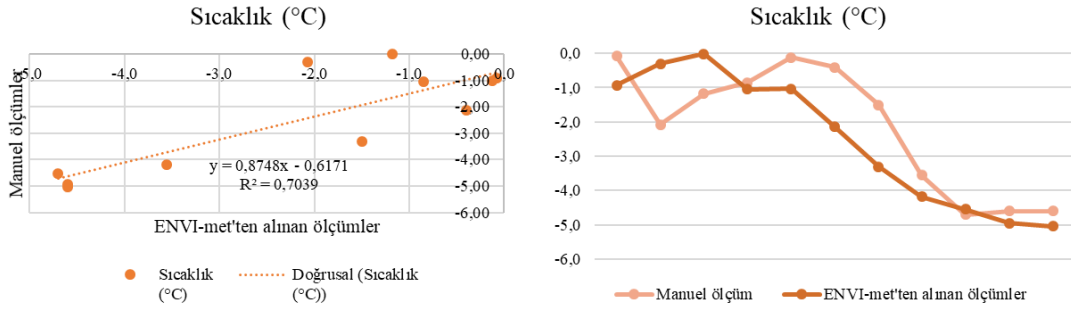
Kış ayında LCZ-3 bölgesinden belli bir noktadan (Şekil 4.11) yapılan manuel ölçümler sonucunda 15'er dakikalık veriler elde edilmiştir. 15'er dakikalık verilerin saatlik ortalaması alınmış ve 20.01.2022 tarihi için saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri elde edilmiştir.



	KİŞ		KİŞ		
	LCZ-3 bölgesinden Kestrel 3000 ile alınan manuel ölçümler		Envimet programından elde edilen ölçümler		
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
20.01.2022	10.00	-0,1	34,50	-0,93	48,53
20.01.2022	11.00	-2,1	37,05	-0,30	47,50
20.01.2022	12.00	-1,2	37,55	-0,01	48,69
20.01.2022	13.00	-0,9	37,30	-1,04	53,12
20.01.2022	14.00	-0,1	37,83	-1,03	53,94
20.01.2022	15.00	-0,4	38,98	-2,15	54,30
20.01.2022	16.00	-1,5	43,95	-3,31	60,05
20.01.2022	17.00	-3,6	49,20	-4,18	61,28
20.01.2022	18.00	-4,7	49,58	-4,54	61,99
20.01.2022	19.00	-4,6	53,00	-4,95	63,70
20.01.2022	20.00	-4,6	61,60	-5,04	65,46

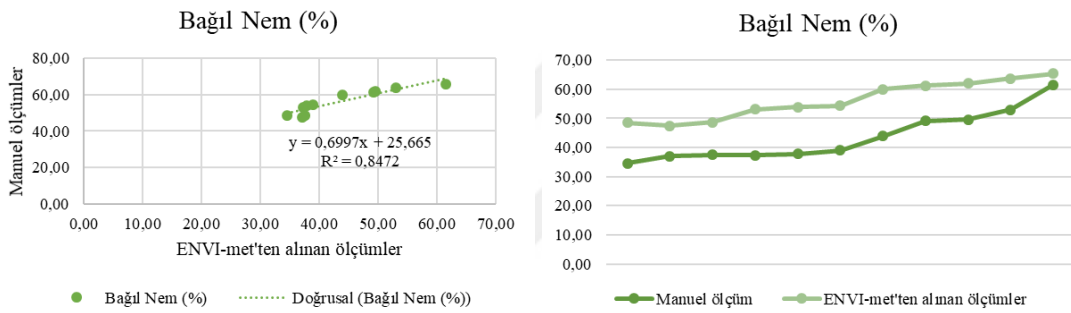
Şekil 4.11. LCZ-3 bölgesinden kış ayında manuel ölçüm yapılan nokta (solda) ve elde edilen veriler (sağda)

LCZ-3 bölgesinden alınan manuel hava sıcaklığı ölçümleri ile simülasyondan elde edilen hava sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır. Yapılan basit lineer regresyon istatistiksel analizine göre 2 farklı veri arasındaki ilişkiyi gösteren r^2 değeri 0,70 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre hava sıcaklığı için regresyon model uyumunun oldukça anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kış ayı için LCZ-3 bölgesinden alınan hava sıcaklığı kalibrasyon analizi

Aynı bölgeden alınan bağıl nem manuel ölçümleri ve simülasyondan elde edilen verilerin karşılaştırılması aşağıda grafiklerde yer almaktadır (Şekil 4.13). Yapılan analizlere göre r^2 değeri 0,85 olarak bulunmuştur. Bu bölgeden alınan değerlere göre bağıl nem için regresyon model uyumunun oldukça anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Kış ayı için LCZ-3 bölgesinden alınan bağıl nem kalibrasyon analizi

Simülasyon programının doğruluğunu test etmek için yapılan kalibrasyon sonucunda elde edilen regresyon değerleri aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.1). Çizelgeye göre, hava sıcaklığı regresyon değerlerinin tümü, yaz ve kış mevsiminde iki farklı yerel iklim bölgesinden alınan ölçümler için, 0,60'ın üzerinde çıkmıştır. Dolayısıyla hava ölçüm cihazı ile yapılan manuel ölçümler ve ENVI-met programından alınan hava sıcaklığı parametresinin regresyon model uyumunun iyi olduğu görülmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde; yaz mevsiminde ölçülen değerler 0,50'nin altında olduğu için regresyon model uyumunun iyi olmadığı söylenebilmektedir. Fakat kış değerlerinin ikisi de 0,50'nin üzerinde oldukları için hava ölçüm cihazı ile yapılan manuel ölçümler ve ENVI-met programından alınan bağıl nem parametresinin regresyon model uyumunun iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Kalibrasyon sonucunda elde edilen yaz ve kış mevsimi için regresyon değerleri (r^2)

	YAZ		KIŞ	
	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-2	LCZ-3
Sıcaklık (°C)	0,61	0,75	0,67	0,70
Bağıl Nem (%)	0,33	0,46	0,51	0,85

Daha önce literatürde yapılan birçok çalışmada termal konfor ve kentsel ısı adası etkisinin tespit edilebilmesi için ENVI-met simülasyon programı kullanılmıştır. Bazı çalışmalar ile ENVI-met programının kullanılabilirliği ve doğruluğu da test edilmiştir (Taleghani ve diğ., 2015; Nasrollahi ve diğ., 2017; Crank ve diğ., 2018; Tsoka ve diğ., 2018). Birçok çalışmada ENVI-met'in doğruluğunun test edilebilmesi için simülasyon öncesinde manuel hava ölçüm cihazları ile yapılan ölçümler simülasyon sonrasında elde edilen veriler ile karşılaştırılarak kalibrasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bazı çalışmalarda hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri kalibre edilirken, bazı çalışmalarda sadece hava sıcaklığı değerleri kalibre edilmiştir. Nispeten daha az olmakla beraber bazı çalışmalarda ise hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık değerlerinin tümünün kalibrasyonu yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen regresyon katsayıları (r^2) çoğunlukla 0,60'ın üzerinde bulunmuştur. Bu durum ENVI-met simülasyon programının gerçeğe yakın değerler ortaya çıkardığını ve doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Literatürde ENVI-met simülasyon programının doğruluğunun test edildiği bazı çalışmalar ve detayları aşağıda yer almaktadır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Literatürde ENVI-met ile ilgili çalışmalarda yer alan kalibrasyon sonuçları ve detayları

Referans	Konum	Mevsim	Kullanılan parametreler	Korelasyon katsayısı (r^2)
Emmanuel (2005)	ABD	Yaz	T_a	-
Emmanuel ve Fernando (2007)	Sri Lanka	Yaz	T_a	-
Peng ve Jim (2013)	Çin	Yaz	T_a	P1=0,95; P2=0,95; P3=0,96
Chen ve Ng (2013)	Çin	Yaz	T_a T_{MRT}	0,75 0,61
Wang ve Akbari (2014)	Kanada	Yaz	T_a Rh	0,73 0,63
Peron ve diğ. (2015)	İtalya	Yaz	T_a	-
Ballout ve diğ. (2015)	Cezayir	Yaz	T_a Rh W_s	-
Ghaffarianhoseini ve diğ. (2015)	Malezya	Yaz	T_a	0,96
Song ve Park (2015)	Güney Kore	Yaz	T_a	P1=0,63; P2=0,32; P3=0,61

Wang ve diğ. (2016b)	Kanada	Yaz Kış	T _a	P1=0,66; P2=0,83 P1=0,60; P2=0,68
Maleki ve Mahdavi (2016)	Avusturya	Yaz	T _a	-
Wu ve Chen (2017)	Çin	Yaz	T _a	-
Tsoka ve diğ. (2017)	Yunanistan	Yaz	T _a	-
Ng ve diğ. (2012)	Çin	Yaz	T _a	0,77
Tan ve diğ. (2017)	Çin	Yaz	PET T _{MRT} T _{yüzey}	0,73 0,82 0,88
Herath ve diğ. (2018b)	Sri Lanka	Yaz	T _a	0,97
Chatterjee ve diğ. (2019)	Hindistan	Yaz	T _a Rh	0,79 0,79
Aboelata ve Sodoudi (2019)	Mısır	Yaz	T _a Rh	-
Farhadi ve diğ. (2019)	İran	Yaz	T _a	0,92
Ziaul ve Pal (2020)	Hindistan	Yaz	T _a	a=0,92; b=0,92; c=0,71
Li ve diğ. (2020)	Çin	Yaz	T _a Rh	a=0,70; b=0,73 a=0,79; b=0,71
Karimi ve diğ. (2020)	İran	Yaz	T _a	0,83
Teshnehdel ve diğ. (2020)	İran	Kış	T _a Rh	0,89 0,90
Lan ve diğ. (2021)	Çin	Yaz	T _a T _{MRT} W _S	P1=0,98; P2=0,95; P3=0,94 P1=0,88; P2=0,79; P3=0,87 P1=0,54; P2=0,35; P3=0,40
Jia ve Wang (2021)	Çin	Sonbahar İlkbahar	T _a T _{MRT} W _S Rh	-
Mohammad ve diğ. (2021)	Hindistan	Yaz	T _a T _{MRT} W _S Rh	0,91 0,81 0,80 0,93
(Abdallah ve Mahmoud, 2022)	Mısır	Yaz	T _a	P1=0,99; P2=0,998
He ve diğ. (2021)	Japonya	Yaz	T _a	0,92
Karimimoshaver ve Shahrak (2022)	Azerbaycan	Yaz Kış	T _a Rh	Yaz=0,94; Kış=0,94 Yaz=0,89; Kış=0,90
Cui ve diğ. (2023)	Çin	Yaz	T _a Rh	Pa=0,86; Pb=0,88 Pa=0,90; Pb=0,95
Darbani ve diğ. (2023)	İran	Yaz	T _a	0,90
Lam ve diğ. (2023)	Çin	Yaz	T _a T _{MRT} S _{rad} PET UTCI	0,81 0,75 0,56 0,77 0,81
Yu ve diğ. (2023)	Çin	Yaz Kış	T _a Rh	Yaz=0,88; Kış=0,90 Yaz=0,81; Kış=0,86

Literatürde yer alan çalışmalardan ve yapılan yaz-kış mevsimi kalibrasyonlarından da görüldüğü üzere ENVI-met programı çoğunlukla gerçek iklim parametreleri ile çok yakın değerler ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle ENVI-met

simülasyon programı tüm dünyada iklim çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada da simülasyon programı olarak ENVI-met tercih edilmiştir.

4.2. Tüm parametreler arasındaki genel ilişkilendirmeler

Simülasyon sonucunda elde edilen iklim parametreleri öncelikle yerel iklim bölgesi farkı gözlemlenmeden genel olarak ilişkilendirilmiştir. Bu aşamada, yapısal parametrelerden biri olan SVF değeri ile ortalama radyant sıcaklık, fizyolojik eşdeğer sıcaklık, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem değerleri arasındaki matematiksel ilişki sorgulanmıştır. Böylece Konya kenti için bir tahmin modeli oluşturulmuştur.

İkinci aşamada, farklı yerel iklim bölgelerinde, simülasyon sonucunda elde edilen iklim parametreleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar yaz ve kış mevsimi için ayrı ayrı 24 saatlik olarak gerçekleştirilmiştir. Böylece gün içinde yerel iklim bölgeleri arasındaki farklar tespit edilmiştir.

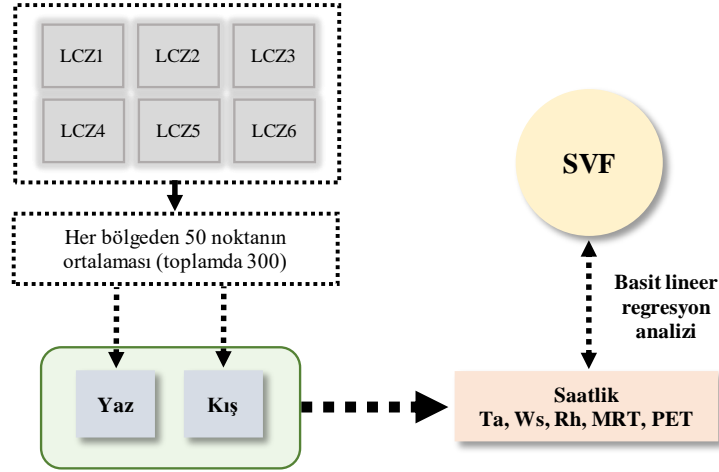
Üçüncü aşamada, simülasyon sonucunda her bölge için elde edilen iklim parametreleri ile referans meteoroloji istasyonundan alınan değerler karşılaştırılmış ve hangi bölgelerde daha fazla değişimlerin olduğu tespit edilmiştir. Bu karşılaştırmalar saatlik olarak yaz ve kış mevsimi için yapılmıştır.

Son aşamada ise, tüm yerel iklim bölgelerinde gün içindeki maksimum, minimum ve ortalama değerler hesaplanmış ve standart sapma değerleri ortaya konulmuştur.

4.2.1. Tüm iklim parametreleri ve SVF arasındaki genel ilişkilerin analiz edilmesi

Konya kentinde yer alan altı farklı yerel iklim bölgesinden seçilen noktaların simülasyondan elde edilen iklim verileri ile bazı parametreler arasındaki genel ilişkiler sorgulanmıştır. Yaz ve kış mevsimi için yapılan bu ilişkilendirme ile yapısal parametrelerden biri olan SVF (gökyüzü görünüm faktörü) ile diğer parametreler arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir.

Genel ilişkilendirmeler yapılabilmesi için yaz ve kış mevsiminde gün doğumundan gün batımına kadar olan saatlik değerler kullanılmıştır. Her nokta için belirlenen saatlik hava sıcaklığı (T_a), rüzgâr hızı (W_s), bağıl nem (RH), fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET), ortalama radyant sıcaklık (MRT) iklim parametreleri ile her nokta için tespit edilen yapısal çevre parametrelerinden biri olan gökyüzü görünüm faktörü (SVF) arasındaki ilişkiler sorgulanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. İklim parametreleri ve SVF arasındaki genel ilişkilerin sorgulanması yöntem akışı

SVF genel olarak bir kentteki farklı dokuları anlatabilen yapısal bir parametre olduğu için, iklimsel parametreler ile arasındaki ilişkilendirmeler tespit edilmiştir. Böylece kent dokusunun/yoğunluğunun iklimsel parametrelere olan etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ilişkilendirmeler için basit lineer regresyon analizi kullanılmış ve parametreler arasındaki ilişkiler sorgulanmıştır. SVF'deki değişimlerin diğer iklim parametrelerini nasıl etkilediği tespit edilmiştir.

Yapılan ilişkilendirmeler için yerel iklim bölgelerinin her birinden 50 farklı nokta olmak üzere toplamda 300 nokta belirlenmiştir. Bu noktalar, yapı adası içinden ve dışından olmak üzere bölgedeki tüm karakteristiği yansıtmaktadır (Şekil 4.15).

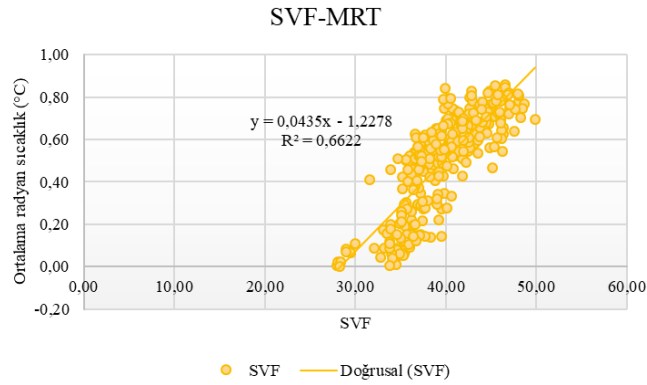




Şekil 4.15. Tüm yerel iklim bölgeleri içinde belirlenen noktalar

Yaz mevsimi için genel ilişkilendirmeler:

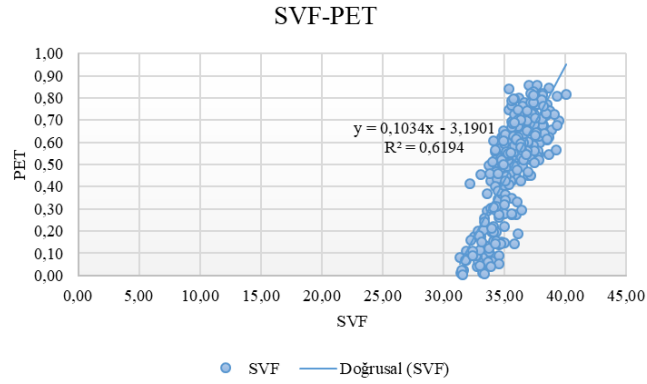
İlk olarak yaz mevsimi için 300 farklı noktadan alınan 06:00-20:00 arasında saatlik ortalama radyant sıcaklık değerleri ile SVF değerleri regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre SVF ve MRT arasındaki ilişkinin %66 oranında anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tahmin modeli olarak bulunan $y=0,0435x-1,2278$ denklemi ile SVF değeri %66 oranında doğru olarak bulunmaktadır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Yaz mevsimi için SVF-MRT ilişki grafiği

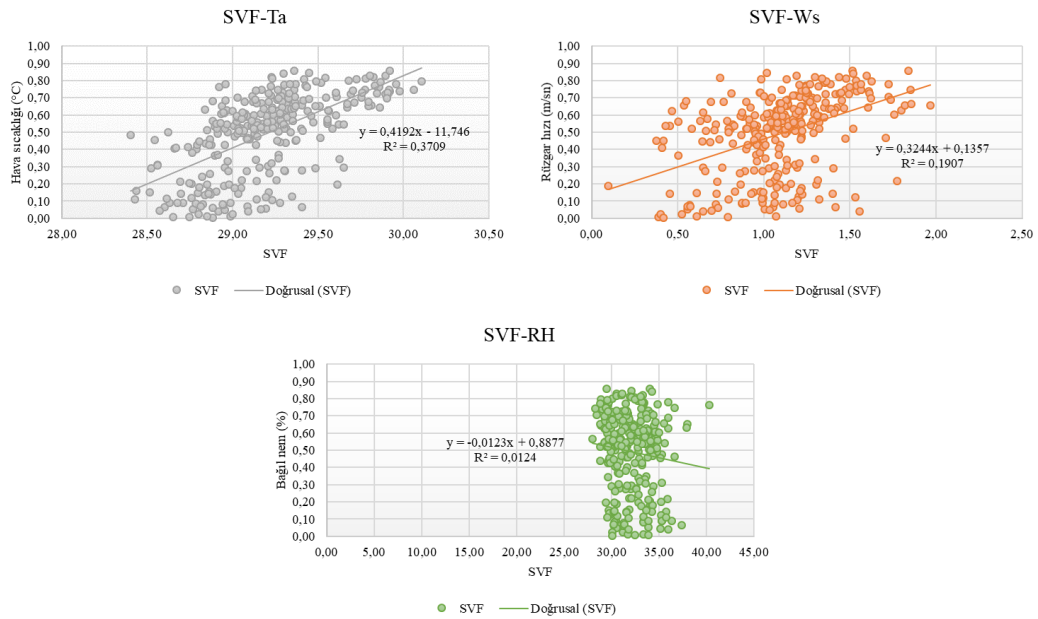
Diğer bir ilişkilendirme ise SVF ve PET arasında kurulmuştur. Yapılan analizlere göre SVF ve PET arasındaki ilişki 0,62 oranında anlamlı bulunmuştur. Sonuç olarak, tahmin modeli olarak bulunan $y=0,1034x-3,1901$ denklemi ile SVF değeri %62 oranında doğru olarak bulunmaktadır (Şekil 4.16). Literatürde yer alan birçok çalışmada yaz mevsimi için SVF ile PET ve SVF ile MRT arasında anlamlı ilişkiler gözlenirse de (Wang ve diğ., 2016a; Lyu ve diğ., 2019; Fahed ve diğ., 2020; Darbani ve

diğ., 2023) bazı çalışmalarda anlamsız ilişkilere de rastlanılmıştır (Wang ve Akbari, 2014; Farhadi ve diğ., 2019; Karimi ve diğ., 2020; Sun ve diğ., 2022).



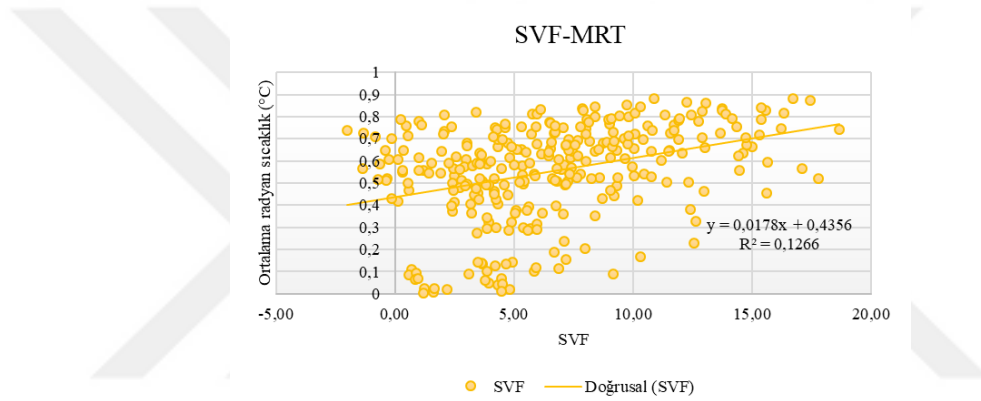
Şekil 4.17. Yaz mevsimi için SVF-PET ilişki grafiği

SVF ve diğer iklim parametreleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; hava sıcaklığı ile %37 rüzgâr hızı ile %19 oranında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu anlamlılık düzeyleri oldukça düşüktür (Şekil 4.18). Dolayısıyla yaz mevsimi için bu parametreleri matematiksel bir denklem kullanarak hesaplamak oldukça düşük bir doğruluk verecektir. SVF ile bağıl nem arasında 0,01 oranında tahmin doğruluğu bulunmakta ve anlamlı bir ilişki (sig.=0,53) bulunmamaktadır.



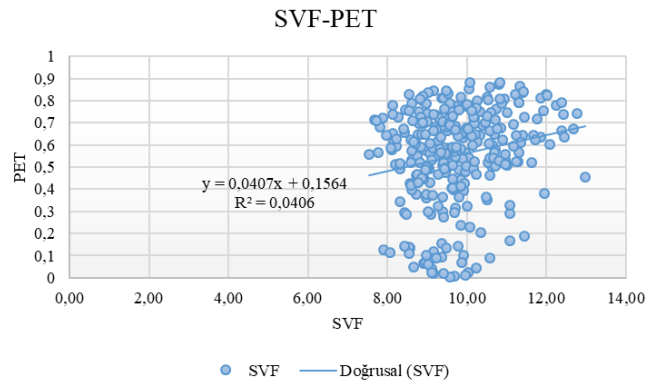
Şekil 4.18. Yaz mevsimi için SVF-Ta, SVF-Ws, SVR-RH ilişki grafikleri

Kış mevsimi için genel ilişkilendirmeler: Kış mevsimi için tüm yerel iklim bölgelerinden seçilen toplamda 300 noktanın 09:00-17:00 (gün doğumundan gün batımına kadar olan saat aralığı) arasında saatlik ortalama radyant sıcaklık değerleri ile SVF değerleri regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre kış mevsimi için SVF-MRT arasındaki ilişkinin anlamlılık düzeyi %13 olarak bulunmuştur. Yaz mevsimine kıyasla oldukça düşük bir doğruluk tahmini olduğu görülmüştür (Şekil 4.19). Bu duruma kış mevsimindeki SVF değerlerinin değişmesi neden olabilmektedir. Geniş yapraklı ağaçların yapraklarını dökmesi nedeniyle artan SVF değerleri anlamlı ilişkiler ortaya çıkmamasına neden olmaktadır. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda da bu durum desteklenmektedir (Sun ve diğ., 2022).



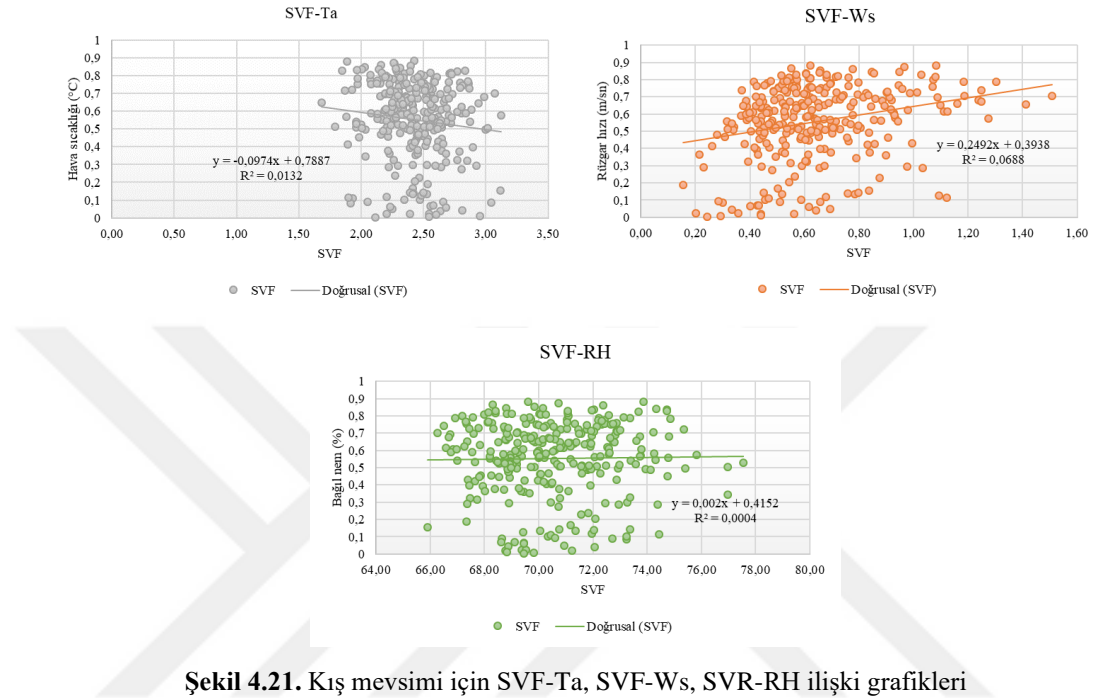
Şekil 4.19. Kış mevsimi için SVF-MRT ilişki grafiği

SVF-PET arasındaki ilişki incelendiğinde, oldukça düşük bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Anlamlılık düzeyi 0,04 olarak bulunmuştur (Şekil 4.20). Bu durumun MRT değerleri ve SVF'nin kış aylarında değişmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.20. Kış mevsimi için SVF-PET ilişki grafiği

SVF ile diğer iklim parametreleri arasındaki ilişkiler de MRT ve PET parametrelerinde olduğu gibi oldukça düşük düzeyde anlamlı bulunmuştur. Bu anlamlılık düzeyleri sırasıyla hava sıcaklığı için 0,01; rüzgâr hızı için 0,06; bağıl nem için ise; 0,0004 şeklindedir (Şekil 4.21).



Yaz ve kış mevsimi için karşılaştırma yapıldığında, yaz mevsiminde SVF değeri üzerinden diğer iklim parametrelerini tahmin etmenin çok daha doğru sonuçlar vereceğine ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde MRT, PET ve hava sıcaklığı SVF ile orta derecede ilişkilidir. Rüzgâr hızı ise düşük düzeyde ilişkilidir. Bağıl nemin ise anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır. Kış mevsiminde ise ulaşılan modelin doğruluk oranları oldukça düşüktür. Özellikle de PET, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem değerleri için SVF ile anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. MRT ise düşük düzeyde ilişkilidir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Yaz ve kış mevsiminde SVF ve diğer parametreler arasındaki regresyon katsayıları

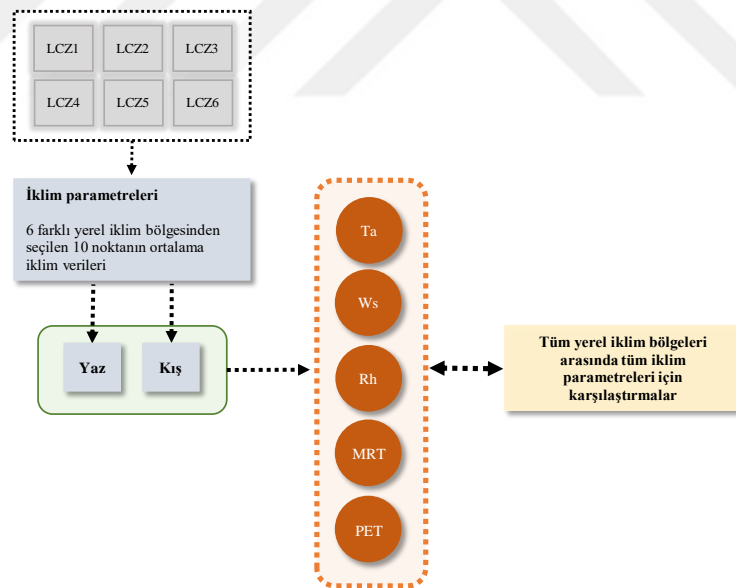
	SVF-MRT	SVF-PET	SVF-Ta	SVF-Ws	SVF-RH
r^2 (Yaz)	0,66	0,62	0,37	0,19	0,01
r^2 (Kış)	0,13	0,04	0,01	0,07	0,0004

Bu bölümde, SVF ve diğer iklim parametreleri arasındaki genel ilişkiler sorgulanmıştır. Yaz ve kış mevsiminde farklılıklar gösteren bu sonuçlar ile gelecekte

Konya ya da BSk iklimine sahip kentlerde yapılacak olan çalışmalara bir altlık oluşturulmuştur. Analizler sonucunda elde edilen tahmin modelleri kullanılarak SVF ile dış ortamda termal konfor değerleri yaz mevsimi için tahmin edilerek kentsel tasarıma katkı sağlanabilir.

4.2.2. Farklı yerel iklim bölgelerindeki temel iklim parametrelerinin aynı saatlerde karşılaştırılması (yaz ve kış mevsimi için)

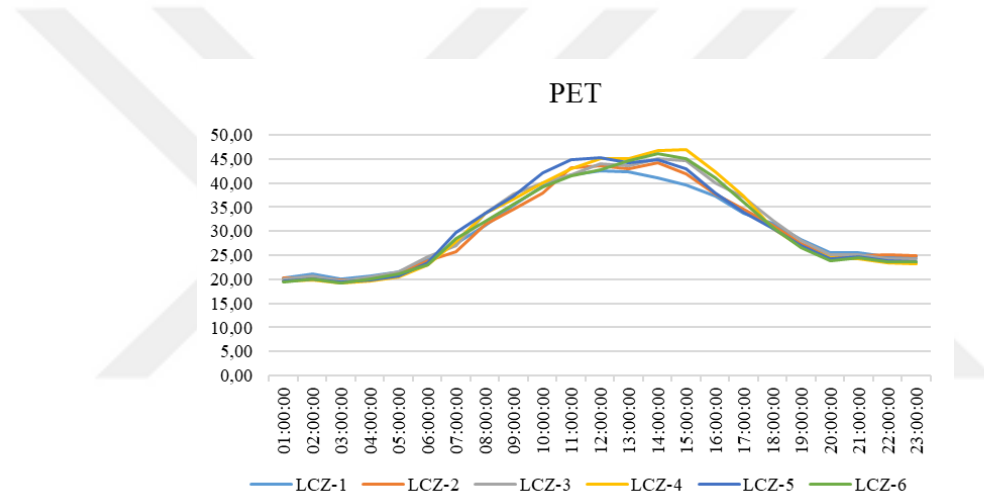
Çalışma için seçilen altı farklı yerel iklim bölgesinden simülasyonlar sonucunda elde edilen iklim parametreleri yaz ve kış mevsiminde aynı saatlerde karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar ile hangi yerel iklim bölgesinin hangi saat aralıklarında en konforlu olduğu tespit edilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar için hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem, ortalama radyant sıcaklık ve PET (dış ortamda termal konfor) değerleri kullanılmıştır (Şekil 4.22). Analizler için tüm yerel iklim bölgeleri içinden seçilen 10 farklı noktadan alınan değerler kullanılmıştır. Bu noktaların yerel iklim bölgesi içindeki konumları EK 1-6'da verilmiştir.



Şekil 4.22. Temel iklim parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırması yöntem akışı

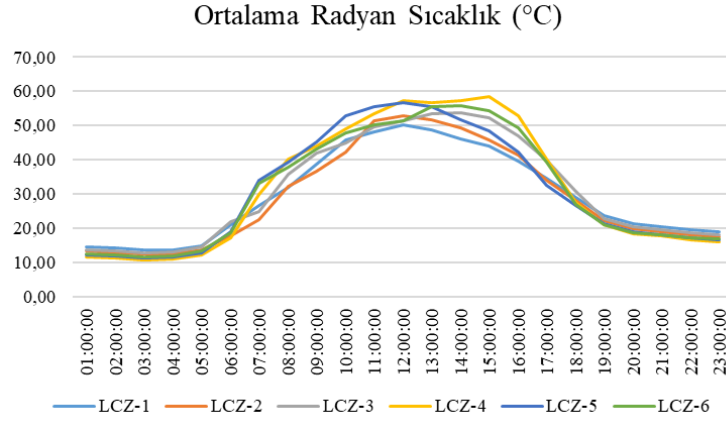
Yaz mevsimi için yapılan karşılaştırmalar: PET değerleri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde yapılan karşılaştırmalar sonucunda aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Şekil 4.23). Grafikten de incelenebileceği üzere, 18.00-06.00 saatleri arasında tüm yerel iklim bölgelerinde yaklaşık olarak aynı değerler bulunmuştur. Fakat bu değerler özellikle de insanların gün içinde sıklıkla dış ortamda buldukları saat aralıklarında iklim

bölgelerinde farklılık göstermektedir. Sabah saatlerinde 06.00-12.00 arasında LCZ-2 en düşük PET değerine sahiptir. Bu saat aralıklarında LCZ-5 ise en yüksek sıcaklıklara sahiptir. Diğer iklim bölgelerinde yaklaşık olarak aynı değerlerin ölçüldüğü tespit edilmektedir. Öğleden sonra 13.00-17.00 saat aralığında ise en yüksek PET değerleri LCZ-4 bölgesinde gözlenirken, en düşük PET değerleri LCZ-1 bölgesinde gözlenmiştir. Yapılan tespitler sonucunda İnsanların sıklıkla dış ortamda buldukları ve yaz mevsiminde en yoğun termal stres altında kaldıkları saatler olan 13.00-17.00 aralığında en konforsuz bölge olarak LCZ-4 tespit edilmiştir. Termal açıdan en konforlu bölge ise en düşük sıcaklık değerine sahip LCZ-1'dir. Diğer iklim bölgeleri de birbirine yakın değerler olup, en yüksekten en düşük PET değerine göre LCZ-4, LCZ-6, LCZ-3, LCZ-5, LCZ-2 ve LCZ-1 şeklinde sıralanmaktadır.



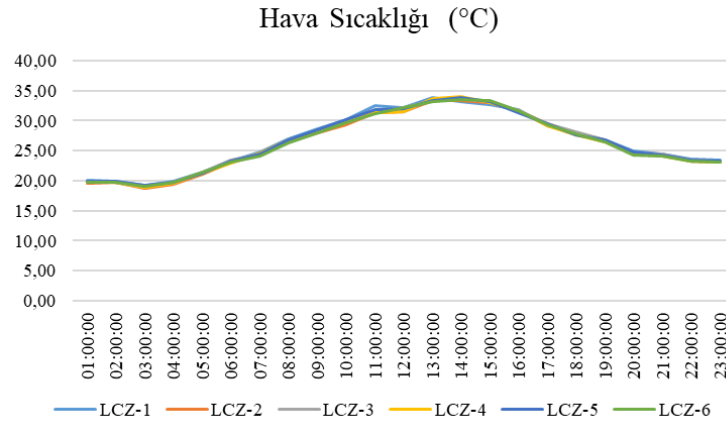
Şekil 4.23. Yaz mevsimi için PET değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

Ortalama radyant sıcaklığın tüm yerel iklim bölgeleri için karşılaştırması aşağıda grafikte yer almaktadır (Şekil 4.24). Elde edilen sonuçlara göre, ortalama radyant sıcaklık değerleri PET parametresine benzer bir dağılım göstermektedir. 18.00-06.00 saatleri arasında tüm yerel iklim bölgeleri yaklaşık olarak aynı değerlere sahip iken, bu durum gün içinde değişim göstermektedir. PET değeri karşılaştırmasında olduğu gibi saat 12.00'ye kadar en yüksek sıcaklıklara sahip bölge LCZ-5 iken, öğleden sonra LCZ-4 en sıcak ve konforsuz bölge olmuştur. Özellikle 13.00-17.00 aralığında tüm yerel iklim bölgeleri arasında ciddi farklar olduğu grafikten de görülebilmektedir. Bu grafikten elde edilen sonuca göre “H1: Bir kent içindeki farklı yerel iklim bölgelerinde dış ortamda termal konfor farklılık gösterir.” hipotezi desteklenmektedir.



Şekil 4.24. Yaz mevsimi için ortalama radyant sıcaklık değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

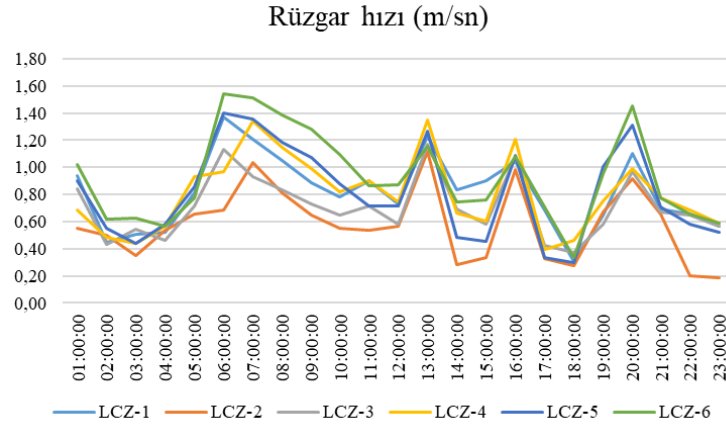
Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde hava sıcaklığı için yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir. 6 farklı yerel iklim bölgesinde birbirine yakın değerler ölçülmüştür (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Yaz mevsimi için hava sıcaklığı değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

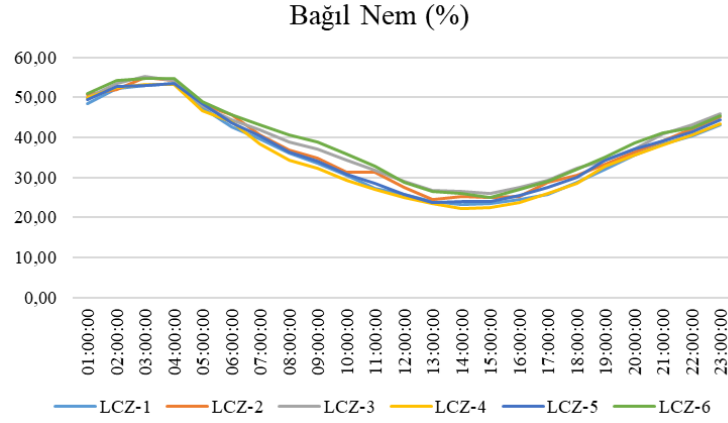
Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde rüzgâr hızı için yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir. Fakat tüm gün boyunca LCZ-2 bölgesinde en düşük rüzgâr hızı değerleri tespit edilmiştir. Bu durumun bölgenin oldukça kompakt ve ağaçlıklı bir bölge olmasından kaynaklandığı söylenebilmektedir. Kompakt, birbirine yakın binalar ve yüksek, yoğun dokulu ağaçlar nedeniyle rüzgâr hızı kesilmektedir. En yüksek rüzgâr hızı değerleri 13.00 ve 16.00'da LCZ-4 bölgesinde iken, diğer saat aralıklarının tümünde LCZ-6'dadır. LCZ-4 bölgesinde yüksek rüzgâr hızı değerlerinin nedeni binaların yüksek katlı olmalarına rağmen oldukça seyrek düzenlenmiş olmasındandır.

LCZ-6 bölgesinde de aynı durumdan söz edilebilmektedir. Bu bölgede ağaçların oldukça yoğun olmasına rağmen seyrek yapılaşma nedeniyle rüzgâr hızının kesilmediği görülmektedir. LCZ-4 bölgesinde rüzgâr hızının gün içinde çok fazla değişim gösterdiği de görülmekte ve bu durum güneşlenme ve binaların gölgeleme etkisiyle açıklanabilmektedir. Sadece 13.00 ve 16.00 saatlerinde en yüksek rüzgâr hızına ulaşılırken, diğer saat aralıklarında ortalama değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Yaz mevsimi için rüzgâr hızı değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

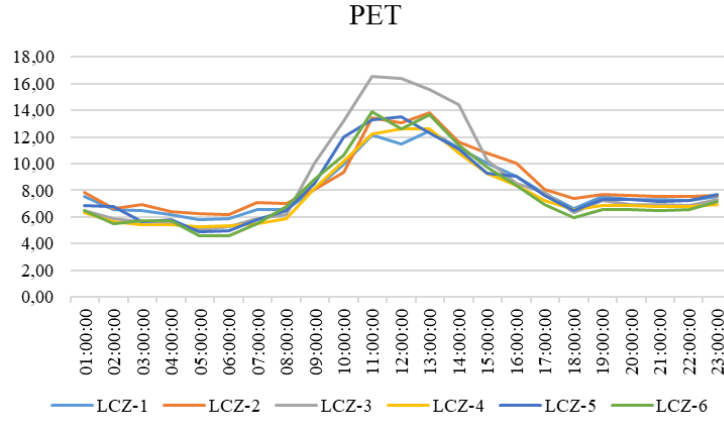
Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde bağıl nem için yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir. Aynı zamanda 21.00-02.00 saat aralığında tüm yerel iklim bölgelerinin neredeyse aynı değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Fakat diğer iklim parametrelerinde olduğu gibi gündüz saatlerinde iklim bölgeleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Genel olarak LCZ-4 bölgesinde en düşük bağıl nem değerleri gözlenirken, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler gözlenmektedir. Bunun nedeni LCZ-6 bölgesinde oldukça yoğun bir ağaç dokusunun yer almasıdır. LCZ-4 bölgesinde en düşük nem değerlerinin gözlenmesi ise bölgeler arasında en yüksek sert zemin oranına (binalar, araç yolları ve yaya yolları düşünüldüğünde) sahip bölgenin olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Yaz mevsimi için bağıl nem değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

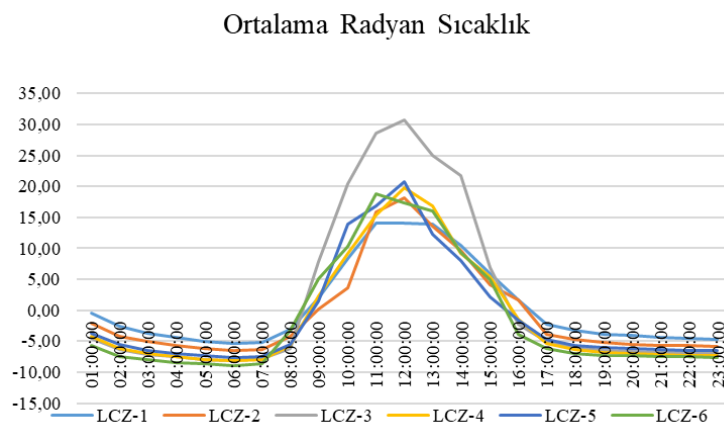
Yaz mevsimi için genel bir değerlendirme yapıldığında, tüm iklim parametrelerinde farklı yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımlar görülmektedir. Ancak yerel iklim bölgeleri arasında günün farklı saat aralıklarında değişimler gözlenmektedir. Bu durum gün içindeki rüzgâr hızı ve yönünün değişiminden, yapılı çevre parametrelerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Rüzgâr hızının farklı yerel iklim bölgelerindeki değişimi de üstte grafikte görülmektedir (Şekil 4.26).

Kış mevsimi için yapılan karşılaştırmalar: PET değerleri için kış mevsiminde 6 farklı yerel iklim bölgesinde yapılan karşılaştırmalar sonucunda aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Şekil 4.28). Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımlar görülmektedir. Saat 19.00-04.00 aralığında tüm bölgelerde PET değerleri birbirine yakın olarak gözlenmiştir. Fakat 08.00-15.00 arasında yerel iklim bölgeleri arasında belirgin farklılıklar görülmektedir. Yapılan karşılaştırmaya göre, LCZ-3 bölgesi bu saat aralıklarında diğer bölgelerden farklı olarak yüksek PET değerlerine sahiptir. Bu durum kış mevsiminde yüksek sıcaklıklar anlamına geldiği için en konforlu bölgenin LCZ-3 olduğu söylenebilmektedir. Diğer yerel iklim bölgeleri arasında belirgin farklar bulunmamaktadır. En düşük PET ise özellikle saat 12.00'de LCZ-1 ve sonrasında LCZ-4 bölgesinde gözlenmiştir. Bu durumun nedeni, her iki bölgede yüksek katlı binaların yaratmış olduğu gölgelemenin serinletme etkisidir. Saat 15.00-18.00 arasında da LCZ-2 bölgesinde yüksek PET değerleri gözlenmiştir. Bu durum ise kompakt bina dokusu ve yoğun ağaçların rüzgârın serinletici etkisini hafifleterek hava sıcaklığını yükseltmesindedir.



Şekil 4.28. Kış mevsimi için PET değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

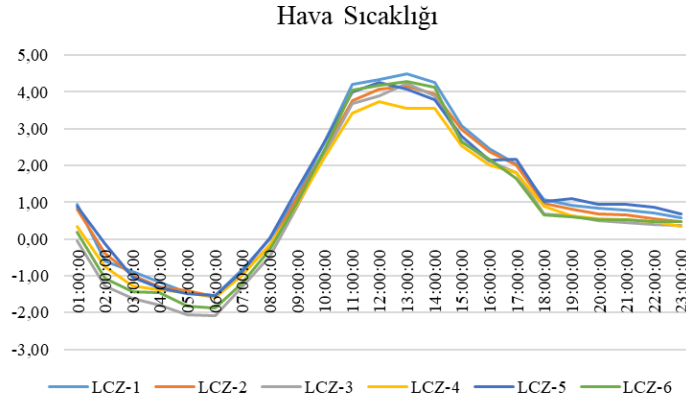
Ortalama radyant sıcaklığın kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri için karşılaştırması aşağıda grafikte yer almaktadır (Şekil 4.29). Elde edilen sonuçlara göre, ortalama radyant sıcaklık değerleri PET parametresine benzer bir dağılım göstermektedir. 17.00-08.00 aralığında tüm yerel iklim bölgelerinde birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür. Fakat özellikle 09.00-15.00 arasında LCZ-3 bölgesinde yüksek ortalama radyant sıcaklık değerleri bulunmaktadır. Saat 09.00-11.00 arasında en düşük ortalama radyant sıcaklık değerlerine LCZ-2 bölgesi sahip iken, 11.00-13.00 arasında LCZ-1, 13.00-15.00 arasında ise LCZ-5 bölgesi sahiptir. Dolayısıyla ortalama radyant sıcaklık değerleri dikkate alındığında en konforsuz bölgeler saat aralıklarına göre değişim göstermektedir.



Şekil 4.29. Kış mevsimi için ortalama radyant sıcaklık değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

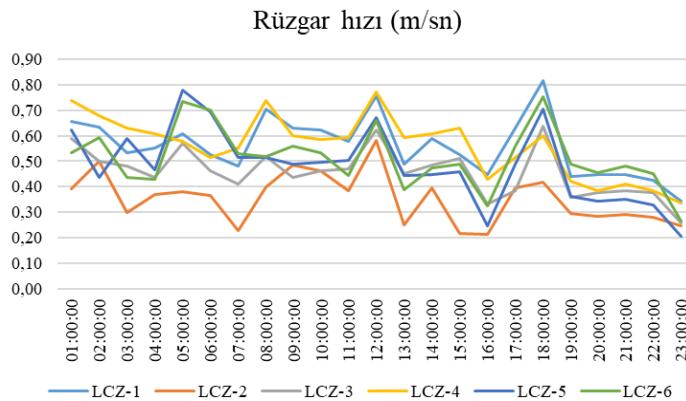
Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde hava sıcaklığı için yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir. 19.00-23.00 saat aralığında tüm yerel iklim bölgelerinde

birbirine yakın değerler olduğu görülürken, 01.00'den sonra LCZ-3 bölgesinin en düşük hava sıcaklıklarına sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum saat 09.00'dan sonra değişmekte ve LCZ-4 bölgesi en düşük hava sıcaklığına sahip olmaktadır. 11.00-15.00 saat aralığında en yüksek hava sıcaklığı LCZ-1 bölgesinde görülmektedir (Şekil 4.30).



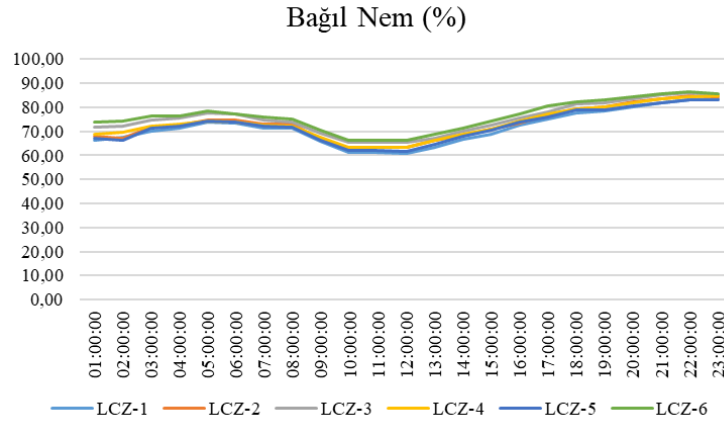
Şekil 4.30. Kış mevsimi için hava sıcaklığı değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

Tüm yerel iklim bölgelerinin tüm gün içinde rüzgâr hızı için farklı dağılımlar gösterdiği görülmektedir. Özellikle LCZ-2 bölgesinde yaz mevsiminde de olduğu gibi tüm gün en düşük rüzgâr hızı değerleri gözlenmektedir. Bu durum LCZ-2 bölgesinde yoğun bina ve ağaçların bulunmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yerel iklim bölgeleri günün farklı saat aralıklarında değişimler göstermekte ve gün batımı saatinden sonra tüm bölgelerde bir anda rüzgâr hızının yükseldiği görülmektedir. Bu duruma güneşin batması ile beraber sıcaklığın düşmesi ve rüzgârın daha yoğun hissedilmesi neden olmaktadır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Kış mevsimi için rüzgâr hızı değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

Tüm bölgelerde gün içinde bağıl nem için yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir. Hatta tüm gün içinde birbirine yakın değerlere sahip oldukları da görülmektedir. Bütün yerel iklim bölgelerinde 11.00-13.00 arasında bağıl nem değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Bu duruma güneşin en tepede olması ve dik açılarla düşmesi neden olmaktadır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Kış mevsimi için bağıl nem değerlerinin tüm iklim bölgelerinde gün içindeki saatlik değişimleri

Kış mevsimi için genel bir değerlendirme yapıldığında, yaz mevsiminde de olduğu gibi tüm iklim parametrelerinde farklı yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımlar görülmektedir. Ancak yerel iklim bölgeleri arasında günün farklı saat aralıklarında değişimler gözlenmektedir. Özellikle PET ve ortalama radyant sıcaklık grafiklerinde LCZ-3 bölgesi diğer yerel iklim bölgelerine kıyasla oldukça farklılaşmaktadır.

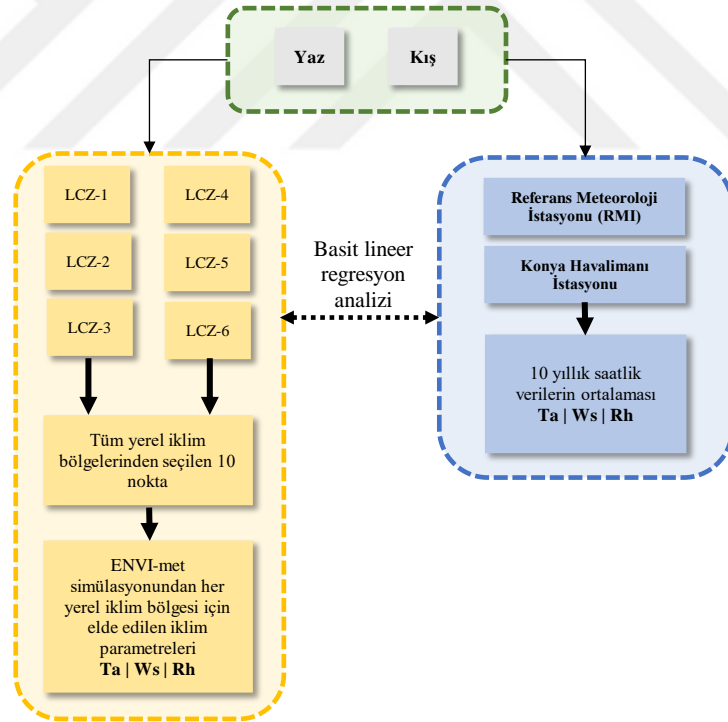
Bu bölümden elde edilen verilere göre “H8: Bir yerel iklim bölgesinde günün farklı saat aralıklarında dış ortamda termal konfor ve hava sıcaklığı değişim gösterir.” hipotezi kanıtlanmış ve doğru olarak tespit edilmiştir.

4.2.3. Farklı yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonunun karşılaştırılması

ENVI-met simülasyon programından her yerel iklim bölgesi için elde edilen iklim parametreleri öncelikle referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile karşılaştırılmıştır. Referans meteoroloji istasyonu (RMI) olarak Konya kenti dışında yer alan “Konya Havalimanı İstasyonu” tercih edilmiştir. Bu karşılaştırma ile kent dışında

kırsal alanda yer alan bir bölge ile kent içindeki yerel iklim bölgeleri arasındaki farklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Simülasyonda kullanılan veriler Konya için son 10 yıllık ortalama saatlik veriler olarak kullanıldığı için RMI'den alınan veriler de bu şekilde elde edilmiş ve düzenlenmiştir. Yapılan karşılaştırma ile Konya kenti dışındaki iklim parametreleri ve kent içinde yer alan farklı yerel iklim bölgeleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Yerel iklim bölgelerindeki farklılıkların hangi yapısal çevre parametrelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

“Konya Havalimanı İstasyonu”ndan alınan 10 yıllık (2012-2021) saatlik verilerin ortalaması elde edilmiştir. Elde edilen veriler; hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nemdir. Bu veriler ile simülasyon sonucunda her bölgeden seçilen 10 noktadan alınan ortalama değerler karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada ise belli saatlerde alınan değerler her iki parametre (RMI-LCZ) için karşılaştırılmıştır (Şekil 4.33). Günün hangi saatlerinde kent içindeki iklim parametrelerinin değişim gösterdiği ve nedenleri tartışılmıştır.



Şekil 4.33. Farklı yerel iklim bölgeleri ve RMI karşılaştırması yöntem akışı

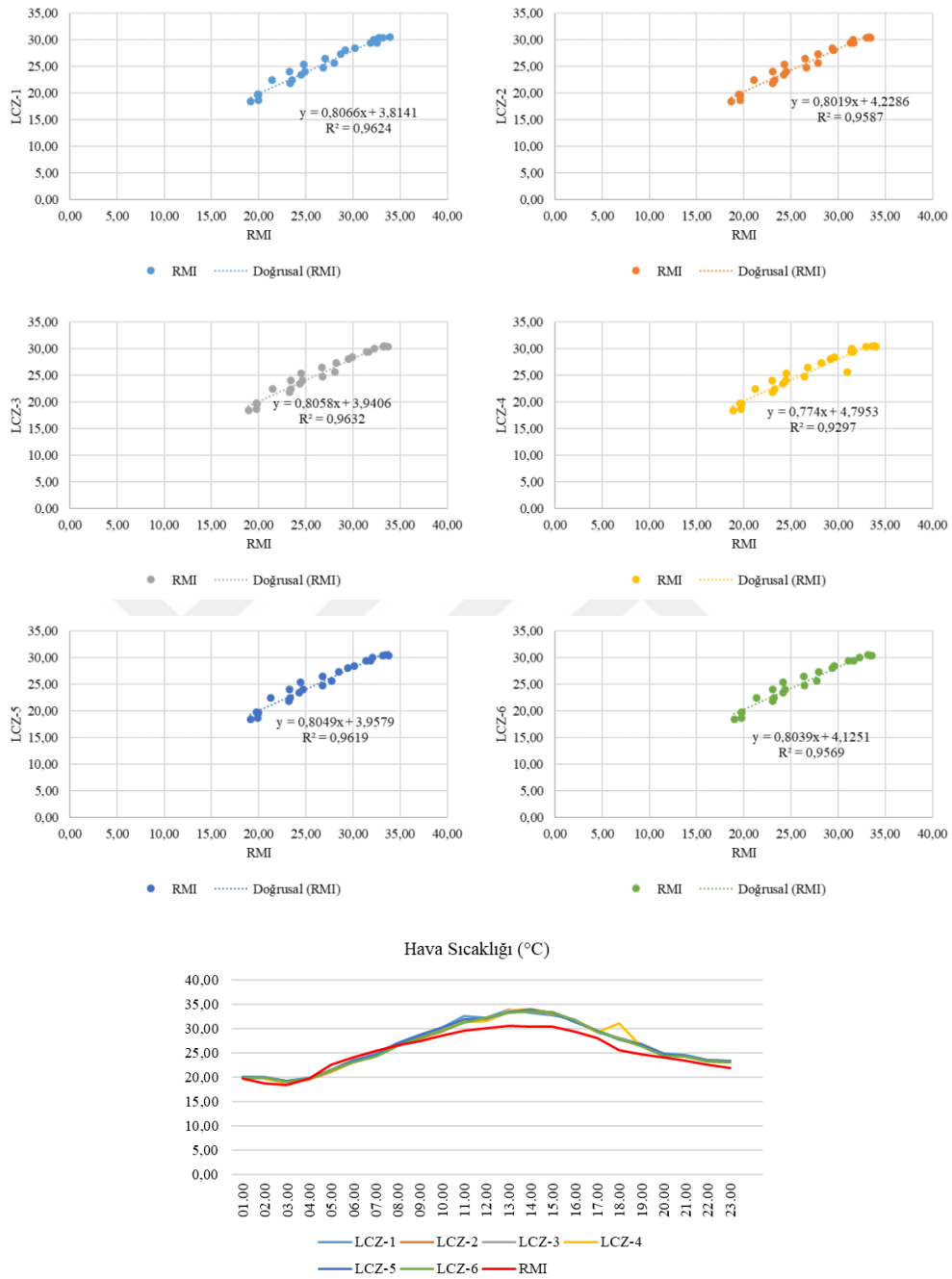
Yaz mevsiminde hava sıcaklığı (°C) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Yaz mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik hava sıcaklığı verileri (°C)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.07.2020	01.00	20,01	19,62	19,84	19,79	19,95	19,81	19,62
10.07.2020	02.00	19,98	19,62	19,80	19,72	19,93	19,80	18,73
10.07.2020	03.00	19,16	18,70	18,92	18,88	19,15	19,02	18,41
10.07.2020	04.00	19,91	19,47	19,75	19,61	19,74	19,74	19,73
10.07.2020	05.00	21,43	21,06	21,50	21,23	21,29	21,35	22,49
10.07.2020	06.00	23,30	23,05	23,44	22,99	23,30	23,08	24,03
10.07.2020	07.00	24,79	24,34	24,51	24,53	24,47	24,18	25,34
10.07.2020	08.00	27,04	26,49	26,70	26,75	26,81	26,37	26,45
10.07.2020	09.00	28,68	27,89	28,20	28,22	28,51	27,95	27,37
10.07.2020	10.00	30,24	29,35	29,96	29,59	30,12	29,59	28,43
10.07.2020	11.00	32,51	31,32	31,47	31,38	31,87	31,11	29,43
10.07.2020	12.00	32,20	31,57	32,24	31,44	32,08	32,24	30,00
10.07.2020	13.00	33,92	33,32	33,27	33,64	33,42	33,18	30,43
10.07.2020	14.00	33,19	33,43	33,70	34,00	33,78	33,55	30,37
10.07.2020	15.00	32,72	33,06	33,24	32,98	33,14	33,42	30,32
10.07.2020	16.00	31,89	31,62	31,63	31,60	31,37	31,65	29,42
10.07.2020	17.00	29,17	29,51	29,53	29,19	29,46	29,38	28,06
10.07.2020	18.00	27,99	27,85	28,09	30,96	27,71	27,77	25,59
10.07.2020	19.00	26,83	26,64	26,76	26,43	26,75	26,43	24,76
10.07.2020	20.00	24,93	24,51	24,64	24,47	24,73	24,35	24,01
10.07.2020	21.00	24,48	24,22	24,40	24,19	24,31	24,19	23,41
10.07.2020	22.00	23,56	23,29	23,44	23,25	23,37	23,22	22,51
10.07.2020	23.00	23,37	23,08	23,29	23,07	23,20	23,09	21,88

Yaz mevsiminde hava sıcaklığı için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,9624; 0,9587; 0,9632; 0,9297; 0,9619; 0,9569 şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.34). Bu sonuçlara göre yaz mevsimindeki hava sıcaklık değerleri ile referans meteoroloji istasyonundan alınan değerler arasında oldukça yüksek bir benzerlik olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek benzerlik LCZ-3 bölgesinde iken, en düşük benzerlik LCZ-4 bölgesindedir. Bu durum LCZ-4 bölgesinin oldukça yoğun bir yapılaşmaya sahip olması nedeniyle açıklanabilmektedir. Yapılı çevre verileri, özellikle yüksek katlı binalar, sert zemin oranının yüksekliği ve yeşil alanların az olması nedeniyle kırsal çevreden alınan hava sıcaklığı verilerine göre yüksek bulunmuştur. Yerel iklim bölgeleri arasındaki kıyaslamalar sonucunda, LCZ-3 bölgesinin ise daha az yoğun bir bölge olması, binaların tek katlı olması ve yeşil alanların oldukça yoğun olması nedeniyle kırsal

bölgeden alınan hava sıcaklığı verilerine göre farkı azdır. Bunu yine yeşil alan yoğunluğu fazla, yapılaşma yoğunluğu az olan LCZ-6 bölgesi takip etmektedir.



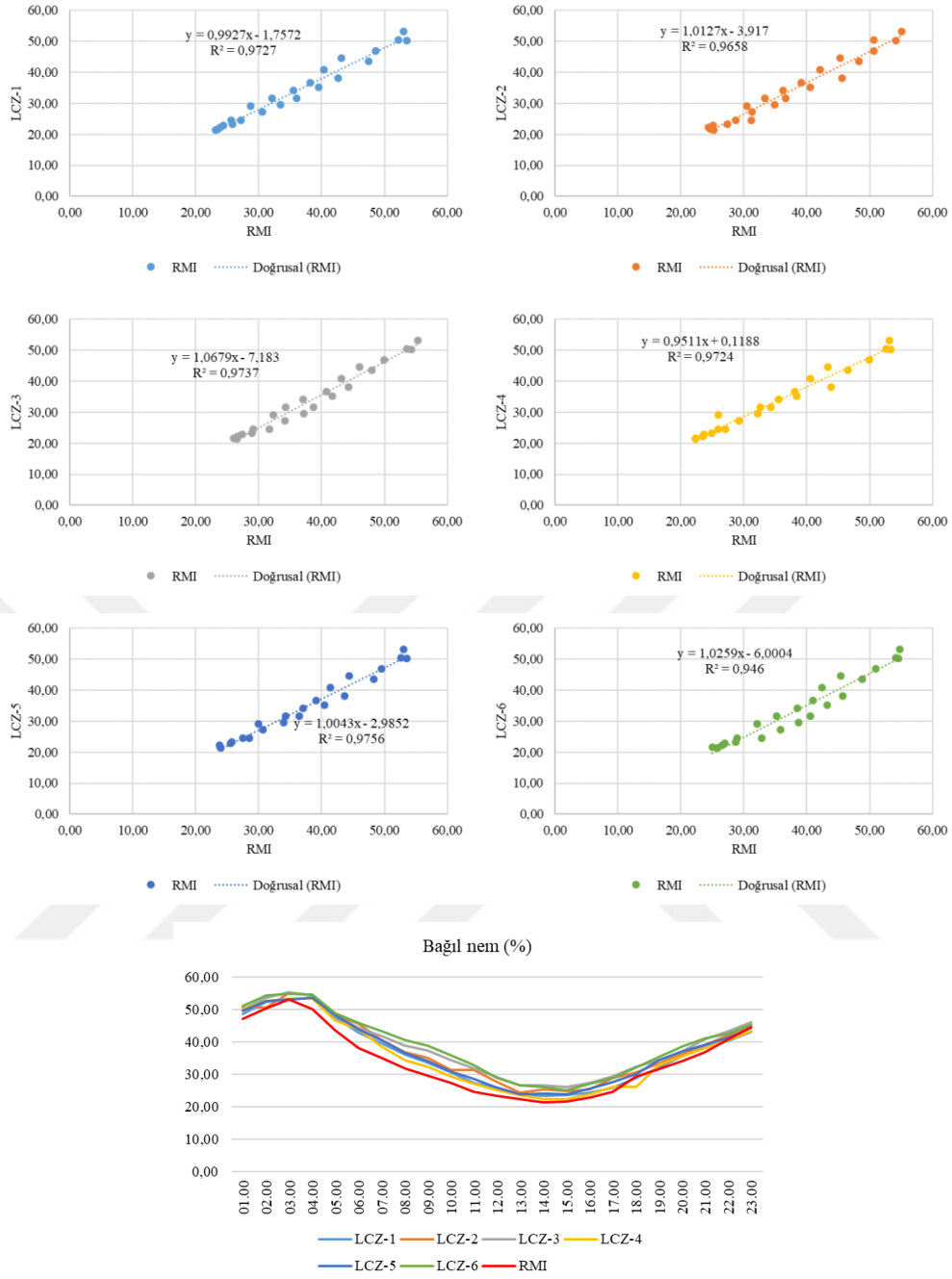
Şekil 4.34. Yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan hava sıcaklığının karşılaştırılması

Yaz mevsiminde bağıl nem (%) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Yaz mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik bağıl nem verileri (%)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.07.2020	01.00	48,59	50,63	49,98	49,96	49,48	51,00	46,90
10.07.2020	02.00	52,26	50,63	53,51	52,59	52,60	54,20	50,30
10.07.2020	03.00	53,06	55,06	55,35	53,19	53,03	54,82	53,10
10.07.2020	04.00	53,50	54,14	54,26	53,35	53,51	54,61	50,10
10.07.2020	05.00	47,48	48,30	47,96	46,55	48,34	48,86	43,40
10.07.2020	06.00	42,65	45,64	44,30	43,88	43,72	45,77	38,10
10.07.2020	07.00	39,59	40,62	41,75	38,40	40,45	43,23	35,10
10.07.2020	08.00	36,07	36,72	38,76	34,31	36,42	40,60	31,70
10.07.2020	09.00	33,52	34,93	37,18	32,25	34,03	38,77	29,60
10.07.2020	10.00	30,60	31,33	34,24	29,30	30,69	35,81	27,30
10.07.2020	11.00	27,21	31,20	31,74	27,07	28,53	32,82	24,50
10.07.2020	12.00	25,82	27,42	28,97	24,95	25,78	28,74	23,20
10.07.2020	13.00	23,87	24,39	26,65	23,52	23,83	26,57	22,20
10.07.2020	14.00	23,22	25,25	26,54	22,32	24,03	25,90	21,30
10.07.2020	15.00	23,46	24,88	26,04	22,34	23,87	25,00	21,50
10.07.2020	16.00	24,38	25,17	27,39	23,72	25,51	27,03	22,80
10.07.2020	17.00	25,69	28,78	29,20	25,96	27,52	28,90	24,50
10.07.2020	18.00	28,76	30,47	32,30	26,00	29,99	32,14	29,20
10.07.2020	19.00	32,13	33,33	34,35	32,69	34,35	35,18	31,60
10.07.2020	20.00	35,50	36,27	37,06	35,49	37,07	38,52	34,10
10.07.2020	21.00	38,23	39,14	40,83	38,11	39,10	41,04	36,70
10.07.2020	22.00	40,35	42,13	43,19	40,60	41,35	42,46	40,80
10.07.2020	23.00	43,12	45,27	46,00	43,39	44,37	45,39	44,60

Yaz mevsiminde bağıl nem için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,9727; 0,9658; 0,9737; 0,9724; 0,9756; 0,9460 şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.35). Bu sonuçlara göre yaz mevsimindeki bağıl nem değerleri ile referans meteoroloji istasyonundan alınan değerler arasında hava sıcaklığı parametresinde olduğu gibi oldukça yüksek bir benzerlik olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek anlamlılık düzeyi LCZ-5 bölgesinde iken, en düşük anlamlılık düzeyi LCZ-6 bölgesindedir. Bu bölgede düşük bir ilişki düzeyinin olmasının nedeni, kırsal bölge istasyonunun etrafında yapılı çevre ve ağaçların olmaması, LCZ-6 bölgesinde ise özellikle yeşil alanların ve ağaçların yoğun olmasıdır. Ağaçlar bağıl nem değerinin kırsal bölge istasyonundan alınan verilere göre daha yüksek olmasına neden olmuştur.



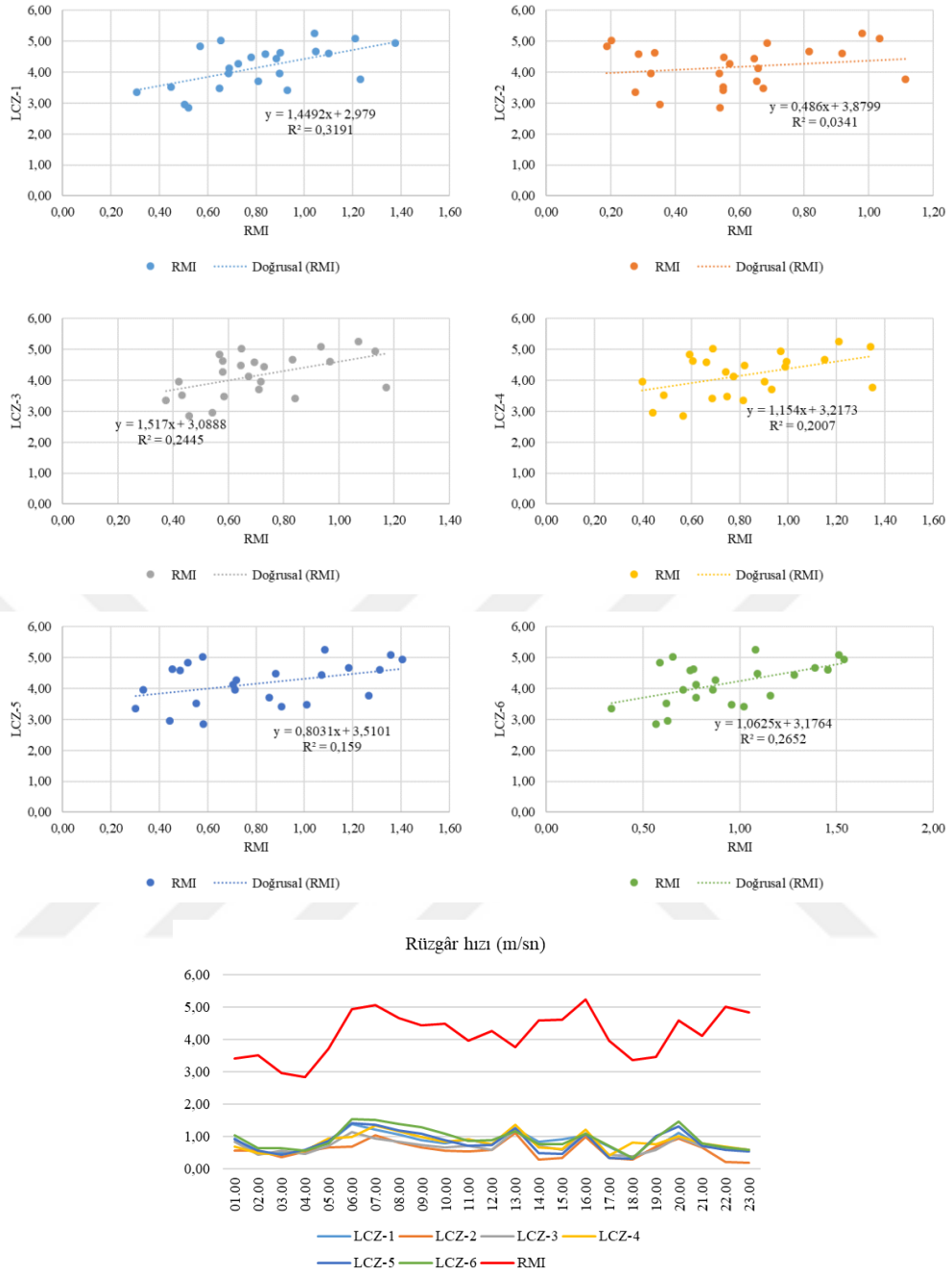
Şekil 4.35. Yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan bağıl nem değerlerinin karşılaştırılması

Yaz mevsiminde rüzgâr hızı (m/sn) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Yaz mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik rüzgâr hızı verileri (m/sn)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.07.2020	01.00	0,93	0,55	0,84	0,69	0,90	1,02	3,42
10.07.2020	02.00	0,45	0,55	0,43	0,49	0,55	0,62	3,52
10.07.2020	03.00	0,50	0,35	0,54	0,44	0,44	0,63	2,96
10.07.2020	04.00	0,52	0,54	0,46	0,57	0,58	0,57	2,84
10.07.2020	05.00	0,81	0,65	0,71	0,93	0,86	0,77	3,70
10.07.2020	06.00	1,37	0,68	1,13	0,97	1,40	1,54	4,93
10.07.2020	07.00	1,21	1,03	0,93	1,34	1,36	1,51	5,07
10.07.2020	08.00	1,05	0,81	0,83	1,15	1,18	1,39	4,66
10.07.2020	09.00	0,88	0,65	0,73	0,99	1,07	1,28	4,43
10.07.2020	10.00	0,78	0,55	0,64	0,82	0,88	1,09	4,48
10.07.2020	11.00	0,90	0,54	0,72	0,90	0,71	0,86	3,95
10.07.2020	12.00	0,73	0,57	0,58	0,74	0,72	0,87	4,26
10.07.2020	13.00	1,23	1,11	1,17	1,35	1,27	1,16	3,77
10.07.2020	14.00	0,84	0,29	0,69	0,66	0,48	0,74	4,58
10.07.2020	15.00	0,90	0,34	0,58	0,61	0,45	0,76	4,62
10.07.2020	16.00	1,04	0,98	1,07	1,21	1,08	1,08	5,24
10.07.2020	17.00	0,69	0,32	0,42	0,40	0,33	0,71	3,96
10.07.2020	18.00	0,31	0,28	0,37	0,81	0,30	0,34	3,35
10.07.2020	19.00	0,65	0,67	0,58	0,75	1,01	0,96	3,47
10.07.2020	20.00	1,10	0,92	0,97	0,99	1,31	1,45	4,59
10.07.2020	21.00	0,69	0,66	0,67	0,78	0,71	0,77	4,11
10.07.2020	22.00	0,65	0,20	0,65	0,69	0,58	0,65	5,01
10.07.2020	23.00	0,57	0,19	0,57	0,59	0,52	0,59	4,84

Yaz mevsiminde rüzgâr hızı için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,3191; 0,0341; 0,2445; 0,2007; 0,1590; 0,2652 şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.36). Bu sonuçlara göre yaz mevsimindeki rüzgâr hızı değerleri ile referans meteoroloji istasyonundan alınan değerler arasında bazı bölgeler için düşük bir anlamlılık düzeyine rastlanırken, bazılarında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Elde edilen bulgulara göre en yüksek benzerlik LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-6, LCZ-3, LCZ-4, LCZ-5 ve LCZ-2 takip etmektedir. LCZ-2 bölgesinde 0,0341 regresyon katsayı değeri ile anlamlı bir ilişki görülmemektedir.



Şekil 4.36. Yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan rüzgâr hızı değerlerinin karşılaştırılması

Rüzgâr hızının tüm bölgeler için anlamlı sonuçlar vermemesinin nedeni, bu parametrenin birçok farklı etmene göre değişim göstermesinden kaynaklanmaktadır. RMI etrafında herhangi bir yapıllı çevre elementi bulunmamasından dolayı rüzgâr hızı kesilmemekte ve tüm bölgelere göre oldukça yüksek değerler gözlenmektedir. Yerel iklim bölgeleri arasındaki rüzgâr hızı değişimleri birbirine daha yakın değerler içerirken, RMI değeri bu bölgelere göre farklılaşmıştır (Şekil 4.36).

Yaz mevsimi için genel olarak hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri kırsal bölge istasyonundan alınan değerler ile yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Rüzgâr hızı ise bazı bölgelerde düşük düzeyde ilişkili iken, bazı bölgelerde tamamen anlamsızdır (Çizelge 4.7). Bu duruma kent dışındaki istasyon etrafında herhangi bir engel olmaması ve bu nedenle rüzgâr hızının çok yüksek olması neden olmaktadır.

Çizelge 4.7. Yaz mevsimi için LCZ-RMI arasındaki regresyon katsayıları

Parametre (r^2)	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
Hava sıcaklığı	0,9624	0,9587	0,9632	0,9297	0,9619	0,9569
Bağıl nem	0,9727	0,9658	0,9737	0,9724	0,9756	0,9460
Rüzgâr hızı	0,3191	0,0341	0,2445	0,2007	0,1590	0,2652

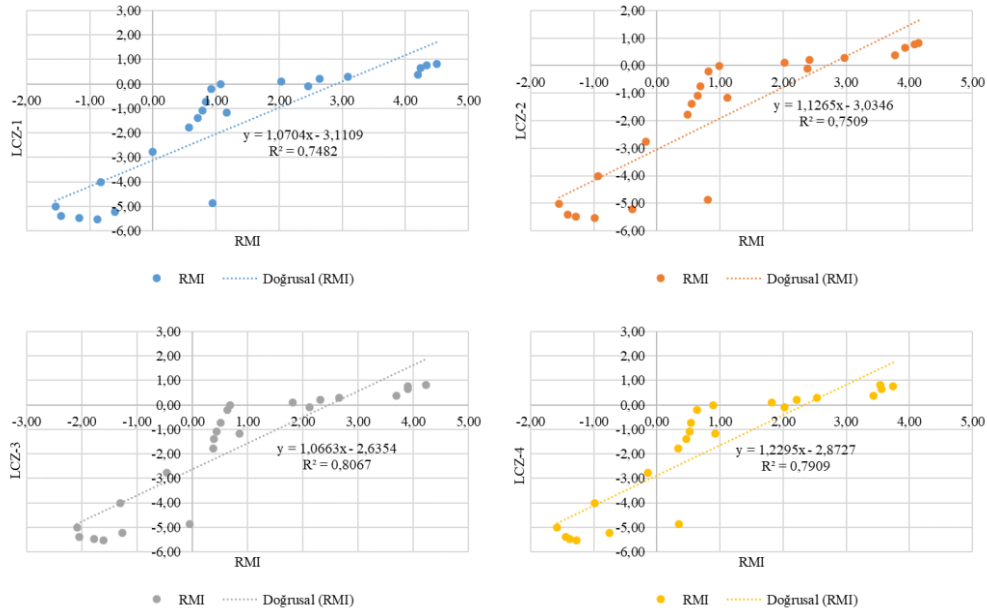
Kış mevsiminde hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.8).

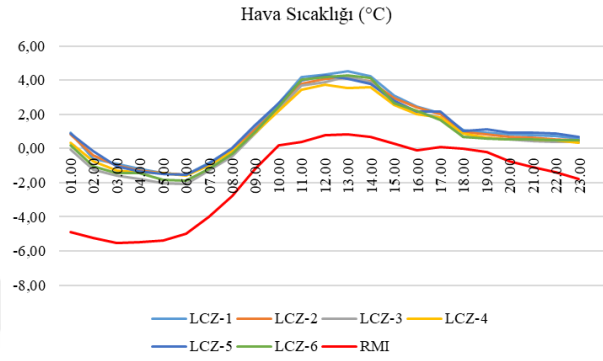
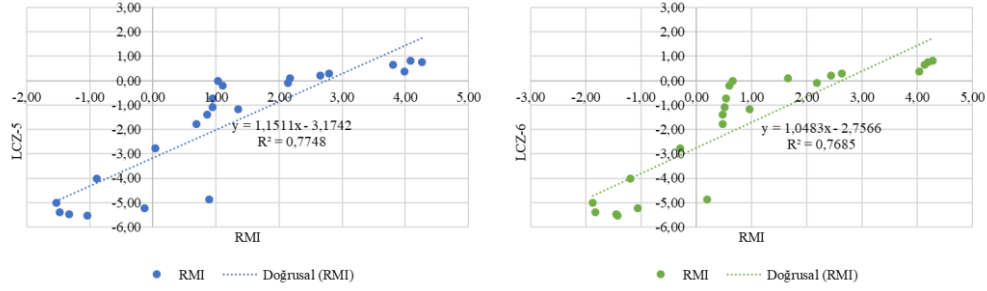
Çizelge 4.8. Kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik hava sıcaklığı verileri ($^{\circ}\text{C}$)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.01.2020	01.00	0,94	0,81	-0,05	0,34	0,89	0,19	-4,87
10.01.2020	02.00	-0,60	-0,39	-1,27	-0,75	-0,14	-1,06	-5,22
10.01.2020	03.00	-0,88	-0,98	-1,61	-1,28	-1,04	-1,42	-5,53
10.01.2020	04.00	-1,17	-1,29	-1,79	-1,39	-1,33	-1,45	-5,48
10.01.2020	05.00	-1,45	-1,42	-2,05	-1,45	-1,48	-1,83	-5,40
10.01.2020	06.00	-1,54	-1,55	-2,09	-1,58	-1,53	-1,88	-5,01
10.01.2020	07.00	-0,83	-0,93	-1,30	-0,99	-0,90	-1,19	-4,00
10.01.2020	08.00	-0,01	-0,17	-0,46	-0,15	0,04	-0,29	-2,77
10.01.2020	09.00	1,16	1,11	0,86	0,93	1,35	0,96	-1,17
10.01.2020	10.00	2,64	2,41	2,31	2,22	2,65	2,45	0,21
10.01.2020	11.00	4,20	3,78	3,69	3,43	3,99	4,04	0,38
10.01.2020	12.00	4,34	4,09	3,90	3,75	4,26	4,19	0,76
10.01.2020	13.00	4,50	4,15	4,24	3,54	4,08	4,29	0,83
10.01.2020	14.00	4,25	3,94	3,90	3,56	3,80	4,13	0,66
10.01.2020	15.00	3,09	2,97	2,66	2,54	2,79	2,63	0,28
10.01.2020	16.00	2,46	2,39	2,12	2,02	2,15	2,18	-0,10
10.01.2020	17.00	2,04	2,02	1,82	1,82	2,17	1,66	0,11
10.01.2020	18.00	1,07	0,98	0,68	0,90	1,03	0,66	-0,01
10.01.2020	19.00	0,92	0,81	0,63	0,63	1,11	0,60	-0,21
10.01.2020	20.00	0,84	0,68	0,51	0,54	0,94	0,54	-0,74
10.01.2020	21.00	0,78	0,65	0,44	0,52	0,95	0,52	-1,09
10.01.2020	22.00	0,71	0,55	0,38	0,46	0,86	0,47	-1,38

10.01.2020	23.00	0,57	0,49	0,37	0,34	0,69	0,47	-1,78
------------	-------	------	------	------	------	------	------	-------

Kış mevsiminde hava sıcaklığı için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,7482; 0,7509; 0,8067; 0,7907; 0,7748; 0,7685 şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.37). Bu sonuçlara göre kış mevsimindeki hava sıcaklık değerleri ile RMI'dan alınan değerler arasında oldukça yüksek bir benzerlik olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek benzerlik yaz mevsiminde de olduğu gibi LCZ-3 bölgesinde iken, en düşük benzerlik LCZ-1 bölgesindedir. LCZ-3 bölgesi tek katlı binalardan oluşan az yoğun bir bölge olduğu için bu sonuçlar ortaya çıkmıştır. LCZ-1 bölgesi ise yüksek katlı binalardan oluşan kompakt bir bölgedir. Yeşil alan ve ağaç oranı da az olduğu için bu bölgede hava sıcaklığı değerleri RMI'dan alınan verilere göre daha farklıdır. Fakat kış mevsimi için karşılaştırmalar yapıldığında, kırsal bölge istasyonundan alınan hava sıcaklığının tüm yerel iklim bölgelerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Kırsal bölgede yapılı çevre ve ağaçların olmaması soğuk kış rüzgârlarının yoğun hissedilmesine ve hava sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Aslında kış mevsiminde dış ortamda termal konfor açısından düşünüldüğünde kompakt yerel iklim bölgelerinde istenilen şekilde daha yüksek hava sıcaklıklarına ulaşılmıştır.





Şekil 4.37. Kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan hava sıcaklığının karşılaştırılması

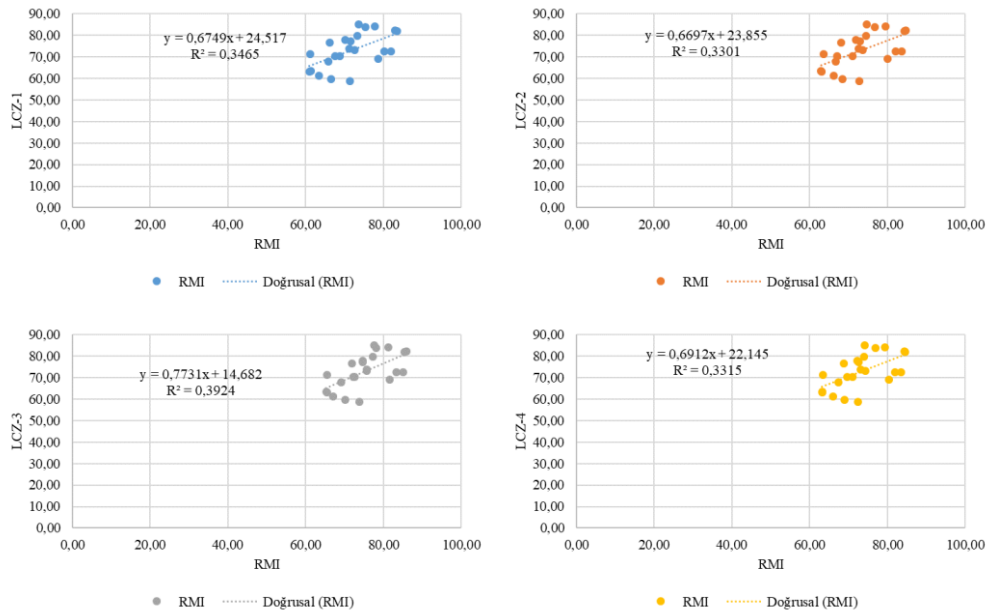
Kış mevsiminde bağıl nem (%) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.9).

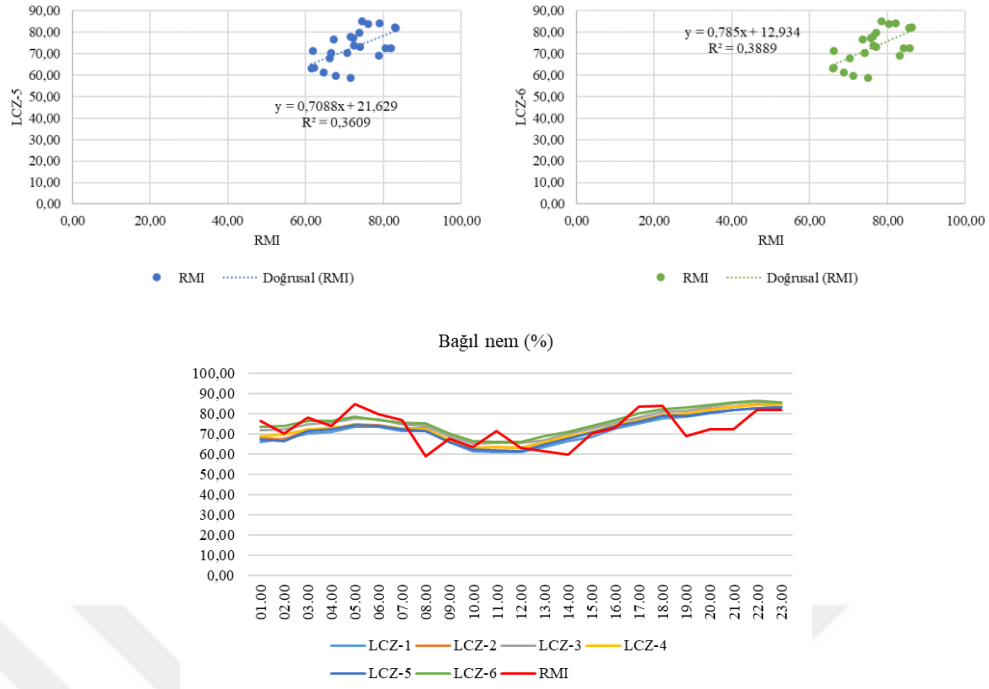
Çizelge 4.9. Kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik bağıl nem verileri (%)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.01.2020	01.00	66,09	68,08	71,80	68,77	67,20	73,64	76,60
10.01.2020	02.00	67,54	67,04	72,30	69,54	66,42	74,09	70,30
10.01.2020	03.00	70,18	71,88	74,73	72,31	71,49	76,27	77,90
10.01.2020	04.00	71,18	72,58	75,62	73,07	72,33	76,41	73,80
10.01.2020	05.00	73,61	74,59	77,64	74,13	74,41	78,49	84,90
10.01.2020	06.00	73,30	74,48	77,20	74,00	73,77	77,01	79,80
10.01.2020	07.00	71,50	72,88	74,61	72,62	72,20	75,73	77,00
10.01.2020	08.00	71,29	72,78	73,85	72,33	71,60	75,00	58,80
10.01.2020	09.00	65,89	66,74	69,08	67,43	66,18	70,30	67,60
10.01.2020	10.00	61,34	62,88	65,29	63,22	62,16	66,24	63,40
10.01.2020	11.00	61,13	63,49	65,45	63,46	61,87	66,08	71,30
10.01.2020	12.00	60,94	63,13	65,45	63,19	61,47	66,06	63,10
10.01.2020	13.00	63,37	66,18	67,00	66,06	64,55	68,82	61,20
10.01.2020	14.00	66,51	68,40	70,07	68,93	67,80	71,10	59,70
10.01.2020	15.00	68,68	70,99	72,56	70,97	70,58	74,06	70,20

10.01.2020	16.00	72,53	73,53	75,63	74,33	73,93	77,05	73,20
10.01.2020	17.00	75,28	76,72	78,19	76,97	75,99	80,38	83,70
10.01.2020	18.00	77,75	79,49	81,19	79,30	78,97	82,15	84,10
10.01.2020	19.00	78,63	80,06	81,59	80,32	78,76	83,06	69,10
10.01.2020	20.00	80,24	82,13	83,34	81,93	80,61	84,23	72,40
10.01.2020	21.00	81,96	83,65	84,99	83,44	81,93	85,72	72,40
10.01.2020	22.00	82,87	84,75	85,82	84,33	82,88	86,31	82,00
10.01.2020	23.00	83,42	84,26	85,37	84,55	83,07	85,50	81,70

Kış mevsiminde bağıl nem için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,3465; 0,3301; 0,3924; 0,3315; 0,3609; 0,3889 şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.38). Bu sonuçlara göre kış mevsimindeki bağıl nem değerleri ile RMI'dan alınan değerler arasında düşük bir anlamlılık düzeyi olduğu görülmektedir. En yüksek anlamlılık LCZ-3 bölgesinde iken, en düşük anlamlılık düzeyi LCZ-2 bölgesinde görülmektedir. Tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde bağıl nem değeri aynı dağılımı göstermekte iken, referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler farklılık göstermekte, gün içinde bazı saatlerde artarken, bazı saatlerde de azalmaktadır. Bu durum kırsal bölge istasyonu etrafında yapılı çevre parametreleri yer almadığından, doğrudan rüzgârın etki etmesiyle değişmektedir. Bu nedenle yerel iklim bölgeleri ile RMI arasında düşük bir anlamlılık düzeyi olması bu şekilde açıklanabilmektedir.





Şekil 4.38. Kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan bağıl nem değerlerinin karşılaştırılması

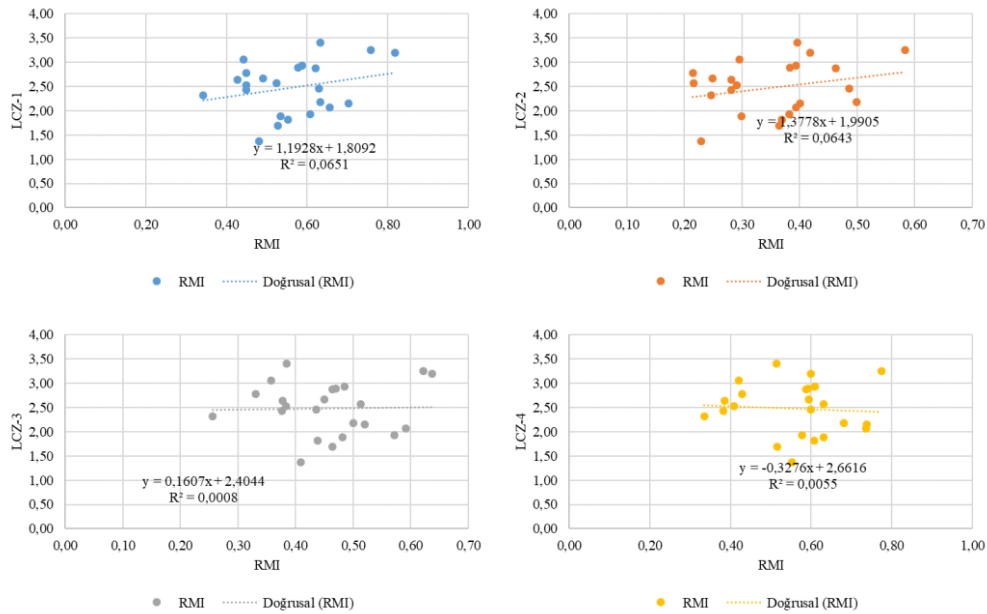
Kış mevsiminde rüzgâr hızı (m/sn) verileri için 6 farklı yerel iklim bölgesinde belirlenen 10 noktadan alınan saatlik verilerin ortalaması ile referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.10).

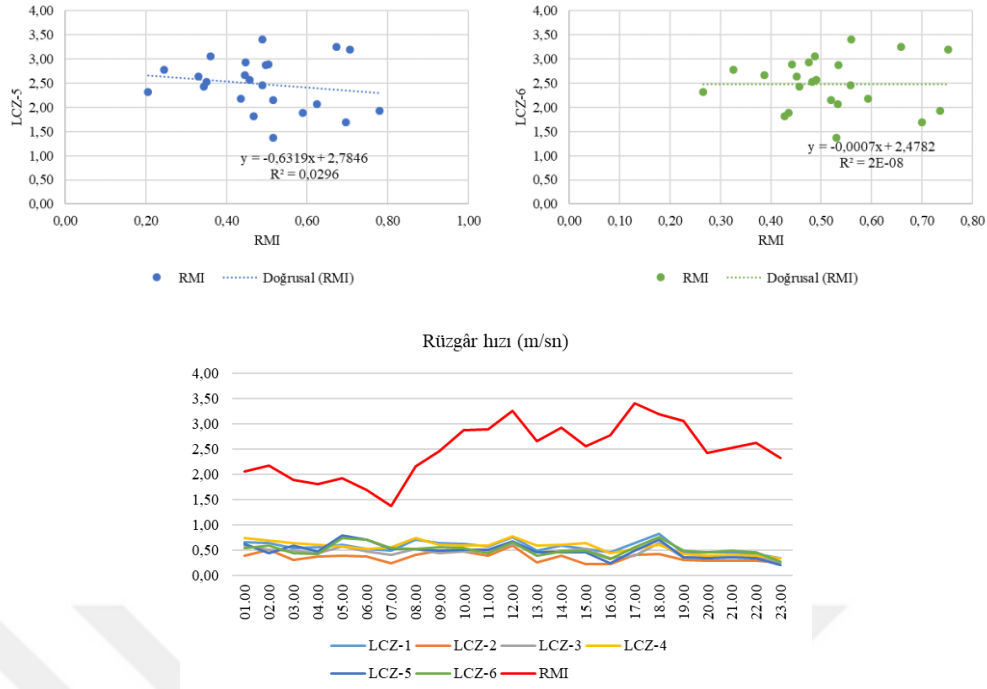
Çizelge 4.10. Kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonundan alınan saatlik rüzgâr hızı verileri (m/sn)

Tarih	Saat	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6	RMI
10.01.2020	01.00	0,66	0,39	0,59	0,74	0,62	0,53	2,06
10.01.2020	02.00	0,63	0,50	0,50	0,68	0,43	0,59	2,18
10.01.2020	03.00	0,53	0,30	0,48	0,63	0,59	0,44	1,89
10.01.2020	04.00	0,55	0,37	0,44	0,61	0,47	0,43	1,81
10.01.2020	05.00	0,61	0,38	0,57	0,58	0,78	0,74	1,92
10.01.2020	06.00	0,53	0,36	0,46	0,52	0,70	0,70	1,69
10.01.2020	07.00	0,48	0,23	0,41	0,55	0,52	0,53	1,37
10.01.2020	08.00	0,70	0,40	0,52	0,74	0,52	0,52	2,15
10.01.2020	09.00	0,63	0,49	0,44	0,60	0,49	0,56	2,45
10.01.2020	10.00	0,62	0,46	0,46	0,59	0,50	0,53	2,87
10.01.2020	11.00	0,58	0,38	0,47	0,59	0,50	0,44	2,89
10.01.2020	12.00	0,76	0,58	0,62	0,77	0,67	0,66	3,25
10.01.2020	13.00	0,49	0,25	0,45	0,59	0,45	0,39	2,66
10.01.2020	14.00	0,59	0,39	0,49	0,61	0,45	0,48	2,93
10.01.2020	15.00	0,52	0,22	0,51	0,63	0,46	0,49	2,56
10.01.2020	16.00	0,45	0,21	0,33	0,43	0,24	0,33	2,78

10.01.2020	17.00	0,63	0,40	0,38	0,51	0,49	0,56	3,40
10.01.2020	18.00	0,82	0,42	0,64	0,60	0,71	0,75	3,19
10.01.2020	19.00	0,44	0,30	0,36	0,42	0,36	0,49	3,05
10.01.2020	20.00	0,45	0,28	0,38	0,38	0,34	0,46	2,42
10.01.2020	21.00	0,45	0,29	0,38	0,41	0,35	0,48	2,52
10.01.2020	22.00	0,43	0,28	0,38	0,39	0,33	0,45	2,63
10.01.2020	23.00	0,34	0,25	0,26	0,33	0,21	0,27	2,32

Kış mevsiminde rüzgâr hızı için bölgeler arasında yapılan analizlere göre r^2 değerleri yerel iklim bölgelerine göre sırasıyla; 0,0651; 0,0643; 0,0008; 0,0055; 0,0296; 10^{-8} şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.39). Bu sonuçlara göre kış mevsimindeki rüzgâr hızı değerleri ile RMI'dan alınan değerler arasında tüm yerel iklim bölgeleri için anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. RMI'dan alınan rüzgâr hızı değerleri tüm gün boyunca yerel iklim bölgelerinin hepsinden daha yüksek değerlere sahiptir. Bunun nedeni daha öncesinde de belirtildiği gibi bu istasyon etrafında herhangi bir yapılı çevre parametresinin olmamasındandır. Tüm yerel iklim bölgelerine bakıldığında ise, genel olarak gün içinde benzer bir dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Referans meteoroloji istasyonundan alınan rüzgâr hızı değerlerinin dağılımı ile bağıl nem değerlerinin dağılımı arasında da benzerlik olduğu gözlenmektedir.





Şekil 4.39. Kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan rüzgâr hızı değerlerinin karşılaştırılması

Kış mevsimi için genel olarak hava sıcaklığı değerleri kırsal bölge istasyonundan alınan değerler ile yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Bağıl nem değerleri düşük düzeyde ilişkili iken, rüzgâr hızı ise tüm bölgelerde tamamen anlamsız bir ilişkiye sahiptir (Çizelge 4.11).

Yukarıda yaz ve kış mevsimi için farklı yerel iklim bölgelerinde oluşan tüm denklemler, referans meteoroloji istasyonundan alınan verilerden bu bölgelerdeki iklim parametrelerinin tahmin gücünü göstermektedir. Referans meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile tüm yerel iklim bölgelerinde özellikle hava sıcaklığı parametresini tahmin etme gücünün yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Kış mevsimi için LCZ-RMI arasındaki regresyon katsayıları

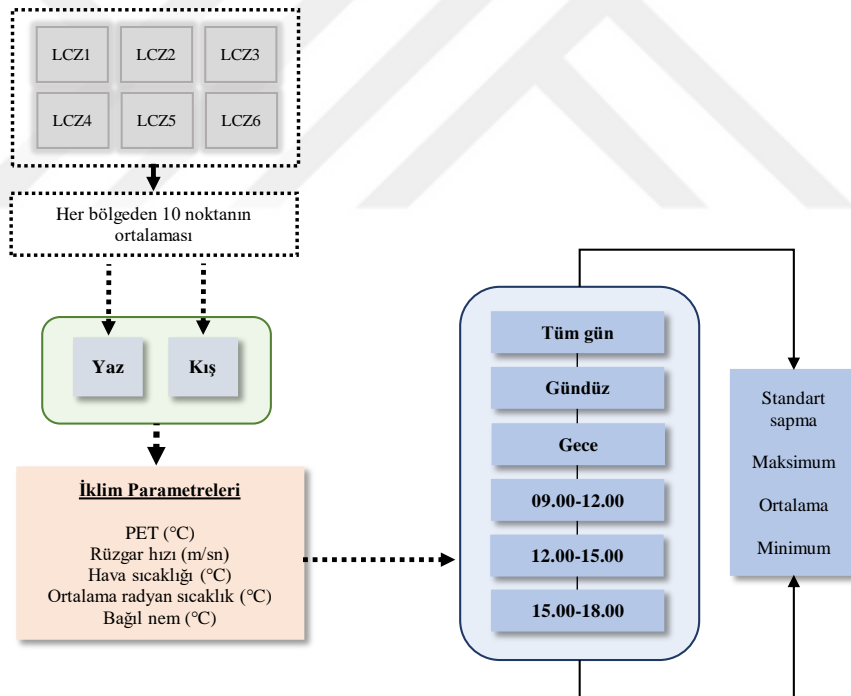
Parametre (r^2)	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
Hava sıcaklığı	0,7482	0,7509	0,8067	0,7907	0,7748	0,7685
Bağıl nem	0,3465	0,3301	0,3924	0,3315	0,3609	0,3889
Rüzgâr hızı	0,0651	0,0643	0,0008	0,0055	0,0296	10^{-8}

Bu bölümde elde edilen bulgular ile sonuç olarak yaz ve kış mevsimlerinde hava sıcaklığı değerlerinin RMI'dan alınan veriler ile yüksek düzeyde ilişkili olduğu görülmektedir. Tüm bölgeler arasında hava sıcaklığı farkları bulunsa da bu farklar çok

fazla değildir. Bağıl nem değerleri yaz mevsiminde RMI'dan alınan verilerden çok fazla farklılaşmamaktadır. Fakat kış mevsiminde oldukça farklılık göstermektedir. Bunun nedeni kış aylarında rüzgârın soğutma etkisinin fazla olmasıdır. Rüzgâr hızı değerleri için hem yaz hem de kış mevsiminde anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır.

4.2.4. Tüm iklim parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerindeki maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerlerinin hesaplanması

6 farklı yerel iklim bölgesinde fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET), rüzgâr hızı (m/sn), hava sıcaklığı (T_a), ortalama radyant sıcaklık (T_{mrt}) ve bağıl nem (RH) parametreleri için ortalama, maksimum ve minimum değerler tespit edilmiştir. Yapılan tespitler tüm gün (gece ve gündüz), gündüz saatleri, gece saatleri ve farklı saat aralıklarında karşılaştırılmıştır. İklim parametreleri için her bölgeden seçilen 10 noktanın ortalama değerleri kullanılmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Tüm iklim parametrelerinin maksimum, minimum ve ortalama değerlerinin tespit edilmesi yöntemi akışı

Ek olarak tüm iklim bölgeleri için standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin bulunması ile iklim verilerinin ne kadarının ortalamaya yakın olduğu tespit edilmiştir. Standart sapma istatistiksel bir analiz yöntemidir ve verilere ait yayılımı ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bulunan değerler küçük ise ortalamaya yakın bir

dağılım vardır, aksine bu değer büyük ise veriler ortalamadan uzak yerlerde dağılım göstermiştir. Bu nedenle standart sapmanın yüksek olduğu yerlerde ani değişimlerin gözlenmesi nedeniyle yorum yapmak ya da tahmin etmek daha zorlaşmaktadır.

Yaz mevsimine ait iklim parametreleri için standart sapma değerleri çizelge 4.12’de yer almaktadır. Tüm günlük standart sapma analizinde; PET parametresinde LCZ-1 bölgesi, rüzgâr hızında LCZ-2, hava sıcaklığında LCZ-1, LCZ-3 ve LCZ-6, ortalama radyant sıcaklık parametresinde LCZ-1, bağıl nemde ise LCZ-3 bölgesinde en düşük değerler görülmüştür (Çizelgede kırmızı ile gösterilen değerler).

Gündüz saatleri için yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-2, hava sıcaklığı için LCZ-1 ve LCZ-3, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağıl nem için LCZ-3 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede mavi ile gösterilen değerler).

Gece saatleri için yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-3 ve LCZ-4, rüzgâr hızı için LCZ-2, hava sıcaklığı için LCZ-6, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-5, bağıl nem için LCZ-6 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede turuncu ile gösterilen değerler).

09.00-12.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-6, rüzgâr hızı için LCZ-2, hava sıcaklığı için LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-5, bağıl nem için LCZ-4 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede yeşil ile gösterilen değerler).

12.00-15.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-6, hava sıcaklığı için LCZ-3, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağıl nem için LCZ-5 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede sarı ile gösterilen değerler).

15.00-18.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-3, hava sıcaklığı için LCZ-1, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağıl nem için LCZ-1 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede mor ile gösterilen değerler).

Çizelge 4.12. Yaz mevsiminde iklim parametreleri için standart sapma değerleri

		PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	Tüm gün	8,13	0,51	4,73	13,45	9,99
	Gündüz	6,69	0,56	3,33	11,23	6,06
	Gece	2,34	0,35	1,92	3,37	5,62
	09.00-12.00	4,51	0,51	1,63	8,34	3,21
	12.00-15.00	2,14	0,56	0,79	4,27	1,20
	15.00-18.00	3,24	0,45	1,99	5,80	2,07
LCZ-2	Tüm gün	8,94	0,39	4,74	15,16	9,91
	Gündüz	7,76	0,42	3,35	13,55	6,21
	Gece	2,47	0,28	1,99	3,39	5,53
	09.00-12.00	5,66	0,30	1,55	10,54	3,11
	12.00-15.00	3,89	0,41	0,85	8,30	1,70
	15.00-18.00	4,67	0,35	2,02	8,61	2,77
LCZ-3	Tüm gün	9,49	0,43	4,73	16,20	9,32
	Gündüz	8,02	0,50	3,33	14,09	5,72
	Gece	2,04	0,39	1,91	2,82	5,68
	09.00-12.00	5,21	0,48	1,59	7,86	3,32
	12.00-15.00	3,35	0,37	0,62	6,33	1,70
	15.00-18.00	6,05	0,32	2,01	12,12	2,58
LCZ-4	Tüm gün	10,32	0,46	4,75	18,98	10,33
	Gündüz	8,84	0,48	3,41	16,55	6,24
	Gece	2,04	0,39	1,91	2,82	5,68
	09.00-12.00	4,88	0,37	1,38	9,25	2,79
	12.00-15.00	3,36	0,46	1,08	6,78	1,25
	15.00-18.00	7,42	0,47	2,15	14,66	2,46
LCZ-5	Tüm gün	9,71	0,46	4,74	17,37	9,90
	Gündüz	8,21	0,50	3,36	14,98	6,21
	Gece	2,11	0,29	1,87	2,75	5,26
	09.00-12.00	4,27	0,42	1,50	7,22	3,23
	12.00-15.00	3,51	0,43	0,84	7,47	1,17
	15.00-18.00	5,47	0,40	2,09	10,60	2,39
LCZ-6	Tüm gün	9,68	0,44	4,73	17,58	9,56
	Gündüz	8,32	0,45	3,46	15,27	6,55
	Gece	2,10	0,30	1,86	3,03	5,29
	09.00-12.00	4,14	0,37	1,69	7,90	3,91
	12.00-15.00	3,48	0,36	0,79	6,73	1,96
	15.00-18.00	6,93	0,38	2,22	14,02	2,90

Elde edilen bulgulara göre PET parametresinde LCZ-1 bölgesindeki noktalar arasında homojen bir dağılım olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızı için en düşük standart sapma değerleri genellikle LCZ-2 bölgesinde gözlenmiştir. Bu duruma bu bölgenin kompakt olması ve rüzgâr hızının homojen olarak birçok noktada aynı ölçülmesi neden olmaktadır. Hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık için çoğunlukla PET değerinde

gözlendiği gibi LCZ-1 bölgesinde düşük değerler tespit edilmiştir. Bağlı nem parametresi günün belli saat aralıklarında yapılan analizlere göre değişim göstermiştir. Standart sapma değeri düşük olan yerel iklim bölgelerinde analiz yapılan saat aralıklarında ölçüm yapılan noktalar arasında diğer yerel iklim bölgelerine kıyasla daha homojen olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgelerdeki ölçülen değerler ortalamaya daha yakındır.

Kış mevsimine ait iklim parametreleri için standart sapma değerleri çizelge 4.13'te yer almaktadır. Tüm günlük standart sapma analizinde; PET parametresinde LCZ-1 bölgesi, rüzgâr hızında LCZ-2 ve LCZ-3, hava sıcaklığında LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık parametresinde LCZ-1, bağlı nemde ise LCZ-3 bölgesinde en düşük değerler görülmüştür (Çizelgede kırmızı ile gösterilen değerler).

Gündüz saatleri için yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-3, hava sıcaklığı için LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağlı nem için LCZ-3 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede mavi ile gösterilen değerler).

Gece saatleri için yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-2 ve LCZ-3, rüzgâr hızı için LCZ-2, hava sıcaklığı için LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-4, bağlı nem için LCZ-6 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede turuncu ile gösterilen değerler).

09.00-12.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-3, hava sıcaklığı için LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağlı nem için LCZ-3 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede yeşil ile gösterilen değerler).

12.00-15.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-1, rüzgâr hızı için LCZ-3, hava sıcaklığı için LCZ-2, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-1, bağlı nem için LCZ-3 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede sarı ile gösterilen değerler).

15.00-18.00 saat aralığında yapılan standart sapma analizine göre; PET için LCZ-5, rüzgâr hızı için LCZ-2, hava sıcaklığı için LCZ-4, ortalama radyant sıcaklık için LCZ-5, bağlı nem için LCZ-4 bölgelerinde en düşük değerler tespit edilmiştir (Çizelgede mor ile gösterilen değerler).

Çizelge 4.13. Kış mevsiminde iklim parametreleri için standart sapma değerleri

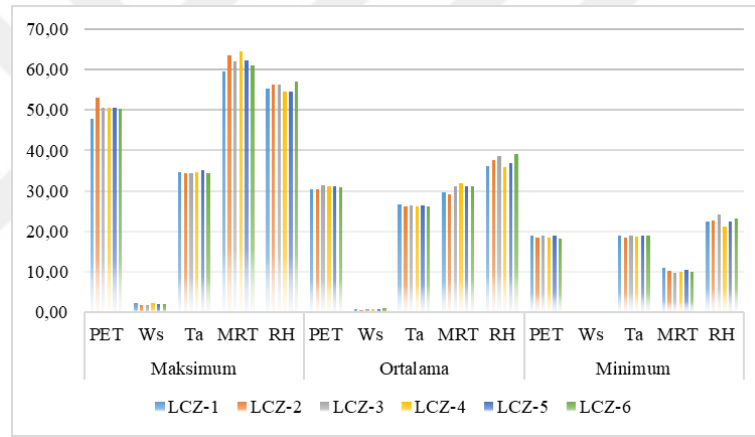
		PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	Tüm gün	2,29	0,32	1,90	7,31	6,96
	Gündüz	2,37	0,33	1,50	7,69	5,78
	Gece	1,12	0,30	1,00	2,06	6,05
	09.00-12.00	2,14	0,32	1,33	7,26	2,32
	12.00-15.00	1,38	0,35	0,67	4,44	3,22
	15.00-18.00	1,62	0,33	0,79	3,70	0,11
LCZ-2	Tüm gün	2,77	0,19	1,81	9,01	6,85
	Gündüz	3,16	0,21	1,39	10,56	5,60
	Gece	0,96	0,18	0,95	1,85	6,21
	09.00-12.00	3,31	0,20	1,21	12,02	2,01
	12.00-15.00	3,02	0,23	0,52	10,73	3,37
	15.00-18.00	1,72	0,21	0,76	3,58	0,16
LCZ-3	Tüm gün	4,06	0,19	1,97	14,46	6,41
	Gündüz	4,44	0,18	1,47	16,23	5,33
	Gece	0,96	0,19	1,08	2,16	5,08
	09.00-12.00	3,91	0,16	1,24	13,32	1,80
	12.00-15.00	3,70	0,14	0,63	13,62	2,95
	15.00-18.00	2,07	0,24	0,74	3,35	0,18
LCZ-4	Tüm gün	2,81	0,27	1,70	10,67	6,58
	Gündüz	3,10	0,28	1,26	12,49	5,44
	Gece	1,02	0,26	0,90	1,21	5,74
	09.00-12.00	3,17	0,31	1,16	13,39	1,94
	12.00-15.00	2,89	0,31	0,57	12,22	3,05
	15.00-18.00	1,37	0,22	0,63	3,25	0,07
LCZ-5	Tüm gün	3,03	0,24	1,80	10,47	6,68
	Gündüz	3,37	0,24	1,35	12,49	5,81
	Gece	1,15	0,24	1,09	1,51	5,72
	09.00-12.00	3,72	0,26	1,19	14,47	1,99
	12.00-15.00	3,05	0,23	0,65	11,77	3,53
	15.00-18.00	1,33	0,26	0,68	3,16	0,13
LCZ-6	Tüm gün	3,18	0,24	1,97	11,44	6,46
	Gündüz	3,44	0,25	1,54	13,37	5,76
	Gece	1,09	0,22	1,03	1,50	4,96
	09.00-12.00	3,26	0,24	1,34	13,52	2,64
	12.00-15.00	3,08	0,26	0,74	12,74	3,76
	15.00-18.00	1,87	0,27	0,79	3,47	0,15

Elde edilen bulgulara göre PET parametresinde yaz mevsiminde olduğu gibi LCZ-1 bölgesindeki noktalar arasında homojen bir dağılım olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızı için en düşük standart sapma değerleri genellikle LCZ-3 bölgesinde gözlenmiştir. Bu duruma bu bölgedeki binaların tek katlı olması ve kış rüzgârlarını

kesmemesi neden olmaktadır. Ölçüm yapılan her noktada birbirine yakın değerler tespit edilmiştir. Hava sıcaklığında LCZ-4 bölgesinde, ortalama radyant sıcaklıkta ise LCZ-1 bölgesinde genellikle düşük değerler tespit edilmiştir. Bağıl nem değerleri rüzgâr hızında rastlanıldığı gibi LCZ-3 bölgesinde en düşüktür. Yaz mevsimi ile bir karşılaştırma yapıldığında; kış mevsiminde parametreler arasındaki standart sapma farkları azalmıştır. Bu durum kış mevsiminde daha dengeli dağılımlar olduğuna bir işarettir.

Yaz mevsimi analizleri:

İlk aşamada yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki günlük iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler tüm gün (24 saatlik) için yapılmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Yaz mevsiminde tüm gün için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Maksimum tüm gün değerleri incelendiğinde; PET değerlerinde LCZ-2 bölgesinde en yüksek değer tespit edilmiştir. Maksimum rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık değerleri LCZ-4 bölgesinde görülmekte ve bu duruma yüksek binalar ve sert zemin oranının diğer bölgelere göre yüksek olması neden olmaktadır. Hava sıcaklığı değerlerinin tüm yerel iklim bölgelerinde birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. En yüksek hava sıcaklığı değeri ise LCZ-5 bölgesinde ölçülmüştür. Maksimum bağıl nem değeri LCZ-6 bölgesinde tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise yeşil alan ve ağaç oranının en yüksek bu bölgede yer alması ve ağaçların bölgedeki bağıl nemi yükseltme etkisindedir (Çizelge 4.14).

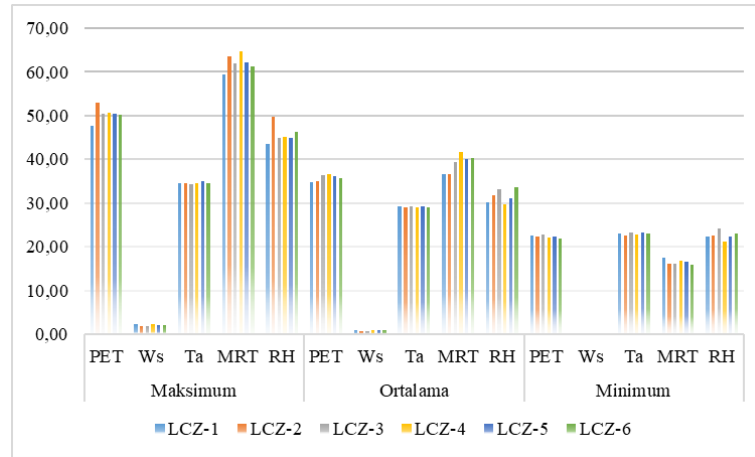
Ortalama tüm gün değerleri incelendiğinde; PET için genellikle 30-31 °C arasında değişen değerler bulunmaktadır. En düşük ortalama PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-2, LCZ-6, LCZ-5, LCZ-4 ve LCZ-3 takip etmektedir. En yüksek ortalama PET değeri ile en düşük PET değeri arasında 0,94 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek olarak LCZ-6 bölgesinde gözlenmektedir. Bunun nedeninin az katlı binalar ve az yoğun, açık bir yapılaşmanın olmasından kaynaklandığı söylenebilmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,36 °C olarak çok az bir fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-4 olduğu gözlenmektedir. Bu durumun nedeninin sert zemin oranının yüksek olması ve bina kat yüksekliklerinin fazla olması nedeniyle olduğu söylenebilmektedir. Bağlı nem değerleri incelendiğinde, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler görülmektedir (Çizelge 4.14).

Minimum tüm gün değerleri incelendiğinde, minimum PET değerinin LCZ-6 bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu duruma seçilen noktalardan çoğunun yeşil zemin üstü ağaç olması neden olabilmektedir. Minimum rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı değerleri neredeyse tüm bölgelerde aynıdır. Minimum ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-3 bölgesinde iken, minimum bağlı nem değeri LCZ-4 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Yaz mevsimine ait tüm günlük (gece ve gündüz) saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	47,71	2,24	34,62	59,47	55,23	30,42	0,82	26,58	29,60	36,04	18,97	0,03	18,97	10,92	22,45
LCZ-2	53,00	1,78	34,49	63,54	56,41	30,52	0,58	26,22	29,07	37,52	18,53	0,02	18,49	10,19	22,66
LCZ-3	50,51	1,78	34,34	61,96	56,40	31,36	0,71	26,45	31,14	38,59	18,84	0,02	18,88	9,77	24,21
LCZ-4	50,58	2,41	34,54	64,61	54,67	31,27	0,80	26,28	31,84	35,76	18,39	0,06	18,83	10,10	21,26
LCZ-5	50,53	2,13	35,03	62,25	54,53	31,06	0,81	26,46	31,04	36,85	19,01	0,02	18,95	10,47	22,45
LCZ-6	50,22	2,04	34,45	61,13	57,02	30,79	0,93	26,28	31,24	39,02	18,19	0,09	18,85	9,94	23,13

İkinci aşamada yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesinde gündüz iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler yaz mevsiminde gün doğumundan gün batımına kadar olan saat aralığı (06.00-20.00) için 10 farklı noktanın ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Yaz mevsimi için gündüz saatlerinde 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Maksimum gündüz değerleri incelendiğinde; PET, rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık için tüm gün analizleri ile aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Maksimum hava sıcaklığı LCZ-1 bölgesinde, maksimum bağıl nem ise LCZ-2 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

Ortalama gündüz değerleri incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-2, LCZ-6, LCZ-5, LCZ-3 ve LCZ-4 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük PET değeri arasında 1,90 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek olarak LCZ-6 bölgesinde gözlenmektedir. Bunun nedeninin az katlı binalar ve az yoğun, açık bir yapılaşmanın olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında tüm gün analizlerinde de görüldüğü gibi 0,36 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-4 olduğu gözlenmektedir. Bu durumun nedeninin sert zemin oranının yüksek olması ve bina kat yüksekliklerinin fazla olmasından dolayı olduğu söylenebilmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler görülmektedir. Bu duruma yoğun ağaç dokusu neden olmaktadır (Çizelge 4.15).

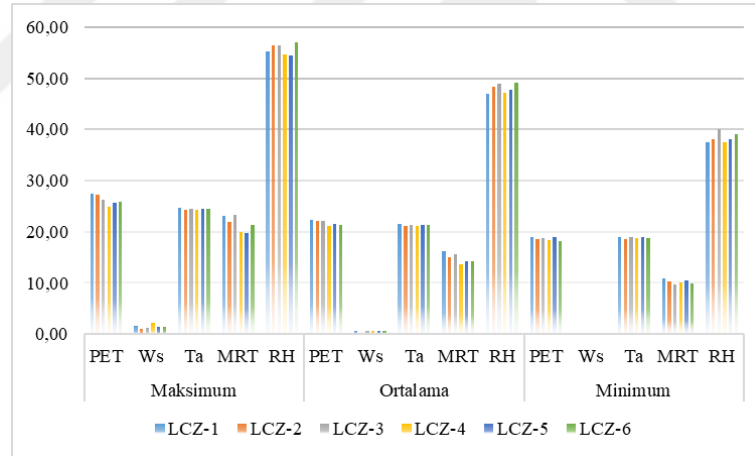
Minimum gündüz değerleri incelendiğinde, en düşük PET değerinin LCZ-6 bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu duruma seçilen noktalardan çoğunun yeşil alan üstü ağaç olması neden olabilmektedir. Minimum rüzgâr hızı neredeyse tüm bölgelerde aynıdır. En düşük hava sıcaklığı değeri LCZ-2 bölgesinde gözlenirken, minimum ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-6 bölgesinde görülmektedir. En düşük bağıl nem

değeri ise daha önceki analizlerde olduğu gibi LCZ-4 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Yaz mevsimine ait gündüz saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	47,71	2,24	34,62	59,47	43,53	34,74	0,91	29,29	36,70	30,17	22,51	0,06	23,11	17,51	22,45
LCZ-2	53,00	1,78	34,49	63,54	49,75	35,06	0,65	28,93	36,58	31,76	22,38	0,05	22,54	16,23	22,66
LCZ-3	50,51	1,78	34,34	61,96	44,87	36,32	0,76	29,16	39,42	33,10	22,83	0,04	23,36	16,02	24,21
LCZ-4	50,58	2,41	34,54	64,61	45,19	36,64	0,89	28,99	41,60	29,65	22,18	0,06	22,87	16,72	21,26
LCZ-5	50,53	2,13	35,03	62,25	44,80	36,15	0,90	29,17	40,06	31,05	22,36	0,07	23,19	16,48	22,45
LCZ-6	50,22	2,04	34,45	61,13	46,27	35,80	1,05	28,95	40,29	33,67	21,91	0,10	22,92	15,86	23,13

Üçüncü aşamada yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesinde gece saatlerindeki iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler yaz mevsiminde gün batımından gün doğumuna kadar olan saat aralığı (21.00-05.00) için 10 noktanın ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Yaz mevsimi için gece saatlerinde 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Maksimum gece değerleri incelendiğinde; en yüksek PET değeri LCZ-1 bölgesinde görülmektedir. Maksimum rüzgâr hızı LCZ-4 bölgesinde tespit edilmiştir. Bu duruma yüksek katlı binalar nedeniyle gece saatlerinde rüzgâr akımları oluşması neden olmaktadır. Maksimum hava sıcaklığı yine LCZ-1 bölgesinde iken, en yüksek ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-3 bölgesinde görülmektedir. En yüksek bağıl nem değeri ağaçların en yoğun olduğu bölge olan LCZ-6'da tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Ortalama gece değerleri incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-3, LCZ-2, LCZ-5, LCZ-6 ve LCZ-4 takip etmektedir. En

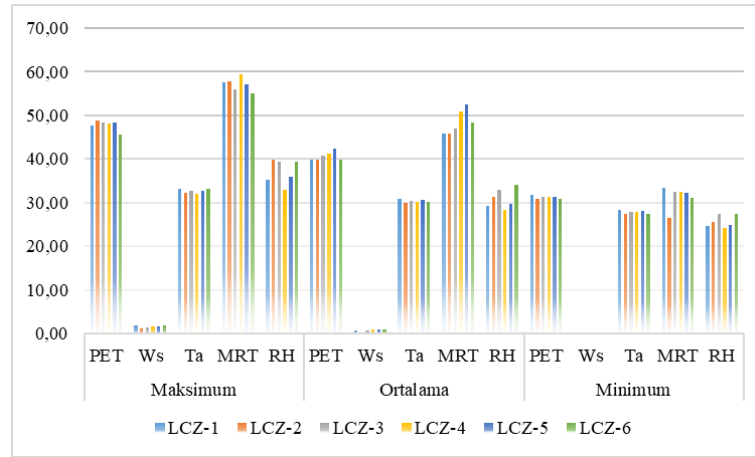
yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 1,12 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı diğer analizlerde olduğu gibi en yüksek olarak LCZ-6 bölgesinde gözlenmiştir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,35 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-1 olduğu gözlenmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler görülmektedir. Bu duruma yoğun ağaç dokusu neden olmaktadır (Çizelge 4.16).

Minimum gece değerleri incelendiğinde, en düşük PET değerinin LCZ-4 bölgesinde olduğu görülmektedir. Minimum rüzgâr hızı neredeyse tüm bölgelerde aynıdır. En düşük hava sıcaklığı değeri LCZ-2 bölgesinde gözlenirken, minimum ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-3 bölgesinde görülmektedir. Minimum bağıl nem değeri ise LCZ-1 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Yaz mevsimine ait gece saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	27,35	1,59	24,66	23,14	55,23	22,33	0,64	21,49	16,29	47,06	18,97	0,03	18,97	10,92	37,42
LCZ-2	27,30	1,04	24,37	21,88	56,41	22,03	0,45	21,14	14,98	48,32	18,53	0,02	18,49	10,19	38,04
LCZ-3	26,24	1,29	24,52	23,38	56,40	22,04	0,61	21,37	15,62	48,88	18,84	0,02	18,88	9,77	40,09
LCZ-4	24,96	2,26	24,26	19,99	54,67	21,21	0,65	21,22	13,54	47,22	18,39	0,08	18,83	10,10	37,50
LCZ-5	25,69	1,46	24,39	19,71	54,53	21,50	0,64	21,37	14,13	47,72	19,01	0,02	18,95	10,47	38,11
LCZ-6	25,78	1,39	24,40	21,32	57,02	21,40	0,70	21,28	14,27	49,05	18,19	0,09	18,85	9,94	39,05

Dördüncü aşamada yaz mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesinde farklı saat aralıklarındaki iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu analizler için 09.00-12.00, 12.00-15.00 ve 15.00-18.00 saat aralıklarında 10 farklı noktadan alınan ortalama değerler hesaplanmıştır. Öncelikle 09.00-12.00 saat aralığındaki karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Yaz mevsimi için 09.00-12.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

09.00-12.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-2, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığında LCZ-1, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-4, bağıl nemde ise LCZ-2 bölgelerinde en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.17).

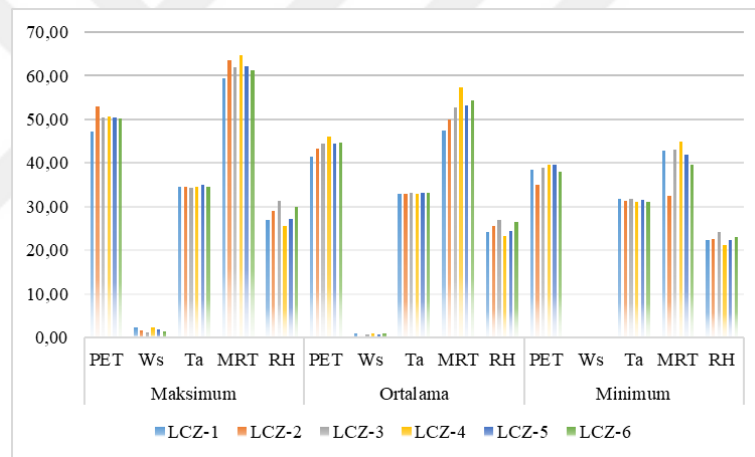
09.00-12.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-6, LCZ-2, LCZ-3, LCZ-4 ve LCZ-5 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 2,66 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı diğer analizlerde olduğu gibi en yüksek olarak LCZ-6 bölgesinde gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,87 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-5 olduğu görülmekte ve bağıl nem değerleri incelendiğinde, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler gözlenmektedir. Bu duruma yoğun ağaç dokusunun neden olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.17).

09.00-12.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-6, rüzgâr hızında LCZ-3, hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-2, bağıl nemde ise LCZ-4 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Yaz mevsimine ait 09.00-12.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	47,71	1,95	33,14	57,44	35,31	39,76	0,82	30,91	45,76	29,29	31,87	0,10	28,26	33,33	24,70
LCZ-2	48,83	1,28	32,28	57,78	39,92	39,86	0,58	30,04	45,86	31,22	30,75	0,05	27,37	26,41	25,67
LCZ-3	48,25	1,47	32,70	55,97	39,43	40,87	0,67	30,46	46,99	33,03	31,41	0,04	27,75	32,44	27,39
LCZ-4	48,14	1,60	32,02	59,33	33,03	41,24	0,86	30,16	50,96	28,39	31,40	0,16	27,89	32,57	24,14
LCZ-5	48,38	1,72	32,80	57,07	35,87	42,43	0,85	30,65	52,59	29,76	31,37	0,09	28,05	32,19	24,82
LCZ-6	45,63	1,88	33,08	54,96	39,39	39,77	1,03	30,22	48,27	34,03	30,76	0,33	27,42	31,05	27,40

12.00-15.00 saat aralıklarındaki maksimum, minimum ve ortalama değerlerin 6 farklı yerel iklim bölgesine göre karşılaştırılması aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Yaz mevsimi için 12.00-15.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

12.00-15.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-2, rüzgâr hızında LCZ-4, hava sıcaklığında LCZ-5, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-4, bağıl nemde ise LCZ-3 bölgelerinde en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.18).

12.00-15.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-2, LCZ-3, LCZ-5, LCZ-6 ve LCZ-4 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 4,53 °C fark bulunmaktadır. Bu fark oldukça hissedilebilir ve fazladır. Ortalama rüzgâr hızı yüksek olarak LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,26 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek

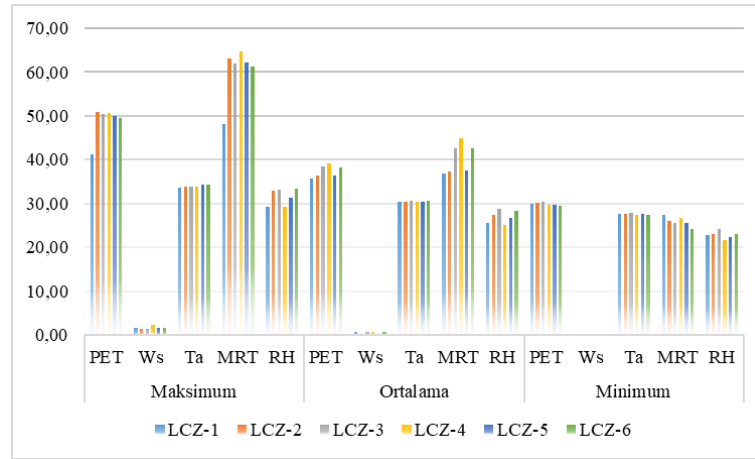
bölgenin LCZ-4 olduğu gözlenmektedir. Bağlı nem değerleri incelendiğinde, diğer analizlerden farklı olarak LCZ-3 bölgesinde en yüksek değerler görülmektedir. Bu duruma güneş ışınlarının açısının dik olması neden olabilmektedir (Çizelge 4.18).

12.00-15.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET, rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-2, hava sıcaklığında LCZ-3, bağlı nemde ise LCZ-4 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Yaz mevsimine ait 12.00-15.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	47,26	2,24	34,62	59,47	27,01	41,42	0,92	33,01	47,38	24,09	38,52	0,07	31,74	42,77	22,45
LCZ-2	53,00	1,53	34,49	63,54	29,00	43,24	0,58	32,85	49,92	25,49	35,00	0,05	31,26	32,37	22,66
LCZ-3	50,51	1,28	34,34	61,96	31,32	44,34	0,76	33,11	52,80	27,05	38,88	0,09	31,88	43,04	24,21
LCZ-4	50,58	2,41	34,54	64,61	25,50	45,95	0,84	33,01	57,41	23,28	39,58	0,26	31,10	44,98	21,26
LCZ-5	50,53	1,79	35,03	62,25	27,12	44,36	0,73	33,11	53,08	24,38	39,66	0,16	31,49	41,80	22,45
LCZ-6	50,22	1,51	34,45	61,13	30,03	44,66	0,88	33,10	54,39	26,56	37,99	0,14	31,19	39,50	23,13

15.00-18.00 saat aralıklarındaki maksimum, minimum ve ortalama değerlerin 6 farklı yerel iklim bölgesine göre karşılaştırılması aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Yaz mevsimi için 15.00-18.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

15.00-18.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; PET rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinde LCZ-4, hava sıcaklığında LCZ-5, bağlı nemde ise LCZ-6 bölgelerinde en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.19).

15.00-18.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-5, LCZ-2, LCZ-6, LCZ-3 ve LCZ-4 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 3,64 °C fark bulunmaktadır. Bu fark oldukça hissedilebilir ve fazladır. Ortalama rüzgâr hızı yüksek olarak LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,28 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-4 olduğu gözlenmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde, diğer analizlerden farklı olarak LCZ-3 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir. Bu duruma 12.00-15.00 saat aralığında da gözleendiği gibi güneş ışınlarının açısının dik olması neden olabilmektedir (Çizelge 4.19).

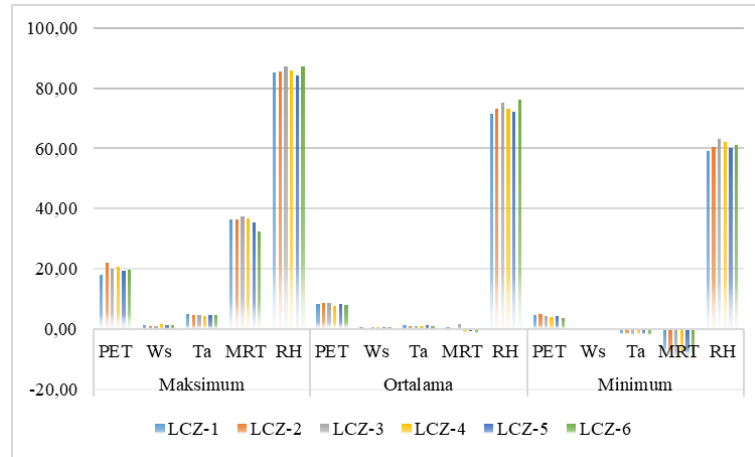
15.00-18.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-6, rüzgâr hızında LCZ-1 ve LCZ-4, hava sıcaklığında LCZ-4, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-6, bağıl nemde ise LCZ-4 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Yaz mevsimine ait 15.00-18.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	41,11	1,68	33,69	48,20	29,18	35,60	0,73	30,44	36,91	25,57	29,89	0,06	27,64	27,31	22,80
LCZ-2	50,90	1,38	33,78	62,98	33,02	36,41	0,48	30,51	37,34	27,33	30,12	0,08	27,75	26,00	23,14
LCZ-3	50,51	1,31	33,76	61,96	33,22	38,50	0,61	30,62	42,50	28,73	30,31	0,13	27,92	25,56	24,21
LCZ-4	50,58	2,33	33,75	64,61	29,22	39,24	0,67	30,34	44,80	25,15	29,61	0,06	27,45	26,61	21,61
LCZ-5	49,91	1,66	34,28	62,25	31,27	36,30	0,54	30,42	37,54	26,72	29,78	0,07	27,60	25,55	22,45
LCZ-6	49,40	1,74	34,25	61,13	33,47	38,28	0,72	30,55	42,49	28,27	29,38	0,10	27,49	24,21	23,13

Kış mevsimi analizleri:

Bu aşamada kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Öncelikle tüm gün (24 saatlik) değerleri için analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Kış mevsiminde tüm gün için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Maksimum tüm gün değerleri incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-2 bölgesinde en yüksek değer tespit edilmiştir. Maksimum rüzgâr hızı değeri LCZ-4 bölgesinde görülmekte ve bu duruma yüksek binalar ve sert zemin oranının diğer bölgelere göre yüksek olması neden olmaktadır. Hava sıcaklığı değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde birbirine oldukça yakındır. En yüksek hava sıcaklığı değeri ise LCZ-1 bölgesinde ölçülmüştür. En yüksek ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-3 bölgesinde, maksimum bağıl nem değeri ise LCZ-6 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Ortalama tüm gün değerleri incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-4 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-6, LCZ-5, LCZ-1, LCZ-2 ve LCZ-3 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 1,01 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek olarak LCZ-1 ve LCZ-4 bölgelerinde gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,44 °C olarak çok az bir fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-3 olduğu gözlenmektedir. Bu durumun nedeninin bina kat yüksekliklerinin az olması olabilmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

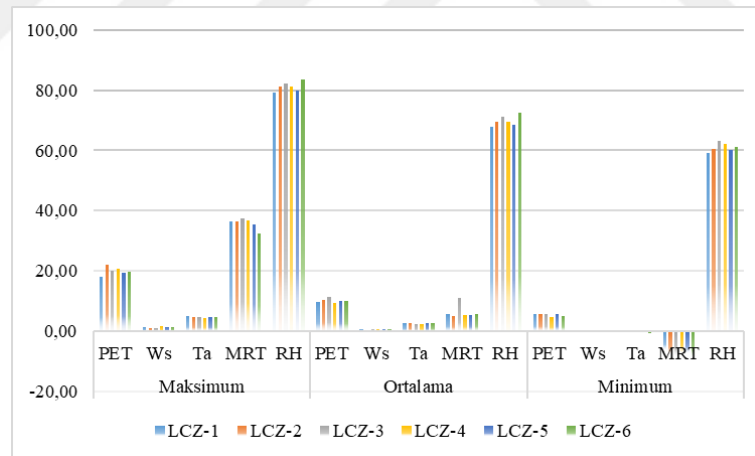
Minimum tüm gün değerleri incelendiğinde, minimum PET değerinin LCZ-6 bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu duruma seçilen noktalardan çoğunun yeşil alan üstü ağaç olması neden olabilmektedir. Minimum rüzgâr hızı değeri LCZ-2 bölgesinde iken en düşük hava sıcaklığı değeri LCZ-3 bölgesindedir. Minimum ortalama radyant

sıcaklık değeri LCZ-6 bölgesinde, minimum bağıl nem değeri ise LCZ-1 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Kış mevsimine ait tüm günlük (gece ve gündüz) saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	17,85	1,40	5,03	36,43	85,24	8,14	0,56	1,22	0,59	71,53	4,44	0,03	-1,84	-7,97	59,01
LCZ-2	21,96	0,91	4,60	36,24	85,66	8,61	0,35	1,09	-0,43	73,07	4,82	0,01	-1,77	-8,99	60,61
LCZ-3	19,84	0,92	4,51	37,39	87,21	8,71	0,46	0,78	1,68	75,16	4,43	0,03	-2,20	-10,26	63,17
LCZ-4	20,72	1,53	4,37	36,80	85,89	7,70	0,56	0,87	-1,10	73,27	3,88	0,02	-1,86	-8,98	62,26
LCZ-5	19,47	1,22	4,70	35,49	84,24	8,13	0,49	1,19	-0,80	72,18	4,15	0,04	-1,80	-9,16	60,01
LCZ-6	19,55	1,16	4,59	32,46	87,35	7,84	0,51	0,91	-1,36	76,25	3,74	0,05	-2,11	-10,30	61,25

Kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesinde gündüz saatlerindeki iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler kış mevsiminde gün doğumundan gün batımına kadar olan saat aralığı (08.00-18.00) için 10 farklı noktanın ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Kış mevsiminde gündüz için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Maksimum gündüz değerleri incelendiğinde; PET, rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık için tüm gün analizleri ile aynı sonuçlara ulaşılmıştır (Çizelge 4.21).

Ortalama gündüz değerleri incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-4 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-1, LCZ-6, LCZ-5, LCZ-2 ve LCZ-3 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 1,95 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek olarak LCZ-1 ve LCZ-4 bölgelerinde gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu

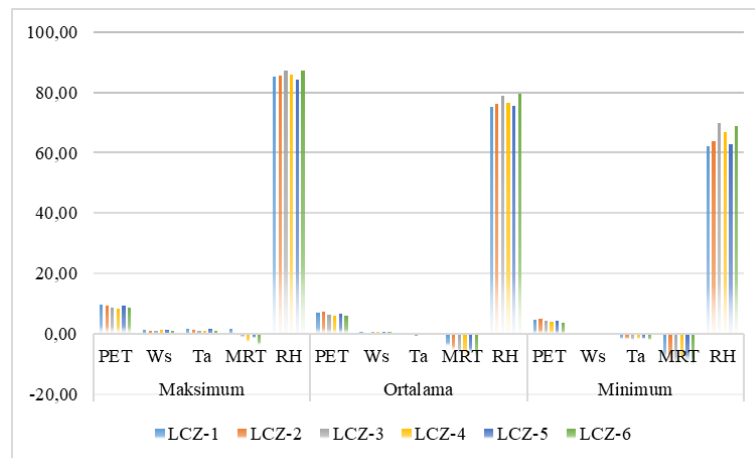
görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,47 °C olarak çok az bir fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin diğer bölgelere büyük bir farkla LCZ-3 olduğu gözlenmektedir. Bu durumun nedeninin bina kat yüksekliklerinin az olması ile ilişkili olduğu söylenebilmektedir. Bağlı nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Minimum gündüz değerleri incelendiğinde, en düşük PET değerinin LCZ-4 bölgesinde olduğu görülmektedir. Minimum rüzgâr hızı değeri LCZ-2 bölgesinde iken minimum hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık değeri LCZ-6 bölgesindedir. En düşük bağlı nem değeri LCZ-1 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Kış mevsimine ait gündüz saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	17,85	1,29	5,03	36,43	79,16	9,57	0,62	2,70	5,61	67,70	5,47	0,06	-0,26	-6,01	59,01
LCZ-2	21,96	0,91	4,60	36,24	81,39	10,23	0,38	2,52	4,91	69,48	5,52	0,01	-0,28	-7,29	60,61
LCZ-3	19,84	0,92	4,51	37,39	82,25	11,39	0,48	2,34	11,08	71,25	5,65	0,07	-0,54	-8,23	63,17
LCZ-4	20,72	1,53	4,37	36,80	81,12	9,44	0,61	2,23	5,39	69,65	4,75	0,02	-0,37	-7,11	62,26
LCZ-5	19,47	1,10	4,70	35,49	79,98	9,96	0,50	2,57	5,29	68,64	5,78	0,04	-0,06	-7,21	60,01
LCZ-6	19,55	1,16	4,59	32,46	83,41	9,89	0,52	2,45	5,60	72,48	4,95	0,07	-0,58	-8,36	61,25

Kış mevsimi için 6 farklı yerel iklim bölgesinde gece saatlerindeki iklim parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler kış mevsiminde gün batımından gün doğumuna kadar olan saat aralığı (19.00-07.00) için 10 farklı noktanın ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Şekil 4.49).



Şekil 4.49. Kış mevsiminde gece için 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

Gece saatlerindeki maksimum değerler incelendiğinde; PET, rüzgâr hızı ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinde LCZ-2 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir. En yüksek hava sıcaklığı değeri ise LCZ-5 bölgesinde, maksimum bağıl nem değeri ise LCZ-6 bölgesinde görülmektedir (Çizelge 4.22).

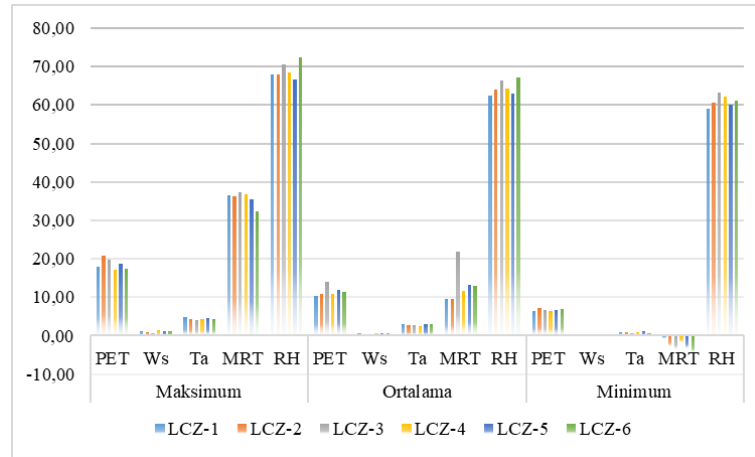
Ortalama gece saatleri değerleri incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-6 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-4, LCZ-3, LCZ-5, LCZ-1 ve LCZ-2 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 1,17 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek olarak LCZ-4 bölgesinde gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,57 °C olarak çok az bir fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-1 olduğu gözlenmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Gece saatlerinde minimum değerler incelendiğinde, minimum PET ve ortalama radyant sıcaklık değerlerinin LCZ-6 bölgesinde olduğu görülmektedir. En düşük rüzgâr hızı değeri LCZ-2 bölgesindedir. Minimum hava sıcaklığı değeri LCZ-3 bölgesinde iken, en düşük bağıl nem değeri LCZ-1 bölgesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Kış mevsimine ait gece saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	9,78	1,40	1,47	1,43	85,24	6,82	0,51	-0,14	-4,00	75,04	4,44	0,03	-1,84	-7,97	62,17
LCZ-2	9,25	0,82	1,41	-0,51	85,66	7,12	0,33	-0,21	-5,32	76,37	4,82	0,02	-1,77	-8,99	63,97
LCZ-3	8,48	0,79	0,79	-1,22	87,21	6,25	0,43	-0,65	-6,94	78,75	4,43	0,03	-2,20	-10,26	69,79
LCZ-4	8,44	1,33	0,88	-2,73	85,89	6,10	0,52	-0,38	-7,05	76,58	3,88	0,05	-1,86	-8,98	66,74
LCZ-5	9,29	1,22	1,54	-1,57	84,24	6,45	0,47	-0,08	-6,39	75,42	4,15	0,05	-1,80	-9,16	62,93
LCZ-6	8,46	0,96	0,89	-3,91	87,35	5,95	0,51	-0,50	-7,74	79,70	3,74	0,05	-2,11	-10,30	68,86

Kış mevsiminde 09.00-12.00 saat aralıklarındaki maksimum, minimum ve ortalama değerlerin 6 farklı yerel iklim bölgesine göre karşılaştırılması aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Kış mevsimi için 09.00-12.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

09.00-12.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; en yüksek değerler PET parametresinde LCZ-2, rüzgâr hızında LCZ-4, hava sıcaklığında LCZ-1, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-3, bağıl nemde ise LCZ-6 bölgesinde gözlenmiştir (Çizelge 4.23).

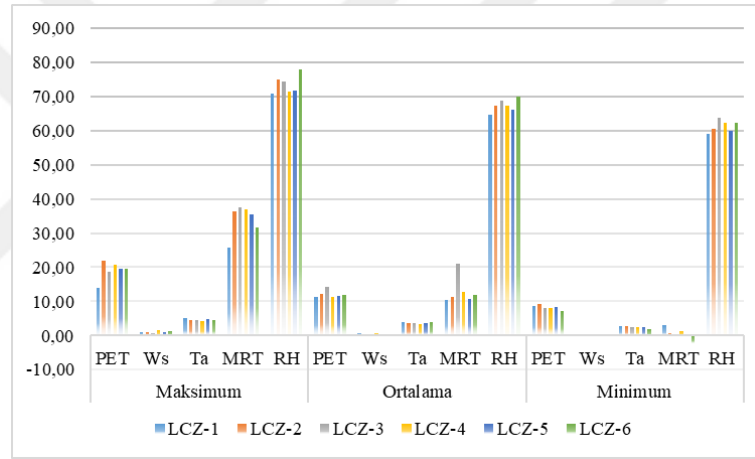
09.00-12.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-4, LCZ-2, LCZ-6, LCZ-5 ve LCZ-3 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 3,63 °C fark bulunmaktadır. Bu fark oldukça hissedilebilir ve fazladır. Ortalama rüzgâr hızı yüksek olarak LCZ-1 ve LCZ-4 bölgelerinde gözlenmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,51 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin büyük bir farkla LCZ-3 olduğu görülmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

09.00-12.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-1, rüzgâr hızında LCZ-4, hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-6, bağıl nemde ise LCZ-1 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Kış mevsimine ait 09.00-12.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	17,85	1,15	4,89	36,43	67,94	10,41	0,65	3,09	9,58	62,32	6,51	0,06	0,97	-0,73	59,01
LCZ-2	20,72	0,90	4,35	36,24	67,84	10,96	0,48	2,85	9,47	64,06	7,30	0,08	0,99	-2,69	60,61
LCZ-3	19,84	0,78	4,05	37,39	70,50	14,04	0,50	2,69	21,91	66,32	6,78	0,16	0,77	-3,44	63,17
LCZ-4	17,16	1,53	4,37	36,80	68,36	10,79	0,64	2,58	11,66	64,33	6,37	0,03	0,83	-1,73	62,26
LCZ-5	18,64	1,10	4,59	35,49	66,72	11,84	0,54	3,06	13,25	62,92	6,79	0,04	1,09	-3,38	60,01
LCZ-6	17,53	1,16	4,35	32,46	72,39	11,49	0,55	2,91	12,87	67,17	6,97	0,07	0,74	-4,66	61,25

Kış mevsiminde 12.00-15.00 saat aralıklarındaki maksimum, minimum ve ortalama değerlerin 6 farklı yerel iklim bölgesine göre karşılaştırılması aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Kış mevsimi için 12.00-15.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

12.00-15.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-2, rüzgâr hızında LCZ-4, hava sıcaklığında LCZ-1, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-3, bağıl nemde ise LCZ-6 bölgelerinde en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.24).

12.00-15.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-1 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-4, LCZ-5, LCZ-6, LCZ-2 ve LCZ-3 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 2,92 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı yüksek olarak LCZ-4 bölgesinde gözlenmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,72 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin büyük bir farkla LCZ-3 olduğu

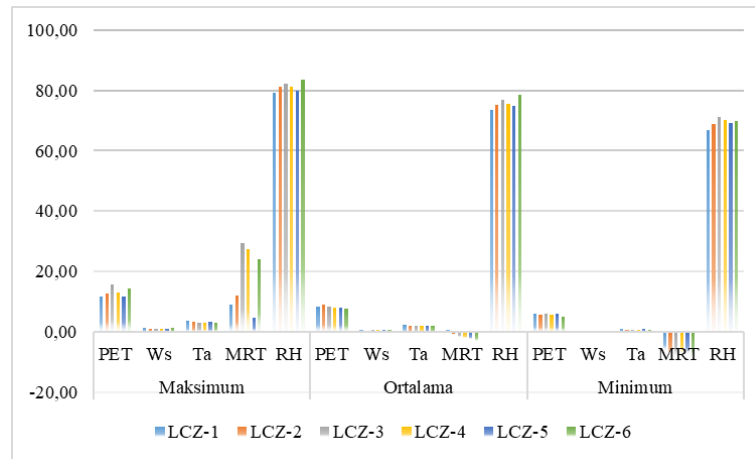
görülmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

12.00-15.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-6, rüzgâr hızında LCZ-4, hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-6, bağıl nemde ise LCZ-1 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Kış mevsimine ait 12.00-15.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	13,97	1,13	5,03	25,60	70,95	11,23	0,57	4,07	10,46	64,68	8,53	0,06	2,78	2,98	59,01
LCZ-2	21,96	0,90	4,60	36,24	74,83	12,31	0,36	3,79	11,37	67,17	9,18	0,03	2,66	0,70	60,61
LCZ-3	18,73	0,78	4,51	37,39	74,45	14,15	0,52	3,67	21,14	68,77	8,20	0,15	2,34	-0,08	63,61
LCZ-4	20,72	1,53	4,37	36,80	71,52	11,31	0,65	3,35	12,84	67,29	8,01	0,02	2,32	1,40	62,31
LCZ-5	19,47	1,10	4,70	35,49	71,62	11,53	0,51	3,73	10,79	66,10	8,34	0,07	2,43	-0,20	60,01
LCZ-6	19,55	1,16	4,59	31,71	77,87	11,85	0,50	3,81	11,90	70,01	7,31	0,13	1,86	-2,11	62,22

Kış mevsiminde 15.00-18.00 saat aralıklarındaki maksimum, minimum ve ortalama değerlerin 6 farklı yerel iklim bölgesine göre karşılaştırılması aşağıdaki grafikte yer almaktadır (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Kış mevsimi için 15.00-18.00 aralığında 6 farklı yerel iklim bölgesindeki maksimum, minimum ve ortalama iklim parametrelerinin karşılaştırılması

15.00-18.00 saat aralığındaki maksimum değerler incelendiğinde; PET parametresinde LCZ-3, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığında LCZ-1, ortalama radyant sıcaklıkta LCZ-3, bağıl nemde ise LCZ-6 bölgelerinde en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.25).

15.00-18.00 saat aralığındaki ortalama değerler incelendiğinde; en düşük PET değeri LCZ-2 bölgesinde iken bunu sırasıyla LCZ-1, LCZ-3, LCZ-5, LCZ-4 ve LCZ-6 takip etmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama PET değeri arasında 1,30 °C fark bulunmaktadır. Ortalama rüzgâr hızı yüksek olarak LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı arasında 0,38 °C fark bulunmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde en yüksek bölgenin LCZ-1 olduğu görülmektedir. Bağıl nem değerleri incelendiğinde ise, LCZ-6 bölgesinde en yüksek değerler tespit edilmiştir (Çizelge 4.25).

15.00-18.00 saat aralığındaki minimum değerler incelendiğinde; PET, hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinde LCZ-6, rüzgâr hızında LCZ-2, bağıl nemde ise LCZ-1 bölgelerinde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Kış mevsimine ait 15.00-18.00 arasındaki saatlik ortalama, maksimum ve minimum değerler

	Maksimum					Ortalama					Minimum				
	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH	PET	Ws	Ta	MRT	RH
LCZ-1	11,57	1,29	3,53	9,04	79,16	8,36	0,61	2,16	0,50	73,56	5,79	0,12	0,90	-6,01	66,76
LCZ-2	12,79	0,91	3,28	12,06	81,39	9,05	0,31	2,09	-0,70	75,18	5,52	0,01	0,62	-7,29	68,69
LCZ-3	15,81	0,92	2,92	29,38	82,25	8,24	0,47	1,82	-1,61	76,89	5,79	0,07	0,61	-8,23	71,36
LCZ-4	12,84	0,92	3,07	27,37	81,12	7,86	0,54	1,82	-1,93	75,40	5,67	0,10	0,59	-7,11	70,36
LCZ-5	11,48	1,08	3,41	4,65	79,98	8,09	0,47	2,04	-2,42	74,87	5,78	0,07	0,83	-7,21	69,27
LCZ-6	14,30	1,11	3,01	24,17	83,41	7,75	0,53	1,78	-3,01	78,41	4,95	0,07	0,45	-8,36	70,00

Yapılan analizlere göre hem yaz hem de kış mevsimi için günün farklı saatlerinde yerel iklim bölgelerinde farklılıklar gözlenmektedir. Bu durum, bölge içindeki yapılı çevre parametreleri, rüzgârın yönü ve hızı, güneşin geliş açısına göre değişim göstermektedir. Yaz mevsiminde daha dik açı ile gelen güneş ışınları, kış mevsiminde daha yatay açılar ile gelmektedir. Farklı yerel iklim bölgelerindeki yerleşim biçimleri ve sokaklar ile binaların yönelimleri de günün çeşitli saat aralıklarında iklim parametrelerinin değişim göstermesine neden olmaktadır. Gün içinde sık sık değişen rüzgâr yönü, çeşitli yerleşimlere sahip yerel iklim bölgelerini farklı şekillerde etkilemektedir.

Bu bölümden elde edilen sonuçlar, daha ileri aşamalarda ortaya çıkan genel sonuçlar ile uyum sağlamaktadır. Yaz ve kış mevsiminde gün içinde (gündüz saatleri) tespit edilen en konforlu ve en konforsuz bölgeler ortalama değerler ile tespit edilen bölgeler ile aynıdır.

4.3. Tüm yerel iklim bölgeleri için dış ortamda termal konfor değerlerinin tespit edilmesi

ENVI-met simülasyon programında BIO-met modülü ile hesaplanan PET indisi dış ortamda termal konfor tespitinde kullanılmıştır. Yaz ve kış mevsimi için 10 yıllık ortalama meteorolojik veriler (2012-2021) simülasyon programına tanıtılmış ve PET değerleri bulunmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi PET indisi hesaplanırken hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve ortalama radyant sıcaklık gibi temel iklim parametrelerinin yanı sıra kişisel veriler de kullanılmaktadır.

Literatürde yer alan birçok çalışmada Matzarakis ve Mayer (1996)'in belirlemiş oldukları PET termal algı kategorileri referans alınmıştır (Çizelge 4.26). Fakat termal algı kategorilerinin doğru sonuçlara ulaşabilmek için her bölgeye ve her iklime özgün olması oldukça önemlidir (Canan ve Geyikli, 2022). Çünkü her bölgenin iklimi ve sosyokültürel yapısı değişim göstermektedir. Hatta aynı iklim kuşağında yer alan farklı kentlerde bile termal algı kategorilerinin farklılaşabileceği saptanmıştır. Bu farklılığın oluşmasında, iklimsel faktörlerin yanında sosyo-kültürel faktörlerin de etki yaptığı bilinmektedir. Bu durum da o bölgede yaşayan kentli için farklı termal algı değerlerinin varlığına işaret etmektedir. Bununla ilgili olarak özellikle son on yılda dış ortamda termal konfor konulu çeşitli iklim kuşaklarında yapılan çalışmalarda termal algı kategorilerinin farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Potchter ve diğ., 2018)

Çizelge 4.26. Batı ve Orta Avrupa için hesaplanan termal algı kategorileri (Matzarakis ve Mayer, 1996)

Termal Algı Kategorisi	Batı/Orta Avrupa PET (°C)
Çok Soğuk	< (4)
Soğuk	(4) - (8)
Serin	(8) - (13)
Biraz serin	(13) - (18)
Nötral/ konforlu	(18) - (23)
Biraz ılık	(23) - (29)
Ilık	(29) - (35)
Sıcak	(35) - (41)
Çok sıcak	> (41)

Bu çalışmada dış ortamda termal konfor analizleri için Canan ve diğ. (2020) tarafından Konya için hesaplanan özgün termal algı kategorileri kullanılmıştır (Çizelge 4.27). Bu değerler Konya kentine özgün hesaplanmıştır.

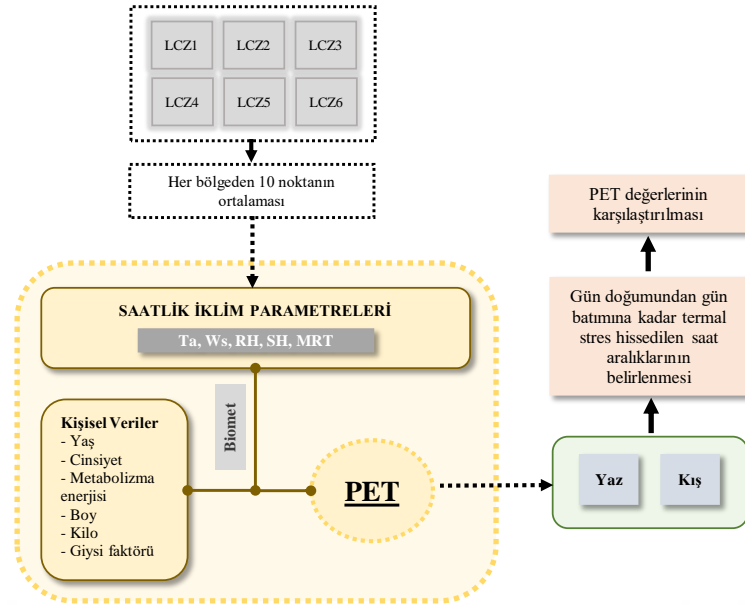
Çizelge 4.27. Konya'ya özgün termal algı kategorileri (Canan ve diğ., 2020)

Termal Algı Kategorisi	Konya (Türkiye) PET (°C)
Çok Soğuk	< (-5,6)
Soğuk	(-5,6) - (6,2)
Serin	(6,2) - (17,9)
Biraz serin	-
Nötral / konforlu	(17,9) - (29,7)
Biraz ılık	-
Ilık	(29,7) - (41,5)
Sıcak	(41,5) - (53,3)
Çok sıcak	> (53,3)

Oluşturulan bu özgün termal algı kategorisine göre Konya kentinde yaşayan insanlar 17,9-29,7 °C arasında nötral (konforlu) hissetmektedir. Bu değerlerin altında ya da üstünde kalan hava sıcaklıklarında ise termal stres hissetmekte, rahatsız olmaktadır.

Matzarakis ve Mayer (1996)'in belirlemiş oldukları termal algı kategorileri ile kıyaslama yapıldığında Konya kentinde biraz ılık ve biraz serin kategorilerinin yer almadığı gözlenmiştir. Nötral aralık dikkate alındığında Avrupa ve Konya için bulunan değerler birbirine çok yakındır. Fakat üst sınırlara bakıldığında farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Konya kentinde yaşayan insanların Avrupa'da yaşayanlara göre yüksek hava sıcaklığına daha dirençli oldukları görülmektedir. Avrupa kentlerinde yaşayan bireyler 23 °C'den yüksek sıcaklıklarda termal stres yaşarken, Konya kentindeki bir birey 23-29,7 °C arasında da konforlu hissetmektedir.

Elde edilen PET değerleri ile farklı yerel iklim bölgelerinde (LCZ) dış ortamda termal konfor karşılaştırması yapabilmek için her bölgeden seçilen 10 farklı karakteristik nokta dikkate alınmıştır. Bu noktaların saatlik iklim parametreleri ve PET değerleri oluşturularak ortalama değerler bulunmuş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Dış ortamda termal konfor analizleri her bölge için oluşturulan ortalama iklim parametreleri ve PET indisine göre yapılmıştır (Şekil 4.53).

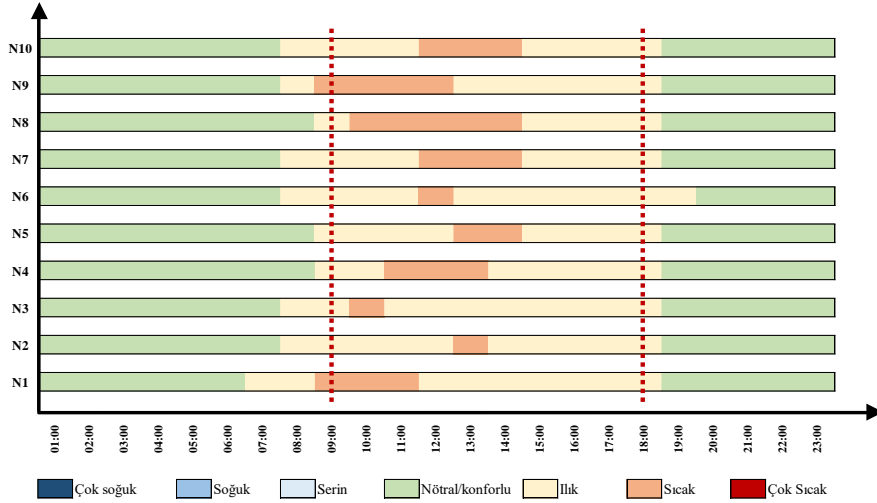


Şekil 4.53. Dış ortamda termal konfor tespitinde yöntem akışı

4.3.1. Yaz mevsiminde yapılan simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması

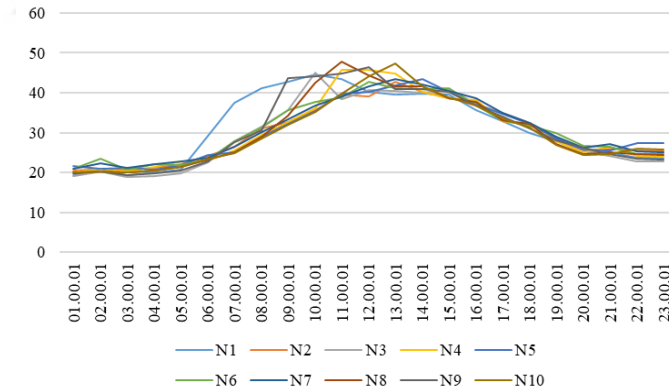
İlk aşamada, her yerel iklim bölgesi içindeki 10 noktanın PET değerleri kıyaslanmıştır. Kıyaslamalar sonucunda her bölgede gün doğumundan gün batımına kadar (gündüz) termal stres hissedilen saatler belirlenmiş ve bu saatler hesaplamalara katılmıştır.

LCZ-1 yaz mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi yer almaktadır. Genellikle konforlu hissedilen saat aralıkları tüm noktalarda 19.00-06.00 arasındadır. En yoğun stresli hissedilen saatler ise noktalar arasında oldukça farklılık göstermektedir. Bu durumun nedeninin noktaların buldukları yapılı çevreden kaynaklandığı söylenebilmektedir. Noktaların bazılarının ağaç altında, çim zemin üzerinde ya da iki bina bloğu arasında bulunması, bazılarının ise tamamen açık bir çevrede bulunması bu durumu etkileyebilmektedir (Şekil 4.54).



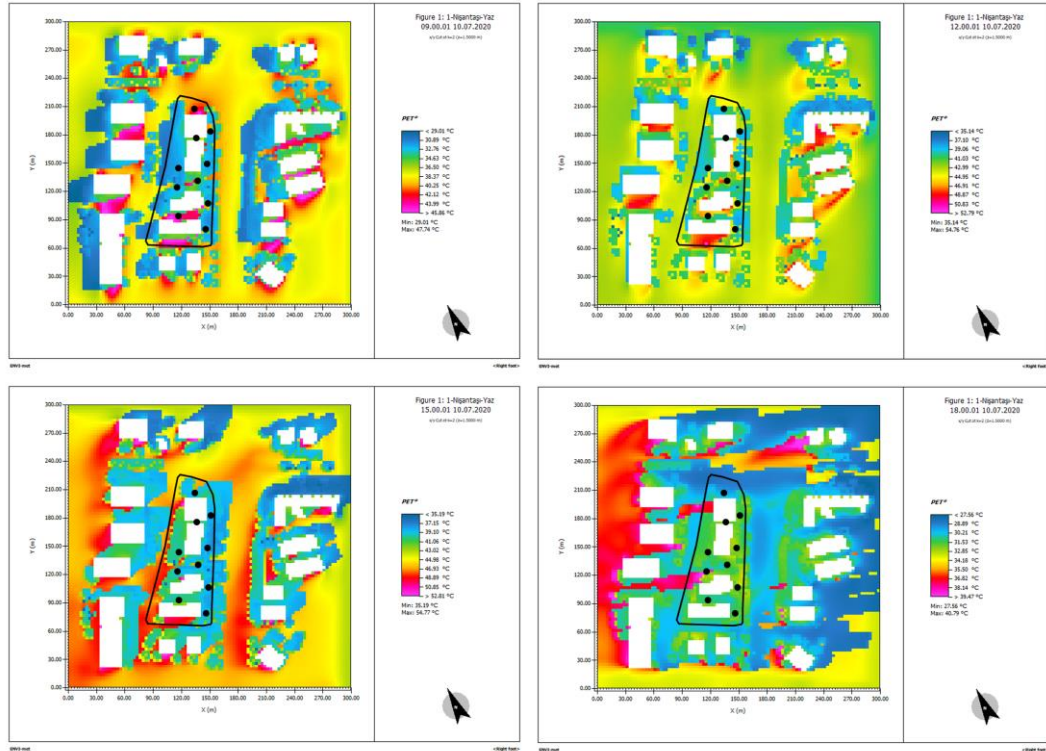
Şekil 4.54. LCZ-1 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafiğe yansımıştır. Grafik incelendiğinde, özellikle 08.00-14.00 saatleri arasında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir. N1 noktasında, 05.00-11.00 saatleri arasında yüksek bir PET değeri tespit edilirken, daha sonraki saatlerde düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. LCZ-1 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-1'den seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.56).



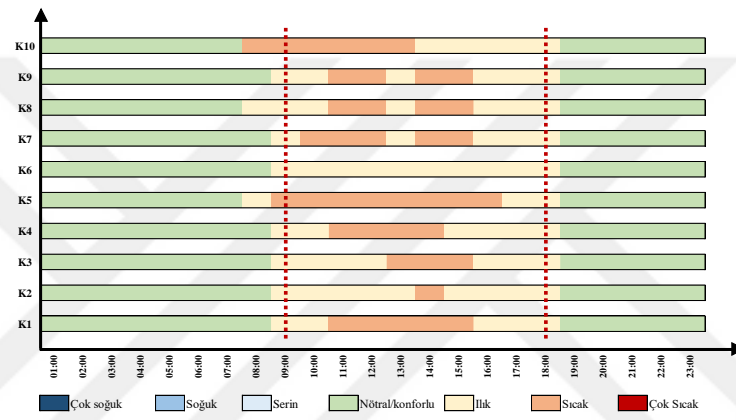
Şekil 4.56. Yaz mevsimi ve LCZ-1 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-18.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor analizlerinde LCZ-1 bölgesi yaz mevsimi için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. LCZ-1 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

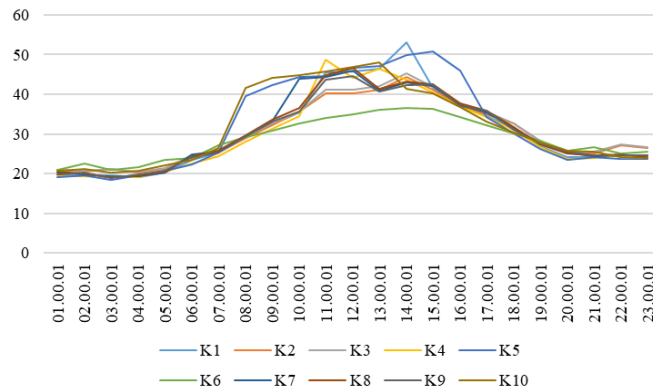
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
N1	45.68.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,86	1,09	31,50	44,18	25,87
N2	50.60.2	10.07.2020	09.00-18.00	37,09	1,05	31,25	40,28	26,51
N3	45.58.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,54	0,98	31,06	43,29	26,25
N4	48.49.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,72	0,64	31,12	42,65	27,03
N5	39.48.2	10.07.2020	09.00-18.00	37,70	0,86	31,38	40,76	26,86
N6	45.44.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,00	0,93	31,25	41,43	27,02
N7	37.38.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,27	0,40	31,08	40,73	26,95
N8	48.36.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,32	0,75	31,32	44,20	26,97
N9	39.31.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,33	0,78	31,29	46,40	26,09
N10	48.27.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,02	0,82	31,26	41,85	26,99
Nort.		10.07.2020	09.00-18.00	38,48	0,83	31,25	42,58	26,65

LCZ-2 bölgesindeki yaz mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde, gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi tespit edilmiştir. Tüm noktalar dikkate alındığında, 19.00-07.00 saatleri arasında termal olarak konforlu hissedilmektedir. LCZ-1 bölgesindeki gibi en yoğun termal stres (sıcak) hissedilen saat aralıkları farklı noktalarda değişkenlik göstermektedir. K6 noktası gün boyunca "sıcak" hissedilmeyen tek nokta olarak öne çıkmaktadır. Bu noktanın konumu iki bina bloğu arasında olduğundan, gölge bir alanda bulunması nedeniyle diğer noktalara kıyasla termal stres hissedilmemektedir. Seçilen diğer noktalar incelendiğinde, çoğunun 11.00-15.00 saat aralığında sıcak olarak hissedildiği tespit edilmiştir (Şekil 4.57).



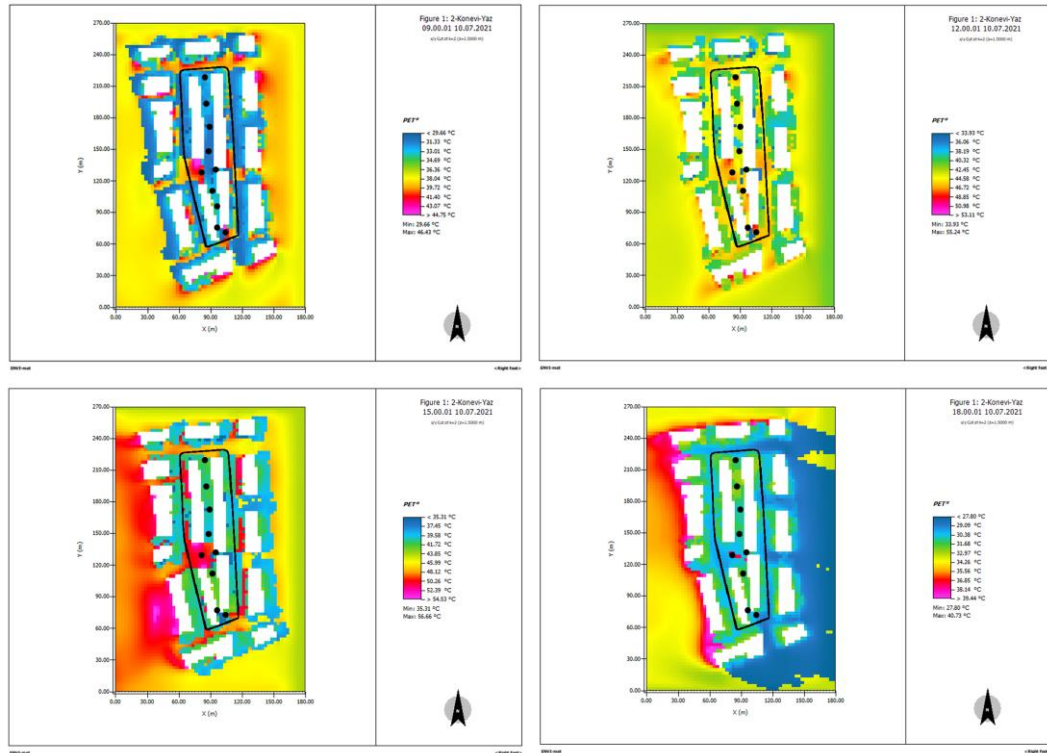
Şekil 4.57. LCZ-2 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değeri değişimleri de aşağıda yer almaktadır. Bu grafiğe göre, özellikle 07.00-16.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak K5 noktasında bu saat aralığında yüksek değerleri tespit edilmiştir (Şekil 4.58).



Şekil 4.58. LCZ-2 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-2'den seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlamlı PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. Yaz mevsimi ve LCZ-2 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

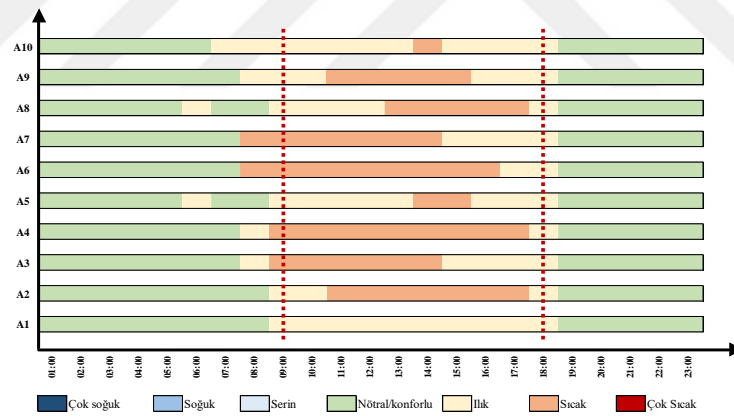
Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-18.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-2 bölgesi yaz mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. LCZ-2 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
K1	28.71.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,26	0,62	31,06	45,66	27,91
K2	28.66.2	10.07.2020	09.00-18.00	37,95	0,68	30,78	41,44	28,38
K3	29.62.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,59	0,59	30,77	42,51	28,13
K4	29.49.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,18	0,73	30,71	44,12	28,05
K5	25.43.2	10.07.2020	09.00-18.00	43,61	0,49	31,06	52,48	26,51
K6	31.43.2	10.07.2020	09.00-18.00	33,82	0,31	30,61	30,52	30,67
K7	30.39.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,74	0,58	30,77	45,04	27,48
K8	31.32.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,40	0,51	30,83	43,78	27,62

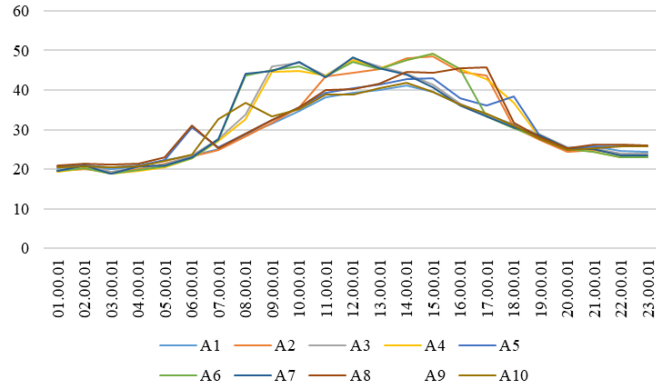
K9	32.25.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,68	0,69	30,99	42,64	29,56
K10	34.23.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,16	0,42	31,36	45,72	29,52
K_{ort.}		10.07.2020	09.00-18.00	39,24	0,56	30,89	43,39	28,38

LCZ-3'ün yaz mevsimine ait PET değerleri, 10 farklı noktada, gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi içermektedir. Tüm noktalar dikkate alındığında, 19.00-05.00 termal olarak konforlu hissedilen aralık olarak görülmektedir. Diğer yerel iklim bölgelerinden farklı olarak, bu bölgede konforlu hissedilen saat aralığı daha azdır. Nötral aralık, LCZ-1'de 11 saat, LCZ-2'de 12 saat iken, LCZ-3'te bu aralık 10 saattir. Bu aralıklar kesintisiz olarak yaşanan nötral saat aralıklarını göstermektedir. Diğer bölgelerde olduğu gibi, en yoğun termal stres (sıcak) hissedilen saat aralıkları, 10 farklı noktada değişim göstermektedir. Bu noktalardan A1 gün boyunca "sıcak" hissedilmeyen tek noktadır. Bu noktanın konumu, ağaç altında olduğunu göstermektedir. Ağacın gölgeleme ve serinletme etkisi ile diğer noktalara kıyasla termal stres (sıcak) hissedilmemektedir. Seçilen diğer noktalar incelendiğinde, tümünde saat 14.00'te termal stres (sıcak) hissedildiği görülmektedir (Şekil 4.60).



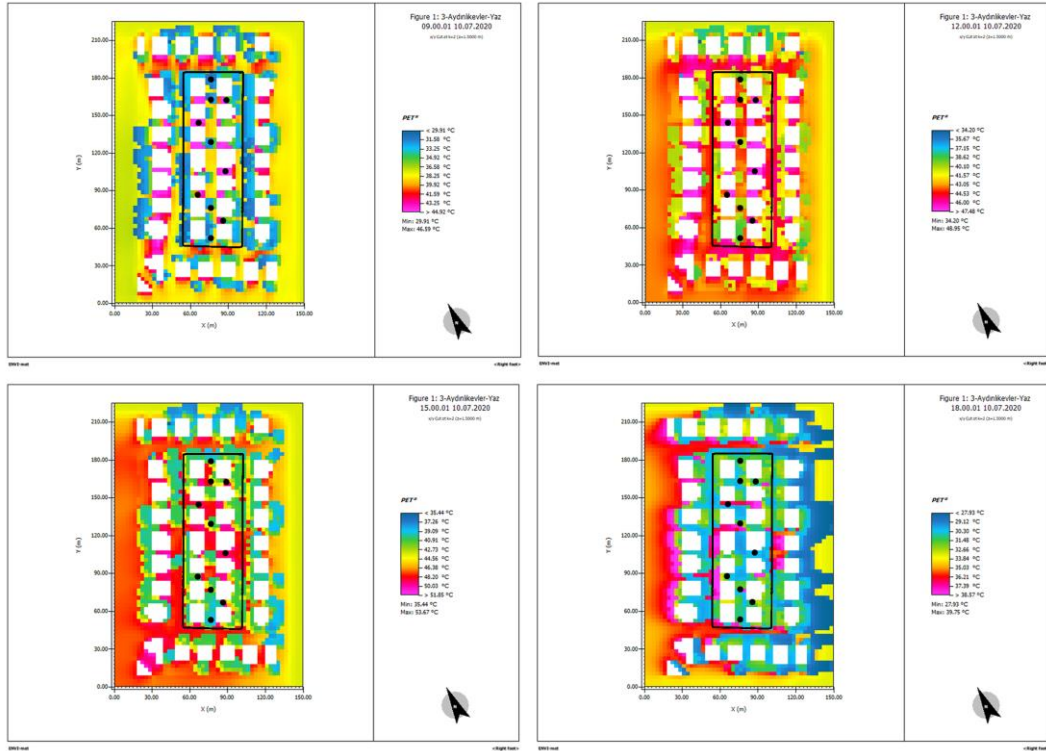
Şekil 4.60. LCZ-3 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değeri değişimleri de aşağıda yer almaktadır. Bu grafiğe göre, özellikle 05.00-19.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak A1 ve A10 noktalarında en düşük değerler gözlenmiştir (Şekil 4.61).



Şekil 4.61. LCZ-3 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-3'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.62).



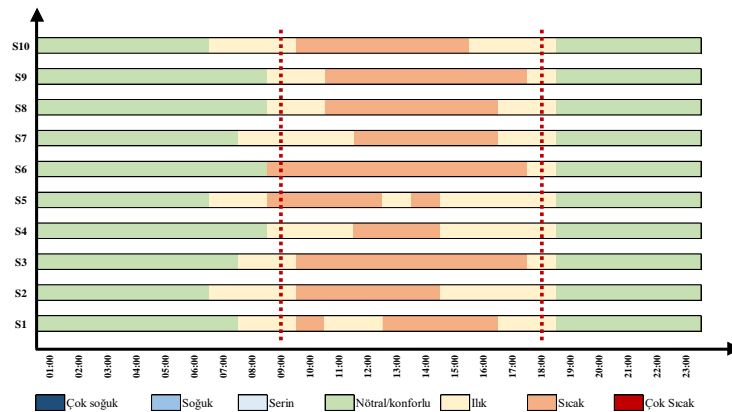
Şekil 4.62. Yaz mevsimi ve LCZ-3 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-18.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-3 bölgesi yaz mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. LCZ-3 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

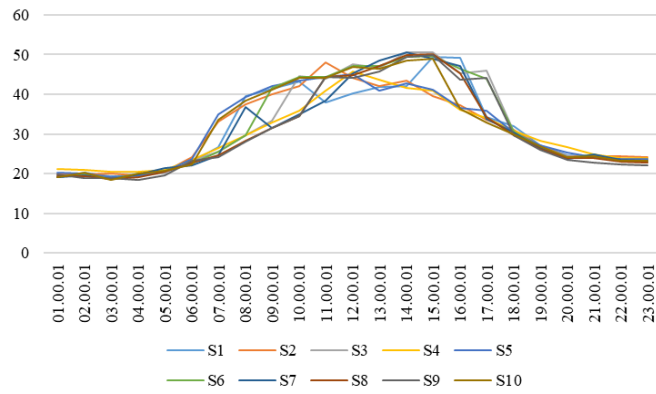
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
A1	25.60.2	10.07.2020	09.00-18.00	36,59	0,94	30,92	39,09	31,38
A2	25.53.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,58	0,86	31,01	50,21	31,02
A3	28.54.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,75	0,51	31,20	47,20	30,74
A4	22.48.2	10.07.2020	09.00-18.00	44,74	0,62	31,44	54,94	28,53
A5	25.42.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,73	0,94	31,12	44,06	29,72
A6	28.35.2	10.07.2020	09.00-18.00	43,25	0,53	31,52	50,54	29,33
A7	22.29.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,39	0,57	31,21	46,89	28,80
A8	25.25.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,19	0,77	30,93	46,50	30,21
A9	28.22.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,01	0,46	31,09	46,27	30,20
A10	25.18.2	10.07.2020	09.00-18.00	36,95	0,78	30,86	39,50	30,33
A _{ort.}		10.07.2020	09.00-18.00	40,62	0,70	31,13	46,52	30,03

LCZ-4 yaz mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi yer almaktadır. Tüm noktalar dikkate alındığında 19.00-06.00 saatleri arası termal olarak konforlu hissedilen aralık olarak görülmektedir. Diğer bölgelerde olduğu gibi en yoğun termal stres (sıcak) hissedilen saat aralıkları 10 farklı noktada değişim göstermektedir. Tüm noktalar incelendiğinde tümünde saat 14.00'te termal stres (sıcak) hissedildiği görülmektedir (Şekil 4.63).



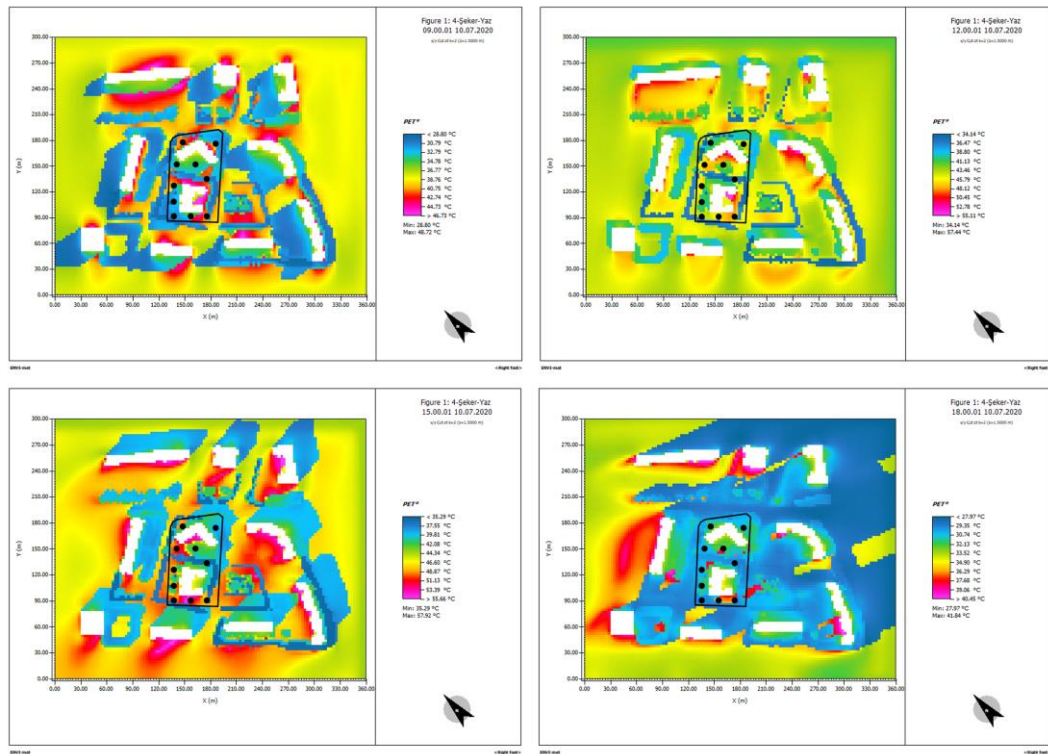
Şekil 4.63. LCZ-4 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değeri değişimleri de aşağıda yer almaktadır. Bu grafiğe göre, özellikle 06.00-18.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak S1 noktasında bu saat aralığında en düşük değerler gözlenmiştir (Şekil 4.64).



Şekil 4.64. LCZ-4 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-4'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.65).



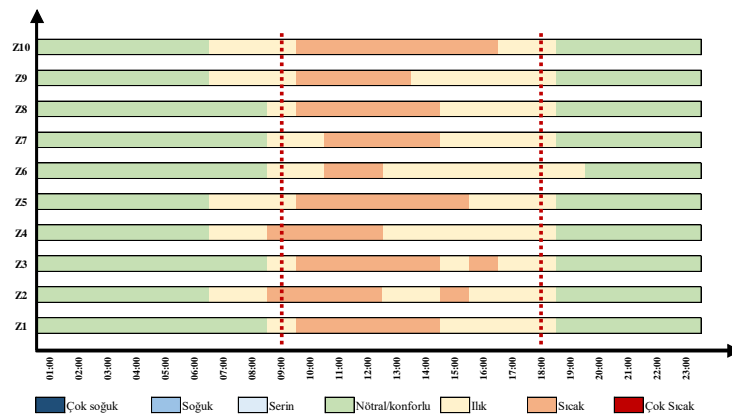
Şekil 4.65. Yaz mevsimi ve LCZ-4 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-18.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-4 bölgesi yaz mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. LCZ-4 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
S1	49.59.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,11	0,71	30,86	48,85	26,26
S2	61.57.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,12	0,87	30,79	47,61	26,34
S3	46.49.2	10.07.2020	09.00-18.00	43,86	0,69	31,16	53,96	26,01
S4	53.49.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,24	0,61	30,78	42,06	26,73
S5	57.43.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,26	0,77	30,76	47,35	25,99
S6	45.44.2	10.07.2020	09.00-18.00	44,45	0,63	30,96	55,73	26,04
S7	43.39.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,95	0,71	30,99	48,10	25,96
S8	41.32.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,15	0,82	31,02	49,21	25,83
S9	47.30.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,66	1,31	31,10	52,43	25,55
S10	57.28.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,88	1,02	31,21	51,66	25,29
Sort.		10.07.2020	09.00-18.00	41,37	0,81	30,96	49,70	26,00

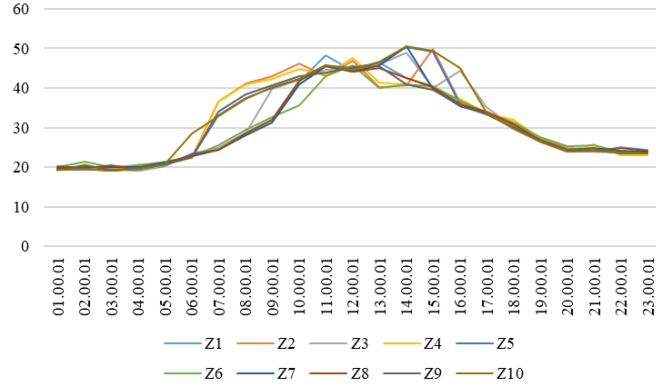
LCZ-5 yaz mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi yer almaktadır. Tüm noktalar dikkate alındığında 19.00-06.00 saatleri arası termal olarak konforlu hissedilen aralık olarak görülmektedir. Diğer bölgelerde olduğu gibi en yoğun termal stres (sıcak) hissedilen saat aralıkları 10 farklı noktada değişim göstermektedir. Tüm noktalar incelendiğinde tümünde 11.00 ve 12.00 saatlerinde termal stres (sıcak) hissedildiği görülmektedir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66. LCZ-5 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

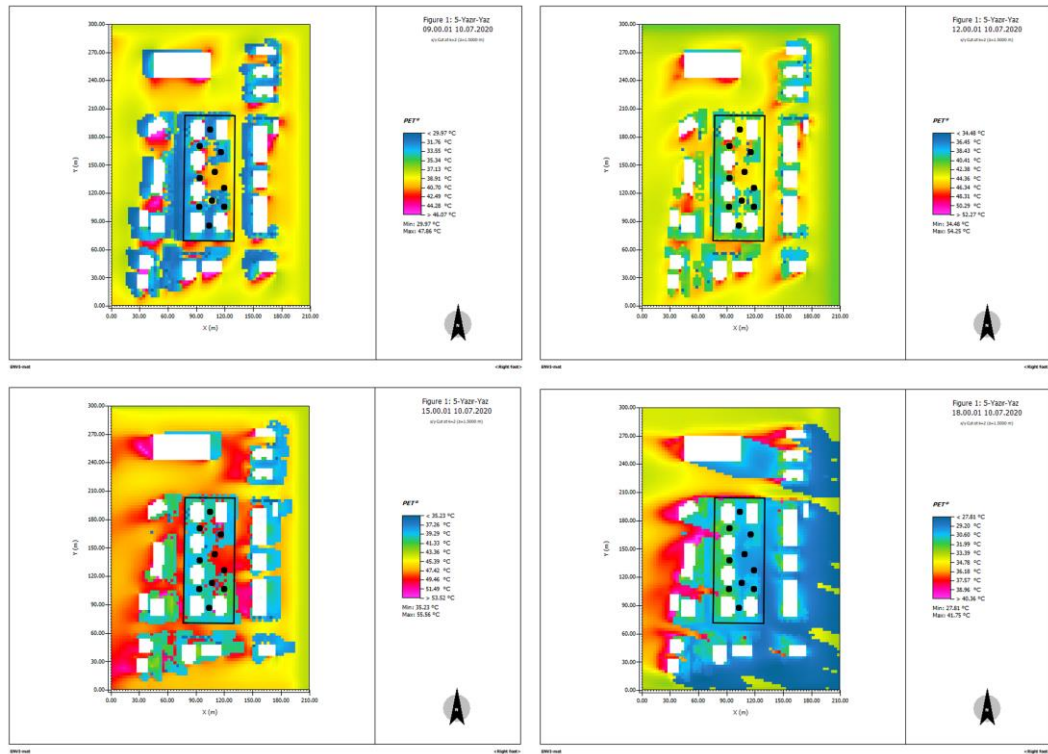
Farklı noktaların PET değeri değişimleri de aşağıda yer almaktadır. Bu grafiğe göre, özellikle 05.00-17.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından

farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak Z6 noktasında bu saat aralığında en düşük değerler gözlenmiştir (Şekil 4.67).



Şekil 4.67. LCZ-5 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-5'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.68).



Şekil 4.68. Yaz mevsimi ve LCZ-5 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

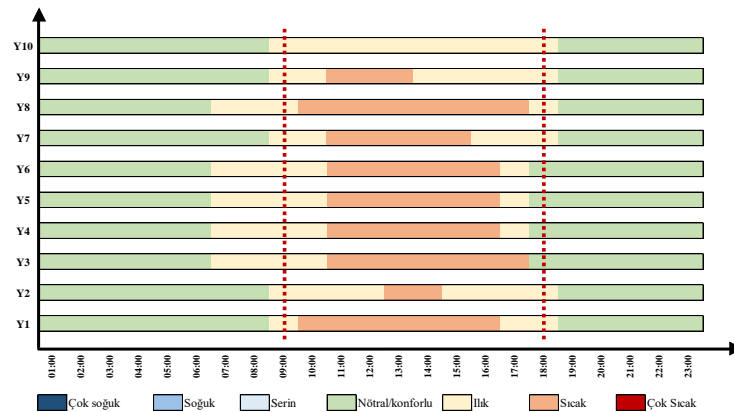
Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-18.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-5 bölgesi yaz mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. LCZ-5 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

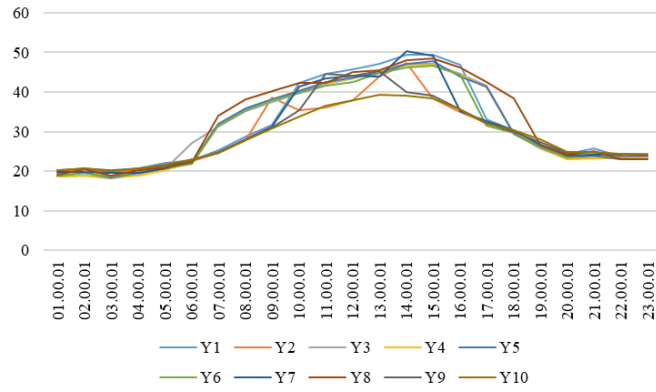
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
Z1	34.62.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,64	0,87	31,25	45,18	27,54
Z2	32.55.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,15	0,57	30,95	47,21	27,21
Z3	35.55.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,65	0,75	31,19	50,02	27,04
Z4	30.47.2	10.07.2020	09.00-18.00	40,31	0,60	31,02	45,88	27,26
Z5	35.47.2	10.07.2020	09.00-18.00	41,84	0,73	31,39	49,82	26,64
Z6	32.33.2	10.07.2020	09.00-18.00	38,00	0,58	30,74	41,37	28,42
Z7	35.38.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,67	0,87	31,14	45,53	27,32
Z8	34.28.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,20	0,89	30,88	45,17	28,63
Z9	33.45.2	10.07.2020	09.00-18.00	39,82	0,69	31,16	45,68	27,06
Z10	38.44.2	10.07.2020	09.00-18.00	42,79	0,76	31,75	51,88	26,66
Z _{ort.}		10.07.2020	09.00-18.00	40,41	0,73	31,15	46,77	27,38

LCZ-6 yaz mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi yer almaktadır. Genellikle konforlu hissedilen saat aralıkları tüm noktalarda 19.00-06.00 saatleri arasındadır. En yoğun stresli hissedilen saatler ise tüm noktalar dikkate alındığında genellikle 11.00-15.00 saatleri arasındadır. Tüm noktalardan Y10 gün boyunca “sıcak” hissedilmeyen tek noktadır. Bu noktanın konumuna bakıldığında ağaç altında olduğu görülmektedir. Ağacın gölgeleme ve serinletme etkisi ile diğer noktalara kıyasla termal stres (sıcak) hissedilmemektedir (Şekil 4.69).



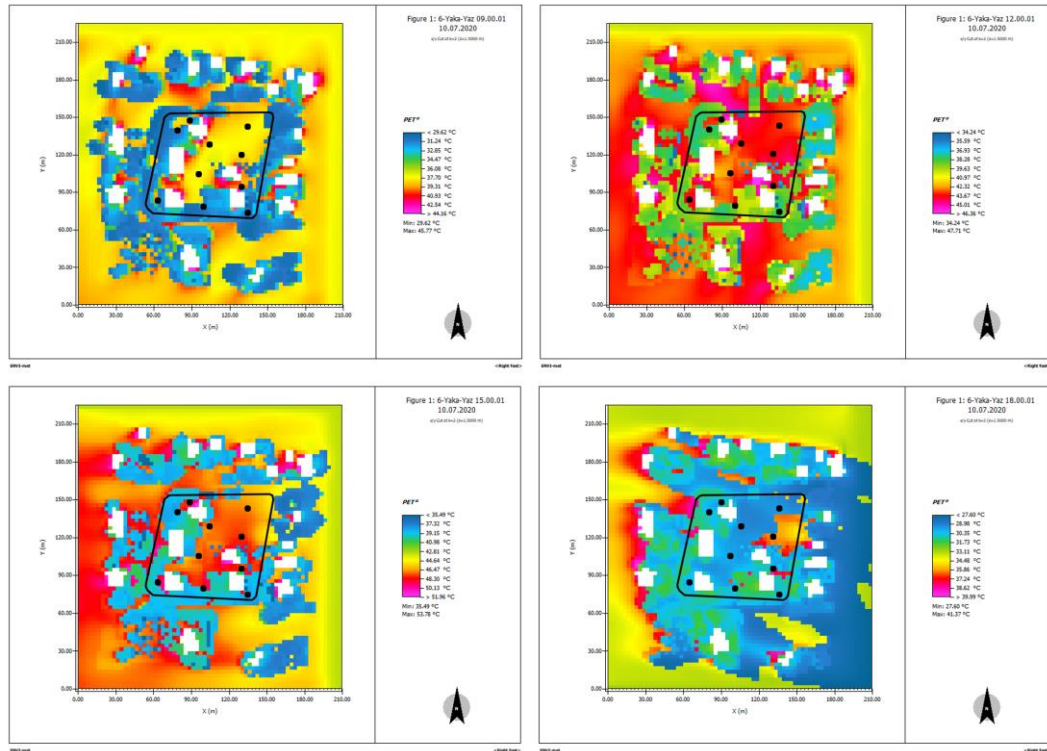
Şekil 4.69. LCZ-6 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değeri değişimleri de aşağıda yer almaktadır. Bu grafiğe göre, özellikle 06.00-19.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak Y10 noktasında bu saat aralığında en düşük değerler gözlenmiştir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70. LCZ-5 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-6'dan seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.71).



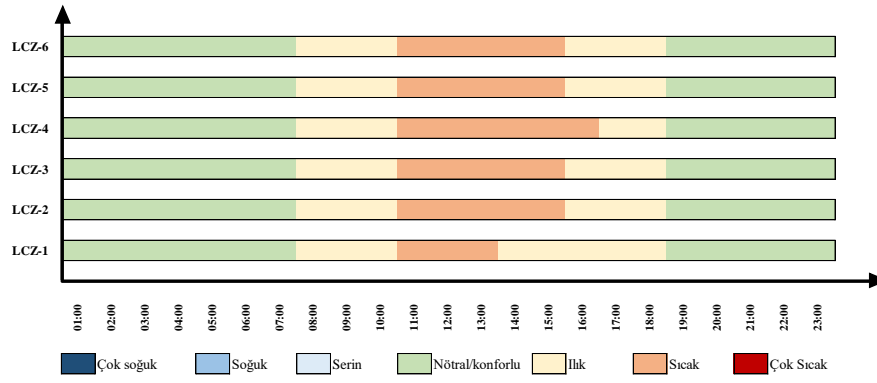
Şekil 4.71. Yaz mevsimi ve LCZ-6 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-6 bölgesi yaz mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. LCZ-6 bölgesi yaz mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
Y1	30.49.2	10.07.2020	09.00-17.00	43,37	0,47	31,34	51,25	28,74
Y2	26.47.2	10.07.2020	09.00-17.00	38,35	0,84	30,98	43,03	30,26
Y3	36.41.2	10.07.2020	09.00-17.00	43,20	1,22	31,86	55,09	29,03
Y4	42.47.2	10.07.2020	09.00-17.00	43,24	1,21	31,75	55,34	29,55
Y5	43.40.2	10.07.2020	09.00-17.00	43,29	1,10	31,59	55,11	30,25
Y6	29.32.2	10.07.2020	09.00-17.00	41,73	1,20	31,67	51,83	29,15
Y7	21.28.2	10.07.2020	09.00-17.00	41,31	0,73	30,94	48,52	30,51
Y8	43.31.2	10.07.2020	09.00-17.00	44,49	0,66	31,17	55,63	31,23
Y9	34.23.2	10.07.2020	09.00-17.00	38,57	1,06	31,41	43,41	29,51
Y10	44.33.2	10.07.2020	09.00-17.00	35,96	1,02	30,70	38,23	31,28
Y _{ort.}		10.07.2020	09.00-17.00	41,35	0,95	31,34	49,74	29,95

Tüm yerel iklim bölgeleri için 10 noktanın ortalama PET değerlerine göre oluşturulan termal algı kategorisi grafiğinde yerel iklim bölgeleri arasındaki genel karşılaştırmalar yapılmıştır (Şekil 4.72). Elde edilen grafiğe göre, tüm yerel iklim bölgelerinde 07.00-18.00 arasında “ılık” (termal stres) hissedilmektedir. LCZ-1 bölgesinde 11.00-13.00 aralığında; LCZ-2, LCZ-3, LCZ-5, LCZ-6 bölgelerinde 11.00-15.00 aralığında; LCZ-4 bölgesinde ise 11.00-16.00 aralığında “sıcak” hissedilmektedir. LCZ-1 en az yoğun termal stresin hissedildiği bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle yaz mevsimi için en iyi bölge olarak söylenebilmektedir. Aksine LCZ-4 bölgesinde en uzun süre ile yoğun termal stres hissedilmekte ve en konforsuz bölge olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.72. Tüm yerel iklim bölgelerinin ortalama saatlik termal algı kategorileri

5 farklı bölgeden 10 noktadan alınan 09.00-18.00 ve LCZ-6 bölgesinden 09.00-17.00 (gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saat aralığı) için ortalama değerler aşağıdaki çizelgede görülmektedir (Çizelge 4.34). Elde edilen sonuçlara göre dış ortamda termal konfor karşılaştırması yapmak üzere PET değerleri incelenmiştir.

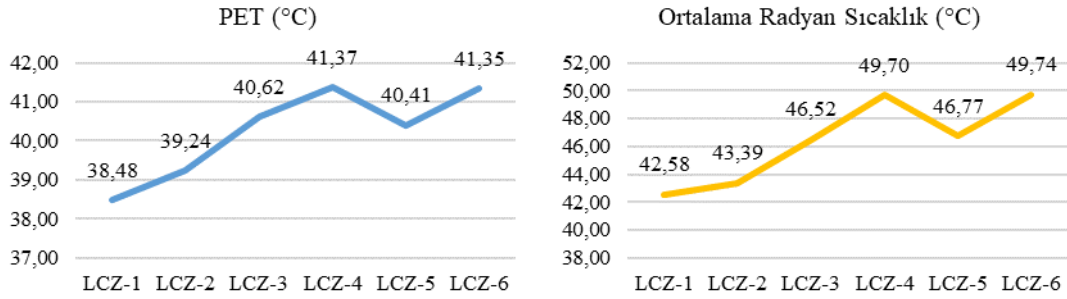
Çizelge 4.34. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan ortalama iklim parametreleri

	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	38,48	0,83	31,25	42,58	26,65
LCZ-2	39,24	0,56	30,89	43,39	28,38
LCZ-3	40,62	0,70	31,13	46,52	30,03
LCZ-4	41,37	0,81	30,96	49,70	26,00
LCZ-5	40,41	0,73	31,15	46,77	27,38
LCZ-6	41,35	0,95	31,34	49,76	29,95

Tüm yerel iklim bölgelerindeki PET değerleri incelendiğinde; LCZ-1 < LCZ-2 < LCZ-5 < LCZ-3 < LCZ-6 < LCZ-4 şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. Ortalama radyant sıcaklık değerleri incelendiğinde; LCZ-1 < LCZ-2 < LCZ-3 < LCZ-5 < LCZ-4 < LCZ-6 şeklinde bir sıralama görülmektedir (Şekil 4.73).

Bu sonuçlara göre yaz mevsiminde kompakt ve çok katlı bir dokuya sahip yerel iklim bölgesinin dış ortamda termal konfor açısından daha konforlu olduğu tespit edilmiştir. En konforsuz bölge ise açık-çok katlı olan LCZ-4 bölgesi olarak belirlenmiştir. Kompakt dokuya sahip bölgelerde PET ve ortalama radyant sıcaklık değerlerinin daha düşük olması, binaların gölgeleme etkisinden kaynaklanabilmektedir. Her ne kadar LCZ-4 bölgesinde de çok katlı binalar yer alsada binaların birbirine uzak

olması ve gölge etkisinin yeterli düzeyde sağlanamaması nedeniyle PET ve ortalama radyant sıcaklık değeri yüksek bulunmuştur.

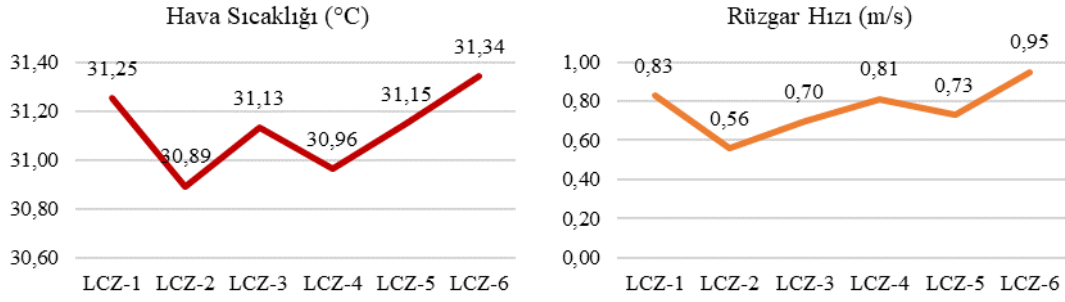


Şekil 4.73. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan PET ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

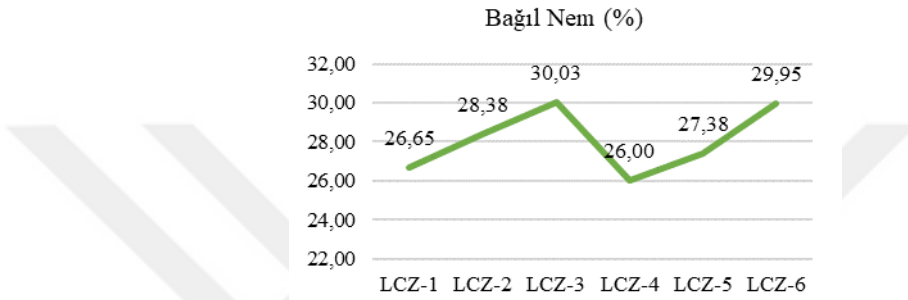
Tüm yerel iklim bölgelerindeki hava sıcaklığı değerleri incelendiğinde; LCZ-2 < LCZ-4 < LCZ-3 < LCZ-5 < LCZ-6 < LCZ-1 şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı değerleri arasında 0,45 °C fark bulunmaktadır. Hava sıcaklığı değerleri PET ve ortalama radyant sıcaklık sıralamalarına göre farklılık gösterse de dış ortamda termal konfor analizleri için PET değerlerinin kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir (Şekil 4.74).

Rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde; LCZ-2 < LCZ-3 < LCZ-5 < LCZ-4 < LCZ-1 < LCZ-6 şeklinde bir sıralama görülmektedir. Rüzgâr hızı kompakt yapı dokusuna göre değişim göstermektedir. Bu nedenle rüzgâr hızı değerleri en düşük LCZ-2, en yüksek LCZ-6 bölgesinde tespit edilmiştir (Şekil 4.74).

Bağıl nem değerleri için LCZ-4 < LCZ-1 < LCZ-5 < LCZ-2 < LCZ-6 < LCZ-3 şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir (Şekil 4.75). Bu değerler ağaçların yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmakta, bu nedenle en yüksek bağıl nem değerleri LCZ-3 ve LCZ-6 bölgesinde gözlenmektedir. LCZ-4 ise en yüksek katlı binaların bulunduğu, yeşil oranının az, sert zemin oranının yüksek olduğu bir bölge olduğundan bağıl nem değerleri oldukça düşüktür.



Şekil 4.74. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan hava sıcaklığı ve rüzgâr hızı parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması



Şekil 4.75. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan nispi ve bağıl nem parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

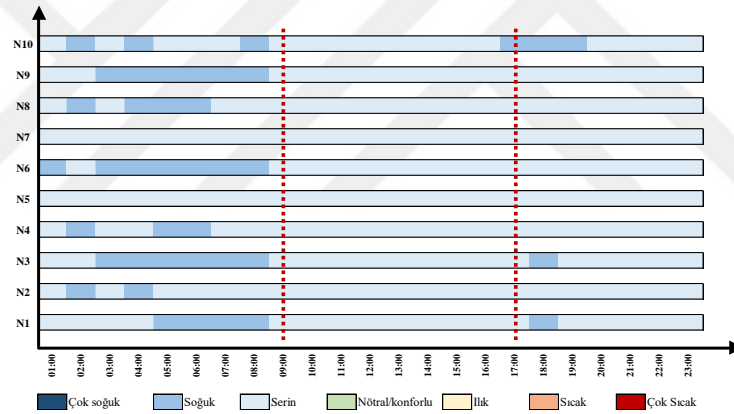
Yaz mevsiminde, dış ortamdaki termal konforun belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda, yüksek katlı binaların yer aldığı yoğun bir bölge olan LCZ-1'in termal anlamda en konforlu bölge olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun nedeni, yaz aylarında binaların yarattığı gölgeleme etkisiyle sıcak havanın azalmasıdır. Aynı zamanda binaların birbirine yakın olması ve yüksek katlı olması nedeniyle oluşan gölgenin boyutu da geniş olmakta ve daha büyük bir alanı etkilemektedir.

Yaz mevsiminde dış ortamda termal konforun tespit edilmesi için yapılan analizler, yüksek katlı binaların yer aldığı az yoğun bir bölge olan LCZ-4'ün en konforsuz bölge olduğunu göstermektedir. Bu bölgede, yüksek katlı binaların gölgeleme etkisi vardır, ancak bu etki LCZ-1 bölgesinde olduğu gibi büyük bir alana yayılmamaktadır. Binaların birbirine uzak konumlarda yer alması nedeniyle oluşan gölgenin etki alanı geniş olmamaktadır. Sert zemin oranının oldukça yüksek olması da bu durumu etkilemektedir. Aynı zamanda düzensiz bir yerleşim nedeniyle rüzgâr koridorları oluşmamaktadır.

4.3.2. Kış ayı simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması

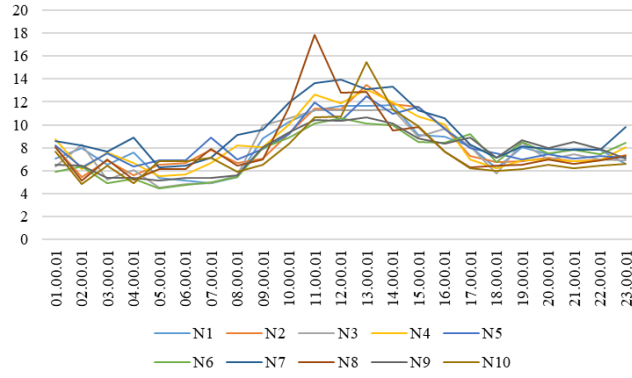
Yaz mevsimi için analizlerin yapılmasından sonra kış mevsimine ait PET değerleri hesaplanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Her bölgede 10 farklı noktadan alınan sonuçlara göre gün doğumundan gün batımına kadar (gündüz) termal stres hissedilen saatler belirlenmiş ve bu saatler hesaplamalara katılmıştır.

LCZ-1 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 2 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk) yer almaktadır. Hiçbir noktada nötral (konforlu) hissedilen saat aralığı bulunmamaktadır. En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleri olmak üzere noktalar arasında farklılık görülmektedir. Bu durumun noktaların buldukları yapıları çevreden kaynaklandığı söylenebilmektedir. Noktaların bazılarının ağaç altında, çim zemin üzerinde ya da iki bina bloğu arasında bulunması, bazılarının ise tamamen açık bir çevrede bulunması bu durumu etkileyebilmektedir (Şekil 4.76).



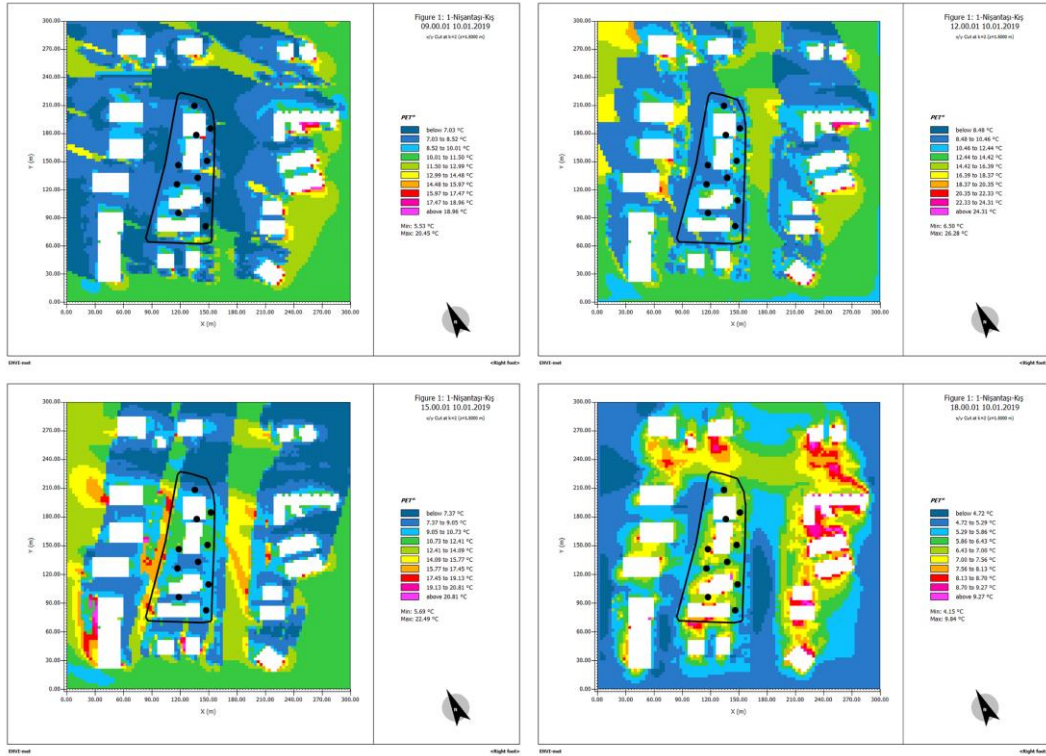
Şekil 4.76. Kış mevsiminde LCZ-1 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

Farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafiğe yansımıştır. Grafik incelendiğinde, tüm gün boyunca tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.77).



Şekil 4.77. LCZ-1 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-1'den seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.78).



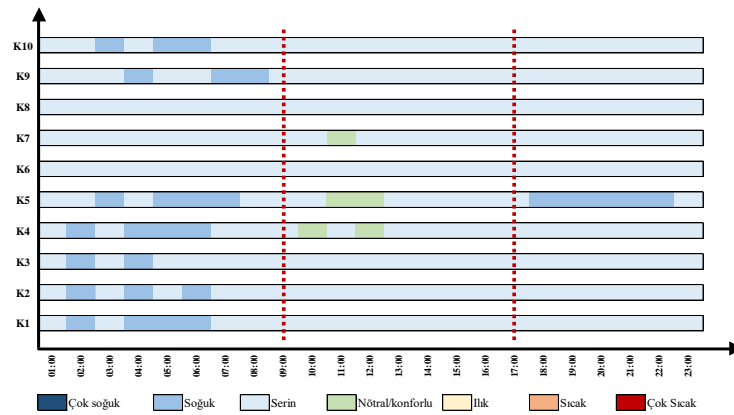
Şekil 4.78. Kış mevsimi ve LCZ-1 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-1 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. LCZ-1 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

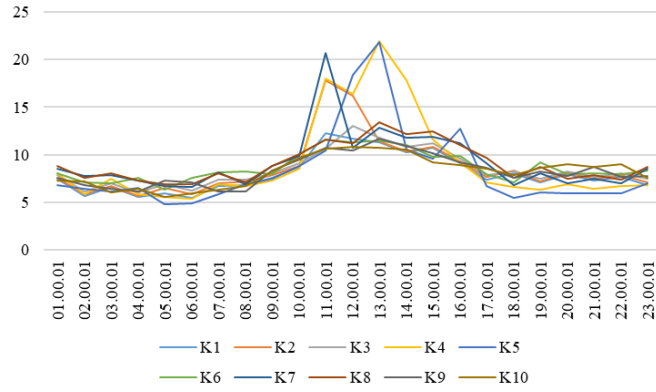
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
N1	45.68.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,18	0,30	3,31	3,19	65,07
N2	50.60.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,33	0,66	3,41	8,73	65,85
N3	45.58.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,26	0,73	3,69	9,45	63,94
N4	48.49.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,61	0,35	3,36	5,52	65,91
N5	39.48.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,24	0,54	3,14	7,61	66,27
N6	45.44.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,32	0,80	3,12	6,63	66,99
N7	37.38.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,74	0,19	3,05	7,54	65,87
N8	48.36.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,59	0,79	2,90	12,28	67,55
N9	39.31.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,46	0,61	2,98	5,19	66,35
N10	48.27.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,66	0,90	2,92	9,46	68,04
N _{ort.}		10.01.2020	09.00-17.00	10,24	0,59	3,19	7,56	66,18

LCZ-2 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk ve nötral) yer almaktadır. Yalnızca üç farklı noktada nötral (konforlu) hissedilen saat aralıkları bulunmaktadır. Bu saat aralıkları genellikle 11.00-12.00 olarak tespit edilmiştir. En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleri olmak üzere noktalar arasında farklılık görülmektedir. K6, K7 ve K8 noktalarında tüm gün boyunca yalnızca serin algı kategorisi görülmekte, soğuk hissedilmemektedir. Bu noktaların konumları incelendiğinde, bina blokları arasında rüzgârdan korunaklı yerlerde oldukları tespit edilmiştir. Rüzgârın serinletici etkisinden uzakta kaldıkları için yoğun olarak termal stres hissedilmemiştir (Şekil 4.79).



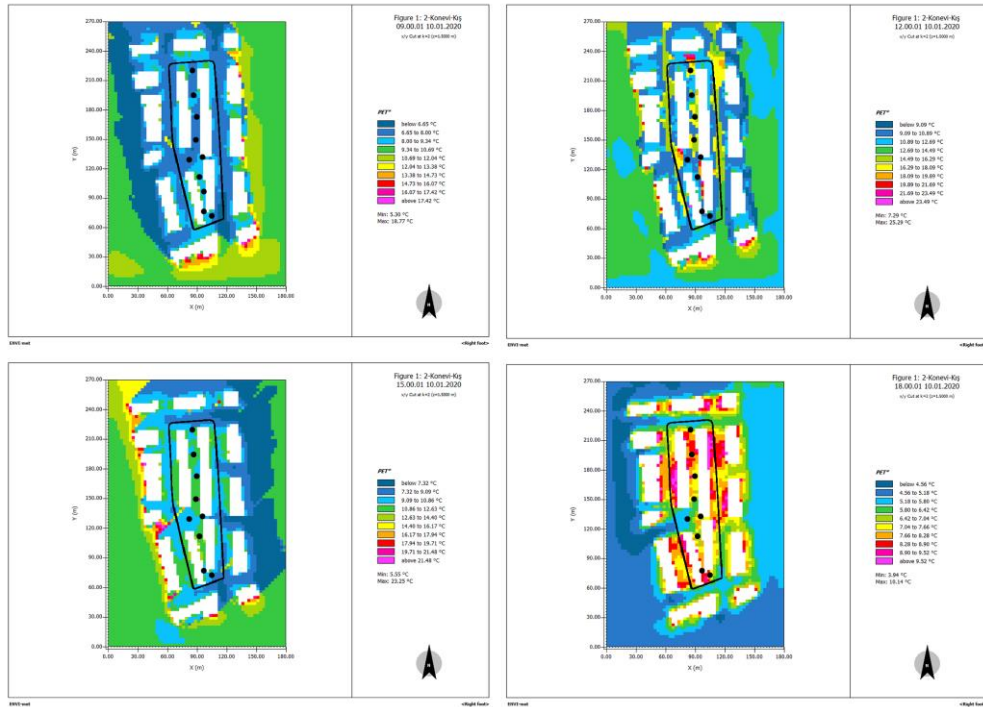
Şekil 4.79. Kış mevsiminde LCZ-2 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

LCZ-2 bölgesinde farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafikte yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, tüm gün boyunca tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.80). Öğle saatlerinde K1, K2, K4 ve K5 noktalarında anlık yükselmeler tespit edilmiştir. Bu durum rüzgâr hızının anlık artması nedeniyle olabilmektedir.



Şekil 4.80. LCZ-2 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-2'den seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.81).



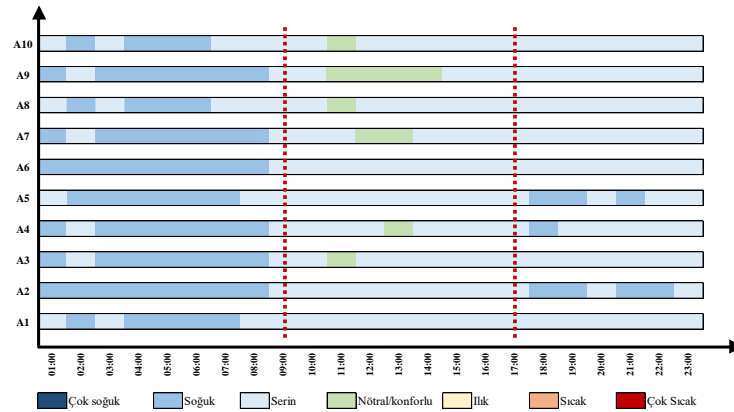
Şekil 4.81. Kış mevsimi ve LCZ-2 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-2 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. LCZ-2 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

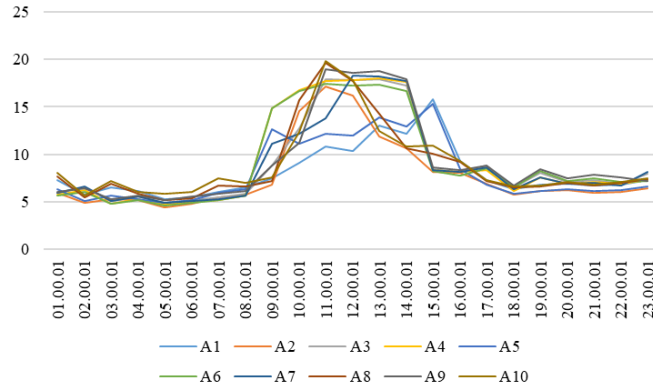
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
K1	28.71.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,88	0,49	2,96	5,38	67,41
K2	28.66.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,13	0,54	2,90	11,02	68,14
K3	29.62.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,23	0,46	2,91	6,86	67,80
K4	29.49.2	10.01.2020	09.00-17.00	13,11	0,52	2,94	16,24	67,62
K5	25.43.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,86	0,34	2,86	8,84	67,19
K6	31.43.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,12	0,26	3,04	2,42	68,19
K7	30.39.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,89	0,20	2,91	7,34	66,96
K8	31.32.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,17	0,18	3,13	4,96	66,49
K9	32.25.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,96	0,47	3,29	5,09	69,67
K10	34.23.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,71	0,30	2,90	1,83	70,58
Kort.		10.01.2020	09.00-17.00	10,91	0,38	2,98	7,00	68,01

LCZ-3 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk ve nötral) yer almaktadır. Altı farklı noktada nötral (konforlu) hissedilen saat aralıkları bulunmaktadır. Bu saat aralıkları genellikle 11.00-12.00-13.00 olarak tespit edilmiştir. En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleridir. Yoğun olarak birçok noktada 03.00-08.00 arasında yoğun stres hissedilmektedir (Şekil 4.82).



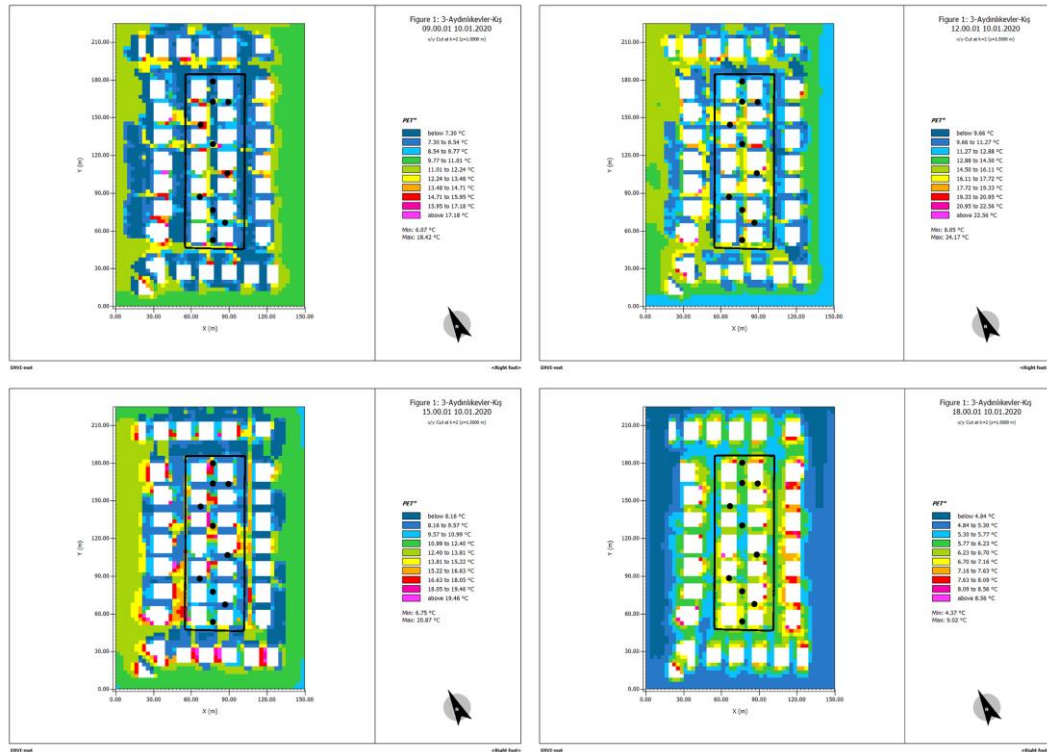
Şekil 4.82. Kış mevsiminde LCZ-3 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

LCZ-3 bölgesinde farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafikte yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, özellikle 08.00-16.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.83).



Şekil 4.83. LCZ-3 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-3'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.84).



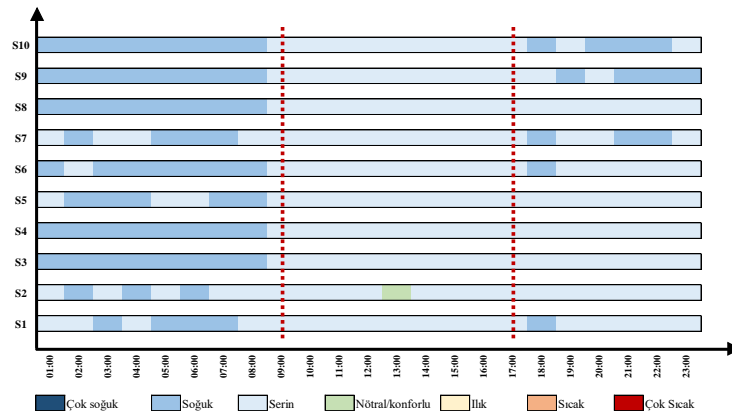
Şekil 4.84. Kış mevsimi ve LCZ-3 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-3 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. LCZ-3 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

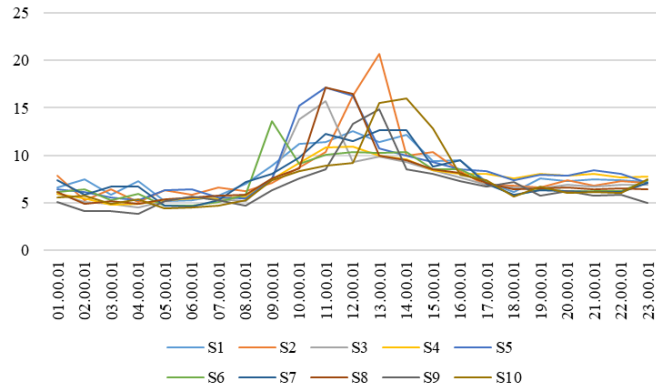
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
A1	25.60.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,60	0,52	2,76	9,30	70,45
A2	25.53.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,15	0,55	2,72	11,43	70,45
A3	28.54.2	10.01.2020	09.00-17.00	13,11	0,42	2,77	16,31	69,86
A4	22.48.2	10.01.2020	09.00-17.00	14,19	0,42	2,97	19,85	68,14
A5	25.42.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,70	0,57	2,84	15,25	70,05
A6	28.35.2	10.01.2020	09.00-17.00	13,85	0,46	2,84	19,67	69,75
A7	22.29.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,93	0,41	2,83	15,67	69,79
A8	25.25.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,42	0,39	2,76	13,00	71,28
A9	28.22.2	10.01.2020	09.00-17.00	13,33	0,37	2,91	15,25	69,15
A10	25.18.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,03	0,48	2,93	13,25	69,68
A _{ort.}		10.01.2020	09.00-17.00	12,53	0,46	2,83	14,90	69,86

LCZ-4 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk ve nötral) yer almaktadır. Yalnızca tek bir nokta ve tek bir saatte nötral (konforlu) hissedilmektedir (S2 noktasında saat 13.00'te). En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleri olmak üzere 01.00-08.00 arasında değişmektedir. Aynı zamanda bazı noktalarda (S7, S9 ve S10) 18.00-23.00 akşam saatlerinde de yoğun bir termal stres hissedilmektedir (Şekil 4.85).



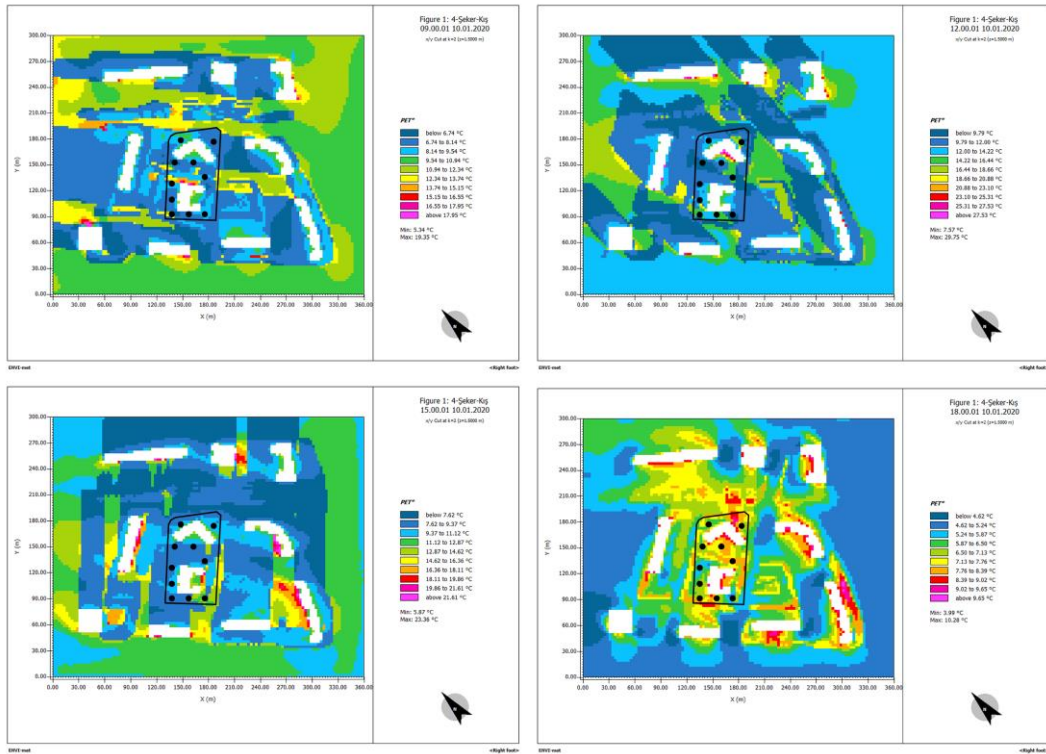
Şekil 4.85. Kış mevsiminde LCZ-4 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

LCZ-4 bölgesinde farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafikte yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, 08.00-16.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.86).



Şekil 4.86. LCZ-4 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-4'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.87).



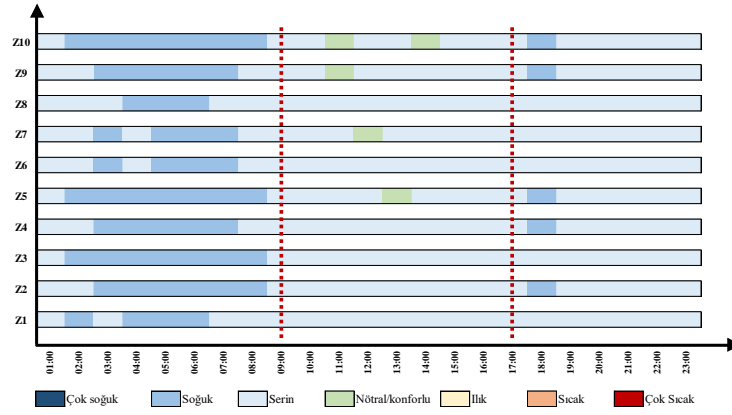
Şekil 4.87. Kış mevsimi ve LCZ-4 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-4 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. LCZ-4 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

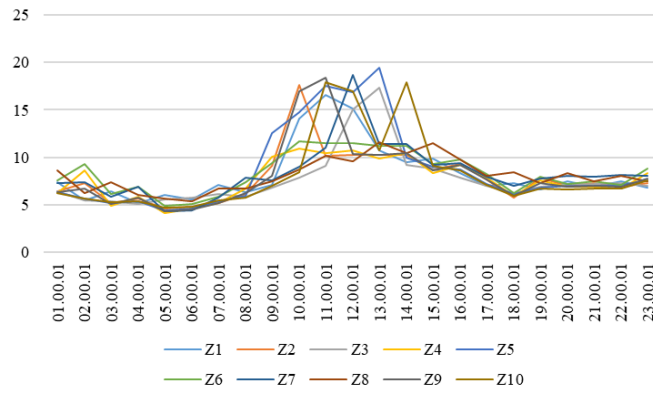
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
S1	49.59.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,41	0,27	3,07	3,64	67,97
S2	61.57.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,96	0,62	3,03	9,94	67,60
S3	46.49.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,85	0,78	2,69	9,64	68,22
S4	53.49.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,16	0,71	2,70	5,80	68,93
S5	57.43.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,44	0,55	2,55	13,28	67,89
S6	45.44.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,77	0,47	2,49	5,55	68,40
S7	43.39.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,26	0,25	2,46	3,09	68,60
S8	41.32.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,33	0,56	2,57	8,15	68,33
S9	47.30.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,02	1,04	2,53	8,98	67,96
S10	57.28.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,39	0,68	2,35	11,22	68,94
S_{ort.}		10.01.2020	09.00-17.00	10,16	0,59	2,64	7,93	68,29

LCZ-5 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk ve nötral) yer almaktadır. 4 farklı noktada nötral (konforlu) hissedilen saat aralıkları yer almaktadır. Bu noktalar incelendiğinde, genelde binalardan uzak, meydan gibi bir açıklıkta buldukları gözlenmiştir. Noktaların çevresinde genelde ağaçlar yer almakta ve bu ağaçların rüzgârın serinletici etkisini en aza indirdiği söylenebilmektedir. En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleri olmak üzere 02.00-08.00 arasında değişmektedir. Aynı zamanda bazı noktalarda (Z2, Z4, Z5, Z9 ve Z10) 18.00 saatinde yoğun termal stres hissedildiği görülmektedir. Bu durumun gün batımı ile beraber güneşin ısıtıcı etkisinin yok olmasından kaynaklandığı söylenebilmektedir (Şekil 4.88).



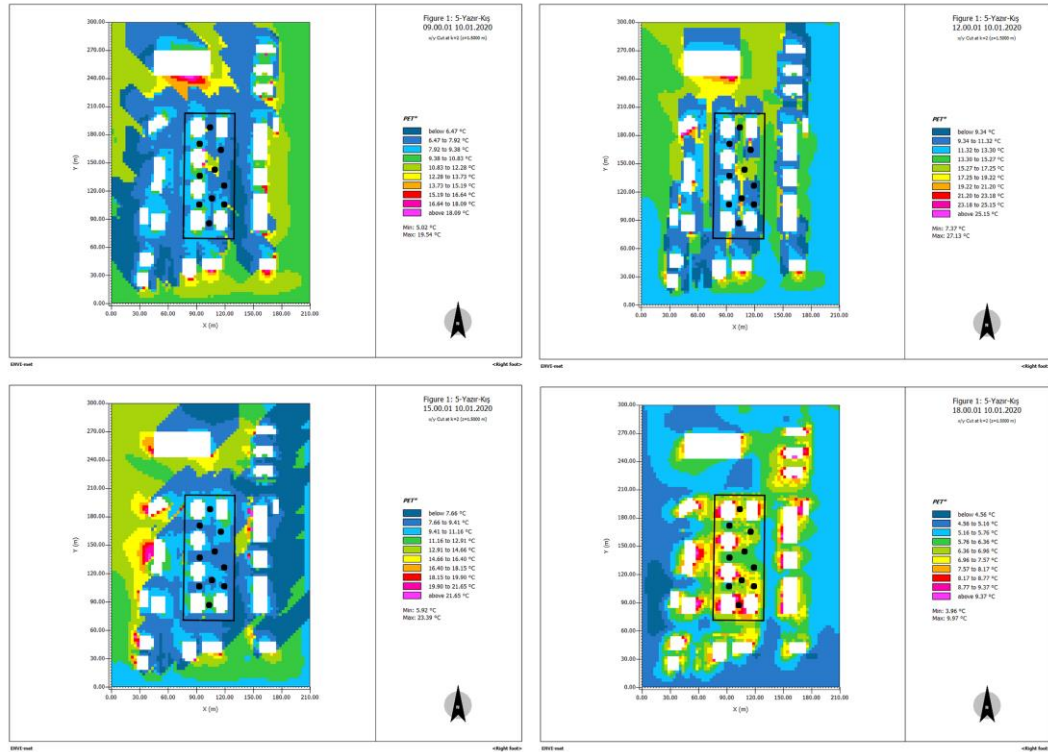
Şekil 4.88. Kış mevsiminde LCZ-5 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

LCZ-5 bölgesinde farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafikte yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, 08.00-16.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.89).



Şekil 4.89. LCZ-5 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-5'ten seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.90).



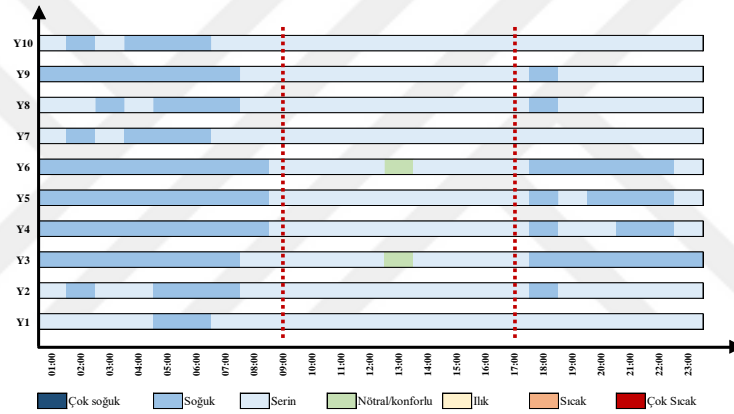
Şekil 4.90. Kış mevsimi ve LCZ-5 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-5 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. LCZ-5 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

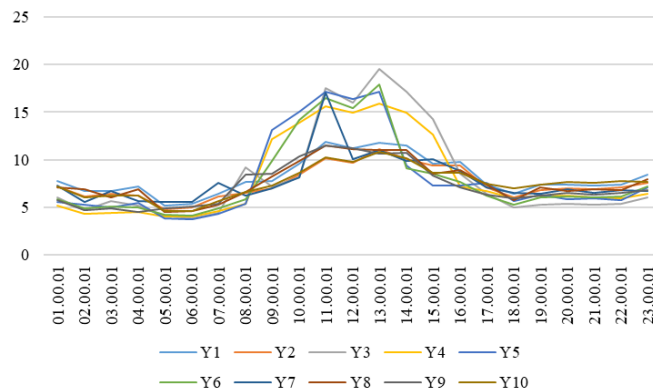
Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
Z1	34.62.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,93	0,70	3,01	12,66	67,18
Z2	32.55.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,39	0,44	2,93	6,01	67,09
Z3	35.55.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,90	0,70	2,97	7,41	66,58
Z4	30.47.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,76	0,49	2,91	4,63	67,29
Z5	35.47.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,91	0,46	2,81	16,47	67,20
Z6	32.33.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,45	0,29	3,50	3,71	66,76
Z7	35.38.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,63	0,32	3,20	4,67	66,96
Z8	34.28.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,71	0,51	3,25	3,89	67,44
Z9	33.45.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,10	0,38	2,81	7,70	67,79
Z10	38.44.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,53	0,44	2,89	9,81	67,42
Zort.		10.01.2020	09.00-17.00	10,73	0,47	3,03	7,70	67,17

LCZ-6 kış mevsimine ait PET değerleri incelendiğinde 10 farklı noktanın tümünde gündüz ve gece saatlerinde toplamda 3 farklı termal algı kategorisi (serin, soğuk ve nötral) yer almaktadır. 2 farklı noktada saat 13.00'te nötral (konforlu) hissedilmektedir. Bu noktalar incelendiğinde, genelde binalardan uzak fakat ağaçlar etrafında yer aldıkları görülmektedir. Bu nedenle ağaçların rüzgârın serinletici etkisini en aza indirerek termal konforu ortaya çıkardığı söylenebilmektedir. En yoğun stres hissedilen saatler ise genellikle gece saatleri olmak üzere gün batımı ile beraber 18.00-08.00 arasında değişmektedir (Şekil 4.91). Diğer noktalara kıyasla Y1 noktasında yoğun termal stres hissedilen saat aralıkları daha azdır. Bu noktanın konumu incelendiğinde, bina yanında ağaçlarla çevrili bir yerde olduğu ve yine rüzgârın serinletici etkisinden korunduğu gözlenmiştir.



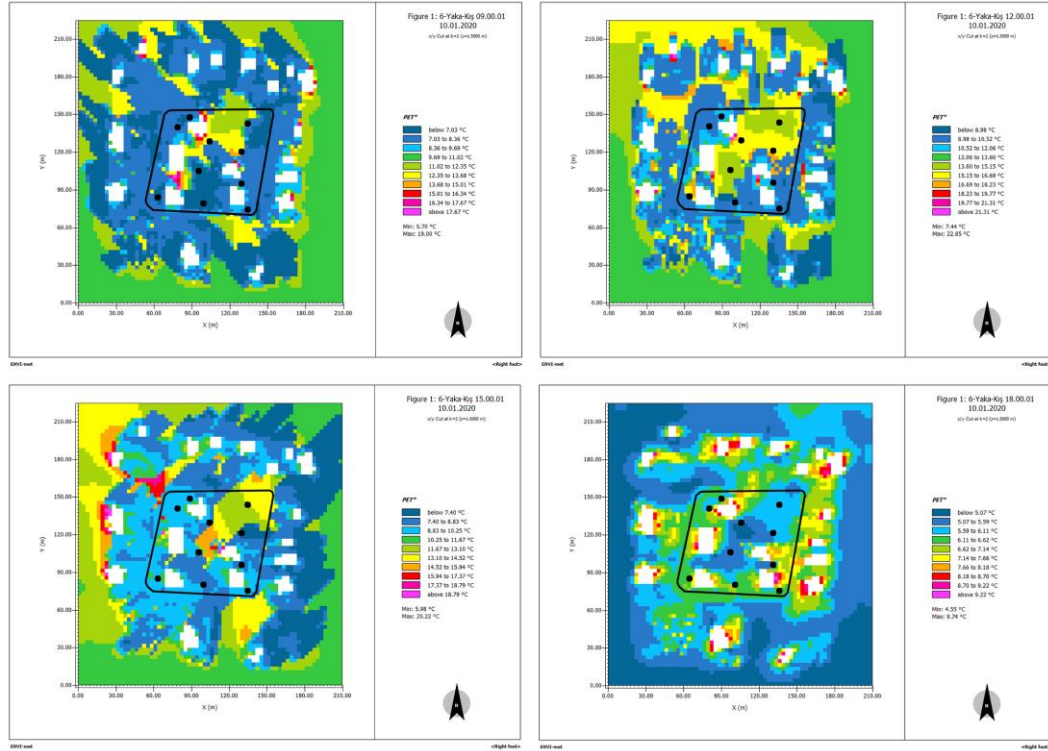
Şekil 4.91. Kış mevsiminde LCZ-6 içindeki 10 farklı noktanın saatlik termal algı kategorileri

LCZ-6 bölgesinde farklı noktaların PET değerleri değişimi aşağıdaki grafikte yer almaktadır. Grafik incelendiğinde, 08.00-16.00 aralığında tüm noktalar arasında PET değerleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.92).



Şekil 4.92. LCZ-6 içindeki 10 farklı noktanın saatlik PET değişimleri

LCZ-6'dan seçilen 10 farklı noktanın 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki anlık PET grafikleri ve noktaların konumları aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.93).



Şekil 4.93. Kış mevsimi ve LCZ-6 bölgesine ait 09.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerindeki PET haritaları ve bölge içindeki noktalar

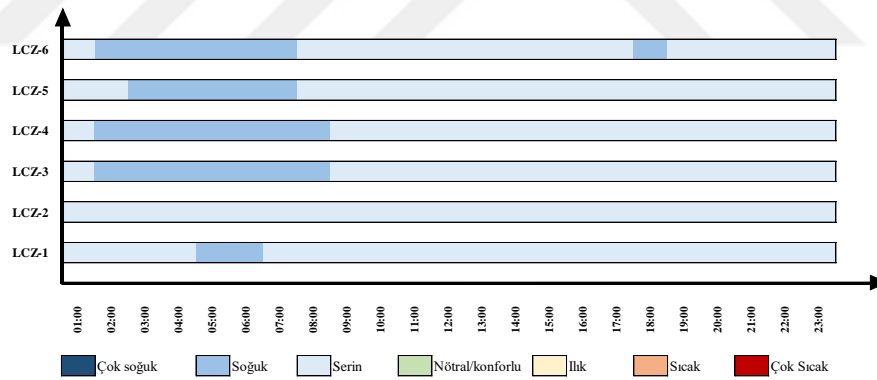
Gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saatlerin 10 farklı nokta için de ortak olarak 09.00-17.00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla dış ortamda termal konfor için yapılan analizlerde LCZ-5 bölgesi kış mevsimi analizleri için bu saat aralıkları ortalaması kullanılmıştır (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. LCZ-6 bölgesi kış mevsimine ait 10 farklı noktanın iklim parametreleri ve ortalaması

Nokta	Koor.	Tarih	Saat	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık / MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
Y1	30.49.2	10.01.2020	09.00-17.00	10,05	0,24	3,00	1,46	70,64
Y2	26.47.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,16	0,46	3,14	0,88	71,37
Y3	36.41.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,76	0,44	2,88	14,33	72,46
Y4	42.47.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,68	0,66	2,77	20,66	73,19
Y5	43.40.2	10.01.2020	09.00-17.00	12,28	0,48	2,73	14,55	72,42
Y6	29.32.2	10.01.2020	09.00-17.00	11,72	0,55	2,83	13,39	71,64
Y7	21.28.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,90	0,48	2,97	4,39	71,41

Y8	43.31.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,73	0,26	3,15	0,49	69,64
Y9	34.23.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,41	0,96	2,94	9,78	68,25
Y10	44.33.2	10.01.2020	09.00-17.00	9,07	0,39	3,05	-0,16	70,20
Y.ort.	10.01.2020	09.00-17.00	10,67	0,49	2,95	7,98	71,12	

Tüm yerel iklim bölgeleri için 10 noktanın ortalama PET değerlerine göre oluşturulan termal algı kategorisi grafiğinde kış mevsimi için yerel iklim bölgeleri arasındaki genel karşılaştırmalar yapılmıştır (Şekil 4.94). Elde edilen grafiğe göre, tüm yerel iklim bölgeleri için tüm gün boyunca herhangi bir saat aralığında nötral (konforlu) hissedilmemiştir. Diğer bölgelerden farklı olarak yalnızca LCZ-2 bölgesinde tüm gün boyunca “serin” hissedilmiş ancak “soğuk” kategorisi yer almamıştır. LCZ-1 bölgesinde 05.00-06.00 arasında, LCZ-5 bölgesinde 03.00-07.00 arasında, LCZ-3 ve LCZ-4 bölgelerinde 02.00-08.00 arasında LCZ-6 bölgesi ise 02.00-07.00 arasında ve 18.00’de “soğuk” kategorisinde yer almaktadır. Farklı yerel iklim bölgeleri arasında yapılan karşılaştırma sonucunda, kış mevsiminde LCZ-2 bölgesi en konforlu, LCZ-3, LCZ-4 ve LCZ-6 bölgeleri (en uzun süreli yoğun termal stres hissedilen bölgeler) en konforsuz bölge olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.94. Tüm yerel iklim bölgelerinin ortalama saatlik termal algı kategorileri

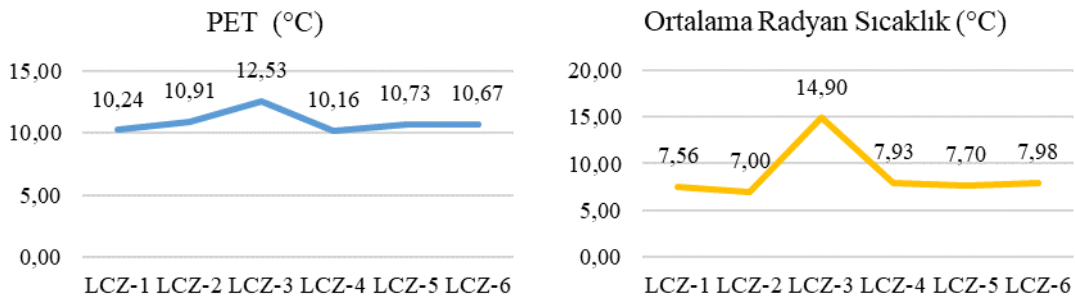
6 farklı bölgeden 10 noktadan alınan 09.00-17.00 (gün doğumundan gün batımına kadar termal stres hissedilen saat aralığı) için ortalama değerler aşağıdaki çizelgede görülmektedir (Çizelge 4.41). Elde edilen sonuçlara göre dış ortamda termal konfor karşılaştırması yapmak üzere PET değerleri incelenmiştir.

Çizelge 4.41. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan ortalama iklim parametreleri

	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	10,24	0,59	3,19	7,56	66,18
LCZ-2	10,91	0,38	2,98	7,00	68,01
LCZ-3	12,53	0,46	2,83	14,90	69,86
LCZ-4	10,16	0,59	2,64	7,93	68,29
LCZ-5	10,73	0,47	3,03	7,70	67,17
LCZ-6	10,67	0,49	2,95	7,98	71,12

Tüm yerel iklim bölgelerindeki PET değerleri incelendiğinde; LCZ-4 < LCZ-1 < LCZ-6 < LCZ-5 < LCZ-2 < LCZ-3 şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. Bu değerler birbirine oldukça yakındır. Ortalama radyant sıcaklık değerleri incelendiğinde; LCZ-2 < LCZ-1 < LCZ-5 < LCZ-4 < LCZ-6 < LCZ-3 şeklinde bir sıralama görülmektedir (Şekil 4.95).

Elde edilen sonuçlara göre kış mevsimi için yüksek katlı binaların bulunduğu bölgeler gölgeleme etkisi nedeniyle daha serin olmakta ve durum istenilmemektedir. PET değerinin en düşük olduğu LCZ-4 bölgesinde, yüksek katlı binaların gölgeleme etkisi nedeniyle hava sıcaklığı düşmüş ve kış için en konforsuz bölge haline gelmiştir. Bu bölgeyi yine yüksek katlı binaların yer aldığı LCZ-1 bölgesi takip etmektedir.



Şekil 4.95. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan PET ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

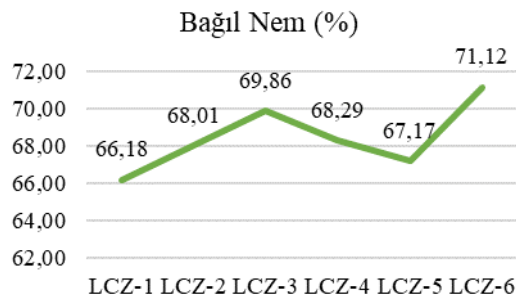
Tüm yerel iklim bölgelerindeki hava sıcaklığı değerleri incelendiğinde; LCZ-4 < LCZ-3 < LCZ-6 < LCZ-2 < LCZ-5 < LCZ-1 şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük hava sıcaklığı değerleri arasında 0,55 °C fark bulunmaktadır (Şekil 4.96).

Rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde; $LCZ-2 < LCZ-3 < LCZ-5 < LCZ-6 < LCZ-1 = LCZ-4$ şeklinde bir sıralama görülmektedir. Rüzgâr hızı kompakt yapı dokusuna göre değişim göstermektedir. Bu nedenle rüzgâr hızı değerleri yaz aylarında olduğu gibi en düşük LCZ-2, en yüksek LCZ-1 ve LCZ-6 bölgelerinde tespit edilmişti (Şekil 4.96).

Bağıl nem değerleri için $LCZ-1 < LCZ-5 < LCZ-2 < LCZ-4 < LCZ-3 < LCZ-6$ şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir (Şekil 4.97). Bu değerler ağaçların yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmakta, bu nedenle en yüksek bağıl nem değeri LCZ-6 bölgesinde gözlenmektedir. LCZ-1 ise yüksek katlı binaların bulunduğu, yeşil oranının az, sert zemin oranının yüksek olduğu bir bölge olduğundan bağıl nem değerleri oldukça düşüktür.



Şekil 4.96. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan hava sıcaklığı ve rüzgâr hızı parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması



Şekil 4.97. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında kullanılan nispi ve bağıl nem parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

Kış mevsiminde dış ortamdaki termal konforun belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda, en konforlu bölgenin LCZ-3 olduğu görülmektedir. Bu bölgenin tek katlı binalardan oluşması, hava sıcaklığı ve PET değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Bu nedenle diğer yerel iklim bölgelerine kıyasla kış mevsiminde daha tercih edilebilir bir alan olarak ortaya çıkmıştır.

Kış mevsiminde dış ortamdaki termal konforun belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda, en konforsuz bölgenin yüksek katlı binaların yer aldığı ve sert zemin oranının en yüksek olduğu LCZ-4 bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, sert zemin oranının yüksek olması ve binaların yarattığı gölgelemenin etkili olmasıyla ilişkilidir.

Yaz ve kış mevsiminde en konforlu ve en konforsuz bölgeler karşılaştırıldığında, en konforlu bölgelerin farklılık gösterdiği ancak en konforsuz bölgelerin aynı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.42). LCZ-4 her iki mevsim için de en konforsuz bölge olarak ortaya çıkmaktadır.

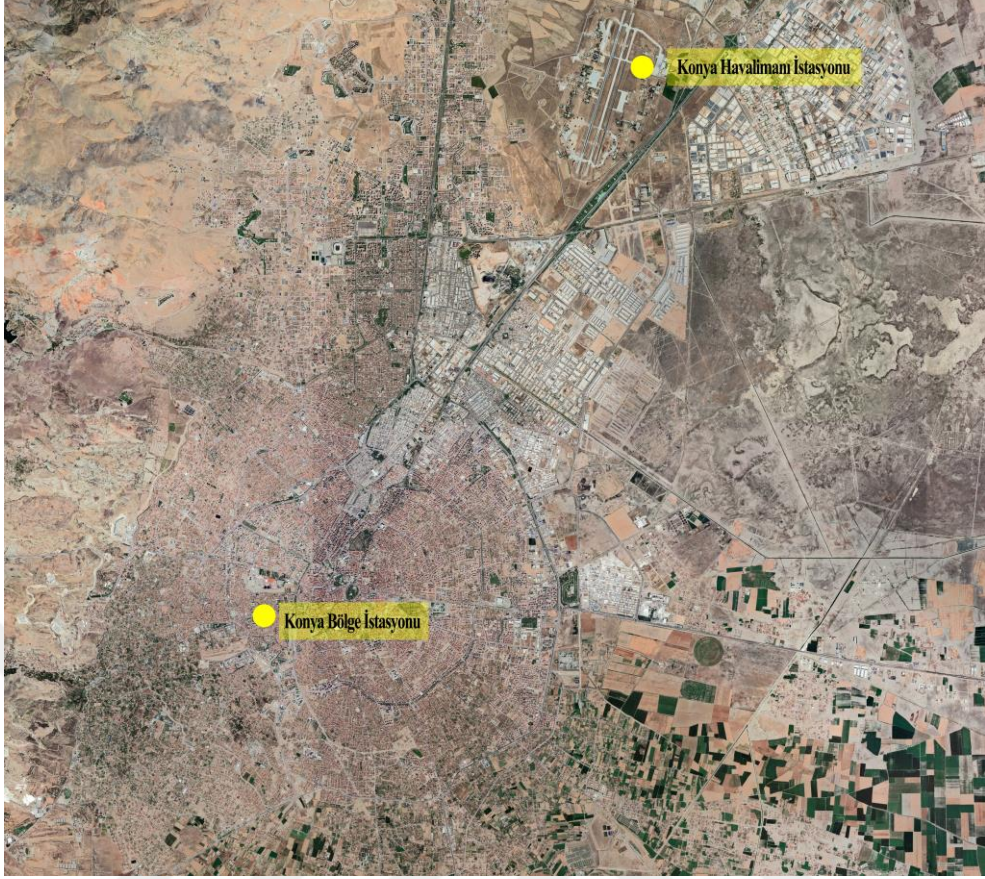
Çizelge 4.42. Yaz ve kış mevsimine ait dış ortam termal konfor analizinde en konforlu ve en konforsuz bölgeler

	Yaz	Kış
En konforlu	LCZ-1	LCZ-3
En konforsuz	LCZ-4	LCZ-4

Çalışmanın hipotezlerinden birisi olan “H3: Kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor düşünüldüğünde BSk iklimine sahip kentlerde yaz ve kış mevsimi için en konforlu yerel iklim bölgeleri farklıdır.” analizlerden elde edilen bulgular sonucunda doğru olarak tespit edilmiştir.

4.4. Tüm yerel iklim bölgeleri için kentsel ısı adası etkisinin tespit edilmesi

Çalışma kapsamında seçilen 6 farklı yerel iklim bölgesindeki kentsel ısı adası etkisinin karşılaştırılabilmesi için öncesinde bu bölgelerde kentsel ısı adası etkisi varlığı için bazı analizler gerçekleştirilmiştir. “Konya Bölge Meteoroloji İstasyonu”ndan (Şekil 4.98) alınan 10 yıllık ortalama iklim verileri ile gerçekleştirilen ENVI-met simülasyonları sonucunda 6 farklı yerel iklim bölgesine ait saatlik iklim verileri bulunmuştur. Kentsel ısı adası etkisinin varlığının tespit edilebilmesi için Konya kent merkezi dışında yer alan “Konya Havalimanı İstasyonu”ndan alınan 10 yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri ile karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler için her bölgenin gün batımı anlık hava sıcaklığı değerleri ile referans meteoroloji istasyonundan alınan hava sıcaklığı verileri karşılaştırılmıştır.



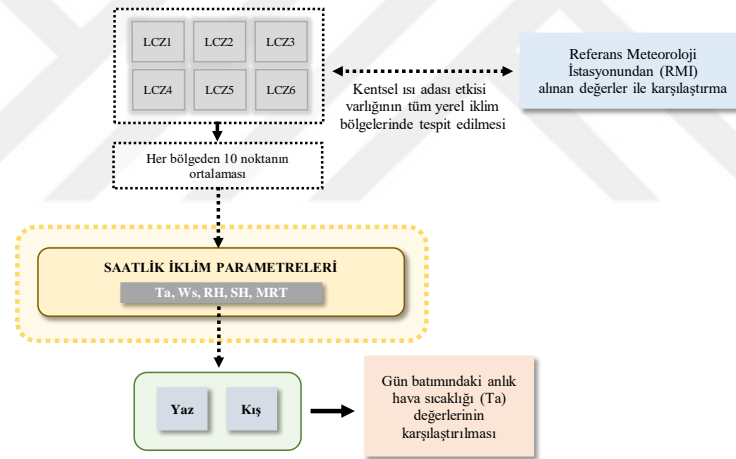
Şekil 4.98. Konya Bölge ve Havalimani meteoroloji istasyonları konumları

Yaz ve kış mevsimi için gerçekleştirilen analiz için simülasyonların gerçekleştirildiği tarih olan 10.01.2020 ve 10.07.2020 için gün batımı değerleri tespit edilmiştir. Gün batımı anlık saatleri yaz mevsimi için 20.14; kış mevsimi için 17.49 olarak tespit edilmiştir. Bu duruma göre yaz için saat 20.00, kış için 18.00 değerlerinin ortalaması alınmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda tüm yerel iklim bölgelerinden alınan 10 yıllık ortalama hava sıcaklığı değerlerinin referans meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre hem yaz hem de kış mevsimi için daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.43). Bu nedenle tüm yerel iklim bölgelerinde kentsel ısı adası etkisinin varlığından söz etmek mümkündür. Analizler sonucunda yaz ve kış mevsiminde en yüksek kentsel ısı adası etkisi LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir.

Çizelge 4.43. Yaz ve kış mevsiminde farklı yerel iklim bölgelerindeki ve referans meteoroloji istasyonu gün batımı anlık hava sıcaklığı değerleri (°C)

	Yaz	Fark yaz (LCZ-RMI)	Kış	Fark kış (LCZ-RMI)
LCZ-1	24,93	0,93	1,07	1,07
LCZ-2	24,51	0,51	0,42	0,42
LCZ-3	24,64	0,64	0,68	0,68
LCZ-4	24,47	0,47	0,90	0,90
LCZ-5	24,73	0,73	1,03	1,03
LCZ-6	24,35	0,35	0,66	0,66
RMI	24,00	-	0,00	-

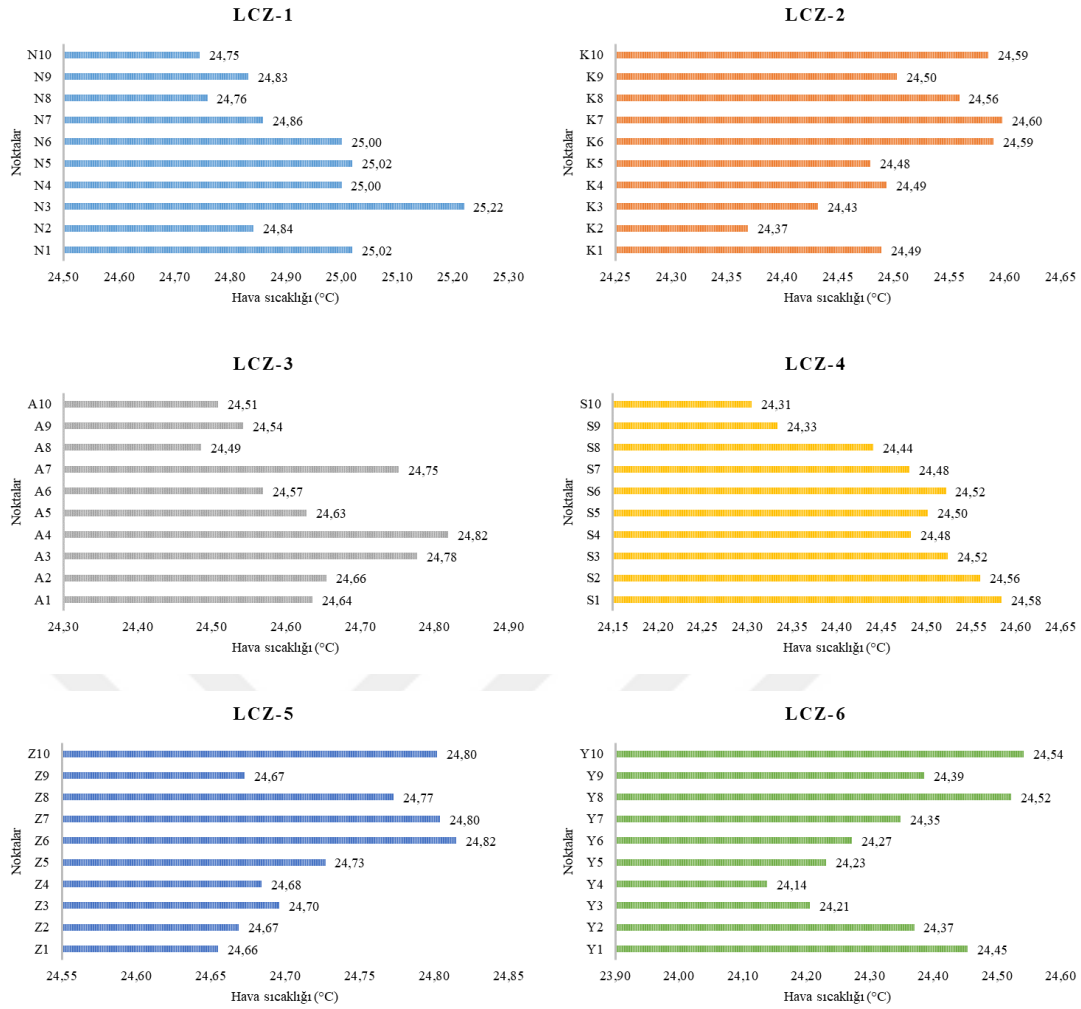
Bir sonraki aşamada yaz ve kış mevsimlerinde kentsel ısı adası etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre daha detaylı analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda farklı noktadaki ve farklı saat aralıklarındaki kentsel ısı adası etkisi değişimi açıklanmıştır. Detaylı yöntem şeması aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.99).



Şekil 4.99. Kentsel ısı adası etkisi analizleri yöntem akışı

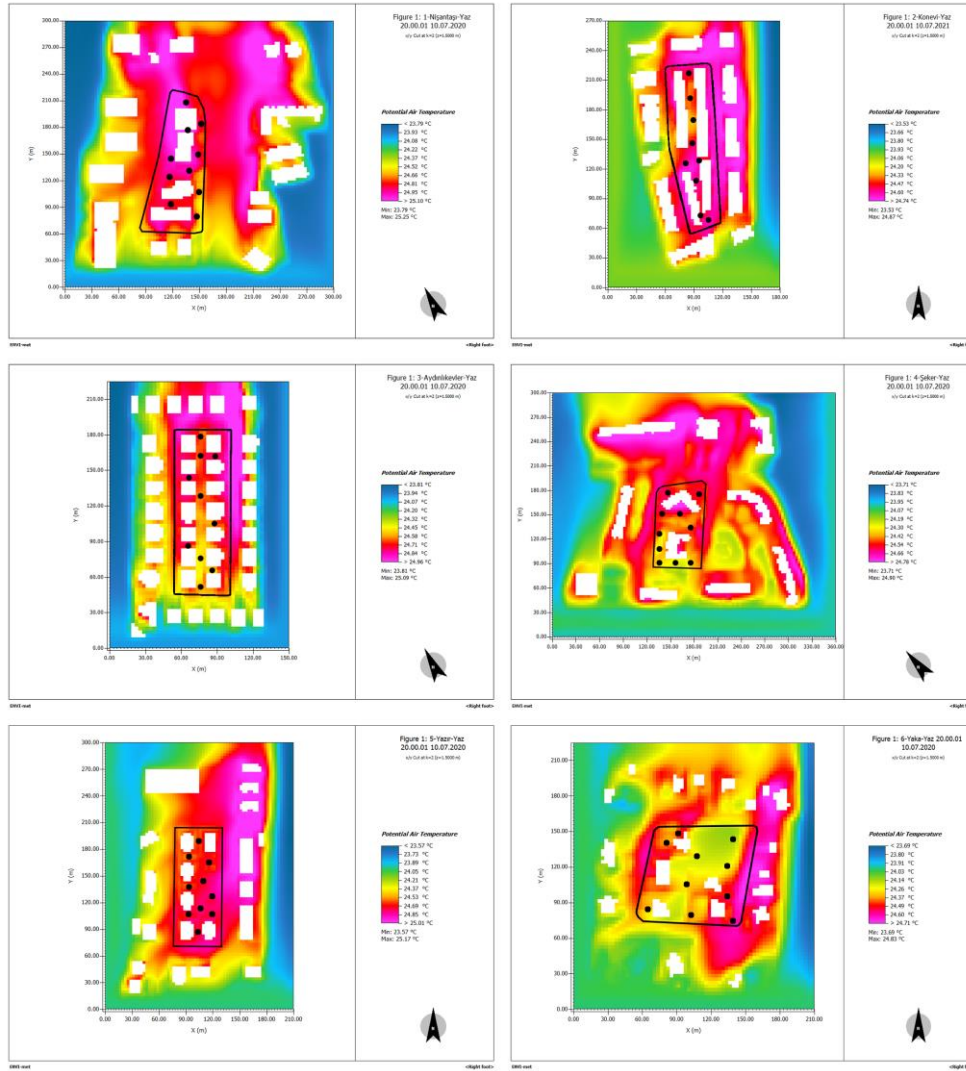
4.4.1. Yaz mevsimi simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması

Yaz mevsimi için kentsel ısı adası etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması için daha önceden her bölge içinden belirlenen 10 farklı nokta kullanılmıştır. Bu noktaların gün batımı saatindeki anlık hava sıcaklığı değerleri ortalaması alınmıştır. Gün batımı değerlerinin kullanılmasının nedeni, kentsel ısı adası etkisinin bu saatte en yoğun olmasıdır. Genel ilişkilendirmelerden önce her yerel iklim bölgesinde yer alan 10'ar noktanın gün batımındaki hava sıcaklığı değerleri de karşılaştırılmıştır (Şekil 4.100).



Şekil 4.100. Yaz mevsiminde yerel iklim bölgeleri içindeki noktaların gün batımında anlık hava sıcaklığı değerleri

Tüm yerel iklim bölgelerindeki gün batımı hava sıcaklığı haritaları aşağıda yer almaktadır. Aynı zamanda haritalarda yerel iklim bölgeleri içindeki noktalar da görülmektedir. Tüm yerel iklim bölgeleri ve bölgeler içindeki farklı noktalar arasındaki değişimler bu haritalardan gözlenebilmektedir (Şekil 4.101).



Şekil 4.101. Yaz mevsiminde tüm yerel iklim bölgelerine ait gün batımı anlık hava sıcaklığı değerleri ve bölge içindeki noktaların konumları

Noktalar arasında en yüksek hava sıcaklığı ölçümleri LCZ-1 bölgesinde 25,22; LCZ-2 bölgesinde 24,60; LCZ-3 bölgesinde 24,82; LCZ-4 bölgesinde 24,58; LCZ-5 bölgesinde 24,82; LCZ-6 bölgesinde 24,54 şeklindedir. Noktalar arasındaki en düşük değerler ise LCZ-1 bölgesinde 24,75; LCZ-2 bölgesinde 24,37; LCZ-3 bölgesinde 24,49; LCZ-4 bölgesinde 24,31; LCZ-5 bölgesinde 24,66; LCZ-6 bölgesinde 24,14 şeklindedir (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Yaz mevsiminde yerel iklim bölgeleri içindeki noktalardan alınan maksimum ve minimum hava sıcaklığı değerleri (°C)

	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
Maksimum	25,22	24,60	24,82	24,58	24,82	24,54
Minimum	24,75	24,37	24,49	24,31	24,66	24,14
Fark	0,47	0,23	0,33	0,27	0,16	0,40

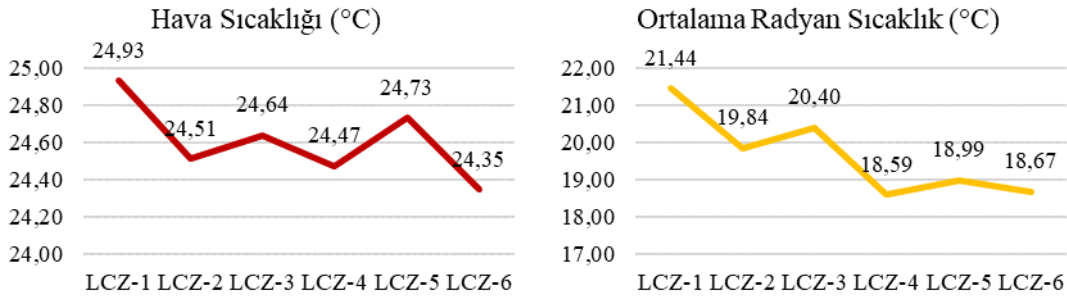
Yerel iklim bölgeleri içindeki farklı noktalardan alınan değerler her ne kadar birbirine yakın olsa da arada farklar bulunmaktadır. Bu farkların nedenleri noktaların farklı karakteristik özelliklere sahip olmasındandır. Bu noktalar bölge içinde binalar arasından, ağaç altından, sert zemin ve açık bir bölgeden olmak üzere farklı karakterde ve dokuda yerlerden seçilmiştir. Bu nedenle 10 farklı noktanın arasında da hava sıcaklığı değerleri arasında farkların bulunması beklenen bir durumdur. Daha doğru sonuçlara ulaşılması için bu noktaların ortalama değerleri üzerinden bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir.

Farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisinin karşılaştırılması için yaz mevsiminde gün batımı saatinde anlık hava sıcaklığı verileri kullanılarak ulaşılan çizelge aşağıdaki şekildedir (Çizelge 4.45).

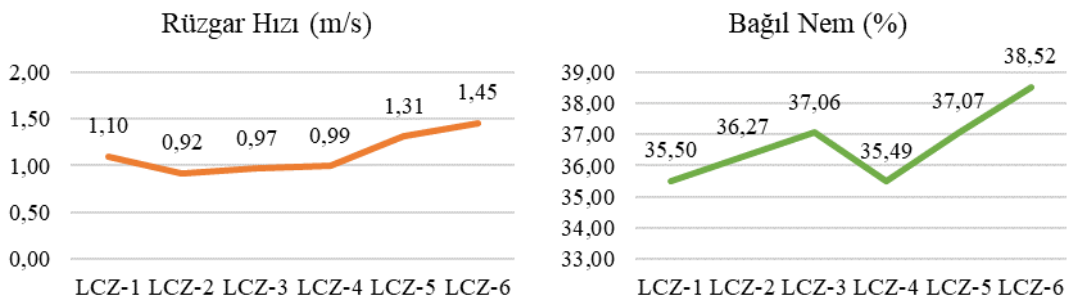
Çizelge 4.45. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan gün batımı anlık iklim parametreleri

	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	25,51 (Nötral)	1,10	24,93	21,44	35,50
LCZ-2	24,97 (Nötral)	0,92	24,51	19,84	36,27
LCZ-3	25,16 (Nötral)	0,97	24,64	20,40	37,06
LCZ-4	24,44 (Nötral)	0,99	24,47	18,59	35,49
LCZ-5	24,36 (Nötral)	1,31	24,73	18,99	37,07
LCZ-6	23,88 (Nötral)	1,45	24,35	18,67	38,52

Ulaşılan sonuçlara göre en yüksek kentsel ısı adası değeri 25,51 °C ile LCZ-1 bölgesinde görülmektedir. Sıralamaya bakıldığında LCZ-1 > LCZ-5 > LCZ-3 > LCZ-2 > LCZ-4 > LCZ-6 şeklinde olduğu görülmektedir. Yaz mevsimi için en konforlu yerel iklim bölgesi açık ve az katlı binaların bulunduğu bölge olan LCZ-6'dır. Aynı zamanda bu bölgede yer alan ağaçların yoğunluğu ve rüzgâr hızının diğer bölgelere göre daha yüksek olması nedeniyle de hava sıcaklığının düştüğü söylenebilmektedir. Ortalama radyant sıcaklık değerleri de hava sıcaklığı ile aynı dağılımı göstermektedir (Şekil 4.102). Bağıl nem değeri de LCZ-6 bölgesinde en yüksek olarak ölçülmüştür. Bu duruma bu bölgedeki ağaçların yoğun olması neden olmaktadır (Şekil 4.103).

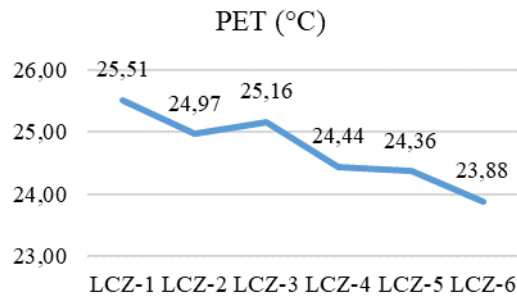


Şekil 4.102. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması



Şekil 4.103. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan rüzgâr hızı ve bağıl nem parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

PET parametresindeki dağılım hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık grafiklerinden farklı bir dağılım gösterse de yine en konforlu bölgenin LCZ-6 olduğu görülmektedir (Şekil 4.104).



Şekil 4.104. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan PET parametresinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

Yaz mevsimi genelinde yapılan analizler sonucunda, LCZ-1 bölgesi en sıcak bölge olarak tespit edilmiştir. Bu duruma LCZ-1 bölgesindeki yüksek katlı binalar ve yoğun olmayan yeşil doku neden olmaktadır. Daha önce literatürde yapılan çalışmalar sonucunda bulunan bulgular ile aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Yüksek katlı binaların gün içinde gelen güneş ışınlarını yansıtamaması, tekrar gökyüzüne ulaştıramaması gün

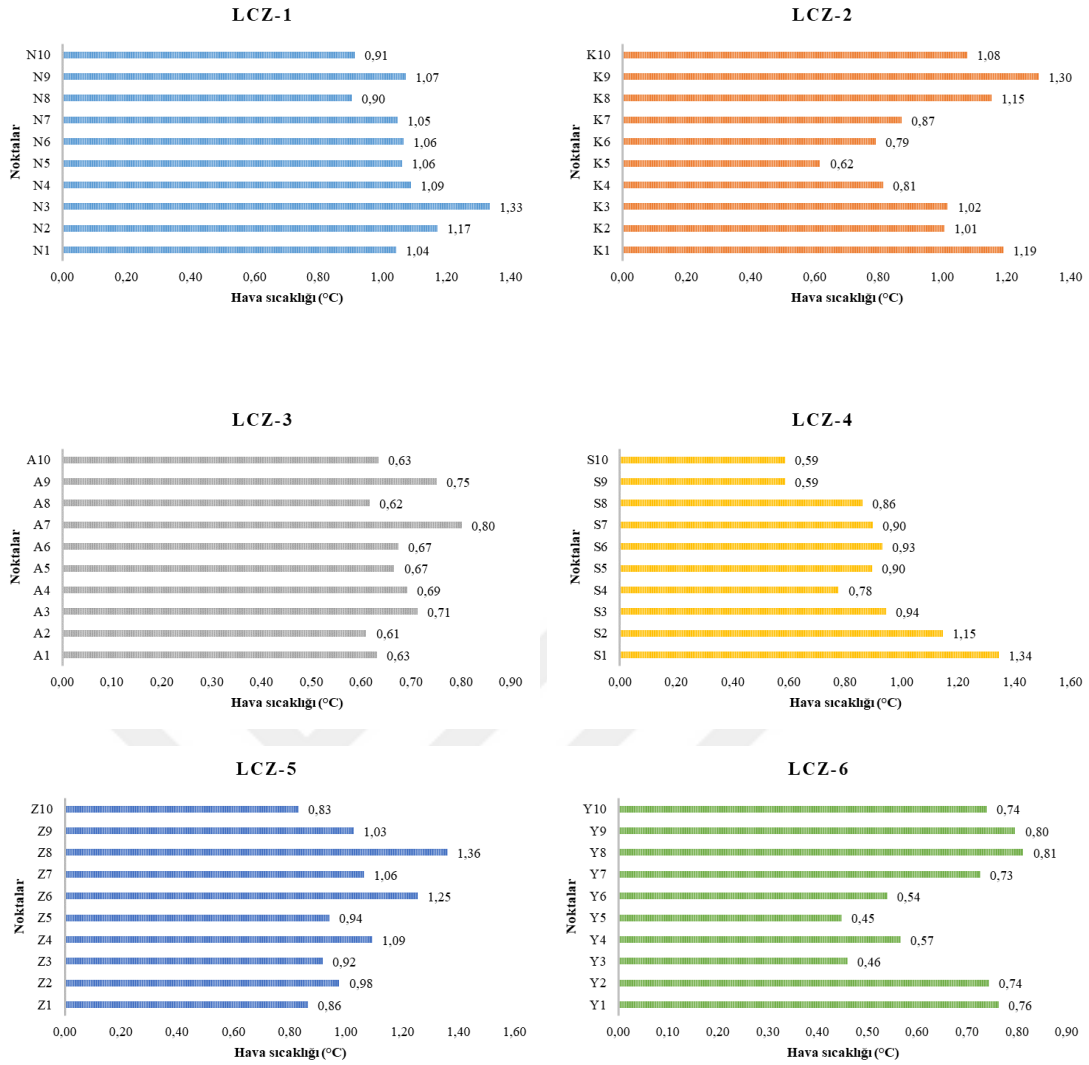
batımı ve sonrasında bu bölgedeki hava sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Dış ortamda termal konfor analizlerine göre tam tersi bir sonuç ortaya çıkmıştır. Bu durum da kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor açısından en konforlu bölgelerin farklılaşabildiğini göstermektedir.

En konforlu bölge olan LCZ-6, az katlı binaların bulunduğu, açık ve yoğun yeşil dokuya sahip bir bölgedir. Ağaçların yaz aylarında gölgeleme etkisi nedeniyle hava sıcaklığını düşürdüğü yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Wu ve diğ., 2019; Lan ve diğ., 2021; Zhu ve diğ., 2023). Sonuç olarak, yaz mevsiminde kentsel ısı adası etkisi bakımından en konforlu bölge LCZ-6 iken, en konforsuz bölgenin LCZ-1 olduğu tespit edilmiştir.

Bu bölümden elde edilen sonuçlara göre “H2: Bir kentte farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisi farklılık gösterir.” hipotezi kanıtlanmış ve doğru olarak tespit edilmiştir.

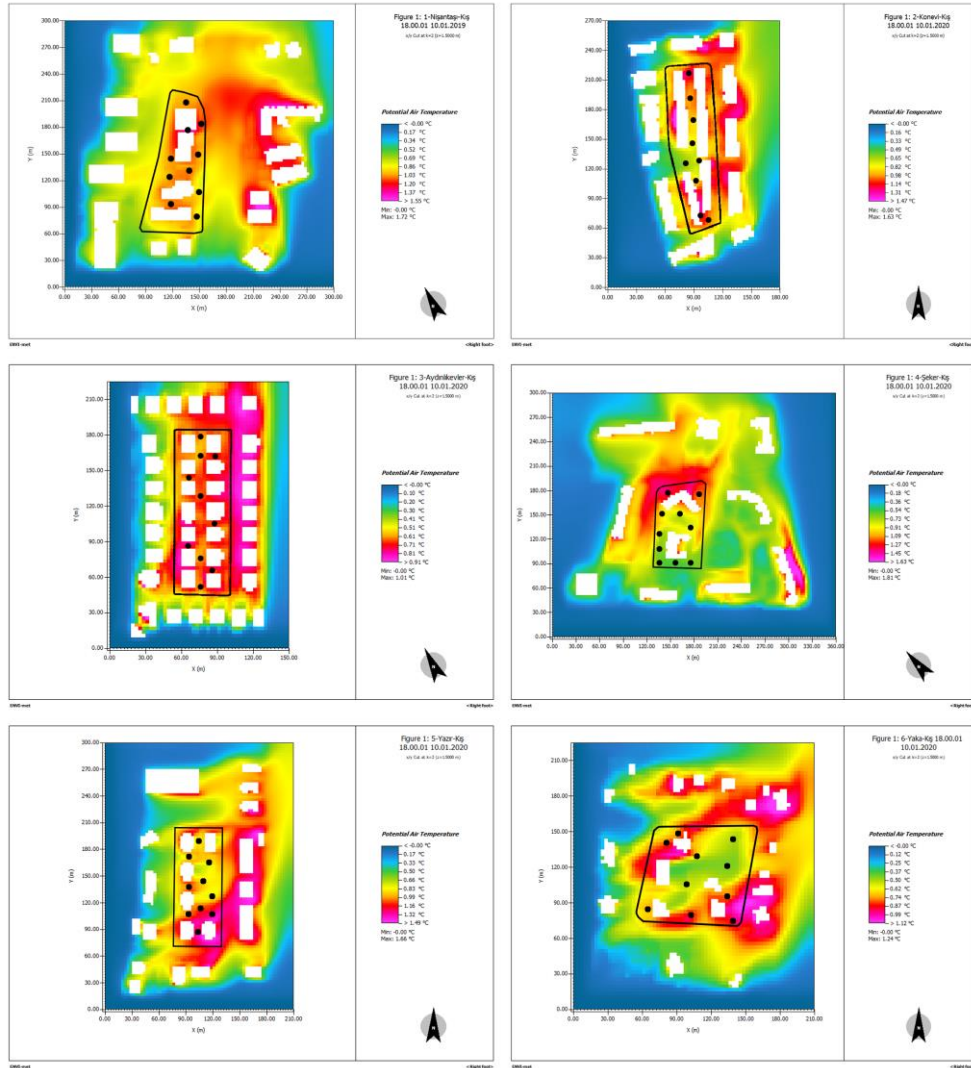
4.4.2. Kış mevsimi simülasyonlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması

Kış mevsimi için de yaz mevsiminde olduğu gibi kentsel ısı adası etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması için daha önceden her bölge içinden belirlenen 10 farklı nokta kullanılmıştır. Bu noktaların gün batımı saatindeki anlık hava sıcaklığı değerleri ortalaması alınmıştır. Genel ilişkilendirmelerden önce her yerel iklim bölgesinde yer alan 10'ar noktanın gün batımındaki hava sıcaklığı değerleri de karşılaştırılmıştır (Şekil 4.105).



Şekil 4.105. Kış mevsiminde yerel iklim bölgeleri içindeki noktaların gün batımında anlık hava sıcaklığı değerleri

Tüm yerel iklim bölgeleri ve bölgeler içindeki farklı noktalar arasındaki değişimler bu haritalardan gözlenebilmektedir (Şekil 4.106).



Şekil 4.106. Kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgelerine ait gün batımı anlık hava sıcaklığı değerleri ve bölge içindeki noktaların konumları

Noktalar arasında en yüksek hava sıcaklığı ölçümleri LCZ-1 bölgesinde 1,33; LCZ-2 bölgesinde 1,30; LCZ-3 bölgesinde 0,80; LCZ-4 bölgesinde 1,34; LCZ-5 bölgesinde 1,36; LCZ-6 bölgesinde 0,81 şeklindedir. Noktalar arasındaki en düşük değerler ise LCZ-1 bölgesinde 0,90; LCZ-2 bölgesinde 0,62; LCZ-3 bölgesinde 0,61; LCZ-4 bölgesinde 0,59; LCZ-5 bölgesinde 0,83; LCZ-6 bölgesinde 0,45 şeklindedir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Kış mevsiminde yerel iklim bölgeleri içindeki noktalardan alınan maksimum ve minimum hava sıcaklığı değerleri (°C)

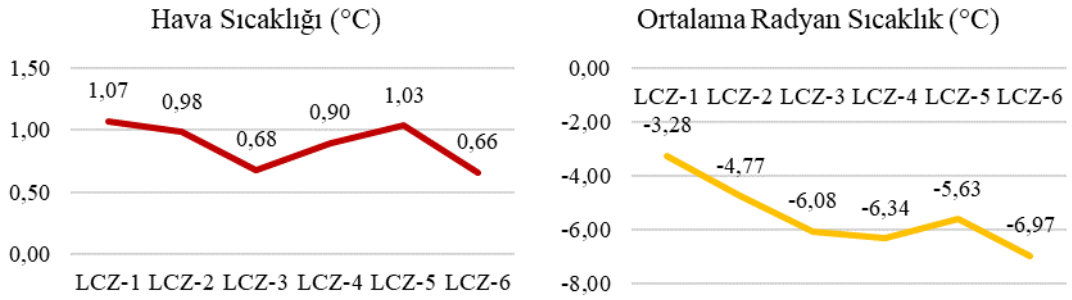
	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
Maksimum	1,33	1,30	0,80	1,34	1,36	0,81
Minimum	0,90	0,62	0,61	0,59	0,83	0,45
Fark	0,43	0,68	0,19	0,75	0,53	0,36

Farklı yerel iklim bölgelerindeki kentsel ısı adası etkisinin karşılaştırılması için kış mevsiminde gün batımı saatinde anlık hava sıcaklığı verileri kullanılmıştır. 10 Ocak 2020 tarihindeki gün batımı saati 17.49'dur. Anlık hava sıcaklığı değerleri için saat 18:00 alınmıştır. Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda oluşturulan çizelge aşağıdaki şekildedir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan gün batımı anlık iklim parametreleri

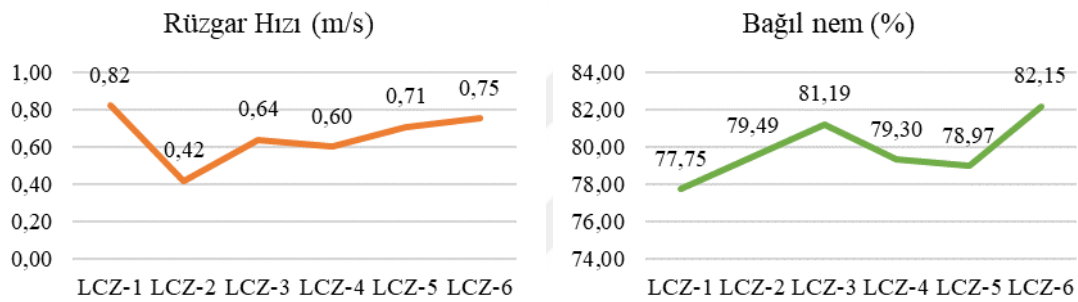
	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık / PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	6,59 (Serin)	0,82	1,07	-3,28	77,75
LCZ-2	7,38 (Serin)	0,42	0,98	-4,77	79,49
LCZ-3	6,34 (Serin)	0,64	0,68	-6,08	81,19
LCZ-4	6,54 (Serin)	0,60	0,90	-6,34	79,30
LCZ-5	6,50 (Serin)	0,71	1,03	-5,63	78,97
LCZ-6	5,95 (Soğuk)	0,75	0,66	-6,97	82,15

Ulaşılan sonuçlara göre en yüksek kentsel ısı adası değeri 1,07 °C ile LCZ-1 bölgesinde görülmektedir. Sıralamaya bakıldığında LCZ-1 > LCZ-5 > LCZ-2 > LCZ-4 > LCZ-3 > LCZ-6 şeklinde olduğu görülmektedir. Yaz mevsiminde görüldüğü üzere en yüksek ve en düşük değerler aynı yerel iklim bölgesinde görülmektedir. LCZ-6 bölgesinde yoğun şekilde ağaçların bulunması nedeniyle gölgeleme fazla olmakta ve bu durum da hava sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Ortalama radyant sıcaklık değerleri ise LCZ-1 > LCZ-2 > LCZ-5 > LCZ-3 > LCZ-4 > LCZ-6 sırasıyla dağılım göstermektedir (Şekil 4.107).



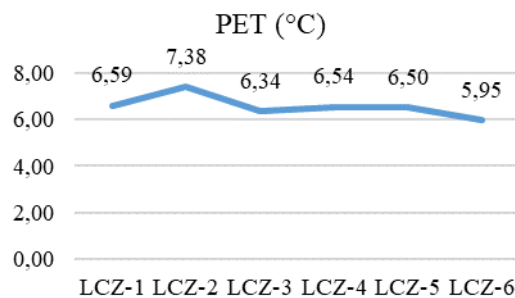
Şekil 4.107. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

Rüzgâr hızı değerleri gün batımı saatinde incelendiğinde, LCZ-1 > LCZ-6 > LCZ-5 > LCZ-3 > LCZ-4 > LCZ-2 şeklindedir. Bağıl nem değeri diğer analizlerde de olduğu gibi LCZ-6 bölgesinde en yüksek olarak ölçülmüştür. Bu duruma bu bölgedeki ağaçların yoğun olması neden olmaktadır (Şekil 4.108).



Şekil 4.108. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan rüzgâr hızı ve bağıl nem parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

PET parametresindeki dağılım hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık grafiklerinden farklı bir dağılım göstermektedir. Elde edilen verilere göre, LCZ-2 bölgesi PET değeri en yüksek olan bölge iken, en düşük değer LCZ-6 bölgesinde görülmektedir (Şekil 4.109).

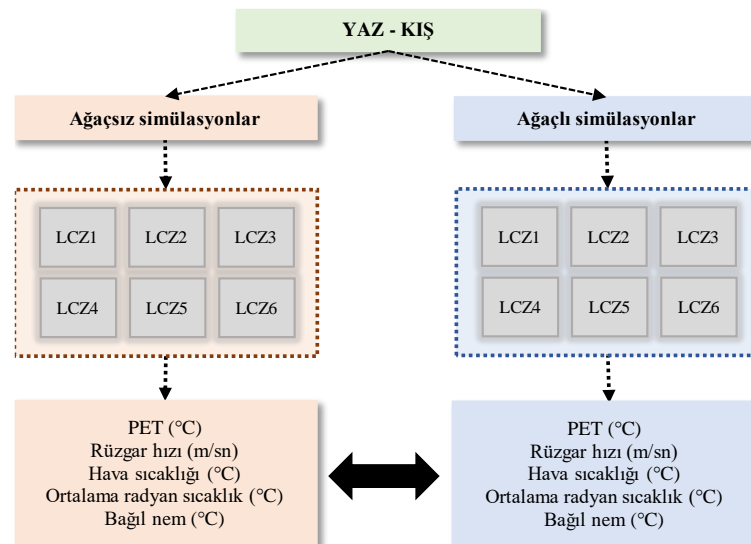


Şekil 4.109. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında kullanılan PET parametresinin farklı yerel iklim bölgelerinde karşılaştırılması

Kış mevsiminde kentsel ısı adası etkisinin karşılaştırılması analiz sonuçlarına göre, en konforlu bölgenin LCZ-1 bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde kentsel ısı adası etkisi hava sıcaklığını artırarak termal konforu olumsuz etkilediği için istenmeyen bir durum iken, kış mevsiminde tam tersidir. Bu nedenle, LCZ-1 bölgesinde kentsel ısı adası etkisi ile hava sıcaklığının artması, o bölgede bulunan kentli için olumlu bir durum olarak görülmektedir. En konforsuz bölge ise ağaçların yoğun olarak bulunduğu LCZ-6'dır. Kış mevsiminde ağaçların hava sıcaklığını evapotranspirasyon yolu ile düşürmesi, aynı zamanda gölgeleme etkisi yaratması istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan tespitler sonucunda hipotezlerden birisi olan, “H4: BSk ikliminde bir kent için yaz aylarında ısı adası etkisi termal konforu olumsuz etkilerken, kış aylarında olumlu etkiler.” in doğru olduğu tespit edilmiştir.

4.5. Ağaçların tüm yerel iklim bölgeleri için etkisinin tespit edilmesi

Farklı yerel iklim bölgelerindeki ağaçların kentsel ısı adası ve dış ortamda termal konfora etkilerinin görülebilmesi için yapılan tüm simülasyonlar “ağaçsız” olarak tekrarlanmıştır. Sonuç olarak 6 farklı yerel iklim bölgesinde yaz ve kış mevsiminde olmak üzere 24 saatlik 24 adet simülasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.110). Yapılan simülasyonlarda ağaçlar dışında hiçbir parametre (bina boyutları, malzeme vb.) değiştirilmemiştir.



Şekil 4.110. Ağaçların etkisinin tespit edilmesi için oluşturulan akış şeması

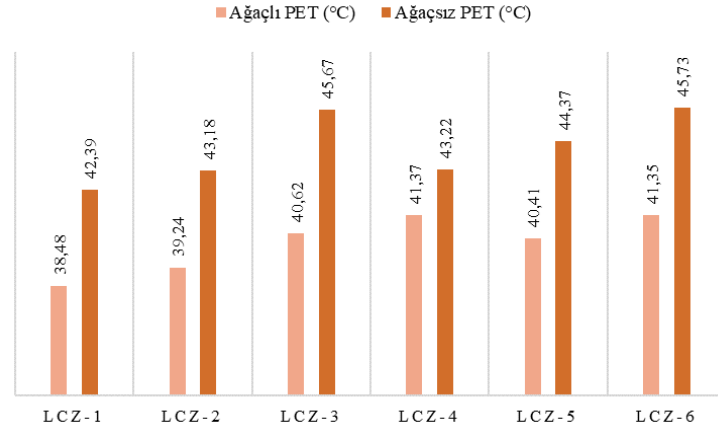
Öncelikle yaz mevsiminde ağaçlı ve ağaçsız olmak üzere gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler ağaçların dış ortamda termal konfor etkisinin tespit edilebilmesi için gün doğumundan gün batımına kadar termal stresin yoğun olarak hissedilen saatlerdeki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 4.48). Bu saatler daha önce dış ortamda termal konfor analizlerinde ortaya konulmuştur. LCZ-6 bölgesi dışında diğer tüm bölgeler için 09.00-18.00 saatleri, LCZ-6 için de 09.00-17.00 saatlerindeki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır. Bu durum hem ağaçlı hem de ağaçsız gerçekleştirilen simülasyonlardan alınan veriler için uygulanmıştır.

Çizelge 4.48. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında ağaçların etkisinin tespit edilmesi

	AĞAÇLI-YAZ					AĞAÇSIZ-YAZ				
	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	38,48	0,83	31,25	42,58	26,65	42,39	1,13	32,07	51,71	24,02
LCZ-2	39,24	0,56	30,89	43,39	28,38	43,18	0,67	31,38	51,99	26,10
LCZ-3	40,62	0,70	31,13	46,52	30,03	45,67	0,98	31,85	58,90	27,05
LCZ-4	41,37	0,81	30,96	49,70	26,00	43,22	1,13	31,52	54,81	24,19
LCZ-5	40,41	0,73	31,15	46,77	27,38	44,37	0,92	31,89	55,91	24,94
LCZ-6	41,35	0,95	31,34	49,74	29,95	45,73	1,21	32,31	60,00	26,15

(Ağaçsız-Ağaçlı)	Δ PET	Δ Ws	Δ T	Δ MRT	Δ RH
LCZ-1	3,91	0,30	0,82	9,14	-2,63
LCZ-2	3,94	0,10	0,48	8,60	-2,28
LCZ-3	5,05	0,28	0,72	12,38	-2,97
LCZ-4	1,85	0,31	0,56	5,12	-1,81
LCZ-5	3,96	0,19	0,75	9,13	-2,44
LCZ-6	4,38	0,15	0,97	10,26	-3,80

Ulaşılan sonuçlara göre, tüm yerel iklim bölgelerinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen PET değerleri arasında farklar bulunmaktadır. Ağaç uygulamalarının yaz mevsiminde tüm yerel iklim bölgelerinde PET değerini düşürerek dış ortamda termal konforu arttırdığı gözlenmektedir (Şekil 4.111).



Şekil 4.111. Yaz mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında ağaçların etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması

Ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan alınan PET değerlerine göre en yüksek fark LCZ-3 bölgesindedir. Bu bölgeyi sırasıyla LCZ-6, LCZ-5, LCZ-2, LCZ-1 ve LCZ-4 takip etmektedir. LCZ-3 bölgesinde yüksek farkların gözlenmesinin nedeninin mevcut durumda mikro-iklimi en çok etkileyen parametrenin ağaçlar olmasıdır. Bu bölgede tek katlı binaların bulunması nedeniyle hava sıcaklıkları binalara bağlı olarak çok değişim göstermemekte, aksine ağaçlara göre değişim göstermektedir. Bu nedenle en yüksek farklar bu bölgede gözlenmektedir. Aynı durumun tam tersi en az farkın çıktığı LCZ-4 bölgesi için de söylenebilmektedir. Bu bölgede yer alan 11-16 katlı binalar mikro-iklimin değişiminde en etkili parametrelerden birisidir. Bu nedenle ağaçların kaldırılması bu bölgede 1,85 °C'lik farka neden olsa da diğer bölgelere göre daha azdır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Yaz mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında ağaçsız ve ağaçlı PET değerleri farkı

	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
PET _{fark} (ağaçsız-ağaçlı)	3,91	3,94	5,05	1,85	3,96	4,38

Kış mevsiminde ağaçlı ve ağaçsız olmak üzere gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler ağaçların dış ortamda termal konfora etkisinin tespit edilebilmesi için gün doğumundan gün batımına kadar termal stresin yoğun olarak hissedilen saatlerdeki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 4.50). Bu saatler daha önce dış ortamda termal konfor analizlerinde ortaya konulmuştur. Tüm bölgeler için 09.00-17.00 saatlerindeki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır. Bu

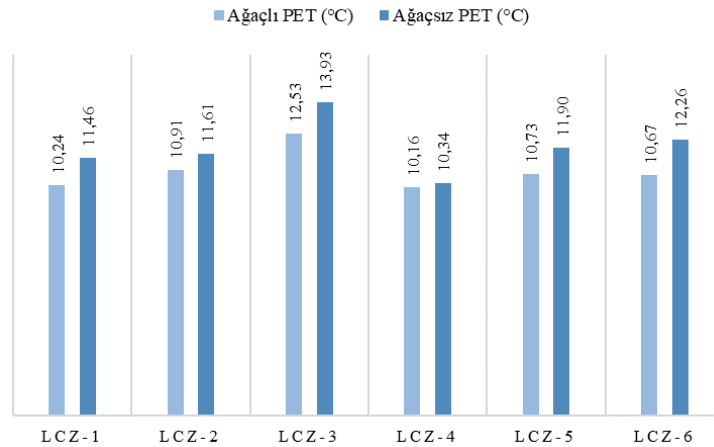
durum hem ağaçlı hem de ağaçsız gerçekleştirilen simülasyonlardan alınan veriler için uygulanmıştır.

Çizelge 4.50. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında ağaçların etkisinin tespit edilmesi

	AĞAÇLI-KIŞ					AĞAÇSIZ-KIŞ				
	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	10,24	0,59	3,19	7,56	66,18	11,46	0,70	3,38	13,18	65,46
LCZ-2	10,91	0,38	2,98	7,00	68,01	11,61	0,45	2,74	11,22	68,08
LCZ-3	12,53	0,46	2,83	14,90	69,86	13,93	0,56	2,84	21,50	69,50
LCZ-4	10,16	0,59	2,64	7,93	68,29	10,34	0,84	2,61	12,21	68,43
LCZ-5	10,73	0,47	3,03	7,70	67,17	11,90	0,66	2,79	15,65	67,50
LCZ-6	10,67	0,49	2,95	7,98	71,12	12,26	0,65	2,95	17,03	70,68

(Ağaçsız-Ağaçlı)	Δ PET	Δ Ws	Δ T	Δ MRT	Δ RH
LCZ-1	1,22	0,12	0,19	5,62	-0,72
LCZ-2	0,71	0,07	-0,25	4,22	0,07
LCZ-3	1,40	0,10	0,01	6,60	-0,36
LCZ-4	0,18	0,25	-0,03	4,29	0,14
LCZ-5	1,17	0,19	-0,24	7,96	0,33
LCZ-6	1,58	0,15	0,00	9,05	-0,44

Ulaşılan sonuçlara göre, tüm yerel iklim bölgelerinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen PET değerleri arasında farklar bulunmaktadır. Ağaç uygulamalarının kış mevsiminde tüm yerel iklim bölgelerinde PET değerini düşürerek dış ortamda termal konforu azalttığı gözlenmektedir (Şekil 4.112).



Şekil 4.112. Kış mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında ağaçların etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması

Ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan alınan PET değerlerine göre en yüksek fark LCZ-6 bölgesindedir. Bu bölgeyi sırasıyla LCZ-3, LCZ-1, LCZ-5, LCZ-2 ve LCZ-4

takip etmektedir. LCZ-6 bölgesinde yüksek farkların gözlenmesinin nedeninin mevcut durumda mikro-iklimi en çok etkileyen parametrenin ağaçlar olmasıdır. Bu bölgede tek katlı binaların bulunması nedeniyle hava sıcaklıkları binalara bağlı olarak çok değişim göstermemekte, aksine ağaçlara göre değişim göstermektedir. Bu nedenle en yüksek farklar bu bölgede gözlenmektedir. Aynı durumun tam tersi en az farkın çıktığı LCZ-4 bölgesi için de söylenebilmektedir. Bu bölgede yer alan 11-16 katlı binalar mikro-iklimin değişiminde en etkili parametrelerden birisidir. Bu nedenle ağaçların kaldırılması bu bölgede 0,18 °C'lik farka neden olsa da diğer bölgelere göre daha azdır (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.51. Kış mevsimine ait dış ortam termal konfor hesabında ağaçlı ve ağaçsız PET değerleri farkı

	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
PET_{fark} (ağaçsız-ağaçlı)	1,22	0,71	1,40	0,18	1,17	1,58

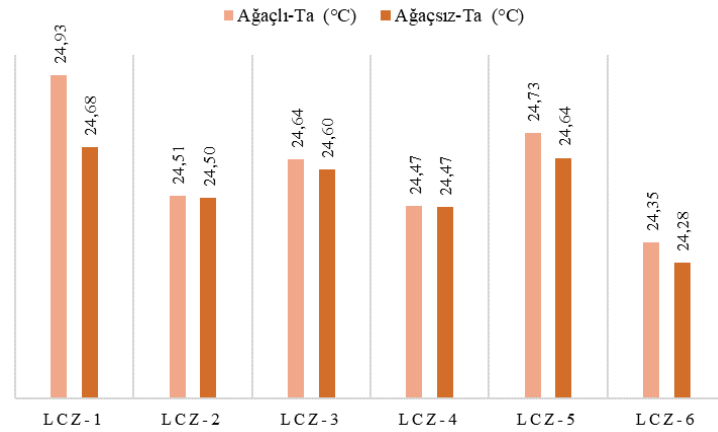
İkinci aşamada ağaçların yaz ve kış mevsiminde kentsel ısı adasına etkilerinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırması yapılmıştır. Yaz mevsiminde ağaçlı ve ağaçsız olmak üzere gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler ağaçların kentsel ısı adasına etkisinin tespit edilebilmesi için gün batımındaki (saat 20.00) anlık hava sıcaklığı parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 4.52). Bu durum hem ağaçlı hem de ağaçsız gerçekleştirilen simülasyonlardan alınan veriler için uygulanmıştır.

Çizelge 4.52. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında ağaçların etkisinin tespit edilmesi

	AĞAÇLI-YAZ					AĞAÇSIZ-YAZ				
	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	25,51	1,10	24,93	21,44	35,50	24,68	1,06	24,68	18,95	35,08
LCZ-2	24,97	0,92	24,51	19,84	36,27	24,19	1,17	24,50	18,38	35,56
LCZ-3	25,16	0,97	24,64	20,40	37,06	24,48	0,87	24,60	17,19	37,14
LCZ-4	24,44	0,99	24,47	18,59	35,49	23,93	1,32	24,47	18,18	35,29
LCZ-5	24,36	1,31	24,73	18,99	37,07	23,90	1,49	24,64	18,16	36,02
LCZ-6	23,88	1,45	24,35	18,67	38,52	23,36	1,46	24,28	17,08	37,39

(Ağaçsız-Ağaçlı)	Δ PET	Δ Ws	Δ T	Δ MRT	Δ RH
LCZ-1	-0,82	-0,04	-0,25	-2,49	-0,42
LCZ-2	-0,78	0,25	-0,01	-1,46	-0,71
LCZ-3	-0,68	-0,10	-0,04	-3,22	0,08
LCZ-4	-0,51	0,32	0,00	-0,41	-0,20
LCZ-5	-0,46	0,18	-0,09	-0,83	-1,05
LCZ-6	-0,52	0,00	-0,07	-1,59	-1,13

Ulaşılan sonuçlara göre, tüm yerel iklim bölgelerinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen hava sıcaklığı değerleri arasında farklar bulunmaktadır. Ağaç uygulamalarının yaz mevsiminde LCZ-4 bölgesi hariç tüm yerel iklim bölgelerinde hava sıcaklığı değerini arttırarak kentsel ısı adası etkisini arttırdığı gözlenmektedir (Şekil 4.113).



Şekil 4.113. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası hesabında ağaçların etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması

Ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan alınan hava sıcaklığı değerlerine göre en yüksek fark LCZ-1 bölgesindedir. Bu bölgeyi sırasıyla LCZ-5, LCZ-6, LCZ-3, LCZ-2, LCZ-4 takip etmekte ve LCZ-4 bölgesinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen bulgularda bir değişiklik gözlenmemektedir. Ağaçlı ve ağaçsız hava sıcaklığı değeri farkları LCZ-1 bölgesi dışındaki yerel iklim bölgelerinde göz önüne alınmayacak kadar düşüktür (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.53. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında ağaçlı ve ağaçsız hava sıcaklığı farkı

	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
Ta _{fark} (ağaçsız-ağaçlı)	0,25	0,01	0,04	0,00	0,09	0,07

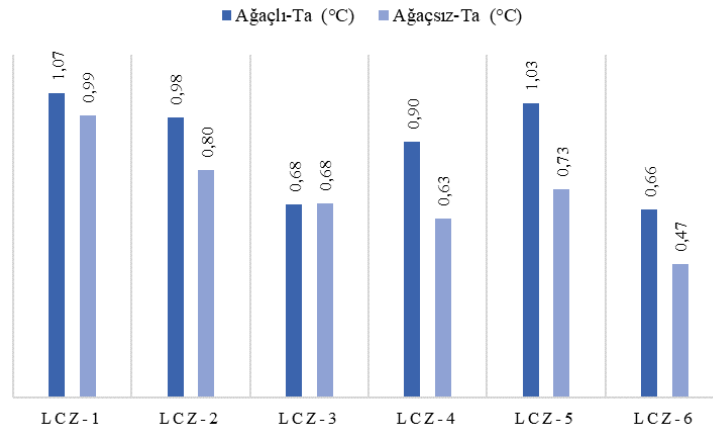
Kış mevsiminde ağaçlı ve ağaçsız olmak üzere gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler ağaçların kentsel ısı adasına etkisinin tespit edilebilmesi için gün batımındaki (saat 18.00) anlık hava sıcaklığı parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 4.54). Bu durum hem ağaçlı hem de ağaçsız gerçekleştirilen simülasyonlardan alınan veriler için uygulanmıştır.

Çizelge 4.54. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında ağaçların etkisinin tespit edilmesi

	AĞAÇLI-KIŞ					AĞAÇSIZ-KIŞ				
	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıcaklığı (°C)	Ortalama Radyant Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	6,59	0,82	1,07	-3,28	77,75	5,99	0,90	0,99	-6,00	78,04
LCZ-2	7,38	0,42	0,98	-4,77	79,49	6,83	0,51	0,80	-6,21	79,97
LCZ-3	6,34	0,64	0,68	-6,08	81,19	5,91	0,61	0,68	-8,98	80,93
LCZ-4	6,54	0,60	0,90	-6,34	79,30	6,17	0,68	0,63	-6,91	80,07
LCZ-5	6,50	0,71	1,03	-5,63	78,97	5,90	0,77	0,73	-7,11	80,04
LCZ-6	5,95	0,75	0,66	-6,97	82,15	5,39	0,83	0,47	-8,84	82,71

(Ağaçsız-Ağaçlı)	Δ PET	Δ Ws	Δ T	Δ MRT	Δ RH
LCZ-1	-0,61	0,08	-0,08	-2,73	0,29
LCZ-2	-0,55	0,09	-0,18	-1,44	0,48
LCZ-3	-0,44	-0,03	0,00	-2,90	-0,26
LCZ-4	-0,37	0,08	-0,27	-0,58	0,76
LCZ-5	-0,59	0,06	-0,30	-1,48	1,07
LCZ-6	-0,57	0,08	-0,19	-1,86	0,56

Ulaşılan sonuçlara göre, tüm yerel iklim bölgelerinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen hava sıcaklığı değerleri arasında farklar bulunmaktadır. Ağaç uygulamalarının kış mevsiminde LCZ-3 bölgesi hariç tüm yerel iklim bölgelerinde hava sıcaklığı değerini arttırarak kentsel ısı adası etkisini arttırdığını ve bu durumun kış için istenen bir olgu olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.114).



Şekil 4.114. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası hesabında ağaçların etkisinin farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılması

Ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan alınan hava sıcaklığı değerlerine göre en yüksek fark LCZ-5 bölgesindedir. Bu bölgeyi sırasıyla LCZ-4, LCZ-6, LCZ-2, LCZ-1, LCZ-3 takip etmekte ve LCZ-3 bölgesinde ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan elde edilen bulgularda bir değişiklik gözlenmemektedir. Ağaçlı ve ağaçsız hava sıcaklığı

değeri farkları LCZ-5 ve LCZ-4 bölgesi haricinde göz önüne alınmayacak kadar düşüktür (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında ağaçlı ve ağaçsız hava sıcaklığı farkı

	LCZ-1	LCZ-2	LCZ-3	LCZ-4	LCZ-5	LCZ-6
T_{fark} (ağaçsız-ağaçlı)	0,08	0,18	0,00	0,27	0,30	0,19

Ağaçların dış ortamda termal konfora etkileri incelendiğinde, yaz mevsiminde PET değerinin düşmesini sağlayarak termal konfor değerini arttırdığı gözlenmiştir. Bu durumun nedeni ağaçların yaz mevsiminde gölge yaratması nedeniyle serinletici bir etkiye sahip olmasıdır. Ek olarak evapotranspirasyon yolu ile de serinletme sağlanmaktadır. Kış mevsiminde ağaçsız simülasyonlardan alınan PET değerleri daha yüksektir. Bu nedenle kış mevsiminde ağaçlar dış termal konforu olumsuz olarak etkilemektedir. Bu duruma yaz mevsiminde olduğu gibi ağaçların serinletme etkisi neden olmuştur.

Ağaçların kentsel ısı adasına etkileri incelendiğinde, yaz mevsiminde gün batımındaki anlık hava sıcaklığı değerlerini çok fazla etkilemediği gözlenmiştir. Ancak ağaçsız durumun kentsel ısı adası etkisi açısından daha olumlu olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde de yaz mevsiminde olduğu gibi ağaçlı ve ağaçsız simülasyonlardan alınan hava sıcaklıkları arasında yüksek farklar bulunmamaktadır. Ağaçların kış mevsiminde kentsel ısı adasına olumlu etkiler sağladığı tespit edilmiştir.

Bu bölümden elde edilen sonuçlara göre “H5: Yeni tasarlanacak olan kentsel alanlar için, ağaç kullanımının artırılması tüm yerel iklim bölgelerinde dış ortamda termal konfor ve ısı adası etkisi için olumlu sonuçlar verir.” hipotezi tüm mevsimler için doğru olmamaktadır. Bazı durumlarda ağaçların çoğaltılması dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasını olumsuz etkilemektedir.

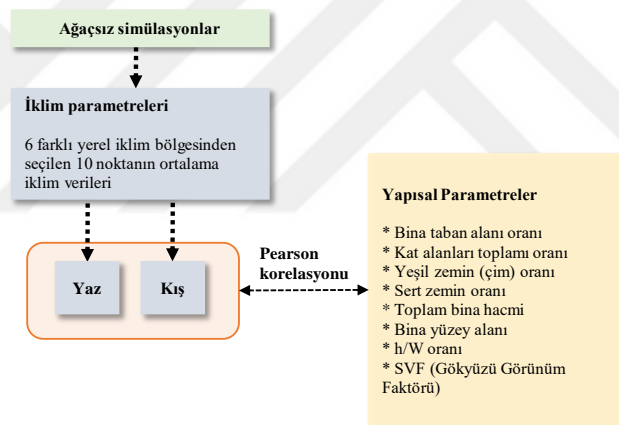
4.6. Yapılı çevre verilerinin iklim parametreleri ve dış ortamda termal konfor ile ilişkilendirilmesi

Tezin hipotezlerinden olan yapılı çevre parametrelerinin yaz ve kış mevsiminde dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasına etkileri bu bölümde tespit edilmiştir. Daha önce yapılı çevre parametreleri olarak belirlenen bina taban alanı oranı, kat alanları toplamı oranı, yeşil zemin oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı, H/W oranı ve SVF tüm yerel iklim bölgeleri için hesaplanmıştır. Yapılan

hesaplamalar hem dış ortamda termal konfor hem de kentsel ısı adası etkisi ilişkilendirmelerinde kullanılmıştır.

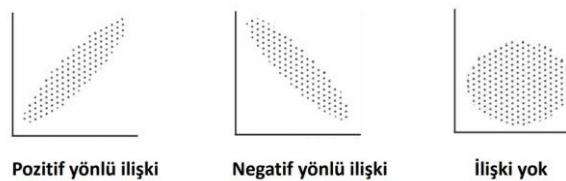
Yapılı çevre parametrelerinin etkisinin anlaşılabilmesi için tüm modellerden ağaçlar çıkarılarak yapılan “ağaçsız simülasyonlar”dan elde edilen iklim parametreleri kullanılmıştır. Bunun nedeni tüm yerel iklim bölgelerindeki ağaçların mikro-iklim üzerinde etkilerinin yoğun olmasıdır. Özellikle yerel iklim bölgelerinde ağaçlar altında alınan noktaların iklim parametre değerleri diğerlerine göre değişim göstermekte, bu nedenle yapılı çevre parametrelerinin tespiti için ağaçsız simülasyonlardan elde edilen iklim verileri kullanılmaktadır.

Yapılan tespitler için daha önceki analizlerde olduğu gibi her yerel iklim bölgesi içinden seçilen 10 farklı noktanın ortalama değerleri ile yapılı çevre verileri “Pearson Korelasyonu” ile analiz edilmiştir (Şekil 4.115). Bu analiz sonucunda hangi yapılı çevre parametrelerinin mikro-iklim üzerindeki etkili olduğunun bulunması amaçlanmıştır.



Şekil 4.115. Yapılı çevre verileri ile iklim verileri arasındaki analiz akış şeması

Pearson korelasyonu, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü ifade etmektedir. Basit bir ifadeyle, bir değişken değiştiğinde diğer değişkendeki değişimin etkisini hesaplamaktadır. İlişkilerin yönü pozitif olduğunda, bir değer arttığında diğeri de artmakta; negatif olduğunda bir değer arttığında diğeri azalmaktadır (Şekil 4.116).



Şekil 4.116. Korelasyon ilişkilerinin yönü

Korelasyon katsayısı (r) -1 ile 1 arasında değişmekte olup, değer 1'e ve -1'e yaklaştıkça ilişkiler güçlenmektedir. Korelasyon katsayısının mutlak değerinin 0'a yakın olması iki değişken arasında ilişkinin olmadığını ya da çok zayıf olduğu göstermektedir. Pearson korelasyonu için ilişkilerin düzeyini anlatmak için oluşturulan çizelge aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.56).

Çizelge 4.56. Korelasyon ilişki düzeyleri

Korelasyon katsayısı (r ²)	İlişki düzeyi
0	İlişki yok
0,01-0,29	Düşük düzeyde ilişki
0,30-0,69	Orta düzeyde ilişki
0,70-0,99	Yüksek düzeyde ilişki
1	Mükemmel ilişki

4.6.1. Yapılı çevre verilerinin dış ortamda termal konfor koşulları ve iklimsel parametreler ile ilişkilendirilmesi

Yapılı çevre verilerinin dış ortamda termal konfora etkisinin tespit edilebilmesi için daha önceki analizlerde de belirlenen 6 farklı yerel iklim bölgesinden seçilen 10 noktanın gün doğumundan gün batımına kadar termal stres yaşanan saatleri için ortalama değerler kullanılmıştır. Bu duruma göre LCZ-1 ve LCZ-5 arasındaki bölgeler için saat 09.00-18.00; LCZ-6 bölgesi için de 09.00-17.00 saat aralıklarındaki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır.

Yaz mevsimi için belirlenen yapılı çevre ve iklim parametreleri aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.57. Yaz mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri

	Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıc. (°C)	MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	0,27	2,57	0,10	0,64	60415	13372	3,20	0,24	42,39	1,13	32,07	51,71	24,02
LCZ-2	0,56	2,23	0,05	0,39	51600	8715	0,75	0,33	43,18	0,67	31,38	51,99	26,10
LCZ-3	0,37	0,37	0,40	0,23	8190	2375	0,69	0,45	45,67	0,98	31,85	58,90	27,05
LCZ-4	0,20	2,96	0,16	0,64	65595	14500	0,98	0,55	43,22	1,13	31,52	54,81	24,19
LCZ-5	0,24	0,98	0,24	0,51	21600	5275	0,39	0,52	44,37	0,92	31,89	55,91	24,94
LCZ-6	0,11	0,24	0,82	0,07	5720	2045	0,30	0,62	45,73	1,21	32,31	60,00	26,15

Elde edilen bulgulara göre, yaz mevsiminde dış ortamda termal konforu etkileyen yapılı çevre verileri "Pearson korelasyonu" sonucunda analiz edilmiştir.

Ulaşılan sonuçlara göre, PET değeri kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı parametreleri ile güçlü ve negatif yönlü ilişkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle yaz mevsiminde kent içindeki binaların yüksek katlı olması, sert zemin oranının artması PET değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durumun nedeni olarak yüksek katlı binaların gölgeleme nedeniyle soğutma etkisi yaratması söylenebilmektedir. PET değeri yeşil zemin oranı ile pozitif ve güçlü düzeyde ilişkilidir. Yeşil zemin (çim), ağaçlar gibi etki göstermemekte, yaz mevsiminde hava sıcaklığının artmasına neden olarak dış ortamda termal konfor için olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Yapılı çevre parametrelerinden h/W oranı, SVF ve bina taban alanı oranının PET ile anlamsız ilişkili olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.58).

Rüzgâr hızı değeri bina taban alanı oranı ile güçlü ve negatif ilişkilidir. Bina tabanının artması rüzgârı kesmekte ve hızının azalmasına neden olmaktadır. Bina taban alanı oranı dışında hiçbir parametre ile anlamlı ilişkisi bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Hava sıcaklığı hiçbir parametre ile anlamlı bir ilişkiye sahip değildir (Çizelge 4.58).

Ortalama radyant sıcaklık değeri, kat alanları toplamı oranı ve toplam bina hacmi ile güçlü ve negatif olarak ilişkilidir. Kat yüksekliği arttıkça gölgeleme nedeniyle ortalama radyant sıcaklık değeri düşmektedir. Bu durum yaz aylarında yüksek sıcaklıkların düşmesi nedeniyle istenilen bir durumdur. MRT değeri yeşil alan oranı ile güçlü ve pozitif ilişkilidir. Aynı zamanda SVF ile de orta düzeyde bir ilişkiye sahiptir. Bu durum PET korelasyonu ile benzerlik göstermektedir. MRT değeri aynı zamanda iklim parametrelerinden PET ile de güçlü ve pozitif ilişkilidir. PET değeri hesaplamasında MRT değeri kullanıldığı için bu beklenen bir durumdur (Çizelge 4.58). Yapılı çevre verilerinden bina taban alanı oranı, sert zemin, bina yüzey alanı ve h/W oranı; iklim parametrelerinden rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı ile anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Bağıl nem değeri de sert zemin oranı ve bina yüzey alanı ile güçlü ve negatif bir ilişkiye sahiptir. Bu durumun geçirimsiz malzemeler ve yüzeylerin bağıl nemi düşürmesinden kaynaklı olduğu bilinmektedir (Çizelge 4.58). Bu parametreler dışında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.58. Yaz mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri korelasyonu

		Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF	PET (°C)
Rüzgâr hızı (m/s)	Pearson Cor.	-,902*	-0,099	0,537	-0,042	-0,104	0,075	0,256	0,393	0,187
	Sig. (2-tailed)	0,014	0,852	0,272	0,937	0,844	0,887	0,625	0,440	0,723
Hava sıcaklığı (°C)	Pearson Cor.	-0,692	-0,586	0,727	-0,426	-0,569	-0,450	0,143	0,237	0,462
	Sig. (2-tailed)	0,128	0,221	0,101	0,400	0,239	0,371	0,787	0,651	0,357
MRT (°C)	Pearson Cor.	-0,508	-,858*	,896*	-0,775	-,875*	-0,801	-0,641	0,789	,963**
	Sig. (2-tailed)	0,303	0,029	0,016	0,070	0,022	0,056	0,170	0,062	0,002
Bağıl nem (%)	Pearson Cor.	0,364	-0,743	0,494	-,867*	-0,740	-,833*	-0,602	0,208	0,764
	Sig. (2-tailed)	0,479	0,090	0,319	0,026	0,093	0,040	0,206	0,693	0,077
PET (°C)	Pearson Cor.	-0,289	-,944**	,847*	-,865*	-,955**	-,925**	-0,703	,679	
	Sig. (2-tailed)	0,578	0,005	0,033	0,026	0,003	0,008	0,119	,138	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Yaz mevsimi için yapılan analizler sonucunda genel olarak binaların kompakt ve yüksek katlı olmasının dış ortamda termal konforu olumlu etkilediği gözlenmektedir. Dolayısıyla SVF değerinin daha düşük olması istenen bir durumdur. Aynı zamanda yeşil alanların yaz mevsiminde dış ortamda termal konforu ağaçların aksine olumlu etkilemedikleri gözlenmiştir. Bu durumun çim alanların evapotranspirasyon yolu ile bağıl nemi arttırmaları da etkili olabilmektedir.

Kış mevsimi için belirlenen yapılı çevre ve iklim parametreleri aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.59). Bu analizler için tüm yerel iklim bölgelerinden elde edilen 09.00-17.00 saat aralıklarındaki ortalama iklim parametreleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.59. Kış mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri

	Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıc. (°C)	MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	0,27	2,57	0,10	0,64	60415	13372	3,20	0,37	11,46	0,70	3,38	13,18	65,46
LCZ-2	0,56	2,23	0,05	0,39	51600	8715	0,75	0,38	11,61	0,45	2,74	11,22	68,08
LCZ-3	0,37	0,37	0,40	0,23	8190	2375	0,69	0,56	13,93	0,56	2,84	21,50	69,50
LCZ-4	0,20	2,96	0,16	0,64	65595	14500	0,98	0,57	10,34	0,84	2,61	12,21	68,43
LCZ-5	0,24	0,98	0,24	0,51	21600	5275	0,39	0,52	11,90	0,66	2,79	15,65	67,50
LCZ-6	0,11	0,24	0,82	0,07	5720	2045	0,30	0,65	12,26	0,65	2,95	17,03	70,68

Elde edilen bulgulara göre, kış mevsiminde dış ortamda termal konforu etkileyen yapılı çevre verileri “Pearson korelasyonu” sonucunda analiz edilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre, PET değeri kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı parametreleri ile güçlü ve negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Yaz mevsiminde de gözleendiği gibi yüksek katlı ve kompakt bina yerleşimleri nedeniyle gölgeleme etkisi artmakta ve hava sıcaklığı düşmektedir. Bu durum yaz aylarında istenilen bir durum olarak karşımıza çıkmaktayken, kış mevsiminde dış ortamda termal konforu olumsuz etkilediği için istenmeyen bir durumdur. Yapılı çevre parametrelerinden bina taban alanı oranı, yeşil zemin oranı, sert zemin oranı, h/W oranı ve SVF değerinin PET ile anlamlı ilişkili olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.60).

Rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı hiçbir parametre ile anlamlı bir ilişkiye sahip değildir ($p>0,05$) (Çizelge 4.60).

Ortalama radyant sıcaklık değeri, yaz mevsiminde de gözleendiği gibi kat alanları toplamı oranı ve toplam bina hacmi ile güçlü ve negatif olarak ilişkilidir. Kat yüksekliği arttıkça gölgeleme nedeniyle ortalama radyant sıcaklık değeri düşmektedir. Bu durum yaz aylarında yüksek sıcaklıkların düşmesi nedeniyle istenilen bir durumken, kış aylarında termal konforu olumsuz etkilediği için istenmeyen bir durumdur. MRT değeri aynı zamanda iklim parametrelerinden PET ile de güçlü ve pozitif ilişkilidir. PET değeri hesaplamasında MRT değeri kullanıldığı için bu beklenen bir durumdur (Çizelge 4.60). Yapılı çevre verilerinden bina taban alanı oranı, yeşil alan oranı, sert zemin oranı, bina yüzey alanı, h/W oranı ve SVF; iklim parametrelerinden rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı ile anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Bağıl nem değeri de sert zemin oranı ile güçlü ve negatif, SVF ile de güçlü ve pozitif bir ilişkiye sahiptir. Bu durumun geçirimsiz malzemeler ve yüzeylerin bağıl nemi düşürmesinden kaynaklı olduğu bilinmektedir (Çizelge 4.60). Bu parametreler dışında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.60. Kış mevsimine ait dış ortamda termal konfor hesabında yapı çevre ve iklim parametreleri korelasyonu

		Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF
Rüzgâr hızı (m/s)	Pearson Cor.	-0,774	0,367	0,019	0,506	0,343	0,515	0,253	0,353
	Sig. (2-tailed)	0,071	0,475	0,971	0,306	0,506	0,296	0,628	0,492
Hava sıcaklığı (°C)	Pearson Cor.	-0,167	0,026	0,028	0,098	0,065	0,124	0,801	-0,409
	Sig. (2-tailed)	0,753	0,961	0,958	0,854	0,903	0,815	0,055	0,420
MRT (°C)	Pearson Cor.	-0,206	-,854*	0,623	-0,638	-,857*	-0,789	-0,335	0,564
	Sig. (2-tailed)	0,695	0,031	0,186	0,173	0,029	0,062	0,516	0,243
Bağıl nem (%)	Pearson Cor.	-0,220	-0,662	0,792	-,842*	-0,680	-0,694	-0,803	,824*
	Sig. (2-tailed)	0,676	0,152	0,061	0,036	0,137	0,126	0,054	0,044
PET (°C)	Pearson Cor.	0,182	-,823*	0,458	-0,695	-,812*	-,824*	-0,274	0,240
	Sig. (2-tailed)	0,730	0,044	0,361	0,125	0,050	0,044	0,599	0,647

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kış mevsimi için yapılan analizler sonucunda, kompakt yerleşime sahip, yüksek katlı binaların bulunduğu bölgelerde gölgeleme etkisi nedeniyle hava sıcaklıkları daha düşük olmaktadır. Bu durum kış aylarında istenilmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda sert ve geçirimsiz yüzeylerin artması da PET değerini olumsuz olarak etkilemektedir. Dolayısıyla yaz mevsimi için istenen durumlar, kış mevsimi için istenmemektedir.

4.6.2. Yapılı çevre verilerinin kentsel ısı adası ile ilişkilendirilmesi

Yapılı çevre verilerinin kentsel ısı adasına etkisinin tespit edilebilmesi için daha önceki analizlerde de belirlenen 6 farklı yerel iklim bölgesinden seçilen 10 noktanın gün batımındaki anlık iklim verileri kullanılmıştır. Yaz mevsimi için gün batımı saati 20.00, kış mevsimi için 18:00'dir.

Yaz mevsimi için belirlenen yapı çevre ve iklim parametreleri aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri

	Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıc. (°C)	MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	0,27	2,57	0,10	0,64	60415	13372	3,20	0,24	24,68	1,06	24,68	18,95	35,08
LCZ-2	0,56	2,23	0,05	0,39	51600	8715	0,75	0,33	24,19	1,17	24,50	18,38	35,56
LCZ-3	0,37	0,37	0,40	0,23	8190	2375	0,69	0,45	24,48	0,87	24,60	17,19	37,14
LCZ-4	0,20	2,96	0,16	0,64	65595	14500	0,98	0,55	23,93	1,32	24,47	18,18	35,29
LCZ-5	0,24	0,98	0,24	0,51	21600	5275	0,39	0,52	23,90	1,49	24,64	18,16	36,02
LCZ-6	0,11	0,24	0,82	0,07	5720	2045	0,30	0,62	23,36	1,46	24,28	17,08	37,39

Elde edilen bulgulara göre, yaz mevsiminde kentsel ısı adasını etkileyen yapılı çevre verileri “Pearson korelasyonu” sonucunda analiz edilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre, PET değeri SVF ile negatif ve güçlü ilişkili bulunmuştur (Çizelge 4.62).

Rüzgâr hızının iklim verilerinden PET ile güçlü ve negatif ilişkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.62). Bu duruma göre rüzgâr hızı arttığında hava sıcaklığı düşmekte ve termal konfor olumlu etkilenmektedir. PET dışında rüzgâr hızı ile anlamlı ilişkisi bulunan herhangi bir yapılı çevre ya da iklim parametresi bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Hava sıcaklığı da PET ile güçlü ve pozitif ilişkilidir. Hava sıcaklığının artması ile yaz aylarında termal konfor olumsuz etkilenmektedir (Çizelge 4.62). Hava sıcaklığı ile herhangi bir yapılı çevre parametresi arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Ortalama radyant sıcaklık değerinin kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü ve pozitif ilişkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.62). Bu duruma göre sert ve geçirimsiz yüzeyler nedeniyle hava sıcaklığının ve dolayısıyla kentsel ısı adası etkisinin arttığı söylenebilmektedir. Yeşil zemin oranı ile de güçlü ve negatif bir ilişki olduğu görülmektedir (Çizelge 4.62). Sert ve geçirimsiz yüzeylerin hava sıcaklığını gün batımında artırarak kentsel ısı adasına olumsuz bir etki yarattığı gözlenirken, yeşil alanların bu durumu olumlu etkileyerek termal konforu arttırdığı gözlenmektedir. Yapılı çevre verilerinden bina taban alanı ve h/W oranı; iklim verilerinden ise PET, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı ile anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Bağıl nem değerinin kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü ve negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Tüm bu ilişkilerin sert ve geçirimsiz yüzeylerin bağıl nem değerini düşürmesi nedeniyle ortaya çıktığı bilinmektedir. Aynı zamanda bağıl nem yeşil zemin oranı ile de güçlü ve negatif

ilişkili olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.62). Bu duruma yeşil alanların evapotranspirasyon yolu ile bağıl nemi arttırması etkili olmaktadır. Ortalama radyant sıcaklıkta olduğu gibi yapılı çevre verilerinden bina taban alanı ve h/W oranı; iklim verilerinden ise PET, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı ile anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Çizelge 4.62. Yaz mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri korelasyonu

		Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF
Rüzgâr hızı (m/s)	Pearson Cor.	-0,551	-0,079	0,304	-0,016	-0,096	-0,066	-0,436	0,633
	Sig. (2-tailed)	0,257	0,882	0,558	0,975	0,856	0,902	0,387	0,177
Hava sıcaklığı (°C)	Pearson Cor.	0,345	0,268	-0,691	0,625	0,278	0,301	0,539	-0,658
	Sig. (2-tailed)	0,503	0,607	0,128	0,185	0,594	0,562	0,270	0,155
MRT (°C)	Pearson Cor.	0,283	,836*	-,855*	,876*	,850*	,828*	0,715	-0,720
	Sig. (2-tailed)	0,586	0,038	0,030	0,022	0,032	0,042	0,110	0,106
Bağıl nem (%)	Pearson Cor.	-0,259	-,946**	,888*	-,933**	-,949**	-,932**	-0,620	0,591
	Sig. (2-tailed)	0,620	0,004	0,018	0,007	0,004	0,007	0,189	0,216
PET (°C)	Pearson Cor.	0,548	0,379	-0,672	0,474	0,399	0,384	0,701	-,861*
	Sig. (2-tailed)	0,260	0,459	0,144	0,343	0,433	0,452	0,120	0,028

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Yaz mevsimi için yapılan analizler sonucunda genel olarak yapılı çevre parametrelerinin hava sıcaklığı değerini çok etkilemedikleri fakat ortalama radyant sıcaklık değerini etkiledikleri gözlenmiştir. Ortalama radyant sıcaklık değeri ile kentsel ısı adası etkisine dolaylı olarak etki yapmaktadırlar. Yaz mevsiminde kompakt ve yüksek binalar gün içinde gölgeleme etkisi ile soğutma sağladıkları için istenen bir durumdur.

Kış mevsimi için belirlenen yapılı çevre ve iklim parametreleri aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.63. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası hesabında yapı çevre ve iklim parametreleri

	Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF	PET (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Hava Sıc. (°C)	MRT (°C)	Bağıl Nem (%)
LCZ-1	0,27	2,57	0,10	0,64	60415	13372	3,20	0,37	5,99	0,90	0,99	-6,00	78,04
LCZ-2	0,56	2,23	0,05	0,39	51600	8715	0,75	0,38	6,83	0,51	0,80	-6,21	79,97
LCZ-3	0,37	0,37	0,40	0,23	8190	2375	0,69	0,56	5,91	0,61	0,68	-8,98	80,93
LCZ-4	0,20	2,96	0,16	0,64	65595	14500	0,98	0,57	6,17	0,68	0,63	-6,91	80,07
LCZ-5	0,24	0,98	0,24	0,51	21600	5275	0,39	0,52	5,90	0,77	0,73	-7,11	80,04
LCZ-6	0,11	0,24	0,82	0,07	5720	2045	0,30	0,65	5,39	0,83	0,47	-8,84	82,71

Elde edilen bulgulara göre, kış mevsiminde kentsel ısı adasını etkileyen yapı çevre verileri “Pearson korelasyonu” sonucunda analiz edilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre, PET değeri bina taban alanı oranı ile güçlü ve pozitif ilişkili olarak bulunmuştur. Bu durum bina taban alanının artmasının rüzgâr hızını düşürerek hava sıcaklığını artırması ve bu durumun da PET değerini artırması şeklinde açıklanabilmektedir. PET değerinin yeşil zemin oranı ve SVF ile güçlü ve negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Yeşil alanlar evapotranspirasyon yolu ile bağıl nemi arttırmakta, bu durum da hava sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda SVF değerinin artması ile beraber rüzgâr kesilmemekte ve hızı artmaktadır. Sonuç olarak artan rüzgâr hızı hava sıcaklığı ve PET değerini düşürerek olumsuz etki yaratmaktadır.

Rüzgâr hızının yapı çevre ve iklim verilerinden hiçbiri ile anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır ($p>0,05$) (Çizelge 4.64).

Hava sıcaklığı, yapı çevre parametrelerinden birisi olan SVF ile güçlü ve negatif ilişkili olarak tespit edilmiştir. Aslında kış aylarında az katlı binalar ve açık, engelsiz bir gökyüzü ile güneş ışınları alınabilmekte ve hava sıcaklığı yükselebilmektedir (Çizelge 4.64).

Ortalama radyant sıcaklık değerinin yaz mevsiminde olduğu gibi kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı ile güçlü ve pozitif ilişkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.64). Yeşil zemin oranı ve SVF ile de güçlü ve negatif bir ilişki olduğu görülmektedir (Çizelge 4.64). Kış mevsimi için sert ve geçirimsiz yüzeylerin hava sıcaklığını gün batımında arttırarak kentsel ısı adasına olumlu bir etki yarattığı gözlenirken, yeşil alanların bu durumu olumsuz etkileyerek termal konforu azalttığı gözlenmektedir. Yapı çevre verilerinden bina taban alanı ve h/W oranı; iklim verilerinden ise PET, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı ile anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Bağıl nem değerinin yapılı çevre verilerinden sert zemin oranı, iklim verilerinden ise hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık ile güçlü ve negatif ilişkili olduğu görülmektedir. SVF ile de güçlü ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Tüm bu ilişkilerin sert ve geçirimsiz yüzeylerin bağıl nem değerini düşürmesi nedeniyle ortaya çıktığı bilinmektedir. Aynı zamanda bağıl nem yeşil zemin oranı ile de güçlü ve negatif ilişkili olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.64). Bu duruma yeşil alanların evapotranspirasyon yolu ile bağıl nemi arttırması etkili olmaktadır. SVF değerinin artması ile de gölgelenme artmakta ve bağıl nem değeri yükselmektedir. Bağıl nem değerinin yapılı çevre verilerinden bina taban alanı, kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı, h/W oranı; iklim verilerinden ise PET ve rüzgâr hızı ile anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Çizelge 4.64. Kış mevsimine ait kentsel ısı adası etkisi hesabında yapılı çevre ve iklim parametreleri korelasyonu

		Bina taban alanı oranı	Kat alanları toplamı oranı	Yeşil zemin (çim) oranı	Sert zemin (araç ve yaya yolu) oranı	Toplam bina hacmi (m ³)	Bina yüzey alanı (m ²)	h/W oranı	SVF
Rüzgâr hızı (m/s)	Pearson Cor.	-0,774	-0,068	0,316	0,143	-0,055	0,097	0,482	0,125
	Sig. (2-tailed)	0,071	0,898	0,542	0,786	0,918	0,855	0,333	0,814
Hava sıcaklığı (°C)	Pearson Cor.	0,481	0,558	-0,791	0,665	0,586	0,554	0,806	-,932**
	Sig. (2-tailed)	0,334	0,249	0,061	0,149	0,222	0,254	0,053	0,007
MRT (°C)	Pearson Cor.	0,365	,861*	-,857*	,822*	,874*	,817*	0,587	-,835*
	Sig. (2-tailed)	0,477	0,027	0,029	0,045	0,023	0,047	0,221	0,039
Bağıl nem (%)	Pearson Cor.	-0,331	-0,739	,877*	-,873*	-0,754	-0,758	-0,804	,839*
	Sig. (2-tailed)	0,522	0,093	0,022	0,023	0,083	0,081	0,054	0,037
PET (°C)	Pearson Cor.	,860*	0,635	-,820*	0,432	0,638	0,482	0,108	-,882*
	Sig. (2-tailed)	0,028	0,175	0,046	0,392	0,173	0,333	0,839	0,020

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kış mevsimi için yapılan analizler sonucunda genel olarak yaz mevsiminde de görüldüğü gibi yapılı çevre parametrelerinin hava sıcaklığı değerini çok etkilemedikleri fakat ortalama radyant sıcaklık değerini etkiledikleri gözlenmiştir. Ortalama radyant sıcaklık değeri kentsel ısı adası etkisine dolaylı olarak etki yapmaktadır. Yaz mevsiminde kompakt ve yüksek binalar gün içinde gölgeleme etkisi ile soğutma sağladıkları için istenen bir durum iken, kış mevsiminde tam tersidir. Kış mevsiminde yüksek katlı ve birbirine yakın binalar, aynı zamanda sert ve geçirimsiz yüzeyler

nedeniyle gün batımından sonra hava sıcaklığı artmakta ve bu istenilen bir durum olmamaktadır. Bu bölümden elde edilen sonuçlara göre;

Dış ortamda termal konfor ve yapı çevre parametreleri arasındaki genel ilişkiler incelendiğinde,

- Yaz mevsiminde PET değeri ile kat alanları toplamı oranı, yeşil zemin oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı parametreleri arasında güçlü ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu parametrelerin değişimi kent içindeki insanların termal konforunu güçlü şekilde etkilemektedir.

Sonuç olarak, çalışmanın hipotezlerinden **“H6: Yapılı çevre parametreleri ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.”** yaz mevsimi için kısmen doğru olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın alt hipotezlerinin doğrulukları aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 4.65).

Çizelge 4.65. Yaz mevsiminde dış ortamda termal konfor ile ilgili alt hipotezlerin değerlendirilmesi

“H6: Yapılı çevre parametreleri ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.”	
Bina taban alanı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış
Kat alanları toplamı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Yeşil zemin (çim) oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Sert zemin oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Toplam bina hacmi ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Bina yüzey alanı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
H/W oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış
SVF ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış

- Kış mevsiminde PET değeri ile kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı parametreleri arasında güçlü ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmanın hipotezlerinden **“H6: Yapılı çevre parametreleri ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.”** kış mevsimi için kısmen doğru olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın alt hipotezlerinin doğrulukları aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Kış mevsiminde dış ortamda termal konfor ile ilgili alt hipotezlerin değerlendirilmesi

“H6: Yapılı çevre parametreleri ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.”	
Bina taban alanı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış

Kat alanları toplamı oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Yeşil zemin (çim) oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış
Sert zemin oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış
Toplam bina hacmi ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
Bina yüzey alanı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Doğru
H/W oranı ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış
SVF ile dış ortamda termal konfor ilişkilidir.	Yanlış

Dış ortamda termal konfor analizlerinde yaz ve kış mevsiminde ortak olarak bina taban alanı oranı ve h/W oranı parametreleri ile güçlü ilişkiler gözlenmemiştir.

Kentsel ısı adası etkisi ve yapılı çevre parametreleri arasındaki genel ilişkiler incelendiğinde,

Hava sıcaklığı ile hiçbir yapılı çevre parametresi ilişkili değildir. Ancak MRT değeri ile yapılı çevre parametreleri arasında güçlü ilişkiler mevcuttur. Bu nedenle MRT değerleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

- Yaz mevsiminde MRT değeri ile kat alanları toplamı oranı, yeşil zemin oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı parametreleri arasında güçlü ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmanın hipotezlerinden **“H7: Yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.”** yaz mevsimi için kısmen doğru olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın alt hipotezlerinin doğrulukları aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 4.67).

Çizelge 4.67. Yaz mevsiminde kentsel ısı adası etkisi ile ilgili alt hipotezlerin değerlendirilmesi

“H7: Yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.”	
Bina taban alanı oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Yanlış
Kat alanları toplamı oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Yeşil zemin (çim) oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Sert zemin oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Toplam bina hacmi ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Bina yüzey alanı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
h/W oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Yanlış
SVF ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Yanlış

- Kış mevsiminde yaz mevsiminde olduğu gibi MRT değeri ile kat alanları toplamı oranı, yeşil zemin oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ve SVF parametreleri arasında güçlü ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmanın hipotezlerinden “**H7: Yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.**” yaz mevsimi için kısmen doğru olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın alt hipotezlerinin doğrulukları aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 4.68).

Çizelge 4.68. Yaz mevsiminde kentsel ısı adası etkisi ile ilgili alt hipotezlerin değerlendirilmesi

“H7: Yapılı çevre parametreleri ile kentsel ısı adası etkisi ilişkilidir.”	
Bina taban alanı oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Yanlış
Kat alanları toplamı oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Yeşil zemin (çim) oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Sert zemin oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Toplam bina hacmi ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
Bina yüzey alanı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru
h/W oranı ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Yanlış
SVF ile kentsel ısı adası ilişkilidir.	Doğru

Kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor analizlerinde görüldüğü gibi yaz ve kış mevsiminde ortak olarak bina taban alanı oranı ve h/W oranı parametreleri ile güçlü ilişkiler gözlenmemiştir. Bu nedenle bu parametreler her iki olgu için de diğer yapılı çevre parametrelerine kıyasla daha önemsiz olarak ortaya çıkmaktadır.

4.7. Bir yerel iklim bölgesi içindeki karakteristik bazı noktaların karşılaştırılması

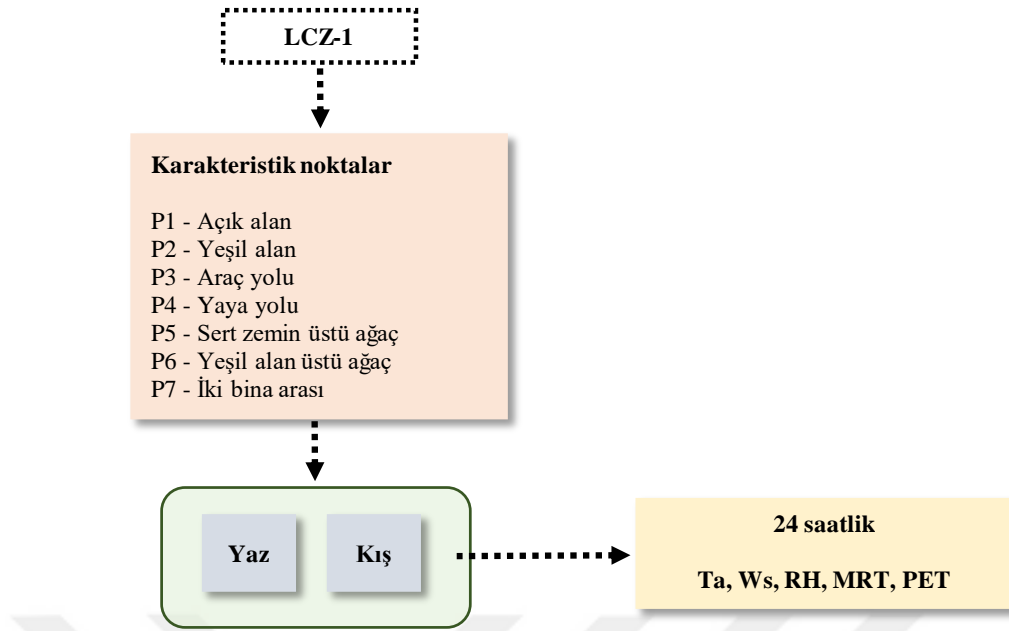
Bu bölümde bir yerel iklim bölgesi içinde yer alan farklı karakteristiğe sahip noktaların iklim parametreleri arasındaki karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Tüm noktalar LCZ-1 bölgesinden (Nişantaşı Mahallesi) seçilmiştir. Bunun nedeni; bu yerel iklim bölgesi içinde tüm karakteristik noktaların bulunmasıdır. Toplamda 7 farklı nokta seçilmiş ve noktaların detayları ile bölge içindeki konumları aşağıda verilmiştir (Şekil 4.117). Bu analiz ile kentin aynı dokusunda yer alsalar bile farklı noktalardaki iklim parametrelerinin değişimleri tespit edilmiştir.

- **P1:** Açık alan (çevresinde bina, ağaç vb. herhangi bir engel olmayan)
- **P2:** Yeşil alan (üst düzleminde engel olmayan)
- **P3:** Araç yolu (üst düzleminde engel olmayan)
- **P4:** Yaya yolu (üst düzleminde engel olmayan)
- **P5:** Sert zemin üstü ağaç
- **P6:** Yeşil alan üstü ağaç
- **P7:** İki bina arası



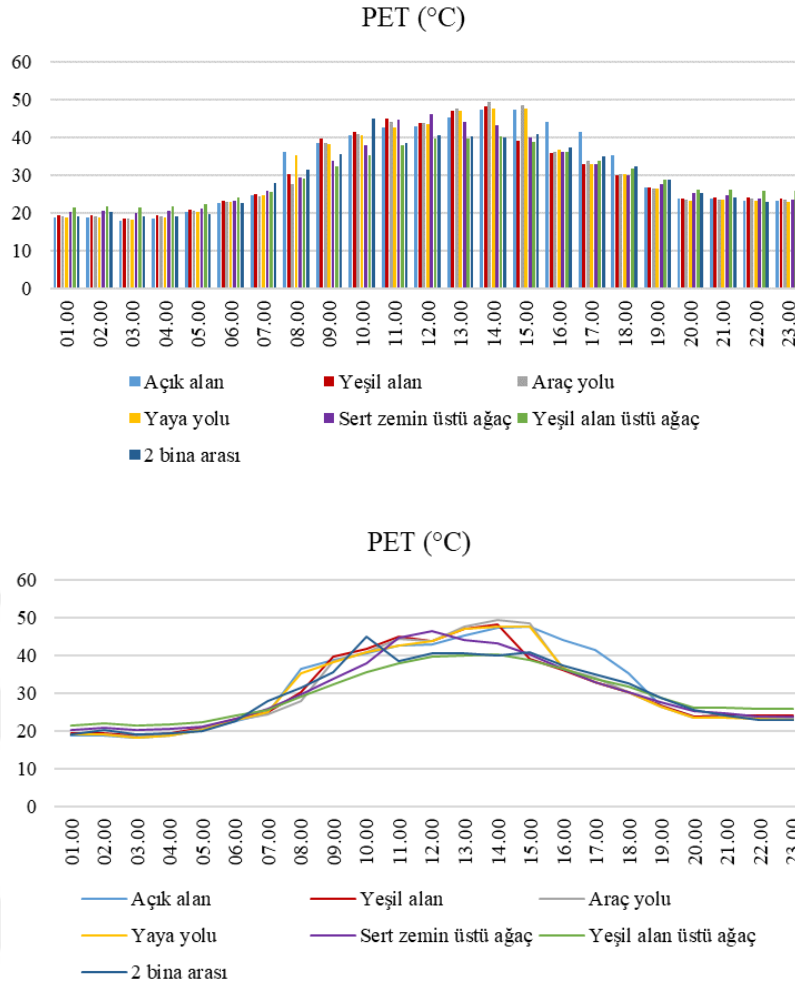
Şekil 4.117. Seçilen karakteristik noktaların bölge içindeki konumları

Belirlenen 7 farklı nokta için 24 saatlik iklim parametreleri ENVI-met simülasyonu sonucunda elde edilmiştir. Bu parametreler PET, W_s , T_a , MRT ve RH değerleridir (Şekil 4.118).



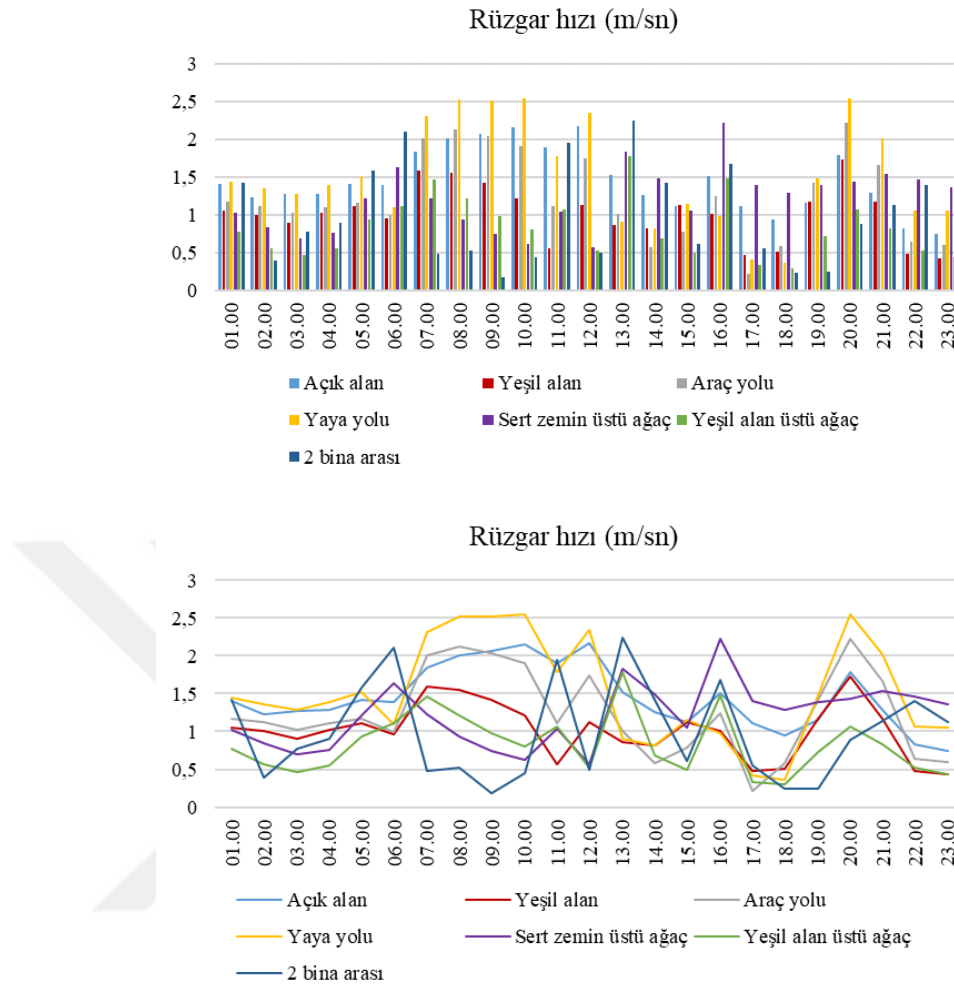
Şekil 4.118. Karakteristik noktalardaki iklim parametrelerini karşılaştırılması yöntem akışı

Yaz mevsimi: Öncelikle yaz mevsimi için tüm iklim parametreleri farklı noktalar arasında karşılaştırılmış ve en konforlu noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. PET değerleri incelendiğinde 19.00-06.00 saatleri arasında tüm noktalarda yaklaşık olarak benzer dağılımlar gözlenirken bu durum özellikle gün ortasında farklılık göstermektedir. Bu saat aralığında P6 (yeşil alan üstü ağaç) noktasında PET değeri en düşük şekilde devam etmektedir (Şekil 4.119). Bu nedenle dış ortamda termal konfor açısından en konforlu noktanın P6 olduğu söylenebilmektedir. En konforsuz nokta ise saatlik olarak değişim göstermektedir.



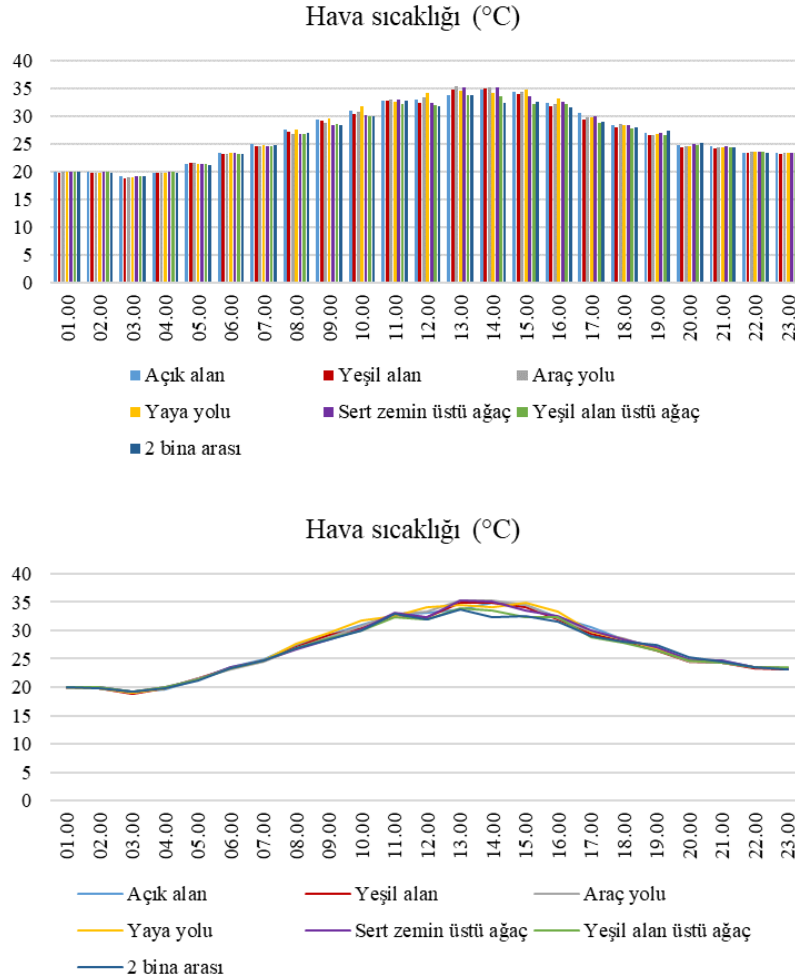
Şekil 4.119. Yaz mevsiminde farklı noktalar için PET değeri karşılaştırması

Rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde gün içinde çoğunlukla yaya yolu (P4), daha sonra açık alan (P1) noktalarında rüzgâr hızının en yüksek olduğu görülmektedir. Genelde iki bina arasında (7) rüzgâr hızı en düşük olarak gözlenmektedir. Bütün noktalar için gün içindeki dağılım grafikleri incelendiğinde, lineer bir dağılım olmadığı, gün içinde sürekli değişen rüzgâr hızı değerleri olduğu görülmüştür. Yaz mevsiminde rüzgâr hızı hava sıcaklığını düşürerek termal konforu arttırdığı için istenen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat açık alanlarda rüzgâr hızının yüksek olmasına karşın, herhangi bir engel olmadığı için gölgeleme etkisi olmamakta ve dış ortamda termal konfor olumsuz etkilenmektedir (Şekil 4.120).



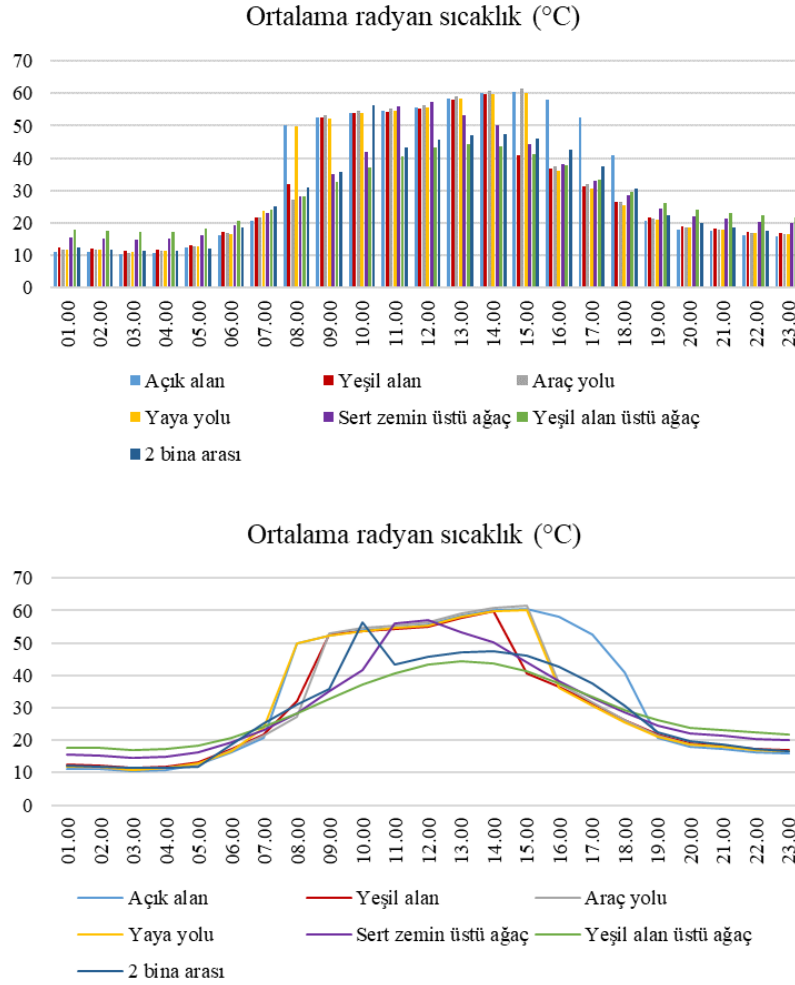
Şekil 4.120. Yaz mevsiminde farklı noktalar için rüzgâr hızı değerinin karşılaştırması

Hava sıcaklığı değerleri incelendiğinde; tüm noktalarda gün içinde düzenli ve benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. 19.00-07.00 saat aralığında tüm noktalarda yaklaşık olarak benzer hava sıcaklığı değerleri gözlenirken, gün ortasında araç yolu (P3), yaya yolu (P4) ve sert zemin üstü ağaç (P5) noktalarında yüksek hava sıcaklıkları gözlenmektedir. Bu saat aralığında iki bina arasında (P7) hava sıcaklıkları düşük olarak tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni iki bina arasına güneş ışınlarının gelmemesi ve gölge etkisinin oluşmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.121).



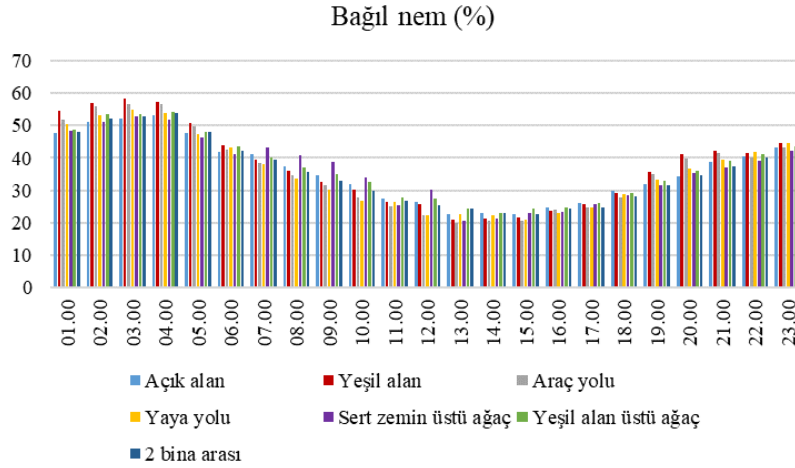
Şekil 4.121. Yaz mevsiminde farklı noktalar için hava sıcaklığı değerinin karşılaştırması

Ortalama radyant sıcaklık değerleri incelendiğinde; 19.00-07.00 aralığında tüm noktalarda benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. Bu aralıkta genellikle yeşil alan üstü ağaç (P6) ve sert zemin üstü ağaç (P5) noktalarında ortalama radyant sıcaklık değeri yüksektir. 08.00-18.00 saat aralığında bazı noktalarda belirgin değişimler görülmüştür. Bu aralıkta genel olarak sert zemin ve yeşil alan üstü ağaç noktalarında ortalama radyant sıcaklık değeri düşük iken, açık alan (P1), yaya yolu (P4) ve araç yolunda (P3) yüksek değerler bulunmaktadır. Bu duruma sert ve geçirimsiz yüzeylerin güneş ışınlarına direkt maruz kalması ve hava sıcaklığını yükseltmesi neden olmaktadır (Şekil 4.122).



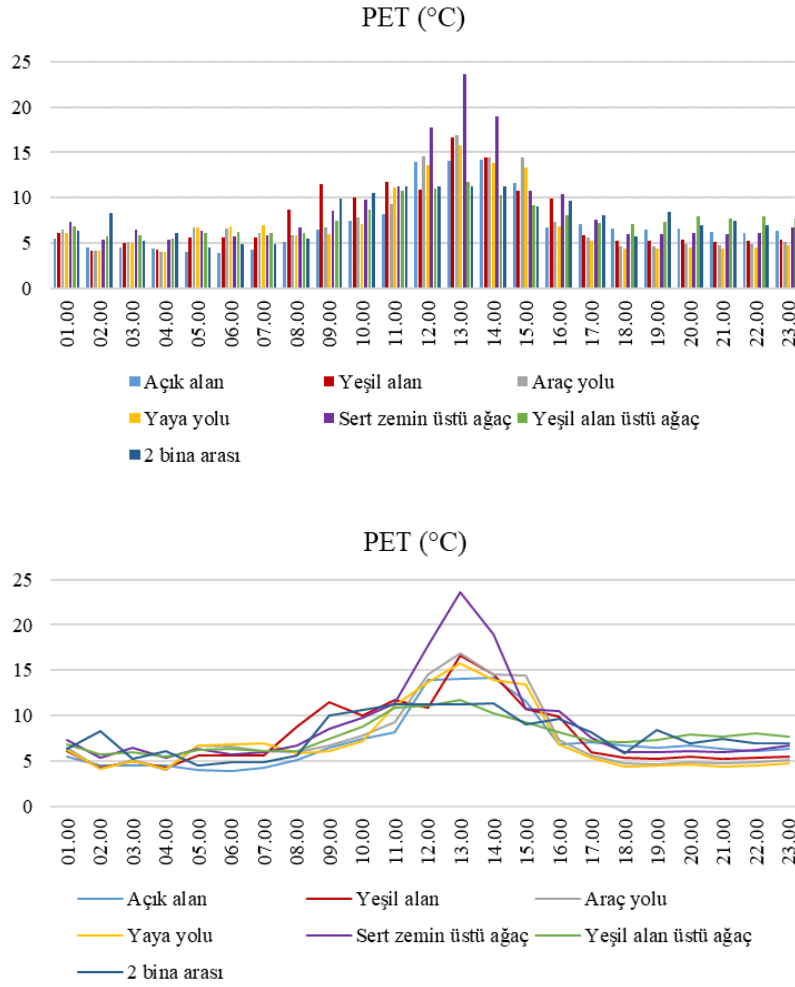
Şekil 4.122. Yaz mevsiminde farklı noktalar için ortalama radyant sıcaklık değerinin karşılaştırması

Bağıl nem değerleri incelendiğinde, gün içinde genel olarak benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. Saatler arasında farklılık olsa da ağaçların evapotranspirasyon yoluyla nemi yükseltmesi nedeniyle sert zemin üstü ağaç (P5), yeşil alan üstü ağaç (P6) ve yeşil alan (P2) noktalarında bağıl nem daha yüksek olarak ölçülmektedir (Şekil 4.123).



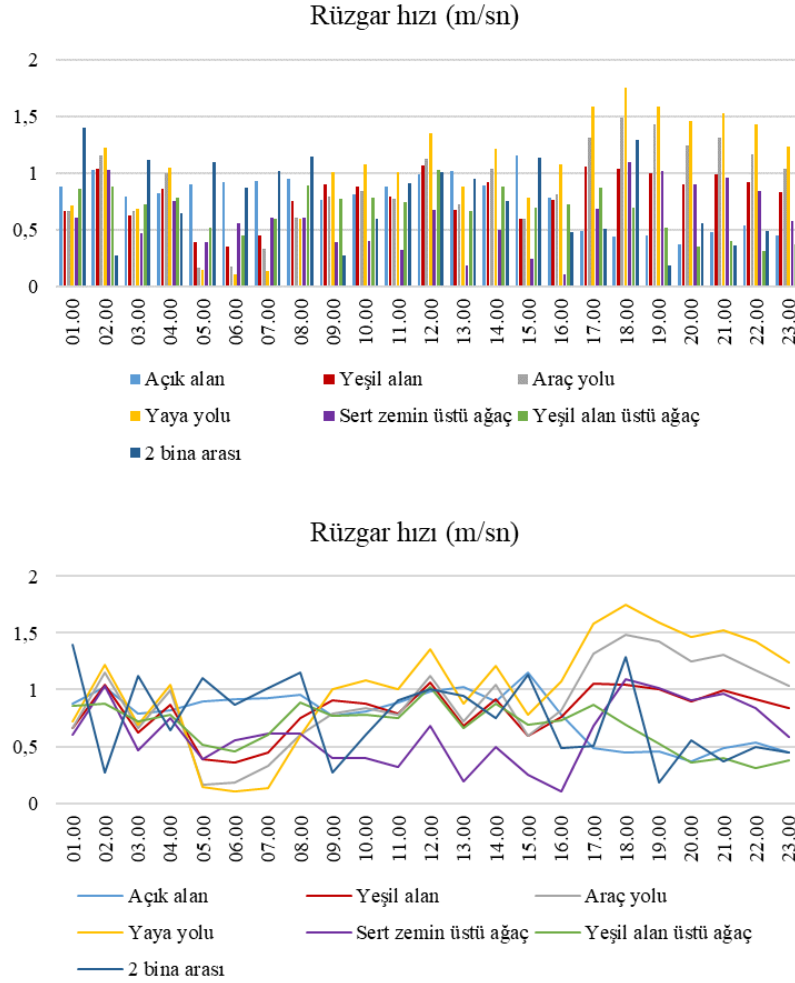
Şekil 4.123. Yaz mevsiminde farklı noktalar için bağıl nem değerinin karşılaştırması

Kış mevsimi: İkinci aşamada kış mevsimi için tüm iklim parametreleri farklı noktalar arasında karşılaştırılmış ve en konforlu noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. PET değerleri incelendiğinde her saatte tüm noktalar arasında değişiklikler olduğu görülmektedir. 20.00-23.00 saat aralığında yeşil alan üstü ağaç noktasında (P6) en yüksek hava sıcaklıkları gözlenmektedir. 12.00-13.00-14.00 saatlerinde belirgin bir şekilde sert zemin üstü ağaç noktasında (P5) yüksek PET değerleri görülmektedir. Bu nedenle öğle saatlerinde en konforlu noktanın P5, gün batımından sonra ise P6 olduğu söylenebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, yaya yolu (P4) ve açık alanda (P1) düşük PET değerleri gözlenmektedir. Bu duruma bu noktalarda herhangi bir engelin olmaması ve rüzgârın kesilememesi neden olmaktadır (Şekil 4.124).



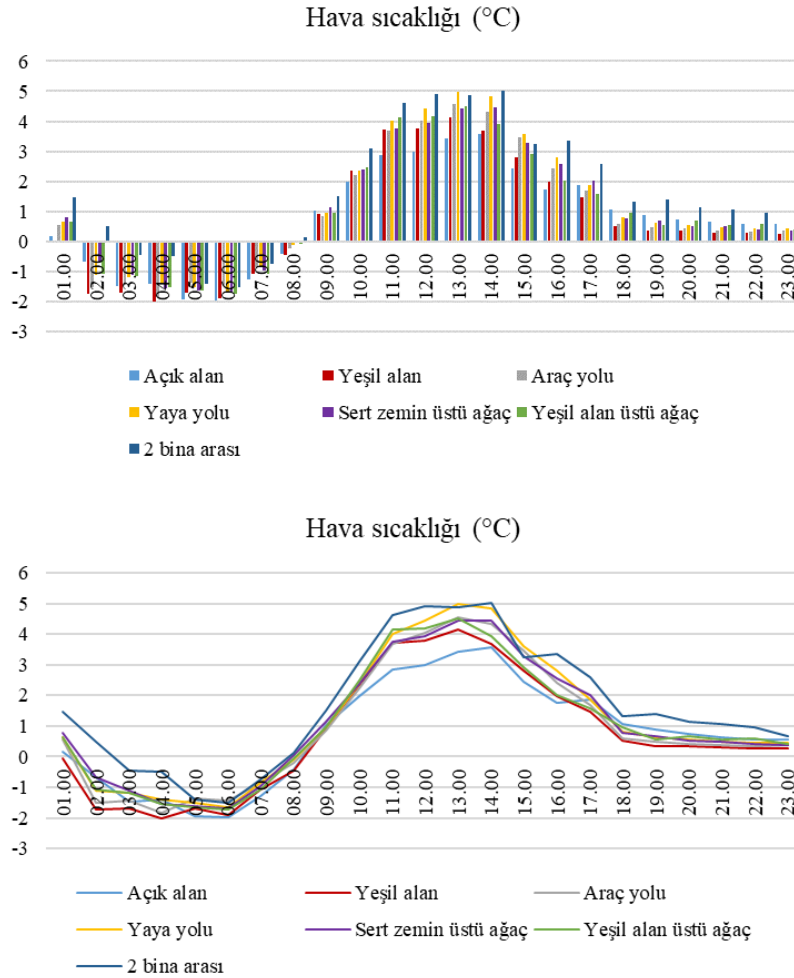
Şekil 4.124. Kış mevsiminde farklı noktalar için PET değerinin karşılaştırması

Rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde gün içinde çoğunlukla yaya yolu (P4), daha sonra açık alan (P1) ve araç yolu (P3) noktalarında rüzgâr hızının en yüksek olduğu görülmektedir. İki bina arasında (P7) yaz mevsiminde rüzgâr hızının düşük olduğu gözlenirken, kış mevsiminde bu durum tam tersidir. Bu alanda kış mevsiminde rüzgâr koridorları oluşmakta ve termal konforu olumsuz olarak etkilemektedir. Bütün noktaların gün içindeki dağılım grafikleri incelendiğinde, lineer bir dağılım olmadığı, sürekli değişen rüzgâr hızı değerleri olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde rüzgâr hızı hava sıcaklığını düşürerek termal konforu azalttığı için istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.125).



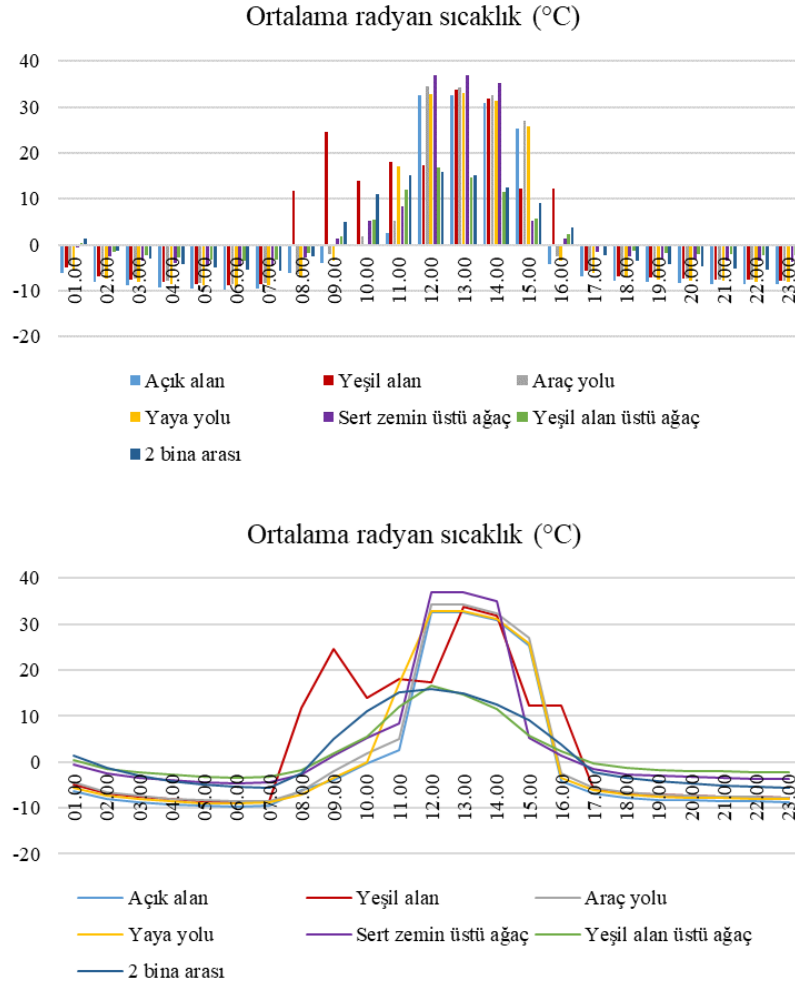
Şekil 4.125. Kış mevsiminde farklı noktalar için rüzgâr hızı değerinin karşılaştırması

Hava sıcaklığı değerleri incelendiğinde; tüm noktalarda gün içinde düzenli ve benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. Genel olarak gün içinde sert zemin üstü ağaç noktasında (P5) en yüksek hava sıcaklıkları gözlenmektedir. En düşük hava sıcaklıkları ise genel olarak açık alan noktasında (P1) görülmekte olup bu duruma rüzgâr hızının yükselmesi ve soğutma etkisi yaratması neden olmaktadır (Şekil 4.126).



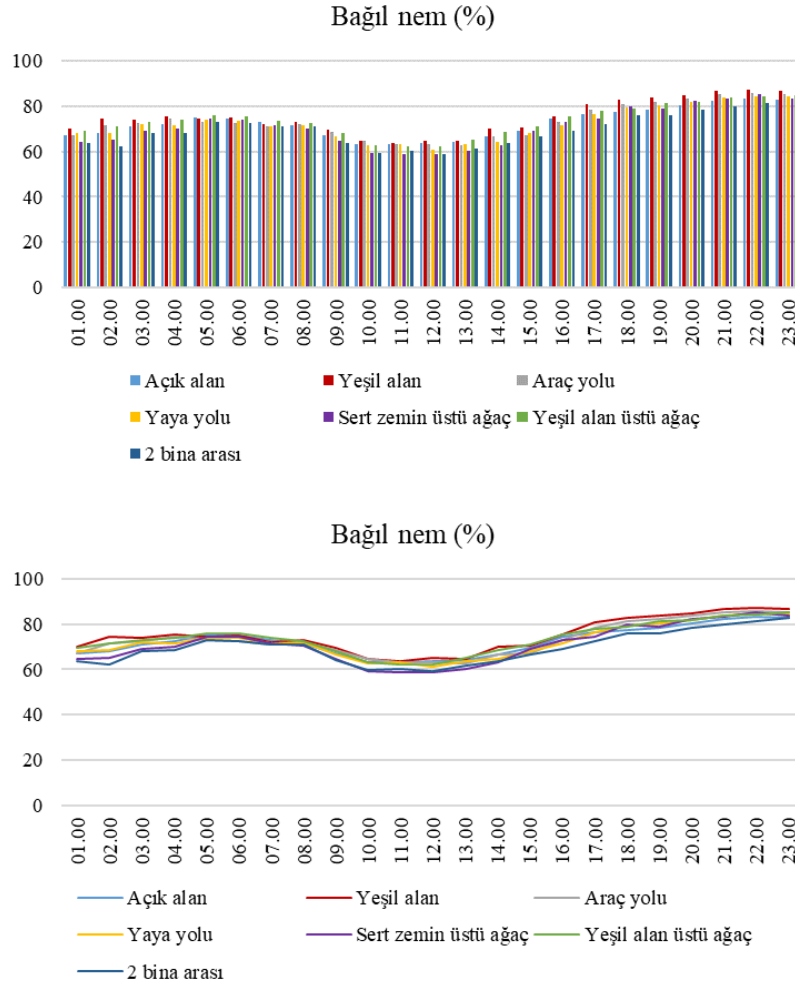
Şekil 4.126. Kış mevsiminde farklı noktalar için hava sıcaklığı değerinin karşılaştırması

Ortalama radyant sıcaklık değerleri incelendiğinde; tüm saat aralıklarında farklı bir dağılım olduğu görülmektedir. 17.00-06.00 arasında genel olarak açık alan noktasında (P1) en yüksek ortalama radyant sıcaklıkları gözlenmiştir. 08.00-16.00 arasında açık alan (P1) ve yeşil alan üstü ağaç (P6) noktalarında benzer bir dağılım görülmekte ve diğer bölgelerden farklılaşarak daha düşük ortalama radyant sıcaklıkları olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda yeşil alan noktasında (P2) gün içinde özellikle de 07.00-17.00 aralığında dengesiz bir dağılım olduğu da gözlenmektedir (Şekil 4.127).



Şekil 4.127. Kış mevsiminde farklı noktalar için ortalama radyan sıcaklık değerinin karşılaştırması

Bağıl nem değerleri incelendiğinde, yaz mevsiminde de olduğu gibi gün içinde genel olarak benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. Saatler arasında farklılık olsa da ağaçların evapotranspirasyon yoluyla nemi yükseltmesi nedeniyle sert zemin üstü ağaç (P5), yeşil alan üstü ağaç (P6) ve yeşil alan (P2) noktalarında bağıl nem daha yüksek olarak ölçülmektedir (Şekil 4.128).



Şekil 4.128. Kış mevsiminde farklı noktalar için bağıl nem değerinin karşılaştırması

Noktalar arasında dış ortamda termal konfor açısından genel bir değerlendirme yapıldığında;

- Yaz mevsimi için en konforlu noktanın yeşil alan üstü ağaç (P6), en konforsuz noktanın ise açık alan (P1) olduğu görülmektedir. Bu nedenle yaz mevsiminde yeşil alan ve ağaç kombinasyonunun en etkili çözüm olabileceği görülmektedir. Ağaçların gölgeleme etkisi ve çimlerin serinletme etkisi nedeniyle hava sıcaklıkları azalmakta ve dış ortamda termal konforun artması sağlanmaktadır. Aksine, açık alanda hiçbir engel olmaması ve sert, geçirimsiz yüzeylerin güneş ışınlarını depolaması nedeniyle hava sıcaklıkları yükselmekte ve dış ortamda termal konfor olumsuz etkilenmektedir.
- Kış mevsimi için en konforlu noktanın sert zemin üstü ağaç (P5), en konforsuz noktanın ise iki bina arası (P7) olduğu görülmektedir. İki bina arasındaki

gölgeleme nedeniyle oluşan soğutma etkisi ve rüzgâr koridorları kış mevsiminde istenmeyen durumlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bölümden elde edilen sonuçlara göre, “H9: Bir yerel iklim bölgesi içindeki farklı karakteristiğe sahip noktalarda dış ortamda termal konfor değişim gösterir.” hipotezinin doğru olduğu görülmektedir.

Tezde gerçekleştirilen tüm analizler sonucunda ulaşılan genel değerlendirme aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.69. Tüm analizlerden elde edilen genel değerlendirme

4.1. Meteorolojik veriler ile ENVI-met simülasyon programından elde edilen verilerin kalibrasyonu			
Yaz		Kış	
LCZ-2	LCZ-3	LCZ-2	LCZ-3
Sıcaklık=0,61	Sıcaklık=0,75	Sıcaklık=0,67	Sıcaklık=0,70
Bağıl nem=0,33	Bağıl nem=0,46	Bağıl nem=0,51	Bağıl nem=0,85
Genel bir değerlendirme yapıldığında, ENVI-met simülasyon programının doğru sonuçlar verebildiği tespit edilmiştir. Özellikle de kış aylarında tüm bölgelerde ve tüm iklim parametrelerinde r^2 değeri 0,50 üzerinde bulunmuştur.			
4.2. Tüm parametreler arasındaki genel ilişkilendirmeler			
4.2.1. Tüm iklim parametreleri ve SVF arasındaki genel ilişkilerin analiz edilmesi			
Yaz		Kış	
<ul style="list-style-type: none"> SVF-MRT ($y=0,0435x-1,2278$) ve SVF-PET ($y=0,1034x-3,1901$) arasındaki ilişkilerin güçlü olduğu tespit edilmiştir. SVF-Ta arasındaki ilişki zayıf olarak bulunmuştur. SVF-Ws ve SVF-RH arasında ise herhangi anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. 		<ul style="list-style-type: none"> SVF ile hiçbir iklim parametresi arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. 	
4.2.2. Farklı yerel iklim bölgelerindeki temel iklim parametrelerinin aynı saatlerde karşılaştırılması (yaz ve kış mevsimi için)			
Yaz		Kış	
<ul style="list-style-type: none"> PET değerlerinde öğleden önce LCZ-2, öğleden sonra ise LCZ-5 bölgesinde düşük sıcaklıklar gözlenmiştir. Bu nedenle dış ortamda termal konfor için en iyi bölgenin öğleden önce LCZ-2, öğleden sonra ise LCZ-5 olduğu söylenebilmektedir. Rüzgâr hızı değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde sürekli olarak değişim göstermekte ve farklılaşmaktadır. Hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımı göstermektedir. 		<ul style="list-style-type: none"> PET değerlerine göre LCZ-3 bölgesinde diğer yerel iklim bölgelerine kıyasla öğleden önce ve öğleden sonra yüksek sıcaklıklar gözlenmiştir. Bu nedenle dış ortamda termal konfor düşünüldüğünde en iyi bölgenin LCZ-3 olduğu söylenebilmektedir. En düşük sıcaklıklar ise LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir. Hava sıcaklığı değerlerinde öğleden önce ve öğleden sonra LCZ-4 bölgesinde düşük sıcaklıklar gözlenmektedir. Rüzgâr hızı değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde sürekli olarak değişim göstermekte ve farklılaşmaktadır. Bağıl nem değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımı göstermektedir. 	

4.2.3. Farklı yerel iklim bölgeleri ve referans meteoroloji istasyonunun karşılaştırılması	
Farklı yerel iklim bölgeleri ve RMI'dan alınan iklim parametreleri arasında yapılan basit lineer regresyon analizleri sonucunda elde edilen denklemler ile hava sıcaklığı ve bağıl nem için kentin farklı noktalarında tek bir istasyondan alınan veriler ile tahminler yürütülebilmektedir.	
4.2.4. Tüm iklim parametrelerinin farklı yerel iklim bölgelerindeki maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerlerinin hesaplanması	
Tüm yerel iklim bölgelerinde günün farklı saat aralıklarında tüm iklim parametreleri için farklılaşmalar olduğu görülmüştür. Bu duruma rüzgâr hızının da katkı sağladığı söylenebilmektedir.	
4.3. Tüm yerel iklim bölgeleri için dış ortamda termal konfor değerlerinin tespit edilmesi	
Yaz	Kış
Yaz mevsiminde en konforlu bölgenin LCZ-1, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu görülmektedir.	Kış mevsimi için ise, en konforlu bölgenin LCZ-3, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu tespit edilmiştir.
4.4. Tüm yerel iklim bölgeleri için kentsel ısı adası etkisinin tespit edilmesi	
Yaz	Kış
Yaz ve kış mevsimi için kentsel ısı adası etkisi analizleri sonucunda yaz mevsiminde en yüksek ısı adası LCZ-1 bölgesinde gözlenmiştir. En düşük ısı adası etkisi ise LCZ-6 bölgesinde görülmüştür.	Kış mevsiminde ise, yaz mevsiminin tam tersi olarak LCZ-1 bölgesi en konforlu bölge iken, LCZ-6 bölgesi en konforsuz bölge olarak tespit edilmiştir.
4.5. Ağaçların tüm yerel iklim bölgeleri için etkisinin tespit edilmesi	
Dış ortamda termal konfor	Kentsel ısı adası etkisi
Dış ortamda termal konfor için yaz mevsiminde tüm bölgelerde ağaçların olumlu etkisi tespit edilirken, kış mevsiminde bu durumun tam tersi gözlenmektedir.	Kentsel ısı adası etkisi için hem yaz hem de kış aylarında ağaçların etkisi olumlu olmaktadır.
4.6. Yapılı çevre verilerinin iklim parametreleri ve dış ortamda termal konfor ile ilişkilendirilmesi	
Dış ortamda termal konfor	Kentsel ısı adası etkisi
Dış ortamda termal konfor ve yapılı çevre verileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yaz mevsiminde, PET değeri kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü ilişkili iken kış mevsiminde, kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı ile güçlü ilişkili bulunmuştur.	Kentsel ısı adası etkisi ve yapılı çevre verileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yaz ve kış mevsiminde kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü ilişkili olduğu görülmektedir.
Bina taban alanı oranı ve h/W oranı kentsel ısı adası ya da dış ortamda termal konfor ile anlamlı ilişkili bulunmamıştır.	
4.7. Bir yerel iklim bölgesi içindeki karakteristik bazı noktaların karşılaştırılması	
Yaz	Kış
Yaz mevsiminde yeşil alan üstü ağaç noktasının en konforlu olduğu, çevresi tamamen boş açık bir alanın ise en konforsuz olduğu tespit edilmiştir.	Kış mevsiminde ise en konforlu alanın sert zemin üstü ağaç olduğu, en konforsuz alanın ise yaz mevsimindeki gibi çevresi tamamen boş olan açık alan olduğu gözlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kentsel ısı adası etkisi günümüzde birçok kentte ortaya çıkan ve birçok olumsuzluğa neden olan bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olumsuzlukların en başında kentliler için oluşan konforsuz dış mekânlar gelmektedir. Kentli, özellikle gün içinde sıklıkla dış ortamda bulunduğu saatlerde olumsuz olarak etkilenmektedir. Son zamanlarda bu terim ile ilgili çalışmalar artmış olup, özellikle de sıcak ve tropikal iklime sahip kentlerde bazı azaltma stratejileri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, genellikle yeşil alanların ve ağaçların arttırılması, albedo değerlerinin düşürülmesi, kentsel geometrinin düzenlenmesi ile ilgili çözümler yer almaktadır. Ancak literatürde yer alan çalışmalarda soğuk iklime sahip bölgeler için çözüm önerileri kısmen daha azdır. Aynı zamanda bu çalışmalarda mevcut yerleşim alanları için azaltma stratejileri sunulmaktadır. Bu çalışmada, soğuk-yarı kurak iklimine (BSk) sahip Konya kenti için mevcut yerleşim bölgelerinden seçilen farklı yerel iklim bölgelerinin yaz ve kış mevsimindeki dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası etkileri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda kentin hangi bölgelerinde termal açıdan konforlu ve konforsuz hissedildiğinin ay rımı yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında belirlenen örneklem alanı için yaz ve kış mevsiminde simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve bazı veriler elde edilmiştir. Bir önceki aşamada bu veriler yorumlanmış ve tartışılmıştır. Ulaşılan veriler sonucunda, BSk iklimine sahip Konya kenti için kentsel ısı adası etkisi ve dış ortamda termal konfor farklı yerel iklim bölgelerine göre karşılaştırılmıştır. Bu aşamada ise elde edilen bulgular ve tartışmalar sonucunda ulaşılan ana sonuçlar sunulmaktadır.

5.1 Sonuçlar

Çalışmada yapılan kalibrasyonlar sonucunda ENVI-met programının doğruluğu test edilmiş ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebileceği kanıtlanmıştır. Elde edilen veriler ile öncelikli olarak tüm iklim parametreleri ve SVF arasındaki ilişkiler sorgulanmıştır.

Yaz mevsimi için,

- SVF-MRT ve SVF-PET arasındaki ilişkilerin güçlüye yakın olduğu bulunmuştur.
- SVF-Ta arasındaki ilişki zayıf olarak bulunmuştur.
- SVF-Ws ve SVF-RH arasında ise herhangi anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Kış mevsimi için, SVF ile hiçbir iklim parametresi arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

Aynı saat aralıklarında farklı yerel iklim bölgeleri arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Bu analiz ile yerel iklim bölgeleri arasındaki farklar tespit edilmiş, hangi saat aralıklarında hangi yerel iklim bölgelerinin termal açıdan konforlu olduğu bulunmaya çalışılmıştır. Yapılan analizler sonucunda;

Yaz mevsimi için,

- PET değerlerinde öğleden önce LCZ-2, öğleden sonra ise LCZ-5 bölgesinde düşük sıcaklıklar gözlenmiştir. Bu nedenle dış ortamda termal konfor için en iyi bölgenin öğleden önce LCZ-2, öğleden sonra ise LCZ-5 olduğu söylenebilmektedir.
- Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde PET ile benzer bir dağılım görülmektedir.
- Rüzgâr hızı değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde sürekli olarak değişim göstermekte ve farklılaşmaktadır.
- Hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımı göstermektedir.

Kış mevsimi için,

- PET değerlerine göre LCZ-3 bölgesinde diğer yerel iklim bölgelerine kıyasla öğleden önce ve öğleden sonra yüksek sıcaklıklar gözlenmiştir. Bu nedenle dış ortamda termal konfor düşünüldüğünde en iyi bölgenin LCZ-3 olduğu söylenebilmektedir. En düşük sıcaklıklar ise LCZ-1 bölgesinde gözlenmektedir.
- Ortalama radyant sıcaklık değerlerinde PET ile benzer bir dağılım görülmektedir.
- Hava sıcaklığı değerlerinde öğleden önce ve öğleden sonra LCZ-4 bölgesinde düşük sıcaklıklar gözlenmektedir.
- Rüzgâr hızı değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde sürekli olarak değişim göstermekte ve farklılaşmaktadır.
- Bağıl nem değerleri tüm yerel iklim bölgelerinde gün içinde benzer dağılımı göstermektedir.

Kentsel ısı adası etkisinin tespit edilebilmesi ve kent içinden seçilen farklı yerel iklim bölgelerinde bu etkinin varlığının tespit edilebilmesi amacıyla referans

meteoroloji istasyonu ile kıyaslamalar yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda tüm yerel iklim bölgelerinde yaz ve kış mevsiminde kentsel ısı adası etkisi varlığı gözlenmiştir. Farklı yerel iklim bölgeleri ve RMI'dan alınan iklim parametreleri arasında yapılan basit lineer regresyon analizleri sonucunda elde edilen denklemler ile özellikle hava sıcaklığı ve bağıl nem için kentin farklı noktalarında tek bir istasyondan alınan veriler ile doğru tahminler yürütülebilmektedir.

Farklı yerel iklim bölgelerinde tüm iklim parametreleri arasındaki maksimum, ortalama, minimum değerler ve standart sapma değerleri incelenmiştir. Bu analizler tüm günlük (24 saat), gündüz, gece ve farklı saat aralıkları için yapılmıştır. Sonuç olarak, tüm yerel iklim bölgelerinde günün farklı saat aralıklarında tüm iklim parametreleri için farklılaşmalar olduğu görülmüştür. Bu duruma rüzgâr hızının da katkı sağladığı söylenebilmektedir.

Yaz ve kış mevsimi için dış ortamda termal konfor analizleri sonucunda yaz mevsiminde en konforlu bölgenin LCZ-1, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu görülmektedir. Kış mevsimi için ise, en konforlu bölgenin LCZ-3, en konforsuz bölgenin ise LCZ-4 olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Konya'da yeni yapılaşma bölgelerinden birisi olan LCZ-4 bölgesi (Şeker Mahallesi-Şefikcan Caddesi) yaz ve kış mevsiminde dış ortamda termal konfor sağlayamamaktadır.

Yaz ve kış mevsimi için kentsel ısı adası etkisi analizleri sonucunda yaz mevsiminde en yüksek ısı adası LCZ-1 bölgesinde gözlenmiştir. En düşük ısı adası etkisi ise LCZ-6 bölgesinde görülmüştür. LCZ-1 bölgesinde yüksek kentsel ısı adası etkisi değerleri gözlenmesine rağmen gün içinde dış ortamda termal konfor açısından en iyi bölge olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise, yaz mevsiminin tam tersi olarak LCZ-1 bölgesi en konforlu bölge iken, LCZ-6 bölgesi en konforsuz bölge olarak tespit edilmiştir.

Farklı yerel iklim bölgelerindeki ağaçların dış ortamda termal konfor ve ısı adasına etkileri incelenmiştir. Dış ortamda termal konfor için yaz mevsiminde tüm bölgelerde ağaçların olumlu etkisi tespit edilirken, kış mevsiminde bu durumun tam tersi gözlenmektedir. Kentsel ısı adası etkisi için hem yaz hem de kış aylarında ağaçların etkisi olumlu olmaktadır.

Farklı yerel iklim bölgelerinde yapılı çevre verilerinin dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adasına olan etkileri analiz edilmiştir. Dış ortamda termal konfor ve yapılı çevre verileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yaz mevsiminde, PET değeri kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü

ilişkili iken kış mevsiminde, kat alanları toplamı oranı, toplam bina hacmi ve bina yüzey alanı ile güçlü ilişkili bulunmuştur.

Kentsel ısı adası etkisi ve yapı çevre verileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yaz ve kış mevsiminde kat alanları toplamı oranı, sert zemin oranı, toplam bina hacmi, bina yüzey alanı ile güçlü ilişkili olduğu görülmektedir. Bina taban alanı oranı ve h/W oranı kentsel ısı adası ya da dış ortamda termal konfor ile anlamlı ilişkili bulunmamıştır.

Bir yerel iklim bölgesi içinden seçilen farklı karakteristiğe sahip noktalar incelendiğinde, yaz mevsiminde yeşil alan üstü ağaç noktasının en konforlu olduğu, çevresi tamamen boş açık bir alanın ise en konforsuz olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise en konforlu alanın sert zemin üstü ağaç olduğu, en konforsuz alanın ise yaz mevsimindeki gibi çevresi tamamen boş olan açık alan olduğu gözlenmiştir.

Tezin sonucunda elde edilen verilere göre, BSk iklimine sahip Konya kenti için dış ortamda termal konfor tespitinde kullanılan indislerden biri olan PET değerlerinin gün içinde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yaz ve kış mevsimleri için bir genelleme yapılması için gün içinde yayaların sıklıkla kullandığı saatler belirlenmiş ve analizler buna göre sonuçlandırılmıştır. Bu duruma göre BSk iklimine sahip kentlerde yaz mevsiminde termal açıdan en konforlu bölgenin eski bir yerleşim bölgesi olan kompakt ve çok katlı LCZ-1 bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma genel olarak yaz aylarında güneşin yoğun etkisinin çok katlı binaların gölgelemesi nedeniyle azalması neden olmaktadır. En konforsuz bölgenin ise, az yoğun (açık) ve çok katlı LCZ-4 bölgesi olduğu görülmektedir. Bu bölgede çok katlı binaların gölgeleme etkisi olsa da LCZ-1 gibi kompakt bir doku olmadığı için oluşan gölgenin büyüklüğü sınırlı kalmaktadır. Aynı zamanda açık ve az yoğun bir bölge olması nedeniyle rüzgâr koridorları oluşmamaktadır. Kış aylarında ise en konforlu bölgenin kompakt ve az katlı LCZ-3 olduğu görülmektedir. Kış aylarında az katlı binalar nedeniyle rüzgâr koridorlarının oluşmaması ve gölgeleme etkisinin yoğun olmaması da bu duruma neden olmuştur. En konforsuz bölgenin ise yaz mevsiminde de olduğu gibi az yoğun (açık) ve çok katlı LCZ-4 bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgede çok katlı binalar nedeniyle güneşin etkisi hissedilememektedir.

5.2 Öneriler

Çalışmada simülasyon programı kullanıldığı için bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Her ne kadar literatürde de ENVI-met simülasyon programı ile gerçeğe en yakın sonuçlara ulaşılabildiği kanıtlanmış olsa da, yapılan modellemede tüm detaylar

işlenememiştir. Modellemede binalar renklere göre bir albedo kategorisi oluşturularak sınıflandırılmıştır. Aynı zamanda binalarda yer alan açıklıklar (pencere, kapı, vb.) işlenmemiştir. Alanlarda yer alan üst örtüler de modellemeye dâhil edilmemiştir. Ağaçların yaprak yoğunluğu da ortalama bir değer alınarak genel bir kabul yapılmıştır. Bu nedenle ulaşılan sonuçlar gerçekte ölçülen sonuçlara yakın olsa da birebir aynı olmamıştır.

Aynı zamanda çalışmada saha ölçümleri yalnızca kalibrasyonların yapılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı olarak 6 farklı yerel iklim bölgesinde mikro-meteorolojik ölçüm yapılması mümkün olmamıştır. Bu nedenle tüm yerel iklim bölgeleri için Konya kent merkezinde yer alan “Konya Bölge İstasyonu” meteoroloji verileri kullanılmıştır.

Elde edilen saatlik veriler tipik bir yaz ve kış günü için analiz edilmiş, bu nedenle tüm yaz ve kış ayları için birebir doğru sonuçlara ulaşılmamıştır. Ayrıca yapılan analizler saatlik değerler üzerinden gerçekleştirildiği için gün içinde saatler arasında farklılıklar olmasına rağmen çalışma ortalama değerler üzerinden yürütülmüştür.

Bu çalışma, Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk iklimine sahip tüm kentlerde yardımcı bir kaynak olarak kullanılabilir. Bu iklim sınıfında bulunan tüm kentlerde yer alan yerel iklim bölgeleri bu çalışmada elde edilen bulgulara yakın yaklaşımlar sergilemektedir. Özellikle yeni yerleşim alanlarının tasarlanmasında dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası etkisi unsurları göz önüne alındığında kentin planlanmasında rol alan aktörlere yardımcı bir çalışma niteliğindedir. Kentlilerin termal açıdan konforlu hissetmeleri ve kentsel ısı adası etkisinin kentli ve çevre ile ilgili olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi amacıyla uygulanabilir olma niteliğindedir.

Elde edilen tüm bulgular ışığında kent içindeki ağaçların arttırılmasının dış ortamda termal konfor ve kentsel ısı adası etkisi açısından yaz aylarında oldukça önemli olduğu görülmektedir. Kış aylarında bu durum termal konfor açısından çok fazla bir değişiklik sağlamasa da kentsel ısı adası etkisi için olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle kış aylarında yapraklarının döken ağaç tipi olarak geniş yapraklı ağaçların kullanılması Konya kenti için önerilmektedir.

Yaz aylarında yüksek katlı binaların bulunması, bina hacminin ve yüzey alanının geniş olması gölge alanlar yaratması nedeniyle termal konfor açısından olumlu bir durum ortaya çıkarmaktadır. Ama kış ayları için tam tersi durum söz konusudur. Genel olarak yapılaşmanın çok yoğun olmadığı, sert zemin oranının az olduğu, yeşil alanların ve ağaçların yoğun olduğu bölgelerde kentsel ısı adası etkisi azalmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd Elraouf, R., Elmokadem, A., Megahed, N., Eleinen, O. A. ve Eltarabily, S., 2022, The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate, *Building and Environment*, 225, 109632.
- Abdallah, A. S. H. ve Mahmoud, R. M. A., 2022, Urban morphology as an adaptation strategy to improve outdoor thermal comfort in urban residential community of new assiut city, Egypt, *Sustainable Cities and Society*, 78, 103648.
- Aboelata, A. ve Sodoudi, S., 2019, Evaluating urban vegetation scenarios to mitigate urban heat island and reduce buildings' energy in dense built-up areas in Cairo, *Building & Environment*, 166, 106407.
- Acerro, J. A., Koh, E. J. Y., Ruefenacht, L. A. ve Norford, L. K., 2021, Modelling the influence of high-rise urban geometry on outdoor thermal comfort in Singapore, *Urban Climate*, 36, 100775.
- Afiq, W. M. Y., Azwadi, C. S. N. ve Saqr, K. M., 2012, Effects of buildings aspect ratio, wind speed and wind direction on flow structure and pollutant dispersion in symmetric street canyons: a review, *International Journal of Mechanical Materials Engineering*, 7 (2), 158-165.
- Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z.-H. ve Akbari, H., 2016, Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong, *Cities*, 62, 131-145.
- Ahmadi, S., Yeganeh, M., Motie, M. B. ve Gilandoust, A., 2022, The role of neighborhood morphology in enhancing thermal comfort and resident's satisfaction, *Energy Reports*, 8, 9046-9056.
- Aida, M. ve Gotoh, K., 1982, Urban albedo as a function of the urban structure—a two-dimensional numerical simulation, *Boundary-Layer Meteorology*, 23 (4), 415-424.
- Akbari, H., Rosenfeld, A. H. ve Taha, H., 1990, Summer heat islands, urban trees, and white surfaces, *Energy Analysis Program Center for Building Science Applied Science Division Lawrence Berkeley Laboratory, California, Berkeley*.
- Akbari, H., Rose, L. S. ve Taha, H., 1999, Characterizing the fabric of the urban environment: A case study of Sacramento, California, *Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Lab., CA (US)*.
- Akbari, H., 2001, Energy saving potentials and air quality benefits of urban heat Island Mitigation, *Solar Energy*.
- Akbari, H., Pomerantz, M. ve Taha, H., 2001, Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas, *Solar Energy*, 70 (3), 295-310.
- Akbari, H. ve Konopacki, S., 2005, Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies, *Energy Policy*, 33 (6), 721-756.
- Akbari, H., 2009, Cooling our communities. A guidebook on tree planting and light-colored surfacing.
- Akbari, H., Menon, S. ve Rosenfeld, A., 2009, Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO₂, *Climatic change*, 94 (3), 275-286.
- Akbari, H., Cartalis, C., Kolokotsa, D., Muscio, A., Pisello, A. L., Rossi, F., Santamouris, M., Synnefa, A., Wong, N. H. ve Zinzi, M., 2016, Local climate change and urban heat island mitigation techniques—the state of the art, *Journal of Civil Engineering Management*, 22 (1), 1-16.

- Al-Mulali, U., Sab, C. N. B. C. ve Fereidouni, H. G., 2012, Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission, *Energy buildings*, 46 (1), 156-167.
- Alchapar, N. L. ve Correa, E. N., 2016, The use of reflective materials as a strategy for urban cooling in an arid "OASIS" city, *Sustainable Cities Society*, 27, 1-14.
- Alexandri, E., 2002, The effect of green roofs on the urban climate-A quantitative approach, *PLEA*, 311-316.
- Ali-Toudert, F. ve 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 Environment*, 41 (2), 94-108.
- Alkhoudiri, A., Navarro, I., Fort, J. M. ve Alumran, S., 2022, Parametric comparative analysis of outdoor thermal comfort in a desert climate: A case study of single-family houses in Riyadh, *Urban Climate*, 46, 101300.
- Amanollahi, J., Tzanis, C., Ramli, M. F. ve Abdullah, A. M., 2016, Urban heat evolution in a tropical area utilizing Landsat imagery, *Atmospheric Research*, 167, 175-182.
- Ambrosini, D., Galli, G., Mancini, B., Nardi, I. ve Sfarra, S., 2014, Evaluating mitigation effects of urban heat islands in a historical small center with the ENVI-Met® climate model, *Sustainability*, 6 (10), 7013-7029.
- An, L., Hong, B., Cui, X., Geng, Y. ve Ma, X., 2021, Outdoor thermal comfort during winter in China's cold regions: a comparative study, *Science of the Total Environment*, 768, 144464.
- An, S. M., Kim, B. S., Lee, H. Y., Kim, C. H., Yi, C. Y., Eum, J. H. ve Woo, J. H., 2014, Three-dimensional point cloud based sky view factor analysis in complex urban settings, *International journal of climatology*, 34 (8), 2685-2701.
- Antoniadis, D., Katsoulas, N. ve Kittas, C., 2018, Simulation of schoolyard's microclimate and human thermal comfort under Mediterranean climate conditions: Effects of trees and green structures, *International journal of biometeorology*, 62, 2025-2036.
- Arnfield, A. J., 1990, Street design and urban canyon solar access, *Energy and Buildings*, 14 (2), 117-131.
- Arnfield, A. J., 2003, Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island, *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 23 (1), 1-26.
- Asaeda, T., Ca, V. T. ve Wake, A., 1996, Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere, *Atmospheric Environment*, 30 (3), 413-427.
- ASHRAE, 2004, ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE Standard. Atlanta.
- Auer, A. H., 1978, Correlation of land use and cover with meteorological anomalies, *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 17 (5), 636-643.
- Baldinelli, G. ve Bonafoni, S., 2015, Analysis of albedo influence on surface urban heat island by spaceborne detection and airborne thermography, *International Conference on Image Analysis and Processing*, 95-102.
- Balling Jr, R. C. ve Lolk, N. K., 1991, A developing cool island in the desert? The case of Palm Springs, California, *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 93-96.
- Ballout, A., Lacheheb, D. E. Z. ve Bouchahm, Y., 2015, Improvement of thermal comfort conditions in an urban space (Case study: the square of independence, Sétif, Algeria), *European Journal of Sustainable Development*, 4 (2), 407-407.

- Balogun, I. A. ve Daramola, M. T., 2019, The outdoor thermal comfort assessment of different urban configurations within Akure City, Nigeria, *Urban Climate*, 29, 100489.
- Bambrick, H. J., Capon, A. G., Barnett, G. B., Beaty, R. M. ve Burton, A. J., 2011, Climate change and health in the urban environment: adaptation opportunities in Australian cities, *Asia Pacific Journal of Public Health*, 23 (2_suppl), 67S-79S.
- Banerjee, S., Middel, A. ve Chattopadhyay, S., 2020, Outdoor thermal comfort in various microentrepreneurial settings in hot humid tropical Kolkata: Human biometeorological assessment of objective and subjective parameters, *Science of the Total Environment*, 721, 137741.
- Bassani, F., Garbero, V., Poggi, D., Ridolfi, L., von Hardenberg, J. ve Milelli, M., 2022, An innovative approach to select urban-rural sites for Urban Heat Island analysis: the case of Turin (Italy), *Urban Climate*, 42, 101099.
- Berardi, U., 2016, The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits, *Energy and Buildings*, 121, 217-229.
- Blażejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H. ve Tinz, B., 2012, Comparison of UTCI to selected thermal indices, *International journal of biometeorology*, 56 (3), 515-535.
- Blażejczyk, K., 2011, Assessment of regional bioclimatic contrasts in Poland, *Miscellanea Geographica. Regional Studies on Development*, 15, 79-91.
- Boixo, S., Diaz-Vicente, M., Colmenar, A. ve Castro, M. A., 2012, Potential energy savings from cool roofs in Spain and Andalusia, *Energy*, 38 (1), 425-438.
- Bonamente, E., Rossi, F., Coccia, V., Pisello, A. L., Nicolini, A., Castellani, B., Cotana, F., Filippini, M., Morini, E. ve Santamouris, M., 2013, An energy-balanced analytic model for urban heat canyons: comparison with experimental data, *Advances in building energy research*, 7 (2), 222-234.
- Bourbia, F. ve Awbi, H. B., 2004, Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements, *Renewable Energy*, 29 (2), 249-262.
- Bourbia, F., Bouchahm, Y. ve Mansouri, O., 2010, The influence of Albedo on the urban microclimatic street canyon, *Proc., 6th Int. Conf. Arab Society for Computer Aided Architectural Design, ASCAAD, Manama, Kingdom of Bahrain*, 159-169.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. ve Pullin, A. S., 2010, Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence, *Landscape Urban Planning*, 97 (3), 147-155.
- Bölük, E., 2016, Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi, *T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü*.
- Bruse, M. ve Fleer, H., 1998, Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, *Environmental Modelling Software*, 13 (3-4), 373-384.
- Buccolieri, R., Maggiotto, G. ve Sabatino, S. D., 2015, Evaluation of mitigation strategies to improve pedestrian comfort in a typical Mediterranean city, *ICUC9-9th International Conference on Urban Climate Jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*.
- Bueno, B., Norford, L., Pigeon, G. ve Britter, R., 2012, A resistance-capacitance network model for the analysis of the interactions between the energy performance of buildings and the urban climate, *Building Environmental*, 54, 116-125.

- Canan, F., 2017, Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32 (3), 69-80.
- Canan, F., Golasi, I., Falasca, S. ve Salata, F., 2020, Outdoor thermal perception and comfort conditions in the Köppen-Geiger climate category BSk. one-year field survey and measurement campaign in Konya, Turkey, *Science of the Total Environment*, 738, 140295.
- Canan, F. ve Geyikli, H. B., 2021, Kentsel ısı adası etkisinin farklı dokusal özelliklerde karşılaştırmalı analizi: Konya kenti örneği, *5.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi / 9-11 Eylül 2021*, Ankara (Çevrimiçi), 525-537.
- Canan, F. ve Geyikli, H. B., 2022, Dış ortam termal konfor koşullarının belirlenmesinde özgün veri kullanımının önemi, *8th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference*, Mardin, Türkiye, 640-654.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J. ve Imura, H., 2010, Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data, *Landscape Urban Planning*, 96 (4), 224-231.
- Carrillo-Niquete, G. A., Andrade, J. L., Valdez-Lazalde, J. R., Reyes-García, C. ve Hernández-Stefanoni, J. L., 2022, Characterizing spatial and temporal deforestation and its effects on surface urban heat islands in a tropical city using Landsat time series, *Landscape and Urban Planning*, 217, 104280.
- CDC, A., 2004, Extreme heat: a prevention guide to promote your personal health and safety, *CDC Atlanta*.
- Chandler, T. J., 1962, London's urban climate, *The Geographical Journal*, 128 (3), 279-298.
- Chang, C.-R., Li, M.-H. ve Chang, S.-D., 2007, A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks, *Landscape Urban Planning*, 80 (4), 386-395.
- Changnon, S. A., Kunkel, K. E. ve Reinke, B. C., 1996, Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77 (7), 1497-1506.
- Chapman, L., Thornes, J. E. ve Bradley, A. V., 2001, Rapid determination of canyon geometry parameters for use in surface radiation budgets, *Theoretical Applied Climatology*, 69 (1), 81-89.
- Chapman, L. ve Thornes, J. E., 2004, Real-time sky-view factor calculation and approximation, *Journal of Atmospheric Oceanic Technology*, 21 (5), 730-741.
- Chatterjee, S., Khan, A., Dinda, A., Mithun, S., Khatun, R., Akbari, H., Kusaka, H., Mitra, C., Bhatti, S. S. ve Van Doan, Q., 2019, Simulating micro-scale thermal interactions in different building environments for mitigating urban heat islands, *Science of the Total Environment*, 663, 610-631.
- Chen, A., Yao, X. A., Sun, R. ve Chen, L., 2014, Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations, *Urban Forestry Urban Greening*, 13 (4), 646-654.
- Chen, G., Rong, L. ve Zhang, G., 2021, Unsteady-state CFD simulations on the impacts of urban geometry on outdoor thermal comfort within idealized building arrays, *Sustainable Cities and Society*, 74, 103187.
- Chen, L., Ng, E., An, X., Ren, C., Lee, M., Wang, U. ve He, Z., 2012, Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach, *International journal of climatology*, 32 (1), 121-136.

- Chen, L. ve Ng, E., 2013, Simulation of the effect of downtown greenery on thermal comfort in subtropical climate using PET index: a case study in Hong Kong, *Architectural Science Review*, 56 (4), 297-305.
- Chen, M. Z., Wei, W. ve Wu, S. P., 2009, On cold materials of pavement and high-temperature performance of asphalt concrete, *Materials science forum*, 379-382.
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X. ve 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.
- Chen, X., Gao, L., Xue, P., Du, J. ve Liu, J., 2020, Investigation of outdoor thermal sensation and comfort evaluation methods in severe cold area, *Science of the Total Environment*, 749, 141520.
- Cheng, M. T. ve Tsai, Y., 2000, Characterization of visibility and atmospheric aerosols in urban, suburban, and remote areas, *Science of the Total Environment*, 263 (1-3), 101-114.
- Cheung, H. K. W., 2011, An urban heat island study for building and urban design, The University of Manchester (United Kingdom), p.
- Cheung, H. K. W., Coles, D. ve Levermore, G. J., 2016, Urban heat island analysis of Greater Manchester, UK using sky view factor analysis, *Building Services Engineering Research Technology*, 37 (1), 5-17.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., Iraşoc, A., Paraschiv, M.-G., Perry, M. ve Ghent, D., 2022, MODIS-based climatology of the Surface Urban Heat Island at country scale (Romania), *Urban Climate*, 41, 101056.
- Chieppa, J., Bush, A. ve Mitra, C., 2018, Using “Local Climate Zones” to detect urban heat island on two small cities in Alabama, *Earth Interactions*, 22 (16), 1-22.
- Chow, W. T. L. ve Brazel, A. J., 2012, Assessing xeriscaping as a sustainable heat island mitigation approach for a desert city, *Building and Environment*, 47, 170-181.
- Cilek, M. U. ve Cilek, A., 2021, Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data, *Sustainable Cities and Society*, 69, 102877.
- Cilek, M. U. ve Uslu, C., 2022, Modeling the relationship between the geometric characteristics of urban green spaces and thermal comfort: The case of Adana city, *Sustainable Cities and Society*, 79, 103748.
- Colaninno, N. ve Morello, E., 2022, Towards an operational model for estimating day and night instantaneous near-surface air temperature for urban heat island studies: outline and assessment, *Urban Climate*, 46, 101320.
- Cortes, A., Rejuso, A. J., Santos, J. A. ve Blanco, A., 2022, Evaluating mitigation strategies for urban heat island in Mandaue City using ENVI-met, *Journal of Urban Management*, 11 (1), 97-106.
- Costa, S., Ferreira, J., Silveira, C., Costa, C., Lopes, D., Relvas, H., Borrego, C., Roebeling, P., Miranda, A. I. ve Paulo Teixeira, J., 2014, Integrating health on air quality assessment—review report on health risks of two major European outdoor air pollutants: PM and NO₂, *Journal of Toxicology Environmental Health, Part B*, 17 (6), 307-340.
- Coutts, A. M., Beringer, J. ve Tapper, N. J., 2007, Impact of increasing urban density on local climate: Spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia, *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 46 (4), 477-493.

- Coutts, A. M., Daly, E., Beringer, J. ve Tapper, N. J., 2013, Assessing practical measures to reduce urban heat: Green and cool roofs, *Building Environment*, 70, 266-276.
- Crank, P. J., Sailor, D. J., Ban-Weiss, G. ve Taleghani, M., 2018, Evaluating the ENVI-met microscale model for suitability in analysis of targeted urban heat mitigation strategies, *Urban Climate*, 26, 188-197.
- Cui, P., Jiang, J., Zhang, J. ve Wang, L., 2023, Effect of street design on UHI and energy consumption based on vegetation and street aspect ratio: Taking Harbin as an example, *Sustainable Cities and Society*, 92, 104484.
- Cui, Y., Xu, X., Dong, J. ve Qin, Y., 2016, Influence of urbanization factors on surface urban heat island intensity: A comparison of countries at different developmental phases, *Sustainability*, 8 (8), 706.
- Çiçek, İ. ve Doğan, U., 2005, Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3 (1), 57-72.
- D'ambrosio Alfano, F. R., Palella, B. I. ve Riccio, G., 2011, Thermal environment assessment reliability using temperature—humidity indices, *Industrial Health*, 49 (1), 95-106.
- da Silveira Hirashima, S. Q., de Assis, E. S. ve Nikolopoulou, M., 2016, Daytime thermal comfort in urban spaces: A field study in Brazil, *Building Environmental*, 107, 245-253.
- Darbani, E. S., Rafieian, M., Parapari, D. M. ve Guldmann, J.-M., 2023, Urban design strategies for summer and winter outdoor thermal comfort in arid regions: The case of historical, contemporary and modern urban areas in Mashhad, Iran, *Sustainable Cities and Society*, 89, 104339.
- Das, M., Das, A. ve Mandal, S., 2020, Outdoor thermal comfort in different settings of a tropical planning region: a study on Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA), Eastern India, *Sustainable Cities and Society*, 63, 102433.
- de Abreu-Harbich, L. V., Labaki, L. C. ve Matzarakis, A., 2015, Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics, *Building Landscape Urban Planning*, 138, 99-109.
- de Freitas, C. R. ve Grigorieva, E. A., 2017, A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices, *International journal of biometeorology*, 61 (3), 487-512.
- Debbage, N. ve Shepherd, J. M., 2015, The urban heat island effect and city contiguity, *Computers, Environment, Urban Systems*, 54, 181-194.
- Deevi, B. ve Chundeli, F. A., 2020, Quantitative outdoor thermal comfort assessment of street: A case in a warm and humid climate of India, *Urban Climate*, 34, 100718.
- Deng, J.-Y. ve Wong, N. H., 2020, Impact of urban canyon geometries on outdoor thermal comfort in central business districts, *Sustainable Cities and Society*, 53, 101966.
- Deng, X., Nie, W., Li, X., Wu, J., Yin, Z., Han, J., Pan, H. ve Lam, C. K. C., 2023, Influence of built environment on outdoor thermal comfort: A comparative study of new and old urban blocks in Guangzhou, *Building and Environment*, 234, 110133.
- Detommaso, M., Costanzo, V. ve Nocera, F., 2021, Application of weather data morphing for calibration of urban ENVI-met microclimate models. Results and critical issues, *Urban Climate*, 38, 100895.
- Dhalluin, A. ve Bozonnet, E., 2015, Urban heat islands and sensitive building design—A study in some French cities' context, *Sustainable Cities Society*, 19, 292-299.

- Di Giuseppe, E., Pergolini, M. ve Stazi, F., 2017, Numerical assessment of the impact of roof reflectivity and building envelope thermal transmittance on the UHI effect, *Energy Procedia*, 134, 404-413.
- Dian, C., Pongrácz, R., Dezső, Z. ve Bartholy, J., 2020, Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest, *Urban Climate*, 31, 100573.
- Dihkan, M., 2015, Kentsel ısı adalarının (KIA) uydu görüntüleri ile konumsal olarak modellenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 178.
- Doick, K. J., Peace, A. ve Hutchings, T. R., 2014, The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island, *Science of the Total Environment*, 493, 662-671.
- Duarte, F. ve Ferreira, A., 2016, Energy harvesting on road pavements: state of the art, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Energy*, 169 (2), 79-90.
- Duckworth, F. S. ve Sandberg, J. S., 1954, The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 35 (5), 198-207.
- Duman Yüksel, Ü., 2005, Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözleme dayalı olarak saptanması, Doktora, *Ankara Üniversitesi*, Ankara.
- Dwivedi, A. ve Khire, M., 2014, Measurement technologies for urban heat islands, *International Journal of Emerging Technology Advanced Engineering*, 4 (10), 539-545.
- Ebrahimnejad, R., Noori, O. ve Deihimfard, R., 2017, Mitigation potential of green structures on local urban microclimate using ENVI-met model, *International Journal of Urban Sustainable Development*, 9 (3), 274-285.
- Effat, H. A. ve Hassan, O. A. K., 2014, Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt, *Urban Climate*, 10, 171-188.
- Égerházi, L. A., Kántor, N. ve Gál, T., 2013, Evaluation and modelling the micro-bioclimatological conditions of a popular playground in Szeged, Hungary, *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 4 (1), 57-61.
- Eliasson, I. ve Upmanis, H., 2000, Nocturnal airflow from urban parks-implications for city ventilation, *Theoretical Applied Climatology*, 66 (1), 95-107.
- Elnabawi, M. H., Hamza, N. ve Dudek, S., 2013, Use and evaluation of the ENVI-met model for two different urban forms in Cairo, Egypt: measurements and model simulations, *13th Conference of international building performance simulation association, Chambéry, France*.
- Emmanuel, R., 2005, An urban approach to climate sensitive design: Strategies for the tropics, Taylor & Francis, p.
- Emmanuel, R. ve Fernando, H. J. S., 2007, Urban heat islands in humid and arid climates: role of urban form and thermal properties in Colombo, Sri Lanka and Phoenix, USA, *Climate Research*, 34 (3), 241-251.
- Enescu, D., 2017, A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments, *Renewable sustainable energy reviews*, 79, 1353-1379.
- Epstein, Y. ve Moran, D. S., 2006, Thermal comfort and the heat stress indices, *Industrial Health*, 44 (3), 388-398.
- Erell, E., Pearlmutter, D. ve Williamson, T., 2011, Urban microclimate: designing the spaces between buildings, Routledge, p.

- Erell, E., Pearlmutter, D., Boneh, D. ve Kutiel, P. B., 2014, Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons, *Urban Climate*, 10, 367-386.
- Estoque, R. C. ve Murayama, Y., 2017, Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 133, 18-29.
- Estournel, C., Vehil, R., Guedalia, D., Fontan, J. ve Druilhet, A., 1983, Observations and modeling of downward radiative fluxes (solar and infrared) in urban/rural areas, *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 22 (1), 134-142.
- Evola, G., Gagliano, A., Fichera, A., Marletta, L., Martinico, F., Nocera, F. ve Pagano, A., 2017, UHI effects and strategies to improve outdoor thermal comfort in dense and old neighbourhoods, *Energy Procedia*, 134, 692-701.
- Fahed, J., Kinab, E., Ginestet, S. ve Adolphe, L., 2020, Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon, *Sustainable Cities Society*, 61, 102375.
- Faisal, A.-A., Kafy, A.-A., Al Rakib, A., Akter, K. S., Jahir, D. M. A., Sikdar, M. S., Ashrafi, T. J., Mallik, S. ve Rahman, M. M., 2021, Assessing and predicting land use/land cover, land surface temperature and urban thermal field variance index using Landsat imagery for Dhaka Metropolitan area, *Environmental Challenges*, 4, 100192.
- Fallahpour, M., Aghamolaei, R., Zhang, R. ve Mirzaei, P. A., 2022, Outdoor thermal comfort in urban neighbourhoods by coupling of building energy simulation and computational fluid dynamics, *Building and Environment*, 225, 109599.
- Fan, H., 2004, Urbanization of mesoscale models, *Tulane University*.
- Fang, Z., Lin, Z., Mak, C. M., Niu, J. ve Tse, K.-T., 2018, Investigation into sensitivities of factors in outdoor thermal comfort indices, *Building and Environment*, 128, 129-142.
- Faragallah, R. N. ve Ragheb, R. A., 2022, Evaluation of thermal comfort and urban heat island through cool paving materials using ENVI-Met, *Ain Shams Engineering Journal*, 13 (3), 101609.
- Farhadi, H., Faizi, M. ve Sanaieian, H., 2019, Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings, *Sustainable Cities Society*, 46, 101448.
- Ferguson, B., Fisher, K., Golden, J., Hair, L., Haselbach, L., Hitchcock, D., Kaloush, K., Pomerantz, M., Tran, N. ve Waye, D., 2008, Reducing urban heat islands: compendium of strategies-cool pavements.
- Fernández, F. J., Alvarez-Vázquez, L. J., García-Chan, N., Martínez, A. ve Vázquez-Méndez, M. E., 2015, Optimal location of green zones in metropolitan areas to control the urban heat island, *Journal of Computational Applied Mathematics*, 289, 412-425.
- Fiala, D., Lomas, K. J. ve Stohrer, M., 2001, Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions, *International journal of biometeorology*, 45 (3), 143-159.
- Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B. ve Jendritzky, G., 2012, UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation, *International journal of biometeorology*, 56 (3), 429-441.
- Flores R., J. L., Pereira Filho, A. J. ve Karam, H. A., 2016, Estimation of long term low resolution surface urban heat island intensities for tropical cities using MODIS remote sensing data, *Urban Climate*, 17, 32-66.

- Fung, W. Y., Lam, K. S., Hung, W. T., Pang, S. W. ve Lee, Y. L., 2006, Impact of urban temperature on energy consumption of Hong Kong, *Energy and Buildings*, 31 (14), 2623-2637.
- Gachkar, D., Taghvaei, S. H. ve Norouzian-Maleki, S., 2021, Outdoor thermal comfort enhancement using various vegetation species and materials (case study: Delgosha Garden, Iran), *Energy Reports Sustainable Cities Society*, 75, 103309.
- Gagge, A. P., Fobelets, A. P. ve Berglund, L. G., 1986, A standard predictive index of human response to the thermal environment, *ASHRAE Trans*, 92 (2), 709-731.
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R. ve Ordóñez, J., 2013, The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects, *Renewable sustainable energy reviews*, 25, 749-758.
- Gaillard, M. J., Sugita, S., Mazier, F., Trondman, A. K., Broström, A., Hickler, T., Kaplan, J. O., Kjellström, E., Kokfelt, U. ve Kuneš, P., 2010, Holocene land-cover reconstructions for studies on land cover-climate feedbacks, *Climate of the Past*, 6 (4), 483-499.
- Gál, C. V. ve Kántor, N., 2020, Modeling mean radiant temperature in outdoor spaces, A comparative numerical simulation and validation study, *Urban Climate*, 32, 100571.
- Gal, T., Lindberg, F. ve Unger, J., 2009, Computing continuous sky view factors using 3D urban raster and vector databases: comparison and application to urban climate, *Theoretical Applied Climatology*, 95 (1), 111-123.
- Gartland, L. M., 2008, Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas, Routledge, p.
- Georgakis, C., Zoras, S. ve Santamouris, M., 2014, Studying the effect of “cool” coatings in street urban canyons and its potential as a heat island mitigation technique, *Sustainable Cities Society*, 13, 20-31.
- Gerçek, D. ve Bayraktar, N. T., 2014, Kentsel ısı adası etkisinin uzaktan algılama ile tespiti ve değerlendirilmesi, İzmit kenti örneği. 5. Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu (UZAL-CBS). İstanbul.
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U. ve Ghaffarianhoseini, A., 2015, Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates, *Building and Environment*, 87, 154-168.
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A. ve Al-Obaidi, K., 2019, Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia, *Science of the Total Environment*, 666, 1327-1345.
- Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N. ve Becker, S., 2003, Outdoor comfort research issues, *Energy and Buildings*, 35 (1), 77-86.
- Golany, G. S., 1996, Urban design morphology and thermal performance, *Atmospheric Environment*, 30 (3), 455-465.
- Golasi, I., Salata, F., de Lieto Vollaro, E. ve Coppi, M., 2018, Complying with the demand of standardization in outdoor thermal comfort: a first approach to the Global Outdoor Comfort Index (GOCl), *Building and Environment*, 130, 104-119.
- Gómez-Baggethun, E. ve Barton, D. N., 2013, Classifying and valuing ecosystem services for urban planning, *Ecological economics*, 86, 235-245.
- Gong, F.-Y., Zeng, Z.-C., Zhang, F., Li, X., Ng, E. ve Norford, L. K., 2018, Mapping sky, tree, and building view factors of street canyons in a high-density urban environment, *Building Environment*, 134, 155-167.

- Gong, F.-Y., Zeng, Z.-C., Ng, E. ve Norford, L. K., 2019, Spatiotemporal patterns of street-level solar radiation estimated using Google Street View in a high-density urban environment, *Building Environment*, 148, 547-566.
- Göksu, Ç., 1993, Güneş ve Kent, *Ankara*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayını, p.
- Grimmond, C. S. B., 1988, An Evapotranspiration-Interception Model For Urban Areas, *The Univeristy of British Columbia*, Vancouver, Canada.
- Grimmond, C. S. B., Potter, S. K., Zutter, H. N. ve Souch, C., 2001, Rapid methods to estimate sky-view factors applied to urban areas, *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 21 (7), 903-913.
- Gulyás, Á., Unger, J. ve Matzarakis, A., 2006, Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements, *Building and Environment*, 41 (12), 1713-1722.
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J. ve Kershaw, T., 2017, Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity, *Science of the Total Environment*, 584, 1040-1055.
- Guo, R., Gao, Y., Zhuang, C., Heiselberg, P., Levinson, R., Zhao, X. ve Shi, D., 2020, Optimization of cool roof and night ventilation in office buildings: A case study in Xiamen, China, *Renewable Energy*, 147, 2279-2294.
- Gusson, C. S. ve Duarte, D. H. S., 2016, Effects of built density and urban morphology on urban microclimate-calibration of the model ENVI-met V4 for the subtropical Sao Paulo, Brazil, *Procedia Engineering*, 169, 2-10.
- Gustavsson, T. ve Bogren, J., 1991, Infrared thermography in applied road climatological studies, *International journal of remote sensing*, 12 (9), 1811-1828.
- Gülten, A., 2014, Kentsel yüzeylerde ısı adası etkisinin simülasyon yöntemi ile araştırılması, Doktora, *Fırat Üniversitesi*, Elazığ.
- Güneş, C., Pekkan, E. ve Muammer, T., 2021, Eskişehir Kent Merkezinde Yer Alan Üniversite Kampüslerindeki Kentsel Isı Adası Etkilerinin Landsat-8 Uydu Görüntüleri Üzerinden Araştırılması, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4 (1), 22-32.
- Hakim, A. A., Petrovitch, H., Burchfiel, C. M., Ross, G. W., Rodriguez, B. L., White, L. R., Yano, K., Curb, J. D. ve Abbott, R. D., 1998, Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men, *New England Journal of Medicine*, 338 (2), 94-99.
- Hämmerle, M., Gál, T., Unger, J. ve Matzarakis, A., 2011, Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations, *Building Theoretical Applied Climatology*, 105 (3), 521-527.
- Hart, M. ve De Dear, R., 2004, Weather sensitivity in household appliance energy end-use, *Energy and Buildings*, 36 (2), 161-174.
- Hass-Klau, C., 1993, Impact of pedestrianization and traffic calming on retailing, *Transport Policy*, 1 (1), 21-31.
- Hassid, S., Santamouris, M. N. A. N. C., Papanikolaou, N., Linardi, A., Klitsikas, N., Georgakis, C. ve Assimakopoulos, D. N., 2000, The effect of the Athens heat island on air conditioning load, *Energy and Buildings*, 32 (2), 131-141.
- He, X., Gao, W. ve Wang, R., 2021, Impact of urban morphology on the microclimate around elementary schools: A case study from Japan, *Building and Environment*, 206, 108383.
- He, X., Gao, W., Wang, R. ve Yan, D., 2023, Study on outdoor thermal comfort of factory areas during winter in hot summer and cold winter zone of China, *Building and Environment*, 228, 109883.

- Heaviside, C., Macintyre, H. ve Vardoulakis, S., 2017, The urban heat island: implications for health in a changing environment, *Current Environmental Health Reports*, 4 (3), 296-305.
- Hedquist, B. C. ve Brazel, A. J., 2014, Seasonal variability of temperatures and outdoor human comfort in Phoenix, Arizona, USA, *Building and Environment*, 72, 377-388.
- Herath, H. M. P. I. K., Halwatura, R. U. ve Jayasinghe, G. Y., 2018a, Modeling a tropical urban context with green walls and green roofs as an urban heat island adaptation strategy, *Procedia Engineering*, 212, 691-698.
- Herath, H. M. P. I. K., Halwatura, R. U. ve Jayasinghe, G. Y., 2018b, Evaluation of green infrastructure effects on tropical Sri Lankan urban context as an urban heat island adaptation strategy, *Urban Forestry and Urban Greening*, 29, 212-222.
- Hirano, Y. ve Fujita, T., 2012, Evaluation of the impact of the urban heat island on residential and commercial energy consumption in Tokyo, *Energy and Buildings*, 37 (1), 371-383.
- Howard, L., 1833, The climate of London: deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it, Harvey and Darton, J. and A. Arch, Longman, Hatchard, S. Highley [and] R. Hunter, p.
- Höppe, P., 1997, Aspects of human biometeorology in past, present and future, *International journal of biometeorology*, 40 (1), 19-23.
- Höppe, P., 1999, The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, *International journal of biometeorology*, 43 (2), 71-75.
- Huynh, C. ve Eckert, R., 2012, Reducing heat and improving thermal comfort through urban design—A case study in Ho Chi Minh city, *International Journal of Environmental Science Development*, 3 (5), 480.
- Hwang, R.-L., Lin, T.-P. ve Matzarakis, A., 2011, Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort, *Building Environment*, 46 (4), 863-870.
- Hye-Sook, P., 1987, Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments, *Environmental Research Center Papers*, 11.
- Ibrahim, Y., Kershaw, T., Shepherd, P. ve Elwy, I., 2021, A parametric optimisation study of urban geometry design to assess outdoor thermal comfort, *Sustainable Cities and Society*, 75, 103352.
- Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E. ve 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.
- IPCC, 2002, Report of the Nineteenth Session of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Geneva, 17-20 (am only) April 2002*.
- Irger, M., 2014, The effect of urban form on urban microclimate, *Faculty of Built Environment, University of New South Wales*.
- Jamei, E. ve Rajagopalan, P., 2017, Urban development and pedestrian thermal comfort in Melbourne, *Solar Energy*, 144, 681-698.
- Jendritzky, G., de Dear, R. ve Havenith, G., 2012, UTCI—why another thermal index?, *International journal of biometeorology*, 56, 421-428.
- Jia, S. ve Wang, Y., 2021, Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong, *Building and Environment*, 201, 107988.

- Jin, C., Bai, X., Luo, T. ve Zou, M., 2018, Effects of green roofs' variations on the regional thermal environment using measurements and simulations in Chongqing, China, *Urban Forestry and Urban Greening*, 29, 223-237.
- Jin, M., Li, J., Wang, C. ve Shang, R., 2015, A practical split-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat-8 data and a case study of an urban area in China, *Remote sensing*, 7 (4), 4371-4390.
- Johansson, E., 2006, Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco, *Building Environment*, 41 (10), 1326-1338.
- Johansson, E. ve Emmanuel, R., 2006, The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka, *International journal of biometeorology*, 51 (2), 119-133.
- Johansson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R. ve Krüger, E., 2014, Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies–The need for standardization, *Urban Climate*, 10, 346-366.
- Johnson, G. T. ve Watson, I. D., 1984, The determination of view-factors in urban canyons, *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 23 (2), 329-335.
- Joudi, A., Svedung, H., Cehlin, M. ve Rönnelid, M., 2013, Reflective coatings for interior and exterior of buildings and improving thermal performance, *Applied energy*, 103, 562-570.
- Kaloustian, N. ve Bechtel, B., 2016, Local climatic zoning and urban heat island in Beirut, *Procedia Engineering*, 169, 216-223.
- Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H. ve Norouzian-Maleki, S., 2020, Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park, *Energy Reports*, 6, 1670-1684.
- Karimimoshaver, M. ve Shahrak, M. S., 2022, The effect of height and orientation of buildings on thermal comfort, *Sustainable Cities and Society*, 79, 103720.
- Khalili, S., Fayaz, R. ve Zolfaghari, S. A., 2022, Analyzing outdoor thermal comfort conditions in a university campus in hot-arid climate: A case study in Birjand, Iran, *Urban Climate*, 43, 101128.
- Kim, Y., Yu, S., Li, D., Gatson, S. N. ve Brown, R. D., 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.
- Kimothi, S., Thapliyal, A., Gehlot, A., Aledaily, A. N., Bilandi, N., Singh, R., Malik, P. K. ve Akram, S. V., 2023, Spatio-temporal fluctuations analysis of land surface temperature (LST) using Remote Sensing data (Landsat TM5/8) and multifractal technique to characterize the urban heat Islands (UHIs), *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, 102956.
- Kleerekoper, L., Van Esch, M. ve Salcedo, T. B., 2012, How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect, *Resources, Conservation, Recycling*, 64, 30-38.
- Knez, I. ve Thorsson, S., 2008, Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons, *Building and Environment*, 43 (9), 1483-1490.
- Knez, I., Thorsson, S., Eliasson, I. ve Lindberg, F., 2009, Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model, *International journal of biometeorology*, 53 (1), 101-111.
- Koçak, K., 2009, İklim değişiminde insan faktörü, *İTÜ Meteoroloji Bölümü*.

- Kolokotroni, M., Giannitsaris, I. ve Watkins, R., 2006, The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies, *Solar Energy*, 80 (4), 383-392.
- Kolokotroni, M., Zhang, Y. ve Watkins, R., 2007, The London Heat Island and building cooling design, *Solar Energy*, 81 (1), 102-110.
- Kolokotroni, M., Shittu, E., Santos, T., Ramowski, L., Mollard, A., Rowe, K., Wilson, E., de Brito Filho, J. P., Novieto, D. ve Buildings, 2018, Cool roofs: High tech low cost solution for energy efficiency and thermal comfort in low rise low income houses in high solar radiation countries, *Energy buildings*, 176, 58-70.
- Kong, F., Yin, H., Wang, C., Cavan, G. ve James, P., 2014, A satellite image-based analysis of factors contributing to the green-space cool island intensity on a city scale, *Urban Forestry Urban Greening*, 13 (4), 846-853.
- Kotharkar, R., Bagade, A. ve Singh, P. R., 2020, A systematic approach for urban heat island mitigation strategies in critical local climate zones of an Indian city, *Urban Climate*, 34, 100701.
- Kovats, R. S. ve Hajat, S., 2008, Heat stress and public health: a critical review, *Annu. Rev. Public Health*, 29, 41-55.
- Köppen, W., Volken, E. ve Brönnimann, S., 2011, The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world (Translated from: Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet, *Meteorol Z* 1884, 1, 215-226), *Meteorologische Zeitschrift*, 20 (3), 351-360.
- Krayenhoff, E. S., Broadbent, A. M., Zhao, L., Georgescu, M., Middel, A., Voogt, J. A., Martilli, A., Sailor, D. J. ve Erell, E., 2021, Cooling hot cities: a systematic and critical review of the numerical modelling literature, *Environmental Research Letters*, 16 (5), 053007.
- Kum, G. ve Kılıç, S., 2014, Şehirleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi: Gaziantep örneği, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (6), 21-42.
- Kuşçu Şimşek, Ç., 2013, İstanbul'da kentsel iklim üzerine antropojenik etkiler: Kent ısı adalarının incelenmesi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 238.
- Kuttler, W., 2011, Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Climate change in urban areas, Part 1, Effects, *Environmental Sciences Europe*, 23 (11), 1-12.
- Kyriakodis, G. E. ve Santamouris, M. J. U. C., 2018, Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates-Results from a large scale urban mitigation project, *Urban Climate*, 24, 326-339.
- Lai, D., Guo, D., Hou, Y., Lin, C. ve Chen, Q., 2014, Studies of outdoor thermal comfort in northern China, *Building and Environment*, 77, 110-118.
- Lam, C. K. C., Weng, J., Liu, K. ve Hang, J., 2023, The effects of shading devices on outdoor thermal and visual comfort in Southern China during summer, *Building and Environment*, 228, 109743.
- Lan, H., Lau, K. K.-L., Shi, Y. ve Ren, C., 2021, Improved urban heat island mitigation using bioclimatic redevelopment along an urban waterfront at Victoria Dockside, Hong Kong, *Sustainable Cities Society*, 74, 103172.
- Landsberg, H. E., 1981, The urban climate, Academic press, p.
- Lau, K. K.-L., Chung, S. C. ve Ren, C., 2019, Outdoor thermal comfort in different urban settings of sub-tropical high-density cities: An approach of adopting local climate zone (LCZ) classification, *Building & Environment*, 154, 227-238.

- Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R. ve Pétrissans, M., 2015, Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements, *Building Environment*, 83, 39-49.
- Lee, H. ve Mayer, H., 2016, Validation of the mean radiant temperature simulated by the RayMan software in urban environments, *International journal of biometeorology*, 60, 1775-1785.
- Lee, H. ve Mayer, H., 2018, Thermal comfort of pedestrians in an urban street canyon is affected by increasing albedo of building walls, *International journal of biometeorology*, 62 (7), 1199-1209.
- Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A. ve Hugo, G., 2007, Walkability of local communities: using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes, *Health Place*, 13 (1), 111-122.
- Levinson, R., Akbari, H. ve Reilly, J. C., 2007, Cooler tile-roofed buildings with near-infrared-reflective non-white coatings, *Building Environment*, 42 (7), 2591-2605.
- Li, G., Ren, Z. ve Zhan, C., 2020, Sky View Factor-based correlation of landscape morphology and the thermal environment of street canyons: A case study of Harbin, China, *Building Environment*, 169, 106587.
- Li, W., Putra, S. Y. ve Yang, P. P.-J., 2004, Climatic Performance of 3D Urban Geometry: GIS-Based Analyses on Sky View Factor Patterns. IUPEA6 (International Union of Pure and Applied Physics). Louisville.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M. ve Li, X., 2017, The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States, *Science of the Total Environment*, 605, 426-435.
- Li, X., Ratti, C. ve Seiferling, I., 2018, Quantifying the shade provision of street trees in urban landscape: A case study in Boston, USA, using Google Street View, *Landscape Urban Planning*, 169, 81-91.
- Li, Y.-y., Zhang, H. ve Kainz, W., 2012, Monitoring patterns of urban heat islands of the fast-growing Shanghai metropolis, China: Using time-series of Landsat TM/ETM+ data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 127-138.
- Liang, J., Gong, J., Sun, J. ve Liu, J., 2017, A customizable framework for computing sky view factor from large-scale 3D city models, *Energy buildings*, 149, 38-44.
- Liang, T., He, J., Chen, L., Yao, Z., Zhang, L., Che, H. ve Gong, S., 2021, Simulation of the influence of a fine-scale urban underlying surface on the urban heat island effect in Beijing, *Atmospheric Research*, 262, 105786.
- Liang, X., Tian, W., Li, R., Niu, Z., Yang, X., Meng, X., Jin, L. ve Yan, J., 2019, Numerical investigations on outdoor thermal comfort for built environment: Case study of a Northwest campus in China, *10th International Conference on Applied Energy (ICAE2018)*, Hong Kong, China, 6557-6563.
- Lin, T.-P., 2009, Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions, *Building and Environment*, 44 (10), 2017-2026.
- Lin, T.-P., Matzarakis, A. ve Hwang, R.-L., 2010, Shading effect on long-term outdoor thermal comfort, *Building and Environment*, 45 (1), 213-221.
- Lin, T.-P., Tsai, K.-T., Hwang, R.-L. ve Matzarakis, A., 2012, Quantification of the effect of thermal indices and sky view factor on park attendance, *Landscape Urban Planning*, 107 (2), 137-146.
- Lin, Y., Jin, Y. ve Jin, H., 2022, Effects of different exercise types on outdoor thermal comfort in a severe cold city, *Journal of Thermal Biology*, 109, 103330.

- Lindberg, F. ve Grimmond, C. S. B., 2011, Nature of vegetation and building morphology characteristics across a city: influence on shadow patterns and mean radiant temperatures in London, *Urban Ecosystems*, 14 (4), 617-634.
- Liu, H., Lim, J. Y., Thet, B. W. H., Lai, P.-Y. ve Koh, W. S., 2022, Evaluating the impact of tree morphologies and planting densities on outdoor thermal comfort in tropical residential precincts in Singapore, *Building and Environment*, 221, 109268.
- Lobaccaro, G. ve Acero, J. A., 2015, Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons, *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Lontorfos, V., Efthymiou, C. ve Santamouris, M., 2018, On the time varying mitigation performance of reflective geoengineering technologies in cities, *Renewable Energy*, 115, 926-930.
- López-Cabeza, V. P., Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C. ve Roa-Fernández, J., 2018, Courtyard microclimate ENVI-met outputs deviation from the experimental data, *Building and Environment*, 144, 129-141.
- Lynn, B. H., Carlson, T. N., Rosenzweig, C., Goldberg, R., Druyan, L., Cox, J., Gaffin, S., Parshall, L. ve Civerolo, K., 2009, A modification to the NOAA LSM to simulate heat mitigation strategies in the New York City metropolitan area, *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 48 (2), 199-216.
- Lyu, T., Buccolieri, R. ve Gao, Z., 2019, A numerical study on the correlation between sky view factor and summer microclimate of local climate zones, *Atmosphere*, 10 (8), 438.
- Ma, X., Fukuda, H., Zhou, D. ve Wang, M., 2019, Study on outdoor thermal comfort of the commercial pedestrian block in hot-summer and cold-winter region of southern China-a case study of The Taizhou Old Block, *Tourism Management*, 75, 186-205.
- Ma, X., Leung, T. M., Chau, C. K. ve Yung, E. H. K., 2022, Analyzing the influence of urban morphological features on pedestrian thermal comfort, *Urban Climate*, 44, 101192.
- Ma, X., Song, L., Hong, B., Li, Y. ve Li, Y., 2023, Relationships between EEG and thermal comfort of elderly adults in outdoor open spaces, *Building and Environment*, 110212.
- Mahmoud, R. M. A. ve Abdallah, A. S. H., 2022, Assessment of outdoor shading strategies to improve outdoor thermal comfort in school courtyards in hot and arid climates, *Sustainable Cities and Society*, 86, 104147.
- Maleki, A. ve Mahdavi, A., 2016, Evaluation of urban heat islands mitigation strategies using 3dimensional urban micro-climate model ENVI-met, *Asian Journal of Civil Engineering (BHRC)*, 17, 357-371.
- Mandal, J., Patel, P. P. ve Samanta, S., 2022, Examining the expansion of Urban Heat Island effect in the Kolkata Metropolitan Area and its vicinity using multi-temporal MODIS satellite data, *Advances in Space Research*, 69 (5), 1960-1977.
- Manning, W. J., 2008, Plants in urban ecosystems: Essential role of urban forests in urban metabolism and succession toward sustainability, *The International Journal of Sustainable Development World Ecology*, 15 (4), 362-370.
- Martin, P., Baudouin, Y. ve Gachon, P., 2015, An alternative method to characterize the surface urban heat island, *International journal of biometeorology*, 59 (7), 849-861.
- Martins, T. A. L., Adolphe, L., Bonhomme, M., Bonneaud, F., Faraut, S., Ginestet, S., Michel, C. ve Guyard, W., 2016, Impact of Urban Cool Island measures on

- outdoor climate and pedestrian comfort: Simulations for a new district of Toulouse, France, *Sustainable Cities and Society*, 26, 9-26.
- Mathew, A., Khandelwal, S., Kaul, N. ve Society, 2016, Spatial and temporal variations of urban heat island effect and the effect of percentage impervious surface area and elevation on land surface temperature: Study of Chandigarh city, India, *Sustainable Cities*, 26, 264-277.
- Matzarakis, A. ve Mayer, H., 1996, Another kind of environmental stress: thermal stress, *WHO Newsletter*, 18 (January 1996), 7-10.
- Matzarakis, A., Rutz, F. ve Mayer, H., 2006, Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model, *International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 449-453.
- Matzarakis, A., Rutz, F. ve Mayer, H., 2007, Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, *International journal of biometeorology*, 51 (4), 323-334.
- Matzarakis, A. ve Matuschek, O., 2011, Sky view factor as a parameter in applied climatology-rapid estimation by the SkyHelios model, *Meteorologische Zeitschrift*, 20 (1), 39.
- Mavrogianni, A., Davies, M., Batty, M., Belcher, S. E., Bohnenstengel, S. I., Carruthers, D., Chalabi, Z., Croxford, B., Demanuele, C. ve Evans, S., 2011, The comfort, energy and health implications of London's urban heat island, *Building Services Engineering Research Technology*, 32 (1), 35-52.
- Mayer, H. ve Höpfe, P., 1987, Thermal comfort of man in different urban environments, *Theoretical Applied Climatology*, 38 (1), 43-49.
- McGregor, G. R., 2012, Human biometeorology, *Progress in Physical geography*, 36 (1), 93-109.
- Menberg, K., Bayer, P., Zosseder, K., Rumohr, S. ve Blum, P., 2013, Subsurface urban heat islands in German cities, *Science of the Total Environment*, 442, 123-133.
- Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A. ve Guhathakurta, S., 2014, Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones, *Landscape Urban Planning*, 122, 16-28.
- Middel, A., Lukasczyk, J., Maciejewski, R., Demuzere, M. ve Roth, M., 2018, Sky View Factor footprints for urban climate modeling, *Urban Climate*, 25, 120-134.
- Middel, A., Turner, V. K., Schneider, F. A., Zhang, Y. ve Stiller, M., 2020, Solar reflective pavements—a policy panacea to heat mitigation?, *Environmental Research Letters*, 15 (6), 064016.
- Millstein, D. ve Menon, S., 2011, Regional climate consequences of large-scale cool roof and photovoltaic array deployment, *Environmental Research Letters*, 6 (3), 034001.
- Mirzabeigi, S. ve Razkenari, M., 2022, Design optimization of urban typologies: A framework for evaluating building energy performance and outdoor thermal comfort, *Sustainable Cities and Society*, 76, 103515.
- Mohammad, P., Aghlmand, S., Fadaei, A., Gachkar, S., Gachkar, D. ve Karimi, A., 2021, Evaluating the role of the albedo of material and vegetation scenarios along the urban street canyon for improving pedestrian thermal comfort outdoors, *Urban Climate*, 40, 100993.
- Mohammadzadeh, N., Karimi, A. ve Brown, R. D., 2023, The influence of outdoor thermal comfort on acoustic comfort of urban parks based on plant communities, *Building and Environment*, 228, 109884.

- Monteiro, F. F., Gonçalves, W. A., Andrade, L. d. M. B., Villavicencio, L. M. M. ve dos Santos Silva, C. M., 2021, Assessment of Urban Heat Islands in Brazil based on MODIS remote sensing data, *Urban Climate*, 35, 100726.
- Monteiro, M. V., Doick, K. J., Handley, P. ve Peace, A., 2016, The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air temperature cooling in London, *Urban Forestry Urban Greening*, 16, 160-169.
- Montgomery, M. R., Stren, R., Cohen, B. ve Reed, H. E., 2003, Cities transformed: demographic change and its implications in the developing world, Routledge, p.
- Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K.-L., Yuan, C. ve Ng, E., 2017a, A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort, *Building and Environment*, 115, 1-17.
- Morakinyo, T. E., Dahanayake, K. W. D. K. C., Ng, E. ve Chow, C. L., 2017b, Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study, *Energy and Buildings*, 145, 226-237.
- Morakinyo, T. E., Lai, A., Lau, K. K.-L. ve Ng, E., 2019, Thermal benefits of vertical greening in a high-density city: Case study of Hong Kong, *Urban Forestry and Urban Greening*, 37, 42-55.
- Morini, E., Touchaei, A. G., Rossi, F., Cotana, F. ve Akbari, H., 2018, Evaluation of albedo enhancement to mitigate impacts of urban heat island in Rome (Italy) using WRF meteorological model, *Urban Climate*, 24, 551-566.
- Motie, M. B., Yeganeh, M. ve Bemanian, M., 2023, Assessment of greenery in urban canyons to enhance thermal comfort & air quality in an integrated seasonal model, *Applied Geography*, 151, 102861.
- Muniz-Gaal, L. P., Pezzuto, C. C., de Carvalho, M. F. H. ve Mota, L. T. M., 2020, Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate, *Building and Environment*, 169, 106547.
- Muñoz, D., Beckers, B., Besuievsky, G. ve Patow, G., 2018, A technique for massive sky view factor calculations in large cities, *International journal of remote sensing*, 39 (12), 4040-4058.
- Murphy, D. J., Hall, M. H., Hall, C. A. S., Heisler, G. M., Stehman, S. V. ve Anselmi-Molina, C., 2011, The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico, *International journal of climatology*, 31 (8), 1222-1239.
- Najah, F. T., Abdullah, S. F. K. ve Abdulkareem, T. A., 2023, Urban Land Use Changes: Effect of Green Urban Spaces Transformation on Urban Heat Islands in Baghdad, *Alexandria Engineering Journal*, 66, 555-571.
- Nasrollahi, N., Hatami, Z. ve Taleghani, M., 2017, Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; A case study in Isfahan, *Building & Environment*, 125, 356-372.
- Nasrollahi, N., Namazi, Y. ve Taleghani, M., 2021, The effect of urban shading and canyon geometry on outdoor thermal comfort in hot climates: A case study of Ahvaz, Iran, *Sustainable Cities and Society*, 65, 102638.
- Nations, U., 2015, World urbanization prospects: The 2014 revision, *UN, DESA United Nations Department of Economics Social Affairs, Population Division: New York, NY, USA*.
- Nations, U., 2019, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. UN Department of Economic, Social Affairs Population Division, United Nations New York, NY, USA.

- Nazarian, N., Dumas, N., Kleissl, J. ve Norford, L., 2019, Effectiveness of cool walls on cooling load and urban temperature in a tropical climate, *Energy and Buildings*, 187, 144-162.
- Ng, E., Chen, L., Wang, Y. ve Yuan, C., 2012, A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong, *Building Environment*, 47, 256-271.
- Nikolopoulou, M., Baker, N. ve Steemers, K., 2001, Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter, *Solar Energy*, 70 (3), 227-235.
- Nikolopoulou, M. ve Steemers, K., 2003, Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces, *Energy and Buildings*, 35 (1), 95-101.
- Nikolopoulou, M. ve Lykoudis, S., 2006, Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries, *Building and Environment*, 41 (11), 1455-1470.
- Noro, M. ve Lazzarin, R., 2015, Urban heat island in Padua, Italy: Simulation analysis and mitigation strategies, *Urban Climate*, 14, 187-196.
- Nösberger, J., Long, S. P., Norby, R. J., Stitt, M., Hendrey, G. R. ve Blum, H., 2006, *Managed ecosystems and CO₂: case studies, processes, and perspectives*, Springer Science & Business Media, p.
- O'Malley, C. ve Kikumoto, H., 2022, An investigation into heat storage by adopting local climate zones and nocturnal-diurnal urban heat island differences in the Tokyo Prefecture, *Sustainable Cities and Society*, 83, 103959.
- Oke, T. R., 1973, City size and the urban heat island, *Atmospheric Environment*, 7 (8), 769-779.
- Oke, T. R., 1981, Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations, *Journal of climatology*, 1 (3), 237-254.
- Oke, T. R., 1982, The energetic basis of the urban heat island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (455), 1-24.
- Oke, T. R., 1988a, Street design and urban canopy layer climate, *Energy buildings*, 11 (1-3), 103-113.
- Oke, T. R., 1988b, The urban energy balance, *Progress in Physical geography*, 12 (4), 471-508.
- Oke, T. R., 1989, The micrometeorology of the urban forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 324 (1223), 335-349.
- Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G. ve Watson, I. D., 1991, Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night part 2: Diagnosis of causation, *Boundary-Layer Meteorology*, 56 (4), 339-358.
- Oke, T. R., 2002, *Boundary layer climates*, Routledge, p.
- Oke, T. R., 2004, Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.
- Oke, T. R., 2006, Towards better scientific communication in urban climate, *Theoretical Applied Climatology*, 84 (1), 179-190.
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A. ve Voogt, J. A., 2017, *Urban climates*, Cambridge University Press, p.
- Owen, T. W., Carlson, T. N. ve Gillies, R. R., 1998, An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization, *International journal of remote sensing*, 19 (9), 1663-1681.

- Ozkeresteci, I., Crewe, K., Brazel, A. J. ve Bruse, M., 2003, Use and evaluation of the ENVI-met model for environmental design and planning: an experiment on linear parks, *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa*, 10-16.
- Paravantis, J., Santamouris, M., Cartalis, C., Efthymiou, C. ve Kontoulis, N., 2017, Mortality associated with high ambient temperatures, heatwaves, and the urban heat island in Athens, Greece, *Sustainability*, 9 (4), 606.
- Pastore, L., Corrao, R. ve Heiselberg, P. K., 2017, The effects of vegetation on indoor thermal comfort: The application of a multi-scale simulation methodology on a residential neighborhood renovation case study, *Energy and Buildings*, 146, 1-11.
- Pearlmutter, D., Berliner, P. ve Shaviv, E., 2006, Physical modeling of pedestrian energy exchange within the urban canopy, *Building and Environment*, 41 (6), 783-795.
- Peng, L. L. H. ve Jim, C. Y., 2013, Green-roof effects on neighborhood microclimate and human thermal sensation, *Energies*, 6 (2), 598-618.
- Peng, X., Zhou, Y., Fu, X. ve Xu, J., 2022, Study on the spatial-temporal pattern and evolution of surface urban heat island in 180 shrinking cities in China, *Sustainable Cities and Society*, 84, 104018.
- Peron, F., De Maria, M. M., Spinazzè, F. ve Mazzali, U., 2015, An analysis of the urban heat island of Venice mainland, *Sustainable Cities Society*, 19, 300-309.
- Piselli, C., Castaldo, V. L., Pigliautile, I., Pisello, A. L. ve Cotana, F., 2018, Outdoor comfort conditions in urban areas: On citizens' perspective about microclimate mitigation of urban transit areas, *Sustainable Cities and Society*, 39, 16-36.
- Pisello, A. L. ve Cotana, F., 2014, The thermal effect of an innovative cool roof on residential buildings in Italy: Results from two years of continuous monitoring, *Energy Building*, 69, 154-164.
- Pisello, A. L., 2017, State of the art on the development of cool coatings for buildings and cities, *Solar Energy*, 144, 660-680.
- Pisello, A. L., Castaldo, V. L., Piselli, C., Fabiani, C. ve Cotana, F., 2017, Thermal performance of coupled cool roof and cool façade: Experimental monitoring and analytical optimization procedure, *Energy buildings*, 157, 35-52.
- Pomerantz, M., B., P., H., A. ve S.C., C., 2000, The effect of pavements' temperatures on air temperatures in large cities, *Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720*.
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T.-P. ve Matzarakis, A., 2018, Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification, *Science of the Total Environment*, 631, 390-406.
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T.-P. ve Matzarakis, A., 2022, A systematic review advocating a framework and benchmarks for assessing outdoor human thermal perception, *Science of the Total Environment*, 155128.
- Qaid, A., Lamit, H. B., Ossen, D. R. ve Rasidi, M. H., 2018, Effect of the position of the visible sky in determining the sky view factor on micrometeorological and human thermal comfort conditions in urban street canyons, *Theoretical Applied Climatology*, 131 (3), 1083-1100.
- Qin, Y., 2015, Urban canyon albedo and its implication on the use of reflective cool pavements, *Energy buildings*, 96, 86-94.
- Rajabi, T. ve Abu-Hijleh, B., 2014, The study of vegetation effects on reduction of urban heat Island in Dubai, *World SB*, 4.

- Ren, L., Wang, W., Wang, J. ve Liu, R., 2015, Analysis of energy consumption and carbon emission during the urbanization of Shandong Province, China, *Journal of Cleaner Production*, 103, 534-541.
- Renc, A., Łupikasza, E. ve Błaszczyk, M., 2022, Spatial structure of the surface heat and cold islands in summer based on Landsat 8 imagery in southern Poland, *Ecological Indicators*, 142, 109181.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C. ve Chunho, L. I. U., 2008, A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of environmental sciences*, 20 (1), 120-128.
- Robine, J.-M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P. ve Herrmann, F. R., 2008, Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003, *Comptes Rendus Biologies*, 331 (2), 171-178.
- Robitu, M., Musy, M., Inard, C. ve Groleau, D., 2006, Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate, *Solar Energy*, 80 (4), 435-447.
- Romeo, C. ve Zinzi, M., 2013, Impact of a cool roof application on the energy and comfort performance in an existing non-residential building. A Sicilian case study, *Energy buildings*, 67, 647-657.
- Rosado, P. J. ve Levinson, R., 2019, Potential benefits of cool walls on residential and commercial buildings across California and the United States: Conserving energy, saving money, and reducing emission of greenhouse gases and air pollutants, *Energy buildings*, 199, 588-607.
- Rosenfeld, A., 1996, Policies to reduce heat islands: magnitudes of benefits and incentives to achieve them.
- Roshan, G., Almomenin, H. S., da Silveira Hirashima, S. Q. ve Attia, S., 2019, Estimate of outdoor thermal comfort zones for different climatic regions of Iran, *Urban Climate*, 27, 8-23.
- Rosheidat, A. ve Bryan, H., 2010, Optimizing the effect of vegetation for pedestrian thermal comfort and urban heat island mitigation in a hot arid urban environment, *Proceedings of SimBuild*, 4 (1), 230-237.
- Rossi, F., Pisello, A. L., Nicolini, A., Filippini, M. ve Palombo, M., 2014, Analysis of retro-reflective surfaces for urban heat island mitigation: A new analytical model, *Applied energy*, 114, 621-631.
- Rosso, F., Pisello, A. L., Cotana, F. ve Ferrero, M., 2016, On the thermal and visual pedestrians' perception about cool natural stones for urban paving: A field survey in summer conditions, *Building and Environment*, 107, 198-214.
- Roth, M., Oke, T. R. ve 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.
- Roth, M. ve Lim, V. H., 2017, Evaluation of canopy-layer air and mean radiant temperature simulations by a microclimate model over a tropical residential neighbourhood, *Building and Environment*, 112, 177-189.
- Rydin, Y., Bleahu, A., Davies, M., Dávila, J. D., Friel, S., De Grandis, G., Groce, N., Hallal, P. C., Hamilton, I. ve Howden-Chapman, P., 2012, Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century, *The Lancet*, 379 (9831), 2079-2108.
- Sabnis, G. M., 2015, Green building with concrete: sustainable design and construction, CRC Press, p.

- Sahoo, D. P., Sahoo, B. ve Tiwari, M. K., 2022, MODIS-Landsat fusion-based single-band algorithms for TSS and turbidity estimation in an urban-waste-dominated river reach, *Water Research*, 224, 119082.
- Sailor, D. J. ve Fan, H., 2002, Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities, *Atmospheric Environment*, 36 (4), 713-725.
- Sailor, D. J. ve Lu, L., 2004, A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas, *Atmospheric Environment*, 38 (17), 2737-2748.
- Sailor, D. J., 2011, A review of methods for estimating anthropogenic heat and moisture emissions in the urban environment, *International journal of climatology*, 31 (2), 189-199.
- Salamanca, F., Georgescu, M., Mahalov, A., Moustou, M., Wang, M. ve Svoma, B. M., 2013, Assessing summertime urban air conditioning consumption in a semiarid environment, *Environmental Research Letters*, 8 (3), 034022.
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, A. ve de Lieto Vollaro, R., 2015, How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study, *Energy and Buildings*, 99, 32-49.
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R. ve de Lieto Vollaro, A., 2016, Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy, *Building and Environment*, 96, 46-61.
- Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M. ve de Lieto Vollaro, A., 2017, Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment, *Sustainable Cities and Society*, 30, 79-96.
- Salman, A. M. ve Saleem, Y. M., 2021, The effect of Urban Heat Island mitigation strategies on outdoor human thermal comfort in the city of Baghdad, *Frontiers of Architectural Research*, 10 (4), 838-856.
- Salvati, A., Kolokotroni, M., Kotopouleas, A., Watkins, R., Giridharan, R. ve Nikolopoulou, M., 2022, Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates, *Building and Environment*, 207, 108459.
- Samaali, M., Courault, D., Bruse, M., Olioso, A. ve Ocelli, R., 2007, Analysis of a 3D boundary layer model at local scale: Validation on soybean surface radiative measurements, *Atmospheric Research*, 85 (2), 183-198.
- Santamouris, M., 2007, Heat island research in Europe: the state of the art, *Advances in building energy research*, 1 (1), 123-150.
- Santamouris, M., Synnefa, A. ve Karlessi, T., 2011, Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions, *Solar Energy*, 85 (12), 3085-3102.
- Santamouris, M., Gaitani, N., Spanou, A., Saliari, M., Giannopoulou, K., Vasilakopoulou, K. ve Kardomateas, T., 2012, Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas—Design realization and results of the flisvos project, *Building Environment*, 53, 128-136.
- Santamouris, M., 2014, Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, *Solar Energy*, 103, 682-703.
- Santamouris, M., 2015, Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions, *Science of the Total Environment*, 512, 582-598.

- Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A. ve Kolokotsa, D., 2015, On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review, *Energy and Buildings*, 98, 119-124.
- Santamouris, M., 2016, Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change, *Solar Energy*, 128, 61-94.
- Santamouris, M., Haddad, S., Fiorito, F., Osmond, P., Ding, L., Prasad, D., Zhai, X. ve Wang, R., 2017, Urban heat island and overheating characteristics in Sydney, Australia. An analysis of multiyear measurements, *Sustainability*, 9 (5), 712.
- Santamouris, M., Haddad, S., Saliari, M., Vasilakopoulou, K., Synnefa, A., Paolini, R., Ulpiani, G., Garshasbi, S. ve Fiorito, F., 2018, On the energy impact of urban heat island in Sydney: Climate and energy potential of mitigation technologies, *Energy and Buildings*, 166, 154-164.
- Sastri, M., Varma, H. K. ve Halve, V., 2017, Urban planning characteristics to mitigate climate change in context of urban heat island effect, *Environmental Management & Policy Research Institute (EMPRI)*, 82.
- Schwarz, N., Lautenbach, S. ve 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.
- Senanayake, I. P., Welivitiya, W. ve Nadeeka, P., 2013, Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data, *Urban Climate*, 5, 19-35.
- Shahidan, M., 2011, The potential optimum cooling effect of vegetation with ground surface physical properties modification in mitigating the urban heat island effect in Malaysia, *Cardiff University*.
- Shahidan, M. F., Jones, P. J., Gwilliam, J. ve Salleh, E., 2012, An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials, *Building Environment*, 58, 245-257.
- Sharmin, T., Steemers, K. ve Humphreys, M., 2019, Outdoor thermal comfort and summer PET range: A field study in tropical city Dhaka, *Energy and Buildings*, 198, 149-159.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. ve Erell, E., 2011, The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment, *International journal of climatology*, 31 (10), 1498-1506.
- Sheng, L., Tang, X., You, H., Gu, Q. ve Hu, H., 2017, Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and Landsat land surface temperature in Hangzhou, China, *Ecological Indicators*, 72, 738-746.
- Si, M., Li, Z.-L., Nerry, F., Tang, B.-H., Leng, P., Wu, H., Zhang, X. ve Shang, G., 2022, Spatiotemporal pattern and long-term trend of global surface urban heat islands characterized by dynamic urban-extent method and MODIS data, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 183, 321-335.
- Singh, M. ve Laefer, D. F., 2015, Recent trends and remaining limitations in urban microclimate models, *Open Urban Studies Demography Journal*, 1 (1).
- Singh, R. B., Grover, A. ve Zhan, J., 2014, Inter-seasonal variations of surface temperature in the urbanized environment of Delhi using Landsat thermal data, *Energies*, 7 (3), 1811-1828.
- Sinsel, T., Simon, H., Ouyang, W., dos Santos Gusson, C., Shinzato, P. ve Bruse, M., 2022, Implementation and evaluation of mean radiant temperature schemes in the microclimate model ENVI-met, *Urban Climate*, 45, 101279.

- Skelhorn, C., Lindley, S. ve Levermore, G., 2014, The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK, *Landscape and Urban Planning*, 121, 129-140.
- Smith, P. ve Henríquez, C., 2019, Perception of thermal comfort in outdoor public spaces in the medium-sized city of Chillán, Chile, during a warm summer, *Urban Climate*, 30, 100525.
- Sodoudi, S., Shahmohamadi, P., Vollaek, K., Cubasch, U. ve Che-Ani, A., 2014, Mitigating the urban heat island effect in megacity Tehran, *Advances in Meteorology*, 2014, 1-19.
- Somuncu, D. H., 2021, Kentsel ısı adası etkisinin yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılarak irdelenmesi: Ankara kent merkezi örneği, PhD, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 189.
- Son, N.-T., Chen, C.-F., Chen, C.-R., Thanh, B.-X. ve Vuong, T.-H., 2017, Assessment of urbanization and urban heat islands in Ho Chi Minh City, Vietnam using Landsat data, *Sustainable Cities and Society*, 30, 150-161.
- Song, B. ve Park, K., 2015, Contribution of greening and high-albedo coatings to improvements in the thermal environment in complex urban areas, *Advances in Meteorology*, 2015.
- Spagnolo, J. ve de Dear, R., 2003, A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia, *Building and Environment*, 38 (5), 721-738.
- Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C. ve Zerbe, S., 2021, Forehead temperatures as an indicator of outdoor thermal comfort and the influence of tree shade, *Urban Climate*, 39, 100965.
- Spronken-Smith, R. A. ve Oke, T. R., 1998, The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates, *International journal of remote sensing*, 19 (11), 2085-2104.
- Srivanit, M. ve Hokao, K., 2012, Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: An application for the city of Bangkok, Thailand, *Journal of Architectural/Planning Research Studies*, 9 (1), 83-100.
- Srivanit, M. ve Hokao, K., 2013, Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer, *Building and Environment*, 66, 158-172.
- Stathopoulou, M. ve Cartalis, C., 2007, Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece, *Solar Energy*, 81 (3), 358-368.
- Stewart, I. D., 2011, Redefining the urban heat island, *University of British Columbia Vancouver*.
- Stewart, I. D. ve Oke, T. R., 2012, Local climate zones for urban temperature studies, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (12), 1879-1900.
- Stone Jr, B. ve Rodgers, M. O., 2001, Urban form and thermal efficiency: how the design of cities influences the urban heat island effect, *American Planning Association. Journal of the American Planning Association*, 67 (2), 186.
- Streutker, D. R., 2003, A study of the urban heat island of Houston, Texas, Rice University, p.
- Sultana, S. ve Satyanarayana, A. N. V., 2020, Assessment of urbanisation and urban heat island intensities using landsat imageries during 2000–2018 over a sub-tropical Indian City, *Sustainable Cities and Society*, 52, 101846.

- Sun, C., Lian, W., Liu, L., Dong, Q. ve Han, Y., 2022, The impact of street geometry on outdoor thermal comfort within three different urban forms in severe cold region of China, *Building and Environment*, 222, 109342.
- Sun, R., Liu, J., Lai, D. ve Liu, W., 2023, Building form and outdoor thermal comfort: Inverse design the microclimate of outdoor space for a kindergarten, *Energy and Buildings*, 284, 112824.
- Synnefa, A., Santamouris, M. ve Livada, I., 2006, A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment, *Solar Energy*, 80 (8), 968-981.
- Synnefa, A., Santamouris, M. ve Akbari, H., 2007, Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions, *Energy buildings*, 39 (11), 1167-1174.
- Şimşek, Ç. K. ve Şengezer, B., 2012, İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi, *Megaron*, 116-128.
- Taha, H., Sailor, D. J. ve Akbari, H., 1992, High-albedo materials for reducing building cooling energy use.
- Taha, H., 1997a, Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat, *Energy buildings*, 25 (2), 99-103.
- Taha, H., 1997b, Modeling the impacts of large-scale albedo changes on ozone air quality in the South Coast Air Basin, *Atmospheric Environment*, 31 (11), 1667-1676.
- Taha, H., Kalkstein, L. S., Sheridan, S. C. ve Wong, E., 2004, The potential of urban environmental control in alleviating heat-wave health effects in five US regions, *Proceedings, 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology, American Meteorological Society*.
- Taha, H., Levinson, R., Moheg, A., Gilbert, H., Ban-Weiss, G. ve Chen, S., 2018, Air-temperature response to neighborhood-scale variations in albedo and canopy cover in the real world: Fine-resolution meteorological modeling and mobile temperature observations in the Los Angeles climate archipelago, *Climate*, 6 (2), 53.
- Tahbaz, M., 2011, Psychrometric chart as a basis for outdoor thermal analysis, *Iran University of Science Technology*, 21 (2), 95-109.
- Takebayashi, H. ve Moriyama, M., 2012, Relationships between the properties of an urban street canyon and its radiant environment: Introduction of appropriate urban heat island mitigation technologies, *Solar Energy*, 86 (9), 2255-2262.
- Taleb, D. ve Abu-Hijleh, B., 2013, Urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE, *Renewable Energy*, 50, 747-762.
- Taleghani, M., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A. ve Sailor, D. J., 2014, Heat in courtyards: A validated and calibrated parametric study of heat mitigation strategies for urban courtyards in the Netherlands, *Solar Energy*, 103, 108-124.
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M. ve Van Den Dobbelsteen, A., 2015, Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands, *Building Environment*, 83, 65-78.
- Taleghani, M., Sailor, D. ve Ban-Weiss, G. A., 2016, Micrometeorological simulations to predict the impacts of heat mitigation strategies on pedestrian thermal comfort in a Los Angeles neighborhood, *Environmental Research Letters*, 11 (2), 024003.
- Taleghani, M. ve Berardi, U., 2017, The effect of pavement characteristics on pedestrians' thermal comfort in Toronto, *Urban Climate*, 24, 449-459.

- Tan, C. L., Wong, N. H. ve Jusuf, S. K., 2013, Outdoor mean radiant temperature estimation in the tropical urban environment, *Building Environment*, 64, 118-129.
- Tan, C. L., Wong, N. H., Tan, P. Y., Jusuf, S. K. ve Chiam, Z. Q., 2015, Impact of plant evapotranspiration rate and shrub albedo on temperature reduction in the tropical outdoor environment, *Building Environment*, 94, 206-217.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A. J. ve Li, F., 2010, The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai, *International journal of biometeorology*, 54 (1), 75-84.
- Tan, M. ve Li, X., 2015, Quantifying the effects of settlement size on urban heat islands in fairly uniform geographic areas, *Habitat international*, 49, 100-106.
- Tan, Z., Lau, K. K.-L. ve Ng, E., 2017, Planning strategies for roadside tree planting and outdoor comfort enhancement in subtropical high-density urban areas, *Building and Environment*, 120, 93-109.
- Taniguchi, M., Burnett, W. C. ve Ness, G. D., 2008, Integrated research on subsurface environments in Asian urban areas, *Science of the Total Environment*, 404 (2-3), 377-392.
- Tariq, A., Mumtaz, F., Zeng, X., Baloch, M. Y. J. ve Moazzam, M. F. U., 2022, Spatio-temporal variation of seasonal heat islands mapping of Pakistan during 2000–2019, using day-time and night-time land surface temperatures MODIS and meteorological stations data, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 100779.
- Tayanc, M. ve Toros, H., 1997, Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey, *Climatic change*, 35 (4), 501-524.
- Teshnehdel, S., Akbari, H., Di Giuseppe, E. ve Brown, R. D., 2020, Effect of tree cover and tree species on microclimate and pedestrian comfort in a residential district in Iran, *Building & Environment*, 178, 106899.
- Theophilou, M. K. ve Serghides, D., 2015, Estimating the characteristics of the Urban Heat Island Effect in Nicosia, Cyprus, using multiyear urban and rural climatic data and analysis, *Energy buildings*, 108, 137-144.
- Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I. ve Holmer, B., 2007, Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting, *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 27 (14), 1983-1993.
- Todhunter, P. E., 1990, Microclimatic variations attributable to urban-canyon asymmetry and orientation, *Physical Geography*, 11 (2), 131-141.
- Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Tank, A. K., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J. A. ve Rusticucci, M., 2007, Observations: surface and atmospheric climate change, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Eds: Cambridge University Press, p.
- Tseliou, A., Koletsis, I., Pantavou, K., Thoma, E., Lykoudis, S. ve Tsiros, I. X., 2022, Evaluating the effects of different mitigation strategies on the warm thermal environment of an urban square in Athens, Greece, *Urban Climate*, 44, 101217.
- Tsilini, V., Papantoniou, S., Kolokotsa, D.-D. ve Maria, E.-A., 2015, Urban gardens as a solution to energy poverty and urban heat island, *Sustainable Cities and Society*, 14, 323-333.

- Tsoka, S., 2011, Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons: application au cas des écoquartiers, *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment [CSTB], Nantes*.
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, K. ve Theodosiou, T., 2017, Urban space's morphology and microclimatic analysis: A study for a typical urban district in the Mediterranean city of Thessaloniki, Greece, *Energy and Buildings*, 156, 96-108.
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A. ve Theodosiou, T., 2018, Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review, *Sustainable Cities Society*, 43, 55-76.
- Unger, J., 2004, Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach, *Climate Research*, 27 (3), 253-264.
- Unger, J., 2009, Connection between urban heat island and sky view factor approximated by a software tool on a 3D urban database, *International journal of environment pollution*, 36 (1-3), 59-80.
- Vardoulakis, E., Karamanis, D., Fotiadi, A. ve Mihalakakou, G., 2013, The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands, *Solar Energy*, 94, 128-144.
- Voogt, J. A. ve Oke, T. R., 2003, Thermal remote sensing of urban climates, *Remote sensing of environment*, 86 (3), 370-384.
- Voogt, J. A., 2004, Urban heat islands: hotter cities, *America Institute of Biological Sciences*.
- Wang, D., Chen, Y., Hu, L., Voogt, J. A., Gastellu-Etchegorry, J.-P. ve Krayenhoff, E. S., 2021, Modeling the angular effect of MODIS LST in urban areas: A case study of Toulouse, France, *Remote sensing of environment*, 257, 112361.
- Wang, H., Zhang, X. ve Skitmore, M., 2015, Implications for sustainable land use in high-density cities: Evidence from Hong Kong, *Habitat international*, 50, 23-34.
- Wang, Y. ve Akbari, H., 2014, Effect of sky view factor on outdoor temperature and comfort in Montreal, *Environmental Engineering Science*, 31 (6), 272-287.
- Wang, Y. ve Akbari, H., 2016a, Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal, *Sustainable Cities Society*, 26, 438-446.
- Wang, Y., Chen, L. ve Kubota, J., 2016a, The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions: evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries, *Journal of Cleaner Production*, 112, 1368-1374.
- Wang, Y. ve Akbari, H., 2016b, The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal, *Sustainable Cities and Society*, 27, 122-128.
- Wang, Y., Berardi, U. ve Akbari, H., 2016b, Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada, *Energy and Buildings*, 114, 2-19.
- Wang, Y., Zhou, D., Wang, Y., Fang, Y., Yuan, Y. ve Lv, L., 2019, Comparative study of urban residential design and microclimate characteristics based on ENVI-met simulation, *Indoor and Built Environment*, 28 (9), 1200-1216.
- Watkins, R., Palmer, J. ve Kolokotroni, M., 2007, Increased temperature and intensification of the urban heat island: Implications for human comfort and urban design, *Built Environment*, 33 (1), 85-96.
- Watson, I. D. ve Johnson, G. T., 1987, Graphical estimation of sky view-factors in urban environments, *Journal of climatology*, 7 (2), 193-197.
- Wen, Y. ve Lian, Z., 2009, Influence of air conditioners utilization on urban thermal environment, *Applied Thermal Engineering*, 29 (4), 670-675.

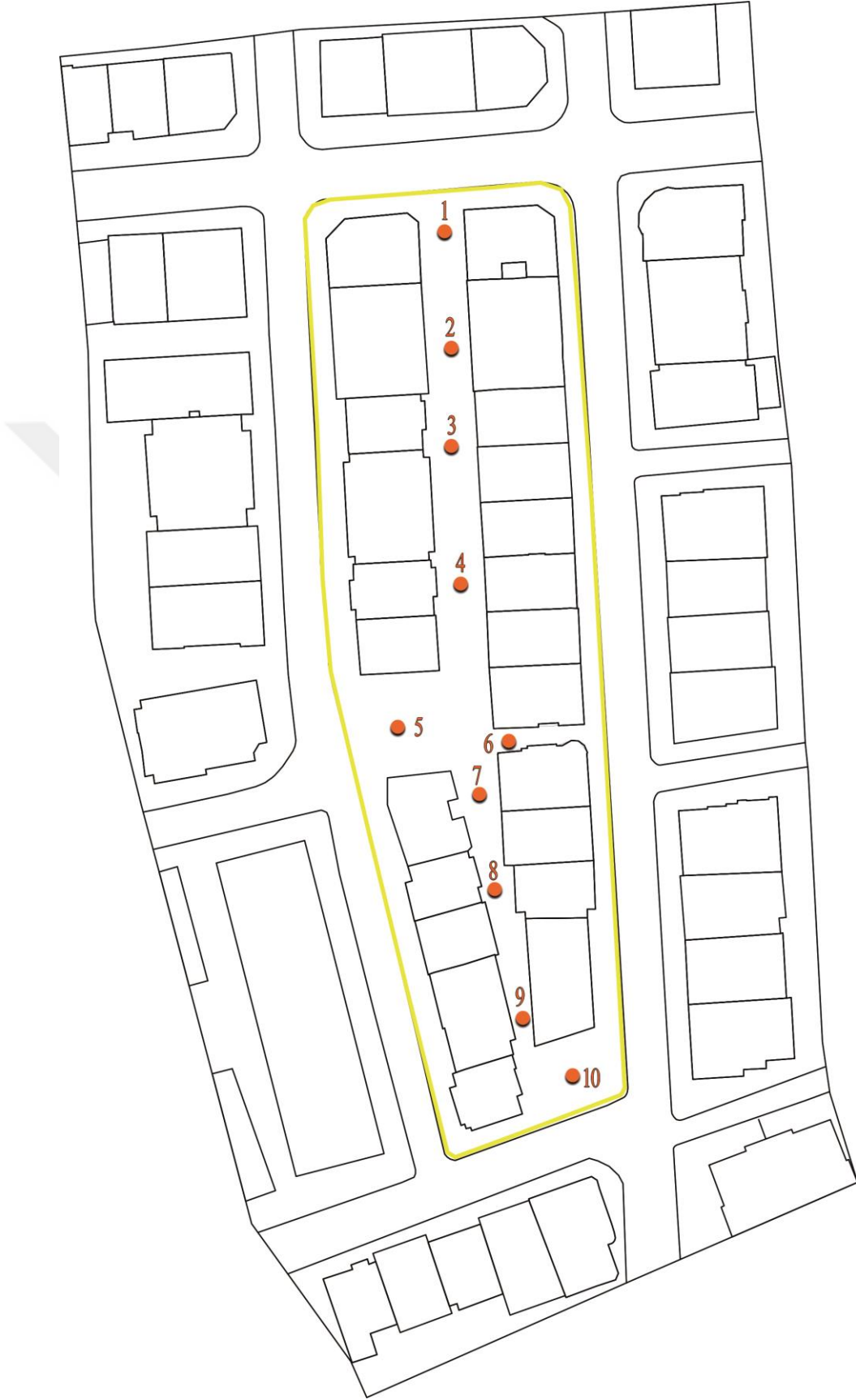
- White, P., Golden, J. S., Biligiri, K. P. ve Kaloush, K., 2010, Modeling climate change impacts of pavement production and construction, *Resources, Conservation, Recycling*, 54 (11), 776-782.
- WHO, 2004, Risks and Responses; Health and Global Environmental Change Series No. 2, *Heat-Waves, Energy, Environment Sustainable Development: Copenhagen, Denmark*.
- WHO, 2018, Fact sheets on sustainable development goals: health targets: Ambient (outdoor) air quality and health, *World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark*.
- Wong, J. K. W. ve Lau, L. S.-K., 2013, From the 'urban heat island' to the 'green island'? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs in Mongkok district of Hong Kong, *Habitat international*, 39, 25-35.
- Wong, N. H., Jusuf, S. K., La Win, A. A., Thu, H. K., Negara, T. S. ve Xuchao, W., 2007, Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics, *Building Environment*, 42 (8), 2949-2970.
- Wong, N. H., Jusuf, S. K., Syafii, N. I., Chen, Y., Hajadi, N., Sathyanarayanan, H. ve Manickavasagam, Y. V., 2011, Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption, *Solar Energy*, 85 (1), 57-71.
- Wright, A. J., Young, A. N. ve Natarajan, S., 2005, Dwelling temperatures and comfort during the August 2003 heat wave, *Building Services Engineering Research Technology*, 26 (4), 285-300.
- Wu, Z. ve Chen, L., 2017, Optimizing the spatial arrangement of trees in residential neighborhoods for better cooling effects: Integrating modeling with in-situ measurements, *Landscape and Urban Planning*, 167, 463-472.
- Wu, Z., Dou, P. ve Chen, L., 2019, Comparative and combinative cooling effects of different spatial arrangements of buildings and trees on microclimate, *Sustainable Cities and Society*, 51, 101711.
- Xi, T., Li, Q., Mochida, A. ve Meng, Q., 2012, Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas, *Building and Environment*, 52, 162-170.
- Xu, M., Hong, B., Jiang, R., An, L. ve Zhang, T., 2019, Outdoor thermal comfort of shaded spaces in an urban park in the cold region of China, *Building and Environment*, 155, 408-420.
- Xu, X., Pei, H., Wang, C., Xu, Q., Xie, H., Jin, Y., Feng, Y., Tong, X. ve Xiao, C., 2023, Long-term analysis of the urban heat island effect using multisource Landsat images considering inter-class differences in land surface temperature products, *Science of the Total Environment*, 858, 159777.
- Yamamoto, Y., 2006, Measures to mitigate urban heat islands, *NISTEP Science & Technology Foresight Center*.
- Yang, J., Wang, Z.-H. ve Kaloush, K. E., 2015, Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island?, *Renewable sustainable energy reviews*, 47, 830-843.
- Yang, J., Hu, X., Feng, H. ve Marvin, S., 2021, Verifying an ENVI-met simulation of the thermal environment of Yanzhong Square Park in Shanghai, *Urban Forestry and Urban Greening*, 66, 127384.
- Yap, D., 1975, Seasonal excess urban energy and the nocturnal heat island—Toronto, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B*, 23 (1), 69-80.
- Yılmaz, E., 2013, Ankara şehrinde ısı adası oluşumu, *Ankara Üniversitesi*, Ankara.

- Yilmaz, S., Irmak, M. A. ve Qaid, A., 2022, Assessing the effects of different urban landscapes and built environment patterns on thermal comfort and air pollution in Erzurum city, Turkey, *Building and Environment*, 219, 109210.
- Yılmaz, S., Külekçi, E. A., Mutlu, B. E. ve Sezen, I., 2021, Analysis of winter thermal comfort conditions: street scenarios using ENVI-met model, *Environmental Science Pollution Research*, 28, 63837-63859.
- Yoo, C., Im, J., Cho, D., Lee, Y., Bae, D. ve Sismanidis, P., 2022, Downscaling MODIS nighttime land surface temperatures in urban areas using ASTER thermal data through local linear forest, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 110, 102827.
- Yu, H., Zhang, T., Fukuda, H. ve Ma, X., 2023, The effect of landscape configuration on outdoor thermal environment: A case of urban Plaza in Xi'an, China, *Building and Environment*, 110027.
- Yuan, F. ve Bauer, M. E., 2007, Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, *Remote sensing of environment*, 106 (3), 375-386.
- Yuan, T., Hong, B., Qu, H., Liu, A. ve Zheng, Y., 2023, Outdoor thermal comfort in urban and rural open spaces: A comparative study in China's cold region, *Urban Climate*, 49, 101501.
- Zeng, L., Lu, J., Li, W. ve Li, Y., 2018, A fast approach for large-scale Sky View Factor estimation using street view images, *Building Environment*, 135, 74-84.
- Zhang, P., Imhoff, M. L., Bounoua, L. ve Wolfe, R. E., 2012, Exploring the influence of impervious surface density and shape on urban heat islands in the northeast United States using MODIS and Landsat, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38 (4), 441-451.
- Zhang, S., Zhang, X., Niu, D., Fang, Z., Chang, H. ve Lin, Z., 2023, Physiological equivalent temperature-based and universal thermal climate index-based adaptive-rational outdoor thermal comfort models, *Building and Environment*, 228, 109900.
- Zhang, X., Zhong, T., Feng, X. ve Wang, K., 2009, Estimation of the relationship between vegetation patches and urban land surface temperature with remote sensing, *International journal of remote sensing*, 30 (8), 2105-2118.
- Zheng, Z., Ren, G., Wang, H., Dou, J., Gao, Z., Duan, C., Li, Y., Ngarukiyimana, J. P., Zhao, C. ve Cao, C., 2018, Relationship between fine-particle pollution and the urban heat island in Beijing, China: Observational evidence, *Boundary-Layer Meteorology*, 169 (1), 93-113.
- Zhou, Z. ve Dong, L., 2023, Experimental investigation of the effect of surgical masks on outdoor thermal comfort in Xiamen, China, *Building and Environment*, 229, 109893.
- Zhu, R., Liu, Y., Yan, B., Zhang, X., Yuan, L., Wang, Y. ve Pan, Y., 2023, Effects of district parameters, green space and building density on thermal comfort-a case study of Badaguan District in Qingdao, *Case Studies in Thermal Engineering*, 42, 102705.
- Ziaul, S. ve Pal, S., 2020, Modeling the effects of green alternative on heat island mitigation of a meso level town, West Bengal, India, *Advances in Space Research*, 65 (7), 1789-1802.
- Zinzi, M., 2010, Cool materials and cool roofs: Potentialities in Mediterranean buildings, In: *Advances in building energy research*, Eds: Routledge, p. 211-276.
- Zinzi, M., 2016, Exploring the potentialities of cool facades to improve the thermal response of Mediterranean residential buildings, *Solar Energy*, 135, 386-397.

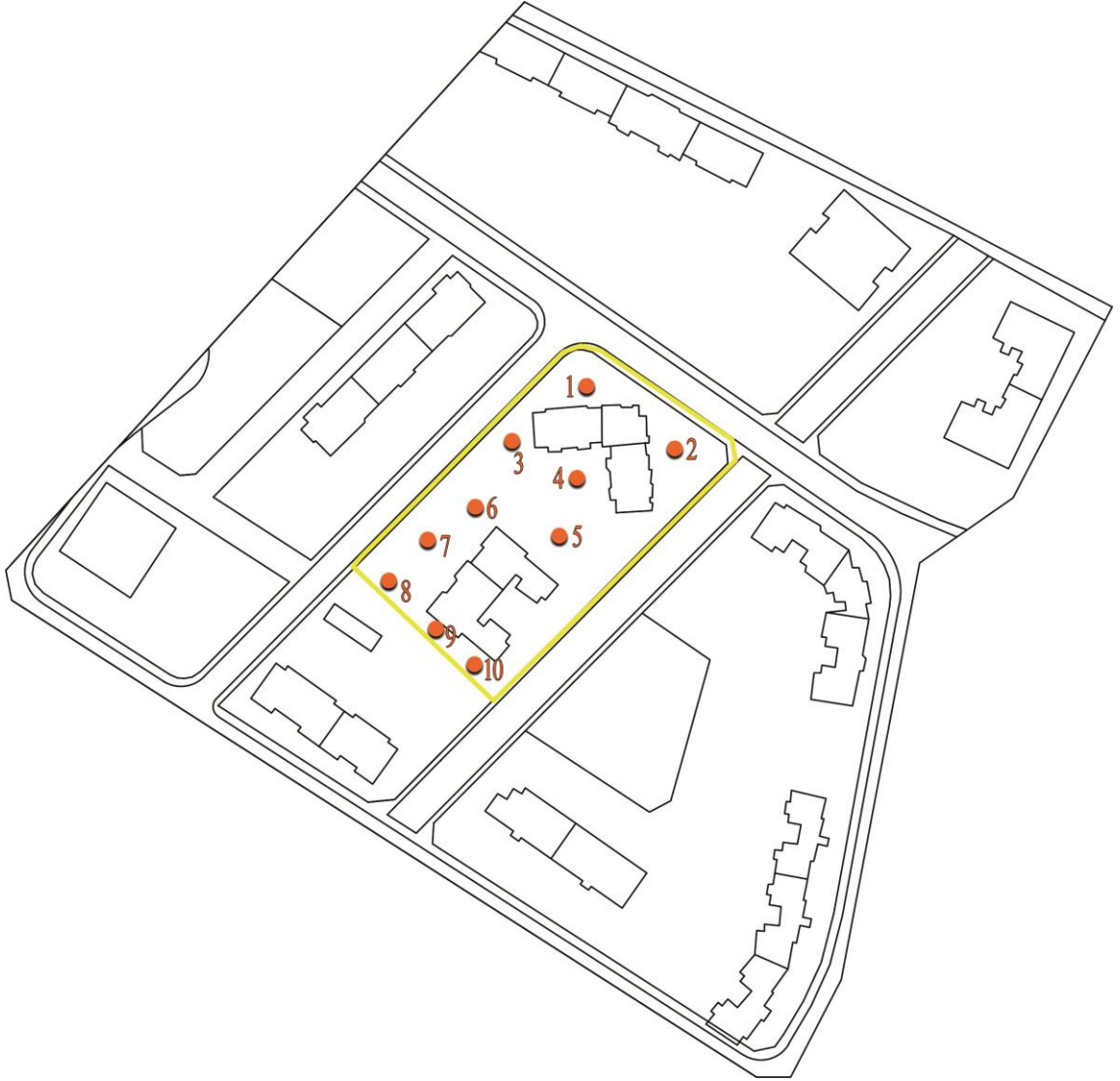
- Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C. ve Pauleit, S., 2016, Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale, *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 305-316.
- Zubair, L. ve Ekanayake, T., 2021, Urban Heat Islands, <https://fect.lk/urban-heat-islands/2021/10/01/>:

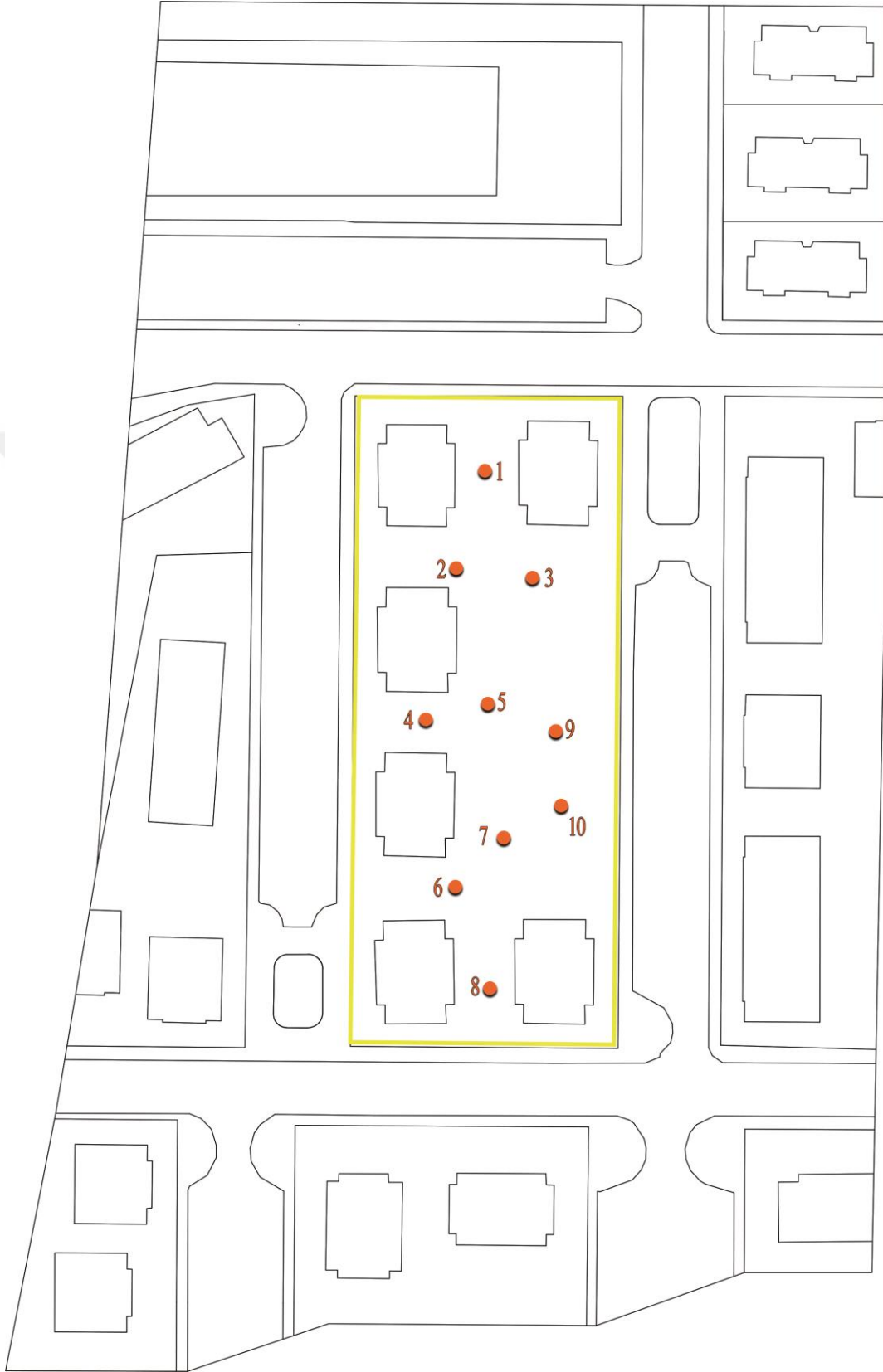


EKLER**EK-1 LCZ-1 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta**

EK-2 LCZ-2 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta

EK-3 LCZ-3 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta

EK-4 LCZ-4 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta

EK-5 LCZ-5 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta

EK-6 LCZ-6 bölgesi içinden seçilen 10 farklı nokta