



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**İSTANBUL'DA ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN
BİYOKLİMATİK KONFOR ŞARTLARINA ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

AYŞEGÜL OĞUL

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. FAİZE SARIŞ

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**İSTANBUL'DA ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN BİYOKLİMATİK
KONFOR ŞARTLARINA ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

AYŞEGÜL OĞUL

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. FAİZE SARIŞ

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Ayşegül OĞUL tarafından Doç. Dr. Faize SARIŞ yönetiminde hazırlanan ve **31/08/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**İstanbul’da Arazi Kullanım Değişiminin Biyoklimatik Konfor Şartlarına Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Coğrafya Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Faize SARIŞ

(Danışman)

Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL

Doç. Dr. Muhammed Zeynel ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AVCIOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Kemal GÖKKAYA

Tez No : 10576924

Tez Savunma Tarihi : 31/08/2023

.....
PROF. DR. AHMET EVREN ERGİNAL

Enstitü Müdürü

.././2023

ETİK BEYAN

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

Ayşegül OĞUL

31/08/2023

ÖNSÖZ

21. Yüzyılın en önemli sorunlarından biri olan küresel iklim değişikliği, gelişmişlik düzeyi farklı olsada bütün ülkeleri ekonomik, sosyal, kültürel ve çevresel olarak etkilemektedir. Hızlı kentleşme ve sanayileşme süreçlerinin katkı sağladığı ve son 70 yıldır hissedilir seviyelere çıkan sıcaklık artışı ile birlikte insan yaşamında dönüm noktası olarak nitelendirilebileceğimiz süreçler yaşanmaktadır. Nüfusun yoğun olarak yaşadığı kentlerde, kaynakların kontrolsüzce tüketilmesi ve bunun çevreye zarar verilerek gerçekleştirilmesi, insanlığın geleceğini tehdit etmekle birlikte, yaşam alanlarında bireylerin yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Günümüzde daha yaşanabilir mekanların sorgulandığı, sürdürülebilir kent çalışmalarının yapıldığı bir dönemde, metropollerin bizlere sağladıkları konfor koşullarının bilinmesi, mevcut durumun ortaya konulması hem mekansal planlama hem de sağlıklı çevresel koşulların oluşturulması açısından önem arz etmektedir.

Akademik eğitimin heyecan verici koşullarında, bir merakla başlayan ve değerli bilgi ve yeteneklerin öğrenilmesiyle devam eden, birikimsel katkılarını sonradan anladığınız uzun soluklu bir süreç olarak tanımlayabileceğim bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde destek sağlayan ve anlayışını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Faize SARIŞ'a teşekkür ederim. Tez izleme sürecinde vefat eden ve bu süreçte yardımlarını esirgemeyen rahmetli hocam Prof. Dr. Telat KOÇ'a, her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmam için veri sağlayan, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne, İstanbul Büyükşehir Belediye'si, Şehir Planlama Müdürlüğü'ne, Tarım ve Orman Bakanlığı'na, Türkiye İstatistik Kurumu'na ve destek sağlayan herkese teşekkür eder, minnet ve saygılarımı sunarım.

Ayşegül OĞUL
Çanakkale, Ağustos 2023

ÖZET

İSTANBUL'DA ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN BİYOKLİMATİK KONFOR ŞARTLARINA ETKİSİ

Ayşegül OĞUL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Faize SARIŞ

31/08/2023, 171

Nüfusun büyük bir kısmının yaşadığı metropoller, sundukları avantajlar kadar, çevre koşullarına verdikleri zararlar da odak noktasına alınan merkezler haline gelmiştir. Türkiye'nin en büyük metropol kenti olarak bilinen ve koşulları itibariyle avantajları/dezavantajları bir arada barındıran, İstanbul bu araştırmanın çalışma sahasını oluşturmaktadır. Yaşamsal ve yönetsel zorluklar getiren yoğun nüfuslu bir kentte “arazi kullanımı değişimi biyoklimatik konfor şartlarını nasıl etkiler?” sorusu ekseninde çalışma amacı belirlenmiş olup, bu amaç doğrultusunda, zamansal ve mekânsal değişim perspektifi üzerinden incelemeler yapılmıştır. CORİNE yıllarını kapsayan 28 yıllık dönem için FES indisi ve biyoklimatik konfor sınıflandırması kullanılarak hesaplamalar yapılmış, bunların sonuçları ArcGIS 10.5 programında arazi kullanım haritalarıyla karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre, yıllık ortalama sıcaklıkların ve rüzgâr hızının arttığı, yıllık ortalama nisbi nem değerlerinin fazla değişmediği ancak değerlerin genellikle yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan trend analizleri sıcaklıkların yükseldiğini ancak nemlilikte kayda değer değişikliğin olmadığını göstermiştir. Yıllık FES analizlerinde soğuk ve serin stresinin yaşandığı, konforlu ay sayısının yıllar itibariyle değişkenlik gösterdiği ve aylık FES konfor sonuçlarına göre ise Mayıs ve Eylül aylarında da görülmeye başladığı ve biyoklimatik açıdan konforlu şartların bahar aylarına kaydığı belirlendi. Nüfusun ve sanayinin fazla olduğu güney ilçelerde sıcaklık ve FES değerlerinde artma, rüzgâr hızında azalma tespit edilmiştir. Arazi kullanım değişimi ile konfor indisleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda, konfor koşullarında yıllık bazda önemli değişiklikler görülmezken, aylık analiz sonuçlarında farklar elde edildi. Bu farklılıklar yaz

ve kış mevsiminde, yapay yüzeylerde çevresine göre ısınma olarak gözlenirken, diğer arazi kullanım sınıflarında belirgin bir değişim yönü sergilemedi. Sonuçlar, biyoklimatik konfor üzerinde nüfus, yerleşme ve arazi kullanım değişiminin etkili olduğunu ama belirleyici olmadığını, iklimsel değişikliklerin sürece daha hakim olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoklimatik Konfor, İstanbul, Arazi Kullanımı, FES İndisi



ABSTRACT

THE EFFECT OF LAND USE CHANGE ON BIOCLIMATIC COMFORT CONDITIONS IN ISTANBUL

Ayşegül OĞUL

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Doctoral Dissertation in Geography Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Faize SARIŞ

31/08/2023, 171

The metropolitan areas, where a large part of the population live, have become centers that are focused on not only the advantages they offer but also the damage they cause to environmental conditions. Istanbul, known as Turkey's largest metropolitan city and which has advantages/disadvantages due to its conditions, constitutes the study area of this research. How does land use affect climatic comfort conditions in a densely populated city that brings vital and administrative difficulties? The purpose of this study was determined within the scope of this question and analyses were made through the perspective of temporal and spatial change. Calculations were made using the PET index and bioclimatic comfort classification for the 28-year period covering the CORINE years, and their results were compared with the land use maps in the ArcGIS 10.5 program.

According to the result of the analysis, it was determined that the annual average temperatures and wind speed increased, the annual average relative humidity values did not change much, but the values were generally high in İstanbul during the research period. Trend analyses showed that temperatures increased, but there was no significant change in humidity. It has been determined that cold and cool stress is experienced in annual PET analyses, the number of comfortable months varies by years and according to the monthly PET results, comfortable months have started to be seen in May and September, and bioclimatically comfortable conditions have shifted to spring months. An increase in temperature and PET values and a decrease in wind speed were detected in the southern districts where the population and industry are high. As a result of the evaluation of the

relationship between the land use change and the comfort indices, there were no significant changes in the comfort conditions on an annual basis, but differences were obtained in the monthly analysis results. While these differences were observed as warming on artificial surfaces compared to their surroundings in summer and winter seasons, they did not show a significant change direction in other land use classes. The results show that population, settlement and land use changes are effective but not decisive on bioclimatic comfort, and climatic changes are more dominant in the process.

Keywords: Bioclimatic Comfort, Istanbul, Land Use, PET Index



İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Araştırma Soruları.....	4
1.2. Araştırmanın Konusu ve Amacı	6

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

8

2.1. Biyoklimatik Konfor İndislerinin Tarihsel Gelişimi	8
2.2. Şehir İklimi ve Biyoklimatolojisi Çalışmaları	20
2.3. Çevresel Değişimler ve Biyoklimatoloji Çalışmaları	23
2.4. Araştırma Alanı ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ VE YÖNTEM

30

3.1. Veri Kaynakları	30
3.1.1. Meteorolojik Veriler	30
3.1.2. Arazi Örtüsü Verileri	33
3.2. Yöntem	34
3.2.1. Biyoklimatik Konfora Etki Eden Faktörler	36
3.2.2. Biyoklimatik Konfor İndisi	42

3.2.3. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndisi	44
3.2.4. Biyoklimatik Konfor Haritaları	48
3.2.5. Arazi Kullanımı ile Biyoklimatik Konfor İlişkisinin Sorgulanması	50
3.3. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri	52
3.3.1. Çalışma Alanının Morfolojisi	52
3.3.2. Çalışma Alanının İklimi	53
3.3.3. Çalışma Alanında Nüfus ve Yerleşme.....	56

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

61

İSTANBUL'DA BİYOKLİMATİK KONFOR ANALİZLERİ

4.1. İklim Elemanları Analizi	61
4.1.1. Yıllık İklim Elemanları Analizleri	61
4.1.2. Aylık İklim Elemanları Analizleri	66
4.1.3. Trend Analizleri	87
4.2. Biyoklimatik Konfor Analizleri	90
4.3. FES/PET Konfor Analizleri	99

BEŞİNCİ BÖLÜM

113

İSTANBUL'DA ARAZİ KULLANIMI VE BİYOKLİMATİK KONFOR

5.1. İstanbul'da Nüfus ve Şehirleşme	113
5.2. Arazi Kullanımı Değişimleri	120
5.3. Arazi Kullanımı ve Biyoklimatik Konfor İlişkisi	127

ALTINCI BÖLÜM

138

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR	151
EKLER	I
EK 1. Tablo. 1990 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	II
EK 2. Tablo. 2000 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırılması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.	III

EK 3. Tablo. 2006 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	IV
EK 4. Tablo. 2012 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	V
EK 5. Tablo. 2018 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	VI
EK 6. Tablo. 1990 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	VII
EK 7. Tablo. 2000 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.	VIII
EK 8. Tablo. 2006 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	IX
EK 9. Tablo. 2012 yılı FES konfor indeksi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı	X
EK 10. Tablo. 2018 yılı FES konfor indeksi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.	XI

SİMGELER VE KISALTMALAR

ArcGİS	Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı
ASHRAE	American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)
°C	Santigrad derece
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
Csa	Kışları ılık, yazları çok sıcak iklim tipi
Csb	Yazları ılık iklim tipi
CORİNE	Coordination of Information on the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu)
ET	Effective Temperature (Etkili Sıcaklık)
FES	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık
GGF	Gökyüzü Görüş Faktörü
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
IDW	Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği)
IGD	Isıtma Gün Derecesi
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
ISO	International Standard Organization (Uluslararası Standard Organizasyonu)
KMM	Klima Michel Model (Klima Michel Modeli)
KML	Keyhole Markup Language (Anahtar Deliği Biçimlendirme Dili)
LST	Land Surface Temperature (Yüzey Sıcaklığı)
MEMI	Munich Energy Balance Model for Individuals (Münih Bireysel Enerji Denge Modeli)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
mPET	Modified Physiologically Equivalent Temperature (Modifiye Edilmiş Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık)
NO _x	Azot oksit
P	Precipitation (Yağış)

PET	Physiological Equivalent Temperature (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık)
PM	Partikül Madde
PMV	Predicted Mean Vote (Tahmini Ortalama Oy)
RCP	Representative Concentration Pathway (IPCC senaryosu)
RH	Relative Humidity (Nisbi Nem)
SET	Standard Effective Temperature (Standart Etkili Sıcaklık)
SGD	Soğutma Gün Derecesi
SO ₂	Kükürt dioksit
SRES	Special Report on Emission Scenarios (Emisyon Senaryolarına İlişkin Özel Rapor)
SSP	Shared Socioeconomic Pathways (Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar)
ŞIA	Şehir Isı Adası
O ₃	Ozon
OUTCOMES	Outdoor Comfort Expert System (Dış Mekân Konfor Uzman Sistemi)
KM	Kilometre
T	Temperature (Sıcaklık)
TCI	Tourism Climate Index (Turizm İklim İndisi)
TM	Tematik Haritalandırıcı
THI	Temperature Humidity Index (Sıcaklık Nem İndisi)
Tmrt	Mean radiant temperature (Ortalama Radyan Sıcaklık)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UN	United Nations (Birleşmiş Milletler)
UTCI	Universal Thermal Climate Index (Evrensel Termal İklim İndisi)
V	Wind Speed (Rüzgar Hızı)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (Alman Mühendisler Birliği)
VP	Vapor Pressure (Buhar Basıncı)
WBGT	Wet-Bulb Globe Temperature (Islak Termometre Sıcaklığı)
WCT	Wind Chill Temperature (Rüzgar Soğutma Sıcaklığı)

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Biyoklimatik konfor indislerinin tarihsel gelişimi	10
Tablo 2	Standart efektif sıcaklık (SET) değerlerine karşılık gelen duygu ve psikoloji durumları	14
Tablo 3	Fizyolojik eşdeğer sıcaklık (FES) termal algılama ve stres dereceleri	18
Tablo 4	İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan meteoroloji istasyonları	31
Tablo 5	Corine arazi örtüsü lejantından elde edilen çalışma alanı arazi sınıfları	34
Tablo 6	Bazı kıyafetlerin yalıtım dirençleri (clo)	39
Tablo 7	Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarları	40
Tablo 8	Biyoklimatik konfor sınıflandırması için referans aralıklar ve değerler	44
Tablo 9	FES'e karşılık termal algı ve fizyolojik stres dereceleri	48
Tablo 10	İstanbul'da iklim sınıfları	54
Tablo 11	Uzun yıllar gözlem yapan istasyon verilerinde trend analizi sonuçları	88
Tablo 12	Tarihlere göre İstanbul ilçelerinin toplam nüfusları	115
Tablo 13	Corine arazi sınıflarının yıl bazlı toplam alanları (km ²)	121
Tablo 14	İstanbul'un su kaynakları	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	İstanbul lokasyon haritası	6
Şekil 2	Yaglou etkili sıcaklık psikrometrik grafiği	11
Şekil 3	Vernon ve Bedford CET Nomograms	11
Şekil 4	PMV termal konfor kriterleri	13
Şekil 5	UTCI indisinin hesaplama modeli	16
Şekil 6	İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için seçilen istasyonlar	32
Şekil 7	Giysi kalınlığına göre clo değerleri	38
Şekil 8	Olgay biyoklimatik çizelge	43
Şekil 9	RayMan Pro 1.2 programının girdi arayüzü	47
Şekil 10	FES termal konfor ölçeği renk skalası	48
Şekil 11	Google Earth Pro proje sayfası	49
Şekil 12	Çalışma akış şeması	51
Şekil 13	İstanbul fiziki haritası	53
Şekil 14	İstanbul yıllık sıcaklık dağılışı	55
Şekil 15	İstanbul yıllık nisbi nem dağılışı	55
Şekil 16	İstanbul yıllık toplam yağışın dağılışı	55
Şekil 17	Tarihsel dönemler itibariyle köyler	57
Şekil 18	Tarihsel dönemlerde İstanbul yerleşimleri	59
Şekil 19	İstanbul ilinde toplam nüfusun dağılışı	60
Şekil 20	İstanbul yıllık sıcaklık dağılışı haritaları	62
Şekil 21	İstanbul yıllık rüzgar hızı dağılışı haritaları	64
Şekil 22	İstanbul yıllık nisbi nem dağılışı haritaları	66

Şekil 23	İstanbul 1990 yılı aylık sıcaklık dağılışı	69
Şekil 24	İstanbul 2000 yılı aylık sıcaklık dağılışı	70
Şekil 25	İstanbul 2006 yılı aylık sıcaklık dağılışı	71
Şekil 26	İstanbul 2012 yılı aylık sıcaklık dağılışı	72
Şekil 27	İstanbul 2018 yılı aylık sıcaklık dağılışı	73
Şekil 28	İstanbul 1990 yılı aylık rüzgar hızı dağılışı	75
Şekil 29	İstanbul 2000 yılı aylık rüzgar hızı dağılışı	76
Şekil 30	İstanbul 2006 yılı aylık rüzgar hızı dağılışı	77
Şekil 31	İstanbul 2012 yılı aylık rüzgar hızı dağılışı	78
Şekil 32	İstanbul 2018 yılı aylık rüzgar hızı dağılışı	79
Şekil 33	İstanbul 1990 yılı aylık nisbi nem dağılışı	82
Şekil 34	İstanbul 2000 yılı aylık nisbi nem dağılışı	83
Şekil 35	İstanbul 2006 yılı aylık nisbi nem dağılışı	84
Şekil 36	İstanbul 2012 yılı aylık nisbi nem dağılışı	85
Şekil 37	İstanbul 2018 yılı aylık nisbi nem dağılışı	86
Şekil 38	Yıllık biyoklimatik konfor haritaları	91
Şekil 39	1990 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları	93
Şekil 40	2000 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları	94
Şekil 41	2006 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları	95
Şekil 42	2012 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları	96
Şekil 43	2018 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları	97
Şekil 44	Yıllık FES konfor haritaları	100
Şekil 45	1990 yılı aylık FES konfor haritaları	103
Şekil 46	2000 yılı aylık FES konfor haritaları	104
Şekil 47	2006 yılı aylık FES konfor haritaları	105

Şekil 48	2012 yılı aylık FES konfor haritaları	106
Şekil 49	2018 yılı aylık FES konfor haritaları	107
Şekil 50	Ekim 2000 - Aralık 2006 dönemi, İstanbul için FES sınıflarının frekans diyagramı	108
Şekil 51	Türkiye ve İstanbul'un Aritmetik Nüfus Yoğunluğu	116
Şekil 52	İstanbul'un köyleri	117
Şekil 53	İstanbul nüfus dağılışı haritaları	119
Şekil 54	İstanbul hidrografya haritası	122
Şekil 55	Corine arazi kullanım haritaları	124
Şekil 56	İstanbul kuzey ormanlarının 2009 (a) ve 2016 (b) değişimleri	125
Şekil 57	İstanbul'da 2009'dan 2016'ya kadar toplam orman kaybı	125
Şekil 58	1990-2008 yılları arasında orman ve yarı doğal alanlardan (Yeşil alanlar) diğer arazi kullanım/razi örtüsü alanlarına değişimi gösteren haritalar	126
Şekil 59	Şehirlerde ve yakın çevresinde sıcaklıkların dağılımı	134

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Yüzyıllardır yerleşme alanı seçimlerimizin en önemli belirleyicisi olan iklim günlük yaşam aktivitelerimizi de etkilemektedir. Ekonomik faaliyetlerden giyim tercihlerine, habitatlardan kültürel oluşumlara kadar çeşitli şekillerde iklimin etkileri gözlenmektedir. Geniş bir bölgede ve uzun yıllar boyunca değişmeyen ortalama hava koşullarını ifade eden iklim, bu yönüyle coğrafi çevrenin ve insan yaşamının şekillenmesini sağlamaktadır (Erol, 1993).

Medeniyetin gelişme çabalarının bir ürünü olan Sanayi devriminin etkileri dünyaya yayılırken, toplumlar bu değişim havasına uyum sağlamaya başlamıştır. Özellikle son 150 yılda sanayileşme ile birlikte insanlar mega kentlerde toplanmaya başlamış, artan nüfus ile birlikte plansız kentleşme örnekleri ortaya çıkmıştır. Antropojenik baskının yoğun biçimde fiziki ortam üzerindeki baskısının arttığı 21. yüzyılda, 8 milyarlık (UN, World Population Prospects, 2022) dünya nüfusunun büyük çoğunluğu kentlerde yaşamaktadır. Küresel şehir nüfus payı 1950’ de % 25 iken, 2020’ de yaklaşık % 50’ye çıkmış ve önümüzdeki 50 yıl içinde de yavaş yavaş % 58’e yükseleceği tahmin edilmektedir (UNHabitat, 2022). Her geçen gün büyüyen ve nüfusu artan, bu plansız kentsel gelişim, yaşam alanlarının kalite standartlarını olumsuz etkilemekte, hava kirliliğinden, aşırı enerji tüketimine ve termal açıdan konforsuz mekanlara kadar birçok çevre sorununu beraberinde getirmektedir. İşte bu noktada yaşam alanlarını sağlıklı ortamlara dönüştürme konusunda dizayn çalışmalarına olanak sağlayan alt disiplinler ortaya çıkmıştır. Uygulamalı klimatolojinin önemli alanlarından biri olan ve farklı disiplinlerden bilimsel araştırmaların konusunu oluşturan biyoklimatoloji bunlardan biridir. Biyoloji, tıp, iklim gibi disiplinlerin ilgi alanlarına giren biyoklimatoloji, aynı zamanda mimarlık, peyzaj mimarlığı, makine mühendisliği, jeodezi, şehir ve bölge planlama, iç mimarlık ve coğrafya gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Biyoklimatoloji (biyometeorolojinin) canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştıran çok disiplinli bir bilim dalıdır. Şehir biyoklimatolojisi, hava kirliliği biyoklimatolojisi, dağ biyoklimatolojisi, turizm ve rekreasyon biyoklimatolojisi gibi alt kollardan oluşmaktadır. Bütün bu bilimsel alanlar insan konforuna yönelik çalışmaları temsil ettiğinden, konu sağlık coğrafyası kapsamına da girmektedir. İnsanların psikolojik ve fizyolojik olarak konforlu ya da konforsuz hissetmeleri ile iklim arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Çalışkan, 2012).

İnsanların atmosfer olayları karşısında verdikleri tepkileri ortaya koymak için hazırlanan ve buna yönelik hesaplamaları içeren termal konfor dizinleri bulunmaktadır. Sıcaklık, ortalama radyan sıcaklık, rüzgâr hızı, nemlilik gibi meteorolojik parametrelere bağlı olarak insan ısı dengesini koruyan termoregülatörlerin tepkisini değerlendiren dizinlerden biri olan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES/PET), geniş bir kullanım alanına sahiptir (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 1999). Biyoklimatoloji çalışmalarının temelini, termal konfor analizleri oluşturmaktadır (Çalışkan, 2012) ve insanın çevresindeki ortamdan memnuniyetini ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle termal konfor, insanın en az seviyede enerji harcayarak çevresine uyum sağlayabildiği koşullar olarak da tanımlanmaktadır (Çetin vd., 2010). Orta enlemlerde, biyoklimatik konfor açısından uygun olarak kabul edilen hissedilen sıcaklık değeri nem ve rüzgara bağlı olarak 17-24,9°C'ler arasındadır ve bu sıcaklık aralığı Türkiye için de geçerlidir (Çetin, 2016).

Termal konfor şartlarını hazırlayan ve şehir iklimlerini etkileyen pek çok faktör vardır. Birçok araştırmacı tarafından kent iklimi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Binaların ve bütünsel olarak kentlerin güneş ışınımından yararlanabilmesi için bina yönü ve yüksekliği, bina biçimi, cadde genişliği, Gökyüzü Görüş Faktörü (GGF) gibi değişik parametreler üzerinde çalışılmıştır. Bunlardan biri olan GGF şehirlerdeki ısının yayılma geometrisi ve değişkenliği için önemli bir parametredir (Elliasson ve Svensson, 2003). Şehir geometrisi kadar arazi kullanımında/örtüsünde meydana gelen değişiklikler de konfor şartlarını etkileyebilmektedir. Kentlerde yaşayan insan sayısı, yapay malzemenin nitelik ve niceliği, yeşil alan oranı, çatı sistemleri, bu farklılaşmanın derecelerini değiştirmektedir. Kırsal alanlar ile şehirler arasında bu farklılıklar nedeniyle konfor değerleri değişebilmektedir.

Şehir klimatolojisi olarak adlandırılan ve uygulamalı klimatolojinin önemli araştırma konularından biri olan bu alanla ilgili çalışmalar 19.yy'a dayanmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005). 1818 yılında Luke Howard tarafından yazılan "Urban Climate of London" isimli kitap şehir klimatolojisi konusundaki ilk kitaptır (Landberg, 1981). Bu ilk çalışmalardan sonra şehirleşme ve iklim ilişkini konu edinen çalışmalar farklı parametrelerin eklenmesiyle artarak devam etmektedir. Günümüzde şehirleşmenin artışına bağlı olarak, sıcaklıkta değişiklik, rüzgar hızında azalma, gelişen sıcaklık gradyanına bağlı olarak kent içi parklar ile çevrelerinde meltem rüzgarlarının gelişimi, nisbi ve mutlak nemde değişiklikler görülmektedir. Bahsedilen bu olumsuzluklara, "açık havada bir yada birden fazla

kirleticinin canlıların yaşamına, ticari yada kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktarda belli bir sürenin üstünde bulunması” durumu yani “Hava kirliliği” de eklenince, metropol şehirler yaşanması zor ortamlar sunmaya başlamaktadır. Bu durum farklı ülkelerde yer alan metropollerde de gözlenmektedir. Sadece günümüz koşulları için değil, gelecek dönemlerde de metropollerde konfor durumunda artan ölçekte sorunlar meydana gelmesi olasıdır. Hong kong’ta 1971’den 2100 yılına kadar termal konfor koşullarının iklimsel döngülerden etkilendiği, termal stresin olmadığı durumdan orta ve kuvvetli ısı stresinin olduğu durumlara geçileceği yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (Cheung ve Hart, 2014) . Metropollerdeki kentleşme hızının yanısıra küresel ısınmada sıcaklık artışına katkıda bulunan bir faktördür. 1948-2008 dönemi için, Singapur yıllık sıcaklık ortalamalarının her 10 yılda 0,25°C’ lik artış gösterdiği ve termal konfor koşullarının bu durumdan olumsuz etkilendiği rapor edilmiştir (Yang vd., 2013). Kentlerde bütün bu olumsuzluklar hava kalitesi ve insan sağlığı kadar binaların enerji kullanımını da etkilemektedir. Artan kentleşme ve iklim değişikliği kentsel ısı adası etkisini artırdıkça, bu sorunların daha şiddetli hale gelmesi muhtemeldir . Hollanda’da beş farklı kentsel formda yapılan analizlerde, termal konfor üzerinde ortalama radyan sıcaklık ile güneşlenme süresinin etkili olduğu ve bu özelliklerin kentsel formdan direkt etkilendiği belirtilmiştir (Taleghani vd., 2015). Bu durum, kentsel planlamaların günümüz metropollerindeki ısı birikimi ve konforsuzluğu üzerindeki etkisini göstermektedir.

Dünya’nın farklı bölgelerindeki büyük şehirlerde olduğu gibi, Türkiye’de de nüfusu hızlı artan şehirlerde, mekansal yayılım hızı, yeşil alanların ortadan kalkmasına, doğala karşın yapay malzemelerin kullanılmasına yol açmaktadır. Bu durum yanlış arazi kullanımına, kendine özgü iklim oluşturan şehirlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Şehirler özelinde bahsedilmiş olan sorunlar, birçok şehirde biyoklimatik konfor çalışmalarının yapılmasına yol açmıştır. Aslında bu tür çalışmalar “yaşanabilir şehirler” başlığı altında incelenen ve ekolojik çevreyi merkezine alan sürdürülebilir şehirlerin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Tarım ve sanayinin birlikte gelişmiş olduğu en büyük şehirlerimizden biri olan İzmir, sanılanın aksine bu koşulları sağlayamamaktadır. Yapılan çalışmalar şehir merkezlerinde konforsuzluğun fazla olduğunu, kırsal kesimlere gidildikçe konforun arttığını göstermektedir (Kestane ve Ülgen, 2013). Türkiye’nin bir diğer büyük şehri Ankara’da yapılan çalışmalarda, şehir içi yüksek bina yoğunluğunun olduğu alanlar, günün büyük bir bölümünde, diğer arazi dokusuna sahip alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Türkoğlu vd., 2012).

Buraya kadar açıklanan büyük kentlerin sorunlarına ve devamında oluşan konforsuzluk şartlarına Bursa'da da rastlanmaktadır. Bursa'da yeşil alanların gittikçe azaldığı, asfalt ve beton yüzeylerle kaplı bölgelerin genişlediği, artan araç sayısı ile trafiğin yoğunlaştığı, bina sayılarının ve yüksekliğinin fazlalaştığı ve buna bağlı olarak konforlu alanların azaldığı ortaya çıkmıştır (Güngör vd., 2019). Türkiye'de çeşitli illerde biyoklimatik konforun belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmış, ancak İstanbul'da bu alana yönelik boşluk doldurulmamıştır. İstanbul ili, doğal, arkeolojik, tarihi, kültürel ve ulaşım yönünden gelişmiş, Türkiye'nin en fazla nüfusa sahip şehridir. Turizm potansiyeli, jeopolitik konumu ve göz ardı edilemeyecek nüfusu ile termal konfor çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. İstanbul'da gerek bölgesel planlama gerekse turizm, ticaret, sanayi, eğitim ve sağlık planlamaları açısından iklim verilerinin temelinde, insan konforunun çalışılması, kaynak değerlerin saptanması açısından önemlidir. Bu nedenle, bu çalışma da İstanbul ilinde biyoiklimsel konfor koşullarının mekansal ve zamansal dağılışı ve bu dağılışın arazi kullanım değişimleriyle bağlantısı incelenmiştir.

1.1. Araştırma Soruları

Küresel değişim ile birlikte, kentleşmenin her geçen gün daha hızlı artması, toprağın fiziksel özelliklerinde, meteorolojik parametrelerde çeşitli değişiklikler meydana getirmiş ve çevre sorunlarını büyük oranda arttırmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra kırsal alanlardan, kentlere göçün artması ile birlikte kentsel iklim kavramı ortaya çıkmıştır. Kent ikliminin meydana gelmesinde; yeşil alanların sürekli tahrip edilmesi, geçirimsiz yüzeylerin (beton ve asfalt.. gibi) artması, kent geometrisinde bina yüksekliği/sokak mesafesi ölçülerine dikkat edilmemesi ve yanlış arazi kullanımları etkili olmaktadır. (Aksu vd., 2020). Bahsi geçen bu sorunlar nedeniyle şehirler her geçen gün yüksek sıcaklık ve nem değerleri, yetersiz hava sirkülasyonu ve absorbe edilen güneş ışınları nedeniyle sağlıklı ve konforsuz ortamlar sunmaktadır.

Yeşil alanlar, kentsel mekânların kalitesini arttırmak, gölgeleme ve buharlaşma yoluyla enerji tasarrufu sağlamak, termal konforu iyileştirmek, ortamın sıcaklığını düzenlemek ve yazın daha serin kentsel alanlar oluşturmak konusunda uygun bir seçenektir. Yeşil alan oranı ile sıcaklık düşüşü arasında ilişki bulunmaktadır (Lobaccaro and Acero, 2015). Örneğin, ağaç gölgelik örtüsünün % 15 oranında artırılmasıyla, konut çevrelerinde ortalama 2.0°C'ye kadar gündüz serinletme etkisi yaratılmaktadır (Middel vd., 2015). Bu etki

kentlerde, binaların soğutma talebini azaltarak, enerjiden tasarruf sağlama açısından, yeşil alanların büyük önem taşıdığını göstermektedir (Huang vd., 1990). Serinletici etki bitki örtüsü kadar olmasada, toprak zeminler tarafından da oluşturulmaktadır. Tarım arazisi ile doğal ve yarı doğal alanların konfor bölgesi içerisinde yer alması, toprağın albedo değerinin yapay yüzeylere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (Çetin ve Sevik, 2020). Benzer şekilde bitki örtüsü ve toprak zeminler gibi su kütleleri de çevrelerinde bulunan alanların sıcaklığını düşürücü/dengeleyici etkiye sahiptir.

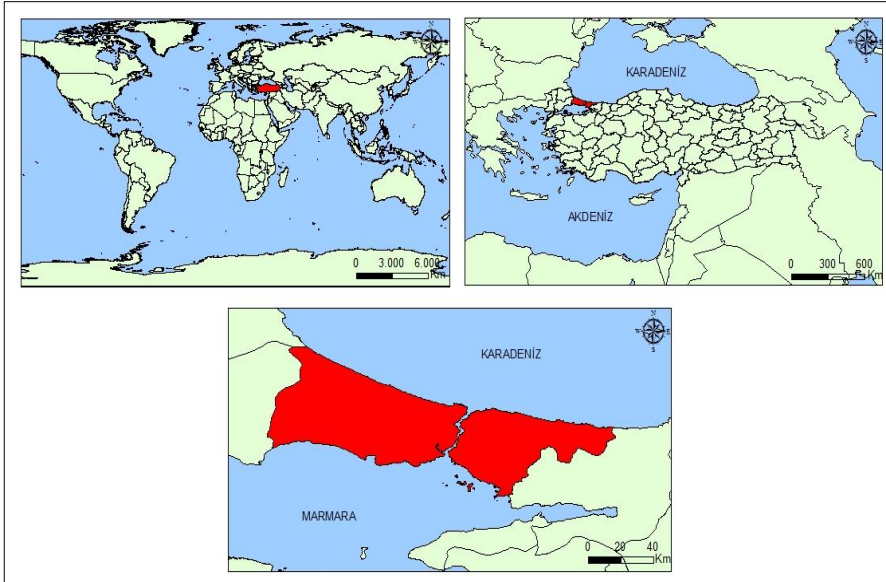
Türkiye’de 1950 yılından sonra tarımsal gelişmelerin yanında karayolu, liman, hidroelektrik santrallerin inşası ve sanayi bölgelerinin kurulması ile yeni iş sahalarının oluşturulması iç göçü hareketlendirmiştir. 1960-1965 aralığında göç eden nüfus en yüksek seviyesine ulaşmış ve bu dönemde 4 milyona yakın kişi göç etmiştir. Bu yıllardan sonra göç hareketleri değişen oranlarda devam etmiştir. Ana çekim merkezi olan ve 1960 lı yıllardan itibaren yoğun göç dalgalarına maruz kalan ve Türkiye’nin en yoğun nüfuslu kenti İstanbul, günümüzde de ekonomi temelli çekiciliğini korumaktadır (Bülbül ve Köse, 2010). Ancak fazla sayıda insanın yaşadığı ve düzensiz kentleşmenin gözlemlendiği bu şehir her geçen gün daha konforsuz yaşam alanları yaratmaktadır. Şehirlerin ışığı yansıtması ve havayı soğutması yolu ile ısıyı dağıtabilme yeteneği kırsal bölgelere göre daha düşük olduğundan, günümüzde sıcaklıkların yılın büyük bir bölümünde insan konfor düzeyini aşması, İstanbul gibi büyük kentlerde yaşayan insanlar için gündüz ve gece sıcaklıklarını önemli hale getirmiştir. (Şimşek, 2013). Mevcut kent yapısı dikkate alındığında, biyoklimatik konforun şehirlerde sürdürülebilir ekosistemlerin kurulmasında kilit bir öneme sahip olduğu fikrinden hareketle, araştırmanın soruları tespit edilmiştir;

- 1- İstanbul biyoklimatik konfor koşulları aylara ve yıllara göre nasıl dağılmaktadır?
- 2- Konfor koşullarının zamansal ve mekânsal patterni nedir?
- 3- İstanbul’da en uygun biyoklimatik koşullar nerede ve hangi dönemde oluşmaktadır?
- 4- İstanbul’da biyoklimatik koşulları şekillendiren temel faktörler nelerdir?
- 5- Şehirleşme, arazi kullanımı ve iklimsel değişimler biyoklimatik konfora nasıl etki eder?

1.2. Araştırmanın Konusu ve Amacı

İstanbul, Asya ile Avrupa kıtasının birleştiği bir noktada, Marmara Bölgesi'nde son derece stratejik bir konumda yer almaktadır. Sadece Türkiye için değil, dünya üzerindeki konumu açısından da kuşkusuz önemli noktalardan biridir. Kocaeli ve Çatalca olarak adlandırılan iki yarımadadan oluşan şehrin ortasında İstanbul Boğazı yer almaktadır. İstanbul Boğazı'nın şehrin içinden geçmesi, Avrupa Yakası ve Anadolu Yakası adında iki kavramın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Şehrin, kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Marmara Denizi, doğusunda Kocaeli, batısında Tekirdağ ve Kırklareli illeri bulunmaktadır (Şekil 1). Marmara Bölgesi'ndeki şehirlerin coğrafi olarak merkezi konumundadır. İstanbul'u doğuda Kocaeli Sıradağları, batıda ise Ergene Havzasının su bölümü çizgisi sınırlamaktadır.

İstanbul'un il sınırları ve Büyükşehir Belediyesi sınırları 22.07.2004 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan 5216 Sayılı Büyükşehir Belediye Kanununun 5. maddesine göre birleştirilmiştir (İBB, 2023). Ancak İstanbul kenti özellikle son 30 yılda hızlanan göç ve kentleşme nedeniyle, doğuda Kocaeli, batıda Tekirdağ illerine doğru genişlemeye devam etmektedir. Bugün İstanbul ve Kocaeli birleşik şehir görünümündedir ve iki şehrin sınırlarını ayırt etmek zorlaşmaktadır.



Şekil 1. İstanbul Lokasyon Haritası

Dünya'nın ve Türkiye'nin önemli kentlerinden biri olan İstanbul'la ilgili yapılan konfor çalışmalarının süresine ve içeriğine bakıldığında ilin tamamını kapsayan, fazla sayıda meteorolojik veriyi içeren ve birden fazla termal konfor indisini analiz ederek sonuç çıkaran bir çalışma bulunmamaktadır. Aynı zamanda ilde yapılan arazi kullanım değişikliğine yönelik çalışmalar ya kent ormanları, stadyumlar, kıyı kesimleri gibi belli arazileri ya da sadece bir ilçe alanını kapsamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada İstanbul ilinin tamamında fazla sayıda meteoroloji istasyonunun uzun dönemli verileri kullanılarak, biyoiklimsel konfor koşullarının zamansal ve mekânsal dağılışı ve bu dağılışın arazi kullanım değişimleriyle bağlantısını incelemek amaç olarak belirlendi.

Bu yoğun nüfuslu kentin, sürekli göç almasına ve kontrolsüz yapılaşmasına, kanal projeleri gibi yeni projeler de eklenince, ilin taşıma kapasitesinde ve ikamet eden nüfusun yaşam koşullarında ne gibi zorlukların gözleneceği sorusu akla gelmektedir. Buradan hareketle, dış ortam koşullarının insan konforu üzerindeki etkisini ilin tamamında incelemek önem taşımaktadır. Bu araştırma boşluğunu doldurmak üzere, tez çalışması kapsamında, yaygın olarak kullanılmakta olan Biyoklimatik Konfor İndisi ve Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES/PET) indisini seçilerek İstanbul ili için biyoklimatik konfor analizleri gerçekleştirildi. Sürekli değişmekte olan kent arazi kullanımının konfor üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla beş yıllık CORİNE verileri kullanıldı. İşte bu bilgiler ışığında 1990 yılından 2018 yılına kadar ki 28 yıllık dönemde, farklı indis analizleri üzerinden, İstanbul gibi önemli bir kentte hem konfor değişimi hem de arazi kullanım durumu incelendi.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İklim koşullarının, canlılar üzerindeki etkisini araştıran biyoklimatoloji disiplini, değişen iklimsel ve çevresel koşulların yanısıra, biyosferdeki çeşitlilik nedeniyle oldukça geniş bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. İnsan, hayvan, tarım, bitki (orman) biyoklimatolojisi olarak öne çıkan alt çalışma alanlarının yanısıra, biyoklimatoloji kapsamı içerisinde değerlendirilebilecek pek çok araştırma konusu bulunmaktadır

Biyoklimatoloji çalışmalarının büyük bir bölümü, dış termal koşullara insanların verdiği tepkileri ölçmeye dayanmaktadır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen literatür analizinde, biyoiklim indisleri, şehir (kent) biyoiklimi, küresel çevresel değişimlerin biyoklimatik şartlar üzerindeki etkilerini konu alan çalışmalara ulaşılmıştır. Doğrudan araştırma alanı ile ilişkili çalışmalar ayrı bir başlık altında değerlendirilmiştir.

Biyoklimatik konfor indislerinin geçmişten günümüze değişimlerini ve gelişimlerini ortaya koyan bibliyografik çalışmalar bulunmaktadır (Şensoy, 2020; Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Epstein ve Moran, 2006). Bu bölümde araştırma alt başlıkları ile ilgili yapılmış olan çalışmalara, kuramsal tartışma, kavramlar, tanımlama ve gelişim süreçleri açısından yer verilmiş ve bu çalışmalar dört başlık altında toplanmıştır.

1. Biyoiklim ve Biyoklimatik konfor indislerinin tarihsel gelişimi
2. Şehir iklimi ve biyoklimatoloji ilişkisi
3. Çevresel değişimler ve biyoklimatoloji uygulamaları
4. Araştırma alanı ile ilgili yapılan çalışmalar

2.1. Biyoklimatik Konfor İndislerinin Tarihsel Gelişimi

Nüfusun az, yerleşmelerin yoğun olmadığı ve teknolojinin gelişmediği dönemlerde insanlar biyoklimatik konfor koşullarını sağlamak için doğal yöntemlerden yararlanmışlardır. Kurak ve yarı kurak coğrafyalarda yapılan kerpiç ve taş meskenlerin yazın serin, kışın sıcak ortam sunmaları, mimari de güneşlenmeden yararlanılması, bitkilerle gölgelendirme yapılması ve su projelerinden serinleme de faydalanılması bu ilk dönem uygulamalarına örnek teşkil etmektedir. Sanayi devrimine kadar devam eden doğaya uygun

yaşama tarzı, kentleşmenin hızla büyümesi ve çevresel değişimlerin artmasıyla birlikte, insan için konforlu iklimik şartların teknolojik gelişmelerle sağlandığı yeni bir döneme evrilmiştir. Yaşanılan ya da çalışılan binalardaki ısıtma veya soğutma talebi ya da bina ve zemin malzemelerinin türü ve rengi gibi daha detaylı araştırmalar biyoklimatik konfor çalışmaları içerisine dahil edilmektedir. 20. Yüzyılın başlarında sanayi devriminin etkisiyle işgücünde verimlilik ihtiyacı önemli bir konu haline gelmiştir. Çalışma koşullarının kötüleşmesi/konforu ile işçilerin şikayetleri ve iş performansları arasındaki ilişki, biyoiklimsel konfor çalışmalarının başlamasına neden olmuştur (Toy, 2010).

Biyoklimatik konfor konusunda ilk bilimsel yaklaşım, Heberden (1826), tarafından insanın hissettiği sıcaklıkta, hava sıcaklığının yanı sıra nemin de etki ettiğini fark etmesiyle olmuştur. Fakat ilk ciddi çalışma Haldane (1905), tarafından İngiltere’de yapılmıştır. Haldane (1905), Dolcoath Mirne’de, Londra’daki Lister Enstitüsü’nde ve Oxford’daki Fizyoloji Laboratuvarı’nda sıcak odalarda ve Türk hamamında denekler kullanmıştır. Bu deneklerde artan sıcaklık ve neme bağlı olarak rektal ve ağız sıcaklığı ölçümleri yaparak biyoklimatik konfor şartları için eşik değerler belirlemiştir (Çağlak, 2021). Sayıları yüzlerle ifade edilen biyoklimatik konfor indislerinde, ET AT, ve HSI gibi indisler sadece sıcaklık ve nem koşullarını dikkate alırken, son yıllarda ortaya çıkan SET, FES (PET), UTCI, PMV ve PPD gibi indisler meteorolojik verilerle birlikte kişisel verileri de dikkate alan daha karmaşık hesaplamalar içermektedir (Şensoy, 2020). Bu indislerin eksik veya hatalı yönleri üzerine çalışmalar yapılmakta ve modifiye ya da birleştirilmiş indisler üretilmektedir. PET’e göre nispi nem, giysi ve aktiviteyi daha fazla dikkate alan bir indis olan mPET bunlardan biridir. Modifiye edilmiş PET indisleri olan mPET, PET’in giyim ve nem performansı üzerindeki zayıflığını değiştirmiş ve hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık ve rüzgar hızı üzerindeki iyi performansını korumuştur (Chen ve Matzarakis, 2018). İndisler üzerindeki değiştirme ve geliştirme çalışmaları günümüzde de devam etmektedir. İndislerin tarihsel olarak gelişimleri Tablo 1’de verilmiştir.

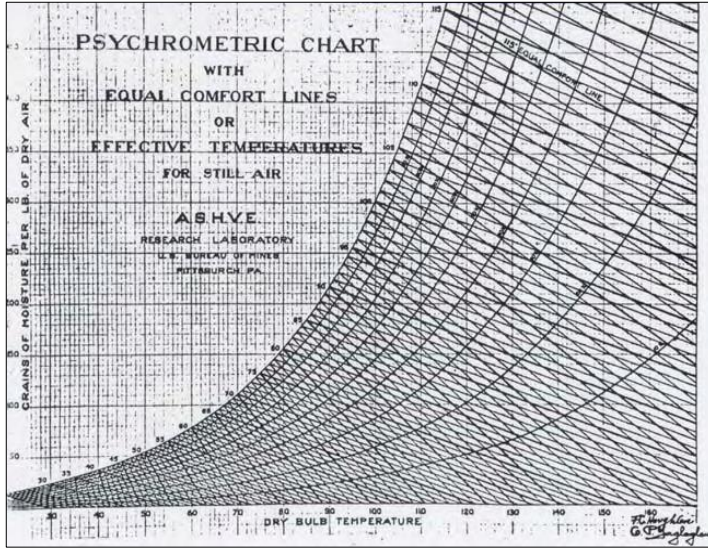
Tablo 1

Biyoklimatik konfor indislerinin tarihsel gelişimi

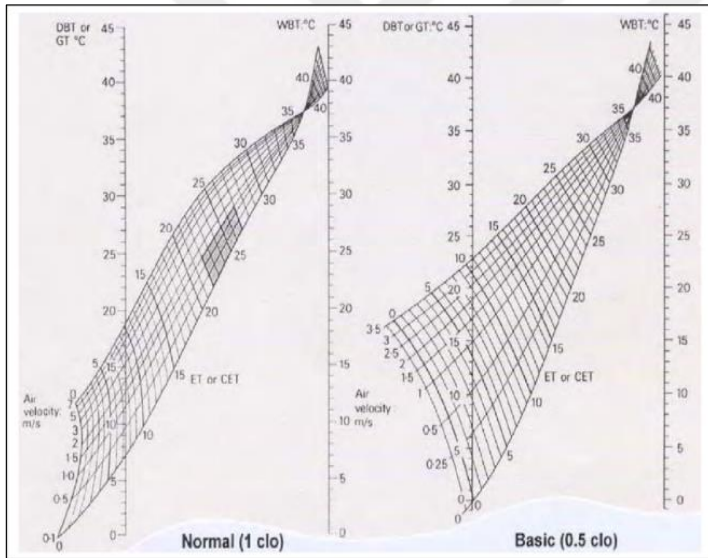
Yıl	İndeks	Kısaltma	Araştırmacı
1923	Etkili Sıcaklık	ET	Houghton ve Yaglou
1932	Düzeltilmiş Etkili Sıcaklık	CET	Vernon ve Warner
1937	Çalışma Sıcaklığı	OP	Winslow, Herrington ve Gagge
1945	Rüzgâr Üşütme Sıcaklığı	WCT	Siple ve Passel
1955	Isı Stresi İndeksi	HSI	Belding ve Hatch
1959	Konforsuzluk İndeksi	DI	Thom
1963	İnsan Vücudu Isı Dengesi	(O)	Gates
1970	Tahmin Edilen Ortalama Oy	PMV	Fanger (ISO ve ASHRAE)
1970	Tahmini % Memnuniyetsizlik	PPD	(İç Mekan)
1971	Standart Etkili Sıcaklık	SET	Gagge vd
1979	Görünür (Hissedilen) sıcaklık	AT	Steadman
1984	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık	PET	Höppe
1994	İnsan- Çevre Değişimi	MENEX	Blazejczyk
2000	Evrensel Termal İklim İndeksi	UTCI	Komisyon, COST Action 730

İlk biyoklimatik konfor indisi, 1923 yılında, Houghton and Yaglou tarafından geliştirilen Efektif Sıcaklık (ET- Effective Temperature) indisi olmuştur (Şensoy, 2020). Daha önceki çalışmalarda sıcaklık ve nem odaklı analizler yapılırken, bu indiste sıcaklık ve nemin yanında rüzgâr hızının da etkisi hesaba katılmıştır. Efektif sıcaklık uzun süre kullanıldıktan sonra, yerini hesaplamalara farklı değişkenlerin eklenmesiyle oluşturulan indislere bırakmıştır (Şekil 2).

Vernon ve Warner (1932) ve sonra Bedford (1936), İngiltere’de fabrika işçilerinin konfor şartlarını deneysel çalışmalar yaparak hesaplamaya çalışmışlardır (Şekil 3). Vernon ve Warner (1932), ET indisini kullanarak, kuru hazneli termometre değerinin yerine radyan sıcaklığı koyarak Düzeltilmiş Efektif Sıcaklık (Corrected Effective Temperature) indisini bulmuştur (Çağlak, 2021).



Şekil 2. Yaglou Etkili Sıcaklık Psikrometrik Grafiği (Auliciems ve Szokolay,2007)



Şekil 3. Vernon ve Bedford CET Nomograms (Auliciems ve Szokolay,2007)

Missernard (1931)'de efektif sıcaklığa benzer bir indis geliştirmiş ve bunu Sonuç Sıcaklığı olarak adlandırmıştır. Bu indis ısının, kendisinin yanında nasıl transfer edildiğini de araştırmaktadır. Winslow vd. (1937), Operasyonel sıcaklık (Operative Temperature) kavramını kullanmışlar ve hissedilen sıcaklığın hava sıcaklığı ile radyan sıcaklığın doğrusal ortalaması olduğunu ortaya koymuşlardır (Çalışkan, 2012). Bu indis çalışmalarının katkılarıyla işyeri koşulları için birçok yaklaşım ve indis oluşturulmuştur.

Windchill (WCT; Wind Chill Temperature) ile ilgili çalışmalar, Siple ve Passel (1945), tarafından 1940'ların başında Antartika'da sıcaklık ve ısı kaybı arasındaki ilişkiyi ölçmek için yapılan deneylerle başlamıştır. İlgili araştırmacılar su dolu plastik silindireleri Antartika'nın soğuk rüzgarlarına bırakmışlardır ve -9 °C'den -56 °C'ye kadar suyun donma zamanını kaydetmişlerdir. Ölçümlerin hepsi kışın güneş ışığı olmadan yapılmıştır. Aynı zamanda havanın soğuma gücünü hesaplayan deneysel formüller geliştirmişlerdir (Toros vd., 2003).

Belding ve Hatch (1955), Isı Stresi İndisi (Heat Stress Index) adında bir indis oluşturmuşlardır. Bu indiste ısı dengesini korumak için buharlaşma ile maksimum buharlaşma arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Yaglou ve Minard (1957), tarafından ortaya konulan WBGT indisi (Wet Bulb Globe Temperature) ABD' nin askeri kamplarında ısıya bağlı hastalıkların kontrol altına alınması için yapılan çalışmalarda geliştirilmiştir (Çağlak, 2021).

Thom (1959), tarafından ortaya konan rahatsızlık indisi, biyoklimatik konfor durumunun değerlendirilmesinde kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu indis ıslak ve kuru termometre değerlerinin formülde yerine konup, Rahatsızlık indisi (DI) olarak adlandırılan, Termohigrometrik indiste (THI) rahatsızlık bölgelerinin tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Thom tarafından ortaya atılan bu indis daha sonra Kyle (1994), tarafından geliştirilerek, yeniden düzenlenmiştir (Çınar, 2004). Bu indislerin en büyük eksiği gün içinde en fazla salınım gösteren sıcaklık ve nem değerlerine göre sonuç vermeleridir. Bu nedenle mevcut ele alınan iklimsel verilerin gün içinde göstermiş oldukları farklılıklar ele alınmalı ve diğer değişkenler eklenerek çoklu sentezlerle sonuç elde edilmelidir.

Gates (1963), biyoklimatik konfor indislerinde ilk defa fizyolojik tepkimelerin ölçülebilmesini sağlayan aşağıdaki formülü kullanmıştır. Gates'in formülü termal konfor indislerinde fizyolojik tepkimelerin payının ölçülmesini sağlamıştır (Çalışkan, 2012).

$$O = M \pm C1 \pm C2 - LE - RB \pm RS + S \quad (1.1)$$

M= metabolik oran kcal/m²

C1= konveksiyon (taşınım) ısı değişimi

C2= kondüksiyon (iletim) ısı değişimi

LE= buharlaşmayla ısı değişimi (L buharlaşma E nem kaybı)

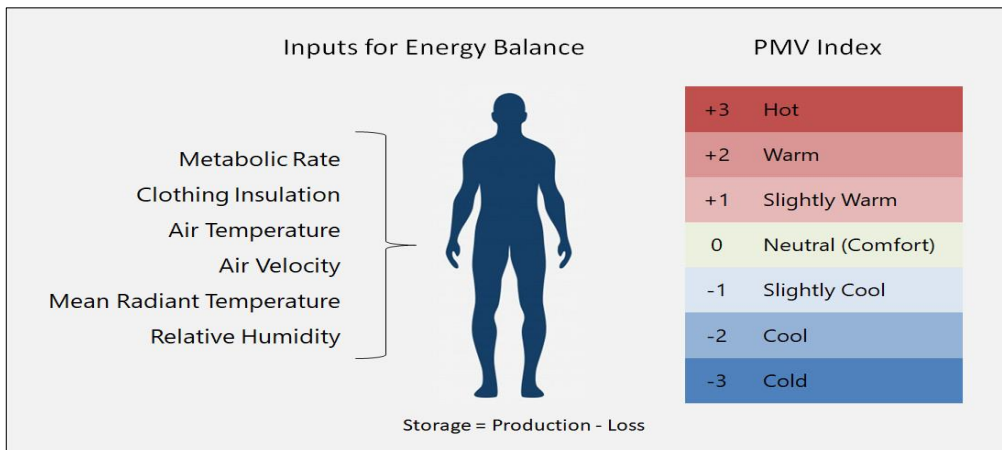
RB= kızılötesi radyasyon (vücuttan kaçan)

RS= çevreden gelen kızılötesi radyasyon

S= kısa dalga radyasyon, a= albedo

Givoni (1963), insan vücudu enerji dengesi üzerinde yapmış olduğu araştırmalarda, insan sıcaklık konforunu etkileyen; sıcaklık, rüzgâr, radyasyon, nemlilik, giysi şekli ve aktiviteden oluşan altı faktör üzerinde durmuştur. İnsanın çevresiyle sürekli enerji alışverişi içerisinde olduğunu belirtmiştir (Çınar, 2004).

Fanger (1970), insan vücudunda ısı denge eşitliğini formüle etmiştir. Oluşturduğu ısı dengesi modelini altı etkili parametreyi ele alarak oluşturmuştur. Bu yaklaşım karmaşık indislerin başlangıcı sayılmıştır. 1970’li yıllar aynı zamanda termal konfor çalışmalarının bir sıçrama gösterdiği yıllardır. Fanger, insanların yaşadıkları ortamları, ısı dengelerinin ortaya konulabilmesi için çeşitli hesaplamalar ve modeller geliştirmiştir. Geliştirdiği modellerden biri, ISO ve ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından standart olarak belirlenen ve ısı dengesini dikkate alan Tahmini Ortalama Oy (Predicted Mean Vote) (PMV) modelidir (Çalışkan, 2012). PMV bireyin iç mekanın termal koşullarından etkilenme düzeyini belirleyen ve iş güvenliğinde kullanılan bir indistir (TS EN ISO 7730, 2005; Şensoy, 2020; Çağlak, 2021). Fanger (1972) de ise, hissedilen sıcaklığın ölçümünün mümkün olması kadar, tahminini yapmanın da olası olduğunu belirtmiştir. Fanger, bunun için “Fanger konfor eşitliğini” ni kullanmıştır.



Şekil 4. PMV termal konfor kriterleri (PMV Thermal Comfort Criteria, 2022).

Kişisel memnuniyetsizlik yüzdesi olarak adlandırılan PPD değeri, PMV'den türetilen ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesini veren ve iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan bir indistir (Şekil 4). PMV indisinin sifıra yakın olduğu değerler ortamdaki memnuniyetsizliğin en az olduğu koşullardır (Şensoy, 2020).

SET, Gagge vd. tarafından 1971'de standartlaştırılmış koşullar altında ET'nin bir alt kümesi olarak yorumlanmıştır. Faaliyetler için dış mekânda hava koşullarının dikkate alındığı çalışmada, standartlaştırılmış giysiler kullanılmıştır. İndis, sıcaklık, nisbi nem, ortalama radyan sıcaklık değerlerinin yanı sıra cilt sıcaklığı ve nemini de dikkate alarak hesaplama yapmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2

Standart Efektif Sıcaklık (SET) değerlerine karşılık gelen duygu ve psikoloji durumları (Şensoy, 2020'den değiştirilerek).

SET	Duygu	Psikoloji
> 37.5	Çok sıcak, konforsuz	Buharlaşma düzeninde bozulma
37.5-34.5	Sıcak, kabul edilemez	Aşırı terleme
34.5-30.0	Sıcak, konforsuz	Terleme
30.0-25.6	Az sıcak	Az terleme, vazolidasyon
25.6-22.2	Konforlu	Fizyolojik termal nötr
22.2-17.5	Az serin	Başlangıç, vazokonstriksiyon
17.5-14.5	Serin, kabul edilemez	Yavaş vücut soğuması
14.5-10.0	Soğuk, kabul edilemez	Titreme başlangıcı

Kanada Atmosferik Çevre Servisi'nden Masterson ve Richardson (1979), hava sıcaklığı ve çiy noktasından türetilen nemliliği ele alan Humidex adında bir indis geliştirmiştir. Jendritzky vd., (1979), Fanger'in eşitliğine kısa dalga radyasyonun etkisini ilave ederek Alman Meteoroloji Servisi'nde kullanılmakta olan Klima Michel Modelini (KMM) ortaya koymuştur (Çağlak, 2021).

Steadman (1979), hissedilen sıcaklık tablosu kullanarak efektif sıcaklıkların insan sağlığı üzerine etkilerini sınıflandırmıştır. Bu değerlendirmede sıcaklık ve nisbi nem değerleri ele alınarak efektif sıcaklık bölgeleri oluşturulmuş ve her bölge için olası sağlık sorunları açıklanmıştır (Çınar, 2004).

Blazejczyk (1994), insan ile çevre arasındaki ısı alışverişinde termal dengeye dayalı bir model geliştirmiştir. Model, farklı hava ve arazi koşullarında ve çeşitli iş yüklerinde insandaki ısı stresini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Farklı iklim kuşaklarında ve hava koşullarında ve farklı peyzaj türlerinde gerçekleştirilen dış mekân iklimsel-fizyolojik araştırmalar sırasında model test edilmiştir. Meteorolojik parametreler ve cilt sıcaklığı, ayakta duran, sağlıklı 10 denek üzerinde yerel saatle sabah 6.00'dan akşam 8.00'e kadar her saat eş zamanlı ölçülmüştür. Modelin hesaplanması aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$M + Q + C + E + Res = S \quad (1.2)$$

M= metabolizma hızı

Q= insanda radyasyon dengesi

C= konveksiyonla ısı transferi

E= nefes alarak ısı kaybı

R= insanın düşük frekanslı radyasyonu

S= net ısı depolama

Termoregülatörlerin tepkilerini içeren önemli dizinlerden biri de Açık Hava Uzman Sistemidir (OUTCOMES) (OUTdoor COMfort Expert System). OUTCOMES, insanların konfor koşullarını sıcaklık, rüzgâr hızı, nemlilik, güneş radyasyonu, objelerin gölgeleri ve zeminin yansıtma özelliği, gökyüzü görüş oranı, ağaçlar ve bina örüntüsü (paterni), kıyafetler ve insan aktiviteleri girdileri ile hesaplamaktadır. Outcomes modeli enerji dengesi formülüyle çalışmaktadır. (Wang, 2003; Çalışkan, 2012; Şensoy, 2020).

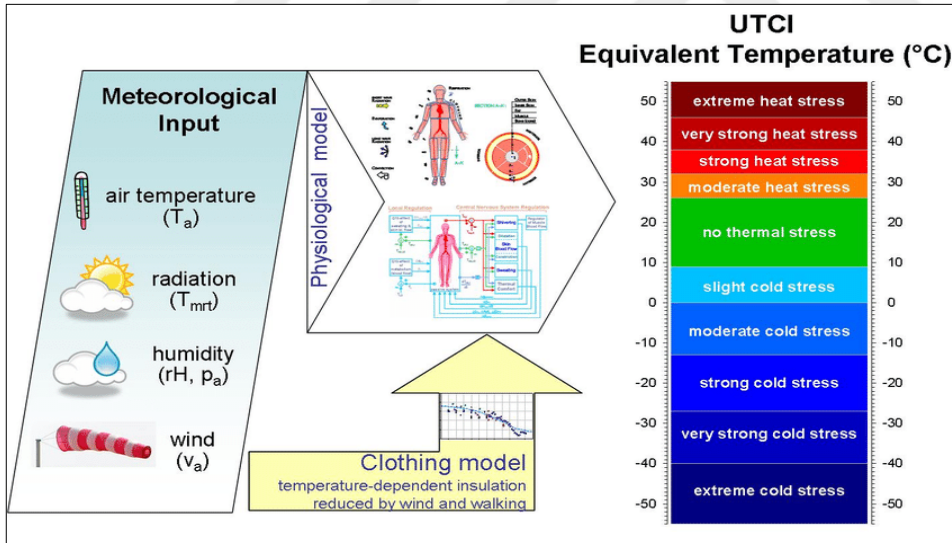
Evrensel Termal İklim İndeksi (Universal Thermal Climate Index)

İnsan biyometeorolojisindeki uygulamalar, atmosferik ortamın termofizyolojik olarak değerlendirilmesini gerektirir. Günümüzde çeşitli modeller mevcut olmasına rağmen, çevre koşullarının sınırlı olması nedeniyle genel olarak kabul görmeyen ya da sınırlı geçerliliğe sahip modeller bulunmaktadır. UTCI indisinin geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Tüm vücut hesaplamalarında uygulanabilirlik, ısı değişim aralığında termofizyolojik değerlendirmeler, insan biyometeorolojisindeki temel uygulamalar (örneğin

halk hava durumu hizmetleri), halk sađlığı hizmetleri, iklim etkisi arařtırmalarında kullanılabilir (Błażejczyk vd., 2014).

1999 yılında Uluslararası Biyometeoroloji Derneği'nin özel bir çalışma grubu tarafından geliştirilmeye başlayan Evrensel Termal İklım İndisi (UTCI), 2005 yılından itibaren Action 730 (Cooperation in Science and Technical Development) tarafından desteklenerek, 2009 yılında ortaya çıkarılmıştır (ağlak, 2021). UTCI, insan fizyolojik tepkisini çok boyutlu olarak hesaplayarak gerçek termal durumu yansıtan tek boyutlu bir sonuç geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Sıcaklık, rüzgâr, nem ve radyasyon gibi atmosferik ortamın insan vücudunda neden olduğu termal stresi, UTCI indisi gelişmiş çok boyutlu termoregölasyon modeli ve genel olarak tahmin yoluyla hesaplamaktadır. Şekil 5 'te gösterildiği gibi, indeks değeri meteorolojik, fizyolojik ve kıyafete dayalı verilerin analizine dayalı tasarlanan modelin çok değişkenli dinamik çıktısından elde edilmektedir. Bu yönüyle insan fizyolojisine ve giyim tarzına göre hesaplama yapıldığı ve bu özelliklerin de dikkate alındığı anlaşılmaktadır.



Şekil 5. UTCI indisinin hesaplama modeli (Bröde, vd., 2011)

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES/PET)

Çevresel ve kişisel faktörlerin bir arada kullanıldığı bir diğer önemli indis ise Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık' tır. Bu indis sıcaklık, nisbi nem, rüzgâr hızı, bulutluluk ve solar radyasyon gibi meteorolojik faktörler ile yaş, cinsiyet, boy, kilo, yapılan aktivite, kıyafet ve

metabolizma hızı gibi kişisel faktörleri birlikte hesaplamaktadır. Tüm bu faktörleri hesaplayarak tek değer halinde ve °C cinsinden sonuç vermesi, oldukça kolay anlaşılmasına ve değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır. İlk kez Höppe (1984), tarafından geliştirilen, FES modelinde hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$M+W+Q*(T_{mrt},v) +QH(T_a,v)+QL(e,v)+QSW(e,v)+QRe(T_a,e)+S=0 \quad (1.3)$$

Burada; M = Metabolizma oranı (aktivite)

W = Mekanik güç (aktivite türü)

Q* = Radyasyon Bütçesi

QH = Hissedilen sıcaklığın değişimi

QL = Gizli ısının değişimi (buhar dağılımı)

QSW = Gizli ısının terleme yoluyla dağılımı

QRe = Solunum yoluyla ısı değişimi (hissedilen ve gizli sıcaklık)

S = Depolama, T_a = Hava sıcaklığı, e = buhar basıncı, v = rüzgar hızı

T_{mrt} = ortalama radyan sıcaklık

FES, temelde Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. Bu modelde açık alanlardaki meteorolojik koşullar, insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık iş yapan, kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar tipik kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna, vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir. Açık hava koşullarının, kapalı alanlardaki tepkilere eşitlenmesiyle somut bir konfor indisi ortaya çıkmaktadır (Çalışkan, 2012).

Kapalı alan referans değerleri

* Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşittir (T_{mrt} = T_a)

* Havanın hareketi (rüzgâr) hızı 0,1 m/s'dir

* Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^\circ\text{C}$ ve RH %50)

FES indis sonuçları dokuz basamaklı bir termal algılama ve bunlara karşılık gelen fiziksel stres derecesi ile sınıflandırılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) Termal Algılama ve Stres Dereceleri (Matzarakis ve Mayer, 1996)

FES ($^\circ\text{C}$)	Termal algılama	Fiziksel stres derecesi
> 41	Aşırı sıcak	Aşırı sıcak stresi
35-41	Çok sıcak	Güçlü sıcak stresi
29-35	Sıcak	Orta sıcak stresi
23-29	Hafif sıcak	Hafif sıcak stresi
18-23	Konforlu	Termal stres yok
13-18	Hafif serin	Hafif soğuk stresi
8-13	Serin	Orta soğuk stresi
4-8	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
< 4	Çok soğuk	Aşırı soğuk stresi

Biyoklimatik konfor yada termal algılama denilen ve insanın doğal çevre şartlarından etkilenme durumunu çeşitli indislerle analiz ederek ortaya koymaya çalışan bilimsel araştırmalarda, Coğrafya'nın vazgeçilmez ilkesi olan dağılışa iki şekilde yer verilmektedir. Bunlardan birincisi, belirli bir dönemde saatlik, günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık zaman dilimlerinde konfor şartlarının dağılımı ile ilgili yapılan analizlerdir. Bu analizlerde zaman serilerine bakılarak konfor durumunun değişimi gözlenmektedir. İkincisi ise, belirli bir dönemde hesaplanan biyoklimatik konfor şartlarının farklı arazi örtüsüne/kullanımına, yükseltiye, denizellik-karasallık durumuna, enleme, eğim ve bakı durumuna göre, mekânsal dağılım ile yapılan analizlerdir. Bu analizlerde hem dikey hem de yatay yönde arazinin farklı özelliklerinin konfor üzerindeki etkisine bakılmaktadır. Bu tür çalışmalarda harita ve grafiklerden yararlanılmaktadır.

Biyoklimatik konforda mekânsal dağılışı konu alan en eski çalışmalardan biri 1990 yılında yapılan ve Almanya'da 30 yıllık verilerin analizine dayanan çalışmadır. Üretilen haritalarda 100 m² den 1 km² ye kadar olan gridler halinde istasyonlardan alınan bilgiler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemleriyle alansal enterpolasyon kullanılarak haritalara yansıtılmıştır. Çalışmada Klima Michel Modeli kullanılmıştır (Jendritzki vd., 1990).

Macaristan'da FES indisinin mevsimlik ve mekânsal dağılımının incelendiği çalışmada, çoklu regresyon modeli kullanılarak, Macaristan'ın konfor şartları mevsimlere göre haritalanmıştır. Sıcak dönemde Macaristan'da 7 – 11 °C arasında konfor farklılıkları tespit edilirken, soğuk dönemde ise tüm ülkenin aynı stres seviyesinde olduğu ortaya konmuştur (Gulyas ve Matzarakis, 2009).

Türkiye'de 69 istasyonun 1975-2008 dönemine ait verileri kullanılarak yükselti, enlem ve denizellik özellikleri dikkate alınarak biyoklimatik konfor şartlarının belirlendiği çalışmada, zamansal ve mekânsal analizin yanısıra arazinin farklı özellikleri de hesaplamalara dahil edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda, Türkiye'nin güneyi ve batısındaki kıyı kuşağı ile alçak alanların FES'lerinin diğer alanlardan 5°C-25 °C daha yüksek olduğu, kabaca kuzey güney yönlü dağ sıralarının FES'lerinin çevrelerindeki alçak alanlardan 10 °C-30 °C daha düşük olduğu bulunmuştur. Çalışmada, yükseklik, denizellik ve enlem arttıkça FES değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Çalışkan, 2012).

Nijerya'nın güneybatısında beş eyaletin dış mekân termal konfor koşullarını 30 yıllık bir dönemde değerlendiren bir çalışmada, Sıcaklık-Nem İndisi (THI) ve Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) İndisi kullanılmıştır. Termal koşulların mevsimsel olarak değiştiği gözlenmiş, yağışlı aylara ve kurak aylara geçiş sırasındaki termal stres seviyelerinin arttığı görülmüştür. (Njoku ve Daramola, 2019).

Çalışma sahası olarak Türkiye'nin merkezi kesiminde bulunan, kuzey- güney yönünde aynı hat üzerinde yer alan ve üç farklı iklim bölgesini temsil eden Samsun, Kayseri ve Adana'nın seçildiği bir diğer mekansal analizde, geçmiş (1960 – 1989) ile günümüz (1990 – 2019) biyoklimatik konfor şartları ölçüm verileri kullanılarak, günün üç saatinde (07, 14 ve 21) ve günlük olarak hesaplama yapılmıştır. Ayrıca gelecekte öngörülen biyoklimatik konfor şartları, iklimsel model senaryolarının (RCP4.5 ve RCP8.5) verileri kullanılarak günlük olarak açıklanmıştır. Bu çalışmada, konfor şartları birçok etkeni bir arada hesaplayan FES (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık) indisine göre belirlenmiştir (Çağlak, 2021).

Ordu ilinde, 27 istasyonun aylık verilerinin kullanıldığı biyoklimatik konfor analizinde, zaman serisi olarak aylık, mevsimlik ve yıllık seriler tercih edilmiştir. Kentte yıl içerisinde biyoklimatik açıdan konforlu bölgelerin en fazla olduğu ayların Mayıs ve Eylül ayları olduğu, mevsim bazında yapılan değerlendirmede ise en konforlu mevsimin sonbahar olduğu belirlenmiştir (Yeşil vd., 2021).

Çin’de Wan vd. (2009), tarafından yapılan bir çalışmada Çin’deki 102 yıllık (1901-2002) meteorolojik veriler kullanılarak (hava sıcaklığı ve nispi nem) termal iklim kuşakları ve alt bölümleri incelenmiştir. Hesaplanan PMV indisine göre, Çin’de kışın aşırı soğuk (-5) ve sıcak (+2) arasında değişen konfor koşulları bulunmuştur. Konforsuz koşulların kışın daha az, yazın ise daha fazla olduğu belirtilmiştir (Çalışkan, 2012).

Adıgüzel (2021)’de, Çukurova genelinde yaz aylarında, ayrıca Mayıs ve Eylül aylarında konforsuz alanlar gözlerken, kış aylarında soğuk ve serin alanlar tespit etmiştir. Yeşil alanlar mahalle düzeyinde incelenmiş ve genellikle kişi başına yeşil alan miktarının 10 m²’nin altında olduğunu belirtmiştir.

McGregor (1993), “Çin’de İnsan Konforunun Mekânsal ve Zamansal Özelliklerinin Ön Değerlendirmesi” isimli çalışmasında, Çin ikliminin, insan termal konforunu nasıl etkilediğini değerlendirmiştir. Biyoklimatik konfor şartlarının zamansal ve mekânsal dağılımlarının çeşitlilik gösterdiğini ve konfor varyasyonlarını etkilediğini bu çalışmada açıklamıştır.

Şensoy (2020) de, Antalya’da turizmin geleceği açısından biyoklimatik konfor indislerinden Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES), Turizm İklim İndisi (Tİİ) ve enerji indislerinden Isıtma ve Soğutma Gün Derece (IGD ve SGD) indislerini hesaplamış ve bir termal algı anketi uygulamıştır. 1960-2017 dönemini kapsayan gözlem verisi ile FES değerleri hesaplanmış, kıyı istasyonlarında konforlu zamanların ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gündüz saatlerine, yaz mevsiminde ise gece saatlerine sıkıştığı belirtilmiştir.

2.2. Şehir İklimi ve Biyoklimatolojisi Çalışmaları

Günümüzde şehirler hızlı kentleşme ve yoğun nüfus nedeniyle çevrelerinden farklı ortam koşulları yaratmaktadır. Özellikle antropojenik etkiler nedeniyle şehir ile çevrelerindeki kırsal alanlar arasında sıcaklık farklılıkları meydana gelmektedir. Sıcaklığın dışında, nem ve rüzgâr koşullarının da değişim gösterdiği bu ortamlarda, çevresindeki kırsal/doğal alanlardan farklılık gösteren şehir iklimleri oluşmaktadır. Nüfus ve yerleşme yoğunluğu, hava kirliliği, asfalt ve beton malzemenin yoğun kullanılması, yeşil alanların tahrip edilmesi, çok katlı binaların yapılması, kent geometrisi nedeniyle şehir kanyonlarının

oluşması bu iklimi ortaya çıkarmaktadır. Bu durum şehirlerde yaşayan canlıların ortam/yaşam koşullarını yani şehir biyoklimatolojisini de değiştirmektedir.

Şehir iklimi çalışmalarında, kent içi yeşil alanlar, şehir ısı adaları, cadde/sokak genişliği, şehir kanyonları, genel anlamda kent geometrisinin ve kullanılan malzemelerin şehir iklimine etkileri incelenmektedir. Bu çalışmalarda özellikle şehir ile kırsal alan arasındaki farklılıklara dikkat çekilmektedir. Arazi örtüsü değişimi ile şehirler, kırlardan farklı sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr koşulları ile karakterize edilmeye başlanmıştır (Oke, 1981; Oke, 1987). Şehirleşmeden etkilenen meteorolojik parametrelere farklı örnekler vermek mümkündür. Örneğin, yağışın şehirleşme ile değişimi incelenirken, yaz sezonunda yağış miktarını ve sıklığını arttırdığı ortaya çıkarılmıştır. Şehirleşmeye bağlı oluşan ısınma konvektif yağışların şiddetini ve sıklığını arttırabilmektedir. (Wang vd., 2009) Ayrıca şehirleşme etkisiyle, insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan aerosollerin bulut çekirdeği işlevi görerek yağışı arttırdığı belirtilmektedir (Han ve Baik, 2008). Artan yağışa ek olarak, geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu bölgelerde yağış sonucu taşkın ve sel riski yüksek olmaktadır. Bu risk şehirlerdeki bütün canlı hayatını olumsuz etkilemektedir. Şehirlerdeki arazi kullanım değişiminin canlı yaşamına etkisine bakıldığında, şehirleşmenin su ve radyasyon dengelerini değiştirdiği, değişen rüzgârın hava kalitesini etkilediği ve kirletici yoğunluğunu arttırdığı görülmektedir. Yağış ve rüzgâr problemlerine ek olarak, karmaşık kentsel yapının ısıyı emmesi ve yeniden yayması şehirlerde daha fazla ısınma sorunu yaratmaktadır (Üstün vd., 2022). Taş, kaya ve beton zeminler ıslak ve kumlu toprağa göre üç kat daha fazla ısı taşıma kapasitesine sahiptir. Bu durum şehirlerdeki yüzey malzemelerinin enerjiyi alma ve depolama süresini üç kat artırmaktadır. Kentlerin morfolojik özellikleri, iklimsel değişiklikler üzerinde çok yönlü karmaşık etkiler oluşturmaktadır (Chen vd., 2012). Oke (1981) çalışmalarında, kentin geometrik yapısının, kentsel iklim üzerindeki etkisini makro ve mikro düzeyde incelemiş ve şehir ısı adası oluşumlarını ortaya koymuştur. Bu göstergeler ışığında, özellikle konforsuz veya şehir ısı adasının olduğu bölgeler için çoğunlukla yeşil alan ve su kütlelerine yönelik projelerin artırılması gibi çözüm önerileri öne çıkmaktadır. EnviMet ve Skyhelios programları sayesinde sıcaklık ve radyasyon başta olmak üzere diğer iklim elemanlarının dağılışı, bitkilerin ve su kütlelerinin serinleme üzerindeki etkileri senaryolar oluşturularak incelenebilmektedir.

Küresel iklim değişikliği ve büyüyen şehirler bağlamında, şehir iklimi, şehir ısı adası ve şehir biyoklimatolojisi kavramlarına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Giderek önem kazanan bu kavramlarla ilgili çalışmalarda şehir iklimi etkisini ortaya koymak amacıyla kırsal alan karşılaştırması yapılmaktadır. Örneğin, ABD'nin Cincinnati şehrinde banliyölerin şehir merkezinden daha konforlu olduğu, şehir merkezi ile banliyöler arasındaki farkın en fazla akşam saatlerinde yoğunlaştığı belirtilmiştir (Clarke ve Bach, 1971). Türkiye'de de farklı şehirlerde benzer karşılaştırmalar yapılarak şehirleşmenin etkisi araştırılmıştır. Antalya'da bir yıllık iklimsel ölçümler ve Ağustos ayında yapılan yüzey sıcaklık analizi sonuçlarına göre, hem yüzey ısı adası hem de şehir ısı adası etkisinin, kırsal ve yarı kırsal alanlar da dahil olmak üzere, kentin tamamında görüldüğü ortaya çıkmıştır (Alparslan, 2019). Ankara'da yapılan çalışmalarda ise, kır özelliğine sahip Esenboğa'da kışın soğuk etki yapan biyoklimatik dönemlerin oranı daha fazlayken, şehir özelliğine sahip merkezi alanlarda, yazın sıcak koşulların daha etkili olduğu belirlenmiştir. Şehirleşmenin getirdiği sıcaklık artışına bağlı olarak yaz mevsiminde sıcaklık stresi yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır (Çiçek, 2003). Kentsel yerleşimlerdeki büyük çeşitliliğin, kentsel dokuya bağlı olarak farklı iklim bölgeleri oluşturduğu bilirse de, bunun analiz, model ve simülasyonlarla incelenmesi gerekmektedir. Assis ve Frota (1999), Brezilya'daki Belo Horizonte kenti için, kentsel biçimlerin (arazi kullanımı, tipoloji ve bina yapısı) etkisini analiz etmek için, kentin mevcut iklimsel verilerini ve kentsel alanlardaki termal alanın fiziksel simülasyonlarını kullanarak bu iklimsel değişimleri hesaba katan bir kentsel tasarım stratejisinin uygulamasını göstermişlerdir. Chen ve Ng (2011) ise, kentsel geometrinin kentsel iklim üzerindeki etkisini analiz etmek için bir simülasyon yaklaşımı kullanmış ve bu iklim anlayışını nicel bir perspektiften haritalandırmayı amaçlamıştır. FES indisinin kullanıldığı çalışmada, GGF, ön alan yoğunluğu simülasyonları ile rüzgar dinamikleri bir arada değerlendirilmiştir. Algeciras vd. (2018), Küba Camagüey'in tarihi merkezinde yaygın olan asimetrik sokak kanyon profillerinin dış mekân termal konforu üzerindeki etkisini araştırmıştır. FES indisinin kullanıldığı çalışmada, yayaların konforu için rüzgâr yönüne ve gölgeleme etkisine göre uygun cadde tasarımları önermiştir. Bu çalışmalarda kullanılan analizlerin birbiriyle bağlantılı olmasına ve sonuçların yine kullanılan verilerle bütünlük oluşturmasına dikkat edilmiştir. Şehir iklimi ve biyoklimatolojisine yönelik çalışmalarda bu perspektiften hareketle, farklı indis hesaplamalarına yer verilmiştir. Macaristan'da orta ölçekli bir şehir olan Szeged'ta, insanoğlunun biyoklimatolojik koşullar üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, veri setine uygun indisler yardımıyla, insan biyoiklimsel özelliklerinin kentsel ve

kırsal çevre arasındaki yıllık ve günlük değişimlerdeki farklılıklar 3 yıllık bir süre boyunca değerlendirilmiştir. Kentsel ve kırsal alanlarda yılın % 6 ve % 1'inde "sıcak" THI koşulları, % 30 ve % 20'sinde "rahat" koşullar, % 10 ve % 12'sinde "serin" koşullar ve % 54 ve % 66'sında "soğuk" koşullar karakterize edilmiştir (Unger, 1999). Mayer 1993, Şehir Biyoklimatolojisi (Urban Bioclimatology) isimli çalışmasında kendi kurduğu meteoroloji istasyonlarından elde ettiği verilerle FES indisini kullanarak bir analiz gerçekleştirmiştir. Münih şehir kanyonlarının ağaçlı ve ağaçsız alanlardaki hava sıcaklığı ve nispi nemin ölçülmesi sonucu, ağaçlı alanların daha konforlu bir yaşam alanı sağladığı matematiksel formüller kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Şehir alanlarının ısınmasına karşın, öneri olarak geliştirilen yöntemlerde ağaçlar ve su kütleleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Mayer ve Matzarakis (1997), Freiburg'ta mobil cihazlarla yaptıkları ölçümlerde, taçlı ağaçların (bu örnekte kestane) 11 Temmuz 1996'da yakındaki ağaçsız alandan 1 K daha düşük ortalama hava sıcaklığı değerine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Aksu vd. (2020) ise, ağaçların binalar ile mesafesinin termal konfor üzerinde etkisini araştırdığı çalışmada, bitkilerin sadece serinletici etki yaratmadığı aynı zamanda soğuk iklimlerde ısıtıcı etki oluşturduğunu belirtmiştir. Erzurum ilinde yeni bir yerleşimde 2 adet yeni meteorolojik veri cihazı ile yapılan ölçümlerde 2 m ve 4 m senoryalarını uygulamışlardır. Serinletici faktörlerin her geçen gün azaldığı ya da azalmakta olduğu bu süreçler, konforlu/konforsuz alanların yakın mesafelerde bir arada bulunmasına yol açmaktadır. Çankırı şehrinde biyoklimatik konfor şartlarının incelenmesi sonucunda, konforlu alanların şehrin kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı alanlarında blok halinde bulunduğu, bunun dışında genel olarak konforlu ve konforsuz alanların birbirleri ile iç içe geçmiş durumda olduğu ifade edilmiştir (Alaud, 2019).

2.3. Çevresel Değişimler ve Biyoklimatoloji Çalışmaları

Küresel ısınma sonucu, kara, okyanus ve atmosfer etkileşimindeki değişimler, yerküre ikliminde önemli değişikliklere yol açmıştır. Küresel iklim değişikliği, bölgesel olarak farklı ekstrem hava olayları ile karakterize edilen karmaşık bir fenomendir.

Son yüzyılda meydana gelen sıcaklık artışı, bazı bölgelerde kuraklık yaratırken, bazı alanlarda sel ve taşkına neden olabilmektedir. Isınan bir dünyada daha fazla sayıda ve şiddeti artan oranda ısı dalgasının oluşacağını gösteren iklim simülasyonları bulunmaktadır. Jendritzky ve Tinz (2000) çalışmalarında, Klima Michell Modeli kullanılarak yapılacak bir

model için küresel ölçekte geçerli ve güvenilir meteorolojik verinin bulunmadığının altını çizmektedirler. İklim etki değerlendirmesinin dışında, günümüz ikliminin analizinde bile kullanılabilir kadar verinin bulunmamasına dikkat çekmektedir. Bu nedenle günümüzde insan sağlığından, kuraklığa kadar birçok konuda ilerleyen dönemlerde iklimsel koşulların nasıl olacağına dair net bir bilgi sunulması ve gerçekçi simülasyonlar oluşturulması sorun teşkil etmektedir. İklimde meydana gelen değişimler biyoklimatik konfor şartlarını da etkilemektedir. Bu değişimler, sıcak veya soğuk stresli gün sayısının ve şiddetinin artmasına neden olarak, başta çevre koşullarına hassas bireyler olmak üzere toplumun çoğunluğunu etkisi altına alacaktır. İklim değişikliğinin insanların termal konforu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, FES indisi kullanılarak, bu değişikliklerin insan refahını nasıl etkileyeceği analiz edilmiştir. Tarihsel veri olarak 1961-1990 dönemi, gelecek dönem koşulları için 2071-2100 aralığının kullanıldığı analizlerde, gelecekte sıcak stresli günlerin artacağı ve buna bağlı olarak soğutmaya daha fazla ihtiyaç duyulacağı açıklanmıştır (Matzarakis ve Amelung, 2008). Almanya'nın Freiburg kentinde yine FES indisi kullanılarak, sıcak stresli günlerde artış ve soğuk stresli günlerde azalma olacağı öngörülmüştür (Matzarakis ve Endler, 2010). İklim değişikliğinin gelecek yıllarda termal konforu ve turizm gibi sektörleri nasıl etkileyeceğine yönelik, farklı iklim senaryoları kullanılmaktadır. Hong kong'da iklim değişikliğinin gelecek yıllarda termal konforu nasıl etkileyeceği SRES (A1B ve B1) senaryolarıyla incelenmiş ve termal konfor indisi için Evrensel Termal Konfor İndisi (UTCI) kullanılmıştır. Analizler, gelecekte güçlü ısı stresinin artacağını göstermiştir (Cheung ve Hart, 2014). Yunanistan'da günümüzde ve gelecekte turizmin durumu RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre incelenmiş ve öngörülerde bulunulmuştur. Çalışma sonucunda günümüz için ideal koşulların haziran ve eylül aylarında yakın gelecekte ise ideal koşulların mayıs ve ekim aylarında ve uzak gelecekte nisan ve mayıs aylarında yaşanacağı öngörülmüştür (Nastos ve Matzarakis, 2019). İklim değişikliğinin mevcut ve gelecek biyoklimatik konfor koşullarını nasıl etkileyeceğini bilmek hem insan sağlığı hem de sektörel planlama açısından önem arz etmektedir. Antalya'da turizmin geleceği açısından termal konfor indisleri ile hesaplamalar yapılmış, gelecek senaryolarında RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır. Ayrıca insanların termal algılarını ölçmek amacıyla bir anket uygulanmıştır (Şensoy, 2020). Çalışmalar, iklim değişikliğinin sıcaklıkları artırıcı yönde etki yapacağını ve konforlu alanları azaltacağını göstermektedir.

Çevresel değişimler kapsamına antropojenik faaliyetler sonucunda meydana gelen değişimler de girmektedir. Planlamadan, alansal değişime kadar birçok açıdan şehirleşme konfor üzerinde etkili olabilmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de farklı boyutlarda şehirselleşme alanları konu edinen araştırmalar bulunmaktadır. Çalışmalarda, iklim parametresinin, zamansal ve mekânsal davranışlarda mezo ve mikro ölçekte doğal ve yapay morfolojiden etkilendiği, bu etkilerin, bölgesel ve kentsel planlamanın farklı seviyelerinde, yani turizm binalarının, rekreasyon tesislerinin ve kentsel parkların tasarımı üzerinde önemli olduğu belirtilmiştir (Matzarakis, 2014). Farklı kentsel yapıların enerji alışverişini etkileyebilecek parametrelerden, rüzgâr hızı ve radyasyon akıları, karmaşık morfolojiye sahip belirli kentsel alanlarda, en yüksek zamansal ve mekânsal değişkenliği gösteren faktörlerdir (Matzarakis ve Endler, 2010; Matzarakis, 2014; Fröhlich ve Matzarakis 2013). Bu faktörler kent ve peyzaj planlama çalışmalarına yön vermektedir. Peyzaj planlarında ya da konfor çalışmalarında farklı arazi türlerinin/antropojenik faaliyetlerin etkileri incelenirken, özellikle kırsal ve kentsel alandan noktalar seçilip, aradaki farklılıklara bakılmaktadır. Bu şekilde karşılaştırmanın yapıldığı Bolu’da, yazın kır ve kent istasyonu arasında 11°C PET farkı bulunmuştur. Kırsal istasyonda konforlu şartlar algılanırken, kent istasyonunda sıcak stresleri yaşanmıştır (Çaęlak vd., 2021). Benzer bir çalışma, Iaşi (Romanya) kentinde yapılmış ve insan konforu için en uygun alanın kışın kentsel alan içi, yazın ise kırsal kesim olduğu tespit edilmiştir (Ichim ve Sfică, 2020). Üç farklı arazi türünde, Erzurum koşullarında insan konforu için en uygun alanın kentsel alan olduğu, bunu kent ormanı ve kırsal alanların takip ettiği analizlerle tespit edilmiştir (Toy vd., 2007). Mevsim şartları, konforlu arazi yapısı konusunda farklı sonuçlar verebilmektedir. Ancak, mevsim ve iklim şartları dışında, bitki örtüsü, su kütleleri ve nüfus yoğunluğu gibi etkenler de kentlerin ısısını ve konforunu etkilemektedir (Steenefeld vd., 2011). Erzurum-Uzundere’de arazi kullanımı ve kentsel yüzey özellikleri bakımından, termal ortamı analiz etmek amacıyla, Landsat 5 uyusunda Tematik Haritalandırıcı (TM) sensörünün sağladığı görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada su ve yeşil alanlarda yüzey sıcaklıklarının uygun olduğu, buna karşılık maksimum ve minimum sıcaklıkların çıplak yüzeylerden elde edildiği belirtilmiştir (Yıldız vd., 2018). Nüfusun yoğun olduğu alanlar ise- binaların yüksek ve birbirine çok yakın olduğu-, kentsel ısı adası etkisi altında yüksek sıcaklık koşullarında sıcak stresini yaşamaktadır. Ancak aynı alanlar soğuk mevsimde soğuk stresini azaltıcı yönde tepki vermektedir (Banc vd., 2020). Binaların yoğunluğu ve yüksekliği kadar kentsel yapılarda kullanılan malzemeler de biyoklimatik konfor üzerinde etkili olabilmektedir. Colombo’da

(Sri Lanka), sert arazi örtüsündeki değişim oranındaki güçlü eğilimin hızlı kentleşmenin sonucu olduğu, hızlı kentleşmenin bölgenin biyoklimatik konforundaki değişim hızını da yakın gelecekte arttıracakı ifade edilmiştir (Emmanuel, 2005). Bu tür çalışmalar, kentsel planlamanın, önemli bir basamağı olan kent ikliminin oluşmasında ve değişmesinde sıcaklık, rüzgâr hızı, radyasyon akısı gibi faktörlerin yanısıra farklı kentsel yüzeylerin de etkili olduğunu göstermektedir.

Farklı kentsel yapılarda ve farklı zaman dilimlerinde yapılan çalışmalarda günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık veriler kullanılmaktadır. CBS ve Uzaktan algılama ile işlenen bu veriler, yapılan analizlerle zamansal ve mekansal olarak arazinin ve konforun nasıl değiştiğini göstermektedir. Trabzon'da biyoklimatik konfor ve arazi kullanım arasındaki ilişkinin CBS ve Uzaktan algılama ile incelendiği bir çalışmada, biyoklimatik konfor bölgelerinin belirlenmesinde FES indisi kullanılmış, mevsimlik ve yıllık periyotlar değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, Trabzon ili konfor bölgelerinin tarım, doğal ve yarı doğal ve ormanlık alanlarda oluştuğu görülmüştür (Çetin ve Sevik, 2020). Sivas ilinde yapılan ve arazi kullanımı ile biyoklimatik konfor bölgeleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir diğer çalışmada ise, FES, UTCI ve THI indisleri kullanılmıştır. Altı tür arazi kullanımına göre konforlu ve konforsuz alanlar belirlenmiştir. İl'de konfor bakımından en rahat alanların ormanlar ile su kütleleri ve yakın çevresi olduğu sonucuna varılmıştır (Karakuş ve Demiroğlu, 2021).

Hızlı göç hareketi ile birlikte geniş bir alana yayılmaya başlayan şehirlerde arazi kullanımı ile biyoklimatik konfor ilişkisi daha da önem arz etmektedir. Bu şehirlerden biri de tarım, ticaret ve sanayinin birlikte gelişim gösterdiği bir şehir olan İzmir'dir. Konfor ile arazi türleri arasındaki ilişkinin yine CBS ve Uzaktan algılama ile incelendiği çalışmada, beş CORİNE yılında konfor durumu FES indisi ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, İzmir şehrinde konfor bölgelerinin çoğunluğunun tarım alanlarından daha sonra doğal ve yarı doğal alanlardan, orman alanlarından ve yerleşim yerlerinden oluştuğu gözlenmiştir (Erkek vd., 2020). Uşak'ta yapılan benzer bir çalışmada, PET indisi kullanılarak biyoklimatik konfor alanları belirlenmiş ve 1990 ve 2018 yıllarında arazi kullanımına göre konforun değişimi incelenmiş, en konforlu alanların tarım alanları olduğu, bunu orman ve doğal alanların takip ettiği ve en konforsuz alanların yapay alanlarda olduğu tespit edilmiştir (Metin ve Çağlak, 2022). Yapılan çalışmalar bize yapay alanlarda konforsuzluğu, diğer doğal alanlarda ise konforlu ortamları göstermektedir. Bu durum aynı zamanda gerek

metropoller, gerekse orta büyüklükteki kentlerde planlamalarda anlaşmalara ve yönetmeliklere uyulmadığını, kontrolsüz olarak yatay ve dikey genişlemenin meydana geldiğini göstermektedir. Avustralya'nın, Victoria eyaletindeki kentlerde yapılan çalışmalarda, arazi kullanım planlaması belgeleri değerlendirilirken, Paris Anlaşması ile uyumlu olmak şöyle dursun, hepsinin sera gazı emisyonlarını azaltma gereği duymadığı belirtilmiştir (Hurlimann vd., 2021). Çevresel değişimler kapsamına girmekte olan küresel iklim değişikliği ve yanlış arazi kullanımı (antropojen etki olarak) ve beraberinde getirmiş olduğu sorunlar, günümüz kentlerinin insan yaşamına yönelik en önemli sorunlarını oluşturmaktadır.

2.4. Araştırma Alanı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Araştırma alanı olan İstanbul il sınırları özelinde, biyoklimatik konfor, arazi kullanımı ve bu iki unsur arasındaki ilişkileri konu edinen çalışmalara bu bölümde yer verilmiştir.

İstanbul ile ilgili yapılan, biyoklimatik konfor çalışmalarında yeterli sayıda istasyonun kullanılmadığı ve veri setlerinin altı yıl gibi kısa süreleri kapsadığı görülmektedir. İstanbul biyoklimat bilgilerinin incelendiği, Ekim 2000 - Aralık 2006 dönemine ait hava sıcaklığı, hava nemi, rüzgar koşulları ve bulut örtüsüne ilişkin günlük verilerle FES indisine göre analizlerin yapıldığı bir çalışmada, Atatürk Havalimanı verileri kullanılmıştır. Çalışmaya göre İstanbul'da ekim ayından, nisan başlarına kadar soğuk stresinin, haziran'dan, ekim ayı sonuna kadar sıcak stresinin yaşandığı belirtilmiştir (Matzarakis ve Karagülle, 2007). Ancak bu çalışmada gerek meteoroloji istasyon sayısının yetersizliği, gerek sürenin kısalığı net sonuçların elde edilmesini engellemiştir. İstanbul ile ilgili yapılan çalışmalarda sadece FES indisi ile analizler yapılmamıştır. Mieczkowski'in Turizm İklim İndeksi'nin (TCI) kullanıldığı bir diğer çalışmada 1961-2016 yıllarını kapsayan dört meteoroloji istasyon verisi ile analiz yapılmış ve bu analiz sonuçları turizm açısından yılın hangi aylarının ideal olduğunu göstermiştir (Abbasnia ve Toros, 2019).

İstanbul'da il genelini kapsayan ve biyoklimatik konfor şartlarını araştıran çalışmalar bulunmadığından bu alana yönelik örneklemeler kısıtlı olmakla birlikte, ancak ilçe bazında yapılan ve arazi kullanım değişimine odaklanan araştırmalar bulunmaktadır. İl genelini konu edinen çalışmalarda ise arazi kullanımı farklı parametrelerle karşılaştırılarak işlenmiştir.

Örneğin İstanbul arazi kullanım değişiminin, nüfus artışıyla birlikte takip edilmesi gerektiği ve gelecek şehir planlamaları açısından önemli olduğu belirtilmiştir (Geymen ve Baz, 2008). Yoğun göç hareketiyle birlikte nüfusu artan şehirlerde arazi kullanım fonksiyonları ile karbon salınım değerlerinin incelenmesi sonucu İstanbul’da özellikle konut kullanımının ağırlıklı olarak yer aldığı ve kentte konut alanlarının en fazla karbon salınımı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir (Karlı, 2019). Aynı zamanda kentte, göç, nüfus artışı ve yerleşme yoğunluğu nedeniyle çarpık kentleşmeye dayalı mikroklimatik ısı değişimleri de yaşanmaktadır. Kentsel yapı ve özellikleri rüzgâr hızı-yönünü ve hava sıcaklığını etkilemektedir. Yüzey sıcaklığı ve bitki örtüsü yoğunluğu analizleri sonucunda, İstanbul’da yoğun yapılaşma, yapı malzemeleri gibi pek çok kentsel parametreden etkilenen kentsel sıcaklığa, bitki örtüsünün % 20 gibi önemli bir oranda etki ettiği bulunmuştur (Şimşek ve Şengezer, 2012). Kentsel gelişimle birlikte meydana gelen arazi örtüsü ve kullanımının değişimi planlı ve dengeli yapılmadığı zaman çevre kirliliği, tarım ve orman alanlarının azalması, düzensiz sanayileşme ve kentleşme başta olmak üzere birçok problemi ortaya çıkarmaktadır. İstanbul kent coğrafyasının incelendiği ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunduğu bir çalışmada, kentin ilerleyen zamanlarda ulaşacağı sınırlar ve arazi kullanımında meydana gelecek değişimlere yer verilmiştir. Çalışmada, kentin son 30 yılda batı, doğu, kuzey ve kuzeybatı yönlerinde yeni gelişim eksenleri oluşturarak yaklaşık 3 kat büyüdüğü belirtilmiştir (Döker, 2012). Bu büyüme nedeniyle, İstanbul’da, 1950-2015 döneminde, nüfusun gelişimi ve ilçelere dağılımına yönelik yapılan çalışmada, ilçe sayısının farklı dönemlerde arttığı, 1950 yılında 16 olan ilçe sayısının, 2008 yılında 39’a yükseldiği belirtilmiştir (Gökburun, 2017). Bazı ilçelerin birleştiği, bazılarının ise ilçe statüsünü kaybettiği ifade edilebilir.

İstanbul kentiyle ilgili fiziki özellikleri temel alan çalışmaların yanısıra, şehir coğrafyasını konu alan çalışmalar oldukça sınırlı ve kentin sadece belli bölgelerinin ele alındığı çalışmalardır. Kentin mekânsal gelişimi, arazi kullanımı ve bu gelişim üzerinde etkili faktörler ile şehir coğrafyası çalışmalarına çeşitli örnekler vermek mümkündür. “İstanbul Örneğinde Kentiçi Arazi Kullanımı ve Stadyumlar: Bir Spor Coğrafyası Çalışması” isimli çalışmada kent içindeki spor tesislerinin kente olan etkisi anlatılmıştır (Avcı, 2010). “İstanbul’un Mekânsal Gelişiminin Analizi” isimli çalışma kentin gelişimi ile ilgili bilgiler veren ve kent bütününe kapsayan önemli bir çalışmadır. “İstanbul, İnsan ve Mekân” isimli çalışmada, 1960’lardan itibaren kent ile ilgili çalışmalar güncellenerek yayınlanmıştır. Kentin merkezi iş alanları, sanayi faaliyetleri ve nüfus özellikleri ile bunların

mekân üzerinde etkileri üzerinde durulmuştur (Tümertekin, 1997). Darkot (1950) de, İslam Ansiklopedisi'nde yayınlanan "İstanbul" maddesi şehir coğrafyası adına yapılan ilk çalışma niteliğindedir. Bu çalışmada kent bütünüyle ele alınmış ve şehir coğrafyası açısından incelenmiştir (Döker, 2012). Bahsi geçen çalışmalardan, kentin geçmişten günümüze ne yönde nasıl geliştiğini, nüfus hareketlerinin ne zaman başladığını, farklı arazi türlerinin kent yapısına etkisini ve bütün bunların insan yaşamına etkisini görmüş oluyoruz. Direkt bağlantılı gibi görünmese de kentin mekansal gelişimi ile insan konforu arasında ilişkinin bulunduğunu söyleyebiliriz.

Literatür değerlendirmesi, Türkiye'nin en büyük kenti, İstanbul için, biyoklimatik konfor şartları, arazi kullanımı, yerleşme ve nüfus bağlantısının kurulduğu bütünlüklü bir çalışmanın eksikliğine işaret etmektedir. Tez çalışmasında, bu araştırma boşluğundan yola çıkarak, İstanbul biyoklimatik şartlarının aylık ve yıllık durumunun değerlendirilmesi, yıllar arası değişkenliği ve bu değişen koşulların, metropolün kentleşme ve arazi kullanım deseni değişiklikleri ile ilişkisini ortaya koymak amaçlandı.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ VE YÖNTEM

3.1. Veri Kaynakları

Çalışmada İstanbul'un biyoklimatik konfor şartlarının analizi ve arazi kullanımını ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla meteorolojik veriler ve arazi örtüsü verileri olmak üzere iki veri seti kullanıldı. Analizlerde kullanılan bu iki temel veri seti dışında, çalışma alanı nüfus özelliklerinin değerlendirilmesinde konfor özellikleri ya da arazi kullanım paternini yorumlamak için TÜİK'ten nüfus verileri alındı. Nüfus verilerinde 2006 yılına ait sayım sonuçları bulunmadığından, en yakın yıl olan 2007 yılı nüfus verileri kullanıldı. Ayrıca, İstanbul gibi yerleşmenin çok eski dönemlere dayandığı bir bölgede yerleşmenin tarihçesine değinmek ve bilgi vermek amacıyla İBB İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü'nden farklı dönemlere ait yerleşimlerin gösterildiği haritalar temin edildi. İlgili bölümde aşama aşama bu haritalara ve yerleşimin nasıl geliştiğine yer verildi. İstanbul'da iki farklı dönemde ilçe sayılarında değişiklik yapıldığı için, nüfus haritaları başta olmak üzere çalışma görselleri oluşturulurken üç farklı ilçe haritası kullanıldı. Bunlar; 1990 ilçe haritası, 2004 ilçe haritası ve 2020 ilçe haritasıdır. 2004 ve 2020 haritaları İBB'den temin edilirken, 1990 yılı İstanbul ilçe haritası bu kurumda bulunmadığından, "1950-2015 yılları arasında İstanbul'da nüfus hareketleri" isimli doktora çalışmasından temin edildi (Gökburun, 2017).

3.1.1. Meteorolojik Veriler

Biyoklimatik konfor indisi ve FES indisi hesaplanırken 1990-2018 yıllarını kapsayan gözlem verisi kullanıldı. Ölçüm kalibrasyonunun ve veri güvenilirliğinin daha sağlıklı olması ve CORİNE yılları ile uyum göstermesi nedeniyle belirtilen zaman aralığı tercih edildi. Çalışma için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden, İstanbul ilinde yer alan toplam 35 istasyonun aylık ve yıllık ortalama sıcaklık (T), nisbi nem (RH), rüzgar hızı (V), yağış (P) ve buhar basıncı (VP) verileri temin edildi. İl genelinde bulunan toplam 53 istasyondan,

gözlem verileri tam olan ve analizlerde kullanılan istasyonların genel bilgileri Tablo 4'te, alansal dağılımları ise, Şekil 6'da sunuldu. Bu istasyonların sayıları 1990'dan 2018 yılına kadar farklılık göstermekle birlikte, özellikle 2015 yılından sonra artış göstermektedir.

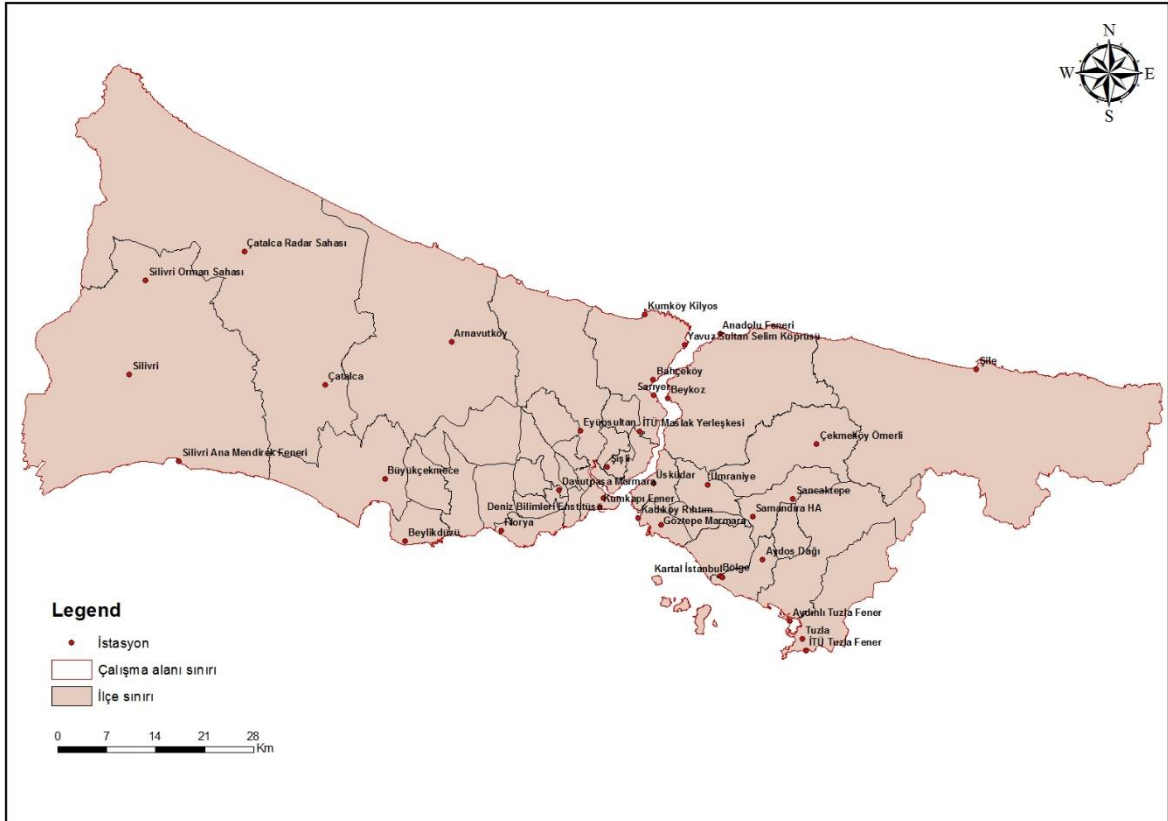
Tablo 4

İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan meteoroloji istasyonları (MGM).

Sıra	İstasyon Numarası	İstasyon Adı	İlçe	Enlem (° ve ')	Boylam (° ve ')	Rakım (m)
1	18402	Arnavutköy	Arnavutköy	41.22 K	28.70 D	140
2	17636	Florya	Bakırköy	40.97 K	28.78 D	37
3.	18421	Anadolu Feneri	Beykoz	41.22 K	29.16 D	58
4	18396	Beykoz	Beykoz	41.14 K	29.07 D	5
5	19110	Beylikdüzü	Beylikdüzü	40.96 K	28.62 D	122
6	18099	Büyükçekmece	Büyükçekmece	41.04 K	28.59 D	20
7	17047	Çatalca Radar	Çatalca	41.34 K	28.35 D	381
8	19111	Çatalca	Çatalca	41.16 K	28.49 D	78
9	18397	Ömerli	Çekmeköy	41.07 K	29.32 D	80
10	18101	Eyüpsultan	Eyüp	41.10 K	28.92 D	54
11	17603	İst. Den. Bil.Ens.	Fatih	41.01 K	28.96 D	10
12	17454	Kumkapı Fener	Fatih	41.00 K	28.95 D	12
13	17814	Davutpaşa Marmara	Güngören	41.02 K	28.88 D	68
14	17813	Göztepe Marmara	Kadıköy	40.98 K	29.05 D	41
15	17062	Kadıköy Rihtim	Kadıköy	40.98 K	29.01 D	5
16	17064	İstanbul Bölge	Kartal	40.91 K	29.15 D	18
17	19112	Aydos Dağı	Kartal	40.93 K	29.22 D	330
18	17638	Kartal İstanbul	Kartal	40.91 K	29.16 D	27
19	17065	Samandıra Havaalanı	Sancaktepe	40.98 K	29.21 D	123
20	18399	Sancaktepe	Sancaktepe	41.01 K	29.28 D	110
21	17061	Sarıyer	Sarıyer	41.14 K	29.05 D	59
22	17059	Kumköy-Kilyos	Sarıyer	41.25 K	29.04 D	38
23	18980	İTÜ Maslak Yerleşkesi	Sarıyer	41.10 K	29.02 D	75
24	19365	Yavuz Sultan Selim Köprüsü	Sarıyer	41.21 K	29.10 D	34
25	17619	Bahçeköy	Sarıyer	41.16 K	29.05 D	130

Tablo 4'ün devamı

26	17438	Silivri Ana Mendirek Feneri	Silivri	41.07 K	28.24 D	9
27	18400	Silivri	Silivri	41.18 K	28.15 D	195
28	18793	Silivri Orman Sahası	Silivri	41.30 K	28.18 D	208
29	17610	Şile	Şile	41.17 K	29.60 D	83
30	18401	Şişli	Şişli	41.05 K	28.96 D	60
31	17437	Aydınlı Tuzla Liman Feneri	Tuzla	40.85 K	29.27 D	8
32	18100	Tuzla	Tuzla	40.82 K	29.29 D	3
33	17448	İTÜ Tuzla Güney Mendirek Feneri	Tuzla	40.81 K	29.29 D	13
34	18403	Ümraniye	Ümraniye	41.03 K	29.14 D	191
35	18404	Üsküdar	Üsküdar	41.03 K	29.04 D	75



Şekil 6. İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için seçilen istasyonlar.

3.1.2. Arazi Örtüsü Verileri

Türkiye’de bakanlık düzeyinde yapılmakta olan projelerde de benimsenmiş ve 1994’te Avrupa Çevre Ajansı tarafından çalışma programına eklenmiş olan CORİNE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü verileri bu çalışmada veri seti olarak kullanıldı. İstanbul için 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORİNE verileri Tarım ve Orman Bakanlığı’ndan temin edildi. Elde edilen veriler çalışma kapsamına uygun olarak yeniden sınıflandırma işlemine tabi tutularak; yapay yüzeyler, yeşil alanlar, orman alanları, tarım alanları ve su varlığı olmak üzere 5 arazi kullanım/örtüsü sınıfı üzerinden değerlendirildi. Biyoklimatik konfor üzerinde olumlu/olumsuz etkileri olan arazi sınıfları göz önünde tutuldu ve gruplandırma bu sınıflara göre yapıldı. Alt arazi sınıflarında çalışmanın niteliğine göre temel sınıflar arası geçişler yapıldı ve su kütleleri, su varlığı adı altında toplandı (Tablo 5).

Tablo 5

Corine arazi örtüsü lejantından elde edilen çalışma alanı arazi sınıfları

ÇALIŞMADA KULLANILAN SINIFLAR	CORİNE ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLARI
SU VARLIĞI	421- Tuz bataklıkları 511- Su yolları 512- Su kütleleri 521- Kıyı lagünleri 523- Deniz ve Okyanus
TARIM ALANLARI	213- Pirinç tarlaları 221- Bağlar 243- Doğal bitki örtüsüne sahip tarım alanları 2111- Sulanmayan ekilebilir alanlar 2112- Sulanmayan ekilebilir alan içinde seralar 2121- Sürekli sulanan ekilebilir alan 2122- Sürekli sulanan ekilebilir alan içinde seralar 2221- Sulanmayan meyve alanı 2222- Sürekli sulanan meyve alanı 2421- Sulanmayan karışık tarım 2422- Sulanan karışık tarım
ORMAN ALANLARI	311- Geniş yapraklı orman 312- İğne yapraklı orman 313- Karışık orman
YAPAY YÜZEYLER	111- Sürekli kentsel doku 121- Endüstriyel veya ticari birimler 122- Karayolu ve demiryolu ile birleşmiş arazi 123- Limanlar 124- Havalimanları 131- Maden ocakları 132- Boşaltım alanları 133- İnşaat alanları 142- Spor ve eğlence tesisleri 1121- Kesikli şehir 1122- Kesikli kırsal
YEŞİL ALANLAR	141- Yeşil kentsel alanlar 231- Meralar 321- Doğal çayırlar 324- Bitki değişim alanları 331- Sahiller, kumsallar ve kum düzlükleri 333- Seyrek bitki alanları 411- İç bataklıklar

3.2. Yöntem

1990-2018 yıllarını kapsayan zaman aralığında, yoğun nüfus ve yerleşmeye sahip ve bir metropol kent niteliği kazanmış olan İstanbul'da, biyoklimatik konfor şartları ile arazi kullanımının zamansal ve mekânsal değişimini incelemek amacıyla, biyoklimatik konfor ve Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık indisi analizleri yöntem olarak belirlendi. Bu iki yönteme ek olarak uzun süreli gözlem yapan istasyonların verilerine SPSS 18 programında Kendall Tau testi uygulanarak, trend analizi yapıldı. Bu işlemde, iklimsel parametrelerde gözlenen uzun süreli değişim ve eğilimlerin analizi için Kendall Sıra korelasyon katsayısı yöntemi olan Kendall's tau eğilim sınaması uygulandı. Kendall's Tau, zaman serisindeki monoton

eğilimleri tespit etmek için klimatolojik çalışmalarda kullanılan yaygın testlerden biridir. Orijinal seri yerine sıraları değerlendiren, dağılımdan bağımsız ve parametrik olmayan bir testtir. %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinin ($\alpha \leq 0.05$ ve 0.01 ; iki kuyruklu test) üzerinde olan test istatistikleri anlamlı kabul edilir. Böylece değişimin yönü (olumlu/olumsuz) ve büyüklüğü saptanır (Kendall, 1975).

Çalışmanın metodolojisi aşağıda belirtilen başlıklar kapsamında açıklandı;

1. Biyoklimatik konfora etki eden faktörler
2. Biyoklimatik konfor indisi
3. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık indisi
4. Biyoklimatik konfor haritaları
5. Arazi kullanımı ile biyoklimatik konfor ilişkisinin sorgulanması

“Biyoklimatik konfor” kavramı başlangıçta “termal konfor” olarak ortaya çıkarılmış olan kavramın mimari ve inşaat mühendisliği çalışmalarında kullanılan formu olarak düşünülmüştür. Bu kavramı ilk ortaya atan ve kullanan çalışma Olgyay (1973)’ın çalışmasıdır. Daha sonraki çalışmalarda termal konfor ve biyoklimatik konfor kavramları birbirinin yerine kullanılmıştır (Toy, 2010).

İnsanların çevrelerindeki iklimsel değişkenlere verdikleri tepkilerin anlaşılabilmesi ve biyoklimatik koşulların somut şekilde ortaya konulabilmesi için termal dizinlerin gerekliliği çok uzun yıllardan beri bilinmektedir (Çalışkan, 2012). Termal konfor terimi, insanın çevresindeki ortamdan memnun olması, insan ile çevresi arasındaki ısıl denge durumudur. Bu tür ortamlarda metabolizma tarafından üretilen ısının dengeli dağılması için uygun koşullar bulunmaktadır (ISO, 2002; ASHREA, 2004). İnsan vücudu tarafından üretilen ısı, dengenin sağlanması için, cilt ve solunum tarafından uzun dalga radyasyonu şeklinde çevreye verilmelidir (Şensoy, 2020). Sıcak veya soğuk stresi durumunda denge halinde işleyen ısı transferlerinde bozulmalar meydana gelebilmektedir. Termal duyum veya termal rahatlık bu iki uç durum arasında yaşanmaktadır.

Sağlık açısından insan vücut sıcaklığının belirli bir dengede olması gerekir. Sıcağa ve soğuğa maruz kaldığında birtakım fiziksel reaksiyonlarla vücut sıcaklığını dengede tutmaya çalışmaktadır. Sıcak yada soğuk stresi, insan aktivitelerinin kalitesini dolayısıyla, iç

ve dış ortam koşullarında konfor durumunu bütünsel olarak insan yaşamının birçok yönünü etkilemektedir.

Bir bölgenin biyoklimatik konfor koşulları ifadesi; o bölgenin insan açısından sıcak stresli, soğuk stresli ve konforlu koşullarının gün, ay, mevsim ve yıl olarak zamansal ve alansal dağılımının insan termal duyumuna göre açıklanmasını kapsamaktadır. Bu ifade aynı zamanda konfor koşullarının insan faaliyetleri açısından değerlendirilmesini de içermektedir.

Yapılan araştırmalar ve kullanılan ifadeler termal konfor konusunda genelleştirilmiş bir veri ve analiz tablosu sunmuş olsa bile, bu kavram aslında subjektif bir duyum olarak algılanmalıdır. Bu nedenle, termal konforu etkileyen faktörlere çevresel faktörlerin yanısıra zamanla kişisel faktörlerde eklenmiştir. Fakat konfor hesaplamalarında kullanılan indislerde her insana ayrı bir sınıflandırma yapmak olanaksızdır. Bundan dolayı kişisel faktörlerin etkisi standart bir bireyin (sağlıklı, ortalama boy - kiloda, normal giyinmiş ve hafif iş yapan) özellikleri baz alınarak belirlenmektedir (Auliciems ve Szokolay, 2007). Günümüzde teknolojik gelişmelere bağlı olarak bu faktörleri bir arada hesaplayan bilgisayar yazılımları (RayMan Pro, EnviMET) ile model ve indisler geliştirilmiştir. Bu model ve yazılımlar sayesinde biyoklimatik konfor koşulları daha hassas bir şekilde belirlenebilmektedir (Çağlak, 2020).

3.2.1. Biyoklimatik Konfora Etki Eden Faktörler

Biyoklimatik konfora etki eden faktörler temelde insan vücudu ve atmosferik ortam arasındaki ısı değişimine odaklanmakta ve çevresel, kişisel ve diğer faktörler olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

Çevresel Faktörler

Biyoklimatik konfor şartları üzerinde etkili olan en önemli faktör çevresel faktörlerdir. İlk indis çalışmalarında sıcaklık ve nisbi nem gibi çevresel faktörler hesaba katılmıştır. Daha sonra oluşturulan indis hesaplamalarına diğer çevresel faktörlerin yanısıra kişisel faktörlerinde eklenmesiyle daha karmaşık sistemler oluşturulmuştur.

Hava Sıcaklığı

Isı transferleri, vücudun yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Dengelenmiş durumdaki vücut yüzey sıcaklığı, insanın iklimsel açıdan konforda olup olmadığını gösterir. Bu nedenle sıcaklık, insanın termal konforunu etkileyen en önemli çevresel faktördür (Auliciems ve Szokolay, 2007).

Nisbi Nem

Nemlilik insanın cildinden çevreye, su buharı difüzyonu, ter buharlaşması ile vücuttan kaybedilen ısı miktarını etkileyen çevresel bir değişkendir (Çalışkan, 2012). Terlemenin yavaş olduğu nemli ortamlarda, insan vücudundan buharlaşmayla ısı kaybı daha zor olmaktadır. Bu durum, sıcak ve nemliliğin fazla olduğu ortamlarda boğucu ve bunaltıcı bir his yaratmakta ve insan vücudunun konforsuzluğunu arttırmaktadır.

Rüzgâr

Estiği mevsime ve geldiği yöne göre insan vücudu üzerinde serinletici veya ısıtıcı etki yapan bu iklim elemanı, herhangi bir yüzeyle hava arasındaki ısı transferini etkilediğinden, insanla çevresi arasında konveksiyon yoluyla oluşan ısı transferini etkileyen önemli bir çevresel değişkendir (Çalışkan, 2012). Mevsimlik etkiler, doğal ve yapay engeller rüzgârın karakterine göre konfor durumunu değiştirmektedir.

Ortalama Radyan Sıcaklık

Ortalama radyan sıcaklık (T_{mrt}), insan vücudunun maruz kaldığı tüm kısa ve uzun dalga radyasyon akılarını (doğrudan ve yansıtılan) özetleyen, insan enerji dengesini ve termal konforu yöneten en önemli çevresel parametrelerden biridir (Thorsson vd., 2007). Ortalama radyan sıcaklık, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak insan vücudunda farklı etkiler oluşturmaktadır. Özellikle, soğuk iklim koşullarında ısıtıcı etki yaparak, konfor koşullarını desteklerken, sıcak iklim koşullarında, ısı yükü yaratarak, konforu olumsuz etkilemektedir.

Bulutluluk

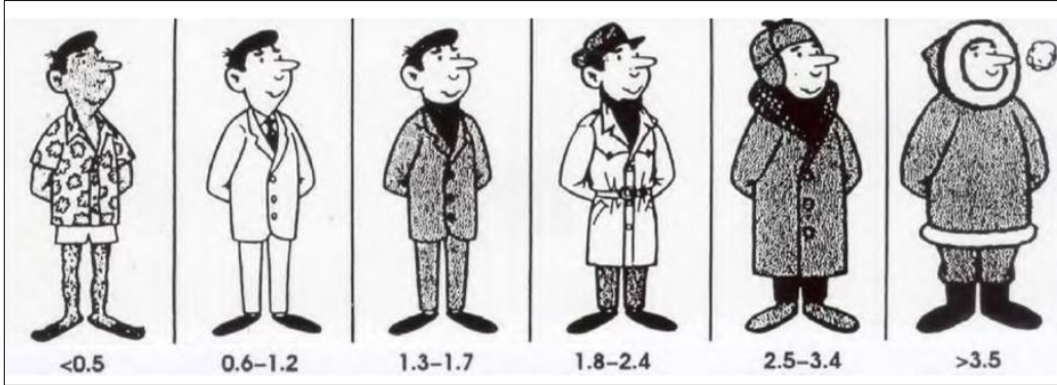
Bulut örtüsünün sık ve kalın olması, güneş ışınlarının yere ulaşma oranını azaltır (Erol, 1993). Gece ve gündüz atmosferinin bulutluluk oranı yeryüzü, dolayısıyla ortam sıcaklığı üzerinde etkili olabilmektedir. Bulutsuz geceler, bulutlu gecelerden daha soğuk (özellikle ayaz), bulutsuz günler ise bulutlu günlerden daha sıcak olduğundan, gelen güneş enerjisi miktarı ve yerden yansıyan enerji miktarı değiştiğinden, sıcaklık üzerinde belirleyici bir çevresel faktör ortaya çıkmaktadır.

Kişisel Faktörler

Çevresel koşullara bağlı olarak, insanların nasıl hissettiği veya algıladığının üzerinde kişisel farklılıklarda etkili olmaktadır. Sağlıklı / hasta, kadın / erkek, genç / yaşlı, kilolu / zayıf veya genetik diğer aktarımlar nedeniyle konfor algısında bireysel farklılıklar oluşabilmektedir. Bu subjektif farklılıklar nedeniyle biyoklimatik konfor çalışmalarında standart kişisel veriler kullanılmaktadır.

Kıyafet Yalıtımı

Kıyafetler, ısı dağılımını etkileyen baskın faktörlerden biridir. İnsanların giymiş oldukları kıyafetler, çevre ile ısı alışverişini etkilediği için, termal konfor çalışmalarında clo adında bir birim tasarlanmıştır (Auliciems ve Szokolay, 2007). Bu değer, kıyafetin ısı geçirgenliğini ifade eder ve kalınlığına göre değişir (Şekil 7). Kıyafetlerin, kalınlığı, rengi, kumaş türü ve geçirgenliği ısı yalıtım direnci üzerinde etkili olmaktadır.



Şekil 7. Giysi kalınlığına göre clo değerleri (Auliciems ve Szokolay, 2007)

Kıyafetlerin sarmalayıcı etkilerini sayısal olarak belirtmek ve biyoklimatik konfor hesaplarında kullanmak amacıyla American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Amerikan Isıtma-Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu (ASHRAE) her kıyafet tipi için standart clo değerleri oluşturmuştur (Toy, 2010). Tablo 6'da bazı kıyafetlerin erkek ve kadın için hesaplanan clo değerleri gösterilmiştir.

Tablo 6

Bazı kıyafetlerin yalıtım dirençleri (clo) (Auliciems ve Szokolay, 2007; Çağlak, 2021)

Erkek		Kadın	
Kıyafet	clo	Kıyafet	clo
İç çamaşırı	0,06 - 0,35	İç çamaşırı	0,05 - 0,35
Gömlek	0,14 - 0,29	Gömlek	0,20 - 0,70
Yelek	0,15 - 0,29	Yelek	0,10 - 0,22
Pantolon	0,26 - 0,32	Pantolon	0,26 - 0,44
Kazak	0,20 - 0,49	Kazak	0,17 - 0,37
Ceket	0,22 - 0,49	Ceket	0,17 - 0,37
Çorap	0,04 - 0,10	Çorap	0,1 - 0,01
Terlik	0,02	Terlik	0,02
Ayakkabı	0,04	Ayakkabı	0,04
Bot	0,08	Bot	0,08

Yaş ve Cinsiyet

Toplumda 65 yaş üstü ve 0 – 14 yaş aralığındaki insanların vücut ısı dengeleri yetişkin nüfusa kıyasla daha hassastır. Bu durum çocuk ve yaşlıların daha dar termal konfor aralıklarına sahip olmalarına neden olmaktadır. Sıcak veya soğuk hava dalgalarından daha fazla etkilenmektedirler (Çağlak, 2021). Bu durum cinsiyet yapısında da kendini göstermektedir. Cinsiyete göre insan vücudunda kas ve yağ dokusu farklılık gösterdiğinden, termal iletkenlik bakımından farklılıklar oluşmaktadır. Bütün bu özellikler nedeniyle, kadınlar genellikle erkeklerden daha yüksek bir sıcaklık değerini tercih etmektedirler (Auliciems ve Szokolay, 2007).

Aktivite Seviyesi ve Metabolik Isı

İnsanların yapmış oldukları aktivitenin türü ve seviyesi üretilen enerjiyi dolayısıyla metabolik ısıyı etkilemektedir. Bu enerji aynı zamanda yaşa, cinsiyete, sağlık durumuna bağlı olarak değişmektedir. Aktivite aynı zamanda, vücuda alınan yiyeceklerin sindirilmesi ve yakılması sonucunda birim zamanda üretilen enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Termal konfor, insanın yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite

düzeıı termal konforu etkileyen önemli bir değişkendir. Bazı aktiviteler sırasında insan vücudunun ürettiği ısı miktarı çeşitli ısı birimleri cinsinden verilmiştir (Tablo, 7).

Tablo 7

Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarları (Auliciems, 1997; Auliciems ve Szokolay 2007; alışkan, 2012; şensoy, 2020)

Etkinlik	W/m ²	W ¹	Btu/hr ¹	Met
Uzanma	46	83	282	0,8
Rahat Oturma	58	104	356	1
Ayakta durma	80	126	430	1,2
Masa başı aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	126	430	1,2
Araç sürme	80	144	491	1,4
Grafikerlik-Ciltilik	85	153	522	1,5
Ayakta yapılan hafif işler (alışveriş, laboratuvar, hafif sanayi)	93	167	571	1,6
Öğretmen	95	171	583	1,6
Kişisel bakım, tıraş yıkama ve giyinme	100	180	614	1,7
Yürüyüş 2 km / h,	110	198	675	1,9
Ayakta yapılan orta seviye işler (tezgâhtarlık, ev işleri)	116	209	712	2
İnşaat sektörü-Tuğla döşeme (15.3 kg)	125	225	768	2,2
Ayakta bulaşık yıkamak	145	261	890	2,5
Ev işleri-yaprak toplamak	170	306	1043	2,9
Ev işleri – Elde amaşır yıkama ve ütü (120-220 W)	170	306	1043	2,9
Demir ve elik sanayi-havalı çekiçle kalıp dövmek	175	315	1075	3
İnşaat sektörü-kalıp atmak	180	324	1105	3,1
Yürüyüş, 5 km / h	200	360	1228	3,4
Ormancılık, orak biçmek	205	369	1259	3,5
Voleybol	232	418	1424	4
Beden eğitimi	261	470	1602	4,5
İnşaat sektörü-taş ve harç yükleme	275	495	1688	4,7
Bisiklet				
Golf	290	522	1780	5
Softbol				
Jimnastik	319	574	1959	5,5
Aerobik Dans				
Basketbol	348	624	2137	6
Yüzme				
Spor - Buz pateni, 18 km / h	360	648	2210	6,2
Kazma kürek çalışma(24 kaldırış/dak.)	380	674	2333	6,5
Kayak, kar, 9 km / h				
Paten	405	729	2487	7
Tenis				
Hentbol				
Hokey				
Kriket	464	835	2848	8
Cross Kayak				
Futbol				
Koşu 12 dak/km	500	900	3070	8,5
Ormancılık - balta ile çalışma (2 kg, 33 vuruş/dak.)	500	900	3070	8,5
Spor - Koşu 15 km / h	550	990	3377	9,5

İnsan vücut fonksiyonlarının bağımlı olduğu pek çok biyokimyasal ve hücrenel işlemlerin doğru işleyebilmesi için vücut sıcaklığının 36,9°C ± 0,5°C arasında olması gerekmektedir. Metabolik ısıyı düzenleyen mekanizmalar vücut sıcaklığını bu eşik değerler arasında tutmaya çalışmaktadır (alışkan, 2012). İnsan vücudunun ürettiği bu ısının dengelenmesi, biyoklimatik konforun sağlanması açısından da önem arz etmektedir.

Günümüzde, RayMan Pro ve benzeri model programlar ile girilen istasyonun konumuna ve sıcaklık, nisbi nem, rüzgâr hızı, buhar basıncı gibi iklim verilerine göre konfor hesaplamaları yapılmaktadır. Daha öncede bahsedildiği üzere, biyoklimatik konfor analizlerinde her yaş ve cinsiyete göre analiz yapmak zor olduğu için, hesaplamalarda 1.75 m boyunda, 75.0 kg ağırlığında, 35 yaşında erkek birey için kişisel faktörler esas alınmaktadır. RayMan Pro'da yapılan hesaplamalar konforun yanısıra ortalama radyan sıcaklığı, küresel radyasyonu ve yüzey sıcaklığını da hesaplayabilmektedir.

Belirtilen çevresel ve kişisel faktörler, RayMan Pro programının FES indisi hesaplama girdileri olduğundan, yöntem bölümünde bu faktörlere değinilmiş ve konforla ilişkileri açıklanmıştır. Ayrıca, sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı her iki indis hesaplamalarında kullanıldığı için yöntem alt başlıklarında yerini almıştır.

Diğer Faktörler

Biyoklimatik konfor üzerinde etkili olan çevresel ve kişisel faktörlerin yanısıra biyoklimatik konfor üzerinde dolaylı etkiye sahip faktörlerde bulunmaktadır. Bu nedenle, sadece teorik olarak varlıklarından bahsedilmekte ancak biyoklimatik konfor hesaplamalarında bu faktörlere ait objektif bir değerden bahsedilememektedir (Toy, 2010).

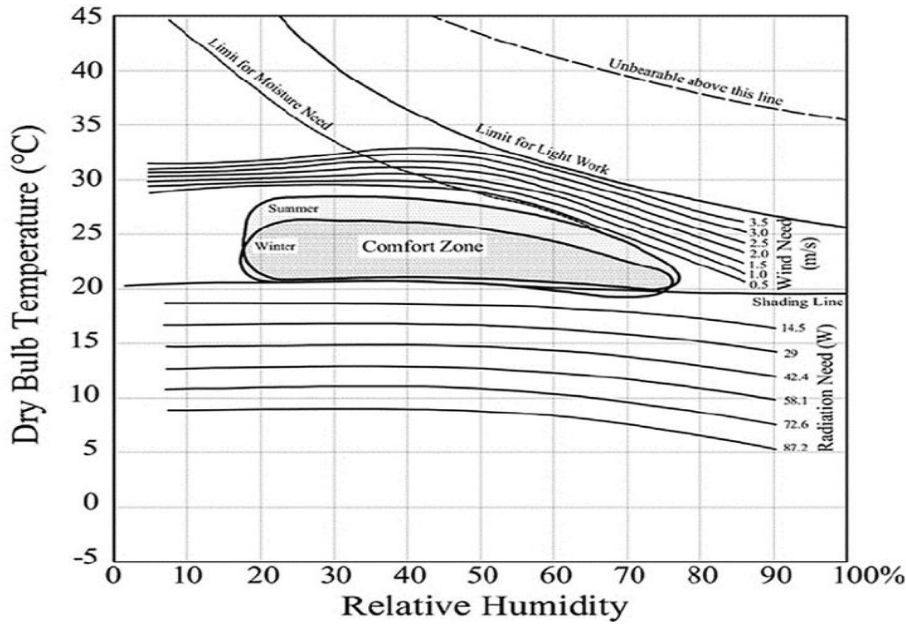
Şiddetli yağmur ve kar yağışı, sis gibi olumsuz hava koşulları insan faaliyetlerini sınırlandırmaktadır. İnsan psikolojisini de etkileyen olumsuz hava koşullarına ek olarak, havayı kirleten kükürt dioksit (SO₂), nitrojen oksitler (NO_x), partikül maddeler (PM) ve ozon (O₃) şehir merkezlerinde yoğun bir şekilde görülmekte ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedirler. Olumsuz hava koşulları ve kirleticiler gibi atmosferik diğer özelliklerde konfor üzerinde dolaylı etkiye sahip olabilmektedir. Karalar, denizler ve atmosfer güneşten gelen radyasyonla ısınmaktadır. Güneş radyasyonunun geliş açısının ve atmosferde kat ettikleri mesafenin değişmesi sonucu sıcaklık miktarı değişir. Bu değişimler aynı zamanda sıcaklık etki alanının çapını da farklılaştırmaktadır. Güneş radyasyonunun nasıl geldiği kadar, atmosferin nasıl özelliklere sahip olduğu da önemlidir. Güneşten gelen kısa dalga boyundaki radyasyonun yansıtılması ve soğurulması bakımından atmosfer kalınlığı önemli bir etkidir. Kalın bir atmosfer daha fazla radyasyon soğururken, ince bir atmosferde daha az soğurulma gerçekleştirmektedir. Sıcak atmosfer koşullarına göre, soğuk atmosfer güneşten gelen enerjiyi nispeten daha fazla yansıtmakta ve soğurmakta, yüzeye daha az radyasyon ulaşmasına neden olmaktadır.

Atmosfer hareketliliği, gaz içeriği, kalınlığı, ısı tutma kapasitesi, farklı yüzey türlerinin ısı tutma kapasitesi, genel okyanus-atmosfer etkileşimi gibi dolaylı faktörler nedeniyle biyoklimatik konfor koşulları değişebilmektedir. Bütün bu mekanizmalar biyoklimatik konfor koşulları üzerinde ayrı ayrı etkiye sahip olmalarına rağmen birbirlerinden bağımsız değillerdir. Dünyanın çeşitli yerlerinde farklı mekanizmalar işlediğinden, bu etkenlerin iç içe geçmiş ve oldukça kompleks bir doğası olduğu söylenebilir. İnsan ve diğer canlılara özgü termal algılamalar bu karmaşık doğanın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Konunun bütünleyici yönüne değinmek amacıyla, çevresel ve kişisel faktörlere ek olarak, bu faktörleri etkileyen dolaylı faktörlere de ayrı bir başlık altında değinilmiştir.

3.2.2. Biyoklimatik Konfor İndisi

İnsan biyoklimatolojisi üzerine yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak farklı bileşenlerin kombine etkilerini ortaya koyan indis hesaplamalarına dayanır. Havza sıcaklığı, rüzgâr, bağıl nem gibi parametrelerle tanımlanan ve biyoklimatik konforu sağlayan iklim koşullarının alt ve üst sınırlarının belirlenmesine yönelik pek çok araştırma yapılmış ve birbirinden az da olsa farklılıklar gösteren değerler elde edilmiştir. Ancak, orta enlemlerde yaşayan tüm insanların biyoklimatik konfor gereksinimlerini belirlemek amacıyla geliştirilen Olgay (1973)'ın biyoklimatik konfor yaklaşımı bu konuda ayrı bir önem taşımaktadır. Olgay (1973), biyoklimatik konforu sağlayan iklimsel koşulları bir koordinat sistemi yardımıyla belirlemektedir. “Biyoklimatik Çizelge” adı verilen bu koordinat sistemi üzerine herhangi bir alandaki iklim verileri işlenerek, o alanda biyoklimatik konforun sağlanabilmesi için gerekli olan iklimsel değerler ortaya çıkarılabilmektedir (Altunkasa, 1987). Biyoklimatik konfor indislerinde temel çalışmalardan biri olan, Olgay'ın biyoklimatik çizelgesinde etkili değişkenler nem ve sıcaklıktır (Şekil 8). Çalışmasında tasarım ve planlama açısından günümüzde hala geçerli olan temel yöntemleri ortaya koymuş ve ilk defa bir yere ait biyoklimatik çizelge oluşturmuştur. Üst ve alt limitler bu çizelge üzerinde belirlenmiş, limit altı alanlarda ilave solar radyasyon ihtiyacı olduğu vurgulanmıştır. Olgay (1973) göre, biyoklimatik konfor değerleri; 21,0 – 27,5 °C sıcaklık, % 30 - 65 bağıl nem ve 5 m/sn'ye kadar olan rüzgâr hızı kombinasyonu olarak belirlenmiştir (Çınar, 1999). Ancak sonraki dönemlerde üretilen farklı indislerle yapılan çalışmalarda hem eşik değerlerde hemde faktörlerde değişiklikler meydana gelmiştir. Ülke ve arazi koşullarına göre uyarlanan değerler doğal olarak farklılık gösterebilmektedir. Türkiye için buhar basıncı ve nisbi nem

ilişkileri dikkate alınarak efektif sıcaklık değerlerinin eşik değerleri 16,7 °C–24,7 °C olarak hesaplanmıştır (Sungur, 1980). Ancak, Avustralya'nın Akdeniz iklim koşullarına yakın doğu bölgesi için ise bu değerler 17,0 °C–24,9 °C olarak kabul edilmiştir. Gaffney'e dayanarak Hobbs, bu yönden 17,0 °C–24,9 °C 'lik sıcaklıkların en uygun sıcaklık değerleri olduğunu belirtmiştir (Güçlü, 2008). Ayrıca, konfor bölgesinin belirlenmesinde rüzgâr hızının 6 m/sn'den az ve bağıl nem değerlerinin %30-%70 arası olmasının da sıcaklık değerleri ile birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Ülker, 1988).



Şekil 8. Olgay biyoklimatik çizelge (Roshan vd., 2017)

Hobbs (1995)'a göre, temeli hissedilen sıcaklığa dayalı biyoklimatik konfor durumu, subjektif bir değer olup zamana, mekâna ve kişiye göre değişiklik göstermektedir. Hobbs, hissedilen sıcaklık değerlerine göre konfor sınıfları oluşturmuştur. Birçok araştırmacı tarafından indisler ve bu indislere dayalı eşik değerler belirlenmiş olsa da, konfor aralıklarının kalibrasyon sonuçlarına dayalı olarak, yerel koşullara göre ayarlandığı belirtilmiştir (Pontes vd., 2022). Bu nedenle, biyoklimatik konfor indislerinde kullanılan, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı değerlerine yönelik eşik değerlerin belirlenmesinde, referans çalışmaların yanısıra uzun yıllar ortalamaları, yıllık ortalamalar, en sıcak ay, en soğuk ay ve iklim kuşağı gibi bilgilerde incelenmektedir. Her ne kadar indis hesaplamaları sıcaklık ile başlamış olsa da çalışmaların ve hesaplamaların geliştirilmesiyle bağıl nem ve rüzgâr hızı gibi iklim bileşenleri de eklenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda bu üç iklim elemanı ile analizler yapılmış ve Tablo 8'de belirtilen eşik değerler kullanılmıştır.

Tablo 8

Biyoklimatik konfor sınıflandırması için referans aralıklar ve değerler (Sungur, 1980; Koçman, 1991; Hobbs, 1995; Güçlü, 2008).

Parametreler	Referans aralıklar	Biyoklimatik konfor değeri
Sıcaklık	< 17	0 Konforsuz
	17-24	1 Konforlu
	24 >	0 Konforsuz
Nisbi nem	< 30	0 Konforsuz
	30-70	1 Konforlu
	70 >	0 Konforsuz
Rüzgar hızı	< 0	0 Konforsuz
	0-5	1 Konforlu
	5 >	0 Konforsuz

İncelenen çalışmaların yanısıra iklim sınıflandırmalarının da referans aralıklarda belirleyici olacağı düşünülerek, İstanbul için elde edilen sınıflandırmalara bakıldı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu iklim sınıflandırmaları çalışması (2016) ile "Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri" (Öztürk vd., 2017) çalışmaları dikkate alındı ve İstanbul'un birçok iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli-nemli iklim koşullarına sahip olduğu doğrulandı.

3.2.3. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndisi

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indisi, ilk kez Höppe tarafından 1984 yılında oluşturulmuştur. FES, Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. FES termal şartları fizyolojik bir yaklaşımla ele alır. İndeksin sonuçları °C olarak vermesi, onu daha anlaşılır hale getirmektedir (Mayer ve Höppe, 1987; Höppe, 1999). Modelde açık alanlardaki meteorolojik koşullar, insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık bir iş yapan, kıyafetinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar tipik kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna, vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir (Matrazakis vd.,1999).

- Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşittir ($T_{mrt} = T_a$)
- Havanın hareket (rüzgâr) hızı 0,1 m/s'dir
- Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^\circ\text{C}$ ve nispi nem % 50 olduğundaki su buharı basıncı).

FES değerlerinin hesaplanmasında temel faktör vücut ısı dengesidir. İnsanın bütün yaşamsal organları 37°C civarındaki bir sıcaklıkta çalışmak üzere adapte olmuşlardır. Vücut iç ısısının 37°C 'de sabit tutulması durumuna homotermi denilmektedir. 37°C 'den daha düşük iç sıcaklık durumuna hipotermi, daha yüksek iç sıcaklığa hipertermi denilmektedir. Sıcaklığın uzun süreli düşmesi yada yükselmesi ölümcül sonuçlar oluşturabilmektedir (Çalışkan, 2012). Gates (1963), termodinamiğin birinci kanununu kullanarak, insan vücudu ısı dengesinin hesaplanabileceğini ortaya koymuştur. FES hesaplamaları da temelde vücut ısı dengesi denkleminde dayanmaktadır. Bu denklemler zamanla geliştirilmiş ve bazı değişikliklere uğramış olsa da hesaplama içeriğinin temeli aynı mantığa dayanmaktadır.

FES modelinde hesaplamalar aşağıda verilen denklem kullanılarak yapılmaktadır.

$$\mathbf{M+W+R(T_{mrt},v)+C(T_a,v)+E_{sk}(v_p,v)+E_{res}(T_a,v_p)+E_{sw}(v_p,v)+S=0} \quad (2.1)$$

Burada;

M = Metabolik ısı

W = Aktivite (Watt)

R = Radyasyon akıları (W/m^2)

C = Hissedilen sıcaklık ($^\circ\text{C}$)

E = Gizli ısı ($E_{sk} + E_{res} + E_{sw}$)

E_{sk} = Deriye veya deriden olan ısı akısı

E_{res} = Solunum yoluyla ısı değişimi

E_{sw} = Terleme yoluyla ısı değişimi

S = Isı stoğu

T_a = Hava sıcaklığı, **T_s** = Yüzey sıcaklığı, **T_{mrt}** = Ortalama radyan sıcaklık ($^\circ\text{C}$)

VP = Buhar basıncı (hPa), **v** = rüzgar hızı (m/s)

Herhangi bir zamanda denklemde kullanılan değişkenlerin toplamının 0'a eşit olduğu varsayılır. Gerçek ortam, $T_{mrt} = T_a$, $v=0,1$ m/s ve $VP=12$ hPa koşullarında, iç ortam koşullarına eşitlenir (Höppe, 1999).

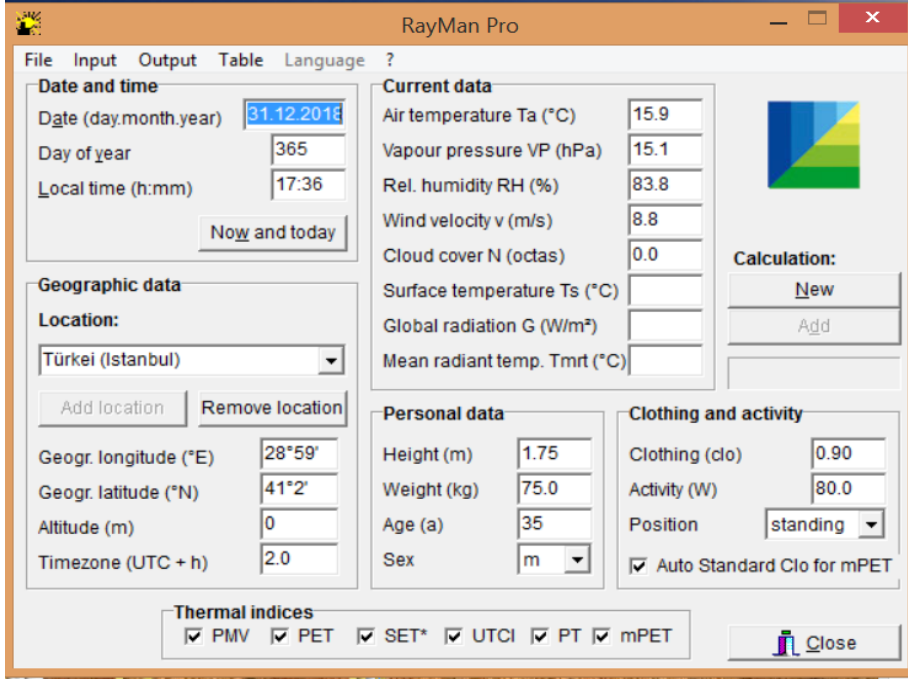
Bilgisayar programlarının olmadığı ve hesaplamaların belirtilen formüllerle manuel olarak yada psikrometrik çizelge ile yapıldığı dönemlerden, 21.yüzyılın başlarından itibaren FES indisini hesaplayan yazılımlara gelinmiştir. RayMan programı bunlardan biridir. "RayMan" Alman Meteoroloji Servisi (Deutscher Wetterdienst) İnsan Biyometeorolojisi Araştırma Merkezi'nden Dr. Andreas Matzarakis ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Matzarakis vd., 2000). Saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak koordinat sistemi, saat dilimi, yükselti, çevresel ve kişisel verileri kullanarak termal konfor şartları bu yazılımla belirlenebilmektedir. Programda kıyafet direnci, aktivite ve pozisyon bölümleri de bulunmaktadır. RayMan, 6 konfor indisinin hesaplamasını yapabilmektedir (Şekil 9). Çalışmada FES hesaplamaları bu program kullanılarak gerçekleştirildi. Sıcaklık, rüzgar, nisbi nem ve buhar basıncı verileri aşağıda belirtilen formülden yararlanılarak, deniz seviyesine indirgindikten sonra programa alındı (Erdoğan vd., 2013; Erkek vd., 2020).

$$T_d = T_i + (h_i * 0.005) \quad (2.2)$$

T_d : Deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık

T_i : İstasyonun ortalama sıcaklığı

h_i : İstasyonun yüksekliği



Şekil 9. RayMan Pro 1.2 programının girdi arayüzü

Bu çalışmada, meteoroloji istasyonlarının ortalama sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı, su buharı basıncı verilerine dayanan aylık ve yıllık ortalama FES değerleri, RayMan yazılımı kullanılarak hesaplandı. RayMan sıcaklık, rüzgâr hızı, buhar basıncı, bulutluluk, global radyasyon gibi verileri kullanarak termo-fizyolojik sıcaklığı ve ortalama radyan sıcaklığı hesaplamaktadır (Matzarakis vd., 2007).

Çalışmada, FES indisinin meteorolojik parametreler yanısıra kişisel verileri de hesaplamaya dahil etmesi, sonuçları (°C) cinsinden vermesi, yaygın kullanımı ve İstanbul metropolünde uzun süreli ve fazla sayıda istasyon verisi ile FES hesaplamaları yapılmamış olması gibi nedenlerle bu yöntem çalışmada yer verildi. FES indeksi 9 aşamalı bir konfor sınıflamasından oluşmaktadır. Fakat çalışma sahasının koşullarına göre bu sınıflandırmada uyarlama yapılabilmektedir. Örneğin meteorolojik verilerde -4 °C'den daha düşük sıcaklıklar varsa, sınıflandırma bu değerlerden başlatılmalıdır. FES indisinde her termal algılama seviyesi, bir fizyolojik stres durumu açığa çıkarmaktadır (Tablo 9).

Tablo 9

FES'e karşılık termal algı ve fizyolojik stres dereceleri (Matzarakis ve Mayer, 1996'dan değiştirilerek)

FES (°C)	Termal algılama	Fiziksel stres derecesi
>41	Aşırı sıcak	Aşırı sıcak stresi
35-41	Çok sıcak	Güçlü sıcak stresi
29-35	Sıcak	Orta sıcak stresi
23-29	Hafif sıcak	Hafif sıcak stresi
18-23	Konforlu	Termal stres yok
13-18	Hafif serin	Hafif soğuk stresi
8-13	Serin	Orta soğuk stresi
4-8	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
0- 4	Çok soğuk	Aşırı soğuk stresi
-10-0	Aşırı soğuk	Çok aşırı soğuk stresi
>-10	Dondurucu soğuk	Dondurucu soğuk stresi

Çalışmada kullanılan konfor zonlarının limit değerleri ve renkleri literatür araştırması baz alınarak Şekil 10'daki gibi belirlenmiştir (Matzarakis vd., (2010); Çalışkan, 2012; Erkek vd, 2020) Yapılan analizler sonucunda, çalışma alanında, aşırı soğuktan, sıcağa 8 termal algı derecesi tespit edilmiştir.



Şekil 10. FES termal konfor ölçeği renk skalası

3.2.4. Biyoklimatik Konfor Haritaları

İstanbul'un biyoklimatik konfor koşullarının analizi için kullanılan 35 meteoroloji istasyonunda ölçülen iklim parametrelerinin hesaplanmasıyla elde edilen FES değerlerinin mekânsal dağılımını göstermek için, FES konfor haritaları oluşturuldu. Konfor şartlarının mekânsal dağılımı için yaygın olarak enterpolasyon yöntemleri (IDW, Kriging, CoKriging, Radial Basis Functions vb.) kullanılmaktadır (Toy, 2010; Çetin vd., 2010; Çalışkan, 2012; Çetin, 2015; Çetin vd, 2018; Mohammadi vd., 2018; Şensoy, 2020; Çağlak, 2021). Konfor haritaları oluşturulurken hazırlanması gereken veriler ve altlık haritalar bulunmaktadır. Öncelikle elde edilen dem verisi ile ArcGIS 10.5 programında, topoğrafya haritası

oluşturuldu (Dem verisi, 2020). Bu topografya haritasına, Google Earth Pro proje sayfasında Kml olarak hazırlanan istasyon noktaları eklendi (Şekil 11). Arazide bulunan ve ölçümleri güvenilir olan istasyonlara ait veriler kullanılarak, aylık ve yıllık sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı ve buhar basıncı haritaları oluşturuldu. Bu haritalar yapılırken IDW enterpolasyon yöntemi kullanıldı. IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapmaktadır (Tural, 2011). Böylece, üretilen haritalarda, nitelik istasyon olan noktalar dışında, verinin bulunmadığı alanlara da yayılmış olur. IDW ile oluşturulan meteorolojik parametre haritaları biyoklimatik konfor indisi ve FES indisinde belirlenen eşik değerlere göre, ArcGIS 10.5 programında yeniden sınıflandırıldı. Sınıflandırılan biyoklimatik konfor haritaları yine aynı program vasıtasıyla Weighted Overlay (Ağırlıklı Çakıştırma) modülü kullanılarak birleştirildi.

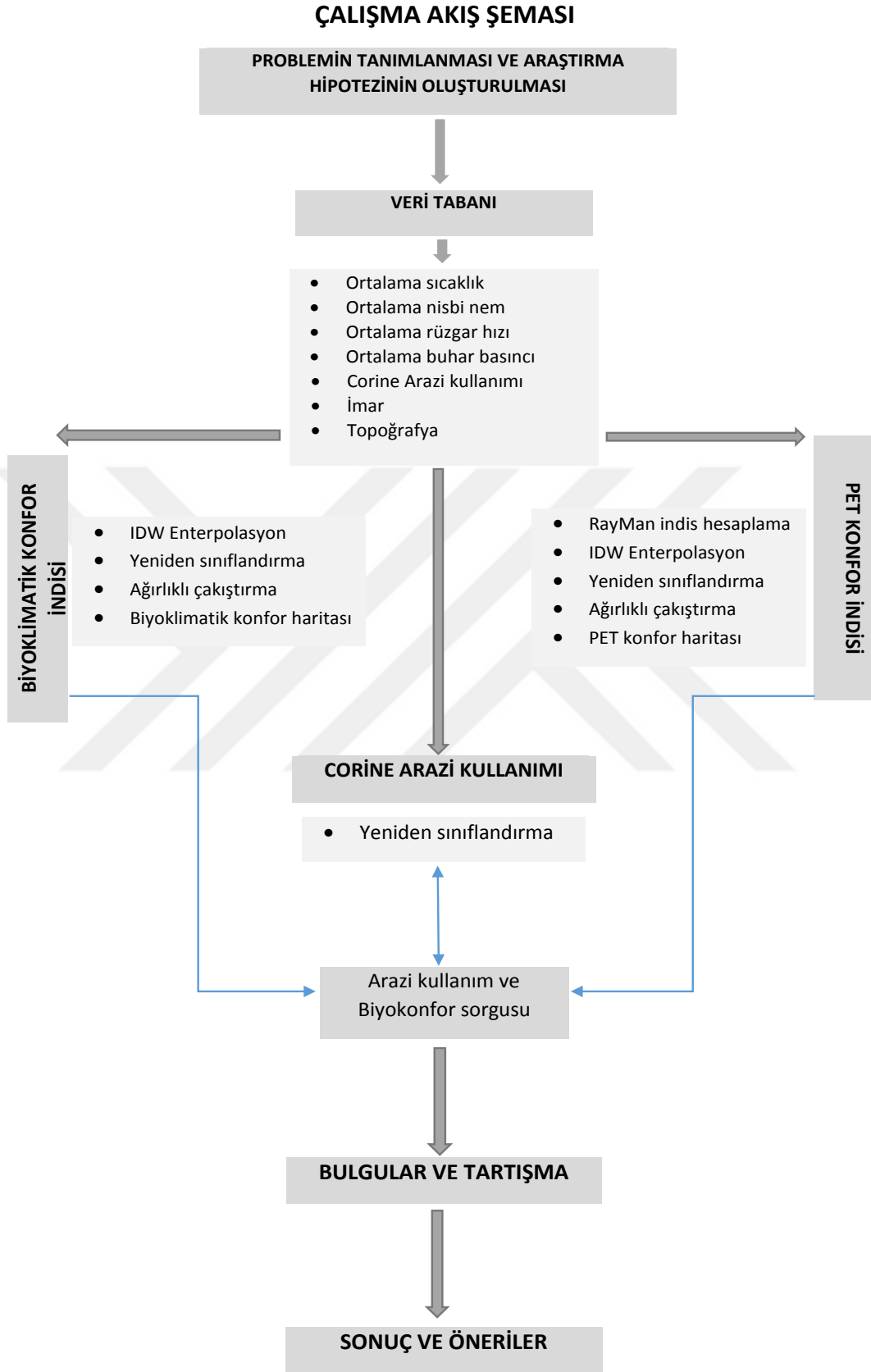


Şekil 11. Google Earth Pro proje sayfası

3.2.5. Arazi Kullanımı ile Biyoklimatik Konfor İlişkisinin Sorgulanması

Çalışma kapsamında ele alınan 5 arazi kullanım türü (yapay yüzeyler, yeşil alanlar, orman alanları, tarım alanları ve su varlığı) ile biyoklimatik konfor sınıfları arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla ArcGIS 10.5 programının Spatial Analyst Tools modülündeki Zonal aracındaki, Tabulate Area aracı kullanıldı. Her yıl ve bu yıla ait ay için yapılan analizler sonucunda 5 arazi kullanım türünde konfor sınıflarının % ve km² olarak değerleri elde edildi. Şekil 12' de, bu tez çalışmasında kullanılan veri ve yöntemler ekseninde, tez kapsamını ve metodolojik yaklaşımı göstermek için oluşturulan iş akış şeması sunuldu.





Şekil 12. Çalışma akış şeması

3.3. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

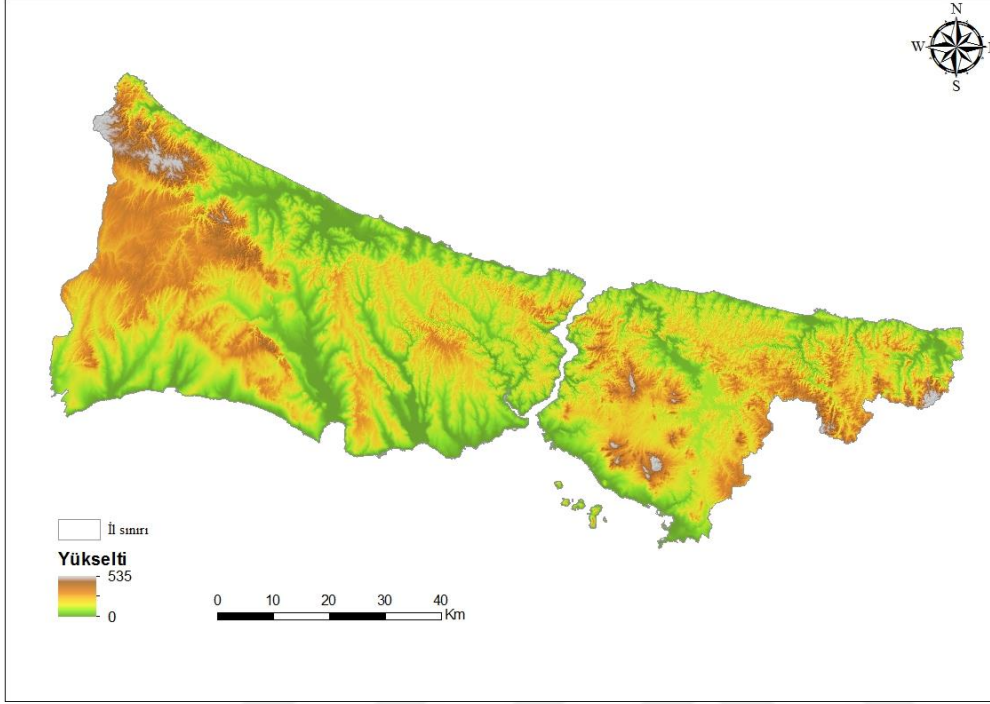
3.3.1. Çalışma Alanının Morfolojisi

Çalışma alanı olarak seçilen İstanbul'da, başlıca jeomorfolojik birimleri, dağlık alanlar, yüksek sırtlar, aşınma yüzeyleri ve vadiler oluşturmaktadır (Yalçınlar, 1948). İl yükseklik değerleri fazla olmayan ve büyük ölçüde platoların yer kapladığı bir morfolojiye sahiptir. En yüksek noktasını 535 m ile Aydos dağı oluşturmaktadır. Avrupa yakasında, Çatalca'ya doğru yükselti değerleri artarken, kıyılara doğru kademeli olarak azalmaktadır.

Flüvyal süreçlerin eseri olan şekillerden oluşan araştırma sahası, orta şiddette kimyasal ayrışma, zayıf derecede fiziksel parçalanma, orta derecede kütle hareketleri, akarsuların maksimum seviyede etkin olduğu, flüvyal morfojenetik bölge sınırları içerisinde bulunmaktadır (Kurter, 1979). Flüvyal süreçler sonucunda araştırma alanında, çeşitli büyüklükte hem aşınım, hem de birikim şekilleri oluşmuştur. Geniş sahalar kaplayan bir peneplen içinde oyulmuş vadilerin yamaçlarında taraçalar vardır. Taraçalar ve taraça yüzeylerinden daha aşağılara kadar yarılmış vadiler farklı oluşum döngülerini göstermektedir (Erinç, 2010). Yer yer vadilerle yarılmış dağlık alanlar, çevrelerinde aşınım karşı dirençsiz kayaç veya tabakaların ortadan kaldırılmasıyla yüksekte kalmış dirençli kayaçlara karşılık gelmektedir. Alçak taban düzlüklerinde ise, karasal ve kıyı ovaları mevcuttur (Şekil 13). Kıyı morfolojisinde ovalar dışında, akarsu, dalga ve akıntıların şekillendirmesiyle birçok aşınım ve birikim şekilleri oluşmuştur. Bölgede etkili olan flüvyal süreçler, araziye şekillendirirken aynı zamanda dünyanın en önemli su yollarından biri olan İstanbul Boğazı'nın da oluşumunu desteklemiştir. Boğaz, eski bir akarsu vadisinin tektonik olarak evrimleştiği dar bir kanalda oluşmuştur. İstanbul Boğazı ve çevresinde yapılmış olan jeomorfolojik incelemeler, boğaz ve çevresinde, yataya yakın ufuk çizgisi ile kolaylıkla tanınabilen ve Üst Miyosen-Pliyosen döneminde şekillenmiş olgun bir aşınım yüzeyinin varlığını göstermektedir. Ayrıntılı sismik ve batimetrik incelemeler, günümüz boğaz tabanının şekillenmesinde, deniz tabanında aşınım, sediman sürüklenmeleri ve kütle hareketleri olmak üzere üç faktörün etkili olduğunu göstermektedir. (Göktaş vd., 2006).

Şehrin ortasından geçen ve önemli bir konumda bulunan, İstanbul Boğazı'nın sınırları, kuzeyde Anadolu ve Türkeli Fenerleri ile güneyde Ahırkapı Feneri ve Kadıköy İnciburnu Mendirek Feneri arasındaki hat ile tanımlanmaktadır. Ortalama genişliği 1600 metre olan boğazın (Kodak ve Acarer, 2021), uzanış doğrultusu ve genişliği hakim rüzgar

yönü ve hızı üzerinde etkilidir. Bu etki, boğaz çevresinde bulunan alanların aylık ve mevsimlik yerel iklim özelliklerini değiştirebilmektedir.



Şekil 13. İstanbul fiziki haritası

3.3.2. Çalışma Alanının İklimi

Türkiye'nin bulunduğu alanda ve yakın çevresinde iklim şartları üzerinde etkili olan belli hava kütleleri bulunmaktadır. Bu hava kütleleri, kış aylarında kutupsal, yaz aylarda tropikal karakterlidir. Ilıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alan Türkiye'nin, üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı, yükseltinin kısa mesafelerde değişmesi ve yerşekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır.

Dünya ölçüsünde yapılan iklim sınıflandırmasında kullanılan ölçütler esas alındığında, Türkiye'de Akdeniz, Karasal ve Karadeniz ikliminin etkili olduğu söylenebilir (Atalay, 1997). Üç çeşit iklim özelliklerinin sergilendiği Türkiye'de farklı iklim sınıflandırmalarına yönelik yapılan çalışmalarda alt iklim tipleri de oluşturulmuştur. Ancak İstanbul gibi farklı iklim özelliklerinin bir arada görüldüğü ve koşulların sıklıkla değiştiği alanlarda bölgesel olarak bu iklimlerin sentezi niteliğinde geçiş iklimleri de oluşmaktadır. Bu konu özelinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu iklim

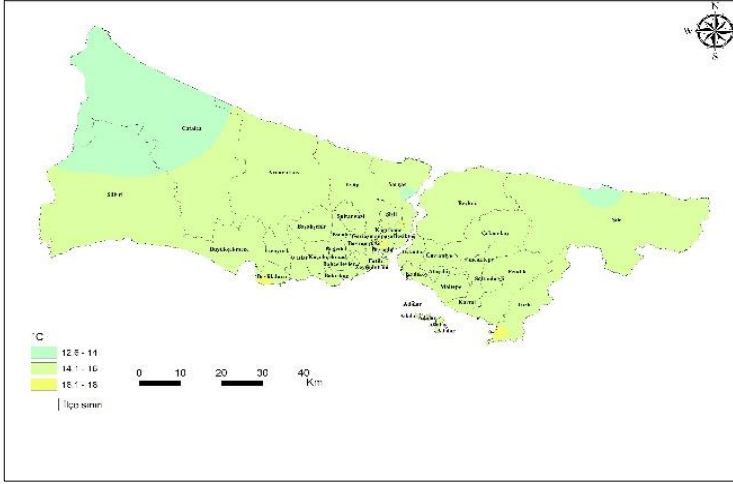
sınıflandırmaları çalışması ile “Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye’nin İklim Tipleri” (Öztürk vd., 2017) çalışmaları incelenmiş, oluşturulan iklim sınıflarının alt türlerine göre İstanbul’da, kışları ılık, yazları çok sıcak iklim tipinin (Csa) ve yazları ılık iklim tipinin (Csb) etkili olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar, İstanbul’un birçok iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli-nemli iklim koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında etkin olan iklimsel rejimlerin anlaşılması için, farklı iklimsel sınıflandırmaların incelenmesi gerekmektedir. Bu sınıflandırmalar genel iklim karakteri konusunda fikir vermektedir (Tablo 10).

Tablo 10

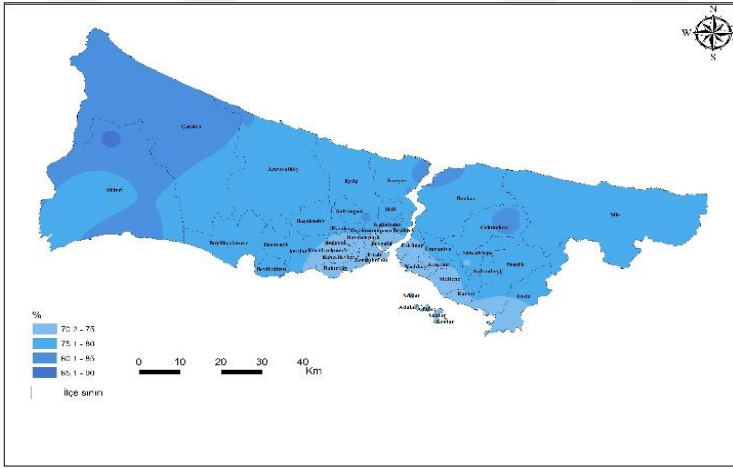
İstanbul’da iklim sınıfları (MGM, 2016)

Aydeniz iklim sınıflandırması	Nemli
Eriñç iklim sınıflandırması.....	Yarı nemli
DeMartonne iklim sınıflandırması.....	Yarı kurak-Nemli arası
Thornthwaite iklim sınıflandırması.....	Yarı nemli
Köppen iklim sınıflandırması.....	Kışları ılık, yazı çok sıcak ve kurak
Köppen-Geiger iklim sınıflandırması.....	Kışları ılıman nemli orta enlem

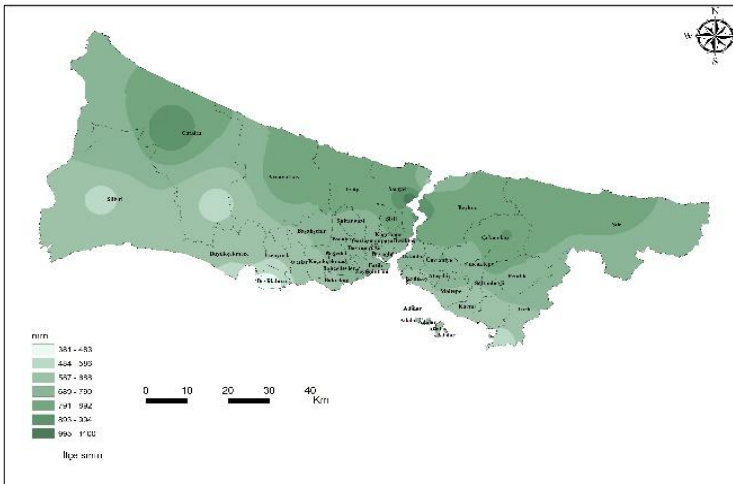
İki kıtanın birleşme noktasında bulunan ve genel hava sirkülasyonunun geçiş bölgesi olan İstanbul’un kuzeyi Karadeniz, güneyi Akdeniz ikliminin etkisindedir. İç kesimlerde ise geçiş iklimi özelliği görülmektedir. Bölgesel olarak bakıldığında, güneyinde sıcaklık değerleri artarken, Şile, Silivri ve Çatalca civarında düşmektedir (Şekil 14). Ortalama sıcaklığın 15,2 °C olduğu ilde, aylık toplam yağış miktarı ortalaması 660,9 mm olmaktadır (MGM). Nem miktarının yüksek olduğu ilde, özellikle Avrupa yakasında, Çatalca’ya gidildikçe nem miktarı daha da artmaktadır (Şekil 15). Toplam yağış miktarları ilin güneyine gidildikçe, Akdeniz iklim özellikleri nedeniyle azalma gösterirken, kuzeye gidildikçe artış oranları Karadeniz ikliminin etkisini gösterdiğini ifade etmektedir (Şekil 16). Yağış oranlarında enlem etkisini gözlemlemek mümkündür. Aynı zamanda dikey doğrultuda, yüksekliğin etkisiyle dağlık alanlarda, sıcaklık değerleri düşerken, yağış ve nem oranlarının yükseldiği söylenebilir.



Şekil 14. İstanbul yıllık sıcaklık dağılışı



Şekil 15. İstanbul yıllık nispi nem dağılışı



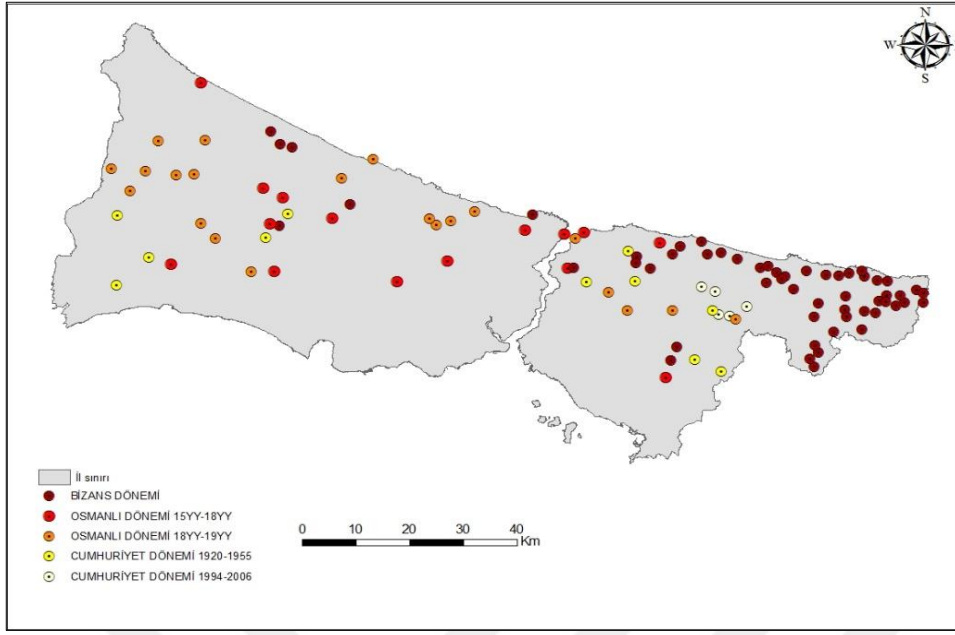
Şekil 16. İstanbul yıllık toplam yağışın dağılışı

3.3.3. Çalışma Alanında Nüfus ve Yerleşme

Coğrafi konumunun birçok yönden ideal olduğu İstanbul kenti için, insanların cazibe merkezi tanımlaması yerinde bir ifade şekli olacaktır. Kent sınırları içinde arkeolojik kazılar başta olmak üzere bir çok alanda tarihsel çalışmalar yürütülmüş ve bulgular Aşağı Pleistosen'in sonları ile Orta Pleistosen'in başlarından itibaren (yaklaşık 2.6 milyon yıl önce) insanların bu bölgede yaşamış olduğuna işaret etmektedir (Aydingün ve Aydingün, 2020). Buzul çağlarının da yaşandığı, bu Holosen öncesi dönemde Anadolu'da daha çok kaya sığınaklarında ve mağaralarda yaşadıkları bilinen Paleolitik insanların avcı-toplayıcı gruplar oldukları söylenebilir (Atalay, 1996). Neolitik döneme doğru geçim kaynaklarının değiştiği ve ilk köy örneklerinin oluşmaya başladığı görülmektedir. Avrupa yakasında Yarımburgaz Mağarası, Asya yakasında ise Fikirtepe, Pendik (Temenye) ve Tuzla (İçmeler)'de avcılık ve balıkçılık faaliyetlerinin yürütüldüğü, basit köy yerleşmelerinin örneklerindedir (Dönmez, 2011).

İstanbul'un kurulduğu ve yerleşmenin çekirdek bölümü olarak görülen, Tarihi Yarımada'da yerleşimin ilk kez Neolitik Çağ'da başladığı, yer değiştirme veya farklı yerleşimlerle kesintisiz bir şekilde Kolonizasyon dönemine kadar sürdüğü anlaşılmaktadır. Yenikapı ve Hipodrom civarında yapılan arkeolojik kazılar farklı çağlara ait yerleşimlerin olduğunu göstermektedir. Tarihi Yarımada'da ortaya çıkarılan arkeolojik bulgular İstanbul'un dünyanın yaşayan en eski metropolü olduğuna işaret etmektedir (Dönmez, 2011). Yenikapı kazı alanı, Neolitikten, Bizans ve Osmanlı dönemine kadar farklı çağlara ait yerleşme kalıntılarını barındırdığı için, günümüzde, ilk İstanbulluların yaşamlarına ve yerleşimlerine ışık tutmaktadır.

Tarihi Yarımada dışında kalan bölgelerde Neolitik Çağ başta olmak üzere farklı dönemlere ait önemli yerleşmelerin varlıkları bilinmektedir. Ancak bunların birçoğu yoğun kentleşme nedeniyle ortadan kalkmıştır. Yılmaz, (2017)'de İstanbul'un surdışı bölgesinde Bizans Dönemi'ne ait yerleşmelere yönelik yaptığı çalışmada bu yerleşmelerin çok azının kalıntılarına rastlandığını, büyük bir kısmının ortadan kalktığını belirtmiştir. İBB tarafından hazırlanan, İstanbul'da tarihsel dönemler itibariyle köyler haritasında Bizans dönemine ait köylerin daha çok Anadolu yakasında Şile civarında yoğunlaştığı görülmektedir. Aynı çalışmada Osmanlı'nın farklı dönemlerine ait köy yerleşmelerinin kuruluş yerleri de belirtilmiştir (Şekil 17).

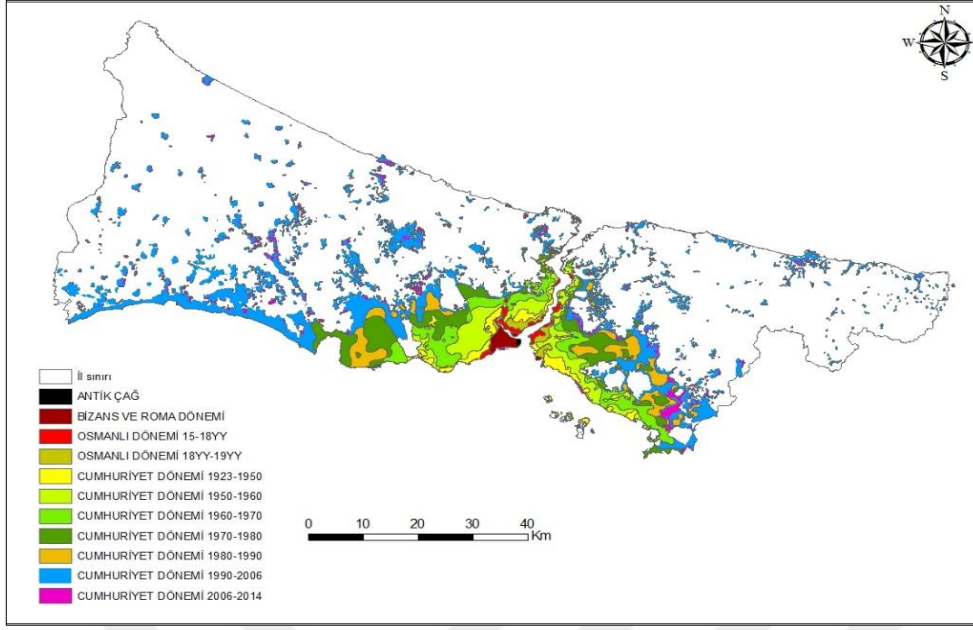


Şekil 17. Tarihsel dönemler itibariyle köyler (İBB, 2021)

Fatih'in İstanbul'u fethetmesiyle son bulan Bizans döneminden sonra, kent için Osmanlı imparatorluğu dönemleri başlamıştır. Devletin başına geçen padişahların iskân konusundaki tutumları, gelişmişlik ve ekonomik durum, yerleşme üzerinde etkili olmuştur. Fatih'in imar ve iskânla ilgili olarak ilk işi, şehirde kalan nüfusu barındırmak ve yenilerini eklemek olmuştur. Bu dönem harap haldeki bir şehrin yeniden inşa dönemi olmuştur. II. Bayazıt'ın saltanatının ortalarında, şehir nüfusu 200.000'e yaklaşmış, nüfusun üçte birinden fazlasının, şehrin her devrinde, en kalabalık bölgesi olan, Haliç'e bakan sırtlara yerleştiği belirtilmiştir. Şehir, 17. Yüzyılda büyümeye ve kalabalıklaşmaya devam etmiş, 18. Yüzyılda ise, gelişme sonucu, şehir Boğaziçi ve Haliç'i kendi bünyesine organik olarak entegre etmiştir. Bu yüzyıl içinde yerleşme noktaları ve sınırları fazla büyümemiş olsa bile, Boğaz, Haliç ve Üsküdar lehine ve sur içi aleyhine bir nüfus dağılışı olduğunu gösteren işaretler bulunmaktadır. Bu dönemde özellikle Boğaz sahillerinde büyük bir artmanın görüldüğü, yerleşmenin ve nüfusun artmasıyla ilk defa II. Mahmut döneminde, İstanbul'un büyük bir şehir olarak özel trafik sorunları olduğu belirtilmiştir (Kuban, 1970). Osmanlı'ya başkentlik yapan ve farklı dönemlerinde nüfus ve yerleşme politikalarına sahne olan, İstanbul'un boğaziçi kenarları, Haliç, Eyüp ve tarihi yarımadaının bulunduğu kesimlerinde yerleşmenin oldukça yoğun olduğu anlaşılmaktadır.

Tarih boyunca çeşitli kültür ve medeniyetlerin doğduğu, geliştiği ve yayıldığı merkezler olan kentler; farklı sosyal sınıflara sahip bir toplumun, yapay çevreyi doğal çevreye egemen kıldığı bir ortamda kentsel yaşam kurallarına uygun olarak, yaşamlarını sürdürdükleri yerleşmeler olarak tanımlanmaktadır (Ertürk, 2009). Osmanlı döneminden kalma çok kültürlülük, Cumhuriyet döneminde de farklı şekillerde kendini göstermiştir. Mekânsal özelliklerinin avantajı ile sanayileşme ve beraberinde oluşan göç hareketleri özellikle 1950'li yıllardan itibaren yerleşimde yönetsel sorunları beraberinde getirmiştir. 1927-2018 yılları arasında İstanbul'da yerleşimlerin statüsünde sürekli değişimler meydana gelmiş, kırsal yerleşimlerin sayısı sürekli değişmiş ve 2012 tarih ve 6360 Sayılı Büyükşehir yasası ile, ilin tamamının kentsel alan olarak temsil edilmesi; köyden mahalleye evrilen kırsal yerleşimler, İstanbul'daki yerleşim durumunu daha karmaşık hale getirmiştir. İstanbul; hangi açıdan ele alınırsa alınsın kentleşme süreci ve kent kimliğiyle ön plana çıkmaktadır. Ancak yine de, kent ve kır yerleşimlerinin iki uç noktasını oluşturan köy ve metropol örneğini günümüzde de bir arada barındırmaktadır (Doğan ve Gökburun, 2019).

Bizans ve Osmanlı dönemlerinde tarihi yarımada da başlayan yerleşme süreci, kademeli olmasa da çevreye yayılan bir özellik göstererek, genişleme eğilimi göstermiş, Cumhuriyet dönemiyle birlikte doğu-batı ekseninde önce parçalı daha sonra birleşik yerleşim özelliklerine dönüşmeye başlamıştır. İstanbul'un her dönemde en yoğun nüfusuna sahip olan güney kesimlerinde sanayileşme ile birlikte nüfus ve yerleşmenin artış gösterdiği, 1990 dan itibaren farklı ilçe sınırlarına doğru yayıldığı söylenebilir (Şekil 18).

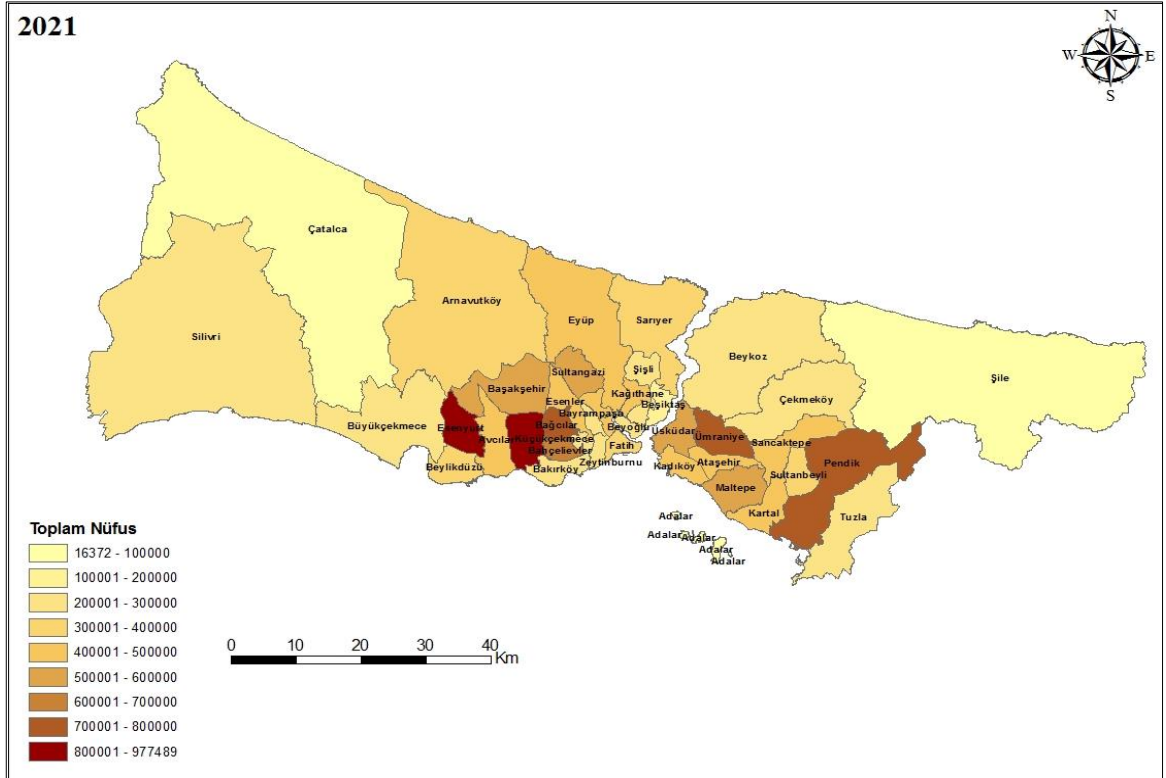


Şekil 18. Tarihsel dönemlerde İstanbul yerleşimleri (İBB, 2021)

Kuruluşundan, Büyük Konstantinos dönemine kadar (yani Arkaik, Klasik, Hellenistik ve Roma İmparatorluğu dönemleri) Byzantion olarak anılan kent, Büyük Konstantinos'tan Bizans Devleti'nin 1453'te Osmanlılar tarafından yıkılmasına kadar (yani Geç Roma İmparatorluğu'ndan Orta Çağ'ın sonuna kadar) Constantinopolis/Konstantinoupolis, Osmanlı döneminde Kostantiniyye ve yaklaşık 100 yıl İstambol; Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşuyla beraber İstanbul olarak günümüze kadar yoğun bir yerleşime sahne olmuştur (Eski Çağda İstanbul Topoğrafyası, 2023). Yerleşmenin zamansal ve mekânsal olarak bu kadar çeşitlilik göstermesi, kentin jeopolitik açıdan her dönem önemli bir yerleşim merkezi olduğunu göstermektedir.

İstanbul ilinin toplam nüfusu 2022 verilerine göre 15.907.951 kişiye ulaşmıştır (TÜİK, 2022). En kalabalık ilçesi 983.571 kişi ile Esenyurt, en az nüfusa sahip ilçesi ise 16.690 kişi ile Adalar ilçesidir. Nüfus yoğunluğunun özellikle boğaz kenarındaki ilçelerde yoğunlaştığı ilde, yoğunluk 3062/km² dir (TÜİK, 2022). Ticaret, sanayi ve turizm merkezlerinin de yer aldığı boğaz kenarı ilçeleri aynı zamanda ilk yerleşmelerin de kurulduğu alanlar olmaktadır. Bu alanlardan, doğuya ve batıya gidildikçe nüfusun azaldığı, özellikle Çatalca ve Şile'de belirgin bir şekilde düştüğü görülmektedir (Şekil 19). Bu nedenle Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinden göç alırken, il içinde de nüfus hareketleri gözlenmektedir. İl sınırına yakın olan ilçelerden, özellikle sanayi ve ticaret merkezlerinin

bulunduğu boğaza yakın güney kesimlere nüfus hareketliliği görülebilmektedir. 1990 yılından günümüze artan nüfus ve yerleşmeye bağlı olarak yönetsel sorunları çözmek adına ilçelerde birleştirme/ayırılma/statü değiştirme uygulamaları yapılmıştır. Bu durum ilçelerin nüfus miktarlarında artışa veya azalmaya yol açmıştır. Bugün yerli/yabancı birçok insanın yaşam alanı olan bu cazibe merkezinde, 2022 TÜİK verilerine göre 39 İlçe ve belediye, bu belediyelerde toplam 964 mahalle bulunmaktadır.



Şekil 19. İstanbul ilinde toplam nüfusun dağılışı

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

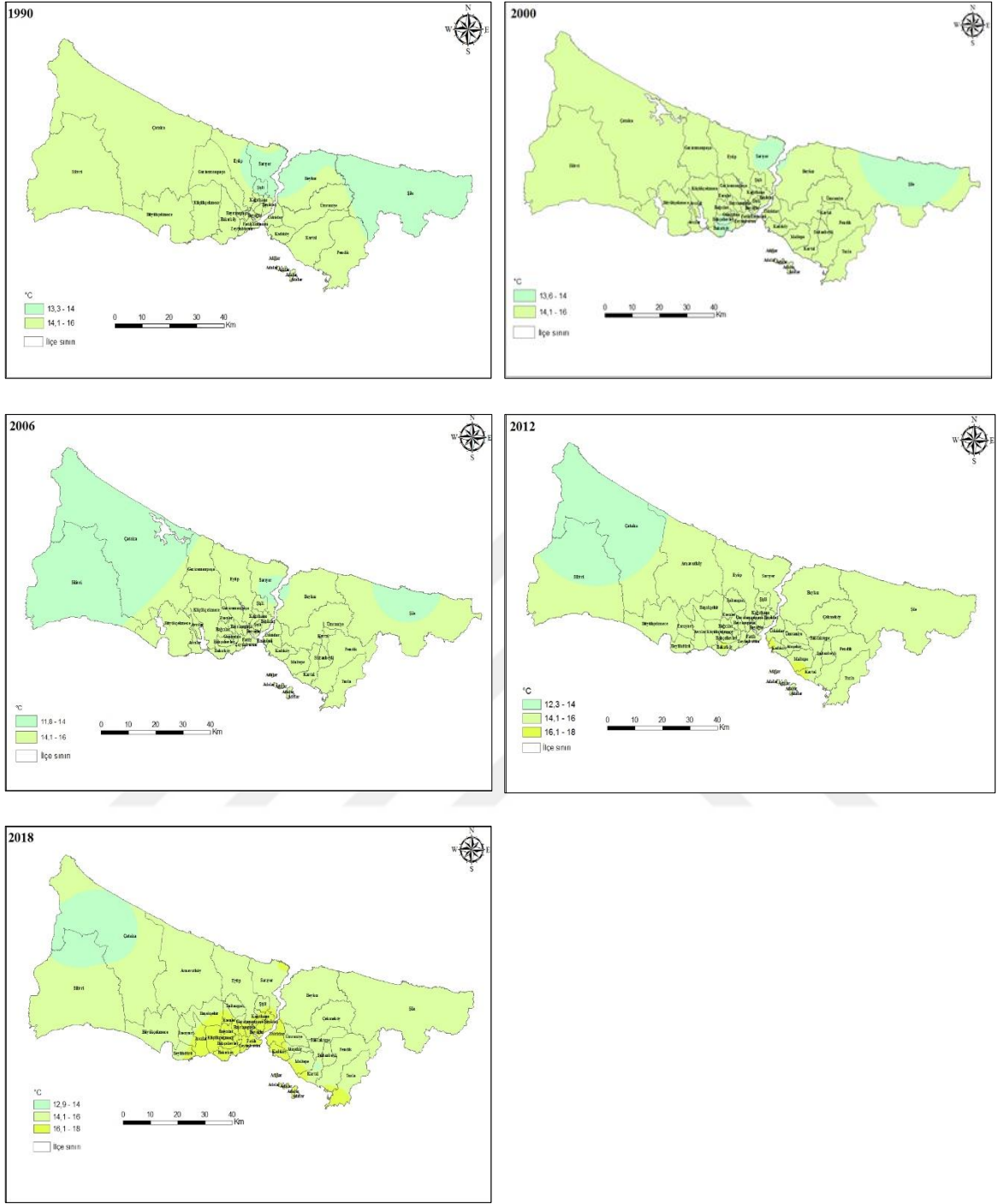
İSTANBUL'DA BİYOKLİMATİK KONFOR ANALİZLERİ

4.1. İklim Elemanları Analizi

İstanbul'da biyoklimatik konfor şartları analizlerine yönelik olarak öncelikle, MGM'den aylık ve yıllık sıcaklık, nisbi nem, rüzgâr hızı verileri elde edildi ve bu biyoiklim parametrelerinin dağılım haritaları oluşturuldu. 1990 yılından, 2018 yılına kadar (1990-2000-2006-2012-2018) 28 yıllık dönemde iklim elemanlarının çalışma alanındaki zamansal ve mekânsal değişimleri gösterildi.

4.1.1. Yıllık İklim Elemanları Analizleri

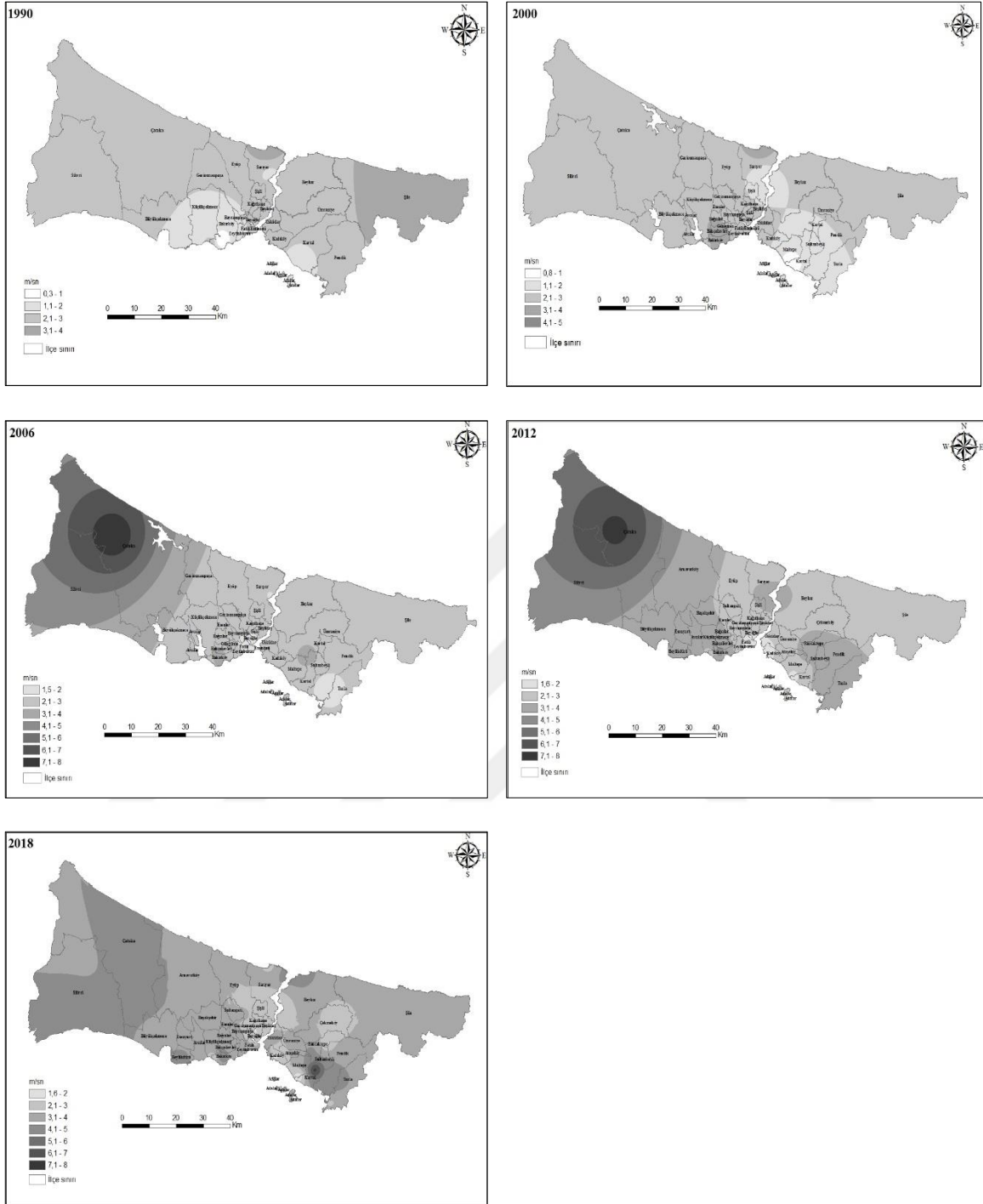
Zamansal olarak CORINE yıllarının esas alındığı ve dağılım ekseninin bu doğrultuda oluşturulduğu değerlendirilmedi, hem analizlerin altlık haritalarını oluşturmak hem de çalışma alanına yönelik temel iklim bilgisini sunmak amacıyla yıllık haritalar oluşturuldu. İstanbul'da yıllık ortalama sıcaklık verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında 14,2°C, 2000'de 14,3°C, 2006'de 14,2°C, 2012'de 15,1°C ve 2018'de 15,6°C hesaplandı. Bu değerler 1990 yılından, 2018'e kadar, düzenli olmasada ortalama sıcaklıkların yükseldiğini göstermektedir. 2006 yılının istasyon verileri incelendiğinde genel bir azalmanın olduğu görüldü. Sıcaklıkların kuzey ve batı kesimlerde düştüğü, bunun beş yıl içinde benzer sonuçlar çıkardığı görülmektedir. Özellikle Çatalca, Şile ve Silivri gibi İstanbul dışında yer alan ve daha kırsal kesimlere karşılık gelen ilçelerde yıl boyunca sıcaklıkların daha düşük olduğu söylenebilir. Bu ilçeler aynı zamanda insan sayısının nispeten daha az ve yerleşmelerin daha seyrek olduğu bölgelerdir. İstanbul boğazı çevresinde, ilçe sayısının fazla olduğu alanlarda, bahsedilen çevre ilçelere göre sıcaklık değerleri yükselmektedir. Özellikle güneyde ve boğaza yakın alanlarda bu yüksek değerler gözlenmektedir (Şekil 20). Sıcaklıkların, çalışma alanı içinde değişiklik göstermesinde, enlem, yükselti, bakı, denizellik-karasallık ve antropojenik faktörler etkili olmaktadır. Özellikle Çatalca'da değerlerin düşük olmasında arazinin yüksekliği birincil faktördür. Bunun gibi yerel etkilerin dışında, bütün dünyayı etkileyen küresel iklim değişikliği İstanbul'da da sıcaklıkların yükselmesine ya da iklim anomalilerinin yaşanmasına yol açmaktadır.



Şekil 20. İstanbul yıllık sıcaklık dağılışı haritaları

Yatay ya da yataya yakın yönde yer değiştiren hava akımlarının hareketi olan rüzgâr, hava kütlelerinin kökenine bağlı olarak iklimsel karakterlerin taşınmasını sağlar (Akman, 2011). Rüzgârlar, atmosferin potansiyel enerjisinin, kinetik enerjiye dönüşmesiyle oluşur. Karalar, denizler ve atmosfer aynı ölçüde ısınmadığından yerel düzeyde sıcaklık ve basınç

farkları rüzgâr oluşturur. İstanbul gibi iki kıtayı birbirine bağlayan ve içinden boğaz geçen bir şehirde, rüzgârın hızı ve yönü çevre morfolojisinden etkilenmektedir. Kentin coğrafi konumuna bakıldığında, mekansal olarak vadilerin, platoların ve kıyı ovalarının morfolojide baskın olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızı genellikle yükseklikle artar ve sınır tabakasında bu artış, daha yüksek rakımlarda daha az sürtünmeye bağlıdır (Arslan vd., 2020). Bu nedenle, 1990 yılından 2018 yılına, İstanbul rüzgâr hızı haritaları incelendiğinde, Çatalca ve Aydos dağı gibi yükseltinin fazla olduğu alanlarda rüzgâr hızı maksimum seviyeye çıkmaktadır. Bunun yanısıra, kıyı bölgeler, köprüler, havalimanları, vadiler ve ilin dış kesimlerinde bulunan Silivri ve Şile’de rüzgâr hızında artış olduğu görülmektedir (Şekil 21). Kentleşmenin yoğun olduğu boğaza yakın güney kesimlerde ise rüzgar hızında azalma meydana gelmektedir. Yüksek binaların yoğun kentleşmeye eşlik etmesi havalandırmayı engellemekte ve rüzgâr hızının düşmesine neden olmaktadır (Arslan vd., 2020). Ancak rüzgâr hızı değişimlerini açıklarken, basınç sistemlerinin etki alanlarını ve küresel iklim değişikliğinin bölgesel etkilerini de göz önünde tutmak gerekir. İstanbul’da yıllık ortalama rüzgâr hızı verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında 2,4 m/sn, 2000’de 2,4 m/sn, 2006’de 2,9 m/sn, 2012’de 3,2 m/sn ve 2018’de 3,5 m/sn hesaplandı. Yıl itibariyle yerel farklılıklar hariç bırakılırsa, 28 yıllık dönemde rüzgâr hızında artış olduğu söylenebilir.



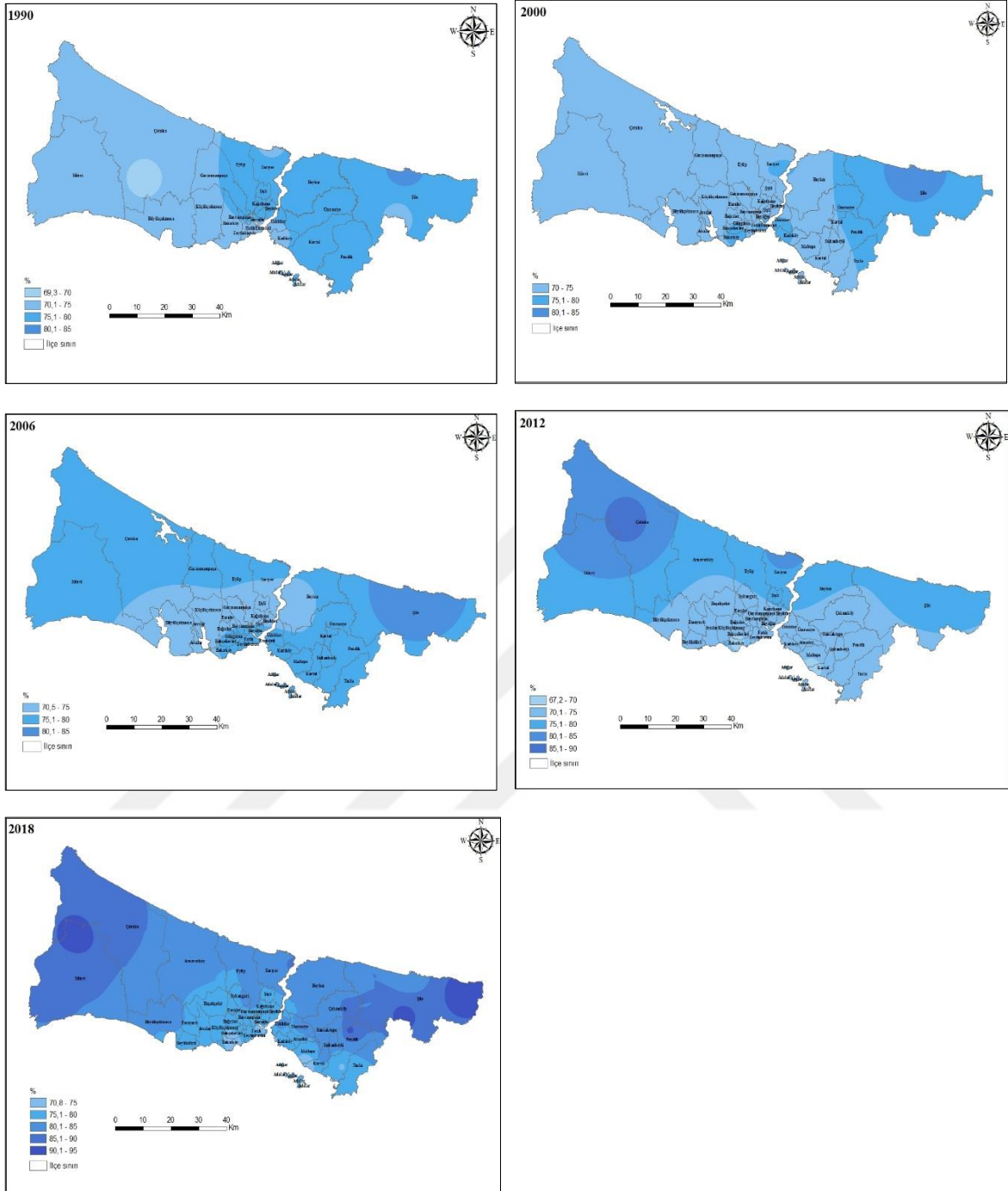
Şekil 21. İstanbul yıllık rüzgar hızı dağılışı haritaları

Belirli bir sıcaklıktaki havanın içerdiği su buharının, o sıcaklıktaki bir havanın içerebileceği en fazla su buharına oranı olarak tanımlanabilen nisbi nem, aynı zamanda ortam koşullarının yağış ihtimalini de göstermektedir (Akman, 2011). Diğer iklim elemanları gibi nisbi nemde çevresel koşullardan etkilenmektedir. Sıcaklıkla ters orantılı olan bu nem,

yüksek alanlarda fazlalaşmaktadır. Nem haritalarında özellikle 2012 ve 2018 yıllarında yüksek bir alan olan Çatalca'da nisbi nemin artış gösterdiği söylenebilir. Buna ek olarak İstanbul'un doğu sınırında bulunan Şile'de nem değerleri yüksektir. Haritalar incelendiğinde genel itibariyle, güneyden kuzeye, boğaz kenarından ilin dış kesimlerine gidildikçe, nem miktarında artış görülmektedir (Şekil 22). Bu değerlendirme, yerel düzeyde morfolojik özelliklerinde etkisiyle farklılık gösterebilmektedir. Her ne kadar çok yüksek bir kent olmasa da, İstanbul'da nem durumunu, Çatalca ve Kocaeli yarımadaı üzerinde kurulmuş olması, üç tarafının denizle çevrilmesi ve içinden bir boğazın geçmesi de etkilemektedir. Nem değerlerinin bu derece yüksek olmasında bahsedilen özelliklerin etkisinin bulunduğu ifade edilebilir.

İstanbul'da yıllık ortalama nisbi nem verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında % 75.3, 2000'de %75.1, 2006'de % 75.1, 2012'de % 74.9 ve 2018'de %81.1 hesaplandı. Belirtilen 28 yıllık zamansal aralıkta nisbi nem değerleri % 67.2 ile % 93.1 arasında değişiklik göstermektedir. Çalışma alanının iklim özellikleri bölümünde bahsedildiği üzere, birçok iklim sınıflandırmasına göre nemli ve yarı nemli iklim özelliklerini göstermesini meteorolojik veriler de desteklemektedir.

Önceki bölümlerde değinilen küresel iklim değışikliğinin bütünsel olarak iklim elemanlarını etkilediği ve ortalama koşullardan sapmalar yarattığı belirtilmiştir. Burada çalışma alanı özelinde, hava kütlelerinin geçiş bölgesi olması ve sıklıkla iklim değışikliği ve mevsimlik kaymalar nedeniyle biyoklimatik konfor koşullarının zamansal farklılaşması kendini sıradışı atmosferik olaylarda da göstermektedir. Sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı artışları sonucu oluşan kaotik hava olayları konforlu bir günün ya da haftanın konforsuz geçmesine neden olabilmektedir. Ancak burada çalışma içeriğine bağlı olarak ekstrem hava koşullarına detaylı bir şekilde yer verilmemiştir.



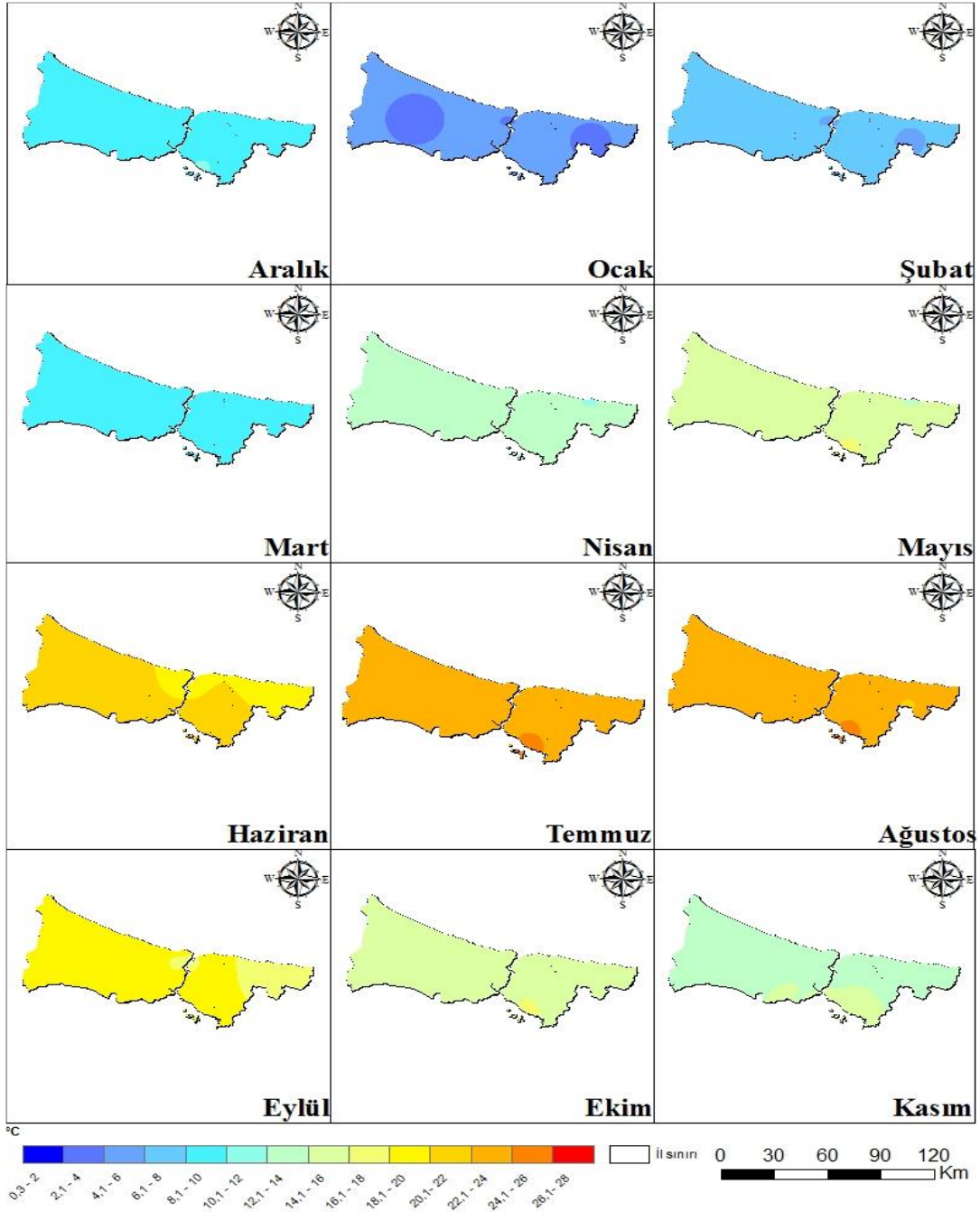
Şekil 22. İstanbul yıllık nisbi nem dağılışı haritaları

4.1.2. Aylık İklim Elemanları Analizleri

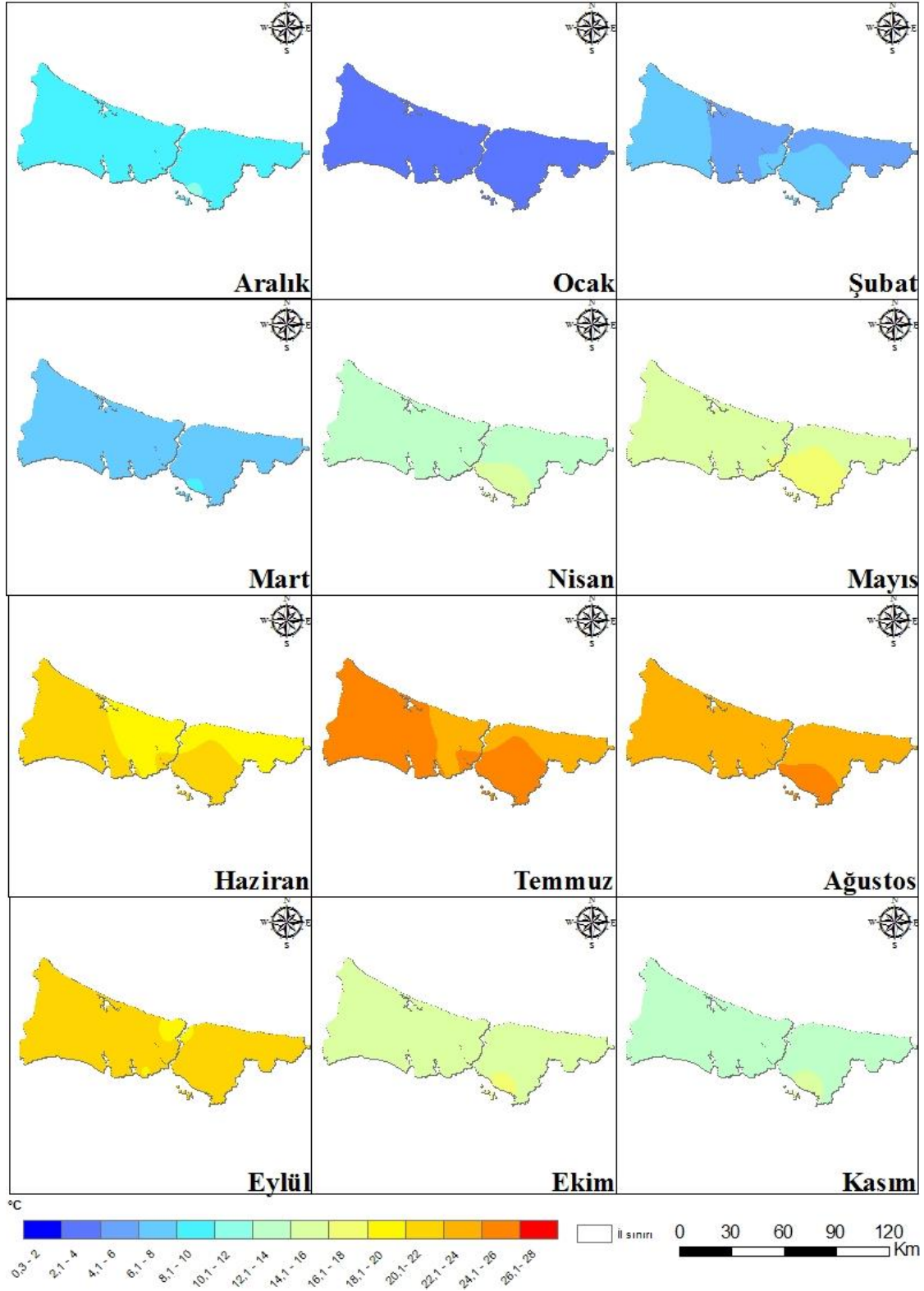
İstanbul'da iklim elemanlarının zamansal ve mekânsal dağılışı özellikleri oluşturulurken daha detaylı sonuçlar elde etmek amacıyla sıcaklığın, rüzgârın ve nisbi nemin aylık ortalamaları kullanılarak haritalar üretildi. Daha doğru sonuçlar elde etmek için,

gözlem yapan, verileri tam ve güvenilir olan bütün istasyonlar kullanıldı. 1990 yılında aylık sıcaklık ortalamalarında en düşük değer $3,6^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek değer ise $24,6^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında yaşanmaktadır. İncelenen beş yıllık dönem için, aylık ortalama sıcaklıklarda en düşük değerler, 1990-2000-2006 yıllarında Ocak ayında, 2012’de Şubat ayında, 2018’de Aralık ayında, en yüksek değerler ise, 1990-2000-2012 yıllarında Temmuz ayında, 2006’da Ağustos ayında, 2018 yılında, Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. Sıcaklıkların alansal dağılımlarında bazı aylarda homojen bir görüntü oluşmakta ve bu dağılım aylık sıcaklık ortalamaları arasındaki farkların azlığıyla ilgili olmaktadır. Aylar ve mevsimler arasında kademeli sıcaklık artışı gözlenmektedir. Sıcaklıklar Haziran ayında yükselip, Eylül ayına kadar bu yüksek değerlerle devam etmektedir (Şekil 23). 2000 yılında, aylık ortalama sıcaklıklarda en düşük değer 2°C ile Ocak ayında, en yüksek değer ise $25,9^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında yaşanmaktadır. Yine aylık ortalamalara bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler aynı aylarda görülmektedir. Kasım-Mart arası soğuk/serin dönem, Haziran-Eylül arası ise sıcak dönem olarak nitelendirilebilir. 1990 yılında olduğu gibi 2000 yılında da kademeli sıcaklık değişimleri gözlenmektedir (Şekil 24). 2006 yılında, İstanbul ili aylık sıcaklık dağılışı incelendiğinde, en düşük sıcaklık $0,8^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında ve en yüksek sıcaklık $26,6^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında yaşanmıştır. Temmuz ayı ortalaması $23,3^{\circ}\text{C}$, Ağustos ayı ortalaması ise $25,4^{\circ}\text{C}$ ile önceki yıllardan daha sıcak bir ay olduğunu göstermektedir. Bu durum en soğuk ay ortalamalarında yaşanmamıştır. 2006 haritaları incelendiğinde, Kasım-Nisan arası soğuk/serin, Haziran-Eylül arası sıcak dönem olarak nitelendirilebilir (Şekil 25). 2012 yılı aylık sıcaklık dağılışında, en yüksek sıcaklıkların alansal olarak Temmuz ayında daha geniş olduğu, Şubat ayında düşük sıcaklık görülen alanların genişlediği görülmektedir. En düşük aylık sıcaklık $0,3^{\circ}\text{C}$ ile Şubat ayında, en yüksek sıcaklık ise $27,4^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında yaşanmaktadır. Kasım-Nisan arası serin/soğuk, Haziran-Ekim arası ise sıcak dönem olarak değerlendirilebilir. 2012 aylık sıcaklık dağılış haritalarında Ekim ayının $19,1$ ile önceki yıllara göre daha sıcak geçtiği, genel olarak kışın ortalamaların düştüğü, yazın ise arttığı söylenebilir (Şekil 26). Aylık sıcaklık haritalarında altı yıl sonra, 2018 yılında, en düşük sıcaklık $3,8^{\circ}\text{C}$ ile Aralık ayında, en yüksek sıcaklık ise $27,4$ ile Temmuz ve Ağustos aylarında yaşanmaktadır. Ancak aylık ortalamalar bakımından Ağustos ayında değerler, $25,6^{\circ}\text{C}$ ile daha yüksektir. Diğer yıllardan farklı olarak, Aralık ayı $6,7^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ve Şubat aylarından daha soğuk geçmiştir. Bir diğer farklılık Mayıs ayı ortalamalarının 1990 yılında $14,9^{\circ}\text{C}$ iken, 2018 yılında bu değer $18,1^{\circ}\text{C}$ olmasıdır. Aylık sıcaklık dağılışında, Kasım-Nisan arası serin/soğuk, Mayıs-Eylül arası

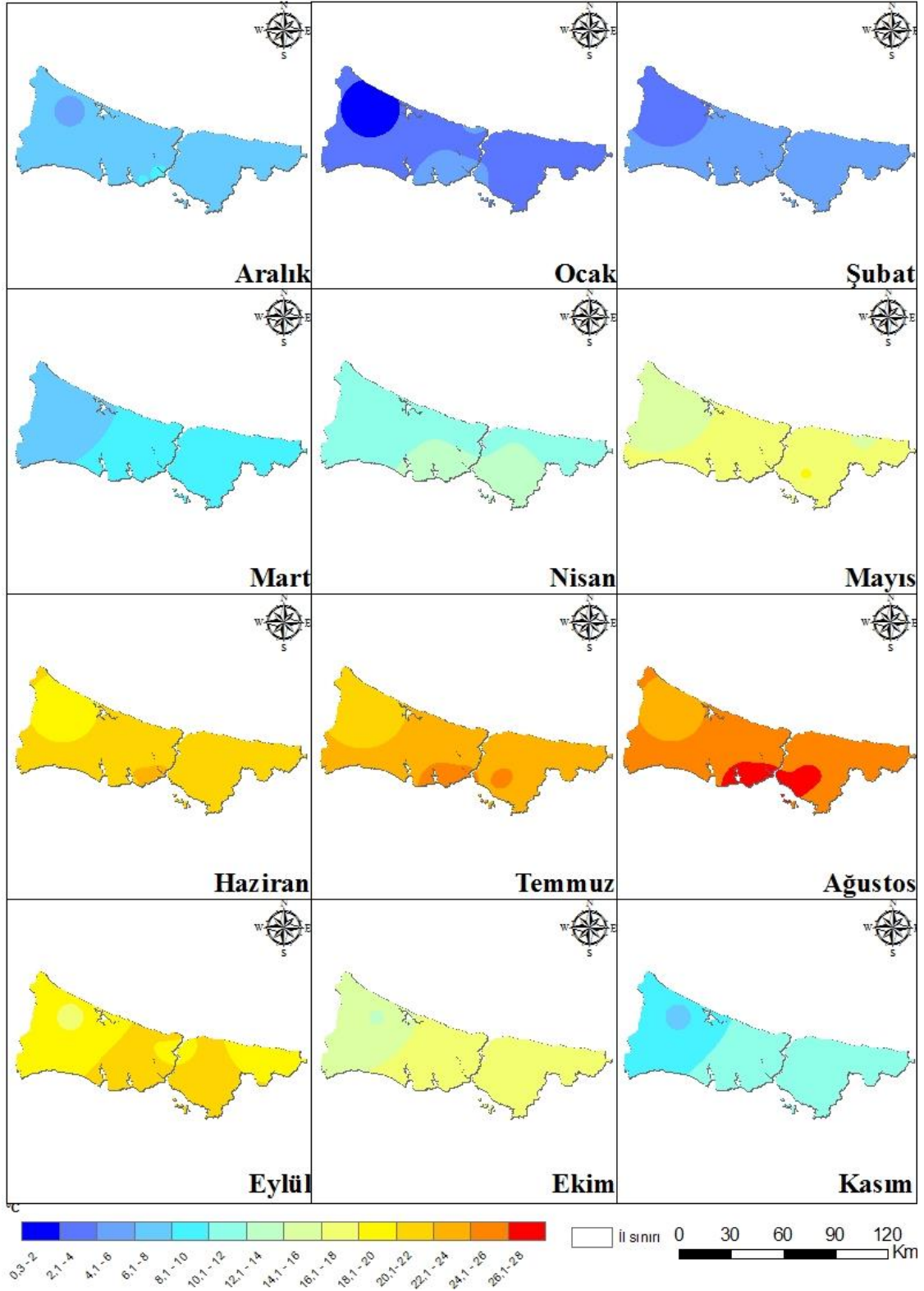
sıcak dönem olarak değerlendirilebilir (Şekil 27). Yıllık sıcaklık dağılışında bahsedildiği üzere, 28 yıllık dönemde sıcaklıkların aylık değerlerde de yükseldiği, sıcaklık farklarında da benzer artışların gözlendiği ifade edilebilir. 1990 yılında 21°C olan aylık sıcaklık farkı, 2000’de 23,9°C , 2006’da 25,8°C, 2012’de 27,1°C ve 2018’de 23,6°C’dir. Mekânsal olarak bakıldığında, yıllar itibariyle sıcaklıkta belirgin artışların Fatih, Zeytinburnu, Bakırköy ve Kadıköy ilçelerinde Temmuz ve Ağustos aylarında yaşandığı görölmektedir. Bunun bir benzeri, Haziran ayında boğazın kuzeyindeki alanlarda ve Mayıs ayında yine boğaza yakın ilçelerde de gözlenmektedir. Aylık haritaların birçoğunda, Avrupa yakasında, Beylikdüzü, Avcılar, Bakırköy, Küçükçekmece, Bahçelievler, Zeytinburnu, Fatih, Anadolu yakasında Kadıköy, Maltepe ve Kartal ilçelerine karşılık gelen bölgelerde çevrelerine göre daha yüksek sıcaklıklar tespit edilmiştir. Zamansal olarak, 1990 yılından 2018’e kadar Mart, Nisan, Mayıs, Eylül, Ekim, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki sıcaklık artışı, oluşturulan dağılış haritalarına da yansımıştır. Aylık ya da yıllık fark etmeksizin, sıcaklık değerlerinin yükselmesinde, küresel iklim değişikliği ve artan nüfus ve yerleşmeye dayalı antropojenik etkileri unutmamak gerekir. Bu durum aynı zamanda aylık anomalilerin yaşandığı ayların değişmesinde de etkili olmaktadır. Demircan vd. (2016), ortalama sıcaklıkların değişimlerinde yükseklik ve enlemin önemli etmenler olarak ortaya çıktığını, ayrıca sıcaklığın zamana bağlı olarak salınımına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Oluşturulan haritalardaki farklılıkların (çevresine göre) yükseltiye bağlı morfoloji ve antropojenik faktörlerden biri olan kent geometrisi detayları sonucu ortaya çıkabilen, mikro klima özelliği olduğu düşünölmektedir.



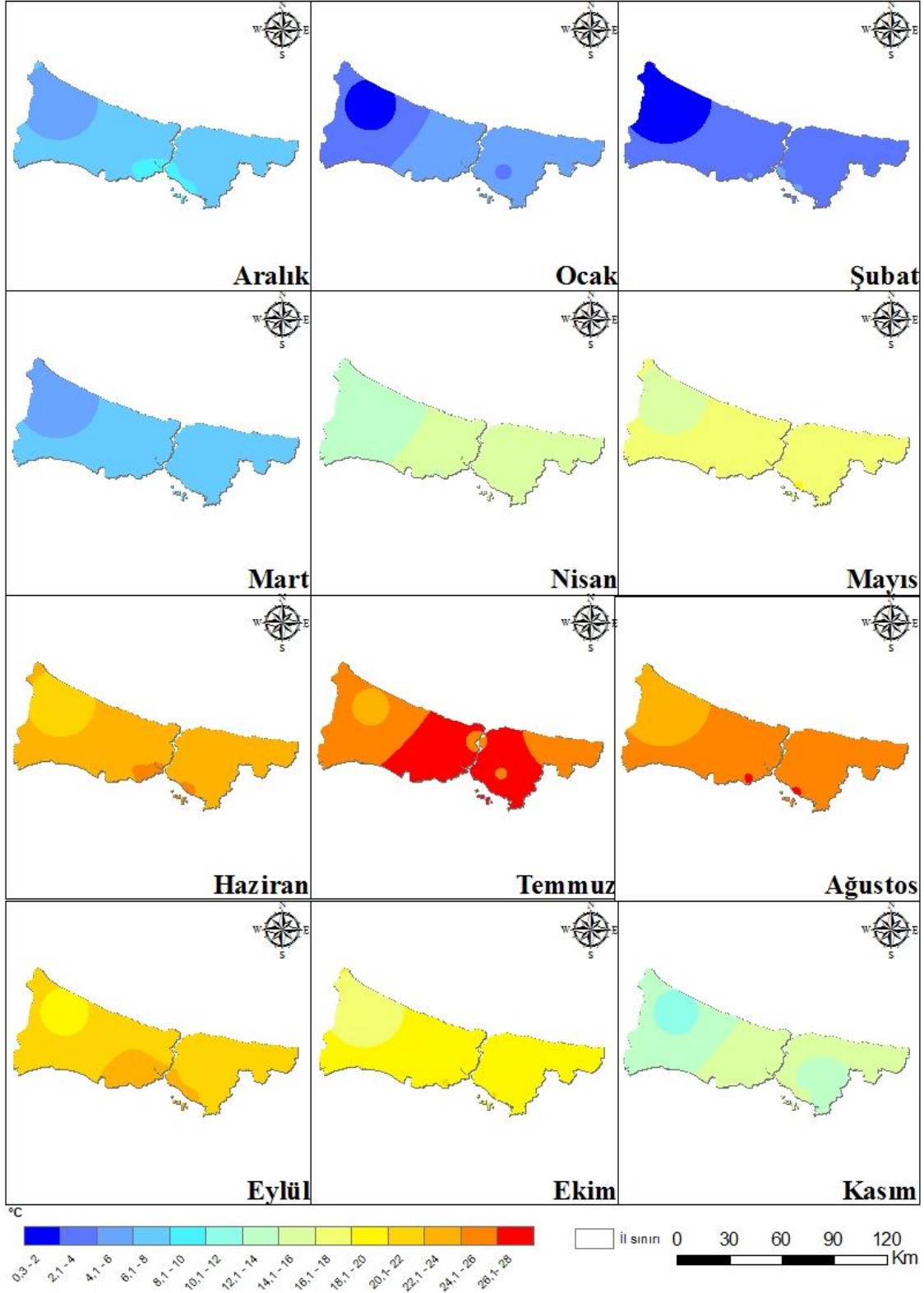
Şekil 23. İstanbul 1990 yılı aylık sıcaklık dağılışı



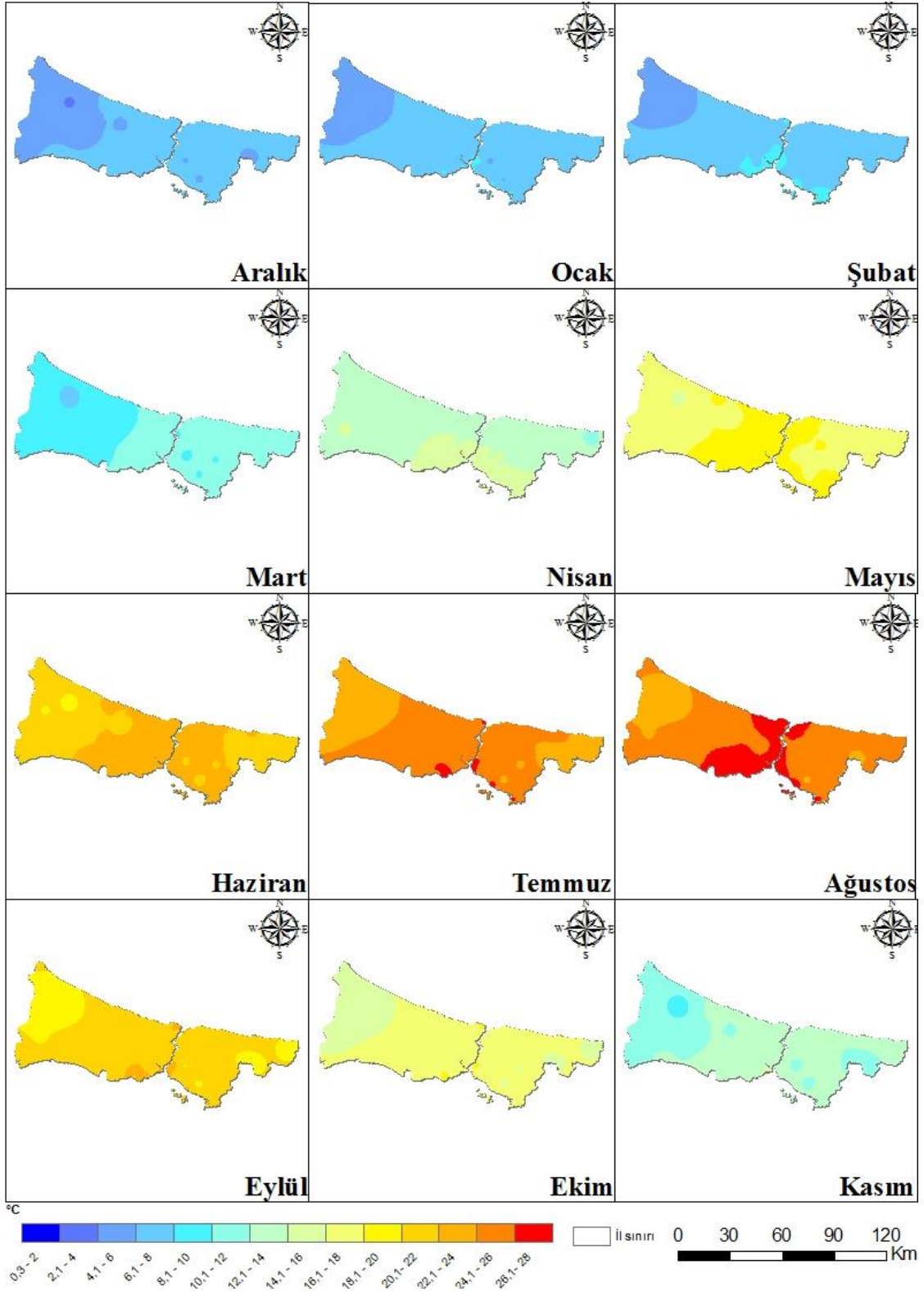
Şekil 24. İstanbul 2000 yılı aylık sıcaklık dağılışı



Şekil 25. İstanbul 2006 yılı aylık sıcaklık dağılışı



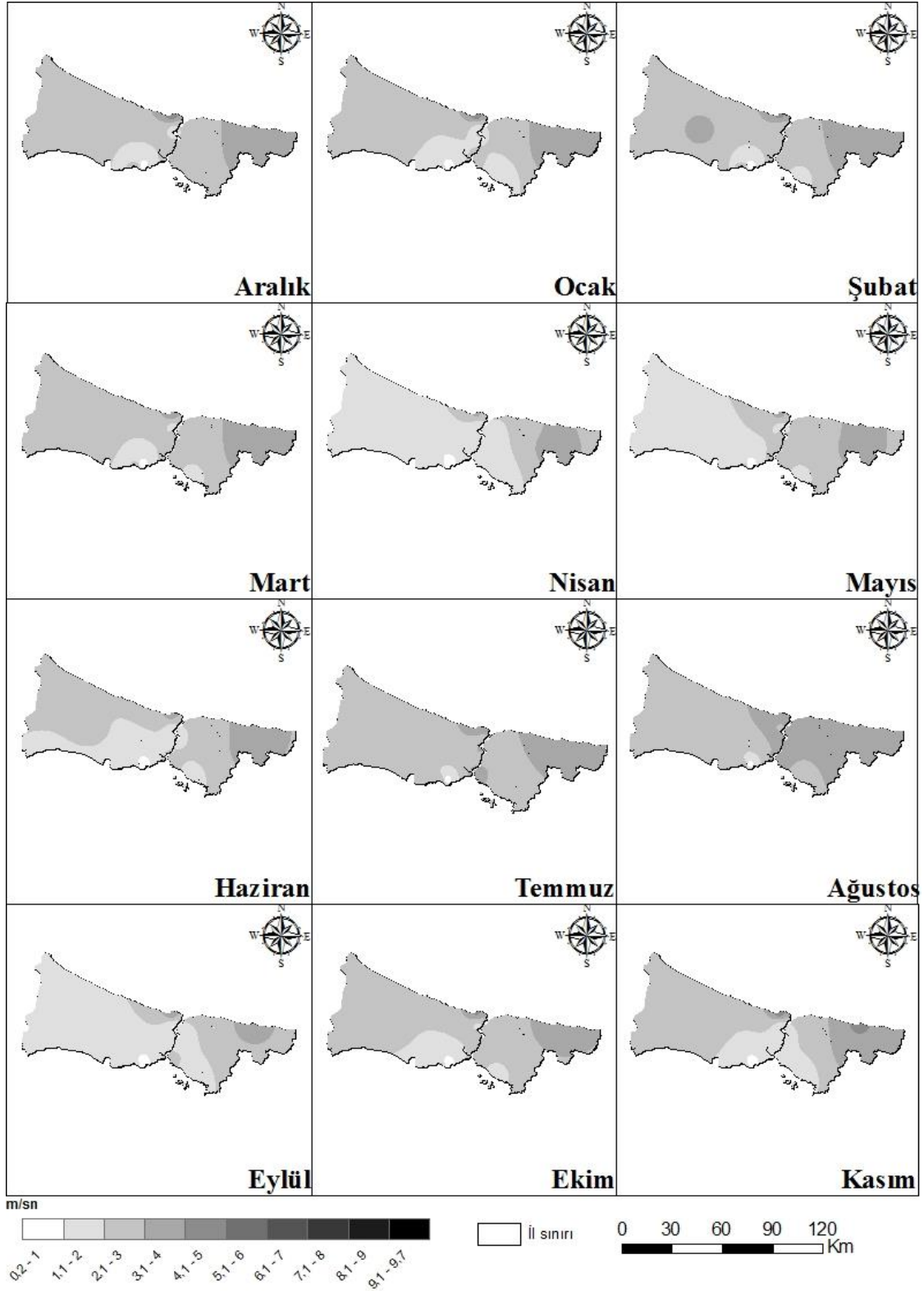
Şekil 26. İstanbul 2012 yılı aylık sıcaklık dağılışı



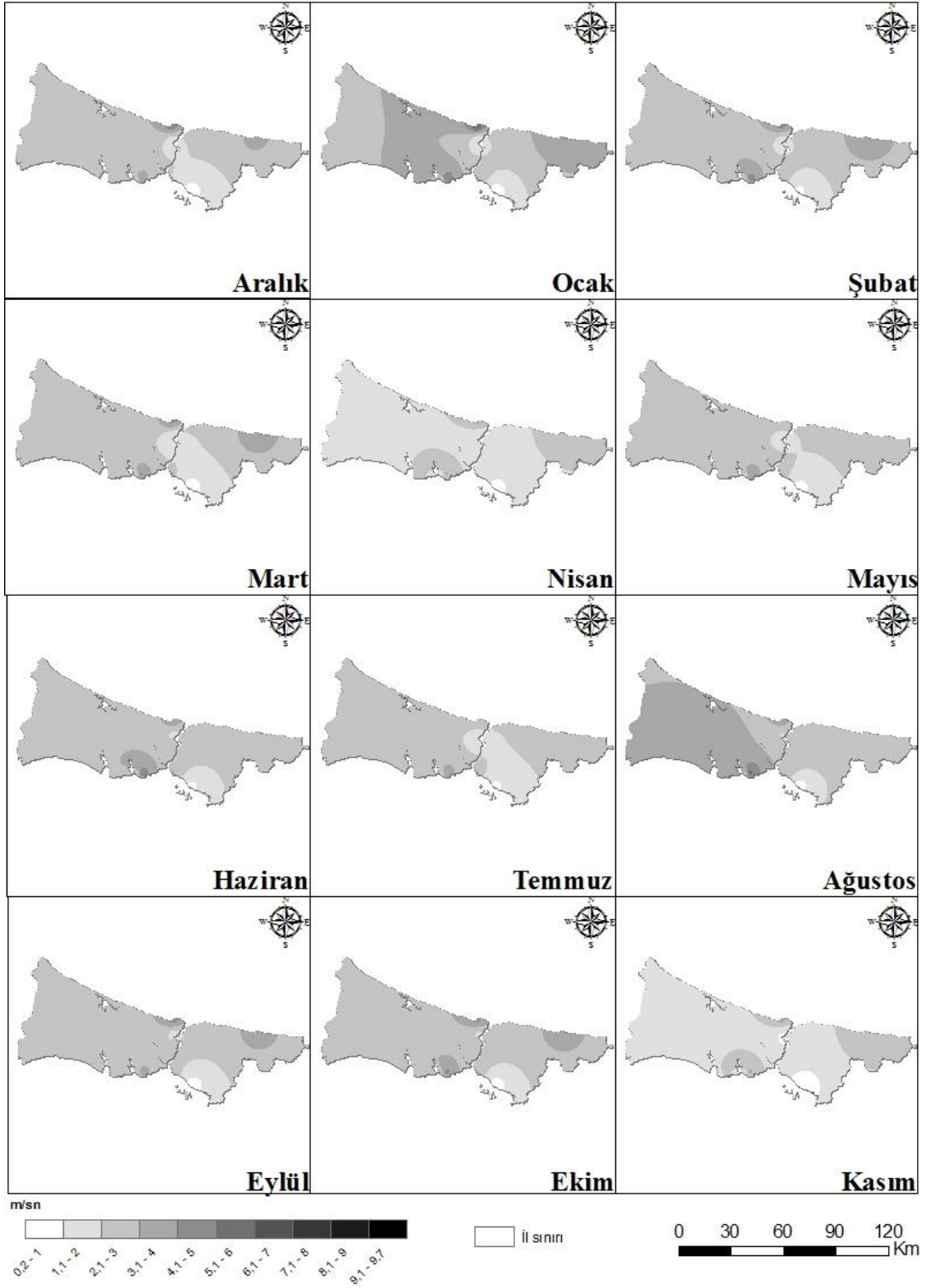
Şekil 27. İstanbul 2018 yılı aylık sıcaklık dağılışı

Arazi morfolojisinden, sıcaklıktan ve genel basınç sistemlerinden etkilenen rüzgâr hızı, İstanbul'da aylık ortalama değerlere göre, 1990'da 0.2-4.7 m/sn, 2000'de 0.4-5.7 m/sn, 2006'da 0.2-9.1 m/sn, 2012'de 1.3-8.1 m/sn, 2018'de 1.2-9.9 m/sn aralığındadır. Buradan, hem değerlerin hem de farklarının artış gösterdiği anlaşılmaktadır. İl'e ait 28 yıllık rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin, Çatalca Radar Sahası'nda, Beykoz Anadolu Feneri'nde, Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nde, Kartal Aydos Dağı'nda, Silivri Anamendirek Feneri'nde ölçüldüğü görülmektedir. Kartal Aydos Dağı'nda, 2018 Ağustos ayında rüzgar hızı 9,6 m/sn, Çatalca Radar Sahası'nda 2006 yılı Ocak ayında 9,1 m/sn ölçülmüştür. Değerlerde ve oluşturulan haritalarda bu istasyonda rüzgâr hızının genel itibariyle yüksek olduğu anlaşılmıştır. Arslan vd. (2020), Çatalca Radar Sahası istasyonunda toplam rüzgâr hızının yaklaşık % 30'unun 6 m/sn eşik seviyesini aştığını, kuvvetli kuzeydoğu rüzgarlarının dağlar, büyük kuleler vb. herhangi bir engelle karşılaşmadan Karadeniz üzerinden geçerek Çatalca Radar bölgesine ulaştığını belirtmiştir. Şile istasyonunda ortalama rüzgar hızının 4 m/sn'den 2,7 m/sn'ye düştüğü ifade edilmiştir.

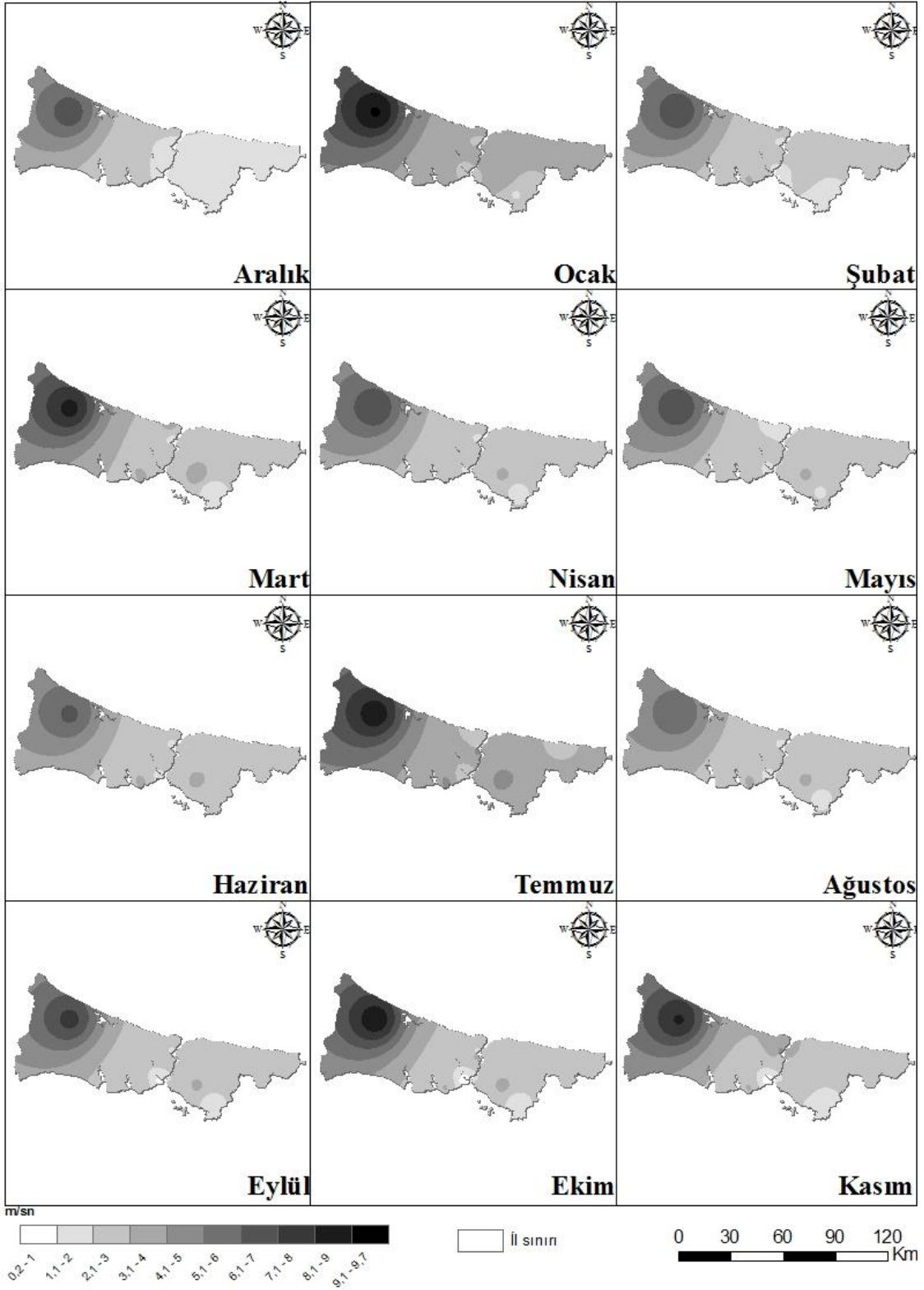
1990 yılı İstanbul aylık ortalama rüzgâr hızı haritalarında kuzey, batı ve doğu kesimlerinde diğer alanlara nazaran değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yıllık rüzgâr hızı dağılışına yönelik yapılan değerlendirmelerde belirtildiği üzere kentleşme, arazi yapısı bu dağılışı üzerinde etkili olmaktadır (Şekil 28). 2000 yılında ise, rüzgâr hızı dağılışı deseninde yerel farklılıkların olduğu, bunların arazi örtüsü değişimlerinin etkisiyle belirginleştiği, kent geometrisinin mikroklimal ortamlar oluşturacak şekilde, rüzgâr hızını azalttığı hatta şehir ısı adaları oluşturduğu söylenebilir. Ocak ayında aylık ortalama rüzgâr hızı diğer aylara göre daha yüksektir (Şekil 29). 2006 aylık ortalama rüzgâr hızı haritalarında en yüksek değerlerin bütün aylarda Çatalca'da kaydedildiği görülmektedir. Buna karşılık ilin güneybatısına doğru değerlerde düşüş meydana gelmektedir (Şekil 30). 2012 yılında rüzgâr hızında benzer bir dağılışı gözlenmektedir. İlin Avrupa yakasında rüzgâr hızı değerleri daha yüksektir (Şekil 31). İstasyon sayısının arttığı ve dağılışı haritalarına yerel farklılıklarla yansıdığı 2018 yılı rüzgâr hızlarında, Temmuz ayında bir azalmanın, Şubat, Ağustos ve Kasım aylarında artışların olduğu gözlenmektedir. Rüzgâr hızı dağılışı deseninde kuzey kesimlerde hızın fazla, güney kesimlerde ise az olduğu görülmektedir (Şekil 32).



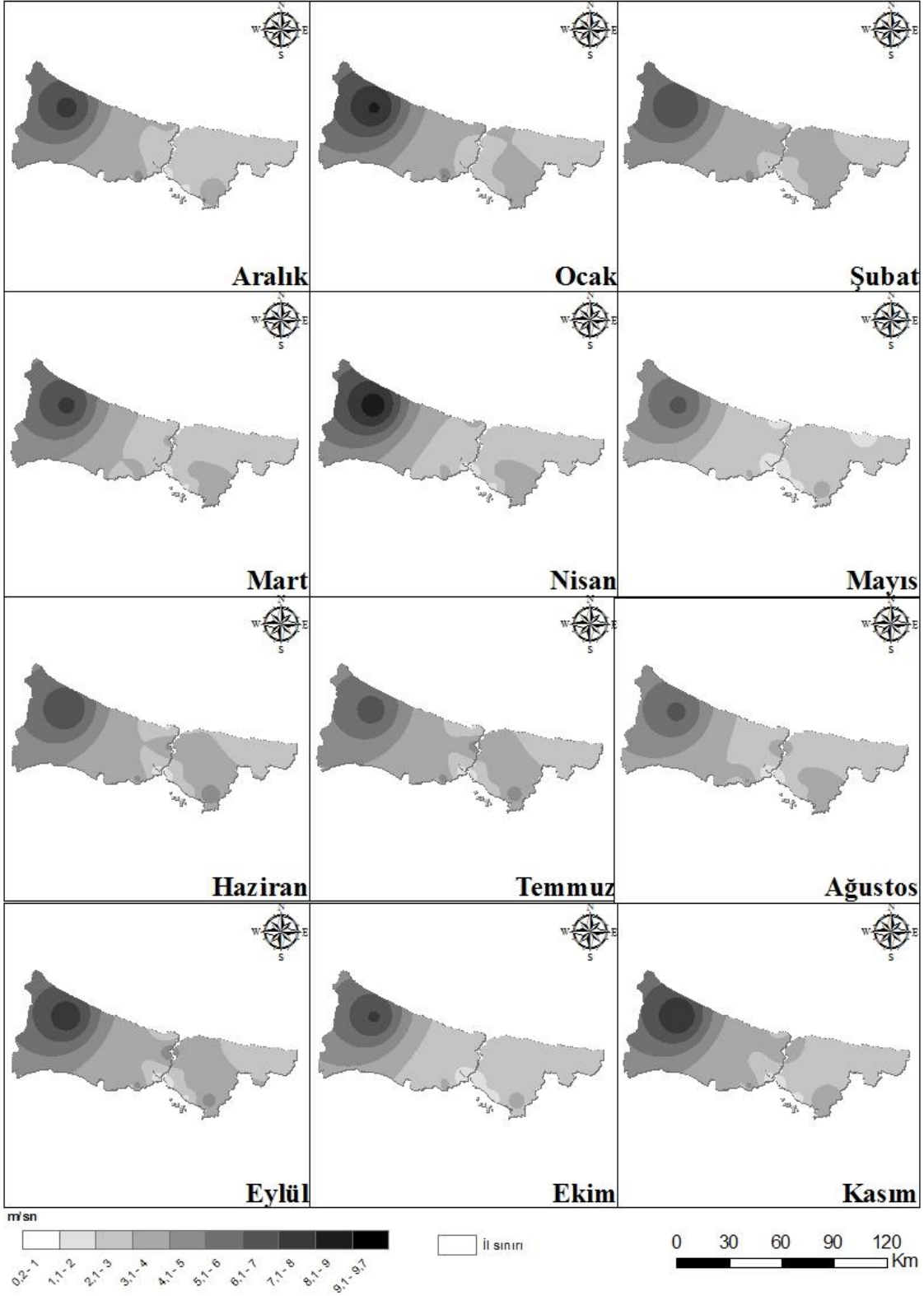
Şekil 28. İstanbul 1990 yılı aylık rüzgâr hızı dağılışı



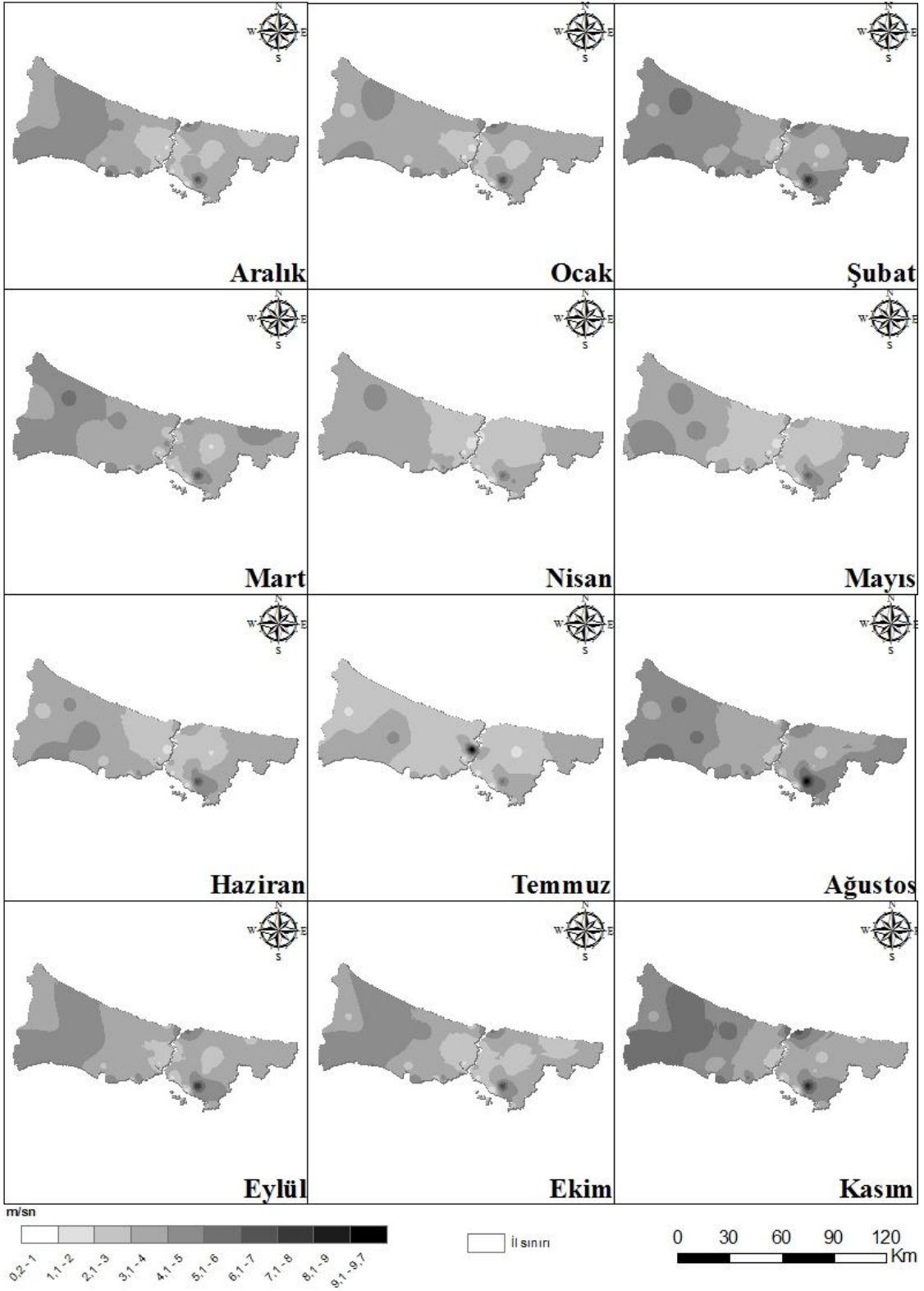
Şekil 29. İstanbul 2000 yılı aylık rüzgâr hızı dağılışı



Şekil 30. İstanbul 2006 yılı aylık rüzgâr hızı dağılışı



Şekil 31. İstanbul 2012 yılı aylık rüzgâr hızı dağılışı

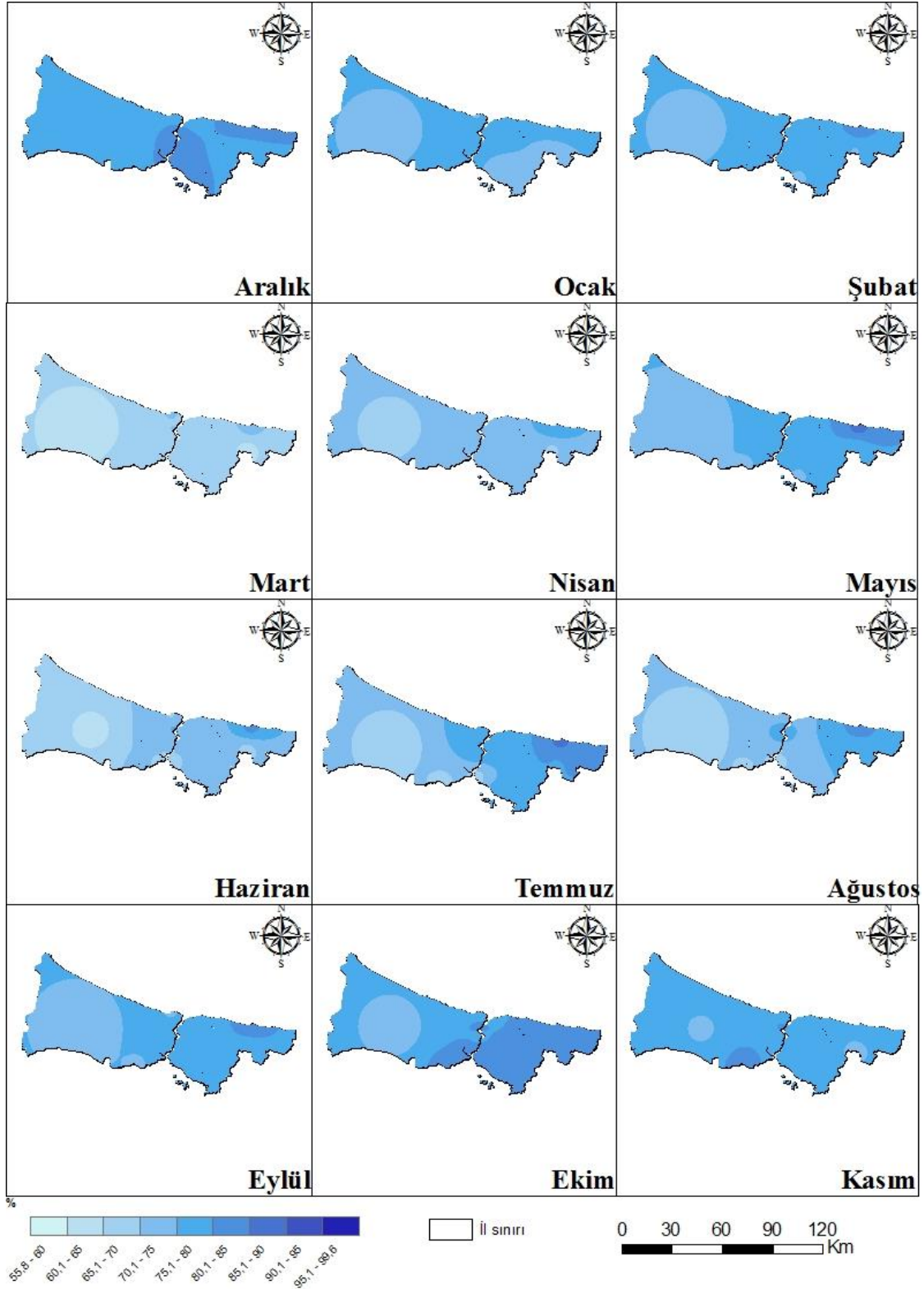


Şekil 32. İstanbul 2018 yılı aylık rüzgâr hızı dağılışı

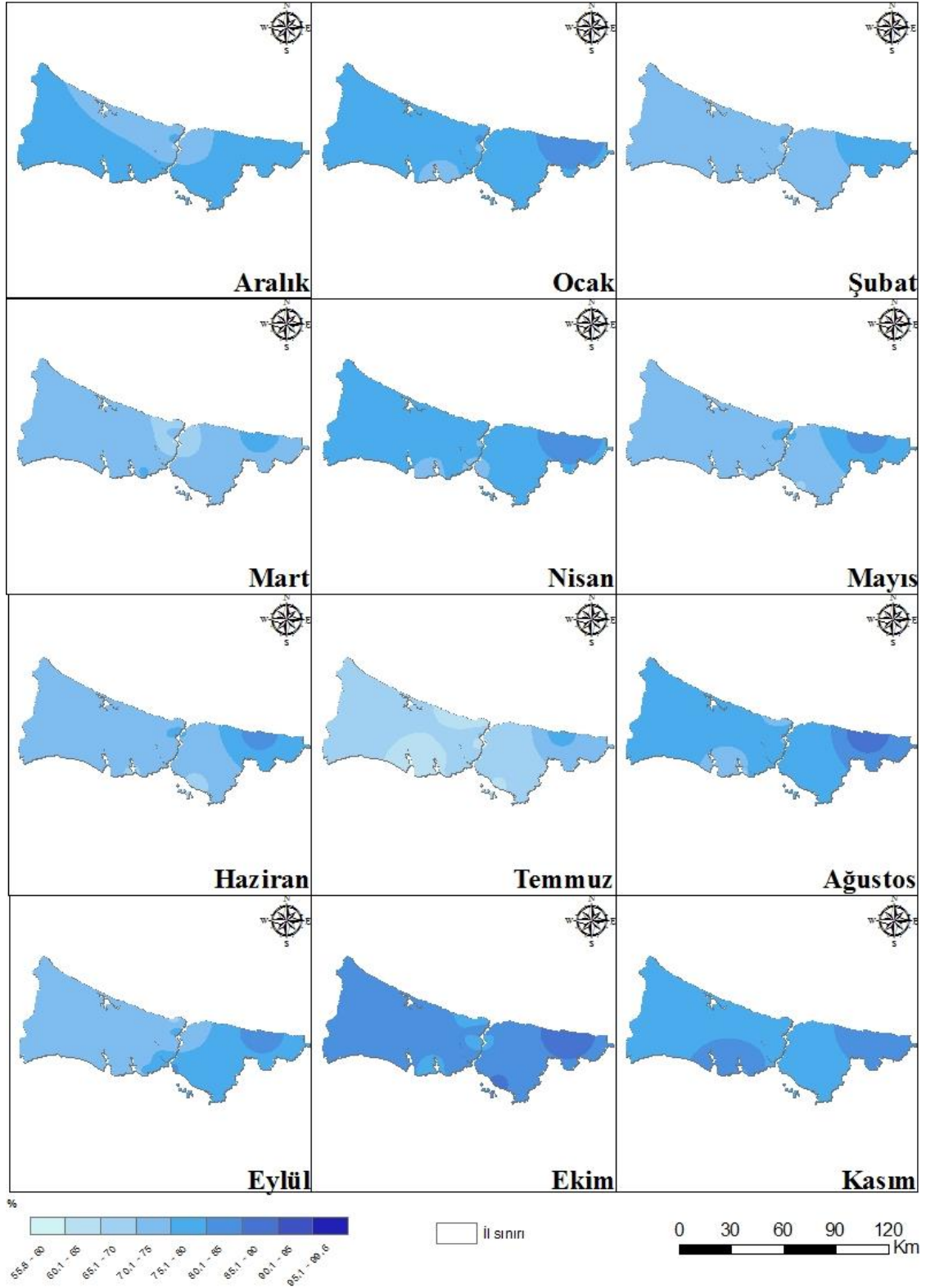
İklimin temel özelliklerinden biri olan ve yağış oluşma ihtimalini gösteren nisbi nemin, çalışma alanında 28 yıllık sürede zamansal ve mekânsal dağılımına bakıldığında, aylık ortalamaların genel itibariyle yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu değerler, en düşük 2012 yılı Ağustos ayında % 55,8 ile en yüksek 2018 Kasım ayında % 99,6 arasında değişmektedir. Bu minimum ve maksimum değerler bile ilin ne kadar nemli olduğunu göstermektedir. 1990 yılında nem değerlerinin özellikle kış aylarında yükseldiği, Mart ayında düştüğü, ancak yılın bütün ay ortalamalarının % 70'in üstünde seyrettiği söylenebilir. Deniz kenarları nem değerlerinin yıl boyunca yüksek olduğu alanlar olmaktadır (Şekil 33). 2000 yılında ortalama nem, Temmuz ayı dışında diğer bütün aylarda % 70'in üstündedir. Ortalama nem değerinin % 81,8'e çıktığı Ekim ayı, en nemli ay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ayı % 79'la Kasım ayı takip etmektedir. Nemin zamansal dağılımında büyük farklar görülmemektedir. Mekânsal dağılımda ise yerel morfolojik özellikler nedeniyle (yükselti, su kütlesi vb) yerel farklılıklar gözlenmektedir (Şekil 34). 2006 yılında ise Ocak ve Şubat aylarında ortalama nem değerleri % 81'in üstüne çıkarken, Mart ayından itibaren azalma eğilimi göstermiştir. Ancak Ekim ayında tekrar % 81'lik nem ortalamaları oluşmuştur. 2006 yılındaki bu zamansal nem değişimleri arasında belirgin farklar bulunmamaktadır. En düşük ortalamaların yaşandığı Temmuz ayında değerler % 71,5'i göstermektedir. Yani yıl boyunca ortalama değerler açısından % 70'in altına düşen ay bulunmamaktadır. Aylık maksimum ve minimumların yaşandığı ayların yıl bazında ortalama değerler açısından değiştiği, bazen sarkmaların meydana geldiği yapılan incelemeler sonucunda anlaşılmaktadır (Şekil 35). 2012 yılında, aylık ortalama değerlerde Nisan ve Ağustos aylarında sırasıyla % 69,6 ve % 67 lik değerler oluşmuştur. Bu ayların dışında yıl boyunca değerler yine % 70'in üstünde seyretmektedir. Aralık, Ocak, Şubat, Mayıs ayları nem ortalamalarının % 80-81 seviyesinde gerçekleştiği oldukça nemli aylar olmaktadır. Nisan ayından, Ağustos ayına kadar ilin özellikle güney kesimlerinde nem oranlarındaki azalma mekânsal dağılım haritalarına da yansımıştır (Şekil 36). İstanbul'da nisbi nem ölçümü yapan bütün istasyonların aylık ortalamaları hesaplandığında, önceki yıllara göre 2018 yılı değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Yılın 8 ayında nem ortalamaları % 80'nin üstündedir. Sadece Nisan, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında % 74,8-78,5 arasında değişmektedir. Bu durum Şekil 37'de verilen mekânsal dağılım haritalarına da yansımıştır. İlin güney kesimlerinde nem miktarı azalırken, Çatalca, Silivri ve Şile gibi ilçelerde nem miktarında artış görülmektedir.

Beş yıllık zamansal ve mekânsal dağılışı incelendiğinde, her ne kadar istasyon sayıları değişmiş ya da kapanan/açılan istasyonlar olsa da genelleştirilmiş ifadeyle Şile, Silivri, Çatalca gibi nem miktarının büyük oranda yüksek olduğu istasyonların varlığından söz edebiliriz. Buna karşılık, Kadıköy, İstanbul Bölge gibi daha merkezi istasyonlarda nem oranları nispeten düşme eğilimi göstermektedir.

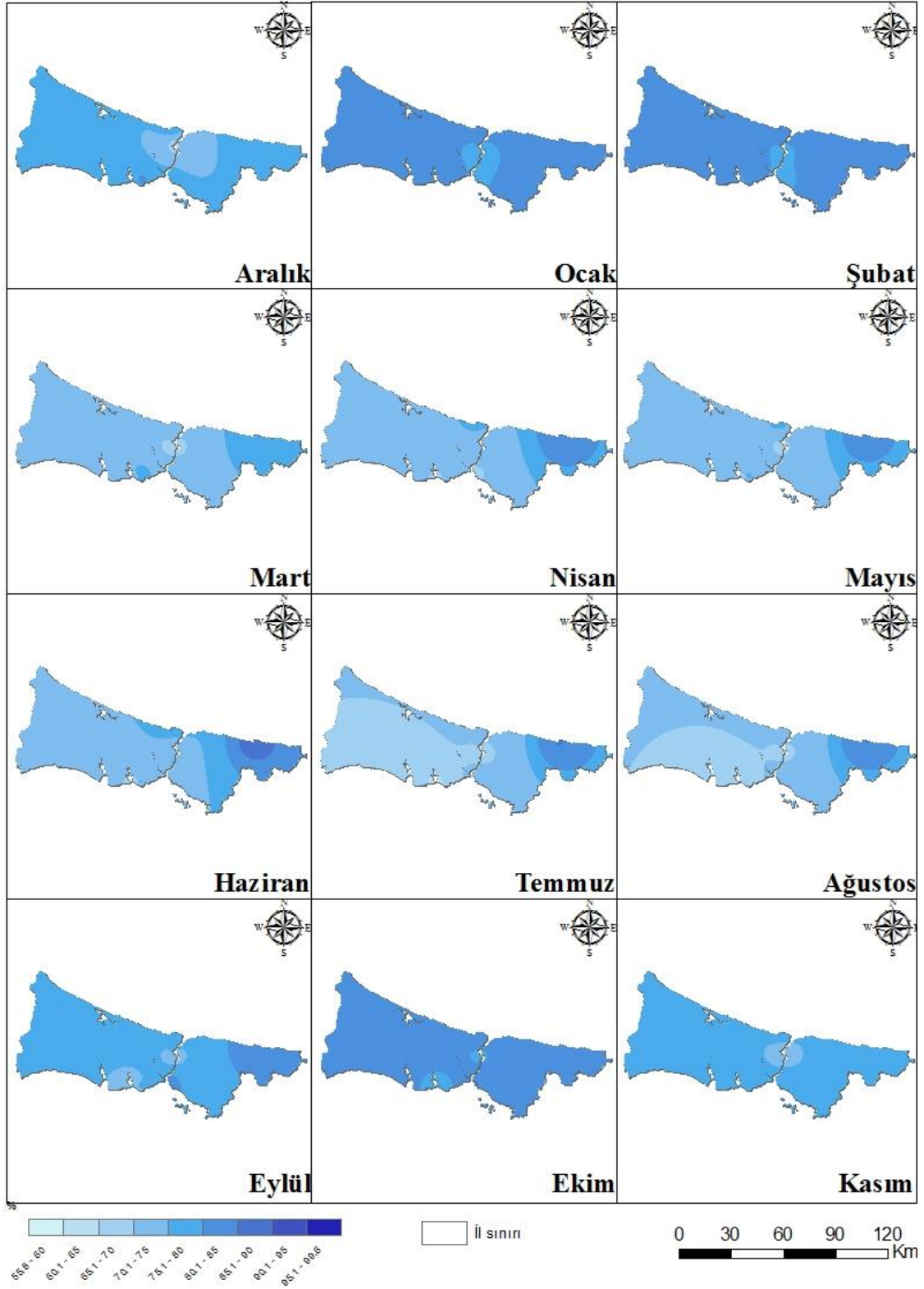




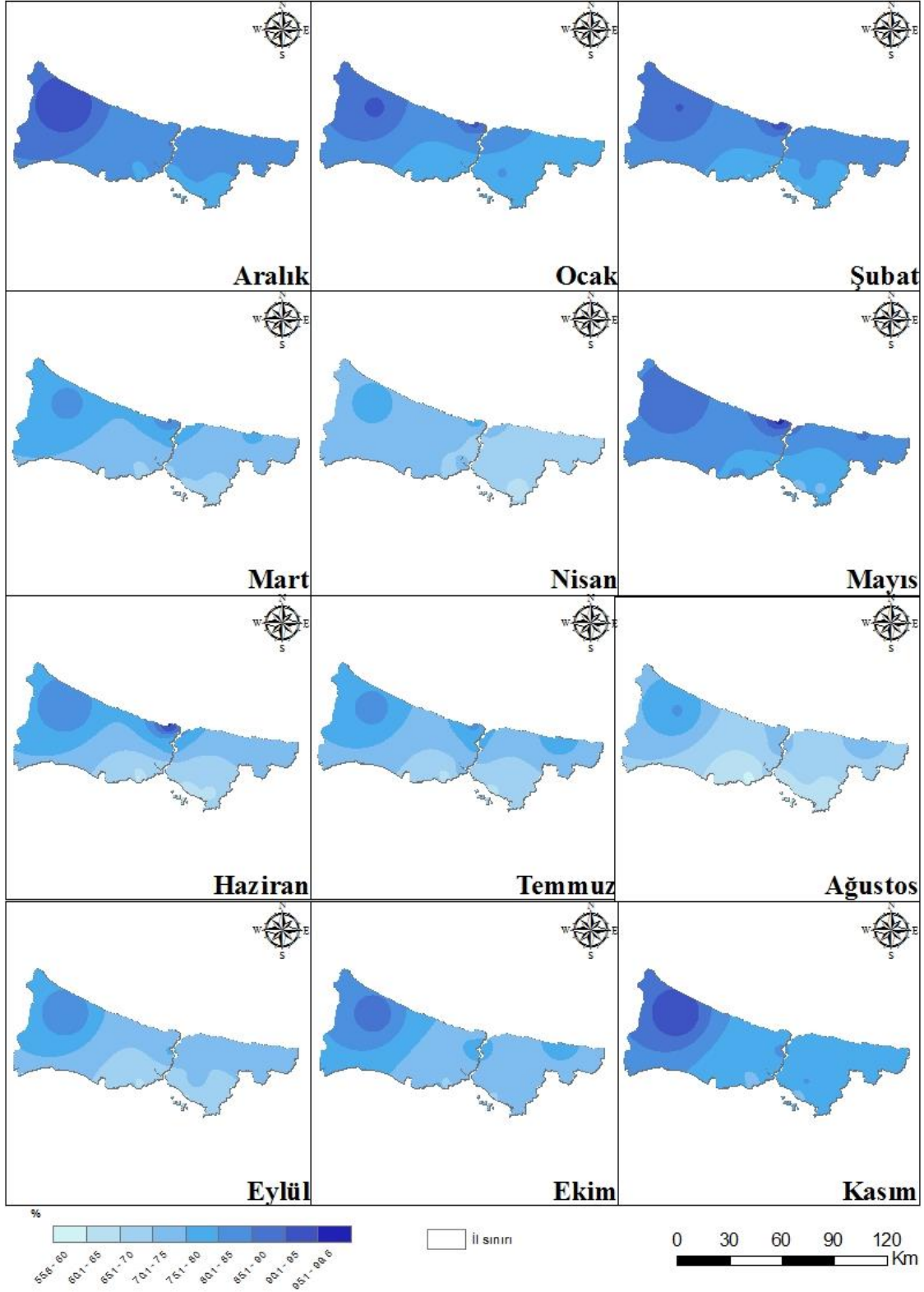
Şekil 33. İstanbul 1990 yılı aylık nisbi nem dağılışı



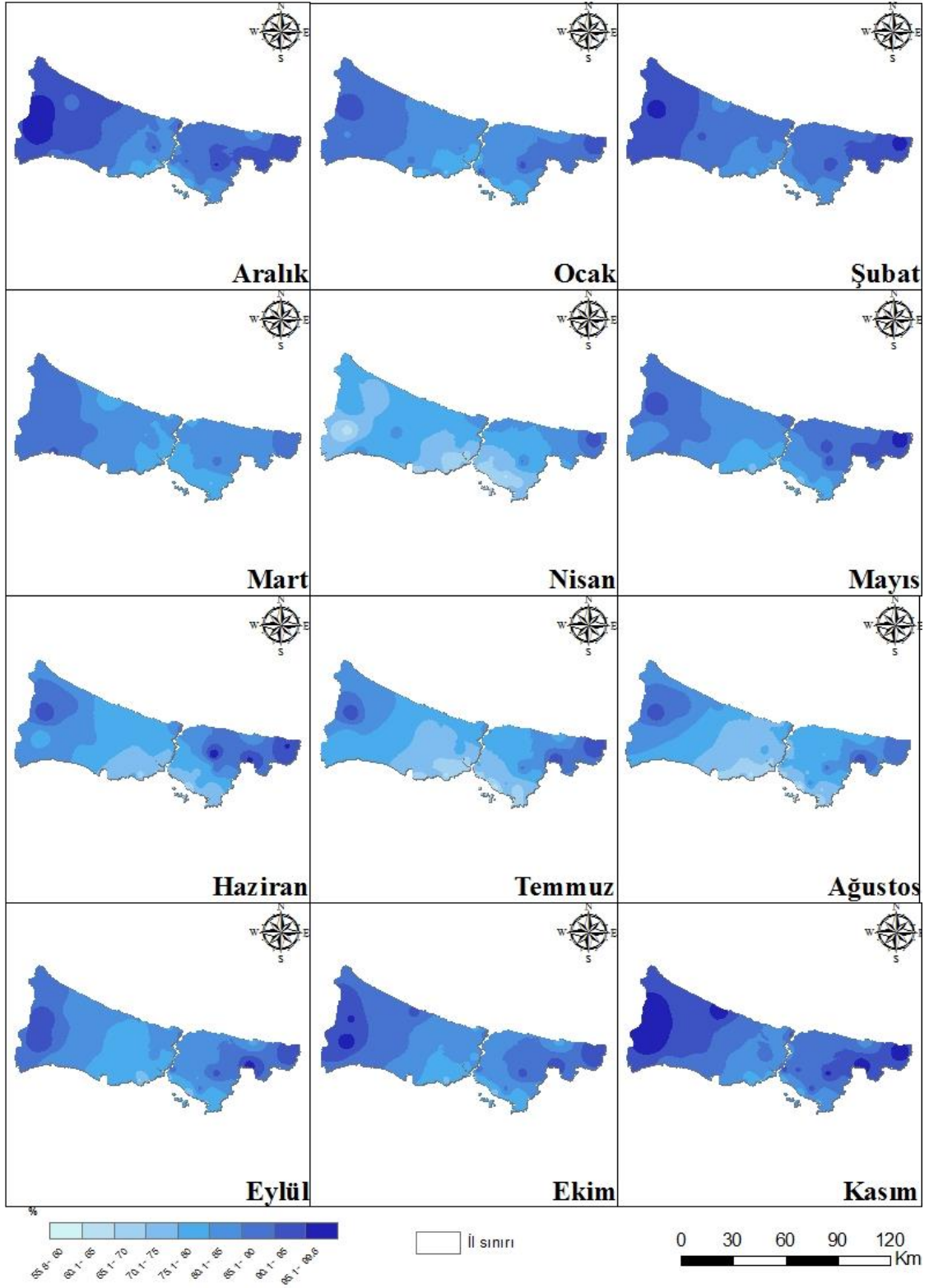
Şekil 34. İstanbul 2000 yılı aylık nisbi nem dağılışı



Şekil 35. İstanbul 2006 yılı aylık nisbi nem dağılışı



Şekil 36. İstanbul 2012 yılı aylık nisbi nem dağılışı



Şekil 37. İstanbul 2018 yılı aylık nisbi nem dağılışı

4.1.3. Trend Analizleri

İklim parametrelerinin CORINE yıllarına ait yıllık ve aylık ortalamalarına dayanan alansal değerlendirmeye ek olarak, yıllar arası değişkenliği istatistiksel olarak değerlendirmek için trend analizi uygulandı. Ortalama, minimum, maksimum sıcaklık ile yağış, nemlilik ve ortalama rüzgar hızı değişkenlerine ait serilerin analizi için ardışık, uzun yıllar gözlem yapan, Bahçeköy, Florya, Kadıköy Rıhtım, Kartal, Sarıyer, Kumköy/Kilyos, Şile, Atatürk Havalimanı istasyonlarına ait kayıtlar değerlendirildi. İl'de 53 istasyon bulunmasına rağmen bunların çoğunluğu 2015 yılından sonra kurulmuştur. Bu nedenle uzun süreli gözlem yapan 8 istasyon verilerinde iklimsel eğilimlere bakıldı.

Analiz sonuçları incelendiğinde, sarı kutular % 95 seviyesinde, turuncu kutular ise % 99 seviyesinde anlamlı pozitif trendleri göstermektedir. Her ikisi de istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimlerinin varlığını açıklamaktadır. Biyoklimatik konfor açısından esas önemli olan sıcaklık ve nemlilik olduğu için özellikle bu iki veri seti incelendi. Sıcaklıklarda genel olarak bir artış eğilimi hâkim olup, bu eğilimin alansal (istasyonlar bazında) ve zamansal (aylar bazında) en yaygın olduğu değişken ortalama sıcaklıklar olarak görünmektedir. Aralık ve Ocak dışında hemen hemen tüm istasyon ve aylarda kuvvetli artış eğilimleri tespit edildi. Bu eğilimin, hem küresel ısınmanın genel trendi hem de kentsel ısı adası etkisi göz önünde bulundurulursa, artmaya devam edeceği dolayısıyla biyoklimatik konfor üzerinde bir baskı oluşturabileceği söylenebilir. Bu durumun ileriki yıllarda da devam edeceği düşünülebilir. Örneğin geçiş mevsimlerindeki sıcaklık artışları son 30 yıllık süreçte biyoklimatik konforun artmasına katkı sağlamış olabilir.

Nemlilik analizlerinin sonuçlarına bakıldığında ise, Kartal istasyonu dışında tüm yılla yayılan artışlar söz konusu değildir. Dolayısıyla, nemlilik de önemli artışlar görülmezken, sıcaklıkta anlamlı artışların varlığı gözlenebiliyor. Toplam yağış ve yağışlı günlerde de, öne çıkan bir istasyon yerine, daha çok artış eğilimi ile öne çıkan bir aydan -Eylül'den- söz edilebilir. Analiz tablosunda, lila rengi kutular % 95 seviyesinde, mor kutular ise % 99 seviyesinde anlamlı negatif trendleri göstermektedir. Kısacası, sıcaklık için, trendin tüm istasyonlarda gözlendiği, nem de ise özellikle Kartal istasyonunda artış gözlendiğini söylemek mümkündür. Toplam yağış ve yağışlı günlere yönelik analizlerde ise pozitif trend tespit edilememiştir (Tablo 11).

Tablo 11

Uzun yıllar gözlem yapan istasyon verilerinde trend analizi sonuçları

Maximum Sıcaklık Eğilimleri – Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bahçeköy (27)	0,06	0,16	0,05	0,17	0,09	0,05	0,19	0,35	0,10	0,08	0,25	0,01
Florya (40)	0,307	0,384	,184	0,291	0,316	0,364	0,22	0,375	0,232	,128	0,399	0,26
Kadıköy Rıhtım (40)	0,18	0,24	-0,02	0,14	0,16	0,22	0,25	0,34	0,21	0,01	0,38	0,21
Kartal (24)	0,21	0,02	-0,04	0,01	0,03	0,02	0,26	0,46	0,10	0,07	0,34	0,22
Sarıyer (40)	0,21	0,24	0,08	0,14	0,18	0,03	0,32	0,35	0,21	-0,02	0,27	0,22
Sarıyer-Kumköy (40)	0,18	0,25	0,15	0,10	0,17	0,03	0,25	0,24	0,23	-0,01	0,28	0,15
Şile (40)	0,14	0,16	0,12	0,04	0,21	0,02	0,40	0,31	0,32	-0,05	0,19	0,00
Minimum Sıcaklık Eğilimleri - Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Florya (40)	-0,01	0,29	0,24	0,24	0,44	0,44	0,44	0,44	0,17	-0,05	0,20	-0,04
Kadıköy Rıhtım (40)	0,11	0,33	0,37	0,37	0,55	0,51	0,47	0,50	0,38	0,23	0,37	0,22
Kartal (24)	0,15	0,27	0,28	-0,08	0,26	0,11	0,34	0,31	0,09	0,01	0,16	-0,08
Sarıyer (40)	-0,04	0,25	0,26	0,22	0,44	0,40	0,37	0,44	0,16	0,03	0,18	0,06
Sarıyer-Kumköy (40)	-0,10	0,27	0,26	0,23	0,41	0,46	0,46	0,48	0,41	0,14	0,27	0,08
Şile (40)	0,01	0,32	0,30	0,19	0,40	0,38	0,41	0,48	0,29	0,16	0,28	0,17
Ortalama Sıcaklık Eğilimleri - Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bahçeköy (26)	0,09	0,17	0,11	0,05	0,15	0,20	0,46	0,42	0,12	0,08	0,06	-0,12
Florya (40)	0,09	0,37	0,40	0,22	0,47	0,53	0,55	0,52	0,49	0,21	0,32	0,08
Kadıköy Rıhtım (40)	0,22	0,40	0,41	0,23	0,45	0,48	0,57	0,63	0,54	0,28	0,37	0,15
Kartal (27)	0,15	0,19	0,18	0,09	0,22	0,28	0,54	0,36	0,11	0,01	0,10	-0,14
Sarıyer (40)	0,11	0,36	0,34	0,17	0,44	0,55	0,57	0,56	0,45	0,11	0,30	0,04
Sarıyer-Kumköy (40)	0,13	0,38	0,33	0,17	0,45	0,50	0,49	0,58	0,45	0,13	0,30	0,03
Şile (40)	0,14	0,37	0,33	0,18	0,46	0,55	0,59	0,59	0,49	0,16	0,30	0,02
Atatürk Airport (40)	0,19	0,44	0,37	0,25	0,43	0,48	0,55	0,56	0,47	0,28	0,36	0,11
Ortalama Nem - Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bahçeköy (27)	-0,12	-0,22	-0,34	-0,21	-0,20	-0,04	-0,19	-0,02	-0,17	-0,01	0,07	-0,07
Florya (40)	0,36	0,45	0,18	0,09	0,09	0,15	0,05	0,04	0,08	0,28	0,36	0,28
Kadıköy Rıhtım (40)	-0,10	0,14	-0,07	-0,15	-0,06	0,11	-0,21	-0,16	-0,13	-0,06	0,02	-0,17
Kartal (26)	0,22	0,13	0,10	0,33	0,30	0,35	0,31	0,48	0,39	0,42	0,43	0,25
Sarıyer (40)	0,20	0,22	0,04	-0,03	0,07	0,26	0,00	0,08	0,06	0,22	0,30	0,15
Sarıyer-Kumköy (40)	0,06	0,12	-0,02	0,02	0,03	0,17	-0,11	-0,06	-0,06	0,16	0,17	0,11
Şile (40)	0,08	0,12	-0,06	0,01	-0,02	0,17	-0,09	-0,01	-0,11	0,12	0,03	0,00

Tablo 11'in devamı

Toplam Yağış - Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bahçeköy (27)	0,03	0,11	0,15	0,02	-0,28	-0,01	-0,21	0,07	0,29	0,08	-0,12	0,14
Florya (40)	0,00	0,20	0,04	-0,10	0,04	-0,02	-0,12	0,02	0,18	0,01	-0,18	-0,09
Kadıköy Rıhtım (40)	-0,16	0,09	0,01	-0,13	-0,09	0,03	-0,01	0,01	0,11	-0,09	-0,24	-0,12
Kartal (28)	-0,15	0,08	0,07	-0,03	-0,09	0,08	-0,22	0,21	0,27	0,09	0,01	-0,13
Sarıyer (40)	0,04	0,17	0,07	-0,11	0,01	0,08	-0,08	0,08	0,30	0,06	-0,07	0,02
Sarıyer-Kumköy (40)	-0,05	0,06	-0,01	-0,09	-0,04	-0,03	-0,08	0,02	0,25	0,08	-0,06	-0,07
Şile (40)	-0,18	-0,04	-0,07	-0,14	-0,11	0,01	0,03	-0,01	0,16	-0,12	-0,30	-0,07
Yağışlı Günler - Korelasyon Katsayısı Değeri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bahçeköy (25)	0,15	0,01	-0,02	-0,06	-0,13	-0,09	-0,17	0,20	0,51	0,01	-0,18	0,08
Florya (40)	-0,16	-0,10	-0,08	-0,19	-0,33	-0,20	-0,35	-0,14	0,07	-0,06	-0,19	-0,24
Kadıköy Rıhtım (40)	-0,24	-0,14	-0,13	-0,09	-0,22	-0,13	-0,32	0,04	0,24	0,04	-0,11	-0,19
Kartal (25)	-0,01	-0,08	-0,06	0,07	-0,28	-0,03	-0,13	0,11	0,40	0,15	-0,19	-0,03
Sarıyer (40)	0,00	-0,08	0,06	-0,05	-0,07	-0,09	-0,10	0,07	0,30	0,08	-0,20	-0,08
Sarıyer-Kumköy (40)	0,10	0,04	0,02	0,00	0,03	-0,12	-0,06	-0,03	0,32	0,16	-0,12	-0,01
Şile (40)	-0,05	-0,01	0,06	-0,19	-0,25	-0,02	-0,27	-0,13	0,38	0,09	-0,24	-0,02

0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı (pozitif eğilim)
0,01 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı (pozitif eğilim)

0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı (negatif eğilim)
0,01 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı (negatif eğilim)

Hissedilen sıcaklık, günlük hayatta insan vücudunun algıladığı sıcaklıktır (Steadman, 1979; Steadman, 1984; Rothfusz, 1990; Golbabaei vd., 2019). Bu sıcaklık kavramı kişinin vücut yapısı, giysilerin ısı direnci, bulunduğu iklim gibi kavramların yanında termometre sıcaklığı, nisbi nem ve rüzgâr hızı gibi iklim elemanlarından da etkilenen subjektif bir kavramdır (Akşit ve Duman, 2020). Hobbs'a (1995) göre, biyoklimatik konfor durumunun temeli hissedilen sıcaklığa dayanmakta ve bu zamana, mekâna ve kişiye göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, uygun bir biyoklimatik konfor alanının belirlenmesi, öncelikle sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı koşullarının değerlendirilmesine bağlıdır. Bu üç ana faktör, biyokonfor için uygun alanların belirlenmesi dışında, sürdürülebilir peyzaj planlamasında da kullanılmaktadır (Çetin, 2015).

Bu bölümde, üç iklim elemanının biyoklimatik konfor çalışmalarındaki yeri ve önemi açıklandıktan sonra, devam eden bölümde detaylı biyoklimatik konfor analizlerinin sonuçlarına yer verildi.

4.2. Biyoklimatik Konfor Analizleri

İnsanların rahat ortamda yaşamaları ve enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla oluşturulan konfor analizlerinde yaygın olarak hissedilen sıcaklık üzerinde durulmuştur. Bu sıcaklık değerini oluşturan/etkileyen ve çalışma kapsamında analizlerde yer verilen sıcaklık, rüzgâr hızı ve nisbi nem bu bölümde yer verilen dağılış haritalarının da temelini oluşturmaktadır. Daha önceki bölümlerde değinildiği üzere, gerek tarihsel indis gelişmelerinde gerekse Olgyay'nin mimari ve tasarım ile konfor kavramlarını birleştirmesinde sıcaklıkla başlayan, rüzgâr hızı ve nisbi nemin eklenmesiyle devam eden bir süreç bulunmaktadır. Özellikle bu elemanların üzerinde durulmasının çeşitli sebepleri vardır.

- a- Nisbi nemin düşük olması, su buharı eksikliğini ifade ettiği için, ortamda buharlaşmanın fazla olacağını göstermektedir. Buharlaşmanın ise iklime büyük etkisi olduğu gibi, canlılarda su kaybını ve sıcaklık dengesini de yönetmektedir. Canlılar üzerinde nem etkisi yapan, nisbi nemin yüksekliğidir ve bu değer sıcaklıkla birlikte yüksek olduğunda boğucu bir etki yaratmaktadır (Erol,1993).
- b- Sıcaklık ve nisbi nemin yüksek olduğu yüzeylerde, virüslerin günlerce hayatta kalabileceği rapor edilmiştir (Casanova vd, 2010).
- c- Düşük nisbi nemde (% 10 - %30) gözlerin, cildin ve burun-boğaz boşluğunun kuruduğu, aynı zamanda ortalama cilt sıcaklığının düştüğü belirtilmiştir. Bulgular, gözlerin ve cildin kurummasını önlemek için, % 30'dan daha yüksek nisbi nemin korunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır (Sunwoo vd, 2006).
- d- Nisbi nem ve rüzgâr hızı uyarlanabilir termal konfor modellerinde kullanılan temel değişkenlerdir. Vücut ısının dengelenmesinde bu iki faktörün eşik değerler arasında bulunması gerekmektedir.

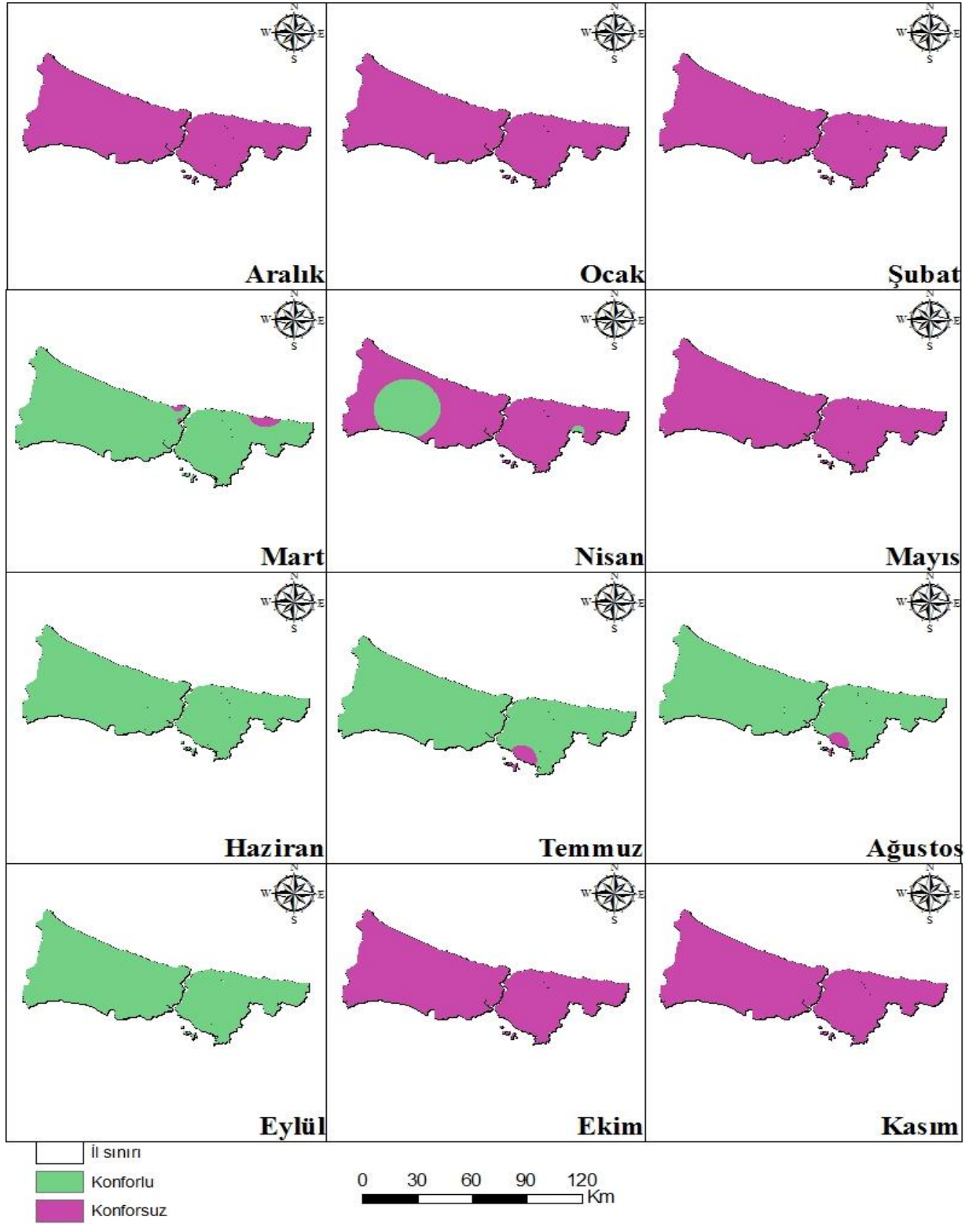
Belirtilen nedenlere ek olarak daha fazla çalışma sonuçlarından bahsetmek mümkündür. Ancak konu kapsamına çıkmamak için, 4 maddeye yer verilmiştir. Biyoklimatik konfor çalışmalarında daha önce belirtilen literatür çalışmaları doğrultusunda 17-24 °C sıcaklık, % 30-70 nisbi nem, 0-5 m/sn rüzgâr hızı eşik değerleri kullanıldı. İstanbul'un biyoklimatik koşullarının açıklanması açısından, zamansal ve mekânsal özelliklerinin bir arada ortaya konulması önemlidir. Bu amaçla, 1990-2018 yıllarını kapsayan dönem için aylık ve yıllık analizler yapıldı. Böylece İstanbul'da biyoklimatik

konfor koşullarının hem yıllar arası hem de aylara göre gösterdiği değişimler ortaya konuldu. Aylık haritalar, kış, ilkbahar, yaz, sonbahar sıralamasına göre tasarlandı. İstanbul için oluşturulan, yıllık biyoklimatik konfor haritalarında yıllık ortalamalar kullanıldı. Yapılan analizler sonucunda, 5 yıl içinde belirtilen eşik değerlere göre ilde konforsuzluğun hakim olduğu görülmektedir. Kullanılan üç faktörün eşik değerlerinin toplamında konforlu olan alanlar oldukça sınırlıdır. Sadece 1990 yılında Çatalca'nın güneyi, 2012 yılında Bakırköy, Kartal-Maltepe sınırı konforlu alanlar olarak tespit edildi (Şekil 38).

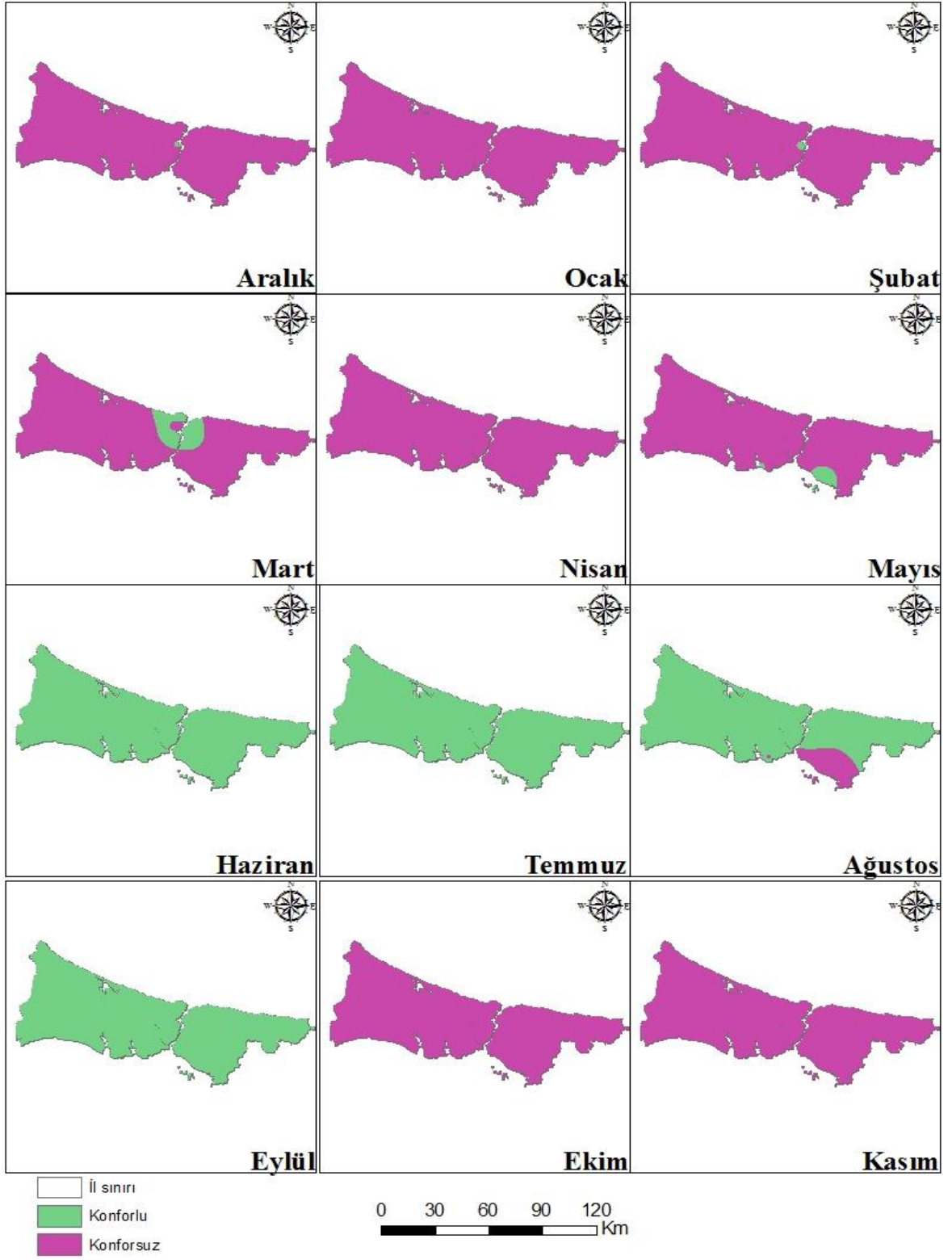


Şekil 38. Yıllık biyoklimatik konfor haritaları

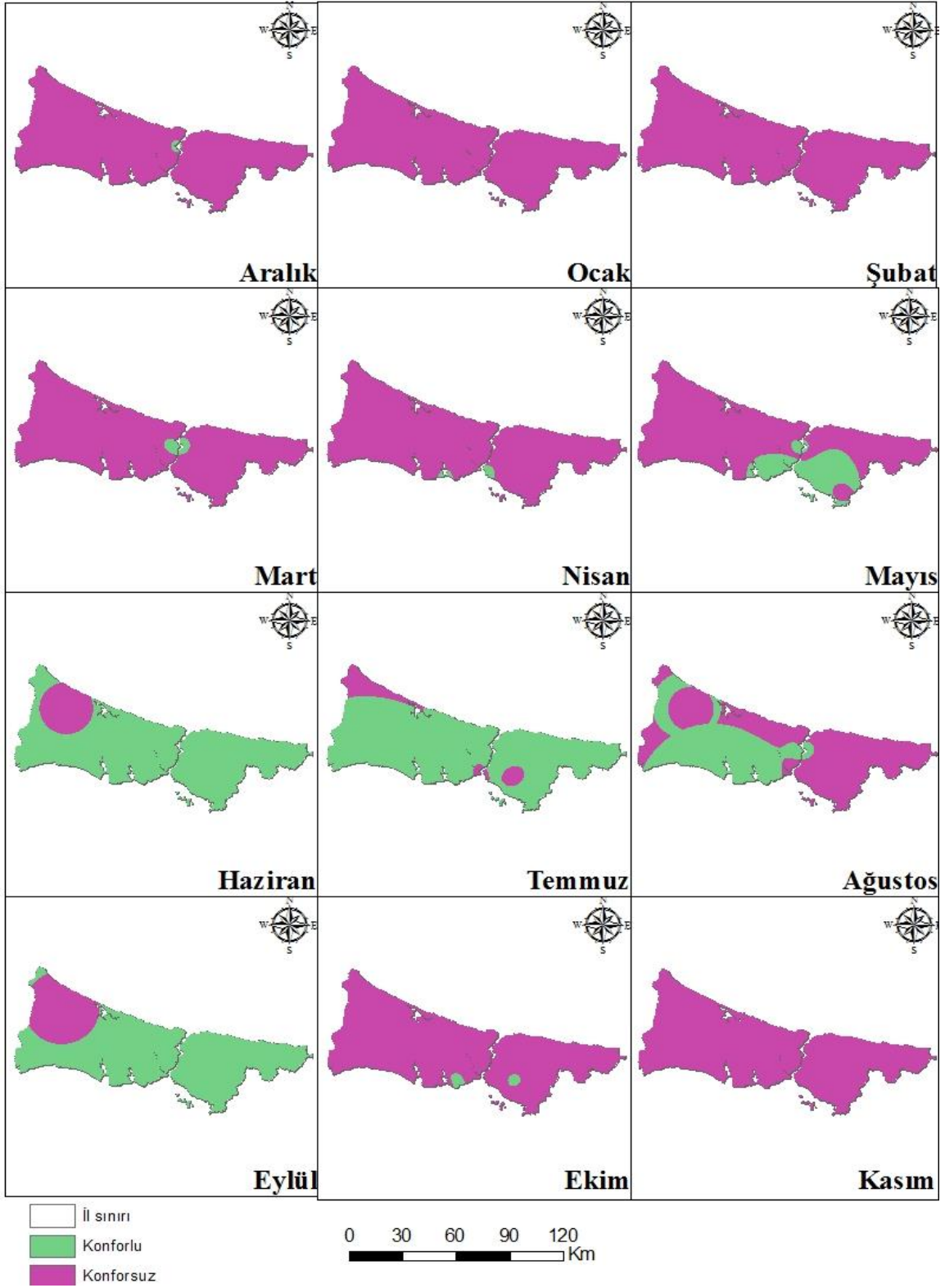
Çalışma kapsamında, yıllık haritaların yanısıra aylık ortalamalar esas alınarak 12 aylık konfor haritaları oluşturuldu. Bu haritalardan 1990 yılı aylık konfor dağılışı haritalarında, Aralık, Ocak, Şubat, Mayıs, Ekim ve Kasım aylarında ilin tamamında konforsuzluk, Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise konfor koşullarının hüküm sürdüğü görülmektedir. Nisan ayında Çatalca ile Şile’de konforlu alanlar tespit edildi (Şekil 39). 2000 yılı için hesaplanan aylık konfor haritalarında ise, Ekim ayından, Mayıs ayına kadar olan 8 aylık dönemde konforsuzluk, Haziran’dan Eylül’e kadar konforlu koşullar görülmektedir. Şubat ayında Sarıyer’de, Mart’ta boğazın kuzey kıyılarında, Mayıs’ta Maltepe ve Kartal’da konforlu alanlar gözlemlendi (Şekil 40). 2006 yılı konfor dağılışında, yine Ekim-Mayıs arası dönemde konforsuz koşullar, Haziran, Temmuz ve Eylül’de ise konforlu koşullar görülmektedir. Ağustos ayında Avrupa yakasında konforlu, Anadolu yakasında ise konforsuz alanlar daha geniştir. Bütün aylarda Çatalca’nın kuzeyinde yükselti nedeniyle konforsuzluk oluşmuştur (Şekil 41). 2012 yılında aylık konfor analizi sonuçları, Kasım-Şubat arasındaki dönemde alanın tamamının, Mart, Nisan, Mayıs ve Temmuz aylarında ise çoğunluğunun konforsuz olduğunu göstermektedir. Konforlu bölgelerin özellikle ilin güney ve doğu kesimlerinde oluştuğu, Çatalca’nın kuzeyinde bir önceki yılda olduğu gibi konforsuzluğun görüldüğü söylenebilir (Şekil 42). Yapılan analizlerin son yılı olan 2018’de konfor dağılışının zamansal ve mekânsal durumu, Kasım-Mart arası dönemde ilin tamamında konforsuz koşulların, Nisan, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında ise alanın büyük bir kısmında konforsuz ortamın oluştuğunu göstermektedir. 2018 yılında konforlu koşullar sadece Mayıs, Haziran ve Eylül aylarında ilin çoğunluğunda etkili olmaktadır. Diğer aylarda ise daha yerel düzeyde kalmakla birlikte, konforlu alanlar oluşmuştur (Şekil 43).



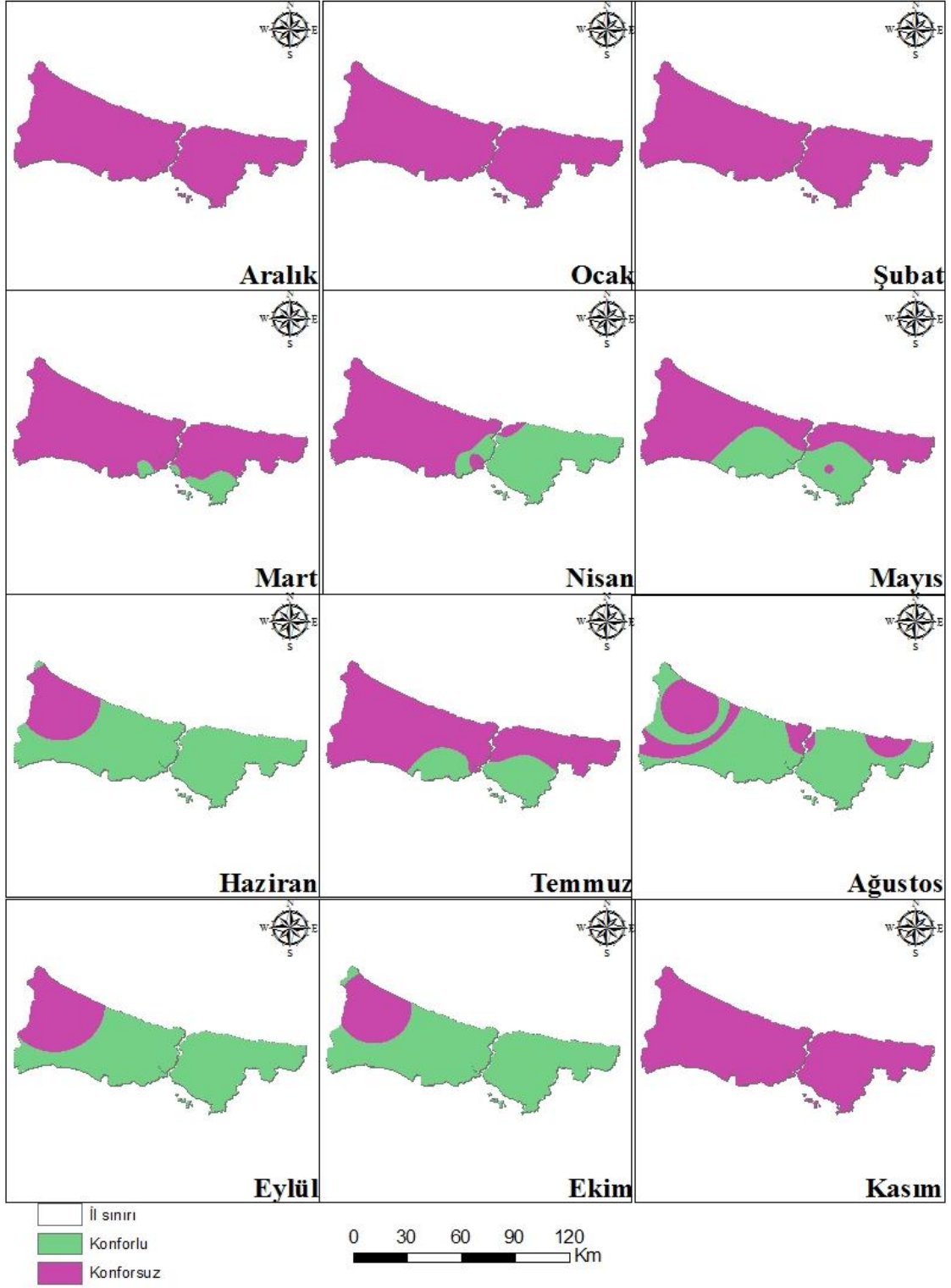
Şekil 39. 1990 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları



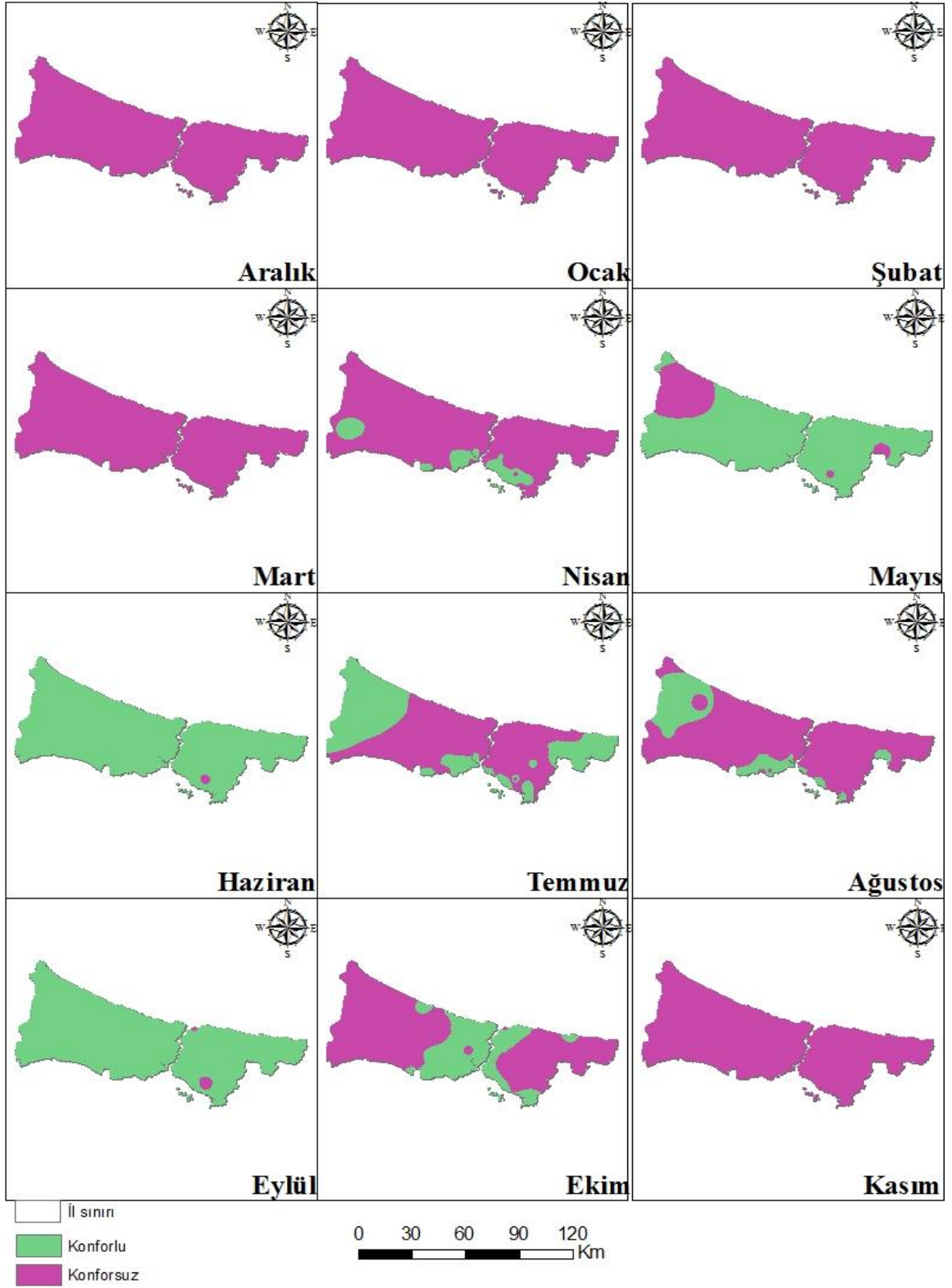
Şekil 40. 2000 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları



Şekil 41. 2006 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları



Şekil 42. 2012 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları



Şekil 43. 2018 yılı aylık biyoklimatik konfor haritaları

Farklı indislerin, farklı eşik değerlerle kullanılmasıyla insan konforu için gerekli koşulların ortaya konulmasına yönelik çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye ile birlikte diğer birçok ülkenin yerleşim birimlerinde yapılan çalışmalarda kuşkusuz benzer ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmalarda sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, buhar basıncı ve diğer faktörler bir arada kullanılabildiği gibi, bazı çalışmalarda sadece iki faktörle analizler de yapılmıştır. Türkiye için nisbi nem ve buhar basıncı dikkate alınarak efektif sıcaklık değerlerinin sınır değerleri 16,7°C–24,7°C olarak hesaplanmıştır (Sungur, 1980). Başka bir çalışmada, konfor bölgesinin tespit edilmesinde, rüzgâr hızının 6 m/sn'den az ve nisbi nem değerlerinin ise % 30- %70 arası olması gerektiği belirtilmiştir (Ülker, 1988).

Maksimum, minimum ve ortalama değerlere göre oluşturulan eşik değerler ve indis hesaplamaları sonucunda insan konforu yönünden uygun sıcaklık dönemleri farklı mevsimlerde oluşabiliyor. Akdeniz kıyıları için yapılan hesaplamalarda insan konforu için uygun sıcaklık dönemlerinin 19 Nisan–17 Haziran ve 20 Eylül- 9 Kasım arası döneme denk düştüğü, yaz mevsiminde şiddetli olarak ısınan bu alanda 18 Haziran- 19 Eylül tarihleri arasında 24,9°C'yi aşan yüksek sıcaklıklar görüldüğü ve bu durumun insan konforunu olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Güçlü, 2008). Benzer bir sonuç, Tekirdağ ilinde ortaya çıkmıştır. İlde en konforlu ayların Mart, Nisan, Eylül ve Ekim ayları olduğu belirlenmiştir. Yine konfor değerleri içerisinde olan ancak bu aylara göre biraz daha az konforlu olan ayların ise Şubat, Ağustos ve Eylül aylarının olduğu tespit edilmiştir (Boz, 2017). İstanbul biyoklimatik konfor haritalarında ise 1990-2000-2006 yıllarında konforlu aylar Haziran-Eylül arasına denk gelirken, 2012-2018 yıllarında Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında konforlu bölgeler oluşmuş ve oransal olarak daha geniş alan kaplamıştır. Ordu'da, yıllık ve aylık konfor haritalarının yapıldığı çalışmada yılın çoğunluğunda konforsuzluğun hâkim olduğu belirlenmiş, alansal olarak en konforlu alanlar Mayıs ve Eylül aylarında tespit edilmiştir (Yeşil vd., 2021). Sivas'ta yapılan çalışmada ise konforlu/konforsuz ayrımında 1990-2018 yılları karşılaştırılmış, 2018 yılında konforlu alanlarda artış olduğu belirlenmiştir (Karakuş ve Demiroğlu, 2021). Buna benzer artış 2006 yılından itibaren İstanbul aylık konfor haritalarında da gözlenmiştir. Ancak, Sivas'ta yıllık ve mevsimlik sonuçlara göre yapılan oranlama, İstanbul'da aylara göre yapılmış ve konforlu ay süresinin genişlediği kastedilmiştir.

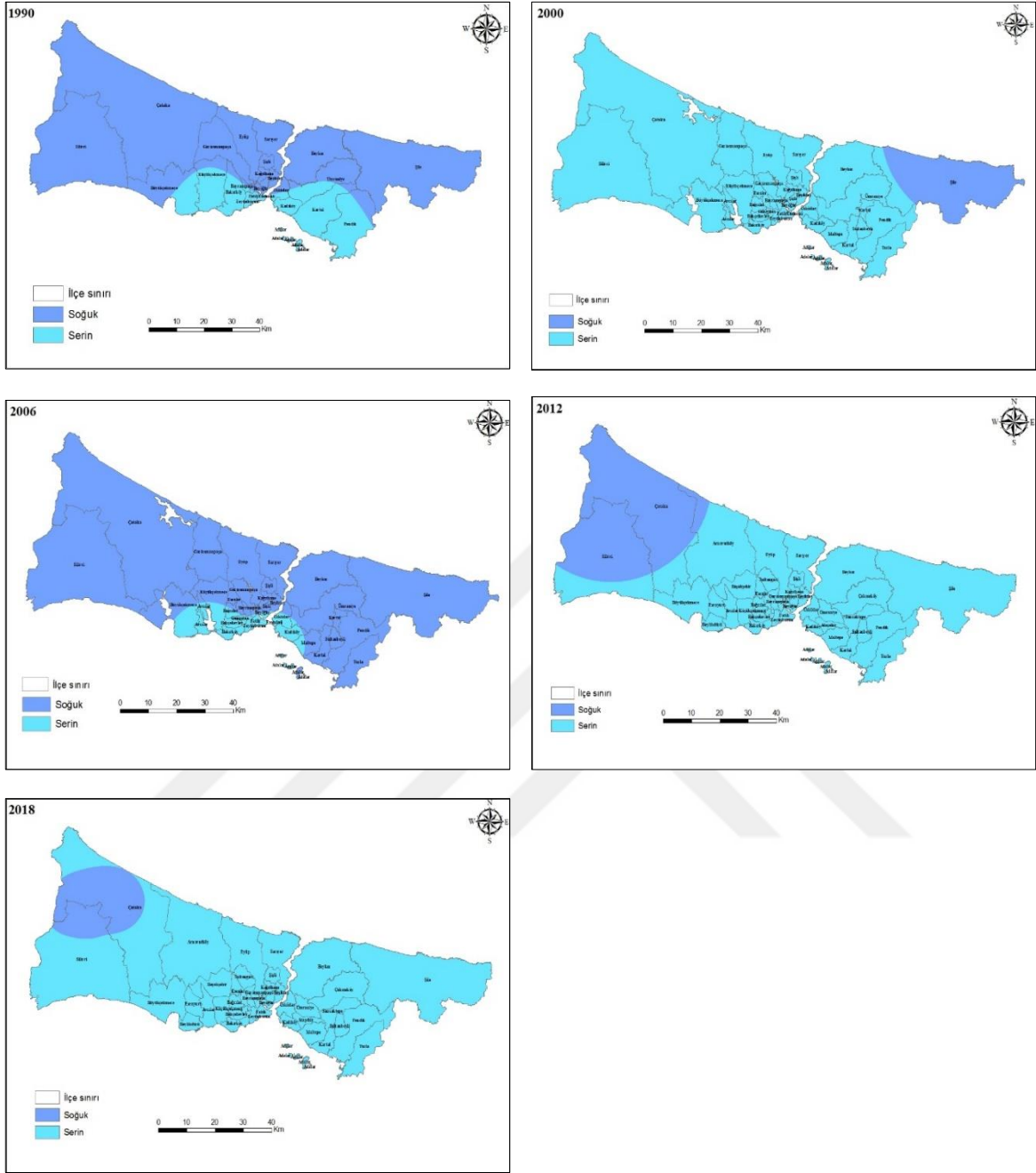
Yapılan hesaplamalar ve incelenen çalışmalar zaman diliminin genişlemesi ile çıkan sonuçların detayları konusunda bilgi vermektedir. Örneğin yıllık veri ile hesaplama

yapıldığında illerin tamamı ya da büyük kısmı konforlu/konforsuz çıkabilmektedir. Kütahya'da yıllık sıcaklık değerlerine göre, biyoklimatik konfor açısından uygun aralıkların bulunmadığı, nem değerlerine göre ilin kuzey ve kuzey doğu bölümünde bulunan ve nisbi nem değeri % 70'in üzerinde olan bölgeler hariç, kalan bölümlerinin biyoklimatik konfor açısından uygun değerlere sahip olduğu, rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde, alanın tamamının biyoklimatik konfor açısından uygun değerleri taşıdığı belirtilmiştir (Çetin vd., 2010). Benzer durum, İstanbul yıllık biyoiklim haritalarında da konforsuzluk olarak görülmektedir. Aydın'da yapılan yıllık konfor çalışmasında ise ilin büyük kısmında konforlu koşullar, yüksek alanlara denk gelen kesimlerde ise konforsuz alanlar tespit edilmiştir (Çetin vd., 2018). Yıllık haritalarda ortaya çıkan genelleştirilmiş sonuçlara karşın, aylık hatta günlük ve saatlik haritalar oluşturuldukça, mikroiklimsel detaylar elde edilebilmektedir.

4.3. FES/PET Konfor Analizleri

Çalışma kapsamında hesaplanan analizlerin bu bölümünde CORİNE yıllarına karşılık gelen 5 yıl için yıllık ve aylık Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indisleri, RayMan Pro programı ile hesaplandı. Elde edilen FES değerlerinin dağılımları ArcGis 10.5 programı ile oluşturuldu.

İstanbul'da yıllık FES değerleri incelendiğinde, termal algılamalara göre soğuk ve serin olmak üzere iki stres durumu tespit edildi. Beş yıllık dönemde bu stres durumlarının sadece mekânsal olarak oranlarında değişimler gözlenmektedir. Analizi yapılan yıllarda konforlu alan tespit edilemedi. 1990 ve 2006 yıllarında soğuk stresinin yaşandığı alanlar diğer yıllara göre oransal olarak daha fazladır. Aynı yıllarda ilin sadece boğaza yakın güney kesimlerinde serin stresinin yaşandığı söylenebilir. 2000 yılı hariç olmak üzere bütün yıllarda Çatalca'nın kuzeyinde soğuk stresi olduğu görüldü. Yıllık ortalamalara göre yapılan analizler, İstanbul'da özellikle nemli ve serin iklim koşullarının da etkisiyle soğuk ve serin stresinin yaşandığını göstermektedir (Şekil 44).

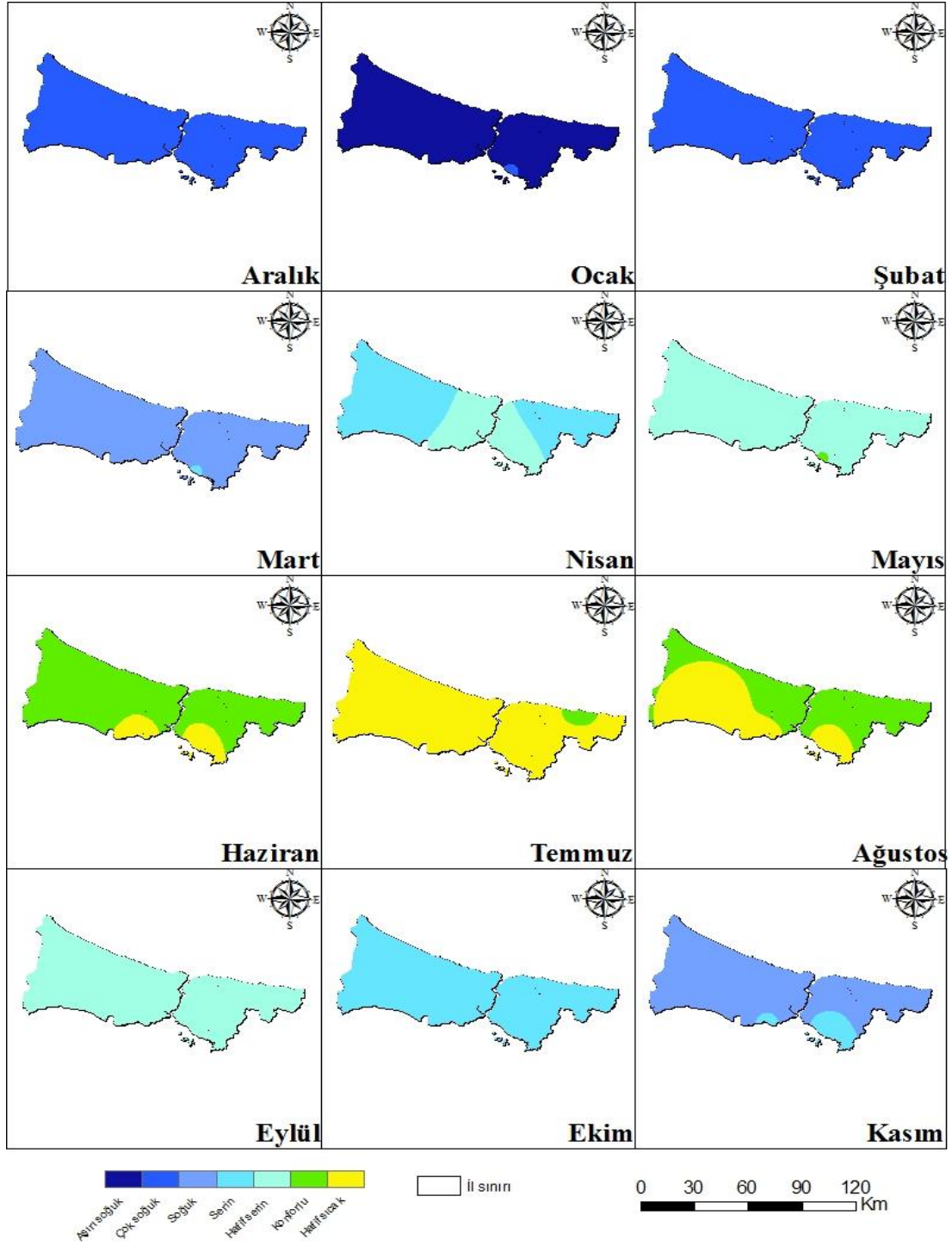


Şekil 44. Yıllık FES konfor haritaları

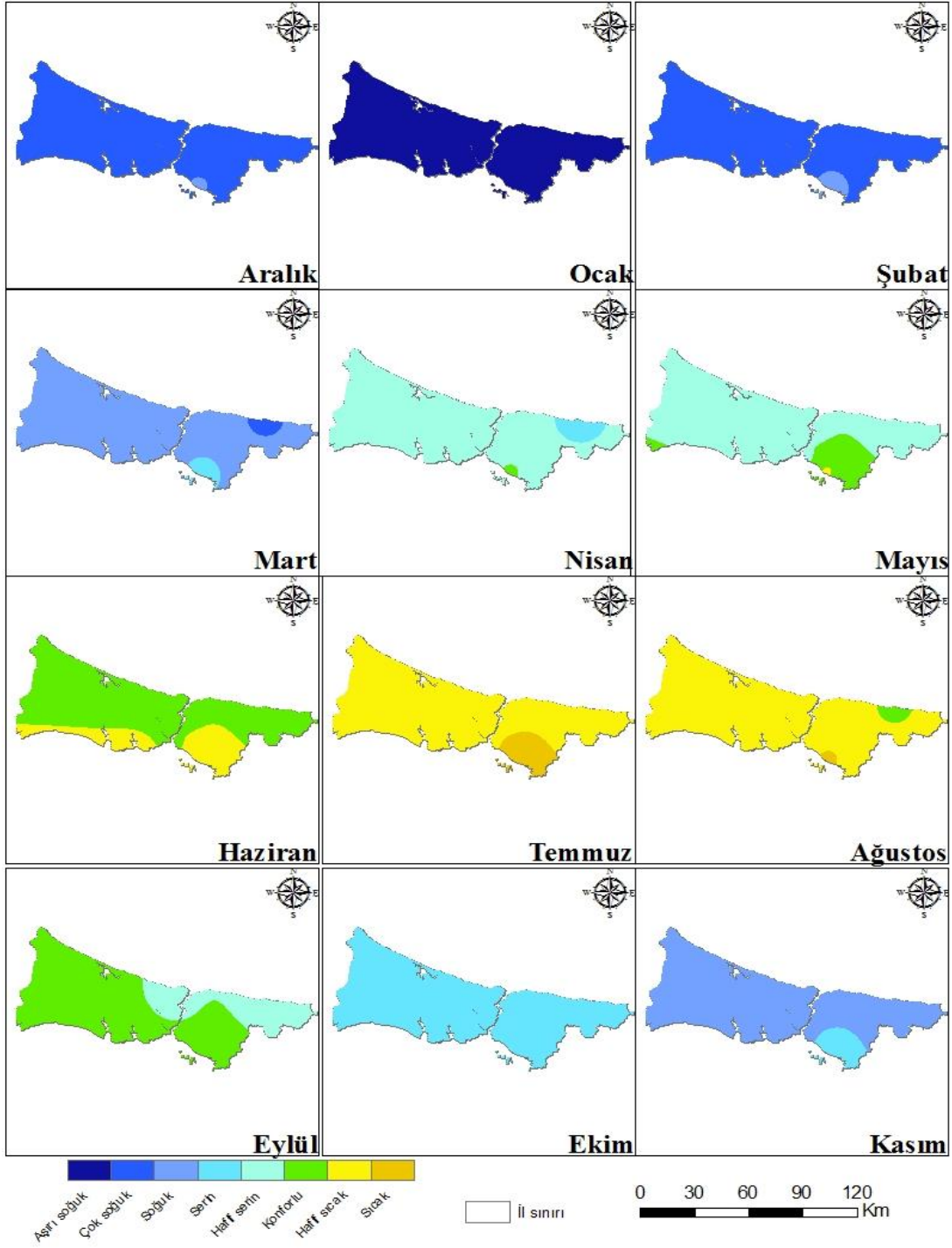
İstanbul’da biyoklimatik konfor durumuna daha detaylı bakabilmek için aylık ortalamalarla yapılan hesaplamalar da kapsama dahil edildi. 1990 yılı analiz sonuçlarına göre, Kasım ayından, Mart ayına kadar aşırı soğuk, çok soğuk, soğuk ve serin stresi tespit edildi. Bu stres dereceleri kış koşulları açısından beklenen bir durumdur. Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim gibi bahar aylarında ise serin ve hafif serin stresi ilin genelinde görülmektedir. 1990 yılında konforlu alanlar çoğunlukla Haziran ve Ağustos aylarında oluştu. Bunun dışında

sadece iki ayda çok sınırlı alanlarda (Mayıs ayında Kartal-Maltepe sınırı, Temmuz ayında Şile kıyılarında) konfor bölgeleri tespit edildi. Yaz aylarında konforlu alanların dışındaki bölgelerde hafif sıcak stresinin yaşandığı görülmektedir ki bu durum mevsim koşullarında yaşanabilecek bir özelliktir (Şekil 45). Bir diğer analiz yılı olan 2000’de ise Kasım ayından, Mart ayına kadar olan dönemde bir önceki yılda olduğu gibi, aşırı soğuk, çok soğuk ve soğuk stresinin hakim olduğu görülmektedir. Bu, soğuk grubuna giren termal algılamının, etkisini 5 ay boyunca hissettirdiğini gösterir. Aslında bu dönem, tamamında serin stresinin etkili olduğu Ekim ayında kendini göstermeye başlar. Ve hafif serin stresinin yaşandığı Nisan ve Mayıs aylarında etkisini kaybetmeye başlar. Bu iki aydaki stres durumu aylık ve mevsimlik özelliklerin etkisiyle bir geçiş dönemine işaret etmektedir. On yıl önce Haziran ve Ağustos aylarında etkin olan konfor durumunun, 2000 yılında mekânsal baskınlığını Haziran ayına ek olarak Eylül ayına kaydırıldığı gözlemlendi. Bu 1 aylık sarkma yaz sıcaklık koşullarındaki artışa bağlanabilir. 1990 yılında oluşmayan sıcak stresi, 2000 yılının Temmuz ve Ağustos ayında, ilin güney kesimlerinde saptandı. Yaz aylarında bunun dışında ilin genelinde hafif sıcak stresi hüküm sürmektedir. Yapılan analizlerde ayrıca, lokal olarak dar alanlı konforlu bölgeler tespit edildi. Bunlar, Nisan ayında Kartal-Maltepe, Ağustos ayında Şile, Mayıs ayında Adalar, ilin güneydoğu ve güneybatı kesimleridir (Şekil 46). 2006 yılı aylık FES analizi sonuçlarına bakıldığında, Ekim-Nisan arası dönemde kademeli olarak, aşırı soğuk, çok soğuk, soğuk ve serin stresi yaşanmaktadır. Bu termal algı durumu önceki yıllarla benzerlik göstermektedir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise ilin genelinde hafif sıcak stresi hüküm sürmektedir. Hafif serin stresi ise Eylül ve Mayıs aylarında yaşanmaktadır. Yapılan analiz sonuçları 2006 yılının genelinin farklı şekillerde stresli geçtiğini, konforlu alanın çok sınırlı olmak kaydıyla, Haziran ayında Sarıyer ve Beykoz ilçelerinin boğaz kıyılarında oluştuğunu göstermektedir. Bu yılın aylık verilerinin genelinde sıcaklık değerlerindeki azalmanın bu sonucu ortaya çıkardığı düşünülmektedir (Şekil 47). 2012 yılında ise aşırı soğuk stresinin mekânsal olarak, Aralık-Ocak-Şubat aylarında artış gösterdiği, bu etkinin çok soğuk stresi şeklinde Mart ayına da sarktığı görülmektedir. Nisan ve Ekim aylarında mevsim değerlerine uygun olarak çoğunlukla hafif serin stresi tespit edilmiştir. Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında hafif sıcak stresi önceki yıllarda olduğu gibi ilin genelinde hakimdir. Ancak Temmuz ayında sıcak stresinin yaşandığı alanlarda mekânsal olarak artış gözlenmektedir. 2012 yılında konforlu alanlarda zamansal olarak parçalı bir görüntü ortaya çıktı. Mayıs ve Eylül’de ilin orta ve doğu kesimleri başta olmak üzere konfor koşulları oldukça geniş bir alanda etkisini göstermektedir. Bunun dışında daha önceki

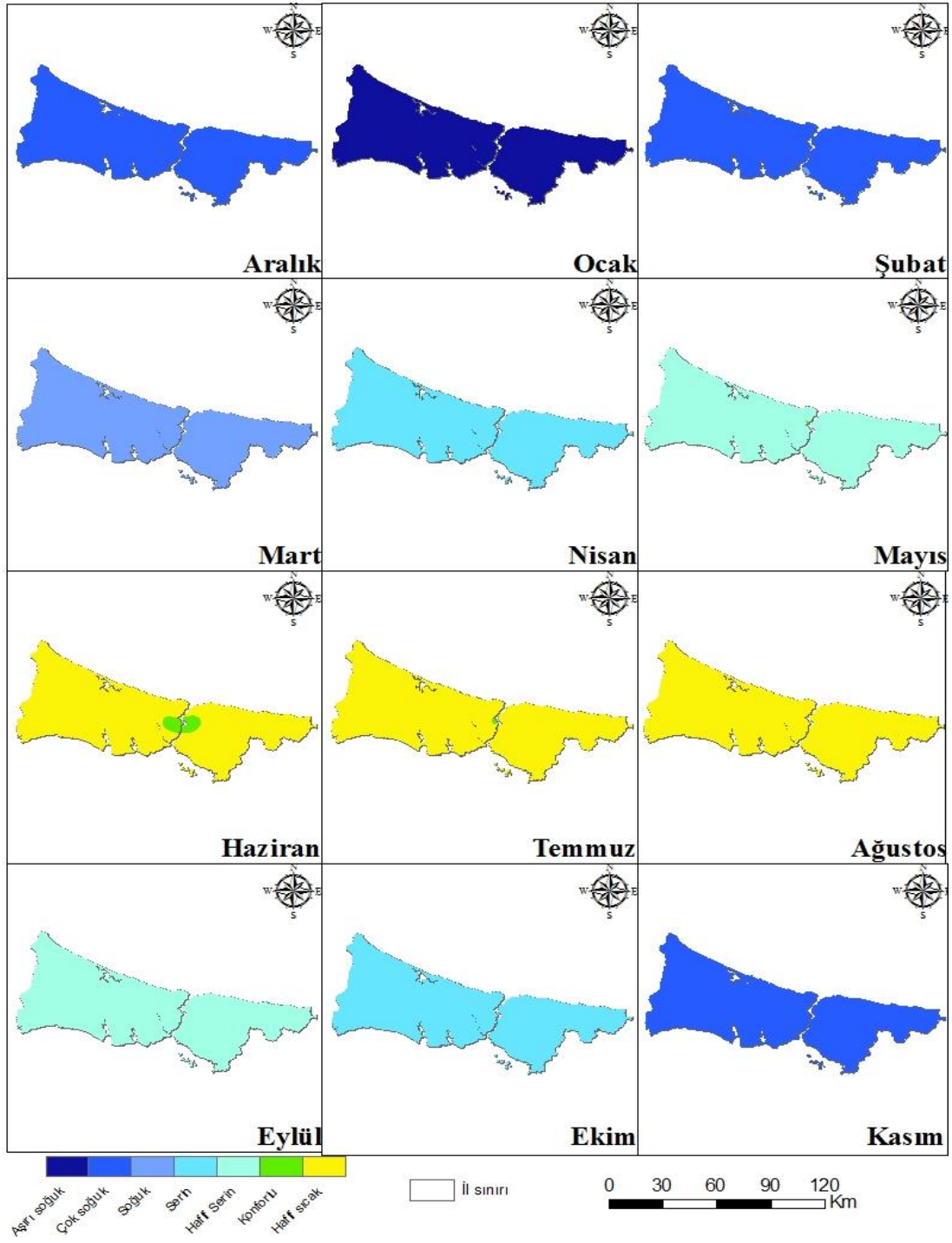
bölümlerde bahsedildiği üzere, sıcaklık değerlerinin düşük olduğu Çatalca'nın kuzeyinde yükselti faktörünün de etkisiyle, Haziran ve Ağustos aylarında konfor ortamı oluştu. Bu durum sıcaklık değerlerinin daha da yükseldiği Temmuz ayında gözlenmemektedir (Şekil 48). FES konfor analizleri kapsamında hesaplama yapılan son yıl olan 2018'de aşırı soğuk stresinin mekânsal dağılımı Aralık ayında genişlerken, Ocak ve Şubat aylarında çalışma alanının doğu kesimiyle sınırlı kalmıştır. Bu aylarda diğer alanlarda çok soğuk stresi hüküm sürmektedir. Mart ve Kasım ayları bu dönemlerden çıkışta soğuk stresi ile geçiş özelliği göstermektedir. Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim ayları serin ve hafif serin koşullar ile kademeli geçişi devam ettirmektedir. 2012 yılında olduğu gibi, 2018'de de konfor alanlarında zamansal ve mekânsal olarak parçalı görünüm dikkati çekmektedir. Mayıs, Haziran ve Eylül aylarında yoğun olmak üzere, Temmuz'da Çatalca'nın kuzeyi, Ağustos ayında Çatalca ve Silivri ve Aydos Dağı'nda konforlu koşullar tespit edilmiştir. Sıcak stresi önceki yıllarda olduğu gibi yaz aylarında görülmektedir. Buna ek olarak Temmuz ayında çalışma alanının özellikle güney kesimlerinde yer yer sıcak stresinin yaşandığı alanlar da oluşmuştur (Şekil 49). Analizlerin geneline bakıldığında bahsi geçen bölgeler genel itibariyle çevrelerine göre daha sıcak koşullar yaratmaktadır.



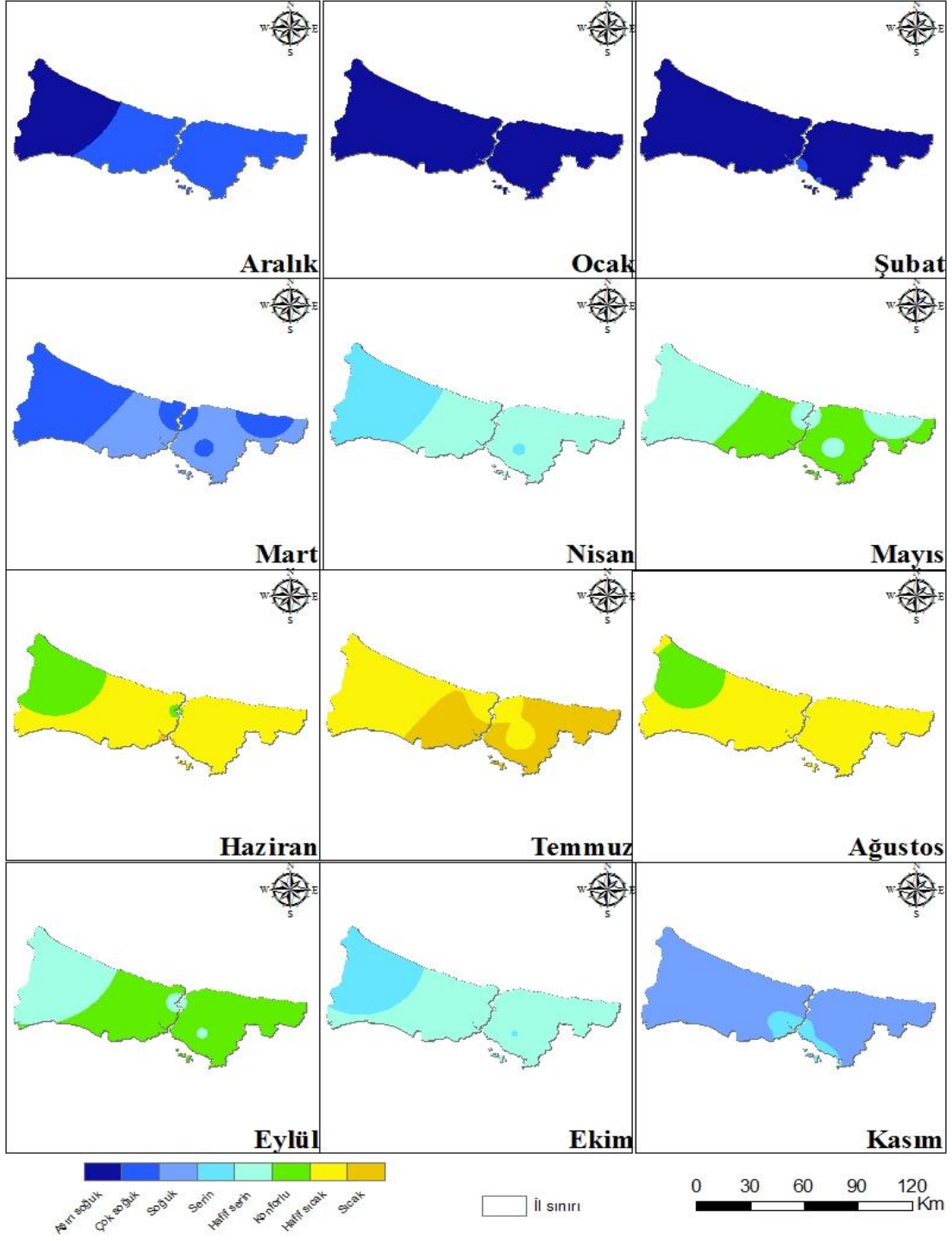
Şekil 45. 1990 yılı aylık FES konfor haritaları



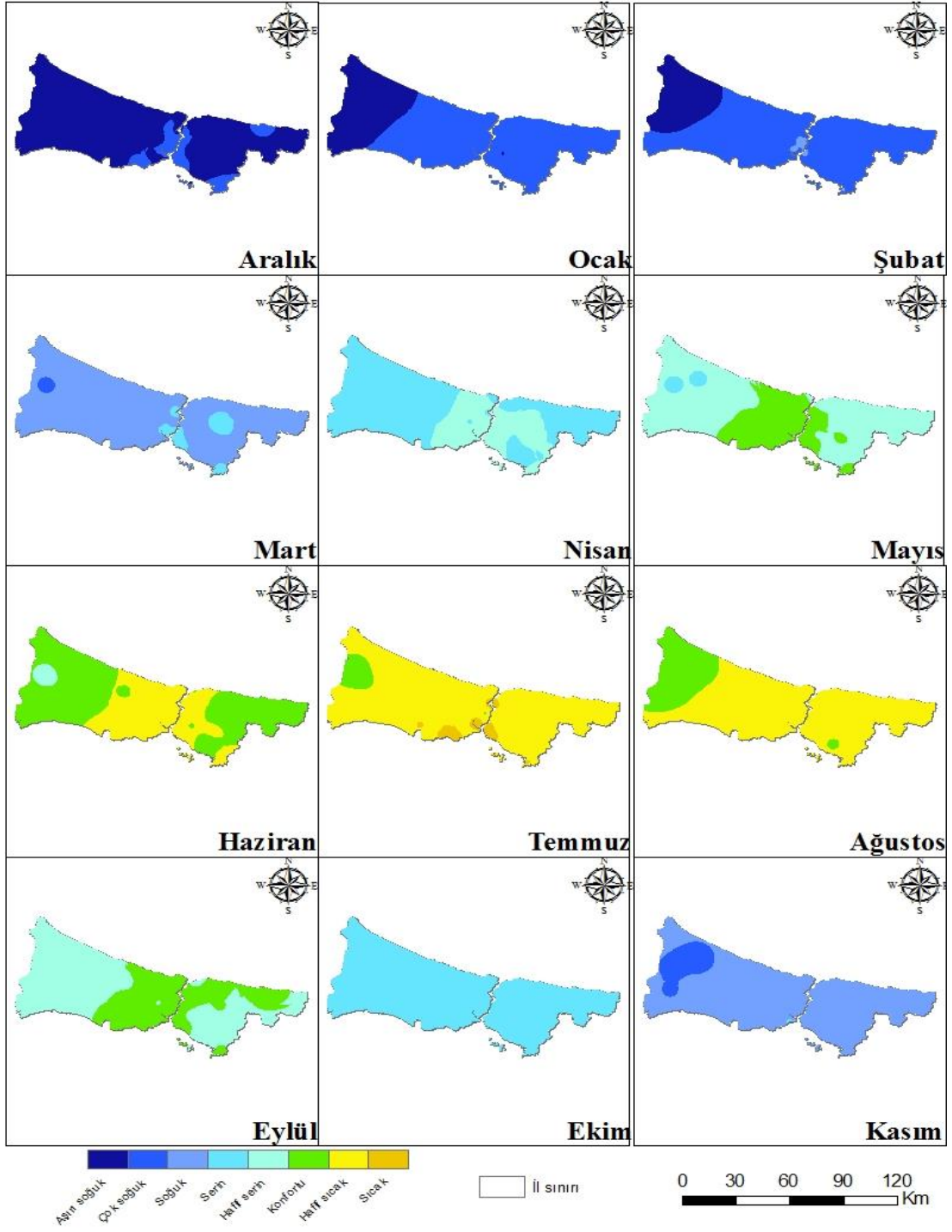
Şekil 46. 2000 yılı aylık FES konfor haritaları



Şekil 47. 2006 yılı aylık FES konfor haritaları



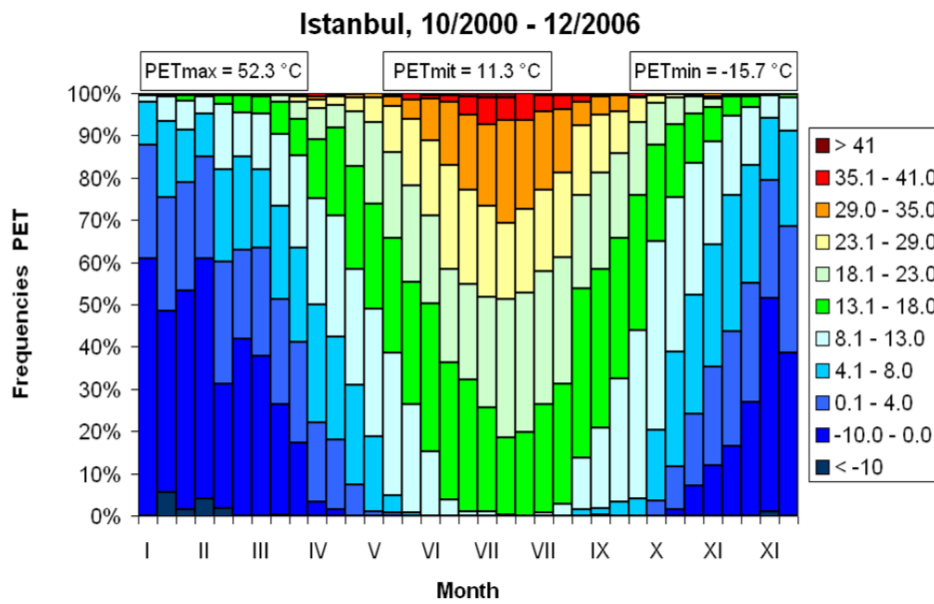
Şekil 48. 2012 yılı aylık FES konfor haritaları



Şekil 49. 2018 yılı aylık FES konfor haritaları

Günümüzde sağlamış olduğu kolaylıklar ve kullanmış olduğu fazla sayıda kriter nedeniyle tercih edilen, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indisi ile İstanbul özelinde yapılan konfor çalışmaları konusunda zengin bir literatüre rastlanılmamıştır. Yapılan literatür araştırması sonucu, İstanbul'u araştırma alanı olarak seçen ve 2000-2006 yılları

arasını kapsayan çalışmada Atatürk Havalimanı istasyon verileri kullanılmıştır. Günlük verilerin kullanıldığı çalışmada, konforlu/konforsuz alanlar zamansal olarak belirlenmiştir. Analizler, soğuk stresinin ($PET < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) çeşitli düzeylerde, İstanbul'da Ekim sonu ile Nisan başı arasındaki dönemde görüldüğünü, en yüksek yüzdenin Şubat ayında (yaklaşık %60) olduğunu, Haziran başından Ekim sonuna kadar sıcak stresinin yine farklı düzeylerde yaşandığını göstermiştir (Şekil 50). Ayrıca kış aylarında, termal konfor koşullarının oluşmadığı açıklanmıştır (Matzarakis ve Karagülle, 2007). Bahsi geçen araştırma ile bu çalışmanın bulguları karşılaştırıldığında 2000 yılında soğuk stresinin Kasım-Mart arasında, sıcak stresinin yaz aylarında yaşandığı tespit edilmiştir. 2006 yılında soğuk stresi dönemi yine aynı ay aralığında, sıcak stresi de yaz aylarında yaşanmıştır. Termal algı dönemlerinin tespiti bakımından benzerlikler görülmekte, ancak analizlerde kullanılan istasyon sayıları ve veri türü bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Matzarakis ve Karagülle (2007), sadece Atatürk Havalimanı'nın 2000-2006 dönemindeki günlük verileri üzerinden değerlendirme yapmıştır. Zaman aralığının kısalığı ve istasyon sayısının azlığı, il genelinde yapılan çalışmalar için yetersiz bulunmuştur.



Şekil 50. Ekim 2000 - Aralık 2006 dönemi, İstanbul için FES sınıflarının frekans diyagramı (Matzarakis ve Karagülle, 2007)

Her ne kadar FES konfor indisi kullanılmamış olsa da, İstanbul'da yapılan ve Mieczkowski'nin Turizm İklim İndeksi'nin (TCI) kullanıldığı, 4 istasyon verisinin, 1961-2016 dönemini kapsayan çalışma da incelenmiştir. İlde turizm için uygun ayların bulunması

amacıyla yapılan çalışmada, İstanbul'un 7 ayda biyoklimatik konfora sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya göre, Nisan'dan Ekim'e kadar 7 ay boyunca hava durumu arzu edilir koşullara sahiptir (Abbasnia ve Toros, 2019). İstanbul için FES konfor hesaplamaları sonucunda uygun/konforlu alanların tespit edildiği bu çalışmanın bulguları da, konforlu dönemlerin aynı zaman aralığına karşılık geldiğini göstermektedir. Bu yönüyle iki çalışma birbirini desteklemektedir. Ancak, yıl boyunca konforlu aylarda iklimsel değişiklikler, mevsimler arası kaymalar sonucunda dalgalanmaların olduğu, koşulların her zaman devamlılık göstermediği söylenebilir.

Türkiye'de İstanbul dışında FES indisini kullanarak konfor bölgelerinin belirlenmesine yönelik farklı bölge ve illerde çalışmalar yapılmıştır. Yakından uzağa, coğrafi dağılışı göz önünde bulundurulduğunda, Marmara bölgesinde üç şehirde konfor çalışmalarının yapıldığı söylenebilir. Özşahin ve Eroğlu, (2017)'de, Tekirdağ ilinde Eğitim ile biyoklimatik konfor şartlarını incelemiş ve okulların bulunduğu alanlarda, çok az serin stresinin hâkim olduğunu, daha çok konforsuz düzeyde (% 51) biyoklimatik konfor sınıflarının bulunduğunu, buna karşılık konforlu sınıfın ise daha az yer kapladığını (% 49) belirlemişlerdir. Çalışma 2016 yılını ve 8 istasyon verisini kapsamaktadır. Bursa'da yapılan konfor çalışmasında turizm için uygun dönemler tespit edilmiş ve Mayıs'tan Eylül' kadar turizm etkinlikleri için uygun koşulların sağlandığı belirtilmiştir. Yazın hava şartlarının elverişli olması sayesinde gün boyu açık havada vakit geçirmenin mümkün olduğu, Bursa'nın denize yakınlığının ve rakımının düşük olması nedeniyle aşırı termal koşulların engellendiği ifade edilmiştir (Çalışkan vd., 2011). Çetin (2019)'da, Bursa ilinde yaptığı analizler sonucunda, deniz kenarlarına yakın alçak bölgelerin konforlu, daha yüksek alanların ise konforsuz olduğunu tespit etmiştir. Balıkesir'de yıllık ve aylık ortalamalara göre yapılan FES konfor analizlerinde, yıllık konforlu ve çok az serin koşullar tespit edilmiştir. Uzun dönemli meteorolojik verilerin kullanıldığı çalışmada Kasım-Mart arası dönemde aşırı soğuk ve çok soğuk stresinin yaşandığı, Haziran-Eylül arası dönemde çok az serin ve konforlu koşulların hüküm sürdüğü, sıcak stresinin yaşanmadığı ifade edilmiştir (Tağlı ve Ersayın, 2015). Balıkesir ilinde Mayıs-Eylül arasında farklı derecelerde mekânsal yayılma gösteren konforlu alanlar, İstanbul ilinde de genellikle benzer zaman dilimine karşılık gelmektedir.

Küresel ve yerel dinamiklerin bir bölgenin iklimi genel ifadeyle doğal koşulları üzerindeki etkisi, mekânsal olarak konfor durumunuda değiştirmektedir. Türkiye’de yükselti, bakı, eğim gibi yerçekli özelliklerinin kısa mesafelerde değişmesi ve yerleşim birimlerinde kentleşme baskısının oluşması sonucunda konfor durumunda da değişiklikler meydana gelmektedir. Bölgesel farklılıkların yansımaları niteliğinde olan çalışmalarda benzer ve farklı yönleri Türkiye dinamiklerine yönelik göstermek amacıyla sadece İstanbul kentinin yer aldığı Marmara bölgesinden örnekler vermek yetersiz görülmektedir.

İzmir’de yıllık ve mevsimlik konfor durumunun gösterildiği haritalarda, konforlu alanların, 1990 yılında, Sonbahar ve ilkbaharda, 2000 yılında sonbahar’da, 2006’da yaz, 2012’de yaz ve 2018 yılında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ilin çoğunluğunda görüldüğü belirtilmiştir. İstanbul’da konforlu alanların mevsimlik durumu aylık haritalardan incelendiğinde, 1990 yılında yaz, 2000’de yaz ve sonbahar, 2006’da yaz (sadece Haziran’da küçük bir alan), 2012’de ilkbahar, sonbahar ve yaz, 2018’de ilkbahar, sonbahar ve yaz aylarına karşılık geldiği söylenebilir. Sonuçlar iki şehir arasında konforlu dönemler açısından benzerlikler/farklılıklar olduğunu göstermektedir. Örneğin 2006 yılında İstanbul’da ayların çoğunluğunda soğuk ve serin stresi yaşanırken, İzmir’de de yaz mevsimi dışında diğer mevsimlerde soğuk stresi görülmektedir (Erkek vd., 2020). Ancak diğer mevsimlerde konforlu dönemler açısından, İzmir’e göre mevsimsel çeşitlilik görülmektedir. Yani 2012 ve 2018 yıllarında olduğu gibi konforlu aylar üç mevsime dağılmıştır. Bu durumun, İstanbul’un hava kütlelerinin geçiş rotasında olan ve farklı yönlerden basınç sistemlerinin etkisi altındaki coğrafi konumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ege bölgesinin iç kesimlerinde yer alan, Akdeniz iklimi ile Karasal iklim arasında Akdeniz geçiş iklimine sahip, Uşak’ta yapılan konfor çalışmasında yine FES indisi kullanılmış ve 1990 ile 2018 yılları karşılaştırılmıştır. İl’de 1990 yılında Kasım-Şubat arasında farklı seviyelerde soğuk stresinin, Temmuz-Ağustos aylarında hafif sıcak ve sıcak stresinin yaşandığı belirtilmiştir. Konforlu alanlar ise, Mayıs, Haziran ve Eylül aylarında görülmektedir. 2018 yılında ise, soğuk stresinin zamansal ve mekânsal olarak azaldığı, sıcak stresinde tam tersi artış olduğu görülmektedir. Konforlu alanların mekânsal dağılışında da değişiklikler tespit edilmiştir. Nisan, Mayıs, Haziran ve Ekim aylarında konfor koşulları oluşmuştur (Metin ve Çağlak, 2022). 1990 yılı Uşak ve İstanbul konfor sonuçları kıyaslandığında sadece Haziran ayında benzerlik görülmektedir. 2018 yılında ise iki şehirde de Mayıs ve Haziran aylarında konforlu koşullar meydana gelmiştir. Türkiye’nin farklı illerinden şehirlerde yapılan konfor analizlerinde, konforlu ayların istisnalar olmakla birlikte bahar aylarına karşılık geldiği

görülmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Nevşehir'de, Mayıs ve Haziran ayları ile Eylül ve Ekim aylarında konforlu FES değerlerinin olduğu bildirilmiştir (Türkoğlu ve Çalışkan, 2011). Amasya'da 1991-2020 yılları aralığında, konforlu ayların, Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında olduğu, (Çağlak, 2022), Mersin'de aylık sonuçlara göre, Eylül ve Mayıs aylarında biyoklimatik olarak konforlu bölgeler belirlendiği, ancak yaz aylarında da konforlu bölgelerin olduğu belirtilmiştir (Güngör vd, 2021). Yine Karadeniz'den bir örnek vermek gerekirse, Samsun'da 1990-2019 aralığında konforlu alanlar Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında oluşmaktadır (Çağlak ve Bahadır, 2021). Ancak çok soğuk bölgelerde sadece bir mevsime özgü konfor koşulları oluşabilmektedir. Sivas ilinde yapılan bir çalışmada, 1990 ve 2018 yılları konfor durumu karşılaştırılmıştır. Her iki yılda da yaz mevsiminin konforlu, diğer mevsimlerin soğuk ve serin geçtiği bildirilmiştir (Karakuş ve Demiroğlu, 2021).

Bölgesel olarak benzerlik ve farklılıkların olduğu çalışmalar için, Türkiye'deki yerçekli, yükselti, eğim, bakı, basınç sistemleri, genel hava dolaşımı, denizellik/karasallık gibi değişkenlerin etkisinden söz edilebilir. Türkiye'nin tamamı için FES değerlerinin yıllık ortalamaları ele alınıp incelendiğinde en düşük değerlerin ortalamasının $-12,2^{\circ}\text{C}$, en yüksek değerlerin ortalamasının $20,2^{\circ}\text{C}$, Türkiye ortalamasının $7,6^{\circ}\text{C}$ bulunmuştur. Türkiye biyoklimatik koşullarını şekillendiren meteorolojik parametrelerin gerek zamansal gerekse mekansal farklılaşmasının termal algılama değerlerinin de çeşitlenmesine neden olduğu, biyoklimatik koşulların şekillenmesinde yükselti, enlem, denizellik ve arazi kullanım özelliklerinin önemli sonuçlar ortaya çıkardığı doğrulanmıştır (Çalışkan, 2012).

Türkiye'de olduğu gibi Dünya'nın farklı ülkelerinde de biyoklimatik konfor çalışmaları uygulanmaktadır. Yakın coğrafya başta olmak üzere, bu tür çalışmalara örnek vermek ve bu çalışmalarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırma yapmak mümkündür. Romanya'nın Iasi kentinde, yapılan konfor analizlerinde insan konforu açısından en uygun koşulların Nisan-Mayıs ve Eylül-Ekim aylarında yaşandığı belirlenmiştir. Yaz aylarında bölge, gündüzleri rahatsız edici biyoklimatik koşullarla karakterize edilmiştir (Ichim and Sfica, 2020). Macaristan'da yapılan çalışmada, Nisan ve Eylül aylarının konforlu olduğu, stres dağılım haritalarında az yükseklik nedeniyle homojen bir görüntünün olduğu bildirilmiştir (Gulyas ve Matzarakis, 2007). Barcelona'da ise FES için kabul edilebilir seviyenin Nisan'dan, Ekim ayına kadar (Algeciras ve Matzarakis, 2016), İran'da, ülkenin çoğunda bahar aylarında, özellikle Nisan aylarında konfor koşullarının yaşandığı, yaz aylarında Temmuz ve Ağustos aylarında termal konfor koşullarının sağlanmadığı, diğer

aylarda lokal olarak konforlu alanların oluştuğu özellikle ülkenin güneyinde yoğunlaştığı bildirilmiştir (Daneshvar vd., 2013). Bulgaristan'da biyoiklimsel olarak, çok soğuk ⇒ soğuk ⇒ serin ⇒ ılıman serin ⇒ rahat ⇒ ılıman sıcak koşullar tespit edilmiş ve Haziran ile Ekim aylarında konfor koşulları belirlenmiştir (Mateeva, 2001). Farklı ülkelerden örneklerde de görüldüğü gibi, konfor koşulları genellikle bahar aylarında sağlanmakla birlikte, diğer aylarda lokal oluşumların meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca yapılan geçmiş-güncel-gelecek senaryolarına yönelik analizlerde, termal konfor saatlerinde bir azalmanın olduğu ifade edilmiştir. Bienvenido-Huertas vd. (2021), altı ülkede (Fransa, Portekiz, İspanya, Arjantin, Brezilya ve şili) seçilen 1450 vaka çalışması ile özellikle sıcak iklimlerde termal konfor saatlerinde bir düşüş olduğunu ortaya koymuştur.



BEŞİNCİ BÖLÜM

İSTANBUL'DA ARAZİ KULLANIMI VE BİYOKLİMATİK KONFOR

5.1. İstanbul'da Nüfus ve Şehirleşme

Bir zamanlar Yeni Roma olarak tasarlanan İstanbul'un gösterişli bir merkez haline gelmesi için elinden geleni yapan Bizanslılar göstermiş oldukları çabanın karşılığını zamanla almışlar ve nüfusu gün geçtikçe artan bir kent ortaya çıkarmışlardır. Haçlı seferleri, yangınlar, iç karışıklıklar gibi karmaşık görüntüye rağmen, her dönem cazibesini koruyan kent, Anadolu, Balkanlar ve Adalar'dan sürekli yeni nüfus çekmekteydi (Bizans Döneminde İstanbul Nüfusu, 2023).

İstanbul'un 1453 yılında Türkler tarafından fethedildiği zaman, 50.000'in altında bir nüfusa sahip olduğu, Fatih'in kararlılığı sayesinde şehrin nüfusunun artmasının yanında ekonomik gelişmesinin de hızlandığı söylenebilir (İstanbul Nüfusu: Fetih'ten, XX. Yüzyılın başına kadar, 2023). Göç, İstanbul'un kent nüfusunun oluşumunda ve şekillenmesinde etkili olmuş, 1820-1920 aralığındaki yüzyıllık süreçte İstanbul'da her zaman binlerle ifade edilebilen bir göçmen kitlesi oluşmuştu.

İstanbul'a kentin yerleşimi ve nüfus ilişkisi açısından bakıldığında, tüm istila, yangın, dışa doğru tehcir, salgın hastalıklar ve başka siyasi kargaşaların kent nüfusunu azalttığı, buna karşın siyasi istikrar, barış dönemlerinin tesisi, ticaret ve zanaatın gelişmesi, bölgesel nüfus hareketleri ve kentteki beslenme ve su sıkıntısının giderilmesinin ise kent nüfusunu arttırdığı görülmektedir.

Cumhuriyet döneminde ise güvenilir nüfus sayımları dönemi başlamış ve ilk kapsamlı nüfus sayımı olarak kabul edilen, 1927 nüfus sayımına göre İstanbul'un o günkü belediye sınırları içinde 691.000 kişinin yaşadığı tespit edilmiştir. 1927 yılından bu yana Türkiye'nin nüfusu yaklaşık beş kat artarken, İstanbul'un nüfusu yirmi kat artış göstermiştir. Artış oranı özellikle 1950'den sonra hızla yükselmeye başlamış, aynı zamanda savaş sonrasında başlayarak nüfus kozmopolit yapısını kaybederek gittikçe homojenleşmeye başlamıştır (Cumhuriyet Sonrası İstanbul Demografisi, 2023). Bir başka

değişim, kırsal-kentsel nüfusta kendini göstermiş, 1927’de kırsal nüfus yüksek, kentsel nüfus düşükken, günümüzde ise kent nüfusunun artması yönünde eğilim gözlenmektedir.

Tarihsel kayıtlardan da anlaşılacağı üzere, doğal ve beşeri avantajların etkisiyle her daim cazibe merkezi olan İstanbul’un nüfusunda her ne kadar inişli çıkışlı süreçler yaşanmış olsa da, çekim merkezi özelliğini kaybetmeyerek, kentsel gelişmede yükselme ivmesine sahip olmuştur. Avantaj olarak görülen bu gelişme, beraberinde ani nüfus artışını da getirdiği için bugün km²’ye 3062 kişinin düştüğü oldukça yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bir kente dönüşmesine neden olmuştur (TÜİK, 2022).

Şehrin mekânsal büyüklüğü hakkında çeşitli kaynaklarda farklı değerler verilse de, 1950 yılından sonra hızlı bir büyüme yaşadığı görülmektedir. Şehir bu tarihten sonra birçok alanda olduğu gibi alansal olarak da hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Nüfusun dinamik yapısının sürekli değiştiği, 1950’li yıllarda meydana gelen nüfus patlaması ile göç hareketlerinin kentsel büyümede etkisi kaçınılmaz olmuştur. Nüfus artışı, mevcut yerleşim alanlarındaki nüfus yoğunluğunun artışı etkilerken, nüfus yeni yerlere yerleşmiş ve kenti yatay yönde, özellikle doğu-batı doğrultusunda geliştirmiştir. Merkezi lokasyonlar zamanla çok daha fazla merkezi iş bölgesi haline gelmiş ve bu bölgelerin çevresinde yeni cazibe merkezleri ortaya çıkmıştır. İstanbul’un merkezi alanları olan ticaret ve sanayileşme alanları lehine ilerleyen gelişme süreci, çevreye doğru yaşanan nüfus hareketi ile kentin su havzaları ve ormanlık sahalarını tehdit eder duruma gelmiştir. Son zamanlarda, Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri arasında kalan bölge İstanbul’da nüfus artışının en yoğun olduğu alanlar olmuştur (Yiğit ve Kanat, 2017).

Türkiye’de sanayi sektörü varlığının yarısından fazlasının Marmara Bölgesi’nde ve bölge içinde de en büyük payın İstanbul’da (Doğan, 2013) olduğu düşünülürse, bu hızlı büyümenin en büyük nedeninin ekonomi olduğu kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Hızlı büyümenin ve nüfus artışının getirmiş olduğu, doğal ve antropojenik ve özellikle yönetimsel-altyapısal sorunlar nedeniyle birçok kez idari bölünme konusunda değişimler yaşandığı anlaşılmaktadır. Nüfus artışı ve nüfusun dağılımına paralel olarak İstanbul’un ilçe sayısı da artmış, 1950 yılında 16 olan ilçe sayısı, 2008 yılında 39’a çıkmıştır. Çalışma dönemleri içinde, İstanbul’da ilçe sayısı değişimleri, 1992 ve 2008 yılında olmak üzere iki kez gerçekleştirilmiştir (Tablo 12). Ancak 1990 öncesi dönemlerde de dönemin ihtiyaçlarına yönelik değişimlerle, ilçe yapılan merkezler de (1954 yılında Şişli, 1957 yılında

Zeytinburnu, 1963 yılında Gaziosmanpaşa.. gibi) bulunmaktadır. Yeni ilçelerin eklenmesiyle ya da mevcut bazı ilçelerin bölünmesiyle sayının arttığı/azaldığı görülmektedir. Kentte 1950 yılından itibaren çeşitli nedenlerle nüfusun yığılması ve bu nüfusun İstanbul'un belirli bölgelerine yayılması nedeniyle yeni ilçeler kurulmuştur. İstanbul'un ilçe sayısı ve nüfusunun ilçelere göre dağılımında görülen değişim, şehirde nüfusun mekânsal dağılımında çok kuvvetli bir hareketliliğin yaşandığını da göstermektedir (Gökburun, 2017).

Tablo 12

Tarihlere göre İstanbul ilçelerinin toplam nüfusları (TÜİK)

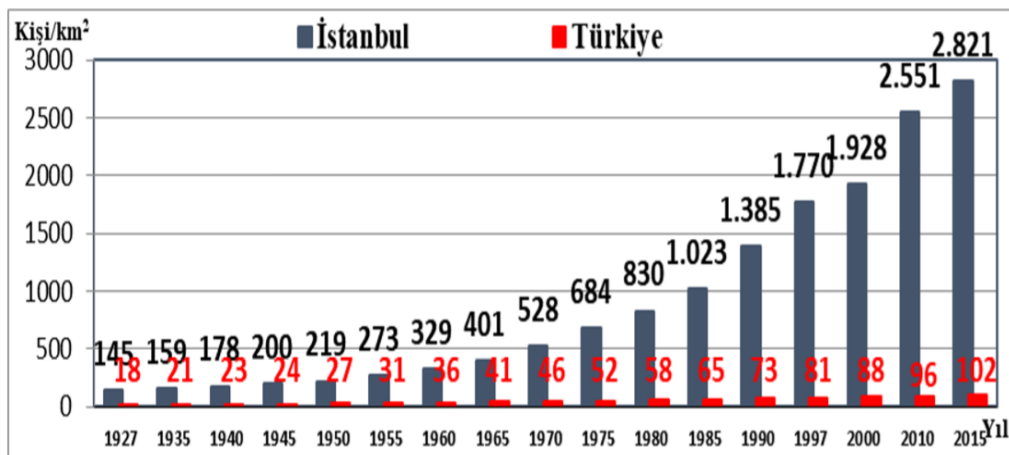
İLÇELER	1990	2000	2007	2012	2018
ADALAR	19.413	17.760	10.460	14.552	16.119
ARNAVUTKÖY	*	*	*	206.299	270.549
ATAŞEHİR	*	*	*	395.758	416.318
AVCILAR	*	233.749	323.596	395.274	435.625
BAĞCILAR	*	556.519	719.267	749.024	734.369
BAHÇELİEVLER	*	478.623	571.711	600.162	594.053
BAKIRKÖY	1.328.276	208.398	214.821	221.336	222.668
BAŞAKŞEHİR	*	*	*	316.176	427.835
BAYRAMPAŞA	212.570	246.006	272.196	269.774	271.073
BEŞİKTAŞ	192.210	190.813	191.513	186.067	181.074
BEYKOZ	163.786	210.832	241.833	246.352	246.700
BEYLİKDÜZÜ	*	*	*	229.115	331.525
BEYOĞLU	229.000	231.900	247.256	246.152	230.526
BÜYÜKÇEKMECE	142.910	384.089	688.774	201.077	247.736
ÇATALCA	64.241	81.589	89.158	63.467	72.966
ÇEKMEKÖY	*	*	*	193.182	251.937
EMİNÖNÜ	83.444	55.635		*	*
ESENLER	*	380.709	517.235	458.694	444.561
ESENYURT	*	*	*	553.369	891.120
EYÜPSULTAN	211.986	255.912	325.532	356.512	383.909
FATİH	462.464	403.508	422.941	428.857	436.539
GAZİOSMANPAŞA	393.667	752.389	890.522	488.258	487.046
GÜNGÖREN	*	272.950	318.545	307.573	289.331
KADIKÖY	648.282	663.299	744.670	521.005	458.638
KAĞITHANE	269.042	345.239	418.229	421.356	437.026
KARTAL	611.532	407.865	541.209	443.293	461.155
KÜÇÜKÇEKMECE	479.419	594.524	785.392	721.911	770.317
MALTEPE	*	355.384	415.117	460.955	497.034
PENDİK	295.651	389.657	520.486	625.797	693.599
SANCAKTEPE	*	*	*	278.998	414.143

Tablo 12'nin devamı

SARIYER	171.872	242.543	276.407	289.959	342.503
ŞİLİVRİ	77.599	108.155	125.364	150.183	187.621
SULTANBEYLİ	*	175.700	272.758	302.388	327.798
SULTANGAZİ	*	*	*	492.212	523.765
ŞİLE	25.372	32.447	25.169	30.218	36.516
ŞİŞLİ	250.478	270.674	314.684	318.217	274.289
TUZLA	*	123.225	165.239	197.657	255.468
ÜMRANİYE	301.257	605.855	897.260	645.238	690.193
ÜSKÜDAR	395.623	495.118	582.666	535.916	529.145
ZEYTİNBURNU	165.679	247.669	288.743	292.407	284.935

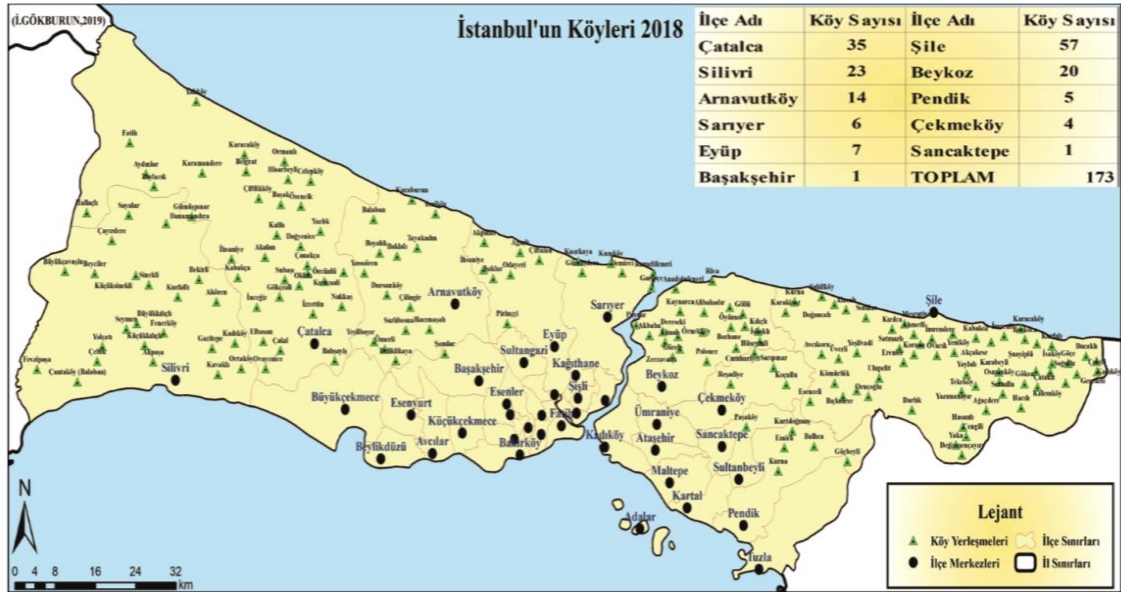
* Tabloda sarı renk 1992'de ilçe olan, yeşil renk 2008'de ilçe olan, pembe renk ise ilçe statüsü kaldırılan merkezleri göstermektedir.

İstanbul gibi metropollerde gözlenen bu hızlı kentleşmenin nüfus yoğunluğu, çevre sorunları, hizmet sunmada yetersizlik/kalitesizlik, suç oranında artış, yaşam koşullarının bozulması, kültürel çatışma, gecekondulaşma/çarpık kentleşme ve trafik gibi sonuçları ortaya çıkabilmektedir. Bu durum kısa sürede birçok insanın, mekânsal sınırı olan bir bölgeye aniden yığılması sonucu yaşanmaktadır. 1927-2015 aralığında İstanbul nüfusunun değişimine yönelik yapılan değerlendirmede, Türkiye ve İstanbul'un nüfus yoğunlukları karşılaştırılmış ve günümüze yakın tarihte oluşturulan grafik incelendiğinde, arada büyük farkın olduğu görülmüştür. 1927 yılında Türkiye nüfus yoğunluğu 18, İstanbul'un 145, 2015 yılında ise Türkiye'de nüfus yoğunluğu 102, İstanbul'un 2821'dir (Şekil, 51). 2023 yılı itibariyle bu rakamlar daha da artmıştır.



Şekil 51. Türkiye ve İstanbul'un Aritmetik Nüfus Yoğunluğu (Gökburun, 2017)

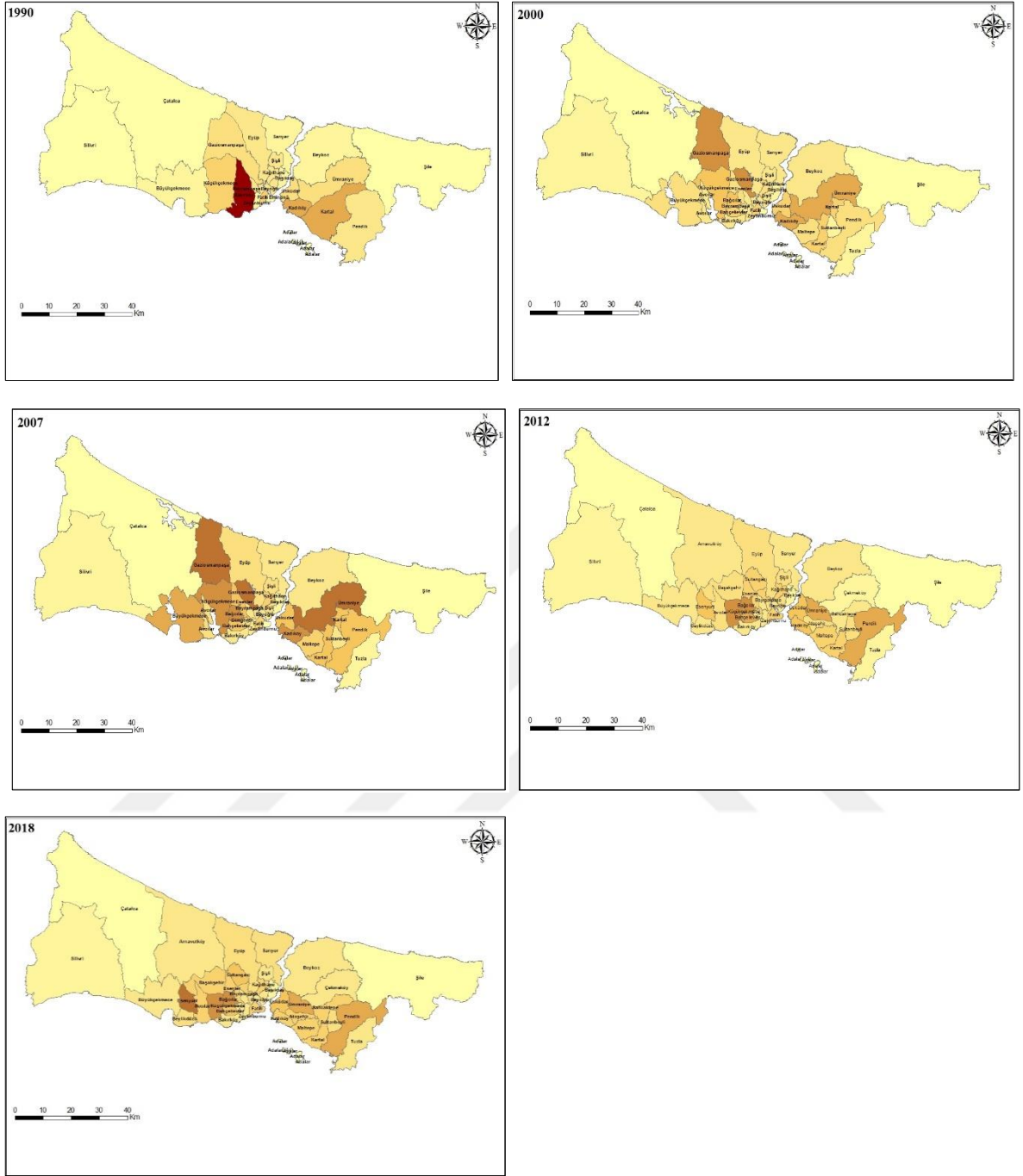
İstanbul’da nüfus ve kentleşmeyi sadece nüfusun yoğun olduğu alanlar ölçeğinde incelemek yeterli olmamaktadır. Metropol bir kentten söz ediliyorsa, ilin sınırları içinde bulunan ve köyden, mahalleye, mahalleden, ilçeye evrilen kentsel alanları da bu bağlamda kapsama almak gerekmektedir. Kentin güneyinde ve boğaz kenarında başlayan nüfuslanma ve kentleşme sürecinin zamanla çevreye doğru yayıldığı, Cumhuriyet sonrası kırsal yerleşmelerin nüfus artışıyla birlikte zamanla büyüdüğü ve bazılarının ilçeye dönüştüğü söylenebilir. İl genelinde köy sayılarına yönelik eski-yeni karşılaştırması yapıldığında, köy sayısında düşüşün olduğu, bununda bazı köylerin kentsel alana dâhil edilmesiyle mahalle ya da belde statüsüne dönüşmesinden kaynaklandığı söylenebilir (Doğan ve Gökburun, 2019). Günümüzde nüfusun seyrek, kentleşmenin daha az olduğu ve köy sayısının fazla olduğu ilçeler, İstanbul’un dış çevresel bölgesi olarak ifade edilen, Şile, Çatalca, Silivri, Beykoz ve Arnavutköy’de bulunmaktadır (Şekil 52).



Şekil 52. İstanbul’un köyleri (Doğan ve Gökburun, 2019)

Nüfus ve şehirleşme odağında, kentin değişim sürecinin ele alınması ve buna yönelik planlamaların yapılması kapsamın tamamlayıcılığı yönünden önemli görülmektedir. 1990-2018 aralığındaki 28 yıllık süreçte, CORİNE yıllarına karşılık gelen yıllarda ilçelerin toplam nüfuslarının dağılımını gösteren haritalar oluşturuldu. 1990 yılı haritasında boğazın güney kesimlerine karşılık gelen ilçelerde nüfusun arttığı, bu bölgelerde tarihsel dönemlerde de yığılma olduğu, doğu-batı-kuzey yönlere gidildikçe nüfus miktarında azalmanın meydana

geldiği görülmektedir. Bu dönemde ilçe sayısı 24 olan kentin, en fazla nüfusa sahip ilçesi, 1.328.276'lık nüfusuyla Bakırköy'dür. Nüfusu bir milyonu aşan Bakırköy'ü, bu dönemde Kartal ve Kadıköy takip etmektedir. 2000 yılı toplam nüfus ve dağılışı ekseni incelendiğinde 752.389'luk nüfusu ile Gaziosmanpaşa ilçesinin bu dönemde İstanbul'un en fazla nüfusa sahip ilçesi olduğu görülmektedir. Özellikle yoğun göçle birlikte, gecekondulaşmanın da oldukça fazla olduğu ilçe hızlı büyüme örneklerinden biridir. Konumu itibariyle kuzeyde bulunan ilçe, göç hareketinin de güneyden kuzeye kaymasına örnek teşkil etmektedir. 2000 yılında, Kadıköy ve Ümraniye toplam nüfusları fazla olan diğer ilçelerdir. 1990 yılında en fazla nüfusa sahip olan Bakırköy ilçesi, sınırlarından Küçükçekmece, Bahçelievler, Bağcılar ve Güngören yerleşimlerinin ayrılıp, ilçe olmasıyla küçülmüş ve nüfusu 208.398'e gerilemiş ve toplam ilçe sayısı 32'ye yükselmiştir. İlçelerde 1990'lı yıllarda uygulanan bölünme işlemleri nüfusun göreceli olarak dengeli dağıldığı izlenimi verebilir. Ancak, oluşturulan haritalar ve yapılan nüfus çalışmalarından da anlaşılacağı üzere, İstanbul'un nüfusu çoğunlukla artış eğilimi göstermiş, yoğunluk ve yığılma sorunu bu dönemde de devam etmiştir. 2007 yılında ise, 897.260'lık nüfusu ile Ümraniye, İstanbul'un en kalabalık ilçesi olmuştur. Bu ilçeyi, Gaziosmanpaşa ve Bağcılar ilçeleri takip etmektedir. Toplam ilçe sayısı bu dönemde değişmemiştir. Gaziosmanpaşa ve Ümraniye dışında nüfus daha çok güney kesimlerde yoğunlaşmıştır. 2012 yılında, 8 yeni ilçenin eklenmesiyle 39'a yükselen ilçe sayısının nüfus dağılışı etkilediği görülmektedir. Bağcılar 749.024'lük nüfusuyla bu dönemde en fazla nüfusa sahip ilçe olmuştur. Bu ilçeyi, Küçükçekmece, Ümraniye, Pendik, Bahçelievler ve Esenyurt takip etmektedir. Eminönü ise 2008 yılında ilçe statüsünden çıkarılarak, Fatih ilçesine bağlanmıştır. 2018 yılında 891.120 nüfusuyla Esenyurt en fazla nüfusa sahip ilçe konumuna gelmiştir. Bunun dışında, Küçükçekmece, Ümraniye, Pendik, Bağcılar ve Bahçelievler nüfusun bu dönemde fazla olduğu diğer ilçelerdir. Özellikle sanayi ve ticaret merkezlerinin yoğunlaştığı güneyde, iş merkezlerinin varlığı bu bölgeye göçü hızlandırmış ve nüfusun artmasına yol açmıştır. Günümüzde büyük çoğunluğunu farklı illerden insanların oluşturduğu bu bölgelerde nüfus artmaya devam etmektedir. 2012 ve 2018 nüfus dağılışlarında istisnalar olmakla birlikte belirtilen bölge dışında, genel olarak ilçe nüfuslarının arttığı söylenebilir (Şekil 53).



Şekil 53. İstanbul nüfus dağılışı haritaları

5.2. Arazi Kullanımı Değişimleri

Önceki bölümlerde de değinildiği üzere, İstanbul uzun yıllar boyunca göç almakta ve bu göçle birlikte nüfus hızla artmaktadır. Dolayısıyla şehirdeki arazi kullanımı bu yeni bina talebi ile değişmektedir. Yoğun taleple çehresi sürekli yenilenen İstanbul özelinde arazi kullanımının değişimi ile ilgili mekânsal boyutu farklılaşan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, Silivri (Yılmaz, 2009), Beykoz (Kara ve Karatepe, 2012), Beylikdüzü (Kayman, 2015), Büyükçekmece ve Küçükçekmece (Keçeli vd., 2008), Çatalca (Garipağaoğlu ve Duman, 2018), Pendik (Altundaş, 2018), gibi ilçe veya mahalle odaklı olabildiği gibi, tüm İstanbul'u kapsayacak şekilde de (Döker, 2012; Karlı, 2019; Çakır vd., 2008; Geymen ve Baz, 2007; Bozkurt vd., 2023) çalışmalar yapılmıştır. Uydu görüntülerinin temel veri kaynağını oluşturduğu çalışmalarda arazi kullanımının çevre üzerindeki etkisini (Doğru vd, 2020), ekolojik sürdürülebilirlik ile arazi kullanım ilişkisini (Menteşe, 2019) konu alan çalışmalar da bu kapsama dahil edilebilir.

İstanbul'un nüfusu son 28 yılda 2 kattan daha fazla artmıştır (TÜİK, 2022). Kuşkusuz bu artış arazi kullanım türlerinde de kendini göstermiştir. Tablo 13'de 1990 yılından, 2018 yılına beş arazi kullanım türündeki alansal değişimler incelendiğinde, tarım, orman ve yeşil alanlarda azalmanın, buna karşılık su varlığı ile yapay yüzeylerde artışın olduğu görülmektedir. İstanbul'da her ne kadar birçok dere ve gölet bulunsa da (Şekil 54), bu su kütleleri ihtiyaçları karşılayacak düzeyde olmadığı için yeni barajların yapılmasını gerekli kılmıştır. İSKİ tarafından oluşturulan İstanbul'un su kaynakları listesinde 8 su kaynağının 1990 yılından sonra yapıldığı görülmektedir. Arazi kullanım tablosundaki artış yönündeki fark, bu yeni su kütlelerinin eklenmesinden kaynaklanmaktadır (Tablo 14).

Tablo 13

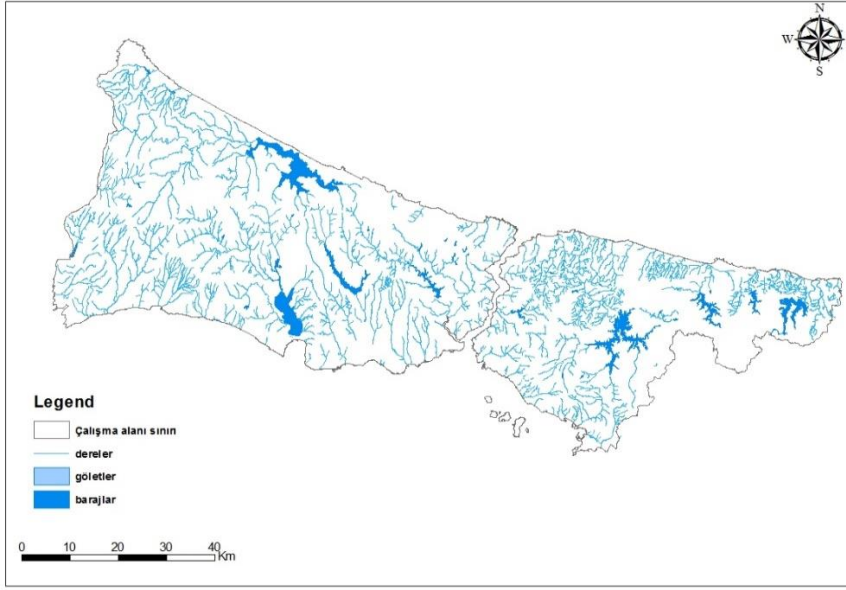
Corine arazi sınıflarının yıl bazlı toplam alanları (km²)

ARAZİ SINIFLARI	1990	2000	2006	2012	2018	Toplam Fark (1990-2018)
Su Varlığı	124,37	136,08	140,44	142,75	135,54	11,17
Tarım Alanları	1691,08	1557,97	1540,45	1508,98	1498,26	-192,82
Orman Alanları	2208,21	2239,27	2173,17	2248,43	2161,87	-46,34
Yapay Yüzeyle	679,59	983,74	1052,24	1096,86	1196,84	517,25
Yeşil Alanlar	759,71	545,90	556,66	465,94	470,45	-289,26

Tablo 14

İstanbul'un su kaynakları (İSKİ, 2021)

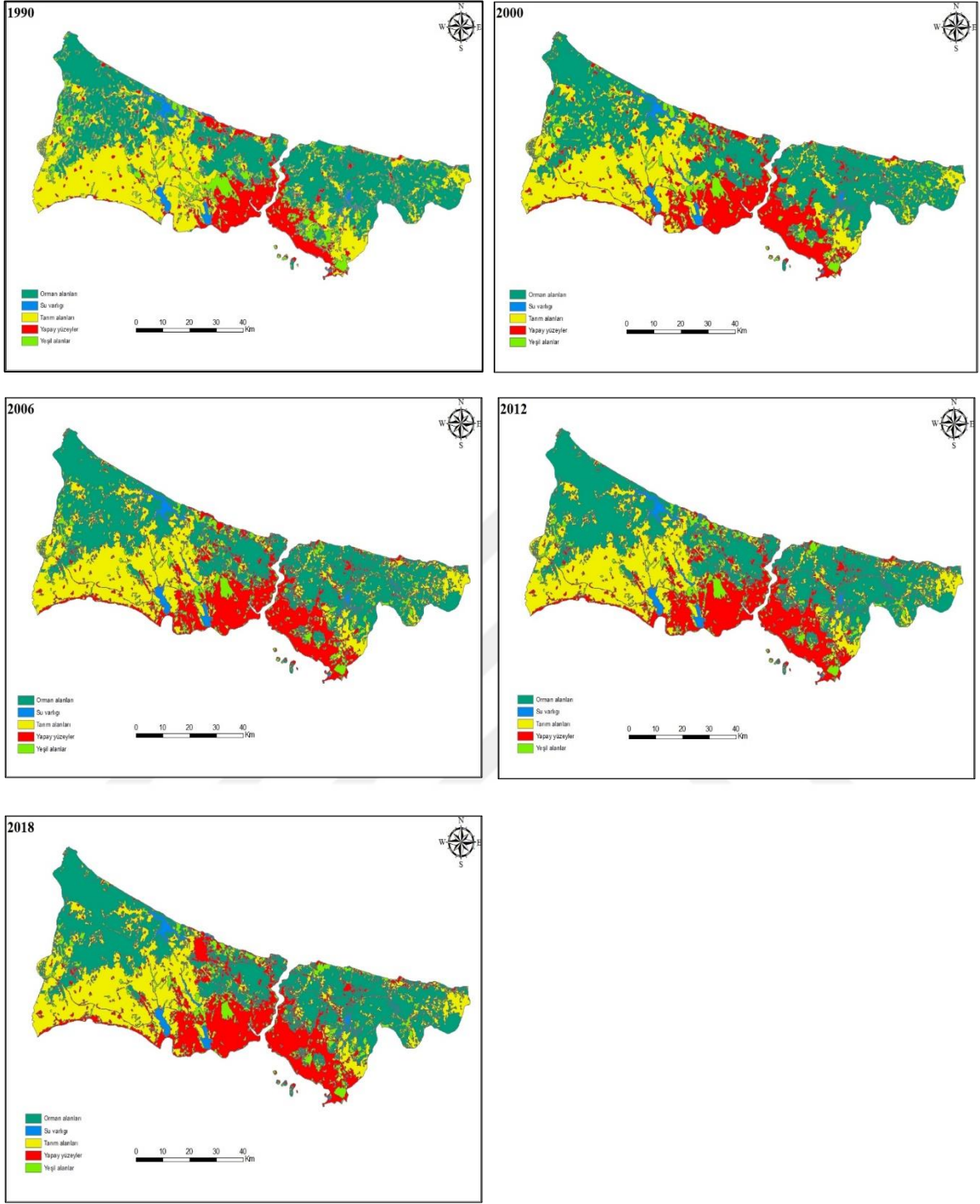
İstanbul'un Su Kaynakları	
Su Kaynağı	Hizmete Giriş Yılı
Ömerli Barajı	1972
Darlık Barajı	1989
Elmalı 1 ve 2 Barajları	1893-1950
Terkos Barajı	1883
Alibeyköy Barajı	1972
Büyükçekmece Barajı	1989
Sazlıdere Barajı	1998
Istrancalar (Düzdere Barajı ve 5 Baraj)	1995-1997
Kazandere Barajı	1997
Papuçdere Barajı	2000
Yeşilçay Regülatörü	2004
Melen Regülatörü	2007-2014
Yeşilvadi Regülatörü	1992
Şile Keson Kuyuları	1996



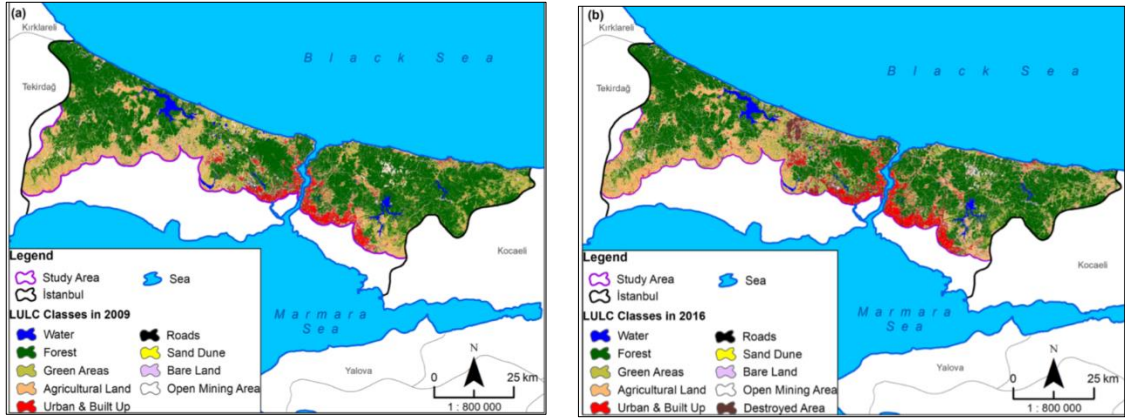
Şekil 54. İstanbul hidrografya haritası (İSKİ, 2021)

Metropol bir şehirde arazi kullanımında beklenildiği gibi bir diğer artış yapay yüzeylerde meydana gelmiştir. Cazibe merkezi olan ve sürekli göç alan büyük şehirlerde mesken ve işyeri ihtiyacına yönelik yeni yerleşim alanlarının oluşması ve şehrin farklı yönlerde genişlemesi kaçınılmazdır. Bu farkın 2000’li yılların başında daha hızlı olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 13). 1990 yılından, 2018 yılına yapay yüzeylerin mekânsal değişimine bakıldığında, İstanbul’un en yoğun nüfuslu ve sanayi/ticaret merkezlerinin bulunduğu güney kesiminde yıllar itibariyle genişleme olduğu anlaşılmaktadır. Avrupa yakasında, Beylikdüzü, Avcılar, Esenyurt ve Anadolu yakasında Ümraniye, Çekmeköy, Ataşehir, Sancaktepe, Sultanbeyli ve Pendik ilçelerinde yapay yüzeylerin dolayısıyla kentleşmenin arttığı görülmektedir. Aynı bölgelerde yapay yüzeylerin sonraki yıllarda da artmaya devam ettiği hatta Tuzla, Büyükçekmece, Başakşehir, Sultangazi gibi ilçelere doğru genişlediği söylenebilir. Yine 2000’li yıllardan başlayarak, Büyükçekmece ve Silivri kıyılarında yapılaşmanın artmaya başladığı ve sonraki yıllarda da oranını arttırdığı anlaşılmaktadır (Şekil 55). Kurt vd. (2011)’de, Landsat uydu verilerini kullanarak 1987 ile 2007 yıllarını kapsayan yirmi yıllık bir süre içerisinde İstanbul’un kıyı bölgelerinde yerleşim alanlarının % 35 oranında genişlediğini, tarım alanlarının % 31, orman alanlarının % 35, çalı/çimen olarak adlandırılan arazi sınıfının ise % 4 oranında azaldığını, kıyıda arazi kullanım değişikliğinin çoğunun Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı boyunca meydana geldiğini belirtmişlerdir.

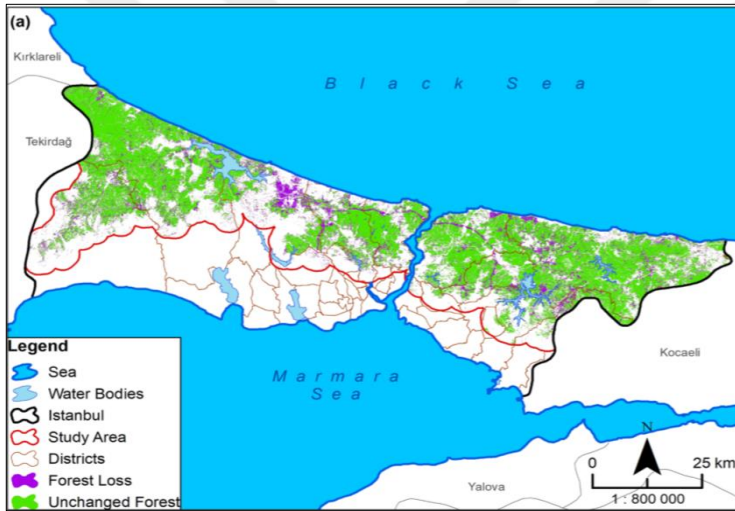
2018 yılında ise Aravutköy'de İstanbul Havalimanı'nın yapılması ile yapay yüzeylere bir yenisi eklenmiştir. Bir mekânda arazi kullanım türlerinin bazılarında artış görülüyorsa, bu diğerlerinde azalmanın olduğunu göstermektedir. İstanbul'da arazi kullanım haritaları yapılan bu 28 yıllık 5 haritada oransal olarak, tarım, orman ve yeşil alanlarda azalmanın olduğu görüldü (Tablo 13). Şehre yoğun talep nedeniyle oranı artan yapay yüzeylerin yıllar itibarıyla bu alanları işgal etmesi azalmanın başlıca sebebidir. Bunun dışında yangınlar ve kesim işlemleri de özellikle orman alanlarını azaltmaktadır. Ormanların güney kesimlerde büyük oranda yok olduğu, sadece kuzey ormanlarının varlık gösterdiği, ancak kuzeye doğru genişleyen yapay yüzeyler nedeniyle bu bölümün de azalmaya başladığı görülmektedir. Doğru vd. (2020)'de, Landsat uydu verileri kullanılarak, Kuzey ormanlarında ekosistemi büyük ölçüde tahrip eden mega arazi kullanım projelerinin (3. Köprü ve 3. Havalimanı Projeleri) özellikle ormansızlaşmaya ve yeşil alan kaybına sebebiyet verdiği, tarım arazilerinin de bu yapılaşmadan payını aldığı tespit edilmiştir (Şekil 56). Şehrin kuzeye genişlemesine örnek teşkil eden mega projeler nedeniyle, orman (Şekil 57), yeşil alan ve tarım alanı olmak üzere 3 arazi sınıfının alansal olarak azaldığı çalışmalarla belirlenmiştir. Bozkurt vd. (2023)'de, 1990 ve 2018 yılları arasında arazi örtüsü/kullanımı değişimleri Puyravaud arazi örtüsü değişim oranı ve sıcak nokta analiz yöntemlerine göre belirlenmiş ve İstanbul'da kentleşmenin en fazla doğu-batı doğrultusunda genişlediğini, tarım ve orman alanlarının giderek % 3 oranında azaldığını, sırasıyla % 0,2 ve % 6.66; kentsel alanların ise aynı oranda % 9,69 arttığını tespit etmiştir. Kentleşmenin dramatik bir şekilde, orman, doğa-yarı doğal ve tarım alanlarını dönüştürdüğünü ve gelecek yıllarda bunun oranını arttırarak devam edeceğini vurgulamıştır. Ormanlar ile yeşil alanların yıllar içinde çoğunlukla yapay yüzeylere ve tarım alanlarına dönüştüğü analizlerle ve haritalarla ortaya çıkarılmıştır (Şekil 58).



Şekil 55. Corine arazi kullanım haritaları



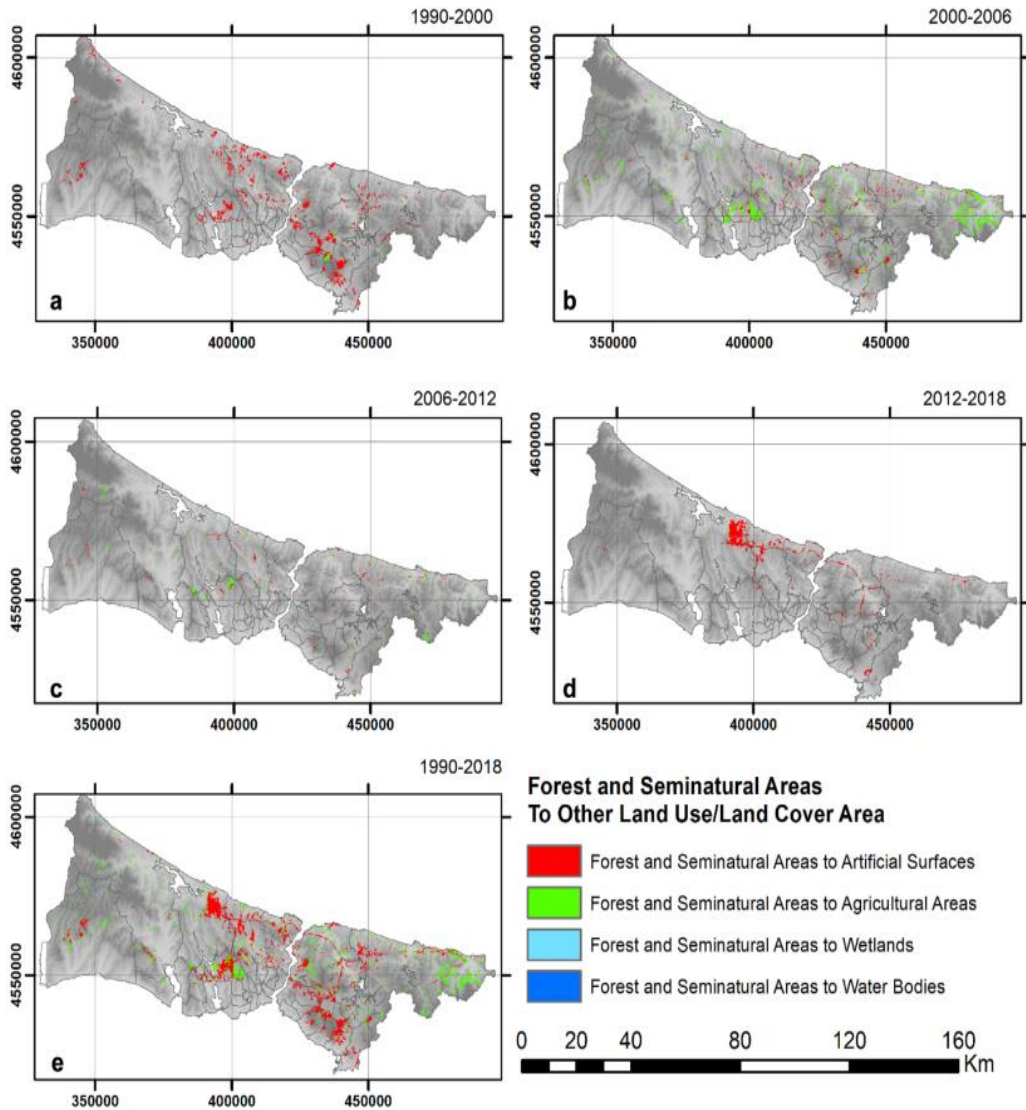
Şekil 56. İstanbul Kuzey Ormanlarının 2009 (a) ve 2016 (b) değişimleri (Doğru vd, 2020)



Şekil 57. İstanbul'da 2009'dan 2016'ya kadar toplam orman kaybı (Doğru vd., 2020)

Benzer durum her iki yakada bulunan tarım alanlarında da gözlenmektedir. 1990 yılında tarım alanı olarak tanımlanan Tuzla ve Pendik'in kuzeyi, Beylikdüzü, Esenyurt ve Büyükçekmece'nin arazi kullanım türü sonraki yıllarda yapay yüzeyler olarak tanımlanmıştır. Kapsamına yeşil kentsel alanlar, meralar, doğal çayırlar, bitki değişim alanları, seyrek bitki alanları ve iç bataklıkların girdiği yeşil alanların oranında bazı yıllarda küçük artışlar gözlense de 1990-2018 yılları karşılaştırıldığında $-289,26 \text{ km}^2$ 'lik azalmanın olduğu söylenebilir. Bataklıkların kurutularak yerleşim alanlarına yada tarım arazilerine, meraların, doğal çayırların yerleşim ve tarım alanlarına dönüştürülmesi ve diğer bitki alanlarının benzer sorunlarla karşı karşıya kalmaları bu arazi kullanım türünde oransal azalmaya yol açmıştır.

Sayısal veriler 2006 ve 2018’de artışın olduğunu gösterse de bunun yapay bitkilendirme çalışmaları sonucu oluşturulan yeşil kentsel alanlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. 1990 yılında yeşil alan olarak görülen Başakşehir, Esenler, Sultangazi ve Sultanbeyli ilçelerinde zamanla yeşil alanların yok olduğu ve kentsel alanlara dönüştüğü görülmektedir. Bunun örneklerini ilin farklı bölgelerinde de görmek mümkündür. Değişim/dönüşüm sadece kentleşme işgali şeklinde görülmemelidir. İstanbul’da yeşil alanların tarım alanlarına, ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürüldüğü örnekler de bulunmaktadır. Bazen de terk edilen tarım alanlarının, tekrar orman alanlarına dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 55).



Şekil 58. 1990-2008 yılları arasında orman ve yarı doğal alanlardan (Yeşil alanlar) diğer arazi kullanım/arazi örtüsü alanlarına değişimi gösteren haritalar (Bozkurt vd., 2023)

5.3. Arazi Kullanımı ve Biyoklimatik Konfor İlişkisi

Biyoklimatik konfor çalışmalarının zamansal ve mekânsal ekseninde değişimleri ele alınırken enlem, denize uzaklık, yükselti, yerçekli gibi çevresel doğal faktörlerin yanısıra kentleşme, arazi kullanım türleri, nüfus, yerleşme türü, hava kirliliği gibi antropojenik kaynaklı faktörlerde ele alınmaktadır. Konforun hangi şartlarda ne tür faktörlere göre şekillendiğini ortaya çıkarmak amacıyla bu değişkenlerin bazen biri bazende birkaçı çalışmalarda kullanılabilir. Çalışma kapsamında elde edilen konfor indisi bulguları ile CORİNE yılları arazi kullanım haritaları ArcGIS 10.5 programında analiz edildi ve bu iki kavram arasında ilişkinin olup olmadığına bakıldı. Analizler sonucunda yıllık ve aylık olarak arazi türlerine göre konfor durumunu gösteren alanların % ve km² olarak oranları tablolarda gösterildi. Böylece biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekânsal dağılımı elde edildi. 1990 yılı yıllık analizlerinde, bütün arazi sınıflarında % 90'ın üstünde konforsuzluk tespit edildi. Arazilerin çok az bölümünde konforlu bölgeler bulunmakla birlikte, bunların oranı % 0,24-5,54 arasında değişmektedir. 1990 yılının Aralık, Ocak, Şubat, Mayıs, Ekim ve Kasım aylarında ilin genelinde bütün arazi sınıflarında konforsuz koşullar hakimdir. Buna karşılık, Mart ayında bütün arazi sınıflarında % 90'ın üstünde konforlu alanlar, Nisan ayında bütün arazi sınıflarında daha dar alanlı konforlu bölgeler tespit edildi. Nisan ayında konforlu bölge oranı % 39,4'le en fazla tarım alanlarında görüldü. Haziran ve Eylül aylarının tamamı, Temmuz ve Ağustos aylarının ise çoğunluğu konforludur (**Ek 1**). 2000 yılında ise, ilin bütün arazi sınıflarında % 100 oranında konforsuzluk tespit edildi. Bu yılda, Ocak, Nisan, Ekim, Kasım aylarında arazi sınıfları tamamen konforsuz, Aralık, Şubat, Mart, Mayıs aylarının çoğunluğunda konforsuz, Haziran ve Eylül aylarının tamamında konforlu, Temmuz ve Ağustos aylarının çoğunluğunda konforlu koşullar tespit edildi (**Ek 2**). 2006 yılı, yıllık analiz sonuçlarında, arazi sınıflarının tamamında konforsuz, yine Ocak, Şubat ve Kasım aylarının tamamında konforsuz, Aralık, Mart, Nisan ve Ekim aylarının çoğunluğunda konforsuz, Haziran, Temmuz, Eylül aylarının çoğunluğunda konforlu koşullar tespit edildi. Arazi sınıflarında konforsuzluğun hakim olduğu Mayıs ayında, % 48,83'le en fazla konforlu alan yapay yüzeylerde belirlendi. Ağustos ayında ise tarım alanlarının % 60,87'si konforluyken, diğer arazi sınıflarında bu oran % 20,89-48,27 arasında değişmektedir (**Ek 3**). 2012 yılı analiz sonuçlarında, yıllık karşılaştırma bütün arazi sınıflarında konforsuzluğun yaşandığını ortaya çıkardı. Aralık, Ocak, Şubat ve Kasım aylarının tamamında arazi sınıfları konforsuz, Mart ayının ise çoğunluğunda konforsuz

koşullar hâkimdir. Diğer aylarda arazi sınıflarına göre konforlu/konforsuz alanlarda değişkenlikler görüldü. Nisan ayında en fazla konfor oranı % 56,14 ile yapay yüzeylerde oluşurken, diğer arazi türlerinde % 19,52- 40,83 aralığında konforlu alanlar belirlendi. Nisan'da konforsuzluk en fazla tarım alanlarında oluştu. Mayıs ayında da en fazla konfor % 73,96'la yapay yüzeylerde bulunurken, onu su varlığı ve yeşil alanlar takip etti. Haziran ayında arazi sınıflarının oransal olarak yarısından fazlasında konforlu alanlar bulundu. Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında konforlu alanlar en fazla yapay yüzeylerde tespit edilirken, bu arazi sınıfını su varlığı ve yeşil alanlar takip etti (**Ek 4**). 2018 yılı konfor haritaları ile arazi kullanım haritaları analiz edildiğinde, yıllık analizler yine bütün arazi sınıflarında konforsuzluk olduğunu gösterdi. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Kasım aylarında arazi sınıflarının tamamı konforsuz, Ağustos ayının çoğunluğunda konforsuz, Haziran ve Eylül aylarının çoğunluğunda konforlu ortam koşulları gösterdi. Nisan ayında ise % 25,87 lik oranla en fazla konforlu alan yapay yüzeylerde ortaya çıktı. Mayıs ayında yapay yüzeyler ve su varlığı, Temmuz ayında orman alanları, Ekim ayında yapay yüzeyler ve yeşil alanlar konforlu bölge oranının en yüksek olduğu arazi sınıflarıdır (**Ek 5**).

Biyoklimatik konfor sınıflandırmasının bir diğeri olan PET konfor indeksi analizleri ile arazi kullanım sınıfları arasındaki ilişki de incelendi ve arazi sınıflarına göre değişim oranları hesaplanarak, tablolar şeklinde düzenlendi. 1990 yılı analizlerine göre yıllık bulgular arazi sınıflarında yapay yüzeyler hariç hepsinde soğuk stresinin yaşandığını gösterdi. Yapay yüzeylerin % 51,71'de serin, % 48,29'da soğuk stresini gösterdi. Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında arazi sınıflarının büyük kısmında farklı derecelerde soğuk stresi belirlenirken, özellikle Kasım ayında yapay yüzeylerde serin stresinin diğerlerinden daha yüksek olduğu tespit edildi. Yine Nisan ayında diğer dört arazi türünde serin stresi yaşanırken, yapay yüzeylerin % 81,86'da hafif serin stresi gözlemlendi. Mayıs ayında hafif serin stresi baskınken, konforlu alan oranı yok denecek kadar azdır. Haziran ayında yapay yüzeyler hariç, diğer arazi sınıflarında % 80'nin üstünde konfor sağlanırken, bu oran yapay yüzeylerde % 59,72'ye gerilemiştir. Haziran ayında yapay yüzeylerin % 40,28'inde hafif sıcak stresi ortaya çıktı. Temmuz ayında bütün arazi sınıflarında hafif sıcak stresi hakimdir. Ağustos ayında konforlu alanlar en fazla ormanlık alanlarda oluştu. Eylül ve Ekim aylarında hafif serin ve serin stresi bütün arazi sınıflarında oluştu (**Ek 6**). 2000 yılında ise, yıllık bulgulara göre arazi sınıflarının çoğunluğunda serin stresi hakimdir. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Kasım aylarında soğuk stresi baskındır. Kasım ayında diğer arazi sınıflarına göre yapay yüzeylerde soğuk

stresi oranı daha azdır. Nisan'da bütün arazi sınıflarında baskın stres grubu hafif serindir. Nisan ayında çok düşük olan konfor durumu, Mayıs ayında artmaya başlamış ve en yüksek oranı yapay yüzeyler ile su varlığı sınıflarında göstermiştir. Haziran ayında bütün arazi sınıflarında konforlu bölgelerde artış gözlemlendi. Ancak bu artışın en az olduğu arazi sınıfı %50,91 ile yapay yüzeyler oldu. Temmuz ve Ağustos ayları bütün sınıflarda sıcaklık stresinin yaşandığı aylardır. Eylül'de arazi sınıflarında konfor tekrar artmaya başladı, en fazla artış % 91,03 ile tarım alanlarında meydana geldi. Ekim ayında bütün arazilerde serin stres görüldü (**Ek 7**). Arazi sınıflarının yıllık analizinde soğuk stresinin hüküm sürdüğü 2006 yılında, yine mevsim normallerine göre, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Kasım aylarında farklı derecelerde soğuk stres görülmektedir. Geçiş dönemi niteliğindeki Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim aylarında ise arazi sınıflarında Serin-Hafif serin stres hâkimdir. Mayıs ve Haziran aylarında başlayan konforlu alanlar oldukça az olmakla birlikte, Haziran ayında en fazla oranı 6,42 ile yapay yüzeylerde göstermektedir. Diğer yıllarda olduğu gibi arazi sınıfları Temmuz ve Ağustos ayında hafif sıcak stres yaşanmaktadır (**Ek 8**). 2012 yılı, yıllık analizinde serin-soğuk stresinde oransal değişiklikler gözlemlendi. Serin stres oranının bütün arazi sınıflarında daha yüksek olduğu ama yapay yüzeyler ile yeşil alanlarda en fazla düzeyde çıktığı görülmektedir. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Kasım ayları bir önceki yılda olduğu gibi farklı derecelerde soğuk stres yaşamaktadır. Kasım ayında % 71,62 ile yapay yüzeylerde soğuk stresinin oranı daha düşük çıkarken, diğer arazi sınıflarında % 90'nın üstünde oluştu. Geçiş ayları niteliğinde olan Nisan ve Ekim aylarında serin-hafif serin stres yaşanırken, Temmuz ayında sıcak-hafif sıcak stres yaşanmaktadır. Bu yılda sıcak stresinin yaşandığı alan oranında önceki yıllara göre artış görülmektedir. Mayıs ayında başlayan konforlu alan oluşumu, en fazla % 76,84 ile yapay yüzeylerde, en az ise % 28,28 ile tarım alanlarında meydana gelmektedir. Bu oranlar Haziran ayında değişmekle birlikte, yapay yüzeylerdeki konforlu alanların % 4,69'a düştüğü, % 41,33 ile en fazla oranına ormanlık alanlarda ulaştığı anlaşılmaktadır. Temmuz ayının geneli sıcak/hafif sıcak stres altındadır. Bu ayda sıcak stres oranında bütün arazi sınıflarında artış gözlemlendi. Oranın en yüksek olduğu sınıf %71,96 ile yapay yüzeylerdir. Hafif sıcak stres ile konforun birlikte yaşandığı Ağustos ayında, en yüksek konfor oranı % 36,48 ile orman alanlarında görülürken, en düşük oran % 1,56 ile yapay yüzeylerde görülmektedir. Konfor oranlarının yüksek seviyede nitelendirilebileceği Eylül ayında, yapay yüzeyler ile yeşil alanlar % 80'nin üstünde konforlu alan sunmaktadır. Bu ayda, tarım ve orman alanları diğer arazi sınıflarına göre daha düşük oranda konfor alanı göstermektedir (**Ek 9**). Arazi sınıflarının 2018 yılı konfor analizinde serin stresinin yaygın

olduğu ancak ormanlık alanlarda soğuk stresi oranının diğer sınıflardan daha yüksek çıktığı görülmektedir. Kasım ayından, Mart ayına kadar farklı derecelerde soğuk stresi bütün arazi sınıflarında görülmektedir. Nisan ayında serin-hafif serin stresi görülmekle birlikte, bu stres türleri yapay yüzeylerde, diğer sınıflardan farklı bir durum sergilemektedir. Bu arazi sınıfı en düşük serin stresi oranına sahipken, aynı zamanda en yüksek hafif serin oranını göstermektedir. Mayıs ayında başlayan konforlu alan oluşumu % 63,76 ile en fazla yapay yüzeylerde görülmektedir. Bu ayda tarım ve orman alanlarında düşük konfor, yüksek hafif serin stresi tespit edildi. Haziran ayında konfor oranı bütün arazi sınıflarında artarken, yapay yüzeylerde belirgin bir şekilde azalarak % 24,91'e gerilemiştir. Bu ayda yapay yüzeylerin % 74,92'si hafif sıcak stresi altındadır. Temmuz ve Ağustos aylarında konforlu alanlarda azalma görülürken, arazi sınıflarında hafif sıcak stresi artmaktadır. Konforlu alanlarda nispeten artışın gözleendiği Eylül ayında, % 64,42 ile en yüksek oran yapay yüzeylerde, en düşük oran ise % 18,11 ile tarım alanlarında tespit edildi. 2018 yılı Ekim ayında, bütün arazi sınıflarında serin stresi tespit edildi (**Ek 10**).

İki farklı konfor sınıfı ile arazi sınıflarının yıllık ve aylık analiz sonuçlarına göre;

- Biyoklimatik konfor verisi üzerinden yapılan yıllık karşılaştırma analizlerinde, konfor sınıflandırmasında kayda değer bir fark tespit edilemedi. Bütün arazi sınıflarında konforlu alanlar yok denecek kadar az olup, sadece 1990 yılında tarım alanlarında % 5,54'lük ve yeşil alanlarda % 3,1'lik konforlu alan tespit edildi.
- Arazi sınıflarında görülen konforlu bölgelerin yıllara göre aylık sayıları değişkenlik göstermektedir. 1990'da 6 ayda, 2000'de 8 ayda, 2006'da 9 ayda, 2012'de 8 ayda, 2018'de 7 ayda konforlu bölgeler tespit edildi. Bu ayların bazılarında konforlu bölgelerin oranı % 0-5 arasında değişkenlik göstermektedir.
- FES konforu yıllık analiz sonuçlarında ise, 1990 yılından 2018 yılına kadar arazi sınıflarında soğuk stresinin azaldığı, serin stresinin oransal olarak arttığı ancak bu durumun 2006 yılı için geçerli olmadığı söylenebilir. 2006 yılında soğuk stresi oransal olarak bütün arazi sınıflarında artış gösterdi.
- FES konforu ve arazi sınıfları analizine göre, konforlu alan tespit edilen ay sayısı, 1990'da 3 ay, 2000'de 5 ay, 2006'da 2 ay, 2012'de 4 ay, 2018'de 5 ay olarak tespit edildi.
- Arazi sınıflarının tamamında 2006 yılı konfor oranında belirgin azalma tespit edildi.

- Arazi sınıflarının konfor oranının bütün yıllarda, Haziran ve Eylül aylarında yüksek olduğu belirlendi.
- Orman alanlarında FES analizine göre en yüksek konfor oranı 1990 yılı Haziran ayında tespit edilirken, bu oran sonraki yıllarda hem azaldı hem de daha geniş bir zaman aralığına (4-5 aylık dönem) yayıldı. Biyoklimatik konfor sınıflandırmasında ise çoğunluğu Haziran-Eylül aralığına karşılık gelen konforlu dönem bulunmakla birlikte, belli bir değişime işaret eden fark bulunamadı.
- Su varlığı ve Tarım alanları arazi sınıflarının FES analizine göre, konfor 1990 yılında iki ay ile sınırlıyken, ilerleyen yıllarda daha geniş bir zaman aralığına (4-5 aylık dönem) yayıldığı görüldü. Ancak su varlığının konfor oranlarında artma ve azalma yıllar itibariyle değişkenlik gösterdi. Orman alanlarında olduğu gibi, biyoklimatik konfor sınıflandırmasında çoğunluğu Haziran-Eylül aralığına karşılık gelen konforlu dönem bulunmakla birlikte, belli bir değişime işaret eden fark bulunamadı.
- Yapay yüzeylere yönelik yapılan FES analizinde, soğuk ve serin stresi diğer arazi sınıflarına göre daha düşük çıkmıştır. Buna karşılık sıcak stresi diğer arazi sınıflarından daha yüksektir. Biyoklimatik konfor sınıflandırmasında bu şekilde bir fark gözlenmedi.
- Yeşil alanların konfor analizleri ile karşılaştırılması yapıldığında, her iki konfor indisi de diğer arazi sınıflarının sonuçlarını gösterdi. 1990 yılında konforlu iki ay tespit edilirken, 2018’de konforlu beş ay tespit edildi.

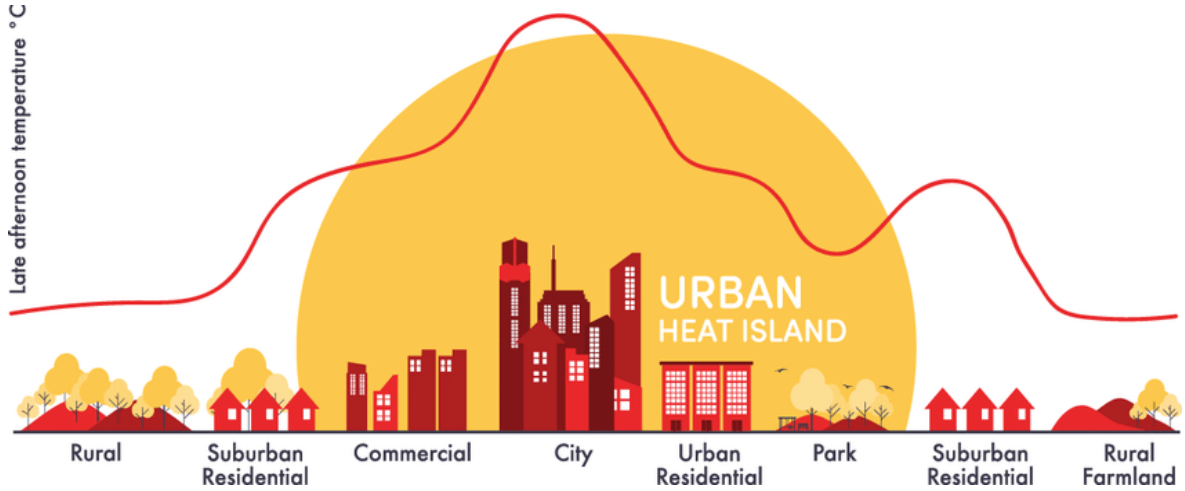
Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular, biyoklimatik konfor sınıflandırmasının arazi sınıflarına göre anlamlı değişkenlik göstermediğini, zamansal ve mekânsal farkları yansıtmadığını göstermiştir. Yıllık sonuçlarda belirgin bir şekilde gözlenen homojen yapı, aylıklarda biraz farklılaşabilmektedir. 1990 yılından 2018 yılına kadar bu indis sınıflandırması 5-8 arası konforlu ay oluşturmakla birlikte, bu konfor oranlarının en fazla veya en az olduğu aylar değişkenlik göstermektedir. Orman, tarım ve yeşil alanlardaki azalmanın, konfor oranlarına direkt yansımadağı görüldü. FES konforu ise arazi sınıflarıyla analiz edildiğinde tam olmasa da, daha belirgin sonuçlar çıkardı. Örneğin ormanlık alanlarda 1990 yılında konfor oranı yüksekken, diğer yıllarda düşüş eğilimi gösterdi. Ancak her iki konfor analizi de arazi sınıflarında görülen konforlu ay sayısını artırırken, konfor oranlarını farklılaştırdı. Konforlu alanların maksimumu yıllar itibariyle değişkenlik gösterdi. Bu durum konforun sadece arazi sınıflarının oransal değişimine değil, iklimsel değişikliklerden ya da

daha dar alanlı yerel farklardan da etkilendiğini gösterdi. Kentleşmenin yapay yüzeylerin konfor durumu üzerinde bütün yılları kapsayan belirgin etkisi gözlenmemekle birlikte, diğer arazi sınıflarına göre, soğuk ve serin stresini daha az, sıcak stresini daha fazla yansıtması, çevrelerine göre nispeten sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu alanlara dönüştüğünü göstermektedir. Bu özellik konfor açısından, soğuk dönemlerde avantaj, sıcak dönemlerde dezavantaj sağlamaktadır.

İstanbul'un metropol kent karakteri, artan nüfus ve talepleri nedeniyle arazi kullanım değişikliklerini de beraberinde getirmekte, bu kentsel dinamik kent iklimi ve biyoiklim koşullarının zamanla farklılaşmasına neden olabilmektedir. İstanbul'un en yoğun nüfuslu ve kentsel yerleşiminde en fazla olduğu güneyi ile kuzeyde bulunan ve ormanlık alanların daha yaygın olduğu az nüfuslu alanları arasında birçok yönden farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Karaca vd., (1995)'te, kentin en yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş güney bölgesinde, kırsal kesimlere göre kentsel istasyonlarda önemli bir sıcaklık artış eğilimi, kuzeydeki istasyonlarda ise soğuma eğilimi tespit etmiştir. İstasyonların buldukları konum iklimsel ve biyoklimatik karşılaştırma bakımından fikir vermektedir. Güneyde bulunan Göztepe ve Florya gibi kentsel istasyonlar ile Bahçeköy ve Kumköy gibi kırsal istasyonlar arasında, kentleşmenin oldukça arttığı, özellikle 1980 sonrasında yüzey sıcaklıklarında aylık farklar olduğu bulunmuştur. 1990-2018 yılları arası sıcaklık ortalamaları incelendiğinde, kentsel alan istasyonları olan Kadıköy Rıhtım, İstanbul Den.Bil.Ens., Florya, İstanbul Bölge, Kartal İstanbul, İTÜ Maslak Yerleşkesi istasyonlarının sıcaklıklarının kırsal bölge istasyonları olan, Şile, Çatalca Radar Sahası, Silivri, Kumköy Kilyos istasyonlarına göre yüksek olduğu görüldü. Kentsel-Kırsal istasyonlar arasında hesaplanan FES değerleri üzerinden de farklar gözlemlendi. Kentsel alanlardaki sıcaklık dolayısıyla FES artışı ortam koşullarının bu bölgelerde çevrelerinden daha farklı olduğunu göstermektedir. Bu fark, günümüzde sıklıkla çalışmalara konu olan Şehir Isı Adası (ŞIA) oluşumlarını da açıklamaktadır. Ancak yapılan arazi sınıfı-konfor analizlerinde genelleştirilebilecek bir fark en azından konfor sonuçlarında belirtilememektedir. Yapılan çalışmalar şehir ısı adası gibi daha dar alanlı incelemelerde ve günlük verilerde ortaya çıkmaktadır. Mevsim, gece-gündüz farkları, rüzgar hızı, kent geometrisi özelliklerindeki değişimler bu farkları daha iyi yansıtmaktadır. İstanbul özelinde yapılan çalışmalar, kentsel alanlarda şehir ısı adası oluşumlarının özellikle yazın geliştiğini, bunun rüzgâr hızındaki azalmayla ilgili olabileceğini göstermektedir (Ezber vd., 2007). Khorrami ve Gunduz (2020), İstanbul'da yaptıkları çalışmada, ilkbahar ve yazda ŞIA'nın şehrin oldukça kentleşmiş

bölgelerinde yüksek olduğunu, kış'ta ise, kırsal alanlara kaydığını (kuzeybatıda Beykoz ve Şile), sonbaharda, güneybatıda (Silivri, Büyükçekmece ve Çatalca'nın güneyi) en yüksek yoğunlukları gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada kışın kuzey doğudaki ormanlık alanlarda nispeten yüksek yoğunlukta ŞIA oluştuğunu ifade etmişlerdir. Çalışma bulguları ormanlık alanlardaki konfor durumunun tıpkı ŞIA gibi, aylara ve mevsimlere göre değiştiğini gösterdi. ŞIA çalışmaları kentlerin özellikle yaz mevsiminde daha sıcak olduğunu, yapı malzemelerinin sıcaklıkları absorbe ettiğini göstermektedir. Yüzey özelliklerindeki değişikliklerin radyasyonu, enerjiyi ve su dengesini etkilemesi, geçirimsiz yüzeylerin artması, evapotranspirasyonun azalması ve zeminden gizli ısı kaybı kentsel alanın ısınmasına neden olmaktadır (Şekil 59). Kentleşme, yüzey-atmosfer etkileşim süreçlerinde önemli değişiklikler yaptığından, şehirlerdeki yerel iklimi değiştirme potansiyeline sahiptir (Oke vd., 1991). Türkeş vd. (2002)'de, hızlı şehirleşmenin olduğu istasyonlarda ısınma eğiliminin olduğuna işaret ederek bu durumu desteklemektedir.

Yine İstanbul uydu görüntülerinden türetilen kara yüzeyi sıcaklıkları (LST) ile yapılan incelemeler, 2000-2012 yıl aralığında yüzey sıcaklıklarının şehrin güneyinde gittikçe arttığını hatta artışın ilerleyen yıllarda bu bölgeden çevreye doğru yayıldığını, şehrin boğaz boyunca kuzeye doğru genişlediğini, şehirleşmenin farklı yönlerde ilerlediğini göstermektedir (Ünal vd., 2020). Yüzey sıcaklıklarındaki bu artış yapay yüzeyler olarak adlandırılan kentsel yapılarıdaki artışla bağdaştırılabilir. Oluşturulan arazi kullanım haritalarında da ifade edildiği üzere 3. Havalimanı ve 3. Köprü projeleri, Karadeniz'in kuzeybatısında kıyı kesiminde İstanbul'un peyzajında önemli değişikliklere neden olmaya başlamıştır. Daha önceki yıllarda görünmeyen ve 2018 arazi kullanım haritasına yansıyan yapay yüzeyler bu bölgelerde genişleme göstermiştir. Bu durum aynı zamanda yoğun nüfus, ŞIA oluşumları, sıcaklık ve FES artışı gibi değişikliklerin kentleşme ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. FES ve diğer kriterlerdeki bu artışlar, yapılan konfor haritalarında yapay yüzeyler hariç gözlenmemiştir.



Şekil 59. Şehirlerde ve yakın çevresinde sıcaklıkların dağılımı (Urban Heat Island, 2023)

Yapılan çalışmalar, şehir ısı adası oluşumunun nüfus yoğunluğu ile daha iyi ilişkili olduğunu göstermektedir (Steenefeld vd., 2011). İstanbul'un yoğun nüfuslu güney bölgelerinde rastlanan yüksek sıcaklık ve FES değerleri de bunu desteklemektedir. Bahsi geçen bu yoğun nüfuslu kentleşmiş alanlarda yüksek bina özellikleri nedeniyle yeşil örtünün azaltılması ve rüzgâr hızının yavaşlatılması, sıcaklık ve PET değerlerini arttırmakla kalmıyor, hava kirliliği nedeniyle hava kalitesinin de düşmesine neden oluyor. İncecik (1985)'te, Haliç gibi yoğun nüfuslu bir bölgede kalıcı ve kararlı atmosferik yapının sonucu olarak rüzgâr hızının hava kirliliğini dağıtacak yeterlilikte olmadığını belirtmiştir. Haliç'te gözlenen sıcak, durgun ve aynı zamanda kirliliği İstanbul'un yoğun nüfuslu diğer alanlarında da görülmekte, değişkenlik göstermeyen hava olumsuz koşullar yaratmaktadır. Kentleşmenin dinamikleri haline gelen bu durum termal sirkülasyonu da tetikleyerek, koşulları daha da kötüleştirilmektedir. Bina sayısındaki artışın desteklediği bu olumsuz koşullar, İstanbul gibi diğer hızlı veya yavaş büyüyen şehirlerde de gözlenmektedir. Nevşehir'de günün bütün saatlerinde FES değerleri artış, kır/kasaba istasyonu olan Ürgüp'te sabah ve akşam saatlerinde azalış, öğle saatlerinde ise artış eğilimi göstermektedir (Türkoğlu ve Çalışkan, 2011). Bolu'da, yaz mevsiminde kır istasyonu ile kent istasyonu arasında 11 °C'lik FES farkı gözlenmiştir. Kır istasyonunda konforlu şartlar algılanırken, kent istasyonunda sıcak stresleri tespit edilmiştir (Çağlak vd., 2021). Pekin-Tianjin-Hebei metropol bölgesinde kentleşmenin yıllık ortalama yüzey hava sıcaklığı üzerindeki etkisinin kentsel alanlarda 1 °C'den fazla ve maksimum farkın neredeyse 2°C olduğu bulunmuştur (Wang vd., 2012). Sıcaklık ve PET değerlerinde istasyon ya da bölge bazlı gözlenen bu artışlar özellikle 2000, 2012 ve 2018 konfor haritalarına sıcaklık stresi olarak yansımıştır.

Türkiye’de ve Dünya’da biyoklimatik çalışmalarda sıcak stresi özellikle üzerinde durulan bir faktördür. Ancak, konfor algısı iklim bölgelerine göre farklılık gösterebiliyor. Soğuk veya ılıman iklimlerde insanların rahat hava koşullarının nelerden oluştuğuna ilişkin görüşleri, daha sıcak iklimlerde yaşayan insanlardan önemli ölçüde farklıdır. Göteborg (İsveç) gibi yüksek orta enlem şehrinde, soğuk stresi daha önemlidir. Çünkü İskandinavya’da insanlar nadiren koşulların çok sıcak olduğundan şikâyet ederler. Yüksek enlemlerde kış iklimi, hem fizyolojik hem de psikolojik olmak üzere bir dizi özel biyoklimatik problem sunar. Soğuk, rüzgâr ve kar veya buz oluşumu, kısa süreli gün ışığı ve sık sık bulutlu hava, insan davranışını ve refahını güçlü bir şekilde etkiler. Yapılan çalışmalar sonucunda, bu şehirde en yüksek FES değerleri merkezi yapılaşma alanlarında (PET 18-20°C), en düşük FES değerleri ise kıyı ve yeşil alanlarda bulunmuştur (Svensson vd., 2003). Bu durum benzer koşullar sergileyen Erzurum’da da ilginç sonuçlar çıkarmaktadır. Sıcaklık ve konfor karşılaştırmaları, kentlerin konfor açısından her zaman olumsuz koşullar sağladığı izlenimi verir. Ancak Erzurum’da yapılan çalışmalar, insan konforu için en uygun alanın kentsel alan olduğunu, bunu kent ormanı ve kırsal alanların takip ettiğini göstermiştir. Kent ormanının, kentsel alandan 0,7°C daha soğuk olduğu bulunmuştur (Toy vd., 2007). Buradan soğuk iklimlerde ısı adası etkisinin şehirlerde konforu arttırdığı, yani insan yapımı olumlu bir iklim değişikliği oluşturduğu sonucuna varılabilir. Kentleşmenin yaratmış olduğu yerel ısınma özelliklerine, küresel iklim değişikliği sonucunda meydana gelen ısınmayı da eklediğimizde gelecek yıllarda soğuk stresi altındaki bölgelerde konforlu alanların oluştuğunu, hafif sıcak olan alanların aşırı sıcak tehdidi ile karşı karşıya kalacağını, konforlu alanların ise sıcak stresine dönüşeceğini söylemek mümkündür. İstanbul için geleceğe yönelik bir projeksiyon çalışması yapılmamış olsada, mevcut 28 yıllık dönemde yoğun şehirleşme altındaki alanlarda genişleyen ve FES haritalarına yansıyan sıcak stresinin ilerleyen dönemlerde çok sıcak stresine dönüşeceğini tahmin etmek zor olmaz. Bunun aksine çalışma aralığının son yıllarında biyoklimatik konfor sınıflandırmasına göre yoğun şehirleşme alanlarında Nisan-Ekim aralığında konforlu alanların oluştuğu görüldü. Işınkaraların (2023)’te Kocaeli’de yapmış olduğu, 2021-2100 yılları arasında iklim değişikliği senaryolarına göre, kentsel planlama ve mekânsal değişimin modellenmesinde biyoklimatik konfor analizlerini incelediği çalışması bu durumu desteklemektedir. Çalışma, 2021’de şehrin % 79,6’nın serin bölgelerden, % 18,6’nın soğuk bölgelerden ve % 1,8’nin konforlu bölgelerden oluştuğunu, 2100’de ise SSP 245 senaryosuna göre serin ve soğuk bölgelerin ısındığını, konforlu bölgelerin ise % 23,5’e yükseldiğini belirtmiştir. Uyguladığı SSP 585 senaryosuna göre ise, ilde konforlu alanların

% 82,6'ya ulaştığı, sıcak alanların oluştuğunu belirlemiştir. Çalışma, İstanbul'un doğu sınırında bulunan Kocaeli'de sıcaklıkların 2021'den 2100'e kadar artacağını, nisbi nemin ise azalacağını göstermektedir. İstanbul'un doğu sınır komşusu olan Kocaeli'de yapılan çalışma, sonuçları itibariyle İstanbul için de fikir vermektedir.

Bir kentin nüfusu, o kentin toplumsal tarihinin belirgin süreçlerini yansıttığı gibi, kentin geleceğinin kurulmasında, doğal ve toplumsal kaynaklarının oluşturulmasında da belirleyici bir faktör olmaktadır. İnsan konforunu ve sağlığını merkeze alan, yaşanabilir kent planlaması için nüfusun zamansal ve mekânsal dağılımı göz önünde bulundurulması gereken bir faktördür. Yoğunluk ve yığılma nedeniyle yaşanan sorunlar - hava, su ve toprak kirliliği, sağlık sorunları, çarpık kentleşme - günümüzde İstanbul'u yaşanması zor bir şehir haline getirmiştir. Yapılan konfor haritaları ile nüfus dağılışı karşılaştırıldığında, yıllık veya aylık haritalarda bir ilişki bulunmamaktadır. Yıllık konfor haritalarında, çevresi soğuk koşullar gösterirken, serin koşulların yaşandığı güney kesimler günümüzde nüfusun fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Aylık konfor haritalarında da bu bölgelerde bütün aylarda görülmemekle birlikte, çevre alanlara göre bir üst termal stres durumu ortaya çıkmıştır. Örneğin, 1990 yılı Haziran ayında ilin genelinde konfor koşulları sağlanırken, güneyinde hafif sıcak stresi görülmektedir. Bu durum aynı yıl Kasım ayında, ilin genelinde soğuk stresi yaşanırken, güneyinde serin stresi şeklinde kendini göstermektedir. 2000 yılında ise, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Kasım aylarında ilin güneyinde farklı termal algı gözlemlemekteyiz. Diğer yıllarda genel sıcaklık artışı veya azalışı yaşandığı için bahsedilen koşullar ya hiç oluşmamış ya da biraz daha kuzeye genişleyerek farklı bir desen çizmiştir. Yoğun nüfuslu alanlardaki iklimsel farklılıklar sıcaklıkta artış, nisbi nemde azalış şeklinde bazı aylarda kendini göstermektedir. Ancak gerek iklim elemanlarındaki değişimler, gerekse konfor koşullarındaki farklılıklar olsun bütün haritaları kapsayacak şekilde nüfus miktarına yönelik kesin değerlendirme yapmak zordur. Burada yıllık ve aylık haritalar üzerinden genelleştirilmiş ifadeler kullanarak bağlantı kurmak daha yerinde bir yorumlama olacaktır. Konfor ve nüfus arasında daha detaylı ve direkt bağlantı özelliği için dar alanlı mahalleleri esas alan mikroklimal çalışmalar yapılmalıdır. Toplam nüfus ve km²'ye düşen insan sayısı ile sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı ya da konfor koşulları arasında ilişkinin olup olmadığı konusunda net bilgiler il geneli çalışmalarda elde edilememektedir. Burada esasen nüfus fazlalığı ya da yoğunluğu derken aslında bunun yaratmış olduğu arazi kullanım koşulları ve kentleşmeye dayalı sonuçlar kastedilmektedir. Hepsi birbirleriyle bağlantılı olan bu değişkenlerin,

zamansal ve mekânsal değişimleri ile iklim ve konfor koşulları arasındaki bağlantı kentsel planda oluşan değişimler – kent geometrisi - bağlamında da ele alınmalıdır.



ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

20. yüzyılda karasal dünyanın görüntüsünde önemli antropojenik değişiklikler meydana geldi. Toprağı işleme, orman tahribi, çölleşme ve sanayileşmeyle devam eden süreçte uydu görüntüleri başta olmak üzere teknolojik araçlar sayesinde değişimin boyutları ortaya konmaktadır. Bu değişim süreçleri içerisinde özellikle kentleşme, kara yüzeyinin yeniden şekillenmesinde ve yerel iklim değişikliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Hava kirliliği ve şehirlerde artan ısı koşulları sağlığı etkileyen atmosferik koşullar olarak öne çıkmaktadır. Metropolitan bir alanda yoğun nüfusun enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan yöntemler ve beraberinde artan karbon salınımının olumsuz ortam koşullarında termal riski arttırdığı görülmekte ve yenilenebilir enerji üretimine geçiş önceliğimiz haline gelmektedir. Kentlerde kullanılan sert yüzeyler olarak adlandırabileceğimiz bina, yol, kaldırım gibi geçirimsiz ve koyu renkli yüzeyler ısı oranını arttırarak, konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Yeşil alan miktarının ve su yüzeylerinin giderek azalması ve bu sert yüzeylerin artması yüzey ısılarında artışa neden olmaktadır.

Dünya nüfusunun % 50 den fazlasının yaşadığı şehirler, ekonomik refah sunma potansiyelleri yüksek olduğundan günümüzde de nüfusu kendine çekmeye devam etmektedir. Ancak sunulan refahın, kentsel gelişme sürecinin en somut sonucu olan yanlış arazi kullanımı ve çevresel yıkımla birlikte sağlanması sorunları da beraberinde getirmektedir. Ekolojik kaygıya neden olan bu süreç sürdürülebilir ve çevre dostu kentsel tasarım süreçlerine ilgiyi arttırmaktadır. Bu bağlamda kentsel gelişimin en sürdürülebilir şekilde tasarlanması ve uygulanması, çevresel sermayenin nitelik ve nicelik olarak sürdürülebilmesi için mekânsal planlama, ekolojik kaygıları içerecek şekilde benimsenmelidir. Maalesef, hızlı kentleşme ile mekânsal planlama disiplini yaşanabilir şehirler sağlamak için kentleşme hızıyla yeterince eşleşmedi. Yetersiz bilgi ve öngörüsüz yaklaşımlarla uygulanan mekânsal planlamalar, biyoklimatik konfor koşullarının sürdürülebilir ekolojik çerçevede korunmasını imkânsız hale getirmektedir. Burada “ideal kentsel iklim” ve “doğru mekansal planlama” nasıl olmalıdır? sorusu akla gelmektedir. "İdeal kentsel iklim, olabildiğince insan kaynaklı olarak üretilen en az hava kirletici içeren kentsel yapılar içindeki atmosferin mekânsal ve zamansal olarak değişken bir durumudur (Mayer, 1993). Ancak, uygulanan yöntemler, insanlar için iklimsel stresi en aza indirmek için planlama önlemleriyle, bu ideal duruma nasıl yaklaşılabilirliğini de kapsamalıdır ve

hedef “ ideal kentsel iklim” den ziyade “tahammül edilebilir bir kent iklimi” olmalıdır. Bu tanımlamadan hareketle İstanbul gibi her geçen gün yaşanması zor olan bir şehirde, arazinin doğru kullanımı, yerinde mekânsal planlama, konforlu yaşam ortamı gibi kavramların bu şehirde ne ölçüde varlık gösterdiğini incelemek amacıyla çalışmalar yapılmış ve bu çalışmaların sonuçları doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir.

Bu çalışma, mekânsal planlamanın ve kentleşmenin insan biyoklimatik konfor şartları üzerine etkilerini, olası sonuçlarını, Türkiye'nin en büyük metropol şehri olan İstanbul kenti üzerinden açıklamayı konu edinmiştir. Çalışma sürecinde yapılan analizlerde, yıllık ve aylık ortalama sıcaklık, nisbi nem, rüzgâr hızı ve buhar basıncı verileri kullanılarak, yıllık ve aylık iklim dağılışı haritaları oluşturulmuş, RayMan Pro programında FES değerleri hesaplanmış, bütün dağılışı haritaları ArcGIS 10.5 programında IDW yöntemiyle oluşturulmuştur. Mekânsal planlama ve konfor karşılaştırması yine ArcGIS 10.5 programındaki araçlar yardımıyla yapılmıştır. Uzun süreli iklim verilerindeki artış/azalış durumunu görmek amacıyla SPSS programında trend analizi yapılmıştır. Özet olarak belirtilen bu yöntemlerden ve analizlerden elde edilen bilgiler doğrultusunda sonuçlar sıralanmıştır.

- İstanbul'da yıllık ortalama sıcaklık verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında 14,2°C, 2000'de 14,3°C, 2006'de 14,2°C, 2012'de 15,1 °C ve 2018'de 15,6 °C'dir. Çatalca, Şile ve Silivri gibi İstanbul dışında yer alan ve daha kırsal kesimlere karşılık gelen ilçelerde yıl boyunca sıcaklıklarda daha düşük değerler, İstanbul'un güney ilçelerinde ise yıllık sıcaklık ortalamalarına göre daha yüksek değerler tespit edildi. Kartal, Maltepe, Kadıköy, Zeytinburnu, Fatih gibi ilçeler bu bölgede bulunmaktadır.
- 1990 yılında 21°C olan aylık maksimum ve minimum sıcaklık aralığı, 2000'de 23,9°C, 2006'da 25,8 °C, 2012'de 27,1 °C ve 2018'de 23,6 °C'dir. Beş yıllık aylık ortalama değerlerde en düşük sıcaklık 0,3°C, en yüksek sıcaklık ise, 27,4 °C'dir.
- İstanbul'da yıllık ortalama rüzgâr hızı verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında 2,4 m/sn, 2000'de 2,4 m/sn, 2006'de 2,9 m/sn, 2012'de 3,2 m/sn ve 2018'de 3,5 m/sn hesaplandı. Çatalca ve Aydos dağı gibi yükseltinin fazla olduğu alanlarda rüzgâr hızı maksimum seviyeye çıkmaktadır.

- İstanbul'da aylık ortalama değerlere göre rüzgâr hızı, 1990'da 0.2-4.7 m/sn, 2000'de 0.4-5.7 m/sn, 2006'da 0.2-9.1 m/sn, 2012'de 1.3-8.1 m/sn, 2018'de 1.2-9.9 m/sn aralığındadır. En yüksek değerler, Çatalca Radar Sahası, Beykoz Anadolu Feneri, Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Kartal Aydos Dağı, Silivri Anamendirek Fenerinde ölçülmüştür.
- İstanbul'da yıllık ortalama nisbi nem verilerine göre değerler sırasıyla, 1990 yılında % 75.3, 2000'de %75.1, 2006'de % 75.1, 2012'de % 74.9 ve 2018'de %81.1 hesaplandı. Belirtilen 28 yıllık zamansal aralıkta nisbi nem değerleri % 67.2 ile % 93.1 arasında değişiklik göstermektedir.
- Aylık ortalama nem değerlerinin genel olarak yüksek olduğu ve % 55,8 - 99,6 arasında değiştiği görülmektedir.
- Uzun süreli gözlem yapan 8 istasyon verilerine trend analizi yapıldığında, sıcaklıklarda genel olarak bir artış eğilimi hâkim olup, bu eğilimin alansal ve zamansal en yaygın değişkenliği ortalama sıcaklıklarda çıkmıştır. Nemlilik analizlerinde, Kartal istasyonu hariç tüm yıla yayılan artışlar gözlenmemiştir. Nemlilikte önemli artışlar görülmezken, sıcaklıkta anlamlı artışlar görülmüştür.
- Yıllık biyoklimatik konfor analizlerinde çalışma alanının çoğunluğunda konforsuz koşullar tespit edildi. Aylık konfor analizleri sonucunda, konfor dağılışında zamansal ve mekânsal farklılıkların olduğu görüldü. 1990 yılında Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının neredeyse tamamı konforlu, 2000 yılında Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları konforlu iken, 2006'da bu aylara Mayıs ayı, 2012 yılında Nisan ve Ekim ayları eklendi. Konforlu arazi oluşumunun gözlendiği ay sayısı 2012'de sekize, 2018'de yediye çıktı. Konfor oluşumunun 3-4 aylık zaman diliminden çıkararak daha geniş bir zaman dilimine yayıldığı, alansal tutarlılık gösterdiği ancak 1990 ve 2000'e göre parçalı bir görüntü çizdiği, homojenlikten uzaklaşmaya başladığı gözlemlendi.
- Yıllık FES'te en düşük değerler 1990 ve 2006 yıllarında elde edilirken, 2000-2012-2018 yıllarında değerler birbirine yakın olup, aylık FES değerlerine göre farklar çok daha düşüktür.

- Yıllık FES konfor analizleri sonucunda Soğuk ve Serin olmak üzere iki stres türü tespit edilmiştir. 1990 ve 2018 yılları karşılaştırıldığında soğuk stresinin azaldığı, serin stresinin arttığı görüldü.
- Aylık FES ortalamalarında 1990 yılında en düşük değer $-1,6^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek değer $24,7^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında, 2000 yılında en düşük değer $-2,7^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek değer $28,3^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında, 2006 yılında en düşük değer $-2,4^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek değer $26,9^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında, 2012 yılında en düşük değer $-2,1^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek değer $29,1^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında, 2018 yılında en düşük değer $0,4^{\circ}\text{C}$ ile Aralık ayında, en yüksek değer $27,4^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında tespit edildi.
- Aylık FES analizleri sonucunda, beş yıl için kış mevsiminde farklı derecelerde soğuk stresi, bahar aylarında soğuk, serin, hafif serin stresi tespit edildi. Ancak Eylül, Mayıs, Nisan gibi bahar aylarında yerel düzeyde konfor oluşumları da gözlemlendi. Mayıs-Eylül ayları arasındaki dönemde konfor oluşumları ortaya çıktı. Konforlu aylarda yıllar itibariyle değişiklikler bulunmakta, 1990'da sadece yaz aylarında gözlenen konfor, 2000-2012-2018 yıllarında Mayıs ve Eylül aylarında da görülmeye başladı. Ancak Temmuz ve Ağustos aylarında sıcak stresinde artış, konforlu alanlarda ise azalma görüldü. 2006 yılında ise konforlu alan yok denecek kadar azdır.
- Nüfusun fazla olduğu merkezlerde sıcaklıkta artma ve rüzgâr hızında azalma, FES değerlerinde artma tespit edilse de, bu özellik bütün aylara ve il geneline yayılmamaktadır. İlin güneyinde yer alan yoğun nüfuslu ilçelerdeki istasyon verileri incelendiğinde, bahsedilen eğilimler elde edildi.
- 1990-2018 yıl aralığında İstanbul arazi sınıflarının mekânsal değişimlerinde, tarım, orman ve yeşil alanlarda azalma, buna karşılık su varlığı ve yapay yüzeylerde artma tespit edildi. En fazla artış $517,25\text{ km}^2$ ile yapay yüzeylerde gözlenmiş, bu artışın diğer arazi sınıflarında azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır. 3. Köprü ve 3.havalimanı gibi büyük projelerin de etkisiyle şehrin kuzeye doğru genişleme eksenini bulunmakta, bu gelişim güneybatı kıyı kesiminde ve doğu-batı ekseninde de gözlemlendi.

- Arazi sınıfları arası değişim/dönüşüm sadece kentleşme işğali şeklinde meydana gelmemiş, yeşil alanlar tarım alanlarına, ormanlık alanlar tarım alanlarına, terk edilen tarım alanları, tekrar orman alanlarına dönüşmüştür.
- Yıllık Biyoklimatik konfor haritalarında bütün arazi sınıflarında konforsuzluk tespit edildi. Yıllık FES konfor haritalarında ise, arazi sınıflarında serin ve soğuk stresi görüldü ancak ilerleyen yıllarda serin stresinin arttığı, soğuk stresinin azaldığı tespit edildi.
- Arazi kullanım haritaları ile konfor haritalarının aylık analizi sonucunda, bütün yıllarda, Haziran ve Eylül aylarında arazi sınıflarının konfor oranlarının yüksek olduğu tespit edildi. Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında beş yıl boyunca konforlu arazi ortaya çıkmadı. Arazi sınıflarında görülen konforlu bölgelerin yıllara göre aylık sayıları değişkenlik gösterdi. 1990'da 6 ayda, 2000'de 8 ayda, 2006'da 9 ayda, 2012'de 8 ayda, 2018'de 7 ayda konforlu bölgeler tespit edildi. Bu ayların bazılarında konforlu bölgelerin oranı % 0-5 arasında değişkenlik gösterdi.
- 1990 yılı hariç diğer yıllarda Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim aylarında diğer arazi sınıflarına göre, konforlu alanların, yapay yüzeylerde daha fazla olduğu görüldü.
- 1990 yılından 2018 yılına kadar arazi sınıflarında 2006 yılı hariç, soğuk stresinin azaldığı, serin stresinin oransal olarak arttığı tespit edilmiştir.
- Arazi sınıflarına göre konforlu alan tespit edilen ay sayısı, 1990'da 3 ay, 2000'de 5 ay, 2006'da 2 ay, 2012'de 4 ay, 2018'de 5 ay olarak tespit edildi.
- Arazi sınıflarında 1990 ve 2006 yıllarında sıcak stresi bulunmazken, hafif sıcak stresi bütün yıllarda varlığını sürdürmektedir. Sıcak stresinin belirgin bir şekilde görüldüğü yıllarda, bu stres türü en fazla yapay yüzeyler sınıfında tespit edildi.
- Yapay yüzeylerde soğuk ve serin stresi diğer arazi sınıflarına göre daha düşük çıkmıştır. Bu bilgiler ışığında, yapay yüzeylerin çevrelerine göre nisbeten sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu alanlara dönüştüğü sonucuna varılabilir.
- Orman alanlarında FES analizine göre en yüksek konfor oranı 1990 yılı Haziran ayında olup, bu oranın sonraki yıllarda azalmasına rağmen, zaman aralığının genişlediği tespit edildi. Biyoklimatik konfor sınıflandırmasında ise çoğunluğu Haziran-Eylül aralığına karşılık gelen konforlu dönem bulunmakla birlikte, belli bir değişime işaret eden fark bulunamadı.

- Su varlığı ve tarım alanları arazi sınıflarının FES analizine göre, konfor koşullarının 1990 yılında iki ay ile sınırlıyken, ilerleyen yıllarda daha geniş bir zaman aralığına (4-5 aylık dönem) yayıldığı görüldü. Ancak su varlığının alanlarında konfor koşulları yıllar itibariyle değişkenlik (artma ve azalma) gösterdi. Orman alanlarında olduğu gibi, biyoklimatik konfor sınıflandırmasında çoğunluğu Haziran-Eylül aralığına karşılık gelen konforlu dönem bulunmakla birlikte, belli bir değişime işaret eden fark bulunamadı.
- Yapay yüzeylere yönelik yapılan FES analizinde, soğuk ve serin stresi diğer arazi sınıflarına göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum, yapay yüzeylerin çevrelerine göre nispeten sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu alanlara dönüştüğünü gösterir. Buna ek olarak, yapay yüzeylerde sıcak stresi diğer arazi sınıflarından daha yüksektir. Biyoklimatik konfor sınıflandırmasında bu şekilde bir fark gözlenmedi.
- Yeşil alanların konfor analizleri ile karşılaştırılması yapıldığında, her iki konfor indisi de diğer arazi sınıflarının sonuçlarını gösterdi. 1990 yılında konforlu iki ay tespit edilirken, 2018'de konforlu beş ay tespit edildi.
- 1990-2018 yılları arası sıcaklık ortalamaları incelendiğinde, kentsel alan istasyonları olan Kadıköy Rıhtım, İstanbul Den.Bil.Ens., Florya, İstanbul Bölge, Kartal İstanbul, İTÜ Maslak Yerleşkesi istasyonlarının sıcaklıklarının kırsal bölge istasyonları olan, Şile, Çatalca Radar Sahası, Silivri, Kumköy Kilyos istasyonlarına göre yüksek olduğu görüldü.
- Kentsel-Kırsal istasyonlar arasında hesaplanan FES değerleri üzerinden de farklar gözlemlendi. Kentsel alanlardaki sıcaklık dolayısıyla FES değerlerinin yükselişi ortam koşullarının bu bölgelerin çevrelerinden daha farklı olduğunu göstermektedir. Ancak sadece FES konfor haritalarında bu farkın olduğu aylar tespit edildi.
- İstanbul'un arazi yapısı genellikle alçak arazilerle temsil edilmektedir. İki konfor hesaplamasında da bütün arazinin konforlu/konforsuz veya herhangi bir stres durumu ile temsil edildiği sonuçlar da elde edilmiştir. Bu homojen görüntü, sıcaklık, nisbi nem, rüzgâr hızı ve buhar basıncı gibi iklimsel parametreler arasındaki bir tür dengeleme ve tüm bu parametrelerin termal algı üzerindeki sinerjistik etkilerine, iklim elemanları farklarının az olmasına, alçak arazi yapısına, kıyıya uzaklık parametrelerine bağlanabilir.

İstanbul milyonlarca yıl öncesinden günümüze insanlar için cazibe merkezi olmuş ve farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Dönemsel olarak farklı uygulamalar sonucu nüfusu azalmış olsa da, insan sayısı göçlerle sürekli artmıştır. Yoğun nüfus, yerleşme ve altyapı yetersizliği bir takım yönetsel sorunları da beraberinde getirmiştir. Yönetimi kolaylaştırmak ve mevcut sorunları azaltmak için, İstanbul'da 1924 yılından itibaren ilçe/kaza sayısı sürekli değişmiştir. Araştırma yılları olan 1990-2018 arasında iki kez ilçe değişikliklerine yönelik uygulamalar yapılmıştır. İlçe bölünmelerinin özellikle güneyde ve boğaz kıyısında olmasıyla parçalı bir görüntü oluşmuştur. Kentte yerleşme ilin güneyinden başlayarak, boğaz çevresi başta olmak üzere kuzeye-doğuya-batıya yayılmıştır. İstanbul köy, kasaba, kent yerleşimlerini bir arada barındıran metropol kent özelliğine sahiptir. Bu da nüfus hareketleriyle, farklı gelişmişlik seviyelerine sahip bölgelerin oluşmasına yol açmıştır. Gelişmişlik farkının yanında fiziki ortam koşullarında da farklar oluşmaktadır. Ancak, bütün bu farkların ortaya çıkmadığı homojen görünüm de oluşabilmektedir. Konfor analizlerinde kış aylarının çok soğuk ve soğuk stresinin, yaz aylarında hafif sıcak ve sıcak stresinin hâkim olduğu, konforlu dönemlerin çoğunlukla Mayıs ve Eylül aralığında yaşandığı İstanbul'da konforlu/konforsuz/termal stres durumlarının, bazı mekânsal dağılıp haritalarında rastlanan homojen görüntüsü, Macaristan'da yapılan konfor çalışmasında da elde edilmiştir. 2009 yılında yapılan konfor çalışmasında arazinin alçak ve düzlüklerden oluştuğu, bu nedenle biyoklimatik konfor koşullarının homojen bir görüntü çizdiği, tüm ülkenin bazı dönemlerde soğuk stresi gösterdiği, bölgesel sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı farklılıklarının da az olduğu belirtilmiştir (Gulyas ve Matzarakis, 2009). Bunun yanısıra bazı yıllarda meydana gelen sıcaklık artışı veya azalışı sonucunda da genel süreçten farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Özellikle 2006 yılında elde edilen düşük sıcaklıklar ve daha az konforlu alanlar sonraki yıllarda değişmektedir. Yapılan çalışmalar, 2006 yılı sonrası sıcaklıklarda artışın belirgin hale geldiğini, mevsimlik sıcaklık ortalamalarının, 2006 yılından sonra önceki yıllara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (Kaya ve Demirhan, 2019). Aylık ve mevsimlik kaymalara bağlanabilecek bu değişiklikler sadece İstanbul'da değil, Türkiye genelinde veya başka bölgelerde de gözlenmektedir. Konforun yaşandığı aylar itibariyle gözlenen aylık kayma, bölgesel farklılıklar olmakla birlikte, Türkiye'de yapılan çalışmalarda konforun Sonbahar ve İlkbahar aylarında yaşandığını, bunun istisnası olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaz mevsiminin daha konforlu geçtiğini göstermektedir. Aylık analizlerin zamansal sürecine bakıldığında mevsimlik kaymalar ve farklılıklar daha belirgin hale gelmektedir.

Küresel sera etkisinin her geçen gün kuvvetlendiği günümüz koşullarında mevsimsel değişiklikler daha görünür hale gelmiştir. Daha az kar yağışı, daha sıcak bahar ayları ve mevsimsel kaymalar bunun en belirgin sonuçlarıdır. Yapılan araştırmalar, 1906-2005 döneminde küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında, 0.74 °C'lik artışın olduğunu göstermektedir. Sera gazlarının atmosferik artışları, sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr hızı gibi değişkenlerde bölgesel ve küresel değişikliklere yol açmaktadır. En gelişmiş iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 dönemi için, yaklaşık 3 °C'lik bir artış olacağını öngörüyor (Türkeş, 2008). Bu durum yakın Coğrafya olan, Güneydoğu Avrupa'nın özellikle güneyinde sıcaklıklarda artma, yağış miktarında ise azalma şeklinde kendini göstermektedir (Cheval vd., 2016). Küresel iklim değişikliği, genel sıcaklık artışının yanı sıra mevsimlik kaymalar olarak da kendini göstermektedir. İstanbul, Florya ve Göztepe istasyonlarında son 54 yıllık sıcaklık değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde, küresel sıcaklık eğilimine benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu durum yıllık ortalama sıcaklıklarda artış ve sıcak dönemlerin bir yılda uzaması şeklinde kendini göstermiştir. Artış özellikle Mayıs ve Eylül aylarında daha sık meydana gelmekte, yılın sıcak mevsimini 3-4 ay arttırarak, 7-8 aylık bir dönemi kapsamaktadır. Aynı çalışmada, 1960-2013 döneminde yıllık toplam yağışta ise, azalma tespit edilmiştir. Çalışma bulgularımız, belirtilen verilerle tutarlılık göstermekle birlikte, Mart, Nisan ve Ekim aylarında da sıcaklık artışı göstermiştir. Sonuçlar, İstanbul genelinde sıcaklıkların artması, sıcak mevsimin uzaması, buharlaşmanın şiddetlenmesi, yıllık yağış ve yağışlı gün sayısının azalması, sağanak yaz yağışlarının artması gibi önemli iklim değişikliklerinin önümüzdeki yıllarda artarak etkili olacağını göstermektedir. De Martonne Kuraklık indisine göre değerlendirme yapıldığında, iklim sınıflandırmasında İstanbul'un son 15 yılda "yarı nemli" iklim sınıfından, "yarı kurak-nemli" iklim sınıfına geçmeye başladığı, Thornthwaite sınıflandırmasında ise, 1960-1974 döneminde "yarı nemli", 1999-2013 dönemi ise "kurak ve az nemli iklim tipini göstermiştir (Turoğlu, 2014). Çalışma kapsamında incelenen iklim sınıflandırmalarının birçoğunda "yarı nemli" olarak gösterilen İstanbul'un, belirtilen çalışmada "yarı kurak-nemli" veya "kurak-az nemli" sınıflandırmalarına geçmiş olduğu belirtilse de, istasyon verilerinin çoğunluğu % 70'in üstünde nem miktarlarını göstermektedir. Trend analizleri ise pozitif sıcaklık trendini doğrulamaktadır.

Küresel iklim değişikliği, kentleşme ve diğer antropojenik etkilere bağlı olarak meydana gelen ve yukarıda İstanbul özelinde örnekler verilen sıcaklık, nem ve yağışa bağlı trendlerdeki değişimler genel bir ifadeyle mevsimlik kaymalar nedeniyle ortam koşullarında

da değişimler yaşanmaktadır. Yapılan indis analizleri sonucunda, Mart, Nisan ve Ekim aylarında gözlenen konfor alanlarını bahsi geçen mevsimlik kaymalara bağlayabiliriz. Sıcaklığın artması, yerel düzeyde değişmekle birlikte yağış ve rüzgâr hızının azalması, yoğun yapılaşmanın bunları desteklemesi sonucu mevsim normallerinden farklı koşullar yaşanmaktadır. Bu durum serin geçmesi gereken mevsimlerde konfor oluşumlarına, sıcak dönemlerde görülen konforlu alanların ise sıcak stresli alanlara dönüşmesine neden olmakta ya da konforlu ay süresini uzatabilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, İstanbul kentsel paterni dikkate alındığında, şehrin yoğun yerleşime sahip olduğu güneyden, kuzeye, doğuya ve batıya doğru genişleme gösterdiği, bunun arazi kullanım haritalarında da gözleendiği, arazi kullanımının zamanla değişiklik gösterdiği özellikle yapay yüzeyler lehine oranların oluştuğu söylenebilir. Bu kentsel patern ve arazi kullanımı, şehrin konfor koşullarını mevsimlik dönemlerde değişmekle birlikte farklılaştırmış, daha sıcak geçen yaz aylarında konfor alanlarını azaltmış, konforun bahar aylarına kaymasına neden olmuştur. Kentsel geometri ve yapılar günümüzde hissedilen sıcaklıklara artış yönünde etki ettiğinden, İstanbul halkı meteorolojik verilerden daha bunaltıcı koşullarda yaşamaktadır. İklim değişikliği, kentleşme, yanlış arazi kullanımı, yoğun nüfus ve ekolojik hassasiyetten yoksun mekânsal planlama sonucunda gittikçe yaşam koşullarının zorlaştığı bir kent profili oluşmaktadır. İstanbul arazi kullanımları üzerinde yapılan sıcak nokta analizleri yapay yüzeylerin 2030 yılına kadar iki katına çıkacağını, orman ve tarım alanlarının ise kademeli olarak azalacağını göstermektedir. Bu durum gelecekte, sıcaklık artışının sadece yapılaşmanın olduğu alanlar ile sınırlı kalmayıp civarında da artacağını ve bu artışların 3 °C'ye ulaşabileceğini göstermektedir (Bozkurt vd., 2023).

Bütün bu tespitler, metropol bir kent ile ilgili daha önce fazla sayıda ve bütün ili kapsayacak şekilde istasyonların kullanılması ile uzun süreli biyoklimatik konfor analizi açığını kapatacaktır. CORİNE yıllarını baz alan ve 28 yıllık değişimi gösteren arazi kullanımının konfor üzerindeki etkisini, kentleşmenin bu konunun neresinde olduğunu konfor bağlamında ele almak ve elde edilen tespitler üzerinden öneriler geliştirmek literatüre katkı sağlayacaktır. Günümüzde Kanal projeleriyle gündeme gelen ve önemi artan mekânsal planlama ve ekolojik ilişkinin konuya dahil edilmesi yapılan çalışmaları zenginleştirecektir.

Bütün bunların yanında, biyoklimatik konforun insan aktiviteleri ve sağlık açısından da önemi bulunmaktadır. İklimin insan sağlığı üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkileri mevcuttur. Uzun ve soğuk geçen kışların yaşandığı iklim bölgelerinde, psikiyatrik

rahatsızlıklar, astım, bronşit, tüberküloz gibi solunum yolu hastalıklarının daha yaygın hale gelmesi, aşırı serin nemli bölgelerde romatizmal hastalıkların, sıcak ve nemli tropikal bölgelerde ise kolera, sıtma, humma ve çeşitli enfeksiyon hastalıklarının daha sık görülmesi iklimin insan sağlığı üzerindeki etkilerine örnek teşkil etmektedir (Türkeş, 2010). İnsan organizması, atmosferik çevre koşullarına sürekli açık olduğundan, insanın sahip olduğu “uyum tepkileri” atmosferik çevredeki değişimlere bir yanıt olarak kabul edilmelidir. Aynı zamanda mevsimsel değişiklikler yani meteorolojik parametrelerde yaşanan ekstrem koşullar, uyum tepkisinin bozulmasıyla sonuçlanan ve ölüm olayları üzerinde etkili olan önemli bir risk faktörünü oluşturmaktadır. Bugün kentlerin yaratmış olduğu koşullarda da karşılaşılan ekstrem durumlar nedeniyle, konfor bozulmakta, uyum tepkileri aksamakta ve toplum sağlığı tehlikeye girmektedir. İleri teknolojilerle üretilmiş olan yüksek yapı tipleri, kendi mikro iklimsel konfor seviyelerini düzenlemeye çalışırken, iklimsel olarak yarattığı olumsuz etkiler, konfor düzeyini bozmakta, sağlığa zarar vermektedir. Öyle ki, Atina Anlaşması’nda (1933), yüksek yapıların birbirlerinden yeterince uzak mesafelerde yapılmaması halinde, kentleşmenin olumsuz etkilerinin daha da kötüleşmesine yol açacağı ifade edilmiştir (Şimşek, 2013). Hızlı büyüyen şehirlerde insan sağlığı açısından görülen konforsuzluk, kapsamını genişleterek artış göstermekte, bitki ve hayvan konforsuzluğu (Ekolojik konforsuzluk), hatta yoğun göç hareketleriyle birlikte “kültürel konforsuzluk” kavramlarını da literatüre eklemektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yapılan araştırmalarda ve yayımlanan raporlarda, 21. Yüzyılda yaşanan iklim değişikliğinin nedeninin insan faaliyetleri olduğu ve bu faaliyetlerin de özellikle kentlerde yoğunlaştığı bilimsel kanıtlarıyla ortaya konulmuştur. Kentlerde sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum eylemlerinin gerçekleştirilmesi, iklim değişikliğiyle mücadelede önemlidir. Kentlerin morfolojisi ve fiziksel karakteristikleri, kentsel yayılma, sera gazları kaynaklı ısı artışı, orman tahribi ve yerel ve bölgesel iklim faktörleri kentleri kırsal alanlara kıyasla daha kırılgan birer sıcak nokta alanı haline getirmekte ve bu durum kentsel ısı adası etkisi olarak anılmaktadır. Kentlerde ayrıca geçirimsiz zemin kaplamalarına ve albedosu yüksek inşaat malzemelerine (asfalt ve beton gibi) dayalı yapılaşma büyük bir termal etki meydana getirmekte ve bu durum su döngüsünü de olumsuz etkilemektedir. Bu malzemelerin buharlaşma kapasiteleri düşükken; ısıyı emme, depolama ve termal ısı yayma kapasiteleri oldukça yüksektir (Kentler-İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum, 2023). Çağımızın en büyük insanlık problemlerinin başında gelen iklim değişikliği ile mücadele de

kentler çözümün anahtarı olarak görülmektedir. Bugün artık kentlerde gerçekleştirilen üretim ve tüketim faaliyetlerinin iklim değişikliği ölçeğinde değerlendirilmesi ve enerji tasarrufuna yönelik akılcı planlama ve strateji belirleme süreçlerine etkin bir biçimde dahil edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. 1980’li yıllardan itibaren farklı yıllarda atmosferin ve iklimin korunmasına yönelik bazı sözleşmeler yapılmasına karşın, bu sözleşmelerin ülkelerin gelişmişlik seviyesinin farklılığından ötürü tamamen hayata geçirilemediği görülmektedir. 1994 yılında yürürlüğe giren BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1994), Kyoto Protokolü (1997), Paris İklim Anlaşması (2015) bu amaç doğrultusunda farklı dönemlerde adımlar atıldığını ancak istenilen sonuçların alınmadığını göstermektedir. Bu anlaşmalardan sonuncusunun temel amacı; “yaşadığımız yüzyılda, küresel sıcaklık artışını 2°C’nin altında tutmak ve sanayi öncesi seviyelerde 1.5 °C’de sınırlandırabilmek için çaba sarf etmek olarak belirlenmiştir” (Çolakoğlu, 2019). Bütün bu sözleşmeler aynı zamanda, iklim değişikliğine uyumlu kentsel planlamalar ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ile belirtilen amaçların gerçekleştirilebileceğini öngörmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, kentsel planlama, turizm, rekreasyon, iklim değişikliğinin etkileri, nüfus planlama çalışmaları, sağlık coğrafyası, kentsel koruma, sürdürülebilir orman, tarım, su kaynakları ve enerji yönetimi alanlarında değerlendirilebilecektir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar üzerinden öneriler getirilmiştir.

- Belirlenen stres durumuna özgü termal hafifletme çalışmaları ortam koşullarında konfor elde etmede kolaylık sağlayacaktır. Geleceğin şehirlerinin sürdürülebilirliği için en büyük çevresel zorluklardan biri, kentsel ısı adası fenomeninin hafifletilmesi ve böylece insanlar için dış mekan konfor koşullarının iyileştirilmesidir. Temel biyoiklimsel müdahaleler, serin ve açık renk kaplama malzemelerinin uygulanması, bitki örtüsü ve toprak alanlarının artırılması ve su yüzeylerinin oluşturulması ile stres durumu azaltılabilir ve konfor koşulları sağlanabilir.
- Biyoklimatik olarak kentsel yeniden geliştirmenin mekânsal planlamaya dahil edilmesi gerekmektedir.
- Konfor şartlarının mevcut durumunun bilinmesi ve değişmesi, şehir biyoklimatolojisi, ısıtma – soğutma maliyetleri, turizm, insan sağlığı ve mevsimlik göç gibi birçok sektörü etkileyecektir. Kent iklimine özgü bu özelliklerin bilinmesi ve bu doğrultuda planlama yapılması önerilmektedir.

- Yapılan çalışmalarda, yakın ve uzak gelecekte soğuk stresli günlerin daha da azalacağı, sıcak stresli günlerin artacağı ve şiddetleneceği öngörülmektedir. Böylece değişen iklim şartları kentlerde insan konforunu olumsuz etkilemeye devam edecektir. İstanbul için de geleceğe yönelik projeksiyonun geliştirilmesi ve buna yönelik önlem alınması gerekmektedir.
- Kentsel koruma çalışmaları kapsamında, uyarlanabilir termal konforun mekânsal planlamalara entegre edilmesi gerekmektedir. Kentsel morfolojideki değişiklikler nedeniyle termal konfordaki değişiklikleri değerlendirmek için gölge ve rüzgâr hızı varyasyonlarının simülasyonları hazırlanmalı ve güncel tutulmalıdır.
- Kentsel geometride daha geniş sokaklar, yüksek Gökyüzü Görüş Faktörü (GGF), ısı adası ve ısı stresi oluşumlarını azaltmak amacıyla alternatif bir uygulama olabilir. Böylece, rüzgâr sirkülasyonu ile binaların ısı depolamasının önüne geçilebilir.
- Günümüzün önemli sorunlarından biri olan iklim değişikliği ile mücadelede ilk sıraya kentsel dönüşüm ve sürdürülebilirlik stratejileri alınmalıdır. Kentsel yeşil alanların hem risk kontrolü hem de bir kentsel dönüşüm kaynağı olarak iklim değişikliğine uyumu teşvik etme yeteneğinden faydalanmalıyız.
- Küresel iklim özelliklerinin zamansal değişiminin yanısıra, yerel iklim özelliklerinin ve değişkenlerinin uygun optimum eşik değerlerinin geliştirilmesi ve uygun göstergelerin tanımlanması gerekir. Bozulmuş kentsel alanlarda, iklime uyum derecesinin değerlendirilmesi için, bu göstergelerin ve parametrelerin tanımlanması, araştırmacıların, şehir tasarımcılarının, belediye teknik personelinin ve şehir planlama yetkinliğine sahip kurumların koordineli bir çabasını gerektirmektedir.

Yaşanan yoğun nüfus, yerleşme ve arazi kullanım süreçlerinden sonra kentsel kırılma giderek artan İstanbul'un, mekânsal planlamasında buraya kadar aktarılan sonuç ve öneriler doğrultusunda hareket edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günlük ve saatlik veri ile dar alanlı çalışmaların daha belirgin sonuçlar ortaya çıkaracağı önerilmekle birlikte, metropol bir kent için ilin tamamını kapsayan, biyoklimatik konfor, rasyonel arazi yönetimi, nüfus planlaması, iklim değişikliği etkileri, kent iklimi oluşumları ve sonuçlarına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle Türkiye'nin en büyük ve dünyanın sayılı kentlerinden biri olma özelliğini taşıyan İstanbul'a yönelik iklim değişikliği başta olmak üzere biyoklimatik konfor ve arazi kullanım projeksiyonlarının oluşturulması, farkların

belirlenmesi, kentin dönüşüm süreci ve bunların sonuçlarına göre önlemlerin alınması önem arz etmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbasnia, M. and Toros, H. (2019). "A Monthly Assessment of Human Bioclimatic Comfort Conditions in Istanbul". *9th International Symposium on Atmospheric Sciences (ATMOS2019)*, 23-26 October 2019, Istanbul Technical University, İstanbul, 769-773.
- Adıgüzel, F. (2021). Yeşil Alanların Kentsel Yaşam Kalitesine Etkisinin CBS ile İncelenmesi: Çukurova Örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akman, Y. (2011). *İklim ve Biyoiklim*. Palme Yayıncılık: Ankara
- Aksu, A. Yılmaz, S. Mutlu, B. ve Yılmaz, H. (2020). "Ağaçların Bina ile Olan Mesafesinin Dış Mekan Termal Konfor Üzerine Etkisi: Erzurum Kenti Örneği". *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 1298-1307
- Akşit, S. ve Duman, C. (2020). "Gökpınar Baraj Gölü'nün hissedilen sıcaklık değerleri üzerindeki etkisi". *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 7-15.
- Alaud, F. M. M. (2019). Kentsel Planlama Çalışmalarında Biyokonfor: Çankırı Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Algeciras, J. A. R. Tablada, A. Mabel Chaos-Yeras, M. De la Paz, G. and Matzarakis, A. (2018). "Influence of aspect ratio and orientation on large courtyard thermal conditions in the historical centre of Camagüey-Cuba". *Renewable Energy*, 125, 840-856.
- Algeciras, J.A.R. and Matzarakis, A. (2016). "Quantification of thermal bioclimate for the management of urban design in Mediterranean climate of Barcelona, Spain". *Int J Biometeorol*, 60, 1261–1270.
- Alpaslan, A.Ö. (2019). Enerji Etkin Planlama Kapsamında Antalya Kenti için Bir Yöntem Yaklaşımı. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Altundaş, H.İ. (2018). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri ile İstanbul Pendik İlçesinin Alansal Değişiminin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Altunkasa, M. F. (1987). Çukurova Bölgesi'nde Biyoklimatik Veriler Kullanılarak Açık ve Yeşil Alan Sistemlerinin Belirlenmesi İlkeleri Üzerine Bir Araştırma. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Arslan, H. Baltacı, H. Akkoyunlu, B.O. Karanfil, S. and Tayanc, M. (2020). "Wind speed variability and wind power potential over Turkey: Case studies for Çanakkale and Istanbul". *Renewable Energy*, 145, 1020-1032.
- ASHRAE 55. (2004). ASHRAE Standard 55-2004-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- Assis, E. S. and Frota, A.B. (1999). "Urban bioclimatic design strategies for a tropical city". *Atmospheric Environment*, 33, 4135-4142.
- Atalay, İ. (1996). "Pleistosen Sonu ve Holosen Başlarında Anadolu'nun Paleocoğrafya Şartlarına Genel Bir Bakış". *Coğrafya Araştırmaları*, 4, 7-18.
- Atalay, İ. (1997). *Türkiye Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Basımevi: İzmir.
- Auliciems, A. (1997). "Comfort, Clothing and Health". İçinde *Applied Climatology: Principles and Practice*, R. D. Thompson ve Allen Perry (ed.), 155-174, Routledge, New York.
- Auliciems, A. and Szokolay, S. V. (2007). *Thermal Comfort. DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES* note 3 Passive and Low Energy Architecture International (PLEA) in association with Department of Architecture, The University of Queensland Brisbane 4072.
- Avcı, S. (2010). "İstanbul Örneğinde Şehiriçi Arazi Kullanımı ve Stadyumlar: Bir Spor Coğrafyası Çalışması". *Türk Coğrafya Dergisi*, 54, 15-29.
- Banc, S. Adina-Eliza Croitoru, A. E. David, N.A. and Scripcă, A. S. (2020). "Changes Detected in Five Bioclimatic Indices in Large Romanian Cities over the Period 1961–2016". *Asmosphere*, 11, 819.

- Bedford, T. (1936). "The Warmth Factor in Comfort at Work: a Physiological Study of Heating and Ventilation". *Industrial Health Research*. Board No: 76, HMSO, London.
- Belding, H S. and Hatch, T. F. (1955). "Index for Evaluating Heat Stress in Terms of Resulting Physiological Strain". *Heating, Piping, Air Conditioning*, 27, 129-14:002.
- Bienvenido-Huertas, D. Rubio-Bellido, C. Marín-García, D. and Canivel, J. (2021). "Influence of the Representative Concentration Pathways (RCP) scenarios on the bioclimatic design strategies of the built environment". *Sustainable Cities and Society*, 72, 103042.
- Bizans Döneminde İstanbul Nüfusu (2023, 23 Ocak). Erişim tarihi: <https://istanbultarihi.ist/93-bizans-doneminde-istanbul-nufusu>
- Blażejczyk, K. (1994). New Climatological-and-Physiological Model of The Human Heat Balance Outdoor (MENEX) and its Applications in Bioclimatological Studies in Different Scales. [in:] *Blażejczyk K., Krawczyk B. Bioclimatic research of the human heat balance. Zesz.*, 28, 27-58.
- Błażejczyk, K. Baranowski, J. and Błażejczyk, A. (2014). Heat stress and occupational health and safety – spatial and temporal differentiation, *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*, 18(1), 61-67.
- Boz, A. Ö. (2017). Tekirdağ Kent Merkezinin Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bozkurt, S. G. Kuşak, L. and Akkemik, Ü. (2023). "Investigation of land cover (LC)/land use (LU) change affecting forest and seminatural ecosystems in Istanbul (Turkey) metropolitan area between 1990 and 2018". *Environ Monit Assess*, 195-196.
- Bröde, P. Krüger, E. L. and Rossi, F.A. (2011). Assessment of Urban Outdoor Thermal Comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI. *XIV International Conference on Environmental Ergonomics*. Greece, 338-341.
- Bülbül, S. and Köse, A. (2010). "Türkiye’de bölgelerarası iç göç hareketlerinin çok boyutlu ölçekleme yöntemi ile incelenmesi". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(1), 75-94

- Casanova, L.M. Jeon, S. Rutala, W.A. Weber, D.J. and Sobsey, M. D. (2010). “Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces”. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, 76 (9), 2712–2717.
- Chen, L. and Ng, E. (2011). “Quantitative urban climate mapping based on a geographical database: A simulation approach using Hong Kong as a case study”. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13, 586-594.
- Chen, L. Ng, E. An, X. Ren, C. Lee, M. Wang, U. and 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, Y. C. and Matzarakis, A. (2018). “Modified Physiologically Equivalent Temperature-Basics And Applications for Western European Climate”. *Theor Appl Climatol*, 132, 1275–1289.
- Cheung, C. S. C. and Hart, M.A. (2014). “Climate change and thermal comfort in Hong Kong”. *Int J Biometeorol*, 58, 137–148
- Cheval, S. Dumitrescu, A. and Birsan, M.V. (2016). “Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050”. *Catena*, 151, 74-86.
- Clarke, J. F. and Bach, W. (1971). “Comparison of The Comfort Conditions in Different Urban and Suburban Microenvironments”. *International Journal of Biometeorology*, 15: 41– 54.
- Cumhuriyet sonrası İstanbul demografisi (2023, 18 Şubat). Erişim tarihi: <https://istanbultarihi.ist/97-cumhuriyet-sonrasi-istanbul-demografisi>
- Çağlak, S. (2021). İklim Değişikliğinin Biyoklimatik Konfor Şartları Üzerine Etkileri ve Olası Sonuçları. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Çağlak, S. (2022). “Amasya Kentinin Biyoklimatik Konfor Koşullarının Mekânsal Dağılımı ve Gelecek Projeksiyonları ”. *Mavi Atlas*, 10 (1), 182-197.
- Çağlak, S. Aydemir, K. P. ve Kazancı, G. (2021). “Kentleşmenin Biyoklimatik Konfor Şartları Üzerine Etkileri; Bolu Örneği”. *Şehir Sağlığı Dergisi*, 2 (2), 47-55.

- Çağlak, S. ve Bahadır, M. (2021). “Samsun’da Biyoklimatik Konfor Şartlarının İnsan Sağlığı İçin Zamansal Değişiminin Coğrafi Analizi”, *I. Uluslararası Sağlık Ve İklim Değişikliği Kongresi*, 16-21 Nisan, 114-121.
- Çakır, G. Ün, C. Başkent, E. Z. Köse, S. Sivrikaya, F. and Keleş, S. (2008). Evaluating Urbanization, Fragmentation and Land Use/Land Cover Change Pattern in Istanbul City, Turkey From 1971 To 2002”. *Land Degradation and Development*, 19, 663-675.
- Çalışkan, O. Çiçek, İ. and Matzarakis, A. (2011). “The Climate and Bioclimate of Bursa (Turkey) from Perspective of tourism”. *Theor Appl. Climatol*, 107, 417–425.
- Çalışkan, O. (2012). Türkiye’nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullara Etkisinin Ankara Ölçeğinde İncelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Çetin, İ. Z. and Sevik, H. (2020). “Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon”. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(71), 1-14.
- Çetin, M. (2015). “Determining The Bioclimatic Comfort in Kastamonu City”. *Environmental Monitoring and Assessments*, 187, 640-651.
- Çetin, M. (2019). “The effect of urban planning on urban formations determining bioclimatic comfort area’s effect using satellitia imagines on air quality: a case study of Bursa city”. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 1237–1249.
- Çetin, M. Adıguzel, F. Kaya, O. and Şahap, A. (2018). “Mapping of Bioclimatic Comfort for Potential Planning Using GIS in Aydın”. *Environmental, Development and Sustainability*, 20, 361–375.
- Çetin, M. Topay, M. Kaya, L. G. ve Yılmaz, B. (2010). “Biyoklimatik Konforun Peysaj Planlama Sürecindeki Etkinliği: Kütahya Örneği” *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Sayı:1, 83-95
- Çınar, İ. (1999). Fiziksel Planlamada Biyoklimatik Veriler Kullanarak Biyokonforun Oluşturulması Üzerine Fethiye Merkezi Yerleşimi Üzerinde Araştırmalar. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Çınar, İ. (2004). Biyoklimatik Konfor Ölçütlerinin Peyzaj Planlama Sürecinde Etkinliği Üzerinde Muğla-Karabağlar Yaylası Örneğinde Araştırmalar. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çiçek, İ. (2003). “Ankara’da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi” *Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı*, 11-13 Nisan 2002, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları, 121, 145-157.
- Çiçek, İ. ve Doğan, U. (2005). “Ankara’da Şehir Isı Adasının İncelenmesi”. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3 (1): 57-72.
- Çolakoğlu, E. (2019). İklim değişikliği, sürdürülebilir kentler ve kentsel planlama etkileşimi, *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 11*, Ankara
- Daneshvar, M.R.M. Bagherzadeh, A. and Tavousi, T. (2013). “Assessment of Bioclimatic Comfort Conditions Based on Physiologically Equivalent Temperature (PET) Using the RayMan Model in Iran”. *Central European Journal of Geosciences*, 5, 53-60.
- Darkot, B. (1950-53). “İstanbul”. *İslam Ansiklopedisi*, Cilt 5, 1135-1142.
- Dem Verisi (2020, 16 Kasım). Erişim adresi: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Dem Verisi (2020, 17 Kasım). Erişim adresi: <https://search.asf.alaska.edu/#/>
- Doğan, M. (2013). “Geçmişten Günümüze İstanbul’da Sanayileşme Süreci ve Son 10 Yıllık Gelişimi”. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 511-550.
- Doğan, Ö.S. ve Gökburun, İ. (2019). “İstanbul’da Köyden Mahalleye Evrilen Yerleşmeler”. *Coğrafya Dergisi*, 39, 73-87.
- Doğru, A.Ö. Göksel, Ç. David, R. M. Tolunay, D. and Sözen, S. (2020). “Detrimental environmental impact of large scale land use through deforestation and deterioration of carbon balance in Istanbul Northern Forest Area”. *Environmental Earth Sciences*, 79, 270.
- Döker, M. F. (2012). İstanbul Kentsel Büyüme Sürecinin Belirlenmesi, İzlenmesi ve Modellenmesi. Yayınlanmamış Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Dönmez, Ş. (2011). “Yeni Arkeolojik Araştırmalar Işığında İstanbul’un (Tarihi Yarımada) Neolitik, Kalkolitik ve Demir Çağı Kültürleri Üzerine Genel Değerlendirmeler” *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 1, 19-25.
- Driscoll, D. M. (1992). Thermal Comfort Indexes. Current Uses and Abuses. *Nat. Weather Digest*, 17, (4), 33-38.
- Eliasson, I. and Svensson, M. K. (2003). “Spatial air temperature variations and urban land use – a statistical approach”. *Meteorological Applications*, 10, 135–149.
- Emmanuel, R. (2005). “Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka”. *Building and Environment*, 40, 1591–1601.
- Epstein, Y. and Moran, D. S. (2006). “Thermal Comfort and the Heat Stress Indices”. *Industrial Health*, 44, 388–398.
- Erdoğan, Ö. Çabuk, A. Memlük, Y. ve Perçin, H. (2013). “Ekolojik arazi kullanım kararlarına uygun rekreasyon alanlarının AHP yöntemi kullanılarak Kütahya kenti örneğinde irdelenmesi”. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 26-36.
- Eriñç, S. (2010). *Jeomorfoloji I*. 6. Baskı, DER Yayınları: İstanbul.
- Erkek, E. Başaran, N. Atun, R. Kalayci, Ö. Lamba, H. Öner, A. Çabuk, S. N. Uyguçgil, H. Ağaçasapan, B. (2020). “Biyoklimatik Konfor ve Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin CBS ve UA Teknikleri Kullanılarak İncelenmesi: İzmir İli Örneği”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20, 174-188.
- Erol, O. (1993). *Genel Klimatoloji*. Gazi Büro Yayıncılık: Ankara
- Ertürk, H. ve Sam, N. (2009). *Kent ekonomisi*. Ekin Basım Yayın Dağıtım: Bursa
- Eski Çağda İstanbul Topoğrafyası (2023, 23 Ocak). Erişim tarihi:
<https://istanbultarihi.ist/19-eski-cagda-istanbul-topografyasi>
- Ezber, Y. Şen, Ö. L. Kindap, T. and Karaca, M. (2007). “Climatic effects of urbanization in Istanbul: a statistical and modeling analysis”. *International Journal of Climatology*, 27, 667-679.

- Fanger, P. O. (1972). *Thermal Comfort, Analysis and application in Environment Engineering*. New York. McGraw Hill.
- Fröhlich, D. and Matzarakis, A. (2013). “Modeling of changes in thermal bioclimate: examples based on urban spaces in Freiburg, Germany”. *Theor Appl Climatol*, 111, 547-558.
- Gagge, A. Stolwijk, A. and Nishi, Y. (1971). “An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model Of Human Physiological Regulatory Response”. *ASHRAE Trans*, 77: 247–57.
- Garipoğlu, N. ve Duman, E. (2018). “Çatalca İlçesi’nin Arazi Kullanımında Meydana Gelen Değişimler (1987-2016)”. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37, 219-232.
- Gates, D. M. (1963), “The energy environment in which we live”, *American Scientist*, 51(3), 327-348.
- Geymen, A. and Baz, İ. (2008). “Monitoring urban growth and detecting land-cover changes on the Istanbul metropolitan area”. *Environ Monit Assess*, 136, 449-459.
- Geymen, A. ve Baz, İ. (2007). “İstanbul Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanım Değişimi ve Nüfus Artışının İzlenmesi”. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, *Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim-2 Kasım, Trabzon.
- Givoni, B. (1963). *Man Climate and Architecture*, Elsevier Press, Amsterdam, 247.
- Golbabaie, F. Heidari, H. Sihamsipour, A. Forushani, A. R. and Gaeini, A. (2019). “A new outdoor environmental heat index (OEHI) as a simple and applicable heat stress index for evaluation of outdoor workers”. *Urban Climate*, 29 , 1-10.
- Gökaşan, E. Tur, H. Ecevitoglu, B. Görüm, T. Türker, A. Tok, B. ve Birkan, H. (2006). “İstanbul Boğazı Deniz Tabanı Morfolojisi Denetleyen Etkenler: Son Buzul Dönemi Sonrası Aşınma İzlerinin Kanıtları”. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 27(3), 143-161.
- Gökburun, İ. (2017). “İstanbul’da nüfusun gelişimi ve ilçelere dağılımı (1950-2015)”. *Journal of Anatolian Cultural Research*, 1 (3), 110-130.

- Gökburun, İ. (2017). 1950-2015 Yılları Arasında İstanbul'da Nüfus Hareketleri. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gulyás Á. and Matzarakis A. (2007). "Selected examples of bioclimatic analysis applying the physiologically equivalent temperature in Hungary". *Acta Climatologica Et Chorologica*, 40-41, 37-46.
- Gulyas, A.. and Matzarakis, A. (2009). "Seasonal and Spatial Distribution of Physiologically Equivalent Temperature (PET) Index in Hungary". *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 113(3): 221:00–231.
- Güçlü, Y. (2008). "Alanya-Samandağ Kıyı Kuşağında Konforlu Olma Süresi ve Deniz Turizmi Mevsiminin İklim Koşullarına Göre Belirlenmesi". *Türk Coğrafya Dergisi*, 50, 1-20.
- Güngör, S. Çetin, M. and Adıgüzel, F. (2021), "Calculation of comfortable thermal conditions for Mersin urban city planning in Turkey". *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14, 515–522
- Güngör, Ş. Çetin, M. Adıgüzel, F. Deniz, A. ve Kaya, E. (2019). "Biyoklimatik konfor alanlarının belirlenmesinin kentsel planlama çalışmaları ile kent oluşumlarına Etkisi: Bursa ili örneği". *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi*, 20-22 Haziran 2019, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Haldane J.S. (1905). "The Influence of High Air Temperature". *Journal of Epideomology and Infection*, 5 (4), 494–513.
- Han, J. Y. and Baik, J. J. (2008). "A theoretical and numerical study of urban heat island induced circulation and convection". *Journal Of The Atmospheric Sciences*, 65, 1869-1877.
- Heberden, W. (1826). "An Account Of The Heat Of July 1825, Some Remarks On Sensible Cold". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 2 , 69 – 75.
- Hobbs, J. E. (1995). *Applied Climatology a Study of Atmospheric Resources: CO*, Westview Press, 218: London.
- Houghton, F. C. and Yaglou, C.P. (1923). "Determining Equal Comfort Lines". *Journal of American Society of Heat Ventilation Engineers*, C. 29 : 165–76

- Höppe, P. (1984). Die Energiebilanz des Menschen. Wiss. Mitt. Meteorol. Inst. Uni München, 49.
- Höppe, P. (1999). “The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment”, *Int J Biometeorol*, C.43 s. 71–75.
- Huang, Y. J. Akbari, H. and Taha, H. (1990). “The wind-shielding and shading effects of trees on residential heating and cooling requirements”. *Proc. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers*, 96 (1)
- Hurlimanna, A. Moosavi, S. and Browne, G. R. (2021). “Urban planning policy must do more to integrate climate change adaptation and mitigation actions”. *Land Use Policy*, 101, 105188.
- Ichim, P. and Sfică, L. (2020). “The Influence of Urban Climate on Bioclimatic Conditions in the City of Iași, Romania”. *Sustainability*, 12, 9652.
- ISO 7726: (2002). Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.
- İşınkaralar, O. (2023). “Bioclimatic comfort in urban planning and modeling spatial change during 2020–2100 according to climate change scenarios in Kocaeli, Türkiye”. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 7775–7786.
- İBB (2021). Tarihsel Dönemlerde İstanbul’un Köyleri. İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü: İstanbul
- İBB (2021). Tarihsel Yerleşmeler. İstanbul: İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü: İstanbul
- İBB 5216 kanun (2023, 17 Mayıs). Erişim tarihi: <https://www.ibb.istanbul/icerik/yetki-alani>
- İncecik, S. (1985). “A Mesometeorological investigation of the Golden Horn-İstanbul”. *Boundary-Layer Meteorology*, 36, 93-100.
- İSKİ (2021). İstanbul Hidrografya Verileri. İstanbul

İstanbul nüfusu fetihten XVIII.yüzyıl sonlarına kadar (2023, 23 Ocak). Erişim tarihi:
<https://istanbultarihi.ist/94-istanbul-nufusu-fetihten-xviii-yuzyil-sonlarına-kadar>

İstanbul nüfusu XVIII yüzyıl sonundan XX.Yüzyılın başına (2023,23 Ocak). Erişim tarihi:
<https://istanbultarihi.ist/95-istanbul-nufusu-xviii-yuzyilin-sonundan-xx-yuzyilin-basina>

Jendritzky, G. and Tinz, B. (2000). *Human Bioclimate Maps as Basis for Climate Impact Research*. In, de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds.), *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*". Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50 : 79-83.

Jendritzky, G. Menz, G. Schirmer, H. and Schmidt-Kessen, W. (1990). *Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des enschen 16 (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell)*. Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung Bd. 114:00, Hannover.

Jendritzky, G. Sönning, W. and Swantes, H. J. (1979). Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadtund Landschaftsplanung ("KlimaMichel- Modell"). Beiträge d. Akad. f. Raumforschung un Landesplanung Bd. 28, Hannover.

Kara, F. ve Karatepe, A. (2012). "Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) Arazi Kullanımı Değişim Analizi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, 25, 378-389.

Karaca, M. Tayanç, M. and Toros, H. (1995). "Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara". *Atmospheric Environment*, 29 (23), 3411-342.

Karakuş, C.B. and Demiroğlu, D. (2022). "A Study of The Relationship Between Bioclimatic Comfort Zones And Land Use: The Case of Sivas Province (Turkey)". *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 1139.

Karlı, M. (2019). İstanbul Arazi Kullanımının Karbon Salımı Üzerindeki Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kaya, S. and Demirhan, D. (2019). "Signs of Global Warming in Upper Air Temperatures over South-Eastern Europe". *9 th International Symposium on Atmospheric Sciences (ATMOS)*, 23-26 October, Istanbul Technical University, İstanbul, 962-967.
- Kayman, Ö. (2015). Spektral İndekslerin Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına Etkisi: İstanbul, Beylikdüzü İlçesi, Arazi Kullanımı Değişimi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keçeli, A. Karakuyu, M. Kocaman, S. ve Kara, F. (2008). Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri Arasındaki Sahanın Arazi Kullanım Değişimlerinin Şehir Planlaması Açısından Değerlendirilmesi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, 17, 138-153.
- Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods. London.
- Kentler-İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum (2023, 15 Mayıs). Erişim tarihi: <https://temizenerji.org/2022/03/10/kentler-iklim-degisikligiyle-mucadele-ve-uyum/>
- Kestane, Ö. ve Ülgen, K. (2013). "İzmir İli İçin Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi". *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 3(5), 18-25
- Kestane, Ö. ve Ülgen, K. (2013). "İzmir İli için Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi". *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 3 (5), 18-25.
- Khorrami, B. and Gunduz, O. (2020). "Spatio-temporal interactions of surface urban heat island and its spectral indicators: a case study from Istanbul metropolitan area, Turkey". *Environ Monit Assess*, 192: 386
- Kocman, A. (1991). "Affecting of Izmir's urban development of natural environmental factors and problems related to them". *Geography Research Journal*, 3, 101.
- Kodak, G. ve Acarer, T. (2021). "İstanbul Boğazı'nda Deniz Trafik Düzenlemelerinin Kaza Oranına Etkisinin Değerlendirmesi". *Aquatic Research*, 4(2), 181-207.
- Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*, (2016). Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM).
- Kuban, D. (1970). İstanbul'un Tarihi Yapısı. *Mimarlık Dergisi*, 8, 5, 26- 49

- Kurt, S. Demirci, A. ve Karaburun, A. (2011). "İstanbul kıyılarında 1987 ve 2007 yılları arasında arazi kullanımında meydana gelen değişimler". *Doğu Coğrafya Dergisi*, 16 (26), 115-127.
- Kurter, A. (1979). *Türkiye'nin Morfoklimatik Bölgeleri*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2585, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 106, İstanbul.
- Kyle, W. J. (1994). The Human Bioclimate of Hong Kong, University of Masarykiana Brunensis-Bruno, Czech Republic, 345-350
- Landsberg, H.E. (1972). "The Assessment of Human Bioclimate, a Limited Review of Physical Parameters". World Meteorological Organization, Technical Note No. 123, WMO-No. 331, Geneva.
- Landsberg, H. E. (1981). *The Urban Climate*, Academic Press: New York
- Lobaccaro, G. and Acero, J. A. (2015). "Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons". *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Masterton, J. M. and Richardson, F. A. (1979). "Humidex: a Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity". *Environment Canada*, 1, 79 – 86.
- Mateeva, Z. (2001). "Bioclimatic diversity of Bulgaria: a resource or a limiting factor of the recreation & tourism". *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, 5-10 October, Greece, 51-67.
- Matzarakis, A. (2014). "Transfer of climate data for tourism applications - The Climate-Tourism/Transfer-Information-Scheme". *Sustain. Environ. Res.*, 24 (4), 273-280.
- Matzarakis, A. and Amelung, B. (2008). "Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans". In: Thomson M.C., Garcia-Herrera R., Beniston M. (ed). *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health*. Advances in Global Change Research, vol 30. Springer, Dordrecht.
- Matzarakis, A. Rutz, F. and Mayer, H. (2010). "Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Basics of the RayMan model", *International Journal of Biometeorology*, 54, 131-139.

- Matzarakis, A. and Endler, C. (2010). "Climate Change and Thermal Bioclimate in Cities: Impacts and Options for Adaptation in Freiburg, Germany". *International Journal of Biometeorology*, 54(4), 479-483.
- Matzarakis, A. Georgiadis, T. and Rossi, F. (2007). "Thermal Bioclimate Analysis for Europe and Italy". *Il Nuovo Cimento*, 30, 623-632.
- Matzarakis, A. and Karagülle, M. Z. (2007). "Bioclimate Information For İstanbul". *Developments in Tourism Climatology*, 166-171.
- Matzarakis, A. and Mayer, H. (1996). "Another Kind Of Environmental Stress: Thermal Stress". *WHO News*, 18, 7-10.
- Matzarakis, A. Mayer, H. and Iziomon, M. (1999). "Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature", *Int. J. Biometeor*, 43, 76-84.
- Matzarakis, A. Rutz, F. and Mayer, H. (2000). "Estimation and Calculation of The Mean Radiant Temperature within Urban Structures". In: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*. (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): *Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99*, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278.
- Mayer, H. (1993). *Urban Bioclimatology*. *Experientia* 49: 957-963.
- Mayer, H. and Höpfe, P. (1987). "Thermal Comfort of Man in Different Urban Environments". *Theor. Appl. Climatol.* 38, 43-49.
- Mayer, H. and Matzarakis, A. (1997). "The urban heat island seen from the angle of humanbiometeorology". In: *Proceedings of the International Symposium on Monitoring and Management of the Urban Heat Island*, Fujisawa, 84-95.
- McGregor, G. R. (1993). "A preliminary Assessment of The Spatial and Temporal Characteristics of Human Comfort in China". *International Journal of Climatology*, 13(7), 707-725.
- Menteşe, E. Y. (2019). Modelling The Relation Between Ecological Sustainability and Land-Use Plans Using GIS Techniques. Unpublished PhD Thesis, İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, İstanbul.

- Metin, A.E. and Çağlak, S. (2022). “Assessment of the effect of land use change on bioclimatic comfort conditions in Uşak Province”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46, 632-641.
- Middel, A. Chhetri, N. and Quay, R. (2015). “Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods”. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 178- 186.
- Missenard, A. (1931). *Température effective d'une atmosphère, Chaleur et Industrie XII*, C. 137, s. 491–498.
- Mohamadi, B. Gholizadeh, M. H. and Alijani, B. (2018). “Spatial Distribution of Thermal Stresses in Iran Based on Pet And Utcı Indices”. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16 (5), 5423-5445.
- Nastos, P.T. and Matzarakis, A. (2019). “Present and Future Climate—Tourism Conditions in Milos Island, Greece”. *Atmosphere*, 10 (3): 97-107.
- Njoku, C.A. and Daramola, M.T. (2019). “Human Outdoor Thermal Comfort Assessment in a Tropical Region: A Case Study”. *Earth Syst Environ*, 3: 29–42.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Routledge, 435: New York.
- Oke, T.R. (1981). “Canyon Geometry and The Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observation”. *J. Climatology*, 1, 237-254.
- Oke, T.R. Johnson, G. T. Steyn, D. G. and Watson, I. D. (1991). “Simulation of Surface Urban Heat Islands Under —Ideal Conditions at Night Part 2: Diagnosis of Causation”. *Boundary-Layer Meteorology*, 56: 339-358.
- Olgyay, V. (1973). *Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press: New Jersey.
- Özşahin, E. ve Eroğlu, İ. (2017). “Tekirdağ İlinde Eğitim ve Biyoklimatik Konfor Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi”. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26 (1), 161-170.
- Öztürk, M. Z. Çetinkaya, G. Aydın, S. (2017). “Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri”. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.

- Parsons, K. C. (2003). "Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance". *Taylor & Francis*, London, New York.
- PMV Thermal Comfort Criteria (2022, 20 Eylül). Erişim tarihi:
<https://www.simulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>
- Pontes, R. H. Najjar, M. K. Hammad, A.W.A.Vazquez, E. and Haddad, A. (2022). "Adapting the Olgyay bioclimatic chart to assess local thermal comfort levels in urban regions". *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 661–675.
- Roshan, G.R. Farrokhzad, M. and Attia, S. (2017). "Defining thermal comfort boundaries for heating and cooling demand estimation in Iran's urban settlements". *Building and Environment*, 121, 168-189.
- Rothfus, L.P. (1990). "The Heat Index "Equation" (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index)". Western Region Technical Attachment.
- Siple, P. A. and Passel, C. F. (1945). "Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Subfreezing Temperatures". *Proceedings of the American Philosophical Society*, 89 (1), 177-199.
- Steadman, R. G. (1979). "The assessment of sultriness. Part I. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science". *J Appl Meteorol*, 18, 861–873.
- Steadman, R. G. (1984). "A Universal Scale of Apparent Temperature". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1674-1687.
- Steenefeld, G. J. Koopmans, S. Heusinkveld, B. G. Hove, L. W. A and Holtslag, A. A. M. (2011). "Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands". *Journal of Geophysical Research*, 116. D20129.
- Sungur, K.A. (1980). "Türkiye’de İnsan Yaşamı Açısından Uygun Olan ve Olmayan Isı Değerlerinin Aylık Dağılışı ile İlgili Bir Deneme". *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 23, 27–36.

- Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M. and Tochiwara, Y. (2006). "Physiological and Subjective Responses to Low Relative Humidity". *Journal of Physiological Anthropology*, 25, 7–14.
- Svensson, M. K., Thorsson, S. and Lindqvist, S. (2003). "A geographical information system model for creating bioclimatic maps – examples from a high, mid-latitude city". *Int J Biometeorol*, 47, 102-112.
- Şensoy, S. (2020). Turizm Sektörünün Geleceği Açısından Sıcaklık İndisleri ile Termal Biyoklimatik İndisler Arasındaki İlişkiler: Antalya Örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Şimşek, Ç. K. (2013). İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şimşek, Ç. K. ve Şengezer, B. (2012). "İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi". *MEGARON*, 7(2), 116-128.
- Tağıl, Ş. ve Ersayın, K. (2015). Balıkesir İlinde Dış Ortam Termal Konfor Değerlendirmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8 (41).
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M. and Dobbela, A. (2015). "Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands". *Building and Environment*, 83, 65-78
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2020). CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Verileri. Ankara
- Thom, E. C. (1959). "The Discomfort Index". *Weatherwise* 12, 57–60
- Thorsson, S., Tsuyoshi H., Fredrik L., Ingegård E. and En-Mi L. (2007). "Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places", *Environment and Behavior*, 39, 660-684.
- Toros, H., Deniz, A., Şaylan, L., Şen, O. ve Baloğlu, M. (2003). "Marmara Bölgesi için Üşüme Sıcaklığı Analizi", *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 19-21 Mart 2003, İstanbul, 70-77.

- Toy, S. (2010). Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi Rekreasyonel Alanların İncelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Toy, S. Yılmaz, S. and Yılmaz, H. (2007). “Determination of Bioclimatic Comfort in Three Different Land Uses in The City of Erzurum, Turkey”. *Building and Enviroment*, 42 (3), 1315-1318.
- TS EN ISO 7730 (2005). Ergonomics of the Thermal Environment — Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria.
- Tural, S. (2011). Gerçek zamanlı meteoroloji verilerinin toplanması, analizi ve haritalanması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turoğlu, H. (2014). “Detection of Changes on Temperature and Precipitation Features in Istanbul (Turkey)”. *Atmospheric and Climate Sciences*,4, 549-562.
- TÜİK. (2021, 20 Nisan). 1990 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- TÜİK. (2021, 20 Nisan). 2000 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- TÜİK. (2021, 20 Nisan). 2007 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- TÜİK. (2021, 20 Nisan). 2012 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- TÜİK. (2021, 20 Nisan). 2018 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- TÜİK. (2022, 10 Mart). 2021 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685>
- TÜİK. (2023, 27 Mart). 2022 Nüfus verileri. Erişim adresi:
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685>

- Tümertekin, E. (1997). İstanbul İnsan ve Mekân. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları
- Türkeş, M. (2008). “Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler”. *Su Vakfı*, 26-37.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650, İstanbul.
- Türkeş, M. Sümer, U. M. and Demir, İ. (2002). “Re-Evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for The Period 1929–1999”. *International Journal of Climatology*, 22, 947-977.
- Türkoğlu, N. Çalışkan, O. Çiçek, İ. ve Yılmaz, E. (2012). “Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi”. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 9(1), 933-955
- Türkoğlu, N. ve Çalışkan, O. (2011). “Nevşehir ve Ürgüp’te Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi”. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 51 (1), 45-63.
- UN (2022). World Population Prospects 2022. Erişim tarihi: 15 Nisan 2023, <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>
- Unger, J. (1999). “Urban–Rural Air Humidity Differences in Szeged, Hungary”. *International Journal Of Climatology*, 19, 1509–1515.
- UNHabitat (2022). World Cities Report 2022. Erişim tarihi: 15 Nisan 2023, <https://unhabitat.org/wcr/>
- Urban Heat Island (2023, 12 Mayıs). Erişim tarihi: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/urban/urban-heat-island>
- Ülker, İ. (1988). *Türkiye’de Sağlık Turizmi ve Kaplıca Planlaması*. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Çağdaş Kültür Eserleri Dizisi, 1006/129: Ankara.
- Ünal, Y. S. Sonuç, C.Y. Incecik, S. Topcu, H. S. Diren-Üstün, D. H. and Temizöz, H. P. (2020). “Investigating urban heat island intensity in Istanbul”. *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 175-190.

- Üstün, D. D. Kaplan, E. and Ünal, Y. (2022). “İstanbul’da Şehir Isı Adası ve Kentsel Gelişim Senaryolarına Bağlı Değişimi”. *İTÜ Dergisi-e*, 23(1) 55–68.
- VDI, (1998). VDI 3787, Part I: Environmental Meteorology, Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. Beuth, Berlin.
- Vernon, H.M. and Warner, C.G. (1932). “The Influence of The Humidity of The Air on Capacity for Work at High Temperatures”. *J Hyg*, 32, 431–62.
- Wan, K. K. W. Wong, S.L. Yang, L. and Lam, J. C. (2009). “An analysis of the bioclimates in different climates and implications for the built environment in China”, *Building and Environment*, 45(5), 1312-1318.
- Wang, M. Zhang, X. and Yan, X. (2012). “Modeling the climatic effects of urbanization in the Beijing–Tianjin–Hebei metropolitan area”. *Theor Appl Climatol*, 113, 377-385.
- Wang, X. Wang, Z. Qi, Y. and Guo, H. (2009). “Effect of urbanization on the winter precipitation distribution in Beijing area”. *Sci China Ser D-Earth Sci*, 52 (2), 250-256.
- Wang, Y. (2003). An Analysis of an Expert System Used to Predict Human Thermal Comfort in Outdoor Urban Settings. PhD Dissertation, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.
- Winslow, C. E. A. Herrington, L.P. and Gagge A. P. (1937). “Physiological Reactions Of The Human Body To Various Atmospheric Humidity”, *Am. J. Epidemiol. C.* 26, s.103-115
- Yaglou, C.P. and Minard, D. (1957). “Control of Heat Casualties at Military Training Centers”. *Am Med Ass Arch Ind Hlth*, 16, 302–16.
- Yalçınlar, İ. (1948). “İstanbul Boğazı ve Civarının Vadileri Hakkında”, *Ankara Üniversitesi DTCF Dergisi*, Cilt: VI, No: 1, s.: 69-72.
- Yang, W. Wong, N. H. and Jusuf, S. K. (2013). “Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore”. *Building and Environment*, 59, 426-435.
- Yeşil, M. Yeşil, P. ve Güzel, M. (2021). “Ordu ili Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi”. *Kent Kültürü ve Yönetimi Dergisi*, 14 (4), 1059-1073.

- Yıldız, N. D. Avdan, U. Yılmaz, S. and Matzarakis, A. (2018). “Thermal map assessment under climate and land use changes; a case study for Uzundere Basin”. *Environ Sci Pollut Res*, 25, 940–951.
- Yılmaz, L. (2017). “Anna Komnena’nın Alexiad’ında İstanbul Surdışı Yerleşmeleri”.*Sanat Tarihi Dergisi*, 2, 295-313.
- Yılmaz, R. (2009). “Monitoring land use/land cover changes using CORINE land cover data: a case study of Silivri coastal zone in Metropolitan Istanbul”. *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-009-0972-z.
- Yiğit, A. ve Hayır-Kanat, M. (2017). “İstanbul Şehrinde Ağırlıklı Nüfus Merkezinin Değişimi ve Nedenleri: 1990-2010 Dönemi”. *International Journal of Social Science Research*, 6 (2), 114-123.



EK 1

Ek Tablo 1 1990 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indis	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Biyoklimatik konfor indisi	Yıllık	Konforlu	5.11	0,24	0,94	0,82	92,36	5,54	6,67	0,99	23.4	3,1
		Konforsuz	2180.05	99,76	114,4	99,18	1575,44	94,46	670,58	99,01	731.05	96,9
	Aralık	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Ocak	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Şubat	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Mart	Konforlu	2132,53	97,59	115,12	99,8	1648,75	98,85	665,5	98,26	744,05	98,62
		Konforsuz	52,63	2,41	0,22	0,2	19,05	1,15	11,75	1,74	10,4	1,38
	Nisan	Konforlu	273,2	12,51	17,27	14,97	657,15	39,4	41,92	6,19	98,93	13,12
		Konforsuz	1911,96	87,49	98,07	85,03	1010,65	60,6	635,33	93,81	655,52	86,88
	Mayıs	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Haziran	Konforlu	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Temmuz	Konforlu	2170,42	99,32	112,66	97,67	1661,76	99,63	615,33	90,85	727,39	96,41
		Konforsuz	14,74	0,68	2,68	2,33	6,04	0,37	61,92	9,15	27,06	3,59
	Ağustos	Konforlu	2176,78	99,61	113,11	98,06	1663,32	99,73	625,97	92,42	736,93	97,67
		Konforsuz	8,38	0,39	2,23	1,94	4,48	0,27	51,28	7,58	17,52	2,33
	Eylül	Konforlu	2185.16	100	115.34	100	1667.8	100	677.25	100	754.45	100
	Ekim	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100
	Kasım	Konforsuz	2185,16	100	115,34	100	1667.8	100	677,25	100	754,45	100

EK 2

Ek Tablo 2 2000 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırılması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Biyoklimatik konfor indisi	Yıllık	Konforsuz	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Aralık	Konforlu	0,71	0,04	0,01	0,01	0	0	4,38	0,45	1,44	0,27
		Konforsuz	2215,8	99,96	64,01	99,99	1539,53	100	973,28	99,55	539,99	99,73
	Ocak	Konforsuz	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Şubat	Konforlu	3,96	0,17	0,01	0,01	0	0	9,18	0,93	3,04	0,57
		Konforsuz	2212,55	99,83	64,01	99,99	1539,53	100	968,48	99,07	538,39	99,43
	Mart	Konforlu	255,37	11,53	1,54	2,4	44,86	2,93	96,63	9,88	24,47	4,51
		Konforsuz	1961,14	88,47	62,48	97,6	1494,67	97,07	881,03	90,12	516,96	95,49
	Nisan	Konforsuz	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Mayıs	Konforlu	19,42	0,87	0,19	0,32	6,18	0,4	80,13	8,2	21,06	3,88
		Konforsuz	2197,09	99,13	63,83	99,68	1533,35	99,6	897,53	91,8	520,37	96,12
	Haziran	Konforlu	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Temmuz	Konforlu	2216,17	99,98	64,02	100	1539,53	100	977,63	99,99	541,43	100
		Konforsuz	0,34	0,02	0	0	0	0	0,03	0,01	0	0
	Ağustos	Konforlu	2179,03	98,3	61,68	96,35	1467,15	95,3	701,16	71,71	474,68	87,67
		Konforsuz	37,48	1,7	2,34	3,65	72,38	4,7	276,5	28,29	66,75	12,33
	Eylül	Konforlu	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Ekim	Konforsuz	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Kasım	Konforsuz	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100

EK 3

Ek Tablo 3 2006 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Biyoklimatik konfor indisi	Yıllık	Konforsuz	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Aralık	Konforlu	6,81	0,36	0,12	0,12	0,53	0,04	12,31	1,31	1,73	0,35
		Konforsuz	1913,8	99,64	93,74	99,88	1403,25	99,96	927,95	98,69	487,72	99,65
	Ocak	Konforsuz	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Şubat	Konforsuz	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Mart	Konforlu	32,99	1,72	0,22	0,23	5,17	0,37	43,86	4,67	8,76	1,79
		Konforsuz	1887,62	98,28	93,64	99,77	1398,61	99,63	896,4	95,33	480,69	98,21
	Nisan	Konforlu	0	0	0,52	0,55	0	0	28,38	3,02	4,04	0,83
		Konforsuz	1920,61	100	93,34	99,45	1403,78	100	911,88	96,98	485,41	99,17
	Mayıs	Konforlu	174,45	9,09	23,42	24,95	109,94	7,84	459,1	48,83	80,42	16,43
		Konforsuz	1746,16	90,91	70,44	75,05	1293,84	92,16	481,16	51,17	409,03	83,57
	Haziran	Konforlu	1416,25	73,74	91,31	97,28	1291,49	92,01	930,93	99,01	449,29	91,79
		Konforsuz	504,36	26,26	2,55	2,72	112,29	7,99	9,33	0,99	40,16	8,21
	Temmuz	Konforlu	1661,01	86,48	83,29	88,75	1377,47	98,12	849,75	90,37	462,49	94,49
		Konforsuz	259,6	13,52	10,57	11,25	26,31	1,88	90,51	9,63	26,96	5,51
	Ağustos	Konforlu	401,36	20,89	40,07	42,67	854,48	60,87	453,88	48,27	195,25	39,89
		Konforsuz	1519,25	79,11	53,79	57,33	549,3	39,13	486,38	51,73	294,2	60,11
	Eylül	Konforlu	1219,08	63,47	88,03	93,8	1158,47	82,52	923,33	98,19	415,91	84,97
		Konforsuz	701,53	36,53	5,83	6,2	245,31	17,48	16,93	1,81	73,54	15,03
	Ekim	Konforlu	2,3	0,12	0,03	0,02	6,18	0,45	56,24	5,98	4,22	0,87
		Konforsuz	1918,31	99,88	93,83	99,98	1397,6	99,55	884,02	94,02	485,23	99,13
	Kasım	Konforsuz	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100

EK 4

Ek Tablo 4 2012 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indis	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Biyoklimatik konfor indisi	Yıllık	Konforlu	0	0	0,01	0,02	0	0	30,18	3,06	0,97	0,1
		Konforsuz	1999,98	100	127,28	99,98	1381,58	100	957,7	96,94	408,76	99,9
	Aralık	Konforsuz	1999,98	100	127,29	100	1381,58	100	987,88	100	409,73	100
	Ocak	Konforsuz	1999,98	100	127,29	100	1381,58	100	987,88	100	409,73	100
	Şubat	Konforsuz	1999,98	100	127,29	100	1381,58	100	987,88	100	409,73	100
	Mart	Konforlu	13,34	0,67	1,93	1,51	57,32	4,15	200,38	20,29	33,83	8,26
		Konforsuz	1986,64	99,33	125,36	98,49	1324,26	95,85	787,5	79,71	375,9	91,74
	Nisan	Konforlu	816,58	40,83	26,74	21,01	269,64	19,52	554,61	56,14	151,03	36,86
		Konforsuz	1183,4	59,17	100,55	78,99	1111,94	80,48	433,27	43,86	258,7	63,14
	Mayıs	Konforlu	324,41	16,22	68,49	53,81	287,56	20,82	730,66	73,96	190,09	46,39
		Konforsuz	1675,57	83,78	58,8	46,19	1094,02	79,18	257,22	26,04	219,64	53,61
	Haziran	Konforlu	1234,79	61,74	117,27	92,12	1092,75	79,09	967,52	97,94	367,5	89,69
		Konforsuz	765,19	38,26	10,02	7,88	288,83	20,91	20,35	2,06	42,22	10,31
	Temmuz	Konforlu	152,59	7,63	39,81	31,28	146,09	10,58	567,73	57,47	131,78	32,16
		Konforsuz	1847,39	92,37	87,48	68,72	1235,49	89,42	420,15	42,53	277,95	67,84
	Ağustos	Konforlu	1137,02	56,85	102,25	80,32	930,09	67,32	889,7	90,06	349,77	85,37
		Konforsuz	862,96	43,15	25,04	19,68	451,49	32,68	98,18	9,94	59,96	14,63
	Eylül	Konforlu	1192,61	59,63	106,81	83,9	955,99	69,19	958,75	97,05	354,15	86,43
		Konforsuz	807,37	40,37	20,48	16,1	425,59	30,81	29,13	2,95	55,58	13,57
	Ekim	Konforlu	1264,36	63,22	119,34	93,75	1141,97	82,65	972,09	98,41	371,03	90,55
		Konforsuz	735,62	36,78	7,95	6,25	239,61	17,35	15,79	1,59	38,7	9,45
	Kasım	Konforsuz	1999,98	100	127,29	100	1381,58	100	987,88	100	409,73	100

EK 5

Ek Tablo 5 2018 yılı biyoiklimsel konfor sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indis	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Biyoklimatik konfor indisi	Yıllık	Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1189,01	100	466,76	100
	Aralık	Konforlu	0	0	0	0	0	0	0,55	0,05	0,01	0,01
		Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1188,46	99,95	466,75	99,99
	Ocak	Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1189,01	100	466,76	100
	Şubat	Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1189,01	100	466,76	100
	Mart	Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1189,01	100	466,76	100
	Nisan	Konforlu	67,35	3,15	0,55	0,43	101,52	6,87	307,52	25,87	44,62	9,56
		Konforsuz	2071,61	96,85	126,67	99,57	1377,82	93,13	881,49	74,13	422,14	90,44
	Mayıs	Konforlu	1447,45	67,67	124,03	97,48	1368,71	92,52	1174,65	98,79	412,02	88,27
		Konforsuz	691,51	32,33	3,19	2,52	110,63	7,48	14,36	1,21	54,74	11,73
	Haziran	Konforlu	2131,41	99,64	127,22	100	1478,37	99,93	1180,52	99,28	459,05	98,35
		Konforsuz	7,55	0,36	0	0	0,96	0,07	8,49	0,72	7,71	1,65
	Temmuz	Konforlu	1200,34	56,11	21,97	17,27	535,78	36,22	326,49	27,46	150,83	32,32
		Konforsuz	938,62	43,89	105,25	82,73	943,56	63,78	862,52	72,54	315,93	67,68
	Ağustos	Konforlu	624,78	29,21	18,74	14,73	148,81	10,06	237,72	19,99	69,34	14,85
		Konforsuz	1514,18	70,79	108,48	85,27	1330,53	89,94	951,29	80,01	397,42	85,15
	Eylül	Konforlu	2125,47	99,36	127,17	99,96	1475,87	99,76	1166,62	98,11	455,09	97,49
		Konforsuz	13,49	0,64	0,05	0,04	3,47	0,24	22,39	1,89	11,67	2,51
	Ekim	Konforlu	401,91	18,78	40,39	31,75	133,49	9,03	710,56	59,76	188,31	40,35
		Konforsuz	1737,05	81,22	86,83	68,25	1345,85	90,97	478,45	40,24	278,45	59,65
Kasım	Konforlu	0	0	0	0	0	0	0,13	0,01	0	0	
	Konforsuz	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1188,88	99,99	466,76	100	

EK 6

Ek Tablo 6 1990 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indisi	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
FES konfor indisi	Yıllık	Soğuk	2115,76	96,82	88,47	76,7	1396,17	83,71	327,03	48,29	564,09	74,76
		Serin	69,4	3,18	26,87	23,3	271,63	16,29	350,22	51,71	190,36	25,24
	Aralık	Çok soğuk	2185,16	100	115,34	100	1667,8	100	677,25	100	754,45	100
	Ocak	Aşırı soğuk	2183,67	99,93	114,18	98,99	1667,78	99,99	644,15	95,11	749,76	99,37
		Çok soğuk	1,49	0,07	1,16	1,01	0,02	0,01	33,1	4,89	4,69	0,63
	Şubat	Çok soğuk	2185,16	100	115,34	100	1667,8	100	677,25	100	754,45	100
	Mart	Soğuk	2184,38	99,96	114,51	99,28	1667,8	100	653,36	96,47	753,29	99,84
		Serin	0,78	0,04	0,83	0,72	0	0	23,89	3,53	1,16	0,16
	Nisan	Serin	1669,24	76,38	84,65	73,4	1351,85	81,05	122,85	18,14	437,48	57,98
		Hafif serin	515,92	23,62	30,69	26,6	315,95	18,95	554,4	81,86	316,97	42,02
	Mayıs	Hafif serin	2184,46	99,96	114,52	99,3	1667,8	100	653,8	96,53	753,36	99,85
		Konforlu	0,7	0,04	0,82	0,7	0	0	23,45	3,47	1,09	0,15
	Haziran	Konforlu	2154,58	98,6	93,79	81,32	1495,24	89,65	404,48	59,72	608,82	80,7
		Hafif sıcak	30,58	1,4	21,55	18,68	172,56	10,35	272,77	40,28	145,63	19,3
	Temmuz	Konforlu	98,6	4,52	0,1	0,1	20,62	1,23	6,55	0,96	13,27	1,76
		Hafif sıcak	2086,56	95,48	115,24	99,9	1647,18	98,77	670,7	99,04	741,18	98,24
	Ağustos	Konforlu	1674,21	76,61	56,45	48,94	411	24,64	367,41	54,25	397,6	52,7
		Hafif sıcak	510,95	23,39	58,89	51,06	1256,8	75,36	309,84	45,75	356,85	47,3
	Eylül	Hafif serin	2185,16	100	115,34	100	1667,8	100	677,25	100	754,45	100
	Ekim	Serin	2185,16	100	115,34	100	1667,8	100	677,25	100	754,45	100
Kasım	Soğuk	2152,58	98,5	99,61	86,36	1554,72	93,22	498,23	73,56	636,9	84,42	
	Serin	32,58	1,5	15,73	13,64	113,08	6,78	179,02	26,44	117,55	15,58	

EK 7 Ek Tablo 7 2000 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımını arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indisi	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
FES konfor indisi	Yıllık	Soğuk	470,57	21,23	5,34	8,35	89,86	5,83	20,7	2,11	85,44	15,77
		Serin	1745,94	78,77	58,68	91,65	1449,67	94,17	956,96	97,89	455,99	84,23
	Aralık	Çok soğuk	2214,82	99,92	63,97	99,92	1539,35	99,98	940,18	96,16	535,3	98,86
		Soğuk	1,69	0,08	0,05	0,08	0,18	0,02	37,48	3,84	6,13	1,14
	Ocak	Aşırı soğuk	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Şubat	Çok soğuk	2192,91	98,93	63,6	99,34	1531,75	99,5	880,01	90,02	513,54	94,85
		Soğuk	23,6	1,07	0,42	0,66	7,78	0,5	97,65	9,98	27,89	5,15
	Mart	Çok soğuk	96,26	4,35	2,46	3,84	20,46	1,33	7,73	0,79	16,05	2,97
		Soğuk	2096,55	94,58	60,38	94,32	1510,31	98,1	859,98	87,96	495,49	91,51
		Serin	23,7	1,07	1,18	1,84	8,76	0,57	109,95	11,25	29,89	5,52
	Nisan	Serin	199,1	8,98	4,96	7,75	26,37	1,71	9,52	0,97	40,97	7,56
		Hafif serin	2016,05	90,95	59,02	92,19	1513,14	98,27	935,95	95,73	495,96	91,6
		Konforlu	1,36	0,07	0,04	0,06	0,02	0,02	32,19	3,3	4,5	0,84
	Mayıs	Hafif serin	2010,81	90,71	47,01	73,43	1381,34	89,72	691,31	70,72	459,34	84,84
		Konforlu	205,7	9,29	16,99	26,54	158,19	10,28	271,76	27,79	81,45	15,04
		Hafif sıcak	0	0	0,02	0,03	0	0	14,59	1,49	0,64	0,12
	Haziran	Konforlu	2043,53	92,19	47,18	73,69	1154,61	74,99	497,73	50,91	446,01	82,37
		Hafif sıcak	172,98	7,81	16,84	26,31	384,92	25,01	479,93	49,09	95,42	17,63
	Temmuz	Hafif sıcak	2144,87	96,76	57,8	90,28	1436,21	93,28	722,29	73,87	466,93	86,24
		Sıcak	71,64	3,24	6,22	9,72	103,32	6,72	255,37	26,13	74,5	13,76
	Ağustos	Konforlu	88,49	3,99	1,68	2,64	20,34	1,32	7,52	0,76	15,14	2,79
		Hafif sıcak	2126,23	95,92	62,27	97,27	1518,9	98,66	930,02	95,12	519,42	95,93
		Sıcak	1,79	0,09	0,07	0,09	0,29	0,02	40,12	4,12	6,87	1,28
	Eylül	Hafif serin	876,67	39,56	8,29	12,96	138,15	8,97	150,97	15,45	136,76	25,25
		Konforlu	1339,84	60,44	55,73	87,04	1401,38	91,03	826,69	84,55	404,67	74,75
	Ekim	Serin	2216,51	100	64,02	100	1539,53	100	977,66	100	541,43	100
	Kasım	Soğuk	2174,85	98,12	61,44	95,97	1457,97	94,7	752,22	76,94	478,74	88,42
		Serin	41,66	1,88	2,58	4,03	81,56	5,3	225,44	23,06	62,69	11,58

EK 8

Ek Tablo 8 2006 yılı FES konfor indisi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indisi	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
FES konfor indisi	Yıllık	Soğuk	1919,28	99,93	85,57	91,16	1382,87	98,51	730,17	77,65	465,12	95,02
		Serin	1,33	0,07	8,29	8,84	20,91	1,49	210,09	22,35	24,33	4,98
	Aralık	Çok soğuk	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Ocak	Aşırı soğuk	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
		Çok soğuk	1920,61	100	93,56	99,67	1403,78	100	930,6	98,97	488,57	99,82
	Şubat	Soğuk	0	0	0,3	0,33	0	0	9,66	1,03	0,88	0,18
		Çok soğuk	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Mart	Soğuk	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Nisan	Serin	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Mayıs	Hafif serin	1919,87	99,96	93,83	99,97	1403,78	100	938,73	99,83	489,45	100
		Konforlu	0,74	0,04	0,03	0,03	0	0	1,53	0,17	0	0
	Haziran	Konforlu	67,39	3,51	0,95	1,01	16,46	1,18	60,26	6,42	12,98	2,65
		Hafif sıcak	1853,22	96,49	92,91	98,99	1387,32	98,82	880	93,58	476,47	97,35
	Temmuz	Konforlu	0,5	0,03	0,06	0,07	0	0	4,46	0,48	1,52	0,31
		Hafif sıcak	1920,11	99,97	93,8	99,93	1403,78	100	935,8	99,52	487,93	99,69
	Ağustos	Hafif sıcak	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Eylül	Hafif serin	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
	Ekim	Serin	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100
Kasım	Çok soğuk	1920,61	100	93,86	100	1403,78	100	940,26	100	489,45	100	

EK 9

Ek Tablo 9 2012 yılı FES konfor indeksi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indis	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
FES konfor indeksi	Yıllık	Soğuk	839,73	41,98	31,82	24,99	579,42	41,93	38,66	3,92	63,66	15,54
		Serin	1160,25	58,02	95,47	75,01	802,16	58,07	949,22	96,08	346,07	84,46
	Aralık	Aşırı soğuk	870,12	43,51	38,1	29,94	788,62	57,08	78,7	7,97	81,44	19,87
		Çok soğuk	1129,86	56,49	89,19	70,06	592,96	42,92	909,18	92,03	328,29	80,13
	Ocak	Aşırı soğuk	1999,98	100	127,29	100	1381,58	100	987,88	100	409,73	100
	Şubat	Aşırı soğuk	1999,98	100	126,83	99,65	1381,58	100	954,54	96,63	406,85	99,28
		Çok soğuk	0	0	0,46	0,35	0	0	33,34	3,37	2,88	0,72
	Mart	Çok soğuk	1247,64	62,38	51,45	40,42	988,89	71,57	226,85	22,96	140,68	34,33
		Soğuk	752,34	37,62	75,84	59,58	392,69	28,43	761,03	77,04	269,05	65,67
	Nisan	Serin	877,27	43,87	41,13	32,32	892,54	64,61	123,63	12,51	93,07	22,72
		Hafif serin	1122,71	56,13	86,16	67,68	489,04	35,39	864,25	87,49	316,66	77,28
	Mayıs	Hafif serin	1231,47	61,57	52,6	41,31	990,89	71,72	228,74	23,16	145,28	35,46
		Konforlu	768,51	38,43	74,69	58,69	390,69	28,28	759,14	76,84	264,45	64,54
	Haziran	Konforlu	826,47	41,33	25,31	19,88	426,49	30,87	46,37	4,69	57,43	14,03
		Hafif sıcak	1173,51	58,67	101,74	79,93	955,09	69,13	931,48	94,28	351,91	85,88
		Sıcak	0	0	0,24	0,19	0	0	10,03	1,03	0,39	0,09
	Temmuz	Hafif sıcak	1271,36	63,56	68,02	53,43	1038,39	75,16	276,95	28,04	183,42	44,77
		Sıcak	728,62	36,44	59,27	46,57	343,19	24,84	710,93	71,96	226,31	55,23
	Ağustos	Konforlu	729,44	36,48	8,2	6,45	222,29	16,09	15,34	1,56	37,29	9,11
		Hafif sıcak	1270,54	63,52	119,09	93,55	1159,29	83,91	972,54	98,44	372,44	90,89
	Eylül	Hafif serin	908,82	45,45	35,18	27,64	721,39	52,22	122,72	12,43	79,09	19,31
		Konforlu	1091,16	54,55	92,11	72,36	660,19	47,78	865,16	87,57	330,64	80,69
	Ekim	Serin	839,33	41,96	31,84	25,01	573,69	41,53	47,38	4,79	63,96	15,61
		Hafif serin	1160,65	58,04	95,45	74,99	807,89	58,47	940,5	95,21	345,77	84,39
	Kasım	Soğuk	1997,32	99,86	125,51	98,61	1381,23	99,97	707,61	71,62	376,29	91,83
		Serin	2,66	0,14	1,78	1,39	0,35	0,03	280,27	28,38	33,44	8,17

EK 10 Ek Tablo 10 2018 yılı FES konfor indeksi ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin mekansal dağılımı.

Biyoklimatik indis	Periyod	Biyoklimatik konfor sınıflandırılması	Arazi sınıfları									
			Orman alanları		Su varlığı		Tarım alanları		Yapay yüzeyler		Yeşil alanlar	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
FES konfor indeksi	Yıllık	Soğuk	504,39	23,59	0,71	0,57	92,63	6,27	6,32	0,54	31,11	6,67
		Serin	1634,57	76,41	126,51	99,43	1386,71	93,73	1182,69	99,46	435,65	93,33
	Aralık	Aşırı soğuk	2030,35	94,92	115,53	90,81	1441,77	97,46	858,29	72,18	410,22	87,88
		Çok soğuk	108,61	5,08	11,69	9,19	37,57	2,54	330,72	27,82	56,54	12,12
	Ocak	Aşırı soğuk	886,64	41,46	21,46	16,87	564,62	38,17	58,29	4,91	76,12	16,31
		Çok soğuk	1252,32	58,54	105,76	83,13	914,72	61,83	1130,72	95,09	390,64	83,69
	Şubat	Aşırı soğuk	806,14	37,68	3,09	2,43	254,91	17,23	24,57	2,07	62,21	13,32
		Çok soğuk	1331,49	62,24	123,26	96,89	1224,01	82,73	1113,88	93,68	397,17	85,09
		Soğuk	1,33	0,08	0,87	0,68	0,42	0,04	50,56	4,25	7,38	1,59
	Mart	Çok soğuk	53,34	2,49	0,33	0,26	10,79	0,74	0,83	0,06	7,85	1,69
		Soğuk	1971,24	92,15	115,52	90,81	1452,33	98,17	1024,93	86,21	427,52	91,59
		Serin	114,38	5,36	11,37	8,93	16,22	1,09	163,25	13,73	31,39	6,72
	Nisan	Serin	1649,75	77,12	84,91	66,74	1320,37	89,25	518,26	43,58	294,52	63,09
		Hafif serin	489,21	22,88	42,31	33,26	158,97	10,75	670,75	56,42	172,24	36,91
	Mayıs	Serin	130,58	6,11	0,34	0,27	18,04	1,22	1,39	0,12	11,66	2,49
		Hafif serin	1661,81	77,68	67,35	52,94	1242,26	83,97	429,51	36,12	262,21	56,18
		Konforlu	346,57	16,21	59,53	46,79	219,04	14,81	758,11	63,76	192,89	41,33
	Haziran	Hafif serin	106,25	4,98	0,33	0,27	24,24	1,65	1,99	0,17	15,13	3,25
		Konforlu	1564,99	73,16	60,58	47,62	1109,12	74,97	296,19	24,91	220,77	47,29
		Hafif sıcak	467,72	21,86	66,31	52,11	345,98	23,38	890,83	74,92	230,86	49,46
	Temmuz	Konforlu	216,68	10,13	0,71	0,57	57,97	3,91	4,44	0,38	23,57	5,06
		Hafif sıcak	1912,89	89,43	108,8	85,52	1409,44	95,27	1027,96	86,45	427,33	91,55
		Sıcak	9,39	0,44	17,71	13,91	11,93	0,82	156,61	13,17	15,86	3,39
	Ağustos	Konforlu	798,71	37,35	2,36	1,86	305,06	20,63	39,18	3,29	75,85	16,25
		Hafif sıcak	1340,25	62,65	124,86	98,14	1174,28	79,37	1149,83	96,71	390,91	83,75
	Eylül	Hafif serin	1415,51	66,17	65,11	51,17	1211,49	81,89	423,14	35,58	242,89	52,04
		Konforlu	723,45	33,83	62,11	48,83	267,85	18,11	765,87	64,42	223,87	47,96
	Ekim	Serin	2138,96	100	127,22	100	1479,34	100	1189,01	100	466,76	100
	Kasım	Çok soğuk	442,84	20,71	0,32	0,25	107,97	7,29	13,44	1,12	36,94	7,91
		Soğuk	1696,12	79,29	126,89	99,74	1371,37	92,71	1170,28	98,42	429,58	92,03
		Serin	0	0	0,01	0,01	0	0	5,29	0,46	0,24	0,06