

**ERZURUM KENTİNDE FARKLI KENT
DOKULARININ YAZ AYLARINDA
BİYOKLİMATİK KONFORUNUN
HESAPLANMASI**

Esra BULĞAN

**Yüksek Lisans Tezi
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Sevgi YILMAZ
2014
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM KENTİNDE FARKLI KENT DOKULARININ
YAZ AYLARINDA BİYOKLİMATİK KONFORUNUN
HESAPLANMASI**

Esra BULĞAN

PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**ERZURUM KENTİNDE FARKLI KENT DOKULARININ
YAZ AYLARINDA BİYOKLİMATİK KONFORUNUN
HESAPLANMASI**

Prof. Dr. Sevgi YILMAZ danışmanlığında, Esra BULĞAN tarafından hazırlanan bu çalışma 23/01/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif IRMAK

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Doğan DURSUN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM KENTİNDE FARKLI KENT DOKULARININ YAZ AYLARINDA BİYOKLİMATİK KONFORUNUN HESAPLANMASI

Esra BULĞAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

İklim; insan ve çevreye ait etkileri nedeniyle araştırılmaya değer önemli konular arasında yer almıştır. Bu çalışmada Biyoklimatik konfor değerleri hesaplanarak iklim açısından uygun alanlarının tespit edilebilmesi için; Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki yüksek rakımlı ve kalabalık şehri olan Erzurum kent merkezinde farklı niteliklere sahip 5 alan belirlenmiştir. Bu alanlardan biyoklimatik konfor değerlerini hesaplamak için 2012 yılı 20 Haziran ve 10 Eylül aralığında günlük 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 saatlerini kapsayan meteorolojik parametreler alınmıştır. Bu parametreler 5 kentsel bölgeye kurulan meteorolojik ölçüm cihazlarından ve referans alınan Erzurum MGM Havaalanı istasyonundan elde edilmiştir. Çalışmada biyoklimatik konfor şartlarının hesaplanması için FES indeksi ve RayMan 2.1 modeli kullanılmıştır. Araştırma sonucunda yaz aylarında Erzurum kentinde “çok soğuk stres” ile “çok sıcak stres aralıkları” hissedilmiştir. Referans istasyon kırsal, diğer 5 istasyon kentsel olarak tanımlandığında kırsal istasyon ile kentsel istasyonlar arasında 1,1°C ve 4,3°C arasında değişen FES farklılıkları olduğu görülmüştür. Step bitki örtüsüyle kaplı kırsal alan olan Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonunda yaz aylarında “konfor”lu aralık %10,3 oranında hissedilirken, tamamen bitki örtüsüyle kaplı Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde bu oran %20,4 olarak tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak; bitki yoğunluğunun fazla görüldüğü alanlar daha konforlu, açık yüksek, ova ve korunmasız çıplak alanlar çoğunlukla “soğuk” ve “sıcak” stres aralıklarındadır. Bu nedenle Peyzaj Mimarlığı bakımından kent içi yeşil alanlar mümkün olduğunca korunmalı, yeşil alanların miktarı belirli planlar doğrultusunda arttırılmalıdır. Kent parkları yeni ağaçlarla desteklenmeli, artan geçirimsiz yüzey uygulamaları azaltılmalıdır.

2014, 137 sayfa

Anahtar Kelimeler: Biyoklimatik konfor, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık, Rayman, İklim, Erzurum, Peyzaj Mimarlığı

ABSTRACT

Ms Thesis

ASSESSMENT OF THE BIOCLIMATIC COMFORT IN DIFFERENT SETTLEMENT PATTERNS OF ERZURUM FOR SUMMER PERIOD

Esra BULĞAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Landscape Architecture Department

Supervisor: Prof. Dr. Sevgi YILMAZ

Climate has always become an important research object due to its effects on people and environment. In this study, five different areas in Erzurum city centre were determined for the assessment of thermal comfort areas. Erzurum is the city located in the Eastern Anatolian Region with its high altitude and crowded population. For the measurement of bioclimatic comfort values in these areas, meteorological parameters for the daily time zones such as 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 and 21:00 were taken in 2012 between 20th of June and 10th of September. These parameters were obtained from the meteorological measuring devices established in the five different urban spaces and General Directorate of Meteorology Airport Station in Erzurum which is also the reference station of this study. PET index and RayMan 2.1 model are used for the assessment of bioclimatic comfort conditions. As a result of the research, “very cold” and “very hot” stress ranges were defined for summer months in Erzurum. When the reference station is identified as rural and the other five stations are defined as urban, it is observed that there are PET differences between urban and rural stations in the range of 1,1°C to 4,3°C. While the comfortable range for summer time are felt as %10,3 in Erzurum Meteorology Airport Station which is rural area covered with steppe vegetation, this ratio is identified as %20,4 at Ataturk University Campus completely covered with vegetation. In conclusion, it can be said that while the areas covered with dense vegetation are more comfortable, open and high altitude areas, plain and unprotected fields have mostly “cold” and “hot” stress value range. Therefore, in respect to Landscape Architecture, urban green areas should be protected and increased as much as possible in accordance with specific plans. Additionally, urban parks should be supported by new trees and impervious surface applications should be reduced.

2014, 137 pages

Keywords: Bioclimatic comfort, PET, RayMan, Climate, Erzurum, Landscape Architecture

TEŞEKKÜR

Bu çalışma konusunun tez konusu olarak belirlenmesinde ve tez çalışması sırasında bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, eğitimim süresince öneri ve desteklerini esirgemeyen, değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sevgi YILMAZ'a içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tezin izleme komitesinde yer alan ve araştırma süresince büyük yardımlarını gördüğüm, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, ayrıca tez çalışmama ilişkin verilerin değerlendirilmesi aşamasındaki katkılarından dolayı değerli hocam Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölüm başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif IRMAK'a, aynı zamanda tez jüri üyesi olan Şehir ve Bölge Planlama Bölüm Başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Doğan Dursun'a da teşekkür ederim.

Peyzaj Mimarlığı bölümünde Yüksek Lisans yapmak için imkan sağlayan saygıdeğer hocam Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanı ve Peyzaj Mimarlığı Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Hasan YILMAZ'a, şükranlarımı sunarım.

Teze başlarken Rayman Pro 2.1 modeli kullanımı ve biyoklimatik konfor ile ilgili verdiği Workshop'tan dolayı Almanya'nın Freiburg Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Andreas Matzarakis'e, 2012/495 nolu proje BAP tarafından tezimi destekleyen Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Komisyonu'na, verileri toplamam için evlerinde ve iş yerlerinde cihazlara yer ayıran arkadaşlarıma, aile dostlarıma ve çalışmada kullanılan diğer meteorolojik verileri sağlayan Erzurum M.G.M. çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her an olduğu gibi yoğun çalışmalarım sırasında da her türlü desteği, anlayışı ve sabrı için sevgili eşime ve eğitimim boyunca özveri ve teşviklerinden dolayı anne-babama ve kardeşime, içten teşekkürlerimi sunarım.

Esra BULĞAN

Ocak, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İklim	2
1.2. Biyoklimatik Konfor	11
1.2.1. Biyoklimatik konfor tarihi süreci	12
1.2.2. Biyoklimatik konfor ve insan sağlığı	14
1.2.3. İnsan biyoklimatik konforu	16
1.3. Bioklimatik Konfor İndeksleri	18
1.4. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndeksi (FES) = Physiologically Equivalent Temperature (PET).....	23
1.5. RayMan Pro 2.1 modeli.....	27
1.6. Kentsel Isı Adası	29
2. KAYNAK ÖZETLERİ	34
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	49
3.1. Materyal.....	49
3.1.1. Çalışma alanının coğrafi yapısı	54
3.1.2. Araştırma alanının bitki örtüsü.....	55
3.1.3. Araştırma alanı iklim özellikleri.....	56
3.1.4. Hidrografik özellikler	60
3.1.5. Meteorolojik değerlerin ölçümünde kullanılan cihazlar	60
3.2. Yöntem	61
3.2.1. Biyoklimatik konforun hesaplanması.....	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	65
4.1. Erzurum İli 2012 Yılı Biyoklimatik Konfor Değerleri	65

4.2. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin İstasyonlara Göre Zamansal Dağılımları	67
4.2.1. Dadaşkent biyoklimatik konfor değerleri.....	68
4.2.2. Atatürk Üniversitesi yerleşkesi biyoklimatik konfor değerlerinin zamansal dağılımları.....	73
4.2.3. Cumhuriyet Caddesi biyoklimatik konfor değerleri.....	78
4.2.4. Yıldızkent biyoklimatik konfor değerleri.....	83
4.2.5. Yenişehir biyoklimatik konfor değerleri	88
4.2.6. Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu biyoklimatik konfor değerleri	93
4.3. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Saatlere Göre Bölgesel Dağılımları.....	99
4.3.1. 00:00’da görülen biyoklimatik konfor değerleri	99
4.3.2. 03:00’de görülen biyoklimatik konfor değerleri	100
4.3.3. 06:00’da görülen biyoklimatik konfor değerleri	102
4.3.4. 09:00’da görülen biyoklimatik konfor değerleri	103
4.3.5. Biyoklimatik konfor değerlerinin saat 12:00’ye göre bölgesel dağılımları ...	105
4.3.6. 15:00’te görülen biyoklimatik konfor değerleri	106
4.3.7. Biyoklimatik konfor değerlerinin saat 18:00’e göre bölgesel dağılımları	108
4.3.8. 21:00’de görülen biyoklimatik konfor değerleri	109
4.4. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Tüm Saatlere Göre Bölgesel Dağılımları ..	110
4.5. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Kentsel ve Kırsal Alanlara göre Bölgesel Dağılımları	112
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	114
KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ	138

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu
Ata. Üniv.	: Atatürk Üniversitesi
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Kurumu)
F.E.S.	: Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık
FISRWG	: Federal Interagency Stream Restoration Working Group (Federal Kurumlararası Yayın Onarım Çalışma Grubu)
M.G.M.	: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
NASA	: National Aeronautics and Space Administration Earth Observing System (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi Dünya Gözlem Sistemi)
NMHSs	: National Meteorological and Hydrological Services
PET	: Physiological Equivalent Temperature
WMO	: World Meteorological Organization
VDI	: Alman Mühendisler Birliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İklimin oluşumu.....	4
Şekil 1.2. Sera etkisi	5
Şekil 1.3. İklimi etkileyen faktörler.	6
Şekil 1.4. İnsanı etkileyen çevresel faktörler	8
Şekil 1.5. Küresel sıcaklık anomalisi 1880-2012.....	9
Şekil 1.6. Kırsal ve kentsel peyzaj üzerinde radyasyon ve enerji akıları.....	10
Şekil 1.7. RayMan 2.1 modeli ana sayfası.....	28
Şekil 1.8. Geçirimsiz yüzeyler ve düşük su tüketimi (Federal Kurumlar arası Akış Restorasyon Çalışma Grubu (FISRWG)’dan uyarlanmıştır)	30
Şekil 1.9. Kentsel geometri enerji stoğu	32
Şekil 3.2. Erzurum iklim diyagramı.....	58
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan YCOM – KMN 305 iç/dış ısı ve nemölçer cihaz.....	61
Şekil 3.4. Araştırmanın akış şeması.....	62
Şekil 4.1. 2012 yılı Erzurum FES yüzde dağılımı	65
Şekil 4.2. Erzurum’a ait biyoklimatik konfor FES sınıfları yüzde dağılımı.....	66
Şekil 4.3. Dadaşkent ölçüm noktası.....	69
Şekil 4.4. Dadaşkent için FES sınıflarının yüzde dağılımı	70
Şekil 4.5. Dadaşkent biyoklimatik konfor sınıfları yüzdelik dağılımı.....	71
Şekil 4.6. Dadaşkent’te günün belirli saatlerde görülen ortalama sıcaklık diyagramı ...	72
Şekil 4.7. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ölçüm noktası	74
Şekil 4.8. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi için FES sınıflarının yüzde dağılımı.....	75
Şekil 4.9. Atatürk Üniversitesi yerleşkesi biyoklimatik konfor sınıfları yüzdelik dağılımı	76
Şekil 4.10. Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde belirli saatlerdeki ortalama sıcaklıklar	77
Şekil 4.11. Cumhuriyet Caddesi ölçüm noktası.....	79
Şekil 4.12. Cumhuriyet caddesi için FES sınıflarının yüzde dağılımı.....	80
Şekil 4.13. Cumhuriyet caddesi biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı.....	81
Şekil 4.14. Cumhuriyet caddesinde belirli saatlerdeki ortalama sıcaklıklar.....	82
Şekil 4.15. Yıldızkent ölçüm noktası.....	84
Şekil 4.16. Yıldızkent için FES sınıflarının yüzde dağılımı	85

Şekil 4.17. Yıldızkent biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı	86
Şekil 4.18. Yıldızkent'te belirli saatlerdeki ortalama sıcaklıklar.....	87
Şekil 4.19. Yenişehir ölçüm noktası	89
Şekil 4.20. Yenişehir için FES sınıflarının yüzde dağılımı	90
Şekil 4.21. Yenişehir biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı	91
Şekil 4.22. Yenişehir'de belirli saatlerde ölçülen ortalama sıcaklık diyagramı	92
Şekil 4.23. Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu ölçüm noktası	94
Şekil 4.24. Erzurum M.G.M. merkez istasyonu için FES sınıflarının yüzde dağılımı ...	95
Şekil 4.25. Erzurum M.G.M. istasyonu biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı...	96
Şekil 4.26. Yaz aylarında incelenen altı alanın FES yüzde dağılımı	97
Şekil 4.27. istasyonlara ait saatlik ortalama FES diyagramı.....	98
Şekil 4.28. Tüm istasyonların saat 00:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	99
Şekil 4.29. Tüm istasyonların saat 03:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	101
Şekil 4.30. Tüm istasyonların saat 06:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	102
Şekil 4.31. Tüm istasyonların saat 09:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	104
Şekil 4.32. Tüm istasyonların saat 12:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	105
Şekil 4.33. Tüm istasyonların saat 15:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	107
Şekil 4.34. Tüm istasyonların saat 18:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	108
Şekil 4.35. Tüm istasyonların saat 21:00'a ait günlük ortalama sıcaklık değerleri	109
Şekil 4.36. Erzurum kenti arazi kullanım şekline göre gündüz ve gece ortalama FES dağılımı	112

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Biyoklimatik konfor indeks grupları	21
Çizelge 1.2. FES indeksi ile biyoklimatik konforu değerlendiren çalışmaların özeti	25
Çizelge 1.3. FES indeksi termal algı ve stres kategorileri	27
Çizelge 1.4. RayMan Pro 2.1 modelinde sabit olarak alınan parametreler.....	29
Çizelge 3.1. Biyoklimatik konfor analizi için kurulan ölçüm istasyonlarının bazı önemli özellikleri	54
Çizelge 3.2. Erzurum kenti yeşil alanlarında kullanılan bazı ağaç, ağaççık ve çalılar ile temel özellikleri	56
Çizelge 3.3. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama sıcaklık değerleri (1960-2012)...	57
Çizelge 3.4. Erzurum için aylık ortalama rüzgar hızları	59
Çizelge 4.1. Haziran- Ekim ayları arası istasyonlara ait yüksek, düşük ve ortalama FES indeksi değerleri.....	68
Çizelge 4.2. Dadaşkent ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri	73
Çizelge 4.3. Atatürk Üniversitesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri	78
Çizelge 4.4. Cumhuriyet Caddesi (Cum. Cd.) ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri.....	83
Çizelge 4.5. Yıldızkent yerleşkesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri	88
Çizelge 4.6. Yenişehir yerleşkesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri	93
Çizelge 4.7. İstasyonlara ait saatlik ortalama FES değerleri	111

1. GİRİŞ

Geçen yüzyıl boyunca birçok araştırma, termal algı ve dereceli olarak termal stresi tanımlamak/ değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. İnsan-biyoklimatik konforu ve şehir planlama ilişkisi, planlama süreci için önemli olan insan biyoklimatik konforun belirlenmesini gerektirmektedir. Son yıllarda, hem soğuk hem sıcak ortamlarda değerlendirme yeteneğine sahip evrensel indeksleri geliştirmek için ciddi çalışmalar yapılmıştır. Aynı zamanda bazı araştırmacılar indeksler ve gerçek ısı duyumu arasında daha iyi uzlaşma elde edebilmek için, çeşitli indekslerin ölçüm sınırlarına yeniden odaklanmıştır.

Yapılan literatür taramaları ve yapılan araştırmalar insan yaşamının büyük ölçüde iklimden etkilendiğini göstermiştir. Bu nedenle insanların daha konforlu mekanlarda yaşaması için iklimin dikkate alınması gerekmektedir. Nitekim iklim koşulları göz önünde bulundurulduğunda insanın iklim üzerindeki yönlendirici etkisinin düşük olmasından dolayı iklime uyum sağlaması gerekmektedir.

İnsanlar çağlar boyunca yerleşim alanları oluştururken, iklimin elverişli olduğu yerleri seçmişlerdir. Bir bölgenin kuraklaşması gibi değişen iklim koşulları insanların yaşam alanlarını terk etmeye zorlamıştır. İklimin zamansal ve mekansal değişimi ile yeryüzü şekillenirken, bireyden topluluklara kadar insanların yaşam şekli, kalitesi ve kültürleri de şekillenmektedir (Anonim 2012a).

İklim insanların; yeryüzüne dağılışları, yiyecek ve giyecek seçimleri, fizyolojik gelişimleri ve karakterlerinde, önemli rol oynamaktadır. İklim; endüstrinin dağılışı, konut tipini ve malzemesi, ulaşım faaliyetleri, turizm faaliyetleri, tarım faaliyetleri, tarım ürünleri çeşitliliği, toprak oluşumu ve verimlilik derecesi gibi ekonomik faaliyetler ile birlikte; yeryüzü şekillerinin oluşumu, bitki örtüsü çeşitliliği, göllerin oluşumu ve göl sularının kimyasal özelliği, akarsu debileri ve rejimleri, hayvan türleri ve dağılışı üzerinde etkilidir (Anonymous 2013a). İnsan ve çevreye ait sayısız unsurlar üzerindeki bu etkileri nedeniyle iklim daima araştırılmaya değer önemli konular

arasında yer almaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında tarihin ilk dönemlerinden bu yana yerleşim yeri olan Erzurum kent merkezinde farklı niteliklere sahip 5 alan belirlenmiştir. Belirlenen alanlarda biyoklimatik konfor değerleri hesaplanarak iklim açısından uygun alanlarının tesbit edilmesi hedeflenmiştir.

Erzurum kenti; Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan nüfusu artan, büyük ve kalabalık şehirlerinden birisidir. Bunun yanı sıra, 2011 Dünya Üniversitelerarası Kış Oyunları'ndan sonra giderek artan kış turizmi nedeniyle uluslararası öneme sahip bir şehirdir. Ayrıca denizden yaklaşık 1853 m. yüksekte yer almasıyla, dünyanın yüksek rakımlı kentlerinden birisidir (Anonim 2013c).

Şehir, tarihi eserleri ve kış sporları tesisleriyle de tanınmaktadır. Türkiye'nin yerleşke bakımından büyük kampüsler sıralamasında yer alan Atatürk Üniversitesi yerleşkesinin kent merkezinde yer alması, aynı zamanda ikinci bir üniversitenin açılması ve buna bağlı olarak artan öğrenci sayısı, kentsel dönüşüm çalışmaları sonucu yeni yerleşim alanlarına duyulan ihtiyacı artmaktadır. Bu nedenle çalışma alanındaki örnek mekanlar, kent merkezindeki yerleşim alanlarını sembolize edecek şekilde seçilmiştir.

Bu çalışmada, belirli bir yerdeki sıcaklık durumuna bağlı FES biyoklimatik indeksinin nasıl olduğunu göstermek amaçlanmıştır. Çalışmanın kavranması açısından; iklim, biyoklimatik konfor, fizyolojik eşdeğer sıcaklık, Rayman Pro 2.1 modeli, kentsel ısı adası terimleri ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

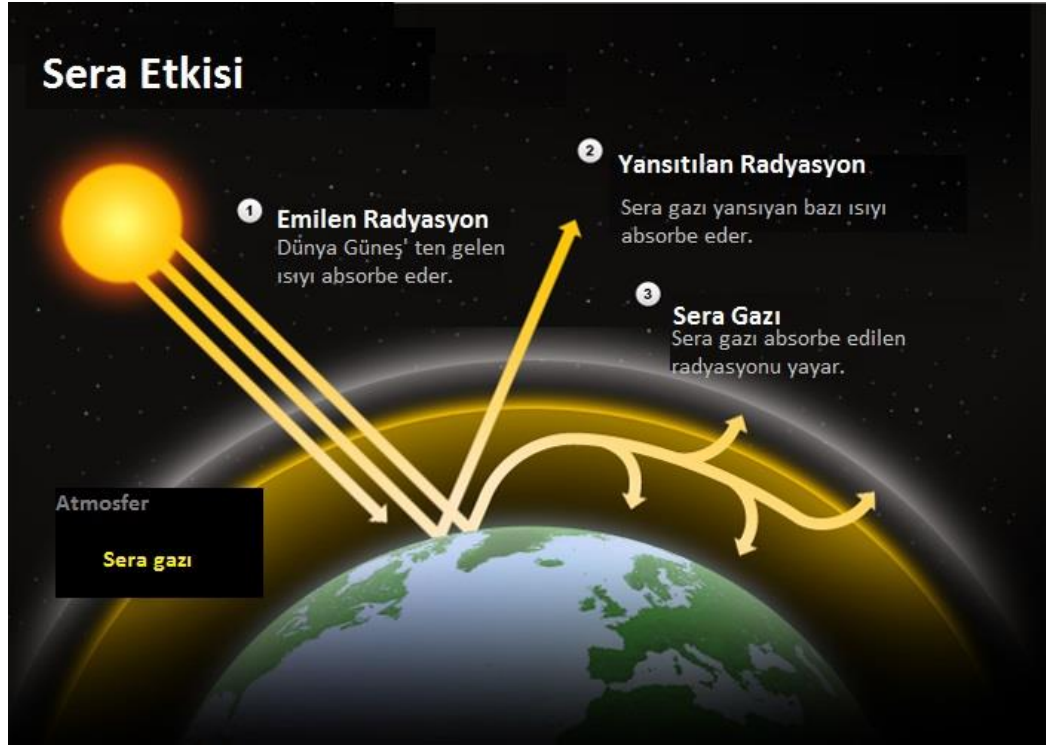
1.1. İklim

Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO)'ya göre **iklim**, atmosfer, hidrosfer, kriyosfer, litosfer yüzeyi ve biyosferden oluşan sistemler bütünü olarak ifade edilmektedir. Bu unsurlar, tüm Dünya'nın iklim durumu ve dinamiklerini belirlemektedir (Anonymous 2013a).

İklim, oldukça geniş bir bölge içinde uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır (Yalçın vd 2005; Eken vd 2008; Demircan vd 2013a). Bir yerin iklimi temel olarak, enlemi, deniz seviyesinden yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenmektedir (Şensoy ve Demircan 2010; Demircan vd 2013a). İklimi belirlemek için standart ortalama süre 30 yıl olarak öngörülmektedir. İklim belirli bir bölgedeki sıcaklık, nem, atmosferik basınç, rüzgâr, yağış, atmosferik parçacık sayımı ve çok sayıda diğer meteorolojik elemanların uzun süreli istatistiklerini kapsamaktadır. İklim; belirli bir zaman aralığında, belirli bir yer için atmosferin kolektif durumu olarak da tanımlanmaktadır (Demircan vd 2013a).

İklim, kısaca, "ortalama hava" olarak kabul edilebilir ya da daha bilimsel olarak yeryüzünün bir kesiminde veya tamamında, belli bir zamanda gelişen ve uzun bir süre boyunca gözlemlenen meteorolojik olayların (sıcaklık, nem, rüzgar, yağış şekli...) istatistiki ortalamasıdır (Anonymous 2013a).

Dünya ikliminin tüm parametreleri (rüzgar, yağmur, bulutlar, sıcaklık ...) atmosfer içinde ve okyanuslarda Şekil 1.1'deki enerji transferi ve dönüşümlerin sonucu meydana gelmektedir. Zamanla alınan enerji ile kaybolan enerji eşitlendiğinde dünyanın iklimi büyük ölçüde sabit kalmaktadır (enerji bütçesi dengelenir). Dünya'nın enerji bütçesi dünyanın sıcaklığını etkileyebilmektedir. Sera etkisindeki artış, iklim sistemindeki geri bildirimler ya da diğer değişiklikler dünyanın enerji bütçesini değiştirebilmektedir (Anonymous 2013a).



Şekil 1.2. Sera etkisi (Anonymous 2013a'dan değiştirilmiştir)

İklim ile ilgili meteorolojik bilgiler; diğer bölgesel ve uluslararası örgütlerin ve programların işbirliği içinde, Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisi (National Meteorological and Hydrological Services-NMHSs) tarafından Dünya Meteoroloji Organizasyonu (World Meteorological Organization-WMO) koordinasyonu altında toplanmakta, yönetilmekte ve analiz edilmektedir. Elde edilen bilgiler, uygulama ve projelerde karar vericiler ve kullanıcıların planlarına yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Bu şekilde, planlamalarda riskleri azaltan ve sosyo-ekonomik faydaları optimize eden kararlar alınabilmektedir (Anonymous 2013c). Ülkemizde ise Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Türkiye'nin iklim özelliklerini tespit etmek amacıyla çalışma ve incelemeler yaparak elde edilen bilgileri arşivlemek ve yayınlamaktadır. Meteorolojik hizmetlerin eksiksiz ve zamanında yürütülebilmesi için gerekli görülen yerlerde çeşitli tipte meteoroloji istasyonları veya birimleri kurmaktadır. Meteorolojik hizmetlerin gerektirdiği rasatları yaparak ve diğer sektörler için (tarım, orman, turizm, ulaştırma, bayındırlık, enerji, sağlık, çevre, silahlı kuvvetleri) hava tahminleri yaparak bu bilgilerden gerekli görülenleri halkın yararlanabileceği tarzda yayınlamaktadır. Ayrıca uluslararası anlaşmalarla sorumluluğuna verilmiş bulunan

meteorolojik hizmetlerini telli ve telsiz alıcı-verici cihazları ile yürütmektedir.



Şekil 1.3. İklimi etkileyen faktörler (Google Earth 2013 ve M.G.M.’den değiştirilmiştir).

İklim gözlemleri, dünya çapında, çok sayıda meteorolojik ve ilgili gözlemsel ağırlar ile sistemlerden yapılmaktadır. Bu tür gözlemler hava tahmini, hava kirliliği modelleme ve çevresel etki değerlendirmesi gibi uygulamalar için temel sağlamaktadır. Ancak tüm iklim gözlemleri aynı değildir bazıları diğerlerinden daha kaliteli olarak kabul edilmektedir. İklim gözlemlerinin toplanmasında üç faktör bulunmaktadır;

- 1) İklim gözlemlerinde, iklim sistemini tanımlayan tüm elementler dizininin hesaplaması gerekmektedir. Sadece atmosferi tanımlayanlar değil, okyanus ve karatabanlı sistemlerin geniş gözlemleri de gereklidir.
- 2) Zaman içinde herhangi bir noktada yapılan bir gözlem, referans bir iklim ile karşılaştırılmadığı sürece çok anlam ifade etmemektedir. Yani referans olarak

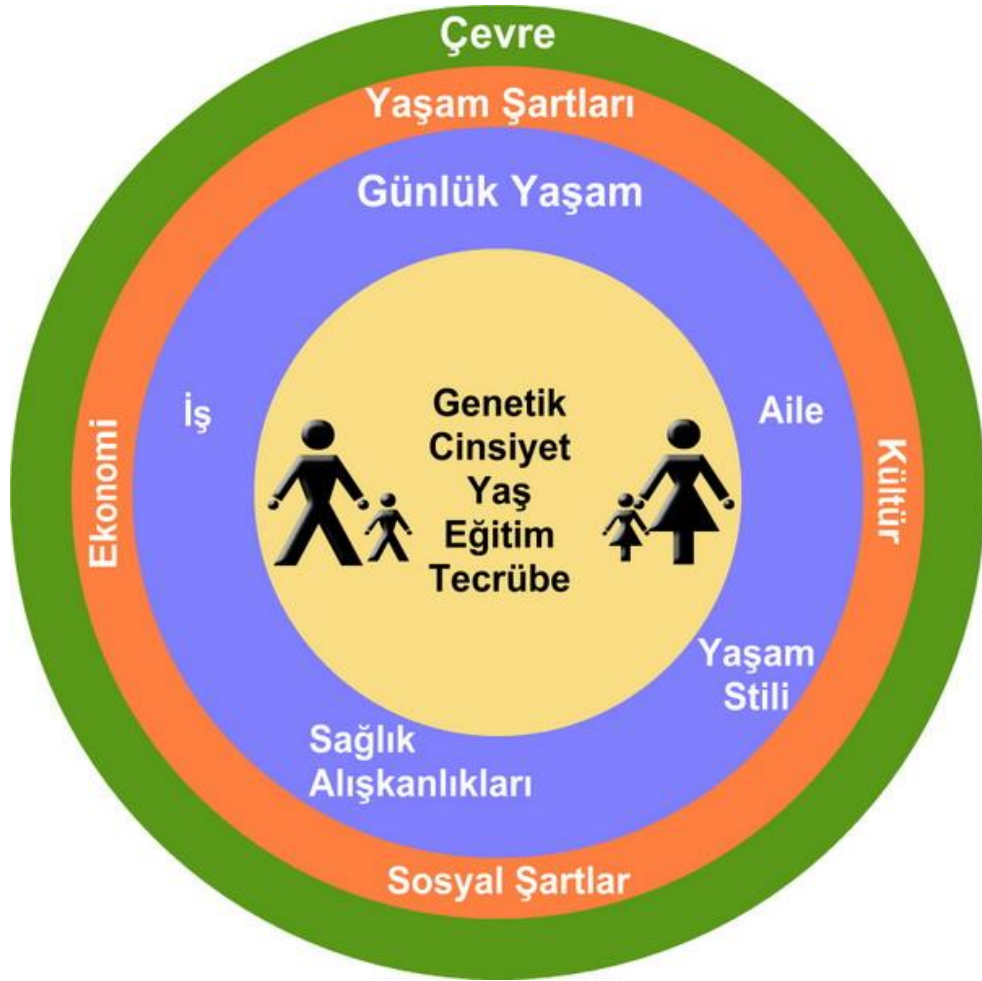
klimatolojik süre belirlenmelidir. (örneğin; 1961-1990 arası). Kısa bir süre için de (birkaç günden birkaç yıla kadar) mevcut istasyondan veya taşınabilir bir istasyondan gözlem yapılabilir. Ancak bu gözlemler, kayıtları uzun yıllar için belirlenmiş standartlar dahilinde muhafaza edilen bir istasyondan yapılan gözlemlere göre daha az değerli olacaktır.

3) İklim gözlemi, iklim gözlemlerini toplayan, gözlemleri tanımlayan bilgi dizini Metadata ile - doğrudan veya dolaylı - ilişkili olmalıdır. Bu bilgi dizini gözlemin nasıl kullanılması ve yorumlanması gerektiğini genellikle dolaylı olarak kullanıcılara sunmaktadır (Anonymous 2013c).

İklim değişikliğini algılama da dahil olmak üzere iklim izleme sistemleri ve gözlem ağları üzerine ulusal (örneğin Referans İklim İstasyonları), bölgesel (örneğin Bölgesel Temel İklimsel Ağ) ve küresel ölçeklerde özel ağlar geliştirilmiştir (Küresel İklim Gözlem Sistemi/GCOS, Yüzey Ağı/ GSN) (Anonymous 2013c).

Dünya çapında uydular, gemiler ve uçakların yanı sıra kara, hava ve deniz sıcaklıklarını ölçen 11,000'den fazla hava istasyonu vardır. İstasyonlar tüm sıkı standartları takip eder ve bu istasyonların 1040'ı iklim değişikliğinin küresel yönlerini ölçmek ve tespit etmek için yüksek kaliteli iklim verileri sağlamak amacıyla seçilmiştir. Birçok gözlem istasyonları da Erzurum meteoroloji istasyonu gibi havaalanlarında bulunmaktadır (Anonymous 2013c).

İnsan hayatı üzerinde (günlük, aylık veya yıllık olarak) iklimin önemli bir etkisi bulunmaktadır (Şekil 1.4). İnsanlar çağlar boyunca yerleşim alanları oluştururken, iklimin elverişli olduğu yerleri seçmişlerdir. Bir bölgenin kuraklaşması gibi değişen iklim koşulları insanların yaşam alanlarını terk etmeye zorlamıştır. İklimin zamansal ve mekansal değişimi ile yeryüzü şekillenirken, bireyden topluluklara kadar insanların yaşam şekli, kalitesi ve kültürleri de şekillenmektedir (Anonim 2012a).

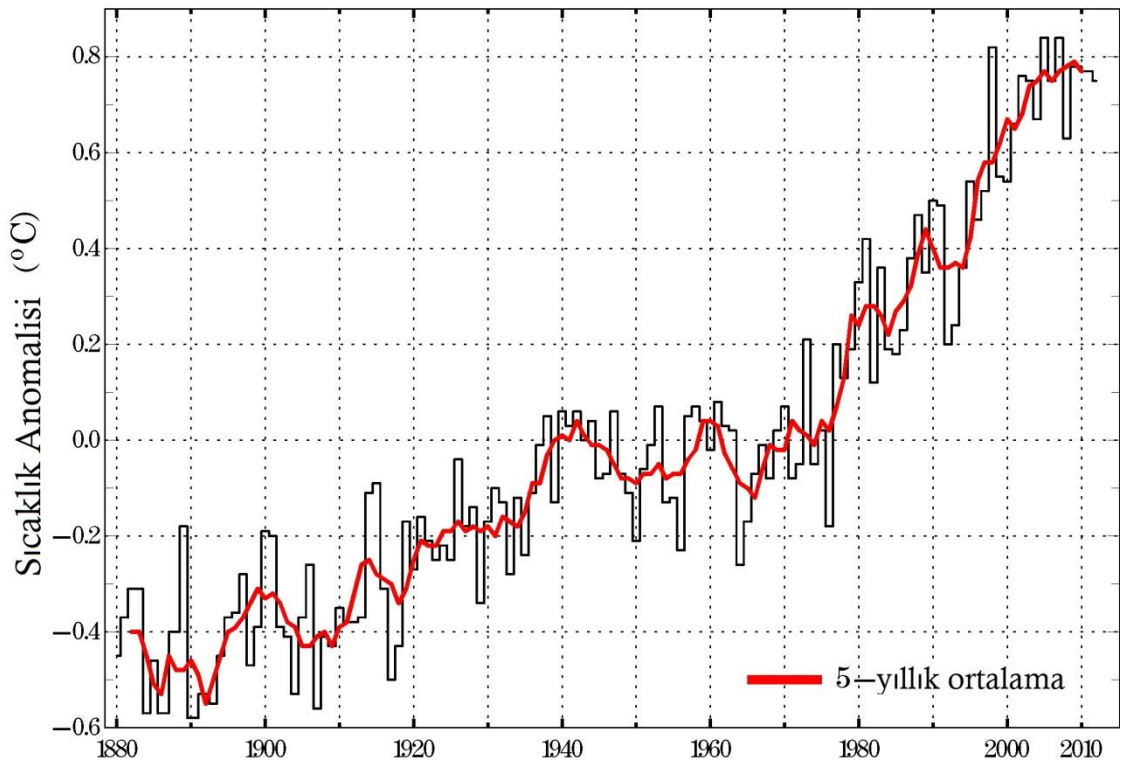


Şekil 1.4. İnsanı etkileyen çevresel faktörler (Anonim 2012a)

Ayrıca iklim; belli bir yükseklikten sonra ağaç türlerinin yetişmemesi, sadece belirli iklim bölgelerinde yetişen bitkilerin bulunması (Endemik ve Relik bitkiler), her canlı türünün istense dahi her bölgede barınamaması gibi tüm canlıların hayatlarını etkileyebilecek güce sahiptir. Bu nedenle iklim insanoğlunun refah içinde sağlıklı ve mutlu olması için hayati bir doğal kaynak olduğundan dolayı iklim ve insan ilişkisi ile ilgili ilk kayıt 2500 yıl önce Hipokrat tarafından ele alınmıştır ve bu kayıta iklim çeşitlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir (Greene and Depew 2004).

Dünyanın var oluşundan bu yana iklimin çeşitlilik gösterdiği, yeryüzündeki canlılarında bu çeşitlilikten etkilendikleri bilinmektedir. Endüstri devrimi başladığından bu yana

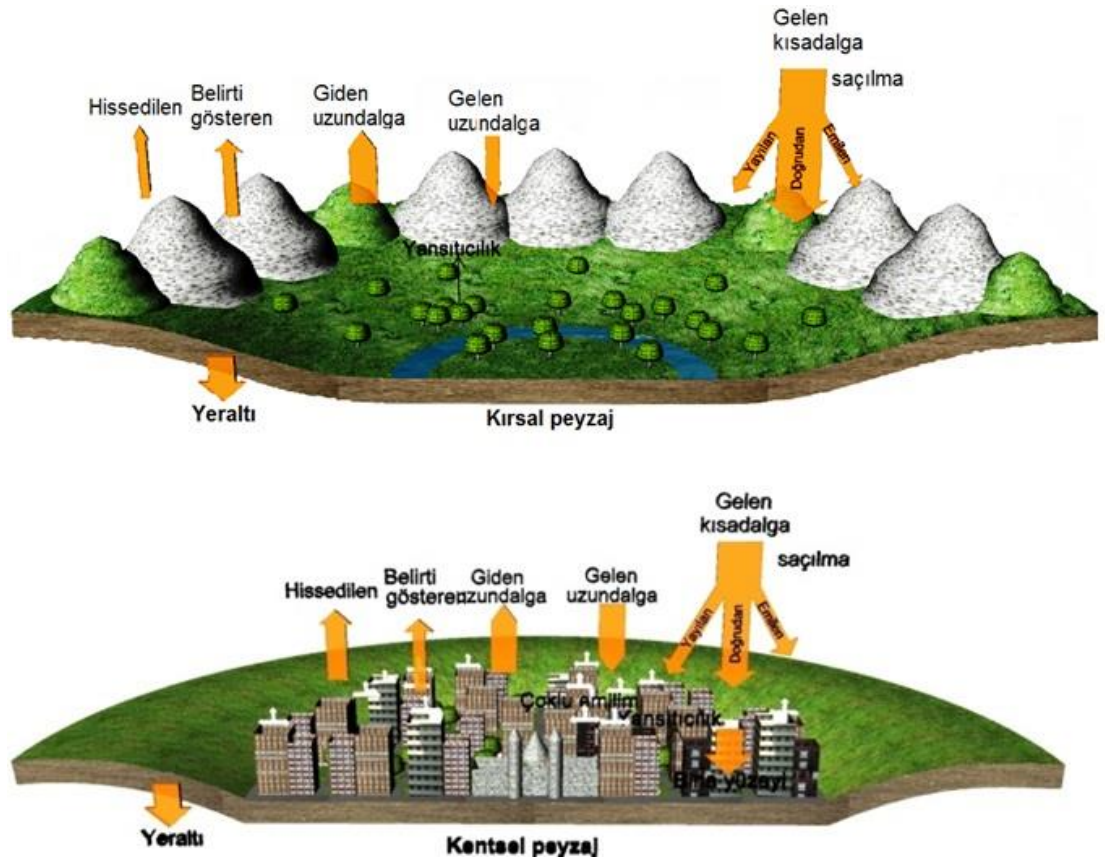
özellikle 1945'ten sonra sera gazları salınımları da artmaya başlamıştır. Son 250 yılda ise; fosil yakıt yakılması, ormanların yok edilmesi, endüstriyel üretimde klorofloro karbon gazları kullanımı, sulak alanların değişimi, çöplüklerden salınan metan gazı, tarımda kullanılan suni gübre artışı gibi sera gazı salınımına neden olan ana kaynaklar, havadaki karbon dioksit oranını %37, metan gazı oranını 2,6 kat arttırmıştır (Miller 2000). Bunun sonucunda atmosferdeki sera gazı nedeniyle karbondioksit oranındaki artış dünyanın da ısınmasına neden olmaktadır. Örneğin Şekil 1.5'te gösterilen NASA'nın sıcaklık anomalisine göre dünyanın sıcaklığı son 130 yılda 1,2°C artmıştır.



Şekil 1.5. Küresel sıcaklık anomalisi 1880-2012 (NASA 2013)

Kent planlama sürecinin iklim ile yakın bir ilişkisi vardır. Kentsel planlamada, iklimin önemi uzun yıllar boyunca etkili bir faktör olarak kabul edilmiştir (Olgyay 1963; Yang *et al.* 2011). Şehirleşme süreci kent ve kent içi alanların yanı sıra kentsel ve kırsal alanlar arasındaki yerel iklim değişimleri ile atmosfer ve enerji akısında (Şekil 1.6) insan yerleşimi sonuçları arasındaki etkileşim, bir bölgenin yüzey ve atmosferik özelliklerinin doğasında radikal değişiklikler meydana getirmektedir. Bu değişimler son

yıllarda kentsel iklim ve kentsel planlama disiplinlerince araştırılmıştır. Bunun sonucunda kentsel gelişim sürecinde kentsel iklimin insan kaynaklı olduğu kabul edilebilir hale gelmiştir. Oke (2006) kent iklimi üzerine dört önemli faktör tanımlamıştır; **a)** kentsel yapı (binaların boyutları ve aralarındaki boşluklar, sokak genişlikleri ve aralıkları (Oke 1988; Johansson 2006b; Priyadarsini 2008), **b)** kent örtüsü (yapı parçaları, döşemeler, bitki örtüsü, çıplak toprak ve su) (Whitford *et al.* 2001; Pauleit *et al.* 2005), **c)** kentsel doku- yapısal ve doğal malzemeler (Doulos *et al.* 2004; Priyadarsini *et al.* 2008) ve **d)** kent metabolizması (insan faaliyetleri nedenli kirleticiler). Belirli kentsel iklim ortamları yaratmak için önemli rol oynayan bu dört faktör, tüm kentsel morfoloji ile ilişkilidir (Zhao *et al.* 2011).



Şekil 1.6. Kırsal ve kentsel peyzaj üzerinde radyasyon ve enerji akıları (Okların genişliği akı görelî boyutuna yakın olarak uyarlanmıştır) (Oke 1978; Hasyim 2008'den değiştirilerek)

Kentsel planlama, morfoloji, iklim ve küresel iklim birbiriyle bağlantılıdır. Hem küresel hem kentsel iklimlerde; güneş radyasyonu, hava sıcaklığı ve rüzgar gibi iklim

değişkenleri, bir yaşam alanının fonksiyonel ve psikolojik bileşenlerin hayati boyutları olduğu için kentsel morfolojiyi, yaşayanların sağlığını, konforunu, sosyal yaşam ve enerji tüketimini etkileyebilmektedir (Eliasson *et al.* 2007). Dolayısıyla kentsel alanlar küresel ısınma sonucu küresel iklim çeşitliliği ve değişikliği nedeniyle büyük zorluklar yaşayacaktır (Zhao *et al.* 2011). Buna karşılık kentsel planlama yaşam tarzlarını etkileyen ve kent iklimi üzerinde etkili olan, kentsel morfolojiyi belirlemektedir. Kentsel planlama global olarak estetik, verimlilik ve kentin iklimsel çevresi için çok önemlidir. Ayrıca, kentsel iklimin karmaşık etkisi, küresel iklimi etkileyebilir, örneğin kentsel ısı adası fenomeni, yerel, bölgesel, ulusal ve küresel ölçeklerde iklim ortalaması ve çeşitliliğinde değişikliklere yol açmaktadır (Oke 1973; Kalnay and Cai 2003).

Kentsel iklim sadece bölgesel ve küresel iklimi etkilemekle kalmaz aynı zamanda kentsel yaşanabilirlik için de önemli bir faktördür. Kentsel iklim kentsel planlama yoluyla yaşayanların ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilmiş ve düzenlenmiştir (Li *et al.* 2004; Huang *et al.* 2008). Bu nedenle kent planlama sürecinde kentsel iklim bilgisinin eklenmesi önemli hale gelmiştir. Uygulamada, planlamacılar nispeten basit kurallar ve görsel grafikler gibi kolay erişilebilir tekniklere güvenmek yerine karmaşık bilimsel kavramları planlamaya dönüştürmek için, zaman veya eğitime sahip olmalıdırlar (Zhao *et al.* 2011).

1.2. Biyoklimatik Konfor

Biyoklimatik konfor; genel olarak insanın en az miktarda enerji harcayarak çevresine uyum sağladığı ve kendisini son derece sağlıklı ve dinamik hissettiği iklim koşullarıdır. Fanger (1970)'in, ilk kitabı Termal Comfort'ta incelediği biyoklimatik konforla ilgili altı parametre şunlardır: (1) hava sıcaklığı; (2) buhar basıncı, (3) rüzgar, (4) güneş ve termal radyasyon, (5) metabolik ısı ve (6) giyim yalıtımıdır. Bu parametreler açısından, araştırmacılar, insan konforuna neden olacak ısı ortam ve bu rahat koşullardan sapma etkisini tahmin etmeye çalışmaktadır (Cohen *et al.* 2013).

1.2.1. Biyoklimatik konforda tarihi süreç

Canlı varlıkların fiziksel çevrelerinden etkilenmelerini, enerji alışverişini inceleyen klimatoloji (iklimbilim) ve onun dalı olan “biyoklimatoloji” ile ilgili en eski 2 bin yıl önce Hippokrates tarafından “Peri Aeron, Hydaton, Topon (Havalar, Sular ve Yörelere Üstüne)” adlı kitabında değinilmiş olmasına rağmen, biyoklimatoloji nispeten yeni bir bilim dalıdır. Çevre koşullarının giderek bozulması nedeniyle duyulan endişelerin arttığı 1960’ların sonlarında önem kazanmış ve yaygınlaşmıştır. Canlı varlıklar hemen her yönüyle iklim ve hava koşulları tarafından etkilenmesi nedeniyle biyoklimatolojinin içeriği neredeyse sınırsızdır. İncelediği öncelikli konulardan bazıları: iklim ve hava koşullarının gerek insan sağlığı, gerekse bitki, hayvan ve insan hastalıklarına yol açan küçük bitkisel organizmalar ve böcekler üzerindeki etkisi; yapısal alanlarda ve yerleşim merkezlerindeki mikroklimanın insan sağlığı üzerindeki etkisi; jeolojik çağlarda canlıların evrimi ve yeryüzündeki dağılımı üzerindeki iklim koşullarının etkisidir.

Biyoklimatik konforun tarihi süreci içinde ilk fizyolojik kriter; vücut sıcaklığını korumak için termoregülasyon merkezi tarafından kabul edilen en iyi düzey olarak Haldane (1905) yılında tanımlanmıştır. Bu kriter, özellikle ısıya maruz kalma konusunda konu kapsamı ile ilgili olan birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir (Moran *et al.* 1997). İnsan biyoklimatik konforuyla iş verimliliğinin ilişkisini kurmak amacıyla yaptığı çalışmada Cadman (1913) maden işçilerinin, hava sıcaklığı %100 bağıl nem ile 86F (30°C) iken kömür madenlerinde çalışmadığını tesbit etmiştir. Haldane (1919), durgun havada dinlenen insanlarda sıcak çarpması belirtileri ortaya çıkıncaya kadar ıslak termometre sıcaklığının yükselme göstermediğini ifade etmiştir McConell *et al.* (1924)’te, insan ısı dengesinin korunduğu ortamda 90 F (32,2°C) doymuş durgun havanın, üst sınır olduğu sonucuna varmıştır. Dreosti (1935)’in verileri bu üst sınır değerinin çok önemli olmadığını göstermiş ve ortama alışkın, ısıya hoşgörülü işçilerin, kuru termometre ve ıslak termometrenin 95 F (35°C)’yi gösteren bir atmosferde hafif iş yapabildiği ve ısı dengesini koruyabildiğini göstermiştir.

Birçok çalışma (Houghten and Yaglou 1923; Yaglou and Miller 1925; Houghten *et al.*

1926; Houghton and Teague 1928), hem dinlenenlerin hem iş yerinde çalışanların öznel konforları üzerine; hava hareketinin, sıcaklığın ve nem değişimlerinin etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır (Robinson *et al.* 1945). Robinson *et al.* (1945)'te bu yazarların verilerinden, insan konforu üzerine eşit etkisi olan koşulları temsil eden etkili sıcaklıkların kontur hatlarını psikrometrik grafikler üzerinde göstermiştir.

Zamanla yaşam şartlarını ve iskan durumlarını uygun biçimde şekillendirmek için; iklim ve insan arasında ilişkiler kurarak iklim elemanları açısından rahat edilen değerler yani biyoklimatik konforun sağlandığı değerler belirlenmiştir. Biyoklimatik konfor durumunu değerlendirmek için; sıcaklık, bağıl nem, radyasyon ve rüzgar durumunun saptanması gerekmektedir. Bu temel faktörlerin yanı sıra; sıcak günlerin sayısı, yağış durumu, hava olaylarına bağlı ortaya çıkan hastalık ve zararlılar ile hava kirliliği ve atmosferdeki oksijen miktarı ve basınç da insan konforunu etkilemektedir (Topay ve Yılmaz 2004).

Konfor bölgesi gerçek sınırları, Olgyay (1963)'e göre coğrafya ve mevsimselliğe göre değişmektedir. Soğuk iklimlerde konfor bölgesi sıcak iklimlere göre daha düşük iken sıcak iklimlerde konfor bölgesi, ılık iklim koşullarına doğru kaydığı ve kış aylarında konfor bölgesinin yaz konfor bölgesinden biraz daha düşük olduğu görülmüştür (Cohen *et al.* 2013). ASHRAE (1992) tarafından iklim şartları açısından, konforlu kabul edilen ortam sıcaklığı yaz aylarında (23-27°C) kış aylarından (20-25°C) biraz daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu genel bir ifadedir ve daha önceki çalışmalar konfor aralığının bir coğrafi bölgeden diğerine değişebileceğini göstermiştir (Lin and Matzarakis 2008).

Günümüzde bu konu ile ilgili dünya çapında her yıl çok sayıda makale yapılmaktadır. İnsan biyoklimatolojisine dayalı araştırmalar, tıptan, endüstriye, şehircilikten, turizme kadar her alanda kendini göstermektedir. Çevre ve insan sağlığı üzerinde yer alan artan önemi ve aralarındaki bağlantı ise açık alanların azalan kullanımı ile ilgili sorunları ele almak için yeterlidir.

1.2.2. Biyoklimatik konfor ve insan sağlığı

Doğru bir şekilde biyoklimatik konforu modelleme, ilgili psikolojik tepkilerin yanı sıra fiziksel çevre ve insan fizyolojisinin göz önüne alınmasını gerektirmektedir (Höppe 2002; Parsons 2003; Huang 2007; Kenny *et al.* 2009). Kentsel iklim; kentsel morfolojiyi, yaşıyanların sağlığını, konforunu, sosyal yaşam ve enerji tüketimini etkilemektedir. Dolayısıyla kamu alanlarının tasarımında biyoklimatik konforun önemli bir temel taş olarak dikkate alınması, insan biyometeorolojisinin önemli uygulamalarından biridir (Vanos *et al.* 2010). İnsan biyoklimatolojisine dayalı araştırmalar, çevrenin insan sağlığı üzerinde yer alan artan önemini ve aralarındaki bağlantıyı vurgulamaktadır. Bu bilgi kent alanlarının azalan kullanımı ile ilgili sorunları ele almak için yeterlidir.

Biyoklimatik alanlar belirgin olarak insanın fiziksel aktivite türünü ve miktarını etkileyebilmektedir (Gaitani *et al.* 2007). Bu yüzden konforlu alanlar planlamak açık havada eğlenen kullanıcıların talebini karşılamak için gereklidir (Brown and Gillespie 1986).

Kent ikliminde yaşanan değişimler uç değerlere ulaşarak bireye rahatsızlık veren termal stres yaşandığında insanların biyolojik, fiziksel ve düşünsel aktivitelerini kısıtlayan birçok olumsuz etken insan sağlığını tehdit etmektedir. Isı ile ilgili semptomlar içeren kramp, bitkinlik, baş ağrısı, bulantı, kafa karışıklığıyla sınırlı olmayan ve sıcaklık çarpmasına yol açan belirtiler iş performansını azaltmaktadır (Vanos *et al.* 2010).

Sağlık yetkilileri, sağlık sistemi ve ekonomi üzerindeki gerginlik ile astım, diyabet, kardiyovasküler hastalık gibi başka sağlık sorunlarına yol açan fiziksel aktivite azalması ile obezite artışı için (Handy 2004) kısmen kötü yapılı çevreyi suçlamaktadır. Bu durum kentsel çevre ve sağlık üzerine ayrıntılı bir inceleme derleyen Galea and Vlahov (2005) ile benzer şekilde ifade edilmektedir. Örneğin cadde- yol bağlantısı, sokakların ölçüsü ve estetiği gibi yapılı çevrenin spesifik özellikleri, fiziksel aktiviteyi etkileyebilir (Handy 2004).

Birçok çalışma, özellikle olumsuz iklim koşullarında kentlilerin günlük yaşamında genellikle sağlık ve işlevselliğinde azalma gösterdiğini (Eliasson 2000; Galea and Vlahov 2005; Johansson and Emmanuel 2006; Harlan *et al.* 2006; Eliasson *et al.* 2007; Watkins *et al.* 2007), aynı zamanda sıcaklık çarpmasına bağlı ölümlerin meydana geldiğini (Smoyer *et al.* 2000; Basu and Samet 2002; Galea and Vlahov 2005; Hu *et al.* 2008; Revich and Shaposhnikov 2008; Altın *et al.* 2008; Gosling *et al.* 2009) göstermiştir.

Dünya çapında pek çok kentsel alanlarda yapılmış bu tür çalışmalar yapılmıştır (örneğin, Moskova, Sidney, Phoenix, Boston, Dallas, Budapeşte, Londra), yüksek hava kirliliği yanı sıra yüksek hava sıcaklıklarının görüldüğü dönemlerde artan ölümler (mortalite) tesbit edilmiştir (Hu *et al.* 2008). Birleşik Devletler, Ohio’da, kırsal, banliyö ve kentsel alanlar üzerinde Sheridan and Dolney (2003) tarafından yapılmış çalışmada da gösterilmiştir ancak, sıcaklık-ölüm oranı, hala tartışılan bir konudur (Vanos *et al.* 2010).

Örneğin, hasta, genç ve yaşlılar gibi hassas nüfus, yüksek sıcaklıklarda egzersiz sırasında sıcaklık çarpması riski ve yüksek ölüm oranına sahiptir. Kentlerin giderek büyümesi kuşkusuz daha da kardiyovasküler ve solunum problemleri ile ilişkili sorunlara bunun yanı sıra yılın sıcak zamanlarda ısıyla birlikte kirli havadan gelen hastalık ve ölümlere neden olmaktadır (Vanos *et al.* 2010). Smoyer *et al.* (2000)’e göre, doğru alan kullanımı daha serin ve daha hava koridorlu kentsel alanlar elde ederek kentsel ısı adası etkisini azaltmak için önemlidir (Vanos *et al.* 2010).

Kentsel mekanların kullanımını sağlayabilmek için kent formunda yapılacak değişiklikler, yeşil alanların kullanımını pozitif yönde etkileyerek biyoklimatik koşulları iyileştirmeye teşvik edebilmektedir. İklim koşullarına bağlı kalarak gölgeli veya güneşli alanlarıyla daha fazla yaya kullanımına yol açan, özenle planlanmış kentsel geometri sonucu, kent çekiciliğine de kısmen katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, çevrenin biyoklimatik koşulları binalarda ısıtma/ soğutma, enerji yüklerini geliştirme/ azaltılma ile iç mekanlarda da dolaylı bir etkiye sahip olabilmektedir (Krüger *et al.* 2012).

Kentsel iklimin geliştirilme ve düzenlenme sürecinde ise yerleşim alanlarında fiziksel planlama çalışmalarına odaklı bitkisel dokunun optimum konumlarının belirlenmesi ve diğer alan kullanımları ile organizasyonu giderek önemli boyuta ulaşmıştır. Bitkisel dokular biyolojik, morfolojik ve fizyolojik aktiviteleri nedeniyle iklim elemanları üzerinde düzenleyici etkiye sahiptir. Aynı zamanda kentin fiziksel dokusu içerisinde organik bir dengeleyicidir. Bu avantajlarından dolayı kent merkezlerinde bitkisel dokuların yer almasıyla birlikte dış mekanda biyoklimatik konfor koşulları ön plana çıkmıştır. Son 20 yılda giderek artan araştırmalar dikkati kentsel çevre açısından biyoklimatik konfora çekmiştir (VDI 1998; Knez and Thorsson 2006; Lin 2009; Tseliou *et al.* 2010; Hwang *et al.* 2011; Kántor *et al.* 2012a; Kántor *et al.* 2012b). Kent plancıları, mimarlar, peyzaj mimarları ve kent iklim bilimcileri arasındaki ortak bir anlayış, kentsel ortamlarda yaşam kalitesinin artırılmasında iklim önemli bir yere sahiptir (Givoni *et al.* 2003; Nikolopoulou and Steemers 2003; Nikolopoulou and Lykoudis 2006).

1.2.3. İnsan biyoklimatik konforu

İnsan biyoklimatik konforu üzerine kavramlar, literatürde giderek önemli ve tartışılan konu haline gelmiştir. Konuyla ilgili literatürde bu kavram üç ayrı yaklaşımla tanımlanmaktadır. Bu yaklaşımlar; **Psikolojik yaklaşım**, **Termofizyolojik yaklaşım** ve **Vücut ısı dengesi** yaklaşımıdır (Shakir 2006; Toy 2010).

Psikolojik yaklaşım'da biyoklimatik konfor 'termal çevre ile memnuniyeti ifade eden zihin koşulu' (ASHRAE 1966; Fanger 1972; Parsons 2003; ISO/7730 2005) ve tercihen sıcak veya soğuk olmaması olarak tanımlanır. Bu durumda psikolojik durumlar baskın olduğu için, objektiflikten öte kişinin ruh haline odaklanılmaktadır. Bunun için Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu (1966) (ASHRAE), ISO/7730 (2005) Biyoklimatik konfor, ISO/9920 (2007) giyim, ISO7933 (1989) sıcak ortamlar ve ISO8996 (1990) metabolizma hızı içeren insan konforu ile ilişkili ulusal ve uluslararası standartları geliştirmiştir.

Hissedilen sıcaklık baz alınarak belirlenen biyoklimatik konfor durumu, subjektif bir değerlendirme olarak zamana, mekana, kültüre ve kişinin özelliklerine (yaş, fiziksel özellikler, cinsiyet, sağlık durumu ve hareketlilik) göre değişmektedir (Pihlak 1994). Değerlendirmelerde 15-27°C arası hissedilen sıcaklık değerleri; iç mekanda, 25 yaşında, sağlık problemi olmayan, normal olarak giyinmiş, hareket etmeyen bir kişi için hesaplanmıştır. Dış mekan koşullarında ise bu değerler 5°C düşük veya fazla olmaktadır. Biyoklimatik konforun sağlanabilmesi için dikkate alınması gereken iklim elemanlarına ait değerler; dış mekanda; yaklaşık 5 m/sn rüzgar hızı, 21-27,5°C sıcaklık ve %30-65 bağıl nem kombinasyonu olarak belirlenmiştir (Olgay 1963).

Termofizyolojik yaklaşım’a göre insan biyoklimatik konforu daha çok vücut içinde bulunan termal algılama (termoreseptör) uçlarının derideki ve hipotalamustaki uyarılarına dayalı olarak tanımlanır. Isı algılayıcı uçlardan gelen sinirsel sinyallerin minimum miktarı (Höppe 2002), konfor şartlarının maksimum olduğunu gösterir.

Hava sıcaklığına karşı sinir sisteminin işleyişi: Vücut sıcaklığı arttığında ciltte kan akışı hızlandığı için yüzey sıcaklığı ve bununla birlikte vücuttan çevreye yayılan ısıda artmaktadır (Sawka and Wenger 1998). Bu şekilde denge kurulamazsa, vücut yüzeyinin geniş bölümlerini kapsayacak biçimde terleme başlar ve buharlaşma yoluyla ısı kaybı sağlanır (Laschewski and Jendritzky 2002; Lim *et al.* 2008; Öngel and Mergen 2009).

Vücut içi sıcaklığı azaldığında ise, deriye giden kan akışı azalır ve dolayısıyla yüzey sıcaklığı da azalır. Bunun nedeni gövde içine yüzeyden gelen düşük sıcaklıktaki kan miktarını azaltarak iç sıcaklığın düşmesini önlemektir (Lim *et al.* 2008). Isı kaybı bu şekilde önlenemezse, vücut ısının sabit tutulması ile ilgili olarak sinir sisteminde hipotalamus tarafından yönetilen termoregülasyon (Lim *et al.* 2008) merkezi enerji üretme emri vermesi sonucu kas gerginliği arttırılmaktadır. Bu önlemden etkili olmazsa, deri üzerinde bulunan tüyler dikleşerek titreme başlar. Bu oluşumun amacı ısı yalıtımını sağlamaktır (Öngel and Mergen 2009).

Vücut ısı dengesi yaklaşımı’na göre ise biyoklimatik konfor “vücuda giren ve vücuttan

çıkan ısı miktarı dengesinin sağlanması için deri sıcaklığı ve terleme oranının konforlu bir aralıkta bulunmasıdır” (Höppe 2002). İnsanlar dış ortamda canlılıklarını koruyabilmesi için ilk olarak sıcaklık etkisiyle etkileşim halindedir. İnsan vücudu bu etki algısına göre vücut içerisinde besin ve oksijen kullanarak enerji üretir ve bu enerjiyi düşük sıcaklıklarda ısı oluşturmak için kullanır (Öngel and Mergen 2009). İnsan vücudu soğuk bir ortama maruz kaldığında yüzey sıcaklığı düşebilir (Lim *et al.* 2008), ancak beyin sürekli olarak vücut içi sıcaklığını $36,8^{\circ}\text{C}$ (Gisolfi and Mora 2000) veya $37\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ’de (Öngel ve Mergen 2009) sabit tutmaya çalışır. Ancak normal vücut sıcaklığı olarak kabul edilen 37°C ’den artı ya da eksi yönde $3,5^{\circ}\text{C}$ ’lik bir sapma fizyolojik olarak tahribatlara hatta ölümlere neden olabilmektedir (Moran and Mendal 2002). Vücut yüzey sıcaklığı ise daha çok dış ortam tarafından belirlenir ve ciltteki kan dolaşımı hızıyla $31,5^{\circ}\text{C}$ ile $33,5^{\circ}\text{C}$ arasında (Öngel ve Mergen 2009) dengelenir (Gisolfi and Mora 2000; Lim *et al.* 2008).

Sonuç olarak biyoklimatik konforun tanımı konusunda bütün yaklaşımların hedefi herkes için geçerli olan ve evrensel olarak kabul edilebilen bir tanım ortaya koymak olmasına rağmen, aslında bu tanımlarda tamamen kişisel özelliklere dayalı göreceli bir durum söz konusudur ve bireyler arası büyük farklılıkların yaşanacağı da göz ardı edilmektedir (Toy 2010). Bu yüzden, biyoklimatik konforun tanımı konusunda çevresel faktörlerin etkilerin standart alınarak insana özgü faktörlerin etkisinin minimuma indirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ASHRAE (1992) tarafından yapılan ve diğer tanımlara göre daha eski ve tüm yaklaşımlardan bağımsız olan biyoklimatik açıdan konforlu ortamlar “oturmakta olan veya hafif derecede aktif iş yapan kişilerin %80’inin sıcaklık açısından şikâyet etmedikleri ortamlar” olarak tanımlanmıştır. Sözlük anlamıyla bakılacak olursa, konfor (rahatlık) kelimesinin Türk Dil Kurumu’nun Türkçe sözlüğünde “üzüntüsü, sıkıntısı, tedirginliği olmama durumu” veya “yorgunluk veya sıkıntı vermeme durumu” anlamına geldiği (Anonim 2012b) görülmektedir.

1.3. Bioklimatik Konfor İndeksleri

Şehirlerin ve kent sakinlerinin yaşam koşullarının gelişimi için önemli etkileri taşıyan

kentsel alanlarda, termal konfor şartlarını insan algısının değerlendirmesi son derece önemlidir. Kentsel ortamlarda insanlar, yıl boyunca aşırı soğuk stres ile aşırı sıcak stres arasında değişen sıcaklık şartlarının büyük bir çeşitliliğine maruz kalmaktadır.

İnsanlar farklı mikroklima koşullarında gün boyunca farklı kentsel ortamları (sokaklar, plazalar, kent parkları) kullandıkları sürece hatta gündüz saatlerinde sıcak ve soğuk termal streslere maruz kalabilmektedir (Cohen *et al.* 2013). Bu yüzden kent morfolojisi, insan yaşam tarzı ve sağlığı üzerinde iklim koşullarının oldukça önemli ve belirleyici etken olduğu bilinen bir gerçektir.

İnsan konforu üzerinde yapılan çalışmalar başta olmak üzere ilkim elemanlarına ilişkin eşik değerler saptanarak bazı termal indisler geliştirilmiştir.

Bu sürece tarihsel açıdan bakıldığında, Evans (2007)'ye göre; 1650 yılında ilk sıvı cam termometrenin Floransa'da icat edilmesiyle birlikte iklim konforu çalışmaları, belirli bir hassasiyete göre ortam sıcaklığının ölçülebilmesi ile başlamıştır. Daha sonra Fahrenheit (1924) tarafından ilk ölçek geliştirmiştir ve onu 1742 yılında İsveç'te geliştirilen Celsius ölçeği izlemiştir. Ancak bilimsel konfor çalışmaları 2. Dünya savaşı sonrası gelişen endüstri devrimi sonucu ortaya çıkan ağır sanayi ve makineleşme hamlesinde, iklimatik konforla verimliliğin ilişkisinin ortaya çıkmasından sonra olmuştur.

1937'de, Winslow *et al.* (1937) Metabolik Isı Üretimi (M), vücut ve çevre arasındaki ısı transferi ($H_r + c$) ve çevre ve buharlaştırma kapasitesi (E_{max})'ı dikkate alan Operatif Sıcaklık İndeksi'ni (TO), geliştirmiştir. TO indeksine dayanarak, sekizden fazla ek dizinler geliştirilmiştir (Belding 1970). Bunların iyi bilinenlerinden biri, Belding and Hatch (1955) tarafından önerilen Isı Zorlama İndeksi (HSE)'dir. $M + H_r + c$ ve E_{max} 'ı içeren bu indeks, çevresel değişkenler ve vücut aktivitesini birleştirdiğinden dolayı yaygın olarak kabul edilmiştir. Ancak, Belding (1970)'e göre HSE indeksinin tahmininin, termal rahatsızlığın ciddi olarak altında ve üstünde değerler göstermektedir. Bu yüzden, indeksin tahminini iyileştirmek için düzeltmeler geliştirilmiştir (Moran *et al.* 1998).

Fizyolojik parametrelere dayalı ısı rahatsızlık indeksleri de önerilmiştir. Robinson *et al.* (1945); rektal ısı (Tre), kalp hızı (HR), deri ısı (Tsk), terleme ve hızı (m-sw)'ye dayalı fizyolojik etkilerin bir indeksini önermiştir. McArdle *et al.* (1947) ısı gerginlik göstergesi olarak ter oranının kullanıldığı ve Metabolik Isı Üretimi (M) ve iklim koşullarının farklı kombinasyonları için 4 saat boyunca ter oranını tahmin eden öngörülen 4 saatlik ter kuru indeksi (P4SR)'yi geliştirmiştir. Ancak, bu indeks ter üretiminin kapsamlı olarak ısı rahatsızlığını temsil etmediğini göstermiştir (Hatch *et al.* 1963). P4SR sadece iklime alışmış-fit insanlar için uygun bulunmuştur (Lee 1980). Hall and Plote (1960), vücudun ısı depolamasına dayalı ve ayrıca Tre, HR, ve m-sw'nin de kullanıldığı fizyolojik rahatsızlık indeksini 1960 yılında önermiştir. Bu indeksin hesaplama karmaşıklığı ve zorlanma yetersizliği, evrensel olarak kabul edilmemesi için ana nedenlerdir (Moran *et al.* 1998).

Hubac *et al.* (1989), ısı rahatsızlığı değerlendirmek için farklı bir yöntem önermiştir. Onların indeksi HSI, HR ve m-sw ölçümlerinden elde edilen verilerin entegrasyonuna dayanmaktadır. Bu indeks, aralıksız 8 saatlik mesai için geliştirilerek sınırlı ve karmaşık hesaplamalarda yer almıştır. 1996 yılında, Frank *et al.* (1996), sıcaklık ve kalp atımına dayalı bir kümülatif ısı gerilme indeksi (CHSI)'yi tanıtmıştır. İndeks ısıya hoşgörüsüz durumları değerlendirmek için geliştirilmiştir ve ısı-hoşgörüsüzlük testlerinin verilerine dayanmaktadır (Moran *et al.* 1998). Moran *et al.* 1998'de sıcak ortamlarda da kullanılabilmesi için basit Fizyolojik Gerilme İndeksi (PSI)'yi geliştirmiştir. Bu indekslerin büyük bir kısmı dünya çapında uygulanmıştır ve önerilmiştir.

Epstein and Moran (2006) yaklaşık 40 indeks listelemiştir ve bunlara ek olarak başka indekslerde vardır (Blazejczyk *et al.* 2012).

Soğuk iklimler için; Rüzgar Sıcaklığı İndeksi (WCI) ve (WCET) (ISO/ TR 11079 1993), **sıcak iklimler için;** Islak Küre Termometre Sıcaklık (WBGT) (Yaglou and Minard 1957), Rahatsızlık İndeksi (DI) (Thom 1959), Termal Stres İndeksi (ITS) (Givoni 1963), Isı İndeksi (HI) (Steadman 1979), Humidex (HD) (Masterton and Richardson 1979), Tropik Yaz indeksi (TSI) (Sharma and Sharafat 1986) olarak uygun

termal indeksleri listelemiştir (Cohen *et al.* 2013).

Bu düzenlemeler sonucu yerel öznel konfor verileri kullanılarak yapılması gereken ölçümler için ortaya çıkan bazı önemli indeksler şunlardır; Standart Etkili Sıcaklık (SET) (Steadman 1979), Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) (Mayer and Höppe 1987; Matzarakis *et al.* 1999; Höppe 1999), Sıcaklık Nem İndeksi (THI) (Kyle 1994), Algılanan Sıcaklık (PT) (Staiger *et al.* 1997), Açık Standart Etkili Sıcaklık (OUT_SET) (Pickup and de Dear 2000) ve Evrensel Termal İklim İndeksi (UTCI) (Jendritzky and Dear 2009; Jendritzky *et al.* 2012)'dir (Cohen *et al.* 2013).

Birçok çalışma sadece rahatsızlık indeksi gibi basit indeksleri değil aynı zamanda insan biyometeorolojisine dayalı araştırmalar Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) gibi modern termal indeksleri kullanarak termal biyoiklim konusunu ele almıştır (Mayer and Höppe 1987; Höppe 1993; VDI 1998; Matzarakis *et al.* 1999). Son yıllarda biyoklimatik konfor konusunda araştırma anlayışı genişleyerek bu indeksler sıklıkla kullanılmıştır. (Jendritzky and Dear 2009; Jendritzky *et al.* 2012). Çizelge 1.1'de son yıllarda kullanılan bazı indeks grupları yer almaktadır.

Çizelge 1.1. Biyoklimatik konfor indeks grupları

İndeksler	Sade indeks	Karmaşık indeks	Soğuk iklimlerde	Sıcak iklimlerde
AT (Belirgin Sıcaklık)		X		
ET (Etkili Sıcaklık)	X			
DI (Rahatsızlık İndeksi)	X			X
HD (Humidex)				X
HI (Isı İndeksi)				X
ITS (Termal Stres İndeksi)				X
OUT_SET (Açık Standart Etkili Sıcaklık)		X		
FES (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık)		X	X	X
PMV (Tahmini Ortalama Oy)		X		
PSI (Fizyolojik Gerilme İndeksi)	X			X
TSI (Tropik Yaz İndeksi)				X
THI (Sıcaklık ve Nem İndeksi)	X			
SET (Standart etkili sıcaklık)		X		
WCI, WCET (Rüzgar Sıcaklığı İndeksi)			X	
WBGT (Islak Hazne Küre Termometre Sıcaklığı)	X			
UTCI (Evrensel Termal İklim İndeksi)		X		

Son zamanlarda sık uygulanan indeks, değişik iklim bölgelerinde saha çalışmalarında denenmiş olan FES'tir (Gulyás *et al.* 2006; Johansson and Emmanuel 2006; Matzarakis *et al.* 2007; Thorsson *et al.* 2011). Başlangıçta, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi sadece Batı/ Orta Avrupa için geçerliken Lin and Matzarakis (2008) Tayvan'da FES indeks ölçeğini uygulamıştır (Cohen *et al.* 2013).

Bütün biyoklimatik konfor indekslerinde (iç mekan, dış mekan veya uyarlanmış) amaç bulunulan ortamın sıcaklığının insanlar üzerindeki etkisinin belirlenmesidir. Bu ortak amaca sahip olan indeksler sadece kullandıkları yaklaşımlar konusunda farklılık göstermektedirler. Bazı indeksler sadece atmosferik ortamın özelliklerini ele alırken (bunlar ilk indekslerdir ve sadedirler), bazıları ise atmosferik özelliklerle beraber insanların fiziksel ve fizyolojik özelliklerini de hesaba katmaktadırlar (karmaşıktırlar).

Jendritzky *et al.* (2002) sadece iki atmosferik özelliğin etkisini ele alan 100'den fazla sade biyoklimatik konfor indeksinin son 150 yılda geliştirilmiş olduğunu belirtmektedir.

Epstein and Moran (2006) ise Haldane (1905)'i başlangıç kabul ederek sadece önemli gördükleri indeksleri listelemişler ve o zamandan bu yana kırktan fazla indeks sıralamışlardır.

Çok sayıda olmalarına rağmen ortak noktada birleşebilen bu indeksler bazı çalışmalarda sınıflandırılmıştır. (Unger 1999; Ali – Toudert 2005; Epstein and Moran 2006; Shakir 2006). Sonuç olarak indeksler beş grupta toplanmıştır. Bunlar ampirik, rasyonel, direkt, teorik ve uyarlanabilir (adaptif) indeksler şeklindedir (Unger 1999; Ali and Toudert 2005; Epstein and Moran 2006; Shakir 2006; Toy 2010).

Bu tez çalışmasında biyoklimatik konfor modellerinin genel yaklaşımları konusunda bilgi verme amaçlı olarak sözkonusu indeksler “sade indeksler” ve “karmaşık indeksler” şeklinde iki guruba ayrılmıştır. İndekslerin ele aldıkları fiziksel, fizyolojik ve matematiksel yaklaşımlar ve bunların farkları önemli görülmemektedir. “Sade indeksler” kategorisine, ampirik, direkt ve adaptif indeksler girerken, “karmaşık

indeksler” gurubuna ise teorik ve rasyonel indeksler girmektedir.

“Sade indeksler” genellikle ilk oluşturulan indekslerdir. Bu ilk indekslerde insanların biyoklimatik konfor durumlarını belirlemek için eş zamanlı olarak ortam havasının özellikleri (sıcaklık, nem vs.) kaydedilir ve ortamda bulunan kişilere (deneklere) havanın etkileri konusunda sorular sorulmaktadır (Humphreys and Nicol 2002). İnsanların termal ortama karşı tepkilerinin anket yoluyla belirlenmesi ampirik ve adaptif indekslerin, anlık ölçümlerin yapılması ise direkt indekslerin özelliğidir (Epstein and Moran 2006). Başlıca 4 sade indeks şunlardır: Etkili Sıcaklık (Effective temperature; ET) (Houghton and Yaglou 1923), Islak Hazne Küre Termometresi Sıcaklığı (Wet bulb globe temperature; WBGT) (Yaglou and Minard 1957), Rahatsızlık İndeksi (Discomfort index; DI veya Thermohygrometric Index; THI) (Thom 1959).

“Karmaşık indeksler” hava sıcaklığının, neminin ve rüzgar hızının toplam etkisini hareketsiz aktivitelerle birleştirerek sonuca ulaşmaktadır (Givoni 1976). Bu indekslerde biyoklimatik konfor hesaplanırken insana ait tüm fiziksel ve fizyolojik özellikler ile atmosferik özelliklerin etkileri bir bütün halinde değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Çoğunlukla kullanılan karmaşık indeksler; Belirgin sıcaklık indeksi (Apparent Temperature; AT; Heat Index) (Steadman 1979), Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık indeksi (Physiologically Equivalent Temperature; PET) (Höppe 1993, 1999), Tahmini Ortalama Oy indeksi (Predicted Mean Vote; PMV) (Fanger 1970), Standart Etkili Sıcaklık indeksi (SET*; Standard Effective Temperature) (Gagge and Saltin 1971; Gonzalez and Gagge 1973; Gagge *et al.* 1986).

1.4. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndeksi (FES)=Physiologically Equivalent Temperature (PET)

FES indeksi özellikle dış mekanlarda uygulamak amacıyla MEMI (Munich Energy Model for Individuals) modeline dayalı olarak geliştirilmiştir (Höppe 1993, 1999). FES termal koşulları fizyolojik bir yaklaşımla ele almaktadır. (Höppe 1999; Matzarakis *et al.* 1999). FES’in oluşturulmasındaki temel fikir, iç mekanda hissedilen gerçek termal biyoklimatik koşulların aynı etkiyi yansıtacak eşdeğer bir dış ortama aktarılmasıdır

(Mayer 1993). İndekste insan biyoklimatolojisini etkileyen bütün meteorolojik elemanlar (hava sıcaklığı, rüzgar hızı, bulutluluk, nispi nem değerleri) hesaba alınmaktadır. FES ayrıca elbisenin ısı geçirim direncini ve metabolik ısı üretimini de hesaba katmaktadır (Gulyás and Matzarakis 2009).

Yapılan literatür taraması sonucunda çalışmanın amacına uygun olan biyoklimatik konfor hesaplama indeksinin FES indeksi olduğu ortaya koyulmuştur. FES indeksi, tüm dünyada kabul görmüş ve sıkça kullanılan indekslerden biridir. İnsan vücudunun kazandığı veya ürettiği ısı ile kaybettiği ısıнын toplamının sıfır olması koşulu üzerine kurulan FES indeksi insan ısı enerjisi denklighinden türetilen bir indekstir. Bu nedenle FES indeksi farklı iklim tiplerindeki insan biyoklimatik konforunun hesaplanması için ideal bir araçtır (Lin and Matzarakis 2009; Yılmaz *et al.* 2009). FES indeksinden çıkan rakamsal değerlerin günümüzde yaygın kullanılan sıcaklık birimi santigrat (°C) olduğundan dolayı anlaşılması kolaydır (Matzarakis 1999; Rudel *et al.* 2007). Bu sayede indeksin meteoroloji veya biyometeoroloji konularıyla ilgisi olmayan kişiler tarafından da kullanılmasına olanak sağlanmaktadır (Toy 2010).

Açık termal konfor alanlarında gerçekleştirilen bir çok çalışma, ısı konfor ve kentsel planlama değişkenleri arasındaki bağlantıları özellikle binaların dış konforu ve enerji tüketimi üzerindeki kentsel sokakların etkisi ile ilgili (Ali-Toudert and Mayer 2006; Johansson 2006b; Johansson and Emmanuel 2006; Williamson *et al.* 2009) ve yaya konforu üzerine gökyüzü görünümü faktörü ile diğer morfolojik özelliklerinin etkisini (Upmanis and Chen 1999; Unger 2004; Svensson 2004; Souza 2007; Pearlmutter and Krüger 2007; Krüger *et al.* 2011) keşfetmek için yapılmıştır. Bu çalışmalarda FES gibi indeksler, planlama amaçları ve kentsel tasarım ilkelerini izlemek için kullanılmıştır (VDI 1998; Erell *et al.* 2011; Krüger 2013).

Literatür taraması sonucunda Çizelge 1.2’de FES indeksi ile biyoklimatik konforu değerlendiren son on yılda yapılmış çalışmalar özetlenmektedir. İncelemelerin bazıları uygulamalı, diğerleri benzer deneyler ve anket tabanlı saha çalışmalarında test edilmiştir.

Çizelge 1.2. FES indeksi ile biyoklimatik konforu değerlendiren çalışmaların özeti

Yer	Park	Kırsal	Kentsel	Cadde	Yeşil alan	Meydan	Anket	Kaynak
SriLanka –Colombo			X	X			Yok	Johansson <i>et al.</i> 2003
Goteborg			X		X		Yok	Svensson <i>et al.</i> 2003
Göteborg	X		X				Yok	Thorsson <i>et al.</i> 2004
Szeged			X	X	X		Yok	Gulyás <i>et al.</i> 2006
Fez Morocco			X	X			Yok	Johansson 2006b
Göteborg, Sweden, Matsudo, Japan			X			X	Var	Knez and Thorsson 2006
Thessaloniki, Athens, Millan, Freiburg, Kassel, Sheffield, Cambridge			X				Var	Nikolopoulou and Lykoudis 2006
Freiburg	X		X	X			Yok	Ali-Toudert and Mayer 2007
Erzurum		X	X				Yok	Yılmaz <i>et al.</i> 2007
Matsudo	X					X	Var	Thorsson <i>et al.</i> 2007
Sun Moon Valley, Taiwan		X					Var	Lin and Matzarakis 2008
Taichung City, Taiwan			X				Var	Lin 2009
Szeged	X		X				Var	Kántor and Unger 2010
Thessaloniki, Athens, Millan, Freiburg, Kassel, Sheffield, Cambridge			X				Var	Tseliou <i>et al.</i> 2010
Ankara			X	X			Yok	Çalışkan ve Türkoğlu 2011
Freiburg			X	X			Yok	Holst and Mayer 2011
Tayvan			X	X			Yok	Hwang <i>et al.</i> 2011
Taiwan, Huwei			X				Var	Lin <i>et al.</i> 2011
Ecuador, Guayaquil			X				Var	Johansson and Yahia 2011
Şangay			X	X			Yok	Yang <i>et al.</i> 2011
Tel Aviv			X	X		X	Yok	Cohen <i>et al.</i> 2012
Tebriz, Maragheh, Orumieh Hoy		X			X		Yok	Farajzadeh and Matzarakis 2012
Malezya Putra Üniversitesi			X				Var	Makaremi <i>et al.</i> 2012
Esfahan			X			X	Yok	Kariminia <i>et al.</i> 2013
Erzurum	X						Yok	Yılmaz <i>et al.</i> 2013 Irmak <i>et al.</i> 2013

Bu çalışmada biyoklimatik konfor şartlarını hesaplamak için FES (Physiologically Equivalent Temperature) indeksi kullanılmıştır. Söz konusu indeks insan biyoklimatik

konforunu vücut ısı enerjisi dengesi ve meteorolojik şartlara bağlı kalarak hesaplamaktadır. Bu nedenle indeks termal ortamın insanlar üzerindeki bütün etkileri (kısa ve uzun dalga güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, nispi nem ve rüzgar hızı) ve insan vücudunun termo fizyolojik şartlarını (giysi tipi ve yapılan aktivite) ayrı ayrı değerler olarak vermektedir (Höppe 1999; Matzarakis *et al.* 1999; Gulyás *et al.* 2006).

Özetle atmosferik ortamda insan biyoklimatik konforu değerlendirme ve planlamada, insan-biyoklimatik konfor konumunu kanıtlamak ve sürdürmek için hava sıcaklığı (T_a -°C), rüzgar hızı (v -m/s), nem (RH-%), bulutluluk (N-octas) gibi meteorolojik parametrelere bağlı kalarak insan ısı dengesini sağlayan termo regülatörlerin tepkisini değerlendiren dizinlerden biri olan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi, kullanım için uygun olanıdır (Höppe 1999; Matzarakis *et al.* 1999). FES’le ilgili kent iklimi ve uygulamalı klimatoloji termal bileşeni değerlendirilmesi için birçok yöntemler uygulanmış ve pek çok çalışmada test edilmiştir (VDI 1998; Jendritzky *et al.* 1990; Matzarakis 2001).

FES indeksi, insan enerji dengesinden elde edilen diğer termal dizinler ile (PMV) karşılaştırıldığında bir avantaja sahiptir. Bu da modern insan biyometeoroloji terminolojisi ile çok ilgili olmayanlar için yaygın olarak bilinen biriminin (°C) olmasıdır. Isıl duyumu karakterize eden evrensel bir indeks olan FES indeksi (Fanger 1972; Fanger *et al.* 1974; Jendritzky *et al.* 1990), termal koşulların fizyolojik olarak önemli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle Matzarakis and Mayer (1997), giysi ısı yalıtımı ve iç ısı üretiminin yanında insan üzerindeki termal algı ve fizyolojik stres derecelerine karşılık kullanıcıların sonuçları kolaylıkla anlaması ve tatmin edici fikirler verebilmesi için Çizelge 1.3’teki FES aralıklarını geliştirmiştir.

Çizelge 1.3. FES indeksi termal algı ve stres kategorileri (Matzarakis and Mayer 1997)

FES (°C)	Termal algı	Fizyolojik stres derecesi
< 4	Çok soğuk	Aşırı soğuk stres
4.1 – 8.0	Soğuk	Güçlü soğuk stres
8.1 – 13.0	Serin	Orta soğuk stres
13.1 – 18.0	Hafif serin	Hafif soğuk stres
18.1 – 23.0	Konforlu	Termal stres yok
23.1 – 29.0	Hafif ılık	Hafif ısı stresi
29.1 – 35.0	Ilık	Orta ısı stresi
35.1 – 41.0	Sıcak	Güçlü ısı stresi
>41.0	Çok sıcak	Aşırı sıcak stresi

1.5. RayMan Pro 2.1 Modeli

FES indeksine dair yapılan hesaplamalar, son zamanlarda yoğun kullanıma sahip olan radyasyon ve biyoklima modeli RayMan modeli (Matzarakis *et al.* 2000; 2007 and Matzarakis and Rutz 2005) ile yapılmaktadır. RayMan modeli biyoklimatik konforu hesaplarırken biyoklimatik konfora etki eden bütün parametreleri, ele almaktadır. Özellikle etkin olduğu kısım güneş radyasyonunun etkisini orantılı bir şekilde aktarabilmesidir (Mayer and Höppe 1987; Toy 2010).

Biyoklimatik konfor şartları hesaplanırken RayMan modeline girilen meteorolojik parametreler hava sıcaklığı (T_a ; °C), nispi nem (RH; %), rüzgar hızı (v ; m/s) ve bulutluluk miktarı (N; oktas) değerleridir. Bunun dışında eğer varsa radyasyon (W/m^2) değerleri de girilebilmektedir (Toy 2010). Rayman 2.1 modelinin giriş sayfası Şekil 1.7’de verilmiştir.

RayMan Pro

File Input Output Table Language ?

Date and time

Date (day.month.year) 7.1.2014

Day of year 7

Local time (h:mm) 18:42

Now and today

Geographic data

Location: -1

Add location Remove location

Geogr. longitude (°E) 39°55'

Geogr. latitude (°N) 41°11'

Altitude (m) 1797

Timezone (UTC + h) 2.0

Current data

Air temperature Ta (°C) 20.0

Vapour pressure VP (hPa) 12.5

Rel. humidity RH (%) 53.5

Wind velocity v (m/s) 1.0

Cloud cover N (octas) 0.0

Surface temperature Ts (°C)

Global radiation G (W/m²)

Mean radiant temp. Tmrt (°C)

Personal data

Height (m) 1.75

Weight (kg) 75.0

Age (a) 35

Sex m

Clothing and activity

Clothing (clo) 0.90

Activity (W) 80.0

Position standing

Calculation:

New

Add

Thermal indices

☐ PMV ☒ PET ☐ SET* ☐ UTCI

Close

Şekil 1.7. RayMan 2.1 modeli ana sayfası

Biyoklimatik konfor hesaplanırken kullanılan termofizyolojik özellikler; yaş, cinsiyet, boy, kilo, giysinin izole edici etkisi, (clo), fiziksel aktivite ve pozisyonu (oturan veya ayakta) şeklindedir. Örnek alınan kişi ise 35 yaşında, 1.75 m boyunda ve 75 kg ağırlığındaki “tipik Avrupalı erkek” tir (Gulyás *et al.* 2006). Bu özellikler dışında modelde serbest çizim imkanı (doğal veya yapay) yanında; ufuk sınırı ve gökyüzü görüntü faktörü (SVF; sky view factor) olarak iki özellik daha yer almaktadır (Matzarakis *et al.* 2006). Çalışmada ölçüm yapılan istasyonların üzerinde güneşi engelleyecek herhangi bir nesnenin yer almadığı kabul edilerek bu iki özellik sabit olarak ele alınmıştır. Meteoroloji istasyonlarının ölçüm yapma prensibi de bu şekilde olduğundan dolayı bu yaklaşım doğrudur. Bunun dışında modele tarih ve saat de girilmektedir. Rayman modeline girilen sabit parametreler ve kişisel veriler Çizelge 1.4’te verilmiştir.

Çizelge 1.4. RayMan Pro 2.1 modelinde sabit olarak alınan parametreler

Parametreler	Değerler
Ufuk engelleyici (Horizon limitation)	%0.0
Gök yüzü faktörü (Sky view factor)	1.000
Boylam (Geographic longitude)	İstasyonun boylamı
Enlem (Latitude)	İstasyonun enlemi
Saat zonu (Time zone)	UTC +2.0 h
Kişisel veriler (Personal data)	
Boy (Height)	1.75 m
Kilo (Weight)	75.0 kg
Yaş (Age)	35 a
Cinsiyet (Sex)	M
Elbise (Clothing)	0.9 clo
İş aktivitesi (Activity)	80.0W

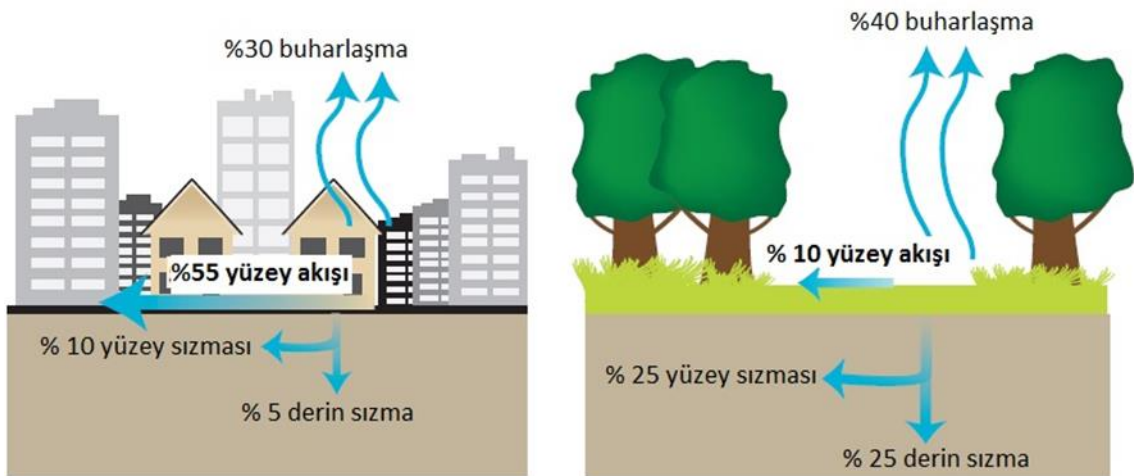
1.6. Kentsel Isı Adası

Kentsel ısı adası insan faaliyetleri nedeniyle çevresindeki kırsal alandan çok daha sıcak olan kentsel alandır. Bu fenomeni ilk olarak Luke Howard (1810) araştırmış ve tanımlamıştır (Howard 1818). Sıcaklık farkı genellikle geceleri, gündüzden daha büyüktür ve rüzgar zayıf olduğunda daha belirgindir. Mevsimsel olarak yaz ve kış aylarında görülmektedir. Kentsel ısı adasının ana nedeni kentsel dönüşümde toprak yüzeyindeki değişiklik ve etkili ısı koruyan malzeme kullanımındır. Enerji kullanımı ile ortaya çıkan atık ısı ikincil bir katkıda bulunmaktadır. Ayrıca nüfus büyüdükçe alanı genişleme ve ortalama sıcaklıkta artış gösterme eğilimindedir (Li and Zhao 2012).

Environmental Protection Agency (EPA 2013) kentsel ısı adasını etkileyen 4 strateji öne sürmüştür. Bunlar “ağaç ve bitki örtüsü”, “kentsel malzemeler”, “kentsel geometri” ve “antropojenik ısı” dır.

Ağaçlar ve bitki örtüsü alt yüzey sıcaklığını düşürmeye yardımcı olan gölgeyi sağlamaktadır. Ayrıca bitkiler ortamın ısını çekerek, çevredeki havaya buharlaşma yoluyla su tahliyesi sağlamaktadır. Bu işlem sayesinde hava sıcaklığını azaltmaya yardımcı olur. Buna karşılık, kentsel alanlar; çatılar, kaldırımlar, yollar ve otoparklar gibi kuru, su geçirmez yüzeyler, ile karakterizedir. Şehirler geliştikçe, daha fazla bitki örtüsü kaybı ve daha fazla yüzeyler asfalt veya binalar ile kaplanmaktadır. Yapısal alanlar yüksek yüzey ve hava sıcaklığına katkıda bulunmaktadır ve bu şekilde daha az su buharlaşmaktadır. Bu yüzden kentsel alanlarda gölgeyi ve nemi arttıran unsurlara yer verilmesi gerekmektedir.

Şekil 1.8’de %75- %100 geçirimsiz yüzeyler ile karakterize olmuş yüksek gelişmiş kentsel alanların (sol), %10’dan daha az geçirimsiz olan doğal toprak örtüsünden (sağ) buharlaşma için daha az yüzey nemine sahip olduğu gösterilmiştir. Bu durum ise kentsel alanlarda daha yüksek yüzey ve hava sıcaklığına neden olmaktadır.



Şekil 1.8. Geçirimsiz yüzeyler ve düşük su tüketimi (Federal Kurumlar arası Akış Restorasyon Çalışma Grubu (FISRWG 2000)’dan uyarlanmıştır)

Kentsel malzemelerin özellikleri, özellikle güneş yansımalarını, termal emisyon ve ısı kapasitesini bunun yanında güneşin nasıl yansıdığını, yayıldığını ve absorbe edildiğini belirlerken kentsel ısı adası gelişimini de etkilemektedir. Araştırmacılar kızılötesi dalga boylarını iyi yansıtan özel tasarlanmış pigmentler kullanmayı tavsiye ederken bir

yandan soğuk renkli malzemeler geliştirmektedir. Bu ürünler koyu renkli de olabilir fakat beyaz veya açık renkli ürünler güneşi daha iyi yansıtmaktadır.

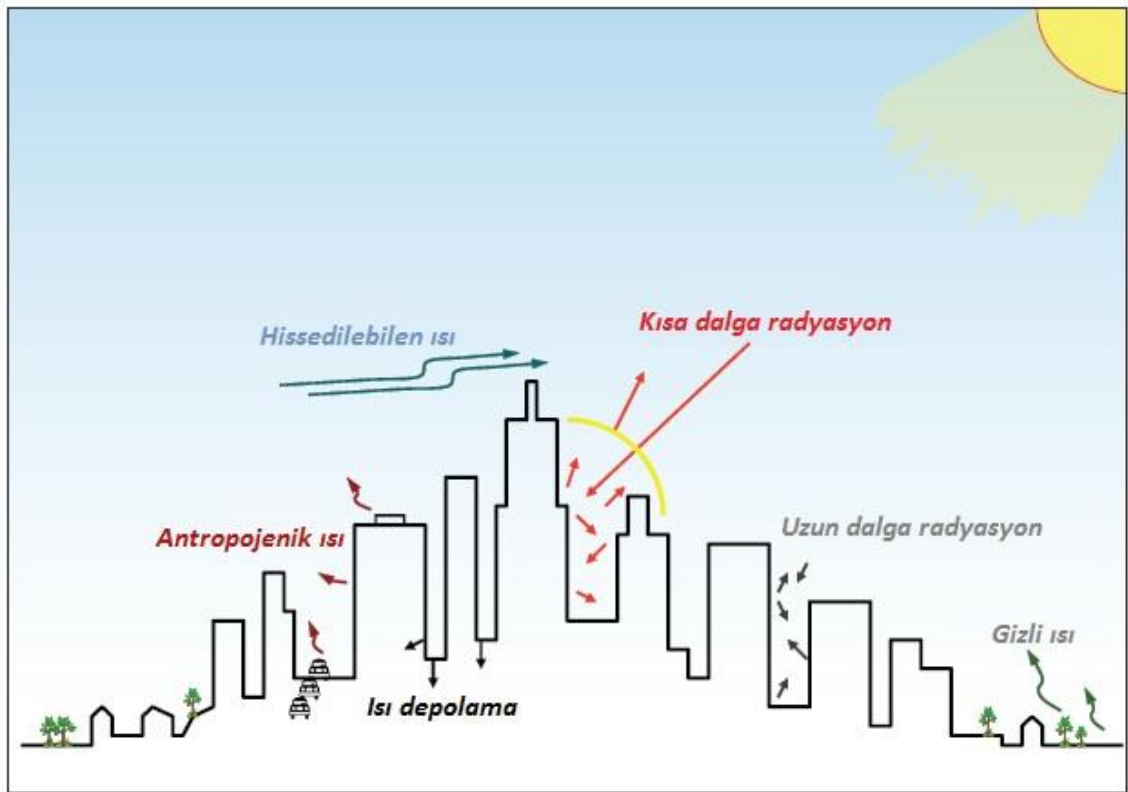
Kentsel alanlar kırsal alanlara göre genellikle daha düşük yansıtıcılığa neden olan çatı ve kaldırım gibi yüzey malzemelerine sahiptir. Sonuç olarak, yapı toplulukları genellikle güneş ışınını daha az yansıtır ve güneş enerjisini daha fazla absorbe etmektedir. Bu emilen ısı yüzey sıcaklığını artırmaktadır. Böylece yüzey ve atmosferik kentsel ısı adaları oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

İnşaat malzemeleri çok yüksek ısı yayma gücü değerlerine sahiptir. Isı adası gelişimini etkileyen bir diğer önemli özellik, her malzeme ısı depolama kabiliyetini sağlayan ısı kapasitesine sahiptir. Çelik ve taş gibi birçok yapı malzemeleri ile kuru toprak ve kum gibi kırsal malzemelerin daha yüksek ısı kapasiteleri vardır. Sonuç olarak, şehirler altyapısı içinde güneş enerjisini depolamada daha etkilidir. Gündüz saatlerinde metropoller kırsal çevre ile karşılaştırıldığında ısı miktarını emerek ve iki kat saklayabilmektedir (Christen and Voogt 2004).

Kent geometrisi, şehir içinde binaların boyutları ve aralıklarından oluşmaktadır. Özellikle geceleri kentsel ısı adası gelişimini etkileyen bir diğer faktördür. Kentsel geometri enerji emme ile rüzgar akışını ve belirli bir yüzeyin uzaya geri uzun dalga radyasyon yayabilmesini etkilemektedir (Şekil 1.9). Gelişmiş bölgelerde, yüzeyler ve yapılar çoğunlukla komşu binalar gibi nesneler tarafından tıkanmıştır ve bu engeller nedeniyle kolayca kendi ısını serbest bırakamayan bu alanlar büyük termal kitlelerdir. Özellikle geceleri kent merkezleri üzerindeki hava kırsal alanlar üzerindeki havadan daha sıcaktır. Gece atmosferik ısı adaları sıcak hava dalgaları esnasında kent sakinleri için ciddi sağlık etkilerine neden olabilmektedir (Kalkstein 1991).

Araştırmacılar genellikle kentsel kanyon diye ifade edilen yüksek binalarla kaplı nispeten dar sokakta, kentsel geometrinin bir yönüne odaklanmaktadır. Gün boyunca, kentsel sokaklar birbiriyle yarışan etkilere sahip olabilir. Bir yandan, yüksek binalar yüzey ve hava sıcaklıklarını azaltarak, gölge oluşturabilmektedir. Öte yandan, güneş

ışığı sokak yüzeylerine ulaştığında, güneş enerjisi bina duvarları tarafından emilir veya yansıtılır ki bu da şehrin genel yansıtıcılığını daha da düşürerek sıcaklığı arttırabilmektedir. Binalar ve yapılar kentsel altyapıdan salınan ısıya engel olabildiği gibi genellikle gece, kentsel sokaklar soğutmaya da engeldir (Sailor and Fan 2002).



Şekil 1.9. Kentsel geometri enerji stoğu (Sailor (2002)’den uyarlanmıştır)

Antropojenik ısı; İnsan kaynaklı ısı insan faaliyetleri tarafından üretilen ısı anlamına gelir ve atmosferik ısı adalarına katkıda bulunmaktadır. Bu çeşitli kaynaklardan gelebilir, ısıtma ve soğutma, beyaz eşya, ulaşım ve endüstriyel süreçleri çalıştırmak için kullanılan tüm enerjinin toplamı tarafından tahmin edilmektedir. İnsan kaynaklı ısı daha fazla enerjili-yoğun binalar ve daha fazla ısı üreten ulaşım, kentsel faaliyet ve altyapı göre değişmektedir (Voogt 2002). İnsan kaynaklı ısı kırsal alanlarda ve yaz aylarında genellikle bir sorun teşkil etmez. Kış aylarında ve yıl boyunca, kentsel alanlarda, insan kaynaklı ısı önemli ölçüde ısı adası oluşumuna katkıda bulunabilmektedir.

Hava ve konum da güçlü kentsel ısı adası oluşumunu etkiler. Rüzgar ve bulut örtüsü iki ana hava özellikleri kentsel ısı adası gelişimini etkilemektedir. Genel olarak sakin rüzgar ve açık gökyüzü dönemlerinde, kentsel yüzeylere ulaşan güneş enerjisi miktarını üst düzeye çıkarmak ve yerel ısı miktarını azaltmak için kentsel ısı adalarını uzaklaştırmaktadır. Sert rüzgarlar ve bulutlar ise kentsel ısı adalarını bastırmaktadır.

Kısmen de olsa bir şehrin coğrafi konumu tarafından belirlenen topografya ve iklim, kentsel ısı adası oluşumunu etkiler. Örneğin, orta sıcaklıklarda büyük su kütleleri ve şehirlerden uzağa sıcaklık taşıyan rüzgarlar ısı üretebilir. Yakındaki dağ silsileleri hem rüzgar kütesinin bir şehre ulaşmasını engeller, hem de şehir boyunca geçen rüzgar modelleri oluşturabilir. Yerel arazi hakim rüzgar modelleri gibi büyük ölçekli etkileri nispeten zayıf ısı adası oluşumu için daha büyük bir öneme sahiptir.

Kentsel Isı Adaları'nı azaltmak için; sıcaklığa bağlı çevre ve sağlık sorunlarına duyarlılık artışı ile birlikte özellikle ağaçlar, bitki örtüsü, yeşil çatılar, kent içi su yüzeyleri kentsel ısı adasını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bu yüzden serin kaplamalara ilgi artmaktadır. Bu ilgi de araştırma-pilot projelerde bilim adamları ve mühendislerle, yardım etmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Günümüzde FES termal indeksinin kullanıldığı araştırmalar çok çeşitlilik göstermekte olup, giysi ve kumaşlardan, tıp sektörüne, kaplama malzemelerinden, iş ve işçi güvenliğine kadar birçok alanda FES araştırması yapılmaktadır. Ancak çalışmanın konusu nedeni ile literatür taraması yapılırken özellikle kentsel mekan içinde iklimsel ölçümlerin ve biyoklimatik konfor hesaplamasının yapıldığı çalışmalar dikkate alınmıştır. Farklı rakımlar, ağaçlık alan, konut alanlarında yapılan ölçümler ve biyoklimatik konfor hesaplamaları yapılan çalışmalar incelenerek araştırmaya yön vermesi amaçlanmıştır.

Biyoklimatik konfor hesaplamalarında indeksler kullanılarak yapılan çalışmalar; tıp, eğitim, meteoroloji, turizm gibi çeşitli araştırma dallarından oluşmaktadır. Bunların yanında literatürde biyoklimatik konfor çalışmalarının yoğunlaştığı belirgin alanlardan birisi; kent iklimi ve biyoklimatik konfor ilişkisidir

İncelenen önemli bazı yayınların özellikle son zamanlarda yapılanları içerisinden seçilen konuyla ilişkin özetler aşağıda eski tarihten yeni tarihe göre yapılmış çalışmalara göre verilmiştir.

Kumamoto kentinde yapılmış bir çalışmada, kentin büyük ve küçük alanlarında ölçülen meteorolojik veriler; yeşil dağılım ve meteorolojik elemanlar arasındaki ilişkinin sonuçlarının ortaya koyulması amacıyla yapılmıştır. Geniş alanda yapılan ölçümler mobil araçlarla yapılmıştır. Küçük alandaki ölçümler ise yaya olarak gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaların sonuçları, kentsel alanda hava sıcaklık dağılımının belirgin olması yeşil dağılımı ile yakından ilgili olduğunu ve yaklaşık 60mx40m'lik küçük bir yeşil alanın bile soğutma etkisine sahip olduğunu göstermiştir (Saito *et al.* 1991).

Vancouver, BC ve Sacramento, CA'da yaz döneminde yüzey ve hava sıcaklığı gözlemlerine dayanan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bitki örtülü kentsel parkların ve

etrafındaki yapıları çevrenin sıcaklığı arasındaki farklar rapor edilmiştir. 'Park serin ada' (PSA) etkisini karakterize etmek için mobil sürücüler ve sabit istasyondan elde edilen hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı kullanılmıştır. Ulaşılan bazı sonuçlar; gündüz ve geceleri PSA geniş yüzeye etkisi mevcuttur. Vancouver'da parklar tipik olarak 1-2°C serindir ancak ideal şartlarda yaklaşık 5°C çevrelerinden daha serin olabilmektedir. Park tipi, özellikle ağaçların varlığı ve sulama kapsamı, parkın yüzey geometrisi ve nem durumu yüzey soğutma üzerinde önemli etki oluşturmaktadır (Spronken-Smith and Oke 1998).

İsveç, Göteborg' da, park ve yerleşim alanı arasındaki hava sıcaklık farkı (Delta Tu-p) üzerine çeşitli coğrafi faktörler ve meteorolojik değişkenlerin etkisinin büyüklüğü ile ilgili istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Meteorolojik değişkenler: rüzgar, bulut ve tipi, global radyasyon, hava sıcaklığı, yeraltı sıcaklığı ve nemi içermektedir. Analiz sonucu; 1995'in Mayıs-Ekim ayları arası gece saatlerinde Delta Tu-p maksimum olduğunu göstermiştir (Upmanis and Chen 1999).

Uluslararası bir indeks olan FES indeksinin ele alındığı bir çalışmada, FES'in insan vücudunun termal koşullarını modelleyen, Bireyler İçin Münih Enerji Dengesi Modeli'ne (Memi), dayandığı belirtilmiştir. Bu şekilde FES, kadın ya da erkeğin kendi iç hissi ile dış karmaşık termal koşulların ayrılmaz etkilerini karşılaştırmayı sağlamaktadır. Sıcak yaz günlerinde, örneğin, güneş ışını ile FES değerinin hava ısısından yaklaşık 20°C daha yüksek, kışın rüzgarlı bir günde yaklaşık 15°C daha düşük olabildiğine değinilmiştir (Höppe 1999).

Macaristan, Szeged'deki bir çalışmada mevcut uygun indeksler yardımıyla, kentsel ve kırsal çevre arasındaki insan biyoklimatik özelliklerin yıllık ve günlük farklılıkları 3 yıllık bir süre içinde değerlendirilmiştir. Kentsel ve kırsal alanlar, sırasıyla yıllık %54-%66 "soğuk" koşullar, %10-%12 "serin" koşullar, %30-%20 "konforlu" koşullar, %1-%6 "sıcak" koşulları gösterilmiştir. Uzun süre boyunca (yaklaşık bir ay) kent güçlü bir ısı stresi eşik değerinin altında kalmıştır. "Beer garden" günleri Mayıs'dan Ekim'e kadar devam etmiş ve şehrin neredeyse iki katı kadar kırsal alanlarda keyifli akşamların

sürülebileceği bulunmuştur. Sonuç olarak, “konforlu” olasılığı yüksek dönemler kırsal alanlarda şehirden daha çoktur (Unger 1999).

İsveç'te üç ilde kentsel planlamada yer alan farklı faktörler için yapılmış bir çalışmanın temel amacı, iklim hakkında bilginin nasıl ve ne zaman planlama sürecinde kullanıldığı araştırılmıştır. Araştırma stratejisi klimatologları ve plancıları kapsayan disiplinler arası bir araştırma grubu ile geliştirilmiştir. Bu çalışma, kent planlamacıların iklimsel yönlerle ilgilendiğini ancak iklim bilgileri kullanımının sistemsiz olduğunu göstermiştir aynı zamanda sonuçlar klimatolojinin planlama süreci üzerinde düşük bir etkiye sahip olduğunu doğrulamıştır. Düşük etki kavramsal ve bilgiye dayalı, teknik, politika, örgütsel ve pazar gibi beş açıklayıcı değişkenler ile ilgili olabilecek çeşitli kısıtlamaların bir sonucu şeklinde ifade edilmiştir (Eliasson 2000).

Tel-Aviv'deki bir çalışmada 1996 Temmuz-Ağustos dönemi boyunca, kent kompleksi içinde 11 farklı ormanlık alan incelenmiştir. Çalışma 11 alandan her saat toplanmış 714 deneysel gözlemler üzerine yapılan istatistiksel analizlere dayanmaktadır. Gölgeleştirmenin yanısıra ağaç özellikleri ve geometrisinden dolayı alanın belirli bir soğutma etkisinin öğle saatlerinde yaklaşık 3°C olduğu bulunmuştur. Öğle saatlerinde yeşil ormanlık alanların çevrelerini soğutma etkisi ayrıca analiz edilmiştir. Çalışmada küçük yeşil alanların tahmin edilen soğutma etkisi yaklaşık 100 m alandan dışarı ayrılan sokaklarda dahi hissedilmektedir (Shashua-Bar and Hoffman 2000).

İsveç, Göteborg'ta, yapılan bir çalışmada, meteorolojik veriler, arazi kullanımı, yükseklik ve sahile mesafesi hakkında FES mekansal dağılımını elde etmek için kullanılmıştır. Yüksek FES değerleri merkezi binalı alanlarda ve düşük FES değerleri kıyı ve yeşil alanlar içinde bulunmuştur (Svensson *et al.* 2003).

Ankara Metropolü bölge ölçeğinde kentsel ısı adası ve yüzey sıcaklığı ile ilgili değişimleri tesbit etmek için doktora tez çalışması yapılmıştır. 1985 yılından 2005 yılına kadar yapılaşmış alanların artması sonucu oluşan alan kullanımlarındaki ve arazi örtüsündeki değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı açısından farklılıklar

ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiştir. Bu tespitlere bağlı olarak seçilen farklı arazi örtüsüne ve farklı yüzey sıcaklığına sahip 3 alanda (Migros, Bahçelievler ve Anıtkabir) sıcaklık ve nem parametreleri açısından sabit meteorolojik ölçüm aletleri ile ölçümler yapılarak yapı yoğunluğu, yeşil alanlar ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Sonuçta Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisi oluşumunun engellenmesi ve etkinin azaltılabilmesi için peyzaj mimarlığı açısından alınabilecek önlemler ortaya konulmuştur (Yüksel 2005).

Sri Lanka, Colombo' da biyoklimatik konfor üzerine sokak- cadde geometrisi etkisi tartışılmıştır. Kentsel geometri, toprak örtüsü ve denize uzaklık bakımından beş farklı alanda yaz mevsimi boyunca çalışılmıştır. Biyoklimatik konforu etkileyen çevresel parametreler ölçülmüştür ve FES değeri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre; sıcaklık dereceleri konfor bölgesinin çok üzerindedir ve özellikle güneşli günlerde rüzgar hızları düşüktür. Kötü koşullar düşük katlı binaların yer aldığı ve hiç gölgesi olmayan ağaçları içeren geniş sokaklarda, rahat koşullar yüksek binalı dar sokaklarda bulunmuştur. Colombo' nun biyoklimatik konforunu artırmak için dar sokakları ile daha kompakt bir kent formuna izin vermek ve ağaçların kullanıldığı yürüme yolları, yaya eğlenceleri vb yoluyla ek gölge sağlamak tavsiye edilmiştir. Şehrin kıyı şeridinin açılması deniz melteminin şehre daha fazla nüfuz etmesine izin verilmesi açısından önerilmiştir (Erik and Rohinton 2006).

Erzurum kentinde yapılan bir çalışmada, kentsel, kırsal ve kent ormanı alanları arasında iklim elemanlarındaki farklılıkları ele alınmıştır. Meteorolojik veriler 10 aylık bir dönemde ölçülmüştür. Ortalama sıcaklıklarda, kentsel alanın kırsal ve kent ormanı alanından sırasıyla 1,7°C ve 0,7°C daha sıcak olduğu kent ormanının ise kırsal alandan 1,0°C daha sıcak olduğu tespit edilmiştir. Nispi nem açısından, kentsel alan kırsal ve kent ormanı alanından sırasıyla %3,4 ve %3,2 daha kuru bulunmuştur. Bunun yanında, kırsal alan kent ormanı alanından %0,2 daha nemlidir. Kırsal alan kentsel ve kent ormanı alanından 0,9 ve 0,8m/s daha rüzgarlıdır (Yılmaz *et al.* 2007).

Isparta'da yapılan bir çalışma, termal algı haritaları kullanarak, açık hava rekreasyon

planlama sürecinde çok önemli olan ısı konforu fiziksel planlama süreci için bir metod sunmaktadır. Bu amaçla, Isparta İli termal algı haritaları, ilin iklim verilerinden FES indeksine göre üretilmiştir. İlin termal konfor yapısını belirlemek için, iklim verileri 16 meteoroloji istasyonundan toplanmıştır. RayMan Pro 2.1 modeli istasyonların aylık FES değerlerini elde etmek için kullanılmıştır. Açık hava eğlence faaliyetleri için konforlu ay ve bölgeler FES değerlerine göre termal konfor haritaları tarafından tespit edilmiştir. Bunlar ay ve bölgeler olarak konforludan başlayarak sırayla şu şekilde listelenmiştir: Mayıs ayında Eğirdir, Keçiborlu, Barla, Kumdanlı-Hoyran kasabaları dışında tüm il, Eylül ayında Keçiborlu, Eğirdir, Uluborlu, Yalvaç, Kumdanlı-Hoyran ve Şarkikaraağaç kasabaları, Haziran ayında Barla ve Keçiborlu ve Ekim ayında Kasımlar kasabasıdır. Rekreatyon için uygun alanlar ve peryotların planlaması için öneriler açıklanmıştır (Topay 2013).

Almanya’da biyoklimatik konforu yüksek olan kent sokağı tasarımı ile ilgili bir çalışma, yapılmıştır. Gündüz saatlerinde biyoklimatik konfor FES vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelenen tüm tasarım yönlerinin hava sıcaklığına ılımlı bir etkisi olduğunu ve insan vücudu tarafından ortaya çıkan ısı hissi üzerine güçlü bir etkisi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Gökyüzü görünüm faktörünün büyük olduğu caddelerde ısı stresi yüksektir. Küçük bir gökyüzü görüntüsü olan caddeler için de çevre şartları önem taşımaktadır: Doğu–Batı yönelimli caddeler ise en streslidir ve bu yönelimden sapıldığı takdirde termal koşullar düzelmektedir. Temel olarak, bitki örtüsü ve sarkan cepheler aracılığıyla daha fazla gölgeleme ile termal rahatsızlık alanında ve zaman periyodunda hassas bir azalma sağlamaktadır (Ali-Toudert and Mayer 2007).

İsveç, Stokholm’da, kentsel bitki örtüsünün bulunduğu bir park ve çevresinde yüzeye 2,47m yükseklikten, yüzey iklim sıcaklık profili gözlemlenmiştir. Ölçümler mobil sürücüler tarafından yaz mevsiminde üç gün boyunca yapılmıştır. Yapılaşma alanı ve park arasında hava sıcaklık farkları gün boyunca 0,5°C-0,8°C aralığına ve günbatımında maksimum 2°C'ye ulaşmıştır. Havanın ısı katmanlaşması parkta istikrarlı, yapısal alanda kararsız bulunmuştur. Orantısız hava öğleden sonra kuzey-güney doğrultusundaki caddelerde bulunmuştur. Öğle saatlerindeki örnekler park dışındaki sıcak havanın yaklaşık 150m park içine nüfuz ettiğini göstermiştir (Jansson *et al.* 2007).

Tokyo'nun kuzeydoğusundaki bir kentte, meydan ve bir parkta subjektif biyoklimatik konfor ve açık hava etkinliği, yapılan görüşmeler, gözlemler ve kapsamlı mikrometeorolojik ölçümler ile incelenmiştir. Sonuçlar parkın meydana ortalama 1,1°C'den daha soğuk olduğunu göstermiştir. Nispeten sıcak termal koşullar, parka göre meydana insanları için daha fazla ısı algısı ile sonuçlanmıştır (Thorsson *et al.* 2007).

Erzurum şartlarında iki yıllık dönemdeki kırsal ve kentsel alanda gösterilen farklılıklar incelenmiştir. Çalışma sonunda, alanlar arasındaki sıcaklık farkı 1,7°C, nispi nem farkı %2,5 ve yağış farkı 4,8 mm/m² dir (kentsel alan daha sıcak, kuru ancak daha yağışlı). Bu farklılıklar üzerinde etkili olduğu düşünülen faktörler; yüzey yapısı, bina yüzeyleri, duman ve kar örtüsüdür. Sonuç olarak, daha olumlu özellik gösteren sağlıklı bir kent iklimi için mevcut durumda yetersiz olan yeşil alan miktarının artırılması gerektiği belirlenmiştir (Bulut *et al.* 2008).

Atina şehir merkezindeki bir Milli Park'ta yapılan çalışmada yaz aylarında kentlerin biyoklimatik koşullarında kentsel yeşil alanların rolü incelenmiştir. Araştırmalar, iki türde yapılmıştır: ilki milli park içindeki termal koşulları ve yakın çevresindeki kentsel alanı araştıran ve diğeri ise şehir merkezi alanı ile Milli Park' ın sıcaklık profilini karşılaştıran makro ve mikro araştırmadır. Makroskopik ölçeğine göre, park, diğer takip edilen kentsel yerlerden daha serindir ve sıcaklık farkları, gece boyunca ağırlıklı olarak fazladır. Özellikle düşük trafiği olan etrafındaki yüksek binaların bulunduğu geniş caddeler (H/W), gün boyunca yüksek ısıda iken, bu alanda büyük sıcaklık farkları kaydedilmiştir (Zoulia *et al.* 2009).

İsrail Highlands Negev ve buradaki bir kentsel yerleşimde bulunan iki yarı kapalı avluda, yaz mevsimi boyunca farklı alanlarda; çeşitli ağaç kombinasyonları, çim ve gölge hasırı kullanılarak incelenmiştir. Öğleden sonra ortalama 34°C maksimum hava sıcaklığına ulaşan bitki örtüsü bir avlu, gölge ağaçları ve çim ile işlenmiş benzer bir avlu ile karşılaştırıldığında, sezgisel olarak yaklaşık 1°C', tekstil gölgelendirme ile gölgelenen avlu ile karşılaştırıldığında 2,5°C'lik bir artışa yol açmıştır. Gölgesiz çim sadece küçük bir hava sıcaklığı değişimine yol açmıştır ve su ihtiyacı yüksek

seviyededir. Ancak çim, ağaçlar veya gölge örtüsü tarafından gölgelendiğinde toplam su kullanımında %50'den fazla bir azalma ile daha büyük soğuk alan oluşturmuştur (Shashua-Bar *et al.* 2009a).

Tel Aviv bahçe ve sokaklarında sıkça kullanılan üç kentsel ağaç türü, kent iklimi üzerindeki termal etkilerini belirlemek için analiz edilmiştir. Ağaç soğutma etkisinin yapı geometrisi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu bulunmuştur. İncelenen bütün durumlarda, kentsel sokakların bitkilendirilmesi ve onların gölge kapsamı, net olarak ısı duyum çeşitliliğinin bitkisel dokuya bağlı olduğunu göstermiştir (Shashua-Bar *et al.* 2009b).

Sıcak-kurak bölgede insan termal stresi üzerine bitki örtüsünün etkileri, ağaçların, çimenlerin, yapay gölgelemenin çeşitli kombinleri ile yarı-kapalı iki kentsel alanda test edilmiştir. Termal stres indeksinin farklı alanlarda biyoklimatik konforu değerlendirmesi için meteorolojik verilerin saatlik ölçümleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre; yüzey kaplamalı gölgesiz avlu gündüz saatleri boyunca rahatsız edici bulunmuştur, her peyzaj işlemleri biyoklimatik konfor sağlamak için belirgin bir katkı sağlamıştır. Ağaçlar veya tente tarafından gölgelendirmenin, yüzey kaplamaları üzerinde rahatsızlığın maksimum şiddetinin yarısından fazlasını düşürdüğü bulunmuştur. Çim ile birleştiği zaman, her iki gölgelendirme mekanizması her saatte rahat koşullar sağlamıştır. Her iki durumda da ağaçların etkisi tentenin etkisinden küçük bir farkla daha fazladır (Shashua-Bar *et al.* 2009c).

Bangor, Birleşik Krallık Galler'de; bitkisel tasarımın uygulandığı ve uygulanmadığı alanlarda bir çalışma yapılmıştır. Bitkisel tasarım, park ve yeşil çatılar oluşturularak, kentsel alanda hava sıcaklığının nasıl etkilendiği değerlendirilmiştir. Çalışmalar genellikle; parkların içinde ve ağaçların altında yapılmıştır. Genellikle bitkilendirilmiş alanın bitkilendirilmemiş alandan daha serin olabileceği desteklenmiştir. Analiz parkların soğutma etkisi üzerine verileri karşılaştırmak için kullanmış ve sonuçlar ortalama bir parkın gün içinde 1°C daha serin olduğunu göstermiştir (Bowler *et al.* 2010).

Türkiye, Ege Bölgesi kıyı kuşağındaki iklim konforu koşulları kıyı turizmi yönünden incelenmiştir. İklim konforunun incelenmesinde bazı indeksler kullanılarak kıyı turizmi değerlendirilmiş ve iyi iklim konforu şartlarının Mayıs-Haziran ve Eylül-Ekim dönemlerinde olduğu görülmüştür. Temmuz-Ağustos döneminde yüksek sıcaklık ve nispi nem nedeniyle konfor azalmıştır. Kasım-Nisan dönemi ise kıyı turizmine uygun olmadığı şeklinde ifade edilmiştir. Denize girmek için uygun dönem 9 Haziran-26 Eylül olarak belirlenmiştir (Güçlü 2010).

Girit Hanya kentinde kentsel alanlarda bitki örtüsünün, özellikle buharlaşma yoluyla biyoklimatik şartları iyileştirmesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bunun için, bir alanın kent iklimine katkısı ve bitki örtüsü tarafından ne şekilde etkilendiği düşünülen parametreler incelenmiştir. Ayrıca, bitki su tüketimi analiz edilmiştir ve Hanya kentinin mevcut bitki örtüsü ile kentin jeomorfolojik ve kentsel özellikleri ilişkisi kaydedilmiştir. Bu çalışma, şehrin farklı bölgelerinde biyoklimatik konfor değişikliklerinin nedenini belirlemek ve bir alan için evapotranspirasyon ölçüsü farklı bitki türleri arasında görülen, biyoklimatik konfor farklılaşmasını incelemek için yapılmıştır (Georgi and Dimitriou 2010).

Orta Avrupa kentlerinde dikilen 10 yaygın ağaç türünün taç sıcaklıkları rapor edilmiştir. Basel, İsviçre şehri bölümleri yüksek çözünürlüklü termal kamera kullanarak bir helikopter ile taranmıştır. Kompozit görüntü histogramı, az belirgin çatılar 45°C, sokak 37°C, bitki örtüsü 26°C ve suda 18°C, değerlerini göstermiştir. Ortam sıcaklığı 25°C olan bir sokakta yer alan *Acer platanoides* ağaçlarında ağaç taç sıcaklığı 24°C ile 29°C arasındadır (*Aesculus hippocastanum* ağaçlarının da bulunduğu bir parkta). Parklarda yer alan ağaçlar zemin kaplamasıyla çevrilmiş ağaçlardan belirgin bir şekilde daha serindir. Sadece iğne yapraklı türlerin (*Pinus sylvestris* L.) konumu ne olursa olsun (park ya da sokak), yapraklarının hava sıcaklığından farklı olduğu tesbit edilmiştir. Bu çalışmada genellikle, küçük yapraklı ağaçların geniş yapraklı ağaçlardan daha serin olduğu belirlenmiştir (Leuzinger *et al.* 2010).

Shanghai World Expo 2010 için konferans merkezi olan Huangpu Nehri'nin kıyısı

boyunca su kütlelerinin insan konforuna etkileri değerlendirilmiştir. Sıcak yaz günlerinde Shanghai Huangxing Park'ta, Huansha Gölü kıyı bölgesinin ısı indeksi hesaplanmıştır. Sonuçlar sıcak bir yaz gününde yüksek sıcaklıklarda, kıyı bölgesinde bir su kütlelerinin etkili bir şekilde insan konforunu artırdığını göstermiştir. Su kenarına 10-20 m olan alan biyoklimatik konfor için büyük gelişme göstermiştir. Kıyı alanına uygun peyzaj da insan konforu üzerinde su kütlelerinin etkisinin iyileştirmede, sinerjik bir etkisi olabilmektedir (Xu *et al.* 2010).

Türkiye'nin doğusunda yer alan 14 ilin iklim verileri rekreasyon ve turizm aktivitelerine uygunluk bakımından değerlendirilmiştir. Bu amaçla çalışma alanındaki kentlerde ve bağlı ilçelerde yer alan 44 meteoroloji istasyonundan 1975 ile 2009 yılları (35 yıl) arasında ölçülen iklim verileri kullanılarak biyoklimatik konfor hesaplamaları yapılmıştır. Biyoklimatik konfor hesaplamaları için FES indeksi ve Rayman hesaplama modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanlarının genelinde özellikle yaz aylarında çok olumlu koşullar gözlenirken, kışın aşırı bir soğuk stresi görüldüğü tesbit edilmiştir. Alanın bu durumu alternatif turizm aktiviteleri için uygun koşullar sağladığı bu nedenle, bölgenin turizm ve rekreasyon aktiviteleri için uygun özelliklerin tanıtılması bunu yaparken de biyoklimatik konfor şartlarına bağlı kalınması gerektiği vurgulanmıştır (Toy 2010).

Yunanistan'ın batısında Nafpaktia Dağı (ND) ve doğusunda Gerania dağlarında (GD) insan biyoklimatik konfor koşulları tespit edilmiştir. Önemli bir turizm potansiyeline sahip her bir çalışma bölgesinde farklı rakımlarda dört alan seçilmiştir. Hava sıcaklığı ve nem, toprak yüzeyinden 1,5 m yükseklikten, 23 Haziran ve 28 Ağustos 2007 tarihleri arasında 15 dakika arayla kaydedilmiştir. Sonuçlar 09:00'dan 20:00' ye kadar, ND'in 1338 m rakımda turizm ve rekreasyon faaliyetleri için, GD'den daha uygun olduğunu göstermiştir. Saat 08:00' den 21:00' e kadar, ND'nin GD'dan daha iyi bir turizm merkezi olduğu açıkça kabul edilmiştir (Kamoutsis *et al.* 2010).

Ankara şehir merkezi ve yakın çevresindeki farklı arazi dokularının FES değerleri analiz edilmiştir. 2010 yılının Aralık ve Temmuz aylarını kapsayan çalışmada, 00:00,

03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 saatlerinde gerçekleşen termal algılamaların alansal dağılımı, zamansal değişimi ve termal koşulların yol açtığı stres dereceleri ortaya konulmuştur. Çalışma alanında FES termal algılama dizini kullanılarak yapılan analizlere göre, kışın -6°C ile 11°C , yazın ise 13°C ile 50°C arasında değişen biyoklimatik konfor değerleri görülmektedir. Her iki dönemde de şehir ormanlarındaki açık alanlar gündüz saatlerinde yüksek FES değerlerine sahiptir. Hem Aralık'ta hem Temmuz'da gündüz saatleri boyunca şehir merkezinde soğuk, gece saatlerinde ise sıcak ada oluşmaktadır (Çalışkan ve Türkoğlu 2011).

Göteborg'da kent geometrisi gibi kentsel özellikler ile bölgesel/ küresel iklim değişikliklerini güçlendirmeyi keşfetmek için bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar kentsel geometrinin saatlik, gündüz ve yıllık zaman ölçülerinde genel olarak açık alanlar yaz aylarında dar caddelerden daha sıcak, kış aylarında ise daha soğuk olduğunu göstermiştir. Hava sıcaklığı açık alanlarda $0,4^{\circ}\text{C}$ daha fazladır nedeni ise yaz aylarında bulutluluğun azalmasıdır. Yoğun olarak inşa edilen yapılar yaz ve kış aylarında dış mekan konfor koşullarının dalgalanmasını azaltmaktadır (Thorsson *et al.* 2011).

Hollanda'nın köyleri ile küçük ve büyük şehirlerinde, insan konforu ve kentsel ısı adası gölge seviyelerini sunan bir çalışma yapılmıştır. Bir dizi alternatif önlemler kentsel ısı adasını ölçmek için kullanılmıştır. Sonuçlar, Hollanda şehirlerinin büyük bir kısmında önemli bir kentsel ısı adası etkisi olduğunu göstermiştir. Diğer bir deyişle, ortalama maksimum günlük kentsel ısı adasının oluşturduğu sıcaklık farkı $2,3^{\circ}\text{C}$ 'dir, %95'inde ise bu fark $5,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Tüm kentler, sabah saatlerinde kırsal çevreden daha soğuk olmasına neden olan gölge etkisini yaşamıştır. Ayrıca kentsel ısı adasının %95 nüfus yoğunluğu ile belirgin bir ilişkisi olduğu görülmüştür (Steenefeld *et al.* 2011).

Nevşehir ve Ürgüp'ün biyoklimatik koşulları, FES temel alınarak analiz edilmiştir. Nevşehir ve Ürgüp'te yazın sadece öğleden sonra ısı stresine, akşam ve sabah saatlerinde ise konforlu ısı algılamalara yol açan koşullar bulunmaktadır. Soğuk dönemde (ekimden marta kadar) 07:00 ve 21:00'de soğuk stresinin farklı seviyeleri

ortaya çıkmakta, 14:00'te daha sıcak ve konforlu koşullar görülmektedir (Türkoğlu ve Çalışkan 2011).

Şangay'da yapılan bir çalışmada yüzey yansımaları fazla olan alanlara ve bitki örtüsü uygulamalarına odaklanılmıştır. Yaz saatinde açık termal koşullar üzerine çeşitli kentsel tasarım farklılıklarının etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçta; zemin yüzey yansımada 0,4 lük bir artış, genel olarak gece 1°C'den daha az bir azalmaya neden olduğu için, gün boyunca FES'te 5-7°C'lik bir artış ile biyoklimatik konforu düşürdüğünü göstermiştir. Artan ağaç örtüsü tüm dönem boyunca biyoklimatik konforu artırmaktadır. Gündüz çim üzerinde yoğun ağaç örtüsü FES' de yaklaşık 15°C'lik bir düşüş sağlamaktadır. Sert zemin üzerine ağaç örtüsü ekleyerek de en fazla 20°C düşüş, elde edilmektedir (Yang *et al.* 2011).

Tayvan kent merkezi sokaklarında dış termal koşulları analiz edilmiştir. RayMan Pro 2.1 modeli 10 yıllık meteorolojik verileri kullanılarak uzun vadeli biyoklimatik konforu hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları hafif gölgeli alanların özellikle öğle saatlerinde, yaz ayları boyunca oldukça sıcak koşullara sahip olduğunu göstermiştir. Ancak, yüksek gölgeli yerlerde genellikle kış aylarında düşük FES değerlerinin olduğu bulunmuştur. Korelasyon analizi konum ilkbahar, yaz ve sonbahar boyunca gölgeli olduğunda biyoklimatik konforun iyi olduğunu ortaya koymuştur. Kış aylarında, düşük-gölge koşulları güneş radyasyonunun azalmasına katkıda bulunması nedeniyle kışın biraz gölge olduğunda, biyoklimatik konfor artmaktadır. Belli bir gölgelendirme seviyesinin kent sokakları için iyi olduğu gösterilmiştir ve ağaçlar veya gölge araçları mevcut termal ortamı iyileştirmek için önerilmiştir (Hwang *et al.* 2011).

Sheffield' de bir nehir kıyısından elde edilen mikro-iklim verilerinin farklı kentsel formlarda iklim performansını analiz etmek için bir çalışma yapılmıştır. Kent morfolojisi ile ilgili varsayımsal parametreler, biyoklimatik konfor üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden bu çalışmada kent morfolojisinin kentsel ısı adası etkisini azaltmayı nasıl etkilediğini tanımlanmaktadır. Çalışma Kentsel

Nehirler ve Sürdürülebilir Yaşam Gündemi başlıklı devam eden bir araştırma projesine katkıda bulunmayı amaçlamıştır (Pattacini 2012).

Çin’de yapılan bir çalışmada; subtropikal kentsel alanlarda, ovalar, meydanlar ve eğitim kurumları etrafındaki tasarım elemanlarının, biyoklimatik çevre üzerine çeşitli etkisi araştırılmıştır. Sonuca göre; meydana kısa ve uzun dalga yansımalar ve uzun dalga radyasyon olayı olduğundan dolayı gündüzleri aşırı sıcak ortam meydana gelmektedir. Eğitim kurumları etrafında sıcaklık kısa dalga radyasyon akımı tarafından etkilendiği için, öğleden sonra meydan ve ovalara göre daha yüksektir. Ovalar yaklaşık 6-10°C sıcaklığı azaltabilmektedir, bu nedenle ovaların kullanılmasına, subtropikal şehirlerde ferah açık termal ortam yaratmak için teşvik edilmektedir (Xi *et al.* 2012).

İsrail, Tel Aviv’de şehir meydanlar ve bu alanlara yakın caddelerde yer alan, çeşitli kentsel yeşil alanlarda gelişen iklim koşulları arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar yoğun gölgeli, ağaçlı bir kent parkının, gündüz saatlerinde yaz ve kış aylarında maksimum soğutma etkisine sahip olduğunu göstermiştir. Kış aylarında 2°C sıcaklık ve 10°C FES biyoklimatik konfor değerleri azalırken, yaz aylarında, 3,8°C sıcaklık ve en fazla 18°C FES biyoklimatik konfor değerlerinde azalma görülmüştür. Kentsel alanlarda ağaçlandırmadan elde edilen soğutma etkisi avantajından kış aylarında oluşturdıkları dezavantajın çok daha güçlü olduğuna değinilmiştir (Cohen *et al.* 2012).

Yunanistan sahil şehri Atina’da yüksek yoğunluktaki yapısal alanlarda ve çeşitli kentsel peyzaj içinde yeşil doku çözümleri etkisini tahmin etmek için bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar, park ve çevresindeki kentsel dokunun hava sıcaklıkları karşılaştırıldığında park serin ada etkisinin 9,5°C olduğu bulunmuştur ve mevcut koşullara göre parkın bitkilendirilmiş yüzeyi büyük bir soğutma etkisi gösterdiği belirlenmiştir (ortalama 5°C'den daha büyüktür) (Papangelis *et al.* 2012).

İran’da yapılan bir çalışmada dört meteoroloji istasyonu Tebriz, Maragheh, Orumieh ve Hoy’dan alınan meteorolojik veriler kullanılmıştır. Çalışmanın amacı İran’ın kuzeybatısında tuzlu suyu olan Ourmieh Gölü’nde insan biyoklimatik konforu için

uygun ayı belirlemektir. Bunun için Pro 2.1 modeli ve İklim Turizm/Transfer Bilgileri Programı (CTIS) kullanılmıştır. Sonuçlar turizm, spor ve Ourmieh Gölü rekreasyon faaliyetleri için uygun dönemin Haziran ve Ekim ayları arasında olduğunu, FES indeksi ise Haziran - Eylül aylarında uygun olduğunu göstermiştir (Farajzadeh and Matzarakis 2012).

Malezya Putra Üniversitesi yerleşkesi içinde gölgeli açık alanlarda ankete dayalı bir çalışma yapılmıştır. Anket katılımcıları olarak yerel ve uluslararası bireyler dahil olmak üzere üniversite öğrencileri de katılmıştır. Seçilmiş alanlarda biyoklimatik konfor koşullarını değerlendirmek için FES biyoklimatik konfor indeksi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı şehirlerde açık hava yaşam kalitesini artırmak için sıcak ve nemli ortamlarda konforlu dış mekanlar yaratma yönünde katkıda bulunmaktır. Bu çalışmanın sonuçları, dış mekanlarda insan biyoklimatik konfor seviyesi üzerine çevresel faktörler, termal adaptasyon ve psikolojik parametrelerin önemli rolünün yanı sıra güçlü etkilerini göstermiştir. (Makaremi *et al.* 2012).

Hong Kong'ta yapılan bir çalışma da; tipik bir yaz gününde biyoklimatik konforun sağlanması için; gölgede oturan hafif giysili bir kişiye göre hava sıcaklığı değerinin 28°C, bağıl nem değerinin %80, rüzgar hızının yaklaşık 1.6 m/s olması gerektiği ifade edilmiştir (Cheng *et al.* 2012).

Tayvan merkezde mevsimlik termal adaptasyon etkisini incelemek için biyoklimatik konfor üzerine eşzamanlı mikro meteorolojik ölçümler ile 1644 görüşme yapılmıştır. Sonuçlar, insanların termal algıların hava sıcaklığı (Ta) ve ortalama radyant sıcaklıkla (Tmrt), kuvvetle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Fakat hava hızı ve hava nemi için bu önemli değildir. Bu sonuçlar, termal adaptasyonda açık bir şekilde sıcak-nemli bölgelerde planlama ve tasarımının biyoklimatik konforu yararlı olarak etkilediğini göstermiştir (Lin *et al.* 2012).

Washington DC, Baltimore ve Maryland, metropol alanlarında aşırı sıcak hava da kentsel ısı adası üzerine kentsel yeşil dokunun nemlendirme etkisi incelenmiştir. Hava

Araştırma ve Tahmin modeli ile kentsel örtü modeli (WRF-UCM) çifti tarafından ağaç, toprak ve çim içinde uygulanmıştır. WRF-UCM yollar ve yapıların yanısıra doğal yüzeylerin etkilerini ele alarak ağaçlar, toprak ve çimin kentsel ısı adasını nasıl nemlendirdiğini incelemek için kullanılmıştır. Sonuçlar tüm kentlerde, bitki örtüsünün gölgesi ve buharlaşması sonucu hava sıcaklığını; caddelerde yaklaşık 4,1°C, yol yüzeyinde yaklaşık 15,4°C ve bina duvarında yaklaşık 8,9°C azalttığını ortaya koymuştur. Aynı zamanda kent ısısı üzerine; caddelerde daha az ışınsal uzundalga hapsedmesi için ticari bina yüksekliğinin yaklaşık 8 m ve konut bina yüksekliğinin yaklaşık 2,5 m azalması gerektiğini hesaplanmıştır (Christopher *et al.* 2012).

Macaristan'ın başkenti Budapeşte'de, biri merkezi kentsel alandan ve diğeri banliyöden alınan meteorolojik verilere dayanarak son yarım yüzyılda biyoklimatik konfor koşullarının farklılıkları ve değişikliklerini değerlendirmek için bir çalışma yapılmıştır. Biyoklimatik konfor, FES indeksi kullanılarak 1961-2010 dönemleri arası günün dört farklı zamanda 06:00, 12:00, 18:00 ve 24:00 saatlerinde ölçülmüştür. Sonuçlara göre, FES ortalamaları ardışık 30 yıllık dönemlerde artmış, sıcak stresin daha sık hale geldiği kanıtlanmış ve soğuk ısı yükü her iki alanda da azalmıştır. Tüm onar yıllık dönemler açısından saatlik veriler incelendiğinde, merkezi bölgede sıcak stres daha yüksek ve soğuk stres daha az görülmüştür (Kovács and Németh 2012).

İran, Esfahan'da bir meydana gerçekleştirilen çalışmada kış ve yaz aylarında eşzamanlı çevresel ölçüm ve anket yoluyla, FES indeksine dayalı biyoklimatik konfor ve mikroklimatik koşullar üzerinde peyzaj özelliklerinin etkileri, biyoklimatik konfor tahmini, termal çevre ve kentsel mekanın kullanımı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bulgular termal şartlar ile dış mekanların bir arada kullanıldığını doğrulamış ve biyoklimatik konfor üzerinde rüzgar ve suyun buharlaşma etkisinin güçlü olumlu etkisi olduğunu göstermiştir (Karimina *et al.* 2013).

Kent iklimi ve biyoklimatik konfor ilişkisi ile ilgili çalışmalarda genellikle; yüzey özelliklerinden, kent parkları ile yerleşim yerleri arasındaki sıcaklık farklarından, kent geometrisi, kent meydanları, kent sokaklarının, caddelerinin yerleşim yönleri, ve kent

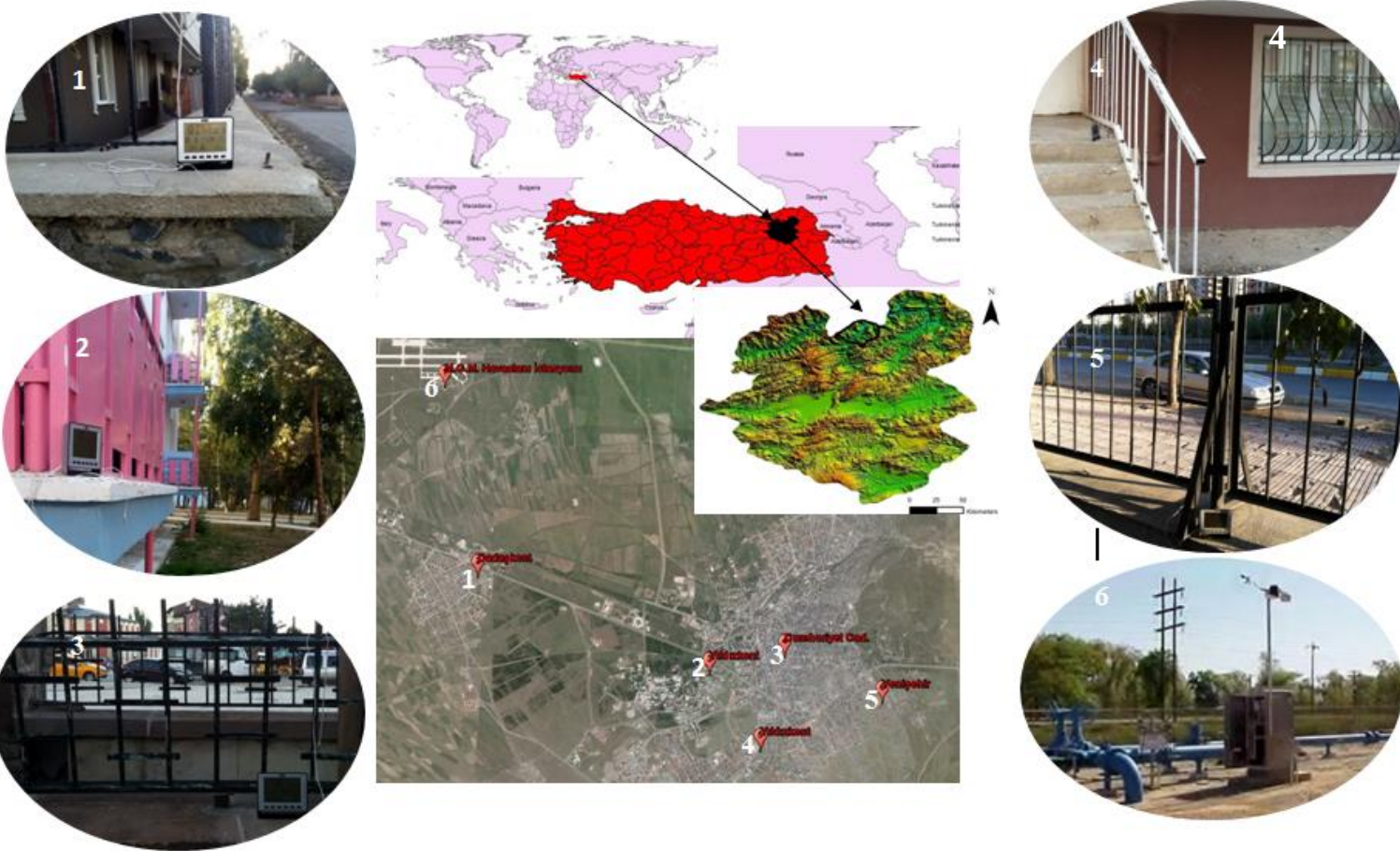
ormanlarının biyoklimatik konfora etkisinden bahsedilmiştir. Bu çalışmanarda çoğunlukla biyoklimatik konfor şartlarının alansal dağılımları ile kentsel-kırsal karşılaştırmaları incelenmiş ve farklı sonuçların sebepleri açıklanmaya çalışılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın materyalini Erzurum kent merkezi içerisinde seçilen 5 ayrı istasyondan elde edilen iklimsel veriler oluşturmaktadır. Bu alanlar belirlenirken; a) binaların boyutları ile aralarındaki boşluklar, sokak ve cadde genişliklerini içeren **kentsel yapı**; b) yapı parçaları, sert zeminler ve yeşil dokuyu kapsayan **kent örtüsü**; c) yapısal ve doğal malzemelerden oluşan **kent dokusu**; d) doluluk boşluk durumuna göre **kent metabolizması**; e) Kentsel mekanların **tarihsel gelişimleri** gibi farklı kentsel karakteristik özellikler ile alan kullanım özellikleri gibi durumlar Erzurum şehrinin şehir klimatolojisini değerlendirmek amacıyla seçilmiştir. İklimsel değişimleri ortaya koyabilmek amacıyla farklı rakım değerleri de dikkate alınmıştır.

Bu özellikler doğrultusunda çalışma alanındaki örnek mekanlar, kent merkezindeki yerleşim alanlarını sembolize edecek şekilde seçilmiştir. Çalışma alanı; Erzurum kent merkezine göre daha düşük kotta yer alan, yüksekliği 5 katı geçmeyen apartmanlardan ve konutlardan oluşan, geniş rüzgar koridoruna sahip yerleşim yeri **Dadaşkent** (1), Erzurum kentine oranla daha fazla yeşil dokuya ve çok yüksek olmayan seyrek binalara sahip 1958 yılında kurulan **Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi** (2), yoğun insan ve trafik yükünün bulunduğu, neredeyse %100 oranında sert zemin ve yapı parçalarından oluşan ve yeşil dokunun yok denecek kadar az olduğu **Cumhuriyet Caddesi** (3), diğer alanlara göre oluşum süresi yeni olan ve yüksek katlı apartmanlar ve villa-konutlarından meydana gelen sakin yerleşim yeri **Yıldızkent** (4) 1977 yılında Gecekondu Önleme Bölgesi olarak nüfusun yerleşim alanını kontrol etmek ve sağlıklı yaşam sunabilmek için şehircilik prensipleri dikkate alınarak planlanan ve çok sayıda kent parkına sahip **Yenişehir'i** (5) içeren şehrin 5 farklı bölgesidir. Ölçüm sonuçlarının analiz edilmesi için 6. İstasyon olarak Erzurum ovasında yer alan Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu verileri kullanılmıştır (Şekil 3.1). Araştırma alanı için seçilen 6 istasyonun Erzurum kent merkezine göre konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



1. Dadaşkent 2. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi 3. Cumhuriyet Caddesi 4. Yıldızkent 5. Yenişehir 6. Erzurum M.G.M Havaalanı istasyonu

Şekil 3.1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Ölçüm yapılan 6 istasyonun genel durumları analiz edildiğinde;

1- Dadaşkent; Erzurum kentinin batısında yer almakta olup Erzurum ovasına kurulmuştur. Erzurum merkezine göre daha düşük rakımda (1797m) 39°55' Kuzey boylamı ve 41°11' Doğu enleminde yer alan bölge kent merkezine 6 km uzaklıktadır. Sakin bir yerleşim yeridir ve trafik yoğunluğu çok düşüktür. Alanda, taban suyu seviyesi yüksek ve deprem bölgesi olduğu için 5 katlı bina ve müstakil evler bulunmaktadır. Kitle yeşil bulunmamaktadır ancak evlerin bahçeleri, orta refüjler ve kaldırımlar bitkisel metaryel içermektedir. 5747 sayılı "Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması" kanunu ile birlikte eski adı "Ilıca" olan ilçe ile birleşerek "Aziziye" ismini almış ve Erzurum'un üç merkez ilçesinden biri olmuştur. Toplam yüz ölçümü 1.686,72 km² olup nüfusu 51.532'dir (Anonim 2012c) (Çizelge 3.1). İlçe tabii ve doğal güzelliklerinin yanında büyük turizm potansiyeli olan jeotermal kaynaklar ve ilçenin içinden geçen Pulur Çayı'na sahiptir (Anonim 2012c).

2- Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi; 1957 yılında kurulan Türkiye'nin en eski yedinci üniversitesidir. 17 Kasım 1958 tarihinde Ziraat ve Fen - Edebiyat fakültelerinde 135 öğrenci ile öğretime başlayan Atatürk Üniversitesi, 2013 öğretim yılı itibariyle 20 fakülte, 4 yüksekokul, 12 meslek yüksek okulu, 7 enstitü, 20 araştırma merkezi ve 100.000'in üzerinde mezuna sahiptir (Çizelge 3.1). Türkiye'nin büyük yerleşkeler sıralamasında ikincidir. 2011-2012 rakamlarına göre yıllık öğrenci alım sıralamasında 29.844 kontenjanla, Anadolu Üniversitesi'nden sonra Türkiye'de çok fazla öğrenci alan ikinci üniversite olmuştur. Ayrıca Üniversite Türkiye'de Açıköğretim Fakültesi bulunan 2.üniversitedir. 2010 yılında kurulan açıköğretim fakültesi 2011-2012 Eğitim-Öğretim yılında öğrenci kabulüne başlamıştır. Kampüs nüfusu yaklaşık 57.106'dır (Anonim 2013b).

Kent merkezinde bulunan yerleşke Erzurum kentinin yoğun yeşil alanına sahiptir. Yerleşke; yurtların, lojmanların, fakültelerin mimari yapısı ve çevre düzenlemesiyle onbinlerce öğrenciyi barındırmaktadır.

3- Cumhuriyet Caddesi; Kentin rekreasyon ve ulaşım bakımından yoğun olan caddesi, yaklaşık 1 km uzunluğunda ve 16 m genişliğindedir. Caddenin kenarlarında 10– 15 m yüksekliğinde binalar yer almaktadır. Caddenin bulunduğu Yakutiye ilçesi Erzurum'un büyük merkez ilçesidir ve nüfusu 184.674'dür (Anonim 2012b) (Çizelge 3.1).

Cadde üzerinde her yıl binlerce yerli yabancı turistleri çekmesine neden olan birçok tarihi eser yer almaktadır. Bunlar; Erzurum'a hakim bir tepe üzerine kurulu 5. yy'da Bizanslılar tarafından yapılmış olan Erzurum Kalesi ve kale içinde yer alan Saat kulesi, Anadolu Selçuklular'ın tüm tarihi özelliklerini taşıyan 11. yy yapısı Ulu Cami, 12. yy'da yine Anadolu Selçuklular tarafından yapılmış Erzurum'un tarihi simgesi olan Çifte Minareli Medrese, 13. yy İlhanlılar'a ait şuan İslam Eserleri Müzesi olarak kullanılan Yakutiye Medresesi, 14. yy'a ait bir kümbet, Erzurum'un merkezini oluşturan 15. yy Osmanlı mimarisini taşıyan Mimar Sinan'ın eseri Lala Mustafa Paşa Camii, 16. yy Osmanlı mimarisine sahip Caferiye Camii'dir (Anonim 2013c). Ayrıca şehirde etkinliklerin yapıldığı 3 meydan, faaliyete geçmek üzere olan alışveriş ve yaşam merkezi de bulunmaktadır.

Kentin ana caddesi olduğundan dolayı yoğun bir kullanıma sahiptir. Yoğun trafik ve insan yükünden dolayı yaklaşık 500 m güney paraleline üzerindeki baskıyı hafifletmesi için yapılan 2. cadde oluşum sürecindedir.

4- Yıldızkent; Palandöken Dağları eteklerine kurulu geniş bir yerleşim alanıdır. Kent içi kitle ağaçlık alanı yoktur. Semt içinde yeşil kama olarak son yıllarda planlanan ve faaliyete geçen Recep Tayyip Erdoğan Parkı bulunmaktadır. Park içindeki bitkiler ve ağaçlar büyüme evresinde olduğu için kitle yeşil özelliği henüz kazanmamıştır. Bunun yanında iki çocuk oyun alanı ve bir kent parkı bulunmaktadır. Yıldızkent çoğunlukla yüksek katlı apartmanların, konutların ve eğitim kurumlarının bulunduğu Erzurum'un sakin yerleşim yeridir. Semtin ana caddesi ve diğer caddeler rüzgar koridoru yönüne göre konumlanmıştır. Erzurum'a yaklaşık 5 km uzaklıktadır. "Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması" kanunu ile birlikte Yenişehir ile birleşerek

“Palandöken” ilçe sınırları içerisinde dahil edilmiştir. Bu ilçenin nüfusu 162.162’dir (Anonim 2012b) (Çizelge 3.1).

5- Yenişehir; Yenişehir, 1977 yılında kent nüfusunun %40’ını oluşturan gecekondu nüfusunun yerleşim alanını kontrol etmek ve sağlıklı bir yaşam alanı sunabilmek için kentin güney bitişine belediye istimlak alanı üzerine 3 No’lu Gecekondu Önleme Bölgesi olarak kurulmuştur (Doğanay 1983). Semt, modern şehircilik prensipleri dikkate alınarak planlanmıştır. Erzurum merkeze yaklaşık 1 km uzaklıkta, 3.83 km² yüzölçümüne sahip, 1980-2000 m. rakımları arasında yer alan oldukça düzlük bir bölgedir (Anonim 2013c) (Çizelge 3.1).

Yenişehir sınırları içinde çok sayıda insanın semte çekilmesine neden olacak birçok özellik bulunmaktadır. Bunların önde geleni mimari yapısı ve etkileyici manzarasıyla Atlama Kuleleridir. 2011 Kış Oyunları için yapılmış kuleler, Yenişehir sınırları içerisinde Kiremitlik tepe üzerine konumlanmıştır. Sonrasında önemli ve belkide semtteki yoğunluğa neden olan büyük etken Yenişehir’de Palandöken yolu üzerinde yer alan Erzurum Alışveriş Merkezidir. 2009 yılında faaliyete geçen alışveriş merkezi bölge halkı için bir uğrak noktası olmuştur. Yakın yerleşim alanlarına yürüyüş mesafesinde bulunan alışveriş merkezine aynı zamanda çevre illerde yaşayanlar da otomobil veya toplu taşıma araçlarıyla ulaşmaktadır.

Yenişehir sınırları dahilinde önemli park Çeçenistan Parkı olmak üzere 12 rekreasyonel alan bulunmaktadır. Bunların yanında 2013 yılında 10.000 m² arazi üzerine planlanmış Engelliler Parkı ve Engelsiz Yaşam Merkezi de yer almaktadır (Anonim 2013a).

6- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (M.G.M) Havaalanı istasyonu; Kent biyoklimatik konforunu tesbit etmek için yapılan bir çalışma olduğundan dolayı Erzurum kentinde M.G.M.’ne ait Havaalanı istasyonuna ait veriler alınmıştır. Erzurum il merkezinin kuzey batısında yer alan istasyon Erzurum kenti sınırları içinde bulunmaktadır. 39° 56’Kuzey enlemi ve 41° 10’Doğu boylamında konumlanarak 1760m rakımdadır. Geniş tarım arazileriyle çevrelenmiş bölge yakınında yerleşim alanı bulunmamaktadır. En yakın

yerleşim yeri yaklaşık 2,5 km mesafe ile Çiftlik Köy'dür. Erzurum kent merkezine uzaklığı ise yaklaşık 10 km'dir (Çizelge 3.1).

Çalışma alanlarına ait başlıca özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Arazi kullanımları Erzurum kent merkezi dahilinde tanımlanmıştır.

Çizelge 3.1. Biyoklimatik konfor analizi için kurulan ölçüm istasyonlarının bazı önemli özellikleri

İstasyonun Adı	Boylam (Doğu)	Enlem (Kuzey)	Yükselti (m)	Merkeze uzaklık (km)	Arazi kullanımı	Nüfus
1.Dadaşkent	41°11'	39°55'	1797	6	Düşük şehir fonksiyonu, seyrek alçak binalar, kırsal alan	51 532
3.Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi	41°15'	39°54'	1889	2	Yoğun ağaçlık ve ormanlık alan, seyrek binalar, açık alan	57,186
4.Cumhuriyet Caddesi	41° 16'	39°54'	1902	Merkez	Yüksek şehir fonksiyonu, yapı yoğunluğu, ağır trafik ve insan yükü, rekreasyon alanı	184, 674
5.Yıldızkent	41°16'	39°52'	1946	5	Düşük şehir fonksiyonu, yoğun yüksek binalar,	≈ 81.081
6.Yenişehir	41°16'	39°53'	1966	1	Yüksek şehir fonksiyonu, yoğun bina, trafik yükü ve aktivite alanı	≈ 81.081
1.M.G.M. Havaalanı istasyonu	41° 10'	39° 56'	1760	10	Kırsal alan	-

3.1.1. Çalışma alanının coğrafi yapısı

41° 17'Doğu enlemi, 39° 55'Kuzey boylamında konumlanmış, Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Erzurum ilinin, 3'ü merkez ilçe olmak üzere toplam 20 ilçesi bulunmaktadır. Şehir kuzeyden Artvin-Rize, batıdan Gümüşhane-Erzincan, güneyden Bingöl-Muş, doğudan Ağrı -Kars illeri ile çevrilmiştir. Genel sınırları içinde 25.066 km²'dir ve yüzölçümü bakımından sırasıyla Konya, Sivas ve Ankara illerinden sonra, Türkiye'nin 4. büyük ilidir. 780.847 (2011)'lik nüfusun %35' i köylerde, %65' i ise kentte yaşamaktadır (Anonim 2012b). Temel geçim kaynağı tarım ve hayvancılık olan

Erzurum son yıllarda kış turizmiyle öne çıkmaktadır. Soğuk iklimi nedeniyle sanayi gelişmemiştir. Tarım yapılabilir alan, yüzölçümünün %15,17'sidir (Anonim 2013d).

Erzurum İli, genel olarak yüksek arazilerden oluşmuştur. Örneğin platoların deniz seviyesine göre yükseklikleri yaklaşık olarak 2000 m'dir, platoların üzerinde yer alan dağların rakımları ise, 3000 m ve üzeridir. (Anonim 2013e).

3.1.2. Araştırma alanının bitki örtüsü

Bitki türleri bakımından son derece zengin bir ülke olan Türkiye, jeolojik ve topoğrafik faktörler sonucu oluşan toprak yapısının ve iklim tiplerinin çeşitliliği açısından Akdeniz, İran –Turan ve Avrupa – Sibiryâ floristik bölgelerine ait bitkilere habitat olma özelliğine sahiptir (Irmak ve Yılmaz 2008). Bu çeşitlilik içerisinde Doğu Anadolu Bölgesi önemli bir yere sahip olmakla birlikte otsu bitki çeşitliliği yönünden Akdeniz Bölgesini geride bırakarak birinci sırada yer almaktadır (Ekim *et al.* 2000). Step ve alpin bitkiler bakımından oldukça zengin olan bölgede zengin çeşitlilik ise Erzurum iline aittir (Irmak 2008). Erzurum ili ülkede de tür sayısı bakımından zengin çeşitliliğe sahip 6. il konumundadır. 1388 takson ve bunların 255'i endemiktir (Anonim 2013g ve Irmak 2008).

Erzurum il arazisinde yaklaşık %60'ına egemen doğal bitki örtüsü, step formasyonudur. Bu doğal bitki örtüsü, yer yer geven topluluklarıyla verimsiz hale gelse de, geniş alanlarda mera hayvancılığına uygun verimli çayırliklar durumundadır. (Anonim 2013e)

Erzurum kentinde ortalama 1850 m rakım ve dolayısıyla ekstrem iklim koşulları bitki kullanımı ve çeşitliliğini büyük ölçüde sınırlandırmaktadır. Kent genelindeki yeşil kitleleri ise resmi kurum, askeri alan, kent adaları ve refüjlerde yer alan yeşil dokular oluşturmaktadır. Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde adaptasyon çalışmaları sonucu başarılı olan bitkiler, kentsel mekanlarda kullanılarak bitki çeşitliliğinde artma meydana gelmiştir. Erzurum kent merkezinde kullanılan bitki materyali Çizelge 3.2'de verilmiştir (Yılmaz and Irmak 2004).

Çizelge 3.2. Erzurum kenti yeşil alanlarında kullanılan bazı ağaç, ağaççık ve çalılar ile temel özellikleri (Yılmaz ve İrmak 2004)

Latince adı	Türkçe adı	Yaygın kullanım alanı	Kullanım amacı	Kullanım yoğunluğu
1-Acer negundo L.	Akçaağaç	Yol, resmi kurum	G,T,Y	Yaygın
2-Betula verrucosa Ehrh.	Huş	Tüm alanlar	G,T,K,Y	Yaygın
3-Eleagnus angustifolia L.	İğde	Ev, park	G,T,Ç	Yaygın
4-Fraxinus americana L.	Amerikan dişbudacı	Resmi kurum, yol, park	T,G,Y	Yaygın
5-Fraxinus exelsior L.	Adi dişbudak	Resmi kurum, yol	T,G,Y	Yaygın
6-Pinus sylvestris L.	Sarı çam	Tüm alanlar	T,G,K	Yaygın
7-Populus canadensis Moen.	Kanada kavağı	Ev	G,Ü	Yaygın
8-Populus nigra ‘Ytalica’	Karakavak	Tüm alanlar	G,T,Ü,Ç	Yaygın
9-Prunus cerasus L.	Vişne	Ev, resmi kurum	Ü,T	Yaygın
10-Robinia pseudoacacia L.	Yalancı akasya	Yol, park, resmi kurum	G,T,Y	Yaygın
11-Salix alba L.	Söğüt	Tüm alanlar	G,Y	Yaygın
12-Salix babylonica L.	Salkım söğüt	Ev, resmi kurum, park	T,G	Yaygın
13-Ulmus glabra ‘Huds’	Karaağaç	Yol, resmi kurum, park	G,Y,T	Yaygın
14-Cornus alba ‘Sibirica’	Süs kızılçığı	Yol, resmi kurum	T	Yaygın
15-Ribes aureum ‘Prush’	Frenk üzümü	Tüm alanlar	G,Ç	Yaygın
16-Rosa canina L.	Kuşburnu	Resmi kurum, ev, park	T,G,Ç	Yaygın
17-Spiraea x vanhouttei Briot.	Keçi sakalı	Yol, resmi kurum	T,G,Ç	Yaygın
18-Syringa vulgaris L.	Leylak	Resmi kurum, ev	T,G	Yaygın

*Son yıllarda daha çok korunmuş alanlarda kullanılan bitkiler

(Mevcut kullanım amacı: G: Grup, T: Tek, Y: Yol Ağacı, K: Koruluk, C: Cit, Ü:Üretim, Sa: Sarılıcı)

3.1.3. Araştırma alanı iklim özellikleri

Erzurum kent arazisinin büyük çoğunluğunda, denize uzak ve yüksek olması nedeniyle karasal iklim özellikleri egemen olup kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve sıcak

geçmektedir. İl topraklarının kuzey kesimlerinde, yüksekliği yaklaşık 1000m-1500 m'ye inen vadi içleri ve çukur sahalarda iklim büyük ölçüde sertliğini yitirmektedir (Anonim 2012a). Erzurum Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve Türkiye'de Kars ili ile birlikte kış mevsiminin soğuk geçtiği ve ortalama sıcaklık değerlerinin düşük görüldüğü yerdir. (Anonim 2012d).

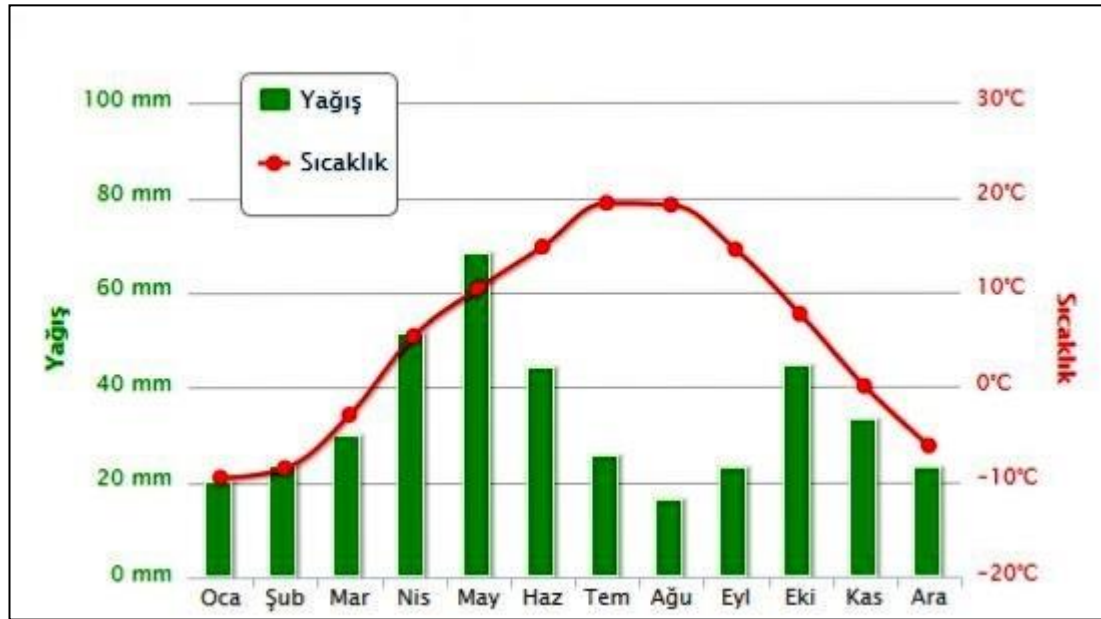
Erzurum'da kış mevsimi şiddetli ve uzun bir şekilde hüküm sürmektedir. Bölge genellikle kış mevsiminde Sibirya yüksek basınçlı atmosfer kütlesi (antisiklon) ve Basra alçak basınç alanı (siklon) etkisi altındadır. Kış aylarında Erzurum'da, ilkbaharda bu etki azalmaya başlayarak, kararsız bir rüzgar ile sıcaklık hüküm sürmektedir. Erzurum'da kar yağışı en erken Ekim ayında başlayarak Mayıs'a kadar devam edebilmektedir (Anonim 2008).

1960-2012 yılları arasında gerçekleşen Erzurum kenti iklim verileri, aylara göre ortalama meteorolojik değerler ile en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri olarak Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama sıcaklık değerleri (1960 - 2012)

Erzurum	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9,14	-8,1	-2,3	5,4	10,6	14,9	19,3	19,3	14,5	8,0	0,6	-6,0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-4,0	-2,5	2,8	11,2	16,9	21,8	27,2	27,2	22,8	15,3	6,7	-1,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-14,5	-13,2	-7,1	0,0	4,0	7,0	10,6	10,6	5,9	1,4	-4,4	-10,7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,0	4,0	4,6	6,1	7,6	10,1	10,5	10,5	9,0	6,4	4,3	2,5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,6	11,4	12,8	14,8	16,7	11,1	5,5	5,5	4,9	10,1	9,5	11,5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m ²)	19,8	23,0	32,2	32,2	67,8	45,5	17,0	17,0	20,6	44,7	32,1	21,4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	7,9	9,6	21,4	21,4	29,1	31,0	36,5	36,5	33,3	27,0	17,8	14,4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-36,0	-37,0	-33,2	-33,2	-7,1	-5,6	-1,1	-1,1	-6,8	-14,1	-34,3	-37,2

Erzurum kent merkezinde yer alan meteoroloji istasyonundan 1929'dan beri meteorolojik veriler ölçülmektedir. 1960- 2012 yılları arası meteoroloji verilerine göre ilde en soğuk ay ortalaması, $-14,5^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayı, en sıcak ay ortalaması $27,2^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayıdır. En düşük sıcaklık 28.12.2002 tarihinde $-37,2^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek sıcaklık ise, 11.08.2006 tarihinde $36,5^{\circ}\text{C}$; Günlük toplam en yüksek yağış miktarı, 23.02.2004 tarihinde $59,6 \text{ kg/m}^2$; günlük en hızlı rüzgar, 07.05.1988 tarihinde $108,4 \text{ km/sa}$; en yüksek kar, 24.02.2004 tarihinde $110,0 \text{ cm}$ olarak ölçülmüştür. Son 30 yıllık ortalama yağış tutarı $405,3 \text{ kg/m}^2$ dir. Yağışların; %17'si kış mevsiminde, %36'sı ilkbaharda, %25'i yaz ve %22'si de sonbaharda düşmektedir (Anonim 2012a). En az yağış kış mevsiminde düşmektedir. Bu mevsimin yağışları kar biçiminde olup, yağışlı gün sayısı 50 ve kar örtüsünün yerde kalış süresi ise 114 gündür. En yağışlı mevsim ilkbahar mevsimidir (Anonim 2012a). Bu bilgilere göre Erzurum kentinin sıcaklık ve yağış kombinasyonu Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 1960-2012 Erzurum iklim diyagramı (Anonim 2012a)

Erzurum için 2012 aylık ortalama rüzgar hızları Çizelge 3.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Erzurum için aylık ortalama rüzgar hızları (Anonim 2012a)

Aylar	Aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)
Ocak	2,25
Şubat	1,87
Mart	2,99
Nisan	2,85
Mayıs	2,70
Haziran	3,33
Temmuz	3,86
Ağustos	3,55
Eylül	2,84
Ekim	2,17
Kasım	2,68
Aralık	1,94

Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi rüzgar hızının en az olduğu dönem, 1,87 m/s ortalama değer ile Şubat, en yüksek olduğu dönem ise 3.86 m/s ortalama değer ile Temmuz ayıdır.

Erzurum için iklimin olumsuz özellikleri: Sıcaklık değerlerinin rakımdan dolayı düşük olması nedeniyle tarım ürün çeşidi azdır ve tarım ürünleri düşük sıcaklığın etkisiyle daha geç olgunlaşmaktadır. Gece gündüz arası sıcaklık farklarının yüksek olması üretimi olumsuz etkilemektedir. Yerçekilleri ve iklimin olumsuz etkisinden dolayı tarımsal faaliyet gelişmemiştir. Nitekim bu özelliklerden dolayı Türkiye'de ulaşım ağının seyrek ve elverişsiz olduğu bölgede yer alması nedeniyle sanayisi yeteri kadar gelişmemiştir. (Anonim 2012f).

Erzurum için iklimin olumlu özellikleri: İklim özellikleri bakımından Erzurum, dünya sağlık turizminin yeni trendine uygun özellikler taşımaktadır. Erzurum yüksek rakımda olması nedeniyle, özellikle sportif etkinlikler ve sporcuların antrenmanı için tercih edilmektedir. Yaz mevsiminde temiz havası ve düşük oksijen oranıyla Palandöken Dağları, yükseklik antrenmanına olanak sağlayan özellikler taşımaktadır.

Yüksek rakımın yanı sıra, İspir, Tortum, Uzundere ve Olur ilçelerinde bulunan vadilerindeki temiz hava, bu vadileri saran ormanların içlerinden kaynağını alan soğuk, berrak sular da sağlık turizmi bakımından şehrin önemli özellikleri arasındadır (Anonim 2013f).

3.1.4. Hidrografik özellikler

Erzurum ilinin doğu yönünde yer alan topraklarının bir kısmı, Hazar havzası içindedir ve bölgenin suları Aras Irmağı tarafından toplanmaktadır. Basra Körfezi alanındaki batı kesimi sularını Karasu toplamaktadır. Kuzey de ise Karadeniz havzasının sularını Tortum ve Oltu çaylarının birleşmesiyle oluşan Çoruh Irmağı toplamaktadır.

Erzurum ilinde doğal göller azdır, yapay göller ise, son yıllarda oluşturulmuştur. İlin önemli doğal gölü, Tortum çayı üzerinde oluşan, bir heyelan-sed gölü olan, Tortum gölüdür (Anonim 2013e). Başlıca yapay göller Demirdöven Barajı, Serçeme çayı üzerinde yer alan Kuzgun barajı, Lezgi suyu üzerindeki Palandöken Göleti'dir (Anonim 2012e).

3.1.5. Meteorolojik değerlerin ölçümünde kullanılan cihazlar

Çalışma alanlarının FES değerlerini belirlemek için ihtiyaç duyulan meteorolojik parametrelerden nisbi nem, rüzgar hızı ve bulutluluk, M.G.M. havaalanı istasyonundan temin edilmiştir.

M.G.M havaalanı istasyonun genel özellikleri şu şekildedir; a)otomatik meteoroloji gözlem istasyonu (OMGİ)'dir, b)hava tahmini için kullanılan temel gözlem türü (Sinoptik), bütün meteorolojik parametreleri her 3 saatte bir ölçmektedir, c) yağış, meteorolojik olay, buharlaşma ve güneşlenme süresinin her sabah son 24 saati kapsayacak şekilde değerlendirmektedir (günlük klima), d) doğrudan uçucular tarafından kullanılan ve sadece havaalanlarında her saat ya da her yarım saatte bir yapılan gözleme sahiptir (Metar). Ayrıca rüzgar, sıcaklık, nem, yağış, basınç, toprak

sıcaklıkları sensörlerine sahiptir (Anonim 2012a).

Diğer 5 alanın (Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent, Yenişehir) sıcaklık ve nisbi nem değerleri her bir alanda belirlenen mekanlara yerleştirilen seyyar ısı ve nem ölçüm cihazı YCOM – KMN 305 tarafından kaydedilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan YCOM – KMN 305 iç/dış ısı ve nemölçer cihaz

Cihaz iç/dış sıcaklık ve nem ölçme yeteneğine sahiptir. Cihaz santigrad ve fahrenheit ölçüm birimlerine sahiptir. Ekranı alt alta üç bölümden oluşmaktadır. Üst bölümde mevcut saat ve tarih, orta bölümde ölçüm yapılan son tarih, saat ve sıcaklık, alt bölümde ise mevcut dış sıcaklık, nem ve iç mekan sıcaklığı bulunmaktadır.

3.2. Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında, Erzurum yerleşim alanları arasından farklı niteliklere sahip

5 alan belirlenmiştir. Referans istasyon olarak Erzurum MGM havaalanı istasyonu alınmıştır. Belirlenen alanların biyoklimatik konfor değerleri hesaplanarak, iklim açısından uygun alanların tesbit edilmesi hedeflenmiştir.

Erzurum kentinin biyoklimatik konforunu belirlemek için yapılan çalışmada kullanılan yöntem literatür araştırması ve konunun ehli ilgili kişiler ile sözlü görüşmeler sonucu belirlenmiştir. Çalışmanın yöntemi; a) çalışma alanını tesbit etmek, b) biyoklimatik konforu hesaplamak için kullanılacak indeksi ve veri tabanını belirlemek, c) hesaplamada kullanılan meteorolojik parametreleri elde etmek, d) biyoklimatik konforu hesaplamak, e) sonuçları değerlendirmek ve önerilerde bulunmak aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Araştırmanın akış şeması

Biyoklimatik konfor değerlerini hesaplamak için 2012 yılı 20 Haziran ve 10 Eylül aralığında günlük 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 saatlerini kapsayan sıcaklık verileri alınmıştır. Sıcaklık verileri Erzurum'un farklı alan kullanımı ve farklı rakımlara sahip 5 kentsel bölgesine (Dadaşkent, Atatürk niversitesi yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent, Yenişehir) kurulan meteorolojik ölüm cihazlarından ve Erzurum MGM Havaalanı istasyonundan alınmıştır. Çalışmada biyoklimatik konfor şartlarının hesaplanması için FES indeksi kullanılmıştır. Bunun için RayMan modeline girilmesi gereken meteorolojik parametreler Bu parametreler **Ta** (hava sıcaklığı; C), **RH** (nispi nem %), **WS** (rüzgar hızı; m.s⁻¹) ve **CA** (bulutluluk miktarı; oktas)'dır. Ayrıca meteorolojik parametrelere ek olarak insana ait fiziksel ve fizyolojik özelliklerde girilebilmektedir. Nispi nem, rüzgar hızı ve bulutluluk değerleri Erzurum MGM'den temin edilmiştir. Sonuç olarak biyometeorolojik parametreler açısından iklim analizleri incelenmiştir.

Bunun dışında çalışmaya yılın günü ve saatide girilmiştir. Tarih olarak yılın biyoklimatik konfora uygun zaman olması ve insanlar tarafından fazla açık hava aktivitelerinin yapıldığı dönem olmasından dolayı 20 Haziran ve 10 Eylül arası tercih edilmiştir. Saat olarak ise gündüz ve gece sıcaklık değişimini rahatlıkla izleyebilmek ve konfora uygun saat aralığını belirleyebilmek için 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 saatlerini kapsayan sıcaklık verileri alınmıştır.

Erzurum Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü merkez istasyonuna ait veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanlığı'nın talebi doğrultusunda 2011- 2012 yıllarına ait toplam dört meteorolojik parametre olarak CD kapsamında posta yoluyla alınmıştır.

Diğer 5 istasyona ait veriler, 2012 yaz mevsimi boyunca hafızalı iç/dış ısı ve nemölçer YCOM – KMN 305 (şekil 3.3) model cihazın, sensörü açık alanda zeminden 1,5 m yükseklikte olacak şekilde llerek elde edilmiştir.

3.2.1. Biyoklimatik konforun belirlenmesi

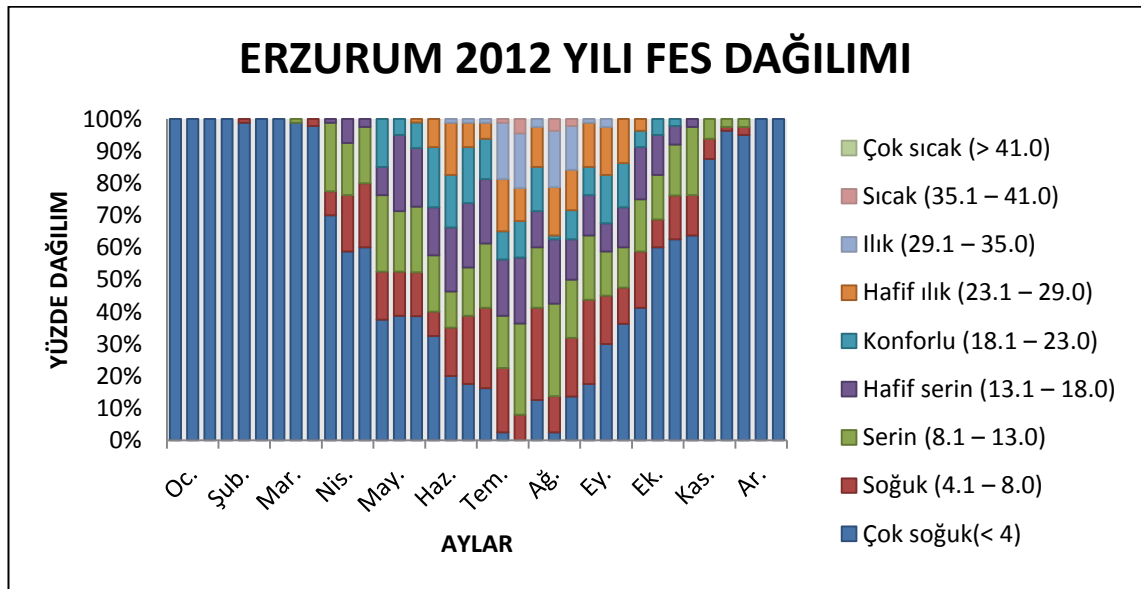
Kent merkezinde yer alan 5 istasyona ait veriler, 2012 yaz mevsimi boyunca hafızalı iç/dış ısı ve nemölçer YCOM – KMN 305 (Şekil 3.3) model cihazın sensörü açık alanda zeminden 1,5 m yükseklikte olacak şekilde ölçülerek elde edilmiştir. Nem, bulutluluk miktarı (octas) ve rüzgar hızı (ws) değerleri kent genelinde aynı olarak kabul edilerek – verilerin biyoklimatik konfor aralıklarını etkilemeyecek kadar küçük bir sapma gösterdikleri için (Gulyás and Matzarakis 2007) bu parametreler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen verilerden kullanılmıştır.

Toplamda dört parametreye ait altı alanda yaz mevsimi boyunca günlük sekiz saatlik verinin (6x80x8) alınması, işlenmesi ve biyoklimatik konfor şartlarının hesaplanması için RayMan Pro 2.1 modeline girdi olarak kabul ettirilmesi çok yoğun ve uzun bir çalışma yükü gerektirmiştir. İşlenen veriler RayMan Pro 2.1 modeline tarih, saat, sıcaklık, nem, rüzgar, bulutluluk sütunları halinde yüklenip günlük 8 saatlik ortalamalar şeklinde FES değerleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Erzurum İli 2012 Yılı Biyoklimatik Konfor Değerleri

Erzurum Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Havaalanı merkez istasyonundan elde edilen değerlere göre hesaplanmış 2012 yılını kapsayan FES değerlerinin zamansal dağılımları, 10'ar günlük ortalamalar ile yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. 2012 yılı Erzurum FES yüzde dağılımı

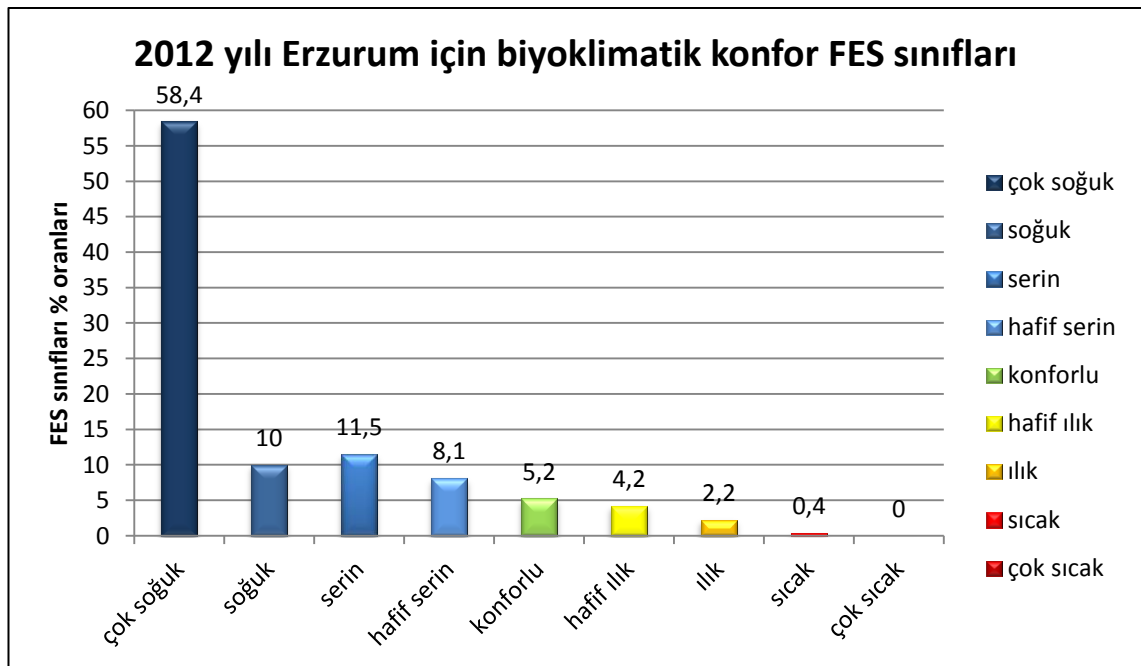
Grafikte görüldüğü gibi ilde, Ocak ayından Nisan ayına ve Aralık ayından yıl bitimine kadar çok düşük orandaki istisnalar dışında tamamen **“çok soğuk”** stres aralığı hakimdir. Daha net açıklamak gerekirse 2012 yılı içinde sadece **“çok soğuk”** stres aralığı tam anlamıyla, yani %100 oranında 80 gün hissedilmiştir. Bu da, yıl boyunca bu stres aralığına maruz kalmak için ciddi bir zaman dilimidir. Ayrıca söz konusu stres aralığı sadece 10 gün dışında tüm günlerde belirli oranlarda sürekli hissedilmiştir.

Şubat-Mart aylarında çok az kendini gösteren **“soğuk”** stres aralığı tam anlamıyla **“serin”** ve **“hafif serin”** stres aralığıyla birlikte Nisan ayıyla birlikte ortaya çıkmış ve

Aralık ayına kadar kesintisiz sürekli etkili olmuştur. Ancak “hafif serin” aralık Kasım ayı sonrasında etkisini kaybetmiştir.

“**Konforlu**” aralık Mayıs ayı ile hissedilmeye başlamış ve Ekim sonuna kadar aralıksız devam etmiştir. Kısacası “konforlu” aralık ilkbahar sonundan sonbahar ortasına kadar etkisini hissettirmiştir. Mayıs sonunda beliren “**hafif ılık**” aralık ise ekim başına kadar devam etmiştir.

Yaz mevsiminin başlaması ile birlikte ortaya çıkan “**ılık**” stres aralığı son bahara, Eylül ayı ortasına kadar devam etmektedir. “**sıcak**” stres aralığı Temmuz ve Ağustos aylarında 40 gün içinde hissedilmektedir. “**Çok sıcak**” stres aralığı yıl boyunca hiç görülmemiştir. Şekil 4.2’de Erzurum kentine ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Erzurum’a ait biyoklimatik konfor FES sınıfları yüzde dağılımı

Grafiğe göre “**çok soğuk**” stres %58,4 oranı ile 2012 yılı içinde baskın aralıktır. Ardından %11,5 oranıyla “**serin**” stres ve 3. olarak %10 ile “**soğuk**” aralık kendini

göstermiştir. Bu üç stres aralığından sonra hissedilen stres oranları sırası; **“hafif serin”** (%8,1) > **“konforlu”** (%5,2) > **“hafif ılık”** (%4,2) > **“ılık”** (%2,2) > **“sıcak”** (%0,4) > **“çok sıcak”** (%0) şeklindedir.

Genel olarak Erzurum kenti 2012 yılında %80,9 oranında “çok soğuk-soğuk-serin” stresler, %17,5 “hafif serin-konforlu-hafif ılık”, %2,6 oranında ise “ılık-sıcak-çok sıcak” stres aralıkları etkisindedir.

4.2. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin İstasyonlara Göre Zamansal Dağılımları

Biyoklimatik konfor değerlerinin zamansal dağılımlarının yapılması konusunda 10 günlük toplam biyoklimatik konfor şartları istasyonlara göre değerlendirilmiştir. Yöntem kısmında da değinildiği gibi, zamansal çözünürlük elde etmek amacıyla, yaz dönemi, 20 Haziran’dan başlayarak 10 Eylül’e kadar 10’ar günlük aralıklara bölünmüştür.

Her on günlük sürenin biyoklimatik konfor değerleri günlük ortalamalara göre hesaplanmış ve bu işlem 2012 yaz mevsimi verileri üzerinde uygulanmıştır. Sonuçta elde edilen değerlerin yüzde olarak konfor aralıklarına göre dağılımları grafik üzerine aktarılmıştır. Oluşturulan grafik üzerinde farklı renklerle gösterilen konfor aralıklarının oranı ele alınan her istasyon için açık bulgular gösterebilmektedir. Bu yöntemle her istasyona göre dağılımları gerçekleştirilen konfor aralıklarının günlük, aylık, mevsimlik trendleri hakkında net bilgiler edinilebilmektedir. Aşağıda 2012 yılı yaz mevsimi verileri kullanılarak hesaplanan FES değerlerinin yaz mevsimi içerisinde on günlük ortalama dağılımı her istasyon için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve istasyonlara ait veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Haziran- Ekim ayları arası istasyonlara ait yüksek, düşük ve ortalama FES indeksi değerleri

İstasyonlar	En yüksek	En düşük	En yüksek ortalama	En düşük ortalama	Ortalama
Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi	47,7	2,1	28,6	12,3	18,8
Yenişehir	41,6	0,8	26,1	9,8	17,5
Dadaşkent	41,5	1,8	27,4	9,1	17,3
Cumhuriyet caddesi	41,8	-0,1	24,2	9,4	16,1
Yıldızkent	46,5	1,3	23,9	8,4	15,3
Erzurum M.G.M. havalimanı istasyonu	39,9	-2,5	27,4	5,1	14,5

Her istasyon için bir adet olmak üzere altı adet grafik sunulmuştur. Merkez istasyon olan M.G.M. istasyonu dışında belirlenen istasyonlar en düşük rakımdan başlayarak; Dadaşkent (1797 m), Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi (1889 m), Cumhuriyet Caddesi (1902 m), Yıldızkent (1946 m), Yenişehir (1966 m), Erzurum Meteoroloji Genel Müdürlüğü (M.G.M.) merkez istasyonu (1760 m) şeklinde sıralanmıştır.

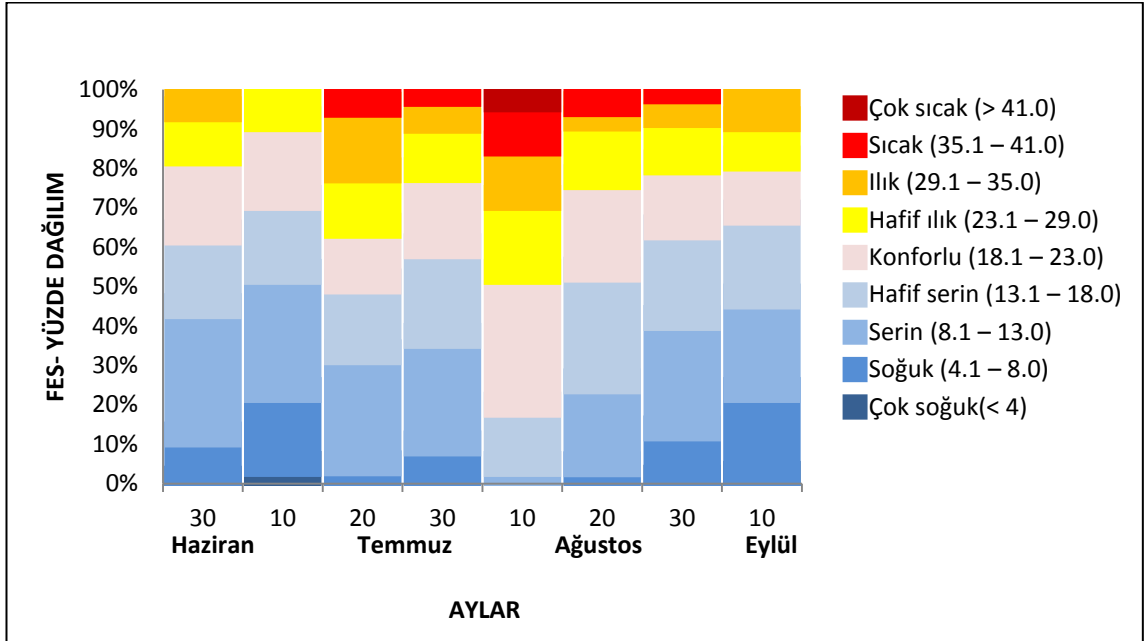
4.2.1. Dadaşkent biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent semtinde bir konut bahçesine yerleştirilen seyyar termometreden elde edilen sıcaklık değerlerinin ölçüm noktası Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Dadaşkent ölçüm noktası

Dadaşkent'te bir konut bahçesine yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar günlük ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4).

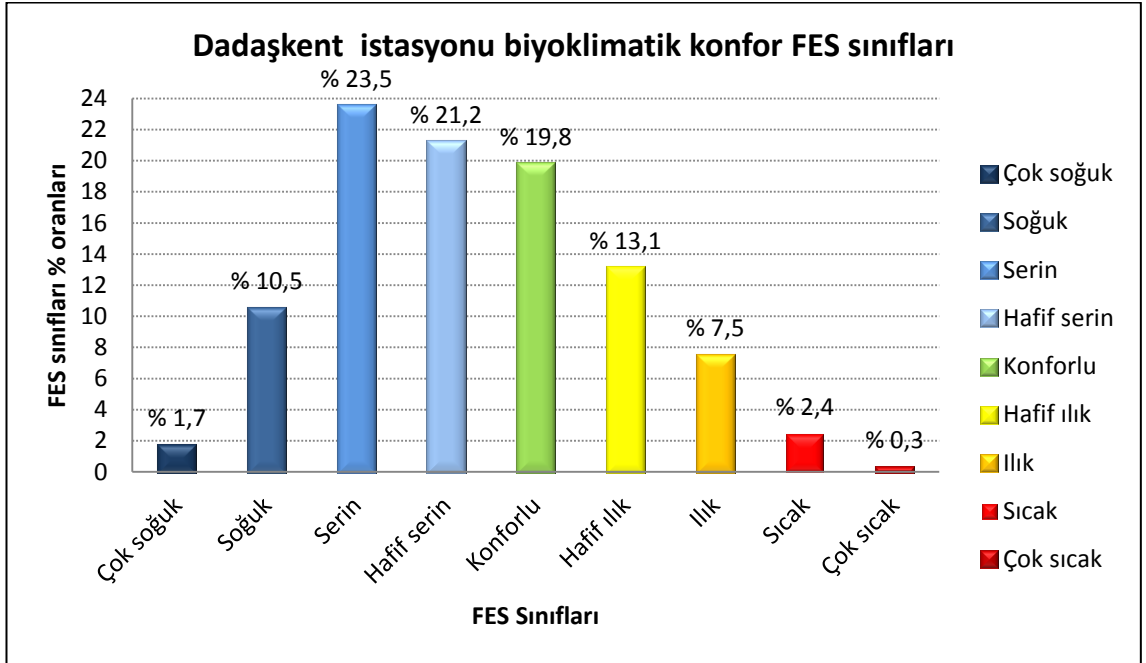


Şekil 4.4. Dadaşkent için FES sınıflarının yüzde dağılımı

Bu semt için “çok soğuk” aralık çok düşük dağılımla yaz başı ve yaz sonunda etkilidir. “Soğuk” stres aralığı Ağustos başı dışında yaz içinde kendini hissettirecek şekilde dağılım göstermektedir. “Serin” stres aralığı da Ağustos başında düşük etki göstererek diğer zamanlarda gözle görülebilir etkiye sahiptir. “Hafif serin” stres aralığı nispeten yakın seviyelerde bulunarak yaz boyunca tüm aralıklarda mevcuttur.

Biyoklimatik olarak “konforlu” aralık Ağustos başında gözle görülebilir şekilde yüksektir. Diğer zamanlarda da azımsanmayacak kadar etkilidir. Bunun yanında “hafif ılık” aralıkta yaz boyunca etkilidir. “Ilık” stres aralığı Temmuz başı dışında inişli çıkışlı dağılım göstermektedir.

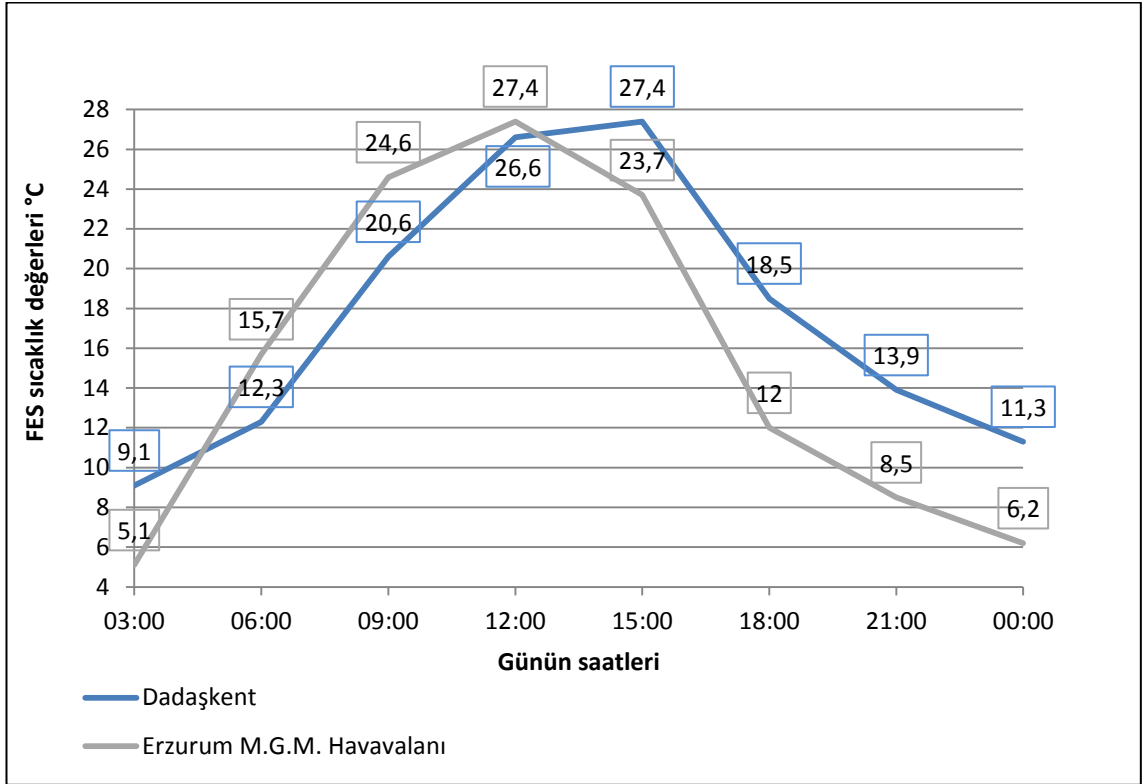
“Sıcak” stres aralığı çoğunlukla Ağustos başında etkili olarak Temmuz ortasından Ağustos sonuna kadar hissedilmiştir. “Çok sıcak” aralık yine Ağustos başında hissedilerek bu zaman diliminin Dadaşkent için sıcak dönem olduğunu kanıtlamıştır. Şekil 4.5’te Dadaşkent’e ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Dadaşkent biyoklimatik konfor sınıfları yüzdelik dağılımı

Grafiğe göre “**serin**” stres %23,5 oranı ile bu tarihler içinde baskın aralıktır. Ardından %21,2 oranıyla “**hafif serin**” stres ve 3. olarak %19,8 ile “**konforlu**” aralık kendini göstermiştir. Bu üç stres aralığından sonra hissedilen stres oranları sırası; “**hafif ılık**” (%13,1) > “**soğuk**” (%10,5) > “**ılık**” (%7,5) > “**sıcak**” (%2,4) > “**çok soğuk**” (%1,7) > “**çok sıcak**” %(0,3) şeklindedir.

Şekil 4.6’da ise Dadaşkent ve referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonu ile ölçümlerin yapıldığı tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.6. Dadaşkent'te günün belirli saatlerde görülen ortalama sıcaklık diyagramı

Diyagram her iki istasyonunda farklı saatlerde de olsa aynı yüksek FES indeksi değerini (27,4°C) gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu değer Dadaşkent için saat 12:00'da görülürken referans istasyonda ise saat 15:00'görülmektedir. Her iki istasyonun aynı değer ile kesiştiği zaman dilimi 03:00-06:00 ile 12:00-15:00 saatleri arasındır. Dadaşkent akşam ve gece saatlerinde referans istasyona göre daha yüksek gündüz saatlerinde ise daha düşük FES indeksi değerleri göstermiştir.

Dadaşkent ve referans istasyonun ölçüm süresi boyunca elde edilen ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Dadaşkent ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri

		03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	Orta- lama
Ortalama	Dadaşkent	9,1	15,7	24,6	26,6	26,4	17,5	13,9	11,3	17,3
	MGM	5,1	12,3	20,6	27,4	23,7	12,0	8,5	6,2	14,5
En yüksek	Dadaşkent	20,0	22,0	32,7	40,4	41,5	33,6	28,9	21,2	30,0
	MGM	11,5	23,7	35,6	38,7	39,9	18,9	15,2	12,8	24,5
En düşük	Dadaşkent	1,8	2,8	10,2	15,3	11,7	8,6	6,0	3,9	7,5
	MGM	-1,8	7,6	12,8	9,9	7,3	4,3	0,3	-2,5	4,7

Çizelgede görüldüğü üzere Dadaşkent'teki **yüksek ortalama FES** 27,4°C 15:00'da ölçülmüş ve bu saatte, referans istasyonda görülen FES 23,7°C'dir. Ortalama **düşük ortalama FES** Dadaşkent'te 9,1°C ile saat 03:00'da ölçülmüş referans istasyondaki değer ise 5,1°C'dir.

Dadaşkent'te **yüksek FES** 41,5°C saat 15:00'da ölçülmüştür. Bu saatte referans istasyonda ölçülen FES 39,9°C'dir. **düşük FES** değeri Dadaşkent'te saat 03:00'da 1,8°C olarak ölçülmüş referans istasyonda bu saatteki değerde -1,8°C'dir.

Sonuç olarak Dadaşkent'teki soğuk FES değerleri saat 03:00, sıcak FES değerleri ise saat 15:00 görülmektedir.

4.2.2. Atatürk Üniversitesi yerleşkesi biyoklimatik konfor değerlerinin zamansal dağılımları

Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi FES değerleri, 21. lojman önüne yerleştirilen seyyar

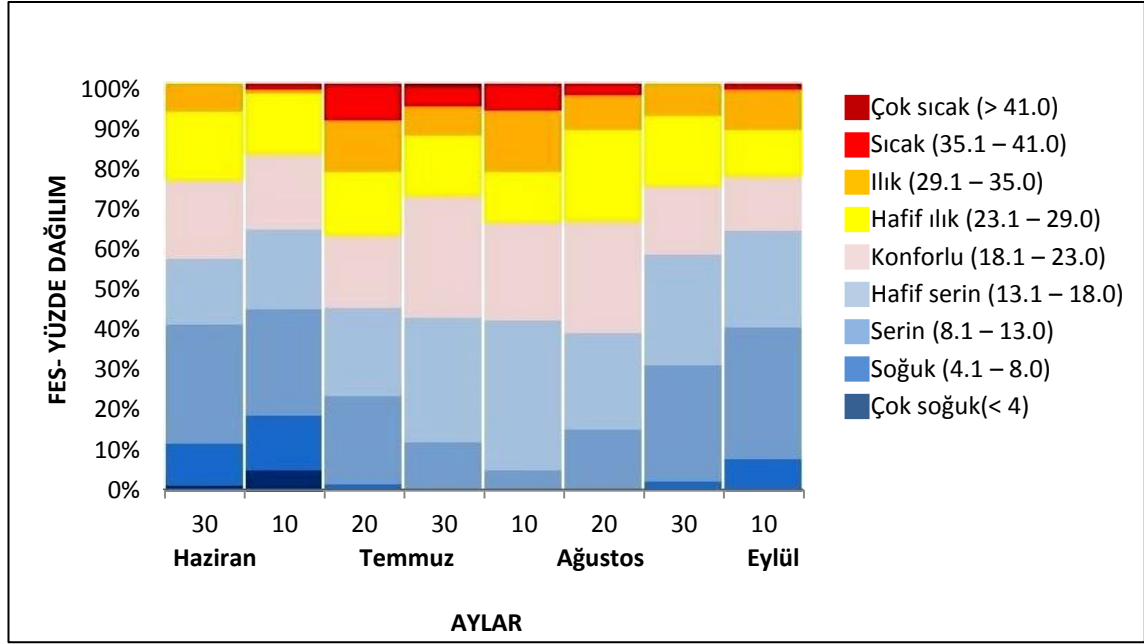
termometreden elde edilmiştir. FES değerleri ölçüm noktasının hava fotoğrafı Şekil 4.7’de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ölçüm noktası

Atatürk Üniversitesi yerleşkesine yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar günlük

ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8).



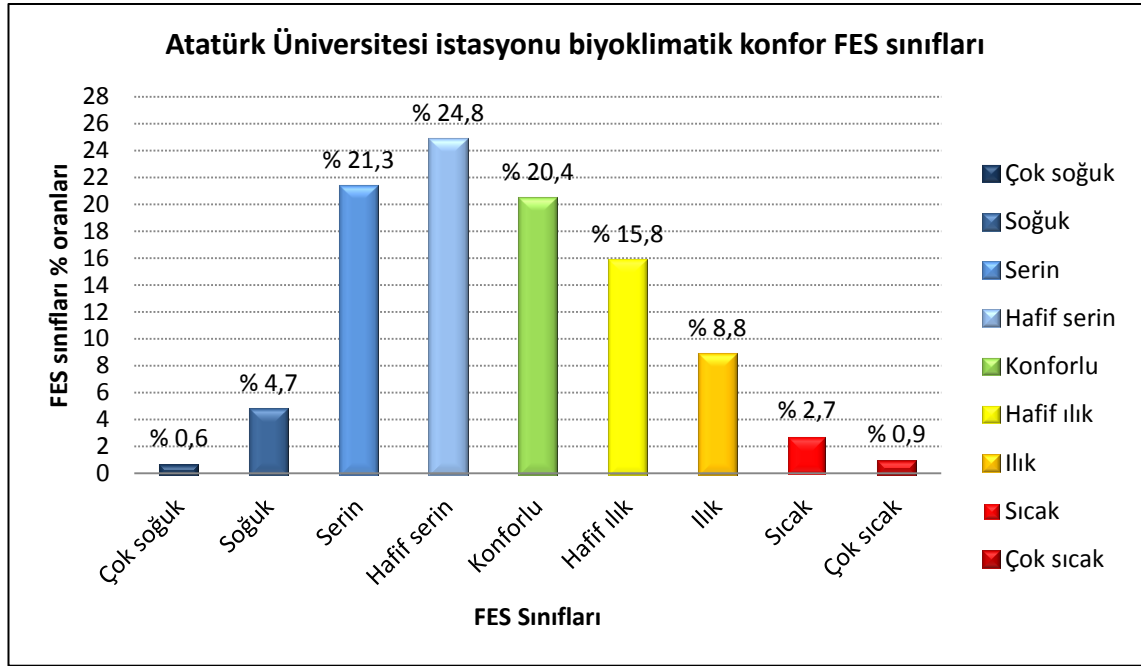
Şekil 4.8. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi için FES sınıflarının yüzde dağılımı

“Çok soğuk” stres aralığı ilk 20 güde çok az etkili olmasıyla birlikte diğer günlerde etkisi kaybolmuştur. “Soğuk” stres aralığı Temmuz’un ortasından Ağustos sonuna kadar hissedilmemiştir. “Serin” ve “hafif serin” aralık tüm dönemde etkilidir ancak Temmuz Ağustos arası “serin” stres aralığının azalmasıyla “hafif serin” stres aralığı yüzde dağılımında yükselme görülmüştür.

“Konforlu”, “hafif ılık”, “ılık” konfor aralıkları yaz boyunca kesintisiz olarak mevcuttur. “Konforlu” aralıkta yaz ortasında gözle görülebilir bir artış meydana gelmiştir.

“Sıcak” stres aralığı Haziran sonu ve Eylül başı dışında her zaman diliminde görülmektedir ancak etkisi Temmuz Ağustos arasında daha yüksektir. Sıcaklık stresine çok fazla maruz bırakacak “çok sıcak stres aralığı ise Temmuz sonunda görülmektedir. Ölçüm yapılan tarihler arasında kampus için baskın aralık “hafif serin” stres aralığıdır.

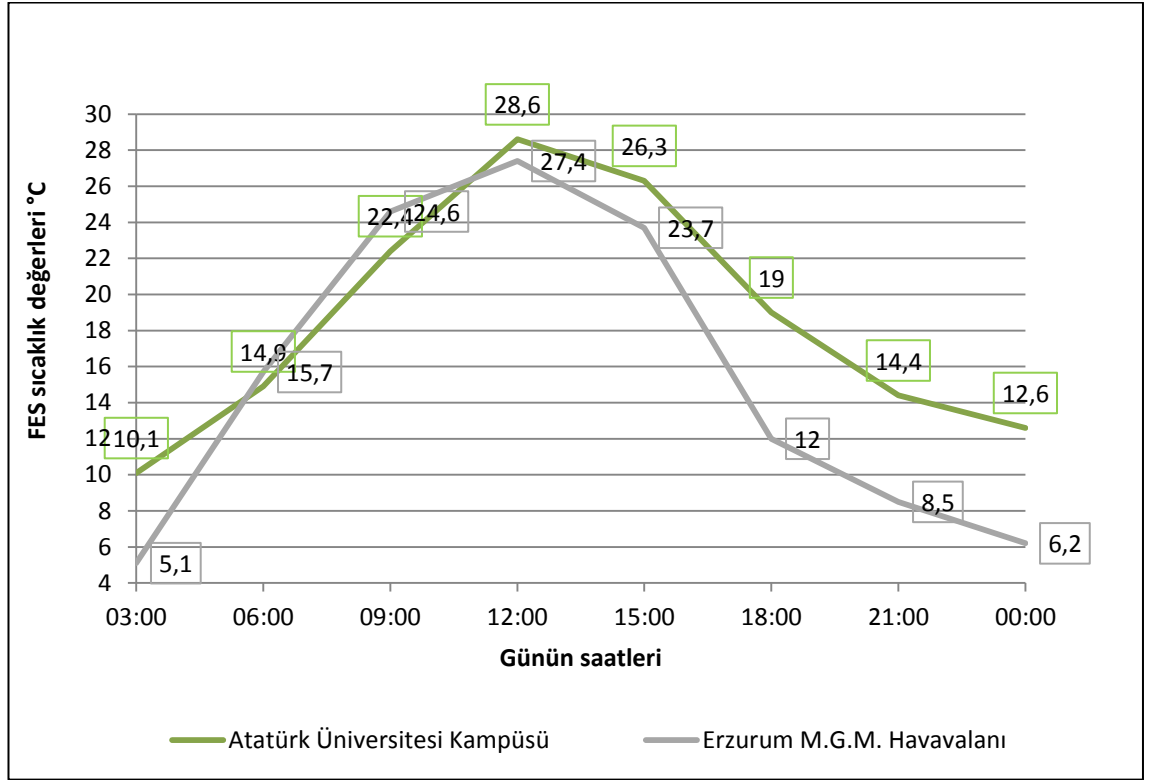
Şekil 4.9’da Atatürk Üniversitesi yerleşkesine ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Atatürk Üniversitesi yerleşkesi biyoklimatik konfor sınıfları yüzdelik dağılımı

Grafiğe göre “hafif serin” stres %24,8 oranı ile bu tarihler içinde baskın aralıktır. Ardından %21,3 oranıyla “serin” stres ve 3. olarak %20,4 ile “**konforlu**” aralık kendini göstermiştir. Bu üç stres aralığından sonra hissedilen stres oranları sırası; “**hafif ılık**” (%15,8) > “**ılık**” (%8,8) > “**soğuk**” (%4,7) > “**sıcak**” (%2,7) > “**çok sıcak**” (%0,9) > “**çok soğuk**” (%0,6) şeklindedir.

Şekil 4.10’da ise Atatürk Üniversitesi yerleşkesi ve referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonunda ölçümlerin tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.10. Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde belirli saatlerdeki ortalama FES değerleri

Diyagrama göre Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde yüksek ortalama FES indeksi değeri saat 12:00'da (28,6 °C) görülmektedir. Her iki istasyonun aynı değer ile kesiştiği zaman dilimi 03:00- 06:00 ile 09:00-12:00 saatleri arasındır. Bu zaman diliminde Atatürk Üniversitesi referans istasyona göre daha düşük bunun dışında yani saat yaklaşık 12:00'dan 06:00'a kadar daha yüksek FES indeksi değerleri göstermiştir.

Atatürk Üniversitesi yerleşkesi ve referans istasyonun ölçüm süresi boyunca elde edilen ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Atatürk Üniversitesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri

		03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	Orta- lama
Ortalama	Ata. Üniv.	11,1	14,9	22,4	28,6	26,3	19,7	4,4	13,6	18,8
	MGM	5,1	12,3	20,6	27,4	23,7	12,0	8,5	6,2	14,5
En yüksek	Ata. Üniv.	20	23,9	33,2	47,7	42,4	35,9	27,3	26,5	32,1
	MGM	11,5	23,7	35,6	38,7	39,9	18,9	15,2	12,8	24,5
En düşük	Ata. Üniv.	3	7,2	12,9	13,5	12,9	9	4,5	2,1	8,1
	MGM	-1,8	7,6	12,8	9,9	7,3	4,3	0,3	-2,5	4,7

Çizelgeye göre Atatürk Üniversitesi yerleşkesindeki **en yüksek ortalama FES** saat 12:00'da 8,6°C olarak görülmektedir. Aynı saatte referans istasyondaki FES 27,4°C'dir. **En düşük ortalama FES** ise üniversite yerleşkesinde 4,4°C olarak saat 21:00'da görülmektedir. Referans istasyondaki durum ise 8,5°C'dir.

Üniversite yerleşkesindeki **en yüksek FES** saat 12:00'da 47,7°C'dir. Referans istasyonda bu saatteki değer ise 38,7°C'dir. Üniversite yerleşkesindeki en düşük FES saat 00:00'da 2,1°C'dir. Aynı saatte referans istasyondaki değer -2,5°C'dir.

Sonuç olarak Atatürk Üniversitesi yerleşkesindeki en sıcak saatin 12:00 olduğu en soğuk saatin ise 21:00 ve 00:00 saatleri arası olduğudur.

4.2.3. Cumhuriyet Caddesi biyoklimatik konfor değerleri

Cumhuriyet Caddesi'ne ait FES değerleri cadde üzerinde Çifte Minareli Medrese'nin yakınında yer alan bir mağaza önüne yerleştirilmiş seyyar termometreden elde

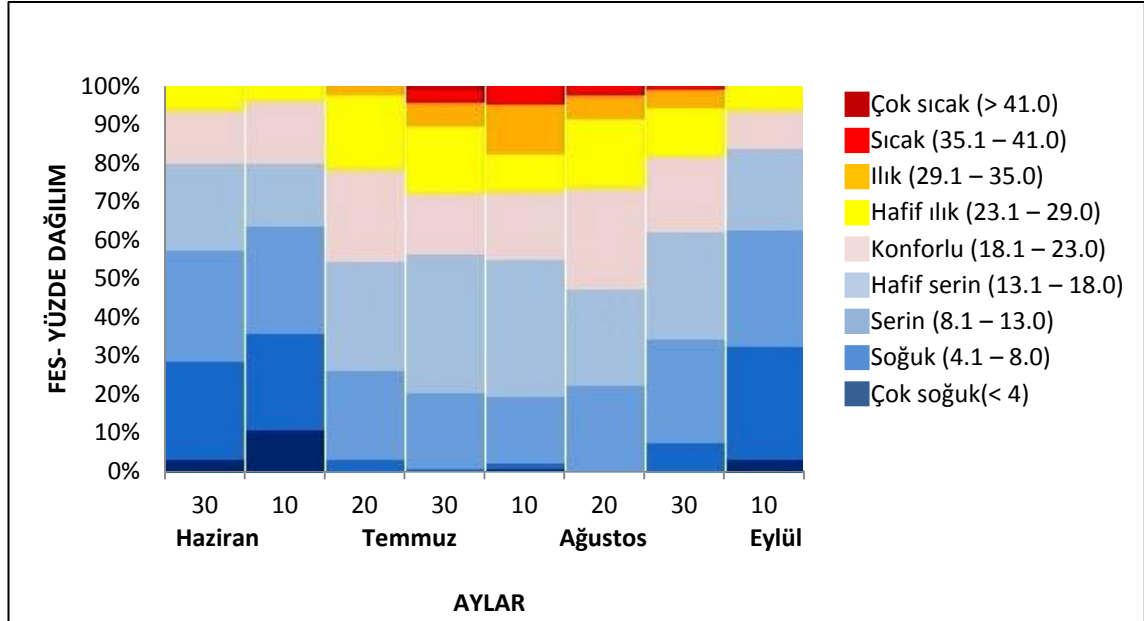
edilmiştir. Mağazaya ait hava fotoğrafı Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Cumhuriyet Caddesi ölçüm noktası

Cumhuriyet caddesinde bir mağaza önüne yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar

günlük ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Cumhuriyet caddesi için FES sınıflarının yüzde dağılımı

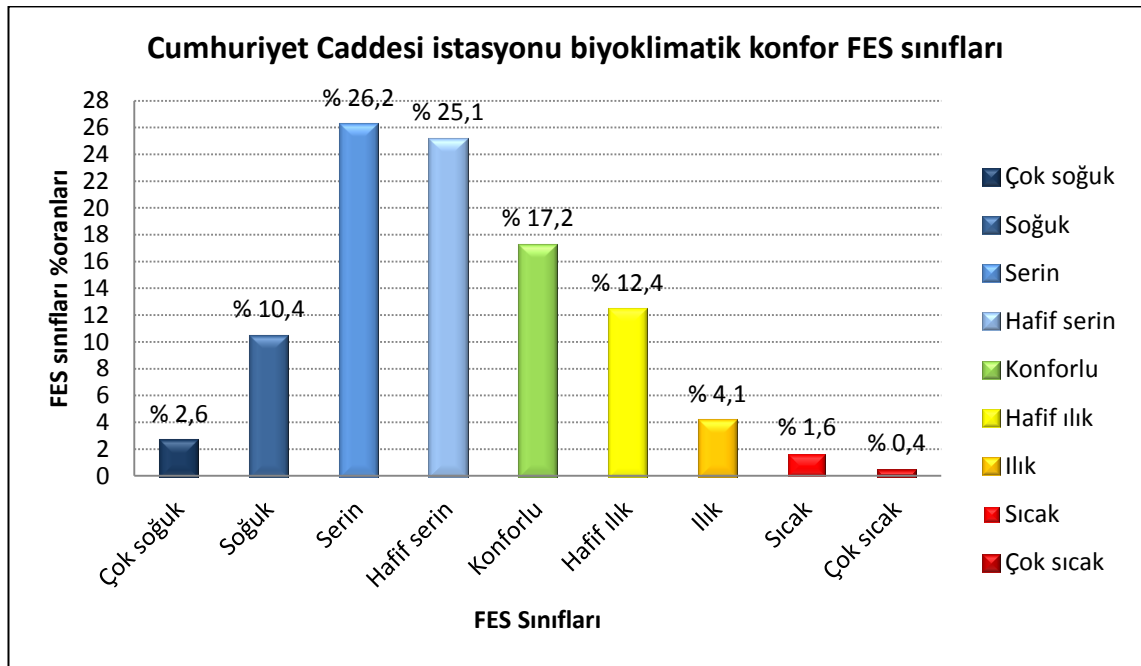
“Çok soğuk” stres aralığı Temmuz başında biraz fazla olmak üzere Haziran sonu Eylül başında düşük ve Ağustos başında çok düşük seviyede dağılım göstermiştir. “Soğuk” stres aralığı yaz ortasında etkisini düşürerek Ağustos ortasında tamamen kaybolmuştur. “Serin” stres aralığı tüm zaman boyunca etkilidir ancak Temmuz- Ağustos arasında “soğuk” stres aralığıyla birlikte azalma göstererek “hafif serin” stres seviyesinin yükselmesine neden olmuştur.

“Konforlu” ve “hafif ılık” konfor aralıkları her zaman dilimine dağılmıştır, “konfor” aralığı Temmuz ortası ile Ağustos ortasında diğer zamanlara göre kısmen artış göstermiştir. “Ilık” stres aralığı ise Temmuz ortasından Ağustos sonuna kadar hissedilmiş ve Ağustos başında oranında artış göstermiştir.

“Sıcak” stres Temmuz sonundan Ağustos sonuna kadar sürmüştür. “Çok sıcak” stres aralığı Temmuz sonunda ortaya çıkarak bu zaman diliminin en sıcak olduğunu

ispatlamıştır.

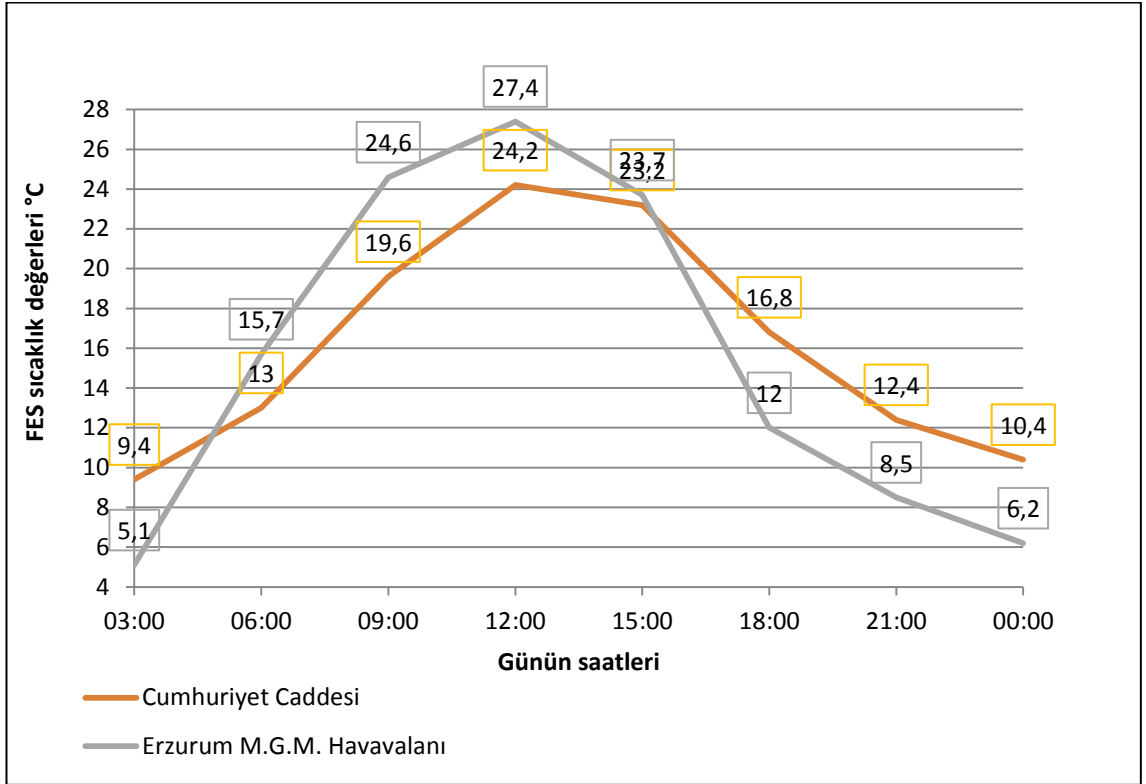
Grafiğe bakıldığında ölçüm yapılan tarihler arasında cadde için baskın aralığın “hafif serin” stres aralığı ile “serin” stres aralığı olduğu görülmektedir. Şekil 4.13’te Cumhuriyet Caddesi’ne ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Cumhuriyet caddesi biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı

Ölçüm tarihleri arasında Cumhuriyet Caddesi’ndeki baskın aralık %26,2 oranıyla “serin” stres aralığıdır. Daha sonra %25,1 oranıyla “hafif serin” stres aralığı bunun ardından da %17,2 oranı ile “konforlu” aralık hissedilmiştir. Diğer stres aralıklarının hissedilme sırası; “hafif ılık” %12,4 > “soğuk” %10,4 > “ılık” %4,1 > “çok soğuk” %2,6 > “sıcak” %1,6 > “çok sıcak” %0,4 şeklindedir.

Şekil 4.14’te ise Cumhuriyet Caddesi ve referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonunda ölçümlerin tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.14. Cumhuriyet caddesinde belirli saatlerdeki ortalama FES değerleri

Diyagramdaki en yüksek ortalama FES indeksi değeri saat 12:00'da referans istasyonda (27,4°C) görülmektedir. Bu saatte Cumhuriyet Caddesi'nde de en yüksek değer görülmüştür (24,2°C). Her iki istasyonun aynı değer ile kesiştiği zaman dilimi 03:00-06:00 ile 15:00-18:00 saatleri arasındır. Bu zaman diliminde Cumhuriyet Caddesi referans istasyona göre daha düşük bunun dışında yani saat yaklaşık 15:00'dan 06:00'a kadar daha yüksek FES indeksi değerleri göstermiştir.

Cumhuriyet Caddesi ve referans istasyonun ölçüm süresi boyunca elde edilen ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Cumhuriyet Caddesi (Cum. Cd.) ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri

		03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	Orta- lama
Ortalama	Cum. Cd.	9,4	13,0	19,6	24,2	23,2	16,8	12,4	10,4	16,1
	MGM	5,1	12,3	20,6	27,4	23,7	12,0	8,5	6,2	14,5
En yüksek	Cum. Cd.	18,5	21,0	28,8	41,8	40,3	38,4	25,9	20,4	29,4
	MGM	11,5	23,7	35,6	38,7	39,9	18,9	15,2	12,8	24,5
En düşük	Cum. Cd.	0,8	6,0	10,3	7,9	8,1	5,4	2,7	-0,1	5,1
	MGM	-1,8	7,6	12,8	9,9	7,3	4,3	0,3	-2,5	4,7

Çizelgeye göre Cumhuriyet Caddesi'ndeki **en yüksek ortalama FES** saat 12:00'da 24,2°C olarak görülmektedir. Aynı saatte referans istasyondaki FES 27,4°C'dir. Caddedeki **en düşük ortalama FES** ise 9,4°C olarak saat 03:00'da görülmektedir. Referans istasyondaki durum ise 5,1°C'dir.

Cumhuriyet Cadde'sindehi **en yüksek FES** saat 12:00'da 41,8°C'dir. Referans istasyonda bu saatteki değer ise 38,7°C'dir. Caddedeki **en düşük FES** saat 00:00'da -0,1°C'dir. Aynı saatte referans istasyondaki değer -2,5°C'dir.

Sonuç olarak Cumhuriyet Caddesi'ndeki yüksek FES değerlerinin görüldüğü saat 12:00, düşük FES değerlerinin görüldüğü saat ise 00:00 ve 03:00 saatleri arasındır.

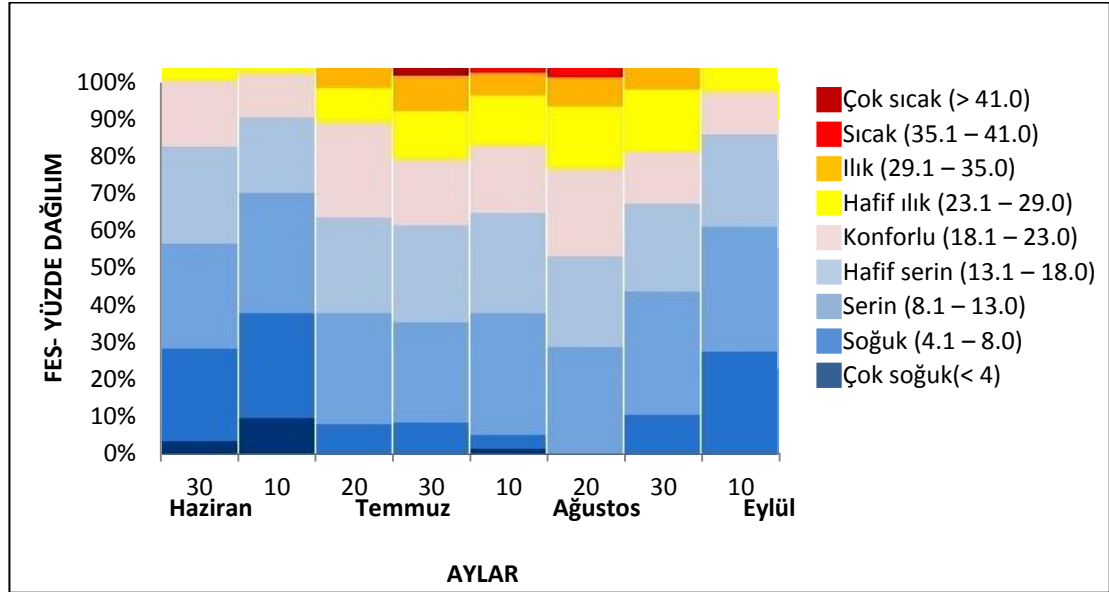
4.2.4. Yıldızkent biyoklimatik konfor değerleri

Yıldızkent'te bir konut önüne yerleştirilmiş sıcaklık ve nemölçer cihazına kaydedilmiş sıcaklık değerlerinin ölçüm noktası, Şekil 4.15'te yer alan hava fotoğrafında gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Yıldızkent ölçüm noktası

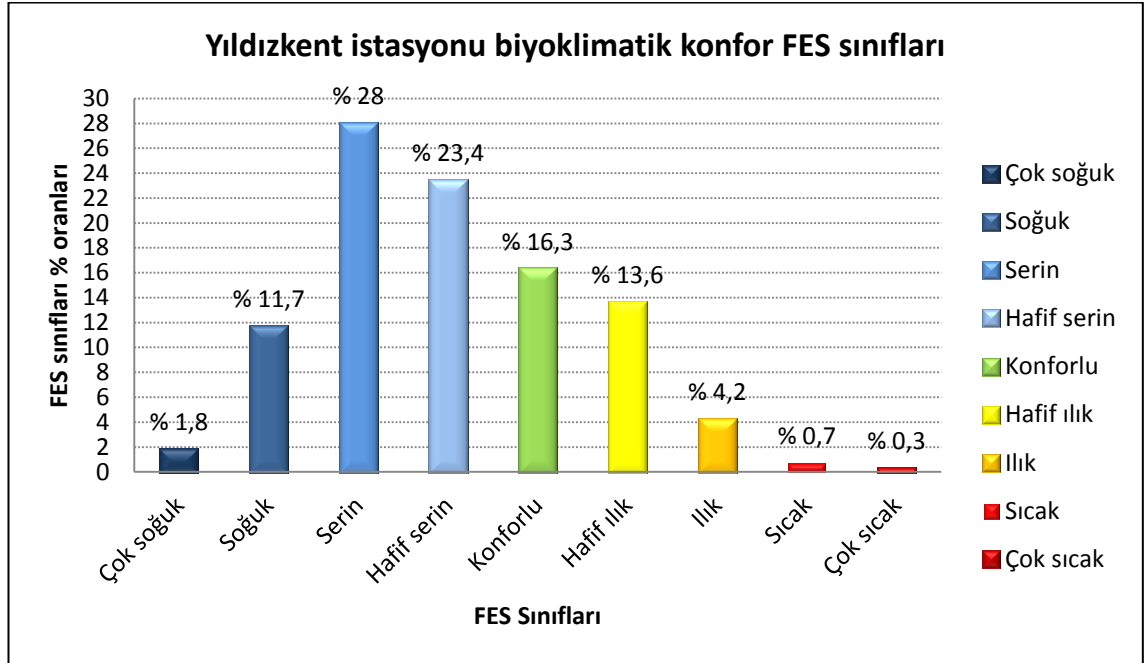
Yıldızkent semtinde konut bahçesine yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar günlük ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Yıldızkent için FES sınıflarının yüzde dağılımı

Soğuk strese maruz bırakacak “soğuk” ve “çok soğuk” stres aralıklarının görülmediği zaman dilimi sadece Ağustos ortasıdır. Bunun dışında “soğuk” stres aralığı her zaman diliminde mevcuttur ancak “çok soğuk” stres aralığı Temmuz başından sonra neredeyse yoktur. “Serin” stres aralığı baskın aralık olarak her zaman diliminde hemen hemen eşit oranda mevcuttur. “Hafif serin” stres aralığı da yaz boyunca birbirine yakın oranda dağılım göstermiştir.

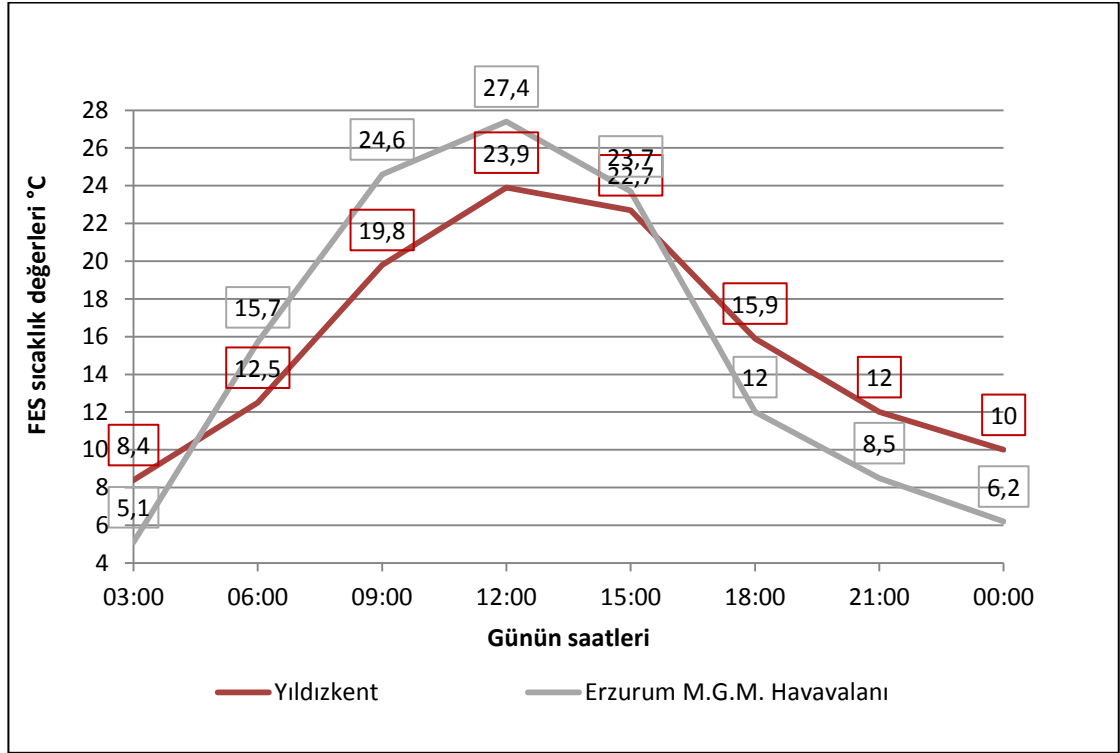
“Konforlu” ve “hafif ılık” konfor aralıkları her zaman mevcut ancak “konforlu” aralığın yüzdelik dağılımı ılık ve sıcak strese maruz bırakacak stres aralıkları dağılımından yüksektir. “Ilık” stres aralığı etkisi Temmuz ortasından Ağustos sonuna dek devam etmiştir. “Sıcak” stres aralığı Ağustos ayı içinde görülürken “çok sıcak” stres aralığı Temmuz ortasında hissedilmiştir. Şekil 4.17’de Yıldızkent yerleşkesine ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.17. Yıldızkent biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı

Grafiğe göre baskın aralık %28 ile “**serin**” stres aralığıdır. Daha sonra %23,4 ile “**hafif serin**” stres aralığı ardından da %16,3 ile “**konforlu**” aralık hissedilmiştir. Diğer stres aralıkları ise “**hafif ılık**” %13,6 > “**soğuk**” %11,7 > “**ılık**” %4,2 > “**çok soğuk**” %1,8 > “**çok sıcak**” %0,3 şeklindedir.

Şekil 4.18’de ise Cumhuriyet Caddesi ve referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonunda ölçümlerin tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.18. Yıldızkent'te belirli saatlerdeki ortalama FES değerleri

Diyagramdaki en yüksek ortalama FES indeksi değeri saat 12:00'da referans istasyonda (27,4°C) görülmektedir. Bu saatte Yıldızkent'te de en yüksek değer görülmüştür (23,9 °C). Her iki istasyonun aynı değer ile kesiştiği zaman dilimi 03:00-06:00 ile 15:00-18:00 saatleri arasındır. Bu zaman diliminde Yıldızkent referans istasyona göre daha düşük bunun dışında yani saat yaklaşık 15:00'dan 06:00'a kadar daha yüksek FES indeksi değerleri göstermiştir.

Yıldızkent yerleşkesi ve referans istasyonun ölçüm süresi boyunca elde edilen ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri Çizelge 4.5'de gösterilmektedir

Çizelge 4.5. Yıldızkent yerleşkesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri

		03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	Ortal ama
Ortalama	Yıldızkent	8,4	12,6	19,8	23,9	22,7	15,9	12,0	10,0	15,6
	MGM	5,1	12,3	20,6	27,4	23,7	12,0	8,5	6,2	14,5
En yüksek	Yıldızkent	15,7	20,4	31,8	46,5	40,3	38,4	25,9	18,8	29,7
	MGM	11,5	23,7	35,6	38,7	39,9	18,9	15,2	12,8	24,5
En düşük	Yıldızkent	1,7	5,3	9,8	10,4	11,0	7,0	3,2	1,3	6,2
	MGM	-1,8	7,6	12,8	9,9	7,3	4,3	0,3	-2,5	4,7

Çizelgeye göre Yıldızkent yerleşkesindeki **en yüksek ortalama FES** saat 12:00'da 23,9°C olarak görülmektedir. Aynı saatte referans istasyondaki FES 27,4°C'dir. **En düşük ortalama FES** ise Yıldızkent'te 8,4°C olarak saat 03:00'da görülmektedir. Referans istasyondaki durum ise 5,1°C'dir.

Yıldızkent yerleşkesindeki **en yüksek FES** saat 12:00'da 46,5°C'dir. Referans istasyonda bu saatteki değer ise 38,7°C'dir. Yıldızkent yerleşkesindeki **en düşük FES** saat 00:00'da 1,3°C'dir. Aynı saatte referans istasyondaki değer -2,5°C'dir.

Sonuç olarak Yıldızkent yerleşkesindeki FES değerlerinin yüksek olduğu saat 12:00, FES değerlerinin düşük olduğu saat ise 03:00 ve 00:00 arası olduğu gözlemlenmiştir.

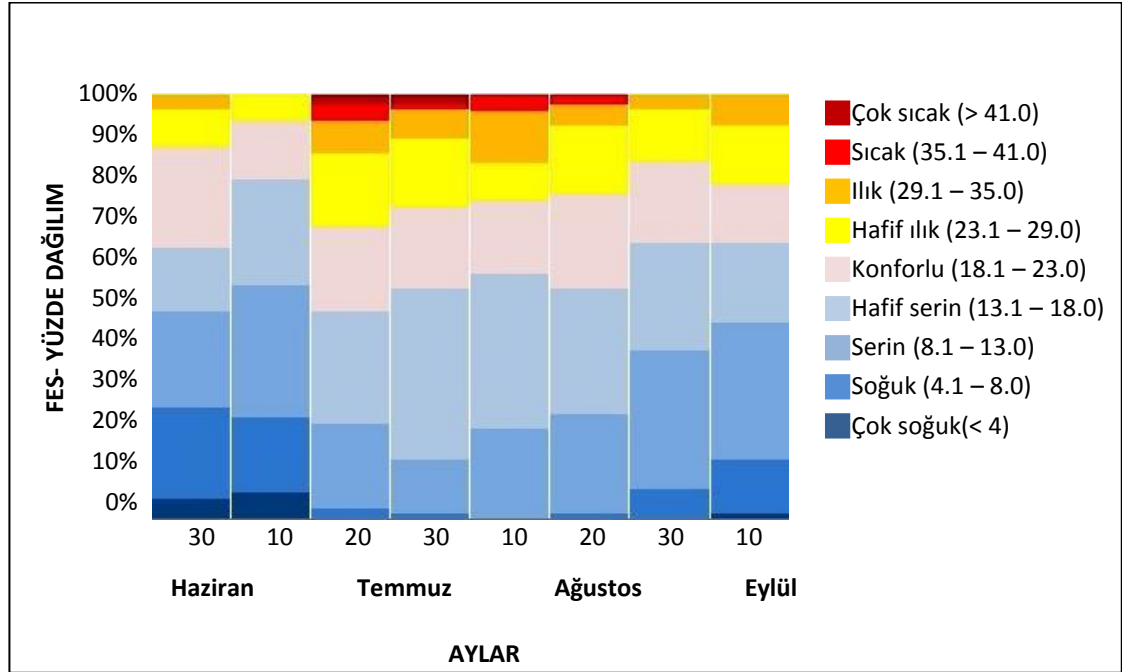
4.2.5. Yenişehir biyoklimatik konfor değerleri

Yenişehir semtine ait sıcaklık değerleri semtte bulunan bir mağaza önüne yerleştirilen ısı ve nemölçer cihazı ile ölçülmüştür. Semtte ölçüm yapılan noktanın hava fotoğrafı Şekil 4.19'da işaretlenmiştir.



Şekil 4.19. Yenişehir ölçüm noktası

Yenişehir semtinde bir mağaza önüne yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar günlük ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.20).

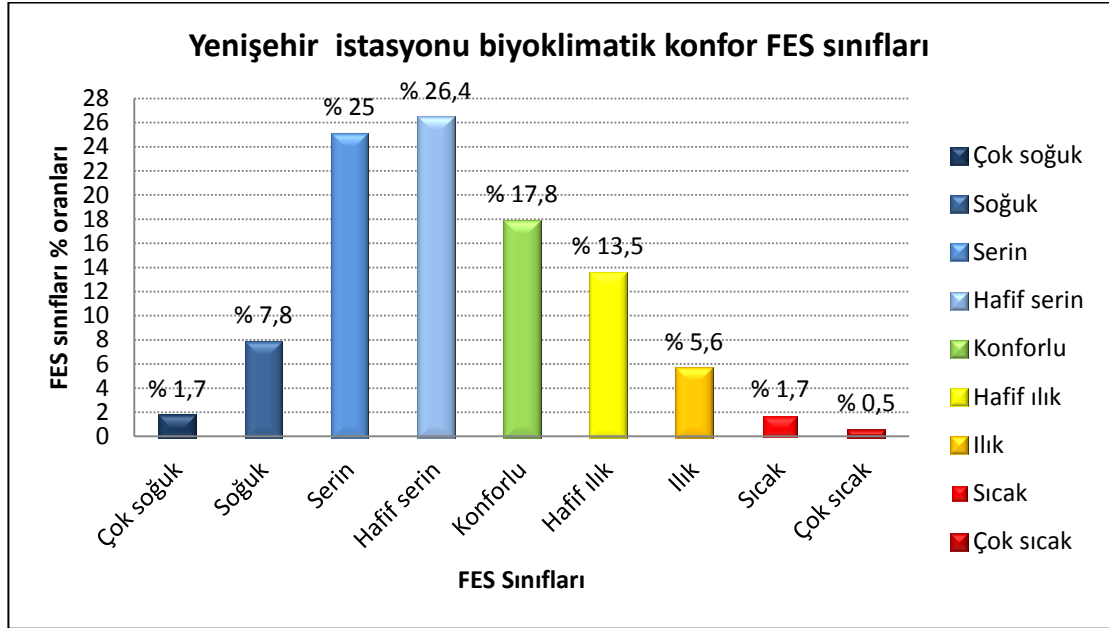


Şekil 4.20. Yenişehir için FES sınıflarının yüzde dağılımı

“Çok soğuk” stres aralığı Temmuz başına kadar biraz etkili olarak sonrasında ortadan kaybolmuş ve eylül başında yeniden açığa çıkmıştır. “Soğuk” stres aralığı ise yaz ortasında etkisini aza indirerek Ağustos ortasında tamamen kaybolmuştur.

“Serin” stres aralığının yaz ortasında yüzdelik dilimlerinin düşmesiyle “hafif serin” stres aralığında yükselme görülmektedir.

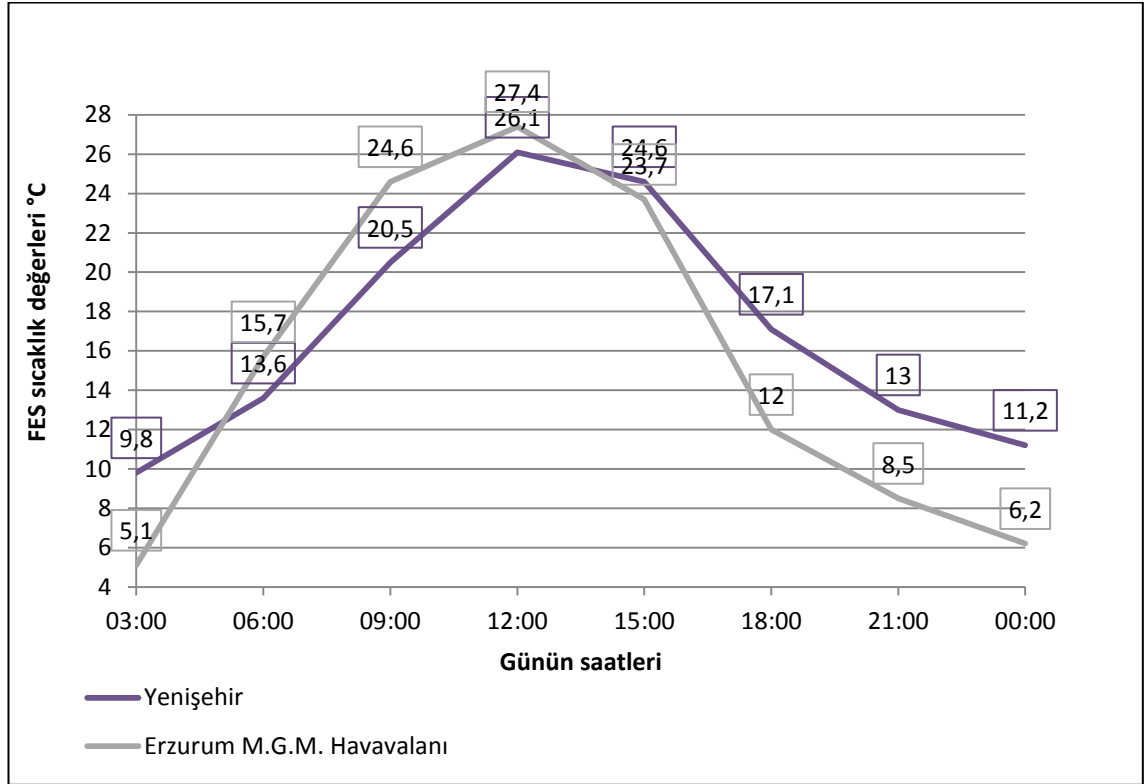
“Konforlu” ve “hafif ılık” konfor aralıkları kararlı olarak yaz boyunca etkilidir. “Ilık” stres aralığı sadece Temmuz başında hissedilmemiştir. “Sıcak” stres aralığı Temmuz ortasından Ağustos ortasına kadar devam ederek “çok sıcak” stres aralığı Temmuz ortası ve sonunda ortaya çıkmıştır. Şekil 4.21’de Yenişehir yerleşkesine ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.21. Yenişehir biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı

Grafiğe göre baskın aralık %26,4 ile **“hafif serin”** stres aralığıdır. Daha sonra %25 ile **“serin”** stres aralığı, ardından ise %17,8 ile **“konforlu”** aralık hissedilmiştir. Diğer stres aralıkları; **“hafif ılık”** %13,5 > **“soğuk”** %7,8 > **“ılık”** %5,6 > **“çok sıcak”** %1,7 = **“çok soğuk”** %1,7 şeklindedir.

Şekil 4.22’de ise Yenişehir yerleşkesi ve referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonu ölçümlerinin tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.22. Yenişehir’de belirli saatlerde ölçülen ortalama FES diyagramı

Diyagramdaki en yüksek ortalama FES indeksi değeri saat 12:00’da referans istasyonda (27,4°C) görülmektedir. Bu saatte Yenişehir’de de en yüksek değer görülmüştür (26,1°C). Her iki istasyonun aynı değer ile kesiştiği zaman dilimi 03:00-06:00 ile 12:00-15:00 saatleri arasındır. Bu zaman diliminde Yenişehir referans istasyona göre daha düşük bunun dışında yani saat yaklaşık 12:00’dan 06:00’a kadar daha yüksek FES indeksi değerleri göstermiştir.

Yenişehir yerleşkesi ve referans istasyonun ölçüm süresi boyunca elde edilen ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri Çizelge 4.6’da gösterilmektedir

Çizelge 4.6. Yenişehir yerleşkesi ve Erzurum MGM hava alanı istasyonu saatlere göre ortalama, yüksek ve düşük FES indeksi değerleri

		03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	Ortalama
Ortalama	Yenişehir	9,8	13,6	20,5	26,6	23,7	18,1	13,5	11,2	17,5
	MGM	5,1	12,3	20,6	27,4	23,7	12,0	8,5	6,2	14,5
En yüksek	Yenişehir	17,3	22,5	31,1	41,6	39,6	37,7	25,3	20,1	29,4
	MGM	11,5	23,7	35,6	38,7	39,9	18,9	15,2	12,8	24,5
En düşük	Yenişehir	0,8	5,5	11,0	13,0	12,6	6,0	4,4	2,1	6,9
	MGM	-1,8	7,6	12,8	9,9	7,3	4,3	0,3	-2,5	4,7

Çizelgeye göre Yenişehir yerleşkesindeki **en yüksek ortalama FES** saat 12:00'da 26,1°C olarak görülmektedir. Aynı saatte referans istasyondaki FES 27,4°C'dir. **En düşük ortalama FES** ise Yenişehir yerleşkesinde 9,8°C olarak saat 03:00'da görülmektedir. Referans istasyondaki durum ise 5,1°C'dir.

Yenişehir yerleşkesindeki **en yüksek FES** saat 12:00'da 41,6°C'dir. Referans istasyonda bu saatteki değer ise 38,7°C'dir. Yenişehir'deki **en düşük FES** saat 03:00'da 0,8°C'dir. Aynı saatte referans istasyondaki değer -1,8°C'dir.

Sonuç olarak Yıldızkent yerleşkesindeki yüksek FES değerleri saat 12:00, düşük FES değerleri ise saat 03:00 olduğu gözlemlenmiştir.

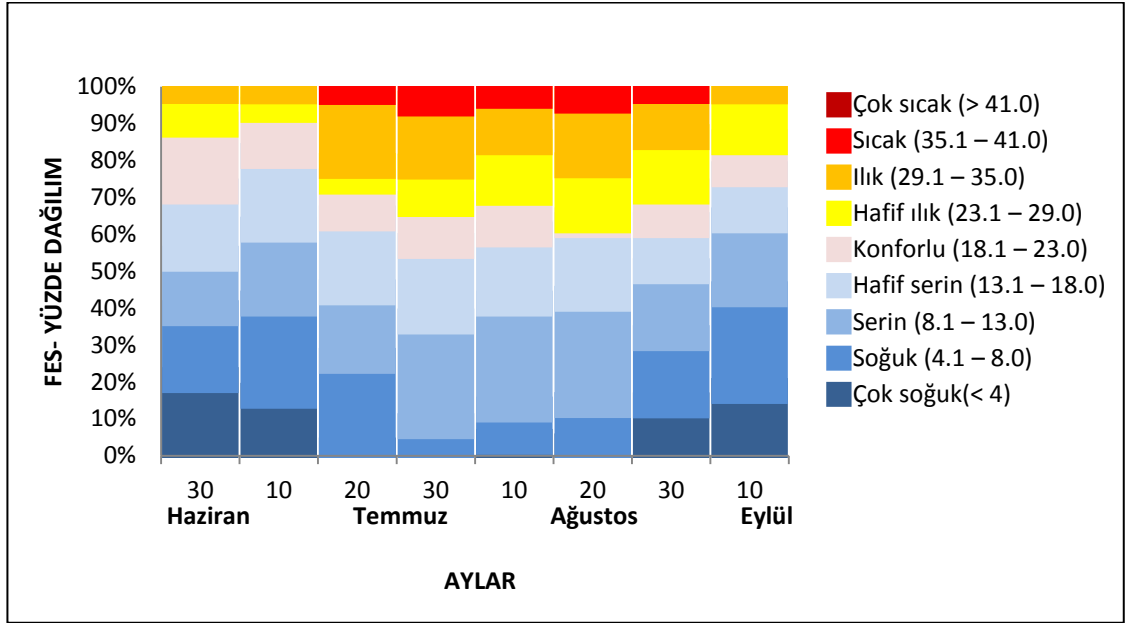
4.2.6. Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu biyoklimatik konfor değerleri

Erzurum Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Havaalanı İstasyonu'ndan elde edilen meteorolojik parametrelerin ölçüm noktası Şekil 4.23'deki hava fotoğrafında gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu ölçüm noktası

Erzurum Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Havaalanı merkez istasyonundan elde edilen değerlere göre hesaplanmış FES değerlerinin zamansal dağılımları, onar günlük ortalamalar ile 20 Haziran ve 10 Eylül tarihleri arasında yüzde değer olarak belirlenmiştir (Şekil 4.24).

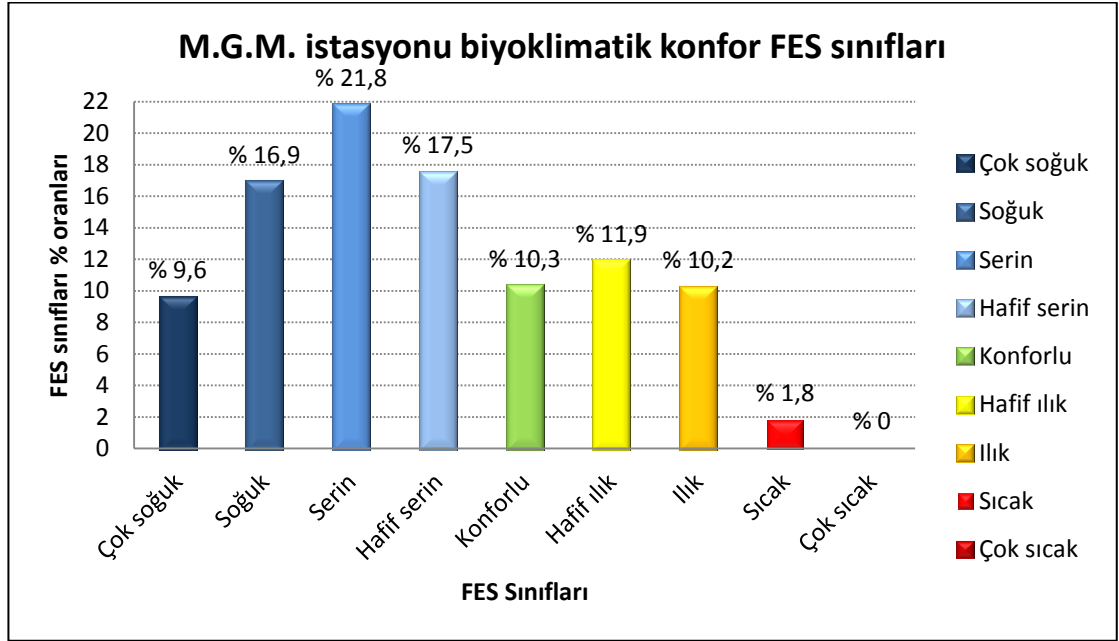


Şekil 4.24. Erzurum M.G.M. merkez istasyonu için FES sınıflarının yüzde dağılımı

Şekle göre, ilde “çok soğuk” stres aralığı Haziran sonu- Temmuz başı ve Ağustos sonu- Eylül başında belirgin durumda görünürken, Temmuz ortası, Ağustos başı ve ortasında meydana gelen düşüşle “sıcak” stres aralığı açığa çıkmıştır. Temmuz sonunda ise “çok soğuk” stres etkisi tamamen kaybolmuştur.

“Soğuk” stres aralığı yaz ortasında düşerek “serin” konfor aralığını arttırmıştır. “Hafif serin” aralık Haziran sonundan Ağustos ortasına kadar eşit düzeyde devam ederek yaz sonunda “soğuk” stresin artmasıyla etkisini düşürmüştür.

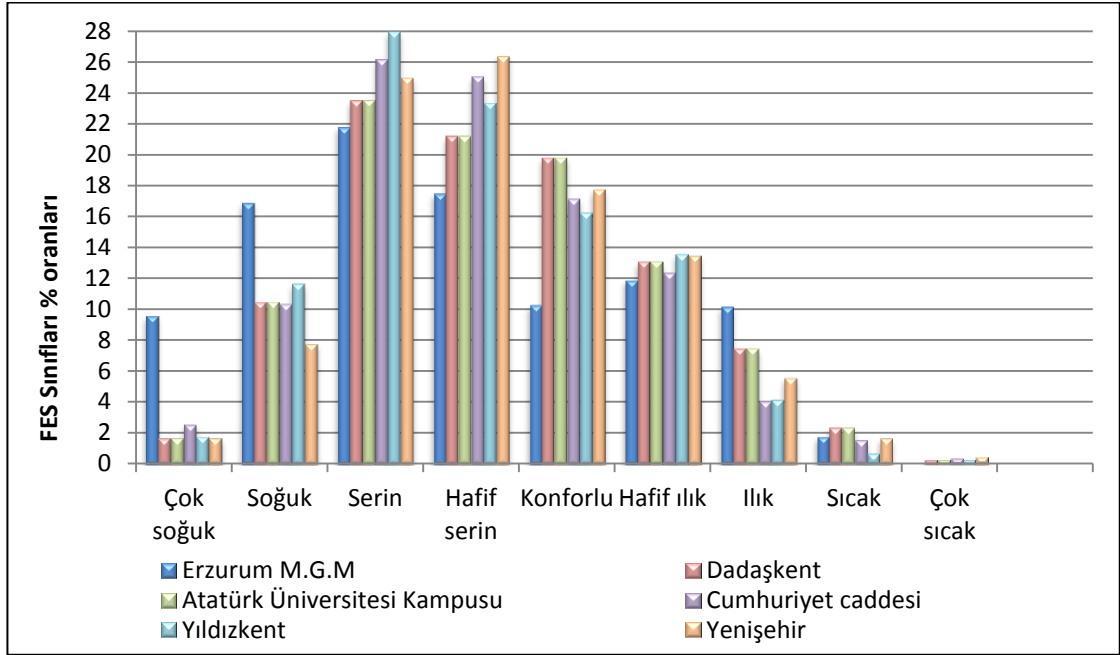
Biyoklimatik olarak “konforlu” aralık yaz boyunca sürekli dağılım gösterse de Ağustos ortasında çok düşük seviyededir. “Hafif ılık” aralık etkisi Temmuz ayı içinde daha az olmakla birlikte düşük ve sürekli dağılım göstermektedir. “Ilık” konfor aralığı yaz başı ve ortasında yüzde olarak çok düşük seviyede görülmektedir ancak yaz ortasında artış göstererek sonrasında konforlu günlerin meydana gelmesinde etkili olmuştur. Şekil 4.25’te Erzurum MGM Havaalanı istasyonuna ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Erzurum M.G.M. istasyonu biyoklimatik konfor sınıfları yüzde dağılımı

Grafiğe göre baskın aralık %21,8 ile **“serin”** stres aralığıdır. Daha sonra %17,5 ile **“hafif serin”** stres aralığı, ardından ise %16,9 ile **“soğuk”** aralık hissedilmiştir. Diğer stres aralıkları; **“hafif ılık”** %11,9 > **“konforlu”** %10,3 > **“ılık”** %10,2 > **“çok soğuk”** %9,6 > **“sıcak”** %1,8 > **“çok sıcak”** %0 şeklindedir.

Şekil 4.26’da yaz mevsimi içinde meteorolojik ölçüm cihazlarından ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonundan elde edilen değerlere göre hesaplanmış ortalama FES değerlerinin biyoklimatik konfor stres aralıklarının yaz mevsimi içinde etkili olduğu yüzde dağılımları, gösterilmektedir.

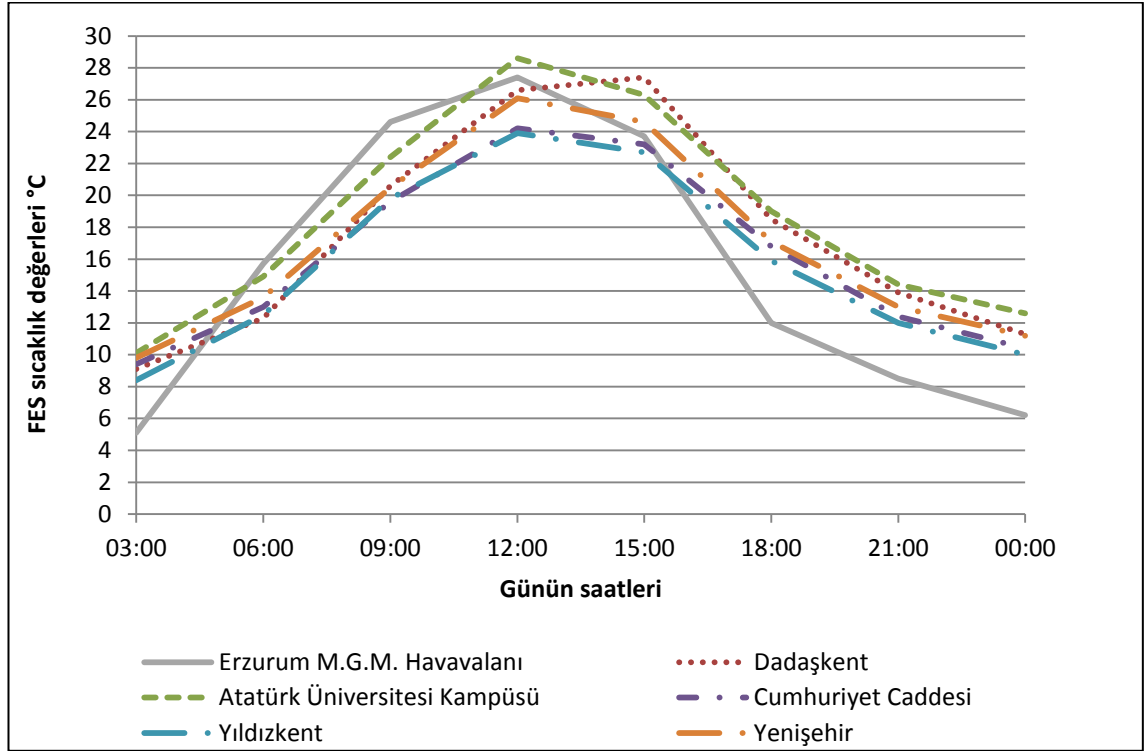


Şekil 4.26. Yaz aylarında incelenen altı alanın FES yüzde dağılımı

FES termal indeksine göre Şekil 4.26’da görüldüğü gibi yaz mevsimi boyunca bir istisna referans alınan istasyon dışında tüm alanlarda termal stres aralıkları kısmen benzer dağılım göstermiştir. Erzurum kentinde yaz mevsiminde, Dadaşkent, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent ve referans istasyonda “serin” stresin baskın olduğu, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ile Yenişehir’in son derece konforlu olduğu görülmektedir.

Genel olarak yaz mevsimine bakıldığında Erzurum kentinde “serin” stres aralığı baskın olmak üzere sonrasında “hafif serin” ve ardından “konforlu” aralık etkilidir.

Şekil 4.27’de ise 5 istasyon (Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent, Yenişehir) ile referans istasyon olan Erzurum MGM Havaalanı istasyonu ölçümlerinin tüm saatlerdeki ortalama FES indeksi değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.27. istasyonlara ait saatlik ortalama FES diyagramı

Şekle göre yaz ayları içinde düşük ortalama FES değerleri referans istasyonda görülmektedir. Diğer istasyonlar birbirini takip eden FES değerleri gösterecek şekilde düşük FES değeri Yıldızkent'te görülürken (8,4°C), yüksek ortalama FES değeri ise Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde (28,6°C) görülmektedir.

06:00-15:00 arası 5 istasyon nispeten referans istasyona göre düşük FES göstermektedir. 15:00-06:00 arası ise 3 °C- 6°C yüksek FES değeri göstermektedir.

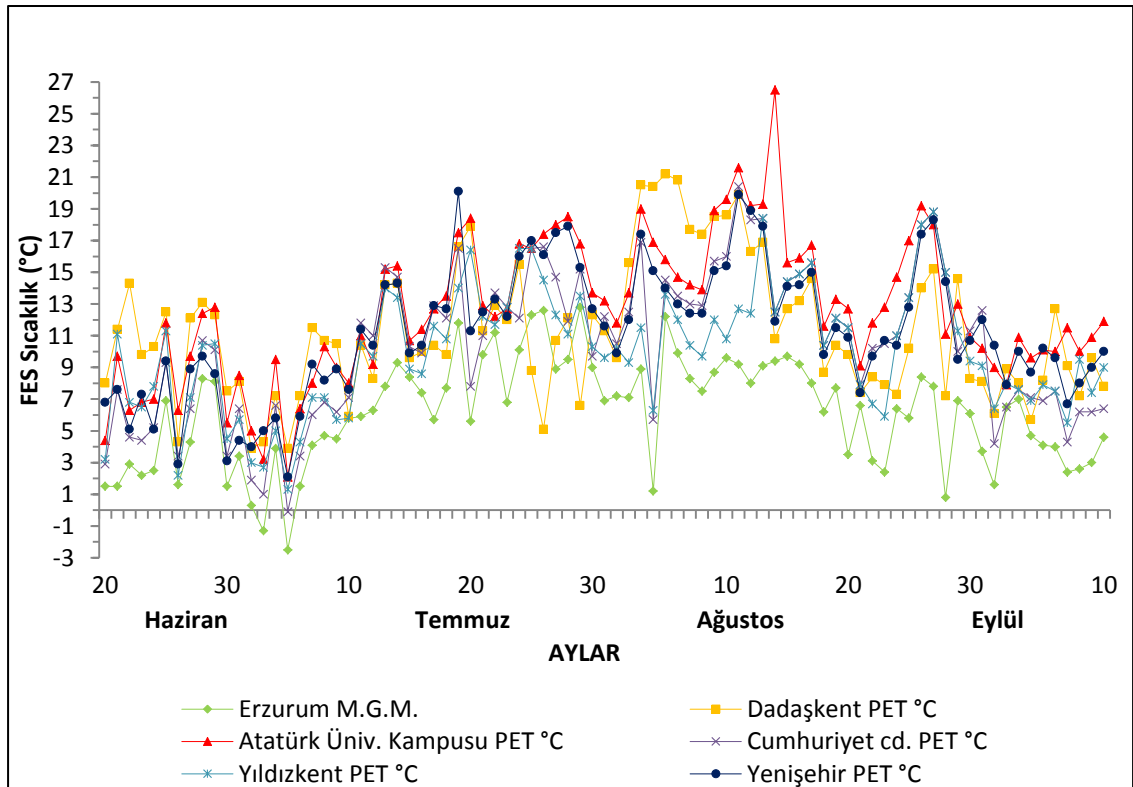
Grafiğe bakıldığında 5 istasyon ortalama FES değerlerine göre: Atatürk Üniversitesi yerleşkesi > Dadaşkent > Yenişehir > Cumhuriyet Caddesi > Yıldızkent, şeklinde sıralanabilmektedir

4.3. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Saatlara Göre Bölgesel Dağılımları

Çalışmada ölçüm yapılan tarihler arasında inceleme altındaki 6 alanın ayrı ayrı düşük ve yüksek FES değerlerini gösteren tarihleri belirlenerek, söz konusu tarihlerde diğer istasyonların gösterdikleri FES değerleri ile karşılaştırılmıştır. Alanların FES incelemeleri düşük rakımlı istasyondan başlayarak yüksek rakımlı istasyonda son bulmuştur.

4.3.1. 00:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi, Cumhuriyet caddesi, Yıldızkent, Yenişehir semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanan FES değerlerinin saat 00:00'a göre dağılımları Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28. Tüm istasyonların saat 00:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

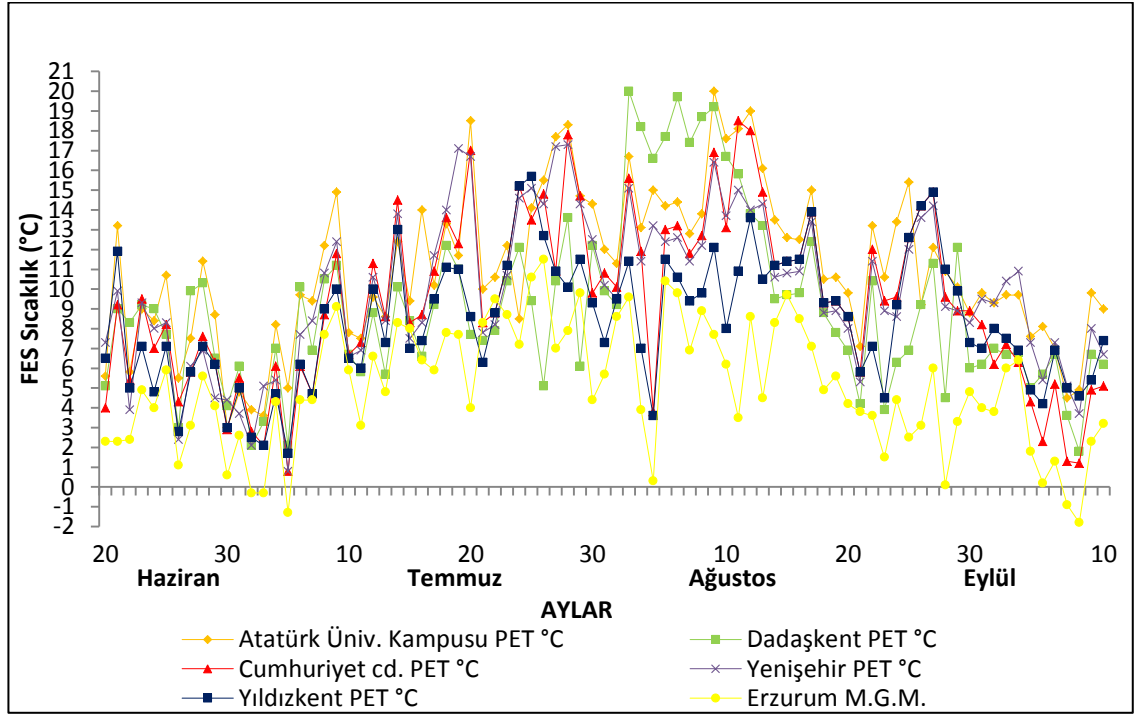
Ölçüm yapılan tarihler arasında 5 Temmuz 2012 tarihinde Dadaşkent istasyonu (3,9°C) dışında Atatürk Üniversitesi yerleşkesi (2,1°C), Cumhuriyet caddesi (-0,1°C), Yıldızkent (1,3°C), Yenişehir (2,1 °C), Erzurum M.G.M. havalanı istasyonu (-2,5°C) kendi alanları için **düşük FES değerlerini** göstermiştir. İncelenen tarihler arasında Dadaşkent istasyonunda görülen **düşük FES değerleri** 2-5 Temmuz 2012 tarihlerinde, 3,9°C olarak gözlenmiştir.

Ölçüm yapılan tarihler arasında saat 00:00'da istasyonlarda ölçülen **yüksek FES değerleri**;

- Dadaşkent 5 Ağustos 2012 tarihinde 21,2°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 14 Ağustos 2012 tarihinde 26,5°C,
- Cumhuriyet Caddesi 11 Ağustos 2012 tarihinde 20,4°C,
- Yıldızkent 27 Ağustos 2012 tarihlerinde 18,8°C
- Yenişehir 19 Temmuz 2012 tarihinde 20,1°C
- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 29 Temmuz 2012 tarihlerinde 12,8°C'dir

4.3.2. 03:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi, Cumhuriyet caddesi, Yıldızkent, Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 03:00'a göre dağılımları Şekil 4.29'de verilmiştir.



Şekil 4.29. Tüm istasyonların saat 03:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde **düşük FES değerleri:**

- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 30 Haziran 2012 tarihinde 3°C,
- 8 Eylül 2012 tarihinde, Dadaşkent istasyonu 1,8°C, Erzurum M.G.M. havaalanı - 1,8°C,
- 5 Temmuz 2012 tarihinde, Cumhuriyet Caddesi 0,8°C, Yenişehir ise 0,8°C'dir.

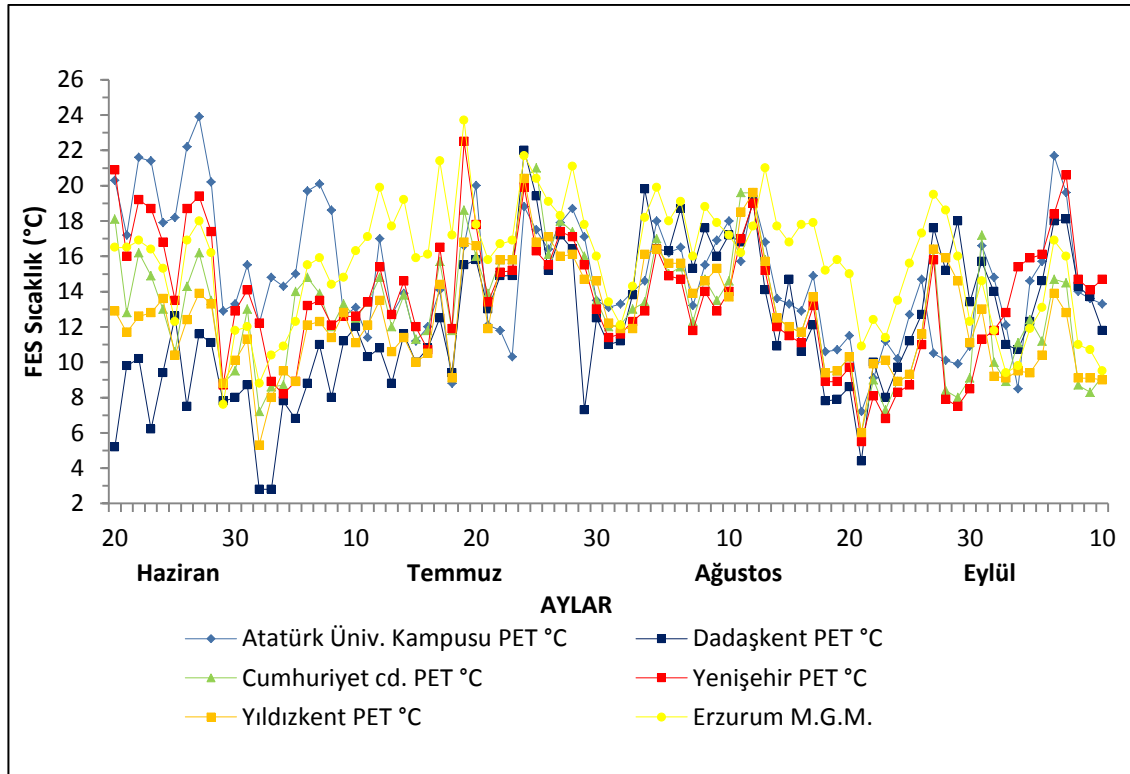
Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde **yüksek FES değerleri:**

- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 9 Ağustos 2012 tarihinde 20°C,
- Dadaşkent istasyonu 2 Ağustos 2012 tarihinde 20°C,
- Cumhuriyet Caddesi 11 Ağustos 2012 tarihinde 18,5°C,
- Yenişehir 28 Temmuz 2012 tarihinde 17,3°C,
- Yıldızkent 25 Temmuz 2012 tarihinde 15,7°C,

- Erzurum M.G.M havaalanı istasyonu 26 Temmuz 2012 tarihinde 11,5 °C'dir.

4.3.3. 06:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 06:00'ya göre dağılımları Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Tüm istasyonların saat 06:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde **düşük** FES değerleri:

- 21 Ağustos 2012 tarihinde Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 7,2°C, Cumhuriyet Caddesi 6°C ve Yenişehir 5,5°C,

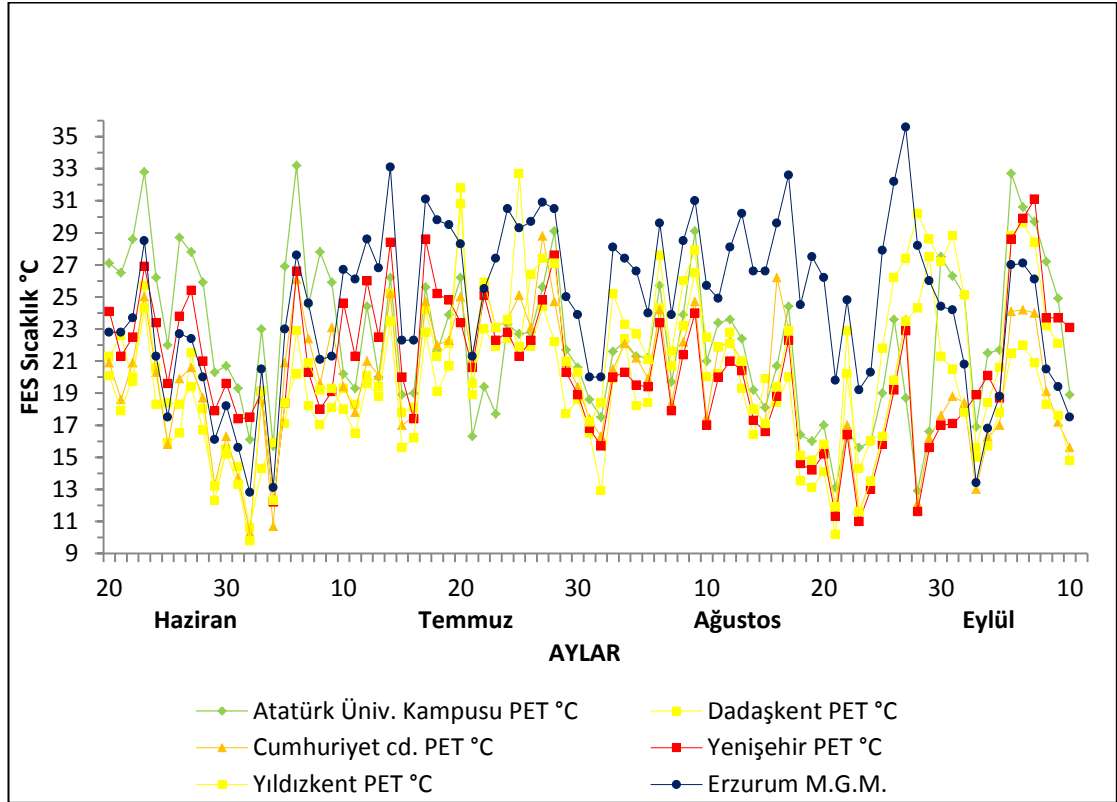
- 2 Temmuz 2012 tarihinde, Dadaşkent 2,8°C, Yıldızkent 5,3°C,
- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 29 Haziran 2012 tarihinde, 7,6 °C olarak gözlemlenmiştir.

Ölçüm yapılan tarihler arasında görülen **yüksek FES değerleri:**

- 24 Temmuz 2012 tarihinde Dadaşkent istasyonu 22°C, Yıldızkent 20,4°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 27 Haziran 2012 tarihinde 23,9°C,
- Cumhuriyet Caddesi 25 Temmuz 2012 tarihinde 21°C,
- Yenişehir 19 Temmuz 2012 tarihinde 22,5°C,
- Erzurum M.G.M istasyonunda 19 Temmuz 2012 tarihinde 23,7°C'dir.

4.3.4. 09:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 09:00'a göre dağılımları Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31. Tüm istasyonların saat 09:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlarda görülen **düşük FES değerleri:**

- Dadaşkent 21 Ağustos 2012 tarihinde, 10,2°C,
- 2 Temmuz 2012 tarihinde, Cumhuriyet Caddesi 10,3°C ve Yıldızkent 9,8°C, Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 12,8°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 28 Temmuz 2012 tarihinde 12,9°C,
- Yenişehir 23 Ağustos 2012 tarihinde 11°C'dir.

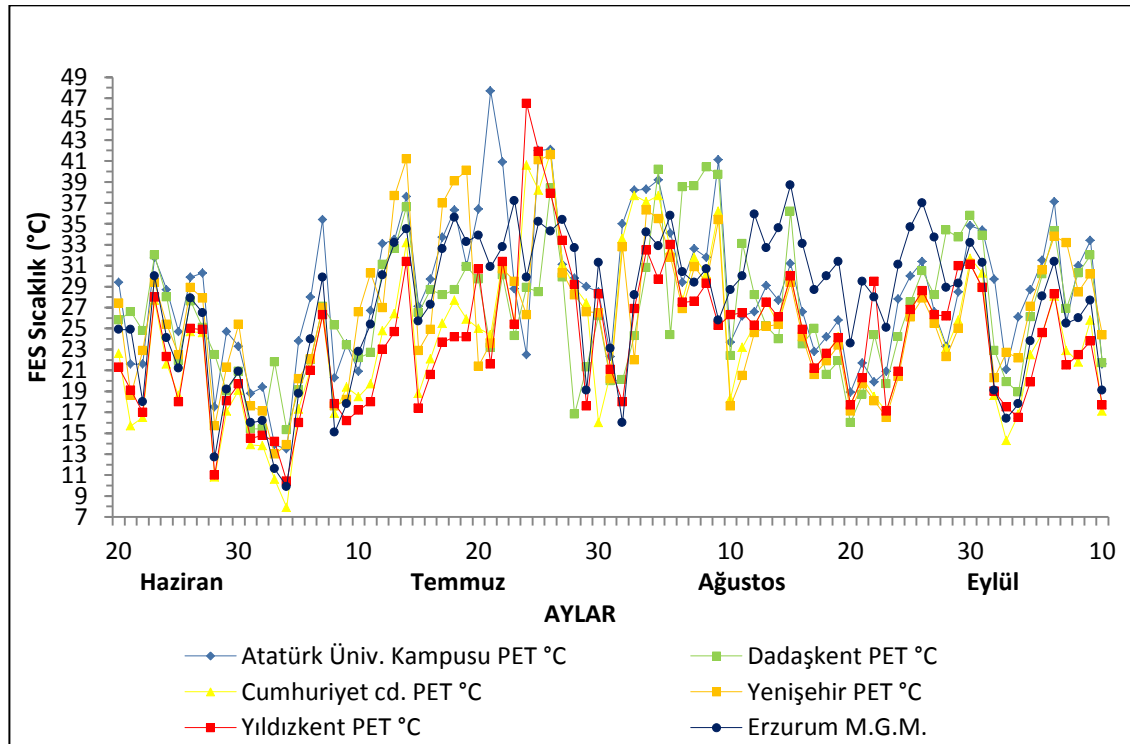
Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen **yüksek FES değerleri:**

- Dadaşkent 25 Temmuz 2012 tarihinde 32,7°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 6 Temmuz 2012 tarihinde 33,2°C,
- Cumhuriyet Caddesi 27 Temmuz 2012 tarihinde 28,8°C,

- Yıldızkent 20 Temmuz 2012 tarihinde 31,8°C
- Yenişehir 7 Eylül 2012 tarihinde 31,1°C,
- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 27 Ağustos 2012 tarihinde 35,6°C'dir.

4.3.5. Biyoklimatik konfor değerlerinin saat 12:00'a göre bölgesel dağılımları

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 12:00'a göre dağılımları Şekil 4.32'de verilmiştir.



Şekil 4.32. Tüm istasyonların saat 12:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen düşük FES değerleri:

- 4 Temmuz 2012 tarihinde, Dadaşkent 15,3°C, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 13,5°C,

Cumhuriyet caddesi 7,9°C, Yıldızkent 10,4°C ve Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 9,9°C,

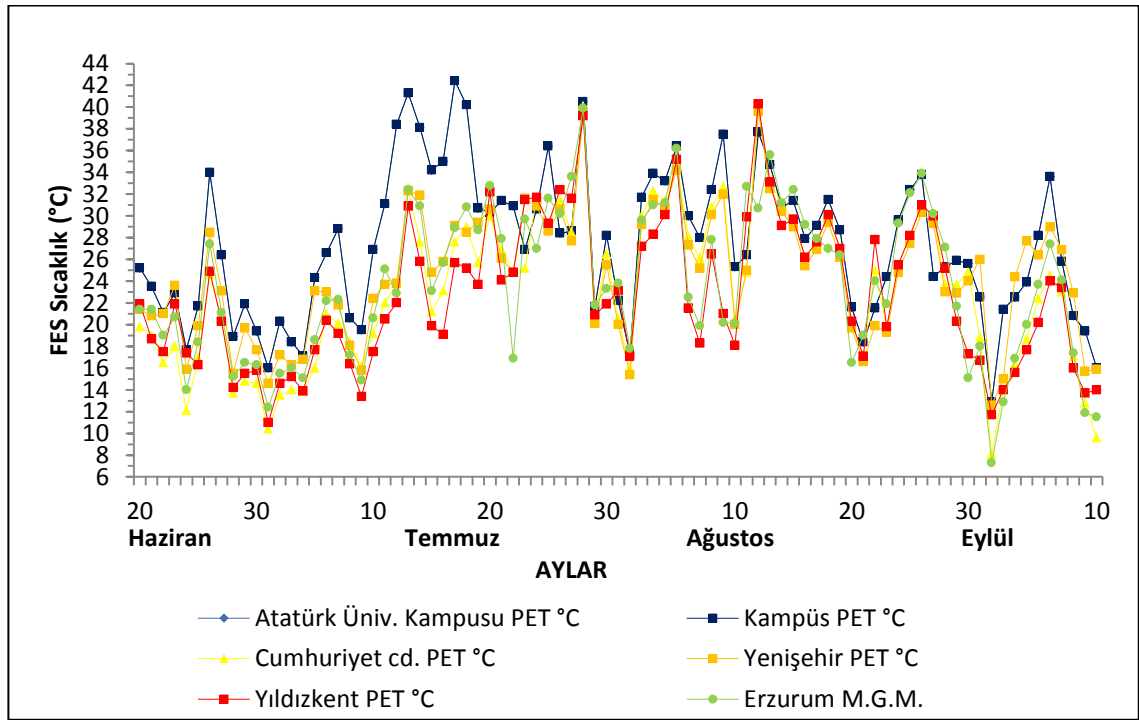
- Yenişehir 3 Temmuz 2012 tarihinde 13°C'dir.

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde **yüksek FES değerleri:**

- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 15 Ağustos 2012 tarihinde 38,7°C,
- Dadaşkent 8 Ağustos 2012 tarihinde 40,4°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 21 Temmuz 2012 tarihinde 47,7°C,
- 26 Temmuz 2012 tarihinde Cumhuriyet Caddesi 41,8 °C, Yenişehir 41,6°C,
- Yıldızkent 24 Temmuz 2012 tarihinde 46,5°C'dir.

4.3.6. 15:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 15:00'a göre dağılımları Şekil 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.33. Tüm istasyonların saat 15:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen **düşük FES değerleri**:

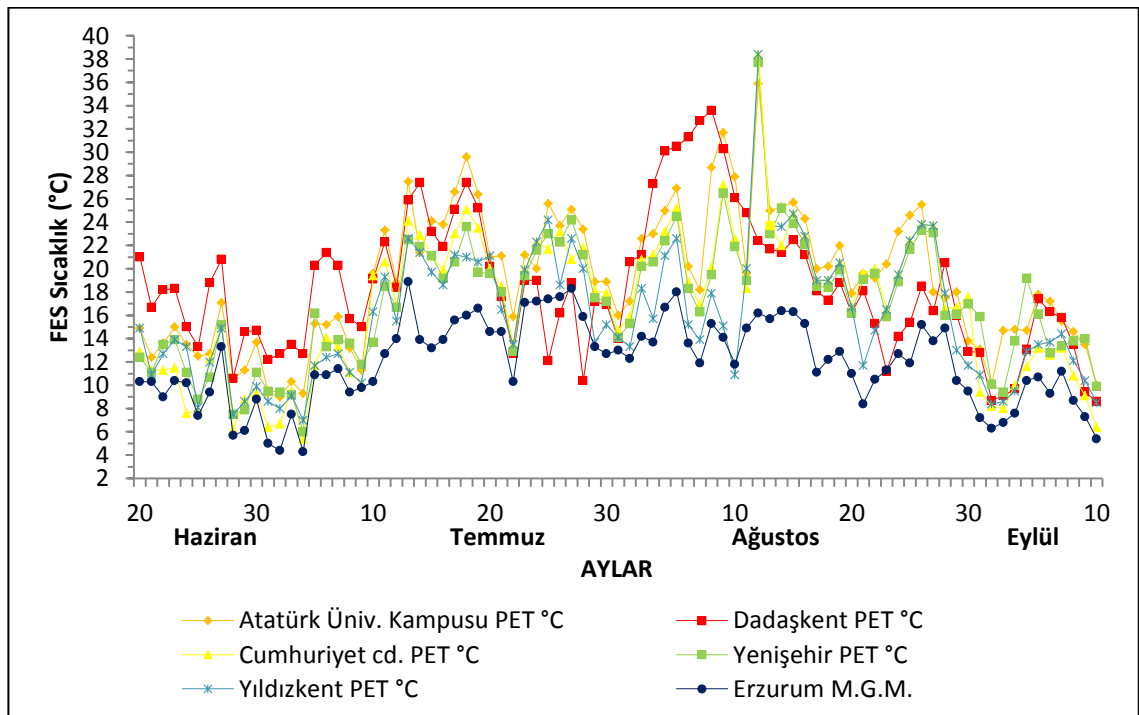
- 1 Eylül 2012 tarihinde, Dadaşkent 11,7°C, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 12,9°C, Cumhuriyet caddesi 8,1°C, Yenişehir 12,6°C ve Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonunda 7,3°C,
- Yıldızkent istasyonu 1 Temmuz 2012 tarihinde 11°C.

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde görülen **yüksek FES değerleri**:

- Dadaşkent 3 Ağustos 2012 tarihinde 41,5°C,
- Atatürk Üniversitesi 17 Temmuz 2012 tarihinde 42,4°C,
- 12 Ağustos 2012 tarihinde Cumhuriyet Caddesi 40,3°C, Yıldızkent 40,3°C ve Yenişehir 39,6°C,
- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 28 Temmuz 2012 tarihinde 39,9°C'dir.

4.3.7. Biyoklimatik konfor değerlerinin saat 18:00'a göre bölgesel dağılımları

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 18:00'a göre dağılımları Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34. Tüm istasyonların saat 18:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen **düşük FES değerleri**:

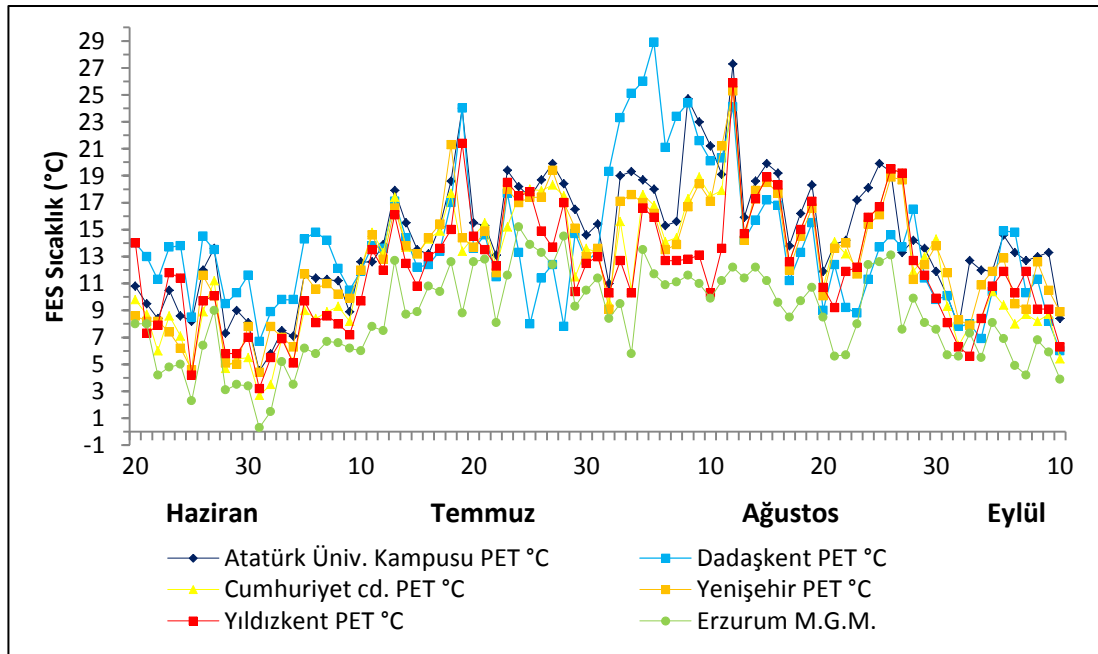
- Dadaşkent 10 Eylül 2012 tarihinde, 8,6°C,
- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 2 Temmuz 2012 tarihinde 9°C,
- 4 Temmuz 2012 tarihinde, Cumhuriyet Caddesi 5,4°C, Yıldızkent 7°C, Yenişehir 6 °C ve Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 4,3°C'dir.

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen **yüksek FES değerleri**:

- Dadaşkent 8 Ağustos 2012 tarihinde 33,6°C,
- 12 Ağustos 2012 tarihinde, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 35,9°C, Cumhuriyet Caddesi 38,4 °C, Yıldızkent 38,4°C ve Yenişehir 37,7°C,
- Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu 12 Temmuz 2012 tarihinde 18,9°C'dir.

4.3.8. 21:00'da görülen biyoklimatik konfor değerleri

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin saat 21:00'a göre dağılımları Şekil 4.35'te verilmiştir.



Şekil 4.35. Tüm istasyonların saat 21:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde

istasyonlarda görülen **düşük FES** değerleri:

- Dadaşkent 10 Eylül 2012 tarihinde, 6°C,
- 1 Temmuz 2012 tarihinde Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 4,5°C, Cumhuriyet Caddesi 2,7°C, Yenişehir 4,4°C, Yıldızkent 3,2°C ve Erzurum M.G.M. istasyonu 0,3°C, ile her biri düşük FES değerini göstermiştir.

Ölçüm yapılan tarihler arasında istasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde istasyonlarda görülen **yüksek FES** değerleri:

- Dadaşkent 5 Ağustos 2012 tarihinde 28,9°C,
- 12 Ağustos 2012 tarihinde, Atatürk Üniversitesi yerleşkesi 27,3°C, Cumhuriyet Caddesi 25,9°C, Yenişehir 25,3°C, Yıldızkent 25,9°C, Erzurum M.G.M. 15,2°C ile bu bölgeler için yüksek FES değerleridir.

4.4. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Tüm Saatlara Göre Bölgesel Dağılımları

Dadaşkent, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Cumhuriyet Caddesi, Yıldızkent Yenişehir, semtlerinde yer alan meteoroloji ölçüm cihazları ve Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu değerlerine göre hesaplanmış FES değerlerinin tüm saatlara göre ortalama değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. İstasyonlara ait saatlik ortalama FES değerleri

Saat	Erzurum M.G.M. FES °C	Dadaşkent FES °C	Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi FES °C	Cumhuriyet cd. FES °C	Yıldızkent FES °C	Yenişehir FES °C
00:00	6,2	11,3	12,6	10,4	10,0	11,2
03:00	5,1	9,1	10,1	9,4	8,4	9,8
06:00	15,7	12,3	14,9	13,0	12,5	13,6
09:00	24,6	20,6	22,4	19,6	19,8	20,5
12:00	27,4	26,6	28,6	24,2	23,9	26,1
15:00	23,7	27,4	26,3	23,2	22,7	24,6
18:00	12,0	18,5	19,0	16,8	15,9	17,1
21:00	8,5	13,9	14,4	12,4	12,0	13,0
Ortalama	15,4	17,5	18,5	16,1	15,7	17,0

Çizelgede tüm saatlerdeki ortalama **yüksek FES değerleri** Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde görülmektedir.

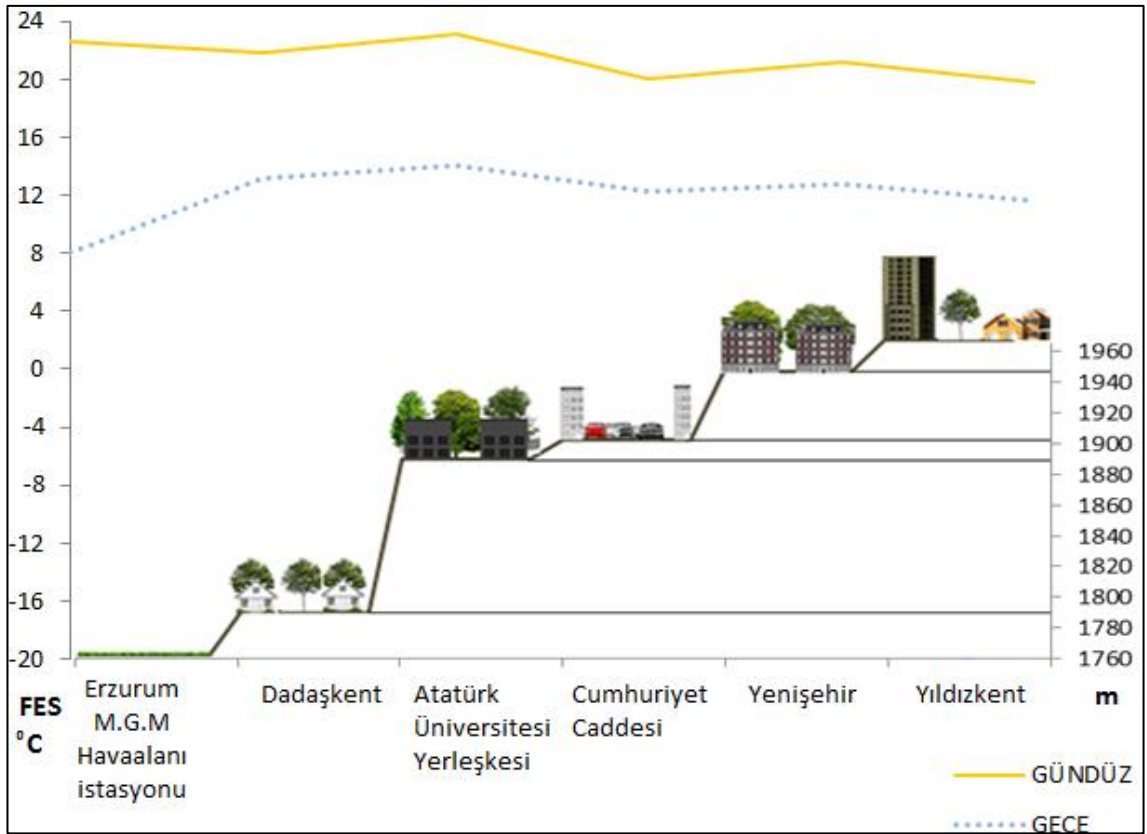
Tüm saatlerdeki **düşük FES değerleri** ise:

- 00:00, 03:00, referans istasyonda,
- 06:00, Yıldızkent'te,
- 09:00, Cumhuriyet Caddesi'nde,
- 12:00, 15:00, Yıldızkent'te,
- 18:00, 21:00 referans istasyon'da görülmektedir.

Erzurum kenti ortalama FES değerleri ölçüm yapılan saatler arasında incelendiğinde yüksek FES saat 12:00'da 28, 6°C ile kentsel alan Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi'nde yaşanmıştır. Düşük ortalama FES ise saat 3:00'da Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu göstermiştir (Çizelge 4.7).

4.5. Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Kentsel ve Kırsal Alanlara göre Bölgesel Dağılımları

Çalışma alanında kırsal alan ve kentsel alan arasında biyoklimatik konfor değerleri açısından belirgin farklılıklar görülürken bitkisel tasarımın görüldüğü yerler ile yapısal alanlar arasında da değerlerin dağılımı açısından büyük farklar göze çarpmaktadır. Bu durum Şekil 4.36'da gece ve gündüz FES dağılımı şeklinde gösterilmektedir.



Şekil 4.36. Erzurum kenti arazi kullanım şekline göre gündüz ve gece ortalama FES dağılımı

Şekle göre Erzurum genelinde gece gündüz arası FES farkı yaklaşık 10°C ile 12°C arası değişmektedir. FES değerleri yapısal alan olmasına rağmen yoğun yeşil alan sayesinde Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde gece ve gündüz boyunca tüm istasyonlara göre daha yüksektir. Aynı şekilde Yenişehir yerleşkesinde yoğun yeşil alana sahip olduğu için gece- gündüz saatlerinde yüksek FES değerlerine sahiptir.

Yapısal olarak baskın olan Yıldızkent ile neredeyse hiç yeşil alana sahip olmayan Cumhuriyet Caddesi düşük FES değerleri göstermektedir.

Tamamen kırsalda yer alan referans istasyon gece düşük FES değerleri göstermektedir. Ancak gündüz saatlerinde gece saatlerine göre açık fark ile yüksek FES değerleri gösterdiği görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kent İklimini etkileyen tüm faktörler doğal olarak biyoklimatik konfor değerlerini de etkilediği için, kent ikliminde biyoklimatik konfor değerlerinin alansal çeşitliliğini etkileyen özellikler: alanın rakımı kullanım şekli, kentin kendine özgü fiziki özellikleri, topoğrafik yapısı, kentsel gelişimi, açık yeşil alan sistemi, kültürel ve sosyoekonomik yapısıdır. Bu yüzden ısı stres aralıklarının boyutları ve bunlara bağlı çözüm önerileri her kente göre farklılık göstermektedir.

Bu araştırmada FES termal indeksi kullanılarak Erzurum kent iklimi içinde insan biyoklimatik konfor algısını belirlemek için biyoklimatik konfor aralıkları değerlendirilmiştir. Bunun için çalışmada 2012 yaz mevsimi boyunca, kentsel alanda çeşitli termal koşulları temsil eden kent dokularının (cadde, yerleşim alanları, yeşil kitle, kırsal alan) incelenmesi ele alınmıştır. Yaz mevsimi boyunca Erzurum kentinin farklı alanından toplanan nesnel veriler Erzurum iklimi için araştırma bulgularını doğrulamak ve nispeten geniş oranda biyoklimatik konfor algısını inceleme fırsatını sağlamıştır.

Alanın biyoklimatik konfor açısından zamansal ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, sırasıyla, her bir istasyon için oluşturulmuş FES değerlerinin onar günlük ortalamalarını gösteren diyagramlar ile 5 istasyonun karşılaştırmalı günlük ortalamalarının kıyaslandığı grafikler, ve son olarak da istasyonların FES aralıklarında sahip oldukları saat sayılarının kıyaslandığı diyagramlar kullanılarak yapılmıştır.

RayMan Pro 2.1 ortamına aktarılan verilerden biyoklimatik konfor açısından uygun alanlar belirlenmiştir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, farklı biyoklimatik konfor alanlarının gerek seçilen zaman dilimi içinde, gerekse gün içinde gösterdikleri değişimin belirlenmesi açısından önemlidir. Bunun yanında farklı alanlarda ortaya çıkan farklı termal streslerin zamanlanması bilinmesi yerleşim alanlarının planlanmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

Araştırma sonucunda yaz aylarında Erzurum kentinde “çok soğuk stres” ile “çok sıcak

stres aralıkları” görülmüştür. Referans istasyon Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu kırsal diğer 5 istasyon kentsel olarak tanımlandığında kırsal istasyon ile kentsel istasyonlar arasında 0,3°C ve 2,8°C arasında değişen FES farklılıkları olduğu görülmektedir. Oke (1997)’nin de tespitine göre; bir milyon veya daha fazla nüfuslu şehirlerin yıllık ortalama hava sıcaklıkları çevrelerindeki kırsal alanda 1°C ya da 3°C daha sıcak olabilmektedir. Açık ve rüzgarsız bir gecede Oke (1987) bu farkın yaklaşık 12°C fazla olabildiğini öne sürmüştür.

Araştırma kapsamında 5 istasyonda yapılan ölçümlerin sonuçları kent ısı adası etkisi, alan kullanım şekli ve arazi örtüsü çeşitliliklerine bağlı olarak değişen FES değerlerine ilişkin sonuçlar ortaya koymaktadır. Şekil 4.36’da gösterildiği gibi kırsal alan olan Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu, yarı kırsal olarak tanımlanabilecek Dadaşkent, tamamen bitki örtüsüyle kaplı Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi, Kısmen yapısal kısmen bitki örtüsüne sahip Yenişehir, çoğunluk olarak yapısal Yıldızkent ve %100 yapısal denilebilecek Cumhuriyet Caddesi, istasyonlarından elde edilen veriler FES değerleri açısından belirgin farklılıklar göstermektedir.

Erzurum kentinin FES grafikleri incelendiğinde yaz mevsimi boyunca bütün istasyonlarda mavi renk ile kırmızı renk arasında sürekli bir değişim olduğu görülmektedir. Grafiklerde soğuk zaman aralıkları mavi renkte, sıcak zaman aralıkları ise kırmızı renkte ifade edilmiştir. Tüm grafikler incelendiğinde soğuk zamanlar yaz mevsiminin başı ve sonu, günlük bazda ise gece geç saatlerde görülmüştür. Kırmızı tonlarla ifade edilen “sıcak” aralıklar ise tüm grafiklere bakıldığında Temmuz- Ağustos aylarında görülmüştür. Genellikle sıcak stres yoğun kentsel alanlar, çıplak zeminler ve büyük asfalt kaplı zeminlerin olduğu alanlarda ortaya çıkmaktadır. Grafiklere göre yaz aylarında Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu ile Yıldızkent yerleşkesinin en soğuk alan olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmaya göre güneşin batışından itibaren gece ve erken sabah saatlerinde (21:00, 00:00, 03:00, 06:00) tüm alanların FES değerleri karşılaştırıldığında referans alınan istasyon kırsal alanda konumlanmış **Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu**

FES ortalama değeri saat 03:00’da 5,1°C ile en düşük değeri göstermiştir (Şekil 4.29). Erzurum kent merkezine göre düşük kotta yer alması, yakınında hiçbir yerleşim yerinin olmaması, düz bir ovada bulunması nedeniyle düşük değeri göstermesi normal görülmektedir. Çünkü her tarafı dağlarla çevrili olan Erzurum kentinde dağlardan gelen soğuk hava akımları, ısınan hava yükselmesinden dolayı şehrin çukur bölgesine çökerek soğuk hava kütlesi oluşturmaktadır. Bu sayede gece saatlerinde bu istasyonda genellikle “çok soğuk” ve “soğuk” stres aralıkları görülmektedir (Şekil 4.26).

Kırsal ve kentsel istasyonlar arasındaki bu FES değerleri farkları yükseklik farkı, aynı zamanda Erzurum kentsel ısı adası ve özellikle alt rüzgar hızı sonucu ortaya çıkmaktadır. Kırsal alanda güçlü rüzgar hızı kentsel alana göre sıcaklığın düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonunun bulunduğu ovada hiçbir bitki topluluğunun ve su yüzeyinin olmaması güneşin doğmasıyla birlikte çabuk ısınmasına ve kentsel mekana göre yüksek FES değerleri göstermesine güneş battıktan sonrada etrafta güneş enerjisini hapseden hiçbir doğal veya yapısal etken olmadığı için kente göre düşük FES değerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ancak referans istasyon yaz mevsimi boyunca hiçbir zaman “çok sıcak” ısı stresini görmemiştir (Şekil 4.26).

Aynı zamanda kırsalın kente göre çabuk ısınıp çabuk soğuduğu ortaya çıkmıştır. Ancak bu yüzey bitki örtüsü ile büyük oranda bağlantılıdır. Ketterer and Matzarakis (2012) bunun aksine kırsal alanın kentsel alana göre alt rüzgar hızından dolayı daha soğuk olduğunu tesbit etmiştir. Çünkü çalıştıkları kırsal alan Neckartal Vadisi nehir kıyısı ve yüksek yeşil kitleye sahip olması nedeniyle alt rüzgar hızının düşük olması ve Schwabenzentrum kent merkezinin ise çok az bitki örtüsüne sahip olması yüzey soğumasına ve kırsal alana göre düşük FES değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buna karşılık Toy and Yılmaz (2010) kentsel alanda biyoklimatik açıdan daha uzun bir konforlu dönem olduğunu tespit etmiştir.

Güneşli ve sıcak yaz günlerinin gündüz saatlerinde (09:00, 12:00, 15:00, 18:00), gölgeli ve nemli yüzeyler -daha çok kırsal bölge- hava sıcaklığına yakın bir değer gösterirken

güneş ışınları, çatılar yollar gibi kentsel yüzeyleri ısıtarak normal hava sıcaklığından 13 veya 16°C daha sıcak ve kuru hava ortaya çıkarmaktadır. Nitekim Berdahl and Bretz (1997)'de kırsal ve kentsel arasında büyük sıcaklık farklarının gerçekleştiğini vurgulamaktadır.

Tez çalışmasında yapılan biyoklimatik hesaplamalara göre genel olarak konforlu saatler 09:00 ve 18:00 arasında etkili olmuştur. Ortalama FES sıcaklığı değerine göre yaz aylarında biyoklimatik konfor koşullarına göre “konforlu” alan Atatürk Üniversitesi yerleşkesi olarak tesbit edilmiştir. Diğer 5 alanın ise ortalama FES değerleri sonucu “hafif serin” stres aralığına girdiği belirlenmiştir.

Çalışmada FES ortalama değerinin 17,3°C olmasıyla; referans istasyona göre, kentsel alanda 2,8°C fark ile **Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi**'nde en yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Kampüs yoğun bitki örtüsü ve genellikle 5 katlı binalara sahip olmasından dolayı geç soğuyup geç ısınma etkisi göstermektedir. Bitki örtüsünün bu izole edici özelliği açık havada biyoklimatik konforu geliştirerek insanlar için daha iyi yaşam kalitesi sağlamaktadır.

Kentte yaygın olarak bitki türlerinin değerlendirilmesi kentsel biyoklimayı iyileştirmek amaçlı önemli bir etkidir. Üstelik ağaç dikmek verimli enerjiye alternatif sağlamak için ucuz ve pratik bir çözümdür. Bunun gibi Dimoudi and Nikolopoulou (2003)'te gölgelendirme, evapotranspirasyon vb. yoluyla ısıtma, soğutma ve aydınlatma için, çevredeki binaların enerji kullanımının yanı sıra mevcut açık yeşil alanların biyoklimatik konfora etkilerini savunmuştur. Bu yüzden Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi FES ortalamalarına göre; yaz mevsimi boyunca çoğunlukla (%61) konforlu olarak bulunmuştur. Yaz mevsiminin başında soğuk hava etkisinin biraz altında kalması ve yaz sonunda havaların serinlemesiyle yeniden soğuk hava etkisine girerek biraz (%26) soğuk stres görmüştür. Bu etkide genellikle gece geç saatlerde meydana gelmiştir. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi yaz mevsimi boyunca gündüz saatlerinde kısa sürede olsa (%13) sıcak strese maruz kalmıştır (Şekil 4.9).

Atatürk Üniversitesi yerleşkesinin ardından **Yenişehir** semti FES ortalama değeri 17,5°C ile gelmiştir (Çizelge 4.6). Bu semtin de yine kampüsten sonra daha çok bitki örtüsüne sahip alan olması nedeniyle ve 6 alan içinde yüksek rakıma sahip olmasına rağmen son 50 yıl içinde şehir planlama prensiplerine uygun olarak planladığı için soğuma ve ısınma enerji kaybında düşük etki göstermesidir. Diğer alanlara göre daha fazla kent parkına sahip olması, konumuna göre biyoklimatik konfor aralıklarının yüksek olmasına büyük bir etkendir. Parkların yoğun ve birbirine yakın olması da parkların iyileştirici etkisini yükseltmektedir. Aynı şekilde Upmanis and Chen (1999)'da yaptığı bir çalışmada kent iklimi üzerinde park serin ada etkisinin varlığını kanıtlamıştır. Abreu-Harbich *et al.* (2012)'de farklı ağaç türlerinin mikroklimaya etkisini araştıran çalışmasında ağaçların biyoklimatik konforu iyileştirmesi ve izole edici etkisine değinmiştir. Ayrıca şehir planlama prensiplerine uygun olması bu parkların iyileştirici etkisi üzerinde son derecede koruyucu etkiye sahiptir. Bu yüzden Yenişehir yaz mevsimi boyunca FES ortalamalarına göre büyük ölçüde (%57,3) konforlu bulunmuştur. Yaz mevsimi başı ve sonunda gece geç saatlerde görülen “aşırı soğuk” stres ve yaz geneline yayılan “serin” stresin etkisi ile biraz (%34,5) soğuk hava etkisi altında kalmıştır. Gündüz saatlerinde özellikle Temmuz-Ağustos ayları arasında belirli sürelerde (%8,2) sıcak strese maruz kalmıştır (Şekil 4.21).

Dadaşkent FES ortalama değeri 17,3 °C ile üçüncü sırada yer almıştır (Çizelge 4.2). Dadaşkent konum itibarıyla ovada ve şehrin düşük kotunda yer aldığı için şehrin soğuk bölgesi olma özelliğine sahiptir. Ancak semt ana caddesinin dağa dik olarak planlanmış olması, soğuk hava akımının buradan semti çok etkilemeyecek şekilde akışına izin vermektedir. Semtin düzgün mimari yapısı, konut bahçelerinin nispeten bitkilendirilmiş olması nedeniyle de gece soğuk hava çöküşünden düşük oranda etkilenmektedir. Bunun gibi Wang *et al.* (2009) bir çalışmada örnek olarak zamansal ve mekansal arazi kullanım özelliklerini irdelemiş ve arazi kullanım şekline göre toprak yüzey sıcaklığı ile peyzaj model indeksinin yakın bir ilişkiye sahip oldukları görmüştür. Dadaşkent'te FES ortalamalarına göre konfor aralığı (%54,1) Yenişehir'e yakın bir oran göstermiştir. Ancak Dadaşkent konforlu gün sayısı diğer 5 alandan fazladır. Bunun yanında “soğuk” stresi Yenişehir'den biraz fazla(%35,7) yaşamıştır. “Sıcak stres” aralığı (%10,2) oranında hissedilmiştir (Şekil 4.5).

Cumhuriyet Caddesi 16,1°C FES ortalama değeri ile 4. sırada yer almıştır (Çizelge 4.3). Caddenin şehir merkezinde yer alması ve soğuk hava akım koridoru yönünde konumlanmamış olması, biyoklimatik konfor koşullarının iyi olmasına neden olacak özellikler olmasına rağmen konfor bakımından diğer alanların gerisinde kalmıştır. Ancak caddenin doğu-batı yönelimli olması gün boyunca sıcaklık stresi yaşamasına, binaların kaldırımlara çok fazla gölge oluşturmamasına neden olmaktadır. Nitekim Ali-Toudert and Mayer (2007)'de yaptığı bir çalışmada D - B sokaklarının en stresli ve bu yönelimden saparak termal koşullar düzeleceğini ifade etmiştir.

Aynı zamanda cadde üzerinde sadece Havuzbaşı Meydanı ve kısmen bitkilendirilmiş - bunun yanında yüzey soğuması ve ısınması ile bağlantılı olarak ortamın biyoklimatik konfor etkisini olumsuz etkileyen geniş sert zemine sahip- Yakutiye Meydanı dışında hiçbir yol ağacı veya bitkisel tasarımların olmaması ve güneş battıktan sonra bina gölgelerinin etkisiyle çabuk soğuma göstermesidir. Ayrıca cadde genişliği yüksekliği ve yönlendirme etkisi gece saatlerinde sıcaklığın azalarak “soğuk stres” in (%39,2) ortaya çıkmasına gündüz saatlerinde artmasına “sıcak stres” in (%6,1) hissedilmesine neden olmaktadır. Bu etkiler dışında gündüz saatlerinde Cumhuriyet Caddesi'nin “sıcak” stres aralığına girmesine yoğun insan baskısının da etkisi büyüktür. Cumhuriyet caddesi gündüz saatlerinde genel olarak yaz aylarının yarısını “konforlu” (%54,7) geçirmektedir (Şekil 4.13).

Yıldızkent şehir merkezinde 15,6°C ile düşük ortalama FES değerine sahiptir (Çizelge 4.5). Yenişehir'den sonra yüksek konuma yerleşmiş olması ancak Yenişehir kadar yeşil kitleye sahip olmaması ve binaların bu semte göre daha seyrek inşa edilmesi haliyle FES değerinin Yenişehir'e göre daha düşük olmasına neden olmuştur. Yıldızkent yaz mevsiminde “soğuk stres” in (%48,3) çok fazla yaşandığı yerdir. Diğer alanlar kadar “çok sıcak” stresin altında kalmasa da yine de bu mevsimde sıcaklık stresi (%5,2) yaşamıştır. Genel olarak yaz aylarında konforlu (%46,5) bir yerleşim alanıdır (Şekil 4.25).

Kentsel alanların gelişmesi açık yeşil alanlarda değişiklikler meydana getirmektedir.

Binalar, yollar ve diğer altyapılar açık alanları ve bitki örtüsünü değiştirmektedir. Öncelikle yalıtkan ve nemli yüzeyler geçirimsiz ve kuru hale gelmektedir. Bu gelişmede kentsel ısı adası -kentsel alanların kırsal alanlara göre daha sıcak deneyimi yaşaması- oluşumuna yol açmaktadır. Bu tez çalışmasında görüldüğü gibi birçok kentsel alanlar ve kent çevresi, kırsal çevre ile karşılaştırıldığında yüksek sıcaklık deneyimi yaşamaktadır; bu sıcaklık farkı kentsel ısı adası sonucu meydana gelmektedir. Bu sonuç Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın kent ve kırsal sıcaklık farkını açıklayan yayınıyla teyit edilmiştir.

Erzurum kentsel ısı adası oluşumu; Yapılan çalışma kapsamında Erzurum kentinde yaz aylarında kentsel ısı adasının varlığı kanıtlanmıştır. Erzurum kenti açık-yeşil alan sistemi incelendiğinde geçen yıllar boyunca uyumsuz plan kararları ile hava koridorları tıkanarak, artan nüfus ve yapılaşma baskısı ile özellikle kent merkezinde artması gereken açık yeşil alan miktarı tam tersine azalmıştır. Bu durum kent içinde yaz mevsiminde yüksek sıcaklık stresinin görüldüğü Temmuz Ağustos aylarında kentsel ısı adası oluşumunu arttırmaktadır. Bu oluşum atmosferik ve yüzey ısınmalarıyla ortaya çıkmaktadır.

Kentsel ortamdaki hava ile kırsal ortamdaki hava karşılaştırıldığında aradaki FES değeri farkı atmosferik kentsel ısı adasını ortaya çıkarmaktadır. Buna uygun örnek Cumhuriyet Caddesi'dir. Çünkü cadde boyunca yer alan dükkanların üzerindeki gölgelikler gün boyunca yoğun insan trafiği sonucu sıcak ve durgun havanın etkisiyle ortamda ısı adası oluşturmaktadır. Oke (1982) tarafından bu durum sarkan çatılar ve ağaçların altında kalan yerlerde insanlar tarafından hava tabakası oluşturan “gölgeli kentsel ısı adası” olarak tanımlanmaktadır.

Erzurum kentinde atmosferik ısı adasının diğer oluşumu ise Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ve Yenişehir'de yer alan yapıların çatıları ve ağaç tepesi seviyesinden başlayarak kentsel peyzajın artık atmosferi etkileyen noktaya kadar uzandığı sınırlı kentsel ısı adası tabakasıdır. Bu bölge genellikle yüzeyden yaklaşık 1,5 km'ye uzanmaktadır. Bu durum Oke (1982) tespitiyle onaylanmıştır.

Atmosferik kentsel ısı adasının genellikle geç sabah saatlerinde ve gün boyunca zayıf, kentsel altyapının ısıyı yavaş salınımı nedeniyle gün batımından sonra daha belirgin hale geldiği görülmüştür.

Erzurum kentinde özellikle Dadaşkent ve Yıldızkent yerleşkelerinde yüzey ısı adasının meydana geldiği tesbit edilmiştir. Çünkü bu iki yerleşkelerin şehir planında yüzey ısınmasını gerçekleştirecek geniş-uzun ve korunmasız caddeler yer almaktadır. Yüzey kentsel ısı adaları gece ve gündüz mevcuttur ancak gün boyunca özellikle 12:00'da güneş tepede iken güçlü eğilimdedir. Oke (1982)'nin de tespitine göre yüzey kentsel ısı adası, toprak örtüsü ve hava nedeniyle güneşin yoğunluğundaki değişimlerin yanı sıra mevsimler ile de değişkenlik göstermektedir. Bu değişimlerin sonucu olarak Erzurum kentinde yüzey kentsel ısı adaları yaz mevsiminde daha yüksektir.

Araştırmaya göre yoğun yapısal alanlar genellikle sıcak havaya yol açmaktadır. Yaz mevsiminde sıcak hava atmosfer içine karışsa da yüzey ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki sabit olmadığından genellikle hava sıcaklığı bir alan boyunca yüzeyde çok az değişmekte ve ortamda ısı adası oluşturmaktadır. Bu eylem gökyüzü açık ve rüzgar durgun iken çok yoğundur. Kentte gün içinde, ağır bulut kümeleri güneş ışınlarını kaplaması sonucu sıcaklık azalmaktadır.

Kentlerde güçlü rüzgarlar kentsel ve kırsal sıcaklık farkını düşürmek için atmosferi karıştırmaktadır. Erzurum Meteoroloji İstasyonundan elde edilen verilere göre Erzurum kentinde yıllık ortalama rüzgar hızı 5,4 m/sn'dir ve bu bilgiye göre Erzurum'un rüzgarsız bir kent olduğu söylenebilir. Bölgede hakim rüzgar yönü genellikle güney batıdır. Oke and Hannell (1970)'in kent nüfusuna bağlı olarak kentsel ısı adasının oluşmaması için geliştirdiği bir formüle göre Erzurum kentinin rüzgar hız limiti 8,4 m/sn olarak hesaplanmıştır. Ancak bu rüzgar hızı ve üzerinin görüldüğü gün sayısı yıl içinde 35 gündür. Ayrıca Erzurum kenti içinde özellikle kentin hava koridorlarındaki yoğun ve bilinçsiz yapılaşma, açık-yeşil alanların yok edilmesi ile rüzgar hızı azalarak etkinliği düşürülmektedir.

Tüm bu analiz çalışmaları sonucunda, FES değerlerinin alanlara göre zamansal dağılımlarında yeşil kitle ve konumun etkili olduğu tespit edilmiştir. Alanın tamamı için söylenebilecek genel sonuç bitkisel tasarımın görüldüğü alanlar daha konforlu, açık yüksek, ova ve korunmasız çıplak alanlar çoğunlukla “soğuk” ve “sıcak” stres aralıklarına girdiği görülmektedir. Ki bu sonuç Picot (2004)’ün gün boyu güneşe maruz kalan ortamlarda yetişkin bir ağacın, yüksek hava sıcaklığında konfora çok yakın bir enerji stoğu üreterek kullanıcılar tarafından emilen radyasyonu azalttığını tesbit ettiği çalışma ile örtüşmektedir.

Erzurum kentinde yaz aylarında biyoklimatik konforu sağlamak/arttırmak için alınacak önlemler tez çalışmasında elde edilen bulgular doğrultusunda belirlenmiştir. Öneriler kent merkezini kapsayacak şekilde öne sürülmüştür.

İlk etapta Erzurum kenti iklim haritası oluşturularak iklimsel olarak stresli alanlar irdelenmeli, sorunların çözümü için EPA tarafından geliştirilmiş stratejilerden bitkilendirme çalışmaları ve soğuk kaplama malzemeleri kullanılarak mevcut dokuya iyileştirme yapılmalıdır.

Erzurum kent merkezi ve yakın çevresinde son yıllarda sayısı hızla artmakta olan yapısal alanların kullandıkları yapı malzemeleri ve yarattıkları geçirimsiz yüzeyler nedeniyle o bölgede ısı adası oluşumunu arttırmaktadır. Bu alanlarda soğuk kaplama malzemeleri kullanılmalı, bina dış cepheleri açık renkli boyalarla boyanmalı, cephelerinde ayna, cam, metal gibi çok yansıtıcı yüzey malzemesi kullanılmasından kaçınılmalıdır ve mutlaka peyzaj çalışmaları yapılmalıdır.

Yeşil alanların sıcaklık ve nem üzerinde çok etkili olduğu bu tez çalışmasında kanıtlanmıştır. Erzurum kenti yeşil alan sistemi yeniden gözden geçirilmelidir. Kent içi yeşil alanlar mümkün olduğunca korunmalı, yeşil alanların miktarı kesinlikle artırılmalıdır. Kent içindeki parklardaki ağaç dokusu yeni ağaçlarla desteklenmeli, artan geçirimsiz yüzey uygulamaları azaltılmalıdır. Özellikle Cumhuriyet Caddesi’nde gündüz saatlerinde yüksek ısı stresi olan sokak etkisini azaltmak için galeriler ve sarkan

cepheler aracılığıyla daha fazla gölgeleme ya da bitki örtüsü ile stres zaman periyodu ve termal rahatsızlık alanında hassas bir azalma sağlanmalıdır.

Konut yüksekliklerine göre konut mesafeleri yeniden belirlenmelidir. Bu alanlarda artan araba miktarıyla birlikte konut adaları içerisindeki boş alanlar hızla otoparka dönüşmektedir. Bu alanlar yeşil alan olarak değerlendirilmelidir. Aynı zamanda konut parsellerindeki ağaçların konumları yaz güneşini azaltacak kış güneşini arttıracak nitelikte yerleştirilmelidir. Yerleşim alanlarının yakınlara katlı otopark sistemi gibi çözümler getirilerek araçlardan dolayı meydana gelen açık alan işgallerinin önüne geçilmelidir. Ayrıca kent içindeki resmi kurum ve kuruluşlara ait kamu yapılarının bahçelerine (okul bahçeleri, askeri alanlar vb.) kesinlikle bitkisel tasarım uygulanmalıdır.

Tasarımlarda Erzurum doğal bitki örtüsünde yer alan türler kullanılarak sokak ısı adası etkisi oluşmaması için cadde ve sokaklarda kesinlikle yol ağaçlandırmalarına önem verilmelidir. Erzurum kentinde iklim iyileştirme çalışmaları kapsamında gerekli düzenlemeler yapılabilmesi için imar planları yeniden gözden geçirilmelidir.

Erzurum kenti gelişim şeklinin iklimine ve özellikle hava koridorlarına olan etkisi incelenmelidir. İncelemenin sonuçlarına göre hava koridorlarını tıkayan yapılaşmalara karşı gerekli önlemler alınmalı ve bu şekildeki gelişim sınırlandırılmalıdır. Binalar ve caddeler antropojenik ısı tabakası oluşturmaması için hava koridorlarına paralel şekilde planlanmalıdır.

Kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında önemli bir etkiye sahip rüzgarın hareketleri incelenmeli ve Erzurum kentinin rüzgar haritaları oluşturulmalıdır. Kentsel gelişimin etkili rüzgar hareketi üzerinde nasıl bir rol oynadığı tespit edilmeli ve bunun sonucunda rüzgarı etkinleştiren veya engelleyen önlemler alınmalıdır.

Kent gelişim planları hazırlanırken yerleşimin insan sağlığı ve konforu açısından uygun olması bakımından farklı meslek disiplinlerinden ve özellikle kent iklimi konusundaki

uzmanlar ve planlamacılardan destek alınmalıdır. Kent geometrisi etkin enerji kurallarına göre oluşturulmalıdır.

Belirtilen stratejiler ve öneriler doğrultusunda Erzurum kentinde yaz aylarındaki kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için bir planlama ekibi oluşturularak gerekli çalışmalar başlatılmalıdır. Planlama ekibi şehir plancısı, mimar, iklim bilimci, coğrafyacı, jeomorfolog, sosyolog ve teorik bilgiyi planlamaya dökmede çok önemli bir yere sahip olan peyzaj mimarlarından oluşmalıdır. Kentsel ısı adası sorununu çözmek için son yıllarda önemi giderek artan sürdürülebilir planlama, etkin enerji kullanımı, ekolojik gelişim gibi yaklaşımlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Fiziksel ve sosyo ekonomik verilere dayalı olarak yapılacak planlamalarda kentin doluluk boşluk oranlarını dengeleyecek şekilde kent fonksiyonuna uygun şekilde yeşil alan sistemi oluşturulmalıdır. Bu şekilde sağlıklı ve yaşam kalitesi yüksek kentsel ortam sağlanabilmektedir. Kent dışı alanlarda olduğu gibi kent içi alanlarda da büyük yeşil kitlelere ve kent ormanlarına yer verilmelidir. Bu şekilde iklim iyileştirilebilirken kent sakinleri için rekreasyonel alanlar sağlanabilir.

Kentlerde yaşanan kentsel ısı adası sorununun temelinde iş ve barınma ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirilen dar kapsamlı planlama politikaları yer almaktadır. Kentsel ortamlarda yaşanan ekolojik sorunların nedenleri irdelendiğinde bu planların yetersiz olduğu için derhal değişmesi gerektiği ve kent insanının sağlıklı ve yaşam kalitesi yüksek hayat sürdürecektir planlamaların öne sürülmesi gerekmektedir. Bu yüzden Erzurum kenti imar planının farklı yaklaşımlarla yeniden incelenerek revize edilmesi gerekli bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abreu-Harbich, L.V., Labaki, L.C. and Matzarakis, A., 2012. Paper 327: Different Trees and configuration as microclimate control strategy in Tropics. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
- Ali-Toudert, F., Mayer, H., 2006. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Build Environ*, 41,94–108.
- Ali-Toudert, F., Mayer, H., 2007. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81(6), 742–754.
- Anonim, 2008. <http://www.msxlab.org/forum/soru-cevap/218875-erzurumun-iklim-ozellikleri-nedir.html#ixzz2h8ktI7nH> (06.06.2012).
- Anonim, 2012a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/genel/saglik>. (16.09.2012).
- Anonim, 2012b. Türkiye İstatistik Kurumu. TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2012. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do;jsessionid=TVLHSVydXg6MT5MnKHQF7SvPhTN13J8tGzdphNXvXGpSQK16Rhq7!931539056> (14.10.2012).
- Anonim, 2012c. T.C. Aziziye Belediyesi. <http://www.erkurumaziziye.bel.tr/page/53-aziziye-tarihi/index.html> (14.10.2012).
- Anonim, 2012d. Ekodialog.com, Özgün ekonomi ve makale arşivi. http://www.ekodialog.com/turkiye_ekonomi/dogu_anadolu.html (21.11.2012).
- Anonim, 2012e. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi8/erkurum.htm> (22.11.2012).
- Anonim, 2012f. Coğrafya Dünyası. <http://www.cografya.gen.tr/egitim/bolgeler/dogu-anadolu.htm> (25.11.2012).
- Anonim, 2013h. http://www.palandoken.bel.tr/index.php?sayfa=haber&haber_no=309 (20.05.2013).
- Anonim, 2013b. Atatürk Üniversitesi. <http://www.atauni.edu.tr/#sayfa=rektorluk-kampuste-yasam> (21.05.2013).
- Anonim, 2013c. Erzurum İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <http://www.erkurumkulturturizm.gov.tr/TR,56081/camiler-ve-kiliseler.html> (21.02.2013).
- Anonim, 2013d. Erzurum Ticaret Borsası. http://www.erkurumtb.org.tr/erkurum/cografi_bilgiler.pdf (23.05.2013).
- Anonim, 2013e. T.C. Erzurum Valiliği <http://www.erkurum.gov.tr/cografi.asp> (23.05.2013).
- Anonim, 2013f. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Türkiye kültür portalı. <http://kurumsal.kulturturizm.gov.tr/turkiye/erkurum/turizmaktiviteleri/yuksekrakim-antrenmani#content> (27.06.2013).
- Anonim, 2013g. <http://turkherb.ibu.edu.tr/> (30.08.2013).
- Anonymous, 2011. University Corporation for Atmospheric Research. https://www2.ucar.edu/sites/default/files/news/2011/CESM_final.jpg (20.03.2012).

- Anonymous, 2013a. World Meteorological Organization, What is climate?. http://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php (12.02.2013).
- Anonymous, 2013b. World Meteorological Organization. How is the climate determined? (Earths energy budget). http://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php (12.02.2003).
- Anonymous, 2013c. World Meteorological Organization. Climate observation networks and systems. http://www.wmo.int/pages/themes/climate/climate_observation_networks_systems.php (12.02.2013).
- ASHRAE, 1966. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers Standard 55-56: Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE: Atlanta, Ga.
- ASHRAE, A.S., 1992. Standard 55-1992 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- Belding, H.S., 1970. The search for a universal heat stress index. in *Physiological and Behavioral Temperature Regulation*. IL, Springfield.
- Belding, H.S., Hatch T.F., 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. *Heating, piping and air conditioning*, 27(8), 129-136.
- Berdahl P. and Bretz. S.E., 1997. Preliminary Survey of the Solar Reflectance of Cool Roofing Materials. *Energy and Buildings*, 25(2),149-158.
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., Tinz, B., 2012. Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology*, 56(3),515-535.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape Andurban Planning*, 97(3), 147-155.
- Brown, R. D. and Gillespie, T. J., 1986. Estimating outdoor thermal comfort using a cylindrical radiation thermometer and an energy budget model. *International Journal of Biometeorology*, 30(1),43-52.
- Bulut, Y., S. Toy, M. A. Irmak, H. Yılmaz, S. Yılmaz, 2008. Erzurum şartlarında iki yıllık dönemdeki kentsel- kırsal farklılıklar. *Atmosfera*, 21(2):121-133.
- Cadman, A.B., 1913. Speed-Indicatob-Driving Mecsaajium Fob Bah. U.S. Patent No. 1,053,569.
- Cheng, V., Ng, E., Chan, C., Givoni, B., 2012 Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*, 56(1) 43-56.
- Christen, A., Voogt, R., 2004. Energy and Radiation Balance of a Central European City. *International Journal of Climatology*, 24(11),1395-1421.
- Christopher P. L., Dale J. A., Da-Lin Z., Kenneth E. P., Russell R. D., Landry, L., 2012. Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects: Parameterization and preliminary results. *American Meteorological Society*, 51(10).
- Cohen, P., Potchter, O., Matzarakis, A., 2012. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces inthe mediterranean climate and their impacton human comfort. *Building and Environment*, 51, 285-295.

- Cohen, P., Potchter, O., Matzarakis, A., 2013. Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography*, 37,1–10.
- Çalışkan, O., Türkoğlu, N., 2011. Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından Analizi. *Uluslararası insan bilimleri dergisi*, 8(2).
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S., Ekici, M., 2013a. İklim normalleri ve 1981-2010 sıcaklık normallerinin coğrafi bilgi sistemleri ile topografya kullanarak yüksek çözünürlüklü grid veri setinin üretilmesi. 6th Atmospheric Science Symposium, İstanbul Technical University, İstanbul, Turkey.
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Ekici, M., 2013b. İklim normalleri: Üç sıcaklık normalinin ilişkileri ve uzamsal dağılımları. III. Türkiye iklim değişikliği kongresi, Tikdek, İstanbul.
- Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and buildings*, 35(1), 69-76.
- Doğanay, H., 1983. Erzurum'un Şehirsel Fonksiyonları ve Başlıca Planlama Sorunları. Doçentlik Tezi, Atatürk Üniv. Fen Edebiyat Fak. Coğrafya Bölümü, Erzurum.
- Doulos, L., Santamouris, M., Livada, I., 2004. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. *Solar energy*, 77(2), 231-249.
- Dreosti, A.O. 1935. The Measurement of Heat Susceptibility of Native Mine Workers of the Witwatersrand. Unpublished MD thesis, University of the Witwatersrand.
- Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., Özhan, Ü., 2008. *Klimatolojik Rasat El Kitabı*, DMİ Yayınları, Ankara, (3), 1.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z. and Adıgüzel, N., 2000. Red book of plants in Turkey. Endangered Rare and Endemic plants of Turkey, Publication No:18, Ankara.
- Eliasson, I., 2000. The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 48(1-2), 31-44.
- Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S., Lindberg, F., 2007. Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and Urban Planning*, 82(1–2), 72–84.
- EPA, 2013. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. 10-22.
- Epstein, Y., Moran, D.S., 2006. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. *Industrial health*, 44(3), 388-398.
- Erik, J., Rohinton, E., 2006. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology*, 51(2), 119-133.
- Erell, E., Pearlmuter, D., Williamson, T., 2011. Designing the spaces between buildings. Earthscan, London.
- Evans, D., 2007. Determining Ripple Current Capability in Tantalum Hybrid Capacitors, Carts-Conference.
- Fahrenheit, D.G., 1724. Experimenta & Observationes De Congelatione Aquae in Vacuo Factae a DG Fahrenheit, RSS. *Philosophical Transactions*, 33(381-391), 78-84.
- Fanger, P.O., 1970. Thermal comfort. Analysis and application in Environmental Engineering. Danish Technical Press, 244, Copenhagen.
- Fanger, P.O., 1972. Thermal comfort, analysis, and applications in environmental engineering. Cap Direct, 244 p.
- Fanger, P.O., Hojbjerre, J., Thomsen, J.O.B., 1974. Thermal comfort conditions in the morning and in the evening. *Int J Biometeor*, 18,16–22.

- Farajzadeh, H., Matzarakis, A., 2012. Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran. *Theoretical And Applied Climatology*. 107(3-4), 451-459.
- Frank, A., Moran, D., Epstein, Y., Belokopytov, M., Shapiro, Y., 1996. The estimation of heat tolerance by a new cumulative heat strain index. in *Environmental Ergonomics: Recent Progress and New Frontiers*, 194–197.
- FISRWG, 2000. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12465&page=156 (17.06.2013).
- Gagge, A.P., Herrington, L.P., Winslow, C.E.A., 1937. Thermal interchanges between the human body and its atmospheric environment. *Am. J. Epidemiol*, 26(1), 84-102.
- Gagge, A.P., and Saltin, B., 1971. Prediction of human body temperature during maximal exercise from skin, rectal, esophageal and muscle temperatures. *Int. Congr. Physiol. Sci.*, 9, 192.
- Gagge, A.P., Fobelets, A.P., Berglund, L.G., 1986. A standard predictive index of human response to the thermal environment . Conference: ASHRAE annual meeting, Portland, OR, USA.
- Gaitani, N., Mihalakakou, G., M. Santamouris, M., 2007. On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. *Building and Environment*, 42(1), 317–324.
- Galea, S., Vlahov, D., 2005. Urban health: evidence, challenges and directions. *Annu Rev Publ Health*, 26(1), 341–365.
- Georgi, J., Dimitriou, D., 2010. The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece. *Building and Environment*, 45(6), 1401-1414.
- Gisolfi, C.V., Mora, F., 2000. *The Hot Brain: Survival, Temperature and the Human Body*. MIT Press.
- Givoni, B., 1963. Evaluation of the effect of climate on man: development of a new thermal index. Research Report to UNESCO. Building Research Station, Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.
- Givoni, B., 1976. *Man, Climate and Architecture*. Applied Science Publoshers Ltd., London.
- Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N, Becker, S., 2003. Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*, 35(1), 77–86.
- Gonzalez, R.R., Gagge, A.P., 1973. Magnitude estimates of thermal discomfort during transients of humidity and operative temperature and their relation to the new ASHRAE effective temperature (ET*). *ASHRAE Trans*, 79(1), 88-96.
- Gosling, S., McGregor, G., Lowe, J., 2009. Climate change and heat-related mortality in six cities part 2: climate model evaluation and projected impacts from changes in the mean and variability of temperature with climate change. *Int J Biometeorol*, 53(1), 31–51.
- Grene, M. and Depew, D., 2004. *The Philosophy of Biology: An Episodic History*.
- Gulyás, Á., Unger, J., Matzarakis, A., 2006. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Build Environ*, 41(12), 1713–1722.
- Gulyás, Á., Matzarakis, A., 2007. Selected examples of bioclimatic analysis applying the physiologically equivalent temperature in Hungary. *Acta climatologica et chorologica*, 40-41, 37-46.

- Gulyás, Á., Matzarakis, A., 2009. Seasonal and spatial distribution of physiologically equivalent temperature (PET) index in Hungary. *Quart J Hungarian Met Serv*, 113(3), 221-231.
- Güçlü, Y. 2008. Alanya-Samandağ Kıyı Kuşağında Konforlu Olma Süresi ve Deniz Turizmi Mevsiminin İklim Koşullarına Göre Belirlenmesi (Climatic Conditions of Alanya-Samandag Coastal Zone With Respect to Human Comfort and Maritime Tourism Season), *Türk Coğrafya Dergisi*, 50,1-20.
- Güçlü, Y., 2010. Ege bölgesi kıyı kuşağında iklim konforu şartlarının kıyı turizmi yönünden incelenmesi. *Uluslararası insan bilimleri dergisi*, 7(1).
- Güngör, S., Polat, A.T., 2012. Bioklimatik konfor ve bioklimatik konfora sahip alanların coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespitinde kullanılan yöntemler üzerine bir araştırma. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayı, 2012.
- Haldane, J.C., 1905. The influence of high temperature. *J Hyg*, 5, 404-9.
- Haldane, J.S. 1919. A lecture on the symptoms, causes, and prevention of anoxaemia (insufficient supply of oxygen to the tissues), and the value of oxygen in its treatment. *British medical journal*, 2(3055),65.
- Hall, J.F., Plote, J.W., 1960. Physiological index of strain and body heat storage in hyperthermia. *J. Appl. Physiol.*, 15,1027–1030.
- Handy, S., 2004. Health and community design: the impact of built environment on physical activity. *J Am Plan Assoc*, 70(3),375–377.
- Harlan, S.L., Brazel, A.J., Prashad, L., Stefanov, W.L., Larsen, L., 2006. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Soc Sci Med*, 63(11),2847–2863.
- Hasyim, A.W., 2008. Urban climate: poor land use management as a factor on urban heat island (UHI) a case of Klojen sub district in Malang city. Retrieved from, <http://awhasyim.wordpress.com/> (17.09.2012).
- Hatch, T.F., 1963. Assessment of heat stress. in *Temperature: Its Measurement and Control in Science and Industry*, 307–318, Reinhold, New York.
- Hatch, A., Balazs, T., Wiberg, G.S., Grice, H.C. 1963. Long-term isolation stress in rats. *Science*.
- Houghten, F.C., Yaglou, C.P., 1923. Determining lines of equal comfort. *ASHVE Trans*, 29, 163-176.
- Houghten, F.C., Teague, W.W., Miller, W.E., 1926. Effective temperature for persons lightly clothed and working in still air. *Trans. Amer. Soc. Heat. Vent. Engrs*, 32, 437.
- Houghton, F.C., Teague, W.W., 1928. Body temperature regulation and other physiological reactions in their relation to the physical characteristics of man's atmospheric environment. *J. amer. Soc. Heat a. Vent. Engrs*, 34, 873.
- Holst, J., Mayer, H., 2011. Impacts of street design parameters on human-biometeorological variables. *Meteorologische Zeitschrift*, 20(5),541-552(12).
- Höppe, P. R., 1993. Heat balance modelling. *Experientia*, 49(9),741-746.
- Höppe, P., 1999. The physiological equivalent temperature - A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71-75.
- Höppe, P., 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy Buildings*, 34(6):661–665.

- Hu, W., Mengersen, K., McMichael, A., Tong, S., 2008. Temperature, air pollution and total mortality during summers in Sydney, 1994–2004. *Int J Biometeorol*, 52(7), 689–696.
- Huang, L., Li, J., Zhao, D., Zhu, J., 2008. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. *Building and environment*, 43(1), 7–17.
- Hubac, M., Strelka, F., Borsky, I., Hubacova, L., 1989. Application of the relative summary climatic indices during work in heat for ergonomic purposes. *Ergonomics*, 32, 733–750.
- Humphreys, M., Nicol, J.F., 2002. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34, 667 – 684.
- Hwang, R.L., Lin, T.P., Matzarakis, A., 2011. Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 46(4), 863–870.
- Irmak, M.A., 2008. Erzurum ili ve yakın çevresinin flora turizmi potansiyeli açısından değerlendirilmesi. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Irmak, M.A., Yılmaz, H., 2008. Determination of the usability of woody plant species in Tortum–Creek Watershed for functional and aesthetical uses in the respect of landscape architecture. *Biological Diversity and Conservation*, 1(1), 1–12.
- ISO/TR 11079, 1993. Evaluation of cold environments Determination of required clothing insulation (IREQ). Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 7730, 2005. British standard BS 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. ISO, Geneva.
- ISO, E., 2007. 9920. Ergonomics of the thermal environment: estimation of thermal insulation and water vapor resistance of a clothing ensemble. Switzerland.
- ISO 7933, 1989. ISO 7933: Hot Environments-Analytical Determination and Interpretation of Thermal Stress Using Calculation of Required Sweat Rate. ISO.
- Jansson, C., Jansson, P.E., Gustafsson, D., 2007. Near surface climate in an urban vegetated park and its surroundings. *Theoretical and Applied Climatology*, 89(3–4) 185–193.
- Jendritzky, G., Menz, H., Schirmer, H., Schmidt-Kessen, W., 1990. Methodik zur raumbezogene Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima- Michel-Modell). *Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan*, (114).
- Jendritzky, G., Maarouf, A., Fiala, D., Staiger, H., 2002. An Update on the Development of a Universal Thermal Climate Index. 15th Conf. Biomet. Aerobiol. and 16th ICB02, Kansas City, AMS, 129–133.
- Jendritzky, G., de Dear, R., 2009. Adaptation and thermal environment. *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*. Springer, 9–32.
- Jendritzky, G., de Dear, R., Havenith, G., 2012. UTCI—Why another thermal index?. *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 421–428.
- Johansson, E., 2006. Urban design and outdoor thermal comfort in warm climates. Ph.D. thesis, Lund University.

- Johansson, E. and Emmanuel, R., 2006. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology*, 51(2), 119-133.
- Johansson, E., Yahia, M.W., 2011. Subjective thermal comfort in urban spaces in the warm-humid city of Guayaquil, Ecuador. In: *Passive and low energy architecture. Proceedings of the 27th conference* (Vol. 1, pp. 577-582).
- Kalkstein, L.S., 1991. A New Approach to Evaluate the Impact of Climate upon Human Mortality. *Environmental Health Perspectives*, 96, 145-50.
- Kalnay, E., Cai, M., 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423, 528-531.
- Kamoutsis, A., Matsoukis, A., Chronopoulos, K., Manoli, E., 2010. A comparative study of human thermal comfort conditions in two mountainous regions in Greece during summer. *Global Nest Journal*, 12(4), 401-408.
- Kántor, N., Unger, J., 2010. Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: An urban park as an example. *Landscape and urban planning*, 98(1) 36-46.
- Kántor, N., Égerházi, L., Unger, J., 2012a. Subjective estimation of thermal environment in recreational urban spaces—Part 1: investigations in Szeged, Hungary. *International journal of biometeorology*, 56(6), 1075-1088.
- Kántor, N., Unger, J., Gulyás, Á. 2012b. Subjective estimations of thermal environment in recreational urban spaces—Part 2: international comparison. *International journal of biometeorology*, 56(6), 1089-1101.
- Kenny, N.A., Warland, J.S., Brown, R.D., Gillespie, T.J., 2009. Part A: assessing the performance of the COMFA outdoor thermal comfort model on subjects performing physical activity. *Int J Biometeorology*, 415-428.
- Knez, I., Thorsson, S., 2006. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International journal of biometeorology*, 50(5), 258-268.
- Kovács A. and Németh A., 2012. Tendencies and Differences in Human Thermal Comfort in Distinct Urban Areas in Budapest, Hungary. *Acta Climatologica Et Chorologica*, 46, 115-124.
- Kariminia S, Ahmad S.S. and Ibrahim N., 2013. Landscape Attributes, Microclimate and Thermal Comfort of an Urban Square in Moderate and Dry Climate, *Advanced Materials Research*, (610 - 613), 3780-3784.
- Ketterer, C., Matzarakis, A., 2012. 312: Development and application of assessment methods for thermal bioclimate conditions in Stuttgart. *ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates*, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
- Krüger, E., Minella, F.O., Rasia, F., 2011. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Build Environ*, 46(3), 621-634.
- Krüger, E., Emmanuel, R., Drach, P., Corbella, O., 2012. Comparison of outdoor comfort field data against calculations of the thermal indices PMV and PET. *Proceedings of 7th Windsor Conference: The changing context of comfort in an unpredictable world* Cumberland Lodge, Windsor, UK.
- Krüger, E., Drach, P., Emmanuel, R., Corbella, O., 2013. Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(1-2), 127-141.

- Kyle, W.J., 1994. The human bioclimate of Hong Kong. Proceedings of the Contemporary Climatology Conference, Brno. Tisk Litera, Brno., 345–350.
- Laschewski, G., Jendritzky, G., 2002. Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. *Climate Research*, 21, 91–103.
- Lee, D.H.K., 1980. Seventy-five years of search for a heat index. *Environ. Res.*, 22,331–356.
- Leuzinger, S., Vogt, R., Koerner, C., 2010. Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(1), 56–62.
- Li, Y.M., Zhang, J.H., Gu, R.Z., 2004. Research on the Relationship between Urban Greening and the Effect of Urban Heat Island [J]. *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 1, 72–75.
- Lim,C.L., Byrne, C., Lee, J.K.W., 2008. Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. *Ann Acad Med Singapore*, 37,347–353.
- Lin, T.P., Matzarakis, A., 2008. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *Int J Biometeorol*, 52(4),281–290.
- Lin, T.P., 2009. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44(10),2017–2026.
- Lin, T. P., de Dear, R., Hwang, R.L., 2011. Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. *International Journal of Climatology*, 31(2), 302–312.
- Lin, T.P., de Dear, R., Hwang, R., 2012. Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. *International Journal of Climatology*, 31(2), 302–312.
- Makaremi, N., Salleh, E., Jaafar, M.Z., Ghaffarian, H.A., 2012. Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia, *Building and Environment*, 48, 7–14.
- Masterton, J.M., Richardson, F.A. 1979. Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Atmospheric Environment Service, CLI. Downsview, Ontario/Environment Canada, Atmospheric Environment, 1–79p.
- Matzarakis, A., Mayer, H., 1997. Heat stress in Greece. *International Journal of Biometeorology*, 41(1), 34–39.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 1999. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. *Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium*. WMO/TD, 1026,273–278.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2000. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. Conference ICB-ICUC'99, Sydney.
- Matzarakis, A., 2001. Climate and Bioclimate Information for Tourism in Greece. *International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation*, 171–183).
- Matzarakis, A., Rutz, F., 2005. Application of RayMan for tourism and climate investigations. *Annalen der Meteorologie*, 41(2),631–636.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2007. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments, application of the RayMan model. *Int J Biometeorol*, 51(4),323–334.
- Mayer, H., Höppe, P., 1987. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor Appl Climatol*, 38,43–49.
- Mayer, H., 1993. Urban bioclimatology. *Experientia*, 49, 957–963.

- McArdle, B., Dunham, W., Holling, H.E., Ladell, W.S.S., Scott, J.W., Thomson, M.L., Weiner, J.S., 1947. The Prediction of the Physiological Effects of Warm and Hot Environments. Medical Research Council Rep, 47,391.
- McConnell, W.J., Houghten, F.C., Yagloglou, C.P. 1924. Air motion—high temperatures and various humidities—reactions on human beings. Trans. Am. Soc. Htg. Vent. Engr, 30, 199-224.
- Miller, D.I., 2000. Citizenship and national identity. Polity Press.
- Moran, T.H., Baldessarini, A.R., Salorio, C.F., Lowery, T.E.R.E.S.E., Schwartz, G.J. 1997. Vagal afferent and efferent contributions to the inhibition of food intake by cholecystokinin. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 272(4), 1245-1251.
- Moran, D. S., Shitzer, A., Pandolf, K.B., 1998. A physiological strain index to evaluate heat stress. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 275(1), 129-134.
- Moran, D.S, Mendal, L., 2002. Core temperature measurement: methods and current insights. Sports Med., 32, 879-85.
- NASA, 2013. <http://www.nasa.gov/externalflash/earthmonth2013/>. (25.06.2013).
- Nikolopoulou, M., Steemers, K., 2003. Special issue on urban research, Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy and Buildings, 35(1),95–101.
- Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., 2006. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. Building and environment, 41(11), 1455-1470.
- Oke, T.R., Hannell, F.G., 1970. The form of the urban heat island in Hamilton, Canada. WMO Technical Note, 108, 113-126.
- Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island. Atmospheric Environment (1967), 7(8), 769-779.
- Oke, T.R., 1978. Boundary layer climates. London: Methuen & Co. Ltd.
- Oke, T.R., 1982, The Energetic Basis of the Urban Heat Island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24.
- Oke, T.R. 1987. Boundary Layer Climates. New York, Routledge.
- Oke, T.R., 1988. Street design and urban canopy layer climate. Energy and buildings, 11(1), 103-113.
- Oke, T.R., 1997, Urban Climates and Global Environmental Change. Applied Climatology: Principles & Practices. New York, NY: Routledge, 273-287.
- Oke, T.R., 2006. Towards better scientific communication in urban climate. Theoretical and Applied Climatology, 84(1-3), 179-190.
- Olgyay V., 1963. Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism, Princeton Univ. Press, Ewing, New Jersey, U.S.A. 236 p.
- Öngel, K., Mergen, H., 2009. Isıl konfor parametrelerinin insan vücudundaki etkilerine yönelik literatür taraması. Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 16(1), 25-26.
- Parsons, K.C., 2003. Human thermal environments: the effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance, 2nd edn. Taylor and Francis, 528, New York.
- Papangelis, G., Tombrou, M., Dandou, A., Kontos, T., 2012. An urban "green planning" approach utilizing the Weather Research and Forecasting (WRF) modeling

- system. A case study of Athens, Greece. *Landscape and urban planning*, 105(1-2), 174-183.
- Pattacini, L., 2012. Climate and urban form. *Urban design international*, 17(2), 106-114.
- Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y., 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71(2), 295-310.
- Pearlmutter, D., Krüger, E.L., 2007. The effect of urban evaporation on building energy demand in an arid environment. *Energy Buildings*, 40(11), 2090–2098.
- Pickup, J., de Dear, R., 2000. An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT_SET*). Part I—The model and its assumptions. *Biometeorology and urban climatology at the turn of the millenium*. 50, 279–283.
- Picot, X., 2004. Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth - Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. *Energy and buildings*, 36(4), 329–334.
- Pihlak, M., 1994. Outdoor comfort: hot desert and cold winter cities. *Architecture and Behaviour*, 10, 73-94.
- Priyadarsini, R., Hien, W.N., Wai David, C.K., 2008. Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island. *Solar energy*, 82(8), 727-745.
- Revich, B., Shaposhnikov, D., 2008. Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia. *Int J Biometeorol*, 52(5), 367–374.
- Robinson, S., Turrell, E.S., Gerking, S.D. 1945. Physiological equivalent conditions of air temperature and humidity. *Am. J. Physiol*, 143, 21–32.
- Rudel, E., Matzarakis, A., Koch, E., 2007. Summer Tourism in Austria and Climate Change. MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2007.
- Sailor, D.J., 2002. Urban Heat Islands, Opportunities and Challenges for Mitigation and Adaptation. Sample Electric Load Data for New Orleans, LA (NOPSI, 1995). North American Urban Heat Island Summit. Toronto, Canada.
- Sailor, D.J., and Fan, H., 2002. Modeling the Diurnal Variability of Effective Albedo for Cities. *Atmospheric Environment*, 36 (4), 713-725.
- Saito, I., Ishihara, O. and Katayama, T., 1991. Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area. *Energy and Buildings*, 15 (3-4), 493-498.
- Sawka M.N., Wenger, C.B. 1998. Physiologic response to acute exercise heat stress. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. IN: Benchmark Press, 97-151.
- Shakir, A. K., 2006. Thermal Comfort Modelling of an Open Space (Sport Stadium). A thesis submitted for the degree MSc Energy Systems & the Environment, Faculty of Engineering Department of Mechanical Engineering Energy Systems Research Unit University of Strathclyde, Glasgow, U.K.
- Sharma, M.R., Sharafat, A., 1986. Tropical Summer Index – A Study of Thermal Comfort of Indian Subjects, *Building and Environment*, 21 (1), 11-24.
- Shashua-Bar, L., Hoffman, M.E., 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street - an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings*, 31(3), 221-235.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., Erell, E., 2009a. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4) 179-186.

- Shashua-Bar, L., Potchter, O., Bitan, A., Boltansky, D., Yaakov, Y., 2009b. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 30(1), 44-57.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., Erell, E., 2009c. Microscale vegetation effects on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. In *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29.
- Shashua-Bar, L., Tsiros, I.X., Hoffman, M.E., 2010. A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece. *Building and Environment*, 45(12), 2798-2807.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., Erell, E., 2011. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology* V, 31(10), 1498-1506.
- Sheridan, S.C., Dolney, T.J., 2003. Heat, mortality, and level of urbanization: measuring vulnerability across Ohio, USA. *Climate Research*, 24(3), 255-265.
- Smoyer, K.E., Rainham, D.G.C., Hewko, J.N., 2000. Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. *Int J Biometeorol*, 44, 190-197.
- Souza, L.C.L., 2007. Thermal environment as a parameter for urban planning. *Energy Sustain Dev*, 11(4), 44-53.
- Spronken-Smith, R.A., Oke, T., 1998. *International Journal of Remote Sensing*, 19(11), 2085-2104.
- Staiger, W., Michel, A., Bohnes, V.P., Hermann, N., Cadeville, M.C., 1997. Structural properties of molecular beam epitaxy grown Ni/Pt superlattices. *Journal of Materials Research*, 12(1), 161-174.
- Steadman, R.G., 1979. The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. *J. Appl. Meteor.*, 18, 861-873.
- Steenneveld, G.J., Koopmans, S., Heusinkveld, B.G., van Hove, L.W.A., 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-Atmospheres*, 116(20129), 14.
- Svensson, M.K., Thorsson, S., Lindqvist, S., 2003. A geographical information system model for creating bioclimatic maps - examples from a high, mid-latitude city. *International Journal of Biometeorology*, 47(2), 102-112.
- Svensson, M.K., 2004. Sky view factor analysis—implications for urban air temperature differences. *Meteorol Appl*, 11, 201-211.
- Şensoy, S. and Demircan, M., 2010. *Climatological Applications In Turkey*, Ankara, <http://www.rtc.dmi.gov.tr/FILES/KURS/336/DOCS/Climatological%20Applications.pdf> (08.10.2013).
- Tahbaz, M., 2011. Psychrometric chart as a basis for outdoor thermal analysis. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 21(2).
- Thom, E.C., 1959. The Discomfort Index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.
- Thorsson, S., Lindqvist, M., Lindqvist, S., 2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Goteborg, Sweden. *International journal of biometeorology*, 48(3), 149-156.
- Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F., Eliasson, I., Lim, E.M., 2007. Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. *Environment and Behavior*, 39(5), 660-684.

- Thorsson, S., Lindberg, F., Bjorklund, J., Holmer, B., Rayner, D., 2011. Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to climate change: the influence of urban geometry. *International Journal of Climatology*, 31(2), 324-335.
- Topay, M., 2013. Mapping of thermal comfort for outdoor recreation planning using GIS: the case of Isparta Province. *Türk J Agric For*, 37, 110-120.
- Topay, M., Yılmaz, B., 2004. Biyoklimatik konfora sahip alanların belirlenmesinde CBS'den yararlanma olanakları: Muğla ili örneği. *Proceedings of 3th GIS Days in Turkey*, 425-434.
- Toy, S., 2010. Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi Rekreatif Alanlarının İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Toy, S., Yılmaz, S., 2010. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and applied climatology*, 101(3-4), 329-343.
- Tseliou, A., Tsiros, I. X., Lykoudis, S., & Nikolopoulou, M. (2010). An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. *Building and Environment*, 45(5), 1346-1352.
- Türkoğlu, N., Çalışkan, O., 2011. Nevşehir ve Ürgüp'te Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 51 (1), 45-63.
- Unger, J., 1999. Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology*, 43(3), 139-144.
- Unger, J., 2004. Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. *Clim Res*, 27, 253-264.
- Upmanis, H., Chen, D.L., 1999. Influence of geographical factors and meteorological variables on nocturnal urban-park temperature differences - A case study of summer 1995 in Göteborg, Sweden. *Climate Research*, 13(2), 125-139.
- Wang, S., Chen, X., Bao, A.M., Kurban, A., 2009. The impacts of urban landscape pattern on urban land surface temperature - taking Urumqi as an example. *IEEE, 2009 joint urban remote sensing event*, 1-3: 401-406, Çin.
- Whitford, V., Ennos, A.R., Handley, J.F., 2001. City form and natural processes: indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landsc Urban Plan*, 20, 91-103.
- Xi, T.Y., Li, Q., Mochida, A., Meng, Q.L., 2012. Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. *Building and Environment*, 52, 162-170.
- Xu, J., Wei, Q., Huang, X., Zhu, X., Li, G., 2010. Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. *Building and Environment*, 45(4), 1072-1080.
- Vanos, J.K., Warland, J.S., Gillespie, T.J., Kenny, N.A., 2010. Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. *International Journal of Biometeorology*, 54(4), 319-334.

- VDI, 1994. VDI 3789, Part 2: Environmental Meteorology, Interactions between Atmosphere and Surfaces; Calculation of the short- and long wave radiation. Beuth, Berlin. pp. 52.
- VDI, 1998. Methods for the human-biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning. Part I: Climate, VDI guideline 3787. Part 2, Beuth, Berlin.
- Voogt, J., 2002. Urban Heat Island. Encyclopedia of Global Environmental Change, 36(4),713-725.
- Watkins, R., Palmer, J., Kolokotroni, M., 2007. Increased temperature and intensification of the Urban Heat Island: Implications for human comfort and urban design. Built Environ, 33(1),85–96.
- Williamson, T., Erell, E., Soebarto, V., 2009. Assessing the error from failure to account for urban microclimate in computer simulation of building energy demand. Proceedings of the 11th International IBPSA Conference, Glasgow, 497–504.
- Winslow, C.E.A., Herrington, L.P., Gagge, A.G., 1937. Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures. Am. J. Physiol., 120,1–22.
- Winslow, C.E., Herrington, L.P., Gagge, A.P.,1938. The reactions of the clothed human body to variations in atmospheric humidity. American Journal of Physiology--Legacy Content, 124(3), 692-703.
- Yaglou, C.P., Minard, D., 1957. Control of heat casualties at military training centers. Arch Ind Hlth, 16, 302-5.
- Yaglou, C. P., Miller, W.E. 1925. Equivalent conditions of temperature, humidity and air movement. J. Am. Soc. Heat. Vent. Eng, 31(59),59.
- Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., 2005. Klimatoloji – I. DMI Yayınları, 2005(1), 4.
- Yang, F., Lau, S. Y., Qian, F., 2011. Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a sub-tropical climate. Architectural Science Review, 54(4), 285-304.
- Yılmaz, H., Irmak, M.A., 2004. Evaluating plant materials used in open-green areas in Erzurum. Ekoloji, 13(52), 9-16.
- Yılmaz S., Toy S., Irmak M. A. and Yılmaz, H., 2007. Determination of climatic differences in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. Building and Environment, 42(4):1604-1612.
- Yılmaz, S., Yıldız, N.D., Toy, S., Irmak, M.A., 2009. The role of climatic elements in public tendency towards alternative tourism: a sample of Turkey. Atmósfera, 22(4), 367-374.
- Yüksel, Ü.D., 2005. Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama Ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması Ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhao, C., Fu, G., Liu, X., Fu, F., 2011. Urban planning indicators, morphology and climate indicators: A case study for a north-south transect of Beijing, China. Building and Environment, 46(5),1174–1183.
- Zoulia, I ; Santamouris, M; Dimoudi, A., 2009. Monitoring the effect of urban green areas onthe heat island in Athens. Environmental Monitoring and Assessment,156(1-4), 275-292.

ÖZGEÇMİŞ

Esra BULGAN, 1985 yılında Manisa'nın Turgutlu ilçesinde doğdu. İlköğretimi Manisa Ahmetli'de tamamladıktan sonra liseyi Turgutlu Niyazi Üzmez Lisesi'nde başladı. 2002 yılında liseden mezun olduktan sonra aynı yıl Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nü kazandı ve 2006 yılında bu bölümden mezun oldu. Mezuniyetten sonraki ilk yıl Manisa'da özel bir inşaat şirketi ile birlikte çalışmaya başlayarak 3 devlet hastanesinin peyzaj projesini hazırlamıştır. Ayrıca burada bir özel okul adına “düşünce parkı” temalı yarışmasına proje hazırlayarak, proje uluslararasıda 3 altın, 2 gümüş madalya kazanmıştır. 2007 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi'nde Peyzaj Mimarı olarak başlamış ve 2 yıl burada görev yapmıştır. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamış aynı yıl evlenmiştir.