

8TH INTERNATIONAL MARDIN ARTUKLU
SCIENTIFIC RESEARCHES CONFERENCE
JUNE 4-6, 2022, MARDİN, TURKEY

THE BOOK OF FULL TEXTS
ON APPLIED SCIENCES

EDITED BY
DR. BHUVANESWARI
GULNAZ GAFUROVA



ISBN: 978-625-8323-33-7

**8th INTERNATIONAL MARDIN ARTUKLU SCIENTIFIC
RESEARCHES CONFERENCE
June 4-6, 2022, Mardin, TURKEY**

**THE BOOK OF FULL TEXTS ON APPLIED
SCIENCES**

Edited by

**Dr. BHUVANESWARI
Gulnaz GAFUROVA**

**All rights of this book belongs to Farabi Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
www.artuklukongresi.org**

**Issued: 04.07.2022
ISBN: 978-625-8323-33-7**

DIŞ ORTAM TERMAL KONFOR KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE ÖZGÜN VERİ KULLANIMININ ÖNEMİ

Doç. Dr. Fatih CANAN1a

Arş. Gör. Hande Büşra GEYİKLİ*1b

1a Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 42250,
Konya, 0000-0003-4469-1993

1b Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 42250,
Konya, 0000-0003-290-9921

ÖZET

Kentleşme ve sanayileşme süreci, kentlerdeki arazi kullanımını etkilemiş, kent merkezindeki yeşil alanların azalmasına ve mineral kaplı sert yüzeylerin artmasına sebep olmuştur. Arazi örtüsünün değişimi, kentlerdeki mikro iklimi etkilemiş, bölgesel sıcaklıkların artmasına neden olmuştur. Meydana gelen bu olumsuzluklar dikkate alındığında, geleceğin yeni kentlerinin planlamasında ve günümüzün mevcut kentlerinin gelişimi ve dönüşümünde, sürdürülebilirliğin yön verici bir ilke olarak değerlendirilmesi, bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sürdürülebilir kentlerin planlanmasında iklim konusunun önemli temel bir girdi olarak dikkate alınması gerekmektedir. Son 20 yıldır kent iklimi ve mikroklimatik tasarım üzerine yapılan çalışmalar önem arz etmeye başlamıştır. Yeryüzünde kentli nüfusun artması; kent-iklim ve insan-iklim üzerine yapılan araştırmaların yoğun bir ilgi görmesine neden olmuştur. Bu çalışmalarla; iklim, yapılı çevre ve insan (kullanıcı) arasındaki etkileşim anlaşılmaya çalışılmaktadır. Bu araştırmaların sonuçları mimarları, kent plancılarını ve peyzaj mimarlarını doğrudan ilgilendirmeye başlamıştır.

Kent iklimi olarak bilinen bu bilimsel alan içerisinde, dış ortamda termal konfor koşulları, ilgi gören özel bir araştırma alanıdır. Dış ortamda termal konfor çalışmaları, insan biyometeorolojisi olarak tanımlanan bilim alanında yer almaktadır. İnsan biyometeorolojisi, atmosferik ortamın insanlar üzerindeki etkilerini inceleyen bilim olarak tanımlanır. Bu çalışmaların bir kısmı, dış mekânda mikroklimayı denetleyebilmeyi ve durum tespiti yapmayı amaçlamaktadır. Bir diğer kısmı ise bireylerin dış ortamda uygun termal konfor koşullarının sağlanabilmesine yönelik yardımcı araç-gereç ve özgün veri üretimine dayanmaktadır.

Çalışmada dış ortamda termal konfor koşullarının tespit edilmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan araç-gereçler ve verileri elde etme yöntemleri tanıtılacaktır. Ülkemizde kent ortamında termal konfor koşullarının değerlendirilmesinde sadece Konya kenti için özgün veriler elde edilmiştir. Konya kentinde bu verilerin kullanımı, bir örnek üzerinden gösterilecektir.

Ülkemizde genel anlamda, mikroklimatik koşulların sunduğu dış ortam termal konfor koşullarının değerlendirilmesine olanak veren özgün veri eksikliği bulunmaktadır. Dış ortam termal konfor koşulları, PET (eşdeğer fizyolojik sıcaklık) gibi yaygın bir indis kullanılarak, iklimsel bölgelere göre değişkenlik gösteren nötral PET aralıklarının ve genel termal stres kategorilerinin dağılımlarının belirlenmesi mümkündür. Bu verilerin elde edilmesine yönelik çalışmaların yürütülmesiyle, kent ortamında kullanıcılara uygun mikroklimatik koşulların sunulması çok daha mümkün hale gelebilecektir.

Anahtar kelimeler: Mikroklima, Dış ortamda termal konfor, Termal algı, PET indisi.

THE IMPORTANCE OF USE OF ORIGINAL DATA IN DETERMINING OUTDOOR THERMAL COMFORT CONDITIONS

ABSTRACT

The process of urbanization and industrialization has affected the land use in cities, causing a decrease in green areas in the city center and an increase in mineral-coated hard surfaces. The change of land cover has affected the microclimate in the cities and caused an increase in regional temperatures. Considering these negativities, it is a necessity to consider sustainability as a guiding principle in the planning of new cities of the future and in the development and transformation of existing cities of today.

The climate issue should be considered as an important basic input in the planning of sustainable cities. In the last 20 years, studies on urban climate and microclimatic design have started to gain importance. Increasing urban population in the world; The researches on the city-climate and human-climate have attracted intense interest. With these studies; The interaction between climate, built environment and human (user) is tried to be understood. The results of these researches have started to interest architects, urban planners and landscape architects directly.

In this scientific field known as urban climate, thermal comfort conditions in the outdoor environment is a special research area of interest. Thermal comfort studies in the outdoor environment are included in the field of science defined as human biometeorology. Human biometeorology is defined as the science that studies the effects of the atmospheric environment on humans. Some of these studies aim to be able to control the microclimate outdoors and to determine the situation. Another part is based on the production of auxiliary equipment and original data to provide suitable thermal comfort conditions for individuals in the external environment.

In the study, the tools and equipment used in the determination and evaluation of thermal comfort conditions in the outdoor environment and the methods of obtaining data will be introduced. In the evaluation of thermal comfort conditions in the urban environment in our country, unique data were obtained only for the city of Konya. The use of these data in the city of Konya will be illustrated through an example.

In our country, there is a lack of specific data that allows the evaluation of the outdoor thermal comfort conditions offered by microclimatic conditions. By using a common index such as outdoor thermal comfort conditions, PET (Physiological Equivalent Temperature), it is possible to determine the distributions of neutral PET ranges and general thermal stress categories that vary according to climatic regions. By carrying out studies to obtain these data, it will become much more possible to present appropriate microclimatic conditions to users in the urban environment.

Keywords: Microclimate, Outdoor thermal comfort, Thermal perception, PET.

1.GİRİŞ

Gelecek yıllarda dünya nüfusunun büyük bir bölümünün kentli olacağı Birleşmiş Milletler tarafından bildirilmektedir. İklim değişikliğinin ve çeşitli çevresel problemlerin meydana getirebileceği olumsuzluklar dikkate alındığında geleceğin kentlerinin planlanmasında sürdürülebilir planlama ilkelerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kent planlamacıları,

mimarlar ve peyzaj mimarları gibi kentin şekillenmesinde rol oynayan aktörler bu konuda bilinçlenmeli ve çeşitli çalışmalar yürütmelidir. Bu çalışmaların en başında sürdürülebilir kentsel tasarım yaklaşımları yer almaktadır. Kentlerde sürdürülebilirlik çevresel boyutta ele alındığında sadece binalar ve bunların enerji kullanımlarını dikkate alan çalışmalar ile değil bütünsel bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bu bağlamda bina ve yakın çevresindeki dış mekanların da mikroklimatik koşulları değerlendirilmelidir. Çünkü bina ve yakın çevresinde meydana gelen mikroklimatik değişimler kullanıcı konforunu ve binaların enerji tüketimini etkileyebilmektedir. Araştırmacılar çeşitli kentsel dış mekanların termal konfor koşullarının kavranmasına yönelik analiz çalışmaları gerçekleştirmektedirler. Yine bu çerçevede dış mekanların termal konfor koşullarının iyileştirilmesine yönelik çözümler üretmeye de çalışmaktadırlar. Bunu için değerlendirmelerde esas olan yöntemler geliştirilmekte ve referans veriler oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Günümüze kadar yapılan birçok bilimsel araştırmada, dış ortamın termal konfor koşulları çeşitli indisler kullanılarak analiz edilmektedir. İndisler arasında PET (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklığı), en yaygın kullanıma sahip olan indistir (Potchter vd., 2018). Diğer taraftan Matzarakis ve Mayer'in 1996 yılında yapmış oldukları çalışma ile belirledikleri PET termal algı kategorileri birçok araştırmada referans olarak kabul edilmektedir. Ancak bu genel kabulün geçerliliği tartışmaya açıktır. Çünkü her bölgenin iklimsel ve sosyokültürel yapısına bağlı olarak termal algı kategorilerinin değişebildiği bilinmektedir. Bununla ilgili olarak özellikle son on yılda dış ortamda termal konfor konulu çeşitli iklim kuşaklarında yapılan çalışmalarda termal algı kategorilerinin farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Potchter vd., 2018). Hatta aynı iklim kuşağında yer alan farklı kentlerde bile termal algı kategorilerinin farklılaşabileceği saptanmıştır. Bu farklılığın oluşmasında, iklimsel faktörlerin yanında sosyo-kültürel faktörlerin de etki yaptığı bilinmektedir.

Dünya genelinde dış ortam termal konfor çalışmaları son 20 yıl içerisinde artış göstermiştir (Potchter vd., 2022). Ülkemizde de son dönemlerde bu alanlardaki çalışmalar artmaya başlamıştır, ancak yetersiz kalmıştır. Bu çalışmalarda, dış ortamın termal konfor koşullarının analizlerinde çoğunlukla Matzarakis ve Mayer'in 1996 yılında belirledikleri termal algı kategorileri referans alınmaktadır. Yani bölgeye özgü olmayan referans veriler kullanılmaktadır. Bu kabuller doğrultusunda yapılan çalışmaların doğruluğu da tartışmaya açıktır. Dış ortamda termal konfor çalışmalarının doğru bir şekilde yürütülebilmesi için çalışmanın yapıldığı yere özgü termal algı kategorilerinin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Ancak bu özgün verilerin belirlenebilmesi için maliyeti yüksek ve uzun sürelere yayılan alan çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu alan çalışmalarında yerli halkla görüşülerek uygun bir örneklem esas alınır ve meteorolojik ölçümler gerçekleştirilir (Canan, 2019). Anket ve ölçümlerin birlikte yapılmasıyla dönemsel veya tüm yıla ait özgün termal algı kategorileri belirlenebilmektedir (Resim 1 ve 2). Ülkemizde sadece Konya kentinde 2017-2018 yılları arasında gerçekleştirilen çalışma ile Konya kentine özgü termal algı kategorileri belirlenebilmiştir (Canan, 2020). Bu çalışmada PET indisi termal algı kategorilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Termal algı kategorileri içerisinde nötral aralık termal konfor aralığıdır. Diğer aralıklar ise termal stres kategorilerini belirtmektedir (tablo 1 ve tablo 2).

**Resim 1:**

Mikro-meteorolojik ölçüm ve anket çalışmaları (Canan, 2017)

**Resim 2:**

Mikro-meteorolojik ölçüm ve anket çalışmaları (Canan, 2018)

Bir kentsel dokuda simülasyonlarla veya ölçümlerle belirli bir noktanın veya alanın (harita oluşturarak) termal konfor durumları belirlenebilir. Bu haritalar üzerinde yer alan değerler yardımı ile bölgenin belirlenen zaman aralıklarında ve tarihlerde, termal konfor koşulları hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Bu termal konfor seviyelerini gösteren haritalar üzerinden ilgili mekanların termal anlamda konforlu ve stres oluşturan bölgeleri belirlenebilmektedir. Bu haritalarda görülen nötral değerler termal anlamda konforlu yerlerdir. Tasarımcılar bu haritaları dikkate alarak, alanın mikroklimatik koşulları ve termal koşulları hakkında bilgi sahibi olabilmektedirler. Bu sayede, tasarımcıların yeni tasarlayacakları dış mekanlarda, mikroklimaya duyarlı kararlar alabilmeleri mümkün hale gelebilmektedir.

Bu çalışmada, Konya kentinde bulunan bir alan için termal konfor haritaları Matzarakis ve Mayer'in (1996) belirlemiş olduğu değerler ve Konya için belirlenmiş özgün veriler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile Konya kentine ait dış ortam termal konforunun tespit edilmesinde kente ait özgün verilerin kullanımının önemi vurgulanmıştır.

2. GENEL KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Kent iklimi çalışmaları ve dış ortamda termal konfor

Kent iklimi (kent klimatolojisi); iklim bilimcilerin (klimatolog) ve coğrafyacıların araştırma konusu iken son dönemlerde mimarların ve kent plancılarının da araştırma alanına girmiştir. Kent klimatolojisi; kent ve çevresindeki atmosfer arasındaki etkileşimleri inceler. Etkileşimler iki yönlü olsa da, kentin atmosfer üzerindeki etkilerinin araştırılması, çalışmaların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kentsel gelişim mevcut biyofizik çevreyi temelden değiştirir ve sonuç olarak; kentler kendi özgün iklimlerini meydana getirirler (Oke, 2017).

Kent klimatolojisi bağlamında, insanın merkeze alındığı çalışmalarda termal konfor koşullarının araştırılması ayrı bir araştırma alanı olmuştur. Uzun zaman aralığında yapılan çalışmalar insan biyoklimatolojisini (ing: human bioclimatology) ilgilendirirken mevsimsel, kısa zaman aralıklarında yapılan araştırmalar ise "İnsan Biyometeorolojisi"ni (ing human biometeorology) ilgilendirmektedir. Dış ortamda termal konfor çalışma alanı, iklime duyarlı,

çevresel kaygıların dikkate alındığı, kent yaşam kalitesinin önemsendiği sürdürülebilir kentsel planlamada yerini almıştır.

Termal konfor, insanın çevresindeki termal ortamdaki memnun olması, insan ile onu çevreleyen ortam arasındaki ısı denge durumudur (ASHREA, 2004; ISO 2002; Şensoy vd., 2020). Literatürde yaygın bir şekilde yer alan “termal konfor” kavramından anlaşılması gereken aslında termal algıdır. Termal algı, farklı termal stres seviyelerine veya herhangi bir termal stres kategorisinin olmadığı rahatlık durumuna karşılık gelebilir. Dış ortamda, termal stres kategorileri ve konfor durumu dahil, termal algı seviyelerinin anlaşılmasında ve derecelendirilmesinde PET (Physiological equivalent temperature (°C), tr: fizyolojik eşdeğer sıcaklık), UTCI (Universal thermal climate index (°C), tr: Evrensel termal iklim endeksi), OUT-Set (Standard effective temperature for outdoor (°C), tr: Dış ortam için standart etkin sıcaklık (°C)) ve kimi zaman da PMV (Predicted mean vote, tr: Tahmini ortalama puan) indisleri kullanılmaktadır (Johansson vd. 2014; Golasi vd., 2018).

Kent ortamında, dinlenme, yürüyüş, spor yapma, eğlenme ve alışveriş gibi çeşitli aktivitelerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için kentsel mekânların fonksiyonel çözümlerinin uygunluğu kadar dış ortam termal konfor koşullarına da bağlıdır. Parklar, kent meydanları, yaya yolları, sokak ve caddeler kent sakinlerinin kullanımına sunulurken estetik ve işlevsel olmaları yanında mikroklimatik koşullar bakımından da uygun olmalıdırlar.

Kent ortamında mikroklimatik koşullar ise fiziki çevrenin oluşumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. O yerin içinde yer aldığı genel iklimsel karakterden belli ölçüde değişebilmektedir. Dış ortamda termal konfor, yerin mikroklimatik koşullarına bağlıdır.

Dış ortamda termal konfor çalışmaları;

- Kent sakinlerinin farklı termal koşullardaki davranışlarını araştırmak,
- Tasarım, planlama kararlarının mikroklima üzerine ve dolayısıyla termal konfor üzerine etkilerini tahmin edebilmek,
- Doğal ve yapay etmenlerin mikroklimaya ve dolayısıyla termal konfor üzerine olan etkileri belirlemek,
- Uygun termal konfor koşullarını sunan fiziki koşulları tasarlayabilmek,
- Belli bir bölgede bulunan bir insan nüfusunun özgün termal algı kategorilerini (yani nötral değer aralığını ve termal stres aralıklarını) belirlemek amacıyla yürütülmektedir.

Dış ortamda termal konfor koşullarının çeşitli konularla olan etkileşimi aşağıda sıralanmıştır:

1-İnsanların sağlığı:

Dış ortam termal konfor koşulları; insanların fizyolojik ve psikolojik sağlık durumlarına etki edebilmektedir (Canan, 2020). Uygun termal koşullara sahip bir dış ortamda yürümek veya bisiklete binmek hem fizyolojik ve hem de psikolojik sağlık için önemlidir.

Termal konfor koşulları uygun olan dış mekanlar, ciddi sağlık risklerini azaltabilir. Açık alanlarda akciğer ve solunum rahatsızlığı olanlar daha fazla vakit geçirip temiz hava alabilirler. Sıcak dönemlerde, gölgelikli ve güneş radyasyonlarından korunaklı dış mekanlarda uzun süreliğine güvenli bir şekilde zaman geçirilebilir. Aksi durumlarda ise güneş çarpması veya cilt kanseri gibi rahatsızlıklara yakalanabilme olasılığı artabilmektedir (Esch, 2015).

2-Enerji tüketimi:

Sıcak yaz aylarında kapalı mekanlarda vakit geçirmek bazı iklim kuşaklarında (örneğin Tropikal iklimlerde) soğutma amaçlı klima kullanımını arttırabilmektedir. Sıcak dönemlerde dış ortamda vakit geçirme süresinin arttırılması enerji verimliliği üzerine olumlu etkileri

olabilmektedir (Fang vd., 2018; Niu vd., 2015). Dış ortamda termal konforu iyileştirmeye yönelik çabalar mikroklimayı da iyileştirir. Yakın çevrede yer alan binaların enerji tüketimlerini de azaltır.

3-Kent yaşamı ve ekonomisi:

Uygun termal koşullara sahip yaya dolaşım alanları, kentsel yaşamda canlılığı ve ticareti arttırabilir (Roshan vd., 2019; Erell vd, 2011). Özellikle turizm bölgelerinde uygun termal koşullara sahip dış mekânlar, turistler için cazibe yerleri haline gelebilirler.

4-Sosyalleşme:

Uygun mikroklimatik koşullara sahip dış mekanlar; kent nüfusunun büyük bir kısmı için ilgi çekici olabilir. Dolayısıyla sosyal yaşam için olumlu etkiler yaratabilir, sosyal izolasyonu önleyebilir, her yaştan ve sosyal sınıftan insanın sosyalleşmesine olanak sunabilir (Lai vd., 2018; Martinelli vd., 2015; Lai vd., 2019).

2.2. Dış Ortamda termal konforun belirlenmesinde temel yaklaşımlar ve yöntemler

Dış ortamda termal konfor çalışmaları, daha önce de belirtildiği gibi bir termal konfor indisi dikkate alınarak gerçekleştirilir. PET'in (fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık) dış ortamda termal algı ve termal konfor seviyelerinin değerlendirilmesinde uygun bir indis olmasından dolayı, literatürde yer alan çoğu çalışmada sıkça kullanıldığı görülmektedir (Potchter vd., 2018; Sharmin vd., 2019; Fang vd., 2018). Bu çalışmada da PET indisi dikkate alınmıştır.

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

PET değeri, Rayman yazılımı (Matzarakis vd., 2007) veya mikroklimayı modelleyen çeşitli simülasyon yazılımları ile hesaplanabilmektedir. Hesaplamalarda kullanılan temel girdiler mikro-meteorolojik ve kişisel verilerden oluşmaktadır. Mikro-meteorolojik veriler sırasıyla; havanın sıcaklığı (Ta), bağıl nem oranı (RH), rüzgar hızı (Ws) ve özellikle de ortalama radyant sıcaklık değeridir (MRT). Bunlar yere özgü mikro-meteorolojik değerlerdir. Diğer veri türü olan kişisel veriler ise kişinin yaşı, cinsiyeti, boyu, ağırlığı, yaptığı aktivite (metabolizma enerjisi) ve kıyafet durumudur (kıyafetlerin ısı direnci dikkate alınır).

PET değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Ta, RH, Ws ve MRT değerleri, bir mikroklima ölçüm cihazı ile yerinde ölçümlerle belirlenebilir. Mikroklima cihazı ile yapılan yerinde ölçümlerde MRT'in belirlenebilmesi için küre termometre kullanılması gerekmektedir.

Ölçüm yapılmadan bölgenin meteoroloji istasyonundan alınacak veriler yardımı ile de PET değerleri belirlenebilir. Ancak bu durumda ortalama radyant sıcaklık (MRT) değerinin elde edilmesi doğrudan olamamaktadır. Çünkü MRT değerlerini meteoroloji istasyonları çoğunlukla belirlememektedir. Bu değer belirlenebilmesi için çalışmanın yürütüldüğü kentsel dokunun fiziksel özellikleri uygun bir yazılımda modellenmelidir. Envi-Met gibi yazılımlar MRT değerini ve buna bağlı olarak da PET değerini üç boyutlu kentsel modele bağlı olarak hesaplayabilmektedir. Yerinde ölçümlerde MRT değeri belirlenmediyse yine yazılım yardımı ile (Envi-Met gibi) modellenen kent dokusu dikkate alınarak MRT ve PET değerleri hesaplanabilmektedir. PET'in hesaplanmasında kişisel veriler yine araştırmanın içeriğine bağlı olarak ortalama değerler şeklinde belirlenebilmektedir.

Bir alanda hesaplanan PET değerlerinin yorumlanabilmesi gerekmektedir. Bunun için daha önceden bilimsel bir yaklaşımla belirlenmiş referans niteliğinde PET değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Bir bölgeye ait özgün referans niteliğindeki termal algı kategorilerinin belirlenmesi için uzun süreli çabalar gerektiren bir alan çalışmasının yapılması gerekmektedir. Bu alan çalışmalarında ölçülen ve saptanan objektif verilerle (örneğin: mikro-meteorolojik değerler + kıyafet faktörü) ve kişilerden gelen sübjektif veriler (kişiden kişiye değişebilen termal algı düzeyleri) ilişkilendirilmektedir. Bu şekilde elde edilen referans niteliğindeki PET değerleri, özgündür ve gerçeğe daha yakındır. Uluslararası literatür incelendiğinde 2001 yılından 2021 yılına kadar, bu yaklaşımla gerçekleştirilmiş 194 alan çalışmasının mevcut olduğu görülmektedir (Potchter vd., 2022). Bunlardan bir tanesi Konya’da gerçekleştirilmiş olup ülkemizde bir yere özgü ve referans niteliğindeki tek çalışmadır. Matzarakis ve Mayer (1996)’in ortaya koyduğu, Batı ve Orta Avrupa için geçerli olan nötral PET aralığı ve termal algı kategorileri, ülkemizde ve farklı ülkelerde özgün verisi olmayan kentlerde yürütülen dış ortam termal konfor çalışmalarında bir genel kabul doğrultusunda referans alınmaktadır. Çalışma yapılan kentlere ait özgün dış ortam termal konfor verileri olmayınca, literatürde ilk paylaşılan verilerin genelde referans kabul edildiği görülmüştür. Bu kabullerin aslında çok da doğru sonuç veremeyeceği ve kaba bir değerlendirmeye neden olabileceği, yıllar içinde yapılan çalışmalardan çıkan sonuçlardan anlaşılabilir. Matzarakis ve Mayer (1996)’in ortaya koyduğu termal algı kategorileri tablo 1’de yer almaktadır. Tabloda farklı termal stres kategorileri ve termal konfor aralığı (Nötral PET aralığı) gösterilmektedir.

Tablo 1: Batı ve Orta Avrupa için belirlenmiş termal algı kategorileri ve nötral PET aralığı (Matzarakis ve Mayer ,1996)

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

2017-2018 yılları arasında yapılan çalışma kapsamında (Canan vd., 2020) Konya için belirlenmiş termal algı kategorileri ve nötral PET aralığı oluşturulmuştur. Nötral PET aralığı dikkate alındığında, Konya için saptanan alt sınır değerinin hemen hemen Batı ve Orta Avrupa ile belirlenen değere çok yakın olduğu görülmektedir. Bunlar sırası ile 17.9 ve 18°C’dir. Ancak nötral PET aralığının üst sınır değeri dikkate alındığında, Konya’nın nötral PET aralığının üst değerinin Batı ve orta Avrupa’dan 6.7 °C daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 2). Konya kent sakinlerinin yüksek sıcaklığa karşı Batı ve orta Avrupa nüfusuna göre daha dirençli olduklarını söylemek mümkündür. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Batı ve Orta Avrupa iklimi Cfb kategorisindedir (Okyanus iklimi: ılıman, her mevsim yağışlı, ılık yaz). Konya iklimi ise BSk kategorisindedir (Yarı kurak soğuk iklim). İklimsel farklılıklarla beraber sosyo-kültürel etmenler, bu iki nüfusun termal algı kategorilerinde farklılıkların ortaya çıkarmasına neden olmuştur.

Tablo 2: Konya kenti için belirlenmiş termal algı kategorileri ve nötral PET aralığı (Canan vd., 2020).

Termal Algı kategorisi	Konya Turkey PET (°C)
Çok Soğuk	< (-5,6)
Soğuk	(-5.6) - (6.2)
Serin	(6.2) - (17.9)
Biraz serin	-
Nötral/ konforlu	(17.9) - (29.7)
Biraz ılık	-
Ilık	(29.7) - (41.5)
Sıcak	(41.5) - (53.3)
Çok sıcak	> (53.3)

3. KONYA'DA BELİRLENEN BİR BÖLGEDE ALAN ÇALIŞMASI

Dış ortam termal konfor koşullarının tespit edilmesinde özgün veri kullanımının önemini vurgulayabilmek için Konya kentinden bir bölge seçilmiştir. Seçilen alan için Envi-met simülasyon programı kullanılarak bulunan PET değerleri; Canan ve diğerlerinin (2020) Konya için bulmuş oldukları referans niteliğindeki değerler ve Matzakaris ve Mayer'in (1996) bulmuş oldukları değerlere göre karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile tipik bir yaz günü olarak seçilen 10 Temmuz 2020 tarihi için saatlik PET değerlerinin ve nötral aralığın doğruluğu tespit edilmiştir.

3.1. Seçilen alanın özellikleri

Çalışmada Konya'nın Selçuklu ilçesinde yer alan Feritpaşa Mahallesi'nde yer alan Nalçacı Caddesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Seçilen alan Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre BSk ikliminde (yarı kurak soğuk iklim) yer almaktadır. Alanın güney tarafından tramvay aksı ve oldukça yoğun bir araç aksı devam etmektedir (Resim 3). Bu bölgede bulunan konut birimleri en az 7 en çok 14 katlıdır (Resim 4).



Resim 3. Konya kentinde seçilen çalışma alanı



Resim 4. Konya kentinde belirlenen çalışma alanından görseller.

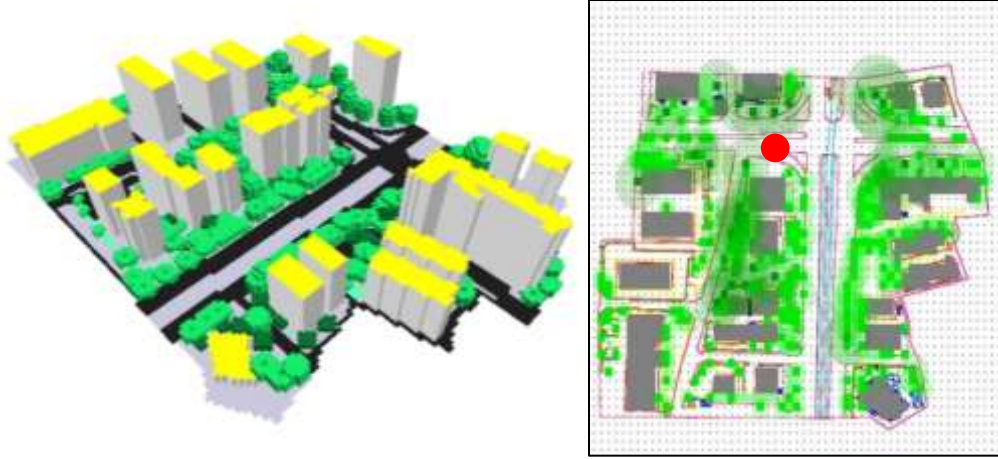
3.2. Envi-met Programı

Almanya'daki Mainz Üniversitesi Çevre Modelleme Grubu Coğrafya Enstitüsü'nden Dr. Michael Bruse tarafından geliştirilen ENVI-met yazılımı, kentsel ortamlardaki mikro ölçekli termal etkileşimleri analiz eden üç boyutlu bir bilgisayar modelidir (Bruse, 2020). Yazılım, hem hava akışı ve türbülans gibi sıvı dinamiği özelliklerinin hesaplanmasını hem de zemin yüzeyinde, duvarlarda, çatılarda ve tesislerde gerçekleşen termodinamik süreçleri kullanmaktadır. ENVI-met, her türlü güneş radyasyonunu (doğrudan, yansıyan ve dağınık) dikkate alır ve yüzey sıcaklıklarını ve ortalama radyant sıcaklığı hesaplar. Ortalama radyant sıcaklığı (MRT), insan vücudundan yayılan ısı transferi ve çevredeki yüzeyler arasındaki ısı transferini belirlemek üzere çevredeki yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eden bir sıcaklık olarak tanımlanır (d'Ambrosio Alfano vd., 2013). MRT, fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET) gibi termal indisleri hesaplamak için gereklidir (Höppe, 1999). MRT'nin hesaplanmasında ENVI-met, tüm radyasyon akımlarını, doğrudan, dağınık ve yansıyan güneş radyasyonunun yanı sıra atmosfer, zemin ve duvarlardan uzun dalga radyasyon akımlarını dikkate alır ve değişen yüksekliklerde çevre modelinin her hücresi için MRT değerleri üretebilir. (Toudert 2005, Emmanuel ve Fernando 2007; Bruse, 1999).

Envi-metin, özellikle son yıllarda mikroklima ile ilgili çalışmalarda en sık kullanılan program olduğu görülmektedir. Bu programın tercih edilme sebebi, modelin karmaşıklığına rağmen kolay kullanım sağlaması, kullanıcı dostu olması ve daha düşük hesaplama maliyetleri dengesinden kaynaklanabilmektedir (Ali-Toudert, 2005; Chow ve Brazel, 2012; Roth ve Lim, 2017; Singh ve Laefer, 2015). Bir diğer neden ise, Envi-met'in atmosferik süreçleri, bitki örtüsü, toprak nemi gibi çeşitli detaylı özellikleri modelle dinamik olarak birleştirilmesidir.

3.3. Alan çalışması

Seçilen alan için yerinde tespitler yapılarak kat yükseklikleri, bina renkleri, yeşil alanlar, sert zeminler, araç ve yaya yolları, ağaç yükseklikleri ve tipleri belirlenerek Envi-met programında modellenmiştir. Modellenen alan için simülasyon öncesi Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 10 Temmuz 2020 tarihli saatlik hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü verileri temin edilmiştir. Yapılan simülasyonda o güne ait gerçek meteorolojik verilerin kullanılmasına dikkat edilmiştir. Simülasyondan elde edilen sonuçlarda yayaların sıklıkla kullandığı tipik bir nokta alınmış ve bu noktadaki PET değerleri bulunmuştur (Resim 5). Envimet öncelikle MRT değerini girilen meteorolojik verilere göre bulmuş, daha sonrasında ise PET değerlerini bulmuştur.



Resim 5. Envi-met'te modellenen alan ve PET değerleri için seçilen nokta

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

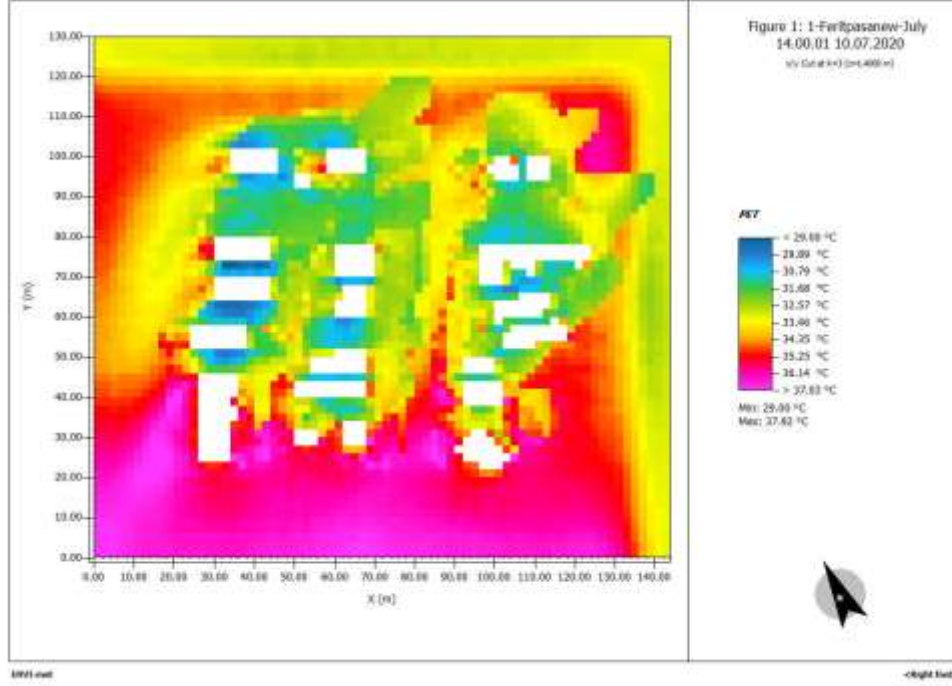
Envi-met programında modellenen alanda seçilen nokta için ölçülen saatlik rüzgar hızı, hava sıcaklığı ve ortalama radyan sıcaklık değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir (Tablo 3). Tablodaki değerlerin her biri için Canan ve diğerleri (2020) ile Matzarakis ve Mayer'in (1996) PET termal algı kategorilerini gösteren referans değerleri ile karşılaştırıldığında, bazı uyumsuzluklar olduğu görülmektedir. Tabloda iki farklı çalışmadan alınan yorumlamalar farklı renklerle ifade edilmektedir. Matzarakis ve Mayer'e (1996) göre saat 06:00-08:00 arası nötral, 08:00-11:00 arası biraz ılık, 11:00-17:00 arası ılık, 17:00-19:00 arası biraz ılık, 19:00-00:00 arası nötral, 00:00-06:00 arası ise biraz serin olarak tespit edilmiştir. Canan ve diğerlerine (2020) göre bir yorumlama yapıldığında; 06:00-11:00 arası nötral, 11:00-16:00 arası ılık, 16:00-00:00 arası nötral, 00:00-06:00 arası ise serin olarak tespit edilmiştir. Saat 08:00-11:00 arası ve 17:00-19:00 arası Canan ve diğerlerinin Konya için oluşturdukları termal kategori sınıfında “nötral” iken, Matzarakis ve diğerlerine göre “biraz ılık” şeklindedir. Saat 16:00-17:00 arası ise Canan ve diğerlerinin Konya için oluşturdukları termal kategori sınıfında “nötral” iken, Matzarakis ve diğerlerine göre “ılık” şeklindedir.

Tablo 3. Seçilen nokta için Envimet programında ölçülen değerler

Date	Time	PET (°C)	Ws Wind speed (m/s)	Ta Air temperature (°C)	MRT Mean Radiant Temperature (°C)	Matzaraki s ve Mayer'e göre yorum (1996)	Canan ve diğerlerine göre yorum (2020)
10.07.2020	06.00.01	19,201	0,5987	20,859	22,314	Nötral	Nötral
10.07.2020	07.00.01	21,012	0,46842	22,307	23,448	Nötral	Nötral
10.07.2020	08.00.01	23,701	0,46399	23,675	27,83	Biraz ılık	Nötral
10.07.2020	09.00.01	27,117	0,45083	25,114	32,856	Biraz ılık	Nötral
10.07.2020	10.00.01	26,401	1,2517	26,627	33,626	Biraz ılık	Nötral
10.07.2020	11.00.01	31,131	0,36584	28,586	35,708	Ilık	Ilık
10.07.2020	12.00.0	31,10	0,82544	29,844	36,271	Ilık	Ilık

0	1	9					
10.07.2020	13.00.01	31,836	0,83427	30,282	37,178	Ilık	Ilık
10.07.2020	14.00.01	31,601	1,2829	30,606	37,482	Ilık	Ilık
10.07.2020	15.00.01	31,463	0,78208	30,017	36,69	Ilık	Ilık
10.07.2020	16.00.01	29,6	0,81599	29,087	34,211	Ilık	Nötral
10.07.2020	17.00.01	27,637	0,57678	27,917	30,71	Biraz ılık	Nötral
10.07.2020	18.00.01	25,292	0,45739	26,805	26,532	Biraz ılık	Nötral
10.07.2020	19.00.01	22,201	0,96098	26,015	22,402	Nötral	Nötral
10.07.2020	20.00.01	21,021	0,56905	24,332	20,756	Nötral	Nötral
10.07.2020	21.00.01	20,001	0,55366	23,388	19,527	Nötral	Nötral
10.07.2020	22.00.01	19,513	0,35891	22,512	18,534	Nötral	Nötral
10.07.2020	23.00.01	18,722	0,34673	21,756	17,638	Nötral	Nötral
11.07.2020	00.00.01	17,663	0,33481	20,538	16,5	Biraz serin	Serin
11.07.2020	01.00.01	17,342	0,25471	20,036	15,746	Biraz serin	Serin
11.07.2020	02.00.01	16,861	0,24443	19,582	15,149	Biraz serin	Serin
11.07.2020	03.00.01	16,337	0,22514	18,981	14,567	Biraz serin	Serin
11.07.2020	04.00.01	15,668	0,25231	18,46	14,01	Biraz serin	Serin
11.07.2020	05.00.01	15,269	0,58192	19,134	14,333	Biraz serin	Serin

Elde edilen bulgulara göre Matzarakis ve Mayer'in Batı ve Orta Avrupa için belirlemiş olduğu termal algı kategorileri ve nötral PET aralığı farklı bir konumda ve farklı bir iklimde bulunan Konya kenti için çok doğru sonuçlar vermemektedir. Gün içindeki belli saat aralıklarında iki farklı çalışmadan elde edilen termal konfor kategorilerine göre farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum, dış ortam termal konfor konulu araştırmalarda kente ve iklime özgün veriler kullanmanın önemini ortaya koymaktadır.



Resim 6. Envi-met'ten elde edilen PET haritası

Envi-met programından elde edilen sonuçlara göre saat 14.00 için PET haritası oluşturulmuştur (Resim 6). Yayalar tarafından sıklıkla tercih edildiği için bu saat üzerinden haritalandırma yapılması uygun görülmüştür. Harita üzerinde genel bir yorumlama yapıldığında, PET değerlerinin 29.00 °C ve 37.03 °C arasında değiştiği görülmektedir. Koyu mavi olarak gösterilen bölgeler en az sıcaklığa sahip ve konforlu iken, koyu pembe ile gösterilen bölgeler en yüksek sıcaklığa sahip ve termal stres hissedilen bölgelerdir.

Alanın tümünde genel olarak termal stres durumu çok yüksek değildir. Bu durum, meteorolojik verilerin o gün içinde aşırı yüksek olmamasından, bölge içinde ağaçların yoğun olmasından ve yüksek binaların gölgeleme etkisinden kaynaklanabilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, bazı müdahaleler ile dış ortamda termal konfor durumu iyileştirilebilmektedir. Bunlardan bazıları, yeşil alanların artırılması, binaların yönelimi ve yüksekliklerinin düzenlenmesi, sert ve geçirimsiz yüzeylerin albedolarının değiştirilmesi vb. müdahalelerdir.

5.SONUÇ

Çalışmada Konya kentinde seçilen bir bölge içinde yayaların sıklıkla kullandığı bir nokta belirlenmiştir. Bu nokta için Envi-met programında yapılan simülasyonlar sonucunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık (PET), hava sıcaklığı (Ta), rüzgar hızı (Ws), ortalama radyan sıcaklığı (MRT) verileri elde edilmiştir. Bu verilerden dış ortam termal konforu için indis olarak belirlenen PET değeri, Canan ve diğerlerinin (2020) değerleri ve Matzarakis ve Mayer'in (1996) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda kullanıcıların Matzarakis ve Mayer'e göre 06:00-08:00 ve 19:00-00:00 arasında konforlu olduğu gözlenirken, Canan ve diğerlerine göre 06:00-11:00 ve 16:00-00:00 aralığında konforlu oldukları gözlenmiştir.

Yapılan bu karşılaştırma ile dış ortamda termal konfor analizinde Konya kenti için özgün veriler kullanmanın önemi ortaya çıkmaktadır. Dış ortamda termal konforun analizinde çeşitli kentlerde ve çeşitli iklim tiplerinde o kente ve iklime ait özgün verilerin elde edilmesi, o bölgede yaşayan kullanıcıların sosyo-kültürel özelliklerine göre tespitlerin yapılması büyük

önem arz etmektedir. Bir kentte o kente ve iklime ait olmayan termal konfor kategorileri kullanılırsa, o kentin kullanıcıları için doğru olmayan sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bu da kent ortamında kullanıcılar için konforsuz ve sağlıksız mekanların oluşmasına sebep olacaktır. Özgün veriler kullanılarak dış ortam termal konforunun tespiti, tasarımcıların gelecekte tasarlayacağı kentsel mekanlar için de bir girdi olacaktır. Böylece kentlerimiz daha yaşanabilir, konforlu, sürdürülebilir ve bütüncül mekanlar haline dönüşecektir.

Ülkemizde daha yaşanabilir kentler tasarlayabilmek üzere tüm kentler için ayrı ayrı olmasa bile tüm iklim tipleri için özgün termal konfor kategorileri belirlenebilir. Bu belirlenen kategoriler genel kabuller olarak düşünülüp, gelecek tasarımlar için dış ortam termal konforunun belirlenmesinde yardımcı olabilir.

6.KAYNAKÇA

ASHRAE Standard 55, 2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

Ali-Toudert, F., Mayer, H., 2007. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Sol. Energy* 81, 742–754. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007>.

Bruse, Michael, 2020. ENVI-met website (n.d.) retrieved on July 5, 2020 from: <http://www.envimet.com/>

Canan, F., Golasi, I., Ciancio, V., Coppi, M., Salata, F., 2019. Outdoor thermal comfort conditions during summer in a cold semi-arid climate. A transversal field survey in Central Anatolia (Turkey). *Build. Environ.* 148, 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.008>

Canan, F., Golasi, I., Falasca, S., Salata, F., 2020. “Outdoor thermal perception and comfort conditions in the Köppen-Geiger climate category BSk. One-year field survey and measurement campaign in Konya, Turkey”, *Science of the Total Environment*, 738, 140295, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140295>.

Chow, W.T.L., Brazel, A.J., 2012. Assessing xeriscaping as a sustainable heat island mitigation approach for a desert city. *Build. Environ.* 47, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.027>.

d’Ambrosio Alfano, F. R., Dell’Isola, M., Palella, B. I., Riccio, G., & Russi, A., 2013. On the measurement of the mean radiant temperature and its influence on the indoor thermal environment assessment. *Building and Environment*, 63, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.026>.

Emmanuel R, Fernando H.J.S., 2007. Urban Heat Islands in Humid and Arid Climates: Role of Urban Form and Thermal Properties in Colombo, Sri Lanka and Phoenix, USA, *Climate Research*, Volume 34, Issue 3, September 2007, pages 241- 251.

Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T.J., Williamson, T.J., 2011. Urban Microclimate: Designing the Spaces between Buildings. Earthscan.

Esch, M., 2015. Designing the Urban Microclimate. A Framework for a Design-Decision Support Tool for the Dissemination of Knowledge on the Urban Microclimate to the Urban Design Process. <https://doi.org/10.7480/abe.2015.6>.

Fang, Z., Lin, Z., Mak, C.M., Niu, J., Tse, K.T., 2018. Investigation into sensitivities of factors in outdoor thermal comfort indices. *Build. Environ.* 128, 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.028>.

- Golasi, I., Salata, F., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M. 2018.** “Complying with the demand of standardization in outdoor thermal comfort: a first approach to the Global Outdoor Comfort Index (GOCD)”, *Building and Environment*, 130, 104-119, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.021>.
- Höppe, P. R., 1999.** The Physiological Equivalent Temperature-A Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment. *International Journal of Biometeorology*, 43 (2), 71-75. doi: 10.1007/s004840050118.
- ISO 7726, 2002.** Ergonomics of the Thermal Environment - Instruments for Measuring Physical Quantities.
- Johansson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., Krüger, E. 2014.** “Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies–The need for standardization”, *Urban climate*, 10, 346-366, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.12.002>.
- Lai, D., Chen, C.C., Liu, W., Shi, Y., Chen, C.C., 2018.** An ordered probability model for predicting outdoor thermal comfort. *Energy Build* 168, 261–271. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.043>.
- Lai, D., Liu,W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q., 2019.** A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Sci. Total Environ.* 661, 337–353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062>.
- Martinelli, L., Lin, T.P., Matzarakis, A., 2015.** Assessment of the influence of daily shadings pattern on human thermal comfort and attendance in Rome during summer period. *Build. Environ.* 92, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.013>.
- Matzarakis, A., Mayer, H., 1996.** Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO Collab. Cent. Air Qual. Manag. Air Pollut. Control.* 18, 7–10.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2007.** Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *Int. J. Biometeorol.* 51, 323–334. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>.
- Niu, J., Liu, J., cheung Lee, T., Lin, Z., Mak, C., Tse, K.T., sin Tang, B., Kwok, K.C.S., 2015.** A new method to assess spatial variations of outdoor thermal comfort: onsite monitoring results and implications for precinct planning. *Build. Environ.* 91, 263–270. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.017>.
- Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A., 2017.** *Urban climates*. Cambridge University Press, Cambridge <https://doi.org/10.1017/9781139016476>.
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T., Matzarakis, A., 2018.** Outdoor human thermal perception in various climates: a comprehensive review of approaches, methods and quantification. *Sci. Total Environ.* 631–632, 390–406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>.
- Potchter, O., Cohen,P., Lin, T., Matzarakis, A., 2022,** A systematic review advocating a framework and benchmarks for assessing outdoor human thermal perception, *Science of The Total Environment*, Volume 833, 155128, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155128>.
- Roshan, G.R., Saleh Almomenin, H., Silveira Hirashima, S.Q. da, Attia, S., 2019.** Estimate of outdoor thermal comfort zones for different climatic regions of Iran. *Urban Clim.* 27, 8–23. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.10.005>.
- Roth, M., Lim, V.H., 2017.** Evaluation of canopy-layer air and mean radiant temperature simulations by a microclimate model over a tropical residential neighbourhood. *Build. Environ.* 112, 177–189. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.026>.

Sensoy, S., 2020. Turizm Sektörünün Geleceği Açısından Sıcaklık İndisleri İle Termal Biyoklimatik İndisler Arasındaki İlişkiler: Antalya Örneği. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.

Sharmin, T., Steemers, K., Humphreys, M., 2019. Outdoor thermal comfort and summer PET range: a field study in tropical city Dhaka. Energy Build 198, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.064>.

Singh, M., Laefer, D.F., 2015. Recent trends and remaining limitations in urban microclimate models. Demogr. J. 1, 1–12.

Toudert, Fazia Ali, 2005. Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate, Freiburg : Meteorologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität, 2005.