



Uşak kent merkezinde yılın sıcak döneminde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesi ve gelecek projeksiyonları

Ahmet Erkan Metin¹

¹Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü Uşak, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 25/04/2023

Kabul Tarihi : 13/05/2023

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1287455>

*Sorumlu Yazar:

erkan.metin@usak.edu.tr

ÖZ

İklimin insan etkileri ya da doğal olaylar sonucu değişikliğe uğradığı bilinmektedir. İklim değişikliği yerkürede bulunan tüm varlıkları etkilemekte ve doğanın dengesini değiştirmektedir. Bu değişim ekosistem hizmetleri ve insan sağlığı üzerinde etkili olabilmektedir. Bu bağlamda iklim değişimlerinde antropojenik faktörlerin yoğun olduğu kent merkezleri gibi yerleşim alanları kritik öneme sahip olmaktadır. Yapılan çalışmada Uşak kentinin yılın sıcak dönemleri olarak kabul

edilen Mayıs- Eylül ayları arasındaki termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı belirlenerek, iklim projeksiyonlarına göre geleceğe yönelik öngörüler verilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada 1991-2020 dönemine ait meteorolojik ölçüm verileri ile RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryolarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma yöntemi olarak RayMan modelinden elde edilen Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indisinden faydalanılmıştır. Çalışmada termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak; yükselti, arazi kullanımı, güneş radyasyonu, ortalama radyant sıcaklık (MRT) ve rüzgâr hızı altlık haritalarıyla hesaplama yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu çalışma alanı olarak belirlenen kentte günümüzde "hafif sıcak" ve "sıcak" stresleri yaşanırken, RCP4.5 senaryosuna göre yakın gelecekte "sıcak" stresinin artacağı, RCP8.5 senaryosuna göre uzak gelecekte "sıcak" ve "çok sıcak" streslerinin baskın olacağı, kentte görülen "kentsel ısı adası" etkisinin genişleyeceği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda termal konforun değişmesi ve yaşanabilecek konforsuz koşullar oluşmasının önüne geçilebilmesine yönelik önemli bir eylem olan peyzaj planlama kapsamında önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, kent peyzajı, termal konfor, fizyolojik eşdeğer sıcaklık (FES), ekoloji

Determination of the spatial distribution of thermal comfort conditions in Uşak city center during the hot period of the year and future projections

ABSTRACT

It is known that climate changes as a result of human impacts based on various human activities or natural events. Climate change affects all beings on the earth and changes the balance of nature. This change can have an impact on ecosystem services and human health. In this context, residential areas such as urbans where anthropogenic factors are in tense in climate changes have critical importance. In this study, the spatial distribution of thermal comfort conditions between May and September, which are accepted as the hot periods of the year in Uşak city, was evaluated within the scope of current, near future and distant future conditions and future predictions were tried to be given according to climate projections. For this purpose, meteorological measurement data for the period 1991-2020 and data obtained from RCP4.5 and RCP8.5 climate scenarios were used in the study. Physiological Equivalent Temperature (PET) index obtained from the RayMan model was utilized as the study method. In the study, Geographical Information System (GIS) was used to determine the spatial distribution of thermal comfort conditions; elevation, land use, solar radiation, mean radiant temperature (MRT) and wind speed were calculated with base maps. As a result of the analysis, it was determined that while the city determined as the study area is experiencing "slightly hot" and "hot" stresses today, "hot" stress will increase in the near future according to the RCP4.5 scenario, and "hot" and "very hot" stresses will be effective in the distant future according to the RCP8.5 scenario, and the urban heat island will expand. As a result of the study, it was tried to make suggestions within the scope of landscape planning, which is an important action to prevent the change of thermal comfort and uncomfortable conditions that may occur.

Key Words: Climate change, urban landscape, thermal comfort, physiological equivalent temperature (PET), ecology

Bu makaleye atf:

Metin, A.E., 2023. *Uşak kent merkezinde yılın sıcak döneminde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesi ve gelecek projeksiyonları*, Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(1) 123-131.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

İklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar uzun yıllar öncesine dayansa da her dönem güncelliğini kaybetmeyen çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. 19. yüzyılın sonlarından günümüze kadar küresel boyutta en sıcak yılların son 10 yıl içerisinde gözlenmesi, günümüzde iklim değişikliğinin ve sonuçlarının her alanda sorgulanmaya ve tartışılmaya başlamasını sağlamıştır. İklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekten bölgesel ölçüğe indirgenerek incelenmesi özellikle enerji, tarım ve su kaynaklarının yönetiminde geleceğe yönelik planlamalarda önem taşımaktadır (Önol vd., 2009).

İklim değişikliğinin nedenlerinden olan sera gazı salımı, toprak ve yeşil alanların geçirimsiz yüzeylerle kaplanması, ormansızlaşma, arazilerin vasfı dışında kullanımı gibi antropojenik faktörler özellikle yoğun kent yerleşimlerinde mikroiklim koşullarında olumsuz etkilere neden olmaktadır. Kentsel alanların iklim koşullarının çevresinde bulunan kırsal alanlara göre farklılık gösterdiği dünyanın farklı ülkelerinde yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Oke vd. (1973) St. Lawrence Lowland (Kanada)'da, Karl vd. (1988) Amerika Birleşik Devletleri Kıtası 1219 numaralı istasyonda, Unger (1999) Szeged (Hungary)'de, Hinkel vd. (2003) Borrow (Alaska)'da, Bonacquisti vd. (2006) Roma (İtalya)'da, Çalışkan ve Türkoğlu (2014), Bulgan ve Yılmaz (2017) Erzurum (Türkiye)'de, Toy vd. (2021) Eskişehir (Türkiye)'de, Çağlak vd. (2021) Bolu (Türkiye)'de yaptıkları çalışmada kentsel alanların kırsal alanlara göre daha sıcak olduğunu ortaya koymuştur.

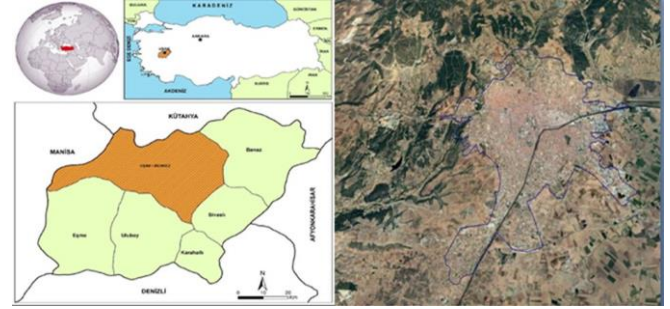
İklim insan faaliyetlerini etkileyen önemli bir unsur olmaktadır (Çınar, 1999). İklim koşullarındaki değişimler, tüm iklim elemanlarının ortak etkisi olan termal konfor koşullarında değişimlere yol açmaktadır. Termal konfor, insanların buldukları termal ortamda kendilerini rahatsız hissetmeyip, konforlu hissettiği durum olarak tanımlanabilmektedir (Toy, 2010; Çağlak, 2021). Termal konforun en yaygın kullanılan göstergesi hava sıcaklığı olmakla birlikte hava sıcaklığının her zaman diğer çevresel ve kişisel faktörlerle ilişkili olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Zengin vd., 2010). Termal konfor koşullarını somut bir şekilde açıklamak için 200'den fazla indisin geliştirildiği bilinmektedir (Landsberg, 1972; Epstein ve Moran, 2006). Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES: PET: Physiological Equivalent Temperature) indisi özellikle kentsel alanlarda dış ortam termal koşullarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan, termal ortamın insan üzerine yaptığı tüm etkileri (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nispi nem, kısa ve uzun dalga güneş radyasyonu) ve insan vücudunun termofizyolojik şartlarını ayrı değerler olarak ele almak suretiyle, radyasyon modeli olan RayMan yazılımı ile hesaplanmaktadır (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 2000; Matzarakis vd., 1999). FES indisi insan termal konforunu farklı iklim tiplerinde hesaplamak için ideal bir araç olarak kabul edilmektedir (Toy, 2010). Bahsi geçen faktörlerden dolayı çalışmada FES indisi kullanılmıştır.

İnsan yaşamı ve faaliyetleri ile iklim arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Bahsi geçen ilişki nedeni ile termal konfor koşullarının mekânsal dağılışı ve geleceğe ilişkin projeksiyonlarının geliştirilmesi özellikle yoğun yerleşimlerin bulunduğu kentlerde alınabilecek önlem ve planlamaların belirlenmesi açısından belirleyici olmakla birlikte kritik öneme sahiptir. Bu amaçla Uşak iline ait 1991-2020 yıllarını kapsayan

meteorolojik veriler elde edilerek yılın sıcak dönemleri olarak kabul edilen Mayıs- Eylül ayları arasındaki termal konfor koşullarının mekânsal dağılışı belirlenmiş, RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları kapsamında geleceğe yönelik öngörüler verilmeye çalışılmıştır. Çalışma yöntemi olarak RayMan modelinden elde edilen FES indisinden faydalanılmıştır. Termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesine ilişkin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Arazi kullanımı, yükselti, güneş radyasyonu, ortalama radyant sıcaklık (MRT) ve rüzgâr hızı altlık haritaları kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan çalışmada Uşak kentinin termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve termal konfor koşullarının geleceğe yönelik tahminleri incelenmiştir. Kentsel alanda termal koşulların değişmesi ile ortaya çıkabilecek olumsuz durumların öngörülmesi ve olası önlemler sunulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Uşak kenti Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nin iç kesimlerinde yer almaktadır. İl, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri (38° 13' ve 38° 56' Kuzey enlemleri, 28° 48' ve 29° 57' Doğu boylamları; deniz seviyesinden 907 m yükseklik) arasındaki geçiş noktasında yer almaktadır (Uşak Valiliği, 2022). Uşak kentinin lokasyon haritası Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Uşak kentinin lokasyon haritası

Uşak, Akdeniz ve karasal iklim arasında Akdeniz geçiş iklimine sahiptir (Türkeş vd., 2002). Köppen- Geiger iklim sınıflandırmasında kışları ılık, yazları çok sıcak ve kurak iklim (Csa), De Martonne göre; yarı kurak-nemli arası ve Thornthwaite'e göre yarı kurak-az nemli iklim(C1) koşulları tespit edilmiştir (Bölük, 2016). Çalışmada Uşak il merkezinde bulunan 916 m rakımdaki Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonundan (OMGİ no.:17188) elde edilen 81 yıllık (1939-2020) meteorolojik veriler kullanılmıştır. Verilerin elde edildiği OMGİ konumu Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Meteoroloji istasyonunun kentteki konumu

Akdeniz iklimi ile karasal iklim geçiş özelliklerini yansıtan kentin meteorolojik verilerinin elde edildiği periyotta (1939 – 2020) yıllık ortalama sıcaklık değerinin 12,5°C, en düşük sıcaklık değerinin (Ocak)-19,9°C, en yüksek sıcaklık değerinin (Temmuz) 40,2°C, yıllık yağış miktarının 557,6 mm. ortalama bağıl nemin %65 ve ortalama rüzgâr hızının 1,9 m/s olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık değeri temmuz ayında (40,2°C), en düşük sıcaklık değeri ocak ayında (-19,9°C), en yüksek nem oranı (%77) aralık ayında en düşük nem oranı (%54) temmuz ve ağustos ayında, en fazla yağış (84,6 mm.) aralık ayında, en az yağış (12,6 mm.) ağustos ayında görülmektedir (Veriler Uşak Meteoroloji Müdürlüğü'nden elde edilmiştir).

Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP)

Gelecekteki iklimi tahmin etmek, iklim değişikliğini etkileyebilecek fiziksel, sosyal ve ekonomik faktörler hakkında varsayımlarda bulunmayı gerektirmektedir. Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP) çeşitli senaryolar içerisinde varsayımlarda bulunabilmek için geliştirilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. RCP nüfus artışı, ekonomik gelişme, çevresel sürdürülebilirlik, teknolojik gelişme yönündeki davranışlarla ilgili çeşitli varsayımlar içermektedir (Çağlak ve Türkeş, 2022). Bu senaryolar troposfer, arazi yüzeyi, hidroloji, aerosoller, okyanus ve deniz buzu, kara karbon döngüsü, okyanus biyokimyası ve kimya gibi sistemleri içeren bir kara sistem yapılandırması olarak ifade edilmektedir. IPCC tarafından geliştirilen RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının küresel ölçekte en çok tercih edilen senaryolar olduğu bilinmektedir (IPCC, 2013). Türkiye için en çok tercih edilen HADGEM2-ES projeksiyon verileri kullanılmıştır (Gürkan vd., 2016). RCP 8.5 RCP'lerin üst sınırını ve daha yüksek sera gazı emisyonlarını temsil etmektedir (Riahi vd., 2011). Küresel ölçekte en çok tercih edilen senaryolar olduğu için yapılan bu çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır.

Çalışmada günümüz (1991 – 2020) termal konfor koşullarının hesaplanması için Uşak kent merkezindeki meteoroloji istasyonun saatlik; hava sıcaklığı (°C), nispi nem (%), rüzgâr hızı (m/s) ve bulutluluk (octa) verileri kullanılmıştır. RCP 4.5 ve RCP8.5 senaryolarının günlük olarak; hava sıcaklığı (°C), nispi nem (%), rüzgâr hızı (m/s) ve solar radyasyon (W/m²) verileri kullanılarak yakın ve uzak gelecek projeksiyonları hesaplanmıştır. Termal konfor koşulları radyasyon modeli olan ve dünyada yaygın kullanılan RayMan (Pro) yazılımından elde edilen FES indisine göre belirlenmiştir. FES indisi kişinin termal konforunu vücudun ısı enerjisine göre hesaplarken, insan vücudunun termofizyolojik şartlarını (giysi tipi ve yapılan aktivite) dikkate alarak, termal ortamın kişi üzerindeki tüm etkilerini (hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı, kısa ve uzun dalga boylu güneş radyasyonu) hesaplamaktadır (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 1999). FES indisine göre termal his ve stres düzeyleri Çizelge 1'de verilmektedir

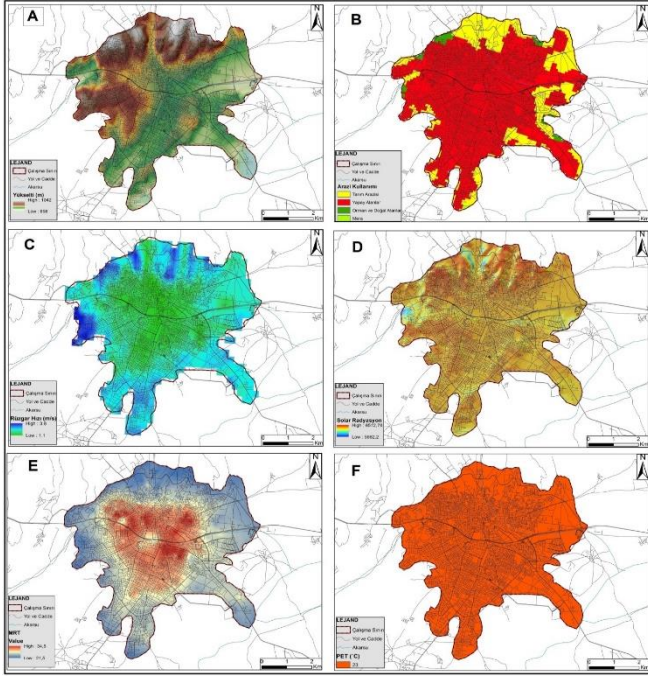
Çizelge 1. FES indisinin termal his ve stres seviyeleri (Matzarakis vd., 1999; Höppe, 1999)

Termal Stres düzeyi	Sıcaklık Hissi	FES (°C)
Aşırı soğuk stresi	Çok soğuk	< 4,0
Güçlü soğuk stresi	Soğuk	4,1–8,0
Orta soğuk stresi	Serin	8,1–13,0
Hafif soğuk stresi	Hafif serin	13,1–18,0
Termal stres yok	Konforlu	18,1–23,0
Hafif sıcak stresi	Hafif sıcak	23,1–29,0
Orta sıcak stresi	Sıcak	29,1–35,0
Güçlü sıcak stresi	Çok Sıcak	35,1–41,0
Aşırı sıcak stresi	Aşırı sıcak	>41,0

Yapılan çalışmada termal konfor koşullarının mekânsal dağılımını ortaya koymak amacı ile altık haritalar oluşturulmuştur. Altık olarak kullanılan haritalar Şekil 3'te verilmektedir.

Tüm altık haritalar Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGIS10.5 programında üretilmiştir. Yükselti haritası (A) raster olarak AsterGDEM sitesinden temin edilen sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir (Jet propulsion Laboratory). Arazi kullanımı (B) altlığı Corine verilerinden elde edilmiştir (Copernicus, 2023). Arazi kullanım özelliğine göre kentsel alanlarda kısa mesafelerde iklimsel koşullar değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı arazi kullanımı dikkate alınmıştır. Rüzgâr hızı (C) altlığı meteoroloji istasyonundan elde edilen verilerle arazi kullanım özelliğine göre düzenlenmiştir (Troen ve Petersen, 1989). Solar radyasyon (D) altlığı arazi kullanımı özelliğine göre sayısal yükseklik raster altlığı kullanılarak ArcGIS10.5 programından "Area Solar Radiaton" aracı kullanılarak enlem, boylam, kullanılan saat dilimine göre elde edilmiştir. Ortalama radyasyon sıcaklık (E) altlığı arazi kullanımı, yükselti, solar radyasyon altlıkları kullanılarak M.R.T. yazılımında hesaplanmış ve ArcGIS 10.5 programında haritalanmıştır (Cohen vd., 2020). FES değeri altlığı ise meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler hesaplanarak tüm yüzeye aynı değer şeklinde dağıtılmıştır. Tüm altık haritalar ve termal konfor haritaları 20 metre çözünürlükte hazırlanmıştır (Şekil 3).

Termal konfor şartlarının mekânsal dağılımında yöntem olarak birbirinden farklı 3 iklim tipine sahip bölgede uygulanan ve %95 üzerinde güvenilir olduğu belirlenmiş olan yeni geliştirilen bir model yaklaşımı kullanılmıştır (Çağlak, 2021). Bu yöntemde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımında etkili olan altık haritalarda (Şekil 3) parametrelerin etki düzeylerine göre hesaplanması ve dağılımları ArcGIS 10.5 programında "Raster Calculator" aracı ile elde edilmiştir (Koopmans vd., 2018; Perkhurova vd., 2019; Koopmans vd., 2020).



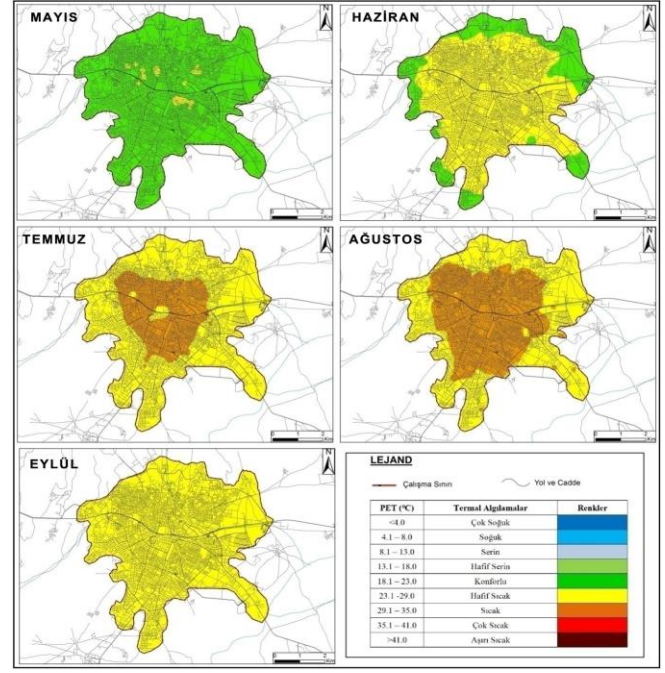
Şekil 3. Termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesinde kullanılan altlık haritalar (A: Yükselti (metre), B: Arazi Kullanımı, C: Rüzgâr Hızı (m/s), D: Solar Radyasyon (W/m^2), E: Ortalama Radyan Sıcaklık (Tmrt, °C), F: İstasyon değerlerine göre PET değeri, °C)

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanındaki termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre projeksiyon verileri dikkate alınarak 30 yıllık periyotlarla (1991-2020 günümüz, 2021-2050 yakın gelecek, 2069-2098 uzak gelecek) incelenmiştir. Çalışma alanının termal konfor koşulları yılın sıcak dönemleri olarak belirlenen Mayıs ayı ve Eylül ayı dahil olmak üzere beş aylık dönemlerde haritalandırılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. 1991 – 2020 yıllarını kapsayan dönemde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesi (Günümüz koşulları)

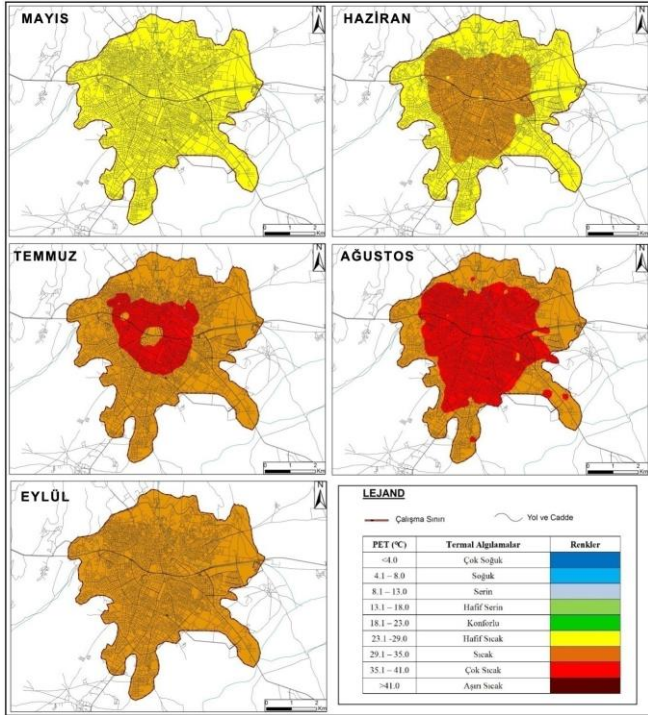
Uşak kentinde yılın sıcak dönemlerinde (Mayıs-Eylül) günümüz termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı Şekil 4’te gösterilmektedir. Günümüz koşullarında Mayıs ayında kentin büyük kısmında "konforlu" koşulların algılandığı, yüksekliğin azaldığı ve binaların, nüfusun, trafiğin, geçirimsiz yüzeylerin, yüksek katlı yapıların yoğun olduğu alanlarda "hafif sıcak" stresinin algılandığını söylemek mümkün olmaktadır. Haziran ayında kentte yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda "hafif sıcak" stresinin algılandığı, yapılaşmanın azaldığı, tarım arazilerinin, orman ve doğal alanların bulunduğu kent çeperlerinde ise "konforlu" koşulların algılandığı söylenebilmektedir. Temmuz ayında çalışma sahasında görülen "sıcak" stresi algısının Ağustos ayında alanda genişleyerek nerdeyse yoğun yerleşim alanlarının tamamına hâkim olduğu görülmektedir. Eylül ayında ise kentin tamamında "hafif sıcak" stresi algılanmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Uşak kent merkezinde termal konfor koşullarının yılın sıcak dönemlerinde dağılımı (1991 – 2020)

3.2. 2021 - 2050 yıllarını kapsayan dönemde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının belirlenmesi (Yakın gelecek koşulları)

Çalışma alanında yakın gelecek RCP4.5 senaryosuna göre Mayıs ayında nüfus, bina ve trafik yoğunluğunun olduğu kent merkezinde "hafif sıcak" stresinin, Eylül ayında ise yaklaşık olarak çalışma alanının tamamında "hafif sıcak" stresinin günümüz koşullarına göre artacağı öngörülmektedir. Haziran ayında kentin tamamında "hafif sıcak" stresinin, Temmuz ve Ağustos ayında kentin tamamında "sıcak" stresinin algılanması beklenmektedir (Şekil 5). RCP8.5 senaryosuna göre Mayıs ayında kent merkezinin büyük kısmında "hafif sıcak" stresinin hâkim olacağı, Eylül ayında ise nüfus, bina, trafik, geçirimsiz yüzeyler ve yüksek katlı yapıların yoğun olduğu kent merkezinde "sıcak" stresinin algılanacağı öngörülmektedir. Haziran ayı için kentin tamamında "hafif sıcak" stresinin, Temmuz ve Ağustos ayı için kentin tamamında "sıcak" stresinin algılanması beklenmektedir (Şekil 6).



Şekil 8. Uşak kent merkezinde uzak gelecekte yılın sıcak dönemleri için termal konfor koşullarının RCP8.5 senaryosuna göre dağılımı (2069 - 2098)

3.4. Termal konfor koşullarının günümüz, yakın gelecek ve uzak gelecek mekânsal dağılımlarının değerlendirilmesi

Uşak kentinde günümüzde mayıs ayında görülen ve kentin yaklaşık tamamında yaşanan (%98) "konforlu" koşulların RCP4.5 senaryosuna göre yakın ve uzak gelecekte azalacağı (günümüz %98, yakın gelecek RCP4.5 = %80, uzak gelecek RCP4.5 = %28), RCP8.5 senaryosuna göre yakın gelecekte azalarak (yakın gelecek RCP8.5 = %55) uzak gelecekte konforlu

alanların yerini "hafif sıcak" stresinin yaşanması muhtemel alanlara bırakacağı öngörülmektedir. Kentte günümüz koşullarında haziran ayında çalışma sahasının %24'ünde görülen "konforlu" alanların yerini RCP4.5 ve RCP8.5 yakın ve uzak gelecek senaryolarına göre "hafif sıcak" stresine bırakacağı beklenmektedir (Çizelge 3).

Kentte günümüzde haziran (%76), temmuz (%74), ağustos (%52) ve eylül (%100) aylarında yaşanan "hafif sıcak" stresinin RCP4.5 yakın gelecek senaryosuna göre haziran ayında kentin tamamında (%100) yaşanacağı, temmuz ayında kent alanının sadece %4'lük kısmında hissedilirken %96'luk bölümünde yerini "sıcak" stresine bırakacağı, Ağustos ayında kentin tamamında "sıcak" stresi algılanacağı, Eylül ayında ise kentin %97'sinde "hafif sıcak" %3'ünde "sıcak" stresi yaşanacağı öngörülmektedir. Bahsi geçen aylar için RCP4.5 uzak gelecek senaryosuna göre kentte sıcak stresinin algılandığı alanların artacağı (Haziran %99 "hafif sıcak" stresi %1 "sıcak" stresi, Temmuz %100 "sıcak" stresi, Ağustos %89 "sıcak" stresi, %11 "çok sıcak" stresi, Eylül %67 "sıcak" stresi) öngörülmektedir (Çizelge 3).

Haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları için yakın gelecek RCP8.5 senaryosu değerlendirildiğinde; haziran ayında çalışma alanının tamamında "hafif sıcak" stresinin, temmuz ve ağustos ayında alanın tamamında "sıcak" stresinin eylül ayında ise alanın %72'sinde "hafif sıcak" %28'inde sıcak stresinin algılanacağı öngörülmektedir. Bahsi geçen aylar için RCP8.5 uzak gelecek senaryosuna bakıldığında, haziran ayı için Çalışma alanının %60'ında "hafif sıcak", %40'ında sıcak stresi, temmuz ayı için %80 "sıcak" %20 "çok sıcak" stresi, ağustos ayı için %48 sıcak, %52 çok sıcak stresi, eylül ayı için alanın tamamında "sıcak" stresi yaşanması öngörülmektedir (Çizelge 3).

Uşak kenti için yılın sıcak döneminde termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve gelecek projeksiyonları incelendiğinde konforlu koşula sahip alanlarının azalacağı, "hafif sıcak", "sıcak" ve "çok sıcak" stresi yaşanabilecek alanların artacağı öngörülmektedir.

Çizelge 3. Uşak kent merkezi termal konfor koşullarının mekânsal dağılımının günümüz-yakın gelecek ve uzak gelecek projeksiyonlarına göre dağılım oranları (%)

Aylar/Aralıklar	Günümüz (1991 - 2020)			Yakın Gelecek (2021 - 2050)						Uzak Gelecek (2069 - 2098)						
	Konforlu	Hafif Sıcak	Sıcak	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5				RCP8.5		
				Konforlu	Hafif Sıcak	Sıcak	Konforlu	Hafif Sıcak	Sıcak	Konforlu	Hafif Sıcak	Sıcak	Çok Sıcak	Hafif Sıcak	Sıcak	Çok Sıcak
M	98	2		80	20		55	45		28	72			100		
H	24	76			100			100			99	1		60	40	
T		74	26		4	96			100			100			80	20
A		52	48			100			100			89	11		48	52
E		100			97	3		72	28		33	67			100	

4. Tartışma ve Sonuç

Kentlerde görülen aşırı nüfus yoğunluğu, sanayileşme, motorlu taşıt yoğunluğu, ekolojik unsurların göz ardı edilmesi

ile yapılan plansız ve yoğun yapılaşmaya bağlı olarak yatay hava hareketlerinin azalması, ısınma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi sonucu sera gazı salınımı, kentlerde bulunan toprak ve bitki türleriyle kaplı alanların geçirimsiz yüzey malzemeleriyle

kaplanması ile konveksiyonun azalması, kent sınırlarının genişlemesi ile doğal orman ve tarım arazilerinin yerini binalar ve beton, asfalt gibi malzemeler ile yapılan yollara bırakması, tarım ve orman arazilerinin vasfı dışında kullanılması, yüksek binalar nedeni ile Dand kanyonu geometrisi oluşumu, fosil yakıt kullanmaya bağlı olarak kirletici gaz ve partiküllerin atmosfere salınımı, vb. nedenlerden kaynaklı kentlerde iklim koşulları değişmekte, yeryer ısı adası oluşumları gözlenebilmektedir. Bahsi geçen faktörlerin etkisi iklim değişikliğine bağlı olarak yoğunlaşabilmektedir. Dünyada kentleşme ile iklim parametrelerindeki değişimler arasındaki ilişkiyi ve nedenlerini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Oke, 1973; Huang vd., 1987; Garcia vd., 2007; Chen vd., 2014; Kaplan vd., 2018; Toy vd., 2018; Tonyaloğlu, 2019; Metin ve Çağlak, 2022).

Uşak kenti için yapılan çalışmada termal konfor koşullarının mekânsal dağılımı açıklanarak, geleceğe yönelik iklim senaryoları oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucu kentteki yeşil alanların az, yapılaşmanın yoğun, binaların yüksek, geçirimsiz yüzeylerin yaygın olduğu alanlarda termal konfor koşullarının olumsuz yönde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılan senaryolar doğrultusunda bahsi geçen faktörlerin her geçen yıl kent iklimini olumsuz yönde etkileyeceği öngörülmektedir. Bu olumsuz etkilerin sonuçları insan sağlığı, tarım, ekonomi gibi pek çok alanda hissedilebilecektir.

Çalışma sonucunda günümüzde sadece mayıs ayında konforlu şartların olduğu, diğer aylarda "hafif sıcak" ve "sıcak" streslerin algılandığı görülmüştür. Yakın gelecek dönemleri incelendiğinde kentte konforlu koşulların azalacağı, "hafif sıcak" ve "sıcak" stresi algılanan alanların artacağı, uzak gelecekte ise özellikle yoğun yapılaşmanın fazla, toprak ve yeşil alanların az olduğu kent alanında "hafif sıcak" ve "sıcak" stresinin hâkim olmasının yanı sıra "çok sıcak" stresinin yaşanabileceği öngörülmektedir.

Çalışmanın sonuçları literatürde yer alan çalışmalarla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir (Mcgregor vd., 2002; Matzarakis ve Endler 2010; Kolokotroni vd. 2012; Larsen vd., 2019; Şensoy, 2020; Çağlak, 2022; Çağlak ve Türkeş, 2022). Şensoy vd. (2020) yapmış olduğu "Antalya'nın Termal Konfor Özellikleri, İklim Model Verileri Kullanılarak Gelecek Projeksiyonları ve Turizme Etkileri" çalışmasında FES indislerinde artış eğilimi olduğunu, Çağlak ve Türkeş (2022) "Yeni Bir Yaklaşımla Termal Konfor Koşullarının Günümüzde ve Gelecek İklim Koşullarındaki Mekânsal Dağılımının Analizi: Bolu Kenti Örneği" çalışmasında gelecek dönem için "çok sıcak" stresinin etkili olacağını ve kentsel ısı adasının genişleyeceğinin tespitini yapmıştır. Çalışma sonuçlarımız daha önce yapılan çalışmalarla benzer sonuçları ortaya koymaktadır.

Kentlerde nüfus artışı paralelinde ekolojik unsurların göz ardı edilerek ile doğal alanlar yapay alanlara dönüşmekte, geçirimsiz yüzeyler artmakta, kent içi hava hareketleri azalmakta ve bunun bir sonucu olarak kentlerde farklı mikroiklim koşullarının olduğu görülmektedir. Mikroiklim değişimlerinin birikimsel etkisi tüm dünya iklimini etkileyebilmektedir.

Termal konfor koşullarına sahip olan yerleşim alanlarında sağlık giderlerinin, ısınma ve soğutma giderlerinin azalmasının yanı sıra kentsel ısı adası oluşumları azalmakta ve bu bağlamda çevrenin ekolojik dengesinin korunması gerçekleştirilebilmektedir

(Zengin, 2010). İklim parametreleri ve termal konfor üzerinde özellikle kentleşmenin neden olduğu olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için olanaklar dahilinde tüm kentler için ve özellikle mevcut imkanlara sahip olan çalışmanın yapıldığı Uşak kenti için;

- Enerji tasarrufu ve sera gazı salımının azaltılması bağlamında binaların yakın çevrelerine kışın yaprak döken geniş yapraklı ağaç türleriyle ağaçlandırma yapılması,
- Kent havasını soğutmaya ve enerji maliyetlerini azaltmaya katkısı olduğu bilinen (Türkeş, 2022) yeşil çatıların (bitkisel çatı&ekolojik çatı) apartmanlar, gökdelenler, AVM'ler, kamu ve yerel yönetim binaları, organize sanayilerde uygulanması,
- Bitki ve toprak kaplı alanlara daha fazla yer verilmesi, kentsel tarım alanlarının oluşturulması, verimli arazilerin tarım amacı dışında kullanılmaması,
- Bina konumlarının rüzgâr yönüne göre planlanması, yatay mimarinin yönetimlerce teşvik edilerek artırılması,
- Özellikle son yıllarda yaşanan pandemi süreci ve deprem riski nedeni ile yaygınlaşan tek katlı yapılarda çatı bahçeleri ile birlikte, yağmur suyu depolarına yer verilmesi,
- Fosil yakıt gibi yenilenemeyen kaynakların kullanımını azaltılarak kentlerin sahip olduğu termal su ve güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması,
- Yasal tedbirler ile fosil yakıt ve fazla enerji tüketiminin önüne geçilmeye çalışılması önerilmektedir.

Kentlerde yapılacak peyzaj planlamaları, tasarımlar ve alınacak kararların sadece günümüz sorunlarını gidermeye yönelik değil, gelecekte yaşanabilecek sorunlara kaynak olabilecek iklim değişimini yavaşlatmaya hatta engel olmaya da yönelik sonuçlar getirebileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda özellikle yoğun kentleşme hareketlerinden kaynaklanan iklim değişiminin, kentsel ısı adası oluşumunun önlenmesi için kentlerin termal konfor koşullarının mekânsal dağılımları ve geleceğe ilişkin projeksiyonlarının geliştirilmesi ve bu doğrultuda uygulanabilir önerilerin sunulması son derece önemlidir.

Kaynaklar

- Bonacquisti, V., Casale, G.R., Palmieri, S., Siani, A.M., 2006. A canopy layer model and its application to Rome. Science of the Total Environment, 364(1-3), 1-13.
- Bölük, E., 2016. Turkish climate according to Köppen Climate Classification. MGM. Publications, Ankara. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf Erişim: 01.01.223.
- Bulgan, E., Yılmaz, S., 2017. Farklı kent dokularının yaz aylarında biyoklimatik konfora etkisi: Erzurum örneği. Journal of the Institute of Science and Technology, 7(4), 235-242.
- Chen, A., Yao, X.A., Sun, R., Chen L., 2014. Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. Urban Forestry & Urban Greening, 13(4), 646-654.
- Cohen, S., Palatchi, Y., Palatchi, D.P., Bar, L.S., Lukyanov, V., Yaakov, Y., Matzarakis, A., Tanny, J., Potcher, O. (2020). Mean radiant temperature in urban canyons from solar calculations, climate and surface properties – theory,

- validation and 'mr.t.' software. Building and Environment, 178, 1-8.
- Copernicus, 2023. Arazi örtüsü verileri. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. Erişim: 09.03.2023.
- Çağlak, S., 2022. Amasya kentinin biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve gelecek projeksiyonları. Mavi Atlas, 10(1), 182-197.
- Çağlak, S., Türkeş, M., 2022. Yeni bir yaklaşımla termal konfor koşullarının günümüzde ve gelecek iklim koşullarındaki mekânsal dağılımının analizi; Bolu kentiörneği. Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences, 20(2), 338-358.
- Çağlak, S., Aydemir K.P.K., Kazancı, G., 2021. Effects of urbanization on bioclimatic comfort conditions; Bolu Example. City Health Journal, 2(2), 47-55.
- Çağlak, S., 2021. İklim değişikliğinin biyoklimatik konfor şartları üzerine etkileri ve olası sonuçları. Basılmamış doktora tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tez690729.jsp>.
- Çalışkan, O., Türkoğlu, N., 2014. The trend of thermal conditions and the effect of urbanization on thermal comfort conditions in Ankara. Journal of Geographical Sciences, 12(2), 119-132.
- Çınar, İ., 1999. Fiziksel planlamada biyoiklimsel veriler kullanarak biyokonforun oluşturulması üzerine Fethiye merkezi yerleşimi üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı.
- Epstein, Y., Moran, D.S., 2006. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial Health, 44(3), 388-398.
- Garcia, C.O.R., Jauregui, O.E., Toudert, D.Y., Tejada, M.A., 2007. Detection of the urban heat island in Mexicali, B.C., México and its relationship with land use. Atmosfera, 20(2), 111-131.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., Yazıcı, B., 2016. GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. Coğrafi Bilimler Dergisi, 14(2), 77-88.
- Hinkel, M.K., Nelson, F.E., Klene, A., Bell, J.H., 2003. The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. International Journal of Climatology, 23(15), 1889-1905.
- 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.
- Huang, Y.J., Akbari, H., Taha, H., Rosenfeld, A.H., 1987. The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. Journal of Applied Meteorology, 26(9), 1103-1116.
- IPCC 2013. Climate Change 2013, The physical science basis, working group I contribution to the fifth assessment report of the inter government mental panel on climate change, Cambridge University Press, England. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf. Erişim: 13.01.2023.
- Jet propulsion Laboratory: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Erişim: 09.03.01.2023
- Kaplan, G., Avdan U., Avdan Z.Y., 2018. Urban heat island analysis using the landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia. The 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing (ECRS 2018), 22 March-5 April 2018.
- Karl, T.R. , Diaz, H.H. , Kukla, G., 1988. Urbanization: Its detection and effect in the united states climate record. Journal of Climate 1(11), 1099-1123.
- Kolokotroni, M., Ren, X., Davies, M., Mavrogianni, A., 2012. London's urban heat island: Impact on current and future energy consumption in office buildings. Energy and Buildings, 47(1), 302-311.
- Koopmans, S., Ronda, R., Steeneveld, G.J., Holstlag, A.A.M., Tank, A.M.G. 2018. Quantifying the effect of different urban planning strategies on heat stress for current and future climates in the agglomeration of the Hague (The Netherlands). Atmosfera, 9(3), 1-20.
- Koopmans, S., Heusinkveld, B.G., Steeneveld, G.J. 2020. A standardized physical equivalent temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands. Building and Environment, 181(1931), 1-13.
- Landsberg, H.E., 1972. The assessment of human bioclimate, a limited review of physical parameters. World Meteorological Organization, Technical Note No. 123, WMO-No.331, Geneva.
- Larsen, S.F., Filippin, C., Barea, G., 2019. Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina, Energy and Buildings, 184(1), 216-229.
- Matzarakis A., Mayer H., Iziomon M.G., (1999). Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. International Journal of Biometeorology, 43(2), 76-84.
- Matzarakis, A. Rutz, F., Mayer, H., 2000. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In: Biometeorology and urban climatology at the turn of the millenium (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278.
- Matzarakis, A., Endler, C., 2010. Climate change and thermal bioclimate in cities: Impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. International Journal of Biometeorology, 54(4), 479-483.
- Metin, A.E. and Çağlak, S., 2022. Assessment of the effect of land use change on bioclimatic comfort conditions in Uşak Province. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46(5), 632-641.
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. Atmospheric Environment, 7(8), 769-779.
- Önol, B., Ünal, Y.S., Dalfes, N., 2009. İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi Seri D. Mühendislik. 8(5), 169-177.
- Perkhurova, A. A., Konstantinov, P.I., Varentsov, M.I., Shartova, N.I., Samsonov, T.E., Krainov, V.N., 2019. Real-

- time microscale modeling of thermal comfort conditions in Moscow region. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 386, 012046.
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N., Rafaj, P., 2011. RCP8.5-A scenario of comparatively high green house gas emissions. *Climatic Change*, 109(1), 33-54.
- Şensoy, S., 2020. Turizm sektörünün geleceği açısından sıcaklık indisleri ile termal biyoklimatik indisler arasındaki ilişkiler: Antalya Örneği. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi /Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Tonyaloğlu, E. E., 2019. Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-3.
- Toy, S., 2010. Biyoklimatik konfor değerleri bakımından doğu anadolu bölgesi rekreasyonel alanların incelenmesi. Basılmamış Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tez274669.jsp> Erişim: 27.01.2023.
- Toy, S., Durmuş, D. B., Çağlak, S., 2018. Eskişehir’de (biyo) iklime duyarlı kentsel tasarım örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 353-361.
- Toy, S., Çağlak, S., Esrigü, A., 2021. Assessment of bioclimatic sensitive spatial planning in a Turkish city, Eskişehir. *Atmosfera Early Online Release*, 34(4), 719-735.
- Troen, I., Petersen, E. 1989. European Wind Atlas. National Laboratory Roskilde, ISBN: 87-550-1482-8.
- Türkeş, M., (2022). İklim değişikliğine karşı yeşil çatılar. <https://yesilgazete.org/iklim-degisikligine-karsi-yesil-catilar/>. Erişim: 15.04.2023.
- Türkeş, M., Sümer, U.M., Kılıç, G., 2002. Persistence and period city in the precipitation series of Turkey and associations with 500 h Pageo potential heights. *Climate Research*, 21(1), 59-81.
- Unger, J., 1999. Urban–rural air humidity differences in Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology*, 19(13), 1509-15015.
- Uşak Valiliği, 2022. <http://www.usak.gov.tr/iklim>. Erişim: 02.02.2023.
- Zengin, M., Kopar, İ., Karahan, F., 2010. Determination of bioclimatic comfort in Erzurum–Rize expressway corridor using GIS. *Building and Environment*, 45(1), 158-164.