

Makale Geliş | Received: 22.02.2022
Makale Kabul | Accepted: 18.03.2022
DOI: 10.18795/gumusmaviatlas.1077568

Savaş ÇAĞLAK

Dr. | Dr.
Milli Eğitim Bakanlığı, Amasya- TÜRKİYE
Ministry of National Education, Amasya - TURKEY
ORCID: 0000-0002-9051-7710
savas_caglak@hotmail.com

Amasya Kentinin Biyoklimatik Konfor Koşullarının Mekânsal Dağılımı ve Gelecek Projeksiyonları

Öz

İklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman periyotlarında doğal iklim değişikliğine ek olarak insan faaliyetlerinin atmosfer bileşimini etkilemesi sonucu iklimde meydana gelen değişiklik olarak tanımlanır. İklim değişikliğinin etkileri nüfusun yoğun olduğu kentsel alanlarda daha fazla hissedilecektir. Tanım olarak biyoklimatik konfor ise insanların buldukları atmosferik ortamın hava koşullarından rahat ve mutlu hissetmesi durumudur. Konforsuz koşullar insanlarda sağlık sorunlarının yanı sıra insanların verimlilik, refah ve mutluluk düzeylerinde azalma gibi birçok sosyal, ekonomik ve fiziksel olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bu çalışmada bir Anadolu kenti olan Amasya'nın biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımının incelenmesi ve gelecekte beklenen koşullar için projeksiyonlar geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Amasya meteoroloji istasyonunun 1991-2020 yılları arası ölçüm verileri, yakın (2021-2050) ve uzak gelecek (2069-2098) öngörülerinde ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının günlük verileri kullanılmıştır. Yöntem olarak RayMan modeli aracılığıyla PET (Physiological Equivalent Temperature) indisinden yararlanılmıştır. Biyoklimatik konfor şartlarının mekânsal dağılımında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yükselti ve arazi kullanım özellikleri dikkate alınmıştır. Bulgulara göre kış mevsiminde "çok soğuk" ve "soğuk" streslerinin yaşandığı, yaz mevsiminde ise "sıcak" stresinin algılandığı görülmüştür. Gelecekte ise kış mevsiminde soğuk algılamaların azalacağı, yaz mevsiminde ise insan sağlığını tehdit edecek seviyede sıcaklıkların etkili olacağı ve konforlu koşulların azalacağı öngörülmektedir. Yaşanacak bu değişimler kentsel ısı adalarının genişlemesine, birtakım sağlık problemlerinin ve soğutmaya duyulan ihtiyacın artmasına neden olacaktır. İklim değişikliğinin biyoklimatik konfor koşullarına olan olumsuz etkilerini azaltmak için coğrafi bakış açısıyla ekolojik ve sürdürülebilir kentsel tasarım ve planlamaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Biyoklimatik konfor, Kent iklimi, Amasya.

Spatial Distribution of Bioclimatic Comfort Conditions of Amasya City and Future Projections

Abstract

Climate change is defined as the change in climate that occurs as a result of human activities affecting the composition of the atmosphere, in addition to natural climate variability, over comparable time periods. The effects of climate change will be felt more in densely populated urban areas. By definition, bioclimatic comfort is the situation in which people feel comfortable and happy with the weather conditions of the atmospheric environment they are in. Uncomfortable conditions can cause many social, economic, and physical negativities such as a decrease in people's productivity, welfare, and happiness levels, as well as health problems in humans. In this study, it is aimed to examine the spatial distribution of the bioclimatic comfort conditions of Amasya, an Anatolian city, and to develop projections for the expected conditions in the future. In the study, the measurement data of Amasya meteorology station between 1991 and 2020, and the daily data of the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios in the near (2021 - 2050) and far future (2069 - 2098) foresights were used. As a method, PET (Physiological Equivalent Temperature) index was used by means of RayMan model. In the spatial distribution of bioclimatic comfort conditions, altitude and land use characteristics were taken into account by using Geographic Information Systems (GIS). According to the findings, it was observed that "very cold" and "cold" stresses were experienced in the winter season, and "hot" stress was perceived in the summer season. In the future, it is foresighted that cold perceptions will decrease in winter, temperatures that threaten human health will be effective, and comfortable conditions will decrease in summer. These changes will cause the expansion of urban heat islands and increase in some health

problems and the need for cooling. In order to reduce the negative effects of climate change on bioclimatic comfort conditions, ecological and sustainable urban design and planning should be done with a geographical point of view.

Keywords: Climate change, Bioclimatic comfort, Urban climate, Amasya.

1. Giriş

İklim, bir bölgede uzun yıllar boyunca gözlenen hava durumlarının ortalama özelliklerini ve ekstrem hava olaylarının yanı sıra bu hava olaylarının yaşanma sıklığını ifade etmektedir (Erol, 2008, s. 10; Atalay, 2010, s. 2; Türkeş, 2017, s. 1). Fakat gözlenen hava durumlarının ortalama özellikleri sürekli değişme eğilimi göstermektedir. Sanayi devriminden sonra ise antropojen faktörlere bağlı olarak iklimdeki bu değişim farklı bir boyut kazanmıştır. Toplumlarının yapmış oldukları; fosil yakıt kullanımı, yanlış arazi kullanımları, doğal alanların ve ormanların tahrip edilmesi, sanayi süreçleri ve şehirleşme gibi faktörler atmosferdeki sera gazı emisyonlarını artırarak atmosferin tahrip edilmesine ve akabinde iklim koşullarında değişimler yaşanmasına neden olmuştur (Arıkan & Özsoy, 2008; Türkeş, 2012, s. 8). İklim değişikliği “karşılaştırılabilir zaman periyotlarında gözlenen doğal iklim değişkenliğine ek olarak, insan faaliyetlerinin doğrudan ya da dolaylı olarak atmosfer bileşimini etkilemesi sonucu iklimde meydana gelen değişiklik” olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2004, s. 20). İklimsel değişimler sadece sıcaklık, yağış, nem vb. iklim elemanlarını değiştirmeyeceği beraberinde tüm iklim sistemini değiştirecektir. Bu durum başta insanlar olmak üzere tüm canlıların yaşamlarını ve faaliyetlerini etkileyecektir. Gelecekte görülmesi muhtemel olan iklimdeki değişiklikleri iklim modelleri ile tahmin edebilmektedir. Antropojen faktörlere bağlı olarak değişen iklim koşullarını önleyebilmek veya azaltabilmek ve bu yöndeki çalışmaları koordine etmek için Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC tarafından geliştirilen emisyon senaryoları, yeryüzünün radyasyon dengesini sağlayan kontrasyonları tahmin ederek üretilmektedir (Moss et al., 2010). Günümüzde yürürlükte olan ve yaygın kullanılan Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıdır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından küresel model verisinden ölçek küçültme metodu ile Türkiye için 2100 yılına kadar 20 km çözünürlükte RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının projeksiyon çıktıları hazırlanmıştır (Akçakaya vd., 2015, 55).

İklimdeki değişimler uç hava durumlarının yaşanma sıklıklarını ve büyüklüklerini artırmış olmakla birlikte bu durumların gelecekte daha fazla yaşanması beklenmektedir (IPCC, 2013). Bu değişimlerin etkilerini ülkeler tarım, sanayi, ulaşım, turizm, enerji, hayvancılık, sağlık gibi tüm sektörlerde hissetmektedirler. İklimsel değişimler özellikle insan yaşamı ve faaliyetlerini doğrudan etkileyen biyoklimatik konfor koşullarını da değiştirmiş ve gelecekte de daha fazla değiştirmesi beklenmektedir. Biyoklimatik konfor şartlarındaki değişimlerden ise en fazla nüfusun büyük çoğunluğunun yaşadığı kent alanları etkilenecektir. Sanayi devrimiyle birlikte hız kazanan kırdan kente göç hareketleri kentlerin atmosferik koşullarını tahrip etmiş ve iklim koşullarının çevrelerindeki yarı kırsal ve kırsal alanlardan farklı olmalarına neden olmuştur. Dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletlere göre 2050 yılında Dünya nüfusunun %69'unun kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir (World Bank, 2018). Türkiye’de ise 2020 verilerine göre nüfusun %90’dan fazlası kentsel alanlarda (il ve ilçe merkezlerinde) yaşamaktadır (TÜİK, 2021).

Biyoklimatik konfor insanların buldukları atmosferik ortamın hava koşullarından fizyolojik ve mental olarak rahat, mutlu ve zinde hissetmesi durumudur. İnsan vücudu ile çevre arasında ısı alışverişi vardır. İnsan vücudunun aldığı ısı ile verdiği ısının eşit olduğu durumlar termal rahatsızlığın olmadığı konforlu şartları ifade eder (Öngel & Mergen, 2009, 22). Vücuttaki fazla ısı birikimi veya ısı eksikliği insanın strese (sıcak veya soğuk stresi) girmesine neden olur ve bu durum termal rahatsızlığı ifade eden konforsuz koşulları tanımlar. Konforsuz koşullar insanların iş verimlerinde, refah ve mutluluklarında azalma, sağlık sorunlarında (yorgunluk, halsizlik, bazı kronik hastalıklarda olumsuz etkilenme) ve enerji kullanımında artış gibi birçok sosyal,

ekonomik ve fiziksel olumsuzluklara neden olmaktadır (Çağlak, 2021). Yapılan çalışmalarda konforsuz koşulların ısı kaynaklı rahatsızlıklarda (Nastos et al., 2013; Blażejczyk et al., 2018; Schlegel et al., 2020) ve ölümlerde (Matzarakis et al., 2011; Nastos & Matzarakis, 2011) artışlara neden olduğu gözlenmiştir.

Biyoklimatik konfor koşullarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar 1900'lü yılların başında (Haldane, 1905) başlamış ve gün geçtikçe geliştirilen yöntemlerle önemli bir konu olmuştur. İlk çalışmalarda çalışanların iş verimliliği için iç ortam koşulları belirlenirken günümüzde özellikle ılıman kuşakta kentlerin dış ortam koşulları, turizm-iklim ilişkileri ve enerji tüketimleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Gelişen teknolojilerle birlikte biyoklimatik konfor koşullarını belirlemeye yarayan birçok indis geliştirilmiştir. Günümüzde sayısı 200'ü aşkın biyoklimatik konfor indisi bulunmaktadır. Bunlarla ilgili bibliyografik çalışmalar da yapılmıştır (Epstein & Moran, 2006; de Freitas & Grigorieva, 2015). Bu indisler içerisinde dış ortam termal şartlarını ve özellikle kentsel alanlarda yaygın kullanılan Physiological Equivalent Temperature (PET) indisidir. PET indisi insan biyoklimatik konforunu termal ortamın insanlar üzerine yaptığı bütün etkileri (kısa ve uzun dalga Güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, nispi nem ve rüzgâr hızı) ve insan vücudunun termofizyolojik şartlarını (giysi tipi ve yapılan aktivite) ayrı ayrı değerler olarak ele alıp hesaplama yapmaktadır (Höppe, 1999; Matzarakis et al., 1999; Gulyas et al., 2006). PET indisi radyasyon modeli olan RayMan yazılımı ile hesaplanmaktadır (Matzarakis et al., 2000). PET indisi farklı iklim tiplerindeki insan termal konforunun hesaplanması için ideal bir araçtır (Toy, 2010). Bundan dolayı çalışmada PET indisi kullanılmıştır.

Günümüzde çevre üzerinde en çok baskı oluşturan alanların başında gelen kentler ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda kentsel alanların iklim ve biyoiklim koşullarının çevresindeki kırsal alanlara göre farklılık gösterdiği açıklanmıştır. Kentsel alanların iklimi ile ilgili ilk çalışma Howard, (1820) Londra'da yaptığı çalışmada kentsel alanların kırsal alanlardan farklı olduğunu belirtmiştir. Oke, (1973) St. Lawrence Lowland'ta yaptığı çalışmada kentsel alanın kırsal alandan 0,27 ile 1,91 °C daha fazla sıcaklığa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasındaki iklimsel farklılıklar ile ilgili çalışmalar; orta Avrupa kentlerinde Szeged'te (Macaristan), Münih'te (Almanya), Warsaw'ta (Polonya), Łódź'ta (Polonya), kuzey Avrupa kenti olan Gothenburg'ta da (İsveç) ve Amerika kıtasındaki Borrow (Alaska) kentinde de görülmüştür (Mayer, 1993; Unger, 1999; Hinkel et al., 2003; Fortuniak et al., 2006; Blażejczyk et al., 2016). Benzer sonuçlar Türkiye'deki kentlerde de görülmüştür (Bulut et al., 2008; Kestane & Ülgen, 2013; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çağlak, 2017; Toy & Çağlak, 2018; Tonyaloğlu, 2019; Toy et al., 2021; Çağlak et al., 2021).

İklim değişikliği ve biyoklimatik konfor ilişkisini ele alan çalışmalar son yıllarda ele alınmaya başlanmış ve sınırlı kalmıştır. Matzarakis & Amelung, (2008) gelecek yıllarda sıcak stresli günlerin artacağı ve soğutma için daha fazla enerji duyulacağını ifade etmişlerdir. Matzarakis & Endler, (2010) Freiburg'ta (Almanya) yaptıkları çalışmada soğuk stresli günlerde azalmalar, sıcak stresli günlerde ise artışlar olacağı belirtilmiştir. Cheun & Hart, (2014) Hongkok'ta (Çin) güçlü ısı streslerin artacağını ortaya koymuşlardır. Nastos & Matzarakis, (2019) Yunanistan'ın Milos adasında yaptıkları çalışmada gelecekte yılın konforlu döneminin değişeceği ve sıcak stresli günler de artış olacağı öngörülmüştür. Türkiye'de iklim değişikliği ve biyoklimatik konfor ilişkisini ele alan çalışmalar sınırlı kalmış ve daha çok turizm yönünden incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalardan Kum, (2011) ve Şensoy, (2020) Batı Akdeniz'de turizm yönünden ele aldıkları çalışmalarda gelecekte sıcak streslerinin artacağı ve turizm için uygun dönemlerin kısıllanacağını ifade etmişlerdir. Çağlak, (2021) Samsun, Kayseri ve Adana'nın anakent ilçelerini çalışma sahası olarak ele aldığı çalışmada; kentsel ısı adalarının genişleyeceği, kentsel alanlarda insan sağlığını tehdit eden sıcaklıkların yaşanacağı, turizm dönemlerinin değişeceği ve bu konuda Karadeniz Bölgesi avantajlı iken Akdeniz Bölgesi'nin dezavantajlı olacağı, soğutmaya daha fazla ihtiyaç

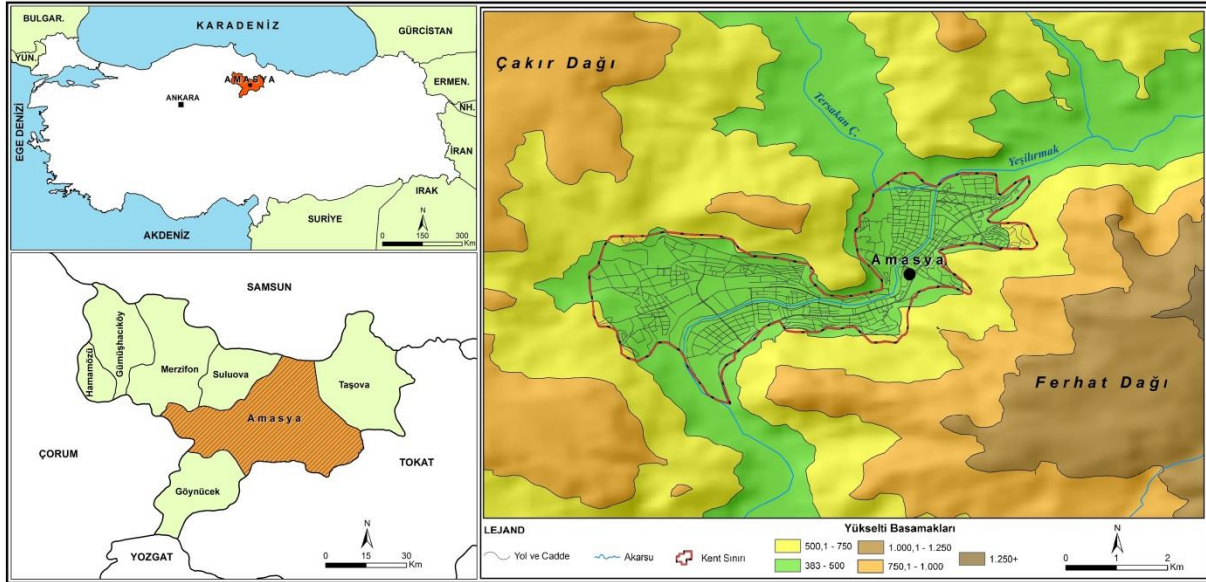
duyulacağı ve kentsel alanlardan kırsal alanlara doğru yaşanan mevsimlik geçici göç sürelerinin artacağı öngörülerinde bulunmuştur.

Bu çalışmada sanayileşmenin gelişmediği, nüfusunun fazla olmadığı, küçük bir Anadolu kenti olan Amasya'da gözlem verileri ile biyoklimatik konfor şartlarının mekânsal dağılımı ve iklim model verileri ile yakın (2021-2050) ve uzak gelecekte (2069-2098) nasıl değişiklik göstereceği incelenmiştir. Çalışma bu yönüyle iklim değişikliğinin kentlerin biyoklimatik konfor koşullarına etkileri noktasında örnek teşkil etmektedir.

Amasya, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde Canik Dağları'nın art bölgesinde yer almaktadır. Amasya şehri Yeşilirmak vadisi boyunca kurulmuş derin bir tarihe sahip olan şehzadeler şehridir. Yeşilirmak vadisi boyunca kurulu olan şehir merkezi 350-500 metreler arasında gelişme göstermiştir. Şehrin kuzeybatısında Çakır Dağı, güneydoğusunda Ferhat Dağı bulunmaktadır. Şehrin kuruluş ve gelişmesini Yeşilirmak belirleyici olmuştur (Zeybek, 1998, 2; Şekil 1).

Şekil 1

Amasya Kentinin Lokasyon Haritası



Amasya, Karadeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş alanında bulunmaktadır (Çağlak, 2017, 272). Amasya'da Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre; (Csa)kış ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim; Erinç'e göre; step-yarı kurak; De martonne'ye göre; step-nemli arası; Aydeniz'e göre; yarı kurak, yazları kurak, Thornthwaite'ye göre; D,B'2,d,b'3 (D: yarı kurak, B'2: Mezotermal, d: su fazlası olmayan veya pek az olan, b'3: Yaz buharlaşma oranı: % 53) olarak belirlenmiştir (Bölük, 2016). Şehir merkezinde ölçüm yapan meteoroloji istasyonunun uzun yıllık (1960-2020) verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 13,6 °C'dir. Yıllık toplam yağış miktarı 460,8 mm olup, en fazla yağış kış mevsiminde ve ilkbahar başlangıcında, en az yağış yaz mevsiminde düşmektedir. En kurak ay ağustos, en yağışlı ay ise aralıktır. Şehir merkezine her mevsim yağış düşmektedir. Şehir merkezinde ölçülen ortalama ve uç değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Amasya'nın ortalama ve uç değerleri

| Rasat Süresi 1960 – 2020 (40° 39''K; 35° 50''D; 409 m) | | |
|---|----------|------------|
| Parametre | Değer | Tarih/Süre |
| Uzun yıllar ortalama sıcaklığı | 13.6°C | Yıllık |
| Ortalama nispi nemi | % 60.0 | Yıllık |
| Ortalama rüzgâr hızı | 1.6 m/s | Yıllık |
| Ortalama yıllık toplam yağışı | 460.8 mm | Yıllık |
| Ortalama karla kaplı gün sayısı | 11.9 gün | Yıllık |
| En yüksek sıcaklık | 45.0 °C | 30.07.2000 |
| En düşük sıcaklık | -21.0 °C | 15.12.2008 |
| Bir günde düşen en yüksek yağış | 60.9 mm | 03.07.1981 |
| En yüksek kar kalınlığı | 97 cm | 05.03.2012 |
| En hızlı rüzgâr | 36 m/s | 24.09.1996 |

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kent merkezinde kurulmuş 405 metre yükseltide bulunan 17085 nolu Amasya meteoroloji istasyonunun 1991-2020 yılları arası saatlik; hava sıcaklığı (°C), nispi nem (%), rüzgâr (m/s) ve bulutluluk (okta) verileri kullanılmıştır. Yakın (2021 – 2050) ve uzak gelecek (2069 – 2098) öngörülerinde ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ile hazırlanmış günlük (sıcaklık, nispi nem, rüzgâr hızı ve solar radyasyon) projeksiyon verileri kullanılmıştır. Model çıktılarında başlangıç verisinden ve matematiksel formüller kullanılmasından dolayı bazı hatalar bulunmaktadır. Bu hatalar model geriye doğru çalıştırılarak gözlem verisiyle kalibre edilir. Gözlem ve model verileri arasındaki kırılmayı önlemek için model-gözlem saçılımından elde edilen regresyon denklemi kullanılarak bias düzeltilmesi yapılmıştır. Model gözlem saçılımının korelasyon katsayısı $R^2=0,97$ olarak bulunmuştur. Bu yönüyle üretilen regresyon denkleminin ($y=0,9611x+0,091$) kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır. Bu denkleme göre sapma düzeltilmesi (bias-correction) yapılmıştır.

Biyoklimatik konfor şartlarının belirlenmesinde birçok faktörü bir arada hesaplayan ve Dünya'ca yaygın kullanılan radyasyon modeli olan RayMan modeli aracılığıyla PET indeksi kullanılmıştır. PET (Physiological Equivalent Temperature) (Höppe, 1993; Höppe, 1999; Matzarakis et al., 1999) indeksi insan biyoklimatik konforunu vücut ısı enerjisi dengesine ve meteorolojik şartlara bağlı olarak hesaplar. İndeks termal ortamın insanlar üzerine yaptığı bütün etkileri (kısa ve uzun dalga güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, nispi nem ve rüzgâr hızı) ve insan vücudunun termo fizyolojik şartlarını (giysi tipi ve yapılan aktivite) ayrı ayrı değerler olarak ele alıp hesaba katar (Höppe, 1999; Matzarakis et al., 1999; Gulyas et al., 2006). PET indeksinin hesaplanmasında; 35 yaşında, 175 cm boyunda, 75 kg ağırlığında, erkek, 0.9 clo giysi yükü ve 80W iş yükü yapan sağlıklı birey dikkate alınmıştır. PET sonucunda elde edilen değerlerin alansal ya da zamansal dağılımları çok rahatlıkla yapılabilir. Bunun yanında her değer aralığına gelen insan sıcaklık hissi seviyelerini ve insan üzerindeki fizyolojik stres derecelerini (Fanger, 1970; Mayer, 1993; Matzarakis & Mayer, 1996) de belirlemiştir (Tablo 2).

Tablo 2

PET İndisinin Termal His ve Stres Seviyeleri

| PET (°C) | İnsanın sıcaklık hissi | Termal stres seviyesi | Renkler |
|------------------|------------------------|-------------------------|---------|
| < -4 | Aşırı soğuk | Dondurucu soğuk stresi | |
| -3,9 – 4,0 | Çok soğuk | Aşırı soğuk stresi | |
| 4,1–8,0 | Soğuk | Güçlü soğuk stresi | |
| 8,1–13,0 | Serin | Orta soğuk stresi | |
| 13,1–18,0 | Hafif serin | Hafif soğuk stresi | |
| 18,1–23,0 | Konforlu | Termal stres yok | |
| 23,1–29,0 | Hafif sıcak | Hafif sıcak stresi | |
| 29,1–35,0 | Sıcak | Orta sıcak stresi | |
| 35,1–41,0 | Çok Sıcak | Güçlü sıcak stresi | |
| >41,0 | Aşırı sıcak | Aşırı sıcak stresi | |

(Matzarakis et al., 1999; Höppe, 1999; Toy, 2010'dan değiştirilerek)

Biyoklimatik konfor şartlarının mekânsal dağılımında Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGis 10.5 programı kullanılarak yükselti, arazi kullanımı, solar radyasyon, ortalama radyant sıcaklık (MRT) ve rüzgâr hızı altlık haritalarıyla hesaplama yapılmıştır. Ortalama radyant sıcaklık (MRT) arazi örtüsüne göre Mr. T. yazılımı aracılığıyla hesaplanmış ve ArcGis 10.5 programı ile haritalanmıştır. Solar radyasyon haritası sayısal yükseklik modeli-SYM (DEM-Digital Elevation Model) altlığı kullanılarak ArcGis 10. 5 programının “Area Solar Radiation” aracıyla alansal olarak yerel saate göre üretilmiştir Rüzgâr hızı haritaları arazi kullanım özelliklerine göre aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3

Rüzgâr hızı hesaplanmasında kullanılan formül

| |
|---|
| Formül: $WS_{1.1} = WSh \times (1.1/h)^a$, $a = 0.12 \times z_0 + 0.18$ |
| *Formülde WSh : yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı değeri (m/s) (genellikle 10 metre), h : İstasyonun yüksekliği (genellikle 10 metre), a : Yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak ampirik bir üstür, z₀ : Yüzey pürüzlülük uzunluğu (Troen & Petersen,1989). |

Tüm altlık haritalar hazırlandıktan sonra ArcGis 10.5 programının “Raster Calculator” aracı ile PET değerlerinin mekânsal dağılımı elde edilmiştir. Hesaplama sonucu elde edilen değerler PET indeksinin termal algılama seviyelerine göre sınıflandırarak haritalanmıştır.

3. Bulgular

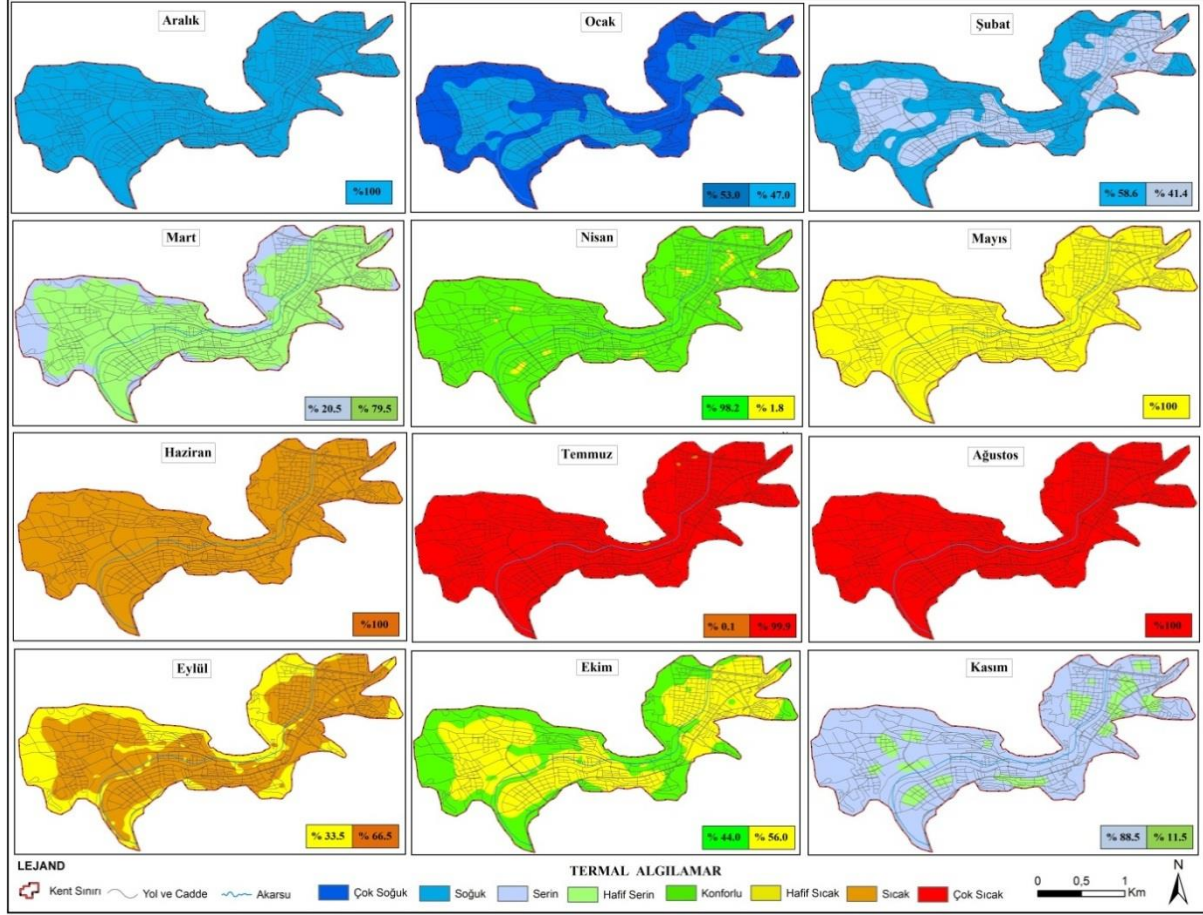
Biyoklimatik konfor koşullarının alansal dağılımı aylık olarak üç dönem halinde günümüz (1991-2020), yakın gelecek (2021-2050) ve uzak gelecek (2069-2098) şeklinde 30 yıllık dönemlere ayrılarak incelenmiştir. Biyoklimatik konfor koşullarının yıl içindeki dağılımı benzer koşulların birbiri ardına açıklanabilmesi için astronomik mevsimsel sıralama takip edilerek açıklanmıştır. Ayrıca termal koşulların alansal dağılımının yüzdelik oranları da belirtilmiştir.

3.1. Günümüzdeki (1991 – 2020) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Dağılışı

Amasya’da günümüzde kış mevsiminde “çok soğuk” ve “soğuk” stresleri yaşanmaktadır. Özellikle ocak ayında sahanın büyük çoğunluğu “çok soğuk” stresinin etkisi altındadır. Yılın sıcak dönemi olan mayıs ile eylül arasındaki dönemde sahada “hafif sıcak”, “sıcak” ve “çok sıcak” stresleri algılanmaktadır. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında kentsel yoğunluğun arttığı alanlarda yakıcı-boğucu etkilere sahip “çok sıcak” stresleri etkili olmaktadır. Mart ve nisan aylarında sahanın büyük çoğunluğunda (%80-%94,3) “serin” stresi etkili olurken yoğun yapılaşmış

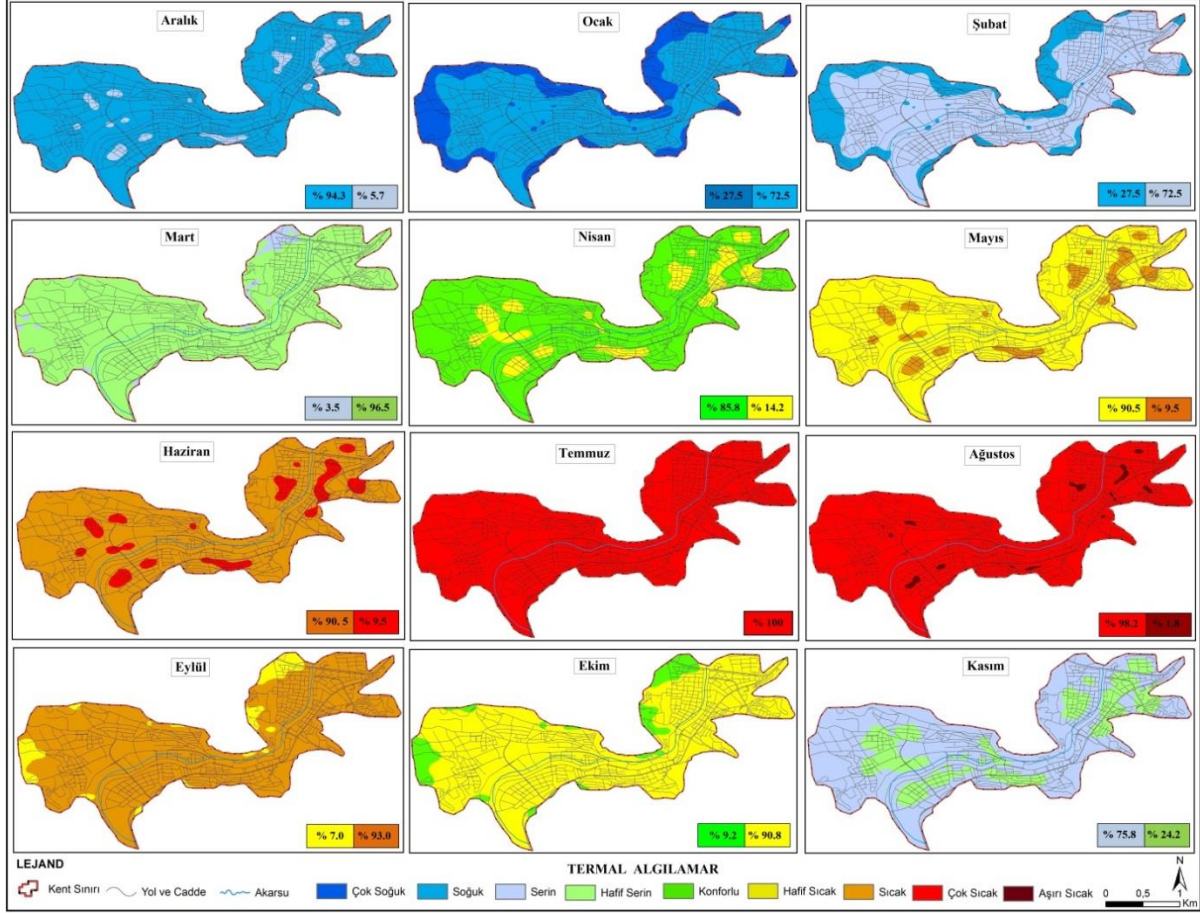
Şekil 3

Yakın Gelecekte RCP4.5 Senaryosuna Göre (2021-2050) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Aylık Mekânsal Dağılımı



Şekil 4

Yakın Gelecekte RCP8.5 Senaryosuna Göre (2021-2050) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Aylık Mekânsal Dağılımı

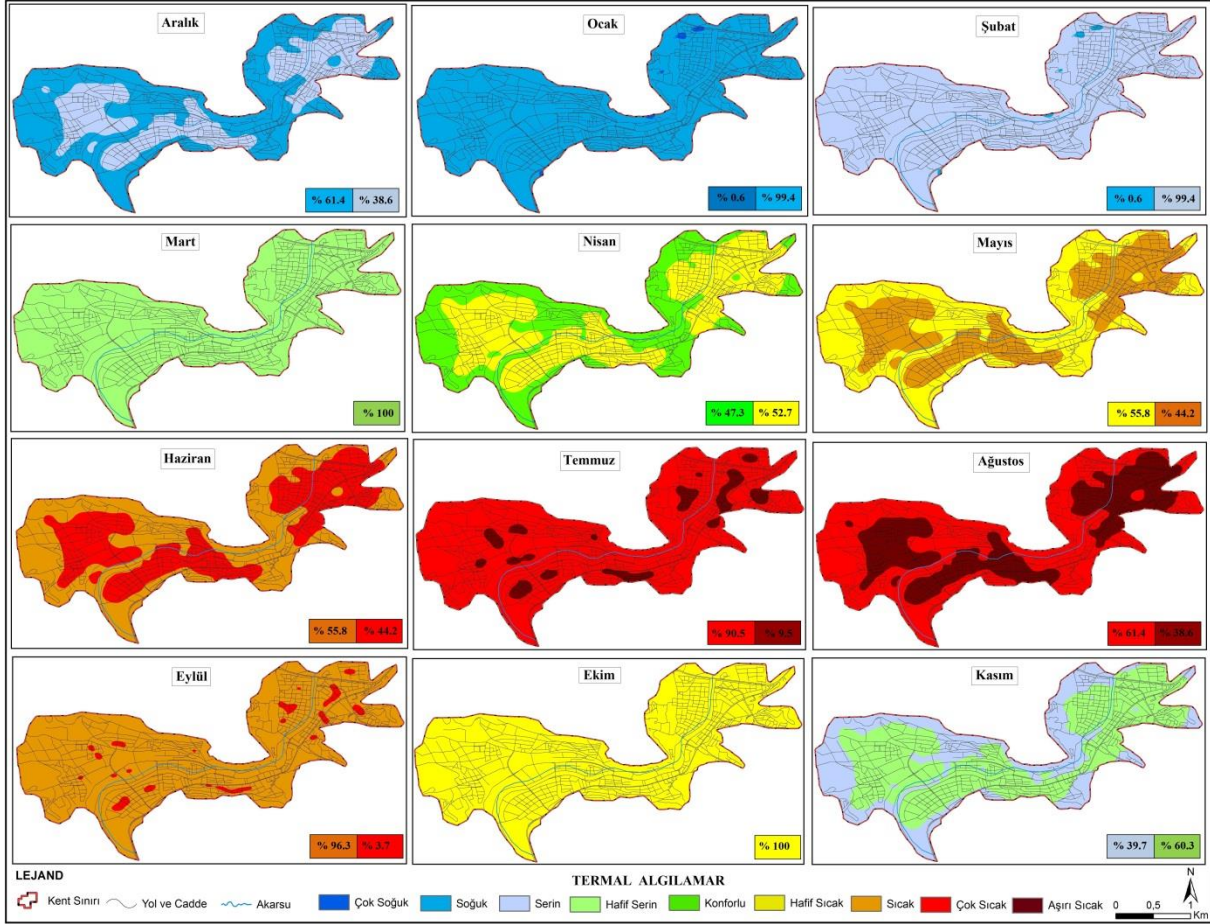


3.3. Uzak Gelecekteki (2069-2098) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Dağılışı

Uzak gelecekte RCP4.5 senaryosuna göre Amasya'da kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında "soğuk" stresinin algılanacağı, şubat ayında ise "serin" stresinin algılanacağı öngörülmektedir. Yılın sıcak döneminde mayıs ayında "hafif sıcak" ve "sıcak" streslerinin, haziran ve ekim aylarında "sıcak" ve "çok sıcak" streslerinin, temmuz ve ağustos aylarında ise "çok sıcak" ve "aşırı sıcak" streslerinin etkili olacağı tespit edilmiştir. Mart ayında sahanın tamamında "hafif serin" stresinin, nisan ayında rüzgâr alan düşük yoğunluklu yerleşimlerde ve kent çeperlerinde "konforlu" şartların, yerleşme yoğunlukların arttığı kentsel alanlarda "hafif sıcak" stresinin yaşanacağı öngörülmektedir. Ekim ayında sahanın tamamında "hafif sıcak" stresinin ve kasım ayında rüzgâra açık alanlarda "serin" stresinin, orta ve yoğun dokulu binalık alanlarda "hafif serin" stresinin görülmesi beklenmektedir (Şekil 5).

Şekil 5

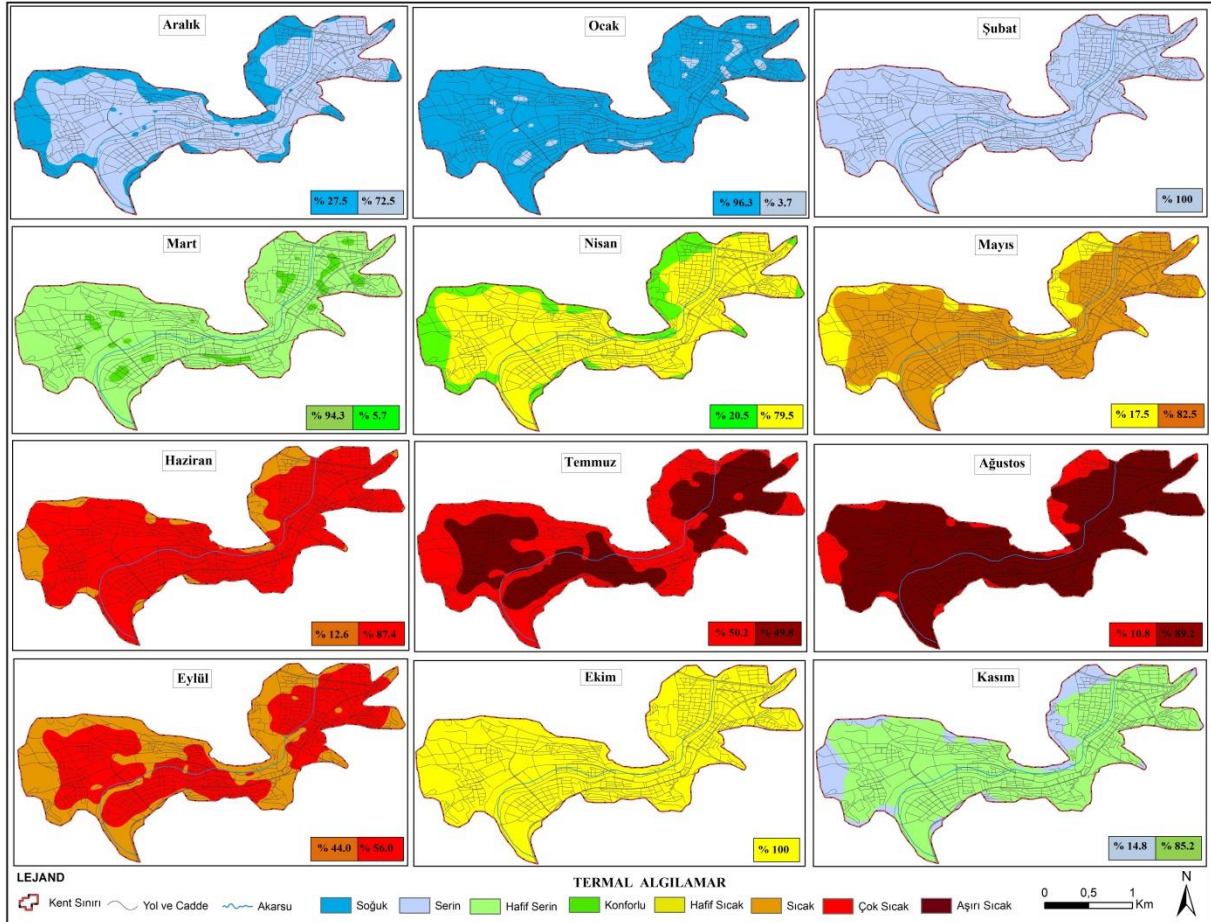
Uzak Gelecekte RCP4.5 Senaryosuna Göre (2069-2098) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Aylık Mekânsal Dağılımı



RCP8.5 senaryosuna göre uzak gelecekte kış mevsiminde ocak ayında “soğuk” streslerinin yaygın olacağı, aralık ve şubat aylarında ise “serin” streslerinin sahada egemen olacağı tespit edilmiştir. Yılın sıcak döneminde mayıs ayında “sıcak” stresinin, haziran ayında “çok sıcak” stresinin, temmuz ve ağustos aylarında ise “aşırı sıcak” streslerinin yaşanacağı öngörülmüştür. Konforlu algılamalar mart ayında yoğun ve yüksek binalık alanlarda, nisan ayında ise rüzgâr alabilen kent çeperlerinde algılanacağı belirlenmiştir. “Hafif sıcak” stresi ekim ayında sahanın tamamında, nisan ayında orta ve yoğun dokulu kentsel alanlarda beklenmektedir. “Hafif serin” stresi mart ve kasım aylarında sahaya hâkim olacağı tespit edilmiştir (Şekil 6).

Şekil 6

Uzak Gelecekte RCP8.5 Senaryosuna Göre (2069-2098) Biyoklimatik Konfor Koşullarının Aylık Mekânsal Dağılımı



4. Tartışma ve Sonuç

2020 yılı verilerine göre orta kuşak ülkesi olan Türkiye’de nüfusun (il ve ilçe merkezlerinde) %90’dan fazlası kentlerde yaşamaktadır. Dünya nüfusunun ise %50’den fazlası kent merkezlerinde yaşamakta olup, 2050 yılında bu oranın %69’a ulaşacağı beklenmektedir. Kentler gerek nüfusun büyük çoğunluğunu barındıran alanlar olmasından gerekse çevrelerindeki kırsal alanlardan daha yüksek sıcaklığa sahip olmaları bakımından biyoklimatik konfor bakımından hassas alanlardır. Dünya’da birçok ülkenin etkilerini yaşadığı iklim değişikliği biyoklimatik konfor koşullarını da etkileyecektir. Bu etki en çok kentsel alanlarda hissedilecektir. Bundan dolayı kentlerin biyoklimatik konfor koşullarının belirlenmesi ve gelecekte yaşanması muhtemel olumsuzluklar için önlemler geliştirmek amacıyla geleceğe dair projeksiyonların hazırlanması büyük öneme sahiptir.

Karasal iklim ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş iklimi kuşağında bulunan, Amasya kentinin ölçüm verileri ile günümüz biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımı açıklanmış ve iklim model senaryolarının (RCP4.5 ve RCP8.5) verileri ile yakın ve uzak gelecek şeklinde geleceğe ait projeksiyonlar hazırlanmıştır. Günümüz (1991-2020), yakın (2021-2059) ve

uzak (2069-2098) gelecekteki biyoklimatik konfor şartlarının mekânsal dağılımının yüzdelik oranları Tablo 4'te belirtilmiştir.

Çalışma sonucunda Amasya'da kış mevsiminde günümüzde “çok soğuk” ve “soğuk” streslerinin yaşandığı, yakın gelecekte “çok soğuk” stresinin sadece ocak ayında yaşanacağı, aralık ayında “soğuk” stresinin ve şubat ayında “serin” stresinin etkili olacağı tespit edilmiştir. Uzak gelecekte ise kış mevsiminde “çok soğuk” stresinin etkisinin kalmayacağı, ocak ayında “soğuk” stresi, aralık ve şubat aylarında ise “serin” stresinin etkili olacağı öngörülmektedir. Yılın sıcak döneminde günümüzde “hafif sıcak”, “sıcak” ve “çok sıcak” streslerinin hâkim olduğu ve temmuz ile ağustos aylarında “çok sıcak” stresinin yaşandığı görülmüştür. Yakın gelecekte yılın sıcak döneminde sıcak streslerinde artışlar olacağı, “sıcak” ve “çok sıcak” stresli alanların artacağı tespit edilmiştir. Ağustos ayında “çok sıcak” stresli alanların da ortaya çıkması beklenmektedir. Uzak gelecekte ise yılın sıcak döneminde “çok sıcak” ve “aşırı sıcak” streslerini etkili olacağı öngörülmektedir. “Konforlu” algılamalar günümüzde nisan ayında sahanın tamamında, ekim ayında sahanın büyük çoğunluğunda (%88,5) ve mayıs ayında kent çeperlerinde görülmektedir. Yakın gelecekte “konforlu” algılamaların nisan ayında ve ekim ayında ise düşük yoğunluklu yapıli alanlarda görüleceği tespit edilmiştir. Uzak gelecekte ise “konforlu” koşulların sadece nisan ayında rüzgâra açık kent çeperlerinde ve düşük yoğunluklu kentsel alanlarda görüleceği öngörülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4

Amasya'nın Gözlenen ve Öngörülen Biyoklimatik Konfor Koşullarının Mekânsal Dağılımının Yüzdelik (%) Oranları

| Mevsim | | Kış | | | İlkbahar | | | Yaz | | | Sonbahar | | |
|---------------------------------------|--------|-------------|------|------|-------------|------|------|-----------|------|------|----------|------|------|
| Ay | | A | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K |
| Günümüz | | 20.5 | 92.4 | 9.2 | 80.0 | 100 | 14.8 | 88.5 | 53.0 | 14.8 | 83.1 | 88.5 | 94.3 |
| | | 79.5 | 7.6 | 89.0 | 20.0 | - | 85.2 | 11.5 | 47.0 | 85.2 | 16.9 | 11.5 | 5.7 |
| | | - | - | 1.8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Yakın Gelecek | RCP4.5 | 100 | 53.0 | 58.6 | 20.5 | 98.2 | 100 | 100 | 0.1 | 100 | 33.5 | 44 | 88.5 |
| | | - | 47.0 | 41.4 | 79.5 | 1.8 | - | - | - | 99.9 | - | 66.5 | 56 |
| | RCP8.5 | 94.3 | 27.5 | 27.5 | 3.5 | 85.8 | 90.5 | 90.5 | 100 | 98.2 | 7.0 | 9.2 | 75.8 |
| | | 5.7 | 72.5 | 72.5 | 96.5 | 14.2 | 9.5 | 9.5 | - | 1.8 | 93.0 | 90.8 | 24.2 |
| Uzak Gelecek | RCP4.5 | 61.4 | 0.6 | 0.6 | 100 | 47.3 | 55.8 | 55.8 | 90.5 | 61.4 | 96.3 | 100 | 39.7 |
| | | 38.6 | 99.4 | 99.4 | - | 52.7 | 44.2 | 44.2 | 9.5 | 38.6 | 3.7 | - | 60.3 |
| | RCP8.5 | 27.5 | 96.3 | 100 | 94.3 | 20.5 | 17.5 | 12.6 | 50.2 | 10.8 | 44.0 | 100 | 14.8 |
| | | 72.5 | 3.7 | - | 5.7 | 79.5 | 82.5 | 87.4 | 48.8 | 89.2 | 56.0 | - | 85.2 |
| Termal His ve Stres Seviyeleri | | | | | | | | | | | | | |
| Çok Soğuk | | Serin | | | Konforlu | | | Sıcak | | | | | |
| Soğuk | | Hafif Serin | | | Hafif Sıcak | | | Çok Sıcak | | | | | |

Bu çalışma kentsel alanlarda artan bina yoğunluğu ve yüksekliğinin rüzgâr hızını azaltıcı etki yapması, doğal alanların tahrip edilmesi, asfalt ve betonlaşmanın etkisiyle kentlerde biyoklimatik konfor koşullarının bozulduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın bu sonucu Dünya’da yapılan çalışmalarla (Oke, 1973; Mayer, 1993; Unger, 1999; Hinkel et al., 2003; Fortuniak et al., 2006; Blażejczyk et al., 2016) ve Türkiye’de yapılan çalışmalarla (Kestane & Ülgen, 2013; Çalışkan & Türkoğlu, 2014; Çağlak, 2017; Toy & Çağlak, 2018; Tonyaloğlu, 2019; Toy et al., 2021; Çağlak et al., 2021) benzerlik göstermektedir.

Projeksiyonlara göre gelecekte kentsel alanlarda kış mevsiminde soğuk algılamaların azalacağı, yaz mevsiminde ise yakıcı- boğucu etkilere sahip insan sağlığını tehdit edecek seviyede sıcaklıkların etkili olacağını ve konforlu koşulların azalacağı öngörülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda; iklim değişikliğine bağlı olarak konforlu koşulların azalacağı (Mcgregor et al, 2002), gelecekte sıcak streslerinin artacağı ve soğutmaya daha çok ihtiyaç duyulacağı (Matzarakis & Amelung, 2008; Matzarakis & Endler, 2010; Şensoy, 2020), gelecekte şehirlerde güçlü sıcaklık streslerinin yaşanacağı (Cheung & Hart, 2014), turizm açısından ideal dönemlerin değişeceği (Kum, 2011; Nastos & Matzarakis, 2019) sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu yönüyle çalışmada geliştirilen projeksiyon öngörülerini literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir.

Bu çalışma ile biyoklimatik konfor koşullarının kentsel alanlarda dağılımı açıklanmış ve gelecekte olası koşullar hakkında öngörülerde bulunulmuştur. Olası değişimlere bağlı olarak kentsel alanlarda birtakım problemler beklenmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte biyoklimatik konfor koşullarının değişmesi nüfusun büyük çoğunluğunun yaşadığı kentlerde artan sıcaklık streslerine bağlı olarak birtakım sağlık problemlerinin ortaya çıkması ve insidanslarında artışların görülmesi muhtemeldir. Gelecekte soğuk stresleri azalması ısıtmaya duyulan ihtiyacı azaltırken, sıcak streslerinin artması soğutmaya duyulan ihtiyacı artıracaktır. Bu durum için kentlerde temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Amasya’da yapılacak turizm aktiviteleri için uygun turizm dönemlerinin değişmesi muhtemeldir. Turizm çeşitleri ve planlamalarında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Yaz mevsiminde sıcak hava dalgalarının ve sıcak streslerinin artmasına karşı; kentlerde ağaçlandırmalar ve serin noktalar oluşturan su yüzeyleri, kent parkları gibi önlemler geliştirilmelidir. Kentsel planlamalarda sürdürülebilir ve ekolojik tasarımlar ön planda tutulmalıdır.

Kaynakça

Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioglu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. & Çukurçayır, F. (2015). *Yeni senaryolarla Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği-TR2015-CC*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını. www.mgm.gov.tr.

Arıkan, Y. & Özsoy, G. (2008). *A’dan z’ye iklim değişikliği başucu rehberi*, *Rec Türkiye*. Bölgesel Çevre Merkezi Yayınları.

Atalay, İ. (2010). *Uygulamalı klimatoloji*. Meta Basım Matbaacılık.

Blażejczyk, K., Kuchcik, M., Dudek, W., Kręcis, B., Blażejczyk, A., Milewski, P., Szmyd, J. & PaLczyński, C. (2016). Urban heat island and bioclimatic comfort. In Warsaw. F. Musco (ed.), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. 305-321. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10425-6_11

Blażejczyk, K., Baranowski, J. & Blażejczyk, A. (2018). Climate related diseases. current regional variability and projections to the year 2100. *Quaestiones Geographicae*, 37(1), 23-36.

Bulut Y., Toy S., Irmak M.A., Yılmaz H. & Yılmaz S., 2008. Urban-rural climatic differences over a 2-year period in the City of Erzurum, Turkey. *Atmosfera*, 21(2), 121-133.

Bölük, E. (2016). *Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf

Cheung, C.S.C. & Hart, M. A. (2014). Climate change and thermal comfort in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*, 58(2), 137- 148.

Çağlak, S. (2017). *Samsun'un Biyoklimatik Konfor Şartlarının İncelenmesi ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Konfor Şartlarına Etkisi* (Tez No. 475568) [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çağlak S., Aydemir KPK. & 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* (Tez No. 690729) [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çalışkan, O. & Türkoğlu, N. (2014). Ankara'da termal koşulların eğilimi ve şehirleşmenin termal konfor koşulları üzerine etkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 119-132.

de Freitas, C. R. & Grigorieva, E.A. (2015). A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *International Journal of Biometeorology*, 59, 109–120.

Epstein, Y. & Moran, D.S. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, 44, 388–398.

Erol, O. (2008). *Genel klimatoloji*. Çantay Kitabevi.

Fanger, P.O. (1970). *Thermal comfort*. Danish Technical Press.

Fortuniak K., Klysik K. & Wibig, J. (2006). Urban - rural contrasts of meteorological parameters in łódź. *Theoretical and Applied Climatology*, 84(1), 91-101. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0147-y>

Gulyas, A., Unger, J. & Matzarakis, A. (2006). Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. *Building and Environment*, 41(12), 1713-1722.

Haldane J.S. (1905). The influence of high air temperature. *Journal of Epidemiology and Infection*, 5(4), 494-513.

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. <https://doi.org/10.1002/joc.971>

Howard, L. (1820). *The climate of London*. C. Balwin Printer. http://urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf

Höppe, P., 1993. Heat balance modelling. *Experientia*, 49, 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, 71-75.

Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds.). (2013). *IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Kestane, Ö. & Ülgen, K. (2013). İzmir ili için biyoklimatik konfor bölgelerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 3(5), 18-25.

Kum, G. (2011). *İklim değişikliğinin Türkiye'nin güneybatı kıyılarında turizmin konfor şartlarına etkileri* (Tez No. 287776) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Matzarakis, A. & Mayer, H. (1996). Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO Newsletters*, 18, 7-10.

Matzarakis, A., Mayer, H. & Iziomon, M. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeor.*, 43, 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*. In R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke & A. Auliciems (Eds.), *Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026*, 273-278. Geneva: World Meteorological Organization.

Matzarakis, A. & Amelung, B. (2008). Physiological equivalent temperature as indicator for impacts of climate change on thermal comfort of humans. In Thomson M.C., Garcia-Herrera R., Beniston M. (Eds.) *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. Advances in Global Change Research, vol 30*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6877-5_10

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.

Matzarakis, A., Muthers, S. & Koch, E. (2011). Human biometeorological evaluation of heat-related mortality in Vienna. *Theoretical and Applied Climatology*, 105, 1–10.

Mayer, H., (1993). Urban bioclimatology. *Experientia*, 49, 957-963.

McGregor G. R., Markou M. T., Bartzokas A. & Katsoulis B. D. (2002). An evaluation of the nature and timing of summer human thermal discomfort in Athens, Greece. *Clim Res.* 20, 83–94.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K.A., Manning, M. R., Rose, S. K., Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P. & Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assesment. *Natura*, (463), 747-75.

Nastos, T. P. & Matzarakis, A. (2011). The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 3(4), 591-599.

Nastos, P. T., Giaouzaki, K. N., Kampanis, N. A. & Matzarakis, A. (2013). Acute coronary syndromes related to bio-climate in a Mediterranean area. The case of IeraTHira, Crete Island, Greece. *International Journal of Environmental Health Research*, 23(1), 76-90.

Nastos, P. T. & Matzarakis, A. (2019). Present and future climate—tourism conditions in Milos Island, Greece. *Atmosphere*, 10(3), 97-107.

Oke, TR. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), 769-779.

Öngel, K. & Mergen, H. (2009). Isıl konfor parametrelerinin insan vücudundaki etkilerine yönelik literatür taraması. *SDÜ. Tıp Fakültesi Dergisi*, 16(1), 21- 25.

Schlegel, I., Muthers, S., Mücke, H. G. & Matzarakis, A. (2020). Comparison of respiratory and ischemic heart mortalities and their relationship to the thermal environment. *Atmosphere*, 11(8), 811 - 826.

Şensoy, S. (2020). *Turizm sektörünün geleceğine yönelik sıcaklık indeksleri ile termal biyoklimatik indeksler arasındaki ilişkiler: Antalya örneği* (Tez No. 643413) [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Tonyaloğlu, E. E. (2019). The evaluation of the impact of urbanisation on urban thermal environment in the case of Aydın. *Turkish Journal of Landscape Research*, 2(1), 1-13.

Çağlak, S. (2022). Amasya kentinin biyoklimatik konfor koşullarının mekânsal dağılımı ve gelecek projeksiyonları, *Mavi Atlas*, 10(1), 182-197.

Toy, S. (2010). *Biyoklimatik konfor değerleri bakımından Doğu Anadolu Bölgesi rekreasyonel alanların incelenmesi* (Tez No. 274669) [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Toy S. & Çağlak S. (2018, June 28-30). *The Effect of Urban Areas on Human Bioclimatic Comfort Conditions and the Example of Erzurum City* [Conference presentation]. International Symposium on Urbanization and Environmental Problems: Change/Transformation/Originality, Anadolu University, Eskişehir.

Toy, S., Çağlak, S. & Esrigü, A. (2021). Assessment of bioclimatic sensitive spatial planning in a Turkish city, Eskişehir. *Atmosfera Early Online Release*. <https://doi.org/10.20937/ATM.52963>

Troen, I. & Petersen, E. (1989). *European wind atlas*. National Laboratory Roskilde, ISBN 87-550-1482-8.

Türkiye İstatistik Kurumu, (2021). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları*. Nüfus ve Demografi Bölümü. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020>

Türkeş, M. (2004). Küresel iklim değişikliği ve etkileri, *2023 Dergisi*, 40, 18-23.

Türkeş, M. (2012). Küresel iklim değişikliği ve çölleşme. İçinde Özgen, N. (Yay. haz.), *Günümüz Dünya Sorunları–Disiplinlerarası Bir Yaklaşım* (ss. 1-42). Eğiten Kitap.

Türkeş, M. (2017). *Genel klimatoloji*. Kriter Yayınevi.

Unger J. (1999). Urban–rural air humidity differences in Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology*, 19(13), 1509-15015.

World Bank (2018). <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL>

Zeybek, H. İ. (1998). *Amasya ovası ve yakın çevresinin fiziki coğrafyası* (Tez No. 072091) [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.