

İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kentler: Kentsel Isı Adası Etkisi Bağlamında Bir İnceleme

Esin BAŞ¹, Nur Sinem PARTİGÖÇ¹

Öz

İklim yapısında meydana gelen önemli değişimlerin başlıca sebepleri arasında endüstrileşme faaliyetlerine bağlı olarak nüfusun hızla artması, kentleşme faaliyetleri ve doğal kaynak kullanımının kontrolsüz biçimde sürdürülmesi yer almaktadır. Bahsi geçen değişimlerin olumsuz etkilerinin bölgelere göre farklılık gösterdiği ve genel olarak sıcaklıkların artması, deniz suyu seviyesinde yükselme, düzensiz yağış rejimleri ve aşırı hava olaylarının gözlenmesi biçiminde kendisini gösterdiği bilinmektedir. Gözlenen iklimsel ve meteorolojik değişimlerin beklenen ve yaygın bir sonucu olarak kentsel ısı adası etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu etki, yoğun yapı ve nüfusun yer aldığı sıkışık dokuya sahip kentlerde önemli ölçüde hissedilebilir durumdadır. Kentsel ısı adası etkisi, yalnızca iklimsel ve meteorolojik bakımdan meydana getirdiği değişimlerle değil, aynı zamanda kentlerde ikamet eden vatandaşların yaşam kalitesinin düşmesi ve özellikle toplumdaki dezavantajlı gruplar için halk sağlığı tehdidi oluşturmasıyla öncelikli olarak ele alınması gereken konular arasında yer almaktadır. Bu noktadan hareketle, çalışmada iklim değişikliğine neden olan ve kentsel alanlarda olası afet risklerini artıran antropojenik unsurlar ile kentsel ısı adası etkisi arasında neden – sonuç ilişkisi kurulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ilgili akademik literatür detaylı biçimde incelenmiş, ulusal ve uluslararası düzeyde kentsel ısı adası etkisini minimize etmek ve/veya bertaraf etmek için geliştirilen uygulamalar değerlendirmeye alınmıştır. Sonuç olarak, şehir planlama disiplininin bakış açısından kentsel dirençliliğin sağlanmasında kilit rol oynayan kentsel ısı adası etkisi vurgusu yapılmış olup, şehir planlama disiplini kapsamında küresel iklim değişikliğiyle uyumlu stratejilerin neler olabileceği ve kentsel dirençliliğin artırılması adına hangi uyum ve adaptasyon politikalarının geliştirilebileceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, kentsel ısı adası etkisi, kentsel dirençlilik, afet riski, şehir planlama.

Resilient Cities Against Climate Change: A Review in the Context of the Urban Heat Island Effect

Abstract

Significant changes have occurred in the climate structure due to the rapid increase in the population regarding industrial activities, urbanization facilities and uncontrolled usage of natural resources. The negative impacts of these changes vary by region and they are manifested themselves in the form of increasing temperatures, rising seawater levels, irregular precipitation regimes and the observation of extreme weather events. An expected and widespread consequence of these climatical and meteorological changes is the urban heat island effect. The urban heat island effect is caused not only by climatic and meteorological changes, but also by a decrease in the quality of life of citizens residing in cities and, in particular, disadvantaged groups in society. So, this issue has a priority as a public health threat. Based on this point, the study aimed to establish a cause–effect relationship between the urban heat island effect and anthropogenic elements that cause climate change and increase possible

¹ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

* İlgili yazar/Corresponding author: spartigoc@gmail.com

Gönderim Tarihi / Received Date: 06.03.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 23.06.2023

Bu makaleye atıf yapmak için- To cite this article

Baş, E., Partigöç, N. S., (2023). İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kentler: Kentsel Isı Adası Etkisi Bağlamında Bir İnceleme. Resilience, 183-198.

disaster risks in urban areas. In this context, the relevant academic literature has been examined in detail and the applications have been evaluated which are developed to minimize and eliminate the urban heat island effect at the national and international levels. As a result, the urban heat island effect is emphasised that plays a key role in ensuring urban resilience from the point of view of the urban planning discipline. Moreover, strategies compatible with global climate change are discussed within the scope of urban planning discipline and what adaptation and adaptation policies can be developed in order to increase urban resilience.

Keywords: Climate change, urban heat island effect, urban resilience, disaster risk, urban planning.

1.Giriş

Birleşmiş Milletler (BM) Nüfus Fonu tarafından hazırlanan raporda, 2022 yılı itibariyle dünya nüfusunun 8 milyar kişiye ulaştığı ve bu nüfusun yaklaşık %55'inin kentsel alanlarda yaşadığı ifade edilmiştir (BM, 2022). 1950 – 2020 yılları arasındaki 70 yıllık dönemde dünya genelinde nüfusun artış hızı (%2,1 oranında) büyük bir ivme kazanmış ve bu sürecinde doğal bir sonucu olarak kentleşme oranı da artmıştır. 2021 yılı itibariyle Türkiye'nin dünyada en büyük nüfusa sahip 20 ülkeden biri olduğu ve toplam nüfusun yaklaşık %93'nün kentsel alanlarda yaşadığı düşünüldürse (Özgür, 2022), planlı ve kontrollü bir biçimde ilerlemesi beklenen kentleşme süreçlerinin yalnızca kentsel nitelikli alanlarda gözlenen hızlı bir nüfus birikim sürecinden ibaret olduğu gerçeğiyle karşı karşıya kalındığı görülebilecektir.

Nüfusun belirli alanlarda birikmesi, meteorolojik ve iklimsel koşullara bağlı olarak ortaya çıkan afetlere zemin hazırlayan önemli bir unsura dönüşmektedir. Başka bir deyişle, kentsel alanların zamanla tamamen yapılı çevre unsurlarından (endüstriyel üretim birimleri, yapı stoku, altyapı ve üstyapı elemanları, üretim niteliğini kaybeden tarım alanları, vb.) oluşan ve doğal çevreyle koruma-kullanma dengesini kaybeden yerleşim alanlarına dönüşmesi, bu alanların olası afet riskleri karşısında dirençliliğini azaltan ve öngörülen afet zararlarını arttıran başat bir neden haline gelmektedir. Farklı ölçeklerde yapılı çevre – doğal çevre ilişkisinde gözlenen bu değişimler, günümüzde pek çok disiplinin araştırma alanına giren küresel iklim değişikliğine yönelik tartışmaları gündeme getirmiştir.

Endüstrileşme faaliyetlerinin başladığı 19. yüzyıldan günümüze kadar geçen sürede antropojenik etkenlerin neden olduğu sera gazı salınımlarının özellikle kentlerde giderek artma ve yoğunlaşma eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Bu eğilim, sera gazı etkisini artırarak atmosferdeki sıcaklık artışlarının ortalama değerlerden daha fazla artmasına neden olmuştur. Sıcaklık artışlarının ortalama değerlerden daha fazla olması durumu, doğal ekosistemler ve insan sağlığına dolaylı ve doğrudan zarar verici sonuçlara neden olması bakımından çeşitli önlemler alınması gereken bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Öyle ki, kirletici emisyonların beklenen düzeyin üstünde artmasıyla gündeme gelen sera gazı etkisi, günümüzde küresel iklim değişikliğine bağlı pek çok afet olayının (aşırı hava olayları, düzensiz yağış rejimleri, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, vb.) ortaya çıkması sürecinde, Birleşmiş Milletler tarafından ifade edildiği biçimiyle, bir 'tehdit çarpanı' niteliği taşımaktadır.

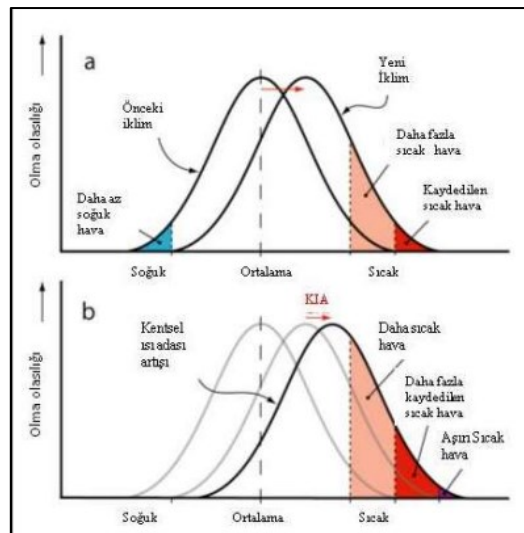
Kentsel nitelikli alanlarda iklim özelliklerinin değişmesine neden olan pek çok faktör söz konusudur. Bu faktörler şöyle sıralanabilir (Gerçek ve Bayraktar, 2014; Yıldız vd., 2019; Tonyalıoğlu, 2019): (1) Geçirimsiz yüzeylerin kent merkezlerinde fazla olması, (2) açık ve yeşil alanların niteliğinin ve niceliğinin azalması, (3) hava koridorlarının oluşmasını engelleyen uygulamalar yapılması, (4) fosil yakıt kullanımının kentsel faaliyetler (evsel ısınma, endüstriyel üretim, ulaşım, vb.) için yoğun biçimde kullanılması, (5) yapıların kullanılan malzemeye bağlı olarak gündüz aldıkları güneş enerjisini geceleri dışarı vermeleri, (6) ısıtma ve/veya soğutma

amacıyla elektrik tüketiminin fazla olması, (6) atmosferdeki konsantrasyon derişimlerinin kentsel faaliyetler sebebiyle zamanla farklılaşması.

Kentsel ısı adası etkisi, yukarıda sıralanan sebeplerin nüfusun ve yapı stokunun yoğun olduğu kentsel alanlarda ortaya çıkardığı önemli bir sonuçtur. Geçirgen olmayan kent yüzeylerinde suyun hızla drene olması ve toplam buharlaşmanın (*evapotranspiration*) azalması sonucu olarak ortaya çıkan bu etki, yapılı çevre olarak ifade edilen yerleşim alanlarının çevresindeki doğal alanlardan daha sıcak olmasına neden olmaktadır (Kim, 1992; Owen vd., 1998). Bu noktadan hareketle, çalışmada iklim değişikliğine neden olan ve kentsel alanlarda olası afet risklerini artıran antropojenik unsurlar ile kentsel ısı adası etkisi arasında neden – sonuç ilişkisi kurulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ilgili akademik literatür detaylı biçimde incelenmiş, ulusal ve uluslararası düzeyde kentsel ısı adası etkisini minimize etmek ve/veya bertaraf etmek için geliştirilen uygulamalar değerlendirmeye alınmıştır. Sonuç olarak, şehir planlama disiplini kapsamında küresel iklim değişikliğiyle uyumlu stratejilerin neler olabileceği ve kentsel dirençliliğin artırılması adına hangi uyum ve adaptasyon politikalarının geliştirilebileceği tartışılmıştır.

2. Kentleşme Süreçlerinin Beklenen Sonucu: Kentsel Isı Adası (KIA) Etkisi

Kentsel alanlar ile yakın çevrelerdeki doğal nitelikli alanlar arasında sıcaklık farkı olabilmesi ve bu sıcaklık farkının 5°C'ye kadar çıkabilmesi öngörüsü, günümüzde gündem olan küresel iklim değişikliği tartışmalarının çok öncesine dayanmaktadır. 19. yüzyılda ilk kez Luke Howard tarafından ortaya konulan bu öngörü, kentsel alanların diğer bölgelere göre daha fazla ısınma eğiliminde olduğunu ifade etmektedir (Howard, 1818). Bu öngörü, yaklaşık 200 yıl sonra, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan 'AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023' başlıklı raporda küresel yüzey sıcaklığındaki artışın ortalama 1,5 - 2°C'lik ısınma sınırını aşacağı biçiminde karşımıza çıkmaktadır. Şöyle ki, küresel yüzey sıcaklığının belirlenen sınırları aşması ve bu değişim karşısında herhangi bir uyum ve adaptasyon stratejisi geliştirilmemesi durumunda, küresel ölçekte oluşacak ısınmaya bağlı olarak bilinen tüm doğal sistemlerin geri dönüşü olmayan biçimde zarar göreceği tahmin edilmektedir (IPCC, 2023). Şekil 1'de küresel ölçekli ısınmaya bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında meydana gelen değişim ve kentsel ısı adası etkisi sunulmuştur.



Şekil 1. İklim değişikliğinin yüzey sıcaklıklarına ve kentsel ısı adasına etkisi (Brown vd., 2018)

Kent ikliminin karakteristik bir özelliği olarak ortaya çıkan kentsel ısı adası etkisinin oluşmasına neden olan pek çok unsur akademik yazında yer almaktadır. Nasıl ki kent ikliminin özellikleri zamana ve mekâna göre farklılık gösteriyorsa, benzer biçimde, kentlerin sahip olduğu yere özgü nitelikleri (çevresel, sosyal, ekonomik, morfolojik, vb.) de ısı adası etkisinde farklılıklara neden olmaktadır. Örneğin yaz aylarında gün boyunca ve yoğun biçimde görülen kentsel ısı adası etkisi yüzeysel nitelik taşıırken, kış aylarında gece boyunca ve yoğun biçimde görülen kentsel ısı adası etkisi atmosferik nitelik göstermektedir. Gün ve gece boyunca saat başı farklı ölçülebilecek kentsel ısı adası etkisi yüzeysel nitelik taşıırken, 24 saatlik zaman diliminde belirgin farklılıklar göstermeyen kentsel ısı adası etkisi atmosferik nitelik göstermektedir (EPA, 2003). Kentsel ısı adası etkisini oluşturan belli başlık unsurlar sınıflandırma ölçütleri bakımından farklılık göstermektedir. Bu unsurlar şu şekilde sınıflandırılabilir (Oke, 1982; Belgil, 1995; Alexander ve Mills, 2014, Matzarakis ve Mayer, 2009; Şimşek ve Şengezer, 2012; Nuruzzaman, 2015):

- i. **Alexander ve Mills (2014)** -> Antropojenik faktörler (antropojenik ısı salınımı), topoğrafik faktörler (kentsel yüzey geometrisinin radyasyon yoluyla soğuma üzerindeki etkisi) ve çevresel faktörler (kentsel pürüzlülüğün hava hareketlerine etkisi ve evaporatif soğumanın kullanılabilirliği)
- ii. **Nuruzzaman (2015)** -> Antropojenik faktörler (rüzgârın engellenmesi yüzünden konveksiyonun azalması, klimalar nedeniyle atmosfere ısı yayılması, İnsan kaynaklı CO₂ emisyonları), malzeme türü (düşük albedoya sahip materyallerin kullanıldığı için ısının tutulması, kentsel kanopi nedeniyle atmosferde ısının hapsolmesi) ve çevresel faktörler (hava kirliliğinden ötürü atmosferde ısının hapsolmesi, bitki örtüsü yok edildiği için daha az serinlik etkisinin oluşması)
- iii. **Matzarakis ve Mayer (2009)** -> Kentin morfolojik özellikleri
- iv. **Oke (1982)** -> Antropojenik faktörler (antropojenik ısı kaynakları, binalar ve trafikten oluşan ısı kayıpları), malzeme türü (örtülü alanlardan ve çatılardan artan ısı akışı, yapı malzemeleri), topoğrafik faktörler (kanyon geometrisi) ve çevresel faktörler (hava kirliliği, azalan buharlaşma, azalan uzun dalga radyasyon kaybı)
- v. **Belgil (1995)** -> Antropojenik faktörler (Hava koridorlarının oluşmasını engelleyen uygulamalar yapılması, fosil yakıt kullanımının kentsel faaliyetler için kullanılması, ısıtma ve/veya soğutma amacıyla elektrik tüketiminin fazla olması), malzeme türü (geçirimsiz yüzeylerin kent merkezlerinde fazla olması, yapıların kullanılan malzemeye bağlı olarak gündüz aldıkları güneş enerjisini geceleri dışarı vermeleri) ve çevresel faktörler (açık ve yeşil alanların azalması, atmosferdeki konsantrasyon düzeylerinin farklılaşması)
- vi. **Şimşek ve Şengezer (2012)** -> Antropojenik faktörler (kentsel faaliyetler, nüfus, malzeme türü, enerji tüketimi, fosil yakıt kullanımı) ve çevresel faktörler (iklim özellikleri, rüzgâr hızı ve yönü, yüzey geometrisi).

Yapılan incelemeler ışığında, çalışma kapsamında kentsel ısı adası etkisi oluşumuna neden olan faktörler üç sınıfta gruplandırılmıştır: (a) Doğal çevre – yapılı çevre unsurları, (b) kent geometrisi ve (c) antropojenik ısı yayılımı.

- a. **Doğal çevre – yapılı çevre unsurları** -> Kentsel alanlardaki bitki örtüsünün ve doğal yapı unsurlarının (açık ve yeşil alanlar, su varlığı, vb.) az ve/veya yetersiz olması nedeniyle gölge oluşumunun azalması, doğal döngüdeki nem dengesinin bozulması, kentsel alanlarda albedo değeri düşük (güneş ışığını daha az yansıtma eğilimi) yüzey kaplama malzemelerinin (beton, asfalt, çatı malzemeleri vb.) kullanılması.
- b. **Kent geometrisi** -> Mevcut binaların tipolojileri, bina yükseklikleri, sokak genişlikleri ve rüzgâr sirkülasyonunun sağlanması açısından kent geometrisinin incelenmesi

önemlidir. Kentsel yoğunluğun ve bina yüksekliklerinin sokak genişliğine oranının fazla olduğu alanlarda kentsel ısı adası oluşumunun daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Bina yüksekli – sokak genişliği oranının yüksek olması kentsel alanlardan atmosfere ısı yayılımını kısıtlayan ve gece soğumasını yavaşlatan bir süreci ifade etmektedir (Dursun ve Yavaş, 2017).

- c. **Antropojenik ısı yayılımı** -> Kentsel alanlarda artan nüfusla birlikte ihtiyaçlar da artmıştır. Buna bağlı olarak, doğal yapının tahrip edilmesi ve fosil yakıtların yoğun kullanımı sonucunda atmosfere salınan sera gazları küresel ısınmaya ve iklim yapısında değişikliklere neden olmuştur. Antropojenik ısı yayılımı, evsel ısınma, endüstriyel üretim süreçleri ve ulaşımda fosil yakıtların kullanılması ile ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımı sebebiyle oluşmaktadır. İnsan kaynaklı ısıların büyük bir şehrin merkezinde gece ve gündüz 2-3°C'lik bir ısı etkisi oluşturabildiği saptanmıştır (Tozam, 2016).

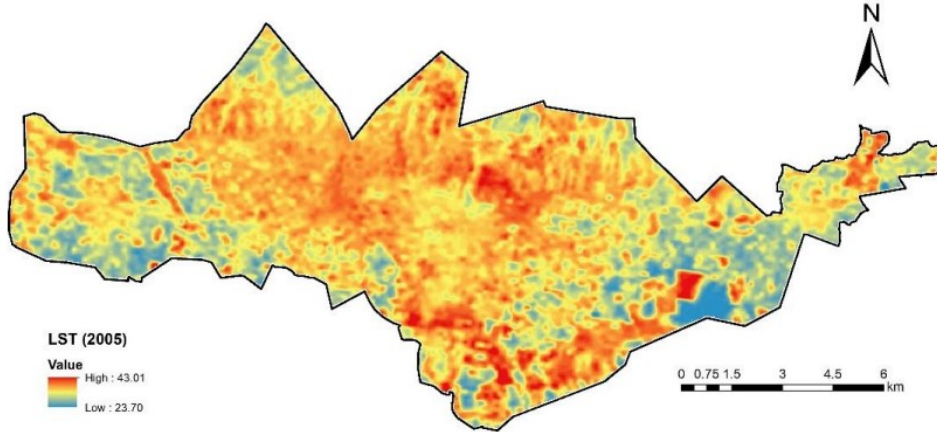
Kentsel alanlarda iklim özelliklerinin farklılıklar gösterdiği ve meteorolojik konumlandırılmayla kentsel ısı adası etkisinin daha net biçimde anlaşılabilceği fikrini Oke (2004) ortaya atmıştır. Bu fikrin temelinde, kentsel alanları kentsel iklim bölgeleri denilen homojen bölgelere ayırır ve o bölgelerin ön plana çıkan özelliklerine göre değerlendirmeler yapılması amacı yer almaktadır (Oke, 2004). Bölgeler, yüzey örtüleri, yapıların durumuna göre ve doğal yüzey iklimini bozma potansiyeli ile ayırt edilir (Bkz. Şekil 2). En büyük potansiyele sahip bölgeler, bina en-boy oranları, geçirimsiz yüzey fraksiyonları için büyük değerlere sahiptir. En az potansiyele sahip bölgeler, en boy oranları, geçirimsiz yüzey fraksiyonları için küçük değerlere sahiptir (Oke, 2006).

Yerel İklim Bölgesi (YİB)	Resim	Pürüzlülük	En / Boy oranı	Yapılaşma (Geçirimsiz) %
1- Yüksek katlı, yakın mesafeli ve cephe kaplaması olan yapıların bulunduğu alanlar		8	>2	>90
2-2-5 katlı yoğun yapılaşmanın olduğu alanlar		7	1,2-2,5	>85
3-Sıralı müstakil yoğun yapılaşmanın olduğu alanlar		7	0,5-1,5	70
4-Düşük yoğunlukta uzun geniş yapıların olduğu alanlar		5	0,05-0,2	75-95
5-Düşük yoğunlukta sıralı yapıların olduğu alanlar, banliyöler		6	0,2-0,5 Uzun ağaçlar	35-65
6-Hava alanları, üniversite kampüsleri gibi büyük geniş yapılar ile yeşil alanların birlikte bulunduğu alanlar		5	0,1-0,5 Ağaçlık	<40
7-Yarı kırsal alanlar, doğal ya da tarım alanları		4	>0,05 Ağaçlık	<10

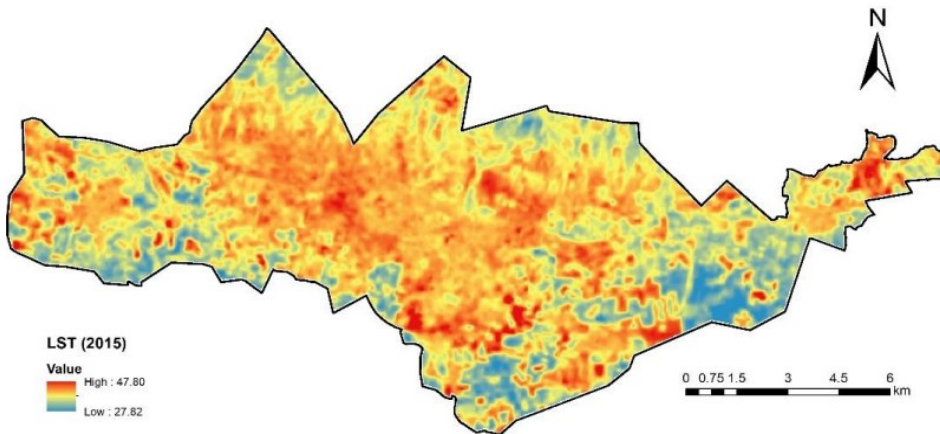
Sembol anahtarı: ■ -yapılar □ -Bitkiler — -Geçirimsiz yüzey --- - Geçirimli yüzey

Şekil 2. Kentsel iklim bölgeleri ve özellikleri (Oke, 2006; aktaran Somuncu, 2021)

Kentsel ısı adası etkisinin incelenmesi üzerine akademik yazında yer alan uygulamalı örnekler araştırılmış olup, bu örnekler arasından kapsam bakımından benzerlik gösteren örnekler çalışmaya dâhil edilmiştir. Belirtilen örneklerden biri olarak, Tonyaloğlu (2019) yapılaşma ve bitki örtüsünün azalmasıyla kentsel ısı adası etkisini Aydın ili Efeler ve İncirliova ilçeleri için ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular ışığında, Efeler ve İncirliova ilçelerinin yapılaşmanın en yoğun olduğu yerleşim alanları olduğu görülmüştür. Belirlenen iki ilçe için 2005 ve 2015 yılları arasında geçirimsiz yüzeyler ve bitki örtüsünde yaşanan değişimlere bağlı yüzey sıcaklığı farklılıkları ve kentsel ısı adası etkisi tespit edilmiştir. 2005 ve 2015 yılları için elde edilen LST modelleri Şekil 3 ve 4’de verilmiştir. 2005 yılında en yüksek ve en düşük yer yüzeyi sıcaklığı değerleri 43.01°C ile 23.70°C arasında değişirken, ortalama yer yüzeyi sıcaklığı 33.52°C olarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3). 2015 yılı Temmuz ayında ise en yüksek ve en düşük yer yüzeyi sıcaklığı değerleri 47.80°C ve 27.82°C arasında değişirken, ortalama yer yüzeyi sıcaklığının 3.63°C artarak 37.15°C’ye çıktığı gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 4). Bu durum, çalışma alanında 2005 ve 2015 yılları arasında yapılaşmanın yoğun olduğu merkezlerde yer yüzeyi sıcaklık dağılımının gittikçe daha kompakt bir yapı aldığını ve ısı adası etkisinin arttığını göstermektedir (Tonyaloğlu,2019).



Şekil 3. Arazi yüzey sıcaklığı (LST) modeli (2005 Yılı) (Tonyaloğlu, 2019)

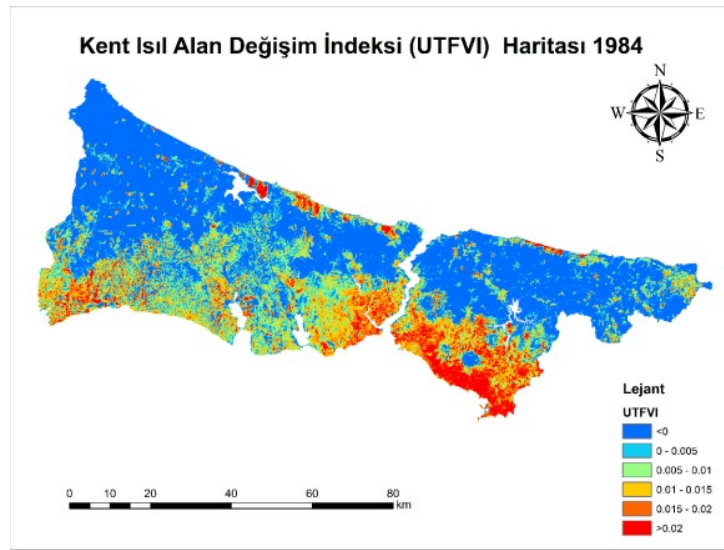


Şekil 4. Arazi yüzey sıcaklığı (LST) modeli (2015 Yılı) (Tonyaloğlu, 2019)

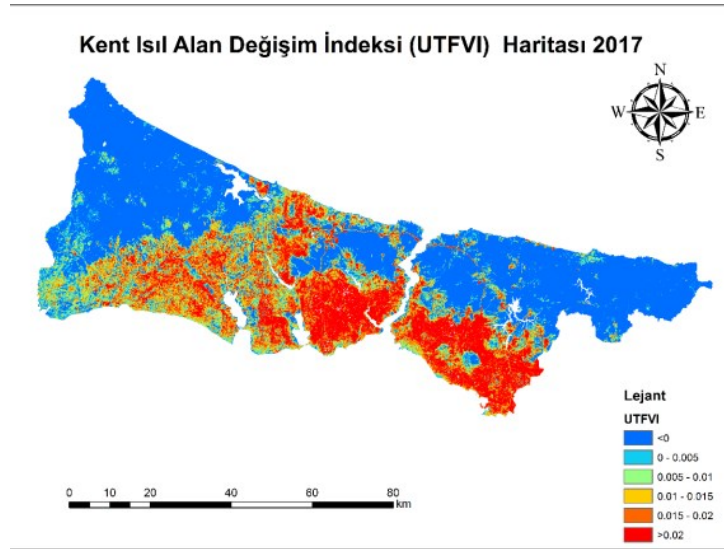
Diğer bir örnek olarak, Çelik (2019) yılında arazi örtüsü değişimlerinin kentsel ısı adalarına olan etkilerinin zamansal ve mekânsal olarak İstanbul örneği üzerinden ele almıştır. Çalışma kapsamında İstanbul ilinin 1984 - 2017 yılları arasındaki kentsel ısı adası etkisini ortaya koymak amacıyla meteorolojik veriler ve Landsat uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara ışığında, çalışmada İstanbul ilinde 1984 - 2017 yılları arasında arazi kullanım

deseninde meydana gelen değişimin, geçirimsiz yüzey varlığındaki artış ve doğal alanların giderek azalmasına bağlı olarak gözlenen kentleşme sürecinin beklenen bir sonucu olarak ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Ayrıca, gözlenen bu değişim kentsel ısı adası etkisiyle direkt olarak ilişkilendirilmiştir (Bkz. Şekil 5 – 7).

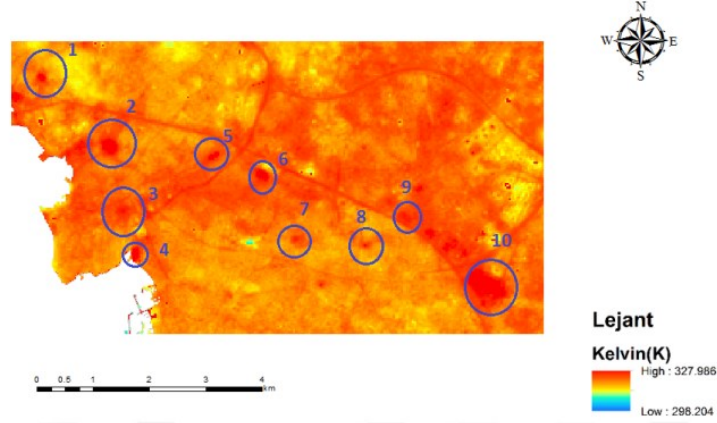
Buna ek olarak, bahsedilen çalışma kapsamında, kentsel ısı adası etkisinin yüksek çıktığı ve yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu 10 farklı nokta belirlenmiş ve bu noktaların mekânsal özellikleri incelenmiştir. Yapılan inceleme doğrultusunda, yüzey sıcaklıklarının yüksek çıktığı alanlarda yoğun kentleşme faaliyetlerinin görüldüğü ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu 10 nokta için arazi kullanım değerlerinin, beton ve asfalt türü yüzey bileşenlerinin ağırlıklı olduğu otopark, alışveriş merkezleri, endüstriyel alanlar ve yapay çim içeren spor kompleksleri ve halı sahalar olduğu tespit edilmiştir (Çelik, 2019). Yüzey malzemelerinin kentsel ısı adası üzerine etkili olduğunu ve kentsel ısı adasının önlenmesi adına şehir planlama süreçlerinin yapıllı ve doğal çevre dengesinin gözetilerek yürütülmesi gerektiği bir kere daha kanıtlanmıştır.



Şekil 5. İstanbul UTFVI haritası (1984 yılı) (Çelik, 2019)



Şekil 6. İstanbul UTFVI haritası (2017 yılı) (Çelik, 2019)

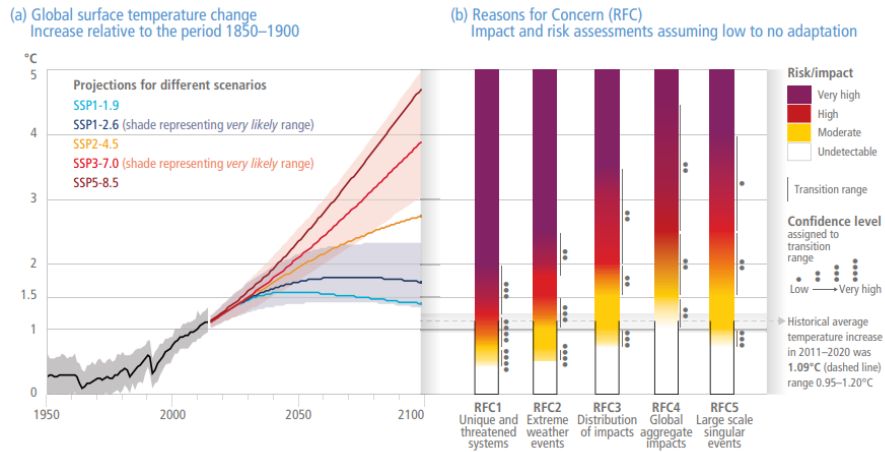


Şekil 7. Kentsel ısı alanı etkisinin güçlü olduğu bölgelerde yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu noktalar (2017 yılı) (Çelik, 2019)

3. İklimsel ve Meteorolojik Afetlere Hazırlıklı Olmak: Kentsel Dirençlilik Kavramı

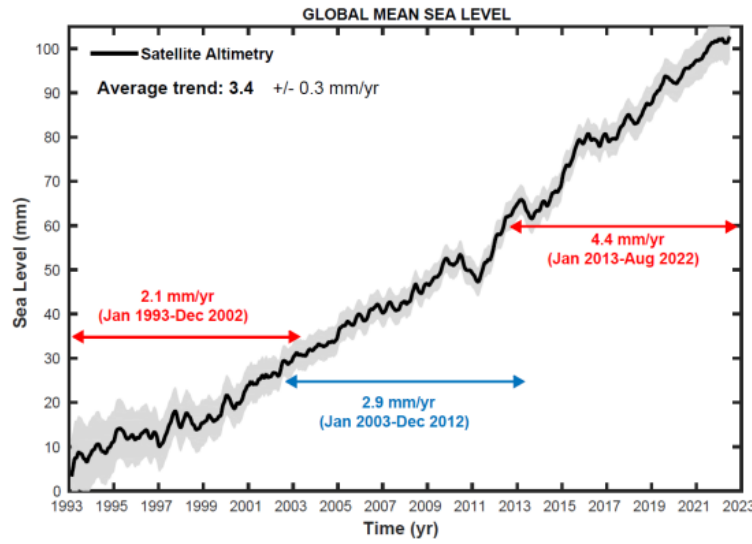
İklim değişikliğine bağlı yaşanan iklimsel ve meteorolojik afetlerin sayıları, sıklıkları ve etki alanları artış eğilimindedir. Bu duruma dünyanın çeşitli bölgelerinde gözlenen daha güçlü ısı dalgaları, daha uzun süren kuraklıklar, daha sık gözlenen su taşkınları, deniz suyu seviyesinin yükselişi ve fırtına dalgaları örnek verilebilir. Artan iklim olayları ve etkilerinin farklı coğrafi özelliklere göre değişkenlik gösterdiği, bunun yanı sıra, doğal ekosistemler, kentsel altyapı ve üstyapı unsurları, gıda temini ve güvenliği, zorunlu göçler gibi konularda hem kentsel alanlarda yaşayan bireyleri hem de süreci dikkatle izleyen karar mekanizmalarını ciddi biçimde zorladığı ortadadır. Yaşanan afetler özellikle gelişmekte olan ülkelerde alt gelir düzeyindeki bireyler, yaşlılar, kronik rahatsızlığa sahip bireyler, özel ihtiyaçlı bireyler ve çocuklar gibi hassasiyeti yüksek kesimler için kırılabilirliği önemli ölçüde artırmaktadır.

Mekânsal etkileri bakımından incelendiğinde ise, dünya genelinde özellikle yüksek sıcaklıklara maruz kalan bölgeler ve kıyı yerleşimleri gibi iklim olaylarına karşı kırılabilirliği fazla olan alanlarda deniz seviyelerinin yükselmesi ve yağış rejimlerinde yaşanan düzensizlik ve değişkenliğe bağlı olarak ortaya çıkabilecek afet riskleri olduğu öngörülmektedir. Şekil 8'de görüldüğü üzere, yüzey sıcaklıklarında beklenen artışlar ve buna bağlı yaşanabilecek afet olayları doğru orantılıdır.



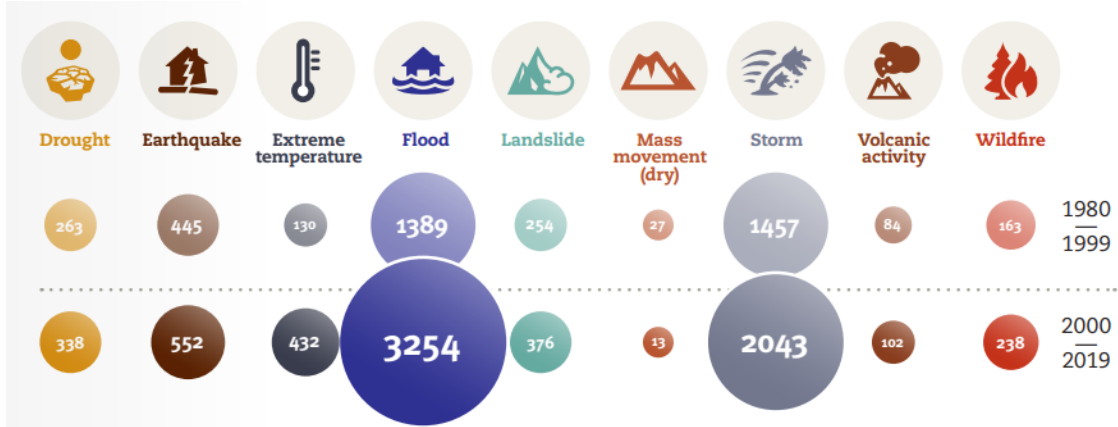
Şekil 8. Yüzey sıcaklıklarında beklenen artış ve afet olaylarına etkisi (IPCC, 2023)

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO)'nın (2022) yayınladığı istatistiklere göre, küresel deniz seviyesi günümüzde de yükselmeye devam etmekte olup; 1880 – 2022 yılları arasındaki yaklaşık 150 yıllık dönemde ortalama deniz seviyesinin toplam 8–9 inç (21–24 santimetre) yükseldiği saptanmıştır (WMO, 2022). Deniz suyu seviyelerinin yükselmesinin temel nedenleri küresel ısınma etkisiyle eriyen buzullar ve deniz suyunun ısınırken termal genişlemesinin birleşimi biçiminde ifade edilmektedir. Şekil 9'da sunulduğu üzere, 1993 - 2022 yılları arasındaki yaklaşık 30 yıllık dönemde deniz suyu seviyelerinde ortalama $3,4 \pm 0,3$ mm/yıl yükselme beklenirken, 2013 - 2022 yılları arasında bu artış tahminlerin üzerine çıkarak 4,4 mm/yıl olmuştur. Öyle ki, beklenenin dışında bir tahmin olarak, Ocak 2021 - Ağustos 2022 arasında deniz suyu seviyelerindeki artışın 5 mm olduğu görülmektedir. Ocak 2020'den günümüze kadar deniz suyu seviyelerindeki artış ise yaklaşık 10 mm'dir.



Şekil 9. 1993 - 2022 yılları arasında küresel ortalama deniz suyu seviyesinin değişimi (WMO, 2022)

2023 yılında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan 'AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023' başlıklı raporda ifade edildiği üzere, kentsel nitelikli alanlar, 20. yüzyılın ortasından itibaren günümüze kadar geçen süreçte dünya genelinde ortalama yüzey sıcaklıklarında gözlenen artışın %95'ine neden olmuştur (IPCC, 2023). B noktadan hareketle, kentleşme süreçlerinin pek çok faktöre (geçirimsiz yüzeylerin artırılması, kirlenici emisyonlarının artması, yoğun fosil yakıt kullanımı, koruma-kullanma dengesi gözetilmemesi, vb.) bağlı olarak küresel iklim değişikliğinin itici gücü haline geldiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Gelecek döneme ilişkin öngörülen en büyük risk olarak, hali hazırda dünya genelinde kentsel alanlarda yaşayan nüfus oranının (%55 oranında) 2050 yılına kadar hızla artacağı ve %68'e ulaşacağı görülmektedir (BM, 2018). Öngörülen bu riskin doğurabileceği sonuçları anlamak için, günümüze dair EM-DAT (The Georeferenced Emergency Events Database) tarafından açıklanan afet istatistiklerine bakmak yeterli olacaktır. Buna göre, 2021 yılı itibarıyla dünya genelinde toplam 437 afet kaydedilmiştir ve bu afetler (fırtınalar, aşırı hava olayları, kuraklık ve orman yangınları) ağırlıklı olarak iklimsel ve meteorolojik afetler sınıfına girmektedir. Toplamda yaklaşık 10.500 kişinin yaşamını yitirdiği bu afetlerin geçtiğimiz 400 yıllık dönemlik ortalamanın çok üzerinde olduğu açıktır (EM-DAT, 2021). Şekil 10'da 1980 – 2019 yılları arasındaki dönemde meydana gelen afet olaylarının türlerine göre dağılımı sunulmuştur.



Şekil 10. 1980 – 2019 yılları arasında meydana gelen afetlerin türlerine göre dağılımı (UNDRR, 2020)

Çeşitli açılardan (ekonomik yapı, çevresel sürdürülebilirlik, yaşam kalitesi, kentsel faaliyetlerin devamlılığı, vb.) doğurabileceği etkiler göz önünde bulundurulduğunda, kentlerin ve kentleşme süreçlerinin değişen iklimsel ve meteorolojik koşulların hem başat sebebi hem de öncelikli etkileneni olduğu açıktır. Öyle ki, yerleşim alanlarını oluşturan fiziksel çevre unsurları ve bu alanlarda ikamet eden bireyler gözlenen bu dışsallıklar neticesinde olası afetler karşısında daha kırılgan, savunmasız ve zarara açık hale gelmektedir. Dolayısıyla, gözlenen ve öngörülen iklim değişiklikleri karşısında sürdürülebilirlik temelinde ele alınan dirençli kentlerin oluşturulması artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

Dirençlilik kavramı, 1970'li yıllarda Holling tarafından üzerinde uzmanlaşılan konulardan biridir ve "bir sistemin ve özelliklerinin değişime ve olumsuz etkiye maruz kalmasına rağmen, durum değişkenleri veya popülasyonları arasında aynı ilişkileri sürdürebilmesi" biçiminde ifade edilmiştir. (Holling, 1973). İklim değişikliği, sürdürülebilirlik, ekoloji ve afet yönetimi alanları ile bağlantı olan bu kavram, şehir planlama disiplini içerisinde kentsel dirençlilik olarak yer bulmaktadır. Şehir planlama perspektifinden ele alındığında, kentsel dirençlilik kavramı, yerleşim alanları için geliştirilen strateji ve politikalar aracılığıyla olası afet risklerinin etkilerini en aza indirmek ve/veya bertaraf etmek amacıyla önlemler almak biçiminde tanımlanabilir (Galderisi, 2013). Başka bir ifadeyle, kentsel dirençlilik, afet riskleri karşısında kentlerin fonksiyonlarını devam ettirmek ve gelecekte ortaya çıkabilecek risklere karşı yanıt geliştirebilmek doğrultusunda uyum, absorbe etme, dönüşüm ve hazırlık kapasitesindeki sürekli bir gelişmeyi ifade etmektedir (Dubbeling vd., 2004).

Günümüzün temel problem alanlarından biri olan küresel iklim değişikliğinin gözlenen ve olası etkileri karşısında kentsel dirençliliğin artırılması son dönemde ivme kazanan ve pek çok araştırmacının ilgi duyduğu bir uzmanlık alanı haline gelmiştir. Bu çeşitliliği sağlayan ise, diğer yerleşim alanlarından farklı olarak, kentsel alanların karmaşık, çok boyutlu ve çok katmanlı bir yapıya sahip olmasıdır. Buna göre, kentsel alanlar sosyal, çevresel, ekonomik, psikolojik, yasal ve kurumsal açılardan farklı unsurların bir araya gelmesiyle oluşan bir yapıdır ve olası afet riskleri karşısında kırılgan niteliğe sahip pek çok alt unsurdan oluşmaktadır. Kentsel dirençlilik kavramı, hem bu kırılgan alt unsurların etkin biçimde yönetilmesi ve korunması için önemlidir hem de yaşanabilecek olası kayıpların önüne geçilmesi için hayati bir fırsat niteliği taşımaktadır.

Kentsel dirençliliğin sağlanması için ulusal ve uluslararası düzeyde birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu kapsamda geniş çaplı biçimde geliştirilen ağlardan söz etmek mümkündür. Uluslararası ölçekte yerel ağların ittifak kurduğu ve ülkemizin taraf olduğu bu ağların, kendi içlerinde farklı alt hedefleri bulunmasına rağmen, temel politikalarında sürdürülebilir kalkınma

ve kentsel dirençlilik temasını ortak olarak benimsediği görülmektedir. Bu ağlara örnek olarak, CoM (Covenant of Mayors - Belediye Başkanları Sözleşmesi), GCoM (The Global Covenant of Mayors for Climate and Energy - Belediye Başkanları Küresel iklim ve Enerji Sözleşmesi), ICLEI (Local Governments for Sustainability - Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler), EC (Energy Cities - Enerji Kentleri) ve C40 (Cities Climate Leadership Group - Büyük Kentler iklim Liderliği Grubu) verilebilir.

Yerel ölçekte bu kapsamda yönetim birimleri tarafından yürütülen çalışmalar, temel hedefleri ortak olacak biçimde, yerelin nitelikleri göz önünde bulundurularak farklılaşmaktadır. Yerel yönetim süreçlerinde başarılı uygulamaların yer olduğu iki örnek çalışma kapsamında incelenmiştir: (1) Tokyo kenti örneği ve Kadıköy (İstanbul) ilçesi örneği.

(1) Tokyo kenti örneği -> 2022 yılında hazırlanan Tokyo Climate Change Adaptation Plan çalışması kapsamında, yapılan projeksiyonlar dikkate alındığında, 2090 yılına gelindiğinde açık havada çalışmak için güvenli olmayan gün sayısını bugüne göre %30-40 oranında artış göstereceği, artan sıcaklıkların sıcak stresini artıracığı ve bir halk sağlığı sorunu olarak sıcak çarpması vakalarının artacağı öngörülmektedir. Kent genelinde aşırı sıcaklık artışları karşısında önlem almak adına, nüfusun yoğun olduğu merkezlerde serin noktaların oluşturulması, güneş ısını engelleyen kaplama malzemelerinin tercih edilmesi, kentsel açık ve yeşil alanların sayısının artırılması, konutlarda ısı önlemlerinin çeşitlenmesi gibi çalışmalar yürütülmektedir (Tokyo Belediyesi, 2022). Bu kapsamda hayata geçirilen çalışmalara örnek olarak, kentsel ısı adası etkisini azaltmak için, kent genelinde yol yüzeyi ısından kaynaklanan sıcaklık artışını kontrol altına almak amacıyla albedo değeri düşük yol yüzey malzemesi kullanılarak toplam 106 km yol yapılması verilebilir.

(2) Kadıköy ilçesi örneği -> 2018 yılında hazırlanan Kadıköy Belediyesi İklim Adaptasyon Eylem Planı çalışması kapsamında, kentsel ısı adası etkisinin 1950-2000 yılları arasında Türkiye'nin bulunduğu enlemlerde özellikle yaz aylarında daha etkili olduğu ve İstanbul kenti özelinde kentleşmenin bu etkiyi ortalama 1 °C civarında arttırdığı ortaya konulmuştur. Bu kapsamda hayata geçirilen çalışmalara örnek olarak, kentsel ısı adası etkisini azaltmak için, kentsel açık ve yeşil alanlarının sayısının artırılması, sulanan yüzey alanının artırılması, halk sağlığı sorunları ile mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi, bina tasarımında biyo-iklim odaklı tasarım ilkelerinin göz önünde bulundurulması, vatandaşlara eğitimler verilerek iklim değişikliği konusunda bireysel farkındalığın yaratılması ve kurum personelinin ekolojik yaşam alanı, enerji verimliliği ve su yönetimi konularında eğitimler alması gibi çalışmalar yürütülmektedir (Kadıköy Belediyesi, 2018).

4. Şehir Planlama Perspektifinden Değerlendirme

İklim yapısında meydana gelen önemli değişimlerin başlıca sebepleri arasında endüstrileşme faaliyetlerine bağlı olarak nüfusun hızla artması, kentleşme faaliyetleri ve doğal kaynak kullanımının kontrolsüz biçimde sürdürülmesi yer almaktadır. Bahsi geçen değişimlerin olumsuz etkilerinin bölgelere göre farklılık gösterdiği ve genel olarak sıcaklıkların artması, deniz suyu seviyesinde yükselme, düzensiz yağış rejimleri ve aşırı hava olaylarının gözlenmesi biçiminde kendisini gösterdiği bilinmektedir. Denilebilir ki, iklim değişikliğine bağlı yaşanan afetler, Birleşmiş Milletler tarafından ifade edildiği biçimde, bir 'tehdit çarpanı' oluşturmaktadır. Özellikle 1980'li yıllardan sonra iklim değişikliğine bağlı afetlerin sayısında ve sıklığında gözle görülür değişimler olmuş ve afetlerin etki çaplarının genişlemesi sonucunda mücadele edilmesi oldukça zor bir hal almıştır. Yapılan araştırmada Afet Araştırma ve Epidemiyoloji Merkezi (CRED) tarafından yayınlanan raporda, son 20 yıllık periyotta yaklaşık 7,400 afet olayı gerçekleşmiş ve dünya genelinde yılda ortalama 60,000 olmak üzere toplamda yaklaşık 1.23 milyon can kaybı yaşandığı ifade edilmiştir (CRED, 2020).

Bilinmektedir ki, saçaklanarak büyüme eğiliminde olan kentler ve yürütülen kentsel faaliyetler (endüstriyel üretim, ulaşım, evsel ısınma, yoğun kaynak tüketimi, kısıtlı geri dönüşüm uygulamaları, vb.) küresel iklim değişikliği ve iklim kökenli afetlerden en çok etkilenenler arasında yer almaktadır. Gerek yapılı çevre unsurları (geçirimsiz yüzeyler, ısı tutan malzemeler, yeşil alan eksikliği, vb.) gerekse barındırdıkları yoğun nüfus nedeniyle kentlerin kırılganlığı ciddi oranda artmaktadır. Hatta IPCC AR6'ya göre, ilerleyen dönemlerde küresel ısınma 1,5°C'de sabitlense bile ortalama sıcaklıklar artmaya devam edecektir. Gözlenen sıcaklık artışlarının beklenen ve yaygın bir sonucu olarak kentsel ısı adası etkisi ortaya çıkmaktadır.

Bu etki, yoğun yapı ve nüfusun yer aldığı sıkışık dokuya sahip kentlerde önemli ölçüde hissedilebilir durumdadır. Öyle ki, Howard tarafından yayımlanan 'The Climate of London' kitabında, yapılan araştırmalar doğrultusunda, metropoliten alanlar ve bu alanların çevresinde yer alan daha az yoğun bölgeler arasındaki sıcaklık farkının 5°C'ye kadar çıkabildiği ortaya konulmuştur (Howard, 1818). Kentsel ısı adası etkisi, yalnızca iklimsel ve meteorolojik bakımdan meydana getirdiği değişimlerle değil, aynı zamanda kentlerde ikamet eden vatandaşların yaşam kalitesinin düşmesi ve özellikle toplumdaki dezavantajlı gruplar (yaşlılar, kronik hastalar, vb.) için halk sağlığı tehdidi oluşturmasıyla öncelikli olarak ele alınması gereken konular arasında yer almaktadır. Güncel akademik yazın ve küresel ölçekte yaşanan değişimlere bakılacak olursa, küresel iklim değişikliği kentleşme süreçlerinden bağımsız ve kopuk biçimde değerlendirilemez. Aksi halde, yerleşim alanları olası afet riskleri karşısında daha kırılgan hale gelir.

Yoğun nüfus ve yapı stokunun bulunduğu kentsel alanları daha kırılgan hale getiren başat unsurlardan biri olan kentsel ısı adası etkisinin doğurabileceği pek çok olumsuz sonuç söz konusudur. Küresel düzeyde ortalama yüzey sıcaklığının zaman içerisinde artmakta olduğu ve 1,5°C'de sabitlenemediği gerçeğinden yola çıkılarak, küresel iklim değişikliğini tetikleyen kentsel ısı adası etkisinin azaltılması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu kapsamda atılabilecek adımlar şu şekilde sıralanabilir:

a. Kent geometrisine yönelik uygulamaların yaygınlaştırılması

Kent planlama çalışmalarında, dikkate alınan pek çok faktörün yanı sıra, iklimsel ve meteorolojik verilerin geliştirilecek strateji ve politikalara bir girdi olarak dahil edilmesi hayati bir önem taşımaktadır. Bu nitelikteki çeşitlenen veriler arasında özellikle güneş ışınlarının ve rüzgârın geliş yönü ve miktarı göz önünde bulundurulmalıdır. Kentsel alanlarda hava koridorlarının oluşturulması amacıyla yapı nizamının yeniden değerlendirilmesi ve rüzgârın serinletici etkisinin kullanılması amacıyla yapıların rüzgâr yönüne paralel biçimde konumlandırılması yapılabilecek uygulama örneklerindedir. Bu noktadan hareketle, mevcut iklimsel veriler kullanılarak, özellikle yapılarda enerji verimliliğinin sağlanması, ısıtma ve/veya soğutmaya yönelik elektrik tüketiminin azaltılması ve doğal kaynak kullanımının azaltılması sağlanmış olacaktır.

b. Malzeme türüne yönelik seçimlerin gözden geçirilmesi

Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeyler oluşturan ve albedo değeri düşük yapı malzemelerinin (asfalt, beton, çatı malzemeleri, vb.) kullanılması yapılı çevreyi oluşturan unsurların (yapılar, yollar, vb.) daha fazla ısı tutmasına neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek ve kentsel ısı adası etkisini azaltmak amacıyla, özellikle geniş yüzeyler oluşturan alan kullanımları için albedo değeri yüksek malzeme kullanımının tercih edilmesi gerekmektedir. Geçirimsiz yüzeylere ilişkin gözlenen diğer sorun ise, mevsimsel yağışların toprak tarafından

emilememesi nedeniyle yağış - nem dengesinin bozulmasıdır. Kentsel alanlarda soğumanın azalmasına neden olan bu durumun önüne geçilmesi amacıyla, yağmur sularının emilmesine izin verecek malzemelerin kullanılması önemli faydalar sağlayacaktır.

c. Açık ve yeşil alan stokunun nitelikli ve yeterli düzeye getirilmesi

Açık ve yeşil alanların kentsel ısı adası etkisinin önüne geçilmesi konusunda önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Bilinen pek çok yararı arasında, bu alanların CO₂ emilimi yaparak kirlenici emisyonlarının minimize edilmesini sağlaması ile yağış durumuyla direkt olarak ilişkilendirilen buharlaşma ve evapotranspirasyon döngüleriyle soğutma etkisi yaratması yer almaktadır. Buna ek olarak, bitki örtüsünün bu etkinin azaltılması bakımından rolü yadsınamaz. Özellikle binalarda ve kentsel açık alanlarda hissedilen sıcaklık değerinin düşmesine yardımcı olan gölgelik oluşturan ağaç türlerinin, kentsel alanlarda yaşayan bireylerin yaşam kalitesini önemli ölçüde arttırdığı açıktır. Belirtilen faydalar göz önüne alındığında, kentsel alanlarda yapılı çevre ve doğal çevrenin dengesinin korunması hayati bir gerekliliktir. Dolayısıyla, kentsel alanlarda kişi başına düşen açık ve yeşil alan miktarının artırılması ve mevcut doğal nitelikli alanların korunması öncelik verilmesi gereken stratejiler arasında yer almalıdır.

d. Ekolojik planlama anlayışının benimsenmesi

Günümüzde 'yeşil sistemler' olarak bilinen uygulamalar, açık ve yeşil alanlar ile su varlığının kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına ilişkin önemine vurgu yapmaktadır. Bu uygulamalar kapsamında yeşil-mavi altyapı sistemleri, yeşil binalar, yeşil duvarlar, yeşil çatılar yer almaktadır. Kentlerde kişi başına düşen yeşil alan miktarının gerekli ve yeterli şartları sağlamaması göz önünde bulundurulduğunda, ölçekler arasında yapılabilecek bir değişiklik yapı ölçeğinde geliştirilebilecek stratejilerin ekolojik planlama anlayışına hizmet edebileceği açıktır. Bina duvarlarına ve çatılarına uygulanabilecek yeşil sistemler aracılığıyla, albedo değerinin yükselmesi ve kentsel alandaki nem - evapotranspirasyon döngülerinin yeniden sağlanabilmesi söz konusu olabilecektir. Buna ek olarak, hava kirliliğinin azaltılması konusunda önemli fayda sağlayacak bu sistemler ile ekolojik yaklaşım modellerinin kent planlama süreçlerine entegrasyonu sağlanabilecektir.

Görülüyor ki, küresel iklim değişikliği süreçlerinin nedeni ve sonucu olarak ortaya çıkan kentsel ısı adası etkisine karşı çözümsüz bir durum söz konusu değildir. Teknoloji tabanlı ve yenilikçi çözüm önerilerinin yalnızca iklim değişikliği kaynaklı iklimsel ve meteorolojik kaynaklı afetler değil, aynı zamanda tüm afet türleri karşısında kentsel dirençliliğin artırılması yönünde önemli katkılar sağlayacağı açıktır. Başka bir deyişle, nüfus yoğunluğunun ve buna bağlı tüketim faaliyetlerinin artış eğiliminde olduğu kentsel alanlara ilişkin yürütülebilecek uyum ve adaptasyon çalışmalarıyla, kentler yaşam kalitesinin yüksek olduğu yaşam alanlarına dönüşebilecektir.

Kaynaklar

Alexander, P. J., Mills, G. (2014). Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. *Atmosphere*, 5(4), 755-774.

Belgil, V. (1995). Karlar ve Rüzgârlar. *Cumhuriyet Bilim – Teknik Dergisi*, Ocak 1995.

Birleşmiş Milletler (BM) (2018). World Urbanization Prospects 2018 – Our future is urban Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. Erişim Tarihi: Şubat 2023.

Birleşmiş Milletler (BM) (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. <https://reliefweb.int/report/world/world-population-prospects-2022-summary-results>. Erişim Tarihi: Şubat 2023.

Brown, H., Proust, K., Newell, B., Spickett, J., Capon, T., Bartholomew, L. (2018). Cool communities—*Urban density, trees, and health*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1547.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (2020). The International Disasters Database, <https://www.emdat.be/database>. Erişim Tarihi: Şubat 2023.

Dubbeling M., Campbell, C., C., Hoekstra F. ve Veenhuizen, R. (2009). Building Resilient Cities, *Urban Agriculture Magazine*, 22, 3-11.

Dursun, D., Yavaş, M. (2017). Soğuk İklim Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(2), 269-278.

Environmental Protection Agency (EPA). (2003). Cooling Summertime Temperatures . Strategies To Reduce Heat Islands. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/hiribrochure.pdf>. Erişim Tarihi: Ocak 2023.

Galderisi, A. (2014). Urban resilience: A framework for Empowering Cities in Face Of Heterogeneous Risk Factors. *Z magazine (Boston, Mass.)*, 11(1), 36-58.

Gerçek, D., Bayraktar, N.T. (2014). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti Ve Değerlendirilmesi: İzmir Kent Örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>. Erişim Tarihi: Ocak 2023.

Howard, L. (1818). The Climate of London. http://urbanclimate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf. Erişim Tarihi: Ocak 2023.

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Erişim Tarihi: Ocak 2023.

Kadıköy Belediyesi (2018). Kadıköy Belediyesi İklim Adaptasyon Eylem Planı, 2. Rapor. <https://anlat.kadikoy.bel.tr/kbpanel/Uploads/Files/KadikoySECAP.pdf>. Erişim Tarihi: Ocak 2023.

Kim H.H. (1992). Urban Heat Island. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2319–2336.

Matzarakis, A., Mayer, H. (2009). Dependence of Urban Climate on Urban Morphology. In 5th Japanese-German Meeting On Urban Climatology, Freiburg, 277-282.

Nuruzzaman, M. (2015). Urban heat island: Causes, Effect and Mitigation Measures-A Review. *Science PG*, 3(2), 67-73.

Oke, T. R. (1982). The Energetic Basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Oke, T. R. (2004). Siting and Exposure of Meteorological Instruments at Urban Sites. 27. NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Banff.

Oke, T. R. (2006). Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites, (IOM Rep. 81, WMO/TD No: 1250). Geneva: World Meteorological Organization, 2-15.

Owen, T. W., Carlson, T. N., Gillies, R. R. (1998). An Assessment of Satellite Remotely-Sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 1663–1681.

Özgür, E.M. (2022). Kentsel Coğrafyaya Giriş, Ders Notları, Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/161471/mod_resource/content/1/COG237_1.pdf. Erişim Tarihi: Aralık 2022.

Somuncu, D.H. (2021). Kentsel Isı Adası Etkisinin Yerel İklim Bölgeleri Sınıflandırma Sistemi Kullanılarak İrdelenmesi: Ankara Kent Merkezi Örneği, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 189 s.

Şimşek Ç.K., Şengezer B. (2012). İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi, *Megaron*, 7(2), pp.116-128.

The Georeferenced Emergency Events Database (EM-DAT) (2021). 2021 Disasters in numbers. <https://reliefweb.int/report/world/2021-disasters-numbers>.

Tokyo Belediyesi (2022). Tokyo Climate Change Adaptation Plan, 2022. <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/en/climate/100200a20220607180322567.html>. Erişim Tarihi: Aralık 2022.

Tonyalıoğlu, E.E. (2019). Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) Örneği, *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2:1, 1-13.

Tozam, İ. (2016). Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Çatıların Değerlendirilmesi: Yeşil Çatılar Ve Serin Çatılar. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (2020). The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>. Erişim Tarihi: Aralık 2022.

Yıldız, N.D., Avdan, U., Avdan, Z. (2019). Kentsel Mekân Farklılıklarının Isı Adası Oluşumuna Etkisinin Belirlenmesi: Erzurum Kenti Örneği. SETSCI Conference Proceedings, 4(3), 220-224.

World Meteorological Organization (WMO) (2022). Provisional State of the Global Climate 2022. https://unfccc.int/documents/622338?gclid=CjwKCAiAmJGgBhAZEiwA1JZoll0Yx9_GYw7apfvPsEJyUtSNJaj3leHFLDdALL2fTRerpxxo6zJt2RoCx2oQAvD_BwE. Erişim Tarihi: Şubat 2023.