



MİMARLIK, PLANLAMA VE TASARIMDA MODERN ARAŞTIRMALAR



All Sciences Academy

MİMARLIK, PLANLAMA VE TASARIMDA ÖNCÜ ARAŞTIRMALAR

Editör

Doç. Dr. Enver KENDAL





Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Öncü Araştırmalar
Editör: Doç. Dr. Enver KENDAL

Dizayn: All Sciences Academy Design
Basım Tarihi: Mayıs 2025
Yayıncı Sertifika Numarası: 72273
ISBN: 978-625-5900-32-6

© All Sciences Academy

www.allsciencesacademy.com
allsciencesacademy@gmail.com

İÇERİK

1. Bölüm	5
Kentsel Isı Adası Oluşumlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Alternatif Yeşil Altyapı Uygulamaları	
<i>Melike DOĞAN, Şehriban ŞAHAN</i>	
2. Bölüm	30
Seçilmiş Çevresel Göstergeler Bakımından Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Performansı	
<i>Mustafa ÖZGERİŞ</i>	
3. Bölüm	45
Turizm İklimi Endekslerine İlişkin Akademik Yayınlardaki Eğilimler: Bibliyometrik Bir Yaklaşım	
<i>Tuğba KİPER</i>	

Kentsel Isı Adası Oluşumlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Alternatif Yeşil Altyapı Uygulamaları

**Melike DOĞAN¹
Şehriban ŞAHAN²**

-
- 1- Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı.
melikedogan28@gmail.com ORCID No: 0000-0002-0095-2277
- 2- Doç Dr.; Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü.
sehribaneraslan@sdu.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8973-1480

ÖZET

Küresel iklim değişikliği ve hızlı kentleşme, şehirlerde mikroklimatik dengesizliklerin oluşmasına yol açmakta, bu durum kentsel ısı adası etkisini artırmaktadır. Kentsel ısı adası, kent merkezlerinde çevresine kıyasla daha yüksek sıcaklıkların gözlenmesiyle karakterizedir ve halk sağlığı, enerji tüketimi ile ekolojik denge üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu çalışmada, kentsel ısı adası oluşumlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler açıklanmış ve devamında olası alanlarda oluşturulabilecek yeşil altyapı uygulamaları açıklanmıştır. Bu yöntemler aracılığı ile kentsel ısı birikiminin yoğun olduğu alanlar belirlenerek; kent ortamında yaşanabilir ve sürdürülebilir konforlu alanlar oluşturulmasına katkı sağlanabilir. Özellikle mahalle ölçeğinde olası bu tür müdahaleler, sürdürülebilir şehircilik ilkeleri doğrultusunda önemli bir adım niteliğindedir. Yoğun yapılaşmanın ve yetersiz yeşil alanın bulunduğu kentsel alanlarda sıcaklık farklılıklarını ortaya koymak ve bu durumun iyileştirilmesi için uygulanabilir çözümler sunmak önemlidir. Çalışma içerisinde bu yöntemler aracılığı ile saptanan kentsel ısı adası etkisinin yoğun olarak gözlemlendiği olası alanlarda, mahalle ölçeğinde uygulanabilecek yeşil çatılar, geçirimli yüzeyler, yağmur bahçeleri, dikey bahçeler, yeşil otoparklar, cep parklar gibi yeşil altyapı uygulamaları açıklanmıştır. Günümüzde kent ortamında kentsel ısı adası etkisinin mahalle ölçeğinde mekânsal olarak belirlenmesi ve bu etkiye karşı yönetim stratejilerinin geliştirilmesi yaşanabilir kentler için öncelikli çalışma alanlarından biridir.

Bu çalışma, farklı iklim bölgelerinde ve sosyo-ekonomik yapılarla etkisinin araştırılmasına yönelik yeni yöntemsel yaklaşımların geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır. Ayrıca, dijital haritalama, uydu görüntüleri ve yapay zekâ destekli analizlerin entegre edilmesiyle daha kapsamlı araştırmaların yapılmasına katkı sunacak, mahalle bazlı kentsel planlamada çevre dostu stratejilerin uygulanmasına yönelik modellemelere öncülük edecektir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel ısı adası, yeşil altyapılar, mahalle ölçeği, sürdürülebilir kentleşme, coğrafi bilgi sistemleri.

GİRİŞ

Küresel iklim değişikliğinin kentler üzerindeki etkileri giderek daha belirgin hale gelirken, kentsel ısı adası olgusu, şehirlerde yaşanan çevresel ve toplumsal sorunların başında gelmektedir. Artan kentleşme, yüzey örtüsünün doğal alanlardan yapay yüzeylere dönüşmesi ve yoğun yapılaşma, şehir içi sıcaklıkların çevresine oranla artmasına neden olmaktadır (Akbari ve Konopacki, 2005: 723). Bu sıcaklık farkı, insan sağlığı, enerji tüketimi, ekosistem dengesi ve genel yaşam kalitesi üzerinde ciddi etkiler yaratmakta,

özellikle sıcak hava dalgaları sırasında düşük gelirli ve yaşlı nüfus grupları için risk oluşturmaktadır (Lee ve Maheswaran, 2011: 213).

Kentlerde ısı adası oluşumlarının belirlenmesi, bu olgunun mekânsal yayılımını, yoğunluğunu ve nedenlerini tespit edebilmek açısından kritik öneme sahiptir. Uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen yüzey sıcaklığı verileri, kentsel morfolojinin ve arazi örtüsünün ısı birikimi üzerindeki etkilerini değerlendirme imkânı sunmaktadır (Çilek Ünal, 2022: 215). Nitekim kentsel yoğunluk, bina yüksekliği, sokak genişliği gibi morfolojik öğeler, mikroklim koşullarını şekillendirerek yerel sıcaklık dengesinde belirleyici rol oynamaktadır (Allegrini, Dorer ve Carmeliet, 2015: 111).

Isı adası etkisini azaltmaya yönelik müdahale stratejileri arasında yeşil altyapı çözümleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Parklar, yeşil koridorlar, yeşil çatılar ve geçirgen yüzeyler gibi doğa temelli çözümler, yüzey sıcaklıklarını düşürerek termal konforu artırmakta ve kentsel iklim uyumunu desteklemektedir (Gago vd., 2013: 752). Bu bağlamda mavi-yeşil altyapı uygulamaları, yalnızca sıcaklık azaltımıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda yağmur suyu yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sosyal bütünleşme gibi çok boyutlu faydalar sağlamaktadır (Parlak ve Atik, 2020: 88).

Son yıllarda özellikle mahalle ölçeğinde geliştirilen yeşil altyapı temelli müdahale stratejileri, yerel düzeyde etkili, uygulanabilir ve katılımcı çözümler sunmaktadır. Mahalle ölçeği, hem mekânsal hem de yönetim açısından müdahalelerin doğrudan uygulanabileceği bir birim olarak ön plana çıkmaktadır (Yörüklü, 2021: 22). Bu ölçek, topluluk temelli çözümlerin geliştirilmesine olanak tanıyarak, hem kentsel dirençliliği artırmakta hem de sakinlerin çevresel farkındalığını ve katılımını güçlendirmektedir (Samancı ve Toy, 2024: 95).

KENTSEL ISI ADASI OLUŞUMLARININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK YÖNTEMLER

1. Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Kentsel Isı Adası Belirleme

Kentsel ısı adası oluşumlarının belirlenmesinde uzaktan algılama yöntemleri, mekânsal ve zamansal ölçekte geniş veri sunabilme kapasitesi sayesinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri aracılığıyla yapılan bu analizler, özellikle termal bantlar üzerinden yapılan ölçümlerle kentsel yüzey sıcaklıklarının dağılımını gözlemleme imkânı sunar. Uzaktan algılama teknolojileri, özellikle kentsel dönüşüm süreçlerinde, mikroklimatik değişimlerin tespiti ve sürdürülebilir planlama stratejilerinin geliştirilmesi açısından da önemli katkılar sağlar (Parlak ve Atik, 2020:86). Böylece, kentsel ısı adası etkilerinin mekânsal deseni ile kentsel yapılaşma arasındaki ilişkiler daha nesnel biçimde analiz edilebilir.

Bu kapsamda en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Arazi Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature - LST) analizidir. LST, termal kızılötesi bantlar yardımıyla yeryüzü sıcaklığını hesaplamakta ve sıcaklık değişimlerinin yerel düzeyde haritalanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle Landsat uydu verileri üzerinden alınan termal bantlar (örneğin, Band 10 ve Band 11), LST hesaplamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. LST değerleri, öncelikle radyans dönüşümü, ardından parlaklık sıcaklığı hesaplaması ve nihayetinde emisivite düzeltilmesi uygulanarak elde edilir. Bu sayede, kentsel dokuda aşırı ısınan bölgeler belirlenerek müdahale gerektiren sıcaklık yoğunlukları tespit edilebilir (Lai ve ark, 2019: 337).

Bir diğer önemli uzaktan algılama göstergesi ise Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI)'dir. NDVI, bitki örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmeye yarayan spektral bir göstergedir. Genellikle Landsat, MODIS ve Sentinel-2 gibi uyduların görünür kırmızı (RED) ve yakın kızılötesi (NIR) bantları kullanılarak hesaplanır. $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ formülüyle elde edilen bu indeks sayesinde, yeşil alanların yoğunluğu ile yüzey sıcaklığı arasındaki ters orantılı ilişki net bir biçimde ortaya konabilir (Çobanyılmaz ve Yüksek, 2013: 20). Yüksek NDVI değerleri, genellikle daha düşük LST ile ilişkilidir ve bu bağlamda yeşil alanların ısı adası etkisini azaltmadaki önemi vurgulanır.

LST ve NDVI analizlerinin birlikte değerlendirilmesi, kentsel ısı adası oluşumlarının mekânsal dağılımını anlamada daha bütüncül bir yaklaşım sunar. Örneğin, yüksek LST ve düşük NDVI değerlerinin çakıştığı alanlar, acil müdahale gerektiren sıcaklık kümelenmeleri olarak tanımlanabilir. Bu tür karşılaştırmalı analizler sayesinde mahalle ölçeğinde sorunlu alanların belirlenmesi kolaylaşmakta, aynı zamanda yeşil altyapı çözümlerinin konumlandırılması daha isabetli hâle gelmektedir. Çok kriterli karar verme süreçlerinde bu analizler, karar destek sistemlerinin temel girdilerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Dursun ve Yavaş, 2017:269).

Uzaktan algılama temelli bu yöntemler, yalnızca mekânsal analizleri desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda çalışmanın nicel geçerliliğini de artırmaktadır. Uydu verilerine dayalı LST ve NDVI hesaplamaları, tekrar üretilebilir ve farklı dönemlerle karşılaştırılabilir yapısıyla bilimsel geçerliliği yüksek sonuçlar sunar. Özellikle mahalle ölçeğinde yapılan çalışmalarda, bu yöntemlerin kullanımı mikroklima düzeyinde politikaların belirlenmesine de katkı sağlar. Böylelikle, bilimsel temele dayanan mekânsal planlama önerileri geliştirmek mümkün hâle gelir (Li ve ark, 2017: 30).

Uzaktan algılama teknolojileri, kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesinde kritik bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Uydu ve hava görüntüleri aracılığıyla geniş alanlarda yüzey sıcaklıkları, bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanımı gibi parametreler hızlı ve etkin bir şekilde elde edilebilir. Bu yöntemler, mekânsal olarak değişken kentsel sıcaklık

dağılımlarını ortaya koyarak, KIA'nın kapsamlı analizine olanak sağlar (Hu, Dai & Guldmann, 2020; Öztürk, 2023).

Uzaktan algılama ile elde edilen Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) verileri, kentsel bölgelerde sıcaklık anomalilerinin detaylı haritalanmasını mümkün kılar. Bu sayede, kentsel dokudaki farklı yüzeylerin (asfalt, beton, yeşil alanlar) sıcaklık üzerindeki etkileri ölçülebilir. Ayrıca, NDVI gibi bitki örtüsü indeksleriyle birlikte kullanıldığında, kentsel ısı adasının bitki örtüsüyle ilişkisi daha iyi anlaşılır (Dai, Guldmann & Hu, 2018; Li ve ark., 2017).

Ancak, uzaktan algılama verilerinin doğruluğu ve geçerliliği, kullanılan uydu sensörlerinin çözünürlüğüne ve veri işleme tekniklerine bağlıdır. Düşük çözünürlüklü veriler, özellikle mikro ölçekli kentsel varyasyonların tespitinde yetersiz kalabilir. Bu nedenle, veri kalitesinin artırılması ve yerinde ölçümlerle doğrulanması, analizlerin güvenilirliğini yükseltir (He, 2018; Yılmaz & Öztürk, 2023).

1.1. Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) Analizi

Arazi Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature - LST) analizi, kentsel ısı adası etkisinin ölçümünde en yaygın kullanılan uzaktan algılama yöntemlerinden biridir. LST, yeryüzü yüzeyinin termal özelliklerini yansıtarak, farklı arazi örtüsü türlerinin sıcaklık profillerini belirleme imkânı sunar. Bu analiz, özellikle yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel alanlarda, yüzey sıcaklıklarının mekânsal dağılımını görselleştirmek ve sıcaklık artışının yoğunlaştığı noktaları tespit etmek açısından kritik bir araçtır. Uydu görüntüleri üzerinden elde edilen termal bant verileri, LST hesaplamalarının temel girdisini oluşturur (Yörüklü, 2021: 45).

LST hesaplama süreci genel olarak üç temel aşamadan oluşmaktadır: ilk olarak radyans dönüşümü, ardından parlaklık sıcaklığı hesaplaması ve son olarak emisivite düzeltmesi. İlk adımda, uydu tarafından kaydedilen dijital sayı (Digital Number - DN) değerleri, radyans (radiance) değerlerine dönüştürülür. Örneğin Landsat 8 TIRS verileri için kullanılan radyans dönüşüm formülü şöyledir:

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL$$

Burada $L\lambda$, spektral radyansı; ML ve AL , bantlara özgü yeniden ölçekleme katsayılarını; $Qcal$ ise DN değerini temsil eder (USGS, 2019).

İkinci adımda, elde edilen radyans değerleri parlaklık sıcaklığına (Brightness Temperature - BT) dönüştürülür. Bu işlem için Planck dönüşüm denklemi kullanılır ve genellikle aşağıdaki formül temel alınır:

$$T = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1)$$

Bu denklemde T , parlaklık sıcaklığı (Kelvin cinsinden), $L\lambda$ radyans değeri, $K1$ ve $K2$ ise ilgili uyduya özgü termal bant kalibrasyon sabitleridir. Ancak bu sıcaklık, yalnızca uydu sensörünün algıladığı parlaklık sıcaklığıdır

ve yüzey emisivitesi dikkate alınmadan hesaplandığı için gerçek yüzey sıcaklığını tam olarak yansıtmaz (Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2003: 336).

Bu nedenle üçüncü aşamada, gerçek yüzey sıcaklığını elde edebilmek için emisivite (ϵ) düzeltilmesi uygulanır. Emisivite, yüzeyin ısı yayma kapasitesini ifade eder ve farklı arazi örtüsü türlerine göre değişiklik gösterir. Bu düzeltme için kullanılan genel formül şu şekildedir:

$$LST = BT / (1 + (\lambda \times BT / \rho) \times \ln(\epsilon))$$

Burada λ dalga boyunu, ρ ise Planck sabitleriyle ilgili sabit bir değeri temsil eder. Emisivite değeri, genellikle NDVI verilerinden türetilir. Böylece yeşil alanlar, çıplak toprak ve yapılaşmış alanlar için farklı emisivite değerleri kullanılarak daha hassas bir sıcaklık haritalaması yapılabilir (Slin ve ar, 2010: 14).

LST analizinin bu şekilde gerçekleştirilmesi, yalnızca sıcak noktaların belirlenmesini değil, aynı zamanda zamansal karşılaştırmaların yapılmasını da mümkün kılar. Örneğin yıllar içinde bir mahalledeki sıcaklık eğilimleri izlenerek, yapılaşma yoğunluğu ile LST arasındaki ilişki somut biçimde ortaya konabilir. Mahalle ölçeğinde gerçekleştirilen LST analizleri, mikro-iklim düzeyinde müdahale alanlarının belirlenmesi açısından oldukça değerlidir. Bu analizler sayesinde yeşil altyapı uygulamalarının hangi bölgelerde daha etkili sonuçlar doğuracağı bilimsel verilere dayalı olarak planlanabilir (Öztürk, 2023: 14).

LST analizi, yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu verileri sayesinde kent ölçeğinde sıcaklık haritalarının oluşturulmasına imkan verir. Bu haritalar, kentsel ısı adası etkisinin mekânsal yayılımını ve yoğunluğunu göstermede kritik öneme sahiptir. Özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde LST'nin yüksek değerler göstermesi, kentsel planlamada müdahale gerekliliğini ortaya koyar (Li ve ark., 2017:21).

Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için LST analizleri, yeşil alanların ve su yüzeylerinin soğutucu etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Yeşil altyapı uygulamalarının etkinliği, LST değişimleri ile izlenebilir ve bu sayede iklim uyum stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlanır. Ayrıca, LST analizleri kentsel ısı stresi altında kalan hassas nüfus gruplarının belirlenmesinde de önemli veriler sunar (Lee & Maheswaran, 2011:15).

1.1.1. LST Hesaplama Formülü ve Uygulama Adımları

Arazi yüzey sıcaklığı (LST) hesaplamaları, uzaktan algılama verilerinin işlenmesiyle gerçekleştirilen nicel analizlerin temelini oluşturur. Bu hesaplamalar genellikle Landsat uydu görüntülerinden elde edilen termal bant verileri üzerinden yapılmaktadır. LST hesaplama süreci, birkaç teknik adımdan oluşan sistematik bir işlemler dizisine dayanır. İlk adımda, görüntülerin dijital sayı (Digital Number - DN) formatındaki verileri, spektral radyans ($L\lambda$) değerlerine dönüştürülür. Bu dönüşüm, uyduya özgü yeniden

ölçekleme katsayıları (ML ve AL) kullanılarak aşağıdaki denklem aracılığıyla gerçekleştirilir:

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL$$

Burada Qcal, pikselin DN değerini; ML ve AL ise görüntünün metadata dosyasında belirtilen bant-açıklık katsayılarını ifade eder (Chander ve ark., 2009: 894).

İkinci aşamada spektral radyans değerleri, parlaklık sıcaklığı (Brightness Temperature - BT) adı verilen ara sıcaklık ölçüsüne dönüştürülür. Bu dönüşümde kullanılan denklem, Planck radyasyon yasasının tersine uygulanmasıyla elde edilir ve genel olarak şu şekildedir:

$$T = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1)$$

Bu formülde T, termal banttan elde edilen parlaklık sıcaklığını; K1 ve K2, uyduya ait termal bant sabitlerini temsil eder. Landsat 8 TIRS sensörü için K1 ve K2 sabitleri bantlara özgü olarak metadata içerisinde sunulmaktadır. Parlaklık sıcaklığı, atmosferik etkiler ve yüzeyin yansıtma özellikleri göz önünde bulundurulmadan hesaplandığı için nihai yüzey sıcaklığını tam olarak temsil etmez (Khare ve ark, 2021: 15).

Üçüncü adım, emisivite düzeltmesidir ve bu aşamada elde edilen parlaklık sıcaklıklarına yüzey emisivitesi (ϵ) değerleri entegre edilerek daha gerçekçi bir yüzey sıcaklığı değeri hesaplanır. Emisivite, yüzeyin enerji yayma kapasitesini temsil eder ve arazi örtüsüne göre farklılık gösterir. Bu bağlamda, bitki örtüsüne sahip alanlarda yüksek emisivite ($\epsilon \approx 0.98$), yapılaşmış yüzeylerde ise daha düşük emisivite ($\epsilon \approx 0.92$) değerleri kullanılır. Bu düzeltmenin gerçekleştirilmesi için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$LST = BT / (1 + (\lambda \times BT / \rho) \times \ln(\epsilon))$$

Burada λ dalga boyunu (örneğin Landsat 8 TIRS için 10.8 μ m), ρ ise Planck sabitlerinden türetilmiş bir sabit olan $h \times c / \sigma = 1.438 \times 10^{-2}$ mK olarak alınır

Emisivite düzeltmesinin sağlıklı biçimde yapılabilmesi için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerlerinden yararlanılır. NDVI yardımıyla bitki örtüsü yoğunluğu belirlenerek, her piksel için uygun emisivite değeri atanabilir. NDVI değeri 0.2 ile 0.5 arasında olan yarı-yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar için emisivite yaklaşık 0.96 olarak alınırken, çıplak toprak ve yapılaşmış alanlar için bu değer daha düşük hesaplanır. Bu bağlamda NDVI tabanlı emisivite yaklaşımı, LST hesaplamalarını daha hassas ve geçerli kılar (Fiho ve ark, 30).

Son aşamada, bu işlem adımlarının tümü coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ortamında modellenerek mahalle ölçeğinde mekânsal analizler yapılabilir. Bu uygulama, kentsel sıcaklık dağılımının mahalle bazında haritalanmasına olanak tanır. Özellikle termal bantlar kullanılarak oluşturulan LST raster verileri, mikro-iklimsel değerlendirmelerde, sıcak noktaların (hot spot) tespiti ve yeşil altyapı müdahalelerinin planlanmasında temel karar destek aracı olarak işlev görür. LST analizinin bu sistematik ve bilimsel uygulama adımları sayesinde elde edilen veriler, hem geçerli hem de güvenilir sonuçlar sunar (Öztürk, 2023:15).

1.1.2. LST Yönteminin Geçerliliği ve Sınırlılıkları

Arazi yüzey sıcaklığı (LST) yöntemi, kentsel ısı adası çalışmalarında yaygın olarak tercih edilen etkili bir uzaktan algılama tekniğidir. Bu yöntemin geçerliliği, uydu termal bantlarından elde edilen verilerin yüksek mekânsal ve spektral çözünürlüğüne dayanır. Landsat ve benzeri uydular, düzenli aralıklarla geniş alanları kapsayan termal veriler sağlayarak, kentsel sıcaklık değişimlerinin zamansal ve mekânsal analizine olanak tanır. Böylece LST, geniş ölçekli sıcaklık haritalarının oluşturulmasında güvenilir sonuçlar sunar ve kentsel iklim araştırmalarında önemli bir veri kaynağıdır (Folke ve ark, 2011: 41).

LST yöntemi, özellikle arazi yüzeyinin sıcaklık dağılımını doğrudan ölçebilmesi açısından avantajlıdır. Bu yöntemle ölçülen sıcaklıklar, hava sıcaklığından farklı olarak yüzey materyalinin termal özelliklerini yansıtır. Bu nedenle LST, kentsel malzemelerin ısı tutma kapasitesi ve bitki örtüsünün serinletici etkilerinin mekânsal değişimini ortaya koymada kritik bir parametre olarak kabul edilir. Ayrıca LST verileri, meteorolojik istasyonların sınırlı kapsama alanlarının aksine mahalle ve hatta sokak ölçeğinde analiz imkanı sağlamaktadır (Du ve ark, 2018:52).

Ancak LST yönteminin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, uydu görüntülerinin atmosferik koşullardan etkilenmesi ve bu nedenle atmosferik düzeltme gerektirmesidir. Bulut, nem ve aerosoller, termal bantlardan elde edilen radyans sinyalini bozabilir ve hesaplanan sıcaklık değerlerinde sapmalara yol açabilir. Ayrıca LST, sadece yüzey sıcaklığını ölçtüğünden, kentsel ortamda hissedilen hava sıcaklığıyla birebir örtüşmeyebilir. Bu nedenle, özellikle hava sıcaklığı ile kıyaslama yaparken dikkatli olunmalı ve atmosferik etkiler mutlaka düzeltilmelidir (Canan, 2017: 41).

LST yönteminin mekânsal ve zamansal çözünürlüğü de bazı uygulamalarda sınırlayıcı olabilir. Landsat uydusunun termal bantları genellikle 30-100 metre aralığında çözünürlüğe sahip olup, mahalle ölçeğinde mikro-klima farklarını detaylı olarak yansıtmakta yetersiz kalabilir. Ayrıca, uyduların geçiş süreleri günlük 16 gün veya daha uzun olabildiğinden, dinamik sıcaklık değişimlerini anlık takip etmek mümkün değildir. Bu sınırlamalar, LST analizlerinin saha gözlemleri ve diğer yerel sıcaklık ölçümleriyle desteklenmesini gerektirmektedir (Dursun ve Yavaş, 2011: 278).

Ancak, LST yönteminin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Uydu görüntülerinin mekânsal ve zamansal çözünürlüğü, analizlerin doğruluğunu doğrudan etkiler. Düşük çözünürlüklü görüntüler, özellikle kentsel alanlardaki küçük ölçekli sıcaklık farklılıklarını yakalamada yetersiz kalabilir. Ayrıca, bulut örtüsü ve atmosferik koşullar da LST verilerinin kalitesini düşürebilir, bu da ölçümlerin güvenilirliğini sınırlar (He, 2018; Yılmaz & Öztürk, 2023).

LST verilerinin doğruluğunu artırmak için yerinde ölçümlerle kalibrasyon yapılması yaygın bir uygulamadır. Bu sayede, uydu temelli sıcaklık ölçümleri ile gerçek sıcaklık değerleri karşılaştırılarak, analizlerin geçerliliği güçlendirilir. Ancak, bu tür saha çalışmaları maliyetli ve zaman alıcıdır, dolayısıyla tüm kentsel alanlarda uygulanması zorluklar yaratabilir (Gago ve ark., 2013; Khare, Vajpai & Gupta, 2021).

LST yöntemi kentsel ısı adası araştırmalarında önemli ve geçerli bir araç olsa da, mekânsal çözünürlük, atmosferik etkiler ve saha doğrulaması gibi sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sınırlılıkların farkında olmak ve uygun tamamlayıcı yöntemlerle desteklemek, kentsel ısı adası analizlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracaktır (Folke ve ark., 2011; Li ve ark., 2017).

1.2. Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), bitki sağlığını ve yoğunluğunu ölçmek amacıyla kullanılan en yaygın uzaktan algılama yöntemlerinden biridir. Bitkilerin kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bantlardaki yansıtma değerleri arasındaki farkları temel alır. Bitkiler sağlıklı olduklarında, yaprak pigmentleri kırmızı ışığı güçlü bir şekilde emerken, hücre yapıları yakın kızılötesi ışığı yüksek oranda yansıtır. NDVI, bu iki bant arasındaki farkın toplamına oranı olarak hesaplanır ve -1 ile +1 arasında değer alır. Yüksek NDVI değerleri sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünü, düşük değerler ise az veya hiç bitki örtüsünün olmadığını gösterir (Öztürk, 2023:20).

NDVI, kentsel ısı adası çalışmalarında özellikle yeşil alanların yoğunluğunu ve dağılımını belirlemede kritik bir araçtır. Bitki örtüsünün sağladığı gölgeleme ve evapotranspirasyon etkileri, yüzey sıcaklıklarını düşürmede önemli rol oynar. Bu bağlamda, NDVI verileri kentsel bölgelerde yeşil altyapının etkisini analiz etmek, ısı adası etkisini azaltacak müdahale alanlarını tespit etmek için kullanılır. Ayrıca NDVI, farklı mevsimlerde yapılan analizlerle bitki sağlığındaki değişimlerin takip edilmesini mümkün kılarak, uzun dönemli kentsel ekosistem değerlendirmesine katkı sağlar (Depietri, 2012: 107).

NDVI verileri, yeşil alanların kent iklimine olan olumlu etkilerini nicel olarak değerlendirmede kritik öneme sahiptir. Yüksek NDVI değerleri, sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünü gösterirken, düşük değerler bitki örtüsünün seyrek veya zayıf olduğunu ifade eder. Bu bağlamda, NDVI'nin kentsel ısı adası tespitinde bitki örtüsünün soğutucu etkisini anlamak ve müdahale alanlarını belirlemek için kullanılması mümkündür (Jaganmohan ve ark., 2016; Li ve ark., 2017).

Kentsel alanlarda NDVI kullanımı, sadece mevcut yeşil alanların izlenmesiyle kalmaz, aynı zamanda yeni yeşil altyapı projelerinin planlanması ve uygulanması aşamalarında da önemli bir referans sağlar. Böylece, özellikle mahalle ölçeğinde yapılan analizlerle mikroklima koşullarının iyileştirilmesi

için stratejik kararlar alınabilir. NDVI, kentsel planlama ve peyzaj mimarlığı çalışmalarına veri temeli sunarak sürdürülebilir şehir tasarımı katkıda bulunur (Parlak & Atik, 2020; Samancı & Toy, 2024).

NDVI'nin kullanımı, verilerin yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlüğü ile desteklendiğinde, kentsel ısı adası etkisinin dinamik değişimini izlemeyi mümkün kılar. Bu da iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir avantaj sağlar. Özellikle mevsimsel ve yıllık bazda NDVI analizleri, kentsel bitki örtüsündeki değişimlerin ısı adası oluşumu üzerindeki etkilerini ortaya koyar (Yılmaz & Öztürk, 2023; He, 2018).

1.2.1. NDVI Kullanımının Kentsel Isı Adası Tespiti Açısından Önemi

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), bitki örtüsünün sağlığını ve yoğunluğunu sayısal olarak ifade eden önemli bir uzaktan algılama göstergesidir. Kentsel ısı adası etkisinin tespiti açısından NDVI kullanımı, yeşil alanların mekânsal dağılımı ve yoğunluğuna dair hassas bilgiler sunması nedeniyle büyük önem taşır. Özellikle beton ve asfalt yüzeylerin yoğun olduğu kentsel bölgelerde, NDVI verileri, bitki örtüsünün serinletici etkisini anlamaya yardımcı olur (Gago ve ark., 2013:20).

NDVI, kentsel alanlarda bitki örtüsünün varlığı ve durumunu ölçerken, kentsel ısı adası etkisi ile doğrudan ilişkili sıcaklık değişimlerini analiz etmek için LST verileri ile birlikte sıklıkla kullanılır. Bu kombinasyon, bitki örtüsünün kentsel sıcaklıkları azaltmadaki rolünü netleştirir ve yeşil altyapı müdahalelerinin etkisini bilimsel olarak ortaya koyar. Bu sayede şehir plancıları ve çevre yöneticileri, veriye dayalı kararlar alabilir (Li ve ark., 2017; Jagannathan ve ark., 2016).

Tablo 1: NDVI Kullanımının Kentsel Isı Adası Tespiti Açısından Önemi

Özellik	Açıklama
NDVI Tanımı	Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi, bitki sağlığını ve yoğunluğunu ölçer
Kullanım Amacı	Kentsel alanlarda bitki örtüsünün dağılımı ve yoğunluğu üzerinden ısı adası etkisinin tespiti
Avantajları	Uydu verisi ile geniş alanda bitki örtüsünün hızlı ve ekonomik izlenmesi
Isı Adası ile İlişkisi	Düşük NDVI değerleri genellikle yüksek yüzey sıcaklıklarıyla ilişkilidir
Sınırlılıkları	Bulut örtüsü ve mevsimsel değişimler NDVI ölçümlerini etkileyebilir

Kaynak: Khare, Vajpai & Gupta, 2021)

NDVI'nin kentsel ısı adası tespitindeki önemi, farklı bitki türlerinin ve yeşil alanların ısıya karşı sunduğu koruma seviyesinin belirlenmesinde de kendini gösterir. Yüksek NDVI değerleri, yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünü işaret ederken, bu alanlarda ısı stresi daha az görülmektedir. Böylece, NDVI analizi, kentsel peyzajın ısı düzenleyici fonksiyonunun haritalanmasında kritik bir araçtır (Hu, Dai & Guldmann, 2020; Yılmaz & Öztürk, 2023).

NDVI kullanımı, kentsel ısı adası tespitinde yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlayarak, kentsel yeşil altyapının planlanması ve iyileştirilmesi için vazgeçilmez bir veri kaynağıdır. Şehirlerin iklim değişikliğine uyum süreçlerinde, NDVI'nin sunduğu kapsamlı bitki örtüsü bilgisi, sürdürülebilir ve sağlıklı kentsel çevreler oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Folke ve ark., 2011:2)

Kentsel alanlarda NDVI, genellikle LST (Land Surface Temperature) verileriyle entegre edilerek kullanılır. Bu sayede, yeşil alanların ısıyı azaltmadaki etkileri detaylı biçimde ortaya konur. Böylece şehir planlamacıları, bitki örtüsü ve sert zeminlerin ısı dağılımındaki rollerini daha iyi anlayarak sürdürülebilir planlama stratejileri geliştirebilirler (Lee & Maheswaran, 2011:15). NDVI değerleri yüksek olan bölgelerde, kentsel ısı adasının yoğunluğu düşerken, düşük NDVI değerleri yeşil alan yetersizliğine işaret eder. Bu durum, özellikle sıcak yaz aylarında kent sakinlerinin maruz kaldığı termal stresin azaltılması için yeşil altyapının önemini ortaya koyar. Ayrıca NDVI, farklı bitki türlerinin ısı düzenleyici kapasitesini incelemede de faydalıdır (Lehmann, 2014; Lin & Lin, 2010:11).

1.3. LST ve NDVI Verilerinin Bütüncül Değerlendirilmesi

LST (Land Surface Temperature) ve NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) verilerinin birlikte değerlendirilmesi, kentsel ısı adası etkilerinin anlaşılması ve azaltılması için kritik bir yaklaşım sunmaktadır. LST, kentsel alanlarda yüzey sıcaklıklarının mekânsal dağılımını gösterirken, NDVI bitki örtüsünün yoğunluğu ve sağlığı hakkında bilgi verir. Bu iki verinin entegrasyonu, kentsel bölgelerde yeşil alanların sıcaklık üzerindeki düzenleyici etkisini ortaya koyar. Böylece, özellikle kentsel planlamada, iklim adaptasyonu stratejileri için veri temelli müdahaleler mümkün olur (Dai, Guldmann & Hu, 2018:15).

NDVI verisi, bitki örtüsünün sağlığı ve yoğunluğu hakkında hassas bilgiler sağladığı için, kentsel ısı adası etkisini azaltmada yeşil altyapının rolünü değerlendirmede önemli bir araçtır. LST ise beton ve asfalt gibi yüksek ısı emici yüzeylerle, bitki örtüsüyle kaplı alanlar arasındaki sıcaklık farklılıklarını net şekilde ortaya koyar. Bu veriler arasındaki negatif korelasyon, yeşil alanların sıcaklık azaltıcı etkisini doğrulamaktadır (Li ve ark., 2017; Jaganmohan ve ark., 2016). Böylece, NDVI ve LST'nin bütüncül değerlendirilmesi, yeşil alanların planlanmasında bilimsel rehberlik sağlar. Ayrıca, LST ve NDVI birlikte analiz edildiğinde, kentsel formun ve peyzajın

ısı adası oluşumu üzerindeki etkileri daha kapsamlı incelenebilir. Yeşil alanların mekânsal dağılımı ve büyüklüğü, yüzey sıcaklığı üzerinde heterojen etkiler yaratır. Bu yüzden, sadece yeşil alan miktarı değil, aynı zamanda peyzajın biçimi ve düzeni de kentsel sıcaklık dinamikleri açısından önem kazanır (Yılmaz & Öztürk, 2023:20). Bu bütüncül yaklaşım, kentsel ısı adası probleminin çözümünde peyzaj mimarlığı ve şehir planlaması disiplinlerinin entegrasyonunu güçlendirir.

LST ve NDVI'nin birlikte kullanımı, sürdürülebilir şehirleşme ve iklim değişikliğine uyum stratejileri için temel oluşturur. Yeşil altyapı uygulamalarının tasarımı ve planlanmasında bilimsel veri temelli kararlar alınmasını sağlar. Böylece, kentlerde ısı adası etkisi azaltılırken, yaşam kalitesi artırılır ve halk sağlığı korunur (Yörüklü, 2021:17). Bu bütüncül yöntem, şehirlerin iklim risklerine karşı dirençli hale gelmesine katkı sunar.

1.4. Yöntemin Nicel Niteliği ve Geçerlilik Üzerine Değerlendirme

Kentsel ısı adası analizlerinde kullanılan nicel yöntemlerin doğruluğu ve geçerliliği, elde edilen verilerin güvenilirliğini doğrudan etkiler. Özellikle uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen LST (Land Surface Temperature) ve NDVI gibi parametrelerin nicel değerlendirilmesi, kentsel mikroklima dinamiklerinin sayısal olarak modellenmesini sağlar. Bu bağlamda, nicel yöntemlerin sağlam bir istatistiksel temel ve model doğrulama süreçleriyle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır (Dai, Guldmann & Hu, 2018:2).

Kentsel ısı adası çalışmalarında kullanılan regresyon modelleri, mekânsal analiz teknikleri ve makine öğrenmesi algoritmaları, yöntemlerin nicel niteliğini artıran unsurlar arasında yer alır. Bu yaklaşımlar, verilerin mekânsal dağılımındaki karmaşıklığı yakalayarak daha gerçekçi sonuçlar üretir. Örneğin, boosted regression tree modeli gibi gelişmiş teknikler, kentsel yapı ve yeşil alanların ısı üzerindeki etkilerini mevsimsel bazda ayrıntılı biçimde analiz etme imkânı sunar (Li ve ark., 2017:21).

Yöntemin geçerliliği, kullanılan veri kaynaklarının kalitesi ve model parametrelerinin uygunluğuyla doğrudan ilişkilidir. Uydu verilerinin çözünürlüğü, zamanlama ve mevsimsellik, sonuçların geçerliliğini belirleyen kritik faktörlerdendir. Ayrıca, sahadan yapılan ölçümlerle uzaktan algılama verilerinin karşılaştırılması ve model çıktılarının doğrulanması, yöntemin güvenilirliğini pekiştirir (Yılmaz & Öztürk, 2023:12).

Kentsel ısı adası tespiti ve analizinde nicel yöntemlerin geçerliliği ve güvenilirliği, kullanılan teknolojik araçların gelişimi ve veri kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, nicel yaklaşımlar sürekli olarak iyileştirilmeli ve yerel koşullar göz önünde bulundurularak uyarlanmalıdır. Bu süreç, daha etkin ve bilimsel temelli müdahale stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanır (Öztürk, 2023:18).

Yöntemin nicel niteliği, aynı zamanda geçerlilik (validity) ve güvenilirlik (reliability) kavramlarını doğrudan etkiler. Geçerlilik, bir araştırmanın neyi

ölçmek üzere tasarlandıysa onu ölçüp ölçmediğini sorgulayan temel bir kriterdir. Örneğin, yeşil çatının kentsel ısı adasına etkisini değerlendirmeyi amaçlayan bir araştırmada yalnızca sıcaklık değişimi değil, aynı zamanda nem oranı, rüzgar yönü ve yapı yoğunluğu gibi çevresel faktörlerin de dikkate alınması gerekir (Allegri, Dorer & Carmeliet, 2015: 109; He, 2018: 27). Bu tür etmenler göz ardı edildiğinde ölçüm geçerliliği zayıflayabilir. Bu nedenle, nicel veri toplama sürecinde kullanılan ölçüm araçlarının standardize edilmesi ve kapsamlı bir değişken seti oluşturulması, iç geçerlilik açısından büyük önem taşır. Ayrıca, araştırma kapsamındaki örneklem büyüklüğü ve çeşitliliği, elde edilen bulguların genellenebilirliğini doğrudan etkilediğinden dış geçerlilik açısından dikkatle planlanmalıdır.

Mahalle ölçeğinde yeşil altyapıya yönelik araştırmalarda nicel yöntemin kullanımı, bilimsel analizlerin objektif, karşılaştırılabilir ve tekrarlanabilir olmasını sağlar. Bu yöntem sayesinde; çevresel göstergelerin detaylı biçimde değerlendirilmesi, farklı tasarım stratejilerinin karşılaştırılması ve en etkili uygulamaların belirlenmesi mümkün hale gelir (Öztürk, 2023: 3). Ancak bu yöntemin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için ölçüm araçlarının doğru seçilmesi, değişkenlerin kapsamlı biçimde tanımlanması ve geçerlilik-güvenirlilik kriterlerinin titizlikle sağlanması gerekir. Bu sayede araştırmalar, sadece akademik değil, aynı zamanda yerel yönetimlerin karar alma süreçlerinde de kullanılabilecek stratejik çıktılar üretir (Dai, Guldmann & Hu, 2018: 1137).

MAHALLE ÖLÇEĞİNDE OLUŞTURULABİLECEK YEŞİL ALTYAPI UYGULAMALARI

2. Mahalle Ölçeğinde Yeşil Altyapının Önemi

Mahalle ölçeğinde yeşil altyapı uygulamaları, kentlerin karşı karşıya kaldığı iklim değişikliği, aşırı ısınma, sel gibi çevresel sorunlara karşı direnç geliştirmede kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle kentsel ısı adası (KIA) etkisinin azaltılmasında yeşil alanların sağladığı serinletici etkiler, mikroiklim düzenlemeleri açısından büyük önem taşır (Chang ve ark., 2007: 386; Gago ve ark., 2013: 750). Mahallelerde yer alan parklar, ağaçlıklı yollar, yeşil çatılar ve geçirimsiz yüzeyler gibi yapılar, kent içi sıcaklık farklarını düşürerek hem enerji tüketimini azaltır hem de yaşam kalitesini artırır (Akbari & Konopacki, 2005: 724).

Kentsel morfolojinin KIA üzerindeki etkisi, yeşil altyapının mahalle ölçeğinde planlanmasını daha da stratejik hale getirmektedir. Özellikle yapı yoğunluğu, yol genişliği ve bina yüksekliği gibi etmenlerin mikroklimaya etkisi, yeşil alanların bu alanlara entegre edilmesiyle dengelenebilir (Allegri, Dorer & Carmeliet, 2015: 110; Dai, Guldmann & Hu, 2018: 1139). Bu bağlamda, mahalle düzeyinde yapılan planlamalarda yeşil altyapı

elemanlarının kent formuna uygun biçimde yerleştirilmesi, sürdürülebilir bir kentsel gelişim açısından gereklidir.

Mahallelerdeki yeşil altyapı öğeleri yalnızca fiziksel çevreyi değil, aynı zamanda toplumsal refahı da olumlu yönde etkiler. Araştırmalar, mahalle parklarının halk sağlığına katkı sağladığını, özellikle stres azaltma, fiziksel aktiviteyi teşvik etme ve toplumsal etkileşimi artırma konularında önemli faydalar sunduğunu göstermektedir (Lee & Maheswaran, 2011: 214). Yeşil alanların erişilebilirliği ve kalitesi, sosyal adaletin tesisinde ve mahalle sakinlerinin iklim risklerine karşı dayanıklılığının artırılmasında kritik rol oynamaktadır (Jaganmohan ve ark., 2016: 136).

Yeşil altyapının planlanmasında iklim kuşağı ve yerel ekolojik koşullar dikkate alınmalı, özellikle mavi-yeşil altyapı birleşimleri ön plana çıkarılmalıdır. Bu tür entegre sistemler, hem sel riskini azaltır hem de kentsel serinleme sağlar (Antoszewski, Świerk & Krzyżaniak, 2020: 7094; Parlak & Atik, 2020: 92). Örneğin, su yolları boyunca oluşturulan yeşil koridorlar, biyolojik çeşitliliği artırırken aynı zamanda karbon yutakları olarak da işlev görebilir. Bu strateji, mahalle ölçeğinde doğa tabanlı çözümlerle iklim değişikliğine uyum sağlamanın etkili bir yoludur (Yılmaz & Öztürk, 2023: 312).

Mahalle ölçeğindeki yeşil altyapı uygulamaları, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, su yönetimi, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve biyolojik çeşitliliğin artırılması gibi birçok ekosistem hizmetini bir arada sunar (Gago ve ark., 2013: 751; Antoszewski ve ark., 2020: 7093). Yeşil çatılar, dikey bahçeler, yağmur bahçeleri ve geçirgen yüzeyler gibi unsurlar, mahalle içindeki sıcaklık farklılıklarını dengeleyerek yerel mikroklimi düzenler (Chang, Li & Chang, 2007: 388). Ayrıca bu yapılar sayesinde yağmur suyu daha verimli bir şekilde yer altına sızdırılarak sel ve taşkın riskleri azaltılır. Bu tür uygulamaların yaygınlaşması, aynı zamanda şehir altyapısına binen yükün azaltılmasına da katkı sağlar.

2.1. Geçirimli Yüzeyler

Geçirimli yüzeyler, mahalle ölçeğinde yeşil altyapının önemli bileşenlerinden biri olarak, sürdürülebilir kent planlamasının temelini oluşturur. Beton ve asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerin yağmur sularını emememesi, yüzey akışını artırarak kentsel taşkın riskini büyütürken, geçirimli yüzeyler bu sorunun çözümünde etkili bir alternatiftir (Parlak & Atik, 2020: 88). Yağmur suyunun doğal yollarla yeraltına sızmasına imkân tanıyan bu yüzeyler, aynı zamanda yeraltı suyu beslenmesini destekleyerek hidrolojik döngünün korunmasına katkı sağlar (Antoszewski, Świerk & Krzyżaniak, 2020: 7095).

Geçirimli yüzeylerin uygulandığı mahallelerde, ısı adası etkisinin azaldığı da gözlemlenmektedir. Bu yüzeyler, ıssıyı daha az emerek kentsel mikroklimanın iyileştirilmesine yardımcı olur ve özellikle yaz aylarında

mahallelerin serin kalmasını sağlar (Gago ve ark., 2013: 754; Canan, 2017: 71). Sıcak yüzeylerin sayısının azaltılması, hem enerji tüketimini hem de iklim kaynaklı sağlık sorunlarını sınırlandırabilir. Bu yönüyle geçirimli yüzeyler, iklim değişikliğine uyum stratejilerinde öncelikli bir rol üstlenmektedir (Khare, Vajpai & Gupta, 2021: 100847).

Ayrıca geçirimli yüzeyler, yağmur suyu yönetiminde doğal filtreleme işlevi de görür. Kirlletici maddelerin süzülerek yer altı suyuna ulaşmasını engeller ve su kalitesini korur (Depietri, Renaud & Kallis, 2012: 98).

Geçirimli yüzeylerin uygulanabilirliği, mahalle ölçeğinde esnek ve düşük maliyetli çözümler sunması açısından da avantajlıdır. Park alanları, yaya yolları, otoparklar ve bisiklet yolları gibi farklı kentsel alanlarda rahatlıkla uygulanabilir ve mevcut altyapıya entegre edilebilir (Du ve ark., 2018: 895; Lai ve ark., 2019: 342).

2.2. Yeşil Çatılar

Yeşil çatılar, kentsel alanlarda doğa tabanlı çözümler kapsamında mahalle ölçeğinde uygulanabilecek etkili yeşil altyapı öğelerindendir. Binaların çatılarına entegre edilen bitkilendirme sistemleri sayesinde, geçirimsiz yüzeylerin oranı azaltılırken hem estetik hem de işlevsel katkılar sağlanır (Lehmann, 2014: 2). Özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu mahallelerde, sınırlı yatay alanlara karşı dikey yüzeylerin kullanımı sürdürülebilirlik açısından büyük avantaj sunar.

Kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında yeşil çatıların önemli bir rolü vardır. Geleneksel çatılar güneş ışığını emerek çevreye yüksek miktarda ısı yayarken, yeşil çatılar bu ısıyı emer ve buharlaştırarak çevre sıcaklığını düşürür (Gago ve ark., 2013: 752; He, 2018: 28). Bu durum, mahalle düzeyinde termal konforun artırılmasına ve binalarda soğutma ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlar. Ayrıca yaz aylarında enerji tasarrufu sağlayarak karbon ayak izinin küçülmesine destek olur (Akbari & Konopacki, 2005: 728).

Yeşil çatılar aynı zamanda yağmur suyu yönetiminde de önemli işlevler görmektedir. Bitki ve toprak katmanları, yağmur suyunu emerek hem yüzey akışını azaltır hem de suyun aşamalı olarak buharlaşmasını sağlar (Depietri, Renaud & Kallis, 2012: 97). Böylece sel ve taşkın riski azaltılırken, yağmur suyunun kentsel altyapıya olan baskısı da hafifler. Bu sistemler, özellikle iklim değişikliğine bağlı aşırı yağış olaylarının sıklaştığı mahallelerde dirençli yapılar oluşturmak açısından kritik önemdedir (Antoszewski, Świerk & Krzyżaniak, 2020: 7094).

Ayrıca yeşil çatılar, şehirde biyolojik çeşitliliği destekleyen mikro ekosistemler yaratır. Kuşlar, arılar ve çeşitli böcek türleri için yaşam alanı sunan bu sistemler, doğa ile yeniden bağlantı kurmanın önemli bir aracıdır (Folke ve ark., 2011: 720). Bunun yanı sıra, mahalle sakinlerinin ruh sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratarak doğaya erişim hissini güçlendirir (Lee &

Maheswaran, 2011: 213). Bu özellikleriyle yeşil çatılar, sosyal sürdürülebilirliğin de bir parçası haline gelmektedir.

2.3. Yağmur Bahçeleri

Yağmur bahçeleri, mahalle ölçeğinde sürdürülebilir su yönetiminin ve yeşil altyapının etkili bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler; çöküntü şeklinde tasarlanan, geçirgen toprak ve yerel bitkilerle donatılmış alanlar olup, yağmur suyunu toplayarak doğal bir filtreleme süreci sağlar (Parlak & Atik, 2020: 90). Kaldırım kenarlarında, otopark çevresinde veya yeşil alanlarda uygulanabilen yağmur bahçeleri, mahallelerde doğa tabanlı çözüm stratejileri kapsamında önemli rol üstlenmektedir.

Yağmur bahçelerinin en temel işlevlerinden biri, yüzey akışını azaltarak sel ve taşkın riskini minimize etmeleridir. Aşırı yağışlar sırasında geçirimli toprak yapısı sayesinde suyu geçici olarak tutar ve toprağa sızdırır (Depietri, Renaud & Kallis, 2012: 96). Bu özellikleriyle özellikle kent içi altyapı sistemlerinin yoğun yağış baskısına karşı dayanıklılığını artırır. Mahallelerde altyapı maliyetlerini düşüren bu sistemler, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir doğa temelli çözümler arasında yer alır (Antoszewski, Świerk & Krzyżaniak, 2020: 7095).

Bunun yanı sıra, yağmur bahçeleri su kalitesini iyileştirici işlev de görür. Bitki kökleri ve toprak, sudaki ağır metaller, besin tuzları ve kirleticileri filtreleyerek yer altı suyunun korunmasına katkı sağlar (Gago ve ark., 2013: 755). Aynı zamanda karbon yutak işlevi gören bu sistemler, hem su hem de hava kalitesine olumlu katkılar sunar. Mahalle halkı açısından ise çevresel konforu artıran, estetik değeri yüksek ve işlevsel yeşil alanlar yaratır (Lee & Maheswaran, 2011: 215).

2.4. Dikey Bahçeler

Dikey bahçeler, sınırlı yatay alanlara sahip mahallelerde yeşil alan ihtiyacını karşılamak için geliştirilen yenilikçi çözümlerden biridir. Bina cephelerine, duvarlara veya bağımsız taşıyıcı sistemlere entegre edilen bitkilendirme uygulamaları, hem estetik değer katar hem de ekolojik faydalar sunar (Lehmann, 2014: 3). Özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu kentsel mahallelerde yeşil doku oluşturma etkin bir yolu olarak kabul edilir ve mikroklimayı olumlu yönde etkiler (Gago ve ark., 2013: 757).

Dikey bahçelerin en dikkat çekici etkilerinden biri, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına sağladığı katkıdır. Bitki örtüsü, bina yüzeyine gelen güneş ışığını emerek buharlaşma yoluyla ortam sıcaklığını düşürür ve cephedeki ısı birikimini azaltır (He, 2018: 30). Bu özellikleri sayesinde hem iç mekân sıcaklıkları düzenlenir hem de soğutma ihtiyacında azalma sağlanarak enerji verimliliği artırılır (Akbari & Konopacki, 2005: 726). Bu

durum, mahalle düzeyinde enerji tüketiminin ve karbon salımının azaltılmasına doğrudan katkı sağlar.

Dikey bahçeler, mahalle ölçeğinde sürdürülebilirlik, estetik, enerji verimliliği ve halk sağlığı gibi birçok konuda çok boyutlu katkı sağlayan yeşil altyapı unsurlarındandır. Kentsel dönüşüm süreçlerinde ve yeni yapılaşmalarda bu sistemlerin entegrasyonu, iklim değişikliğiyle mücadele ve mahallelerin yaşanabilirliğinin artırılması açısından stratejik öneme sahiptir (Yılmaz & Öztürk, 2023: 320; Öztürk, 2023: 7). Yerel yönetimlerin dikey bahçelere yönelik teşvik politikaları geliştirmesi, bu uygulamaların yaygınlaşmasında kritik rol oynayacaktır.

2.5. Ağaçlandırma ve Gölgeleme Alanları

Kentsel ısı adası (KIA) etkisi, özellikle yoğun yapılaşmanın ve geçirimsiz yüzeylerin baskın olduğu büyük şehirlerde, çevre kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olmakta ve bu durum başta halk sağlığı olmak üzere enerji tüketimi, çevresel konfor ve ekolojik sistemler üzerinde önemli sonuçlar doğurmaktadır. KIA'nın mekânsal dağılımının belirlenmesinde uzaktan algılama teknikleri ve yer yüzey sıcaklığı (LST) verilerinin kullanımı giderek yaygınlaşmakta; bu yöntemler, hem büyük ölçekli analizlerde hem de mahalle ölçeğinde yapılan mikroklimatik değerlendirmelerde karar vericilere önemli veriler sunmaktadır (Çilek Ünal, 2022: 216). Bu bağlamda, mekânsal çözünürlüğü yüksek uydu görüntüleriyle yapılan analizlerin, kentsel planlama süreçlerine entegre edilerek ısı adası etkisinin yoğunlaştığı bölgelerin doğru biçimde haritalanması ve müdahale önceliklerinin belirlenmesi açısından kritik rol oynadığı vurgulanmaktadır (Hu ve ark., 2020: 110421).

Kent içi yeşil alanların, özellikle parkların ve ağaçlıklı koridorların yerel ölçekte serinletici etki yarattığı; bu etkinin büyüklüğü ve kalıcılığının ise alanın büyüklüğü, bitki örtüsü yoğunluğu ve çevresel yapılaşma ile doğrudan ilişkili olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Kentsel yeşil altyapı unsurlarının, hava sıcaklıklarını düşürmenin yanı sıra kullanıcıların dış mekân konforunu artırdığı ve ısı stresini azalttığı, bu yönüyle de halk sağlığına dolaylı katkı sunduğu ifade edilmektedir (Chang ve ark., 2007: 390;). Bu çerçevede, yeşil alanların yalnızca rekreasyonel işlevler değil, aynı zamanda iklim düzenleyici bir rol üstlendiği ve bu durumun kentsel planlama politikalarında yeşil alan miktarının artırılmasını bir zorunluluk haline getirdiği görülmektedir (Lin & Lin, 2010: 85).

KIA'nın azaltılmasına yönelik geliştirilen müdahale yöntemleri arasında yeşil çatı sistemleri, geçirgen yüzeylerin artırılması, kent içi ağaçlandırma çalışmaları ve su ögeleriyle desteklenmiş mavi-yeşil altyapı çözümleri öne çıkmaktadır. Bu uygulamalar, yüzey sıcaklıklarını düşürmenin yanı sıra yağmur suyu yönetimi, karbon yutak alanı oluşturma ve biyolojik çeşitliliği artırma gibi çok işlevli faydalar da sağlamaktadır. Dolayısıyla, KIA

ile mücadeleye yönelik çözümler yalnızca tek bir amaçla sınırlı kalmamakta, kentlerin genel ekolojik performansını yükselten bütüncül etkiler yaratmaktadır (Lehmann, 2014: 4). Nitekim, kent ölçeğinde yapılan simülasyonlar ve arazi kullanımı analizleri, bu stratejilerin yerleşim dokusuna göre özelleştirilmesi gerektiğini ortaya koymakta ve etkili sonuçlar için yerel bağlamın dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır (Dai ve ark., 2018: 1142).

Kent formunun ve yapı yoğunluğunun KIA üzerindeki etkilerini ortaya koyan araştırmalar, yüksek katlı ve sıkışık yapılaşmanın yüzey sıcaklıklarını artırdığını, buna karşın daha seyrek ve yeşil odaklı kentsel dokuların serinletici etkiler sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, bina yüksekliği oranları, yol-genişlik oranı, yapı bloklarının yönlenişi gibi fiziksel planlama unsurlarının mikroklima ile ilişkili olarak yeniden değerlendirilmesi gerektiği açıktır. İklimle uyumlu kentsel tasarım ilkelerinin, bölgesel iklim koşullarıyla birlikte ele alınması, kentsel ısı riskinin azaltılması ve ısı dalgalarına karşı dayanıklılığın artırılması açısından kritik görülmektedir (Samancı & Toy, 2024: 96). Ayrıca, bu tür yaklaşımlar yalnızca sıcak iklim kuşakları için değil, aynı zamanda serin ve değişken iklim koşullarına sahip bölgelerde de farklılaştırılarak uygulanmalıdır (Chudnovsky ve ark., 2004: 1068).

İklim değişikliğiyle birlikte artan aşırı sıcaklık olaylarının kentlerde yaşayan bireylerin sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde, KIA etkisini azaltmaya yönelik uygulamaların yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve sağlık temelli yönleri de dikkate alması gerektiği açıktır. Bu doğrultuda, kentlerin iklimsel kırılganlıklarının değerlendirilmesi, risk haritalarının çıkarılması ve bu kırılganlığa karşı ekosistem temelli müdahalelerin planlanması büyük önem taşımaktadır. Kentsel peyzaj planlama, açık ve yeşil alan sistemleri tasarımı ve iklim duyarlı mimarlık uygulamaları, bu mücadelede stratejik rol oynayan başlıca araçlardır (Çobanyılmaz & Yüksel, 2013: 45). Bu kapsamda, peyzaj mimarlığı disiplininin sunduğu doğa-temelli çözüm önerileri, kentlerin direnç kapasitesini artırmakta ve sürdürülebilir yaşam ortamlarının inşasına katkı sunmaktadır (Yılmaz & Öztürk, 2023: 320).

2.6. Yeşil Otoparklar

Kentsel alanlarda motorlu taşıt kullanımının artması, otopark ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Ancak geleneksel otopark alanları genellikle asfalt ya da beton gibi geçirimsiz yüzeylerle inşa edildiğinden, bu alanlar kentlerdeki ısı birikimini artırmakta ve yağmur suyu akışını hızlandırarak altyapı sistemlerini zorlamaktadır. Bu bağlamda, yeşil otopark sistemleri, hem yüzey sıcaklıklarını düşürme hem de geçirgenliği artırarak su döngüsünü iyileştirme işlevi gören doğa temelli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Ekolojik tasarım ilkeleri doğrultusunda geliştirilen bu uygulamalar, otopark alanlarını yalnızca

araç park etme işlevinin ötesine taşıyarak sürdürülebilir kentsel altyapının bir parçası hâline getirmektedir (Yılmaz & Öztürk, 2023: 317).

Yeşil otoparklar genellikle geçirgen zemin malzemeleri, çim hücreleri veya çakıl dolgulu yüzey sistemleri ile donatılmakta ve bu sayede yüzey suyu yönetiminde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, bu alanlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma ve bitkilendirme çalışmaları, hem gölge etkisiyle sıcaklıkları düşürmekte hem de karbon tutumu yoluyla hava kalitesini iyileştirmektedir. Özellikle yaz aylarında otopark zeminlerinde yaşanan yüzey sıcaklığı artışlarının, yeşil uygulamalarla birlikte önemli ölçüde azaltılabildiği çeşitli saha çalışmalarıyla ortaya konmuştur (Yörüklü, 2021: 49).

Yeşil otopark uygulamalarının etkin biçimde hayata geçirilebilmesi için kentsel tasarım sürecinde arazi uygunluğu, su geçirgenliği, toprak tipi ve bitki seçimi gibi çevresel parametrelerin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu uygulamaların uzun vadede sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi adına bakım ve yönetim süreçlerinin de sistemli bir şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır. Avrupa’da ve Kuzey Amerika’da yapılan çeşitli uygulamalar, bu tür tasarımların yalnızca çevresel değil, ekonomik açıdan da maliyet-etkin olduğunu göstermektedir (Filho ve ark., 2018: 333).

2.7. Cep Parklar

Cep parklar, yoğun kent dokusunun içinde, genellikle küçük ve atıl kalmış alanların dönüştürülmesiyle oluşturulan yeşil kamusal alanlardır. Bu küçük ölçekli yeşil alanlar, şehir yaşamının getirdiği betonlaşma ve açık alan eksikliğine karşılık kullanıcıların doğa ile buluşabileceği, sosyal etkileşim ve dinlenme imkânları sunan önemli mekânlardır. Kentlerin artan nüfus yoğunluğu ve yapılaşması göz önüne alındığında, cep parklar yeşil altyapı stratejileri içinde hızlı ve etkili çözümler olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, bu küçük ölçekli yeşil alanların kent sakinlerinin psikolojik sağlığına olumlu katkılar sunduğu bilinmektedir (Lee & Maheswaran, 2011: 214).

Kent iklimi açısından değerlendirildiğinde cep parkların sağladığı gölgeleme ve buharlaşma soğutma etkisi, özellikle şehirlerin ısı adası etkisini hafifletmek için kritik öneme sahiptir. Küçük alanlarda bile bitki örtüsünün varlığı, yüzey sıcaklıklarının düşürülmesine yardımcı olmakta ve bu da mikro iklim koşullarını iyileştirmektedir. Cep parklar, özellikle yüksek yoğunluklu yerleşim bölgelerinde yeşil alan erişimini artırarak, kentsel sıcaklık stresini azaltmak için etkili bir yöntem sunar. Bu tür alanlarda yapılan bitkilendirme çalışmalarının ısı adası etkisini azaltmadaki rolü, farklı iklim ve coğrafi koşullarda yapılan araştırmalarla desteklenmiştir (Chang, Li & Chang, 2007: 389).

2.8. Doğa Dostu Aydınlatmalar

Doğa dostu aydınlatmalar, kentlerin enerji tüketimini azaltmayı hedeflerken aynı zamanda çevresel etkileri en aza indiren sürdürülebilir aydınlatma teknolojilerini ifade eder. Geleneksel aydınlatma sistemleri, özellikle yüksek enerji tüketimleri ve ışık kirliliği ile çevresel sorunlara yol açarken, doğa dostu çözümler bu sorunları azaltmak için geliştirilmiştir. LED teknolojisi, hareket sensörleri ve zaman kontrollü sistemler gibi yenilikler, enerji verimliliğini artırmakla kalmayıp, ışığın gereksiz yere yayılmasını önleyerek gece gökyüzünün korunmasına katkı sağlar. Böylece, bu sistemler hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantajlıdır (Gago ve ark., 2013: 751).

Doğa dostu aydınlatmalar, kentlerin iklimini olumlu yönde etkileyerek sıcaklık artışlarını kontrol etmeye de katkı sağlar. Geleneksel aydınlatma sistemleri genellikle fazla ısı yayarken, enerji verimli LED lambalar daha az ısı açığa çıkarır ve çevresel termal yükü azaltır. Bu durum, özellikle kent içi ısı adası etkisini azaltma çabalarında önemli bir destek mekanizmasıdır. Kent tasarımında entegre edilen doğa dostu aydınlatmalar, kentsel çevrenin konforunu artırırken enerji tüketimindeki azalma ile iklim değişikliği ile mücadelede katkıda bulunur (He, 2018: 29).

SONUÇ

Kentsel ısı adası oluşumları, şehirleşmenin hızla arttığı günümüzde yaşam kalitesini olumsuz etkileyen temel çevresel sorunlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında, mahalle ölçeğinde kentsel ısı adası yoğunluklarının tespiti ve bu olumsuz etkinin azaltılması için yeşil altyapı temelli müdahale yöntemlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yoğun yapılaşma, asfalt ve beton yüzeylerin fazlalığı ile birlikte yeşil alanların azlığı, ısı birikiminin artmasına yol açmaktadır. Bu noktada yeşil altyapı elemanları, özellikle ağaçlandırma, yeşil çatılar ve yağmur bahçeleri gibi uygulamalar, ısı adası etkisinin lokal ölçekte azalmasında etkin bir çözüm sunmaktadır. Mahallelerin fiziksel ve sosyal yapısına uygun yeşil altyapı stratejileri geliştirildiğinde, hem termal konfor hem de kentsel estetik iyileşmeleri sağlanabilir. Ayrıca, yeşil altyapının su yönetimi, hava kalitesi ve biyolojik çeşitlilik gibi ekosistem hizmetlerine de katkıda bulunduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Yeşil altyapı temelli müdahaleler sadece ısı adası etkisini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir kentsel yaşam için gerekli olan çok boyutlu faydalar sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar, kentsel ekosistemin dayanıklılığını artırarak iklim değişikliğine karşı adaptasyon kapasitesini yükseltmektedir. Mahalle ölçeğinde uygulanabilir yeşil altyapı projeleri, sosyal kabul görme ve yerel katılım ile desteklendiğinde, uzun vadede kent sakinlerinin yaşam kalitesinde belirgin bir iyileşmeye neden olmaktadır.

Böylece, sadece çevresel değil, sosyal ve ekonomik boyutları da kapsayan entegre çözümler ortaya çıkmaktadır.

Kentsel ısı adasının kontrolünde mahalle bazında yeşil altyapı planlaması yapılırken, yerel ihtiyaçların ve coğrafi özelliklerin detaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Her mahalle için standart bir çözüm yerine, bölgesel özelliklere göre uyarlanmış, katılımcı ve esnek planlama modelleri geliştirilmelidir. Bu yaklaşım, yeşil altyapı yatırımlarının etkinliğini artırmakta ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Mahalle bazlı müdahalelerde, yerel halkın bilinçlendirilmesi ve sürece dahil edilmesi, uygulamaların başarısı için kilit faktörler arasında yer almaktadır.

Kentsel ısı adası oluşumlarının mahalle ölçeğinde tespiti ve yeşil altyapı temelli müdahaleler, kentlerin iklim değişikliğine uyum sağlamasında ve sürdürülebilirliğin artırılmasında önemli bir strateji olarak kabul edilmelidir. Bu bağlamda, kentsel planlama süreçlerinde yeşil altyapı uygulamalarının sistematik bir şekilde entegre edilmesi, hem kısa hem de uzun vadede kentlerin yaşanabilirliğini artıracaktır. İleriye dönük çalışmaların, farklı ölçeklerde ve farklı iklim bölgelerinde benzer yaklaşımlarla sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada rehberlik etmesi beklenmektedir.

Çalışmanın sonuçları, kentsel ısı adası etkisinin mahalle ölçeğinde önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yoğun yapılaşma, sert yüzeylerin yaygınlığı ve yeşil alanların yetersizliği, kentsel ısı adasının oluşumunda temel etkenler olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, kentsel planlama ve tasarım süreçlerinde yerel koşulların dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Yeşil altyapı uygulamalarının, özellikle ağaçlandırma, yağmur bahçeleri ve yeşil çatılar gibi yöntemlerin, kentsel sıcaklıkların düşürülmesinde etkili olduğu net bir şekilde görülmüştür.

Kentsel ısı adası oluşumlarının azaltılmasında mahalle bazında yeşil altyapı uygulamalarının planlı ve bütüncül bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar, sürdürülebilir kentsel yaşam için önemli fırsatlar sunarken, iklim değişikliğine karşı adaptasyon kapasitesini de güçlendirmektedir. Gelecekte yapılacak benzer çalışmaların, farklı iklim ve coğrafi koşullarda uygulanabilir yöntemler geliştirerek kentsel ısı adası sorununa karşı daha geniş kapsamlı çözümler sunması beklenmektedir.

REFERANSLAR

- Adedeji, J. A., & Fadamiro, J. A. (2015). Urban Open Space Transition And Management In Lagos, Nigeria. *Management Of Environmental Quality: An International Journal*, 26(6), 948–963. <https://doi.org/10.1108/MEQ-02-2014-0021>
- Akbari, H., & Konopacki, S. (2005). Calculating Energy-Saving Potentials Of Heat-Island Reduction Strategies. *Energy Policy*, 33(6), 721–756. <https://doi.org/10.1016/J.Enpol.2003.10.005>

- Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet, J. (2015). Influence Of Morphologies On The Microclimate İn Urban Neighbourhoods. *Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics*, 144, 108–117.
- Alusi, A., Eccles, R. G., Edmondson, A. C., & Zuzul, T. (2011). Sustainable Cities: Oxyoron Or The Shape Of The Future? *Harvard Business School Organizational Behavior Unit Working Paper*, (11-062). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1765156>
- Antoszewski, P., Świerk, D., & Krzyżaniak, M. (2020). Statistical Review Of Quality Parameters Of Blue-Green İnfrastructure Elements İmportant İn Mitigating The Effect Of The Urban Heat İsland İn The Temperate Climate (C) Zone. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(19), 7093. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197093>
- Bai, Y., Guo, R., & Xing, Y. (2018, October). Relationship Between Urban Heat İsland And Green İnfrastructure Fraction İn Harbin. In *Remote Sensing Technologies And Applications İn Urban Environments III* (Vol. 10793, Pp. 54–66). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2325313>
- Canan, F. (2017). Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 69–80. <https://doi.org/10.24093/Cummfd.361084>
- Chang, C. R., Li, M. H., & Chang, S. D. (2007). A Preliminary Study On The Local Cool-İsland İntensity Of Taipei City Parks. *Landscape And Urban Planning*, 80(4), 386–395. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.09.005>
- Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., & Saaroni, H. (2004). Diurnal Thermal Behavior Of Selected Urban Objects Using Remote Sensing Measurements. *Energy And Buildings*, 36(11), 1063–1074.
- Çilek Ünal, M. (2022). Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, (33), 213–222. <https://doi.org/10.31590/Ejosat.1044640>
- Çobanyılmaz, P., & Yüksel, Ü. D. (2013). Kentlerin İklim Değişikliğinden Zarar Görebilirliğinin Belirlenmesi: Ankara Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 39–50.
- Dai, Z., Guldmann, J. M., & Hu, Y. (2018). Spatial Regression Models Of Park And Land-Use İmpacts On The Urban Heat İsland İn Central Beijing. *Science Of The Total Environment*, 626, 1136–1147.
- Depietri, Y., Renaud, F. G., & Kallis, G. (2012). Heat Waves And Floods İn Urban Areas: A Policy-Oriented Review Of Ecosystem Services. *Sustainability Science*, 7(1), 95–107. <https://doi.org/10.1007/S11625-011-0142-X>
- Du, Y., Chen, J., Han, Z., & Liu, W. (2018). A Review On Solutions For İmproving Rutting Resistance Of Asphalt Pavement And Test Methods. *Construction And Building Materials*, 168, 893–905.
- Dursun, D., & Yavaş, M. (2017). Soğuk İklim Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları. *Journal Of The Institute Of Science And Technology*, 7(2), 269–278.
- Filho, W. L., Al-Amin, A. Q., Nagy, G. J., Azeiteiro, U. M., Wiesböck, L., Ayal, D. Y., ... & Chiappetta Jabbour, C. J. (2018). A Comparative Analysis Of Climate-Risk And Extreme Event-Related İmpacts On Well-Being And Health: Policy İmplications. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 15(2), 331.

- Fischer, E. M., & Schär, C. (2010). Consistent Geographical Patterns Of Changes In High-Impact European Heatwaves. *Nature Geoscience*, 3(6), 398–403. <https://doi.org/10.1038/Ngeo866>
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., ... & Westley, F. (2011). Reconnecting To The Biosphere. *Ambio*, 40, 719–738. <https://doi.org/10.1007/S13280-011-0184-Y>
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The City And Urban Heat Islands: A Review Of Strategies To Mitigate Adverse Effects. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/J.Rser.2013.05.057>
- He, B. J. (2018). Potentials Of Meteorological Characteristics And Synoptic Conditions To Mitigate Urban Heat Island Effects. *Urban Climate*, 24, 26–33. <https://doi.org/10.1016/J.Uclim.2018.02.004>
- Hu, Y., Dai, Z., & Guldman, J. M. (2020). Modeling The Impact Of 2D/3D Urban Indicators On The Urban Heat Island Over Different Seasons: A Boosted Regression Tree Approach. *Journal Of Environmental Management*, 266, 110424. <https://doi.org/10.1016/J.Jenvman.2020.110424>
- Intergovernmental Panel On Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation And Vulnerability*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Jaganmohan, M., Knapp, S., Buchmann, C. M., & Schwarz, N. (2016). The Bigger, The Better? The Influence Of Urban Green Space Design On Cooling Effects For Residential Areas. *Journal Of Environmental Quality*, 45(1), 134–145. <https://doi.org/10.2134/Jeq2015.01.0062>
- Jin, H., Cheng, H., & Zhai, H. (2005). Calculating Method Of Minimum Loadshedding Cost In Transmission Network Planning. *Proceedings Of Electric Power System Automation*, 17, 5–9.
- Keleş, R. (2004). Kentsel Dönüşümün Tüzel Altyapısı. In H. B. Tuna (Ed.), *Dosya: Kentsel Dönüşüm Ve Katılım, Mimarist Dergisi*, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, 4(12), 73–75.
- Khare, V. R., Vajpai, A., & Gupta, D. (2021). A Big Picture Of Urban Heat Island Mitigation Strategies And Recommendation For India. *Urban Climate*, 37, 100845. <https://doi.org/10.1016/J.Uclim.2021.100845>
- Klein-Rosenthal, J., & Raven, J. (2017). *Urban Heat And Urban Design—An Opportunity To Transform In NYC*. https://www.nyc.gov/assets/orr/pdf/urban_heat_and_urban_design_final.pdf
- Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., & Chen, Q. (2019). A Review Of Mitigating Strategies To Improve The Thermal Environment And Thermal Comfort In Urban Outdoor Spaces. *Science Of The Total Environment*, 661, 337–353. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2019.01.062>
- Lee, A. C., & Maheswaran, R. (2011). The Health Benefits Of Urban Green Spaces: A Review Of The Evidence. *Journal Of Public Health*, 33(2), 212–222. <https://doi.org/10.1093/Pubmed/Fdq068>
- Lee, J. Y., & Kim, H. (2016). Projection Of Future Temperature-Related Mortality Due To Climate And Demographic Changes. *Environment International*, 94, 489–494. <https://doi.org/10.1016/J.Envint.2016.05.020>
- Lehmann, S. (2014). Low Carbon Districts: Mitigating The Urban Heat Island With Green Roof Infrastructure. *City, Culture And Society*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.Ccs.2014.01.002>

- Li, W., Cao, Q., Lang, K., & Wu, J. (2017). Linking Potential Heat Source And Sink To Urban Heat Island: Heterogeneous Effects Of Landscape Pattern On Land Surface Temperature. *Science Of The Total Environment*, 586, 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.191>
- Lin, B. S., & Lin, Y. J. (2010). Cooling Effect Of Shade Trees With Different Characteristics In A Subtropical Urban Park. *Hortscience*, 45(1), 83–86. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.1.83>
- Öztürk, D. Y. S. (2023). A Systematic Review Of The Urban Heat Island Effect: Urban Form, Landscape And Planning Strategies.
- Parlak, E., & Atik, M. (2020). Dünyadan Ve Ülkemizden Mavi–Yeşil Altyapı Uygulamaları. *Peyzaj*, 2(2), 86-100.
- Samancı, Ö. N., & Toy, S. (2024). Soğuk İklim Kentlerinde İklim Değişikliğine Uyumlu Kentsel Tasarım İlkeleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 29(51), 90-99.
- USGS <https://pubs.usgs.gov/publication/70202434>
- Yılmaz, D., & Öztürk, S. (2023). Kentsel Isi Adası Etkisinin Sistematik Bir İncelemesi: Kentsel Form, Peyzaj Ve Planlama Stratejileri. *Çevre Şehir Ve İklim Dergisi*, 2(4), 302-323.
- Yörüklü, N. (2021). İklim Değişikliği Ve Küresel Isınma İçin Peyzaj Mimarlığı Stratejileri: İklim Değişikliği Politikaları Peyzaj Beyanı. *Peyzaj*, 3(1), 43-55.

Seçilmiş Çevresel Göstergeler Bakımından Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Performansı

Mustafa ÖZGERİŞ¹

1- Doç. Dr.; Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü.
m.ozgeris@atauni.edu.tr ORCID No: 0000-0003-1006-9303

ÖZET

İçinde bulunduğumuz 21. yüzyılda dünya genelinde artan çevre sorunları, ülkeler arasındaki gelişmişlik farklılıkları, gelir dağılımındaki ve sağlık, eğitim gibi temel hizmetlere erişimdeki eşitsizlikler, bu sorunların üstesinden gelmek için küresel bir arayışı beraberinde getirmiştir. Bu çözüm arayışlarından biri olarak 2015 yılında Birleşmiş Milletler, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ile Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını belirlemiştir. Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Gündemi, 17 ana sürdürülebilir kalkınma amacı ve 169 alt hedef ile küresel ölçekte sürdürülebilirliğe ulaşmayı hedeflemektedir. Bu amaç ve hedefler arasında çevresel sürdürülebilirlik doğrudan veya dolaylı olarak önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda son on yıldaki genel performansını ortaya koyarak, seçilmiş bazı çevresel göstergeler bakımından yıllar içinde almış olduğu mesafeyi değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında 2016-2025 yılları arasındaki Sürdürülebilir Kalkınma Raporları, Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi İstatistik Departmanı verileri ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Dönüşüm Merkezi verileri kullanılmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye 2015 yılında 34 OECD ülkesi arasında Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde 33. sırada yer alırken, 2016 yılında 149 ülke arasında 48. sırada, 2024 yılında ise 167 ülke arasında 72. sırada yer almıştır. Sürdürülebilirlik puanını ise 66.1'den, 70.5'e yükseltmiştir. Ayrıca çevresel göstergeler bakımından Türkiye yıllar içerisinde önemli bir mesafe kat etmiştir. Bununla birlikte birçok çevresel gösterge bakımından durgun veya azalan eğilimle, güçlüklerle karşı karşıyadır. Çalışma ile Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma başarısı için ulusal politikalara ve strateji belgelerine çevre politikalarının entegre edilmesinin ve izleme değerlendirme çalışmaları ile sürekli iyileştirmelerin yapılmasının önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi, Çevresel göstergeler, Türkiye.

GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra ortaya çıkan üretim için ham madde ihtiyacı, doğal kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesini sağlayarak, doğal alanlar üzerinde geri dönüşsüz tahribatlara neden olmuştur. Bu duruma 20. yüzyıldan sonra dünya nüfusundaki ciddi artışların eklenmesiyle birlikte tüketim-üretim, talep-arz dengesi içinde tarım ve sanayi üretimi ile kentleşmeye bağlı olarak arazi kullanım değişiklikleri hız kazanmıştır. Tüm bunlar, içinde bulunduğumuz 21. yüzyıla gelindiğinde iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kayıpları, kuraklık ve ormansızlaşma gibi küresel çevre problemlerini beraberinde getirmiştir. Dünya genelinde artan çevre sorunlarının yanında ülkeler arasındaki gelişmişlik farklılıkları, gelir dağılımındaki ve sağlık, eğitim gibi temel hizmetlere erişimdeki eşitsizlikler, sosyo-ekonomik sorunların da hissedilir olmasını sağlamıştır (Özgeriş, 2021a).

Bu bağlamda, 2015 yılında Birleşmiş Milletler (BM) 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (SKA-Sustainable Development Goals-SDGs) ile 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'ni belirleyerek, dünyadaki sosyo-ekonomik ve çevresel sorunlar için çözüm arayışına girmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları bütüncül olarak ele alan bir kalkınma kavramıdır. Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan 'Ortak Geleceğimiz' raporu (Brundtland Raporu) ile tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre sürdürülebilir kalkınma 'şimdiki kuşakların ihtiyacını karşılarken, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılamalarını da garanti altına almak' olarak ifade edilmiştir (Anonymous, 1987; Özgeriş ve Karahan 2021a; Özgeriş ve Karahan, 2021b; Karahan ve Özgeriş, 2022). SKA'lar 2012 yılında Rio de Janeiro'da toplanan BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı'nda ortaya çıkmıştır ve 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir (Özgeriş, 2021b; UNDESA, 2021). SKA'lar 17 ana amaç ve 169 alt hedef ile küresel ölçekte sürdürülebilirliğe ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu amaç ve hedefler arasında çevresel sürdürülebilirlik doğrudan veya dolaylı olarak önemli bir yer tutmaktadır. SKA'nın 17 ana amacı Şekil 1'de verilmiştir:



Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (Küresel Amaçlar, 2025)

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA GÖSTERGELERİ VE İNDEKSİ

SKA Göstergeleri, BM SKA Göstergeleri Uzman Grubu (IAEG) tarafından, SKA hedeflerine ne ölçüde ulaşıldığını belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. 2017 yılının Mart ayında, Birleşmiş Milletler İstatistik Komisyonu'nun 48. oturumunda kabul edilen SKA Göstergeleri, 6 Temmuz 2017 tarihli BM Genel Kurulu'nda onaylanarak yürürlüğe girmiştir (UNSTAT, 2025). Bununla birlikte karar doğrultusunda, gösterge çerçevesi her yıl kapsamlı bir şekilde gözden geçirilerek iyileştirilmektedir. Son olarak ise 2025 yılı Mart ayında BM İstatistik Komisyonu tarafından iyileştirme yapılmıştır. SKA hedeflerinin ve göstergelerinin sayısı Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: SKA Hedef ve Gösterge Sayıları

Amaçlar	Hedeflerin Sayısı	Göstergelerin Sayısı
Yoksulluğa Son	7	12
Açlığa Son	8	14
Sağlık ve Kaliteli Yaşam	13	26
Nitelikli Eğitim	10	11
Toplumsal Cinsiyet Eşitliği	9	14
Temiz Su ve Sanitasyon	8	11
Ekonomik ve Temiz Enerji	5	6
İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme	12	17
Sanayi Yenilikçilik ve Altyapı	8	12
Eşitsizliklerin Azaltılması	10	11
Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar	10	15
Sorumlu Üretim ve Tüketim	11	13
İklim Eylemi	5	7

Sudaki Yaşam	10	10
Karasal Yaşam	12	14
Bariş Adalet ve Güçlü Kurumlar	12	23
Amaçlar için Ortaklıklar	19	48
Toplam	169	264

Kaynak: (UNESCO, 2025)

SKA göstergeleri her hedef altında tanımlanan toplamda 264 göstergeyi içermektedir. Bununla beraber bazı göstergeler doğrudan ölçüm amacıyla kullanılmadığı, diğer hedefler altında da tekrar ettiği ve veri yetersizliği nedeniyle ölçülebilir gösterge sayısı 229 olarak kabul edilmektedir (UNESCO, 2025).

Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi ise ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada mevcut durumunu değerlendirmeyi ve kat ettiği mesafeyi ölçmeyi sağlayan gösterge setine sahip bir araçtır. Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi göstergeleri, SKA göstergelerinden farklı olmakla birlikte, SKA göstergelerini referans alarak hazırlanmıştır. İndekste kullanılan veriler, Dünya Bankası (WB), Ekonomik ve Kalkınma İşbirliği Örgütü (OECD), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) gibi uluslararası kuruluşlardan elde edilmektedir (Sachs vd., 2024). Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde kullanılan metod Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (EUIRC) tarafından denetlenmiştir ve metodun geçerliliği ve evrenselliği birçok akademik dergide yayımlanmıştır (EUIRC, 2021). İndekste bir ülkenin en kötüden (0 puan) en iyiye (100 puan) doğru 0-100 arası bir puan aralığındaki konumu belirtilerek, ülkelerin bir hedefe ulaşp ulaşmadığını gösteren yeşil (başarılı), sarı (hazır) veya kırmızı (başarıdan ciddi şekilde uzak) renklerdeki uyarı şeridi ile gösterge performansları ortaya konulmaktadır (Özgeriş, 2021b; SDGTC, 2025). Ayrıca indeks, Sürdürülebilir Kalkınma Raporlarının (SKR) hazırlanmasına da temel oluşturmaktadır.

SKR 193 BM üye devletinin SKA performansını ortaya koyarak, SKA performansları bakımından ülkelerin sıralamasını yapmaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma İndeksine dayalı olarak ilk kez 2015 yılında Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Çözümler Ağı (UNSDN) tarafından, OECD ülkelerini içerecek şekilde hazırlanan SKR, 2016 yılından itibaren BM ülkelerini kapsayacak şekilde hazırlanmıştır (Özgeriş, 2021b; SDGTC, 2025). Rapor, SKA'lara ulaşmada eylem önceliklerinin belirlenmesini, temel uygulama zorluklarının anlaşılmasını, ilerlemenin izlenmesini ve hesap verebilirliğin sağlanmasını amaçlamaktadır (UNSDN, 2021). 2024 yılı SKR'si 98 gösterge ve OECD ülkeleri için 27 ek gösterge içermiştir.

Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde Çevresel Göstergeler

Ülkelerin SKA doğrultusunda kat ettiği mesafeyi ölçen Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilişkili birçok gösterge ile ülkelerin çevresel performansını ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde çevresel göstergeler büyük oranda çevre ve doğal kaynaklarla ilişkili SKA'lar altında yer almaktadır. Bu göstergeler ve ilişkili olduğu SKA'lar Tablo 2' de verilmektedir (SDGTC, 2025):

Tablo 2: Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi Çevresel Göstergeleri ve İlişkili Olduğu SKA'lar

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları	Çevresel Göstergeler
SKA 6: Temiz Su ve Sanitasyon	Güvenli içme suyuna erişim oranı Kanalizasyon hizmetlerine erişim oranı Tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı Arıtılan insan kaynaklı atık su
SKA 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji	Yenilenebilir enerji kullanım oranı Enerji verimliliği (birim GSYİH başına enerji kullanımı) Elektrik tüketiminde CO ₂ emisyonları
SKA 9: Sanayi Yenilik ve Altyapı	Yakıt yanmasından kaynaklanan CO emisyonları
SKA 11:Sürdürülebilir Şehirler ve Toplamlar	PM2.5'in yıllık konsantrasyonu Toplu taşımaya erişim 15 dakikalık mesafedeki ilgi çekici alanlara (yeşil alanlar dahil) erişim
SKA 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim	Üretim ve tüketim kaynaklı azot emisyonları Geri dönüştürülemeyen atıkların yüzdesi Elektronik atık yönetimi Üretim ve tüketim kaynaklı hava kirliliği Plastik atık üretimi
SKA 13: İklim Eylemi	Kişi başı CO ₂ emisyonları Sera gazı emisyonu üretimi Karbon fiyatlandırması
SKA 14: Sudaki Yaşam	Kıyı ötrofikasyonu (besin kirliliği) endeksi Deniz koruma alanlarının oranı Balık stoklarının sürdürülebilir yönetimi
SKA 15: Karasal Yaşam	Orman alanlarının yüzdesi Biyçeşitlilik açısından önemli kara koruma alanlarının büyüklüğü Biyçeşitlilik açısından önemli tatlı su alanlarında korunan alanlar Biyçeşitlilik kaybı göstergeleri (tehdit altındaki türlerin oranı)

Türkiye, gelişmekte olan bir ülke olarak enerji, ulaşım, sanayi, tarım, turizm gibi yatırımlarla kalkınma sürecini devam ettirmektedir. Ancak bu yatırımların çevresel etkileri, sürdürülebilir kalkınma bağlamında bir güçlük oluşturarak, sürdürülebilir kalkınma başarısını Türkiye için tartışılır hale getirmektedir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için ise sürdürülebilir kalkınma hedefleri ulusal politikalara ve strateji belgelerine entegre edilerek, sürdürülebilir kalkınma başarısı yakalanmaya çalışılmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'nin SKA'lar doğrultusunda son on yıldaki genel performansını ortaya koyarak, seçilmiş bazı çevresel göstergeler bakımından yıllar içinde almış olduğu mesafeyi değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında 2016-2025 yılları arasındaki Sürdürülebilir Kalkınma Raporları, Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi İstatistik Departmanı (UNSTATS) verileri ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Dönüşüm Merkezi (SDGTC) verileri kullanılmaktadır.

TÜRKİYE’NİN ÇEVRESEL GÖSTERGELER BAKIMINDAN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA PERFORMANSI

İlk olarak 2015 yılında 34 OECD ülkesi için hazırlanan Sürdürülebilir Kalkınma Raporu sıralamasında Türkiye 33. sırada yer almıştır. 2016 yılından itibaren BM üye devletlerinin tamamına yakınına kapsayacak şekilde hazırlanan Sürdürülebilir Kalkınma Raporlarında ise Türkiye'nin indeks puanları ve sıralamaları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3: Türkiye'nin Yıllara Göre Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi Sıralamaları

Yıllar	Ülke Sayısı	İndeks Sıralamaları	İndeks Puanları
2016	149	48	66.1
2017	157	67	68.5
2018	156	79	66.0
2019	162	79	68.5
2020	166	70	70.3
2021	165	70	70.4
2022	163	71	70,4
2023	166	72	70,8
2024	167	72	70.5

Kaynak: (SDGTC, 2025)

Türkiye sürdürülebilir kalkınma raporlarında genel sürdürülebilirlik performansı bakımından 2016 yılına göre önemli bir mesafe kat ederek, sürdürülebilirlik puanını 70.5'e yükseltmiştir. Bununla birlikte ülke sıralaması 2016 yılına göre gerilemiştir. Bu gerilemede değerlendirilen ülke sayısının artmış olması etkili olmakla birlikte, yüzdelik düzeyde bakıldığında 2016

yılında %32.21’lik dilimde yer alan Türkiye, 2024 yılında %43.11’e gerilemiştir.

Türkiye’nin UNSTATS SKA Göstergeleri Veritabanına göre bazı çevresel göstergeler bakımından yıllar içindeki değişimi Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 4: Türkiye’nin Yıllara Göre UNSTATS SKA Çevresel Göstergeleri Performansı

SKA	Çevresel Göstergeler/Yıllar		
SKA 7	Toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payı (%)		
	2000	2010	2021
	17.29	12.68	12.02
SKA 9	Yakıt yanmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonları (milyon ton)		
	2000	2010	2021
	201.22	267.83	400.79
SKA 12	Kişi başına üretilen tehlikeli atık (kg)		
	2004	2010	2020
	14.71	44.07	364.4
	Arıtılan veya bertaraf edilen tehlikeli atık oranı (%)		
	2004	2010	2020
SKA 14	123.38	99	124.68
	Korunan alanlar tarafından kapsanan denizel önemli biyolojik çeşitlilik alanlarının (KBA) ortalama oranı (%)		
	2000	2010	2023
SKA 15	3.07	3.79	3.79
	Orman alanının toplam kara alanına oranı (%)		
	2000	2010	2020
SKA 15	%26.18	%27.39	%28.87
	Korunan alanlar tarafından kapsanan tatlı su önemli biyolojik çeşitlilik alanlarının (KBA) ortalama oranı (%)		
	2000	2010	2023
SKA 15	3,75	4.03	4.17
	Korunan alanlar tarafından kapsanan karasal önemli biyolojik çeşitlilik alanlarının (KBA) ortalama oranı (%)		
	2000	2010	2023
SKA 15	2.04	2.25	2.30
	Ormandaki yer üstü biyokütle (hektar/ton)		
	2000	2010	2020
SKA 15	36.58	41.57	48.11
	Bağımsız olarak doğrulanan bir sertifikasyon şeması kapsamında sertifikalandırılmış orman alanı (1000 hektar)		
	2000	2010	2023
SKA 15	0	0	7974.7
	Yıllık orman alanı değişim oranı (%)		
	2000	2010	2020

-	0.46	0.53
Uzun vadeli yönetim planına sahip orman alanı oranı (%)		
2000	2010	2020
93.15	97.47	100
Yasal olarak belirlenmiş koruma alanları içindeki ormanlık alan oranı (%)		
2000	2010	2020
31.23	31.72	34.33
Toplam arazi alanına göre bozulmuş arazi oranı (%)		
-	2015	2019
-	14.34	13.38
Korunan alanlar tarafından kapsanan Dağ Anahtar Biyoçeşitlilik Alanlarının (KBA) ortalama oranı (%)		
2000	2010	2023
0.7	0.70	0.78
Kırmızı Liste Endeksi		
2000	2010	2024
0.908	0.904	0.90

Kaynak: (UNSTATS, 2025'ten derlenmiştir)

Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma İndeksindeki bazı çevresel göstergeler bakımından uzun vadeli hedef üzerinden mevcut durumu ve yıllara göre performansı ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma İndeksindeki Bazı Çevresel Göstergeler Bakımından Performansı

SKA	Aritılan antropojenik atık su (%)			
	2000	2020	Durum	Eğilim
6	-	30.53		
PM2.5'in yıllık ortalama konsantrasyonu µg/m³				
	2000	2022	Durum	Eğilim
	24.9	27		
İlgi çekici noktalara 15 dakikalık yürüyüş mesafesinde erişilebilen kentsel nüfus (%)				
SKA	2024		Durum	Eğilim
11	83			
Toplu taşıma araçlarına kolay erişim imkânı olan nüfus (%)				
	2020		Durum	Eğilim
	80.65			
SKA	Üretim kaynaklı hava kirliliği (1000 kişi başına)			

12	2000	2024	Durum	Eğilim
	10.13	9.87	●	↓
	Üretim kaynaklı azot emisyonları (kg/kişi)			
	2000	2024	Durum	Eğilim
	33.37	37.83	●	↓
	Plastik atık ihracatı (kg/kişi)			
	2018	2023	Durum	Eğilim
	0.21	0.16	●	↑
	Geri dönüştürülmeyen katı atıklar (kg/kişi/gün)			
	2016	2021	Durum	Eğilim
SKA 13	1.05	0.99	●	↗
	Fosil yakıt yanması kaynaklı CO ₂ emisyonları (CO ₂ /kişi)			
	2000	2022	Durum	Eğilim
	3.61	5.12	●	↓
	İthalatta bulunulan sera gazı emisyonları (CO ₂ /kişi)			
	2002	2021	Durum	Eğilim
	1.89	2.67	●	→
	Fosil yakıt ihracatında CO ₂ emisyonları (kg/kişi)			
	2023	Durum	Eğilim	
	9.97	●	●...●	
SKA 14	Karbon fiyatlandırma puanı (60 Euro/%CO ₂)			
	2012	2021	Durum	Eğilim
	21.66	22.82	●	↓
	Biyçeşitlilik açısından önemli olan deniz alanlarında korunan ortalama alan (%)			
	2000	2023	Durum	Eğilim
	3.07	3.79	●	→
	Biyçeşitlilik açısından önemli karasal alanlarda korunan ortalama alan (%)			
	2000	2023	Durum	Eğilim
	2.04	2.30	●	→
	Biyçeşitlilik açısından önemli olan tatlı su alanlarında korunan ortalama alan (%)			
SKA 15	2000	2023	Durum	Eğilim
	4.01	4.17	●	→
	Kırmızı liste endeksi			

	2000	2024	Durum	Eğilim
	0.91	0.9		
	Kalıcı ormansızlaşma (orman alanının %'si 3 yıllık ortalama)			
	2016	2022	Durum	Eğilim
	0.02	0.06		
Durumlar				
Açıklama	SKH elde edildi	Önemli zorluklar devam ediyor	Büyük zorluklar devam ediyor	Bilgi yok
Eğilimler				
Açıklama	SKH başarısını takip etme	Durgun	Azalan	Eğilim bilgisi yok

Kaynak: (Sachs vd., 2024'ten derlenmiştir)

Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma İndeksi 'Plastik atıkların ihracatı' göstergesi bakımından sürdürülebilir kalkınma hedefine başarıyı takip etme eğilimiyle ulaşmıştır. Bununla birlikte 'Karbon fiyatlandırma puanı' ve 'Fosil yakıt yanması kaynaklı CO₂ emisyonları' göstergeleri bakımından büyük zorluklar azalan bir eğilimle devam etmektedir. Ayrıca 'Biyolojik çeşitlilik açısından önemli olan tatlı su alanlarında korunan ortalama alan', 'Biyçeşitlilik açısından önemli karasal alanlarda korunan ortalama alan' ve 'Biyçeşitlilik açısından önemli olan deniz alanlarında korunan ortalama alan' göstergelerinde her ne kadar geçmişten günümüze indeks puanını artırmış olsa da durgun bir eğilimle büyük zorluklar devam etmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Gündem 2030 kapsamında belirlenen 17 küresel amaç doğrultusunda, ülkelerin kat ettiği mesafeyi ölçmek ve değerlendirmek amacıyla hazırlanan Sürdürülebilir Kalkınma Raporları, Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi İstatistik Departmanı (UNSTATS) SKA Göstergeleri verileri ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Dönüşüm Merkezi (SDGTC) verileri üzerinde yürütülmüştür. Çalışma ile Türkiye'nin SKA'lar doğrultusunda son on yıldaki genel performansı belirlenerek, seçilmiş bazı çevresel göstergeler bakımından yıllar içinde almış olduğu mesafe değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye 2015 yılında 34 OECD ülkesi arasında Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde 33. sırada yer alırken, 2016 yılı Sürdürülebilir Kalkınma İndeksinde 149 ülke arasında 48. sırada, 2024 yılında ise 167 ülke arasında 72. sırada yer almıştır. Bununla birlikte Türkiye ülke

puanını 2016-2024 yılları arasında 66.1'den 70.5'e yükseltirken, değerlendirilen ülkeler sıralamasında yüzdelik dilim bakımından gerileme kaydetmiştir. Bu durum, diğer ülkelerin sürdürülebilir kalkınma performanslarındaki iyileşmelerin Türkiye'nin indeks sıralamasını olumsuz etkilediğini göstermektedir (Sachs vd., 2024).

Sürdürülebilir Kalkınma İndeksine göre Türkiye, SKA'nın 17 hedefinden biri olan Karasal Yaşamın Korunması ve buna ait 5 gösterge bakımından zaman içinde önemli bir mesafe almıştır. Türkiye'nin SKA 15 kapsamında orman alanlarının artırılması, karasal ve tatlı su biyoçeşitliliği açısından önemli alanların koruma altına alınması ve kırmızı liste endeksi gibi göstergeler bakımından puanını artırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle 2020 itibarıyla ormanların sürdürülebilir yönetimi ve sertifikalandırılmış orman alanlarının artışı, Türkiye'nin bu alanda birçok çalışmayı hayata geçirdiğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu göstergeler bakımından durağan eğilimin devam etmesi koruma politikaları ve eylemleri bakımından atılması gereken önemli adımlar olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik performansı bakımından karşı karşıya olduğu temel güçlüklerden birisi, ekonomik kalkınma ile çevre koruma arasındaki çelişkili alandır (Aksu, 2011; Tıraş, 2012). Kalkınma amaçlı yatırımlar daha fazla doğal kaynak kullanımı, daha fazla çevresel tahribat ve kirlilik anlamına gelmektedir. Özellikle fosil yakıt kaynaklı karbon emisyonlarındaki artış, üretim kaynaklı hava kirliliği ve azot emisyonlarındaki artış ile negatif eğilimler, çevre dostu teknolojilere geçişteki yetersizlikleri ortaya koyarak, Türkiye'nin bu alandaki çevre koruma politikalarının eksikliğine işaret etmektedir. Türkiye'de her ne kadar SKA'ları ulusal politika belgelerine yansıtmaya süreci çeşitli adımlarla sürdürülse de kalkınma ile çevre korumayı entegre eden bütünsel politikaların üretilmesinin gerekliliği açıktır. Bu bağlamda Türkiye Cumhuriyeti On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) ve On İkinci Kalkınma Planı (2023-2027) ile 2053 Net Sıfır Emisyon ve Yeşil Kalkınma Vizyonu, SKA'ları ulusal politikalara yansıtmaya sürecinin önemli belgelerindendir (SBB, 2025). Ayrıca, çeşitli resmi kurumlar tarafından sürdürülebilir kalkınma göstergelerine ilişkin veritabanı çalışmaları bulunmaktadır. Ancak Sürdürülebilir Kalkınma Raporlarına göre bu politika ve uygulamaların henüz yeterli olmadığı ve bundan sonraki süreçte izleme ve değerlendirmeye sürekli iyileştirmeler yapılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak çalışma ile Türkiye'nin çevresel göstergeler bakımından sürdürülebilir kalkınma performansının kısmi iyileşmelere rağmen büyük oranda zorlukları devam ettirdiği ortaya konulmaktadır. Özellikle sürdürülebilir kalkınmada çevresel performansın iyileştirilmesi için ekosistemin ve biyoçeşitliliğin korunmasının, kentlerde doğa tabanlı çözümlerin desteklenmesinin ve sanayide daha çevreci teknolojilerin ve üretim yöntemlerinin kullanılmasının gerekliliği görülmektedir. Bunlara ek

olarak çalışma ile katılımcılığı ön plana çıkaran karar alma süreçlerinin işletilmesinin, eğitim ve farkındalık programlarıyla bireylerin sorumluluk almaya ve katılımcılığa teşvik edilmesinin ve izleme ve değerlendirme sistemleriyle sürekli iyileştirmelerin yapılmasının sürdürülebilir kalkınma başarısı için önemi vurgulanmaktadır.

REFERANSLAR

- Aksu, C. (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre*. Güney Ege Kalkınma Ajansı. http://cevre.mf.duzce.edu.tr/Dokumanlar/cevre_mf/Dosyalar/S%C3%9CRD%C3%9CR%C3%9CLEB%C4%B0L%C4%B0R%20Kalk%C4%B1nma%20ve%20%C3%87evre.pdf adresinden 22 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- Anonymous, (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> adresinden 21 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- EUJRC, (2021). European Commission Joint Research Centre, JRC Technical Reports, 2019. https://commission.europa.eu/index_en adresinden 21 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- SDGTC, (2025). SDG Transformation Center. <https://sdgtransformationcenter.org/sdgindex> adresinden 22 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- Karahan, F., ve Özgeriş, M. (2022). Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Uzundere Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2023)'nın Değerlendirilmesi. Editör M. Dal, *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Gelişmeler*, (ss.87-103). İzmir: Duvar Yayınları.
- Küresel Amaçlar, (2025). Küresel Amaçlar. <https://www.kureselamaclar.org/> adresinden 21 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- Özgeriş, M. (2021a). Karasal Yaşamın Korunması Hedefi Bakımından Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma İndeksindeki Durumu. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve Yenilikçi Çalışmalar Sempozyumu*, 22-25 Şubat, Balıkesir, Türkiye. ISBN: 978-625-44365-7-4
- Özgeriş, M. (2021b). İklim Değişikliği Stratejileri Bakımından Türkiye'nin 11. Kalkınma Planı'nın Değerlendirilmesi. 2. *International Social Sciences and Innovation Congress*, 24-25 Mayıs,, Ankara, Türkiye. ISBN: 978-625-7636-94-0
- Özgeriş, M., ve Karahan, F. (2021a). Kalkınma Odaklı Mekânsal Tasarım ve Uygulama Girişimlerinin Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi: Sakin Şehir Uzundere Örneğinde Bir Çalışma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 45-58.
- Özgeriş, M., ve Karahan, F. (2021b). Yerel Kalkınmanın Aracı Olarak Sürdürülebilir Turizm için Planlama Çalışmalarının Değerlendirilmesi: Sakin Şehir Uzundere Örneğinde Bir Araştırma. *Kent akademisi*, 14 (1), 73-89.
- Sachs, J.D., Lafortune, G., and Fuller, G. (2024). *The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024*. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. doi:10.25546/108572

- SBB, (2025). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. <https://www.sbb.gov.tr/#> adresinden 22 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- Tıraş, H.H. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Teorik Bir İnceleme. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2), 57-73.
- UNDESA, (2025). UN Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals> adresinden 21 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- UNESCO, (2025). United Nations Economic and Social Council, Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators. https://unstats.un.org/UNSDWebsite/statcom/session_56/documents/2025-6-SDG-IAEG-E.pdf adresinden 21 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- UNSDSN. (2021). United Nations Sustainable Development Solutions Network. <https://www.unsdns.org/> adresinden 22 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- UNSTATS, (2025). UN Statistical Division. <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal> adresinden 22 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.

Turizm İklimi Endekslerine İlişkin Akademik Yayınlardaki Eğilimler: Bibliyometrik Bir Yaklaşım

Tuğba KİPER¹

1- Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü. tkiper@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3396-5661

ÖZET

İklim, turizmin mevsimselliği, turizm ürünlerinin biçimlenmesi ve turizm kaynaklarının kullanım düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkidir. Bu doğrultuda, iklim koşulları; turistlerin konforu, güvenliği ve genel memnuniyeti üzerinde doğrudan etkiler oluşturabilmektedir. Turizm iklim indeksleri ise, gözlemsel veya modellenmiş veri setlerini kullanabilme esnekliği ve farklı zaman ölçeklerinde uygulanabilirlik özellikleri sayesinde, iklimin turizm üzerindeki etkilerini öngörmede önemli bir analitik araç olarak kullanılmaktadır. Akademik literatürde de, özellikle turizm faaliyetleri bağlamında, iklimsel etkilerin uzun vadeli izlenmesine ve değerlendirilmesine yönelik indeks temelli çalışmalara duyulan gereksinimin artış gösterdiği vurgulanmaktadır. Buna paralel olarak, literatürde farklı iklim koşullarını ve turizm faaliyetlerini değerlendirmek amacıyla çeşitli iklim endeksleri ve metodolojik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çerçevede çalışma, "Turizm İklim İndeksleri" temalı akademik yayınların sistematik bir incelemesini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, Scopus veri tabanı kullanılarak bibliyometrik analiz yöntemleri çerçevesinde; ilgili konuda hazırlanmış toplam 730 adet çalışmanın; yayın büyüme oranları, etkin yazar, ülke ve dergi dağılımları, kurumlar arası iş birlikleri, atıf trendleri ve anahtar kelime sıklıkları gibi nicel ölçütler, temel alınarak literatür eğilimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, turizm iklim indeksleri konusuna yönelik bilimsel ilginin hem hacimsel hem de disiplinler çeşitlilik açısından artış eğilimi gösterdiğini, yayınların belirli ülkelerde yoğunlaştığını ve Çin'in toplam yayın sayısında lider ülke konumunda olduğunu ortaya koymuştur. Artan yayın hacmine ve çeşitliliğe rağmen, özellikle iklim değişikliği süreci göz önünde bulundurularak bu alandaki çalışmaların çeşitlendirilmesi ve derinleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Turizm, İklim, Turizm iklim İndeksleri, Bibliyometrik Analiz, Scopus, VOSviewer,

GİRİŞ

İklim; turizmin mevsimselliğini, turizm ürünlerinin biçimini ve turizm kaynaklarının kullanımını doğrudan etkiler (Zhong vd., 2019:2086). Aynı zamanda hava durumu ve iklim; turistlerin konforu, güvenliği, seyahat süresi ve genel memnuniyeti üzerinde etki oluşturmaktadır (Petrou ve Kassomenos, 2025:242). Literatürün önemli bir bölümünde de; turizm ile iklim arasında yakın bir ilişki olduğu vurgulanmıştır (Gómez-Martín, 2006; Matzarakis, 2006; Coombes ve Jones, 2010; Li ve Chi, 2014; Alipour vd., 2017; Yang vd., 2018; Li vd., 2022; Hidalgo García ve Rezapouraghdam, 2023; Hidalgo-García, 2025). Bu doğrultuda, uluslararası literatürde farklı iklim koşullarına

bağlı olarak, makro ölçekte mevcut ve gelecekteki turizm hareketliliği ile mevsimsellik eğilimlerini tahmin etmeye yönelik indeks temelli yaklaşımlar geliştirilerek yaygın biçimde kullanılmıştır (Fang ve Yin, 2015; Roshan vd., 2016; Noome ve Fitchett, 2019). Turizm iklim indeksleri, özellikle planlama temelinde, turizm faaliyetleri için uygun iklim koşullarını tanımlamada araç olmuşlardır (Dubois, vd., 2016; Zhong vd., 2019; Mahmoud vd., 2019). Bunu destekler nitelikte, Petrou ve Kassomenos (2025:3) de; Mieczkowski'nin Turizm İklim İndeksi'ni (TCI) geliştirmesinden bu yana iklim indekslerinin iklimsel uygunluğu değerlendirme araçları olarak literatürde yaygın bir şekilde tartışıldığını belirtmişlerdir. Cao ve Gao (2022:382) de; turizm iklim koşullarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulayarak; iklim indekslerinin iklim faktörleri ile turizm arasındaki ilişkiyi ölçmede etkili bir araç olduğunu belirtmişlerdir. Gao vd., (2022:3) de; turizm iklim indekslerinin, turizm iklim koşullarını değerlendirmek için etkin bir araç olduklarını ve kıyı destinasyonlarının sürdürülebilir gelişimi için iklim bilgisi sağlayabildiklerini vurgulamıştır. Bununla birlikte De Freitas (2003:50) çalışmasında, iklimin tüm bileşenlerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendiren, standartlaştırılmış veriler kullanan ve nesnel yöntemlerle test edilerek doğrulanmış turizm iklim indekslerine duyulan gereksinimi vurgulamıştır. Aynı zamanda literatürün önemli bir bölümünde, iklim değişikliğine yönelik projeksiyonlar dikkate alındığında, özellikle turizm faaliyetlerine yönelik ekonomik etkilerin öngörülmesinde uzun vadeli indeks uygulamalarına olan ihtiyacın giderek arttığına da vurgu yapılmıştır (Amelung vd., 2007; ONERC, 2009; Amelung ve Moreno, 2012; Dubois, vd., 2016). Zeydan vd. (2025:3) de; iklim indeksleri aracılığıyla iklim değişikliğinin etkilerinin ölçülebilir olabileceğini belirtmiştir. Aynı zamanda pek çok çalışmada da turizm iklim indeksleri; geleceğe yönelik turizm iklimi kaynak projeksiyonlarının belirlenmesinde kullanılmıştır (Scott vd., 2004; Amelung ve Viner, 2006; Perch-Nielsen vd., 2010; Kubokawa vd., 2014; Fang ve Yin, 2015; Nguyen vd., 2020; El-Masry vd., 2022; Hidayat, 2022; Li ve Chen, 2023).

İklim indeksleri, atmosferik değişkenlikleri nicel olarak ifade edebilmek amacıyla, iki farklı bölge arasındaki meteorolojik parametre farklarına dayalı olarak hesaplanarak, kısa, orta ve uzun vadeli tüm zaman ölçeklerine uyarlanabilmektedir (Amelung vd., 2007; Dubois vd., 2016; Demircan, 2019). Bununla birlikte, bazı metodolojik iyileştirmeler ile iklim indekslerinin, turizm sektöründe karar alma süreçlerini iyileştirmek ve iklim değişikliğini öngörmek açısından faydalı olabileceği vurgulanmıştır (Dubois, 2016:7). Böylelikle; turizm iklim indeksleri kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda; iklimi şekillendiren meteorolojik değişkenlerin mekânsal ve zamansal dağılımının turizm faaliyetlerinin yoğunluğu, yönelimi ve sürdürülebilirliği üzerindeki etkileri detaylı biçimde analiz edilmiştir (Scott vd., 2004; Gómez-Martín, 2006). Bu anlamda, iklim

indeksleri; CBS ile birlikte de farklı ölçek ve özelliklerdeki iklim çalışmaları bağlamında kullanılmıştır (Prodanova vd., 2024:2).

Genel dünya turizmi için geliştirilen ilk ve en yaygın olarak uygulanan Turizm İklim İndeksi (Mieczkowski, 1985:220) ile birlikte birçok yeni çalışmada, belirli iklim koşullarını ve turizmi değerlendirmek için farklı iklim indeksleri ve yaklaşımları da geliştirilmiştir (De Freitas vd., 2008; Lemesios, vd., 2024). Öyle ki literatürün önemli bir bölümünde de, TCI indeksinin sıklıkla kullanıldığı vurgulanmıştır (Deniz, 2001; Scott vd., 2004; Amelung ve Viner, 2006; Amelung ve Nicholls, 2014; Alonso-Pérez vd., 2021; Efe vd., 2022; Adıgüzel vd., 2022). Literatürde sıklıkla geçen iklim indekslerine ilişkin genel başlıklar Tablo 1. de sunulmuştur.

Tablo 1: Literatürde sıklıkla geçen iklim indekslerine ilişkin genel başlıklar

İndeks Adı	Yazar ve Yayınlanma Yılı
Turizm İklim İndeksi (TCI)	Mieczkowski, 1985:220
Plaj İklim İndeksi (BCI)	Morgan vd., 2000: 41
İkinci Nesil Turizm İklim İndeksi (CIT)	De Freitas vd.,2008: 399
TCI ve CIT temelinde turizm iklim endeksi (MCIT)	Yu vd., 2009: 551
Evrensel Termal İklim İndeksi (UTCI)	Bröde vd., 2012
Tatil İklim Endeksi (HCI)	Tang, 2013:86; Scott vd., 2016:5
Göreceli İklim İndeksi (RCI)	Li vd., 2018
Kamp İklim İndeksi (CCI)	Ma vd., 2020
Kayak İklim İndeksi (SCI)	Demiroglu vd., 2021
Kentsel İklim Konfor İndeksi (UCCI)	Kapetanakis vd., 2022

Bu kapsamda “Turizm iklim indeksleri” konulu çalışmaların Scopus veri tabanı özelinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilgili konuya ilişkin literatür; yayın büyüme oranları, etkin yazar-ülke-dergi dağılım oranları, kurum iş birlikleri, atıf eğilimleri ve anahtar kelime sıklıkları gibi ölçütler çerçevesinde nicel olarak bibliometrik bir yaklaşımla analiz edilmiştir.

YÖNTEM

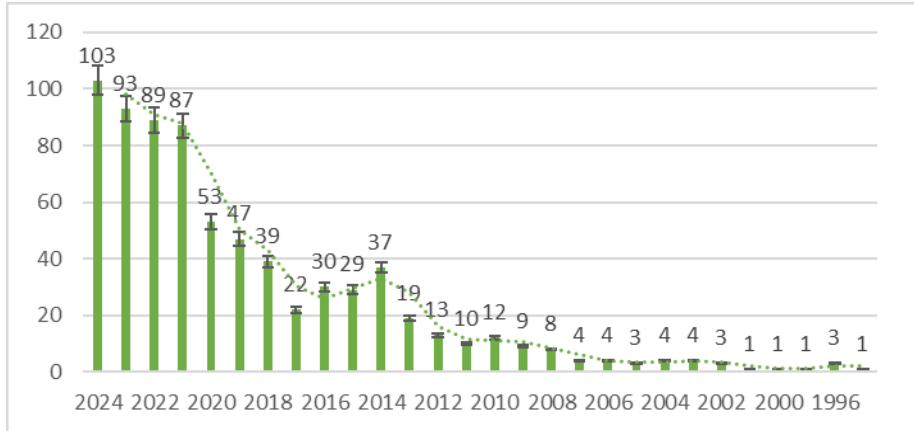
Çalışmada Scopus, bibliyometrik verileri elde etmek için birincil kaynak olarak hizmet etmiştir (Sundar ve Gurupandi, 2024:180). Veri tabanı seçiminde; çeşitli bilimsel alanlarda kullanım için yaygın olarak kabul görmesi ile uluslararası erişime sahip güvenilirlik durumu (Herrera-Franco vd., 2020:7) etkili olmuştur. Bu kapsamda, 2024 yılsonu temelinde toplam 730 adet çalışma birincil veri kaynağı olarak ele alınmıştır.

İlgili konunun yıl bazında gelişme eğilimi, belge türü, yayım dili, temel bilim alanı, en çok katkıda bulunan ülke-yazar-kurum-dergi dağılımı, anahtar kelime sıklığı ve yazar iş birliklerine ilişkin durum bibliometrik yaklaşımla sayısal göstergeler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Öyle ki bibliometrik analiz; Van Eck ve Waltman (2010:525)'ın da belirttiği gibi; çalışmalar arasındaki kalıpları, eğilimleri, eksiklikleri ve ilişkileri ortaya koyarak, temel araştırma alanlarına dair önemli ön görüler sunmada etkili bir tekniktir. Bu doğrultuda, Scopus veri tabanı tarafından arşivlenen veriler, Excel ve VOSviewer programları aracılığıyla görselleştirilerek, çeşitli çıkarımlar elde edilmiştir. Ülkeler arası iş birlikleri, ortak yazar ve anahtar kelime ağ haritaları, VOSviewer aracılığıyla geliştirilen görselleştirmelerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

TURİZM İKLİM İNDEKSLERİ KONULU AKADEMİK YAYINLARIN EĞİLİMLERİ

İlgili Konulu Akademik Yayınların Yıl Bazında Gelişme Eğilimi

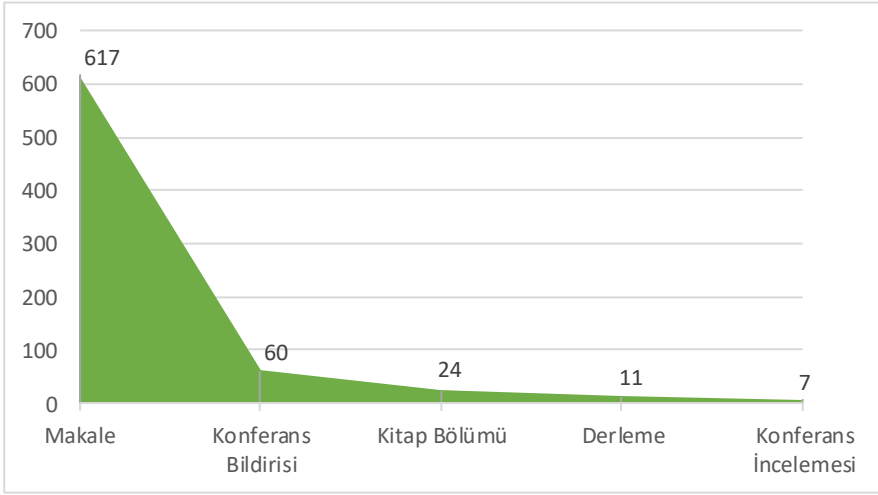
Turizm iklim indeksleri konusunda 1985 yılında yayımlanmış ilk yayından sonra devamındaki diğer çalışma 1995 yılında hazırlanmıştır. Bu çalışmadan itibaren, 2007 yılsonuna kadarki süreçte yavaş bir büyüme eğilimi saptanmıştır. 2008-2015 arası dönemde ise büyüme eğilimi hızlanmakla birlikte, özellikle 2014'lerin başından bu yana son on yıllık zaman içinde yayın aktivitesinde önemli bir artış görülmüştür. Öyle ki 2014'den itibaren yapılan çalışmalar toplamın % yaklaşık % 86,1'ni karşılamıştır. 2019 yılından itibaren de turizm iklim indeksleri konusundaki araştırma çıktılarında istikrarlı bir büyüme eğiliminin olduğu gözlemlenmiştir. En fazla çalışma ise 103 adet ile 2024 yılında yapıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 1).



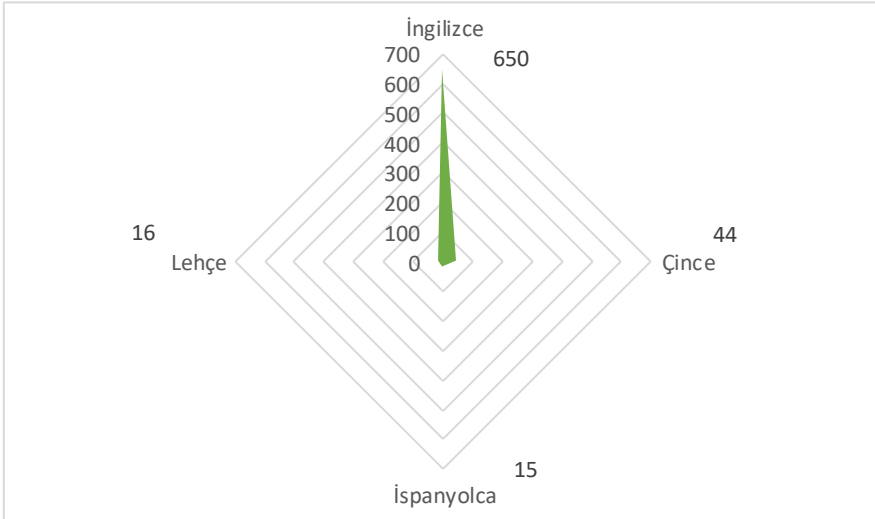
Şekil 1. Yıllara göre turizm iklim indeksleri konulu yayınların gelişme durumu

İlgili Konulu Akademik Yayınların Belge Türü, Yayın Dili ve Temel Bilim Alanı Dağılım Durumları

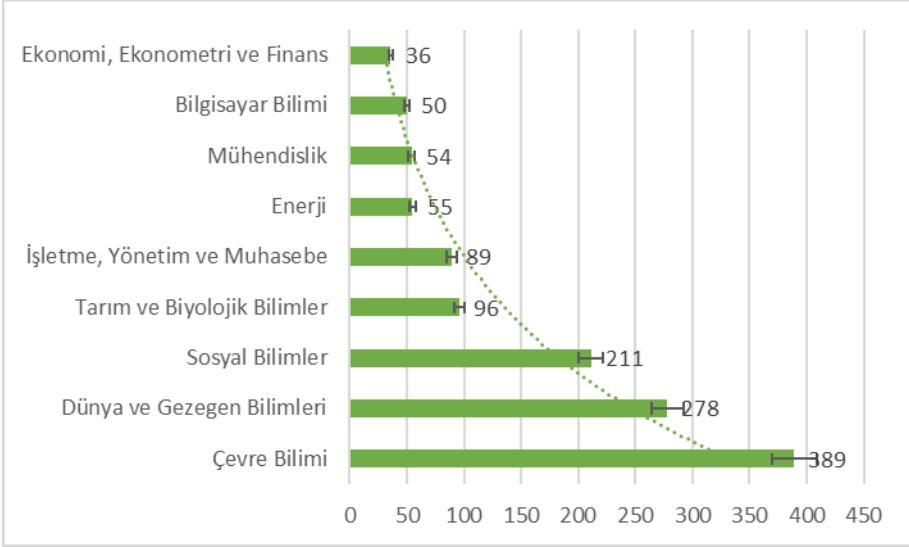
Turizm iklim indeksleri konusundaki toplam 730 adet çalışmanın 617 adeti gibi çok büyük bir bölümü araştırma makalelerinden oluşmakta olup, bunu konferans bildirileri ile kitap bölümlerinin izlediği görülmektedir (Şekil 2). Çalışmaların büyük oranda İngilizce (%84) yazıldığı ve bunu Çince, İspanyolca ve Lehçe dillerinin izlediği görülmektedir (Şekil 3). İlgili konunun farklı temel bilim alanları alanında ele alındığı, bununla birlikte; sıklıkla da çevre, dünya ve gezegen bilimleri ile sosyal bilimler alanında yoğunlaştığı saptanmıştır (Şekil 4).



Şekil 2: İlgili konulu akademik yayınların belge türü dağılımı



Şekil 3: İlgili konulu akademik çalışmaların yayımlanma dili dağılımı

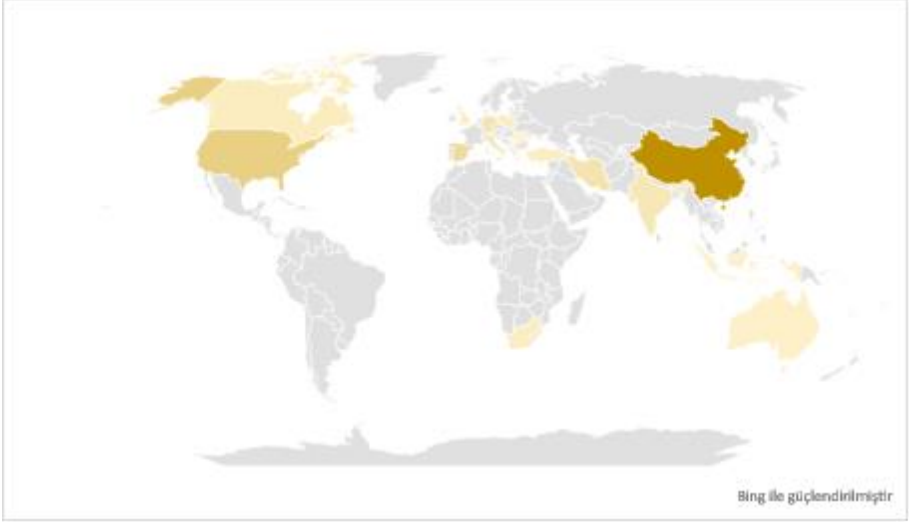


Şekil 4: İlgili konulu akademik çalışmaların temel bilim alanı çerçevesinde dağılımı

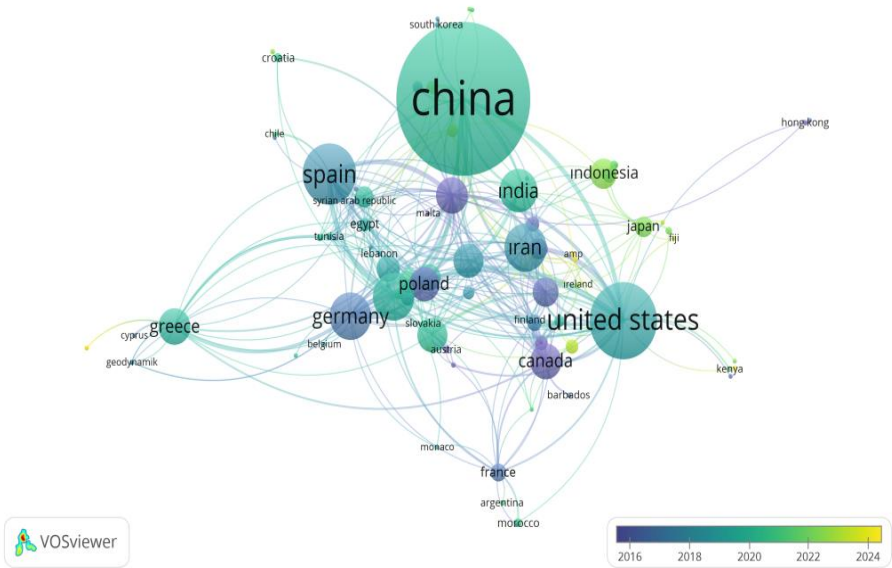
İlgili Konulu Akademik Yayınların Ülke, Yazar, Dergi ve Araştırma Kurumları Dağılımı

Harita grafikte; en fazla yayına sahip 20 ve üzeri yayın sayısına sahip ilk 17 ülke yer almıştır. Bunların, toplam turizm iklim indeksleri konulu yayınların %97,1'ini oluşturduğu saptanmıştır (n = 709). Çin, ilgili konuya yönelik araştırma çıktısında 172 adet çalışma ile lider konumda yer almıştır. Onu ABD (63 adet) ve İspanya (55 adet) izlemiştir. Türkiye ise 27 adet yayınla onuncu sırada alana katkı sağlamıştır. Avrupa ülkelerinde (İspanya, İtalya, Yunanistan, Polonya, Avustralya) yürütülen çalışmaların da belirgin bir üstünlüğü olduğu görülmüştür (Şekil 5).

Şekil 6.'da 2016'dan 2024'e kadarki süreçte ülkelerin ortak işbirliği haritası yer almıştır. Buna göre; ülkeler genelinde turizm iklim indeksleri üzerine hazırlanan aktif araştırmaların ortalama yılının 2016'da başladığını göstermektedir. Farklı renkler farklı kümeleri gösterirken, dairelerin boyutu yayın sayısını, çizgilerin kalınlığı da ülkelerin bağlantı gücünü temsil etmiştir. Buna göre Çin önemli bir konumda yer almıştır. Çin'in başlıca ortakları ABD olmuştur. İspanya, İran ve Almanya'da ilgili alandaki diğer işbirlikçi öncü ülkeler arasında yer almıştır. Son zamanlarda da Endonezya ve Japonya arasında işbirlikleri görülmeye başlanmıştır.

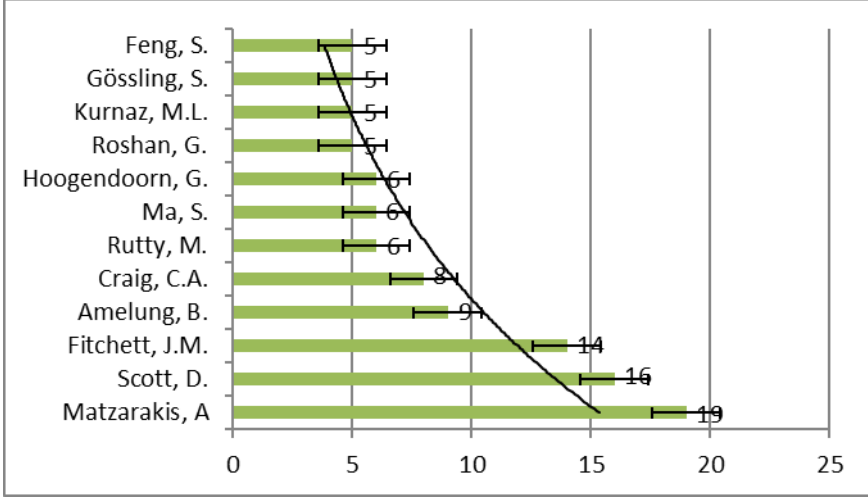


Şekil 5: Ülkelere göre ilgili konulu çalışmaların dağılımı

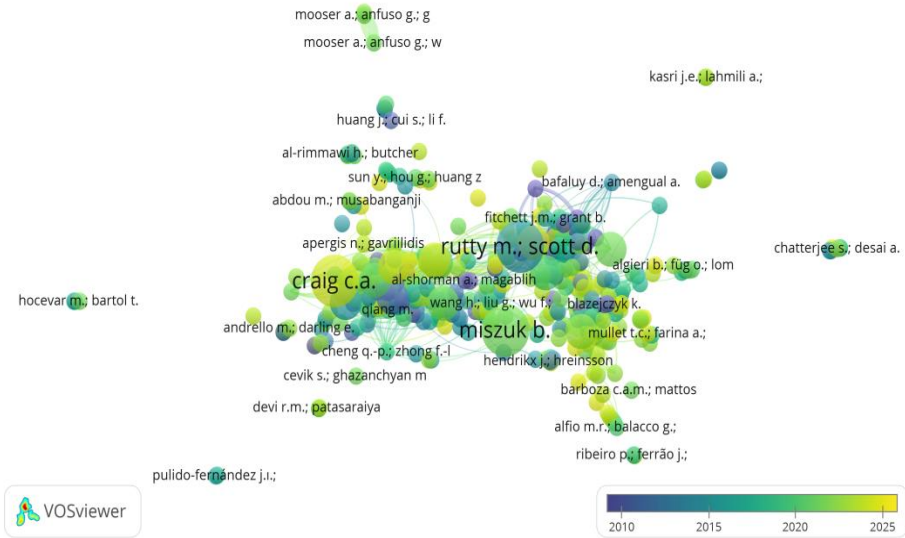


Şekil 6: Ülkelerin bibliyografik bağlantı ağı görselleştirilme haritası

İlgili konuda önde gelen ilk on yazar arasında n=19 yayınlanmış makalesi olan Matzarakis, A., n = 16 makalesi olan Scott, D. ve n = 14 makalesi olan Fitchett, J.M. yer almaktadır (Şekil 7). İşbirliklerinin ise Scott, D. ile Rutty, M. etrafında yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 8).



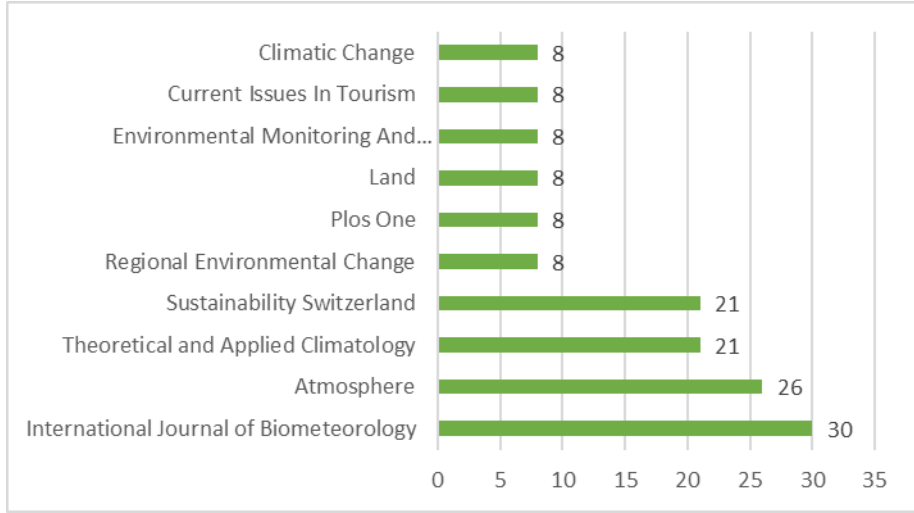
Şekil 7: İlgili konulu çalışmalara ilişkin en etkin 10 yazar dağılımı



Şekil 8: Yazarların bibliyografik bağlantı ağı görselleştirilme haritası

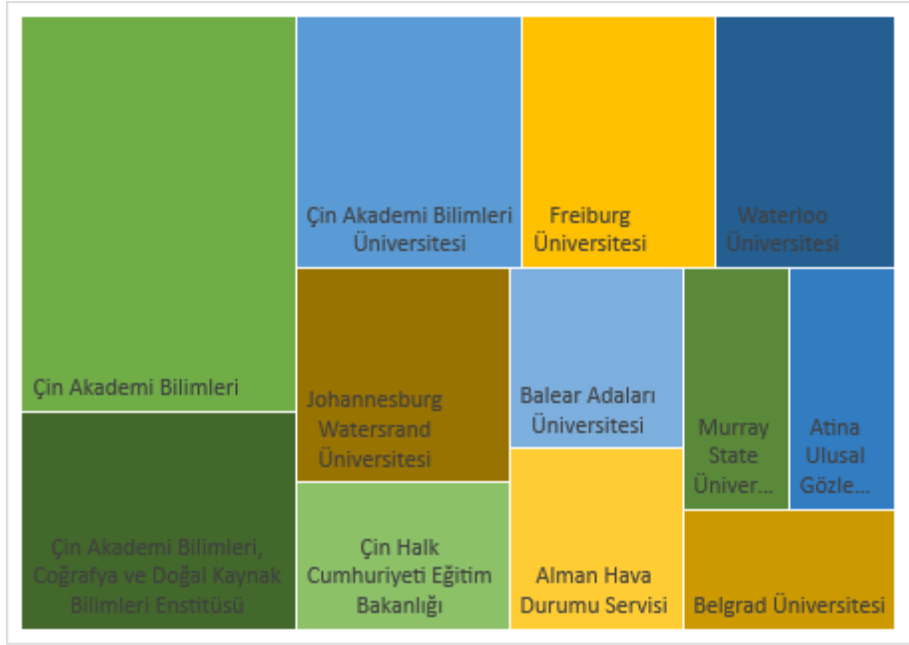
Bu alandaki en önemli dergiler, “International Journal of Biometeorology” (30 makale), “Atmosphere” (26 makale) ve “Theoretical and Applied Climatology” (21 makale) olmuştur (Şekil 9). Bu dergilerin, iklim odaklı atmosfer ve meteoroloji konusu üzerine odaklandığını göstermiştir. Bu durum, iklim ve turizm arasındaki ilişkiyi destekler niteliktedir Aynı zamanda bu dergilerin SCIE veri tabanında taranan dergiler olması ilgili konunun önemini ve etki değerinin fazla oluşunu desteklemektedir.

1”



Şekil 9: İlgili konulu çalışmalara ilişkin en etkin 10 dergi dağılımı

Şekil 10, turizm iklim indeksleriyle ilgili en fazla belgeye sahip ilk 10 kurumu göstermektedir. En fazla belgeye sahip kuruluşlar içinde; Çin Akademi Bilimleri (38 adet), Çin Akademi Bilimleri Üniversitesi (20 adet), Çin Akademi Bilimleri, Coğrafya ve Doğal Kaynak Bilimleri Enstitüsü (16 adet) ve Çin Halk Cumhuriyeti Eğitim Bakanlığı (11 adet) olmuştur. Bu durum, özellikle Çin’in ilgili konunun bilimsel gelişiminde lider ülke durumunda olduğunu desteklemektedir.



Şekil 10: İlgili konuda yayın yapan en üretken ilk 10 araştırma kurumu

Atıf Analizi

Tablo 2, ilgili konuda en fazla atıf alan ilk on yayını göstermektedir. Buna göre, en fazla atıf Mieczkowski'nin 1985 yılında hazırladığı “The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism” başlıklı çalışması olmuştur. Buna karşın, en çok atıf alan makalelerin son on beş yılda yayınlandığı görülmüş olup, bu durum turizm iklim indekslerine olan ilginin arttığını göstermektedir. En çok atıfın yayımlandığı dergiler “International Journal of Biometeorology, Climate Change ve Atmosphere” olmuştur. Atıf analizinde, belgelerin çoğunun turizm iklim indeksleri aracılığıyla iklimsel uygunluk ile iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi çerçevesinde yoğunlaştığı görülmüştür.

Tablo 2: Turizm iklim indeksleri konusunda en fazla atıf alan ilk on yayın

Konu başlığı, yazar ve yayım yılı	Yayın Yeri	Atıf Sayısı
The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism/ Mieczkowski, Z. /1985	Canadian Geographer	456
A second-generation climate index for tourism (CIT): Specification and verification/De Freitas, C.R., Scott, D., McBoyle, G./2008	International Journal of Biometeorology	272

An inter-comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in Europe/ Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., Tang, M./2016	Atmosphere	148
Future climate resources for tourism in Europe based on the daily tourism climatic index/Perch-Nielsen, S.L., Amelung, B., Knutti, R./2010	Climatic Change	129
A weather-resolving index for assessing the impact of climate change on tourism related climate resources/Yu, G., Schwartz, Z., Walsh, J.E./2009	Climatic Change	93
An Inter (HCI:Beach) and the tourism climate index (TCI) to explain canadian tourism arrivals to the Caribbean/Rutty, M., Scott, D., Matthews, L., Burrowes, R., Trotman, A., Mahon, R., Charles, A./2020	Atmosphere	88
The vulnerability of beach tourism to climate change-an index approach /Perch-Nielsen, S.L./2010	Climatic Change	86
Relative climate index and its effect on seasonal tourism demand/ Li, H., Goh, C., Hung, K., Chen, J.L./2018	Journal of Travel Research	71
The camping climate index (CCI): The development, validation, and application of a camping-sector tourism climate index/Ma, S., Craig, C.A., Feng, S./2020	Tourism Management	65
Long-term trends in tourism climate index scores for 40 stations across Iran: the role of climate change and influence on tourism sustainability/Roshan, G., Yousefi, R., Fitchett, J.M./2016	International Journal of Biometeorology	61
Risk assessment of precipitation and the tourism climate index/Olya, H.G.T., Alipour, H. /2015	Tourism Management	61

Kaynak: <https://www.scopus.com/>

Anahtar Kelime Sıklığı

İlgili konudaki 730 adet çalışmadaki anahtar kelimelerin geçme sıklıkları dikkate alındığında; en çok iklim değişikliği (263 adet) ve turizm (224 adet) kelimelerinin yer aldığı görülmüştür. Bu durum turizm iklim indekslerinin daha çok iklim değişikliği süreci ile ilişkilendirildiğini göstermektedir. Çin kelimesinin de ilk üç sırada yer alması da Çin'in ilgili konudaki lider ülke durumunu destekler niteliktedir (Tablo 3). Şekil 11, 2014'den 2024'e kadar kullanılan anahtar kelimelere göre trend konularının ağ haritasını göstermektedir. Gösterge, mevcut yayınları mordan sarıya göstermektedir Buna göre, iklim değişikliği, iklim konforu ve Çin'in birçok

SONUÇ

Bu çalışma, bibliyometrik analiz yoluyla turizm iklim indeksleri üzerine yapılan araştırmaların; niceliksel olarak temel kalıplarını ve eğilimlerini belirleyerek, gelecekteki araştırmalara rehberlik edecek öngörüler sunma potansiyeline sahiptir. Öyle ki bibliyometrik çalışmalar Donthu vd. (2021:285)'nin de belirttikleri gibi; ilgili konuda tek elden genel bir bakış elde etmek, bilgi boşluklarını belirlemek ve alana yönelik amaçlanan katkıların konumlandırılmasını sağlamak için araçlardır. Donthu vd. (2021:285)'nin belirttikleri bu durum, bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Sonuçlar, ilgili konuya yönelik bilimsel ilginin giderek hacimsel ve disiplinler açısından artış eğiliminde olduğunu, ağırlıklı olarak bazı ülkelerde yoğunlaştığını ve Çin'in yayın sayısında lider konumda olduğunu ortaya koymaktadır. Bu artış eğilimi, literatürde ilgili konunun yaygınlaştığını vurgulayan birçok çalışma sonucunu destekler niteliktedir (Fang ve Yin 2015; Roshan vd., 2016; Noome ve Fitchett 2019; Gao vd., 2022). Bununla birlikte en etkin araştırma kurumlarının da Çin Akademi Bilimleri (38 adet), Çin Akademi Bilimleri Üniversitesi (20 adet), Çin Akademi Bilimleri, Coğrafya ve Doğal Kaynak Bilimleri Enstitüsü (16 adet) etrafında yoğunlaştığı görülmüştür.

İlgili konuda önde gelen en üretken yazar Matzarakis, A olurken; en fazla sayıda atıf alan yazar Mieczkowski, Z. olmuştur. İlgili konunun çevre bilimleri temel alanı etrafında yoğunlaştığı, bu alanda da “International Journal of Biometeorology”, “Atmosphere” ve “Theoretical and Applied Climatology” gibi akademik dergilerin öne çıktığı görülmüştür. Bu dergilerin etki değerinin yüksek olması da ilgili konunun uluslararası literatürde dikkat çektiğini göstermektedir. Anahtar kelimelerin “iklim değişikliği, iklim konforu ve Çin” kavramları temelinde yoğunlaşması da, birçok çalışmada vurgulanan iklim değişikliği sürecinde indeks temelli yaklaşımların önemini destekleyen birçok çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir (Amelung vd., 2007; ONERC, 2009; Amelung ve Moreno, 2012; Dubois, vd., 2016; Zeydan vd., 2025). Aynı zamanda en çok atıf alan belgelerin de; çoğunun turizm iklim indeksleri aracılığıyla iklimsel uygunluk ile iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi çerçevesinde yoğunlaştığı görülmüştür.

Bütün bu sonuçlar, Scopus özelinde turizm iklim indekslerinin iklimsel uygunluğu değerlendirme araçları olarak literatürde artan bir düzeyde ele alındığını göstermiştir. Gelecekteki araştırmalar, bu kitap bölümünde benimsenen yaklaşımı izleyerek farklı veri tabanları özelinde de incelemeyi genişletebilir.

REFERANSLAR

- Adiguzel, F., Bozdogan Sert, E., Dinc, Y., Cetin M., Gungor S., Yuka P., Sertkaya Dogan O., Karakaya K., Vural, E. (2022). Determining the relationships between climatic elements and thermal comfort and tourism activities using the tourism climate index for urban planning: a case study of Izmir Province: Tourism climate index for urban planning. *Theoretical and Applied Climatology*, 147, 3-4, 1105 – 1120.
- Alipour, H., Olya, H. G. T., Hassanzadeh, B., Rezapouraghdam, H. (2017). Second home tourism impact and governance: Evidence from the Caspian Sea region of Iran. *Ocean & Coastal Management*, 136, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.12.006>.
- Alonso-Pérez, S., López-Solano, J., Rodríguez-Mayor, L., Márquez-Martinón, J.M. (2021). Evaluation of the Tourism Climate Index in the Canary Islands. *Sustainability*, 13, 7042. <https://doi.org/10.3390/su13137042>.
- Amelung, B. ve Nicholls, S. (2014). Implications of climate change for tourism in Australia. *Tour. Manag.* 41, 228–244.
- Amelung, B., Nicholls, S., Viner, D. (2007). Implications of global climate change for tourism flows and seasonality. *Journal of Travel Research*, 45 (3), 285–296.
- Amelung, B. ve Moreno, A. (2012). Costing the impact of climate change on tourism in Europe. Results of the PESETA project. *Clim. Chang.*, 112(1), 83–100.
- Amelung, B. ve Viner, D. (2006). Mediterranean tourism: exploring the future with the tourism climatic index. *J Sustain Tour.* 14, 349–366. <https://doi.org/10.2167/jost549.0>.
- Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., & Havenith, G. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 481–494. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>
- Cao, K. ve Gao, J. (2022). Assessment of climatic conditions for tourism in Xinjiang, China. *Open Geosciences*.14, 382–392.
- Coombes, E.G.ve Jones, A.P. (2010). Assessing the Impact of Climate Change on Visitor Behaviour and Habitat Use at the Coast: A UK Case Study. *Glob. Environ. Chang.* 20, 303–313.
- De Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1), 45–54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>.
- De Freitas, CR., Scott D., McBoyle, G. (2008). A second-generation climate index for tourism (CIT): Specification and verification. *Int J Biometeorol*, 52, 399–407. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>.
- Demircan, M. (2019). *Sıcaklık verilerindeki kırılma tarihleriyle iklim indekslerinin ilişkisi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demiroglu, OC., Turp, MT., Kurnaz, ML., Abegg, B. (2021). The ski climate index (SCI): fuzzification and a regional climate modeling application for Turkey. *Int J Biometeorol*, 65, 763–777. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01991-0>.

- Deniz, A. (2011). An examination of the tourism climate index in Turkey. *Fresenius Environ. Bull.*, 20, 1414–142.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, WM. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *J. Bus. Res.*, 133, 285–296.
- Dubois, G., Ceron, J.P., Dubois, C., Frias, M.D., Herrera, S. (2016). Reliability and usability of tourism climate indices. *Earth Perspectives*, 3(2), 2-8. [10.1186/s40322-016-0034-y](https://doi.org/10.1186/s40322-016-0034-y)
- Efe, B., Gözet, E., Özgür, E., Lupo, A.R., Deniz, A. (2022). Spatiotemporal variation of tourism climate index for Türkiye during 1981–2020. *Climate*, 10, 151. <https://doi.org/10.3390/cli10100151>.
- El-Masry, EA., El-Sayed, MK., Awad, MA., El-Sammak, AA., Sabarouti, MAE. (2022). Vulnerability of tourism to climate change on the Mediterranean coastal area of El Hammam–EL Alamein. *Egypt Environ Dev Sustain.* 24, 1145–1165. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01488-9>
- Fang, Y. ve Yin, J. (2015). National assessment of climate resources for tourism seasonality in china using the tourism climate index. *Atmosphere*, 6(2), 183–194. <https://doi.org/10.3390/atmos6020183>
- Gao, C., Liu, J., Zhang, S., Zhu, H., Zhang, X. (2022). The coastal tourism climate index (CTCI): development, validation, and application for Chinese coastal cities. *Sustainability*, 14(3), 2-18. <https://doi.org/10.3390/su14031425>.
- Gómez-Martín, M. (2006). Climate potential and tourist demand in catalonia (spain) during the summer season. *Clim. Res.*, 32, 75–87.
- Herrera-Franco, G., Montalván-Burbano, N., Carrión-Mero, P., Apolo-Masache, B., Jaya-Montalvo, M. (2020). Research trends in geotourism: a bibliometric analysis using the scopus database. *Geosciences*, 10, 2-29.
- Hidalgo-García, D. ve Rezapouraghdam, H. (2023). Variability of heat stress using the UrbClim climate model in the city of Seville (Spain): mitigation proposal. *Environ Monit Assess*, 195, 1164, 2-26.
- Hidalgo-García, D., Founda, D., Rezapouraghdam, H. (2025). Spatiotemporal variability of the Universal Thermal Climate Index during heat waves using the urbclim climate model: implications for tourism destinations. *Urban Climate*, 59, 102281, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102281>.
- Hidayat, NM. (2022). Analysis and determination of tourism climate index (TCI) in East Nusa Tenggara. *J Meteorol Geo*, 23, 57–63.
- Kapetanakis, D., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y. (2022). Weather preferences for urban tourism: an empirical study in the greek capital of Athens. *Greece Atmos*, 13(2), 282. <https://doi.org/10.3390/atmos13020282>.
- Kubokawa, H., Inoue, T., Satoh, M. (2014). Evaluation of the tourism climate index over Japan in a future climate using a statistical downscaling method. *J Meteorol Soc Jpn*, 92, 37–54. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2014-103>.
- Lavanya, B., Rajkumar, A.D. (2024). Bibliometric insights on mapping the landscape of cybersecurity: Uncovering the research potential in banking industry. *Multidisciplinary Reviews*, 7(6), 2024113.
- Lemesios, I., Varotsos, K.V., Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Kapetanakis, D., Mirasgedis, S., Gakis, N., Giannakopoulos, C. (2024). Effects of Climate Change on the Future Attractiveness of Tourist Destinations in Greece. *Atmosphere*, 15(10), 1185; <https://doi.org/10.3390/atmos15101185>.

- Li, H., Goh, C., Hung, K., Chen, J. (2018). Relative climate index and its effect on seasonal tourism demand. *J Travel Res*, 57(2), 178–192. <https://doi.org/10.1177/0047287516687409>.
- Li, R. ve Chi, X. (2014). Thermal comfort and tourism climate changes in the Qinghai-Tibet Plateau in the last 50 years. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(3–4), 613–624. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1027-5>
- Li, W. ve Chen, X. (2023). Evaluation of tourism climate resources in taishan scenic spot. *SHS Web Conf.* 154, 01016. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202315401016>.
- Li, Y., Zhang, S., Han, J., Zhao, Y., Han, Q., Wu, L., Wang, X., Qiu, Z., Zou, T., & Fan, C. (2022). A study of the temporal and spatial variations in the suitability of the environment in Chinese cities for tourism and in strategies for optimizing the environment. *International Journal of Digital Earth*, 15(1), 527–552. <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2041117>.
- Ma, S., Craig, CA., Feng, S. (2020). The camping climate index (CCI): The development, validation, and application of a camping-sector tourism climate index. *Tour Manag*, 80, 104105. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104105>.
- Mahmoud, D., Gamal, G., & Abou El Seoud, T. (2019). The potential impact of climate change on hurghada city, egypt, using tourism climate index. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 25(2), 496–508. <https://doi.org/10.30892/gtg.25218-376>.
- Matzarakis, A. (2006). Weather-and Climate-Related Information for Tourism. *Tour. Hosp. Plan. Dev.*, 3, 99–115.
- Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer*, 29(3), 220–233. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>.
- Morgan, R., Gatell, E., Junyent, R., Micallef, A., Özhan, E., Williams, AT. (2000). An improved user-based beach climate index. *J Coast Conserv*, 6, 41– 50. <https://doi.org/10.1007/BF02730466>.
- Noome, K., Fitchett, JM. (2019). An assessment of the climatic suitability of Afriski mountain resort for outdoor tourism using the tourism climate index (TCI). *J Mt Sci*, 16, 2453–2469. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5725-z>.
- Nguyen, TN., Pham, HH., Pham, VM., Nguyen, MH. (2020). Tourism climate index on the co to Islands of quang ninh province Vietnam. *J Marine Sci Technol*. 20, 255–266. <https://doi.org/10.15625/1859-3097/20/3/15250>.
- Olya, H.G.T., Alipour, H. (2015). Risk assessment of precipitation and the tourism climate index. *Tourism Management*, 50, 73–80.
- ONERC, (2009). *Changement climatique: coûts des impacts et pistes d'adaptation*. Rapport au Premier ministreet au Parlement. La Documentation française, Paris.
- Perch-Nielsen, S.L. (2010). The vulnerability of beach tourism to climate change-an index approach. *Climatic Change*, 100(3), 579–606.
- Perch-Nielsen, SL., Amelung, B., Knutti, R. (2010). Future climate resources for tourism in Europe based on the daily tourism climatic index. *Clim Change*, 103, 363–381. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9772-2>.

- Petrou, I. ve Kassomenos, P. (2025). Spatiotemporal analysis of holiday climate index for urban and beach destinations in Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 156, 27. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05310-0>
- Prodanova, H., Nedkov, S., Petrov, G. (2024). GIS-based modelling of landscape patterns in mountain areas using climate indices and regression analysis. *Environmental Modelling & Software*, 180,1-15. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106160>.
- Roshan, G., Yousefi, R., Fitchett, J.M. (2016). Long-term trends in tourism climate index scores for 40 stations across Iran: the role of climate change and influence on tourism sustainability. *International Journal of Biometeorology*, 60(1), 33–52.
- Rutty, M., Scott, D., Matthews, L., Burrowes, R., Trotman, A., Mahon, R., Charles, A. (2020). An inter (HCI:Beach) and the tourism climate index (TCI) to explain canadian tourism arrivals to the Caribbean. *Atmosphere*, 11(4), 412, <https://doi.org/10.3390/atmos11040412>.
- Scott, D., McBoyle, G., Schwartzentruber, M. (2004). Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate Research*, 27(2), 105-117.
- Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., Tang, M. (2016). An inter-comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in Europe. *Atmosphere*, 7(6), 2-17. <https://doi.org/10.3390/atmos7060080>.
- Sundar, S. ve Gurupandi, M. (2025). Exploring strategic entrepreneurship research: a comprehensive decadal bibliometric analysis. *International Review of Management and Marketing*, 15(1), 179-192.
- Tang, M. (2013). *Comparing the 'tourism climate index' and 'holiday climate index' in major European urban destinations*. University of Waterloo.,122p. <http://hdl.handle.net/10012/7638>.
- Van Eck, N.J. ve Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538, 10.1007/s11192-009-0146-3.
- Yang, J., Zhang, Z., Li, X., Xi, J., Feng, Z. (2018). Spatial differentiation of China's summer tourist destinations based on climatic suitability using the Universal Thermal Climate Index. *Theoretical and Applied Climatology*, 134(3–4), 859–874. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2312-5>
- Yu, G., Schwartz, Z., Walsh, JE. (2009). A weather-resolving index for assessing the impact of climate change on tourism related climate resources. *Clim Change*, 95(3–4), 551–573.
- Zeydan, Ö., Zeydan, E., Gürbüz, Ö. (2025). Evaluating climate change effects on coastal tourism over the black sea region by using the summer summer index. *Sustainability*, 17(4), 2-17. <https://doi.org/10.3390/su17041490>.
- Zhong, L., Yu, H., Zeng, Y. (2019). Impact of climate change on Tibet tourism based on tourism climate index. *J. Geogr. Sci.*, 29(12), 2085-2100. <https://doi.org/10.1007/s11442-019-1706-y>.

