



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

KENTSEL ALANLARDA YÜZEY SICAKLIĞINI DÜŞÜRMEYE YÖNELİK DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER AR-GE PROJESİ SONUÇ RAPORU

2024



**KENTSEL ALANLARDA
YÜZEY SICAKLIĞINI DÜŞÜRMEYE YÖNELİK
DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER AR-GE PROJESİ
SONUÇ RAPORU-2024**

Yayın Sahibi

İzmir Kalkınma Ajansı
Megapol Çarşısı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19
35170 Konak/İzmir
Tel : 0232 489 81 81
Faks : 0232 489 85 05
E-posta: bilgi@izka.org.tr

Proje Ekibi

Doç. Dr. Ayşe KALAYCI ÖNAÇ (Proje Yürütücüsü)
Doç. Dr. Sedat YALÇINKAYA
Öğr. Gör. Gökçe GÖNÜLLÜ SÜTÇÜOĞLU

Grafik Tasarım

Orçun ANDIÇ
Hasan Can ÇAKIR

© 2024, İZKA. Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu uyarınca, kullanılmadan önce hak sahibinden 52. maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

Hazırlanmış olan çalışmanın tüm hakları İzmir Kalkınma Ajansı'na aittir. Bu İZKA eserinden kaynak gösterilmek suretiyle alıntı yapılabilir.



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

**KENTSEL ALANLARDA YÜZEY
SICAKLIĞINI DÜŞÜRMEYE YÖNELİK
DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER
AR-GE PROJESİ
SONUÇ RAPORU**

—
2024

Bu rapor İzmir Kalkınma Ajansı tarafından 2023 yılı Teknik Destek Programı kapsamında desteklenen, Çiğli Belediyesi'nin yararlanıcısı olduğu Kentsel Alanlarda Yüzey Sıcaklığını Düşürmeye Yönelik Doğa Tabanlı Çözümler AR-GE Projesi çerçevesinde hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. GİRİŞ	8
1.1. Amaç ve Kapsam	12
1.2. Proje Kapsamında Gerçekleştirilen Faaliyetler	12
1.3. Çalışma Alanının Tanımlanması	13
BÖLÜM 2. MAHALLE DÜZEYİNDE SICAKLIK RİSK ENDEKSİ OLUŞTURMA	16
2.1. Veri Kaynakları	17
2.1.1. Multispektral Landsat Görüntüleri	17
2.1.2. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Verileri	18
2.1.3. Mahalle Sınırları	18
2.1.4. Nüfus Verileri	18
2.2. Yöntem	18
2.2.1. Coğrafi Veritabanı Tasarımı ve Oluşturulması	18
2.2.2. Arazi Yüze Sıcaklıklarının Belirlenmesi	18
2.2.3. Ağaçsızlık Oranlarının Belirlenmesi	19
2.2.4. Nüfus Yoğunluklarının Hesaplanması	19
2.2.5. Girdi Verilerinin Toplanması ve Sıcaklık Risk Endeksinin (RSE) Hesaplanması	19
2.3. Bulgular ve Tartışma	20
2.4. Sonuçlar	24

BÖLÜM 3. MEKÂNSAL UYGUNLUK ANALİZİ VE ALT ÇALIŞMA ALANLARININ BELİRLENMESİ	26
3.1. Yöntem	27
3.1.1. Veri Hazırlığı	27
3.1.2. Verilerin İşlenmesi	27
3.1.3. Kriterlerin Belirlenmesi	29
3.1.4. Kriterlerin Standartlaştırılması ve Ağırlıklarının Belirlenmesi	29
3.1.5. Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması ve Uygunluk Haritasının Oluşturulması	30
3.2. Bulgular	31
3.3. Sonuç ve Değerlendirme	41
BÖLÜM 4. ALT ÇALIŞMA ALANLARI	48
4.1. Alt Çalışma Alanı I (Yaşam Koridoru)	52
4.2. Alt Çalışma Alanı II (8216 No'lu Sokak/Cadde)	53
4.3. Alt Çalışma Alanı III (Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi)	54
BÖLÜM 5. KENTSEL YÜZEY SICAKLIKLARINI DÜŞÜRMEYE YÖNELİK DOĞA TABANLI KENTSEL TASARIM STRATEJİLERİ	56
5.1. İlçe Genelinde Kentsel Yüzey Sıcaklıklarını Azaltmaya Yönelik Stratejiler	57
5.2. Alt Çalışma Alanı I (Yaşam Koridoru) Doğa Temelli Kentsel Tasarım Stratejileri	60
5.3. Alt Çalışma Alanı II (8216 No'lu Sokak/Cadde) Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri	64
5.4. Alt Çalışma Alanı III (Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi) Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri	66
BÖLÜM 6. SONUÇ	68
REFERANSLAR	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1.	Kentsel ısı adaları kavramı bibliyometrik analizi (Vosviewer'da üretilmiştir).	10
ŞEKİL 2.	Çalışma alanının lokasyonu	13
ŞEKİL 3.	Sıcaklık risk endeksinin oluşturulması	17
ŞEKİL 4.	Çiğli arazi yüzey sıcaklığı dağılımı haritası	20
ŞEKİL 5.	Çiğli arazi kullanımı/arazi örtüsü haritası	21
ŞEKİL 6.	Çiğli nüfus yoğunluğu haritası	22
ŞEKİL 7.	Çiğli için mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi haritası.	23
ŞEKİL 8.	Yüzey sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların tespiti için mekânsal uygunluk analizi yöntem akışı	27
ŞEKİL 9.	Normal dağılıma göre değerler	28
ŞEKİL 10.	2013 yılı sıcaklık haritası	31
ŞEKİL 11.	2013 yılı ortalamadan sıcak alanlar haritası	32
ŞEKİL 12.	2013 yılı sıcak noktalar haritası	33
ŞEKİL 13.	10 yıllık ortalama sıcaklık haritası	34
ŞEKİL 14.	2013-2023 yılları arası ortalamadan sıcak alanlar haritası	35
ŞEKİL 15.	2013-2023 yılları arası sıcak noktalar haritası	36
ŞEKİL 16.	Yapı yoğunluğu haritası	37
ŞEKİL 17.	Bitki varlığı haritası	38
ŞEKİL 18.	Sıcak noktalara yakınlık haritası	39
ŞEKİL 19.	Dahil edilecek/hariç tutulacak alanlar haritası	40
ŞEKİL 20.	Mekânsal uygunluk endeksi	41
ŞEKİL 21.	Alt çalışma alanı olarak belirlenmeye uygun alanlar	42
ŞEKİL 22.	Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar	43
ŞEKİL 23.	Uygun alanlar ve Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar	44
ŞEKİL 24.	Uygun alanlar ve Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar detay 1	45
ŞEKİL 25.	Uygun alanlar ve Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar detay 2	46
ŞEKİL 26.	İzmir Kalkınma Ajansı ve Çiğli Belediyesi ile gerçekleştirilen toplantı ve saha çalışmalarından görüntüler	49
ŞEKİL 27.	Alt çalışma alanları lokasyonu	50
ŞEKİL 28.	Mekânsal uygunluk analiz sonuçları ve alt çalışma alanları haritası	50
ŞEKİL 29.	Alt çalışma alanlarının kapsadığı ızgaralar	51
ŞEKİL 30.	Alt çalışma alanı I	52
ŞEKİL 31.	Alt çalışma alanı II	53
ŞEKİL 32.	Alt çalışma alanı III	54
ŞEKİL 33.	Çalışma alanında yer alan odak ekolojik alanlar ve doğal ekolojik koridorlar	57
ŞEKİL 34.	Dere yatağı örnek kesiti	61
ŞEKİL 35.	Doğa ile bütünleşen oyun alanı (Natural Playscapes) örnekleri	62

ŞEKİL 36.	Alt çalışma alanı I'nin mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)	63
ŞEKİL 37.	Parklet örneği	64
ŞEKİL 38.	Öneri yol kesit	65
ŞEKİL 39.	Alt çalışma alanı II'nin mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)	65
ŞEKİL 40.	Alt çalışma alanı III'ün mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)	67
ŞEKİL 41.	Doğa tabanlı çözüm materyalleri	73

TABLOLAR LİSTESİ

TABLO 1.	Proje kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler	12
TABLO 2.	Kriterler, raster oluşturma yöntemleri, fonksiyon ve ağırlıkları	30
TABLO 3.	Uygunluk derecesine göre uygun alanların dağılımı	42
TABLO 4.	Alt çalışma alanları belirlenirken kullanılan kriter değerleri	51
TABLO 5.	İlçe geneli doğa tabanlı planlama stratejileri	70
TABLO 6.	Alt çalışma alanları doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri	71
TABLO 7.	Alt çalışma alanlarında kullanılacak bitki türleri	72
TABLO 8.	Isı adası etkisini azaltmak amacıyla kentsel alanlarda kullanılacak doğa tabanlı çözümler ve malzemeler	73

EŞİTLİKLER LİSTESİ

EŞİTLİK 1.	10 yıllık ortalama sıcaklık haritası oluşturulması	29
EŞİTLİK 2.	Kriter ağırlıkları	29

YÖNETİCİ ÖZETİ

İzmir Kalkınma Ajansı tarafından 2023 yılı Teknik Destek Programı kapsamında desteklenen ve Çiğli Belediyesi'nin yararlanıcı olduğu "Kentsel Alanlarda Yüzey Sıcaklığını Düşürmeye Yönelik Doğa Tabanlı Çözümler Ar-Ge Projesi", İzmir ili Çiğli ilçesinde yüzey sıcaklığı artışını azaltmaya yönelik doğa tabanlı çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında Çiğli ilçesinde mahalle düzeyinde Sıcaklık Risk Endeksi (SRE) oluşturulması hedeflenmiştir. Sıcaklık risk endeksi; arazi yüzey sıcaklığı, ağaçsızlık oranı ve nüfus yoğunluğu olmak üzere üç temel veriye dayalı olarak hesaplanmıştır. Bu endeks, mahalle düzeyinde sıcaklık riskini belirlemek için kullanılmış, olup özellikle nüfusun yoğun olduğu ve ağaçsız alanların fazla bulunduğu bölgelerde yüksek riskler tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan veriler, multispektral Landsat görüntüleri, ESA Sentinel-2 verileri, Çiğli Belediyesi tarafından sağlanan mahalle sınırları ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan nüfus verileridir. Arazi yüzey sıcaklıkları ve ağaçsızlık oranları detaylı analiz edilerek sıcak noktalar belirlenmiş, bu analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı ArcGIS Pro 2.5 ile gerçekleştirilmiştir. Raporda elde edilen bulgular, Çiğli'deki yüzey sıcaklıklarının kentleşme, ormanlık alanlar ve deniz etkisi gibi faktörlerle önemli mekânsal değişiklikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, ilçenin sıcaklık riskinin yüksek olduğu alanları mahalle düzeyinde belirlemeye yardımcı olmuş ve ilçedeki sıcaklık riskinin büyük ölçekli bir ön analizini sağlamıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında mekânsal uygunluk analizi kullanılarak, kentsel alanlarda yüzey sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygun alanların seçimi için, yapı yoğunluğu, 10 yıllık ortalama sıcaklık, bitki varlığı ve sıcak noktalara yakınlık kriterleri dikkate alınmıştır. Analizler sonucunda ortaya çıkan uygun alanlardan Atatürk Organize Sanayi Bölgesi sınırları içinde olanlar değerlendirme dışı tutulmuştur. Bununla birlikte; nihai olarak doğa temelli tasarım için en uygun alanların belirlenmesi

için uygun alanlar ile Çiğli Belediyesi yetkisinde olan alanlar (yeşil alanlar, belediye hizmet alanları, mülkiyeti belediyede olan alanlar, meydanlar) çakıştırılmış ve haritalandırılmıştır. Bu süreç, sıcaklık sorununu hafifletmek için stratejik alanların tespit edilmesini sağlamıştır.

Üçüncü aşamada, mekânsal uygunluk analizlerinin sonuçları Çiğli Belediyesi yetkileri ile değerlendirilmiş ve yapılan toplantılar neticesinde üç alan daha detayda çalışılması için alt çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Alt çalışma alanlarına yönelik geliştirilen kentsel tasarım stratejilerinin, ilçe genelinde kent ekosisteminin işlerliğine katkı sağlayacak nitelikte olması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında ilk olarak ilçe genelinde doğa tabanlı planlama stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejiler çerçevesinde, ilçe sınırları içinde ve yakın çevresinde yer alan ekolojik odak alanlar tespit edilmiş ve bu alanlar arasında ekolojik koridorların oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca, kentin doğal peyzaj değerlerinin korunması ve yeşil altyapı planlaması yoluyla ekosistem işlevlerinin yeniden canlandırılması hedeflenmiştir. Bu aşamada, biyolojik çeşitliliği artırmak, kentsel mikroklimayı iyileştirmek ve su yönetimini desteklemek amacıyla çeşitli yeşil altyapı unsurlarının bütüncül bir yaklaşımla kentsel dokuya entegre edilmesi planlanmıştır. Ek olarak, geçirgen yüzeyler, su tutma alanları ve yerel bitki türlerinin kullanımıyla kentsel dirençliliğin artırılması da amaçlanmıştır. Bu kapsamda belirlenen stratejiler, yüzey sıcaklıklarının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve kentsel alanların iklim değişikliğine uyum sağlamasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Sonraki aşamada, ilçe genelinde geliştirilen doğa tabanlı planlama stratejilerinin uygulanabilirliğini artırmak ve kent ekosistemine katkısını somutlaştırmak amacıyla, belirlenen alt çalışma alanlarına yönelik detaylı kentsel tasarım yaklaşımları geliştirilmiştir. Birinci alt çalışma alanı, Atatürk Organize Sanayi Bölgesi ile kent yerleşimi arasında, Büyük Çiğli Deresi kıyısında yer alan yaklaşık 27 hektarlık alandır.

Bu alanda dere yatağının doğal akış rejimine kavuşturulması, geçirgen yüzey kaplamalarının kullanılması ve geniş yapraklı ağaçlarla gölgeleme sağlanarak yüzey sıcaklıklarının düşürülmesi planlanmıştır. Dere kenarında nemi seven bitki türlerinin kullanılması, yağmur suyu yönetiminin iyileştirilmesi ve biyoçeşitliliğin artırılması hedeflenmiştir. İkinci alt çalışma alanı, Ataşehir Mahallesi'nde bulunan, 25 metre genişliğinde ve 600 metre uzunluğundaki 8216 No'lu Sokaktır. Bu alanda trafiğin tek yöne düşürülmesi, kaldırımların genişletilmesi ve alle ağaçlandırması yapılması planlanmıştır. Ayrıca, geçirgen asfalt kaplamalarının kullanılması, parklet alanlarının eklenmesi, spor salonu çatısına yeşil çatı ve güneş panelleri yerleştirilmesi, yol kenarlarına oturma birimlerinin eklenmesi ve binalarda yansıtıcı yüzey kaplamalarının tercih edilmesi hedeflenmiştir. Üçüncü alt çalışma alanı ise, yine Ataşehir Mahallesi'nde bulunan Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi olarak adlandırılan 17 hektarlık alandır. Bu alanda otoyol ile yapılması planlanan kültür merkezi arasında yoğun bitkilendirme yapılarak bir çevresel bariyer oluşturulması planlanmıştır. Yalnızca yürüyüş yolları ve minimal kent mobilyalarının kullanılması, geçirgen yüzey kaplamalarının tercih edilmesi ve bitki türü çeşitliliği ile iklimin iyileştirilmesi öngörülmektedir.

Çalışma kapsamında, Çiğli Belediyesi personelinin kentsel ısı adası etkisi ve doğa tabanlı çözümler konusunda bilgi ve becerilerini arttırmak amacıyla bir dizi eğitim programı düzenlenmiştir. Bu eğitim programları, proje çıktılarının belediye tarafından daha etkin bir şekilde kullanılmasını ve projenin sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır.

Artan yüzey sıcaklıkları, kentsel iklimi olumsuz etkilemekte, binaların soğutma ihtiyacını ve enerji tüketimini arttırmakta, hem kentsel ekonomi hem de kamu sağlığına ilişkin olumsuzluklar doğurmaktadır. Bu olumsuzlukları azaltmak için ısı adası yaklaşımının benimsenmesi, enerji maliyetlerini ve sağlık sorunlarını azaltmaya ve kentlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını arttırmaya yardımcı olmaktadır. Yüzey sıcaklıklarını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümler, yeşil altyapının güçlendirilmesi, bitki örtüsünün artırılması ve geçirimsiz yüzeylerin azaltılması gibi stratejilerle beraber su yönetimini iyileştirerek sel riskini de azaltır. Kent yönetiminde bu tür çözümler ve yaklaşımların benimsenmesi, planlama ve karar süreçlerine dâhil edilmesi, kent sakinlerinin yaşam kalitesinin artırılması ve kentin çevresel sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından stratejik bir gerekliliktir.

BÖLÜM 1.

Giriş



Kentsel ısı adası (KIA) (Urban Heat Island-UHI) etkisi ilk olarak 1958 yılında Manley tarafından tanımlanmış olup, kentsel alanların çevrelerindeki kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmasına neden olan bir olgudur (Shang vd., 2023). Bu etkinin temel sebepleri arasında, kentsel alanlarda beton ve asfalt gibi ısıyı emen ve tutan geçirimsiz yüzeylerin yoğunluğu ile bitki örtüsünün eksikliği yer almaktadır (Maheng vd., 2019; Wouters vd., 2017). Kentsel alanlarda bitki örtüsünün yetersizliği, buharlaşma yoluyla soğutma etkisini azaltarak KIA etkisini daha da şiddetlendirmektedir (Uddin vd., 2022).

Araştırmalar, kentleşmenin ve yüzey özelliklerindeki değişikliklerin KIA'ların oluşumunda ve yoğunlaşmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Yapılı çevrelerin genişlemesi, yüzey albedo ve termal özellikleri değiştirerek KIA'ların ortaya çıkmasına ve kalıcı olmasına neden olmaktadır (Cai vd., 2023; Calhoun vd., 2024). Ayrıca, antropojenik ısı emisyonları ve azalan buharlaşmalı soğutma da KIA'ların yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Debbage & Shepherd, 2015; Irfeey vd., 2023).

Kentsel alanlarda yüzey sıcaklıklarının düşürülmesi, sürdürülebilirlik, çevre dostu tasarım ve halk sağlığı gibi temel hedeflerle ilişkilidir. Bu tür stratejiler, yeşil alanların artırılması, gölgelik yapılar ve doğa tabanlı çözümlerle desteklenerek, hem termal konforu artırır hem de enerji tüketimini azaltır. Dolayısıyla, bu yaklaşımlar şehirlerin iklim değişikliğiyle başa çıkma kapasitesini güçlendirirken, yaşam kalitesini de iyileştirir.

KIA etkisini azaltmak amacıyla, yüzey sıcaklıklarını düşürmeye ve kentsel alanlarda termal konforu arttırmaya yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler arasında yansıtıcı kaldırımlar, ağaçlar ile gölgelik oluşturulması ve serin çatıların kullanılması yer almaktadır (J. Yang vd., 2024). Ayrıca, yerel iklim bölgelerinin ve kentsel mekânsal modellerin optimize edilmesi, KIA'ların yoğunluğunu azaltmak ve genel kentsel iklim direncini iyileştirmek için önerilmektedir (Li, 2024). Literatürde yer alan birçok çalışmada KIA'ların bölgesel etkilerinin azaltımı için yüzey albedosunu ve yeşil alanları arttırmak gibi yöntemlerin etkinliği incelenmiştir (J. Yang vd., 2024).

KIA etkisi üzerine yapılan araştırmalar, aynı zamanda KIA'ların mekânsal heterojenliğini ve bunların kentsel morfoloji ve arazi kullanımı/arazi örtüsü türleri ile olan ilişkilerini de araştırmıştır. Bu çalışmalar, yerel koşullara dayalı olarak uyarlanmış azaltım stratejilerine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (Zhang vd., 2017). Kentsel mekânsal formun, kentsel genişlemenin ve kentsel havalandırma koridorlarının KIA üzerindeki etkileri ve kentsel tasarım, yerel iklim bölgeleri ve kentsel ortamlardaki ısı stresi arasındaki karmaşık etkileşimleri vurgulayan çalışmalar da bulunmaktadır (Li, 2024). KIA kavramının evrimi, kentleşme, iklim değişikliği ve yerel çevresel faktörler arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamaya yönelik artan bir farkındalığı yansıtmaktadır. Bu farkındalık, KIA etkilerini azaltmak ve kentsel iklim direncini arttırmak için geliştirilen stratejilerin önemini vurgulamaktadır.

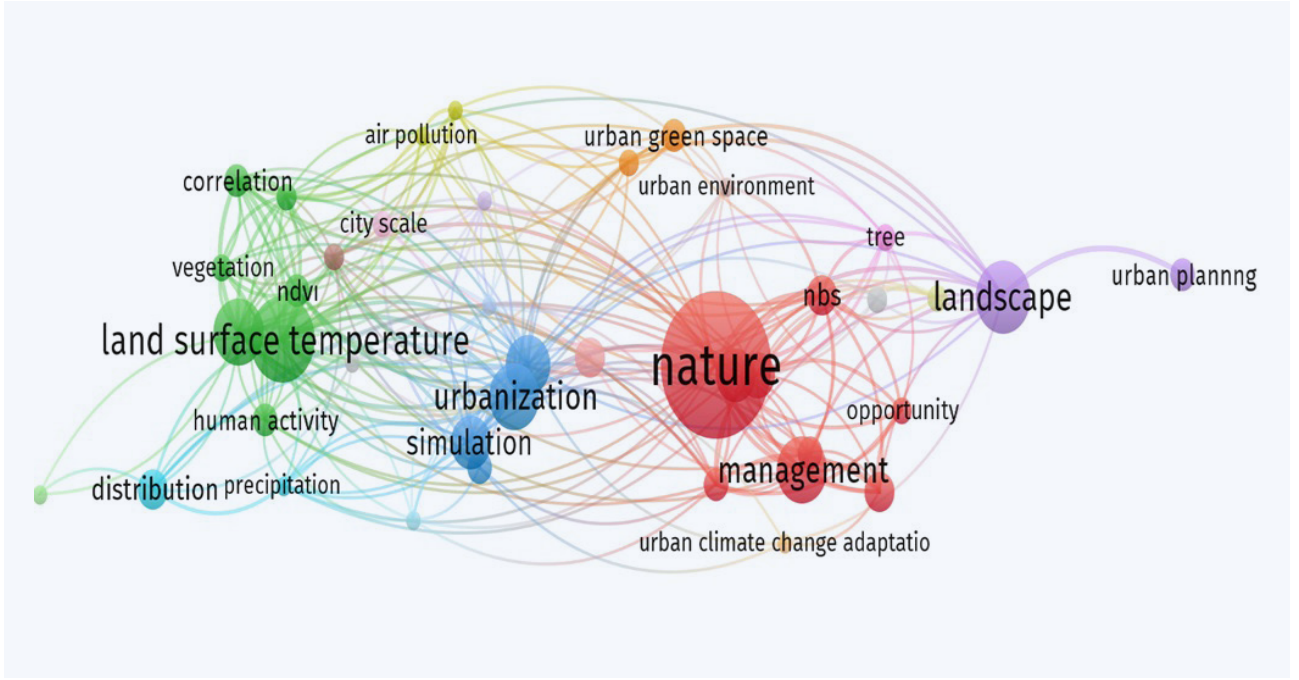
Uzaktan algılama yöntemleri, büyük ölçekli alanların izlenmesi ve tarihsel veri analizi için uygundur (Irfeey vd., 2023). Bu yöntemler, termal bantlar ve uydu görüntüleri kullanarak doğrudan yüzey sıcaklıklarını ölçer ve analiz eder. Ancak, küçük ölçekli çalışma alanlarında yersel ölçüm yöntemleri, spesifik malzemelerin ve yöntemlerin etkinliğini doğrudan test etme avantajı sağlar (Cai vd., 2023). Deneysel değerlendirmeler ve coğrafi ağırlıklı regresyon modelleri, KIA'ların yerel etkilerini analiz etmek için kullanışlıdır. Ancak, bu yöntemler geniş ölçekli uygulamalar için sınırlamalar içerebilir ve karmaşık veri analiz teknikleri gerektirebilir (Maheng vd., 2019). Karma yöntemler, farklı analiz tekniklerini bir araya getirerek KIA'ların nedenlerini ve etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamayı sağlar (Debbage & Shepherd, 2015). Sistematik inceleme yaklaşımları ve mekânsal nedensel çıkarım yöntemleri, geniş kapsamlı analizler ve nedensel ilişkilerin belirlenmesi için etkili araçlar olmalarının yanı sıra, bu yöntemler ileri düzey teknik bilgi gerektirir ve veri erişimi ve kalitesi kritik öneme sahiptir, ayrıca oldukça zaman alıcı işlemlerdir (Li, 2024).

Kentsel ısı adaları üzerine yapılan bibliyometrik analiz sonuçlarına göre, "arazi yüzey sıcaklığı, doğa, peyzaj, kentleşme, yönetim, kentsel planlama" kavramları öne çıkmaktadır. Bu sonuç, son 10 yılda yapılan bilimsel çalışmaların büyük ölçüde bu konular üzerinde

yoğunlaştığını ve bu kavramların kentsel ısı adalarının incelenmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Özellikle arazi yüzey sıcaklığı ve doğa ile ilgili çalışmalar, kentsel ısı adalarının çevresel etkilerini ve peyzaj düzenlemeleriyle bu etkilerin nasıl azaltılabileceğini ele almaktadır. Kentleşme ve kentsel planlama

kavramlarının öne çıkması ise, yönetim stratejileri ve uygulamaların kentsel ısı adalarını nasıl etkilediği üzerine odaklanan çalışmaların da çok sayıda gerçekleştirildiğini ifade etmektedir (Şekil 1).

ŞEKİL 1. Kentsel ısı adaları kavramı bibliyometrik analizi (Vosviewer'da üretilmiştir).



Sistemik İnceleme Yaklaşımları; belirli bir araştırma sorusuna yanıt bulmak amacıyla mevcut literatürün sistemik bir şekilde gözden geçirilmesi ve analiz edilmesini içerir. Bu tür incelemeler, veri toplamak ve analiz etmek için standart prosedürler kullanarak, hangi sonuçların güvenilir olduğunu ve hangi yöntemlerin daha etkili olduğunu belirlemek için önemlidir. Mekânsal Nedensel Çıkarım Yöntemleri ise coğrafi verilerin analizine dayanarak, belirli olaylar arasındaki neden-sonuç ilişkilerini anlamaya çalışır. Örneğin, bir kentsel alanın sıcaklık artışının nedenlerini belirlemek için, yapı yoğunluğu, yeşil alan varlığı ve iklim koşulları gibi faktörler arasındaki ilişkiler incelenir. Mekânsal verilerin kullanımı, bu tür ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına olanak tanır.

Doğa tabanlı çözümler, doğal veya değiştirilmiş ekosistemleri koruma, restore etme ve sürdürülebilir bir şekilde yönetmeyi hedefleyen bir dizi eylemi kapsar.

Bu çözümler, sosyal, ekonomik ve çevresel zorlukları ele alırken, insan refahı, ekosistem hizmetleri, direnç ve biyolojik çeşitlilik için faydalar sağlar (Bogatinoska vd., 2022; Kooijman vd., 2021). İklim değişikliği, gıda ve su güvenliği, doğal afetler ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çeşitli toplumsal sorunlarla başa çıkmak için doğa ile çalışmayı ve doğayı güçlendirmeyi içerir (Kooijman vd., 2021; Schanze, 2017). Bu çözümler, doğadan ilham alarak, çevresel zorlukları ele almak için doğal süreçleri taklit eden yenilikçi yaklaşımları içerir (Calabrese vd., 2023).

Doğa tabanlı çözümler kavramı (nature based solutions), iklim değişikliğiyle mücadele potansiyeli nedeniyle uluslararası politika ve iş dünyası tartışmalarında önem kazanmıştır (Voskamp vd., 2021). Kentsel peyzajlara yeşil altyapı ve doğal unsurlar entegre ederek, doğa tabanlı çözümler kentsel ısı adası etkisini azaltabilir, sıcaklıkları düşürebilir ve daha sürdürülebilir

ve dirençli kentsel ortamlar yaratabilir (Cai vd., 2023; Irfeey vd., 2023). Bu çözümler, çok işlevli, çözüm odaklı ve belirli sosyo-ekolojik bağlamlara uyarlanabilir olup, kentsel iklim değişikliği uyumunda değerli araçlar olarak öne çıkar (Ferreira vd., 2020).

Doğa tabanlı çözümler, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yeşil alanlar ve ekosistem hizmetleri aracılığıyla sağlık ve yaşam kalitesini arttırarak toplumsal refaha katkıda bulunur (Atanasova vd., 2021). Bu çözümler, kaynak geri kazanımı, iklime bağlı olumsuz etkilerin azaltımı, ekosistem restorasyonu ve biyolojik çeşitliliğin arttırılması gibi kentsel ekosistemlerdeki çeşitli zorluklara yanıt verir (Ascenso vd., 2021; Di Sabatino vd., 2020) Ayrıca, doğa tabanlı çözümler, aşırı hidro-meteorolojik olaylar riskini azaltma potansiyeli ile tanınır ve çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağlayarak dirençliliği arttırır (Seddon, 2022).

Kentsel ısı adası etkisini azaltmada önemli bir rol oynayan doğa tabanlı çözümler, doğal unsurları kullanarak kentsel ortamları soğutur ve termal konforu arttırır. Araştırmalar, kentlerde yeşil alt yapı öğelerinin, gölgeleme ve buharlaşma yoluyla çevreyi soğutarak kentsel ısı adası etkisiyle mücadelede etkili olduğunu göstermiştir (Yin vd., 2023). Yeşil alan varlığını arttırmak, yüzey albedosunu iyileştirmek ve doğa tabanlı çözümler yoluyla kentsel morfolojiyi optimize etmek, ısı adası etkisini ele almanın etkili yaklaşımları olarak tanımlanmıştır (Li, 2024). Kent parkları, arazi yüzey sıcaklıklarını azaltarak serin ada etkisi yaratmaktadır (Ren vd., 2013). Kentsel yeşil alanların ve yeşil altyapıların kent içinde dağılımı, kentsel ısı adası etkisinin yoğunluğunu azaltmak ve termal konforu arttırmak ile ilişkilendirilmiştir (Arellano & Roca, 2022; Mohamed, 2024; Wang & Yang, 2024).

Doğa tabanlı çözümlerin kentsel ısı adası etkisi üzerindeki etkileri üzerine önemli bir araştırma birikimi bulunmaktadır. Araştırmalar, bitki örtüsü geri bildirimleri, yeşil çatılar, dikey yeşil sistemler ve kentsel yeşil alanlar gibi doğa tabanlı çözümlerin kentsel ısı adası etkisini hafifletme potansiyelini vurgulamaktadır (T. Chen vd., 2019; Menon & Sharma, 2021; Peng vd., 2012; Price vd., 2015; Semeraro vd., 2021). Bu çözümlerin, sıcaklıkları düşürmede ve kentsel ekosistemi dengeleyerek şehirlerde termal konforu arttırmada etkili olduğu gösterilmiştir (Li, 2024; Zou & Zhang, 2021). Ayrıca, kentsel ısı adası etkisini hafifletmek için parklar, kentsel ormanlar ve yeşil çatılar gibi yeşil alanların kentsel planlamaya entegrasyonunun önemi vurgulanmıştır (Mohamed, 2024; Y. Zheng vd., 2023).

Mevcut çalışmalar, kentsel ısı adası etkisini azaltmada doğa tabanlı çözümlerin etkinliğine dair değerli bilgiler sağlamış olsa da; doğa tabanlı çözümlerin kentsel ısı adası yoğunluğunu azaltma ve iklim adaletini sağlama konularındaki uzun vadeli etkileri (Anderson vd., 2022), yeşil alan desenlerinin optimizasyonu, üç boyutlu bitkilendirmenin kentsel ısı adası azaltımındaki rolü gibi konularda daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Ghanghermeh vd., 2024; Guan vd., 2016; Wang & Yang, 2024; Y. Yang vd., 2022; Zhang vd., 2017; J. Zheng vd., 2024).

1.1. Amaç ve Kapsam

İzmir Kalkınma Ajansı Teknik Destek Programı'nın hedefleri arasında iklim değişikliği konusunda yerel düzeyde afet yönetiminin güçlendirilmesi ve yerel yönetimlerin mekânsal planlama yeteneklerini artırarak iklim değişikliğiyle uyumlu ve sürdürülebilir kentsel gelişimi sağlamaya yönelik stratejileri belirlemek yer almaktadır. Bu amaçlara paralel olarak hazırlanan proje ile İzmir ili Çiğli ilçesinde artan kentleşme ve sanayileşmenin neden olduğu kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yönelik doğa tabanlı çözümler geliştirilmiştir. Çalışmada, uzaktan algılama teknikleri ve mekânsal istatistik analizleri kullanarak Çiğli ilçesinin yüzey sıcaklığı risk haritasının oluşturulması ve bu harita doğrultusunda yüksek riskli bölgelerin tespiti ve bu konudaki analizlerin yapımında kapasite artışı sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışma, Çiğli ilçesi yüzölçümünün tamamını inceleyerek kentsel ısı adası oluşumu açısından öncelikli müdahale alanlarının tespit edilmesini ve kentsel sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatma açısından uygunluk gösteren 3 adet alt çalışma alanı için doğa tabanlı kentsel tasarım stratejilerinin bilimsel metotlara dayanarak belirlenmesini amaçlamaktadır.

Çalışmanın devamlılığının sağlanabilmesi için, çalışma kapsamında uygulanan yöntemler ve kullanılan yazılımlara ilişkin eğitim programı oluşturularak proje yararlanıcısı olan Çiğli Belediyesi personelinin konu hakkında bilgi edinmesi sağlanmıştır. Bu proje, üreteceği bilgilerle Çiğli Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı kapsamında yapılan risk ve kırılganlık analizlerine de katkı sağlayacak ve kentleşmenin ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı sürdürülebilir ve iklime duyarlı kentsel planlama çözümleri önerilmiştir.

1.2. Proje Kapsamında Gerçekleştirilen Faaliyetler

Projenin hedeflerine ulaşması için 6 aylık çalışma takvimi kapsamında gerekli faaliyetler planlanmıştır.

Planlanan faaliyetler, açıklamaları ile beraber Tablo 1'de sunulmuştur.

TABLO 1. Proje kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler

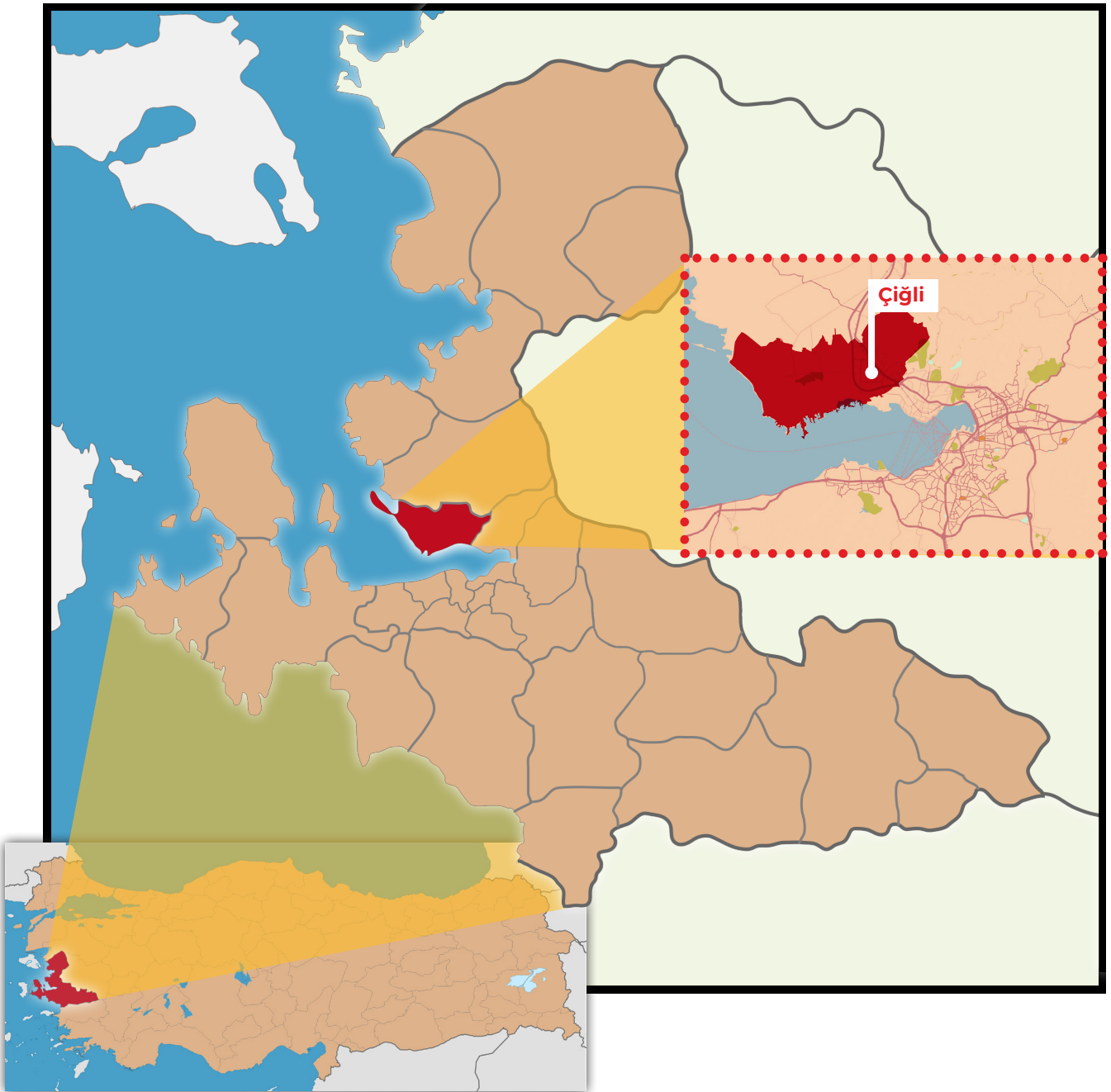
F. No	Faaliyet Adı	Detaylar
1	Hazırlık faaliyetleri	► İş Planı, faaliyet ve etkinlikler belirlendi, proje açılış toplantısı düzenlendi.
2	Sıcaklık risk endeksi haritası oluşturulması	► Son 10 yılın yaz ayları (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) için termal uydu görüntüleri işlenerek ortalama yüzey sıcaklığı, ortalamadan yüksek sıcaklıkta olan alanlar ve sıcak noktalar haritalandı; mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi haritası oluşturuldu.
3	Mekânsal uygunluk analizi ve alt çalışma alanlarının belirlenmesi	► Kentsel ısı adası etkisi bağlamında öncelikli müdahale alanları belirlendi ve bu alanlar için sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatma ve kentsel ısı adası etkisini azaltma potansiyeli açısından mekânsal uygunluk analizi yapıldı. ► 3 adet alt çalışma alanı belirlendi.
4	Ara raporlama	► Çalışmaların süreç ve sonuçlarının sunulduğu raporlama yapıldı ve görüş alındı.
5	Saha çalışmaları ve doğa tabanlı kentsel tasarım stratejilerinin belirlenmesi	► Alt çalışma alanlarının doğal ve kültürel peyzaj değerleri belirlendi ve alanlar bazında doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri oluşturuldu.
6	Eğitim çalışmaları	► Sıcaklık riski yüksek bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi, soğutma adaları yer seçimi için mekânsal uygunluk analizi ve kentsel tasarımda doğa tabanlı çözümler başlıklarında teknik içerikli eğitimler düzenlendi.
7	Nihai raporlama	► Yapılan çalışmaları ve sonuçlarını içeren rapor hazırlandı.

1.3. Çalışma Alanının Tanımlanması

Bu çalışmanın ana materyali İzmir ili Çiğli ilçesidir. Çiğli, İzmir'in kuzeyinde yer alan ve İzmir Körfezi'ne 22 km kıyısı bulunan bir ilçedir. İlçenin toplam yüzölçümü 139,5 km², toplam nüfusu 215.172 kişi olup doğuda

Menemen, batıda Karşıyaka ilçeleri sınır komşusudur (Şekil 2). Çiğli, Ege Bölgesi'nin karakteristik Akdeniz iklimi özelliklerine sahiptir; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılıman ve yağışlı geçer (Gümrükçü vd., 2023).

ŞEKİL 2. Çalışma alanının lokasyonu



İlçenin doğal peyzajı, çeşitli ekosistemleri ve biyolojik çeşitliliği içermektedir. İlçenin en dikkat çekici doğal alanlarından biri İzmir Kuş Cenneti'dir. Bu alan, göçmen kuşların konaklama ve beslenme alanı olarak kritik bir rol oynamakta ve biyolojik çeşitlilik açısından büyük bir öneme sahiptir. Çiğli'nin kıyı şeridi, deniz ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilirliği açısından stratejik öneme sahiptir. Ayrıca, Gediz Deltası'nın oluşturduğu geniş kıyı ovası, tarımsal faaliyetler için verimli bir alan sunmaktadır. Çiğli'de ayrıca, Sasalı Doğal Yaşam Parkı gibi yarı doğal alanlar da bulunmaktadır. Bu park, Türkiye'nin en büyük yarı doğal hayvanat bahçelerinden biridir ve çeşitli bitki ve hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. İlçenin doğu ve batı bölgelerinde, tarım ve bataklık alanları yaygın olup, bu bölgeler kentleşmeye bağlı oluşan kirlilik ve çevre sorunları baskısı altındadır (Salata vd., 2022; Tağıl & Aytan, 2022).

Çiğli ilçesi, İzmir'in hızlı kentleşen ve sanayileşen bölgelerinden biridir. Tarihsel olarak sanayi bölgesi olarak gelişen kuzey bölgesi, çeşitli endüstriyel tesislere ev sahipliği yapmaktadır. İlçede, İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi önemli bir yer tutmakta ve bu bölge çevresinde yerleşim alanlarının yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Çiğli'nin kültürel dokusu, son yıllarda hızlı kentleşme ve sanayileşme ile değişim göstermektedir. Bölgede yeni konut alanları ve ticari birimler hızla gelişmekte, bu da ilçenin sosyo-ekonomik yapısını çeşitlendirmektedir. Çiğli'nin kıyı şeridi boyunca yer alan sahil alanları, rekreasyonel faaliyetler ve turizm açısından önemli potansiyel taşımaktadır. İlçede, Çiğli Askeri Havaalanı ve bölgesel demiryolu istasyonu gibi ulaşım altyapıları da bulunmaktadır (Salata vd., 2022).



BÖLÜM 2.

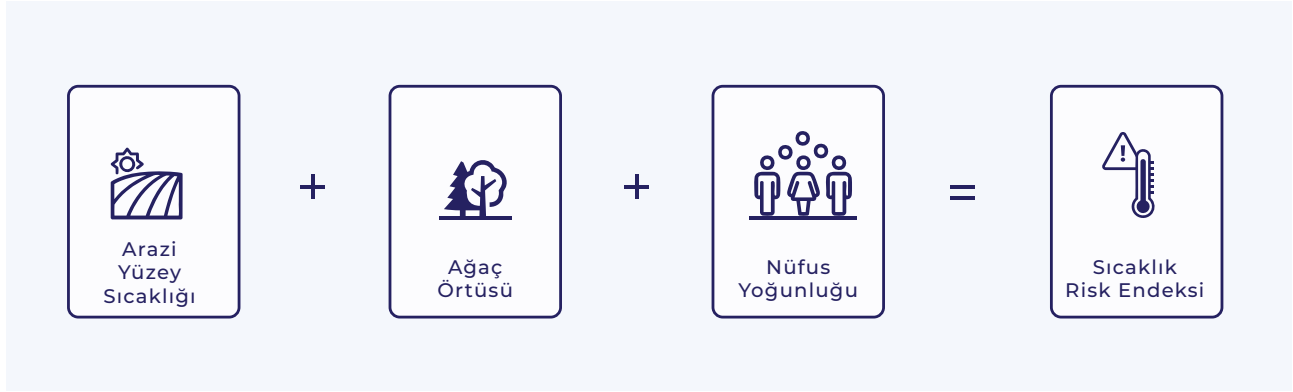
Mahalle Düzeyinde Sıcaklık Risk Endeksi Oluşturma



Bu bölümde, İzmir'in Çiğli ilçesinde mahalle düzeyinde Sıcaklık Risk Endeksi (SRE) oluşturması amaçlanmıştır. Çiğli ilçesi uzun yıllardır aşırı sıcaklarla mücadele etmektedir. İlçe, bu aşırı sıcaklıkların etkileriyle başa çıkmak için yenilikçi adaptasyon planları oluşturmayı hedeflemektedir. Bu planın bir parçası olarak, ilçeyi serinletmeye yardımcı olacak bir uyum planı kapsamında mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi oluşturuldu.

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, stratejik ve yerel uyum planlarının oluşturulmasını gerektirmektedir. Aşırı sıcaklara karşı yerel bir uyum planı geliştirmenin ilk adımı, bir sıcaklık risk endeksi (SRE) oluşturmaktır. SRE, yerel uyum planında öncelik verilmesi gereken alanları belirler. Bu analizde SRE, üç temel veri dikkate alınarak hesaplandı: arazi yüzey sıcaklığı (°C), ağaç örtüsü (ağaçsızlık oranı,%) ve nüfus yoğunluğu (km² başına kişi sayısı) (Şekil 3).

ŞEKİL 3. Sıcaklık risk endeksinin oluşturulması



Bu bölümdeki analizler için ArcGIS Pro 2.5 kullanıldı. ArcGIS Pro 2.5 veya üzeri bir sürüm benzer analizleri gerçekleştirmek için gereklidir. ArcGIS Pro, coğrafi

bilgi sistemleri (CBS) analizleri için gelişmiş araçlar sunar ve büyük veri setlerini verimli bir şekilde işleyebilir.

2.1. Veri Kaynakları

2.1.1. Multispektral Landsat Görüntüleri:

Landsat multispektral ve çok zamanlı görüntüler, görselleştirme ve analiz için anında işlenen ve endekslenen görüntüler sunar (ESRI, 2022). Bu katman, Landsat 8 ve 9 görüntülerini içerir ve günlük olarak güncellenir. Veriler, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından sağlanır ve Amazon Web Services (AWS) üzerinde barındırılır. Landsat 8 ve 9, Operational Land Imager (OLI) ile elde edilen dokuz multispektral bant ve Termal

Kızılötesi Sensör (TIRS) ile elde edilen iki bant içerir. Çalışma kapsamında kullanılan TIRS10 numaralı bant, 100 metre çözünürlükte elde edilmekte, ancak 30 metreye yeniden örneklenerek veri ürünü olarak sunulmaktadır. Landsat 8 ve 9, yeryüzünün her noktasını her 8 günde bir yeniden ziyaret ederek veri sağlar.

2.1.2. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Verileri:

Bu katman, Avrupa Uzay Ajansı (ESA Sentinel-2) görüntülerinden elde edilen 10 metre çözünürlüklü küresel arazi kullanımı/razi örtüsü haritasını gösterir (Esri, 2024). Her yıl, Impact Observatory'nin derin öğrenme AI arazi sınıflandırma modeli kullanılarak, National Geographic Society tarafından etiketlenmiş milyarlarca pikselden eğitilerek oluşturulur. Bu haritalar, Microsoft Planetary Computer platformunda Sentinel-2 Level-2A görüntü koleksiyonu kullanılarak üretilir ve yılda 400,000'den fazla Dünya gözlemi işlenir. Algoritma, su, ağaçlar, su basmış bitki örtüsü, tarım arazileri, yapılaşmış alanlar, çıplak zemin, kar/buz, bulutlar ve mera gibi dokuz sınıf için arazi kullanımı/razi örtüsü tahminleri üretir.

2.1.3. Mahalle Sınırları:

Mahalle sınırları verisi, Çiğli Belediyesi tarafından sağlandı. Bu veri seti, Çiğli ilçesine ait mahalle sınırlarını içeren shapefile dosyasını içerir. Mahalle sınırları, analizlerin mahalle düzeyinde yapılabilmesi için temel coğrafi birim olarak kullanıldı.

2.1.4. Nüfus Verileri:

2023 yılı nüfus verileri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Çiğli Belediyesi internet sayfalarından temin edildi (TÜİK, 2024). Bu veri seti, mahalle düzeyinde nüfus yoğunluğu verilerini içerir. Nüfus verileri, her mahallenin demografik yapısını ve yoğunluğunu gösterir. Bu veriler, sıcaklık riskinin daha yoğun nüfuslu alanlarda nasıl dağıldığını anlamak için kullanıldı.

2.2. Yöntem

2.2.1. Coğrafi Veritabanı Tasarımı ve Oluşturulması

Çalışmanın ilk adımında, ArcGIS Pro yazılımında bir proje oluşturuldu ve gerekli veriler projeye eklendi. ArcGIS Pro'da yeni bir proje oluşturuldu ve proje dosyaları bir windows klasöründe saklandı. Proje kapsamında kullanılacak tüm veriler için bir coğrafi veri tabanı oluşturuldu ve ana veriler için bir Feature Dataset tanımlandı. Bu veri seti için koordinat sistemi olarak WGS 1984 UTM Zone 35N seçildi. Daha sonra, Çiğli ilçesine ait shapefile formatındaki veriler (binalar, ilçe sınırı, mahalleler, yollar) bu Feature Dataset içerisine aktarıldı ve sembolizleri düzenlenerek haritaya eklendi.

2.2.2. Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi

Arazi yüzey sıcaklıkları, şehir içindeki sıcaklık değişikliklerini ve sıcak noktaları (hot spots) belirlemede kritik öneme sahiptir. Kullanılan CBS yazılımının üreticisi ESRI'nin hazır olarak sunduğu Multispektral Landsat görüntü katmanı ArcGIS Pro'ya eklendi ve katman özellikleri düzenlendi.

Landsat arşivindeki ilk görüntü, 25 Temmuz 1972'de Teksas'ın Dallas-Fort Worth bölgesini gösteren yukarıdaki çok bantlı tarayıcı (MSS) görüntüsüdür. Bu çalışmada kullanılan 10 numaralı bantdaki termal görüntüler ise Landsat 8 ve Landsat 9 uydularından Nisan, 2013 tarihinden günümüze kadar mevcuttur. Nisan 2013 ile Nisan 2024 yılları arası toplam 349 adet termal görüntü kullanıldı. Landsat görüntüleri veri paylaşımını kolaylaştırmak amacıyla 185 km uzunluğunda ve 185 km genişliğinde görüntü çerçeveleri olarak sunulmaktadır. Proje kapsamında kullanılan görüntüler azami %5 bulutluluk içeren görüntüler olarak filtrelendi. Bu görüntü katmanı kullanılarak çalışma alanı için kesme işlemi gerçekleştirildi. 2013 - 2014 yılları arası azami %5 bulutluluk oranında indirilen 349 adet görüntünün çalışma alanı içerisindeki ortalama sıcaklık değerleri santigrad derece birimi olarak hesaplandı ve raster veri formatında kaydedildi.

2.2.3. Ağaçsızlık Oranlarının Belirlenmesi

Sıcaklık risk endeksi hesabında ikinci girdi değişkeni ağaçsızlık oranıdır. Ağaçlar, güneşten gelen radyasyonu absorbe ederek sıcaklık etkisini azaltabilir ve gölge alanlar sağlayarak sıcaklık riskini düşürebilirler. Bu nedenle, ağaçsız alanlarda sıcaklık risk endeksi daha yüksek olacaktır. Bu adımda, mahalle düzeyinde ağaçlık alanlar tespit edildi ve ağaçsız alanların mahalle alanına oranı yüzde olarak hesaplandı.

Dokuz farklı arazi örtüsü sınıfına göre sınıflandırılmış küresel arazi örtüsünü gösteren bir ArcGIS Living Atlas katmanı kullanıldı. Bu katman, 2017-2023 yılları arasında 10 m çözünürlükte ESA Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen küresel arazi kullanımı/arazi örtüsü haritasını görüntüler. 2017 yılında her piksel için bir arazi örtüsü sınıfı belirlenmiş, ancak diğer yıllara göre daha az görüntü kullanılmıştır. 2018-2023 yılları ise daha kapsamlı bir veri setine dayanmaktadır. Bu nedenle 2017 yılı arazi örtüsü sınıflandırması, 2018-2023 yıllarına göre daha az doğru olabilir. Bu çalışma kapsamında en güncel arazi kullanımı/arazi örtüsü dikkate alınacağı için 2023 yılı sınıflandırması kullanılmıştır. Ayrıca Landsat multispektral verisinde olduğu gibi arazi kullanımı/arazi örtüsü katmanı da tüm dünyayı kapsamaktadır. Yalnızca Çiğli'yi kapsayacak şekilde arazi kullanım verisi çıkarılmıştır. Nihayetinde 2023 yılı için sadece ağaçlı olarak sınıflandırılan 10 m x 10 m boyutlu hücrelerin her bir mahalle içerisindeki alansal oranı hesaplanmış ve buradan da ağaçsızlık oranları yüzde biriminde her bir mahalle için hesaplanmıştır.

2.2.4. Nüfus Yoğunluklarının Hesaplanması

Mahalle düzeyinde nüfus yoğunluğunu belirlemek, sıcaklık risk değerlendirmesinde önemlidir. Uyum planında yoğun nüfuslu bölgelere öncelik vermesine yardımcı olacaktır. Yüzey sıcaklığı ve ağaçsızlık oranı çok yüksek olmasına rağmen nüfusun olmadığı bir alan uyum planı öncelikli bir alan olmayacaktır. Bu veriler, özellikle aşırı sıcaklıkların sağlık üzerindeki etkilerini ve sosyal eşitsizlikleri anlamada kritik rol oynar.

Bu adımda mahalle düzeyinde nüfus yoğunluklarının hesaplanması amacıyla TÜİK verileri kullanılmıştır. Bu veriler mahalleler vektör verisinin öznitelik tablosuna eklenerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Nüfus yoğunlukları haritalandırılmıştır.

2.2.5. Girdi Verilerinin Toplanması ve Sıcaklık Risk Endeksinin (RSE) Hesaplanması

Sıcaklık risk endeksi hesaplamasında, arazi yüzey sıcaklığı, ağaçsızlık oranı ve nüfus yoğunluğu verileri mahalleler katmanında birleştirildi. Bu veriler, her bir mahalle için normalize edilerek 0-1 aralığında değerler elde edildi. Normalize edilmiş bu değerler, çalışma alanındaki çevresel ve demografik faktörlere göre belirlenen ağırlıklandırma kriterleri ile çarpılarak SRE hesaplandı.

Mahalle düzeyinden daha yüksek çözünürlüklü (30 m x 30 m) hücre boyutlarında sıcak noktalar da belirlenmiştir. Bu aşamada, aykırı değer istatistiksel analizi kullanılarak sıcaklık riskinin yüksek olduğu bölgeler tespit edildi. Aykırı değer analizinde çalışma alanındaki ortalama sıcaklık değerinin 2 standart sapması üzerindeki hücreler sıcak noktalar olarak tespit edildi. Sıcak noktalar analizi, mahallelerin hangi bölgelerinde sıcaklık riskinin yoğunlaştığını belirlemek için kullanıldı.

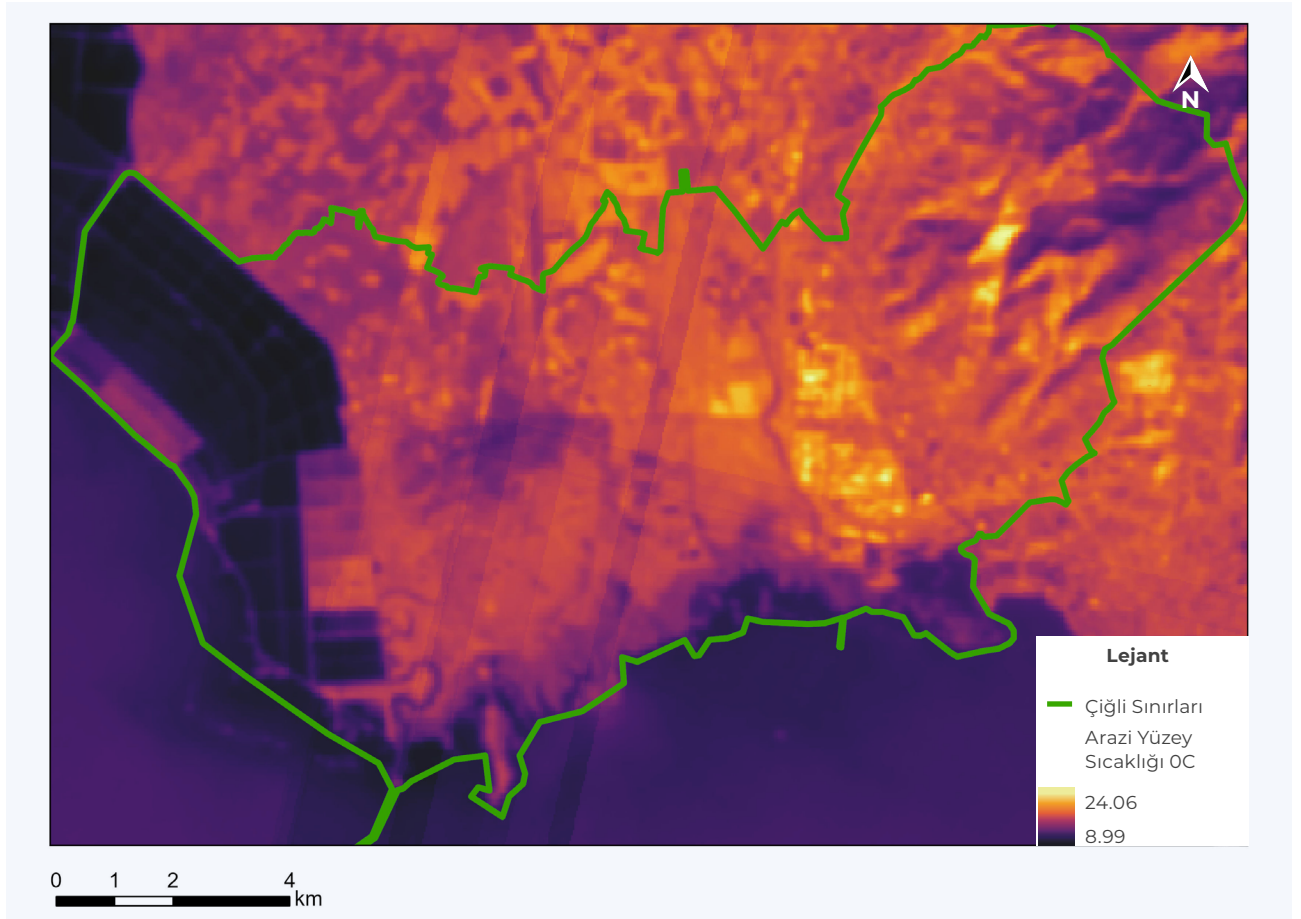
2.3. Bulgular ve Tartışma

Nisan 2013 ile Nisan 2024 yılları arası arazi yüzey sıcaklığı dağılımı haritasında (Şekil 4) sıcaklık gradyanı, kırmızı renklerin daha yüksek sıcaklıkları, koyu mor renklerin ise daha serin alanları gösterdiği bir renk ölçeği ile görsel olarak sunulmaktadır. Bu analiz, Çiğli'deki yüzey sıcaklıklarının doğal ve insan kaynaklı faktörlerden etkilenen önemli mekânsal değişiklikler gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Görüntünün merkezi bölgelerinde yoğun olarak kırmızı renkte gösterilen alanlar, daha yüksek yüzey sıcaklıklarını işaret etmektedir. Bu alanlar, genellikle yoğun kentleşme, beton ve asfalt gibi ısıyı emen yüzeylerle ilişkilendirilebilir. Özellikle Atatürk Organize Sanayi Bölgesi gibi binaların, yolların ve diğer insan yapımı yapıların yoğun olduğu bölgelerde yüksek

sıcaklıklar kaydedilmiştir. Bakı, ormanlık alanlar ve sulak alanların da sıcaklık değişiminde etkili olduğu gözlemlenmektedir. İlçenin kuzey doğusunda yer alan dağların güney cephelerinde yüksek sıcaklıklar gözlemlenirken güney cephe olmasına rağmen ağaçların yoğun olduğu kısımlarda ise çok daha düşük sıcaklıklar tespit edilmektedir. Ağaçlar, güneşten gelen radyasyonu absorbe ederek ve gölge sağlayarak yüzey sıcaklıklarının düşmesine yardımcı olur. Koyu mor ile temsil edilen alanlar, daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip bölgeleri göstermektedir. Bu bölgeler, genellikle batı ve güney Çiğli'de, denize yakın alanlarda ve sulak alanlarda yoğunlaşmaktadır. Deniz etkisi, bu bölgelerdeki yüzey sıcaklıklarını düşürmede önemli bir rol oynamaktadır.

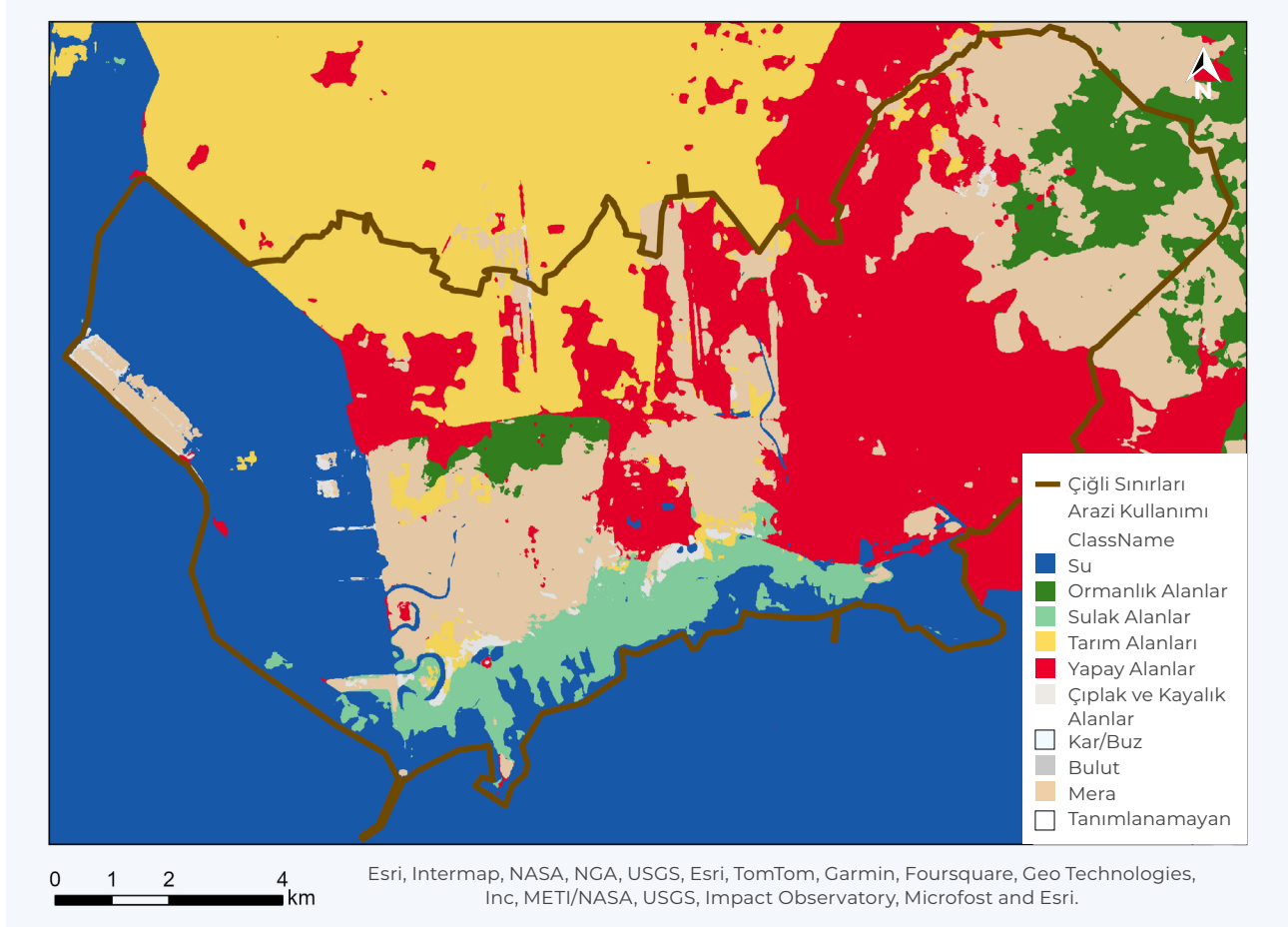
ŞEKİL 4. Çiğli arazi yüzey sıcaklığı dağılımı haritası



Çiğli'nin arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritasında (Şekil 5) kırmızı renkli alanlar kentsel bölgeleri, yeşil alanlar ağaçlık bölgeleri, sarı alanlar tarım arazilerini, pembe alanlar ise meraları temsil etmektedir. Çiğli'de, kentsel alanların özellikle merkezi bölgelerde yoğunlaştığı, kuzey ve doğu bölgelerinde ise tarım arazilerinin yaygın olduğu görülmektedir. Ağaçlık alanlar ise daha çok güney ve doğu kesimlerde yer almaktadır. İlçenin batısı ve güneyinde ise geniş alanlara yayılmış sulak alanlar mevcuttur.

Kırmızı renkli kentsel alanlar, yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip bölgelerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu durum, kentsel ısı adası etkisinin Çiğli'de belirgin olduğunu göstermektedir. Yoğun yapılaşma ve yeşil alan eksikliği, bu bölgelerde sıcaklıkların yükselmesine neden olmaktadır.

ŞEKİL 5. Çiğli arazi kullanımı/arazi örtüsü haritası



Çiğli ilçesi için hazırlanan Sıcaklık Risk Endeksi (SRE) haritası (Şekil 7), ilçedeki sıcaklık riskinin mekânsal dağılımını göstermektedir. Haritada koyu kırmızı renkler yüksek sıcaklık riski taşıyan alanları, açık sarı tonları ise düşük sıcaklık riski taşıyan alanları temsil etmektedir.

1. Yüksek Sıcaklık Riski Alanları (Koyu Kırmızı Bölgeler):

- ▶ Bu alanlar genellikle Çiğli'nin doğu kesiminde yoğunlaşmıştır.
- ▶ Yüksek nüfus yoğunluğuna sahip yerleşim yerleri (150 – 210 kişi/ha) bu bölgelerde yer almaktadır.
- ▶ Bu alanlarda ayrıca yoğun yapılaşma (kırmızı) ve sınırlı yeşil alan (ağaçlar ve tarım arazisi) bulunmaktadır.
- ▶ Yoğun yapılaşma, ısı adası etkisini arttırarak sıcaklık riskini yükseltmektedir.
- ▶ En yüksek sıcaklık risk endeksi değerleri sırasıyla Küçük Çiğli, EVKA-5 ve Çağdaş Mahalleleri için hesaplanmıştır.

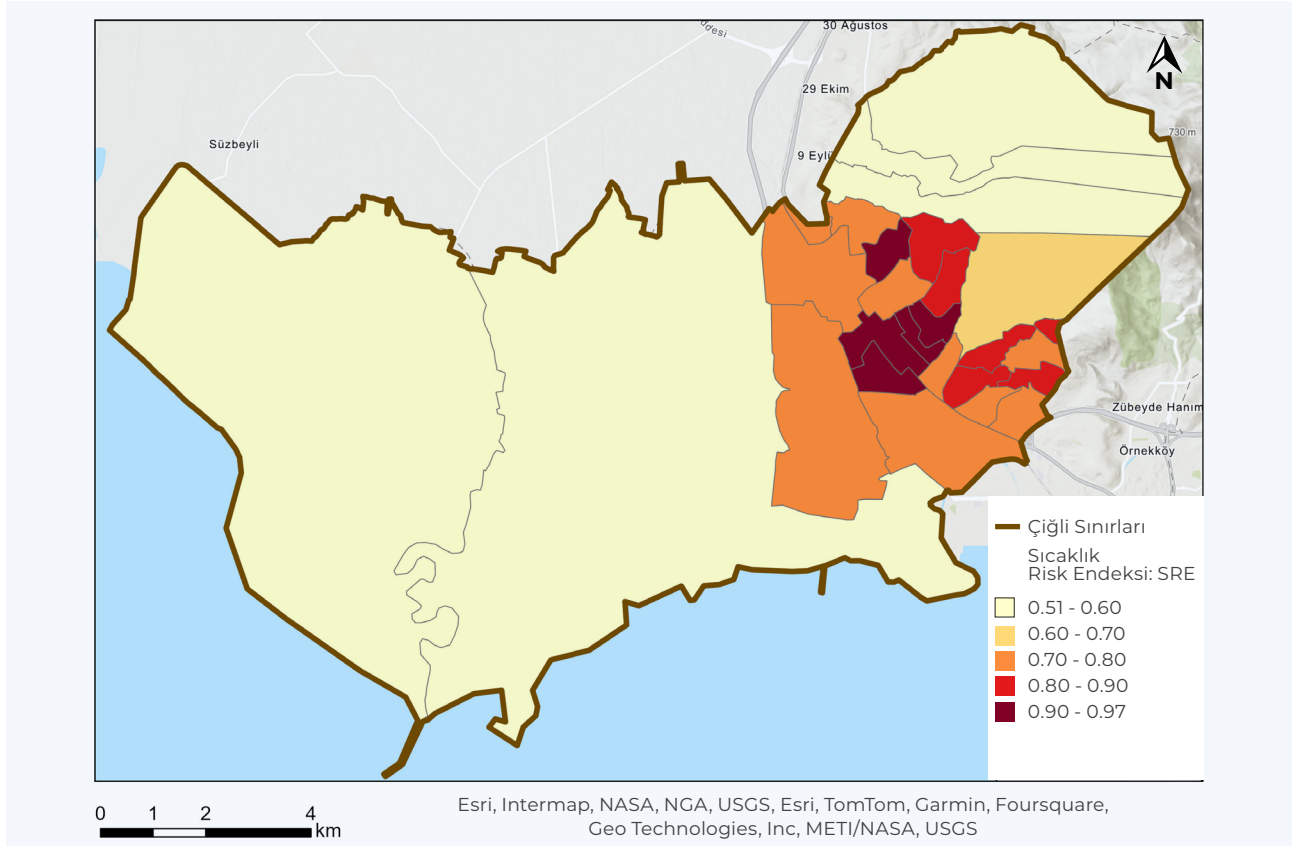
2. Orta Sıcaklık Riski Alanları (Turuncu ve Açık Kırmızı Bölgeler):

- ▶ Bu bölgeler, hem yapılaşmanın hem de yeşil alanların karışımına sahip orta yoğunluklu yerleşim alanlarını içermektedir.
- ▶ Nüfus yoğunluğu 75 – 150 kişi/ha arasında değişmektedir.
- ▶ Yeşil alanların (ağaçlar ve tarım arazisi) varlığı, sıcaklık riskini bir nebze azaltmaktadır ancak yoğun yapılaşma hala risk faktörü olarak kalmaktadır.

3. Düşük Sıcaklık Riski Alanları (Açık Sarı Bölgeler):

- ▶ Bu alanlar, genellikle Çiğli'nin batı ve güney kesimlerinde, deniz kenarına yakın bölgelerde yoğunlaşmıştır.
- ▶ Nüfus yoğunluğu düşüktür ve büyük oranda su kütleleri (deniz) ve yeşil alanlarla (ağaçlar ve tarım arazisi) çevrilidir.
- ▶ Bu bölgeler, doğal soğutma etkisi sağlayan deniz ve yeşil alanlar sayesinde düşük sıcaklık riski taşımaktadır.

ŞEKİL 7. Çiğli için mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi haritası.



Sıcaklık riskinin değerlendirilmesi, kentsel alanların planlanması ve iklim değişikliğine karşı adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Çiğli ilçesinde yapılan analizler, yapılaşma yoğunluğunun ve nüfus yoğunluğunun sıcaklık riskini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Yapılaşmanın Etkisi: Yoğun yapılaşma, yüzey sıcaklıklarını arttırarak yüksek sıcaklık riski oluşturur. Bu nedenle, yeni yapılaşma projelerinde yeşil alanların arttırılması ve mevcut yeşil alanların korunması, ısı adası etkisini azaltabilir.

Nüfus Yoğunluğunun Etkisi: Yüksek nüfus yoğunluğu, insan faaliyetlerinin artmasına ve buna bağlı olarak sıcaklıkların yükselmesine neden olur. Bu durum, altyapı ve hizmetlerin, özellikle de yeşil alanların ve su kaynaklarının planlanmasında dikkate alınmalıdır.

Yeşil Alanlar ve Su Kütlelerinin Rolü: Ağaçlar, tarım arazileri ve su kütleleri, doğal soğutma etkisi yaratarak sıcaklık riskini azaltır. Bu nedenle, bu tür alanların arttırılması ve korunması, kentsel sıcaklık riskinin yönetiminde önemli bir stratejidir.

Çiğli ilçesi için hazırlanan bu Sıcaklık Risk Endeksi haritası, yerel yönetimlere ve karar vericilere, kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yönelik stratejik planlama yapma konusunda değerli bir rehberlik sağlayabilir. İklim değişikliği ile mücadelede, sürdürülebilir kentleşme ve çevre dostu uygulamaların benimsenmesi hayati önem taşımaktadır.

2.4. Sonuçlar

Çiğli ilçesinin mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi analizi, ilçedeki arazi kullanımının yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için, kentsel alanlarda/yoğun nüfuslu bölgelerde yeşil alanların arttırılması ve ağaçlandırma projelerinin uygulanması önemlidir. Bu tür önlemler, bölgedeki sıcaklıkların düşürülmesine ve yaşam kalitesinin arttırılmasına katkı sağlayacaktır.

Mahalle düzeyinde sıcaklık risk endeksi, ilgili müdahale ve önleme stratejilerinin geliştirilmesi için mahallelerin önceliklendirilmesi ve büyük ölçekte planlama yapısı için kullanılabilir. Çiğli İlçesi'nde uygulanan bu yöntem, yerel yönetimlerin aşırı sıcaklıklarla mücadelede etkili önlemler almasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın sonuçları, kentsel planlama ve halk sağlığı açısından önemli bilgiler sunmaktadır ve aşırı sıcaklıkların etkilerini en aza indirmek için alınabilecek önlemler hakkında rehber niteliğindedir.

BÖLÜM 3.

Mekânsal Uygunluk Analizi ve Alt Çalışma Alanlarının Belirlenmesi

Mekânsal uygunluk analizi, belirli kriterlere dayanarak, bir alanın hedeflenen amaçlar için ne kadar uygun olduğunu ortaya koymak için kullanılan bir coğrafi analiz yöntemidir. Bu çalışmada kentsel alanlarda

yüze sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların tespiti için mekânsal uygunluk analizi uygulanmıştır (Şekil 8).

ŞEKİL 8. Yüze sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların tespiti için mekânsal uygunluk analizi yöntem akışı



3.1. Yöntem

3.1.1. Veri Hazırlığı

Çalışmada kullanılan veriler sayısal (vektörel) veriler ve görüntü tarama verileri (raster) olmak üzere iki başlık altında toplanabilir:

1. Vektörel veriler: İlçe sınırı, mahalle sınırları, bina taban alanları, bina yükseklikleri, belediye tasarrufunda olan alanlar (parklar, meydanlar, belediye mülkiyetindeki alanlar) verileri Çiğli Belediyesi'nden temin edilmiştir.
2. Raster Veriler: Sıcaklık analizlerinin yapılması için kullanılan raster verilere, Arcgis Pro 2.7 yazılımı ile ArcGIS Kütüphanesinden ulaşılmıştır. Landsat Multispectral görüntüler üzerinden hazırlanan sıcaklık haritaları, çalışma kapsamında kullanılan raster verilerdir. Bunun dışında kullanılan diğer bir raster veri de bitki varlığı haritasıdır. 2024 yılı uydu görüntüleri üzerinden hazırlanan haritanın detayları "verilerin işlenmesi" bölümünde ele alınmıştır.

3.1.2. Verilerin İşlenmesi

Raster veriler ile vektör verilerin birlikte değerlendirilebilmesi için; Çiğli ilçesi 100 m x 100 m (1ha) karelara bölünmüştür.

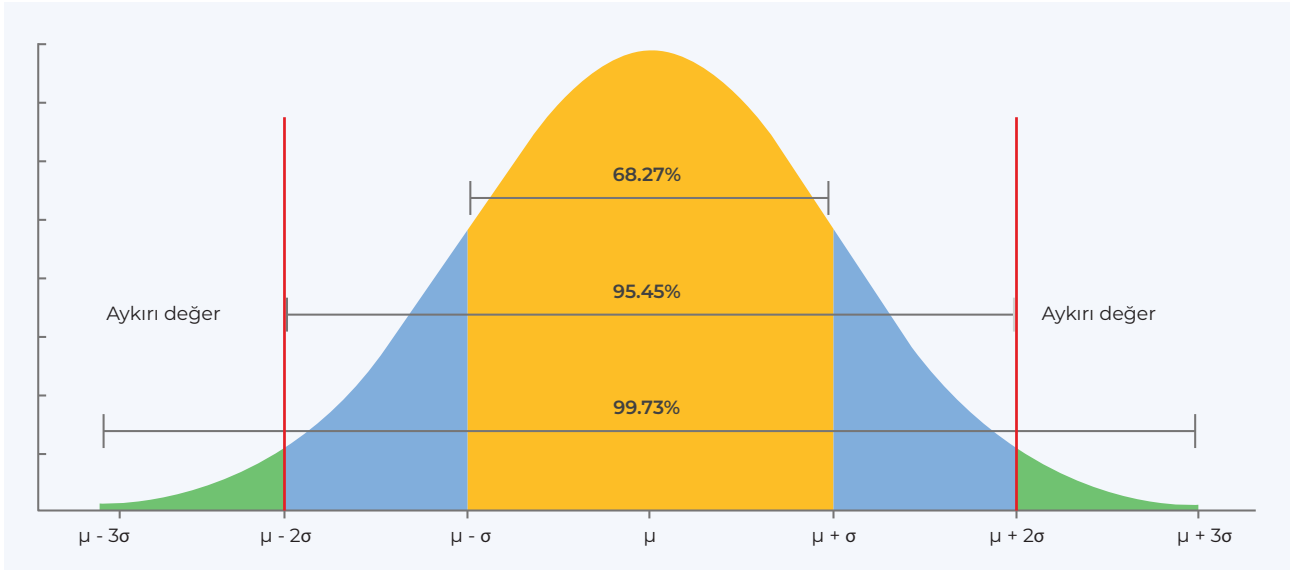
Yapı Yoğunluğu Haritasının Oluşturulması: Yapı yoğunluğu, sıcaklık üstünde önemli bir etkiye sahip olduğundan (Y. Chen vd., 2020; Song vd., 2020) önce yapı yoğunluğu haritası hazırlanmıştır. 1 hektarlık kareler içindeki bina yoğunluğunun hesaplanması için binalar nokta verisine dönüştürülmüş ve her bir binaya taban alanı ve yükseklik bilgisi bağlanmıştır. Daha sonra bölgesel istatistik (zonal statistics) işlemi uygulanarak her bir hektar içinde ortalama bina yüksekliği haritası ve toplam taban alanı haritası oluşturulmuştur. Taban Alanı x Bina yüksekliği işlemi ile de bina yoğunluğu haritası raster formatında elde edilmiştir.

Sıcaklık Haritalarının Oluşturulması: Sıcaklık analizlerinin yapılması için kullanılan raster verilere, Arcgis Pro 2.7 yazılımı ile ArcGIS Kütüphanesinden ulaşılmıştır. Multispectral Landsat görüntüleri üzerinden tarih sınırlaması yapılarak her yıla ilişkin 15 Mayıs-15 Eylül arasında Landsat 8 ya da 9 uyduları tarafından elde edilen görüntülerin 10. Bandı (sıcaklık değerlerini taşıyan bant), derece (celcius) bazında değerleri içerecek şekilde filtrelenmiştir. Bu işlem her yıl için tekrarlanarak, her yıla ilişkin 30m x 30m çözünürlüğe sahip sıcaklık haritaları elde edilmiştir. Çalışma alanı sınırına göre kesilen rasterlar, 100m x 100m karelajlara göre alansal istatistik yöntemi (zonal statistics) kullanılarak her kare, içerdiği hücrelerin ortalama değerini alacak şekilde yeniden hazırlanmıştır.

Sıcaklık haritalarının ikinci aşamasında; her yıla ilişkin ortalama sıcaklıktan daha sıcak alanlar haritaları (alanın %68'inden daha sıcak alanları gösterir haritalar) oluşturulmuştur. Bu işlem için her yılın ortalama sıcaklık değeri ve standart sapma değeri kullanılmıştır. Çalışma alanı içinde "ortalama sıcaklık + standart sapma" değerinden daha yüksek değere sahip kareler seçilerek yapılan işlemler sonucunda her yıl için "ortalama sıcaklıktan daha sıcak alanlar" haritaları ortaya çıkmıştır.

Sıcaklık haritalarının oluşturulmasının üçüncü aşamasında ise sıcak nokta (hot spot) analizi yapılmıştır. Bu analizde ise "ortalama sıcaklık + 2 standart sapma değeri"nden yüksek kareler seçilerek her yıl için sıcak noktalar yani normal dağılıma göre alanın %95'inden daha sıcak alanlar belirlenmiştir (Şekil 9).

ŞEKİL 9. Normal dağılıma göre değerler



Bitki varlığı (NDVI) haritası hazırlanırken 25.06.2024 tarihli Landsat 9 uydu görüntüsü kullanılmıştır. NDVI, kızılötesi ve kırmızı spektrumda yansıyan ışık farklılıklarını kullanarak bitki örtüsünün fotosentez aktivitesi ve canlılığı hakkında bilgi sağlayan bir analizdir.

- ▶ $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, burada NIR kızılötesi yansıma ve RED kırmızı yansıma değerlerini temsil eder.
- ▶ NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişir ve farklı değer aralıkları farklı bitki örtüsü tiplerini veya çevresel koşulları temsil eder.
- ▶ -1 ila -0,1 arası: Genellikle su ve açık su yüzeylerini temsil eder. Su en düşük NDVI değerlerine sahiptir.
- ▶ -0,1 ila 0 arası: Genellikle kumlu, çorak, tarım alanları veya çıplak araziye temsil eder.
- ▶ 0 ila 0,2 arası: Genellikle düşük bitki yoğunluğu veya kuru otlak alanlarını temsil eder.
- ▶ 0,2 ila 0,5 arası: Genellikle ormanlar, çalılıklar veya yüksek bitki yoğunluğu olan alanları temsil eder.
- ▶ 0,5 ila 1 arası: Genellikle yoğun ormanlar ve sağlıklı bitki örtüsü alanlarını temsil eder (Jiang vd., 2006).

Bitki varlığı haritası da alansal istatistik (zonal statistics) ile 100m x 100m kareler kullanılarak her kare, içerdiği hücrelerin ortalama değerini alacak şekilde yeniden hazırlanmıştır.

3.1.3. Kriterlerin Belirlenmesi

Yüzey sıcaklığını etkileyen faktörler konusunda literatürde incelemeler yapıldığında; kentlerde arazi kullanım türlerinin diğer antropolojik faktörlere göre daha büyük etkiye sahip olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. (Adulkongkaew vd., 2020; Zhou vd., 2011) Bu bağlamda, ulaşılabilen veriler de göz önünde bulundurularak, yüzey sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların tespiti için mekânsal uygunluk analizinin kriterleri:

- ▶ Yapı yoğunluğu
- ▶ 10 yıllık ortalama sıcaklık
- ▶ Bitki varlığı
- ▶ Sıcak noktalara yakınlık olarak belirlenmiştir.

Daha önce hazırlanmış olan yapı yoğunluğu ve bitki varlığı haritalarına ek olarak diğer kriterlere ilişkin

raster analizleri de hazırlanmıştır. 10 yıllık ortalama sıcaklık haritası, her yıl için hazırlanan sıcaklık haritalarında her hücre değerinin ortalamasının alınması yoluyla hazırlanmıştır (Eşitlik 1).

EŞİTLİK 1. 10 yıllık ortalama sıcaklık haritası oluşturulması

$$t_{ort} = ((t1+t2+...t10)/10)$$

Sıcak noktalara yakınlık kriteri için ise öncelikle her yıl için yapılan sıcak nokta analizleri “ve (and)” fonksiyonu kullanılarak çakıştırılmış, daha sonra ise oluşan bu harita üzerinden “Euclidean Mesafe” aracı kullanılarak raster harita oluşturulmuştur.

Kriterler belirlendikten sonra çalışmaya “Dâhil Edilecek/Hariç Tutulacak Alanların Belirlenmesi (Inclusion/Exclusion Analysis)” işlemi yapılmıştır. Çalışma alanı içinde yer alan Atatürk Organize Sanayi Bölgesi, Çiğli Belediyesi’nin yetki alanı dışında olduğundan analizler tüm ilçe için yapılmış ancak yüzey sıcaklığını düşürmeye yönelik doğa tabanlı çözümlerin uygulanabileceği alanların tespiti için mekânsal uygunluk analizi sırasında bu alan hariç tutulmuştur. Bununla birlikte; uygun alanların, her yıl için hazırlanan ortalamadan sıcak (Ortalama sıcaklık + standart sapma) alanların çakıştırılması sonucunda elde edilen alanlar içinde olması gerektiği karara bağlanmıştır.

3.1.4. Kriterlerin Standartlaştırılması ve Ağırlıklarının Belirlenmesi

100m x 100m kareler halinde (1 ha) olarak düzenlenen raster haritalardaki veriler 1-0 arasında standartlaştırılmıştır. Tüm kriterler aynı hücre büyüklüğüne ve 0-1 arasında değere sahip olduktan sonra ağırlıkları belirlenmiştir.

Kriterlerin ağırlıkları belirlenirken, yapılan literatür taramalarından edinilen bilgiler değerlendirilmiş ve sıralama aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Eşitlik 2).

EŞİTLİK 2. Kriter ağırlıkları

Yapı Yoğunluğu (2) > 10 Yıllık Ortalama Sıcaklık (1,5) > Bitki Varlığı (1,25) > Sıcak Noktalara Yakınlık (1)

3.1.5. Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması ve Uygunluk Haritasının Oluşturulması

Kriterlere ilişkin raster haritalar hazırlandıktan sonra "Uygunluk Analizi (Suitability Analysis) bölümüne geçilmiştir. Bu bölümde yine ArcGIS Pro 2.7 yazılımı Suitability Modeller aracı kullanılmıştır. Bu araç; kriterlerin ağırlıklarının ve fonksiyonlarının niteliğinin ve

yönünün tanımlanması sonrasında, kriterlerin standartlaştırılması işlemini de içerek şekilde uygunluk analizini oluşturmaktadır. Tablo 2 de yer alan kriterler ve özellikleri uygunluk analizi aracında kullanılmıştır.

TABLO 2. Kriterler, raster oluşturma yöntemleri, fonksiyon ve ağırlıkları

Kriterler	Raster Oluşturma Yöntemi	Fonksiyon	Min	Max	Ağırlık
Yapı yoğunluğu	Alansal İstatistik	MSsmall			2
10 yıllık ortalama sıcaklık	Raster Hesaplama (10 yıl her hücre için ((t1+t2+...t10)/10)	Linear	Min	Max	1,5
Bitki varlığı	Alansal İstatistik	Linear	Max	Min	1,25
Sıcak noktalara yakınlık	Euclidean Mesafe	Linear	Min	Max	1

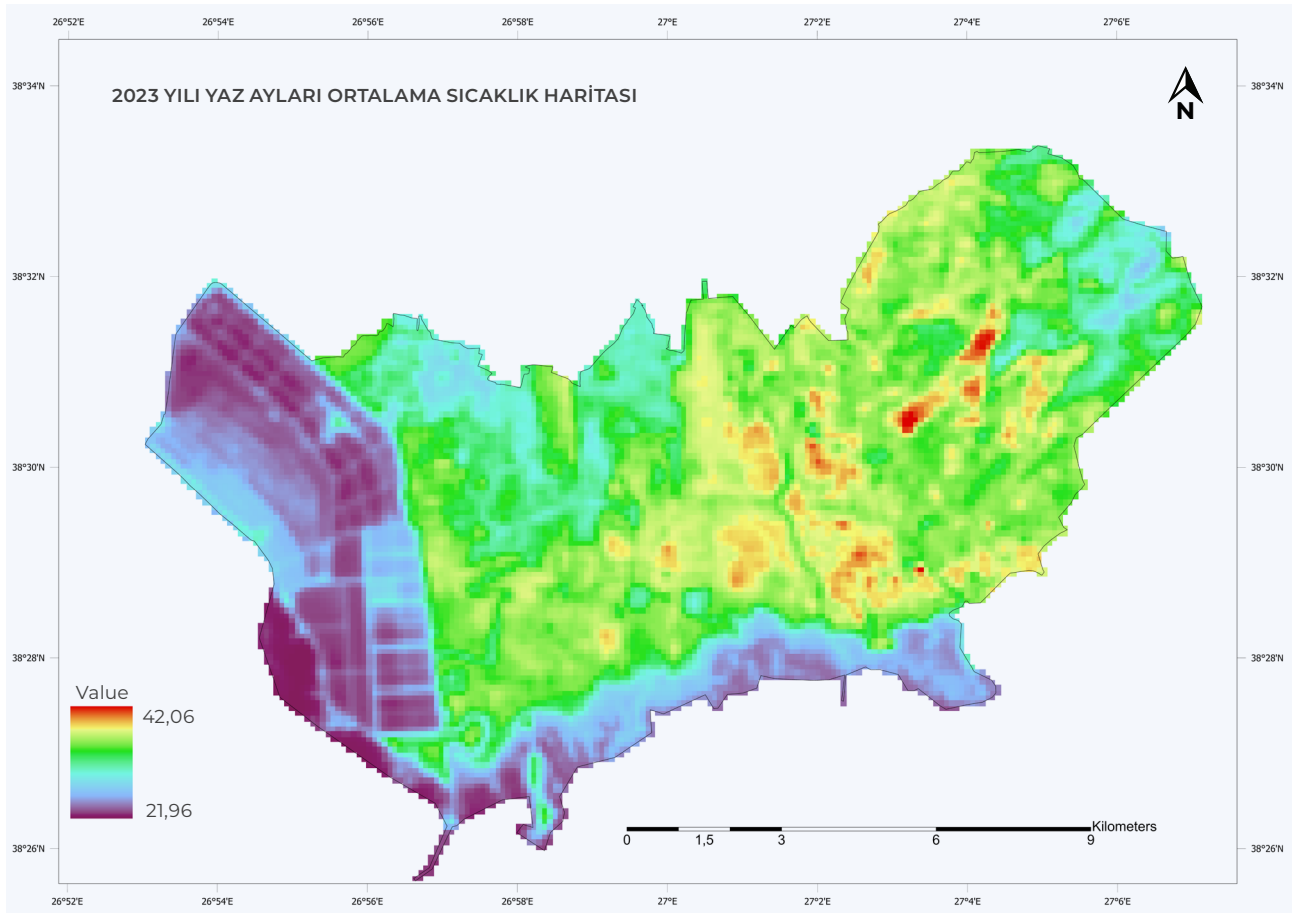
Yazılımda kullanılan aracın yaptığı işlemler kısaca şöyledir. Her bir kriter haritası için 'Hücre Değeri x ağırlık' işlemi ile ağırlıklı hücre değeri hesaplanır, aynı hücrenin her harita için ağırlıklı değeri toplanarak ortalaması alınır, harita 0-1 arasında değerlere sahip olacak şekilde normalize edilir, 0-1 arasında uygunluk değerine sahip nihai yer uygunluğu harita elde edilir.

3.2. Bulgular

Uygunluk analizi çalışmasında ilk olarak elde edilen veriler kullanılarak haritalar hazırlanmıştır. 2013-2023 yıllarının her biri için mayıs-eylül ayları arası

sıcaklıklara ilişkin hazırlanan haritalardan 2013 yılı örnekleri Şekil 10'da görülmektedir.

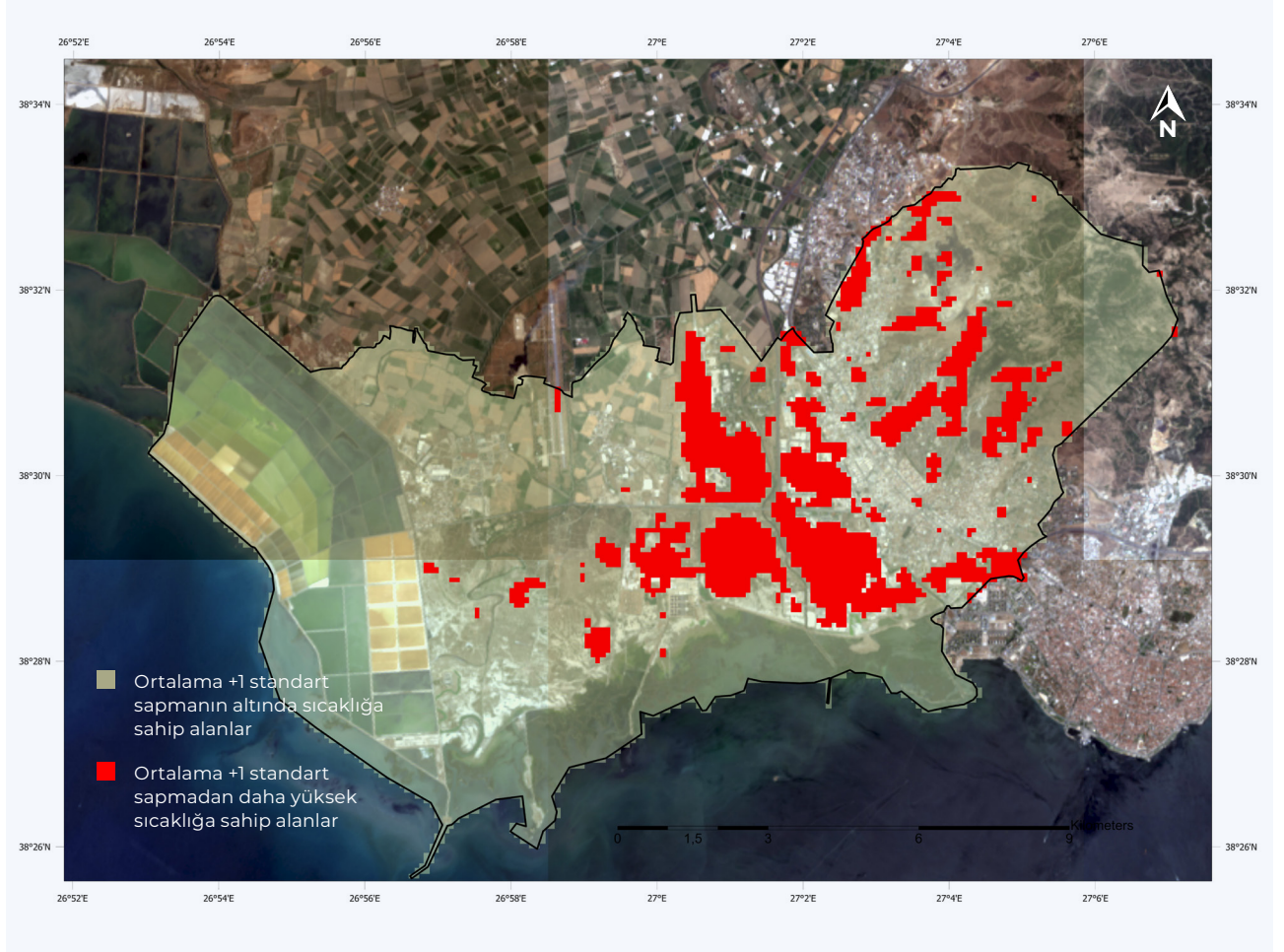
ŞEKİL 10. 2013 yılı sıcaklık haritası



2013 yılı yaz aylarında sıcaklığın 21,96-42,06 derece arasında değiştiği, bununla birlikte sulak ve ormanlık alanlar en soğuk alanlarken, kent merkezi ve çıplak alanların en sıcak alanlar olduğu görülmektedir.

Yine 2013 yılı için ortalamadan sıcak (ortalama sıcaklık + standart sapma) alanlar için hazırlanan harita Şekil 11'de görülmektedir.

ŞEKİL 11. 2013 yılı ortalamadan sıcak alanlar haritası



Ortalamadan sıcak yerler olarak organize sanayi bölgesi, çıplak toprak alanlar, kent merkezinde bazı alanlar ve jet üssü gibi büyük beton yüzeyler öne

çıkılmaktadır. Son olarak ise 2013 yılı için yapılan sıcak nokta analizi Şekil 12'de görülmektedir.

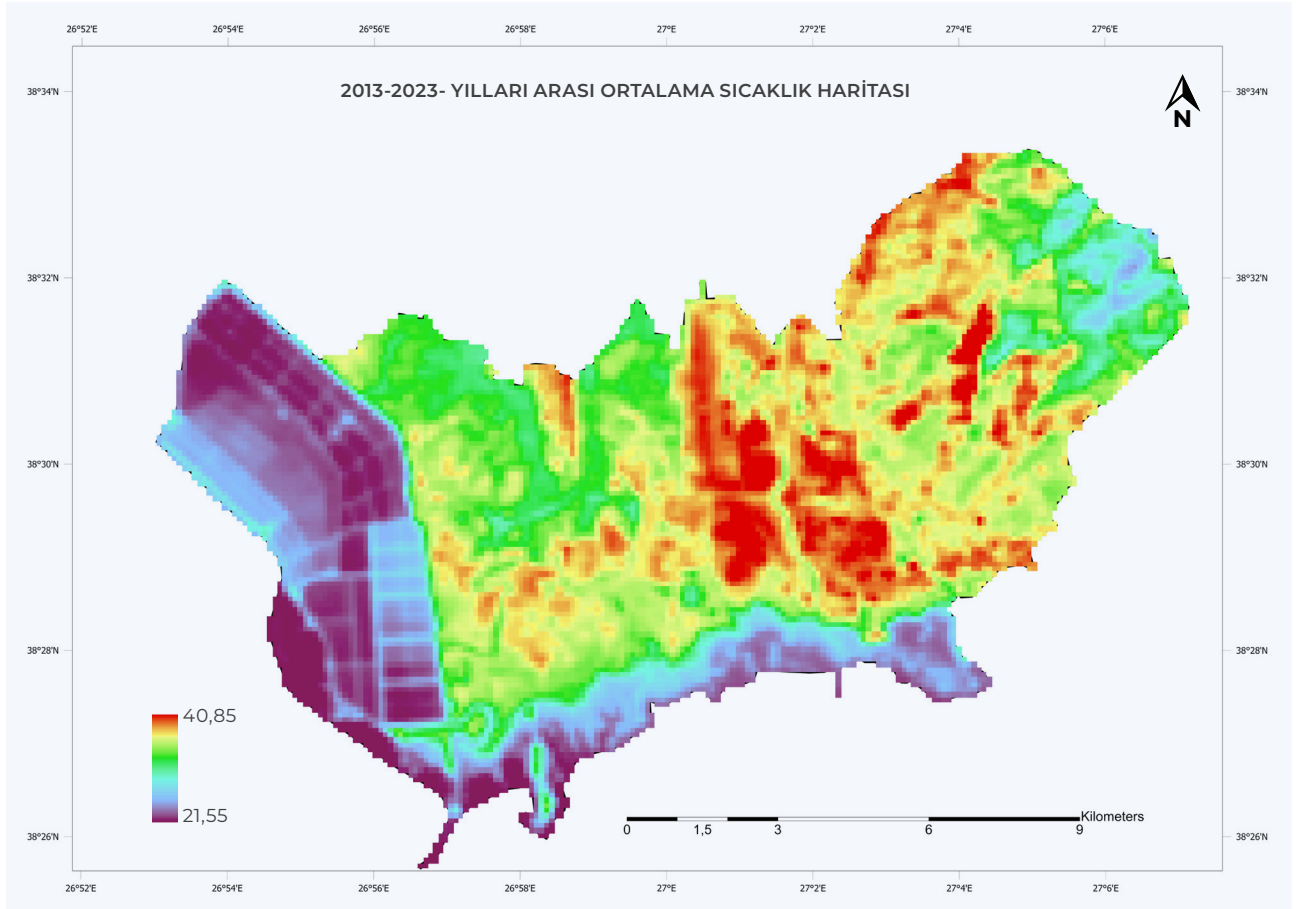
ŞEKİL 12. 2013 yılı sıcak noktalar haritası



Sıcak noktalar, tüm alanın 10 yıllık ortalama sıcaklık haritasına göre çalışma alanının %95'inden daha sıcak alanları göstermektedir. Şekil 11 incelendiğinde şehrin genelinde sıcaklık dağılımını bozan yalnızca 1 kare (1ha) alan olduğu görülmektedir.

Sıcaklık haritalarının, yöntem bölümünde anlatıldığı gibi ortalamaları alınarak hazırlanan 10 yıllık ortalama sıcaklık haritası Şekil 13'te görülmektedir.

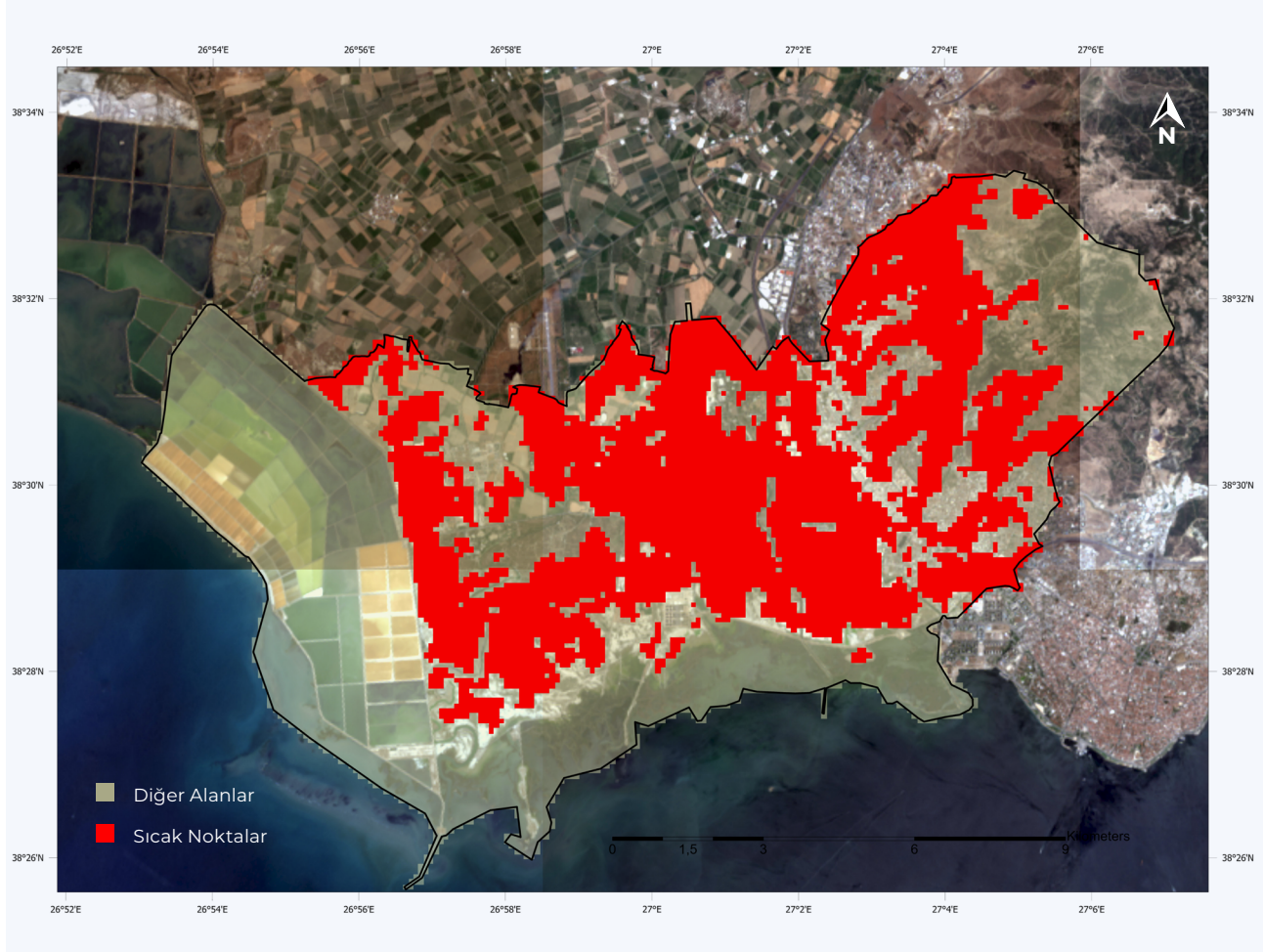
ŞEKİL 13. 10 yıllık ortalama sıcaklık haritası



Bu analize göre; son 10 yılın yüzey sıcaklık ortalaması en düşük 21,55 °C, en yüksek 40,85 °C olarak belirlenmiştir. Yine su ve orman alanları en soğuk alanlar olarak görülmektedir. Bu da aslında soğutma adalarının

oluşturulmasında bitki ve su kullanımının önemini göstermektedir. 10 yıl boyunca ortalamadan sıcak olmuş alanlar Şekil 14'te görülmektedir.

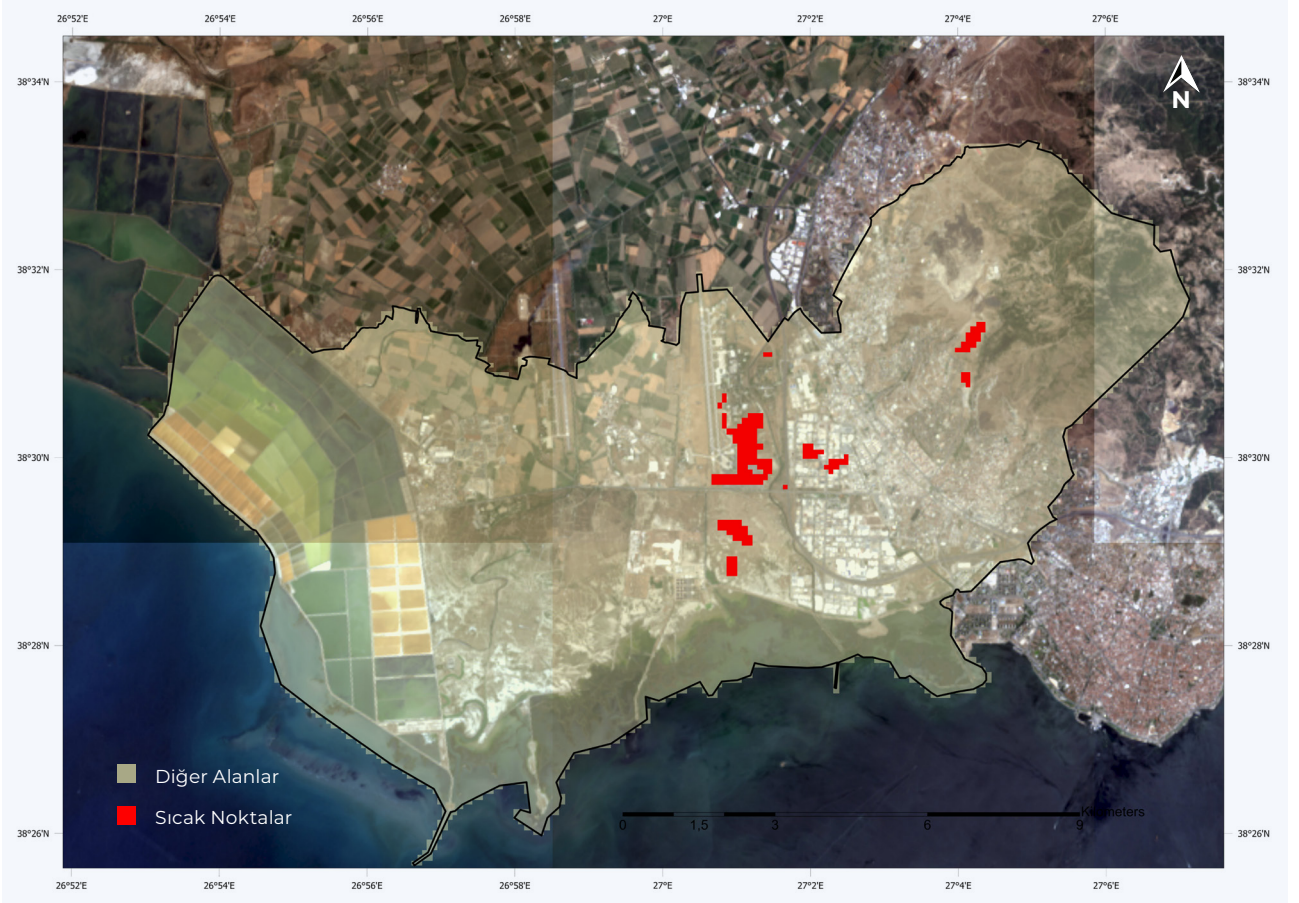
ŞEKİL 14. 2013-2023 yılları arası ortalamadan sıcak alanlar haritası



10 yıl boyunca ortalamadan yüksek sıcaklığa sahip alanların çakıştırılması sonucu elde edilen haritaya göre toplam yüzölçümü 142 km² olan ilçenin yaklaşık 61 km²'si (%43) sıcaklık sorunu yaşamaktadır.

10 yıl boyunca herhangi bir yılda sıcak nokta olmuş alanların çakıştırılmasıyla elde edilen harita Şekil 15'te görülmektedir.

ŞEKİL 15. 2013-2023 yılları arası sıcak noktalar haritası

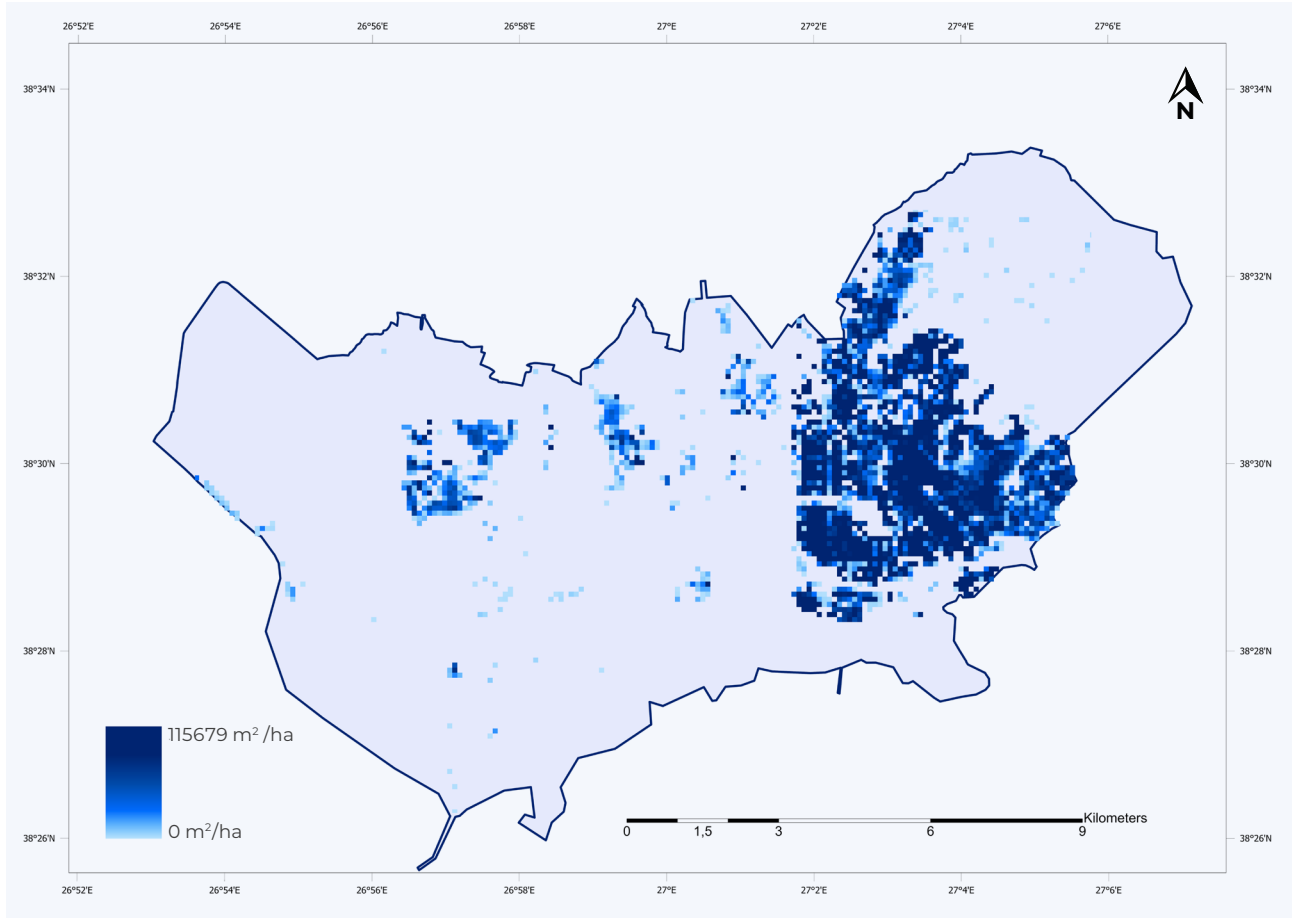


Bu analiz sonucunda ise sanayi yapıları, jet üssüne ait büyük beton yüzeyler ve yamaçlardaki çıplak araziler sıcak noktalar olarak ortaya çıkmıştır.

Beton yüzeyler sıcaklığı gün boyunca emerler ve gece ise doğal yüzeyler kadar kolay soğuyamadıkları için ısı adası etkisi oluşumuna etkileri oldukça

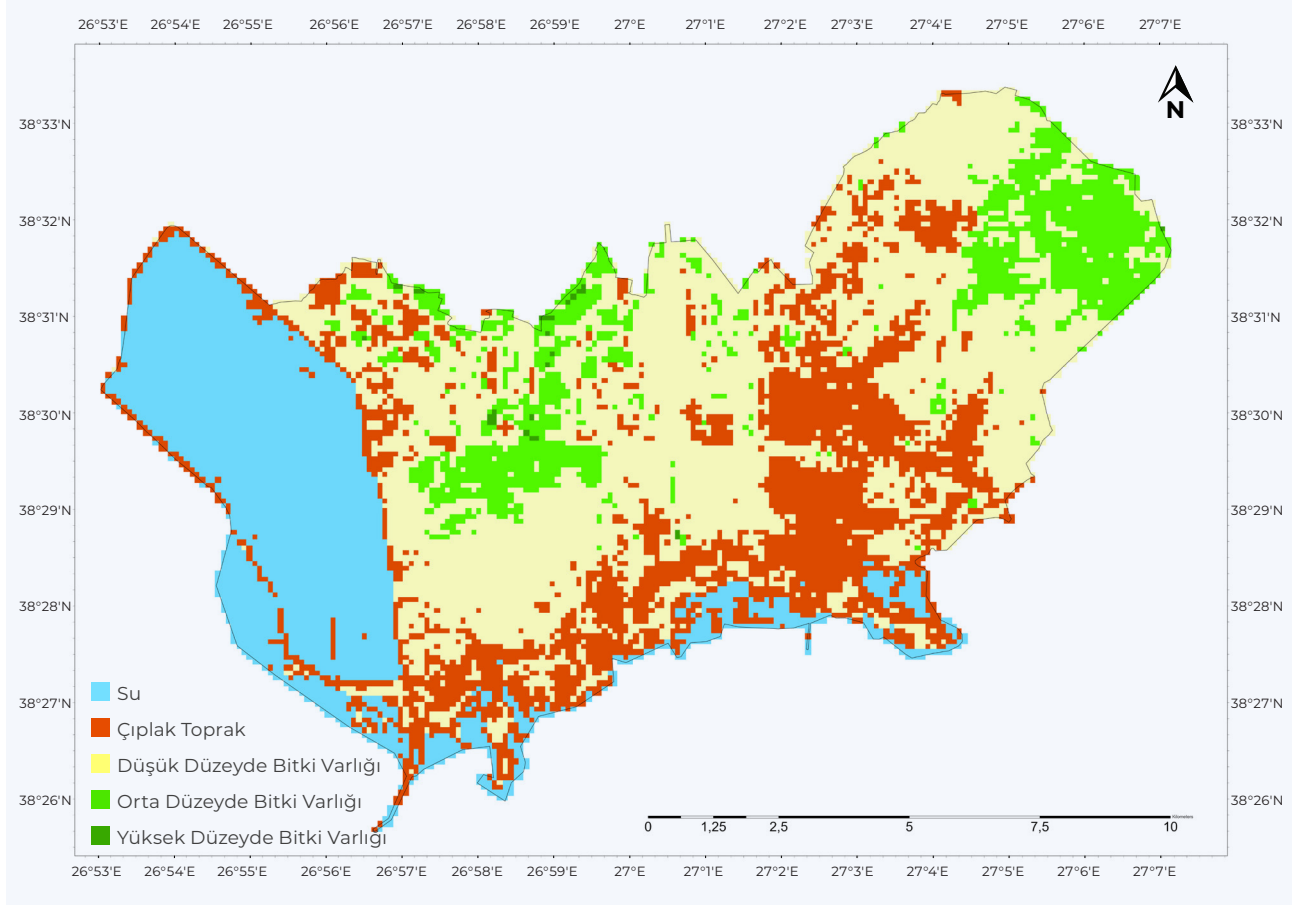
yüksektir (Zhou vd., 2011). Bu doğrultuda hazırlanan ve Şekil 16'da görülen haritada koyu renkte görünen alanlar yapı yoğunluğunun yüksek olduğu alanlardır. Haritadan da anlaşılacağı gibi Çiğli kent merkezi oldukça yüksek yapı yoğunluğuna sahiptir.

ŞEKİL 16. Yapı yoğunluğu haritası



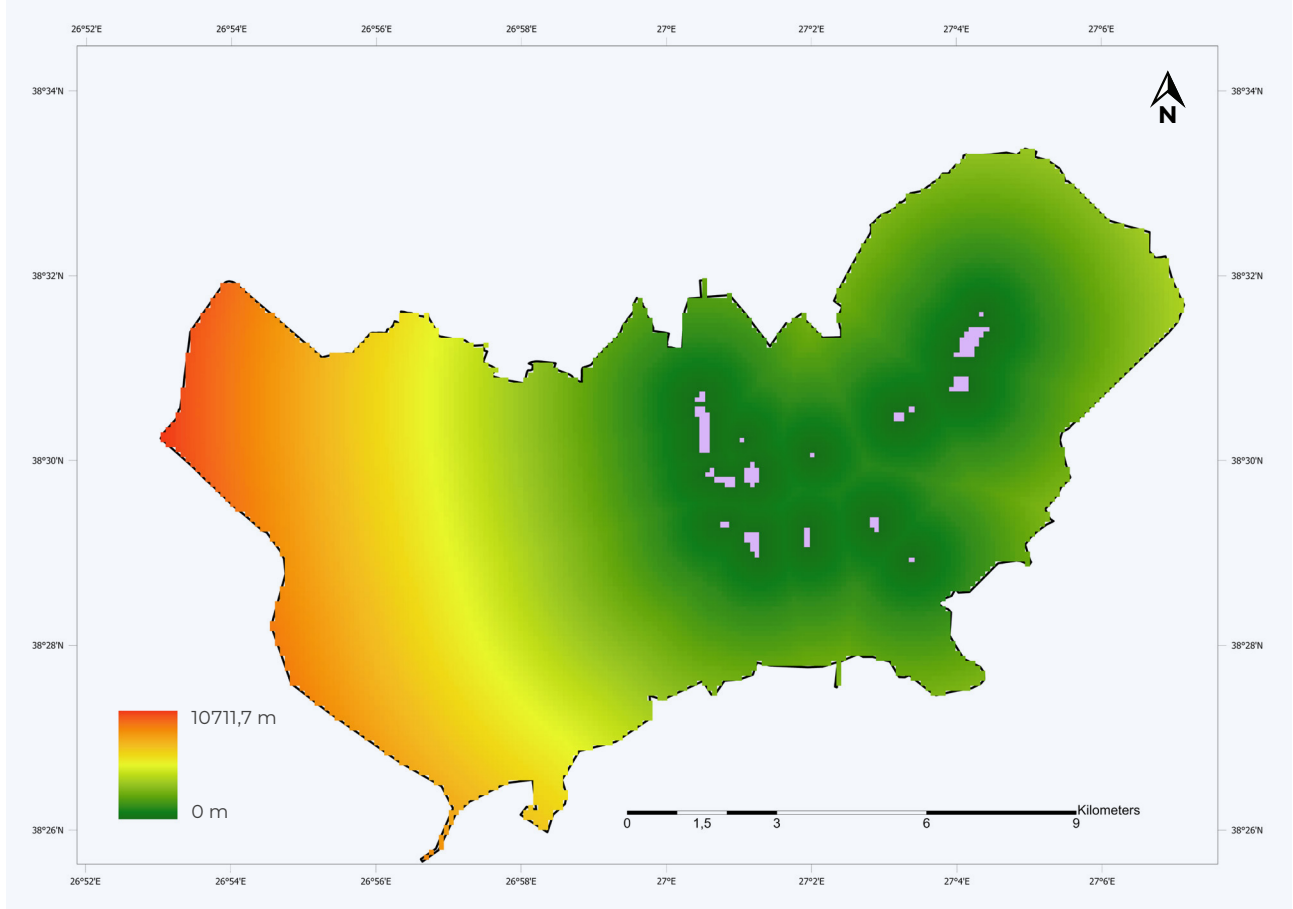
Bitki varlığı analizi için yine uzaktan algılama yöntemi ile hazırlanan harita Şekil 17'de görülmektedir.

ŞEKİL 17. Bitki varlığı haritası



Bu analize göre su alanları en düşük NDVI değerine sahipken, bitki varlığının yüksek olduğu alanlar en yüksek NDVI değerine sahiptir. Kahverengi alanlar yapılaşmış alanları ya da çıplak arazileri temsil ederken,

sarı alanlar ise düşük düzeyde bitki varlığına sahip alanlardır. Bu iki sınıf çalışma alanının büyük bölümünü oluşturmaktadır.

ŞEKİL 18. Sıcak noktalara yakınlık haritası

Sıcak noktalara yakınlık uygunluk analizinde bir kriter olarak kullanıldığından, Şekil 14'te görülen 2013-2023 yılları arası sıcak noktalar haritası kullanılarak Şekil 18'deki harita oluşturulmuştur. Sıcak noktalara en yakın alanlar koyu yeşil olarak görülürken, en uzak alanlar ise kırmızı renkte görülmektedir.

Kriterlere ilişkin hazırlanan haritaların, 1-0 arasında standardize edilerek karşılaştırılması ve ağırlıklandırılması sonucu uygunluk analizinin ortaya çıktığından daha önce bahsedilmiştir. Kullanılan ArcGIS Pro 2.7. yazılımı uygunluk analizi aracı, kriter haritalarını belirlenen aralıkta 1-0 /1-10 vb. standardize etmektedir. Ancak bitki varlığı haritasında değerler için ayrı bir çalışma yapılması gerekmiştir. Bitki varlığı analizinde su yüzeyleri 0 dan küçük değerlerle temsil edilmekteyken, bitki varlığı yüksek alanlar da 1'e yakın pozitif değerlerle temsil edilmektedir. Bu yüzden mevcut değerler alınarak 1-0 arasında standardizasyon yapılması yanlış sonuç vereceğinden önce bu analiz için

bir yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Uygunluk analizinde su yüzeyleri ve bitki varlığı yüksek alanlar, uygunluk düzeyi düşük alanlar; yapılaşmış alanlar ve bitki varlığı düşük alanlar uygunluk düzeyi yüksek alanlar olacağından yeniden sınıflandırma bu işleme uygun olarak aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

- 1: Su
- 2: Çıplak Toprak / Yapılaşmış Alan
- 3: Düşük Düzeyde Bitki Varlığı
- 4: Orta Düzeyde Bitki Varlığı
- 5: Yüksek Düzeyde Bitki Varlığı

Böylece uygunluk analizinde kullanılacak kriterlere ilişkin rasterlar hazırlandıktan sonra, hariç tutulacak ve dahil edilecek alanlara ilişkin de bir harita hazırlanmıştır (Şekil 19).

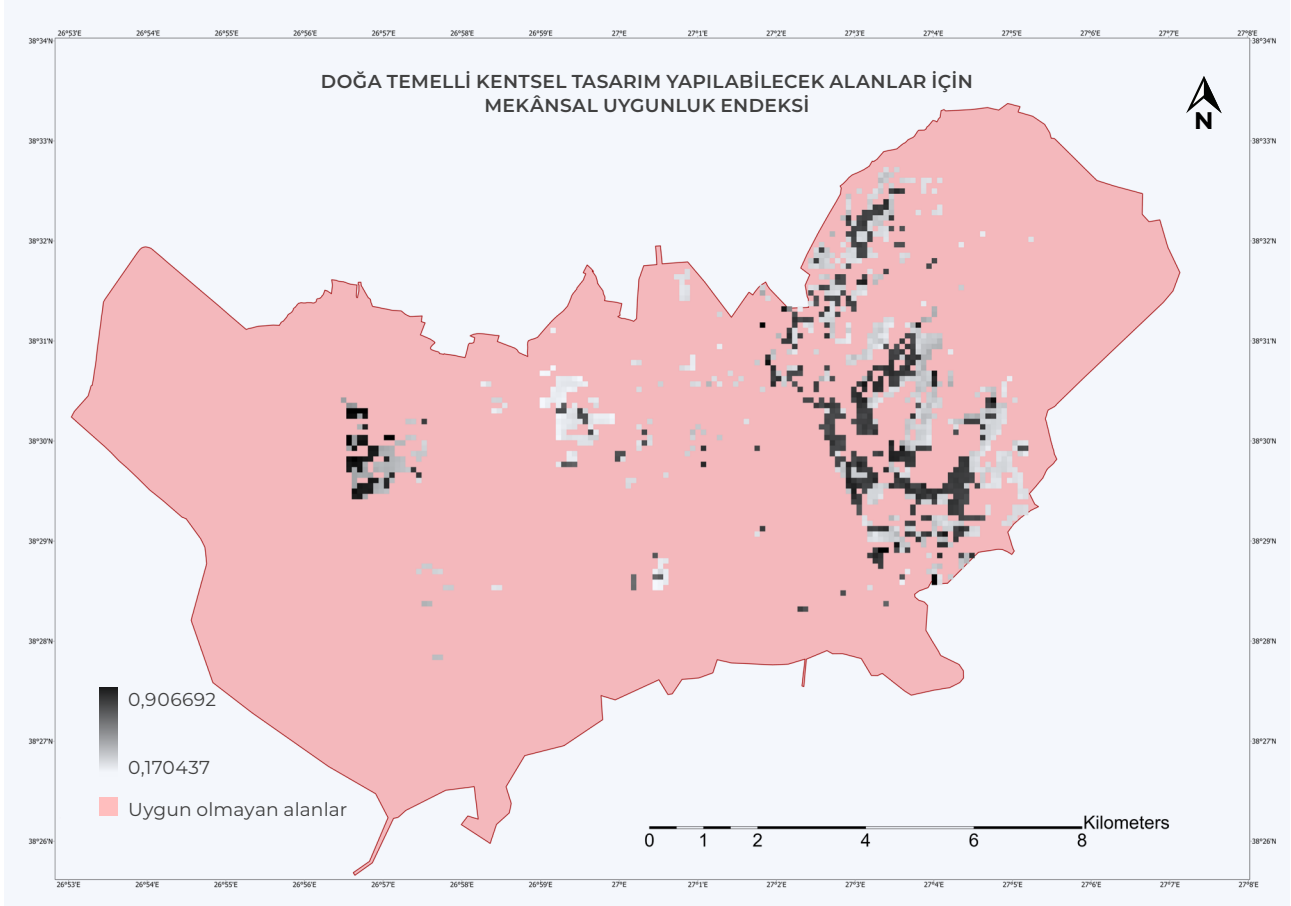
ŞEKİL 19. Dahil edilecek/Hariç tutulacak alanlar haritası

Şekil 18'de yeşil renkle görülen alanlar; Çiğli Belediyesi'nin yetki alanı dışında olan İAOSB alanı hariç tutulmuş ve 10 yıl boyunca sıcak olmuş alanları göstermektedir. Kriterlere göre yapılan uygunluk analizi sonucunda çıkan uygun alanların aynı zamanda Şekil 19'da görülen yeşil alanın içinde kalması da gerekmektedir.

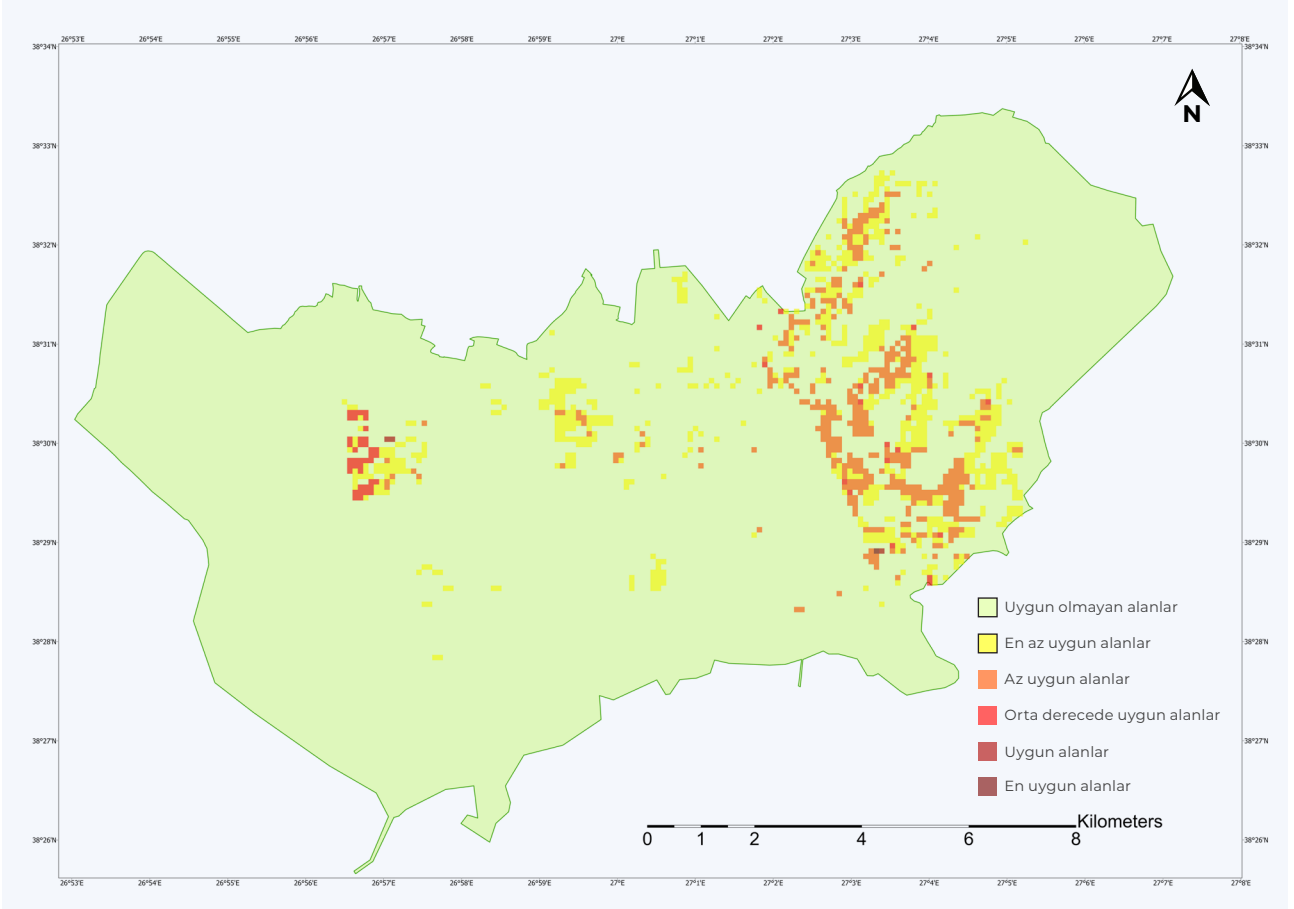
3.3. Sonuç ve Değerlendirme

Uygunluk analizi işlemi sonucunda çıkan ilk harita Şekil 20'de görülmektedir.

ŞEKİL 20. Mekânsal uygunluk endeksi



Yukarıdaki haritaya göre siyah ile temsil edilen alanlar doğa temelli kentsel tasarım yapılabilecek en uygun alanlar (1) beyaza doğru yaklaştıkça uygunluk endeksi düşmektedir ve bu endeksin değeri 0-1 arasında değişmektedir. Tam olarak 0 değerine sahip yani uygun olmayan alanlar ise kırmızı ile gösterilmiştir.

ŞEKİL 21. Alt çalışma alanı olarak belirlenmeye uygun alanlar

Haritada yer alan 0-1 arasındaki değerler daha anlaşılır olması açısından yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 21). Buna göre;

- ▶ 0-0,5: En az uygun alanlar
- ▶ 0,5-0,6: Az uygun alanlar
- ▶ 0,6-0,7: Orta derecede uygun alanlar
- ▶ 0,7-0,8: Uygun alanlar
- ▶ 0,8 ve üstü: En uygun alanlar olarak belirlenmiştir.

Uygunluk analizi sonucunda elde edilen değerlerin alansal dağılımı Tablo 3'de görülmektedir.

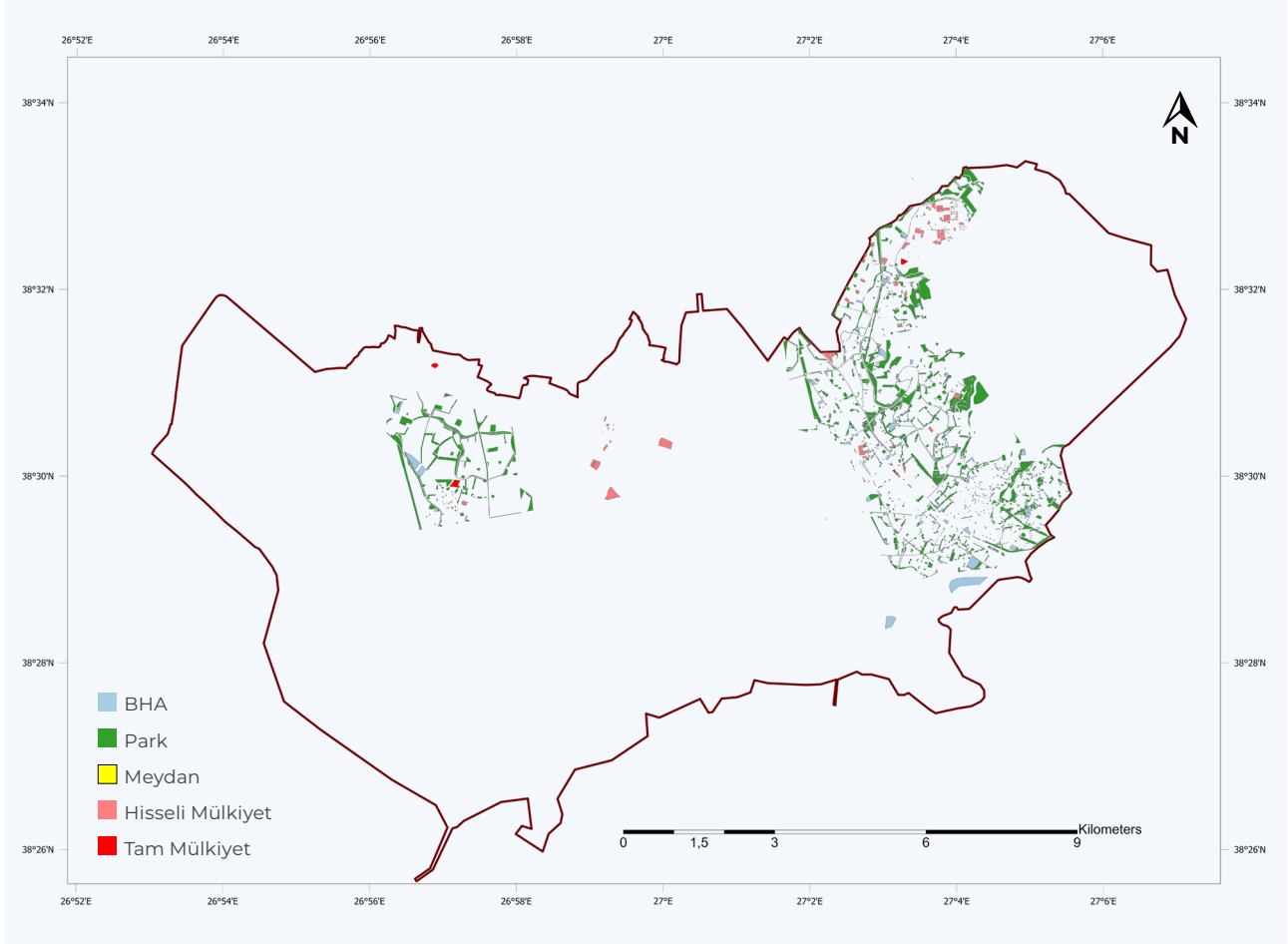
TABLO 3. Uygunluk derecesine göre uygun alanların dağılımı

Uygunluk Derecesi	Alan (Ha)
En uygun alanlar	1
Uygun alanlar	2
Orta derecede uygun alanlar	55,67
Az uygun alanlar	383
En az uygun alanlar	678

Uygunluk analizi tamamlandıktan sonra, uygulama yapılabilecek nihai alanların belediye personeli ile seçiminin yapılması amacıyla, belediye tasarrufunda

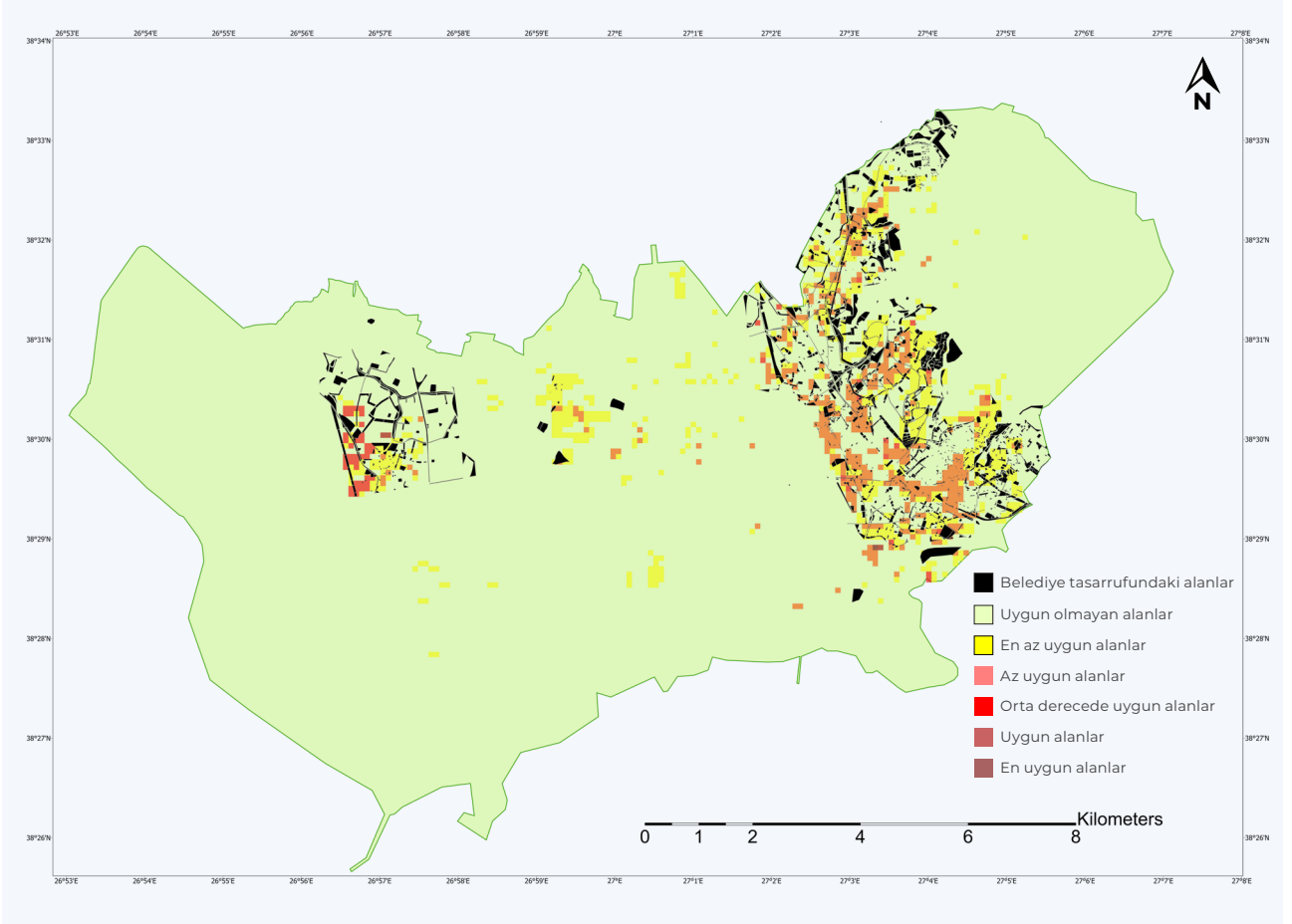
bulunan ve Şekil 22'de görülen parklar, meydanlar, belediye hizmet alanları ve tam/paylı mülkiyeti belediyede olan alanlar uygun alanlar ile karşılaştırılmıştır.

ŞEKİL 22. Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar



Çakıştırma işlemi tamamlandıktan sonra oluşan harita Şekil 23'te görülmektedir.

ŞEKİL 23. Uygun alanlar ve Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar



Şekil 25 incelendiğinde ise bir sırt boyunca uygulamaya uygun alanlar tespit edilebilmektedir. Henüz tam olarak yapılaşmamış olmasına rağmen sıcaklık sorunu yaşayan bu bölgede, yapılaşma tamamlandıktan sonra sıcaklık sorununun daha da artacağı

öngörülebilir bir gerçektir. Ancak bölgede uygulama yapılabilecek, belediye tasarrufunda ve henüz yatırım yapılmamış olan birçok park alanının olması da önemli bir potansiyeldir.

ŞEKİL 25. Uygun alanlar ve Çiğli Belediyesi tasarrufundaki alanlar detay 2



BÖLÜM 4.

Alt Çalışma Alanları

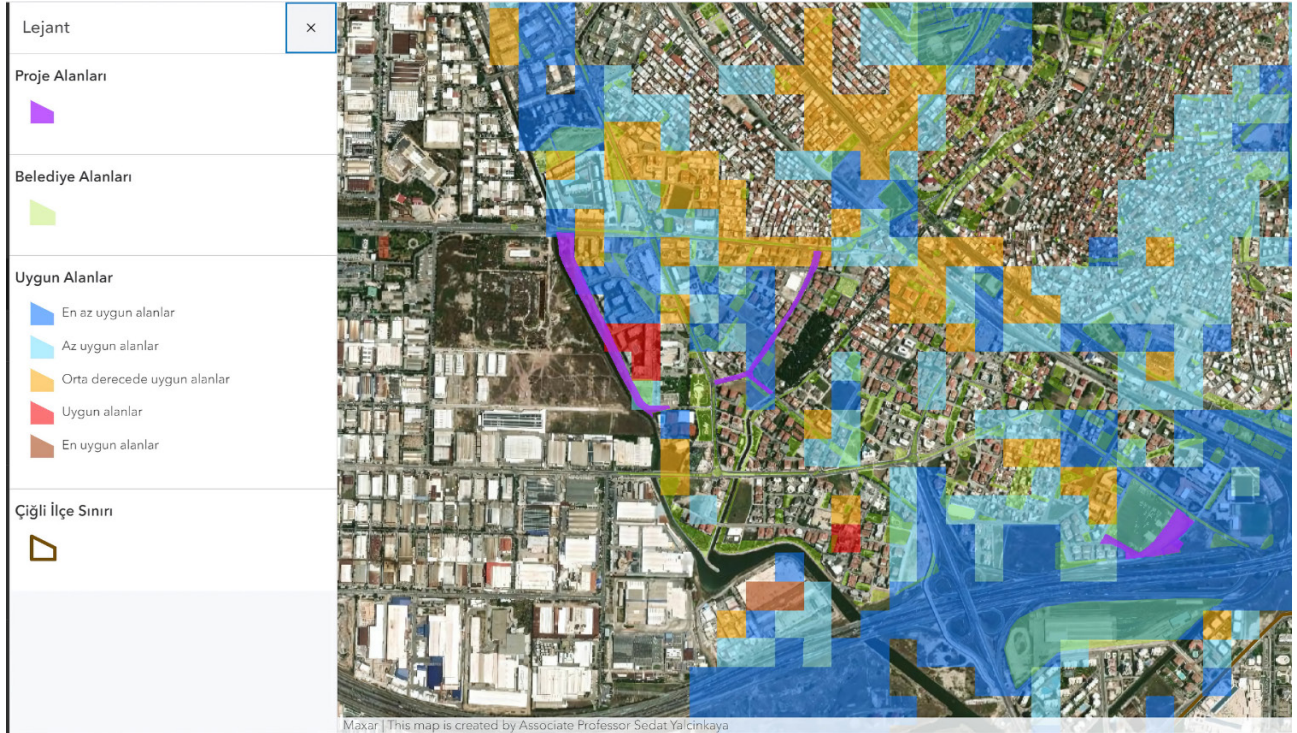


Yapılan tüm analizler ve sonuçları 12.07.2024 tarihi ve 16.07.2024 tarihinde Çiğli Belediyesi ile yapılan toplantılar (Şekil 26) ve gerçekleştirilen sunumlarla aktarılmış olup, toplantı sonucunda alt çalışma alanı olarak ele alınabilecek 4 alan üzerinde durulmuştur. Nihai durumda yapılan analizler sonucunda doğa tabanlı çözümler uygulanması halinde kentsel sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatmaya uygun olan ve Çiğli Belediyesi'nin yakın zamanda uygulama yapmayı planladığı alanlar arasından 3 adet alt çalışma alanı belirlenmiştir (Şekil 27).

Belirlenen alt çalışma alanları incelendiğinde tüm alt çalışma alanlarının doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri uygulandığında kentsel sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatmaya ve kentsel yüzey sıcaklıklarının azaltımı için yapılan analizlerin sonuçlarına göre uygun olarak belirlenen alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 28).

ŞEKİL 26. İzmir Kalkınma Ajansı ve Çiğli Belediyesi ile gerçekleştirilen toplantı ve saha çalışmalarından görüntüler



ŞEKİL 27. Alt çalışma alanları lokasyonu**ŞEKİL 28.** Mekânsal uygunluk analiz sonuçları ve alt çalışma alanları haritası¹

¹ Doç. Dr. Sedat Yalçinkaya tarafından hazırlanan interaktif harita üzerinden tüm analiz sonuçları ve harita katmanları görüntülenebilir. Harita erişim adresi: <https://musbf.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=3fe43f43d77f41578a361fea92ccc993>

Araştırma kapsamında yapılan analizler sürecinde çalışma alanı 100m x 100m birim ızgaralara bölünerek çalışılmıştır.

Alt çalışma alanlarının kapsadığı ızgaralar (Şekil 29) ve her bir ızgaranın alt çalışma alanları belirlenirken kullanılan kriter değerleri Tablo 4'te görülmektedir.

ŞEKİL 29. Alt çalışma alanlarının kapsadığı ızgaralar



TABLO 4. Alt çalışma alanları belirlenirken kullanılan kriter değerleri

	Izgara No	Sıcaklık (°C)	Yapı Yoğunluğu (m ² /ha)	NDVI	Sıcak Noktalara Yakınlık (m)
Alt Çalışma Alanı I	1	34,64	0	0,07	412
	2	34,61	0	0,1	300
	3	34,75	0	0,08	300
	4	34,66	0	0,09	200
	5	35,86	0	0,05	100
	6	34,9	14324	0,09	141
	7	36,47	10440	0,07	0
	8	37,55	131	0,06	100
	9	35,01	131	0,05	200
Alt Çalışma Alanı II	1	34,56	13146	0,06	894,4
	2	34,69	10403	0,1	854,4
	3	33,82	8796	0,09	728
	4	32,85	10682	0,12	707
	5	34,55	3946	0,14	608
	6	34,51	2656	0,14	600
	7	33,66	10072	0,13	500
	8	34,04	0	0,15	500
Alt Çalışma Alanı III	1	35,66	1375	0,08	1431
	2	36,44	0	0,08	1414
	3	36,56	0	0,05	1315

4.1. Alt Çalışma Alanı I (Yaşam Koridoru)

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen analizler sonucunda Çiğli ilçesinde tespit edilen kentsel sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatma potansiyeline sahip olan doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri üretilecek 1. Alt çalışma alanı olarak belirlenen alan, Atatürk Organize Sanayi Bölgesi ile yerleşim alanları sınırında Ataşehir Mahallesi 8268 Sokakta (Şekil 30), Büyük Çiğli Deresi kıyısında bulunan alandır. Söz

konusu alan hali hazırda Uygulama İmar Planında “yeşil alan” statüsündedir. Yaklaşık 27 ha yüzölçümüne sahip olan bu alan için Çiğli Belediyesi Kentsel Tasarım Şube Müdürlüğü'nün “Yaşam Koridoru” ismini verdikleri bir rekreasyon alanı proje çalışması bulunmaktadır.

ŞEKİL 30. Alt çalışma alanı I



4.2. Alt Çalışma Alanı II (8216 No'lu Sokak/Cadde)

Çalışma kapsamında doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri üretilecek olan 2. alan Ataşehir Mahallesi 8216 No'lu Sokak boyunca yer alan yaklaşık 25 m genişliğinde ve 600 m uzunluğunda çift yönlü araç trafiğine açık, etrafında yerleşim birimleri, çeşitli sosyal donatılar ve Uygulama İmar Planı'nda "yeşil alan"

statüsünde bulunup henüz boş olan alanlar bulunan bir caddedir (Şekil 31). Söz konusu cadde Çiğli Belediyesi Kentsel Tasarım Şube Müdürlüğü'nün iyileştirme projesi hazırlanacak alanlar listesinde yer almakta, ancak henüz yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

ŞEKİL 31. Alt çalışma alanı II



4.3. Alt Çalışma Alanı III (Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi)

Proje kapsamında değerlendirilecek 3. Alt çalışma alanı ise hali hazırda Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi olarak hizmet veren İzmir Çevre Otoyolu kıyısında bulunan yaklaşık 17 ha'lık yüzölçümüne sahip alandır (Şekil 32). Çiğli Belediyesi'nin

söz konusu alana bitişik parselde hali hazırda ESHOT otoparkı olarak kullanılan alan için bir kültür merkezi proje fikri bulunduğu ve henüz tamamlanmış bir proje çalışması bulunmadığı öğrenilmiştir .

ŞEKİL 32. Alt çalışma alanı III



BÖLÜM 5.

Kentsel Yüzey Sıcaklıklarını Düşürmeye Yönelik Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri

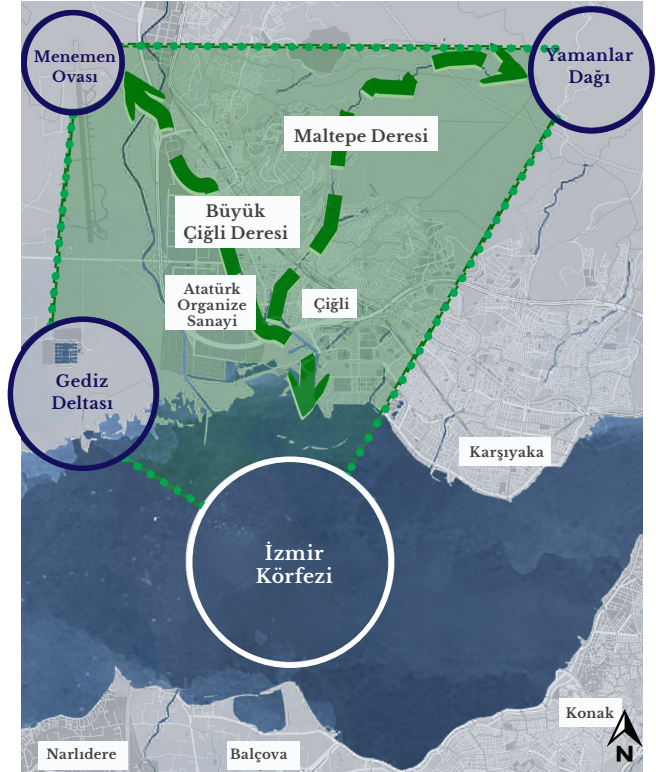
5.1. İlçe Genelinde Kentsel Yüzey Sıcaklıklarını Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda, Çiğli ilçesinde yüzey sıcaklıklarının sorunlu olduğu alanlar belirlenmiş, özellikle yapı yoğunluğunun yüksek olduğu ve açık-yeşil alanların yetersiz kaldığı bölgelerde yüzey sıcaklıklarının daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir (Şekil 14). Kentin morfolojik yapısı, özellikle güneye ve batıya bakan yamaçlarda ısının birikmesine neden olur. Bu durum, iklim değişikliği ne karşı hassasiyetin artmasına ve kentsel ısı adası etkisinin söz konusu bölgelerde daha yoğun hissedilmesine sebep olmaktadır. Doğa tabanlı kentsel çözümlerin uygulanabileceği alanlar incelendiğinde, İzkent'in kuzeyi ve Yamanlar Dağı etekleri gibi henüz yapılaşmamış çıplak alanlarda yüksek yüzey sıcaklıklarının varlığı dikkat çekmektedir. Bu alanların, kentsel yayılmayı sınırlamak ve iklim değişikliğine karşı dirençlilik oluşturmak amacıyla yeşil kuşaklar olarak planlanması, kentsel ısı adası etkisini azaltmada kritik rol oynayacaktır. Konuyla ilgili yapılan birçok çalışma (Varner & Dearing, 2014; Zhao vd., 2015; Ziter vd., 2019) yapılaşmamış çıplak alanların, gündüz saatlerinde yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip olmalarına rağmen, gece saatlerinde hızlı soğuduklarını ve bu nedenle mikroklima üzerinde kalıcı bir etki yaratmadıklarını ortaya koymaktadır. Ancak bu alanlar, yapılaşmaya açıldığında, kentsel ısı adası oluşumuna katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla, bu tür alanların yeşil kuşaklar olarak planlanması, kentsel yayılmayı sınırlandırmanın yanı sıra, kent mikroklimasını iyileştirme ve iklim değişikliğine karşı dirençliliği artırma açısından büyük bir fırsat sunmaktadır.

Çiğli ilçesi, önemli ekolojik odak alanları (Menemen Ovası, Gediz Deltası, Yamanlar Dağı, ve İzmir Körfezi) birbirine bağlayan akarsular, dereler (Büyük Çiğli Deresi ve Maltepe Deresi) ve ekolojik koridorlarla

şekillenmiş doğal bir ekolojik ağ üzerinde konumlanmıştır (Şekil 33). Bu doğal ekolojik ağ, ilçede yeşil-mavi altyapı sisteminin geliştirilmesi için stratejik bir temel sunarken, bölgenin iklim değişikliği karşısındaki adaptasyon kapasitesini de güçlendirmektedir. Söz konusu ekolojik bağlantıların yeniden kurulması, bu süreçte kilit rol oynamaktadır.

ŞEKİL 33. Çalışma alanında yer alan odak ekolojik alanlar ve doğal ekolojik koridorlar



Dere ekosistemleri, sucul ve karasal habitatların birleştiği karmaşık ve biyolojik çeşitlilik açısından zengin alanlardır. Bu ekosistemler, doğal filtre görevi görerek su kalitesini iyileştirir ve erozyonu önler. Dere kenarı alanları (riparian zones), ekosistemlerin önemli bir parçası olup karasal ve sucul habitatlar arasında geçiş sağlar. Aynı zamanda, kirleticilerin tutulmasında etkili olup nitrojen gibi maddelerin filtrelenmesine katkıda bulunur (Grizzetti vd., 2019). Bu alanlar, türler için yaşam alanları sunmanın yanı sıra biyoçeşitliliği artırır ve aynı zamanda iklim düzenlemesi ile karbon depolama gibi ekosistem hizmetlerine katkıda bulunur; böylece dere kenarı ekosistemlerinin sağladığı habitat çeşitliliği, sucul ve karasal türlerin sürdürülebilir yaşam alanlarını destekleyerek ekosistem işleyişine katkı sağlar (Carlson vd., 2016).

Dere ıslahı sürecinde yapılan en büyük hatalardan biri, doğal dere yataklarının beton kanallar içine alınmasıdır. Bu durum, suyun doğal akış dinamiklerini bozmakta ve sucul ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır. Ekosistem ve biyoçeşitlilik göz ardı edilerek gerçekleştirilen çalışmalar, sucul canlıların yaşam alanlarını yok etmekte ve biyoçeşitlilik kaybına yol açmaktadır. Ayrıca, dere yataklarının geçirimsiz yüzeylerle kaplanması, yağmur sularının yeraltı sularına ulaşmasını engellemekte ve su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Doğal çözümler yerine tamamen mühendislik yaklaşımlarına güvenilmesi, kısa vadede bir takım sorunları çözsede, uzun vadede taşkın risklerini ve çevresel sorunları artırmaktadır. Yanlış su yönetimi uygulamaları, suyun akışını hızlandırmak veya yönünü değiştirmek gibi müdahalelerle su döngüsünü bozarak çevreye ciddi zararlar vermektedir (Bodur, 2018; Tokgöz Vd., 2022).

Çiğli ilçesinde ekosistem bütünlüğünün yeniden kurulması için, ilçeyi çevreleyen ekolojik odaklar arasında doğal koridorlar oluşturulması bir strateji olarak benimsenmelidir. Büyük Çiğli Deresi ve Maltepe Deresi'nin beton kanallar altına alınmış mevcut durumunun değiştirilmesi ve uygun alanlarda su yollarının yeniden yüzeye çıkarılması, doğal süreçlerin ve ekosistem hizmetlerinin aktif hale gelmesini sağlayacaktır. Söz konusu dere ekosistemini canlandırma projelerinin taşkın dirençli biçimde planlanması, dere kenarı ekosistemlerinin ekosistem hizmetlerini güçlendirerek su yönetimi ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına önemli katkılar sunacaktır. Bu projeler, doğal su akışının düzenlenmesini ve taşkın risklerinin azaltılmasını sağlamanın yanı sıra, sucul ve karasal habitatların devamlılığını destekleyerek bölgenin ekolojik dengesini de kuvvetlendirecektir.

Büyük Çiğli Deresi ve Maltepe Deresi, kentin yeşil-mavi altyapısının omurgasını oluşturmanın yanı sıra, bölgenin doğal peyzaj karakterini canlandırma potansiyeline de sahiptir. Aynı zamanda, bu ekosistemlerin yeniden hayata geçirilmesi, iklim değişikliğine uyum sağlama yolunda kritik bir adım olup bölgenin sürdürülebilir geleceği için stratejik bir önem taşımaktadır. Böylece doğal süreçlerin ve ekosistem hizmetlerinin aktif olarak desteklenmesiyle, kentin

çevresel dirençliliği güçlendirilmiş olacaktır. Yeniden canlandırılan dere ekosistemleri, sucul habitatların sürekliliğini sağlayarak taşkın risklerini azaltacak, karbon depolama kapasitesini arttırarak iklim değişikliğine karşı kentsel dirençliliği güçlendirecektir. Bunun yanı sıra, yeşil koridorlar sayesinde yüzey sıcaklıklarının kontrolü ve kentsel ısı adası etkisinin hafifletilmesi mümkün olacak, aynı zamanda kent sakinlerine doğal alanlarla bütünleşme imkânı sunulacaktır. Bu tür altyapı çözümleri, sadece iklim değişikliğiyle mücadelede değil, aynı zamanda hava kalitesini arttırma, yeraltı su kaynaklarını besleme ve sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleme noktasında da uzun vadeli faydalar sağlayacaktır.

Çalışma sürecinde kentsel yüzey sıcaklıkları açısından problemlili alanların belirlenmesine yönelik yapılan analizler Çiğli ilçesi sınırları içerisinde yüzey sıcaklıklarının en yüksek seyrettiği bölgelerden bir diğeri Atatürk Organize Sanayi Bölgesidir (Şekil 14). Belediye yetki sınırları içinde olmayan bu bölge, doğa tabanlı kentsel tasarım uygulamaları için yer seçimi aşamasında mekânsal uygunluk analizi sürecinde kapsam dışı bırakılmış olsa da, söz konusu bölgenin gerek Gediz Deltasına, gerekse yerleşim alanlarına yakın konumu nedeniyle, bu bölgede oluşan ısı adası etkisinin kente yayılma potansiyeli yüksek olup bu olumsuz etkinin azaltımı için önlem alınması gerekmektedir. Bu amaçla sanayi bölgesi ile korunması gereken doğal peyzaj değerleri ve yerleşim alanları arasında tampon bölgeler oluşturulmalıdır. Sanayi bölgesinin etrafında güneşlenme ve rüzgar yönleri dikkate alınarak geniş tepe tacı ve yaprak yüzeyine sahip, bakım ve su isteği açısından kanaatkâr yerli türler ağırlıklı olmak üzere, ilçenin doğal peyzajı ile uyumlu bir yeşil kuşak oluşturulması hem sanayi alanındaki yüksek yüzey sıcaklıklarının kente yayılmasını engelleyecek, hem de bölgede hava kalitesinin artmasını sağlayacaktır. İmar planlarına yön veren Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde doğrudan iklimle uyum başlığı altında düzenlemeler yer almasa da, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim dostu şehircilik uygulamaları teşvik edilmektedir. Bu genel çerçeve, yerel yönetimlerin iklim değişikliğiyle mücadele etmek için kendi imar ve çevre politikalarını devreye sokmalarını

gerektirmektedir. Bu bağlamda, yüzey sıcaklıklarını azaltmak için geçirimsiz yüzeylerin kullanımını sınırlandıran, yeşil alan oranlarını ve ekosistem hizmet kalitesini arttıran, enerji verimli yapı malzemelerini ve ısı yansıtma kabiliyeti yüksek yapı yüzey kaplamalarını zorunlu kılan yerel düzenlemeler büyük önem taşımaktadır. Kentleşme süreci devam eden ve kentsel dönüşüm alanlarında, yapılaşma izni verilmeden önce bu kriterlerin uygulanması, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması ve kentin iklim değişikliğine karşı dirençli hale gelmesi için stratejik bir adım olacaktır. Yeşil alan varlığı az ve sık yapılaşma görülen yerlerde yüzey sıcaklıklarının yüksek olmasının başlıca sebebi, geçirimsiz yüzeylerin artması ve doğal soğutma mekanizmalarının eksikliğidir. Bu bölgelerde geniş çaplı yıkımlar ile yeşil alan varlığının artırılması mümkün olmasa da, noktasal müdahalelerde bulunmak mümkündür. Bu müdahaleler arasında cep parkları, yeşil çatılar, geçirimli zemin kaplamaları, sokak ağaçlandırma çalışmaları ve yansıtıcı yapı yüzey kaplamalarının kullanımı bulunmaktadır. Ayrıca, yerel halkın sürece aktif olarak dâhil edilmesi, özel mülkiyet alanlarında da ısı adası etkisini azaltacak uygulamaların yaygınlaştırılması açısından gereklidir. İlçe halkı, çevreye duyarlı bina yüzey kaplamaları, yeşil çatı uygulamaları ve geçirimli yüzeylerin kullanımı, enerji etkin peyzaj uygulamaları gibi sürdürülebilir çözümler konusunda bilgilendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

İlçe genelinde yüzey sıcaklıkları yüksek ve ısı adası oluşumuna katkıda bulunma riski yüksek bir diğer kent bileşeni ulaşım ağıdır. Özellikle trafik yoğunluğu fazla olan ana ulaşım arterleri kentsel yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu alanlar arasındadır. Bu alanlarda gölge kabiliyeti yüksek ağaç türleri ile alle ağaçlandırması yapılması, yüzey sıcaklıklarının azaltımı yanı sıra, gürültü, toz, egzoz kaynaklı partiküllerin tutulması ve görsel kalitenin artırılması gibi birçok ek fayda sağlayacaktır.

Geniş yüzeyli yollarda geçirimli asfalt uygulaması, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında etkili bir doğa tabanlı çözüm olarak ön plana çıkan uygulamalardan bir diğeridir. Geçirimli asfalt, gözenekli yapısı sayesinde yüzey sıcaklığını düşürmeye yardımcı olurken, suyun buharlaşmasıyla doğal bir soğutma

sağlar ve yüzeyde biriken suyu hızla emme özelliğine sahiptir. Bu özellik, yapılaşmanın yoğun olduğu sıcak bölgelerde, asfaltın ısıyı tutmasını engelleyerek yüzey sıcaklıklarını dengelemeye katkıda bulunur. Ayrıca, yağmur suyu ile taşınan kirleticileri filtreleme yeteneği sayesinde yeraltı su kaynaklarına suyu temizleyerek ulaştırma ve yüzey akış hızı ve miktarını düşürerek sel risklerini azaltma özelliklerine de sahiptir.

Kentsel alanlarda iklim değişikliğine uyum ve olumsuz etkilerinin azaltımı konusunda doğa temelli çözümler teknolojik çözümlerle entegre biçimde kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde etmek mümkündür. Örneğin, kentte yüzey sıcaklıklarının izlenmesi ve riskli bölgelerde en uygun müdahale yöntemlerinin belirlenmesi için kullanılacak karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, yüzey sıcaklığı, toprak nemi, bitkinin su ihtiyacı gibi parametreleri değerlendirerek kullanılacak su miktarı ve sulama zamanını belirleyen akıllı sulama sistemleri, enerji etkin kent mobilyaları gibi yenilikçi çözümler kullanılarak kentteki enerji tüketimini azaltırken aynı zamanda kentsel ısı adası etkisini hafifletmek mümkündür. Kent bilgi sistemleri ve coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile entegre çalışan bu akıllı çözümler, kentin farklı bölgelerindeki çevresel verileri analiz ederek yerel yönetimlerin stratejik karar alma süreçlerine rehberlik eder. Böylece doğa temelli çözümler daha verimli hale gelirken, teknolojinin sunduğu olanaklarla kent iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale gelir.

5.2. Alt Çalışma Alanı I (Yaşam Koridoru) Doğa Temelli Kentsel Tasarım Stratejileri

Atatürk Organize Sanayi Bölgesi ile yerleşim alanlarının sınırında yer alan Ataşehir Mahallesi 8268 sokakta, Büyük Çiğli Deresi kıyısında konumlanmış olan alan, Uygulama İmar Planı'nda "yeşil alan" olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık 27 hektarlık yüzölçümüne sahip bu bölge için, Çiğli Belediyesi Kentsel Tasarım Şube Müdürlüğü tarafından "Yaşam Koridoru" adıyla bir rekreasyon alanı projesi geliştirilmiştir. Alt çalışma alanı I ilk aşamada saha çalışması ile yerinde incelenmiş, alanın coğrafi konumu, etrafında bulunan kullanımlar ve alana ait doğal veriler dikkate alınarak söz konusu alan için doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri geliştirilmiştir.

Alt Çalışma Alanı I, Atatürk Organize Sanayi Bölgesi ve yerleşim alanları arasında, ayrıca Büyük Çiğli Deresi kıyısında bulunması nedeniyle Çiğli yeşil-mavi alt yapı çalışmaları açısından oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır. Bu alanda gerçekleştirilecek doğa tabanlı kentsel tasarım uygulamaları, sadece bölgedeki yüzey sıcaklıklarının azaltılmasıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ilçe genelindeki ekosistem işleyişini destekleyerek yağmur suyu yönetimi, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve biyoçeşitliliğin artırılması gibi geniş kapsamlı ekosistem hizmetleri sunma potansiyeline sahiptir. Bu kapsamda, Büyük Çiğli Deresi'nin mevcut beton kanaldan çıkarılarak doğal akış rejiminin restore edilmesi, dere ekosisteminin pilot bir bölgede yeniden canlandırılması ile çevresel etkilerin izlenmesi, yeşil-mavi altyapı çalışmalarının somut bir örneği olacaktır. Bu müdahale, yalnızca bölgesel ekosistem hizmetlerini geliştirmekle kalmayıp, aynı zamanda ilçedeki diğer beton kanallar altına alınmış suyollarının da doğal su döngüsüne kavuşturulmasını teşvik ederek iklim değişikliğine uyum çalışmalarına önemli bir katkı sağlayacaktır.

İklim değişikliği ile birlikte yağış rejiminde meydana gelen değişimler, su döngüsünde büyük değişikliklere yol açmakta; bir yandan su rezervlerinde azalmaya, diğer yandan da kısa periyotlarda aşırı yağışların

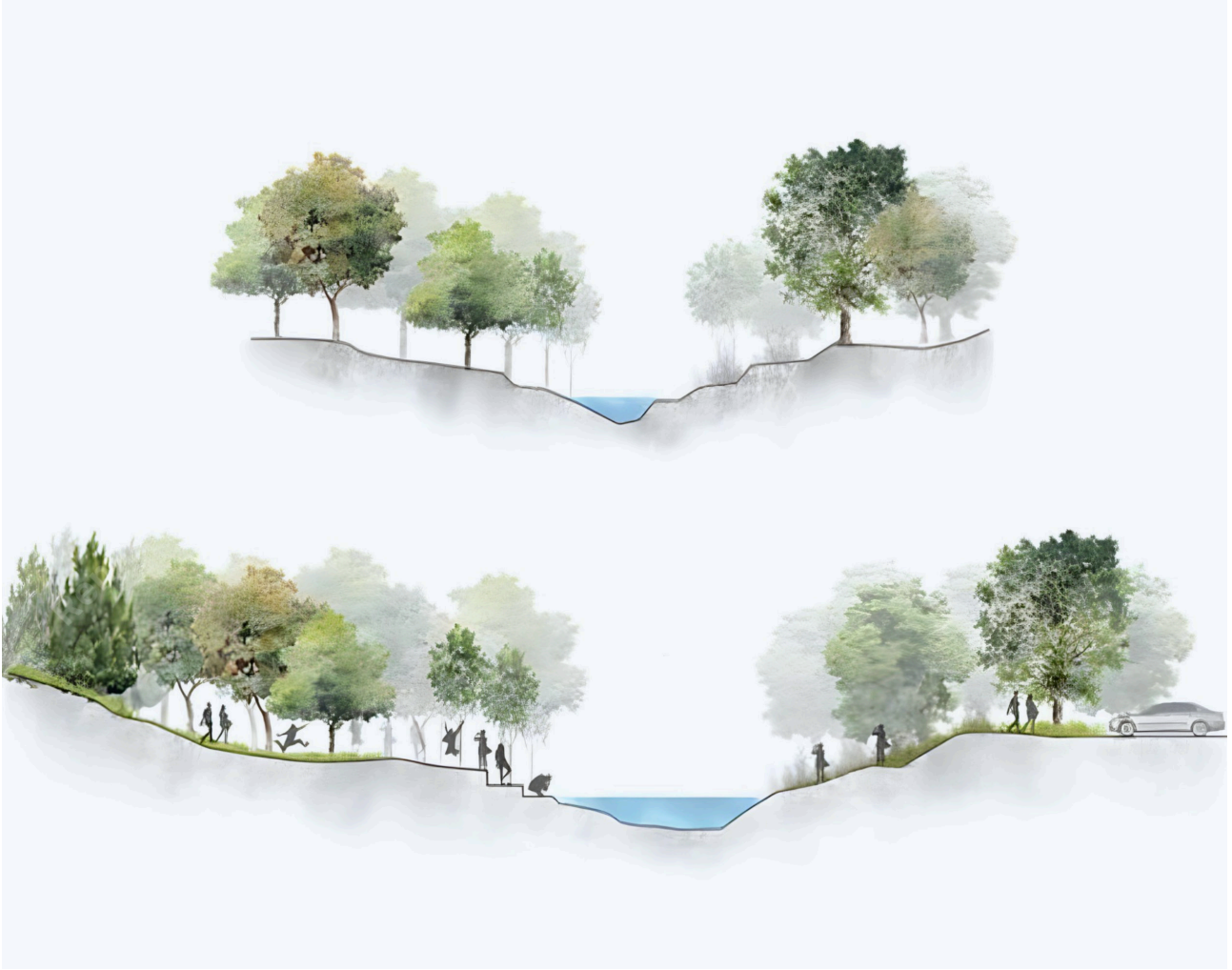
meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu durum, özellikle kentsel alanlarda su taşkınlarına neden olabilir. Beton kanallar, suyun doğal akışını yönlendirmek ve taşkın riskini azaltmak amacıyla tasarlanmış olsalar da, genellikle suyun doğal emilim ve yayılma yeteneğini sınırlamakta, bu da suyun hızla akmasına ve aşağı havzalarda taşkın riskinin artmasına yol açmaktadır. Beton kanallar, yüksek yağış oranlarında suyu hızlı bir şekilde tahliye etmeye odaklanmış olduklarından, suyun yer altı sularına sızmasını ve doğal olarak emilimini engeller, böylece ani taşkınların meydana gelme olasılığı artar.

Öte yandan, derelerin doğal yataklarına geri döndürülmesi, suyun akış hızını yavaşlatarak daha geniş alanlara yayılmasını ve toprağa emilmesini sağlar. Bu durumda, aşırı yağışlar sırasında suyun doğal yollarla depolanması ve taşkınların kontrol altına alınması mümkün olur. Doğal dere yatakları, suyun yönlendirilmesi ve yüzey akışının düzenlenmesi açısından daha esnek bir sistem sunar. Toprak ve bitki örtüsü, suyun emilimini arttırarak hem yer altı su kaynaklarının beslenmesine hem de yüzeydeki su akışının yavaşlatılmasına olanak tanır. Bu süreçler, taşkın riskini azaltırken suyun daha etkin yönetilmesini sağlar. Ayrıca, doğal dere yatakları etrafındaki dere kenarı alanlar, suyun yayılmasını sağlayarak yağışın şiddetini dengelemede ve taşkınların etkisini azaltmada kritik bir rol oynar.

Dere yataklarının betondan kurtarılması, ekosistem sağlığı ve taşkın yönetimi açısından önemli bir adımdır; ancak bu adım tek başına yeterli değildir. Derelerin taşkın dirençli hale getirilmesi ve dere kenarı alanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi,

kapsamlı ve stratejik planlamalar gerektirir. Bu süreçte dere yatağının genişletilmesi, bitki örtüsü ile desteklenmesi, taşkın direncini arttıracak yapısal düzenlemeler yapılması gibi müdahaleler gereklidir (Şekil 34).

ŞEKİL 34. Dere yatağı örnek kesiti (Dündar, 2023)



Alt Çalışma Alanı I, konumu itibariyle Atatürk Organize Sanayi ve yerleşim alanları arasında tampon bölge olma niteliğine uygun olduğundan bu alanda yapılacak düzenleme tamamen doğayı taklit eden, ilçenin doğal peyzaj değerlerini referans alarak ekosistem hizmetlerini destekleyen yeşil-mavi altyapı çözümleri ile gerçekleştirilmelidir. Alanda herhangi bir yapı

inşasından kaçınılmalı, yapısal zemin döşemeleri yerine ekosistem işlevselliğini destekleyen geçirgen yüzey kaplamaları tercih edilmelidir. Yürüyüş yolları, oturma alanları ve doğayla bütünleşen minimal oyun alanları (Şekil 35) gibi işlevler, ekosistemle uyumlu olacak şekilde tasarlanmalıdır.

ŞEKİL 35. Doğa ile bütünleşen oyun alanı (Natural Playscapes) örnekleri (<https://www.naturalplaygrounds.com/>)



Bu alanda uygulanacak bitkisel tasarım, bölgenin iklimsel koşulları ve ekolojik işlevselliği dikkate alarak şekillendirilmelidir. Kuzey ve kuzeydoğu yönlerinde, seyrek yapraklı, yüksek gövdeli bitkiler körfezden gelen serin rüzgârların kente rahatça ulaşabilmesi için, rüzgârın akışını kesmeyecek şekilde kullanılmalıdır. Bu sayede, bölgedeki hava sirkülasyonu doğal akışında devam ederken, söz konusu alan, kente serinleme etkisi sağlayacaktır. Doğu, batı ve güneydoğu yönlerinde ise bu yönde güneşlenme oranı ve süresinin yüksek olduğu düşünülerek, gölgeleme sağlayacak geniş yapraklı, uzun gövdeli ağaçlar tercih edilmelidir. Bu ağaçlar, güneş ışınlarını engelleyerek zemin sıcaklığını düşürecek ve alanın serin kalmasına katkı sağlayacaktır.

Yaprak yüzeyi geniş olan bu türler, kentsel ısı adası etkisini azaltarak hem kullanıcılara yaz aylarında termal konfor sunacak hem de geniş yaprak yüzeyleri sayesinde daha fazla karbon ve partikül tutarak hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olacaktır. Dere kenarına yakın bölgelerde, suya dayanıklı, nemi seven bitki türleri tercih edilmelidir. Bu bitkiler, dere yatağında suyun doğal akışını desteklerken aynı zamanda erozyonu önlemeye ve taşkın riskini azaltmaya yardımcı olur. Dere kenarındaki bitkisel tasarımda, derin kök sistemine sahip olan bitkiler kullanılmalı, bu sayede toprağın yapısı korunarak suyun emilimini kolaylaştırmalıdır. Kıyıya yakın alanlarda yer alacak orta boylu ağaçlar ve çalılar, mikroklimalı iyileştirmenin yanı sıra sucül ekosistemin sürdürülebilirliğine de katkı sağlar. Bu

bitkiler, erozyonu önleyerek toprağı stabilize eder, suyun akışını yavaşlatarak doğal filtre işlevi görür ve su kalitesini korur.

Alanda daha önce belirtildiği gibi herhangi bir yapı inşası önerilmemektedir. Yürüyüş yolları, oturma alanları ve çocukların doğal unsurlarla etkileşim kurabileceği, doğal malzemelerle tasarlanmış oyun alanları dışında, alanın tamamı yoğun bitkilendirme ve geçirgen yüzeylerle yapılandırılmalıdır. Kullanılacak yapısal peyzaj malzemelerinde, yüzey sıcaklığını düşürmek ve suyun doğal döngüsünü desteklemek amacıyla albedosu yüksek, yansıtıcı ve geçirgen malzemeler tercih edilmelidir. Yürüyüş yolları için doğal taş,

sıkıştırılmış kum veya geçirgen beton kullanılabilir, bu malzemeler suyun yüzeyde birikmesini önleyerek yer altına süzülmesini sağlar. Oturma alanlarında geri dönüştürülmüş ahşap ve doğal taş tercih edilerek çevresel sürdürülebilirlik desteklenmelidir. Ayrıca, yansıtıcı kaplamalar ve açık renkli malzemeler, güneş ışığını yansıtarak yüzey sıcaklıklarını düşürmede etkili olacaktır. Alt Çalışma Alanı I için önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanmasıyla alanın mevcut durumu ve olası dönüşümünü gösteren önce-sonra temsili Şekil 36'da sunulmuştur.

ŞEKİL 36. Alt çalışma alanı I'nin mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)

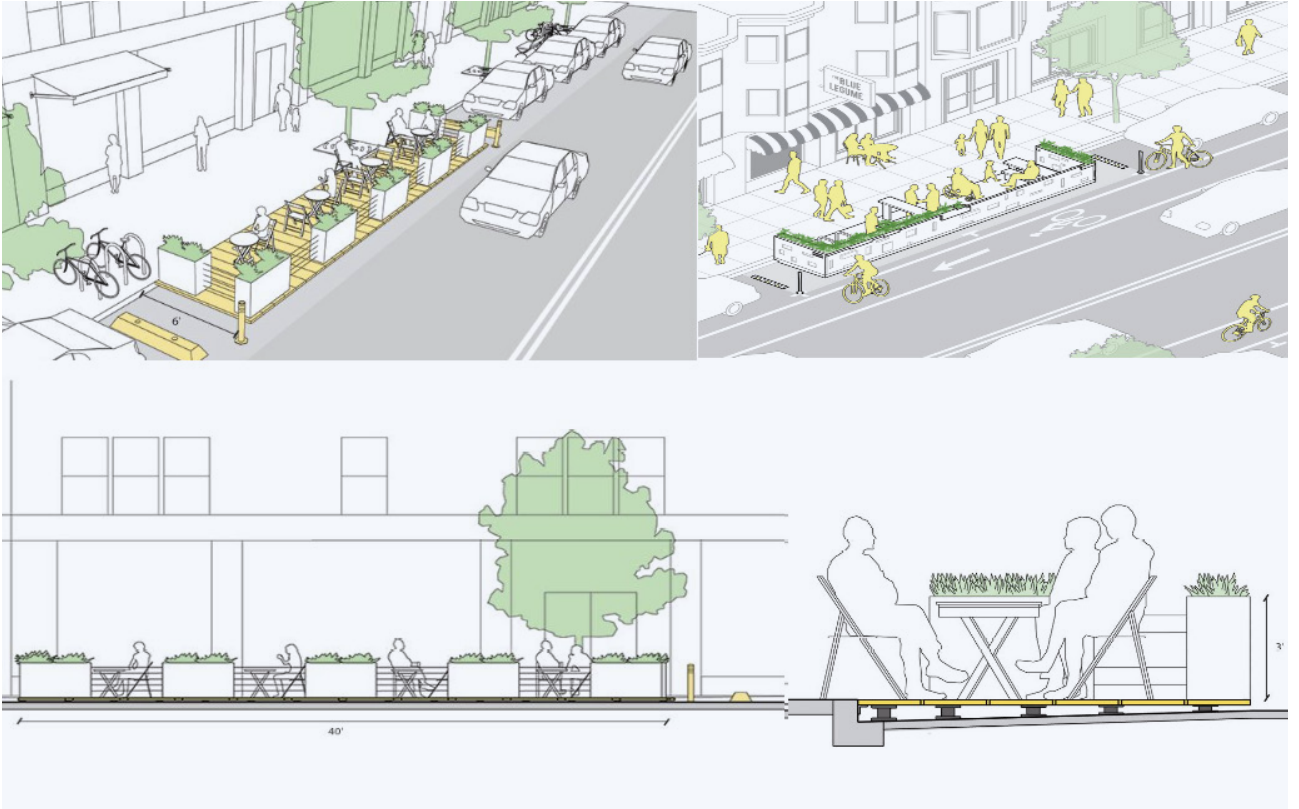


5.3. Alt Çalışma Alanı II (8216 No'lu Sokak/Cadde) Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri

Ataşehir Mahallesi 8216 No'lu Sokak, mevcut yapısı itibariyle çift yönlü trafik akışına sahip, çevresinde yerleşim birimleri ve sosyal donatılar bulunan, etrafı boş alanlarla çevrili bir caddedir. Yaklaşık 25 metre genişliğe ve 600 metre uzunluğa sahip olan bu cadde, çeşitli kentsel sorunların çözülmesi ve bölgenin ekolojik işlevselliğinin artırılması açısından fırsat olarak değerlendirilebilecek bir konumdadır. Bu cadde üzerinde, trafik yoğunluğu ve çevresel sürdürülebilirlik göz önünde bulundurularak stratejiler geliştirilmelidir. İlk olarak, mevcut çift yönlü trafik düzenlemesi gözden geçirilmeli ve alternatif trafik çözümleri tartışılmalıdır. Trafik tek yöne düşürülmesi, hem araç yoğunluğunu azaltma hem de kaldırım, bisiklet yolu ve yeşil alan oluşturmak için kullanılacak geniş bir alan kazandırma potansiyeli sunmaktadır.

Eğer trafik tek yöne düşürülürse, mevcut 25 metrelik yolun yaklaşık 8-10 metresi araç trafiğine ayrılabilir, böylelikle geriye kalan 15-17 metrelik alanın yeşil alan, genişletilmiş kaldırım, parkletler (Şekil 37) ve yol kenarı oturma birimlerine ayrılmasını sağlayacaktır. Bu alanlarda alle ağaçlandırması yapılması, yaya konforunu artırarak cadde boyunca gölgeleme sağlayacak ve kentsel ısı adası etkisini azaltacaktır (Şekil 38). Oturma birimleri ile yaya dinlenme alanları oluşturulabilir, bu da mahalle sakinleri için kamusal kullanım alanlarının artırılmasına olanak tanır. Parkletler, mahalle sakinlerine sosyal etkileşim alanları sunarken, aynı zamanda doğa tabanlı çözümlerle desteklenen bu alanlar, kentsel yeşil altyapıyı güçlendirecektir.

ŞEKİL 37. Parklet örneği (<https://nacto.org/>)



ŞEKİL 38. Öneri yol kesit



Trafiğin tek yöne düşürülmesinin mümkün olmadığı durumda, mevcut düzenleme içinde de çevresel sürdürülebilirliği arttırmaya yönelik stratejiler geliştirilebilir. Yolun her iki tarafında gölge veren türlerle ağaçlandırma yapılması, yol kaplama malzemesinin

albedosu daha yüksek ve gözenekli bir asfalt türüyle değiştirilerek ısı tutma kapasitesinin azaltılması cadde boyunca uygulanabilecek çözümlerdir (Şekil 39).

ŞEKİL 39. Alt çalışma alanı II'nin mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)



Ayrıca caddenin 8229/1 No'lu Sokak tarafından girişinde her iki tarafında da yer alan ve uygulama imar planında park ve yeşil alan statüsünde bulunan alanların mahalle parkları olarak doğa tabanlı çözümlerle düzenlenmesi, alanın bir ekolojik koridor olarak yeniden şekillendirilmesine olanak tanıırken, aynı zamanda mahalle sakinleri için yeni kamusal mekanlar üretilmiş, yaşam kalitesi artırılmış olacaktır.

Cadde üzerindeki yerleşim birimleri için ise, bina yüzey kaplamalarının kentsel sürdürülebilirlik açısından gözden geçirilmesi önerilmektedir. Albedo değeri yüksek, yansıtıcı yüzey kaplamaları ve soğuk çatı uygulamaları ile binaların soğutma ihtiyacı azaltılabilir ve kentsel ısı adası etkisi hafifletilebilir. Bu tür kaplamaların kullanımı, binaların enerji tüketimini azaltırken, bölgenin genel çevresel etkilerini de hafifletecektir. Ancak, bu tür düzenlemelerin özel mülk sahipleri tarafından gönüllü olarak gerçekleştirilmesi gerektiği için, belediyenin farkındalık çalışmaları yapılması ve bu uygulamaları teşvik etmesi önerilebilir.

Cadde üzerinde yer alan Çiğli Atatürk Spor Salonunun çatısına uygulanabilecek yeşil çatı ve güneş panelleri, enerji verimliliğini arttırırken, su yönetimi ve yüzey sıcaklıklarının kontrolüne de katkı sağlayacaktır. Güneş panelleri enerji üretiminde verimliliği arttırırsa da, yüzey sıcaklıklarını azaltma etkisi yoktur.

5.4. Alt Çalışma Alanı III (Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi) Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri

Alt Çalışma Alanı III, Prof. Dr. Erdal İnönü Matematik Parkı ve Bilim Merkezi olarak adlandırılan, yaklaşık 17 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Alanın kuzey sınırında İzmir Çevre Otoyolu yer almakta olup, otoyol ile proje alanı arasında Karayolları peyzaj parseli ve tali bir araç yolu bulunmaktadır. Güneyde ise tamamen beton zeminle kaplı ve şu an ESHOT otoparkı olarak kullanılan geniş bir alan yer almaktadır. Alanın doğusunda Çiğli 75. Yıl Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, batısında ve güneybatısında ise yerleşim birimleri bulunmaktadır. Alana bitişik ESHOT otoparkı alanında Çiğli Belediyesi tarafından kültür merkezi inşası planlanmakta, ancak henüz tamamlanmış bir proje bulunmamaktadır.

Bu alan yoğun trafik altındaki bir çevreyolunun kenarında bulunmakta ve trafik kaynaklı hava kirlenmelerine yoğun bir biçimde maruz kalmaktadır. Aynı zamanda, etrafında yakın mesafede herhangi bir yapı bulunmaması nedeniyle alan gün boyu güneş ışığı etkisi altındadır. Bu bağlamda, alan yeşil bir tampon olarak planlanması ve otoyol ile kültür merkezi projesi ve yerleşim birimleri arasında çevresel bir bariyer işlevi görmesi potansiyeli taşımaktadır. Ancak alanda yapılacak uygulamada alanın hemen yanındaki okul ve yerleşim alanları için sunulabilecek rekreatif ekosistem hizmetleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Eğer kültür merkezi projesi gerçekleşmezse, bu alanın kentin aktif rekreatif alanı olarak kullanılmayacağı göz önüne alındığında, doğrudan ekolojik iyileştirme amacı taşıyan bir düzenleme yapılmalıdır. Yoğun bitkilendirme, otoyolun neden olduğu hava kirliliğini ve

gürültüyü azaltırken, güneş ışınlarının etkisini en aza indirerek yüzey sıcaklıklarını düşürecektir. Yeşil tampon işlevi görecektir bu bitkilendirme, hem bölgenin iklimini iyileştirecek hem de yağmur suyu yönetimine katkı sağlayacaktır. Alanda yoğun ve tür çeşitliliği içeren bir bitkilendirme yapılması (Şekil 40),

mümkün olduğunda yapısal zemin kaplaması uygulanmaması, zeminde bakım ve su isteği açısından kanaatkâr yer örtücü bitkilerin yoğunlukla kullanımı alanda su döngüsünü desteklerken biyolojik çeşitliliği de önemli ölçüde arttıracaktır.

ŞEKİL 40. Alt çalışma alanı III'ün mevcut durumu ve önerilen kentsel tasarım stratejilerinin uygulanması sonrası olası görünümü (önce-sonra temsili)



Asıl işlevi otoyol ve ilçe arasında bariyer niteliğinde bir yeşil alan olarak belirlenen bu alanda etrafta bulunan yerleşim birimlerinde yaşayan insanların kullanımı için yürüyüş yolları (sıkıştırılmış stabilize toprak), uzun boylu ve geniş tepe tacı olan ağaçların altına yerleştirilebilecek basit açık alan spor aletleri, oturma birimleri gibi kent mobilyaları söz konusu alanın rekreatif ihtiyaçlara da cevap vermesini sağlayacaktır.

BÖLÜM 6.

Sonuç

Yüzey sıcaklığı artışları, kentlerde ciddi çevresel ve sosyoekonomik sorunlara yol açmaktadır. Artan yüzey sıcaklıkları, kentsel alanlarda mikroklimayı olumsuz etkileyerek binaların enerji ihtiyacını yükseltir, bu da soğutma maliyetlerini arttırır ve enerji tüketiminde artışa sebep olur. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar, kent sakinlerinin termal konforunu azaltırken, özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik hastalar gibi hassas gruplarda sağlık sorunlarına neden olabilir. Yüksek sıcaklıkların devam etmesi, kentlerde sıcak hava dalgalarının şiddetlenmesine ve bu durumun da sağlık hizmetleri üzerindeki baskıyı arttırmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, bitki örtüsünün azalması ve geçirimsiz yüzeylerin artması, yağmur suyu yönetimini zorlaştırarak su baskınlarına ve sel risklerine de katkıda bulunmaktadır.

Bu sorunlarla başa çıkmak için geliştirilen doğa tabanlı çözümler, kentlerde yüzey sıcaklığı artışlarını yönetmenin en etkili yollarından biridir. Yeşil altyapı planlaması, özellikle kent içi ağaçlandırma, parkların arttırılması, yeşil çatılar ve geçirgen yüzeyler kullanarak, sıcaklık artışlarını azaltmada önemli rol oynar. Ağaçlar ve bitki örtüsü, evapotranspirasyon yoluyla havayı soğutabilir, gölgeleme sağlayarak güneş radyasyonunu azaltır ve yerel mikroklimayı iyileştirir. Ayrıca, su unsurlarının kullanımı ve ekolojik bağlantıların korunması, kentsel alanlarda biyoçeşitliliği arttırırken, su döngüsünün sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunur. Bu tür stratejilerin kentsel planlamaya entegre edilmesi, hem çevresel sürdürülebilirliği arttırır hem de iklim değişikliğine karşı kentsel dirençliliği güçlendirir.

İzmir Kalkınma Ajansı Teknik Destek Programı Kentsel Alanlarda Yüzey Sıcaklığını Düşürmeye Yönelik Doğa Tabanlı Çözümler Ar-Ge Projesi çalışması kapsamında Çiğli ilçesi uzun dönem yüzey sıcaklığı açısından incelenmiş, ısı adası oluşumu yönünden riskli alanlar ilk aşamada mahalle düzeyinde, daha sonra tüm ilçe sınırları içindeki alan için 100 m x 100 m'lik kareler için hesaplanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ısı adası oluşumu açısından risk altında olduğu hesaplanan alanlar için doğa tabanlı çözümlerle sıcak noktalar arasındaki bağı kırma potansiyeli olan alanlar mekânsal uygunluk analizi aracılığıyla belirlenmiştir.

Doğa tabanlı çözümlerle yüzey sıcaklıklarını düşürme ve sıcak noktalar arasındaki bağı zayıflatmaya uygun alanlar arasından Çiğli Belediyesi ve İZKA yetkilileri ile gerçekleştirilen toplantılar sonucunda 3 adet alt çalışma alanı belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında önce ilçe genelinde uygulanması gereken doğa tabanlı kentsel planlama stratejileri oluşturulmuş, daha sonra ilçe genelinde belirlenen stratejiler ışığında konumları, etraflarında yer alan kentsel kullanımlar ve alana özel sorunlar dikkate alınarak her alt çalışma alanı için doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri geliştirilmiştir. Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- ▶ Mahalle düzeyinde Sıcaklık Risk Endeksine göre Çiğli ilçesinde en yüksek sıcaklık riski, doğu kesimlerde yoğun yapılaşma ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip mahallelerde (Küçük Çiğli, EVKA-5, Çağdaş) tespit edilmiştir, düşük sıcaklık riski ise deniz kenarına yakın ve yeşil alanlarla çevrili bölgelerde gözlemlenmiştir. .
- ▶ Yapılaşma yoğunluğu ve yeşil alan varlığı sıcaklık riskini doğrudan etkilemekte olup, yüzölçümü 142 km² olan ilçenin yaklaşık 61 km²'si (%43) sıcaklık sorunu yaşamaktadır. Kentsel ısı adası etkisini azaltmak için yeşil altyapı planlaması kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır.
- ▶ Uygun alanların toplamı 1116.67 hektar olup, bu alanlar Çiğli ilçesinin toplam yüzölçümünün yaklaşık %18.8'ini oluşturmaktadır. Çakıştırma işlemi ile Çiğli Belediyesi tasarrufundaki park, meydan ve hizmet alanlarının büyük bir kısmının uygun alanlarla örtüştüğü tespit edilmiştir, bu da uygulama potansiyelini arttırmaktadır.
- ▶ Sıcaklık riski yüksek, henüz tam yapılaşmamış alanlarda doğa temelli çözümlerle sıcaklık sorununu azaltmak mümkündür, bu da sürdürülebilir kentsel gelişim için stratejik fırsatlar sunmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenen yüzey sıcaklığı açısından sorunlu alanlar arasında, doğa tabanlı çözümler uygulanmasına uygun alanlar

incelenmiş ve bu değerlendirme sonucunda ilçenin geneli için doğa tabanlı planlama stratejileri geliştirilmiştir (Tablo 5).

TABLO 5. İlçe geneli doğa tabanlı planlama stratejileri

Doğa tabanlı planlama stratejileri	Açıklama
Yeşil Alan miktar ve niteliğinin artırılması	Yoğun yapılaşma ve yetersiz yeşil alanlar, yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır. Yapılaşma süreçlerinde yeşil alanların artırılması ve mevcut yeşil alanların korunması, kentsel ısı adası etkisini azaltmada etkili olacaktır.
Kentsel Yayılmanın sınırlandırılması	Kent morfolojisi ve topoğrafyası ile doğrudan ilişkili olarak yükseklik ve bakı faktörleri nedeniyle gün boyunca güneş ışınlarına daha fazla maruz kalan kentin yüksek kesimlerinde yüzey sıcaklıkları yüksek seyretmektedir. Henüz yapılaşmamış bu alanların yeşil kuşak olarak planlanması, hem kentsel yayılmayı sınırlamak hem de kentsel iklimi iyileştirmek için önemli bir fırsattır.
Ekolojik Bağlantıların Restorasyonu	Çiğli ilçesini çevreleyen ekolojik odak alanlar ve dere ekosistemleri, kentsel yeşil-mavi altyapının omurgasını oluşturarak iklim değişikliğine karşı adaptasyon kapasitesinin artırılmasında stratejik bir öneme sahiptir. Bu alanların restorasyonu, doğal süreçlerin yeniden işlevselliğini sağlayarak hem biyolojik çeşitliliği arttıracak hem de doğal su döngüsünü destekleyecektir. Ekolojik bağlantıların yeniden kurulması, ilçenin iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale gelmesine katkı sağlayacak ve bölgesel iklimi iyileştirecektir.
Dere Ekosistemlerinin Canlandırılması	Beton kanallar altına alınmış dere ekosistemlerinin doğal yataklarına döndürülmesi, su yönetimi ve biyolojik çeşitliliği destekleyerek yüzey sıcaklıklarının düşürülmesine yardımcı olur.
Doğa Tabanlı Çözümler ve Teknolojik Entegrasyon	Geçirimli asfalt, yeşil çatı ve yansıtıcı yapı yüzey kaplamaları gibi doğa temelli çözümler, akıllı sulama sistemleri ve coğrafi bilgi sistemleri gibi teknolojik çözümlerle desteklenerek daha verimli hale getirilebilir.

Bu stratejiler, yüzey sıcaklıklarını azaltma, kentsel ısı adası etkisini hafifletme ve ekosistem hizmetlerini arttırma hedefleri doğrultusunda şekillendirilmiş olup, ilçedeki sıcaklık riskinin azaltılmasına yönelik

önemli adımlar içermektedir. Belirlenen bu planlama stratejileri, sonraki aşamada alt çalışma alanları için üretilen kentsel tasarım stratejilerinin temelini oluşturmuştur (Tablo 6).

TABLO 6. Alt çalışma alanları doğa tabanlı kentsel tasarım stratejileri

Doğa Tabanlı Kentsel Tasarım Stratejileri		
Alt Çalışma Alanı I	Alt Çalışma Alanı II	Alt Çalışma Alanı III
Büyük Çiğli Deresi'nin beton kanalından çıkarılıp doğal akış rejiminin restore edilmesi	Trafiğin tek yöne düşürülerek kaldırımların genişletilmesi ve yayalar için daha güvenli alanlar oluşturulması	Alanın yeşil bir tampon alan olarak planlanması, otoyol ve yapılması planlanan kültür merkezi arasında çevresel bariyer oluşturulması
Geçirgen yüzey kaplamalarının (doğal taş, sıkıştırılmış kum veya geçirgen beton) yürüyüş yollarında kullanılması	Kaldırım boyunca gölge sağlayan alle ağaçlandırmasının yapılması	Yoğun bitkilendirme ile otoyolun neden olduğu hava kirliliği ve gürültünün azaltılması
Geniş yapraklı, uzun boylu ve geniş tepe tacına sahip ağaçların kullanılmasıyla gölgeleme ve yüzey sıcaklıklarının azaltılması	Geçirgen asfalt kullanılarak yol yüzey sıcaklıklarının azaltılması ve yağmur suyunun emiliminin sağlanması	Yalnızca yürüyüş yolları ve oturma birimleri ve zaruri (çöp kutusu gibi) kent mobilyalarının kullanılması,
Oturma alanlarında geri dönüştürülmüş ahşap ve doğal taş kullanılarak çevresel sürdürülebilirlik sağlanması	Parklet alanlarının eklenmesi, insanların sosyalleşme alanları olarak kullanılması	Geçirgen yüzey kaplamalarının kullanılması, suyun yüzeyde birikmesinin önlenmesi
Dere kenarında nemi seven bitki türleri ve derin köklü bitkilerin kullanılarak erozyonun önlenmesi ve suyun doğal emiliminin sağlanması	Spor salonu çatısına yeşil çatı ve güneş panelleri eklenerek yüzey sıcaklıklarının azaltılması ve enerji verimliliği sağlanması	Mikroklimanın iyileştirilmesi için bitki tür ve boyut çeşitliliği açısından zengin bir bitkilendirme yapılması, ağaç, ağaççık çalı ve yer örtücülerin uygun kompozisyonda alana yerleştirilmesi
Yeşil-mavi altyapı ile yağmur suyu yönetimi ve biyoçeşitliliğin desteklenmesi	Yol kenarında oturma birimleri eklenmesi	
Doğal unsurlarla bütünleşen minimal oyun alanlarının tasarlanması	Binalarda yüksek albedolu, yansıtıcı yüzey kaplamalarının kullanılması	

Çiğli ilçesinde uygulanacak bitkilendirme stratejileri, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, mikroklimalıyı iyileştirmek ve ekolojik dengeyi desteklemek amacıyla planlanmalıdır. Bu doğrultuda, düşük bakım ihtiyacı olan, yerel iklim koşullarına uyumlu ve su tasarrufu sağlayan bitki türleri tercih edilmelidir. Ağaçlandırma çalışmalarında, özellikle geniş yapraklı ve gölge sağlayan türler kullanılmalı, caddeler ve park alanlarında doğal gölgelikler oluşturularak yüzey sıcaklıklarının düşürülmesi hedeflenmelidir.

Dere kenarlarında ve suya yakın bölgelerde, su tutma kapasitesini arttıran bitki türleri seçilmeli, bu şekilde su yönetimi ve yerel ekosistemlerin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Bitkilendirme stratejileri, yalnızca estetik açıdan değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da ele alınarak, doğa temelli çözümlerle kentsel alanların ekolojik işlevselliğini arttırmayı amaçlamalıdır. Alt çalışma alanlarında kullanılacak bitki türleri Tablo 7 de sunulmuştur.

TABLO 7. Alt çalışma alanlarında kullanılacak bitki türleri (Deniz Bal, 2023)

Ağaçlar	Çalılar	Sucul ve yarı sucul bitkiler	Soğanlı, rizomlu ve yumrulu bitkiler	Yer örtücüler
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eleagnus angustifolia (İğde) ▶ Quercus aucheri (Boz pinal meşesi) ▶ Quercus ilex (Pinal meşesi) ▶ Ceratonia siliqua (Keçiboynuzu) ▶ Quercus ithaburensis (Anadolu Palamut meşesi) ▶ Quercus cerris (Saçlı meşe, Türk meşesi) ▶ Liquidambar orientalis (Sığıla, günlük ağacı) ▶ Fraxinus ornus (Çiçekli dişbudak) ▶ Celtis australis (Çitlembik, çitlik ağacı) ▶ Amygdalus communis (Badem) ▶ Cercis siliquastrum (Erguvan) ▶ Platanus orientalis (Doğu çınarı) ▶ Pistacia terebinthus (Menengiç, çitlembik) ▶ Pyrus amygdaliformis (Ahlat) ▶ Arbutus andrachne (Sandal ağacı) ▶ Arbutus unedo (Kocayemiş, dağ çileği) ▶ Laurus nobilis (Defne) ▶ Olea europaea (Delice zeytin) ▶ Quercus coccifera (Kermes meşesi) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Juniperus oxycedrus subsp. communis (Katran ardıcı) ▶ Crataegus monogyna (Alıç) ▶ Pistacia lentiscus (Sakız ağacı) ▶ Vitex agnus-castus (Hayıt) ▶ Tamarix smyrnensis (İzmir ılgını) ▶ Myrtus communis (Mersin) ▶ Genista acanthoclada (Kandaş dikenli) ▶ Nerium oleander (Zakkum) ▶ Paliurus spina-christii (Karaçalı) ▶ Sambucus nigra (Ağaç mürver) ▶ Styx officinalis (Ayıfındığı) ▶ Spartium junceum (Katırtırnağı) ▶ Anagyris foetida (Zivircik, kokar çalı) ▶ Calicotome villosa (Keçiboğan) ▶ Rosa canina (Kuşburnu) ▶ Alcea pallida (Hatmi) ▶ Rhus coriaria (Sumak) ▶ Ephedra campylopoda (Deniz üzümü) ▶ Ballota acetabulosa (Hoş nemnem) ▶ Jasminum fruticans (Sarı çiçekli yasemin) ▶ Cistus creticus (Girit ladeni) ▶ Rosmarinus officinalis (Biberiye) ▶ Ruscus aculeatus (Tavşanmemesi) ▶ Salvia fruticosa (Anadolu adaçayı) ▶ Capparis spinosa (Kapari) ▶ Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan) ▶ Smyrniotum rotundifolium (Yabancı kereviz) ▶ Origanum onites (İzmir kekiği) ▶ Thymbra capitata (Acı kekik) ▶ Thymus zygoides (Bodur kekiği) ▶ Satureja thymbra (Halilibrahim zahteri) ▶ Erica manipuliflora (Funda) ▶ Asparagus acutifolius (Kuşkonmaz) ▶ Campanula lyrata (Memek) ▶ Ferula communis (Atkasnağı) ▶ Lavandula stoechas (Karabaşotu) ▶ Cistus salviifolius (Adaçayı yapraklı laden) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alisma lanceolatum (Kurbağakaşığı) ▶ Mentha longifolia (İt nanesi) ▶ Butomus umbellatus (Su menekşesi) ▶ Bolboschoenus maritimus (Sandalye sazı) ▶ Juncus acutus (Kara kofa) ▶ Typha angustifolia (Hasır sazı) ▶ Phragmites australis (Kamış) ▶ Arundo donax (Kargı) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Gynandris sisyrrinchium (Keklik çiğdemi) ▶ Galanthus elwessi (İnce kardelen) ▶ Lilium candidum (Ak zambak) ▶ Cyclamen hederifolium (Sarmaşık yapraklı siklamen) ▶ Sternbergia lutea (Göçgöç çiğdemi, karanergis) ▶ Iris orientalis (Ankara süseni) ▶ Gladiolus illyricus (Osman çiçeği) ▶ Iris suaveolens (Bodur süsen) ▶ Colchicum variegatum (Vargit, damalı çiğdem) ▶ Asphodelus aestivus (Çirişotu) ▶ Narcissus tazetta (Nergis) ▶ Tulipa clusiana (Bornova lalesi, çebebi lalesi) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dactylis glomerata (Domuz ayırığı) ▶ Cynodon dactylon (Ayrıkotu, köpekdişi) ▶ Lolium rigidum (Sert çim) ▶ Lolium temulentum (Delice çim) ▶ Trifolium pratense (Çayır üçgülü) ▶ Bellis perennis (Koyungözü)
				Sarılıcı bitkiler
				<ul style="list-style-type: none"> ▶ Hedera helix (Duvar sarmaşığı) ▶ Vitis vinifera (Yabancı asma) ▶ Clematis cirrhosa (Bahar sarmaşığı, akasma) ▶ Lonicera etrusca (Hanımeli) ▶ Smilax aspera (Gıcır dikenli)

Kentsel ısı adası etkisini azaltmak amacıyla kentsel alanlarda kullanılmak üzere çeşitli doğa tabanlı çözümler ve malzemeler geliştirilmiştir. Yeşil çatılar, binaların çatılarına bitki örtüsü eklenerek hem iç hem de dış mekân sıcaklıklarının düşürülmesine katkı sağlar, bu sayede enerji verimliliği artarken termal konfor da iyileştirilmektedir. Yansıtıcı zemin kaplamaları, güneş ışığını yansıtarak yüzey sıcaklıklarını azaltır ve kentsel soğutma üzerinde olumlu etkiler yaratır. Güneş yansıtıcı malzemeler, özellikle çatı kaplamalarında kullanılarak ısı emilimini düşürmekte ve hava sıcaklıklarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Yeşil alanların ve ağaçların stratejik yerleşimi, gölgeleme ve terleme yoluyla çevresel sıcaklıkların etkili

bir şekilde azaltılmasını sağlar. Su kütleleri gibi su unsurları, buharlaşma yoluyla yerel nemi arttırarak soğutma sağlar ve bu su unsurlarının yeşil altyapıyla entegre edilmesi soğutma etkisini daha da güçlendirmektedir. Geçirgen zemin kaplamaları, suyun yüzeyde birikmesini önleyerek buharlaşma ile soğutma etkisi yaratırken, aynı zamanda suyun doğal döngüsünü desteklemektedir. Mavi altyapı çözümleri de, su kütlelerinin kullanılması yoluyla kentsel ısı adası etkisini azaltmada etkili stratejilerden biridir (Akbari & Kolokotsa, 2016; Costanzini vd., 2022; Hayes vd., 2022). Isı adası etkisini azaltmak amacıyla kentsel alanlarda kullanılacak doğa tabanlı çözümler ve malzemeler Tablo 8 ve Şekil 41'de sunulmuştur.

TABLO 8. Isı adası etkisini azaltmak amacıyla kentsel alanlarda kullanılacak doğa tabanlı çözümler ve malzemeler

Doğa Tabanlı Çözüm Materyalleri	Açıklama
Yeşil Çatılar	Binaların çatısında bitki örtüsü kullanılarak soğutma sağlanır. Evapotranspirasyon ve gölgeleme yoluyla sıcaklıkları azaltır ve enerji verimliliğini artırır.
Yansıtıcı Zemin Kaplamaları	Güneş ışığını daha fazla yansıtan ve daha az ısı emen zemin kaplamaları kullanarak yüzey sıcaklıkları düşürülür.
Solar Yansıtıcı Malzemeler	Güneş ışınlarını yansıtan kaplama ve çatı sistemleri, kentsel alanlardaki ısı emilimini azaltır ve hava sıcaklıklarını düşürür.
Yeşil-Mavi Alt Yapı	Ağaçlar ve yeşil alanlar gölgeleme ve terleme yoluyla ortam sıcaklıkları düşürür. Doğal ve insan yapımı su kütleleri, buharlaşma ve nem düzenlemesi yoluyla soğutma sağlar.
Soğuk Çatı Sistemleri	Yüksek yansıtma kabiliyetine sahip çatı kaplamaları, binaların ısı emilimini azaltır ve yüzey sıcaklıklarını düşürür.
Geçirgen Zemin Kaplamaları	Yağmur suyunun yüzeyden hızla emilmesine izin veren bu zemin kaplamaları, buharlaşma yoluyla çevrenin soğutulmasına katkı sağlar.

ŞEKİL 41. Doğa tabanlı çözüm materyalleri



Bu çalışmada, Çiğli ilçesinin yüzey sıcaklıklarının analiz edilmesi ve kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına yönelik doğa tabanlı çözümler geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan analizler, yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde yüzey sıcaklıklarının daha yüksek olduğunu ve yeşil alanların bu bölgelerde yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, kent planlamasında yeşil altyapı çözümlerinin stratejik olarak önceliklendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Yeşil çatılar, yansıtıcı zemin kaplamaları, geçirgen yüzeyler ve su elemanları gibi doğa tabanlı materyallerin kullanımı, kentsel ısı adası etkisini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, Çiğli ilçesinde gerçekleştirilen bu çalışma, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek ve kentsel alanlarda sürdürülebilir bir yapılaşmayı teşvik etmek amacıyla doğa tabanlı çözümlerin hayati önem taşıdığını göstermektedir. Kent yönetimlerinin, yerel halkın ve tüm paydaşların bu çözümleri benimsemesi, uzun vadede hem çevresel faydalar sağlayacak hem de halkın yaşam kalitesini arttıracaktır. Uygulanan doğa tabanlı stratejiler, gelecekte iklim değişikliğine karşı daha dirençli ve sürdürülebilir kentler oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma sonucunda yüzey sıcaklıkları açısından sorunlu çıkan bölgelerde daha hassas ölçüm yöntemleri ile detaylı incelemeler yapılmalıdır. Tasarım stratejileri uygulanmadan önce ve uygulama sonrasında yapılacak yüzey sıcaklığı, hava kirliliği, nem oranı gibi çevresel parametrelerin ölçümü, bu stratejilerin etkinliğini değerlendirmede kritik rol oynayacaktır. Bu ölçümler sayesinde, uygulamanın kentsel ısı adası etkisini ne derece azalttığı bilimsel olarak ortaya konulabilecektir. Uygulama sonrasında elde edilen veriler, tasarım stratejilerinin sağlayacağı kazanımların hesaplanmasına olanak tanıyacak ve bu sonuçlar, benzer kentler ve bölgeler için bir yol haritası olarak kullanılabilir.

REFERANSLAR

- Adulkongkaew, T., Satapanajaru, T., Charoenhirunyingyos, S., & Singhirunnusorn, W. (2020). Effect of land cover composition and building configuration on land surface temperature in an urban-sprawl city, case study in Bangkok Metropolitan Area, Thailand. *Heliyon*, 6(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04485>
- Arellano, B., & Roca, J. (2022). EFFECTS OF URBAN GREENERY ON HEALTH. A STUDY FROM REMOTE SENSING. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 43(B3-2022), 17-24. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-17-2022>
- Ascenso, A., Gama, C., Roebeling, P., & Miranda, A. I. (2021). HOW EFFECTIVE ARE NATURE-BASED SOLUTIONS in DIFFERENT ENVIRONMENTS? *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 252(2021), 3-14. <https://doi.org/10.2495/AIR210011>
- Atanasova, N., Castellar, J. A. C., Pineda-Martos, R., Nika, C. E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M. B., & Langergraber, G. (2021). Nature-Based Solutions and Circularity in Cities. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 319-332. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>
- BODUR, A. (2018). Sel ve İstanbul: Sel Riskine Karşı Yapılan Dere Islah Çalışmaları ile İlgili Bir Değerlendirme. *Resilience*, 2(1), 57-68. <https://doi.org/10.32569/resilience.413867>
- Bogatinoska, B., Lansu, A., Hugé, J., & Dekker, S. C. (2022). Participatory Design of Nature-Based Solutions: Usability of Tools for Water Professionals. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095562>
- Cai, X., Yang, J., Zhang, Y., Xiao, X., & Xia, J. (Cecilia). (2023). Cooling island effect in urban parks from the perspective of internal park landscape. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02209-5>
- Calabrese, M., Iandolo, F., Vito, P., D'Amore, R., & Caputo, F. (2023). Nature-Based Solutions: A Smart Way to Improve Urban Resilience in the Face of Climate Change. *ITM Web of Conferences*, 51, 03003. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20235103003>
- Calhoun, Z. D., Willard, F., Ge, C., Rodriguez, C., Bergin, M., & Carlson, D. (2024). Estimating the effects of vegetation and increased albedo on the urban heat island effect with spatial causal inference. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50981-w>
- Carlson, P. E., McKie, B. G., Sandin, L., & Johnson, R. K. (2016). Strong land-use effects on the dispersal patterns of adult stream insects: implications for transfers of aquatic subsidies to terrestrial consumers. *Freshwater Biology*, 61(6), 848-861. <https://doi.org/10.1111/fwb.12745>
- Chen, T., Sun, A., & Niu, R. (2019). Effect of land cover fractions on changes in surface urban heat islands using landsat time-series images. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph16060971>
- Chen, Y., Wu, J., Yu, K., & Wang, D. (2020). Evaluating the impact of the building density and height on the block surface temperature. *Building and Environment*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106493>
- Debbage, N., & Shepherd, J. M. (2015). The urban heat island effect and city contiguity. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 181-194. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.08.002>
- Deniz Bal, M. (2023). İzmir İli Çiğli İlçesi Maltepe Deresi ve Çevresinin Doğa Tabanlı Çözümler ile Sağlıklaştırılması Projesi Bitkisel Tasarım Stratejileri (Tezsiz Yüksek Lisans Proje Ödevi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Dönüşüm Anabilim Dalı). Doç. Dr. Ayşe Kalaycı Önaç (Danışman).

- Di Sabatino, S., Vojinovic, Z., Oen, A., & Gunn, E. L. (2020). Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, 1(1), 109-111. <https://doi.org/10.1007/s42865-020-00007-4>
- Dündar, E. (2023). Çiğli Maltepe Deresinin Doğa Tabanlı Çözümlerle Sağıklaştırılması Projesi Peyzaj Tasarım Stratejileri (Tezsiz Yüksek Lisans Proje Ödevi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Dönüşüm Anabilim Dalı). Doç. Dr. Ayşe Kalaycı Önaç (Danışman).
- ESRI. (2022). Multispectral Landsat. ArcGIS Pro. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d9b466d6a9e647ce8d1dd5fe12eb434b>
- Esri. (2024). Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover Time Series (Mature Support) - Overview. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cfc7609de5f478eb7666240902d4d3d>
- Ferreira, V., Barreira, A. P., Loures, L., Antunes, D., & Panagopoulos, T. (2020). Stakeholders' engagement on nature-based solutions: A systematic literature review. *Çinde Sustainability (Switzerland)* (C. 12, Sayı 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12020640>
- Changhermeh, A., Roshan, G., Asadi, K., & Attia, S. (2024). Spatiotemporal Analysis of Urban Heat Islands and Vegetation Cover Using Emerging Hotspot Analysis in a Humid Subtropical Climate. *Atmosphere*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/atmos15020161>
- Grizzetti, B., Liqueste, C., Pistocchi, A., Vigiak, O., Zulian, G., Bouraoui, F., De Roo, A., & Cardoso, A. C. (2019). Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. *Science of The Total Environment*, 671, 452-465. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.03.155>
- Guan, H., Vinodkumar, Clay, R., Kent, C., Bennett, J., Ewenz, C., Hopkins, G., & Simmons, C. T. (2016). Temporal and spatial patterns of air temperature in a coastal city with a slope base setting. *Journal of Geophysical Research*, 121(10), 5336-5355. <https://doi.org/10.1002/2016JD025139>
- Gümrükçü, S. U., Gönüllü Sütçüoğlu, G., Gündel, H., & Kalaycı Önaç, A. (2023). Determination of Flood Risk Areas and Carbon Sink Areas in The Scope of Climate Change Adaptation and Mitigation: Case Study Of Çiğli, İzmir. *Journal of Spatial Planning and Design*, 3(1). <https://doi.org/10.53463/splandes.202300184>
- Irfeey, A. M. M., Chau, H. W., Sumaiya, M. M. F., Wai, C. Y., Muttil, N., & Jamei, E. (2023). Sustainable Mitigation Strategies for Urban Heat Island Effects in Urban Areas. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/su151410767>
- Kooijman, E. D., McQuaid, S., Rhodes, M. L., Collier, M. J., & Pilla, F. (2021). Innovating with nature: From nature-based solutions to nature-based enterprises. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1-17. <https://doi.org/10.3390/su13031263>
- Li, P. (2024). Analysis of the Impact of Land Use Planning on Urban Heat Island Effect.
- Maheng, D., Ducton, I., Lauwaet, D., Zevenbergen, C., & Pathirana, A. (2019). The sensitivity of urban heat island to urban green space-A model-based study of City of Colombo, Sri Lanka. *Atmosphere*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/atmos10030151>
- Menon, J. S., & Sharma, R. (2021). Nature-Based Solutions for Co-mitigation of Air Pollution and Urban Heat in Indian Cities. *Çinde Frontiers in Sustainable Cities* (C. 3). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.705185>
- Mohamed, M. (2024). Urbanization and Heat Island Effect: A Comparative Study in Egypt. *International Journal of Climatic Studies*, 3(1), 12-23. <https://doi.org/10.47604/ijcs.2479>
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., Nan, H., Zhou, L., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental Science and Technology*, 46(2), 696-703. <https://doi.org/10.1021/es2030438>
- Price, A., Jones, E. C., & Jefferson, F. (2015). Vertical Greenery Systems as a Strategy in Urban Heat Island Mitigation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 226(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2464-9>

- Ren, Z., He, X., Zheng, H., Zhang, D., Yu, X., Shen, G., & Guo, R. (2013). Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. *Forests*, 4(4), 868-886. <https://doi.org/10.3390/f4040868>
- Salata, S., Erdođan, B., & Ayruş, B. (2022). Designing Urban Green Infrastructures Using Open-Source Data—An Example in Çiğli, Izmir (Turkey). *Urban Science*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/urbansci6030042>
- Schanze, J. (2017). Nature-based solutions in flood risk management – Buzzword or innovation? *İçinde Journal of Flood Risk Management* (C. 10, Sayı 3, ss. 281-282). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12318>
- Seddon, N. (2022). Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. www.nbspolicyplatform.org.
- Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A., & Aarvevaara, E. (2021). Planning of urban green spaces: An ecological perspective on human benefits. *İçinde Land* (C. 10, Sayı 2, ss. 1-26). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/land10020105>
- Shang, K., Xu, L., Liu, X., Yin, Z., Liu, Z., Li, X., Yin, L., & Zheng, W. (2023). Study of Urban Heat Island Effect in Hangzhou Metropolitan Area Based on SW-TES Algorithm and Image Dichotomous Model. *SAGE Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231208851>
- Song, J., Chen, W., Zhang, J., Huang, K., Hou, B., & Prishchepov, A. V. (2020). Effects of building density on land surface temperature in China: Spatial patterns and determinants. *Landscape and Urban Planning*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103794>
- Tağıl, Ş., & Aytan, B. (2022). Gediz Deltası Koruma Alanında Habitat Değişikliğine Bağlı Ekosistem Hizmet Deđerindeki Değişiklikler. *Ege Cođrafya Dergisi*, 31(2), 371-383. <https://doi.org/10.51800/ecd.1176014>
- Tokgöz, G., Karahmetli, S., & Tokgöz, S. (2022). Kentsel Peyzajlarda Geçirimli Beton Kullanımı ve Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 1067-1078. <https://doi.org/10.29130/dubited.1078837>
- TÜİK. (2024). TÜİK - Veri Portalı. Nüfus ve Demografi. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>
- Uddin, A. S. M. S., Khan, N., Islam, A. R. M. T., Kamruzzaman, M., & Shahid, S. (2022). Changes in urbanization and urban heat island effect in Dhaka city. *Theoretical and Applied Climatology*, 147(3-4), 891-907. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03872-x>
- Varner, J., & Dearing, M. D. (2014). The Importance of Biologically Relevant Microclimates in Habitat Suitability Assessments. *PLoS ONE*, 9(8), 104648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104648.t001>
- Voskamp, I. M., de Luca, C., Polo-Ballinas, M. B., Hulsman, H., & Brotsma, R. (2021). Nature-based solutions tools for planning urban climate adaptation: State of the art. *Sustainability* (Switzerland), 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116381>
- Wang, G., & Yang, H. (2024). Optimization of green space pattern for alleviating the urban heat island effect in Qiantang District (ss. 274-282). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-398-6_27
- Wouters, H., De Ridder, K., Poelmans, L., Willems, P., Brouwers, J., Hosseinzadehtalaei, P., Tabari, H., Vanden Broucke, S., van Lipzig, N. P. M., & Demuzere, M. (2017). Heat stress increase under climate change twice as large in cities as in rural areas: A study for a densely populated midlatitude maritime region. *Geophysical Research Letters*, 44(17), 8997-9007. <https://doi.org/10.1002/2017GL074889>
- Yang, J., Cai, X., & Zhang, Y. (2024). Construction of an urban cold island network under the perspective of local climate zones. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4200691/v1>

- Yang, Y., Song, F., Ma, J., Wei, Z., Song, L., & Cao, W. (2022). Spatial and temporal variation of heat islands in the main urban area of Zhengzhou under the two-way influence of urbanization and urban forestry. *PLoS ONE*, 17(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272626>
- Yin, Y., He, L., Wennberg, P. O., & Frankenberg, C. (2023). Unequal exposure to heatwaves in Los Angeles: Impact of uneven green spaces. <https://www.>
- Zhang, N., Chen, Y., Luo, L., & Wang, Y. (2017). Effectiveness of different urban heat island mitigation methods and their regional impacts. *Journal of Hydrometeorology*, 18(11), 2991-3012. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0049.1>
- Zhao, Q., Myint, S. W., Wentz, E. A., & Fan, C. (2015). Rooftop surface temperature analysis in an Urban residential environment. *Remote Sensing*, 7(9), 12135-12159. <https://doi.org/10.3390/rs70912135>
- Zheng, J., Li, Z., & Zheng, B. (2024). A Study on the Effect of Green Plot Ratio (GPR) on Urban Heat Island Intensity and Outdoor Thermal Comfort in Residential Areas. *Forests*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/f15030518>
- Zheng, Y., Keeffe, G., & Mariotti, J. (2023). Nature-Based Solutions for Cooling in High-Density Neighbourhoods in Shenzhen: A Case Study of Baishizhou. *Sustainability (Switzerland)*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/su15065509>
- Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>
- Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J., & Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(15), 7575-7580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>
- Zou, M., & Zhang, H. (2021). Cooling strategies for thermal comfort in cities: a review of key methods in landscape design. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15172-y/Published>



İZMİR KALKINMA AJANSI

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19, 35170 Konak/İzmir

T. +90 232 489 81 81 F. +90 232 489 85 05

www.izka.org.tr