

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞMENİN MEVCUT
SICAKLIK EĞİLİMİNE KATKISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Davut Enes TÜRKMEN

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Barış ÖNOL

OCAK 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞMENİN MEVCUT
SICAKLIK EĞİLİMİNE KATKISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Davut Enes TÜRKMEN
(511201011)**

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Barış ÖNOL

OCAK 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**THE CONTRIBUTION OF URBANIZATION TO THE CURRENT
TEMPERATURE TREND IN TURKIYE**

M.S.c THESIS

**Davut Enes TÜRKMEN
(511201011)**

Department of Meteorological Engineering

Atmospheric Sciences Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Barış ÖNOL

JANUARY 2024



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 511201011 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Davut Enes TÜRKMEN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞMENİN MEVCUT SICAKLIK EĞİLİMİNE KATKISI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Barış ÖNOL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Yurdanur ÜNAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Ozan Mert GÖKTÜRK
Bergen Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Ocak 2024**
Savunma Tarihi : **19 Ocak 2024**





Aileme,



ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Atmosfer Bilimleri programında yüksek lisans bitirme tezidir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye meteoroloji gözlem ağındaki istasyonların şehir ısı adası fenomeninden ne ölçüde etkilendiğinin tespit edilmesidir. Yüksek lisans tez çalışmamın tamamlanması sürecinde beni yönlendiren, destekleyen ve değerli katkılarıyla bu çalışmanın gelişimine önemli katkılarda bulunan danışmanım Prof. Dr. Barış Önal'a kalbi şükranlarımı sunmak isterim. Ayrıca, yüksek lisans tez çalışmam süresince destekleriyle yanımda olan ve bu zorlu süreçte beni yalnız bırakmayan iş arkadaşım Ceyhun Özcan'a en içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Son olarak hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Ocak 2024

Davut Enes Türkmen
(Meteoroloji Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR.....	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
2. YÖNTEM VE VERİ	11
2.1 Homojenlik Kontrolü	12
2.2 Kantil Eşleştirme Yöntemi	14
2.3 Kullanılan Veriler.....	14
3. ANALİZLER	19
3.1 İstasyonların Sınıflandırılması	19
3.2 İstasyonların Eşleştirilmesi.....	26
3.3 Sıcaklık Verilerinin Homojenleştirilmesi ve Düzeltilmesi	29
3.4 İstasyonların Trend Değerlerinin Hesaplanması	32
3.5 Şehir Isı Adasının Minimum Sıcaklık Eğilimine Etkisi ve Katkısının Hesaplanması.....	38
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	59
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ.....	73



KISALTMALAR

CORINE	: Coordination of Information on the Environment
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MUKLIMO	: Micro-Scale Urban Climate Model
TUIK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WRF	: Weather Research and Forecast





SEMBOLLER

C°	: Santigrat derece
Y_i	: Bağımlı değişken
β_0	: Sabit
β_1	: Regresyon doğrusunun eğimi
X	: Bağımsız değişken
ε	: Hata terimi veya artık
ΔT	: Şehirleşme etkisi
C_u	: Şehirleşme katkısı
T_u	: Şehir istasyonunun trendi
T_r	: Kırsal istasyonunun trendi
$\bar{X}_1, \bar{X}_2$	: Test edilecek grupların ortalaması
s_1, s_2	: Test edilecek grupların standart sapması
n_1, n_2	: Test edilecek grupların örneklem büyüklükleri
n	: Test edilecek verinin örneklem büyüklüğü
X_i, X_j	: Test edilecek verideki veri noktaları
sgn	: Sgn fonksiyonu
$\%$	: Yüzde



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir istasyonu ve kırsal istasyon eşleri.	27
Çizelge 3.2 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir istasyonu ve kırsal istasyon eşleri.	28
Çizelge 3.3 : Şehir olarak sınıflandırılan istasyonların trend değerleri (%95 güven aralığında anlamlı olan değerler yıldız ile belirtilmiştir).	36
Çizelge 3.4 : Kırsal olarak sınıflandırılan istasyonların trend değerleri (%95 güven aralığında anlamlı olan değerler yıldız ile belirtilmiştir).	37
Çizelge 3.5 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).	44
Çizelge 3.6 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).	47



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Şehir ısı adası kavramsal modelinin şematik görseli (Url-1)	2
Şekil 1.2 : Kent kubbe katmanı (urban canopy layer) ve şehrsel sınır tabakanın şematik gösterimi (Yang vd., 2020).....	3
Şekil 1.3 : TÜİK 2022 kentsel ve kırsal nüfus istatistikleri.....	9
Şekil 1.4 : Arazi örtüsünün 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.	9
Şekil 2.1 : CORINE 2018 arazi örütüsü ürününün görseli.	15
Şekil 2.2 : MGM istasyonlarının konumları.	17
Şekil 3.1 : Dairesel etki alanının istasyon konumuna yerleştirilmesinin şematik gösterimi.	20
Şekil 3.2 : X ve y-eksenlerinde gösterilen her bir eşik değer-yarıçap kombinasyonu için sınıf bazında elde edilen minimum sıcaklık ortalamalarının farkından oluşturulan ısı haritası görseli (şehir eksi kırsal). İstasyonlar, y-eksenindeki yarıçap ve x-eksenindeki eşik değer kombinasyonlarına göre şehir ve kırsal olarak sınıflandırılmıştır.	20
Şekil 3.3 : İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireseel etki alanı içerisinde kalan şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki yüzdesel değişiminin korelasyonu (a), İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireseel etki alanı içerisinde kalan şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu (b), İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireseel etki alanı içerisinde kalan şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu (Dairesel Etki alanı içerisindeki şehrsel alanların kapsamına göre üst %5’lik dilimdeki istasyonlar göz ardı edilmiştir)(c).	21
Şekil 3.4 : 6 km ve 8 km yarıçaplı daireseel etki alanı için şehir eksi kırsal değerlerine, 2 farklı sınıfa sahip olunacak şekilde uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonucu.	23
Şekil 3.5 : 6 km yarıçaplı daireseel etki alanı için yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme sınıflandırması için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonuçları. .	24
Şekil 3.6 : 8 km yarıçaplı daireseel etki alanı için yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme sınıflandırması için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonuçları. .	25
Şekil 3.7 : Gaziantep ve Bursa istasyonlarının 8 km yarıçaplı daireseel etki alanı içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi...	25
Şekil 3.8 : Minimum şehirleşmeye sahip istasyonları tespit etmek için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonucu.	26
Şekil 3.9 : 6 km ve 8 km yarıçaplı daireseel etki alanı kullanılarak tanımlanan istasyon eşlerinin konumları.	29
Şekil 3.10 : Çorlu istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).....	30
Şekil 3.11 : Adana istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).....	31

Şekil 3.12 :	Göztepe istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme). 31
Şekil 3.13 :	Konya Bölge istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme). 32
Şekil 3.14 :	Şehir sınıfındaki istasyonların trend değerlerinin haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı trend değerleri sarı nokta ile belirtilmiştir). 33
Şekil 3.15 :	Kırsal sınıfındaki istasyonların trend değerlerinin haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı trend değerleri sarı nokta ile belirtilmiştir). 35
Şekil 3.16 :	6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkileri ve katkılarının haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri sarı nokta ile belirtilmiştir). 39
Şekil 3.17 :	8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkileri ve katkılarının haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri sarı nokta ile belirtilmiştir). 41
Şekil 3.18 :	Orta şehirleşme ve yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkilerinin kutu diyagramı ile gösterimi (İlk satır (a-b) 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı, ikinci satır (c-d) 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak elde edilen sonuçlardır). 50
Şekil A.1 :	Çorlu ve Sarıyer istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 64
Şekil A.2 :	Florya ve Göztepe istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 64
Şekil A.3 :	Kocaeli ve Sakarya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 65
Şekil A.4 :	Düzce ve Sivas istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 65
Şekil A.5 :	Erzincan ve Ankara Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. 66
Şekil A.6 :	Kırıkkale ve Van istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 66
Şekil A.7 :	Manisa ve Uşak istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 67
Şekil A.8 :	Afyonkarahisar Bölge ve Aksaray istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. 67
Şekil A.9 :	Kayseri ve Malatya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 68
Şekil A.10 :	Elazığ ve İzmir Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... 68
Şekil A.11 :	Denizli ve Isparta Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. 69
Şekil A.12 :	Konya Bölge ve Kahramanmaraş istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. 69
Şekil A.13 :	Şanlıurfa ve Diyarbakır Meydan istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. 70

- Şekil A.14 :** Mersin ve Adana istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi... **70**
- Şekil A.15 :** İskenderun ve Antakya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi..... **71**
- Şekil A.16 :** Çorum istasyonunun 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi. **71**





TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞMENİN MEVCUT SICAKLIK EĞİLİMİNE KATKISI

ÖZET

İklim değişikliği, günümüz dünyasının en önemli ve karmaşık sorunlarından birisidir. Bu küresel sorun, şehir alanlarında gözlemlenen şehir ısı adası etkisi ile birlikte, yerel iklim sistemlerini daha derinden etkileyebilmektedir. Şehir ısı adası kavramsal modeli, şehirsal alanların sıcaklığının, çevresindeki kırsal alanlardan önemli ölçüde daha yüksek olması durumudur. Şehir ısı adası kavramsal modeline sebebiyet veren başlıca faktörler; şehirlerde kullanılan materyaller, şehir geometrisi, hava kirliliği ve antropojenik kaynaklı ısıdır. Şehirsal alanlarda, ısıyı emebilen ve tutabilen beton ve asfalt gibi malzemelerin termal özellikleri nedeniyle daha yüksek sıcaklıklar gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye meteoroloji gözlem ağındaki istasyonların şehir ısı adası fenomeninden ne ölçüde etkilendiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Şehir ısı adası etkisini istasyon bazında tespit etmek amacı ile şehir eksi kırsal yaklaşımı benimsenmiştir ve bu amaç doğrultusunda sıcaklık verisi olarak şehir ısı adası etkisinin daha belirgin olduğu, günlük minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. İstasyonları, çevrelerindeki şehirsal alanların kapsamına göre sınıflandırmak amacı ile CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi kullanılmıştır. Çalışmada CORINE verisinin mevcut olduğu yıllar ile uygun olacak şekilde 1980 ile 2022 yılları arası analiz edilmiştir. İstasyonları sınıflandırmak amacıyla, istasyonların üzerlerine dairesel etki alanları yerleştirilmiştir ve dairesel etki alanı içerisinde kalan şehirsal alanların kapsamı değerlendirilmiştir. Şehir ısı adası etkisinin en belirgin olduğu dairesel etki alanı yarıçapının 6 km ve 8 km olabileceği tespit edilmiştir. Ardından bütün istasyonlarda, yerleştirilen dairesel etki alanının içerisinde kalan şehirsal alanın, dairesel etki alanına olan oranı hesaplanarak şehirsal alan oranları belirlenmiştir. Daha sonra istasyonların şehirsal alan oranlarına göre sınıflandırılabilmesi için eşik değerler belirlenmiştir. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı için %26, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı için %17 eşik değerleri tespit edilmiştir. Akabinde, şehir ve kırsal olarak yapılan sınıflandırma bir adım daha özelleştirilerek, şehir olarak sınıflandırılan istasyonlar yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme olarak özelleştirilmiştir. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı için 10 yüksek şehirleşme ve 20 orta şehirleşme, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı için 13 yüksek şehirleşme, 19 orta şehirleşme sınıfında istasyon elde edilmiştir. Ardından şehir eksi kırsal yaklaşımını uygulamak amacı ile şehir olarak sınıflandırılan her bir istasyona kırsal bir eş istasyon tanımlanmıştır.

Meteorolojik istasyonların kullanıldığı iklimsel çalışmalarda, analizlerin homojen veriler ile yapılması oldukça önemlidir. İstasyonlardaki sensör ve konum değişiklikleri gibi sebeplerden verilerde oluşabilen süreksizlikler, ikili karşılaştırma yaklaşımı ve penalized maximal T test ile tespit edilmiştir. Verilerdeki tespit edilen kırılmalar, kantil eşleştirme yöntemiyle düzeltilmiştir. Veriyi çok fazla homojenleştirmeye tabi tutmanın veride bozulmalara yol açabileceğinden dolayı veri iki defa homojenleştirme prosedürüne tabi tutulmuştur. Ancak ikinci homojenleştirme prosedürü sonrasında

verilerin büyük çoğunluğunda, birinci homojenleştirme sonucuna yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca ikinci homojenleştirme prosedürü sonrasında şehirleşmenin yüksek olduğu bazı istasyonlarda sıcaklık trendinin gereğinden fazla azaldığı ve şehirleşme sinyalinin veriden çıkarıldığı tespit edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 30 istasyonun 21'inde pozitif, 9'unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 21 pozitif şehirleşme etkisinden 11 tanesi, 9 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Birinci homojenleştirme sonrasında, 30 istasyonun 27 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 27 pozitif şehirleşme etkisinden 15 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 1 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Bu bağlamda, birinci homojenleştirme sonucunda, şehir ısı adası sinyalindeki artış tespit edilmiştir.

8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 32 istasyonun 22'sinde pozitif, 10'unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 22 pozitif şehirleşme etkisinden 12 tanesi, 10 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Birinci homojenleştirme sonrasında, 32 istasyonun 29 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 29 pozitif şehirleşme etkisinden 16 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur.

Yüksek ve orta şehirleşme olarak yapılan sınıflandırma sonucunda iki sınıf arasında şehirleşme etkisi bakımından istatistiki olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin, orta şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerine göre daha yüksek değerlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalamasının, orta şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

THE CONTRIBUTION OF URBANIZATION TO THE CURRENT TEMPERATURE TREND IN TÜRKİYE

SUMMARY

The rapidly increasing population in city centers brings along the problem of the expansion of urban areas. In this context, the increase in the extent of urban areas leads to the conceptual model of urban heat island. This conceptual model emphasizes that the temperature of urban areas is significantly higher than the surrounding suburban and rural areas.

This study is aimed at determining the extent to which the stations in the Turkish meteorological observation network are affected by the urban heat island conceptual model. In order to determine the urban heat island effect on a station-by-station basis, an urban minus rural approach is adopted, and for this purpose, daily minimum temperature data, where the urban heat island effect is more pronounced, are used as temperature data. The urban minus rural approach is based on the assumption that rural stations are least affected by urbanization and most accurately reflect background climatic temperature variations. In order to apply the urban minus rural approach, stations must first be classified as urban and rural. Land cover/use remote sensing data were used to classify stations according to the extent of urban areas around them. In the study, the years between 1980 and 2022 were analyzed in accordance with the years for which remote sensing data are available. In order to classify the stations, circular buffers were placed over the stations, and the extent of urban areas within the buffer was assessed. In this context, it was determined that the radius of the circular buffer where the urban heat island effect is most pronounced can be 6 km and 8 km. Then, in all stations, urban area ratios were calculated by calculating the ratio of the urban area within the placed circular buffer to the area of the entire circular buffer. Afterwards, threshold values were determined to classify the stations according to their urban area ratios. 26% threshold values were determined for 6 km radius circular buffers, and 17% threshold values were determined for 8 km radius circular buffers. Stations with urban area ratios higher than the determined threshold values were classified as urban, and stations with low urban area ratios were classified as rural. Subsequently, the classification as urban and rural was further customized, and the stations classified as urban were further customized as high urbanization and medium urbanization. For 6 km radius circular buffers, 10 stations were classified as high urbanization and 20 stations as medium urbanization, and for 8 km radius circular buffers, 13 stations were classified as high urbanization and 19 stations as medium urbanization. In order to apply the urban minus rural approach, a rural reference stations was defined for each station classified as urban. Care was taken to select all rural reference stations from stations with minimum urbanization.

In climatic studies using meteorological stations, it is very important to perform analyses with homogeneous data. Sensor and location changes in the stations are the possible causes of inhomogeneity that disrupt the continuity of the data. Undocumented break

dates in the Turkish meteorological observation network were detected by means of pairwise comparison approach and penalized maximal T test. Subsequently, data homogenization was performed by correcting the break dates that disrupted the continuity of the data with the quantile matching method. In addition, by applying the quantile matching method without using a reference series, the bias from a rural station to an urban station and from a urban station to an rural station is not included. In this way, the urbanization signal in urban stations was tried to be detected in the best way. Thereafter, the inferences made with the raw data were compared with the homogenized data. Since excessive homogenization of the data may cause distortions in the data, the data was subjected to two homogenization procedures. However, after the second homogenization procedure, results close to the first homogenization result were obtained in most of the stations. In addition, after the second homogenization procedure, it was determined that the temperature trend decreased more than normal in some stations with high urbanization, and the urbanization signal was removed from the data.

As a result, positive urbanization effects were detected in 21 and negative urbanization effects were detected in 9 of the 30 stations classified as urban in the analysis made using a 6 km radius circular buffer and raw data. 11 of the 21 positive urbanization effects and 2 of the 9 negative urbanization effects were found to be significant at 95% confidence interval. The urbanization effect and contribution results at the 4 stations with the highest urbanization effect are Konya Bölge 0.648 °C/10 years (54.27%), Mersin 0.486 °C/10 years (61.52%), Gaziantep 0.482 °C/10 years (63.17%) and Sivas 0.455 °C/10 years (96.81%). In addition, a significant negative urbanization effect was detected at 2 stations. The urbanization effect and contribution result at these stations are; İzmir Bölge -0.226 °C/10 years (44.31%) and Uşak -0.263 °C/10 years (86.51%), respectively.

After the first homogenization, 27 positive and 3 negative urbanization effects were detected out of 30 stations. 15 of the 27 positive urbanization effects and 1 of the 3 negative urbanization effects were found to be significant at a 95% confidence interval. In this context, as a result of the first homogenization, an increase in the urban heat island signal was detected. The urbanization effect and contribution results at the 4 stations with the highest urbanization effect are as follows: Konya Bölge 1.027 °C/10 years (97.35%), Isparta Bölge 0.719 °C/10 years (74%), Çorlu 0.538 °C/10 years (61.4%) and Van 0.47 °C/10 years (50.9%). The significant negative urbanization effect and contribution value detected only at Sakarya station is -0.278 °C/10 years (73.7%). Compared to the raw data result, dramatic increases in the urbanization effect values are detected.

Using an 8 km radius circular buffer and raw data, the analysis revealed positive urbanization effects in 22 and negative urbanization effects in 10 of the 32 stations classified as urban. 12 out of 22 positive urbanization effects and 2 out of 10 negative urbanization effects were found to be significant at 95% confidence interval. The 4 stations with the highest urbanization effects are the same as the inferences made using a 6 km radius circular buffer.

After the first homogenization, 29 of the 32 stations had positive urban effects and 3 had negative urban effects. 16 out of 29 positive urban effects and 2 out of 3 negative urbanization effects were found to be significant at 95% confidence interval. In this context, the first 4 stations with the highest urbanization effect are Konya Bölge 1.027 °C/10 years (97.35%), Isparta Bölge 0.719 °C/10 years (74%), Çorlu 0.538 °C/10 years

(61.4%) and Malatya 0.535 °C/10 years (79.9%). In the first homogenization using a 6 km radius circular buffer, a significant negative urbanization effect was detected only in Sakarya Station (-0.278 °C/10 years (73.7%)). However, when the analysis was repeated with a circular buffer with a radius of 8 km, a significant negative urbanization effect was detected at Düzce station (-0.33 °C/10 years (101.5%)) in addition to Sakarya station.

As a result of the classification as high and medium urbanization, no statistically significant difference was found between the two classes in terms of urbanization effect. However, it was determined that the urbanization effect values of the stations belonging to the high urbanization class were concentrated at higher values than the urbanization effect values of the stations belonging to the medium urbanization class. In this context, it was determined that the average urbanization effect values of the stations in the high urbanization class were higher than the average urbanization effect values of the stations in the medium urbanization class.



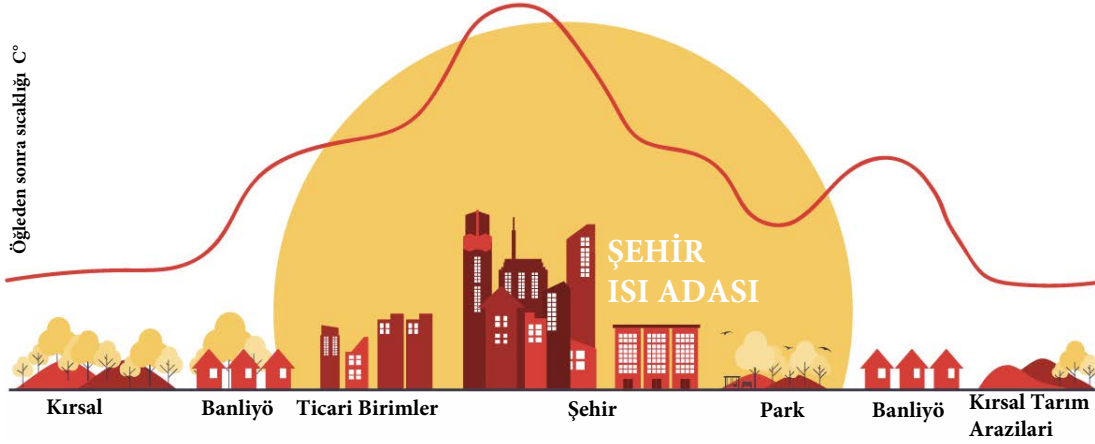


1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında, iklim ve iklim değişikliği gibi önemli küresel konular, insanlığın karşılaşmış olduğu büyük zorluklardan sadece birkaçıdır. Gezegenimizdeki antropojenik kaynaklı iklimsel değişimler; deniz seviyesinde yükselme, ekstrem hava olaylarının meydana gelme sıklığında artış ve sıcaklıklardaki değişiklikler gibi etkileri beraberinde getirerek iklim sistemini derinden etkilemektedir (Kahraman vd., 2021; Sreeraj vd., 2022). Bu durum, sadece doğal ekosistemleri değil, aynı zamanda insanların yaşadığı kentsel alanları da ciddi şekilde etkilemektedir. İklim değişikliği, hızla artan nüfus ve bunun sonucunda kentsel alanların genişlemesi, şehirlerin karşılaştığı temel zorluklardan bazılarıdır. Sürdürülebilirlik çabalarının zorunlu hale geldiği bu dönemde, şehir planlaması ve yönetimi, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, şehirlerin çeşitli zorluklara karşı sürdürülebilir ve adaptif stratejiler geliştirmesi, hem yerel hem de küresel ölçekte çözümler bulunması açısından kritik bir öneme sahiptir.

Şehirsiz alanların genişlemesi, şehir ısı adası kavramsal modelini karşımıza çıkarmaktadır (Şekil 1.1). Bu kavramsal model, şehirsiz alanların sıcaklığının, çevresindeki banliyö ve kırsal alanlardan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu vurgulamaktadır (Oke, 1982). Şehir ısı adası fenomenine sebebiyet veren faktörler sırası ile şehirlerde kullanılan materyaller, şehir geometrisi, hava kirliliği ve antropojenik kaynaklı ısıdır. Şehirsiz alanlarda, ısıyı emebilen ve tutabilen beton ve asfalt gibi malzemelerin termal özellikleri nedeniyle daha yüksek sıcaklıklar gözlemlenmektedir. Şehirsiz alanların düzeni ve tasarımı şehir ısı adası oluşumunu etkilemektedir. Bina yüksekliği, yoğunluğu ve düzeni gibi faktörler emilen güneş radyasyonu miktarını ve hava akışını etkileyerek daha yüksek sıcaklıklara yol açmaktadır. Kentsel alanlar genellikle ısıyı hapsedebilen ve şehir ısı adasına katkıda bulunan daha yüksek hava kirliliği seviyelerine sahiptir. Kükürt dioksit, karbon monoksit, nitroz oksitler ve havada asılı kalan partiküller gibi kirleticiler kentsel alanlarda sıcaklığı artırmaktadır. Binalardaki enerji tüketimi ve endüstriyel süreçler

gibi antropojenik faaliyetler çevreye ısı yayarak şehir ısı adasına katkıda bulunmaktadır (Gobakis vd., 2011).

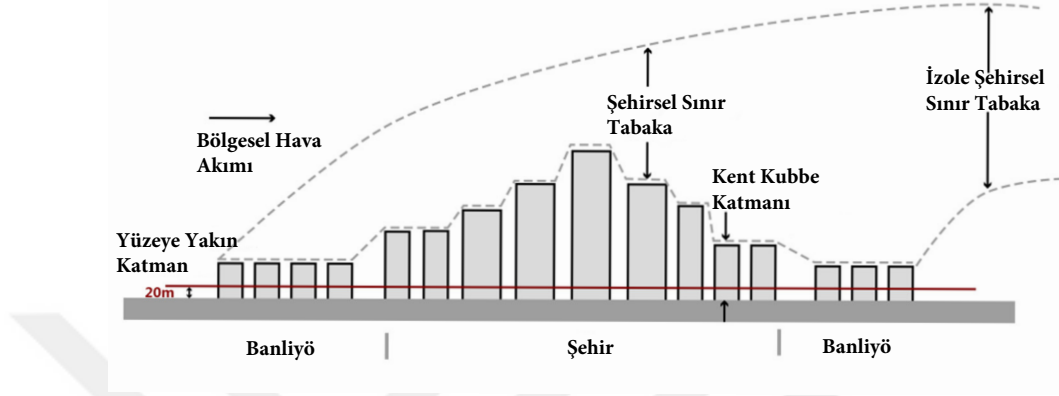


Şekil 1.1 : Şehir ısı adası kavramsal modelinin şematik görseli (Url-1)

Şehir ısı adası kavramsal modeli, yüzey şehir ısı adası (surface urban heat island), sınır tabaka şehir ısı adası (boundary-layer urban heat island) ve kent kubbe katmanlı şehir ısı adası (canopy-layer urban heat island) olarak 3 sınıfa ayrılmaktadır (Hu vd., 2019). Şehirlerde kent kubbe katmanlı, binaların ve ağaçların ortalama yüksekliğinin altında kalan kentsel gölgelikteki hava katmanlı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.2) (Url-3). Yüzey şehir ısı adası, şehirsal alanlar ile onları çevreleyen kırsal alanlar arasındaki yüzey sıcaklığı farkını ifade eder. Yüzey şehir ısı adasını gözlemlemek için uydudan elde edilen arazi yüzey sıcaklığı verileri kullanılmaktadır (Krelaus vd., 2023). Sınır tabaka şehir ısı adası, kent kubbe katmanının 2 kilometre yukarısına kadar olan hava tabakasında gözlemlenen şehir ısı adası olarak tanımlanır. Gözlem sistemleri ile sınır tabaka şehir ısı adasını tespit etmek oldukça zor olduğu için literatürde ilgili çalışmalar iklim modelleri simülasyonları ile yapılmaktadır (Jabbar vd., 2023). Kent kubbe katmanlı şehir ısı adası, şehirsal ve kırsal alanlar arasındaki kentsel kubbe seviyesindeki sıcaklık farkı olarak tanımlanmaktadır. Kent kubbe katmanlı şehir ısı adasını gözlemlemek için meteoroloji istasyonlarındaki sıcaklık gözlemleri kullanılır (Hu vd., 2019).

Literatürde şehirleşmenin sıcaklığa olan etkisini incelemek için çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Yang vd. (2011) gece ışığının uydu ölçümlerini ve popülasyon verilerini kullanarak istasyonları metropol, büyük şehir, orta ölçekli şehir, küçük şehir, banliyö ve kırsal olacak şekilde 6 farklı sınıfa ayırmıştır. Bu bağlamda, her bir sınıfa ait şehirleşme etkisini hesaplarken, istasyonları kırsal eşleri ile eşleştirmiştir ve şehir eksi

kırsal (urban minus rural) yaklaşımı kullanarak sıcaklık trendlerinin farkını irdelemişlerdir. Şehir eksi kırsal yaklaşımının temeli, kırsal istasyonların şehirleşmeden en az etkilenecek arka plandaki iklimsel sıcaklık değişimini en doğru şekilde yansıttığı varsayımına dayanmaktadır. Sonuç olarak en fazla şehirleşme etkisi sırası ile metropol, büyük şehir ve orta ölçekli şehir sınıfında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1.2 : Kent kubbe katmanı (urban canopy layer) ve şehirsal sınır tabakanın şematik gösterimi (Yang vd., 2020).

Şehirleşmenin sıcaklığa olan etkisini şehir eksi kırsal yöntemiyle tespit etmek için, istasyonları şehir ve referans istasyonlar olarak sınıflandırmak için farklı parametreler kullanılabilmektedir. Kachenchart vd. (2020) Tayland'da 1970 ile 2019 yılları arasında şehirleşmenin sıcaklığa olan etkisini analiz etmişlerdir. Bu bağlamda, istasyonları arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi ve popülasyon verisi yardımıyla şehir, banliyö ve kırsal olarak sınıflandırmışlardır. Yapılan analizin sonucunda şehir ve banliyö olarak sınıflandırılan istasyonların her biri için, şehirleşmenin, sıcaklığın zaman içerisindeki artışı üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Sonuç olarak Tayland'ın tamamında şehirsal ısınmanın katkısının, son 50 yılda önemli bir artış eğilimi gösterdiği ve genel ısınmanın %40.5'ini oluşturduğu vurgulanmıştır.

Meteorolojik gözlem ağının yoğun olduğu Çin gibi ülkelerde şehir eksi kırsal yaklaşımını kullanan çalışmaların bir kısmı, öncelikle ülkeyi grid kutularına ayırmıştır. Sonrasında ise şehirleşmeyi temsil eden gözlemler (arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi vb.) aracılığı ile istasyonlar şehir ve kırsal olarak sınıflandırılmıştır. Grid kutularının içerisinde kalan şehir ve kırsal istasyonlar vasıtası ile grid bazında şehirleşmenin sıcaklığa ve sıcak hava dalgalarına olan etkileri hesaplanarak bölgesel çıkarımlar yapılmıştır. Wu vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, şehir eksi kırsal metodunda grid kutusu bazlı yaklaşımı kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda,

şehirleşmenin, sıcak hava dalgası indislerindeki artışa sebep olduğu katkı, Çin'in sekiz alt bölgesinde değerlendirilmiştir. Güneybatı Çin, Güney Çin ve Kuzey Çin'de ortalama %45'lik bir katkıyla diğer bölgelerden daha önemli şehirleşme etkileri tespit edilmiştir.

Kalnay ve Cai (2003) şehirleşme etkisini tespit etmek için farklı bir yaklaşım olan gözlem eksi yeniden analiz (observation minus reanalysis) yaklaşımını ortaya atmışlardır. Bu bağlamda, istasyon gözlemlerinden elde edilen ısınma trendi, istasyon konumuna karşılık gelen yeniden analiz verisinden elde edilen ısınma trendi ile karşılaştırılmıştır. Bu yaklaşımın mantığı, yüzey (özellikle kentsel yüzeyler) gözlemleri nadiren asimile edildiğinden, yeniden analiz veri setlerinin arazi yüzeyi özelliklerine ve bu özelliklerdeki değişikliklere karşı duyarsız olmasına dayanmaktadır. Analiz sonucunda, Amerika Birleşik Devleti'nde arazi kullanımı değişikliğinden dolayı yüzyıl başına 0,27 C° ortalama yüzey ısınması tespit etmişlerdir ve bu değer o zamana kadarki şehirleşmeye dayalı önceki ısınma tahminlerden en az iki kat daha yüksektir.

Gözlem verileri kullanılarak yapılan analizlerin yanı sıra, sayısal hava tahmin modelleri kullanarak da şehirleşmenin sıcaklık üzerindeki etkileri hakkında çıkarım yapmak mümkündür. Ezber vd. 2007, İstanbul'daki şehir ısı adasının etkisini analiz etmek için 1951 ile 2004 yılları arasında modelleme deneyi yapmışlardır. İç içe yuvalama yöntemiyle yapılan deneyde, en içteki çalışma alanının yatay çözünürlüğü 3 km olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney sonucunda, şehir ısı adası etkisinin sonucu olan, biri şehrin Avrupa yakasında diğeri Asya yakasında olacak şekilde iki hücreli bir yapı tespit edilmiştir. Ayrıca tespit edilen bu yapının şehir üzerindeki atmosferin yaklaşık 600-800 metre yüksekliğine nüfuz ettiği tespit edilmiştir.

Şehirleşmenin günlük ortalama sıcaklık, günlük minimum sıcaklık ve günlük maksimum sıcaklık parametrelerinden hangisine karşı daha duyarlı olduğuna dair literatürde çalışmalar mevcuttur. Liao vd. (2017), Çin için yapmış oldukları çalışmada, istasyonları arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi ile dinamik olarak sınıflandırmışlardır. Uydu verisinin mevcut olduğu her bir yıl için istasyon sınıflandırma prosedürü tekrarlanmıştır. Bu bağlamda, önceki yıllarda kırsal istasyon olarak sınıflandırılmış bir istasyon, sonraki yıllarda şehir istasyonu olarak sınıflandırılabilir. Bu sayede, şehirleşmenin sıcaklık trendi üzerindeki etkisinin tespiti daha güçlü bir şekilde yapılabilir. Sonuç olarak, Liao vd. (2017) şehir eksi

kırsal yaklaşımı sayesinde, şehir ısı adası etkisinin günlük ortalama sıcaklık, günlük minimum sıcaklık ve günlük maksimum sıcaklık üzerinde sebep olduğu artışları sırasıyla 0.085 C°/10 yıl, 0.167 C°/10 yıl ve -0.054 C°/10 yıl olarak tespit etmişlerdir.

Literatürde şehir ısı adasının Türkiye'deki etkilerinin çalışıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Diren-Üstün vd. (2024) yapmış oldukları çalışmada, şehirleşmenin İstanbul'un mikro iklimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca farklı arazi kullanımı azaltma senaryolarının şehir ısı adası yoğunluğunu azaltmadaki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, kentsel iklim modeli olan MUKLIMO_3 (Micro-Scale Urban Climate Model), kırsal ve kentsel yerlerdeki sıcaklık değişimlerini simüle etmek için kullanılmıştır. Sonuç olarak model tahminleri ile istasyon gözlemleri arasında makul bir uyum olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında sekiz değişim senaryosu test edilmiştir ve tüm senaryolar, gündüz saatlerinde İstanbul'un Kuzey Marmara kıyı şeridi boyunca şehirleşmiş alanlarda hava sıcaklıklarının düşmesiyle sonuçlanmıştır. Çalışma sonucunda tespit edilen diğer bir önemli bulgu ise, yeşil çatı senaryolarının, İstanbul'daki şehir ısı adası yoğunluğunu azaltmada yüksek albedo senaryolarından daha az etkili olduğudur.

Ünal vd. (2020), 1960-2012 yılları arasında altı istasyonda ölçülen meteorolojik verileri kullanarak İstanbul'daki şehir ısı adası yoğunluğunun yıllık, aylık ve mevsimsel değişimlerini analiz etmişlerdir. Çalışmada, rüzgâr, bulut kapallılığı ve yağış değerlerine göre günler kategorize edilmiştir ve meteorolojik değişkenlerin şehir ısı adası yoğunluğunun mevsimselliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca çalışmada uzaktan algılama ürünü olan arazi yüzey sıcaklığı verileri kullanılarak 2000-2012 yılları arasında şehir ısı adasının alansal kapsamını değerlendirmişlerdir. Çalışma, İstanbul'daki şehir ısı adası yoğunluğunun mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiğini, en güçlü şehir ısı adası yoğunluğunun yaz aylarında, en zayıfının ise kış aylarında görüldüğünü ortaya koymuştur. Sonuçlar, kentsel alanlarda gece şehir ısı adası yoğunluğunda 0.41-0.50 C°/10 yıl değerleri arasında değişen bir artış ve gündüz şehir ısı adası yoğunluğunda 0.13-0.18 C°/10 yıl değerleri arasında değişen bir azalma olduğunu göstermiştir. Çalışma ayrıca meteorolojik değişkenlerin şehir ısı adası yoğunluğu üzerindeki etkisini incelemiş ve UHI yoğunluğunun artan rüzgâr hızı ve bulut örtüsü ile azaldığını bulmuştur.

Tayanç vd. (2009), 1950-2004 yılları arasında Türkiye'deki 52 meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak, Türkiye'nin seçilmiş

şehirlerinde iklim değişikliği ve şehir kaynaklı yanlılıkları incelemişlerdir. İstasyonları nüfus büyüklüğüne göre, kırsal ve banliyö istasyonları olan S1 ve büyük kentsel istasyonlar olan S2 gruplarına sınıflandırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, genel olarak kentsel yağış serilerinin değişkenliğinin kırsal olanlardan daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir ve bunun sonucu olarak kentsel istasyonların daha sık ve şiddetli kuraklıklar ve seller yaşayabileceğine dikkat çekmişlerdir. Yapılan mekânsal analiz sonucunda, ülkenin güney ve güneydoğu kesimlerinde önemli ölçüde ısınma olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada, minimum sıcaklık serilerinin neredeyse tüm bölgelerde önemli ölçüde ısınma gösterdiği vurgulanarak şehirleşmenin etkisine dikkat çekilmiştir.

Kaya vd. (2012), İstanbul'daki şehir ısı adası ile artan şehirleşme arasındaki ilişkiyi, Landsat 5 TM uydu verileri ve İstanbul'daki meteorolojik istasyonlardan elde edilen sıcaklık verilerini kullanarak irdelemiştir. Öncelikle, 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 tarihlerinde elde edilen üç Landsat 5 TM uydu görüntüsünü kullanarak arazi örtüsü/kullanımı verisini üretmişlerdir. Ürettikleri arazi örtüsü/kullanımı verisini kullanarak İstanbul'da son 20 yılda kentsel alanların artarken orman, çıplak arazi ve tarım alanlarının hızla azaldığına dikkat çekmişlerdir. Ayrıca, İstanbul'da iki büyük kentsel ısı adası merkezi tespit edilmiştir. Bunlardan biri İstanbul Boğazı'nın güneybatısında, diğeri ise şehrin güneydoğu bölgesinde yer almaktadır.

Diren-Üstün vd. (2022), İstanbul'un şehir ısı adası dağılımını şehir iklim modeli olan MUKLIMO_3 kullanarak 3 farklı arazi kullanım senaryosu ile analiz etmişlerdir. Bu senaryolar sırası ile; model alanının tamamının ormanlık alan ile kaplı olması, yatay gelişim ve düşey gelişim senaryolarıdır. Model alanının tamamının ormanlık alan ile kaplandığı senaryoda, kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasındaki atmosfer sirkülasyonundaki değişimlerin sıcaklık farklarının 6 C°'ye ulaşmasını tetiklediğine dikkat çekilmiştir. Yatay gelişim senaryosunun İstanbul ikliminde 3 C° artışa neden olurken, düşey gelişim senaryosunun 1 C° artışa sebep olacağı tespit edilmiştir.

Baykara (2023), hızlı nüfus artışı ve artan şehirleşmeyi göz önünde bulundurarak şehir ısı adasının İstanbul'un iklimi üzerindeki uzun vadeli etkisini değerlendirmiştir. Çalışmada şehir istasyonlarının tespit edilmesinde CORINE uzaktan algılama arazi örtüsü/kullanımı ve popülasyon verisi kullanılmıştır. 1951'den 2020'ye kadar olan hava sıcaklığı verilerinin analizi hem kentsel hem de kırsal alanlarda sıcaklıkta önemli artış eğilimleri olduğunu ve kentsel alanlarda daha büyük bir artış yaşandığını ortaya

koymuştur. Çalışma, minimum sıcaklık parametresinin önemli bir artış eğilimi gösterdiğini ve bunun da şehirleşmenin iklim üzerindeki etkisini gösterdiğini ortaya koymuştur.

Erdem Okumus ve Terzi (2021), İstanbul'da kentsel dokunun yüzey şehir ısı adası oluşumundaki rolünü değerlendirmeyi amaçlamıştır. Kentsel doku değişkenlerinin yüzey şehir ısı adası üzerindeki etkilerini analiz etmek için makine öğrenimi yaklaşımından yararlanılmıştır. Çalışmada yüzey şehir ısı adası oluşumuna katkıda bulunabilecek bina kapsama oranı, yüzey/hacim oranı, gökyüzü görüş faktörü, kanyon geometrisi faktörü ve bitki örtüsü indeksi gibi çeşitli değişkenler belirlenmiştir. Bitki rts indeksinin ve bina kapsama oranının yüzey şehir ısı adası oluşumu üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu, gökyüzü görüş faktörü ve kanyon geometrisi faktörünün etkilerinin ise nispeten düşük olduğu bulunmuştur.

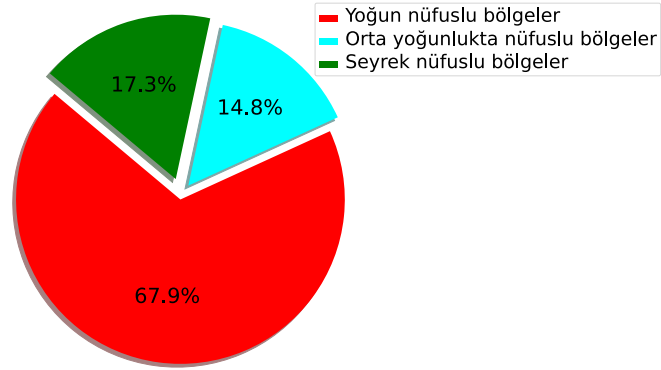
Literatürde Türkiye için yapılan şehir ısı adası çalışmalarında, şehirleşmenin sadece sıcaklığa olan etkileri değil, aynı zamanda yağış gibi farklı parametrelere olan etkisinin de analiz edildiği çalışmalar mevcuttur. Donmez vd. (2022), Hava Durumu Araştırma ve Tahmin (WRF) modelini kullanarak Ankara'da şehirleşmenin yağış olayları üzerindeki etkisini iredilemişlerdir. Bu bağlamda farklı sinoptik arka planlara sahip iki yağış olayı, şehirleşmiş alan üzerindeki şehir ısı adası yoğunluğu dikkate alınarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, kentsel senaryonun, yaz olayı sırasında şehir merkezinin rüzgâr altı ve rüzgâr üstü kısımlarındaki yağışları bastırarak yağış düzenini daha mekansal dağılımlı olacak şekilde yeniden şekillendirdiği ve yağış süresini uzattığı saptanmıştır. Genel olarak, şehirleşmenin yüzey enerji dengesini değiştirdiği ve yüksek oranda şehirleşmiş alan üzerindeki nem içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. K. Donmez vd. (2023), şehirleşmenin İstanbul'daki şiddetli yağışlar üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin farklı sınır zorlamaları arasında tutarlı olup olmadığını belirlemeyi alışmışlarıdır. Sonuçlar, kullanılan sınır zorlamalarından bağımsız olarak, saatlik yağış miktarının kentsel alanın rüzgâr üstü kısmında yoğunlaştığını göstermiştir. ERA5 ve FNL verileriyle zorlanan simülasyonlar, yağış miktarlarında sırasıyla %6 ve %21'lik bir artış göstermiştir. Kentsel sinyaller sadece yağış miktarlarında değil, aynı zamanda zamanlama ve konsantrasyonlarında da gözlemlenmiştir. Kentsel yağış sistemi, analiz edilen her saatte kentsel olmayan muadilinin biraz önüne geçerek kentsel alan üzerinde mekansal olarak daha az konsantre bir yağış modelini belirtmiştir.

Literatürde Türkiye’deki gözlem ağının tamamını göz önünde bulundurarak, şehir ısı adası etkisinin, sıcaklık üzerinde neden olduğu artış ile ilgili yeterince kapsamlı bir çalışma yoktur. Ozdemir vd. (2012)’nin çalışmasında, Türkiye’de 1965 ile 2006 yılları arasındaki zaman dilimi için, şehir ısı adası etkisinin, günlük minimum sıcaklık üzerinde sebep olduğu artış analiz edilmiştir. Çalışmada, şehir eksi kırsal yaklaşımı kullanılırken, istasyonların sınıflandırılmasında sadece popülasyon verisi kullanılmışlardır. Çalışmada 8 farklı ilden, 9 tane şehir olarak sınıflandırılan istasyon belirlenmiştir. Şehir olarak sınıflandırılan istasyonlardaki şehir ısı adası etkisinin, günlük minimum sıcaklık üzerinde sebep olduğu artışı tespit etmek amacıyla, şehirlerin yakın çevresinden 16 tane kırsal olarak sınıflandırılan istasyon seçilmiştir. Belirlemiş oldukları bütün şehir sınıfındaki istasyonlarda, önemli şehir ısı adası etkileri tespit etmişlerdir.

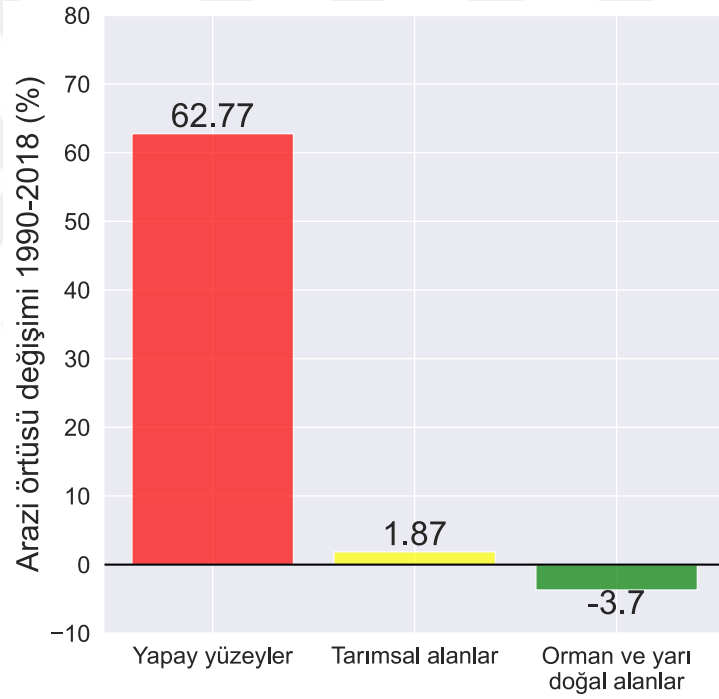
Meteorolojik istasyonların kullanıldığı iklimsel çalışmalarda, analizlerin homojen veriler ile yapılması oldukça önemlidir. İstasyonlardaki sensör ve konum değişiklikleri, verilerdeki sürekliliği bozan muhtemel homojensizlik sebepleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Ren vd., 2015). Zhang vd. (2014), şehir ısı adasının sıcaklık üzerindeki etkisini analiz ettikleri çalışmada, ham veri ile düzeltilmiş verilerden elde ettikleri sonuçları karşılaştırmıştır. Şehir ısı adasının, yıllık ortalama minimum sıcaklık ve maksimum sıcaklık trendi üzerindeki etkisi, homojenleştirme düzeltmelerinden sonra artmıştır. Sonuç olarak, şehir ısı adasının, sıcaklık trendi üzerindeki katkısı, düzeltilmiş verilerde minimum sıcaklık için %100’e ve maksimum sıcaklık için ise %28.8’e ulaşmıştır. Veri homojenleştirme prosedürleri ile ilgili detaylı bilgiler, veri ve yöntem bölümünde verilmiştir.

Türkiye’de TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2022 verilerine göre toplam nüfusun %67.9’u yoğun nüfuslu alanlarda yaşamaktadır (Şekil 1.3). Ayrıca, CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü/kullanımı verisine göre, Türkiye’de 1990-2018 yılları arasında yapay yüzeyler %62.7 artış göstermiştir (Şekil 1.4). Dolayısıyla, Türkiye’de şehirleşmenin göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaştığı çıkarımı yapılabilmektedir. Ancak popülasyon verisi ile şehirsiz alanların kapsadığı alan hakkında direkt bir çıkarım yapılamamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki meteoroloji gözlem ağında şehirleşmeden etkilenen istasyonları, arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi kullanarak tespit edilmesinin akabinde şehir ısı adası fenomeninin, günlük minimum sıcaklık verisi üzerinde neden olduğu etkileri,

istasyon bazında irdelemektir. Çalışmanın amacı doğrultusunda, şehir eksi kırsal yaklaşımı kullanılarak, arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi ile de uyumlu olacak şekilde, 1980 ile 2022 yılları arası çalışılmıştır.



Şekil 1.3 : TÜİK 2022 kentsel ve kırsal nüfus istatistikleri.



Şekil 1.4 : Arazi örtüsünün 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



2. YÖNTEM VE VERİ

Bu çalışmada, Türkiye'nin meteoroloji gözlem ağında, şehir ısı adası fenomeninin, günlük minimum sıcaklık verisi üzerinde neden olduğu etkilerin, istasyon bazında irdelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda şehir eksi kırsal (urban minus rural) yaklaşımı benimsenmiştir. Şehir eksi kırsal yaklaşımının temeli, kırsal istasyonların şehirleşmeden en az etkilenecek arka plandaki iklimsel sıcaklık değişimini en doğru şekilde yansıttığı varsayımına dayanmaktadır. Bu bağlamda, öncelikli olarak istasyonların şehir ve kırsal olarak sınıflandırılması gerekmektedir. Sınıflandırma işlemi için literatürde popülasyon, gece ışığı ölçümü uzaktan algılama verisi ve arazi yüzeyi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verileri kullanılmaktadır. Bu veriler şehrsel alanların kapsamı hakkında doğrudan veya dolaylı bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışmada şehrsel alanların kapsamı hakkında doğrudan bilgi sağlayan, arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi kullanılmıştır. Çalışmada, uzaktan algılama verisi ile de uyumlu olacak şekilde, 1980 ile 2022 yılları arası çalışılmıştır. Sınıflandırma işlemi sonrasında, şehir istasyonu olarak sınıflandırılan istasyonlara, kırsal olarak sınıflandırılan istasyonlardan eşler tanımlanması gerekmektedir. Kırsal eşleri tanımlarken, şehir istasyonuna olan yakınlığı, istasyonlar arasındaki yükselti farkı ve benzer iklimsel özellikler göstermesine dikkat edilmiştir.

Akabinde (2.1) numaralı denklemde gösterildiği üzere, doğrusal regresyon yardımı ile hem şehir hem kırsal olarak sınıflandırılan istasyonlar için, sıcaklıktaki her 10 yıl için artışı temsil eden trend değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan trend değerlerinin istatistiki olarak anlamlılığı Mann-Kendall test istatistiği aracılığı ile kontrol edilmiştir (Denklem 2.2). Mann-Kendall testi, zaman serilerindeki monoton trenleri belirlemek amacıyla kullanılan parametrik olmayan bir istatistik testidir. Ayrıca Mann-Kendall testi, verinin normal dağılıma uymasına ihtiyaç duymamaktadır (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004). Devamında ise, (2.3) numaralı denklemde görüldüğü gibi, şehir istasyonundan elde edilen trend değeri ile şehir istasyonunun eşi olan kırsal istasyondan elde edilen trend değeri birbirinden çıkarılmıştır ve şehirleşme etkisi parametresi elde edilmiştir. Bu bağlamda, elde edilen şehirleşme etkisi parametresinin istatistiksel

olarak anlamlı olup olmadığına karar vermek gerekmektedir. İstatistiksel anlamlılığı kontrol etmek için (2.4) eşitliği yardımıyla, şehir istasyonundan elde edilen doğrusal regresyon eğrisi ile şehir istasyonunun eşinden elde edilen doğrusal regresyon eğrisi arasında t testi uygulanmıştır. Son olarak, anlamlı şehirleşme etkisinin tespit edildiği istasyonlarda, denklem (2.5) yardımıyla şehrsel katkı hesaplaması yapılmıştır. Şehrsel katkı (2.5) numaralı denklemdeki gibi, şehirleşme etkisinin, şehir istasyonundan elde edilen trend değerine bölünmesinin akabinde 100 ile çarpılması sonucunda elde edilmektedir. Yapılan bu işlem sonrasında şehir ısı adasının şehir istasyonunda sebebiyet verdiği sıcaklık değişiminin yüzdesel değeri elde edilmiş olur (Ren & Zhou, 2014).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (2.2)$$

$$\Delta T = T_u - T_r \quad (2.3)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.4)$$

$$C_u = \left| \frac{\Delta T}{T_u} \right| \times \%100 \quad (2.5)$$

2.1 Homojenlik Kontrolü

İstasyon verileri ile yapılan iklimsel çalışmaların, kalite kontrol prosedürlerinden geçmiş homojen veriler ile yapılması önerilmektedir. İstasyon verilerinde süreksizliğe yol açan olası süreksizlik sebepleri olarak istasyonların konumlarının değiştirilmesi ve sensör değişiklikleri karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda verilerde süreksizliğe yol açan kırılma tarihlerinin tespit edilip homojenleştirilmesi gerekmektedir (Wijngaard vd., 2003).

Türkiye meteoroloji gözlem ağında, sensörlerde veya istasyonların konum değişikliklerini içeren üstveriler genellikle eksik veya mevcut değildir. Bu bağlamda, verilerdeki belgelenmemiş kırılmaları belirlemek için farklı gözlem istasyonlarından alınan aylık sıcaklık değerlerinin karşılaştırılmasını öneren ikili karşılaştırma (pairwise comparison) yaklaşımı benimsenmiştir. İkili karşılaştırma yaklaşımı,

sıcaklık değerleri arasında fark serileri oluşturulmasını ve her serinin kırılmalar açısından değerlendirilmesini önermektedir. Ayrıca, ikili karşılaştırma yaklaşımı, kırılma noktalarının tespit edilmesinde tek bir homojen referans seri kullanımına kıyasla daha düşük bir yanlış alarm oranına sahiptir. İkili karşılaştırma, manuel incelemeye veya referans serinin homojenliğini varsaymaya gerek kalmadan belgelenmemiş kırılma noktalarının doğrudan izlenmesine olanak tanımaktadır (Menne ve Williams, 2009).

Bu çalışmada, kırılma tarihlerinin tespit edilmesinde, test edilen zaman serisinin sıfır trendli ve gauss hatalı olduğunu varsayan penalized maximal T testi kullanılmıştır. Penalized maximal T testini uygulamak için öncelikle test edilecek zaman serisi ile yüksek korelasyona sahip homojen bir referans zaman serisi bulunmalıdır. Penalized maximal T testi direkt olarak test edilecek baz zaman serisi yerine, baz zaman serisinden referans zaman serinin çıkarılmasıyla elde edilen zaman serisine uygulanmaktadır. Ancak ikili karşılaştırma yaklaşımı ile birlikte kullanıldığı takdirde, yüksek korelasyonlu referans zaman serileri ile, homojenlik koşuluna bakılmaksızın kullanılabilir. Kırılma tarihlerinin konumunu ve anlamlılığını belirlemek için penalized maximal T testi uygulandıktan sonra, kırılmaların büyüklüğünün nihai tahminlerini elde etmek için baz zaman serisinin anomalileri ile (ortalama yıllık döngüye göre) ortak bir eğilime sahip çok fazlı regresyon modeli de uydurulmaktadır. Çok fazlı regresyon modeli uyumunda, yıllık döngü, doğrusal trend ve lag-1 otokorelasyonu, tanımlanan tüm ortalama kırılmaları hesaba katarken, iteratif prosedürler yoluyla tahmin edilmektedir (Wang vd., 2007; Wang, 2008a).

İkili karşılaştırma yaklaşımı ve penalized maximal T test ile kırılma noktası tespiti yaparken, karşılaştırılacak istasyon sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Referans seriler, baz seri ile yüksek korelasyonlu ve maksimum 500 km uzaklıkta olması koşulu ile seçilmiştir. Referans serinin seçilmesinde, baz seri ile yüksek korelasyonlu olması şartında, korelasyon sınırı yıllık çözünürlükte 0.9 olarak belirlenmiştir. Ancak 0.9 korelasyon sınırı ile 8 referans istasyon sayısına ulaşamadığı durumlarda korelasyon değeri her seferinde 0.05 azaltılarak 8 farklı referans istasyon sayısına ulaşılmıştır. Korelasyon değeri en fazla 0.75'e kadar esnetilmiştir. Korelasyon sınırının 0.75 değerine esnetilmesine rağmen 8 farklı referans istasyon sayısına ulaşamadığı takdirde, baz seride ikili karşılaştırma yaklaşımı yerine, tek bir seri üzerinden kırılma noktası tespitine olanak tanıyan penalized maximal F test kullanılmıştır. Bu bağlamda

kırılma tespiti aylık seriler üzerinden yapılmaktadır. Tespit edilen her kırılma tarihi tespit edildiği yılın ocak ayının 1. günü olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bitişik yıllardaki kırılmalar aynı kırılma tarihi olarak kabul edilmiştir. Referans serilerin belirlenmesinin ardından kırılma noktalarının anlamlı kabul edilebilmesi için, kırılmanın tespit edildiği tarihin, 3 farklı referans seri tarafından onaylanması gerekmektedir (He vd., 2023; Squintu vd., 2019; Trewin, 2013; Vincent vd., 2012; Wang, 2008b).

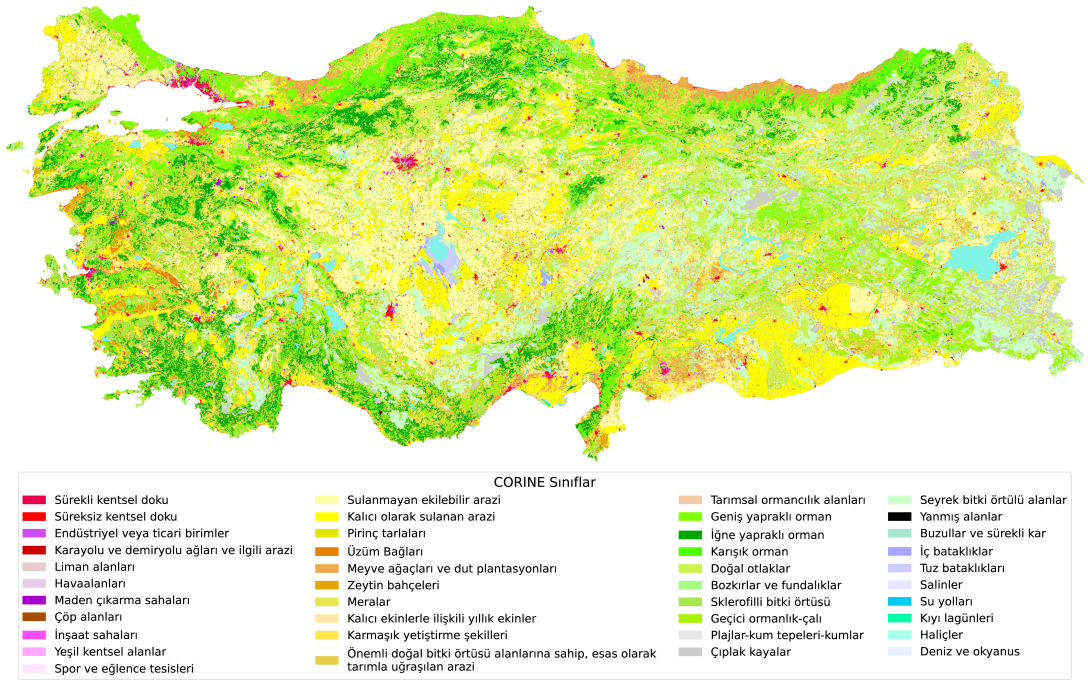
2.2 Kantil Eşleştirme Yöntemi

Kantil eşleştirme yöntemi, sıcaklık serilerindeki homojensizlikleri düzeltmek için kullanılabilen istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemde, kırılma tarihinden önceki ve sonraki alt zaman serilerinin ampirik dağılımı kantil tabanlı bir şekilde karşılaştırılır ve ayarlama büyüklüğünün çıkarımı yapılır. Günlük veya aylık sıcaklık verilerine uygulanabilmektedir ve düzeltme işlemi herhangi bir referans veri serisine dayanmaz, bu sayede homojenizasyon yönteminden kaynaklanan yanlılıkları önlemeye yardımcı olur. Bu çalışma özelinde kantil eşleştirme yöntemi, urban blending olarak adlandırılan, referans serinin şehirselliğinden kaynaklanan yanlılığı baz seriye dahil etmeden sıcaklık verilerini düzeltmek için kullanılmaktadır. Bu sayede şehir istasyonuna kırsal bir istasyondan, kırsal bir istasyona da şehir bir istasyondan yanlılık dahil edilmemiş olur. Sonuç olarak şehirleşmenin sıcaklık serisine olan katkısı şehir eksi kırsal yaklaşımı ile mümkün olan en iyi şekilde tespit edilmiş olur (He vd., 2023; Trewin, 2013; Vincent vd., 2012; Wang vd., 2010). Squintu vd. 2019'nin çalışmasında önerdiği gibi düzeltmelerin büyüklüğü aylık bazda hesaplanıp, günlük bazda veriye uygulanmıştır. Ayrıca kırılma tarihinin öncesinde ve sonrasında 5 yıl uzunluğunda veri mevcut değilse, kırılma noktası yeterli veri olmadığından dolayı anlamlı kabul edilmemiş ve düzeltilmemiştir. Çalışmada, kırılma tarihlerinin tespit edilmesinde ve kantil eşleştirme metodu kullanımında RHtestV4 yazılımından faydalanılmıştır (Url-2)

2.3 Kullanılan Veriler

Çalışmada, ilk ürünü 1990 yılı için kullanıma açılan, geniş ormanlık alanlardan çeşitli üzüm bağlarına kadar 44 tematik sınıfa sahip ve pan-Avrupa'yı kapsayacak şekilde arazi örtüsü ve arazi kullanım envanteri sunan CORINE (Coordination of Information

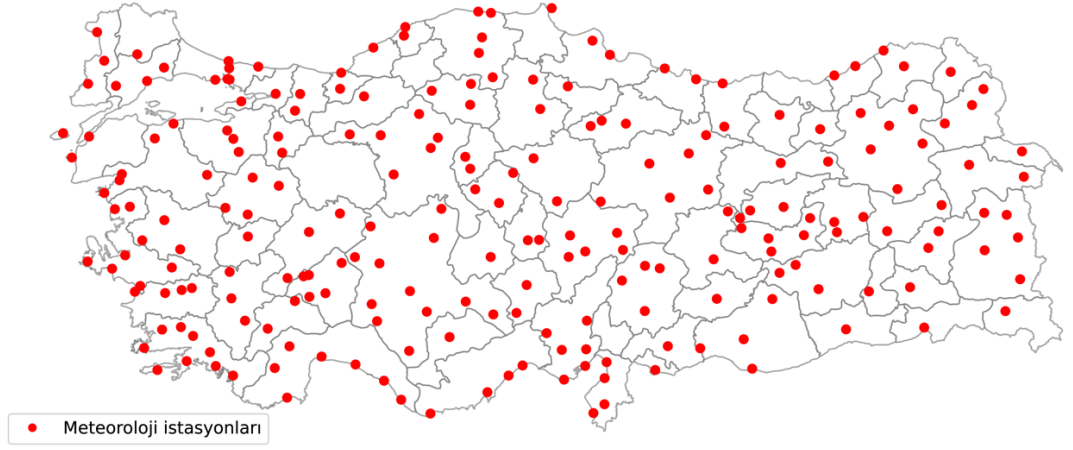
on the Environment) arazi örtüsü ürünü kullanılmıştır. Ürün her altı yılda bir yeni durum ve değişim katmanları ile birlikte güncellenmekte olup en son güncelleme 2018 yılında yapılmıştır. Yatay çözünürlüğü 100 m olan CORINE arazi örtüsü ürününü 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarında mevcuttur. Bu çalışmada şehrsel alanların tespit edilmesi amacıyla CORINE arazi örtüsü verisinde sürekli kentsel doku (continuous urban fabric), süreksiz kentsel doku (discontinuous urban fabric), endüstriyel veya ticari birimler (industrial or commercial units), karayolu ve demiryolu ağları ve ilgili arazi (road and rail networks and associated land), liman alanları (port areas), havaalanları (airports) ve inşaat sahaları (construction sites) olarak isimlendirilen sınıflar kullanılmıştır. Çalışmada 1990 ile 2018 yılları arasındaki değişimi görmek ve 2018 yılındaki güncel şehrsel alanların kapsamını değerlendirmek için 1990 yılı ve 2018 yılı ürünleri kullanılmıştır (Şekil 2.1) (Url-4, Url-5)



Şekil 2.1 : CORINE 2018 arazi örütüsü ürününün görseli.

Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) bünyesinde işletilen ve 1980 ile 2022 yılları arasında gözlem yapan istasyonların günlük minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Çalışmanın geri kalanında, %95 ve daha fazla günlük veriye sahip olan istasyonlar ile devam edilmiştir. Ayrıca veriye yapay bir sinyal eklememek amacıyla, eksik gözlemlere müdahale edilmemiştir. Zaman içerisinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde işletilen meteorolojik istasyonların çeşitli sebeplerden dolayı

kapatılması veya yerlerinin değiştirilmesini gerektiren özel durumlar ortaya çıkmıştır. Bu gibi durumlarda Meteoroloji Genel Müdürlüğü birbirine yakın olan ve benzer iklimsel özelliklere sahip olan istasyonlar vasıtası ile verileri uç uca ekleyerek bu sorunu düzeltmeye çalışmıştır. Ancak bazı istasyonların eklendiği istasyonu temsil etmediği tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonu ve Konya Meydan istasyonu için yararlanılan uç uca ekleme yaklaşımında, eklenen veride temsiliyet sorunu tespit edilmiştir. Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonu 1980-2007 yılları arasında Göztepe Bölge istasyonunun, 2007-2013 yılları arasında Göztepe Park istasyonunun ve 2013'den günümüze kadar ise Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun verilerinden oluşturulmuştur. Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun konumu deniz kenarında iken Göztepe Bölge istasyonu şehrin içinde kalmış bir istasyondur. Dolayısıyla Göztepe Bölge istasyonunun verileri ile uç uca eklenen Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun verileri, Göztepe Bölge istasyonunu yeterince temsil edememektedir. Bu bağlamda 2013 yılında Kadıköy Göztepe Özgürlük Parkı'nda ölçüm yapmaya başlayan meteoroloji istasyonunun 2013 yılından itibaren veriye dahil edilmesi ve istasyonun konumu olarak Kadıköy Göztepe Özgürlük Parkı istasyonun koordinatları kullanılarak çalışmaya devam edilmesi daha uygun bulunmuştur. Yapılan düzenlemeler sonucunda istasyon ismi Göztepe olarak çalışmaya devam edilmiştir. Verileri uç uca ekleme yaklaşımında temsiliyet sorununun tespit edildiği diğer bir istasyon ise Konya Meydan istasyonudur. Konya Meydan istasyonunun 1980-1988 yılları arasındaki verileri Konya Bölge istasyonuna aittir. 1988 ile günümüz arasındaki veriler ise Konya Meydan istasyonuna aittir. Bu bağlamda 2004 yılında tekrardan hizmete açılan Konya Bölge istasyonunun, 2004 yılından itibaren Konya Meydan istasyonu verileri ile birleştirilmesi verinin temsiliyeti açısından daha uygun olacaktır. Bu bağlamda 2004 yılından itibaren Konya Bölge istasyonu verilerinin, Konya Meydan istasyonu verilerine dahil edilmesi ve istasyonun konumu olarak Konya Bölge istasyonunun koordinatlarının kullanılması uygun bulunmuştur. Yapılan düzenlemeler sonucunda istasyon ismi Konya Bölge olarak çalışmaya devam edilmiştir. Sonuç olarak çalışma kapsamında, Şekil 2.2'de konumları gösterilen 224 farklı meteorolojik istasyon kullanılmıştır.



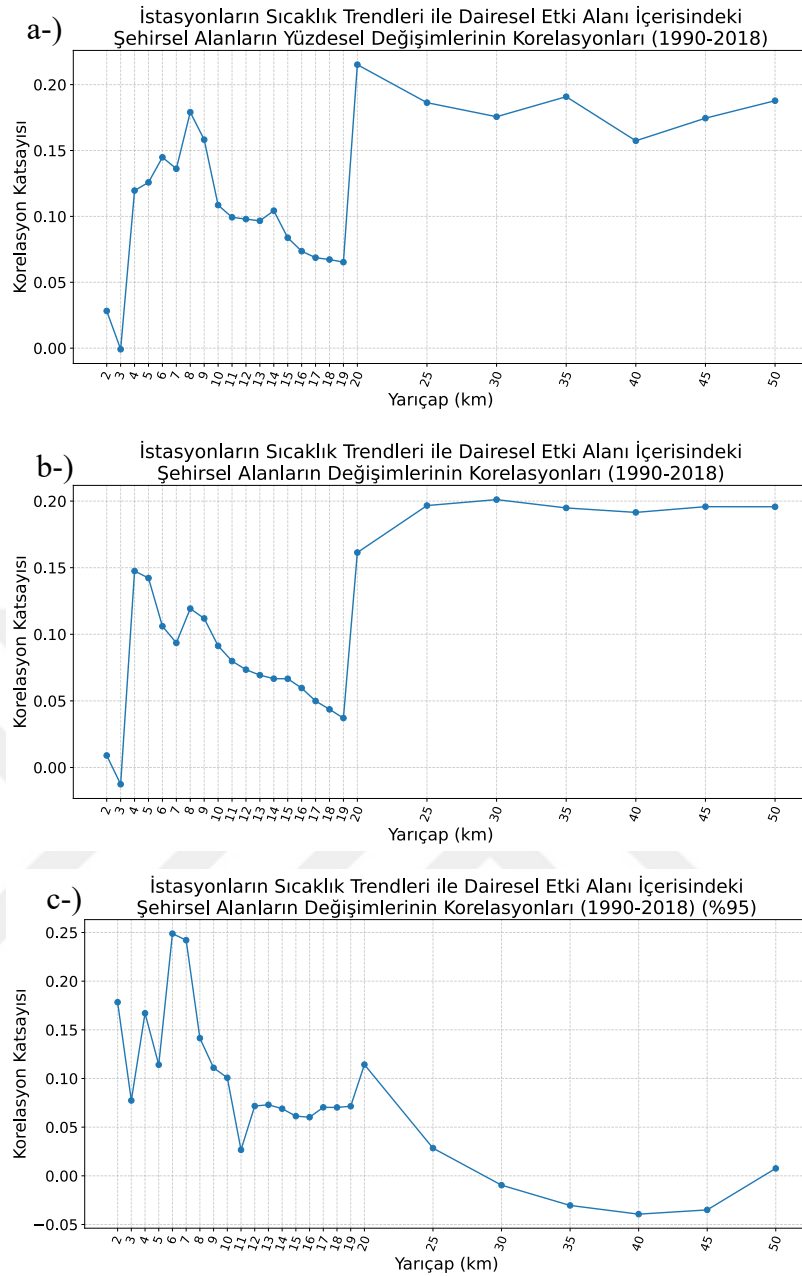
Şekil 2.2 : MGM istasyonlarının konumları.



3. ANALİZLER

3.1 İstasyonların Sınıflandırılması

Şehir eksi kırsal yaklaşımı benimsenen bu çalışmada, şehir ısı adası etkisinin günlük minimum sıcaklık üzerinde sebep olduğu değişimleri tespit etmek için, istasyonlar öncelikle şehir ve kırsal olarak sınıflandırılmalıdır. İstasyonları sınıflandırmak amacıyla, istasyonların üzerlerine dairesel etki alanları yerleştirilmiştir ve dairesel etki alanı içerisinde kalan şehrsel alanların kapsamı değerlendirilmiştir (Şekil 3.1). Şekil 3.2’de görüldüğü üzere, istasyonların üzerine yarıçapı 2 km’den 20 km’ye 1 km aralıklı olarak artacak şekilde dairesel etki alanları yerleştirilmiştir. Ardından bütün istasyonlarda, yerleştirilen dairesel etki alanının içerisinde kalan şehrsel alanın, tüm dairesel etki alanına olan oranı hesaplanarak şehrsel alan oranları belirlenmiştir. Daha sonra istasyonlar, şehrsel alan oranları göz önünde bulundurularak, Şekil 3.2’nin x ekseninde gösterilen eşik değerlere göre şehir ve kırsal olarak sınıflandırılmıştır. Şehir ve kırsal olarak sınıflandırılan istasyonlarda, günlük minimum sıcaklık kullanılarak grup bazında ortalamalar elde edilmiş ve şehir eksi kırsal değeri her bir yarıçap-eşik değer kombinasyonunda elde edilmiştir. Her bir yarıçap ve eşik değer kombinasyonunda elde edilen şehir eksi kırsal değerleri Şekil 3.2’de ısı haritası olarak görselleştirilmiştir. Örneğin istasyonların üzerine 8 km yarıçapı olan dairesel etki alanları yerleştirilirse ve %20 eşik değeri belirlenirse, dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanlar %20’den fazla yer kaplıyorsa şehir, %20’den az yer kaplıyorsa kırsal olarak sınıflandırılır. Akabinde günlük minimum sıcaklık kullanılarak şehir sınıfı için elde edilen ortalama, kırsal sınıf için elde edilen ortalama çıkarıldığında sıcaklık farkı 2.7 olarak elde edilmiştir. Bu bağlamda şehir ısı adası etkisinin mümkün olan en iyi şekilde tespit edilmesi için optimal yarıçap ve eşik değerinin tespit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.3 : İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireysel etki alanı içerisinde kalan şehirsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki yüzdesel değişiminin korelasyonu (a), İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireysel etki alanı içerisinde kalan şehirsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu (b), İstasyonların sıcaklık artış trendi ile daireysel etki alanı içerisinde kalan şehirsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu (Dairesel Etki alanı içerisindeki şehirsel alanların kapsamına göre üst %5’lik dilimdeki istasyonlar göz ardı edilmiştir)(c).

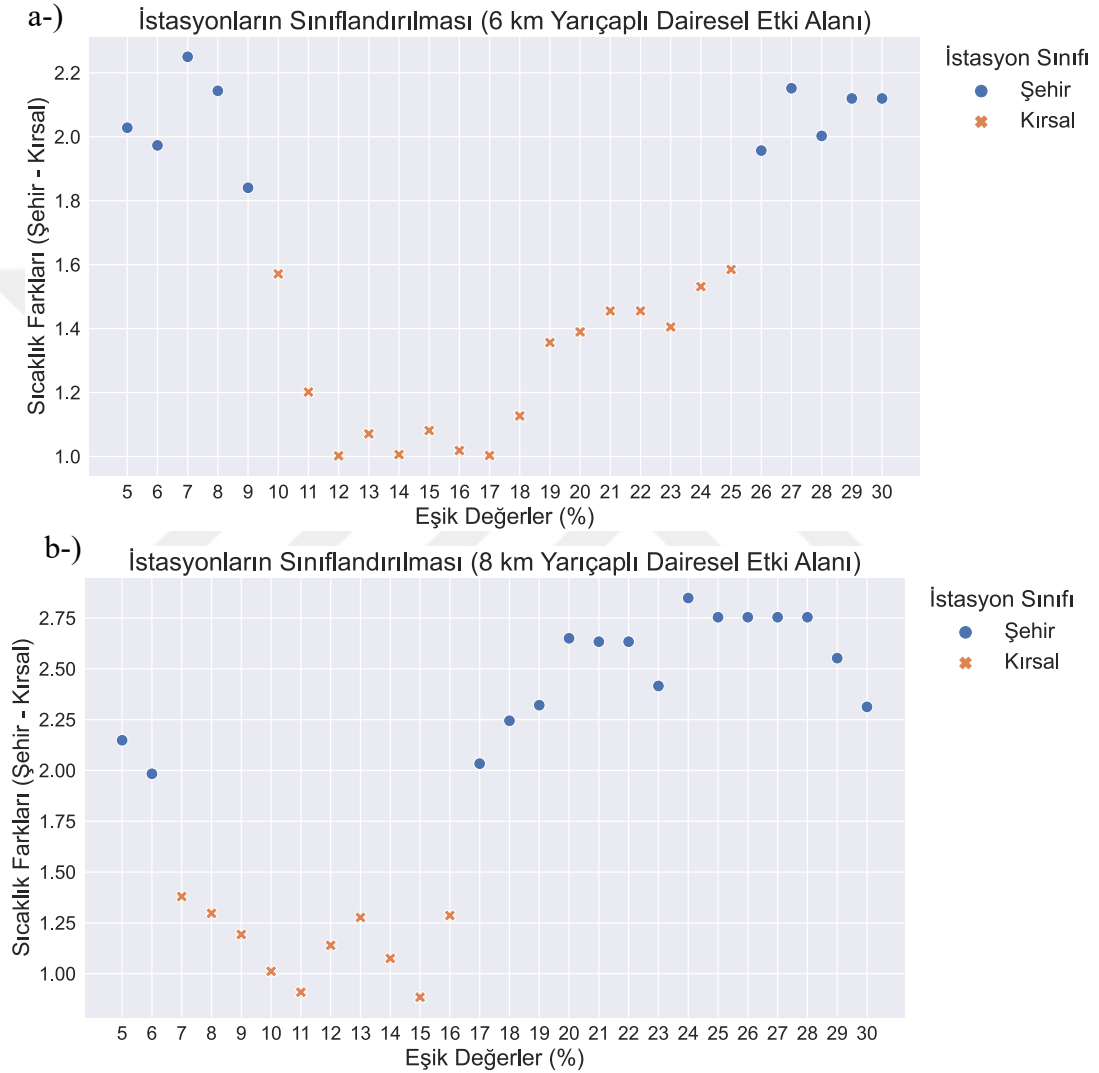
20 km yarıçap değerinden sonra daireysel etki alanı çok fazla büyüdüğü için şehirsel alanlar daireysel etki alanı içine daha fazla dahildir ve korelasyon 20 km yarıçaptan sonra hep yüksek çıkmaktadır. Sonuç olarak istasyonların sıcaklık artış

trendi ile dairesel etki alanı içersindeki şehrsel alanların yüzdesel değişimine göre bakılan korelasyonda şehir ısı adasının en belirgin olduğu yarıçap 8 km olarak belirlenmiştir. Ancak yüzdesel değişim küçük değerlerde olan değişimi fazla, yüksek değerlerde olan değişimi düşük göstermektedir. Bu durumdan dolayı, istasyonların sıcaklık artış trendi ile dairesel etki alanı içersinde kalan şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu, artan yarıçap ile incelenmiştir.

Şekil 3.3b’de görüldüğü üzere yüzdesel değişim yerine, sadece değişim üzerinden elde edilen korelasyonlarda korelasyon değerinin 4 km ve 8 km dairesel yarıçap değerlerinde yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak büyük şehirlerin içersinde kalan istasyonlarda 4 km mertebesinde bir yarıçap, şehrsel alanların değişimini tespit etmek için çok küçük kalmaktadır. Başka bir ifade ile, 4 km mertebesinde bir yarıçapa sahip dairesel etki alanı, şehrsel alanların fazla olduğu bir yerde konumlandırılmış ise, dairesel etki alanı içersindeki şehrsel alanın değişimi düşük çıkacak ve korelasyon değerinin düşük gözükmesine sebebiyet verecektir. Bu durumun önüne geçmek amacı ile, incelenen bütün yarıçaplara ait dairesel etki alanlarında, içermiş olduğu şehrsel alanların kapsamına göre, üst %5’lik dilimde bulunan istasyonlar göz ardı edilmiştir. Akabinde istasyonların sıcaklık artış trendi ile dairesel etki alanı içersinde kalan şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişiminin korelasyonu, artan yarıçap ile tekrardan incelenmiştir. Şekil 3.3c’de görüldüğü üzere, şehir ısı adasının en belirgin olduğu yarıçap 6 km olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın geri kalanında, şehir ısı adasının en belirgin olduğu yarıçaplar, şehrsel alanların yüzdesel değişiminden elde edilen 8 km ve direkt şehrsel alanların değişiminden elde edilen 6 km olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, bundan sonraki analizler 6 km ve 8 km yarıçapa sahip dairesel etki alanları ile birlikte yapılmıştır.

Şehir ısı adası etkisinin en belirgin olduğu dairesel etki alanı yarıçapının belirlenmesinin ardından, şehir eksi kırsal yaklaşımında şehir ısı adası etkisinin mümkün olan en iyi şekilde tespit edilebilmesi için, istasyonların sınıflandırılmasında kullanılacak olan optimum eşik değerin belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 3.2’de y ekseninde belirtilen eşik değerlerden optimum olan eşik değeri tespit etmek amacıyla, 6 km ve 8 km satırlarındaki şehir eksi kırsal değerlerine, 2 farklı sınıfa sahip olunacak şekilde hiyerarşik sınıflandırma uygulanmıştır. 6 km satırındaki şehir eksi kırsal değerlerine uygulanan hiyerarşik sınıflandırma sonucunda, 6 km yarıçaplı dairesel bir etki alanı için oldukça küçük olan %5, %6, %7, %8 ve %9 eşik değerleri göz ardı

edildiğinde, %26 eşik değeri istasyonları sınıflandırmak için optimal eşik değeri olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.4a). 8 km satırındaki şehir eksi kırsal değerlerine uygulanan hiyerarşik sınıflandırma sonucunda, 8 km yarıçaplı dairesel bir etki alanı için oldukça küçük olan %5 ve %6 eşik değeri göz ardı edildiğinde, %17 eşik değeri istasyonları sınıflandırmak için optimal eşik değeri olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.4b).

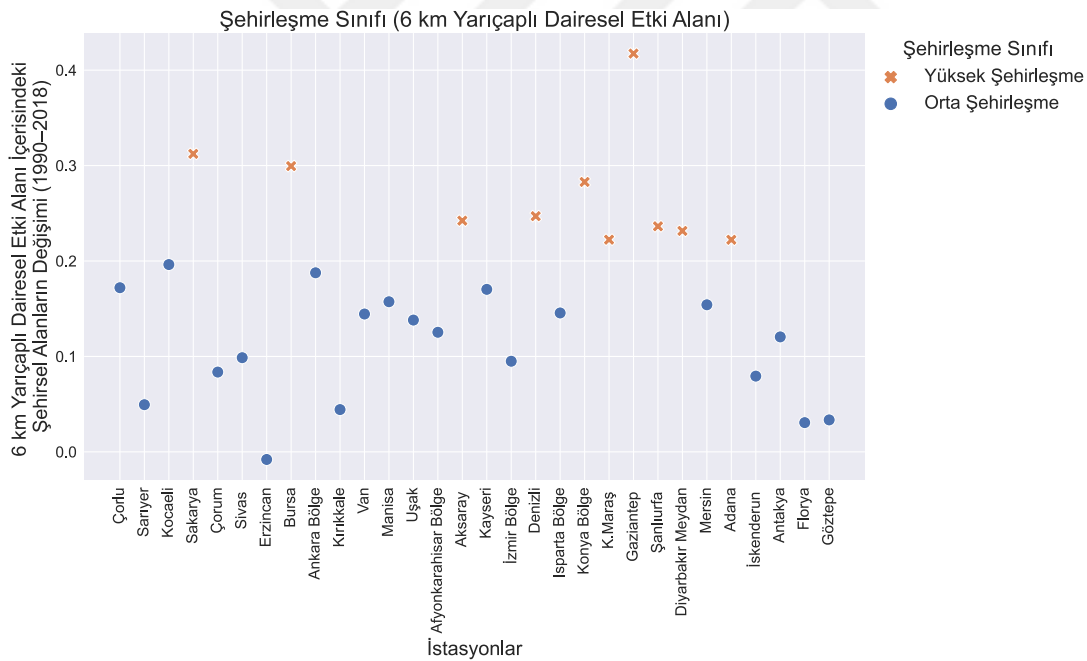


Şekil 3.4 : 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı için şehir eksi kırsal değerlerine, 2 farklı sınıfa sahip olunacak şekilde uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonucu.

Çalışmanın devamında, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ile yapılan analizlerde %26 eşik değeri, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ile yapılan analizlerde %17 eşik değeri kullanılmıştır. Tespit edilen dairesel etki alanı yarıçapı ve eşik değerler literatürde benzer yöntemler kullanarak yapılan diğer çalışmalar ile yakınlık göstermektedir (Lin vd., 2018; Luo ve Lau, 2019; X. Yang vd., 2017). Bu bağlamda, her iki grupta şehir

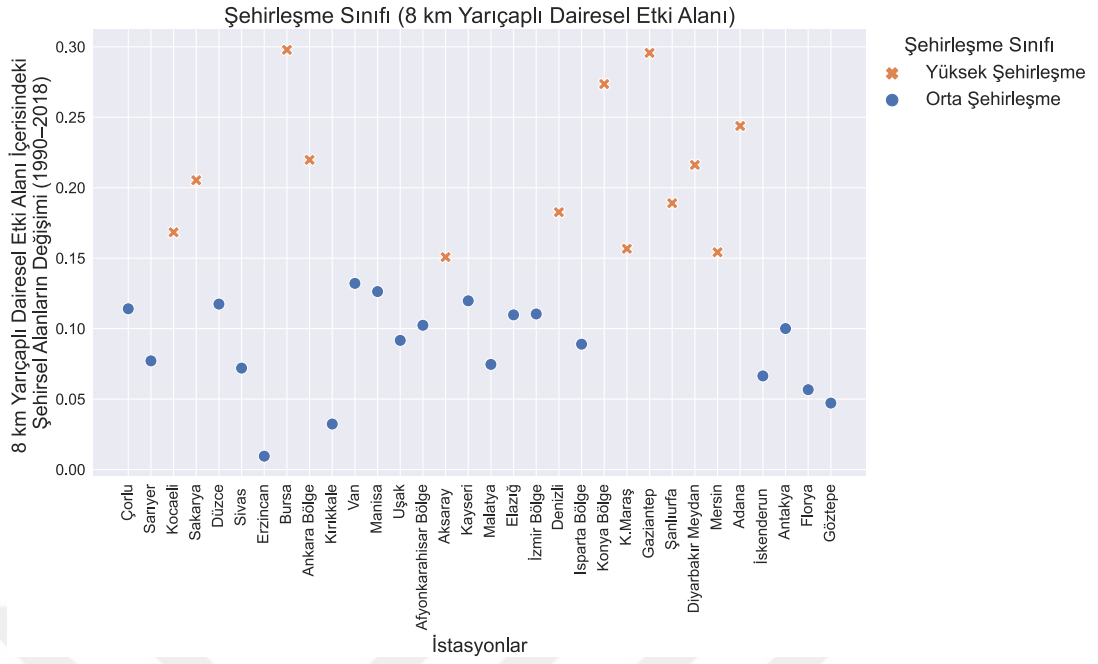
olarak sınıflandırılan istasyonlar benzerlik göstermektedirler. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analizde, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analize göre Düzce, Malatya ve Elazığ istasyonları eksiktir (Şekil 3.4a). 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analizde, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analize göre ise sadece Çorum istasyonu eksiktir (Şekil 3.4b).

Şehir ve kırsal olarak yapılan sınıflandırma bir adım daha özelleştirilerek, şehir olarak sınıflandırılan istasyonlar yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme olarak özelleştirilmiştir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6). Bu bağlamda, 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı içerisindeki şehrsel alanların, 1990 ile 2018 yılları arasındaki değişimine 2 farklı sınıfa sahip olacak şekilde hiyerarşik sınıflandırma uygulanmıştır. Yapılan hiyerarşik sınıflandırma sonucunda 6 km yarıçaplı dairesel etki alanları için 10 yüksek şehirleşme ve 20 orta şehirleşme (Şekil 3.5), 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları için 13 yüksek şehirleşme, 19 orta şehirleşme sınıfında istasyon elde edilmiştir (Şekil 3.6).

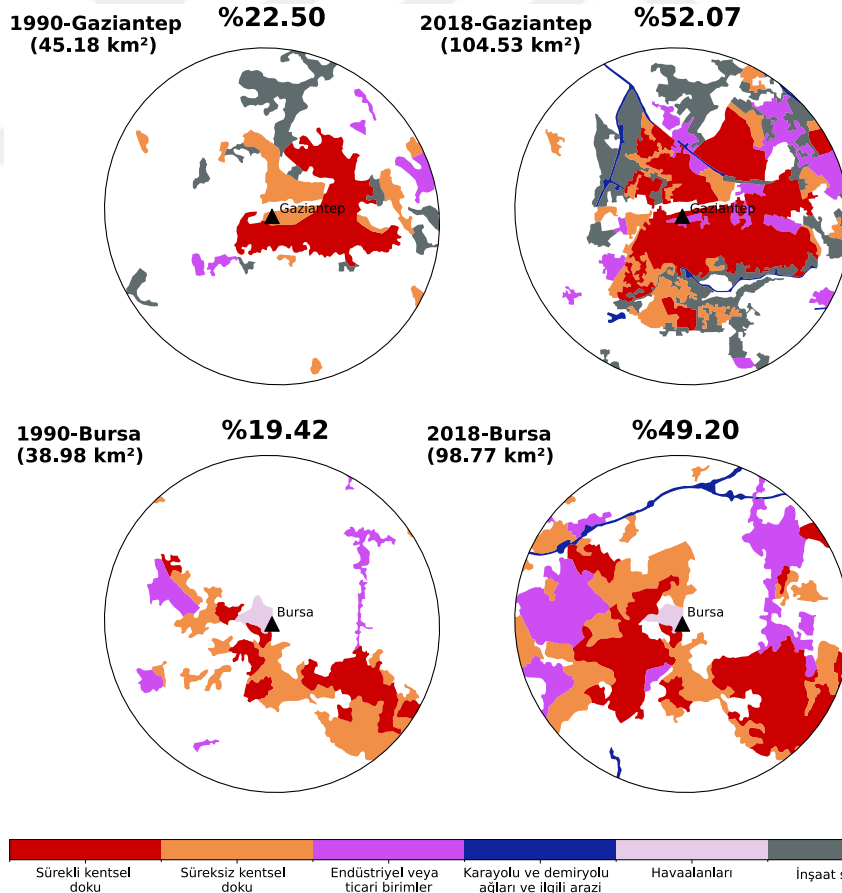


Şekil 3.5 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı için yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme sınıflandırması için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonuçları.

8 km yarıçaplı dairesel etki alanlarında yüksek şehirleşme sınıfında en çok şehirleşen iki istasyon olarak Gaziantep ve Bursa istasyonları karşımıza çıkmaktadır. Örnek olması için, bu iki istasyonda şehirleşmenin nasıl geliştiğine görsel olarak bakılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.6 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı için yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme sınıflandırması için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonuçları.

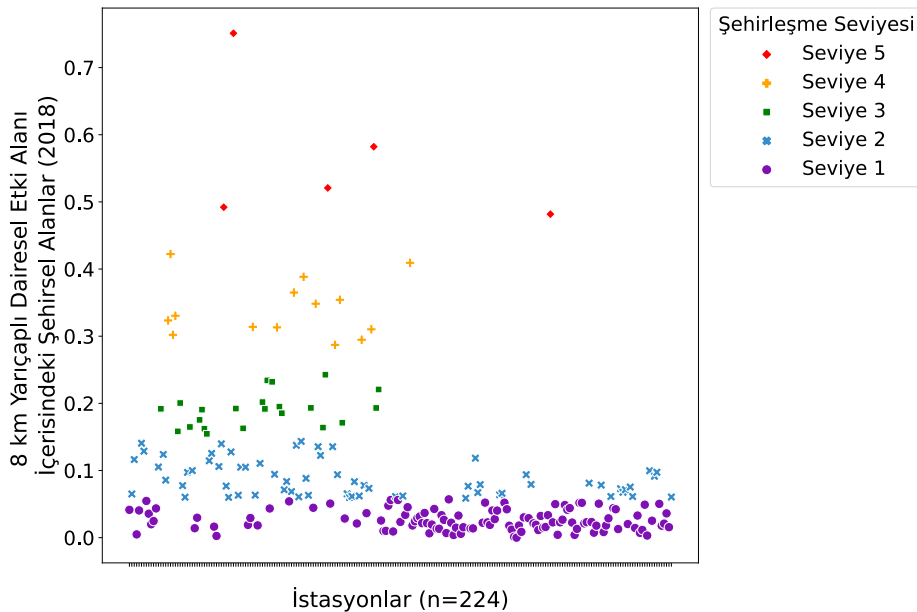


Şekil 3.7 : Gaziantep ve Bursa istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.

8 km yarıçaplı dairesel etki alanlarında yüksek şehirleşme sınıfında en çok şehirleşen iki istasyon olarak Gaziantep ve Bursa istasyonları karşımıza çıkmaktadır. Örnek olması için, bu iki istasyonda şehirleşmenin nasıl geliştiğine görsel olarak bakılmıştır. Gaziantep istasyonunda 1990 yılında 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının %22.5'i şehirselle alanlar ile kaplıyken, 2018 yılında bu oran %52.07'ye yükselmiştir. Bursa istasyonunda 1990 yılında 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının %19.42'si şehirselle alanlar ile kaplıyken, 2018 yılında bu oran %49.2'ye yükselmiştir. Şehirselle alanların 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı içerisindeki alansal dağılımını Şekil 3.7'de görebilmekteyiz.

3.2 İstasyonların Eşleştirilmesi

6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları ile yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme olarak yapılan sınıflandırmanın ardından, şehir eksi kırsal yaklaşımı ile şehirleşmenin bu istasyonlardaki sıcaklığa olan etkisini hesaplamak için her bir yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme istasyonuna kırsal eşler bulunmalıdır. Yüksek ve orta şehirleşme sınıfındaki istasyonlara kırsal eşler tanımlamak için, bütün istasyonların 2018 yılı CORINE verisine göre, dairesel etki alanlarının içermiş olduğu şehirselle alanların kapladığı alan değerlerine, 5 farklı sınıfa sahip olunacak şekilde hiyerarşik sınıflandırma uygulanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Minimum şehirleşmeye sahip istasyonları tespit etmek için uygulanan hiyerarşik sınıflandırmanın sonucu.

Bu bağlamda bütün kırsal eş istasyonların minimum şehirleşmeye sahip, seviye 1 sınıfındaki istasyonlardan seçilmesine özen gösterilmiştir. Ek olarak kırsal eş istasyonların tanımlanmasında, hedef ve kırsal eş istasyonun benzer iklimsel özelliklere sahip olması, aralarındaki maksimum uzaklık (150 km) ve aralarındaki maksimum yükseklik farkı (500 m) parametrelerine dikkat edilmiştir. Seviye 1 sınıfından, analiz için uygun kırsal eş istasyon tanımlanamadığı durumlarda, uygun kırsal eş istasyon tanımlanması seviye 2 sınıfından yapılmıştır (Şekil 3.8).

6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir ve kırsal istasyon eşlerinin listesi Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir istasyonu ve kırsal istasyon eşleri.

Şehir İstasyonları	Kırsal Eş İstasyonlar
Çorlu	Malkara
Sarıyer	Şile
Kocaeli	Şile
Sakarya	Akçakoca
Çorum	Çankırı
Sivas	Zara
Erzincan	Tercan
Bursa	Dursunbey
Ankara Bölge	Beypazarı
Kırıkkale	Çiçekdağı
Van	Muradiye
Manisa	Sultanhisar
Uşak	Güney
Afyonkarahisar Bölge	Yunak
Aksaray	Boğazlıyan
Kayseri	Boğazlıyan
İzmir Bölge	Seferihisar
Denizli	Güney
Isparta Bölge	Senirkent
Konya Bölge	Cihanbeyli
Kahramanmaraş	Birecik
Gaziantep	Birecik
Şanlıurfa	Birecik
Diyarbakır Meydan	Siverek
Mersin	Erdemli
Adana	Karaisali
İskenderun	Dört Yol

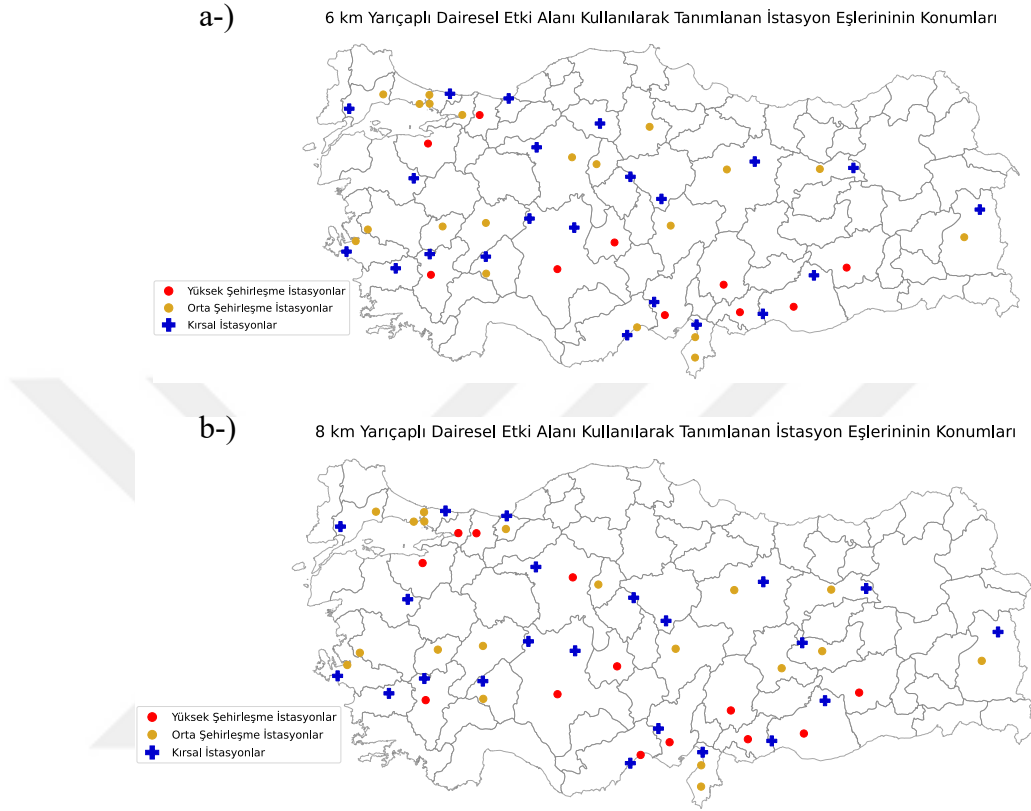
Çizelge 3.1 (devam) : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir istasyonu ve kırsal istasyon eşleri.

Şehir İstasyonları	Kırsal Eş İstasyonlar
Antakya	Dört Yol
Florya	Şile
Göztepe	Şile

Çizelge 3.2 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir istasyonu ve kırsal istasyon eşleri.

Şehir İstasyonlar	Kırsal Eş İstasyonlar
Çorlu	Malkara
Sarıyer	Şile
Kocaeli	Şile
Sakarya	Akçakoca
Düzce	Akçakoca
Sivas	Zara
Erzincan	Tercan
Bursa	Dursunbey
Ankara Bölge	Beyazıt
Kırıkkale	Çiçekdağı
Van	Muradiye
Manisa	Sultanhisar
Uşak	Güney
Afyonkarahisar Bölge	Yunak
Aksaray	Boğazlıyan
Kayseri	Boğazlıyan
Malatya	Keban
Elazığ	Keban
İzmir Bölge	Seferihisar
Denizli	Güney
Isparta Bölge	Senirkent
Konya Bölge	Cihanbeyli
Kahramanmaraş	Birecik
Gaziantep	Birecik
Şanlıurfa	Birecik
Diyarbakır Meydan	Siverek
Mersin	Erdemli
Adana	Karaisalı
İskenderun	Dört Yol
Antakya	Dört Yol
Florya	Şile
Göztepe	Şile

6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan şehir ve kırsal istasyon eşlerinin harita üzerindeki dağılımı Şekil 3.9a’da gösterilmektedir. 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları kullanılarak tanımlanan şehir ve kırsal istasyon eşlerinin harita üzerindeki dağılımı Şekil 3.9b’de gösterilmektedir.

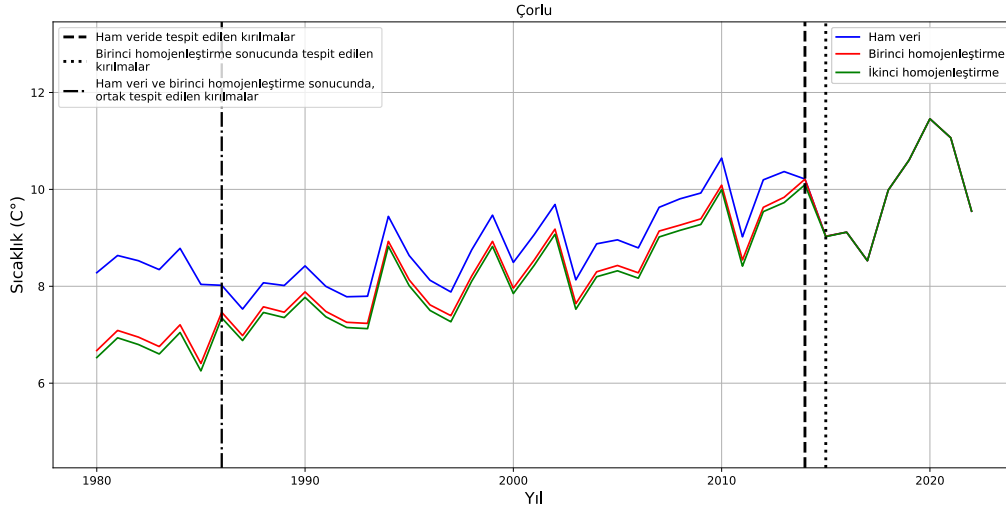


Şekil 3.9 : 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak tanımlanan istasyon eşlerinin konumları.

3.3 Sıcaklık Verilerinin Homojenleştirilmesi ve Düzeltilmesi

Günlük minimumum sıcaklık verisinden yararlanılarak, dairesel etki alanının yarıçapı ve istasyonları sınıflandırılmasına olanak sağlayan eşik değerler hesaplanmıştır. Ham veri kullanılarak yapılan bu hesaplamalar literatürdeki diğer çalışmalarlar ile benzer olduğundan dolayı, meteoroloji gözlem ağındaki bütün istasyonların homojenleştirilmesi yerine sadece elde edilen şehir ve kırsal istasyon eşlerinin homojenleştirilip, homojen olmayan sonuçlar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Homojenleştirme prosedüründe kırılma tarihleri tespiti için penalized maximal T test ve ikili karşılaştırma yaklaşımı, homojenleştirme için kantil eşleştirme metodundan yararlanılmıştır. Homojenleştirme prosedürü veriye iki defa uygulanılmıştır. Ayrıca Squintu vd. 2019’nin çalışmasında, veriyi ikiden fazla homojenleştirmeye tabi

tutmanın veride bozulmalara yol açabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda, veri iki defa homojenleştirme prosedürüne tabi tutulmuştur. İstasyonların büyük çoğunluğunda, ham veriden tespit edilen kırılmalar ile birinci homojenleştirme sonucunda elde edilen kırılmalar aynı tarihlerdir. Benzer tarihlerde tespit edilen kırılma tarihlerine rağmen ikinci homojenleştirme uygulandığı takdirde, verilerin büyük çoğunluğunda Çorlu istasyonu örneğindeki gibi birinci homojenleştirme sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3.10).

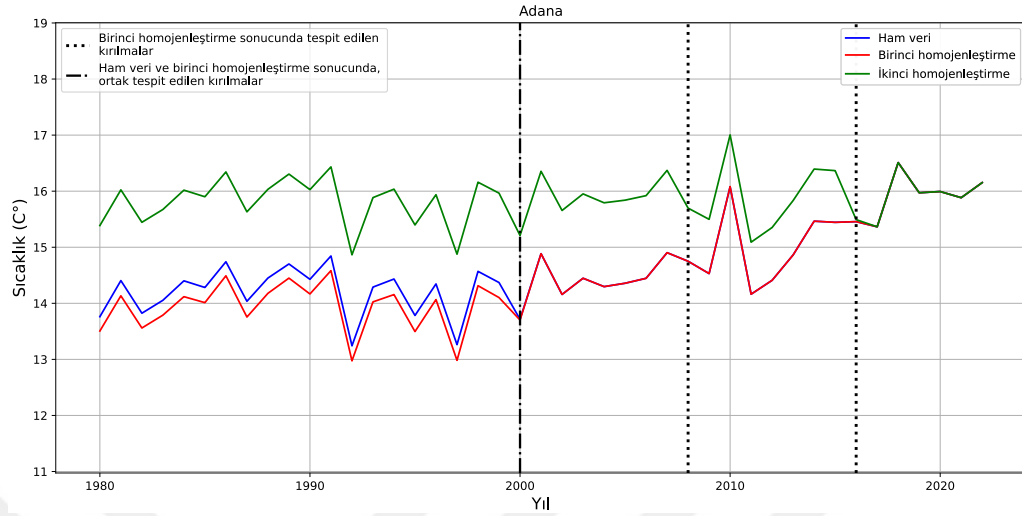


Şekil 3.10 : Çorlu istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).

Ayrıca ikinci homojenleştirme sonrasında şehirleşmenin yüksek olduğu bazı istasyonlarda sıcaklık trendinin gereğinden fazla azaldığı ve şehirleşme sinyalinin veriden çıkarıldığı tespit edilmiştir. Bu duruma örnek olarak Adana istasyonu örneği gösterilmiştir (Şekil 3.11). Sonuç olarak, ham veri ile homojenleştirilmiş verilerin karşılaştırılmasında birinci homojenleştirme sonucunda elde edilen verilerin kullanılması uygun görülmüştür.

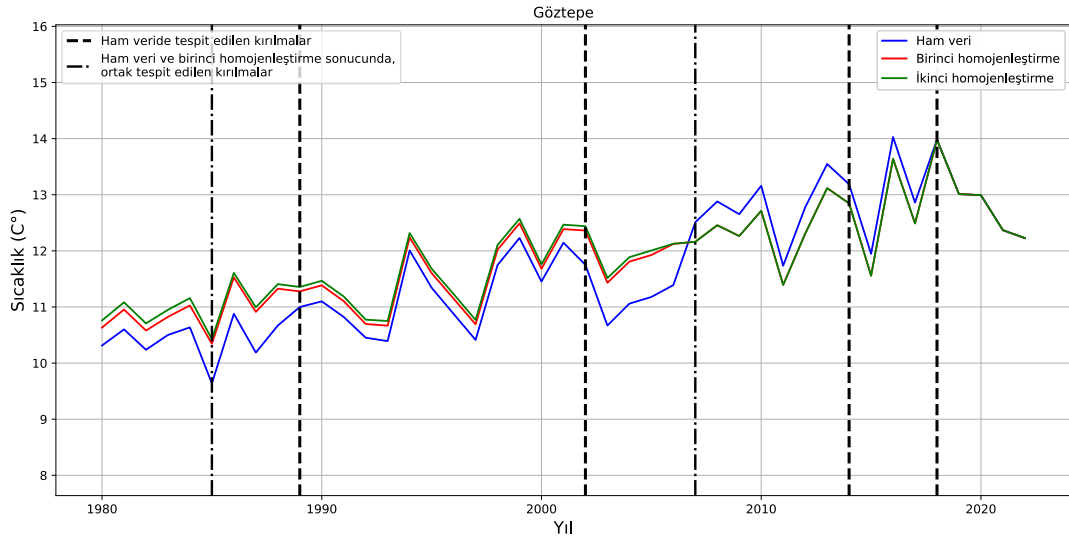
Bölüm 2.3’de değinildiği üzere, Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonu 1980-2007 yılları arasında Göztepe Bölge istasyonunun, 2007-2013 yılları arasında Göztepe Park istasyonunun ve 2013’den günümüze kadar ise Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun verilerinden oluşturulmuştur. Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun konumu deniz kenarında iken Göztepe Bölge istasyonu şehrin içinde kalmış bir istasyondur. Dolayısıyla Göztepe Bölge istasyonunun verileri ile uç uca eklenen Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonunun verileri, Göztepe Bölge istasyonunu yeterince temsil edememektedir. Bu bağlamda 2013 yılında Kadıköy Göztepe Özgürlük Parkı’nda

ölçüm yapmaya başlayan meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler, 2013 yılından itibaren Kadıköy Göztepe Rıhtım istasyonu verileri ile birleştirilmiştir.



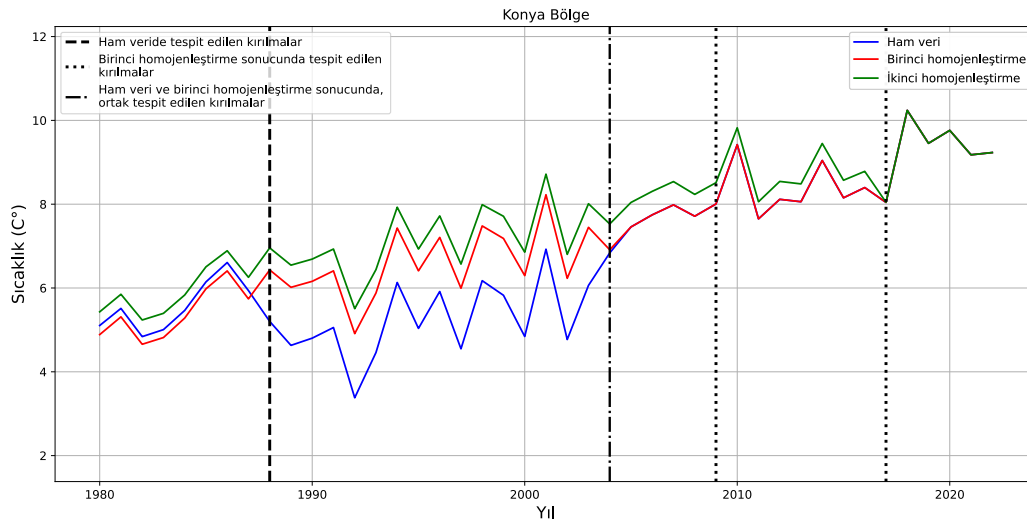
Şekil 3.11 : Adana istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).

Ayrıca istasyonun konumu olarak Kadıköy Göztepe Özgürlük Parkı istasyonunun koordinatları kullanılarak çalışmaya devam edilmiştir. Sonuç olarak verideki belgelenmemiş kırılma tarihlerine ek olarak, farklı istasyonların birleştirilmesinden ve lokasyon değişikliğinden dolayı ortaya çıkan 2007 ve 2013 yılında meydana gelen kırılma tarihleri düzeltilmiş ve Göztepe istasyonu verisinin temsiliyet gücü artırılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 : Göztepe istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).

Konya Meydan istasyonunun 1980-1988 yılları arasındaki verileri Konya Bölge istasyonuna aittir. 1988 ile günümüz arasındaki veriler ise Konya Meydan istasyonuna aittir. Bu bağlamda 2004 yılında tekrardan hizmete açılan Konya Bölge istasyonu verileri, 2004 yılından itibaren Konya Meydan istasyonu verilerine dahil edilmiştir ve istasyonun konumu olarak Konya Bölge istasyonunun koordinatları kullanılmıştır. Sonuç olarak verideki belgelenmemiş kırılma tarihlerine ek olarak, farklı istasyonların birleştirilmesinden ve lokasyon değişikliğinden dolayı ortaya çıkan 1988 ve 2004 yılında meydana gelen kırılma tarihleri düzeltilmiş ve Konya Bölge istasyonu verilerinin temsiliyet gücü artırılmıştır (Şekil 3.13).



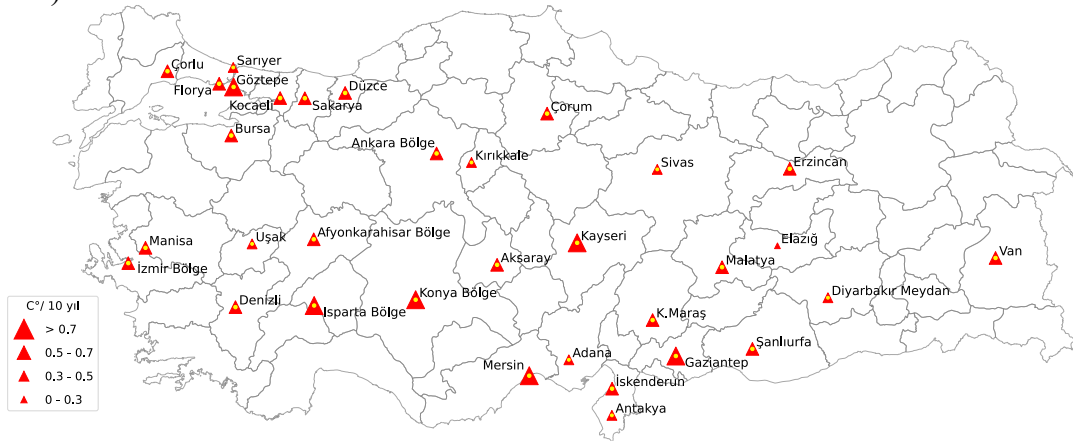
Şekil 3.13 : Konya Bölge istasyonunun yıllık çözünürlükteki günlük minimum sıcaklık verisi (ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme).

3.4 İstasyonların Trend Değerlerinin Hesaplanması

Denklem 2.1’de gösterildiği üzere, doğrusal regresyon yardımı ile hem şehir hem kırsal olarak sınıflandırılan istasyonlar için, sıcaklıktaki her 10 yıl için artışı temsil eden trend değerleri hesaplanmıştır. Akabinde Mann-Kendall test istatistiğinden yararlanılarak trend değerlerinin istatistiki olarak anlamlılığı değerlendirilmiştir. Bu bölümde istasyonlar, dairesel etki alanı yarıçapı kullanılarak yapılan ayrıma bakılmaksızın, şehir ve kırsal istasyonlar olarak farklı haritalar üzerinde incelenmiştir. Bu bağlamda şekillerin ilk satırında ham veriden, ikinci satırında birinci homojenleştirmeden, üçüncü satırında ise ikinci homojenleştirmeden elde edilen sonuçları görmekteyiz (Şekil 3.14 ve Şekil 3.15).

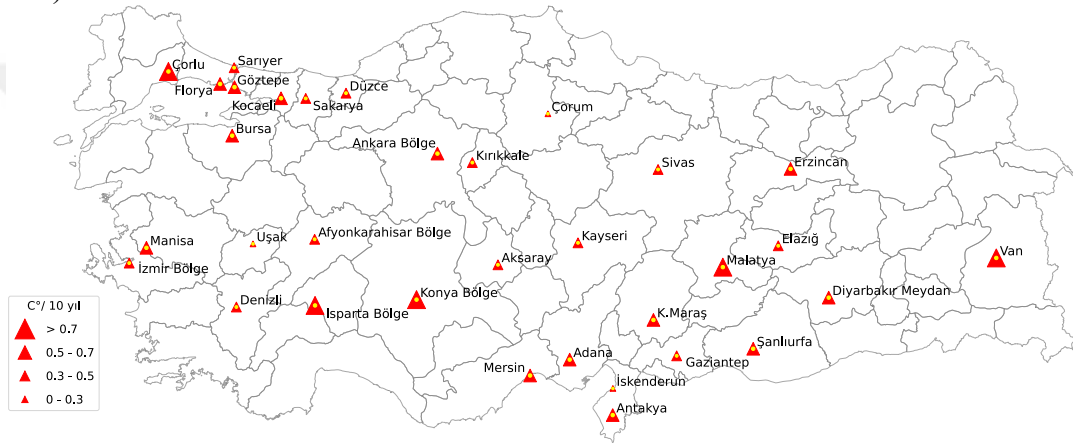
a-)

Şehir İstasyonlarının Trend Değerleri (Ham Veri)



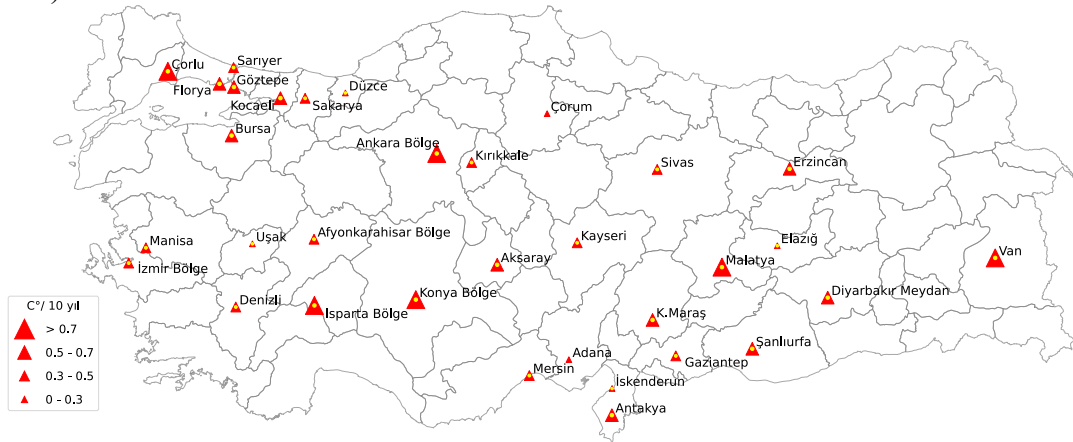
b-)

Şehir İstasyonlarının Trend Değerleri (Birinci Homojenleştirme)



c-)

Şehir İstasyonlarının Trend Değerleri (İkinci Homojenleştirme)



Şekil 3.14 : Şehir sınıfındaki istasyonların trend değerlerinin haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı trend değerleri sarı nokta ile belirtilmiştir).

Ham veri ile yapılan analiz sonucunda, şehir olarak sınıflandırılan 33 farklı istasyonun tamamının ısınma trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Tespit edilen 33 ısınma trendinin

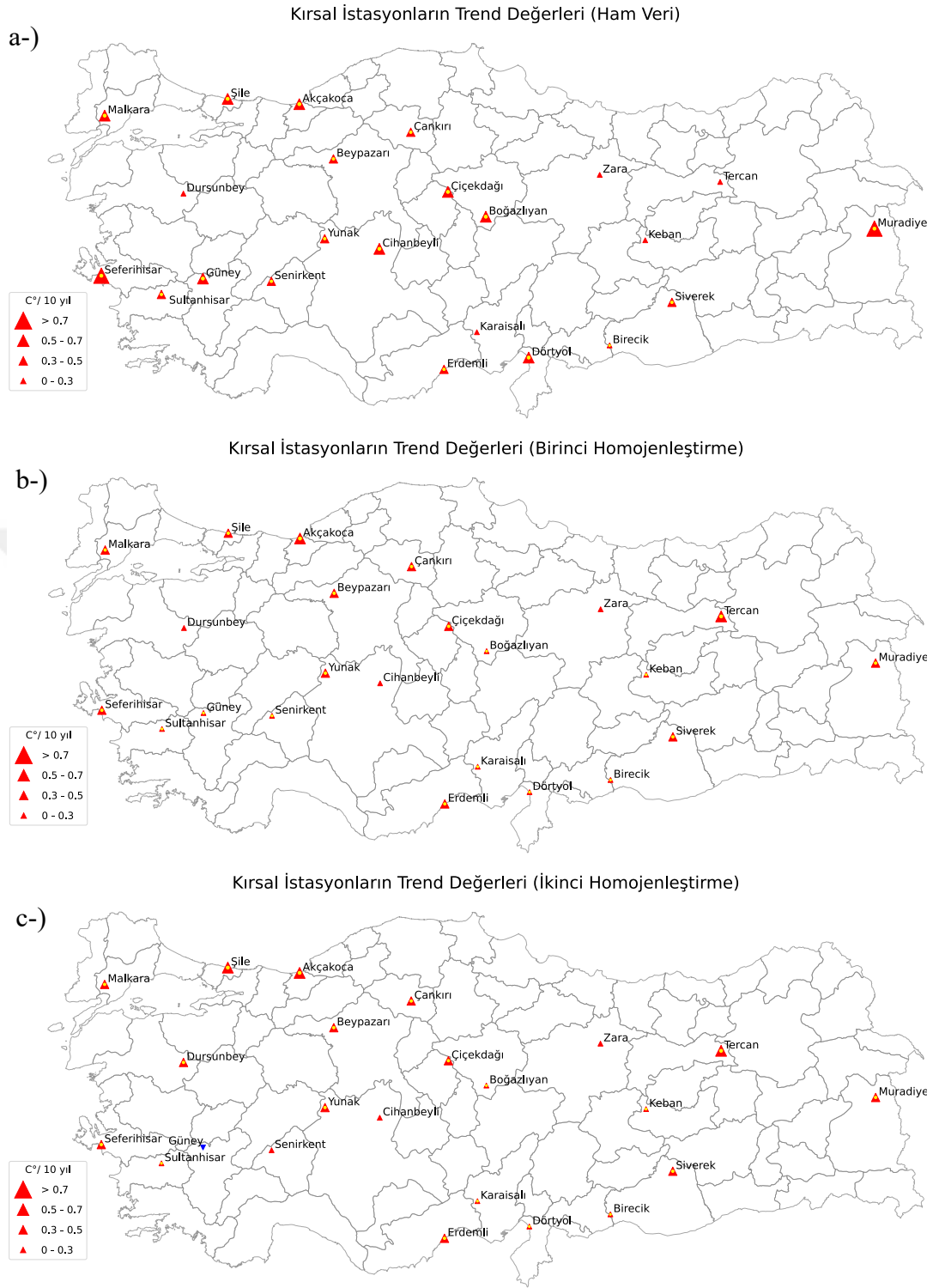
32 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. İstatistiki olarak anlamlı olmayan tek istasyonun Elazığ istasyonu olduğu tespit edilmiştir.

Bu bağlamda çalışmada 32 şehir istasyonunun anlamlı ısınma trendi göstermesi dikkat çekicidir. Isınma trendinin en yüksek olduğu başlıca istasyonlar ve ısınma trendi değerleri sırası ile; Konya Bölge 1.194 C°/10 yıl, Mersin 0.79 C°/10 yıl, Gaziantep 0.763 C°/10 yıl, Göztepe 0.756 C°/10 yıl, Kayseri 0.749 C°/10 yıl ve Isparta Bölge 0.712 C°/10 yıl'dır (Şekil 3.14a).

Birinci homojenleştirmeden elde edilen veri ile yapılan analiz sonucunda, şehir olarak sınıflandırılan 33 farklı istasyonun tamamının ısınma trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Tespit edilen 33 ısınma trendinin tamamı %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Bu bağlamda çalışmada şehir istasyonlarının tamamının anlamlı ısınma trendi göstermesi dikkat çekicidir. Isınma trendinin en yüksek olduğu başlıca istasyonlar ve ısınma trendi değerleri sırası ile; Konya Bölge 1.055 C°/10 yıl, Isparta Bölge 0.971 C°/10 yıl, Van 0.937 C°/10 yıl, Çorlu 0.875 C°/10 yıl ve Malatya 0.754 C°/10 yıl'dır (Şekil 3.14b).

Ham veri ile yapılan analiz sonucunda, kırsal olarak sınıflandırılan 23 farklı istasyonun tamamının ısınma trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Tespit edilen 23 ısınma trendinin 18 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. İstatistiki olarak anlamlı olmayan istasyonların Dursunbey, Karaisalı, Zara, Keban ve Tercan istasyonları olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışmada 18 kırsal istasyonunun anlamlı ısınma trendi göstermesi dikkat çekicidir. Isınma trendinin en yüksek olduğu başlıca istasyonlar ve ısınma trendi değerleri sırası ile; Seferihisar 0.736 C°/10 yıl, Muradiye 0.705 C°/10 yıl, Akçakoca 0.655 C°/10 yıl ve Şile 0.651 C°/10'dır (Şekil 3.15a).

Birinci homojenleştirmeden elde edilen veri ile yapılan analiz sonucunda, kırsal olarak sınıflandırılan 23 farklı istasyonun tamamının ısınma trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Tespit edilen 23 ısınma trendinin 20 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. İstatistiki olarak anlamlı olmayan istasyonların Dursunbey, Cihanbeyli ve Zara istasyonları olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışmada 20 kırsal istasyonunun anlamlı ısınma trendi göstermesi dikkat çekicidir. Isınma trendinin en yüksek olduğu başlıca istasyonlar ve ısınma trendi değerleri sırası ile; Akçakoca 0.655 C°/10 yıl, Tercan 0.517 C°/10 yıl ve Şile 0.497 C°/10 yıl'dır (Şekil 3.15b).



Şekil 3.15 : Kırsal sınıftaki istasyonların trend değerlerinin haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı trend değerleri sarı nokta ile belirtilmiştir).

Bir önceki adımda birinci homejenleştirme ve ikinci homojenleştirme işlemlerinin benzer sonuçlar ürettiği ve çalışmanın devamında homojen veriler olarak birinci homojenleştirme sonuçlarının kullanılacağı belirtilmiştir. Bu bağlamda harita üzerinde

şehir ve kırsal istasyonların, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme işleminden üretilen trend değerleri oldukça benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak ikinci homojenleştirme sonuçlarından üretilen haritalar, bir önceki adımda alınan kararı destekler niteliktedir (Şekil 3.14c ve Şekil 3.15c). Şehir ve kırsal istasyonların ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonuçlarından elde edilen trend değerleri Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 : Şehir olarak sınıflandırılan istasyonların trend değerleri (%95 güven aralığında anlamlı olan değerler yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Trend (Ham veri) (C°/10 yıl)	Trend (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Trend (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)
Çorlu	0,575*	0,875*	0,906*
Sarıyer	0,487*	0,473*	0,461*
Kocaeli	0,526*	0,526*	0,526*
Sakarya	0,64*	0,377*	0,357*
Düzce	0,5*	0,325*	0,296*
Sivas	0,47*	0,47*	0,47*
Erzincan	0,654*	0,654*	0,654*
Bursa	0,501*	0,501*	0,501*
Ankara Bölge	0,662*	0,669*	0,716*
Kırıkkale	0,478*	0,361*	0,364*
Van	0,592*	0,937*	0,838*
Manisa	0,525*	0,523*	0,463*
Uşak	0,304*	0,29*	0,178*
Afyonkarahisar Bölge	0,574*	0,443*	0,427*
Aksaray	0,681*	0,441*	0,599*
Kayseri	0,749*	0,455*	0,44*
Malatya	0,549*	0,754*	0,804*
Elazığ	0,28	0,37*	0,271*
İzmir Bölge	0,51*	0,484*	0,483*
Denizli	0,621*	0,487*	0,479*
Isparta Bölge	0,712*	0,971*	0,999*
Konya Bölge	1,194*	1,055*	0,949*
Kahramanmaraş	0,537*	0,537*	0,537*
Gaziantep	0,763*	0,432*	0,304*
Şanlıurfa	0,607*	0,555*	0,509*
Diyarbakır Meydan	0,315*	0,688*	0,674*
Mersin	0,79*	0,537*	0,469*
Adana	0,435*	0,528*	0,041
İskenderun	0,642*	0,291*	0,289*

Çizelge 3.3 (devam) : Şehir olarak sınıflandırılan istasyonların trend değerleri (%95 güven aralığında anlamlı olan değerler yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Trend (Ham veri) (C°/10 yıl)	Trend (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Trend (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)
Antakya	0,37*	0,608*	0,608*
Florya	0,534*	0,544*	0,528*
Göztepe	0,756*	0,56*	0,526*
Çorum	0,568*	0,292*	0,271

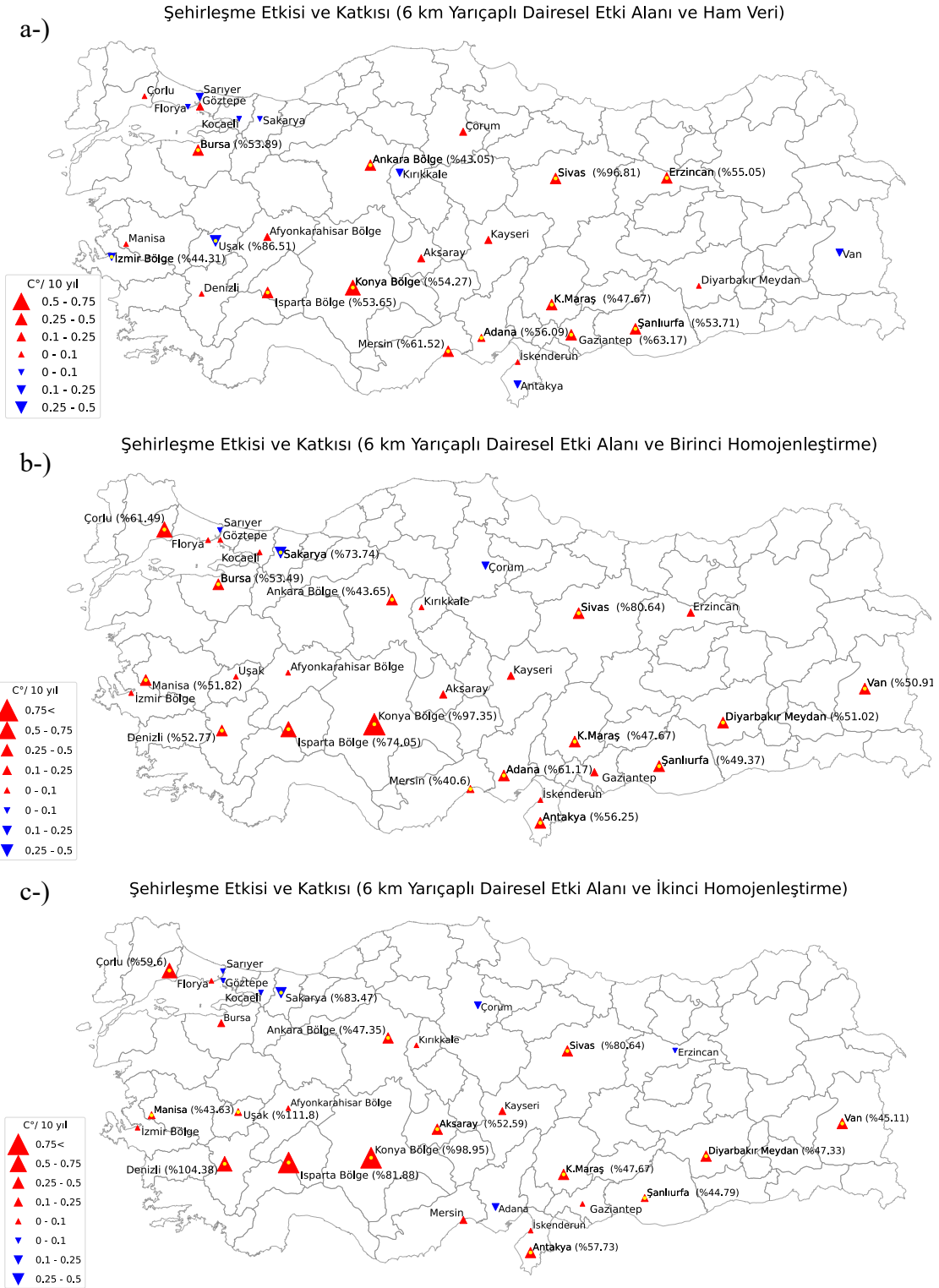
Çizelge 3.4 : Kırsal olarak sınıflandırılan istasyonların trend değerleri (%95 güven aralığında anlamlı olan değerler yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Trend (Ham veri) (C°/10 yıl)	Trend (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Trend (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)
Malkara	0,574*	0,337*	0,366*
Şile	0,601*	0,497*	0,528*
Akçakoca	0,655*	0,655*	0,655*
Zara	0,015	0,091	0,091
Tercan	0,294	0,517*	0,675*
Dursunbey	0,231	0,233	0,396*
Beyazlı	0,377*	0,377*	0,377*
Çiçekdağı	0,595*	0,325*	0,353*
Muradiye	0,705*	0,46*	0,46*
Sultanhisar	0,48*	0,252*	0,261*
Güney	0,567*	0,23*	-0,021*
Yunak	0,411*	0,411*	0,411*
Boğazlıyan	0,537*	0,287*	0,284*
Keban	0,201	0,219*	0,219*
Seferihisar	0,736*	0,406*	0,409*
Güney	0,567*	0,23*	-0,021
Senirkent	0,33*	0,252*	0,181
Cihanbeyli	0,546*	0,028	0,01
Siverek	0,303*	0,337*	0,355*
Erdemli	0,304*	0,319*	0,342*
Karaisalı	0,191	0,205*	0,203*
Dört Yol	0,559*	0,266*	0,257*
Çankırı	0,41*	0,41*	0,41*

3.5 Şehir Isı Adasının Minimum Sıcaklık Eğilimine Etkisi ve Katkısının Hesaplanması

Günlük minimum sıcaklık üzerindeki şehirleşme etkisi ve katkısı, Denklem 2.3 ve Denklem 2.5 aracılığı ile istasyon bazında hesaplanmıştır. 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan, şehirleşme etkisi ve katkısı hesaplamalarının alansal dağılımı Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de gösterilmektedir. Şekillerin ilk satırında ham veriden, ikinci satırında birinci homojenleştirmeden, üçüncü satırında ise ikinci homojenleştirmeden elde edilen sonuçları görmekteyiz. Bu bağlamda 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 30 istasyonun 21’inde pozitif, 9’unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 21 pozitif şehirleşme etkiden 11 tanesi, 9 negatif şehirleşme etkiden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur.

Anlamlı şehirleşme etkisinin tespit edildiği istasyonlarda şehirleşme katkısı hesaplanmıştır. Bu bağlamda anlamlı şehirleşme etkisinin tespit edildiği istasyonlar dikkat çekicidir. Pozitif anlamlı şehirleşme etkisi sırasıyla; Bursa, Isparta Bölge, Konya Bölge, Ankara Bölge, Mersin, Adana, Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Sivas ve Erzincan istasyonlarında tespit edilmiştir. Ayrıca bu istasyonlarda tespit edilen şehirleşme katkıları %40’ın üzerindedir. Şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu 4 istasyondaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; Konya Bölge 0.648 C°/10 yıl (%54.27), Mersin 0.486 C°/10 yıl (%61.52), Gaziantep 0.482 C°/10 yıl (%63.17) ve Sivas 0.455 C°/10 yıl (%96.81)’dır. Ayrıca 2 istasyonda anlamlı negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Bu istasyonlardaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; İzmir Bölge -0.226 C°/10 yıl (%44.31) ve Uşak -0.263 C°/10 yıl (%86.51)’dir (Şekil 3.16). Kelebek vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada, İzmir’in Akdeniz Havzası’ndaki insan kaynaklı iklim değişikliğinden en çok etkilenen bölgelerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun, şehir ısı adası gibi daha lokal değişimlerin tespitini zorlaştırabileceği ve dolayısıyla İzmir Bölge istasyonunda tespit edilen negatif anlamlı şehirleşme etkisi değerinin bu çıkarım ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.16a).



Şekil 3.16 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkileri ve katkılarının haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri sarı nokta ile belirtilmiştir).

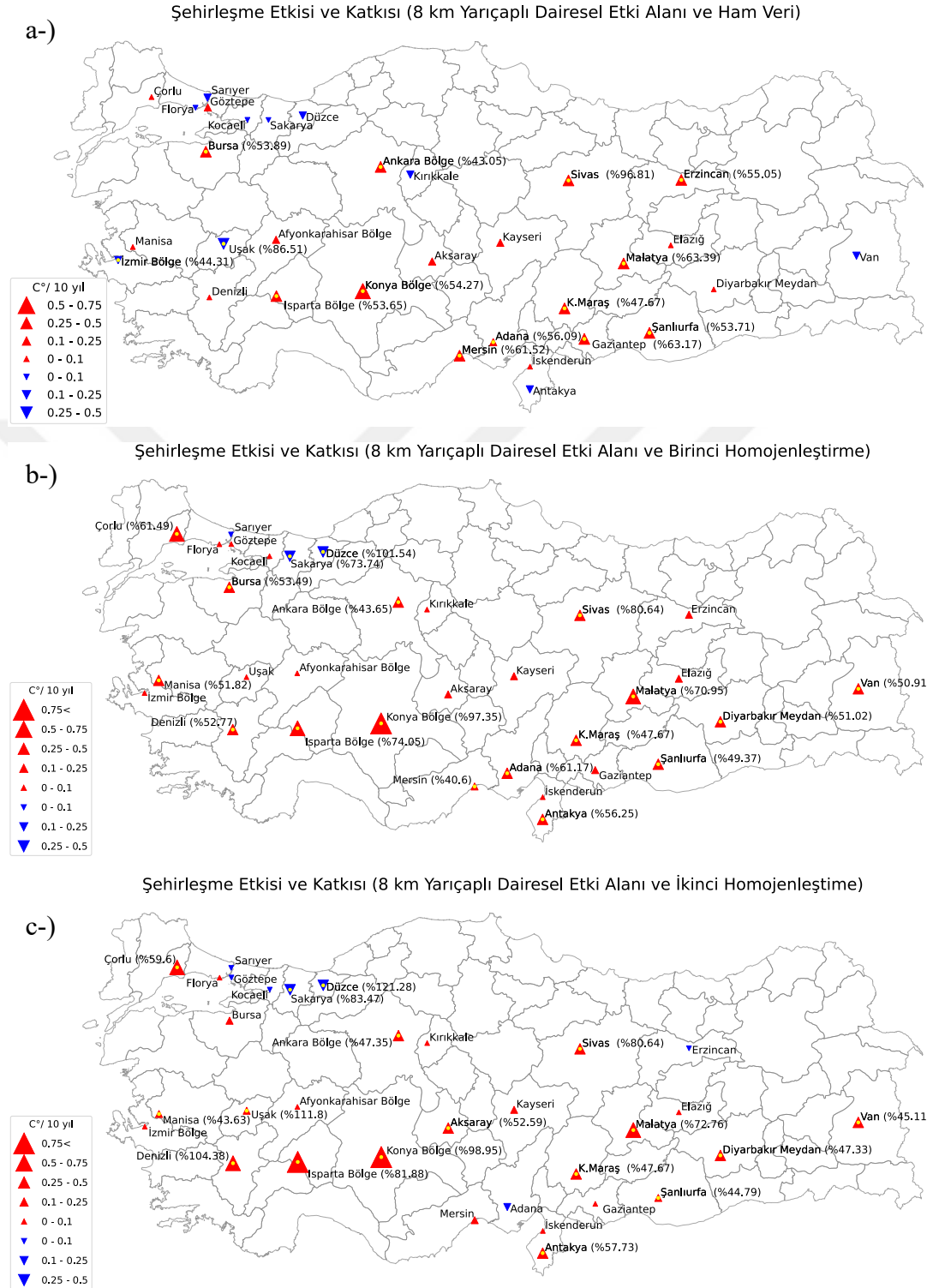
Birinci homojenleştirme sonrasında, 30 istasyonun 27 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 27 pozitif şehirleşme etkiden 15 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 1 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak

bulunmuştur. Bu bağlamda, birinci homojenleştirme sonucunda, şehir ısı adası sinyalindeki artış dikkat çekicidir. Pozitif anlamlı şehirleşme etkisi sırasıyla; Çorlu, Manisa, Bursa, Denizli, Isparta Bölge, Konya Bölge, Ankara Bölge, Mersin, Adana, Antakya, Kahramanmaraş, Sivas, Şanlıurfa, Diyarbakır Meydan ve Van istasyonlarında tespit edilmiştir. Negatif anlamlı şehirleşme etkisi sadece Sakarya istasyonunda tespit edilmiştir. Birinci homojenleştirmenin yapılmasının ardından ham veri sonucundan farklı olarak; Çorlu, Antakya, Diyarbakır Meydan, Van, Manisa ve Denizli istasyonlarında pozitif, Sakarya istasyonunda negatif anlamlı şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Ham veri sonucunda Gaziantep ve Erzincan istasyonları pozitif anlamlı, Uşak ve İzmir Bölge istasyonları negatif anlamlı şehirleşme etkisine sahip iken, birinci homojenleştirme sonrasında pozitif ancak anlamlı olmayan şehirleşme etkisi değerlerine sahip olmuşlardır. Şehirleşme etkinin en yüksek olduğu 4 istasyondaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; Konya Bölge 1.027 C°/10 yıl (%97.35), Isparta Bölge 0.719 C°/10 yıl (%74), Çorlu 0.538 C°/10 yıl (%61.4) ve Van 0.47 C°/10 yıl (%50.9)'dır. Sadece Sakarya istasyonunda tespit edilen negatif anlamlı şehirleşme etkisi ve katkısı değeri -0.278 C°/10 yıl (%73.7)'dir. Ham veri sonucuna kıyasla, şehirleşme etkisi değerlerindeki dramatik artış dikkat çekicidir (Şekil 3.16b).

Son olarak Şekil 3.16c'de gösterilen, ikinci homojenleştirme sonucundaki şehirleşme etkisi ve katkısına bakıldığında, şehirselsinyalin azaldığı görülmektedir. Örnek olarak, ikinci homojenleştirme sonrasında Adana ve Bursa gibi şehirleşmenin ciddi boyutlara ulaştığı istasyonlarda, anlamlı şehirleşme etkisi tespit edilememiştir. Önceki bölümde de değinildiği üzere, ikinci homojenleştirme şehir ısı adası sinyalin önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu bağlamda sadece ham veri ve birinci homojenleştirme sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirilmesin uygun olduğu tekrardan görülmüştür.

8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan, şehirleşme etkisi ve katkısı hesaplamalarının alansal dağılımı Şekil 3.17'de gösterilmektedir. Şekil 3.17a'da görüldüğü üzere, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 32 istasyonun 22'sinde pozitif, 10'unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 22 pozitif şehirleşme etkisinden 12 tanesi, 10 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Anlamlı şehirleşme etkisinin tespit edildiği istasyonlarda şehirleşme

katkısı hesaplanmıştır. Bu bağlamda anlamlı şehirleşme etkisinin tespit edildiği istasyonlar dikkat çekicidir.



Şekil 3.17 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkileri ve katkılarının haritada gösterimi (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri sarı nokta ile belirtilmiştir).

Pozitif anlamlı şehirleşme etkisi sırasıyla; Bursa, Isparta Bölge, Konya Bölge, Ankara Bölge, Mersin, Adana, Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Malatya, Sivas ve Erzincan istasyonlarında tespit edilmiştir. Ayrıca bu istasyonlarda tespit edilen şehirleşme katkıları %40'ın üzerindedir. Şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu 4 istasyon, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlar ile aynıdır. Bu istasyonların şehirleşme etkisi ve şehirleşme katkısı hesaplamaları sırası ile; Konya Bölge 0.648 C°/10 yıl (%97.35), Mersin 0.486 C°/10 yıl (%61.52), Gaziantep 0.482 C°/10 yıl (%63.17) ve Sivas 0.455 C°/10 yıl (%96.81)'dir. Ayrıca 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlardaki gibi, 2 istasyonda anlamlı negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Bu istasyonlardaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; İzmir Bölge -0.226 C°/10 yıl (%44.31) ve Uşak -0.263 C°/10 yıl(%86.51)'dir (Şekil 3.17a).

Birinci homojenleştirme sonrasında, 32 istasyonun 29 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 29 pozitif şehirleşme etkisinden 16 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlar ile aynı doğrultuda olacak şekilde, birinci homojenleştirme sonucunda, şehir ısı adası sinyalindeki artış dikkat çekicidir. Pozitif anlamlı şehirleşme etkisi sırasıyla; Çorlu, Manisa, Bursa, Denizli, Isparta Bölge, Konya Bölge, Ankara Bölge, Mersin, Adana, Antakya, Kahramanmaraş, Sivas, Şanlıurfa, Malatya, Diyarbakır Meydan ve Van istasyonlarında tespit edilmiştir. Negatif anlamlı şehirleşme etkisi ise Sakarya ve Düzce istasyonunda tespit edilmiştir. Birinci homojenleştirmenin yapılmasının ardından ham veri sonucundan farklı olarak; Çorlu, Antakya, Diyarbakır Meydan, Van, Manisa ve Denizli istasyonlarında pozitif, Sakarya ve Düzce istasyonunda negatif anlamlı şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Şehirleşme etkinin en yüksek olduğu ilk 4 istasyona bakıldığında, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlarda dördüncü sırada Van istasyonu vardı. Ancak 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlarda, şehir istasyonu olarak sınıflandırılan Malatya istasyonu dördüncü sırada yer almaktadır. Bu bağlamda, şehirleşme etkinin en yüksek olduğu ilk 4 istasyon sırası ile; Konya Bölge 1.027 C°/10 yıl (%97.35), Isparta Bölge 0.719 C°/10 yıl (%74), Çorlu 0.538 C°/10 yıl (%61.4) ve Malatya 0.535 C°/10 yıl (%79.9)'dir. Birinci homojenleştirme sonucunda 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımda, negatif anlamlı şehirleşme

etkisi sadece Sakarya İstasyonunda ($-0.278\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ (%73.7)) tespit edilmişti. Ancak analiz 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ile analiz tekrarlandığında Sakarya istasyonuna ek olarak Düzce istasyonunda ($-0.33\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ (%101.5)) negatif anlamlı şehirleşme etkisi tespit edilmiştir (Şekil 3.17b).

Bir önceki adımda da belirtildiği üzere, ham veri sonucu yapılan hesaplamalara kıyasla, birinci homojenleştirme sonucunda şehirleşme etkisi değerlerindeki dramatik artış dikkat çekicidir. Son olarak 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ile yapılan analizde, ikinci homojenleştirme sonuçları sıcaklık verisindeki şehir ısı adası sinyalinin azaldığını göstermek amacıyla Şekil 3.17c'de gösterilmiştir. 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analizlerin ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonuçları Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Şehirleşme Tipi	Şehirleşme Etkisi (Ham veri) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Ham veri) (%)	Şehirleşme Etkisi (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Birinci homojenleştirme) (%)	Şehirleşme Etkisi (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (İkinci homojenleştirme) (%)
Çorlu	Orta Şehirleşme	0,001	-	0,538*	61,4	0,54*	59,6
Sarıyer	Orta Şehirleşme	-0,114	-	-0,024	-	-0,067	-
Kocaeli	Orta Şehirleşme	-0,075	-	0,029	-	-0,002	-
Sakarya	Yüksek Şehirleşme	-0,015	-	-0,278*	73,7	-0,298*	83,4
Çorum	Orta Şehirleşme	0,158	-	-0,118	-	-0,139	-
Sivas	Orta Şehirleşme	0,455*	96,8	0,379*	80,6	0,379*	80,6
Erzincan	Orta Şehirleşme	0,36*	55	0,137	-	-0,021	-
Bursa	Yüksek Şehirleşme	0,27*	53,8	0,268*	53,4	0,105	-
Ankara Bölge	Orta Şehirleşme	0,285*	43	0,292*	43,6	0,339*	47,3
Kırıkkale	Orta Şehirleşme	-0,117	-	0,036	-	0,011	-
Van	Orta Şehirleşme	-0,113	-	0,477*	50,9	0,378*	45,1
Manisa	Orta Şehirleşme	0,045	-	0,271*	51,8	0,202*	43,6
Uşak	Orta Şehirleşme	-0,263*	86,5	0,06	-	0,199*	111,7
Afyonkarahisar Bölge	Orta Şehirleşme	0,163	-	0,032	-	0,016	-
Aksaray	Yüksek Şehirleşme	0,144	-	0,154	-	0,315*	52,5

Çizelge 3.5 (devam) : 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Şehirleşme Tipi	Şehirleşme Etkisi (Ham veri) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Ham veri) (%)	Şehirleşme Etkisi (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Birinci homojenleştirme) (%)	Şehirleşme Etkisi (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (İkinci homojenleştirme) (%)
Kayseri	Orta Şehirleşme	0,212	-	0,168	-	0,156	-
İzmir Bölge	Orta Şehirleşme	-0,226*	44,3	0,078	-	0,074	-
Denizli	Yüksek Şehirleşme	0,054	-	0,257*	52,7	0,5*	104,3
Isparta Bölge	Yüksek Şehirleşme	0,382*	53,6	0,719*	74	0,818*	81,8
Konya Bölge	Yüksek Şehirleşme	0,648*	54,2	1,027*	97,3	0,939*	98,9
Kahramanmaraş	Yüksek Şehirleşme	0,256*	47,6	0,256*	47,6	0,256*	47,6
Gaziantep	Yüksek Şehirleşme	0,482*	63,1	0,151	-	0,023	-
Şanlıurfa	Yüksek Şehirleşme	0,326*	53,7	0,274*	49,3	0,228*	44,7
Diyarbakır Meydan	Yüksek Şehirleşme	0,012	-	0,351*	51	0,319*	47,3
Mersin	Orta Şehirleşme	0,486*	61,5	0,218*	40,5	0,127	-
Adana	Yüksek Şehirleşme	0,244*	56	0,323*	61,1	-0,162	-
İskenderun	Orta Şehirleşme	0,083	-	0,025	-	0,032	-
Antakya	Orta Şehirleşme	-0,189	-	0,342*	56,2	0,351*	57,7
Florya	Orta Şehirleşme	-0,067	-	0,047	-	0	-
Göztepe	Orta Şehirleşme	0,155	-	0,063	-	-0,002	-

Sınıflandırma adımımda, 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları kullanılarak istasyonlar şehir ve kırsal olarak sınıflandırılmıştır. Şehir olarak sınıflandırılan istasyonlarda, sınıflandırma bir adım daha özelleştirilerek şehir istasyonları yüksek ve orta şehirleşme olarak sınıflandırılmıştır. Şehir ısı adasının günlük minimum sıcaklık üzerindeki etkisinin sınıflar arasında farklılık gösterip göstermediğine bakmak amacı ile sınıflara özel kutu diyagramları çizdirilmiştir. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veri kullanılarak çizdirilen kutu diyagramına bakıldığında sınıflar arasında istatistiki olarak anlamlı bir ayrım gözükmemektedir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfındaki şehirleşme etkisi değerleri orta şehirleşme sınıfına göre daha yüksek şehirleşme etkisi değerlerinde yoğunlaşmıştır. Orta şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalaması $0.065\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ iken, yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değeri ortalaması $0.254\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ 'dır. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve birinci homojenleştirme sonucunda elde edilen veri kullanılarak çizdirilen kutu diyagramına bakıldığında sınıflar arasında istatistiki olarak anlamlı bir ayrım gözükmemektedir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfındaki şehirleşme etkisi değerleri, ham veri ile yapılan çıkarıma benzer şekilde, orta şehirleşme sınıfına göre daha yüksek şehirleşme etkisi değerlerinde yoğunlaşmıştır. Orta şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalaması $0.16\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ iken, yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değeri ortalaması $0.318\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ 'dır (Şekil 3.18a ve b).

8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veri kullanılarak çizdirilen kutu diyagramına bakıldığında sınıflar arasında istatistiki olarak anlamlı bir ayrım gözükmemektedir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfındaki şehirleşme etkisi değerleri orta şehirleşme sınıfına göre daha yüksek şehirleşme etkisi değerlerinde yoğunlaşmıştır. Orta şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalaması $0.054\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ iken, yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerleri ortalaması $0.239\text{ C}^{\circ}/10\text{ yıl}$ 'dır. 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve birinci homojenleştirme sonucunda elde edilen veri kullanılarak çizdirilen kutu diyagramına bakıldığında sınıflar arasında istatistiki olarak anlamlı bir ayrım gözükmemektedir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfındaki şehirleşme etkisi değerleri, ham veri ile yapılan çıkarıma benzer şekilde, orta şehirleşme sınıfına göre daha yüksek şehirleşme etkisi değerlerinde yoğunlaşmıştır.

Çizelge 3.6 : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Şehirleşme Tipi	Şehirleşme Etkisi (Ham veri) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Ham veri) (%)	Şehirleşme Etkisi (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Birinci homojenleştirme) (%)	Şehirleşme Etkisi (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (İkinci homojenleştirme) (%)
Çorlu	Orta Şehirleşme	0,001	-	0,538*	61,4	0,54*	59,6
Sarıyer	Orta Şehirleşme	-0,114	-	-0,024	-	-0,067	-
Kocaeli	Yüksek Şehirleşme	-0,075	-	0,029	-	-0,002	-
Sakarya	Yüksek Şehirleşme	-0,015	-	-0,278*	73,7	-0,298*	83,4
Düzce	Orta Şehirleşme	-0,155	-	-0,33*	101,5	-0,359*	121,2
Sivas	Orta Şehirleşme	0,455*	96,8	0,379*	80,6	0,379*	80,6
Erzincan	Orta Şehirleşme	0,36*	55	0,137	-	-0,021	-
Bursa	Yüksek Şehirleşme	0,27*	53,8	0,268*	53,4	0,105	-
Ankara Bölge	Yüksek Şehirleşme	0,285*	43	0,292*	43,6	0,339*	47,3
Kırıkkale	Orta Şehirleşme	-0,117	-	0,036	-	0,011	-
Van	Orta Şehirleşme	-0,113	-	0,477*	50,9	0,378*	45,1
Manisa	Orta Şehirleşme	0,045	-	0,271*	51,8	0,202*	43,6
Uşak	Orta Şehirleşme	-0,263*	86,5	0,06	-	0,199*	111,7

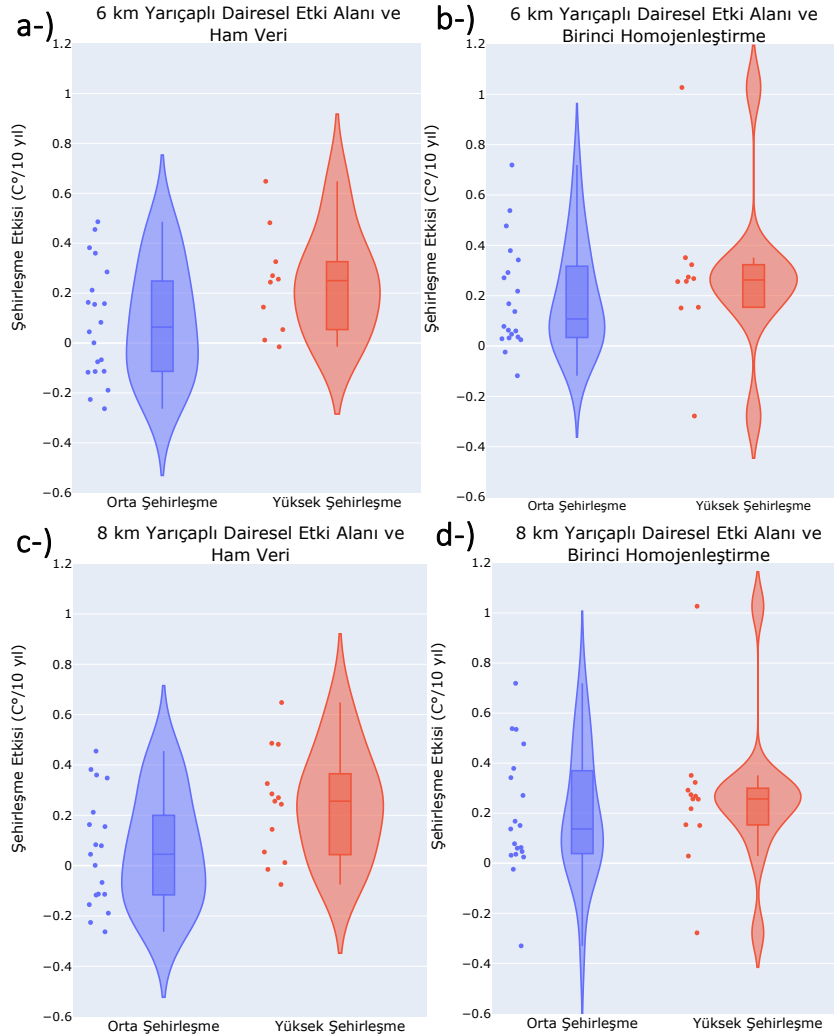
Çizelge 3.6 (devam) : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Şehirleşme Tipi	Şehirleşme Etkisi (Ham veri) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Ham veri) (%)	Şehirleşme Etkisi (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Birinci homojenleştirme) (%)	Şehirleşme Etkisi (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (İkinci homojenleştirme) (%)
Afyonkarahisar Bölge	Orta Şehirleşme	0,163	-	0,032	-	0,016	-
Aksaray	Yüksek Şehirleşme	0,144	-	0,154	-	0,315*	52,5
Kayseri	Orta Şehirleşme	0,212	-	0,168	-	0,156	-
Malatya	Orta Şehirleşme	0,348*	63,3	0,535*	70,9	0,585*	72,7
Elazığ	Orta Şehirleşme	0,079	-	0,151	-	0,052	-
İzmir Bölge	Orta Şehirleşme	-0,226*	44,3	0,078	-	0,074	-
Denizli	Yüksek Şehirleşme	0,054	-	0,257*	52,7	0,5*	104,3
Isparta Bölge	Orta Şehirleşme	0,382*	53,6	0,719*	74	0,818*	81,8
Konya Bölge	Yüksek Şehirleşme	0,648*	54,2	1,027*	97,3	0,939*	98,9
Kahramanmaraş	Yüksek Şehirleşme	0,256*	47,6	0,256*	47,6	0,256*	47,6
Gaziantep	Yüksek Şehirleşme	0,482*	63,1	0,151	-	0,023	-
Şanlıurfa	Yüksek Şehirleşme	0,326*	53,7	0,274*	49,3	0,228*	44,7

Çizelge 3.6 (devam) : 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak hesaplanan şehirleşme etkisi ve katkılarının ham veri, birinci homojenleştirme ve ikinci homojenleştirme sonucundaki değerleri (%95 güven aralığında anlamlı şehirleşme etkileri yıldız ile belirtilmiştir).

İstasyon Adı	Şehirleşme Tipi	Şehirleşme Etkisi (Ham veri) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Ham veri) (%)	Şehirleşme Etkisi (Birinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (Birinci homojenleştirme) (%)	Şehirleşme Etkisi (İkinci homojenleştirme) (C°/10 yıl)	Şehirleşme Katkısı (İkinci homojenleştirme) (%)
Diyarbakır Meydan	Yüksek Şehirleşme	0,012	-	0,351*	51	0,319*	47,3
Mersin	Yüksek Şehirleşme	0,486*	61,5	0,218*	40,5	0,127	-
Adana	Yüksek Şehirleşme	0,244*	56	0,323*	61,1	-0,162	-
İskenderun	Orta Şehirleşme	0,083	-	0,025	-	0,032	-
Antakya	Orta Şehirleşme	-0,189	-	0,342*	56,2	0,351*	57,7
Florya	Orta Şehirleşme	-0,067	-	0,047	-	0	-
Göztepe	Orta Şehirleşme	0,155	-	0,063	-	-0,002	-

Orta şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalaması $0.194\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ yıl}$ iken, yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerleri ortalaması $0.255\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ yıl}$ 'dır (Şekil 3.18c ve d).



Şekil 3.18 : Orta şehirleşme ve yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkilerinin kutu diyagramı ile gösterimi (İlk satır (a-b) 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı, ikinci satır (c-d) 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak elde edilen sonuçlardır).

Sonuç olarak 6 km ve 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları kullanılarak yapılan analizlerde yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme olarak sınıflandırılan istasyonlar arasında şehirleşme etkisi açısından anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerleri, orta şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerine göre daha yüksek değerlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Sınıflar arasındaki şehirleşme etkisi değerlerinin

ortalamasına bakıldığında ise 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan analizde daha yüksek ortalama şehirleşme etkisi değerleri elde edilmiştir.





4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye meteoroloji gözlem ağındaki istasyonların şehir ısı adası fenomeninden ne ölçüde etkilendiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Şehir ısı adası etkisini istasyon bazında tespit etmek amacı ile şehir eksi kırsal yaklaşımı benimsenmiştir ve bu amaç doğrultusunda sıcaklık verisi olarak şehir ısı adası etkisinin daha belirgin olduğu, günlük minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. İstasyonları, çevrelerindeki şehrsel alanların kapsamına göre sınıflandırmak amacı ile arazi örtüsü/kullanımı uzaktan algılama verisi kullanılmıştır. Çalışmada uzaktan algılama verisinin mevcut olduğu yıllar ile uygun olacak şekilde 1980 ile 2022 yılları arası analiz edilmiştir. İstasyonları sınıflandırmak amacıyla, istasyonların üzerlerine dairesel etki alanları yerleştirilmiştir ve dairesel etki alanı içerisinde kalan şehrsel alanların kapsamı değerlendirilmiştir. Bu bağlamda şehir ısı adası etkisinin en belirgin olduğu dairesel etki alanı yarıçapının 6 km ve 8 km olabileceği tespit edilmiştir. Ardından bütün istasyonlarda, yerleştirilen dairesel etki alanının içerisinde kalan şehrsel alanın, dairesel etki alanına olan oranı hesaplanarak şehrsel alan oranları hesaplanmıştır. Daha sonra istasyonların şehrsel alan oranlarına göre sınıflandırılabilmesi için eşik değerler belirlenmiştir. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanları için %26, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanları için %17 eşik değerleri tespit edilmiştir. Belirlenen eşik değerlerden yüksek şehrsel alan oranlarına sahip olan istasyonlar şehir, düşük şehrsel alan oranlarına sahip istasyonlar kırsal olarak sınıflandırılmıştır. Akabinde, şehir ve kırsal olarak yapılan sınıflandırma bir adım daha özelleştirilerek, şehir olarak sınıflandırılan istasyonlar yüksek şehirleşme ve orta şehirleşme olarak özelleştirilmiştir. 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı için 10 yüksek şehirleşme ve 20 orta şehirleşme, 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı için 13 yüksek şehirleşme, 19 orta şehirleşme sınıfında istasyon elde edilmiştir. Şehir eksi kırsal yaklaşımını uygulamak amacı ile şehir olarak sınıflandırılan her bir istasyona kırsal bir eş istasyon tanımlanmıştır. Bütün kırsal eş istasyonların, minimum şehirleşmeye sahip istasyonlardan seçilmesine özen gösterilmiştir.

Türkiye meteoroloji gözlem ağındaki belgelenmemiş kırılma tarihleri, ikili karşılaştırma yaklaşımı ve penalized maximal T test aracılığı ile tespit edilmiştir. Akabinde verilerdeki sürekliliği bozan kırılma tarihleri, kantil eşletirme yöntemi ile düzeltilerek veri homojenleştirme işlemi yapılmıştır. Ayrıca kantil eşleştirme yöntemi referans seri kullanılmadan uygulanarak, şehir istasyonuna kırsal bir istasyondan, kırsal bir istasyona da şehir bir istasyondan yanlılık dahil edilmemiştir. Bu sayede şehir istasyonlardaki şehirleşme sinyali en iyi şekilde tespit edilmeye çalışılmıştır. Akabinden ham veri ile yapılan çıkarımlar homojen veriler ile karşılaştırılmıştır. Veriyi çok fazla homojenleştirmeye tabi tutmanın veride bozulmalara yol açabileceğinden dolayı veri iki defa homojenleştirme prosedürüne tabi tutulmuştur. Ancak ikinci homojenleştirme prosedürü sonrasında istasyonların büyük çoğunluğunda, birinci homojenleştirme sonucuna yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca ikinci homojenleştirme prosedürü sonrasında şehirleşmenin yüksek olduğu bazı istasyonlarda sıcaklık trendinin gereğinden fazla azaldığı ve şehirleşme sinyalinin veriden çıkarıldığı tespit edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 30 istasyonun 21'inde pozitif, 9'unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 21 pozitif şehirleşme etkisinden 11 tanesi, 9 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu 4 istasyondaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; Konya Bölge 0.648 C°/10 yıl (%97.35), Mersin 0.486 C°/10 yıl (%61.52), Gaziantep 0.482 C°/10 yıl (%63.17) ve Sivas 0.455 C°/10 yıl (%96.81)'dır. Ayrıca 2 istasyonda anlamlı negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Bu istasyonlardaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; İzmir Bölge -0.226 C°/10 yıl (%44.31) ve Uşak -0.263 C°/10 yıl(%86.51)'dır.

Birinci homojenleştirme sonrasında, 30 istasyonun 27 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 27 pozitif şehirleşme etkisinden 15 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 1 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Bu bağlamda, birinci homojenleştirme sonucunda, şehir ısı adası sinyalindeki artış tespit edilmiştir. Şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu 4 istasyondaki şehirleşme etkisi ve katkısı bilgileri sırası ile; Konya Bölge 1.027 C°/10 yıl (%97.35), Isparta Bölge 0.719 C°/10 yıl (%74), Çorlu 0.538 C°/10 yıl (%61.4) ve Van 0.47 C°/10 yıl (%50.9)'dır. Sadece Sakarya istasyonunda tespit edilen negatif

anlamli şehirleşme etkisi ve katkısı değeri - 0.278 C°/10 yıl (%73.7)'dır. Ham veri sonucuna kıyasla, şehirleşme etkisi değerlerindeki dramatik artışlar tespit edilmiştir.

8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ve ham veriler kullanılarak yapılan analizde şehir olarak sınıflandırılan 32 istasyonun 22'sinde pozitif, 10'unda negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 22 pozitif şehirleşme etkisinden 12 tanesi, 10 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu 4 istasyon, 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımlar ile aynıdır.

Birinci homejenleştirme sonrasında, 32 istasyonun 29 tanesinde pozitif, 3 tanesinde negatif şehirleşme etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen 29 pozitif şehirleşme etkisinden 16 tanesi, 3 negatif şehirleşme etkisinden 2 tanesi %95 güven aralığında anlamlı olarak bulunmuştur. Bu bağlamda, şehirleşme etkisinin en yüksek olduğu ilk 4 istasyon sırası ile; Konya Bölge 1.027 C°/10 yıl (%97.35), Isparta Bölge 0.719 C°/10 yıl (%74), Çorlu 0.538 C°/10 yıl (%61.4) ve Malatya 0.535 C°/10 yıl (%79.9)'dır. Birinci homojenleştirme sonucunda 6 km yarıçaplı dairesel etki alanı kullanılarak yapılan çıkarımda, negatif anlamlı şehirleşme etkisi sadece Sakarya İstasyonunda (-0.278 C°/10 yıl (%73.7)) tespit edilmişti. Ancak 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı ile analiz tekrarlandığında Sakarya istasyonuna ek olarak Düzce istasyonunda (-0.33 C°/10 yıl (%101.5)) negatif anlamlı şehirleşme etkisi tespit edilmiştir.

Yüksek ve orta şehirleşme olarak yapılan sınıflandırma sonucunda iki sınıf arasında şehirleşme etkisi bakımından istatistiki olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Ancak yüksek şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin, orta şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerine göre daha yüksek değerlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda yüksek şehirleşme sınıfındaki istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalamasının, orta şehirleşme sınıfına ait istasyonların şehirleşme etkisi değerlerinin ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda, şehir ısı adasının meteoroloji gözlem ağındaki etkileri çalışılırken, ek olarak mevsimsel bazda analizlerin yapılması, şehir ısı adasının etkilerinin daha iyi anlamamıza yardımcı olabileceği düşünölmektedir. Uzaktan algılama teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, uzaktan algılama ürünlerinin çözünürlüğü, temsiliyet gücü vb. gibi özelliklerinde gelişimler elde edilmektedir. Bu

gibi gelişimler, istasyonların şehir ve kırsal olarak daha iyi bir şekilde sınıflandırılabilmesine yardımcı olarak şehir eksi kırsal yaklaşımındaki verimi artırabilir. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen sıcaklık verilerindeki sürekliliği bozan kırılmalar ile ilgili üst verilere ulaşılabilmesi halinde, veriler daha sağlam bir şekilde homojenleştirilebilir. Sonuç olarak, yapılan çıkarımların doğruluğunun önemli ölçüde artacağı düşünülmektedir.







KAYNAKLAR

- Baykara, M.** (2023). An Assessment of Long-Term Urban Heat Island Impact on Istanbul's Climate. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(2), 40-47.
- Büyükyıldız, M., & Berktaş, A.** (2004). Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19(2), 23-38.
- Diren-Üstün, D. H., Kaplan, E., & Ünal, Y. S.** (2022). İstanbul'da Şehir Isı Adası ve Kentsel Gelişim Senaryolarına Bağlı Değişimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 55-68.
- Diren-Üstün, D. H., Ünal, Y. S., Bilgen, S. İ., Sonuç, C. Y., Sodoudi, S., Güney, C., ... & İncecik, S.** (2024). Effects of land-use mitigation scenarios on urban heat island intensity in Istanbul. *Atmospheric Research*, 297, 107083.
- Donmez, B., Donmez, K., Diren-Ustun, D. H., & Unal, Y.** (2022). Urbanization-induced changes in convective and frontal precipitation events in Ankara. *Urban Climate*, 46, 101316.
- Donmez, K., Donmez, B., Diren-Ustun, D. H., & Unal, Y.** (2023). Boundary-dependent urban impacts on timing, pattern, and magnitude of heavy rainfall in Istanbul. *Atmospheric Research*, 286, 106681.
- Ezber, Y., Lutfi Sen, O., Kindap, T., & Karaca, M.** (2007). Climatic effects of urbanization in Istanbul: a statistical and modeling analysis. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(5), 667-679.
- Gobakis, K., Kolokotsa, D., Synnefa, A., Saliari, M., Giannopoulou, K., & Santamouris, M.** (2011). Development of a model for urban heat island prediction using neural network techniques. *Sustainable Cities and Society*, 1(2), 104-115.
- He, J., Ren, G., Zhang, P., Zheng, X., & Zhang, S.** (2023). Updated analysis of surface warming trends in North China based on in-depth homogenized data (1951-2020). *Climate Research*, 91, 47-66.
- Hu, Y., Hou, M., Jia, G., Zhao, C., Zhen, X., & Xu, Y.** (2019). Comparison of surface and canopy urban heat islands within megacities of eastern China. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 156, 160-168.
- Jabbar, H. K., Hamoodi, M. N., & Al-Hameedawi, A. N.** (2023). Urban heat islands: a review of contributing factors, effects and data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1129, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.

- Kachenchart, B., Kamlangkla, C., Puttanapong, N., & Limsakul, A.** (2021). Urbanization effects on surface air temperature trends in Thailand during 1970-2019. *Environmental Engineering Research*, 26(5).
- Kahraman, A., Kendon, E. J., Chan, S. C., & Fowler, H. J.** (2021). Quasi-stationary intense rainstorms spread across Europe under Climate Change. *Geophysical Research Letters*, 48(13), e2020GL092361.
- Kalnay, E., & Cai, M.** (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423(6939), 528-531.
- Kaya, S., Basar, U. G., Karaca, M., & Seker, D. Z.** (2012). Assessment of urban heat islands using remotely sensed data. *Ekoloji*, 21(84), 107-113.
- Kelebek, M. B., Batibeniz, F., & Öñol, B.** (2021). Exposure assessment of climate extremes over the Europe–mediterranean region. *Atmosphere*, 12(5), 633.
- Krelaus, L., Apfel, J., Bechtel, B., & Sismanidis, P.** (2023, May). Surface and canopy-layer urban heat island intensities in Europe—Quantifying differences in the diurnal cycle for three summer periods. In *2023 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)* (pp. 1-4). IEEE.
- Liao, W., Wang, D., Liu, X., Wang, G., & Zhang, J.** (2017). Estimated influence of urbanization on surface warming in Eastern China using time-varying land use data. *International Journal of Climatology*, 37(7), 3197-3208.
- Lin, L., Ge, E., Liu, X., Liao, W., & Luo, M.** (2018). Urbanization effects on heat waves in Fujian Province, Southeast China. *Atmospheric Research*, 210, 123-132.
- Luo, M., & Lau, N. C.** (2019). Urban expansion and drying climate in an urban agglomeration of East China. *Geophysical Research Letters*, 46(12), 6868-6877.
- Menne, M. J., & Williams, C. N.** (2009). Homogenization of temperature series via pairwise comparisons. *Journal of Climate*, 22(7), 1700-1717.
- Oke, T. R.** (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, 108(455), 1-24.
- Okumus, D. E., & Terzi, F.** (2021). Evaluating the role of urban fabric on surface urban heat island: The case of Istanbul. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103128.
- Ozdemir, H., Unal, A., Kindap, T., Turuncoglu, U. U., Durmusoglu, Z. O., Khan, M., ... & Karaca, M.** (2012). Quantification of the urban heat island under a changing climate over Anatolian Peninsula. *Theoretical and applied climatology*, 108, 31-38.
- Ren, G., Li, J., Ren, Y., Chu, Z., Zhang, A., Zhou, Y., ... & Bian, T.** (2015). An integrated procedure to determine a reference station network for evaluating and adjusting urban bias in surface air temperature data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54(6), 1248-1266.

- Ren, G., & Zhou, Y.** (2014). Urbanization effect on trends of extreme temperature indices of national stations over mainland China, 1961–2008. *Journal of climate*, 27(6), 2340-2360.
- Squintu, A. A., van der Schrier, G., Brugnara, Y., & Klein Tank, A.** (2019). Homogenization of daily temperature series in the European Climate Assessment & Dataset. *International journal of climatology*, 39(3), 1243-1261.
- Sreeraj, P., Swapna, P., Krishnan, R., Nidheesh, A. G., & Sandeep, N.** (2022). Extreme sea level rise along the Indian Ocean coastline: Observations and 21st century projections. *Environmental Research Letters*, 17(11), 114016.
- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M., & Karaca, M.** (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic change*, 94(3-4), 483-502.
- Trewin, B.** (2013). A daily homogenized temperature data set for Australia. *International Journal of Climatology*, 33(6), 1510-1529.
- Ünal, Y. S., Sonuç, C. Y., Incecik, S., Topcu, H. S., Diren-Üstün, D. H., & Temizöz, H. P.** (2020). Investigating urban heat island intensity in Istanbul. *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 175-190.
- Vincent, L. A., Wang, X. L., Milewska, E. J., Wan, H., Yang, F., & Swail, V.** (2012). A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D18).
- Wang, X. L.** (2008). Accounting for autocorrelation in detecting mean shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. *Journal of applied meteorology and climatology*, 47(9), 2423-2444.
- Wang, X. L.** (2008). Penalized maximal F test for detecting undocumented mean shift without trend change. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25(3), 368-384.
- Wang, X. L., Chen, H., Wu, Y., Feng, Y., & Pu, Q.** (2010). New techniques for the detection and adjustment of shifts in daily precipitation data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(12), 2416-2436.
- Wang, X. L., Wen, Q. H., & Wu, Y.** (2007). Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(6), 916-931.
- Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G., & Können, G. P.** (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(6), 679-692.
- Wu, X., Wang, L., Yao, R., Luo, M., Wang, S., & Wang, L.** (2020). Quantitatively evaluating the effect of urbanization on heat waves in China. *Science of the Total Environment*, 731, 138857.
- Yang, J., Shi, B., Xia, G., Xue, Q., & Cao, S. J.** (2020). Impacts of urban form on thermal environment near the surface region at pedestrian height: a case

study based on high-density built-up areas of Nanjing City in China. *Sustainability*, 12(5), 1737.

Yang, X., Hou, Y., & Chen, B. (2011). Observed surface warming induced by urbanization in east China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D14).

Yang, X., Ruby Leung, L., Zhao, N., Zhao, C., Qian, Y., Hu, K., ... & Chen, B. (2017). Contribution of urbanization to the increase of extreme heat events in an urban agglomeration in east China. *Geophysical Research Letters*, 44(13), 6940-6950.

Zhang, L., Ren, G. Y., Ren, Y. Y., Zhang, A. Y., Chu, Z. Y., & Zhou, Y. Q. (2014). Effect of data homogenization on estimate of temperature trend: a case of Huairou station in Beijing Municipality. *Theoretical and applied climatology*, 115, 365-373.

Url-1 < <https://community.wmo.int/activity-areas/urban/urban-heat-island> >, erişim tarihi 11.02.2023.

Url-2 < <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml> >, erişim tarihi 11.02.2023.

Url-3 < https://glossary.ametsoc.org/wiki/Urban_canopy_layer >, erişim tarihi 15.05.2023

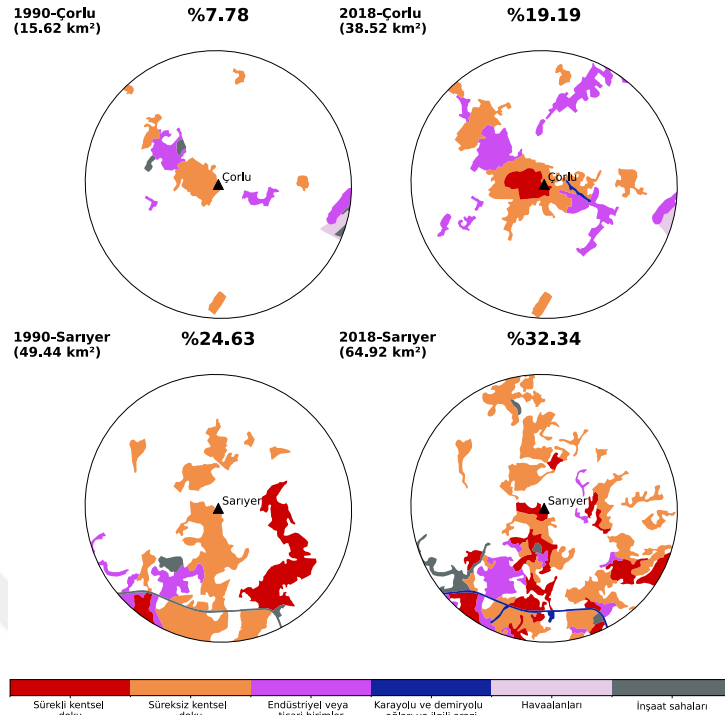
Url-4 < <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc-1990> >, erişim tarihi 11.06.2022.

Url-5 < <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018> >, erişim tarihi 11.06.2022.

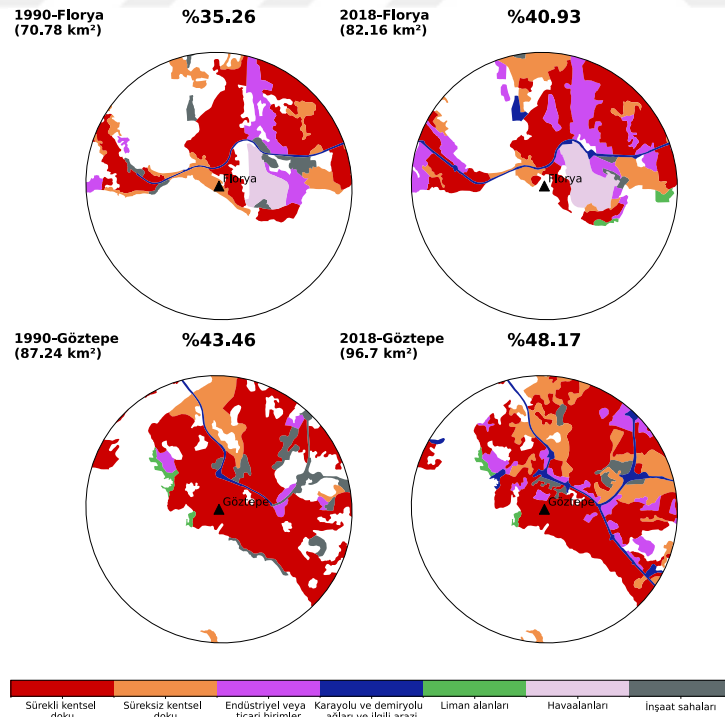
EKLER

EK A: Çalışmada kullanılan şehir istasyonları için 8 km yarıçaplı dairesel etki alanı içerisindeki şehirsal alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.

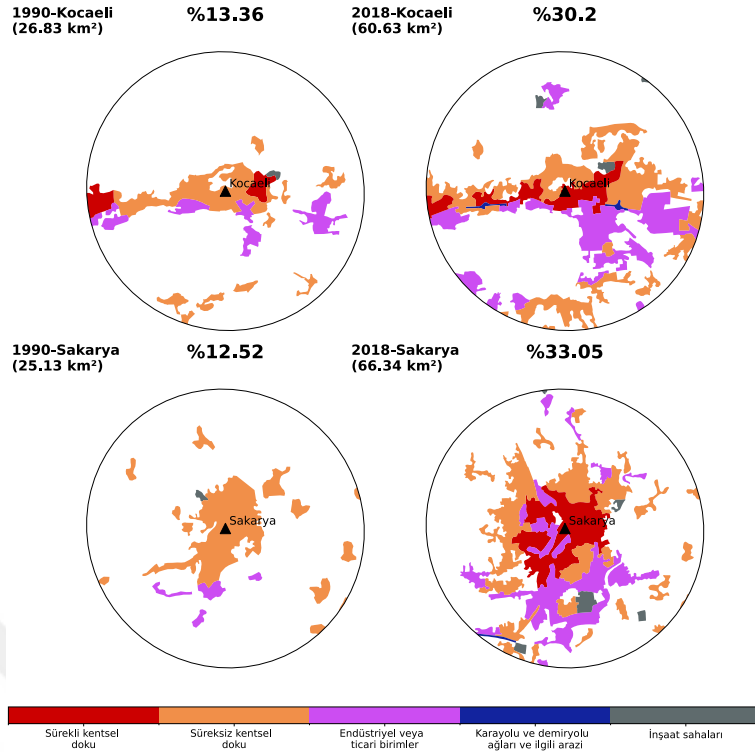




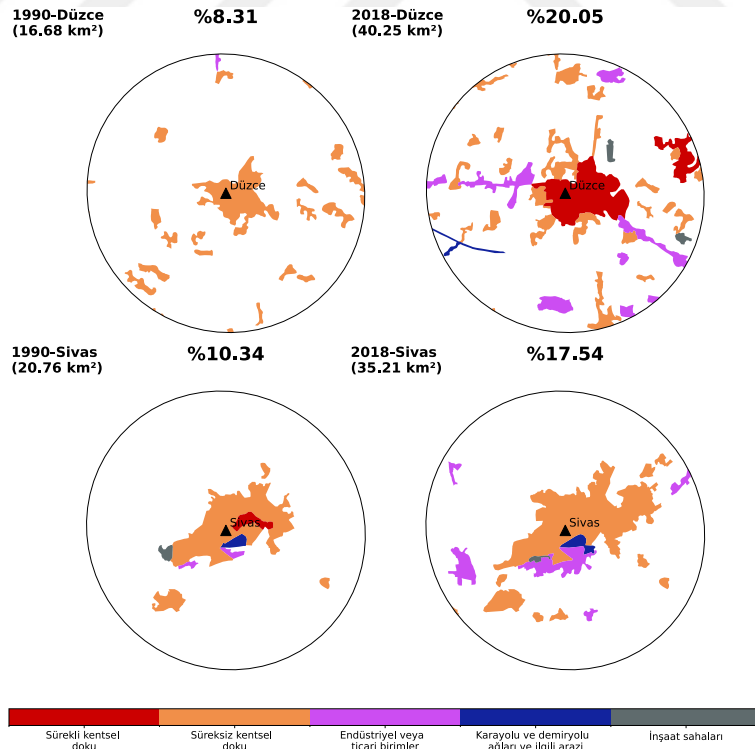
Şekil A.1 : Çorlu ve Sarıyer istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



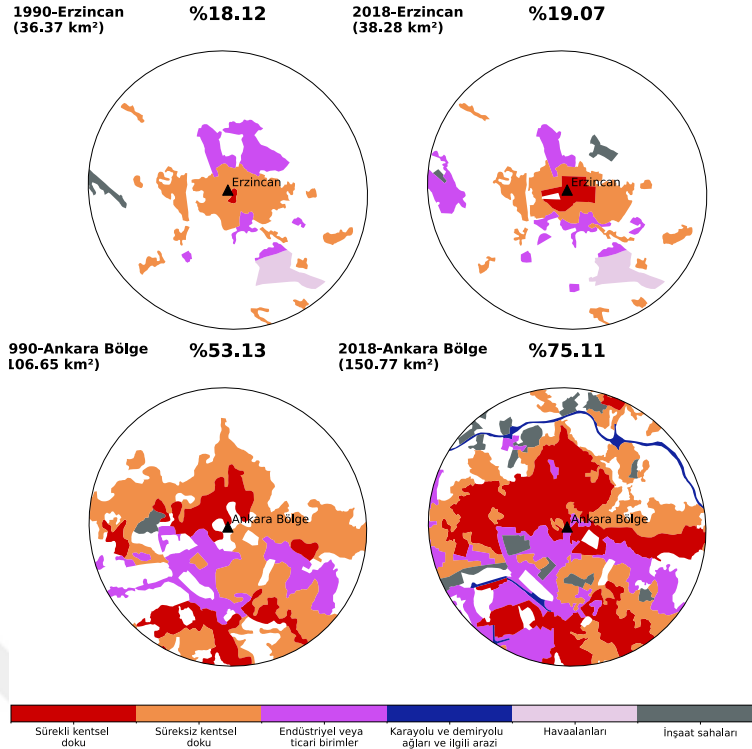
Şekil A.2 : Florya ve Göztepe istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



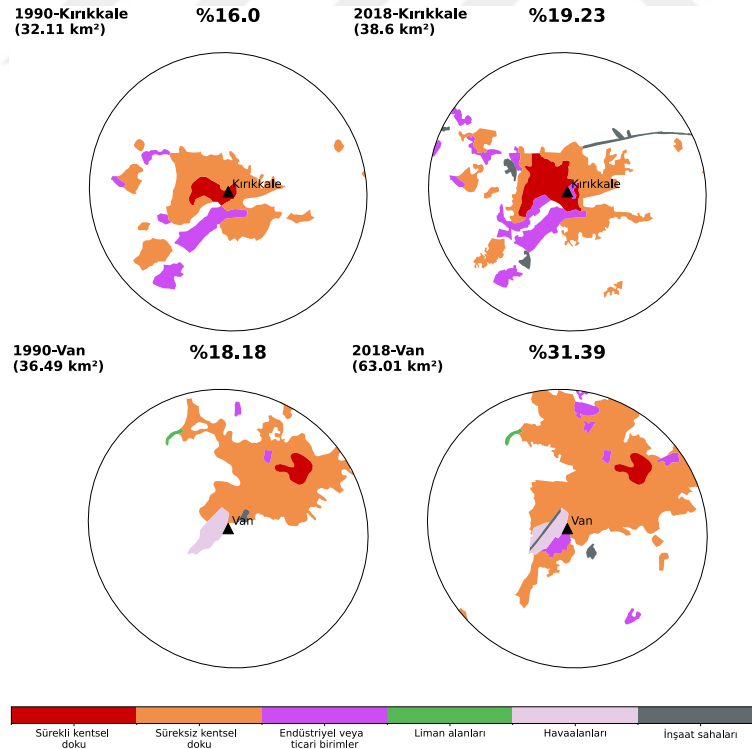
Şekil A.3 : Kocaeli ve Sakarya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



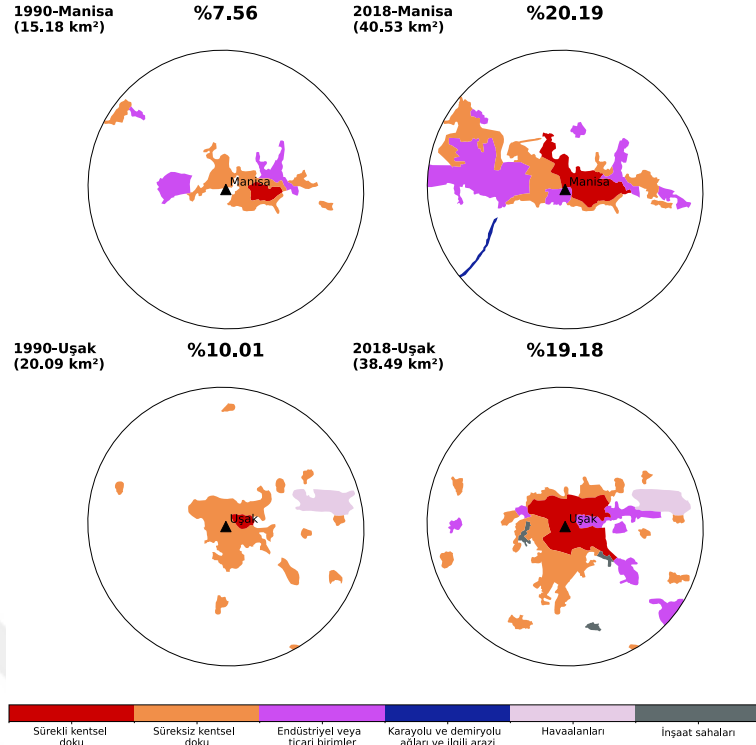
Şekil A.4 : Düzce ve Sivas istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



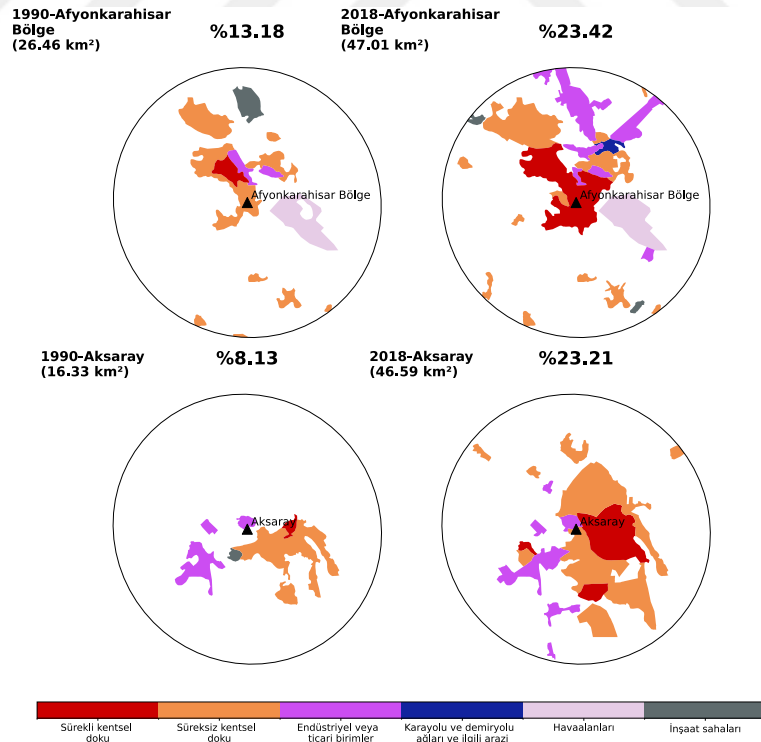
Şekil A.5 : Erzincan ve Ankara Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehirsal alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



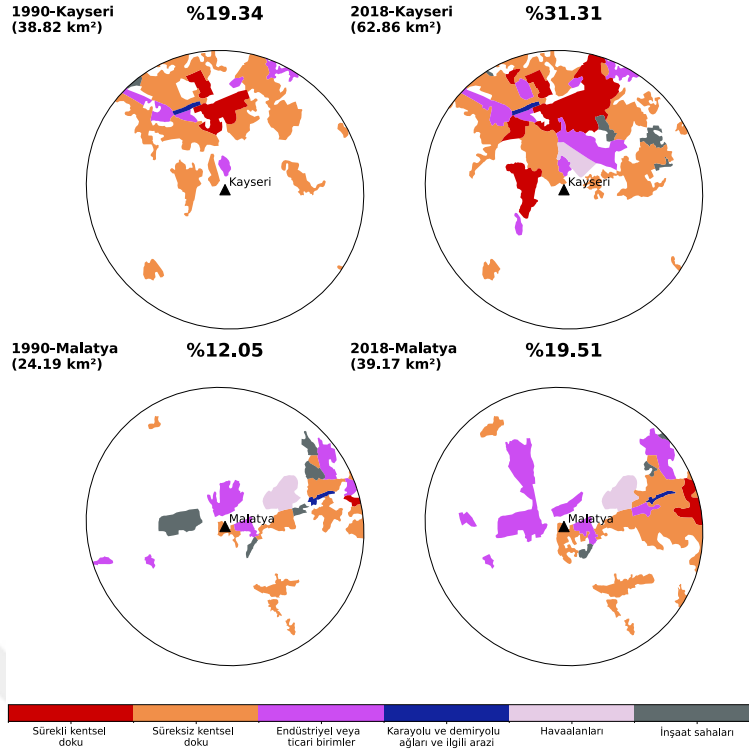
Şekil A.6 : Kırıkkale ve Van istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehirsal alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



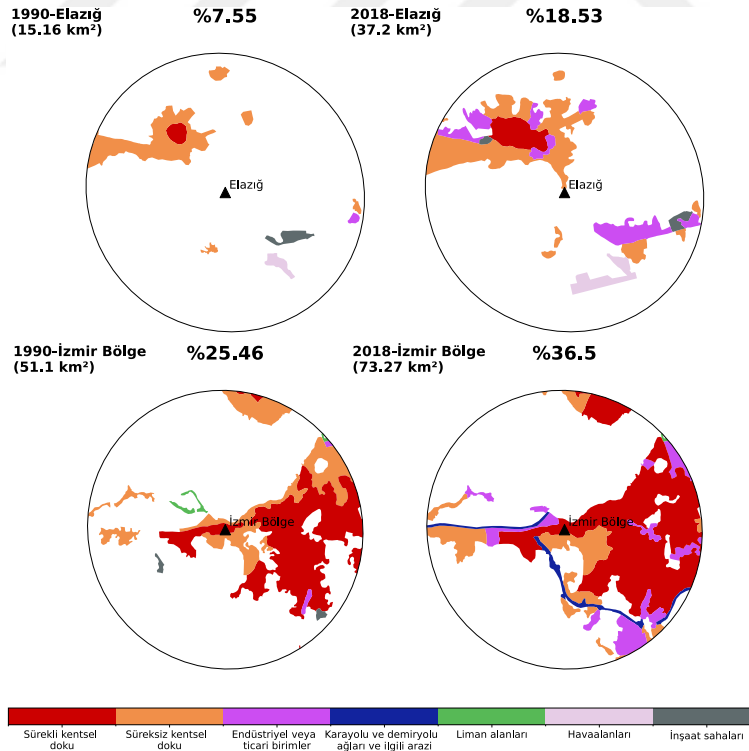
Şekil A.7 : Manisa ve Uşak istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



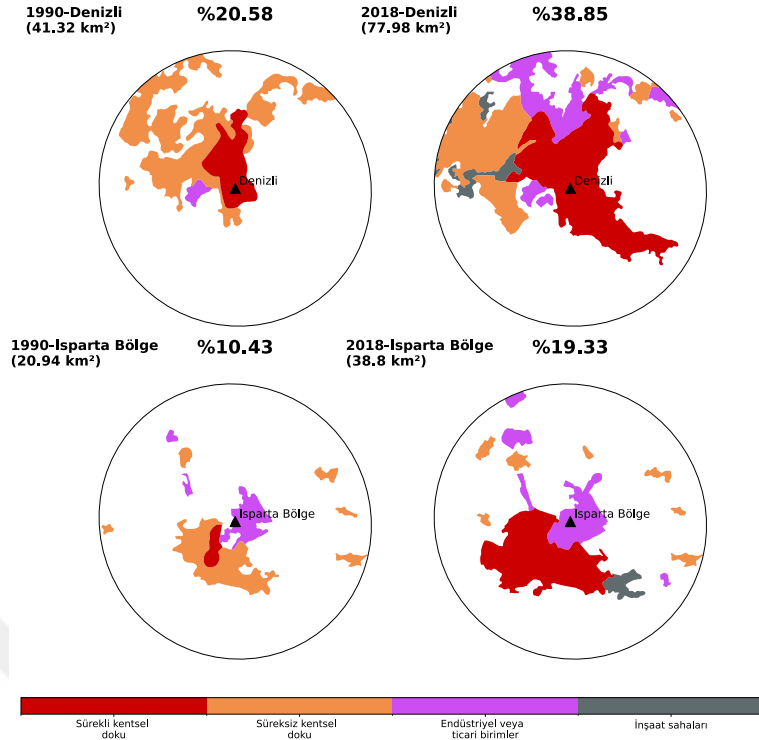
Şekil A.8 : Afyonkarahisar Bölge ve Aksaray istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



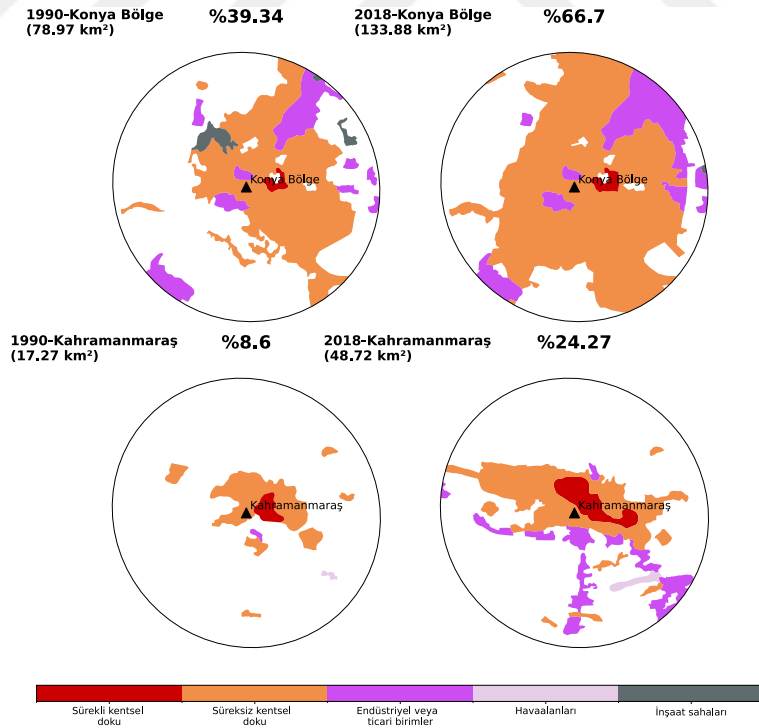
Şekil A.9 : Kayseri ve Malatya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehirsal alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



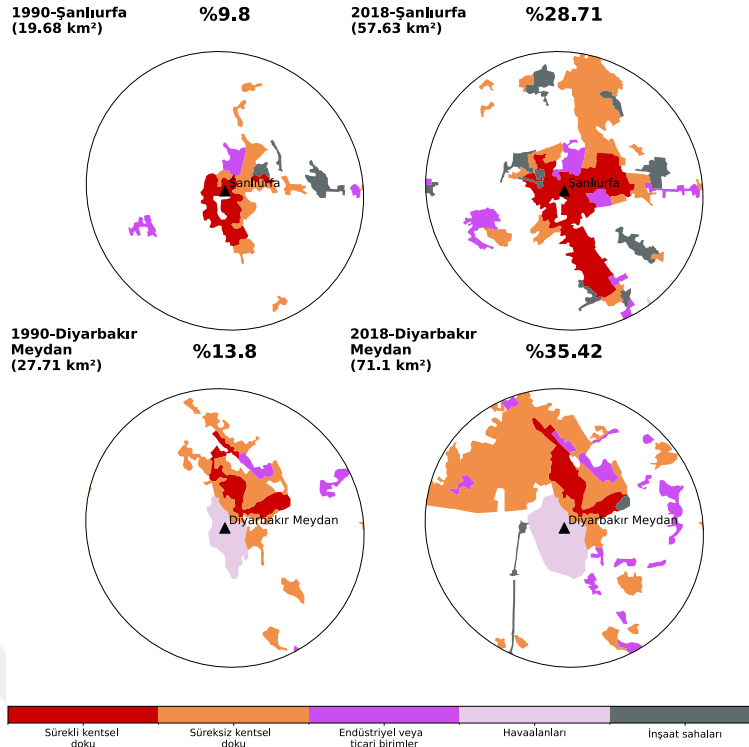
Şekil A.10 : Elazığ ve İzmir Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehirsal alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



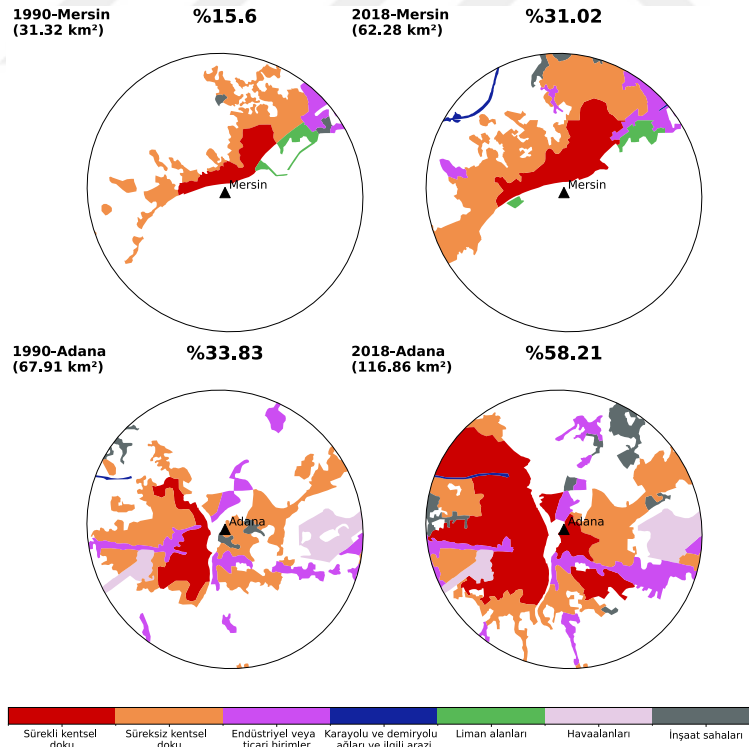
Şekil A.11 : Denizli ve Isparta Bölge istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



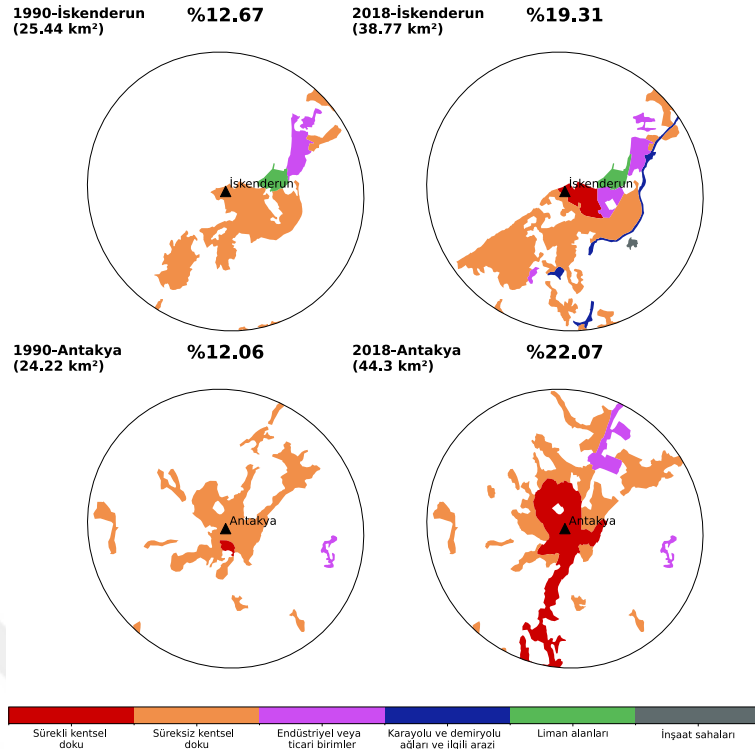
Şekil A.12 : Konya Bölge ve Kahramanmaraş istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



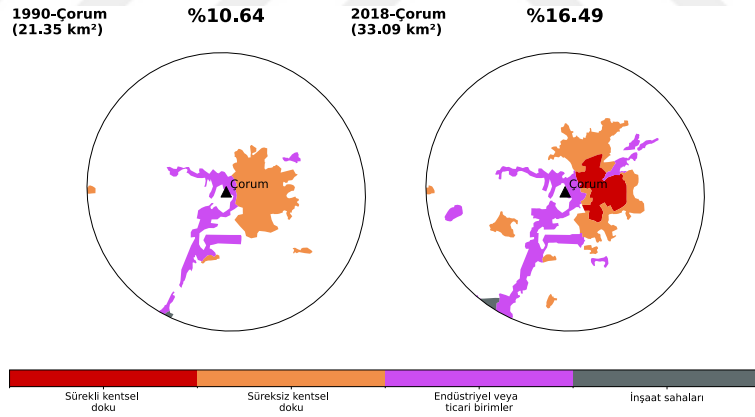
Şekil A.13 : Şanlıurfa ve Diyarbakır Meydan istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



Şekil A.14 : Mersin ve Adana istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



Şekil A.15 : İskenderun ve Antakya istasyonlarının 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



Şekil A.16 : Çorum istasyonunun 8 km yarıçaplı dairesel etki alanının içerisindeki şehrsel alanların 1990-2018 yılları arasındaki değişimi.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Davut Enes TÜRKMEN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- TUBİTAK PROJESİ / Ekstrem Rüzgâr ve Yağmur Koşullarında İstanbul Boğazı Akıntısı ile Marmara Denizi'ne Dağılan Kısa Süreli /Sporadik Besin Tuzu Yüğü ve Müsilaj Oluşumuna Etkisi başlıklı çalışmada, atmosferik modelinin ihtiyaç duyulan parametrelerini görselleştirerek ve analiz ederek meteorolojik destek sağlanması (İstanbul 10.2021-01.2022).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Van Ferit Melen Havaalanı (Van, 2022-)

YÜKSEK LİSAN TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Türkmen, D. E., & Önel, B. (2023).** The Contribution of Urbanization to the Current Temperature Trend in Türkiye. *International Graduate Research Symposium*, May 2023, İstanbul, Türkiye
- **Türkmen, D. E., & Önel, B. (2023).** The Contribution of Urbanization to the Current Temperature Trend in Türkiye (No. EMS2023-341). *Copernicus Meetings*.