



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

DENİZLİ İLİ KENT MERKEZİNDEKİ
YER YÜZEYİ SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİNİN
LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK
ÇOK ZAMANLI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE ÇALHAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**DENİZLİ İLİ KENT MERKEZİNDEKİ
YER YÜZEYİ SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİNİN
LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK
ÇOK ZAMANLI İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE ÇALHAN

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Emre ÇALHAN tarafından Doç. Dr. Emre ÖZELKAN yönetiminde hazırlanan ve 31/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Denizli İli Kent Merkezinde 1984-2021 Yılları Arasındaki Yüzey Sıcaklıkları Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Çok Zamanlı İncelenmesi” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

(Danışman)

Prof. Dr. Kürşad DEMİREL

Doç. Dr. Önder GÜRSOY

.....

.....

.....

Tez No : 10496475

Tez Savunma Tarihi : 31/08/2022

.....

Doç. Dr. Yener PAZARCIK
Enstitü Müdürü

../.../2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Emre ÇALHAN

31/08/2022

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Emre ÖZELKAN'a bitmek tükenmek bilmeyen inancı, anlayışı, çalışmanın tamamlanabilmesi için harcadığı emek, verdiği destek ve yönlendirmeler için çok teşekkür ederim. Bu çalışmanın kendisi olmadan tamamlanabilmesi mümkün değildi şüphesiz.

Ardından sevgili Annem Gülhergün ATALAY, Babam Vedat ÇALHAN ve canım Kardeşim Şevval ÇALHAN'a yaşamım boyunca bana duydukları güven, verdikleri emek ve maddi manevi destekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Bu vesileyle Çanakkale yıllarımda farklı dönemlerde aynı çatıyı, aynı yemeği paylaştığımız; Zeki Fırat ÇETİNKAYA, Raşit KESİCİOĞLU, Hasan Fehmi ŞAHİN, Eda ŞENGEL, Selcan ÇEPNİ NALBANTOĞLU, Sezgin Sabri NALBANTOĞLU, Buket YAĞCIOĞLU, Melis KOCAMAN, Şeyma Nur YAZ'a ve onlarla birlikte, yazmakla nihayete erdiremeyeceğim, Çanakkale'de hayatıma (iyi ya da kötü) dokunmuş ve beni insan olarak geliştirmiş (Pepper, Curry ve Momo dahil olmak üzere) herkese çok teşekkür ederim.

Her daim yanımda olan ve olacak olan, varlığını ve desteğini hiç esirgemeyen çocukluk arkadaşım, canım dostum Cemile Büşra BOZOĞLU'na her şey için çok teşekkür ederim.

Son olarak, verdiği büyük destek ve motivasyonla bu çalışmanın tamamlanabilmesinde benim için büyük payı olan biricik dostum Tuğçe SEZGİN'e; arkadaşlığı, desteği, varlığı, bana kattıkları ve hayatıma ışık olduğu için çok teşekkür ederim.

Emre ÇALHAN
Çanakkale, Ağustos 2022

ÖZET

DENİZLİ İLİ KENT MERKEZİNDEKİ YER YÜZEYİ SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ÇOK ZAMANLI İNCELENMESİ

Emre ÇALHAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

31/08/2022, 56

Bu çalışmada, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak Denizli İli kent merkezinde 1984-2021 yılları ağustos aylarına ait toplamda 30 adet Landsat uydu görüntüsü üzerinden Yer Yüzey Sıcaklıklarının (YYS) gelişimi gözlenmiştir. Üretilen YYS değerleri, çalışma alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonu tarafından kaydedilmiş saatlik hava sıcaklık verileriyle ilişkilendirilmiştir. YYS değerlerinin arazi örtüsü ve kullanımı ile ilişkisi Normalize Fark Yapılaşma İndisi (NDBI) ve Normalize Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) aracılığıyla incelenmiştir. Ele alınan her tarih için kent gelişimi alansal olarak gözlenmiştir. Çalışma neticesinde YYS-NDBI ilişkisinin pozitif korelasyon, YYS-NDVI ilişkisininse negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu ilişkiler ve üretilen YYS, NDBI, NDVI haritalarının incelenmesi sonucu; kent merkezinde yapılaşma alanlarının artış gösterdiği, tarım arazileri ve yeşil alanların yapılaşma alanlarına dönüştüğü ve sonuç olarak yüzey sıcaklıklarında artış görüldüğü belirlenmiştir. YYS değerleri ve meteoroloji istasyon değerleri birlikte incelendiğinde, çalışma alanındaki sıcaklıkların artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Ortalama YYS değerlerinin 1984 yılından 2021 yılına gelindiğinde 4,5°C artış gösterdiği ve bu esnada kent merkezinin yaklaşık 80km² genişlediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Landsat, Yer Yüzey Sıcaklığı, NDVI, NDBI

ABSTRACT

MULTI-TIME INVESTIGATION OF THE CHANGE OF LAND SURFACE TEMPERATURES IN DENIZLI CITY CENTER USING LANDSAT SATELLITE IMAGES

Emre ÇALHAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Risk Management of Natural Disasters

Supervisor: Assoc. Prof. Emre ÖZELKAN

31/08/2022, 56

In this study, the development of Land Surface Temperatures (LST) was observed on a total of 30 Landsat satellite images belonging to August 1984-2021 in Denizli city center using remote sensing methods. The LST values produced were associated with the hourly air temperature data recorded by the meteorology station located in the study area. The relationship of the LST values with the land cover and use was examined using the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Urban development has been observed spatially for each of the dates discussed. As a result of the study, it was determined that the LST-NDBI relationship showed a positive correlation and the LST-NDVI relationship showed a negative correlation. As a result of examining these relations and the produced LST, NDBI, NDVI maps; It has been determined that the residential areas in the city center have increased, agricultural lands and green areas have turned into residential areas, and as a result, there has been an increase in surface temperatures. When LST values and meteorology station values are examined together, it is seen that the temperatures in the study area tend to increase. It was determined that the average LST values increased by 4,5°C from 1984 to 2021, and the city center expanded by approximately 80km² during this time.

Keywords: Remote Sensing, Landsat, Land Surface Temperature, NDVI, NDBI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Uzaktan algılama	2
1.2. Elektromanyetik Spektrum	2
1.3. Termal Uzaktan Algılama	4
1.3.1. Landsat Uydu Görüntüleri	5
1.4. Yer Yüzey Sıcaklığı ve Başlıca Üretim Yöntemleri.....	7
1.4.1. Tek Pencere (Mono Window) Yöntemi.....	8
1.4.2. Bölünmüş Pencere (Split Window) Yöntemi	8
1.4.3. Tek Kanal (Single Channel) Yöntemi	8
1.4.4. Radyatif Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation)	8
1.4.5. Artis ve Carnahan Yöntemi	9

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı	16
3.2. Çalışmanın Amacı	17
3.3. Çalışmada Kullanılan Veriler	18
3.3.1. Uzaktan Algılama Verileri.....	18
3.3.2. Meteorolojik Veriler	20
3.4. Çalışmada Kullanılan Yöntem.....	20
3.4.1. Termal Bant Sayısal Değerlerinin Radyans Değerlerine Dönüşüm İşlemi	22
3.4.2. Radyans Değerlerinin Sensör Parlaklık Sıcaklık Değerlerine Dönüştürülmesi İşlemi.....	23
3.4.3. Normalize Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) Üretilmesi İşlemi.....	23
3.4.4. Bitki Örtüsü Oranının (P_v) Belirlenmesi İşlemi.....	24
3.4.5. Yer Yüzey Yayıncılığı (LSE) Değerleri Üretilmesi İşlemi.....	24
3.4.6. Yer Yüzey Sıcaklığı (YYs) Değerlerinin Üretilmesi İşlemi	24
3.4.7. Normalize Fark Yapılaşma İndisi (NDBI) Üretilmesi İşlemi.....	25
3.4.8. Doğruluk Analizi	25
3.4.9. Değerlendirme Aşaması	25

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Meteorolojik Veriler ve Üretilen YYS Verilerinin İlişkisi.....	27
4.2. Üretilen YYS, NDBI, NDVI Verilerinden Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi	28
4.3. YYS, NDBI, NDVI ve Kent Merkezinin Alansal Gelişimi İlişkilerinin Değerlendirilmesi	45

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA	51
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

YYS/LST	Yer Yüzey Sıcaklığı
NDBI	Normalize Fark Yapılaşma İndisi
NDVI	Normalize Fark Bitki Örtüsü İndisi
UI	Kentsel İndis
IBI	İndeks Tabanlı Yapılaşma İndisi
SPI	Standart Yağış İndisi
KIA/UHI	Kent Isı Adası
LSE	Yer Yüzey Yayınırlığı
TM	Tematik Haritalayıcı
MSS	Multispektral Tarayıcı
OLI	Operasyonel Arazi Görüntüleyici
TIRS	Termal Kızılötesi Sensör
MWA	Tek Pencere Algoritması
SWA	Bölünmüş Pencere Algoritması
SCA	Tek Kanal Algoritması
RTE	Işınım Transferi Denklemi
RMSE	Kök Ortalama Karesel Hata
C	Santigrat
K	Kelvin
DN	Dijital Sayı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NASA	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
WRS	Dünya Referans Sistemi
m	Metre
µm	Mikrometre
km	Kilometre
NIR	Yakın Kızılötesi
MIR	Orta Kızılötesi
ISA	Geçirimsiz Yüzey Alanı Yüzdesi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Landsat 5 TM uydusunun özellikleri	6
Tablo 2	Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun özellikleri	7
Tablo 3	Çalışmada kullanılan uydu ve ele alınan tarihler	19
Tablo 4	YYS ve meteoroloji istasyon verileri	28
Tablo 5	Ortalama YYS, NDBI ve NDVI değerleri	29



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Elektromanyetik Spektrum	3
Şekil 2	Çalışma alanı, Denizli İli kent merkezi	16
Şekil 3	MGM Denizli ili sıcaklık verileri	17
Şekil 4	İş akış diyagramı	21
Şekil 5	Meteoroloji istasyonu hava sıcaklığı ile YYS arasındaki ilişki	27
Şekil 6	Ortalama YYS, NDBI ve NDVI değerleri gelişim eğrisi	30
Şekil 7	Meteoroloji istasyonu hava sıcaklığı ve YYS zamansal değişimi	32
Şekil 8	1984-1992 YYS Haritaları	33
Şekil 9	1993-2001 YYS Haritaları	34
Şekil 10	2003-2013 YYS Haritaları	35
Şekil 11	2014-2021 YYS Haritaları	36
Şekil 12	1984-1992 NDBI Haritaları	37
Şekil 13	1993-2001 NDBI Haritaları	38
Şekil 14	2003-2013 NDBI Haritaları	39
Şekil 15	2014-2021 NDBI Haritaları	40
Şekil 16	1984-1992 NDVI Haritaları	41
Şekil 17	1993-2001 NDVI Haritaları	42
Şekil 18	2003-2013 NDVI Haritaları	43
Şekil 19	2014-2021 NDVI Haritaları	44
Şekil 20	Kent merkezi alansal gelişimi ve YYS, NDBI-NDVI ilişkileri	45
Şekil 21	1984 ve 2021 yılları kent merkezi ve sınıflandırma haritaları	46

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İnsan, sosyal bir varlıktır. İnsanlık, tarih boyunca, ülkemiz sınırları içerisinde de izlerine çoğu kez rastlayacağımız üzere, pek çok kez yerleşimler kurmuş ve bir arada yaşamlarını sürdürmüştür. İnsanların bir araya geldikleri, hayatlarını sürdürdükleri bu yerleşim alanları tarih boyunca sürekli bir gelişim ve büyüme göstermiş ve neticede bugün yaşadığımız şehirlere dönüşmüştür (Başar, 2008). Kentler ve yerleşim yerleri, bu değişim ve gelişim esnasında çevresinde bulunan arazi ile çeşitli ilişkilerde bulunmuş, çoğunlukla onları kendi yapısına katarak değiştirmiştir (Sun ve Zhao, 2018). Yerleşim alanlarındaki yapı elemanları, içerisinde asfalt, beton, çatı malzemeleri, metal gibi malzemeler barındırırlar ve bu malzemeler yapıları gereği kendilerine gelen ısıyı tutmaya yönelik davranış gösterirler (Stone ve Rodgers, 2001). Bölgedeki arazi kullanımında ısıyı tutan elemanların artışı yönündeki değişimler neticesinde yerleşim alanı ve çevresindeki alan iklimi, sıcaklıkları da kendine has değişimlere uğramaktadır (Oke, 1995).

Kentleşmenin artışı ve arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin uzaktan algılama yöntemleri aracılığıyla belirlenebilen Yer Yüzey Sıcaklığı (YYSS) değerleri üzerinde etkisi vardır (Bayar ve Karabacak, 2017; Tan vd., 2020). Yer yüzey sıcaklıkları; kentlerimiz ve çevresindeki alanların sıcaklıklarındaki değişimleri, kentsel ısı adalarını, kuraklıkları ve daha pek çok etkeni incelemek, alınan sonuçları yorumlamak ve çıkarımlar yapabilmek için kullanılan önemli bir parametredir (Gökdemir, 2020; Sekertekin vd., 2015). Uzaktan algılama yöntemleri, arazi örtüsü ve yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi ve takibi için; maliyet, ulaşım, geniş ölçekli alanlarda çalışılabilme ve farklı bakış açılarına imkân sunması bakımından avantajlı konumdadır (Özelkan vd., 2018; Sekertekin ve Arslan, 2019).

Küresel iklim değişikliği özellikle son yıllarda insanların dikkatini ve ilgisini çekecek doğa olaylarına sebebiyet vermektedir. Yerleşim alanları ve içerisinde barındırdığı canlılar, pek çok açıdan bu olağandışı iklim ve doğa olaylarına karşı savunmasızdırlar (Hu vd., 2016). Kentlerin ve içerisinde yaşamlarını sürdüren insanların bu nedenle, şehrin ve çevresinde yer alan arazi örtüsünün kendine has iklim özelliklerindeki değişimleri gözlemeleri ve

gerektiğinde olumsuz gidişin önüne geçmek için neler yapılabileceğini tartışmaları gerekmektedir (Dale vd., 2000).

Bu çalışmada Denizli İli kent merkezinin 1984-2021 yılları ağustos aylarına ait uydu görüntüleri üzerinden kent in alansal gelişimi, yer yüzey sıcaklıkları ve arazi örtüsü değişimleri uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak belirlenmiş ve birbirleri ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Çalışma için, 1984-2021 yılları ağustos ayları içerisinde, çalışma alanının bulutsuz olduğu toplamda 30 adet Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü belirlenmiş ve çalışmalar bu görüntüler üzerinden yürütülmüştür. Çalışma alanı içerisinde bulunan meteoroloji istasyonuna ait hava sıcaklıkları ve üretilen yer yüzey sıcaklıkları değerlerinin arasındaki uyum incelenerek doğruluk analizi yapılmıştır.

1.1. Uzaktan algılama

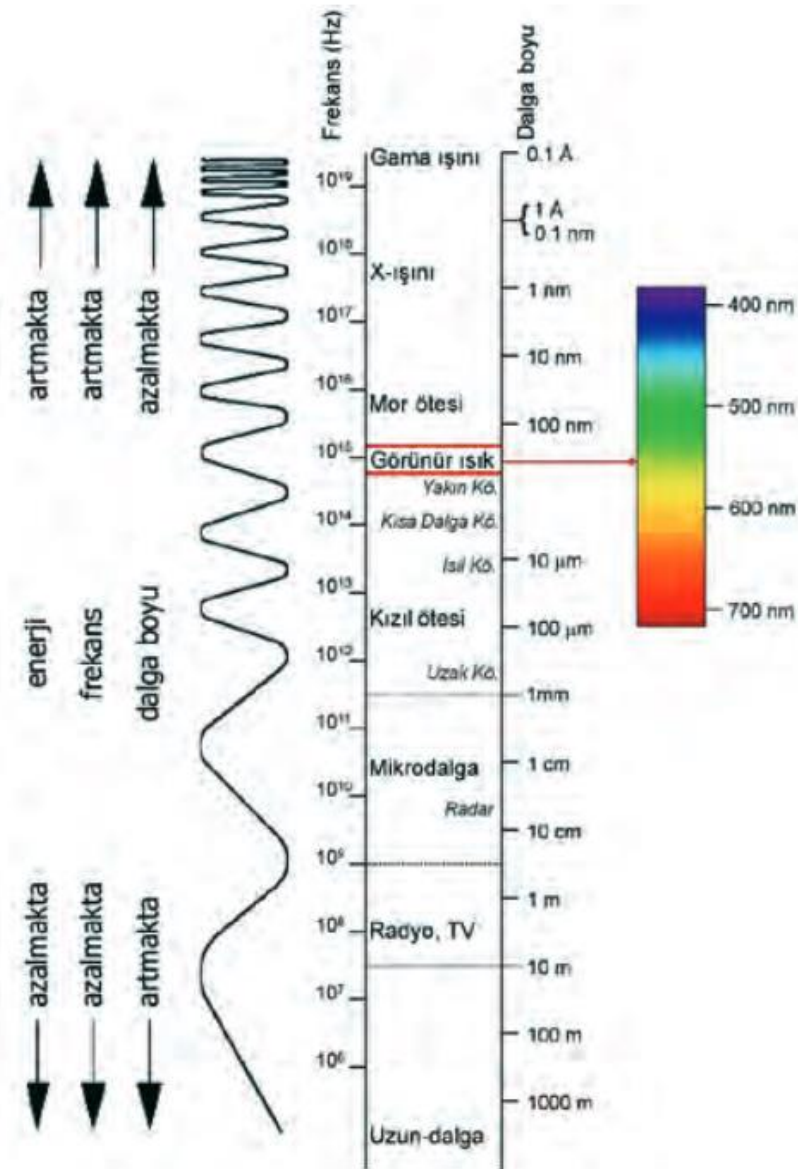
Uzaktan algılama, nesnelere fiziksel temas etmeksizin yerden, havadan veya uzaydan nesnelere spektral yansıma özelliklerini kullanarak onlar hakkında bilgi edilmesidir (Özelkan, 2008). Bu nedenle uzaktan algılama yapılarında bulunan sensörler, uygulama alanlarına göre elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerini ele almak üzere tasarlanırlar (Frauenfelder, 2021).

Uzaktan algılama yöntemleri kullanıcılarına, yüksek çözünürlüklü ve pek çok spektrumu barındıran görüntüler sağlaması, verilerin geçmiş zamanlara uzanabilmesi sayesinde çok zamanlı çalışma imkânı sunması, üretilen görüntülere kolay ulaşım imkanlarının bulunması ve meteoroloji, tarım, jeoloji, coğrafya gibi pek çok alanda kullanıma imkân sağlaması açısından düşünüldüğünde oldukça avantajlı bir yöntemdir (Başar, 2008).

1.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum bir ölçüttür. Dalga boyları ve frekanslarına göre elektromanyetik spektrumun bir alanda ifade elektromanyetik radyasyon; mikrodalga, radyo, görünür, kızılötesi, morötesi gibi bölümlendirmelerle ifade edilir (Şekil 1). Cisimler, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında kendilerine özgü bir yansıtım yaparlar

(Ciğerci, 2021). Nesnelerin spektral imzası olan bu yansıtım değerleri, çalışmada kullanılacak spektrum aralığını belirlemekte önemlidir. Uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan gözlemlerde özellikle 0.3-15 μ m spektral aralıktaki bölge ve 1-1000 μ m aralığındaki mikrodalga bölgeleri kullanılmaktadır (Sunar vd., 2018). Elektromanyetik spektrumun Görünür Işık, Yakın Kızılötesi, Kısa Dalga Kızılötesi bölgesi bitki örtüsü ve toprak yapısını incelemek üzere yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Görünür Işık ve Yakın Kızılötesi bölgesi ise suyun incelendiği çalışmalarda kullanılmaktadır. Termal çalışmalarda ise 3-5 μ m ile 8-14 μ m aralıklarında bulunan bölgeler kullanılmaktadır.



Şekil 1. Elektromanyetik Spektrum (Sunar vd., 2018)

1.3. Termal Uzaktan Algılama

Termal uzaktan algılama sistemleri, elektromanyetik spektrumun 3-5 μm ile 8-14 μm dalga boyları aralıklarında bulunan termal kızılötesi bölgesinden veri edinmeye uygun sensörler kullanırlar ve bu sayede başarılı biçimde yer yüzey sıcaklıkları hesaplamaları yapılabilmektedir (Dağlıyar vd., 2015). Cisimler kızılötesi bölgede, içerisindeki moleküllerin kinetik enerjisi nedeniyle ve mutlak sıfır üzerindeki bir sıcaklığa sahip olduğu durumlarda elektromanyetik enerji yaymaktadır ve Kara Cisim Işınması bu kinetik enerjilerin yaptıkları ışınmayı açıklamak için kullanılmaktadır (Sunar vd., 2018).

Kara Cisim Işınması, bir cismin kendisinde mevcut olan sıcaklık ölçüsünde elektromanyetik ışın yayması olarak ele alınabilir. Kara Cisim ışınmasını açıklamakta kullanılan farklı yasalar bulunmaktadır. Bunlar; Planck Işınım Yasası, Stefan Boltzman Yasası, Wien Yer Değiştirme Yasası ve son olarak Kirchoff Işınım yasasıdır (Ciğerci, 2021). Bu çalışmada YYS hesaplamakta kullanılan Artis & Carnahan yöntemi Kara Cisim Işınması ile çalışmakta ve Planck ve Boltzman sabitlerini içerisinde barındırmaktadır.

İçerisinde termal bantları barındıran ve görsel üreten birçok uydu sistemi bulunmaktadır. Landsat, MODIS, ASTER, Sentinel bu sistemlerden bazılarıdır. Bu çalışmada oluşturulan YYS görüntüleri Landsat görüntülerinin termal bantlarından üretilmiştir.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), 0.405-14.385 μm aralığında 36 farklı spektral banda sahiptir ve Terra ve Aqua uydu sistemlerinin içerisinde bulunan bir enstrümandır. MODIS; bant 1 ve 2 için 250m, bant 3-7 için 500m ve bant 8-36 için 1000m mekânsal çözünürlük sağlamaktadır. İçerisinde 20-25 ve 27-36 bantlarında bulunan toplamda 16 adet termal bant bulunmaktadır ve bunlar 3.66-14.385 μm spektral aralığında çalışmaktadır.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), 0.52-11.65 μm aralığında 14 farklı spektral banda sahiptir ve Terra uydu sistemi içerisinde yer alan bir enstrümandır. ASTER; bant 1-3 için 15m, bant 4-9 için 30m ve bant 10-14 için 90m mekânsal çözünürlük sağlamaktadır. İçerisinde 10-14 arasında bulunan toplamda 5 adet

termal bant bulunmaktadır ve bunlar 8.125-11.65µm spektral aralığında çalışmaktadır. ASTER; bitki, toprak, hidroloji, jeoloji, ekosistem ve yer yüzey değişimleri gibi pek çok alanda kullanıma imkân sağlamaktadır.

Sentinel-3 SLSTR, Copernicus uygulaması için Avrupa Dünya Gözlem uydu görevi tarafından geliştirilmiştir. Sentinel-3 uydusu üzerinde yer alan SLSTR enstrümanının temel görevi deniz ve karalar üzerinde yüzey sıcaklıklarını yüksek doğrulukla tespit etmek üzerinedir. 0.55-12µm spektral aralığında 9 adet banda sahiptir. İçerisinde yer alan S7, S8, S9, F1 ve F2 bantları 3.742-10.85µm spektral aralığında çalışmaktadır ve 1000m mekânsal çözünürlüğe sahiptir.

1.3.1. Landsat Uydu Görüntüleri

Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi NASA tarafından geliştirilen Landsat 5 uydusu 1 Mart 1984 yılında yörüngeye fırlatılmıştır. Landsat 5 uydusu içerisinde Multispektral Tarayıcı (MSS) ve Tematik Haritalayıcı (TM) sensörleri barındırır. MSS sensörlerinin global ölçekte 1999 yılında kullanımını sona ermiş fakat sonrasında 2012-2013 yılları arasında yaklaşık 6 aylık kısa bir dönemde veri paylaşımına devam etmiştir. TM sensörleri ise 1984 yılından 2011 yılı sonlarında arızalanana kadar kullanımda kalmıştır. Günde 14 yörüngede dünya çevresini dolanan Landsat 5 uydusu, her döngüsünü 99 dakikada tamamlamaktadır. Dünya Referans Sistemi-2'yi (WRS-2) kullanan Landsat 5 uydusu, rota/sıra (path/row) sistemi ile çalışarak aynı noktaya her 16 günde bir uğramaktadır.

Çalışmada da verilerinden yararlanan Landsat 5 TM uydusunun barındırdığı bantlar ve özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Tabloda belirtilen 6 numaralı termal bant Landsat tarafından 120m mekânsal çözünürlükte sunulurken, USGS tarafından 30m mekânsal çözünürlükte sunulmaktadır ve çalışmada da bu şekilde kullanılmıştır.

Tablo 1

Landsat 5 TM uydusunun özellikleri

Sensör	Bant	Dalga boyu (μm)	Mekânsal çözünürlük (m)
Thematic Mapper (TM)	Bant 1 Mavi (Blue)	0.45-0.52	30
	Bant 2 Yeşil (Green)	0.52-0.60	30
	Bant 3 Kırmızı (Red)	0.63-0.69	30
	Bant 4 Yakın kızılötesi (NIR)	0.76-0.90	30
	Bant 5 Yakın kızılötesi (NIR)	1.55-1.75	30
	Bant 6 Termal (Thermal)	10.4-12.5	120/30
	Bant 7 Orta kızılötesi (MIR)	2.08-2.35	30

Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi NASA tarafından geliştirilen bir diğer model olan Landsat 8 OLI/TIRS, 11 Şubat 2013'te yörüngeye fırlatılmıştır. Landsat 8 uydusu içerisinde Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) barındırmaktadır. Landsat 8 uydusu halen aktif görevine devam etmektedir. Landsat 5 gibi her 99 dakikada bir dünyayı dolaşan Landsat 8 uydusu, günde yaklaşık 740 görüntü üretmektedir. Yine Landsat 5 uydusu gibi Landsat 8 uydusu da WRS-2 sistemini kullanmakta ve aynı noktalara 16 günde bir uğramaktadır.

Çalışmada da verilerinden yararlanılan Landsat 8 OLI-TIRS uydusunun barındırdığı bantlar ve özellikleri Tablo 2'de belirtilmiştir. Tabloda belirtilen 10 ve 11 numaralı termal bant Landsat tarafından 100m mekânsal çözünürlükte sunulurken, USGS tarafından 30m mekânsal çözünürlükte sunulmaktadır ve çalışmada da bu şekilde kullanılmıştır.

Tablo 2

Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun özellikleri

Sensör	Bant	Dalga boyu aralığı (μm)	Mekânsal çözünürlük (m)
Operational Land Imager (OLI)	Bant 1 Kıyı aerosolü	0.45-0.52	30
	Bant 2 Mavi	0.52-0.60	30
	Bant 3 Yeşil	0.63-0.69	30
	Bant 4 Kırmızı	0.76-0.90	30
	Bant 5 Yakın kızılötesi	1.55-1.75	30
	Bant 6 Kısa dalga kızılötesi-1	10.4-12.5	30
	Bant 7 Kısa dalga kızılötesi-2	2.08-2.35	30
	Bant 8 Pankromatik	0.5-0.68	15
	Bant 9 Sirüs	1.36-1.38	30
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bant 10 Termal-1	10.6-11.19	100/30
	Bant 11 Termal-2	11.5-12.5	100/30

1.4. Yer Yüze Sıcaklığı ve Başlıca Üretim Yöntemleri

Yer Yüze Sıcaklığı (YY S/LST), termal uydu görüntüleri kullanılarak yer kabuğu üzerinde yer alan elemanların yüze sıcaklıklarının değerlerini ifade etmektedir. YY verileri, yer yüzeyindeki değişimleri gözlemek ve bu değişimleri yorumlamak için çok önemli bir parametredir (Şekertekin vd., 2015). YY verilerini, uzaktan algılama yöntemleri aracılığıyla, farklı zaman dilimleri ve geniş alanlarda başarılı biçimde hesaplayarak yaşam alanlarımızın zamansal ve mekânsal değişimlerini görebilmekte ve anlamlandırabilmekteyiz.

YY verilerini üretebilmek için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan başlıcaları; Tek Pencere (Mono Window), Bölünmüş Pencere (Split Window), Tek Kanal

(Single Channel), Radyatif Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation) ve Artis & Carnahan Yöntemidir.

1.4.1. Tek Pencere (Mono Window) Yöntemi

2001 yılında Qin, Karnieli ve Berliner tarafından geliştirilen yöntem, üç farklı parametreye ihtiyaç duymaktadır. Bunlar; Efektif Ortalama Atmosferik Sıcaklık, Yer Yüzey Yayıncılığı (LSE) ve Atmosferik Geçirgenlik değerleridir. Başlangıçta Landsat TM uyduları için ele alınan bu yöntem daha sonra 2015 yılında Wang, Qin ve diğerleri tarafından Landsat 8 OLI/TIRS uyduları için tekrar geliştirilmiştir (Qin, Karnieli ve Berliner, 2001; F. Wang vd., 2015).

1.4.2. Bölünmüş Pencere (Split Window) Yöntemi

1975 yılında McMillin tarafından okyanus yüzey sıcaklıklarını gözlemek için önerilen yöntem, sonrasında 1984 yılında Price tarafından YYS verileri üretiminde kullanılmıştır (McMillin, 1975; Price, 1984). Bu yöntemde başarılı sonuç elde etmek için LSE ve Atmosferik Geçirgenlik değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır (L. Wang vd., 2019).

1.4.3. Tek Kanal (Single Channel) Yöntemi

Tek Kanal Yöntemi, sadece LSE ve Atmosferik Su Buhari İçeriği parametreleriyle çalışmasıyla Tek Pencere Yönteminden ayrılmaktadır ve bu yöntemde Atmosferik Geçirgenlik parametresine ihtiyaç duyulmaması bu parametre kaynaklı hatalardan kaçınmayı sağlamaktadır (L. Wang ve diğerleri, 2019). Jiménez-Muñoz ve Sobrino tarafından 2003 yılında keşfedilen, sonrasında 2009 ve 2014 yıllarında geliştirilen bir yöntemdir (Jimenez-Munoz vd., 2009; Jimenez-Munoz, vd., 2014; Jiménez-Munoz ve Sobrino, 2003).

1.4.4. Radyatif Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation)

Bu yöntemde YYS üretebilmek için Radyatif Transfer Denklemi'nin (RTE) tersi işlem yapmak gerekmektedir. Termal sensör üzerindeki parlaklık değerlerinden YYS

verileri elde edilmektedir. RTE yöntemi; Atmosferik Geçirgenlik, Yükselen ve Alçalan Işınım Değerleri atmosferik parametrelerine ihtiyaç duyan bir yöntemdir. Ayrıca Kara Cisim Işınması Modeli sabitlerinden Planck ve Boltzman sabitleri de denklem içerisinde yer almaktadır.

1.4.5. Artis ve Carnahan Yöntemi

1982 yılında Artis ve Carnahan tarafından geliştirilen yöntem, kullanım kolaylığı ve atmosferik parametrelere ihtiyaç duymaması sayesinde diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Yöntem, LSE ve Kara Cisim Işınması Modeli sabitlerinden Planck ve Boltzman sabitlerini kullanmakta ve başarılı sonuçlar elde etmektedir (Artis ve Carnahan, 1982).

Bu çalışmada Yer Yüzey Sıcaklığı hesaplamasında kullanılan Artis & Carnahan Yöntemi için denklem şu şekildedir:

$$T_s = \frac{T_b}{T_b \times \frac{\lambda}{a} \times \ln(LSE) + 1} \quad (1.1)$$

Bu denklemde; T_s : Kelvin cinsinden Yer Yüzey Sıcaklığı değerini, T_b : Sensör Parlaklık Sıcaklık değerini, λ : Landsat 5 TM için 11,45 μ m ve Landsat 8 OLI/TIRS için 10,895 μ m değerini, LSE: Yer Yüzey Yayınlılığı'nı ifade eder. Denklemde bulunan "a" ifadesinin açılımı ise şu şekildedir; $a: h \times c / K(1.438 \times 10^{-2} \text{mK})$, h: Plank Sabiti (6.26×10^{-34} J/K), c: Işık Hızı (2.998×10^8 m/s), K: Boltzman Sabiti (1.38×10^{-23} J/K).

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2021 yılında Çanakkale’de yapılan çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak 1984-2020 yılları arasındaki uydu görüntülerinden Kent Isı Adası (KIA/UHI) verileri üretilmiştir. Yer Yüzey Sıcaklıklarını belirlemek için 4 farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemler Artis & Carnahan yöntemi, Işınım Transferi Denklemi (RTE), Tek Kanal Algoritması (SCA) ve Tek Pencere Algoritmasıdır (MWA). Çalışma için kontrollü sınıflandırma yöntemiyle arazi kullanımları belirlenmiştir. Çalışma neticesinde kentleşmede artış görülürken yeşil alanların ise azaldığı belirlenmiştir. Çıplak arazi ve kent alanların sıcaklık değerleri daha yüksek olarak belirlenirken yeşil alanlardaki sıcaklık değerlerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma alanının bulunduğu bölgede ormanlık alanların bulunması, rüzgârlı bir alan olması ve kıyı kesiminde yer alması neticesinde sıcaklık değerlerinin beklenti ölçeğine göre düşük olduğu görülmüştür. Yüzey sıcaklıkları üretmekte kullanılan denklemlerde ulaşılan sonuçların benzer oldukları belirlenmiştir (Türkyılmaz, 2021).

Fas Saiss Ovası’nda 2021 yılında gerçekleştirilen çalışmada arazi örtüsü ve kullanımlarındaki değişim ve yüzey sıcaklıkları ilişkileri incelenmiştir. Çalışma için 2019 yılına ait her aydan birer; 1988, 1999, 2009 yılları için ikişer adet uydu görüntüsü olmak üzere toplamda 18 adet uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışma sonucu arazi örtüsü ve kullanımlarında büyük değişimler görülmüştür. Ekilebilir araziler ve meraların kentleşmeye ve ağaçlandırmaya maruz kaldıkları belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıkları ve NDVI ilişkisinin negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Arazi örtüsü ve kullanımlarındaki değişimin yüzey sıcaklıklarına etkisi görülmüştür (Garouani vd., 2021).

Yoğun yapılaşma görülen İstanbul’da 2021 yılında yapılan çalışmada kentleşme ve yüzey sıcaklıkları ilişkisi Sıcak Alan analizi aracılığıyla ele alınmıştır. 2009 ve 2017 yılları haziran, temmuz ve eylül aylarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinden NDVI, Kentsel İndis (UI) ve Tek Pencere Algoritması ile YYS verileri üretilmiştir. Arazi örtüsü ve kullanımlarını belirlemek için maksimum benzerlik yöntemi uygulanmıştır. KIA etkisinin belirlenmesi ve yerleşim alanlarının etkilerini hesaplamak adına YYS, NDVI ve UI verilerine Sıcak Alan analizi uygulanmıştır. Çalışma neticesinde yerleşim alanlarının yüksek

sıcaklık değerleri gösterdiği, yeşil ve sulak alanlarda ise daha düşük sıcaklık değerleri görüldüğü belirlenmiştir (Ciğerci, 2021).

Nijerya Gombe’de 2021 yılında gerçekleştirilen çalışmada YYS değerleri NDBI, NDVI ve NDMI indisleri ile ilişkilendirilmiştir. Çalışma için belirlenen 2019 yılının ocak, mayıs ve eylül aylarına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde YYS-NDBI ilişkileri pozitif korelasyon gösterirken, YYS-NDVI ve YYS-NDMI ilişkileri ise negatif korelasyon göstermiştir (Abdulkadir, 2021).

2021 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan çalışmada farklı uydu sistemlerinin sunduğu YYS ürünleri değerlendirilmiştir. Çalışmada tarım alanları üzerine yapılan değerlendirmelerde ECOSTRESS, GOES-R, Landsat Provisional, Sentinel-3 ve yaygın olarak kullanılan MOD11A1, MYD11A1, MYD21A1 ve VNP21A1 ürünleri kullanılmış ve üretilen değerler incelenmiştir. Çalışma zamanları için 2018 ve 2019 yıllarında tarım ürünlerinin büyüme zamanları seçilmiştir. Elde edilen veriler ışığında tüm modeller değerlendirilmiş ve MOD11A1 ile MYD11A1 modellerinin göreceli olarak tarım çalışmaları için uygun olabileceği belirlenmiştir (Li vd., 2021)

2020 yılında Afyonkarahisar’da yapılan bir çalışmada, bölgede gerçekleştirilen proje kapsamında artış gösteren yapay su alanlarının YYS değerlerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada 2004 ve 2019 yılları arasındaki yaz aylarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. YYS verileri üretmek için RTE yöntemi kullanılmıştır. Çalışma neticesinde, belirlenen alanlarda sıcaklıkların düşüş gösterdikleri ve yapay su alanlarının çevresinde soğuma etkisi yarattığı belirlenmiştir (Gökdemir, 2020).

Muş ilinde 2020 yılında yapılan çalışmada YYS verilerinin tespit edilmesi üzerine çalışılmıştır. YYS üretiminde kullanılmak için 1990, 1995, 2000, 2005, 2011 yıllarına ait Landsat 5 TM ve 2015, 2019 yıllarına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde yeşil alanlarda yüzey sıcaklıklarının düştüğü gözlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının artış trendinde olduğu ve her yıl yaklaşık 0,3°C sıcaklık artışları gözlendiği belirlenmiştir (Mercan, 2020).

2020 yılında Hindistan Bengal şehrinde yapılan çalışmada, arazi örtüsü ve kullanımlarındaki değişimler ve YYS verileri ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Çalışma için belirlenen 1990 ve 2016 yıllarının kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinden 1'er görüntü olmak üzere toplamda 6 adet Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü kullanılmıştır. Arazi örtüsü ve kullanımlarını belirlemek için maksimum benzerlik yöntemi kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma neticesinde kentleşmenin artarken yeşil alanların azaldığı belirlenmiştir. YYS görüntüleri üzerinde yapılan Sıcak Alan analizinde ise kent alanlarında sıcaklıkların yüksek olduğu ve kümelendikleri görülmüştür. Sıcak Alan analizi belirlenen tarihler için değerlendirildiğindeyse her mevsimde sıcaklık kümelenmelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Das ve Angadi, 2020).

Denizli'de 2020 yılında yapılan çalışmada, kent merkezi yakınlarında bulunan Gökpınar Baraj Gölü'nün hissedilen sıcaklık değerlerine olan etkisi, çalışma alanı çevresinde yer alan meteoroloji istasyon verileri aracılığıyla incelenmiştir. Çalışma neticesinde hissedilen sıcaklık değerlerinin artış gösterdiği fakat söz konusu değişimin 2002 yılında faaliyete geçen baraj gölünden kaynaklanan bir değişim olmadığı ve sıcaklık artışlarının iklimsel etkiler sebebiyle artış gösterdiği belirlenmiştir (Akşit ve Duman, 2020).

Zonguldak metropolitan alanı için 2019 yılında yapılan çalışmada 24 Mayıs 2017 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılarak üretilen YYS değerleri ile arazi örtüsü ve kullanımının etkileşimi incelenmiştir. Arazi örtüsü ve kullanımını belirlemek için maksimum benzerlik yöntemi kullanılarak sınıflandırma yapılmış, YYS değerleri üretiminde ise MWA kullanılmıştır. YYS değerleri ile oluşturulan sınıflar değerlendirildiğinde yeşil alanlarda düşük sıcaklıklar gözlenirken yerleşim yerleri ve boş alanlarda daha yüksek sıcaklıklar gözlenmiştir (Şekertekin ve Marangoz, 2019).

Adana Ceyhan'da 2019 yılında yapılan çalışmada YYS verileri RTE yöntemi ile belirlenmiştir. YYS üretebilmek için 2018 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu verisi kullanılmış, verilerin doğruluğu MODIS YYS verileri ile karşılaştırılmıştır. İlişkilendirme neticesinde korelasyon katsayısı R değerinin 0,91, RMSE değerinin ise 3,93 olduğu belirlenmiştir. Çalışmada YYS hesaplamalarında RTE yönteminin kullanılabilirliği ve ulaşılan sonuçların doğruluğu değerlendirilmiştir (Şekertekin, 2019).

2019 yılında Hindistan Hoshangabad'da yapılan çalışmada YYS, NDVI, NDBI verilerinin ilişkileri incelenmiştir. Çalışmada 2016 yılının ocak, mayıs ve ekim aylarına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen verilerin ilişkilendirilmesi sonucu; YYS-NDBI ilişkisinde her tarih için yüksek pozitif, YYS-NDVI ilişkisinde her tarih için yüksek negatif, NDVI-NDBI ilişkisinde her tarih için yüksek negatif korelasyon elde edilmiştir (Malik vd., 2019).

2018 yılında İtalya'nın Floransa ve Napoli şehirlerinde yapılan çalışmada 2016 yılının temmuz aylarına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü üzerinden üretilen YYS değerleri NDBI ve NDVI indisleriyle ilişkilendirilmiştir. Tespit edilen KIA değerleri ve ortalama YYS değerleri incelendiğinde ısı adası bulunan yerlerde, ısı adası bulunmayan yerlere göre yüzey sıcaklıklarında yaklaşık 3°C'lik farklar gözlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde insan faaliyetleri, yapılaşma ve yeşil alanlardaki azalmalar nedeniyle en çok ısınan bölgelerin ısı adası bölgeleri olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada YYS-NDBI ilişkisi pozitif korelasyon gösterirken YYS-NDVI ilişkisi negatif korelasyon göstermiştir fakat KIA bölgelerinde bu ilişkilerin zayıfladığı belirlenmiştir (Guha vd., 2018).

2018 yılında California Los Angeles ve çevresini incelemek üzerine yapılan çalışmada ASTER ve MODIS uydu sistemleri aracılığıyla farklı çözünürlüklerde YYS değerleri incelenmiştir. İnceleme için Uzaysal ve Zamansal Uyarlamalı Yansıma Füzyon Modeli kullanılmış ve modelin küçültme etkisinin farklı çözünürlük değerleri ile ilişkisi incelenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Kent alanlarının yüksek sıcaklık verdiği ve daha açık tonlar gösterdiği belirlenirken, dağlık arazilerin düşük sıcaklıklar ve daha karanlık tonlar gösterdiği belirlenmiştir. Kullanılan modelin Kentsel Isı Adalarının mevsimsel değişimleri ve takibi, çalışma alanına ait enerji bütçelerinin değerlendirilmesi ve sıcaklık ile epidemiyoloji ilişkilerinde kullanılabilir veriler ürettiği belirtilmiştir (Liu ve Weng, 2018).

2016 yılında İstanbul Aksaray Meydanı ve yakın çevresi üzerine yapılan çalışmada KIA etkilerinin azaltılması için kentsel tasarım çerçevesinde neler yapılabileceği ele alınmıştır. Çalışmada KIA etkisi albedo, bitki örtüsü, geometri ve antropojenik ısı parametreleri kullanılarak ele alınmıştır. Çalışma alanında bulunan bitki örtüsü etkisi alan yerel yönetimlerinden edinilen renkli solar radyasyon haritaları ile, geometri etkisi arazi kesitleri ve bölgenin rüzgâr analizleri ile, antropojenik ısı ise alanda bulunan hava kalitesi

izleme istasyon verileri aracılığıyla sağlanmıştır. Bölgede o dönem gerçekleştirilen kentsel tasarım çalışmalarının etkinliğini ölçmek adına yine bu parametreler kullanılmıştır. Çalışma neticesinde alanda gerçekleştirilen kentsel tasarım çalışmalarının bölgedeki albedo değerlerini artırma yönünde gerçekleştiği ve diğer parametrelerin de alandaki KIA etkisini önleyemeyeceği belirlenmiştir (Ekinci, 2016).

İstanbul'da 2014 yılında yapılan çalışmada 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü kullanılarak YYS değerleri üretilmiş ve yapılaşma alanları ile ilişkilerine bakılmış, sonrasında KIA oluşumları incelenmiştir. Yapılaşma alanlarını belirlemek için İndeks Tabanlı Yapılaşma İndisi (IBI) kullanılmıştır. YYS-IBI ilişkisi incelendiğinde pozitif korelasyon görülürken yapılaşma alanlarındaki artışın KIA oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir (Balçık, 2014).

2013 yılında Hindistan'ın Uttara Kannada bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada yüzey sıcaklıkları ve arazi örtüsü ve kullanımları ilişkisi incelenmiştir. Çalışma için 1989, 1999, 2009 yıllarının mart aylarına ait Landsat 5 TM (1989 ve 1999) ve Landsat 7 ETM+ (2009) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma neticesinde yüzey sıcaklıklarında özellikle son on yıllık dönemde ciddi artışlar görülmüştür. Yeşil alanlar ve yüzey sıcaklıkları arasında negatif korelasyon belirlenmiştir (Setturu vd., 2013).

2011 yılında Muğla için yapılan bir çalışmada YYS değerleri, NDVI indisi ve meteoroloji istasyonlarından alınan Standart Yağış İndeksi (SPI) verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma için belirlenen 1985 ve 2010 yılları arasından belirlenen 5 tarih için Landsat 5 TM uydu görüntüleri elde edilmiştir. SPI verileri ise 1965 ve 2010 yıl aralığı için 3 farklı meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Çalışma neticesinde YYS-NDVI arasında negatif korelasyon görülmüştür. Çalışmada ele alınan süre çerçevesinde görülen negatif korelasyonun kuraklığa işaret ettiği, meteoroloji istasyonlarından edinilen SPI verileri ile doğrulanmıştır (Özelkan vd., 2011).

Çin Quanzhou Bölgesi'nde 2009 yılında yapılan çalışmada 1987, 1996 ve 2006 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada yerleşim alanının gelişimi ve bölgedeki KIA alanları incelenmiştir. Kent gelişimini izlemek üzere IBI kullanılmıştır. Çalışma neticesinde bölgedeki ısı adalarının büyük artış gösterdiği

belirlenmiştir. YYS-IBI ilişkisi incelendiğinde ise pozitif korelasyon görülmüştür ve yapılaşmadaki artışın sıcaklıkların artışı beslediği ve hızlandırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Xu vd., 2009).

2008 yılında Çin Shanghai'da yapılan çalışmada YYS ve Geçirimsiz Yüzey Alanlarının (ISA) ilişkisi incelenmiştir. ISA yüzdelerinin belirlenmesinde Lineer Karışım Spektral Analiz (LMSA) yöntemi ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yüzey sıcaklıkları ve ISA yüzdeleri yüksek korelasyon göstermiştir. Geçirimsiz yüzeylerin Shanghai şehrindeki Kent Isı Adaları problemlerine katkısı olduğu belirlenmiştir (Zhang vd., 2008)

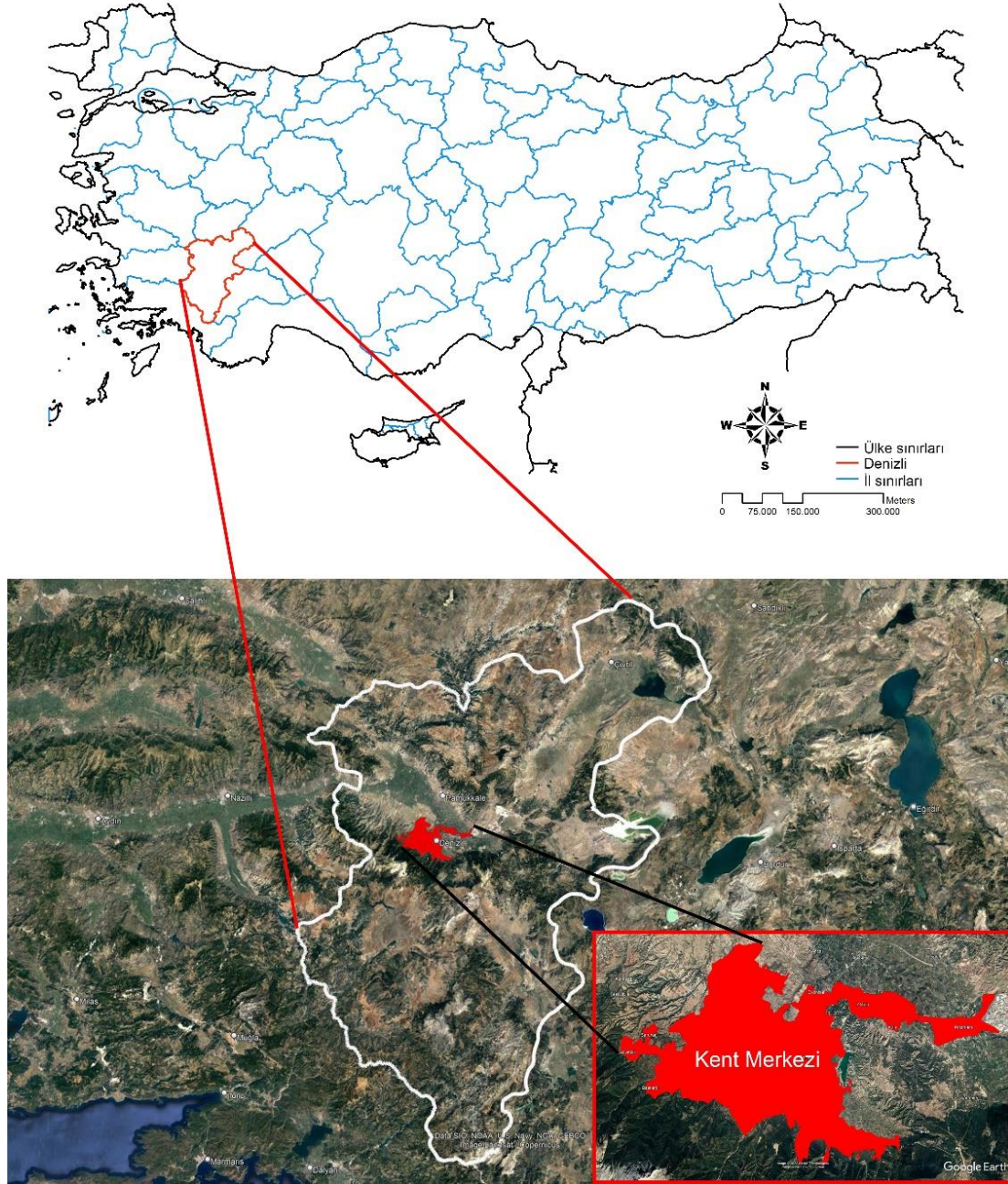
Ankara'da 2008 yılında yapılan çalışmada Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi araştırılmıştır. Araştırma için yaz ayları tercih edilmiş ve 1985, 1995 yıllarına ait Landsat 5 TM ve 2002 yılına ait Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri seçilmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile arazi kullanımına ait sınıflar belirlenmiştir. Yüzey sıcaklıklarının tespiti sonrasında elde edilen bulgular ışığında belirlenen 3 farklı alanda meteoroloji istasyonu kurulmuş ve buradan elde edilen veriler KIA alanları ve çevresel etmenlerin ilişkilerini anlamlandırmak için kullanılmıştır. Çalışma neticesinde KIA alanları belirlenmiştir. Plansız yapılaşma ve bölgedeki topografik ve jeomorfolojik yapı, iklim özellikleri ve diğer faktörlerin birleşmesi neticesinde söz konusu KIA alanlarının etkisinin arttığı gözlenmiştir. KIA etkilerinin azaltılması ve oluşumunun engellenebilmesi adına yapılabilecekler ortaya konmuştur (Duman Yüksel ve Yılmaz, 2008).

2008 yılında İstanbul'da yapılan çalışmada 1987, 1997 ve 2007 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri ve aynı tarihli meteoroloji istasyon verileri kullanılarak ısı adaları incelenmiştir. Kentte Yoğun ve plansız kentleşme sonucu İstanbul Boğazının güneyi, Avrupa ve Anadolu yakaları, kentin güney doğusu gibi pek çok alanda ısı adaları belirlenmiştir. Isı adalarının görüldüğü yerlerin kentleşmenin yoğun olduğu bölgeler olduğu belirlenmiştir (Başar, 2008)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

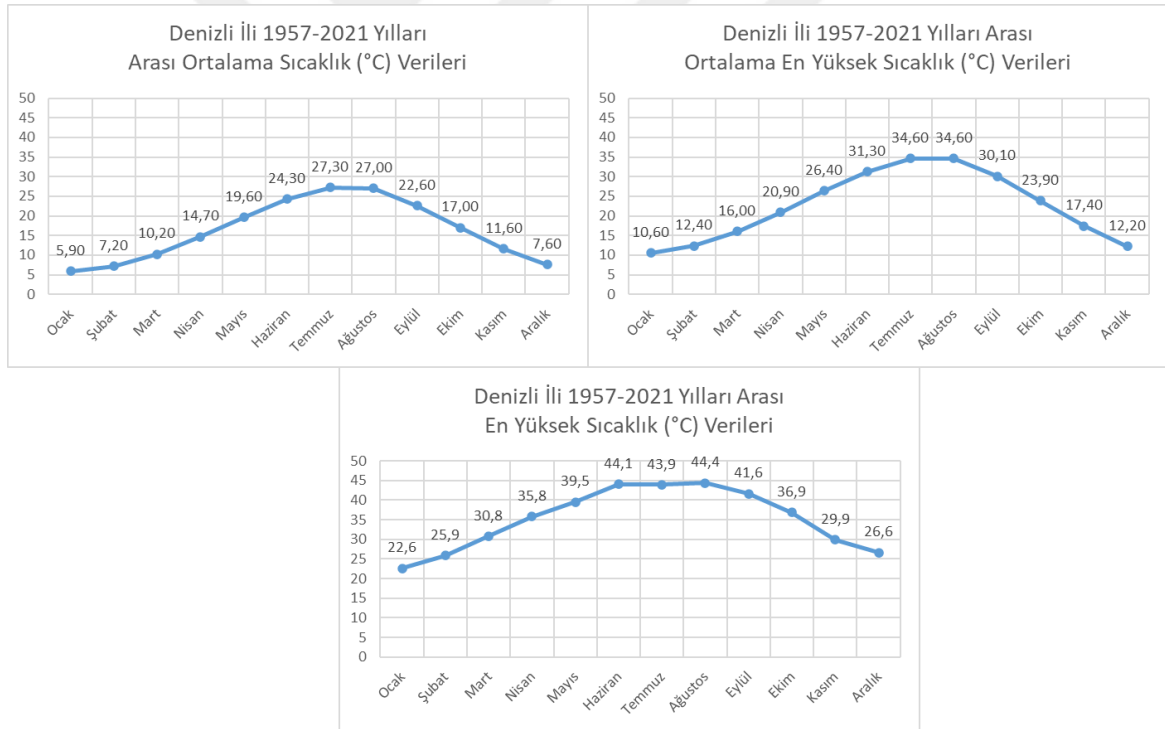
Denizli, Anadolu Yarımadası'nın güney batısı ve Ege Bölgesi'nin doğusunda, $28^{\circ}35'3.95''$ - $30^{\circ}16'11.05''$ doğu meridyenleri ve $38^{\circ}27'44.88''$ - $36^{\circ}52'2.79''$ kuzey paralelleri arasında yer almaktadır ve çalışma alanı Denizli İli kent merkezi olarak seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı, Denizli İli kent merkezi.

Şehirde, Ege iklimi ile İç Anadolu iklimi bir arada görülürken, yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlıdır. Şehrin yüzölçümü 12.134 km²'dir ve çalışma alanı olan kent merkezinin rakımı 354 metredir. Kent merkezinin çevresinde ovalar, platolar, yüksek dağlar mevcuttur. Bu dağlardan Honaz Dağı (2571m) kent merkezinin doğusunda yer alırken Karcı Dağı (2308m) güney batısında yer almaktadır. Ayrıca bu dağlar, çalışma alanı olan kent merkezine en yakın dağlardır (Denizli valiliği, 2022).

Şehrin hava sıcaklığı değerleri incelendiğinde ise en sıcak ayların 27,3 ve 27°C ile temmuz ve ağustos ayları olduğu görülmektedir (Şekil 3). 15 Ağustos 2007 tarihinde ise 44,4°C ile en yüksek sıcaklık kayıtlara geçmiştir. Uzun yıllar aylık toplamlarının ortalaması incelendiğinde ise en yağışlı dönem 85,7mm ile ocak ayı ve en kurak dönem 12,1mm ile ağustos ayı olarak görülmüştür (MGM, 2021).



Şekil 3. MGM Denizli ili sıcaklık verileri.

3.2. Çalışmanın Amacı

Çalışmada, Denizli ili kent merkezinde belirlenen alanda Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) verileri üretmek, NDBI-NDVI indislerini belirlemek, kent gelişimini gözlemek ve elde

edilen veriler ışığında kentleşmenin ve arazi örtüsü ile kullanımlarındaki değişimin yüzey sıcaklıkları ile ilişkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

Çalışma alanı olarak belirlenen Denizli ili kent merkezi için 1984 ve 2021 yılları ağustos aylarına ait, bulutsuz, toplamda 30 adet Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerine ulaşılmıştır. YYS verileri üretmek için Artis & Carnahan Yöntemi kullanılmış, üretilen veriler çalışma alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonu saatlik hava sıcaklığı verileri ile ilişkilendirilmiştir.

3.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

3.3.1. Uzaktan Algılama Verileri

Çalışmayı gerçekleştirebilmek için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından sağlanan Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen bölgeye ait 1984 ve 2021 yılları ağustos ayı görüntülerinden bulutsuz olanları USGS'nin EarthExplorer uygulaması aracılığı ile ücretsiz olarak temin edilmiştir. Ağustos ayının tercih edilmesinde, çalışma alanında en yüksek ortalama sıcaklıkların görüldüğü iki aydan biri olması ve bulutsuz en çok görüntüye ulaşılan ay olması büyük etkindir.

Çalışmada kullanılmak üzere 23 adet Landsat 5 TM, 7 adet Landsat 8 OLI/TIRS olmak üzere toplam 30 adet Level-1 uydu görüntüsü temin edilmiştir. Çalışma alanı 179/34 rota/sıra numarasında yer almaktadır. Çalışma için belirlenen tarihler ve kullanılan uydular Tablo 3'te belirtilmiştir.

Tablo 3

Çalışmada kullanılan uydu ve ele alınan tarihler

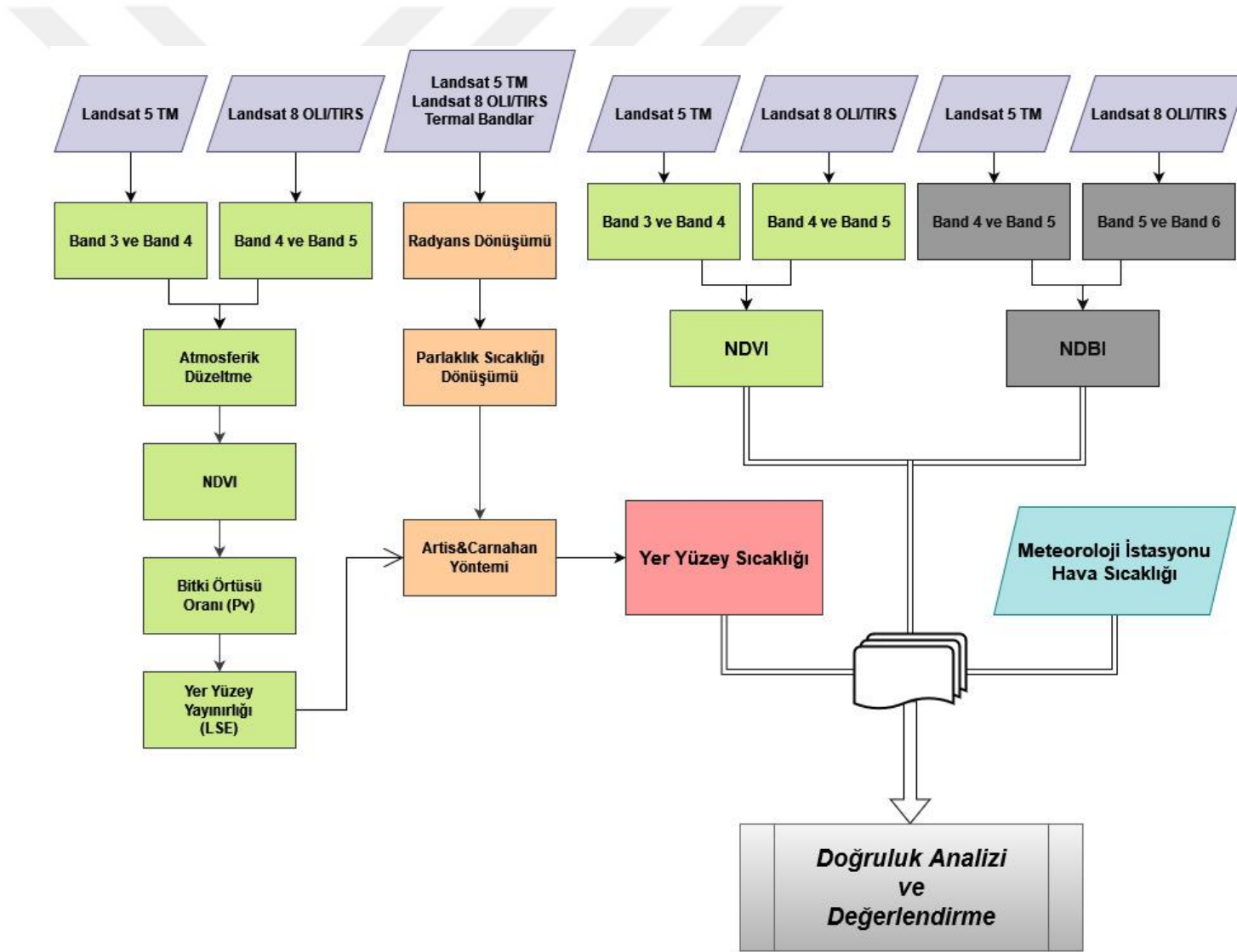
Uydu	Tarih	
Landsat 5 TM	24.08.1984	15.08.1998
	11.08.1985	18.08.1999
	1.08.1987	4.08.2000
	19.08.1988	7.08.2001
	22.08.1989	13.08.2003
	9.08.1990	15.08.2004
	12.08.1991	21.08.2006
	30.08.1992	8.08.2007
	1.08.1993	26.08.2008
	20.08.1994	16.08.2010
	7.08.1995	19.08.2011
	9.08.1996	
	Landsat 8 OLI/TIRS	8.08.2013
27.08.2014		27.08.2020
30.08.2015		14.08.2021
22.08.2018		

3.3.2. Meteorolojik Veriler

Çalışma alanı içerisinde üretilen YYS verilerini ilişkilendirmek üzere, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Denizli Pamukkale Meteoroloji İstasyonu'ndan (17237/37°45'43.2''K, 29°05'31.6''D) uydu görüntülerinin elde edildiği zamanı kapsayacak şekilde saatlik 2 m hava sıcaklık verileri temin edilmiştir.

3.4. Çalışmada Kullanılan Yöntem

Bu çalışmada YYS verilerini üretmek için Artis & Carnahan Yöntemi kullanılmıştır. Artis & Carnahan Yöntemi ile atmosferik parametrelere ihtiyaç duymadan başarılı biçimde YYS verileri elde edilebilmektedir. Çalışmada YYS ve indis verileri üretmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcMap ve Envi kullanılmıştır. Envi yazılımı atmosferik düzeltme ve uydu görüntüsü çözünürlüğünü artırmak için kullanılırken ArcMap yazılımı ise denklemlerin işlenmesi, veri edinimi için referans noktalar belirlenmesi, üretilen değerlerin görselleştirilmesi ve renklendirilmesi gibi işlemler için kullanılmıştır. Çalışmada izlenen yol sırasıyla; sayısal değerleri radyans değerlerine dönüştürmek, elde edilen radyans değerlerini tekrar dönüştürme işlemine alıp parlaklık sıcaklığı değerleri elde etmek, atmosferik düzeltme uygulanmış uydu görüntüleri üzerinden Normalize Edilmiş Fark Bitki İndisi (NDVI) değerleri elde etmek, NDVI verilerini kullanarak bitki örtüsü oranını belirlemek, yer yüzey yansırılığı (LSE) değerlerini hesaplamak, YYS verilerini üretmek üzere Artis & Carnahan Yöntemi'ni uygulamak, Normalize Fark Yapılaşma İndisi (NDBI) değerleri elde etmek, çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonundan saatlik hava sıcaklığı verilerini temin etmek ve son olarak doğruluk analizi ve değerlendirme çalışması yapmak şeklindedir (Şekil 4).



Şekil 4. İş akış diyagramı.

3.4.1. Termal Bant Sayısal Değerlerinin Radyans Değerlerine Dönüşüm İşlemi

Yer Yüzey Sıcaklıklarını belirlemek için öncelikle, kullandığımız uyduların termal bantlarından edinilen dijital sayısal (DN) değerlerinin Radyans değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Söz konusu değişim için uydu metadata verileri içerisinde bulunan belirli parametreler kullanılmaktadır. YYS verilerinin üretilmesi için bu çalışmada ArcMap yazılımı kullanılmıştır. ArcMap içerisinde bulunan Arc Toolbox içerisinde sırasıyla Spatial Analyst Tools, Map Algebra başlıkları açılarak Raster Calculator uygulamasına ulaşılır. Gerekli denklemler Raster Calculator içerisinde işlenerek adımlar uygulanır. Uydu yapılarındaki değişiklikler nedeniyle Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uyduları için işlem yolu farklılık göstermektedir.

Landsat 5 TM uydusunda radyans dönüşümü işlemi için uygulanması gereken denklem şu şekildedir (Markham ve Chander, 2003; Yuan ve Bauer, 2007):

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{cal_{max}} - Q_{cal_{min}}} \times (Q_{cal} - Q_{cal_{min}}) + L_{min} \quad (3.1)$$

Denklemden; L_{λ} : Sensörün spektral radyans değerinin ($W/m^2 sr \mu m$), Q_{cal} : İncelenen pikselin sayısal değerinin, $Q_{cal_{max}}$: Sayısal değere kalibre edilmiş en yüksek değerin (255), $Q_{cal_{min}}$: Sayısal değere kalibre edilmiş en düşük değerin (0) ifadesidir. L_{min} ve L_{max} ise her banda özel olarak uydu metadatası içerisinde bulunan, $Q_{cal_{min}}$ ve $Q_{cal_{max}}$ değerleri temel alınarak ölçeklendirilen sensör spektral radyans değerlerinin ifadesidir.

Landsat 8 OLI/TIRS uydusunda radyans dönüşümü işlemi için uygulanması gereken denklem şu şekildedir (Akyürek, 2020; Barsi vd., 2014):

$$L_{\lambda} = M_l \times Q_{cal} + A_l \quad (3.2)$$

Denklemden; L_{λ} : Sensörün spektral radyans değerinin ($W/m^2 sr \mu m$), M_l : Band özelindeki radyans çarpan ölçeklendirme faktörünün, Q_{cal} : İncelenen pikselin sayısal

değerinin ve son olarak A_1 : Bant özelindeki radyans katkı ölçeklendirme faktörünün ifadesidir. M_1 ve A_1 değerleri uydu metadata verisi içerisinde bulunmaktadır.

3.4.2. Radyans Değerlerinin Sensör Parlaklık Sıcaklık Değerlerine Dönüştürülmesi İşlemi

Bu adımda Sensör Parlaklık Sıcaklık değerleri üretilmektedir. Sensör Parlaklık Sıcaklığı, Dünya atmosferinin en üstünde yer alan ve yukarı yönlü hareket eden mikrodalga yayılımının parlaklık değerlerinin ifadesidir (Akyürek, 2020). Daha önce ürettiğimiz Radyans değerlerini ve uydu verisi içerisinde yer alan metadata dosyası içerisinde bulunan belirli parametreleri kullanarak Sensör Parlaklık Sıcaklık değerleri elde edilmektedir. Söz konusu işlem için kullanılan denklem şu şekildedir (Avdan ve Jovanovska, 2016; Yılmaz, 2015):

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (3.3)$$

Denklemden; T_b : Kelvin cinsinden sensör parlaklık sıcaklık değerinin, K_1 ve K_2 : Kelvin cinsinden kalibrasyon sabitlerinin, L_λ : Bir önceki denklemde üretilen spektral radyans değerinin ifadesidir. K_1 ve K_2 sabitleri uydu metadata verisi içerisinde bulunmaktadır.

3.4.3. Normalize Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) Üretilmesi İşlemi

Uydu yapılarındaki değişiklikler nedeniyle Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uyduları için işlem yolu farklılık göstermektedir. Her iki uyduda da NDVI değerleri üretmek için Yakın Kıızılötesi (NIR) ve Kırmızı (RED) bantları kullanılır fakat uydularda bu bantlar farklı numaralarda bulunmaktadır. Landsat 5 TM uydusunda bu bantlar RED:3 ve NIR:4, Landsat 8 OLI/TIRS uydusunda RED:4 ve NIR:5 şeklindedir. NDVI değer aralığı -1 ve +1 arasında yer almaktadır. Değerler pozitifse bu bitki örtüsünün varlığını ifade etmektedir ve 1'e yaklaştıkça bitki yoğunluğu ve canlılığının arttığı görülmektedir (Rouse vd., 1974)

Her iki uydu için de NDVI değerleri üretimi için denklem şu şekildedir:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3.4)$$

3.4.4. Bitki Örtüsü Oranının (P_v) Belirlenmesi İşlemi

Bitki örtüsü oranının hesaplanabilmesi için NDVI değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hesaplama için gereken denklem şu şekildedir (Carlson ve Ripley, 1997):

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right]^2 \quad (3.5)$$

Denklemden; P_v : Bitki örtüsü oranının, $NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ ise üretilen NDVI değerlerinin en küçük ve en büyük değerlerinin ifadesidir.

3.4.5. Yer Yüzey Yayınlılığı (LSE) Değerleri Üretilmesi İşlemi

LSE, YYS hesaplaması için kullandığımız Artis & Carnahan Yönteminde yer almaktadır. Bir önceki adımda belirlediğimiz P_v değerleri kullanılarak LSE değerlerinin üretilmesi için kullanılan denklem $0,2 < NDVI < 0,5$ aralığı için şu şekildedir (Parmiggiani vd., 2006; Sobrino vd., 2004):

$$LSE = 0.004 \times P_v + 0.986 \quad (3.6)$$

3.4.6. Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) Değerlerinin Üretilmesi İşlemi

Bu çalışmada YYS değerlerinin üretilmesi için Artis & Carnahan Yöntemi kullanılmıştır, işlem için gerekli denklem şu şekildedir (Artis ve Carnahan, 1982):

$$T_s = \frac{T_b}{T_b \times \frac{\lambda}{a} \times \ln(LSE) + 1} \quad (3.7)$$

Denklemden; T_s : Kelvin cinsinden Yer Yüzey Sıcaklığı değerinin, T_b : Sensör Parlaklık Sıcaklık değerinin, λ : Landsat 5 TM için $11,45\mu m$ ve Landsat 8 OLI/TIRS için $10,895\mu m$ değerlerinin, LSE: Yer Yüzey Yayınlılığı'nın ifadesidir. Denklemden bulunan " a "

ifadesinin açılımı ise şu şekildedir; $a: h \times c / K (1.438 \times 10^{-2} \text{mK})$, h : Plank Sabiti ($6.26 \times 10^{-34} \text{J/K}$), c : Işık Hızı ($2.998 \times 10^8 \text{m/s}$), K : Boltzman Sabiti ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$).

3.4.7. Normalize Fark Yapılaşma İndisi (NDBI) Üretilmesi İşlemi

NDBI değerleri üretebilmek için Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) ve Yakın Kızılötesi (NIR) bantlar kullanılmaktadır. Bu bantlar sırasıyla Landsat 5 TM için 4 ve 5 numaralı bantlar, Landsat 8 OLI/TIRS için ise 5 ve 6 numaralı bantlardır. NDBI değer aralığı -1 ve +1 arasında yer almaktadır. Pozitif değerler yapılaşma alanlarını ve çıplak arazileri, negatif değerler su kütlelerini ifade etmektedir. İşlem için gerekli denklem ise şu şekildedir:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (3.8)$$

3.4.8. Doğruluk Analizi

Çalışma neticesinde üretilmiş olan YYS verilerinin doğrulanması için, çalışma alanı içerisinde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan 2 m saatlik sıcaklık verileri kullanılmıştır. Kullanılan meteoroloji istasyon verileri saatinin seçiminde, uydu metadatası içerisinde bulunan görüntülerin üretildiği zaman dilimine ait veriler referans alınmış ve yerel saatle 11:00 olarak belirlenmiştir. Çalışmada ele alınan her tarih için meteoroloji istasyonunun bulunduğu lokasyonu ifade eden YYS piksel değerleri ve aynı saat için elde edilen hava sıcaklık verileri birbirleriyle ilişkilendirilmiş ve sonrasında Kök Kare Ortalama Hata (RMSE) yöntemi ile değerlendirilmiştir.

3.4.9. Değerlendirme Aşaması

Bu aşamada çalışma boyunca elde edilen veriler bir araya getirilerek birbirleriyle ilişkilendirilmiş ve değerlendirmelere alınmıştır.

Çalışma alanı çerçevesinde her bir yıl için üretilmiş olan YYS, NDBI, NDVI haritalarının histogram verilerinden ortalama değerler edinilmiştir (Tablo 5). Bu veriler çalışma alanında her yıl için YYS, NDBI ve NDVI haritalarındaki değişimleri incelemek

için kullanılmıştır (Şekil 6). Ayrıca ArcMap yazılımında bulunan Fishnet uygulaması kullanılarak her bir harita üzerinde referans noktalar belirlenmiş, bu noktalardan elde edilen veriler Excel yazılımı aracılığı ile işlenmiştir. Her biri farklı haritalardan fakat aynı noktadan elde edilen bu veriler, YYS-NDBI-NDVI ilişkilendirilmesinde kullanılmıştır (Şekil 20).

Çalışma alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler, YYS haritasında istasyonun bulunduğu pikselden her bir tarih için alınmıştır. Bu veriler üretilen haritanın doğrulanması ve sıcaklık değişimlerinin istasyon verileri ile uyumunu gözlemek üzere kullanılmıştır (Tablo 5, Şekil 5, Şekil 20).

Üretilmiş olan YYS, NDBI ve NDVI verilerinin her biri ArcMap yazılımı kullanılarak veri değerleri ölçeğinde renklendirilmiş ve haritalandırılmıştır. Çıktı alınan haritalar tarihlerine göre sıralandırılarak bir araya getirilmiş, yıllık değişimler gözlenmiş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirme aşamasında, üretilen haritalar ile görsel olarak takip edilen alansal gelişim ve değişimler, daha önce referans noktalardan elde edilen sayısal değerler ve Excel yazılımı ile yapılan ilişkilendirmeler ile birlikte farklı açılardan da değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 8-19).

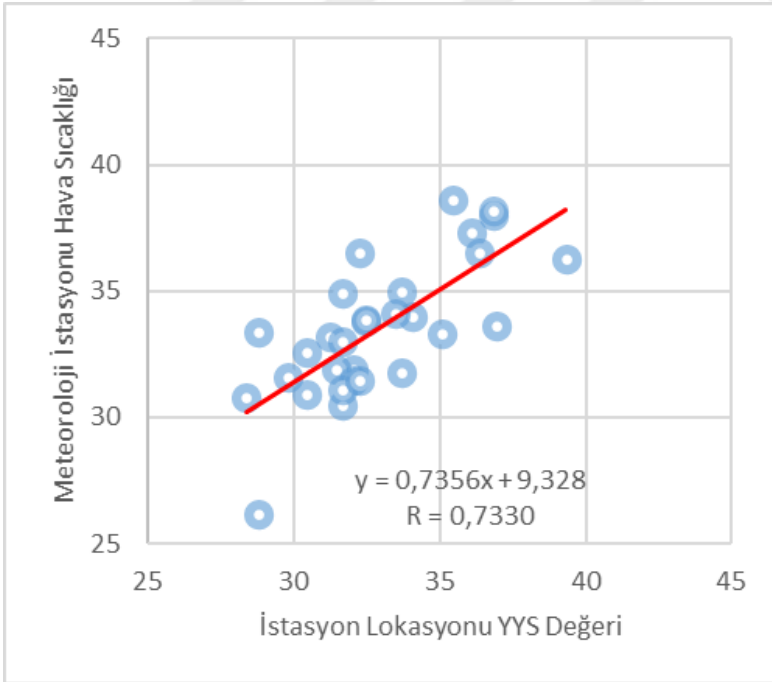
Kent merkezindeki yapılaşma farklılıklarını gözlemek adına çalışma alanı çerçevesinde 1984 ve 2021 tarihli uydu görüntüleri üzerinde Envi yazılımı Support Vector Machine uygulaması ile kontrollü sınıflandırma yapılmıştır ve çalışma alanına ait Landsat uydu görüntüleri ile birlikte ele alınmıştır. Kent merkezinin yapılaşma gelişimi ise her tarih için vektörel olarak seçilerek takip edilmiş ve NDBI verilerini destekleyici nitelikte kullanılmıştır (Şekil 21).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Meteorolojik Veriler ve Üretilen YYS Verilerinin İlişkisi

Çalışmada ele alınan her tarih için üretilmiş YYS haritalarının, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait istasyonun koordinatlarına denk gelen piksel değerleri ve uydu geçişi ile eş zamanlı olarak saat 11:00 için istasyondan edinilen 2m saatlik hava sıcaklığı verileri birbirleri ile ilişkilendirilmiştir (Tablo 4). Regresyon-Korelasyon analizi neticesinde elde edilen Pearson Korelasyon Katsayısı (R) değeri 0,73 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Aynı veriler ele alınarak yapılan RMSE değerlendirmesinde ise sonuç 6,14 olarak belirlenmiştir. Kent içi hava sıcaklık verilerini etkileyen pek çok farklı değişken mevcuttur ve yüzey sıcaklıkları ile kentleşmenin yoğun olduğu alanlarda bulunan istasyon verileri arasında hatasız bir ilişki kurmak güçtür (Türkyılmaz vd., 2020). Bu nedenle ulaşılan değerlerin başarısı, çalışma alanının kent merkezi olması ve veri elde edilen istasyonun yüksek kentleşmenin bulunduğu bir bölgede yer alması birlikte ele alınarak değerlendirilmelidir.



Şekil 5. Meteoroloji istasyonu hava sıcaklığı ile YYS arasındaki ilişki

Tablo 4

YYs ve meteoroloji istasyon verileri

Tarih	YYs (°C)	2 m Hava Sıcaklığı (°C)
24.08.1984	28,76433	26,2
11.08.1985	29,79899	31,6
1.08.1987	32,04689	31,9
19.08.1988	30,41631	30,9
22.08.1989	32,45165	33,8
9.08.1990	31,43786	31,9
12.08.1991	31,23394	33,2
30.08.1992	31,641	34,9
1.08.1993	34,05896	34
20.08.1994	31,64118	33
7.08.1995	28,34849	30,8
9.08.1996	28,76469	33,4
15.08.1998	30,41595	32,6
18.08.1999	35,44972	38,6
4.08.2000	32,04717	31,5
7.08.2001	36,82576	38
13.08.2003	31,64108	30,5
15.08.2004	33,66193	35
21.08.2006	36,82768	38,2
8.08.2007	31,64264	31,1
26.08.2008	32,25011	36,5
16.08.2010	36,05012	37,3
19.08.2011	32,25162	31,5
8.08.2013	36,93409	33,6
27.08.2014	36,35458	36,5
30.08.2015	33,68051	31,8
22.08.2018	32,45387	33,9
9.08.2019	39,313	36,3
27.08.2020	33,48904	34,1
14.08.2021	35,08577	33,3

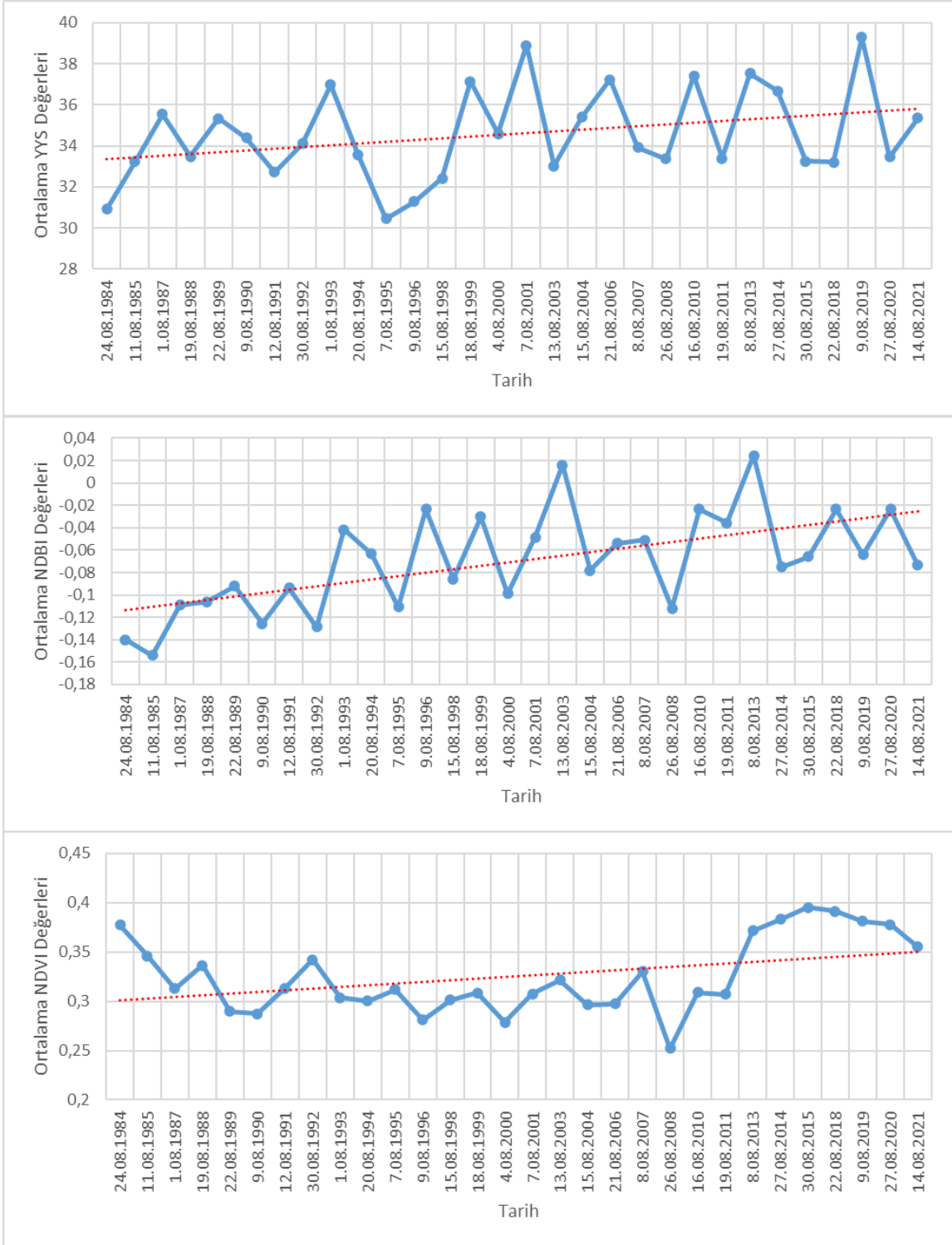
4.2. Üretilen YYs, NDBI, NDVI Verilerinden Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi

Çalışma alanı çerçevesinde ele alınan 30 tarih için üretilen YYs, NDBI, NDVI ortalama değerleri Tablo 5’te, bu değerlerin yıllık gelişim grafikleri Şekil 6’da verilmiştir. Üretilen YYs, NDBI, NDVI haritaları ise Şekil 8’den Şekil 19’a kadar bulunmaktadır.

Tablo 5

Ortalama YYS, NDBI ve NDVI değerleri

Tarih	YYSort (°C)	NDBIort	NDVIort
24.08.1984	30,90999	-0,13996	0,377388
11.08.1985	33,23084	-0,15387	0,345896
1.08.1987	35,54816	-0,10916	0,312722
19.08.1988	33,49709	-0,10629	0,336277
22.08.1989	35,33381	-0,0921	0,289548
9.08.1990	34,39713	-0,12565	0,287297
12.08.1991	32,72926	-0,09394	0,313487
30.08.1992	34,10942	-0,12857	0,342197
1.08.1993	36,98888	-0,04177	0,303771
20.08.1994	33,54687	-0,06317	0,300588
7.08.1995	30,44905	-0,11065	0,312117
9.08.1996	31,30074	-0,02341	0,280896
15.08.1998	32,42161	-0,08567	0,301434
18.08.1999	37,13015	-0,03006	0,308527
4.08.2000	34,60631	-0,09886	0,278844
7.08.2001	38,89222	-0,04836	0,307384
13.08.2003	33,02143	0,016013	0,321686
15.08.2004	35,4007	-0,0783	0,296591
21.08.2006	37,2405	-0,05401	0,297597
8.08.2007	33,93758	-0,05104	0,330392
26.08.2008	33,37344	-0,11213	0,25217
16.08.2010	37,4074	-0,02328	0,309034
19.08.2011	33,39983	-0,03579	0,306916
8.08.2013	37,53619	0,024597	0,371676
27.08.2014	36,67222	-0,07523	0,383338
30.08.2015	33,25909	-0,06586	0,395072
22.08.2018	33,21999	-0,02325	0,391603
9.08.2019	39,2834	-0,06413	0,381304
27.08.2020	33,45943	-0,02328	0,377828
14.08.2021	35,36961	-0,07342	0,355423



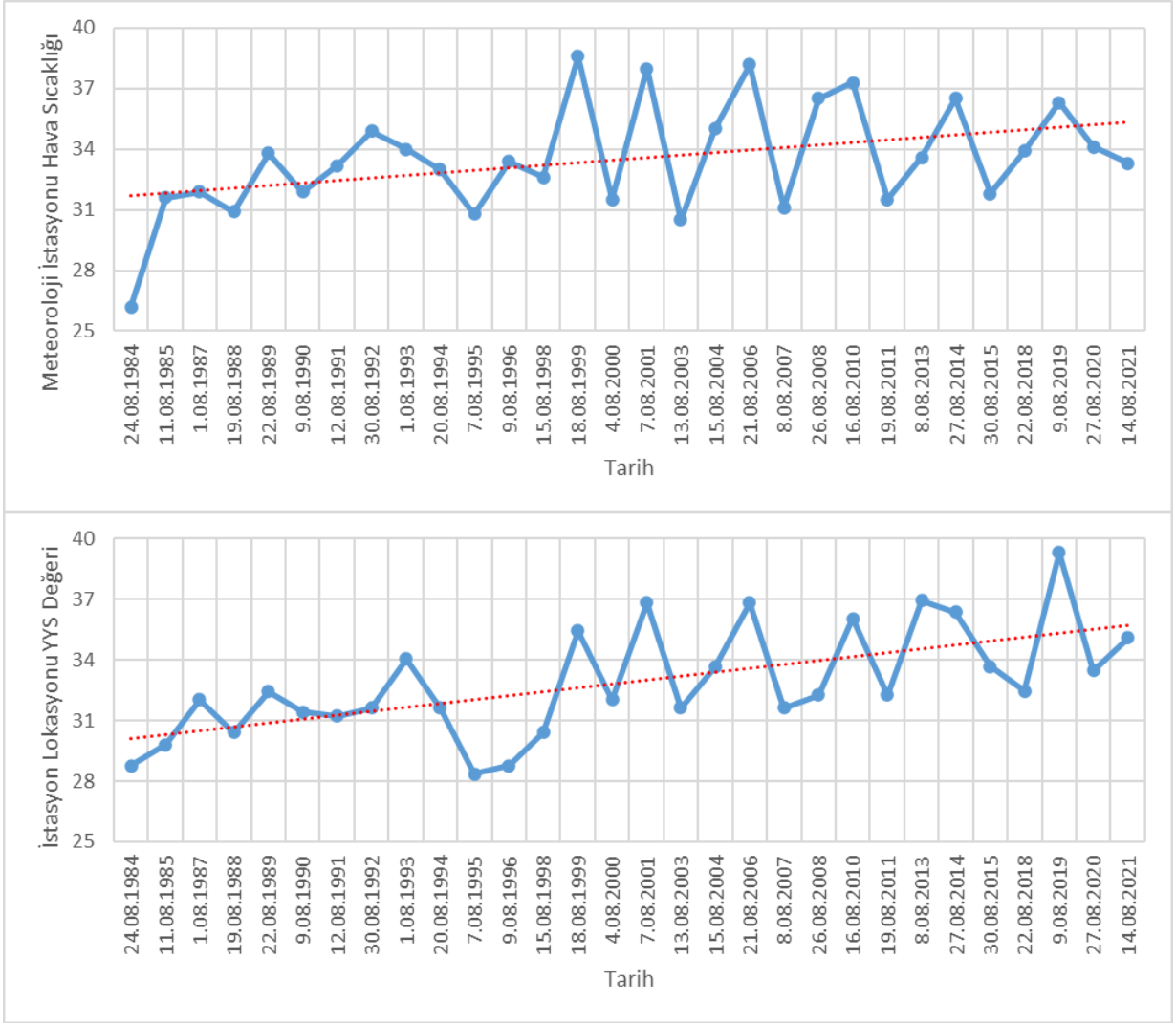
Şekil 6. Ortalama YYS, NDBI ve NDVI değerleri gelişim eğrisi

Tablo 5 ve Şekil 6 incelendiğinde çalışılan tarihlerdeki ortalama değerlerin tümünde her yıl değişiklikler görülmekle birlikte genel çerçevede her tarih için YYS, NDVI ve NDBI ortalama değerlerinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Yüzey sıcaklıklarının artış eğilimi yerel istasyon verileri ile desteklenirken, NDBI ortalama değerlerinin artışı ise kent

merkezinin gelişimi ve yapılaşması ile uyum göstermektedir. Şekil 21 incelendiğinde görülen yapılaşmanın etkileri, NDBI ortalama değerlerindeki gelişim ile görsel olarak desteklenmektedir. NDBI verilerinde, belirlenen alanda değerlerin 0'a yaklaştığı ve kentleşmenin etkisiyle ortalama değerlerin artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

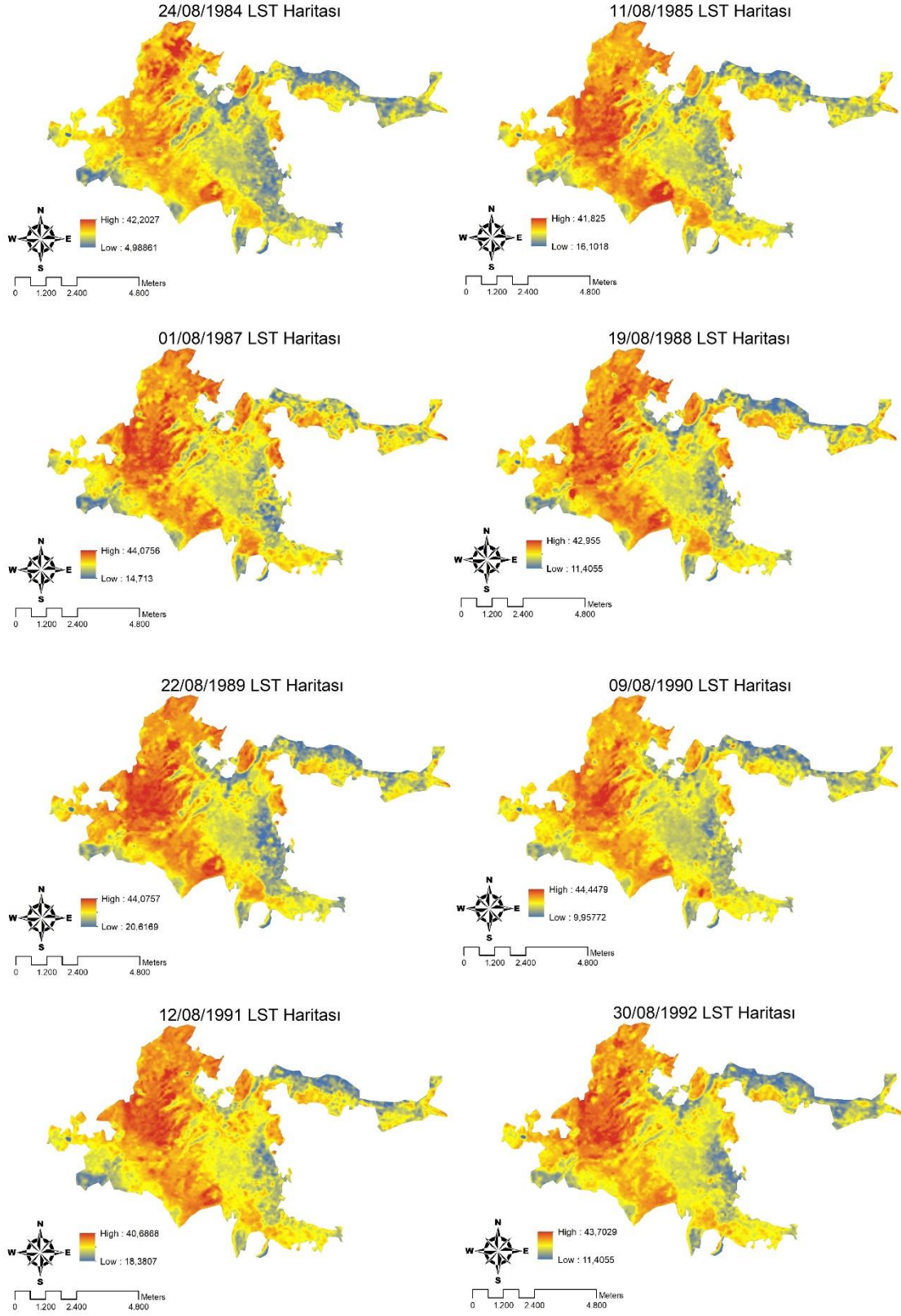
Ele alınan tarihlerdeki NDVI ortalama değerlerinde (Şekil 6) ise 2008 yılına kadar çalışma alanındaki yeşil alanlar ve tarım arazilerinin yapılaşması nedeniyle değerler düşüş eğilimindeyken, 2008 sonrası yapılaşma alanlarının gelişimi esnasında içerisinde yeşil alanlar oluşturması nedeniyle değerlerin yükselişte olduğu görülmektedir. 2008 yılı sonrası yükseliş, NDVI ortalamalarının genel çerçevede artış eğiliminde olmasına sebebiyet verecek kadar güçlü görünmektedir.

Elde edilen veriler ışığında, üretilen YYS değerleri ve istasyon sıcaklık verileri ilişkileri de ele alınarak (Şekil 5, Şekil 6 ve Tablo 5), çalışma alanı için YYS değerlerinde artış eğilimi net biçimde görülmektedir. Çalışma alanına ait 24 Ağustos 1984 tarihli YYS verisinden elde edilen ortalama sıcaklık değeri 30,9°C iken 14 Ağustos 2021 tarihli veride ortalama sıcaklık değeri 35,3°C'ye çıkmıştır. Çalışma alanı için ele alınan tüm tarihler değerlendirildiğinde ise en düşük ortalama YYS değeri 1995 yılında 30,4°C ve en yüksek ortalama YYS değeri 2019 yılında 39,2°C olarak belirlenmiştir ve 8,8°C'lik bir farklılık görülmektedir.

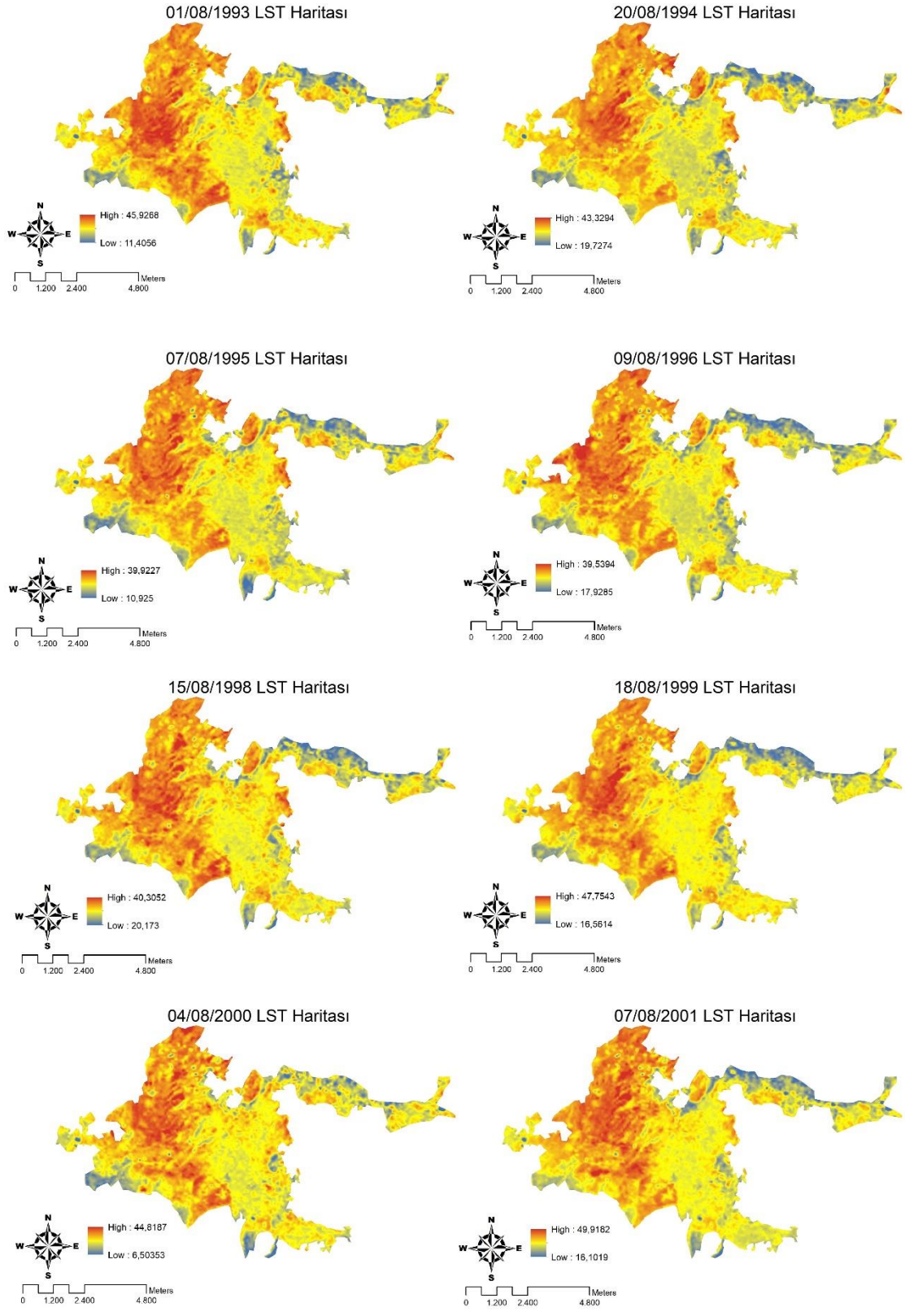


Şekil 7. Meteoroloji istasyonu hava sıcaklığı ve YYS zamansal değişimi

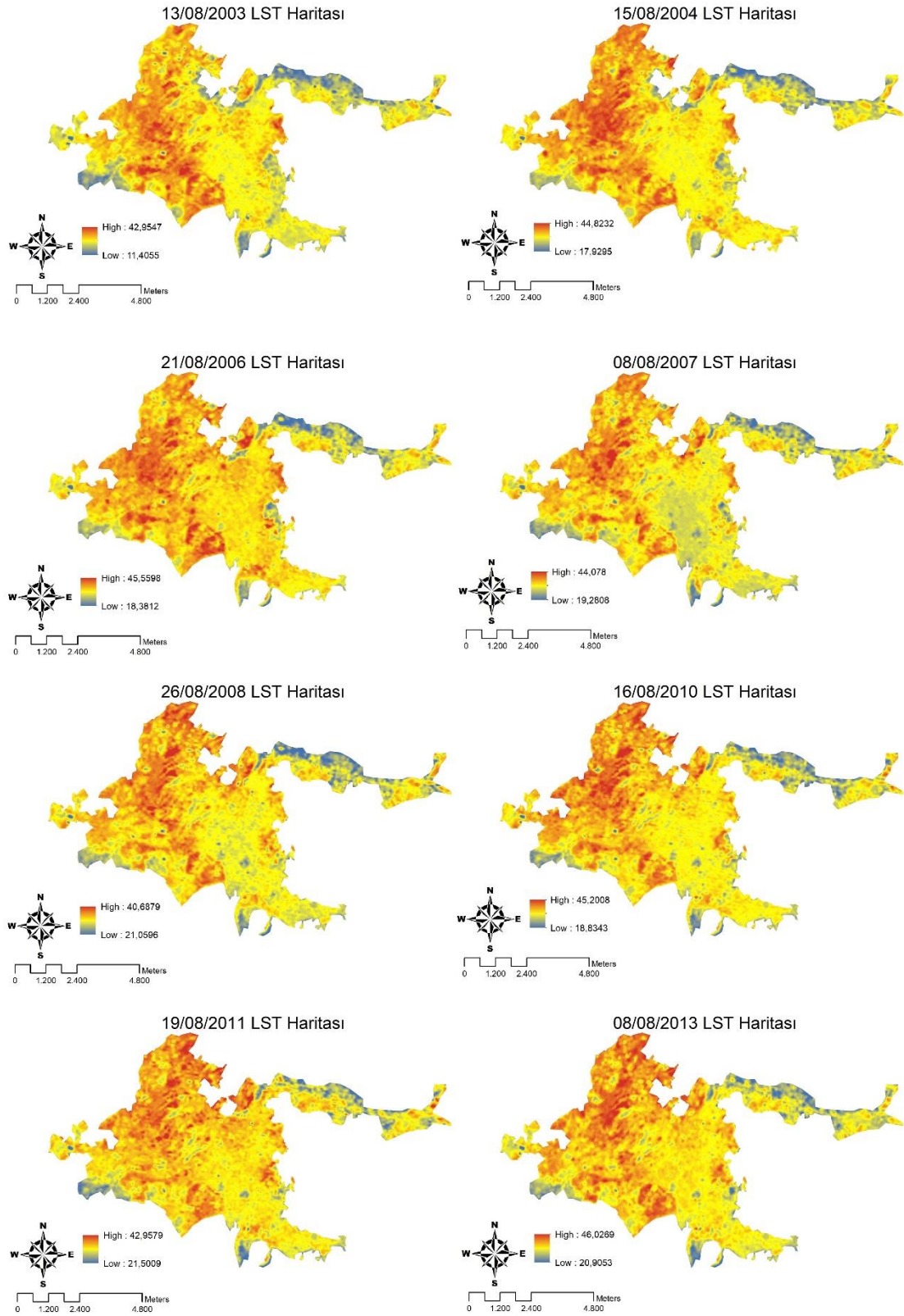
Meteoroloji istasyon verileri ve istasyon lokasyonuna ait YYS değerleri ilişkisini incelediğimizde (Şekil 5) çıkan sonuçları Şekil 7’de bulunan grafiklerle birlikte ele aldığımızda sıcaklık değerlerinin 1984’ten 2021 yılına ilerledikçe arttığı görülmektedir. Çalışma alanına ait belirlenen tarihler için üretilen YYS ortalamalarındaki artış eğilimi (Şekil 6), meteoroloji istasyon verileri ve istasyon lokasyonuna ait YYS değerleri grafikleriyle birlikte incelendiğinde de benzer görülmektedir ve bu durum sıcaklıkların arttığı ve artış eğiliminde olduğu sonucunu desteklemektedir (Şekil 7).



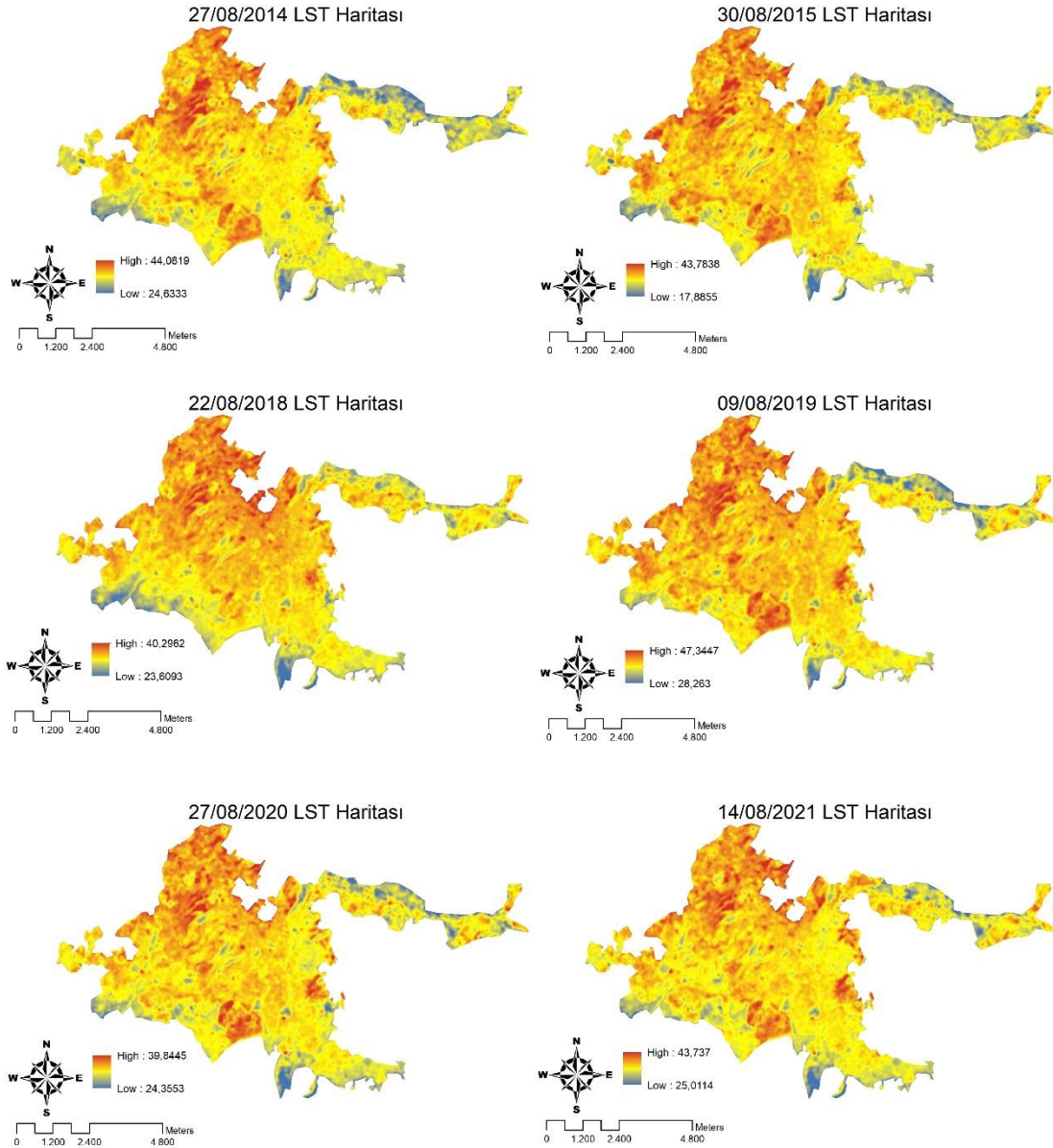
Şekil 8. 1984-1992 YYS Haritaları



Şekil 9. 1993-2001 YYS Haritaları

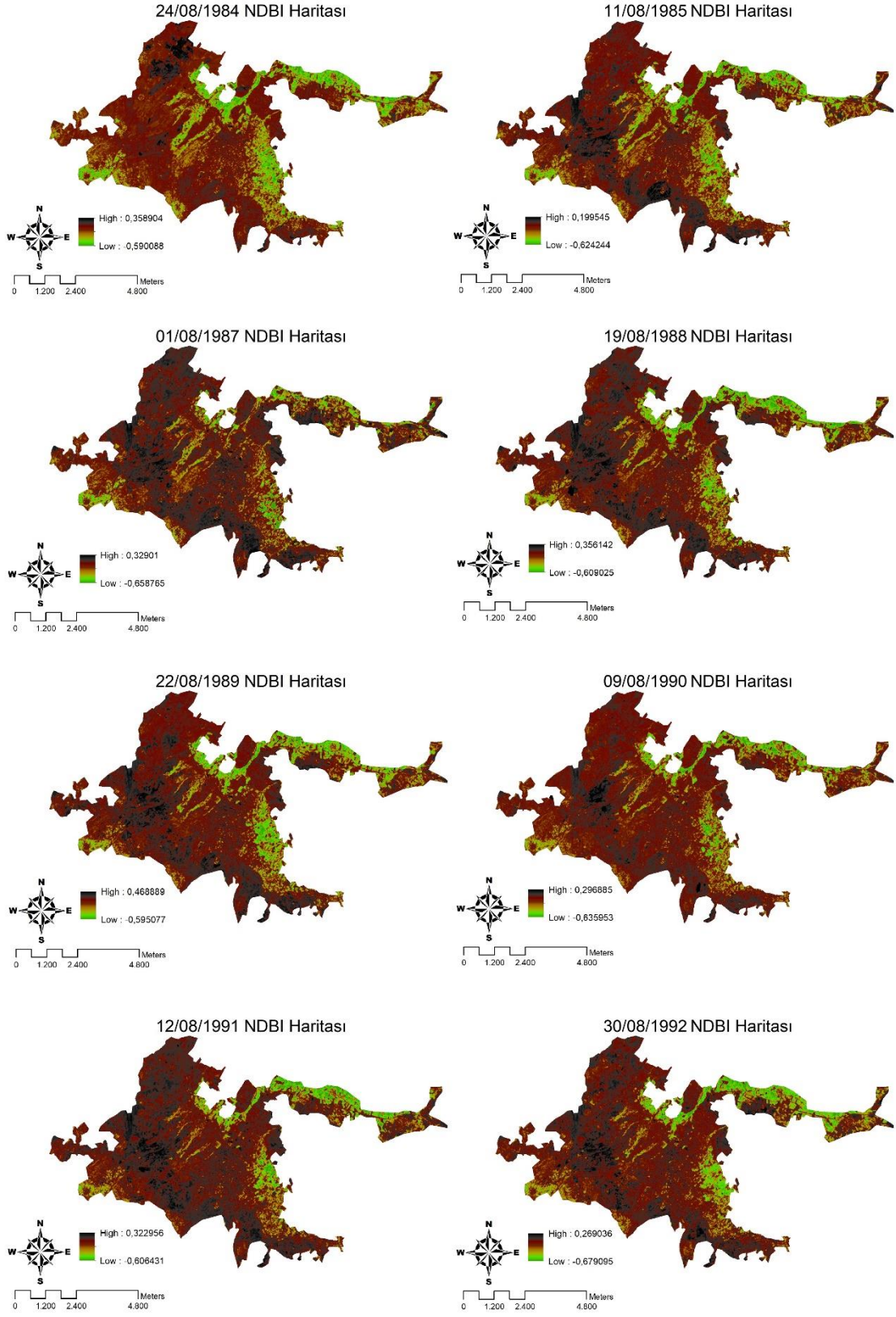


Şekil 10. 2003-2013 YYS Haritaları

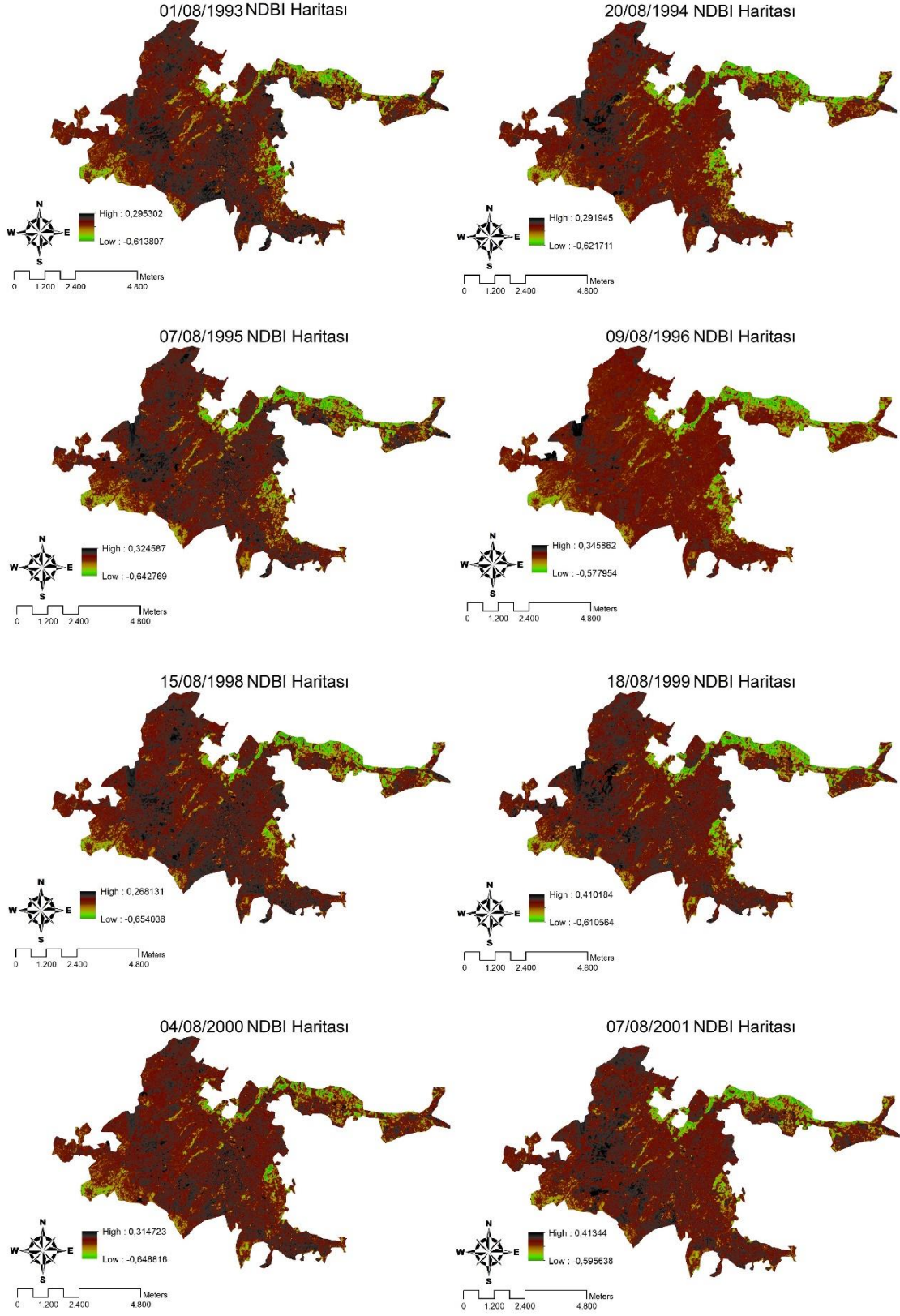


Şekil 11. 2014-2021 YYS Haritaları

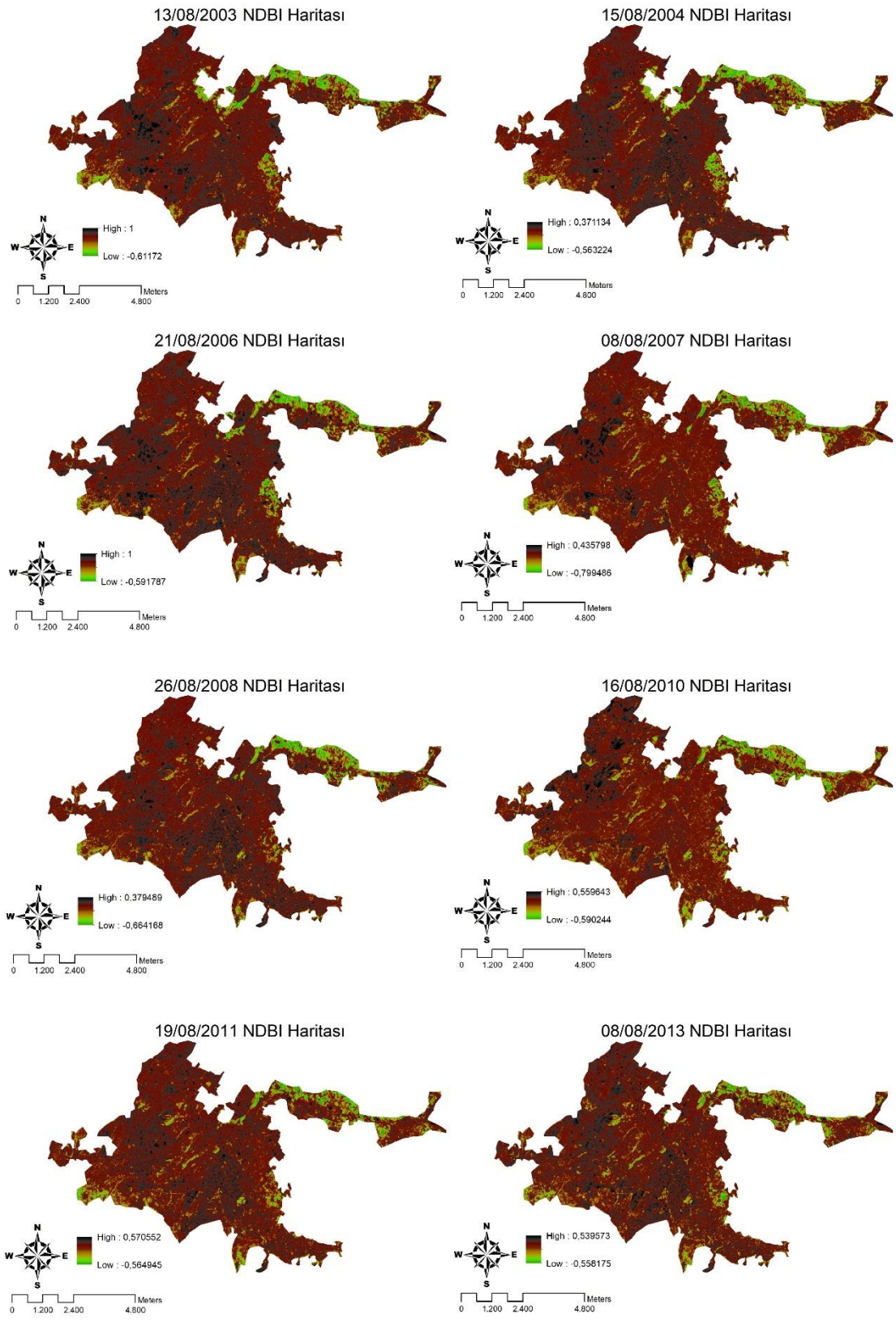
Çalışma alanının yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, her yıl için farklı değerler görülse de genel çerçevede 1984 yılından 2021'e ilerlediğimizde şehrin doğu kanadında düşük sıcaklık değerlerinin görüldüğü alanlardaki sıcaklıkların arttığı görülmektedir. Alanın batı kanadında ise yüksek sıcaklık değerleri veren toplanma alanlarının bir miktar kırıldığı ve bu bölge özelinde sıcaklıkların histogramda bulunan ortalama değerlere yaklaştığı görülmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan sanayi bölgesinde ise sıcaklık değerlerinin sürekli biçimde yüksek seyrettiği görülmektedir. Tüm çalışma alanı ele alındığında ise yüzey sıcaklıklarının arttığı ve soğuk alanların küçük alanlara sıkıştığı görülmektedir.



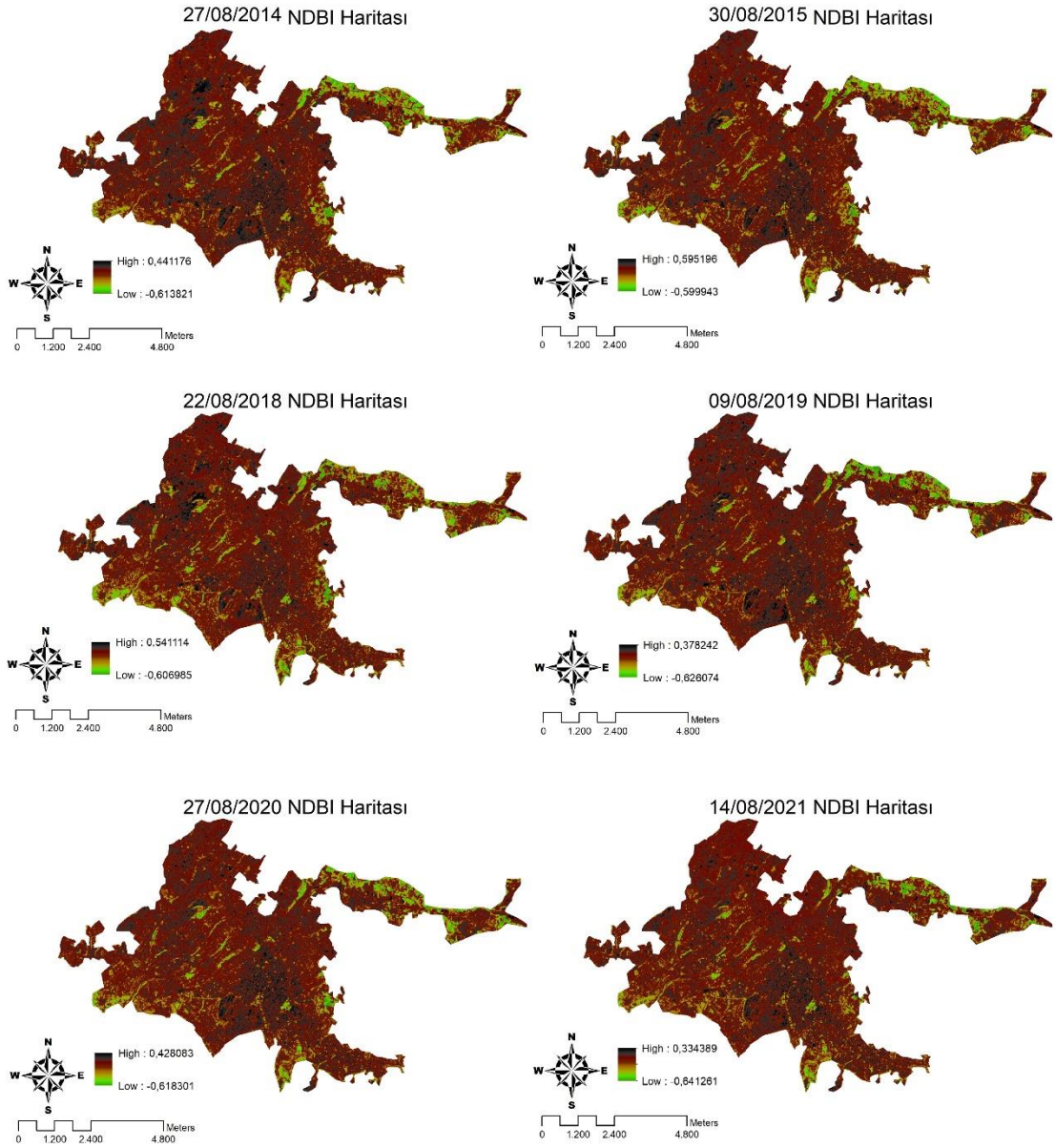
Şekil 12. 1984-1992 NDBI Haritaları



Şekil 13. 1993-2001 NDBI Haritaları

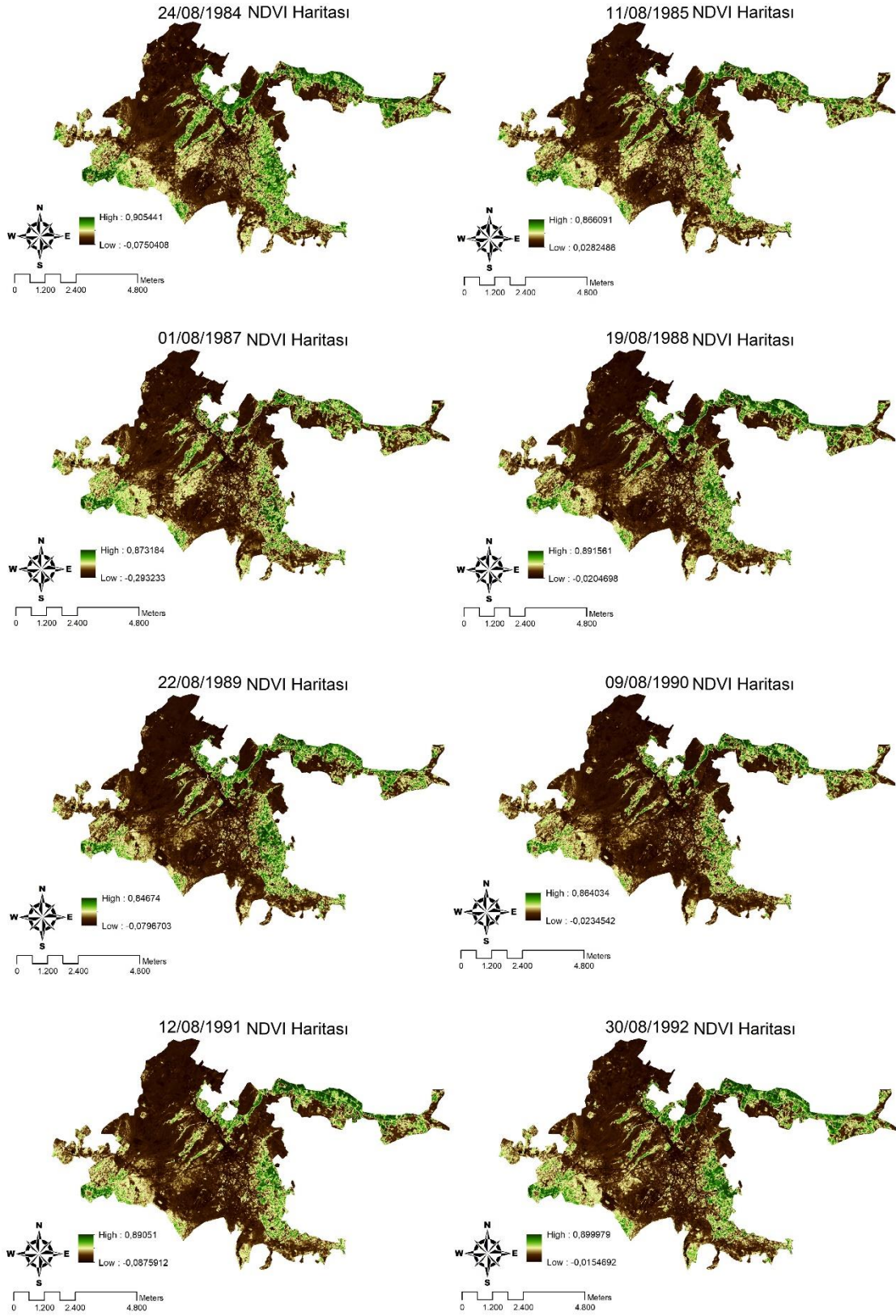


Şekil 14. 2003-2013 NDBI Haritaları

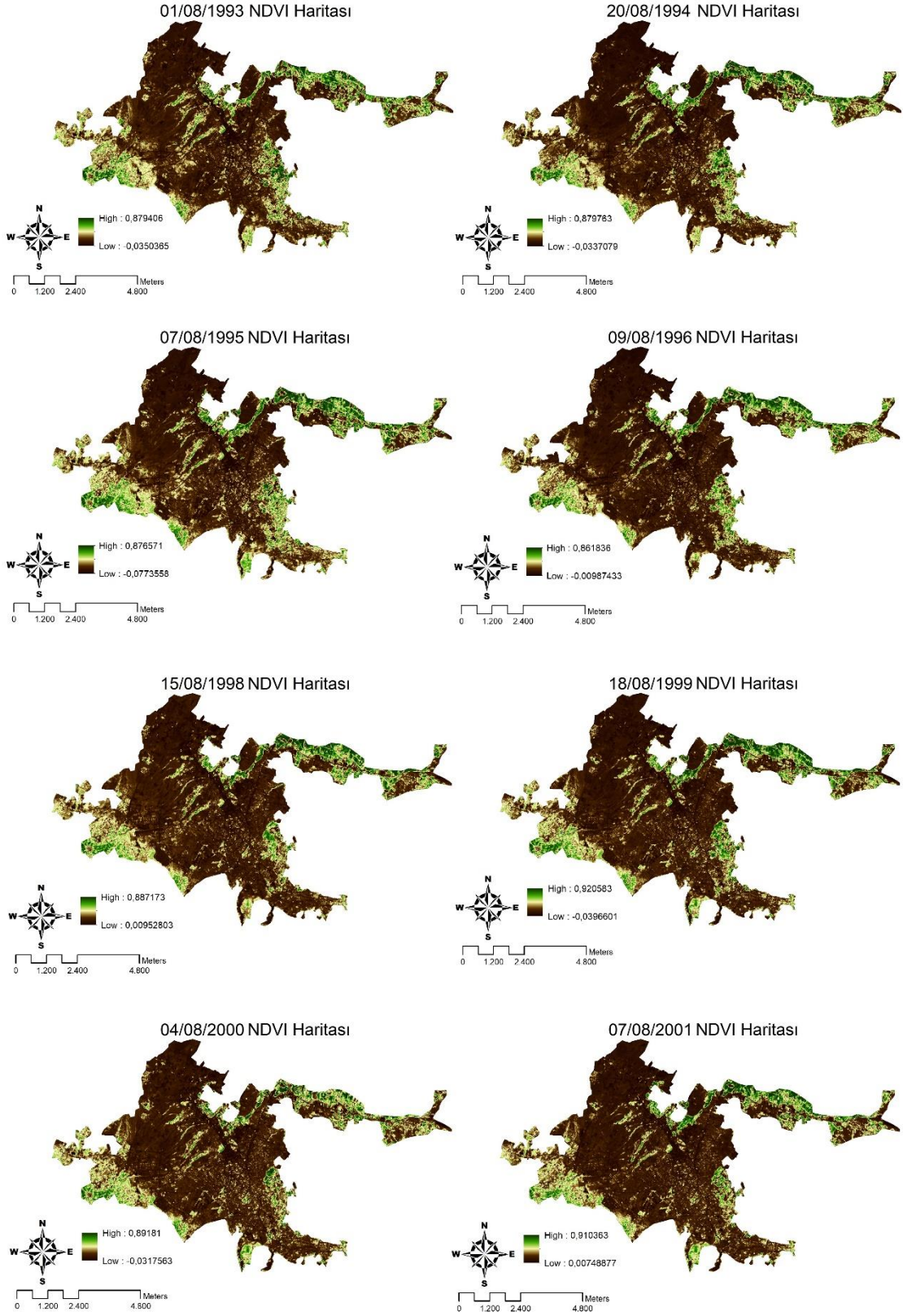


Şekil 15. 2014-2021 NDBI Haritaları

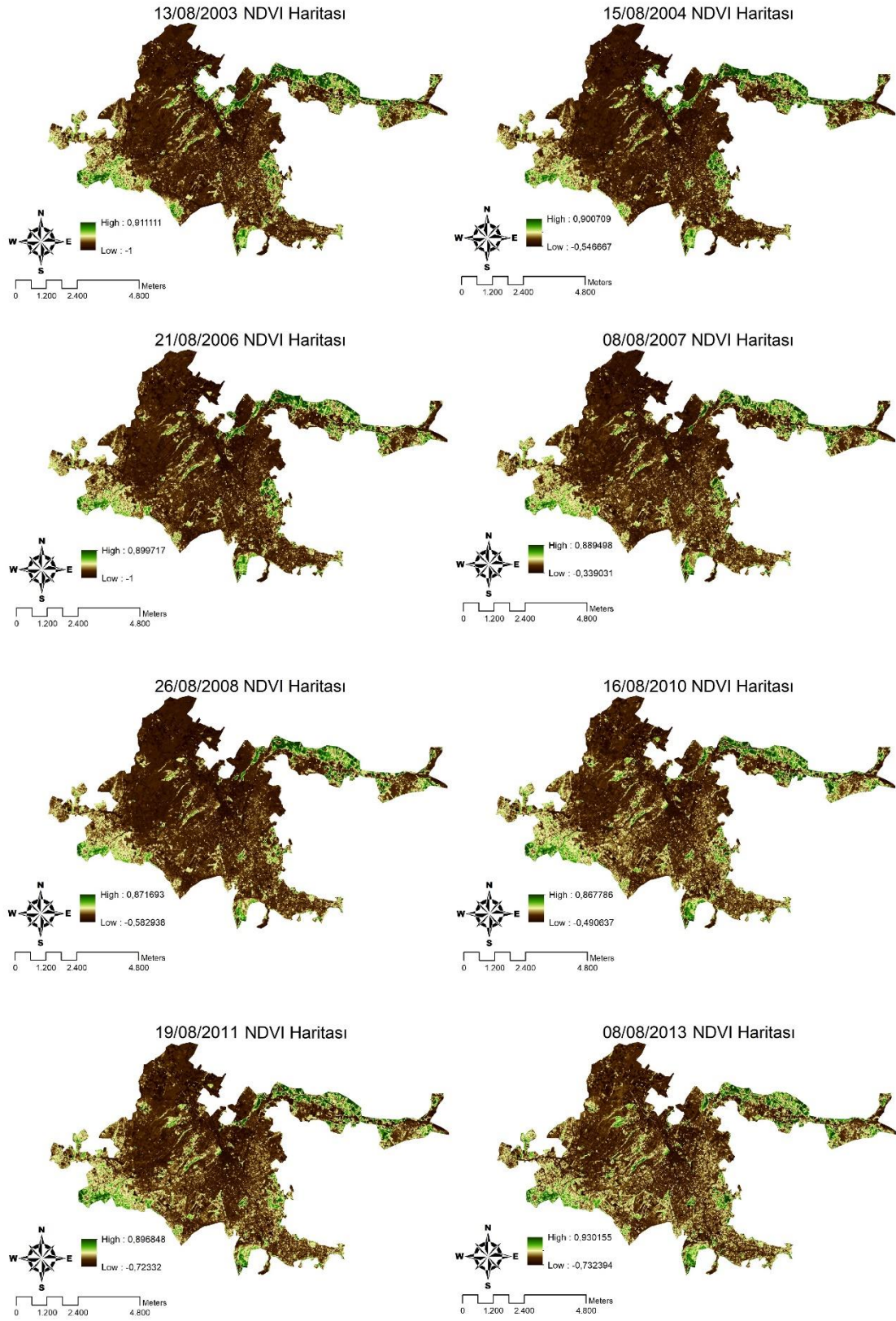
Çalışma alanı NDBI haritaları incelendiğinde, 1984 yılından 2021 yılına gelindikçe kuzey ve doğu yönlerindeki yeşil alanların hızlı biçimde ortadan kayboldukları görülmektedir. Batı ve güney yönlerinde ise boş arazilerin yapılaşma alanlarına dönüştüğü ve kentleşmenin arttığı görülmektedir. NDVI haritaları ile bağlantılı olarak, çalışma alanındaki boş arazilerin yapılaşması esnasında yeşil alanlar oluştuğu görülmektedir.



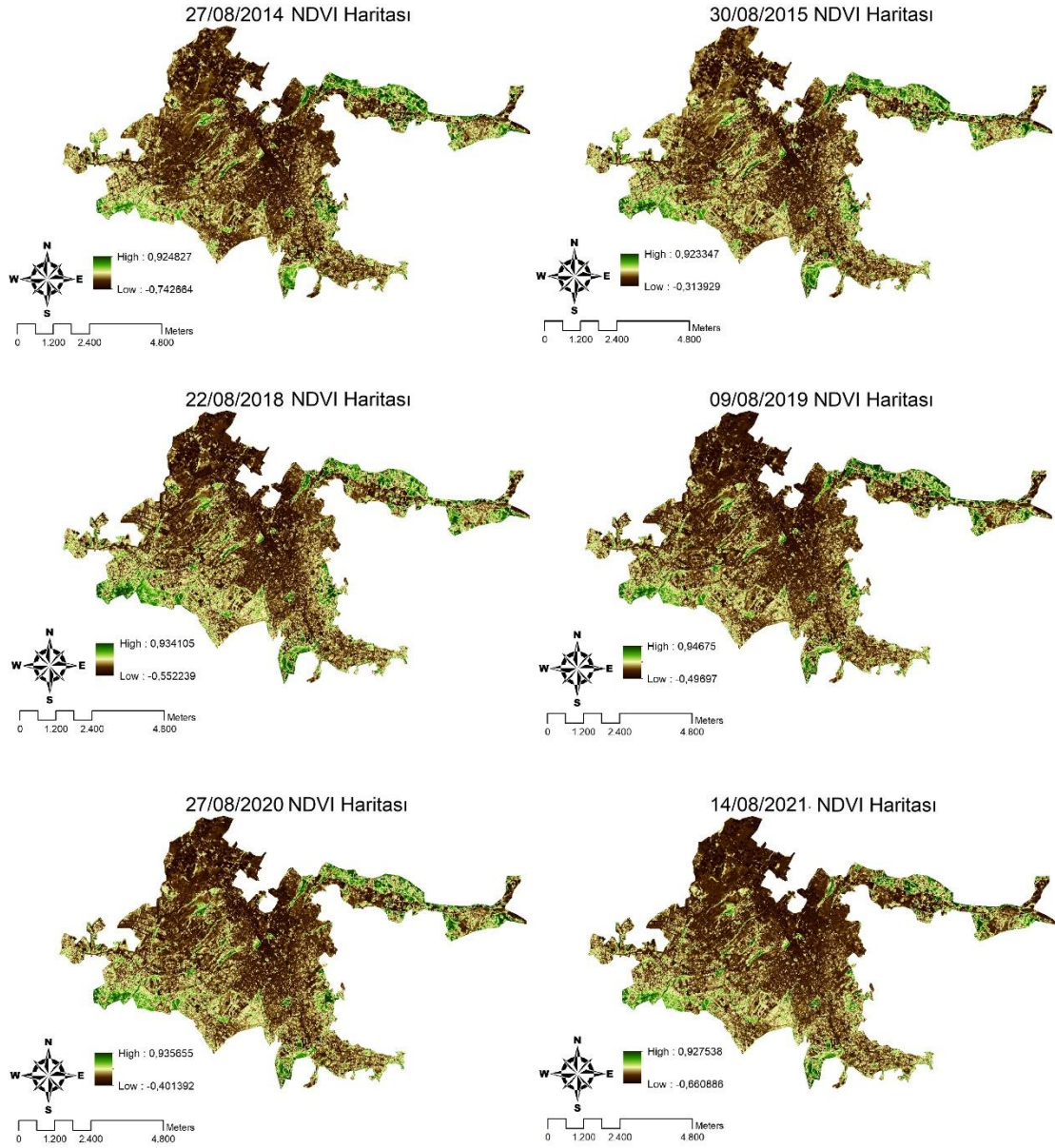
Şekil 16. 1984-1992 NDVI Haritaları



Şekil 17. 1993-2001 NDVI Haritaları



Şekil 18. 2003-2013 NDVI Haritaları

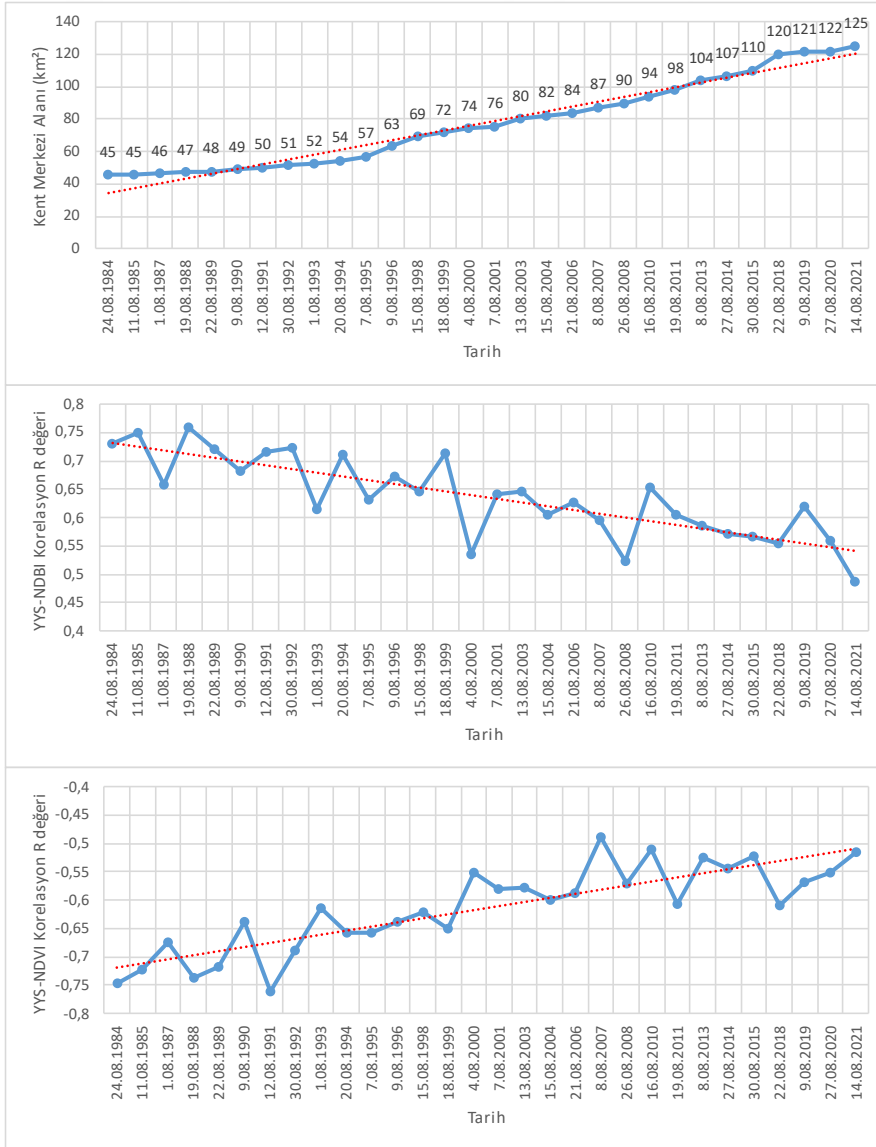


Şekil 19. 2014-2021 NDVI Haritaları

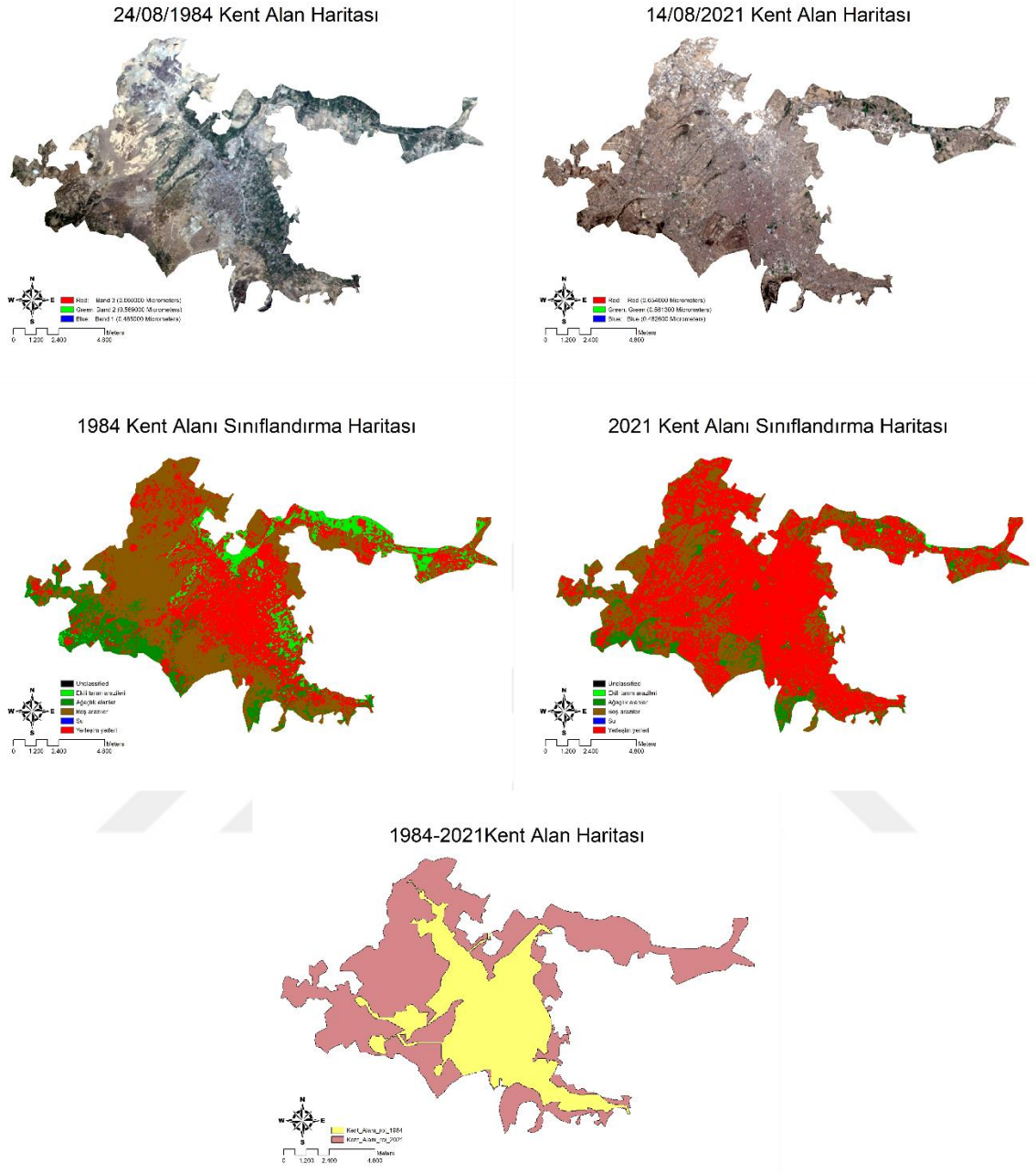
Çalışma alanına ait NDVI haritaları incelendiğinde ise 1984 yılında toplu halde bulunan ve büyük alanlar kaplayan tarım arazileri ve yeşil alanların 2021 yılına ilerledikçe kentleşmenin etkisiyle ortadan kalktığı görülmektedir. 2014 yılı ile birlikte ise kent alanlarının genişlerken içerisinde yeşil alanlar oluşturmaya başladığı görülmektedir. Alanın batı kanadı incelendiğinde eskiden boş arazi olan bölgelerde kentleşmenin arttığı NDBI haritalarında görülürken, NDVI haritalarında ise yine aynı bölgede yeşil alanların artış gösterdiği belirlenmiştir. YYS haritalarında alanın batı kanadında görülen sıcaklık değişimlerinde ise yeşil alanlardaki artışın etken olduğu düşünülmektedir.

4.3. YYS, NDBI, NDVI ve Kent Merkezinin Alansal Gelişimi İlişkilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanındaki YYS verilerindeki değişimlerin daha iyi anlaşılabilmesi için YYS ortalama değerleri, NDBI ve NDVI ortalama değerleri ile Regresyon-Korelasyon yöntemi ile ilişkilendirilmiştir. Kent merkezinin gelişimi ise alansal olarak gözlenmiş ve 1984 yılından 2021 yılına ilerledikçe yapılaşma alanları her yıl için binalarla sınırlandırılıp çevredeki boş alanların dışarıda bırakıldığı en geniş sınırlar ele alınarak alansal olarak değerlendirilmiştir (Canan, 2017) (Şekil 20, 21).



Şekil 20. Kent merkezi alansal gelişimi ve YYS, NDBI-NDVI ilişkileri



Şekil 21. 1984 ve 2021 yılları kent merkezi ve sınıflandırma haritaları

Çalışma alanı olan Denizli İli kent merkezinin alanı, 1984 yılından 2021 yılına ilerledikçe 45km²'den 125km²'ye düzenli biçimde ilerlemiştir. Şekil 21'de kent merkezinin 1984 ve 2021 yıllarına ait uydu görüntüleri ve sınıflandırma haritaları birlikte incelendiğinde yeşil alanlar ve boş arazilerin yapılaşmaya uğrayarak arazi kullanımının değiştiği görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde yer alan tarım alanları ise neredeyse tamamen yapılaşmaya maruz kalmıştır. Bu bulgular, NDBI ve NDVI haritaları ve haritaların her

birinin ortalama değerleri ile birlikte ele alındığında çalışma alanında yapılaşmanın etkisi net şekilde görülürken, kentleşmenin artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

YYs, NDBI ve NDVI ortalama verilerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi sonucu YYs-NDBI ilişkisi pozitif korelasyon gösterirken, YYs-NDVI ilişkisi negatif korelasyon göstermiştir. İlişkilendirme neticesinde ulaşılan R değerlerinin zamansal gelişimi incelendiğinde ise her iki ilişki için de 1984 yılından 2021 yılına ilerlendiğinde R değerlerinin 0'a doğru bir eğilim gösterdiği fakat ilişki durumlarını korudukları belirlenmiştir. Arazi rts ve kullanımı kentleşme yönünde ilerlese de eskiden çıplak arazi olan bölgelerin kentleşirken içerisinde yeşil alanlara yer vermesi, o bölgelerde sıcaklıkların bir nebze düşüşüne neden olmuştur. İndislerin YYs ile ilişkileri incelendiğinde günümüze ilerledikçe ilişki durumları sabit olmasına karşın ilişkilerin zayıfladığı görülmektedir. Kent-yeşil alan birlikteliğinin bölgedeki YYs değerlerini etkilemesi neticesinde söz konusu ilişkilerin zayıfladığı düşünülmektedir. Sıcaklık artışlarında küresel iklim değişikliği, yapı elemanlarının sıcaklık tutma eğilimleri, kent geometrisi ve rüzgâr etkisi, yükselti gibi diğer pek çok etmenin de değerlendirilmesi ve etkilerinin araştırılması gerektiği belirlenmiştir.

Tüm bulgular ışığında 1984 ve 2021 yılları arasında sıcaklık değerlerinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. YYs-NDBI-NDVI haritaları ve ilişki R değerlerinin gelişimi birlikte değerlendirildiğinde; boş araziler ve yapılaşma alanlarının yüksek sıcaklık üreterek çevrelerindeki sıcaklıkların artışında etkili olduğu, yüksek ve hızlı kentleşmenin bölgedeki yüzey sıcaklıklarının artışında etkisi olduğu, bölgedeki tarım arazileri ve yeşil alanların kullanımlarındaki değişimin sıcaklık artışlarına neden olduğu, kentin batı yönlü genişlemesi esnasında içerisinde oluşturduğu yeşil alanlar sayesinde o bölgelere sıcaklıkların bir nebze düştüğü, genel çerçevede ise sıcaklıkların boş araziler ve kentleşme alanlarında yüksek seyrettiği belirlenmiştir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Denizli İli kent merkezinin 1984-2021 yılları ağustos aylarına ait toplamda 30 adet Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsü aracılığıyla Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), Normalize Fark Yapılaşma ve Bitki Örtüsü İndisi (NDBI-NDVI) değerleri üretilmiş ve kent alanının gelişimi gözlenmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ulaşılan sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- YYS değerleri üretimi için Artis & Carnahan Yöntemi kullanılmış ve elde edilen veriler çalışma alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonu 2m saatlik hava sıcaklık verileriyle ilişkilendirilmiş, R değeri 0,73 ve RMSE değeri 6,14 olarak tespit edilmiştir.
- Yıllık ortalama YYS değerleri incelendiğinde 1984 yılından 2021 yılına gelindiğinde sıcaklık değerlerinin artış eğiliminde olduğu, ortalama en düşük sıcaklıklar ile en yüksek sıcaklıklar arasında yaklaşık 9°C fark olduğu belirlenmiştir. Yıllık meteoroloji istasyonu sıcaklık verileri ve aynı lokasyona ait YYS piksel değerleri incelendiğinde, birbirleriyle benzer şekillerde sıcaklıkların artış eğiliminde olduğuna işaret etmektedir ve bu ortalama değerlerdeki artışı desteklemektedir.
- Üretilen YYS verilerinin NDBI ve NDVI indisleri ile ilişkilendirilmesinde ise YYS-NDBI değerleri arasında pozitif, YYS-NDVI değerleri arasında ise negatif korelasyon görülmüştür. Her iki ilişkilendirmede de 1984 yılından 2021 yılına ilerledikçe R değerlerinde düşüş görülse de ilişki durumları sabit kalmıştır. Bu sonuçlara bağlı olarak yeşil alanlarda sıcaklıkların düşüşe geçtiği görülürken, boş arazi ve kent alanlarında sıcaklıkların yükselişe geçtiği belirlenmiştir.
- Üretilen YYS, NDBI, NDVI haritaları ile YYS-NDBI ve YYS-NDVI ilişkileri birlikte ele alındığında, 1984 yılından 2021 yılına ilerledikçe çalışma alanı içerisinde büyük alanlar kaplayan yeşil alanlar ve tarım arazilerinin zamanla kentleşmeye maruz kalarak ortadan kalktığı görülmüştür. Bunun sonucu olarak söz konusu alanlardaki sıcaklıklar gözle görülür biçimde artmıştır. Ayrıca, şehir merkezinin batı ve güney yönlü genişlemesi esnasında eskiden boş arazi olan ve yüksek sıcaklıklar görülen bölgelerin yapılaştığı, bu yapılaşma alanları içerisinde yeşil alanlar oluştuğu ve bu sayede bölgedeki sıcaklıkların geçmişe oranla kentleşmeye rağmen bir nebze düştüğü belirlenmiştir. Bu durum, kent alanlarının içerisinde yeşil alanlar oluşturulmasının kent sıcaklıklarını kontrol etmek adına önemli olduğunun göstergesidir.
- Çalışma alanında gözlenen kent gelişimi neticesinde 1984 yılından 2021 yılına ilerledikçe kent merkezi 80km² genişlemiştir. Bu genişleme esnasında

tarım alanları ve boş arazilerde yapılaşma görülmüştür. Tarım alanlarının yapılaşma alanlarına dönüşmesi neticesinde söz konusu bölgelerde sıcaklık artışları görülmüş ve kentleşmenin sıcaklıkların artışına etkisi olduğu belirlenmiştir.

Çalışma neticesinde elde edilenler ışığında, Denizli İli kent merkezinin düzenli bir şekilde genişlediği ve yapılaşmanın artış eğiliminde olduğu düşünülürse, gelecekte bu durumların yol açabileceği olumsuz sonuçlar dikkatli biçimde değerlendirilmelidir. Akşit ve Duman'ın (2020) çalışma alanı çevresinde bulunan Gökpınar Baraj Gölü ve sıcaklıklara etkisi ile ilgili yaptıkları çalışmada sıcaklık artışlarına işaret edilirken, sebeplerin iklimsel olabileceği düşünülmüştür. Yakın alanda yapılmış olan bu çalışmada ise yapılaşmanın sıcaklıkların artışı üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Her iki çalışma ele alındığında, bölgede sıcaklık artışlarının gözlemlendiği ve bu durumun olumsuz sonuçlara neden olabileceği belirtilmiştir.

Kentleşmenin artışı ve yeşil alanların azalmasının yol açtığı gözle görünür sonuç sıcaklık artışlarıdır. Kent alanlarında sıcaklık artışlarının yol açacağı olumsuzluklar arasında sağlık sorunları, psikolojik yük, biyoklimatik konforda bozulma, kuraklık gibi pek çok şey sayılabilir. Tüm bu sonuçların önüne geçebilmek için gerekli adımlar atılmalı, farklı disiplinlerin bir arada bulunduğu çalışmalar yapılmalıdır. Kent geometrisi ve içerisinde yer alan alanların doğru kullanımı ile sıcaklık artışlarının önüne geçebilmenin mümkün olduğu çalışma içerisindeki bulgularla desteklenmiştir. Kent merkezinde ve çevresindeki yüzey sıcaklıkları, işlek cadde ve sokaklar, kent merkezinde yer alan yüksek binalar ve yapı aralıklarının daraldığı bölgelerle ilgili daha fazla ve detaylı çalışma yapılması gerekmektedir.

Toplumun kent sıcaklığı ve olumsuz sonuçları ile ilgili bilgilendirilmesi mühim bir konudur. Bu hususta kamu ve sivil toplum kuruluşları birlikte hareket ederek halkı bilinçlendirmelidir. Sıcaklık artışlarından etkilenmesi muhtemel olan insan grupları üzerinde incelemeler yapılmalı ve risk gruplarının durumları ile ilgili kendilerine bilgilendirmeler yapılması gerekmektedir. Haber kanallarının kent sıcaklıkları ile ilgili verdikleri bilgilerde veri setlerini artırması ve güncellemesi, muhtemel sağlık problemleri ile ilgili de halkın uyarılması gerekmektedir.

Çalışmada, kent gelişimi esnasında yapılaşma alanlarının içerisinde yeşil alanlarla yer verilmesinin sıcaklıklar üzerinde etkili olduğu görülmüştür, bu hususta daha çok çalışma yapılarak kent merkezinde yeşil alanların artırılmasına yönelik adımlar atılmalıdır. Yapılaşmanın daha çevre odaklı yolları aranmalı ve toplum tarafından talep edilmelidir. Kent merkezi ve çevresindeki boş alanlarda dokuya uygun bitki türleri ile yeşil alanların artırılmasına yönelik adımlar atılmalıdır. Kent alanları çevresinde yer alan sanayi tesislerinin bulunduğu alanlarda görülen yüksek sıcaklıkların da yeşil alanlar sayesinde düşürülmesi yönünde adımlar atılmalıdır. Sanayi tesisleri ve çevrelerindeki alanlarda görülen hava kirliliğinin de bu sayede bir miktar önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu şiddetli doğa olayları ve öngörülemez meteorolojik olaylardan yaşam alanlarımız olan kentlerimizin daha çok etkilenmesi beklenmelidir. Bu nedenle çalışma neticesinde ortaya çıkan arazi örtüsü ve kullanımları değişimleri ile sıcaklık artışlarındaki artış eğiliminin sonuçları bu çerçevede ele alındığında daha ciddi sonuçlara sebebiyet verebilir. Bu nedenle yaşam alanlarımızın geleceğinin planlanması aşamasında daha dikkatli olunmalı ve şehirlerimiz iklim değişimlerinin etkilerine karşı hazırlanmalıdır.

Yaşam alanlarımız ve çevremizi anlamlandırabilmek için uzaktan algılama yöntemleri pek çok imkân sunmaktadır. Uzaktan algılama yöntemlerinin farklı zaman aralıklarında çalışmaya imkân sağlaması, geniş alanlarda çalışabilme yetisi ve içerisinde barındırdığı gelişmiş sistemlerle farklı disiplinlerin çalışmalarında kullanılmak üzere veri üretmesinin yarattığı avantajlar değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abdulkadir, I. (2021). *Exploring the Correlation between Land Surface Temperature , NDBI , NDVI , and NDMI over Gombe Metropolis , Nigeria*, 58, 2406–2416.
- Akşit, S. ve Duman, C. (2020). *Gökpınar Baraj Gölü'nün hissedilen sıcaklık değerleri üzerindeki etkisi*. Türk Coğrafya Dergisi, 74, 7–15. doi:10.17211/tcd.579523
- Akyürek, Ö. (2020). *Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri İle Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği*. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 377–390. doi:10.21324/dacd.667594
- Artis, D. A. ve Carnahan, W. H. (1982). *Survey of emissivity variability in thermography of urban areas*. Remote Sensing of Environment, 12(4), 313–329. doi:10.1016/0034-4257(82)90043-8
- Avdan, U. ve Jovanovska, G. (2016). *Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data*. Journal of Sensors, 2016. doi:10.1155/2016/1480307
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L. ve Radocinski, R. G. (2014). *Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration*. Remote Sensing, 6(11), 11607–11626. doi:10.3390/rs6111607
- Başar, U. G. (2008). *Uzaktan Algılama Verleri Kullanılarak İstanbul'da Isı Adalarının Zamansal Analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bayar, Rüya; Karabacak, K. (2017). *Ankara ili arazi örtüsü değişimi (2000-2012)*. Co, 15(1), 59–76. doi:10.1501/cogbil_0000000181
- Bektaş Balçık, F. (2014). *Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices*. Environmental Monitoring and Assessment, 186(2), 859–872. doi:10.1007/s10661-013-3427-5
- Canan, F. (2017). *Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği*, 32(September), 69–80.
- Carlson, T. N. ve Ripley, D. A. (1997). *On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index*. Remote Sensing of Environment, 62(3), 241–252. doi:10.1016/S0034-4257(97)00104-1
- Ciğerci, H. (2021). *Yer Yüzey Sıcaklığının Uzaktan Algılama Verileri Ve Mekansal İstatistik Yöntemleri İle Analizi: İstanbul Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- Dağlıyar, Ayşe; Avdan, Ugur; Uça Avcı, Z. D. (2015). *Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Kahramanmaraş İli ve Çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi*, (December 2019).
- Dale, Virginia H.; Joyce, Linda A.; McNulty, Steve; Neilson, R. P. (2000). *The interplay between climate change, forests, and disturbances*.
- Das, S. ve Angadi, D. P. (2020). *Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: A case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India*. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 19(May), 100322. doi:10.1016/j.rsase.2020.100322
- Duman Yüksel, Ü. ve Yılmaz, O. (2008). *Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama Ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması Ve Değerlendirilmesi*, 23(4), 937–952.
- Ekinci, B. (2016). *Kentsel Alanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin Kentsel Tasarım Yöntemleri İle Azaltılması: Aksaray Meydanı Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Frauenfelder, R. (2021). *Remote Sensing in Geology*. Encyclopedia of Geology (2. bs.). Elsevier Inc. doi:10.1016/b978-0-08-102908-4.00170-3
- Garouani, M. El, Amyay, M., Lahrach, A. ve Oulidi, H. J. (2021). *Land Surface Temperature in Response to Land Use/Cover Change Based on Remote Sensing Data and GIS Techniques: Application to Saïss Plain, Morocco*. Journal of Ecological Engineering, 22(7), 100–112. doi:10.12911/22998993/139065
- Gökdemir, N. (2020). *Yapay Su Yapılarının Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimine Olan Etkilerinin Meteorolojik Veriler Ve Uydu Görüntüleri İle Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Guha, S., Govil, H., Dey, A. ve Gill, N. (2018). *Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy*. European Journal of Remote Sensing, 51(1), 667–678. doi:10.1080/22797254.2018.1474494
- Hu, X., Hall, J. W., Shi, P. ve Lim, W. H. (2016). *The spatial exposure of the Chinese infrastructure system to flooding and drought hazards*. Natural Hazards, 80(2), 1083–1118. doi:10.1007/s11069-015-2012-3
- Jimenez-Munoz, J. C., Cristobal, J., Sobrino, J. A., Sòria, G., Ninyerola, M. ve Pons, X. (2009). *Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval*

- from landsat thermal-infrared data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1), 339–349. doi:10.1109/TGRS.2008.2007125
- Jiménez-Munoz, J. C. ve Sobrino, J. A. (2003). *A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(22). doi:10.1029/2003jd003480
- Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., Skokovic, D., Mattar, C. ve Cristobal, J. (2014). *Land surface temperature retrieval methods from landsat-8 thermal infrared sensor data*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(10), 1840–1843. doi:10.1109/LGRS.2014.2312032
- Li, K., Guan K., Jiang C., Wang S., Peng B. ve Cai Y. (2021). *Evaluation of four new land surface temperature (LST) products in the U.S. Corn Belt: ECOSTRESS, GOES-R, Landsat, and Sentinel-3*. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 14, pp. 9931-9945, 2021, doi: 10.1109/JSTARS.2021.3114613.
- Liu, H. ve Weng, Q. (2018). *Scaling Effect of Fused ASTER-MODIS Land Surface Temperature in an Urban Environment*. *Sensors*, 18(11), 4058. doi:10.3390/s18114058
- Malik, M. S., Shukla, J. P. ve Mishra, S. (2019). *Relationship of LST, NDBI and NDVI using landsat-8 data in Kandaihimmat watershed, Hoshangabad, India*. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 48(1), 25–31.
- Markham, B. L. ve Chander, G. (2003). *Revised Landsat 5 [TM] Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674–2677.
- McMillin, L. M. (1975). *Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption*. *Journal of Geophysical Research*, 80(36), 5113–5117. doi:10.1029/jc080i036p05113
- Mercan, Ç. (2020). *Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması : Muş İli Örneği*. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42–49.
- Oke, T. R. (1995). *The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects*. *Wind Climate in Cities*, 81–107. doi:10.1007/978-94-017-3686-2_5
- Özelkan, E., Papila, İ., Uça Avcı, D. Z. ve Karaman, M. (2011). *Drought determination by using land surface temperature and normalized difference vegetation index*. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment - The GEOSS Era: Towards Operational Environmental Monitoring içinde .

- <https://www.researchgate.net/publication/268811610> adresinden erişildi.
- Özelkan, Emre. (2008). *Uydu Görüntüleri Kullanarak Yangın Riski Değerlendirilmesi Kaş Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Özelkan, Emre, Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M. ve Kelkit, A. (2018). *Kentleşmenin Tarım Alanları Üzerine Etkisinin Uzaktan Algılama ile İncelenmesi-Çanakkale Örneği*. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.), 2018(1), 123–134.
- Parmiggiani, F., Quarta, G., Marra, G. P. ve Conte, D. (2006). *NDVI fluctuations from 1995 to 2006 in South Italy and North Africa: a search for a climate change indicator*. Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology VIII içinde (C. 6359, s. 635909). doi:10.1117/12.690955
- Price, J. C. (1984). *Land Surface Temperature Measurements From the Split Window Channels of the NOAA 7 Advanced Very High Resolution Radiometer*, 89, 7231–7237. <https://doi.org/10.1029/JD089iD05p07231> adresinden erişildi.
- Qin, Z., Karnieli, A. ve Berliner, P. (2001). *A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region*. International Journal of Remote Sensing, 22(18), 3719–3746. doi:10.1080/01431160010006971
- Rouse, J. W., Hass, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. ve Harlan, J. C. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. Final Report, RSC 1978-4, Texas A & M University, College Station, Texas, 1–120. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19740022555> adresinden erişildi.
- Şekertekin, A. (2019). *Işınım Transferi Denklemi Baz Alınarak Yer Yüzey Sıcaklığının Landsat-8 Uydu Verileri ile Haritalanması*. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 19(3), 769–777. doi:10.35414/akufemubid.559576
- Sekertekin, A. ve Arslan, N. (2019). *Discovering the changes in land surface temperature caused by the conversion of agricultural lands to residential and urban use*. Proceedings of 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, RAST 2019, 393–398. doi:10.1109/RAST.2019.8767894
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H. ve Kaya, S. (2015). *Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature: A case study of Zonguldak, Turkey*. Environmental Monitoring and Assessment, 188(1), 1–15. doi:10.1007/s10661-015-5032-2
- Şekertekin, A. ve MARANGOZ, A. M. (2019). *Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi*. Geomatik.

doi:10.29128/geomatik.497051

- Setturu, Bharath; Rajan, K. S.; Ramachandra, T. V. (2013). *Geostatistics : An Overview Land Surface Temperature Responses to Land Use Land Cover Dynamics*. Geoinformatics & Geostatistics, (July), 1–10. doi:10.4172/2327-CITATIONS
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C. ve Paolini, L. (2004). *Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5*. Remote Sensing of Environment, 90(4), 434–440. doi:10.1016/j.rse.2004.02.003
- Stone, B. ve Rodgers, M. O. (2001). *Urban form and thermal efficiency: How the design of cities influences the urban heat island effect*. Journal of the American Planning Association, 67(2), 186–198. doi:10.1080/01944360108976228
- Sun, Y. ve Zhao, S. (2018). *Spatiotemporal dynamics of urban expansion in 13 cities across the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from 1978 to 2015*. Ecological Indicators, 87(July 2017), 302–313. doi:10.1016/j.ecolind.2017.12.038
- Sunar, F., Özkan, C. ve Osmanoğlu, B. (2018). Uzaktan Algılama. Anadolu Üniversitesi. T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını. <https://ets.anadolu.edu.tr/storage/nfs/CBS201U/ebook/CBS201U-11V1S1-8-0-1-SV1-ebook.pdf> adresinden erişildi.
- Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X. ve Zhou, W. (2020). *Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China*. Scientific Reports, 10(1), 1–10. doi:10.1038/s41598-020-66168-6
- Türkyılmaz, M. (2021). *Çanakkale İlindeki 1984-2020 Yılları Arasındaki Kent Isı Adası Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanarak Çok Zamanlı İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.
- Türkyılmaz, M., Özelkan, E. ve Karaman, M. (2020). *Termal Uydu Görüntülerinden Üretilen Yer Yüzeyi Sıcaklığı ile Hava Sıcaklığı İlişkisinin Değerlendirilmesi*. European Journal of Science and Technology. doi:10.31590/ejosat.799722
- Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A. ve Zhao, S. (2015). *An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from landsat 8 thermal infrared sensor data*. Remote Sensing, 7(4), 4268–4289. doi:10.3390/rs70404268
- Wang, L., Lu, Y. ve Yao, Y. (2019). *Comparison of three algorithms for the retrieval of land surface temperature from landsat 8 images*. Sensors (Switzerland), 19(22). doi:10.3390/s19225049

- Xu, H., Ding, F. ve Wen, X. (2009). *Urban Expansion and Heat Island Dynamics*. Earth, 2(2), 74–79.
- Yılmaz, E. (2015). *Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası*. Co, 13(2), 115–138. doi:10.1501/cogbil_0000000167
- Yuan, F. ve Bauer, M. E. (2007). *Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery*. Remote Sensing of Environment, 106(3), 375–386. doi:10.1016/j.rse.2006.09.003
- Zhang, Z., Ji, M., Shu, J., Deng, Z. ve Wu, Y. (2008). *Surface Urban Heat Island In Shanghai, China: Examining The Relationship Between Land Surface Temperature And Impervious Surface Fractions Derived From Landsat ETM+ Imagery*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 601–606.