

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞEHİR ISI ADASI İLE YÜZEY ISI ADASI
KAVRAMLARI ARASINDAKİ FARKLAR VE
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

MUSTAFA KAĞAN ÖZBİLGE

2501180063

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. BARBAROS GÖNENÇGİL

İSTANBUL – 2020

ÖZ

ŞEHİR ISI ADASI İLE YÜZEY ISI ADASI KAVRAMLARI
ARASINDAKİ FARKLAR VE İSTANBUL ÖRNEĞİ

MUSTAFA KAĞAN ÖZBİLGE

Şehirler yapıları gereği doğal çevreden daha farklı ısınma ve soğuma karakterine sahip olmaktadır. Bu farklılık sonucunda ortaya çıkan yapıya Şehir Isı Adası(ŞIA) denilmektedir. ŞIA'lar meteorolojik verilerin analizi sonucunda ortaya koyulabilmektedir. Bu analizlerin yapılması için şehir içi istasyonlar ve kırsal istasyonlar arasında kıyas yapılması teorik olarak yeterlidir. Akademik araştırmalar sonucunda şehirlerin ısınma ve soğuma karakterini tanımlamak için Yüzey Isı Adası(YIA) kavramı da ortaya çıkmıştır. YIA ve ŞIA kavramları arasındaki temel fark gözetilmeden bazı yayınlarda YIA kavramı ŞIA kavramı yerine de kullanılmış ve bu kullanımdan dolayı hatalı sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki kavram arasındaki nüansların belirlenmesi amacıyla her iki kavramın da İstanbul örneğindeki sonuçları araştırılmış ve bu sonuçlar üzerinden farklar ortaya koyulmuştur. Bu amaç doğrultusunda İstanbul İli'nin Meteorolojik kayıtları ile Landsat 8 uydusundan elde edilen görüntüle açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizler sırasında PostgreSQL veri tabanı, QGis 3.4 ve 2.18CBS uygulaması ve çeşitli uzaktan algılama yazılımları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şehir Isı Adası, Yüzey Isı Adası, Şehir İklimi, İstanbul İklimi, İstanbul

ABSTRACT
DIFFERENCES BETWEEN URBAN HEAT ISLAND AND
SURFACE HEAT ISLAND TERMS AND AN EXAMPLE OF
ISTANBUL

MUSTAFA KAĞAN ÖZBİLGE

Cities have different heating and cooling characteristics than the natural environment due to their structures. The structure that emerged as a result of this difference is called Urban Heat Island (UHI). UHI can be revealed as a result of the analysis of meteorological data. It is theoretically sufficient to make comparisons between urban stations and rural stations for these analyses. As a result of academic researches, the concept of Surface Heat Island (SHI) has emerged in order to define the warming and cooling character of the cities. Regardless of the main difference between the concepts of SHI and UHI, the concept of SHI has been used instead of the concept of the UHI in some publications and erroneous results have been obtained due to this usage. In order to determine the nuances between these two concepts, the results of both concepts in the Istanbul example were investigated. Differences were revealed through these results. In line with this purpose, the analyses obtained from the Meteorological records of Istanbul and the view obtained from Landsat 8 satellite used on open source Geographical Information Systems (GIS). During the analysis PostgreSQL, Qgis and different remote sensing softwares were used.

Keywords: Urban Heat Island, Surface Heat Island, Urban Climate, Istanbul Climate, Istanbul

ÖNSÖZ

Şehir ortamlarında doğal çevrenin insan tarafından büyük ölçüde değişime uğraması sonucunda karşılaşılan iklimsel değişiklik 20.yy'nin ortalarından bu yana insanlığın dikkatini çekmektedir. Mekân ve insan arasındaki ilişkiden dolayı ortaya çıkan bu durum doğal olarak Coğrafya bilimi için de bir konu haline gelmiştir.

Şehir Isı Adası ile Yüzey Isı Adası Kavramları Arasındaki Farklar ve İstanbul Örneği isimli bu yüksek lisans tezi ise şehir ısı adası ve doğal yüzeylerin de dahil olduğu yüzey ısı adası kavramlarının kıyaslandığı bir çalışmadır.

Bu çalışmada İstanbul İli'nin meteorolojik verileri ile NASA'dan alınan uydu görüntüleri kullanılmış ve uygun formüllerle dönüştürülerek yüzey ısı adası ile şehir ısı adası verileri oluşturularak analizler yapılmıştır.

Tez çalışmam boyunca bana her konuda yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL'e, verilere ulaşmamda yardımcı olan Sosyal Bilimler Enstitüsü personeline, her aşamada teknik bilgi desteği sağlayan CBS alanında uzman Abdullah ER'e, tez süreci boyunca beni yalnız bırakmayan arkadaşlarım Ömer Faruk GÜMÜŞ, Erhan ÇELİKKAYA'ya, Emre GÜMÜŞ'e, Asena ÇETİNKAYA'ya ve şüphesiz tez çalışmam boyunca bana her konuda destek olan, gereken her alanda yanımda bulunan annem Güzin ÖZBİLGE ile ağabeyim Salih Oğuz ÖZBİLGE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Coğrafya biliminin, insan ve mekân arasındaki ilişkileri disiplinlerarası bir şekilde inceleyen tek bilim dalı olduğunun unutulmadığı ve gerek eğitimde gerekse günlük hayatta hak ettiği önemin verildiği bir gelecek umuduyla...

İSTANBUL – 2020
MUSTAFA KAĞAN ÖZBİLGE

İÇİNDEKİLER

ÖZ	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
RESİMLER LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
HARİTALAR LİSTESİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM GENEL BİLGİLER

1.1. Literatür Araştırma ve Değerlendirmesi	4
1.1.1. Yabancı kaynaklarda ŞIA ve YIA araştırmaları	4
1.1.2. Yerli kaynaklarda ŞIA ve YIA araştırmaları	7
1.2. Kavramsal ve Temel İfadeler	12
1.2.1. Şehir iklimi	12
1.2.2. Şehir ısı adası	13
1.2.3. Yüzey ısı adası	14
1.3. Amaç	15
1.4. Materyal ve Metot	17
1.4.1. ŞIA verisi oluşturmak için gereken verinin temini ve işlenmesi	18
1.4.2. YIA verisi oluşturmak için gereken verinin temini ve işlenmesi	21
1.4.3. Grafik ve profil oluşturulurken kullanılan rota	27
1.5. Çalışma Sahası: İstanbul	28
1.5.1. İstanbul'un konumu	28
1.5.2. İstanbul'un fiziki coğrafya özellikleri	30
1.5.2.1. Yerçekimleri	30
1.5.2.2. İstanbul'un tektonik yapısı	31
1.5.2.3. İstanbul'un bitki örtüsü	32

1.5.2.4.	İstanbul'un iklimi.....	33
1.5.3.	İstanbul'un Beşeri Coğrafya Özellikleri	34

İKİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SÜRECİ

2.1.	İstanbul'un Yüzey Sıcaklıkları ve Yüzey Isı Adası	37
2.1.1.	İstanbul'un Aylık Yüzey Sıcaklıkları Analizi.....	37
2.1.1.1.	Ocak ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	38
2.1.1.2.	Şubat ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	41
2.1.1.3.	Mart ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	44
2.1.1.4.	Nisan ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	46
2.1.1.5.	Mayıs ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	48
2.1.1.6.	Haziran ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	50
2.1.1.7.	Temmuz ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	53
2.1.1.8.	Ağustos ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	56
2.1.1.9.	Eylül ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	58
2.1.1.10.	Ekim ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	61
2.1.1.11.	Kasım ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	63
2.1.1.12.	Aralık ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	65
2.1.2.	İstanbul'un Mevsimlik Yüzey Sıcaklıkları Analizi.....	67
2.1.2.1.	Kış mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	68
2.1.2.2.	İlkbahar mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	70
2.1.2.3.	Yaz mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu.....	72
2.1.2.4.	Sonbahar mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu	75
2.1.3.	İstanbul'un Yıllık Yüzey Sıcaklık Verisinin Analizi	77
2.2.	İstanbul'un Hava Sıcaklıkları ve ŞIA Durumu	80
2.2.1.	İstanbul'un Aylık Hava Sıcaklıkları ve ŞIA Durumu	80
2.2.1.1.	Ocak ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	81
2.2.1.2.	Şubat ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu.....	84
2.2.1.3.	Mart ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	86
2.2.1.4.	Nisan ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	89
2.2.1.5.	Mayıs ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu.....	91

2.2.1.6.	Haziran ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	94
2.2.1.7.	Temmuz ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu.....	96
2.2.1.8.	Ağustos ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu.....	99
2.2.1.9.	Eylül ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	102
2.2.1.10.	Ekim ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	104
2.2.1.11.	Kasım ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu	107
2.2.1.12.	Aralık ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu.....	110
2.2.2.	İstanbul’un Mevsimlik Hava Sıcaklıkları Analizi.....	112
2.2.2.1.	Kış mevsiminde İstanbul’un hava sıcaklığı durumu.....	113
2.2.2.2.	İlkbahar mevsiminde İstanbul’un hava sıcaklığı durumu.....	116
2.2.2.3.	Yaz mevsiminde İstanbul’un hava sıcaklığı durumu.....	119
2.2.2.4.	Sonbahar mevsiminde İstanbul’un hava sıcaklığı durumu	122
2.2.3.	İstanbul’un Yıllık Hava Sıcaklıkları Analizi.....	125

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR

3.1.	Yüzey Sıcaklıkları Kaplama Rengine Göre Değişmektedir	129
3.2.	Su ve Bulut Yüzeyleri Uydu Verilerini Etkiliyor.....	131
3.3.	Yüzey Sıcaklığı Grafikleri Şehir, Kırsal Farkını Gösteremiyor	132
3.4.	Yüzey Sıcaklıkları Hava Sıcaklığını Etkiliyor	134
3.5.	Hava Sıcaklıkları ile ŞIA Tespiti Mümkün	136
SONUÇ		138
KAYNAKÇA		140

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1 - MEVBİS Sistemi Sipariş Kontrol Ekranı.....	19
Resim 2 - PgAdmin Arayüzü	20
Resim 3 - MODIS Uydusundan YIA Çıkaran Online Araç.....	27



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 - MGM Verisinden Harita Hazırlama Süreci.....	21
Şekil 2 - Landsat verilerinden YIA verisi oluşturma aşamaları.....	26
Şekil 3 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Ocak 2019, Aylık).....	40
Şekil 4 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Şubat 2019, Aylık).....	43
Şekil 5 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (25 Mart 2019, 11:45)	45
Şekil 6 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (23 Nisan 2019, 11:45).....	47
Şekil 7 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (28 Mayıs 2019, 11:45)	49
Şekil 8 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (07 Haziran 2017, 11:45)	52
Şekil 9 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (09 Temmuz 2017, 11:45).....	55
Şekil 10 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (25 Temmuz 2017, 11:45).....	57
Şekil 11 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (11 Eylül 2019, 11:45)	60
Şekil 12 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (03 Ekim 2019, 11:45)	62
Şekil 13 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (14 Kasım 2017, 11:45).....	64
Şekil 14 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği(16 Aralık 2017, 11:45).....	66
Şekil 15 - İstanbul Dört Mevsim Yüzey Sıcaklıkları Grafiği	67
Şekil 16 - İstanbul Kış Mevsimi Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Aralık, Ocak, Şubat)..	69
Şekil 17 - İstanbul İlkbahar Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Mart, Nisan, Mayıs).....	71
Şekil 18 - İstanbul Yaz Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Haziran, Temmuz, Ağustos)....	73
Şekil 19 - İstanbul Sonbahar Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Eylül, Ekim, Kasım)	76
Şekil 20 - İstanbul Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklıkları Grafiği.....	79
Şekil 21 - Ocak 2019 İstanbul Hava Sıcaklığı Profili	83
Şekil 22 - Şubat 2019 İstanbul Hava Sıcaklığı Profili	86
Şekil 23 - 25 Mart 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği	88
Şekil 24 - 23 Nisan 2018 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği.....	90
Şekil 25 - 28 Mayıs 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği	93
Şekil 26 - 07 Haziran 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği.....	95
Şekil 27 - 09 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği	98
Şekil 28 - 25 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği	101
Şekil 29 - 17 Eylül 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği.....	103
Şekil 30 - 03 Ekim 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği.....	106

Şekil 31 - 14 Kasım 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği.....	109
Şekil 32 - 16 Aralık 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği	111
Şekil 33 - İstanbul Dört Mevsim Hava Sıcaklıkları Grafiği	113
Şekil 34 - İstanbul Kış Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği	115
Şekil 35 - İstanbul İlkbahar Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği	118
Şekil 36 - İstanbul Yaz Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği	121
Şekil 37 - İstanbul Sonbahar Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği.....	124
Şekil 38 - İstanbul Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı Haritası.....	127
Şekil 39 - İstanbul Yıllık Ortalama Hava Sıcaklıkları Grafiği.....	128
Şekil 40 - 25 Mart 2019 Saat:11.45 İstanbul Yüzey Sıcaklığı Grafiği	132
Şekil 41 - 03 Ekim 2019 Hava ve Yüzey Sıcaklığı Kıyaslaması.....	133

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 - Landsat 8 Bant Özellikleri (Ihlen, 2019).....	23
Tablo 2 - 2017 Yaz Mevsiminde İstanbul'da Hakim Rüzgar Yönü.....	135



HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1 - ŞİA Analizleri Yapmak İçin Kullanılan İstasyonların Dağılışı Haritası	18
Harita 2 - Profil Oluşturmak Amacıyla Kullanılan Rota	28
Harita 3 - İstanbul İli Yer Bulduru Haritası	29
Harita 4 - İstanbul'un ve Çevresinin Yeryüzü Şekilleri Haritası (Erol, MTA, 1993)	31
Harita 5 - İstanbul Ocak 2019 Yüzey Sıcaklık Haritası	38
Harita 6 - İstanbul Şubat 2019 Yüzey Sıcaklık Haritası	41
Harita 7 - 25 Mart 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	44
Harita 8 - 23 Nisan 2015 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	46
Harita 9 - 28 Mayıs 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	48
Harita 10 - 07 Haziran 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	50
Harita 11 - 09 Temmuz 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	53
Harita 12 - 25 Temmuz 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	56
Harita 13 - 17 Eylül 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	58
Harita 14 - 03 Ekim 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	61
Harita 15 - 14 Kasım 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	63
Harita 16 - 16 Aralık 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası	65
Harita 17 - Kış İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Aralık, Ocak, Şubat)	68
Harita 18 - İlkbahar İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Mart, Nisan, Mayıs)	70
Harita 19 - Yaz İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Haziran, Temmuz, Ağustos)	72
Harita 20 - İstanbul Sonbahar Yüzey Sıcaklık Haritası (Eylül, Ekim, Kasım)	75
Harita 21 - İstanbul Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklık Haritası	77
Harita 22 - Ocak 2019 Saat 14.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	81
Harita 23 - Şubat 2019 Saat 14.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	84
Harita 24 - 25 Mart 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	86
Harita 25 - 23 Nisan 2018 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	89
Harita 26 - 28 Mayıs 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	91
Harita 27 - 07 Haziran 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	94
Harita 28 - 09 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	96
Harita 29 - 25 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	99
Harita 30 - 17 Eylül 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	102

Harita 31 - 03 Ekim 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası.....	104
Harita 32 - 14 Kasım 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası.....	107
Harita 33 - 16 Aralık 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası	110
Harita 34 - İstanbul Kış Hava Sıcaklığı Haritası.....	113
Harita 35 - İstanbul İlkbahar Hava Sıcaklığı Haritası	116
Harita 36 - İstanbul Yaz Hava Sıcaklığı Haritası	119
Harita 37 - İstanbul Sonbahar Hava Sıcaklığı Haritası	122
Harita 38 - Silivri'nin Eylül ve Aralık Aylarındaki Yüzey Örtüsü	129
Harita 39 - Silivri'nin Eylül ve Aralık Aylarındaki Yüzey Sıcaklıkları	130
Harita 40 - 2017 Yılında İstanbul'un Yüzey Sıcaklıkları ve Hava Sıcaklıkları	135
Harita 41 - İstanbul'un Kış ve Yaz ŞİA Durumu	137

KISALTMALAR LİSTESİ

ŞIA	: Şehir Isı Adası
IAUC	: Association for Urban Climate
ŞGAM	: Şehirsel Gölge Alanları Modeli
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
YIA	: Yüzey Isı Adası
MEVBİS	: Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi
LST	: Land Surface Temperature (Yüzey ısı adası)
LSE	: Land Surface Emissivity (Yüzey ısı doğrulaması)
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

GİRİŞ

Bu çalışmada “şehir ısı adası” ve “yüzey ısı adası” kavramları arasındaki farkların ortaya koyulması amaçlanmıştır. Gerek akademik gerekse günlük kullanımda sıkça karıştırılan bu iki kavramın tam olarak tanımlanmasının, çalışmaların anlamı açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda her iki kavram da İstanbul İli örneğinde incelenmiştir. İstanbul’un şehir yapısı ve şehir ile kırsal alanların birbirlerinden keskin çizgilerle ayrılışı bu araştırmanın İstanbul örneğinde yapılmasına sebep olmuştur. Bu konu üzerine birçok makale, araştırma, tez çalışması yayınlanmış olup farklı konumların ŞIA bölgesi ortaya koyulmuştur. Yapılan çalışmalarla birlikte insan faaliyetlerinin ve bu faaliyetlerin sonuç ürünlerinin iklimsel özellikleri dar alanlarda da olsa değiştirdiği ispatlanmıştır.

Yüzey ısı adası kavramı ise daha yeni bir kavramdır. Şehir ısı adası kavramı ile çokça karıştırılan bu kavramın asıl anlamının şehirdeki hava koşullarının değişikliğini göstermek değil farklı yüzeylerin ısı yayılımı üzerindeki etkilerini ortaya koymak olduğu söylenebilir. Cisimlerin farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle Güneş enerjisi kaynaklı olarak depoladıkları ısı enerjisini farklı biçimlerde yaydıkları bilinmektedir. Bu bilgiler neticesinde yüzey ısı adasının şehrsel alanlar dışında da meydana gelebilecek bir olgu olduğu düşünülmektedir.

Şehir ısı adası ve yüzey ısı adası kavramları arasındaki temel farkın insan etkileri ve ortaya çıktıkları ortamlar arasındaki yapısal farklılıklar olduğu düşünülerek bu çalışma sonucunda çıkacak sonuçlarla bu düşüncenin desteklenmesi amaçlanmıştır. Zira şehir ısı adası kavramından bahsedebilmek için insan etkisi sonucunda oluşmuş ortamlar

incelenirken yüzey ısı adası kavramı yapay ya da doğal alan fark etmeden her türlü ortamda ortaya çıkabilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle İstanbul ikliminin normal şartlar altındaki karakterinden bahsedilmiş ve bu koşulların oluşmasında etkili olan faktörler incelenmiştir. Bu hususta Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler kullanılmıştır. İstanbul'un yeni bir yerleşme olmamasından dolayı iklimi üzerindeki insan etkisinin uzun yıllardır devam ettiği ve elimizdeki istasyon verilerinin sadece günümüzden 60 yıl kadar öncesine ulaşabilmesi bu inceleme sırasında dikkat edilmesi gereken bir husustur. İstanbul, her ne kadar ilk ölçümlerden beri şehirleşmenin yoğun olarak görüldüğü bir şehir yapısına sahip olsa da şehir merkezi ve merkeze uzak noktalar arasında görülen iklimsel değişiklikler bu incelemenin yapılmasında dikkat edilen asıl detaylar olarak ortaya çıkmaktadır.

Şehir ısı adası etkisinin belirlenmesi için İstanbul'un geçmişten bu yana yaşadığı şehirselleşme değişimleri incelenmiştir. Şehrin gelişim yönü ve gelişirken gösterdiği karakteristik özellikler de bu çalışmaya dahil edilmiştir. İstanbul'un şehirselleşme süreci sırasında geçmişten bu yana uygulanan farklı şehir planlarıyla birlikte şehrin iklimi etkileyebilecek birçok faktörü değişime uğramıştır. Her bölge için farklı ekiplerin ve kurumların planlama yapmasından kaynaklı olarak ilçeler arası hatta mahalleler arasında bile farklı mikro iklim alanları ortaya çıkmıştır. Bu farklılıklar sonucunda İstanbul'un doğal iklim özellikleri belirli bir yükseltiye kadar insan eliyle değiştirilmiştir. Her ne kadar değişim büyük ölçülerde olmasa da 1 C°'lik değişimin bile ortaya çıkardığı etkiler göz önünde bulundurulursa insan etkisinin sonuçları hakkında bir öngörü sahibi olunabilir.

Yüzey ısı adası konusu ise sadece şehir alanlarında değil yapay ya da doğal her türlü yüzeysel değişimlerden ortaya çıktığı düşünülerek doğal ortamlarda da ortaya çıkan bir durum olarak ele alınacaktır. Şehir ısı adasından farklı olarak yüzey ısı adası kavramının sadece insan kaynaklı değil doğal süreçlerle birlikte de ortaya çıkabileceği düşüncesinden yola çıkarak bu çalışma içerisinde iki kavram arasındaki farklar İstanbul’da meydana gelen süreçler örnek verilerek detaylandırılacaktır.

Özetle bu çalışma içerisinde İstanbul’da görülen insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan şehir ısı adası ile doğal ya da yapay süreçler sonucunda ortaya çıkan yüzey ısı adası kavramları arasındaki temel farklılıklar ortaya koyulacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Literatür Araştırma ve Değerlendirmesi

Öncelikle araştırma sırasında İstanbul Üniversitesi Merkez Kütüphanesi kapalı olduğundan dolayı birçok kaynağa ulaşımında problem çekildiği bilinmelidir. Şehir Isı Adası konusunda çalışmaların yapıldığı İstanbul Üniversitesi kaynakları bu nedenle detaylı incelenememiştir ve sadece internette kopyası bulunan çalışmalar değerlendirilebilmiştir. İstanbul Üniversitesi kaynakları haricindeki kaynaklara erişimde problem yaşanmamıştır.

1.1.1. Yabancı kaynaklarda ŞIA ve YIA araştırmaları

Geçmişte baktığımızda Şehir Isı Adası kavramını ilk açıklayan ancak adını koymayan kişinin Luke Howard olduğunu görüyoruz. Luke Howard 1810'lu yıllarda bu kavramla denk gelen araştırma sonuçları paylaştı da henüz adını tam olarak koymamıştı, araştırmasında şehir ısı adasına sebep olan durumlardan ve bunun sonuçlarından bahsediyordu (IAUC, 2006). Ancak bu çalışmanın orijinaline ülkemizden ulaşmak pek mümkün değil. Orijinal yayın yerine International Association for Urban Climate(IAUC) tarafından yeniden derlenen haline ulaşılabilir. Bu yayından yola çıkarak Luke Howard'ın Londra'da insan faaliyetleri kaynaklı sıcaklık değişimlerini ortaya koyduğunu söylemek mümkün. Bu değişimleri ortaya koyarken faydalandığı yersel ölçüm sonuçlarını da göz önünde bulundurursak aslında günümüzdeki anlamıyla tam olarak Şehir Isı Adası'nı tanımladığını anlayabiliyoruz. Luke Howard sonrasında da birçok araştırmacı ŞIA ve etkileri üzerinde araştırmalar yapmıştır (Bilgen, 2016). ŞIA tanımını kullanırken uzaktan algılama tekniklerinin

kullanıldığı çalışma Rao tarafından 1972 yılında yapılan “Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite” isimli çalışmadır. Bu çalışma uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı ve ulaşabildiğimiz ilk çalışma özeliğine sahiptir. çalışmada kullanılan termal bant verileri sayesinde üretilen yüzey sıcaklık değerlerini gösteren haritalar sonucunda bilim insanlarının dikkati yüzey sıcaklıklarının tespiti ile yapılan ŞIA saptamalarına kaymaya başlamıştır (Rao, 1972). 2006 yılında Valezquez-Lozada v.d. tarafından San Juan kenti için yapılan araştırmada ise şehrin insan faaliyetleri sonucunda iklimsel yapısındaki değişiminden söz edilmiştir. Bu çalışma sırasında ŞIA’nın daha detaylı incelenmesi için yaklaşık bir yıl boyunca gözlemler yapılmış ve ŞIA teriminden tam olarak bahsedilmiştir. Çalışma sonucunda ŞIA’nın çevre ve ekosistem açısından olumsuz sonuçlar doğurduğu kanısına varılmıştır (Velazquez-Lozada, Gonzalez, Winter, 2006). 2006 yılında Sarrat v.d. tarafından yayınlanan bir başka çalışmada ise Paris bölgesindeki hava kirliliğini incelenmiş ve bu kirlilik üzerinde ŞIA’nın bir etkisinin olup olmadığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Simülasyonlar sırasında şehrsel ve şehrsel olmayan olmak üzere iki farklı Meso-NHC modeli kullanılan bu çalışma sonucunda ŞIA’nın ısınma ve soğuma dengesini bozmasından dolayı havadaki kirleticilerin(NO₃, CO) kimyasal yapılarında bozulma tespit edilmiştir. Buradan yola çıkarak ŞIA’nın hem iklimsel durumu bozduğu hem de hava kirliliğini artırdığı sonucu ortaya koyulmuştur (Sarrat, Lemonsu, Masson, Guedalia, 2006). 2008 yılında Lin v.d. tarafından yapılan bir araştırmada Taipei/Kuzey Tayvan’daki ŞIA durumu incelenmiştir. WRF, ve NOAA Yüzey Isısı Modeli bir arada kullanılan bu araştırmada ayrıca ŞIA ve etkileri tespiti için Urban Canopy Model adı verilen ve Türkçe’ye Şehrsel Gölge Alanları Modeli(ŞGAM) olarak çevirebileceğimiz bir model yöntemi kullanılmıştır. Bu araştırmada

başlangıçtaki hedef ŞIA'nın şehir iklimi ve denizsel kaynaklı iklim faaliyetleri üzerindeki etkisini incelemektir. Şehir iklimi için yapılan araştırmada daha önceki çalışmalara benzer sonuçlar elde edilen bu araştırmada farklı olarak deniz meltemleri üzerinde de ŞIA etkisine rastlanmıştır (Lin, et al., 2008). 2008 yılında Priyadarsini v.d. tarafından yapılan bir araştırmada Singapur kentinde ŞIA etkileri araştırılmıştır. Çalışma sırasında, ŞIA'nın etkili olduğu alanlarda ortalama sıcaklıkların doğal süreçlerle olması gerekene göre 4 C°'ye kadar daha fazla olduğu saptanmıştır. İlgili bu artışın temel sebebinin ne olduğu konusunda kesin bir kanıya varılmasa da albedo oranlarını değiştiren yüzey renklendirmeleri sonucunda ısının soğurulmasında farklılaşmalar olabileceği ve uzun yapıların rüzgarları değiştirerek ısının şehir içerisindeki dağılımının bozulabileceği sonucuna varılmıştır (Priyadarsini, Hien, David, 2008). Susca v.d. tarafından hazırlanan ve 2011 yılında 21.SETAC Yıllık Toplantısı etkinliğinde yayınlanan ancak tam metnine ulaşılamayan bir araştırmanın özetinde ise yeşil alanların ŞIA etkisini azaltıcı gücünün olduğundan bahsedilmiştir (Susca, 2011). Sun v.d. tarafından 2012'de yayınlanan Kentsel Bir Bölgedeki Sulak Alanların Serinleticiliği: Pekin Örneği(Cooling effects of wetlands in an urban region: The case of Beijing) adlı çalışmada ŞIA'nın sıcaklık etkisini azaltan bir diğer faktör olan sulak alanlardan bahsedilmiştir. ASTER uydu görüntülerinin yer yüzeyi sıcaklığı verileri analiz edilerek yapılan bu çalışmada ŞIA kavramı kullanılmış ve Yüzey Isı Adası(YIA) kavramına yer verilmemiştir (Sun, Chen, Chen, Lü, 2012). ŞIA'nın ne kadar şiddetli olabileceğini gösteren bir diğer araştırma da 2013 yılında Vardoulakis v.d. tarafından Agrinio/Yunanistan'da yapılmıştır. Yersel istasyonlar kullanılan araştırmada 10 adet istasyon verisinden faydalanılmıştır ancak bu istasyonların araştırma sırasında yerleştirildiği ve zamansal detaylarının sınırlı olduğu göz önünde

bulundurulmalıdır. Hobo ProV2 model sıcaklık algılama cihazı ile toplanan veriler, SPSS 17.0 programı aracılığıyla işlenmiş ve sonuçlar üretilmiştir. Üretilen verilere göre ilgili bölgede 6C°'ye varan farkların olduğu ispatlanmıştır (Vardoulakis, Karamanis, Fotiadi, Mihalakakou, 2013). Tabi ki bu farkın oluşmasında bölgenin Akdeniz kıyısında olmasının da büyük bir etkisi vardır. Günümüz örnekleri arasında bulunan, Miles ve Eseau tarafından 2020 yılında yapılan bir çalışmada ise 57 adet Fennoscandia şehrinde görülen ŞIA'nın mevcut durumu araştırılmıştır. Bu araştırmada MODIS uydu görüntülerini kullanan araştırmacılar şehirselleşen ortam ve doğal ortam arasındaki sıcaklık farklarını bulmak için MODIS uydusundan yüzey sıcaklığı elde etmeyi sağlayan özel bir formül kullanmışlardır. Bu formül sonucunda yüzeyden yansıyan radyasyon ve parlama miktarına göre uydu geçişi sırasında yüzeyin sıcaklığı hesaplanabilmiştir (Miles, Esau, 2020). Ancak sıcaklık herhangi bir istasyon verisi ile değil doğrudan yüzey yansımaları sonucunda elde edilen uydu görüntüleri üzerinden hesaplandığı için araştırma sonuçları tartışmalara açıktır. Yabancı çalışmalar tabi ki bu kadarla sınırlı değildir ve çok daha fazlası da mevcuttur. Ancak çalışmanın asıl amacının literatür taraması olmaması sebebiyle bu kısım kısıtlı bir miktarda bırakılmıştır.

1.1.2. Yerli kaynaklarda ŞIA ve YIA araştırmaları

Yabancı araştırmaların yanı sıra ülkemizdeki bilim insanları tarafından da Yüzey Isı Adası(YIA) ve ŞIA üzerine çalışmalar yapılmıştır. YÖK'ün tez merkezinde, İstanbul Üniversitesi Kütüphane Kataloğu'nda ve DergiPark'ta yapılan araştırmalar sonucunda ulaşılabilen en eski Türkiye kaynaklı ŞIA/YIA çalışması 1972 yılında Eljadid tarafından yapılan İstanbul İlinde Şehir Isı Adası Etkisi(Urban heat island effect in Istanbul city) isimli çalışmadır. Kentsel Mekanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin

Azaltılmasında Sürdürülebilir Peyzajın Önemini isimli, Akay tarafından 1996 yılında yapılan araştırmada ise şehir ısı adası kavramından bahsedilirken Ankara ilindeki iki adet farklı istasyon verisi kullanılmış ve bu istasyonlardan biri kent içi (Ankara Merkez) istasyonlardan diğeri ise kırsal (Ankara Esenboğa) istasyonlardan seçilmiştir (Akay, 1996). 2005 yılında Yüksel tarafından yapılan bir başka araştırma yine Ankara ili üzerine çalışmalar içermektedir. Bu araştırma boyunca yüzey ısısının ölçüldüğü Landsat 5 ve 7 görüntüleriyle birlikte meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. Çalışma içerisinde kentsel ısı adası olarak belirtilen ŞIA'nın farklı türlerinin olabileceğine dikkat çekilmiştir. Bu farklılaşmanın temel sebebini ise ölçüm yöntemine dayandırmıştır. Çalışmaya göre havanın sıcaklığının ölçülmesi ile yüzey sıcaklığının ölçülmesi farklı sonuçlar doğurmakta ve dolayısıyla birbirinden farklı şeyler olarak incelenmelidir. Nitekim çalışma sonuçları da bunu ispatlar niteliktedir. Meteoroloji istasyonları ya da mobil istasyonlar ile yapılan ölçümler hava sıcaklığını ölçtüklerinden ve uydu görüntüleri doğrudan yüzey sıcaklıklarını ölçtüklerinden dolayı çalışma içerisinde çıkan grafik ve tablolar iki kavramın birbirinden farklı olduğunu göstermektedir (Yüksel Ü. , 2005). Ancak çalışma içerisinde ŞIA ve YIA kavramları tam olarak kullanılmamış yine de bunlara uygun tanımlamalar yapılmıştır. 2005 yılında Çiçek ve Doğan tarafından yapılan Ankara'da Şehir Isı Adasının Belirlenmesi isimli çalışmada ise yedi farklı yersel istasyon kullanılmış, uzaktan algılama verileri araştırma içerisine dahil edilmemiştir. Elde edilen istasyon verileri üzerinde uygulanan ve Oke tarafından 1973 yılında geliştirilen iki ayrı formül sonucunda Ankara'nın ŞIA değerinin hem istasyon verilerine dayalı hem de formül sonucunda çıkan verilere dayalı sonuçları elde edilmiştir. Bu araştırma sonucunda Ankara'da insan nüfusu ile ŞIA görülme şiddeti arasında büyük bir ilişki saptanmıştır

(Çiçek, Doğan, 2005). İstanbul için yapılan ilk ŞIA çalışmasından sonra uzun bir dönem başka çalışma kayıtlara geçmemiştir. Çalışmasız geçen dönemin ardından tez çalışması olarak yapılan ilk çalışma Kum tarafından 2006 yılında yapılan çalışmadır. Bu çalışma içerisinde İstanbul'daki farklı yerleşme özelliğine sahip(kırsal, yarı kırsal, kırsal) alanlarda bulunan üç ayrı istasyona ait meteorolojik veri kullanılmıştır. Yapılan regresyon ve anova analizleri sonucunda İstanbul'da özellikle minimum sıcaklık değerlerinde şehirleşmeye bağlı sapmalar olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kum, Göztepe, Kandilli ve Şile Sıcaklık Verileri Kullanılarak İstanbul'da Şehir Isı Adası Etüdü, 2006). 2013 yılında Duman Yüksel tarafından yapılan bir çalışmada ise ŞIA ve YIA tespiti ayrı ayrı yapılmış ancak bu iki tespitin de sonuçları ŞIA olarak belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan üç yersel istasyon verisi ile uzaktan algılama verileri arasında bağlantı kurularak ŞIA tespit edilmeye çalışılmıştır (Yüksel, Yılmaz, 2013). ŞIA ve YIA'nın ayrı ayrı değerlendirildiği çalışma niteliğini taşıyan, Yılmaz tarafından yazılan "Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu" başlıklı doktora tezinde şehrin yapısının ortaya çıkardığı ısınma ortamı değişiklikleri ele alınmıştır. Bu kapsamda Ankara'nın uydu görüntüleri ve mobil ölçüm sonuçları bir arada değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre YIA, Ankara'da negatif bir sonuç göstermektedir. Tarımsal alanların farklı özgül ısı değerlerine sahip oluşları ve bundan dolayı farklı ısınma süreleri göstermeleri bu durumun temel sebebi olarak belirtilmektedir. Mobil ölçüm sonuçlarında ise Ankara'da ŞIA etkisinin geceleri daha iyi gözlemlendiği ortaya koyulmuştur. Gündüzleri yapılan ölçümlerin ise bir anlam ifade etmediğinden söz edilmektedir. Bununla beraber şehrsel alanlarda yükseltiye bağlı sıcaklık değişim oranlarında bozulmalar meydana geldiği de belirtilmiştir (Yılmaz, 2013). ŞIA yapısını ve hareketlerini inceleyen başka bir çalışmada yüzey ısısı

verileri kullanılarak oluşabilecek ŞIA'nın nasıl davranacağı modellenmiştir. “Kentsel Yüzeylerde Isı Adası Etkisinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması” başlıklı doktora tezinde özel bir ticari yazılım kullanılarak kaynağı tam olarak belirtilmeyen yüzey sıcaklık değerleri ve ilgili çalışma alanının üç boyutlu verileri kullanılarak bir simülasyon oluşturulmuştur. Oluşturulan simülasyonlarda şehir içerisinde sıcaklık dağılışını etkileyen rüzgâr gibi temel bir faktörün nasıl davranacağı incelenmiştir. Temel amacı yapıların daha mantıklı ve ŞIA oluşturmada ya da oluşan ŞIA'nın negatif etkilerinden korunarak inşa edilmesini öneren bu çalışma sonucunda YIA'nın referans değerleri kullanılarak şehrin ŞIA değerleri elde edilmiştir (Gülten, 2014). Ankara'da görülen ŞIA'nın analizlerden bir diğeri de 2015 yılında Gümüş tarafından yapılmıştır. Meteoroloji istasyonlarına ait verilerin ve yükseklik verilerinin bir arada kullanıldığı bu çalışmada temel amaç ŞIA'nın etkilerini tespit etmek ve bu etkiler sonucunda şehir planlarında kullanılabilecek veriler üretmektir. ŞIA etkisini tespit ederken kullanılan meteorolojik parametreler arasında sadece sıcaklık değil aynı zamanda nemin de hesaba katıldığı bu çalışma konfor sıcaklığını temel aldığından dolayı diğer ŞIA çalışmalarından farklı bir bakış açısına sahiptir. Hatta çalışma sonuçlarına göre daha önceki çalışmalarda net olarak belirlenemeyen ŞIA durumu da ortaya koyulmuştur. Bu sonucun ortaya çıktığı örnek ilçelerden biri olan Etimesgut'taki MGM istasyonlarından elde edilen nem verisi sonucun belirlenmesinde çok etkili olmuştur (Gümüş, 2015). Uzaktan algılama tekniklerine dayalı YIA tespiti çalışmalarına örnek olarak verilebilecek başka bir çalışma 2015 yılında yapılmıştır. Yılmaz tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada Landsat uydusundan alınan görüntüler kullanılarak Adana ilinin YIA'sı belirlenmiştir. YIA belirlenirken kullanılan algoritma ise NASA tarafından yayınlanan Landsat Handbook'tan alınmış

ve uygulanmıştır. Uygulama sırasında Landsat 8 uydusunun 10 numaralı bandı kullanılmış diğer termal bant olan 11.bant kullanılmamış ve bunun uydudaki kalibrasyon hatasından dolayı olduğu belirtilmiştir. 10 numaralı banttan alınan görüntüler ise çalışma içerisinde belirtilen formül ile işlenmiştir. Araştırma içerisinde MGM'den alınan veriler de kullanılmıştır. Araştırma sonucuna göre kış aylarında şehirde negatif YIA etkisi görülürken yaz aylarında pozitif YIA etkisi görülmektedir (Yılmaz, 2015). İstanbul için yapılan çalışmalardan birinde ise WRF modeli oluşturulmuş ve bu model sonuçlarıyla birlikte ŞIA yapısı ortaya koyulmuştur. Çalışma içerisinde Şile, Kilyos, Göztepe, Florya ve Sarıyer meteoroloji istasyonları kullanılmış ve bu istasyonlar arasındaki farklar ile analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda ŞIA etkisinin sadece yüzey ve hava sıcaklıklarına değil aynı zamanda rüzgâr etkisine de bağlı olduğu belirtilmiş ve bu durumun ispatı İstanbul'daki Kuzey ve Güney'de bulunan istasyonlarından alınan farklı değer üzerinden yapılmıştır (Diren, 2016). ŞIA kavramını ortaya koyarken farklı teknikler uygulanabilmektedir. Bu farklılıklara örnek olarak gösterilebilecek çalışmalardan bir tanesi de 2017 yılında Canan tarafından ortaya koyulan çalışmadır. Konya'nın ŞIA durumunu şehrin geometrik yapısından yola çıkarak ortaya koymaya çalışan Canan, bu kavramı ispatlayabilmek için gökyüzü açıklığı değerini de kullanmıştır. Geometrik yapıyla ŞIA'nın ilişkilendirildiği ve bu ilişkinin ispatı için diğer çalışmalardan farklı olarak gökyüzü açıklığının değerlendirildiği bu çalışma ŞIA kavramının kullanımı açısından dikkat çekici bir öneme sahiptir (Canan, 2017). ŞIA ve YIA kavramlarının bir arada kullanıldığı çalışmalar içerisinde yer alan başka bir çalışma da 2018 yılında yayınlanmıştır. Yavaşlı tarafından yapılan bu çalışmada İzmir ilindeki sayfiye alanları ile şehrsel alanlar arasındaki sıcaklık farkları YIA verileri kullanılarak ortaya

koyulmuştur. MODIS uydusundan alınan görüntülerin kullanıldığı bu çalışma sonucunda sayfiye alanları ve şehirsal alanlar arasında gece ve gündüz sıcaklık farklılıkları tespit edilmiştir (Yavaşlı, Ölgün, Zoğal, 2018). ŞIA belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalardan bir diğeri ise günümüze yakınlığıyla da ön plana çıkan ve Ankara'nın ŞIA durumunun araştırıldığı "Mobil Ölçümlerle Ankara Şehir Isı Adası" isimli çalışmadır. Bu çalışma kapsamında bir yıl boyunca her ay belirlenen bir günde sabah ve akşam olmak üzere 2 kez ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda Ankara'daki ŞIA ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Mobil ölçümlerin kullanıldığı bu çalışma sonucunda Ankara'nın ŞIA falezleri ve ŞIA platoları tespit edilmiştir (Yılmaz, 2019).

1.2. Kavramsal ve Temel İfadeler

Bu bölümde ŞIA ve YIA kavramlarını tanımlamak ve altlık oluşturması için temel bilgiler ve terimler açıklanacaktır.

1.2.1. Şehir iklimi

Şehirlerin iklim yapısı kırsal alanlara göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın temel sebebi şehir ortamlarının doğal yapıdan çok yapay yapıya ev sahipliği yapıyor olmasıdır.

Şehirlerde yapay unsurlar olarak adlandırdığımız yollar, sanayi alanları ve binalar yoğun bir şekilde yer almaktadır. Bu yapıların varlığı sebebiyle güneş ışınlarının emilimi ve atmosfere tesiri de değişime uğramaktadır. Doğal ortama göre daha az yüzey yansımalarının meydana geldiği bu ortamlarda daha yüksek sıcaklıklar, daha yüksek nem miktarları görülmekle birlikte rüzgarların karakterinde de bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozulmalar sonucunda şehir ortamlarında sıkça isli, puslu

ve kirli yapıya sahip hava kütlelerine rastlanmaktadır (Marsh, 1991). Şehirsel alanlarda meydana gelen bu farklılığın temelde dört unsura dayandığını söyleyebiliriz. Bunlar: binalar, şehirsel ısı kaynakları, nemli kaynaklar, hava kalitesi (Kum, 2006).

1.2.2. Şehir ısı adası

Şehirlerde yaşayan nüfusun artış hızından ve yavaşlamamasından dolayı metropol alanlarındaki arazi kullanım yapısında ve örtüsünde gözle görülür değişiklikler meydana gelmekte ve bunlar uzaktan algılama araçları ile de kolayca belirlenebilmektedir. Şehir ortamlarındaki doğal unsurlar şehirlerden uzaklaştırılarak yapay ya da insan tarafından taşınmış doğal unsurlar şehirler içerisine konumlandırılmaktadır. Bunun sonucunda şehirler içerisindeki ısı, rüzgâr, nem oranları yakın çevresindeki kırsal alandan daha farklı bir yapıya bürünmektedir. İşte bu farklılaşma sonucunda oluşan ufak çaplı sera etkisi şehir ısı adası kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

WMO tanımına (1983) göre şehir iklimi sadece hava kirliliğini değil ısı kirliliğini de içeren ve insan tarafından oluşturulmuş yapay yapıların sonucunda görülen bölgesel bir iklimdir. Bir şehrin ikliminin çağı yaklaşık 250km kadar uzanabilmektedir (WHO, 2004). Bu durum şehrin yapısına, şekline ve jeomorfolojik özelliklerine de sıkı sıkıya bağlıdır.

Bu çalışmada kullanılan tanımla ise şehir ısı adası olarak belirttiğimiz kavram şehirsel alanlarda görülen ve yakındaki doğal ortamdan farklı seyreden ısınma ve soğuma karakterini belirtir. Bu karakterin ortaya çıkmasında kent ortamlarının fiziki yapısının değişmesi, yüzey yansıma değerlerinin farklılaşması ve jeomorfolojideki bozulmalar temel rolü almaktadırlar. Şehir ısı adasının ölçülebilmesi için yüzey

değerlerine değil bu yüzeylerin havaya olan etkisine bakılmalıdır. Yüzey sıcaklıkları doğal ortamlarda da yüksek seviyelere çıkabilmekte ancak bu sıcaklıkların dağılması şehirselle ve doğal ortamlarda farklı seyretnmektedir. Bundan dolayı şehir ısı adası olarak belirtilen kavramın hava sıcaklığını belirttiği söylenebilir. Hava sıcaklığı şehirselle ortamlarda değişmeye başladığı ve yakınlardaki doğal çevreden farklı seyretnmeye başladığı anda bölgede şehir ısı adasının varlığından bahsedilebilir. Ancak bölgenin hiçbir şekilde yapılaşmaya ev sahipliği yapmadığı ve çıplak arazi olduğu durumlarda sadece uzaktan algılama verilerinde çıkan sıcaklık değerleriyle şehir ısı adası oluşturduğunu söylemek doğru olmaz.

1.2.3. Yüzey ısı adası

Bir alanın “ısı adası” olarak tanımlanabilmesi için çevresinden farklı bir ısınma ve soğuma yapısına bürünmüş olması gerekmektedir. Yüzey ısı adası kavramı da aslında bu mantığa dayanmaktadır. Şehir ısı adası kavramından farklı olarak yüzey ısı adasının sadece şehirselle alanlarda değil kırsal alanlarda ve doğal yüzeylerde de meydana gelebileceği unutulmamalıdır. Yüzey ısı adasının algılanabilmesi için uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Termal algılayıcılar yardımıyla alınan görüntüler üzerinden yüzeyin yansımaya değerlerine bağlı olarak sıcaklık değerleri elde edilebilmektedir. Bu verilerin insansız hava araçlarıyla yakın irtifadan alınma imkânı olduğu gibi uydular üzerinden de alınması mümkündür. Uydular üzerinden alınarak yapılan analizlerin araştırma alanı daha geniş ve maliyeti daha düşük olacağı için tercih edilme oranı daha fazladır. Ancak yapılan bu analizler sonucunda ortaya çıkan verilerin şehir ısı adası verisi olarak kullanılmaması çok önemlidir. Öyle ki alınan bu termal görüntülerde tarım arazilerinden özellikle kuru tarımın yapıldığı alanlarda ortaya çıkan yüzey sıcaklık değerleri buralarda şehir ısı

adasının varlığını bulduran yanlış sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Oysa şehir ısı adası ve yüzey ısı adası iki ayrı kavramdır. Üstelik bu duruma sadece tarım arazilerinde değil çıplak arazilerde de denk gelmek mümkündür. Kısacası yüzey ısı adası yüzeydeki sıcaklık değerlerinin çevredeki değerlerden farklılık gösterdiği ve yoğunlaştığı alanları belirtir diyebiliriz.

1.3. Amaç

İnsanların doğal ortam üzerindeki baskısını göstermek amacıyla şehir ortamları ve bu ortamlarda meydana gelen doğal çevre tahribatlarından bilimsel çalışmalarda sıkça söz edilmektedir. Öyle ki insan etkisinin ortaya koyulması için şehirseller alanlarda meydana gelen doğal ortam yıkımları başka hiçbir alanda görülmemektedir. Örneği olmayan bu doğal ortam yıkımlarının arasında iklim yapısındaki bozulma da yer almaktadır. Günümüzde şehir iklimi diye bir çalışma alanı dahi bulunmaktadır. Bunun sebebi de gayet açıktır. İnsanın gelişen teknolojiyi çevresini şekillendirmek için kullanma arzusu bu bozulmayı ve değişimi meydana getirmektedir. Ortamın yüzey yapısını ve yansıma değerini değiştiren insanlar aynı zamanda havanın kalitesini de sürekli farklılaştırmaktadırlar. Hava kalitesi ve yüzey soğurma dengesi değişen ortamlarda doğal olarak iklim yapısı da değişmektedir. İklim yapısının değişikliği bazı alanlarda sadece sıcaklıkla kısıtlı kalsa da bazen yağışı ve nemliliği de etkileyebilmektedir. Bu değişim insan etkisinin görüldüğü ortamlarla sınırlı kaldığı için şehir çevresindeki doğal ortamla şehir alanı arasındaki bir farklılık meydana getirmektedir. Meydana gelen bu değişim bilgisayar ortamında tespit edilip bir çizim haline getirildiğinde ise şehirlerin tıpkı bir fanus gibi çevresiyle yakın çevresindeki doğal ortamdan izole bir iklim yapısına sahip olduğu görülmektedir. Bu farklılığın kavramsal olarak açıklanması ise

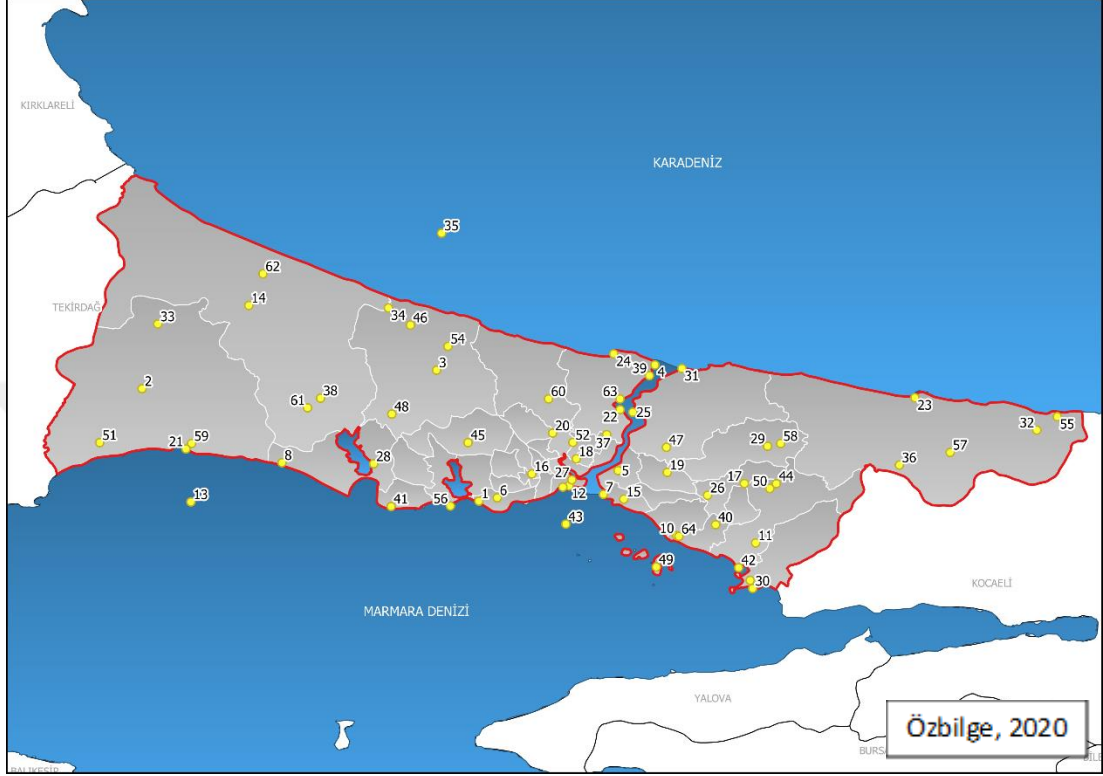
ilk olarak 1810'lu yıllarda yapılmıştır (IAUC, 2006). Bu kavramsal tanımlamadan sonra ise şehir ısı adası kavramının yanında yüzey ısı adası kavramı da ortaya çıkmıştır. İlk kullanıldığı zamanlarda yüzey sıcaklığını tanımlamasına ve doğru bir kullanıma sahip olmasına rağmen sonraları yüzey ısı adası kavramı şehir ısı adası gibi algılanmış ve çalışmalar bu yönde yapılmıştır. Oysa iki kavramın belirttiği durum tamamen farklıdır. Bu farklılığın net olarak ortaya koyulduğu bir çalışma bulunamadığı için bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir.

Şehir ısı adası ve yüzey ısı adası kavramları bazı alanlarda aynı amaca yönelik kullanılmaktadır. Ancak bu iki kavram arasında temel farklar bulunmaktadır. İnsan kaynaklı faaliyetlerin bir sonucu olan şehir ikliminin alt elemanlarından biri olan ŞIA kavramı daha çok hava sıcaklığını belirtmek için uygun olurken YIA kavramı yapay ya da doğal fark etmeksizin bir yüzeyin depoladığı ve daha sonra çevreye yaydığı ısıyı belirtmektedir. YIA ve ŞIA arasındaki bu temel farklardan dolayı kullanımları sırasında anlam kargaşasına yol açmamak adına iki kavramın da ne olduğunun tam olarak ortaya koyulması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı iki kavram arasındaki farkların ortaya koyulmasıdır. Bunu gerçekleştirirken YIA ve ŞIA'yı belirlemek amacıyla günümüze kadar yapılan önemli çalışmalar incelenmiş ve buralarda kullanılan yöntemler araştırılarak iki kavram arasındaki farklar ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda çıkacak verilerin YIA ve ŞIA kavramlarının anlamını tam olarak belirtmesi ve bundan sonraki çalışmalarda yardımcı bir kaynak oluşturması amaçlanmaktadır.

1.4. Materyal ve Metot

Yüzey ısı adası ve şehir ısı adası kavramlarının tam olarak ortaya koyulması amacıyla hazırlanan ya da doğrudan alınan verilerin tamamının aynı zaman dilimine ait olmasına özen gösterilmiştir. Örneğin Landsat 8 uydusunun tam geçtiği dakikaya yakın ilk meteorolojik ölçüm verileri kullanılırken MODIS uydusunun da 1 aylık ortalamasını oluşturan verinin tam saatine uygun saatlik ortalamalar üretilmiştir. Bu veriler meteorolojiden hazır gelmemekle birlikte PostgreSQL içerisinde SQL sorgularla birlikte birleştirme ve ayıklama işlemleri yapıldıktan sonra elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler de kullanılarak QGis programı üzerinden enterpolasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve ortalama, maksimum, minimum sıcaklıklar yine QGis programı içerisindeki istatistik araçlarıyla tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerinin istatistikleri ise SQL sorgu kullanılarak MAX, MIN ve AVG metotları ile tespit edilmiştir.

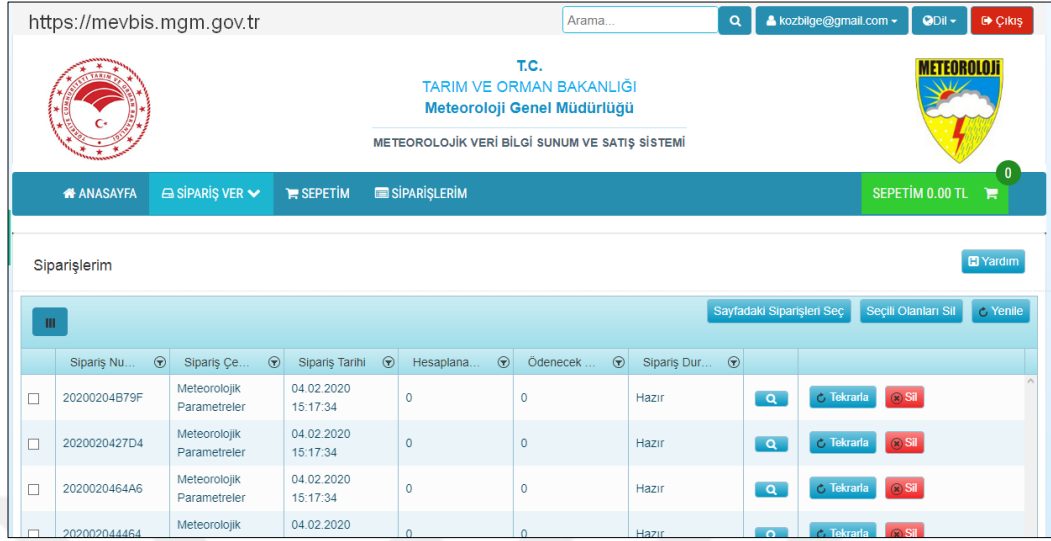
1.4.1. ŞIA verisi oluşturmak için gereken verinin temini ve işlenmesi



Harita 1 - ŞIA Analizleri Yapmak İçin Kullanılan İstasyonların Dağılım Haritası

1 - Florya, 2 - Silivri, 3 - Arnavutköy, 4 - Sarıyer/rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener, 5 - Üsküdar, 6 - İstanbul Atatürk Havalimanı, 7 - Kadıköy Rihtim, 8 - Kamiloba Akom, 9 - Tuzla, 10 - İstanbul Bölge, 11 - İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, 12 - Fatih/kumkapi Fener, 13 - Silivri Tpaş Şamandıra, 14 - Çatalca Radar Sahası, 15 - Kadıköy/göztepe, 16 - Güngören/davutpaşa Marmara, 17 - Sancaktepe, 18 - Şişli, 19 - Ümraniye, 20 - Eyüpsultan, 21 - Silivri Ana Mendirek Feneri, 22 - Sarıyer, 23 - Şile, 24 - Sarıyer/kumköy-kilyos, 25 - Beykoz, 26 - Samandıra Havalimanı, 27 - Fatih/ist.den.bil.ens. , 28 - Büyükçekmece, 29 - Çekmeköy/ömerli, 30 - Tuzla İtū Güney Mendirek Feneri, 31 - Beykoz/anadolu Feneri, 32 - Şile/isaköy, 33 - Silivri Orman Sahası, 34 - Arnavutköy/terkos Barajı, 35 - İstanbul Boğazi Karadeniz Çıkışı Şamandıra, 36 - Şile/darlık Köyü, 37 - Sarıyer/itū Maslak Yerleşkesi, 38 - Çatalca, 39 - Sarıyer/yavuz Sultan Selim Köprüsü, 40 - Kartal/aydos Dağı, 41 - Beylikdüzü, 42 - Tuzla Aydınli Liman Feneri, 43 - Adalar Şamandıra, 44 - Pendik/ömerli Barajı, 45 - Olimpiyat Akom, 46 - Terkos Akom, 47 - Çavuşbaşı Akom, 48 - Hadımköy Akom, 49 - Büyükdada Akom, 50 - Ömerli Akom, 51 - Çanta Akom, 52 - Kağıthane Akom, 53 - Aksaray Akom, 54 - İstanbul Havalimanı, 55 - Ağva, 56 - Atatürk Meydan, 57 - Teke, 58 - Ömerli İstanbul, 59 - Silivri, 60 - Kemerburgaz, 61 - Çatalca, 62 - Karacaköy, 63 - Bahçeköy, 64 - Kartal İst

Çalışma amacıyla belirtilen durum ve ortaya koyulmak istenen sonuç kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden İstanbul iline ait 64 istasyonun 49 farklı parametrede verisi temin edilmiştir. Veriler temin edilirken MEVBİS sistemi kullanılmıştır.



Resim 1 - MEVBİS Sistemi Sipariş Kontrol Ekranı

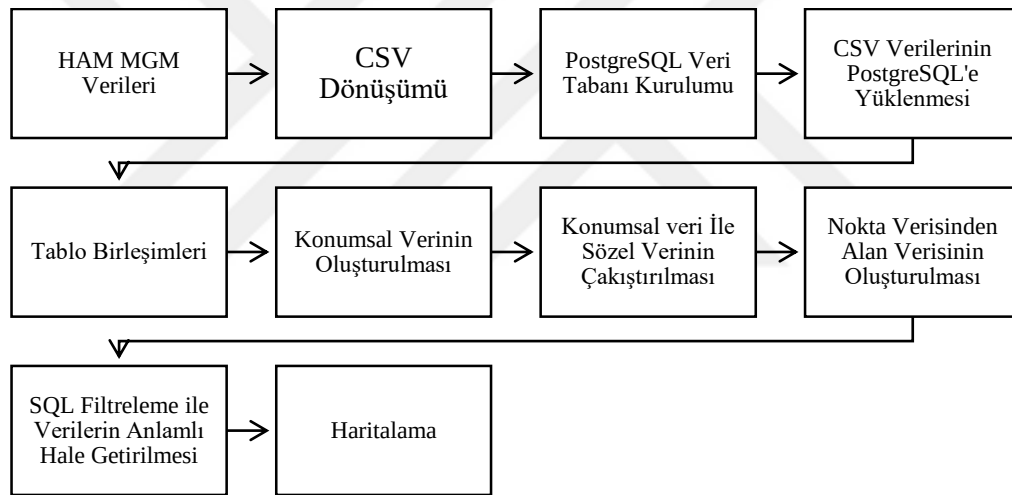
Temin edilen bu verilerin yoğunluğu manuel incelemeye fırsat vermeyeceği için bu veriler tek tek CSV dosyası haline getirilmiş ardından PgAdmin 4 yazılımı ile PostgreSQL veri tabanına yüklenmiştir. Her bir veri seti için yükleme işlemi farklı bir tabloya yapılmıştır. Milyonlarca satırdan oluşan bu veriler arasında daha sonra tekrar sorgu yapılabilmesi amacıyla oluşturulan tabloların uygun kısımları birleştirilmek suretiyle view'ler oluşturulmuş ve çalışma içerisinde kullanılabilir ve haritalandırılabilir uygun veriler üretilmiştir. Veriler üretilirken harita için kullanılacağı göz önünde bulundurularak bu verilerin konumsal yetenekleri kazanması için PostgreSQL veri tabanına özel olarak üretilen Postgis veri tabanı motoru kullanılmıştır. Bu motor sayesinde tablosal verilere açılan “geom” sütunu ile verilere geometrik ve konumsal kabiliyet kazandırılmıştır.

objectid (PK)	istasyon_no	istasyon_adi	yil	ay	gun	saat	sicaklik
1	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	1	5	5.80000000
2	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	1	12	10.00000000
3	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	1	19	8.30000000
4	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	2	5	8.00000000
5	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	2	12	7.00000000
6	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	2	19	6.50000000
7	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	3	5	5.00000000
8	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	3	12	10.90000000
9	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	3	19	4.30000000
10	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	4	5	2.90000000
11	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	4	12	11.40000000
12	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	4	19	4.90000000
13	9031	ATATURK MEYDAN	1951	1	5	5	7.60000000

Resim 2 - PgAdmin Arayüzü

Ancak sadece saatlik sıcaklık verisinin bile 5.175.842 satırdan oluştuğu düşünülürse her bir satıra manuel olarak konumsal veri girişinin mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bunun önüne geçebilmek amacıyla farklı bir tabloda istasyon verisi manuel olarak oluşturulmuş ve geometrik veriler bu tablo içerisine girilmiştir. Ardından istasyon tablosunda yer alan istasyon numaraları ile veri tablosunda yer alan istasyon numaraları eşleştirilmiş ve iki verinin bir arada bulunduğu dinamik view tabloları oluşturulmuştur. Oluşan bu view'lerle birlikte MGM'den alınan bütün verilere geometrik yetenek kazandırılmış, gelecek veriler için de uygun ortam hazırlanmıştır. Elde edilen bu verilerin kullanılması için QGis yazılımı ile mevcut PostgreSQL veri tabanına bağlantı kurulmuştur. Bağlantının ardından ilgili tablolar QGis yazılımı içerisinde açılmış ancak her bir tablonun veri boyutundan dolayı yazılımı zorladığı gözlemlenmiştir. Bunun önüne geçebilmek amacıyla veri tabanı düzeyinde değil doğrudan QGis programı düzeyinde SQL sorgulama kullanılmasına karar verilmiştir. QGis programı içerisinde kullanılan SQL filtreler sayesinde tek bir tablo verisi içerisinde tam olarak istenilen saate varan çözünürlükte veriler elde edilmiştir. Ardından bu verilerin nokta halinden alan verisine dönüştürülmesi için yine başka bir

açık kaynak kodlu CBS yazılımı olan GRASS programı kullanılmıştır. GRASS aracılığıyla noktalar arasında enterpolasyon işlemi yapılmış ve boş alanların tamamı tahmin algoritmasıyla doldurulmuştur. Nokta verisinden üretilen bu alan verisi raster veri formatı halinde üretilmiştir. Ardından raster veri üzerinde sınıflandırma yapılmış ve oluşan sınıfların her biri farklı renklerle temsil edilmiştir. Sınıflamanın ardından izoterm çizgilerinin oluşturulması için QGis programı içerisindeki “Contour” aracı kullanılmıştır. 0.5 C°’lik aralığa sahip olan izoterm verileri de üretildikten sonra baskı hazırlama ekranına geçilmiş ve ŞIA haritası bu veriler doğrultusunda oluşturulmuştur.



Şekil 1 - MGM Verisinden Harita Hazırlama Süreci

1.4.2. YIA verisi oluşturmak için gereken verinin temini ve işlenmesi

Yüzey ısı haritasının çıkarılabilmesi için ise uydu verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Uzaktan algılama yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte yüzey sıcaklıkların uydular aracılığıyla elde edilmesi mümkün hale gelmiştir. Landsat uydusu da yüzey sıcaklığını ölçebilen uydular arasında yer almaktadır (Ihlen, 2019). Bundan dolayı yüzey sıcaklık verilerinin temini için Landsat 8 uydusu kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda USGS’e ait Earth Explorer sayfasından Landsat 8 uydusuna ait uydu görüntüleri

incelenmiş ve uygun olanlar sipariş verilmiştir. Level 1 veriler yüzey sıcaklıklarının analiz edilmesi için uygun olmadığı için Level 2 veriler kullanılmıştır. Level 2 veriler sipariş üzerine oluşturuldukları için sipariş işlemi birkaç parça halinde tamamlanmıştır. Bu durumun asıl sebebi bazı siparişlerde gönderilen verilerin disk hatası yüzünden kullanılamaz halde teslimine dayanmaktadır. Landsat verilerinin yeterli olmadığı ve bulutlu çekim yaptığı dönemlerde ise MODIS uydusundan alınan uydu görüntüleri kullanılmıştır. MODIS uydusu da tıpkı Landsat 8 uydusu gibi termal görüntü alabilen bir yapıya sahiptir (Vermote, 2015). Bundan dolayı yüzey sıcaklıklarını ölçmek için MODIS uydusu da kullanılabilir. Ancak iki uydu arasındaki en temel fark piksel(hücre) başına temsil edilen alandaki farklılıktır. Landsat 8 uydusu yer yüzüne daha yakın bir mesafeden görüntü aldığı için çözünürlüğü daha yüksekken ve her piksel daha dar bir alanı temsil ettiğinden dolayı birinci tercih olmuştur. Bu mekânsal çözünürlüğün yüksek olmasının verdiği tek dezavantaj ise zamansal çözünürlüğü düşürmesi olarak karışımıza çıkmaktadır. MODIS çok yüksek bir yörüngeden görüntü aldığı için Terra uydusu ile günde 2 kere veri toplayabilirken Landsat 8 uydusu aynı alanın verisini toplamak için 16 güne ihtiyaç duymaktadır. Yani bir alandan geçtikten sonra aynı alanı tekrar taraması için 16 gün beklenmelidir. Yine de 16 gün yüzey değişimi için büyük bir fark olarak karışımıza çıkmadığı için Landsat 8 uydusu birinci tercih olarak kullanılmıştır. Landsat 8 uydusu üzerinde yer alan 11 banttan 2 tanesinin yüzeyden gelen ısıyı algılayabiliyor(termal) oluşu bu tercihe sebep oluyor.

Tablo 1 - Landsat 8 Bant Özellikleri (Ihlen, 2019)

Landsat 8 Operational Land Imager(OLI) and Thermal Infrared Sensor(TIRS) Fırlatma tarihi: 11 Şubat 2013	Bantlar	Dalga Boyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
	Bant 1 – Aerosol	0,43 – 0,45	30
	Bant 2 – Mavi	0,45 – 0,51	30
	Bant 3 – Yeşil	0,53 – 0,59	30
	Bant 4 – Kırmızı	0,64 – 0,67	30
	Bant 5 – Yakın Kızılötesi (NIR)	0,85 – 0,88	30
	Bant 6 – Kısa Dalgalı Kızılötesi 1 (SWIR 1)	1,57 – 1,65	30
	Bant 7 – Kısa Dalgalı Kızılötesi 2 (SWIR 2)	2,11 – 2,29	30
	Bant 8 – Tek Renk (Pankromatik)	0,50 – 0,68	15
	Bant 9 – Cirrus (kalibrasyon)	1,36 – 1,38	30
	Bant 10 – Termal Kızılötesi (TIRS) 1	10,6 – 11,19	100
	Bant 11 – Termal Kızılötesi (TIRS) 2	11,5 – 12,51	100

Kaynak: (Babita, ve diğerleri, 2018).

Tabloda da belirtildiği üzere Landsat 8 uydusunun 10 ve 11.bantları termal algılayıcıya sahipler. Bu bantlar üzerinden elde edilen görüntülerin belirli aşamalardan geçirilmesi ve doğrulanması sonucunda yüzey sıcaklıkları elde edilebilmektedir. Ham halinde sadece yüzeyden gelen spektrum değerlerinin yer aldığı bu verilerden yüzey

sıcaklıklarının selsiyus (°C) değerlerine dönüşümü için öncelikle bantlar üzerindeki radyans değeri meta veri içerisinde bulunmalı ardından bu radyans değerleri yüzey sıcaklıklarına kelvin cinsinden dönüştürülmeli ve NDVI bazlı bir doğrulama aşamasından geçirilmelidirler. Bu işlemler için izlenmesi gereken yol aşağıdaki gibidir (Babita, ve diğerleri, 2018).

1.Aşama: İlgili bandın spektral radyans değerini bulma

$$\delta = (R_{Mult} * S) + R_{Add}$$

(R_{Mult} = Radiance Multi Band, R_{Add} = Radiance Add Band, δ = Spektral Radyans, S = Veri)

2.Aşama: Spektral radyans değerini parlama ısisına selsiyus cinsinden dönüştürme (Brightness Temperature)

$$\left(\frac{K2_{Cons}}{\ln \left(\frac{K1_{Cons}}{\delta} + 1 \right)} \right) - 273,15 = \partial_t$$

(K2_{Cons} = K2_Constant_Band, K1_{Cons} = K1_Constant_Band, ∂_t = Parlama Sıcaklığı

,

273,15 = Kelvinden selsiyusa dönüştürmek amacıyla kullanılan sayı)

3.Aşama: NDVI verisi oluşturma

$$\left(\frac{Bant\ 5 - Bant\ 4}{Bant\ 5 + Bant\ 4} \right) = \alpha$$

(Bant 5 = 5 numaralı banta ait raster verisi, Bant 4 = 4 numaralı banta ait raster verisi,

α = NDVI sonuç verisi)

4.Aşama: NDVI verisinden doğrulama değeri oluşturma(Land Surface Emissivity)

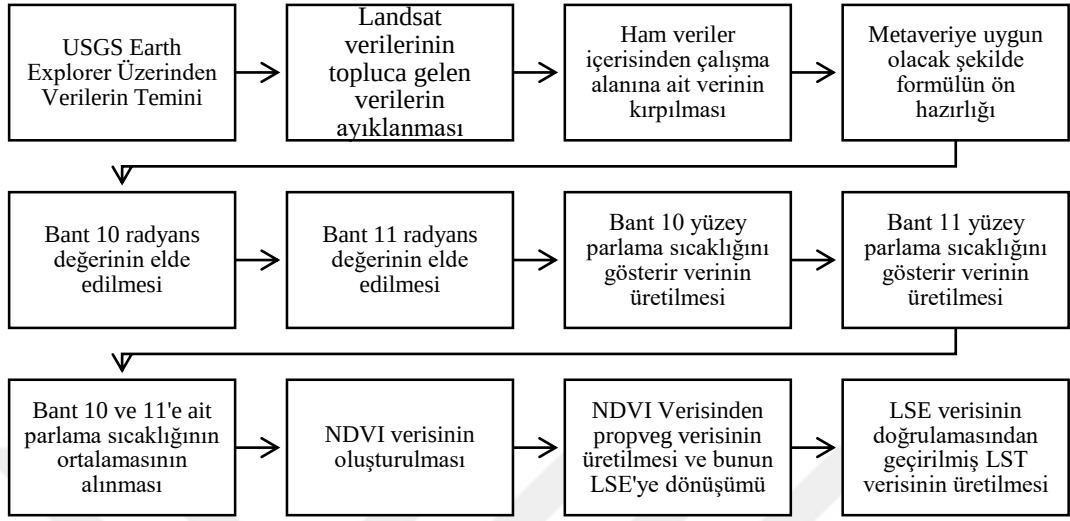
$$0,004 * \left(\alpha - \left(\frac{\alpha_{min}}{\alpha_{max}} \right) - \alpha_{min} \right) * \left(\alpha - \left(\frac{\alpha_{min}}{\alpha_{max}} \right) - \alpha_{min} \right) + 0,986 = \gamma$$

(0,004 = Landsat 8 standart sapma sabiti , 0,986 = Landsat 8 toprak ve bitki yansıma sabiti, α = NDVI, α_{min} = NDVI en düşük piksel değeri, α_{max} = NDVI en yüksek piksel değeri, γ = LSE Değeri)

5.Aşama: Emissivty(LSE) değerinden yüzey sıcaklığı(LST) verisi üretme

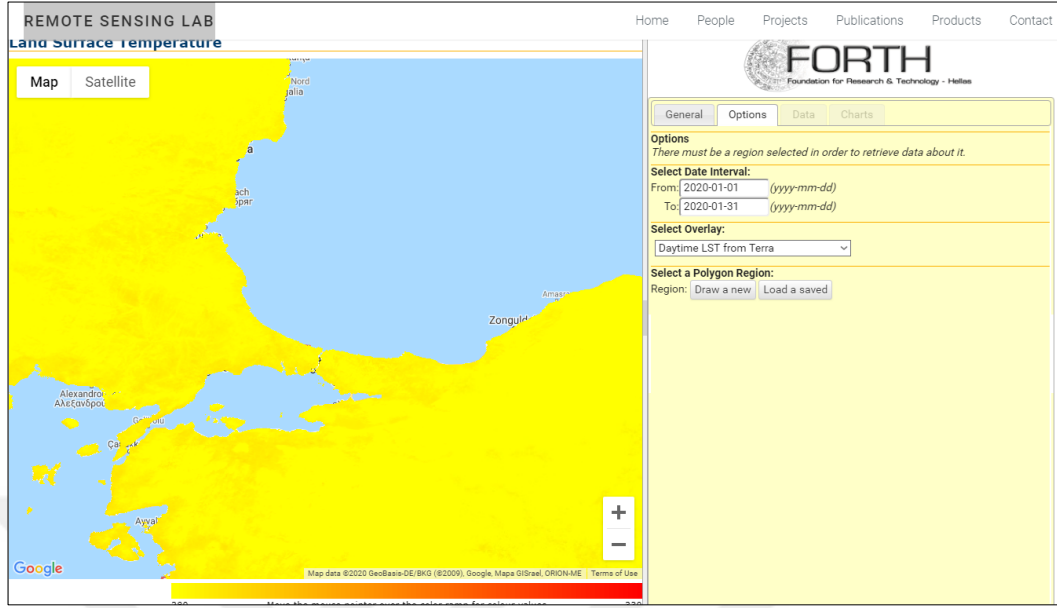
$$\frac{\left(\frac{\partial_t 11 + \partial_t 10}{2} \right)}{1 + \partial_t 10 * \left(\frac{\frac{\partial_t 11 + \partial_t 10}{2}}{14380} \right)} * \ln(\gamma) = \varphi$$

(∂_t = Bant parlama sıcaklık değerleri, γ = LSE, 1 = Düzeltme sabiti, 14380 = Landsat 8 atmosferik doğrulama sabiti, φ = Selsiyus(°C) cinsinden yüzey sıcaklığı verisi)



Şekil 2 - Landsat verilerinden YIA verisi oluşturma aşamaları

İlgili veriler üretilirken SNAP ve GRASS programları da yardımcı programlar olarak kullanılmıştır. Ortaya çıkan sonuç raster verileri Qgis programı içerisine aktarılmış ve bu veriler üzerinde ağırlıklı yoğunluk belirlenerek sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlemler sonucunda 10 ayın verisi Landsat uydusundan 2 ayın verisi MODIS uydusundan elde edilmiştir. MODIS verilerinin hazırlanması için manuel işlemler yerine otomatik işlemler tercih edilmiş ve bu işi yapan online bir araç kullanılmıştır (FORTH, 2019). Online araç kullanılırken bulutluluğun otomatik olarak silinmesi de göz önünde bulundurularak 1 aylık verinin birleşimi şeklinde veriler elde edilmiştir.



Resim 3 - MODIS Uydusundan YIA Çıkarıcı Online Araç

Elde edilen ve üretilen verilerin tamamı bir yerde toplanarak haritalama aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada Qgis programının içerisindeki baskı ara yüzü kullanılmış ve her bir zaman dilimine ait harita farklı bir sayfada oluşturulmuştur.

1.4.3. Grafik ve profil oluşturulurken kullanılan rota

Hem yüzey sıcaklıklarının hem de hava sıcaklıklarının analizi yapılırken kırsal ve şehrsel alanların durumunu daha iyi anlamak amacıyla belirli bir rota üzerinde değerlerin grafik haline getirilebilmesi için bir rota belirlenmiştir. Belirlenen rotanın güzergahı içerisinde kırsal alanlar ve şehrsel alanların belirleyici bir şekilde bulunmasına özen gösterilmiştir. Bu hususta İstanbul'un en batısından en doğusuna doğru kırsal-yarı kırsal-şehir-yoğun şehir-şehir-yarı kırsal-kırsal sıralamasının korunmasına özen gösterilmiş ve rota buna göre oluşturulmuştur.



Harita 2 - Profil Oluşturmak Amacıyla Kullanılan Rota

Haritada görüldüğü gibi hazırlanan rota içerisinde Silivri, Büyükçekmece, Esenyurt, Avcılar, Küçükçekmece, Bahçelievler, Eyüpsultan, Kağıthane, Beşiktaş, Beykoz, Üsküdar, Ataşehir, Sancaktepe, Sultanbeyli, Pendik ve Şile ilçelerini içermektedir. Bu rota üzerinden oluşturulan değerler grafik oluşturmak amacıyla kullanılacaktır.

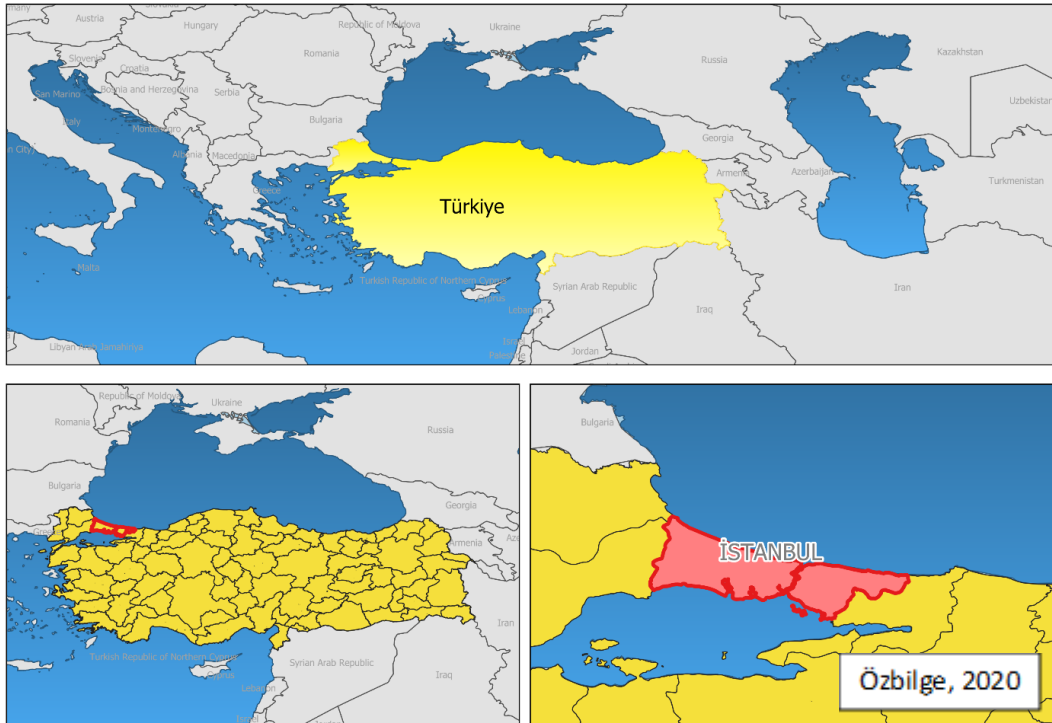
1.5. Çalışma Sahası: İstanbul

Bu çalışmada anlatılmak istenen olgular örneklendirilirken İstanbul ili üzerinden örnekler gösterilmiştir. İstanbul ilinin coğrafi özelliklerini özetlemek ve konumu hakkında bilgi vermek gerekirse söylenebilecekler şu şekildedir.

1.5.1. İstanbul'un konumu

Eski kıtaların diğer bir isimle eski dünyanın merkezinde yer alan bir şehirdir İstanbul. Tarihi eserleri ve muhteşem doğal güzellikleriyle birlikte önemli bir şehir olarak

karışımına çıkmaktadır. Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan bu şehir sadece Türkiye için değil Avrupa ve Orta Doğu için de önemli bir noktada yer almaktadır. Ayrıca iki kıta üzerinde kurulmuş ve içinde deniz barındıran tek şehir İstanbul'dur. İstanbul'un üç tarafı Marmara Denizi, İstanbul Boğazı ve Karadeniz ile çevrelenmiştir. Geçmişte İstanbul ili tarihi yarımada üzerinde yoğunluk göstermekteyse bile günümüzde artık Çatalca'dan Sultanbeyli'ye kadar yoğun yerleşim görülen bir alan olarak karışımına çıkmaktadır. Hatta doğu sınırlarında Kocaeli ile neredeyse iç içe geçmiş bir yapıya sahiptir. İl sınırları 27.97° Doğu enlemleri, 40.80° Kuzey enlemleri ile 29.92° Doğu boylamları, 41.58° Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Bu matematik konumuna da bakarak iklim açısından orta kuşak ikliminin görüldüğü bir alanda olduğunu söyleyebiliriz.



Harita 3 - İstanbul İli Yer Bulduru Haritası

1.5.2. İstanbul'un fiziki coğrafya özellikleri

İstanbul için bir çalışma yaparken öncelikle fiziki coğrafya özelliklerinin belirtilmesi gerekmektedir. Bölgenin fiziki coğrafya özellikleri diğer yerleşmelerden farklı bir yapıya sahiptir. Zira İstanbul'un ortasından geçen ve 2 yakaya ayıran İstanbul Boğazı bulunmaktadır. Bunun sonucunda şehrin 3 tarafı da ayrı su kütleleri tarafından sarılmış olarak karışımına çıkmaktadır. Tabi bu durum doğal olarak şehir içindeki başta iklim olmak üzere birçok fiziki unsuru etkilemektedir. İstanbul'un coğrafi özelliklerini ele alırken bunları birkaç başlık altında toplayabiliriz. Ancak tabii ki çalışmanın asıl amacı İstanbul'un fiziki coğrafyası olmadığı için bilgiler özet halinde yer alacaktır.

1.5.2.1. Yerşekilleri

İstanbul'un üstünde bulunduğu Çatalca ve Kocaeli yarımadaları birer aşınım platosudur. Bu platoları Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda bulunan İstanbul Boğazı iki ayrı parçaya böler. İstanbul Boğazı'nın oluşumu ile ilgili en yaygın açıklama jeolojik açıdan İstanbul Boğazı'nın deniz suları ile dolan bir fay çöküntü alanı olmasıdır. Buzul Çağı olarak adlandırılan Pleyistosen günümüzden yaklaşık 21 bin yıl önce etkisini yitirmeye başlamıştır ve buz kütlelerinin erimesine sebep olmuştur. Binlerce yıl süren erime sonucunda günümüzden 10-12 bin yıl önce Akdeniz suları yaklaşık 150 metre yükselmiştir. Deniz seviyesindeki bu yükseliş nedeniyle Akdeniz suları Marmara'yı basmış ve yükselmenin devam etmesi neticesinde Marmara suları Karadeniz ile birleşmiştir. (Göktaşan, ve diğerleri, 2006). İstanbul'un büyük bir çoğunluğunda önemli derecede yükselti bulunmaz. Şehirdeki en yüksek noktalar Aydos Tepesi(537m), Kayış Dağı(438m) ve Alemdağ(442m)'dir. Platolar İstanbul'un alanının %74'ünü kaplarken ovalar %9,5'unu, alçak dağlar ve tepeler ise %16,1'lik bir kısmını kaplamaktadır. Şehirde 3 adet lagün bulunmaktadır, bunlar

B y k kmece, Durusu ve K  k kmece lag nleridir. İstanbul Boğazı'nda bulunan Haliç, İstinye ve Tarabya koyları da ria tipi kıyılara örnektir. İstanbul'un kıyılarının son hali ise günümüzden 10.000 yıl önce gerçekleşen  statik hareketler sonucunda  ekillenmi tir (Tekeli, Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi. III, 1993).



Harita 4 - İstanbul'un ve  evresinin Yeryüzü  ekilleri Haritası (Erol, MTA, 1993)

1.5.2.2. İstanbul'un tektonik yapısı

İstanbul'un yaklaşık 20km güneyinde Kuzey Anadolu Fay Hattı bulunur ve buradan Ege Denizi'ne kadar uzanır (Fay Sirtında Yaşamak, 2019). Avrasya ve Afrika levhaları birbirlerini iterken tektonik hareketlere neden olur ve bölgede deprem üretirler. Bu hareketler sonucunda bölgede daha önce de çok büyük depremler meydana gelmiştir. 1509 yılında meydana gelen Büyük İstanbul Depremi bu depremler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Yaklaşık 100 caminin yıkıldığı bu depremde neredeyse 10 bin kişi de hayatını kaybetmiştir. 1766'da meydana gelen depremde ise Ayasofya, Eyüp Sultan Camii, Topkapı Sarayı ve Kapalıçarşı gibi yerlerde büyük hasarlar meydana gelmiştir. 1999 yılında meydana gelen depremde ise 18 bin kişi hayatını kaybederken birçok insan evsiz kalmıştır (Parsons, Toda, Stein, Barka, Dieterich, 2000). Deprem

bilimciler İstanbul'un bu tektonik yapısını ve geçmişini göz önünde bulundurarak 2025 yılından önce 7 büyüklüğünde bir depremi beklemektedirler (Quake increases risk for temblor in Istanbul, 1999).

1.5.2.3. İstanbul'un bitki örtüsü

İstanbul'un toprak yapısı ve fiziki coğrafya özellikleri orman oluşumuna imkân vermektedir. Buna rağmen şehir içinde ormanların dağılışı ve ormanlar içindeki ağaçların dağılışı düzensizdir. Nemcil ormanlar daha çok Karadeniz'e yakın kuzey kesimlerde ve yüksek yerlerin kuzey yamaçlarında bulunmaktadır. Kuraklığa dayanıklı ormanlar ise daha çok güney bölgelerde ve güneye bakan yamaçlarda görülmektedir. Belgrad Ormanı, Aydos Ormanı ve Kayışdağı Ormanı bölgenin en önemli ormanlarıdır. Gürgen, kızılâğaç, adi fındık, doğu kayını, mor çiçekli orman gülü, akçaağaç, muşmula ve ıstıranca meşesi gibi türler bu bölgede yaygın olarak görülebilmektedir (Tekeli, 1994). İstanbul'da doğal ormanların tahrip edildiği alanlarda çoğunlukla psödomaki oluşumları görülmektedir. Şehrin kuzeyindeki iklim ve toprak yapısından dolayı bu alanlarda görülen psödomakiler normale göre daha uzun boylu ve gürdürler. Ancak bu durum insan faaliyetleri sonucunda farklı bir hal almaya başlamıştır. Şehrin Doğu-Batı eksenli yapısı yapılan köprüler ve yeni yatırımlar neticesinde Kuzey-Güney şeklini almaya başlamıştır. Şehrin yerleşim yapısını planlayanların bu tutumundan dolayı artık orman varlığı ciddi bir baskı altındadır ve geçmiş yüzyıla göre büyük oranda orman varlığı kaybı gözlenmektedir. Kuzeye kayan yerleşimlerle birlikte bu durum daha da vahim bir hal almaktadır. Kentin yayılma alanı arttıkça kent içerisinde kalan kısmi orman alanları da bugün korular olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanların etrafları yapay olarak çevrilmekte ve halka hizmet amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla doğal yapılarında bozulma

görülürken tahribata da uğradıkları çok açıktır. Kent ormanı adı verilen bu alanlara Avrupa Yakası'nda Yıldız, Naile Sultan, Prens Sabahattin, Naciye Sultan, Emirgan ve Ayazağa koruları; Anadolu Yakası'nda ise Mihrabad, Küçükçamlıca ve Validebağ koruları örnek gösterilebilir (Atlas Dergisi, 2008).

1.5.2.4. İstanbul'un iklimi

Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında kalan bu alan tam bir geçiş özelliği göstermektedir. Dolayısıyla İstanbul'un iklimi ılımandır diyebiliriz. Köppen iklim sınıflandırmasına göre de İstanbul'un iklimi ılıman dönence altı(Cfa) karakterine sahiptir. Bu karakter Akdeniz iklimi(Csa) ve okyanusal iklim(Cfb= özelliklerinin bir karmasından oluşmakta ve geçiş iklimi olduğunu doğrulamaktadır (M. C. Peel, Finlayson, McMahon, 2007). Bunun yanında İstanbul'un tamamında bu karakterin görüldüğü söylenemez. Şehrin yapısı, boyutu, topografik durumu ve denizel etki farklılıkları gibi durumlar şehir içerisinde mikro klima alanlarının oluşmasına imkân tanımaktadır. Şehrin kuzey kesimleri Karadeniz iklimi etkisinde olduğundan dolayı görece daha fazla nemli bir hava yapısına sahiptir. Bu durum şehrin kuzey kesimlerinde daha yoğun bir bitki örtüsünün görülmesini sağlamıştır. Güney kesimlerde ise daha çok Akdeniz ikliminin hakimiyeti görülmektedir. Bu etkinin yanında Güneyini kaplayan Marmara Denizi'nin Karadeniz'den daha sıcak suları şehrin güneyinin daha yüksek sıcaklıklara neden olduğu söylenebilmektedir. Tüm bunlar bir araya gelince şehrin güneyinde daha kurak ve sıcak bir karakter gösteren iklim yapısı olduğu görülmektedir (Efe, Soykan, Curebal, Sonmez, 2011). Bu iklim karakteri Bahçeköy (1166.7mm) bölgesinde Florya (635,8mm) bölgesine kıyasla neredeyse iki kat fazla yağış meydana gelmesine sebep olmaktadır (Ustaoglu, 2012).

İstanbul’da iklim genelde yazları sıcak ve nemli; kışları soğuk ve yağışlı bir karaktere bürünür. Nemin varlığı havanın sıcak olduğu dönemlerde daha sıcak; soğuk olduğu dönemlerde daha soğuk hissedilmesine neden olabilmektedir. Kış ortalamaları bölgede 2°C – 9°C aralığında seyrederken genelde yağmur ve karla karışık yağmurun görüldüğü bir iklim yapısı gözlenmektedir ve nadiren de olsa kar yağışı görülebilmektedir. Kar yağışları kış aylarında yaklaşık iki haftalık bir süreçte meydana gelmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklıklar ise 18°C – 28°C aralığında seyretmektedir ve genelde ilkbahar geçişlerinde yoğun yağmur ve buna bağlı sel görülebilmektedir. Bölgenin en yüksek sıcaklıklara ulaştığı ay ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Kış aylarında (Ocak-Şubat) yaklaşık 5°C olan ortalama sıcaklıklar yaz aylarında ortalama sıcaklık 23°C ve üzerine çıkabilmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık ise bölgede 17°C civarında seyretmektedir (MGM, 2020).

1.5.3. İstanbul’un Beşeri Coğrafya Özellikleri

İstanbul şehrinin coğrafi özelliklerinin belirginleşmesinde fiziki coğrafya özelliklerinin yanı sıra beşeri coğrafya özellikleri de etkili olmuştur. Çalışmanın bu bölümünde ise ilk olarak beşeri coğrafya özelliklerinden nüfus ve idari yapı konularına değinilecektir. “Türkiye Büyük Millet Meclisi’nde 6 Mart 2008 tarihinde kabul edilen ve 22 Mart 2008 tarihli Resmi Gazete ’de yayınlanan 5747 sayılı yasa uyarınca, İstanbul iline bağlı 39 ilçe, 782 mahalle ve 152 köy bulunmaktadır” (Kırlangıçoğlu, 2014). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi kayıtlarına göre 2019 yılı itibariyle İstanbul’un nüfusu 15.519.267 kişi olmuştur. Detaylı olarak bakıldığında en yüksek nüfuslu ilk beş ilçe Esenyurt, Küçükçekmece, Bağcılar, Pendik ve Ümraniye olurken en düşük nüfusa sahip beş ilçe ise Adalar, Şile, Çatalca, Beşiktaş ve Silivri olmuştur.

Cumhuriyet'in ilanına kadar İstanbul uzun bir süre başkent olma özelliğini korumuştur. Bu durumda şehrin stratejik ve siyasi öneminin yanında Doğru Avrupa ve Ortadoğu'da en yüksek nüfusa sahip olması da etkili olmuştur. Sanayi devrimiyle birlikte İstanbul'un şehrsel özelliklerinde de bir sıçrama görülmüştür. Ortaya çıkan ekonomik büyüme sonucunda şehir, Avrupa ile olan bağlarını güçlendirmiş ve bu bağların güçlenmesiyle birlikte Avrupalı diyebileceğimiz yerleşme düzeni ve kentleşme yapısı da şehir tarafından benimsenmiştir. Bu durumla birlikte tarihten beri alışılmış olan iş merkezleri yerine daha merkezi olan ticaret alanları da yaygınlaşmaya başlamış, yaygınlaşan bu merkezlerle birlikte de çevre düzeni yeniden düzenlenmiştir. Özellikle Karaköy, Sirkeci ve Beyoğlu gibi merkezi noktalarda yaygınlaşan bu anlayış, daha sonralarda kentin diğer noktalarına da yayılmış ve şehrin ulaşım sistemlerine varana kadar etkisini hissettirmiştir (Kılınçaslan, 1981). "Karaköy'ün kıyı kesimi ile tepedeki Beyoğlu semti arasında 1878 yılında inşa edilen tünel, artan ve yayılan iş hacminden kaynaklanan ihtiyacın bir sonucudur. Ondan önce ise 1845 yılında Karaköy ile Eminönü-Sirkeci'yi bağlayan karayolu köprüsü yapılmıştı. İnşasından itibaren değişik isimlerle anılan köprü, bugün Galata Köprüsü olarak hizmet vermektedir" (Kırlangıçoğlu, 2014) (Kılınçaslan, 1981).

Cumhuriyet'in ilanının ardından Ankara başkent seçilmiş ve İstanbul başkent olma özelliğini kaybetmiştir. Bunun sonucunda İstanbul'daki bazı idari fonksiyonlar da Ankara'ya taşınmıştır. Ayrıca 1929 yılında Türkiye'de içe dönük politikalar izlenmeye başlanmış ve uluslararası ilişkilerin öne çıktığı bir şehir olma özelliği gösteren İstanbul, bu durumdan da olumsuz etkilenmiştir. İkinci Dünya Savaşı'na kadar devam eden bu durumla birlikte İstanbul'un şehrsel gelişimi de aksamaya uğramıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında ise dünyanın genelinde izlenen ekonomi politikaları ve

Türkiye'nin de bu politikalarda yer alması sonucunda İstanbul tekrardan ekonomik faaliyetlerin hızlandığı bir şehir haline gelmiştir (Kılınçaslan, 1981). Devam eden yıllarda uluslararası sermaye İstanbul'a çekilmeye çalışmış ve çalışmalar sonucunda İstanbul, Türkiye'nin sanayi merkezi unvanını almıştır. Tabii bu durum sonucunda tıpkı diğer sanayileşme aktivitesi gösteren şehirlerde olduğu gibi İstanbul'da da sanayileşme alanları yeni yerleşim alanlarının ortaya çıkmasına öncülük etmiştir (Yavuz, Keleş, Geray, 1978).

Yapılan atılımlar sonucunda İstanbul'a çekilen kuruluşlar, beraberlerinde kendilerine hizmet üreten ve beraber çalıştıkları yatırımcıları da İstanbul'a getirmişlerdir. Durum böyle olunca diğer sanayi kolları da bölgede gelişme göstermiş ve olumlu bir büyüme görülmüştür. Süreç bu şekilde bir döngü haline girmiş ve sanayi artış gösterdikçe nüfus çoğalmış, nüfus çoğaldıkça ekonomik faaliyetler çeşitlenmiş, ekonomik faaliyetler çeşitlendikçe de tekrar sanayi gelişmeye başlamıştır. Ancak bu süreç çok hızlı ve kontrolsüz bir hal almış ardından şehir planlamasının da kontrolden çıkmasına sebep olmuştur. Şehrin birçok bölgesinde gecekondü yerleşmeleri görülmüştür. Ekonomisi bu kadar hızlı büyüyünce İstanbul'da finans sektörü de büyümeye başlamış ve merkezi İstanbul olan bankalar kurulmaya başlanmıştır. 80'li yıllara kadar hızını keserek devam eden bu ivme 80'li yıllardan sonra yerini ağırlıklı olarak inşaat sektörüne bırakmıştır. Sanayi faaliyetlerin gerileyip hizmet ve inşaat sektörünün geliştiği bir döneme girilmiş ve günümüze kadar da bu süreç devam etmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM ARAŞTIRMA SÜRECİ

İstanbul'un Yüzey Sıcaklıkları ve Yüzey Isı Adası

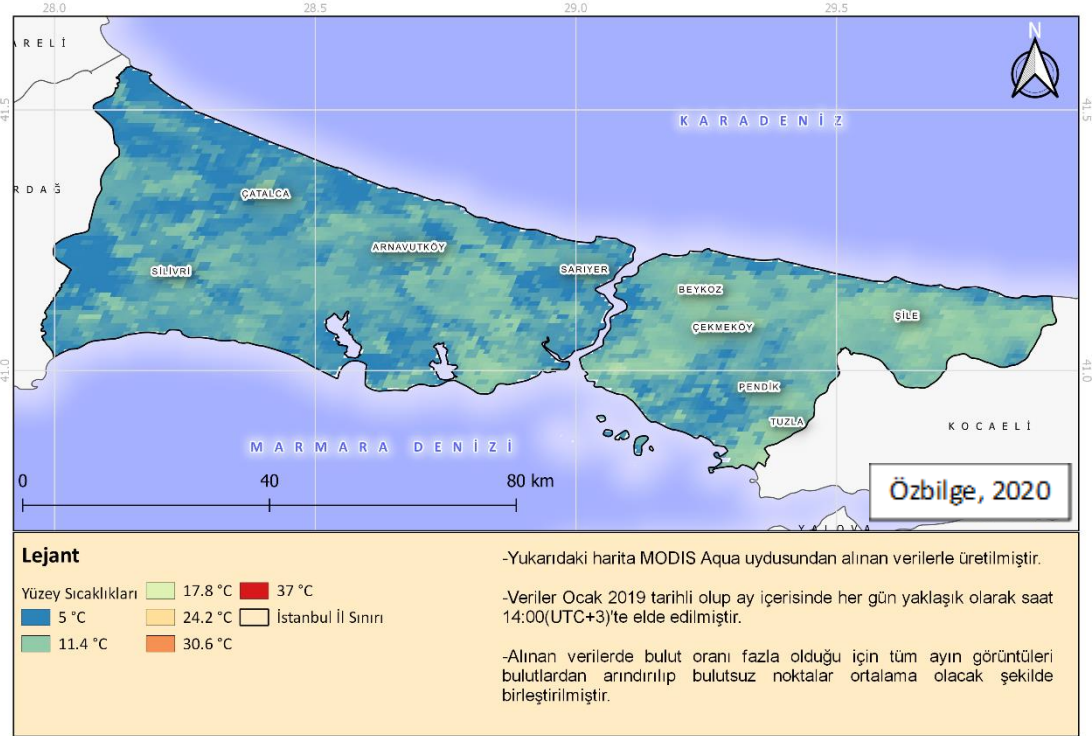
Yüzey ısı adası kavramının ne olduğundan ve İstanbul'un iklim yapısından çalışma içerisinde bahsedildiği için bu bölümde ilgili kavramlar ve tanımlar üzerinde tekrar durulmadan doğrudan İstanbul'un yüzey sıcaklık değerleri ve bu değerler sonucunda oluşan yüzey sıcaklık adasının durumundan bahsedilecektir.

Öncelikle İstanbul'da yüzey ısı adasını tespit edebilmek için elimizdeki veriler materyal ve metot bölümünde aktarıldığı üzere işlenmeye hazır hale getirilmiştir. Bu işlemlerin ardından 12 aylık veriler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu verilerin her biri aylık olarak incelenecek ve yorumlanacaktır. Ardından mevsimlik ve yıllık analizler yapılacaktır.

2.1.1. İstanbul'un Aylık Yüzey Sıcaklıkları Analizi

Aylık yüzey sıcaklık değerlendirmesi yapılırken Ocak ve Şubat ayları veri azlığından dolayı MODIS uydusunun 1 aylık ortalama verilerinden analiz edilirken; diğer aylar Landsat 8 uydusundan alınan belirli gün ve saatlere ait veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Ağustos ayına ait bir yüzey sıcaklık verisi bulunamadığı için 25 Temmuz 2017 tarihli Landsat 8 verisi ağustos ayı yüzey sıcaklık verisi olarak kullanılmıştır. Haritalar oluştururken bütün veriler için ortak lejant ve renklendirme kullanılmış böylece kıyaslama daha kolay bir hale getirilmiştir. Elde edilen durum ise İstanbul'un yüzey sıcaklık verilerine bakılarak şehir ısı adasının ve yüzey ısı adasının yorumlanması için kullanılmıştır.

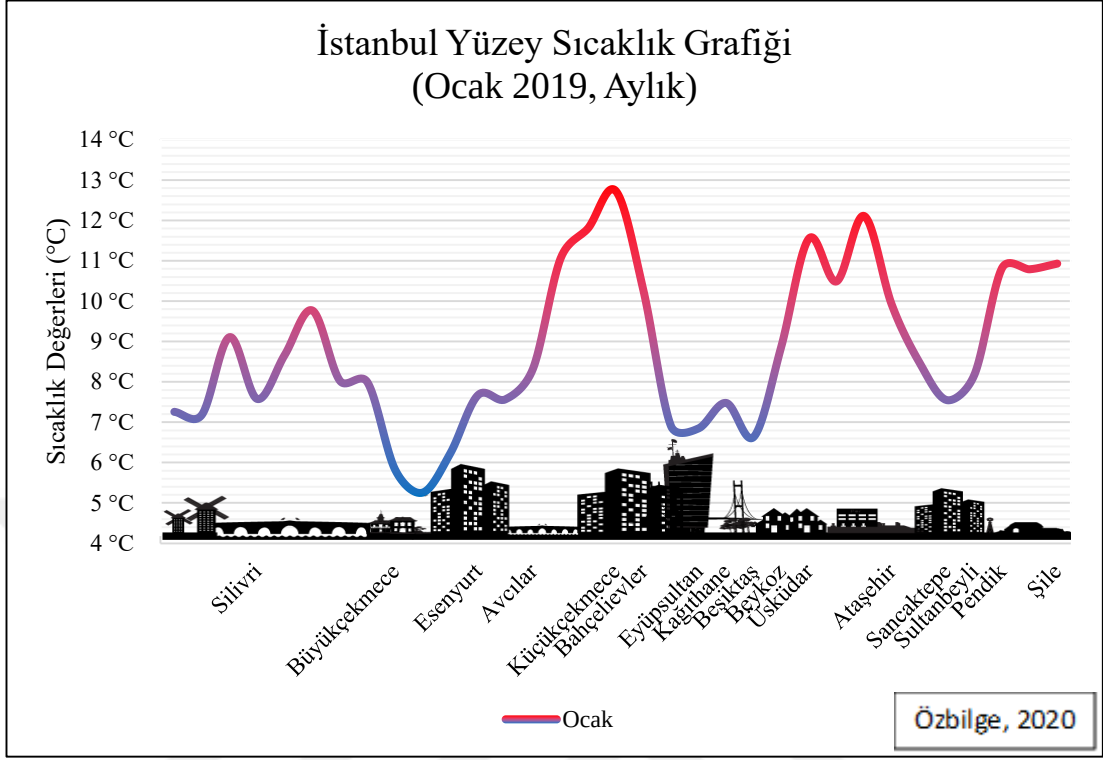
2.1.1.1. Ocak ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu



Harita 5 - İstanbul Ocak 2019 Yüzey Sıcaklık Haritası

Ocak ayında İstanbul'da ortalama yüzey sıcaklığı 8,5 °C ölçülürken en yüksek sıcaklık 14,3 °C; en düşük sıcaklık 1,8°C olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklığın bulutlardan ve su yüzeylerinden elde edildiği, en yüksek sıcaklığın ise Kadıköy'den elde edildiği saptanmıştır. Su yüzeylerinden sonra en soğuk alanların ise bina çatılarının yoğun olduğu Esenyurt'ta bulunduğu tespit edilmiştir. Esenyurt'u takip eden diğer bir alan ise Beylikdüzü'dür. Bu alanların yoğun yerleşim alanları olduğu göz önünde bulundurulduğunda yüzey ısısının şehrsel alanın meydana getirdiği sıcak hava ile uyuşmadığı görülmektedir. Ocak ayının her gün saat 14:00'teki ölçümlerine dayalı olarak yapılan bu analiz MODIS Aqua uydusunun verileri ile gerçekleştirilmiş ve 1 km hassasiyet ile yapılmıştır. Hassasiyetin düşük oluşu verilerin hatalı olma olasılığını artırmakta ancak bölgenin Ocak ayında bulutsuz bir Landsat 8 görüntüsü elde

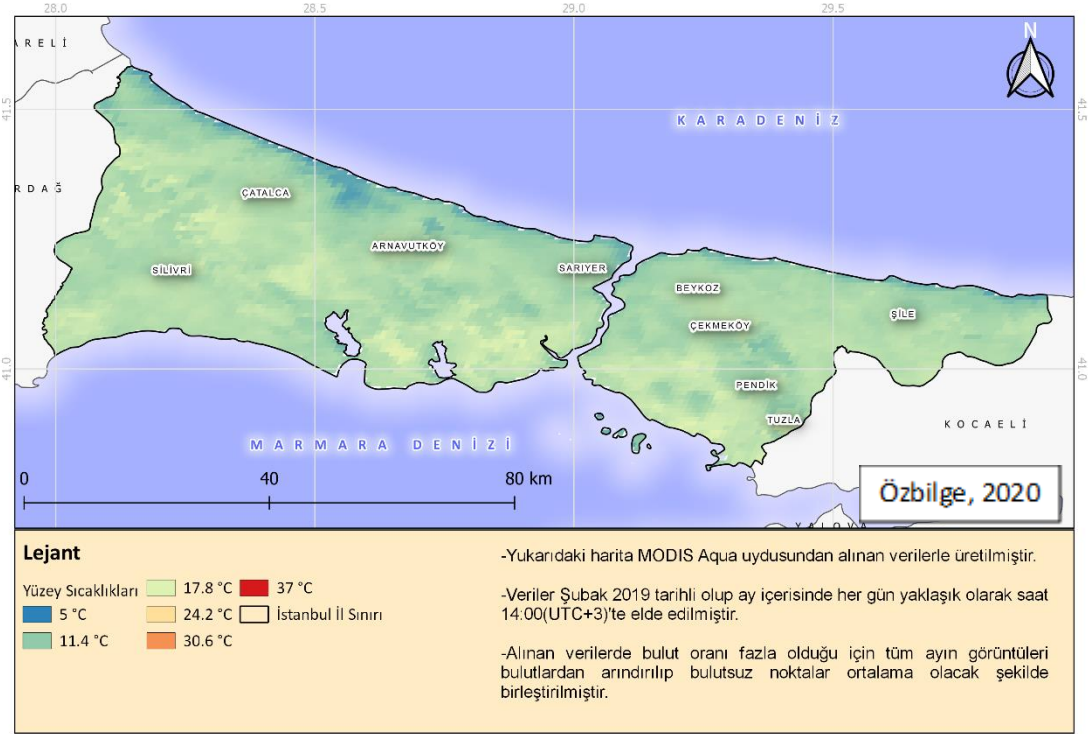
edilemediğinde MODIS uydusunun kullanılması mecburi bir hale gelmiştir. Ocak ayı için dikkat çeken bir diğer husus da Fatih ilçesinin yüzey sıcaklıklarının düşük seyrediyor olmasıdır. Bölgede yoğun yapılaşma görülmesine rağmen yüzey sıcaklık değerleri çevresine göre oldukça düşük olup ortalama 5,9 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerler tüm İstanbul'un ortalamasının da altındadır. Ocak ayı için dikkat çeken noktalardan bir başkası da Bahçelievler'in durumudur. Bölgedeki yapılaşma Esenyurt'tan düşük olmasına rağmen yüzey sıcaklık değerleri Esenyurt'tan yüksek ölçülmüştür. Bu durumun temel sebebi araştırıldığında çatı malzemelerinde kullanılan renklerin bu sonucu tetiklediğini kanıtlar sonuçlar elde edilmiştir. Esenyurt'taki çatı malzemeleri genellikle açık renge sahipken Bahçelievler'deki çatıların kırmızı kiremitlerle kaplandığı görülmüştür. Landsat ve MODIS uyduları yüzey sıcaklığını ölçerken renkler tarafından soğurulan ve termal olarak yakalanan sıcaklıkları kullanmaktadır (Vermote, 2015). Kırmızı rengin daha karanlık bir renk olduğu ve daha yüksek sıcaklık absorbe ettiği de göz önünde bulundurulduğunda bu durumun neden ortaya çıktığı anlaşılmaktadır (Science Buddies Staff, 2020). Ayrıca kırsaldan şehre doğru(Silivri-Büyükçekmece-Esenyurt-Avcılar-Küçükçekmece-Bahçelievler-Eyüpsultan-Kağıthane-Beşiktaş-Beykoz-Üsküdar-Ateşehir-Sancaktepe-Sultanbeyli-Pendik-Şile) çıkarılan ısı profilinde de yüzey sıcaklıklarının şehirsal alanlarda doğrusal bir artış göstermediği saptanmıştır.



Şekil 3 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Ocak 2019, Aylık)

Grafikten de görüleceği üzere Ocak ayında yüzey sıcaklık verisine bakarak şehir alanlarını tespit etmek pek mümkün görünmemektedir. İstanbul'un mevcut durumuna bakıldığında şehrsel alanların yukarıdaki grafikte bulunan Esenyurt, Kağıthane, Sancaktepe ve Pendik'te yoğunlaştığı bilinmektedir. Buna rağmen grafikte sadece Küçükçekmece, Bahçelievler ve Ataşehir gibi şehrsel alanlarda yüksek yüzey sıcaklıkları gözlemlenmiştir. Bu duruma bakılarak grafiğin şehrsel alanların tamamını temsil etmediği ve hatalar içerdiği anlaşılmaktadır. Aynı ya da yakın yerleşme yoğunluğuna sahip alanlar arasında çıkan farklı yüzey sıcaklıkları, bu alanlarda şehir ısı adasının tespitini zorlaştırmakta ve bu hatanın hangi faktörlere bağlı olarak ortaya çıktığının anlaşılması için yeni çalışmalar gerektirmektedir.

2.1.1.2. Şubat ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

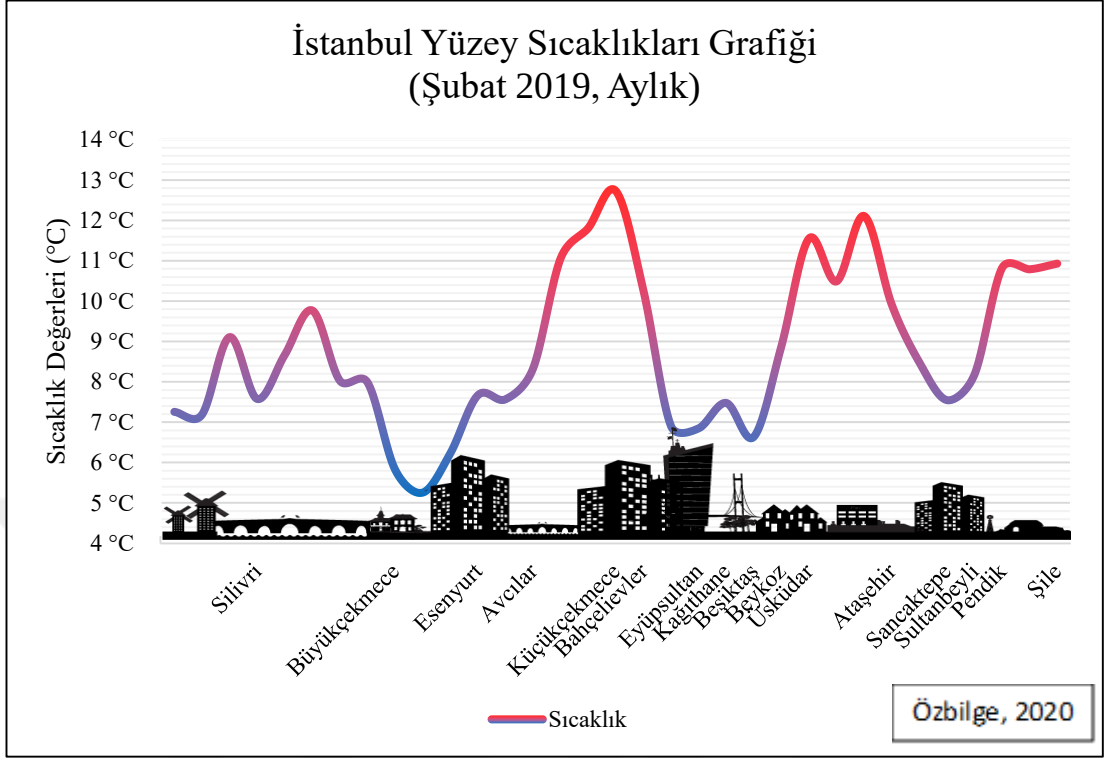


Harita 6 - İstanbul Şubat 2019 Yüzey Sıcaklık Haritası

Şubat ayında İstanbul'da ortalama yüzey sıcaklığı 13,9 °C ölçülürken en yüksek sıcaklık 19,2 °C; en düşük sıcaklık 7,3 °C olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık su yüzeylerinde görülürken en yüksek sıcaklık Esenyurt ilçesinde görülmüştür. Ortalama olarak en yüksek sıcaklıklar da yine Esenyurt ilçe merkezinde tespit edilmiştir. Ocak ayından farklı olarak ortaya çıkan bu durumun kaynağı tam olarak tespit edilememiştir ancak görüntünün 1 aylık ortalamaı temsil etmesi sebebiyle güneş ışınlarının geliş açısıyla alakalı olduğu ve dönemsel özellikler nedeniyle kara ve denizlerdeki ısınma karakterlerindeki farklılıkların buna neden olduğu düşünülmektedir. Ocak ayından farklı olarak meydana gelen bir diğer durum ise Kadıköy'de meydana gelmiştir. Ocak ayında en yüksek yüzey sıcaklığına sahip olan Kadıköy'de Şubat ayında ortalama

yüzey sıcaklığı 14,2 °C olarak ölçülmüştür. Bu değer Şubat ayı ortalamasına yakın bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

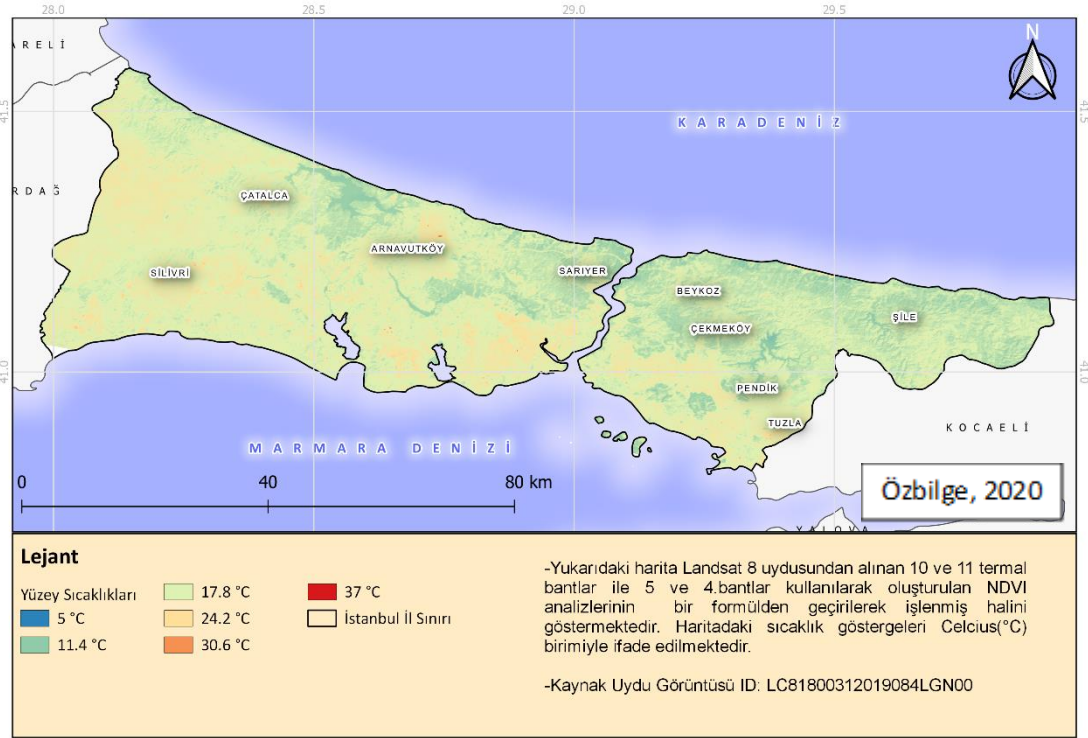
Şubat ayının her gün saat 14:00'teki ölçümlerine dayalı olarak yapılan bu analiz MODIS Aqua uydusunun verileri ile gerçekleştirilmiş ve 1 km hassasiyet ile yapılmıştır. Hassasiyetin düşük oluşu verilerin hatalı olma olasılığını arttırmakta ancak bölgenin Şubat ayında bulutsuz bir Landsat 8 görüntüsü elde edilemediğinde MODIS uydusunun kullanılması mecburi bir hale gelmiştir. Tıpkı Ocak ayında olduğu gibi Şubat ayında da Fatih ilçesi düşük yüzey sıcaklığına sahiptir. Öyle ki ilçede 11,3 °C yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. Bu değer Şubat ayı yüzey sıcaklığı ortalamasından 2,6°C daha düşük bir sıcaklığı göstermektedir. Bölgenin yapılaşma yoğunluğuna rağmen böyle bir durumun ortaya çıkmasının ağaçların ısıyı soğurma oranına bağlı olduğu düşünülmektedir. Bölgede İstanbul geneline oranla daha yoğun bulunan ağaç varlığı bu durumun ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Dikkat çeken durumlardan biri de özellikle Çatalca ilçesinde bulunan tarım arazilerinin yüzey sıcaklıklarının çevresine göre yüksek oluşudur. Çatalca'nın güneydoğusunda görülen ve ortalama 16,9 °C yüzey sıcaklığını oluşturan bu durumun tarım arazilerindeki bitki rengiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Şubat ayının yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında ise yorumlamak daha kolay bir hale gelmektedir.



Şekil 4 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Şubat 2019, Aylık)

Ocak ayında olduğu gibi Şubat ayında da yüzey sıcaklık verileri kullanılarak şehir ısı adası durumu tespit edilememektedir. Grafik de bu durumu ortaya koymaktadır. Esenyurt, Kağıthane, Pendik gibi yoğun şehirleşmenin görüldüğü alanlarda yüzey sıcaklıklarının bu derece düşük çıkması buna karşın Silivri ve Şile gibi daha kırsal alanlarda yüzey sıcaklıklarının yüksek çıkması verilerin daha detaylı bir araştırma konusu olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca birbirine benzer yerleşme özellikleri gösteren Esenyurt ve Bahçelievler arasındaki bu sıcaklık farkları da yine derinlemesine bir araştırma gerektirmektedir.

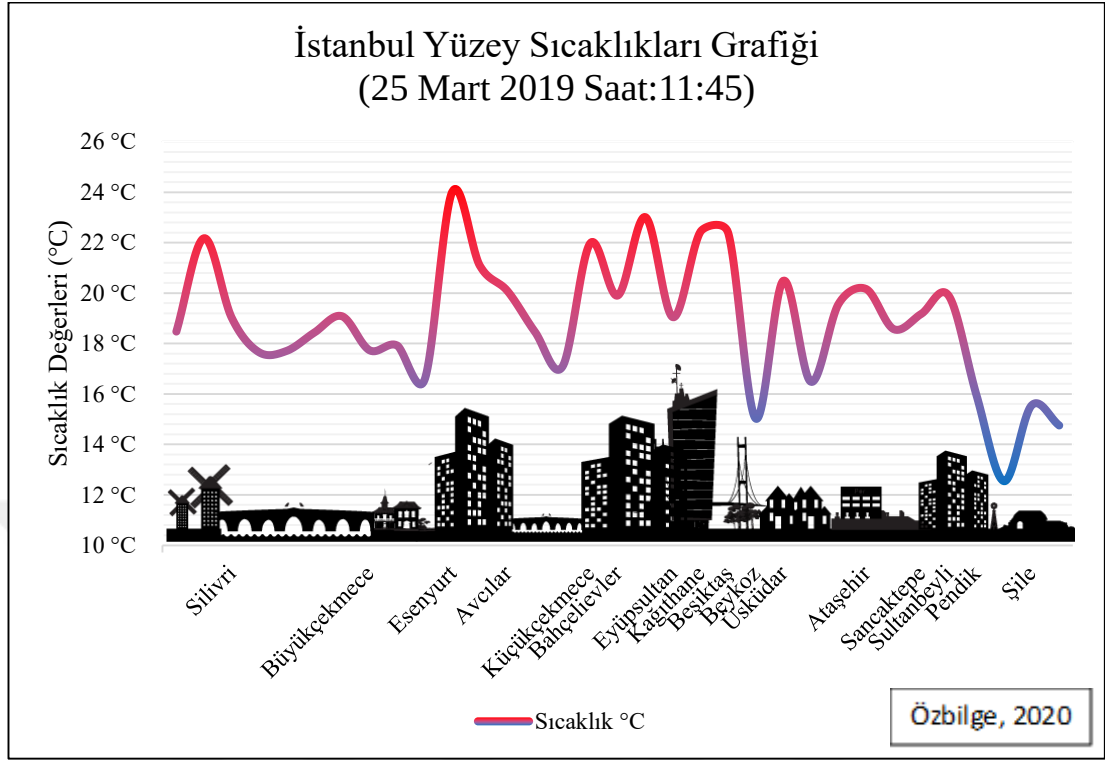
2.1.1.3. Mart ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu



Harita 7 - 25 Mart 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Kullanılan yüzey sıcaklık verileri Landsat 8 uydusundan elde edilmiştir. Landsat uyduları MODIS uydularından farklı olarak 16 günlük zamansal çözünürlüğe sahip oldukları için Mart ayında sadece 1 güne (25 Mart 2019) ait veriler alınabilmektedir, bu veriler 100 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Mekânsal çözünürlük yüksek olduğundan dolayı sıcaklık farkları daha net görülebilmektedir.

Mart ayı için kullanılan veride yüzey sıcaklığı 17,9 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 9,6 °C, en yüksek yüzey sıcaklığı ise 31,5 °C olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık boğaz kıyısından ve su yüzeylerinden elde edilirken en yüksek sıcaklık ise İstanbul Havalimanı (Üçüncü Havaalanı) çevresinde tespit edilmiştir.

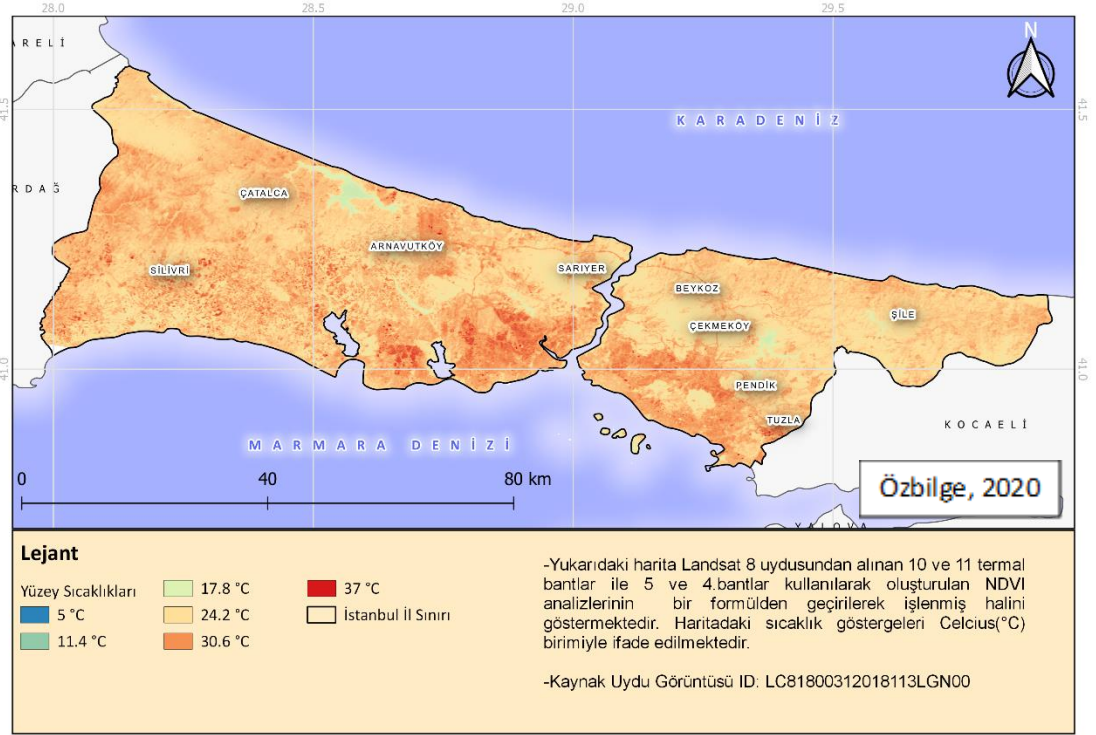


Şekil 5 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (25 Mart 2019, 11:45)

Mart ayı verilerinden oluşturulmuş grafiğe bakıldığında en azından önceki aylara göre Anadolu Yakası için anlamlı veri elde etmenin mümkün olduğu görülmektedir. Avrupa yakasında her ne kadar önceki aylarda olduğu gibi bir analiz yapmak pek mümkün görünmese de Anadolu Yakası'nda yüzey ısı adasının oluşumu görülebilmektedir. Buna rağmen Pendik ve Şile arasındaki ani sıcaklık düşüşü ve ardından tekrar yükselişinin hangi sebepten kaynaklandığı anlaşılamamış dolayısıyla verilerin kullanımı Anadolu Yakası'nda derinlemesine araştırılması gereken bir durum olduğunu ortaya koymaktadır. Buradaki bina cepheleri ve malzemelerinden dolayı bu durumun ortaya çıkmış olma ihtimali bulunmaktadır. Grafiğe bakıldığında ilgili grafik rotası üzerinde en düşük değerlere Pendik ve Şile arasında ulaşılırken en yüksek değerlere Esenyurt bölgesinde ulaşıldığı görülmektedir. En yüksek ve en düşük veriler arasında kıyas yapıldığında şehirsal ve kırsal alanların yüzey sıcaklıklarına dayanarak

bir çıkarımda bulunulabilir. Ancak rotanın bir çizgiden ibaret olduğu unutulmamalı ve esas analizin genel harita üzerinden yapılması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.1.4. Nisan ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu



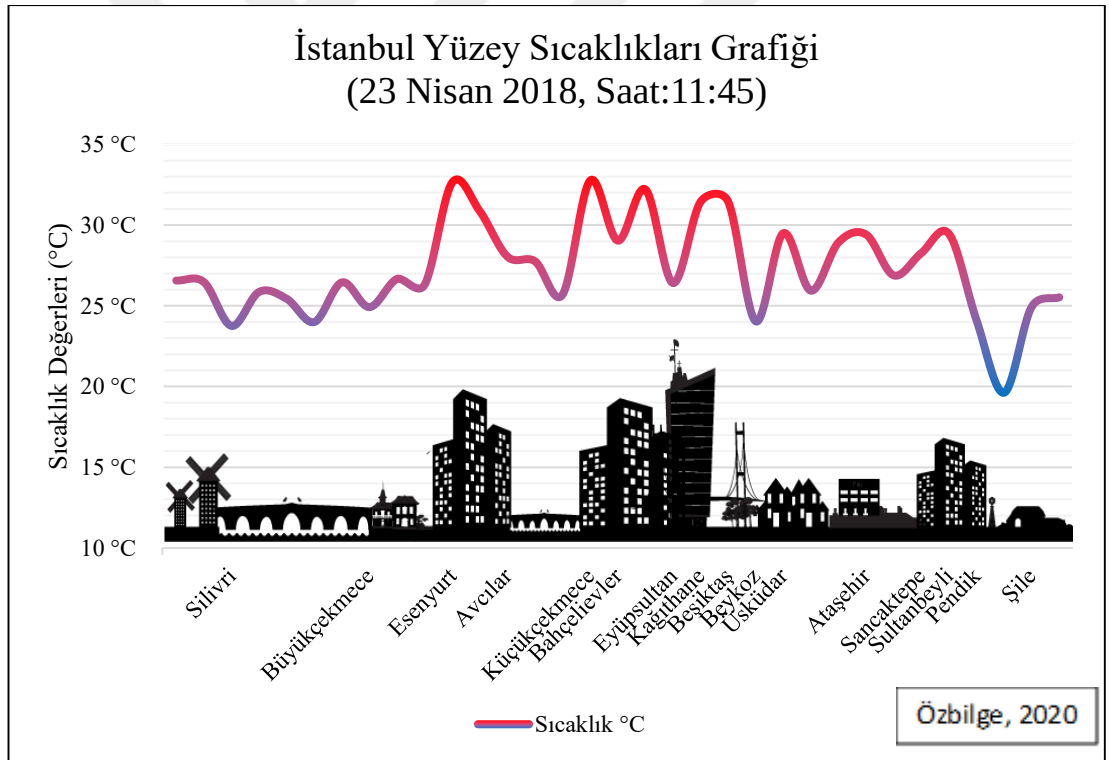
Harita 8 - 23 Nisan 2015 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Mart ayı için olduğu gibi Nisan ayı için kullanılan verilerde Landsat 8 uydusundan elde edilmiştir. Bundan dolayı zamansal çözünürlük düşük ancak mekânsal çözünürlük yüksektir. Mekânsal çözünürlüğün yüksek oluşu her zaman olduğu gibi Nisan ayı yüzey sıcaklıklarını daha doğru analiz etmek için faydalı bir özelliktir.

Nisan ayının yüzey sıcaklık haritasına bakıldığında lejanttaki sıcak renklerin haritaya daha yoğun biçimde yayılmaya başladığını görüyoruz. Önceki aylarda yaygın olan soğuk renklerin yerini sıcak renklere bırakmaya başlamış. Bu durum yüzey sıcaklıklarının arttığını göstermektedir. Tabii verilerin bir günün sadece bir anlık

değerlerini gösterdiği göz önüne alınırsa bu durumun anlık olabilme ihtimali de yüksektir.

Nisan ayında ölçülen ortalama yüzey sıcaklık derecesi 26,3 °C, en düşük yüzey sıcaklık derecesi 13,7 °C, en yüksek yüzey sıcaklık derecesi ise 41,3 °C olarak tespit edilmiştir. Önceki aylarda da olduğu gibi en düşük sıcaklıklar su yüzeylerinde görülmektedir. En yüksek sıcaklık ise yine İstanbul Havalimanı çevresinde ölçülürken su yüzeylerinden sonraki en düşük sıcaklık ise Büyükçekmece Gölü çevresi ile Aydos Ormanı çevresinde tespit edilmiştir.

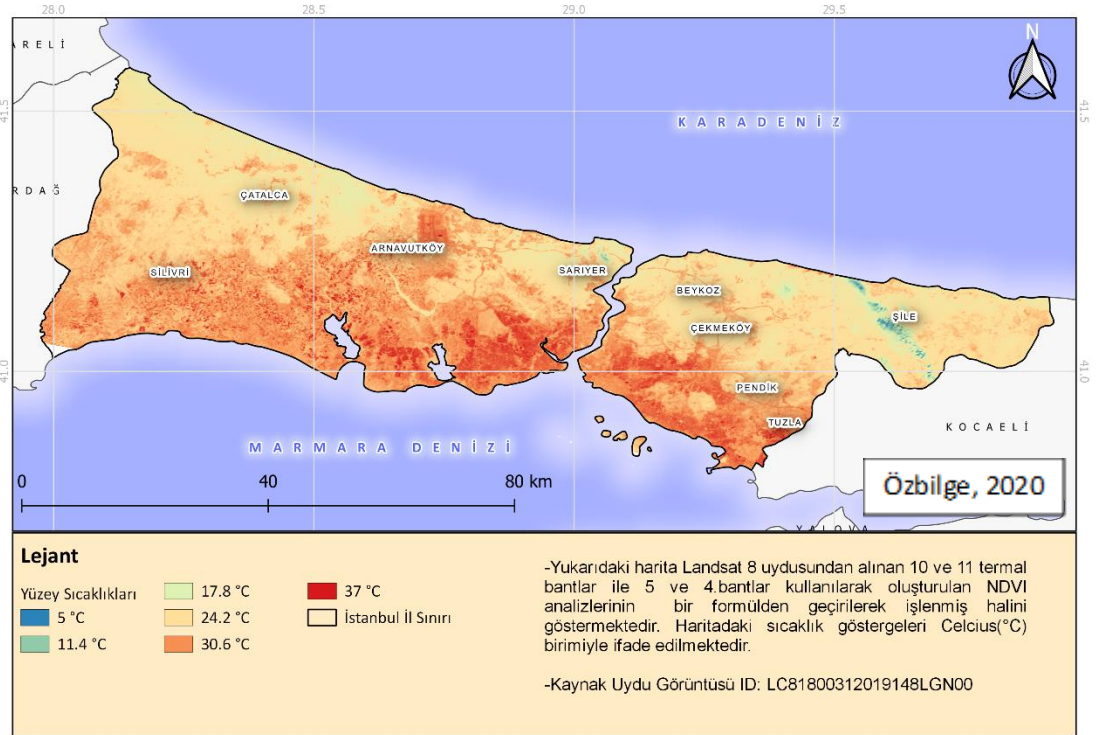


Şekil 6 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (23 Nisan 2019, 11:45)

23 Nisan 2018 tarihine ait yüzey sıcaklık verileri kullanılarak çıkarılan yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında ilk göze çarpan nokta Silivri'den başlayarak Esenyurt girişine kadar devam eden düşük sıcaklıklar ve ardından meydana gelen yüksek sıcaklıklar

oluyor. Bu durumun temel sebebinin bölgedeki yoğun şehirleşme olduğunu söylemek mümkün. Ardından Küçükçekmece’de tekrar bir sıcaklık düşüşü meydana gelirken Bahçelievler’den Eyüpsultan’a kadar yüksek sıcaklıklar görülmekte. Anadolu Yakasında ise en yüksek yüzey sıcaklık değerlerinin Avrupa Yakası’na göre daha düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğu ve kırsal alanda burada da daha soğuk yüzeylerin bulunduğu gözlenmektedir.

2.1.1.5. Mayıs ayında İstanbul’un yüzey sıcaklık durumu

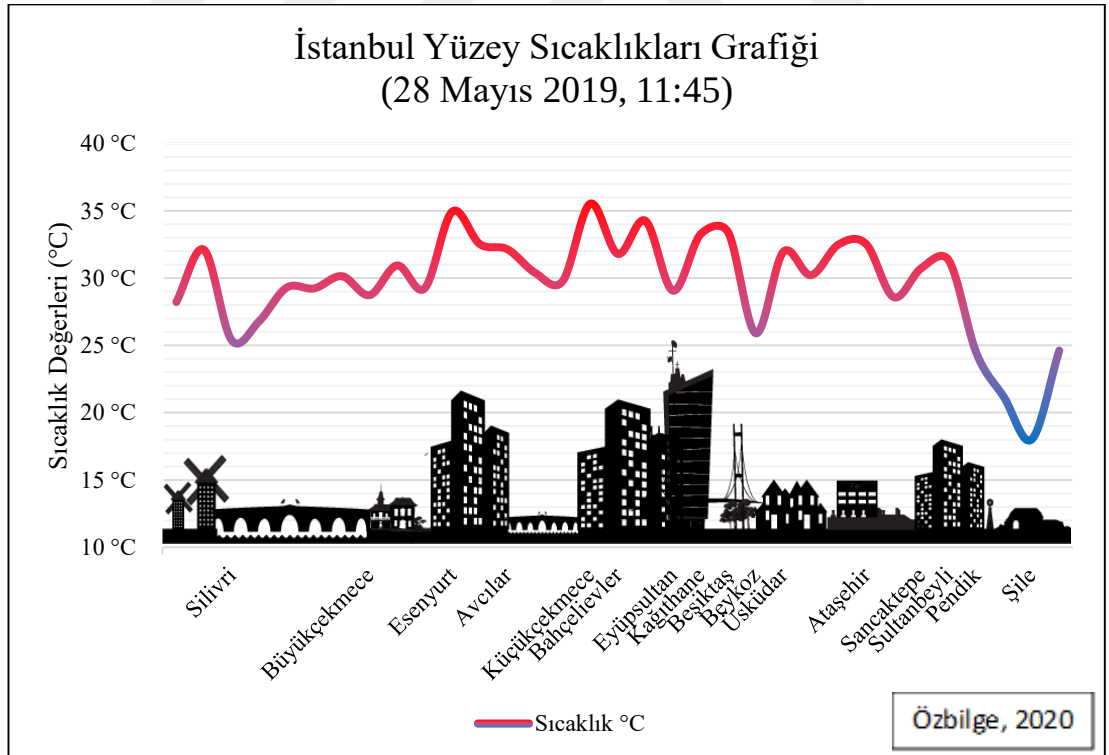


Harita 9 - 28 Mayıs 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Mayıs ayına ait Landsat 8 görüntüleri arasında en az bulutluluk oranına sahip görüntünün 28 Mayıs 2019 tarihli görüntü olmasından dolayı bu uydu görüntüsü kullanılmıştır. Ancak mevsimsel durum bu görüntüde de bulutun varlığına neden olmuştur. Anadolu Yakası’nda Şile taraflarında görülen düşük sıcaklıklar bulutları göstermektedir. Analizler yapılırken bu bulut alanı değerlendirmeye katılmayacaktır.

Mayıs ayında da tıpkı Nisan ayında olduğu gibi daha sıcak yüzeylerin varlığı göze çarpmaktadır. Güneş ışınlarının daha dik gelmeye başlamasından dolayı yüzeyler daha fazla ısınmakta ve bu durum haritalara da yansımaktadır.

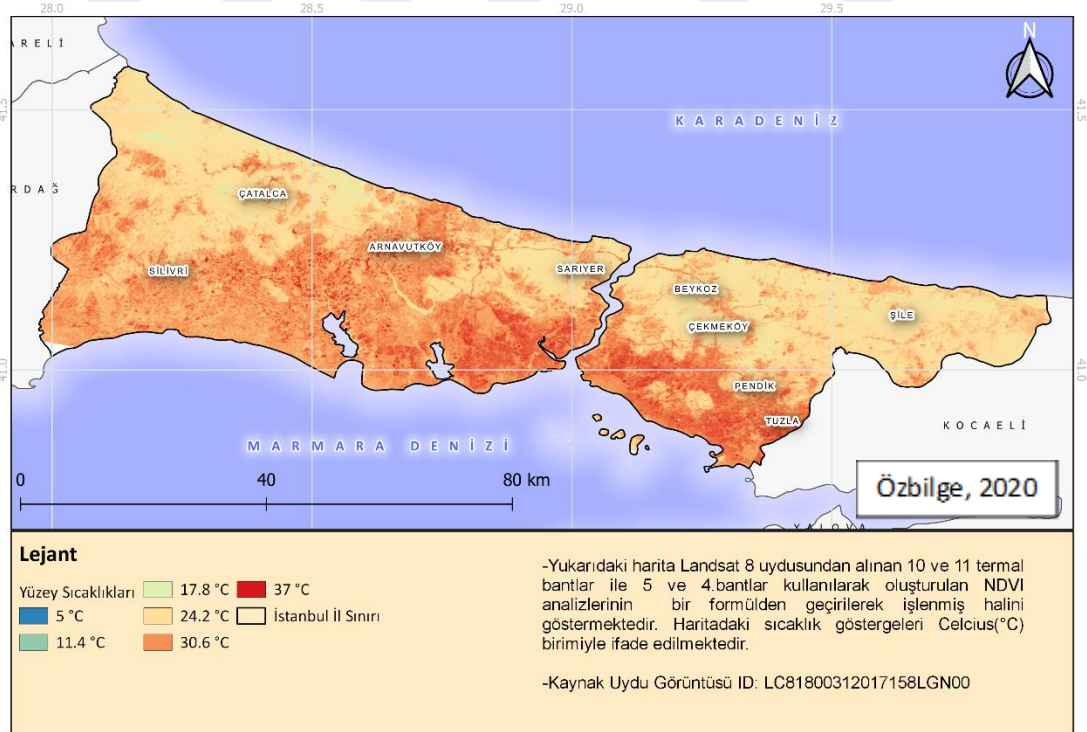
Mayıs ayında en yüksek yüzey sıcaklığı 40,5 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 4,7 °C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 26,7 °C olarak ölçülmüştür. Ancak ortalama ve en düşük yüzey sıcaklığı değerlerine bulutlu alanların etki ettiği unutulmamalıdır. Bulutlu alanlar göz önüne alınmaz ise en düşük sıcaklıklar güneş ışınlarının geliş açısının daralmasının da etkisiyle kuzey kesimlerde özellikle Şile ve Çatalca'nın Karadeniz kıyılarında gözlenmektedir. En yüksek yüzey sıcaklıkları ise İstanbul Havalimanı ve Esenyurt'ta tespit edilmiştir.



Şekil 7 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (28 Mayıs 2019, 11:45)

28 Mayıs 2019 tarihli veriler kullanılarak çıkarılan yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında Silivri’de önceki iki aya göre bir sapma tespit edilmektedir. Şile’de ise yine öncesinde bir soğuk yüzey arkasından sıcak yüzey tespit edilebilmektedir. Bu alanların haricinde ise yüzey sıcaklıklarının ilgili rota boyunca şehrsel alana doğru arttığı söylenebilir. Küçükçekmece ve Bahçelievler arasında en yüksek seviyeye ulaşan yüzey sıcaklıkları Beykoz’da en düşük seviyelere ulaşmaktadır. Bu durum bölgelerin yüzey örtülerinin farklılığından kaynaklanabilir. Ancak Pendik ve Şile arasındaki yaklaşık 25 derecelik farkın diğer kırsaldan şehre olarak nitelendirilebilecek alanlarda neden gözlenmediği de ayrı bir soru işaretidir. Ortalama olarak bakıldığında her iki yakasında ortalama yüzey sıcaklıkları birbirlerine yakın görünmektedir.

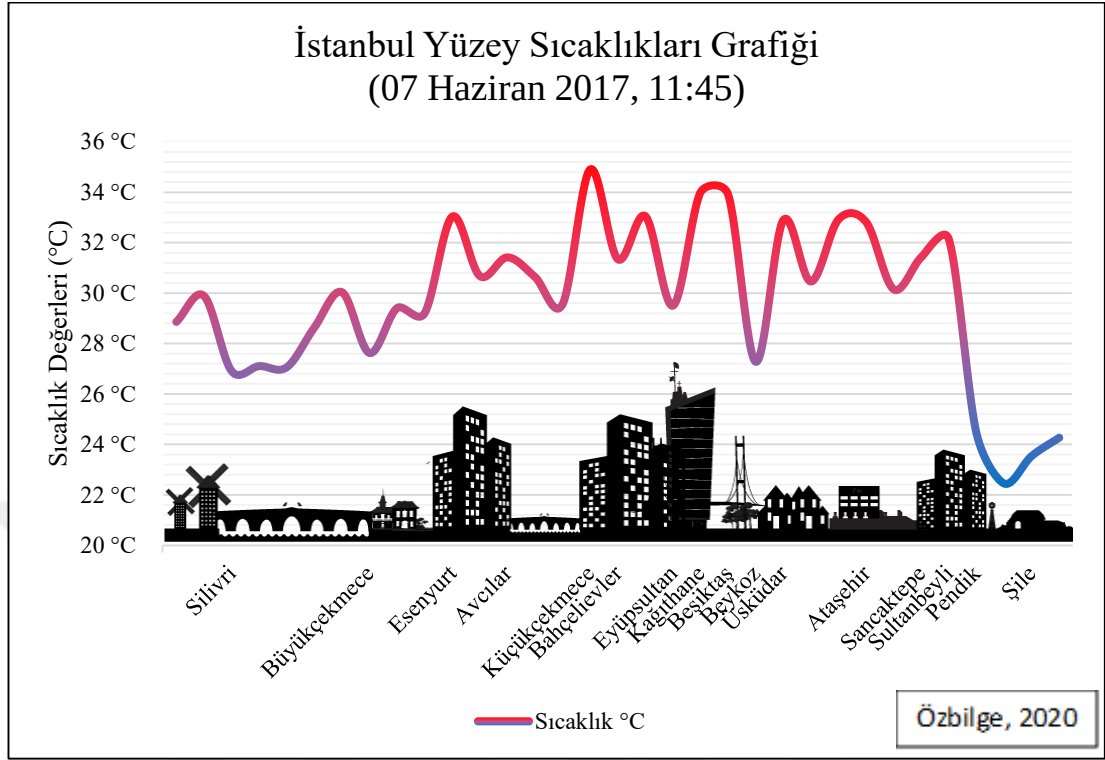
2.1.1.6. Haziran ayında İstanbul’un yüzey sıcaklık durumu



Harita 10 - 07 Haziran 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Güneş ışınlarının açısının giderek dikleşmesiyle birlikte yüzey sıcaklıklarının derecesi de artış göstermektedir. Haritaya bakarak da anlaşılabacağı üzere artık daha kuzey kesimlerde bile yüksek yüzey sıcaklıklarını tespit etmek mümkün hale gelmiştir. Özellikle doğal örtünün yok edildiği ve yüzeyin yapay malzemelerle kaplandığı İstanbul Havalimanı çevresindeki sıcaklıklar giderek yükselmiştir. Önceki aylarda daha güney bölgelere göre düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olan Arnavutköy ve çevresi İstanbul Havalimanı ve ona yapılan bağlantı yolları ile çevresindeki yapılaşma sebebiyle artık daha yüksek yüzey sıcaklıklarının olduğu bir alan haline gelmiştir.

Haziran ayında en yüksek yüzey sıcaklığı 42,2 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 17,2 °C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 27,3 °C olarak tespit edilmiştir. En sıcak yüzeyler Gaziosmanpaşa ve yakın çevresinde ölçülürken en düşük sıcaklıklar (bulutlar ve su yüzeyleri hariç) Şile ve çevresinde tespit edilmiştir. Haritada kullanılan yüzey sıcaklık verileri 2017 yılına ait olduğu için İstanbul'un kuzeyindeki yapılaşma ve İstanbul Havalimanı henüz tam olarak etkisi göstermemiştir ancak yine de doğal çevreye göre daha fazla yüzey sıcaklık değerlerine sahip oldukları görülebilmektedir.

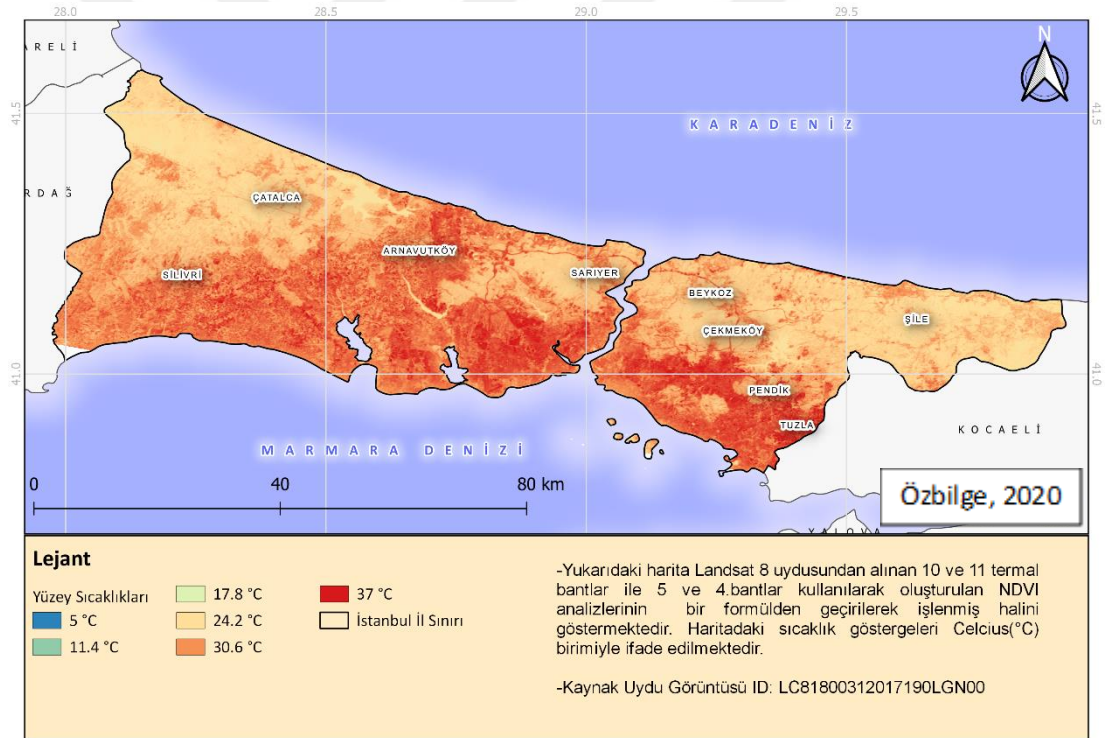


Şekil 8 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (07 Haziran 2017, 11:45)

Haziran ayında elde edilen yüzey sıcaklık profilini kırsal ve şehrsel alan arasındaki sıcaklık farkının daha net görüldüğü bir grafik olarak nitelendirebiliriz. Özellikle Küçükçekmece'den başlayan ve Sultanbeyli çıkışına kadar devam eden yüksek yüzey sıcaklık ortalaması bu farkın tespit edilmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Buna rağmen Esenyurt ve Avcılar'da diğer şehrsel alanlara göre daha düşük yüzey sıcaklıklarının elde edilmesi genel akışı bozmaktadır. Bu durumun temel sebebi olarak yine kullanılan çatı malzemelerinin sıcaklığı tutma oranındaki farklılık gösterilebilir. Haziran ayında dikkat çeken bir diğer husus da ortalama yüzey sıcaklık değerindeki artıştır. Harita üzerindeki veriler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda çıkan ortalama 27,3 °C yüzey sıcaklığı, rota üzerinden çıkarılan profilin ortalama değerleriyle uyumaktadır. Bu durum şehrin genelinde kuzey kesimlerin daha fazla yüzey sıcaklık farkına sahip olduğunu göstermektedir. Haziran ayında gelen güneş

ışınlarının daha da dik hale gelmesi bu durumun temel sebebi olarak gösterilebilir. Öyle ki önceki aylarda zaten yüksek açıyla güneş ışını alan güney bölgeler üstüne bir de ısıyı tutabilen materyallerle kaplı oldukları için yüksek sıcaklıklara ulaşabiliyorlardı. Ancak kuzey kesimlerdeki doğal alanların ısıyı soğurma oranları daha düşük seviyede olduğu için yüksek yüzey sıcaklıkları görülememekteydi. Haziran ayında ise bu durum ortadan kalkmış ve kuzeydeki doğal yüzeylerde de yüksek yüzey sıcaklıkları görülmüştür.

2.1.1.7. Temmuz ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

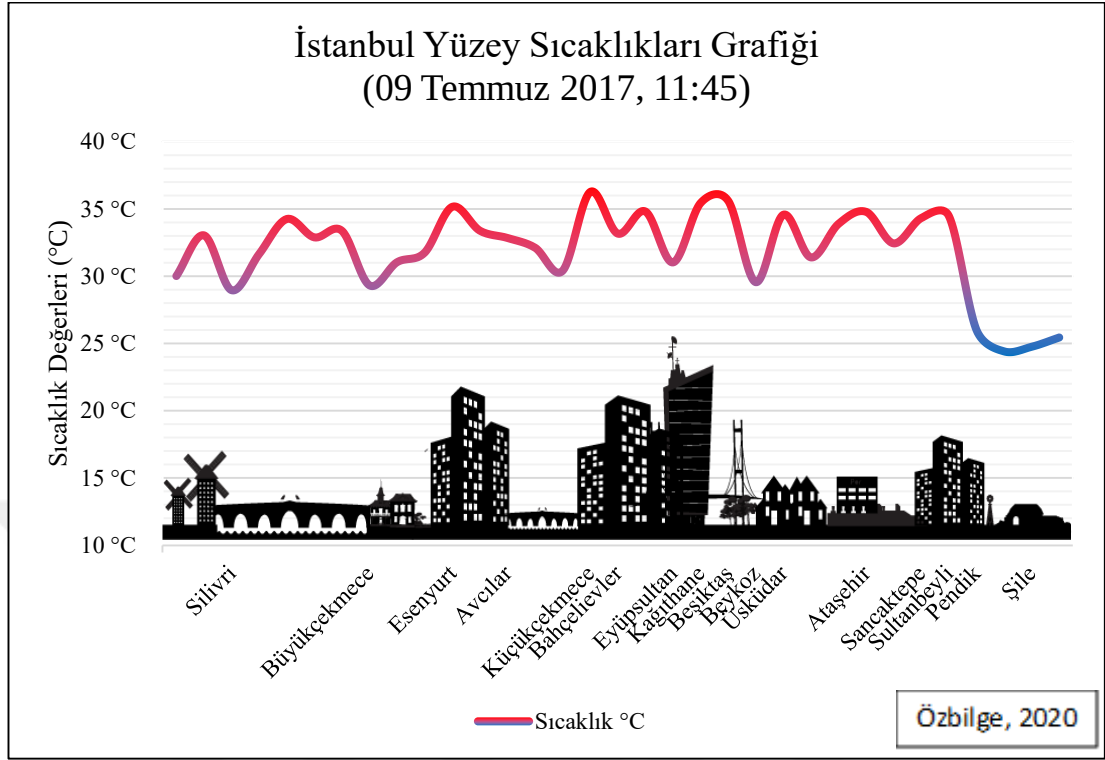


Harita 11 - 09 Temmuz 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Temmuz ayının verilerine bakıldığında yüksek sıcaklıkların şehrin yerleşim olan yerleri haricinde tarımsal arazilerin olduğu yerlerde de görülmeye başladığı ortaya çıkmaktadır. Yine de en yüksek sıcaklıklar önceki aylarda olduğu gibi yoğun şehrsel alanlarda meydana gelmektedir. Anadolu Yakası'nda şehrin içinde kalan Aydos ve

Alemdağ ormanları 2 ayrı soğuk yüzeyi oluştururken Avrupa Yakası'ndaki Belgrad Ormanı da soğuk yüzey alanını meydana getirmektedir.

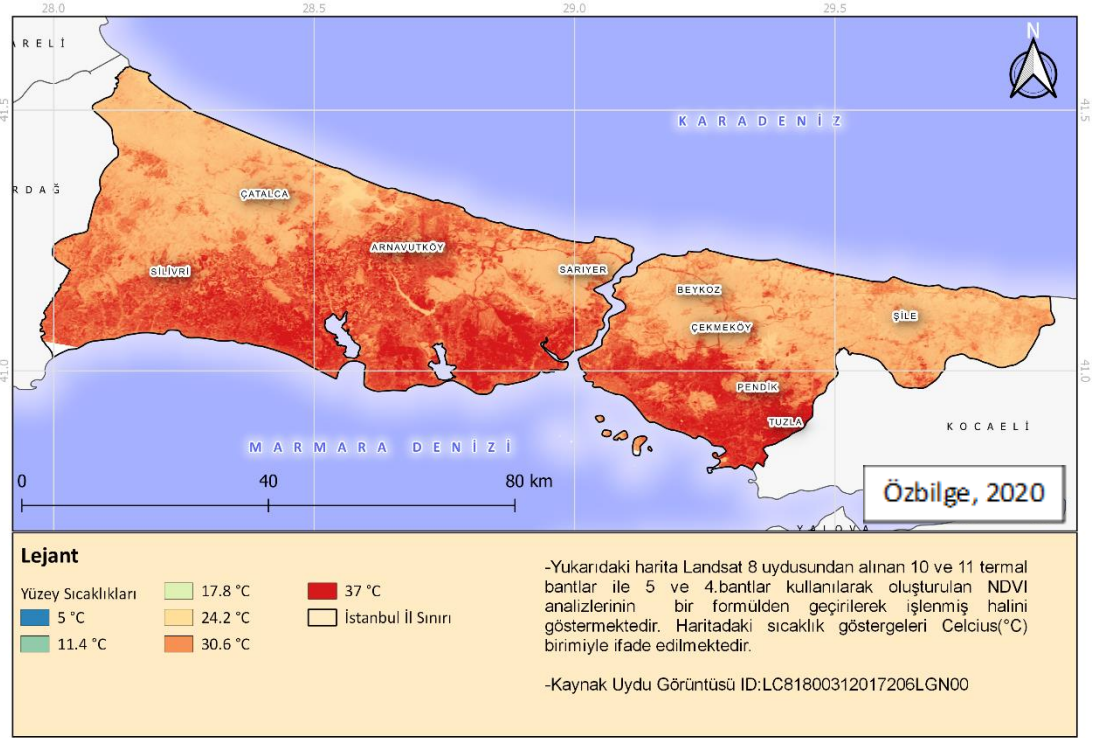
Temmuz ayında yüzeyden ölçülen en yüksek sıcaklık 43,5 °C, en düşük sıcaklık 21,1°C, ortalama sıcaklık ise 29,2 °C olmuştur. Bu dönemde önceki dönemlerde olduğu gibi yine şehirs el alanlar yüksek yüzey sıcaklıklarına devam etmekle birlikte tarımsal araziler de yüksek yüzey sıcaklıkları göstermeye başlamıştır. Haziran ayında başlayan bu süreç temmuz ayında artarak devam etmektedir. Ayrıca Kuzey kesimlerdeki yüzey sıcaklıklarında da artış devam etmiştir. Kuzeydeki yapay alanlar ve özellikle yollar harita üzerinde de kendilerini belli etmektedir. Bunun temel sebebi yolların doğal alanlardan daha fazla ısıyı soğurması ve daha yüksek sıcaklıklara erişmesidir. İstanbul Havalimanı da henüz yapım aşamasında olmasına rağmen o dönemde bile çevresine göre daha yüksek yüzey sıcaklıklarına sebep olmaktadır.



Şekil 9 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (09 Temmuz 2017, 11:45)

Temmuz ayı sıcaklık verilerinden oluşturulan grafiğe baktığımızda önceki aylara göre daha farklı bir grafikte karşılaştığımızı söyleyebiliriz. Özellikle Silivri ve Büyükçekmece arasında tespit edilen yüksek yüzey sıcaklıkları verilerin yorumlanmasını ve mantıklı bir yoruma kavuşturulmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Avrupa Yakası'ndaki bu karmaşık duruma karşı Anadolu Yakası'nda ortaya çıkan yüzey sıcaklık grafiği daha anlamlı bir seyir göstermiştir. Yerleşimin yoğun olduğu Üsküdar, Ataşehir, Sancaktepe ve Sultanbeyli yüksek yüzey sıcaklıklarına sebep olurken Şile gibi daha kırsal bir bölge daha düşük yüzey sıcaklıklarının görülmesini sağlamıştır. Burada diğer sonuçlarla uyumsuz olan tek veri Pendik verisidir. Bu durumun yüzeydeki çeşitli değişkenlere bağlı olduğu düşünülmekte ve derinlemesine bir araştırmayla açıklanması gerekmektedir.

2.1.1.8. Ağustos ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

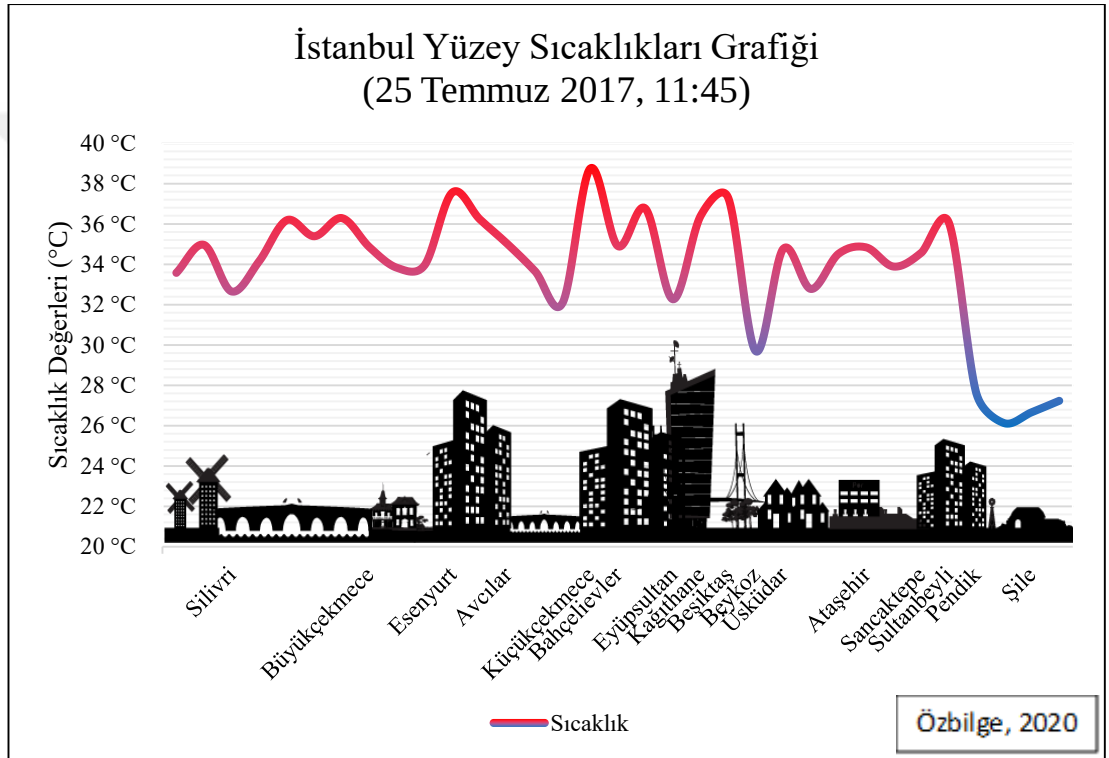


Harita 12 - 25 Temmuz 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Ağustos ayı için Landsat 8 ve MODIS uydularında bulutsuz ve hatasız bir görüntü bulunamadığı için 25 Temmuz 2017 tarihli Landsat 8 uydu görüntüleri ağustos ayı için kullanılmıştır. Yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında ağustos ayı için en yüksek yüzey sıcaklığı 42,8 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 23,3 °C ve ortalama yüzey sıcaklığı 30,8 °C olarak tespit edilmiştir.

Ağustos ayı verilerinin en dikkat çekici noktası tarım arazilerinin yüzey sıcaklıklarındaki artıştır. Yıl boyunca şehrsel alanlardan daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olan tarımsal alanlardaki bu değişimin temel sebebinin tarımsal arazideki -özellikle buğday gibi- ürünlerin kurumasından ve kuru otların renklerinden dolayı daha yüksek ısıyı soğurmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle Sazlıdere Barajı'nın sebep olduğu düşük yüzey sıcaklığı göz ardı edilirse

Beylikdüzü'nün Marmara Denizi kıyısından başlamak üzere kuzeyde Yeniköy sahiline kadar kesintisiz yüksek yüzey sıcaklıkları gözlenmiştir. Bu duruma İstanbul Havalimanı inşaatının sebep olduğu çok net anlaşılabilmektedir. Çünkü bölgede daha önceki yüzey sıcaklık verileri bu derecede yüksek sıcaklıkların havalimanı bölgesinde görülmediğini göstermektedir.

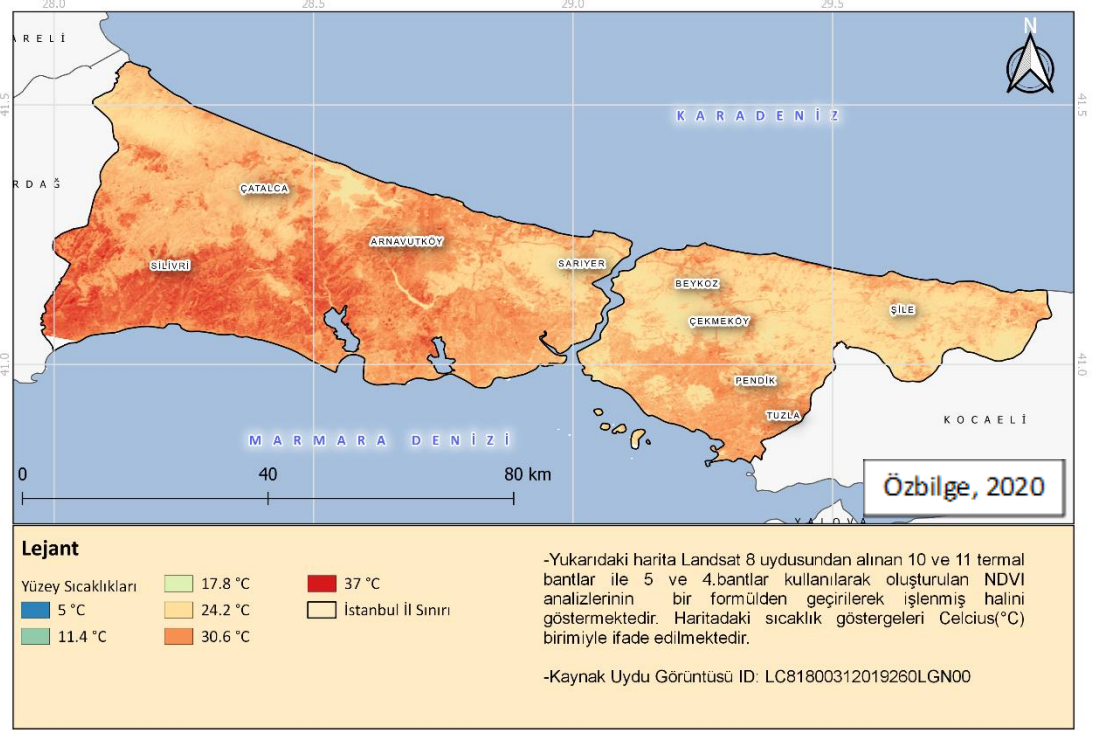


Şekil 10 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (25 Temmuz 2017, 11:45)

Ağustos ayında ortaya çıkan yüzey sıcaklık grafiği de tıpkı temmuz ayında elde edilen grafik gibi anlamsızlıklar içermektedir. Avrupa Yakası'nda görülen ve kırsaldan şehre doğru düşmeyen yüzey sıcaklıkları grafiğinin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Anadolu Yakası'nda ise tıpkı bir önceki ayda olduğu gibi daha mantıklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum iki yaka arasındaki yüzeyin kaplama farkından ve rota üzerindeki yerleşim mekanlarının özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ancak grafiğin tamamı incelendiğinde aynı yerleşme yapılarında farklı sonuçlar ortaya çıkmakta ve

bu durum aynı yüzeylerin her zaman aynı sıcaklık değerlerine neden olmadığını ortaya koymaktadır.

2.1.1.9. Eylül ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

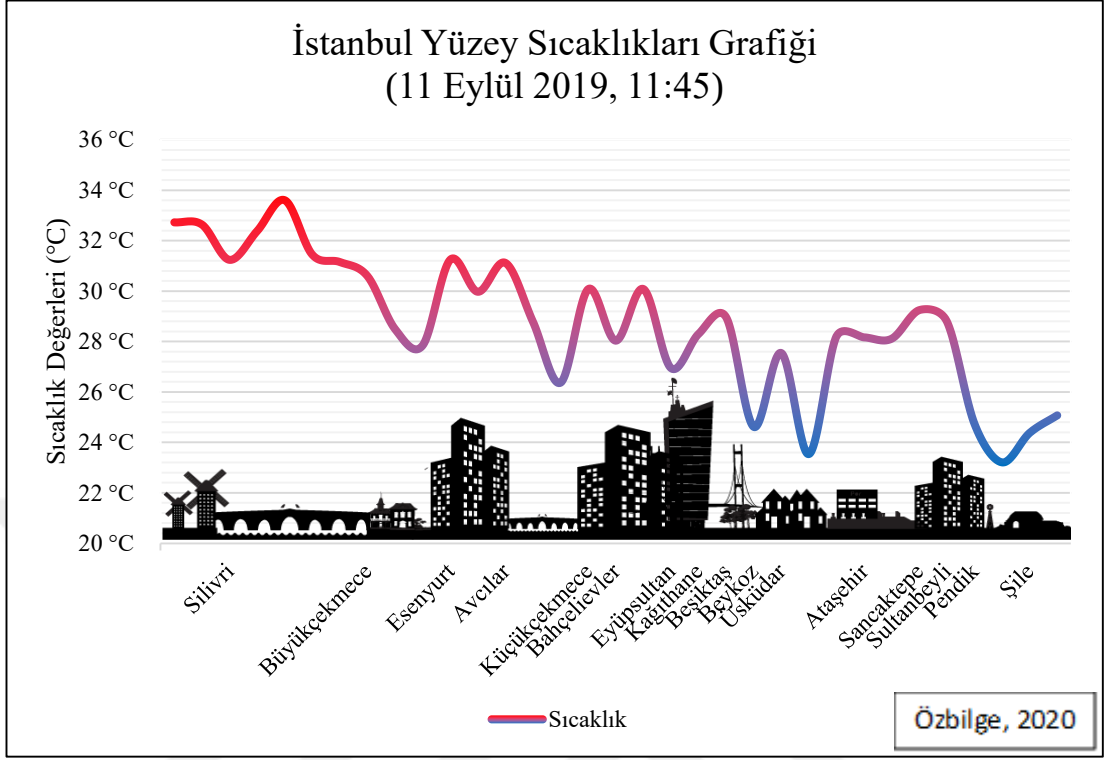


Harita 13 - 17 Eylül 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Eylül ayı yüzey sıcaklıkları şimdiye kadarki durumdan farklı özellikler göstermektedir. Özellikle Avrupa Yakası'nda ortaya çıkan durum göze çarpmaktadır. Avrupa Yakası'nda tarım arazileri Eylül ayında daha yüksek yüzey sıcaklığı değerlerine sahip olmuştur. Bu durum şehir ve kırsal arasındaki sıralı yüzey sıcaklık artışına aykırı bir durum oluşturmakta ve şehir ısı adası araştırmalarında kullanılamaz bir veri ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu durumun temel sebebinin anlaşılması için bölgede optik ve kimyasal çalışmalar yapılması gerekmektedir. Optik ve kimyasal çalışmalar sonucunda yüzeydeki materyallerin sıcaklığı ne derece soğurduğu ve gün içerisinde ne kadar sıcaklık değişikliği oluşturduğu ortaya koyulabilmektedir. Bununla

birlikte gözlemler sonucunda elde edilen ilk izlenime bağılı olarak tarım arazilerinin özellikle Eylül ayında meydana getirdiğı farklı yüzey renkleri bu duruma sebep oluyor diyebiliriz. Şehirsel alanların ise yıl içerisinde yüzey yapıları değişmediğinden ve renklerde herhangi bir oynama olmadığından dolayı aslında standart bir artış ve azalış miktarına sahip olmaktadırlar. Tarım arazilerindeki bu hızlı değişimin sebebi söylendiğı gibi yüzeydeki renk değişimi olabilir. Buna dayanak olarak Sazlıdere Barajı etrafındaki ormanlık alandaki yüzey sıcaklık artışı da gösterilebilir. Bölgedeki ormanlar mevsimin etkisiyle yaprak renklerini değiştirmekte ve bu şekilde bir yüzey sıcaklık verisinin oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu durum tarımsal alanlardaki durumla benzer özellikler göstermektedir.

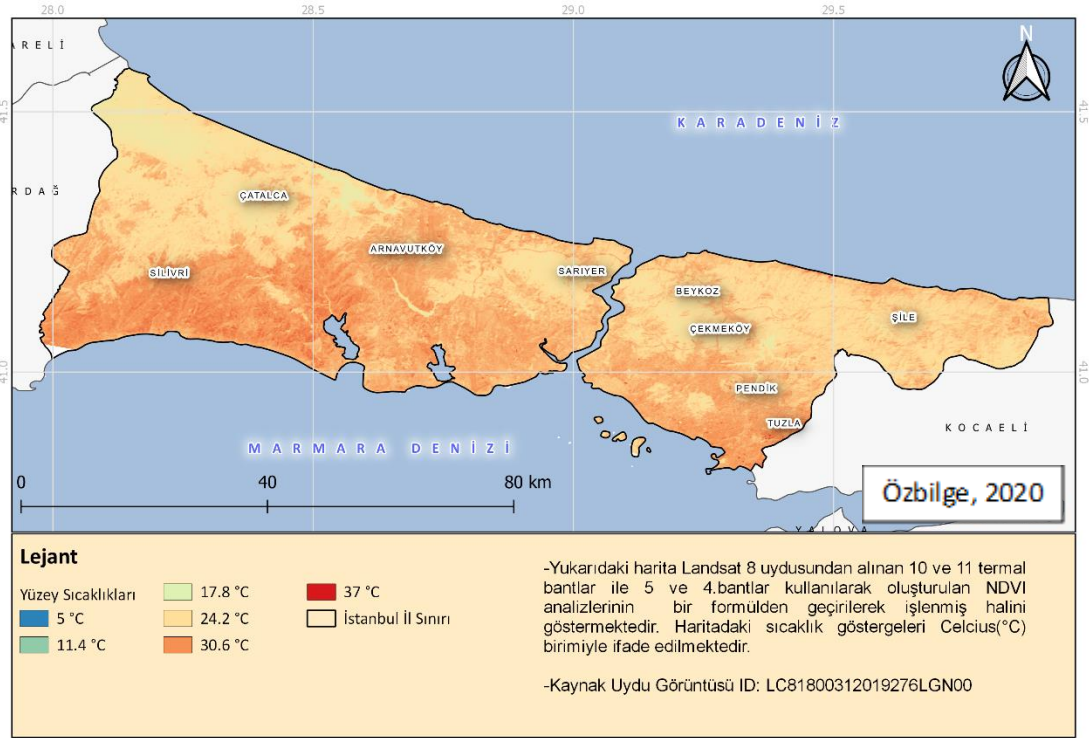
Eylül ayı yüzey sıcaklık verilerinin rakamsal değerlerine baktığımızda ise karşılaştığımız rakamlar şu şekilde: en yüksek yüzey sıcaklığı 37,8 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 20,5 °C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 27,9 °C'dir. En yüksek yüzey sıcaklıkları Silivri'de, en düşük yüzey sıcaklıkları ise Kadıköy'de tespit edilmiştir. Bu değerler de yine kırsaldan şehre doğru artması gereken sıcaklıklara aykırı bir durum oluşturmaktadır.



Şekil 11 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (11 Eylül 2019, 11:45)

Önceki aylardan farklı özellik gösteren Eylül ayında ortaya çıkan yüzey sıcaklık grafiği de aynı şekilde anlamsız veriler içermektedir. Ancak Esenyurt'tan daha batıda kalan verilerin göz ardı edildiği durumda önceki aylara benzer sonuçlar görülebilmektedir. Buradaki temel sebep daha önce de bahsedildiği üzere tarımsal alanlarda ve orman alanlarında görülen yüzey rengi değişimidir. Silivri ve çevresinde yoğunlaşan tarım arazileri, rota üzerinden oluşturulan yüzey sıcaklık grafiğinde de tıpkı haritada olduğu gibi sapmalara neden olmaktadır.

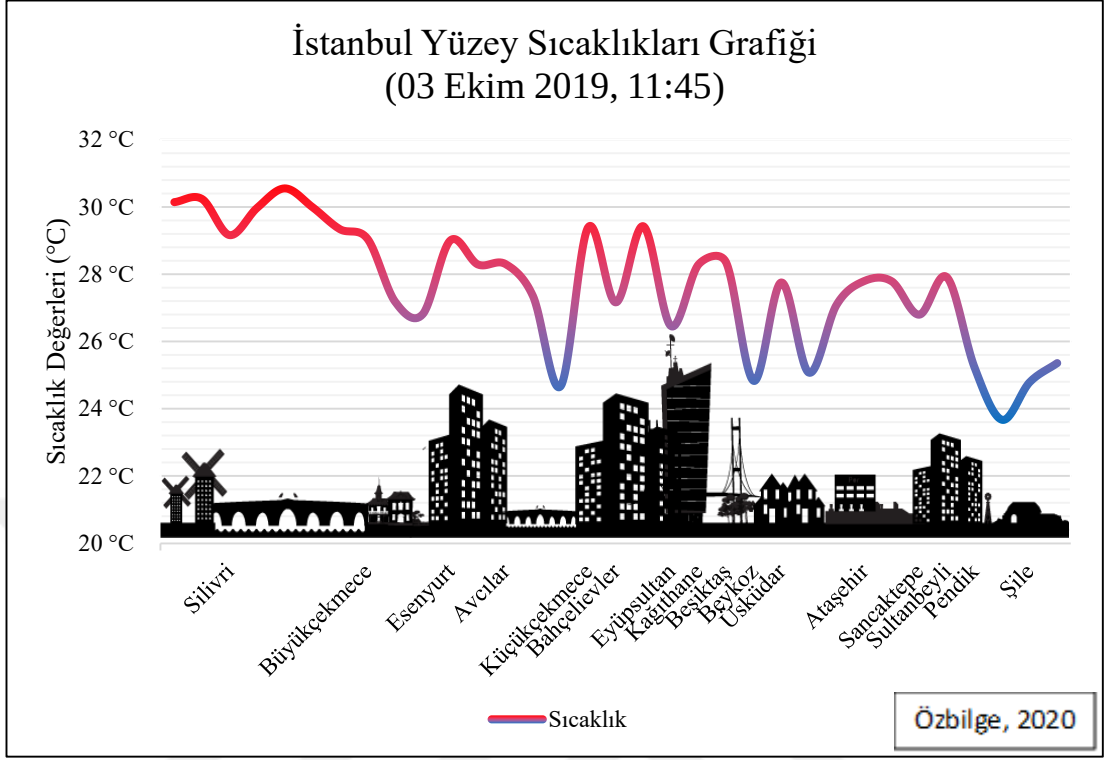
2.1.1.10. Ekim ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu



Harita 14 - 03 Ekim 2019 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Tarım arazilerinde Eylül ayında ortaya çıkan yüksek yüzey sıcaklıkları, ekim ayında biraz daha düşük değerler göstermektedir ancak bununla birlikte tarımsal arazilerin şehirselleşen alanlardan daha yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip olma durumu devam etmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi, bu durumun sebebinin mevsimsel etki ve bundan dolayı değişen bitki rengi olduğu düşünülmektedir.

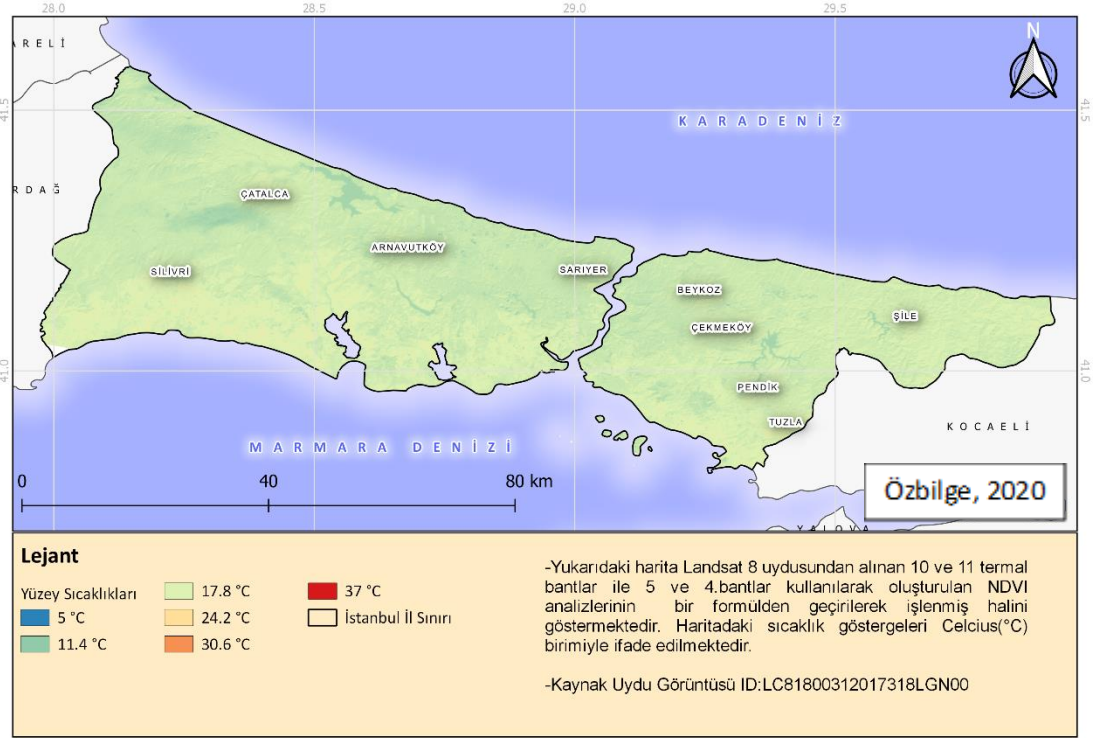
Ekim ayı yüzey sıcaklık verileri incelendiğinde en yüksek yüzey sıcaklığının 35,1 °C en düşük yüzey sıcaklığının 20,6 °C, ortalama yüzey sıcaklığının 26,5 °C olduğu görülmektedir. En yüksek yüzey sıcaklıkları Silivri'nin güneyinde ve Sazlıdere Barajı'nın çevresinde tespit edilirken, en düşük yüzey sıcaklıkları Eyüpsultan, Çatalca'nın kuzeybatısı, Beykoz ve Şile'de tespit edilmiştir.



Şekil 12 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (03 Ekim 2019, 11:45)

Eylül ayında görülen durumun benzeri Ekim ayında da görüldüğü için bu durum grafiğe de yansımıştır. Sabit bir rotadan alınan verilerle oluşturulan yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında özellikle Silivri ve Büyükçekmece’de önceki aylardan farklı bir grafik yapısı elde edilmektedir. Tarımsal arazi üzerinde meydana gelen bu durum etkisini Esenyurt’un batısında kaybetmekte ve önceki aylara benzer sonuçlar meydana getirmektedir. Bu durum haricinde grafik üzerinde önceki aylardan farklı bir durum gözlenmemektedir.

2.1.1.11. Kasım ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

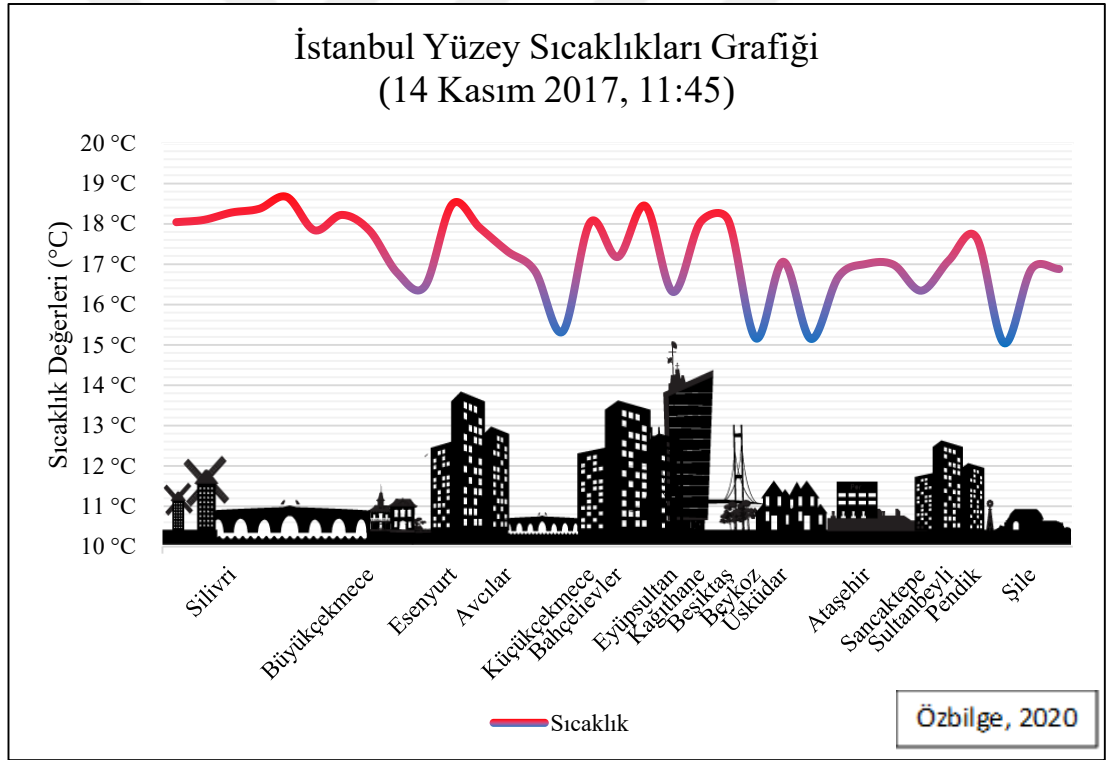


Harita 15 - 14 Kasım 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

2017'den daha yeni uydu görüntülerinde bulutsuz bir görüntü elde edilemediğinden dolayı kasım ayı için 14 Kasım 2017 tarihine ait uydu görüntüleri kullanılmıştır ancak bu verilerde dahi özellikle Çatalca'nın batısında hafif bulut lekeleri bulunmaktadır. Harita üzerinde Çatalca'da tespit edilebilen lejanta göre mavi renkteki alan bu bulutların varlığından kaynaklanmaktadır. Kasım ayında yüzey sıcaklıkları şehrin hemen hemen tamamında yakın seviyelerde seyretmiştir. Silivri'nin güneyi, Esenyurt'un merkez kesimleri, Küçükçekmece'den Eyüpsultan'a kadar kesintisiz devam eden yerleşim alanları, Ataşehir, Sultanbeyli ve Pendik nispeten yüksek yüzey sıcaklıklarının görüldüğü alanlar olarak tespit edilmiştir.

Kasım ayı verilerine göre tespit en yüksek yüzey sıcaklığı 23 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 10,4 °C, ortalama yüzey sıcaklığı 16,7 °C olarak tespit edilmiştir. En düşük

yüzey sıcaklığının bulutlardan dolayı doğru değerlere sahip olmadığı bilinmektedir. Bunun haricinde veriler incelendiğinde özellikle Çatalca'nın batısı, Arnavutköy'ün büyük bölümü, Eyüpsultan'un kuzeybatısı, Sarıyer'in kuzeyi ve Beykoz'un batısı en düşük yüzey sıcaklıklarına sahipken; Silivri'nin güneyi, Çatalca'nın güneydoğusu, Kartal'ın doğusu, Pendik'in güneyi ve Tuzla'nın merkez bölümleri en yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip alanlar olarak tespit edilmiştir. Kasım ayı verileri 2017 verileri olduğundan ve o dönemde İstanbul Havalimanı inşaatında beyaz bir kaplama döküldüğünden dolayı İstanbul Havalimanı düşük yüzey sıcaklığına sahiptir.

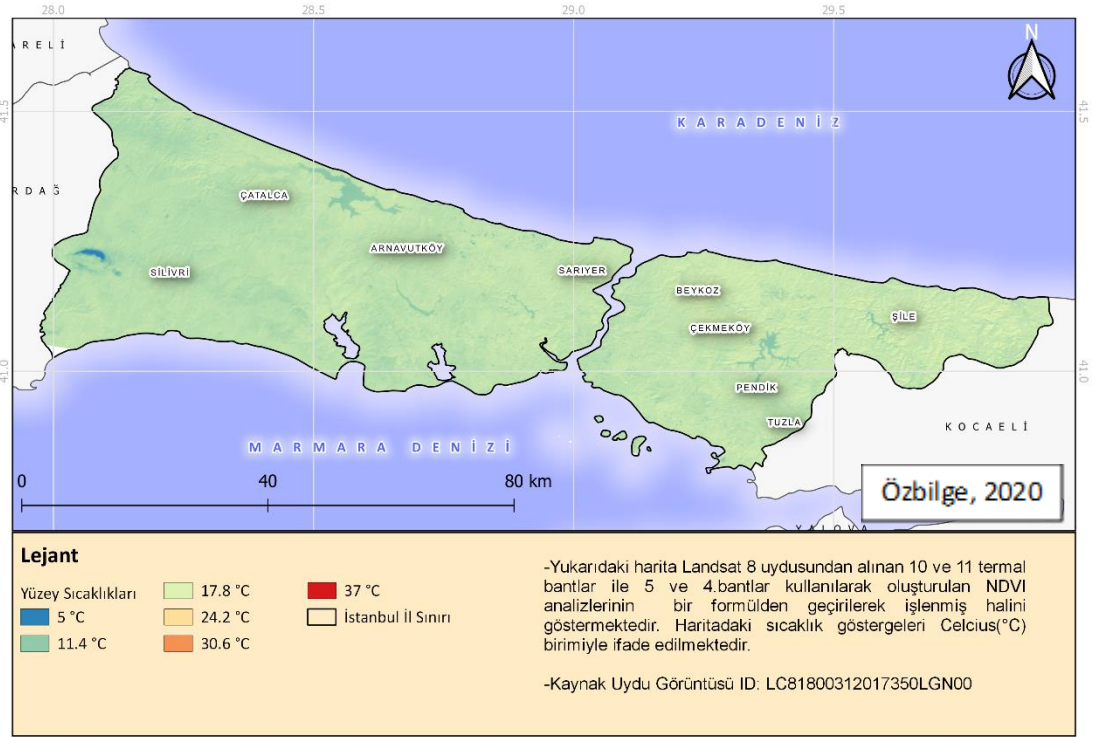


Şekil 13 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (14 Kasım 2017, 11:45)

14 Kasım 2017 tarihli uydu görüntüsünden çıkarılan veriler kullanılarak hazırlanan yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında Silivri'deki sapmanın halen devam ettiği ancak etkisini azaltmaya başladığını görmekteyiz. Esenyurt'un batısından itibaren başlayıp Şile'ye kadar devam eden grafik yapısı ise önceki aylardan farklı bir özelliğe sahip

değildir. Bu ay içerisinde ortaya çıkan grafiğe göre ilgili rota üzerinde sıcaklıkların 15 °C ile 20 °C arasında artıp azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum mevsimsel etkiden dolayı ortaya çıkmıştır.

2.1.1.12. Aralık ayında İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

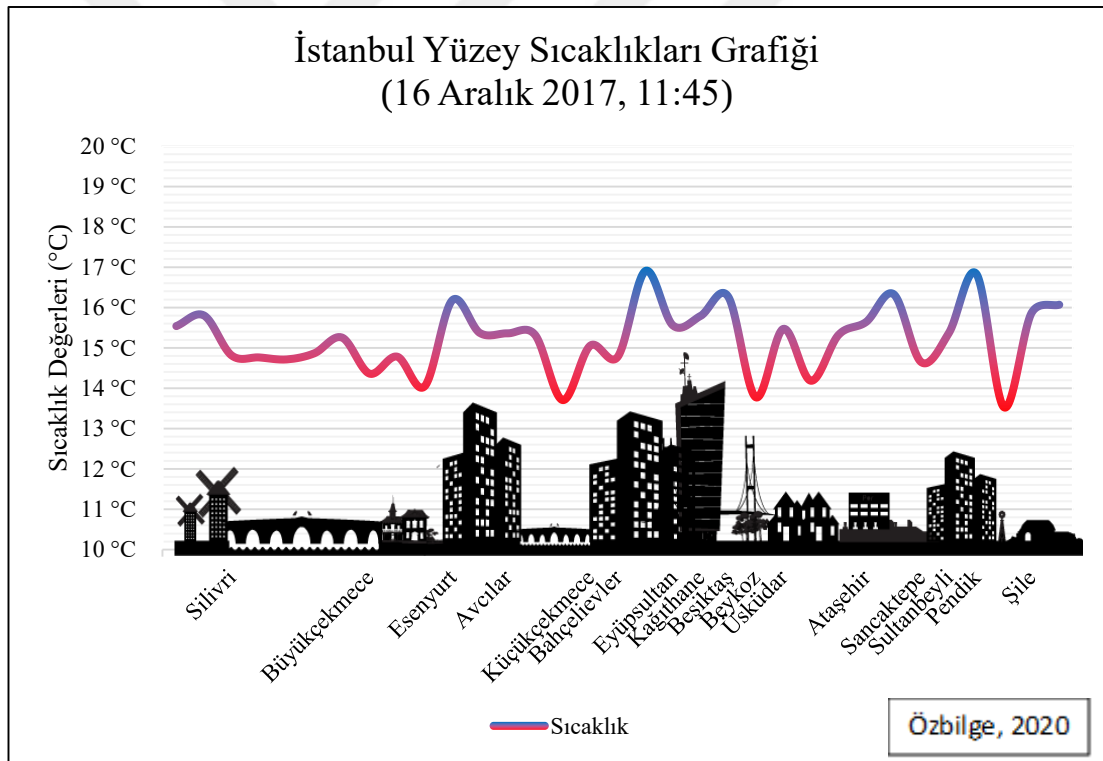


Harita 16 - 16 Aralık 2017 11:45(UTC+3) İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası

Uydu görüntülerinin tamamında eleme unsuru olan bulutluluk oranındaki fazlalık aralık ayı verileri için de geçerli. Aralık ayında güncel uydu görüntülerinde bulutlu görüntüler bulunduğu için en bulutsuz ve en yeni görüntü olan 16 Aralık 2017 tarihli uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntüler arasında en iyisi seçilmiş olmasına rağmen Silivri'nin batısında ufak bir alanda bulutlu alan bulunmaktadır.

Aralık ayına ait uydu görüntülerinden oluşturulan yüzey sıcaklık verileri incelenince en yüksek yüzey sıcaklığının 21,6 °C, en düşük yüzey sıcaklığının 10°C, ortalama yüzey sıcaklığının 15,3 °C olduğu tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklığı açısından en sıcak

yerler Beykoz'un kuzeydoğusu ve Eyüpsultan'ın doğusu; en soğuk yerler Silivri'nin kuzeyi, Çatalca'nın batısı ve güneybatısı olarak tespit edilmiştir. Özellikle Beykoz'da ve Eyüpsultan'da görülen yüzey sıcaklığı artışları ile şehirsiz alanda meydana gelen yüzey sıcaklığı düşüşleri aralık ayı verileri için ilgi çekicidir. Önceki aylarda yüksek yüzey sıcaklık değerlerine ulaşmayan Beykoz ve Eyüpsultan'daki ormanlık alanlar aralık ayında bu karakterlerini kaybetmiş ve çevresine göre daha yüksek yüzey sıcaklıklarına sahip alanlar haline gelmişlerdir. Bu durumun bölgedeki materyal yapısından kaynaklı olduğu ve optik açıdan araştırılması gerektiği düşünülmektedir.



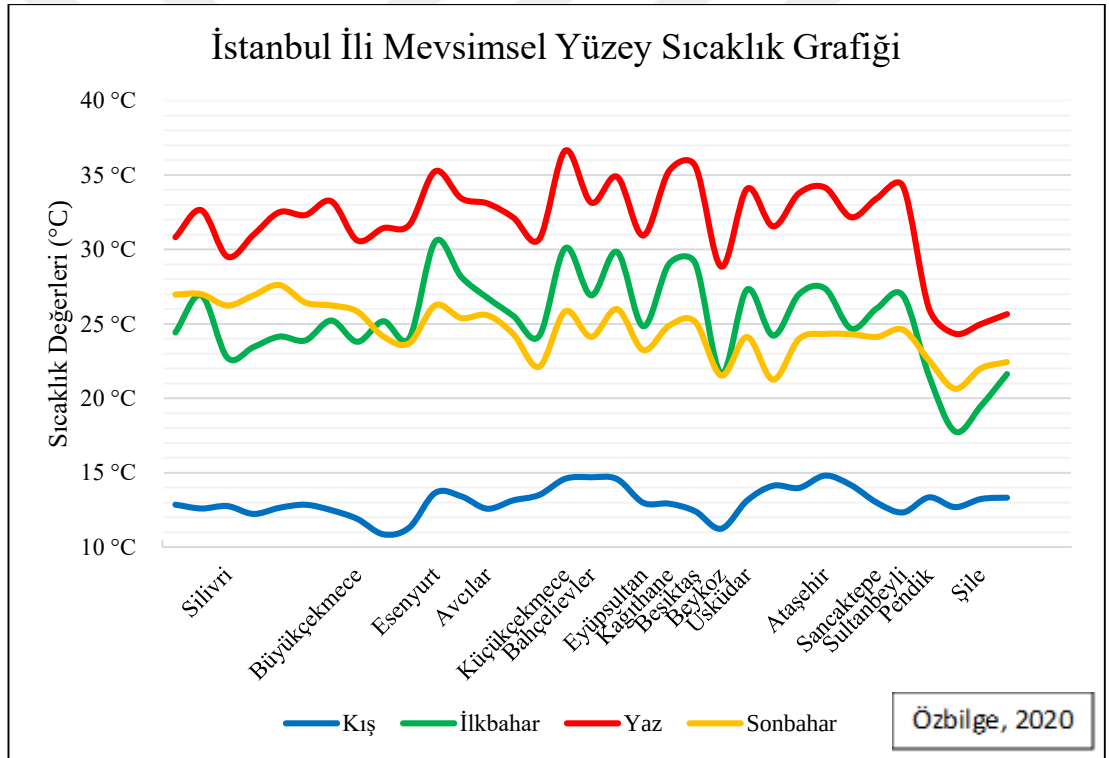
Şekil 14 - İstanbul Yüzey Sıcaklıkları Grafiği(16 Aralık 2017, 11:45)

Eylül ayında başlayan Silivri'den Büyükçekmece'ye kadar olan mesafede görülen yüksek yüzey sıcaklıkları aralık ayında etkisini yitirmiş görünmektedir. Bölgenin uydu görüntüleri incelendiğinde açıkça anlaşılan tarım arazisi renklerindeki farklılığın bu

duruma sebep olduğu düşünülmektedir. Aralık ayında tekrar yeşil renklerin hakim olduğu tarım arazileri sayesinde bölgenin yüzey sıcaklıklarında düşüş yaşanmıştır.

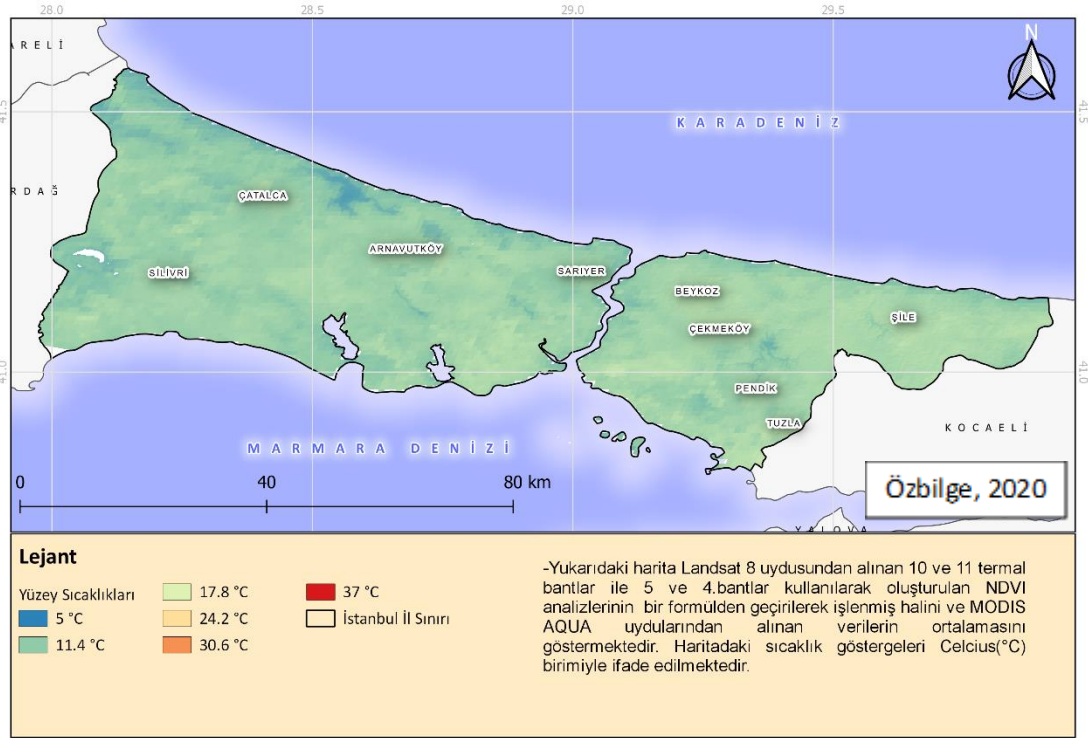
2.1.2. İstanbul'un Mevsimlik Yüzey Sıcaklıkları Analizi

Yüzey sıcaklık değerlerinin aylık olarak incelenmesinin ardından mevsimlik değerlerin ortalamasını alınmıştır. Elde edilen veriler ise İstanbul'un mevsimlik yüzey sıcaklık değerlerini göstermekle birlikte yüzey ısı adasının durumunu kavramak için temel de oluşturmaktadır.



Şekil 15 - İstanbul Dört Mevsim Yüzey Sıcaklıkları Grafiği

2.1.2.1. Kış mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

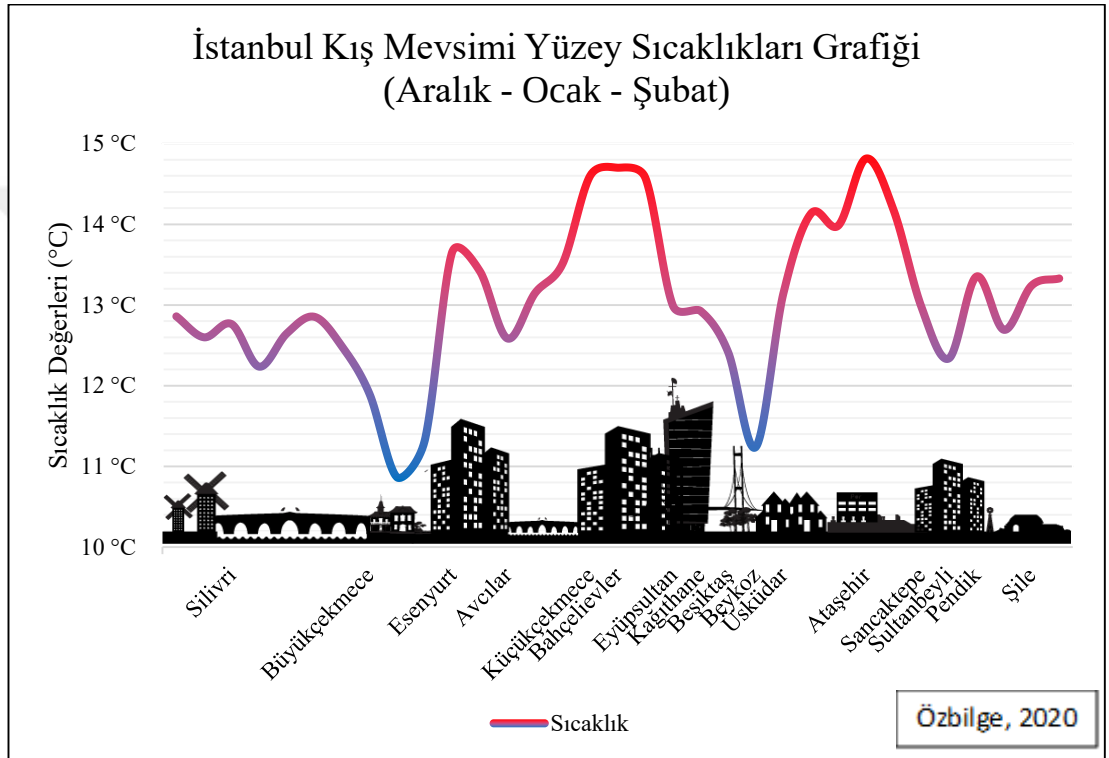


Harita 17 - Kış İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Aralık, Ocak, Şubat)

Aralık, Ocak ve Şubat yüzey sıcaklık verileri kullanılarak kış mevsimi için yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritada Ocak ve Şubat ayları için MODIS uydusundan alınan uydu görüntüleri kullanılırken, aralık ayı için Landsat 8 üzerinden alınan uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Üretilen verilere göre kış mevsiminde ortaya çıkan en yüksek yüzey sıcaklığı 16,6°C, en düşük yüzey sıcaklığı 7,4°C ortalama yüzey sıcaklığı 12,6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek yüzey sıcaklıkları Bahçelievler, Bağcılar, Esenler, Zeytinburnu'nun kuzeyi, Üsküdar'ın doğusu, Ümraniye'nin güneyi, Beykoz'un doğusu ve Tuzla'nın güneyinde tespit edilmiştir. En düşük yüzey sıcaklıkları ise Çatalca'nın kuzeyi, Silivri'nin batısı, Fatih'in doğusu ve Kartal'ın kuzeyinde tespit edilmiştir. Diğer aylarda yüksek yüzey sıcaklığı özelliği gösteren İstanbul

Havalimanı'nın kış aylarında düşük yüzey sıcaklığına sahipmiş gibi görünmesinin temel sebebi kullanılan verilerden kaynaklanmaktadır. MODIS uydusunun mekânsal çözünürlüğü düşük olduğundan dolayı pikseller İstanbul Havalimanı'nın alanındaki yüzey sıcaklığını tam olarak temsil edememektedir.

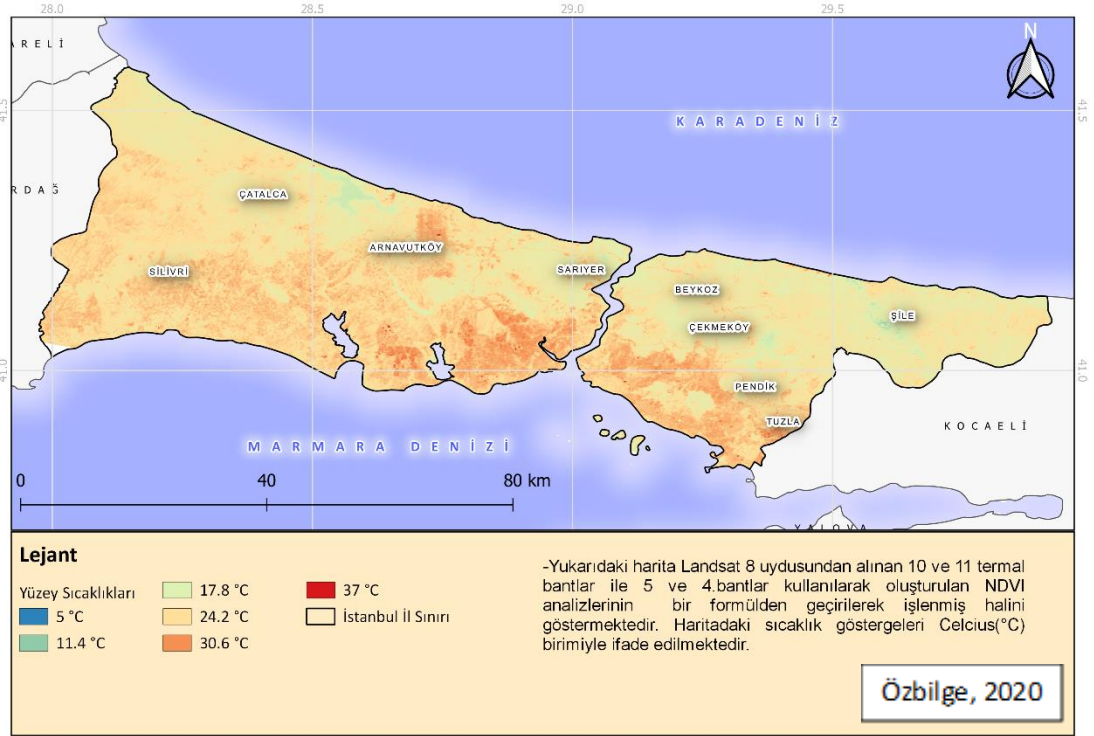


Şekil 16 - İstanbul Kış Mevsimi Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Aralık, Ocak, Şubat)

Kış mevsiminde Silivri ve Büyükçekmece’de ölçülen ortalama yüzey sıcaklıkları şehrin geri kalanına göre daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Diğer bölgelere göre daha kırsal olan bu alanlarda yüzey sıcaklıkları profil çıkarılan rota üzerinde 12-13°C aralığında seyrederken Bahçelievler gibi yoğun şehirleşmenin görüldüğü bir alanda 14-15°C aralığında seyretmektedir. Ancak Esenyurt gibi şehirleşmenin yoğun olduğu bir alanda yüzey sıcaklıklarının düşük ölçülmesi kafa karıştırıcı bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumun Esenyurt’taki çatı tipinden ve renginden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sancaktepe ve Sultanbeyli gibi yoğun şehirleşme görülen alandan

sonra meydana gelen yaklaşık 1,5°C'lik düşüş ise Şile ile diğer bölgeler arasındaki yüzey kaplamasının farklılığını ortaya koymaktadır. Bu farklılık şehrsel ve kırsal alan arasındaki yerleşim yapısından kaynaklanmaktadır.

2.1.2.2. İlkbahar mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

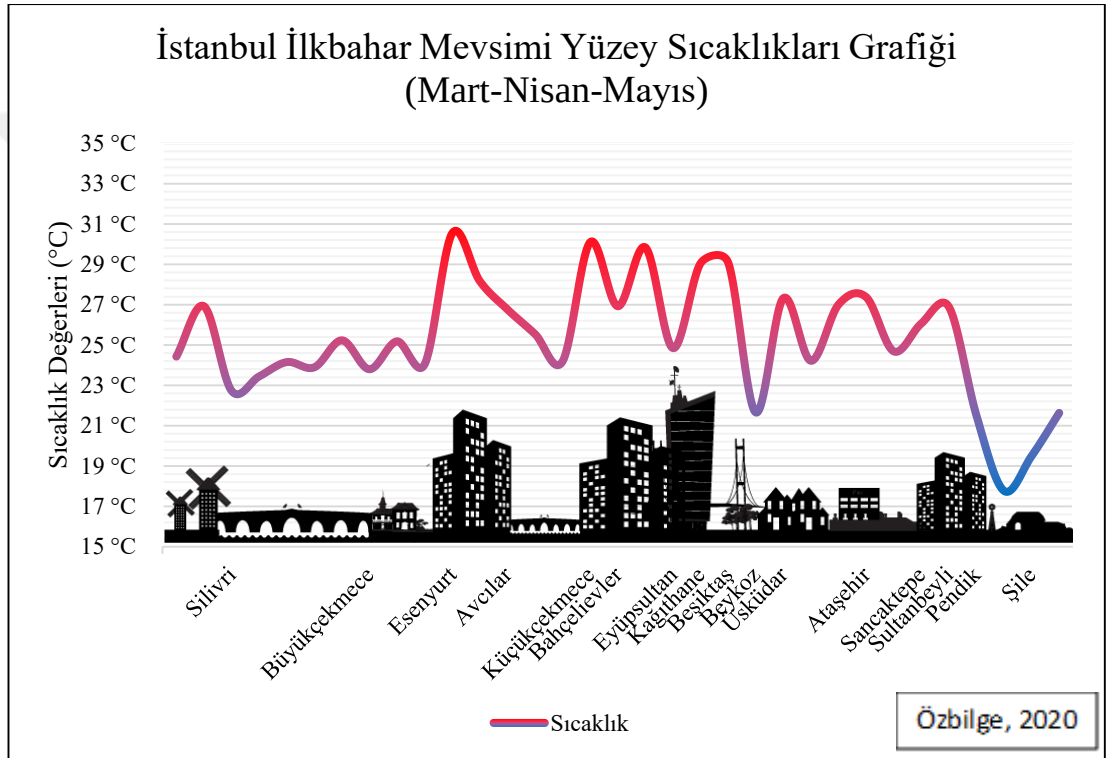


Harita 18 - İlkbahar İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Mart, Nisan, Mayıs)

Mart, Nisan, Mayıs yüzey sıcaklık verileri kullanılarak ilkbahar mevsimi için yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Bu haritayı oluşturmak için her ayın 1 gününe ait veriler kullanılarak ortalama yüzey sıcaklık verisi üretilmiştir. Kullanılan görüntüler Landsat 8 uydusundan alınmıştır.

Üretilen verilere göre ilkbahar mevsiminde İstanbul'da ortaya çıkan en yüksek yüzey sıcaklığı 37,3°C, en düşük yüzey sıcaklığı 14,5°C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 23,6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek yüzey sıcaklıkları Esenyurt'un merkezinde,

Küçükçekmece'nin doğusunda, Bağcılar'da, Esenler'de, Bayrampaşa'da, Gaziosmanpaşa'da, Sultangazi'nin güneybatısında, Ümraniye'de ve İstanbul Havalimanı'nda tespit edilmiştir. En düşük sıcaklıklar ise Çatalca'nın kuzeyinde, Eyüpsultan'ın kuzeydoğusunda, Sarıyer'in batısında ve kuzeydoğusunda, Beykoz'da ve Şile'nin güneyinde tespit edilmiştir.

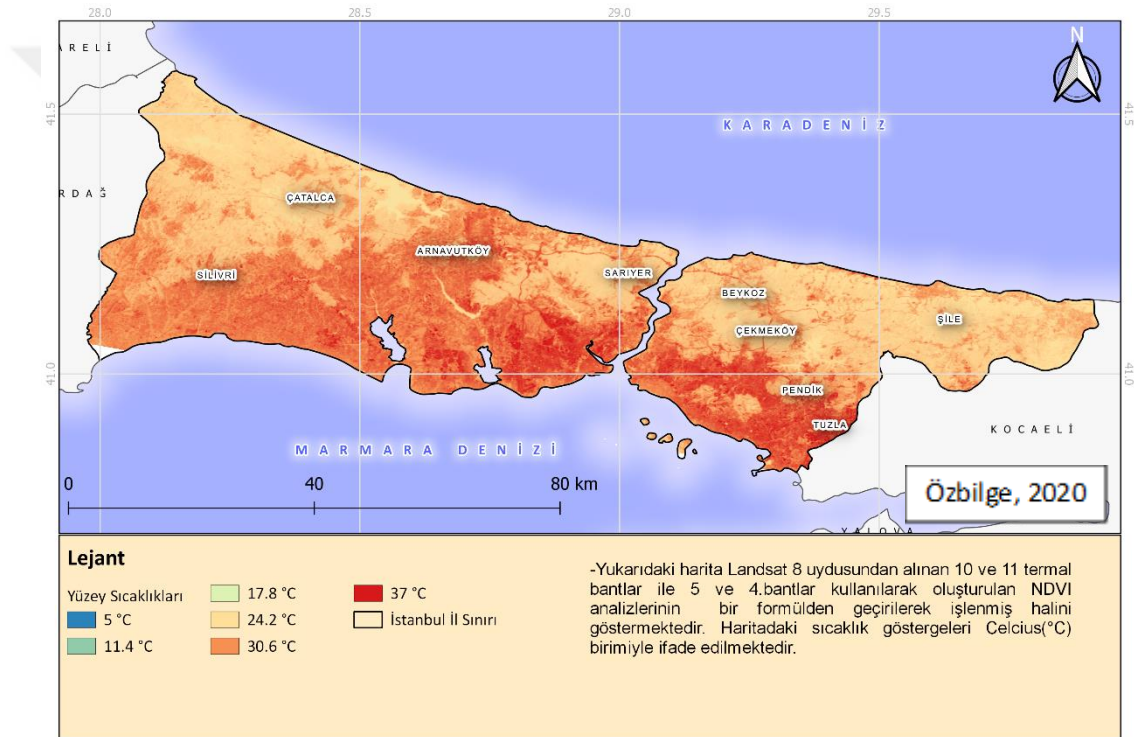


Şekil 17 - İstanbul İlkbahar Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Mart, Nisan, Mayıs)

İlkbahar mevsiminde kış mevsimine göre ortalama yüzey sıcaklıklarında 11,1°C artış gözlenmekle beraber profil çıkarılan rota üzerinde 12,3°C'lik yüzey sıcaklığı artışı tespit edilmiştir. Bu durum genel olarak şehrin tamamındaki artışla uyushmaktadır. Kış ayından farklı diğer noktalar ise Büyükçekmece ve Esenyurt arasındaki grafiksel çukurun oranının azalması ve Pendik'ten sonra meydana gelen ani düşüştür, Şile ilkbahar mevsiminde yüzey sıcaklığı açısından çevresine göre daha düşük değerlere sahiptir. Silivri'nin gösterdiği kısmen yüksek yüzey sıcaklığı ortalaması ise dikkat

çekmektedir. Küçükçekmece'den başlayarak Beşiktaş'a kadar devam eden yoğun şehirselle alan, diğer mevsimlerden ve aylardan farklı olmayarak yine çevresindeki alanlara göre yüksek yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Beykoz'da meydana gelen düşük yüzey sıcaklıklarının ardından Ataşehir'de bir artış gözlenmiş ardından Sultanbeyli'de tekrar düşüş tespit edilmiştir.

2.1.2.3. Yaz mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

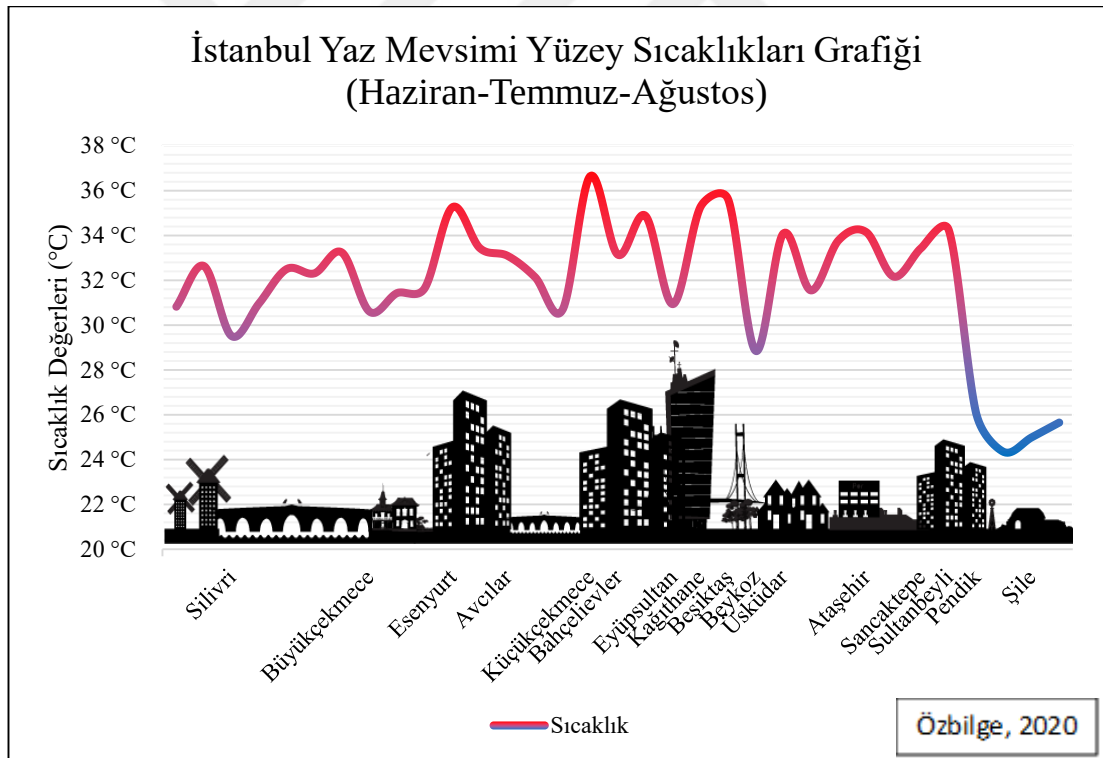


Harita 19 - Yaz İstanbul Yüzey Sıcaklık Haritası (Haziran, Temmuz, Ağustos)

Haziran, Temmuz, Ağustos yüzey sıcaklık verileri kullanılarak yaz mevsimi için yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Bu haritayı oluştururken kullanılan verilerin her ayın belirli bir güne ait verilerdir ve bunlar aylık analizler içinde de kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ve verilerinin kaynağı Landsat 8 uydusudur.

Hazırlanan verilere göre yaz mevsimindeki en yüksek yüzey sıcaklığı 42,5°C, en düşük yüzey sıcaklığı 21,8°C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 29,1°C olarak tespit

edilmiştir. En yüksek yüzey sıcaklıkları Esenyurt'un orta kısımlarında, Başakşehir'in güneydoğusunda, Atatürk Havalimanı'nda, İstanbul Havalimanı'nda, Sultangazi'nin batısında, Gaziosmanpaşa'da, Bayrampaşa'nın güneyinde, Kağıthane'nin batısında tespit edilmiştir, Anadolu Yakası'nda yüksek sıcaklıklara sahip yüzeyler(Ümraniye, Sancaktepe, Sultanbeyli, Kartal, Tuzla) bulunmasına rağmen en yüksek sıcaklıklar arasında giren çok az nokta bulunmaktadır. Yaz mevsiminde en düşük yüzey sıcaklığına sahip noktalar alanlar ise Çatalca'nın kuzeybatısı, Silivri'nin kuzeyi, Eyüpsultan'ın doğusu, Sarıyer'in batısı, Beykoz, Çekmeköy ve Şile olarak tespit edilmiştir.

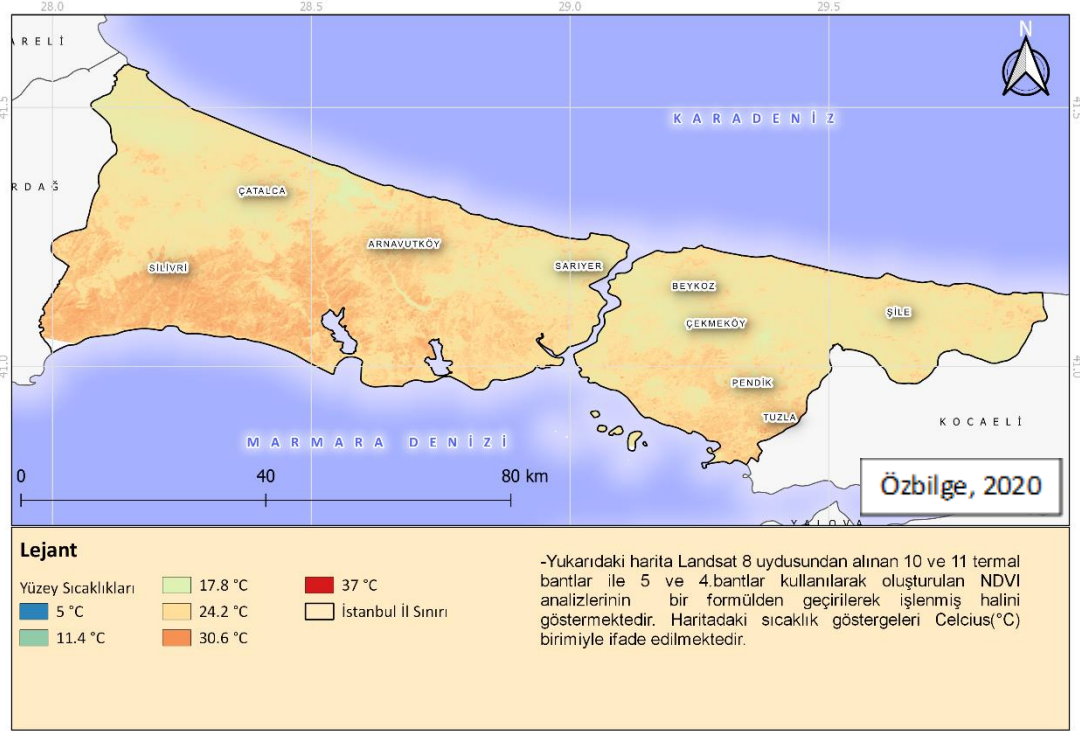


Şekil 18 - İstanbul Yaz Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Haziran, Temmuz, Ağustos)

Yaz mevsiminde ilkbahar mevsimine göre ortalama yüzey sıcaklıklarında 5,5°C'lik bir artış meydana gelmiştir. Yüzey sıcaklık grafiği oluşturulan rota üzerinde ise değişim pozitif yönde 6,5°C olarak tespit edilmiştir. Yani hem grafik çıkarılan

güzergah üzerinde hem de İstanbul genelinde yaz ayında yüzey sıcaklıklarında artış meydana gelmiştir. İlkbahar mevsiminde yüzey sıcaklıklarında artış gözlenmeye başlanan Silivri ve Esenyurt arasında kalan bölgedeki artış yaz mevsiminde de artarak devam etmiştir. Bölgedeki yüzey örtüsünü oluşturan tarımsal arazilerin bu artışın sebebi olduğu düşünülmektedir. Esenyurt'tan daha doğuya doğru gidildiğinde ise Küçükçekmece Gölü'nün kuzeyi ve Beykoz haricinde yine Sultanbeyli'ye kadar yüksek yüzey sıcaklıkları tespit edilmiştir. Bu durum şehirsal alandaki yüzey kaplamasından kaynaklanmaktadır. Yaz aylarında doğal alanlardan daha fazla ısınan yapay yüzeyler bu artışın devam etmesine sebep olmuştur. Ardından Şile'de bulunan ormanlık ve kırsal alana gelindiğinde yüzey sıcaklıklarında ani bir düşüş yaşanmış ve yüzey sıcaklıkları 34°C'den 24°C'ye kadar gerilemiştir. İklim bilimlerinde 1°C'lik fark bile etkili sayılmaktadır dolayısıyla 10°C'lik fark büyük bir fark olarak kabul edilebilir.

2.1.2.4. Sonbahar mevsiminde İstanbul'un yüzey sıcaklık durumu

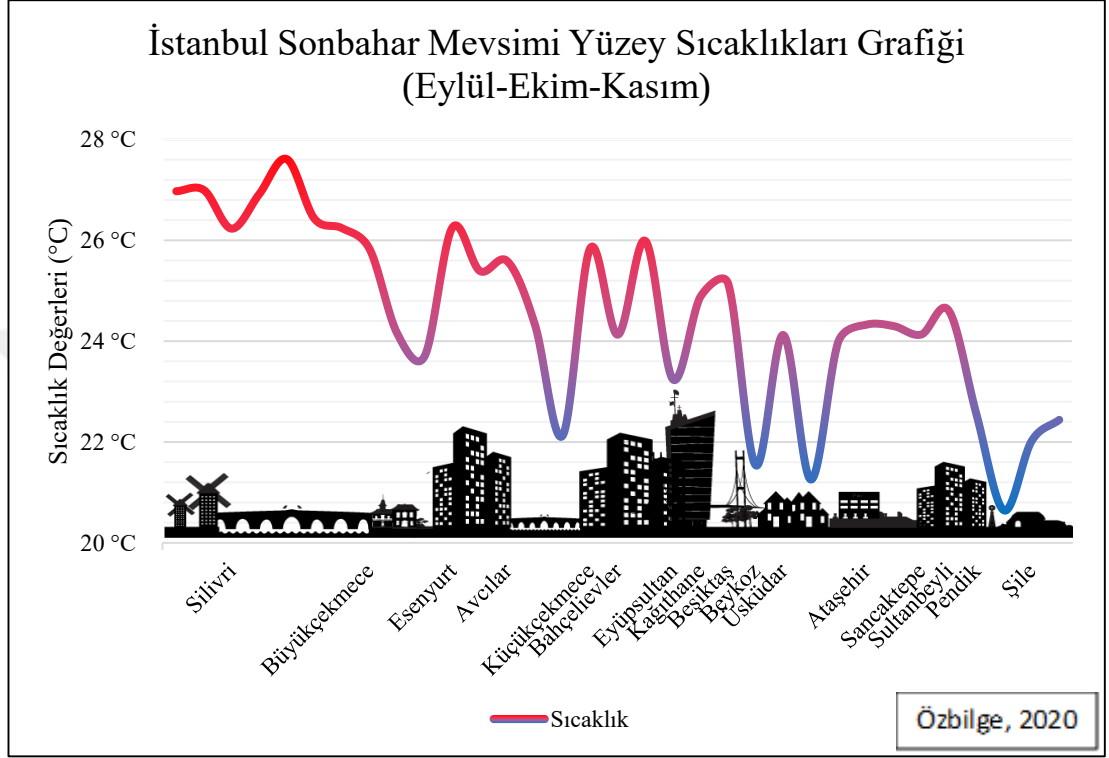


Harita 20 - İstanbul Sonbahar Yüzey Sıcaklık Haritası (Eylül, Ekim, Kasım)

Eylül, Ekim, Kasım yüzey sıcaklık verileri kullanılarak sonbahar mevsimi için yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Haritanın oluşturulduğu veriyi elde etmek için her aydan 1 günün yüzey sıcaklık verisi alınmış ve bu üç verinin ortalaması hesaplanmıştır.

Ortaya çıkan verilere göre sonbahar mevsimindeki en yüksek yüzey sıcaklığı 30,6°C, en düşük yüzey sıcaklığı 18,7°C, ortalama yüzey sıcaklığı ise 23,7°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek yüzey sıcaklıklarının görüldüğü alan Silivri, Çatalca'nın güneydoğusu, Avcılar'ın kuzeyi, İstanbul Havalimanı, Atatürk Havalimanı, Sultangazi'nin güneyi, Bayrampaşa, Pendik'in güneyi, Tuzla'nın doğusunda tespit edilmiştir. En düşük yüzey sıcaklıkları ise Çatalca'nın kuzeybatısı, Eyüpsultan'ın

doğusu, Silivri, Beykoz, Kadıköy, Kartal'ın kuzeyi, Çekmeköy, Şile'nin batısı ve Adalar'da tespit edilmiştir.

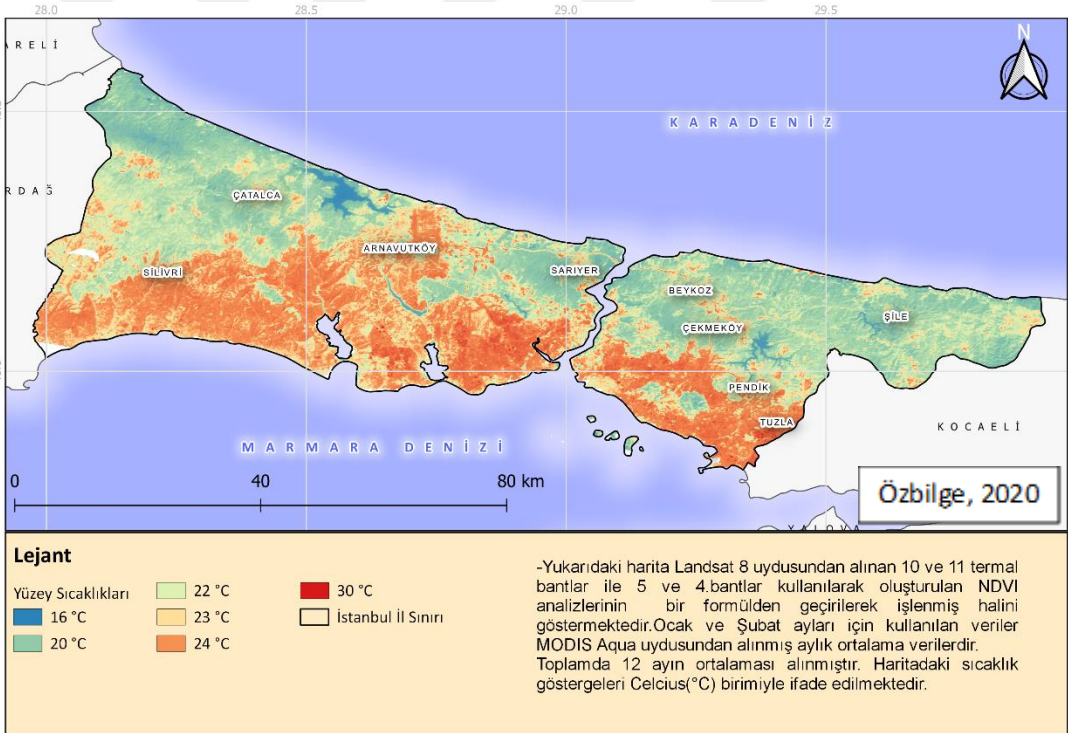


Şekil 19 - İstanbul Sonbahar Yüzey Sıcaklıkları Grafiği (Eylül, Ekim, Kasım)

Sonbahar mevsiminde yaz mevsimine göre ortalama yüzey sıcaklıklarında 5,4°C'lik bir düşüş meydana gelmiştir. Yüzey sıcaklığı grafiği oluşturulan rota üzerinde ise 7,3°C'lik bir sıcaklık düşüşü tespit edilmiştir. Bu da hem İstanbul genelinde hem de rota üzerinde yüzey sıcaklıklarının düştüğünü göstermektedir. Yaz mevsiminde yüzey sıcaklıklarındaki artışın gözlenebilir hale geldiği Silivri'de sonbahar mevsiminde durum daha da farklı bir hal almıştır. Yılın geri kalan zamanlarında çevresindeki alana göre daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olan Silivri'de sonbahar mevsiminde yüzey sıcaklıklarında büyük bir artış meydana gelmiştir. Bu durum mevsimsel etkiyle birlikte sararan tarım arazilerindeki yüzey sıcaklık değişiminden kaynaklanmaktadır.

2.1.3. İstanbul'un Yıllık Yüzey Sıcaklık Verisinin Analizi

İstanbul'un yüzey sıcaklık analizini yaparken aylık ve mevsimlik analizler için ortak oluşturulan haritaların tamamında renkler ortak olarak kullanılmış ve değişimin daha kolay anlaşılmasına özen gösterilmiştir çünkü bu veriler kıyaslamalı verilerdir. Ancak yıllık yüzey sıcaklıkları haritası herhangi bir kıyaslama gerektirmediği için ortak lejant haricinde özgün bir lejantla sunulacaktır. Bu renklendirme yöntemi için QGis programı içerisinde var olan ve verilerin yapısına bağlı olarak otomatik analiz yapan “quantile” metodu tercih edilmiştir.



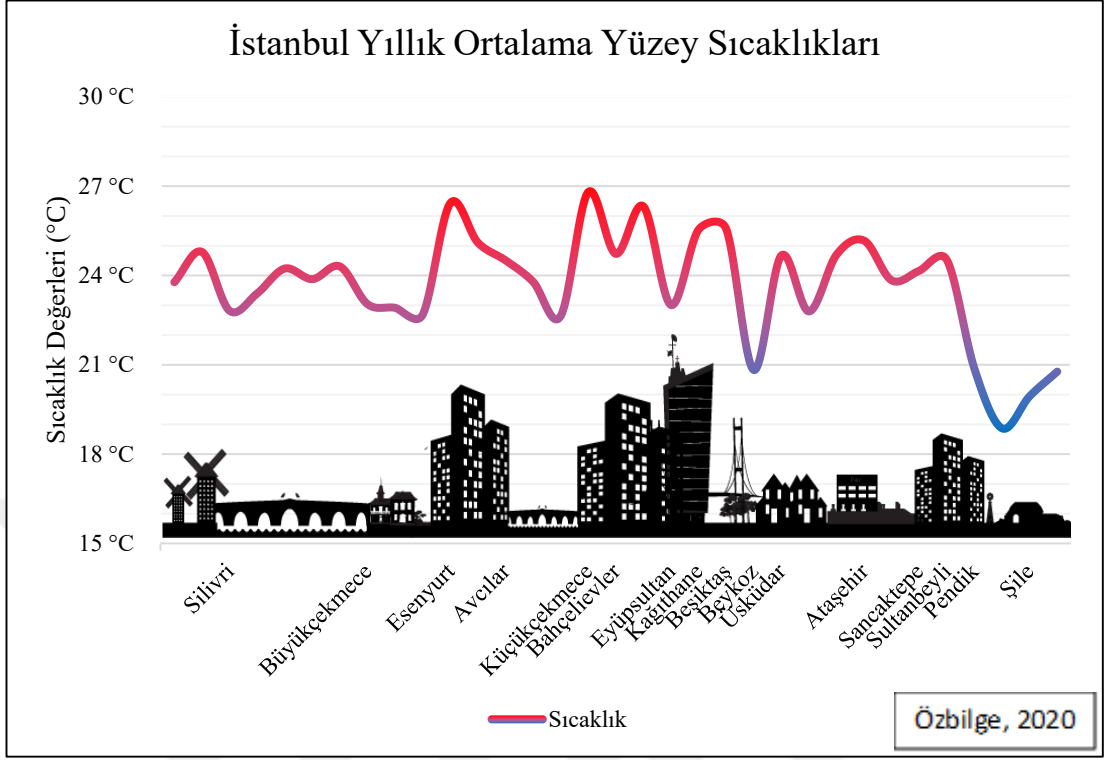
Harita 21 - İstanbul Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklık Haritası

İstanbul'un yıllık yüzey sıcaklık analizi yapılırken 12 ayın yüzey sıcaklık verilerinin ortalaması alınmıştır. Bu işlem sırasında Ocak ve Şubat ayları hariç olmak üzere geri kalan bütün veriler Landsat 8 uydusundan alınmıştır. Ocak ve Şubat aylarında Landsat

8 uydusunda bulutsuz görüntü bulunamadığı için MODIS Aqua uydusundan alınan aylık yüzey sıcaklığı ortalamasını belirten veriler tercih edilmiştir.

Ortaya çıkarılan yüzey sıcaklık verilerine göre İstanbul'un en yüksek yıllık yüzey sıcaklığı 32,5°C, en düşük yıllık yüzey sıcaklığı 16,4°C, ortalama yıllık yüzey sıcaklığı ise 22,2°C olarak tespit edilmiştir. Ancak bu rakamlar içerisinde su yüzeyleri de bulunmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için su yüzeyleri veriler arasından çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda en yüksek yüzey sıcaklığı sonucu değişmezken ortalama yüzey sıcaklığı değeri 22,4°C'ye, en düşük yüzey sıcaklığı değeri ise 18,6°C'ye yükselmiştir.

Haritaya bakıldığında kırmızı renkli alanların şehrsel alanlar haricinde tarımsal alanlarda da tespit edilebilir olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun temel sebebi şehrsel alanlar haricinde kalan yüzeylerin de yüksek yüzey sıcaklığına ulaşabilen yapıya sahip olmalarıdır. Yani sadece şehrsel değil doğal veya kırsal ortamlarda da yüksek yüzey sıcaklıkları gözlenebilmektedir. Özellikle sonbahar mevsiminde bitki örtüsünün renk değiştirmesi, ormanların yaprak dökmesi ve gövde renklerini açığa çıkması gibi faktörler doğal alanlardaki yüzey sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır.



Şekil 20 - İstanbul Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklıkları Grafiği

Belirli bir rota üzerinden oluşturulan ve çalışmanın tamamında standardın sağlanması amacıyla kullanılan yüzey sıcaklık grafiğinin yıllık durumuna bakıldığında söylenebilecekler şu şekildedir:

Esenyurt gibi yoğun yapılaşmanın olduğu bir alanda yılın neredeyse tamamında yüzey sıcaklıkları şehrin geri kalanına göre daha düşük seviyelerde seyretmektedir, bu durumun çatı kaplamasından olduğu düşünülebilir. Öyle ki Esenyurt birçok fabrikaya ve bu fabrikaların deposuna da ev sahipliği yapmakta ve bu alanların çatılarında beyaz renk tercih edilmektedir. Esenyurt'tan daha batıya gidildikçe ve Avcılara ulaştıktan sonra Küçükçekmece'ye kadar yüzey sıcaklıkları yüksek seyretmektedir. Küçükçekmece'de ortaya çıkan yaklaşık 4°C'lik düşüşün sebebinin rota üzerindeki alanın seyrek yerleşime ve yeşil alanlara sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bahçelievler'den Beşiktaş'a kadar ise yüzey sıcaklıkları çok fazla

değişmemektedir. Beykoz'a doğru gelinince orman örtüsünden dolayı yüzey sıcaklıklarında düşüş yaşanmakta ve Üsküdar'da tekrar artmaktadır. Sultanbeyli'ye kadar devam eden durum Pendik'te son bularak 6°C'lik bir düşüş meydana getirmektedir. Bu düşüş şehirsiz alanın seyrekleşmesinden ve yarı kırsal alana geçişten kaynaklanmaktadır. Ancak ardından yüzey sıcaklıkları tekrar yükselmekte ve 2°C'lik fark oluşturmaktadır. Şile'ye doğru ve daha batıda gözlenen bu durum ise orman örtüsündeki seyrekleşmeden ortaya çıkmıştır.

2.2. İstanbul'un Hava Sıcaklıkları ve ŞIA Durumu

Bölüm 1.2'de bahsedilen şehir ısı adası(ŞIA) kavramının İstanbul'daki etkileri ve bu etkilerin saptanmasında kullanılan hava sıcaklıkları bu bölümde analiz edilmiştir. Bu kapsamda kavramın tanımından ziyade İstanbul'da gözlenen durum incelenecektir. Analizler ve hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan sonuçlar ŞIA'nın İstanbul örneğindeki tanımını oluşturacaktır.

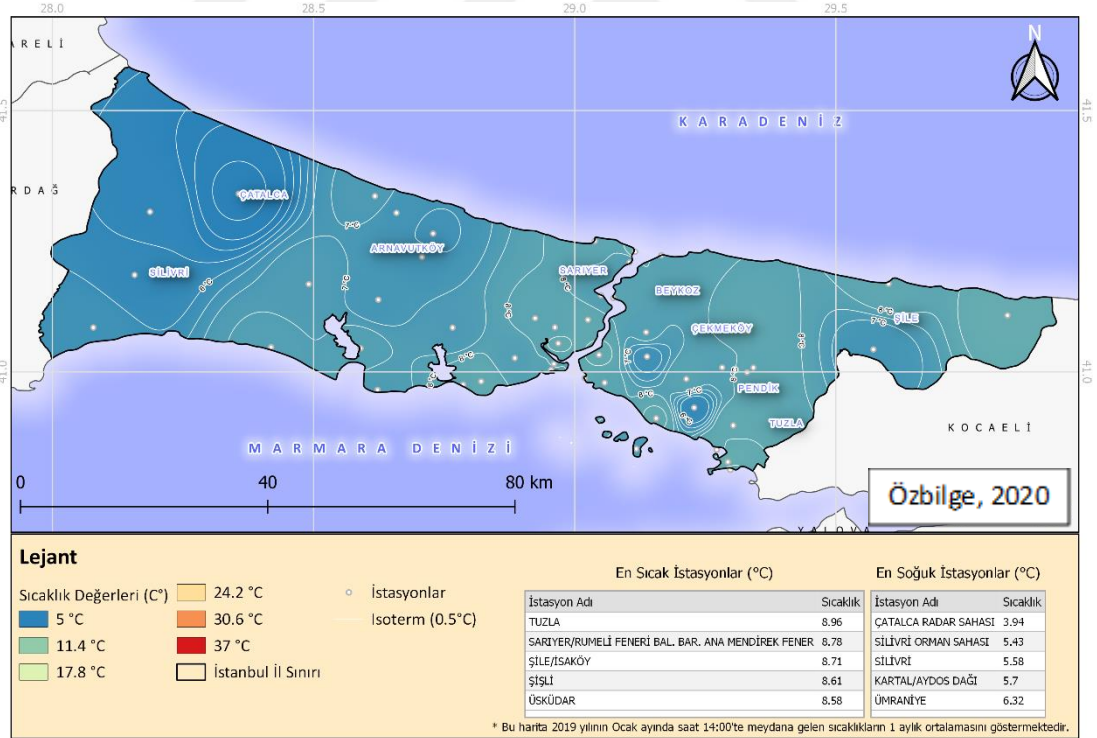
Analizlerin ve yorumların doğru yapılabilmesi amacıyla YIA bölümünde olduğu gibi bu bölümde de aylık, mevsimlik ve yıllık analizler yapılacaktır. Bu analizlerin yapılabilmesi amacıyla yöntem bölümünde anlatılan adımlar uygulanarak veriler işlenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. İstasyonlara ait sıcaklık ölçümleri nokta verisi olduğundan dolayı alansal veri hesaplanırken GRASS ve QGIS programı içerisinde enterpolasyon özelliği kullanılmıştır.

2.2.1. İstanbul'un Aylık Hava Sıcaklıkları ve ŞIA Durumu

Hava sıcaklığı verileri analiz edilirken MGM verileri kullanılmıştır. Şehir ısı adasının varlığının yüzey ısı adasından ziyade hava sıcaklıklarına bağlı olduğu düşünüldüğünden dolayı ŞIA durumu da burada analiz edilmiştir ve ortaya çıkan

sonuçlar, bulgular bölümünde verilecektir. Verilerin yüzey sıcaklığı verileriyle karşılaştırılabilmeleri için aynı zaman aralığında olmasına özen gösterilmiştir. YIA verilerinin analiz edilmesi sırasında Ocak ve Şubat aylarında veri farklılığından dolayı aylık ortalamalar kullanıldığı için ŞIA ve hava sıcaklığı analizlerinde de Ocak ve Şubat ayları için saat 14.00’a ait aylık ortalama hava sıcaklıkları verisi PostgreSQL ve PgAdmin üzerinden SQL sorgu kullanılarak oluşturulmuştur. Diğer aylar için Landsat 8 verilerine uygun olması amacıyla Landsat 8’in görüntü aldığı 11.45’e en yakın ölçüm olan saat 12.00’ye ait hava sıcaklığı ölçümleri kullanılmıştır.

2.2.1.1. Ocak ayında İstanbul’da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu



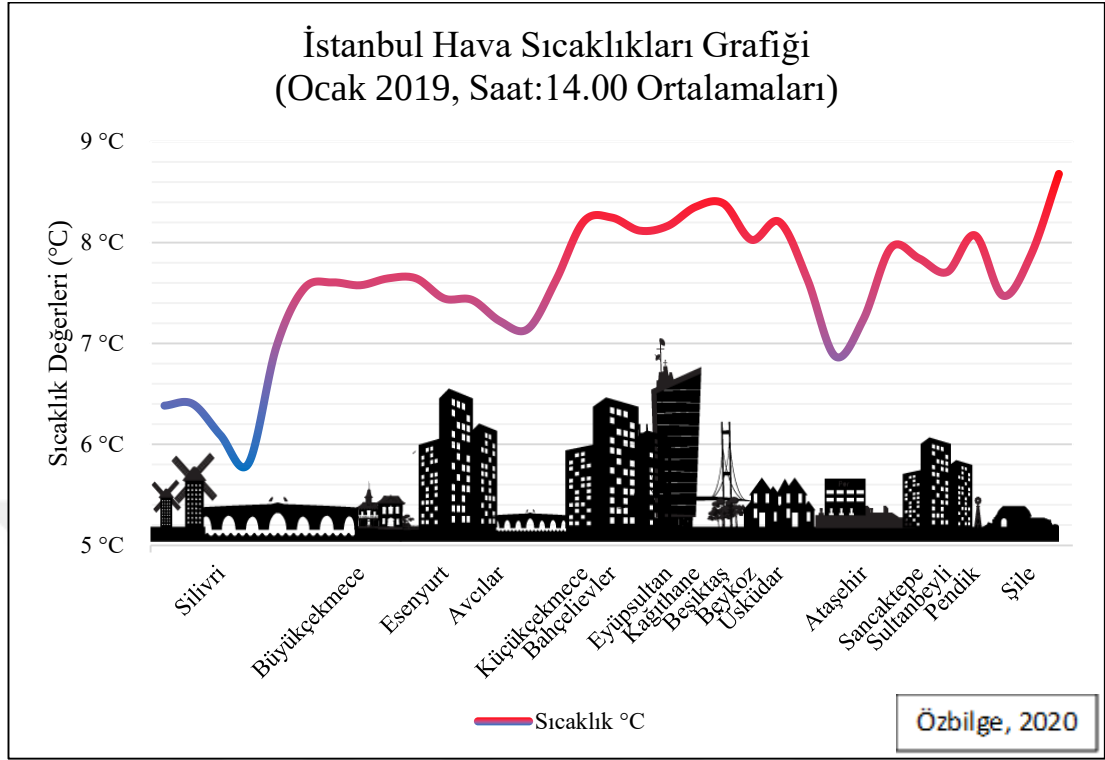
Harita 22 - Ocak 2019 Saat 14.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

2019 yılının Ocak ayında İstanbul’da saat 14.00’da ayın tüm günleri eksiksiz ölçüm yapan 49 istasyon tespit edilmiştir. Tespit edilen verilere göre ölçülen hava sıcaklıklarının enterpolasyona bağlı değerlerinde; ortalama sıcaklık 6,9 °C, en yüksek

sıcaklık 8,9°C, en düşük sıcaklık ise 3,9°C olarak tespit edilmiştir. İstasyonların nokta verileri oluşturularak elde değerlerde ise ortalama sıcaklık 7,6 °C, en düşük sıcaklık 3,9 °C, en yüksek sıcaklık 9°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Çatalca, Silivri ve Şile'nin güneyinde tespit edilmiştir. İstasyon verilerine bakıldığında da bu tespitin büyük oranla doğru olduğu anlaşılmaktadır. Öyle ki istasyon verilerinde en soğuk ilk 5 istasyon Çatalca Radar Sahası, Silivri Orman Sahası, Silivri, Kartal/Aydos Dağı, Ümraniye istasyonları olarak tespit edilmiştir. Bu alanlardaki şehir alanlarının düşük yoğunluğa sahip oluşunun hava sıcaklıklarının daha soğuk olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Şehrsel yoğunluğun fazla olduğu alanlarda gözlenen yüksek sıcaklıklar bu düşüncayı desteklemektedir.

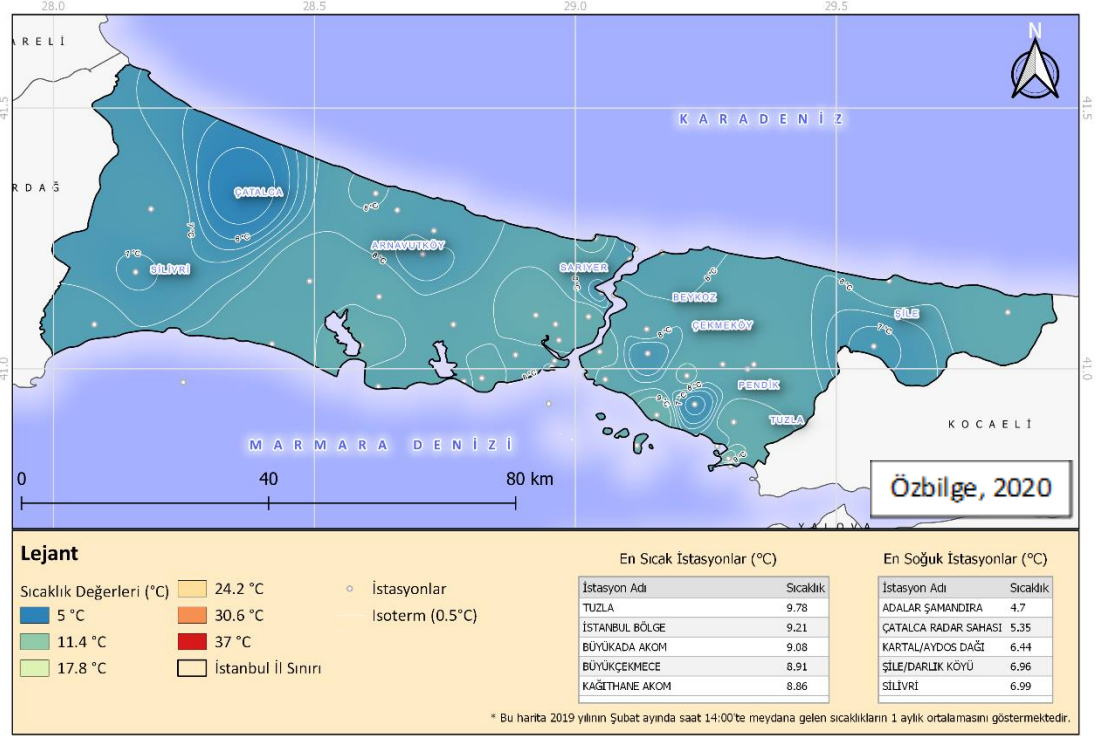
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar ise harita üzerinden Beyoğlu, Avcılar, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Kadıköy, Üsküdar olarak tespit edilebilmektedir. Nokta bazlı istasyon verilerine bakıldığında ise en yüksek sıcaklıklar sırasıyla Tuzla, Sarıyer, Şile/İsaköy, Şişli ve Üsküdar'da gözlenebilmektedir. Tuzla'da ve daha doğusunda Kocaeli'de yer alan sanayi alanlarının yüksek sıcaklıklara neden olduğu düşünülürken, diğer istasyonlarda ve alanlarda şehrsel alanların yoğunluğunun bu derece yüksek sıcaklıklara neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 21 - Ocak 2019 İstanbul Hava Sıcaklığı Profili

Hava sıcaklığı grafiğine bakıldığında 2019 yılının Ocak ayında kırsal ve şehrsel alanlar arasındaki hava sıcaklığı dikkat çekmektedir. Kırsal alanlar ve şehrsel alanlar arasındaki sıcaklık farkı sayesinde ilgili zaman aralığında şehir ısı adasının yeri de tespit edilebilmektedir. Silivri'den Büyükçekmece Gölü'nün sonuna kadar devam eden düşük sıcaklıklar şehrsel alana girildiğinde aniden yükselmeye başlamakta ve Küçükçekmece, Bahçelievler, Kağıthane gibi daha yoğun şehrsel alanlarda daha da yüksek seviyelere ulaşmaktadır. İstanbul Boğazı'nın etkisiyle düşüş gösteren hava sıcaklıkları Ataşehir'de tekrar yükselişe geçmekte ve Şile merkezinde daha da yüksek bir seviyeye ulaşmaktadır. Şile'de görülen yüksek sıcaklıkların sebebinin bölgede kullanılan fosil yakıt çeşitlerinin olduğu düşünülmektedir.

2.2.1.2. Şubat ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



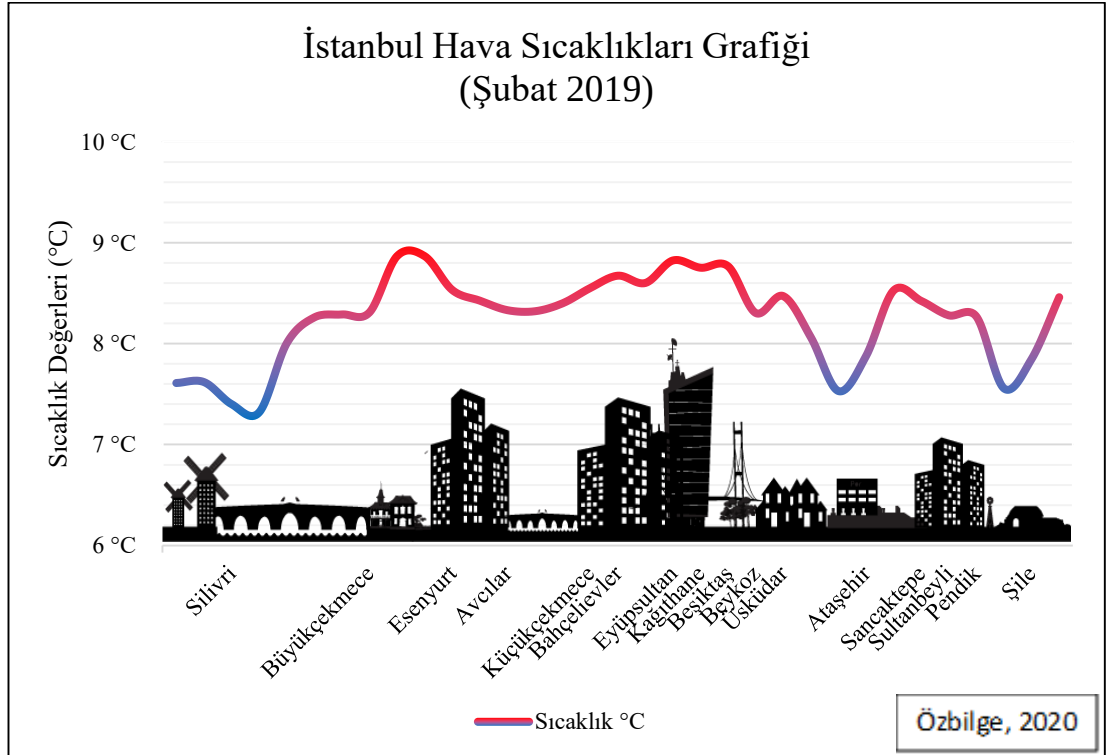
Harita 23 - Şubat 2019 Saat 14.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

2019 yılının Şubat ayında İstanbul'da saat 14.00'da ayın tüm günleri eksiksiz ölçüm yapan 51 istasyon tespit edilmiştir. Bu veriler nokta verisi haline getirildikten sonra enterpolasyonla alan verisi haline dönüştürülmüştür. Elde edilen alan verisine göre ortalama sıcaklık 7,8 °C, en yüksek sıcaklık 9,8 °C, en düşük sıcaklık ise 5,3 °C olarak tespit edilmiştir. Enterpolasyondan önceki nokta verilerinde ise ortalama sıcaklık 8,1°C, en yüksek sıcaklık 9,8°C, en düşük sıcaklık 4,7°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Çatalca, Silivri, Arnavutköy, Sarıyer ve Şile'nin güneyi olarak tespit edilmiştir. Alan verisinin haricinde nokta verisinde de en soğuk alanlar Çatalca, Kartal, Şile ve Silivri olarak tespit edilmiştir. Ocak ayına benzer sonuçlar çıkaran Şubat ayında da kırsal ve şehirsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı dikkat çekmektedir. Esenyurt, Avcılar, Bakırköy, Bahçelievler, Şile, Kadıköy ve kartal gibi yerleşmelerde görülen

çevresine göre yüksek sıcaklıklar bu durumu destekler niteliktedir. Şubat ayında Ocak ayından farklı olarak soğuk alanların etkisinin daralmaya başladığını ve izoterm eğrilerinin daha geniş alanlar kaplar hale geldiklerini söyleyebilmekteyiz.

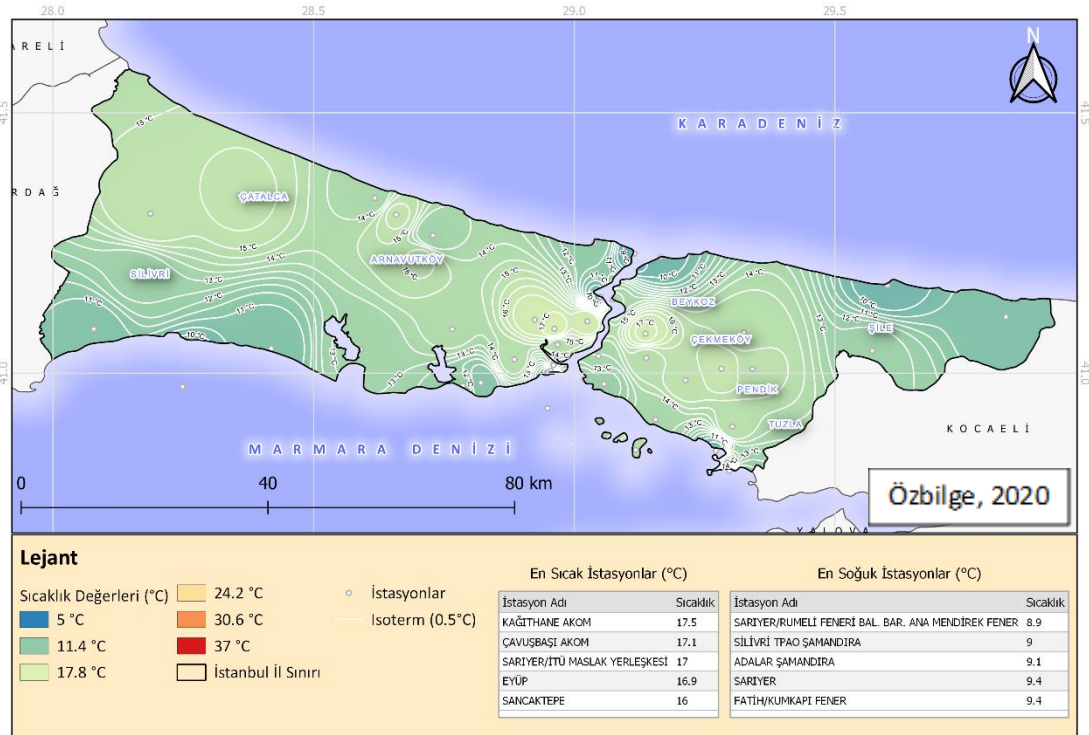
En sıcak alanlara baktığımızda ise doğudan batıya doğru Küçükçekmece, Bahçelievler, Bahçelievler, Zeytinburnu, Şişli, Kadıköy, Ataşehir, Tuzla ilçeleri dikkat çekmektedir. Bu alanlardaki yoğun şehirleşmenin etkisiyle birlikte kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklar meydana geldiği düşünülmektedir. Özellikle Küçükçekmece ile Silivri'nin güneyi arasındaki sıcaklık farkları şehrsel ve kırsal alanlar arasındaki farkın tespit edilmesini daha kolay hale getirmektedir. Alansal dağılışın haricinde istasyonların noktasal olarak incelenmesi sonucunda da alansal dağılışa paralel sonuçlar elde edilmektedir. Öyle ki en yüksek sıcaklıklar tespit edilen istasyonlar Tuzla, Büyükçekmece ve Kağıthane istasyonları olmaktadır.



Şekil 22 - Şubat 2019 İstanbul Hava Sıcaklığı Profili

2019 yılının Şubat ayına ait hava sıcaklık grafiğine göre Silivri'nin doğusundan itibaren sıcaklıklarda yükselme başladığı ve İstanbul Boğazı'nda yarım derecelik bir düşüş yaşandığı tespit edilmiştir. Anadolu Yakası'na geçtikten sonra Üsküdar'dan Ataşehir'e geçerken soğuk bir alanın bulunduğu ve bu alanın şehirleşmeden yoksun alan olduğu tespit edilmiştir. Ataşehir merkezine girildiğinde ise tekrardan sıcaklıkların yükseldiği ve Pendik'in çıkışına kadar yüksek sıcaklıkların devam ettiği tespit edilmiştir. Şile'nin kırsal alanlarında düşük seyreden sıcaklıkların ise Şile merkeze ulaşıldığında tekrar yükseldiği görülmektedir. Bu durum şehrsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkının Şubat ayı ortalamalarına bakılarak iyi bir şekilde tespit edilebileceğini göstermektedir.

2.2.1.3. Mart ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



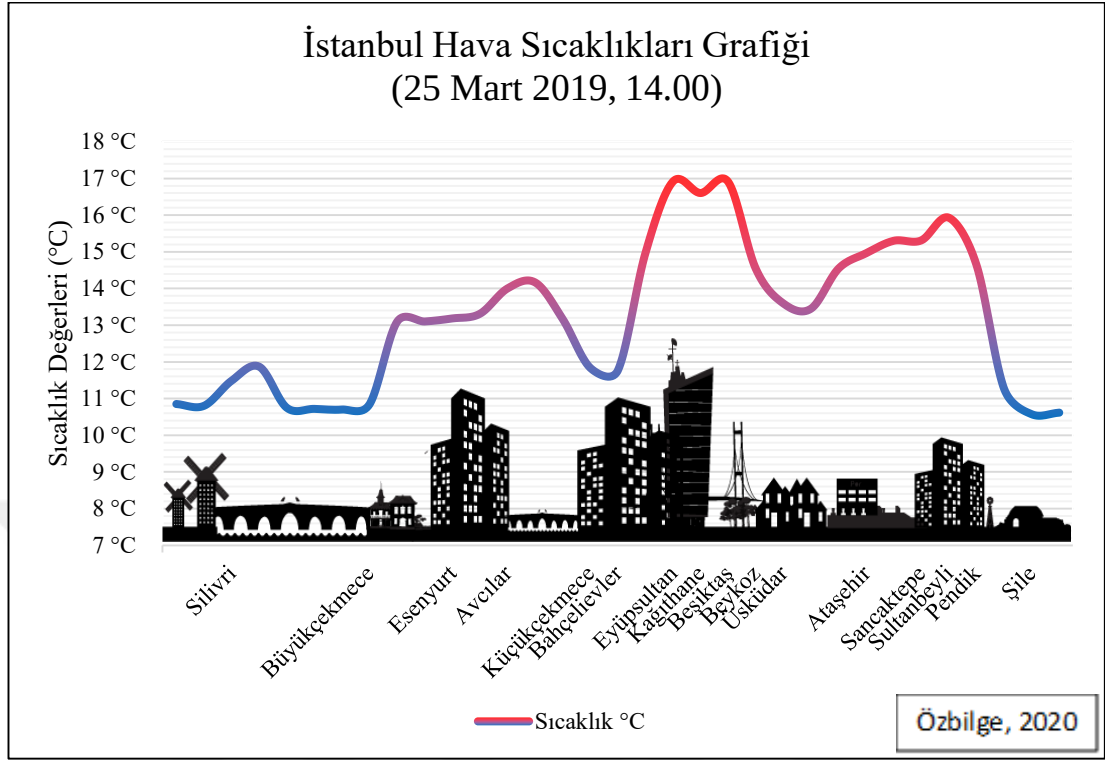
Harita 24 - 25 Mart 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Mart ayında kullanılan uydu görüntüsü 25 Mart 2019 saat 11.45'e ait olduğundan dolayı hava sıcaklıkları için de en yakın zaman dilimine ait veriler araştırılmış ve 25 Mart 2019 saat 12.00'a ait MGM verileri bulunmuş, İstanbul'da bulunan 64 istasyondan 45 tanesinin ilgili kriterleri karşıladığı tespit edilmiştir. Ardından istasyonların sözel verileri nokta verisine dönüştürülmüş ve enterpolasyon yöntemiyle noktadan alan verisi elde edilmiştir.

Ortaya çıkan enterpolasyon verisine göre ortalama hava sıcaklığı 13,6°C, en yüksek hava sıcaklığı 17,5°C, en düşük hava sıcaklığı 8,9°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilere göre ise ortalama hava sıcaklığı 13,1°C, en yüksek hava sıcaklığı 17,5°C, en düşük hava sıcaklığı ise 8,9°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin Güneyi, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Kadıköy, Beykoz'un Kuzeyi ve Kartal olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de Sarıyer, Silivri, Adalar ve Fatih istasyonları en düşük sıcaklık değerlerini göstermektedir.

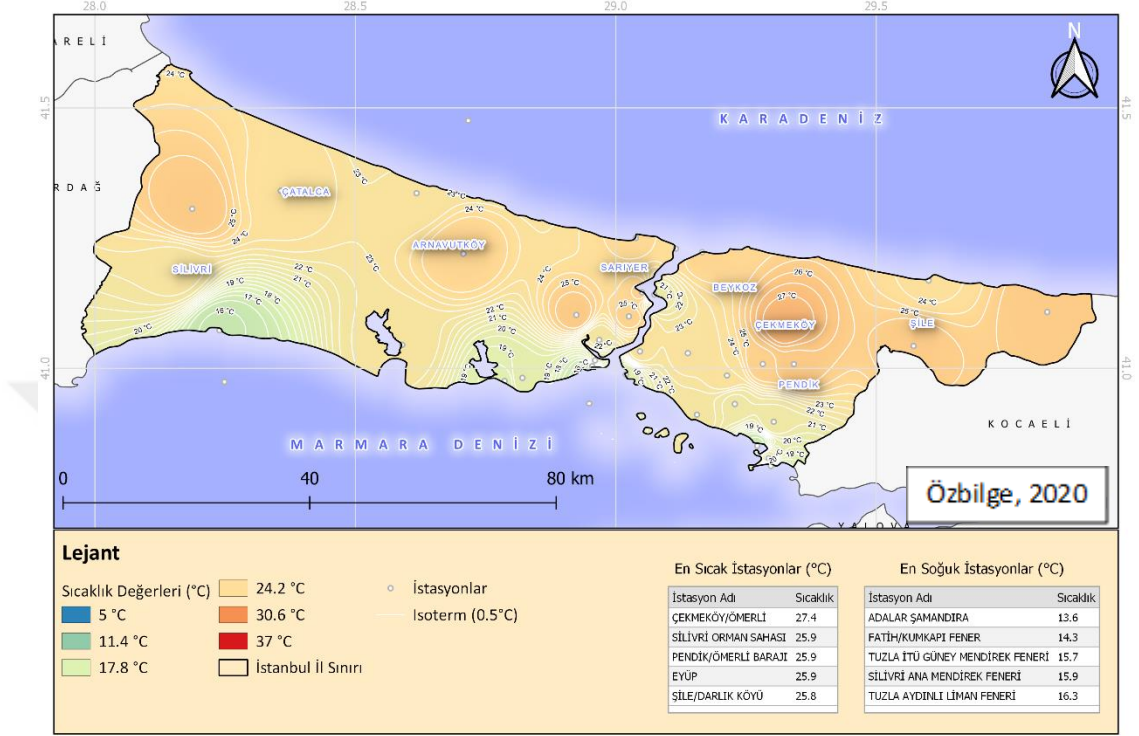
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Çatalca, Arnavutköy, Kağıthane, Eyüp, Çekmeköy ve çevresinde tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre de yine Kağıthane, Çavuşbaşı, Sarıyer/İTÜ, Eyüp ve Sancaktepe istasyonlarının en yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 23 - 25 Mart 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

25 Mart 2019 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri'den Büyükçekmece'ye kadar görece düşük sıcaklıklar devam ederken Esenyurt'tan itibaren sıcaklıklar yükselmeye başlamıştır. Küçükçekmece ve Bahçelievler arasında bir miktar düşüş yaşanmış olsa da İstanbul Boğazı haricinde tekrar sıcaklık düşüşü yaşanmamış ve Pendik çıkışına kadar yüksek sıcaklıklar devam etmiştir. Şile'de ise sıcaklıklarda düşüş meydana gelmiş ve tekrar Silivri seviyesinde sıcaklıklar gözlenmiştir. Önceki aylara göre Mart ayı için kullanılan verilerde sıcaklık değişimlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mart ayı içinde yaklaşık sıcaklık salınımı 7,9°C olarak meydana gelirken Ocak ve Şubat aylarında 3,5°C'den fazla sıcaklık salınımı gözlenmemiştir.

2.2.1.4. Nisan ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



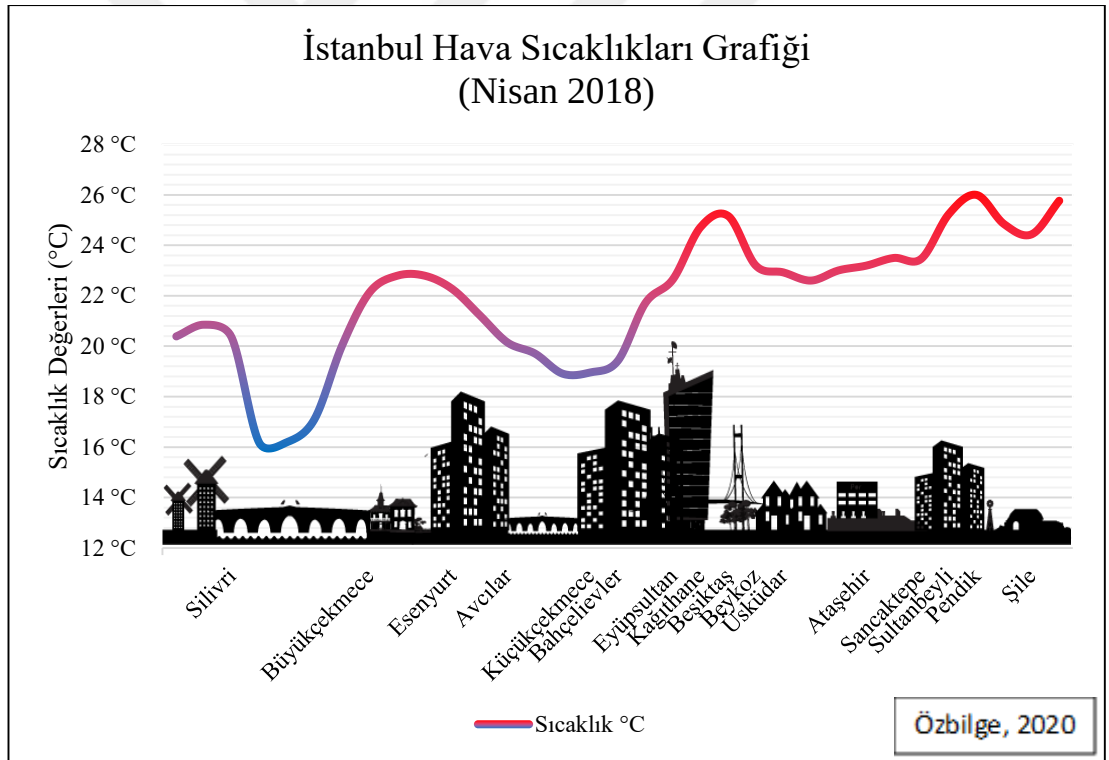
Harita 25 - 23 Nisan 2018 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Nisan ayının yüzey sıcaklık değerlerinin analiz edilmesi için kullanılan uydu görüntüsü 23 Nisan 2018 saat 11.45'e ait olduğundan dolayı bu zaman dilimine ait MGM verileri araştırılmıştır. 23 Nisan 2018 saat 12.00'a ait verilerin en uygun veriler olduğu anlaşılmış ve bu veriler arasında ilgili kriterleri sağlayan 38 meteoroloji istasyonuna ait veri önce noktasal veri haline getirilmiş ardından enterpolasyon yapılarak alan verisine dönüştürülmüştür.

Ortaya çıkan enterpolasyon verisi incelendiğinde ortalama hava sıcaklığının 23,4°C, en yüksek hava sıcaklığının 27,4°C, en düşük hava sıcaklığının 15,9°C olduğu tespit edilmiştir. MGM istasyonlarının nokta verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 21,9°C, en yüksek hava sıcaklığı 27,4°C, en düşük hava sıcaklığı 13,6°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Avcılar, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Fatih, Kadıköy, Kartal ve Tuzla olarak tespit edilmiştir. En soğuk istasyon verileri de buna paralellik göstererek Fatih, Tuzla/İTÜ, Silivri ve Tuzla/Liman istasyonlarında tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Çatalca'nın batısı, Arnavutköy, Kağıthane, Çekmeköy ve Pendik'in kuzeyi olarak tespit edilirken istasyon verilerinde de Çekmeköy/Ömerli, Silivri Orman Sahası, Pendik/Ömerli Barajı, Eyüp, Şile/Darlık Köyü istasyonları en yüksek sıcaklıklara sahip olan istasyonlar olarak tespit edilmiştir.

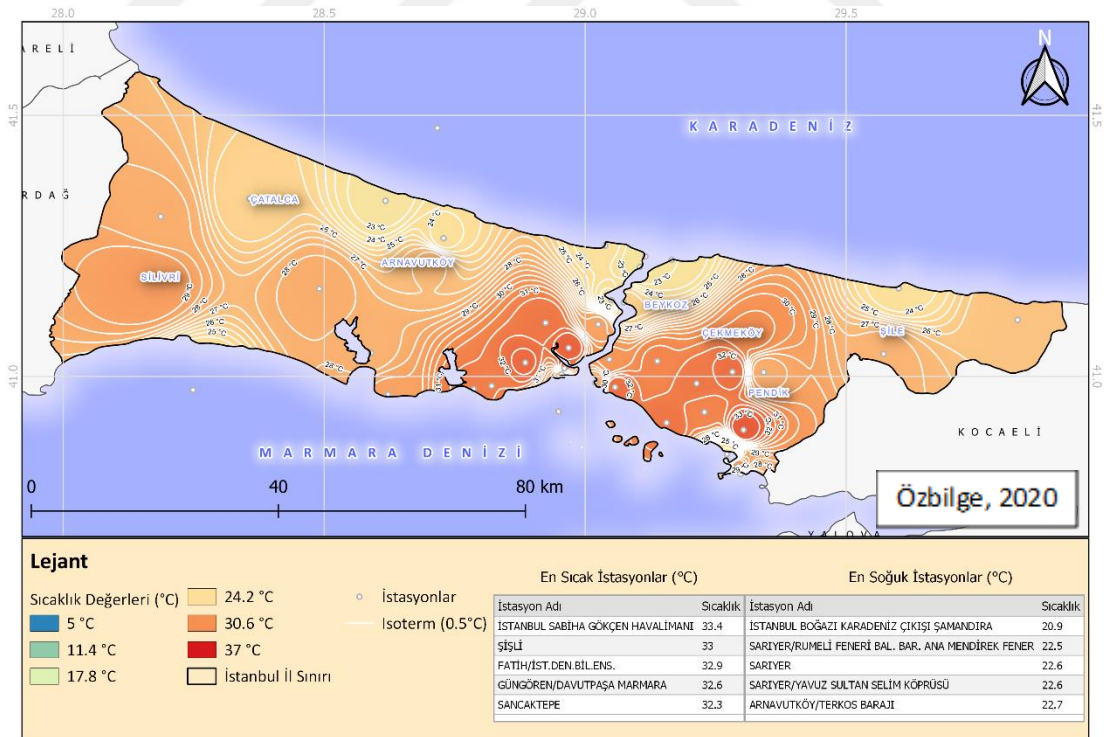


Şekil 24 - 23 Nisan 2018 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

23 Nisan 2018 saat 12.00'a ait grafiğe göre Silivri'de önceki aylardan farklı olarak çevresine göre daha yüksek sıcaklıklar görülmektedir. Büyükçekmece'ye doğru gidildiğinde sıcaklıklarda bir miktar düşüş gözlemlense de Büyükçekmece'ye girişin

ardından yaklaşık 6°C'lik bir artış meydana gelmiş ve Küçükçekmece-Bahçelievler haricinde kayda değer bir düşüş göstermeden yükselmeye devam etmiştir. Şile'de ise en yüksek seviyeye ulaşmış ve 25°C'nin üstünde sıcaklıklar meydana gelmiştir. Mart ayından ve diğer ayların birçoğundan farklı bir sıcaklık yayılım şekli gözlenmiştir. Bu durumun nedeni araştırıldığında ilgili ölçüm anına ait rüzgar verilerinde diğer analiz günlerine göre farklılık gözlenmiştir. Kuzey-Güney karakterli rüzgar yapısı 23 Nisan 2018'de Batı-Doğu karakterli bir yapı göstermektedir. Bu durumun şehrsel alanlardaki sıcaklıkların hava hareketleriyle taşınarak kırsal alanlarda yayılmasına neden olduğu düşünülmektedir.

2.2.1.5. Mayıs ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



Harita 26 - 28 Mayıs 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

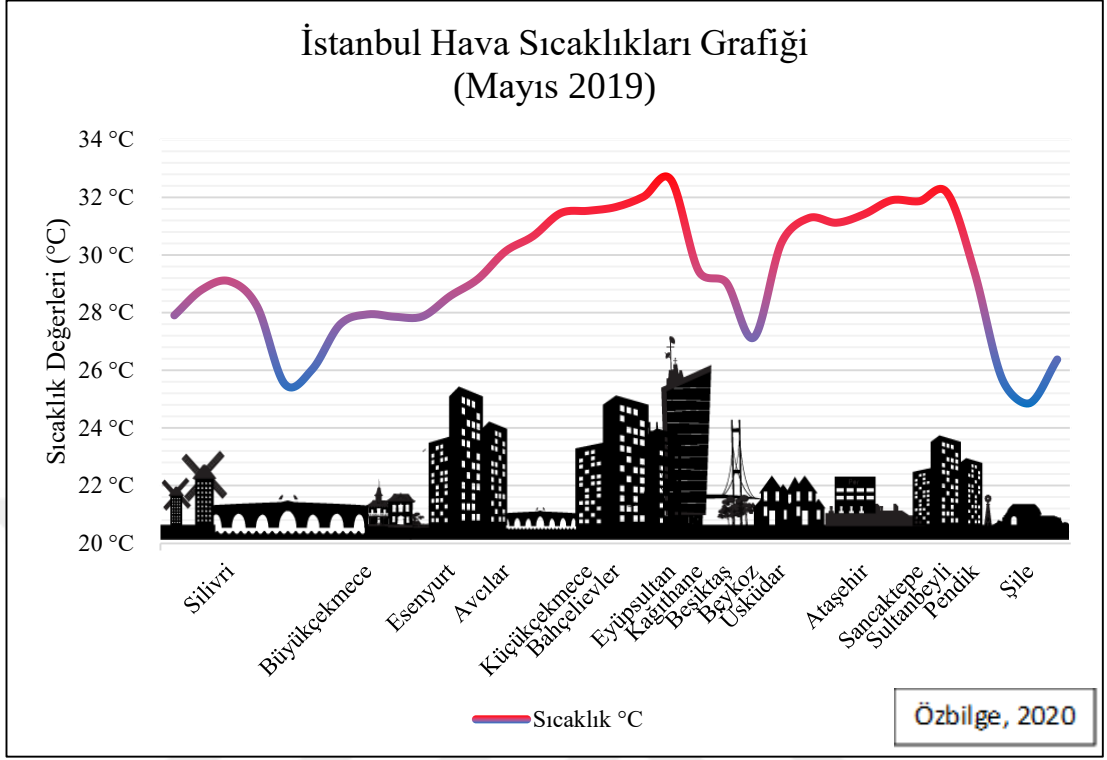
Mayıs ayına ait hava sıcaklıklarının incelenebilmesi ve kıyaslanabilmesi için YIA bölümündeki verilerle eşdeğer olması gerekmektedir. Bu anlamda saatlik hava

sıcaklıkları verileri arasından 28 Mayıs 2019 saat 12.00'a ait veriler diğer veriler arasından ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma işlemi sonucunda 43 istasyon verisinin bu kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen istasyon verileri öncelikle nokta ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisi haline getirilmiştir.

Enterpolasyon işlemiyle ortaya çıkan alan verisine göre ortalama hava sıcaklığı 27,8°C, en yüksek hava sıcaklığı 33,4°C, en düşük hava sıcaklığı 22,5°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verileri incelendiğinde ise ortalama hava sıcaklığı 27,9°C, en yüksek hava sıcaklığı 33,4°C, en düşük hava sıcaklığı 20,9°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri, Arnavutköy'ün kuzeyi, Sarıyer'in kuzeyi, Beykoz'un kuzeybatısı ve Şile olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine de bakınca buna benzer sonuçlarla karşılaşılmıştır. İstasyonlara göre en soğuk istasyonlar Sarıyer/Rumeli Feneri, Sarıyer, Sarıyer/Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Arnavutköy/Terkos barajı istasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır.

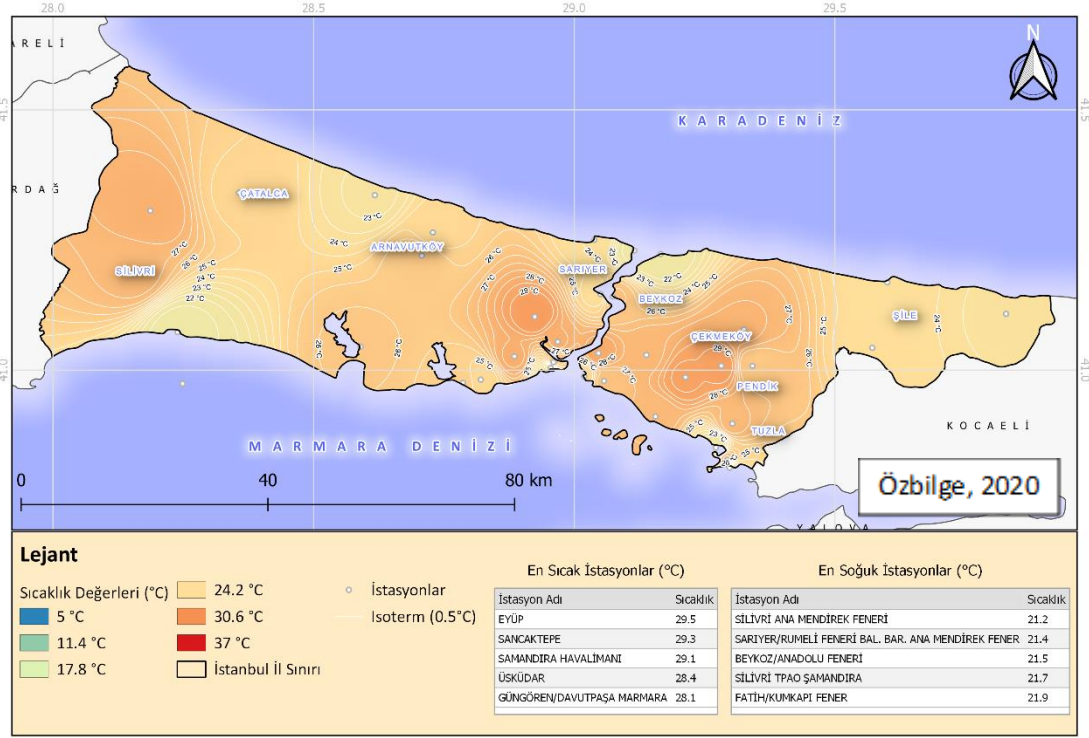
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Silivri'nin güneyi, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Gaziosmanpaşa, Beyoğlu, Kağıthane, Kadıköy, Sancaktepe, bölgeleri olarak tespit edilmiştir. Bu veriler noktasal MGM verilerinde de benzerlik göstermektedir. Şişli, Fatih/İst.Den.Bil.Ens., Güngören/Davutpaşa Marmara, Sancaktepe istasyonları en yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 25 - 28 Mayıs 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

28 Mayıs 2019 saat 12.00'a ait grafiğe göre Silivri'den Esenyurt girişine kadar nispeten daha soğuk hava sıcaklıkları gözlenmektedir. Esenyurt'a girişten itibaren kademeli olarak artan sıcaklıklar Eyüpsultan-Kağıthane aralığında en yüksek seviyeye ulaşarak 33°C'nin üzerine çıkmıştır. Kesintisiz yükselişin ardından Beykoz'a kadar sıcaklıklar düşmeye başlamış ve Beykoz çıkışında tekrar yükselerek özellikle Üsküdar'dan sonra nispeten sıcak havaların olduğu gözlenmiştir. Pendik'te şehrsel alanın sona ermesiyle birlikte hava sıcaklıkları tekrar aşağı seviyelere doğru inmeye başlamış ve Şile'de 25°C'ye kadar sıcaklıklarda düşüş gözlenmiştir. Mayıs ayı için ortaya çıkan grafikte şehrsel alanlarda çok keskin artışlar meydana gelmese bile yüksek seviyelerde sıcaklık artışı meydana geldiği saptanmıştır.

2.2.1.6. Haziran ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



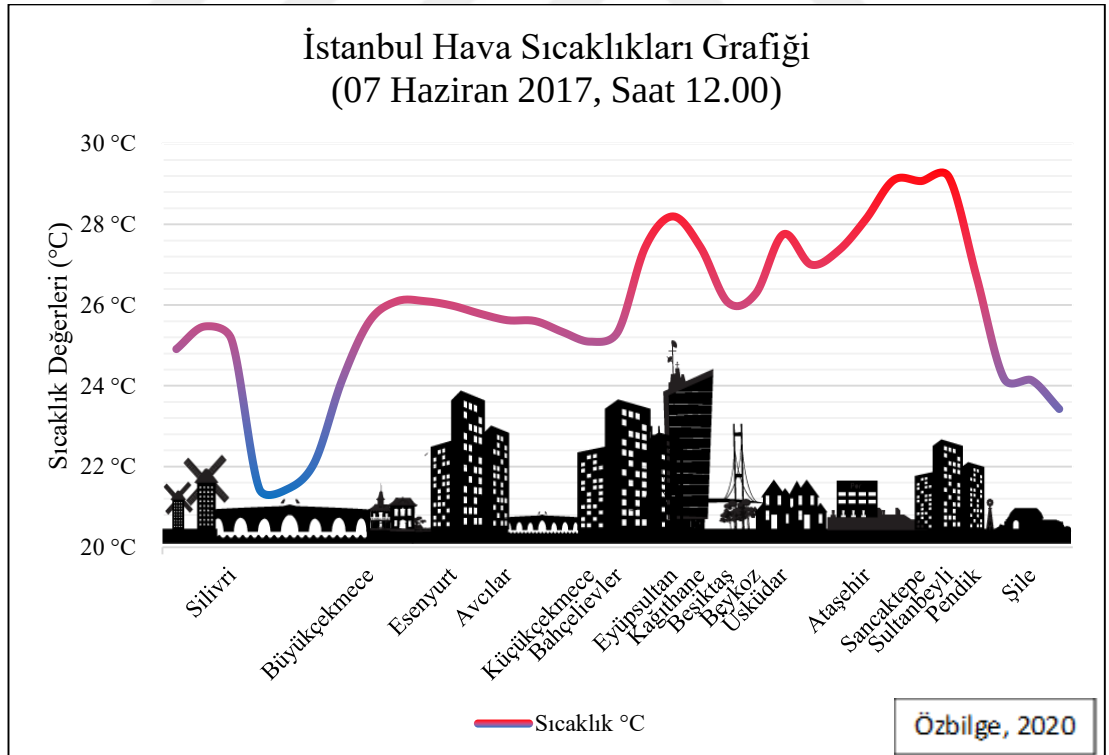
Harita 27 - 07 Haziran 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Haziran ayında kullanılan YIA verilerinin alındığı uydu görüntüsünün tarihi 07 Haziran 2017, saat 11.45'e ait olduğundan dolayı buna en yakın MGM verisi araştırılmış ve aynı tarihli saat 12.00'a ait 37 istasyon verisi tespit edilmiştir. Tespit edilen bu veri sözel yapıda olduğundan dolayı önce nokta verisine dönüştürülmüş ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisi üretilmiştir.

Enterpolasyon işlemi sonucunda ortaya çıkarılan alan verisine göre ortalama hava sıcaklığı 25,6°C, en yüksek hava sıcaklığı 29,5°, en düşük hava sıcaklığı 21,2°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 25,4°C, en yüksek hava sıcaklığı 29,5°C, en düşük hava sıcaklığı 21,2°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri, Arnavutköy'ün kuzeybatısı, Sarıyer, Beykoz'un kuzeybatısı ve Şile olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de en soğuk istasyonlar Silivri Ana Mendirek Feneri, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener, Beykoz/Anadolu Feneri, Silivri TPAO Şamandıra, Fatih/Kumkapı Fener istasyonları olarak tespit edilmiştir.

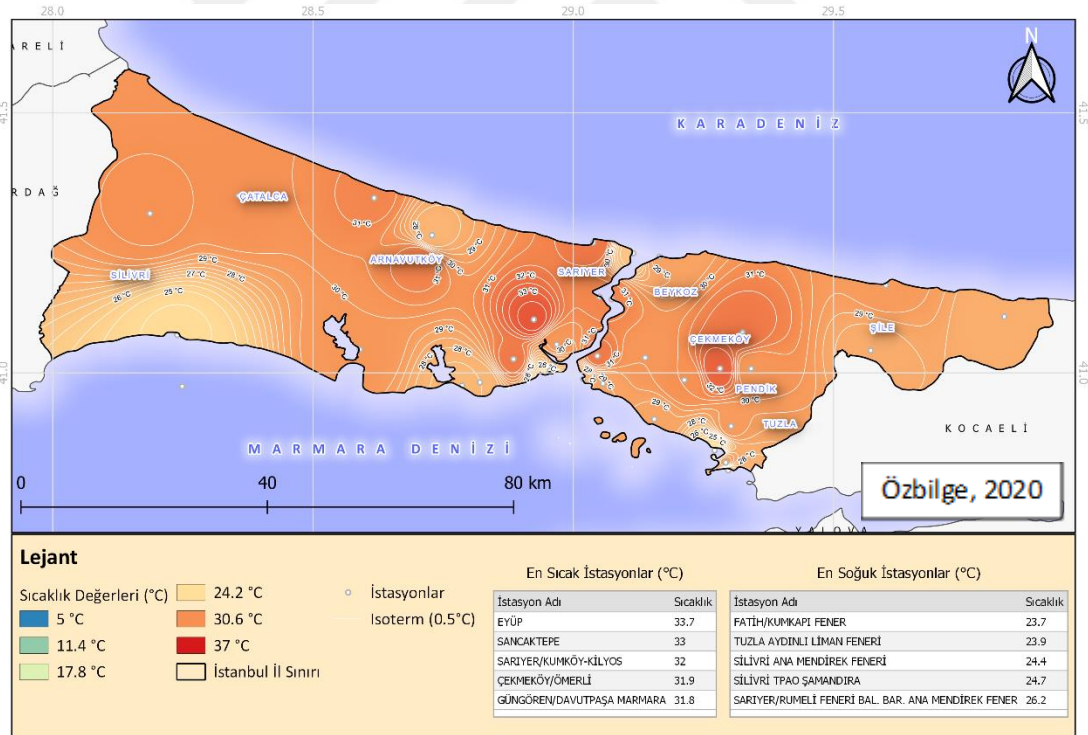
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar ise Silivri'nin orta kesimleri, Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölü'nün arası, Zeytinburnu, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Beyoğlu, Üsküdar, Çekmeköy'ün güneyi olarak tespit edilmiştir. Noktasal MGM verilerine göre ise en yüksek sıcaklıklar Eyüp, Sancaktepe, Şamandıra Havalimanı, Üsküdar, Güngören/Davutpaşa Marmara istasyonlarında tespit edilmiştir.



Şekil 26 - 07 Haziran 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

07 Haziran 2017 saat 12.00'a ait grafiğe göre Silivri'de 24-26°C aralığında seyreden hava sıcaklıkları Silivri'den Büyükçekmece'ye doğru ilerlerken 22°C'ye kadar düşmektedir. Büyükçekmece'de tekrar 24-26°C aralığına yerleşen hava sıcaklıkları Küçükçekmece, Bahçelievler, Eyüpsultan, Kağıthane, Beşiktaş gibi yoğun yerleşim alanlarına gelince 28°C'nin de üstüne ulaşmaktadır. Beykoz'da tekrar 26°C'nin aşağısına düşen hava sıcaklıkları Üsküdar'da 28°C'ye yaklaşmakta ve Ataşehir'den Sultanbeyli'ye kadar 28-30°C aralığında seyretmektedir. Pendik'ten çıkıldığı anda ani bir düşüşle 24°C'ye kadar bir sıcaklık düşüşü görülmektedir.

2.2.1.7. Temmuz ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



Harita 28 - 09 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

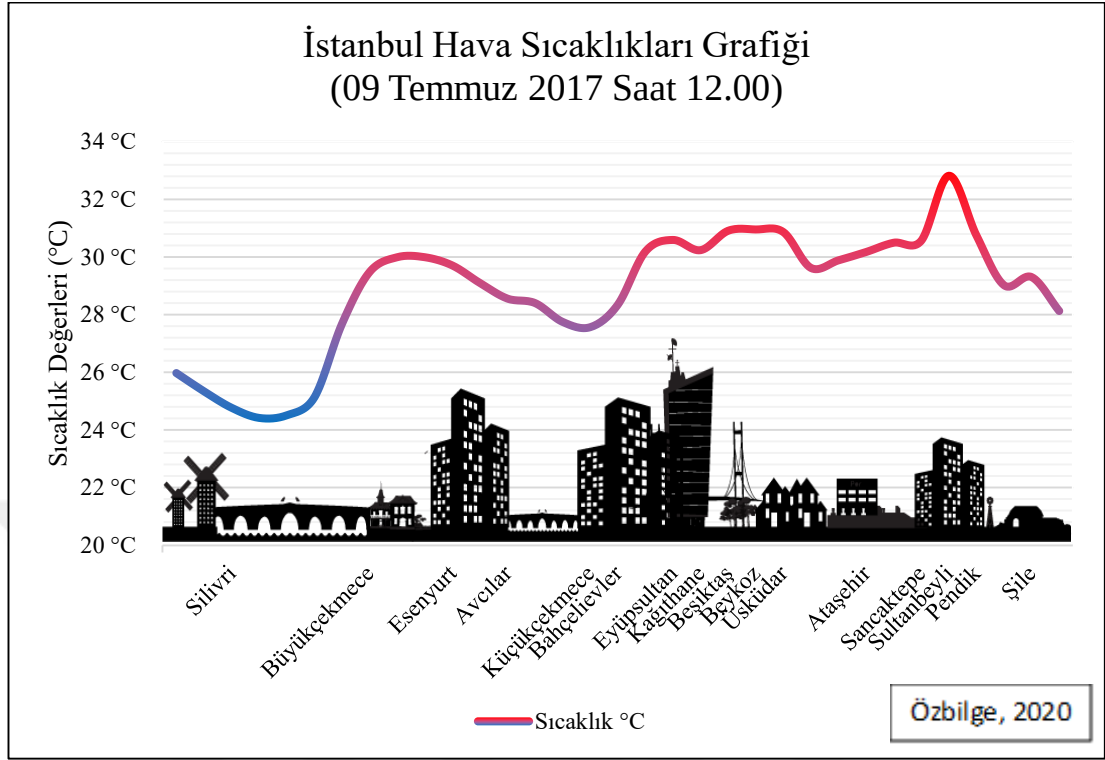
Temmuz ayı için kullanılan yüzey sıcaklığı verilerinde en uygun ve günümüze en yakın tarih olarak 09 Temmuz 2017 saat 11.45'e ait uydu görüntüsü bulunabildiği için hava sıcaklığı analizleri için de aynı tarihli verilerin bulunması amaçlanmıştır. Bu

anlamda MGM verileri arasında ilgili kriterleri sağlayan veriler araştırılmıştır ve 36 istasyonun bu özelliklere uyduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu sözel veriler ilk olarak coğrafi nokta verisine ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisine dönüştürölmüştür.

Enterpolasyon işlemiyle üretilen alan verisinin istatistiklerine göre ortalama hava sıcaklığı 29,6°C, en yüksek hava sıcaklığı 33,7°C, en düşük hava sıcaklığı 24,4°C olarak tespit edilmiştir. MGM'nin verilerinden oluşturulan noktasal istasyon verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 29,2°C, en yüksek hava sıcaklığı 33,7°C, en düşük hava sıcaklığı 23,7°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Arnavutköy'ün kuzeyi, Fatih ve kartal olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de en soğuk istasyonlar Fatih/Kumkapı Fener, Tuzla Aydınlı Liman Feneri, Silivri Ana Mendirek Feneri, Silivri TPAO şamandıra, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Ana Mendirek Fener istasyonları olarak tespit edilmiştir.

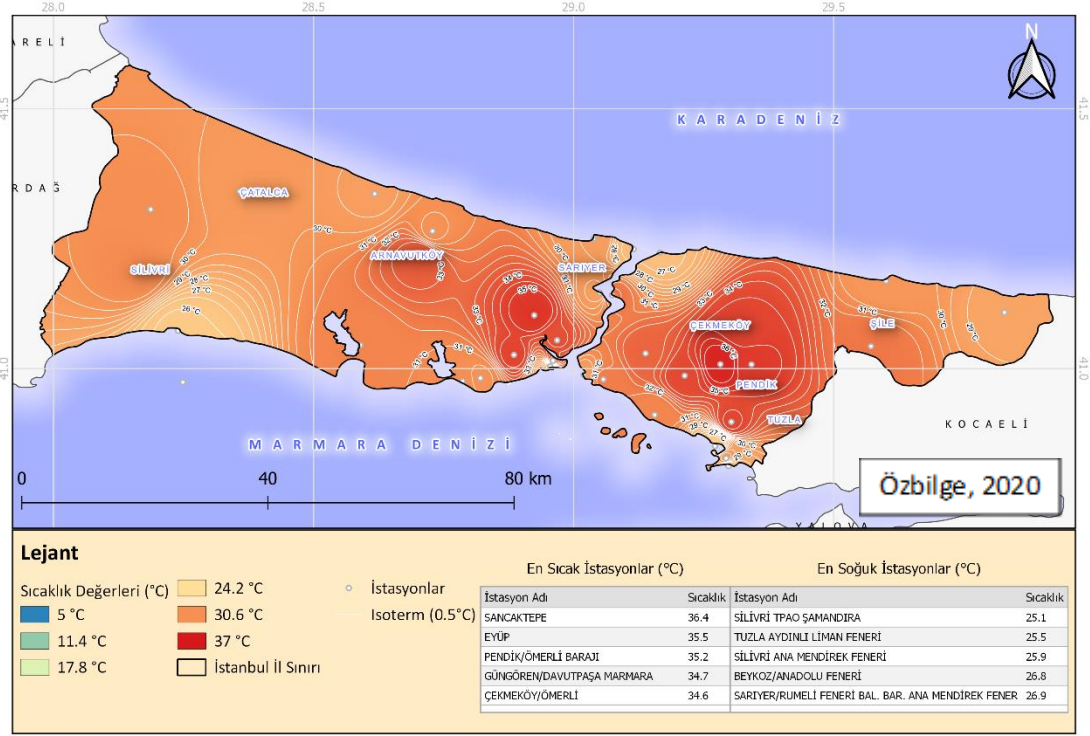
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Silivri'nin kuzeyi, Çatalca'nın batısı, Arnavutköy'ün güneyi, Kağıthane, Sarıyer'in orta kesimleri, Üsküdar ve Çekmeköy'ün güneyi olarak tespit edilmiştir. Meteorolojik verilerden elde edilen noktasal verilere göre de en yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar Eyüp, Sancaktepe, Sarıyer/Kumköy-Kilyos, Çekmeköy/Ömerli, Güngören/Davutpaşa Marmara istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 27 - 09 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

09 Temmuz 2017 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri'de 26°C ile 25°C aralığında seyreden sıcaklıklar Büyükçekmece'ye gelince 1-2°C'lik düşüşe uğramaktadır. Büyükçekmece'den Esenyurt'a geçiş sırasında ise yaklaşık 6°C'lik artışla sıcaklıklar 30°C'ye kadar çıkmaktadır. Bu yükselişin ardından sıcaklıklar 27-30°C aralığında seyrederken Sultanbeyli-Pendik arasında 32°C'den 29°C'ye kadar düşüş gözlenmektedir. Şile'ye doğru ise sıcaklıklar 28°C'ye kadar inmektedir. Bu durum incelendiğinde sıcaklığın şehrin kırsal ve şehrsel alanları arasında ŞIA karakterine benzer hareket ettiği söylenebilir.

2.2.1.8. Ağustos ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



Harita 29 - 25 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

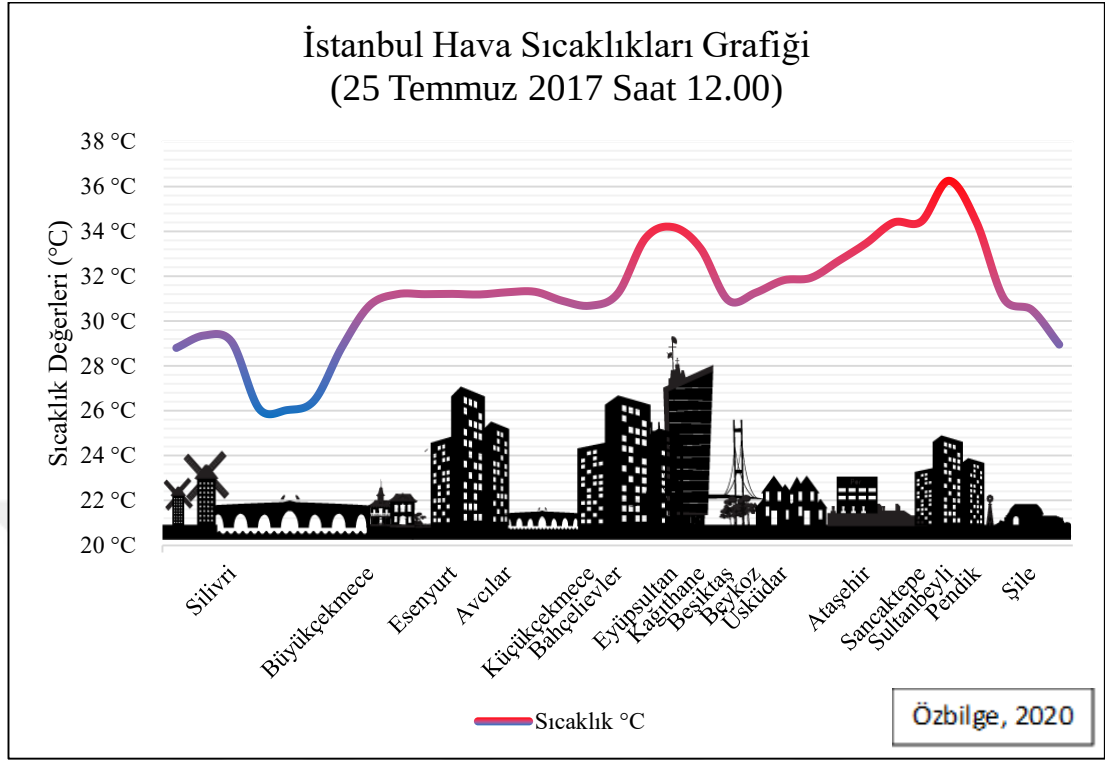
Ağustos ayının yüzey sıcaklıkları hesaplanırken Landsat 8 tarafından çekilmiş bulutsuz bir uydu görüntüsü bulunamadığı için en yakın tarih olan 28 Temmuz 2017 saat 11.45 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bundan dolayı hava sıcaklıkları için de aynı tarihli ve en yakın saatli hava sıcaklığı verisi kullanılarak analizler yapılacaktır. İlgili kriterler göz önüne alındığında uygun olan MGM verileri araştırılmış ve toplamda 36 adet istasyonun bu kriterleri sağladığı tespit edilmiştir. Bu istasyonların sözel verileri üzerinden coğrafi işleme uygun nokta verileri üretilmiştir. Üretilen nokta verileri üzerinde enterpolasyon işlemi uygulanarak alan verisi elde edilmiştir.

Enterpolasyon işlemiyle elde edilen alan verisine göre ortalama hava sıcaklığı 31,1°C, en yüksek hava sıcaklığı 36,4°C, en düşük hava sıcaklığı 25,9°C olarak tespit

edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 30,9°C, en yüksek hava sıcaklığı 36,4°C, en düşük hava sıcaklığı 25,1°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Sarıyer'in kuzeydoğusu, Beykoz'un kuzeybatısı ve Şile'nin doğusu olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre benzer sonuçlar ortaya çıkmış ve Silivri TPAO Şamandıra, Tuzla Aydınli Liman Feneri, Silivri Ana Mendirek Feneri, Beykoz/Anadolu Feneri Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener istasyonları en soğuk istasyonlar olarak ortaya çıkmıştır.

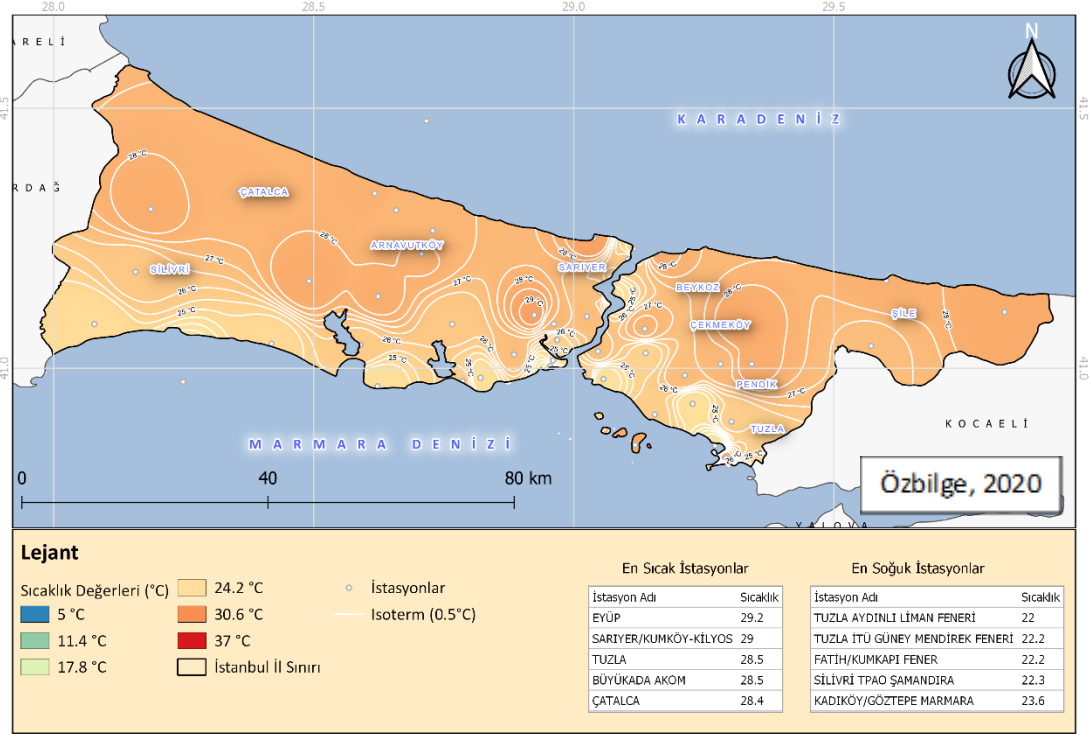
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Arnavutköy Merkez, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Şişli, Sancaktepe bölgeleri olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de en yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar Sancaktepe, Eyüp, Pendik/Ömerli Barajı, Güngören/Davutpaşa Marmara, Çekmeköy/Ömerli istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 28 - 25 Temmuz 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

25 Temmuz 2017 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri ile Büyükçekmece arasında 26-28°C seviyelerinde seyreden hava sıcaklıkları Esenyurt'ta 31°C'ye kadar çıkmakta ve Bahçelievler'den itibaren 34°C'ye kadar yükselmektedir. Kağıthane'de Haliç yakınlarında bir miktar düşüş görüldükten sonra artış kesintisiz bir şekilde devam etmiş ve Anadolu Yakası'nda Sancaktepe-Sultanbeyli aralığında 36°C'ye kadar yükselmiştir. Pendik'ten sonra ise Şile'de ani bir soğuma gerçekleşmiş ve sıcaklıklar tekrar Silivri'dekine benzer olarak 28°C dolaylarına düşmüştür. Bu durum şehrsel yoğunluğun artış ve azalışına paralel olarak sıcaklıkların da artıp azaldığını gösteren bir karakter sergilemektedir.

2.2.1.9. Eylül ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



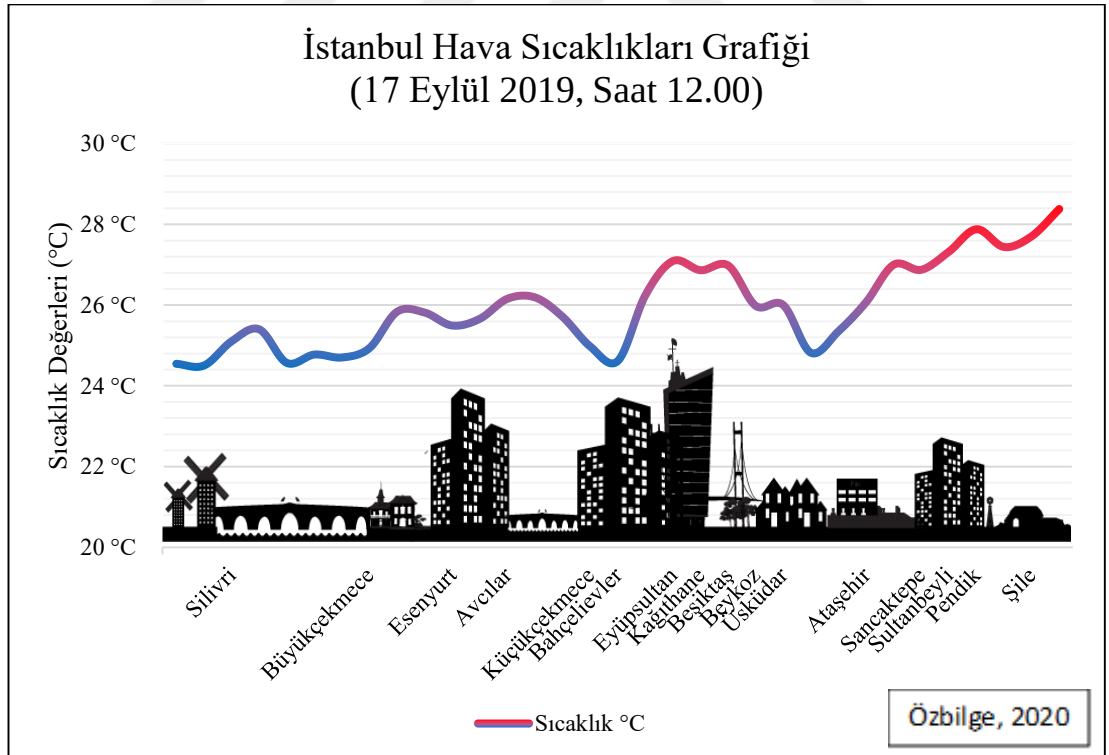
Harita 30 - 17 Eylül 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Eylül ayı için kullanılan yüzey sıcaklığı verilerinde en uygun ve günümüze en yakın tarih olarak 17 Eylül 2019 saat 11.45'e ait uydu görüntüsü bulunabildiği için hava sıcaklığı analizleri için de aynı tarihli verilerin bulunması amaçlanmıştır. Bu anlamda MGM verileri arasında ilgili kriterleri sağlayan veriler araştırılmıştır ve 50 istasyonun bu özelliklere uyduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu sözel veriler ilk olarak coğrafi nokta verisine ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisine dönüştürülmüştür.

Enterpolasyon işlemiyle üretilen alan verisinin istatistiklerine göre ortalama hava sıcaklığı 27°C, en yüksek hava sıcaklığı 29,2°C, en düşük hava sıcaklığı 22,6°C olarak tespit edilmiştir. MGM'nin verilerinden oluşturulan noktasal istasyon verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 26,3°C, en yüksek hava sıcaklığı 29,2°C, en düşük hava sıcaklığı 22°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar olarak Silivri'nin güneyi, Büyükçekmece'nin güneybatısı, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Fatih, Beyoğlu, Kadıköy, Kartal bölgeleri tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de Tuzla/Aydınlı Liman Feneri, Tuzla/İTÜ Güney Mendirek Feneri, Fatih/Kumkapı Fener, Silivri/TPAO Şamandıra, Kadıköy/Göztepe Marmara istasyonları en soğuk istasyonlar olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Silivri'nin kuzeyi, Çatalca, Arnavutköy, Eyüpsultan Merkez, Sarıyer'in kuzeyi, Beykoz'un güneyi, Çekmeköy ve Şile olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerinde de benzer durum gözlenmiş ve en yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar Eyüp, Sarıyer/Kumköy-Kilyos, Tuzla, Büyükada Akom, Çatalca istasyonları olarak tespit edilmiştir.

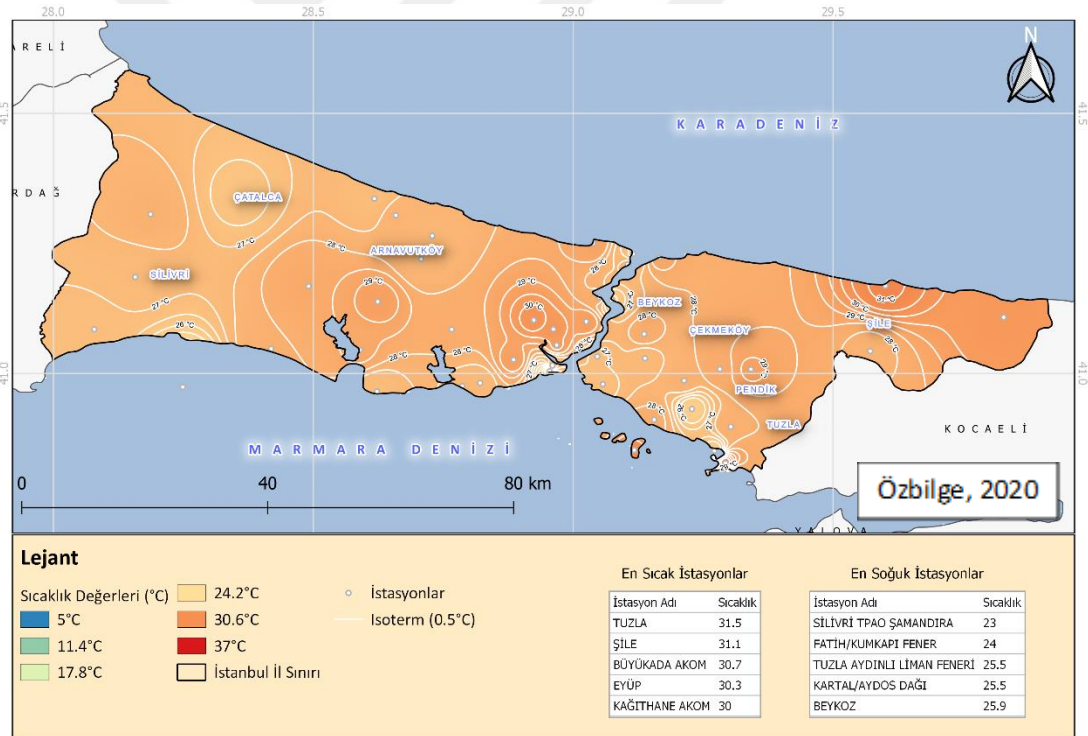


Şekil 29 - 17 Eylül 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

17 Eylül 2019 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri'den Esenyurt'a kadar sıcaklıklarda büyük bir değişim görülmemiş ve 24-26°C aralığında sıcaklıklar

artıp azalmıştır. Esenyurt'tan Avcılar'a kadar olan bölümde ise 26°C'nin üzerine çıkmış ancak çok fazla yükselmeden Küçükçekmece ve Bahçelievler arasında 24°C'ye yeniden yaklaşan sıcaklıklar gözlenmiştir. Ancak Bahçelievler'den çıkış anından itibaren 27°C'ye ulaşan sıcaklıklar gözlenmiştir. Beşiktaş ve Üsküdar arasında düşüş eğilimi gösteren sıcaklıklar Ataşehir'den itibaren yeniden yükselmiş ve Sancaktepe'de 27°C'ye tekrar ulaşmıştır. Şile'de ise en yüksek noktaya ulaşan sıcaklıklar 28°C'ye kadar yükselmiştir.

2.2.1.10. Ekim ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞIA durumu



Harita 31 - 03 Ekim 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Ekim ayı için kullanılan yüzey sıcaklığı verilerinde en uygun ve güncel tarihli olan veri 03 Ekim 2019 saat 11.45'e ait olan uydu görüntüsüdür. Hava sıcaklığı analizi için de buna uygun bir verinin bulunması amacıyla MGM verileri ayıklanmış ve kriterleri sağlayan veriler tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda kriterleri sağlayan 49 MGM

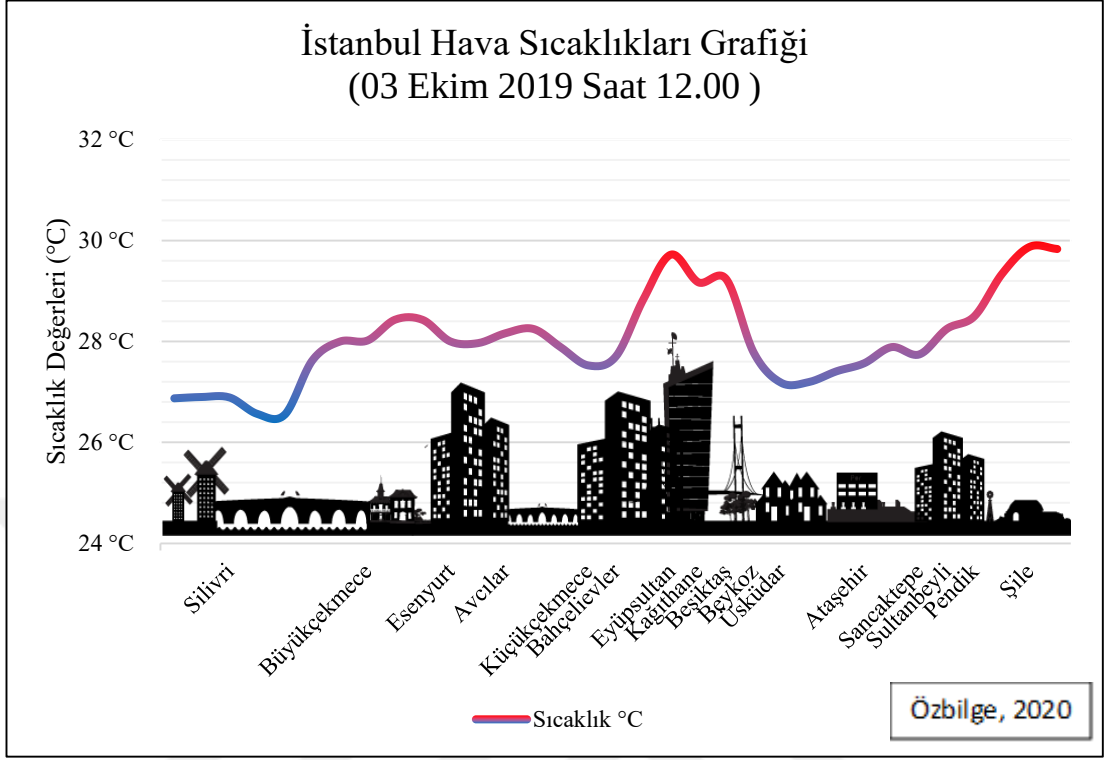
istasyonu belirlenmiştir. Belirlenen bu istasyon verileri sözel yapıya sahip olduklarından dolayı öncelikle nokta verisi haline getirilmiş ardından enterpolasyon tekniğiyle alan verisine dönüştürülmüştür.

Enterpolasyon işlemi sonucunda hazırlanan alan verisinin piksel istatistiklerine göre ortalama hava sıcaklığı 28°C, en yüksek hava sıcaklığı 31,5°C, en düşük hava sıcaklığı 25,1°C olarak tespit edilmiştir. İstasyonlara ait noktasal verilere göre ise ortalama hava sıcaklığı 27,9°C, en yüksek hava sıcaklığı 31,5°C olarak tespit edilmiştir.

Ekim ayında ilgili gün ve saatte sıcaklıklar İstanbul'da genel olarak yakın seyretmiş olsa da 1-2°C'lik farklar ortaya çıkmıştır. Buna göre;

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Çatalca'nın kuzeyi, Sarıyer'in kuzeydoğusu, Fatih'in güneyi, Kartal'ın kuzeyi olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre ise Silivri TPAO Şamandıra, Fatih/Kumkapı Fener, Tuzla Aydınli Liman Feneri, Kartal/Aydos Dağı, Beykoz istasyonları en düşük sıcaklık verilerine sahip istasyonlar olarak tespit edilmiştir.

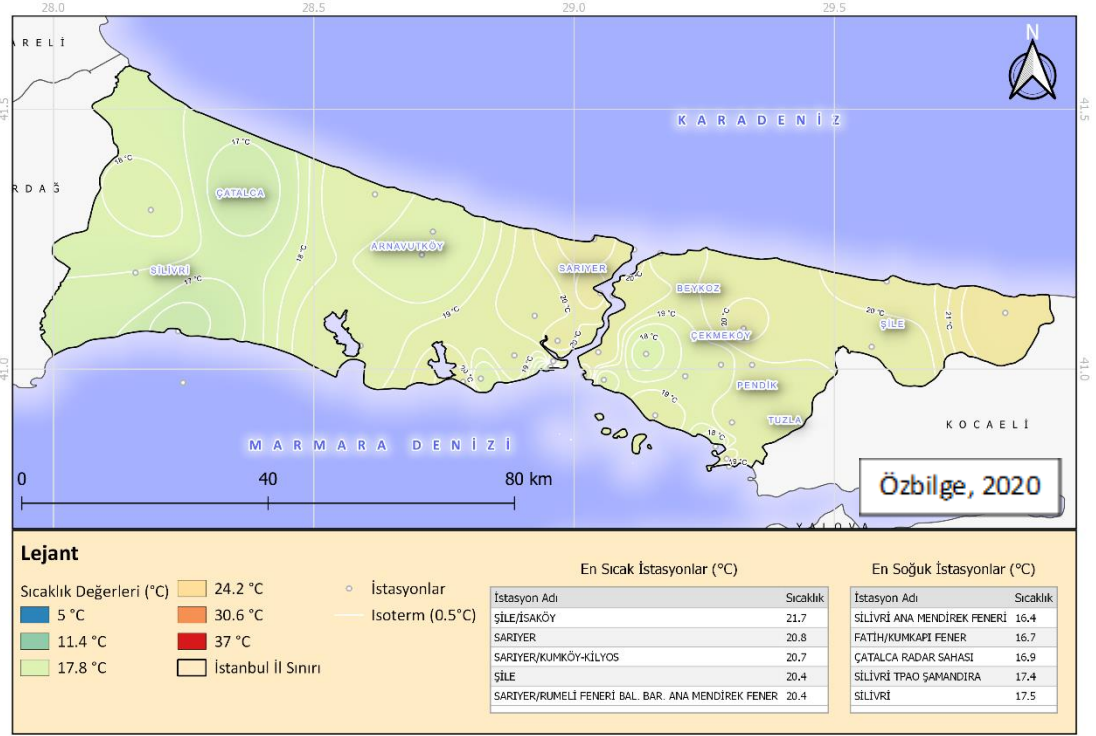
En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Arnavutköy'ün güneyi, Sultangazi, Kağıthane, Tuzla ve Şile'nin kuzeyi olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de en yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar Tuzla, Şile, Büyükkada Akom, Eyüp, Kağıthane Akom istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 30 - 03 Ekim 2019 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

03 Ekim 2019 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri'de 26-27°C aralığında seyreden hava sıcaklıkları Büyükçekmece'den itibaren artışa geçmekte ve 28°C sınırını geçerek Bahçelievler'e kadar bu şekilde devam etmektedir. Bahçelievler'de yaklaşık 0.5°C'lik sıcaklık düşüşünün hemen ardından Eyüpsultan'da hava sıcaklığı 29°C ile 30°C'nin arasına yükselmiştir. Beşiktaş'ta tekrar 27°C civarına düşen hava sıcaklıkları Sultanbeyli'ye kadar 28°C'nin üstüne çıkmadan devam etmiştir. Pendik'ten itibaren ise hava sıcaklığında ani bir yükselme tespit edilmiş ve sıcaklıklar Şile'de 29.5°C'ye kadar yükselmiştir.

2.2.1.11. Kasım ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



Harita 32 - 14 Kasım 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Kasım ayına ait hava sıcaklıklarının incelenebilmesi ve kıyaslanabilmesi için YIA bölümündeki verilerle eşdeğer olması gerekmektedir. Bu anlamda saatlik hava sıcaklıkları verileri arasından 14 Kasım 2017 saat 12.00'a ait veriler diğer veriler arasından ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma işlemi sonucunda 37 istasyon verisinin bu kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen istasyon verileri öncelikle nokta ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisi haline getirilmiştir.

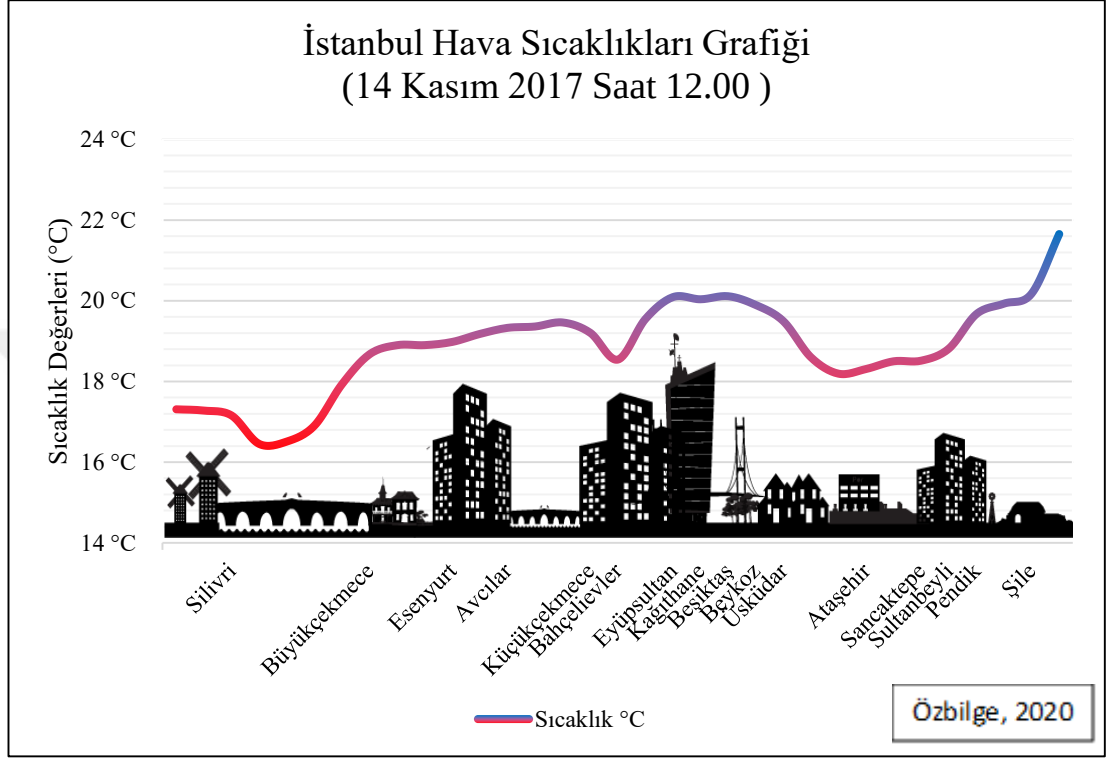
Enterpolasyon işlemiyle ortaya çıkan alan verisine göre ortalama hava sıcaklığı 18.7°C, en yüksek hava sıcaklığı 21.7°C, en düşük hava sıcaklığı 16.4°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verileri incelendiğinde ise ortalama hava sıcaklığı

19.1°C, en yüksek hava sıcaklığı 21.7°C, en düşük hava sıcaklığı 16.4°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Arnavutköy, Beykoz'un kuzeyi, Çekmeköy olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine de bakınca buna benzer sonuçlarla karşılaşmıştır. İstasyonlara göre en soğuk istasyonlar Silivri Ana Mendirek Feneri, Fatih/Kumkapı Fener, Çatalca Radar Sahası, Silivri TPAO Şamandıra, Silivri istasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır.

En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar Büyükçekmece'nin batısı, Beylikdüzü, Esenyurt, Bakırköy'ün batısı, Fatih'in kuzeyi, Üsküdar, Kadıköy, Maltepe ve Kartal'ın sahil kesimleri, Tuzla ve Şile'nin kuzey bölgeleri olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise yüksek sıcaklıklara sahip istasyonlar Şile/İsaköy, Sarıyer,

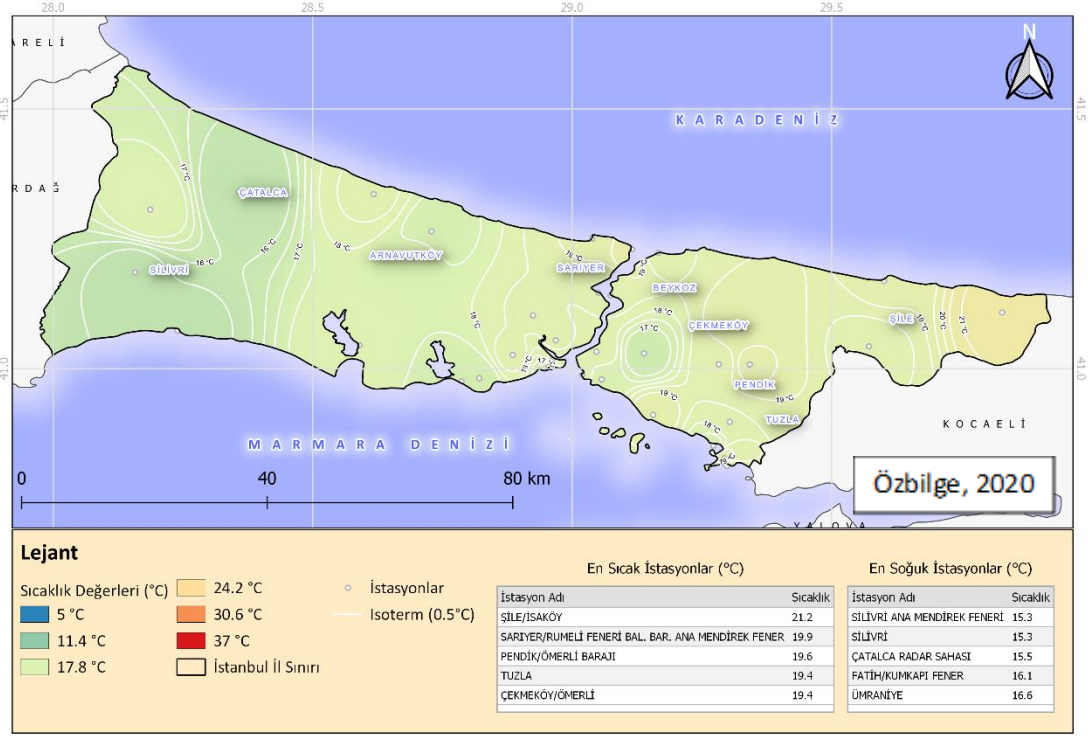
Sarıyer/Kumköy-Kilyos, Şile, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 31 - 14 Kasım 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

14 Kasım 2017 saat 12.00'a ait hava sıcaklığı grafiğine göre Silivri'de 16-18°C aralığında seyreden hava sıcaklıkları Büyükçekmece'den itibaren artışa geçmekte ve 18°C sınırını geçerek Bahçelievler'e kadar bu şekilde devam etmektedir. Bahçelievler'de yaklaşık 0.5°C'lik sıcaklık düşüşünün hemen ardından Eyüpsultan'da hava sıcaklığı 19°C ile 20°C'nin arasına yükselmiştir. Beşiktaş'ta tekrar 18°C civarına düşen hava sıcaklıkları Şile'ye kadar 20°C'nin üstüne çıkmadan devam etmiştir. Şile'den itibaren ise hava sıcaklığında ani bir yükselme tespit edilmiş ve sıcaklıklar Şile'de 22°C'ye kadar yükselmiştir.

2.2.1.12. Aralık ayında İstanbul'da hava sıcaklıkları ve ŞİA durumu



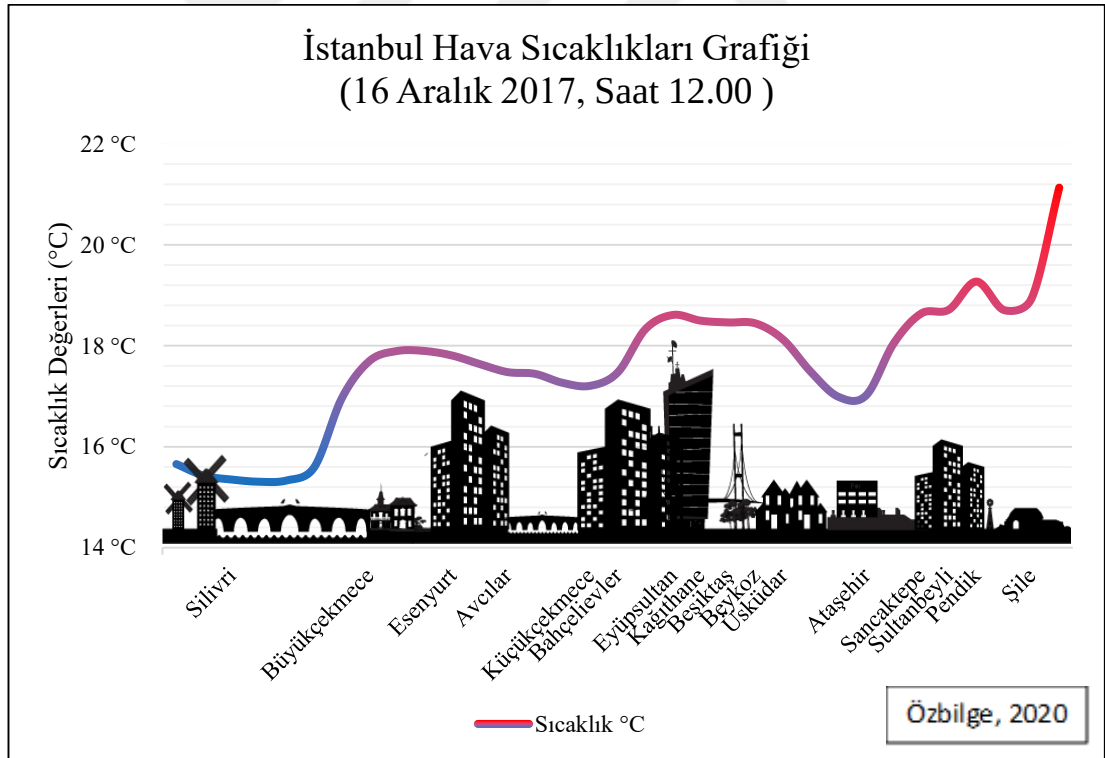
Harita 33 - 16 Aralık 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Haritası

Haziran ayında kullanılan YIA verilerinin alındığı uydu görüntüsünün tarihi 16 Aralık 2017, saat 11.45'e ait olduğundan dolayı buna en yakın MGM verisi araştırılmış ve aynı tarihli saat 12.00'a ait 35 istasyon verisi tespit edilmiştir. Tespit edilen bu veri sözel yapıda olduğundan dolayı önce nokta verisine dönüştürülmüş ardından enterpolasyon yöntemiyle alan verisi üretilmiştir.

Enterpolasyon işlemi sonucunda ortaya çıkarılan alan verisine göre ortalama hava sıcaklığı 17.7°C, en yüksek hava sıcaklığı 21.2°, en düşük hava sıcaklığı 15.3°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise ortalama hava sıcaklığı 18,1°C, en yüksek hava sıcaklığı 21.2°C, en düşük hava sıcaklığı 15.3°C olarak tespit edilmiştir.

En soğuk alanlar Silivri'nin güneyi, Çatalca'nın kuzeyi, Fatih'in güneyi, Ümraniye olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre de en soğuk istasyonlar Silivri Ana Mendirek Feneri, Silivri, Çatalca Radar Sahası, Fatih/Kumkapı Fener, Ümraniye istasyonları olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklıklara sahip alanlar ise Silivri'nin kuzeyi, Arnavutköy'ün kuzeyi, Büyükçekmece, Esenyurt, Esenler, Sultangazi, Üsküdar, Maltepe'nin sahil kesimleri ve Şile'nin kuzeybatısı olarak tespit edilmiştir. Noktasal MGM verilerine göre ise en yüksek sıcaklıklar Şile/İsaköy, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener, Pendik/Ömerli Barajı, Tuzla, Çekmeköy/Ömerli istasyonlarında tespit edilmiştir.



Şekil 32 - 16 Aralık 2017 Saat 12.00 İstanbul Hava Sıcaklığı Grafiği

16 Aralık 2017 saat 12.00'a ait grafiğe göre Silivri'de 15-16°C aralığında seyreden hava sıcaklıkları Silivri'den Büyükçekmece'ye doğru ilerlerken 18°C'ye kadar

yükselmektedir. Esenyurt ve Küçükçekmece aralığında sıcaklıklarda kayda değer bir değişim gözlenmemiştir. Bahçelievler'den Beykoz'a kadar olan bölgede ise sıcaklıkların 19°C'ye kadar yükseldiği ve Üsküdar'dan Ataşehir'e kadar tekrar 17°C'ye düştüğü tespit edilmiştir. Sancaktepe'den Pendik'e kadar tekrar 19°C'ye kadar yükselen sıcaklıklar gözlenirken Şile'de ise 21°C'ye kadar yükselen sıcaklıklar tespit edilmiştir.

2.2.2. İstanbul'un Mevsimlik Hava Sıcaklıkları Analizi

Hava sıcaklık değerlerinin aylık olarak incelenmesinin ardından mevsimlik değerlerin üretilmiştir. Elde edilen veriler ise İstanbul'un mevsimlik hava sıcaklık değerlerini göstermekle birlikte şehir ısı adasının durumunu kavramak için temel de oluşturmaktadır. Ancak burada asıl amaç yüzey sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları karşılaştırması yapmak olduğu için her iki verinin de aynı yapıda bulunması hedeflenmiştir. Yüzey sıcaklık verileri anlık veriler olduğundan ve ayda sadece 1 kere görüntü alınabildiğinden dolayı mevsimsel ortalama çıkarırken her mevsim için yalnızca 3 uydu görüntüsü kullanılmaktadır üstelik bu görüntüler aynı yılın uydu görüntüsü olmayabilmektedir. Kıyaslama yapılırken yüzey sıcaklıklarına uygun olması amacıyla hava sıcaklıkları da aynı gün ve saate ait olacak şekilde kullanılmış ve mevsimlik analizlerde mevsim başına sadece 3 veri setinin ortalaması alınmıştır. Ocak ve Şubat ayları için ise MODIS uydusuna uygun olması amacıyla her gün sadece saat 14.00'in verileri kullanılabilmektedir.

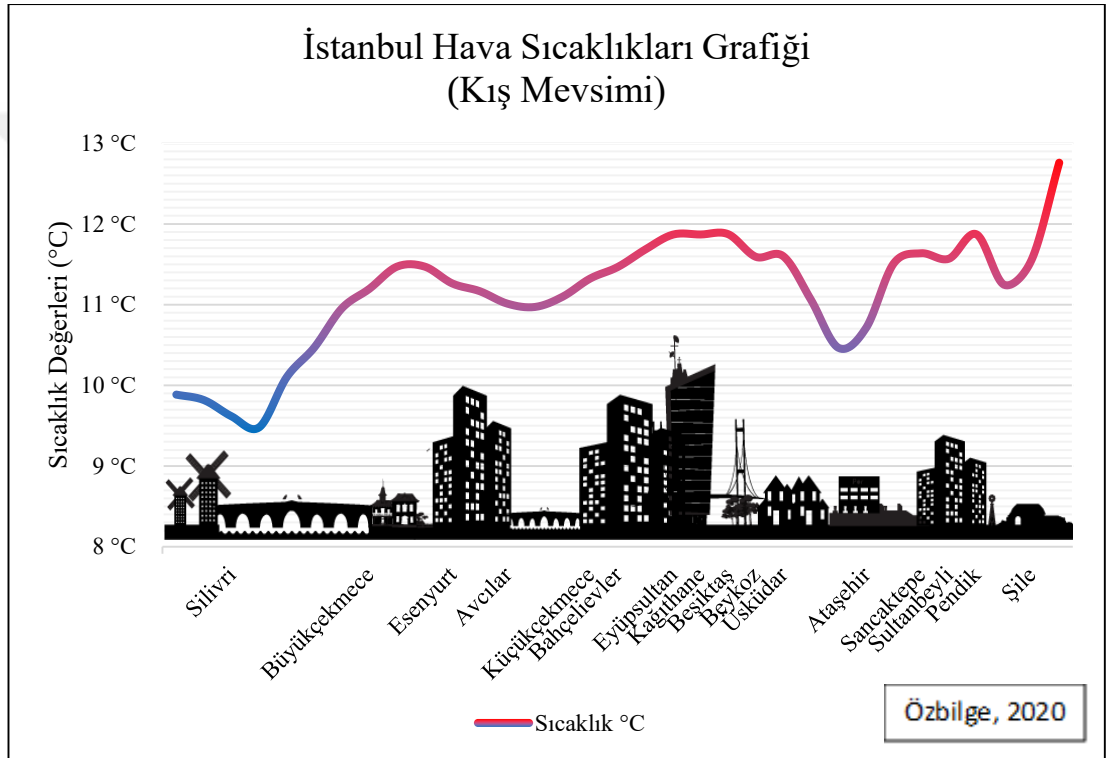
Aralık, Ocak ve Şubat hava sıcaklığı verileri kullanılarak kış mevsimi için hava sıcaklığı haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritada Ocak ve Şubat ayları için saat 14.00'a ait aylık sıcaklık değerlerinin ortalaması kullanılırken aralık ayı için 16 Aralık 2017, saat 12.00'a ait hava sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Yüzey sıcaklığı ve hava sıcaklığı verileri arasında tutarlı bir kıyaslama yapılabilmesi için veriler bu şekilde seçilmiştir. Çünkü yüzey sıcaklığı verileri elde edilirken istasyon verileri gibi geniş bir veri yapısı değil sadece anlık ve bulutsuz görüntüler kullanılabilmektedir.

Bahsedilen kriterleri sağlayan veriler SQL yöntemleriyle ayıklandıktan sonra üretilen veriler kullanılarak yapılan enterpolasyon işlemi sonucunda kış mevsimine ait alansal sıcaklık dağılışı da elde edilmiştir. Bu işlem sonucunda kış mevsimine ait hem noktasal hem de alansal sıcaklık dağılışı haritası oluşturulabilmiştir.

Oluşturulan veriye göre alansal sıcaklık dağılışlarının ortalaması kış mevsimi için 10.8°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 12.8°C olarak tespit edilirken en düşük sıcaklık ise 8.3°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilerde ise ortalama sıcaklık 11.4°C, en yüksek sıcaklık 12.8°C, en düşük sıcaklık 8.3°C olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklığa sahip alanlar Beylikdüzü, Esenyurt, Bakırköy, Bahçelievler, Zeytinburnu, Fatih, Beyoğlu, Eyüpsultan, Sultangazi, Sarıyer'in güneyi, Üsküdar, Bakırköy, Maltepe'nin sahil kesimleri, Pendik, Tuzla ve Şile'nin doğusu olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise en yüksek sıcaklık değerlerine sahip istasyonlar Şile/İsaköy, Tuzla, İstanbul Bölge, Pendik/Ömerli Barajı, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener istasyonları olarak tespit edilmiştir.

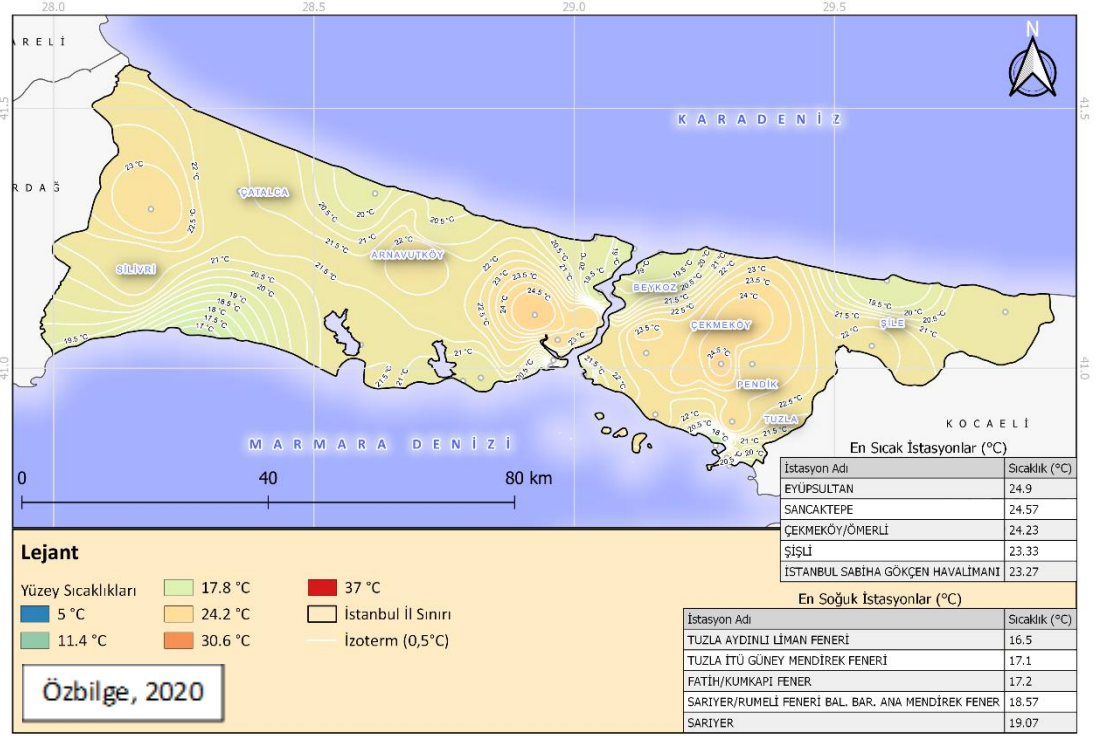
En düşük sıcaklığa sahip alanlar Çatalca, Silivri'nin kuzeyi, Arnavutköy'ün kuzeyi, Ümraniye, Kartal'ın kuzeyi ve Şile'nin güneyi olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerinde ise en düşük sıcaklığa sahip istasyonlar Çatalca Radar Sahası, Ümraniye, Silivri Orman Sahası, Arnavutköy, Fatih/Kumkapı Fener istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 34 - İstanbul Kış Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği

Kış mevsimine ait sıcaklık grafiğine bakıldığında Silivri'de 9-10°C dolaylarında bulunan hava sıcaklıklarının Büyükçekmece'de artış göstermeye başladığını ve Esenyurt'ta 11-12°C aralığına yerleştiğini görmekteyiz. Üsküdar'a kadar devam eden bu durum Üsküdar ve Ataşehir aralığına kesilse ve sıcaklıklar 10°C'ye yaklaşırsa da Ataşehir'den itibaren tekrar hava sıcaklıklarında artış meydana gelmektedir. Şile'de ise en yüksek değerlere ulaşmakta ve 12°C'nin de üstüne çıkmaktadır.

2.2.2.2. İlkbahar mevsiminde İstanbul'un hava sıcaklığı durumu



Harita 35 - İstanbul İlkbahar Hava Sıcaklığı Haritası

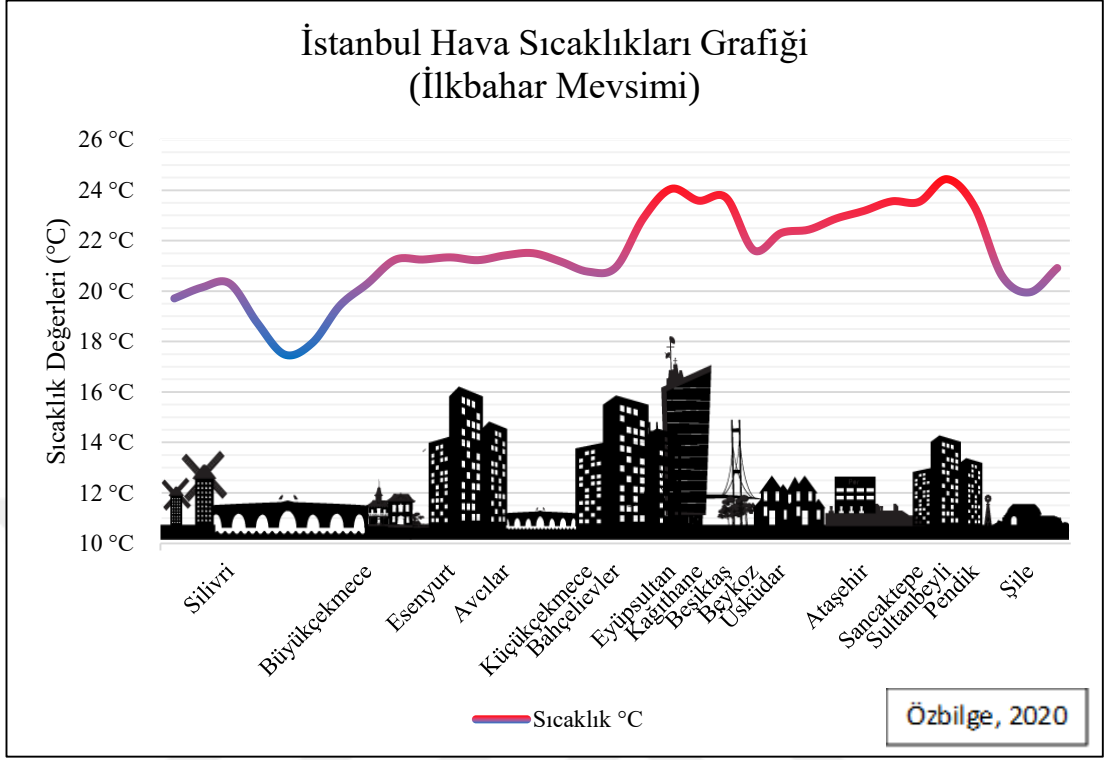
Mart, Nisan ve Mayıs aylarına ait birer günlük hava sıcaklıklarının değerleri kullanılarak ilkbahar mevsimi için hava sıcaklığı haritası oluşturulmuştur. Toplamda 3 günün saat 12.00'daki hava sıcaklıklarından elde edilen bu haritada esas amaçlanan aynı zaman içerisindeki yüzey sıcaklıkları ile kıyaslama yapabilmektir. Kullanılan hava sıcaklığı değerleri 25 Mart 2019 saat 12.00, 23 Nisan 2018 saat 12.00, 28 Mayıs 2019 saat 12.00'a aittir.

Bahsedilen kriterleri sağlayan veriler QGis programı içerisindeki GRASS eklentisi ile bir enterpolasyon işlemine sokulmuştur. İşlem sonucunda ilkbahar mevsimine ait noktasal sıcaklık verilerinden alansal sıcaklık verileri elde edilmiştir ve bu veri haritalandırılmıştır.

Oluşturulan veriye göre alansal sıcaklık dağılışlarının ortalaması ilkbahar mevsimi için 21.6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 24.9°C olarak tespit edilirken en düşük sıcaklık ise 16.7°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilerde ise ortalama sıcaklık 21.1°C, en yüksek sıcaklık 24.9°C, en düşük sıcaklık 16.5°C olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin kuzeyi, Arnavutköy'n i kesimleri, Sultangazi, Kağıthane, şişli, şkdar, Kadıköy, Sancaktepe ve ekmeky olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise en yüksek sıcaklık değerlerine sahip istasyonlar Eyüpsultan, Sancaktepe, Çekmeköy/Rumeli, şişli, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı istasyonları olarak tespit edilmiştir.

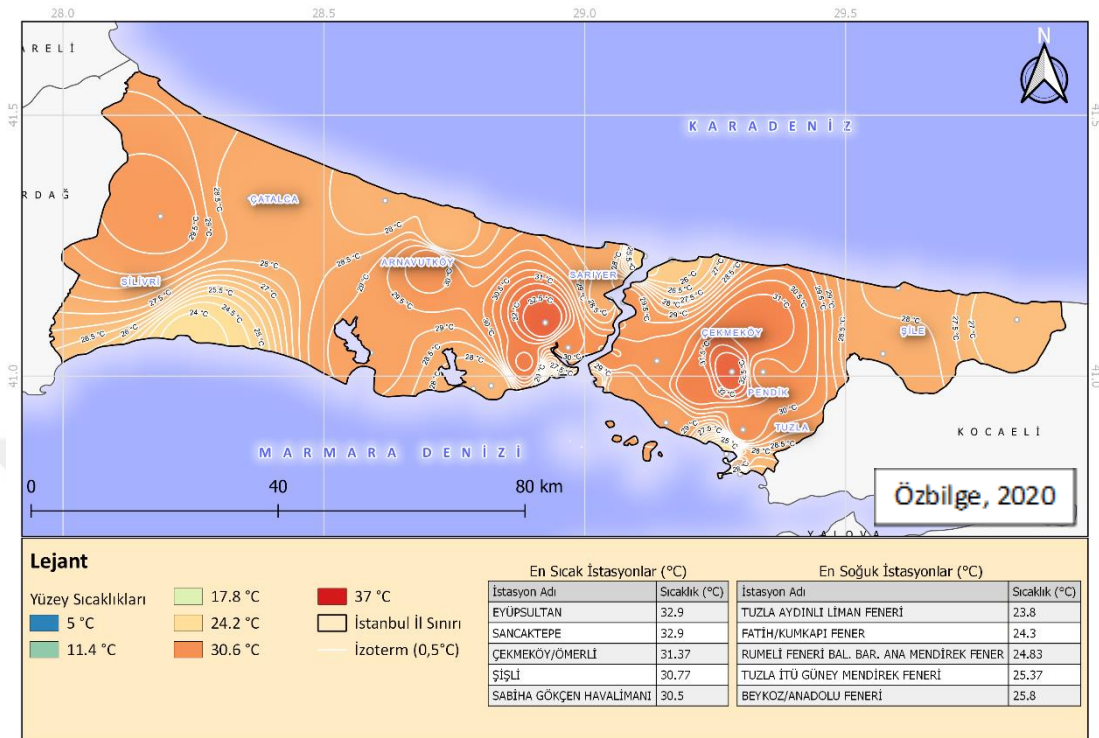
En düşük sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin Marmara Denizi kıyıları ve yakın evresi, Arnavutköy'n Karadeniz kıyıları, Sarıyer'in kuzeydoğusu, Beykoz'un kuzeybatısı, Tuzla'nın güneyi ve şile olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerinde ise en düşük sıcaklığa sahip istasyonlar Tuzla Aydınlı Liman Feneri, Tuzla İT Güney Mendirek Feneri, Fatih/Kumkapı Feneri, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Feneri ve Sarıyer istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 35 - İstanbul İlkbahar Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği

İlkbahar mevsimine ait hava sıcaklığı grafiğine bakıldığında Silivri’de 20-21°C aralığında seyreden sıcaklıkların Büyükçekmece’de 17°C’ye kadar düştüğünü ancak Esenyurt’tan itibaren 21°C’nin üzerine çıktığını görmekteyiz. Eyüpsultan’a kadar 21°C civarında devam eden hava sıcaklıklarının Eyüpsultan Beşiktaş arasında 24°C’ye kadar çıktığı tespit edilmiştir. İstanbul Boğazı çevresinde yaklaşık 2°C’lik soğumadan sonra Pendik’e kadar sıcaklıklar tekrar kademeli olarak yükselmiş ve Pendik’te 23°C’ye kadar ulaşmıştır. Pendik’ten sonra ise Şile’ye doğru ani bir sıcaklık düşüşü meydana gelmiş ve sıcaklıklar 20°C’ye kadar düşmüştür. Bu düşüşün ardından Şile merkezde 0.5°C’lik bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir.

2.2.2.3. Yaz mevsiminde İstanbul'un hava sıcaklığı durumu



Harita 36 - İstanbul Yaz Hava Sıcaklığı Haritası

Haziran, temmuz ve ağustos aylarına ait birer günlük hava sıcaklıklarının değerleri kullanılarak yaz mevsimi için hava sıcaklığı haritası oluşturulmuştur. Toplamda 3 günün saat 12.00'daki hava sıcaklıklarından elde edilen bu haritada esas amaçlanan aynı zaman içerisindeki yüzey sıcaklıkları ile kıyaslama yapabilmektir. Kullanılan hava sıcaklığı değerleri 07 Haziran 2017 saat 12.00, 09 Temmuz 2017 saat 12.00, 25 Temmuz 2017 saat 12.00'a aittir. Ağustos ayına ait hava sıcaklığı değeri yerine 25 Temmuz 2017 verisi kullanılmıştır, bu durumun sebebi ise yüzey sıcaklığı verisi ile kıyas yaparken aynı günlere ait verilerin kullanılması gerekliliğidir.

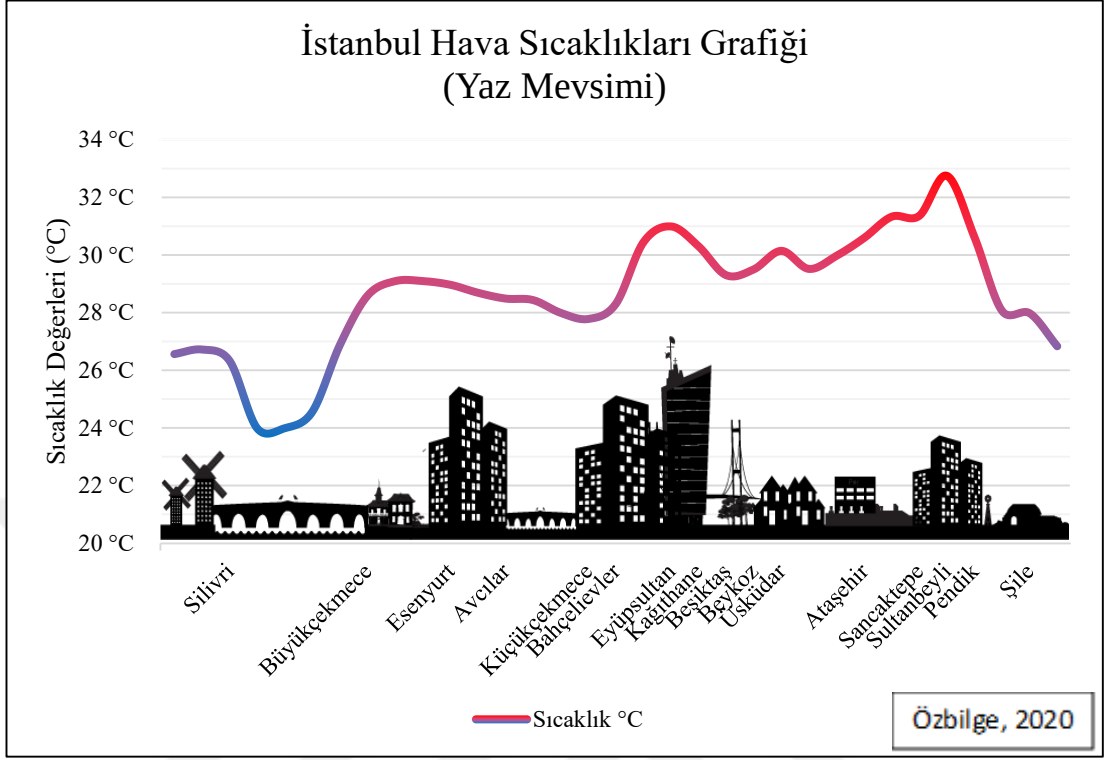
Bahsedilen kriterleri sağlayan veriler QGis programı içerisindeki GRASS eklentisi ile bir enterpolasyon işlemine sokulmuştur. İşlem sonucunda ilkbahar mevsimine ait

noktasal sıcaklık verilerinden alansal sıcaklık verileri elde edilmiştir ve bu veri haritalaştırılmıştır.

Oluşturulan veriye göre alansal sıcaklık dağılımlarının ortalaması yaz mevsimi için 28,7°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 32,9°C olarak tespit edilirken en düşük sıcaklık ise 23,8°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilerde ise ortalama sıcaklık 28,5°C, en yüksek sıcaklık 32,9°C, en düşük sıcaklık 23,8°C olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin kuzeyi, Esenyurt, Beylikdüzü, Sultangazi, Esenler, Gaziosmanpaşa, Eyüpsultan, Şişli ve Sancaktepe olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise en yüksek sıcaklık değerlerine sahip istasyonlar Eyüpsultan, Sancaktepe, Çekmeköy/Ömerli, Şişli, Sabiha Gökçen Havalimanı istasyonları olarak tespit edilmiştir.

En düşük sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin güneyi, Arnavutköy'ün Karadeniz'e yakın kesimleri, Sarıyer'in kuzeydoğusu, Fatih'in güneyindeki çok küçük bir alan, Beykoz'un kuzeybatısı, Kadıköy'ün batısı, Pendik'in güneyinde sadece sahil bölgesi ve Şile olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerinde ise en düşük sıcaklığa sahip istasyonlar Tuzla/Aydınlı Liman Feneri, Fatih/Kumkapı Fener, Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener, Tuzla İTÜ Güney Mendirek Feneri, Beykoz/Anadolu Feneri istasyonları olarak tespit edilmiştir.



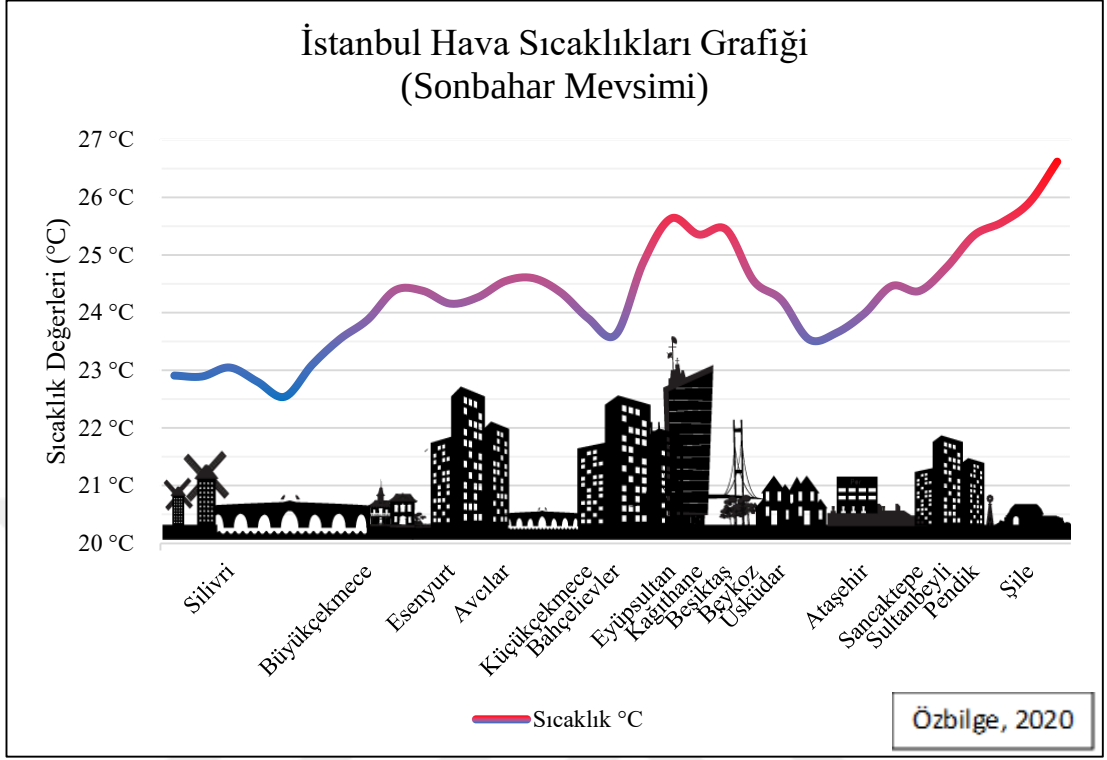
Şekil 36 - İstanbul Yaz Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği

Yaz mevsimine ait hava sıcaklığı grafiğine bakıldığında Silivri’de 26-27°C aralığında seyreden sıcaklıkların Büyükçekmece’de 24°C’ye düştüğü tespit edilmektedir. Esenyurt’tan itibaren ise sıcaklıkların 29°C’ye kadar yükseldiği ve Bahçelievler’e kadar pek değişmeden devam ettiği ardından Bahçelievler’de 31°C’ye kadar yükseldiği gözlenmektedir. Sancaktepe’ye kadar sıcaklıklarda pek fazla değişimin olmadığı ve Sancaktepe ile Sultanbeyli arasında 33°C’ye kadar yükseldiği tespit edilmiştir. Sultanbeyli’den Şile’ye doğru ise hava sıcaklığında ani bir düşüşün meydana geldiği ve sıcaklıkların 27°C’ye kadar gerilediği gözlenmiştir.

Oluşturulan veriye göre alansal sıcaklık dağılışlarının ortalaması yaz mevsimi için 24,6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 26,7°C olarak tespit edilirken en düşük sıcaklık ise 21,6°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilerde ise ortalama sıcaklık 24,5°C, en yüksek sıcaklık 26,7°C, en düşük sıcaklık 20,1°C olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin kuzeyi, Başakşehir, Eyüpsultan, Sarıyer'in kuzeyi, Pendik'in kuzeyi ve şile'nin doğusu olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise en yüksek sıcaklık değerlerine sahip istasyonlar şile/İsaköy, Tuzla, şile, Eyüpsultan, Sarıyer/Kumköy-Kilyos istasyonları olarak tespit edilmiştir.

En düşük sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin güneyi, Büyükçekmece'nin Marmara Denizi kıyıları, Beylikdüzü, Bakırköy, Fatih, Kadıköyü'n doğusu ve Kartal olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre ise en düşük hava sıcaklıkları görülen istasyonlar Fatih/Kumkapı Feneri, Tuzla Aydınlı Liman Feneri, Tuzla İT Güney Mendirek Feneri, İstanbul Atatürk Havalimanı ve Beykoz istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 37 - İstanbul Sonbahar Mevsimi Hava Sıcaklıkları Grafiği

Sonbahar mevsimine ait hava sıcaklığı grafiğine bakıldığında Silivri’de 22.5-23°C aralığında seyreden hava sıcaklıklarının Büyükçekmece’ye kadar büyük bir değişime uğramadan devam ettiğini görmekteyiz. Esenyurt’ta ise sıcaklıklar yaklaşık 2°C yükselerek 24.5°’ye kadar çıkmaktadır. Esenyurt’tan Küçükçekmece’ye kadar devam eden sıcaklıklar Bahçelievler’de 1°C’lik soğumayla 23°C’ye kadar gerilemektedir. Bahçelievler’den Eyüpsultan’a geçerken ise sıcaklıkların aniden yükseldiği ve 25.5°C’ye kadar çıktığı tespit edilmiştir. Kağıthane’den Üsküdar’a kadar ise kademeli olarak düşüşe geçen hava sıcaklıklarının 23.5°C’ye kadar düştüğü ve Ataşehir’den itibaren tekrar yükselişe geçen sıcaklıkların Şile’de 27°C’ye kadar yükseldiği tespit edilmiştir.

2.2.3. İstanbul'un Yıllık Hava Sıcaklıkları Analizi

İstanbul'un hava sıcaklık analizi yapılırken tıpkı yüzey sıcaklık analizi adımımda olduğu gibi aylık ve mevsimlik analizler için oluşturulan haritaların tamamında renkler ortak kullanılmış ve değişimin daha kolay anlaşılması amaçlanmıştır. Bu yolun izlenmesindeki temel sebep verilerin birbirleriyle kıyaslanmasını kolaylaştırmaktır. Ancak yıllık hava sıcaklıkları haritası kendi içerisinde anlama sahip olduğundan ve diğer aylarla ya da mevsimlerle kıyaslama gerektirmediğinden dolayı ortak lejant uygulaması burada söz konusu değildir. Yıllık hava sıcaklığı haritası için Qgis programı içerisindeki Quantile semboloji metodu kullanılmıştır.

Yüzey sıcaklıklarında raster görüntüler üst üste bindirilmiş ve ortaya çıkan hücre değerleri 12'ye bölünerek yıllık ortalama elde edilmiştir. Ancak hava sıcaklıkları için ortada bir raster ya da vektör veri söz konusu olmadığından elde sadece sözel veriler olduğundan dolayı öncelikle bu sözel veriler üzerinde işlem yapmak gerekmektedir.

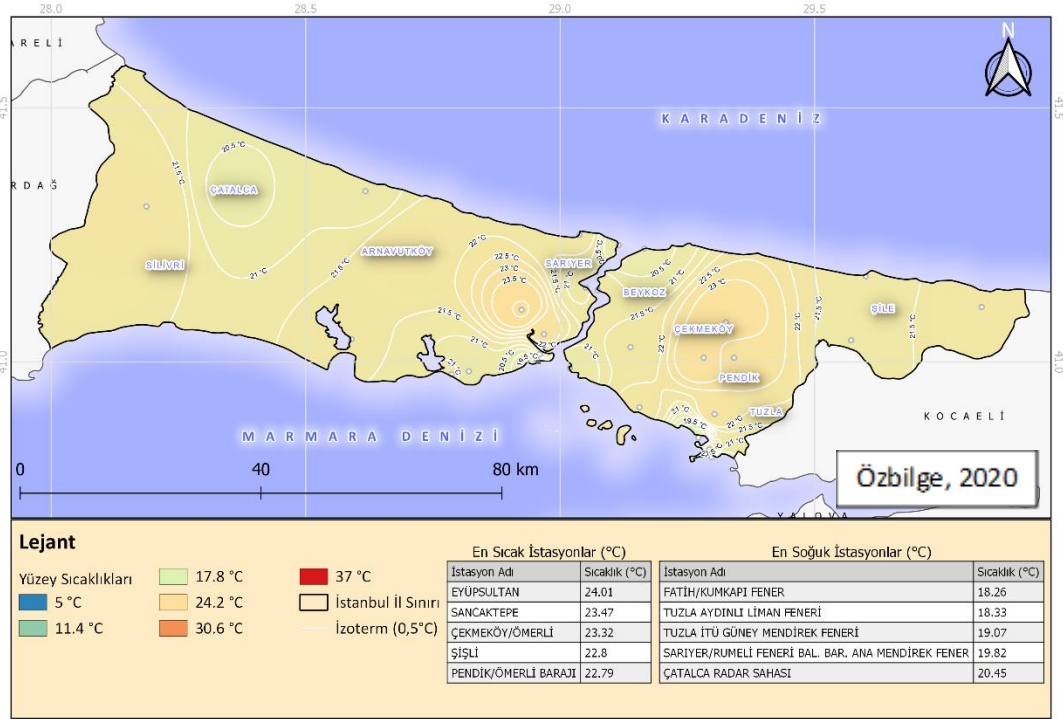
Uydu görüntüleriyle karşılaştırılabilir ve yüzey ısı adası, şehir ısı adası kavramları arasındaki farkı daha net anlatması amacıyla uydu görüntüleriyle aynı gün ve saate ait olması gereken bu veriler için Ocak ve Şubat ayında daha önce de bahsedilen farklı durumlar ortaya çıkmış ve Ocak, Şubat ayları için aylık hesaplanmıştır kullanılmıştır. Bu hesaplamaların tam olarak yapılabilmesi için yöntemler üzerinde derin karşılaştırmalar yapılmış ve en iyi analizin SQL sorgu ile gerçekleşeceğine karar verilmiştir. Öyle ki saatlik meteorolojik veriler beş milyon yüz yetmiş beş bin sekiz yüz kırk iki(5.175.842) satırdan meydana gelmektedir. Bu büyüklükte bir verinin manuel olarak analiz edilmesi zaman ve emek kaybı ortaya çıkaracaktır.

SQL sorgu için ise öncelikle MGM'den elde edilen veriler CSV formatına dönüştürülmüş ardından ortaya çıkan sözel veriler PgAdmin 4 programı ile PostgreSQL 9.5 veri tabanı sistemine aktarılmıştır. Aktarılan veriler daha önce oluşturulan geometrik istasyon verilerine “istasyon_id” satırından bağdaştırılarak konumsal hale getirilmiştir. Bu işlemler SQL sorgular ile View tabloları üzerinden yapılmıştır. Verilerin geometrik özellik kazanmasının ardından aşağıdaki SQL sorgu ile noktasal yıllık ortalama elde edilmiştir-kullanılan tarihler tamamen yüzey sıcaklık verileriyle aynıdır.

```
“select ist.id, ist.istasyon_adi,ist.geom,ist.istasyon_no, ort.sicaklik from(select istasyon_no,round(AVG(ortak.sicaklik),2)
sicaklik from ( SELECT s.istasyon_no, s.istasyon_adi, s.yil, s.ay, s.gun, s.saat, s.sicaklik, g.geom FROM ( SELECT
avg(saatlik_sic.istasyon_no)::integer AS istasyon_no, saatlik_sic.istasyon_adi, max(saatlik_sic.yil) AS yil, max(saatlik_sic.ay)
AS ay, max(saatlik_sic.gun) AS gun, max(saatlik_sic.saat) AS saat, avg(saatlik_sic.sicaklik) AS sicaklik FROM
tez_geo.saatlik_sic,tez_geo.ortak_istasyonlar o, tez_geo.istasyon g_1 WHERE saatlik_sic.yil = 2019 AND saatlik_sic.ay = 1
AND saatlik_sic.saat = 14 and saatlik_sic.istasyon_no=o.istasyon_no GROUP BY saatlik_sic.istasyon_adi ORDER BY
saatlik_sic.istasyon_adi) s, tez_geo.istasyon g WHERE s.istasyon_no = g.istasyon_no union all SELECT s.istasyon_no,
s.istasyon_adi, s.yil, s.ay, s.gun, s.saat, s.sicaklik, g.geom FROM ( SELECT avg(saatlik_sic.istasyon_no)::integer AS
istasyon_no, saatlik_sic.istasyon_adi, max(saatlik_sic.yil) AS yil, max(saatlik_sic.ay) AS ay, max(saatlik_sic.gun) AS gun,
max(saatlik_sic.saat) AS saat, avg(saatlik_sic.sicaklik) AS sicaklik FROM tez_geo.saatlik_sic,tez_geo.ortak_istasyonlar o,
tez_geo.istasyon g_1 WHERE saatlik_sic.yil = 2019 AND saatlik_sic.ay = 2 AND saatlik_sic.saat = 14 and
saatlik_sic.istasyon_no=o.istasyon_no GROUP BY saatlik_sic.istasyon_adi ORDER BY saatlik_sic.istasyon_adi) s,
tez_geo.istasyon g WHERE s.istasyon_no = g.istasyon_no union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2019 and ay=3 and gun=25 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*mart*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2018 and ay=4 and gun=23 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*nisan*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2019 and ay=5 and gun=28 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*mayis*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2017 and ay=6 and gun=7 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*haziran*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2017 and ay=7 and gun=9 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*temmuz*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2017 and ay=7 and gun=25 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*agustos*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2019 and ay=9 and gun=17 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*eylul*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2019 and ay=10 and gun=3 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*ekim*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2017 and ay=11 and gun=14 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*kasim*/ union all select
s.istasyon_no,s.istasyon_adi,s.yil,s.ay,s.gun,s.saat,s.sicaklik,s.geom from tez_geo.saatlik_sic s, tez_geo.ortak_istasyonlar i where
s.yil=2017 and ay=12 and gun=16 and saat=12 and s.istasyon_no=i.istasyon_no /*aralik*/) ortak group by istasyon_no) ort,
tez_geo.istasyon ist where ist.istasyon_no=ort.istasyon_no”
```

Yukarıdaki yazılar analizler yapılırken kullanılan SQL sorgularına bir örnektir.

İşlemler sonucunda üretilen coğrafi nokta verileri kullanılarak enterpolasyon işlemi yapılmış ve alan verisi oluşturulmuştur. Bu alan verisi de kullanılarak daha önceki bölümlerde olduğu gibi 0.5°C'lik aralıklara sahip izoterm eğrileri hazırlanmıştır.



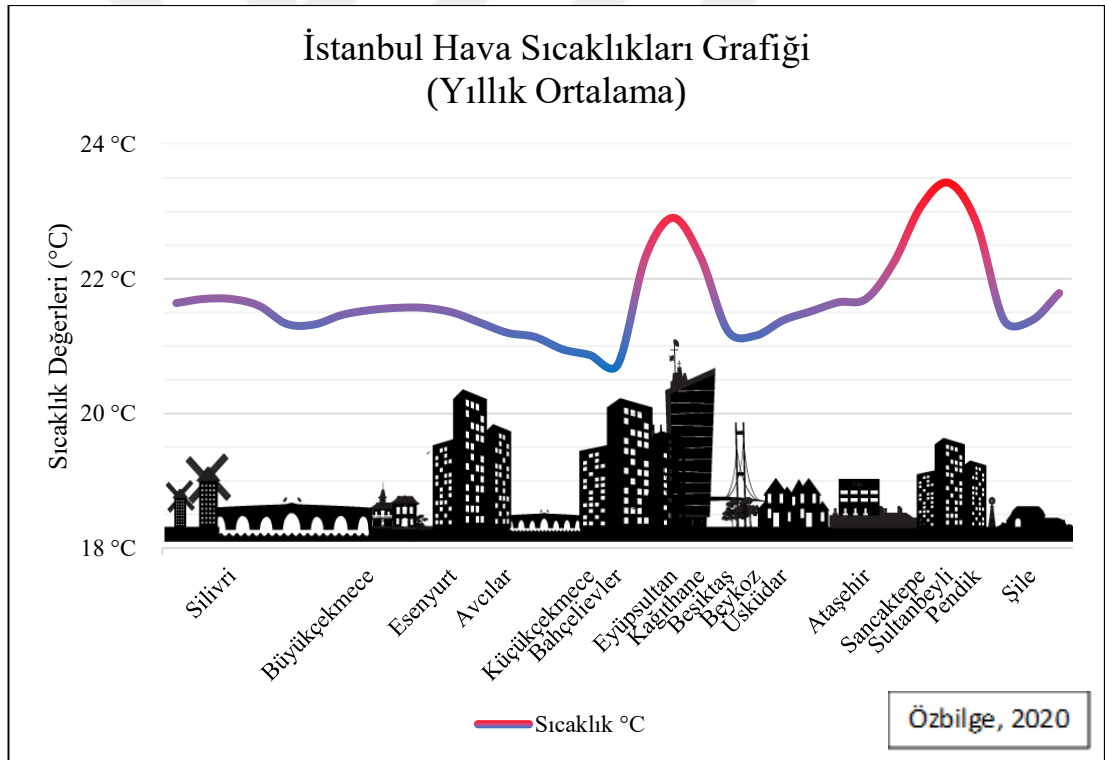
Şekil 38 - İstanbul Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı Haritası

Oluşturulan veriye göre alansal sıcaklık dağılımlarının ortalaması yıllık hesaplama sonucunda 21.6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 24°C olarak tespit edilirken en düşük sıcaklık ise 18.4°C olarak tespit edilmiştir. Noktasal verilerde ise ortalama sıcaklık 21.4°C, en yüksek sıcaklık 24.1°C, en düşük sıcaklık 18.3°C olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sıcaklığa sahip alanlar Silivri'nin güneybatısı, Büyükçekmece'nin doğusu, Esenyurt, Beylikdüzü, Sultangazi, Eyüpsultan, Kağıthane, Şişli, Fatih'in kuzeyi, Ataşehir, Ümraniye, Çekmeköy, Maltepe, Kartal ve Tuzla'nın güneybatısı olarak tespit edilmiştir. Noktasal istasyon verilerine göre ise en yüksek sıcaklık değerlerine

sahip istasyonlar Eyüpsultan, Sancaktepe, Çekmeköy/Ömerli, Şişli, Pendik/Ömerli Barajı istasyonları olarak tespit edilmiştir.

En düşük sıcaklığa sahip alanlar Çatalca'nın kuzeyi, Fatih'in güneyi, Sarıyer'in kuzeydoğusu, Beykoz'un kuzeybatısı, Şile'nin kuzeybatı olarak tespit edilmiştir. İstasyon verilerine göre ise en düşük hava sıcaklıkları görülen istasyonlar Fatih/Kumkapı Fener, Tuzla Aydınli Liman Feneri, Tuzla İTÜ Güney Mendirek Feneri, Sarıyer/Rumeli Feneri Bal. Bar. Ana Mendirek Fener, Çatalca Radar Sahası istasyonları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 39 - İstanbul Yıllık Ortalama Hava Sıcaklıkları Grafiği

Yıllık hava sıcaklığı ortalaması grafiğine göre Silivri'de 21.5-22°C aralığında seyreden hava sıcaklıkları Küçükçekmece'ye kadar pek değişime uğramamaktadır. Küçükçekmece'den itibaren 23°C'ye kadar yükselen hava sıcaklıkları Beşiktaş'ta

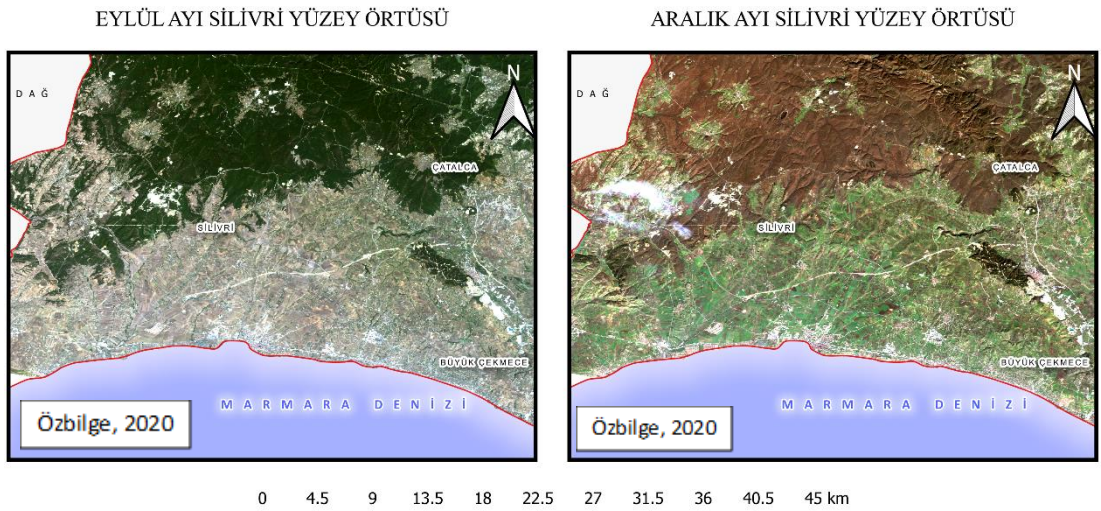
tekrar 21.5°C'ye kadar düştükten sonra Sancaktepe'de 24°C'ye kadar yükselmektedir. Pendik'ten Şile'ye geçerken ise sıcaklıklarda bir düşüş tespit edilmekte ve Şile Merkez'de 21.5°C civarında seyretmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR

Araştırmanın önceki bölümünde elde edilen bilgilerden ortaya çıkan ve araştırmanın amacına uygun, ispat niteliğinde bulgular bu bölümde paylaşılacaktır.

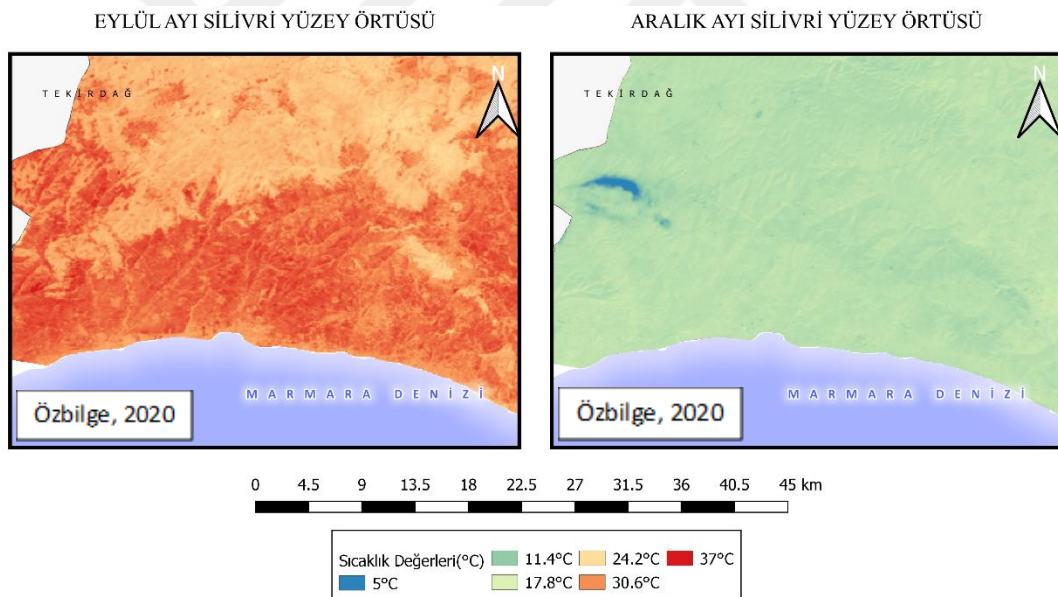
Yüzey Sıcaklıkları Kaplama Rengine Göre Değişmektedir

Çalışma boyunca, yüzey sıcaklıklarını tespit edebilmek için çok çeşitli uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntülerin her birinde aynı alan için farklı yüzey örtülerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu yüzeylerde iki farklı örtü tipinde farklı sıcaklıklar tespit edilmiştir. Bu farklılığın sebebi araştırıldığında yüzey örtüsündeki değişimin neden olduğu saptanmıştır.



Harita 38 - Silivri'nin Eylül ve Aralık Aylarındaki Yüzey Örtüsü

Yukarıdaki haritada da gösterildiği gibi eylül ve aralık aylarında Silivri’de yüzey örtüsünün renginde değişim meydana gelmektedir. Bu değişim beraberinde yüzey sıcaklıklarını da değiştirmektedir. İki ay da farklı mevsimlere ait olduğundan dolayı yüzeydeki tarım arazilerinin filizlenme ve kuruma dönemleri arasında ortaya çıkan bu renk farkı yüzey sıcaklıklarıyla şehir ısı adasının tespitinin de sıkıntılı olduğunu ortaya koymaktadır. Öyle ki yüzey sıcaklığına bakarak sadece bu değerler üzerinden bir bölgenin şehir ısı adası olduğunu söylemek bölgedeki tarım arazilerini şehrsel alan olarak saymaktır. Tarımsal arazileri şehrsel arazi olarak göstermek ise tamamen yanlış bir tespit olacaktır.



Harita 39 - Silivri'nin Eylül ve Aralık Aylarındaki Yüzey Sıcaklıkları

Yukarıdaki haritada da görüleceği üzere aynı mekana ait 2 farklı yüzey sıcaklık haritasında tarımsal araziler çevrelerine göre daha farklı sıcaklık değerlerine sahip olmaktadır. Eylül ayını gösteren haritada güneydeki tarımsal araziler kuzeydeki orman arazilerine göre daha fazla yüzey sıcaklığına sahipken aralık ayında tarımsal arazi ile

orman arazisi arasındaki sıcaklık farkının yüksek olmadığı tespit edilmektedir. Bu durum da yine yüzeydeki tarımsal arazilerin uydudan yüzey sıcaklığı tespiti sırasında yanıltıcı etki gösterebileceğinin kanıtı niteliğindedir. Bu durum ayrıca Eylül ayına ait yüzey sıcaklıklarının analiz edildiği bölümde de net olarak görülebilmektedir.

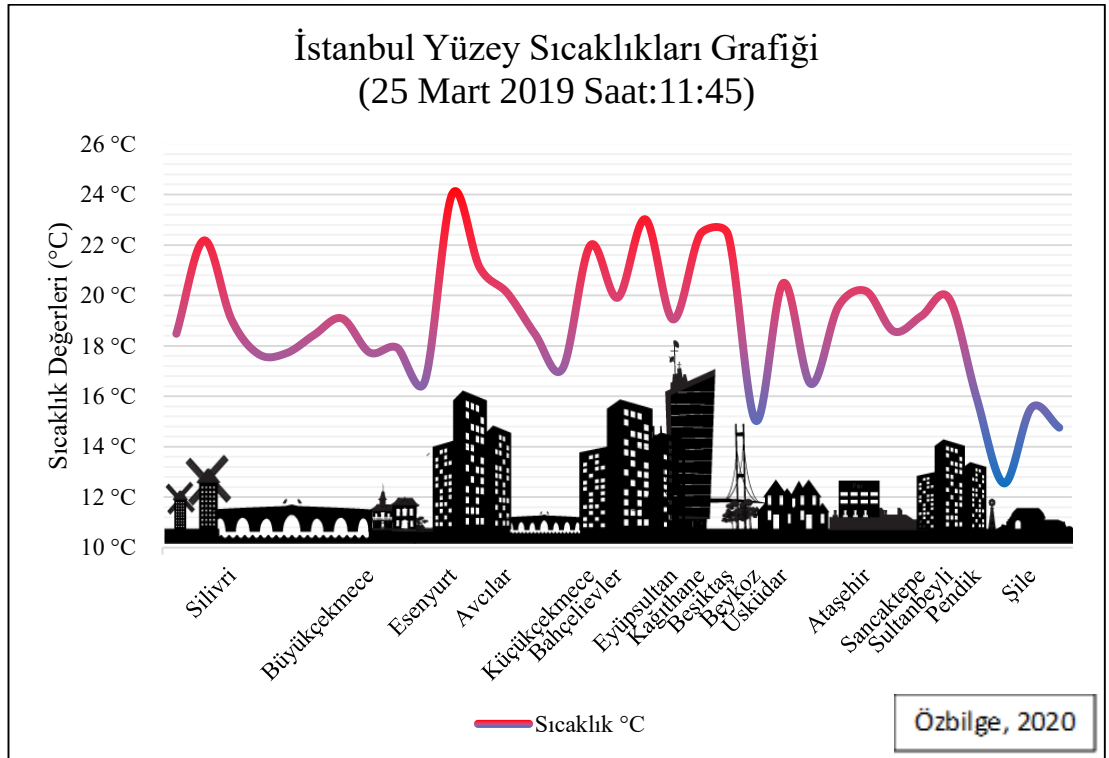
Su ve Bulut Yüzeyleri Uydu Verilerini Etkiliyor

Uydu görüntüleri kullanarak yüzey sıcaklıkları tespit edilirken karşılaşılan zorluklardan bir diğeri de su ve bulut yüzeylerinin sebep olduğu hatalı verilerdir. Su ve bulut yüzeyleri çevrelerine göre daha farklı sıcaklık özelliği gösterdiğinden dolayı verilerin ortalamaları bulunurken bu alanların tek tek tespit edilip veri içerisinden kaldırılması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak anlık alınabilen bu uydu görüntülerinin parça parça birleştirilmesi ve bir alana ait yüzey sıcaklıklarının tespit edilmesi de pek doğru bir yöntem değildir. Çünkü bir alana ait yüzey sıcaklıkları anlık olarak değişmekte aynı ve aynı güne ait veriler olsa bile her yıl farklı sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla bir bölgenin yüzey sıcaklık değerleri anlık olarak ölçülmelidir. Bulutlu havalar ve su yüzeylerindeki değişiklikler uydular üzerinden kullanılabilir verilerin üretilmesini de imkansız hale sokmaktadır. Çalışma içerisinde de böyle bir durumla karşı karşıya kalınmış, Ocak ve Şubat aylarına ait yüzey sıcaklık verileri üretilirken farklı günlere ait yüzey sıcaklıklarının ortalaması alınmıştır. Ancak burada da yine analiz aşamasında zorluklar yaşanmıştır. Analizlerin sağlıklı olarak yapılabilmesini sağlamak amacıyla gösterilen titizlikle birlikte bulutların olduğu alanların tek tek tespit edilip bulutsuz gün sayısına göre eldeki görüntülerin ortalamasının alınmaya çalışılması özellikle MODIS gibi mekânsal çözünürlüğü düşük uydularda neredeyse imkansız hale gelmiştir. Bunun önüne geçmek amacıyla

aynı gün ve saate ait farklı uydu görüntülerinden faydalanılmış ve bulutlar o görüntüler aracılığıyla da tespit edilmiştir. Böylesine ağır bir iş yükü sadece araştırmaların sonuç süresini uzatacak ve kayda değer veriler elde edilmesinin önüne geçecektir. Gereksiz enerji ve zaman harcaman yerine doğrudan hava sıcaklıklarını ölçen istasyon verilerinin kullanılması ŞIA yapısını tespit etmekte daha mantıklı bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yüzey Sıcaklığı Grafikleri Şehir, Kırsal Farkını Gösteremiyor

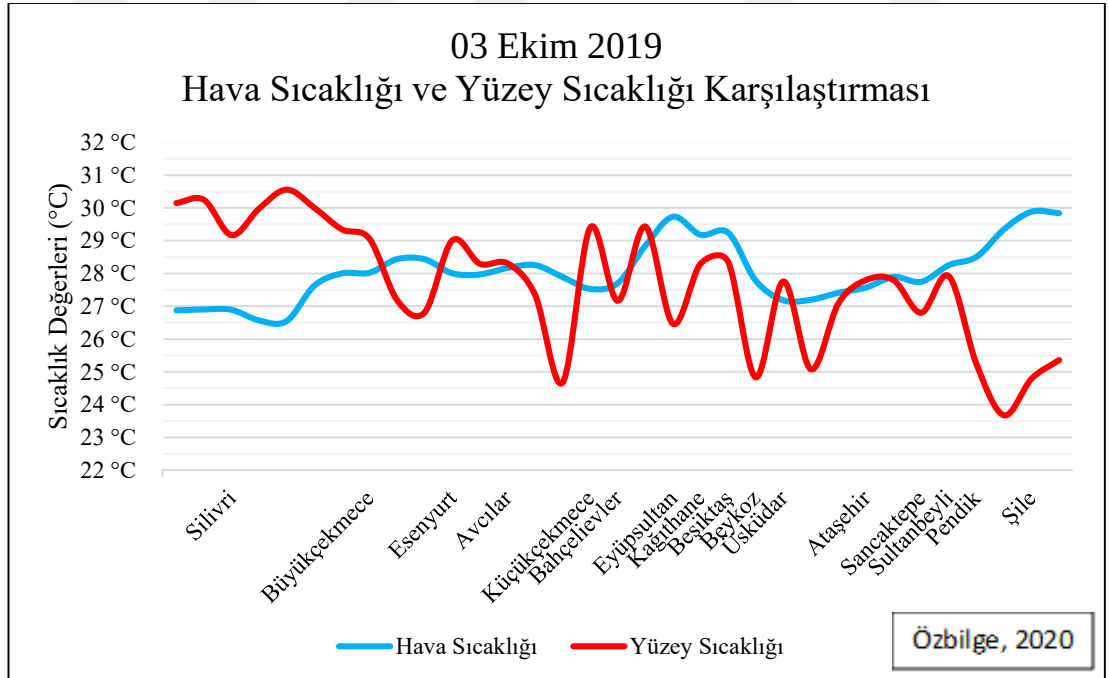
Yüzey sıcaklığı verileri kullanılarak oluşturulan sıcaklık grafiklerinde şehrsel ve kırsal alanlar arasındaki farklar net olarak gözlenememektedir ve bu durum kırsal alanlar ile şehrsel alanlardaki ortam değerlerinin aynı olduğunu düşündürmekte dolayısıyla yanlış sonuçlara sürüklemektedir.



Şekil 40 - 25 Mart 2019 Saat:11.45 İstanbul Yüzey Sıcaklığı Grafiği

Mart ayına ait yüzey sıcaklık değerlerinin incelendiği bölümden alınan yüzey sıcaklık grafiğine bakıldığında da bu durumun net olarak görüldüğünü söyleyebiliriz. Silivri gibi kırsal bir alanda yüksek seyreden yüzey sıcaklıklarının Büyükçekmece’de düşmesi kırsal ve şehrsel alanlar arasındaki sıcaklık farkının doğru yorumlanmasını engellemekte ve ŞIA’nın tespitini zorlaştırmaktadır.

Bu duruma ek olarak yüzey sıcaklık grafiklerinin kaplama rengine göre de değiştiği tespit edilmiştir. Eylül ve Ekim aylarında tarımsal alanlardaki bitkilerin kuruyarak renk değiştirmeleri sonucunda yüzeyden ölçülen sıcaklıklar da farklı bir yapıya bürünmüştür. Bu durum grafik üstünden de net olarak anlaşılmaktadır oysaki aynı zamana ait hava sıcaklıkları grafiğine bakıldığında tarımsal bölgenin şehrsel bölgeden daha düşük hava sıcaklıklarına sahip olduğu görülebilmektedir.



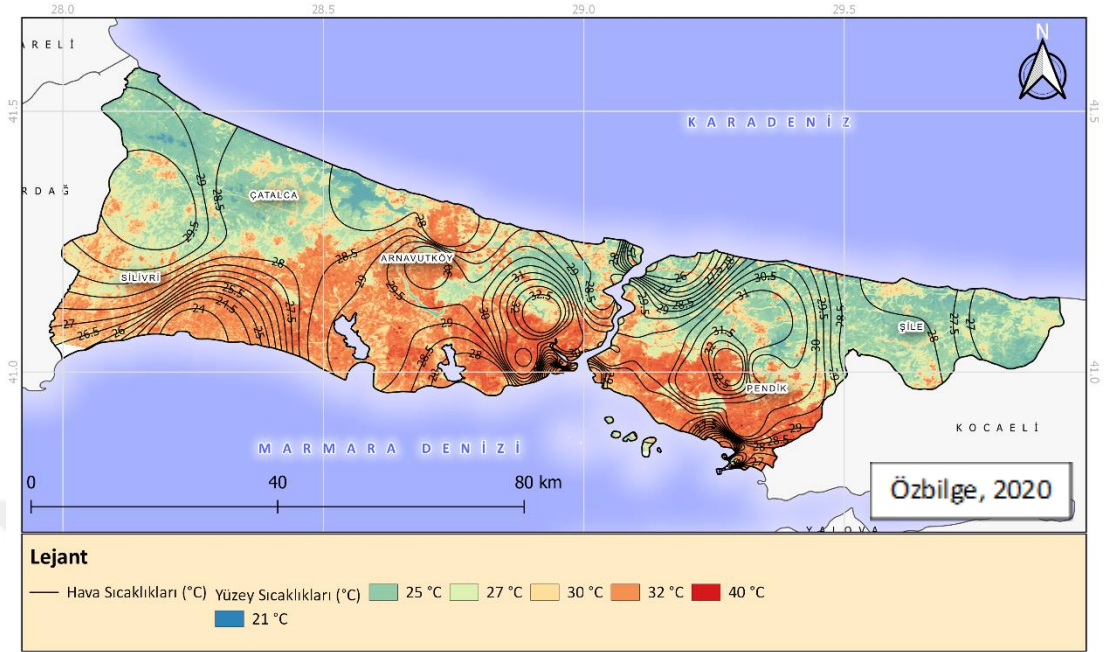
Şekil 41 - 03 Ekim 2019 Hava ve Yüzey Sıcaklığı Kıyaslaması

Yukarıdaki grafik de bu durumu destekler niteliktedir. Grafikteki verilerin her ikisi de 03 Ekim 2019 tarihine aittir. Yüzey sıcaklıkları saat 11.45’e, hava sıcaklıkları ise saat

12.00'a ait verilerden elde edilmiştir. Birbirlerine büyük oranda uyan bu iki verinin farklı grafik ortaya çıkarıyor olması yukarıda bahsedilen durumu destekler niteliktedir. Özellikle Silivri ve Büyükçekmece arasında görülen birbirinin aksine olan sıcaklık durumu sayesinde sıcaklık profillerinin kırsaldan kente olarak düşünüldüğünde birbirine zıt sonuçlar ürettiği tespit edilebilmektedir.

Yüzey Sıcaklıkları Hava Sıcaklığını Etkiliyor

Yüzey sıcaklık verileri incelenirken hava sıcaklıklarıyla rüzgâr yönünde kısmen uyumlu oldukları saptanmıştır. Rüzgârın etkisiyle birlikte, yüzeyde ısınmış olan hava taşınarak farklı bölgelere dağılabilmektedir. Bu durumun etki boyutunu temel olarak rüzgarlar belirlemektedir. Ancak rüzgarların yanında yerçekillerinin de bu taşınma sırasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle vadi içlerinden taşınan hava kütleleri bölgenin ardındaki yüksek alanlar sayesinde daha fazla uzaklaştırılamamakta ve yüzey yapısına göre bir karakter sergilemektedir. Yüzeyin doğal ortamdan daha soğuk ya da daha sıcak olmasına göre değişen durum İstanbul'un da farklı bölgelerinde tespit edilmiş ve mevsimler arasında karakter yapısında değişik gösterdiği anlaşılmıştır.



Harita 40 - 2017 Yılında İstanbul'un Yüzey Sıcaklıkları ve Hava Sıcaklıkları

Yüzey sıcaklıkları ve hava sıcaklıklarını ortak olarak gösteren haritadan da anlaşıldığı üzere yüzey sıcaklıklarının rüzgar tarafından taşınarak bazı bölgelerde toplandığı görülebilmektedir. Bu durumun tam olarak nasıl meydana geldiğini anlamak için bölgenin bir de rüzgar verilerine ihtiyaç vardır. Ancak MGM'den temin edilen veriler arasında rüzgar verileri bulunmadığı için bu veriler WeatherOnline web sitesindeki hava değerleri veri setinden elde edilmiştir (Weather Online, 2020). Elde edilen verilere göre İstanbul'da 2017 yaz mevsimindeki rüzgar verileri aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

Tablo 2 - 2017 Yaz Mevsiminde İstanbul'da Hakim Rüzgar Yönü

K	19 %	
KD	35 %	
D	9 %	
GD	5 %	
G	5 %	
GB	17 %	
B	5 %	
KB	4 %	

Kaynak: (Weather Online, 2020).

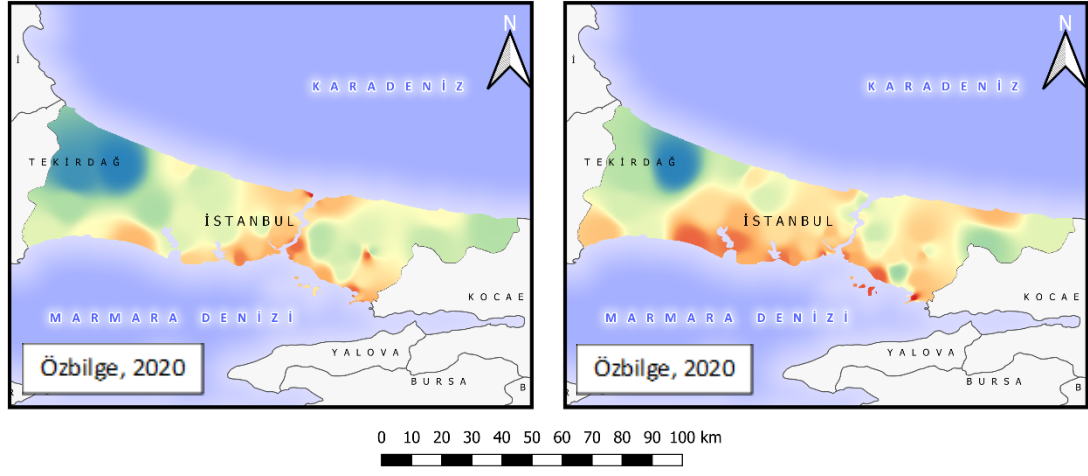
Tabloya göre İstanbul'da 2017 yılında hakim rüzgar yönü Kuzeydoğu olarak görünmektedir, ikincil hakim rüzgar yönü ise Kuzey olarak görünmektedir. Bu durum göz önüne alındığında ve haritadaki yüzey sıcaklıklarının hava sıcaklıklarıyla ilgisi araştırıldığında özellikle Bakırköy ve Gaziosmanpaşa arasında kuzeydoğu-güneybatı rüzgarlarının kesiştiği alanda sıcaklıkların ani değişimlere uğradığı tespit edilmiştir. Bu durum da yine yüzey sıcaklıklarının taşınarak farklı alanlarda etki gösterdiğinin ispatı niteliğindedir.

Hava Sıcaklıkları ile ŞIA Tespiti Mümkün

Aylık, mevsimlik ve yıllık hava sıcaklıklarının analiz edildiği bölümlerdeki verilerin yüzey sıcaklıkları ile karşılaştırılabilmesi için hava sıcaklığı verileri de aynı tarih ve saate ait veriler arasından oluşturulmuştur. Ancak yüzey sıcaklık değerlerinde sadece anlık değerler ölçülebildiği için aynı dezavantaj hava sıcaklıklarının tespiti anında da ortaya çıkmıştır. Oysaki hava sıcaklıklarını sadece bir anlık değil saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık ölçümler ile tespit edebilmekteyiz. Bu da uydu verilerinden farklı olarak daha geniş zaman aralığında tespit yapma imkânı vermektedir. Durum böyle olunca veriler de tekrar analiz edilmiş ve İstanbul'un mevsimlik olarak hava sıcaklığı ölçümünde çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir.

2018 İSTANBUL KIŞ GECE(04.00) HAVA SICAKLIĞI

2018 İSTANBUL YAZ GÜNDÜZ(13.00) HAVA SICAKLIĞI



Çevresine Göre Daha Soğuk



Çevresine Göre Daha Sıcak

Harita 41 - İstanbul'un Kış ve Yaz ŞIA Durumu

Yaz ve kış mevsimlerinin sıcaklık ortalamaları verilerin kendi yapısına uygun bir şekilde incelendiğinde ve yüzey sıcaklık verilerine uydurmak için kısıtlanmadığında yukarıdaki gibi bir harita ortaya çıkmıştır. Bu haritaya göre İstanbul'a kış mevsiminde ŞIA, gece daha kolay tespit edilirken yaz mevsiminde gündüz daha kolay tespit edilebilmektedir. Çünkü kış mevsiminde geceleri, yaz mevsiminde ise gündüzleri çevresine göre yüksek sıcaklık özelliği gösteren alanlar İstanbul'daki şehirseller alanlara denk gelmektedir.

SONUÇ

ŞIA ve YIA kavramları arasındaki farkları ispatlarıyla birlikte ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma neticesinde YIA ile ŞIA'nın varlığı ve tespit edilebilmesi açısından doğal alanlar ile şehirselle alanlar arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Şehir ısı adasını tespit etmek amacıyla kullanılan yüzey sıcaklık verileri kısıtlı bir zaman aralığına sahip olduklarından dolayı yanıltıcı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Yüzey sıcaklığı verileri sadece şehirselle alanlarda değil doğal ortamlarda da farklı sebeplerden dolayı artışlar ve azalışlar göstermektedir. Oysaki hava sıcaklıkları şehirselle alanlarda doğal çevreye göre çok net bir değişime uğramaktadır ve buna benzer değişikliklere doğal ortamlarda bu sıklıkta rastlanmamaktadır. Bu durum da göz önüne alındığında şehir ısı adasını tespit edebilmek için kullanılan yüzey sıcaklık verileri aslında ŞIA'yı değil YIA'yı tespit etmekte yardımcı olmaktadır. ŞIA olarak belirtilen kavram şehirselle alanlarda meydana gelen ve yakın çevredeki doğal ortamda görülmeyen sıcaklık değişimlerini temsil etmektedir. Bu değişiklikler mevsimselle etkilere göre negatif ya da pozitif ŞIA ortaya çıkarmaktadır. Oysaki YIA'nın tespiti doğal ortamlarda da mümkündür. Bu özelliğinden dolayı YIA ve ŞIA iki farklı kavram olarak İstanbul özelinde değerlendirilmiştir. Aynı durumun farklı bölgelerde de geçerli olduğu İstanbul'un farklı alanlarında yapılan analizlerle de çalışma içerisinde ortaya konulmuştur. Bu durumlara ek olarak yüzey sıcaklık verilerini etkileyen birden çok yanıltıcı faktör de yüzey sıcaklık verilerinin kullanılabilirliğine şüphe düşürmektedir. Özellikle ortalama değerler hesaplanırken etkili olan bu yanıltıcı yansıma değerleri araştırmaların geçerliliği teyit edilmesi gereken sonuçlar oluşturmaktadır. Yapılacak ŞIA araştırmalarında hava sıcaklığı verilerinin kullanılacak olması mekânın gerçek

sıcaklığı hakkında şüphe bırakmayacak ve şehir ısı adasını net olarak ortaya koyacaktır. Çünkü hava sıcaklıklarını etkileyen faktörler arasında ilgili şehrin geometrik yapısı, binaların türü ve yüksekliği, nüfus yapısı, eğitim düzeyi, kullanılan enerji türleri, ekonomik faaliyetler (sanayi, turizm, hizmet vs.) gibi unsurlar da yer almaktadır. Bu unsurların birçoğu şehir yüzey sıcaklıklarına doğrudan etki etmezken hava sıcaklıklarını direkt olarak değiştirebilmektedir. Beşeri faktörlerin hava sıcaklıklarından tespit edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca yüzeylerin yapısından dolayı ortaya çıkacak sıcaklıkların da etkisinden arınmış olarak ölçülen hava sıcaklıkları sayesinde şehir ısı adasının da tespiti daha doğru yapılmış olacaktır. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında şehir ısı adası kavramının, şehir yapısından dolayı ortaya çıktığını ve şehir ile yakın çevredeki doğal ortam arasındaki sıcaklık farkı olduğu sonucuna varabiliriz. Yüzey ısı adası kavramı ise şehir ya da doğal alan fark etmeksizin doğrudan yüzeyin yapısı ve güneşin geliş açısı sonucunda ortaya çıkan yüzey sıcaklığının bölgesel yayılışını ifade etmektedir. Yüzey ısı adasının oluşmasında insan etkisi temel şart değilken şehir ısı adasının oluşmasında insan faaliyetleri temel etkeni oluşturmaktadır. İnsanlar tarafından gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda havanın yapısındaki değişimlere bağlı sıcaklık değişiklikleri şehir ısı adasının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla yüzey sıcaklıkları kullanılarak yapılan analizler yüzey ısı adasını belirtirken, hava sıcaklıkları ile yapılan analizler şehir ısı adasını belirtmektedir.

KAYNAKÇA

- Akay, A.: Kentsel Mekanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Sürdürülebilir Peyzajın Öneminin Ankara Kenti Örneğinde Araştırılması. Ankara: YÖK Tez Merkezi, 47894, 1996.
- Atlas Dergisi.: İstanbul Boğazı. Coğrafya ve Keşif Dergisi Atlas Sayı 180, 106, 2008.
- Babita, K., Mohammad, T., Shahfahad, Salman, Javed, Mallic, .Atiqur, R: Satellite-Driven Land Surface Temperature (LST) Using Landsat 5, 7 (TM/ETM+ SLC) and Landsat 8 (OLI/TIRS) Data and Its Association with Built-Up and Green Cover Over Urban Delhi. Remote Sensing in Earth Systems Sciences (2018) 1,2018, 63-78.
- Bilgen, S. İ.: İstanbul İçin Şehir Isı Adası Şiddetinin Araştırılması ve Azaltma Stratejilerinin Geliştirilmesi. İstanbul: YÖK Tez Merkezi, 444259, 2016.
- Canan, F.: Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 69-80, 2017.

Çiçek, İ., Doğan, U.: Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 57-72, 2005.

David Parastatidis, Z. M.: Global Land Surface Temperature Estimation. MDPI, Remote Sensing — Open Access Journal, 2017.

Diren, D. H.: İstanbul Şehir Isı Adası Etkisinin Farklı Arazi Kullanım Verileri ve WRF Modeli Kullanılarak Analizi. İstanbul: YÖK Tez Merkezi, 439661, 2016.

Efe, R., Soykan, A., Dede Korkut monument oak (*Quercus infectoria* Curebal, I., Sonmez, S.: Olivier) (Kadıköy -Edremit – Balıkesir, Turkey). Procedia - Social and Behavioral Sciences 19, 2011, s.627-636.

Erol, O., MTA.: 1/1.000.000 Ölçekli Türkiye Jeomorfoloji Haritası. MTA Web Sitesi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeomorfolojibas> adresinden alındı, 1993, Erişim tarihi: 2020.

Mimoza Marmara Fay Sirtında Yaşamak. <http://mimoza.marmara.edu.tr/~avni/erkenuyari/farsirtindayasamak.htm> adresinden alındı, 11 Aralık 2019.

FORTH: Land Surface Temperature. REMOTE SENSING
LAB: http://rslab.gr/downloads_lst.html adresinden
alındı, 2019.

Gökaşan, E., Tur, H., stanbul Boğazı deniz tabanı morfolojisini denetleyen
Ecevitoglu, B., Görüm, etkenler:Son buzul dönemi sonrası aşınama izlerinin
T., Türker, A., Tok, B., kanıtları. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri
Birkan, H.: Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, Yerbilimleri
27(3), 2006, s.143-161.

Gülten, A.: Kentsel Yüzeylerde Isı Adası Etkisinin Simulasyon
Yöntemi ile Araştırılması. YÖK Tez Merkezi, 373816,
2014.

Gümüş, A. E.: Ankara Kenti Isı Adası Oluşumunun Saptanması ve
Değerlendirilmesi. Ankara: YÖK Tez Merkezi,
392655, 2015.

IAUC.: The Climate of London by Luke Howard IAUC
Edition. IAUC, 2006.

Ihlen, V.: Landsat 8 Data Users Handbook. Sioux Falls, South Dakota: Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2019.

Kılınçaslan, İ.: İSTANBUL - Kentleşme Sürecinde Ekonomik ve Mekansal Yapı İlişkileri. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 1981.

Kırlangıçoğlu, C.: Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergah Tasarımı: İstanbul Örneği. İstanbul: YÖK Tez Merkezi, 361801, 2014.

Kum, G.: Göztepe, Kandilli ve Şile Sıcaklık Verileri Kullanılarak İstanbul'da Şehir Isı Adası Etüdü. İstanbul: YÖK Tez Merkezi, 215026, 2006.

Lin, C.-Y., Chen, F., Urban Heat Island Effect And its Impact on Boundary
Huang, J., Chen, W.-C., Layer Development and Land–Sea Circulation Over
Liou, Y.-A., Chen, W.-N., Northern Taiwan. Atmospheric Environment, 2008,
Liu, S.-C.: pp.5635-5649.

M. C. Peel, Finlayson, B. Updated world map of the Köppen-Geiger climate.
L., McMahon, T. A.: Hydrology and Earth System Sciences Discussions
4(2), 2007, pp.439-473.

Marsh, W. M.: Landscape planning : environmental applications 2nd
Edit. New York: Hoboken, NJ: Wiley, 1991.

MGM: İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri - İstanbul.
Meteoroloji Genel Müdürlüğü:
[https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-
ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ISTANBUL](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ISTANBUL)
adresinden alındı, 20 Şubat 2020.

Miles, V., Esau, I.: Surface Urban Heat Islands in 57 Cities Across
Different Climates in Northern Fennoscandia. Urban
Climate 31 Elsevier, 2020.

Parsons, T., Toda, S., Etkileşime Dayalı Bir Olasılık Hesabı İstanbul
Stein, R. S., Barka, A., Yakınlarında Olası Bir Deprem. Bilim ve Teknik, 2000,
Dieterich, J. H.: s.661-665.

Priyadarsini, R., Hien, W. N., David, C. K.: Microclimatic Modeling of The Urban Thermal Environment of Singapore to Mitigate Urban Heat Island. Solar Energy (s. Elsevier). Singapore: Elsevier, 2008.

Quake increases risk for temblor in Istanbul. (1999, Eylül 25). MIT News: <http://news.mit.edu/1999/quake-0925>

Rao, P.: Remote Sensing of Urban Heat Islands From an Environmental Satellite. Bulletin of the American Meteorological Society, American Meteorological Society, 1972, pp.647-648.

Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., Guedalia, D.: Impact of Urban Heat Island on Regional Atmospheric Pollution. Atmospheric Environment, Elsevier, 2006, pp.1743-1758.

Science Buddies Staff: How Does Color Affect Heating by Absorption of Light. Science Buddies: https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys_p030/physics/how-does-color-affect-heating-by-absorption-of-light#summary, 12 Ocak 2020

Sun, R., Chen, A., Chen, L., Lü, Y.: Cooling Effects of Wetlands in an Urban Region: The Case of Beijing. Ecological Indicators, Elsevier 2012, pp.54-64.

Susca, T.: Urban-Wide Change in Albedo: a Multi-Scale Approach to LCA. The Case Study of New York City. 21st Annual Meeting. Milano: SETAC, 2011.

Tekeli, P. D.: Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi. III. İstanbul: Kültür Bakanlığı / Tarih Vakfı, 1993.

Tekeli, P. D.: Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi IV. İstanbul: Kültür Bakanlığı / Tarih Vakfı, 1994.

Ustaoglu, B.: Comparisons of Annual Meanprecipitation Grided and Station Data: An Example From Istanbul / Turkey. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı 26, 2012, s.71-81.

Vardoulakis, E., The Urban Heat Island Effect in a Small Mediterranean City of High Summer Temperatures and Cooling Energy Demands. Solar Energy, Elsevier, 2013, pp.124-144.

Velazquez-Lozada, A., Urban Heat Island Effect Analysis For San Juan, Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico, 2006.

Vermote, D. E.: MODIS Surface Reflectance User's Guide. NASA, . 2015.

Weather Online.: Istanbul Climate Statistics. Weather Online: <https://weatheronline.co.uk>, 29 Mayıs 2020.

World Health Urban Bioclimatology. Heat-Waves:Risks And Responses, Health and Global Environmental Change Series No:2, . 2004.

Yavaşlı, D. D., Ölgen, K., Sayfiye Alanları Yazları Daha Serin mi? İzmir İli
Zoğal, V.: Örneği. Ege Coğrafya Dergisi 27, 2018, s.127-134.

Yavuz, F., Keleş, R., Şehircilik, Sorunlar - Uygulama ve Politika. Ankara:
Geray, C.: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi, 1978.

Yılmaz, E.: Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu. Ankara: YÖK Tez
Merkezi, 336553, 2013.

Yılmaz, E.: Landsat Görüntüleri ile Adana Yüzey Isı Adası.
Coğrafi Bilimler Dergisi, 2015, s.115-138.

Yılmaz, E.: Mobil Ölçümlerle Ankara Şehir Isı Adası. Coğrafi
Bilimler Dergisi 17(2), 2019, s.281-317.

Yüksel, Ü.: Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz
Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözleme
Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi
Üzerinde Bir Araştırma. Ankara: YÖK Tez Merkezi,
197482, 2005.

Yüksel, Ü. D., Yılmaz, Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz
O.: Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik
Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve
Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik
Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2013, s.937-952.

