



**DOĞU ANADOLU GÖZLEMEVİ (DAG) YERLEŞKESİNİN  
BULUT SENSÖRÜ İLE BULUTLULUK VE ATMOSFERİK  
ANALİZİ**

**Esragöl ATALAY**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Astronomi ve Astrofizik Ana Bilim Dalı**

**2022**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ASTRONOMİ ve ASTROFİZİK ANA BİLİM DALI

**DOĞU ANADOLU GÖZLEMEVİ (DAG) YERŞELKESİNİN BULUT SENSÖRÜ İLE  
BULUTLULUK VE ATMOSFERİK ANALİZİ**

(Cloudiness and Atmospheric Analysis with Cloud Sensör of the East Anatolia Observatory  
(DAG) Site)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esragül ATALAY

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

Erzurum  
Eylül, 2022

## KABUL VE ONAY TUTANAĐI

Esragül ATALAY tarafından hazırlanan “Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Yerleşkesinin Bulutluluk Sensörü ile Bulutluluk ve Atmosferik Analizi” başlıklı çalışması .././2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Astronomi ve Astrofizik Ana Bilim Dalı, Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK  
*Atatürk Üniversitesi* .....

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU  
*Atatürk Üniversitesi* .....

Jüri Üyesi: Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK  
*Erciyes Üniversitesi* .....

Enstitü Yönetim Kurulunun  
.././../... tarih ve ..... sayılı  
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliđi'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

**Prof. Dr. Saltuk Buđrahan CEYHUN**

**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Görevlisi İlham NASIROĞLU danışmanlığında sunulan “Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Yerleşkesinin Bulutluluk Sensörü ile Bulutluluk ve Atmosferik Analizi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tez Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	8	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Yöntem	3	35
Bulgular	0	20
Tartışma ve Sonuç	0	20
Tezin Geneli	3	25

*Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.*

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Esragül ATALAY	Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

\* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun ....../....../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun ....../....../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca öneri, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bana zamanını ayıran ve her konuda sabırla beni yönlendiren hocalarım Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU ve Prof.Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK'a, lisans öğrenimimden beri aynı şekilde yanımda olan ve manevi desteğini esirgemeyen Prof.Dr. İbrahim KÜÇÜK'e,

Yüksek lisans öğrenimim boyunca hiçbir zaman desteklerini eksik etmeyerek yalnız bırakmayan ayrıca bilgi ve tecrübeleriyle de yardımcı olan Mohammad SHAMEONİ NİAEİ, Araş. Gör. Yavuz GÜNEY ve Yusuf PAK'a,

Hayatımın her aşamasında maddi, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili aileme, ayrıca tez çalışmam süresince manevi desteklerini esirgemeyen M. Ensar ve Hilal GÖKTAŐ'a sonsuz teşekkür ederim.

**Esragül ATALAY**

**ÖZET**  
**DOĞU ANADOLU GÖZLEMEVİ (DAG) YERLEŞKESİNİN BULUT**  
**SENSÖRÜ İLE BULUTLULUK VE ATMOSFERİK ANALİZİ**

**Esragül ATALAY**

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

**Amaç:** Bu tez kapsamında kurulumu devam etmekte olan Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) yerleşkesinin bulutluluk ve atmosferik durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) yerleşkesinde bulunan Boltwood Cloud Sensör II (BWCS II) meteorolojik cihazından alınan ölçümler ile analizler gerçekleştirilmiştir. Yerleşkede bulunan bir diğer meteorolojik cihaz olan Vaisala kullanılarak ölçümlerin doğruluğu kontrol edilmiştir.

**Bulgular:** Vaisala ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda Boltwood Cloud Sensör II'nin sıcaklık, nem ve çiy noktası ölçümlerini doğru yaptığı tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Yapılan analizler sonucunda, yerleşkenin bulutluluk durumunun yıl içerisinde %58,2 oranında açık olduğu bulunmuştur. Veri kaybı da dikkate alındığında da gözlemler için iyi bir sonuç olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atmosfer, Bulutluluk, Sıcaklık, Gökyüzü Sıcaklığı, Nem, Çiy Noktası, Boltwood Cloud Sensör II.

**Eylül 2022, Sayfa 106**

## ABSTRACT

## MS THESIS

### CLOUDINESS AND ATMOSPHERIC ANALYSIS WITH CLOUD SENSOR OF EAST ANATOLIA OBSERVATORY (DAG) SITE

**Esragül ATALAY**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. İlham NASIROĞLU**

**Purpose:** Within the scope of this thesis, it is aimed to determine the cloudiness and atmospheric conditions of the Eastern Anatolian Observatory (DAG) site, which is under construction.

**Method:** Analyzes were carried out with the measurements taken from the Boltwood cloud Sensor II (BWCS II) meteorological device located in the East Anatolia Observatory (DAG) site. The accuracy of the measurements was checked by using another meteorological device, Vaisala, in the campus.

**Findings:** As a result of comparisons with Vaisala, it has been determined that Boltwood Cloud Sensor II measures temperature, humidity and dew point accurately.

**Results:** As a result of the analyzes made, it was found that the cloudiness of the site was 58.2% clear throughout the year. Considering the data loss, it was seen that there was a good result for the observations.

**Keywords:** Atmosphere, Cloudiness, Temperature, Sky Temperature, Humidity, Dew Point, Boltwood Cloud Sensor II.

**September 2022, 106 Pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU</b> .....	<b>4</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>7</b>
1.1. Atmosfer ve Yapısı .....	7
1.1.1. Atmosferin Katmanları .....	9
1.1.2. Atmosferdeki Enerji İletimi .....	13
1.1.3. Atmosferin Enerji Bütçesi .....	14
1.1.4. Yer'in Enerji Bütçesi .....	16
1.2. Meteorolojik Ölçümler .....	18
1.2.1. Sıcaklık .....	19
1.2.2. Nem.....	20
1.2.3. Rüzgâr / Rüzgâr Hızı .....	21
1.2.4. Çiy Noktası (İşba).....	22
1.2.5. Gökyüzü Sıcaklığı (Tsky).....	24
1.2.6. Bulut.....	27
1.2.7. Bulutluluk .....	35
1.2.8. Sensör.....	36
<b>MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>37</b>
2.1. Materyal .....	37
2.1.1. Vaisala Meteoroloji Sistemi (WXT536).....	38
2.1.2. Boltwood Bulutluluk Sensörü (BWCS II).....	38
2.1.3. Gökyüzü Sıcaklığı Ölçümü İle Bulut Tespiti .....	43
2.1.4. Termopil Sensör.....	44
2.2. Yöntem.....	47
<b>ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMALAR</b> .....	<b>49</b>
<b>TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	<b>82</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>84</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>88</b>
EK- 1. 2019 - 2020 yıllarına ait BWCS II verilerinden elde edilen, aylık zamana karşı - ortam sıcaklığı, gökyüzü sıcaklığı grafikleri. ....	88

EK-2. 2019 - 2020 yıllarına ait BWCS II verilerinden elde edilen, aylık zamana karşı - ortam sıcaklığı, nem ve çiy noktası grafikleri.....	97
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>106</b>



## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Elektromanyetik tayfin dalga boyu (Å), frekans (Hertz) ve enerjileri (eV) .....	5
<b>Tablo 2.</b> Atmosferin gaz bileşimi ve miktarı .....	8
<b>Tablo 3.</b> Sera gazları ve bulunma oranları .....	17
<b>Tablo 4.</b> Farklı nemlerde çiy noktası sıcaklığı değerleri ve insan üzerindeki etkisi .....	23
<b>Tablo 5.</b> Bulut türlerinin kuşaklara göre yüksekliği.....	30
<b>Tablo 6.</b> Alçak bulutların özellikleri .....	31
<b>Tablo 7.</b> Orta bulut özellikleri .....	32
<b>Tablo 8.</b> Yüksek bulut örnekleri.....	34
<b>Tablo 9.</b> Vaisala Özellikleri .....	38
<b>Tablo 10.</b> Sıcaklık farkına göre bulutluluk durumu .....	41
<b>Tablo 11.</b> BWCS II örnek veri .....	41
<b>Tablo 12.</b> Boltwood'dan alınan önemli verilerin anlamları ve ölçüm aralığı .....	42
<b>Tablo 13.</b> Aylara göre bulutluluk durumu .....	56
<b>Tablo 14.</b> Mevsimlere göre bulutluluk durumu .....	57
<b>Tablo 15.</b> Aylara göre gökyüzü sıcaklığı.....	68
<b>Tablo 16.</b> Aylara göre ortam sıcaklığı .....	69
<b>Tablo 17.</b> Mevsimlere göre gökyüzü sıcaklığı.....	69
<b>Tablo 18.</b> Mevsimlere göre ortam sıcaklığı .....	70
<b>Tablo 19.</b> Aylara göre nem durumu.....	79
<b>Tablo 20.</b> Aylara göre çiy noktası durumu .....	80
<b>Tablo 21.</b> Mevsimlere göre nem durumu .....	80
<b>Tablo 22.</b> Mevsimlere göre çiy noktası durumu .....	81

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Elektromanyetik dalganın bileşenlerinin gösterimi .....	4
Şekil 2. Elektromanyetik tayf.....	4
Şekil 3. Elektromanyetik tayftaki IR bölgesi .....	5
Şekil 4. Atmosferik pencere .....	9
Şekil 5. Sıcaklığa göre atmosferi oluşturan tabakalar .....	10
Şekil 6. Ortalama Küresel Atmosferik sıcaklığın dikey değişimi .....	10
Şekil 7. Troposfer .....	11
Şekil 8. Stratosferik ozon .....	11
Şekil 9. Mezosfer.....	12
Şekil 10. Termosfer .....	12
Şekil 11. Enerji taşınım süreçleri.....	13
Şekil 12. Güneş'ten gelen enerjinin atmosfer ve yerde ki dağılımı .....	15
Şekil 13. Yer'in enerji bütçesini gösteren bir Sankey diyagramı - çizgi kalınlığı, göreceli enerji miktarı ile doğrusal olarak orantılıdır .....	16
Şekil 14. Güneş'ten gelen ışınların dağılımı .....	18
Şekil 15. Sera Etkisi .....	18
Şekil 16. Güneş ışınlarının Dünya'ya geliş açısı.....	20
Şekil 17. Ekvatordan kutuplara olan enerji taşınımı .....	20
Şekil 18. Farklı bağıl nem seviyelerinde hava sıcaklığına karşı çiy noktası sıcaklığı grafiği..	23
Şekil 19. Radyasyon kaybı nedeniyle yeryüzündeki sıcaklık değişimi.....	26
Şekil 20. Bulut türleri .....	30
Şekil 21. Alçak bulut örnekleri.....	32
Şekil 22. Orta bulut örnekleri .....	33
Şekil 23. Yüksek bulut örnekleri .....	35
Şekil 24. Vaisala meteoroloji aletinin görüntüsü.....	38
Şekil 25. Boltwood meteoroloji aletinin görüntüsü .....	39
Şekil 26. Sensöre su dökerek BCS'nin yağmura tepkisini göstermeyi deneyi .....	40
Şekil 27. 8 -12 µm arasındaki atmosferdeki absorpsiyon penceresi .....	44
Şekil 28. Termopil sensör görüntüsü .....	44
Şekil 29. Radyasyon yoğunluğunun sıcaklıkla artışı .....	45
Şekil 30. Termoelektrik enerji üretim ve tüketim yapısı .....	46
Şekil 31. İki farklı gökyüzünden gelen IR radyasyonunun metal plakalar arasında arasında oluşturduğu voltaj farkı .....	47
Şekil 32. Sıcaklık değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020) .....	50
Şekil 33. Nem değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020) .....	51
Şekil 34. Çiy noktası değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020).....	51

<b>Şekil 35.</b> Çiy noktası değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020).....	52
<b>Şekil 36.</b> Gökyüzü ve ortam sıcaklığı arasındaki fark ile bulutluluk durumu.....	53
<b>Şekil 37.</b> Zamana karşı çizilen gökyüzü ve ortam sıcaklığı arasındaki farktan bulutluluk durumunun değişimi.....	54
<b>Şekil 38.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan bulutluluk sıklığı (2019,2020) ...	55
<b>Şekil 39.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan bulutluluk durumu (2019,2020).	55
<b>Şekil 40.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan ortam sıcaklığı (2019, 2020).....	59
<b>Şekil 41.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Şubat).....	60
<b>Şekil 42.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ağustos).....	60
<b>Şekil 43.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ekim) .....	61
<b>Şekil 44.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Şubat).....	61
<b>Şekil 45.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ağustos).....	62
<b>Şekil 46.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ekim) .....	62
<b>Şekil 47.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (kış) .....	64
<b>Şekil 48.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (bahar).....	64
<b>Şekil 49.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (yaz) .....	65
<b>Şekil 50.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (güz) .....	65
<b>Şekil 51.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (kış) .....	66
<b>Şekil 52.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (bahar).....	66
<b>Şekil 53.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (yaz) .....	67
<b>Şekil 54.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (güz) .....	67
<b>Şekil 55.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan çiy noktası değerleri için O – C karşılaştırması.....	71
<b>Şekil 56.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Şubat).....	72
<b>Şekil 57.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ağustos).....	72
<b>Şekil 58.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam	

sıcaklığı ve nem grafiği (Ekim).....	73
<b>Şekil 59.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Şubat).....	73
<b>Şekil 60.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ağustos).....	74
<b>Şekil 61.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ekim).....	74
<b>Şekil 62.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	75
<b>Şekil 63.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	75
<b>Şekil 64.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	76
<b>Şekil 65.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	76
<b>Şekil 66.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	77
<b>Şekil 67.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	77
<b>Şekil 68.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	78
<b>Şekil 69.</b> DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği .....	78

## KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

### Kısaltmalar

<b>DAG</b>	Doğu Anadolu Gözlemevi
<b>BWCS II</b>	Boltwood Cloud Sensör II
<b>ATASAM</b>	Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi
<b>MGM</b>	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
<b>DIMM</b>	Differential Image Motion Monitor
<b>Tamb</b>	Ortam Sıcaklığı
<b>Tsky</b>	Gökyüzü Sıcaklığı
<b>Dew</b>	Çiğ Sıcaklığı
<b>Hum</b>	Nem
<b>IR</b>	Kırmızıötesi
<b>NIR</b>	Yakın Kırmızıötesi

### Simgeler

<b>°C</b>	Santigrat Derece
<b>°K</b>	Kelvin
<b>dk</b>	Dakika
<b>mm</b>	Milimetre
<b>km</b>	Kilometre
<b>nm</b>	Nanometre
<b>μ</b>	Mikron
<b>σ</b>	Standart Sapma
<b>UV</b>	Morötesi
<b>Å</b>	Angstrom

## GİRİŞ

Astronomi gök cisimlerini incelemektedir. Bunu yaparken de sadece gök cisimlerinden gelen ışığı kullanır. Gök cisimleri elektromanyetik ışınımın bütün dalga boylarında ışıma yapmasına rağmen, Dünya atmosferi gök cisimlerinden gelen tüm ışığı geçirmediği için gözlemlere engel teşkil eder. Bu nedenle, yeryüzüne kurulan bütün teleskopların karşılaştığı ortak sorun(lar)dan birisi yer atmosferinin sönmükleştirme etkisidir. Bunun yanı sıra yeryüzündeki ışık ve elektromanyetik dalga kirliliği, meteorolojik koşulların değişkenliği, atmosferik nem ve çevresel kirlilikleri de büyük bir engel teşkil eder.

Yer tabanlı gözlemler için meteorolojik olaylar büyük bir önem arz eder. Bulutluluk da bunların başında yer alır. Bulutlu havalarda bulut yoğunluğu gözlem yapılmasına pek fazla olanak sağlamaz. Ayrıca yağmur veya nem gibi hava olaylarında sensörlerin hata vermesi ya da geç uyarı vermesi durumunda, gökyüzü bulutluluk durumunun bilinmesi, yağmur yağma ihtimaline karşı önlem olarak kubbeyi erken kapatmamıza olanak sağlar. Bu nedenle bulut tespiti teleskobun güvenliği açısından da oldukça önemlidir. Atmosferden gelen elektromanyetik dalgalar sayesinde bu durum çeşitli aletlerle tespit edilebilir. Yerden bulut örtüsünü ölçmek için, başucu görüntüleme lidarı (Campbell vd, 2002) ve radarı (Clothiaux vd, 1995) geliştirilmiştir. Son zamanlarda ise gece ve gündüz bulut gözlemi yapabilen Whole Sky Imager (WSI) olarak bilinen sistem bazı yerlerde kullanılmaktadır. Fakat gündüz verileri ışıktan etkilenir ve bu nedenle farklı bir sisteme daha gereksinim duyar. Termal IR kameralar, gece ve gündüz fark etmeksizin bulut durumunu iyi bir şekilde algılayan ve bu nedenle sıklıkla tercih edilen aletlerdir (Thurairajah ve Shaw, 2005). Gökyüzünün tamamını ölçebilmesi için havadaki emisyon, sıcaklık, nem gibi olayların bilgilerine ihtiyaç vardır (Smith ve Toumi, 2008).

Bulut örtüsü (bulut oranı veya miktarı anlamına gelir) gözlemlerinin uzun bir geçmişi vardır (Huo ve Lu, 2012). 100 yılı aşkın süredir insan gözü ile bulut örtüsü gözlemleri yapılmaktadır. Gözlem ve raporlar farklı tekniklerde yapılmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte bulut durumunun tespiti ve ölçümü için otomatik gözlemler yapacak cihazlar geliştirilmiştir. Uydu ölçümleri, yer tabanlı ölçüm cihazları gibi birçok teknolojik sistem geliştirilmiş ve ölçümler hem otomatik hem de daha kolay ve güvenilir bir hal almıştır. Gelişen uydu sistemlerinde de veri erişimi, sınırlı uzamsal çözünürlük, ölçümlerdeki bilinmeyen yüzey etkileri gibi dezavantaj oluşturan durumlar vardır ve maliyet artmaktadır (Long vd, 2006). Fakat yine de bu sistemlerin gelişmesi bulut gözlemlerini bambaşka bir boyuta taşımıştır. Özellikle

astronomik gözlemlerde anlık durum bilgisi için yerleşkede bulunan yer tabanlı gözlem sistemleri oldukça işe yaramakta ve işleri daha kolay güvenilir hale getirmektedir.

Yer tabanlı, gökyüzü gözlemlere dayalı bulut sınıflandırmasına ait çalışmalara ise çok fazla yer verilmemiştir. 19. yüzyılın başlarında bulut sınıflandırması çalışmaları başlamış ve uluslararası bir sınıflandırma sistemi yapılmıştır. Bulut sınıflandırmasıyla ilgili yayınlanan ilk çalışma, 1802’de JB Lamarck ve 1803 yılında ise L. Howard tarafından yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda sınıflandırmada fotoğraf kullanılarak bir ilk gerçekleştirilmiştir. 1879 yılında ise H. Hildebrandsson tarafından 16 fotoğraf kullanılarak bir bulut atlası hazırlanmıştır (Anonymous, 2017a.). Daha sonra 1896 yılında İngilizce, Almanca ve Fransızca olarak üç dilden oluşan ilk Uluslararası Atlas yayınlandı. 28 renkli plakadan oluşan bu atlasta bulutların tanımı, açıklamaları ve yapılan gözlemler yer almış ve tüm dünyada bulut gözlemi yapmak için büyük bir ilham kaynağı olmuştur. 1910 yılında yeniden basılmıştır. 1932’de ise Uluslararası Bulut Araştırmaları Komisyonu tarafından “Uluslararası Bulutlar Atlası ve Gökyüzü Çalışması, Cilt I” adında genel atlas olarak yayınlandı. 1939’da geliştirildi ve “Uluslararası Bulutlar ve Gökyüzü Türleri Atlası, Cilt I” adıyla tekrar yayınlandı. Bu ikinci baskı, 101 yerden, 22 uçaktan ve 51 tane gökyüzünden çekilen toplamda 174 fotoğraf içermektedir (Anonymous, 2022a.).

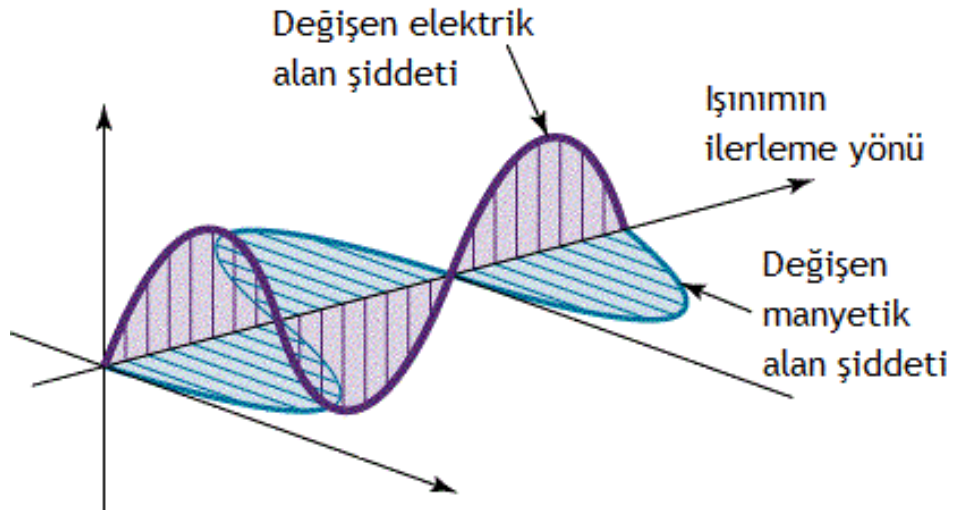
İlerleyen zamanlarda gökyüzü bulut gözlemleri için kırmızıötesi sensörler geliştirilmiştir. Werner, bulut tespiti için termal kırmızıötesi kullanan ilk kişi olarak bilinir. Sıcaklık kontrollü bir kara cisim boşluğunun içine monte edilmiş bir termistör bolometresinden oluşan ve bir radyasyon termometresi içeren bir alet yaptı. Bir optik kısıyıcı, hedef radyasyonu ve kara cisim radyasyonunu dönüşümlü olarak bolometreye yansıttı ve bu ölçümleri radyosonda verileriyle karşılaştırdı. Karşılaştırmalar sonucunda radyometre ölçümlerinin doğruluğunu gösterdi (Wener, 1973). Daha sonraki zamanlarda bir gözlemevinde benzer alet kullanılarak, Sloan Dijital Gökyüzü Araştırması (Sloan Digital Sky Surver, SDSS) için bir proje geliştirildi. Bu projede sıvı nitrojen ile soğurtulan tek kanallı bir fotometre kullanarak yeterli hassasiyete ve görüş alanına sahip bir tarama sistemi geliştirmiştir (Hull vd, 1994; Hogg vd, 2001). Son zamanlarda, ince bulutları algılayacak kadar hassas soğutma parçaları olmayan termal kırmızıötesi görüntüleyiciler kullanıma sunuldu. Bunları yere dayalı bir gözlem alanı üzerinde değişen bulutu haritalamak için bazı panoramik optiklerle birleştirilerek tüm gökyüzünü termal kırmızıötesinde kolayca görebileceğimiz bir fikir geliştirilmiştir (Mallama ve Degnan, 2002). Atmosferik şeffaflık yani bulut opaklığı, gökyüzü sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farktan ayırt edilir.

Bulut gözlemi için California üniversitesi tarafından birkaç farklı görüntüleyiciler üretilerek “Atmosferik Radyasyon Ölçümü (ARM)” adı verilen bir program sunuldu. Bulut seviyelerini algılayan yani bulutun alt/üst sınırlarını tespit eden, dopler radar olan “W-bandı ARM Bulut Radarı (WACR)” adı verilen bir sistem geliştirildi (Clothiaux vd, 1995). 1998 yılında Long ve DeLuisi, 1999’de ise Beaubien ve Bisberg tarafından Yarım küre gökyüzü görüntüleyicileri geliştirilmiş fakat veri analizi bakımından dezavantajlı bir sistem olmuştur (Dürr ve Philipona, 2004). 2002 yılında ise buluttan atmosfere iletilen enerjinin ölçümüyle bulut yüksekliğini belirleyen ARM “Mikro Darbeli Lidarı” (MPL) geliştirildi (Campbell vd, 2002). Shields ve diğerleri tarafından 1998 tam gökyüzü görüntüleyici (WSI), Long ve diğerleri tarafından 2001 yapılmış ve 2006 geliştirilen toplam gökyüzü görüntüleyici (TSI), Shaw ve Thurairajah 2003, Shaw ve diğerleri 2002 ve 2004 yılında ise Thurairajah kırmızıötesi bulut görüntüleyici (ICI) birçok yer tabanlı gökyüzü görüntüleyicileri geliştirilmiştir. Bu kırmızıötesi görüntüleyicilerle bulut örtüsü gözlemleri yapılmaktadır (Liu vd, 2011).

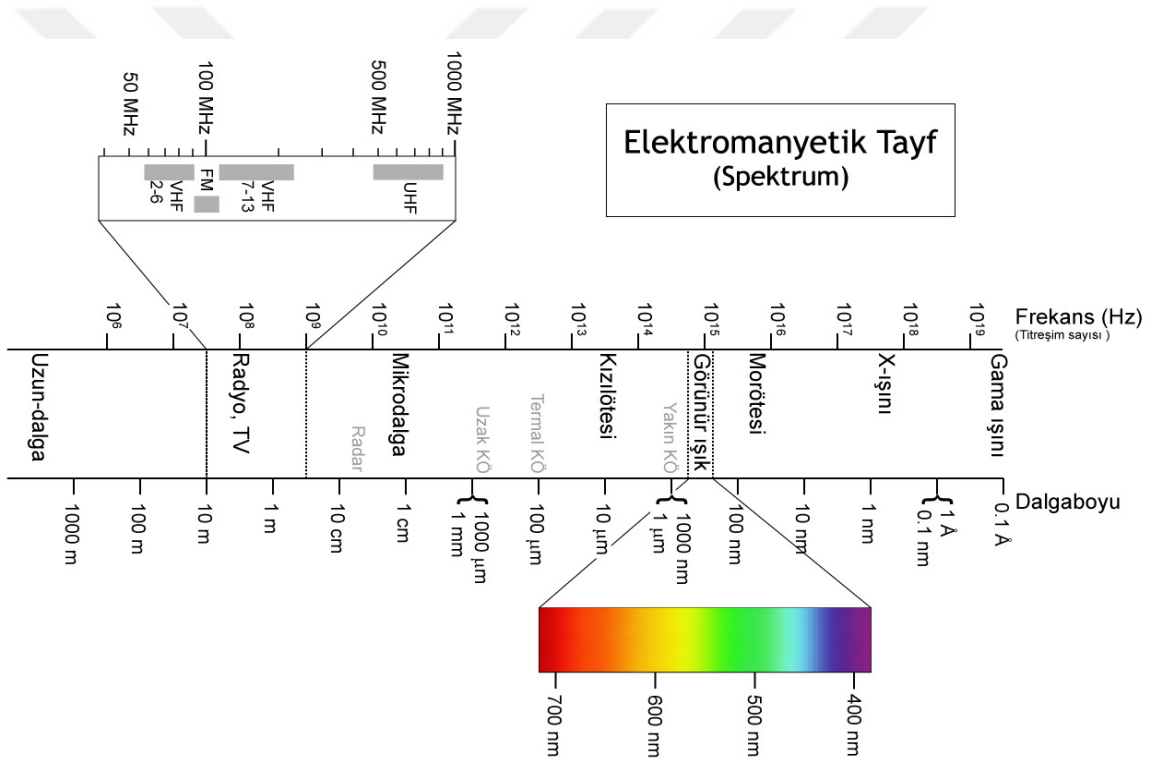
Görünür bantta çalışan CCD kameralı görüntüleyiciler fazla masraflı olmamasına rağmen bulut algılamada, Ay’ın konumu/evresi, ışık kirliliği ve diğer meteorolojik parametrelerden etkilendiği için IR aralığında çalışan aletler kadar etkili ve güvenilir değildir (Nemiroff ve Live, 2004).

Son yıllarda yaygın olarak kullanılan Sinoptik gözlem (dünyanın her yerinden aynı anda, 6 saat arayla günde toplam 4 defa yapılan gözlemdir) raporları, bulut bilgisi için tüm dünyada ana kaynak olmuştur. Günümüzde ise 1995’ten bu yana havaalanlarında bulut örtüsü ve yüksekliğini ölçen “Otomatik Yüzey Gözlem Sistemleri (ASOS) kullanılmaktadır (Dürr, 2004). 2005’ten bu yana Hollanda Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü’nde (KNMI) kırmızıötesi bir aletten oluşan ve uzun dalga radyasyonunu ölçen “Temel Yüzey Radyasyon Ağı (BSRN)” kullanılmaktadır (Boers vd, 2010). Atmosferik Fizik Enstitüsü tarafından “Taramalı kırmızıötesi Görüntüleme Sistemi (SIRIS)” adı verilen ve 8–12  $\mu$  IR dalga boyu aralığında ölçüm yapan ve termal parlaklık sıcaklığını ölçen bir sistem geliştirildi (Zhang vd, 2007).

Elektromanyetik dalgalar, Şekil 1’de gösterildiği gibi, birbirine ve ilerleme yönüne dik doğrultuda yayılan elektrik ve manyetik alanlardan oluşur. Elektromanyetik tayf (spektrum) ise elektromanyetik dalgaları özelliklerine göre (frekans, dalga boyu, enerji gibi) Şekil 2’de gösterildiği gibi sınıflandıran bir ölçektir.

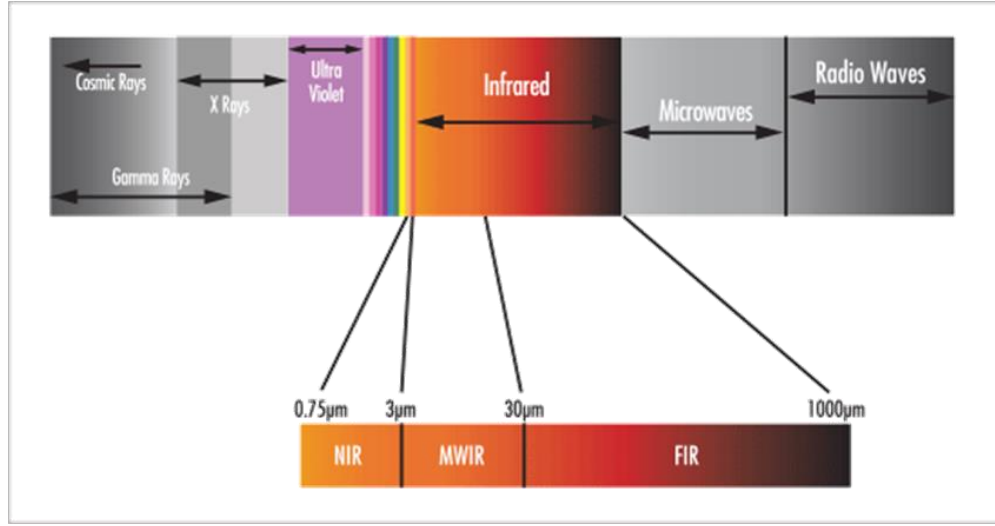


Şekil 1. Elektromanyetik dalganın bileşenlerinin gösterimi



Şekil 2. Elektromanyetik tayf

Şekil 2’de gösterilen elektromanyetik tayf, uzun dalga boyundan kısa dalga boyuna doğru sırasıyla; Radyo, mikrodalga, kırmızıötesi (IR), görsel bölge (optik), morötesi (UV), x-ışını ve gama ışını bölgesidir (Anonim, 2020a.). Ayrıca IR bölgesi Şekil 3’de görüldüğü gibi elektromanyetik spektrumda 0,740 $\mu$  - 30 $\mu$  dalga boyu arasındaki aralığı kapsar. Ayrıca yakın (NIR), orta (MIR) ve uzun kırmızıötesi (FIR) olmak üzere 3 gruba ayrılır (Anonymous, 2021a.)



**Şekil 3.** Elektromanyetik tayftaki IR bölgesi

Belirli bir sıcaklığa sahip olan cisimler, dalga boyuna bağlı olarak elektromanyetik dalga şeklinde enerji yayarlar, yansıtır, soğurur ve geçirirler. Tablo 1’de elektromanyetik tayf bölgelerinin dalga boyları, frekansları ve enerjileri gösterilmiştir (Aslan vd, 1987).

Atmosfer, elektromanyetik dalgaların tamamında geçirgen değildir. Yani bu dalgaların hepsi atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşamaz. Yer atmosferinden geçebilen dalgalar; optik (~ 400 – 700 nm), radyo (1 mm’den uzun) ve IR (~ 750 nm – 1 mm) dalgalarıdır. Bu nedenle yer tabanlı gözlemler sadece bu dalga boyları aralığında yapılabilir, yani yer tabanlı gözlemler; optik, radyo ve kızılötesi (belli kısmını) gözlemleridir (Roberts vd, 1976).

**Tablo 1.** Elektromanyetik tayfin dalga boyu (Å), frekans (Hertz) ve enerjileri (eV)

Tayfsal Bölge	Dalga boyu (Å)	Frekans (Hertz)	Enerji (eV)
Kozmik Işın	0.001 - 0.01	$10^{22} - 10^{21}$	$5 \times 10^7$
Gama Işını	0.01 - 1	$10^{21} - 10^{19}$	$5 \times 10^6 - 5 \times 10^5$
X-Işını	1 - 100	$10^{19} - 10^{17}$	$5 \times 10^5 - 5 \times 10^2$
Mor Ötesi	$100 - 4 \times 10^3$	$10^{17} - 10^{16}$	10
Görünür	$4 \times 10^3 - 7 \times 10^3$	$10^{16} - 10^{15}$	5
Kırmızıötesi	$7 \times 10^3 - 10^7$	$10^{15} - 10^{11}$	1
Mikrodalga	$10^7 - 10^{10}$	$10^{11} - 10^8$	$10^{-4}$
TV ve Radyo	$10^{10} - 10^{13}$	$10^8 - 10^5$	$10^{-9}$

Bu tez çalışması kapsamında, Erzurum Konaklı Karakaya Tepelerine (~3170 m) kurulmakta olan Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG)'nde bulunan Boltwood (BWCS II, Boltwood Cloud Sensor II) meteorolojik cihaz ile yerleşkenin bulutluluk durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. BWCS II ile elde edilen verilerin analiz edilmesi ve yerleşkenin astronomik gözlemler için bazı özellikleri belirlenmiştir.



## KURAMSAL TEMELLER

Bu başlıkta tez boyunca kullanılacak olan terimler ve atmosfer anlatılacaktır.

### 1.1. Atmosfer ve Yapısı

Atmosfer, yer yüzeyini çevreleyen gaz ve tozdan oluşur. Büyük bir çoğunluğu (~%99) azot ve oksijenden olmak üzere karbondioksit ve su buharı gibi çeşitli gazlardan meydana gelen atmosferin üst sınırı tam olarak bilinmemekle birlikte, bazı kaynaklarda deniz seviyesinden itibaren ~100,000 km olarak bazı kaynaklarda ise gezegenler ile yerin çekim kuvvetinin dengede olduğu yer olarak kabul edilmektedir. Atmosfer, enerjisini Güneş'ten alır. Güneş'ten gelen enerjinin hızlıca uzaya geri dönmesini engelleyerek canlı yaşamının devamlılığını sağlar. Güneş'ten gelen radyasyon, atmosferden geçerken soğurulmaktadır ve nedenle zararlı UV ışınlarının yeryüzüne gelmesi engellenerek yer için bir nevi koruyucu kalkan görevi yapmaktadır. Benzer şekilde uzaydan gelen göktaşları da atmosferden geçerken sürtünme nedeniyle parçalanarak yeryüzüne gelir ya da yok olur.

Atmosfer ilk oluşumundan bu yana birçok kez evrim geçirmiş ve günümüzdeki yapısına ulaşmıştır. Dünya'yı çevreleyen atmosfer ilk olarak, hidrojen, helyum, metan ve amonyak gaz ve tozlarından oluşan bir yapıya sahipti. Volkanik olayların etkili olduğu jeolojik süreçte su buharı, azot ve karbondioksit gibi gazların atmosfer içerisinde yer aldığı düşünülmekteydi. Bu su buharının etkisi ile oluşan yağışların yer yüzeyinde birikmesi okyanus, deniz ve göllerin oluşumunu sağladığı, Dünya'da yaşam sürecini başlattığı ve daha sonra atmosferin yapısının bugünkü halini aldığı düşünülmektedir (Walker, 1986; Derwent, 2003).

Atmosferin bileşimi, genel olarak gazlar, su buharı ve partiküllerden oluşur. İçinde bulunan gazlara göre üç ana grupta sıralanabilir. Bunlar;

1. Azot ve oksijen gibi yaşamın devamını sağlayan ve miktarları değişmeyen yani havada sürekli bulunan gazlar,
2. Karbondioksit, ozon ve su buharı gibi hava olayları ve iklimi etkileyen, miktarları değişen (azalıp/artan) ancak havada yine de sürekli bulunan gazlar,
3. İyot bileşikleri, amonyak ve kükürt dioksit gibi havada sürekli bulunmayan hava kirliliğine neden olan tozlardır.

Bileşimi incelendiğinde, Tablo 2' de görüldüğü gibi %78 nitrojen ve %21 oksijen en çok bulunan gazlardır (Gönençgil, 2020).

**Tablo 2.** Atmosferin gaz bileşimi ve miktarı

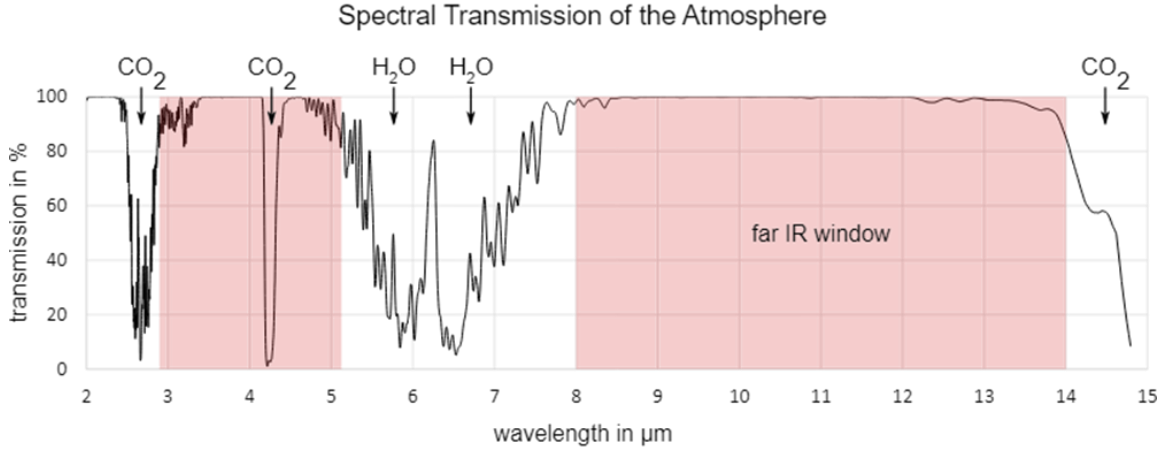
<b>Gaz</b>	<b>Miktar (ppm)*</b>
Azot (N <sub>2</sub> )	780840
Oksijen (O <sub>2</sub> )	209460
Argon (Ar)	9340
Karbondioksit	380
Karbonmonoksit (CO)	0,01 – 0,2
Ksenon (Xe)	0,09
Ozon (O <sub>3</sub> )	0,05
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0,02
Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )	0,02
Hidrojen sülfür (H <sub>2</sub> S)	0,002 – 0,02
Formaldehit (CH <sub>2</sub> O)	0,01
Azot dioksit (NO <sub>2</sub> )	0,003
Nitrik oksit (NO)	0,003
Hidroklorik asit (HCl)	0,002

(ppm)\* madde miktarının milyonda birlik maddesidir.

Atmosfer, Tablo 2’de de görüldüğü gibi yaygın olarak N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO ve CH<sub>4</sub> gibi gazları içerir. Ayrıca 7.5 - 13 µ bölgesinde yayılan bulutlar, su buharı ve ozon şeklinde sıvı veya buzlu su gibi birkaç soğurucu/yayıcı vardır (Smith ve Toumi, 2007).

Normal koşullarda tayfsal aralıklar yüksek emilim gösterir. Atmosferik pencere olarak adlandırılan aralıkta ise radyasyon neredeyse direk geçebilir. Bu aralıklar, Şekil 4’te gösterildiği gibi 3 - 5 µ (orta kırmızıötesi) ve 8 - 14 µ (uzak kırmızıötesi)’dir (Anonymous, 2022b.).

IR gözlemlerde atmosferde bulunan gaz ve tozlar etkin rol oynadığından, atmosfer koşullarını çeşitli yöntemlerle analiz ve takip etmek gerekir. Gözlemevi yerleşkelerinde bulunması beklenen başlıca özellikler arasında; açık gece sayısı ve rakımın yüksek, ışık kirliliği, havadaki toz ve atmosferik görüş değerinin düşük, hâkim rüzgâr yönünün ise sabit olması beklenmektedir. Özellikle büyük çaplı teleskoplar barındıran gözlemevi için bunlar büyük önem arz etmektedir.



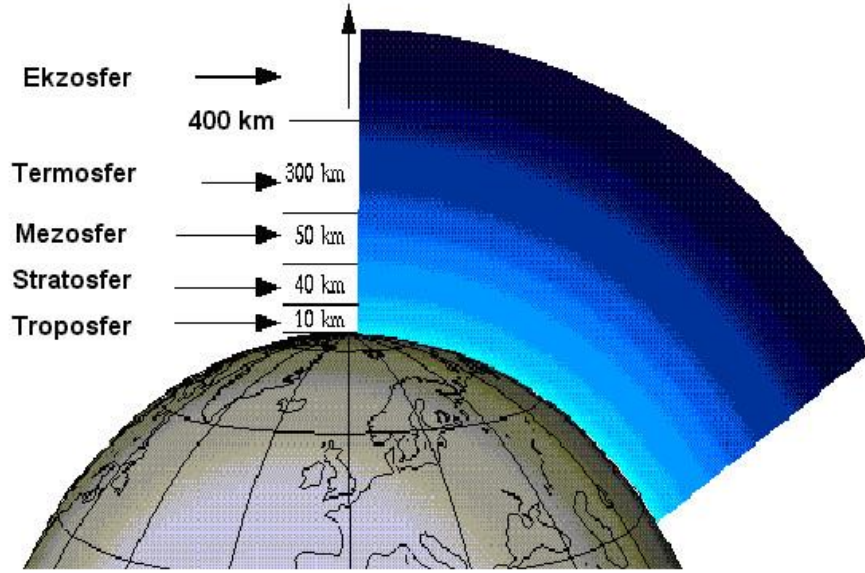
**Şekil 4.** Atmosferik pencere

### 1.1.1. Atmosferin Katmanları

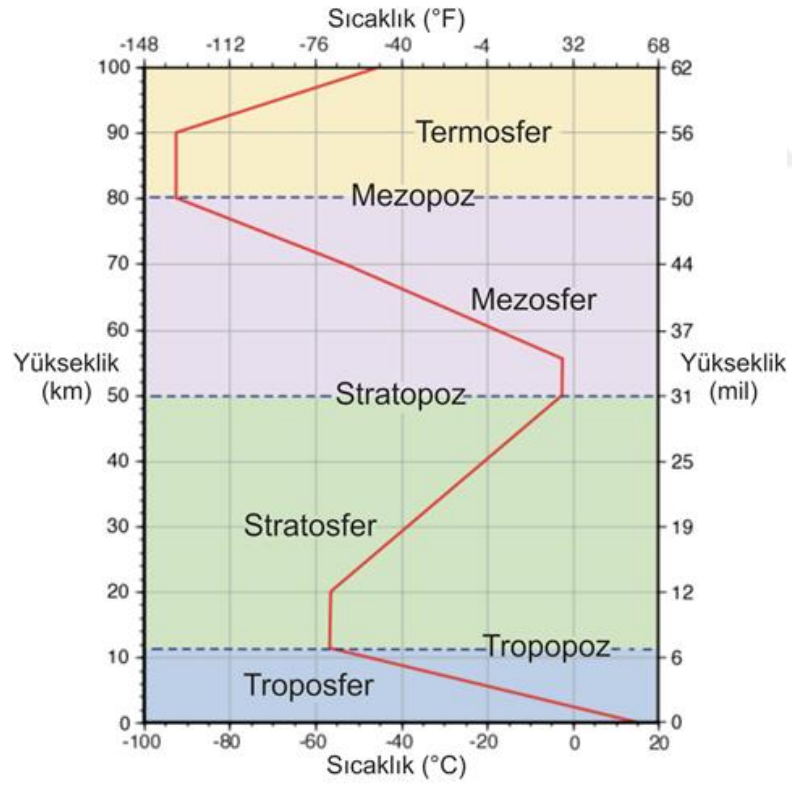
Atmosferik pencere (8-14 mikron) olarak adlandırılan bölgede bulutlar kolay bir şekilde algılanabilir. Düşük su buharı IR astronomisinde bulut görüntülemeyi daha kolay hale getirir. Hava olaylarının gerçekleştiği atmosfer, Şekil 5’te de görüldüğü gibi farklı katmanlardan oluşur ve katmanların fiziksel şartları yüksekliğe bağlı olarak değişir. Sözü geçen katmanlar sırasıyla; troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer ve ekzosferdir (Anonymous, 2021b.).

Şekil 6’da ise atmosferdeki sıcaklığın yükseklikle nasıl değiştiği gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 6’da de görüldüğü gibi atmosferin 4 ana katman arasında kalan geçiş bölgeleri de alt katmanın isminin sonuna “poz” eki getirilerek adlandırılır.

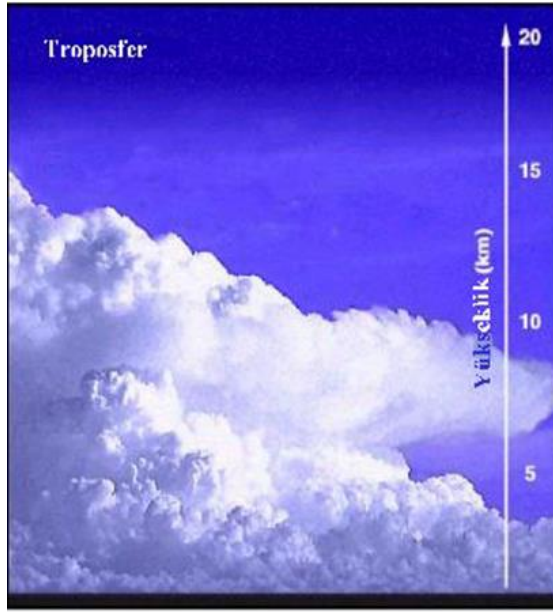
Troposfer, atmosferin en alt, yani dünya yüzeyine en yakın ve gaz yoğunluğunun en fazla olduğu katmandır. Yani atmosferin en alt katmanını oluşturur ve bu katmanda atmosferdeki havanın %90 ve su buharının %99’u yer alır. Kalınlığı Şekil 7’de de görüldüğü üzere ~20 km olup sıcaklığı yükseklikle azalır ve uygun koşullarda güçlü konveksiyon olayları gerçekleşir. Ayrıca bulutların da çoğunluğu troposferde bulunur. Sıcaklık -60 °C’ye kadar düşer. Bulutluluk ve yağış gibi hava olaylarının gerçekleştiği katmandır. Bu katmanda oluşan sirus bulutlarının IR bulut detektörleriyle tespiti zordur. Bunun nedeni bu tür bulutların çok soğuk ve optik olarak çok ince olmasıdır (Hull vd, 1994).



Şekil 5. Sıcaklığa göre atmosferi oluşturan tabakalar



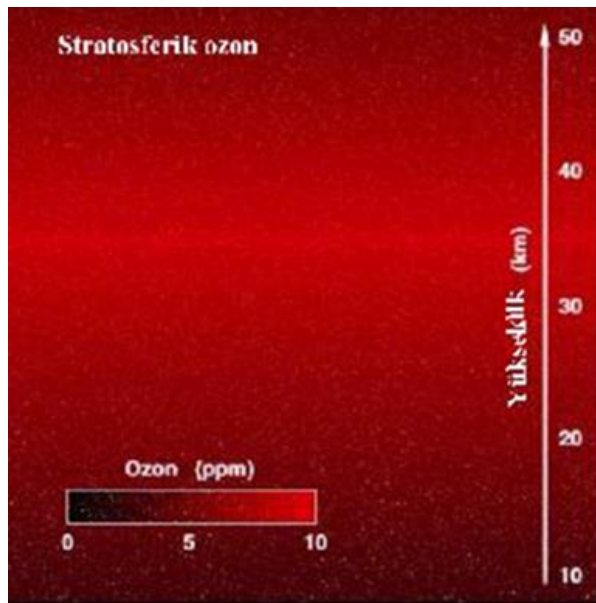
Şekil 6. Ortalama Küresel Atmosferik sıcaklığın dikey değişimi



Şekil 7. Troposfer

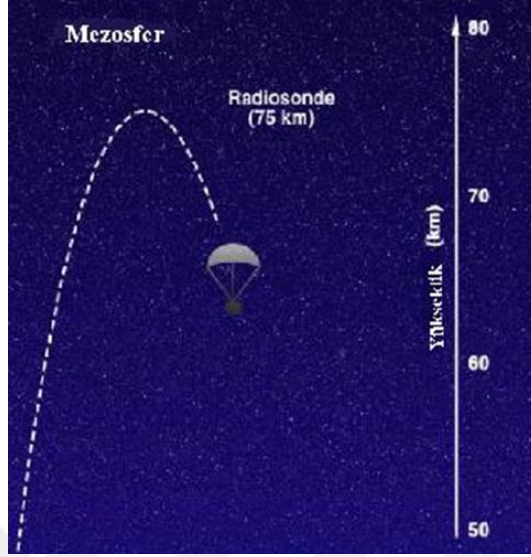
Türbülans olayları stratosferin alt bölümüne kadar ulaşır. Fakat hava olaylarının meydana geldiği katman daha önce bahsettiğimiz gibi troposferdir.

Stratosfer, yüksekliği ~40 km olan tabakadır. Yatay rüzgâr hareketleri görüldüğünden dolayı, taşınım olayları bu katmanda gerçekleşir ve su buharı olmadığından dikey hava hareketleri gerçekleşmez. Atmosferde bulunan  $O_3$ 'ün çoğunluğu bu tabakadadır ve Güneş'ten gelen UV ışınlarının soğrulmasını sağlar. Bu soğrulmayla da sıcaklık artış gözlenir yani Şekil 8 'de gösterildiği gibi sıcaklık ozon yoğunluğuyla artar. Bu katmanda sıcaklık  $77\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye yükselir.



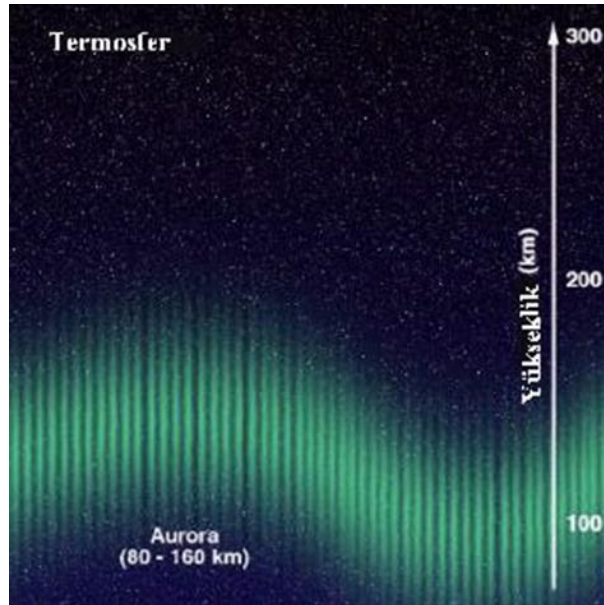
Şekil 8. Stratosferik ozon

Mezosfer, ~50-80 km kalınlığa sahiptir. Sıcaklık önce artar ve Şekil 9’da görüldüğü gibi 80 km yükseklikte -93 °C’ye kadar düşer. Bu düşüşten dolayı atmosferin en düşük sıcaklığının olduğu katmandır. O<sub>3</sub> ve su buharı neredeyse yok denecek kadar azdır.



Şekil 9. Mezosfer

Termosfer, mezosferden sonra yer alan ve kalınlığı ~640 km olan ve atmosferdeki en kalın katmandır. Bu katmanda da UV ve x-ışını soğurulması olur ve buna bağlı olarak bu katmandan itibaren sıcaklık tekrar artış göstererek 1650 °C’ye kadar yükselir. Bu katman Şekil 10’da da görüldüğü gibi Aurora (Güneş’ten gelen yüklü parçacıkların manyetik alan ile etkileşimi sonucu oluşan ışık) olayları bu katmanda gözlenir (Eken vd, 2005).

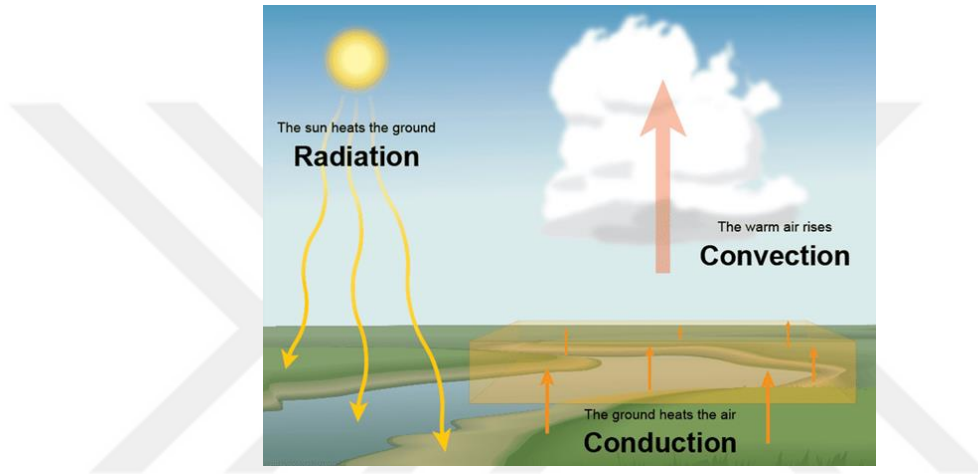


Şekil 10. Termosfer

### 1.1.2. Atmosferdeki Enerji İletimi

Sıcaklık değişiminin sebebi, Güneş'ten gelen enerjidir. Gelen bu enerjinin bir kısmı yeryüzüne ulaşır ve yeryüzünün ısınmasına neden olur. Atmosferde enerji iletimi için Şekil 11'de gösterilen üç süreç söz konusudur (Anonymous, 2021c.). Bu süreçler;

- Konveksiyon/taşıyım
- Kondüksiyon/iletim
- Radyasyon/ışınım



**Şekil 11.** Enerji taşıyım süreçleri

Konveksiyonu başlatan enerji kaynağı, güneşlenme nedeniyle yüzeyin ısınmasıdır. Güneş, ışınım enerjisini gizli ısıya dönüştüren yüzeyi ısıtarak yüzeydeki havayı ısıtır ve nemlendirir. Ilık nemli hava, yukarıdaki havadan daha düşük bir özgül kütleyle sahiptir. Arşimet yasasına göre nemli sıcak hava yükselir. Hava kabarcığı, yüksek irtifalarda düşük basınç nedeniyle genişler ve adiyabatik soğumaya uğrar. Ardından bağıl nem, yoğunlaşmayı başlatmak için yeterince yüksek olana kadar yükselir. Yoğuşma ısı üretir ve bu nedenle kaldırma kuvvetini artıran hava kabarcığı ısıtır.

Kondüksiyon, termal enerjinin doğrudan temasla aktarımıdır. Isı yüksek olan kütleden düşük kütleli olana iletilir. Sıcaklık farkı ne kadar yüksek olursa iletimde o kadar hızlı gerçekleşir. Yani iletim hızı, aradaki sıcaklık farkının büyüklüğüne bağlıdır.

Radyasyon, enerjinin elektromanyetik dalgalarla yani fotonlarla doğrudan aktarımıdır. Bu süreçte enerjinin bir kısmı soğrulabilir, saçılabilir ya da doğrudan iletilebilir (Anonymous, 2021d.).

Gece boyunca yüzey kendi sıcaklığına göre ışıma yapar. Bu ışıma sonucunda enerjisini kaybederek soğur. Atmosferdeki radyasyon kaynağı, ışımadan elde edilen sıcaklık ile ölçülebilen sera etkileri yoluyla, bulutlardan gelen su buharı ve atmosferdeki nemden oluşur. Dünya yüzeyinin sıcaklığı kabaca 220 °K ile 320 °K arasında değişmektedir (Feijit, 2000).

### 1.1.3. Atmosferin Enerji Bütçesi

Atmosferin enerji bütçesi için bulutlar çok önemlidir. Bunun nedeni bulutların Güneş'ten gelen kısa dalga radyasyonu yansıtarak atmosferi soğutmasıdır. Ayrıca yerden yüksek sıcaklıkta gelen uzun dalga radyasyonunu emer ve optik kalınlığına bağlı olarak düşük sıcaklıkta uzaya geri yansır (Harrison vd, 1990). Atmosfere giren güneş radyasyonunun ~ %25' i yayılır ve 1/3' ü de uzaya geri döner, büyük bir kısmı ise radyasyon enerjisi halinde yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan bu radyasyona "Gök radyasyonu" adı verilir. Yeryüzü ulaşan radyasyonun %24'ünü ise uzun dalgalı ışınlar olarak tekrar yansır ve buna da "Yer radyasyonu" adı verilir (Jensen,1996).

Güneş'ten atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşan radyasyon yeri ısıtır. Daha sonra bir kısmı yer tarafından emilir ve bir kısmı da tekrar uzaya yansır. Bu süreçte havadaki nem ve özellikle bulutluluk durumu büyük bir öneme sahiptir. Bunun nedeni gökyüzü bulutlu iken havada radyasyonun az olması ve bulutsuz havalarda ise tersine daha fazla olmasıdır. Gökyüzü bulutlu iken sıcaklık kaybı artar ve yeryüzü daha hızlı soğumaya başlar. Sonuç olarak gelen ve giden enerji atmosferin enerji bütçesini oluşturur.

Gelen ve yansıyan (yani tekrar uzaya dönen) enerjiyi anlayabilmek için gelen enerjiyi 100 olarak kabul edersek:

- %25'i bulutlar ve atmosferden uzaya yansır
- %25'i dağılmaya uğrar. Aynı zamanda da atmosferi ve gölge alanları aydınlatır.

Bu enerjinin %9'u tekrar uzaya yansır kalan 16'sı ise yere ulaşarak zemini ısıtır.

- %15'i atmosfer tarafından emilir
- %8'i yerden tekrar uzaya yansır
- %27'si ise yeri ısıtır

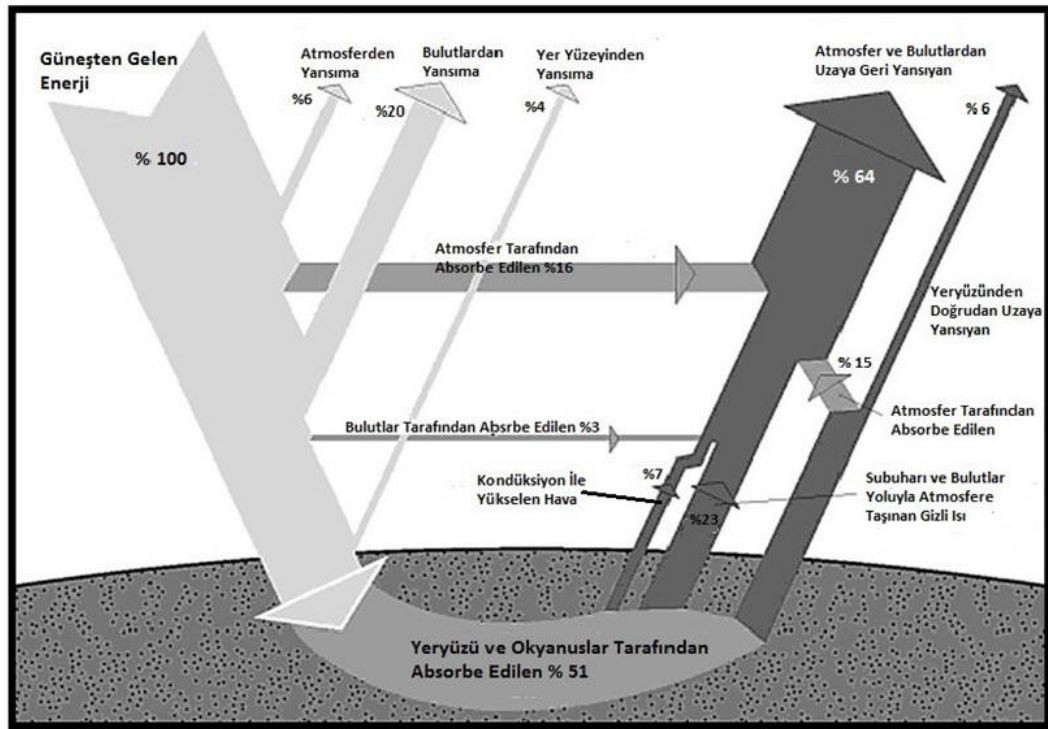
Bu durumda  $25 + 8 = 33$ 'den dünyanın albedosu %33 olarak hesaplanmış olur. Geriye kalan %67 ise yeryüzüne ulaşarak yerin ve atmosferin hem ısınmasını hem de aydınlanmasını

sağlar. Yukarıda da görüldüğü gibi  $27 + 16$  ve %4'te atmosfer radyasyonundan kazanılan enerji olmak üzere yere ulaşan enerji toplamda %47'e yükselmiş olur. Bu enerjinin 24'ü (8'i uzaya gider ve 16'sı atmosfer tarafından emilir) uzun dalga radyasyonu halinde tekrar yansır. Kalan 23 ise kondüksiyon ile atmosfere iletilir. Yani atmosferi ısıtan enerji, 15'i Güneş'ten doğrudan gelen kısa dalga radyasyonu, 16'sı yerden yansıyan uzun dalga radyasyonu ve 23 ise kondüksiyonla iletilen olmak üzere toplamda 54'e ulaşmış olur.

Sonuç olarak Güneş'ten gelen enerjiden %33'ü yeryüzü ve atmosferden geri yansır %67'si ise ısınma ve aydınlanma sağlar. Şekil 12'de gelen enerjinin dağılımı gösterilmiştir (Gönençgil, 200).

Atmosfer gelen Güneş enerjisinin ~%59'unu termal kırmızıötesi enerji olarak yayar. Gelen Güneş enerjisinin %23'ü bulut, aereaol, su buharı ve ozon tarafından doğrudan emilir, %30'u ise buharlaşma ve konveksiyon ile yüzeyden atmosfere taşınır. Kalan %6 ise yer yüzeyinden gelir (Anonymous, 2022c.; Sebastian, 2011).

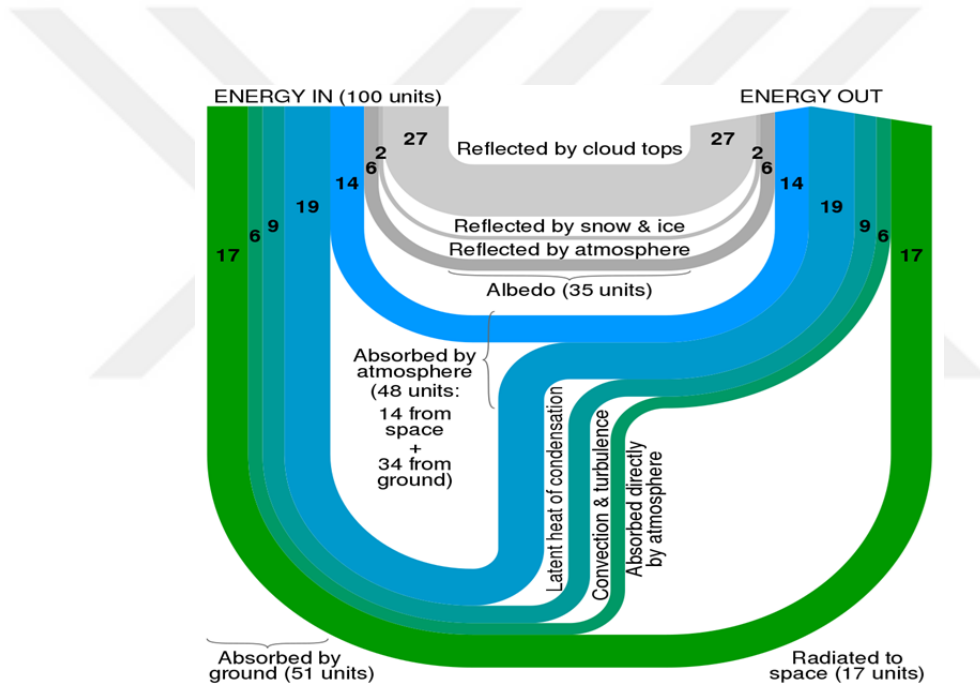
Yayılan uzun dalga radyasyonu, yayılan yüzeyin sıcaklığının bir fonksiyonudur. Ekvator ve kutuplar arasındaki  $50^{\circ}\text{C}$ 'lik bir fark, yayılan termal radyasyonda  $\sim 50\text{W}/\text{m}^2$ 'lik bir değişime karşılık gelir. Bunda bulut ve su buharı güçlü bir etkiye sahiptir. Su buharı güçlü bir sera gazıdır (Anonim, 2021a.).



Şekil 12. Güneş'ten gelen enerjinin atmosfer ve yerde ki dağılımı

#### 1.1.4. Yer'in Enerji Bütçesi

Güneş, Yer'i eşit olarak ısıtmaz. Ekvatorial bölgeler, kutup bölgelerinden daha fazla ısıtır. Bunun nedeni ekvatorda gelen Güneş ışığının izdüşümü, kutup bölgelerine gelen izdüşümünden daha büyük alana ulaşmasıdır. Cisimden çıkan kırmızıötesi enerji, uzun dalga radyasyondur. Bu radyasyon atmosfer tarafından emilir ve/veya bulut tarafından yansıtılır. Atmosfer ve okyanus sirkülasyonu Yer'in ısı motoru (enerji bütçesi) olarak bilinir ve yüzeyin bir bölümünden diğerine taşımakla birlikte Yer yüzeyinden ve alt atmosferden uzaya taşır. Yani gelen ve giden enerji akışı, enerji bütçesini oluşturur. Sıcaklığın sabit kalması için atmosferin üstündeki enerji bütçesi dengede olmalıdır ki bunun için gelen ve giden enerji eşit olmalıdır. Bu durum radyal denge olarak adlandırılır. Yer'in enerji bütçesi dağılımı, Şekil 13'te Sankey Diyagramı olarak adlandırılan diyagramda gösterilir (Anonymous, 2022d.).



**Şekil 13.** Yer'in enerji bütçesini gösteren bir Sankey diyagramı - çizgi kalınlığı, göreceli enerji miktarı ile doğrusal olarak orantılıdır

Enerji bütçesini/ısı dengesini ölçmek için atmosferin üzerinden alınan Güneş'ten gelen radyasyonun yani ışık ve sıcaklığın durumunun yani güneşlenmenin 100 br olduğu kabul edilir. Bu da  $m^2$  başına  $1,360W$ 'a karşılık gelir. Yer gelen radyasyonun  $\sim 35$  birimini (27'si bulut tepesinden, 2'si kar ve buz kaplı alanlardan, 6'sı atmosferin diğer kısımları tarafından) uzaya geri yansıtır. Kalan 65 birim ise 14 atmosfer içinde ve 51'i ise Yer tarafından soğrulur. Yer tarafından soğrulan 51br karasal radyasyon şeklinde (17 doğrudan uzaya yayılır ve 34 atmosfer tarafından (19 gizli yoğuşma ısısından, 9 konveksiyon ve türbülansla ve 6 doğrudan emilir) uzaya yayılır (Gabathuler vd, 2001).

### 1.1.5. Atmosferdeki Sera Etkisi

Kırmızıötesi uzun dalga ve kısa dalga Güneş radyasyonu farkı sera etkisi oluşturur. Sera etkisi oluşturan moleküllere sera gazları denir. Dört ana sera gazı vardır. Bunlar, Su buharı, Karbon dioksit, Metan ve Nitröz oksit'tir. Ozon ve kloroflorokarbonlar (CFC'ler) de sera gazlarıdır. Tablo 3'te sera gazları ve bulunma oranları yaklaşık olarak gösterilmiştir.

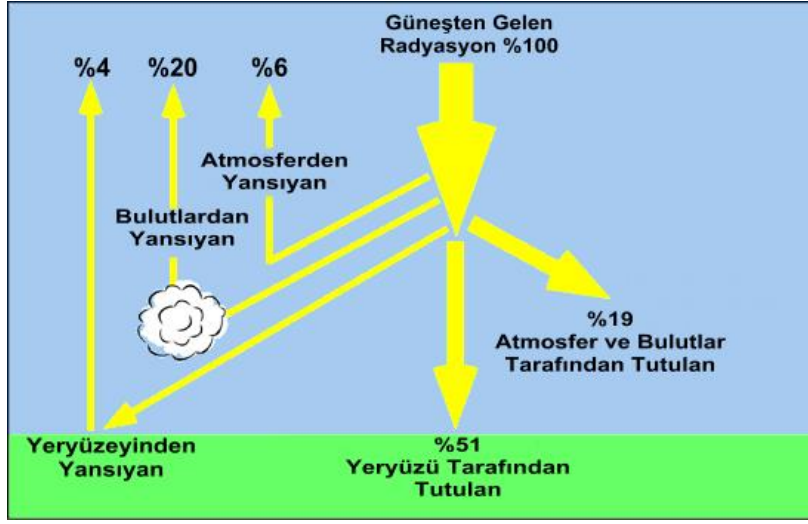
**Tablo 3.** Sera gazları ve bulunma oranları

Sera Gazı	Yaklaşık Bulunma Oranı
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	%72
Metan (CH <sub>4</sub> )	%19
Diazotmonoksit (N <sub>2</sub> O)	%6
Florlu Gazlar	%3

Atmosferin ana bileşenleri; azot, oksijen ve argon sera gazı değildir. Sera gazı molekülleri termal kırmızıötesi enerjiyi emdiğinde sıcaklıkları artar. Bu durumda her yöne arttığı kadar ek enerji yayar. Yukarı doğru yayılan ısı sera gazları ile karşılaştıkça bu molekülleri emer ve ısı miktarı artar.

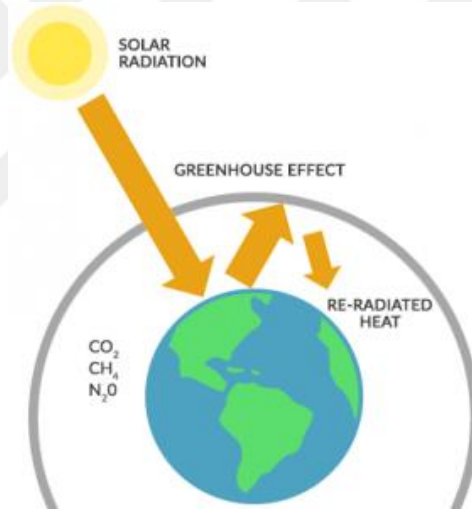
Sera etkiye sebep olan su buharı, atmosferin bileşenleri arasında önemli bir yere sahiptir. Özellikle IR bölgesinin düşük sıcaklıklarla ortaya çıkan enerji ile enerji bütçesine büyük ölçüde katkı sağlar (Chrysaoulakis, 2001). Dünya'ya gelen enerjinin büyük bir kısmı atmosferdeki su buharı ve CO<sub>2</sub> tarafından emilir ve bu gazların kinetik enerjisi, dolayısıyla havadaki sıcaklık artar. Yani atmosferin ısınmasına katkı sağlamış olur. Radyasyon bu gazlar tarafından IR bölgede yayınlıyıcı görevi görür. Bu durumda enerjinin bir kısmı aşağı doğru da yayılır ve Yer yüzeyine geri dönerek Yer'in sıcaklığını da artırır. Bu nedenle Yer'in sıcaklığı, Güneş ile ısıtıldığı daha yüksek olur. Yani bu ek ısıtmalar doğal sera etkileridir. Daha sonra enerji tekrar yukarı yayılır ve atmosferi ısıtır. Yani bu gazlar bir izolasyon gibi davranarak enerjini tekrar uzaya kaçmasını engellemiş olur.

Şekil 14'te de görüldüğü gibi, Güneş enerjisinin ~ %51'si Yer yüzeyi tarafından emilir. Bunun %30'u radyasyona tabi olmayan işlemlerle atmosfere geri döner. Kalan %20'si ise %15'i radyasyonla ve %5'i doğrudan atmosferik pencereden geçer. Güneş enerjisinin diğer %50'nin çoğu uzaya geri yansır, ancak %19'u su buharı, karbondioksit vb. tarafından yüzeye ulaşmadan aşağıya doğru emilir. Böylece bu %19 yüzeyi ısıtmaz, bu nedenle soğutma etkisi vardır (Raval ve Ramanathan, 1989).



Şekil 14. Güneş'ten gelen ışınların dağılımı

Bu durum sera (greenhouse) etkisi olarak adlandırılır ve Şekil 15'te gösterilmiştir (Anonymous, 2022).



Şekil 15. Sera Etkisi

Sonuç olarak bulut sera etkisi ile (bir örtü gibi davranarak) ısıyı hapsedebilir. Bu yüzeyler sera gazlarını kırmızıötesi uzun dalga olarak yeniden yayar. Böylece kırmızıötesi uzun dalga radyasyonu sıkışıp kalır ve atmosferde ısı birikerek ısınma sürecine katkı sağlar.

## 1.2. Meteorolojik Ölçümler

Atmosferin durumunun analizi ve istatistiğinin çıkarılması için, bu tez çalışması kapsamında, çeşitli aygıtlar kullanılarak sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, çiy noktası, bulutluluk gibi veriler incelenmiştir.

### 1.2.1. Sıcaklık

Yoğunluğun bir ölçüsü olan sıcaklık, bir cismin atom veya moleküllerinin ortalama kinetik enerjilerinin, yani moleküllerin ısı enerjisi veya ortalama ısı değişiminin, bir ölçüsüdür. Sıcaklık ve ısı çoğunlukla birbirine karıştırılan terimlerdir. Bu iki terim her ne kadar birbiri ile bağlantılı olsa da birbirinden farklıdır. Isı, bir gram suyun sıcaklığını 1°C artıran enerji miktarıdır. Birimi kalori veya joule olup miktarı madde miktarına bağlıdır. Başka bir deyişle ısı maddenin sahip olduğu enerjinin toplam miktarıdır. Yani ısı bir enerji çeşidi sıcaklık ise bu ısının değişimidir.

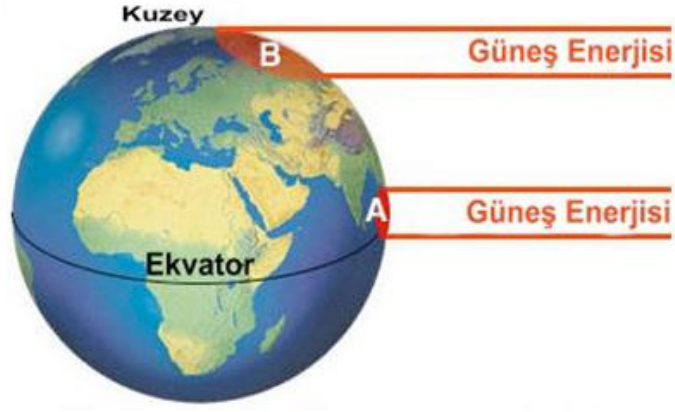
Sıcaklık, Kelvin (K), Celcius (°C), Fahrenheit (°F) ya da Reamur (°R) gibi birimlerde ölçülür. Farklı ülkeler sıcaklık için farklı ölçü birimleri kullanır. Amerika'da bilimsel hesaplamalarda °K ve °F kullanılırken, Türkiye ve Avrupa ülkelerinde yaygın olarak °C kullanılır (Erol, 1999). En düşük sıcaklık (mümkün olan) mutlak sıfırdır ve bu da 0 °K yani -273,15°C'dir. Mutlak sıfırda olan bir maddenin iç enerjisi olmayacağından bu maddeyi soğutmak mümkün olmayacağından dolayı teorik olarak mutlak sıfırdan daha soğuk madde olması mümkün değildir (Anonymous, 2021f.).

Sıcaklık, iklim olaylarında en temel parametrelerden biridir ve güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak değişir. Güneş ışınlarından gelen bu enerji atmosferin ısınmasını sağlar fakat bu ısınmayı sağlayan faktör doğrudan Güneş'ten gelen enerji değil yeryüzünden atmosfere geçen ısı enerjisidir. Bu nedenle troposferin alt bölgesi üst bölgesinden daha fazla sıcaklığa sahiptir. Havanın sıcaklığını etkileyen dört ana faktör vardır;

1. Güneşe bağlı,
2. Yerin şekli, Güneş'e karşı durumu ve hareketlerinden doğan,
3. Atmosferden doğan,
4. Yeryüzü özelliklerinden doğan,

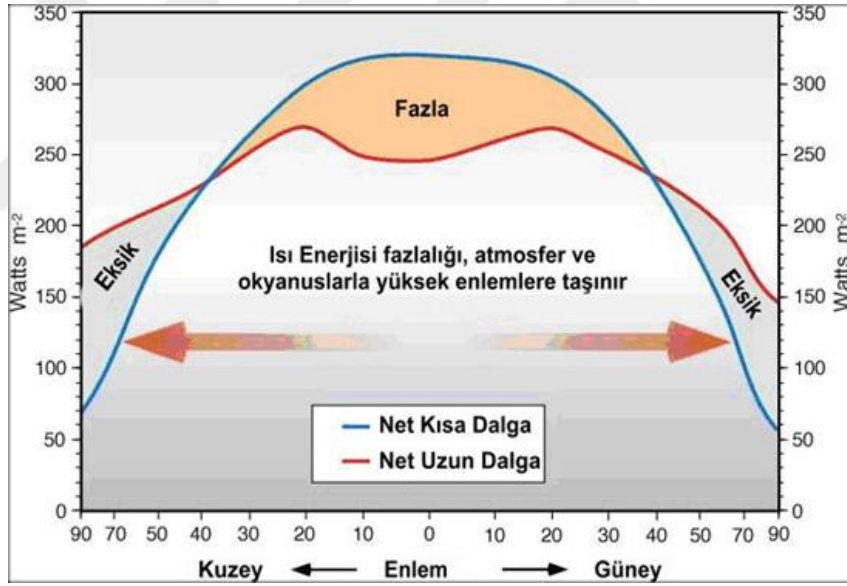
Etkilerdir (Anonim, 2021b.).

Dünyanın şeklinin geoid (kutuplardan baskın, ekvatorundan şişkin) olması nedeniyle Güneş'ten gelen enerji dünyanın her yerinde aynı değildir. Güneş'ten birbirine paralel halde gelen ışınlar, Şekil 16'da görüldüğü gibi ekvatora dik, kutulara ise yatık açılarda ve farklı miktarda gelmektedir.



**Şekil 16.** Güneş ışınlarının Dünya'ya geliş açısı

Bunun sonucunda da ısı farkı oluşur. Yani gelen ışınların açısı küçüldükçe ısınmada küçülür. Bu nedenle Şekil 17'de de görüldüğü gibi ekvatorunda sıcaklık yüksek, kutuplarda daha düşüktür ve bu duruma da enlem etkisi adı verilir.



**Şekil 17.** Ekvatordan kutuplara olan enerji taşınımı

Isı enerjisi fazlalığı, atmosfer ve okyanuslarla yüksek enlemlere taşınır (Anonim, 2021c).

### 1.2.2. Nem

Bir ortamda/havada bulunan su buharı miktarıdır. Kuru hava ve su buharı karışımı nemli havayı oluşturur. Su buharı arttıkça nem yükselir ve havadaki ıslaklığı artırır. Nem; mutlak, bağlı (nispi) ve özgül (spesifik) nem olmak üzere 3 sınıfa ayrılır. Havadaki nem genellikle bağlı nem olarak açıklanır.

Mutlak nem, birim hacimdeki su buharının miktarıdır. Su buharı kütlesini / yoğunluğunu verir. Genellikle  $g/m^3$  ile verilir. Sıcaklıklar doğru orantılı ve yükseklikle ters orantılıdır.

Özgül nem, belli bir hava kütlesindeki su buharının kütlesidir. Yani bir gazda bulunan su buharı ağırlığının gaz ağırlığına oranıdır.

Bağıl (nispi) nem, havadaki nem miktarını vermez, havanın doygunluğa ne kadar yakın olduğunu ifade eder. Yani hava sıcaklığının çiy noktasına ne kadar yakın olduğunun ölçütüdür (Anonymous, 2021g.). Bağıl nemin %100 olması, havanın neme doymuş olması ve yağış olacağı anlamını taşır (Kadioğlu ve Çakır, 2015). Ayrıca bu durumda mutlak nem maksimum değere ( $1m^3$  havanın taşıyabileceği en fazla su buharı miktarı) ulaşmıştır. Yani çiy noktası sıcaklığına ulaştığında artık içerisinde bulunan su buharı taneciklerini taşıyamaz ve yağış gerçekleşir. Yükseklikle sıcaklık azalacağından bağıl nem artar yani bağıl nem yükseklikle beraber artış gösterir. Bağıl nem aşağıdaki denklemden elde edilir:

$$R_H = \frac{N_m}{N_{maks}} 100$$

Burada,  $R_H$  bağıl nem,  $N_m$  mutlak nem ve  $N_{maks}$  ise maksimum nemdir (Anonymous, 2021h.).

### 1.2.3. Rüzgâr / Rüzgâr Hızı

Rüzgâr, bir ortamdaki (atmosfer gibi) hava veya diğer gazların yüzeye göre doğal yollarla oluşmuş, bağıl hareketi (bir yerden başka bir yere hareketi) olarak ifade edilir. Rüzgârın oluşması için atmosferde basınç farkı (gradyen) olması gerekir. Ayrıca, yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket eğilimindedir. Rüzgâr hızını belirleyen etken, basınç farkının şiddetidir ve “anemometre” adı verilen bir aletle ölçülür. Birimi, km/h, m/s veya knot ( $1 \text{ knot} = 0,51444 \text{ m/s}$ )’dur. Basınç farkının artması rüzgâr hızını artması anlamını taşır.

Rüzgârın yönü, hızı (şiddeti) ve sıklığı (frekansı) olmak üzere üç özelliği vardır. Rüzgâr yönü, rüzgârın bulunduğu konuma doğru geldiği yöndür ve devam edeceği istikameti belirler. Genel olarak, doğu, batı, kuzey ve güney olmak üzere dört ana, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olmak üzere dört ara isimlerle ifade edilir (Anonim, 2021d.).

#### 1.2.4. Çiy Noktası (İşba)

Yerdeki su buharlaşırken havada nem oluşturur. Su buharının çiy olarak yoğunlaştığı, sabit basınç altında havanın su buharına doyması için ulaşması gereken sıcaklıktır. Kısaca havanın neme doydugu sıcaklık değeridir. Dolayısıyla çiy noktasında, herhangi bir yüzey üzerindeki bağıl nem %100'e eşit olacaktır (Anonim, 2021d.).

Ortam sıcaklığı düştükçe su buharı yoğunlaşmaya (sıvılaşmaya) başlar. Tam tersi buharlaşmadır. Buharlaşmanın tersine yoğunlaşmada, enerji kaybedilerek su haline dönüşür. Yani suyun buhar halden tekrar sıvı hale dönüştüğü sıcaklıktır.

Çiy noktası değerinin artması havadaki nem miktarının da arttığının göstergesidir. Çiy noktası sıcaklığı, doyum noktasında yani %100 nemde, sıcaklık değerine eşittir. Dolayısıyla hiçbir zaman sıcaklık değerinin üzerinde olamaz. Çiy noktası ve sıcaklık arasındaki farkın artması nem değerinin düşük olması dolayısıyla havanın kuruluğunun artması anlamını taşır (Anonymous, 2022f.).

Çiy noktası, bir sıcaklık olduğu için sıcaklık biriminde hesaplanır. Nem ile karıştırılmamalıdır. Nem su buharı miktarını ifade ederken çiy noktası bu su buharı miktarının doymuş olduğu sıcaklığı ifade eder. Nemin birimi kg/m, g/m<sup>3</sup> iken çiy noktası kelvin, celsius veya fahrenheit birimindedir (Anonymous, 2022g.). Çiy noktası, üzerinden hava geçerken soğutulan cilalı bir metal aynadan oluşan higrometre adı verilen cihaz ile ölçülür. Fakat genellikle doğrudan ölçülmez, sıcaklık ve nem kullanılarak Eşitlik (2.2) ifadesi ile hesaplanır.

$$T_c = \sqrt[8]{\frac{R_H}{100}} [112 + (0,9.T)] + (0,1.T) - 112$$

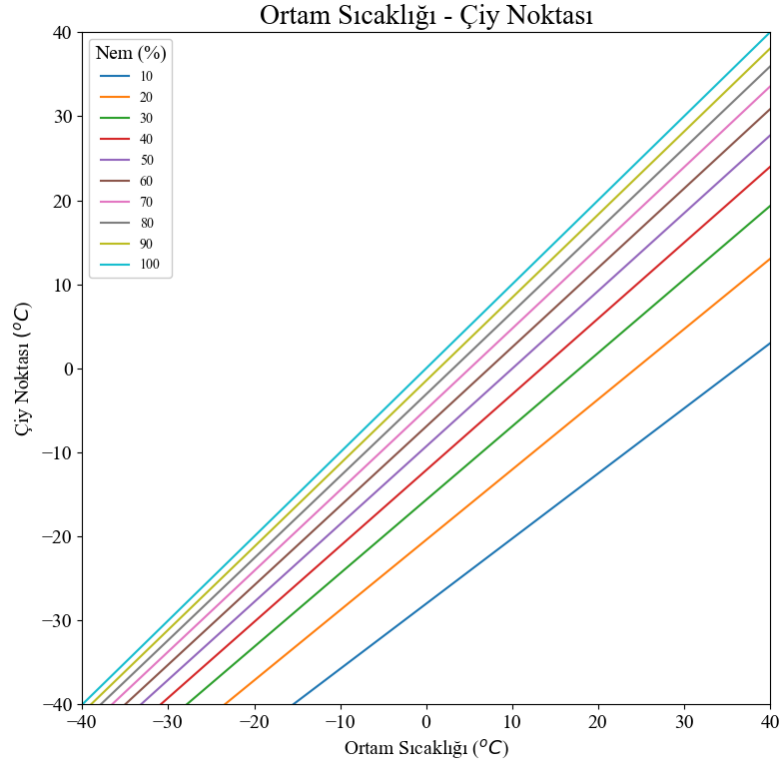
Denklemden,

$T_c$  = santigrat cinsinden Çiy noktası

T = santigrat cinsinden sıcaklık

$R_H$  = yüzde olarak bağıl nem 'dir (Anonim, 2021e.).

Şekil 18'de nem, çiy noktası ve sıcaklık arasındaki ilişki görülmektedir. Bu grafik, python ile BWCS II verileri kullanılarak oluşturulmuştur.



**Şekil 18.** Farklı bağıl nem seviyelerinde hava sıcaklığına karşı çiy noktası sıcaklığı grafiği  
Çiy noktası ve nemin insan üzerindeki etki Tablo 4'te gösterildiği gibidir (Anonim, 2021e.).

**Tablo 4.** Farklı nemlerde çiy noktası sıcaklığı değerleri ve insan üzerindeki etkisi

Çiy noktası sıcaklığı °C	İnsandaki etkisi	32 °C'de bağıl nem
>24 °C	Aşırı rahatsız edici	%62
21 - 24 °C	Çok nemli, çok rahatsız edici	%52 - %60
18 - 21 °C	Birçok kişi için rahatsızlık verici	%44 - %52
16 - 18 °C	Çoğunluk için rahat bir hava	%37 - %46
13 - 16 °C	Rahat	%31 - %41
10 - 12 °C	Kuru hava	%31 - %37
<10 °C	Çok rahat	%30

Hava durumu kayıtlarına bakıldığında gözlemlenen en yüksek çiy noktası sıcaklığı: 8 Temmuz 2003'te Suudi Arabistan'ın Dhahran kentinde öğleden sonra 3:00'te, sıcaklık 42 °C iken 35 °C ve 21 Temmuz 2012'de İran Jask şehrinde %100 bağıl nem ile 34 °C sıcaklığında gözlemlenmiştir (Anonim, 2021e.).

### 1.2.5. Gökyüzü Sıcaklığı (Tsky)

Güneş dünyanın en önemli radyasyon kaynağıdır ve enerjisi (sabit ışık hızı ile çeşitli dalga boylarında radyal enerji sağlayan elektromanyetik dalgalar halinde) yeryüzüne ulaşır. Güneş'ten gelen enerjinin tayfsal dağılımı sabittir fakat atmosferden geçip yeryüzüne gelene kadar kırılma, yansıma, soğrulma, saçılma gibi etkilere uğrar. Güneş'ten gelen enerjinin bir kısmını soğuran atmosfer, kara cisim gibi davranarak bu enerjiyi elektromanyetik ışınım halinde yayar. Bu ışınım karşılık gelen sıcaklık ise gökyüzü sıcaklığı (Tsky) olarak ifade edilir. Bulutlar atmosferde bir bariyer gibi davranarak yerden gelen IR radyasyonu geri yansıtır. Bu radyasyon ölçülerek Tsky hesaplanır. Alınan verilere göre de gökyüzünün bulutluluk durumu hakkında bilgi elde edilir (Sloan vd, 1955). Yer ve gökyüzü arasındaki radyasyon değişimleri, alınan küresel ve yaygın Güneş radyasyonuna, hava sıcaklığına, neme ve rüzgâr yoğunluğuna konveksiyonla bağlı olacaktır (Adelard vd, 1998).

Tsky, kara cisim sıcaklığının ölçümlerini sağlayan pirometre adı verilen IR termometre ile ölçülebilir. Pirometre, atmosferik IR radyasyon spektrumunu ölçer. Tsky'ı ölçmek ve bulut tespiti yapmak için dar bir görüş alanına sahiptir. Bu cihazın içinde sadece uzun dalga radyasyonunu ölçen termopil bulunur. Bu radyasyonu, sensöre gelen ve sensörden giden uzun dalga radyasyon akısı arasındaki net radyasyonu (Rsky) algılayıp voltaja dönüştürerek ölçer (Gliash vd, 2011). Elde edilen değer Stefan-Boltzmann yasası kullanılarak bir sıcaklık değerine çevrilir ve bu da "Gökyüzü Sıcaklığı" değeridir (Tang vd, 2004).

#### 1.2.5.1. Stefan-Boltzman Yasası

Kara cisim ışımasının, sıcaklığın dördüncü kuvveti ile ilişkili olduğunu gösterir. Mükemmel bir kara cismin emisyon değeri 1'dir. Kara cisim tarafından yayılan toplam enerji (tüm dalga boylarında) ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösterir. Ayrıca Plank eğrisinin altında kalan alan, kara cismin birim yüzeyden yaydığı toplam enerjidir. Stefan-Boltzmann yasası:

$$E = \epsilon \sigma T^4 \quad \text{yani} \quad E = \sigma T^4$$

$\sigma$  : Stefan – Boltzmann sabiti ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )

$\epsilon$ : gökyüzü emiyonu

E: toplam enerji tüketimi

T: cismin sıcaklığı

Gökyüzü sıcaklığını elde etmek için, Stefan Boltzman denklemi aşağıdaki şekilde uyarlanmıştır:

$$R_{sky} = A \epsilon \sigma (T_{sky})^4$$

Burada;

$R_{sky}$ : gökyüzünden gelen radyasyon, W

A: yüzey alanı, m<sup>2</sup>

$\epsilon$ : gökyüzü emiyonu

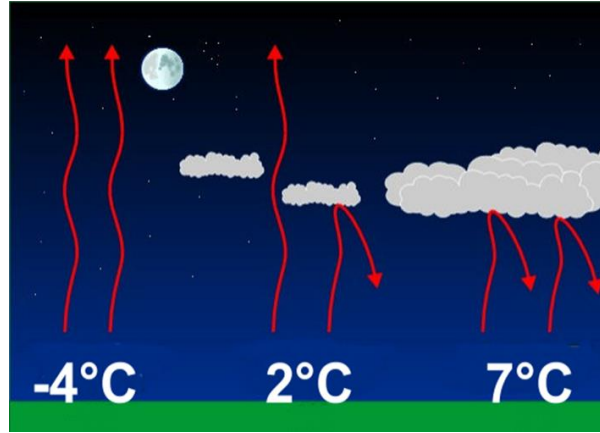
$\sigma$ : Stefan boltzman sabiti,  $5,67 \times 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>

$T_{sky}$ : gökyüzü sıcaklığı, K

$T_{sky}$ 'a etken olan termal radyasyonun kaynağı Yer'den yükselen ve atmosferden gelen radyasyondur. Termal radyasyon, madde içindeki yüklü parçacıkların termal hareketinin ürettiği elektromanyetik enerjidir. Bir cismin sıcaklığı ve yaydığı radyasyonun maksimum dalga boyu ters orantılıdır (Anonymous, 2021i.). Bulutsuz gecelerde radyasyon kayıpları kapalı gecelerden daha fazladır ve bu da hızlı sıcaklık düşüşlerine neden olur (Luciuk, 2009). Gökyüzü bulutlu olması durumunda IR sıcaklığı açık gökyüzünde olduğundan daha fazla olur (Algarni ve Nutter, 2015). Aradaki bu sıcaklık farkı ise bulutun optik derinliğine bağlıdır. İnce sirus bulutlarında şeffaflık fazla olduğundan aradaki sıcaklık farkı da fazla olur. Sonuç olarak ortam sıcaklığı ( $T_{amb}$ ) ve  $T_{sky}$  arasındaki fark bulutluluk derecesini gösterir. Gökyüzünün açık olması durumunda,  $T_{sky}$ ,  $T_{amb}$ 'den 20°C daha soğuk olur. Parçalı bulutlu ya da sirus bulutları olması durumunda ise bu fark 10°C'dir. (Mallama ve Deganan, 2002). Şekil 19'da da gösterildiği gibi özellikle bulutsuz koşullarda gece boyunca yüzey soğur. Ayrıca nem, su buharı yoğunlaşana kadar yükselir (Anonim, 2021c.). Bulutlu gecede şekilden de anlaşılacağı gibi gelen radyasyon değişeceği için  $T_{sky}$  da değişecektir.

Gökyüzü sıcaklığı, bağıl nemim artmasıyla da artar. Bu artış, atmosferdeki su miktarı arttıkça atmosferin kırmızıötesi radyasyona karşı artan opaklığından kaynaklanır (Gliash vd, 2011). Atmosferik sıcaklık, bir yüzeyde yükseklik arttıkça azalır. Bu da yayılan radyasyonun, emilen radyasyonu aşması demektir. Bu durumda yüzey soğur ve büyük bir çoğunlukla gökyüzü sıcaklığı, ortam sıcaklığından düşüktür. Ortam sıcaklığı, bulutlu havalarda gökyüzü sıcaklığından yüksektir. Fakat genellikle gökyüzü sıcaklığı buluttan dolayı artma eğilimindedir. Kış aylarında gökyüzü ve ortam sıcaklığı arasındaki fark en yüksek değerlere ulaşır (Adelard

vd, 1998). Ayrıca gökyüzü sıcaklığı, gece dar bir bantta yer alır. Bu sıcaklık değeri gündüzleri (70 °C veya daha fazla olabilir) daha düşüktür. Bu nedenle gökyüzünün yayma etkisi, geceleri gündüzden daha yüksektir (Karn vd, 2019).



**Şekil 19.** Radyasyon kaybı nedeniyle yeryüzündeki sıcaklık değişimi

Tsky, ölçüm yapılan yerdeki nem, bulut, havadaki aerosol gibi toz ve diğer parçacıklara bağlıdır. Çölde eğer gökyüzü bulutlu değil ise Tsky -50 ‘ye yakın, Tayland gibi nemli ve bulutlu bölgelerde ise bu sıcaklık 20 °C’ye yakın olur (Anonymous, 2022h.).

#### 1.2.5.2. Gökyüzü Emisyonu

Emisyon, bir yüzeyden gelen termal radyasyonun enerjisiyle yayılmasıdır. Bir cismin aynı sıcaklıkta yaydığı enerjinin bir karacisim tarafından yayınlanan enerjiye oranı da emisyonu verir ve bu oran 0 ile 1 arasında değişir. Mükemmel bir kara cismin yüzeyi (1 emisyon ile) oda sıcaklığında (25°C, 298.15K) m<sup>2</sup> başına yaklaşık 448w’lık termal radyasyon yayar (Chen vd, 1995). Emisyon, 0-1 arasında değiştiği için gökyüzü sıcaklığı, ortam sıcaklığından daha düşüktür. Gökyüzü emisyonu:

$$\epsilon = R_{sky} / \sigma T_{amb}^4$$

R<sub>sky</sub>, gökyüzünü bir kara cisim olarak kabul edilir,

$$R_{sky} = \sigma T_{amb}^4$$

Yukarıdaki iki denklem karşılaştırıldığında, gökyüzü sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki ilişki,

$$T_{sky} = \epsilon^{1/4} T_{amb} \text{ elde edilir (Karn vd, 2019).}$$

### 1.2.6. Bulut

Bulut, havada serbest halde bulunan su, buz ve diğer parçacıkların bir gezegenin atmosferinde, gözle görülebilir olacak şekilde, askıda kalması ile ifade edilir (17Anonymous, 2021). Güneş'ten gelen enerjinin bir kısmını uzaya yansıtarak atmosferin daha az ısınmasını sağlayan ve yerden çıkan enerjiyi ise atmosferde hapseder yani atmosfer sıcaklığına katkıda bulunur. Başka bir ifadeyle Güneş'ten gelen radyasyonun Dünya'ya ulaşmasını sağlaması ve yansıtarak tekrar dönen termal radyasyonun uzaya kaçmasını engeller (Thurairajah ve ark., 2005). Bundan nedenle atmosferin radyasyon bütçesi için büyük bir öneme sahiptir. Bulutlar, dünyanın ışınlam dengesi ve hidrolojik döngüsü için oldukça büyük bir etkiye sahiptir (Harrison vd, 1990). Ayrıca iklim modellerinde de düzenleyici bir göreve sahiptir (Schmidt vd, 1995).

Bulut, sıvı veya katı su parçacıkları topluluğudur. Atmosferdeki toplam suyun küçük bir kısmını oluşturur ve bulutlar sera etkisinin ana etkeni olarak kabul edilir (Boers vd, 2010). Sıcak hava soğuk havadan daha fazla su buharı içerebilir böylece hava soğursa bağıl nem yükselir ve belirli bir eşik değerini aşarsa aerosoller su buharını emmeye başlar. Aerosoller, bulut yoğunlaşma çekirdeği görevinin görür ve eşik değeri bu aerosollerin tiplerine bağlıdır. Bağıl nem, hava soğudukça doymuş hale gelene kadar yükselir ve su buharı daha da büyüyen bulut parçacıkları üzerinde yoğunlaşır. Yaklaşık 20 mm'den küçük parçacıklar ortamda hareket eder, daha büyük parçacıklar ise düşerek yağış oluşturur. Hava sıcaklıkları 0 °C'in üzerinde olduğunda bulut içerisindeki parçacıklar sıvıdır, -40 °C 'in altında ise fazla su buharı buz kristallerine dönüşür ve soğuyan havada bulutlar oluşur.

#### 1.2.6.1. Bulut Fiziği

Bulut fiziği tarihi 19. yüzyılda gelişmeye başlamıştır. Su damlacıklarını mikroskop altında incelemek için 1847'de Augustus Waller örümcek ağı kullanmıştır ve yaptığı bu çalışma, 1880'de William Henry Dines tarafından ve 1884'te Richard Assmann tarafından onaylanmıştır.

Bulutlar üç tip halinde bulunur. Bunlar, içerisinde suyun mikroskobik damlacıklar halinde bulunduğu; ılıman bulutlar, buzların küçük kristal halinde bulunduğu soğuk bulutlar ve ikisinin de bulunduğu karışık faz bulutlardır. Bulut içerisindeki damlacıklar ilk olarak su buharının yoğun olduğu bölgelerde oluşur. Aynı zamanda Köhler Teorisi'nin (havanın aşırı doymuşluğu) kritik değerini aşar. Aşırı doymuşluk miktarı, yoğunlaşma gereklidir. (Long vd, 2006).

Bulut içerisindeki su damlacıkları küçük olması aşırı doymuşluk gerektirir. Sıcak bulutlardaki büyük su damlacıkları, küçük damlacıkların üzerindeki sürüklenme kuvveti daha büyük olacağından hızlı bir şekilde düşer. Bu damlacıklar küçük damlacıklarla çarpışır ya da birleşip daha büyük damlacıkları oluştururlar. Bu sayede yeterince büyük olan damlacıklar yer çekimi etkisiyle yağış oluşturur (Anonim, 2022a.).

#### 1.2.6.2. Bulut Oluşumu

Bir bulutta her zaman aynı su damlacıkları ya da buz kristalleri bulunmaz. Çünkü bulut içerisindeki bu partiküller yağış olarak düşer ve sıcak tabakalara ulaştıkça da tekrar buharlaşır. Buluttan düşen bu partiküllerin yerini, yoğunlaşan yeni su damlacıkları ya da buz kristalleri alır. Bu döngüden dolayı bulut yapısı sürekli oluşum ve dağılım durumundadır. Bulut oluşum yolları:

1. Bir bulutun oluşumunda, “yükselme”, “soğuma” ve “yoğunlaşma” gerekli olan üç temel özelliktir (Anonim, 2021f.).

Atmosferde yüksek seviyelerdeki hava kütlesi, daha da yükseldikçe daha düşük basınçlarla karşılaşır. Bu karşılaşmada hava kütlesi genişleşerek soğuyan nemli havanın kaldırılmasıyla bulut oluşturur. Yani sıcak havanın soğuk hava üzerine hareketi sırasında (yoğunlaşan su buharı nedeniyle) bulut oluşur. Hava kütlesi, su buharıyla doymuş hale gelene kadar yükselmeye devam ettikçe çiy noktası sıcaklığına erişir, bağıl nem artar ve daha sonra havadaki aerosol parçacıklarının herhangi birinde yoğunlaşma meydana gelir. Hava kütleindeki yükseliş devam ederse birikmeye başlayan su damlacıkları bulut oluşturur (Anonymous, 2021j.).

2. Havadaki görünmez su buharının, görünür su damlacıkları veya buz kristalleri halinde yoğunlaşmasıyla da bulut oluşur. Bunun için hava kütleinin doymuş olması gerekir. Yani bu hava kütleinin içinde/içerisinde bulunan tüm suyu buhar halinde tutamaması, dolayısıyla da sıvı veya katı bir halde yoğunlaşmaya başlaması gerekir. Doymuşluğa ulaşmanın iki hali vardır;

a. Havadaki su içeriğinin, örneğin buharlaşma yoluyla, havanın daha fazla tutamayacağı bir noktaya kadar artırarak.

b. Havayı çiy noktasına ulaşacak şekilde soğutarak ki bu da yoğunlaşmanın meydana geldiği ve daha fazla su tutamadığı sıcaklıktır (Anonymous, 2021k.).

3. Sisin buharlaşması şeklinde oluşumu da söz konusudur. Yoğunlaşma çekirdekleri adı verilen toz ve duman parçacıkları sayesinde su buharı yoğunlaşabilir.

4. Bulut türlerine göre bulutun oluşum şekli de farklılık gösterir. Genel olarak, troposferik bulutun oluşum sürecine bakarsak, dört süreç söz konusudur:

- a. Karasız hava kütlesi ile,
- b. Kararlı hava kütlesi ile,
- c. Yarı-yatay enverziyonel durumla bağlantılı,
- d. Cephesel bulut oluşumudur (Anonim, 2021g.).

#### Bulut türleri

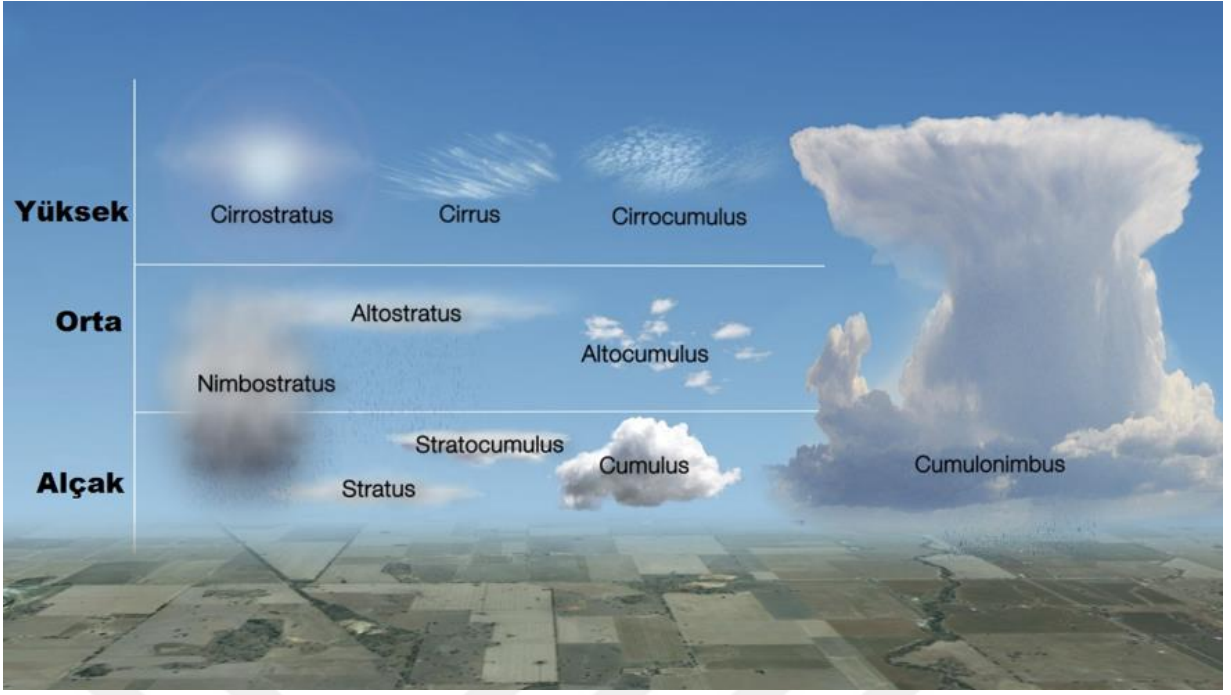
Bulutlar ilk olarak görünümlerine göre üç ana gruba ayrılmıştır. Bunlar cirrus, kümülüs ve stratus olarak adlandırılır. Cirrus bulutları yüksek yapılı, ince ve beyaz yapıdadır bu nedenle geceleri görülmesi zordur. Çıplak gözle kolay tespit edilemediği için astronomik gözlemlerde elde edilen verilerin doğruluğuna etki edebilir. Kümülüs bulutları küresel bulut kütlelerinden oluşur. Bu bulutların oluşumu genellikle gündüz belirir öğleden sonra maksimuma ulaşır ve Güneş'in batmasıyla yer soğuduğunda yok olmaya başlar. Dolayısıyla gecenin ilerleyen saatlerinde astronomik açıdan bir engel teşkil etmez (Hancock, 2005).

#### 1.2.6.3. Bulut Türleri

Kimyager ve amatör bir meteorolog olan Luke Howard tarafından, 1803 yılında, hali hazırda kullanılan, uluslararası sınıflandırmanın temeli haline gelen bir sistem önerdi. Howard, dört tür bulut tanımlı yaptı. Bu sınırlar;

- Cumulus – yığılmış/yığın halinde
- Stratus - bir tabaka/tabaka halinde
- Cirrus - iplik benzeri, tüylü veya kıvrılmış
- Nimbus - yağmur taşıyıcı

Bunun dışında bulut türleri Şekil 20'de gösterildiği gibi yüksekliklerine yani tabanlarının ortalama deniz seviyesinden yüksekliğine göre üç gruba ayrılır (Anonymous, 2021k.).



**Şekil 20.** Bulut türleri

Yüksekliğine göre bulut türleri, farklı kalınlıklardadır. Bu kalınlıklar ve atmosfer yapısından dolayı bulut seviyeleri farklıdır. Troposferin kalınlığı ekvator dan kutuplara doğru azalır. Dolayısıyla bulut türleri Tablo 5 'te görüldüğü gibi, farklı kuşakta aynı yüksekliğe sahip olmayabilir (Anonim, 2021a.).

**Tablo 5.** Bulut türlerinin kuşaklara göre yüksekliği

Bulut Türü	Kutup Kuşağı	Orta Kuşak	Tropikal Kuşak
Alçak Bulut	~0 – 2 km	~0 – 2 km	~0 – 2 km
Orta Bulut	~2 – 4 km	~2 – 7 km	~2 – 8 km
Yüksek Bulut	~3 – 8 km	~5 – 13 km	~6 – 18 km

Tablo 5'ten anlaşıldığı gibi, alçak bulut dışındaki diğer yüksekliğe bağlı bulut türleri farklı kuşaklarda farklı yüksekliğe sahiptir.

#### Alçak bulut

Yüksekliği ~2100 m'den az olan bulutlar bu sınıfta yer alır. Tablo 6'da görüldüğü gibi, Cumulus, Cumulonimbus, Stratus ve Stratocumulus bulutu alçak bulut türleridir.

**Tablo 6.** Alçak bulutların özellikleri

<b>Bulut Türü</b>	<b>Kısaltma</b>	<b>Taban Yüksekliği</b>	<b>Rengi</b>
Cumulus	Cu	365 – 2000 m	Üst kısmı parlak beyaz, alt kısmı koyu
Cumulonimbus	Cb	300 – 1500 m	Üst kısmı beyaz, alt kısmı koyu
Stratus	St	457 – 2000m	Gri
Stratocumulus	Sc	365 – 2100 m	Gri veya Beyaz

Tablo 6'dan anlaşılacağı üzere, Cu bulutunun Güneş alan kısımlarında çoğu zaman parlak beyaz, ancak alt kısımları daha koyu renklerde olur. Cu bulutu ayrılmış yığınlar şeklinde görünür. Sığ Cu, özellikle kuvvetli rüzgârlarda oldukça düzensiz görülür. Ancak iyi oluşmuş bulutun düzleşmiş tabanları ve keskin hatları vardır. Büyük Cu bulutu, kendine özgü bir "karnabahar" şeklindedir. Bu bulut türü genellikle su damlalarından oluşur. İyi gelişmiş Cu yağmur ve sağanak yağışlar üretebilir.

Cb bulutu, önemli ölçüde dikey genişliğe sahip Cu tipi bir buluttur. Cu tepesi çok yükseklerle ulaştığında, su damlacıkları buz kristallerine dönüşür ve net/keskin hatlarını kaybeder. Bu aşamada bulut bir Cb haline dönüşür. Genellikle, lifli bulut tepesi, belirgin bir kama veya örs şekline yayılır. Bu bulut, bazen dolu ve gök gürültüsü şeklinde şiddetli sağanak yağışlar oluşturur.

St bulut şekli, özellikle yukarıdaki bir bulut katmanından düşen yağış sırasında oldukça düzgün bir tabana sahip bir katman veya düzensiz parçalar halinde görünebilir. Sis, rüzgâr veya sıcaklıktaki artış nedeniyle genellikle bir tabaka haline dönüşür. Güneş zemini ısıtırken, St bulutunun tabanı yükselebilir ve kenarları daha belirgin bir biçim aldıkça sığ Cu bulutu haline gelebilir. Bu bulut, ince ise, güneş veya ay diski görünür olacaktır (yukarıda başka bulut katmanı olmaması şartıyla). Kalınsa, çiseleyen yağmur veya kar taneleri üretebilir.

Sc bulutu ise genellikle gölgelidir. Bulut şekil olarak, yamalar veya yuvarlak elemanlardan oluşan bir tabaka halinde veya dalgalı bir katman olarak görünür. Bu bulut, hafif yağmur veya kar oluşturabilir. Bazen bulut, Cu'nun yayılmasından kaynaklanabilir ve hafif bir yağmur verebilir. Şekil 21'de bu bulut tiplerinin örnekleri yer almaktadır (Anonymous, 2021.).



Cumulus (Cu)



Cumulonimbus (Cb)



Stratus (St)



Stratocumulus (Sc)

### Şekil 21. Alçak bulut örnekleri

#### Orta bulut

Yüksekliği 2000 – 5200 m arasında olan bulut türüdür. Tablo 7’de görüldüğü gibi, Altocumulus, Altostratus ve Nimbostratus bulutu bu sınıfta yer almaktadır.

**Tablo 7.** Orta bulut özellikleri

Bulut Türü	Kısaltması	Taban Yüksekliği	Rengi
Altocumulus	Ac	2134 – 5182 m	Gri veya Beyaz
Altostratus	As	2438 - 5182 m	Grimsi veya Mavimsi
Nimbostratus	Ns	457 – 3048 m	Koyu gri

Tablo 7’de verilen, Ac bulutu, genellikle biraz gölgelidir. Şekil olarak en yaygını ya yamalar ya da yuvarlak elemanlardan oluşan bir tabakadır. Fakat fazla formu olmayan bir katman olarak da görünebilir. Bazen hafif yağmur veya kar bazen ise bir sağanak şeklinde zemine ulaşabilir.

As bulutu, gökyüzünü tamamen veya kısmen kaplayan tek biçimli bir tabaka halindedir. Bazen Güneş'i veya ayı buzlu camın ardından bakar gibi belli belirsiz gösterecek kadar incedir. Eğer bu bulutun tabanı yaklaşık 3048 m yüksekliğe sahip değilse, genellikle hafif yağmur veya kar, ara sıra buz topakları verebilir.

Ns bulutu ise gökyüzünün tamamını veya çoğunu kaplayan kalın ve dağınık bir tabaka şeklindedir. Bu bulut, bazen buz topakları ile birlikte orta dereceli veya şiddetli yağmur veya kar yağışı oluşturur. Orta bulut olarak sınıflandırılmasına rağmen, tabanı sıklıkla düşük bulut seviyelerine iner. Yağışta altta oluşan tabakalar tarafından kısmen veya tamamen kapatılabilir.

Şekil 22'de bu bulut tiplerinin örnekleri yer almaktadır (Anonymous, 2021).



Altocumulus (Ac)



Altostratus (As)



Altostratus (As)

**Şekil 22.** Orta bulut örnekleri

## Yüksek bulut

Yüksekliği 5200'den büyük olan bulut türleridir. Tablo 8'de görüldüğü gibi, Cirrus, Cirrocumulus ve Cirrostratus bulutu bu sınıfta yer almaktadır.

**Tablo 8.** Yüksek bulut örnekleri

Bulut Türü	Kısaltması	Taban Yüksekliği	Rengi
Cirrus	Ci	5182 – 10668 m	Beyaz
Cirrocumulus	Cc	5181 - 10668 m	Beyaz
Cirrostratus	Cs	5181 - 10668 m	Beyaz

Tablo 8'de verilen Ci bulutu, buz kristallerinden oluşur. Dolayısıyla beyaz renklidir. Bazen uçlarından kıvrılmış saç benzeri filamanlar veya daha yoğun, dolaşmış yamalar halindedir. Bazense ufka doğru birleşiyor gibi görünen paralel bantlar halindedir.

Cc bulutu da buz kristallerinden oluşur. Bu yüzden beyaz renktedirler. Taneler, dalgalanmalar veya petek şeklinde çok küçük elementlerden oluşan yamalar veya levhalar halindedir. Bu bulut, bazen düzenli bir 'dalgalı' ve küçük boşluklar biçimindeki görünümü bir balığın pullarını andırabilir ve bu nedenle popüler 'uskumru gökyüzü' adının ortaya çıkmasına neden olabilir (bu isim aynı zamanda yüksek altoCumulus bulutuna da atfedilebilir).

Cs bulutu da aynı şekilde buz kristallerinden oluşur. Bu yüzden beyaz renktedirler. Gökyüzünü tamamen veya kısmen kaplayan lifli veya pürüzsüz görümlü şeffaf bir örtü şeklindedir. Halo fenomeni üretir, en sık görüneni Güneş'in veya ayın etrafındaki küçük (22 derece) haledir. Şekil 23'te bu bulut tiplerinin örnekleri yer almaktadır (Anonymous, 2021.; Anonim, 2022b.).



Cirrus (Ci)



Cirrocumulus (Cc)



Cirrostratus (Cs)



**Şekil 23.** Yüksek bulut örnekleri

### 1.2.7. Bulutluluk

Gökyüzündeki bulutlu bölgelerin gökyüzünün tamamına oranıdır. Astronomik yer gözlemlerinin yapılabilmesi için bulutluluk (bulut türü, miktarı ve değişimi gibi etkenler) büyük bir öneme sahiptir. Bir gözlemin yapılabilmesi için bulutluluk bilgisine ihtiyaç vardır.

Bulutların tespit edilmesi, gözlem yapılacağı zamandaki bulut durumu bilgisi astronomik gözlemler açısından önemi, hangi gece gözlem yapılıp yapılmayacağı, ya da gökyüzünün hangi bölgelerinde ne kadar süreyle gözlem yapılabileceği bilgisiyle gözlem planı oluşturulabilir. Bu sayede teleskobun gözlem zamanı da verimli kullanılmış olur.

Bulut modellemeleri, gri gövdeli yarısaydam yayıcılar olarak yapılır. Alçak ve orta bulut çok yayıcı olduklarından kolay algılanır. Yüksek seviyeli bulut ise daha az yayıcıdır ve tespit edilemez ama düşük sıcaklıkları nedeniyle gökyüzü radyasyonu üzerinde minimumda olsa etkileri vardır (Berdahl ve Fromberg, 1982).

### 1.2.8. Sensör

Sensör, makine, cihaz, parça ve alt sistemden oluşur. Ölçülen sistemlerdeki (ısı, ışık, basınç ve ses gibi) ortam değişikliklerini algılayarak başka cihazlara (genellikle bilgisayar) bildirir. Yani ortam değişikliklerini algılar ve elektronik devrelerle uyumlu bir sinyale dönüştürür. Tek başına bir şey yapmayıp genelde bilgisayar benzeri cihazlara bilgi sağlayan bir elemandır. Örnek olarak, sıcaklık, nem ve hareket sensörü gibi çeşitleri vardır.

Sensörler ikiye ayrılır. Aktif ve Pasif sensörler. Pasif sensörler ek bir enerji ihtiyacı olmadan doğrudan elektrik sinyali üreten sensörlerdir. Aktif sensörler ise çıkış sinyali üretmek için ek bir enerjiye/güce ihtiyaç duyar. Nem, sıcaklık sensörü Pasif sensörlerdir. Termokupl pasif bir sensördür, termistör ise sıcaklığa duyarlılığından dolayı aktif bir sensördür (Atalay).



## MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Gök cisimlerinden gelen enerji, atmosferden geçerken soğrulma, kırılma gibi çeşitli etkilere maruz kaldığı için yeryüzünden yapılan gözlemleri etkiler. Söz konusu etkiler rakım ile ters orantılıdır. Bu nedenle, özellikle büyük çaplı teleskoplara sahip olacak olan gözlemevleri için yer seçimi çalışmaları yapılırken yüksek rakım tercih edilir.

Gözlemevi yerleşkelerine bulunması beklenen başlıca özellikler arsında; açık gece sayısı (bulutluluk, yağış), astronomik görüş, ışık kirliliği, havadaki aerosollar miktarı, hâkim rüzgâr hızı ve yönü, yüksek rakım (ince ve temiz atmosfer tabakası) ve nem şeklinde sıralanabilir. Teleskop barındıracak olan bir gözlemevi inşa etmeden önce; Gözlemevi Yerleşkesinde olması gereken özellikler dikkate alınır ve yer seçim çalışmaları yapılır. Özellikle büyük çaplı teleskoplar barındıran gözlemevi için bunlar büyük önem arz etmektedir. Ayrıca gözlemevi kurulabilmesi için yerleşkesinin altyapısı da önemli bir parametredir. DAG yerleşkesi seçilirken de yer seçimi çalışmaları yapılmış ve Erzurum Konaklı'da bulunan Karakaya Tepeleri'nin uygun olduğuna karar verilmiştir (Yüzlükoğlu, 2017).

Karakaya Tepeleri, rakımı (3170 m) ve şehrin bu tepelerin kuzeyinde kalmasından (şehrin genişleme yönünün aksine düşmesi yani ışık kirliliğinden şimdilik uzak olmasından) dolayı gözlemevi için uygun olduğuna karar verildi ve yerleşke (2,510,000 m<sup>2</sup> alana sahip) Atatürk Üniversitesi'ne tahsis edilmiştir. DAG projesi kapsamında yapılmakta olan gözlemevi, Türkiye'nin ilk IR (NIR, <3 mikron) ve optik en büyük teleskobu (4m çaplı teleskop ile görsel) olacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında, çeşitli sensörler bulunduran aygıt(lar) kullanılarak, DAG Yerleşkesinin bulutluluk analizi ve istatistiği yapılmıştır. BWCS II meteorolojik aygıtı, kalibrasyonu Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmış olan Vaisala meteorolojik aygıtı ile karşılaştırılmıştır. Bu iki meteorolojik aygıt DAG Yerleşkesinde kurulmuş olan DIMM (Differential Image Motion Monitor) kulesi üzerinde bulunmaktadır. DIMM kulesi, 2012 yılında DAG yerleşkesine kurulmuş ve 7 m yüksekliğe sahiptir (Güney, 2021).

### 2.1.1. Vaisala Meteoroloji Sistemi (WXT536)

DAG Yerleşkesinde kurulmuş olan ve bir dakikalık periyotlarla ölçün alan Vaisala meteoroloji aletinin görüntüsü Şekil 24’te, örnek bir veri seti ise Tablo 9’da gösterilmiştir (Güney, 2021).



**Şekil 24.** Vaisala meteoroloji aletinin görüntüsü

Tablo 9’da gösterildiği gibi, sıcaklık, nem değerleri dikkate alınmıştır.

**Tablo 9.** Vaisala Özellikleri

Alıcı	Ölçüm Aralığı (Hassasiyet)
Sıcaklık (°C)	-52 / 60 ( $\pm 0,3$ °C)
Nem (%)	0 / 100 ( $\pm 3$ %)
Link	<a href="https://www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/weather-transmitter-wxt530-series">https://www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/weather-transmitter-wxt530-series</a>

### 2.1.2. Boltwood Bulutluluk Sensörü (BWCS II)

BWCS II, 8-14 $\mu$  dalga boyu aralığındaki gökyüzünün IR radyasyonunu algılayıp bulutluluk değerini ölçmek için tasarlanmış bir cihazdır. DAG Yerleşkesine kurulan BWCS II Şekil 25 ‘te görüldüğü gibi 10°’lik bir zenit uzaklığına sahiptir olacak şekilde güneye doğru kurulmuştur. Bunun nedeni, yağmur, kar gibi hava koşullarında aygıtın üzerine düşen suyun ıslaklık sensörünün yüzeyinden akmasını sağlamaktır. Ayrıca içerisinde bulunan gün ışığı sensörünün (yere doğrultulmuş) de doğru çalışması için görüş alanında bina, ağaç gibi nesnelerin olmaması ve zeminin de yansıtıcı bir yüzeyde olmaması (ay ışığı ya da çevreden gelen diğer ışıkları algılamaması) gerekmektedir.



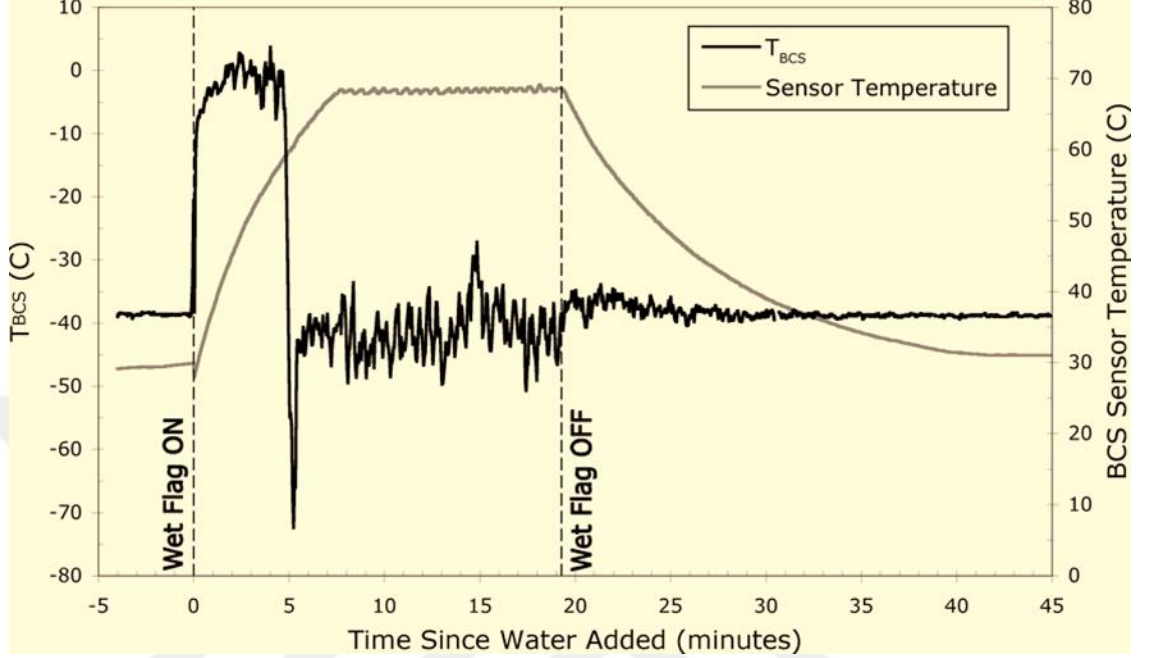
Figure 8 - A Sensor Head Installation Example

## Şekil 25. Boltwood meteoroloji aletinin görüntüsü

BWCS II kırmızıötesi bir sensörle radyal ısıyı ölçerek bulut miktarını verebilir. Sensör, şarj bağlantılı cihaz (CCD vb.) veya çeşitli yazılım programları gerektiren karmaşık bir donanım sistemine sahip değildir. Yöntemi, IR emisyonudur ve çıktı olarak bulut dizini verir (Bae vd, 2016). Bulut ölçümü yapmak için gelen radyasyonu ölçerek gökyüzü sıcaklığı adı verilen sıcaklığa dönüştürme ve daha sonra da ortam sıcaklığını ölçüp iki sıcaklık değerlerini karşılaştırır. Tsky'yi cihazın gökyüzüne bakan ucunda bulunan bir termopil sensör ile ölçer. Tamb'yi ise cihazın gün ışığını doğrudan görmeyen yere bakan kısmında bulunan bir termistör yardımıyla ölçer. Daha sonra Tsky'dan Tamb'yi çıkararak aradaki farktan bulutluluk değerini, açık, bulutlu, çok bulutlu şeklinde verir. Genellikle farkın 0 ila  $-20^{\circ}\text{C}$  olduğu aralığı bulutlu ve  $-50^{\circ}\text{C}$  kadar düşük olduğu aralık ise açık gökyüzünü gösterir. Yani iki sıcaklık arasında fark ne kadar yüksek olursa gökyüzünün bulutluluk durumu o kadar düşüktür (Hancock, 2005).

Isıtıcı, çiy oluşumunu önlemek için, normal modda, sensörü ortam sıcaklığının yaklaşık  $4^{\circ}\text{C}$  üzerinde tutar. Islaklık sensörü, yağmur ve/veya kar yağışı durumunda, ısıtıcıyı %100 çalışır durumda (yağmur durana ve su sensör yüzeyinden buharlaşana kadar  $70^{\circ}\text{C}$ 'de kalır) tutmaktır. Bu sayede sensörün, yağış durduğu anda, hızla kurumasını sağlar. Daha sonra ısıtıcı normal moda dönerek sensör yüzeyini soğurtur ve termopilin net bir görüş kazanmasını sağlar (Diffraction, Limited, 2012). Bu süreç, veri kayırları için önemlidir, fakat gözlemci zaten teleskobu kullanamayacağı için önemli bir kayıp değildir. Sistemi kontrol ederek bu işlemi 30 dakika sonra gözleme devam edebilir.

Şekil 26’da görüldüğü gibi 2008 yılında Marchant ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, Liverpool Teleskobu yakınlarında bulunan BWCS nün bu özelliği bir deney yapılarak test edilmiştir.



Şekil 26. Sensöre su dökerek BCS'nin yağmura tepkisini göstermeyi deneyi

Şekil 26, gökyüzünün açık ve sakin olduğu bir günde sensörün üzerine su dökülerek cihazın verdiği tepkiyi göstermektedir. Sensör suyu algıladığı anda beklenen tepkiyi vererek (yani yağmur durduğu anda suyun hemen buharlaşması ve çalışmaya hızlıca devam etmesini sağlamak amacıyla) sensör kafası sıcaklığını  $\sim 70$  °C'ye yükselmiştir. Bu aşamada su dökme işlemi bittikten sonra  $\sim 20$  dakika ( $\sim 5$  dk suyun buharlaşması ve  $\sim 14$  dk sensördeki tüm suyun temizlenmesi) içerisinde sensör aktif olmayan bir şekilde çalışarak orijinal haline dönmüştür (Marchant vd, 2008).

BWCS II, özel tasarlanan bir anemometre ile rüzgâr hızını ölçer. Çalışma prensibi gereği rüzgâr hızını çok düşük hassasiyetle ölçmektedir. Aygıtta bulunan bir diğer sensör ise gün ışığı sensörüdür. Bu sensör, gün ışığı fotodiyot ham A/D çıkışını verir. Fotodiyot tarafından algılanan gün ışığı miktarını temsil eder. Fotodiyot ortam ışığını algılar ve bu, analogdan dijitale dönüştürücü tarafından 0-1023 arasında bir sayıya dönüştürülür. Bu sensör sayesinde gün ışığı algılanır ve istenirse kubbe otomasyonuna hizmet sağlayabilir. Bu da özellikle uzaktan ya da otonom yapılan gözlemlerde oldukça işe yarar.

BWCS II'nin tez kapsamında da esas kullanım amacı, gökyüzünün bulutluluk değerini elde etmektir. Orta ve alçak (düşük) seviyeli kümülüs ve stratus bulutlarını tespit eder. Bulutluluk değerini hesaplarken, gökyüzü sıcaklığı ve aygıtın bulunduğu ortam sıcaklığı (termistör adı verilen sensör ile ölçer) arasındaki farkı kullanır. Gökyüzü sıcaklığını, içerisinde bulunan bir termopil sensörü ile ölçer (Diffraction, Limited, 2012). Burada bulutluluk değeri için Tablo'10'da gösterildiği gibi CloudCon 4 farklı değer alır ve bunlar Tsky – Tamb farkına göre çıktı verir.

**Tablo 10.** Sıcaklık farkına göre bulutluluk durumu

Cloudcon Değeri	Değerlerin Anlamı	Sıcaklık farkı aralığı
0	Ölçüm yapılamamış	$\pm 999,9$ ve $\pm 998$
1	Açık	-60 ile -25
2	Bulutlu	-25 ile -10
3	Kapalı (Çok Bulutlu)	-10 'dan büyük

#### Boltwood Bulut Sensörü II Verisi

BWCS II meteorolojik aygıtı; sıcaklık, nem, gün ışığı, gökyüzü sıcaklığı ve bulutluluk gibi atmosferik değerleri sağlayan termal bir meteorolojik aygıttır. BWCS II ile alınan örnek bir veri seti (yalnızca analizlerde kullanılan değerler seçilerek) Tablo 11 'da gösterilmiştir. Tablo 12'de ise bazı veriler, aldığı değerler ve anlamları verilmiştir.

**Tablo 11.** BWCS II örnek veri

Date	C	SKY	AMB	WIND	HUM	DEW
3.01.2019 06:59	2	-14,1	-8,8	5,4	86	-10,7
3.01.2019 07:31	3	-8	-8,9	4,3	85	-10,9
3.01.2019 13:02	1	-26,6	-8,9	23,2	88	-10,5

**Tablo 12.** Boltwood'dan alınan önemli verilerin anlamları ve ölçüm aralığı

Veri başlığı	Verinin anlamı	Veri ölçüm aralığı
Date	Tarih	UTC
E	Nem ve ortam sıcaklığı sensörü hata kodu	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
C	CloudCond değeri	0, 1, 2, 3
CC	Çatı kapatma	0, 1
SKY	Gökyüzü sıcaklığı – ortam sıcaklığı	-999,9 / -998 / -23 / 23 / 999,9
AMB	Ortam sıcaklığı	-16,6 / 11,9
HUM	% olarak bağıl nem	0, 100
DEW	Çiy noktası	-66,3 / 11,9
CAS	Termopil kasa sıcaklığı	-12,2 / 61,4
HEA	Yağmur ısıtıcı yüzdesi	
d	DayCond değeri	0,1, 2, 3
ADAY	Gün ışığı fotodiyot ham A/D çıkışı	0 - 1023

Tablo 11'de gösterildiği gibi, sıcaklık, nem, yağış, gökyüzü sıcaklığı gibi değerleri dikkate alınmıştır. Zamana karşılık BWCS II yardımıyla alınan veriler incelenecektir. Tamb ve Tsky değerleri, “bulutluluk” ve “DEW” hesaplamaları için de kullanılır. BWCS II, gökyüzü sıcaklığını genel olarak 120° ve etkin olarak ise 80°'lik katı açıda ölçebilen bir sensöre sahiptir. SKY satırında görülen “999.9” doymuş sıcak, “-999.9” doymuş soğuk ve ıslak için “-998” dir.

CloudCond (C) için verilen “0” bilinmiyor, “1” açık, “2” bulutlu, “3” kapalı (çok bulutlu) olduğunu gösterir. RainCond (R) için verilen “0” bilinmiyor, “1” kuru, “2” sensörde su var/ıslak ve “3” değeri yağmur damlalarının tespit edildiğini gösterir.

‘E’ içinde gösterilen değerler, nem ve ortam sıcaklığı sensörü hata kodlarını içerir. “0” değeri tamam, “1” nem için yazma hatası, “2” nem için ölçümün hiç bitmediği, “3” ortam için yazma hatası, “4” ortam için ölçüm hiç bitmedi, ”5” veri hattı nem için yüksek değil, “6” veri hattı ortam için yüksek değil bilgilerini verir.

Çatı kapatma (CC) için normalde “0”dır, çatının kapanması istendiğinde “1” değerini gösterir.

CAS ise -12,2 ile 61,4 aralığında ölçüm yapmıştır ve 999.9 doymuş sıcak, -999.9 doymuş soğuk olduğunu gösterir.

HEA, Yağmur, kar durumlarında termopilin etrafında bulunan ıslaklık senrörü, sensör yüzünü 70 dereceye ısıtmak ve yağmur durduğu anda hızlı kuruması için ısıtıcıyı %100'de çalıştırır. Yani üzerine düşen suyu buharlaştırarak kuru kalmasını sağlar. Yaklaşık 30 dk sonra doğru çalışır.

DayCond (d) için verilen "0" bilinmiyor, "1", "2" ve "3" değeri dayDark = 1, dayLight = 2, dayVeryLight = 3 veya full Daylight:3, twilight:1, night:2 gösterir

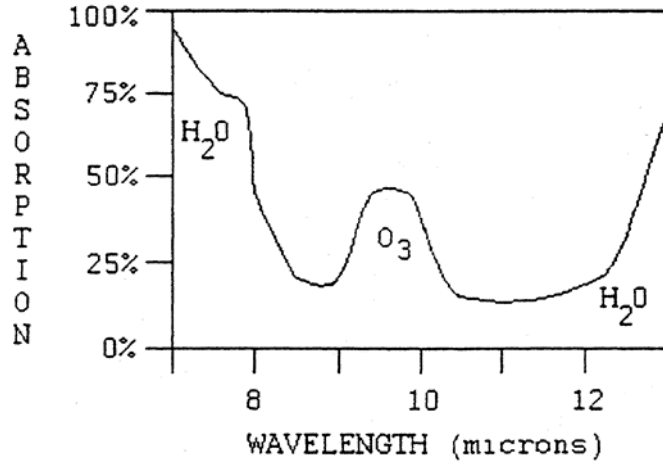
ADAY yani gün ışığı sensörü ise 0-1023 arasında değerler verir. Bu değerlere bakıldığında, 0 karanlık, 990-1000 tam gün ışığı anlamını taşır ve 1023 maksimum ışık demektir.

### 2.1.3. Gökyüzü Sıcaklığı Ölçümü İle Bulut Tespiti

Bulut uzaktan algılama yöntemleri dışında yer tabanlı meteorolojik aletlerle de tespit edilir. Bu aletler, Bulutun termal radyasyon yaydığı, kara ve denizlerden kaynaklanan radyasyonu yansıttığı bazı termal IR dalga bantları kullanır (Suganuma vd, 2007).

Bulutun tespiti için ilk akla gelen, 1991 yılında Ashley ve Jurcevic yaptıkları çalışmadır. Ashley ve Jurcevic (1991) yaptıkları çalışmayla, bulutların IR emisyonundan belirleneceğini ve bulutlu bölgenin daha fazla sinyal üreteceğini göstermişlerdir. Bu çalışmadan yola çıkarak buluttan gelen sinyalin temel parametresi olan sıcaklığın, bulutun yüksekliği ve optik kalınlığı (veya emisyonu), yerin sıcaklığı ve neme bağlı olduğu ile ilgili IR bulut dedektör çalışmaları Clay ve arkadaşları (1998) ve Buchley arkadaşları (1998) tarafından açıklanmıştır.

Şekil 27'de gösterildiği gibi gökyüzünün açık olduğu durumlarda, yaklaşık 10  $\mu$  (alt ve üst limitleri su buharıdır) yakın radyasyona duyarlı cihazları/sensörler 8 – 12  $\mu$  aralığında bulutluluk durumunun tespit edilmesi için oldukça idealdir. Dünya'nın ortalama sıcaklığı, Wein yasasına göre kara cisim eğrisinin zirvesine yakındır (Malama ve Degnan, 2002).

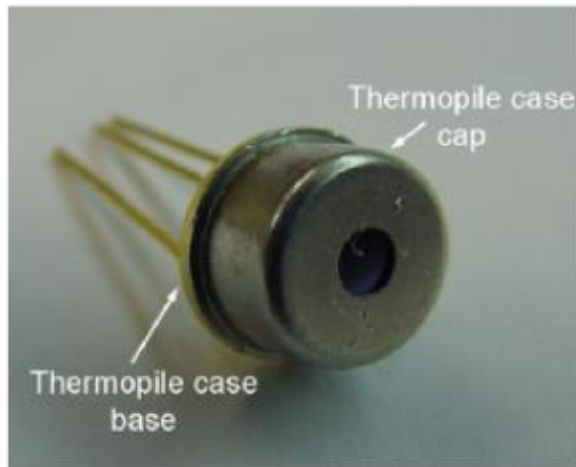


Şekil 27. 8 -12  $\mu\text{m}$  arasındaki atmosferdeki absorpsiyon penceresi

Açık gökyüzünde bulutların varlığı gelişmiş bir sinyal üretir ve bu sinyal sayesinde bulut dedektörlerinin gökyüzü sıcaklığına tepki veren IR sensöre dayalı cihazlar geliştirilmesi sağlanmıştır (Clay, 1999). Clay, IR algılayıcı olarak termopil sensör kullanmıştır. Radyometrenin performansı üzerindeki etkilere izin vererek cihazın sıcaklığı kalibre edilir ve burada cihaz sıcaklığındaki  $10^{\circ}\text{C}$ 'lik bir değişiklik için belirtilen sıcaklıkta  $1^{\circ}\text{C}$ 'lik değişiklik yapılır (Buckley vd, 1999).

#### 2.1.4. Termopil Sensör

Termopil, gelen termal radyasyon miktarını ölçmek için kullanılan bir IR sensörüdür. IR radyasyonu yeryüzünden ölçmek için birçok farklı sensör vardır. Termopil de bunlardan birisidir. Düşük maliyet, kullanım kolaylığı ve güvenilirliği nedeniyle en çok tercih edilenler arasında yer alır. BWCS II'de de Tsky ölçümü için Şekil 28'de gösterildiği gibi bir termopil sensör kullanılmıştır (3, sensör).



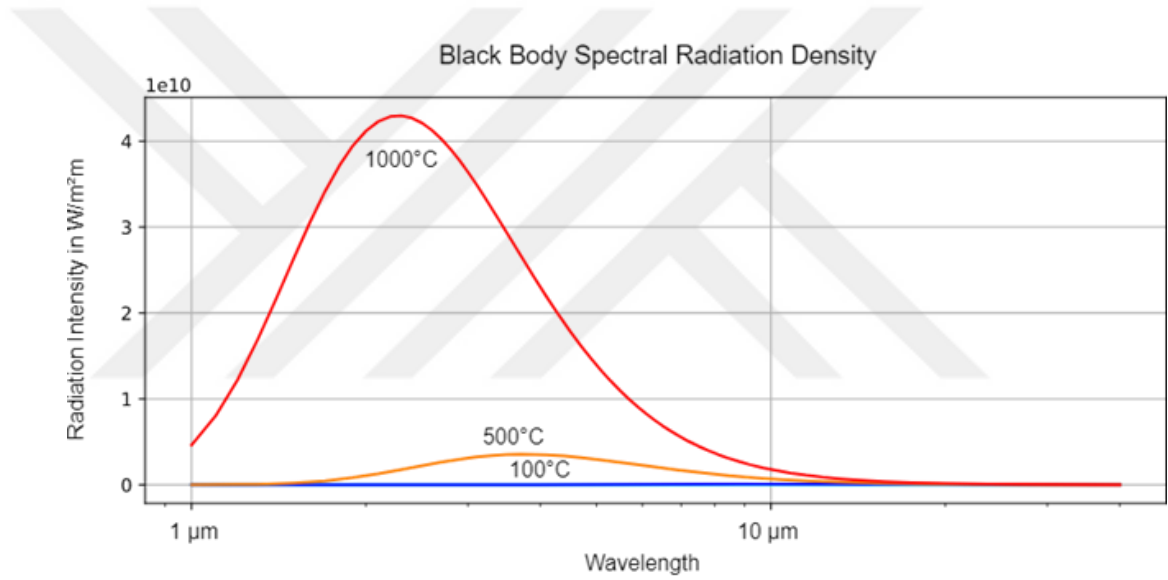
Şekil 28. Termopil sensör görüntüsü

Yüksek sıcaklıklarda enerji yoğunluğu artmaktadır ve bu artış Stefan-Boltzmann yasası ile açıklanır. Yani yayılan enerji sıcaklığın dördüncü kuvvetiyle orantılı bir şekilde artış gösterir. Radyasyonun dalga boyuna bakacak olursak Şekil 29’da görüldüğü gibi yüksek sıcaklıklarda daha kısa dalga boyunda radyasyon yayınlanır ve bu da Wien Yer Değiştirme yasası ile açıklanır:

$$\lambda_{\max} = 2898 \text{ cm} / T$$

$\lambda_{\max}$  = maksimum dalga boyu

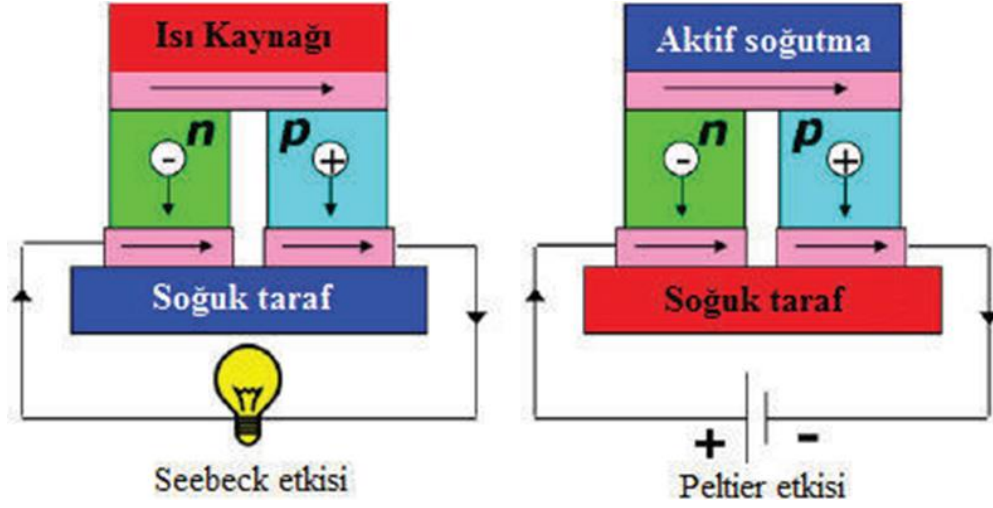
T = sıcaklık



**Şekil 29.** Radyasyon yoğunlunun sıcaklıkla artışı

Sıcaklık ölçümlerine bakıldığında  $0-1000^\circ\text{C}$  aralığındaki radyasyonun  $3-15 \mu\text{m}$  arasındadır. Termopil sensör de bu aralıkta ölçüm yapmaktadır (26Anonymous, 2022).

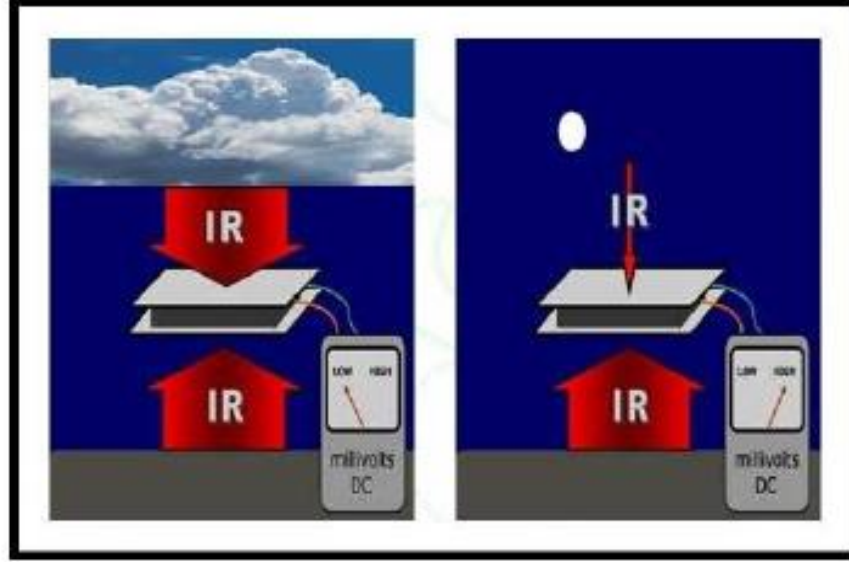
Termoelektrik etki, ısının doğrudan elektrik enerjisine ya da tam tersine dönüşümüdür. Şekil 30’da görülen Seebeck ve peltier etkisi ise bir termoelektrik etkidir (Lee, S.I., 2012). Seebeck etkisi, sıcaklık farkının elektriğe dönüşümüdür ve sıcaklık farkını ölçmek için Termokupl kullanılır.



**Şekil 30.** Termoelektrik enerji üretim ve tüketim yapısı

Termopil, gelen termal radyasyon miktarını ölçmek ve buradan Tsky hesabı yapmak için kullanılır. Genellikle seri bağlanmış termokuplardan oluşan piroelektrik (ısıtıldığında veya soğutulduğunda yüzeyde elektrik yükleri üretebilen (Shen vd, 2019) bir IR algılayıcıdır ve ışığa duyarlılığı dalga boyundan bağımsızdır. Yani termokupl kullanılarak geliştirilen ticari bulut algılayıcıları da bulunmaktadır (Diffraction Limited, 2012). Termokupl, sıcaklığı elektrik sinyaline dönüştüren bir detektördür ve sıcaklık farkından voltaj üreten farklı metal plakaların birleşiminden oluşur (Fuji ve Co, 2004). Aynı şekilde metal plakalardan biri gökyüzüne diğeri yere bakacak şekilde yerleştirilmiş tek bir termokupl da kullanılabilir (Gillespie, 2003). Termokulbun yere bakan metal plakası yerden gelen IR radyasyonunu ve gökyüzüne bakan plakası ise bulutlu (sıcak) veya bulutsuz/açık (soğuk) gökyüzü radyasyonunu ölçer. Şekil 31’de görüldüğü gibi yer ve gökyüzü arasındaki sıcaklık değişiminden plakalar arasında voltaj değişir. İki uç arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır. Bu tip sistem gökyüzü hakkında açık, bulutlu, çok bulutlu, yağmurlu gibi bilgiler verebilmektedir. Ancak bulutun konumu ve miktarı hakkında kesin bir bilgi elde edilememektedir. Termopil ve ortam sıcaklığı arasındaki radyasyon değişiminden kaynaklanan net kırmızıötesi radyasyonun enerjisi, termopilin çıkış voltajıdır (Miles, 2000).

Bulut emisyonu nedeniyle metal plaka tarafından algılanan IR radyasyonun sıcaklık değişimi artar (Gillespie, 2003). Burada voltaj çıkışı gelen radyasyonun bir fonksiyonu olup daha önce de bahsedildiği gibi Stefan Boltzmann yasası gereği sıcaklığın dördüncü kuvvetiyle ilişkilidir. Yani sensör tarafından üretilen sinyal ile yüzeyin sıcaklığı ölçülür. Bu ölçüm yöntemi aynı zamanda pirometre olarak da bilinir (Schilz, 2001).



**Şekil 31.** İki farklı gökyüzünden gelen IR radyasyonunun metal plakalar arasında oluşturduğu voltaj farkı

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada veri analizi için Python (Anonymous, 2021m.) programlama dili kullanılmıştır. Boltwood'dan elde edilen, yalın metin biçiminde depolanmış veri bir veri tabanına aktarıldı. Veri tabanı MariaDB (Anonymous, 2021n.) olarak seçilmiştir. Veri tabanı sorguları ve işlemleri hızlandırmıştır.

Veri, veri tabanından Python kullanılarak Pandas (Anonymous, 2021o.) DataFrame formatında içe aktarılmıştır. Pandas DataFrame veri tipi karşılaştırma, sayısal işlemler gibi bir çok operasyonu hızlandırmıştır.

Örnek olarak BWCS II'den alınan zamana karşılık sıcaklık, nem ve rüzgar hızı verileri, Vaisala'dan (Anonymous, 2021p.) alınan zamana karşılık sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleriyle eşleştirmek için, BWCS II verisinin alındığı zamana en yakın (5 saniyelik hata içerisinde) Vaisala verisini tespit etmek için Pandas'ın “*merge\_asof*” fonksiyonu kullanılmıştır. Söz konusu fonksiyon yalın Python dili kullanılarak hazırlanmıştır. Lakin gerek özel veri tipi üzerinde çalışıyor olması gerekse Python ve C gibi daha alt seviye dillerle yazılmış olmasından dolayı Pandas fonksiyonu, yazılan özel fonksiyondan çok daha hızlı çalışmıştır. Aşağıdaki Python satırı, BWCS II ile Vaisala verisini zaman değerlerini dikkate alarak birleştirir.

```
merged_df = pd.merge_asof(bwcsii_df, vaisala_df, on="date",  
allow_exact_matches=True, tolerance=timedelta(seconds=1))
```

Veride istatistiki hesapların tamamı (ortalama, ortanca, en küçük değer, en büyük değer gibi) Python'ın numpy (Anonymous, 2021r.) ve Pandas kütüphaneleri kullanılarak yapılmıştır. Veri uydurlamar (lineer fit gibi) için Python'ı scipy (Anonymous, 2021s.) kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Zaman hesabı için Python'ın varsayılan kütüphanesi olan datetime yerine astropy kütüphanesi tercih edilmiştir. Bunun nedeni ise, datetime kütüphanesi 32-bit float değerler üzerinde çalışmasıdır. astropy ise 64-bit float değerleri üzerinden zaman hesabı yaptığından hassasiyet bu çalışmanın ihtiyaç duyabileceğinin ötesine geçmiştir.

Pandas yardımıyla analizi yapılan veriyi görselleştirmek için ise, Python'ın matplotlib (Anonymous, 2021t.) kütüphanesi kullanılmıştır.

Pandas, numpy, scipy gibi kütüphaneler çok güvenilir olduğundan yapılan istatistiki işlemlerde herhangi bir eksiklik beklenmemektedir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMALAR

DAG yerleşkesinin meteorolojik ölçümleri, yerleşkede bulunan AWOS, DAVIS, VAİSALA, ASC ve BWCS II meteorolojik cihazları ile düzenli olarak alınmakta ve kaydedilmektedir. Bu tez kapsamında ise yerleşkenin bulutluluk, sıcaklık, nem ve çiy noktası bilgileri için BWCS II cihazından alınan veriler analiz edilmiştir. Analizi edilen veriler 2019 ve 2020 yıllarına aittir. Veri analizine başlanmadan önce BWCS II'nin ölçümlerinin doğruluğuna bakılmıştır.

Sıcaklık değerleri için  $-66^{\circ}\text{C}$  ve  $89^{\circ}\text{C}$  aralığı seçilmiştir. Bu iki değer cihazın max dalga boyu aralığına ( $8-14\ \mu$ ) bakılarak, materyal bölümünde anlatılan Wien Kayma Yasası ile hesaplanmıştır.

### **Boltwood Bulutluluk Sensörü II ve Vaisala Karşılaştırması**

DAG yerleşkesinde bulunan Vaisala cihazı, MGM tarafından kalibre edilmiş ve dolayısıyla doğru ölçüm almaktadır. Bu nedenle BWCS II ve Vaisala meteorolojik aygıtlarının ortak olan verileri kullanılarak BWCS II'nin ölçümlerinin doğruluğuna bakılmıştır. Bunun için iki cihazdan alınan ortak veriler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma verileri, BWCS II'den alınan verilerin alındığı zamana en yakın (5 saniyelik hata içerisinde kalan) Vaisala Verileri tespiti ile elde edilmiştir. Daha sonra aralarındaki korelasyona bakılmıştır. Bu veriler; sıcaklık, nem, çiy noktası ve rüzgâr hızıdır. Çiy noktası, Vaisala'nın sıcaklık ve nem değerlerinden hesaplanarak elde edilmiştir.

İlk olarak Şekil 32'de de görüldüğü gibi iki cihazın sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra Şekil 33'te nem, Şekil 34'te çiy noktası ve son olarak ta Şekil 35'de rüzgâr verileri için aynı işlemler yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar için de 2019 ve 2020 yılında alınan veriler kullanılmıştır.

Şekil 32'de görüldüğü gibi toplam veri sayısı 106578'dir. Öncelikle aradaki korelasyona bakılmış daha sonra 3 sigma birkaç kez uygulanarak aykırı veriler dışlanmıştır. Sonrasında ise bir fit uygulanmıştır. Şekil 32 incelendiğinde iki cihazdan alınan sıcaklık değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Karşılaştırmada sıcaklık, BWCSII'de  $-15 - 3^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken Vaisala'da  $-15 - 2^{\circ}\text{C}$  arasında değişim göstermiştir. Aralarındaki doğrusallık,

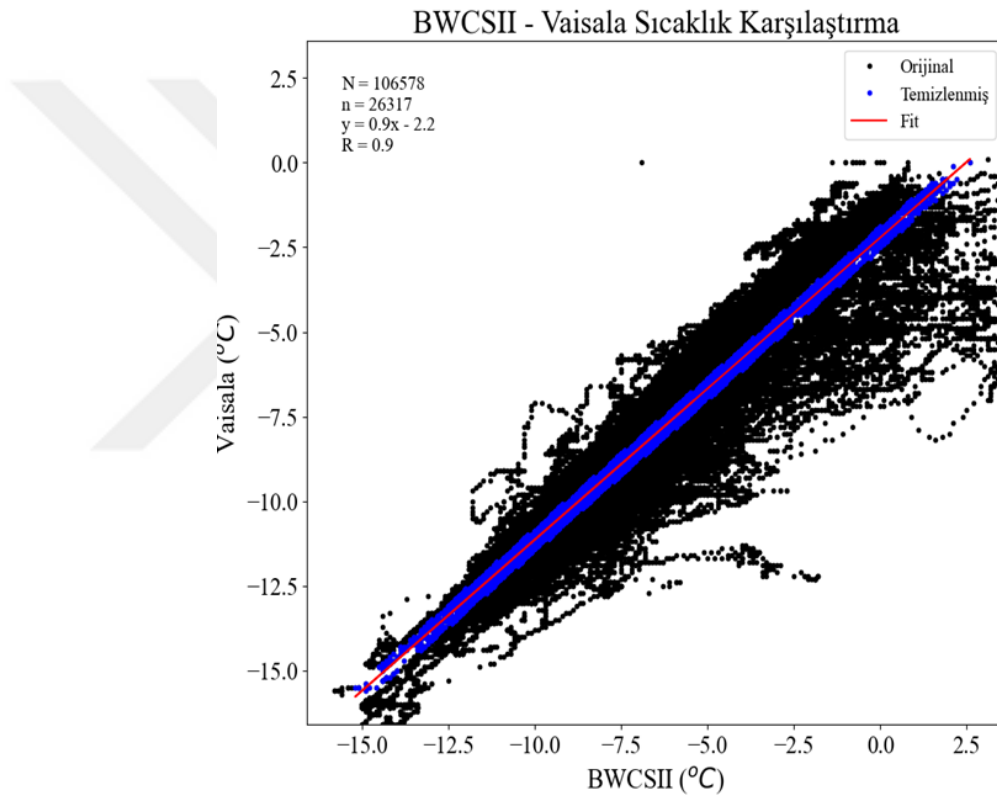
$$y = 0,9x - 2,2$$

olarak bulunmuştur. Korelasyon ise yaklaşık olarak 0,9 çıkmış, yani 1'e çok yakındır. Bu da iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu karşılaştırma sonucunda BWCS II cihazının sıcaklık ölçümlerini doğru aldığı görülmektedir.

Aynı işlemler Şekil 33'te görüldüğü gibi nem içinde yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu nemin iki cihaz için de 0 – 95 arasında değiştiği görülmüştür. Doğrusallık ise,

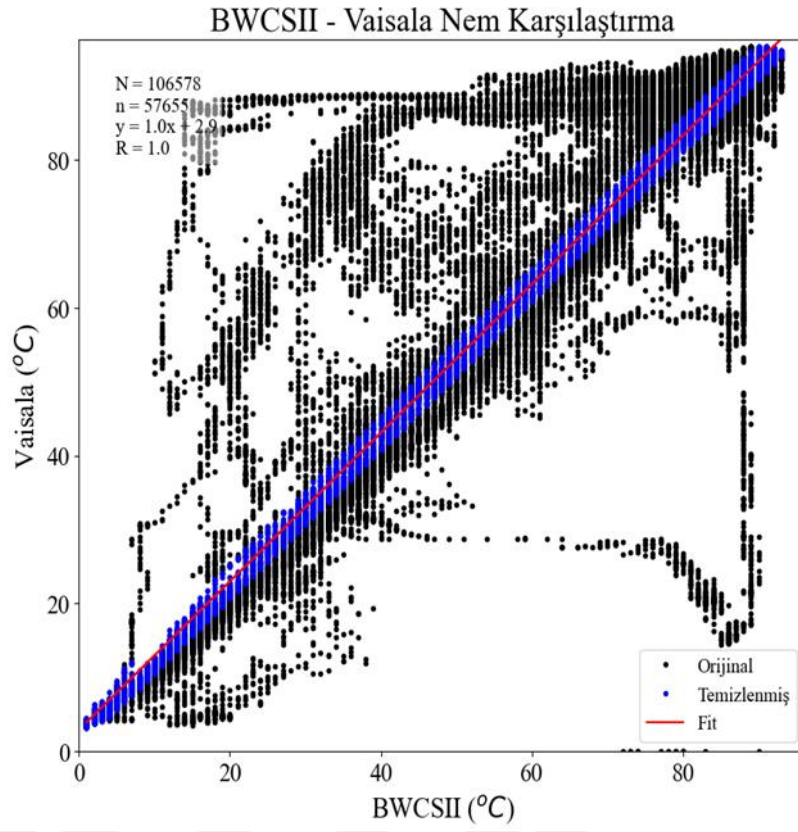
$$y = 1,0x + 2,9$$

olarak bulunmuş ve korelasyon 1'dir. Sonuç olarak BWCS II'nin nem ölçümlerini de doğru yaptığı görülmektedir.

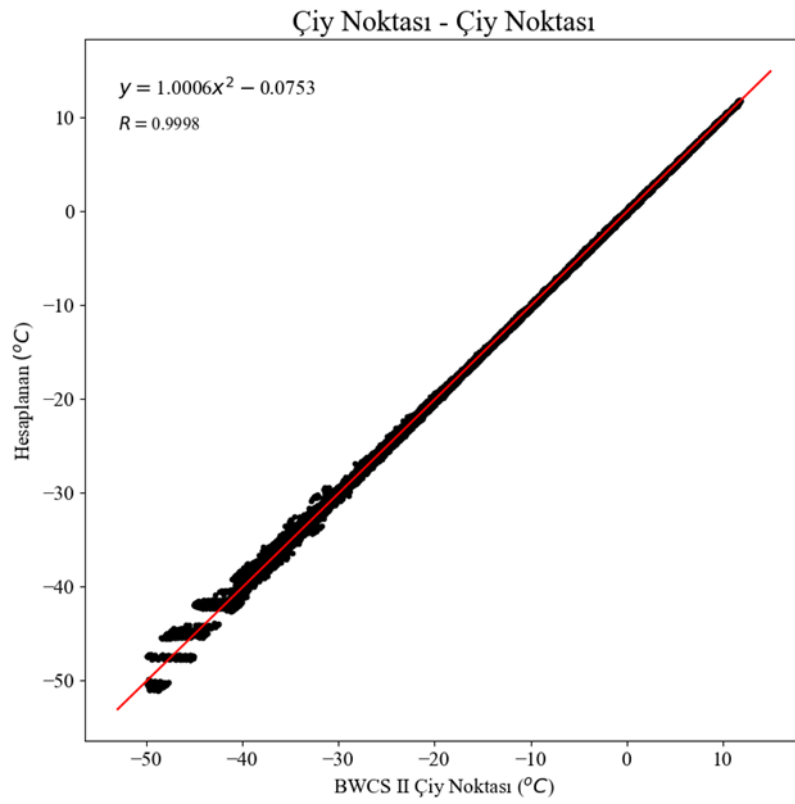


**Şekil 32.** Sıcaklık değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020)

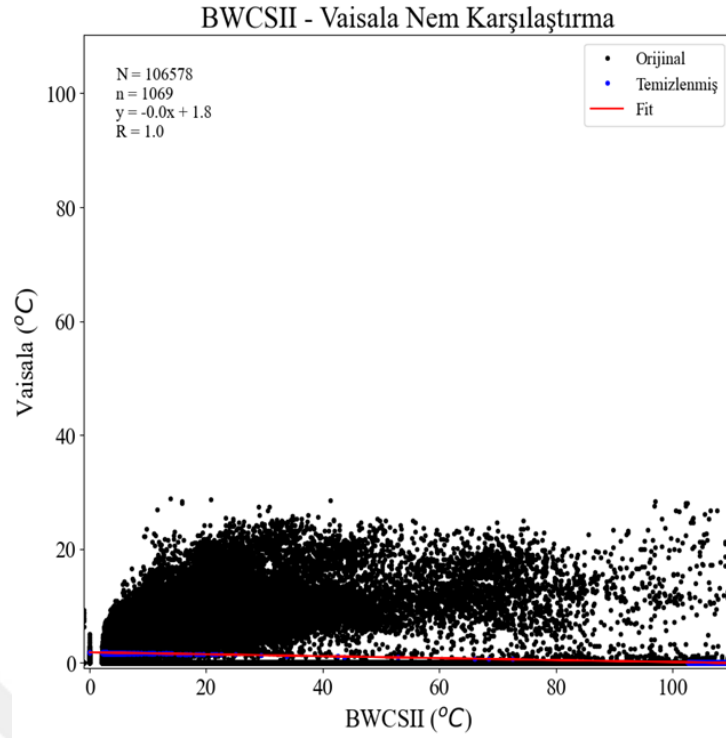
Şekil 34'teki çiy noktası karşılaştırması için Vaisala'nın sıcaklık ve nem değerlerinden çiy noktası hesaplanmış ve BWCS II'den alınan çiy noktası verileri kullanılmıştır. Grafik incelendiğinde aynı şekilde iyi bir korelasyon görülmüş ve bu değerinde doğru alındığı görülmektedir. Kuramsal temeller bölümünde de anlatıldığı gibi BWCS II, çiy noktası için doğrudan bir ölçüm yapmıyor. Çiy noktasını, ölçümlerden elde ettiği nem ve sıcaklık değerlerinden hesaplayarak vermektedir. Bu iki değer için de doğru ölçüm yaptığından dolayı beklenen de çiy noktası değerlerinin doğru olmasıydı ve sonuç beklendiği çıkmıştır.



**Şekil 33.** Nem değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020)



**Şekil 34.** Çiy noktası değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020)



**Şekil 35.** Çiy noktası değerleri için BWCSII ve Vaisala karşılaştırması (2019,2020)

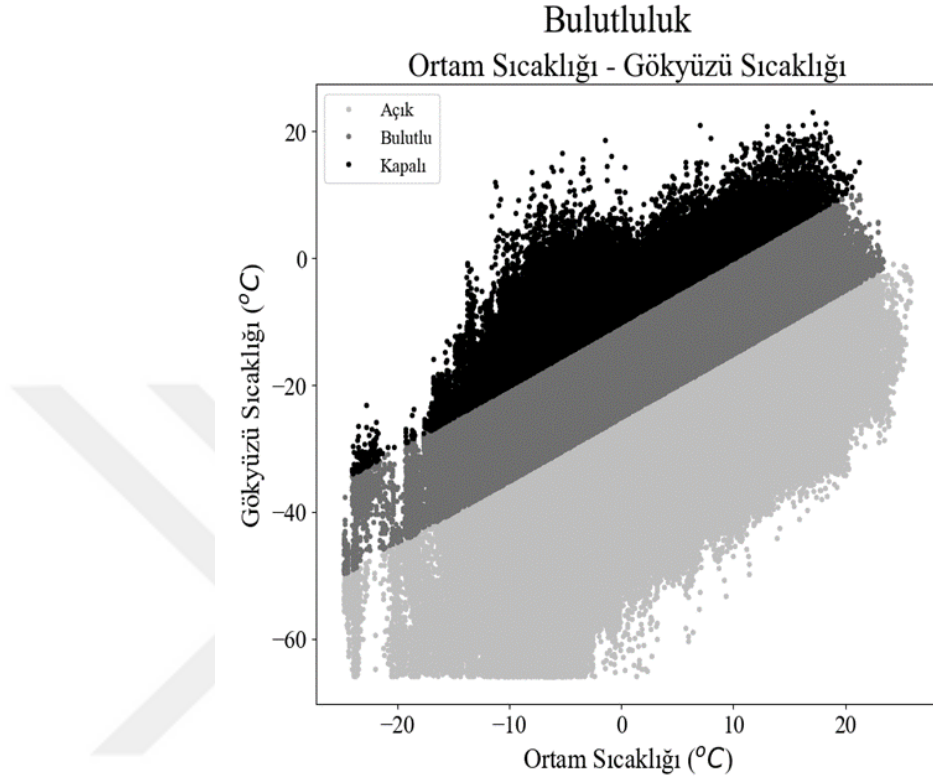
Şekil 35'e baktığımız zaman rüzgâr hızı karşılaştırmasını görüyoruz. Şekilde de görüldüğü gibi karşılaştırma sonucu korelasyon hesaplanamamış ve rüzgâr için BWCS II'nin doğru ölçüm yapamıyor olduğu görülmektedir. Zaten cihazın manuelinde de içerisinde bulunan anometrenin bazı şartlarda ölçüm yapamadığı yani her koşulda doğru çalışmayacağı ve bu nedenle güvenilir olmadığı bilgisi bulunmaktadır. Yapılan karşılaştırma sonucunda da rüzgâr hızının ölçülemediği zaten görülmektedir.

## **Bulutluluk**

Astronomik bir gözlemin yapılabilmesi için gökyüzünün açık olması gerekmektedir ve dolayısıyla bulutluluk durumu büyük önem arz etmektedir. Bu bilginin önceden bilinmesi gözlem zamanının verimli kullanılması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle gözlemlerinde meteorolojik cihazlara da yer verilmektedir. Bir gözlemevi kurulacağı zaman da öncelikle yer seçim çalışmaları yapılmaktadır. Yer seçimi çalışmalarında açık gün sayısının fazlalığı önemli kriterlerden birisidir. Bu nedenle bulutluluk analizleri de yapılmalıdır. Bu çalışmada DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'ye ait 2019 ve 2020 yıllarının verileri kullanılarak yerleşkenin bulutluluk analizleri yapılmıştır.

Şekil 36'da Tsky'ya karşılık Tamb grafiğinden elde edilen bulutluluk durumu verilmiştir. Grafik incelendiğinde iki sıcaklık arasındaki farktan bulutluluk durumu açık,

bulutlu ve kapalı olduğu aralıklar görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi aradaki sıcaklık farkı  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den küçük olduğunda gökyüzünün açık,  $-25$  ile  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında bulutlu ve  $-10$ 'dan büyük olduğu durumlarda ise tamamen kapalı olduğu görülmektedir. Yani İki sıcaklık arasındaki fark ne kadar büyükse gökyüzünün o kadar açık olduğu görülmüştür.



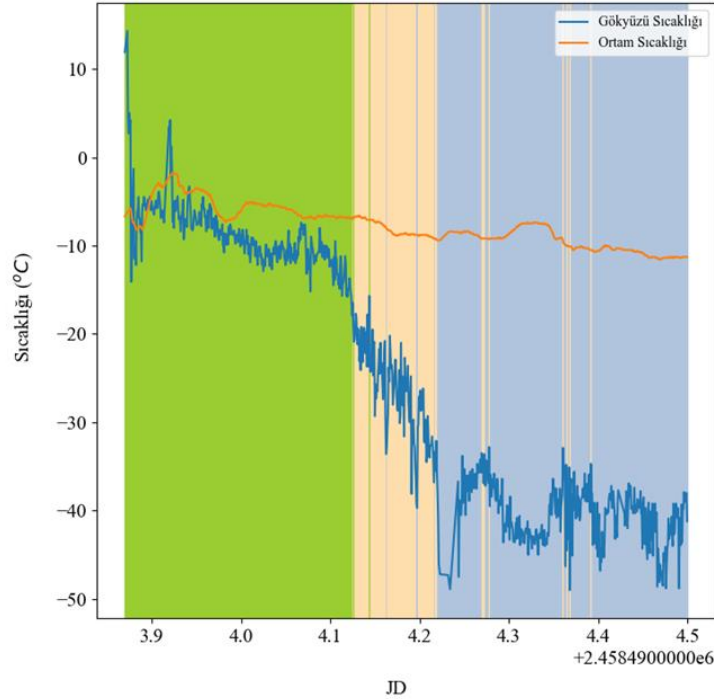
**Şekil 36.** Gökyüzü ve ortam sıcaklığı arasındaki fark ile bulutluluk durumu

Şekil 37'de ise zamana karşı  $T_{sky}$  ve  $T_{amb}$  grafikleri çizilmiş ve gökyüzü için bulutluluk durumu da aynı grafikte gösterilmiştir. Grafikte yeşil renk kapalı, sarı bulutlu ve mavi ise açık gökyüzünün temsil eder. Bunun için veriler arasından en uygun gün yani gün içerisinde iki sıcaklık farkının en çok değişime uğradığı gün seçilmiştir. Şekil incelendiğinde iki sıcaklık değeri birbirine yaklaştıkça gökyüzünde bulut durumunun oluştuğu, fark arttıkça ise gökyüzünün daha berrak hale geldiği görülmektedir. Araya bulut girdiğinde ise anlık da olsa sıcaklık değişiminin yaşandığı görülmektedir.

Bulutluluk sıklığı için Şekil 38'da görüldüğü gibi veriler gece ve gündüz ayrımı yapılarak incelenmiştir. Bulutluluk durumu için cihaz içerisindeki termopil sensörle alınan  $T_{sky}$  değerleri kullanılmıştır. Hesaplamalar için  $T_{sky}$  ile  $T_{amb}$  değerlerinin farkı alınmış ve aradaki farka göre bulutluluk tespiti yapılmıştır. Cihaz bu hesaplamayı kendisi yaparak bize direkt sonuç vermektedir. Aradaki farka göre materyal bölümünde de gösterildiği gibi bulutluluk durumu

için “0”, “1”, “2” ve “3” değerlerini vermiştir. Burada “0” sensörün okuma yapamadığını, “1” havanın açık, “2” bulutlu ve “3” ise kapalı (çok bulutlu) olduğunu göstermektedir. Bu değerler dikkate alınarak, Şekil 38’de görülen bulutluluk sıklığı ve Şekil 40’da görülen bulut durumu grafikleri çizilmiştir.

BWCS II: Zaman - Sıcaklık



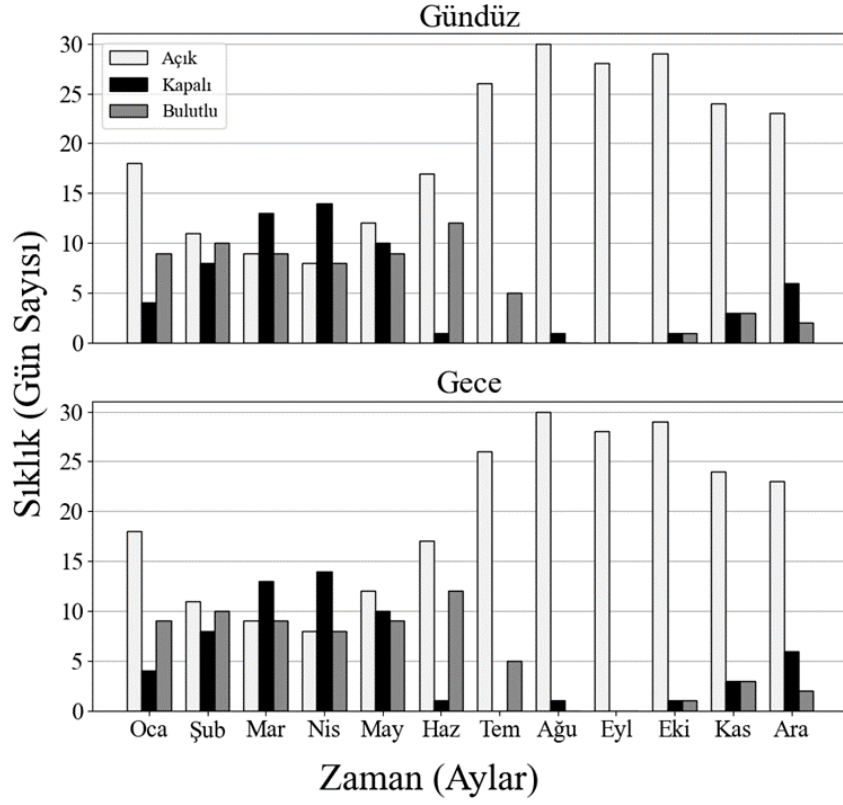
**Şekil 37.** Zamana karşı çizilen gökyüzü ve ortam sıcaklığı arasındaki farktan bulutluluk durumunun değişimi

Şekil 38 incelendiğinde yaz aylarında açık gün sayısının fazla olduğu, bahar aylarında ise 10 günün altına düştüğü görülmektedir. Ağustos ayında açık gün sayısı 30’a kadar çıkmıştır. Nisan ayında ise açık gün sayısı 7’ye düşerek en az açık gün olan ay olduğu görülmektedir. Bu değerlerin gece ile gündüz pek değişmediği görülmektedir. Şekil 39’da ise toplam bulutluluk durumu yüzde oranlarla verilmiştir.

Şekil 39’daki bulutluluk durumunu incelediğinde açık günlerin %58,2 olduğu ve bunun %29,2’sinin gece, %29’unun da gündüz olduğu görülmektedir. Aynı şekilde gökyüzünün kapalı (çok bulutlu) olduğu durum için %10 gece, %7,4 gündüz olarak toplamda %17,5 olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yerleşkenin bulunduğu alanda gökyüzünün bulutlu olması durumunun %14,7 gece ve %9,7 gündüz olarak toplamda %24 olduğu görülmektedir.

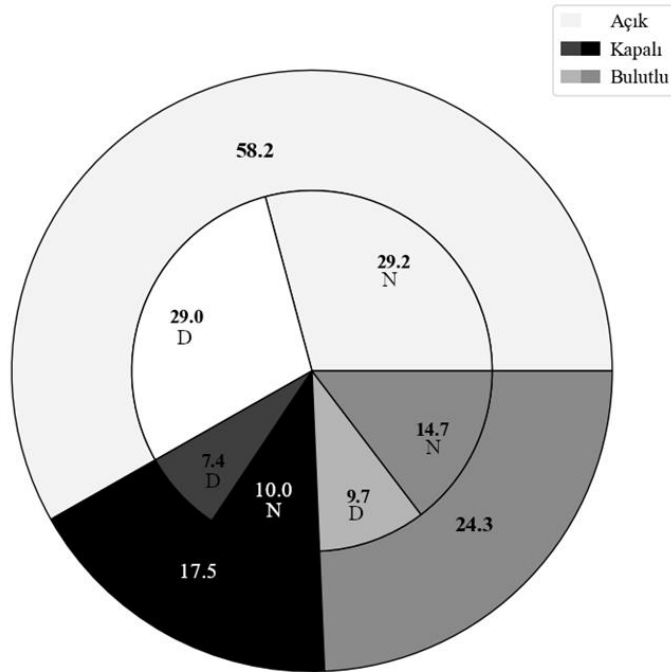
Tablo 13’te elde edilen verilerden oluşan bulut durumu gece ve gündüz ayrı olarak aylık, Tablo 14’te ise mevsimlik olarak verilmiştir.

## BWCSII: Bulutluluk Sıklığı [2019, 2020]



Şekil 38. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan bulutluluk sıklığı (2019,2020)

## BWCSII: Bulutluluk Durumu (%)



Şekil 39. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan bulutluluk durumu (2019,2020)

**Tablo 13.** Aylara göre bulutluluk durumu

		<b>Bulutluluk Durumu</b>													
		<b>Gece</b>							<b>Gündüz</b>						
<b>Yıl</b>	<b>Ay</b>	<b>1 (sayım)</b>	<b>1 (%)</b>	<b>2 (sayım)</b>	<b>2 (%)</b>	<b>3 (sayım)</b>	<b>3 (%)</b>	<b>Toplam</b>	<b>1 (sayım)</b>	<b>1 (%)</b>	<b>2 (sayım)</b>	<b>2 (%)</b>	<b>3 (sayım)</b>	<b>3 (%)</b>	<b>Toplam</b>
<b>2019</b>	<b>1</b>	6118	31.9	7683	40.1	5349	27.9	19150	2315	18.4	5751	45.8	4484	35.7	12550
	<b>2</b>	3924	18.7	9797	46.6	7302	34.7	21023	2458	15.1	7128	43.9	6669	41.0	16255
	<b>3</b>	3108	26.6	5055	43.2	3537	30.2	11700	1443	12.7	5022	44.2	4885	43.0	11350
	<b>4</b>	5387	52.8	2586	25.3	2233	21.9	10206	2904	24.3	4735	39.6	4331	36.2	11970
	<b>5</b>	6315	77.5	963	11.8	868	10.7	8146	3433	29.8	5149	44.7	2925	25.4	11507
	<b>6</b>	8750	72.7	2379	19.8	908	7.5	12037	7425	39.8	8955	48.0	2271	12.2	18651
	<b>7</b>	13182	86.2	1510	9.9	598	3.9	15290	15013	64.7	7140	30.8	1036	4.5	23189
	<b>8</b>	16083	90.8	1279	7.2	355	2.0	17717	16151	71.7	5647	25.1	735	3.3	22533
	<b>9</b>	13203	84.3	1486	9.5	982	6.3	15671	11160	68.2	3773	23.1	1432	8.8	16365
	<b>10</b>	16831	74.8	3323	14.8	2359	10.5	22513	11179	63.5	3798	21.6	2621	14.9	17598
	<b>11</b>	8605	65.2	2287	17.3	2299	17.4	13191	5229	61.8	1581	18.7	1656	19.6	8466
	<b>12</b>	11041	56.7	3582	18.4	4856	24.9	19479	6875	60.2	1873	16.4	2673	23.4	11421
<b>2020</b>	<b>1</b>	16542	50.7	9713	29.8	6389	19.6	32644	11283	51.6	5638	25.8	4957	22.7	21878
	<b>2</b>	7513	37.2	8729	43.2	3959	19.6	20201	5000	31.1	6132	38.1	4951	30.8	16083
	<b>3</b>	8511	41.9	4971	24.5	6839	33.7	20321	7768	39.2	5099	25.7	6949	35.1	19816
	<b>4</b>	8545	45.6	4301	22.9	5903	31.5	18749	6947	31.7	5943	27.1	9045	41.2	21935
	<b>5</b>	10265	63.4	2134	13.2	3795	23.4	16194	9960	43.4	7039	30.6	5968	26.0	22967
	<b>6</b>	12878	86.3	1672	11.2	377	2.5	14927	13768	56.3	8894	36.4	1772	7.3	24434
	<b>7</b>	14004	88.8	1530	9.7	240	1.5	15774	15569	64.2	7213	29.8	1454	6.0	24236
	<b>8</b>	15769	87.9	1253	7.0	917	5.1	17939	17727	75.7	4496	19.2	1196	5.1	23419
	<b>9</b>	17413	93.6	767	4.1	430	2.3	18610	15714	82.3	3204	16.8	181	0.9	19099
	<b>10</b>	21081	94.1	703	3.1	626	2.8	22410	16985	87.7	1949	10.1	444	2.3	19378
	<b>11</b>	15501	69.0	4203	18.7	2749	12.2	22453	10946	67.7	2875	17.8	2340	14.5	16161
	<b>12</b>	15285	59.4	4969	19.3	5471	21.3	25725	10113	62.9	1795	11.2	4159	25.9	16067

**Tablo 14.** Mevsimlere göre bulutluluk durumu

		<b>Bulutluluk Durumu</b>													
<b>Yıl</b>	<b>Ay</b>	<b>Gece</b>						<b>Gündüz</b>						<b>Toplam</b>	
		<b>1 (sayım)</b>	<b>1 (%)</b>	<b>2 (sayım)</b>	<b>2 (%)</b>	<b>3 (sayım)</b>	<b>3 (%)</b>	<b>1 (sayım)</b>	<b>1 (%)</b>	<b>2 (sayım)</b>	<b>2 (%)</b>	<b>3 (sayım)</b>	<b>3 (%)</b>		
<b>2019</b>	<b>Kış</b>	10042	25.0	17481	43.5	12651	31.5	40174	4773	16.6	12879	44.7	11153	38.7	28805
	<b>Bahar</b>	14811	49.3	8603	28.6	6638	22.1	30052	7780	22.3	14906	42.8	12141	34.9	34827
	<b>Yaz</b>	38015	84.4	5168	11.5	1861	4.1	45044	38589	59.9	21742	33.8	4042	6.3	64373
	<b>Güz</b>	38638	75.2	7096	13.8	5640	11.0	51374	27568	65.0	9152	21.6	5709	13.5	42429
<b>2020</b>	<b>Kış</b>	35096	48.5	22024	30.5	15204	21.0	72324	23158	46.9	13643	27.6	12581	25.5	49382
	<b>Bahar</b>	27322	49.4	11406	20.6	16537	29.9	55265	24675	38.1	18081	27.9	21962	33.9	64718
	<b>Yaz</b>	42650	87.7	4455	9.2	1534	3.2	48639	47064	65.3	20603	28.6	4422	6.1	72089
	<b>Güz</b>	53995	85.1	5674	8.9	3805	6.0	63474	43645	79.9	8028	14.7	2965	5.4	54638

Tablo 13 ve Tablo 14’te aylık ve mevsimlik bulutluluk durumları gece ve gündüz olarak ayrı ayrı incelenmektedir. Tablolarda görüldüğü üzere iki yıla ait veriler gece gündüz ayrımı yapılarak gösterilmiştir. Toplam veri sayısının 2019 yılında “367978”, 2020’de “491420” olduğu görülmektedir. Astronomik gözlemler için gece gökyüzünün açık olması gerekmektedir. Tablolar incelendiğinde gece açık gökyüzüne ait veri sayısının 2019’da “198132” 2020’de ise “305087” ve gece tamamen kapalı gökyüzüne ait veri sayısı ise 2019’da “72621”, 2020’de “81111” dir.

Aylık tablo incelendiğinde en fazla veri sayısı “54522” veri ile ocak ayına ait olduğu görülmektedir. 2019 yılı için gündüz verileri incelendiğinde gökyüzünün “16151” veri sayısı ile ağustos ayı ve gece verileri incelendiğinde ise “16831” veri sayısı ile ekim ayında en fazla açık olduğu görülmektedir. Aynı şekilde gökyüzünün kapalı yani tamamen bulutlu olma durumu için ise gündüz için “6669” veri sayısı ile ve gece “7302” veri sayısı ile şubat ayı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde mevsimsel olarak verilen tablo incelenmiştir.

Mevsimlik tablo incelendiğinde ise en fazla veri sayısı “121706” veri ile kış mevsimine ait olduğu görülmektedir. Burada açık gece için “42650” sayım ve açık gündüz için ise “47064” sayım ile yaz mevsimine ait olduğu görülmektedir. Kapalı gece için “16537” sayı ile bahar ve kapalı gündüz için ise “21962” sayı ile bahar mevsimine ait olduğu görülmektedir.

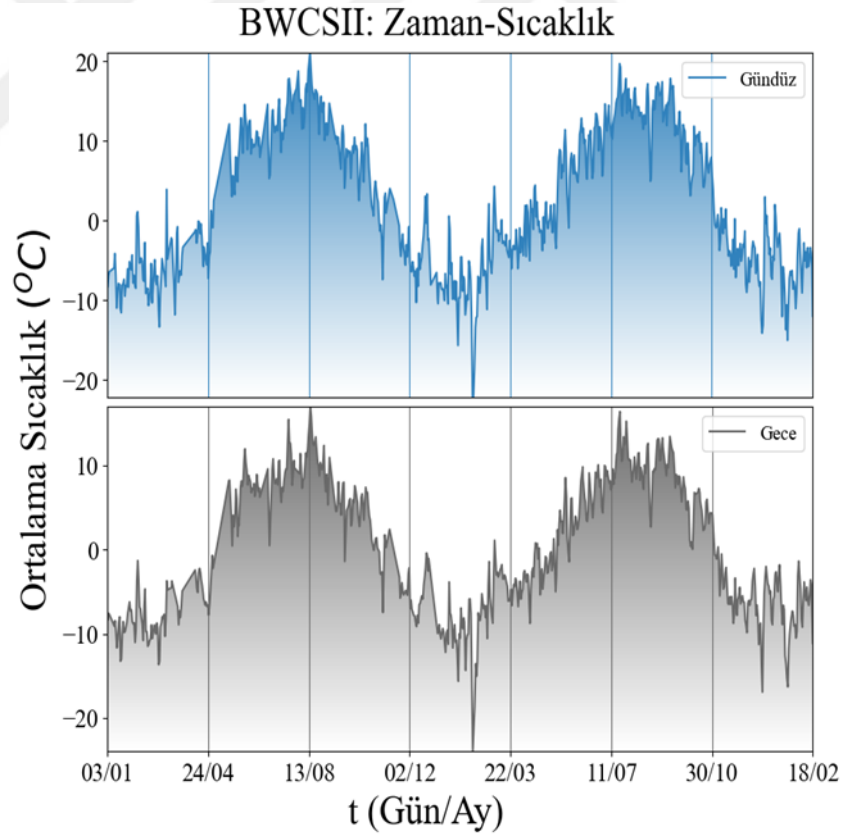
## **Sıcaklık**

BWCS II iki farklı sıcaklık sunmaktadır. Bunlar Tsky ve Tamb’dır. Burada Tsky bulutluluk durumu için kullanılmıştır. Şekil 40’da zamana karşı Tamb grafiği gece ve gündüz ayrı ayrı olarak gösterilmiştir.

Şekil 40 incelendiğinde Erzurum DAG yerleşkesi için ortam sıcaklığının gece ve gündüz için yaz aylarında en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Ağustos ayında gündüz sıcaklık 20 °C’nin, gece ise 10 °C’nin üzerine çıkararak en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Kış aylarında ise sıcaklık gece ve gündüz değerleri için yaklaşık olarak -60 °C ye kadar düştüğü görülmektedir. Ayrıca şekil incelendiğinde Erzurum için sıcaklığın 10 °C’nin üzerinde olduğu günlerin sayısı oldukça az olduğu görülmektedir. Bahar ve güz aylarında da Tamb çok fazla olmamakla birlikte gözlem açısından sağlıklı koşullar sunulmaktadır.

Şekil 41 – 46 aralığında 2019 ve 2020 yıllarına ait zamana karşı Tsky ve Tamb değerleri verilmiştir. Grafikler aylık olarak çizilmiş ve veri kaybı olmayan bazı aylar örnek olarak eklenmiştir. Bu örnekler seçilirken ayrıca yıl içerisinde sıcaklık değişimlerinin olduğu ve farklı

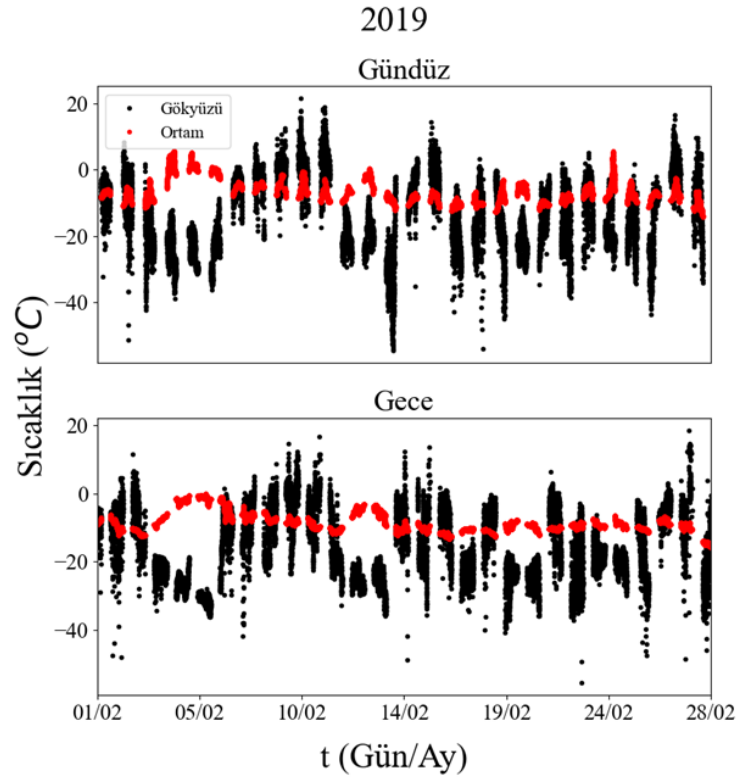
mevsimlerde olan ayların olması da dikkate alınmıştır. Grafikteki kırmızı değerler ortam siyah olanlar ise gökyüzü sıcaklığını ifade etmektedir. Ortam sıcaklığı yerleşkenin bulunduğu yerin sıcaklığını ifade eder. Gökyüzü sıcaklığı ise materyal kısmında da anlatıldığı gibi gökyüzünden gelen radyasyonun (termopil sensör ile ölçülür) sıcaklık değerine dönüşümden elde edilen sıcaklık değeridir. Gece gündüz ayrı olarak gösterilmiştir. Grafikte görülen iki eğriye dikkat edilirse iki sıcaklık değerleri zaman zaman birbirine yaklaşıp uzaklaşmaktadır. Bulutluluk kısmında da anlatıldığı gibi bu iki sıcaklık arasındaki farktan gökyüzünün bulutluluk durumu elde edilir. Gökyüzünün açık olması durumunda bu eğriler birbirinden uzaklaşır, yani iki sıcaklık arasındaki fark artar. Gökyüzünün bulutlu olduğu durumlarda ise bu iki eğri birbirine yaklaşır yani sıcaklıklar arasındaki fark azalır, Tsky ve Tamb birbirine yakın değerlerdedir. Çünkü bulutlar yansıtıcı bir örtü gibi davranır ve gökyüzüne yükselen radyasyonun uzaya kaçmasına engel olup yakın oranlarda tekrar yeryüzüne yansıtır. Dolayısıyla yükselen ve gelen enerji birbirine yakın olur.



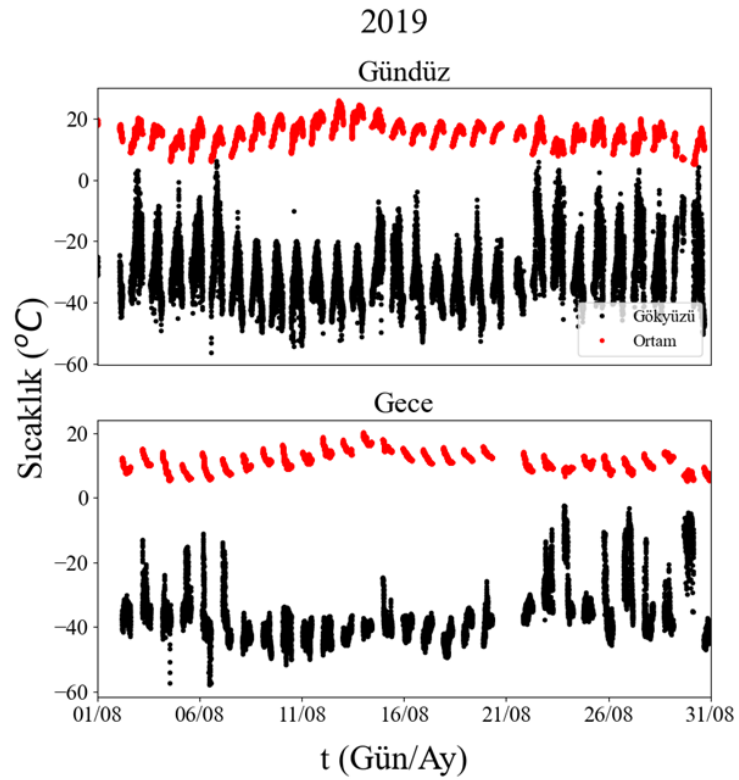
**Şekil 40.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan ortam sıcaklığı (2019, 2020)

Sıcaklık değerlerine bakıldığında iki sıcaklık arasında sürekli bir uyum olmadığı görülmektedir. Özellikle Şekil 42 ve 45 dikkate alındığında ortam sıcaklığı sıfırın üzerinde iken

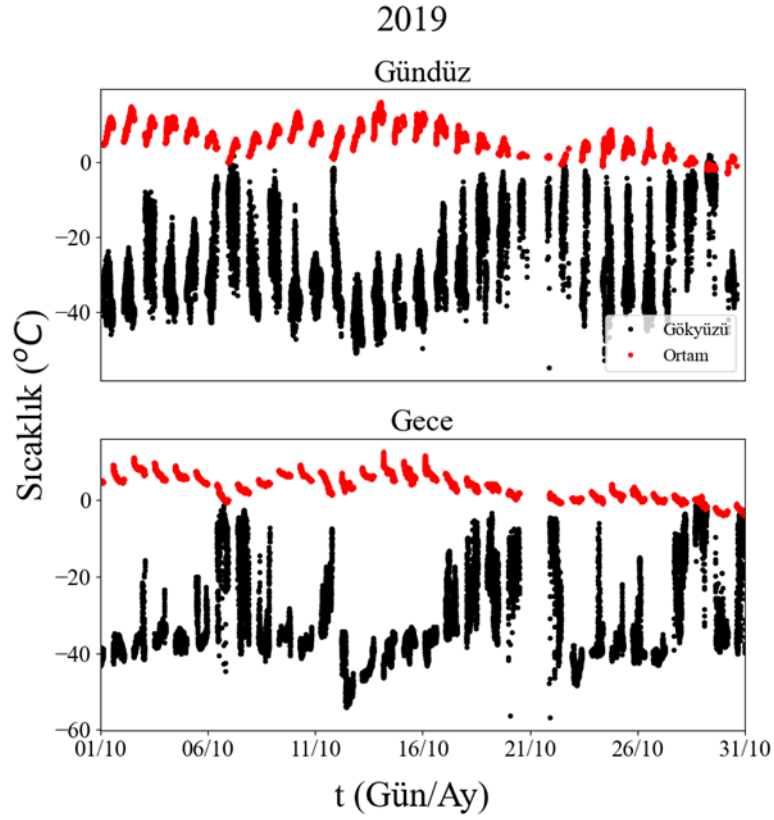
Tsky'ın sıfırın altında değerler aldığı görülmektedir.



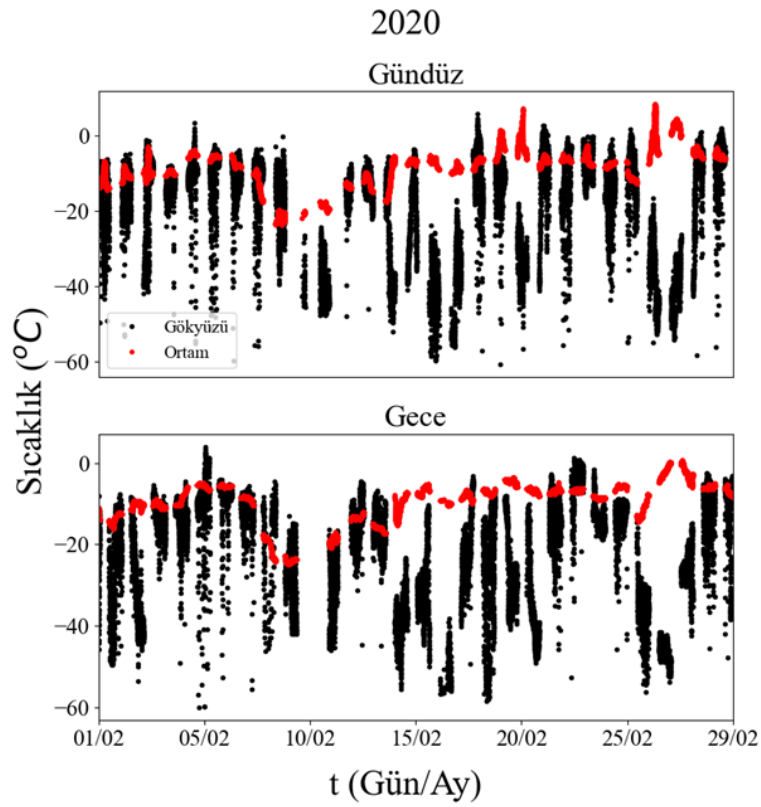
Şekil 41. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Şubat)



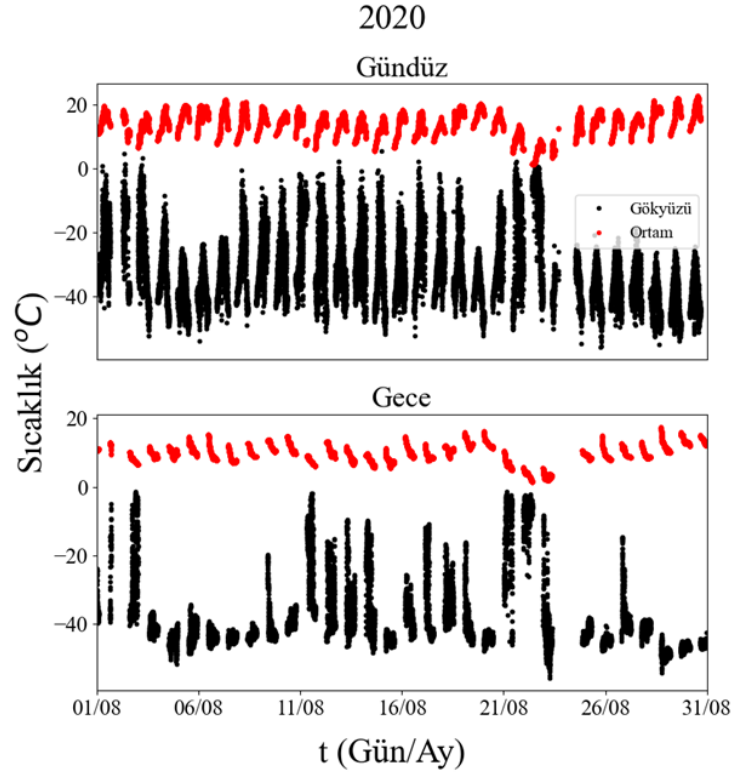
Şekil 42. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ağustos)



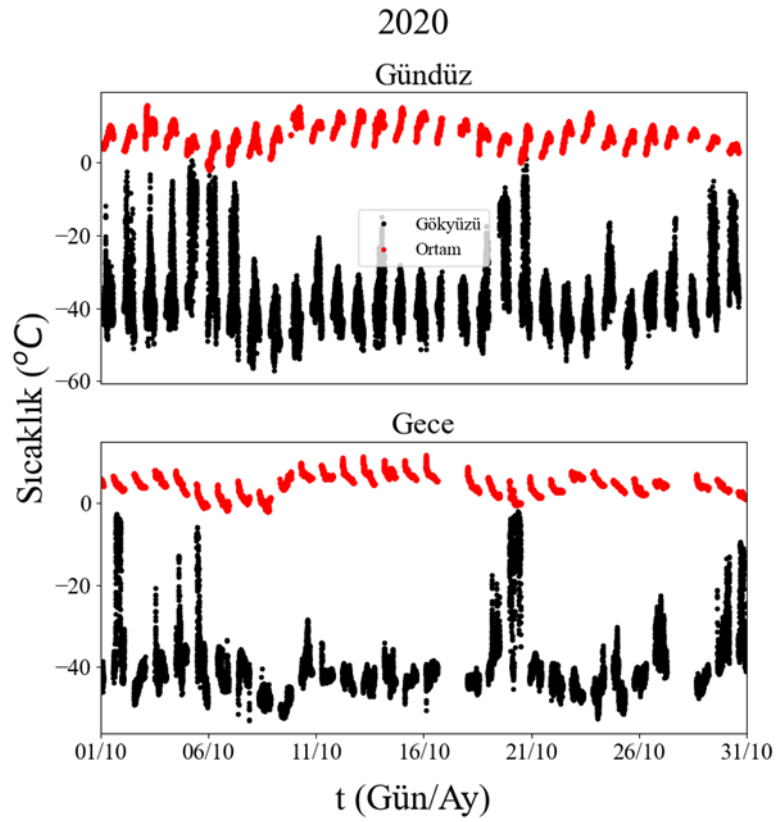
**Şekil 43.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ekim)



**Şekil 44.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Şubat)



**Şekil 45.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ağustos)

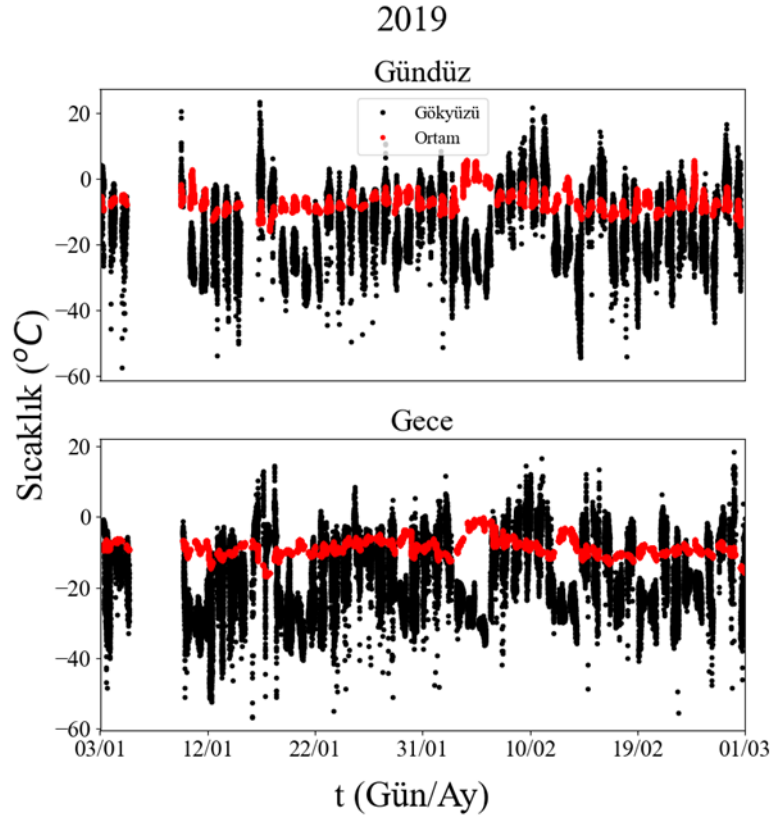


**Şekil 46.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (Ekim)

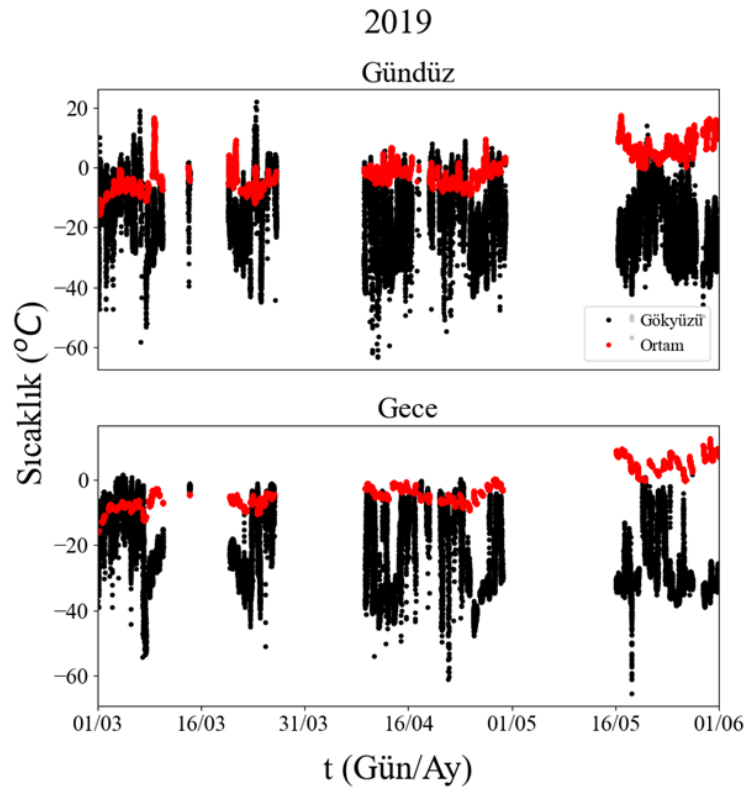
Şekil 41 incelendiğinde ay içerisinde gökyüzü sıcaklığının  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına kadar düştüğü ve  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükseldiği değerler gözlenmiştir. Ay ve içerisindeki Tsky değeri için farkının oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Ortam sıcaklığı değerleri ise ay içerisinde yaklaşık olarak  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişim gösterdiği gözlenmiştir. İki sıcaklık değerlerine bakıldığında ayın genelde bulutlu olduğu gözlenmiştir. Şekil 42'te ise Ağustos ayı için ortam sıcaklığının  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında, Tsky değerlerinin ise yaklaşık olarak  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu gözlemlerden iki sıcaklık arasındaki farkın çoğunlukla büyük olduğu ve dolayısıyla neredeyse ayın tamamı için gökyüzünün açık olduğu gözlenmiştir. Şekil 43'te de iki sıcaklık değerlerine bakıldığında gökyüzünün çoğunlukla açık olduğu gözlenmiştir. Şekil 44'te Tamb  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, Tsky  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 45'da ise Ağustos ayında Tamb yaklaşık olarak  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, Tsky değerlerinin  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği gözlenmektedir. Şekil 46'de ise  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  Tamb ve  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  Tsky değişimleriyle havanın Ekim ayında soğumaya başladığı görülmektedir.

Şekil 47 – 54 aralığındaki grafiklerde 2019 ve 2020 yıllarına ait, zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığının mevsimlik dağılımı verilmiştir. Grafik arasındaki boşluklar bazı nedenlerden dolayı veri alınmayan zamanları göstermektedir (gözlemevinin inşaat sürecinde olması nedeniyle ara ara elektrik kesintileri yaşanmaktadır. Ayrıca yağmur, ıslaklık vs. durumlarda ise cihaz kendini başka bir konumda çalışmaya alarak sıcaklığını yüksek tutup nem veya ıslaklık durumunu kendi kendine temizlerken veri alımına kısa bir süre ara verebilmektedir).

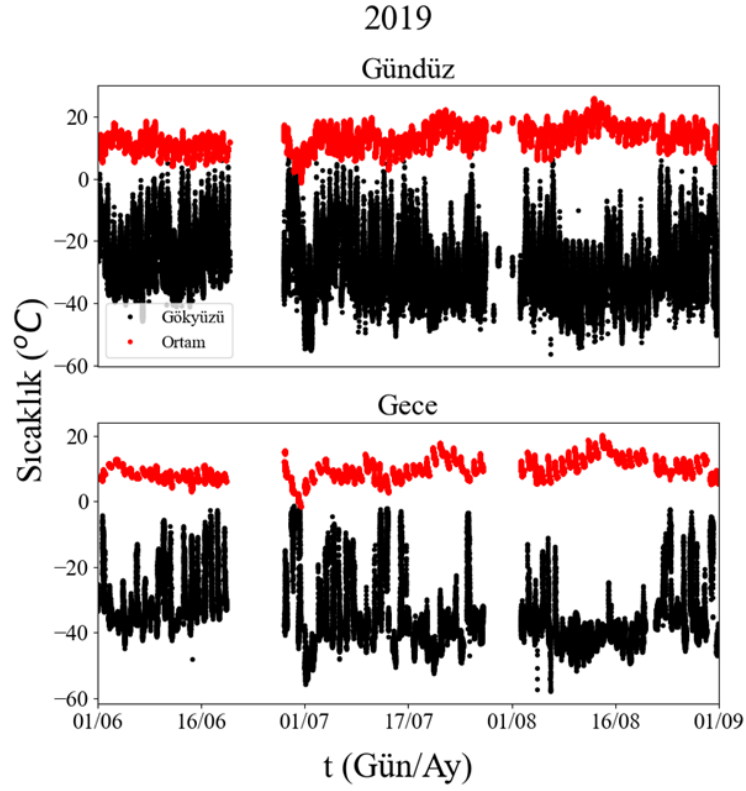
Şekil 50 ve 54 güz mevsimini göstermektedir. Sıcaklığın bu mevsim içerisinde ortam sıcaklığının yaklaşık olarak  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği ve gökyüzü sıcaklığının ise  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği ve iki yıl arasında sıcaklık farkının olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca bu mevsimde Ekim ayı boyunca gökyüzünün genellikle bulutsuz yani açık olduğu gözlenmiştir. Şekil 47 ve 51 ise kış mevsimini göstermektedir ve bu grafik incelendiğinde ise 2019'da Tamb'nin yaklaşık  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında Tsky'nin ise  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında, 2020 yılında ise Tamb'nin yaklaşık  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında Tsky'nin ise  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında analizleri yapılan veriler 2019 ve 2020 yıllarına aittir. Kış mevsimini kapsayan aylar Aralık, Ocak ve Şubat olması nedeniyle Şekil 47'deki 2019 kış mevsimine ait grafik sadece 2 ayı kapsamaktadır ve bu nedenle iki yıl arasında kış mevsimi için sıcaklık oldukça farklı görülmektedir. Gökyüzünün genel olarak kapalı olduğu da grafikten gözlenmiştir.



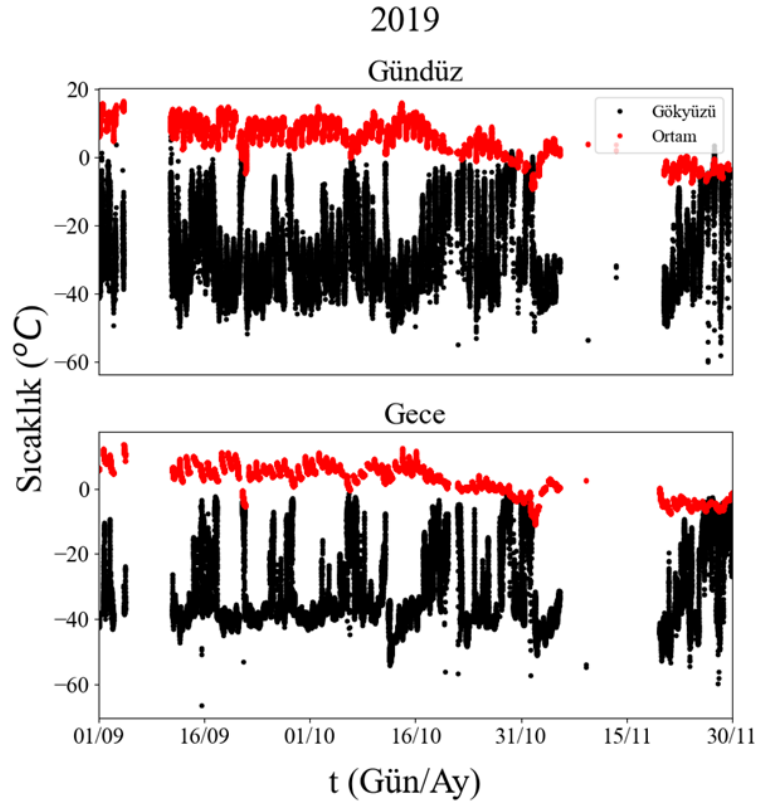
Şekil 47. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (kış)



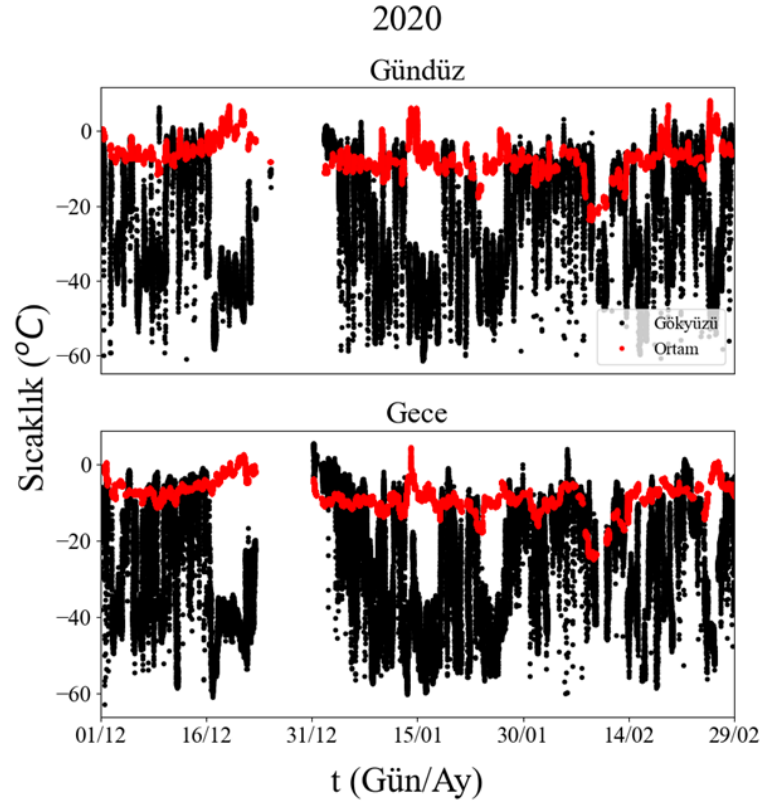
Şekil 48. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (bahar)



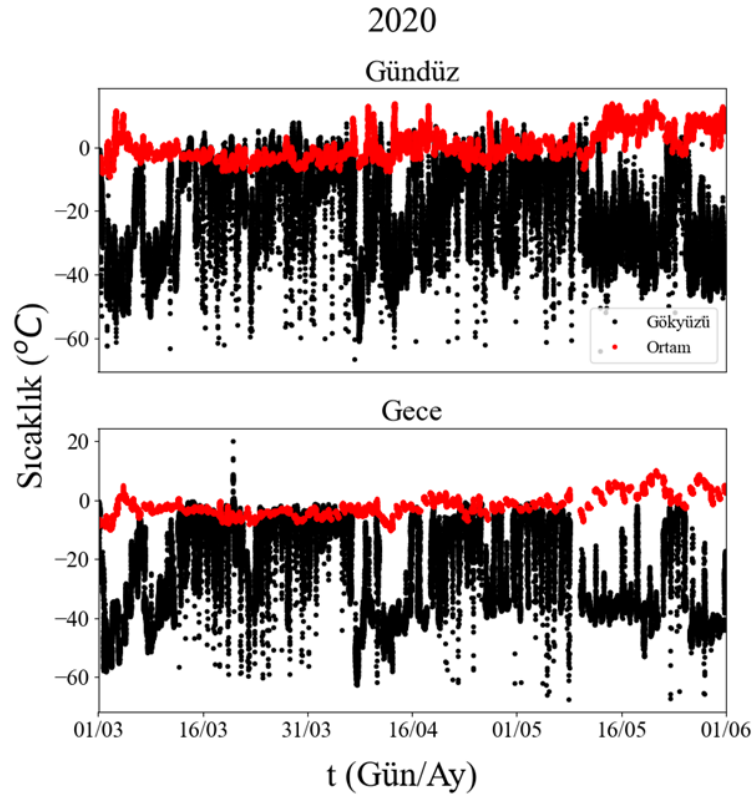
**Şekil 49.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (yaz)



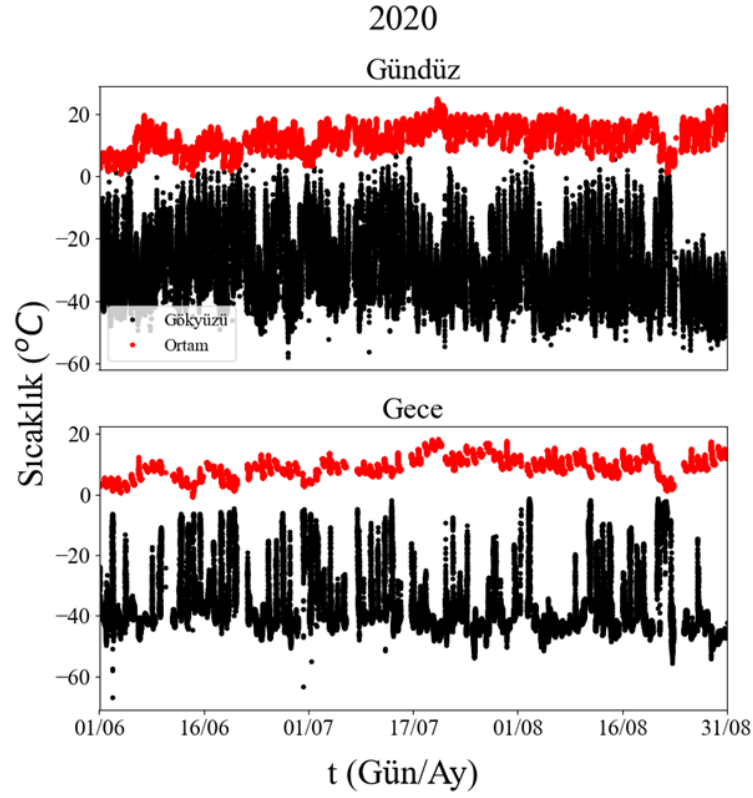
**Şekil 50.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (güz)



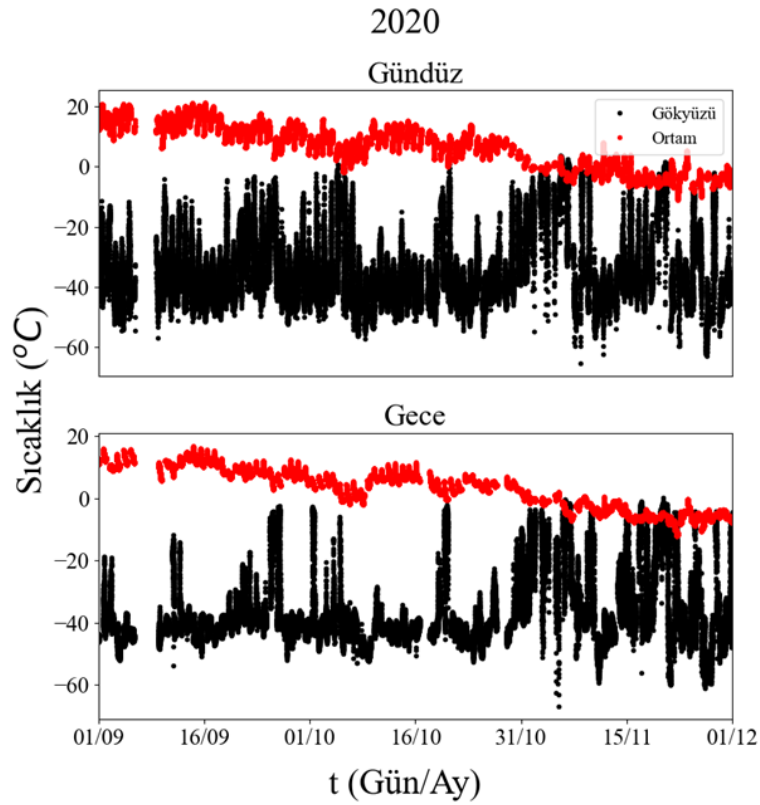
**Şekil 51.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (kış)



**Şekil 52.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (bahar)



**Şekil 53.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (yaz)



**Şekil 54.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı gökyüzü ve ortam sıcaklığı (güz)

Şekil 48 ve Şekil 52, bahar mevsimine ait grafiklerdir. Grafikte mevsim içerisinde iki yıl içinde, Tamb'nin -15 °C ve 20 °C arasında değiştiği, Tsky'nin ise -60 °C ile 20 °C arasında değiştiği gözlenmektedir. Şekil 49 ve Şekil 53'te ise yaz mevsiminin grafiği yer almaktadır. Yaz mevsimi boyunca 2019 ve 2020 yılları için sıcaklığın yaklaşık olarak 0 °C ile 20 °C, Tsky değerlerinin ise -60 °C ile 0 °C arasında değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca grafik incelendiğinde özellikle Ağustos ayında havanın neredeyse tamamının ve diğer aylarında çoğunluğunun açık olduğu gözlenmiştir.

Tablo 15 ve 16'da Tsky ve Tamb için her aya ait min, max, ortalama, ortanca ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve verilmiştir. Tablo 17 ve 18'de ise bu değerler mevsimlik olarak verilmiştir.

**Tablo 15.** Aylara göre gökyüzü sıcaklığı

		Gökyüzü Sıcaklığı									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Ay	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	1	-65.9	3.4	-27.3	-27.0	10.8	-63.1	14.3	-22.5	-21.6	9.9
	2	-65.2	9.2	-24.3	-26.7	9.3	-64.3	15.6	-20.1	-19.9	11.1
	3	-65.8	-5.7	-25.6	-24.9	11.3	-65.0	18.7	-18.3	-17.4	11.4
	4	-65.5	-2.8	-28.0	-30.6	12.8	-64.6	5.7	-18.3	-17.2	11.7
	5	-62.7	4.4	-22.4	-24.8	8.5	-53.7	21.0	-10.7	-9.7	9.4
	6	-44.4	4.4	-20.7	-23.8	9.1	-35.5	21.0	-11.0	-10.8	9.5
	7	-51.9	4.1	-26.8	-28.2	9.9	-49.7	21.1	-14.8	-15.1	10.8
	8	-51.9	5.8	-25.3	-26.2	7.8	-49.9	21.3	-14.0	-14.8	9.6
	9	-60.4	2.2	-28.4	-31.6	9.3	-45.7	16.4	-18.7	-20.2	10.6
	10	-54.7	-0.2	-27.8	-30.1	11.0	-53.5	6.2	-20.1	-21.6	10.3
	11	-64.9	-6.5	-34.1	-38.7	14.7	-64.9	1.3	-29.3	-32.6	12.7
	12	-65.9	1.4	-32.7	-38.4	15.6	-65.8	-2.9	-31.2	-35.9	14.7
2020	1	-65.9	-7.4	-35.9	-35.9	16.2	-65.9	-4.9	-33.2	-33.9	15.2
	2	-65.9	-2.0	-31.1	-28.3	14.2	-65.9	-0.8	-27.4	-24.8	13.7
	3	-65.9	13.8	-26.4	-23.3	15.5	-65.5	5.2	-21.9	-21.1	13.8
	4	-65.9	-3.6	-26.3	-22.1	15.8	-65.9	8.3	-17.8	-14.5	13.6
	5	-65.8	0.0	-26.1	-30.9	13.0	-59.9	11.6	-16.9	-16.4	10.9
	6	-64.7	1.7	-29.1	-32.0	9.0	-47.6	16.6	-16.6	-16.6	10.9
	7	-51.0	5.5	-26.3	-28.6	8.0	-41.9	23.0	-13.7	-14.4	10.3
	8	-52.4	6.0	-28.5	-31.8	10.0	-45.4	19.7	-17.2	-18.4	10.8
	9	-46.9	3.1	-28.8	-30.4	7.1	-43.9	11.4	-20.2	-21.4	9.3
	10	-51.8	1.7	-35.5	-36.5	8.2	-52.7	8.2	-28.6	-30.5	9.5
	11	-65.9	-4.2	-35.4	-38.8	14.1	-65.9	3.0	-32.5	-36.5	14.8
	12	-65.9	-5.1	-35.4	-40.9	16.3	-65.9	-0.9	-33.9	-39.7	16.0

**Tablo 16.** Aylara göre ortam sıcaklığı

<b>Ortam Sıcaklığı</b>											
<b>Yıl</b>	<b>Ay</b>	<b>Gece</b>					<b>Gündüz</b>				
		<b>Asgari</b>	<b>Azami</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Ortanca</b>	<b>STD</b>	<b>Asgari</b>	<b>Azami</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Ortanca</b>	<b>STD</b>
<b>2019</b>	<b>1</b>	-16.6	-3.6	-9.0	-8.8	2.2	-15.9	2.7	-7.5	-7.6	2.3
	<b>2</b>	-15.8	-0.2	-8.6	-9.2	3.0	-14.3	5.7	-6.5	-7.2	3.6
	<b>3</b>	-16.1	-2.7	-7.8	-7.6	2.5	-15.8	16.6	-5.5	-6.0	4.4
	<b>4</b>	-9.4	0.2	-4.3	-4.4	2.2	-9.3	9.6	-2.1	-1.8	3.0
	<b>5</b>	-0.2	12.7	5.1	5.2	2.8	-0.2	17.4	7.5	7.1	3.7
	<b>6</b>	-1.0	15.6	7.9	7.8	2.5	2.3	18.6	10.5	10.5	3.0
	<b>7</b>	-1.4	17.8	9.2	9.1	2.9	-1.2	22.4	13.2	13.2	3.8
	<b>8</b>	5.3	20.2	11.3	11.2	2.8	5.3	25.9	15.5	15.8	3.5
	<b>9</b>	-5.5	13.5	5.3	5.3	3.0	-4.7	16.5	9.3	9.6	3.2
	<b>10</b>	-4.0	12.5	3.4	3.9	3.2	-2.9	16.1	6.4	6.5	3.9
	<b>11</b>	-10.9	3.0	-3.9	-4.4	2.6	-9.2	5.6	-2.5	-3.0	3.1
	<b>12</b>	-11.4	2.5	-5.6	-6.3	2.9	-11.5	7.0	-3.8	-4.7	3.7
<b>2020</b>	<b>1</b>	-17.9	4.4	-9.5	-9.6	2.3	-17.6	6.2	-7.4	-8.1	3.7
	<b>2</b>	-24.8	0.7	-9.3	-7.9	5.1	-23.7	8.3	-8.1	-7.4	5.3
	<b>3</b>	-9.9	5.0	-4.0	-3.8	2.3	-9.2	11.4	-2.3	-2.6	2.8
	<b>4</b>	-10.1	2.6	-3.1	-3.0	2.4	-7.6	13.8	-0.2	-0.4	3.6
	<b>5</b>	-7.0	10.0	1.4	1.0	3.5	-6.7	14.5	4.4	4.5	4.7
	<b>6</b>	-0.6	13.2	6.4	6.5	2.7	0.3	19.8	9.7	9.5	3.7
	<b>7</b>	2.8	18.2	10.7	10.6	3.1	3.7	24.9	14.1	14.2	4.0
	<b>8</b>	1.3	17.4	9.6	9.6	2.7	1.3	22.7	14.1	14.7	3.8
	<b>9</b>	2.8	16.8	9.9	9.9	2.5	2.7	21.0	13.9	13.9	3.5
	<b>10</b>	-2.0	11.7	4.3	4.4	2.4	-1.9	15.8	7.7	7.7	3.1
	<b>11</b>	-12.0	2.2	-4.5	-4.9	2.6	-11.0	7.9	-2.2	-2.3	2.9
	<b>12</b>	-17.8	1.4	-6.7	-6.0	3.5	-16.3	10.0	-5.0	-4.8	4.2

**Tablo 17.** Mevsimlere göre gökyüzü sıcaklığı

<b>Gökyüzü Sıcaklığı</b>											
<b>Yıl</b>	<b>Mevsim</b>	<b>Gece</b>					<b>Gündüz</b>				
		<b>Asgari</b>	<b>Azami</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Ortanca</b>	<b>STD</b>	<b>Asgari</b>	<b>Azami</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Ortanca</b>	<b>STD</b>
<b>2019</b>	<b>Kış</b>	-65.9	9.2	-25.7	-26.8	10.2	-64.3	15.6	-21.1	-20.5	10.6
	<b>Bahar</b>	-65.8	4.4	-25.5	-25.5	11.4	-65.0	21.0	-15.8	-15.0	11.4
	<b>Yaz</b>	-51.9	5.8	-24.6	-26.1	9.2	-49.9	21.3	-13.4	-13.7	10.1
	<b>Güz</b>	-64.9	2.2	-29.6	-31.5	11.9	-64.9	16.4	-21.4	-22.2	11.7
<b>2020</b>	<b>Kış</b>	-65.9	1.4	-33.7	-33.4	15.6	-65.9	-0.8	-30.8	-30.6	14.8
	<b>Bahar</b>	-65.9	13.8	-26.2	-26.5	15.0	-65.9	11.6	-18.8	-17.0	12.9
	<b>Yaz</b>	-64.7	6.0	-28.0	-30.7	9.2	-47.6	23.0	-15.8	-16.4	10.8
	<b>Güz</b>	-65.9	3.1	-33.5	-34.3	10.9	-65.9	11.4	-26.8	-27.7	12.4

**Tablo 18.** Mevsimlere göre ortam sıcaklığı

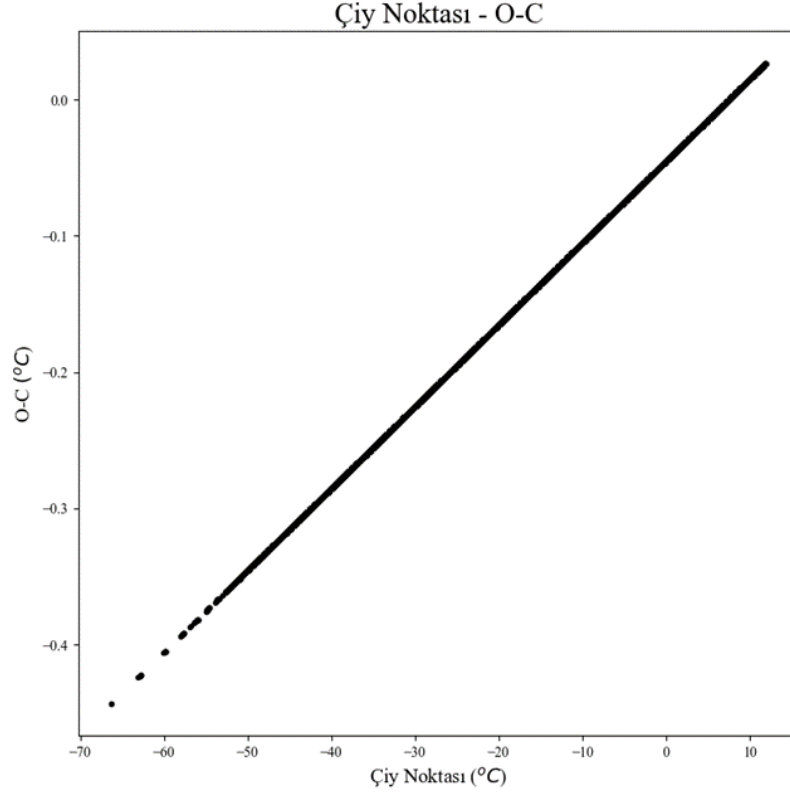
		Ortam Sıcaklığı									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Mevsim	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	Kış	-16.6	-0.2	-8.8	-9.0	2.7	-15.9	5.7	-6.9	-7.5	3.2
	Bahar	-16.1	12.7	-3.1	-4.7	5.8	-15.8	17.4	-0.0	-1.3	6.6
	Yaz	-1.4	20.2	9.7	9.4	3.1	-1.2	25.9	13.2	13.2	4.0
	Güz	-10.9	13.5	2.1	3.3	4.7	-9.2	16.5	5.7	6.8	5.5
2020	Kış	-24.8	4.4	-8.4	-8.4	3.8	-23.7	8.3	-6.8	-7.2	4.6
	Bahar	-10.1	10.0	-2.1	-2.7	3.5	-9.2	14.5	0.8	-0.4	4.7
	Yaz	-0.6	18.2	9.0	9.0	3.4	0.3	24.9	12.6	12.7	4.3
	Güz	-12.0	16.8	2.8	3.9	6.4	-11.0	21.0	6.9	8.0	7.2

Aylık verilerin olduğu tablo incelendiğinde Tsky için en düşük sıcaklık değerinin “-65.9 °C” olduğu, en yüksek değer “13,8” ile Mart ayına ve standart sapması “16,6” ile en yüksek olarak Ocak ayına ait olduğu görülmektedir. Tamb için ise en düşük sıcaklık değerinin “-24,8°C” ile Şubat ayına, en yüksek değer “18,2” ile Temmuz ayına ve standart sapması “5,1” ile en yüksek olarak Şubat ayına ait olduğu görülmektedir. Aynı şekilde mevsimlik tablo incelendiğinde en yüksek sıcaklık farkının olduğu mevsimin Kış aylarına ait olduğu görülmüştür.

### Nem, Çiy Noktası ve Sıcaklık

BWCS II ile alınan nem, sıcaklık ve ortam sıcaklığı verileri grafike edilmiş ve tablosu da eklenmiştir. Çiy noktası ve nemin yüksek olduğu koşullar gözlem yapılması için pek uygun değildir. Hem atmosferik koşullar nedeniyle yapılan gözlemi olumsuz etkiler hem de teleskoba fiziki zarar verir. Öncelikle BWCS II’den alınan nem değerleri için Şekil 55’de görüldüğü gibi O – C (gözlenen - hesaplanan) analizi yapılmıştır. Analiz için kuramsal temellerde anlatılan Çiy noktası formülüne nem ve sıcaklık değerleri eklenmiştir. Grafiğe bakıldığında analiz sonuçlarına göre çiy noktasının BWCS II’deki sıcaklık ve nem değerleri için doğru sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca Vaisla’dan hesaplanan çiy noktası değerleri ile de karşılaştırması yapılmış ve karşılaştırma sonucunda da BWCS II’den elde edilen çiy noktası değerlerinin doğru olduğu görülmektedir.

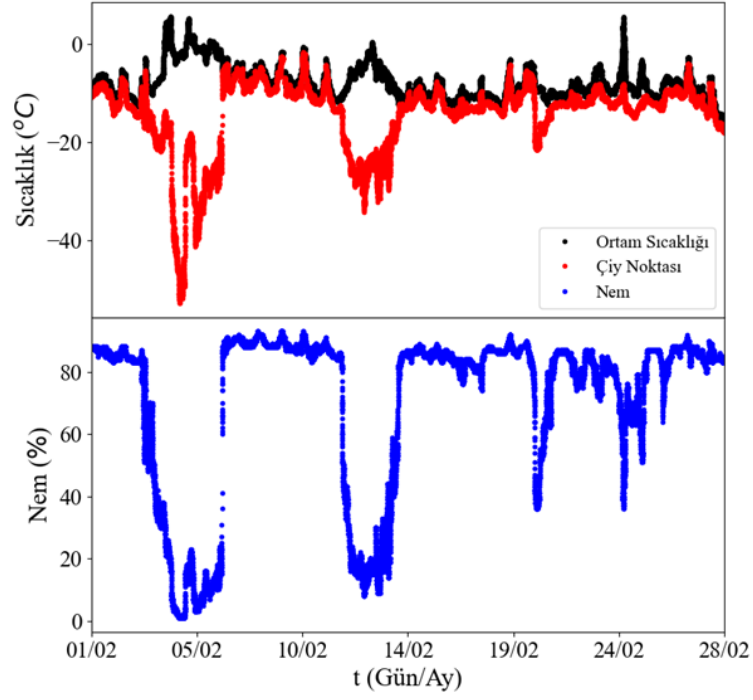
Şekil 55’de zamana karşı Tamb grafiği gece ve gündüz ayrı ayrı olarak gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde üç değerinde bağlantılı olduğu görülmektedir. Çiy noktası nem ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir.



**Şekil 55.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan çiy noktası değerleri için O – C karşılaştırması

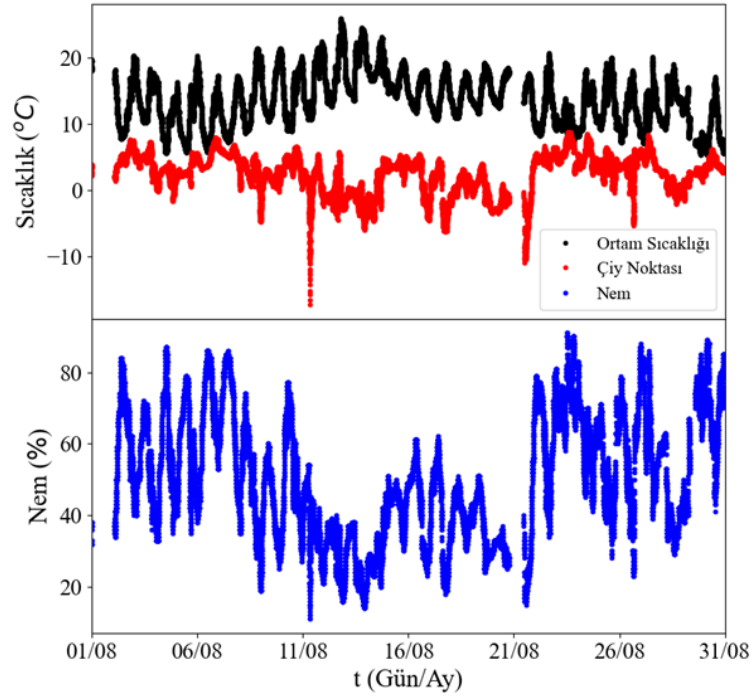
Şekil 56 – 61, aralığında 2019 ve 2020 yıllarına ait zamana karşı Tamb, nem ve çiy noktası değerleri verilmiştir. Grafikler aylık olarak çizilmiş ve veri kaybı olmayan bazı aylar örnek olarak eklenmiştir. Siyah çizgi ortam sıcaklığını, kırmızı çiy noktasını, mavi ise nemi ifade eder. Şekil 57 ve 60 grafiği Şubat aylarına aittir. Grafik incelendiğinde 2019'da Şubat ayı içerisinde sıcaklığın yaklaşık olarak -15 °C ile 10 °C, nemin % 0 - 100 arasında ve çiy noktası sıcaklığının ise 0 °C ile -60 °C arasında değiştiği gözlenmiştir. 2020 yılı Şubat ayı için ise Tamb'nin -25 °C'ye kadar düştüğü, nemin %80'nin üzerine çıkmadığı ve çiy noktasının ise -35 °C ile 5 °C aralığında olduğu gözlenmektedir. Şekil 57 ve 60 ise Ağustos aylarına aittir ve buradaki değişiklikler incelendiğinde benzer şekilde değişikliklerin olduğu gözlenmiştir. Bu aylarda sıcaklık daha yüksek ve nem daha düşük olduğu ve çiy noktasının da düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Şekil 61'de de üç değer sürekli değişim halinde olduğu gözlenmiştir.

2019



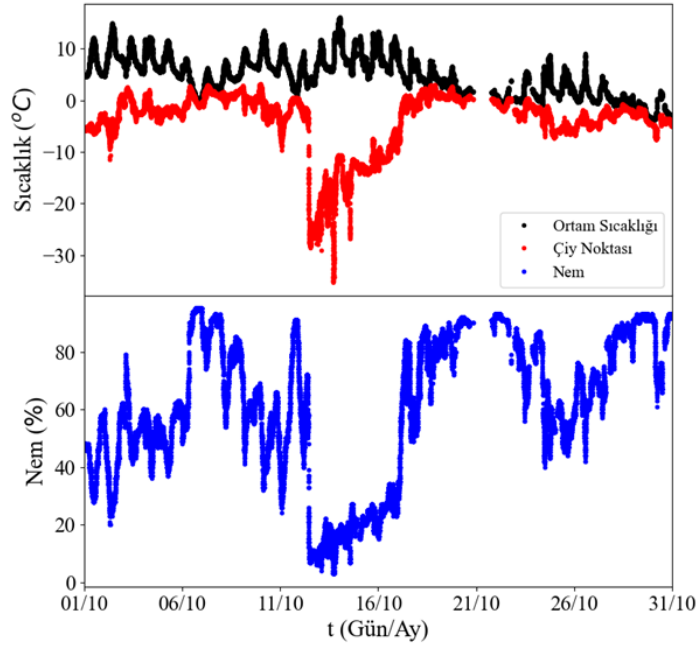
Şekil 56. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Şubat)

2019



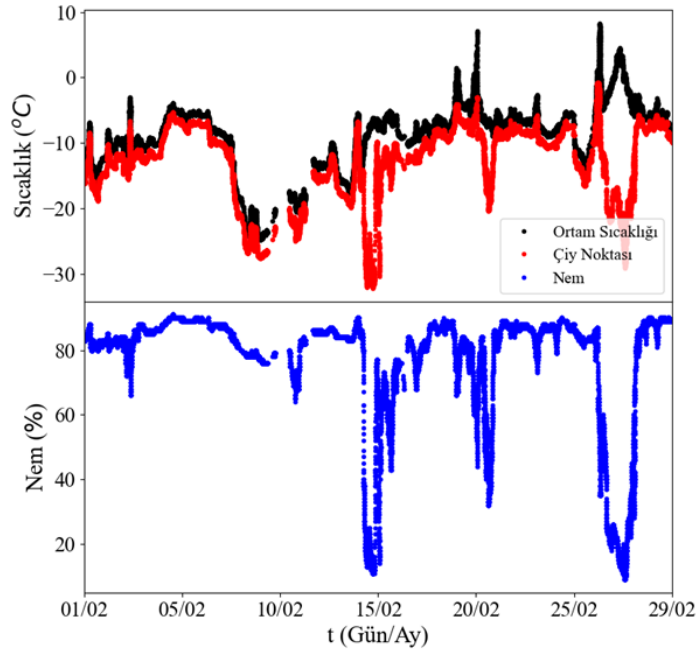
Şekil 57. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ağustos)

2019



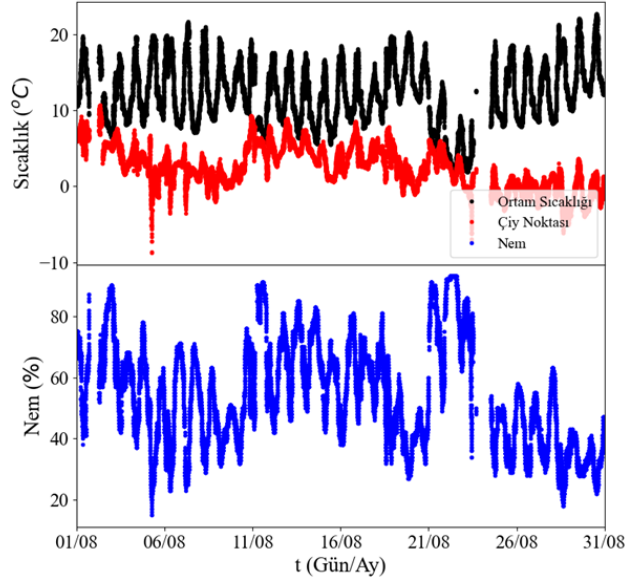
Şekil 58. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ekim)

2020



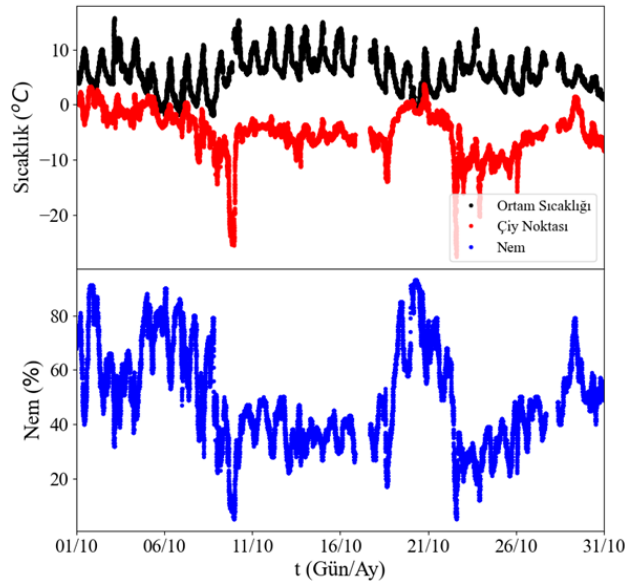
Şekil 59. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Şubat)

2020



Şekil 60. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ağustos)

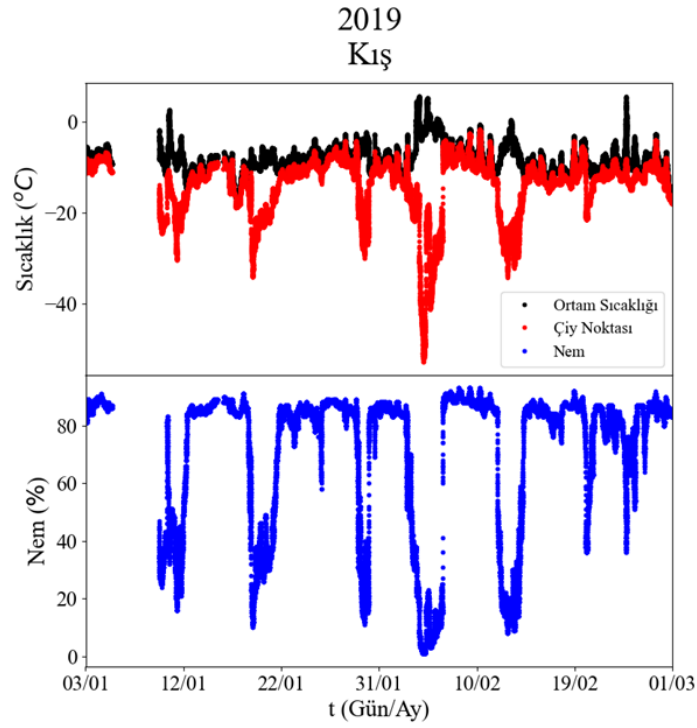
2020



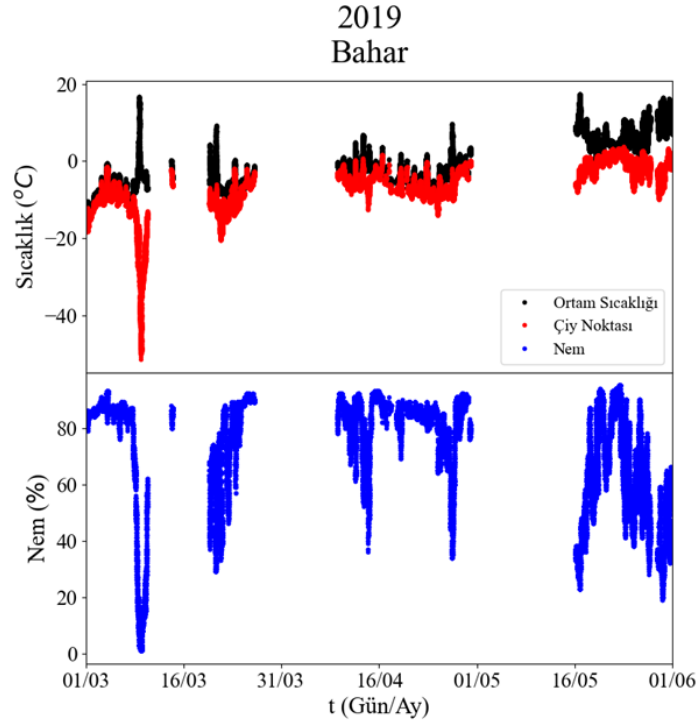
Şekil 61. DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği (Ekim)

Şekil 62 – 69 arasındaki grafiklerde 2019 ve 2020 yıllarına ait mevsimsel değişiklikler gösterilmiştir. Kış aylarında sıcaklığın  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişim gösterdiği, Bahar aylarında ise biraz daha yükselerek  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lere ulaştığı ve yaz aylarında ise  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Nemin ise bütün aylar için  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  derece arasında değişiklikler

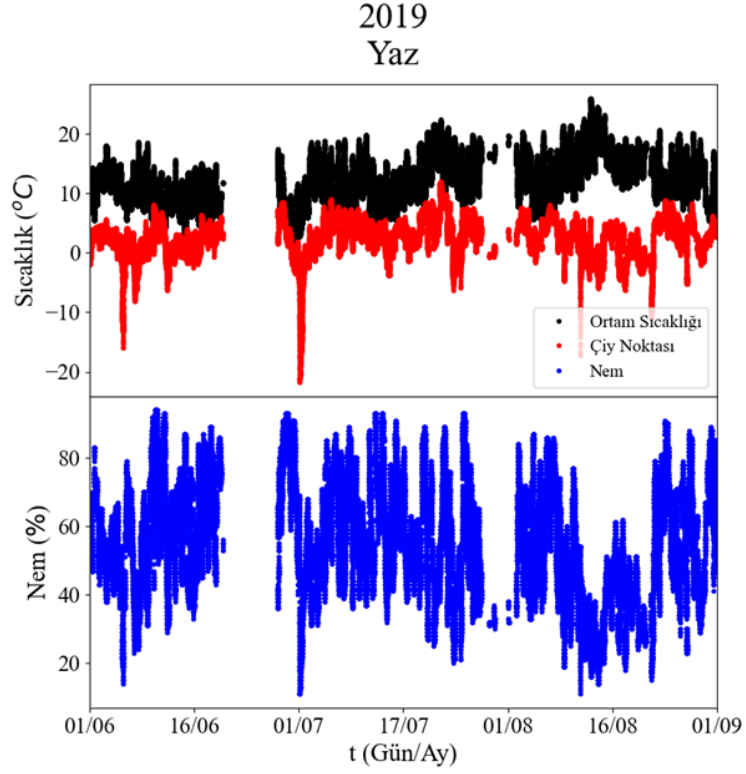
göstermiş olduğu ve nem ile sıcaklık değerlerine bağlı olarak çiy noktası sıcaklığının da sürekli değişim gösterdiği gözlenmiştir.



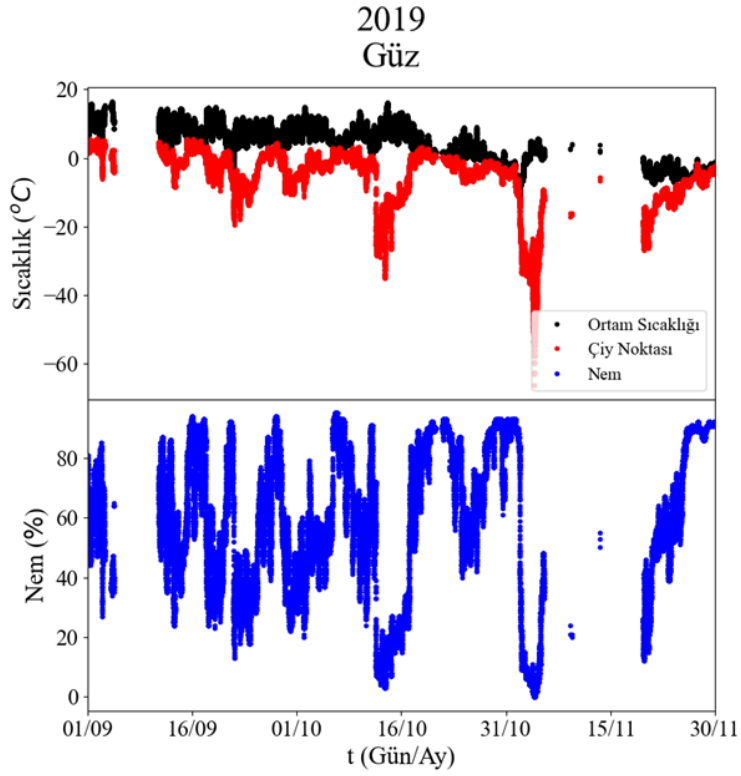
**Şekil 62.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



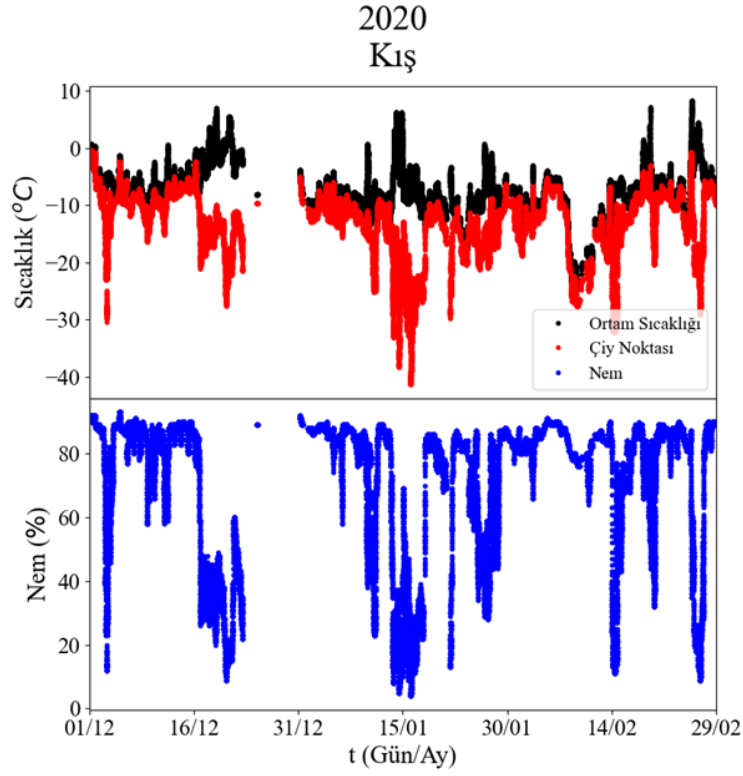
**Şekil 63.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



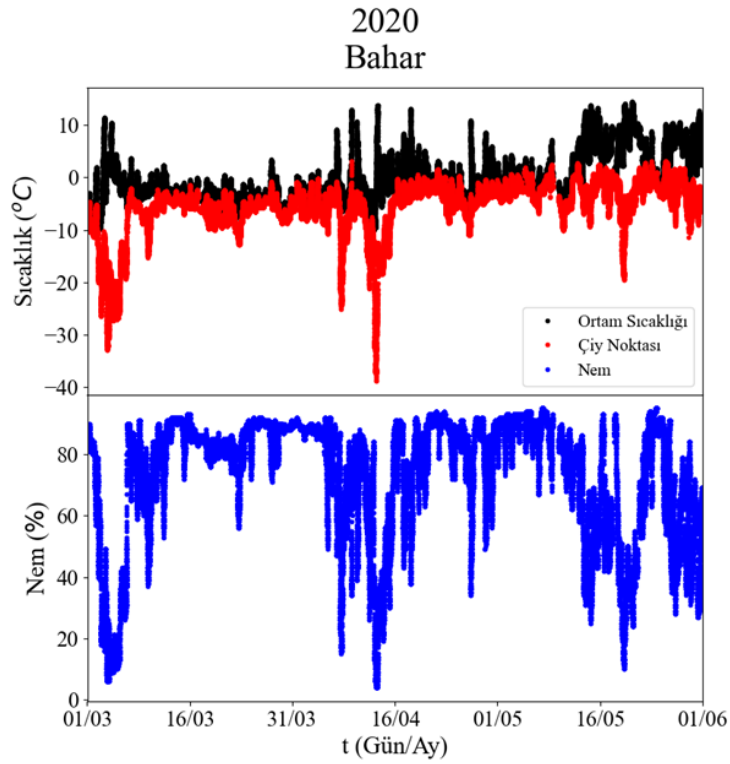
**Şekil 64.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



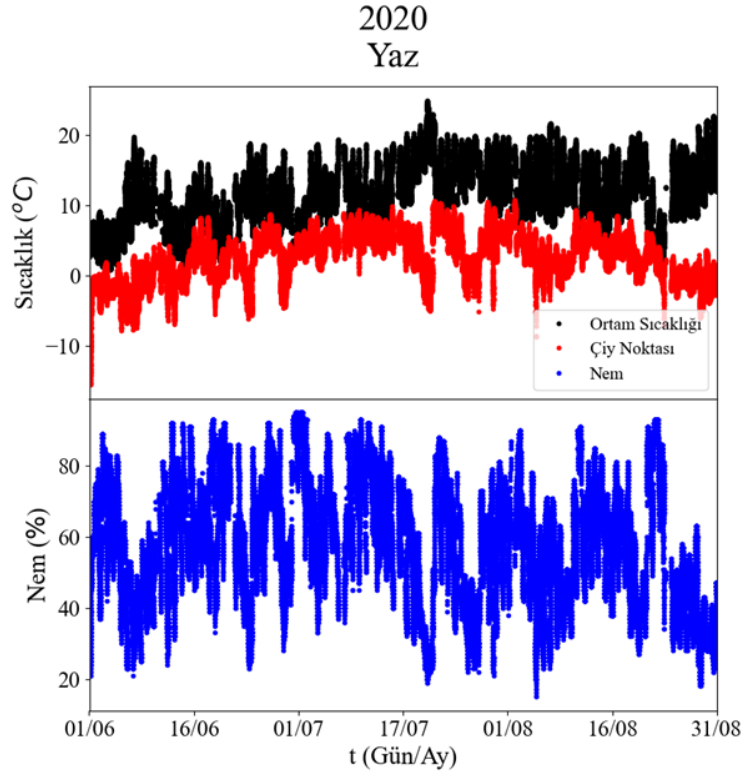
**Şekil 65.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



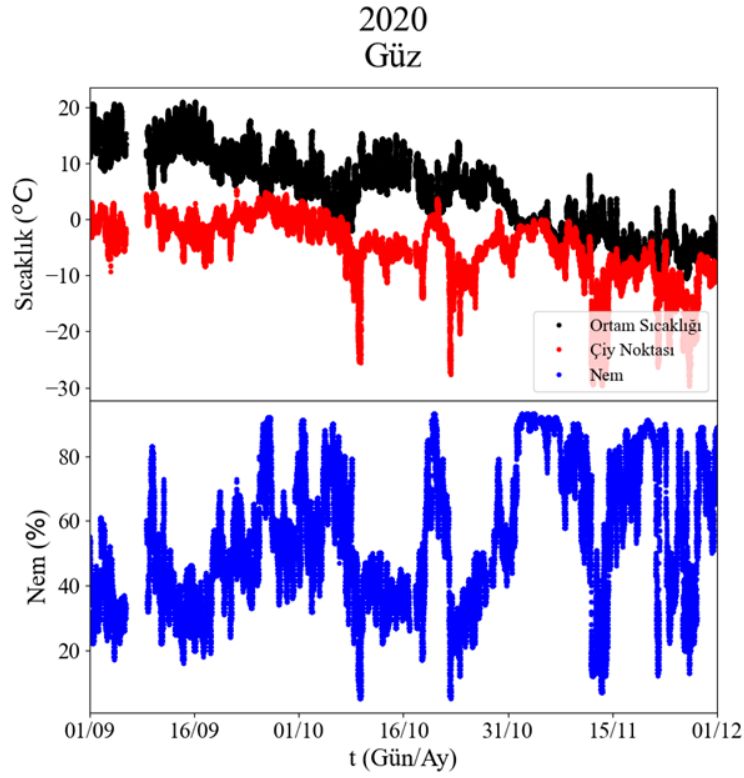
**Şekil 66.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



**Şekil 67.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



**Şekil 68.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği



**Şekil 69.** DAG yerleşkesinde bulunan BWCS II'den alınan zamana karşı çiy noktası, ortam sıcaklığı ve nem grafiği

Tablo 19 ve 20’de nem ve çiy noktası için aylık, Tablo 21 ve 22’de ise bu iki değer için mevsimlik olarak asgari, azami, ortamala, ortanca ve standart sapma değerleri verilmiştir. Nem ve çiy noktası için verilen değerleri incelendiğinde gece ve gündüz değerlerinin ortalamaya uygun olduğu görülmüştür.

**Tablo 19.** Aylara göre nem durumu

		Nem									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Ay	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	1	13	91	72.2	85.0	22.2	10	91	70.6	85.0	23.8
	2	1	91	69.5	85.0	28.4	3	93	69.0	83.0	26.6
	3	1	92	75.9	86.0	21.7	1	93	70.5	84.0	24.9
	4	52	93	84.1	86.0	7.4	34	93	79.2	84.0	12.0
	5	27	95	63.9	64.0	19.5	19	94	59.4	58.0	19.2
	6	14	94	66.9	68.0	16.1	23	93	57.8	56.0	14.9
	7	11	93	64.6	63.0	16.4	20	90	53.0	52.0	13.9
	8	11	90	56.9	59.0	17.0	14	91	44.6	43.0	15.8
	9	18	93	63.0	63.0	19.2	13	94	51.6	50.0	18.8
	10	4	95	63.9	67.0	24.7	3	95	55.3	56.0	24.2
	11	0	93	57.9	60.0	30.4	2	93	57.1	60.0	32.2
	12	9	92	70.3	86.0	24.7	12	93	66.6	81.0	25.4
2020	1	4	89	71.0	84.0	24.1	9	90	65.7	83.0	27.0
	2	9	90	77.0	84.0	19.6	11	91	77.0	84.0	18.2
	3	6	93	75.2	84.0	23.5	6	93	72.9	82.0	22.6
	4	6	93	77.7	85.0	17.3	4	94	72.5	77.0	19.6
	5	19	95	75.7	83.0	18.1	10	95	65.4	67.0	21.4
	6	30	93	66.6	69.0	14.0	21	93	55.7	55.0	15.3
	7	22	95	65.9	70.0	18.2	19	95	57.4	58.0	17.2
	8	24	93	60.6	61.0	16.3	15	93	49.1	46.0	15.8
	9	20	92	50.0	49.0	14.6	16	92	40.3	38.0	14.0
	10	8	93	53.7	49.0	18.1	5	90	45.4	41.0	17.3
	11	12	93	68.8	78.0	23.4	7	93	65.7	70.0	22.0
	12	10	90	70.6	79.0	20.3	9	90	66.2	76.0	23.4

**Tablo 20.** Aylara göre çiy noktası durumu

		Çiy Noktası									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Ay	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	1	-30.4	-6.5	-13.9	-12.1	5.1	-34.1	-4.1	-12.9	-10.9	5.3
	2	-52.7	-3.9	-15.7	-12.7	8.4	-40.0	-1.5	-12.9	-11.5	6.1
	3	-51.4	-5.3	-12.6	-10.7	6.9	-48.4	-1.5	-11.7	-10.2	6.7
	4	-12.3	-1.3	-6.6	-7.0	2.3	-14.0	1.7	-5.4	-5.5	2.6
	5	-10.0	3.2	-1.8	-1.2	2.8	-8.4	3.9	-0.7	-0.4	2.3
	6	-16.0	6.8	1.6	2.4	3.2	-8.1	8.5	2.1	2.2	2.3
	7	-21.7	9.8	2.4	3.0	4.0	-15.9	11.9	3.3	3.5	3.2
	8	-17.2	7.2	2.3	3.1	2.6	-11.0	8.8	2.6	3.1	3.0
	9	-18.1	4.6	-1.8	-0.9	4.1	-19.5	5.7	-1.0	0.1	4.5
	10	-32.8	2.3	-4.3	-2.6	5.9	-35.2	3.2	-3.7	-2.2	5.8
	11	-66.3	-2.0	-14.5	-11.5	11.0	-43.6	-1.7	-13.4	-9.7	9.5
	12	-29.6	-0.8	-11.3	-9.8	4.4	-30.4	-0.4	-10.4	-9.5	4.6
2020	1	-41.2	-8.9	-15.0	-12.9	5.9	-33.3	-6.0	-14.3	-12.3	5.7
	2	-32.1	-6.4	-13.3	-11.7	5.9	-32.2	-0.7	-12.2	-10.8	5.7
	3	-33.0	-2.7	-8.9	-6.6	6.0	-30.7	-0.8	-7.7	-5.8	5.2
	4	-37.0	0.1	-6.8	-5.5	5.1	-38.8	3.1	-5.3	-4.1	5.0
	5	-16.4	2.3	-2.9	-2.8	2.7	-19.6	3.2	-2.5	-2.1	2.9
	6	-9.2	6.1	0.3	0.0	2.7	-15.5	8.7	0.7	0.5	3.2
	7	-5.1	9.5	3.9	4.8	2.5	-4.8	10.6	5.0	5.4	2.5
	8	-5.0	7.5	1.8	2.0	2.5	-8.7	10.7	2.9	2.7	2.8
	9	-9.3	4.5	-0.6	-0.6	2.3	-7.6	5.4	-0.1	0.1	2.2
	10	-25.4	3.3	-5.1	-4.9	3.8	-27.6	3.8	-4.3	-4.1	4.2
	11	-29.7	-0.1	-10.4	-8.8	6.2	-29.5	-0.1	-8.7	-7.8	5.6
	12	-31.8	-1.7	-11.9	-11.0	5.0	-32.0	-2.6	-11.5	-9.9	5.4

**Tablo 21.** Mevsimlere göre nem durumu

		Nem									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Mevsim	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	Kış	1	91	70.8	85.0	25.7	3	93	69.7	84.0	25.4
	Bahar	1	95	75.4	85.0	19.1	1	94	69.8	79.0	21.0
	Yaz	11	94	62.2	63.0	17.1	14	93	51.4	50.0	15.8
	Güz	0	95	62.1	63.0	24.9	2	95	54.2	54.0	24.3
2020	Kış	4	92	72.5	84.0	23.3	9	93	69.6	83.0	24.6
	Bahar	6	95	76.2	84.0	20.0	4	95	70.1	78.0	21.5
	Yaz	22	95	64.1	66.0	16.5	15	95	54.1	54.0	16.5
	Güz	8	93	57.9	56.0	20.9	5	93	49.6	45.0	20.8

**Tablo 22.** Mevsimlere göre çiy noktası durumu

		Çiy Noktası									
		Gece					Gündüz				
Yıl	Mevsim	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD	Asgari	Azami	Ortalama	Ortanca	STD
2019	Kış	-52.7	-3.9	-14.8	-12.5	7.1	-40.0	-1.5	-12.9	-11.3	5.8
	Bahar	-51.4	3.2	-7.6	-7.4	6.4	-48.4	3.9	-5.9	-5.1	6.2
	Yaz	-21.7	9.8	2.2	2.9	3.3	-15.9	11.9	2.7	2.9	2.9
	Güz	-66.3	4.6	-6.1	-3.6	8.8	-43.6	5.7	-4.6	-2.5	7.8
2020	Kış	-41.2	-0.8	-13.5	-12.1	5.7	-33.3	-0.4	-12.7	-11.5	5.7
	Bahar	-37.0	2.3	-6.4	-5.2	5.5	-38.8	3.2	-5.0	-4.2	4.9
	Yaz	-9.2	9.5	2.0	2.4	2.9	-15.5	10.7	2.8	3.0	3.4
	Güz	-29.7	4.5	-5.7	-4.5	6.0	-29.5	5.4	-4.2	-3.1	5.4

Çiy noktasının nem ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Grafiklerin incelenmesi sonucunda, aynı sıcaklıkta düşen nem için çiy noktası sıcaklığının da düştüğü, artan nem için ise çiy noktası sıcaklığının arttığı gözlenmiştir. Bu da “Çiy noktası sıcaklığı söz konusu ortam için bir nem belirteçidir, ortam sıcaklığına eşit olduğunda nem %100’e ulaşır” yorumunu doğrulamakta.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) için daha önce yer çalışmaları yapılmış ve 3170 m yükseklikte olan Erzurum Konaklı/Karakaya Teperleri IR gözlemleri için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu tez kapsamında ise yerleşkede kurulmuş olan Boltwood Cloud Sensör II meteorolojik cihazından alınan ölçümler ile yerleşkenin bulutluluk ve atmosferik analizleri yapılmıştır.

Tez kapsamında yapılan analizlerde, gökyüzü, ortam sıcaklığı, nem ve çiy sıcaklığı ölçümleri kullanılmıştır. Özellikle IR bölgede gözlem yapacak teleskoplar için IR ışınımın su buharı tarafından soğurulması nedeniyle nem ve bulutluluk durumu çok önemlidir. BWCS II'nin ölçümleri yerleşkede daha önceden kurulmuş ve veri alımı yapan Vaisala aletinin verileri ile karşılaştırılmış ve sonuç olarak doğru ölçüm yaptığı görülmüştür. Vaisala'nın kullanılmasının nedeni, cihazın kalibrasyonun MGM tarafından yapılmış ve doğru ölçüm alıyor olmasının bilinmesidir. BWCS II, DAG yerleşkesine 2012 yılında kurulan ve 7 m yüksekliğinde olan DIMM kulesi üzerinde yer almaktaydı.

Atmosferik analiz için kullanılan ölçümler 2019 ve 2020 yılları için BWCS II'den alınmıştır. Bulutluluk durumu için 2019 yılına ait gece "186123" ve gündüz "181855" olmak üzere toplamda "367978" ölçüm kullanılmıştır. 2020 yılına ait ölçüm sayıları ise gece "245947", gündüz "245473" olmak üzere toplamda "491420"tir. Bu veri kullanılarak Tsky ve Tamb değerlerinin farkından bulutluluk durumu bulunmuştur. Bulutluluk durumu için üç farklı durum söz konusudur. Bunlar açık, bulutlu ve kapalı (çok bulutlu) olarak verilmiştir. Analizler sonucunda 2019 yılı için kullanılan verinin toplamda "198132" tanesi açık olarak çıkmıştır. Kalan veride ise bulutlu ve kapalı olarak sonuçlandığı görülmüştür. 2020 yılı ise veriden "305087" tanesinin açık olduğu görülmüştür. Özellikle Yaz aylarında havanın %87'sinden fazlasının açık olduğu görülmüştür. 2019 yılında yaşanan veri kaybı da göz önünde bulundurulduğunda bulutluluk durumu bakımından sonuçlar gözlem için oldukça iyi bir gökyüzüne sahip olduğunu göstermiştir.

Yıl içerisinde sıcaklık değerlerine bakıldığında 2019 yılında en düşük -16,6 °C ve en yüksek 20,2 °C, 2020'de ise en düşük -24,8 °C ve en yüksek 18,2 °C olduğu gözlenmiştir. Gökyüzü sıcaklığı için ise bu değerlerin, 2019 yılında en düşük -65,9 °C ve en yüksek 9,2 °C, 2020'de ise en düşük -65,9 °C ve en yüksek 13,8 °C olduğu görülmüştür.

Astronomik gözlemler için nem ve çiy noktası hem gözlem verisi hem de teleskobun ve ekipmanın zarar görmemesi için büyük bir önem taşımaktadır. BWCS II'den elde edilen sonuçlara göre çiy noktası sıcaklığı en düşük -66,3 °C ve en yüksek 9,8 °C değerlerini aldığı görülmüştür. 2019 yılı için, en düşük nem %0 ve en yüksek nem %95 'dir. 2020 yılında ise bu değerlerin -41,2 °C ve 9,5 °C olduğu görülmüştür. Nemim düşük olması özellikle IR bölgede gözlem yapan teleskoplar için Büyük önem taşır. IR bölgede gözlem yapan teleskoplarda ideal operasyonel nem oranı %10'un altındadır. DAG teleskobunun da IR gözlemleri yapacak olmasından dolayı bu değerlerin Kabul edilebilir ölçüde olduğu görülmektedir.

Analizler sonucunda bulutluluk durumunun incelenmesi ve %58'den fazla açık değerlerin olması, sıcaklık durumunun incelendiğinde ise sıcaklık farklarının çok fazla olmadığı görülmüştür. Nemin ise ortalama olarak %80'nin üzerinde olma durumunun düşük olduğu gözlenmiştir. Yapılan tüm analizler sonucunda DAG yerleşkesi için atmosferin kararsız bir yapıya sahip olmadığı, özellikle IR gözlemleri için gerekli hava koşullarına aykırı olmadığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Adelard, L., Pignolet-Tardan, F., Mara, T., Lauret, P., Garde, F., & Boyer, H. (1998). Sky temperature modelisation and applications in building simulation. *Renewable Energy*, 15(1-4), 418-430.
- Algarni, S., & Nutter, D. (2015). Survey of Sky Effective Temperature Models Applicable to Building Envelope Radiant Heat Transfer. *Ashrae Transactions*, 121(2).
- Anonim, 2020a. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Elektromanyetik\\_Tayf\\_TR.jpg](https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Elektromanyetik_Tayf_TR.jpg)
- Anonim, 2021a. The Energy balance, hydrological and carbon cycles. *Introduction to climate dynamics and climate modelling*.
- Anonim, 2021a. [https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/ders/klimatoloji\\_basinc\\_ruzgar\\_nem/9/index.html](https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/ders/klimatoloji_basinc_ruzgar_nem/9/index.html)
- Anonim, 2021b. <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=2>
- Anonim, 2021c. <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=3>
- Anonim, 2021d. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim.aspx?key=B>
- Anonim, 2021e. <https://tr.wikipedia.org/wiki/İşba>.
- Anonim, 2021f. <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=bulutlar>
- Anonim, 2021g. <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx?m=B&k=aa111>
- Anonim, 2022. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut\\_fiziği](https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut_fiziği)
- Anonim, 2022b. <https://ungo.com.tr/2019/12/bulut-cesitleri-ve-ozellikleri>
- Anonymous, 2017a. World Meteorological Organization. (2017). *International cloud atlas*. World Meteorological Organization.
- Anonymous, 2021a. <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/the-correct-material-for-infrared-applications/>
- Anonymous, 2021b. <http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/part1.html>
- Anonymous, 2021c. <https://scied.ucar.edu/learning-zone/earth-system/conduction>
- Anonymous, 2021d. <https://nittygrittyscience.com/textbooks/earths-atmosphere/section-2-atmosphere-energy-transfer/>
- Anonymous, 2021f. <https://www.britannica.com/science/heat>
- Anonymous, 2021g. [https://bookdown.org/huckley/Physical\\_Processes\\_In\\_Ecosystems/15-8-microclim-skytemp.html](https://bookdown.org/huckley/Physical_Processes_In_Ecosystems/15-8-microclim-skytemp.html)
- Anonymous, 2021h. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Kinetic/relhum.html>
- Anonymous, 2021i. <https://physics.stackexchange.com/questions/153839/what-is-the-temperature-of-the-clear-night-sky-from-the-surface-of-earth>
- Anonymous, 2021j. <https://www.britannica.com/science/climate-meteorology/Cloud-types>
- Anonymous, 2021k. [https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU\\_Training\\_Page/clouds/cloud\\_development/clouds](https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/clouds/cloud_development/clouds)
- Anonymous, 2021l. <https://www.kalyeta.com/?pnun=190&pt=Bulutlar+ve+çesitlerii>
- Anonymous, 2021m. <https://www.python.org>
- Anonymous, 2021n. <https://mariadb.org/>
- Anonymous, 2021o. <https://pandas.pydata.org/>
- Anonymous, 2021p. <https://www.vaisala.com/en>
- Anonymous, 2021r. <https://numpy.org/>
- Anonymous, 2021s. <https://scipy.org/>
- Anonymous, 2021t. <https://matplotlib.org/>

- Anonymous, 2022a., *International Cloud Atlas*. World Meteorological Organization: (<https://cloudatlas.wmo.int/en/history-of-the-ICA.html>) adresinden alındı
- Anonymous, 2022b. <https://www.heimanssensor.com/temperature-sensing>
- Anonymous, 2022c. Understanding the Greenhouse Effect, Chicago Botanic Garden
- Anonymous, 2022d. [https://www.wikiwand.com/en/Earth%27s\\_energy\\_budget](https://www.wikiwand.com/en/Earth%27s_energy_budget)
- Anonymous, 2022e. <https://earthhow.com/greenhouse-effect/>
- Anonymous, 2022f. [https://www.weather.gov/arx/why\\_dewpoint\\_vs\\_humidity](https://www.weather.gov/arx/why_dewpoint_vs_humidity)
- Anonymous, 2022g. <https://tr.strephonsays.com/dew-point-and-vs-humidity-7614>
- Anonymous, 2022h. [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sky\\_temperature](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sky_temperature)
- Ashley, M. C. B., & Jurcevic, J. S. (1991). A cloud detector for automated telescopes. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 9(2), 334-335.
- Aslan, Z., Aydın, C., Tunca, Z., Demircan, O., Derman, E., Gölbaşı, O., and Marşoğlu, A., 1989, Site Testing for an Optical Observatory in Turkey. *Astron. Astrophys*, 208, 385-391.
- Atalay, T., Sensörler ve Transdüserler (Algılayıcılar ve Dönüştürücüler)
- Bae, Y. H., Jo, J. H., Yim, H. S., Park, Y. S., Park, S. Y., Moon, H. K., ... & Park, J. H. (2016). Correlation Between the “seeing FWHM” of Satellite Optical Observations and Meteorological Data at the OWL-Net Station, Mongolia. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 33(2), 137-146.
- Berdahl, P., & Fromberg, R. (1982). The thermal radiance of clear skies. *Solar energy*, 29(4), 299-314.
- Boers, R., De Haij, M. J., Wauben, W. M. F., Baltink, H. K., Van Ulft, L. H., Savenije, M., & Long, C. N. (2010). Optimized fractional cloudiness determination from five ground-based remote sensing techniques. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D24).
- Buckley, D. J., Dorrington, M. C., Edwards, P. J., McComb, T. J. L., Tummey, S. P., & Turver, K. E. (1999). Measurement of sky clarity using MIR radiometers as an adjunct to atmospheric Čerenkov radiation measurements. *Experimental Astronomy*, 9(4), 237-249.
- Campbell, J. R., Hlavka, D. L., Welton, E. J., Flynn, C. J., Turner, D. D., Spinhirne, J. D., ... & Hwang, I. H. (2002). Full-time, eye-safe cloud and aerosol lidar observation at atmospheric radiation measurement program sites: Instruments and data processing. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(4), 431-442
- Chen, B., Clark, D., Maloney, J., Mei, W., & Kasher, J. (1995, July). Measurement of night sky emissivity in determining radiant cooling from cool storage roofs and roof ponds. In *Proceedings of the National Passive Solar Conference* (Vol. 20, pp. 310-313). AMERICAN SOLAR ENERGY SOCIETY INC.
- Clay, R. (1999). Cloud monitoring for large cosmic ray sites. In *26th International Cosmic Ray Conference (ICRC26), Volume 5* (Vol. 5, p. 421).
- Clothiaux, E. E., Miller, M. A., Albrecht, B. A., Ackerman, T. P., Verlinde, J., Babb, D. M., ... & Syrett, W. J. (1995). An evaluation of a 94-GHz radar for remote sensing of cloud properties. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 12(2), 201-229.
- Derwent, R. G. (2003). Handbook of atmospheric science: principles and applications. Edited by CN Hewitt, A. Jackson; Blackwell Publishing, 2003, 653 pages, ISBN 0-632-05286-4. *Atmospheric Science Letters*, 4(1-4), 41-42.
- Diffraction Limited, 2004, Cloud Sensor II User’s Manual
- Diffraction Limited, 2012, Cloud Sensor II User’s Manual

- Dürr, B., & Philipona, R. (2004). Automatic cloud amount detection by surface longwave downward radiation measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D5).
- Eken, M., Ceylen, A., Taştekin, A. T., Şahin, H., & Şensoy, S. (2005). *Klimatoloji*. Erol O., 1999. Genel *Klimatoloji*.
- Feijt, A. J. (2000). Quantitative cloud analysis using meteorological satellites=[Kwantitatieve analyse van wolken met meteorologische satellieten]. Wageningen University and Research.
- for Cloud, Cirrus, and Dust Detection, at Night*, Kitt Peak National Observatory.
- Fuji & Co. (2004), *Thermopile*, Piezo Science. viewed May 2005
- Gabathuler, M., Marty, C. A., & Hanselmann, K. W., 2001, Parameterization of incoming longwave radiation in high-mountain environments, *Physical Geography*, 22(2), 99-114.
- Gillespie, B. (2003), *Building a Thermoelectric Sensor to Measure IR Sky Transparency*
- Gliha, O., Kruczek, B., Etemad, S. G., & Thibault, J. (2011). The effective sky temperature: an enigmatic concept. *Heat and mass transfer*, 47(9), 1171-1180.
- Gönençgil B., 2020, *Klimatoloji (Atmosfer ve Sıcaklık)*, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Güney, Y., 2021, *Doğu Anadolu Gözlemevi Yerleşkesinin Atmosferik Görüş Ölçümleri*, D.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Hancock, N., Carter, B., Gwynne, A. (2005). Cloud detection system for the Mt Kent observatory. ENG4111 and 4112 Research Project
- Harrison, E. F., Minnis, P., Barkstrom, B. R., Ramanathan, V., Cess, R. D., & Gibson, G. G. (1990). Seasonal variation of cloud radiative forcing derived from the Earth Radiation Budget Experiment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 95(D11), 18687-18703.
- Hogg, D. W., Finkbeiner, D. P., Schlegel, D. J., & Gunn, J. E. (2001). A Photometricity and extinction monitor at the Apache Point Observatory. *The Astronomical Journal*, 122(4), 2129.
- Hull, C. L., Limmongkol, S., & Siegmund, W. A. (1994, June). Sloan digital sky survey cloud scanner. In *Advanced Technology Optical Telescopes V* (Vol. 2199, pp. 852-857). SPIE.
- Huo, J., & Lu, D. (2012). Comparison of cloud cover from all-sky imager and meteorological observer. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29(8), 1093-1101.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc..
- Kadioğlu, M., Çakır, S., 2015, *Meteoroloji; Atmosferimizi Anlamak* (3. Baskı), (Ackerman S.A. ve Knox J.A., Çev.) 569s, İstanbul.
- Karn, A., Chintala, V., & Kumar, S. (2019). An investigation into sky temperature estimation, its variation, and significance in heat transfer calculations of solar cookers. *Heat Transfer—Asian Research*, 48(5), 1830-1856.
- Lee, S., Bock, J. A., Trolier-McKinstry, S., & Randall, C. A. (2012). Ferroelectric-thermoelectricity and Mott transition of ferroelectric oxides with high electronic conductivity. *Journal of the European Ceramic Society*, 32(16), 3971-3988.
- Liu, L., Sun, X., Chen, F., Zhao, S., & Gao, T. (2011). Cloud classification based on structure features of infrared images. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 28(3), 410-417.
- Long, C. N., Sabburg, J. M., Calbó, J., & Pagès, D. (2006). Retrieving cloud characteristics from ground-based daytime color all-sky images. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 23(5), 633-652.
- Luciuk, M. (2009). NIGHT RADIATIVE COOLING The.
- Mallama, A., & Degnan, J. J. (2002). A Thermal Infrared Cloud-mapping Instrument for Observatories. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 114(798), 913.

- Marchant, J., Smith, R. J., & Steele, I. A. (2008, July). Calibration of the boltwood cloud sensor. In *Ground-based and Airborne Telescopes II* (Vol. 7012, pp. 1432-1443). SPIE.
- Miles, P. (2000). Clear sky detection with a compensation pyrgometer. *Journal of the British Astronomical Association*, 110, 143-149.
- Nemiroff, R. J., & Live, N. S. (2004, December). NightSkyLive. net: Bringing the Night Sky into Your Classroom. In *American Astronomical Society Meeting Abstracts* (Vol. 205, pp. 36-02).
- Raval, A., & Ramanathan, V. (1989). Observational determination of the greenhouse effect. *Nature*, 342(6251), 758-761.
- Roberts, R. E., Selby, J. E., & Biberman, L. M. (1976). Infrared continuum absorption by atmospheric water vapor in the 8–12- $\mu\text{m}$  window. *Applied Optics*, 15(9), 2085-2090.
- Schmidt, E. O., Arduini, R. F., Wielicki, B. A., Stone, R. S., & Tsay, S. C. (1995). Considerations for modeling thin cirrus effects via brightness temperature differences. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 34(2), 447-459.
- Sebastián, E., Armiens, C., & Gómez-Elvira, J. (2011). Infrared temperature measurement uncertainty for unchopped thermopile in presence of case thermal gradients. *Infrared Physics & Technology*, 54(2), 75-83.
- Shen, C. H., Chen, S. J., & Guo, Y. T. (2019). A novel infrared temperature measurement with dual mode modulation of thermopile sensor. *Sensors*, 19(2), 336.
- Sloan, R., Shaw, J. H., & Williams, D. (1955). Infrared emission spectrum of the atmosphere. *JOSA*, 45(6), 455-460.
- Smith, S., & Toumi, R. (2008). Measuring cloud cover and brightness temperature with a ground-based thermal infrared camera. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(2), 683-693.
- Suganuma, M., Kobayashi, Y., Okada, N., Yoshii, Y., Minezaki, T., Aoki, T., ... & Koshida, S. (2007). The infrared cloud monitor for the MAGNUM robotic telescope at Haleakala. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 119(855), 567.
- Tang, R., Etzion, Y., & Meir, I. A. (2004). Estimates of clear night sky emissivity in the Negev Highlands, Israel. *Energy conversion and management*, 45(11-12), 1831-1843.
- Thurairajah, B., & Shaw, J. A. (2005). Cloud statistics measured with the infrared cloud imager (ICI). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(9), 2000-2007. viewed March 2005.
- Walker, J., 1986, *Earth History*. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, Ph D Thesis.
- Werner, C. (1973). Automatic cloud cover indicator system. *Journal of Applied Meteorology* (1962-1982), 1394-1400
- Wielicki, B. A., Cess, R. D., King, M. D., Randall, D. A., & Harrison, E. F. (1995). Mission to planet Earth: Role of clouds and radiation in climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2125-2153.
- Yüzlükoğlu, F., 2017, *Erzurum ve Çevresinin Astronomi Gözlemleri Açısından Atmosferik Özellikleri*, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- ZHANG, W. X., LÜ, D. R., & CHANG, Y. L. (2007). A Feasibility Study of Cloud Base Height Remote Sensing by Simulating Ground-Based Thermal Infrared Brightness Temperature Measurements. *Chinese Journal of Geophysics*, 50(2), 339-350.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Esragül ATALAY
Doğum Tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-Mail:	
Eğitim	
Lise:	Kolukısa Anadolu Lisesi
Lisans:	Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
Yüksek Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
Yabancı Dil Bilgisi	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Sertifikalar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	