

**KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKMEKLİK BUĞDAYIN  
FARKLI SERA KOŞULLARINDA GELİŞME DÖNEMLERİNİN  
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fikret UYSAL**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**EYLÜL 2021**



**KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKMEKLİK BUĞDAYIN  
FARKLI SERA KOŞULLARINDA GELİŞME DÖNEMLERİNİN  
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fikret UYSAL  
190801071**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kadir SABANCI**

**Eş Danışman: Prof. Dr. Nevzat AYDIN**

**EYLÜL 2021**



## TEZ ONAYI

Fikret UYSAL tarafından hazırlanan Ekmeklik Buğdayın Farklı Sera Koşullarında Gelişme Dönemlerinin Görüntü İşleme Teknikleri ile Belirlenmesi adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
*Doç. Dr.*  
*Kadir SABANCI*

Eş Danışman  
*Prof. Dr.*  
*Nevzat AYDIN*

Jüri Üyeleri

İmza

*Doç. Dr. Selami BALCI*

*Doç. Dr. Kadir SABANCI*

*Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Fahri ÜNLERŞEN*

Tez Savunma Tarihi: 02/09/2021

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Enstitü Müdürü**

**Doç. Dr. Ahmet KAYABAŞI**



## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

**Fikret UYSAL**





*Eşime ve evlatlarıma,*

## ÖNSÖZ

Tez çalışmasının başından sonuna kadar emeği geçen, hem konu seçimi hem de çalışma boyunca gösterdiği sabır ve desteğiyle çalışmanın tamamlanmasını sağlayan, saygı duyduğum hocam ve danışmanım Doç. Dr. Kadir SABANCI ve eş danışmanım Prof. Dr. Nevzat AYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Buğdayların bakımı için yardımını esirgemeyen Bedrettin DEMİR'e, yazılım ve görüntü işleme konularında bilgisini ve desteğini hiç eksik etmeyen Bilişim Teknolojileri Öğretmeni Hakan ATÇEKEN ve Arş. Gör. Mesut Ersin SÖNMEZ'e, hediye ettiği analog multimetre, havya ve ANTRAK dergileriyle elektroniğe başlamamı sağlayan emekli fizik öğretmeni amcam Osman UYSAL'a, elektronik bilginin gelişmesinde büyük payı olan elektronik öğretmeni Ali BAŞAR'a, çalışmanın tamamlanmasında hep desteğini gördüğüm sevgili arkadaşlarım İsmail KİRAZ ve Erkan ATALAY'a, ayrıca yüksek lisans eğitim sürecimde beni maddi-manevi destekleyen eşim Derya UYSAL ve UYSAL ailesinin bütün bireylerine tüm katkılarından ve hiç eksik etmedikleri desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'nün 20-YL-20 no'lu projesi ile desteklenmiştir.

Eylül 2021

Fikret UYSAL



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
SEMBOLLER .....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	5
3. MATERYAL VE METOT .....	11
3.1 Çekim İstasyonu Bileşenleri.....	11
3.1.1 Bilgisayar .....	11
3.1.2 Kamera .....	13
3.1.3 Lens .....	14
3.1.4 Adaptör.....	14
3.1.5 Sensörler.....	15
3.1.5.1 BME280 sıcaklık, nem ve basınç sensörü .....	15
3.1.5.2 AM2315 sıcaklık ve bağıl nem sensörü .....	16
3.1.5.3 GY30 (BH1750) ışık seviyesi sensörü .....	17
3.1.5.4 SI1145 Işık seviyesi sensörü .....	17
3.1.5.5 MH-Z19 CO <sub>2</sub> sensörü .....	18
3.2 Montaj Aşaması.....	19
3.3 Yazılım .....	22
3.3.1 Çalışmada kullanılan yazılım ve kütüphaneler .....	22
3.3.1.1 Python programlama dili.....	22
3.3.1.2 OpenCV kütüphanesi .....	22
3.3.1.3 Sqlite veritabanı .....	23
3.3.1.4 Openpyxl kütüphanesi.....	25
3.3.1.5 Telepot kütüphanesi .....	26
3.3.1.6 Google drive api.....	26
3.3.1.7 Pyserial.....	27
3.3.1.8 Gpiozero .....	27
3.3.1.9 Çalışma kontrol algoritması .....	27
3.3.2 Çalışmada kullanılan editörler .....	28
3.3.3 Kullanılan donanımlara ait konfigürasyonlar.....	30
3.4 Pano .....	31
3.5 Yetiştirme Koşulları .....	32
3.5.1 Hızlı ıslah serası .....	32
3.5.2 Araştırma serası.....	34
3.6 Bitki Seçimi .....	36
3.7 Görüntü İşleme .....	36
3.7.1 Hızlı ıslah serası görüntülerinin işlenmesi .....	38
3.7.1.1 Bant boyunun piksel cinsinden bulunması.....	38
3.7.1.2 Buğday boyunun elde edilmesi .....	39

3.7.1.3 Buğday boyu işaretlenmesi ve veritabanı kaydı.....	42
3.7.2 Araştırma serası görüntülerinin işlenmesi.....	43
3.7.2.1 Renk kanalları kullanılarak buğdayın seçilmesi.....	43
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>47</b>
4.1 Genel Değerlendirme.....	47
4.1.1 Sıcaklık.....	47
4.1.2 Bağıl nem .....	50
4.1.3 Işık yoğunluğu.....	52
4.1.4 IR (infrared, kızılötesi) ve görünür ışık değerleri karşılaştırması .....	54
4.1.5 UV indeksi ve IR – UV indeksi karşılaştırması .....	56
4.1.6 CO <sub>2</sub> seviyesi .....	59
4.1.7 Buğday boyu .....	61
4.2 Haftalık Değerlendirme .....	63
4.2.1 Sıcaklık.....	63
4.2.2 Bağıl nem .....	71
4.2.3 CO <sub>2</sub> seviyesi .....	79
4.2.4 Işık seviyesi .....	87
4.2.5 Buğday boyu .....	95
4.3 Sensör Verileri ve Buğday Boyu Karşılaştırması.....	102
4.4 Bitki Verileri Dışındaki Faktörler ve Sarfiyat .....	106
4.4.1 Isıtma – soğutma .....	106
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>107</b>
<b>6. KAYNAKÇA .....</b>	<b>111</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>115</b>

## KISALTMALAR

<b>A</b>	:	Amper
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>CO<sub>2</sub></b>	:	Karbondioksit
<b>ft</b>	:	30,48 cm uzunluk (feet)
<b>GPIO</b>	:	Genel Giriş – Çıkış (General Purpose Input-Output)
<b>HSV</b>	:	HSV Filtre (Hue Saturation Value)
<b>Hz</b>	:	Hertz
<b>I2C</b>	:	Seri Haberleşme Protokolü (Inter-Integrated Circuits)
<b>IOT</b>	:	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
<b>IR</b>	:	Kızılötesi (Infra Red)
<b>ISS</b>	:	Uluslararası Uzay İstasyonu (International Space Station)
<b>kB</b>	:	Kilobyte
<b>km</b>	:	Kilometre
<b>k-NN</b>	:	k En Yakın Komşuluk (k Nearest Neighbors)
<b>kW</b>	:	Kilowatt
<b>LED</b>	:	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
<b>lux</b>	:	Işık Yoğunluğu Birimi
<b>M2.5</b>	:	Metrik 2.5 mm
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>nm</b>	:	Nanometre
<b>Pa</b>	:	Pascal
<b>ppm</b>	:	Milyon birimdeki parça sayısı (parts per million)
<b>SBC</b>	:	Tek Kartta Bilgisayar (Single Board Computer)
<b>SPI</b>	:	Seri İletişim Arayüzü (Serial Peripheral Interface)
<b>SVM</b>	:	Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machines)
<b>Uart</b>	:	Seri Port (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
<b>UV</b>	:	Mor ötesi (Ultraviolet)
<b>V</b>	:	Volt
<b>W</b>	:	Watt
<b>W/h</b>	:	Watt/saat (Watt/hour)
<b>YSA</b>	:	Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)



## SEMBOLLER

$\mu\text{m}$	:	Mikrometre
$^{\circ}\text{C}$	:	Santigrad Derece
"	:	2,54 cm uzunluk (Inch)





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 3.1: Raspberry Pi 4 8gb SBC donanım özellikleri. ....	12
Çizelge 3.2: Raspberry Pi HQ camera özellikleri.....	13
Çizelge 3.3: Computar M0814-MP2 lens teknik özellikleri.....	14
Çizelge 3.4: BME280 teknik özellikleri. ....	16
Çizelge 3.5: AM2315 sensörüne ait teknik özellikler. ....	16
Çizelge 3.6: GY30 sensörü teknik özellikleri.....	17
Çizelge 3.7: SI1145 sensörü teknik verileri.....	18
Çizelge 3.8: MH-Z19 sensörü teknik verileri. ....	18
Çizelge 3.9: Veritabanı tasarım şeması. ....	24
Çizelge 3.10: Telegram kütüphanesi komutları.....	26
Çizelge 3.11: Seralara ait tarih verileri. ....	36
Çizelge 3.12: Fotoğraf üzerinde rasgele belirlenen noktaların BGR renk değerleri. ....	44
Çizelge 4.1: Hızlı ıslah ve araştırma seralarına ait sıcaklık verileri. ....	63
Çizelge 4.2: Hızlı ıslah ve araştırma serası bağıl nem verileri. ....	71
Çizelge 4.3: Hızlı ıslah ve araştırma seraları CO <sub>2</sub> seviyesi. ....	79
Çizelge 4.4: Hızlı ıslah ve araştırma seraları ışık yoğunluğu verileri.....	87
Çizelge 4.5: Hızlı ıslah ve araştırma serası buğday boyu verileri. ....	95



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Raspberry Pi bilgisayar ve sensör bağlantı şeması.....	11
Şekil 3.2: Raspberry Pi 4 8gb SBC.....	12
Şekil 3.3: Raspberry Pi HQ kamera.....	13
Şekil 3.4: Computar M0814-MP2 lens.....	14
Şekil 3.5: Raspberry Pi 4 adaptörü.....	15
Şekil 3.6: BME280 sensörü görseli.....	15
Şekil 3.7: AM2315 sıcaklık ve bağıl nem sensörü.....	16
Şekil 3.8: GY30 sensörüne ait görsel.....	17
Şekil 3.9: SI1145 sensörüne ait görsel.....	18
Şekil 3.10: MH-Z19 sensörü görseli.....	18
Şekil 3.11: Sensörlerin yerleştirildiği delikli plaketa.....	19
Şekil 3.12: Raspberry Pi 4 ve kamera montajına ait görsel.....	19
Şekil 3.13: Montajın tamamlanmış hali.....	20
Şekil 3.14: Sistemi kapatma butonu.....	20
Şekil 3.15: Tripod bağlantı aparatı.....	21
Şekil 3.16: Düzenegin tripodada monte edilmiş görseli.....	21
Şekil 3.17: Python dili ile yazılmış Sqlite veritabanı kod örneği.....	23
Şekil 3.18: Veritabanı şeması.....	24
Şekil 3.19: Openpyxl kütüphanesine ait kodlar.....	25
Şekil 3.20: Google Drive API kod örneği.....	27
Şekil 3.21: Çalışma kontrol algoritması kodlarına ait görsel.....	28
Şekil 3.22: Thonny editörü görseli.....	29
Şekil 3.23: Visual Studio Code editörü görseli.....	29
Şekil 3.24: PyCharm editörü görseli.....	30
Şekil 3.25: Raspberry Pi 4 bilgisayar 40 pin konnektör pin açıklaması.....	30
Şekil 3.26: Pano.....	32
Şekil 3.27: Hızlı ıslah serası.....	33
Şekil 3.28: Hızlı ıslah serasına kurulum görseli.....	34
Şekil 3.29: Araştırma serası kuruluma ait görsel.....	35
Şekil 3.30: Kurulumu ait ölçekli olmayan kroki.....	35
Şekil 3.31: HSV filtre denemesi.....	37
Şekil 3.32: HSV filtre ile elde edilen sonuç.....	38
Şekil 3.33: Bant görseli.....	39
Şekil 3.34: Bant boyu bulma algoritması.....	39
Şekil 3.35: Arka plan çıkarma işlemi sonucu elde edilen görsel.....	40
Şekil 3.36: Arka plan çıkarma işlemine ait kodlar.....	40
Şekil 3.37: 1 piksel lens algoritma kodlar.....	41
Şekil 3.38: 1 piksel lens uygulama öncesi ve sonrası.....	41
Şekil 3.39: Kopuk algılama algoritması.....	42
Şekil 3.40: 1 piksel lens ve kopuk algılama algoritması kodları.....	42
Şekil 3.41: Veritabanına kayıt edilen verilere ait görsel.....	43
Şekil 3.42: 09/04/2021 tarihinde farklı saatlerde alınan 3 fotoğraf.....	44
Şekil 3.43: Renk kanalları ayırma ve filtreleme algoritması kodlarına ait görsel.....	45
Şekil 3.44: Renk kanalı filtresi uygulanarak elde edilen görüntüler.....	46
Şekil 4.1: Hızlı Islah Serasına ait AM2315 ve BME280 Sıcaklık Verileri.....	49
Şekil 4.2: Araştırma Serasına ait AM2315 ve BME280 Sıcaklık Verileri.....	49

Şekil 4.3: Hızlı ıslah serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem verileri. ....	51
Şekil 4.4: Araştırma serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem verileri. ....	51
Şekil 4.5: Hızlı ıslah serası GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri. ....	53
Şekil 4.6: Hızlı ıslah serası GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri. ....	53
Şekil 4.7: Hızlı ıslah serası SI1145 sensörü IR ve görünür ışık değerleri. ....	55
Şekil 4.8: Araştırma serası SI1145 sensörü IR ve görünür ışık değerleri. ....	55
Şekil 4.9: Hızlı ıslah serası SI1145 sensörü UV indeksi. ....	57
Şekil 4.10: Araştırma serası SI1145 sensörü UV indeksi. ....	57
Şekil 4.11: Hızlı ıslah serası UV - IR değerleri karşılaştırması. ....	58
Şekil 4.12: Araştırma serası UV - IR değerleri karşılaştırması. ....	58
Şekil 4.13: Hızlı ıslah serası MHZ19 CO <sub>2</sub> sensörü değerleri. ....	60
Şekil 4.14: Araştırma serası MHZ19 CO <sub>2</sub> sensörü değerleri. ....	60
Şekil 4.15: Hızlı ıslah serası buğday boyu. ....	62
Şekil 4.16: Araştırma serası buğday boyu. ....	62
Şekil 4.17: Birinci hafta sıcaklık grafiği. ....	66
Şekil 4.18: İkinci hafta sıcaklık grafiği. ....	66
Şekil 4.19: Üçüncü hafta sıcaklık grafiği. ....	67
Şekil 4.20: Dördüncü hafta sıcaklık grafiği. ....	67
Şekil 4.21: Beşinci hafta sıcaklık grafiği. ....	68
Şekil 4.22: Altıncı hafta sıcaklık grafiği. ....	68
Şekil 4.23: Yedinci hafta sıcaklık grafiği. ....	69
Şekil 4.24: Sekizinci hafta sıcaklık grafiği. ....	69
Şekil 4.25: Dokuzuncu hafta sıcaklık grafiği. ....	70
Şekil 4.26: Birinci hafta bağıl nem grafiği. ....	74
Şekil 4.27: İkinci hafta bağıl nem grafiği. ....	74
Şekil 4.28: Üçüncü hafta bağıl nem grafiği. ....	75
Şekil 4.29: Dördüncü hafta bağıl nem grafiği. ....	75
Şekil 4.30: Beşinci hafta bağıl nem grafiği. ....	76
Şekil 4.31: Altıncı hafta bağıl nem grafiği. ....	76
Şekil 4.32: Yedinci hafta bağıl nem grafiği. ....	77
Şekil 4.33: Sekizinci hafta bağıl nem grafiği. ....	77
Şekil 4.34: Dokuzuncu hafta bağıl nem grafiği. ....	78
Şekil 4.35: Birinci hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	82
Şekil 4.36: İkinci hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	82
Şekil 4.37: Üçüncü hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	83
Şekil 4.38: Dördüncü hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	83
Şekil 4.39: Beşinci hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	84
Şekil 4.40: Altıncı hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	84
Şekil 4.41: Yedinci hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	85
Şekil 4.42: Sekizinci hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	85
Şekil 4.43: Dokuzuncu hafta CO <sub>2</sub> seviyesi grafiği. ....	86
Şekil 4.44: Birinci hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	90
Şekil 4.45: İkinci hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	90
Şekil 4.46: Üçüncü hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	91
Şekil 4.47: Dördüncü hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	91
Şekil 4.48: Beşinci hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	92
Şekil 4.49: Altıncı hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	92
Şekil 4.50: Yedinci hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	93
Şekil 4.51: Sekizinci hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	93
Şekil 4.52: Dokuzuncu hafta ışık yoğunluğu grafiği. ....	94

<b>Şekil 4.53:</b> Birinci hafta buğday boyu grafiği. ....	<b>98</b>
<b>Şekil 4.54:</b> İkinci hafta buğday boyu grafiği. ....	<b>98</b>
<b>Şekil 4.55:</b> Üçüncü hafta buğday boyu grafiği. ....	<b>99</b>
<b>Şekil 4.56:</b> Dördüncü hafta buğday boyu grafiği.....	<b>99</b>
<b>Şekil 4.57:</b> Beşinci hafta buğday boyu grafiği.....	<b>100</b>
<b>Şekil 4.58:</b> Altıncı hafta buğday boyu grafiği. ....	<b>100</b>
<b>Şekil 4.59:</b> Yedinci hafta buğday boyu grafiği. ....	<b>101</b>
<b>Şekil 4.60:</b> Sekizinci hafta buğday boyu grafiği.....	<b>101</b>
<b>Şekil 4.61:</b> Hızlı ıslah serası sensör verileri-buğday boyu grafiği. ....	<b>104</b>
<b>Şekil 4.62:</b> Araştırma serası sensör verileri-buğday boyu grafiği. ....	<b>105</b>





## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### EKMEKLİK BUĞDAYIN FARKLI SERA KOŞULLARINDA GELİŞME DÖNEMLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

Fikret UYSAL

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kadir SABANCI

Eş Danışman: Prof. Dr. Nevzat AYDIN

Eylül, 2021, 115 Sayfa

Buğday, insan için en önemli besin kaynaklarından birisidir. Dünya nüfusunun giderek artması ile birlikte tarım alanlarının betonlaşma, erozyon gibi sebeplerle giderek azalması ise tarım ve tahıl üretiminin önemini gittikçe artırmaktadır. Buğday üzerine yapılan çalışmalarda hastalık ve zararlılara karşı dirençli, değişen iklim koşullarına dayanıklı türler elde edilmeye çalışılmaktadır. Çalışmaların sonuçlarının alınabilmesi için generasyon süresi kritik önem arz etmektedir. Generasyon süresini kısaltmak için sıcaklık ve bağıl nemin sabit tutulduğu ortamda, uzun aydınlatma periyotları kullanarak bitkinin fotosentez ve büyümeye devam etmesini sağlayan hızlı ıslah prosedürleri mevcuttur. Bu çalışmada Altındane türü ekmeklik buğdayın gelişim dönemleri, araştırma serası ve hızlı ıslah serası ortamlarında fotoğraflanarak karşılaştırılmıştır. Buğdayların fotoğraflanabilmesi için Raspberry Pi4 bilgisayar, yüksek çözünürlüklü kamera ve çeşitli sensörler içeren iki adet çekim istasyonu hazırlanmıştır. Sera ortamına cihazların kurulumu yapılarak buğdayların iki farklı sera ortamında gelişim süreçleri fotoğraflanmıştır. Alınan fotoğraflar, sera ortamına ait sıcaklık, bağıl nem değerleri ve zaman damgası eklenerek veritabanına kaydedilmiştir. Fotoğraflar, Python programlama dili ve OpenCV kütüphanesi yardımıyla işlenerek buğday boyu hesaplanmıştır. Buğdayın iki sera ortamındaki gelişimine ait sayısal veriler grafiklere dönüştürülerek karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, sera, hızlı ıslah, görüntü işleme, python, opencv



## **ABSTRACT**

**Ms Thesis**

### **DETERMINING BREAD WHEAT DEVELOPMENT PERIODS IN DIFFERENT GREENHOUSE CONDITIONS BY USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES**

**Fikret UYSAL**

**Karamanoğlu Mehmetbey University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electrical and Electronics Engineering**

**Supervisor: Doç. Dr. Kadir SABANCI  
Co-Supervisor: Prof. Dr. Nevzat AYDIN**

**September, 2021, 115 Pages**

Wheat is one of the most important food sources for humans. The increase in human population and decrease in the agricultural lands due to reasons such as erosion and concretization increases the importance of agriculture and grain production. The studies on wheat are aiming to make more resistant to diseases, pests, and changing climatic conditions. The generation period is critical for obtaining the result of the studies. To shorten the generation period, there are speed breeding procedures to allow the plant to continue photosynthesis and growth by using long lighting periods in an environment where the temperature and relative humidity are kept constant. In this study, the development periods of Altındane type bread wheat were photographed and compared in the research greenhouse and speed breeding greenhouse environments. Two setups including a Raspberry Pi 4 computer, a high-resolution camera, and various sensors are prepared to get photographs of wheat seeds. The development processes of wheat in two different greenhouse environments are photographed by installing devices in the greenhouse environment. The photographs taken are recorded to the database by adding the temperature, and relative humidity of the greenhouse environment, with a time stamp. Wheat lengths were calculated by processing the photographs with the help of the Python programming language and OpenCV library. The numerical data of the wheat grown in two greenhouse environments are converted to graphs and compared with each other.

**Keywords:** Wheat, greenhouse, speed breeding, image processing, python, opencv



## 1. GİRİŞ

Gezegeneimizin 2050 yılına kadar, şimdiki nüfusuna ek iki milyar insana daha ev sahipliği yapacağı düşünülmektedir. Dünya nüfusunun giderek artması, buna karşın tarım arazilerinin betonlaşma ve erozyon gibi sebeplerle azalması, beslenme problemini beraberinde getirmektedir. Giderek artan dünya nüfusu, beslenme alışkanlıklarının değişmesi ve bio yakıt ihtiyacını karşılanması için küresel çapta mahsul üretiminin, 2050 yılına kadar şimdiki üretimin iki katına çıkması gerektiğini öngörülmektedir (Ray ve arkadaşları, 2013). Dünya üzerinde özellikle Afrika kıtası başta olmak üzere her yıl yüzbinlerce insan açlıktan ölmektedir. Sürekli açlık çeken insan sayısı 800 milyon civarında iken yetersiz beslenme ile problemi karşı karşıya kalan insan sayısı ise üç milyar civarındadır. Beslenme konusunda patates, mısır, buğday ve çeltik gibi bazı bitkiler öne çıkmaktadır. Mısır ve buğday, insan beslenmesi yanında besicilikle uğraşan çiftçiler için de vazgeçilmez bitkilerdir. Beslenme, artan nüfus ve tarım alanlarının durumu sebebiyle geleceğin problemi haline gelmektedir. Bu probleme çözüm bulmak için yapılan araştırmalar, bilim insanlarını bitkilere yöneltmektedir. Bu çalışmalar arasında üzerinde en çok araştırma yapılan alanlardan biri tohum ıslahıdır. Tohum ıslahının amaçları, iklim ve toprak şartlarına uygun ürünler geliştirmek, hastalık ve zararlılara karşı dirençli ürünler yetiştirmek, verimi ve kaliteyi artırmak olarak sayılabilir. Islah çalışmaları arasında en çok ilgi çeken bitkilerden biri, geniş kullanım alanı ve temel besin maddeleri arasında üst sıralarda yer alması sebebiyle buğdaydır. İki milyar ton civarındaki toplam dünya tahıl üretiminin yaklaşık 765 milyon tonunu buğday oluşturmaktadır. Bu toplam mahsul üretiminin yaklaşık %40'ıdır. Makarna, bulgur halinde işlenmiş olarak ya da pasta, börek, simit, ekmek gibi ürünlerde ise un ve türevleri olarak buğday, günlük hayatımızda önemli bir besindir. Buğdayın kullanım alanı tane özelliklerine göre değişimi göstermektedir. Tane sertliği ve rengine göre sınıflandırılan buğdaylar arasında, sert taneli, kırmızı veya beyaz buğdaylar ekmek yapımında, yumuşak taneli kırmızı veya beyaz buğdaylar ise işlenerek daha çok bisküvi ve kek gibi ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Sert durum buğdayı ise makarna ve bulgur üretimi için daha çok tercih edilmektedir. Buğdayın rengi ve tane sertliği yanında verimi ve kalitesi de önemli bir unsurdur. Gıda

sanayii açısından buğdayın kalitesi ve piyasa değerini, 1000 tane ağırlığı, tane iriliği, tane rengi, yabancı madde yada ot tohumu oranı, un verimi ve ırmık verimi ile belirlenmektedir (Bilgiçli ve arkadaşları, 2016).

İnsanoğlu yerleşik yaşama geçip tarımla uğraşmaya başladığı zamandan günümüze kadar seleksiyon yoluyla ıslah yapmıştır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte hem dış görünüşe göre hem de gen özellikleri bakımından sınıflandırma konusunda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak hem tohum seçimi ve sınıflandırılmasında hem de tohum genelindeki yabancı maddelerin ayıklanmasında teknoloji etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer taraftan yapılan araştırmalar sayesinde bitkilerin serada yetiştirilmesi ve generasyon sürelerinin kısaltılması konularında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. NASA, hem uzayda sebze yetiştirme üzerine deney yapmak hem de astronotların beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (ISS) marul, lahana, hardal ve papatya türü çiçek yetiştirmeye çalışmıştır (Heiney, 2019). Deney, kil içerikli yetiştirme materyali dolu bir yastık içinde; kamera, nem, sıcaklık gibi yaklaşık 180 sensör tarafından kontrol altında bulunan bir ortamda yapılmıştır. Ortalama bir seyahat çantası büyüklüğündeki deney ortamı çeşitli renklerdeki LED lambalar ile aydınlatılmıştır. NASA'nın uzayda bitki yetiştirme üzerine yapılan araştırmalarından esinlenerek Quinsland üniversitesi bilim adamları, çeşitli dalga boylarına sahip LED aydınlatmalar ile uzun aydınlatma periyotları kullanarak hızlı ıslah yöntemini geliştirmiştir (Ghosh ve diğerleri, 2018). Hızlı ıslah yönteminde bitkilerin sabit sıcaklık ve nem altında uzun aydınlatma periyotları ile aydınlatılarak fotosenteze devam etmesi, düzenli bitki beslenme programı ve küçük saksılar kullanılarak ise kontrollü strese sokularak daha hızlı büyümesi sağlanmıştır. Normal şartlarda yılda 1-2 generasyon alınabilen buğday bitkisinden hızlı ıslah yöntemleri kullanılarak 5-6 generasyon ürün alınabileceği görülmüştür. Hızlı ıslah yönteminde normal hasattan farklı olarak çiçeklenmeyi takip eden 15-20 gün içinde hasat yapılmakta ve dormasilerinin kırılması için 4-5 °C de 3-5 gün arasında bekletilmektedir. Hızlı ıslah yöntemi generasyon süresini kısalttığı için yapılan çalışmaların sonuçlarına ulaşmak için gereken sürenin kısılmasına büyük oranda katkı sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında ekmeklik buğdayın farklı sera koşullarındaki gelişmesi kayıt altına alınarak görüntü işleme teknikleri ile işlenmiştir. İşlenen görüntülerden elde

edilen boy-zaman grafikleri karşılaştırılarak araştırma serası ve hızlı ıslah serasının buğdayların büyümesi üzerine etkisi gözlenmeye çalışılmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışması giriş, kaynak araştırması, materyal ve metot, bulgular ve tartışma ve sonuç ve öneriler bölümü olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır.

- Kaynak araştırması kısmında hızlı ıslah üzerine yapılmış çalışmalar ile bitki büyümesinin dijital görüntüleme teknikleri ile görüntülenmesi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiş ve literatür özetine yer verilmiştir.
- Materyal ve metot kısmında kullanılan donanımların özellikleri, dijital görüntüleme ve görüntü işleme için kullanılan yazılımlar ve tekniklerin tanıtımı yapılmıştır. Ayrıca görüntülerin alındığı seralara ait bilgiler verilmiş ve kurulum işlemi anlatılmıştır. Python programlama dili ve OpenCV görüntü işleme kütüphanesine yönelik kodlara yer verilmiştir.
- Bulgular ve tartışma kısmında normal sera ve hızlı ıslah serasından elde edilen veriler paylaşılarak, buğday bitkisinin farklı sera ortamında gösterdiği gelişim boy-zaman grafiği çıkarılarak incelenmiştir. Sensörlerden elde edilen veriler hem çalışma boyunca kendi içinde hem de iki sera arasında zaman bazlı olarak karşılaştırılarak benzer ve farklı yönleri bulunmaya çalışılmıştır.
- Sonuçlar ve öneriler kısmında çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar özetlenmiş ve bundan sonra çalışma yapacak bilim insanlarına tavsiyeler sunulmuştur.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Buğday dünya üzerinde tarımı en çok yapılan bitkilerden biridir. Anavatanı Mezopotamya olan buğday tek çenekli, kendine döllen bir bitkidir. Erkek ve dişi üreme organı aynı çiçek içerisinde yer almaktadır. Başak üzerinde farklı zamanlarda açıp sonra olgunlaşan çiçekler döllenmeyi sağlayarak buğday tanesini meydana getirir. Zaman yayılan çiçeklenme süreci, buğdayın üremesini kontrol altına almasını sağlar. Başak boyu, kardeşlenme sayısı, başaktaki tane sayısı ve tane ağırlığı bitkinin yetiştiği ortam ve stres durumuna göre değişkenlik gösterebilir. Bitki stres ve beslenme durumuna göre bu değişiklikleri organize ederek bulunduğu ortama adapte olmaya çalışır. Buğdayın, bulunduğu ortama adapte olabilme yeteneği sayesinde birçok farklı coğrafya ve iklimde yetişmesini sağlar. Yaşadığı stres durumuna göre daha erken başaklanma, buğday boyunun ve tane sayısının artması ya da daha erken hasata hazır hale gelmesi buğdayın adaptasyon yeteneğinin ürünüdür.

Queensland Üniversitesi'nden Hickey ve arkadaşları (2018), NASA'nın uzayda sebze ve çiçek yetiştirme araştırmalarından etkilenerek hızlı ıslah yöntemini geliştirmiştir. Hızlı ıslah yönteminde bitki uzun aydınlatma periyotları altında fotosenteze devam etmektedir. 22 saate varan aydınlatma süreleri uygulanan yöntemde aydınlatma kaynağı olarak metal halide lambalar, sodyum buharlı lambalar ve tarımsal LED lambalar kullanılmıştır. Farklı deneylerde ise günışığı ve yapay aydınlatmalar belirli bir döngü içinde dönüşümlü olarak kullanılmıştır. Bitki sabit sıcaklık ve nem ortamında uzun aydınlatma periyotları ve düzenli beslenme programı ile olumlu olarak desteklenirken saksı boyutu ile kontrol edilebilir strese sokularak daha hızlı büyümesi sağlanmaktadır. Hızlı ıslah prosedüründe tohumun tam olgunlaşmadan hasadı ve +4 °C de 3-5 gün bekletilerek dormasinin kırılması sağlanarak çimlenmenin gerçekleşmesi sağlanmıştır. Hickey ve arkadaşlarının geliştirdiği hızlı ıslah prosedürü, ıslah alanında büyük bir gelişme sağlamıştır. Yapılan melezlemelerin sonuçlarının alınması için gereken süreyi kısaltarak, yıllık generasyon sayısını yazlık buğday için yılda 2-3'ten altıya kadar çıkmasını sağlamıştır. Aynı şekilde hızlı ıslah yöntemi kışlık buğday ve diğer tahıllarda kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Görüntü işleme tarım üzerinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Alınan görüntülerin işlenmesi ile tarımı yapılan ürün ve istenmeyen yabancı otların ayrımı yapılabilmektedir. Sabancı ve arkadaşları (2014), şeker pancarı tarımında görüntü işleme teknikleri kullanılarak pancar ve yabancı ot ayrımı yapan bir düzenek geliştirerek, yabancı otların ilaçlanmasını sağlamıştır. 1,6 m<sup>2</sup> alan üzerinde yapılan yabancı ot ilaçlamasında geleneksel ilaçlamaya göre kullanılan ilaç miktarında %55,22 tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca çalışma ilaçlamanın insan tarafından yapılmaması sebebiyle tarımsal ilaç kullanımında güvenliği artırması açısından değerlidir.

Görüntü işleme algoritmaları sayesinde fotoğraf işlenerek; renk, doku, şekil ve boyut gibi bilgiler elde edilebilmektedir. Sabit bir düzenek içinde alınan görüntüler işlenerek boyut bilgileri çıkarılabilmektedir. Sabancı ve arkadaşları (2016) elma sınıflandırması üzerine yaptıkları çalışmada üç farklı türden 150 elmanın görüntülerini almışlardır. Alınan görüntülerden 60 tanesini eğitimde 90 tanesini test amaçlı kullanmışlardır. İşlenen görsellerden elde edilen değerler çeşitli makine öğrenme algoritmaları ile denenmiştir. Elmaların renk özelliklerine göre sınıflandırılmasında MLP Classifier algoritması %97,78 başarı elde etmiştir. Boyuta göre sınıflandırmada ise J48 algoritması %95,56 oranı ile en yüksek başarıyı elde etmiştir. Çalışmalarında elmaların görüntü işleme teknikleri kullanılarak boyutlarına göre küçük, orta, büyük olarak ve renklerine göre kırmızı, yeşil, sarı olarak sınıflandırılabileceğini ve gerekli düzeneğin kurularak otomatik seçme işlemi yaptırılabileceğini göstermişlerdir.

Görüntü işleme ile pirinç üzerine yapılan bir çalışmada Constantino ve arkadaşları (2018) pirinç boyunu ve dallanma sayısını otomatik olarak ölçmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında genetik yapısı değiştirilmiş pirinç tanelerinin fiziksel karakteristiğindeki değişiklikleri gözlemlemeye çalışmışlardır. Çalışmanın amacı daha fazla su kullanmadan pirinç bitkisinde dallanma sayısını artırmaktır. Otomatikleştirilmiş bitki fenotipleri sayesinde manuel yöntemlerdeki doğruluk, tekrarlanabilirlik ve izlenebilirlik eksikliğini gidermeye çalışmışlardır. Farklı kurulumlar ve kombinasyonlar ile dört deney gerçekleştirmişlerdir. Yapılan dördüncü deneyde ortalama yüzdelik hata dallanma tespiti için %76,14; bitki boyu ölçümü için %238,11 olarak kaydetmişlerdir. Gölgeleme varlığının ve asılı duran yaprakların çalışma sonucunu yüksek oranda etkilediğini belirtmişlerdir.

Orkide, Tayvan, Almanya, Hollanda, Tayland ve Amerika Birleşik Devletleri için çiçek ihracatında önemli yeri olan bir bitkidir. Liao ve arkadaşları (2017), Phalaenopsis

orkidelerinin büyüme ortamlarını daha stabil hale getirmek ve bitkinin günlük büyümesini ölçmek için IOT tabanlı bir düzenden faydalanmışlardır. Sıcaklık, bağıl nem, ışık ve CO<sub>2</sub> gibi çevresel faktörlerin iyi kontrol edilmediği bir ortamda orkide bitkisinin kalitesi ve dallanma sayısının düşeceğini belirtmişlerdir. Kullandıkları IOT tabanlı düzenek sayesinde çevresel değişkenleri takip eden ekip, görüntü işleme sonucunda günlük ortalama 79,41 mm<sup>2</sup> büyüme gözlemlemişlerdir.

Hızlı ıslah prosedürü birçok bitki üzerinde uygulanabilmektedir. Özer ve arkadaşları (2019) mercimekte yabancı ot problemine çözüm bulmak için yaptıkları çalışmada generasyon süresini kısaltmak için hızlı ıslah yöntemini kullanmışlardır. Dayanıklılığı tespit edilmiş hatlar ile kışlık mercimek çeşitleri resiprokal olarak melezlenmiştir. Normal şartlarda bir yıl olan generasyon süresi, hızlı ıslah yöntemi kullanılarak 60 güne düşürülmüştür. Hızlı ıslah yönteminin klasik ıslah yöntemine entegre edilmesi durumunda daha kısa sürede istenen mercimek türlerinin elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Görüntü işleme ile buğday üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Sabancı ve arkadaşları (2019) çalışmalarında ekmeklik ve makarnalık buğday tanelerinin ağırlıklarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Buğday görüntülerini Matlab programı ile işleyerek 25, 50, 75 ve 100 adetlik buğday tanelerinin ağırlığını tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda makarnalık buğdayda 24 tane ve 94 tane üzerinde sırasıyla %99,66 ve %97,67 ekmeklik buğday da ise 28 tane ve 99 tanede sırasıyla %99,32 ve %96,64 başarı elde etmişlerdir.

Atçeken (2020) çalışmasında görüntü işleme ve yapay zeka algoritmalarının kullanarak buğdayların sınıflandırılması üzerine çalışmıştır. Çalışmasında beş makarnalık ve beş ekmeklik olmak üzere toplam 10 türden 2014 tane buğdayın makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırmaya çalışmıştır. Python Programlama dili ve OpenCV kütüphanesi ile alınan görüntüleri işlenerek doku, renk, şekil gibi buğdaylara ait 21 adet özellik çıkarılmıştır. Alınan sonuçlar WEKA programı ile SVM, MLP, kNN algoritmaları yardımıyla sınıflandırılmaya çalışılmıştır. 10 çeşit buğdayın ekmeklik ya da makarnalık olmasına göre yapılan sınıflandırmada %99,74; Makarnalık buğdaylar içinde çeşide göre yapılan sınıflandırmada %95,39 başarı elde edilmiştir. Çalışmada en yüksek başarı SVM algoritması kullanılarak elde edildiğini belirtmiştir.

Doğanay (2019), bazı makarnalık buğday çeşitlerinde buğday tanesinin fiziksel özelliklerinin görüntü işleme kullanılarak belirlenmesi üzerine tez çalışması yapmıştır. Çalışmasında 9 farklı makarnalık buğday çeşidinde tam tane ve tane ortasından enine kesit alanını fotoğraflayarak 12 morfolojik özelliği incelemiştir. Buğday taneleri boyutlarına göre 2,2 mm, 2,5 mm, 2,8 mm eleklerden geçirilerek sınıflara ayrılmıştır. Yapay Sinir Ağları (YSA) ile işlenen çeşitler k-En Yakın Komşuluk (k-NN) ve Destek Vektör Makinaları (SVM) algoritmaları kullanılarak tahmin başarıları arasında kıyaslama yapılmıştır. En başarılı sınıflandırma makarnalık buğday çeşidinin tane kesit alanından elde edilmiştir. Çalışma sonucunda sınıflandırmada en yüksek başarı Mimmo çeşidinde %94 ile k-NN algoritması ile elde edilmiştir. Çalışmada sınıflandırmanın klasik yöntemlere yerine tanenin fiziksel özellikleri ve tane boyutu verileri kullanılarak görüntü işleme ve makine öğrenmesi ile yapılmasının hem düşük maliyet avantajı hem de hızlı ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi sağlayacağını göstermiştir.

Gaoua (2020) çalışmasında, aspir bitkisinin generasyon süresinin kısaltılması için Dinçer ve Remzibey aspir çeşitlerini kullanmıştır. Aspir bitkisi üzerinde fotoperiyot süresinin uzatılması ve farklı dalga boylarına LED aydınlatmaların büyümeye etkisi incelemeye çalışmıştır. Çalışmasında bitki başına dallanma sayısı, bitki boyu, tohum sayısı, ekimden itibaren sapa kalkma ve çiçeklenme başlangıcına kadar ki geçen gün sayısı ve in-vitro koşullarda döllenmeyi takip eden dönemlerde embriyoların çimlenme oranlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda aspir bitkisinin generasyon süresinin kısalarak yılda altı generasyon alınabildiğini göstermiştir. Ayrıca çalışmasında aspir bitkisinde en yüksek boyu tam spektrum dalga boyundan, en yüksek tohum sayısını beyaz + kırmızı + mavi LED ışık karışımından, en yüksek tohum sayısı ise 18 saat aydınlatma altı saat karanlık dönem uygulamasında elde edildiğini belirtmiştir.

Akdağ (2019) hızlı ıslah yöntemi ile buğdayın generasyon süresi üzerine yaptığı çalışmada 21 saat ışıklı periyot üç saat karanlık olarak planlama yapmış ve ortam sıcaklığı ışıklı periyotta 25 °C, karanlık periyotta 18 °C olarak ayarlanmıştır. Yazlık buğday çeşitlerinde buğdayın yetiştirme süresi yaklaşık 60 günde, melezleme programı uygulanan çalışmada ise yetiştirme süresi 70 günde tamamlanmıştır. Hasattan sonra tohumlar inkübatörde 5-7 gün kurutulmuştur. Kışlık buğday ise 4 °C’de bir ay süreyle

vernalize edilerek çimlenmesi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda yazlık buğdayda yıllık 5-6 generasyon, kışlık buğdayda ise 3-4 generasyon alınabileceğini göstermiştir.

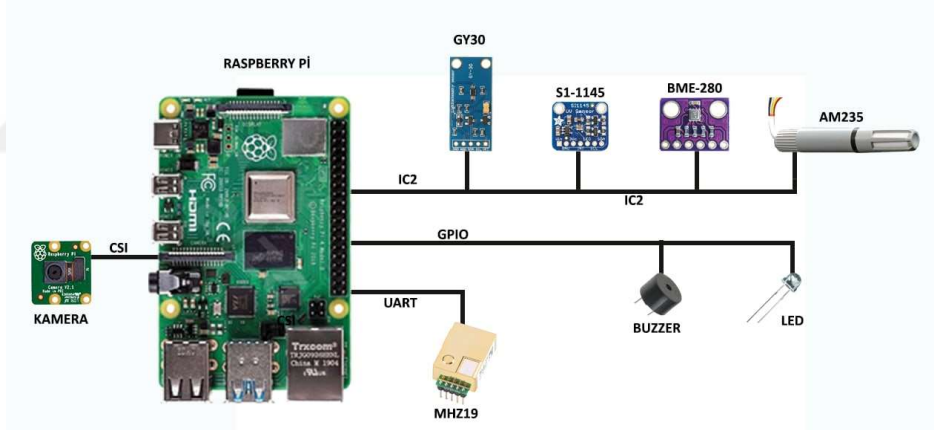




### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Çekim İstasyonu Bileşenleri

Bu çalışmada iki farklı sera ortamında buğday bitkisinin gelişimi inceleneceği için iki adet çekim istasyonu hazırlanmıştır. Çekim istasyonunun belirli aralıklarla fotoğraf çekmesi, alınan fotoğrafları yedeklemesi, sensörlerin okuması ve alınan değerleri veritabanına eklemesi, uzaktan erişim ile verilerin okunabilmesi istenilmektedir. Sistemin sürekli açık kalacağı göz önüne alınarak güç tüketimi minimum olan bir donanım seçilmiştir. Sistem gereksinimleri göz önüne alınarak gerekli bileşenler ve sensörler belirlenmiştir. Sistemin çalışmasına ait bağlantı şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.

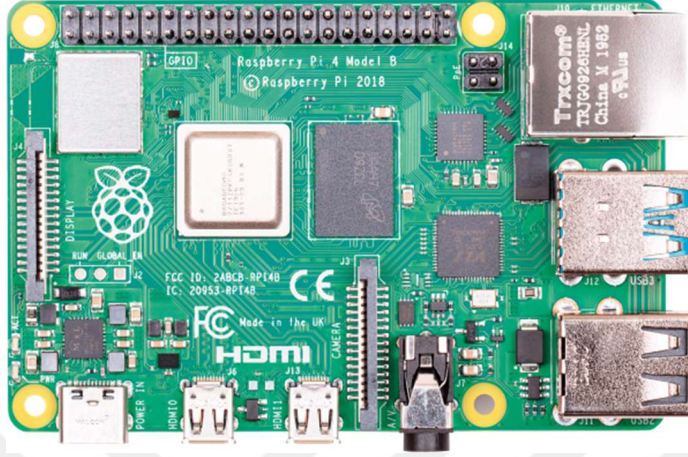


Şekil 3.1: Raspberry Pi bilgisayar ve sensör bağlantı şeması.

##### 3.1.1 Bilgisayar

Pi 4 Model B 8Gb tek kartta bilgisayar (Single Board Computer -SBC) bu çalışmada bilgisayar olarak kullanmak üzere seçilmiştir (Raspberry Pi, 2020). Raspbian OS işletim sistemi kullanan bu bilgisayar üzerinde Javascript, C, C++, Python, Qt gibi farklı programlama dilleri ile yazılmış programları çalıştırabilmesi, kredi kartı boyutlarındaki formu ile oldukça kompakt olması ve ortalama 15 W/h maksimum güç tüketimi bu çalışmada kullanılması için oldukça uygun hale getirmektedir (Şekil 3.2). Raspberry Pi 4 bilgisayar, Raspberry Foundation şirketi tarafından üretilmektedir.

Şirketin kuruluş amacı öğrencilere kodlamayı sevdirmek ve kolay kodlama yapabilecekleri bir ortam hazırlamaktır. Raspberry Foundation bu amaçla bilgisayarın genel donanımlarını ARM tabanlı bir işlemci etrafında toplayıp kredi kartı formunda üretmiş ve Raspbian İşletim Sistemi ile kullanıma sunmuştur.



**Şekil 3.2:** Raspberry Pi 4 8gb SBC.

Raspberry Pi 4 8GB SBC donanım özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Raspberry Pi 4 bilgisayar, bu çalışmanın bel kemiğini oluşturmaktadır. Fotoğraf alınması ve kaydedilmesi, sensör verilerinin okunması, Telegram Bot ve Google Drive API’lerinin çalıştırılması ve VNC, Anydesk ve Teamviewer gibi uzaktan bağlantı programlarının çalıştırılmasını sağlamaktadır.

**Çizelge 3.1:** Raspberry Pi 4 8gb SBC donanım özellikleri.

<b>Raspberry Pi 4 8GB SBC Özellikleri:</b>	
RAM	8GB LPDDR4 RAM SKU
Ethernet	Gerçek Gigabit Ethernet
USB Portları	2 × USB 3.0 ve 2 × USB 2.0 bağlantı portu
Kablosuz Bağlantı	5.0 GHz ve 802.11ac Wifi ve Bluetooth 5.0 BLE
Bağlantı	40 adet GPIO bağlantısı
Görüntü Arabirimi	2 × mikro HDMI bağlantı noktası
Dahili Görüntü Arabirimi	2 hat MIPI DSI ekran portu
Kamera	2 hat MIPI CSI kamera portu
Ses Çıkışı	4 kutuplu 3,5mm ses ve kompozit video çıkışı
Codec	H265 (4kp60 Decode) ve H264 (1080p60 Decode, 1080p30 Encode)

### 3.1.2 Kamera

Fotoğraf çekme düzeneğinin seçiminde, kameranın yüksek çözünürlüğe sahip olması, lens takılabilmesi, seçilen bilgisayar ile uyumlu çalışması ve programlama dili ile erişimin kolay olmasına dikkat edilmiştir. Bu kriterlere uyan Raspberry Pi HQ kamera, bu çalışmada kullanılması uygun görülmüştür (Raspberry Pi HQ Camera, 2020). Raspberry Pi HQ kamera Raspberry Pi 4 bilgisayar gibi Raspberry Foundation'ın lisanslı ürünüdür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Raspberry Pi HQ kamera.

Önceki Raspberry Pi Kamera modelleri olan V1.3 ve V2.0'da sabit lens bulunurken HQ modelinde C mount lens uyumlu olarak üretilmiştir. Raspberry Pi HQ Kamera kutusundan çıkan aparat ile CS mount uyumlu hale gelmektedir. Bu sayede geniş açı, makro, telefoto ve zoom lensler ile birlikte kullanılabilir. Çizelge 3.2'de Raspberry Pi HQ Kamera özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.2: Raspberry Pi HQ camera özellikleri.

Raspberry Pi HQ Camera Özellikleri	
Sensör:	Sony IMX477R sensor
Çözünürlük:	12,3 Megapiksel
Sensör Boyutu:	7,9 mm sensör diyagonal
Piksel Boyutu:	1,55 $\mu\text{m}$ $\times$ 1,55 $\mu\text{m}$
Çıkış:	RAW12/10/8, COMP8
Arka Odak:	Ayarlanabilir (12,5 mm–22,4 mm)
Lens Standartları:	C-mount
IR Kesme Filtresi:	Entegre edilmiş
Tripod Yuvası:	1/4"-20
Uyumluluk:	FCC 47 CFR Part 15
Electromagnetic Compatibility Directive (EMC):	2014/30/EU
Restriction of Hazardous Substances (RoHS) Directive:	2011/65/EU

### 3.1.3 Lens

Raspberry Pi HQ Kamera ile birlikte çalışması için WaveShare 25mm Lens temin edilmiş fakat gerekli odak uzaklığını istenen mesafe içinde sağlayamaması nedeniyle Computar M0814-MP2, 2/3" 8 mm lens ile deneme yapılmış ve çalışma boyunca bu lens kullanılmıştır (M0814-MP2, 2021).

Şekil 3.3'te Computar M0814-MP2 - 2/3" 8 mm lense ait görsel ve Çizelge 3.3'te de lense ait teknik özellikler listelenmiştir.



Şekil 3.4: Computar M0814-MP2 lens.

Çizelge 3.3: Computar M0814-MP2 lens teknik özellikleri.

Computar M0814-MP2 Lens	
Format:	2/3"
Focal Length:	8mm
Aperture:	F1.4
Iris Type:	Manual Iris
Mount:	C-Mount

### 3.1.4 Adaptör

Sistemin ve diğer bileşenlerin beslenmesi için Raspberry Pi 4 Lisanslı güç adaptörü kullanılmıştır (Şekil 3.5). Raspberry Pi 4 lisanslı güç adaptörü 5 V 3 A çıkış gücüne ve USB Type-C konnektöre sahiptir.



**Şekil 3.5:** Raspberry Pi 4 adaptörü.

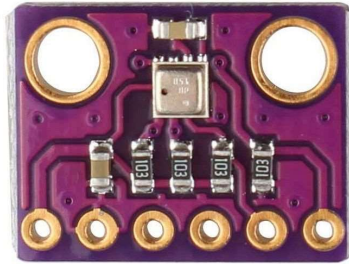
### 3.1.5 Sensörler

Fotoğraf düzeneğine ek olarak; sıcaklık, nem, CO<sub>2</sub> seviyesi, ışık seviyesi verilerinin ölçülüp kayıt edilmesi sera ortamının daha iyi takip edilmesini sağlayacaktır. Bu sebeple çekim istasyonu üzerine iki adet sıcaklık ve bağıl nem sensörü, iki adet ışık seviyesi sensörü ve bir adet CO<sub>2</sub> seviyesi sensörü eklenmiştir.

Sıcaklık sensörlerinden ilki; sıcaklık, bağıl nem ve açık hava basıncı sensörü Bosch marka BME280'dir (BME280, 2021). Diğer sensör ise kalibrasyonlu sıcaklık ve bağıl nem sensörü AOSONG marka AM2315'tir (AM2315, 2021).

#### 3.1.5.1 BME280 sıcaklık, nem ve basınç sensörü

Ortam sıcaklığını, açık hava basıncını ve bağıl nemi algılamak amacıyla BME280 sensörü sisteme eklenmiştir (Şekil 3.6). Üç sensörün tek bir kartta toplanması ve küçük boyutları sebebiyle BME280 sensörü tercih edilmiştir. BME280 sensörüne ait teknik özellikler Çizelge 3.4'te yer almaktadır.



**Şekil 3.6:** BME280 sensörü görseli.

**Çizelge 3.4:** BME280 teknik özellikleri.

<b>BME 280 Basınç, Bağlı Nem ve Sıcaklık Sensörü Teknik Verileri:</b>	
Besleme Voltajı	3.3V
Arayüz	I2C
Sıcaklık	-40°C ile 85°C arası
Hassasiyet	-40°C ile 85°C aralığında $\pm 1^\circ\text{C}$
Bağıl Nem	0 – 100%
Hassasiyet	%20 ile %80 aralığında $\pm 3\%$
Basınç	30.000 Pa – 110.000 Pa
Hassasiyet (Pa)	12Pa göreceli doğruluk, 100 Pa mutlak doğruluk
Rakım (ft -m)	0-30.000 ft yükseklikte (0-9,2 km) aralığında 3,3 ft göreceli doğruluk (1 m) deniz seviyesinde, 6,6 ft (2m)

### 3.1.5.2 AM2315 sıcaklık ve bağlı nem sensörü

AOSONG tarafından üretilen AM2315 sensörü I2C arayüzü ile çalışan kalibrasyonlu bir sensördür (Şekil 3.7). Sensörün kalibrasyonlu olması ölçüm aralığında lineer çalışmasını, sensörün aynı tipte başka bir sensörle değiştirildiğinde aynı ölçümlerin alınmasını, ölçümlerin tekrarlanabilir olmasını garanti etmektedir. Kalibrasyonlu olması sebebiyle AM2315 sensörünün de sisteme eklenmesi uygun görülmüştür. Çizelge 3.5’te sensöre ait teknik özellikler verilmiştir.



**Şekil 3.7:** AM2315 sıcaklık ve bağlı nem sensörü.

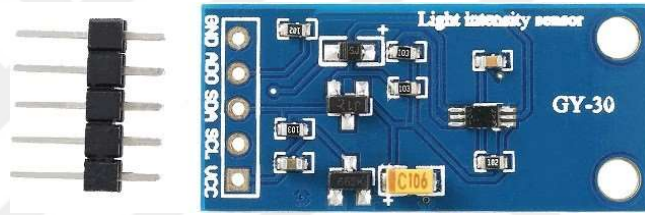
**Çizelge 3.5:** AM2315 sensörüne ait teknik özellikler.

<b>AM2315 Sıcaklık ve Bağlı Nem Sensörü Teknik Özellikleri:</b>	
Besleme Voltajı	3,5 -5,5 V
Arayüz	I2C
Sıcaklık	-40°C ile 125°C arası
Hassasiyet	-15°C ile 70°C aralığında $\pm 1^\circ\text{C}$
Bağıl Nem	0 – 100%,
Hassasiyet	%10 ile %90 aralığında $\pm 2\%$
Ölçüm Aralığı	2 saniyede bir ölçüm

Sistem üzerinde iki adet ışık sensörü kullanılmıştır. Bunlardan ilki GY30 (BH1750) sensörü ışık yoğunluğunu ölçmek için eklenmiştir (BH1750, 2021). SI1145 sensörü ise IR ve görünür ışık seviyelerini ölçüp UV ışık indeksini hesaplama kabiliyetine sahiptir (SI1145, 2021).

### 3.1.5.3 GY30 (BH1750) ışık seviyesi sensörü

Fotoğraf çekmek için gerekli, belki de en önemli değişkenlerden biri ışıktır. Hazırlanan düzeneğin fotoğraf çekebilmesi için ortamın yeterince aydınlık olup olmadığını ölçebilmesi için sisteme geniş spektrumlu bir ışık sensörü eklenmesi uygun görülmüştür. Kompakt yapıda olması, I2C arayüzü ile haberleşmesi ve nispeten kısa sayılabilecek bir kod bloğuyla sensör verisinin okunabilmesinden dolayı GY30 sensörü tercih edilmiştir (Şekil 3.8). Çizelge 3.6’da ışık yoğunluğu sensörüne ait teknik özellikler verilmiştir.



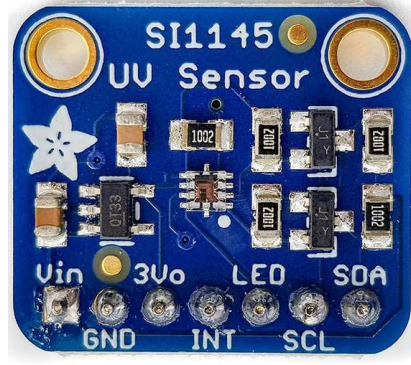
Şekil 3.8: GY30 sensörüne ait görsel.

Çizelge 3.6: GY30 sensörü teknik özellikleri.

GY30 Sensörü Teknik Özellikleri:	
Besleme Voltajı	3,5 -5,5V
Arayüz	I2C
Peak Dalga Boyu	560 nm
H Modu Ölçüm Süresi	160 ms (typical), 180 ms (max)
H Modu Çözünürlük	1lux
L Modu Ölçüm Süresi	16 ms (typical), 24 ms (max)
L Modu Çözünürlük	4 lux
Tekrarlama Hata Oranı	1,44 / 1000 ölçüm

### 3.1.5.4 SI1145 Işık seviyesi sensörü

Sisteme eklenen ikinci ışık sensörü SI1145, görünür ışık ve IR ışık seviyelerini ölçebilmektedir (Şekil 3.9). Özellikle IR seviyesi ölçümü özelliğinden dolayı SI1145 bu çalışmaya dahil edilmiştir Çizelge 3.7’de sensöre ait teknik özellikler yer almaktadır.



**Şekil 3.9:** SI1145 sensörüne ait görsel.

**Çizelge 3.7:** SI1145 sensörü teknik verileri.

SI1145 Sensörü Teknik Verileri:	
Besleme Voltajı	3 – 5,5 V
Arayüz	I2C
IR Sensör Spektrum	550 nm - 1000 nm Dalga Boyu
Görünür Işık Spektrum	400 nm - 800 nm Dalga Boyu

### 3.1.5.5 MH-Z19 CO<sub>2</sub> sensörü

Sisteme eklenen son sensör MH-Z19 CO<sub>2</sub> seviyesi sensörüdür (MH-Z19C, 2021). Ortamdaki hava kalitesinin ve CO<sub>2</sub> oranının izlenebilmesi için MH-Z19 (Şekil 3.10) sisteme eklenmiştir. Çizelge 3.8’de sensöre ait teknik özellikler verilmiştir.



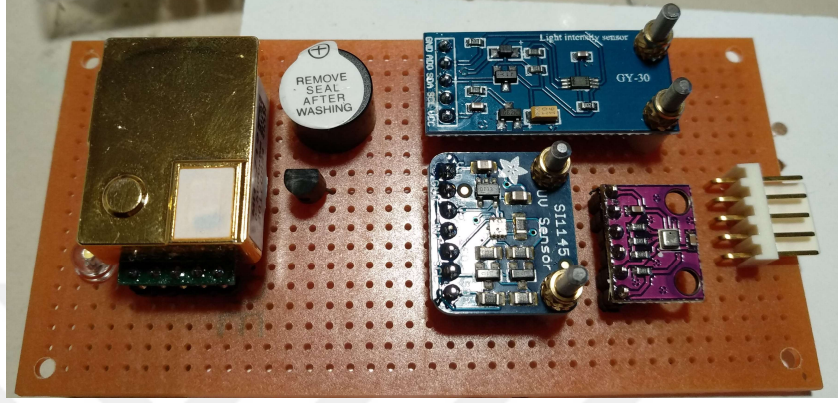
**Şekil 3.10:** MH-Z19 sensörü görseli.

**Çizelge 3.8:** MH-Z19 sensörü teknik verileri.

MH-Z19 CO <sub>2</sub> Sensörü Teknik Verileri:	
Besleme Voltajı	3,6 -5,5V
Arayüz	Uart - PWM
Ölçüm Aralığı	0 – %0,5 hacmen
Ön Isınma süresi	180 sn
Tepki Süresi	60 sn
Hassasiyet	0 - 5000 ppm aralığı okunan değerin $\pm 5\%$ 'i + 50ppm

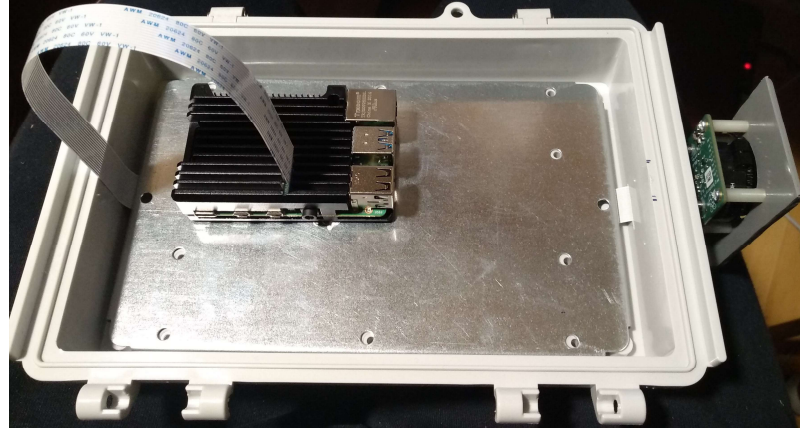
### 3.2 Montaj Aşaması

AM2315 sıcaklık ve bağıl nem sensörü dışındaki sensörler breakout kart şeklindedir. AM2315 dışındaki dört sensör ve sistem çalışmasını takip edebilmek için uyarı maksatlı eklenen led ve buzzer delikli kart üzerine montajı yapılarak M2.5 vidalarla gövdeyi oluşturacak plastik kutuya monte edilmiştir. (Şekil 3.11).



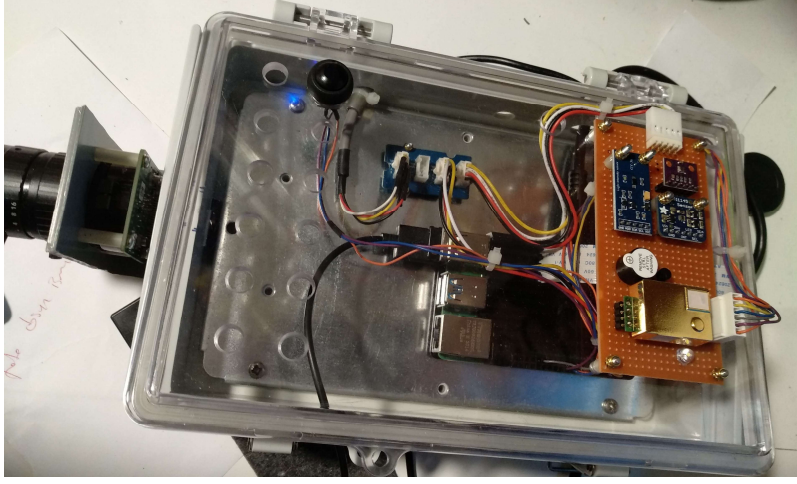
**Şekil 3.11:** Sensörlerin yerleştirildiği delikli plaketa.

Raspberry Pi 4 SBC bilgisayar ve Raspberry Pi HQ kamera, Altinkaya Kutu tarafından üretilen EC1624-5 üretim kodlu plastik panoya yerleştirilmiştir (Altinkaya Kutu, 2021). Yerleşime ait görsel Şekil 3.12’de verilmiştir.



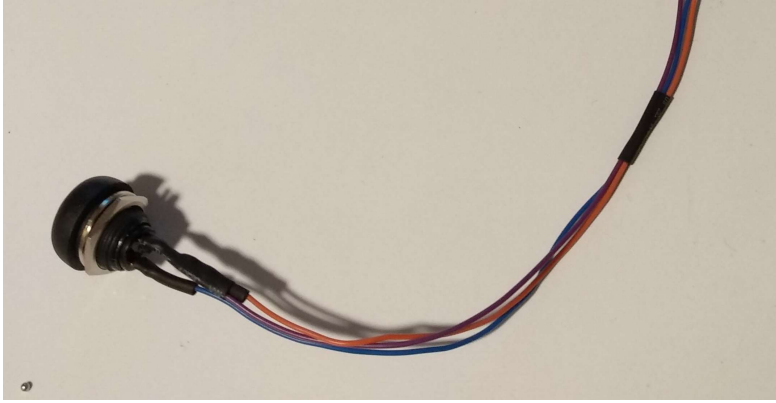
**Şekil 3.12:** Raspberry Pi 4 ve kamera montajına ait görsel.

Kutu üzerine çeşitli kabloların geçmesi ve içerde oluşan ısının uzaklaştırılması için delikler açılmıştır (Şekil 3.13). Ethernet ve Type C besleme kablosu bu havalandırma deliklerini kullanarak bağlantı yapmaktadır.



**Şekil 3.13:** Montajın tamamlanmış hali.

Sistem, monitör kullanılmadan çalışacağı için gerekli görüldüğünde sistemi kapatmak için pano kapağı üzerine buton (Şekil 3.14) eklenip; yazılıma, butona basıldığında sistemin kapanmasını sağlayan bir kod bloğu eklenmiştir. Bu sayede sistemin, gerektiğinde manuel olarak düzgün bir şekilde kapanabilmesi sağlanmıştır.



**Şekil 3.14:** Sistemi kapatma butonu.

Plastik pano altına 1mm kalınlığında 140 x 220 mm ebatlarında galvaniz sac levha yerleştirilerek tripod ayağı bağlantısı için sağlam bir zemin oluşturulmuştur. Plastik pano ve tripod bağlantı aparatı galvaniz sac levhaya (Şekil 3.15) vidalarla bağlanarak düzeneğin montajı bitirilmiştir.



**Şekil 3.15:** Tripod bağlantı aparatı.

Çekim istasyonu, montaj işlemi tamamlandıktan sonra tripoda yerleştirilerek istenen yükseklik ve açıda fotoğraf çekebilir hale getirilmiştir (Şekil 3.16). Çalışmada SLIK marka S640 modeli tripod kullanılmıştır (SLIK, 2021).



**Şekil 3.16:** Düzeneğin tripoda monte edilmiş görseli.

İki farklı sera ortamında eş zamanlı fotoğraf çekimi yapılacağı için bu çekim istasyonundan iki adet hazırlanmıştır.

### 3.3 Yazılım

Elektronik bileşenler bir araya getirildikten Raspberry Pi 4 SBC kart üzerine işletim sistemi olarak Raspbian OS kurulmuştur (The Raspberry Pi Foundation, 2018). Raspbian OS işletim sistemi Pi Imager programı tarafından indirilip SD hafıza kartı üzerine yazdırılmıştır. İşletim sistemi kurulduktan sonra terminal üzerinden güncelleme ve upgrade komutları verilerek işletim sisteminin güncel hale gelmesi sağlanmıştır.

#### 3.3.1 Çalışmada kullanılan yazılım ve kütüphaneler

##### 3.3.1.1 Python programlama dili

Python, özellikle bilim dünyasında yaygın olarak kullanım alanına sahip, bilimsel amaçlı, yüksek seviyeli bir programlama dilidir (Rossum, 1990). Python programlama dili ilk olarak 1991 yılında Guido van Rossum tarafından tasarlanmış ve Python Yazılım Vakfı tarafından geliştirilmeye devam edilmiştir. Platform bağımsız bir dil olması, kolay okunabilir kod yapısına sahip olması, az kod satırı ile daha çok işlev yapabilme yeteneklerinden dolayı popüler hale gelmiştir. Linux, Android, Windows ve Mac platformlarında çalışması, kod yazımının kolay olması dilin popüler olmasında oldukça etkili olmuştur. Micropython, Damien P. George tarafından C dilinde yazılmış bir Python derleyicisidir (George, 2014). Python3 dilinin kod betiğini temel alan micropython, genellikle mikrodenetleyici temelli cihazlarda çalışmak üzere tasarlanmış ve oldukça popüler hale gelmiştir. Micropython ile kodlanabilen Sipeed Maix, ESP32 ve ESP8266 gibi Espressif cihaz aileleri, Raspberry Pi Pico, WiPy, Micro:Bit gibi birçok cihaz örnek verilebilir. Özellikle ESP, Sipeed Maix ve WiPy gibi cihazlar, yerleşik Wifi/Bluetooth modül bulunması sayesinde micropython ile doğrudan internet üzerinden veri alışverişi yapabilmektedir.

Çalışmada sensör verilerinin okunması, fotoğraf alınması ve işlenmesi, elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve saklanması için Python programlama dili 3.8 versiyonu kullanılmıştır. Bilgisayar üzerinde kurulu olan Raspbian OS, Debian Linux tabanlı bir işletim sistemi olduğu için Python3 programlama dili kurulu olarak gelmektedir.

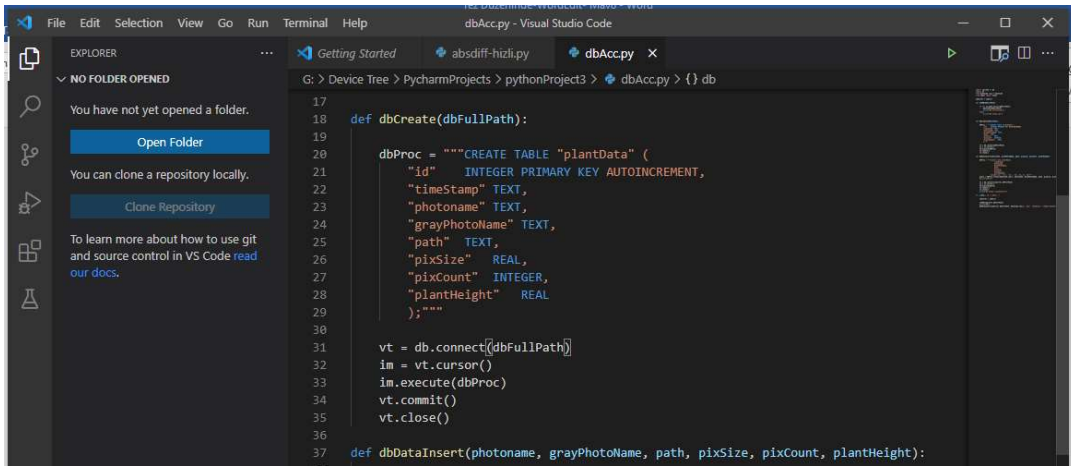
##### 3.3.1.2 OpenCV kütüphanesi

OpenCV (Open Source Computer Vision) kütüphanesi açık kaynaklı görüntü işleme kütüphanesidir (Bradski ve diğerleri, 2008). Bu kütüphane ilk olarak 1999 yılında Intel

çalışanları Gary Bradski ve Adrian Kaehler tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Nvidia, AMD, Google, Itseez, Willow vb şirketler ve uluslararası topluluklar tarafından geliştirilmesi desteklenmekte ve devam etmektedir. OpenCv kütüphanesi başlarda C dili ile programlanmaya başlanmış, sonrasında C++ dili ile geliştirilmeye devam etmiştir. OpenCV, BSD lisansı ile geliştirilen açık kaynak kodlu bir kütüphane olduğu için projelerde lisans problemi olmadan ücretsiz kullanılabilir. OpenCv platform bağımsız bir kütüphanedir. Bu sayede Windows, Linux, MAC, Android işletim sistemleri altında, C, C++, C#, Python, Java gibi dillerle çalışabilmektedir. Bu çalışma süresince OpenCV 4.5 sürümü kullanılmıştır.

### 3.3.1.3 Sqlite veritabanı

Sqlite bir veritabanı kütüphanesidir (Hipp, 2000). MSSQL ve MySQL veritabanları aksine bir sunucu platforma ya da uygulamaya ihtiyaç duymayan Sqlite, doğrudan disk üzerinde okuma yazma yapabilen ilişkisel bir veritabanıdır. 2000 yılında D. Richard Hipp tarafından geliştirilen Sqlite 600 kB gibi oldukça küçük bir alan kaplamasına karşın terabyte seviyesine kadar oldukça büyük verileri saklamaya izin vermektedir. Basit kullanımı ve sunucu ihtiyacı olmaması Sqlite'ı birçok alanda oldukça popüler bir veritabanı yapmıştır. Açık kaynak kodlu olan Sqlite veritabanı verileri bir dosyada tuttuğu için bu dosyanın yedeklenmesi, taşınması, erişilmesi işlemleri oldukça kolaydır. Günümüzde küçük uygulamalardan Android Akıllı telefonlara kadar birçok alanda oldukça popüler olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.17'de Python dili ile Sqlite veritabanında tablo oluşturma işlemine ait kodlar görülmektedir.

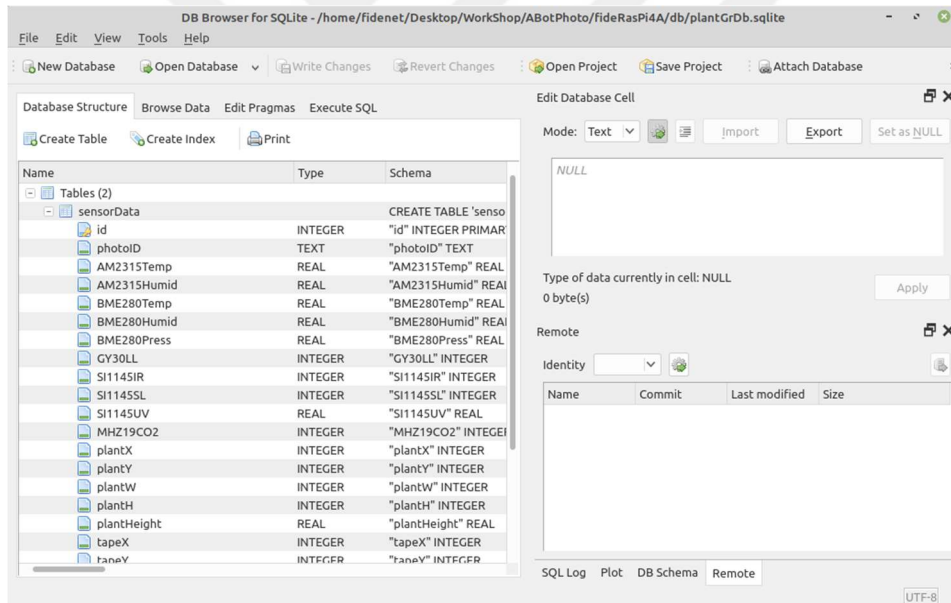


```
17
18 def dbCreate(dbFullPath):
19
20     dbProc = """CREATE TABLE "plantData" (
21         "id" INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
22         "timeStamp" TEXT,
23         "photoname" TEXT,
24         "grayPhotoName" TEXT,
25         "path" TEXT,
26         "pixSize" REAL,
27         "pixCount" INTEGER,
28         "plantHeight" REAL
29     );"""
30
31     vt = db.connect(dbFullPath)
32     im = vt.cursor()
33     im.execute(dbProc)
34     vt.commit()
35     vt.close()
36
37 def dbDataInsert(photoname, grayPhotoName, path, pixSize, pixCount, plantHeight):
```

Şekil 3.17: Python dili ile yazılmış Sqlite veritabanı kod örneği.

Kamera tarafından alınan fotoğraflar diske kayıt edilirken kayıt edilecek fotoğraf ismi zaman damgalı olarak verilmiştir. Bu isimlendirme için “photo” ifadesi, sistem saatinden alınan saat bilgisi içindeki sırasıyla yıl, ay, gün, saat, dakika ve saniye verileri, aralarına “-” işareti konularak eklenmiş ve .jpg formatında kayıt edilmiştir. Örnek olarak 08/02/2021 tarih ve 14:32:12 saatinde alınan fotoğrafa verilen dosya ismi sabit diske ve veritabanına photo-2021-2-8-14-32-12.jpg olarak kayıt edilmiştir.

Alınan fotoğraf isimlerinin ve sensör verilerinin veritabanına kayıt edileceği alan adları; kayıt yapılan anın zaman damgası, sensör ismini ve ölçüm türünü içeren başlık ve alınan fotoğrafın SD kart üzerine kayıt edildiği dosya ismi olarak belirlenmiştir. Sqlite DB Browser programı ile veritabanı şeması oluşturularak Python3 diline fonksiyon olarak aktarılmıştır. Şekil 3.18’de veritabanı tasarım şeması görülmektedir. Veritabanı oluşturma, veri girme ve sorgulama işlemi tamamen Python3 kodları ile yapılabilecek hale getirilmiştir. Veritabanı şeması Çizelge 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.18: Veritabanı şeması.

Çizelge 3.9: Veritabanı tasarım şeması.

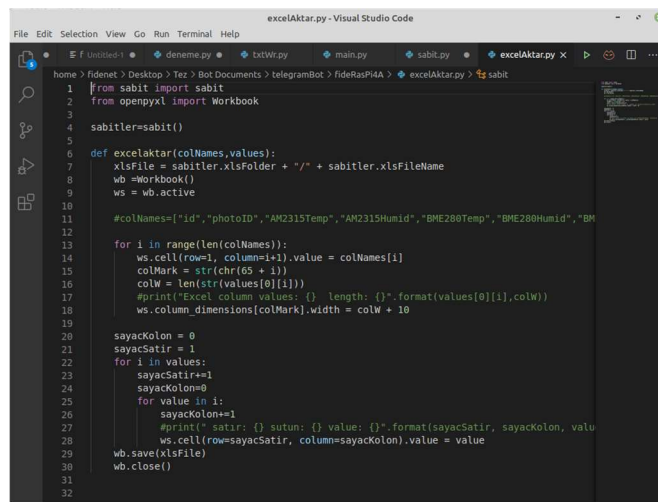
Kayıt Anahtarı	Açıklaması	Veri Türü
photoID	Fotoğraf Dosyası İsmi	Text
AM2315Temp	AM2315 Sıcaklık	Float
AM2315Humid	AM2315 Bağlı Nem	Float
BME280Temp	BME280 Sıcaklık	Float
BME280Humid	BME280 Bağlı Nem	Float

**Çizelge 3.9:** Veritabanı tasarım şeması (Devam).

BME280Press	BME280 Açık Hava Basıncı	Float
SI1145IR	SI1145 InfraRed	Integer
SI1145SL	SI1145 Görünür Işık	Integer
SI1145UV	SI1145 UV İndeksi	Float
GY30LL	GY30 Işık Seviyesi	Float
MHZ19CO2	MHZ19 CO <sub>2</sub> Seviyesi	Integer
time	Zaman Damgası	Text

### 3.3.1.4 Openpyxl kütüphanesi

Veritabanı kayıtları, harici program kullanmadan insanlar tarafından okunabilecek ya da yorumlanabilecek veriler değildir. Bu yüzden veritabanına kayıt edilen verilerin, anlık olarak bilgisayar ya da akıllı telefonlar tarafından alınıp insanlar tarafından okunabilecek bir formata çevrilmesine ihtiyaç duyulmuş, bu iş için de Excel formatı uygun görülmüştür. Kamera ve sensörlerden tarafından toplanan verilerin veritabanından alınıp, kullanıcı tarafından doğrudan okunup işlenebilecek Excel dosyası haline getirilmesinde, openpyxl kütüphanesi kullanılmıştır (Gazoni ve arkadaşları, 2019). Openpyxl kütüphanesi Microsoft Ofis Excel dosyalarını Python programı ile okuyup yazabilmek için Eric GAZONI ve Charlie CLARK tarafından geliştirilmiş bir kütüphanedir. Bu kütüphane Office Open XML dosya formatındaki dosyaların Python ile okunması ihtiyacı üzerine geliştirilmiştir. Şekil 3.19’da veritabanından çekilen verileri Excel’e aktaran openpyxl kütüphanesi kodları görülmektedir.



```
1 from sabit import sabit
2 from openpyxl import Workbook
3
4 sabitler=sabit()
5
6 def excelaktar(colNames,values):
7     xlsFile = sabitler.xlsFolder + "/" + sabitler.xlsFileName
8     wb =Workbook()
9     ws = wb.active
10
11     #colNames=["id","photoID","AM2315Temp","AM2315Humid","BME280Temp","BME280Humid","BM
12
13     for i in range(len(colNames)):
14         ws.cell(row=1, column=i+1).value = colNames[i]
15         colMark = str(chr(65 + i))
16         colW = len(str(values[0][i]))
17         #print("Excel column values: {} length: {}".format(values[0][i],colW))
18         ws.column_dimensions[colMark].width = colW + 10
19
20     sayacKolon = 0
21     sayacSatir = 1
22     for i in values:
23         sayacSatir+=1
24         sayacKolon=0
25         for value in i:
26             sayacKolon+=1
27             #print(" satir: {} sutun: {} value: {}".format(sayacSatir, sayacKolon, valu
28             ws.cell(row=sayacSatir, column=sayacKolon).value = value
29     wb.save(xlsFile)
30     wb.close()
31
32
```

**Şekil 3.19:** Openpyxl kütüphanesine ait kodlar.

### 3.3.1.5 Telepot kütüphanesi

Telegram Chat programının API kütüphanesidir (Telegram, 2021). Bu kütüphane sayesinde örnek kodları çalıştıran bir cihaz, bağlı olduğu Telegram hesabı altında çalışan Telegram Chat kullanıcısı (BOT) haline gelmektedir. Bu sayede karşınızdaki bilgisayar ile karşılıklı yazışma yapılabilir. Gerekli parametreler Python3 ile hazırlanan kodlara gömülmüş, cihazın istenen işlemleri yapması ya da istenen verileri hazırlayıp göndermesi sağlanmıştır. Bir Telegram Bot oluşturmak için Telegram Chat programı üzerinden BotFather isimli Telegram Botu ile birkaç satırlık bir yazışma yapmak ve API Key almak yeterlidir.

Seralara kurulan cihazlar, Çizelge 3.10'da verilen komutlara cevap verecek şekilde Python kodları geliştirilmiş ve çalışma süresince aktif olarak kullanılmıştır.

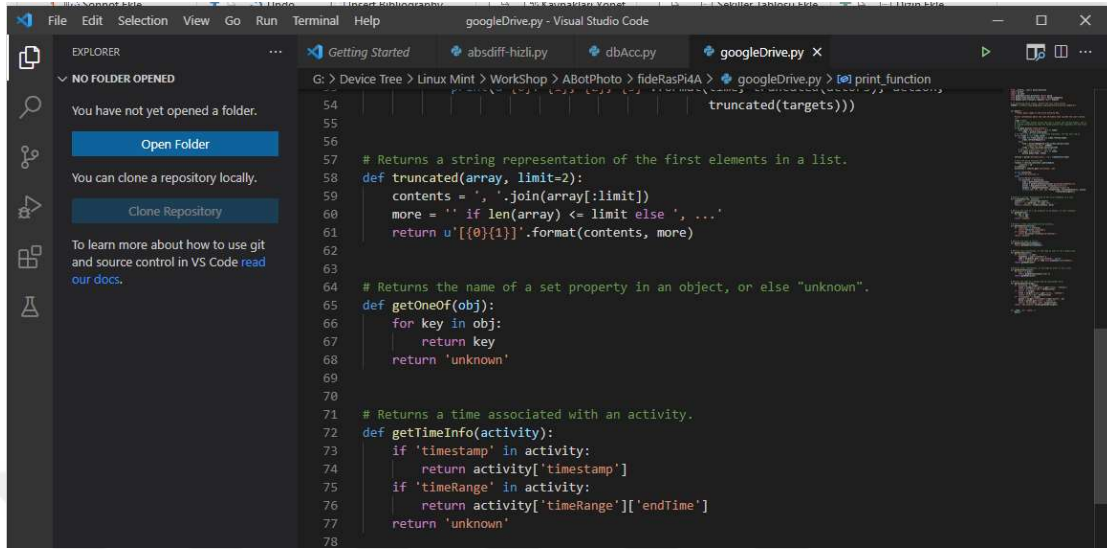
**Çizelge 3.10:** Telegram kütüphanesi komutları.

Komut	Görevi
/ip	Cihazlara ait ethernet ve wifi ip bilgileri ve MAC adreslerini döndürmektedir.
/getLast	Cihaz üzerine son kaydedilen sensör verileri ve fotoğraf yolunu Excel dosyasına yazıp Telegram üzerinden göndermektedir.
/getLast=x	Veritabanına kayıt edilen verilerden sondan başa doğru x işareti yerine yazılan sayı kadar veriyi filtreleyerek Excel dosyasına yazarak Telegram üzerinden göndermektedir.
/getAllData	Veritabanına kayıt edilmiş bütün verileri sondan başa doğru sıralayıp, Excel dosyasına yazarak Telegram üzerinden göndermektedir.
/startPreview=x	Kamera objektifi netlik ayarı yapmak için kamera görüntüsü açarak x yerine yazan sayı kadar saniye kadar bekler.
/photo	Anlık olarak fotoğraf çekip Telegram üzerinden göndermektedir.
/rb=OK	Cihazı yeniden başlatır.

### 3.3.1.6 Google drive api

Veritabanı kayıtlarına Telegram Chat programı üzerinden anlık olarak erişim sağlandıktan sonra, alınan fotoğrafların yedeklenmesini sağlamak amacıyla Google Drive API desteği eklenmiştir (Google, 2021). Google Drive desteği sayesinde cihazlar tarafından alınan fotoğraflar diske kayıt edildikten sonra Google Drive sanal sürücüsüne otomatik olarak yüklenmektedir. Bu sayede, hem cihazın ya da SD kartın fiziki olarak bozulmasına karşı koruma altına alınmakta hem de bulut üzerinden

erişilebilir hale gelmektedir. Şekil 3.20’de Google Drive API kodlarına ait görsel verilmiştir.



```
54 | truncated(targets)))
55 |
56 |
57 | # Returns a string representation of the first elements in a list.
58 | def truncated(array, limit=2):
59 |     contents = ', '.join(array[:limit])
60 |     more = '' if len(array) <= limit else ', ...'
61 |     return u'[{0}{1}]'.format(contents, more)
62 |
63 |
64 | # Returns the name of a set property in an object, or else "unknown".
65 | def getOneOf(obj):
66 |     for key in obj:
67 |         return key
68 |     return 'unknown'
69 |
70 |
71 | # Returns a time associated with an activity.
72 | def getTimeInfo(activity):
73 |     if 'timestamp' in activity:
74 |         return activity['timestamp']
75 |     if 'timeRange' in activity:
76 |         return activity['timeRange']['endTime']
77 |     return 'unknown'
78 |
```

Şekil 3.20: Google Drive API kod örneği.

### 3.3.1.7 Pyserial

CO<sub>2</sub> sensörünü okumak için uart portu kullanılmaktadır. Python3 dilinde Uart portu erişimi için pyserial kütüphanesi kullanılmaktadır (Liechti, 2001).

### 3.3.1.8 Gpiozero

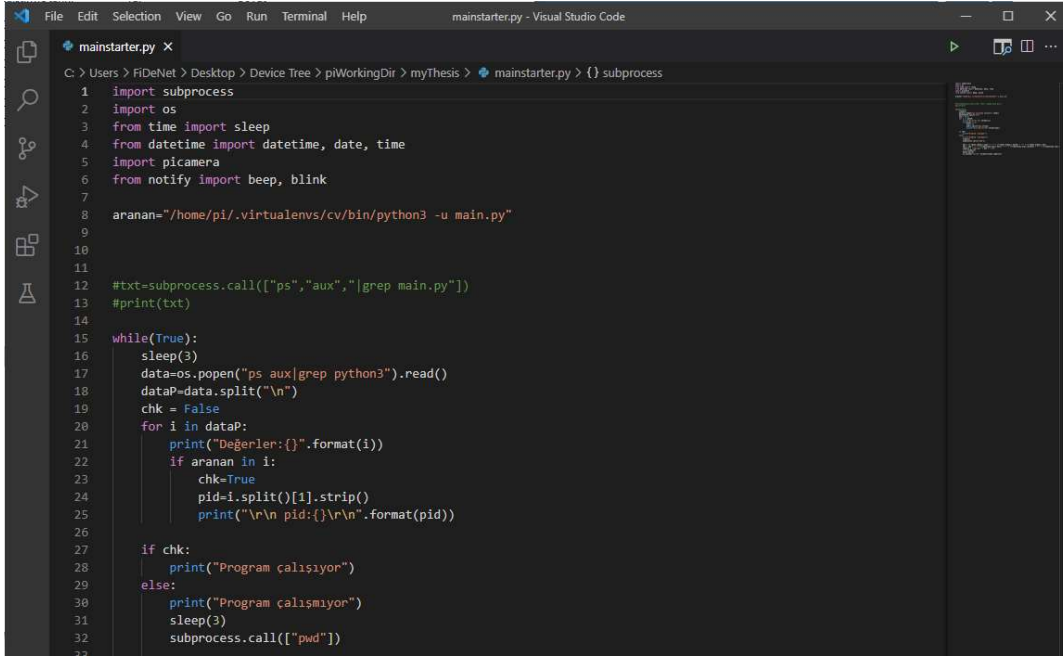
Gpiozero kütüphanesi Raspberry Pi4 SBC üzerindeki GPIO pinlerini kontrol etmek için kullanılan yerleşik bir kütüphanedir (Nuttall ve arkadaşları, 2021). Led, buzzer ve buton gpiozero kütüphanesi ile kontrol edilmektedir.

### 3.3.1.9 Çalışma kontrol algoritması

Fotoğraf alma düzeneğinin sürekli olarak çalışması beklenmektedir. Geliştirilen yazılım içinde sensörlerin okunması, veritabanı erişimi, fotoğraf alınması, Google Drive yüklemesi vb yerlere gerekli kontroller yerleştirilmiştir. Sistemin sağlıklı olarak çalışması sağlanmaya çalışılmıştır. Buna rağmen çalışma esnasında çıkabilecek sorunlara karşı bir önlem alınması düşünülmüş ve çalışma kontrol algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritma, sistem açılışında bir kod parçası tarafından çalıştırılır. Algoritma, fotoğraf alma, sensör okuma, veritabanı kayıt gibi işlemleri yapan main.py dosyasını çalıştırır. Main.py dosyasını çalıştırdıktan sonra her üç saniyede bir defa

hafızaya “ps aux | grep python3 main.py” komutu vererek main.py dosyasının aktif olarak çalışıp çalışmadığını kontrol eder. Eğer hafızada bu dosya varsa üç saniye bekleyip tekrar kontrol eder. Hafızada yoksa main.py dosyasını tekrar çalıştırır. Bu algoritma sayesinde main.py dosyasının çalışması kırılsa üç saniye içinde tekrar çalıştırılacağı garanti edilmiş olur.

Ayrıyeten geliştirilen program, yaptığı her işlemde debug çıktısı üretecek şekilde yazılmıştır. Bu algoritma da bu çıktılar basit bir text dosyasına kayıt edilmektedir. Bu sayede main.py dosyası çalışırken karşılaşılan sıkıntılar loglanmış olup, hata kaynağının anlaşılması ve tanınmasını kolaylaştıracaktır. Şekil 3.21’de çalışma kontrol algoritmasına ait görsele yer verilmiştir.

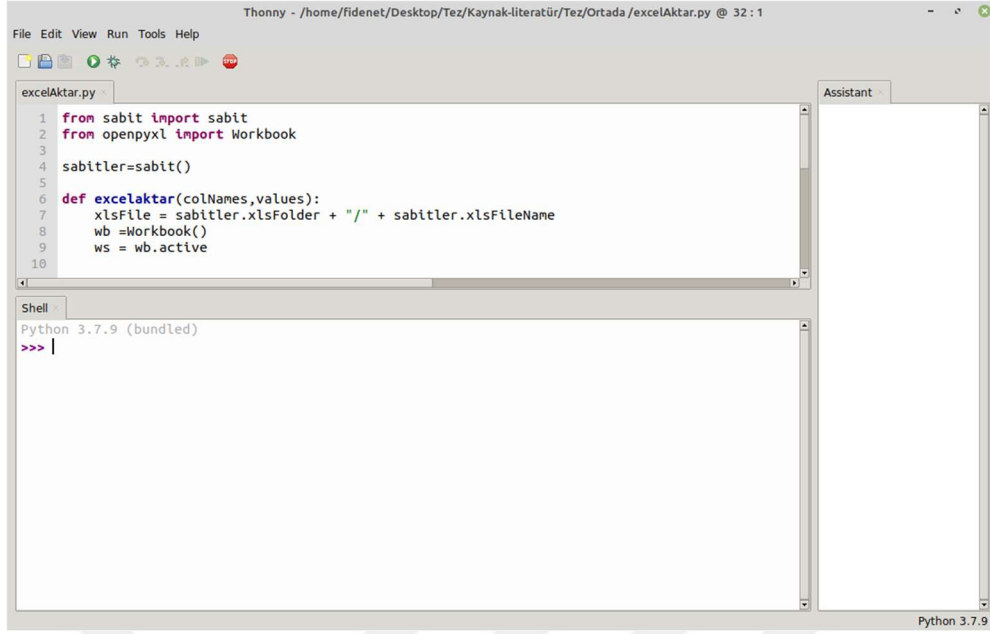


```
1 import subprocess
2 import os
3 from time import sleep
4 from datetime import datetime, date, time
5 import picamera
6 from notify import beep, blink
7
8 aranan="/home/pi/.virtualenvs/cv/bin/python3 -u main.py"
9
10
11 #txt=subprocess.call(["ps","aux","|grep main.py"])
12 #print(txt)
13
14
15 while(True):
16     sleep(3)
17     data=os.popen("ps aux|grep python3").read()
18     dataP=data.split("\n")
19     chk = False
20     for i in dataP:
21         print("Değerler:{}".format(i))
22         if aranan in i:
23             chk=True
24             pid=i.split()[1].strip()
25             print("\r\n pid:{}".format(pid))
26
27     if chk:
28         print("Program çalışıyor")
29     else:
30         print("Program çalışmıyor")
31         sleep(3)
32         subprocess.call(["pkill","-f",aranan])
33
```

Şekil 3.21: Çalışma kontrol algoritması kodlarına ait görsel.

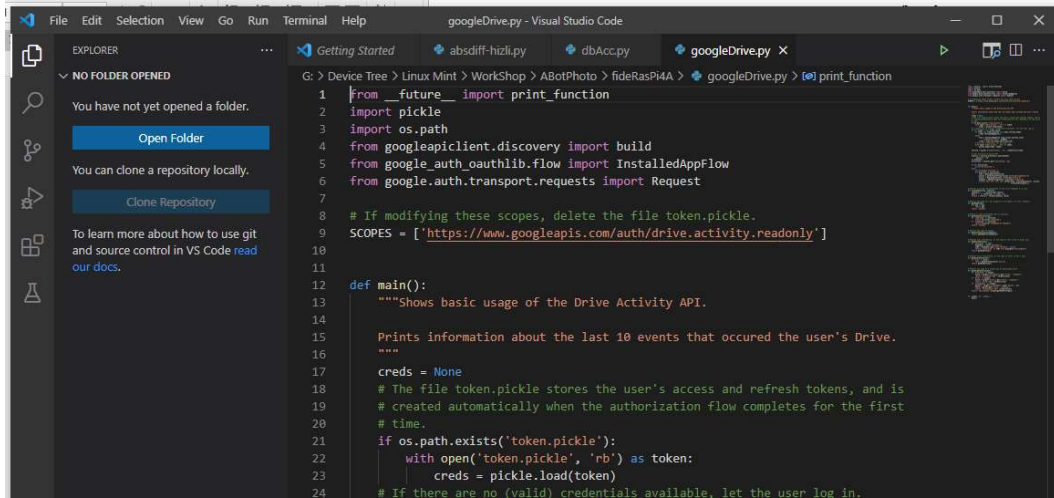
### 3.3.2 Çalışmada kullanılan editörler

Bu çalışmada editör olarak, PyCharm, Thonny ve Visual Studio Code kullanılmıştır. Kullanılan editörlerden sadece Thonny Raspbian Os üzerinde yüklü olarak gelmektedir. Diğer editörler kendi sitelerinden indirilip kurulumu yapılmıştır (Şekil 3.22).



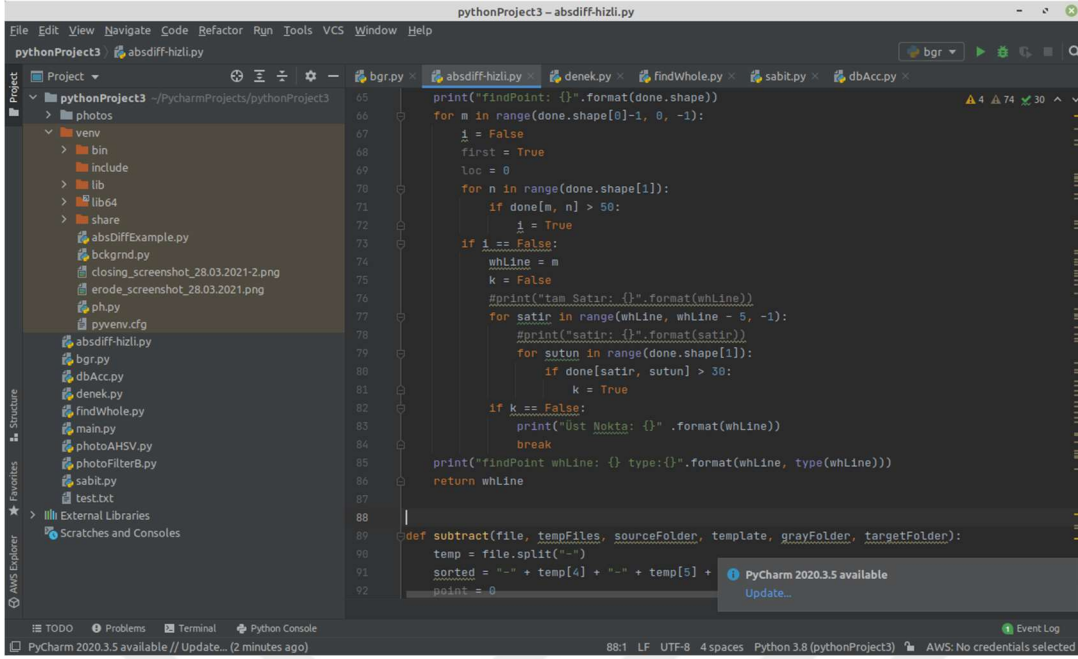
Şekil 3.22: Thonny editörü görseli.

Kullanılan diğer editör Visual Studio Code'dur. Microsoft tarafından geliştirilen editör, birçok programlama dilini desteklemektedir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23: Visual Studio Code editörü görseli.

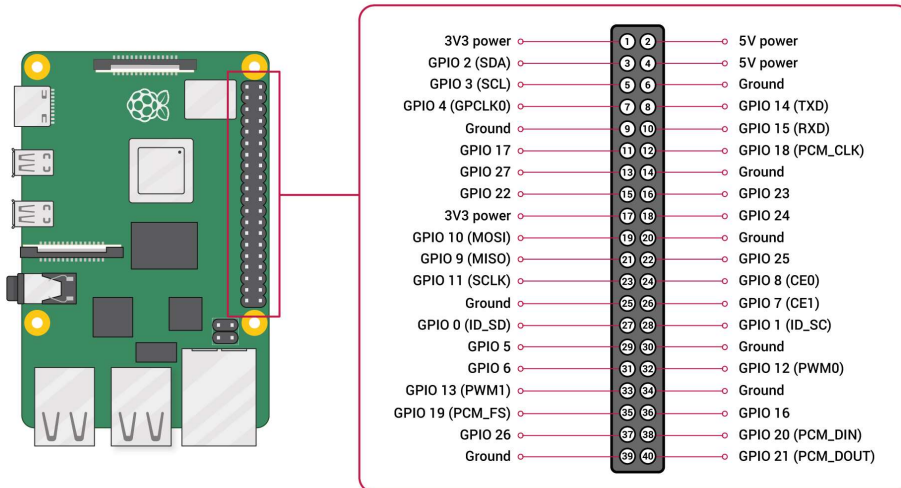
PyCharm editörü, kullanılan editörler içerisindeki en kapsamlı editördür. JetBrains ekibi tarafından geliştirilen editör güncel tüm kodlama dillerini desteklemektedir. Kod tamamlama özelliği vardır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: PyCharm editörü görseli.

### 3.3.3 Kullanılan donanımlara ait konfigürasyonlar

Raspberry Pi 4 SBC üzerinde 0.1" aralıklı 40 pin GPIO header bulunmaktadır. Bu pinler I2C, SPI, Uart ve GPIO olarak konfigüre edilebilmektedir. Şekil 3.25'te Raspberry Pi 4 anakarta ait pin dizilimi ve açıklamalarına yer verilmiştir.



Şekil 3.25: Raspberry Pi 4 bilgisayar 40 pin konnektör pin açıklaması.

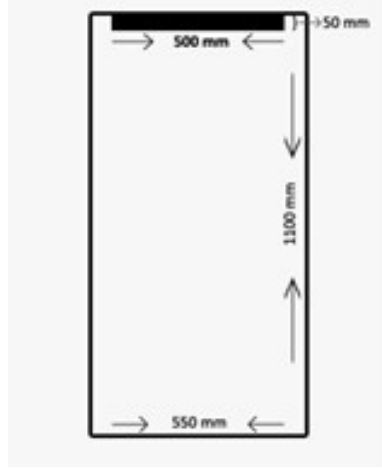
Raspberry Pi 4 SBC, iki adet SPI, altı adet Uart ve bir adet I2C portuna sahiptir. 40 pin header içinde ayrıyeten iki adet 5V besleme, iki adet 3.3V besleme, sekiz adet Gnd pini bulunmaktadır. Bu pin diziliminde SPI ve Uart portlarının hepsi pin sayısı yetersizliğinden dolayı aynı anda kullanılamamakta ve default olarak bir SPI ve iki Uart portu açık diğerleri kapalı gelmektedir. İstenen portun kullanılabilmesi için /boot/config.txt dosyası üzerinde dtoverlay komutu ile aktivasyon işlemi yapılması gerekmektedir.

Raspberry Pi 4 SBC üzerinde bulunan altı adet Uart portunun biri debug terminal portu olarak, bir diğeri de Bluetooth çipi bağlantı portu olarak kullanılmaktadır. Çekim istasyonu üzerine yerleştirilen CO<sub>2</sub> sensörü Uart portu üzerinden haberleştiği için üçüncü Uart portunun dtoverlay komutu ile aktive edilmesi gerekmiştir. Bu işlem için /boot/config.txt dosyası üzerine dtoverlay=uart3 satırı eklenip sistem reboot edilmiştir.

I2C portu üzerinden haberleşme sağlayan BME280, GY30, AM2315 ve SI1145 sensörlerine ait Python3 kütüphaneleri github internet sitesinden indirilip, sensörler tek tek çalıştırılmıştır. MH-Z19 CO<sub>2</sub> sensörü ise datasheet üzerinde yapılan inceleme ile gerekli Python3 kütüphanesi hazırlanarak sensör verisi okunmaya başlanmıştır.

### **3.4 Pano**

Fotoğraf düzeneği hazırlandıktan sonra fotoğraflanacak buğday saksısının bitişiğine 55 x 110 cm boyutlarında 5 mm kalınlığında beyaz mdf levha fon olarak konulmuştur. Fon sayesinde nötr arka plan elde edilerek buğdayın zeminden kolay şekilde ayrılması ve boyunun ölçülmesi hedeflenmiştir. Yapılan denemeler esnasında siyah arka plan kullanılmış fakat beyaz arka plan kullanıldığı zaman görüntünün daha net alındığı görülmüştür. Şekil 3.26'da görseli verilen arka planın üst kısmına fotoğrafta çıkacak şekilde ortalanan 50 x 500 mm ebatlarında siyah bant yatay olarak yapıştırılmıştır. Bu bant sayesinde her fotoğraf işlenirken bu bölgeden kesit alınıp bilinen bant boyu fotoğraf işlemeden elde edilen piksel sayısına bölünerek bir piksel boyunun bulunması hedeflenmiştir.



**Şekil 3.26:** Pano.

Alınan fotoğrafların işlenmesinden elde edilen buğday bitkisinin boyu piksel cinsinden bulunmuştur. Buğdayın piksel cinsinden boyu, bant sayesinde elde edilen piksel boyu ile çarpılarak buğday boyu bulunmuştur. Bu yöntem ile, fotoğraflama düzeneğinin yeri herhangi bir şekilde değişse bile, kalibrasyon olayı her fotoğrafa özel olarak yapıldığı için hata miktarı en aza inecektir.

### **3.5 Yetiştirme Koşulları**

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi bünyesinde hızlı ıslah serası ve araştırma serası olmak üzere iki adet sera bulunmaktadır. Çalışma bu iki serada kurulum yapılarak eş zamanlı şekilde yapılmıştır.

#### **3.5.1 Hızlı ıslah serası**

Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi binasında bulunan hızlı ıslah serasında 90 x 180 cm ölçülerinde altı adet metal masa yer almaktadır (Şekil 3.27). Her bir masada iki adet 160 W gücünde tarımsal LED lamba, masa zeminine 100 cm yükseklikte sabitlenmiştir. Tarımsal LED lambalar 660 nm dalga boyunda pik değer spektrumuna sahiptir. Masalarda kullanılan tarımsal LED lambalar dışında odanın tavanına sabitlenmiş iki adet 120 W gücünde beyaz LED lamba bulunmaktadır. Bitki büyütme ortamının sıcaklığını sabit tutabilmek için bir tane klima, nem miktarını ayarlamak için nem alma cihazı yerleştirilmiştir. Bu odanın hava giriş çıkışını sağlamak için iki adet penceresi vardır. Tarımsal LED lambaların çalıştığı sürede ışığın bitki büyütme odası dışına çıkmasını ve güneş ışığının içeri girmesini engellemek için tarımsal LED lambaların çalışma saatleri ile koordine

alışan bir adet motorlu perde mevcuttur. Tarımsal LED lambaların çalışması esnasında motorlu perde kapalı durmakta, tarımsal LED lambaların gündüz kapandığı saatlerde perde açılmakta içerdeki bitkiler güneş ışığı almaktadır.

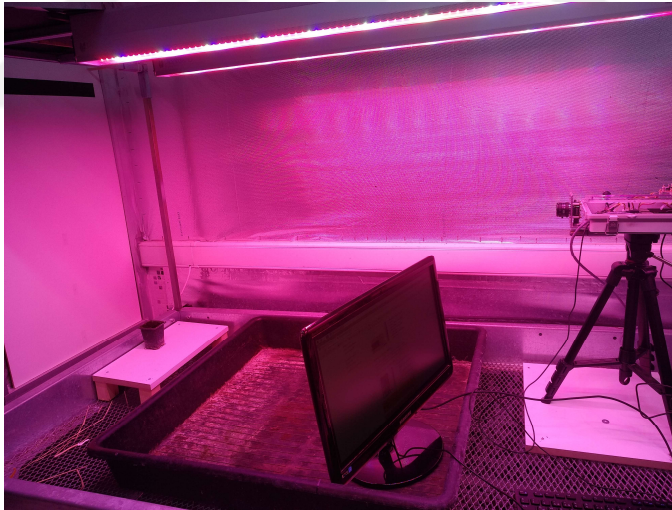


**şekil 3.27:** Hızlı ıslah serası.

Hızlı ıslah sürecinde amaç bitkinin fotosentez yapmasını sağlayan ışıklı sürenin uzatılarak bitki gelişiminin hızlanmasını sağlamaktır. Masalar zerindeki tarımsal LED lambalar otomasyon sistemi tarafından gündüz 10:00 – 12:00 saatleri arasında ve gece 22:00 – 00:00 saatleri arasında kapatılmaktadır. Bu süreçte gündüz aydınlatmanın kesilmemesi için oda tavanındaki 120 W gücünde iki adet beyaz LED lamba çalışmaya devam etmektedir. Bu süreçte perdeler otomasyon sistemi tarafından açılarak odaya güneş ışığı girmesi sağlanmaktadır. Gündüz saat 12:00’de perde kapanarak tarımsal LED lambalar çalışmaya başlamaktadır. Saat 22:00’de ise tarımsal LED lambalar ve tavan aydınlatmaları kapanmaktadır. Bitkinin karanlık ortamda dinlenmesi sağlanmaktadır. 24 saatlik döngü içinde bitki 20 saat tarımsal LED lamba ile aydınlatılmakta, iki saat güneş ışığı almakta ve iki saat karanlık evrede kalmaktadır. Aydınlatma periyotlarının uzatılarak bitkinin fotosentez sürecine devam etmesi dolayısıyla büyümeye devam etmesi hızlı ıslah sürecinin temelini oluşurmaktadır.

Bitki büyütme odasında sıcaklık ve nem sürekli olarak otomasyon tarafına kontrol edilmektedir. Sıcaklık rejimi ışıklı evrede 25  C, karanlık evrede ise 18  C olarak belirlenmiştir. Ayrıca kısmi nem miktarı yaz aylarında %50-60 arasında, kiş aylarında %60-70 arasındadır. Hızlı ıslah serasındaki metal masalardan biri bu çalışma

için ayrılmıştır. Hazırlanan fon panosu masanın sağ tarafına sabitlenmiştir. Fotoğraf ekim istasyonu, altına 30 x 30 cm sunta parça konularak masanın ortaya yakın kısmına, panoyu tam gorecek şekilde yerleştirilip sabitlenmiştir. Saksıyı koymak 20 x 30 cm boyutlarında beş cm yuksekliğinde beyaz bir sehpa kullanılmıştır. Yerleşim yapılıp sistem tarafından istenen grnt alınınca pano, fotoğraf düzeneği ve sehpa, masa altından ağaç vidası ve pullar kullanılarak sabitlenmiştir. Saksının sehpa üzerindeki yeri asetat kalemi ile çizilerek belirlenmiştir. şekil 3.28’de hızlı ışlah serasına yapılan kurulumu ait görsel verilmiştir. Hazırlanan ekim istasyonlarından biri fideRasPi4A olarak isimlendirilerek hızlı ışlah serasına kurulumu yapılmıştır. Kurulum esnasına hızlı ışlah serasının fiziki ortamında değişiklik yapılmamıştır. Cihaz beslemesi tarımsal LED lambaların besleme hattından alınmıştır. Bu sebeple cihaz sadece tarımsal LED lambaların açık olduğu saatlerde fotoğraf ve sensör verilerini kaydetmiş ve tarımsal LED lambalar kapanmadan beş dakika önce kendi kendini kapatacak şekilde programlanmıştır.



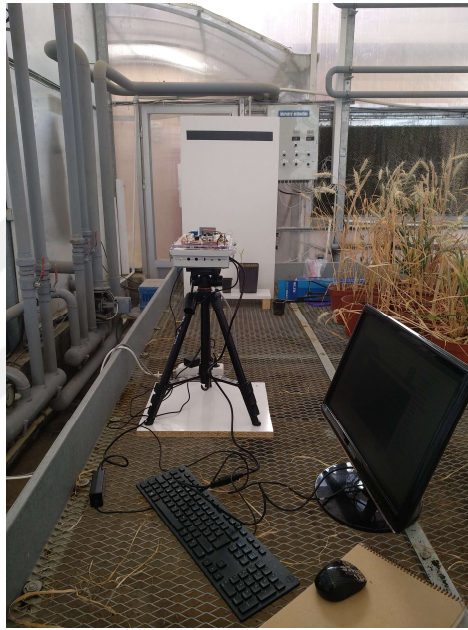
**şekil 3.28:** Hızlı ışlah serasına kurulum görseli.

### 3.5.2 Araştırma serası

Karamanoğlu Mehmetbey niversitesi bünyesindeki araştırma serası gnşiği alması için dış ortamdan şeffaf plastik malzeme kullanılarak yalıtılmış yaklaşık 100 m<sup>2</sup>’lik bir seradır. Sera içinde 2 x 3 m boyutlarında altı adet metal masa bulunmaktadır. Her masayı ortalayacak şekilde yerleştirilmiş altı adet 150 W sodyum buharlı ampul içeren tavan aydınlatması bulunmaktadır. Bu aydınlatmalar saat 18:00’de otomasyon sistemi

tarafından açılıp 02:00'de kapatılmaktadır. Ayrıca seranın havalandırılması için 75 cm çaplı dört adet elektrikli fan bulunmaktadır.

fideRasPi4B olarak isimlendirilen ikinci çekim istasyonu, araştırma serası içindeki metal masalardan kapı girişine en yakın masaya yerleştirilmiştir. Pano sabitlendikten sonra fotoğraf düzeneği net görüntü alacak şekilde konumlandırılmış ve sabitlenmiştir (Şekil 3.29). Hızlı ıslah serası ve araştırma serasına yapılan kurulumlara ait kroki Şekil 3.30'da verilmiştir.



**Şekil 3.29:** Araştırma serası kurulumuna ait görsel.



**Şekil 3.30:** Kurulumuna ait ölçekli olmayan kroki.

### 3.6 Bitki Seçimi

Cihazların uzaktan erişim işlemleri tamamlandıktan sonra çalışmanın konusu olan ekmeklik buğdayların hazırlanmasına geçilmiştir. Bu çalışmada gelişiminin farklı sera ortamlarında gözlenmesi için Altındane cinsi ekmeklik buğday kullanılmıştır. 7x7 cm genişliğinde, 8 cm yüksekliğinde siyah saksılara 05/02/2021 tarihinde ekim yapılmıştır. İki tanesi asıl dört tanesi yedek olmak üzere toplam altı adet saksı hazırlanmıştır.

Hazırlanan saksılardan bir tanesi fotoğrafı alınmak üzere hızlı ıslah serasına kurulumu yapılan pano önündeki işaretlenen yere, yedek olan iki tanesi de fotoğrafta çıkmayacak şekilde tarımsal LED lambaların altına yerleştirilmiştir. Yedek saksılar sayesinde pano önündeki saksıda çimlenme sıkıntısı yaşanması durumunda yer değiştirme yapılarak çalışmanın sekteye uğraması önlenmeye çalışılmıştır. Hazırlanan saksılardan üç tanesi hızlı ıslah serasına yerleştirildikten sonra araştırma serasına geçilmiş ve saksılardan biri kurulumu yapılan pano önündeki işaretli yere, yedek olan iki tanesi de fotoğrafta çıkmayacak şekilde metal masa üzerine yerleştirilerek fotoğraflama işlemine geçilmiştir. Hazırlanan yazılımda her 10 dakikada bir sensör ölçümü alınması, ışık yeterli seviyede ise fotoğraf çekilmesi yeterli seviyede değilse sadece sensör verilerinin veritabanına kayıt edilmesi sağlanmıştır. Fotoğraf çekildi ise çekilen fotoğrafın Google Drive'a yüklenmesi için gerekli fonksiyon çalıştırılmıştır.

### 3.7 Görüntü İşleme

Kurulumu yapılan cihazların internete çıkışı sağlandıktan sonra 05/02/2021 tarihinde hazırlanan saksılar ile görüntü alınmaya başlanmıştır. Buğdayların ekim, filizlenme, çiçeklenme, başaklanma ve hasat tarihlerine ait bilgiler Çizelge 3.11'de verilmiştir.

**Çizelge 3.11:** Seralara ait tarih verileri.

Sera:	Hızlı Islah Serası	Araştırma Serası
<b>Ekim</b>	05/02/2021	02/02/2021
<b>Filizlenme</b>	08/02/2021	08/02/2021
<b>Çiçeklenme</b>	08/03/2021	13/03/2021
<b>Başaklanma</b>	15/03/2021	19/03/2021
<b>Planlanan Hasat</b>	30/03/2021	03/04/2021

Hızlı ıslah serasında başaklanma tarihinden 15 gün sonra hasat planlanmış fakat başakların tamamen kurummasına kadar beklenmiş ve 16/04/2021 tarihinde hasat yapılmıştır. Aynı şekilde araştırma serasında 03/04/2021 tarihinde hasat planlanmış

fakat başakların kuruduğu 27/04/2021 tarihinde hasat yapılmıştır. Görüntü işleme ile buğday boyu ölçme işlemi, planlanan hasat tarihine kadar yapılmıştır. Hasat için tam kurumanın beklenme sebebi, çalışmadan bağımsız ayrı bir çıktı elde etmektir. Bu çalışmada istenen veriler alındıktan sonra iki sera için ayrı ayrı, time lapse yöntemi ile fotoğrafların birleştirilip, çimlenmeden kurumaya kadar ki dönemin videosu çıkarılacaktır. Bu sayede çalışmada hem bitki boyu ölçülecek hem de bitkinin yaşam döngüsü video haline getirilecektir. Bu sebeple hasat planlanan tarihte değil başakların tamamen kuruduğu tarihlerde yapılmıştır.

Hızlı ıslah serası için ekim işleminin yapıldığı 05/02/2021 tarihinden planlanan hasat tarihi olan 30/03/2021 tarihine kadar 5323 adet fotoğraf, hasat tarihine kadar ise toplamda 7091 fotoğraf alınmıştır.

Araştırma serası için ise ekim işleminin yapıldığı 05/02/2021 tarihinden planlanan hasat tarihi olan 03/04/2021 tarihine kadar 5395 adet fotoğraf, hasat tarihine kadar ise toplamda 7913 fotoğraf alınmıştır.

Alınan fotoğrafların görüntü işleme teknikleri ile işlenip buğday boyunun bulunması için fotoğraflar üzerinde bir dizi işlem yapılmıştır. Çalışma başında cihazların kurulumu yapılmadan deneme çekimleri yapılmış ve alınan fotoğraflar HSV filtresi kullanılarak fotoğraf içindeki bitki boyu bulunmuştur (Şekil 3.31).



**Şekil 3.31:** HSV filtre denemesi.

Işığın kontrollü olduğu ortamda HSV filtre stabil çalışmasına rağmen, gün içindeki ışık seviyesindeki değişim, HSV filtrenin yanlış sonuçlar bulmasına sebep olmuş ve HSV filtre kullanmaktan vazgeçilmiştir. Şekil 3.32’de sera ortamında alınan fotoğraflardan birinin HSV filtre ile işlenmesi ile elde edilen sonuçlardan birine yer verilmiştir.



**Şekil 3.32:** HSV filtre ile elde edilen sonuç.

Seraların gün içindeki aydınlanma şekillerindeki farklılıklardan dolayı seralardan alınan görüntüler farklı yöntemler kullanılarak işlenmek zorunda kalmıştır. Seralara göre fotoğrafların işleme ve buğday boyu bulunmasında kullanılan yöntemler sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

### **3.7.1 Hızlı ıslah serası görüntülerinin işlenmesi**

Hızlı ıslah serasından alınan görüntülerin işlenmesi üç ayrı aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar bant boyunun piksel cinsinden bulunması, buğday boyunun elde edilmesi ve buğday boyunun işaretlenip ve veritabanına kayıt edilmesidir.

#### **3.7.1.1 Bant boyunun piksel cinsinden bulunması**

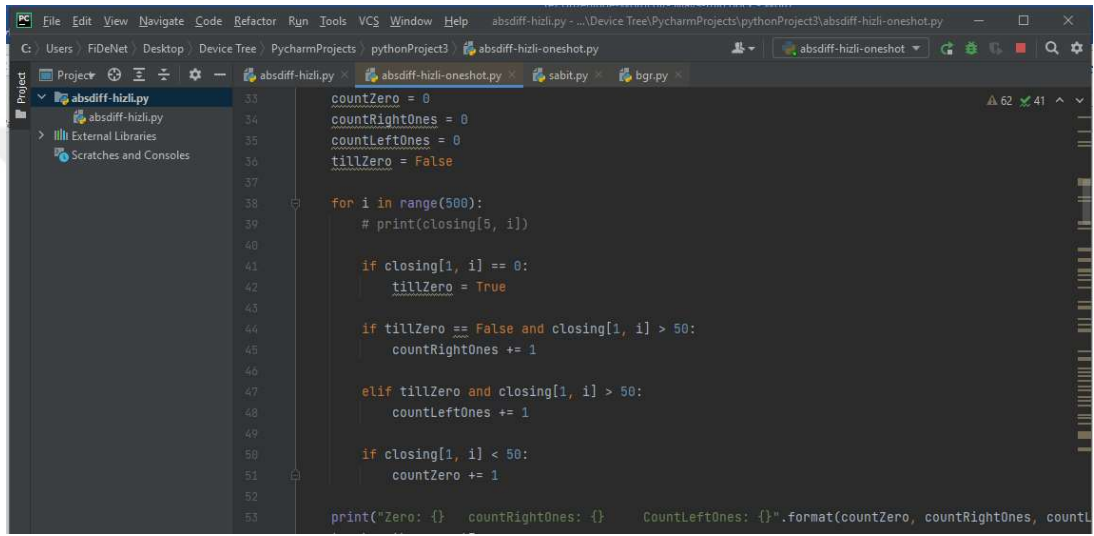
Buğday boyunun bulunması için ilk aşama pano üzerindeki bant boyunun bulunmasıdır. Bandın fotonun en üst kısmında olduğu ve boyunun 500 mm olduğu bilinmektedir. Bant boyunun piksel cinsinden bulunması için fotoğrafın üst kısmından

1000 piksel genişlikte, 50 piksel yükseklikte bir kesit alınmıştır. Bu kesit, gri seviyeye dönüştürülüp blur ve threshold işlemlerine tabi tutulmuştur (Şekil 3.33).



Şekil 3.33: Bant görseli.

Elde edilen siyah beyaz görselinin ortasından bir piksel yüksekliğinde yatay bir kesit alınıp, bu kesit içindeki yan yana siyah ve beyaz noktalar sayılmıştır. Bu işlem Şekil 3.34'te görseli verilen kod bloğu ile yapılmıştır.



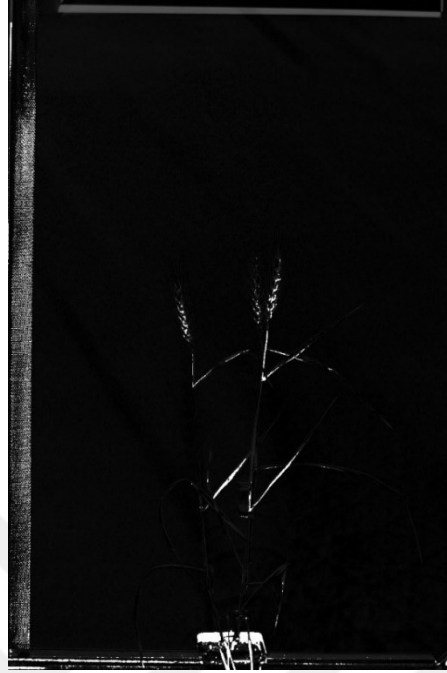
Şekil 3.34: Bant boyu bulma algoritması.

7000'den fotoğraf ile yapılan görüntü işlemede bant boyunun 903 ile 908 piksel arasında değiştiği ve hata payının %1'in altında olduğu görülmüştür. Bant boyunun 500 mm ve 905 piksel olduğu kabul edilirse, bir piksel boyu ortalama 0,55 mm olarak bulunur. Hata oranını düşürmek için bant boyu her fotoğraf için ayrı ayrı bulunmuş ve piksel boyu o fotoğraf için özel olarak hesaplanmıştır.

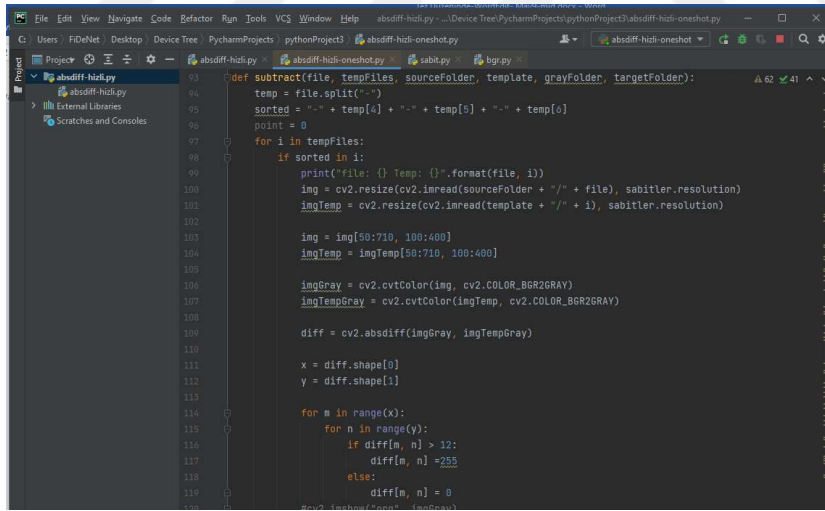
#### 3.7.1.2 Buğday boyunun elde edilmesi

Hızlı ıslah serasından alınan fotoğraflar, yine seradan alınan bir fotoğraf ile arka plan çıkarma işlemine tabi tutulmuş ve sonuçları incelenmiştir (Şekil 3.35). Sadece bir fotoğraf ile yapılan arka plan çıkarma işleminde ışık kaynaklı hatalar olduğu ve bazı kısımların düzgün olarak seçilemediği görülmüştür. Işık kaynaklı hatayı en aza indirmek için buğday çimlenmeden önceki dönemde alınan fotoğraflardan 24 saati içeren 120 adet fotoğraf şablon olarak seçilmiştir. Görüntü işlemeye tabi tutulan her fotoğraf, kendisi ile aynı saat ve dakikada çekilen fotoğraf ile arka plan çıkarma

işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 3.36'da arka plan çıkarma işlemine ait kodların bulunduğu görsel verilmiştir.

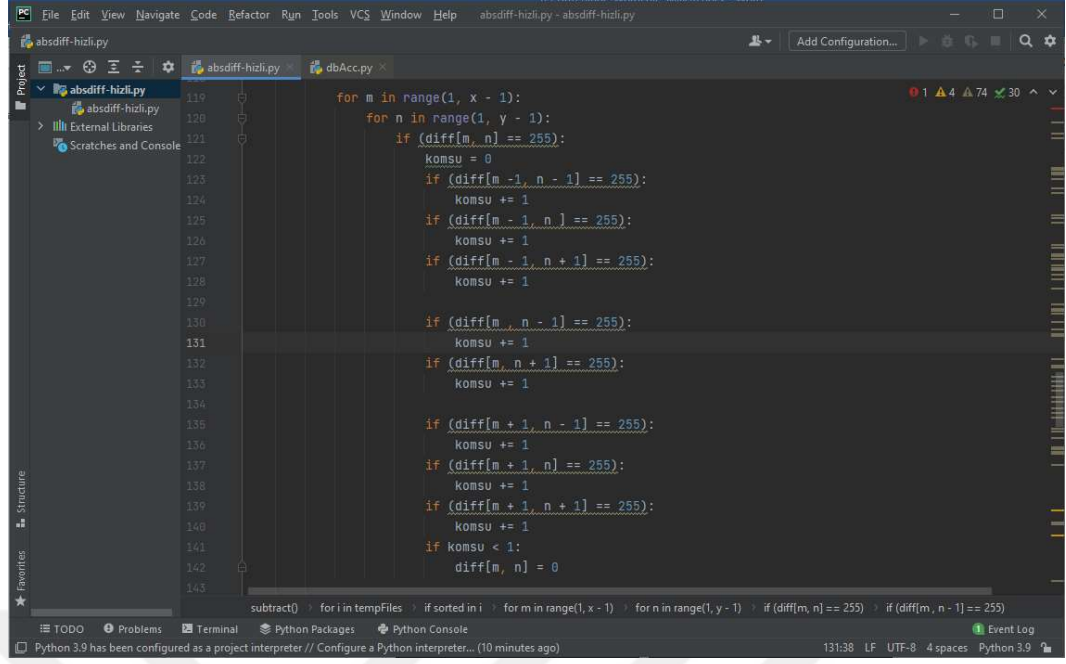


Şekil 3.35: Arka plan çıkarma işlemi sonucu elde edilen görsel.



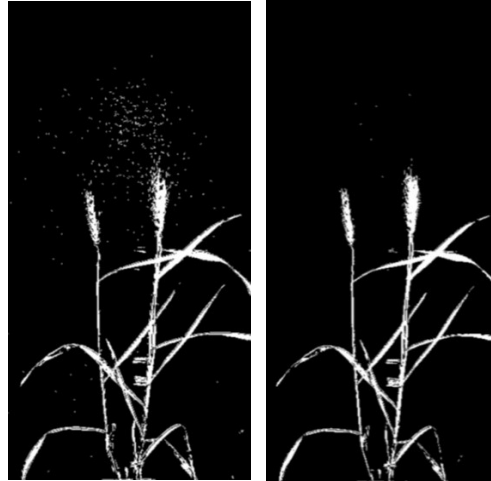
Şekil 3.36: Arka plan çıkarma işlemine ait kodlar.

Arka plan çıkarma işleminin ardından elde edilen görüntü içinde gürültü olduğu görülmüş ve gürültünün bastırılması için bir piksel lens uygulanmıştır. Bir piksel lens işleminde fotoğraf baştan sona kadar piksel piksel taranmış ve her beyaz pikselin bir piksel komşuluğunda beyaz piksel olup olmadığına bakılmıştır. Beyaz pikselin başka herhangi beyaz bir piksele komşuluğu varsa bu pikselin görüntü olduğu kabul edilmiş, komşuluğu yoksa gürültü olduğu kabul edilerek siyaha çevrilmiştir (Şekil 3.37).



**Şekil 3.37:** Bir piksel lens algoritma kodlar.

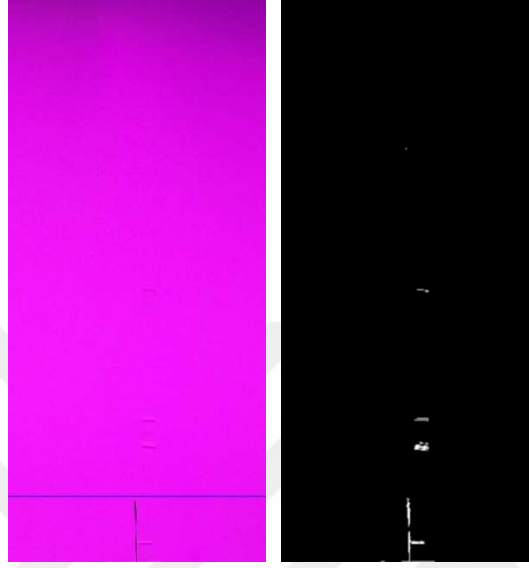
Şekil 3.38’de arka plan çıkarma işleminden sonra bir piksel lens uygulama öncesi ve sonrası fark görülmektedir. Bir piksel lens uygulandıktan sonra buğday boyunu bulmak için fotoğrafın en alt kısmından yukarıya doğru tam satır boyunca siyah noktalardan oluşan ilk satır bulunmaya çalışılmıştır. Bulunan bu satır aynı zamanda buğdayın yüksekliği olacaktır. Yapılan denemelerde bu satırın kopuklar nedeniyle yanlış bulunduğu görülmüş ve kopuk algılama algoritması geliştirilmiştir.



**Şekil 3.38:** Bir piksel lens uygulama öncesi ve sonrası

Bu algoritmaya göre siyah satırın tespit edildiği yerin üstündeki beş satır içinde beyaz nokta varsa bu nokta kopuk olarak değerlendirilmiş ve tam siyah satır aranmaya devam

edilmiştir. Eğer üstteki beş satır içinde beyaz nokta yoksa bulunan satır bitki boyu olarak işaretlenmiştir (Şekil 3.39). Şekil 3.40'ta bir piksel lens ve kopuk algılama algoritması kodlarına ait görsel verilmiştir.



Şekil 3.39: Kopuk algılama algoritması.

```
66 def findPoint(done):
67     whLine = 0
68     print("findPoint: {}".format(done.shape))
69     for m in range(done.shape[0]-1, 0, -1):
70         i = False
71         first = True
72         loc = 0
73         for n in range(done.shape[1]):
74             if done[m, n] > 50:
75                 i = True
76             if i == False:
77                 whLine = m
78                 k = False
79                 #print("tam Satır: {}".format(whLine))
80                 for satir in range(whLine, whLine - 5, -1):
81                     #print("satir: {}".format(satir))
82                     for sutun in range(done.shape[1]):
83                         if done[satir, sutun] > 30:
84                             k = True
85                 if k == False:
86                     print("Üst Nokta: {}".format(whLine))
87                     break
88     print("findPoint whLine: {} type:{}".format(whLine, type(whLine)))
89     return whLine
90
```

Şekil 3.40: Bir piksel lens ve kopuk algılama algoritması kodları.

### 3.7.1.3 Buğday boyu işaretlenmesi ve veritabanı kaydı

Buğday boyu bulunduktan sonra, bulunan nokta orijinal fotoğraf üzerinde mavi çizgi ile işaretlenmiş ve bulunan yükseklik bilgisi fotoğraf adı, piksel boyu, tarih bilgisi ile veritabanına kayıt edilmiştir (Şekil 3.41).

DB Browser for SQLite - C:\Users\FideNet\Desktop\Device Tree\Linux Mint\Garbagelmg\clearOne\db\dbPlantGr.sqlite

Dosya Düzenle Görünüm Araçlar Yardım

Yeni Veritabanı Veritabanı Aç Değişiklikleri Kaydet Değişiklikleri Geri Al Proje Aç Projeyi Kaydet Veritabanı Elde Veritabanı Kapat

Veritabanı Yapısı Verili Görüntüle Pragma'ları Düzenle SQL kodunu yürüt

Tablo: plantData

	id	timeStamp	photoname	grayPhotolame	path	pbSize	pbCount	plantHeight
1	1	2021-04-19 01:26:51.813823	photo-2021-2-10-0-10-0.jpg	photo-2021-2-10-0-10-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	620	715.6074766355
2	2	2021-04-19 01:26:52.537789	photo-2021-2-10-0-20-0.jpg	photo-2021-2-10-0-20-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	576	664.8224299065
3	3	2021-04-19 01:26:53.201872	photo-2021-2-10-0-30-0.jpg	photo-2021-2-10-0-30-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	576	664.8224299065
4	4	2021-04-19 01:26:53.879587	photo-2021-2-10-0-50-0.jpg	photo-2021-2-10-0-50-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	578	667.1308411214
5	5	2021-04-19 01:26:54.538260	photo-2021-2-10-1-0-0.jpg	photo-2021-2-10-1-0-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	576	664.8224299065
6	6	2021-04-19 01:26:55.196821	photo-2021-2-10-1-10-0.jpg	photo-2021-2-10-1-10-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15151515151515	577	664.4242424242
7	7	2021-04-19 01:26:55.861341	photo-2021-2-10-12-10-0.jpg	photo-2021-2-10-12-10-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	571	659.0514018691
8	8	2021-04-19 01:26:56.515401	photo-2021-2-10-12-20-0.jpg	photo-2021-2-10-12-20-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	570	657.8971962616
9	9	2021-04-19 01:26:57.187283	photo-2021-2-10-12-30-0.jpg	photo-2021-2-10-12-30-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	570	657.8971962616
10	10	2021-04-19 01:26:57.862807	photo-2021-2-10-12-40-0.jpg	photo-2021-2-10-12-40-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	570	657.8971962616
11	11	2021-04-19 01:26:58.525156	photo-2021-2-10-12-50-0.jpg	photo-2021-2-10-12-50-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	570	657.8971962616
12	12	2021-04-19 01:26:59.220934	photo-2021-2-10-1-30-0.jpg	photo-2021-2-10-1-30-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	575	663.6682242990
13	13	2021-04-19 01:26:59.877959	photo-2021-2-10-13-20-0.jpg	photo-2021-2-10-13-20-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542
14	14	2021-04-19 01:27:00.551845	photo-2021-2-10-13-30-0.jpg	photo-2021-2-10-13-30-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542
15	15	2021-04-19 01:27:01.234768	photo-2021-2-10-13-40-0.jpg	photo-2021-2-10-13-40-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542
16	16	2021-04-19 01:27:01.890401	photo-2021-2-10-13-50-0.jpg	photo-2021-2-10-13-50-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542
17	17	2021-04-19 01:27:02.570056	photo-2021-2-10-1-40-0.jpg	photo-2021-2-10-1-40-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15151515151515	575	662.1212121212
18	18	2021-04-19 01:27:03.236732	photo-2021-2-10-14-0-0.jpg	photo-2021-2-10-14-0-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542
19	19	2021-04-19 01:27:03.901293	photo-2021-2-10-14-10-0.jpg	photo-2021-2-10-14-10-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	568	655.5887850467
20	20	2021-04-19 01:27:04.571208	photo-2021-2-10-14-20-0.jpg	photo-2021-2-10-14-20-0.jpg	/home/fidenet/Desktop/...	1.15420560747664	569	656.7429906542

Şekil 3.41: Veritabanına kayıt edilen verilere ait görsel.

### 3.7.2 Araştırma serası görüntülerinin işlenmesi

Araştırma serasından alınan fotoğrafların işlenmesi üç ayrı aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar, bant boyunun piksel cinsinden bulunması, renk kanalları kullanılarak buğdayın arka plandan izole edilmesi ve buğday boyunu işaretlenmesi ve veritabanı kayıdır. Fotoğrafların işlenmesinde bant boyunun piksel cinsinden bulunması ile buğday boyunun işaretlenmesi ve veritabanı kaydı hızlı ıslah serası fotoğraflarının görüntü işleminde kullanılan yöntemle aynıdır. Bu yüzden bu kısımda sadece renk kanalları kullanılarak buğdayın arka plandan izole edilmesi işlemi açıklanacaktır.

#### 3.7.2.1 Renk kanalları kullanılarak buğdayın seçilmesi

Araştırma serasından alınan fotoğraflarda üç farklı türde aydınlatma söz konusudur. Sera, gün doğumundan 18:00'e kadar doğal güneş ışığı ile aydınlanmaktadır. 18:00'de sodyum buharlı tavan aydınlatmaları otomasyon tarafından açılmaktadır. 18:00 ile gün batımı arasında hem gün ışığı hem de sodyum buharlı lambalar tarafından aydınlatma yapılmıştır. Gün batımından sonra 02:00'ye kadar sadece sodyum buharlı lambalar ile aydınlatma sağlanmıştır. Şekil 3.42'de 09/04/2021 tarihinde sırasıyla saat 16:20, 18:20 ve 20:20'de alınmış üç fotoğrafa yer verilmiştir.



**Şekil 3.42:** 09/04/2021 tarihinde farklı saatlerde alınan üç fotoğraf.

Buğday boyunun bulunması için arka planın çıkarılması gerekmektedir. Gün ışığı etkisinden dolayı ışık seviyesinin oldukça değişken olması, HSV filtre ve hızlı ıslah serasında uygulanan arka plan çıkarma işlemlerinin başarısız olmasına sebep olmuştur. Bu sebeple buğday boyunu elde etmek için farklı tarihlerde alınan resimler incelenerek bitki ve zemin renkleri arasında bir desen (pattern) yakalanmaya çalışılmıştır. Panonun rastgele yerlerindeki mavi, yeşil ve kırmızı (BGR: Blue, Green, Red) renk değerleri kontrol edilmiş ve Çizelge 3.12’de verilen değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 3.12:** Fotoğraf üzerinde rasgele belirlenen noktaların BGR renk değerleri.

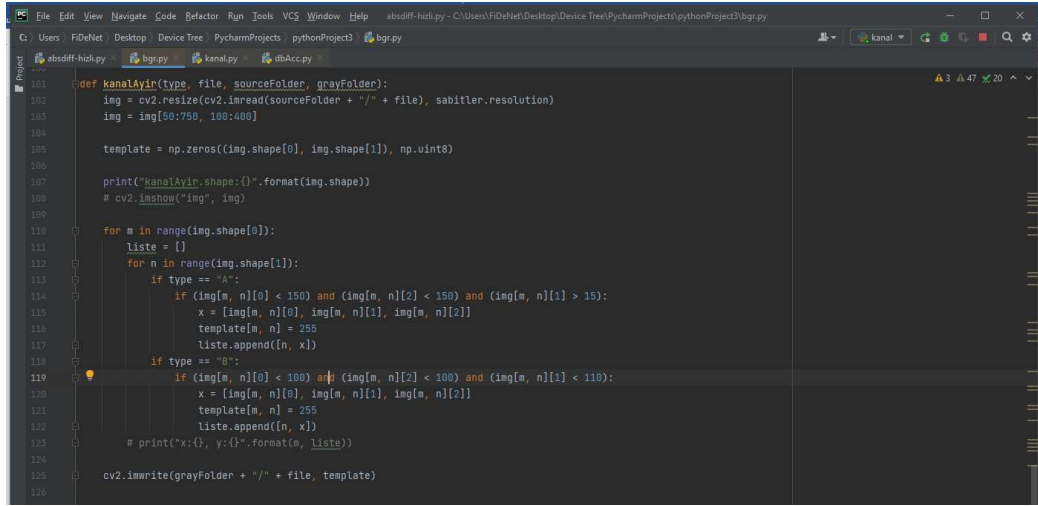
Nokta	B	G	R
Fon	142	146	145
Fon	144	149	145
Fon	146	152	150
Fon	138	144	142
Fon	157	161	160
Buğday	74	87	70
Buğday	83	92	75
Buğday (en üst nokta)	127	129	126
Buğday	89	95	83

Çizelge değerlendirildiği zaman arka planı beyaz olan panonun, buğday dışındaki bölgelerin genel mavi, yeşil ve kırmızı renk değerlerinin genel olarak 135 ve üzerinde olduğu görülmüştür. Buğday üzerindeki noktalardan mavi, yeşil ve kırmızı

değerlerinin 100'den küçük olduğu görülmüştür. Önce birkaç fotoğraf üzerinde kontrol edilen değerlerin örneklem sayısı çoğaltılmış ve genel olarak çizelgede verilen değerlere yakın değerler elde edilmiştir.

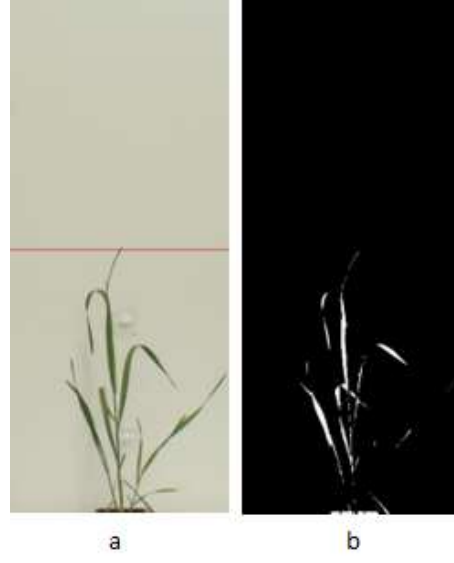
Fotoğraf işlemi ilk adımı olarak işlenecek fotoğraf ile aynı genişlik ve yükseklikte piksel değerlerine sahip bir dizi oluşturulup sıfır değeri ile doldurulmuştur. Bu dizi şablon olarak kullanılacak ve işlem bittiğinde buğdayın görüntüsü bu şablon üzerinde oluşacaktır. Görüntü işlemeye tabi tutulacak fotoğraf üzerinden kesit alınarak hızlı ıslah serası görüntü işleme adımları başlığında anlatılan bant boyunun piksel cinsinden bulunması işlemi uygulanmıştır. Piksel boyu bulunduktan sonra fotoğraf yukardan başlayıp aşağıya doğru piksel piksel taranmış ve her pikselin mavi, yeşil ve kırmızı renk değerleri filtre işlemine tabi tutulmuştur. Filtre işlemi sonucunda mavi, yeşil ve kırmızı renk değerleri 100 ve altında ise bu pikselin satır ve sütun değerleri alınıp şablon üzerindeki satır ve sütun değerleri beyaz olarak işaretlenmiştir. Bu işlem bittiğinde filtre işlemi sonucunda bulunan bütün değerler diziye aktarılmıştır.

Tarama işlemi bittikten sonra elde edilen dizi yukardan aşağıya kadar tekrar piksel piksel taranmış ve bulunan ilk beyaz nokta buğday boyu olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.43).



**Şekil 3.43:** Renk kanalları ayırma ve filtreleme algoritması kodlarına ait görsel.

Buğday boyu bulunduktan sonra yükseklik değeri orijinal fotoğraf üzerine işaretlenip kaydedilmiştir. Elde edilen piksel boyu, piksel değeri, buğday boyu, fotoğraf ismi veritabanına kayıt edilmiştir (Şekil 3.44)



**Şekil 3.44:** Renk kanalı filtresi uygulanarak elde edilen görüntüler.

(a) işaretlenmiş buğday boyu görüntüsü      (b) siyah-beyaz seviye görüntü

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ekmeklik buğdayın farklı sera koşullarında yetişmesini incelemek için araştırma ve hızlı ıslah seralarına fotoğraf çekmek ve sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub>, ışık gibi çevresel değişkenleri ölçmek için sensörlerle donatılmış çekim istasyonu kurulumu yapılmıştır. Çalışma süresince fotoğraflar alınmış ve sensör verileri toplanmıştır. Bu bölümde toplanan veriler üzerinden genel olarak bilgi verilecek sonrasında da hafta bazında bölümlere ayrılarak hem sensör verilerinin hem de buğday boyu ölçümü değerlendirilmesi yapılacaktır.

### 4.1 Genel Değerlendirme

Sıcaklık, bağıl nem, ışık yoğunluğu, IR ve görünür ışık, UV indeksi, CO<sub>2</sub> sensörleri tarafından toplanan veriler genel olarak değerlendirilerek, minimum, maksimum ve ortalama değerlere yer verilmiştir.

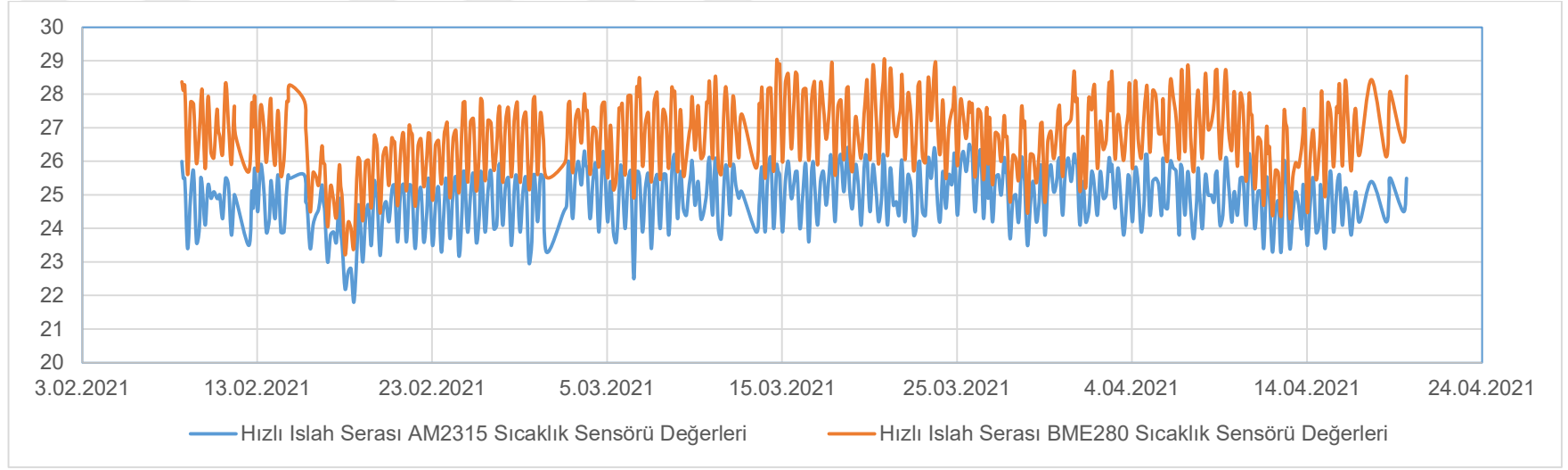
#### 4.1.1 Sıcaklık

Şekil 4.1’de hızlı ıslah serasında iki ayrı sensör tarafından alınan değerlere yer verilmiştir. Sensör verilerinin arasında en düşük 0,7 °C, en yüksek ise 3,39 °C fark olduğu, AM2315 sensörünün daha düşük ölçümler alırken BME280 sensörünün belirli oranda daha yüksek ölçüm aldığı görülmüştür. Bu farkın iki sebebi olduğu düşünülmektedir. Bu sebeplerden ilki Raspberry Pi 4 SBC bilgisayarın çalışırken oluşturduğu ısı olabilir. AM2315 sensörü kutunun altına, BME280 sensörü diğer üç sensörle birlikte kutunun üstüne yerleştirilmiştir. BME280 sensörü kutunun üst kısmında monte edildiği için Raspberry Pi 4 SBC’nin oluşturduğu ısıdan etkilenmesi muhtemeldir. Diğer sebep ise BME280 sensörünün üstü açık olduğu için ışık altında kalmasıdır. Sensörün üst korumasının olmamasından dolayı sensörün ışık sebebiyle ısınması ve ortam sıcaklığının üstünde ölçüm yapması muhtemeldir.

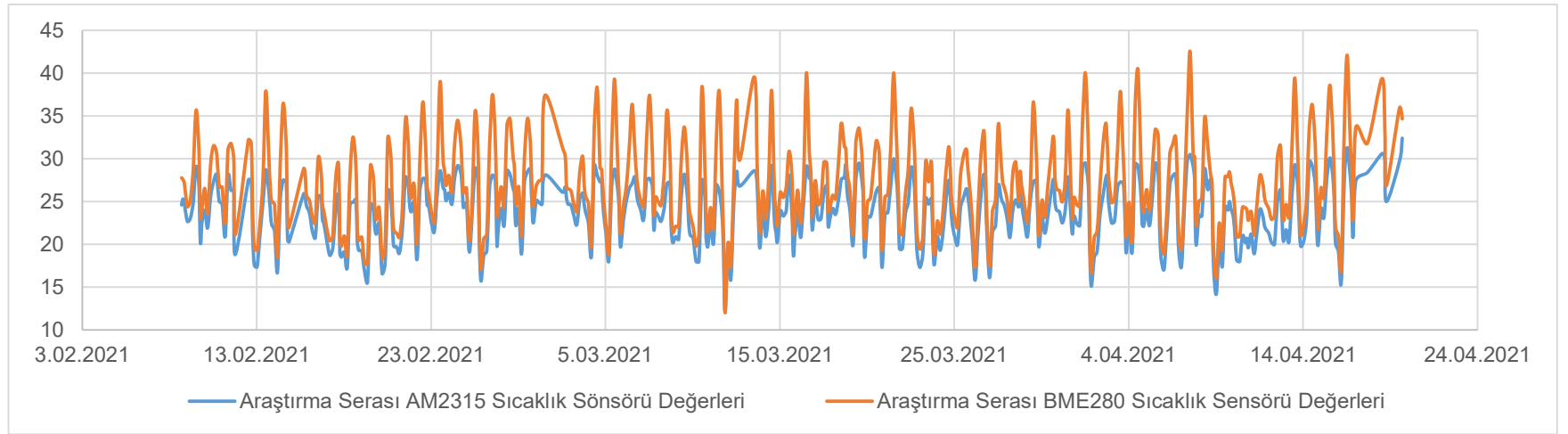
Şekil 4.5’te yer alan grafik üzerinde inceleme yapıldığında iki farklı sensörden alınan veriler arasındaki en düşük 0,01 °C, en yüksek 12 °C fark olduğu görülmüştür. Sensör grafiği incelendiğinde sıcaklığın düşük olduğu saatlerde AM2315 ile BME280 sensörlerinin birbirine çok yakın ölçüm aldığı, gündüz saatlerinde ve tavan

aydınlatmalarının açık olduğu saatlerde sensör verileri arasındaki makasın açıldığı ve 12 °C kadar çıktığı görölmektedir. BME280 sensörü, ortam ışığı altında kalması ve sensörün üstünün açık olmasından kaynaklı sensörün ısınması muhtemeldir. AM2315 sensörü hem kılıfı itibariyle dış ortamdan izole olması hem de konumu itibariyle ışık almamasından dolayı daha stabil ölçüm almaktadır.

İki çekim istasyonundan alınan veriler genel olarak karşılaştırıldığında; hızlı ıslah serasında sıcaklık en düşük 21,8 °C, en yüksek 26,5 °C olarak ölçölmüş ve ortalama 24,98 °C olarak hesaplanmış, araştırma serasında en düşük 12,1 °C, en yüksek 32,4 °C olarak ölçölmüş, ortalama sıcaklık ise 23,83 °C olarak hesaplanmıştır. Hızlı ıslah serasında sıcaklık klima tarafından sabit tutulurken, Araştırma serası doğrudan günışığı aldığı ve dış ortam ile ısı yalıtımı olmadığı için, gün içinde sıcaklık değişimi oldukça fazladır.



**Şekil 4.1:** Hızlı ıslah serasına ait AM2315 ve BME280 sıcaklık verileri.



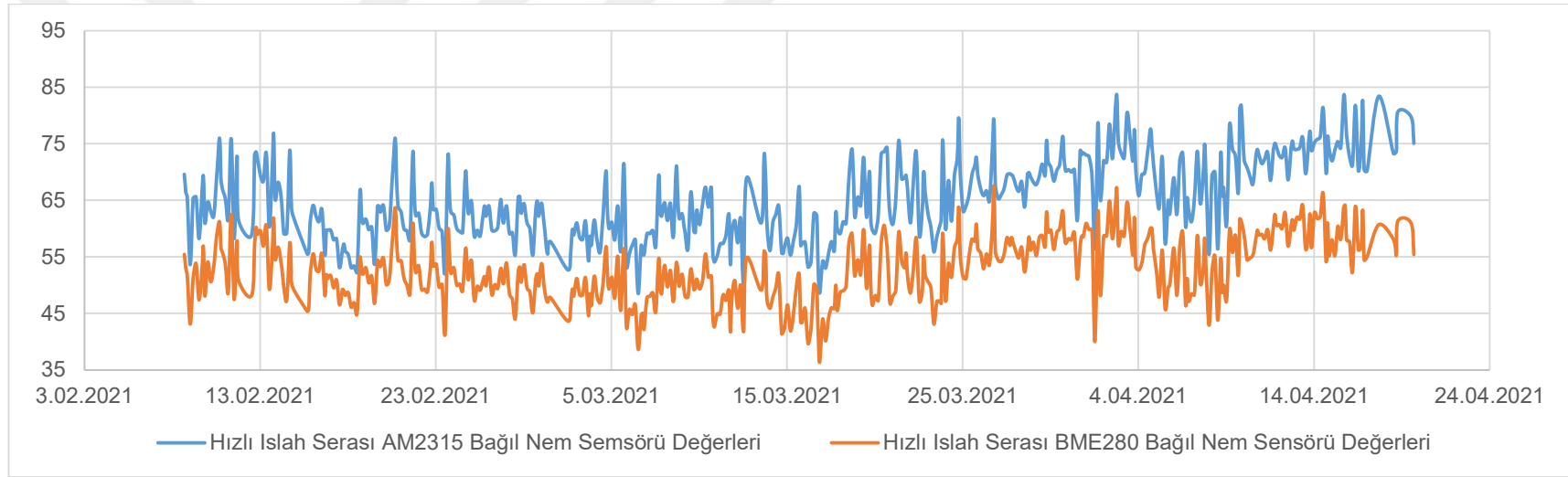
**Şekil 4.2:** Araştırma serasına ait AM2315 ve BME280 sıcaklık verileri.

#### 4.1.2 Bağıl nem

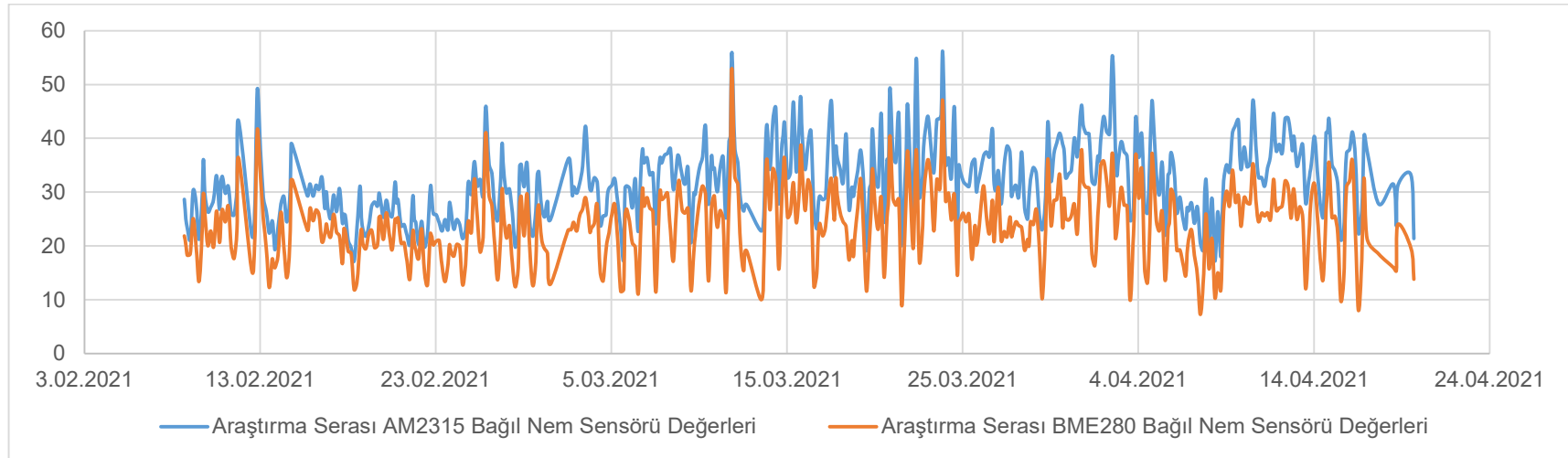
Şekil4.3'te hızlı ıslah serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem sensörü verilerine yer verilmiştir. Sensör verileri arasında en düşük %6,5; en yüksek %22,7 fark olduğu görülmüştür. AM2315 ve BME280 sensörleri sayısal olarak farklı değerler vermesine rağmen ölçüm grafiği büyük bir paralellik göstermektedir. BME280 sensörünün kutunun üstünde yer alması ve ışık altında kalması sebebiyle ısınıp bağıl nem ölçümünde farklı değer vermesi muhtemeldir.

Şekil 4.4'te araştırma serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem sensörü verilerine yer verilmiştir. Sensör verileri arasında en düşük %1,1; en yüksek %18,1 olarak ölçülmüştür. AM2315 ve BME280 sensörleri bağıl nem değerleri üst sınırdan birbirine yaklaşırken alt sınırdan aradaki farkın açıldığı görülmektedir.

İki sera arasında toplanan veriler karşılaştırıldığında; hızlı ıslah serasında bağıl nem, en düşük %48,5 en yüksek %83,6 olarak ölçülmüş, ortalama %65,5 olarak hesaplanmıştır. Araştırma serasında ise en düşük %17,1 en yüksek %56,1 olarak ölçülmüş, ortalama %52,96 olarak hesaplanmıştır. İki sera arasındaki nem farkı, hızlı ıslah serasında nem kontrolünün yapılması, araştırma serasında ise nem kontrol sisteminin bulunmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.3: Hızlı ıslah serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem verileri.



Şekil 4.4: Araştırma serasına ait AM2315 ve BME280 bağıl nem verileri.

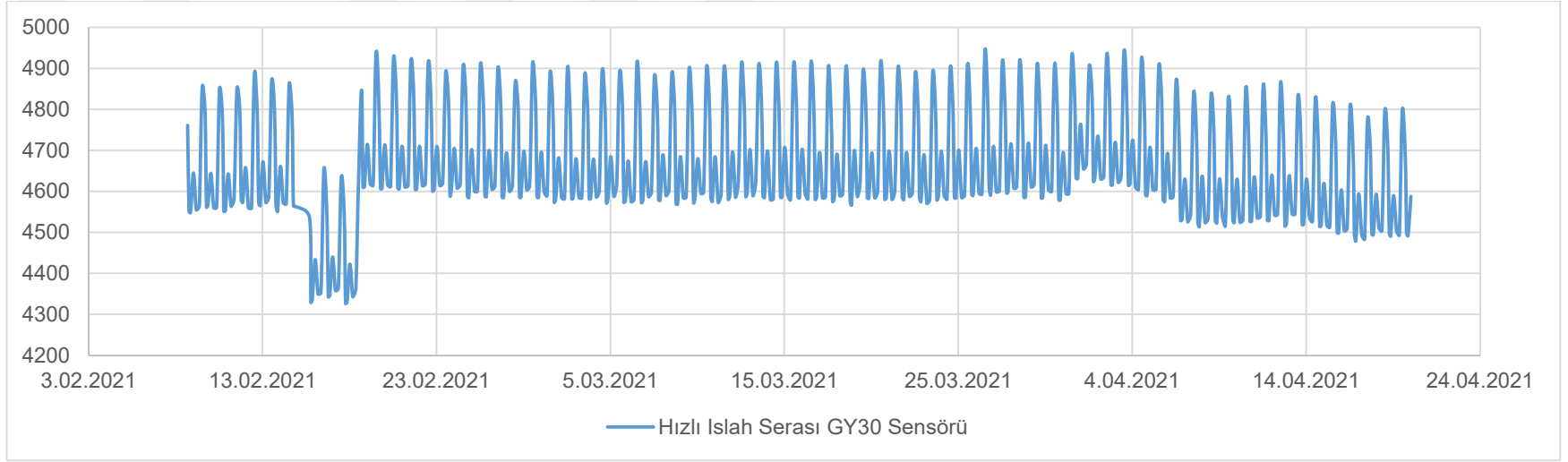
#### 4.1.3 Işık yoğunluğu

Şekil 4.5'teki hızlı ıslah serasına ait GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri incelendiğinde en düşük 4327 lux, en yüksek 4940 lux olduğu görülmüş, ortalama 4655 lux olarak hesaplanmıştır. İzole bir ortamda ışık yapay bir kaynak tarafından sağlandığı için ışık yoğunluğu dar bir alanda değişiklik göstermektedir.

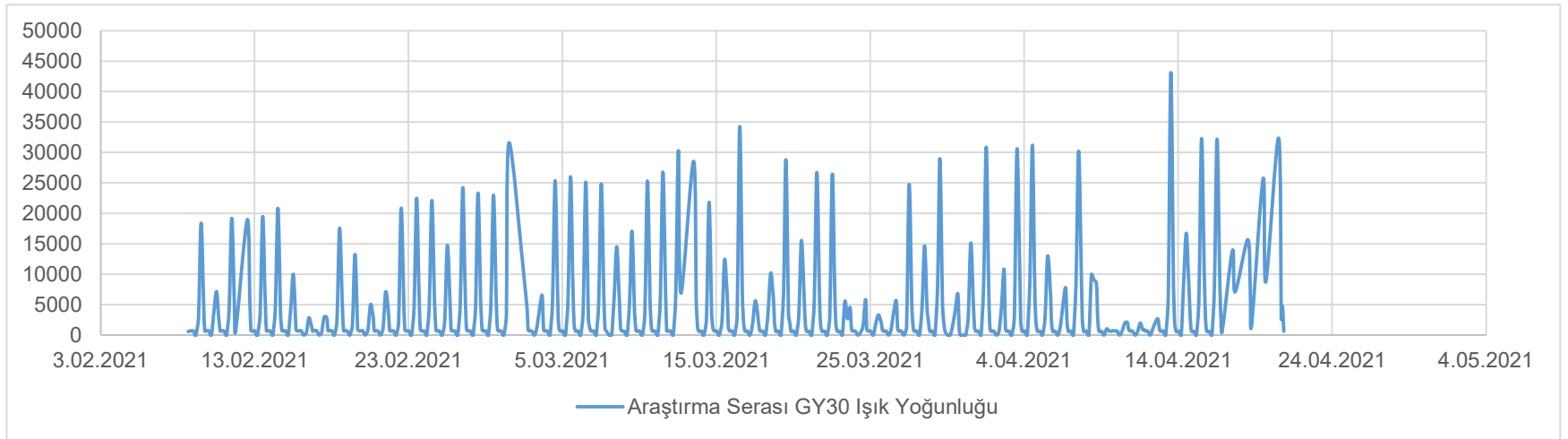
Araştırma serasına ait GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri incelendiğinde gece saatlerinde karanlıktan dolayı en düşük 0 lux, en yüksek 43132 lux olduğu görülmüş, ortalama 4446 lux olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6). En yüksek değerlerin kaydedildiği zamanın öğle saatlerinde olduğu görülmüştür.

Hızlı ıslah serası günlük periyotta 20 saat tarımsal LED aydınlatma ile iki saat ise tavan aydınlatmaları ve günışığı ile aydınlatılmaktadır. Araştırma serası gün doğumundan saat 18:00'e kadar günışığı almakta, saat 18:00'den gün batımına kadar hem tavan aydınlatmaları hem de günışığı almaktadır. Gün batımından itibaren saat 02:00'ye kadar ise sadece tavan aydınlatması ile aydınlanmaktadır.

İki sera arasında toplanan veriler karşılaştırıldığında; hızlı ıslah serasında ışık miktarının tarımsal LED aydınlatmalardan dolayı genel olarak çok dar bir aralıkta değiştiği, araştırma serasında ise günışığı ve 18:00 – 02:00 saatleri arası açık olan tavan aydınlatmaları nedeniyle gün içinde değişiklik gösterdiği görülmektedir. Gün içinde iki seranın aldığı ortalama ışık değerleri birbirine yakındır.



**Şekil 4.5:** Hızlı ıslah serası GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri.



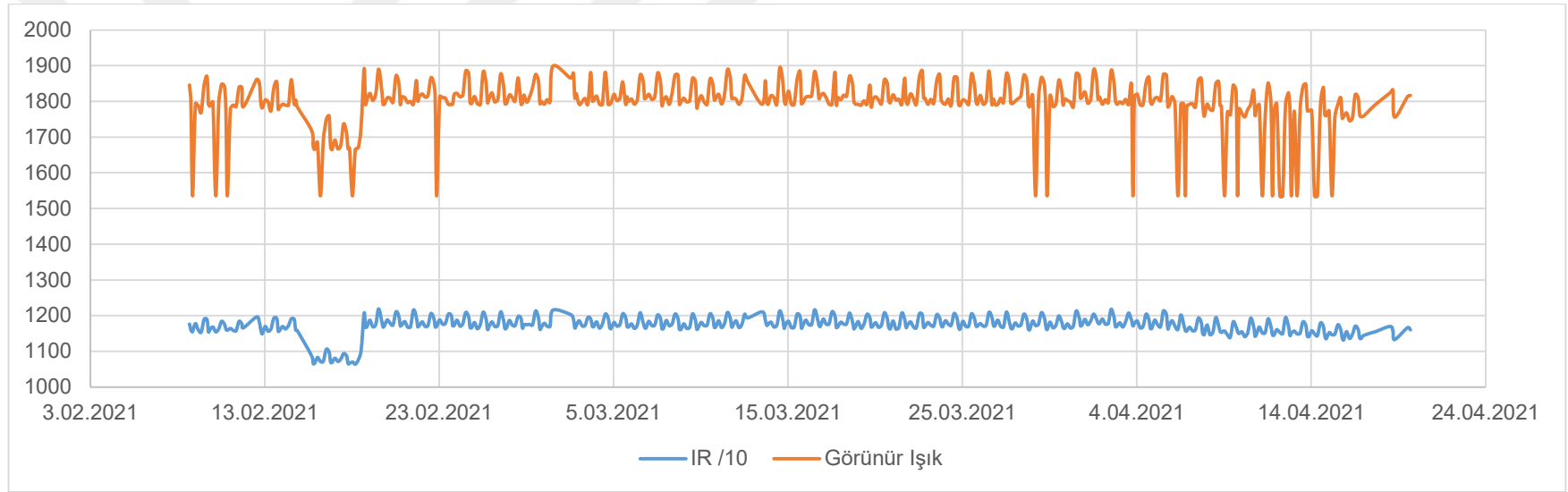
**Şekil 4.6:** Hızlı ıslah serası GY30 ışık yoğunluğu sensörü verileri.

#### 4.1.4 IR (infrared, kızılötesi) ve görünür ışık değerleri karşılaştırması

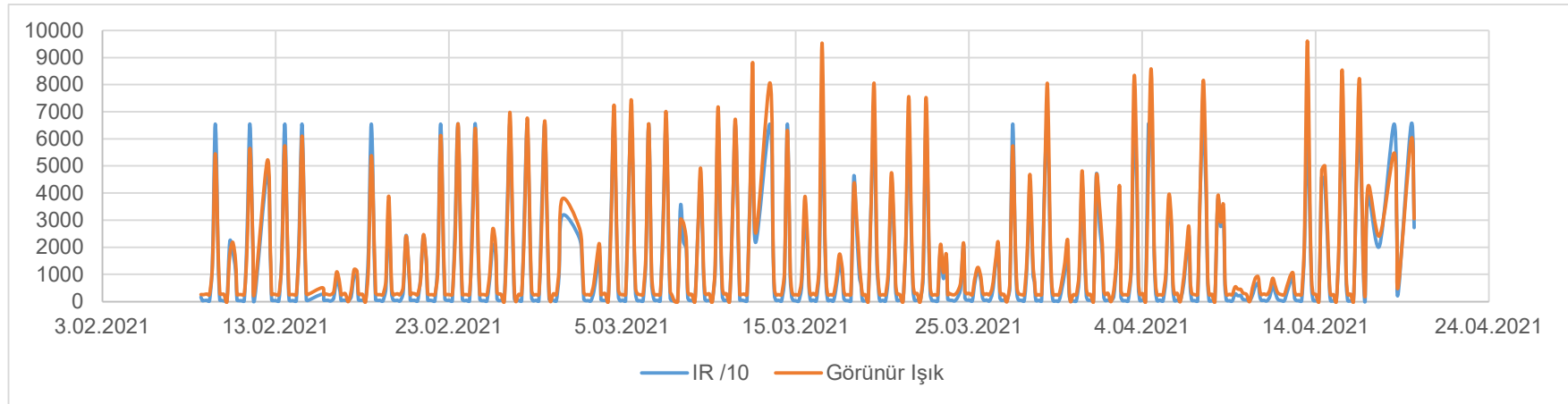
IR ve görünür ışık değerleri SII145 sensörü tarafından ölçülmüştür. Sensör en duyarlı olduğu dalga boyları IR ışık için 800 nm, görünür ışık için 550 nm'dir. Şekil 4.5'teki hızlı ıslah serasından alınan IR ve görünür ışık değerleri verilmiştir. Grafiğin daha anlaşılır olması için okunan IR değerleri 1/10 oranına düşürülüp görünür ışık değeri ile karşılaştırılmıştır. Veriler incelendiğinde IR değeri en düşük 10647, en düşük 12190 olarak ölçülmüştür. Görünür ışık değeri en düşük 1536, en yüksek 1899 olarak ölçülmüştür. Hızlı ıslah serası için IR değeri görünür ışık değerinin yaklaşık 6,52 katı olduğu görülmektedir.

Şekil4.6'da araştırma serasından alınan IR ve görünür ışık değerleri verilmiştir. Grafiğin daha anlaşılır olması için alınan IR değeri 1/10 oranına düşürülmüştür. Alınan veriler incelendiğinde IR değeri en düşük değer 248, en yüksek değer 65535 olarak ölçülmüştür. Görünür ışık değeri en düşük 0, en yüksek 9615 olarak ölçülmüştür. Araştırma Serası için IR ve görünür ışık değerleri karşılaştırıldığında IR değerinin görünür ışık değeri ile birebir örtüştüğü ve IR değerinin görünür ışık değerinin yaklaşık 8,45 katı olduğu görülmektedir.

İki seradan alınan veriler karşılaştırıldığında tarımsal LED aydınlatmalar ile yapılan aydınlatmada IR / görünür ışık değeri yaklaşık 6,52 olduğu, genişliği ve sodyum buharlı tavan aydınlatması ile aydınlanan araştırma serasında IR / görünür ışık değerinin 8,45 katı olduğu hesaplanmıştır.



**Şekil 4.7:** Hızlı ıslah serası SI1145 sensörü IR ve görünür ışık değerleri.



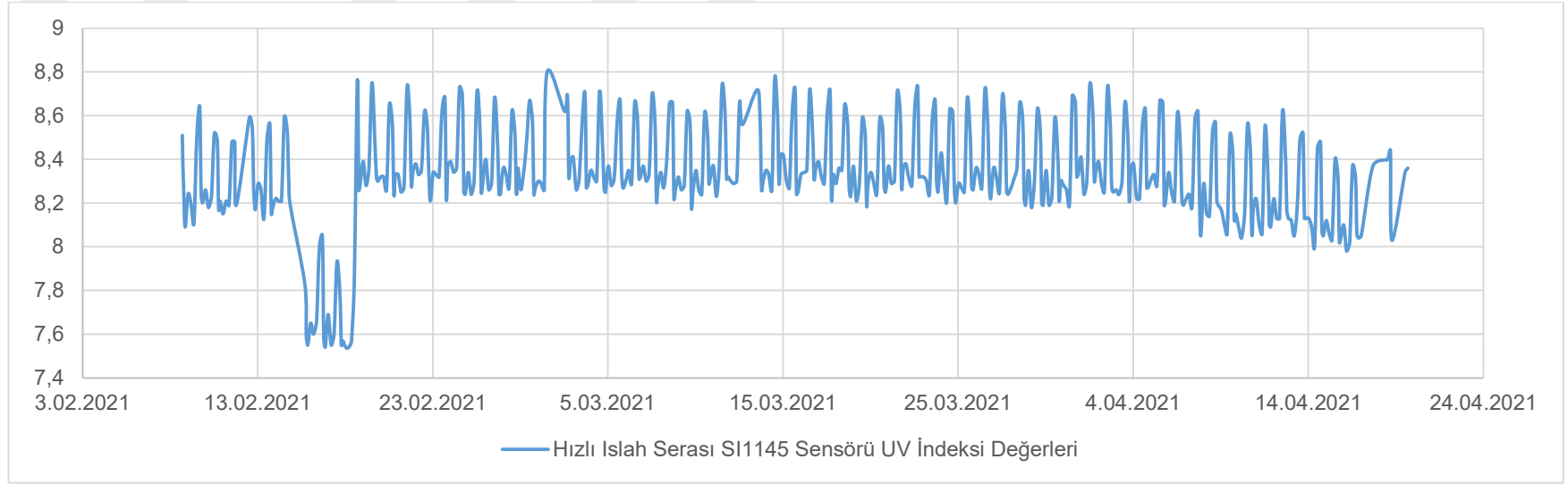
**Şekil 4.8:** Araştırma serası SI1145 sensörü IR ve görünür ışık değerleri.

#### 4.1.5 UV indeksi ve IR – UV indeksi karşılaştırması

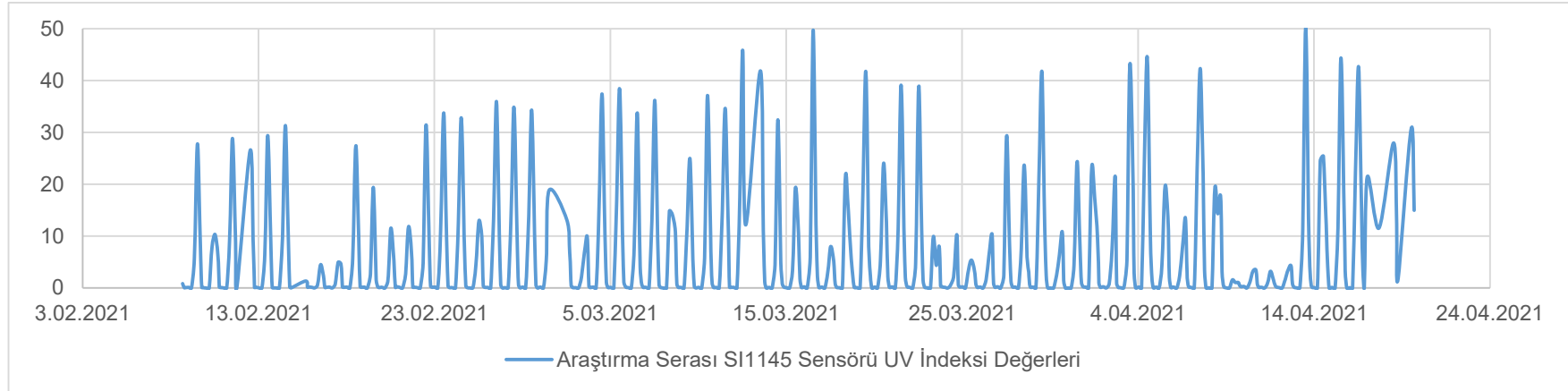
SI1145 sensörü IR ve görünür ışık değerleri üzerinden UV indeksi hesaplama yeteneğine sahiptir.

Şekil 4.9'daki hızlı ıslah serası SI1145 sensörü tarafından hesaplanan UV indeksi değerleri incelendiğinde en düşük 7,54; en yüksek 8,8 olarak alınmış, ortalama değer 8,32 olarak hesaplanmıştır. UV indeksi değeri ile IR değeri arasındaki oran grafiğe dökülmüştür (Şekil 4.11). Benzerliğin daha net görülmesi için grafik üzerinde gösterilen IR değeri 1/1000 oranına düşürülüp UV indeksi ile kıyaslanmıştır.

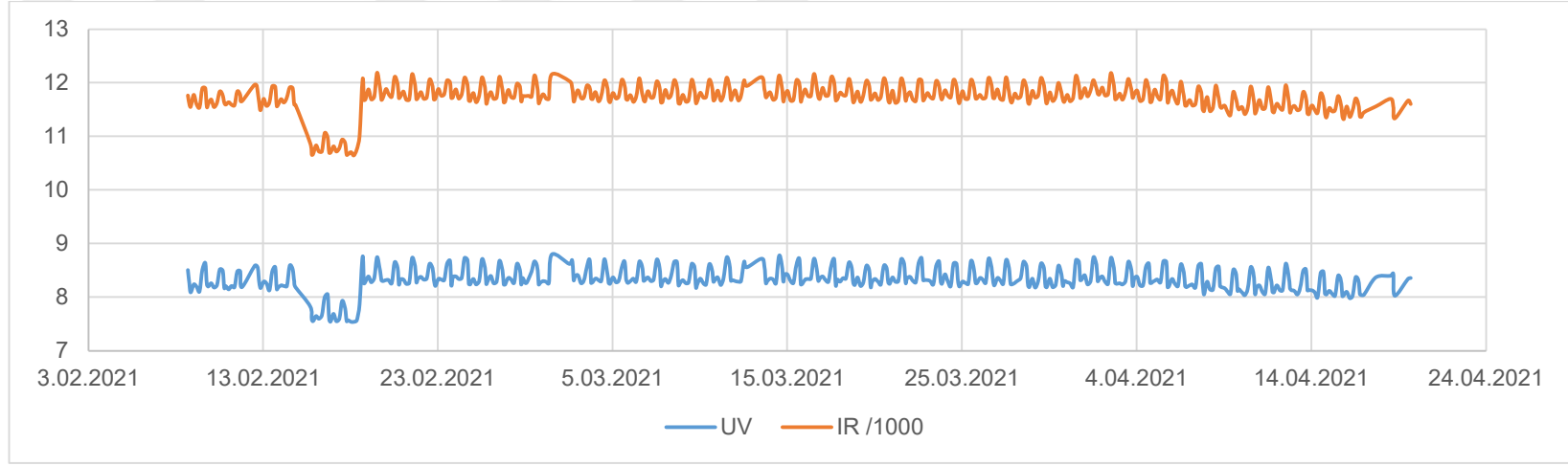
Şekil 4.10'de araştırma serası SI1145 sensörü tarafından hesaplanan UV indeksi değerlerine bakıldığında en düşük 0, en yüksek değer 50,13 olarak alınmış, ortalama değer 6,59 olarak hesaplanmıştır. 50,13 değeri alınan tüm sensör verileri arasında en yüksek değer olarak 13/04/2021 tarihi saat 12:30'da alınmıştır. UV indeksi değeri 6-8 yüksek, 9-10 aralığı çok yüksek, 11 ve üzeri ekstrem yüksek olarak değerlendirilmektedir. Aynı yazılım ve ikiz sensörler kullanılmasına rağmen araştırma serasında UV indeksi 20 ve üzerinde olan birçok ölçüm alınmıştır. UV değerinin gün içinde ışık şiddeti ile paralel olarak değişim göstermesi sensörün tutarlı ölçüm aldığını, UV indeksinin ise çok yüksek çıkması sensörün hatalı ölçüm yaptığını düşündürmektedir. Hızlı ıslah serasından alınan IR ve UV indeksi değerleri karşılaştırıldığında IR / UV değeri 1407 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.11). Araştırma serasından alınan IR ve UV değerleri karşılaştırıldığında IR / UV değeri ortalama 1881'dir (Şekil4.12).



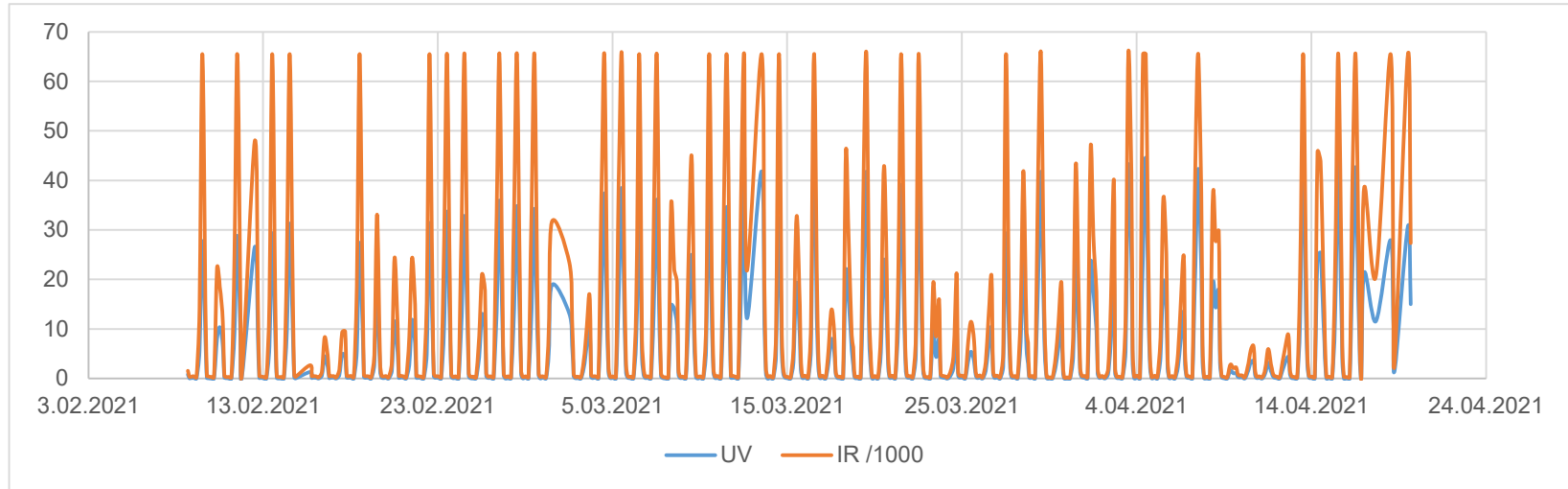
**Şekil 4.9:** Hızlı ıslah serası SI1145 sensörü UV indeksi



**Şekil 4.10:** Araştırma serası SI1145 sensörü UV indeksi.



**Şekil 4.11:** Hızlı ıslah serası UV - IR değerleri karşılaştırması.

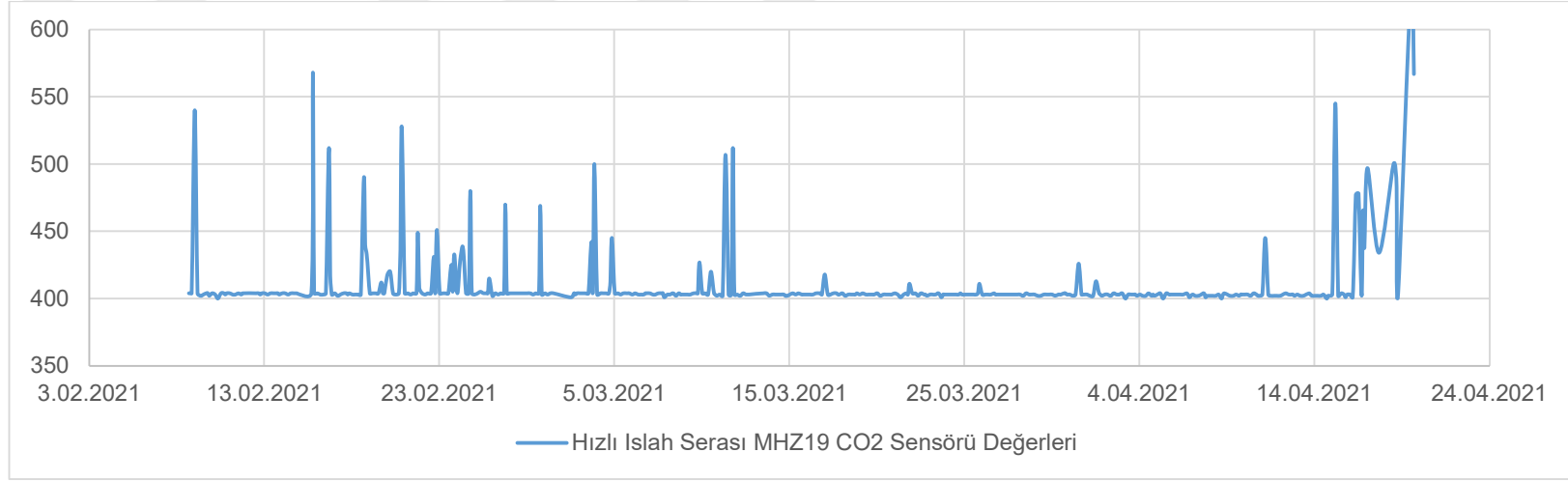


**Şekil 4.12:** Araştırma serası UV - IR değerleri karşılaştırması.

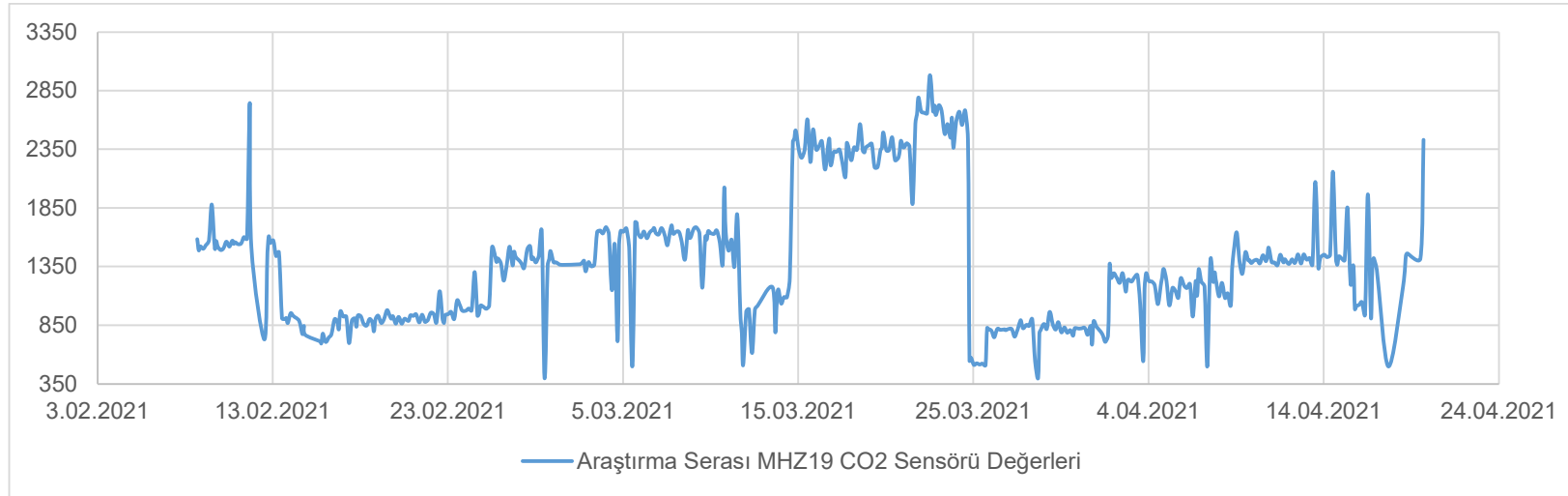
#### 4.1.6 CO<sub>2</sub> seviyesi

Şekil 4.9'daki hızlı ıslah serasında MHZ19 CO<sub>2</sub> sensörü tarafından ölçülen değerler incelendiğinde alınan en düşük CO<sub>2</sub> seviyesi 400 ppm, en yüksek ise 512 ppm değeri okunmuş, ortalama olarak 409,39 ppm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.10'da araştırma serasında MHZ19 sensörü tarafından alınan CO<sub>2</sub> değerlerine yer verilmiştir. Alınan değerler incelendiğinde en düşük 400 ppm, en yüksek 2984 ppm olarak ölçülmüş ortalama değer ise 1388,44 ppm olarak hesaplanmıştır.

İki seradan alınan veriler değerlendirildiğinde hızlı ıslah serasının hacim olarak daha küçük olması, kullanılan saksı sayısının az ve saksı boyutlarının küçük olması, 2 saat karanlık dönem hariç 22 saat aydınlatma sürecinde fotosentezin devam etmesi sebebiyle CO<sub>2</sub> seviyesi oldukça düşük ve açık hava CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna yakın olduğu gözlenmiştir. Seradaki saksılarda kullanılan toprak miktarının oldukça az olması ve fotosentezin devam etmesi sebebiyle CO<sub>2</sub> seviyesi oldukça düşüktür. Araştırma serasında ise seranın hacmen büyük olması, büyük saksı sayısının fazla olması sebebiyle seradaki toplam toprak miktarı oldukça fazladır. Topraktan yayılan CO<sub>2</sub> miktarının fazla ve seranın hızlı ıslah serasına nazaran gün içinde ışıklı geçirilen sürenin az olması sebebiyle CO<sub>2</sub> seviyesinin değişken ve hızlı ıslah serasına göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu değişkenlik günışığı ya da günün belirli periyotlarına bağlı olmayıp dönemsel yükselmekte ve düşmektedir. Örnek olarak 14 – 24 Mart tarihleri arasında sürekli olarak 2400 ve üstü ölçülen CO<sub>2</sub> seviyesi, 24 Mart- 1 Nisan tarihleri arasında 850 ve altında olarak ölçülmüştür. CO<sub>2</sub> seviyesinin dönemsel yükseliş ve düşüş göstermesinde, serada kullanılmak üzere temin edilen toprak ve torfların etkisi olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.13:** Hızlı ıslah serası MHZ19 CO<sub>2</sub> sensörü değerleri.



**Şekil 4.14:** Araştırma serası MHZ19 CO<sub>2</sub> sensörü değerleri.

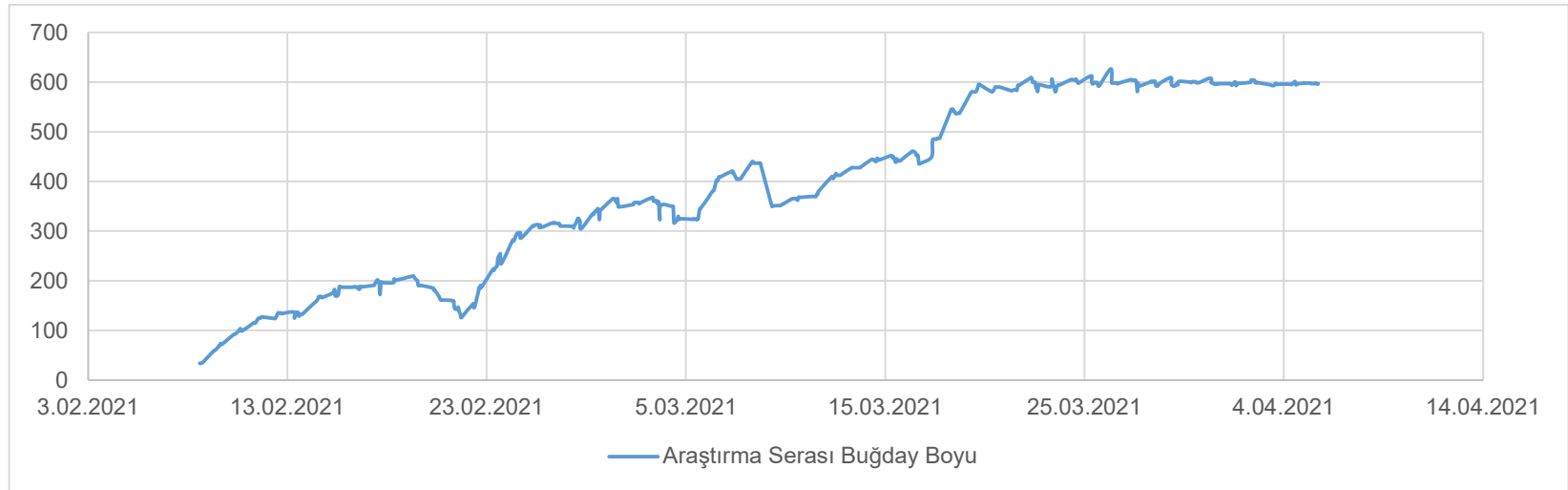
#### 4.1.7 Buğday boyu

05/02/2021 tarihinde ekim yapılmış ve bu tarihten itibaren fotoğraf alınmaya başlanmıştır. İki serada da 08/02/2021 tarihinde çimlenme görülmüş ve aynı gün içinde buğday boyu bilgisi okunmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren hızlı ıslah serası için planlanan hasat tarihi olan 30/03/2021 tarihine kadar genel itibariyle artış gösteren buğday boyu verisi elde edilmiştir. Araştırma serası buğdayı, çimlenme tarihinden itibaren planlanan hasat tarihi olan 03/04/2021 tarihine kadar dalgalı bir seyir izlemiştir.

Şekil 4.11’de hızlı ıslah serasında bulunan buğdayın zamana bağlı grafiği verilmiştir. Buğday boyunun hasat zamanı 500 mm olduğu ve üç başak çıkardığı görülmüştür. Şekil 4.12’de araştırma serasında bulunan buğdayın zamana bağlı boy grafiği görülmektedir. Buğday boyunun hasat zamanı 600 mm olduğu ve iki başak çıkardığı görülmüştür.



**Şekil 4.15:** Hızlı ıslah serası buğday boyu.



**Şekil 4.16:** Araştırma serası buğday boyu.

## 4.2 Haftalık Değerlendirme

Bu bölümde; sıcaklık, bağıl nem, ışık yoğunluğu, CO<sub>2</sub> seviyesi ve buğday boyu değerleri çizelge ve grafik halinde verilecektir. Seralardan alınan veriler haftalık olarak incelenirken hızlı ıslah serasının sürekli olarak tarımsal LED aydınlatmalar ile aydınlatıldığını, ölçüm alan düzeneğin tarımsal LED'ler ile aynı kaynaktan beslenmesinden dolayı tarımsal LED'lerin kapalı olduğu 10:00–12:00 ve 22:00–00:00 saatleri arasında ölçüm alınamadığını belirtmekte fayda vardır. Tarımsal LED aydınlatmaların kapalı olduğu saatlerde örneklem alınamadığından dolayı örneklem seçiminde iki seradan da veri alınan 00:30, 04:30, 08:30, 12:30, 16:30, 18:30 ve 20:30 saatlerindeki değerler seçilmiştir. Grafikler bu verilere dayanarak oluşturulmuştur.

### 4.2.1 Sıcaklık

Hızlı ıslah ve araştırma serasına ait her gün aynı saatte alınan sıcaklık verileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede ve grafiklerin oluşturulmasında kalibrasyonlu olması, yerleşimi dolayısıyla gölgede ve cihaz altında bulunması sebebiyle AM2315 sensörü verileri kullanılmıştır.

**Çizelge 4.1:** Hızlı ıslah ve araştırma seralarına ait sıcaklık verileri.

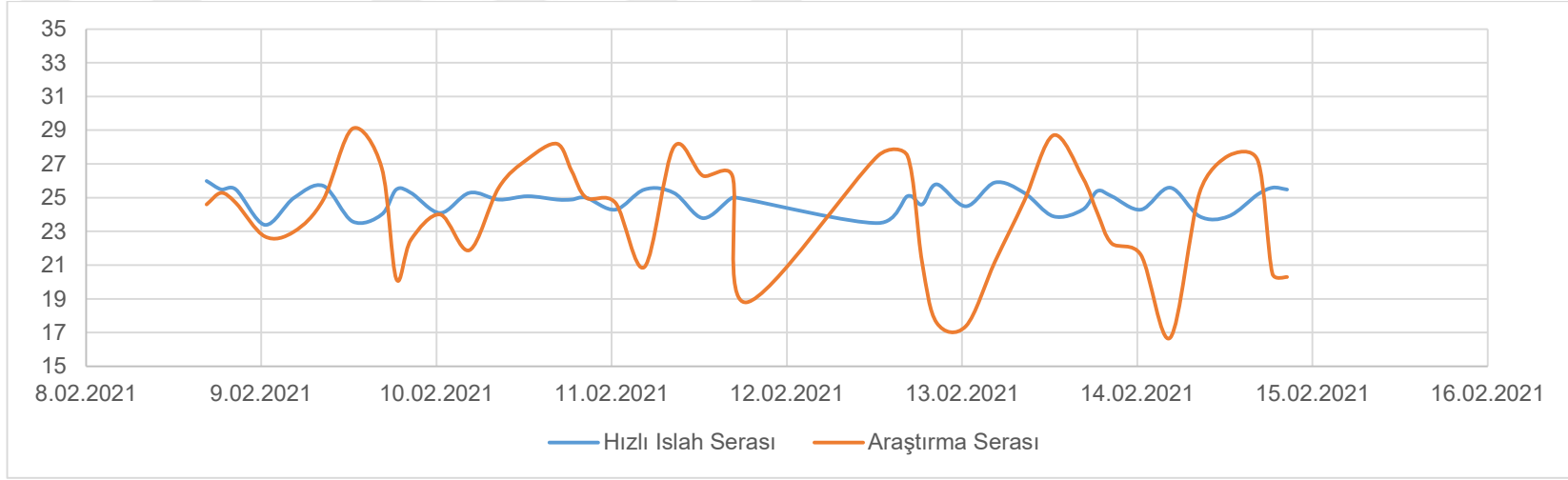
Tarih	Hızlı Islah Serası Sıcaklık (°C)	Araştırma Serası Sıcaklık (°C)
8.02.2021 12:30	23,9	28,8
9.02.2021 12:30	23,6	29,1
10.02.2021 12:30	25,1	27,3
11.02.2021 12:30	23,8	26,3
12.02.2021 12:30	23,5	27,5
13.02.2021 12:30	23,9	28,7
14.02.2021 12:30	23,9	27,5
15.02.2021 12:30	24	28,8
16.02.2021 12:30	24,6	25,6
17.02.2021 12:30	23,6	23,8
18.02.2021 12:30	21,8	24,9
19.02.2021 12:30	23,5	24,7
20.02.2021 12:30	24,2	26,3
21.02.2021 12:30	23,6	27,8
22.02.2021 12:30	23,6	27,7
23.02.2021 12:30	23,3	28,6
24.02.2021 12:30	23,2	29,2
25.02.2021 12:30	23,6	28,9
26.02.2021 12:30	24	28,1

**Çizelge 4.1:** Hızlı ıslah ve araştırma seralarına ait sıcaklık verileri (Devam).

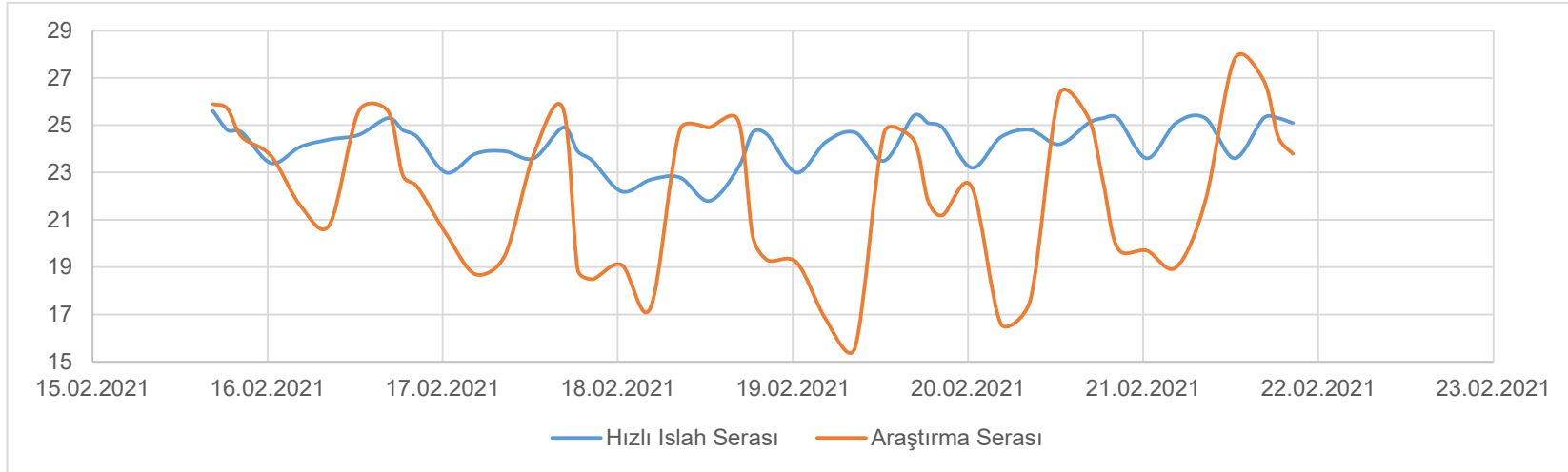
27.02.2021 12:30	23,5	28,2
28.02.2021 12:30	23	28,5
1.03.2021 12:30	23,3	28,1
2.03.2021 12:30	24,5	26,1
3.03.2021 12:30	25,3	25,3
4.03.2021 12:30	23,9	28,1
5.03.2021 12:30	23,6	28,8
6.03.2021 12:30	22,5	27,1
7.03.2021 12:30	23,4	27,7
8.03.2021 12:30	23,8	27,1
9.03.2021 12:30	24,4	28,2
10.03.2021 12:30	24,5	27,4
11.03.2021 12:30	23,7	26,2
12.03.2021 12:30	24,9	28,5
13.03.2021 12:30	23,9	28,6
14.03.2021 12:30	24	29,2
15.03.2021 12:30	24,9	28,1
16.03.2021 12:30	23,6	29,1
17.03.2021 12:30	24,7	26,1
18.03.2021 12:30	25,1	27,6
19.03.2021 12:30	24,1	29,5
20.03.2021 12:30	24,2	26,2
21.03.2021 12:30	24,8	30
22.03.2021 12:30	23,8	29
23.03.2021 12:30	25,5	24,7
24.03.2021 12:30	25,6	25,2
25.03.2021 12:30	25,7	25,4
26.03.2021 12:30	24,3	25,8
27.03.2021 12:30	25	26,9
28.03.2021 12:30	24,2	25,2
29.03.2021 12:30	24,2	27,3
30.03.2021 12:30	25,1	25,7
31.03.2021 12:30	25,4	27,9
1.04.2021 12:30	24,5	29,5
2.04.2021 12:30	25	25,7
3.04.2021 12:30	23,8	27,3
4.04.2021 12:30	23,9	29,2
5.04.2021 12:30	25,3	29,5
6.04.2021 12:30	25,7	28

Seralardan alınan veriler haftalara bölünerek grafikler halinde verilmiştir. Birinci hafta hızlı ıslah serasında en düşük sıcaklık 23,4 °C olarak ölçülürken araştırma serasında

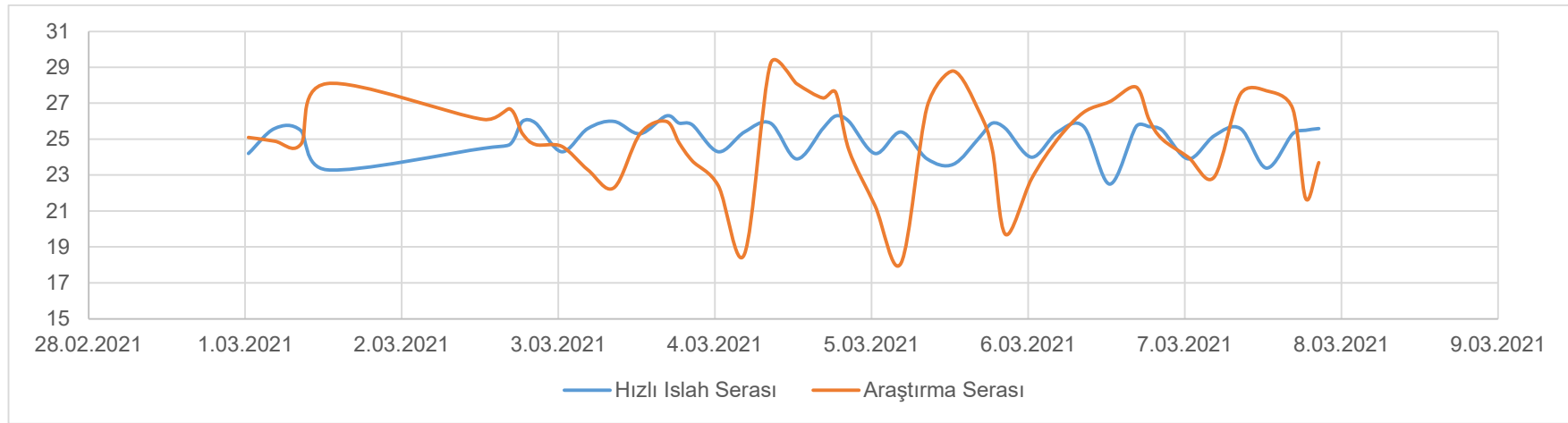
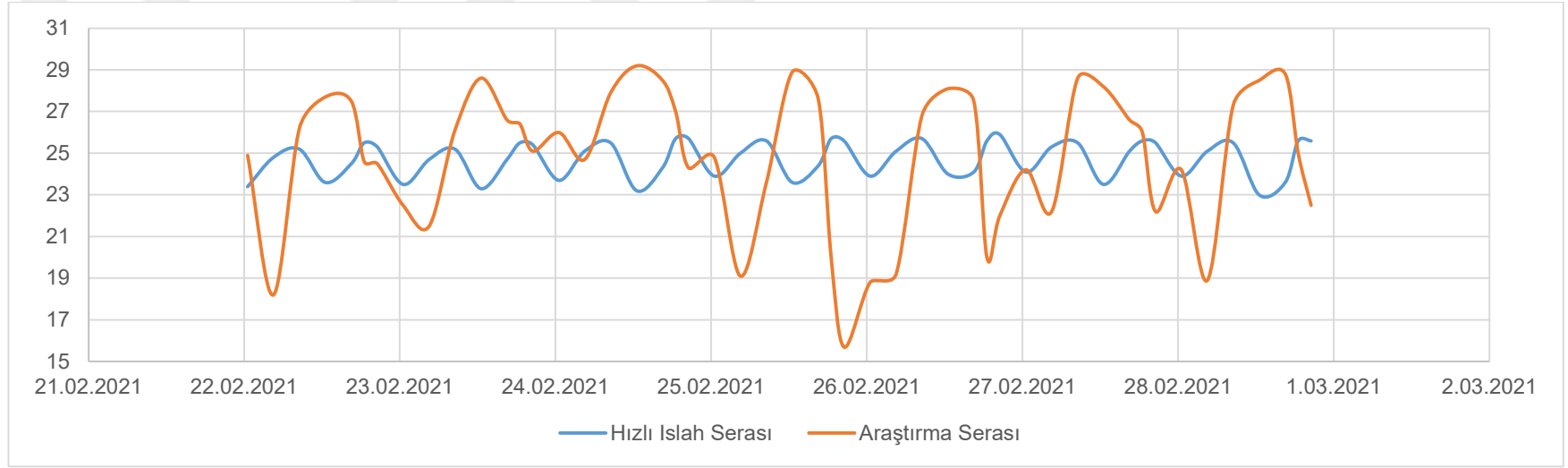
en düşük 16,7 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.17). İkinci hafta ortalama sıcaklıklar hızlı ıslah serasında 24,25 °C, araştırma serasında 22,06 °C ölçülmüştür (Şekil 4.18). Üçüncü hafta hızlı ıslah serasında en yüksek 25,9 °C, araştırma serasında 23,06 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.19). Dördüncü hafta iki sera içinde ortalama sıcaklık 25 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.20). Beşinci hafta araştırma serasında çalışma boyunca kaydedilen en düşük sıcaklık 12,1 °C olarak alınmış, hızlı ıslah serasında en düşük ise 23,7 °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.21). Altıncı hafta araştırma serasında en yüksek sıcaklık 30 °C olarak kaydedilmiş, hızlı ıslah serasında 26,4 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.22). Yedinci hafta hızlı ıslah serasında ortalama sıcaklık 25,3 °C olarak alınmış, araştırma serasında 23,2 °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.23). Sekizinci hafta araştırma serasında en düşük 15,1 °C, hızlı ıslah serasında 23,5 °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.24). Dokuzuncu haftada 30,5 °C olarak araştırma serasında en yüksek sıcaklık ölçülmüştür. Hızlı ıslah serasında ise 26,2 °C olarak alınmıştır. (Şekil 4.25). Genel olarak hafta bazında bakıldığında hızlı ıslah serasında en fazla 4°C fark görülürken, araştırma serasında beşinci haftada bu farkın 17,1 °C kadar çıktığı görülmüştür.

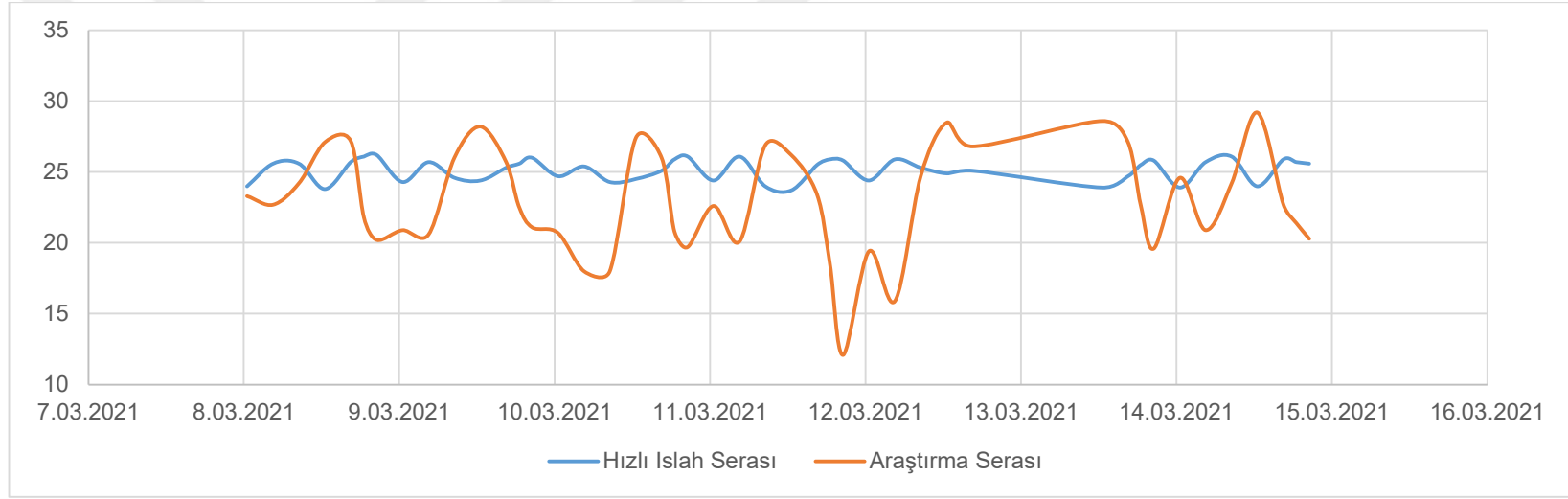


**Şekil 4.17:** Birinci hafta sıcaklık grafiği.

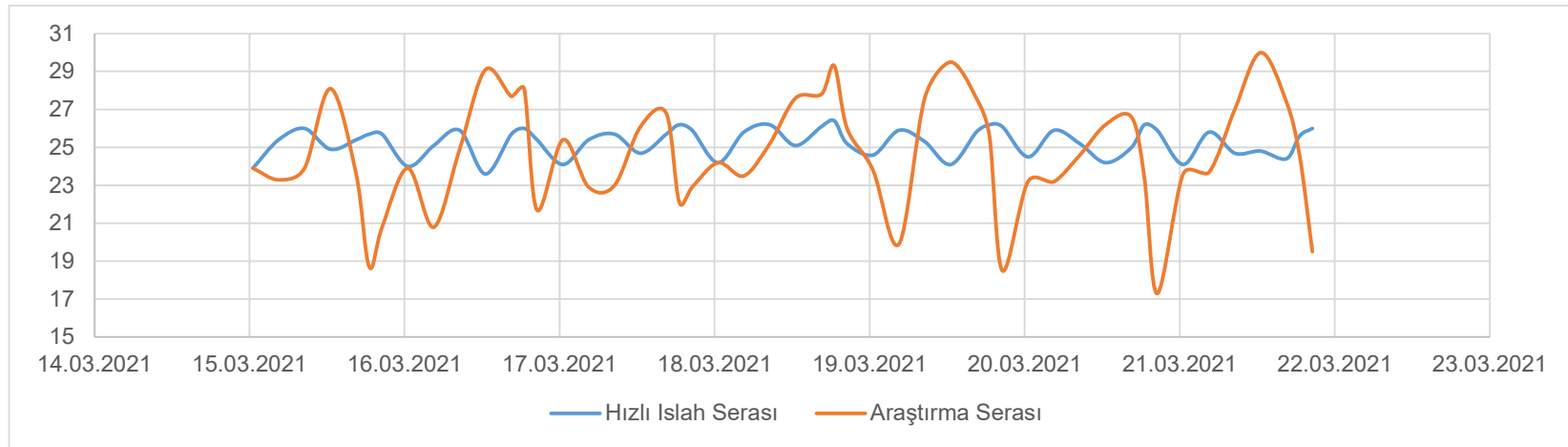


**Şekil 4.18:** İkinci hafta sıcaklık grafiği.

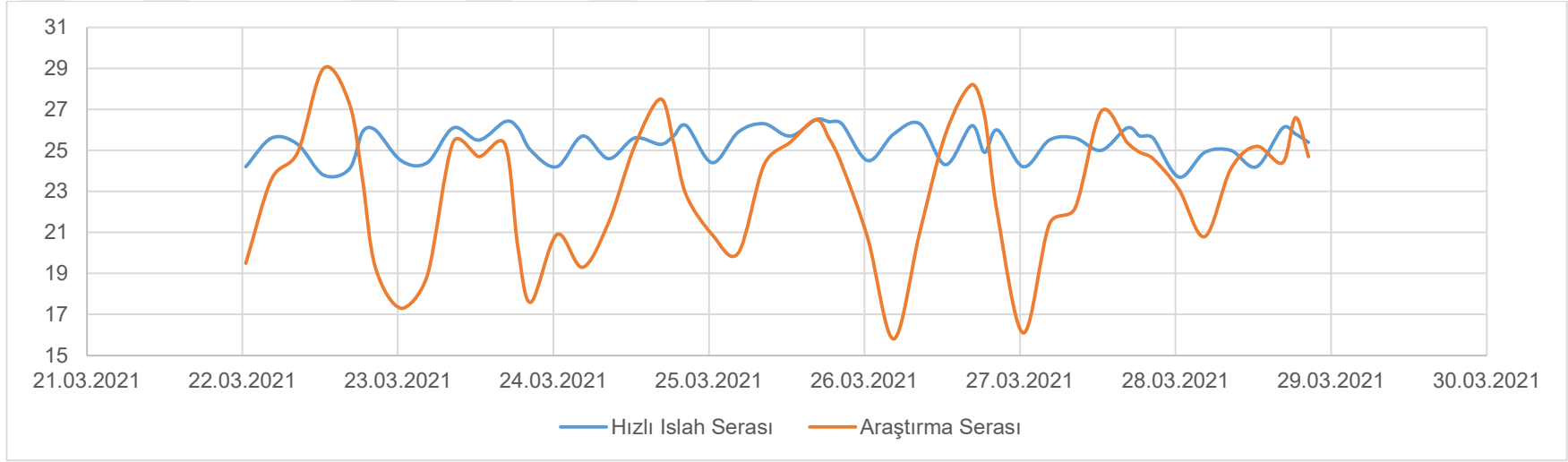




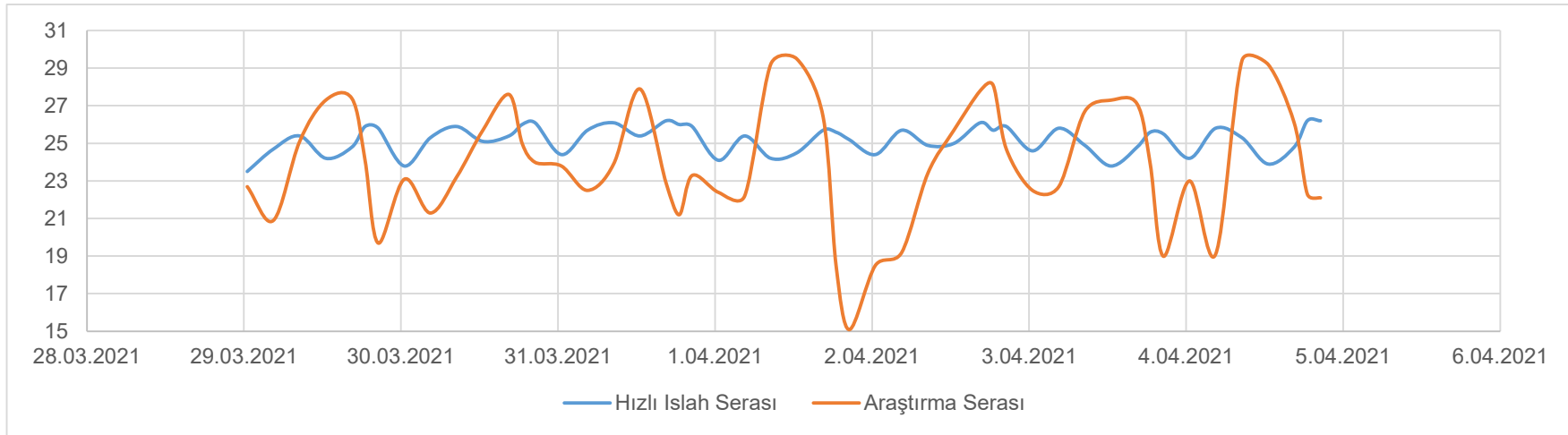
**Şekil 4.21:** Beşinci hafta sıcaklık grafiği.



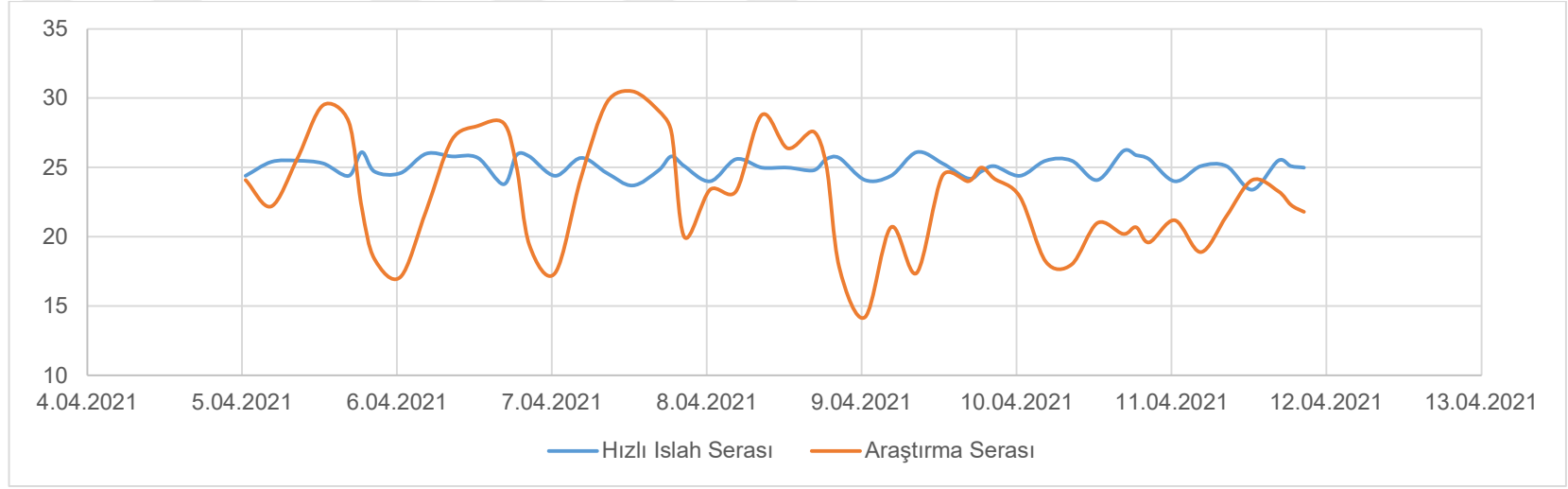
**Şekil 4.22:** Altıncı hafta sıcaklık grafiği.



Şekil 4.23: Yedinci hafta sıcaklık grafiği.



Şekil 4.24: Sekizinci hafta sıcaklık grafiği.



**Şekil 4.25:** Dokuzuncu hafta sıcaklık grafiği.

#### 4.2.2 Bağlı nem

Seralardan alınan bağlı nem verileri günlük olarak listelenmiştir (Çizelge 4.2). Çizelgede ve grafiklerin oluşturulmasında kalibrasyonlu olması, yerinin gölgede ve cihaz altında bulunması sebebiyle AM2315 sensörü verileri kullanılmıştır.

**Çizelge 4.2:** Hızlı ıslah ve araştırma serası bağlı nem verileri.

<b>Tarih</b>	<b>Hızlı Islah Serası Bağlı Nem (%)</b>	<b>Araştırma Serası Bağlı Nem (%)</b>
9.02.2021 12:30	58,2	21,2
10.02.2021 12:30	68,8	33,1
11.02.2021 12:30	58,2	25,8
12.02.2021 12:30	58,9	22,1
13.02.2021 12:30	60,3	22,4
14.02.2021 12:30	59,2	24,5
15.02.2021 12:30	60	24,2
16.02.2021 12:30	63,4	32,8
17.02.2021 12:30	53,1	30,7
18.02.2021 12:30	52,3	23,5
19.02.2021 12:30	53,7	28,2
20.02.2021 12:30	68,5	25,5
21.02.2021 12:30	58	20,3
22.02.2021 12:30	59	22,2
23.02.2021 12:30	52,3	24,9
24.02.2021 12:30	59,3	21,4
25.02.2021 12:30	58,7	32,4
26.02.2021 12:30	60,2	24,8
27.02.2021 12:30	55,4	19,8
28.02.2021 12:30	55,3	21,8
1.03.2021 12:30	57,7	24,9
2.03.2021 12:30	52,7	36,1
3.03.2021 12:30	61,3	42,3
4.03.2021 12:30	62,4	25,6
5.03.2021 12:30	56	23,2
6.03.2021 12:30	48,5	22,7
7.03.2021 12:30	56,9	24,1
8.03.2021 12:30	58,5	30,5
9.03.2021 12:30	66,5	20,6
10.03.2021 12:30	63,8	27,8
11.03.2021 12:30	58,9	25,2
12.03.2021 12:30	50,3	26,5
13.03.2021 12:30	61	22,8
14.03.2021 12:30	64	27,9
15.03.2021 12:30	60,6	33,8

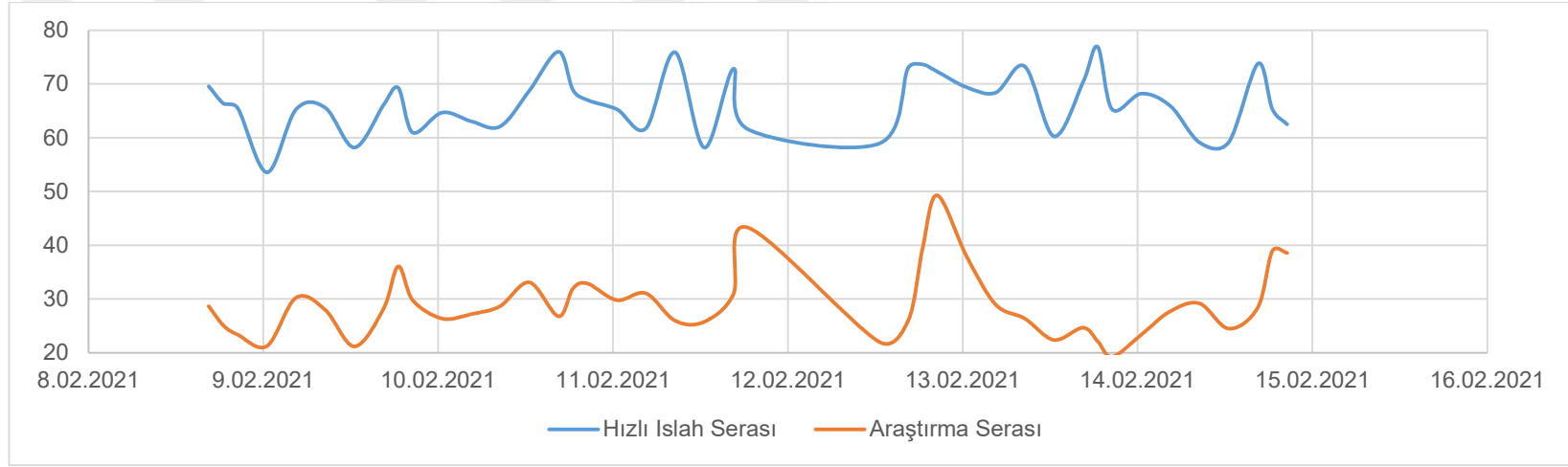
**Çizelge 4.2:** Hızlı ıslah ve araştırma serası bağıl nem verileri (Devam).

16.03.2021 12:30	62,7	26,9
17.03.2021 12:30	57,7	46,9
18.03.2021 12:30	69,1	26,9
19.03.2021 12:30	62	19,1
20.03.2021 12:30	73,6	24,5
21.03.2021 12:30	68,8	20,4
22.03.2021 12:30	58,9	29,2
23.03.2021 12:30	58,5	43,4
24.03.2021 12:30	69,3	45,8
25.03.2021 12:30	69,5	35,3
26.03.2021 12:30	64,9	36,6
27.03.2021 12:30	69,5	38,6
28.03.2021 12:30	63,8	27,1
29.03.2021 12:30	71,4	23
30.03.2021 12:30	71,4	41
31.03.2021 12:30	61,4	36,6
1.04.2021 12:30	56,5	31,5
2.04.2021 12:30	72,4	55,4
3.04.2021 12:30	76,1	24,8
4.04.2021 12:30	73,5	26,2
5.04.2021 12:30	57,4	22
6.04.2021 12:30	73,3	25,4
7.04.2021 12:30	64,4	20,7
8.04.2021 12:30	56,4	26,4
9.04.2021 12:30	72,9	42,4
10.04.2021 12:30	67,9	47,1
11.04.2021 12:30	68,5	36,9
12.04.2021 12:30	68,6	43,8
13.04.2021 12:30	69,7	28
14.04.2021 12:30	81,3	25,5
15.04.2021 12:30	74,3	21,2
16.04.2021 12:30	70,3	22,6
17.04.2021 12:30	71,9	37,7
18.04.2021 12:30	73,3	31,5
19.04.2021 12:30	79,8	33,2

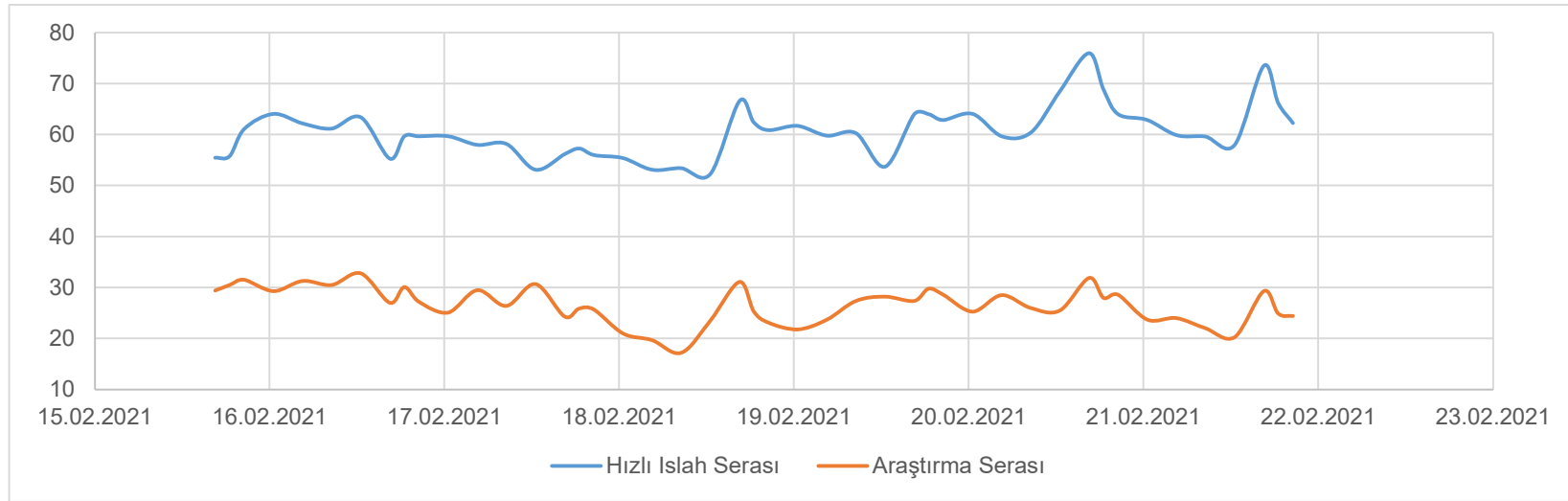
Hızlı ıslah serasında bağıl nem, en düşük %48,2 en yüksek ise %83,6 olarak kaydedilmiş, ortalama %65'dir. Araştırma serasında bağıl nem en düşük %17,2 en yüksek %56,1 ortalama olarak %32,3 olarak kaydedilmiştir. Genel olarak bağıl nemin hızlı ıslah serasında daha yüksek ve kontrol altında tutulduğu, araştırma serasında ise bağıl nemin, hızlı ıslah serasından daha düşük olduğu ve sıcaklığa bağlı olarak

değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Seralardan alınan bağıl nem verileri grafiklerin daha detaylı olarak görülmesi için haftalara ayrılmıştır.

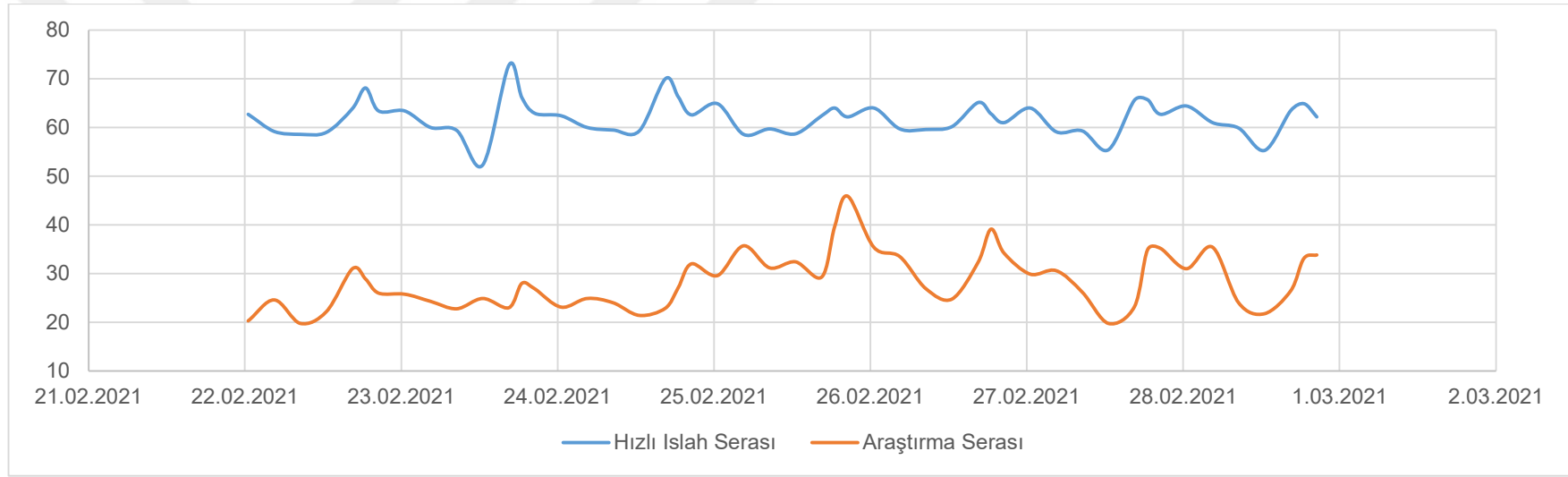
Birinci hafta hızlı ıslah serasında en düşük %53,6 olarak ölçülen bağıl nem, araştırma serasında %19,3 olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.26). İkinci hafta hızlı ıslah serasında en yüksek değeri %76 olan bağıl nem, araştırma serasında en yüksek %32,8 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.27). Üçüncü hafta ortalama bağıl nem, hızlı ıslah serasında %62, araştırma serası %28,5'tir (Şekil 4.28). Dördüncü haftada hızlı ıslah serasında en düşük %48,5 olarak ölçülen bağıl nem araştırma serasında %17,4 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.29). Beşinci hafta bağıl nem araştırma serası en yüksek %56 olarak ölçülmüştür. Bağıl nemin araştırma serası içinde çıktığı en yüksek değer olarak kaydedilen %56 değeri 11 Mart ve 23 Mart tarihlerinde iki defa ölçülmüştür. Bu haftada hızlı ıslah serasında bağıl nemin en yüksek değeri %73'tür (Şekil 4.30). Altıncı hafta ortalama bağıl nem değerleri hızlı ıslah serası için %62,5 araştırma serası için %34,8'dir (Şekil 4.31). Yedinci hafta hızlı ıslah serası en düşük bağıl nem değeri %55,9 araştırma serası için %23,5'tir (Şekil 4.32). Hızlı ıslah serasında 2 Nisan saat 18:30'da %83,6 olarak ölçülen bağıl nem değeri hem sekizinci hafta hem de çalışma içinde bu seradan alınmış en yüksek değerdir. Araştırma serasında alınan en yüksek değer ise %55,4'tür (Şekil 4.33). Dokuzuncu haftada hızlı ıslah serasında bağıl nem değeri ortalama %68,9 araştırma serası ise ortalama %31,6 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.34).



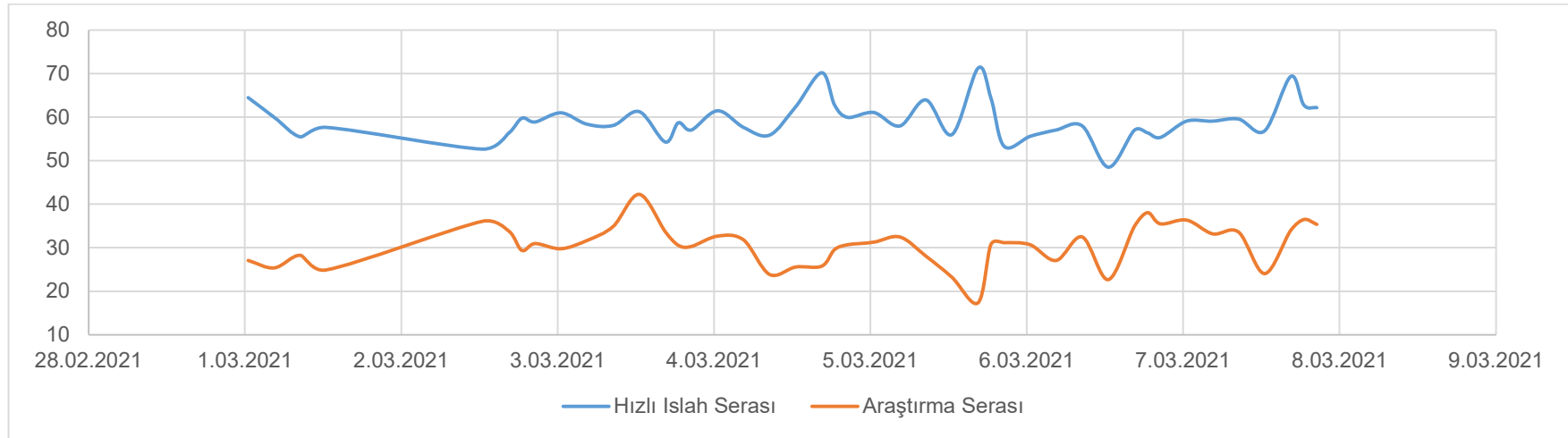
**Şekil 4.26:** Birinci hafta bağıl nem grafiği.



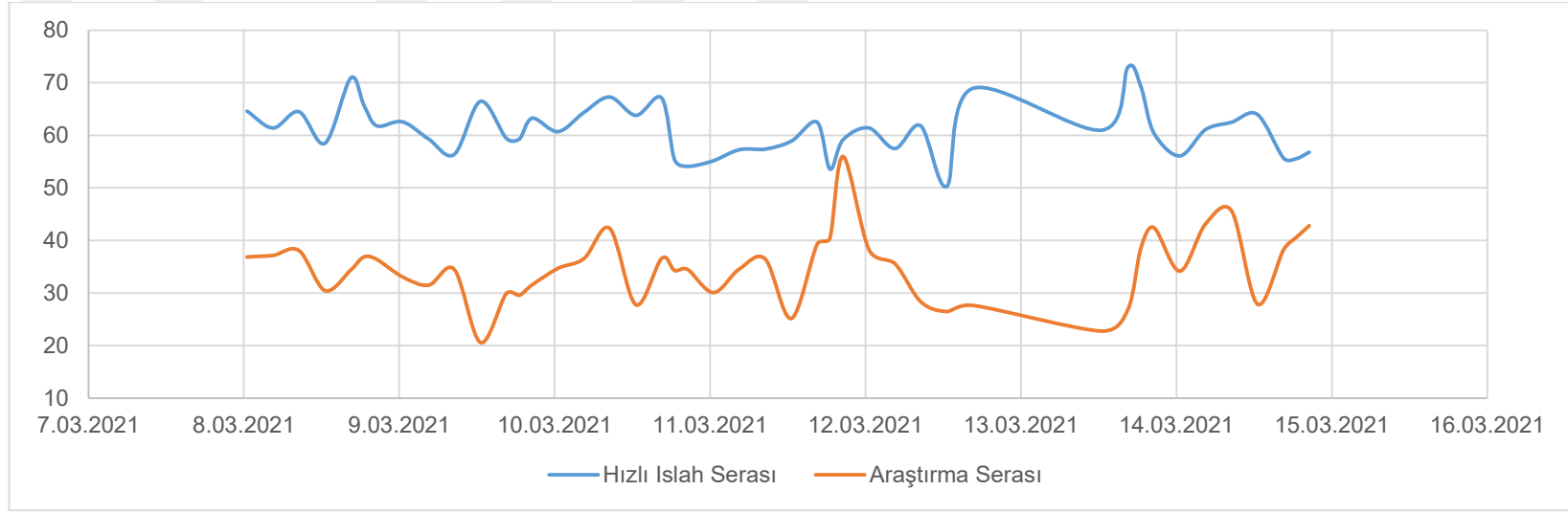
**Şekil 4.27:** İkinci hafta bağıl nem grafiği.



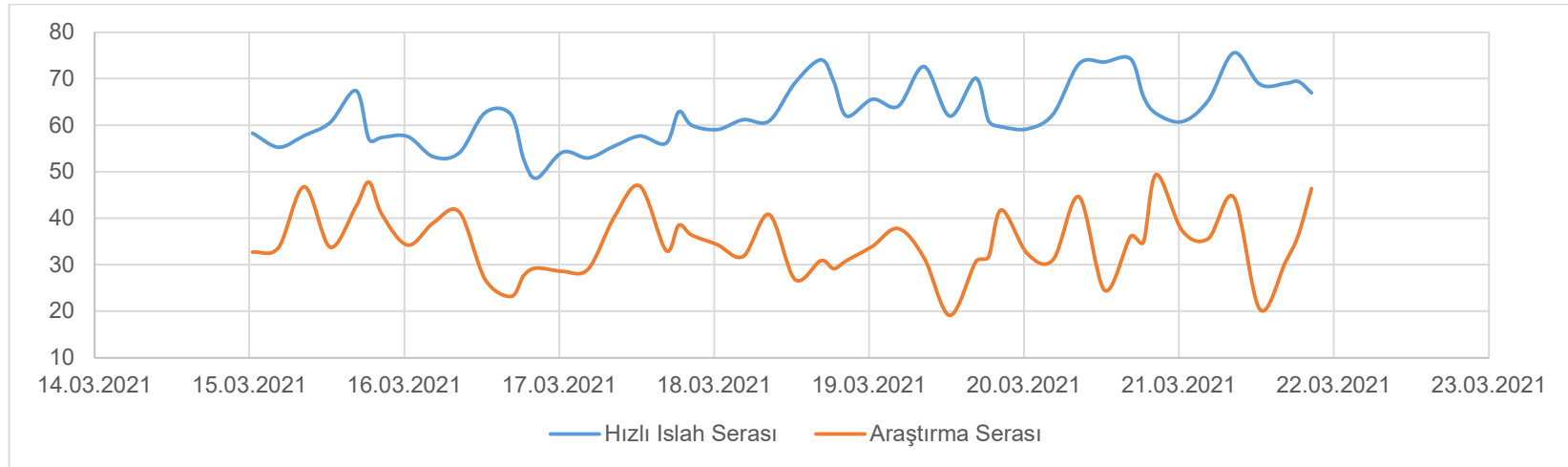
Şekil 4.28: Üçüncü hafta bağıl nem grafiği.



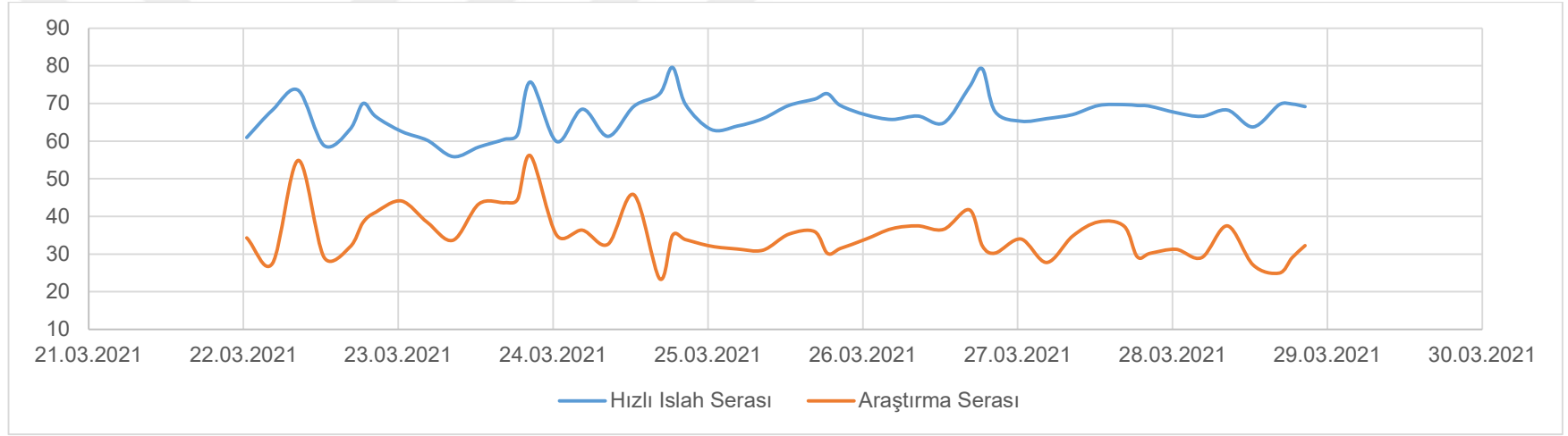
Şekil 4.29: Dördüncü hafta bağıl nem grafiği.



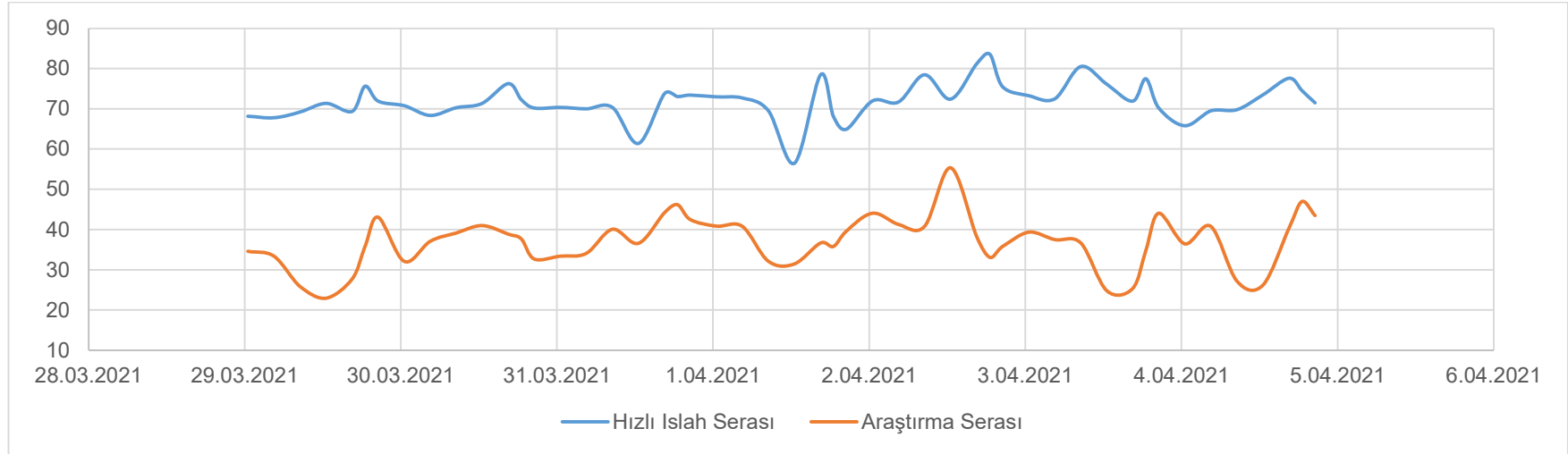
**Şekil 4.30:** Beşinci hafta bağıl nem grafiği.



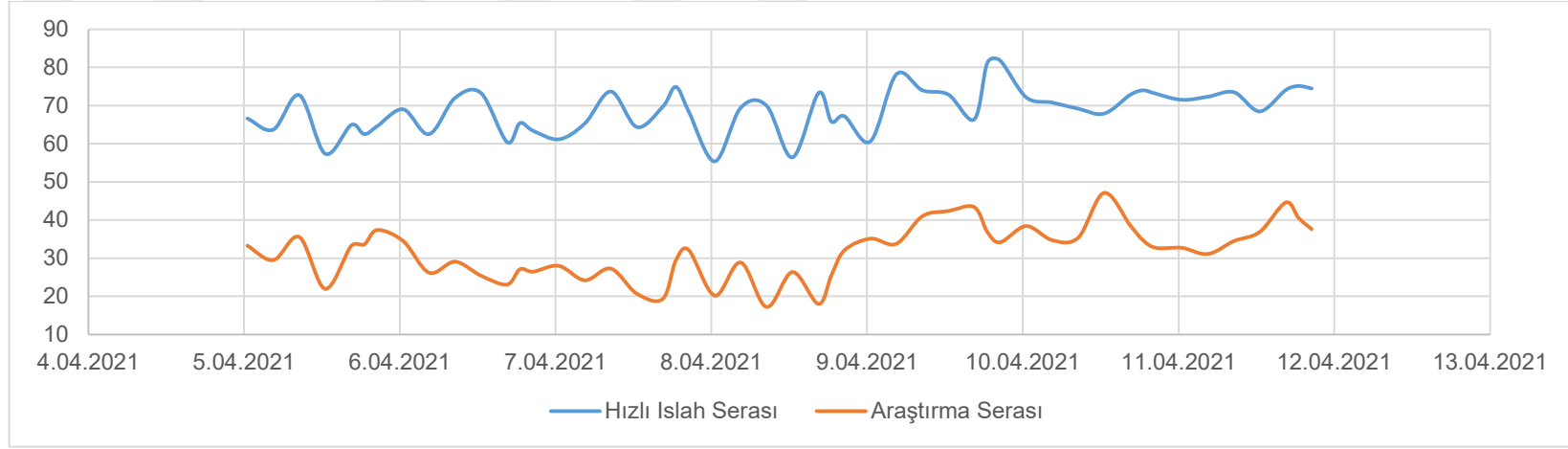
**Şekil 4.31:** Altıncı hafta bağıl nem grafiği.



**Şekil 4.32:** Yedinci hafta bağıl nem grafiği.



**Şekil 4.33:** Sekizinci hafta bağıl nem grafiği.



**Şekil 4.34:** Dokuzuncu hafta bağıl nem grafiği.

#### 4.2.3 CO<sub>2</sub> seviyesi

Seralardan alınan CO<sub>2</sub> seviyeleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Alınan değerler incelendiğinde hızlı ıslah serası CO<sub>2</sub> seviyesinin genel olarak 400 ppm civarında olduğu, bu değer açık hava CO<sub>2</sub> seviyesinde olduğu söylenebilir. Araştırma serası CO<sub>2</sub> seviyesi en düşük 400 ppm, en yüksek 2984 ppm değeri ölçülmüş, ortalama değer 1388 ppm olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.3:** Hızlı ıslah ve araştırma seraları CO<sub>2</sub> seviyesi.

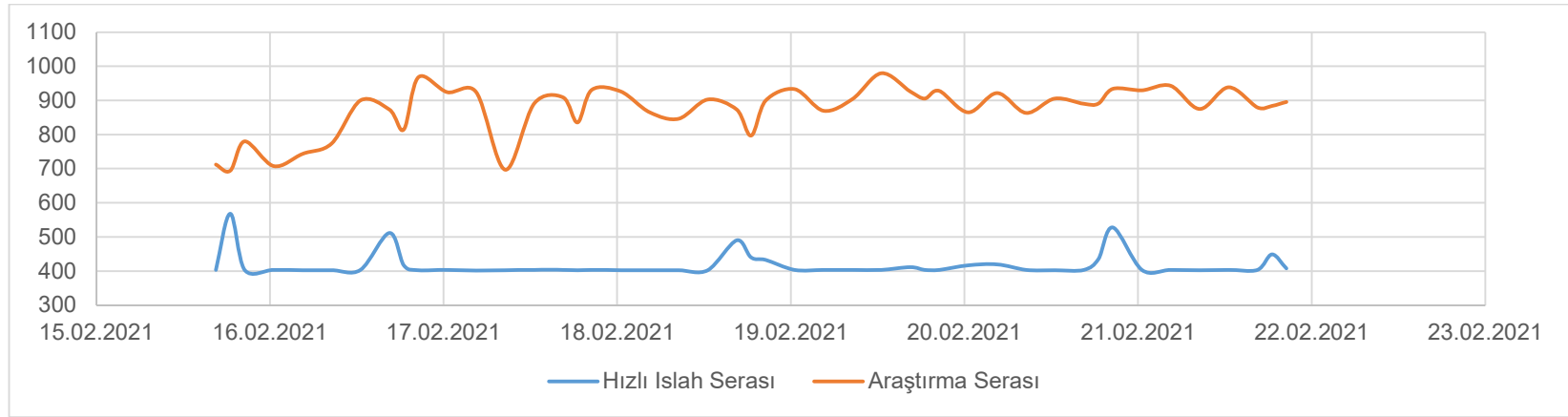
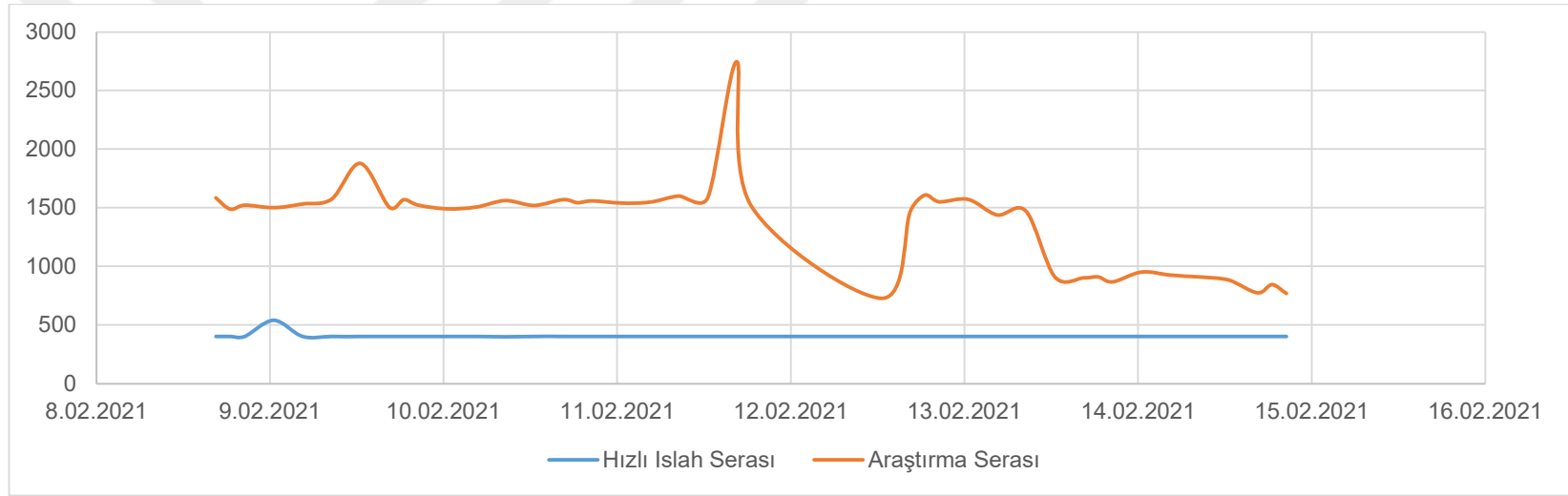
Tarih	Hızlı Islah Serası CO <sub>2</sub> (ppm)	Araştırma Serası CO <sub>2</sub> (ppm)
8.02.2021 12:30	403	1558
9.02.2021 12:30	403	1880
10.02.2021 12:30	404	1521
11.02.2021 12:30	404	1587
12.02.2021 12:30	404	729
13.02.2021 12:30	404	911
14.02.2021 12:30	404	884
16.02.2021 12:30	404	900
17.02.2021 12:30	404	891
18.02.2021 12:30	403	903
19.02.2021 12:30	404	980
20.02.2021 12:30	403	906
21.02.2021 12:30	404	939
22.02.2021 12:30	404	1140
23.02.2021 12:30	404	1061
24.02.2021 12:30	404	1305
25.02.2021 12:30	404	1514
26.02.2021 12:30	404	1522
27.02.2021 12:30	404	1498
28.02.2021 12:30	404	400
1.03.2021 12:30	404	1364
2.03.2021 12:30	401	1371
3.03.2021 12:30	404	1645
4.03.2021 12:30	404	1539
5.03.2021 12:30	404	500
6.03.2021 12:30	403	1642
7.03.2021 12:30	404	1532
8.03.2021 12:30	402	1409
9.03.2021 12:30	404	1171
10.03.2021 12:30	420	1500
11.03.2021 12:30	403	1793
12.03.2021 12:30	403	980

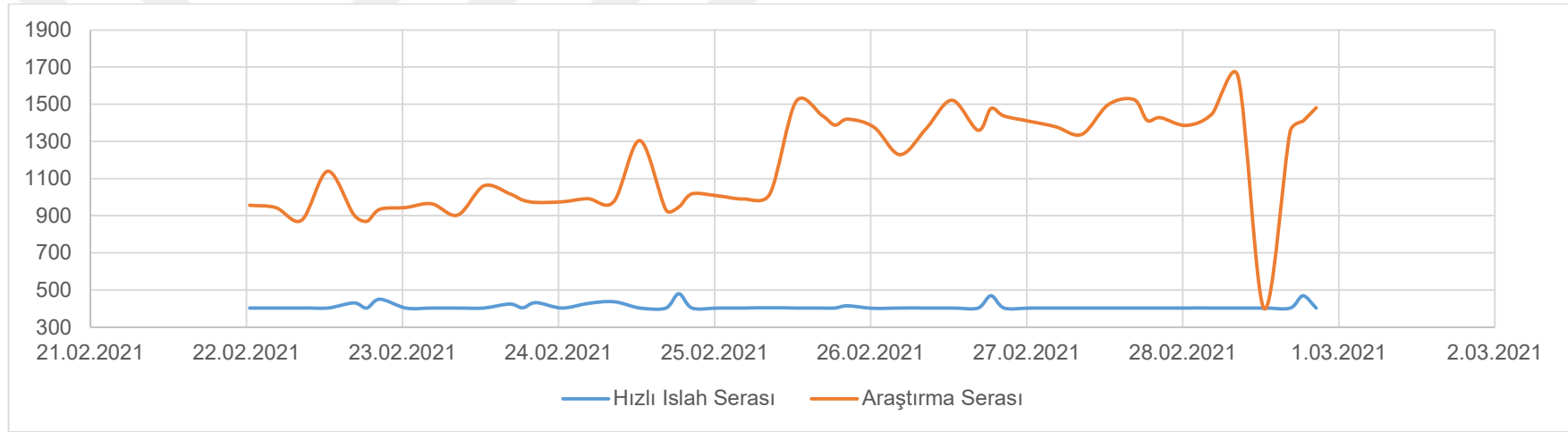
**Çizelge 4.3:** Hızlı ıslah ve araştırma seraları CO<sub>2</sub> seviyesi (Devam).

13.03.2021 12:30	404	1175
14.03.2021 12:30	403	1255
15.03.2021 12:30	404	2606
16.03.2021 12:30	404	2177
17.03.2021 12:30	404	2236
18.03.2021 12:30	403	2565
19.03.2021 12:30	403	2200
20.03.2021 12:30	403	2259
21.03.2021 12:30	403	1886
22.03.2021 12:30	404	2984
23.03.2021 12:30	404	2566
24.03.2021 12:30	403	2682
25.03.2021 12:30	403	524
26.03.2021 12:30	403	812
27.03.2021 12:30	403	815
28.03.2021 12:30	404	544
29.03.2021 12:30	403	860
30.03.2021 12:30	403	809
31.03.2021 12:30	426	769
1.04.2021 12:30	413	709
2.04.2021 12:30	404	1294
3.04.2021 12:30	403	1023
4.04.2021 12:30	404	1029
5.04.2021 12:30	404	1147
6.04.2021 12:30	403	924
7.04.2021 12:30	403	1404
8.04.2021 12:30	403	1122
9.04.2021 12:30	403	1472
10.04.2021 12:30	404	1448
11.04.2021 12:30	402	1451
12.04.2021 12:30	403	1454

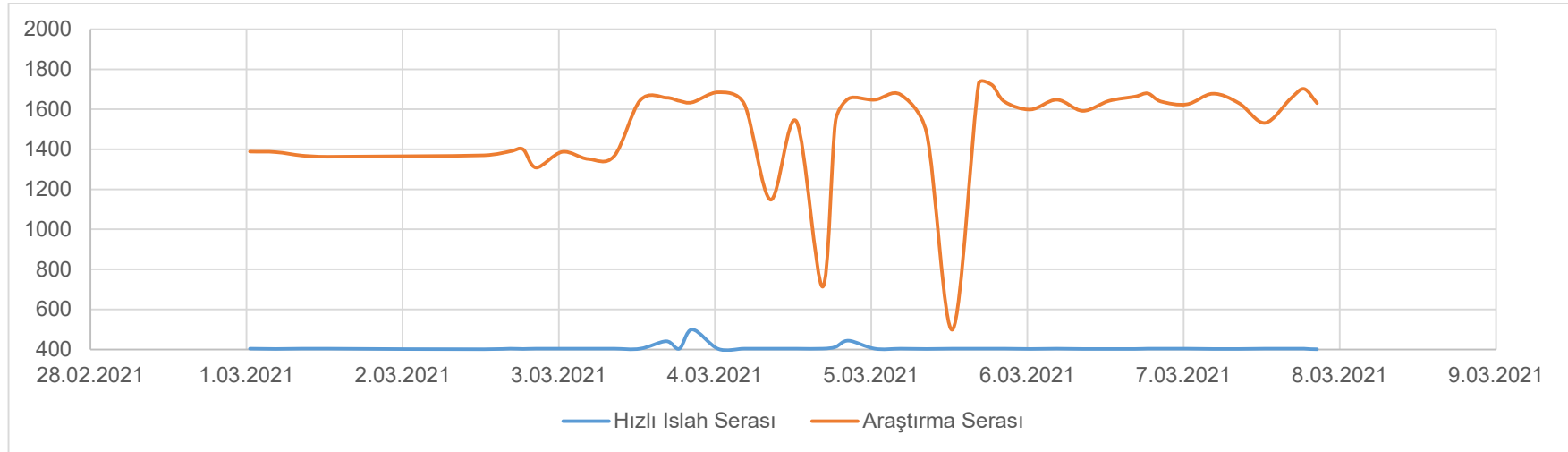
Seralardan alınan CO<sub>2</sub> verileri haftalık olarak incelenmiş ve iki sera arasındaki farklar gösterilmeye çalışılmıştır. Birinci hafta alınan en yüksek CO<sub>2</sub> seviyeleri hızlı ıslah serası için 540 ppm, araştırma serası için 2746 ppm'dir (Şekil 4.35). İkinci hafta seralarda ortalama CO<sub>2</sub> değerleri hızlı ıslah serası için 418 ppm, araştırma serası için 872 ppm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.36). Üçüncü hafta seralarda alınan en düşük CO<sub>2</sub> değerleri birbirine eşit ve 400 ppm civarındadır. Araştırma serasında bu hafta içinde 25-28 Şubat tarihleri arasında artış göstererek 1000-1800 ppm seviyelerinde

seyretmiştir (Şekil 4.37). Dördüncü hafta hızlı ıslah serasında en yüksek CO<sub>2</sub> değeri 500 ppm olarak ölçülürken, araştırma serasında 1729 ppm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.38). Beşinci hafta ortalama CO<sub>2</sub> değerleri hızlı ıslah serasında 408 ppm iken, araştırma serasında 1422 ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.39). Altıncı hafta seralarda en düşük CO<sub>2</sub> değerleri hızlı ıslah serası için 401 ppm iken araştırma serası için 1886 ppm'dir Bu hafta içinde CO<sub>2</sub> seviyesinde belirgin bir yükseliş gözlenmiş, 25 Mart tarihine kadar ortalama 2400 ppm civarında seyretmiştir (Şekil 4.40). Yedinci hafta seralarda ölçülen en yüksek CO<sub>2</sub> değeri, hızlı ıslah serasında 411 ppm, araştırma serasında 2984 ppm olarak kaydedilmiştir Altıncı haftada başlayan CO<sub>2</sub> seviyesindeki yüksek seyir, 25 Mart'ta düşüş göstermiştir (Şekil 4.41). Sekizinci hafta hızlı ıslah serasında CO<sub>2</sub> seviyesi ortalama 403 ppm, araştırma serası ise ortalama CO<sub>2</sub> seviyesi 994 ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.42). Dokuzuncu hafta seralardan alınan en düşük CO<sub>2</sub> değerleri hızlı ıslah serasında 400ppm, araştırma serasında ise 500ppm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.43). Araştırma serasında CO<sub>2</sub> dönemsel olarak değişiklik göstermektedir. Buna sebep olarak sera hacminin hızlı ıslah serasına göre oldukça büyük olması, kullanılan saksıların hacmen büyük olması ve çok sayıda saksı bulunması gösterilebilir. Saksılarda kullanılan toprak ve sera içinde bulunan torflardan yayılan CO<sub>2</sub>'in ortamdaki konsantrasyonu yükselttiği düşünülmektedir.

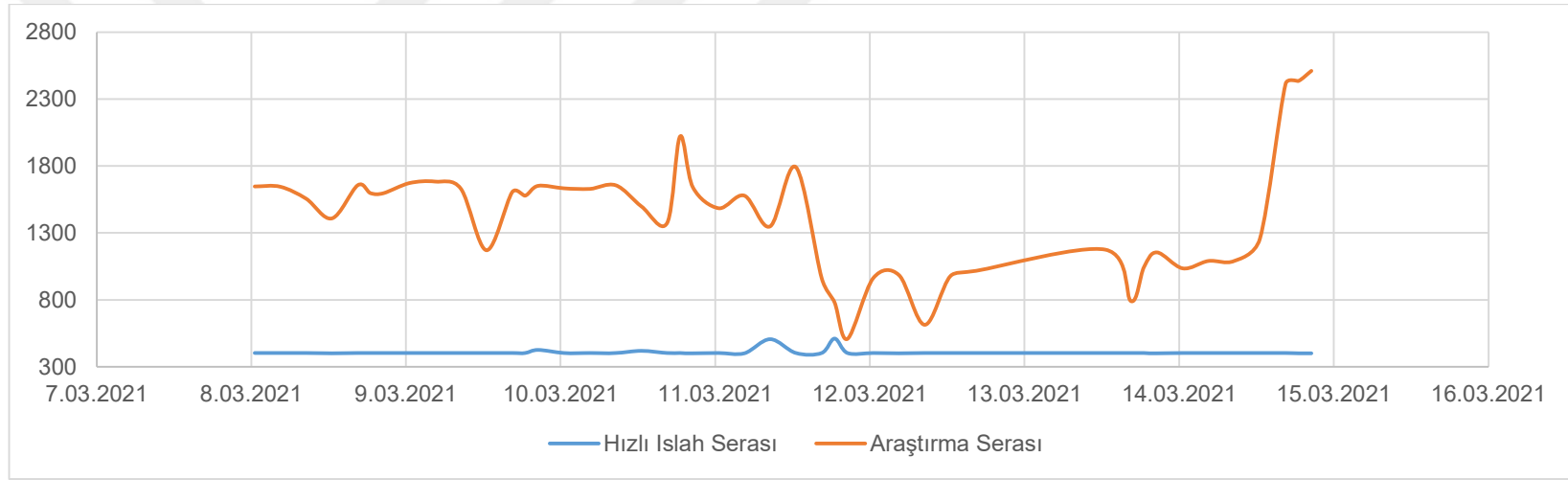




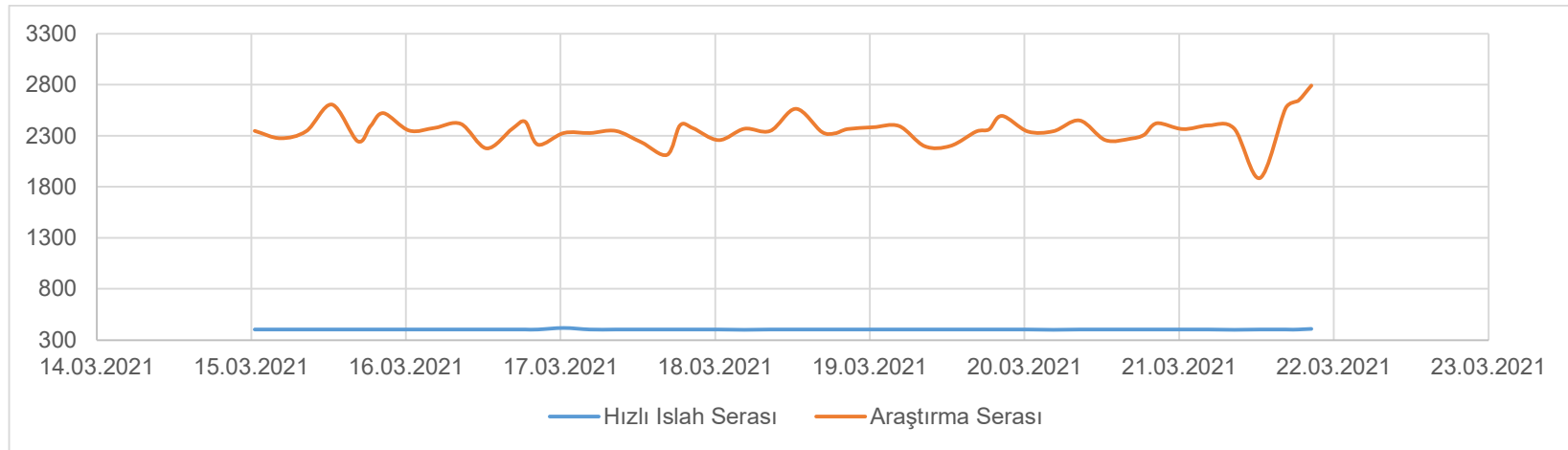
Şekil 4.37: Üçüncü hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



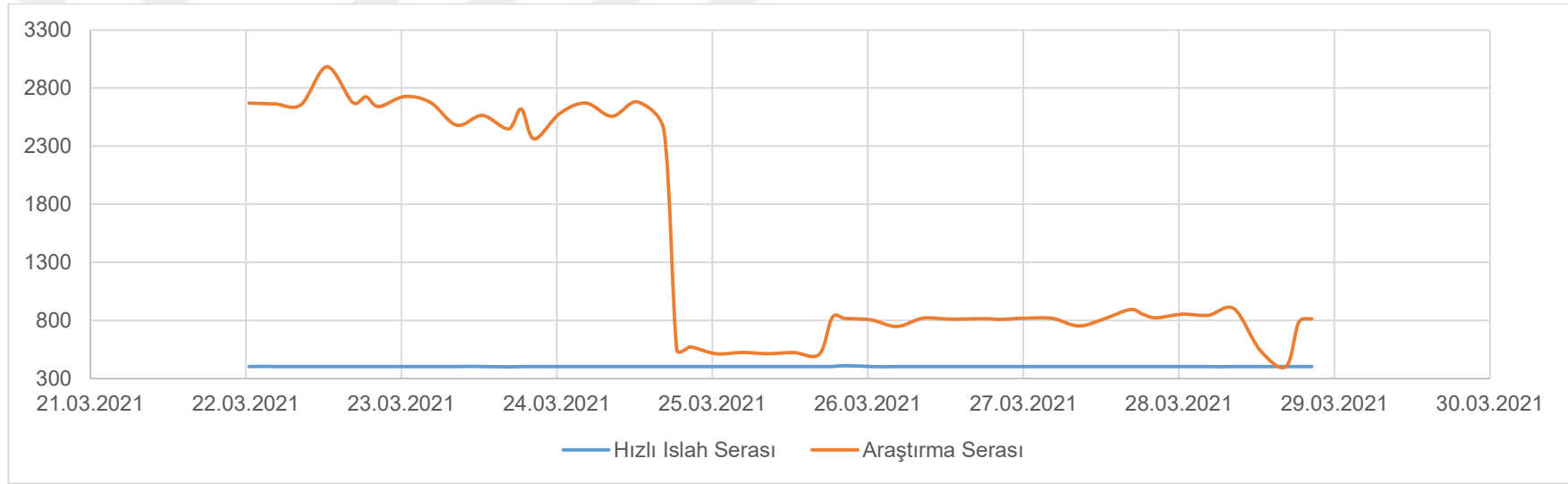
Şekil 4.38: Dördüncü hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



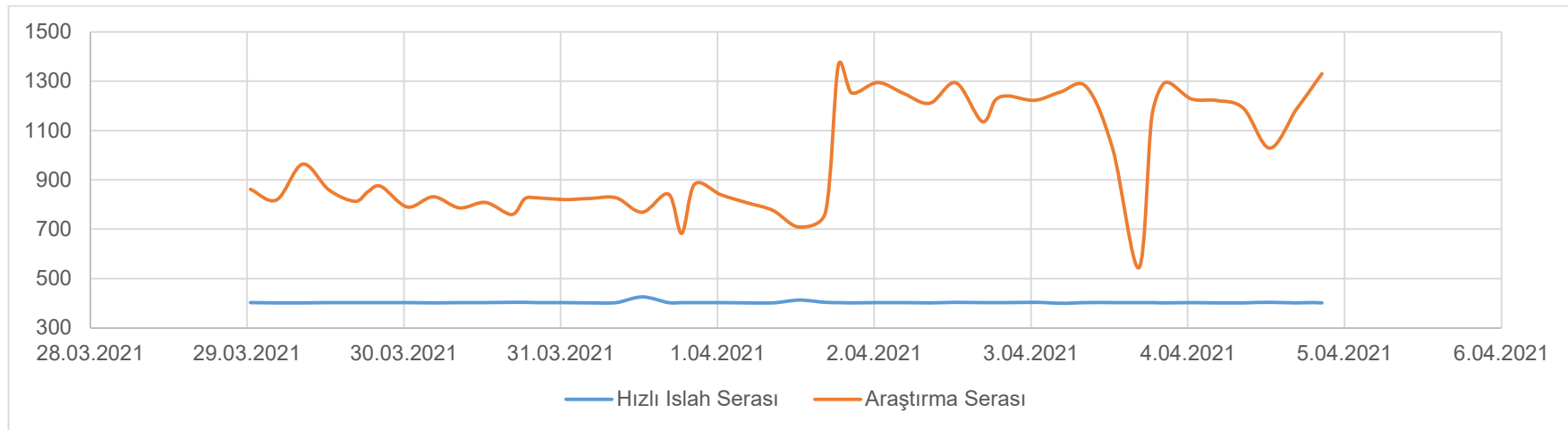
**Şekil 4.39:** Beşinci hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



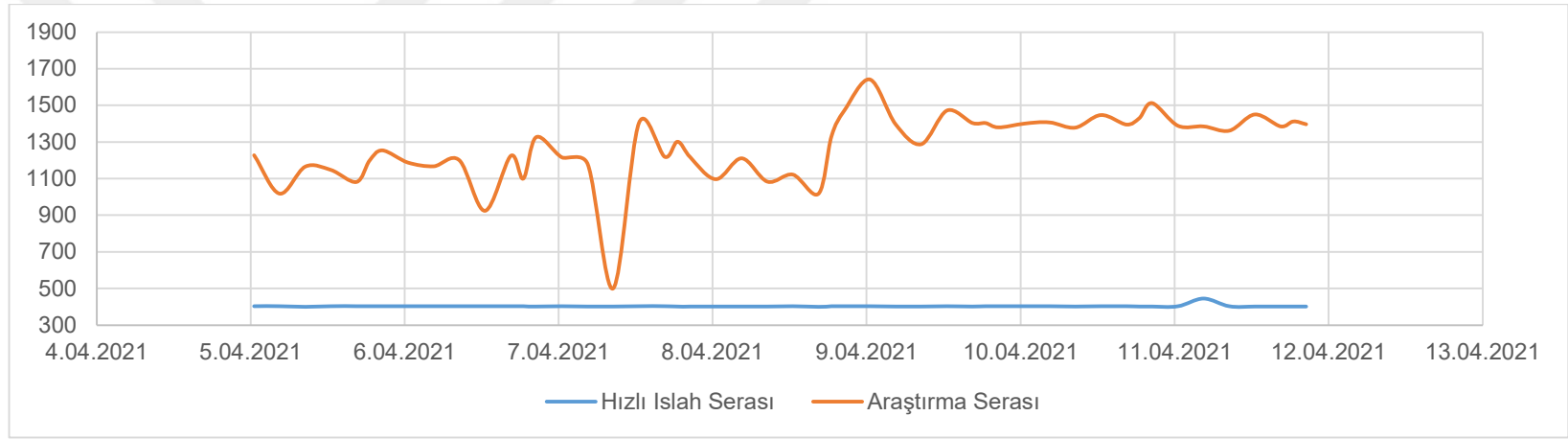
**Şekil 4.40:** Altıncı hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



Şekil 4.41: Yedinci hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



Şekil 4.42: Sekizinci hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.



**Şekil 4.43:** Dokuzuncu hafta CO<sub>2</sub> seviyesi grafiği.

#### 4.2.4 Işık seviyesi

Seralardan alınan ışık yoğunluğu verileri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge ve grafiklerin oluşturulmasında GY30 ışık sensöründen alınan veriler kullanılmıştır. SII145 sensöründen alınan verilerin günışığı verileri ile tutarlı olduğu görülmüştür. Fakat okunan UV ve IR değerlerini kalibre edecek cihaz bulunmadığı için alınan değerlerin birimlendirilmesi mümkün olmamıştır.

**Çizelge 4.4:** Hızlı ıslah ve araştırma seraları ışık yoğunluğu verileri.

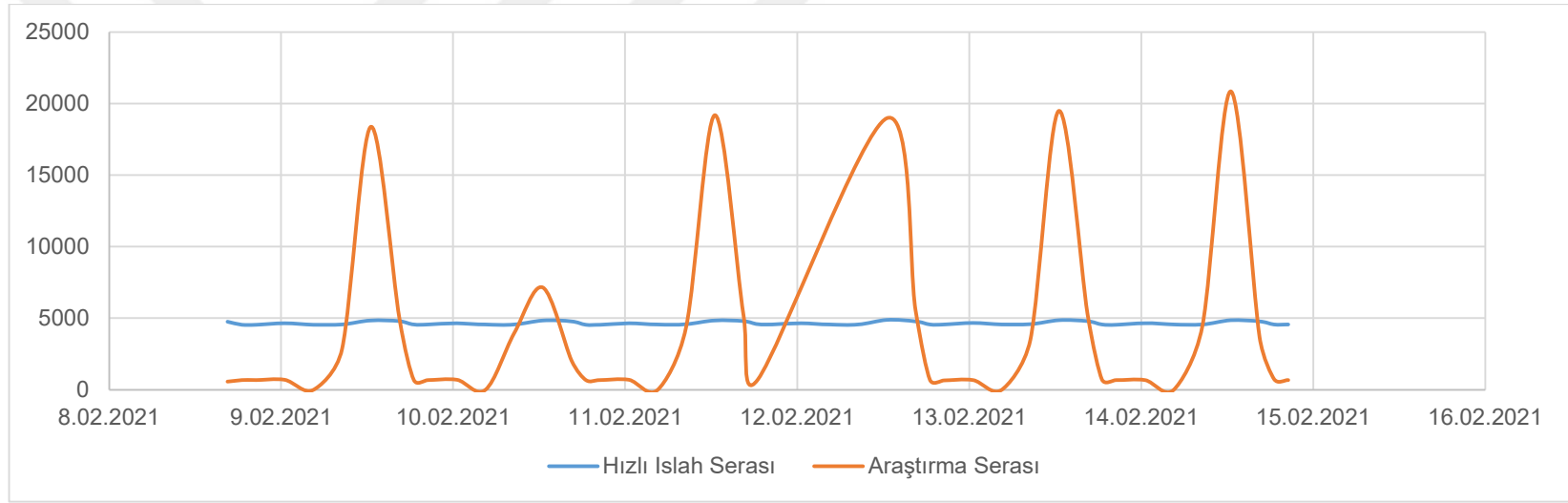
Tarih	Hızlı Islah Serası Işık Yoğunluğu (lux)	Araştırma Serası Işık Yoğunluğu (lux)
8.02.2021 12:30	4850	680
9.02.2021 12:30	4853	18381
10.02.2021 12:30	4848	7156
11.02.2021 12:30	4850	19192
12.02.2021 12:30	4885	680
13.02.2021 12:30	4869	680
14.02.2021 12:30	4859	701
16.02.2021 12:30	4651	2831
17.02.2021 12:30	4633	2945
18.02.2021 12:30	4641	17533
19.02.2021 12:30	4936	13276
20.02.2021 12:30	4923	5029
21.02.2021 12:30	4917	7090
22.02.2021 12:30	4912	20841
23.02.2021 12:30	4889	22502
24.02.2021 12:30	4904	22120
25.02.2021 12:30	4906	14721
26.02.2021 12:30	4898	24223
27.02.2021 12:30	4866	23345
28.02.2021 12:30	4910	23040
1.03.2021 12:30	4887	31610
2.03.2021 12:30	4899	8861
3.03.2021 12:30	4882	4438
4.03.2021 12:30	4893	25385
5.03.2021 12:30	4890	26036
6.03.2021 12:30	4911	25146
7.03.2021 12:30	4879	24831
8.03.2021 12:30	4886	14540
9.03.2021 12:30	4896	17090
10.03.2021 12:30	4900	25330
11.03.2021 12:30	4899	26791
12.03.2021 12:30	4910	30334

**Çizelge 4.4:** Hızlı ıslah ve araştırma seraları ışık yoğunluğu verileri (Devam).

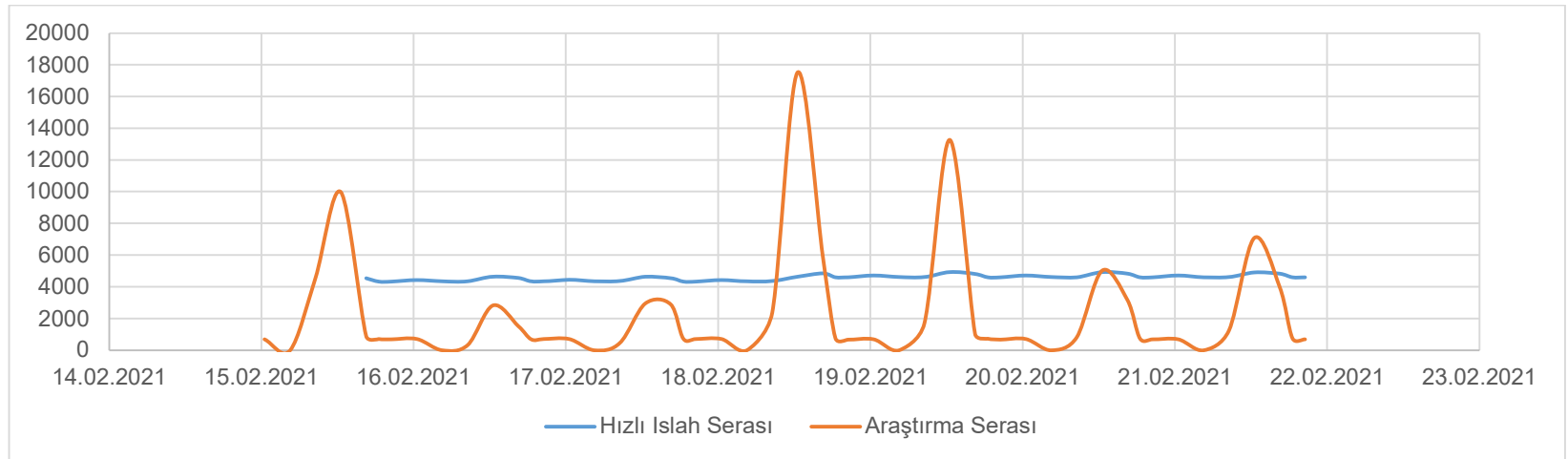
13.03.2021 12:30	4906	28567
14.03.2021 12:30	4907	21835
15.03.2021 12:30	4908	12360
16.03.2021 12:30	4910	34265
17.03.2021 12:30	4901	5616
18.03.2021 12:30	4899	10201
19.03.2021 12:30	4893	28827
20.03.2021 12:30	4912	15540
21.03.2021 12:30	4899	26757
22.03.2021 12:30	4886	26474
23.03.2021 12:30	4888	2729
24.03.2021 12:30	4898	1518
25.03.2021 12:30	4905	3330
26.03.2021 12:30	4940	3800
27.03.2021 12:30	4915	24744
28.03.2021 12:30	4917	14687
29.03.2021 12:30	4907	28982
30.03.2021 12:30	4906	4162
31.03.2021 12:30	4927	15163
1.04.2021 12:30	4904	30863
2.04.2021 12:30	4930	4613
3.04.2021 12:30	4940	30488
4.04.2021 12:30	4920	31195
5.04.2021 12:30	4905	12931
6.04.2021 12:30	4870	5181
7.04.2021 12:30	4838	30246
8.04.2021 12:30	4833	9073
9.04.2021 12:30	4825	685
10.04.2021 12:30	4849	1969
11.04.2021 12:30	4857	2001
12.04.2021 12:30	4863	2148

Sensör verileri genel olarak incelendiğinde tarımsal LED aydınlatmalar sebebiyle hızlı ıslah serası ışık yoğunluğu değerlerinin genel olarak sabit olduğu söylenebilir. Araştırma serası ışık yoğunluğu ise gün ışığı ve hava şartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Araştırma serası gece 02:00'dan gün doğumuna kadar karanlıkta kaldığı için bu karşılaştırmada en düşük değer verilmeyecektir. Birinci hafta sensörler tarafından okunan en yüksek değerler, hızlı ıslah serası için 4885 lux, araştırma serası için 20851 lux'tür (Şekil 4.44). İkinci hafta alınan ortalama değerler hızlı ıslah serası

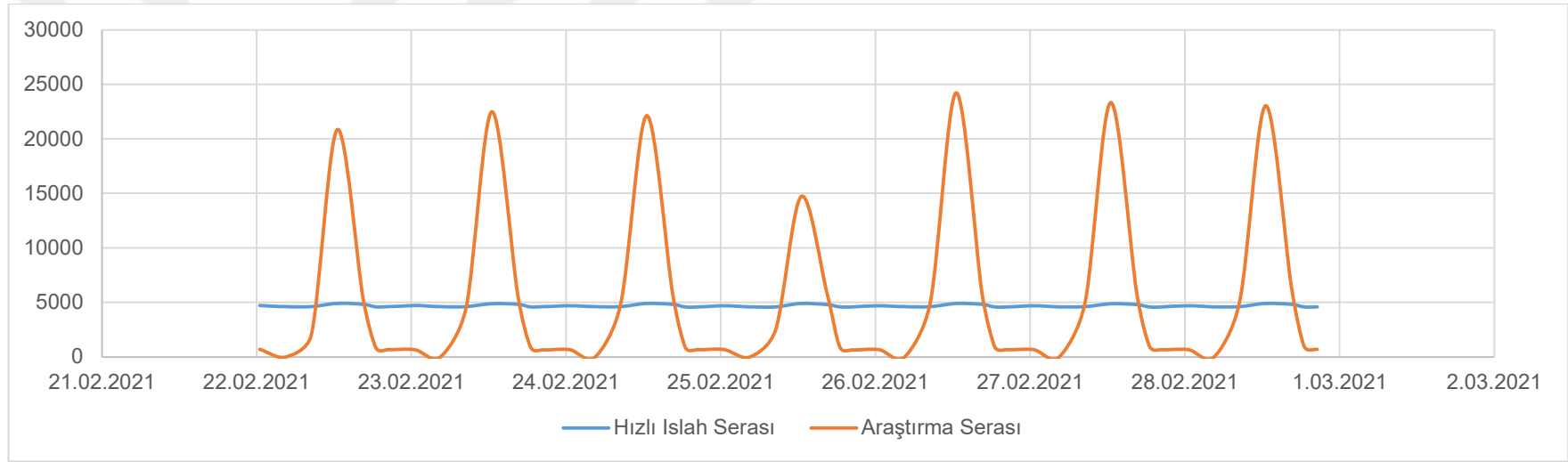
için 4573 lux, araştırma serası için 2041 lux'tür (Şekil 4.45). Üçüncü hafta verileri incelendiğinde hızlı ıslah serasında en yüksek 4912 lux, araştırma serasında 24223 lux olarak ölçülmüştür (Şekil 4.46). Dördüncü hafta seralardan alınan ortalama değerler, araştırma serası için 4596 lux, hızlı ıslah serası için 4672 lux olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.47). Beşinci hafta verilerinde en yüksek değerler hızlı ıslah serası için 4910 lux, araştırma serası için 30334 lux olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.48). Altıncı hafta içinde 34265 lux ile araştırma serasında araştırma sürecinin en yüksek değeri ölçülmüştür. Bu ışık değeri 16 Mart tarihinde kaydedilmiştir. Hızlı ıslah serası için en yüksek değer 4912 lux olarak ölçülmüştür (Şekil 4.49). Yedinci hafta alınan ortalama değerler hızlı ıslah serası için 4680 lux, araştırma serası için 3291 lux olarak ölçülmüştür (Şekil 4.50). Sekizinci hafta araştırma serasında kaydedilen en yüksek değerler 30863 lux, hızlı ıslah serası için 4940 lux'tür (Şekil 4.51). Dokuzuncu hafta seraların ortalama değerleri hızlı ıslah serası için 4641 lux, araştırma serası için 3719 lux şeklindedir (Şekil 4.52). Hızlı ıslah serası için ortalama ışık yoğunluğu değişiminin az olduğu görülmektedir. Araştırma serası ortalama ışık yoğunluğu değerleri hızlı ıslah serasına kıyasla daha düşüktür. Araştırma serasında alınan en yüksek değerler öğle saatlerinde kaydedilmiştir.



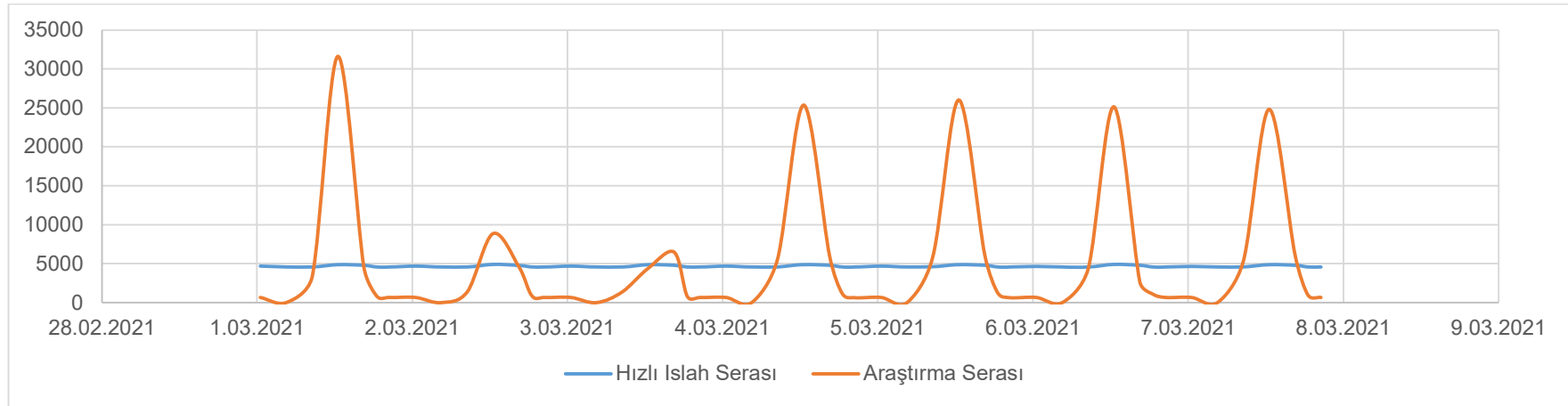
Şekil 4.44: Birinci hafta ışık yoğunluğu grafiği.



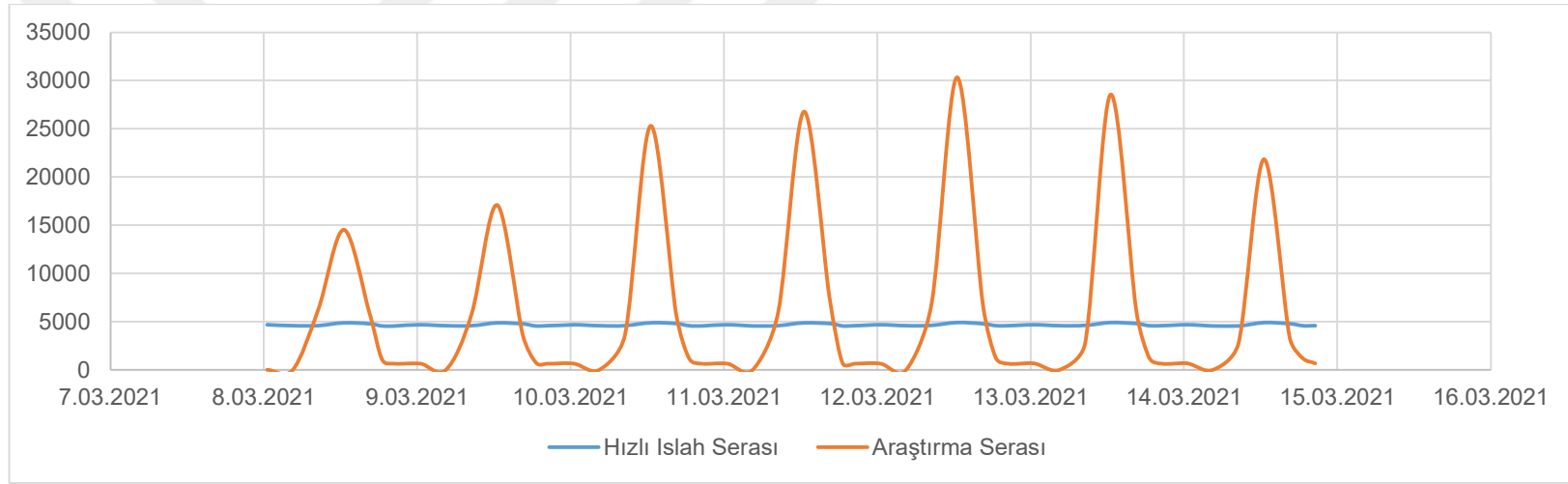
Şekil 4.45: İkinci hafta ışık yoğunluğu grafiği.



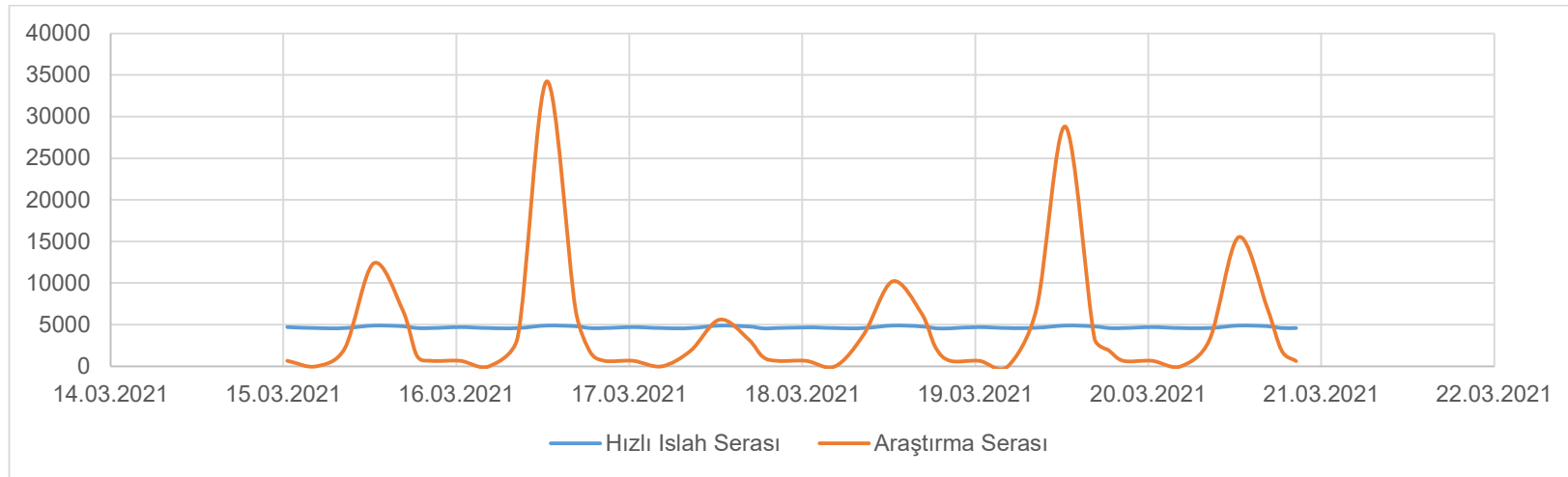
Şekil 4.46: Üçüncü hafta ışık yoğunluğu grafiği.



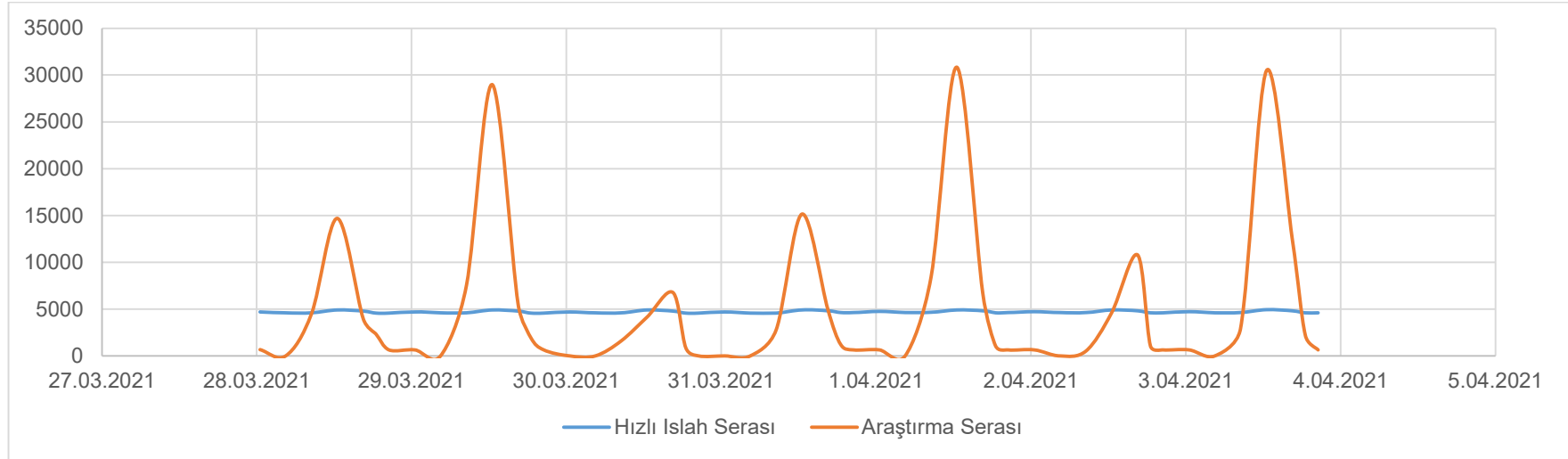
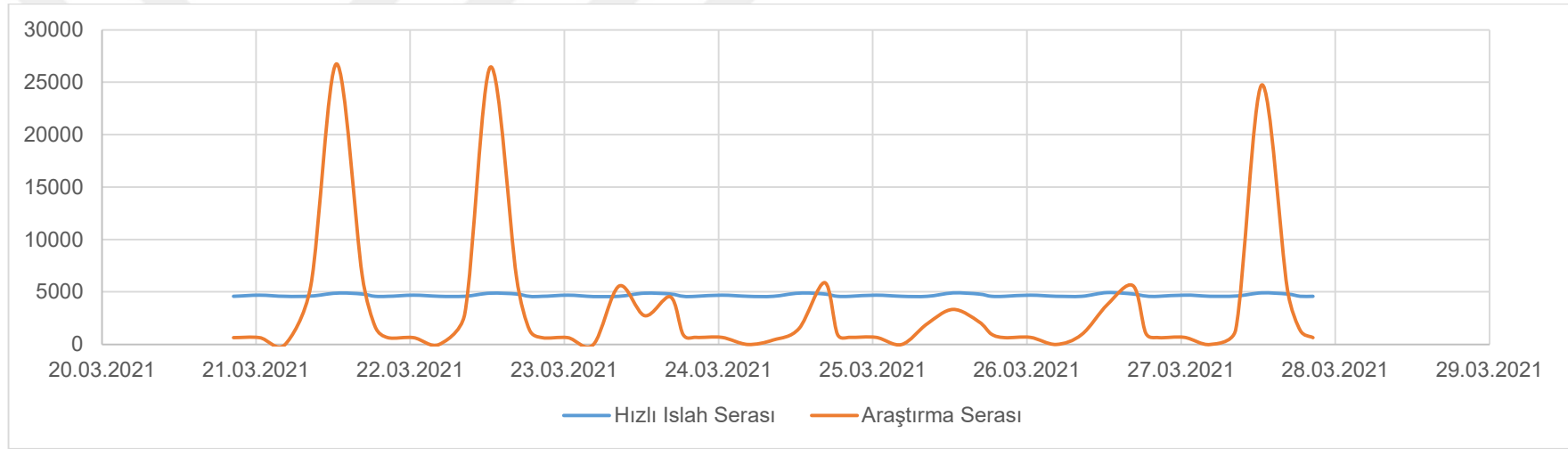
Şekil 4.47: Dördüncü hafta ışık yoğunluğu grafiği.

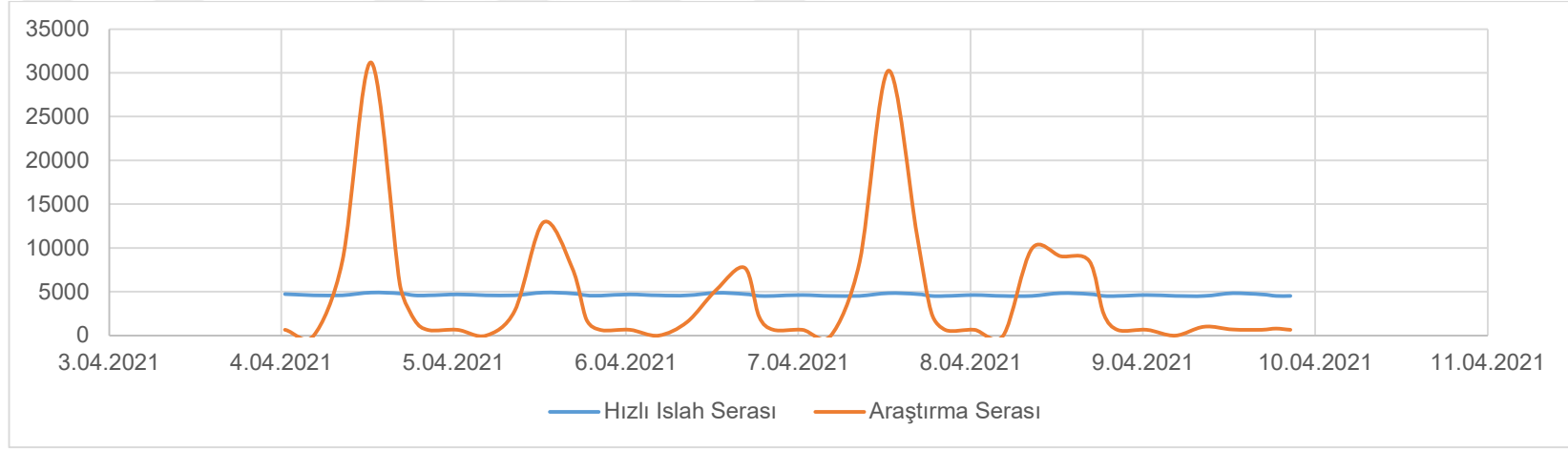


Şekil 4.48: Beşinci hafta ışık yoğunluğu grafiği.



Şekil 4.49: Altıncı hafta ışık yoğunluğu grafiği.





**Şekil 4.52:** Dokuzuncu hafta ışık yoğunluğu grafiği.

#### 4.2.5 Buğday boyu

Seralardan alınan fotoğrafların görüntü işleme teknikleri ile işlenmesi ile Çizelge 4.5'teki veriler elde edilmiştir. Çizelge incelendiğinde iki sera için 15-19 Şubat tarihlerinde yatay bir seyir görülmektedir. Boy verilerindeki yatay seyrin anlaşılması için alınan fotoğraflar incelendiğinde bahsi geçen sürede buğday yaprağındaki kıvrılma sebebiyle yaprağın yatay olarak uzadığı ve buğday boyunun dikey olarak artmadığı görülmüştür. Benzer bir şekilde araştırma serasında 19-23 Şubat tarihlerinde buğday boyunda belirgin azalma görülmüştür.

**Çizelge 4.5:** Hızlı ıslah ve araştırma serası buğday boyu verileri.

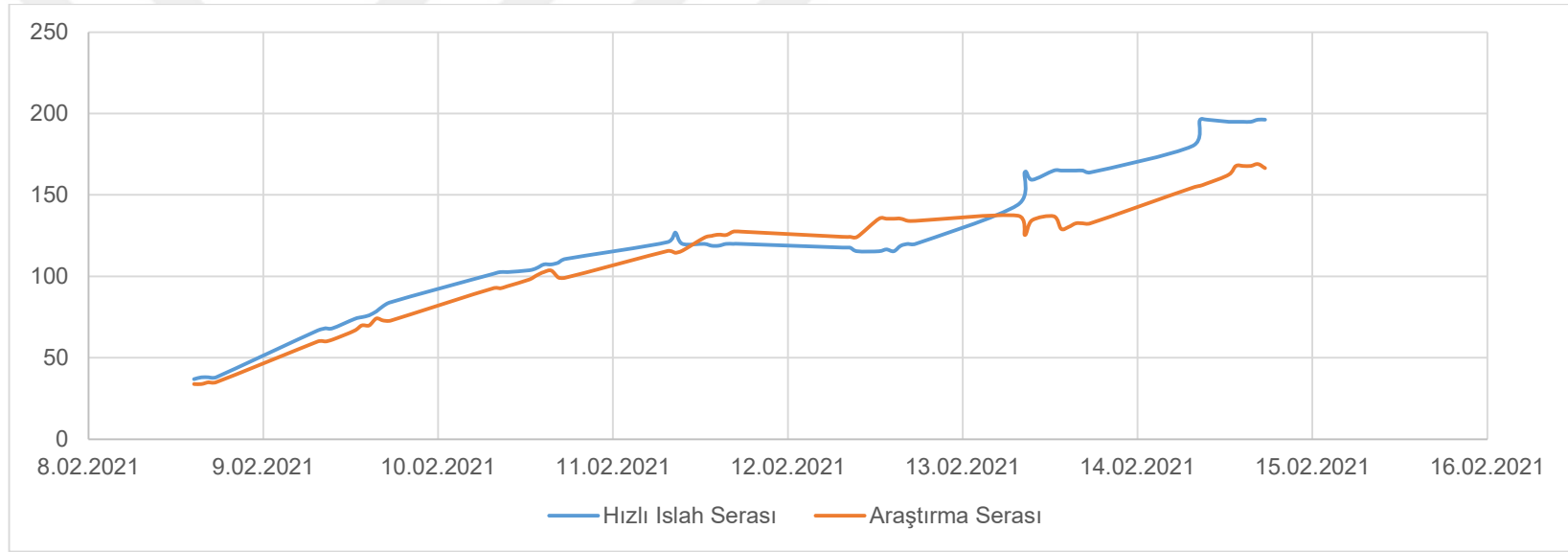
<b>Tarih</b>	<b>Hızlı Islah Serası Buğday Boyu (mm)</b>	<b>Araştırma Serası Buğday Boyu (mm)</b>
8.02.2021 12:30	36	33
9.02.2021 12:30	73,869	66,668
10.02.2021 12:30	103,87	98,145
11.02.2021 12:30	120,03	123,77
12.02.2021 12:30	115,42	135,52
13.02.2021 12:30	165,05	136,91
14.02.2021 12:30	195,06	162,48
15.02.2021 12:30	181,21	170,49
16.02.2021 12:30	195,06	185,79
17.02.2021 12:30	195,06	202,19
18.02.2021 12:30	196,21	202,19
19.02.2021 12:30	229,68	200
20.02.2021 12:30	229,68	173,77
21.02.2021 12:30	255,07	143,49
22.02.2021 12:30	266,62	168,3
23.02.2021 12:30	258,54	230,6
24.02.2021 12:30	262	296,18
25.02.2021 12:30	275,85	313,66
26.02.2021 12:30	322,02	315,85
27.02.2021 12:30	305,86	320,22
28.02.2021 12:30	287,39	343,17
1.03.2021 12:30	370,78	357,68
2.03.2021 12:30	370,5	357,68
3.03.2021 12:30	331,25	361,25
4.03.2021 12:30	363,57	321,69
5.03.2021 12:30	393,58	323,12
6.03.2021 12:30	383,19	402,39
7.03.2021 12:30	383,19	406,56
8.03.2021 12:30	393,58	437,1
9.03.2021 12:30	391,27	351,84
10.03.2021 12:30	409,93	366
11.03.2021 12:30	395,89	370,05

**Çizelge 4.5:** Hızlı ıslah ve araştırma serası buğday boyu verileri (Devam).

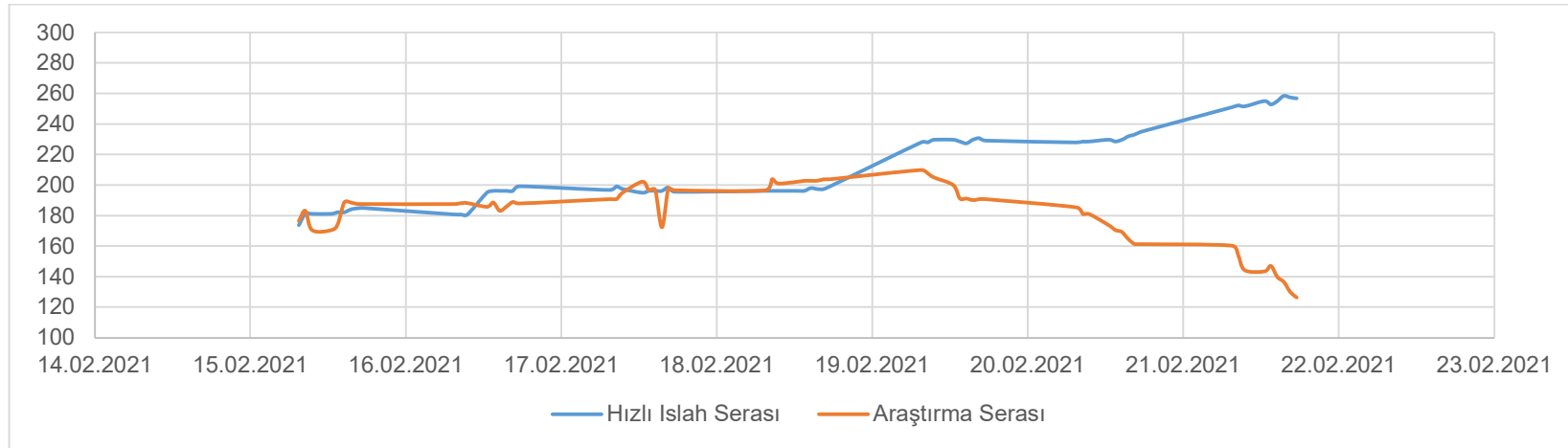
12.03.2021 12:30	437,44	416,05
13.03.2021 12:30	438,59	428,13
14.03.2021 12:30	481,33	440,2
15.03.2021 12:30	500,92	439,35
16.03.2021 12:30	502,06	457,77
17.03.2021 12:30	499,75	485,27
18.03.2021 12:30	503,21	537,71
19.03.2021 12:30	499,75	580,91
20.03.2021 12:30	505,51	590,39
21.03.2021 12:30	498,6	585,31
22.03.2021 12:30	507,85	599,77
23.03.2021 12:30	505,54	581,24
24.03.2021 12:30	506,69	604,38
25.03.2021 12:30	506,69	600,01
26.03.2021 12:30	500,92	598,68
27.03.2021 12:30	499,77	604,38
28.03.2021 12:30	496,3	602,43
29.03.2021 12:30	497,46	592,14
30.03.2021 12:30	498,61	601,34
31.03.2021 12:30	502,06	596,09
1.04.2021 12:30	510,12	600,48
2.04.2021 12:30	506,66	604,38
3.04.2021 12:30	505,9	593,67
4.04.2021 12:30	502,06	600,48
5.04.2021 12:30	504,36	597,42

5 Şubat tarihinde Altındane türü yazlık buğday iki asıl dört yedek olacak şekilde toplam altı saksıya ekilmiştir. 8 Şubat tarihinde iki serada da çimlenme görülmüş ve bu tarihten itibaren boy bilgisi alınmaya başlanmıştır. Birinci haftayı hızlı ıslah serası 196 mm, araştırma serası 166 mm boy ile tamamlamıştır (Şekil 4.53). Boy grafiğine bakılarak ilk hafta için iki seranın da gelişiminin paralellik gösterdiği söylenebilir. Hızlı ıslah serası günlük 28 mm, araştırma serası ise 23 mm ortalama boy artışı göstermiştir. İkinci hafta 15-19 Şubat tarihleri arasında iki sera için de yatay bir seyir görülmektedir (Şekil 4.54). 19 Şubat tarihinden itibaren hızlı ıslah serası için buğday boyu artmaya başlarken, yapraktaki kıvrılmadan dolayı araştırma serasında buğday boyunda düşüş gözlenmektedir. Hızlı ıslah serası bu haftayı 256 mm ile bitirirken, araştırma serasında buğday boyu 126 mm'e kadar düşüş göstermiştir. Ayrıyeten 15 Şubat tarihinde iki sera için de üçüncü yaprak çıkışı gözlenmiştir. Üçüncü hafta hızlı ıslah serası yatay bir seyir izlemiştir (Şekil 4.55). Araştırma serası önceki haftada

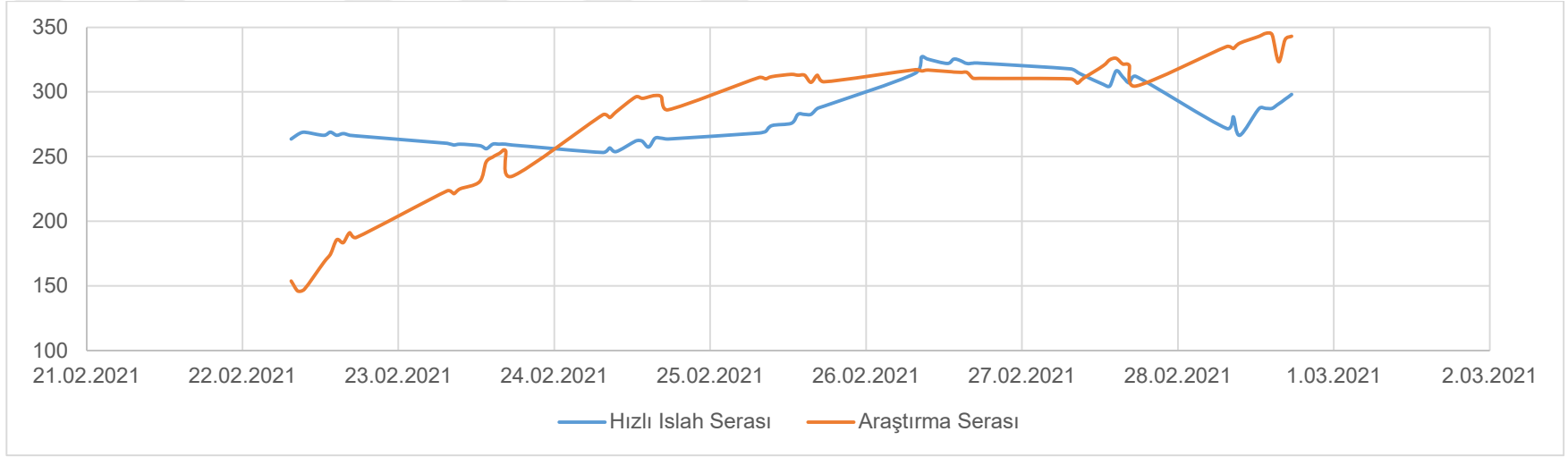
kıvrılan yaprağın toparlanması ile 143 mm olarak başladığı haftayı 343 mm ile tamamlamıştır. Araştırma serasında bu hafta boy artışı 200 mm olarak kaydedilmiştir. Dördüncü haftada iki serada da buğday büyüme hızı yavaşlamıştır (Şekil 4.56). Hızlı ıslah serası haftaya 365 mm ile başlayıp 386 mm boy ile bitirmiştir. Bu haftada boy artışı 21mm olarak ölçülmüştür. Araştırma serası ise hızlı ıslah serasına paralel bir seyir göstermiş, 366 mm olarak başladığı hafta 39 mm uzama ile 405 mm boy ulaşılmıştır. 8 Mart tarihinde hızlı ıslah serasında çiçeklenme görülmüştür (Şekil 4.57). Hızlı ıslah serası beşinci haftada buğday boyu 394 mm ile başlayıp 88 mm artışla 482 mm ile tamamlamıştır. 13 Mart tarihinde araştırma serasında çiçeklenme görülmüştür. Araştırma serası beşinci hafta içinde buğday boyunda değişiklik göstermemiş 440 mm civarında seyretmiştir. Altıncı hafta 15 Mart tarihinde hızlı ıslah serasında başaklanma görülmüştür (Şekil 4.58). Başaklanmadan itibaren hızlı ıslah serasında buğday boyu 500 mm civarında sabitlenmiştir. Araştırma serasında 19 Mart tarihinde başaklanma görülmüştür. Araştırma Serası bu haftaya 443 mm ile başlayıp ve haftayı 600 mm olarak tamamlamıştır. Hızlı ıslah serasına benzer şekilde bu hafta araştırma serası buğdayı boyu 600 mm civarında sabitlenmiş ve boy artışı durmuştur. Yedinci hafta iki serada da buğday boyunda hissedilir bir değişim gözlenmemiştir. Hızlı ıslah serasında buğday boyu 500 mm, araştırma serasında 600 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.59). Gelişim özelliklerine bakılarak 30 Mart tarihinde hızlı ıslah serası buğdayının hasat edilmesine karar verilmiştir (Şekil 4.60). Aynı hafta içinde 4 Nisan tarihinde araştırma serası buğdayının hasat için hazır olduğuna karar verilmiştir. Daha önce de bahsedildiği üzere iki sera için de hasat planlanan tarihte yapılmamış ve fotoğraf alınmaya devam edilmiştir. Hızlı ıslah serası buğdayı tamamen kuruduğu 13 Nisan tarihinde, araştırma serası buğdayı da 27 Nisan tarihinde hasat edilmiştir. Hızlı ıslah serası için ekim tarihinden planlanan hasat tarihine kadar geçen süre 53 gündür. Araştırma Serası için ekim tarihinden ve planlanan hasat tarihine kadar geçen süre 57 gündür. Hızlı ıslah serası, aydınlatma ve sıcaklık kontrolü sayesinde araştırma serasına göre dört gün önce hasat edilmesine olanak sağlamıştır.



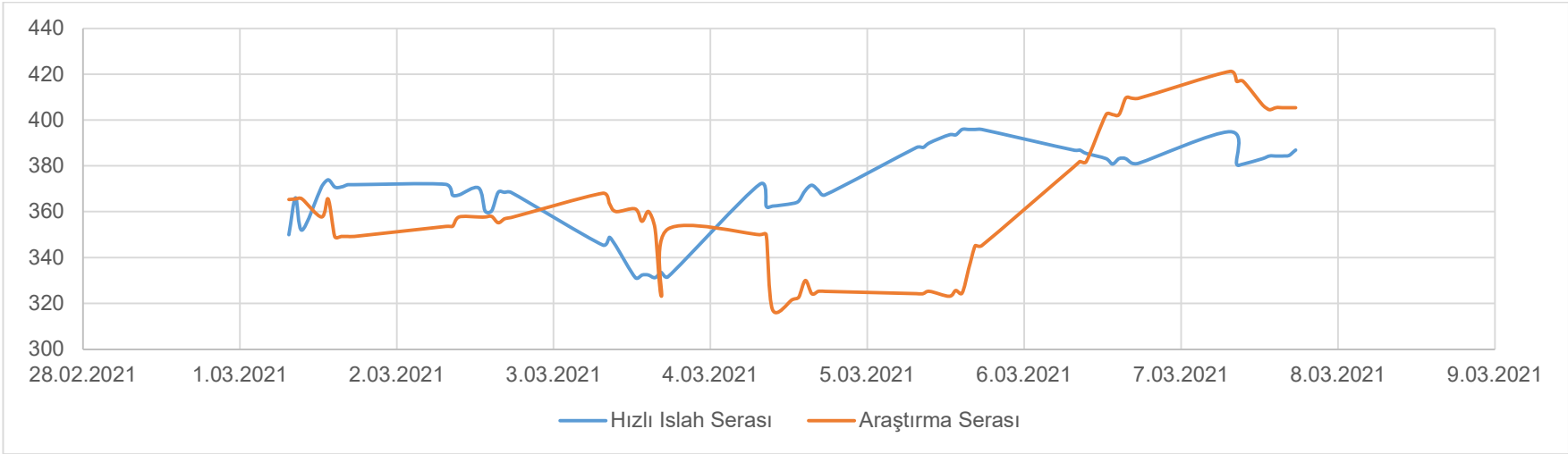
**Şekil 4.53:** Birinci hafta buğday boyu grafiği.



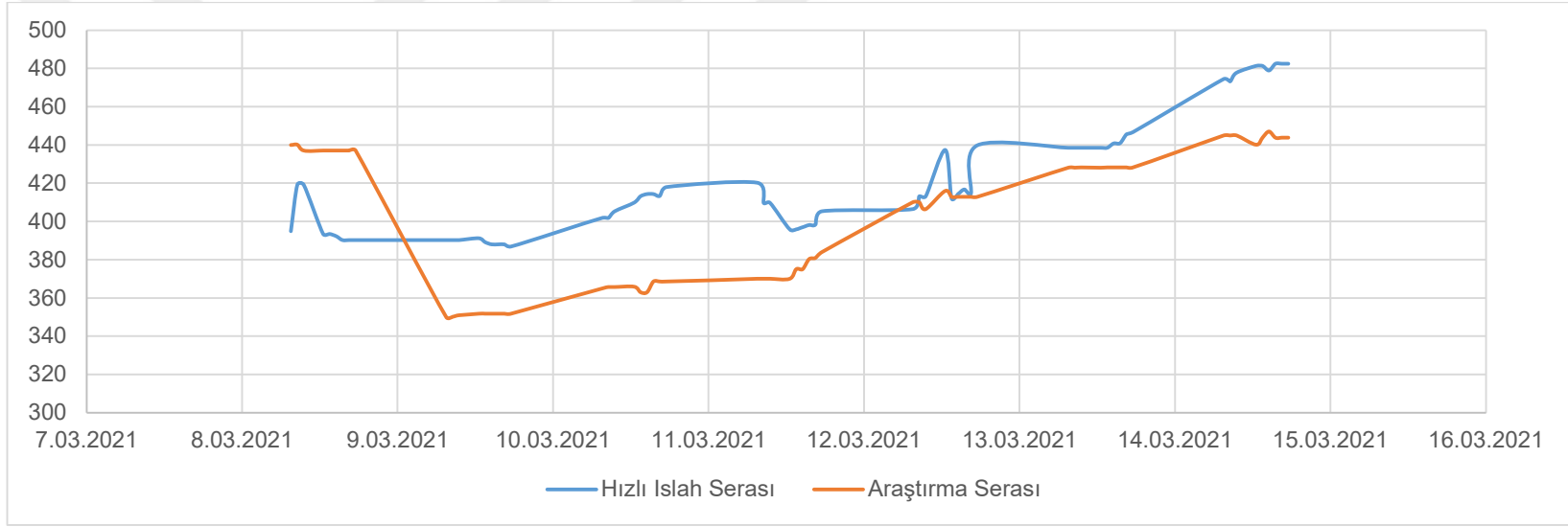
**Şekil 4.54:** İkinci hafta buğday boyu grafiği.



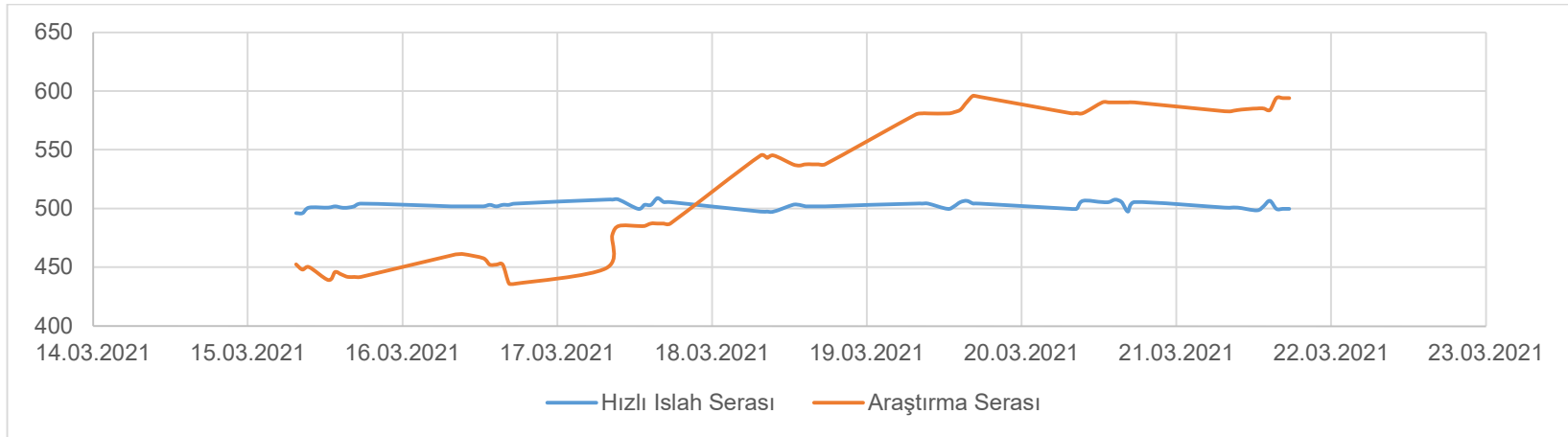
**Şekil 4.55:** Üçüncü hafta buğday boyu grafiği.



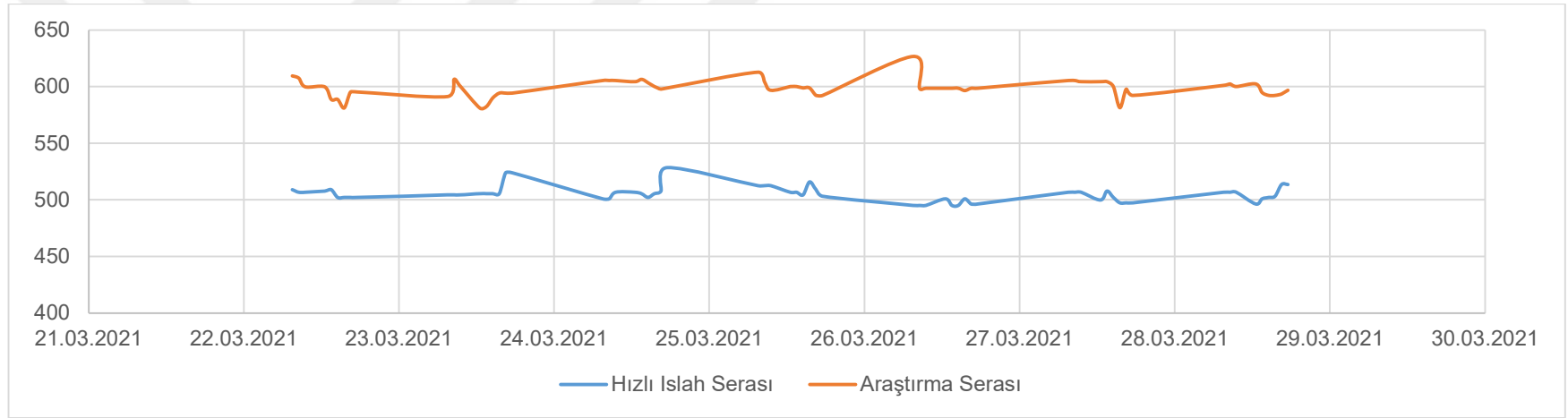
**Şekil 4.56:** Dördüncü hafta buğday boyu grafiği.



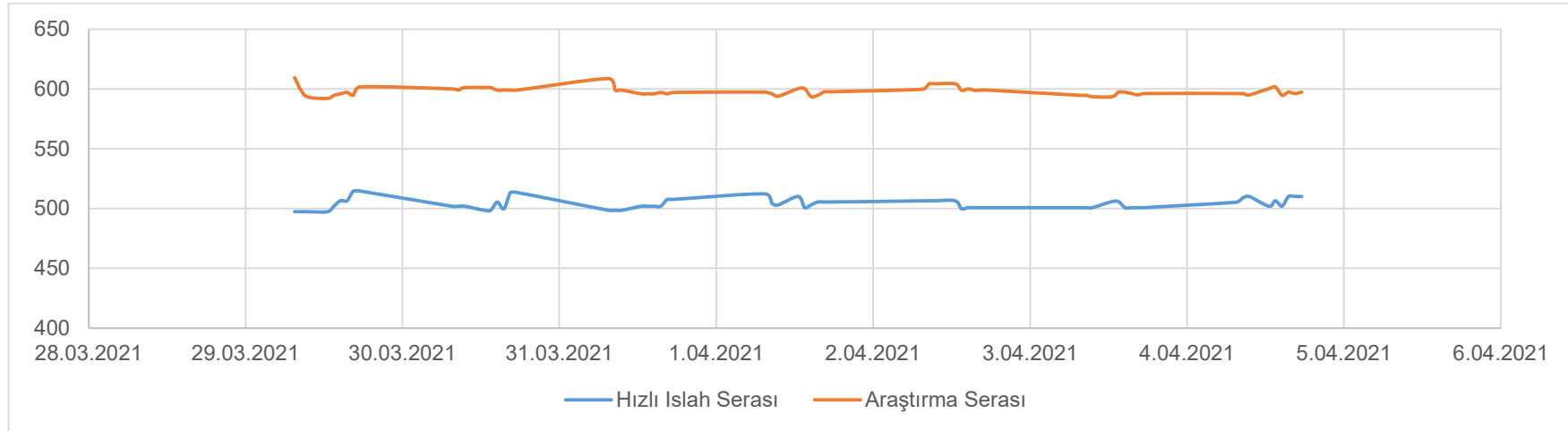
Şekil 4.57: Beşinci hafta buğday boyu grafiği.



Şekil 4.58: Altıncı hafta buğday boyu grafiği.



**Şekil 4.59:** Yedinci hafta buğday boyu grafiği.



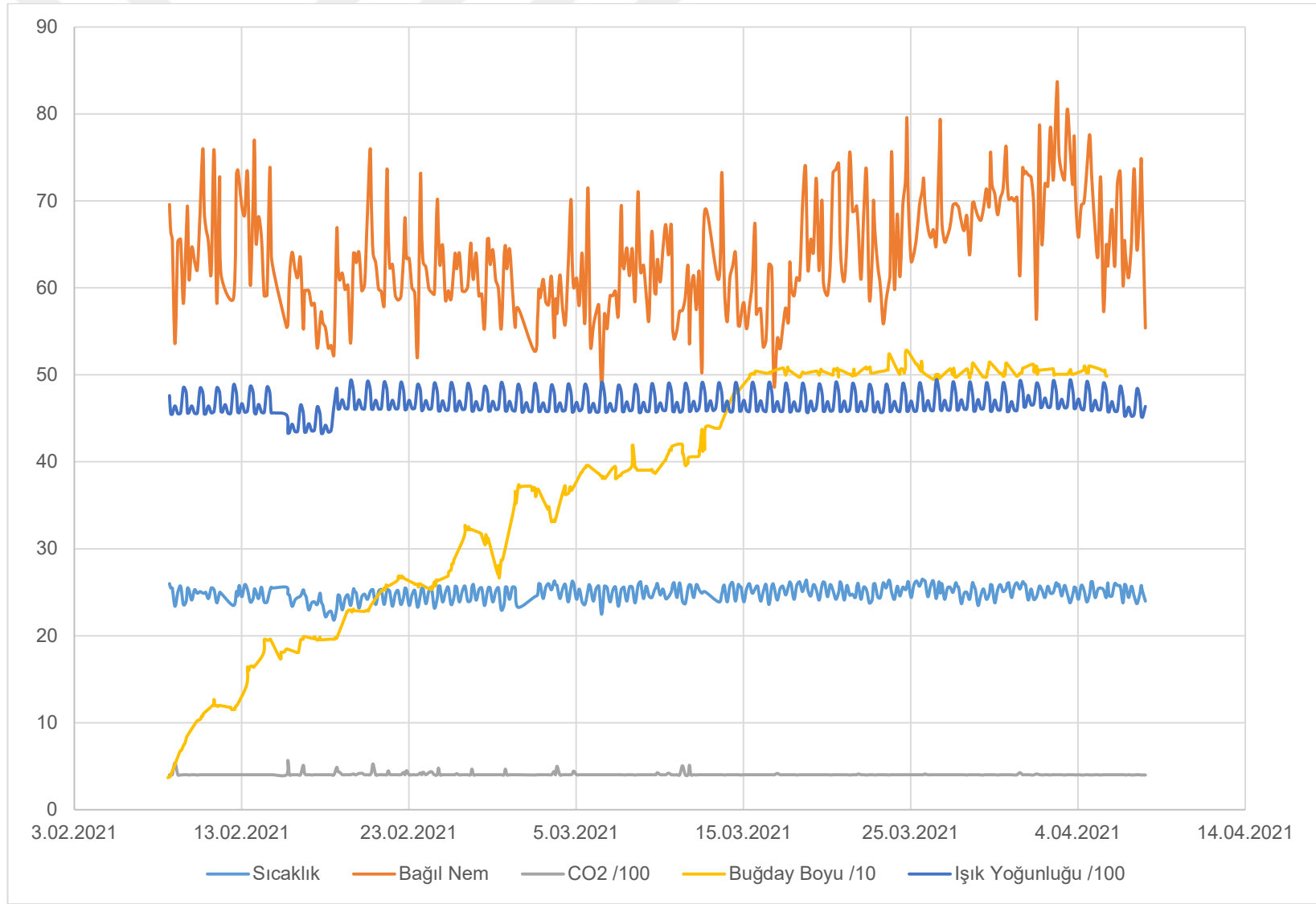
**Şekil 4.60:** Sekizinci hafta buğday boyu grafiği

### 4.3 Sensör Verileri ve Buğday Boyu Karşılaştırması

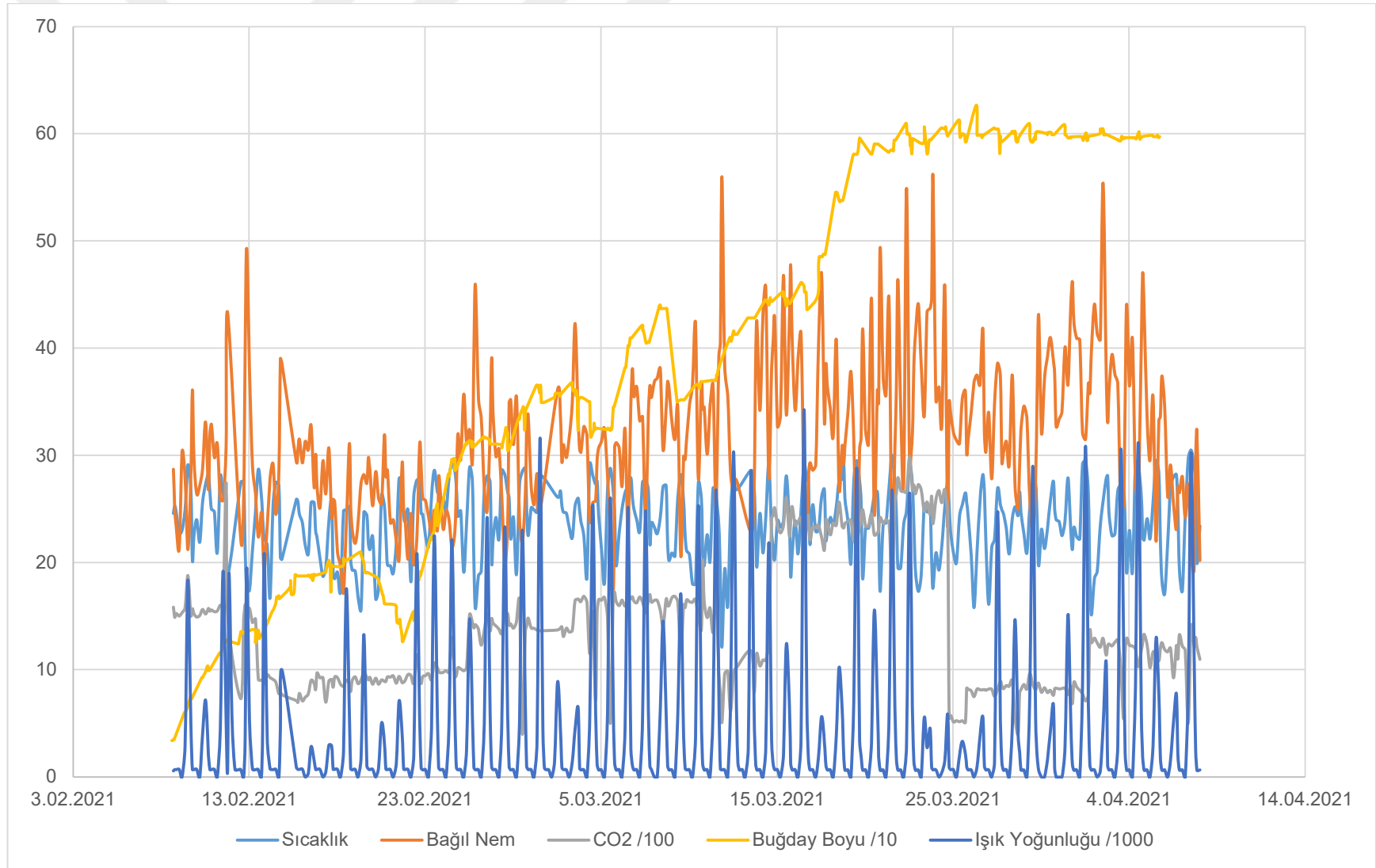
Şekil 4.61’de Hızlı ıslah serasından alınan sıcaklık, nem, ışık yoğunluğu ve buğday boyu grafiği verilmiştir. Grafik oluşturulurken değerlerin daha detaylı görülebilmesi için buğday boyu değeri 1/10, CO<sub>2</sub> ve ışık yoğunluğu değerleri 1/100 ile çarpılarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklık, nem ve ışık değerlerinin kontrol altında tutulduğu, seranın küçük hacmi ve fotosentezin sürekli devam etmesi sebebiyle CO<sub>2</sub> seviyesinin oldukça düşük ve stabil olduğu görülmektedir. Şekil 4.62’de araştırma serasına ait buğday boyu ve sensör verileri grafiği verilmiştir. Grafiğin oluşturulmasında hızlı ıslah serasına benzer şekilde buğday boyu değeri 1/10, CO<sub>2</sub> değeri 1/100 ile çarpılmış, hızlı ıslah serasından farklı olarak, ışık yoğunluğu değerleri çok yüksek olduğu için bu değer 1/1000 ile çarpılmıştır. Grafik incelendiğinde sıcaklık, ışık ve nem değerleri gün ışığına göre değişmektedir. Seraların sıcaklık ortalamalarına bakıldığında hızlı ıslah serası için 25 °C, araştırma serası için 23,8 °C olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerlerin yakın olmasına karşın sıcaklık değişimlerine bakıldığında kaydedilen değerler arasında en yüksek fark hızlı ıslah serası için 4,7 °C iken, araştırma serası için 20,3 °C’dir. Bağıl nem verilerine bakıldığında hızlı ıslah serasının bağıl nem aralığının %50 ile %80 arasında değiştiğini ve ortalama %65 olduğu söylenebilir. Araştırma serası ise nem kontrolü yapılmadığı için bağıl nem %20 ile %56 arasında değiştiği ve kaydedilen değerlerin ortalama %32 ile hızlı ıslah serası bağıl nem ortalamasının yarısı olduğu söylenebilir. Seralar için CO<sub>2</sub> seviyelerini incelersek hızlı ıslah serasının ortalama 410 ppm ile açık hava seviyesinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Bu değerlerde sera hacminin küçük olması, toprak miktarının az olması, sürekli aydınlatma ile fotosentezin devam etmesi önemli etkenlerdir. Işık yoğunluğu değerleri karşılaştırıldığında hızlı ıslah serasında 4650 lux ortalama değer kaydedilirken araştırma serası özellikle öğle saatlerinde 43.000 lux değerlerine çıkan pik değerler okunmuştur. Araştırma serasında ortalama olarak 4350 lux bulunan ışık değeri hızlı ıslah serası ışık yoğunluğu değerine oldukça yakındır. Buğday boyu ile ilgili olarak hızlı ıslah serasında buğday boyu, yaprak kıvrılmalarından dolayı küçük düşüşler gösterse de genel olarak artış göstermiştir. Planlanan hasat tarihinde buğday boyu 500 mm olarak ölçülmüştür. Ekim tarihinden itibaren 53. günde hızlı ıslah serası buğdayı hasata hazır hale gelmiştir. Araştırma serasında ise buğday boyu yaprak kıvrılmasından dolayı oldukça dalgalı bir seyir izlemiştir. 19 Şubat tarihinde 210 mm

olan buğday boyu 21 Şubat tarihinde 126 mm'e kadar düşüş göstermiştir. Benzer şekilde 8 Mart tarihinde 437 mm olan buğday boyu 9 Mart tarihinde 350 mm'e kadar düşmüştür. Araştırma serası buğdayı ekim tarihinden itibaren 57 gün içinde hasata hazır hale gelmiştir. Hızlı ıslah serası, araştırma serasına göre 4 gün daha erken hasata hazır hale gelmiştir.





Şekil 4.61: Hızlı ıslah serası sensör verileri-buğday boyu grafiği.



**Şekil 4.62:** Araştırma serası sensör verileri-buğday boyu grafiği.

#### 4.4 Bitki Verileri Dışındaki Faktörler ve Sarfiyat

Bu bölümde araştırma yapılan seraların ısıtma – soğutma ve aydınlatma ile ilgili sarfiyatı incelenmiştir.

##### 4.4.1 Isıtma – soğutma

Hızlı Islah Serası üniversite binası içinde bir koridorun izoleli PVC pencere sistemi kullanılarak kapatılması ile elde edilmiş yaklaşık 15m<sup>2</sup> kapalı bir alandır. Hızlı ıslah serasında sıcaklık ve nemin sabit tutulması gerekmektedir. Bu yüzden hızlı ıslah serasında sıcaklık klima ile kontrol edilmektedir. Araştırma serasında ise aktif bir soğutma sistemi bulunmamaktadır. Sera içindeki sıcaklık yükseldiği zaman fanlar devreye girerek havalandırma yoluyla sıcaklığı düşürmeye çalışmaktadır. Sera içindeki kalorifer sistemi ve sıcaklık kontrol cihazı ile sera sıcaklığı en düşük 20 °C’de tutulmaya çalışılmaktadır.

##### 4.4.2 Aydınlatma

İki serada da aktif olarak aydınlatma kullanılmaktadır.

Hızlı ıslah serasında 00:00-10:00 ve 12:00–22:00 saatleri arasında tarımsal LED aydınlatmalar kullanılmaktadır. 10:00-12:00 saatleri arasında ise iki adet 120 W tavan aydınlatması ile aydınlatma devam etmektedir. Hızlı ıslah serasında altı adet masa ve her masada 2 adet 150 W tarımsal LED aydınlatma bulunmaktadır. Toplamda 12 adet tarımsal LED günde 20 saat aydınlatma sağlamaktadır.

$$12 \text{ Tarımsal LED} \times 150 \text{ W/h} \times 20 \text{ h} = 36.000 \text{ W} = 36 \text{ kW}$$

$$2 \text{ Tavan Spotu} \times 120 \text{ W/h} \times 2 \text{ h} = 480 \text{ W} \approx 0.5 \text{ kW}$$

Toplam günlük aydınlatma sarfiyatı yaklaşık 36.5 kW civarındadır

Araştırma serasında 9 adet sodyum buharlı lamba kullanılmaktadır. 150 W/h elektrik sarfiyatı olan sodyum buharlı lambalar 18:00–02:00 saatleri arasında sekiz saat açık kalmaktadır.

$$9 \text{ lamba} \times 150 \text{ W/h} \times 8 \text{ h} = 10.800 \text{ W} = 10,8 \text{ kW}$$

İki sera aydınlatmadaki günlük elektrik sarfiyatı olarak karşılaştırıldığında hızlı ıslah serası 36,5 kW, araştırma serası ise 10,8 kW değerleri elde edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada araştırma serası ve hızlı ıslah serasının ekmeklik buğdayın yetiştirilmesi üzerine etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Fotoğraf alınması ve sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub>, ışık seviyesi gibi çevresel değişkenlerin sensörler aracılığıyla ölçülmesi için Raspberry Pi 4 bilgisayar içeren iki adet çekim istasyonu hazırlanmıştır. Altındane türü iki adet buğday tanesi, 5 Şubat 2021 tarihinde saksılara ekimi yapılmış ve fotoğrafları alınmak üzere çekim istasyonlarının önüne yerleştirilmiştir. Bu tarihten itibaren hem sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub> ve ışık gibi çevresel faktörle sensörler vasıtasıyla kayıt altına alınmaya hem de fotoğraf çekilmeye başlanmıştır.

Hızlı ıslah serasında tarımsal LED aydınlatmalar kullanılarak günde 20 saat aydınlatma yapılmaktadır. Tarımsal LED aydınlatmalar güçlü ışık akısının yanında yüksek UV değeri içermektedir. Bu yüzden tarımsal LED aydınlatmalar açıkken sera içinde uzun süre bulunmak sağlık açısından uygun değildir. Seradaki bitkilerin bakımının yapılabilmesi için gündüz 10:00 – 12:00 saatleri arasındaki iki saatlik süreçte tarımsal LED aydınlatmalar kapatılıp perdeler ve tavan aydınlatması açılarak bitkilerin hem güneş ışığı alması hem de fotoperiyodun kesintiye uğramaması sağlanmaktadır. Bitkilerin sulanması ve diğer bakımları bu süreçte yapılmaktadır. Hızlı ıslah serasında yetiştirilen bitkiler iki saat günışığı ve 20 saat tarımsal LED aydınlatma altında toplam 22 saat aydınlatılmaktadır. 22:00–00:00 saatleri arasında ise aydınlatmalar tamamen kapatılıp ortam sıcaklığı 18 °C'ye düşürülerek bitkilerin dinlenmesi sağlanmaktadır. Karanlık süreçte ortam sıcaklığı 18 °C'ye düşürülürken aydınlatma periyodunda ortam sıcaklığı 25 °C'de bağıl nem ise %70 civarında olması için klima ve nem kontrol cihazları kullanılmaktadır. Araştırma serasında ise aydınlatma sabah saatlerinden saat 18:00'e kadar günışığı ile yapılmakta, 18:00–02:00 saatleri arasında ise sodyum buharlı tavan aydınlatmaları ile yapılmaktadır. Ortam sıcaklığı ve nem için herhangi bir düzenleme yapılmamaktadır.

Ekimin yapıldığı tarihten üç gün sonra 8 Şubat tarihinde saksılarda çimlenme görülmüştür. Hızlı ıslah serası için 8 Mart tarihinde, araştırma serasında ise 13 Mart tarihinde çiçeklenme görülmüştür. Çiçeklenme tarihinden yaklaşık bir hafta sonra

başaklanma gözlenmiştir. Başaklanma tarihleri, hızlı ıslah serası için 15 Mart, araştırma serası için 19 Mart'tır. Bu süreçte hızlı ıslah serasının çiçeklenme ve başaklanma tarihlerinde araştırma serasına göre bir hafta önde olduğu söylenebilir. Hızlı ıslah prosedürünün bir aşaması olarak başaklanmayı takip eden 15-20 gün arasında hasat yapılması planlanmıştır. Planlanan hasat tarihi hızlı ıslah serası için 30 Mart, araştırma serası için 3 Nisan tarihleridir. Buğday bitkisi hızlı ıslah serasında bir generasyonu 53 günde, araştırma serasında 57 günde tamamlamıştır. Hızlı ıslah serasında 53 gün hasat süresi ve dormasinin kırılması için tohumun inkübatördeki kurutma süresi de eklenirse ortalama 60 günde bir generasyon alındığı gözlenmiştir. Doğal ortamda yıllık 2-3 generasyon alınan yazlık buğdaydan hızlı ıslah prosedürleri uygulanarak yıllık altı generasyon almak mümkün hale gelmektedir. Kışlık buğday için ise hızlı ıslah prosedürleri kullanarak yıllık 3-4 generasyon alınabilmektedir. Araştırma serası buğdayının ise 57 günde hasata hazır hale geldiği görülmüştür. Tohumun kurutulma süresi de eklenince bir generasyonun 64 günde tamamlandığı söylenebilir.

Yetiştirme süresi dışında seralardan toplanan sensör verileri incelendiğinde hızlı ıslah serasında sıcaklığın en düşük 21,8 °C, en yüksek 26,8 °C olduğu, ortalama ise 25 °C olduğu görülmüştür. Araştırma serasında en düşük sıcaklık 12,1 °C, en yüksek 32,4 °C olarak ölçülmüş, ortalama değer 23,8 °C hesaplanmıştır. Hızlı ıslah serasında sıcaklık dalgalanması az iken sıcaklık kontrolüne sahip olamayan araştırma serasında ise gece-gündüz farkı ve mevsimsel sıcaklık değişikliğine bağlı olarak sıcaklık dalgalı bir seyir izlemiştir.

Bağıl nem değerlerine bakıldığında hızlı ıslah serası %48,5 ile %83,6 arasında değerler ölçülürken ortalama %65,5 değeri hesaplanmıştır. Araştırma serasının hızlı ıslah serasına göre bağıl nem oranı daha düşüktür. Bu serada alınan değerler en düşük %17,1, en yüksek değer %56,1 olarak kaydedilmiş ortalama değer ise %52,96 olarak hesaplanmıştır.

Araştırma serası günışığı ve akşam saatlerinde tavan aydınlatmaları ile aydınlatılmaktadır. Sera 02.00 saatinden güneş doğana kadar karanlıkta kalırken, en yüksek ışık akısı 43132 lux olarak ölçülmüştür. Ortalama değer ise 4446 lux olarak hesaplanmıştır. Hızlı ıslah serası ise günlük 20 saatlik aydınlatma periyodu boyunca en düşük 4327 lux, en yüksek 4920 lux olarak ölçülmüştür. Ortalama ışık akısı 4665 lux'tür.

CO<sub>2</sub> sensörü tarafından alınan değerler bakımından seralar incelendiğinde hızlı ıslah serası 400 ppm ile 512 ppm arasında değerler ölçölmüştür: Açık hava CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 400 ppm olduğu göz önüne alınırsa bu seranın açık hava ile eşdeğer CO<sub>2</sub> seviyesine sahip olduğu söylenebilir. Araştırma serasında ise 400 ppm ile 2984 ppm arasında değerler kayıt edilmiştir. Araştırma serasında CO<sub>2</sub> seviyesi, ışıklı periyot dolayısıyla fotosentez sürecinden bağımsız olarak değişkenlik göstermektedir. CO<sub>2</sub> seviyesindeki değişkenliğin seradaki saksılarda kullanılan topraklardan yayılan CO<sub>2</sub> sebebiyle meydana geldiği düşünölmektedir.

Hasat esnasında hızlı ıslah serası buğdayının 500 mm boya ulaştığı ve üç başak çıkardığı, araştırma serası buğdayının ise 600 mm boya ulaştığı ve iki başak çıkardığı görölmüştür.



## 6. KAYNAKÇA

Akdağ, H. (2019). *Hızlı Islah Yöntemiyle Buğdayda Haritalama Popülasyonu Ve Geriye Melez Döllerin Yetiştirilmesi*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.

Altinkaya Kutu. (2021). EC-1624-5 | IP-67 Plastik Panolar | Altinkaya Elektronik Cihaz Kutuları SAN TİC A.Ş. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.altinkaya.com.tr/IP-67-Plastik-Panolar/EC-1624-5.html> adresinden erişildi.

AM2315. (2021). AM2315 AOSONG. 4 Mayıs 2021 tarihinde <http://www.aosong.com/m/en/products-37.html> adresinden erişildi.

Atçeken, H. (2020). *Ekmeklik Ve Makarnalık Buğday Tanelerinin Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Sınıflandırılması*. *Orphanet Journal of Rare Diseases*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.

BH1750. (2021). BH1750. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf> adresinden erişildi.

Bilgiçli, N., Soylu, S., Erbakan Üniversitesi, N., ve Mimarlık Fakültesi, M., Mühendisliği Bölümü, G., Üniversitesi, S., ... Bitkileri Bölümü, T. (2016). Buğday ve Un Kalitesinin Sektörel Açıdan Değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 5(2), 2148–3205. [www.arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas](http://www.arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas) adresinden erişildi.

BME280. (2021). Humidity Sensor BME280 | Bosch Sensortec. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/> adresinden erişildi.

Bradski, G., Kaehler, A., Cambridge, B. , Farnham, , Köln, , Sebastopol, , ... Tokyo, . (2008). *Learning OpenCV*.

Çelik Özer, G., Karaoğlu, c., Aydoğan, A. ve Kılınç, V. H. (2019). Mercimekte (*Lens culinaris* M.) Hızlı Islah Teknikleri Kullanılarak Generasyon Süresinin

- Kısaltılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(2), 47–57. doi:10.21566/tarbitderg.660728
- Constantino, K. P., Gonzales, E. J., Lazaro, M., Serrano, E. C., Samson, B. P., Constantino, K. P., ... Samson, B. P. (2018). Towards an Automated Plant Height Measurement and Tiller Segmentation of Rice Crops using Image Processing, 3, 155–168. doi:10.1007/978-3-319-76947-9\_11
- Doğanay, A. (2019). *Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Tanenin Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniği ile Belirlenmesi*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.
- Gaoua, O. (2020). *Hızlandırılmış Bitki Yetiştirme Teknikleri İle Aspir (Carthamus Tinctorius) Bitkisinde Islah Süresinin Kısaltılması*. Erciyes Üniversitesi.
- Gazoni, E. ve Clark, C. (2019). OpenPyXL - A Python library to read/write Excel 2010 xlsx/xlsm files. *openpyxl*. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/> adresinden erişildi.
- George, D. P. (2014). MicroPython - Wikipedia. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://en.wikipedia.org/wiki/MicroPython> adresinden erişildi.
- Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O., Ramirez-Gonzalez, R., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., ... Hickey, L. (2018). Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *bioRxiv*, 13(December), 2944–2963. doi:10.1101/369512
- Google. (2021). Introduction to Google Drive API | Google Developers. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://developers.google.com/drive/api/v3/about-sdk> adresinden erişildi.
- Heiney, A. (2019). Growing Plants in Space. <http://www.nasa.gov/content/growing-plants-in-space> adresinden erişildi.
- Hipp, D. R. (2000). SQLite - Vikipedi. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://tr.wikipedia.org/wiki/SQLite> adresinden erişildi.
- Liao, M. S., Chen, S. F., Chou, C. Y., Chen, H. Y., Yeh, S. H., Chang, Y. C. ve Jiang, J. A. (2017). On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system.

*Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 125–139.  
doi:10.1016/J.COMPAG.2017.03.003

Liechti, C. (2001). pyserial · PyPI. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://pypi.org/project/pyserial/> adresinden erişildi.

M0814-MP2. (2021). MP2 Machine Vision Series M0814-MP2 : Manual Iris: Megapixel Monofocal Lenses: Products: Computar. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://computar.com/product/552/M0814-MP2> adresinden erişildi.

MH-Z19C. (2021). MH-Z19C NDIR CO2 Sensor for HVAC and IAQ--Winsen. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.winsen-sensor.com/sensors/co2-sensor/mh-z19c.html> adresinden erişildi.

Nuttall, B. ve Jones, D. (2021). GitHub - gpiozero/gpiozero: A simple interface to GPIO devices with Raspberry Pi. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://github.com/gpiozero/gpiozero> adresinden erişildi.

Raspberry Pi. (2020). Raspberry Pi 4 Model B specifications – Raspberry Pi. *Raspberry Pi Foundation*. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/> adresinden erişildi.

Raspberry Pi HQ Camera. (2020). Raspberry Pi HQ Camera. 4 Mayıs 2021 tarihinde [https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry\\_Pi\\_HQ\\_Camera\\_Product\\_Brief.pdf](https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry_Pi_HQ_Camera_Product_Brief.pdf) adresinden erişildi.

Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. ve Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, 8(6), 66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428

Rossum, G. van. (1990). Python (programlama dili) - Vikipedi. 5 Mayıs 2021 tarihinde [https://tr.wikipedia.org/wiki/Python\\_\(programlama\\_dili\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Python_(programlama_dili)) adresinden erişildi.

Sabancı, K. ve Aydın, C. (2014). Tarım Bilimleri Dergisi Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu ESER BİLGİSİ. *AGRICULTURAL SCIENCES*, 20, 406–414. doi:10.1501/Tarimbil\_00000001299

Sabancı, K. ve Ünlerşen, M. F. (2016). Karaman Yöresinde Yeti ş tirilen Elma Çe ş itlerinin S ı n ı fland ı rma Parametrelerini Görüntü İş leme Teknikleri Kullanarak

Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 12(2), 133–139.

SI1145. (2021). SI1145-A10-GMR Silicon Labs | Mouser Europe. 4 Mayıs 2021 tarihinde <https://eu.mouser.com/ProductDetail/Silicon-Labs/SI1145-A10-GMR?qs=p9T7GgSe1IHikgiy9eCRbA==> adresinden erişildi.

Slik, S. (2021). Slik S-640 Siyah Çantalı Terazili Tripod Fiyatı. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.hepsiburada.com/slik-s-640-siyah-cantali-terazili-tripod-p-FTHAYYSLIK3> adresinden erişildi.

Telegram. (2021). Introduction — telepot 12.7 documentation. 5 Mayıs 2021 tarihinde <https://telepot.readthedocs.io/en/latest/> adresinden erişildi.

The Raspberry Pi Foundation. (2018). Raspberry Pi OS. *The Raspberry Pi Foundation*. 9 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/> adresinden erişildi.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri:

Adı Soyadı : Fikret UYSAL

### Eğitim:

Lise : Burdur Anadolu Meslek Lisesi / 1999

Lisans : Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi / 2004

**Yabancı Dil ve Düzeyi:** İngilizce İyi

**İş Deneyimi:** Milli Eğitim Bakanlığı / Bilişim Teknolojileri Öğretmeni

**Deneyim Alanları:** Bilişim Teknolojileri Öğretmeni / 16 Yıl

### Çalıştığı Kurumlar :

Cumhuriyet Ortaokulu Ermenek / KARAMAN

Halk Eğitim Merkezi Sarıveliler / KARAMAN

Anafartalar Ortaokulu KARAMAN

Yavuz Sultan Selim Ortaokulu KARAMAN

TOBB Fen Lisesi KARAMAN

Yusufça Ortaokulu Gölhisar / BURDUR

Taşkapı Ortaokulu BURDUR

Karapınar Ortaokulu Bucak / BURDUR