SERALARDAKİ KARMAŞIK NEM KONTROL DİNAMİKLERİNİN KONTROL EDİLEBİLİRLİĞİ

Aslı Nergiz BAYAR

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL
II. Danışman: Dr. Öğ. Üy. Ercüment ÖZER

2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERALARDAKİ KARMAŞIK NEM KONTROL DİNAMİKLERİNİN KONTROL EDİLEBİLİRLİĞİ

Aslı Nergiz BAYAR

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. AHMET NEDİM YÜKSEL

II. DANIŞMAN: DR. ÖĞ. ÜY. ERCÜMENT ÖZER

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL ve Dr. Öğ. Üy. Ercüment ÖZER danışmanlığında, Zir. Müh. Aslı Nergiz BAYAR tarafından hazırlanan "Seralardaki Karmaşık Nem Kontrol Dinamiklerinin Kontrol Edilebilirliği" isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL *İmza :*

Üye : Prof. Dr. İsrafil KOCAMAN *İmza :*

Üye : Prof. Dr. Can Burak ŞİŞMAN *İmza :*

Üye : Dr. Öğ. Üy. Ercüment ÖZER *İmza :*

Üye : Dr. Öğ. Üy. M. Cüneyt BAĞDATLI *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına;

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SERALARDAKİ KARMAŞIK NEM KONTROL DİNAMİKLERİNİN

KONTROL EDİLEBİLİRLİĞİ

Aslı Nergiz BAYAR

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL
II. Danışman: Dr. Öğ. Üyesi Ercüment ÖZER

Bu çalışmada, iki özdeş yüksek tünel ile bir tropikal sera sistemi üzerinde Süreç Tepki Eğrisi Yöntemi uygulanmış ve kontrol edilen çıktılar olan sıcaklık ve mutlak nem ile manipule edilen girdiler olan ışık ve havalandırma oranı arasındaki kazanç matrisi tespit edilmiştir. Yüksek tüneller üzerinde yapılan şahitli deneyler sonucunda elde edilen kazanç matrisi üzerinde Bristol Bağıl Kazanç Matrisi analizi uygulanmış ve Lambda değeri 3,45 bulunmuştur. Tropikal sera üzerinde yapılan testler de sistemin karmaşıklığını ortaya koymuştur. Sonuçlara göre, incelenen sistem çok yüksek iç etkileşimli karmaşık bir sistemdir fakat aynı anda manipüle edilmeleri şartıyla sıcaklığın ışık şiddeti ile, mutlak nemin de havalandırma oranı ile eşleştirilerek kontrol edilebilmeleri mümkündür. Işık şiddetinin minimuma ulaştığı gece saatlerinde bu şekilde bir kontrol edilebilirlik durumu matematiksel olarak ortadan kalkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sera, matematiksel modelleme, otomatik kontrol, nem, sıcaklık

2019, 149 sayfa

ABSTRACT
MSc. Thesis

CONTROLLABILITY OF COMPLEX HUMIDITY CONTROL DYNAMICS IN GREENHOUSES

Aslı Nergiz BAYAR

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL
Supervisor II: Assist. Prof. Dr. Ercüment ÖZER

In this investigation, Process Reaction Curve Method is applied on two identical high tunnels and on a tropical greenhouse system where the temperature and the absolute humidity are chosen as the controlled outputs and the light intensity and aeration are chosen as the manipulated inputs. Bristol's Relative Gain Array analysis is used on the gain matrix of high tunnels and the Lambda value is found as 3.45, indicating that there is a strong interaction between the manipulated inputs and the controlled outputs, but the system is still controllable if the temperature is paired with the light intensity and the absolute humidity is paired with the aeration and manipulated simultaneously. Tests on the tropical greenhouse system also put forward the complexity of the system. During night time when the light intensity is lowest, the controllability is lost in mathematical terms.

Keywords : Greenhouse, mathematical model, automation control, humidity, temperature

2019, 149 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
ÇİZELGE DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİL DİZİNİ ..... **vii**
SİMGE DİZİNİ ..... **xi**
TEŞEKKÜR ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
3. MATERYAL ve YÖNTEM **8**
3.1 Şahitli Yüksek Tüneller 8
3.1.1 Yüksek tünellerin yapısal ve havalandırma özellikleri 12
3.1.2 Programlanabilir değerlendirme ve ölçüm enstrümanları 13
3.1.8 Yüksek tünellerde yapılan deneyler ile ilgili çizim ve boyutlar 18
3.2 Yağmur Ormanı Serası 20
3.2.1 Yağmur ormanı serasının yapısal ve havalandırma özellikleri 25
3.2.2 Yağmur ormanı serasının bitki varlığı 30
3.2.3 Yağmur ormanı serasında bulunan tropik bitkilerin klima isteği 30
3.2.4 Programlanabilir değerlendirme ve ölçüm enstrümanları 32
3.2.8 Yağmur ormanı serasıda yapılan deneyler ile ilgili çizim ve boyutlar 41
3.3 Yüksek Tüneller İçin Kullanılan Yöntem 43
3.3.1 Yüksek tünel II için hesaplamalar 44
3.3.2 Yüksek tünellerde yapılan deneyler 44
3.4 Yağmur Ormanı Serası İçin Kullanılan Yöntem 51
3.4.1 Yağmur ormanı serasında yapılan hesaplamalar 52
3.4.2 Yağmur ormanı serasında yapılan deneyler 53
3.5 Teori 69
4. BULGULAR ve TARTIŞMA **73**
4.1 Yüksek Tüneller İçin Deney Verilerinin Grafikleri ve Açıklamaları 73
4.2 Yağmur Ormanı Serası İçin Deney Verilerinin Grafikleri ve Açıklamaları 92
4.3 19 Mart 2018 ile 18 Ağustos 2019 Tarihleri Arasında Yapılan Deney Akışı 117

5. SONUÇ ve ÖNERİLER 119
6. KAYNAKLAR 122
EKLER 126
ÖZGEÇMİŞ 127

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Çorlu ilçesinin iklim 1929 – 2018 yılları arası iklim verileri…..……...…..11

Çizelge 3.2 : Yüksek tünellerin özellikleri……..…….……...12

Çizelge 3.3 : Nem, ışık şiddeti, sıcaklık ölçüm sensör modüllerinin adlandırılması……...13

Çizelge 3.4 : İstanbul ili iklim değerlerinin 1929-2018 yılları arası ortalamaları.....……...24

Çizelge 3.5 : Yağmur ormanı serasının özellikleri……..……....25

Çizelge 3.6 : Nem, ışık şiddeti, sıcaklık ölçüm sensör modüllerinin adlandırılması……...32

Çizelge 3.7 : Yüksek tünel II'de yapılan deneyler için alan hesapları…….....44

Çizelge 3.8 : Çorlu'daki yüksek tünellerde yapılan deneyler……..……...…..48

Çizelge 3.9 : Deney kısaltmalarının adlandırılması…….51

Çizelge 3.10 : Yağmur ormanında yapılan deneyler için alan hesapları…….52

Çizelge 3.11 : Deney 1- Kapı havalandırma etkisi deneyi……..54

Çizelge 3.12 : Deney 2- Kapı havalandırma etkisi deneyi……..55

Çizelge 3.13 : Deney 3- Kapı havalandırma etkisi deneyi……..57

Çizelge 3.14 : Deney 4- Pencere havalandırma etkisi deneyi…….59

Çizelge 3.15 : Deney 5- Pencere havalandırma etkisi deneyi…….60

Çizelge 3.16 : Deney 6- Kapı havalandırma etkisi deneyi……..62

Çizelge 3.17 : Deney 7- Pencere havalandırma etkisi deneyi…….63

Çizelge 3.18 : Deney 8- Pencere havalandırma etkisi deneyi…….65

Çizelge 3.19 : Tropik serada 12.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri…...66

Çizelge 3.20 : Deney 9- Pencere havalandırma etkisi deneyi…….67

Çizelge 3.21 : Tropik serada 19.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri.....68

Çizelge 7.1 : Yağmur Ormanı Serası'nda bulunan bazı tropik bitkilerin listesi…….……...128

Çizelge 7.2 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 1- 08.07.2018 tarihli data verileri……....130

Çizelge 7.3 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 2- 15.07.2018 tarihli data verileri……....132

Çizelge 7.4 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 3- 19.07.2018 tarihli data verileri……....135

Çizelge 7.5 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 4- 22.07.2018 tarihli data verileri……....138

Çizelge 7.6 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 5- 26.07.2018 tarihli data verileri……..140
Çizelge 7.7 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 6- 29.07.2018 tarihli data verileri……..142
Çizelge 7.8 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 7- 05.08.2018 tarihli data verileri……...144
Çizelge 7.9 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 8- 12.08.2018 tarihli data verileri……..146
Çizelge 7.10 : Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 9- 19.08.2018 tarihli data verileri…....148

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Yüksek tünellerin Çorlu ilçesi haritasındaki konumu ..….....9

Şekil 3.2 : Yüksek tünellerin uydudan görünümü.....10

Şekil 3.3 : Yüksek tünellerin boyutları…….……...13

Şekil 3.4 : X400 Bilgisayar…….……14

Şekil 3.5 : TH- 0143 Sıcaklık ve nem sensörü ve modülü……..14

Şekil 3.6 : RTD-0144 Sıcaklık sensörü ve modülü…….....15

Şekil 3.7 : LUV-0171 Ortam ve UV ışık sensörü ve modülü…….……15

Şekil 3.8 : Yüksek tünellerin önden görünüşü……16

Şekil 3.9 : Yüksek tünellerin şematik görünüşü (1-2)……17

Şekil 3.10 : Detay 1: Kontrol ünitesi, dış ortam modül ve sensörlerinin detay çizimi…..….17

Şekil 3.11 : Detay 2: Yüksek tünellerin içindeki modül ve sensörlerinin detay çizimi…....18

Şekil 3.12 : Yüksek tünellerin ön ve arka kapı boyutları ……......18

Şekil 3.13 : Yüksek tünel II içindeki havuzların boyutları ……19

Şekil 3.14 : Yüksek tünel II içindeki sensör ve modüller…….....19

Şekil 3.15 : İstanbul Üniversitesi A.H. Botanik Bahçesi vaziyet planı…….……..21

Şekil 3.16 : A.H. Botanik Bahçesi'nin İstanbul ili içerisindeki konumu…….....22

Şekil 3.17 : A.H. Botanik Bahçesi'nin uydu görüntüsü…….……23

Şekil 3.18 : Yağmur ormanı serasının boyutları……..…...26

Şekil 3.19 : Yağmur ormanı serasının içindeki sıcak su nilüfer havuzunun boyutları……....26

Şekil 3.20 : Yağmur ormanı serasının A.H. Botanik Bahçesi'ndeki görünümü…….....27

Şekil 3.21 : Yağmur ormanı serasının önden görüntüsü…….....27

Şekil 3.22 : Yağmur ormanı serasının Kuzeydoğu yönündeki pencereleri…….....28

Şekil 3.23 : Yağmur ormanı serasının Güneybatı yönündeki pencereleri……...29

Şekil 3.24 : Yağmur ormanı serasının ön kapı (a) ve arka kapı (b) dışarıdan görüntüsü…....29

Şekil 3.25 : Yağmur ormanı serasında tropik bitki konumları……..…….....31

Şekil 3.26 : RP-0101 Kontrol ve ağ geçidi modülü…….33
Şekil 3.27 : Yağmur ormanı serasında kontrol ünitesinin yerleştirilmesi……..…….....34
Şekil 3.28 : 0x01410109-TH-0141-IU Botanik iç sensörü ve modülü……...35
Şekil 3.29 : Yağmur ormanı serasına 0x01410109-TH-0141-IU botanik iç sensor ve modülünün yerleşimi……...36
Şekil 3.30 : 0x0141010A-TH-0141-IU Botanik dış sensörü ve modülü……....37
Şekil 3.31 : Yağmur ormanı serasının dışına 0x0141010A-TH-0141-IU botanik dış sensörü ve modülünün yerleşimi…….……37
Şekil 3.32 : 0x01410108-TH-0141-IU Botanik koridor sensörü ve modülü……..38
Şekil 3.33 : Yağmur ormanı serasına 0x01410108-TH-0141-IU botanik koridor sensörü ve modülünün yerleşimi……...……..38
Şekil 3.34 : 0x01410107-TH-0141-IU Botanik yan sera sensörü ve modülü…….....39
Şekil 3.35 : Yağmur ormanı serasına 0x01410107-TH-0141-IU botanik yan sera sensörü ve modülünün yerleşimi…….....39
Şekil 3.36 : Yağmur ormanı serasında sensör konumları……....40
Şekil 3.37 : SW1, SW2, SW3, NE1 pencerelerinin boyutları…….41
Şekil 3.38 : NE2 penceresi, ön ve arka kapı, koridor geçiş boyutları…….....42
Şekil 3.39 : Yağmur ormanı serasında deneme yapılan kapı ve pencerelerin şematik çizimi.52
Şekil 4.a.1 : Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (21.07.2019)……76
Şekil 4.a.2 : Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (21.07.2019)……..…….77
Şekil 4.a.3 : Bağıl Nem (%) & Mutlak Nem (g/m^3) – Zaman (h) grafiği (24.07.2019)……..78
Şekil 4.a.4 : Bağıl nem (%) & Mutlak Nem (g/m^3) – Zaman (h) grafiği (24.07.2019……...79
Şekil 4.a.5 : Sıcaklık (^oC) – Zaman (h) grafiği (24.07.2019)…….80
Şekil 4.a.6 : Sıcaklık (^{0} C) - Zaman (h) grafiği (05.07.08.2019)..……..81
Şekil 4.a.7 : Sıcaklık & Havuz suyu sıcaklığı (^{0} C) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)…….82
Şekil 4.a.8 : Sıcaklık (^{0} C) & Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)…….83
Şekil 4.a.9 : Entalpi (Kj/Kg) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)…….84
Şekil 4.a.10 : Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)…….85
Şekil 4.a.11 : Bağıl Nem(%) Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)……...86
Şekil 4.a.12 : Mutlak Nem (g/m^3) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)...87
Şekil 4.a.13 : Sıcaklık (^{0} C) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)……....88

Şekil 4.a.14 : Mutlak Nem (g/m^3) & Sıcaklık (^{0} C) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)……..89
Şekil 4.a.15 : Mutlak nem (g/m^3) & Işık şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (11.08.2019)....90
Şekil 4.a.16 : Sıcaklık (^{0} C) & Işık şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (11.08.2019)……91
Şekil 4.b.1 : Işık Şiddeti– Zaman (LUX-h) grafiği (1 Haziran- 15 Haziran 2018)…….....95
Şekil 4.b.2 : Sıcaklık- Zaman (^{0} C-h) grafiği (1 Haziran - 15 Haziran 2018)……96
Şekil 4.b.3 : Mutlak Nem – Zaman (g/m^3-h) grafiği (1 Haziran – 15 Haziran 2018)…….....97
Şekil 4.b.4 : Entalpi – Zaman (Kj/Kg-h) grafiği (1 Haziran – 15 Haziran 2018)……...98
Şekil 4.b.5 : İç Sıcaklık – Işık Şiddeti(LUX - ^{0} C) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)...99
Şekil 4.b.6 : Dış Sıcaklık – Işık Şiddeti (^{0} C-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018).100
Şekil 4.b.7 : İç Mutlak Nem –Işık Şiddeti (g/m^3-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)……...……101
Şekil 4.b.8 : Dış Mutlak Nem –Işık Şiddeti (g/m^3-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)…….102
Şekil 4.b.9 : İç Entalpi – Işık Şiddeti grafiği (Kj/Kg-LUX) (1 Haziran – 30 Haziran 2018)……...……..103
Şekil 4.b.10 : Dış Entalpi – Işık Şiddeti grafiği (Kj/Kg-LUX) (1 Haziran – 30 Haziran 2018)……104
Şekil 4.b.11 : İç Mutlak Nem & Havalandırma –Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (08.07.2018)…….105
Şekil 4.b.12 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (08.07.2018)…….106
Şekil 4.b.13 : İç Mutlak Nem & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (15.07.2018)……...……..107
Şekil 4.b.14 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (15.07.2018)……108
Şekil 4.b.15 : Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (19.07.2018)……...……...109

Şekil 4.b.16 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (19.07.2018)……110
Şekil 4.b.17 : Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (05.08.2018)……111
Şekil 4.b.18 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (05.08.2018)…...112
Şekil 4.b.19 : Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3 -m^2-h) grafiği (12.08.2018)…….113
Şekil 4.b.20 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C-m^2-h) grafiği (12.08.2018)..114
Şekil 4.b.21 : Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3-m^2-h) grafiği (19.08.2018)….....115
Şekil 4.b.22 : İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C-m^2-h) grafiği (19.08.2018).....116

SİMGE DİZİNİ

A.H.	: Alfred Heilbronn
atm	: atmosfer
cm	: santimetre
m	: metre
g	: gram
kg	: kilogram
KJ	: kilojoule
m^2	: metrekare
m^3	: metreküp
cm^3	: santimetreküp
%	: yüzde
º C	: santigrat derece
º	: derece
‘	: dakika
h	: saat
s	: saniye
dak.	: dakika
T	: sıcaklık (º C)
tdb	: kuru termometre sıcaklığı (º C)
Rh	: bağıl nem (%)
ah	: mutlak nem(g/m^3)
Pa	: Pascal
xmix	: karışım oranı
pws	: sudaki saturasyon
pwp	: suyun buhar basıncı
h	: entalpi(KJ/Kg)
Lux	: ışık şiddeti birimi
K	: kazanç

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimde ilgi ve desteğini benden eksik etmeyen ve bana güvenen değerli danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL**'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın konusunu belirlememde, planlanmasında ve yürütülmesinde değerli vaktini ayırarak bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın **Dr. Ercüment ÖZER**'e ve eşi Sayın **Av. Mehveş ÖZER**'e teşekkürü bir borç bilirim.

Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi içerisindeki Yağmur Ormanı Serası'nda çalışmalarımı gerçekleştirmemi sağladıkları için İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın **Prof. Dr. Gül ÖZ'** e, tez çalışmam süresince sistem teknik desteğini veren Elektrik Elektronik Mühendisi Sayın **Selçuk Mustafa**'ya ve tez çalışmam için bana her türlü desteği sağlayan MBH Mühendislik Bilimleri ve Hortikültür Derneği'ne çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteğini ve sevgisini benden eksik etmeyen annem **Adalet BAYAR**'a, ablam **Zir. Yük. Müh. Arzu Yonca BAYAR ÖZDEMİR**'e, sevgili yeğenim **Tuna Kaan ÖZDEMİR**'e ve rahmetli babam **Oktay BAYAR**'a sonsuz teşekkür ederim.

İstanbul, Nisan 2019 **Aslı Nergiz BAYAR**

Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Dünyada nüfus hızla artmakta dolayısıyla gıda ihtiyacı da buna bağlı olarak aynı oranda artmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimde seracılık, özellikle iklimi elverişli olmayan ülkelerde hızla gelişen, yoğun emek ve sermaye gerektiren aynı zamanda rekabete yol açan bir tarım sektörü haline gelmiştir. Türkiye'de sera kullanımı gün geçtikçe daha büyük bir hızla yaygınlaşmaktadır fakat seracılığın yaygınlaştırılması konusunda çok gecikilmiş olduğu da bizzat yetkililer tarafından kamuoyuna açıkça ifade edilen bir gerçektir (Atasoy 2019).

Antalya gibi iklimi göreceli olarak daha sıcak ve daha güneşli olan, sulu tarım yapılan, meyve ve sebzeciliğin yanı sıra çiçekçiliğin de çok yaygın olduğu bazı bölgelerimizde sera kullanımının çok yaygın olduğu görülmektedir. O bölgelerde seracılığın bir çeşit bacasız sanayiye dönüştüğü söylenebilir. İstanbul gibi sanayileşmenin ve yapılaşmanın çok yaygın olduğu, arazi ve arsaların oldukça değerli, iklimin nispeten daha soğuk, rüzgârlı ve ışık şiddetinin de daha düşük olduğu bir yerde dahi yaygın olarak seracılık ve tarım yapılan bölgeler mevcuttur. İstanbul'da sera kullanımı genellikle çiçekçilik ve fidancılık alanında yaygındır ve Tuzla ve Şile gibi bazı bölgelerde yoğunlaşmıştır. Ülke nüfusunun neredeyse dörtte birinin yaşadığı, oldukça sanayileşmiş olan Marmara Bölgesi içinde de seracılık ve tarım yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Yalova'da çiçekçilik, Bursa ve İnegöl taraflarında ise sebze ve meyvecilik için sera kullanımı çok yaygındır (Yüksel 2004).

Milli gelirinin önemli bir bölümünü tarımdan kazanan Hollanda gibi bazı batı ülkelerindeki uygulamaları incelediğimizde, sera kullanımının çok yaygındır. Güneşli veya sıcak olmayan iklime sahip o coğrafyalarda, seracılık, kontrol teknolojileri doğrultusunda gelişmektedir. Seralardaki iklimsel etmenler; hava ve toprak sıcaklığı, nem, ışık ve havalandırma miktarındaki değişimler bitkilerin metabolik gelişimini ve fizyolojik işlemlerini etkiler. Seralarda bitki yetiştiriciliğinde tüm yıl boyunca en uygun iklim koşullarını sağlamak ve en yüksek verimi alabilmek için günümüzde bilgi teknolojileri kullanılmaktadır. Sera ortamındaki bitki gelişimi için gerekli olan; sıcaklık, ışık, bağıl nem, CO_2 miktarı ve hava bileşimi gibi iklimsel etmenler bitki örtüsü ile sürekli bir etkileşim halindedir. Sera tasarımı yapılırken bu iklimsel etmenler göz önüne alınır. Seralarda bitkinin gelişmesi için, ürün verim ve kalite artışını çok etkileyen gerekli bu iklim etmenleri en uygun değerlerde tutulmalıdır fakat sera ikliminin karmaşık ve etkileşimli olması nedeniyle bitkiler ile sera ortam sıcaklığının en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak oldukça güçtür.

Bu nedenle sera ortam kontrolünü sağlayan otomasyon ve kontrol sistemleri seralarda bitki yetiştiriciliği açısından çok önemlidir. En uygun havalandırma yapılması, en uygun sıcaklık ve en uygun CO_2 miktarının sera ortamında bulunması gereklidir. Seralarda iklim etmenleri karşılıklı etkileşim halindedir. Sera ortam havasına bitki gelişimi için gerekli oranda CO_2 miktarı verilmesi gerekir bunun için ya CO_2 zenginleştirmesi yapılır ya da sera havalandırması yapılır fakat CO_2 zenginleştirmesi ise ısı kazancına, sera havalandırması ise ısı kaybına yol açar. Seradaki CO_2 miktarı aynı zamanda hava sıcaklığı ve ışık şiddetine de bağlıdır. Yine bitki gelişimi için en uygun bağıl nem değerinin sağlanması için, havalandırma (ısı kaybı veya kazancı) ya da nemlendirme (ısı kaybı) gereklidir (Öztürk 2008).

Sera ortam sıcaklığının yüksek olması, transpirasyon hızını artırır ve bağıl nemin yükselmesine neden olur. Bu nedenle sera denildiğinde aslında karmaşık bir biyosistemden bahsedilmektedir. Seraların kontrolü alanında yapılan bilimsel çalışmalar ve simülasyonlar, genellikle, sera tasarımlarında kullanılan denklemler üzerinden yapılmaktadırlar. Tasarım denklemleri, tasarlanmakta olan sistemin gerçekte nasıl davranacağının belli tolerans ve varsayım limitleri dâhilinde kalınarak tahmin edilmesi üzerinden geliştirilmişlerdir. O nedenle de, kurulmuş olan gerçek bir sistemi tanımlayan gerçek denklemler ile sistemin kurulmasında kullanılan varsayımlı tasarım denklemleri arasında her zaman uyumsuzluklar gözlemlenir (Farris 1992). Bilimsel literatürde buna süreç/model uyumsuzluğu adı verilir ve kontrol uygulamaları yapılırken karşılaşılan en önemli kontrol problemlerinden biridir. O nedenle, bilimsel araştırmalar yapan kontrol kuramcıları için, test/teyit edilmiş deneysel matematiksel sonuçlar oldukça değerli ve kullanışlı verilerdir. Bu tez çalışması da, seralardaki karmaşık nem kontrol sorunlarının matematiksel olarak tanımlanması ve bu sorunların kontrol edilebilirlik açısından incelenmesi amacına yönelik olarak yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Xiusheng (1998), Ticari sera tesisi üretimi, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki modem tarımsal iş dinamiklerinde önemli bir rol oynayan iki milyar dolardan fazla bir endüstridir. Hollanda ve Japonya gibi bazı ülkelerde, ulusal ekonomilerinde daha da önemlidir, Çin'de ise hızla artmaktadır. Sera endüstrisinin ekonomik faydaları, bitki üretimi ile ilgili maliyetleri arasındaki sorunlara bağlı olduğundan, sera ortamının akıllı bir yönetimi ve sürekli verimlilik ve gelişmiştirilmiş ürün kalitesi için kaynakları her zaman yetiştiriciler veya sera bilim adamları için en kritik ihtiyaçtır. Bir sera, içinde yetiştirilen bitkiler için istenen iklimi sağlayabilen ve sürdürebilen herhangi bir yapı olarak tanımlanır. Sera iklimi terimi, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen bir serada radyasyon, sıcaklık, nem ve $C0_2$ konsantrasyonu gibi bir dizi çevresel miktarı belirtmek için kullanılır. Geleneksel olarak, seralarda bir veya birkaç pozisyonda örneklenen yukarıdaki miktarların bir grup mekânsal ortalama değeri ile temsil edilir. Bu şekilde tarif edilen veya kontrol edilen çevre normalde sera macroclimate olarak adlandırılır. Sera macroclimate üzerinde çalışmalar bitki ortamını iyileştirmek için tüm dünyada uzun yıllar yapılmıştır. Bu araştırma iki tamamlayıcı bölümden oluşuyordu: teorik bir model ve deneysel bir çalışma. Her bölüm tahminler ve sonuçlar yapmak için kullanıldı. Tamamlayıcı aynı fizyolojik teorileri doğrulamak ve modeli kalibre etmek için kullanıldı.

Hocagil ve ark. (2005), Mersin'de seralarda sıcaklık ve bağıl nem oranını kontrol etmek için bilgisayar tabanlı kontrol sistemi ve yazılım modeli tasarlamış ve bunun için taban alanı 120 m^2 olan Venlo tip cam serada bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, algılayıcıdan sinyaller toplanmış ve bu sinyaller sinyal akış kartları tarafından işlenmiş, bilgisayara veriler gönderilmiştir. Bilgisayardaki geliştirilmiş yazılım sayesinde veriler komut olarak işlenmiştir. Kullanıcı bilgisayara istenilen iklim koşullarını girdiğinde, bilgisayardan kartlara sinyal gönderilmiş, kartlar da tekrar komuta dönüştürerek son kontrol elemanlarına göndermiş ve ortam kontrölünü sağlamıştır. Veriler 20 saniye aralıklarla kaydedilerek incelenmiş ve sıcaklık bağıl nem kontrolü uygunluğu araştırılmıştır. Dış ortam sıcaklığı 20-26,6 ^{0} C arasında ve iç ortam sıcaklığı ise 18-21,9 ^{0} C arasında değiştiği görülmüştür. Daha sonra sera sıcaklığı geliştirilen donanım ile iç ortam sıcaklığı 2 dakika zaman aralığında 1 ^{0} C azaltılmış, iç ortam bağıl nem oranı da 5 dakikalık zaman aralığında %5 arttırılmıştır. İç ortam hava sıcaklığı 18-21 ^{0} C sürdürüldüğünde fan-ped serinletme sistemi ile 4,3 ^{0} C serinletme etkisi sağlanmış, sıcaklık düşürüldüğünde bağıl nem oranının arttırıldığı görülmüştür.

Araştırmada fan-ped sisteminin dış ortam bağıl nem oranı düştüğünde daha etkin olarak çalıştığı görülmüştür.

Kürklü ve ark. (2005), Akdeniz Üniversitesi'nde yaptığı çalışmada sera otomasyon sistemlerinin laboratuvar iklim kontrol çalışması yapmışlardır. Seralarda ortam hava sıcaklığı ve neminin düzenli kontrol edilememesinin kötü sonuçlara neden olduğunu vurgulayarak, laboratuvar şartlarında oluşturulmuş model bir seranın dış ortam etkilerine karşı iç ortam iklim koşullarına uygunluğunu sağlamak amacıyla maket seraya sıcaklık, rüzgâr, nem, yağmur ve ışık algılayıcıları takmış, bu algılayıcılardan alınan sinyallerle kontrol düzeneklerini incelemişlerdir.

Çalışkan (2005), bu tez çalışması çok girdili ve çok çıktılı bir modele dayalı kontol algoritmasının uygulanışı anlatılmaktadır, çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak sistemin dinamik davranışını incelemiş, ikinci kısmında da modele dayalı kontrol tekniklerini birinci kısımda yaptığı deneylerde kullanarak incelemiştir. Sisteme girdi değişkenleri verilerek çıktı değişkenlerini Bristol bağıl kazanç oranı metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kontrol ve ayar değişkenleri eşlenmesi metodu (RGA) kullanılmıştır. Çok değişkenli kontrol sistemlerinde kontrol ve ayar değişkenlerini eşleştirmek çok önemlidir. Kontrol sisteminin yeterli düzeyde çalışması için doğru eşleştirmelerin yapılması gerekmektedir. Eşleştirmelerin doğru yapılabilmesi, en iyi kontrol ve ayar değişkenlerilerini eşletirmek için bağıl kazanç oranı metodu kullanılmıştır.

Akgül (2006), bu tez çalışmasında bulanık mantık ile serada sıcaklık ve bsğıl nem kontrolü modellemesi yapılmıştır. Çalışma içerisinde hasad dönemindeki domates bitkileri bulunan, Ekim 2004 tarihinde taban alanı 64 m^2 olan, polikarbonat örtülü Venlo tip bir serada yapılmıştır. Serada sera içi sıcaklığı, bağıl nemi ve sera dışı sıcaklığı ölçülmüş, sera pencerelerinde havalandırma deneyleri yapılmış, her 15 saniyede bir ölçme işlemi yapılmış 1 dakikalık ortalamaları alınarak kaydedilmiştir. Bulanık mantık modeline göre ölçülen parametreler incelenerek bağıl nem ve sıcaklık kontrolüne uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

Ferentinos ve ark. (2006), bu inceleme/özetleme makalesinde, seralardaki kontrol sorunlarına ve matematiksel çelişkilere dikkat çekilmekte ve sera kontrolünün zorluklarından bahsedilmektedir. Fiziksel sistemlerin tanımlanmasının göreceli olarak daha kolay olmasına karşın, biyolojik sistemlerin daha karmaşık ve belirsiz olduğu, modern seralarda yapılan bitkisel üretimin çok parametreli karmaşık bir süreç olduğu özellikle vurgulanmakta, modern seralarda kalitenin ve performansın iyileştirmesinin, gelişmiş bitki yönetimi ve akıllı kontrol

sistemlerinin olmasına bağlı olduğu açıklanmakta ve biyolojik bilimler ve teknolojinin birlikteliğinin olgunlaşması açısından alınması gereken daha uzun bir yol olduğu anlatılmaktadır. Makalede, sera yönetim sistemlerinin endüstriyel otomasyon araçları, modern kontrol teorisi ve bilgi teknolojileri kullanılması sayesinde her geçen gün gelişme olduğu da belirtilmekte, bunun bilgisayar ve iletişim teknolojileri ile yakından ilişkili olduğu gösterilmekte ve bu teknolojilerin sera sistemlerini kapsayan proseslerde yüksek zekâ seviyeli ve esnek olarak programlanabilen tümleşik yönetim sistemlerinin gelişmesinde etkili olduğu açıklanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, seralardaki işte bu karmaşık kontrol sorunlarına ve matematiksel çelişkilere bilgi teknolojileri kullanılarak çözüm üretilmesi bakımından önemli bir katkı sağlanmış olacağı düşünülmektedir.

Nachidi ve ark. (2006), Seralarda hava sıcaklığı ve nem konsantrasyonunun kontrolü, eşzamanlı havalandırma ve ısıtma sistemleri ile açıklanmaktadır. Sera modellerinin iki doğrusallık sorununu çözmek için, bu makale, sera ikliminin basitleştirilmiş doğrusal olmayan dinamik bir modelinden bir Takagi-Sugeno (T-S) bulanık modelinin oluşturulmasını önermektedir. Bu T-s bulanık modelini kullanarak, kararlılık analizi ve kontrol tasarımı problemleri doğrusal matris eşitsizlikleri (Lmıs) olarak ifade edilen yeterli koşullara indirgenebilir. Bu yazıda, TS fuzzy modelleri ve paralel dağıtılmış tazminat (PDC) kavramı kullanılarak sera ikliminin başarılı bir şekilde kontrol edilmesinin mümkün olduğu gösterilmiştir. Önerilen tasarım metodolojisi ile elde edilen iyi performans ve kararlılığı gösteren çeşitli testler için simülasyon sonuçları sunulmuştur.

Bodolan ve ark. (2015), Bitki yetiştirme seraları, çeşitli bitki türlerinin yetiştirilmesi için uygun ortamın kontrol edilebileceği ya da değiştirilebileceği bir yerlerdir. Çevre emisyonları, radyasyon, sıcaklık, nem, CO_2 konsantrasyonu gibi iklim faktörleri, bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen parametrelerdir. Bitkilerin mimari parametreleri ve iklim değişkenleri seralarda homojen değildir. Çalışmada, sera iklimi için bir dizi cebirsel denklemden oluşan matematiksel bir model geliştirilmiştir. Denklemler seranın, dış hava, iç hava, yüzey ve mahsul ile kaplanmayan yüzey bölümleri için yazılmıştır. Havanın serada iyice karıştığı, yapı malzemelerinin ısıl özelliklerinin zamanla değişmediği ve şeffaf malzemeden emilim olmadan geçen güneş ışınımının olduğu varsayılmıştır. Model giriş parametreleri; ortam hava sıcaklığı, yüzeydeki güneş ışınımı değerleri, yüzeydeki normal güneş ışınımı, seranın içindeki toprak sıcaklığı ve 5 cm derinlikte toprak sıcaklığıdır. C ++ dilinde bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Rodríguez ve ark. (2015), Karmaşık bir sistem modellendiğinde, ortaya çıkan sorulardan biri, ilk ilkelere dayanan modellerin veya deneysel verilere dayanan ampirik modellerin kullanılıp kullanılmayacağını ayırt etmektir. Birincisi genellikle sürecin ampirik modellerden daha ayrıntılı bilgilerini sağlar, ancak genellikle tasarım aşamasında daha uzun zaman ve derin bilgi gerektiren daha karmaşıktır. İlk ilkelere dayanan modeller model tabanlı kontrol yapıları içinde kullanılabilse de, genellikle simülasyon amacıyla kullanılırken, ampirik olanlar kontrol görevleri için kullanılır. Bu iki yaklaşım (ve kombinasyonlar), sera iklimi değişkenlerinin modellenmesi çerçevesinde bulunabilir.

Atia ve ark. (2017), Seralar bitki yetiştiriciliği için uygun ortam koşullarını sağlayan doğrusal olmayan karmaşık bir sistemdir. Bu makalede jeotermal enerji ile ısıtma yapılan bir serada kontrol sistemi tasarımı anlatılmaktadır. Seralarda iklim kontrol sorunları, maliyeti düşük, verimi ve kalitesi yüksek ürünler yetiştirmek için ayarlanmış bir sera ortamı oluşturuken ortaya çıkmaktadır. Sera iç sıcaklığını uygun değere ayarlamak için kullanılan geleneksel denetleyici uygulamaları; PI kontrolü, bulanık mantık kontrolü, yapay sinir ağı kontrolü ve uyarlanabilir nöro-bulanık kontroldür. Bu çalışmada sera ikliminin bir matematiksel modeli kurulmuştur. Sera iklim kontrol sisteminde kullanılan değişkenler, sera içindeki sıcaklık, nem, radyasyon değerleri, bitki büyüme durumu, aktüatörlerin mevcut durumu, dış çevre ve yerel hava koşullarıdır. Bu çalışmada yapay sinir ağı ve anfis kontrolünün matematiksel modeli yapılmış, ölçüm verileri matlab/simulink'teki çeşitli simülasyonlardan rastgele toplanmıştır. Simülasyon sonuçları, etkinliği ve hızlı tepki süresi nedeniyle sera iç sıcaklığını kontrol etmek için anfis denetleyicisinin başarıyla uygulanabileceğini kanıtlamıştır.

Boyacı ve ark. (2017), Akdeniz iklimine sahip ülkelerde yaz aylarında oluşan yüksek sıcaklık nedeniyle sera ürünlerinde kalite ve verimin düştüğünü belirtilmiş ve kalitenin arttırılması amacı ile seraların serinletilmesi üzerine bir çalışma yapmışlar. Araştırmada havalandırma, gölgeleme, evaporatif serinletme sistemleri üzerine çalışmışlar ve fan-ped sisteminde dış ortam havasında bulunan enmin yüksek olmasının sistemi kısıtladığını, bağıl nemin sistem etkinliği ile ters orantılı olduğunu, sistemin yanlış kullanılması durumunda iç ortam neminin artarak bitkilerde mantari hastalıklar oluşturacağıdır. Aynı zamanda bu sistemde hava sıcaklığının üniform bir dağılım göstermediği sonuçlarına varmışlardır.

González ve ark. (2017), Bir seranın yeterli bir matematiksel modelini elde etmek, sistemin dinamiklerini tanımlayan ilgili denklemlerin karmaşıklığı ve karmaşık veya hatta ölçülmesi imkânsız olan gerekli yüksek sayıda fiziksel parametreden dolayı zor bir iştir. Bu durumlarda, bu parametreler için uygun bir yaklaşım elde etmek için tahmin yöntemleri yaygın olarak kullanılır. Bu makale, bir sera için önerilen bir matematiksel modeli tamamlayan parametreleri tanımlamak için kullanarak, parçacık sürüsü optimizasyonuna (PSO) ve diferansiyel evrime (de) dayalı bir yöntem koleksiyonunun uygulanmasını ve karşılaştırılmasını sunar. Bu makalede, bir sera için genel bir matematiksel model literatürden alınmıştır ve gerçek bir prototipin fiziksel koşullarına uyarlanmıştır ve daha sonra bu modelin prototipin dinamik davranışına olan yazışmalarını iyileştirmek için parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada tahmin sonuçları, literatürde bildirilen diğer makalelerden daha üstündür; burada çevrimiçi aşamaya ek olarak modele bir zaman varyantı parametre tanımlama özelliği verir. Ayrıca, bu parametrelerin kullanılabilirliğine dayalı bir kontrol stratejisi, uyarlanabilir algoritmayı örneklemek için bir örnek olarak uygulanabilir.

Kochhar ve ark. (2019), Tarım alanında kablosuz sensör ağlarının (WSN) entegrasyonu, ürünlerin üretimi için yeni bir yön sağlamıştır. Aynı şey özellikle seralara uygulanabilir. Seralar bitkiler ve ürünler için korunaklı bir ortam sağlar. Bu makale, seraların izlenmesinde WSN'nin rolünü gözden geçirmektedir. Makale uçtan uca bir anket sunar; seralarda ürünlerin düzeninden başlayarak, sensörlerin iletişimi için kullanılan kablosuz teknoloji ve iletim oran aralığını seçme teknikleridir. Düzenler ve örnekleme teknikleri de sınıflandırılır ve karşılaştırılmıştır. Bunların dışında, WSN'nin verimli entegrasyonu ve yönetimi için seralarda benimsenen teknikleri destekleyen işlemler kullanılmıştır. Bu tahmin modelleri de bu çalışmada kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

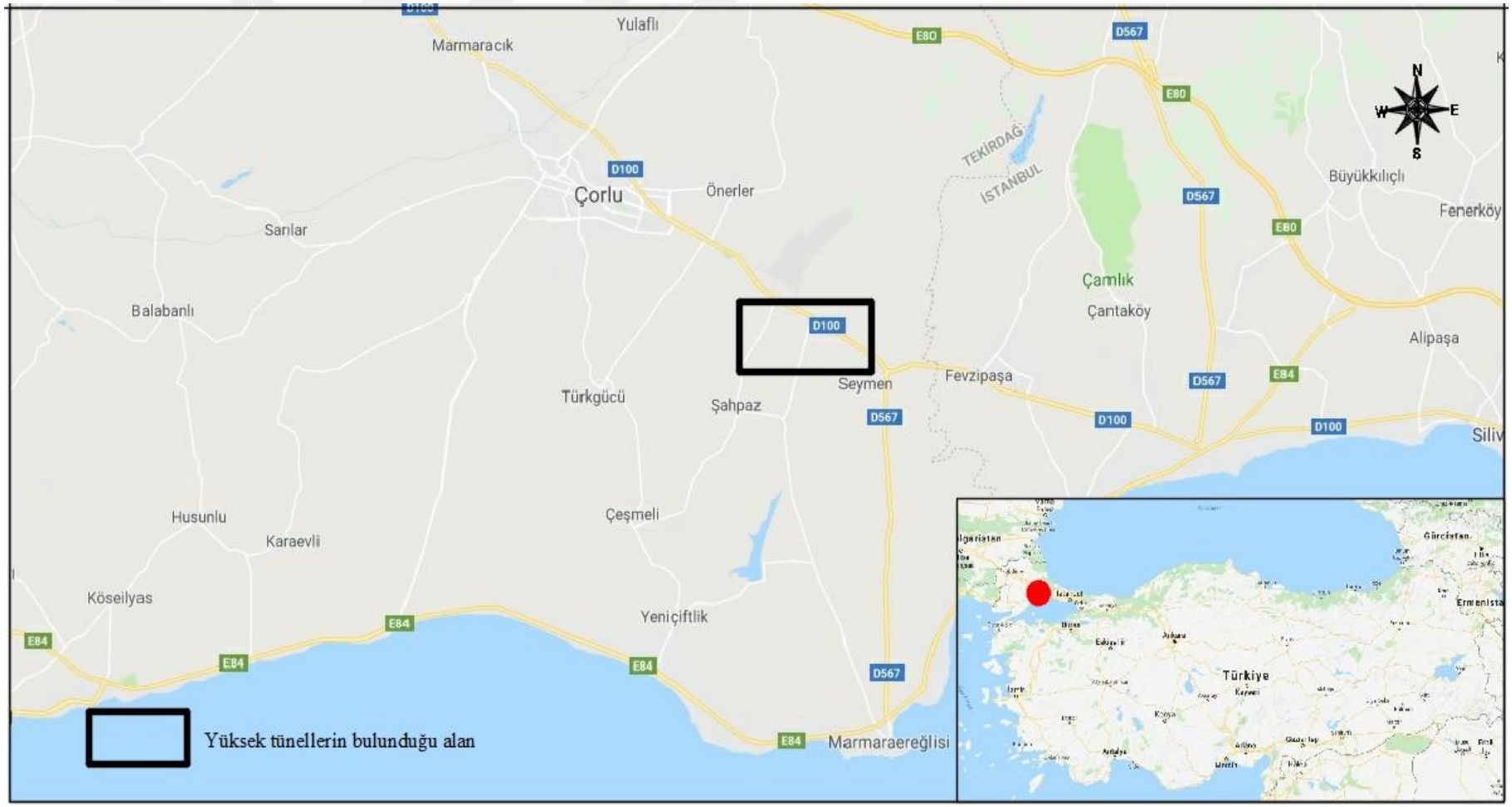
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez araştırmasında iki farklı yerde çalışma yapılmıştır. İlki, İstanbul'un Fatih ilçesinde, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi'ne bağlı Alfred Heilbronn Botanik Bahçesinin içinde yer alan camdan yapılmış, içinde tropik bitkiler ve sıcaksu bitkileri havuzu bulunan, tam anlamıyla kontrollü olmayan ve orijinal tasarımı 1935 yılında gerçekleşmiş bulunan bir yağmur ormanı serasıdır. Diğeri ise Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde biri şahit olarak kullanılan aynı boyutlardaki özdeş iki yüksek tüneldir.

3.1 Şahitli Yüksek Tüneller

Bu çalışmada Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde bulunan ve ışık geçirgenciliği % 80 olan, PE (Poli etilen) örtülü yarım silindirik çatılı, deneylerde biri şahit olarak kullanılmak üzere iki adet yüksek tünel kullanılmıştır. Seralar, 152 m rakıma sahip olan Tunçcan Çiftliği'nde (Seymen köyü, İstanbul - Çorlu yolu üzeri) açık arazide bulunmaktadır. **Şekil 3.1**'de seraların konumunun harita görüntüsü, **Şekil 3.2**'de ise seraların bulunduğu alanın uydu görüntüsü gösterilmiştir. Seralar, araştırma geliştirme çalışmaları için kullanılmak maksadıyla 2018 yılı Ağustos ayında MBH Mühendislik Bilimleri ve Hortikültür Derneği tarafından kurulmuş olup, özellikle şahitli deneyler yapılabilmesi amacıyla özdeş olarak tasarlanmış ve imal edilmişlerdir. Seralar, birbirilerine 126 cm aralıkla paralel olarak Kuzeybatı doğrultusunda yer almaktadırlar. Tabanları ahşap platform ile zeminden (topraktan) 16.6 cm yükseltilmiş ve plastik branda ile izole edilmişlerdir. Çevrelerinde yağmur suyu için drenaj kanalı bulunmaktadır. Deneyde kullanılan yüksek tüneller Yüksek tünel I ve Yüksek tünel II olarak isimlendirilmişler ve deneysel testler amacıyla Güneydoğu tarafında yer alan Yüksek tünel II kullanılırken, Kuzeybatı tarafında yer alan Yüksek tünel I'de şahit olarak (referans olarak) kullanılmıştır.

Tekirdağ merkezine 38 km uzaklıkta olan Çorlu; Ergene havzasında, Trakya'nın orta yerinde bir düzlükte yer alır. Çorlu, iç kesimde yer alması nedeniyle Trakya'da en az yağış alan bölgedir. Yıllık yağış miktarı 545 mm (kg/m²) dir. Yağışların % 20'si ilkbahar, % 10'u Yaz, % 30'u Sonbahar, % 40'ı da Kış mevsiminde düşmektedir. Ortalama rüzgârın yönü Kuzey-Kuzeydoğu'dur ve rüzgârın hızı 3,6 m/sn. kadar yükselir. Yıllık sıcaklık ortalaması 12,6 °C, en yüksek sıcaklık ortalaması 18,2 °C, en düşük sıcaklık ortalaması 8,1 °C'dir. Çorlu, Karadeniz ile Akdeniz arasında yer aldığı için bu iklim bölgelerinin etkileri altında kalır. Kuzeyden gelen soğuk hava kütleleri ile Güneyden, Akdeniz ve Ege'den gelen nemlilik hava akımları bölge iklim yapısını belirler (Wikipedia, 2019). Tekirdağ'ın Çorlu ilçesine ait iklim değerleri **Çizelge 3.1**'te verilmiştir.



Şekil 3.1. Yüksek tünellerin Çorlu ilçesi haritasındaki konumu (Google maps, 20.07.2019)

Şekil 3.2. Yüksek tünellerin uydudan görünümü (Google maps, 20.07.2019)

Çizelge 3.1. Çorlu ilçesinin 1929 – 2018 yılları arası iklim verileri (https://tr.climate-data.org-20.07.2019)

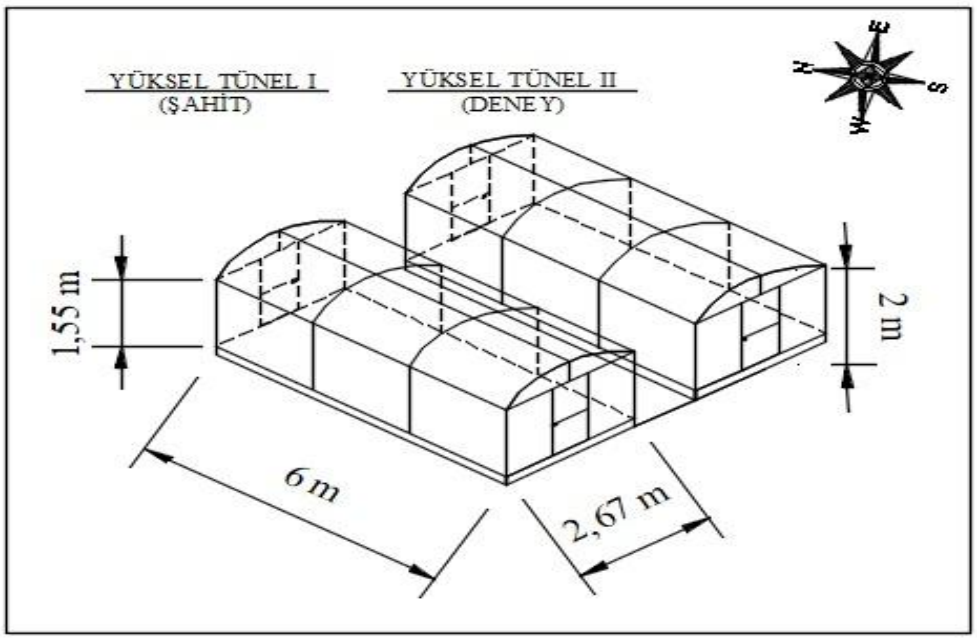
1929-2018 yılları arası iklim verileri (Çorlu)	Aylar												Yıllık ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama sıcaklık (°C) (1929-1970)	2,8	3,9	5,8	11,0	16,0	19,9	22,4	22,2	18,4	14,0	10,4	5,7	12,7
Ortalama sıcaklık (°C) (1994-2013)	3,8	4,5	7,0	11,5	16,9	21,2	23,7	23,2	19,1	14,3	9,7	5,5	13,4
Ölçüm periyodu (2018)													
Ortalama sıcaklık (°C)	3	4,2	6,3	11,2	15,9	19,9	22,2	22	18,6	14	10	5,6	12,7
En yüksek sıcaklık (°C)	6,1	7,6	10,4	16,4	21,6	26	28,5	28,3	24,6	18,9	13,9	8,9	17,6
En düşük sıcaklık (°C)	-0,1	0,8	2,2	6,1	10,3	13,9	16	15,7	12,6	9,2	6,1	2,4	7,9
Aylık yağış miktarı (mm)	69	50	52	43	43	38	21	17	30	49	76	89	48

3.1.1 Yüksek tünellerin yapısal ve havalandırma özellikleri

Yüksek tünellerde yapılan havuzlu testlerde portatif havuzlar kullanılmıştır. Kullanılan havuzların toplam yüzey alanı, elde edilen tepkilerin rahatlıkla gözlemlenebilir ve matematiksel olarak modellenebilir olmasını sağlayacak şekilde seçilmiştir ve gerektiğinde arttırılmıştır. Yüksek tünellerin boyutları da yine aynı yaklaşımla, elde edilecek tepkilerin gözlemlenebilir ve matematiksel olarak modellenebilir olması amacına yönelik olarak belirlenmiştir. Yüksek tünellerin yapısal özellikleri **Çizelge 3.2**'de ve boyutları **Şekil 3.3**'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Yüksek tünellerin özellikleri

Özellikleri	Taşınabilir, plastik örtülü, yarım silindirik çatılı yüksek tünel
	İçi boş, içerisinde yürüme ve çalışma olanağına sahiptir.
Boyutları	Genişliği 2,67 m , uzunluğu 6 m'dir.
Yüksekliği	2,0 m
Taban alanı	16,02 m^2
Hacmi	27,45 m^3
Yönü	Kuzeybatı
Kullanım amacı	Yetiştirme, araştırma
Profili	Toprak zemin üzerine ahşap palet, konulmuş, yüksek tünel tabanına plastik branda serilmiştir. İskelet malzemesi yuvarlak pik demirler ve galvaniz borulardan oluşmuştur. Tünel yayları arası 2 m'dir.
Havalandırması	Doğal havalandırma (ön ve arka yüzünde bulunan kapılar ile)
Örtü malzemesi	24 aylık UV katkılı Poli etilen (PE)
PE ışık geçirgenliği (%)	80
PE dış yüzey alanı	46,22 m^2
Gölgelikler	%45'lik, %75'lik, %95'lik sera gölge fileleri
Havuz özellikleri	Taşınabilir plastik dairesel deneme havuzu
Havuz boyutları	- Ø1,78 m (2 adet) , Ø1,88 m (1adet) hsu:28 cm derinlik için - Ø1,60 m (3adet) hsu:14 cm derinlik için
Havuz yükseklikleri	33 cm
Havuz su yüzey alanı sera taban alanının % 48,37'sidir. (Ø1,78 m ve Ø1,88 m için) Havuzlu deneylerde yüksek tünel II'deki hava hacmi 23,97 m^3'tür.	



Şekil 3.3. Yüksek tünellerin boyutları

3.1.2 Programlanabilir değerlendirme ve ölçüm enstrümanları

Tekirdağ ili Çorlu ilçesindeki yüksek tünellerde yapılacak deneyler için yüksek tünellerin kurulumu olan 2018 yılının Ağustos ayından itibaren yüksek tüneller içindeki ve dış ortamın nem ve sıcaklığını ölçen aşağıda belirtilen özelliklere sahip teknik malzemelerden oluşan bir sistem kurulmuştur. Tüm sistemin kurulumu 2019 yılının Temmuz ayında sisteme ışık ve su sıcaklığını ölçen sensörler ve modüllerinin eklenmesi ile tamamlanmıştır. Sensör modülleri deney çalışamlarını kolaylaştırmak amacıyla **Çizelge 3.3**'te belirtildiği şekilde adlandırılmıştır.

Çizelge 3.3. Nem, ışık şiddeti, sıcaklık ölçüm sensör modüllerinin adlandırılması

Modül kodu	Sensör adı	Ölçülen
0x01430102-TH-0143	Yüksek tünel I	Nem, sıcaklık
0x01710102-LUV-0171	Yüksek tünel I	Işık şiddeti
0x01430103-TH-0143	Yüksek tünel II	Nem, sıcaklık
0x01710103-LUV-0171	Yüksek tünel II	Işık şiddeti
0x01430101-TH-0143	Dış ortam	Nem, sıcaklık
0x01710101-LUV-0171	Dış ortam	Işık şiddeti
0x01440101-RTD-0144	Toprak/su sıcaklığı	Sıcaklık

3.1.2.1 X400 Bilgisayar

Sensör ve giriş/çıkış ekipmanını yöneten kontrol ve işlem cihazıdır.

Şekil 3.4. X400 Bilgisayar

3.1.2.2 TH- 0143 Sıcaklık, nem sensörü ve modülü

İç ve dış mekânlarda hava sıcaklığı (-40… +125^{0} C) ve nem (1..99 rH) ölçüm cihazıdır.

.

Şekil 3.5. TH- 0143 Sıcaklık ve nem sensörü ve modülü

3.1.2.3 RTD-0144 Sıcaklık sensörü ve modülü

İç ve dış mekânlar için hava, sıvı ve toprak sıcaklığı (-50..+400 ^{0} C) ölçüm cihazıdır.

Şekil 3.6. RTD-0144 Sıcaklık sensörü ve modülü

3.1.2.4 LUV-0171 Ortam ve UV ışık sensörü ve modülü

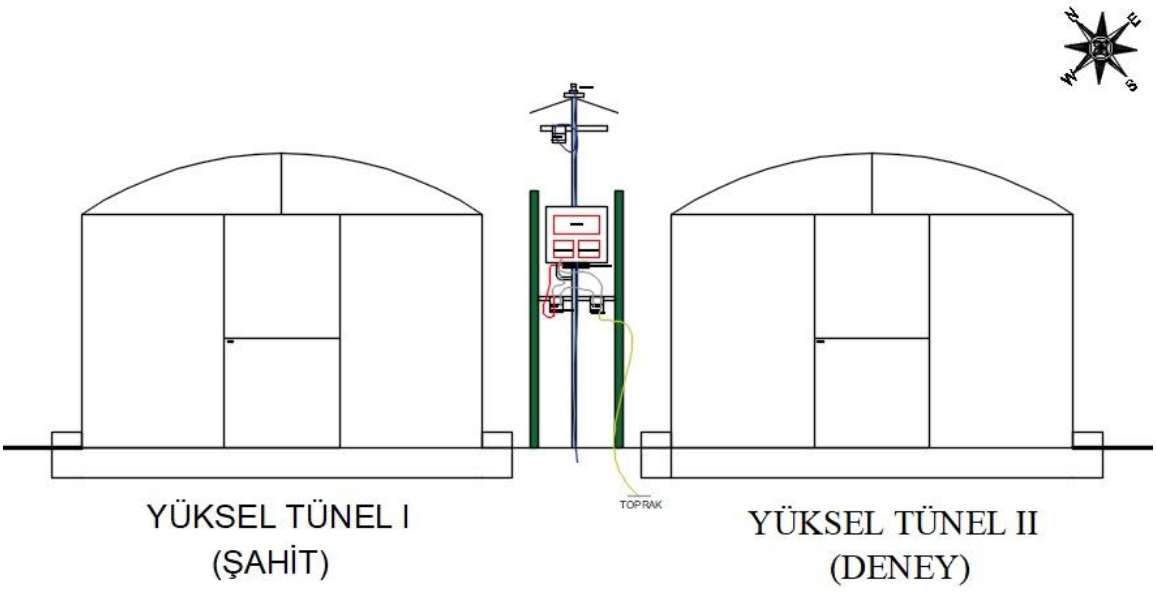
İç vedış mekânları için ortam (0..65000 lux) ve UV ışığı ölçüm cihazıdır.

Şekil 3.7. LUV-0171 Ortam ve UV ışık sensörü ve modülü

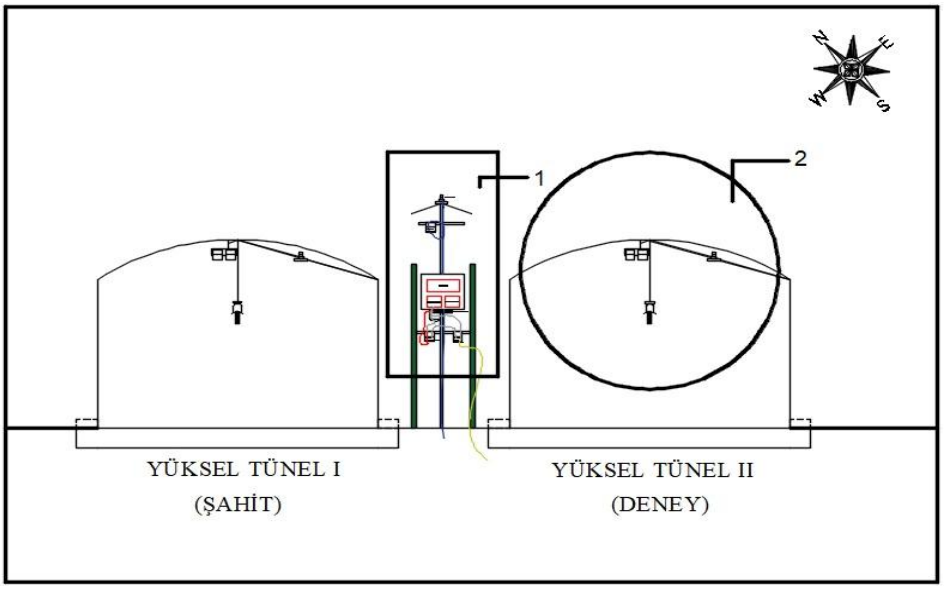
3.1.2.5 X400 Bilgisayarın içinde anlık veri takibi arayüzü

Anlık veri takibi arayüzü adı verilen program seradan toplanan ışık şiddeti, nem ve sıcaklık gibi değerlerin anlık olarak uzaktan görülebilmesini sağlamıştır. Bu program sayesinde, internet üzerinden, cep telefonundan veya kişisel bilgisayar ile sisteme erişilerek, saniyede bir güncellenen veriler gerçek zamanlı olarak anında izlenmiştir (Anonim 2019). Deney ölçümlerini toplamak üzere her deney süresi bitiminde sisteme girilerek sensör mödül seçimi yapılmış, veri alınacak parametreler seçilmiş, tarih aralığı belirlenmiş ve istenilen parametrelerin (sıcaklık, bağıl nem ve ışık şiddeti) toplanan verileri excel tablosu olarak elde edilmiştir**.**

Yüksek tünellerden şahit olarak kurulan ve yüksek tünel I olarak adlandırdığımız yüksek tünelin içerisine ölçüm yapmak ve veri toplamak için bir adet nem, sıcaklık sensörü ve sensör modülü, bir adet ışık sensörü ve sensör modülü takıldı. Yüksek tünellerden deney yapılmak üzere kurulan ve yüksek tünel II olarak adlandırdığımız seranın içerisine ölçüm yapmak ve veri toplamak için bir adet nem, sıcaklık sensörü ve sensör modülü, bir adet ışık sensörü ve sensör modülü, sera içerisinde havuzlu deneyleri yapmak için de bir adet su sıcaklık sensörü ve sensör modülü takıldı. Yüksek tünellerin dışında yüksek tüneller arasına metal borular üzerine kontrol ünitesi ve dış ortamda ölçüm yapmak ve veri toplamak için bir adet nem, dış ortam sıcaklık sensörü ve sensör modülü monte edildi, yine yüksek tünellerin dışında ve yüksek tünellerin arasına konulan başka bir metal boru üzerine de bir adet dış ortam ışık sensörü ve sensör modülü takıldı. (**Şekil 3.8, Şekil 3.9)**

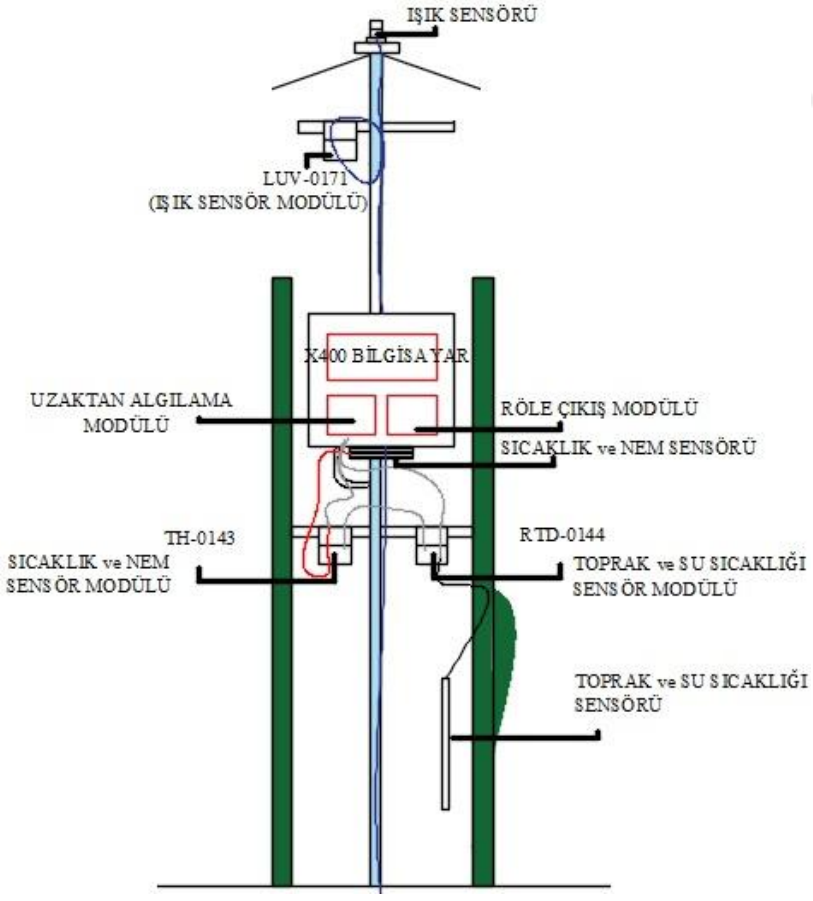


Şekil 3.8. Yüksek tünellerin önden görünüşü

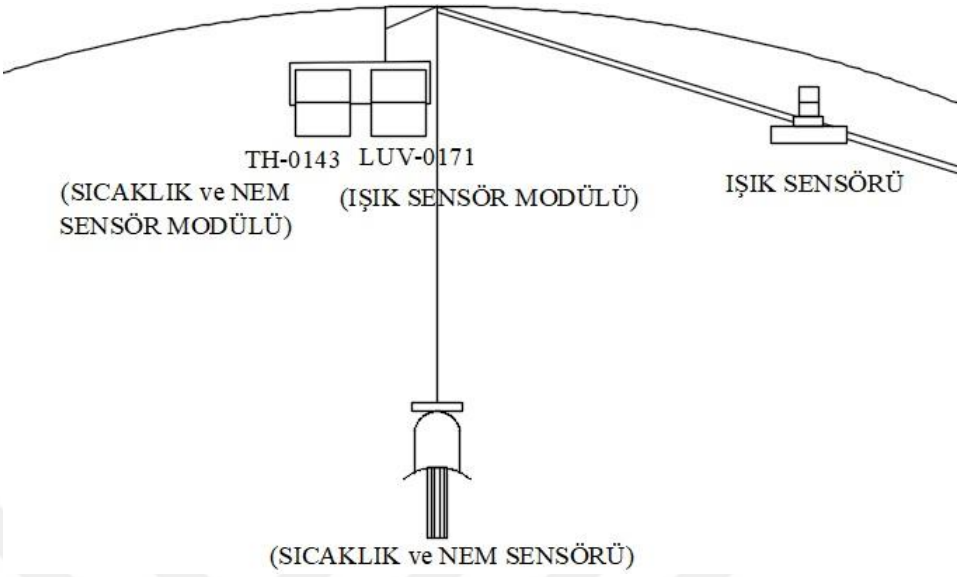


Şekil 3.9. Yüksek tünellerin şematik görünüşü (1-2)

Yüksek tünel dışındaki kontrol ünitesi, dış ortam sensör ve sensör modüllerinin detay çizimleri **Şekil 3.10'**de ve yüksek tünel içerisindeki sensörler ve sensör modüllerinin detay çizimleri **Şekil 3.11'**de gösterilmiştir.



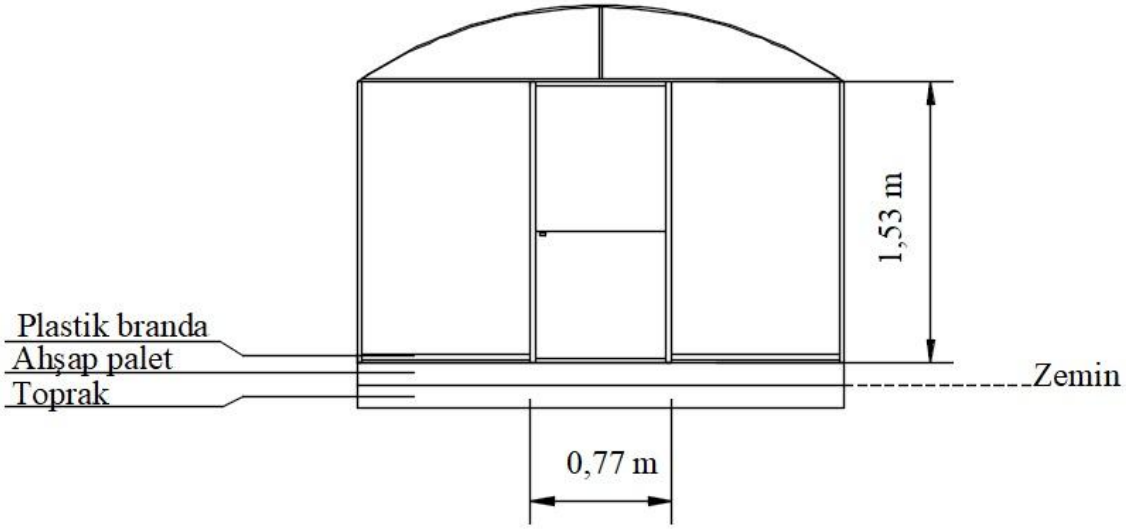
Şekil 3.10. Detay 1: Kontrol ünitesi, dış ortam modül ve sensörlerinin detay çizimi



Şekil 3.11. Detay 2: Yüksek tünellerin içindeki modül ve sensörlerinin detay çizimi

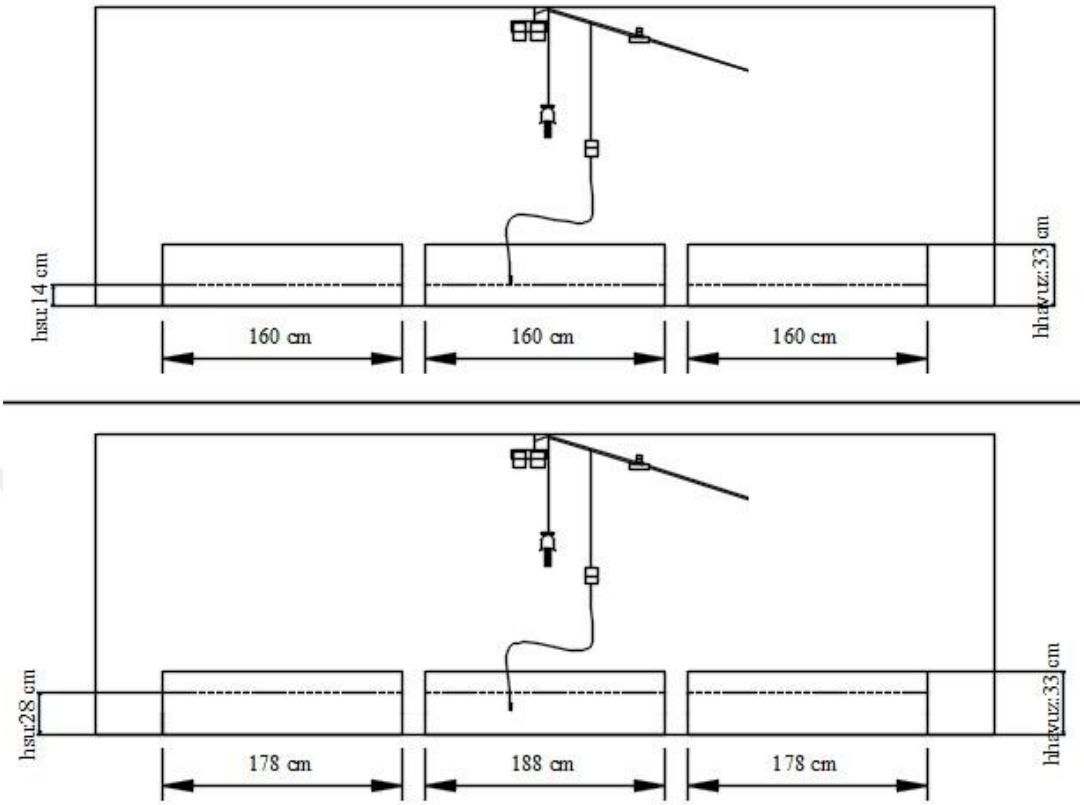
3.1.8 Yüksek tünellerde yapılan deneyler ile ilgili çizim ve boyutlar

Bu deney çalışmasında yüksek Tünel II'nin Güneybatı yönündeki ön ve Kuzeydoğu yönündeki arka kapıları kullanılmıştır. Yüksek tünel kapılarının açılıp kapatılması el ile kumanda edilmiştir. Yüksek tünel II'de deneme yapılan kapıların çizimi **Şekil 3.12'**de gösterilmiştir. Ön ve arka kapı boyutları birbirine eşittir.



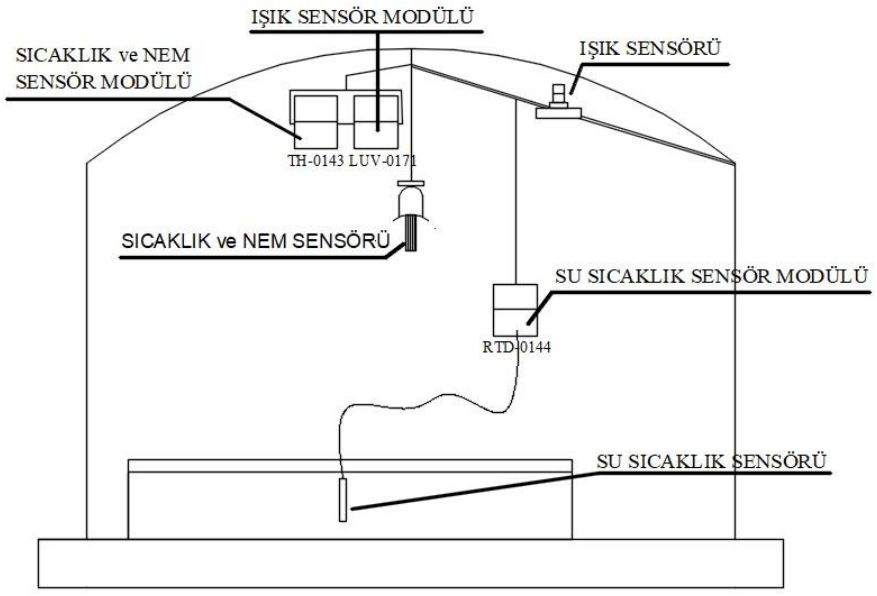
Şekil 3.12. Yüksek tünellerin ön ve arka kapı boyutları

Yüksek tünel II içerisinde deneyler yapılırken kullanılan çapı 160 cm, 178 cm ve 188 cm olan havuzların yan görünüş çizimi **Şekil 3.13'**te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Yüksek tünel II içindeki havuzların boyutları

Yüksek tünel II içerisinde havuzlu deneyler yapılırken sensör ve modül konumlarının ön görünüş çizimi **Şekil 3.14'**te gösterilmiştir.

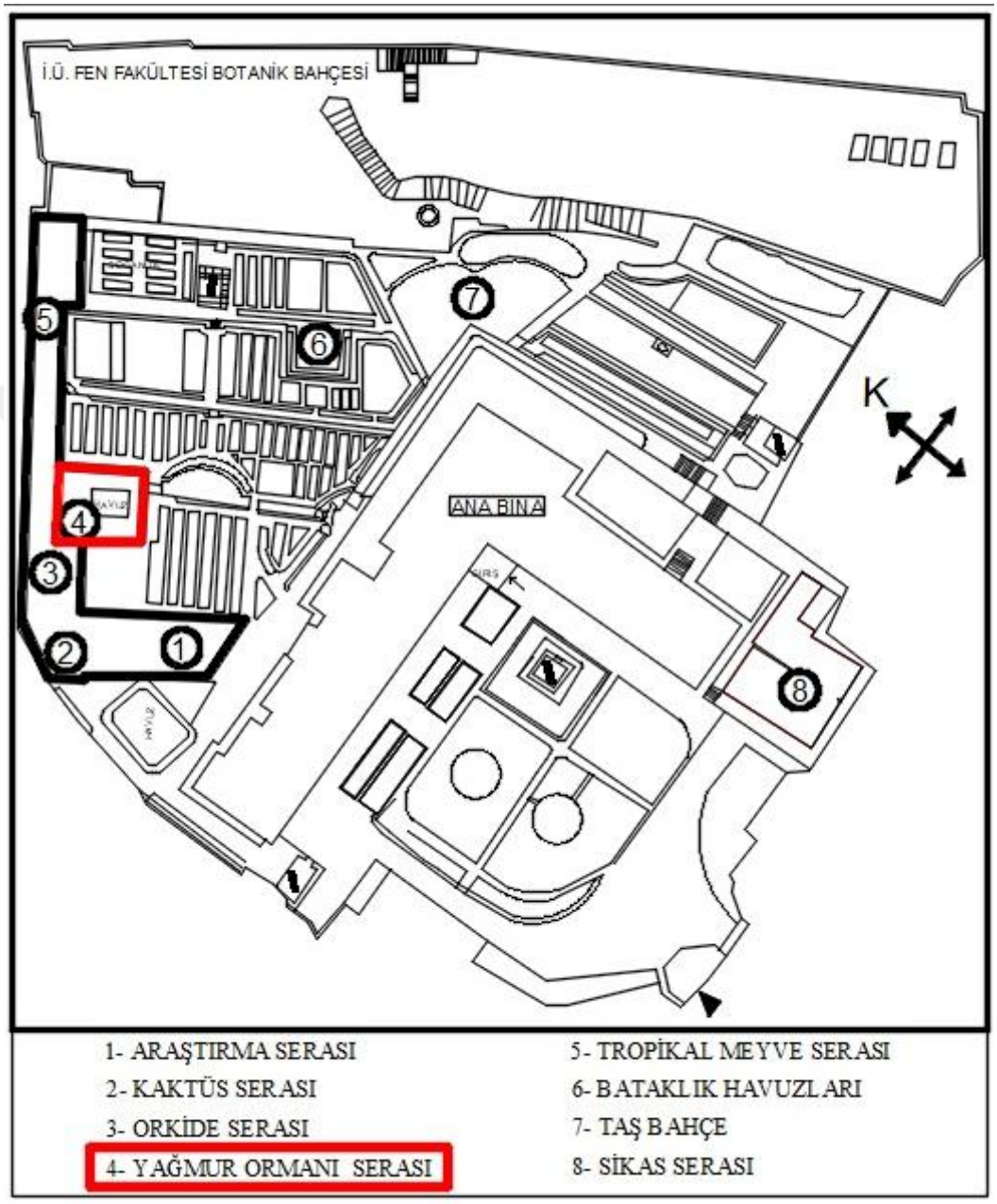


Şekil 3.14. Yüksek tünel II içindeki sensör ve modüller

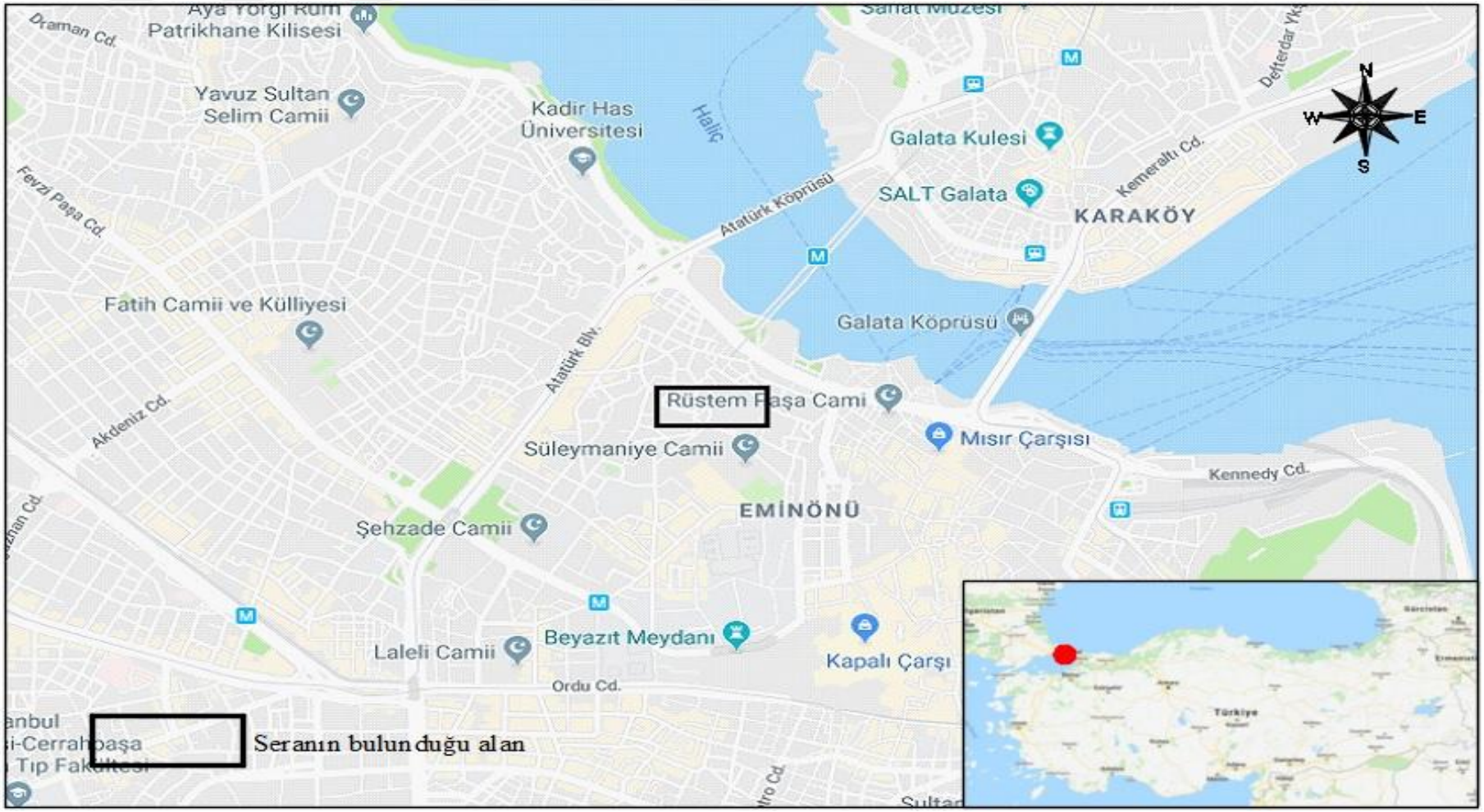
3.2 Yağmur Ormanı Serası

Yağmur ormanı serası, yağmur ormanlarındaki bitki çeşitlerinin yetiştirildiği ve küçük bir tropikal iklim modelini yansıtan seradır ve İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi'ne bağlı Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin içinde yer almaktadır (Küçüker 2017). İstanbul'un üçüncü tepesi olan Süleymaniye'de Süleymaniye Mahallesi, Fetva yokuşu, No:41 Fatih/İSTANBUL adresinde bulunan bu botanik bahçesi 'Cumhuriyetimizin en eski üniversite botanik bahçesi' ünvanını taşıdığı için tarihi bir öneme sahiptir. Bahçedeki seralar, Almanya'nın Sachsen şehrinde bulunan dönemin en profesyonel seracılık şirketlerinden birinin 1939 yılında A. HEILBRONN'a gönderdiği teklif mektubundaki modellerden esinlenerek yaptırılmıştır. Botanik bahçesi Haliç Denizi'ne doğru eğimlidir. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin toplam alanı 15,000 m²'dir ve altı bölüme ayrılmıştır: sistematik bölüm, taş bahçe, tıbbi bitkiler, türkiye bitkileri, deney alanları ve arboretum. Bahçede altı sera (araştırma, kaktüs, orkide, yağmur ormanı, tropikal meyve, sikas) ve 23 havuz bulunmaktadır (Akkuş 2013).

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin içinde botanik bahçesinin Kuzeydoğu sınırında bölümleri arasında kot farkları bulunan Venlo tip bir cam sera bulunur. Bu bileşik sera 671,29 m^2'lik bir alanı kaplar. İçerisinde araştırma serası, kaktüs serası, yağmur ormanı serası, orkide serası ve tropikal meyve serası bulunur. Bu bileşik seranın içerisindeki yağmur ormanı serası deniz seviyesinden 41 m yüksekliktedir ve taban alanı 115,80 m^2'dir, içerisinde serayı geometrik olarak ortalayacak şekilde bir adet sıcaksu nilüfer havuzu bulunmaktadır. Yağmur ormanı serasının sıcaklığı yaz aylarında $50^\circ C$' nin üzerine ulaşabilmektedir ve buna bağlı olarak bağıl nem değerleri % 80'nin üzerine çıkabilmektedir. Bu nedenle içinde çalışılması oldukça zor olan korozif bir ortama sahiptir. İçerisinde muz ve kahve gibi sıcak iklimlerde bulunan türde bitkiler bulunmaktadır. **Şekil 3.15**'te İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesinin vaziyet planında dördüncü numara ile gösterilen sera, araştırma çalışmamızı yürüttüğümüz Yağmur ormanı serasının yerini göstermektedir. A. H. Botanik Bahçesi'nin İstanbul ili içerisindeki konumunun harita görüntüsü **Şekil 3.16**'da, uydu görüntüsü **Şekil 3.17**'de gösterilmektedir.



Şekil 3.15. İstanbul Üniversitesi A. H. Botanik Bahçesi vaziyet planı



Şekil 3.16. A. H. Botanik Bahçesi'nin İstanbuli ili içerisindeki konumu (Goole maps, 26.03.2019)

Şekil 3.17. A.H. Botanik Bahçesi'nin uydu görüntüsü (Google Earth Pro, 26.03.2019)

İstanbul'un iklimi, Türkiye'de Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş özelliği gösteren bir iklimdir, dolayısıyla İstanbul'un iklimi ılımandır.İstanbul'un yazları sıcak ve nemli; kışları soğuk, yağışlı ve bazen karlıdır. Nem yüzünden, hava sıcak olduğundan daha sıcak; soğuk olduğundan daha soğuk hissedilebilir. Kış aylarındaki ortalama sıcaklık 2 °C ile 9 °C civarındadır ve genelde yağmur ve karla karışık yağmur görülür. Kar da yağar. Kış aylarında bir iki hafta kar yağabilir. Yaz aylarındaki ortalama sıcaklık 18 °C ile 28 °C civarındadır ve genelde yağmur ve sel görülür. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve ortalama sıcaklık 23 °C dir, en soğuk aylar da Ocak ve Şubat aylarıdır ve ortalama sıcaklık 5 °C'dir.

İstanbul'da yılın ortalama sıcaklığı 13,7 derecedir. Toplam yıllık yağış 843,9 mm'dir ve tüm yıl boyunca görülür. Yağışların %38'i kış %18'i ilkbahar, %13'ü yaz, %31'i sonbahar mevsimindedir. Yaz en kurak mevsimdir, ama Akdeniz iklimlerinin aksine kurak mevsim yoktur. Şu ana kadar en yüksek hava sıcaklığı; 12 Temmuz 2000'de 40.5 °C olarak kaydedilmiştir. En düşük hava sıcaklığı ise; 9 Şubat 1929'da -16.1 °C olarak kaydedilmiştir. Şehir oldukça rüzgârlıdır; rüzgârın ortalama hızı saatte 17 km'dir (Wikipedia, 2019). **Çizelge 3.4**'te İstanbul ili 1929-2018 yılları arasındaki iklim ortalama verileri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. İstanbul ili iklim değerlerinin 1929 – 2018 yılları arası ortalamaları (www.mgm.gov.tr, 26.03.2019)

1929-2018 yılları arası iklim verileri (İstanbul)	Aylar												Yıllık ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Son iklim periyodu (1981-2010)													
Ortalama sıcaklık (°C)	5.8	5.5	7.3	11.2	15.7	20.5	22.9	23.4	19.9	15.8	11.0	7.8	13.9
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	8.5	8.7	11.0	15.5	20.1	25.0	26.9	27.2	23.8	19.2	14.2	10.4	17.5
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	3.5	2.9	4.4	7.8	12.2	16.7	19.7	20.4	16.8	13.2	8.5	5.5	11.0
Ortalama güneşlenme süresi (h)	2.2	3.2	4.6	6.0	8.0	9.6	10.3	9.3	7.8	5.1	3.1	2.0	71.2
Ortalama yağışlı gün sayısı	16.9	15.2	13.2	10.0	7.4	7.0	4.7	5.1	8.1	12.3	13.9	17.5	131.3
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	99.5	82.1	69.2	43.1	31.5	40.6	39.6	41.9	64.4	102.3	110.3	125.1	849.6
Ölçüm periyodu (1929-2018)													
En yüksek sıcaklık (°C)	22.0	24.7	29.3	33.6	34.5	40.2	41.5	40.5	39.5	34.2	27.8	25.5	41.5
En düşük sıcaklık (°C)	-13.9	-16.1	-11.1	-2.0	1.4	7.1	10.5	10.2	6.0	0.6	-7.2	-11.5	-16.1

3.2.1 Yağmur ormanı serasının yapısal ve havalandırma özellikleri

Yağmur ormanı serası bir köşesine denk gelecek şekilde diğer bir havuzlu sera ile birleşiktir (geçişlidir). O açıklık üzerinden diğer seranın havası (ve dolayısıyla da sıcaklığı ve nemi) ile etkileşimlidir. Yağmur ormanı serası bu özellikleri nedeniyle gerçek boyutlu nem-sıcaklık araştırmaları için oldukça ideal ve kullanışlı bir ortam oluşturmaktadır. **Şekil 3.18**'de yağmur ormanı serasının boyutları gösterilmiştir. İstanbul şartlarında bu amaçla bulunabilecek olan çok nadir mekanlardan birisidir. A. H. Botanik Bahçesi'nin içinde yağmur ormanı serasının konumu **Şekil 3.19**'da gösterilmiştir.

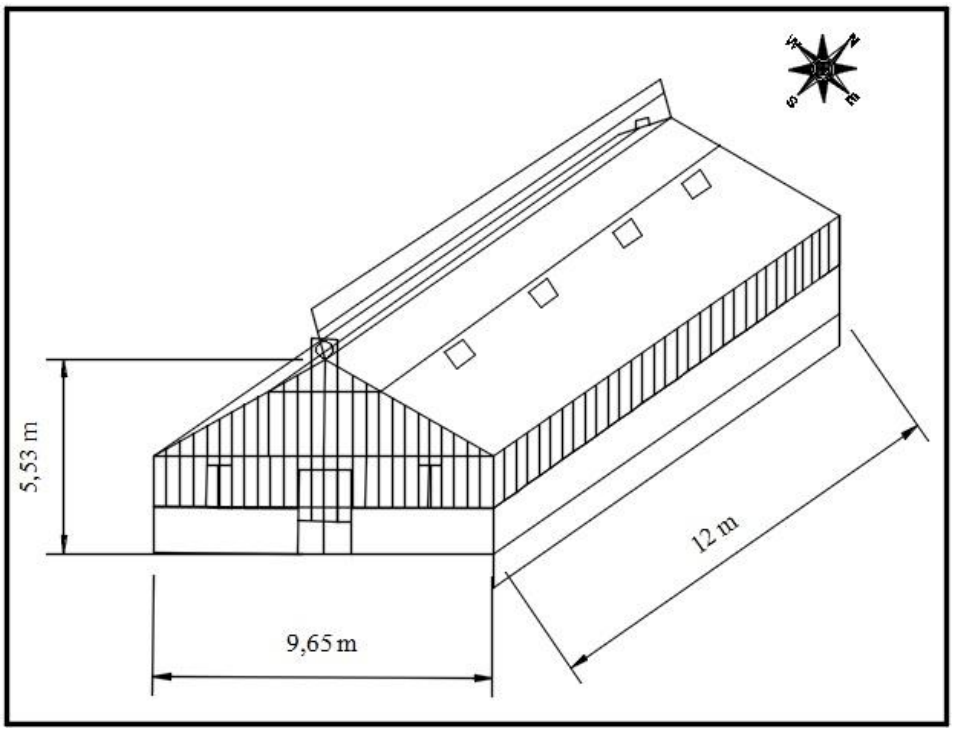
Yağmur ormanı serasında otomatik bir sulama sistemi bulunmamaktadır. Bitki sulamaları şehir şebekesinden el ile bir hortum yardımı ile yapılmaktadır. Denemenin yapıldığı yaz mevsimi aylarında sulamalar hergün akşam saatlerinde yapılmaktadır. Havuzun derinliği yaklaşık 60-70 cm olacak şekilde zaman zaman su eklenilmektedir. Yaz mevsiminde havuza haftada iki kere su eklenilmektedir. Serada ısıtma sistemi doğalgaz ile çalışan galvanize borulu kalorifer sistemidir. Serada beyaz florasanlardan oluşan bir aydınlatma sistemi bulumaktadır fakat sistem çalıştırılmamaktadır. Yağmur ormanı serasının A. H. Botanik Bahçesi içerisindeki önden görüntüsü **Şekil 3.20**'de gösterilmiştir, yapısal özellikleri ise **Çizelge 3.5**'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Yağmur ormanı serasının özellikleri

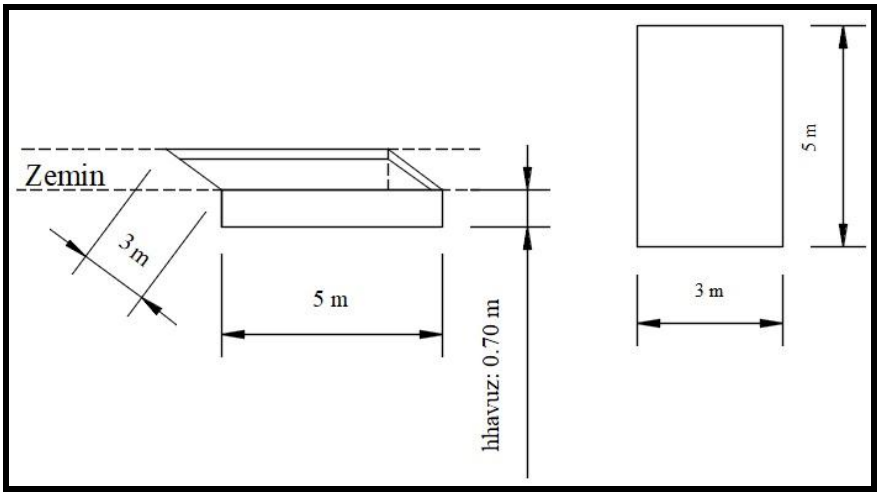
Sera özellikleri	Sabit, beşik çatılı, orta büyüklükte, Venlo tip cam sera.
Özellikleri	İçinde sıcak su bitki havuzu bulunan tropikal yağmur ormanı serası
Boyutları	Sağ yan 12 m, sol yan 8 m uzunluğunda, genişliği 9,65 m'dir.
Yüksekliği	5,53 m
Yan duvar yüksekliği	1,31 m
Taban alanı	115,80 m^2
Hacmi	481,15 m^3
Çatı mahya yüksekliği	2,75 m
Yönü	Kuzeydoğu
Kullanım amacı	Yetiştirme, koruma ve sergileme (gösteri), üretme ve araştırma
Profili	Beton zemin, çelik iskelet, kapılar ve pencereler Alüminyum konstruksiyon, cam örtülü sera
Havalandırması	Doğal havalandırma (pencereler ve kapılar) el ile ve basınçsız havalandırma vantilatörler ile yapılmaktadır.
Isıtma sistemi	Sera tabanına paralel doğrultuda yan duvarlara montelenmiş, galvanize borulardan oluşan kömürle çalışan kalorifer sistemi
Örtü malzemesi	Cam, çatı 4 mm'lik cam, pencere 3 mm'lik cam
Cam malzemesi	Düz pencere camı
Cam ışık geçirgenliği (%)	89-93 (Yüksel 2004)

Çizelge 3.5. Yağmur ormanı serasının özellikleri (devamı)

Varsayılan Isı iletim katsayısı (cam)	7,85 W/m^{2}K (Yüksel,1990)
Pencere boyutları	(47x116,5 56,5x116,5 60x116,5 66x116,5 81,5x116,5 cm)
Cam dış yüzey alanı	Toplam =212,22 m^2
Havuz özellikleri	Sıcak su Nilüfer havuzu
Havuz boyutu ve alanı	5x3=15 m^2
Havuz hacmi (boş iken)	5x3x0,70=10,5 m^3
Havuz ısıtma sistemi	Doğalgaz ile çalışan galvanize borulu kalorifer sistemi
Havuz taban alanı sera taban alanının % 12,95'idir	



Şekil 3.18. Yağmur ormanı serasının boyutları



Şekil 3.19. Yağmur ormanı serasının içindeki sıcak su nilüfer havuzunun boyutları

Şekil 3.20. Yağmur ormanı serasının A.H. Botanik Bahçesi'ndeki görünümü (26.03.2019)

Şekil 3.21. Yağmur ormanı serasının önden görüntüsü (26.03.2019)

Yağmur ormanı serası, eski bir sera olduğu için bazı pencere ve kapılarında hava boşlukları bulunmaktadır bu nedenle tam korumalı ve hava geçirimi olmayan bir yapıya sahip değildir. Serada nem ölçer ile birlikte çalışan bir fan sistemi bulunmaktadır, yağmur ormanı serasında bir adet de fan bulunmaktadır fakat arıza nedeniyle bu fan çalıştırılmamakta ve havalandırma doğal havalandırma yoluyla yapılmaktadır yani serada bulunan pencereler ve kapılar el ile açılarak sera havalandırması gerçekleştirilmektedir.

Yağmur ormanı serasının Kuzeydoğu yönündeki yan yüzeyinde dört adet **(Şekil 3.22)**, Güneybatı yönündeki yan yüzeyinde üç adet **(Şekil 3.23)**, Kuzeybatı yönündeki arka yüzeyinde bir adet ve Güneydoğu yönündeki ön yüzeyinde iki adet olmak üzere toplam on adet pencere bulunmaktadır. Çatı yüzeyinde dörder adetten toplam 8 adet pencere bulunmaktadır. Seranın Güneydoğu yönünde bulunan ön kapı olarak adlandırdığımız giriş kapısı iki kanatlıdır **Şekil 3.24.a'**da gösterilmiştir. Seranın Kuzeybatı yönünde bulunan arka kapı olarak adlandırdığımız yan seraya geçiş kapısı tek kanatlıdır ve **Şekil 3.24.b'**de gösterilmiştir.

Şekil 3.22. Yağmur ormanı serasının Kuzeydoğu yönündeki pencereleri (19.03.2018)

Şekil 3.23. Yağmur ormanı serasının Güneybatı yönündeki pencereleri (19.03.2018)

a **b**

Şekil 3.24. Yağmur ormanı serasının ön kapı **(a)** ve arka kapı dışarıdan görüntüsü **(b)** (19.03.2018)

3.2.2 Yağmur ormanı serasının bitki varlığı

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin açık alanlarının (parseller) dışında seralarında Dünyanın çeşitli flora bölgelerinden canlı veya tohum halinde istenerek bahçedeki seralarda yetiştirilmiş değişik familyalara ait pek çok cins ve onlara bağlı ''egzotik takson'' bulunmaktadır. Bu flora bölgeleri arasında Doğu Asya ve yağmur ormanları (özellikle Orchidaceae: Orkidegiller, Bromeliaceae), sarılıcı ve tırmanıcılar, Malezya yağmur ormanları (Moraceae, Annonaceae), çeşitli eğreltiler, Hint Afrika bölgesinin tipik elementleri, Güney Afrika Kap bölgesi soğanlı ve kaktüs türleri, Sütleğengiller ile Orta Amerika (Costa Rica) ve Brezilya yağmur ormanlarının tipik formasyonlarından taksonlar bulunmaktadır. Ayrıca Dünyanın jeolojik dönemlerinden özellikle Jura'da hâkim olmuş, açık tohumlu *Cycas revoluta* örneği bakımından son derece zengindir (Anonim 2011).

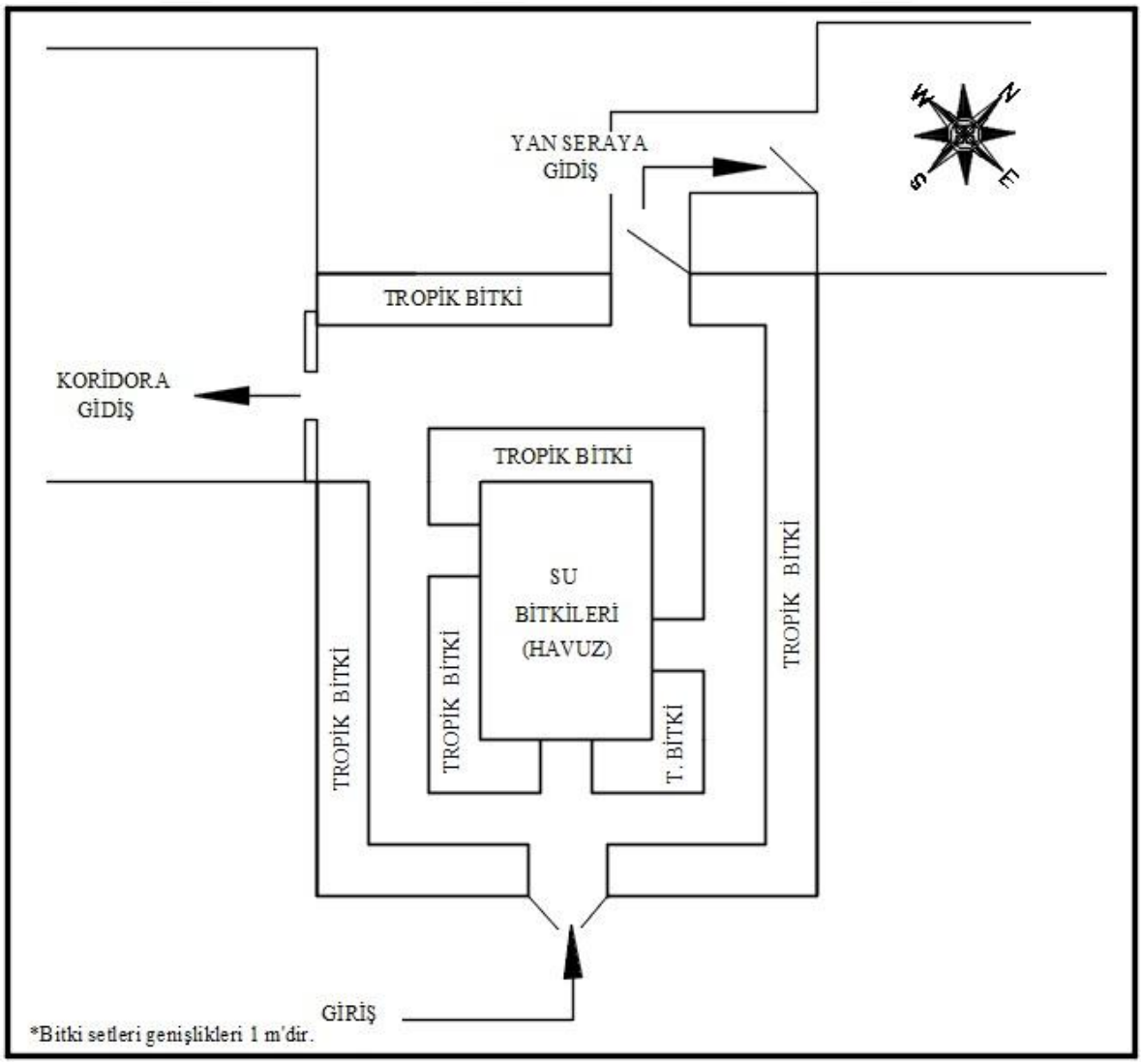
3.2.3 Yağmur ormanı serasında bulunan tropik bitkilerin klima isteği

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde bulunan egzotik bitki taksonlarının bir kısmı tropikal ve subtropikal bölge bitkisidir. Tropikal bölgeler nemli, sıcak, bol miktarda yağış alan yağmur ormanları ya da az yağış alan muson ormanlarının yer aldığı bölgelerle; tropik çöl vejetasyonunu kapsar. Subtropikal bölgeler Dünyanın tropik kuşağının Kuzey ve Güney sınırında Kuzey ve güney 23,5 ^{0} C paralellerinde bulunmakta olan Yengeç dönencesi ve Oğlak dönencesi ile sınırlanmış coğrafik bölgelerdir. Kutup (Arktik ve Antartik bölgeler) bölgelerine ait bitki örnekleri de botanik bahçesinde yer almaktadır. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde bulunan egzotik bitki taksonlarının bir kısmı da neotropikal bölge bitkisidir. Bu bölgelere ait bitki toplulukları Güney ve Orta Amerika, Karayip Adaları, Meksika'nın ovaları ve Florida'nın Güney kesimlerinden getirilen bitki tohumlarının ve bitki örneklerinin yetiştirilmesiyle oluşturulmuştur. Pantropikal (Afrika, Asya ve Amerika'nın tropikal bölgeleri) karasal eko bölgesinden gelmiş egzotik bitki örnekleri de çoğunluktadır (Anonim 2011).

Yağmur ormanı serasında tropik bitkilerin en uygun koşullarda yetişmesi için sera sıcaklığının 20-27 ^{0} C ve bağıl nemin % 50-70 arasında olması gerekmektedir. Bunun için sera yan duvarlarına paralel şekilde pencere önlerine konumlandırılmış şekilde bulunan doğalgaz ile çalışan bir kalorifer ısıtma sistemi bulunmaktadır. Sıcak su nilüfer havuzunun içinde de bu kalorifer boruları bulunmaktadır. Kışın sera kalorifer sabit sıcaklığı gece yaklaşık 15 ^{0} C'den aşağı düşmemek kaydıyla gündüz ise yaklaşık 25 ^{0} C' den yukarı çıkmamak üzere ayarlanmaktadır.

Sıcak su havuzunda ise kışın en düşük sıcaklık 20-25 ^{0} C olacak şekilde ısıtma yapılmaktadır. Mevsim sıcaklığına göre yaklaşık Mayıs ayı ortalarında 09:00 - 21:00 saatleri arasında kaloriferler kapatılmaktadır. Yaklaşık Haziran ayı başında kaloriferler tamamen kapatılmaktadır. Yaz ayları boyunca kaloriferler kapalı kalmakta yaklaşık Ekim ayı ortalarında kaloriferler tekrar yanmaktadır. Yine Haziran ayı başında sera içi doğal havalandırması için sera kapı ve pencereleri açılmaktadır, Eylül ayı ortalarında ise sera kapı ve pencereleri kapatılmaktadır.

Yağmur ormanı serasında bulunan tropik bitkilerin listesi **EK 1**'de **Çizelge 7.1**'de gösterilmiştir. Tropik bitkilerin bulunduğu bitki setlerinin genişliği 1 m'dir. Sera içindeki bitkilerin konumu **Şekil 3.25**'te gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Yağmur ormanı serasındaki tropik bitki konumları

3.2.4 Programlanabilir değerlendirme ve ölçüm enstrümanları

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin yağmur ormanı serasında yapılacak deneyler için sera içine 19.03.2018 tarihinde nem, ışık şiddeti ve sıcaklık değerlerini ölçen aşağıda belirtilen özelliklere sahip teknik malzemelerden bir sistem kurulmuştur.

Yapılan deneme ve alınan verilere göre 23.05.2018 tarihinde sera içindeki geçiş noktalarına iki adet nem, sıcaklık ve ışık şiddeti sensör modülü daha eklenmiştir. Sensör modülleri deney çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla **Çizelge 3.6'**te belirtildiği şekilde adlandırılmıştır.

Çizelge 3.6. Nem, ışık şiddeti, sıcaklık ölçüm sensör modüllerinin adlandırılması

Sembol	Modül kodu	Sensör adı	Ölçülen
M1	0x01410109-TH-0141	Botanik iç	Sıcaklık, nem, ışık şiddeti
M2	0x0141010A-TH-0141	Botanik dış	Sıcaklık, nem, ışık şiddeti
M3	0x01410108-TH-0141	Botanik koridor	Sıcaklık, nem, ışık şiddeti
M4	0x01410107-TH-0141	Botanik yan sera	Sıcaklık, nem, ışık şiddeti

3.2.4.1 RP-0101 Kontrol ve ağ geçidi modülü

Kontrol ve ağ geçidi modülü, 1GB RAM, 900 MHz CPU, 4 GB Flash, Ethernet ve USB bağlantısı, Linux işletim sistemine sahiptir. Seralar için özel olarak geliştirilmiş olan programlanabilir bir ünitedir, bilimsel kontrol literatüründe kontrolör olarak isimlendirilir. Kendi mikro işlemcisi, RAM'i, belleği, ethernet ve USB bağlantıları vardır. Linux işletim sistemi ile çalışır ve C, FORTRAN gibi yüksek seviye programlama dillerinde yazılmış olan programları çalıştırır. Seradaki modüllerden gelen ışık şiddeti, nem, sıcaklık, camların açık/kapalı olma durumu gibi verileri toplar, onları istenilen değerler (set değerleri) ile karşılaştırır ve gerekirse/istenirse otomatik olarak seraya müdahalede bulunur. Seradan topladığı verileri depolama işini de yine bu ünite otomatik olarak organize eder.

Topladığı tüm verileri istatistiksel ve deneysel amaçlarla kullanılmak üzere uzaktaki bir sunucu üzerinde depolar.

Bu çalışmada, hem içerdiği gelişmiş teknoloji, hem sahip olduğu yetenekler, hem de esnekliği açısından seçilmiştir. Programlanabilir ve güncellenebilir olması, yukarıda listelenmiş olan diğer yeteneklere sahip bulunması, veri toplamada ve depolamadaki esnekliği gibi nedenler, istenildiğinde sisteme müdahale eden bir kontrolör, istenildiğinde de sadece sistemi gözleyen ve kaydeden bir ağ geçidi olarak çalışabilmesi, tercih edilmesindeki temel nedenlerdir. **Şekil 3.26**'da RP-0101 Kontrol ve ağ geçidi modülü gösterilmektedir.

Şekil 3.26. RP-0101 Kontrol ve ağ geçidi modülü (19.03.2018)

İlk olarak yağmur ormanı serasının diğer havuzlu serayla birleşen geçiş kısmına RP-0101 kontrol ünitesi ve ağ geçidi modülü yerleştirilmiştir (**Şekil 3.27**).

Şekil 3.27. Yağmur ormanı serasında kontrol ünitesinin yerleşimi (19.03.2018)

3.2.4.2 TH-0141 Işık - nem - sıcaklık ölçüm modülü

Nem, ışık şiddeti ve sıcaklık tespit modülü, güncellenebilir yazılım, -20 +85 ºC çalışma aralığı, 24v besleme, 5w güç tüketimi, Ç-bus veriyolu bağlantısına sahiptir. Seralar için özel geliştirilmiş olan bir modüldür. İçinde programlanabilir mikroçip ve C dilinde yazılmış bir güncellenebilir yazılım bulunur. Ortamdan ışık şiddeti - nem - sıcaklık değerlerini toplayarak, topladığı bu değerleri belli aralıklarla controller'a, yani yukarıda özellikleri açıklanmış olan RP-0101 kontrol ve ağ geçidi modülü isimli birime aktaran bir ünitedir. İstenildiği takdirde, farklı dönemlerde veri toplayabilme yeteneği vardır.

TH-0141 sera ışık - nem - sıcaklık ölçüm modülü, hem örnekleme/ölçüm sıklığının ayarlanabilmesi, hem de programlanabilmesi ve programının güncellenebilmesi gibi nedenlerle yüksek esnekliğe sahip bir ünitedir. İstenildiğinde ve gerektiğinde kalibre edilebilmektedir. Bu modüllerin bir kısmı iç mekâna yerleştirilmiş, bir kısmı da sera dışındaki değerleri ölçmek amacıyla sera dışına yerleştirilmiştir.

Sera dışındaki değerlerin sera içindeki değerlerle etkileşimini tespit etmek ve kayıt altına almak, hem matematiksel modelleme çalışmaları hem de simülasyon ve tahmin çalışmaları yapılması açısından çok önemlidirler.

Bir önceden tespit ve tahmin mekanizmasının kurulması bu modüller sayesinde mümkün olmuştur. Herhangi bir nedenden ötürü bir modülde yaşanabilecek bir sorun uzaktan tespit edilebilmekte ve o modül yine uzaktan müdahale ile devre dışı bırakılabilme özelliğine sahiptir (**Şekil 3.28, Şekil 3.30, Şekil 2.32, Şekil 3.34**).

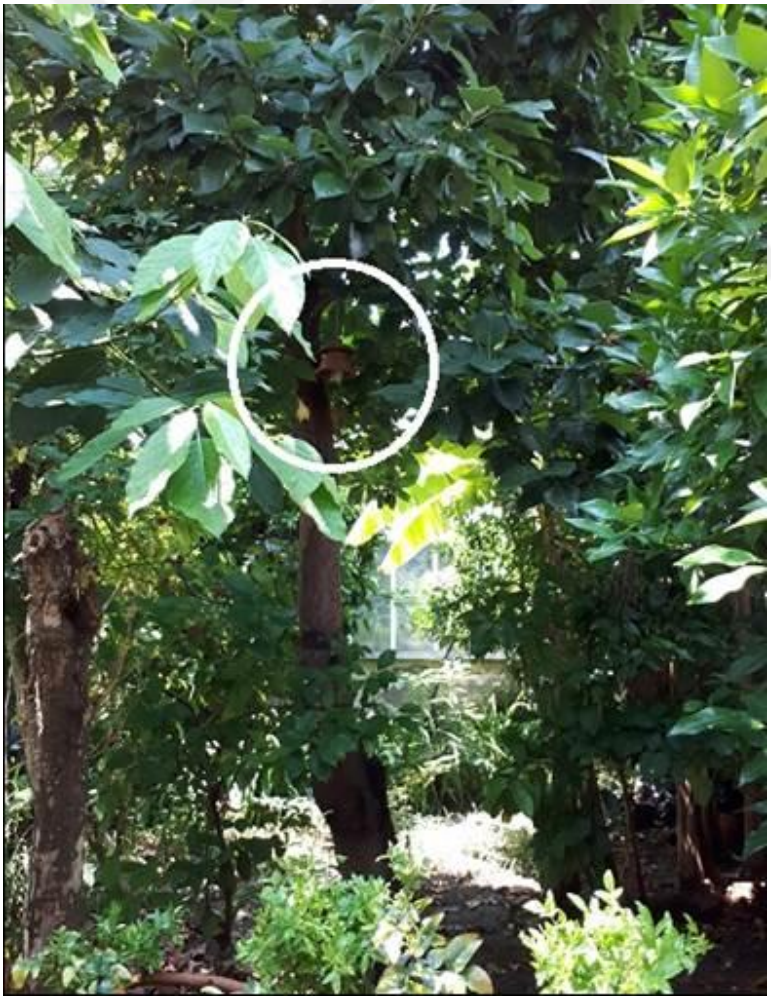
Şekil 3.28. 0x01410109-TH-0141- Botanik iç sensörü ve modülü (19.03.2018)

Yağmur ormanı serasının tam orta noktasında bulunan sıcaksu nilüfer havuzunun üzerinde ve yaklaşık olarak orta noktasına denk gelecek şekilde ‘sera iç’ olarak adlandırılan TH-01414 nem, ışık şiddeti ve sıcaklık ölçüm modülü yerleştirilmiştir (**Şekil 3.29**).

Şekil 3.29. Yağmur ormanı serasına 0x01410109-TH-0141- botanik iç sensörü ve modülünün yerleşimi (19.03.2018)

Yağmur ormanı serasının dışında, ön kapısının solunda Güneydoğu tarafında sera ile aynı kotta bulunan bahçede sera ile arası yaklaşık 5,5 m yatay mesafede olan bir Avokado ağacına ‘sera dış’ olarak adlandırdığımız TH-01414 gölgede nem, ışık şiddeti ve sıcaklık ölçüm modülü yerleştirilmiştir (**Şekil 3.31**).

Şekil 3.30. 0x0141010A-TH-0141- Botanik dış sensörü ve modülü (19.03.2018)



Şekil 2.31. Yağmur ormanı serasının dışına 0x0141010A-TH-0141- botanik dış sensörü ve modülünün yerleşimi (19.03.2018)

Yağmur ormanı serası kontrol ünitesinin arka kısmına diğer havuzlu seraya geçildiğindeki değerleri ölçmek için ‘sera koridor’ olarak adlandırdığımız TH-01414 nem, ışık şiddeti ve sıcaklık ölçüm modülü yerleştirilmiştir (**Şekil 3.33**).

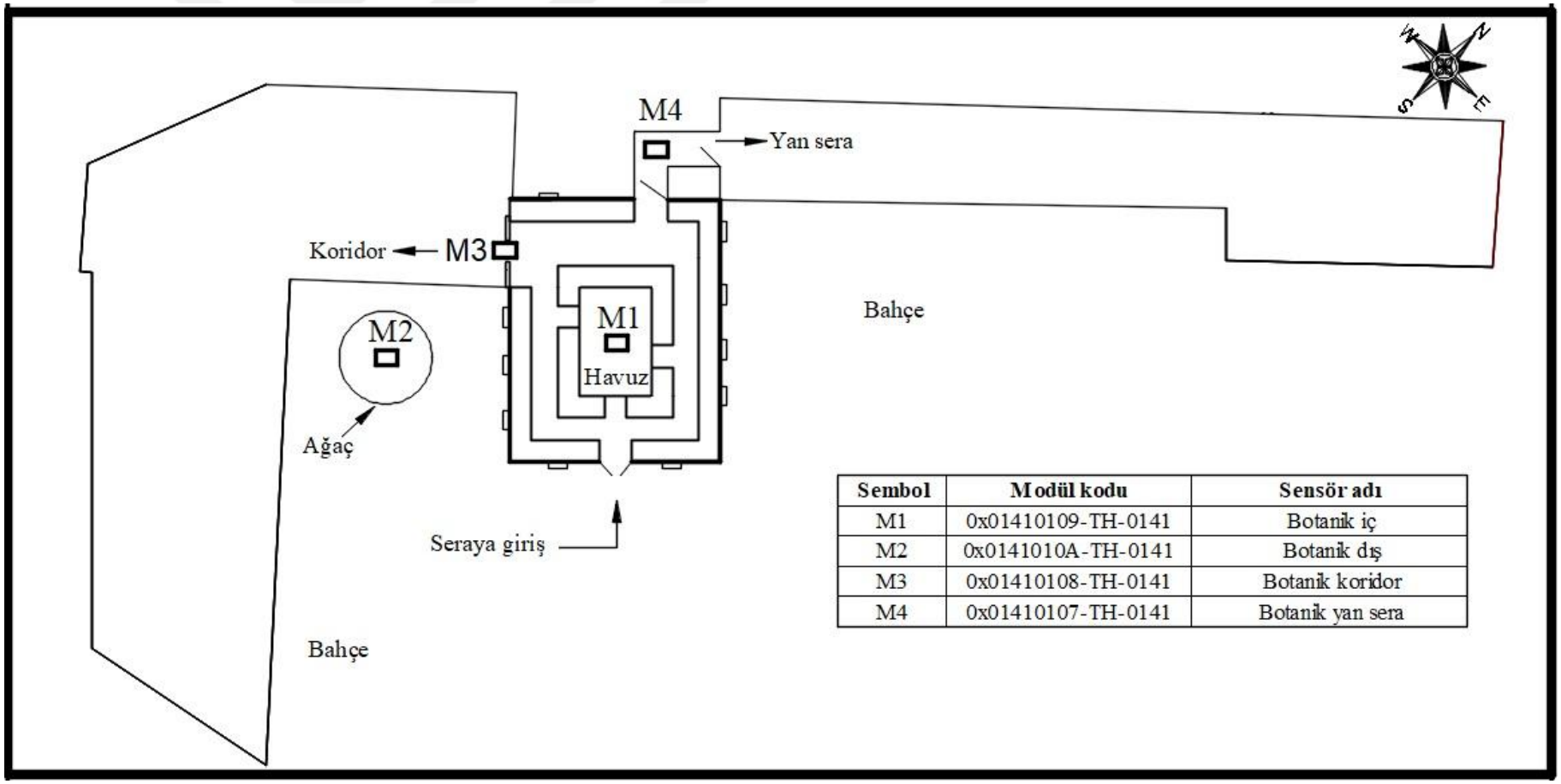
Şekil 3.32. 0x01410108-TH-0141- Botanik koridor sensörü ve modülü (23.05.2018)

Şekil 3.33. Yağmur ormanı serasına 0x01410108-TH-0141- Botanik koridor sensör modülünün yerleşimi (23.05.2018)

Yağmur ormanı serasını kot farkı bulunan diğer seraya bağlayan geçişte kapılardan oluşan koridora da ‘yan sera’ olarak adlandırdığımız TH-01414 nem, ışık şiddeti ve sıcaklık ölçüm modülü yerleştirilmiştir. Sera içinden dışarıya doğru fotoğrafıdır (**Şekil 3.35**).

Şekil 3.34. 0x01410107-TH-0141- Botanik yan sera sensörü ve modülü (23.05.2018)

Şekil 3.35. Yağmur ormanı serasının 0x01410107-TH-0141- botanik yan sera sensörü ve modülünün yerleşimi (23.05.2018)



Sembol	Modül kodu	Sensör adı
M1	0x01410109-TH-0141	Botanik iç
M2	0x0141010A-TH-0141	Botanik dış
M3	0x01410108-TH-0141	Botanik koridor
M4	0x01410107-TH-0141	Botanik yan sera

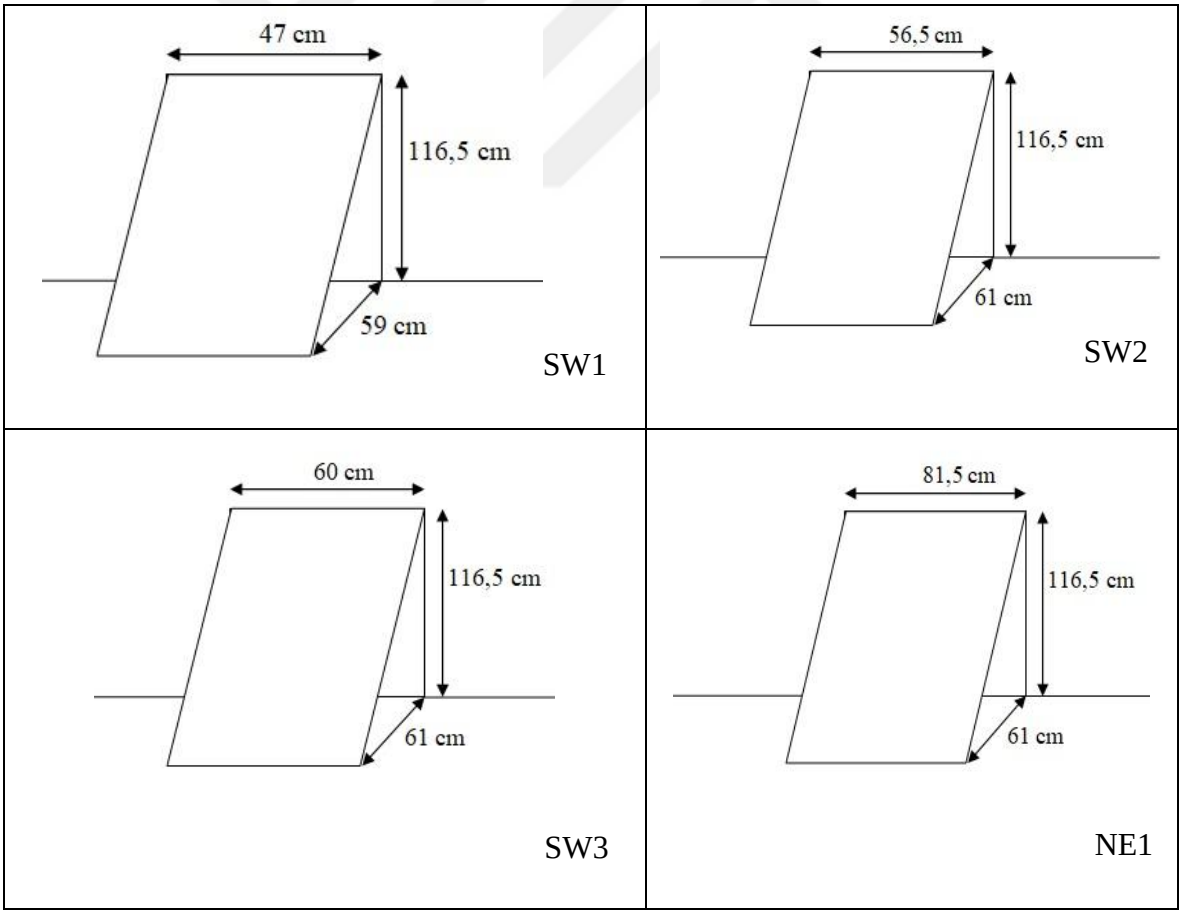
Şekil 3.36. Yağmur ormanı serasında sensör konumları

3.2.4.3 RP-0101'in içinde anlık veri takibi arayüzü

Anlık veri takibi arayüzü adı verilen program, 19.03.2018 tarihli sistem kurulumundan itibaren seradan toplanan ışık şiddeti, nem ve sıcaklık gibi değerlerin anlık olarak uzaktan görülebilmesini sağlamıştır (Anonim 2019). Bu program sayesinde, internet üzerinden, cep telefonundan veya kişisel bilgisayar ile sisteme erişilerek, her on saniyede bir güncellenen nem, sıcaklık, ışık şiddeti ölçüm verileri gerçek zamanlı olarak anında izlenmiştir. Deney ölçümlerini toplamak üzere her deney süresi bitiminde sisteme girilmiş, sensör mödül seçimi yapılmış, veri alınacak parametreler seçilmiş tarih aralığı belirlenmiş ve istenilen parametrelerin (sıcaklık, bağıl nem ve ışık şiddeti) toplanan ölçüm verileri Excel tablosu olarak elde edilmiştir**.**

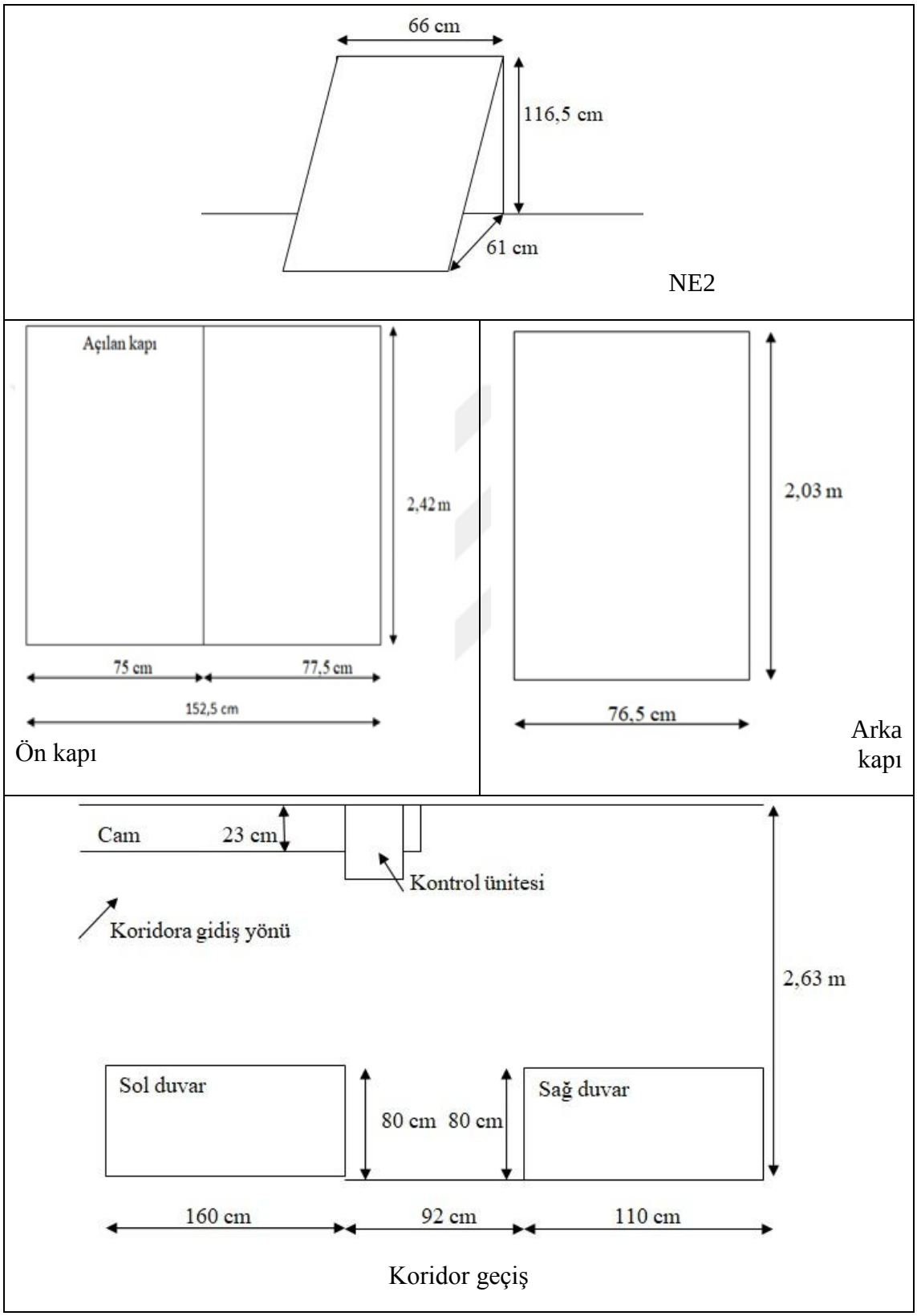
3.2.8 Yağmur ormanı serasıda yapılan deneyler ile ilgili çizim ve boyutlar

Deneylerin yapıldığı SW1, SW2, SW3, NE1 pencerelerinin boyutları **Şekil 3.37**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.37. SW1, SW2, SW3, NE1 pencerelerinin boyutları

Deneylerin yapıldığı NE2 penceresi, ön ve arka kapı, koridor geçiş boyutları **Şekil 3.38**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.38. NE2 penceresi, ön ve arka kapı, koridor geçiş boyutları

3.3 Yüksek Tüneller İçin Kullanılan Yöntem

Bu çalışma yüksek tünel sensör ve modüllerinin tamamının 16.07.2019 tarihinde takılıp deney düzeneğinin kurulmasından itibaren başlamıştır. Deney çalışmasının yapılması için atmosfer sıcaklığının en yüksek olduğu zaman olan yaz mevsimi seçilmiştir, bu nedenle deneyler 20.07.2019 - 18.08.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yüksek tünel I olarak adlandırılan yüksek tünelde hiçbir deney yapılmadan değerlerinin sabit kalması sayesinde şahit olarak kullanılmıştır. Deney yapılan yüksek tünel olan yüksek tünel II'ye ortam sıcaklığını ve buna bağlı olarak bağıl ve mutlak nemi incelemek için yüksek tünele birtakım bozucu etkiler uygulanmıştır. Bu bozucu etkiler yüksek tünelde sabit bir sıcaklık var iken yüksek tünelin ön ve arka kapılarını karşılıklı olarak açıp kapatarak ortama hava giriş çıkışının sağlanması ile yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan tüm veriler merkezi bir sera izleme ve yönetim sistemi sayesinde kayıt altına alınarak kullanılmıştır. Gerçek zamanlı olarak 7/24 ölçülerek kaydedilen değişkenler ise şunlardır;

1. Işık şiddeti (Lux),
2. Bağıl nem (%)
3. Sıcaklık (^{o}C)

Bu değerler üzerinden mutlak nem (g/m^3) ve entalpi (KJ/Kg) hesaplanılarak kullanılmıştır. Mutlak nem, kontrol çalışmaları açısından bağıl nemden daha güvenilir bir değişkendir. Bağıl nem, birimi olmayan ve havadaki mutlak nemin havanın o andaki sıcaklığında tutabileceği en fazla neme oranlanması ile elde edilen birimsiz bir değerdir ve mutlak nemin değerinin arttığı bazı durumlarda bağıl nem değerinin düştüğü gözlemlenebilmektedir. Bu durum, kontrol uygulamaları açısından son derece yanıltıcı ve tehlikeli sonuçlar doğurur. Kapı açıklıklarının hesaplanması ve ayarlanması ise elle yapılmıştır. Işık şiddetini ayarlamak için de bu amaca yönelik olarak üretilmiş olan file tipi ticari sera gölgeliklerinden faydalanılmıştır. Bu değerler birbirleri ile çok değişkenli ve karmaşık iç etkileşimlere sahiptirler. Bu etkileşimlerin boyutunun tespit edilebilmesi için süreç tepki eğrisi yöntemi ile elde edilen süreç kazanç matrisi kullanılmıştır. Etkilerdeki ani değişimlere karşı sistemin verdiği gerçek tepkiler gözlenmiş ve sonuçlar Bristol bağıl kazanç oranı kullanılarak incelenerek kontrol edilebilirlik analizi yapılmıştır.

3.3.1 Yüksek tünel II için hesaplamalar

Çizelge 3.7. Yüksek tünel II'de yapılan deneyler için alan hesapları

Konum	Durum	Havalandırma alanı
Yüksek Tünel II	Tek kapı açık	1,1781 m^2
Yüksek Tünel II	İki kapı tam açık	2,3562 m^2
Yüksek Tünel II	Tek kapı %50 açık	0,5890 m^2
Yüksek Tünel II	Tek kapı 9 cm açık	0,207 m^2
Yüksek Tünel II	Tek kapı 17 cm açık	0,391 m^2
Yüksek Tünel II	Tek kapı 34 cm açık	0,782 m^2
Yüksek Tünel II	Tek kapı 51 cm açık	1,173 m^2
Yüksek Tünel II	%45, %75,%95'lik örtü	Gölgelendirme alanı 46,22 m^2

3.3.2 Yüksek tünellerde yapılan deneyler

Deney bilgileri: Şahitli yüksek tünellerde 21.07.2019 ve 18.08.2019 tarihleri arasında kapı havalandırma, havuz suyu etkisi ve gölgelendirme deneyleri yapılmıştır. Deney süresi boyunca Türkiye'de yaz/kış saati uygulaması yapılmamıştır. Havalandırma deneyleri daha önce boyutları ve havalandırma alanları belirtilen yüksek tünel II'nin kapılarının karşılıklı olarak aynı anda el ile açılıp kapatılması ile yapılmıştır. Gölgelendirme deneyleri yüksek tünel II üzerine %45, %75 ve % 95'lik gölgeleme fileleri serilerek yapılmıştır. Havuzlu deneylerde ise yüksek tünel II içerisine çapları çizelgede belirtilen üç adet plastik taşınabilir havuz yerleştirilmiş, içerisine su doldurularak deneye hazırlanmış, deney süreleri bittiğinde ise havuzların içindeki sular boşaltılmış ve havuzlar dışarı çıkartılmıştır. Tüm deneylerde yüksek tünel içerisinde yapılan işlemlerden dolayı ortamda oluşacak hava akımının etkisinden dolayı sıcaklık iniş çıkışları düşünülerek yüksek tünel II'deki ölçülen parametreler sabitleşinceye kadar beklenmiş, sistem denge konumuna geldikten sonra deneyler başlatılmıştır. Yapılan deneyler süresince her on saniyede bir ve bir dakikada bir, yüksek tünel I, yüksek tünel II içindeki ve dış ortamdaki sensörlerden alınan sıcaklık, bağıl nem, ışık şiddeti, su sıcaklığı ölçümleri kaydedilmiştir. Her deney bitiminde gerekli analizlerin yapılabilmesi için ölçüm verileri ile mutlak nem, entalpi hesaplamaları yapılmıştır. Deneylere ait çizelgeler **Çizelge 3.8'**de gösterilmiştir.

Deney 1- Gölgeleme ve kapı havalandırma etkisi deneyi

21.07.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 30˚C ** Rüzgâr hızı:7 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: yok

Deney, 21.07.2019 tarihinde Pazar günü ve saat 11:12:00'da başlamış, saat 16:12:10'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de gölgeleme ve kapı havalandırma etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir.

Deney 2- Kapı havalandırma etkisi deneyi

24.07.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 25˚C ** Rüzgâr hızı:8 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: parçalı bulutlu

Deney, 24.07.2019 tarihinde Çarşamba günü ve saat 09:51:00'da başlamış, saat 12:43:00'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de kapı havalandırma etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir.

Deney 3- Havuz suyu etkisi deneyi

05.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 26˚C ** Rüzgâr hızı:8 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: parçalı bulutlu

Deney, 05.08.2019 tarihinde Pazartesi günü ve saat 17:25:00'da başlamış, 06.08.2019 tarihinde Salı günü ve saat 17:25:00'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'ye konulan üç adet 160 cm çapındaki havuzlara 14 cm derinliğinde su doldurularak havuz suyu etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir. Deney bitiminde yüksek tünel II içindeki havuzlar boşaltılıp, dışarı çıkartılmıştır.

Deney 4- Kapı havalandırma etkisi deneyi

07.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 30˚C ** Rüzgâr hızı:8 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: çok az

Deney, 07.08.2019 tarihinde Çarşamba günü ve saat 09:49:00'da başlamış, saat 12:41:00'de bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de kapı havalandırma etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir. Aynı gün saat 15:05:00'da yüksek tünel II'ye iki adet çapı 178 cm ve bir adet çapı 188 cm olan havuzlar yerleştirilmiş su derinliği 28 cm olacak şekilde su doldurulmuştur. Havuzlar boşaltılmamak üzere yüksek tünel II içerisinde bırakılmıştır.

Deney 5- Havuzlu kapı havalandırma etkisi deneyi

09.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 31˚C ** Rüzgâr hızı:7 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: yok

Deney, 09.08.2019 tarihinde Cuma günü ve saat 09:49:00'da başlamış, saat 13:40:00'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de iki adet 178 cm ve bir adet 188 cm çapında olan havuzlarda 28 cm derinliğinde su dolu iken kapı havalandırma etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir. Havuzlar boşaltılmadan yüksek tünel II içerisinde bırakılmıştır.

Deney 6- Havuz suyu etkisi deneyi

10.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 33˚C ** Rüzgâr hızı:7 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: yok

11.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 30˚C ** Rüzgâr hızı:11 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: çok az

12.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 30˚C ** Rüzgâr hızı:12 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: çok az

13.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 31˚C ** Rüzgâr hızı:11 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: yok

Deney, 09.08.2019 tarihinde Cuma günü ve saat 13:40:00'dan itibaren başlamış, 13.08.2019 tarihinde Salı günü saat 23:59:00'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de iki adet 178 cm ve bir adet 188 cm çapında olan havuzlarda 28 cm derinliğinde su dolu iken havuz suyu etkisini gözlemlemek için deney süresince her bir dakikada bir ölçümler kaydedilmiştir. Havuzlar boşaltılmadan yüksek tünel II içerisinde bırakılmıştır.

Deney 7- Havuzlu gölgelendirme etkisi deneyi

17.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 23˚C ** Rüzgâr hızı:6 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: parçalı bulutlu

Deney, 17.08.2019 tarihinde Cumartesi günü ve saat 09:48:00'da başlamış, saat 14:54:40'ta bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de iki adet 178 cm ve bir adet 188 cm çapında olan havuzlarda 28 cm derinliğinde su dolu iken gölgelendirme etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir. Havuzlar boşaltılmadan yüksek tünel II içerisinde bırakılmıştır.

Deney 8- Havuzlu gölgelendirme etkisi deneyi

18.08.2019 tarihinde saat 15:20:00'da*;

Hava durumu: 29˚C ** Rüzgâr hızı:8 m/s*** Yağış: yok Toplam bulutluluk: dağınık bulutlu

Deney, 18.08.2019 tarihinde Pazar günü ve saat 10:40:00'da başlamış, saat 15:00:00'da bitirilmiştir. Yüksek tünel I'de (şahit) hiçbir işlem yapılmazken (sabitken), yüksek tünel II'de iki adet 178 cm ve bir adet 188 cm çapında olan havuzlarda 28 cm derinliğinde su dolu iken gölgelendirme etkisi deneyi yapılmıştır. Deney süresince her on saniyede bir ölçümler kaydedilmiştir. Deney sonrasında havuzlar boşaltılıp yüksek tünel II'den dışarı çıkartılmıştır.

* Günün yaklaşık en yüksek sıcaklık değerindeki zamanı sabitlemek için saat 15:20:00 olarak alınmıştır.

**Yerden 2 m yükseklikteki hava sıcaklığı

*** Yerden 10-12 m yükseklikteki ort. azami rüzgar şiddeti

Çizelge 3.8. Çorlu'daki yüksek tünellerde yapılan deneyler

Çorlu konumundaki yüksek tünellerde yapılan deneyler																					
			Yüksek tünel I (Şahit)									Yüksek tünel II (Deney)									
			Kapıların durumu			Gölgeleme			Havuz			Kapıların durumu			Gölgeleme				Havuz			
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	A_1 (m^2)	% 45	% 75	% 95	1	2	3	Ön	Arka	A_1 (m^2)	% 45	% 75	% 95	A_2 (m^2)	1	2	3	Su derinliği
1	21.07.2019	11:13:00	Kapalı	Kapalı	0	Yok			Yok			Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	-	-	-	-
	21.07.2019	12:13:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	0	-	-	-	-
	21.07.2019	12:35:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	45	-	-	46,22	-	-	-	-
	21.07.2019	13:25:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	0	-	-	-	-
	21.07.2019	13:35:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	75	-	46,22	-	-	-	-
	21.07.2019	14:30:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.07.2019	14:42:00	Kapalı	Kapalı	0							Açık	Açık	2,3562	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.07.2019	14:56:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.07.2019	15:18:00	Kapalı	Kapalı	0							%50 Açık	%50 Açık	1,1781	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.07.2019	15:54:00	Kapalı	Kapalı	0							9 cm Açık	9 cm Açık	0,414	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.07.2019	16:12:10	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	24.07.2019	09:52:00	Kapalı	Kapalı	0	Yok			Yok			9 cm Açık	9 cm Açık	0,414	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.07.2019	10:42:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.07.2019	11:42:00	Kapalı	Kapalı	0							17 cm Açık	17 cm Açık	0,782	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.07.2019	12:43:00	Kapalı	Kapalı	0							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-

A_1= Havalandırma alanı
A_2= Yüzey alanı
Sensor ölçüm aralığı No.1 ve 2 için 10 sn.

Çizelge 3.8. Çorlu'daki yüksek tünellerde yapılan deneyler (devamı)

Çorlu konumundaki yüksek tünellerde yapılan deneyler																					
			Yüksek tünel I (Şahit)								Yüksek tünel II (Deney)										
			Kapıların durumu		Gölgeleme			Havuz			Kapıların durumu			Gölgeleme				Havuz			
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	% 45	% 75	% 95	1	2	3	Ön	Arka	A_1 (m^2)	% 45	% 75	% 95	A_2 (m^2)	1	2	3	Su derinliği
3	05.08.2019	17:25:00	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	160cm	160cm	160cm	h=14 cm
	06.08.2019	17:25:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	07.08.2019	09:50:00	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			34 cm Açık	34 cm Açık	1,564	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.08.2019	10:50:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.08.2019	11:40:00	Kapalı	Kapalı							51 cm Açık	51 cm Açık	2,346	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.08.2019	12:41:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.08.2019	15:05:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
5	09.08.2019	09:50:00	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			34 cm Açık	34 cm Açık	1,564	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	09.08.2019	10:50:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	09.08.2019	11:40:00	Kapalı	Kapalı							51 cm Açık	51 cm Açık	2,346	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	09.08.2019	12:40:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	09.08.2019	13:40:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
6	11.08.2019	00:00:00	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	13.08.2019	23:59:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm

A_1= Havalandırma alanı
A_2= Yüzey alanı
Sensor ölçüm aralığı No. 3,4,5 için 10 sn. ve No. 6 için 1 dak.

Çizelge 3.8. Çorlu'daki yüksek tünellerde yapılan deneyler (devamı)

Çorlu konumundaki yüksek tünellerde yapılan deneyler																					
			Yüksek tünel I (Şahit)								Yüksek tünel II (Deney)										
			Kapıların durumu		Gölgeleme			Havuz			Kapıların durumu			Gölgeleme				Havuz			
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	% 45	% 75	% 95	1	2	3	Ön	Arka	A_1 (m^2)	% 45	% 75	% 95	A_2 (m^2)	1	2	3	Su derinliği
7	17.08.2019	09:48:10	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	17.08.2019	10:47:40	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	17.08.2019	11:46:40	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	17.08.2019	12:47:40	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	17.08.2019	13:48:30	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	17.08.2019	14:54:40	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
8	18.08.2019	10:40:50	Kapalı	Kapalı	Yok			Yok			Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	18.08.2019	12:00:20	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	18.08.2019	13:01:20	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	95	46,22	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	18.08.2019	14:03:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm
	18.08.2019	15:00:00	Kapalı	Kapalı							Kapalı	Kapalı	0	-	-	-	-	178cm	188cm	178cm	h=28 cm

A_1= Havalandırma alanı
A_2= Yüzey alanı
Sensor ölçüm aralığı No.7 ve 8 için 10 sn.

3.4 Yağmur Ormanı Serası İçin Kullanılan Yöntem

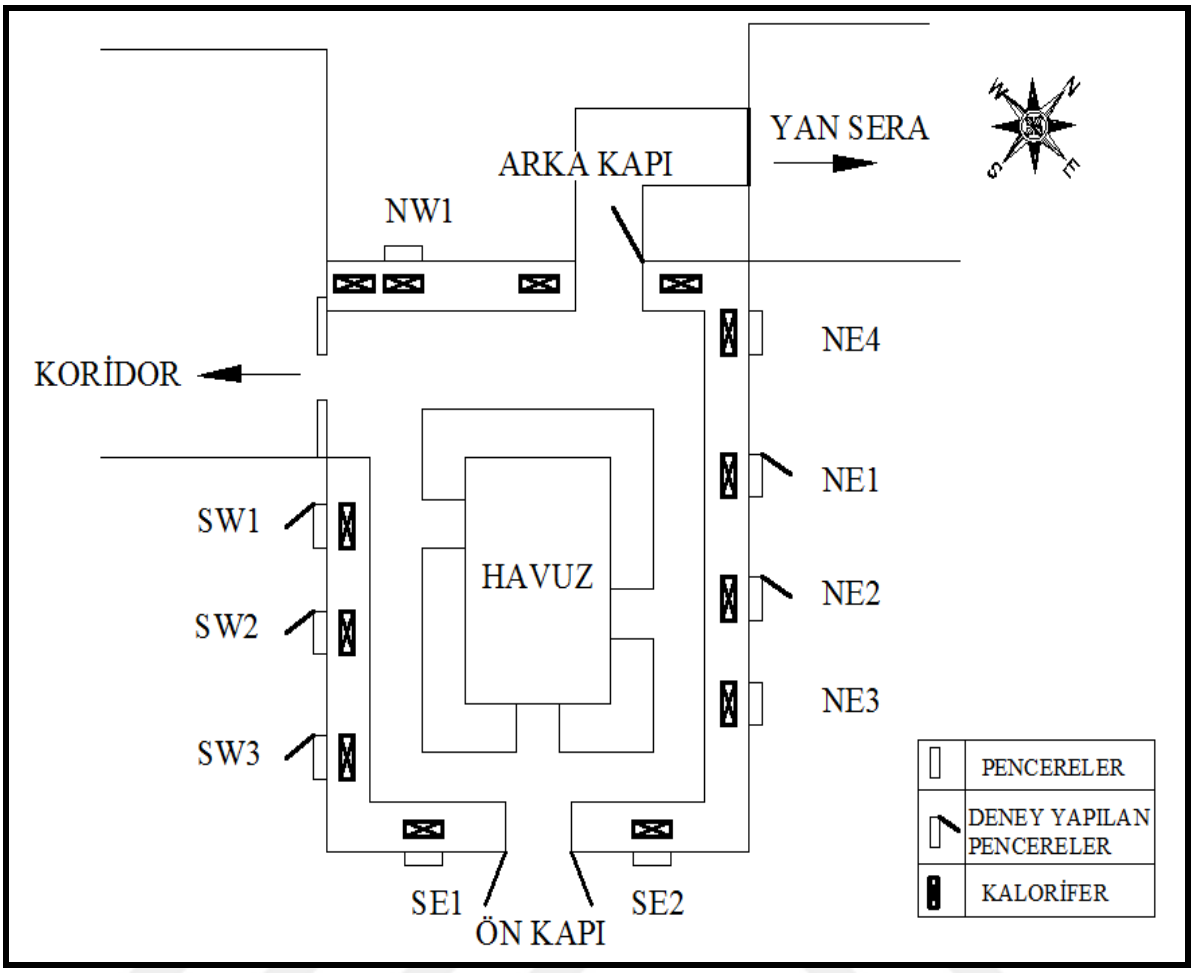
Bu çalışma 19.03.2018 tarihinde fiilen başlamış olup, yağmur ormanı serasında bir deney düzeneği kurulmuştur. Yağmur ormanı serasında, Mart sonu Nisan başı itibari ile tropik sera içindeki sıcaklık değerlerinin 25-40 ^{0} C bandında seyrettiği, bu değerlerin gece-gündüz farkları ve dış ortam şartları nedeniyle zaman zaman 20 ^{0} C'nin altına indiği veya 45 ^{0} C'nin üstüne çıktığı gözlemlenmiştir.

Deney çalışmasının yapılması için atmosfer sıcaklığının en yüksek olduğu zaman olan yaz mevsimi seçilmiştir, bu nedenle deneyler 08.07.2018 - 19.08.2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmasında yağmur ormanı serası ortam sıcaklığını ve buna bağlı olarak bağıl ve mutlak nemi incelemek için seraya birtakım bozucu etkiler uygulanmıştır. Bu bozucu etkiler serada sabit bir sıcaklık var iken sera pencere ve kapılarını simetrik açıp kapatarak ortama hava giriş çıkışının sağlanmasıdır.

Bu deney çalışmasında tropik seranın; Kuzeydoğu yönündeki yan yüzey pencereleri, Güneybatı yönündeki yan yüzey pencereleri, Güneydoğu yönündeki ön kapı ve Kuzeybatı yönündeki arka kapı kullanılmıştır. Bu denemenin yapıldığı seranın yan yüzey pencereleri ve kapılarının açılıp kapatılması el ile kumanda edilmiştir. Pencerelerin adlandırılması **Çizelge 3.9'**da gösterilmiştir. Tropik serada deneme yapılan kapı ve pencerelerin çizimi **Şekil 3.39'**da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Deney kısaltmalarının adlandırılması

Kısaltmalar	Açıklama
SE1, SE2	Güneydoğu pencereleri
NW1	Kuzeybatı penceresi
Ç	Çatı pencereleri (8 adet)
SW1,SW2,SW3	Güneybatı pencereleri
NE1, NE2, NE3, NE4	Kuzeydoğu pencereleri
Ön kapı	Güneydoğu yönünde
Arka kapı	Kuzeybatı yönünde



Şekil 3.39. Yağmur ormanı serasında deneme yapılan kapı ve pencerelerin şematik çizimi

3.4.1 Yağmur ormanı serasında yapılan hesaplamalar

Çizelge 3.10. Yağmur ormanında yapılan deneyler için alan hesapları

Konum	Durum	Havalandırma alanı
SW1	Pencere açık	0,96465 m^2
SW2	Pencere açık	1,0553 m^2
SW3	Pencere açık	1,07665 m^2
NE1	Pencere açık	1,2078 m^2
NE2	Pencere açık	1,11325 m^2
Ön kapı	Çift kapı açık	3,6905 m^2
Ön kapı	Tek kapı açık	1,8150 m^2
Arka kapı	Tek kapı açık	1,5529 m^2

3.4.2 Yağmur ormanı serasında yapılan deneyler

Deney bilgileri: İlk konum, kapılar; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, pencereler; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1, Ç kapalıdır.

Deney yapılan kapılar, ön kapı (iki kanatlı) Güneydoğu yönünde ve arka kapı (tek kanatlı) Kuzeybatı yönündedir.

Deney yapılan pencereler, Kuzey yönünde *SW1, SW2, SW3* Güney yönünde *NE1, NE2*'dir.

Seralara hergün akşam saatlerinde sulama yapılmaktadır. Blok seralarda kot farkı bulunmaktadır. Sera deney süresi boyunca çatı pencereleri kapalı konumdadır. Sera ölçüm verileri saatine +3.00 eklenerek yerel saat hesaplanmıştır. Sera deney süresi boyunca Türkiye'de yaz/kış saati uygulamasına yapılmamış, sene boyunca saatler değişmemiştir. Deneyler daha once boyutları ve havalandırma alanları şekillerdeki gibi belirtilen sera kapı ve pencerelerinin manuel olarak açılıp kapatılması ile yapılmıştır. Yapılan deneyler süresince her on dakikada bir sera içindeki ve dışındaki sensörler sıcaklık, bağıl nem ve ışık şiddeti ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Sera deneyleri süresince ölçülen parametrelerin verileri **EK 2**'de gösterilmiştir.

Deney 1- Kapı havalandırma etkisi

08.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,9 °C ** Rüzgâr hızı:4 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: % 40'tır.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 08.07.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 14:40:00'da başlamış, saat 17:40:00'da bitirilmiştir. Deney kapı havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 60 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.11**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Deney 1- Kapı havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası					Süre :60 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.						
	Deney_1	Kapı	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	08.07.2018	14:40	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	08.07.2018	14:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	08.07.2018	15:41	Çift Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,6905
4	08.07.2018	16:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	08.07.2018	17:40	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 08.07.2018 Tarihinde saat 14:40:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 08.07.2018 Tarihinde saat 14:41:00'da seranın ön kapısı ve arka kapısı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 08.07.2018 Tarihinde saat 15:41'de seranın ön kapısının iki kanadı açıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 08.07.2018 Tarihinde saat 16:41:00'da sera ön kapısı kapatıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 08.07.2018 Tarihinde saat 17:40:00'da sera ilk konumuna getirildi. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 2- Kapı havalandırma etkisi

15.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 30,1 ˚C ** Rüzgâr hızı:6 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: % 20-30'dur.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 15.07.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 10:52:00'da başlamış, saat 17:40:00'da bitirilmiştir. Deney kapı havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 60 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.12.**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Deney 2- Kapı havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası Süre : 60 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.											
	Deney_2	Kapı	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	15.07.2018	10:52	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	15.07.2018	10:53	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	15.07.2018	11:41	Çift Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,6905
4	15.07.2018	12:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	15.07.2018	13:41	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
6	15.07.2018	14:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
7	15.07.2018	15:41	Çift Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,6905
8	15.07.2018	16:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
9	15.07.2018	17:40	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 15.07.2018 Tarihinde saat 10:52:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 15.07.2018 Tarihinde saat 10:53:00'da seranın ön kapısı ve arka kapısı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 15.07.2018 Tarihinde saat 11:41:00'da seranın ön kapısının iki kanadı açıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 15.07.2018 Tarihinde saat 12:41:00'da seranın ön kapısının iki kanadı kapatıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 15.07.2018 Tarihinde saat 13:41:00'da seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 15.07.2018 Tarihinde saat 14:41:00'da seranın ön kapısının iki kanadı kapatıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 15.07.2018 Tarihinde saat 15:41:00'da seranın ön kapısının iki kanadı açıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

8- 15.07.2018 Tarihinde saat 16:41:00'da seranın ön kapısının iki kanadı kapatıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

9- 15.07.2018 Tarihinde saat 17:40:00'da sera ilk konuma getirildi. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 3- Kapı havalandırma etkisi

19.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,3 °C ** Rüzgar hızı: 7 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: %70-80'dur.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 19.07.2018 tarihinde Perşembe günü ve saat 11:01:00'da başlamış, saat 18:41:00'da bitirilmiştir. Deney kapı havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 80 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.13**'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Deney 3- Kapı havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası			Süre : 80 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.								
	Deney_3	Kapı	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	19.07.2018	11:01	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	19.07.2018	11:02	Tek Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	1,8150
3	19.07.2018	12:01	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
4	19.07.2018	13:21	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
5	19.07.2018	14:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
6	19.07.2018	16:01	Tek Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	1,8150
7	19.07.2018	17:21	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
8	19.07.2018	18:41	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Perşembe günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 19.07.2018 Tarihinde saat 10:52:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 19.07.2018 Tarihinde saat 11:02:00'da seranın ön kapısının tek kanadı açık konumdadır, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 19.07.2018 Tarihinde saat 12:01:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapalı durumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 19.07.2018 Tarihinde saat 13:21:00'da seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 19.07.2018 Tarihinde saat 14:41:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 19.07.2018 Tarihinde saat 16:01:00'da seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 19.07.2018 Tarihinde saat 17:21:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

8- 19.07.2018 Tarihinde saat 18:41:00'da 00'da sera ilk konuma getirildi. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 4- Pencere havalandırma etkisi

22.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,7 ˚C ** Rüzgâr hızı: 3 m/s *** Yağış: 2,0 Toplam bulutluluk: %50'dir.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 22.07.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 15:10:00'da başlamış, saat 20:31:00'da bitirilmiştir. Deney pencere havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 80 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.14'**te gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. Deney 4- Pencere havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası			Süre : 80 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.								
	Deney_4	Pencere	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	22.07.2018	15:10	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	22.07.2018	15:11	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
3	22.07.2018	16:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,0966
4	22.07.2018	17:51	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	22.07.2018	19:11	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	2,3211
6	22.07.2018	20:31	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 22.07.2018 Tarihinde saat 15:10:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 22.07.2018 Tarihinde saat 15:11:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 açık, NE1,NE2 açık, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 22.07.2018 Tarihinde saat 16:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 açık, NE1,NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 22.07.2018 Tarihinde saat 17:51:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 kapatıldı, NE1,NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 22.07.2018 Tarihinde saat 19:11:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 kapalı konumda, NE1,NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 22.07.2018 Tarihinde saat 20:31:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 kapatıldı, NE1,NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 5- Pencere havalandırma etkisi

26.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,7 ˚C ** Rüzgâr hızı: 3 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: %50'dir.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 26.07.2018 tarihinde Perşembe günü ve saat 12:49:00'da başlamış, saat 19:30:00'da bitirilmiştir. Deney pencere havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 80 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.15**'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Deney 5- Pencere havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası					Süre : 80 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.						
	Deney_5	Pencere	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	26.07.2018	12:49	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	26.07.2018	12:50	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	26.07.2018	14:10	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
4	26.07.2018	15:30	Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,0966
5	26.07.2018	16:50	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
6	26.07.2018	18:10	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	2,3211
7	26.07.2018	19:30	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Perşembe günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 26.07.2018 Tarihinde saat 12:49:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 26.07.2018 Tarihinde saat 12:50:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 26.07.2018 Tarihinde saat 14:10:00'da seranın ön kapısının kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 açıldı, NE1,NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 26.07.2018 Tarihinde saat 15:30:00'da seranın ön kapısının kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 açık konumdadır, NE1,NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 26.07.2018 Tarihinde saat 16:50:00'da seranın ön kapısının kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 kapatıldı, NE1,NE2 kapalı konumdadır, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 26.07.2018 Tarihinde saat 18:10:00'da seranın ön kapısının kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1,SW2,SW3 kapalı konumdadır, NE1,NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 26.07.2018 Tarihinde saat 19:30:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2,SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 6- Kapı havalandırma etkisi

29.07.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,0 °C ** Rüzgâr hızı: 2 m/s *** Yağış: 11,0 Toplam bulutluluk: %50'dir.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 29.07.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 14:40:00'da başlamış, saat 18:41:00'da bitirilmiştir. Deney kapı havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 80 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.16**'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Deney 6- Kapı havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası Süre : 80 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.											
	Deney_6	Kapı	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	29.07.2018	14:40	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	29.07.2018	14:41	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	29.07.2018	16:01	Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	1,5529
4	29.07.2018	17:21	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	29.07.2018	18:41	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 29.07.2018 Tarihinde saat 14:40:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 29.07.2018 Tarihinde saat 14:41:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 29.07.2018 Tarihinde saat 16:01:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 29.07.2018 Tarihinde saat 17:21:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 29.07.2018 Tarihinde saat 18:41:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 7- Pencere havalandırma etkisi

05.08.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 31,6 °C ** Rüzgâr hızı: 8 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: %40'dır.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 05.08.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 12:30:00'da başlamış, saat 17:31:00'da bitirilmiştir. Deney pencere havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 60 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.17**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Deney 7- Pencere havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası Süre : 60 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.											
	Deney_7	Pencere	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	05.08.2018	12:30	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	05.08.2018	12:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	05.08.2018	13:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
4	05.08.2018	14:36	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	05.08.2018	15:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
6	05.08.2018	16:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
7	05.08.2018	17:31	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 05.08.2018 Tarihinde saat 12:30:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 05.08.2018 Tarihinde saat 12:31:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 05.08.2018 Tarihinde saat 13:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 05.08.2018 Tarihinde saat 14:36:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 05.08.2018 Tarihinde saat 15:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 05.08.2018 Tarihinde saat 16:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 05.08.2018 Tarihinde saat 17:31:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Deney 8- Pencere havalandırma etkisi

12.08.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu: 28,7 °C ** Rüzgâr hızı: 6 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: %50'dır.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 12.08.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 12:30:00'da başlamış, saat 17:31:00'da bitirilmiştir. Deney pencere havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 60 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.18**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18. Deney 8- Pencere havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası			Süre : 60 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.								
	Deney_8	Pencere	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	12.08.2018	12:30	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	12.08.2018	12:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	12.08.2018	13:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
4	12.08.2018	14:36	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	12.08.2018	15:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
6	12.08.2018	16:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
7	12.08.2018	17:31	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 12.08.2018 Tarihinde saat 12:30:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 12.08.2018 Tarihinde saat 12:31:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 12.08.2018 Tarihinde saat 13:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 12.08.2018 Tarihinde saat 14:36:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 12.08.2018 Tarihinde saat 15:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 12.08.2018 Tarihinde saat 16:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumdadır, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 12.08.2018 Tarihinde saat 17:31:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Havuz ölçümleri -1

1- 12.08.2018 Tarihinde saat 15:24:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 31,5 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 24 ºC, havuz suyu sıcaklığı 25,5 ºC.

2- 12.08.2018 Tarihinde saat 16:30:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 31 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 23 ºC, havuz suyu sıcaklığı 25,5 ºC.

3- 12.08.2018 Tarihinde saat 17:30:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 31 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 25 ºC, havuz suyu sıcaklığı 25,5 ºC. Tropik serada 12.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri **Çizelge 3.19**'da gösterilmiştir**.**

Çizelge 3.19. Serada 12.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası					
No	**Tarih**	**Saat**	**Kuru Ter. (◦C)**	**Islak Ter.(◦C)**	**Havuz Suyu (◦C)**
1	12.08.2018	15:24	31,5	24	25,5
2	12.08.2018	16:30	31	23	25,5
3	12.08.2018	17:30	31	25	25,5

Deney 9- Pencere havalandırma etkisi

19.08.2018 tarihinde saat 15:00:00'da*;

Hava durumu:33 ℃ ** Rüzgâr hızı: 7 m/s *** Yağış: yok Toplam bulutluluk: ≤%10'dur.

Deney, yağmur ormanı serasında (tropik sera) 19.08.2018 tarihinde Pazar günü ve saat 12:30:00'da başlamış, saat 17:31:00'da bitirilmiştir. Deney pencere havalandırma etkisi deneyidir, deney değişim aralığı 60 dakikadır, sensörler 10 dakidada bir ölçüm yapmaktadır. Serada gölgelendirme yapılmamaktadır, blok seralarda gölgelendirme yapılmaktadır. Blok seraların tüm kapıları açık konumdadır. Deneye ait çizelge **Çizelge 3.20**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.20. Deney 9- Pencere havalandırma etkisi deneyi

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası			Süre : 60 dk. Sensor Ölçümü: 10 dk.								
	Deney_9	Pencere	Kapılar Durum		Pencereler Durum						
No	Tarih	Saat	Ön	Arka	SW1,SW2,SW3	NE1,NE2	NE3,NE4	SE1,SE2	NW1	Ç	A (m^2)
1	19.08.2018	12:30	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
2	19.08.2018	12:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
3	19.08.2018	13:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
4	19.08.2018	14:36	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
5	19.08.2018	15:31	Kapalı	Kapalı	Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	5,4177
6	19.08.2018	16:31	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	0
7	19.08.2018	17:31	Tek Açık	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	3,3679
*Pazar günü *Blok seraların tüm kapıları açık *A=Havalandırma alanı											

1- 19.08.2018 Tarihinde saat 12:30:00'da sera ilk konumundadır. Sera kapıları; ön kapı tek kanadı açık, arka kapı açık, sera pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

2- 19.08.2018 Tarihinde saat 12:31:00'da seranın ön kapısının tek kanadı kapatıldı, arka kapı kapatıldı. Seranın pencereleri; SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

3- 19.08.2018 Tarihinde saat 13:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

4- 19.08.2018 Tarihinde saat 14:36:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumda. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

5- 19.08.2018 Tarihinde saat 15:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumdadır. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 açıldı, NE1, NE2 açıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

6- 19.08.2018 Tarihinde saat 16:31:00'da seranın ön kapısı kapalı konumda, arka kapı kapalı konumda. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3 kapatıldı, NE1, NE2 kapatıldı, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

7- 19.08.2018 Tarihinde saat 17:31:00'da sera ilk konumuna getirildi. Seranın ön kapısının tek kanadı açıldı, arka kapı açıldı. Seranın pencereleri SW1, SW2, SW3, NE1, NE2, NE3, NE4, SE1, SE2, NW1 ve Ç kapalı konumdadır.

Havuz ölçümleri -2

1- 19.08.2018 Tarihinde saat 14:38:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 32 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 25 ºC, havuz suyu sıcaklığı 25,8 ºC.

2- 19.08.2018 Tarihinde saat 15:16:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 33,1 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 27,5 ºC, havuz suyu sıcaklığı 25,2 ºC.

3- 19.08.2018 Tarihinde saat 16:29:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 33 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 26 ºC.

4- 19.08.2018 Tarihinde saat 17:07:00'da seranın kuru termometre sıcaklığı 31,5 ºC, ıslak termometre sıcaklığı 29 ºC, havuz suyu sıcaklığı 26 ºC. Tropik serada 19.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri **Çizelge 3.21**'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21. Serada 19.08.2018 tarihinde yapılan havuz sıcaklıkları ölçümleri

Yer: İÜ Botanik Bahçesi Tropik Serası					
No	**Tarih**	**Saat**	**Kuru Ter. (◦C)**	**Islak Ter.(◦C)**	**Havuz Suyu (◦C)**
1	19.08.2018	14:38	32	25	25,8
2	19.08.2018	15:16	33,1	27,5	25,2
3	19.08.2018	16:29	33	26	
4	19.08.2018	17:07	31,5	29	26

* Günün yaklaşık en yüksek sıcaklık değerindeki zamanı sabitlemek için saat 15:00:00 olarak alınmıştır.

** Yerden 2 m yükseklikteki hava sıcaklığı

*** Yerden 10-12 m yükseklikteki ort. azami rüzgar şiddeti

3.5 Teori

Bristol bağıl kazanç oranının hesaplanması:

Süreç kazancı, en basit şekliyle, bir etkideki değişimin bir tepki üzerinde yarattığı net fark olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada, kazançların tespiti için süreç tepki eğrisi yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalarda basamak şeklinde yapılan ani bir etki değişiminin yarattığı sonuçlar incelenir ve sistemin birinci derece diferansiyel denklem olarak tanımlanmasını sağlayacak olan üç parametre; kazanç, zaman sabiti ve ölü zaman tespit edilir.

Bu çalışmada etkilerle tepkiler arasındaki kontrol edilebilirlik ilişkisi Bristol bağıl kazanç oranı kullanalarak inceleneği için sadece kazanç oranları elde edilmiş, zaman sabiti ve ölü zaman tespitine ihtiyaç olmamıştır.

Seraların karmaşık yapısı ve seralardaki değişkenler arasındaki güçlü iç etkileşimler, seralardaki kazanç oranı hesaplanmasını da daha karmaşık bir işlem haline getirmektedir. Bir etkinin tepkisi gözlemlenirken diğer etkilerin değişmemesinin ve tepkileri etkilememesinin sağlanması seralarda oldukça zor bir işlemdir. Örneğin, ışık şiddeti direkt olarak Güneş'e bağımlı olduğu için, bir havalandırma testi süresince ışık şiddetinde de bazı değişimlerin ve dalgalanmaların olması ve bu değişimlerin test sonuçlarını az da olsa etkilememesinin sağlanması fiziksel imkânlar dâhilinde değildir. Bu istenmeyen etkilerin testler esnasında ihmal edilebilir seviyelerde kalması için deneysel tasarım süreçlerinde özel bir itina gösterilmesi gerekmektedir.

Bir seranın yapılan bir test anındaki ilk durumu da vereceği tepkinin büyüklüğü üzerinde belirleyici olmaktadır. O nedenle bu çalışmada kazanç oranları başlangıç değerlerine göre normalize edilerek hesaplanmıştır.

Şahitli deney yapma imkânının bulunduğu durumlarda, yani üzerinde test yapılan bir yüksek tünelin bir özdeşinin de mevcut olduğu durumlarda, elde edilen verilerin özdeş yüksek tünelden gelen şahit verilere göre de normalize edilmesi imkânı doğmuştur. Çorlu konumunda bulunan iki özdeş yüksek tünel üzerinde yapılan testlerde bu imkân mevcut olduğu için Çorlu konumunda elde edilen test verileri şahit verilere göre de normalize edilmiştir.

Kazanç oranı hesaplamalarda kullanılan denklemler şu şekildedir.

$$A = (m_{i+1} - m_i) \quad \textbf{(3.1)}$$

$$B = (y_{i+1} - y_i) / {}^{y}_{i} \quad \textbf{(3.2)}$$

$$K = B / A \quad \textbf{(3.3)}$$

Buradaki m ayarlanabilen edilen girdi değişkenini, y de kontrol edilen çıktı değişkenini temsil etmektedir.

Örnek:

A = (kapalı yüzey oranı - önceki kapalı yüzey oranı)

B = (mutlak nem - önceki mutlak nem) / önceki mutlak nem

Kazanç = B/A

Lambda değeri hesaplamasında kullanılan denklem şu şekildedir.

$$\begin{vmatrix} \text{Mutlak Nem} \\ \text{Sıcaklık} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \text{Havalandırma} \\ \text{Işık} \end{vmatrix} \quad \textbf{(3.4)}$$

$$\lambda = 1 / (1- ((K_{12} K_{21})/(K_{11} K_{22})) \quad \textbf{(3.5)}$$

Deneysel ölçüm verilerinden elde edilen parametreler ile mutlak nem ve entalpi, değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. 0 ˚C'nin üzerindeki sıcaklıklar için Monteith ve Unsworth (2008)'e göre Tetens eşitliği kullanarak, saturasyon buhar basıncı hesaplamaları için şu formül kullanılmıştır.

$$Pws=0{,}61078\ e^{(17{,}27xTdb)/(Tdb+237{,}3)} \quad \textbf{(3.6)}$$

Pws= Saturasyon su buhar basıncı, kPa

Tdb= Kuru termometre sıcaklığı, (˚C)

Suyun buhar basıncı için bağıl nem formülünden türetilerek şu formül ile hesaplanmıştır.

$$RH=(Pw/Pws) \times 100$$

$$Pwp=((Pwsp \times RH)/100) \quad \textbf{(3.7)}$$

RH = Bağıl nem (%)

Pwp= Suyun buhar basıncı, Pa

Pwsp= Saturasyon su buhar basıncı, Pa

Mutlak nem hesaplaması için şu formül kullanılmıştır.

$$ah=c \times Pwp/(Tdb+273,15) \quad \textbf{(3.8)}$$

ah= Mutlak nem, g/m^3

c=2,16679 gK/J

Karışım oranı hesaplaması için şu formül kullanılmıştır.

Karışım oranı= su buharının kütlesi / kuru gazın kütlesi=g/Kg

$$bmix=M(H_2O)/M(gas) \times 1000= g/kg \quad \textbf{(3.9)}$$

$M(H_2O)$ = Suyun moleküler ağırlığı

M(gas) = Gaz moleküler ağırlığı

$$Xmix=bmix \times pw/(ptot-pw) \quad \textbf{(3.10)}$$

Xmix= Karışım oranı, g/Kg

bmix= 621,9907 g/kg hava için

Pwp= Suyun buhar basıncı, Pa

ptot=Hava basıncı (Pa)

Deniz seviyesinden yüksek hava basıncı için Barometrik formül kullanılmıştır.

$$P = P0 \ e^{(-g \times M \times (h-h0) / (R \times T))} \quad \textbf{(3.11)}$$

h= Yükseklik (m)

P= h, yüksekliğindeki hava basıncı, Pa

P0= h0 refereans seviyesindeki basınç. Deniz seviyesi h0=0 olduğundan Dünya için değer 1 atm, 101325 Pa kabul edilir.

T= Rakımdaki sıcaklık (K)

g= Yerçekimi ivmesi. Dünya için g = 9.80665 m/s^2

M= Havanın molar kütlesi, Dünya havası için M = 0.0289644 kg/mol.

R= Evrensel gaz sabiti. R = 8.31432 Nm/(molK)

Entalpi hesaplaması için şu formül kullanılmıştır.

$$h=Tdb \times (1{,}01+(0{,}00189 \times Xmix))+2{,}5Xmix \quad \textbf{(3.12)}$$

h= Entalpi, KJ/Kg

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde ve İstanbul'un Fatih ilçesinde yer alan AR-GE seraları kullanılanarak gerçekleştirilmiştir. Çorlu'da kullanılan sera sistemi MBH Mühendislik Bilimleri ve Hortikültür Derneği tarafından AR-GE maksadıyla kurulmuş olan yüksek tünel tipli iki özdeş seradan müteşekkil olup, Fatih'te kullanılan sera da yine AR-GE maksadıyla İstanbul Üniversitesi tarafından kurulmuş ve kullanılmakta olan, karmaşık tasarıma sahip tropikal bir seradır. Her iki lokasyonda elde edilen sonuçlar da birbirleri ile tutarlı çıkmışlardır.

4.1 Yüksek Tüneller İçin Deney Verilerinin Grafikleri ve Açıklamaları

Çorlu konumundaki şahitli yüksek tünellerde 21.07.2019 ve 18.08.2019 tarihleri arasında yapılan deneylerden alınan ölçüm verileriyle elde edilen grafikler ve açıklamaları aşağıdadır.

Şekil 4.a.1- Yüksek tünel II'de 21.07.2019 tarihinde yapılan gölgeleme deneyi için saat 11:11:50'den itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam ışık şiddeti değişim grafiğidir. **Şekil 4.a.1**'de dış ortamdaki ışık şiddeti, şahit tutulan yüksek tüneldeki ışık şiddeti ve üzerinde değişik oranlarda gölgelendirme uygulanan yüksek tüneldeki (Yüksek tünel II) ışık şiddeti aynı grafik üzerinde görülmektedir. Bu grafik, elde edilen sonuçların neden şahit bir seraya göre normalize edilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Bir gölgelik, gelen Güneş ışığını belli bir oranda geçirmekte, gelen ışık miktarında yaşanan artış veya azalışlar aynı oranda içeri de yansımaktadır. Güneş ışığının şiddetini sabit tutmak mümkün olmadığı için, matematiksel hesaplamalar yapılırken gölgelikten geçen ışık miktarının şahit seradaki ışık şiddetine göre normalize edilmesi gerekmektedir.

Şekil 4.a.2- Yüksek tünel II'de 21.07.2019 tarihinde yapılan gölgeleme deneyi için saat 11:11:50'den itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı Yüksek tünel II ışık şiddeti ve sıcaklık değişim grafiğidir.

Şekil 4.a.3- Yüksek tünellerin ikisininde kapıları kapalıyken ve üzerlerinde test yapılmazken, 24.07.2019 tarihinde ve saat 14:00:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı bağıl nem (%) ve mutlak nem (g/m^3) değişimi grafiğidir.

Şekil 4.a.4- Yüksek tünellerin ikisininde kapıları kapalıyken ve üzerlerinde test yapılmazken, 24.07.2019 tarihinde ve saat 14:00:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı bağıl nem (%) ve mutlak nem (g/m^3) değişimi grafiğidir.

Şekil 4.a.5- Yüksek tünellerin ikisininde kapakları kapalıyken ve üzerlerinde test yapılmazken 24.07.2019 tarihinde ve saat 14:00:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı sıcaklık (^oC) değişimi grafiğidir.

Şekil 4.a.6- Yüksek tünellerde, 05.08.2019 ve 07.08.2018 tarihlerinde, her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen, zamana karşı 14 cm havuzlu ve 28 cm havuzlu sera sıcaklıklarının şahitli karşılaştırılması grafiğidir.

Şekil 4.a.7- Yüksek tünel II'de 14 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 05.08.2019 tarihinde ve saat 18:25:10'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I sıcaklığı, yüksek tünel II sıcaklığı, havuz suyu sıcaklığı değişim grafiğidir. **Şekil 4.a.7**'de içinde 14 cm derinliğinde su bulunduran yüksek tünelin sıcaklığının, içinde havuz bulunmayan özdeş yüksek tünelin sıcaklığı ile karşılaştırılmasını ve bu süreçteki havuz suyu sıcaklığındaki değişimi görüyoruz. Bu grafikte, havuzun sıcaklık üzerindeki etkisi çok net bir şekilde görülmektedir. Havuz, gündüz saatlerinde seranın daha serin olmasına, gece saatlerinde ise daha sıcak olmasına neden olmaktadır. Bu grafikte, sabah saatlerinde, havuzlu seranın sıcaklığının, havuzsuz seranın sıcaklığının ve havuz suyunun sıcaklığının kesiştiği bir an gözlenmektedir. O anın öncesinde havuzlu seranın şahit seradan daha sıcak olduğu, sonrasında ise gittikçe daha serin olduğu bir dönüm noktası olduğu gözlenmektedir.

Şekil 4.a.8- Yüksek tünel II'de 14 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 05.08.2019 tarihinde ve saat 18:25:10'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I sıcaklığı, yüksek tünel II sıcaklığı, havuz sıcaklığı ve ışık şiddeti değişimi grafiğidir.

Şekil 4.a.9- Yüksek tünel II'de 14 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 05.08.2019 tarihinde her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı entalpi değişimi grafiğidir.

Şekil 4.a.10- Yüksek tünel II'de 14 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 05.08.2019 tarihinde ve saat 18:25:10'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I mutlak nemi, yüksek tünel II mutlak nemi, dış ortam mutlak nemi değişim grafiğidir.

Şekil 4.a.11- Yüksek tünel II'de 14 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 05.08.2019 tarihinde ve saat 18:25:10'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zaman karşı yüksek tünel I bağıl nemi, yüksek tünel II bağıl nemi, dış ortam bağıl nemi değişimi grafiğidir. **Şekil 4.a.11**'de kontrol edilebilirlik açısından mutlak nem ile bağıl nem arasındaki farkı net bir şekilde gözlemleyebilyoruz. Sabah saatlerinde, mutlak nemde net bir artış hareketi gözlemlenmekteyken, aynı anda bağıl nemde net bir düşüş hareketi gözlemlenmektedir. Gerçekte, nem ile sıcaklık aynı yönde artış ve azalış gösterdiği halde, bağıl nem bunun tam tersi bir profil çizebilmektedir. Bu da, bağıl nemin kontrol uygulamaları açısından çok güvenilir bir değişken olmadığını göstermektedir.

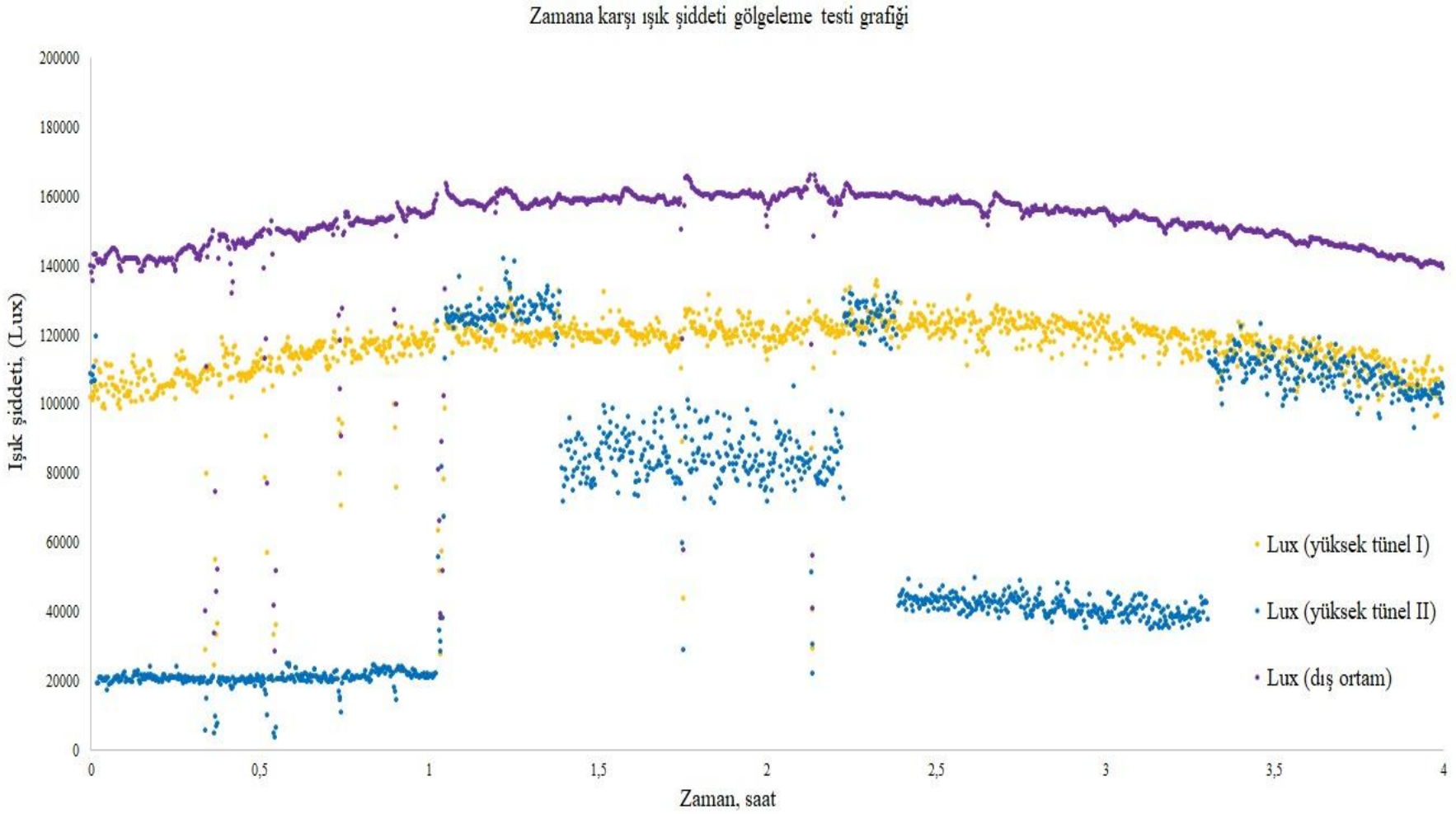
Şekil 4.a.12- Yüksek tünel II'de 28 cm derinlikte havuzlar bulunurken yapılan havalandırma deneyi için, 09.08.2019 tarihinde ve saat 08:50:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam için mutlak nem değişimi, havuzlu serada (yüksek tünel II) kazanç tepkileri grafiğidir.

Şekil 4.a.13- Yüksek tünel II'de 28 cm derinlikte havuzlar bulunurken yapılan havalandırma deneyi için, 09.08.2019 tarihinde ve saat 08:50:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam için sıcaklık değişimi, havuzlu serada (yüksek tünel II) kazanç tepkileri grafiğidir.

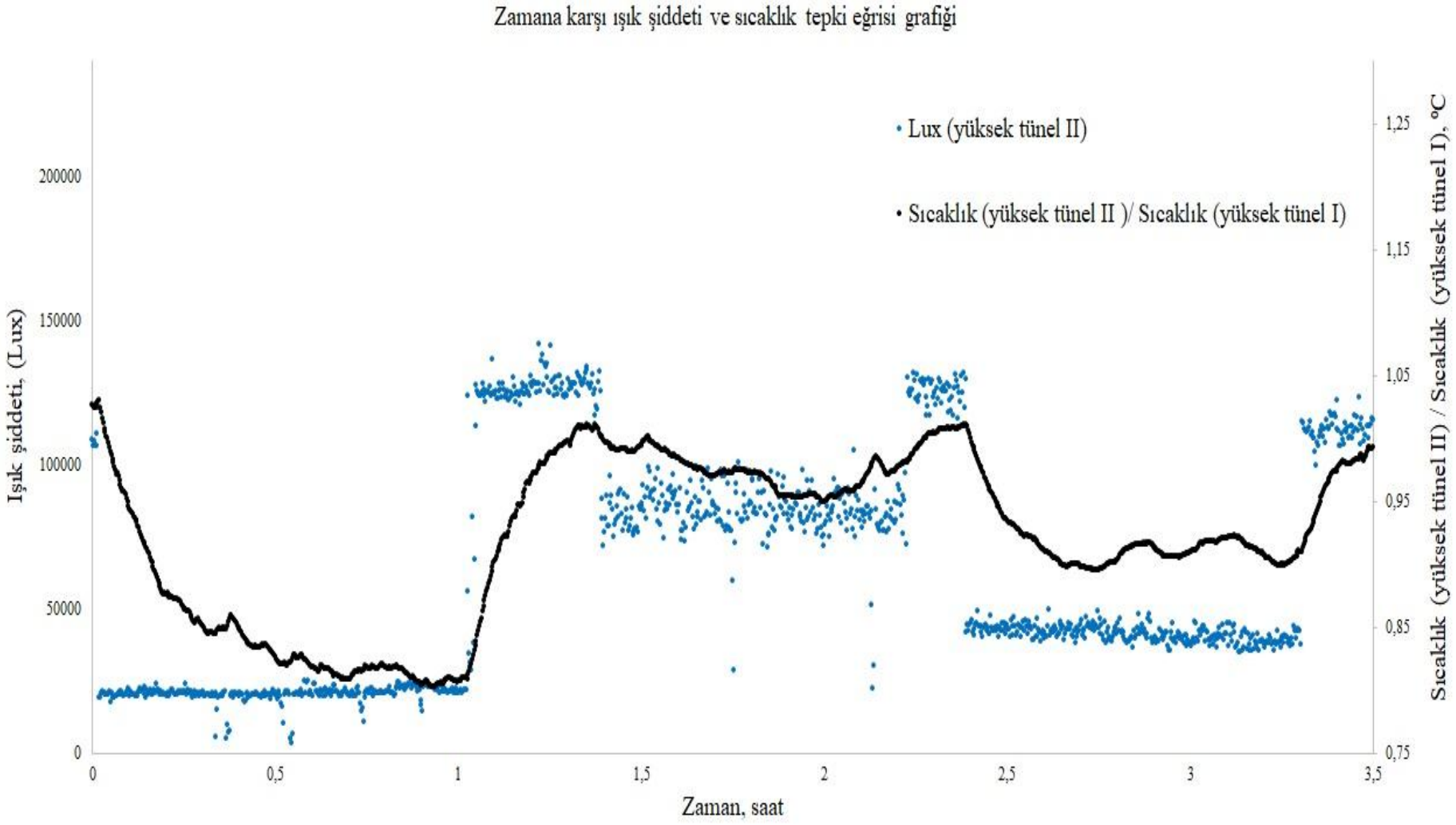
Şekil 4.a.14- Yüksek tünel II'de 28 cm derinlikte havuzlar bulunurken yapılan havalandırma deneyi için, 09.08.2019 tarihinde ve saat 08:50:00'dan itibaren her 10 saniyede bir alınan verilerle çizilen zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam için mutlak nem, sıcaklık değişimi, havuzlu serada (yüksek tünel II) kazanç tepkileri grafiğidir.

Şekil 4.a.15- Yüksek tünel II'de 28 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 11.08.2019 tarihinde ve saat 00:07'den itibaren her 1 dakikada bir alınan verilerle çizilen üç günlük zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam için mutlak nem ve ışık şiddeti değişimi grafiğidir.

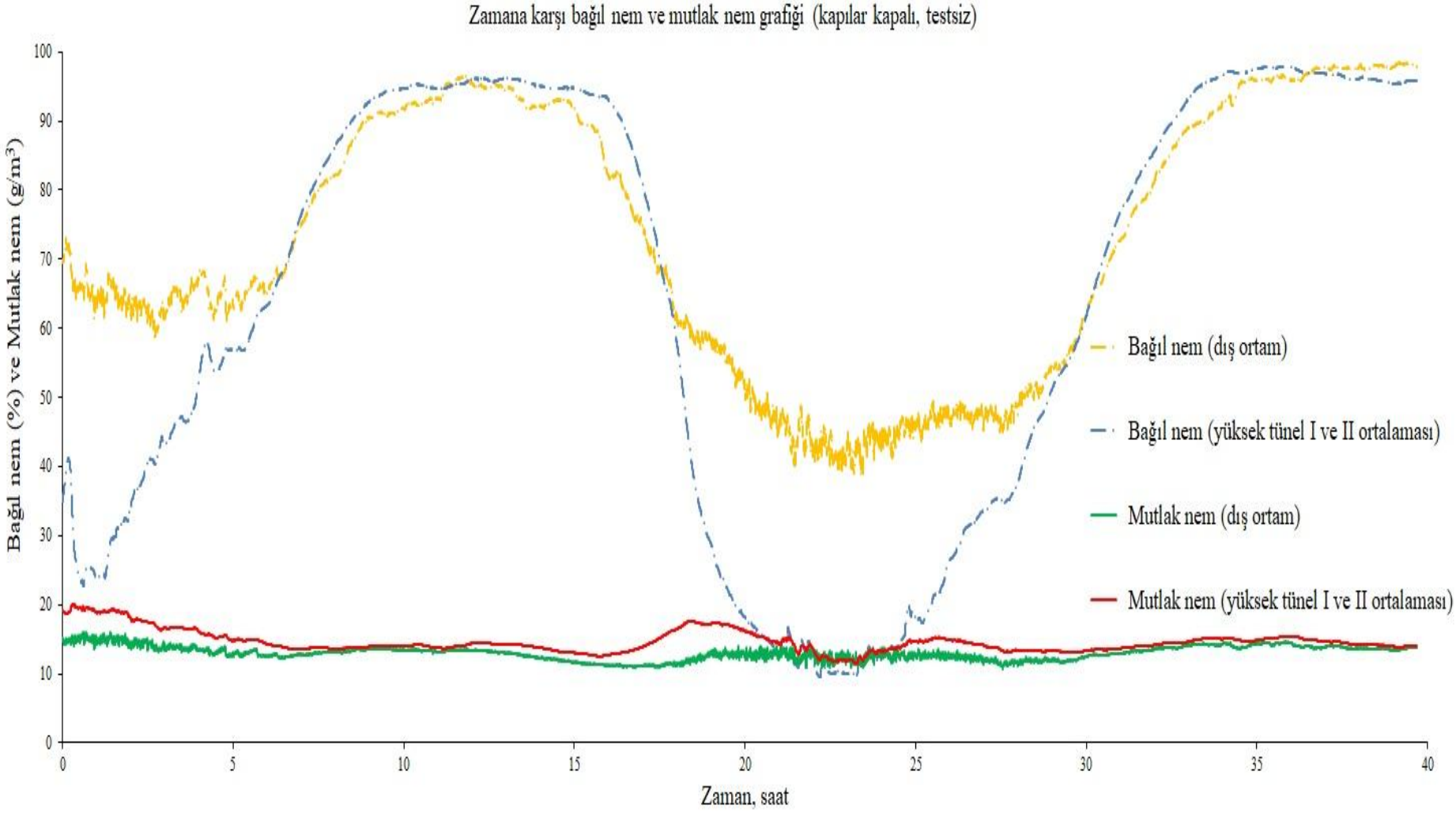
Şekil 4.a.16- Yüksek tünel II'de 28 cm derinlikte havuzlar bulunurken, 11.08.2019 tarihinde ve saat 00:07'den itibaren her 1 dakikada bir alınan verilerle çizilen üç günlük zamana karşı yüksek tünel I, yüksek tünel II ve dış ortam için sıcaklık ve ışık şiddeti değişimi grafiğidir.



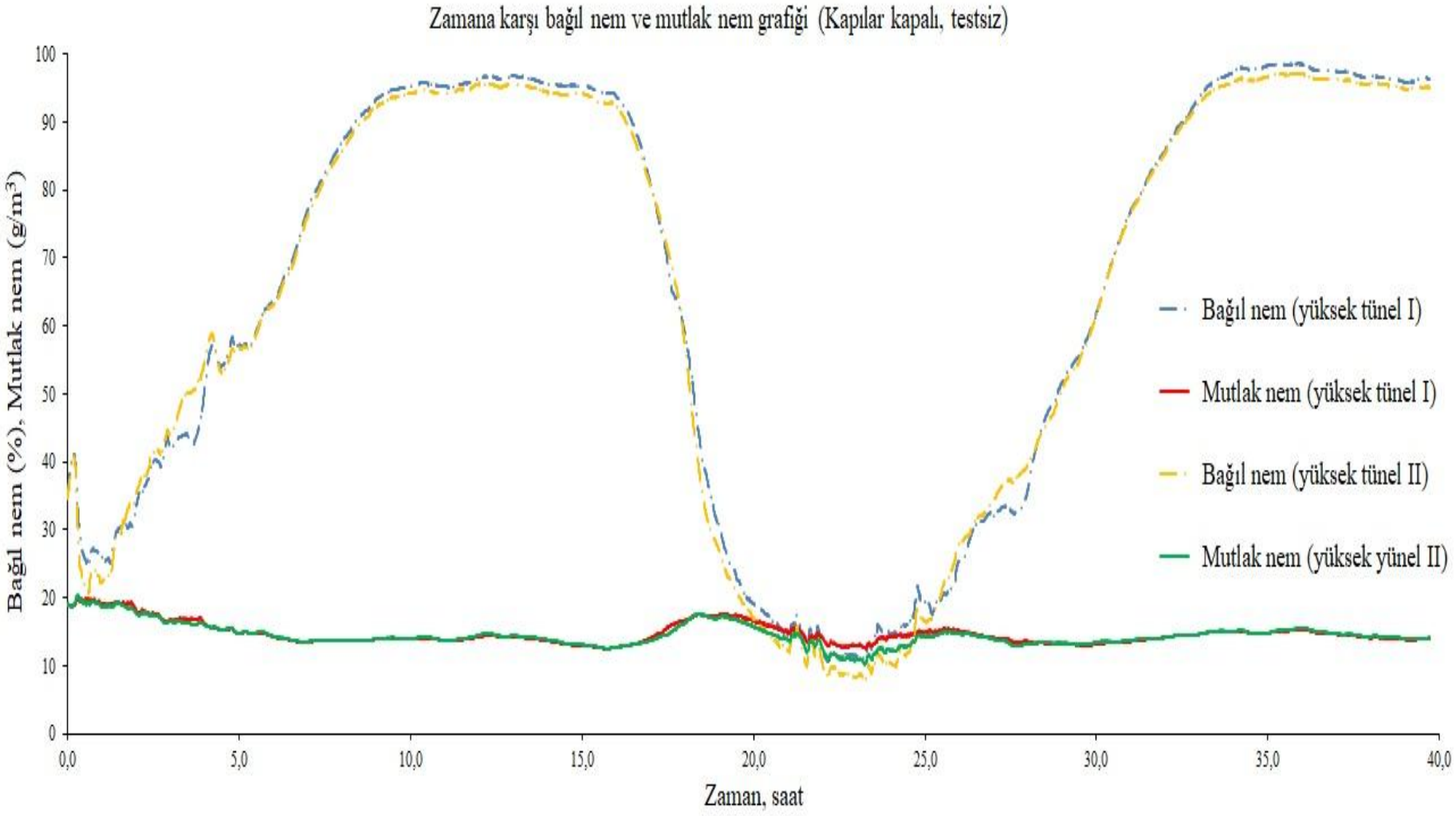
Şekil 4.a.1. Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (21.07.2019)



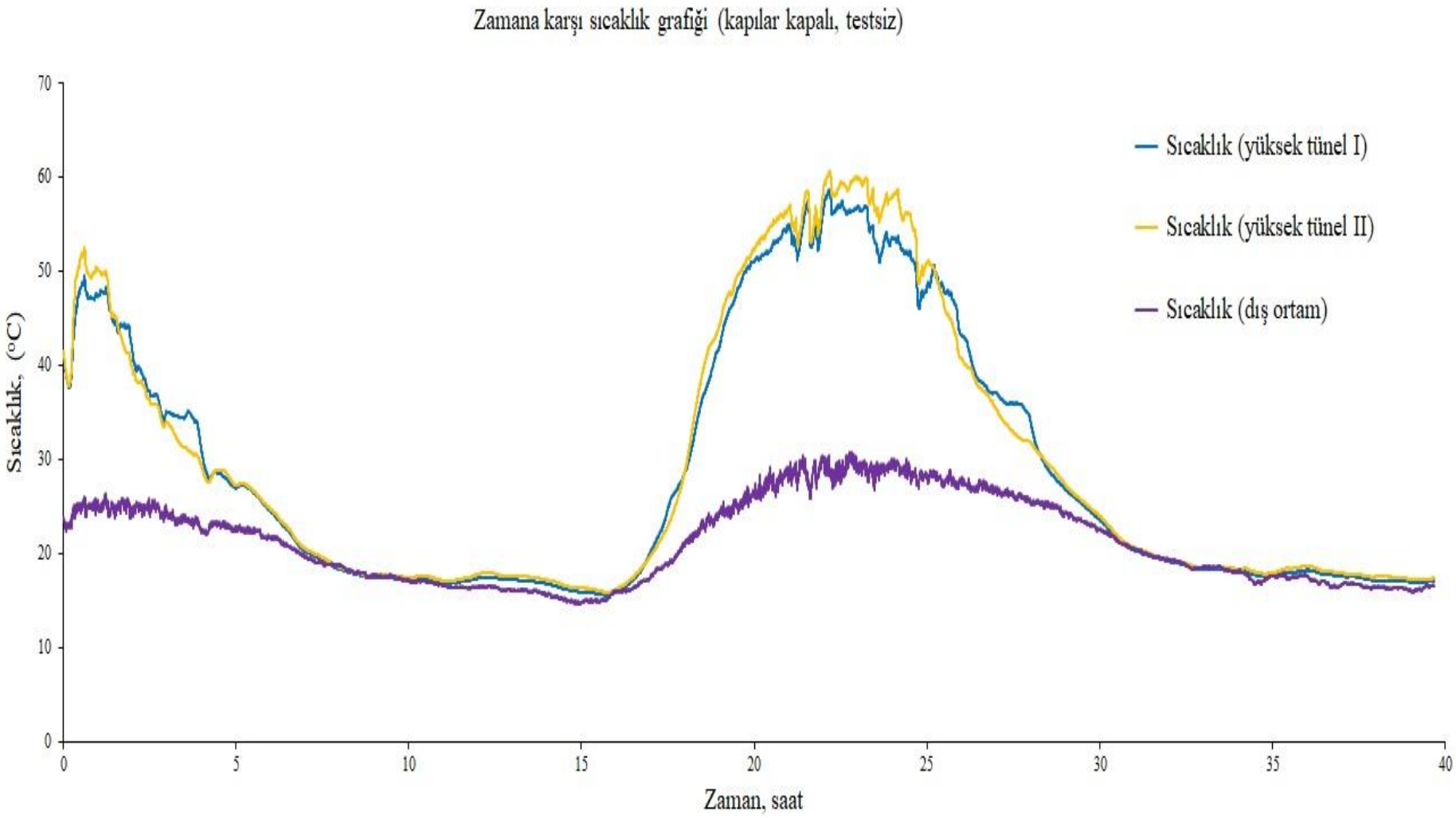
Şekil 4.a.2. Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (21.07.2019)



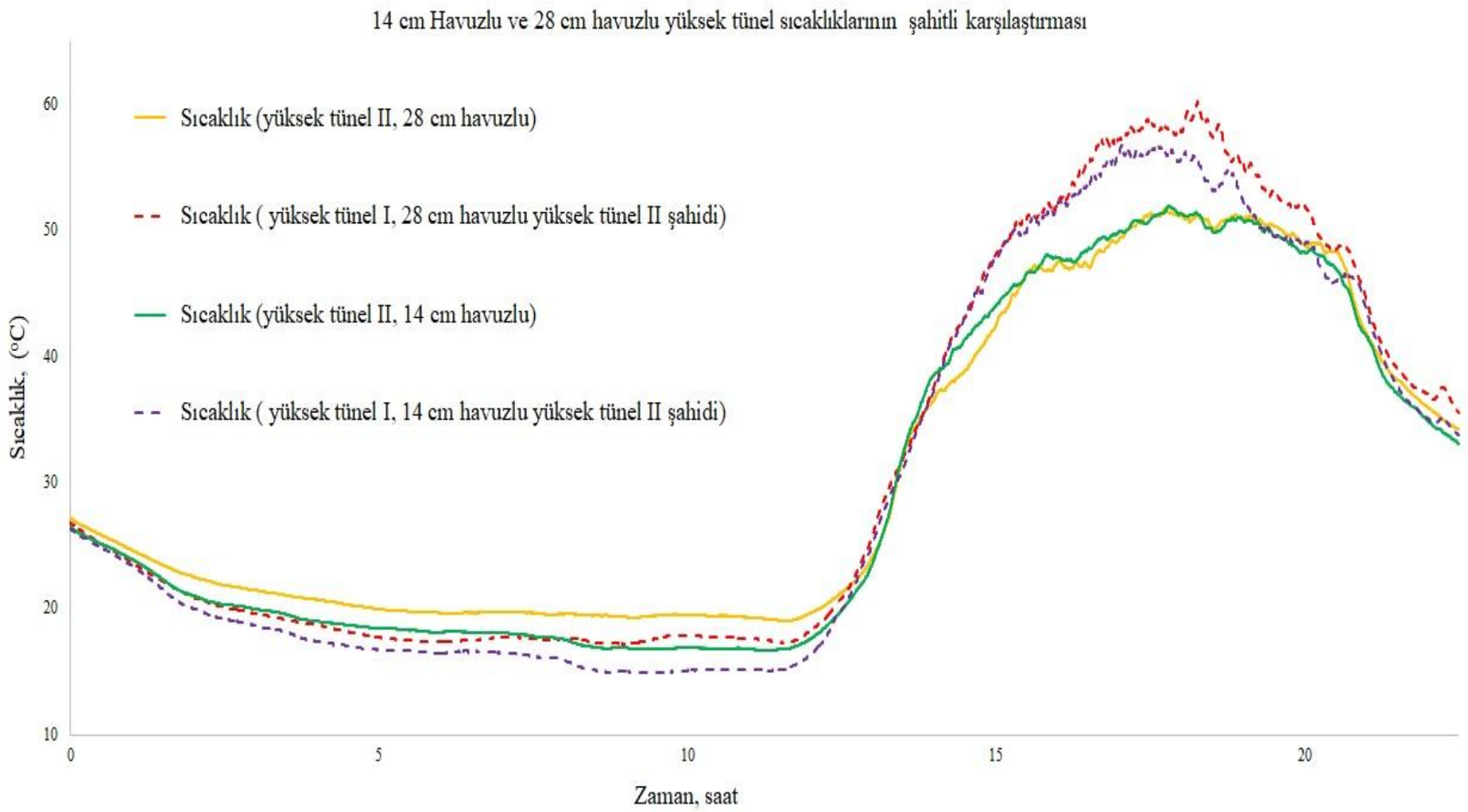
Şekil 4.a.3. Bağıl (%), Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (24.07.2019)



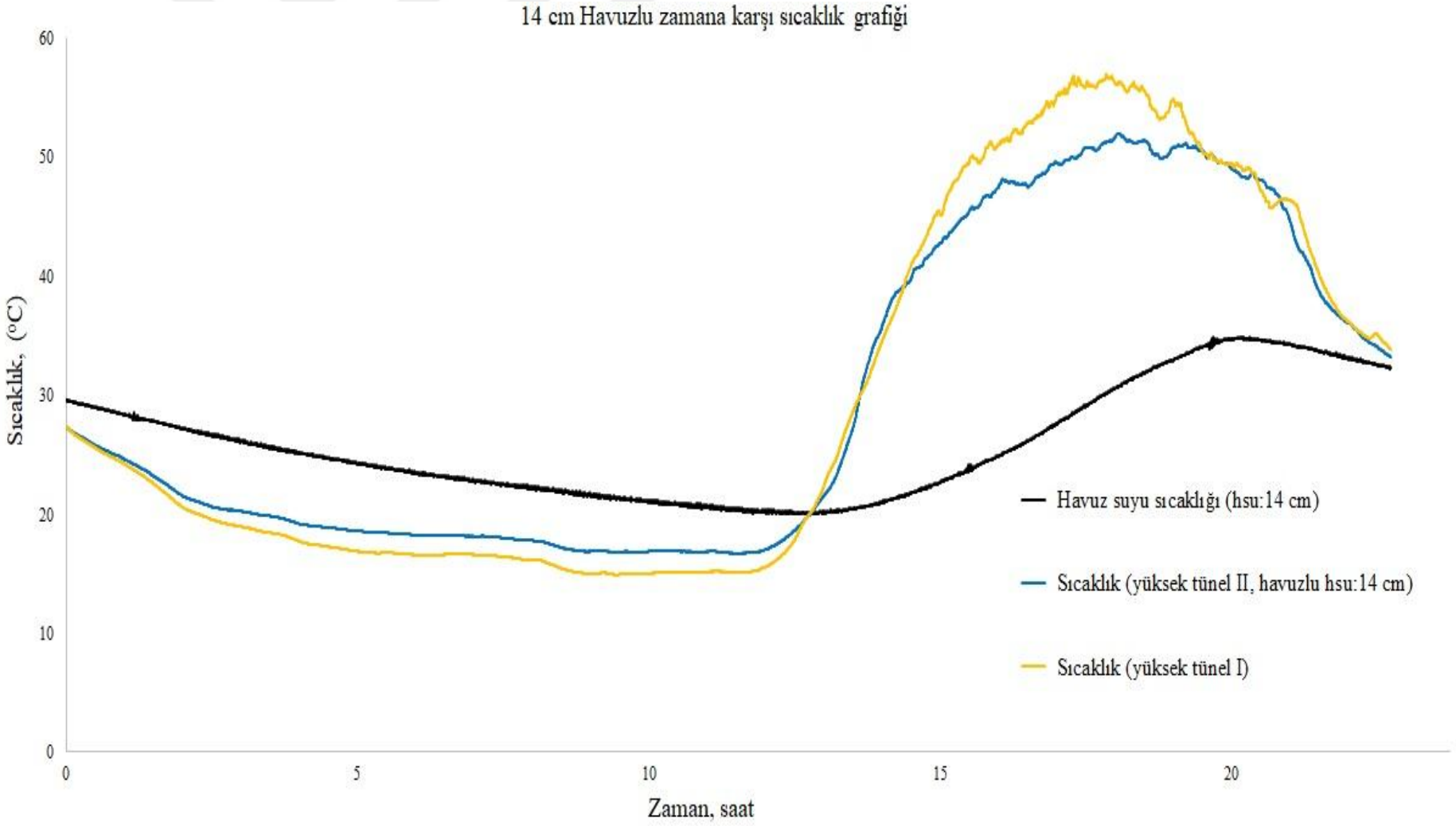
Şekil 4.a.4. Bağıl (%), Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (24.07.2019)



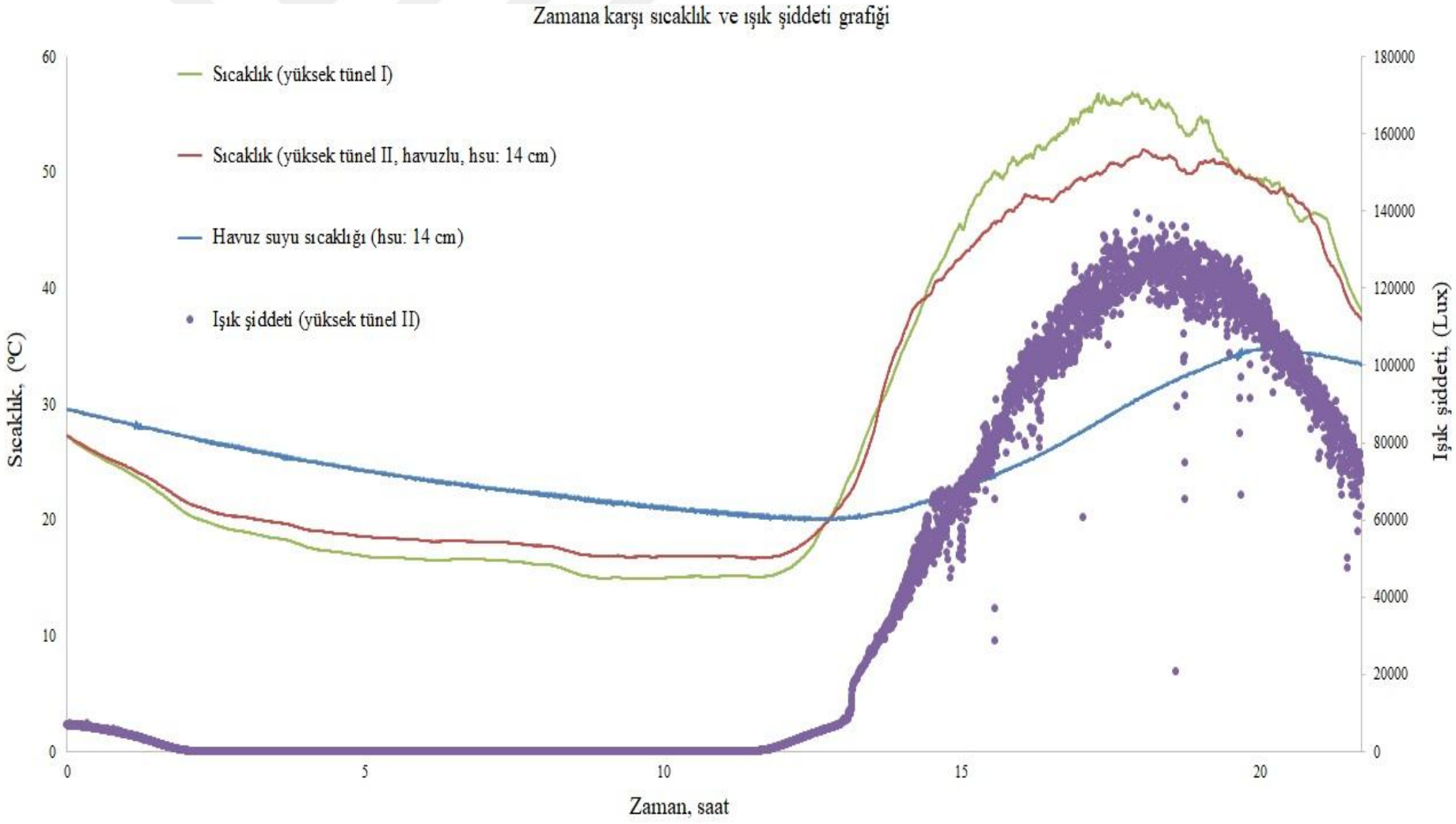
Şekil 4.a.5. Sıcaklık (^{0} C) - Zaman (h) grafiği (24.07.2019)



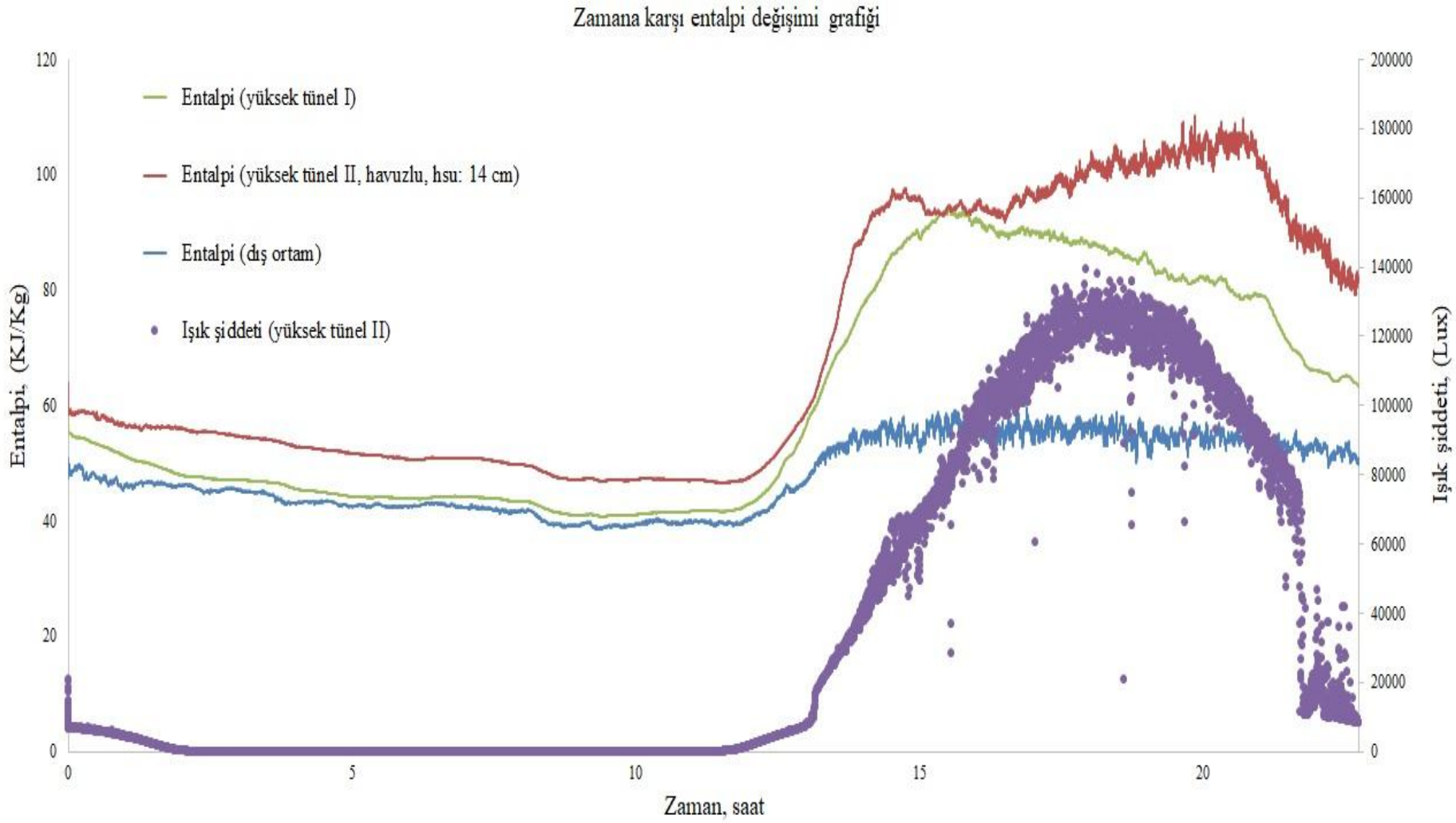
Şekil 4.a.6. Sıcaklık (^{0} C) - Zaman (h) grafiği (05-07.08.2019)



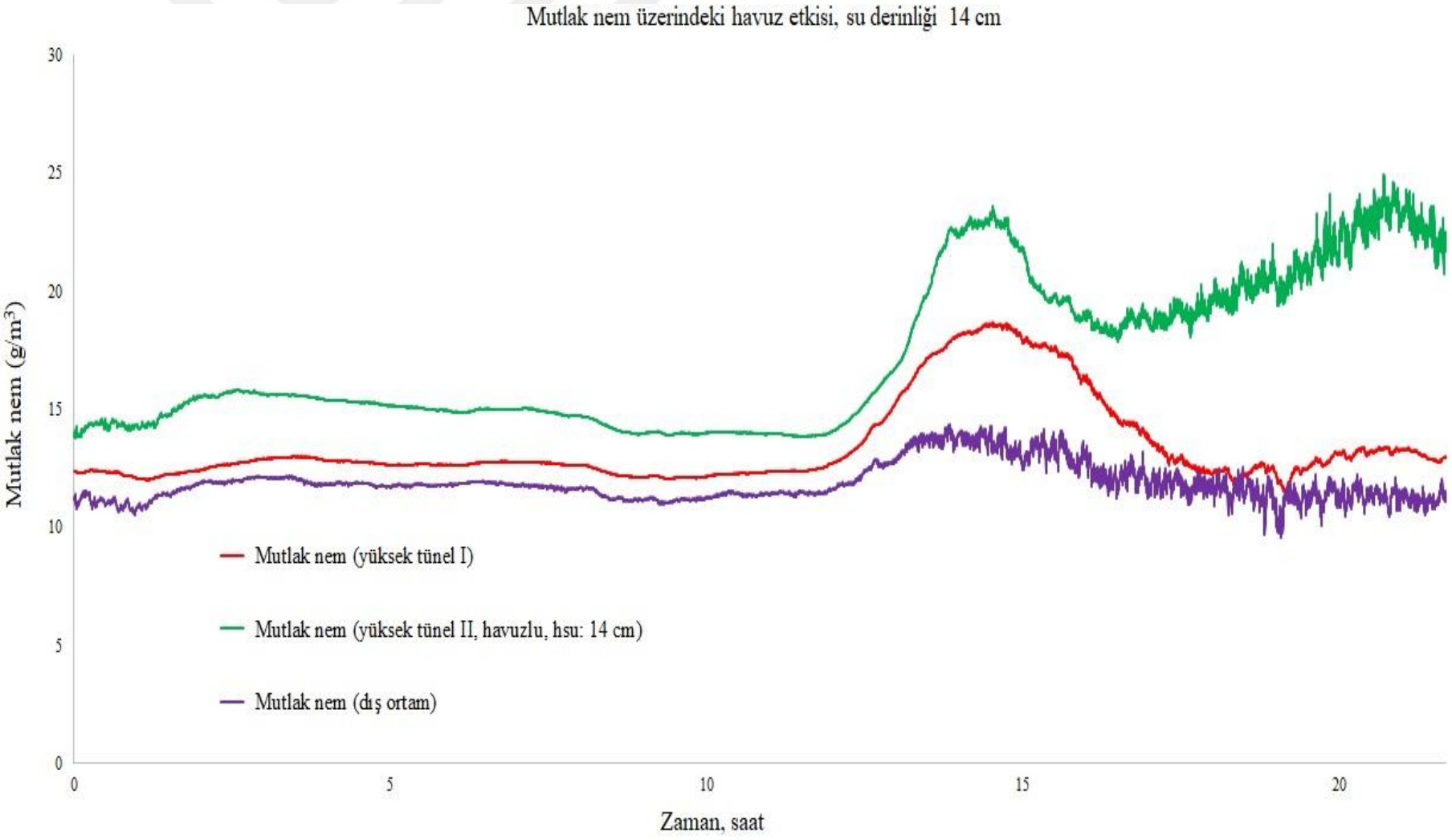
Şekil 4.a.7. Sıcaklık & Havuz suyu sıcaklığı (^{0} C) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)



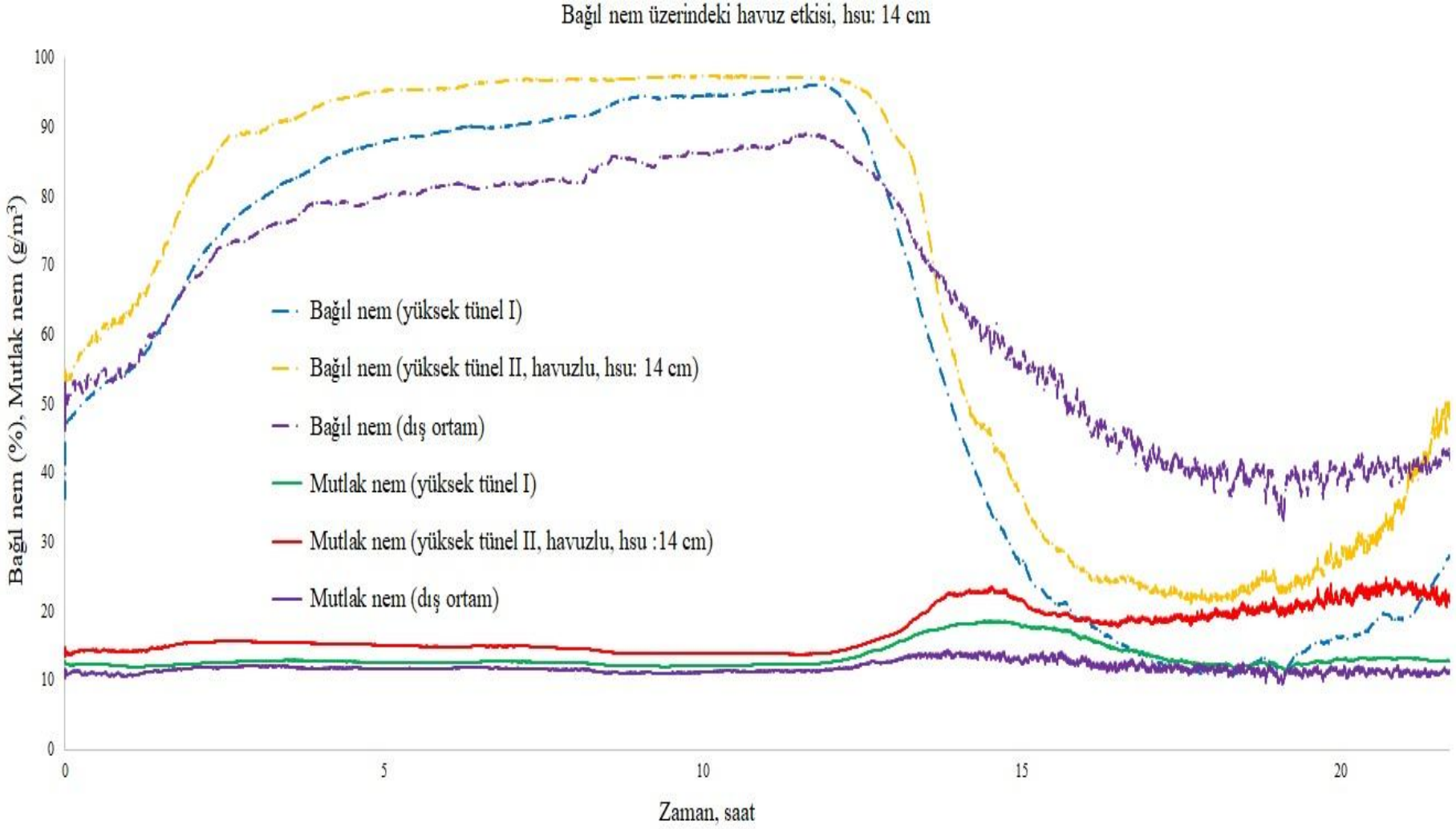
Şekil 4.a.8. Sıcaklık (^{0} C) & Işık Şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)



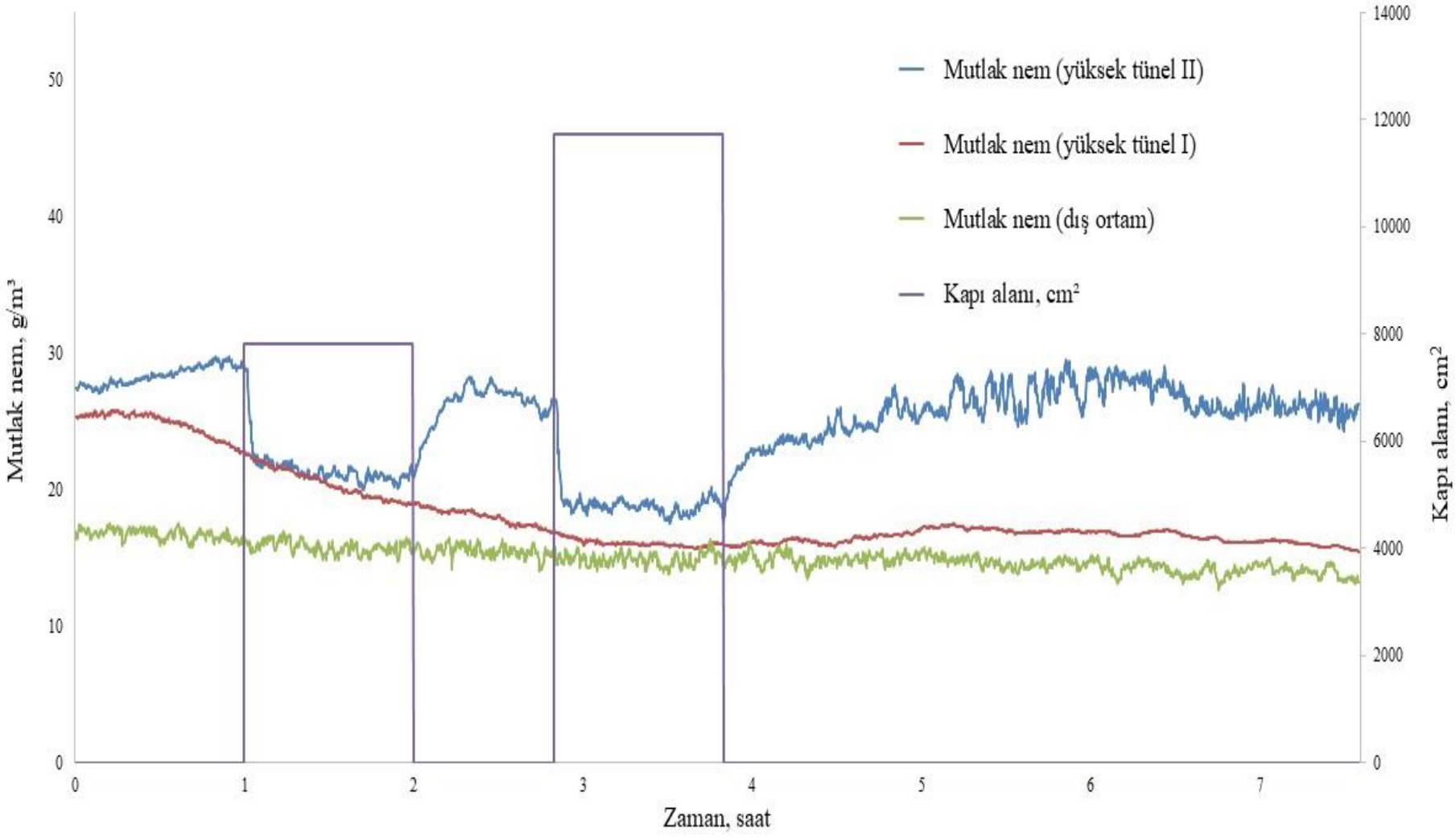
Şekil 4.a.9. Entalpi (Kj/Kg) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)



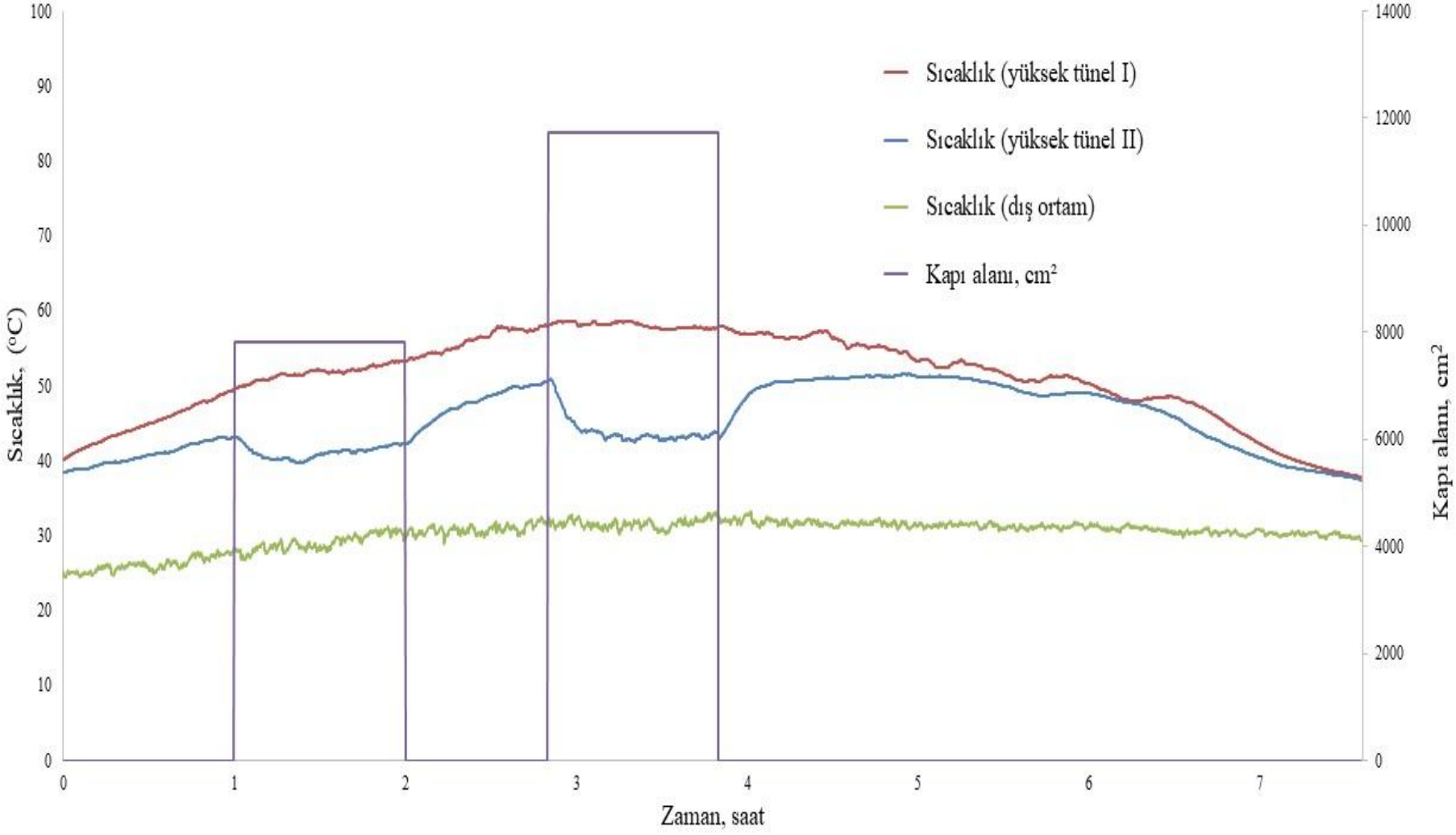
Şekil 4.a.10. Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)



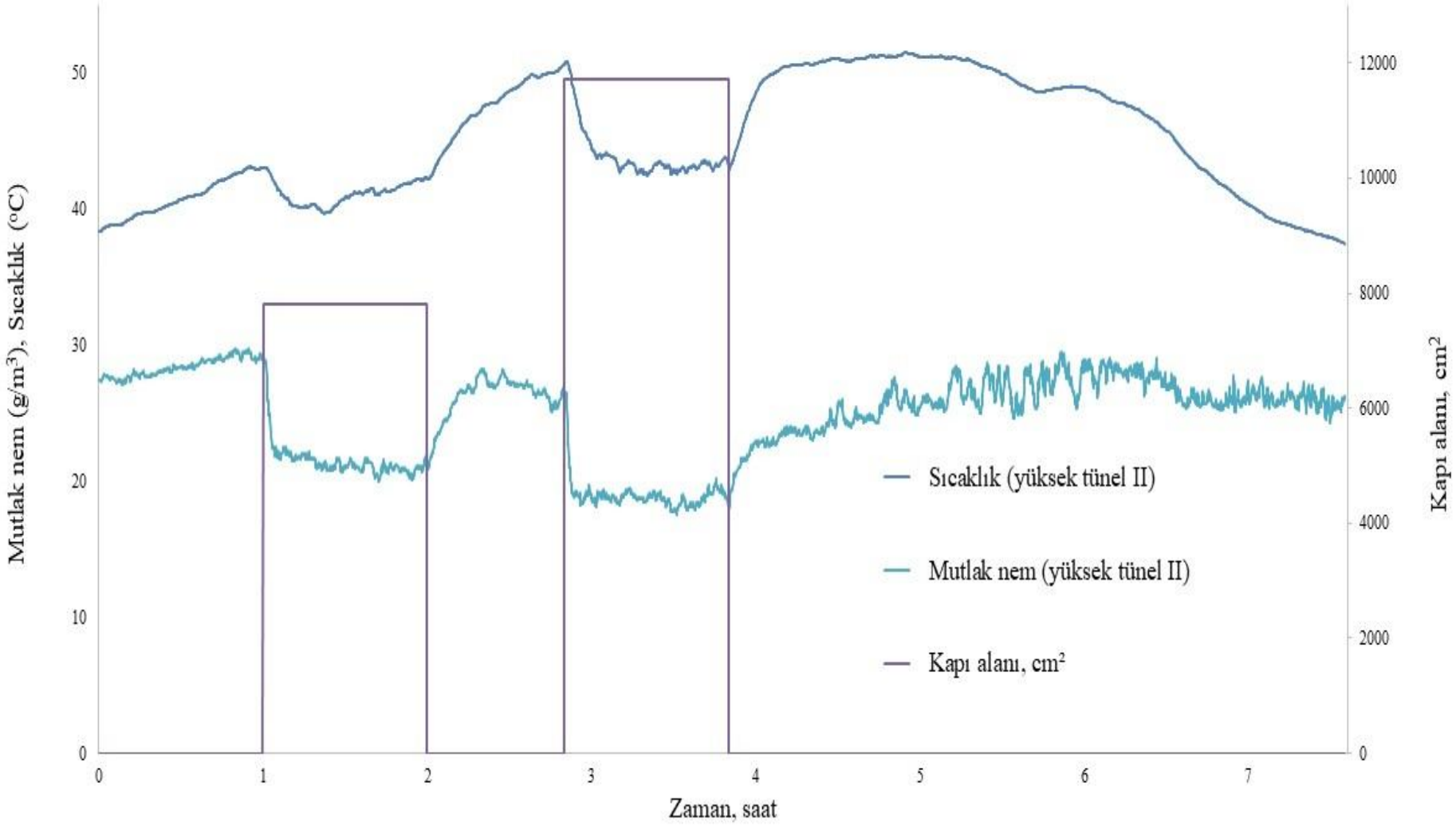
Şekil 4.a.11. Bağıl Nem(%) Mutlak Nem (g/m^3) - Zaman (h) grafiği (05.08.2019)



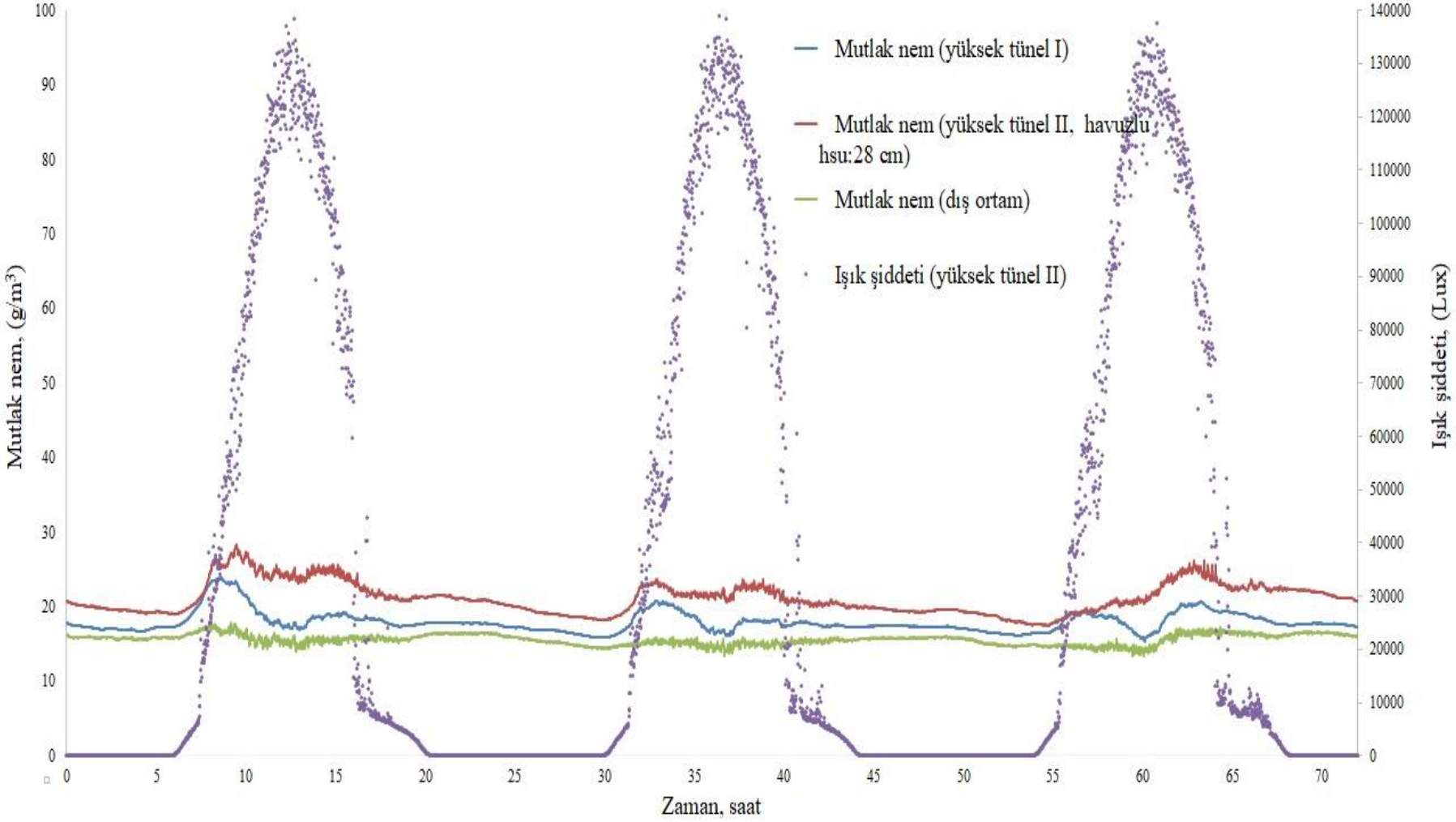
Şekil 4.a.12. Mutlak Nem (g/m^3) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)



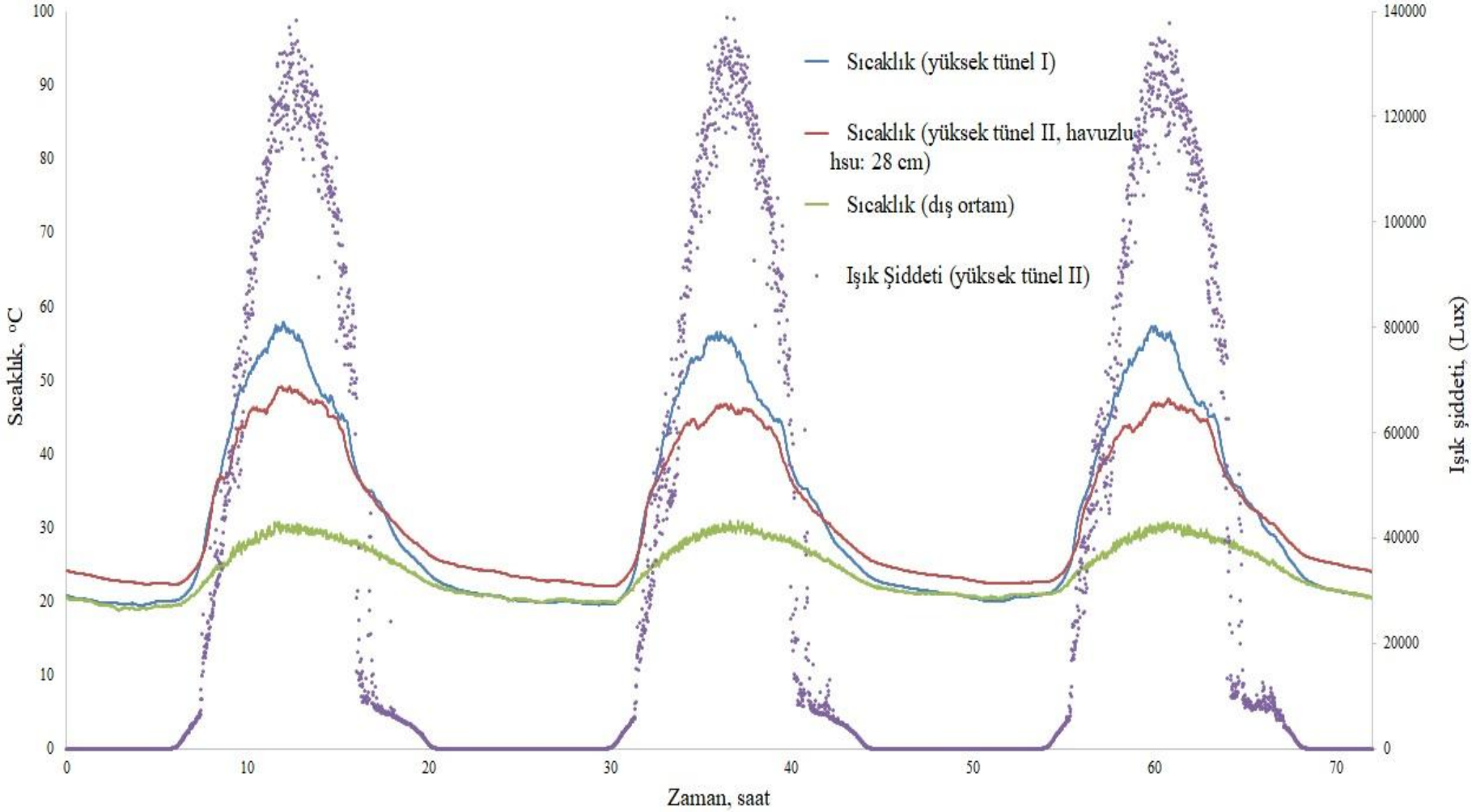
Şekil 4.a.13. Sıcaklık (^{0} C) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)



Şekil 4.a.14. Mutlak Nem (g/m^3) & Sıcaklık (^{0} C) & Kapak alanı (cm^2) - Zaman (h) grafiği (09.08.2019)



Şekil 4.a.15. Mutlak nem (g/m^3) & Işık şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (11.08.2019)



Şekil 4.a.16. Sıcaklık (^{0} C) & Işık şiddeti (LUX) - Zaman (h) grafiği (11.08.2019)

4.2 Yağmur Ormanı Serası İçin Deney Verilerinin Grafikleri ve Açıklamaları

İstanbul'daki yağmur ormanı serasında 08.07.2018 ve 19.08.2018 tarihleri arasında yapılan deneylerden alınan ölçüm verileriyle elde edilen grafikler ve açıklamaları aşağıdadır.

Şekil 4.b.1- 1 Haziran - 15 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı ışık şiddeti değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.2- 1 Haziran - 15 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı sıcaklık değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.3- 1 Haziran - 15 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı mutlak nem değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.4- 1 Haziran - 15 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı entalpi değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.5- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı iç sıcaklık değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.6- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı dış sıcaklık değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.7- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı iç mutlak nem değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.8- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı dış mutlak nem değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.9- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı iç entalpi değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.10- 1 Haziran - 30 Haziran 2018 tarihleri arasında 01.06.2018 tarihinde ve saat 00:10 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen ışık şiddetine karşı dış entalpi değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.11- 08.07.2018 tarihinde ve saat 14:40'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zaman karşı iç mutlak nem ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.12- 08.07.2018 tarihinde ve saat 14:40'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.13- 15.07.2018 tarihinde ve saat 10:52'den itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç mutlak nem ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.14- 15.07.2018 tarihinde ve saat 10:52'den itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.15- 19.07.2018 tarihinde ve saat 11:01'den itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı mutlak nem iç ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.16- 19.07.2018 tarihindeve saat 11:01'den itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.17- 05.08.2018 tarihinde ve saat 12:30'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı mutlak nem iç ve havalandırma değişimi grafiğidir.

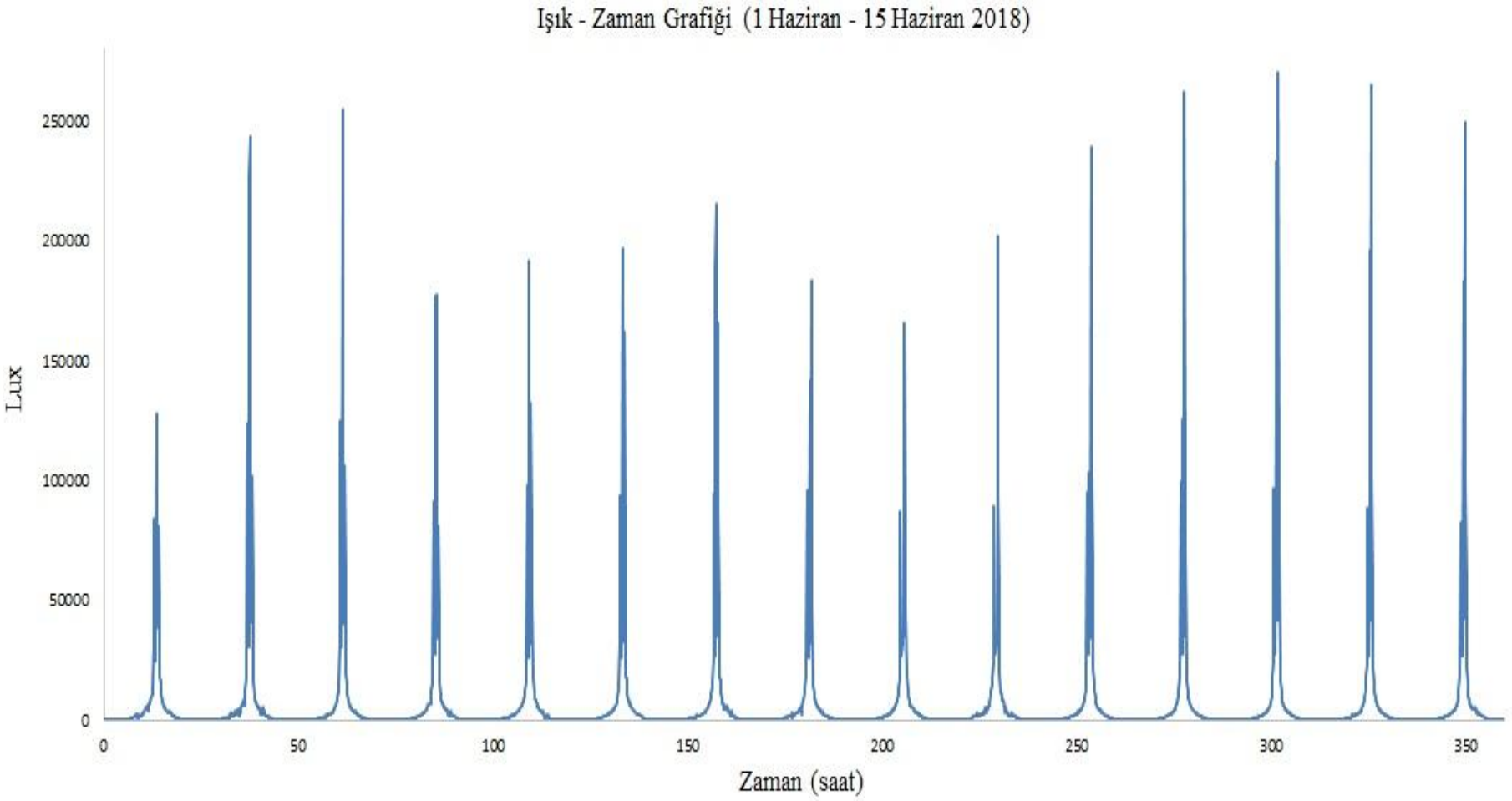
Şekil 4.b.18- 05.08.2018 tarihinde ve saat 12:30'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.19- 12.08.2018 tarihinde ve saat 12:30 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı mutlak nem iç ve havalandırma değişimi grafiğidir.

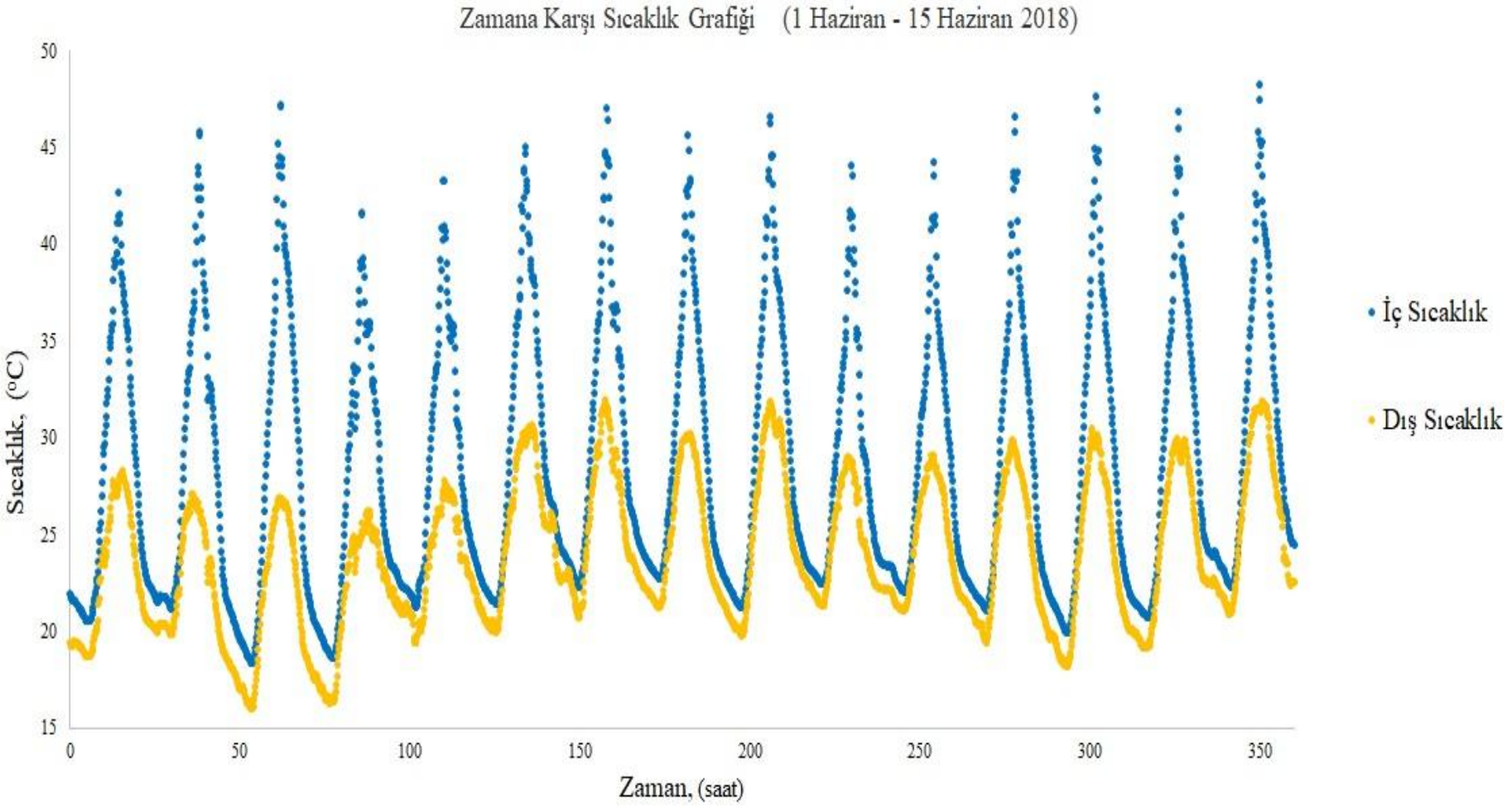
Şekil 4.b.20- 12.08.2018 tarihinde ve saat 12:30'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.

Şekil 4.b.21- 19.08.2018 tarihinde ve saat 12:30'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç mutlak nem iç ve havalandırma değişimi grafiğidir.

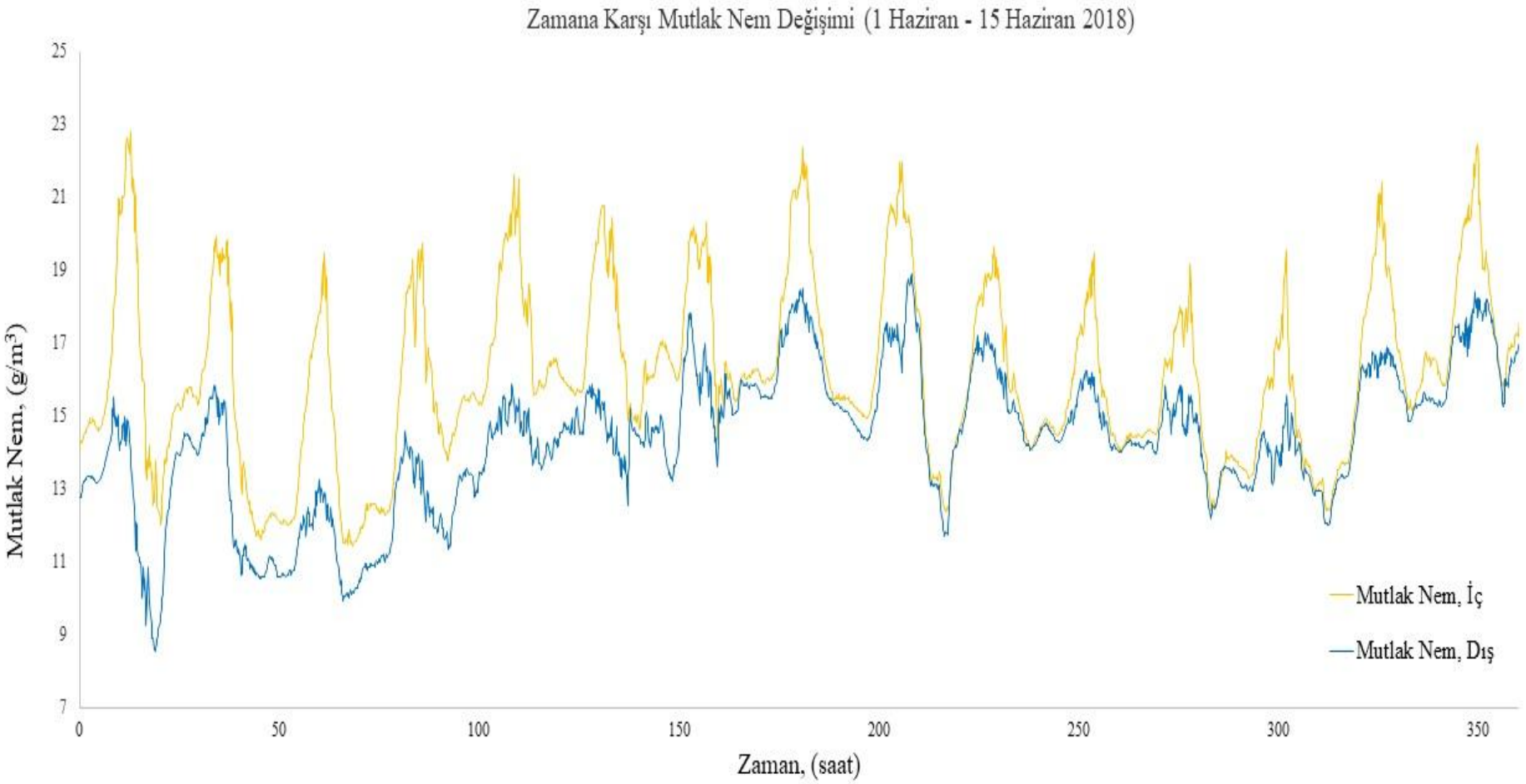
Şekil 4.b.22- 19.08.2018 tarihinde ve saat 12:30 'dan itibaren her 10 dakikada bir alınan verilerle çizilen zamana karşı iç sıcaklık ve havalandırma değişimi grafiğidir.



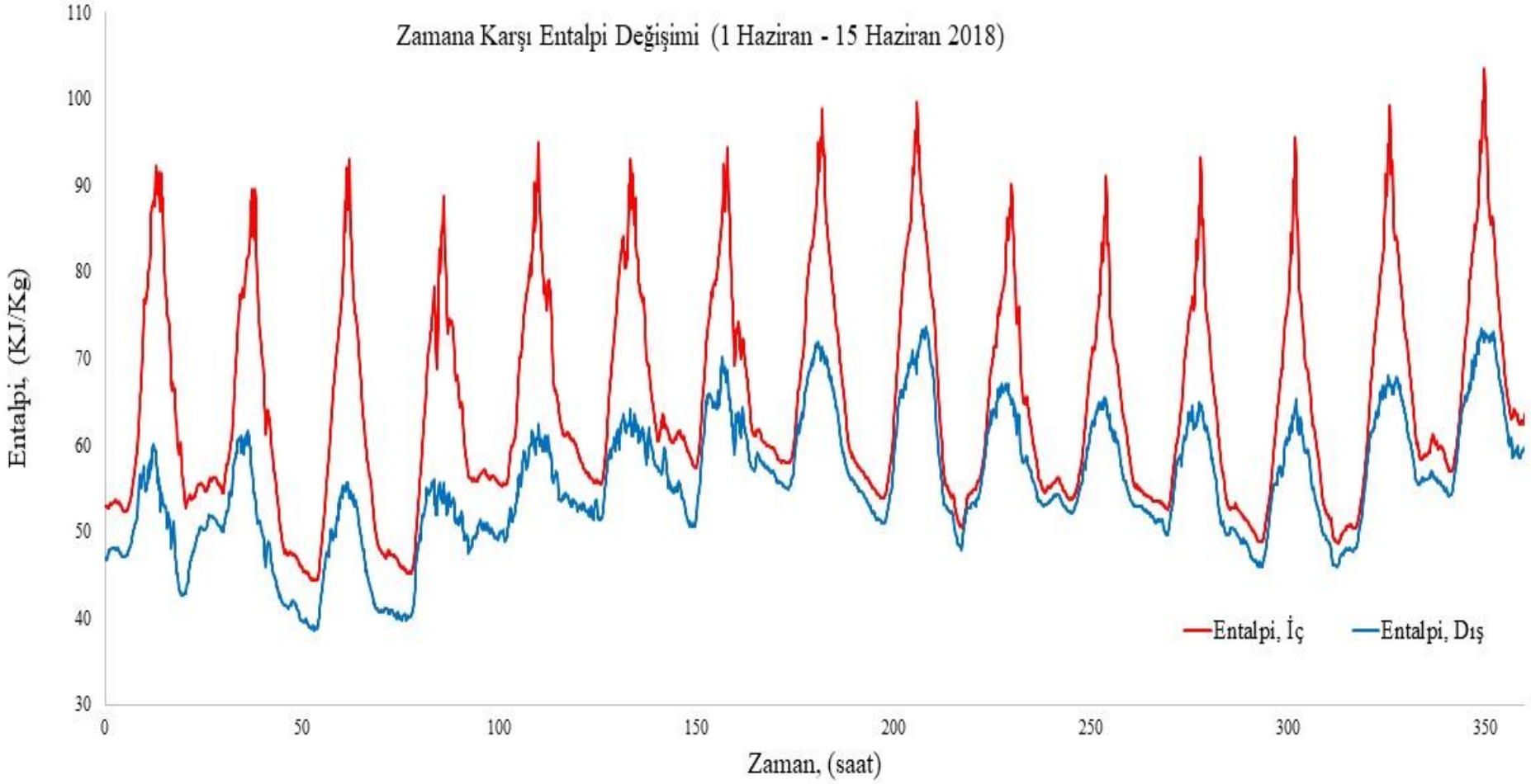
Şekil 4.b.1. Işık Şiddeti– Zaman (LUX-h) grafiği (1 Haziran- 15 Haziran 2018)



Şekil 4.b.2. Sıcaklık- Zaman (^{0} C-h) grafiği (1 Haziran - 15 Haziran 2018)

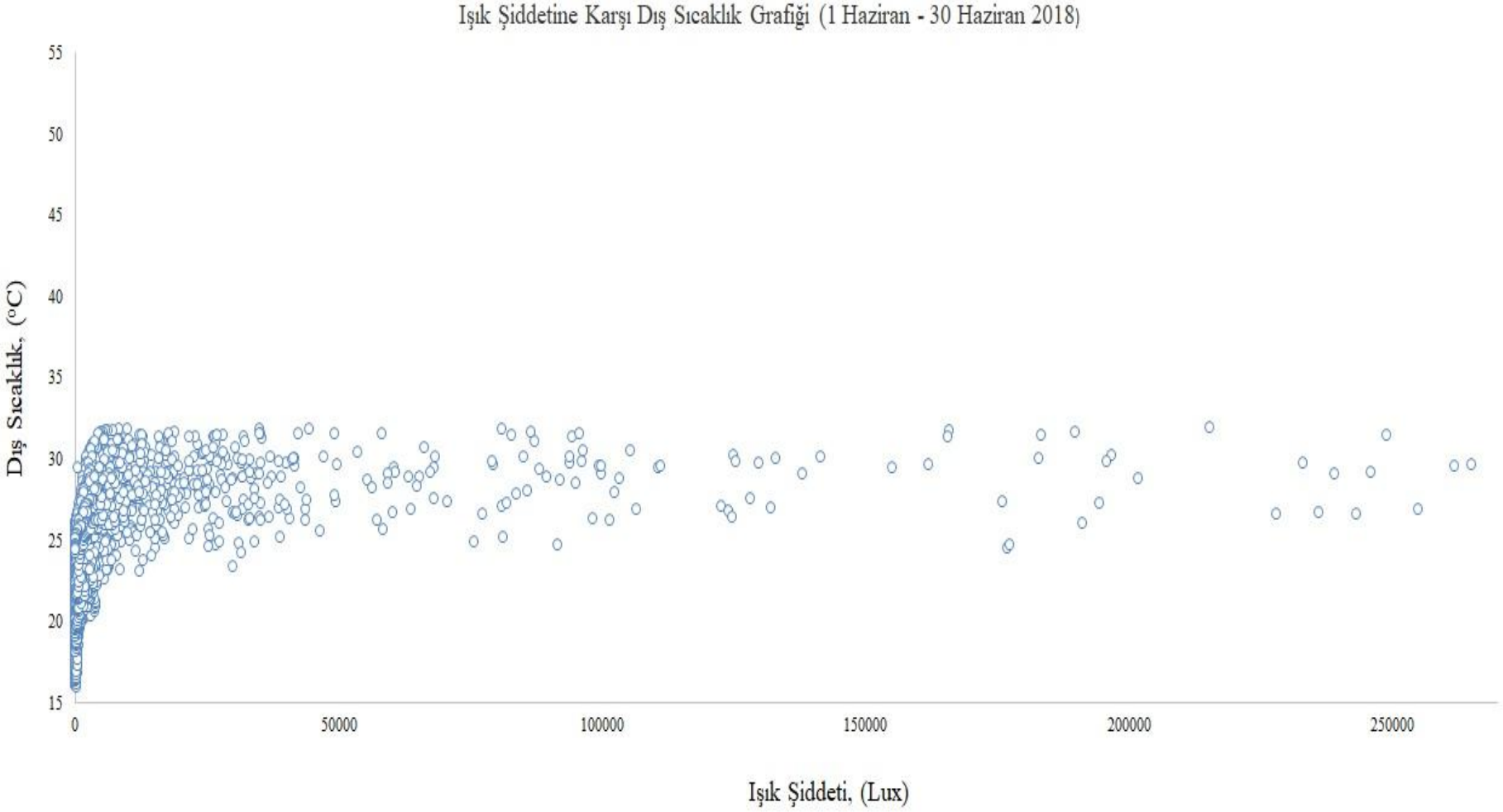


Şekil 4.b.3. Mutlak Nem – Zaman (g/m^3-h) grafiği (1 Haziran – 15 Haziran 2018)

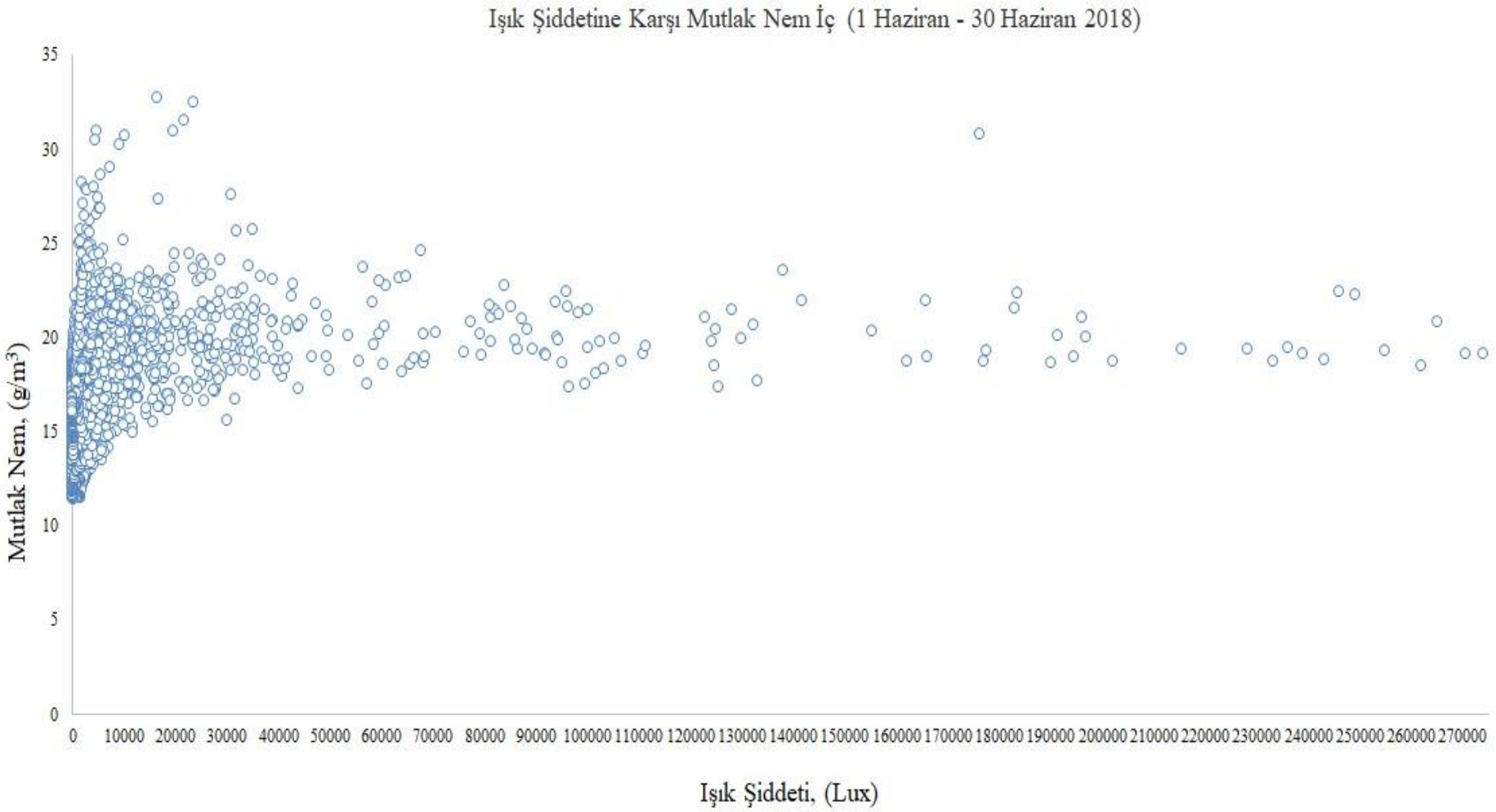


Şekil 4.b.4. Entalpi – Zaman (Kj/Kg-h) grafiği (1 Haziran – 15 Haziran 2018)

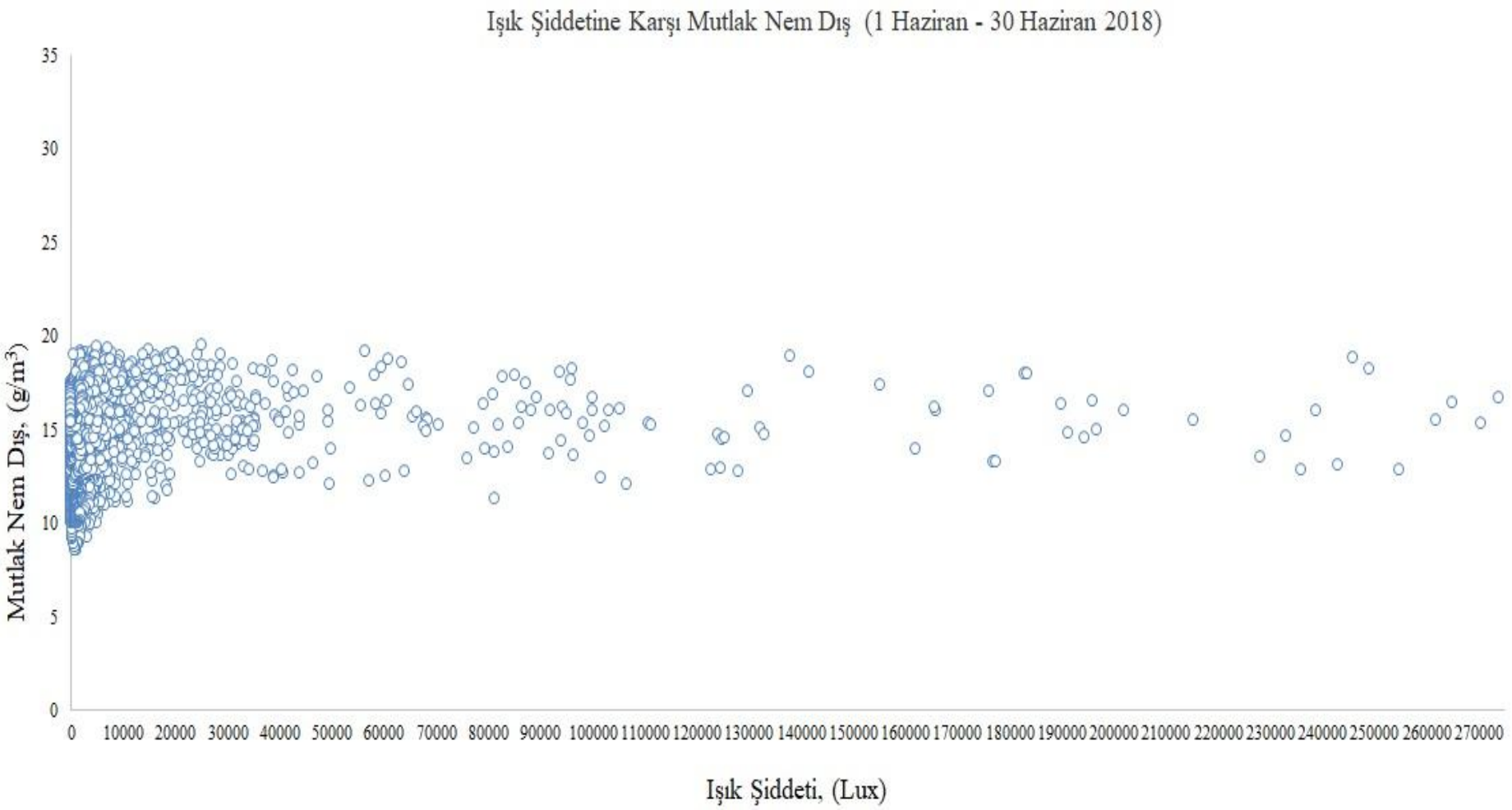
Şekil 4.b.5. İç Sıcaklık – Işık Şiddeti(LUX - ^{0} C) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



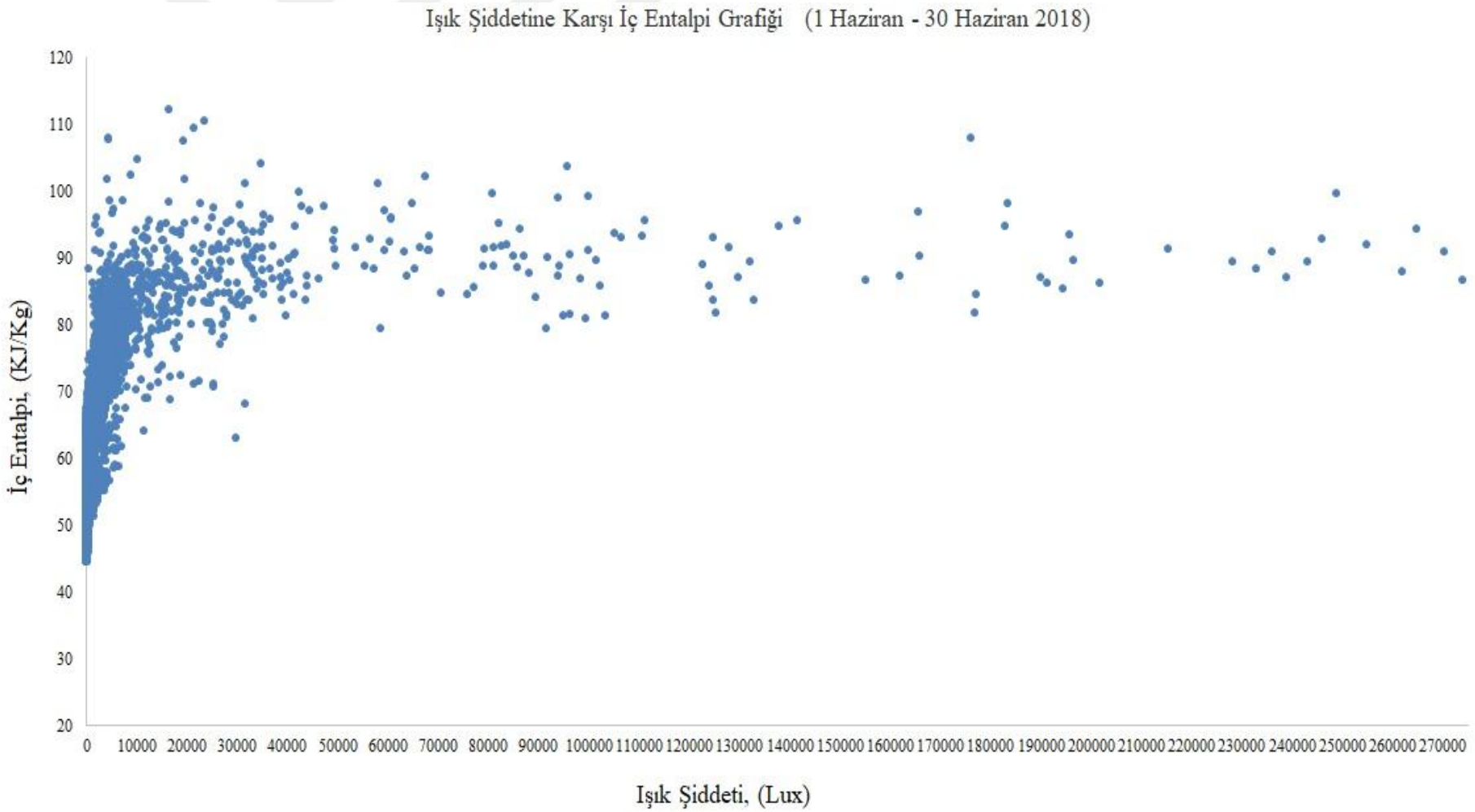
Şekil 4.b.6. Dış Sıcaklık – Işık Şiddeti (^{0} C-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



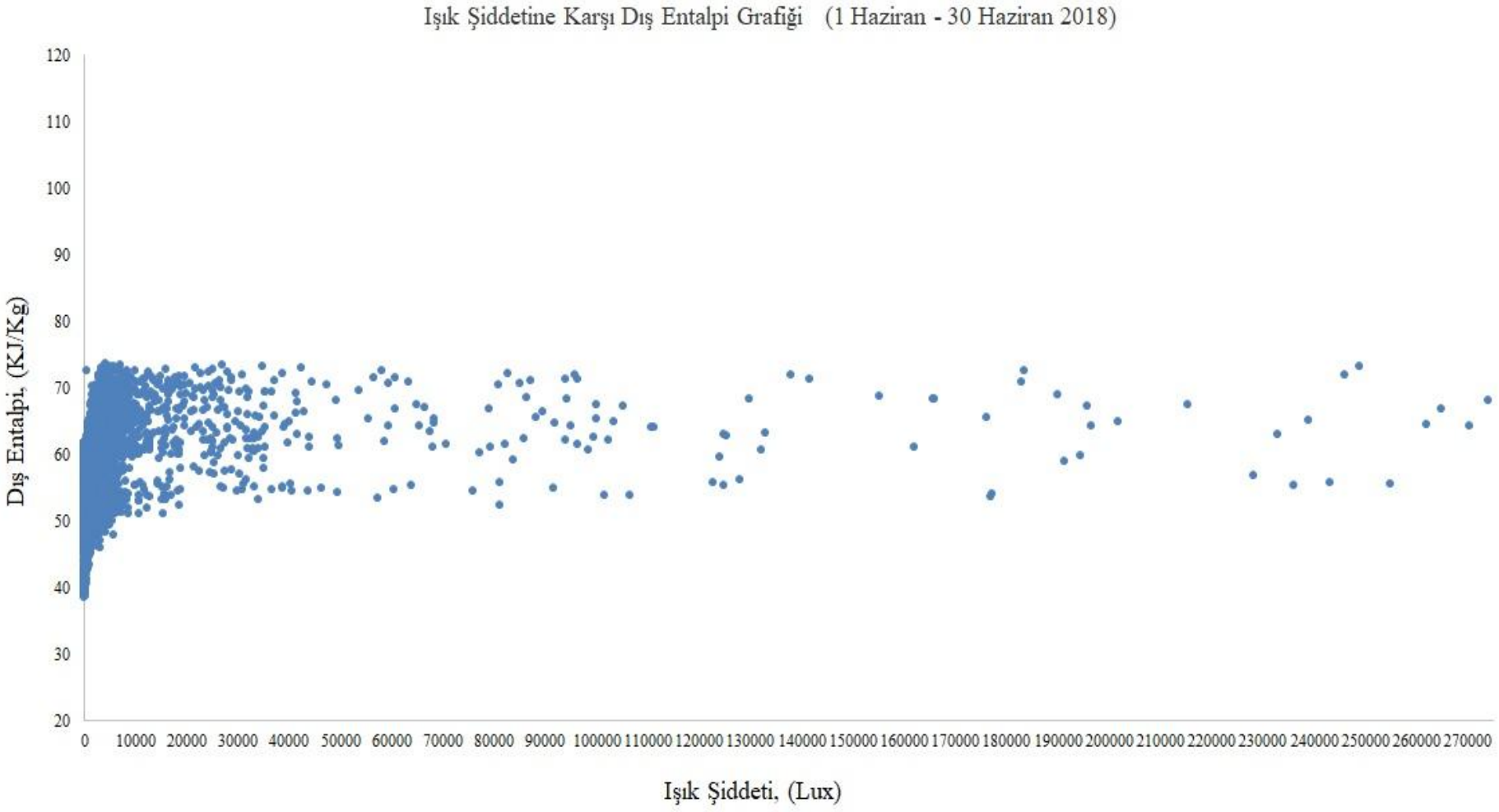
Şekil 4.b.7. İç Mutlak Nem –Işık Şiddeti (g/m^3-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



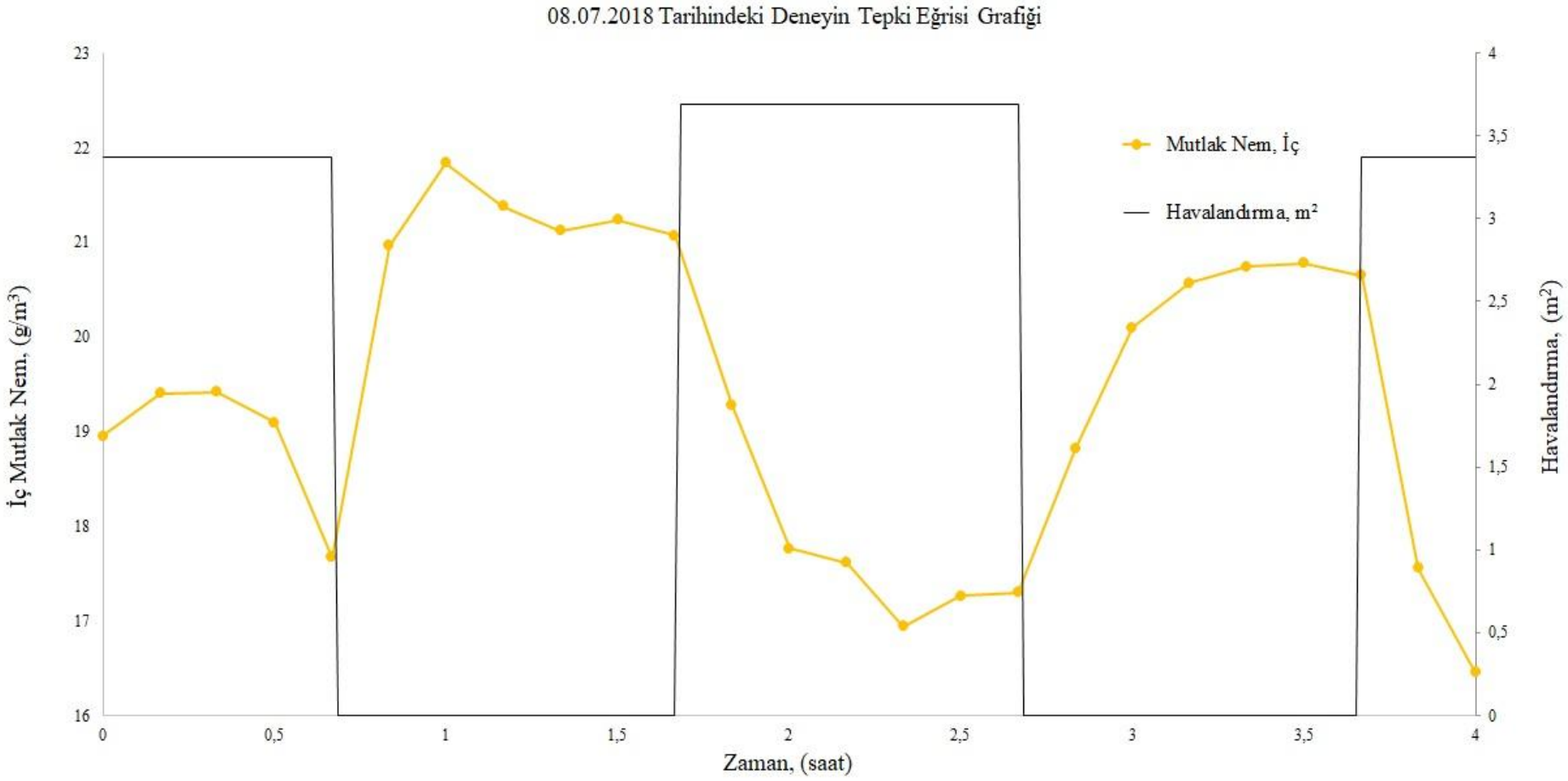
Şekil 4.b.8. Dış Mutlak Nem –Işık Şiddeti (g/m^3-LUX) grafiği (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



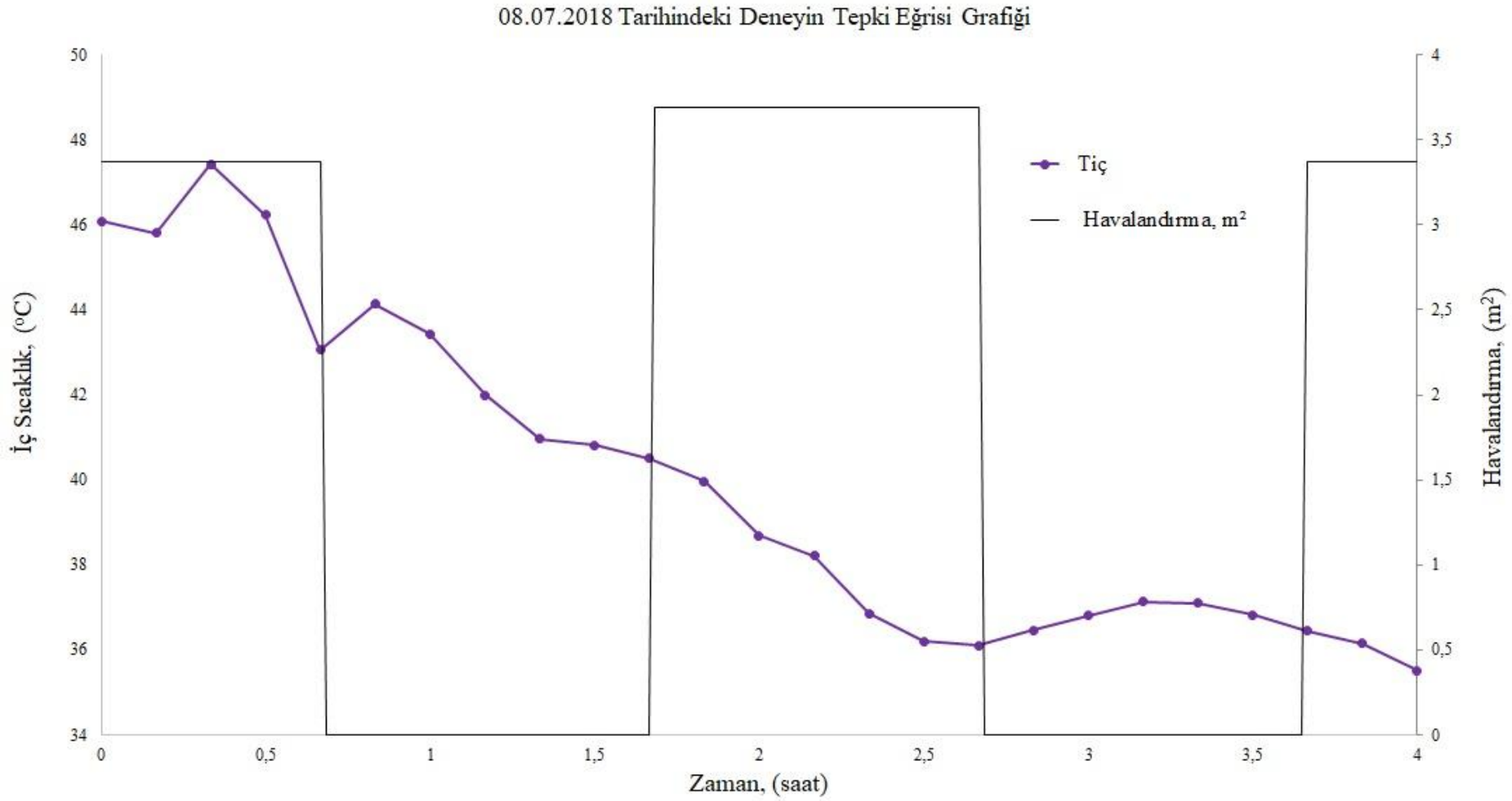
Şekil 4.b.9. İç Entalpi – Işık Şiddeti grafiği (Kj/Kg-LUX) (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



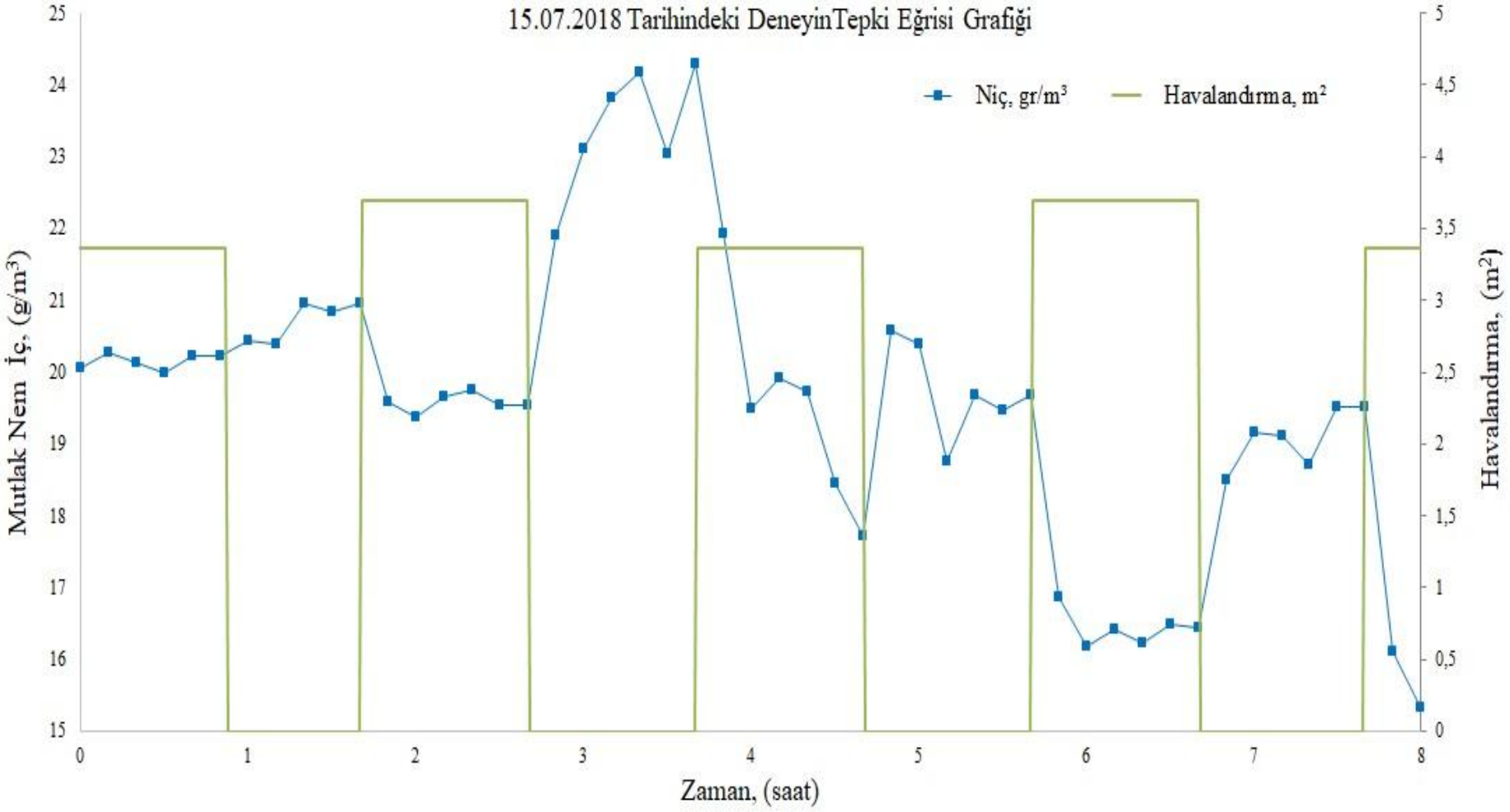
Şekil 4.b.10. Dış Entalpi – Işık Şiddeti grafiği (Kj/Kg-LUX) (1 Haziran – 30 Haziran 2018)



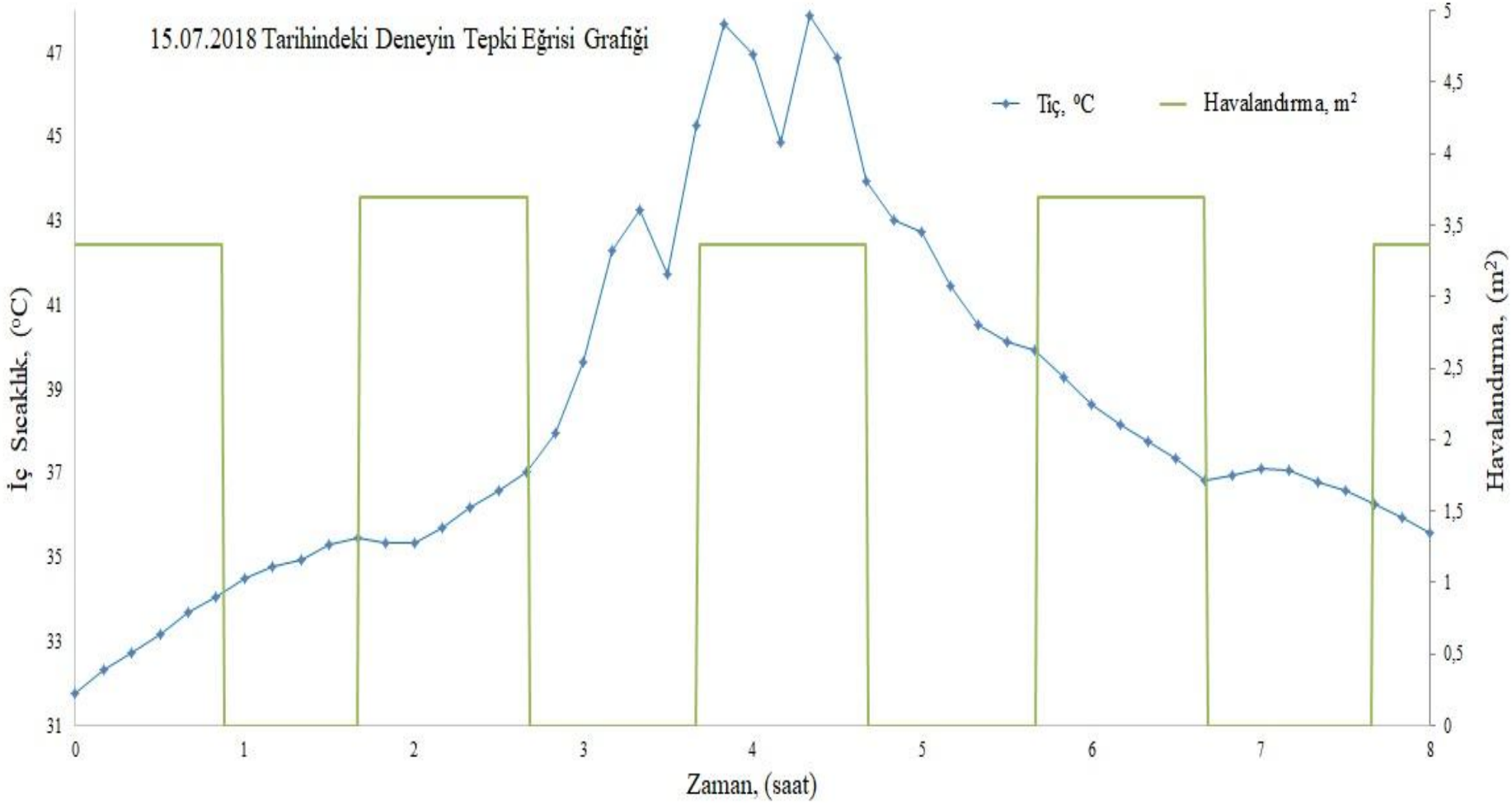
Şekil 4.b.11. İç Mutlak Nem & Havalandırma –Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (08.07.2018)



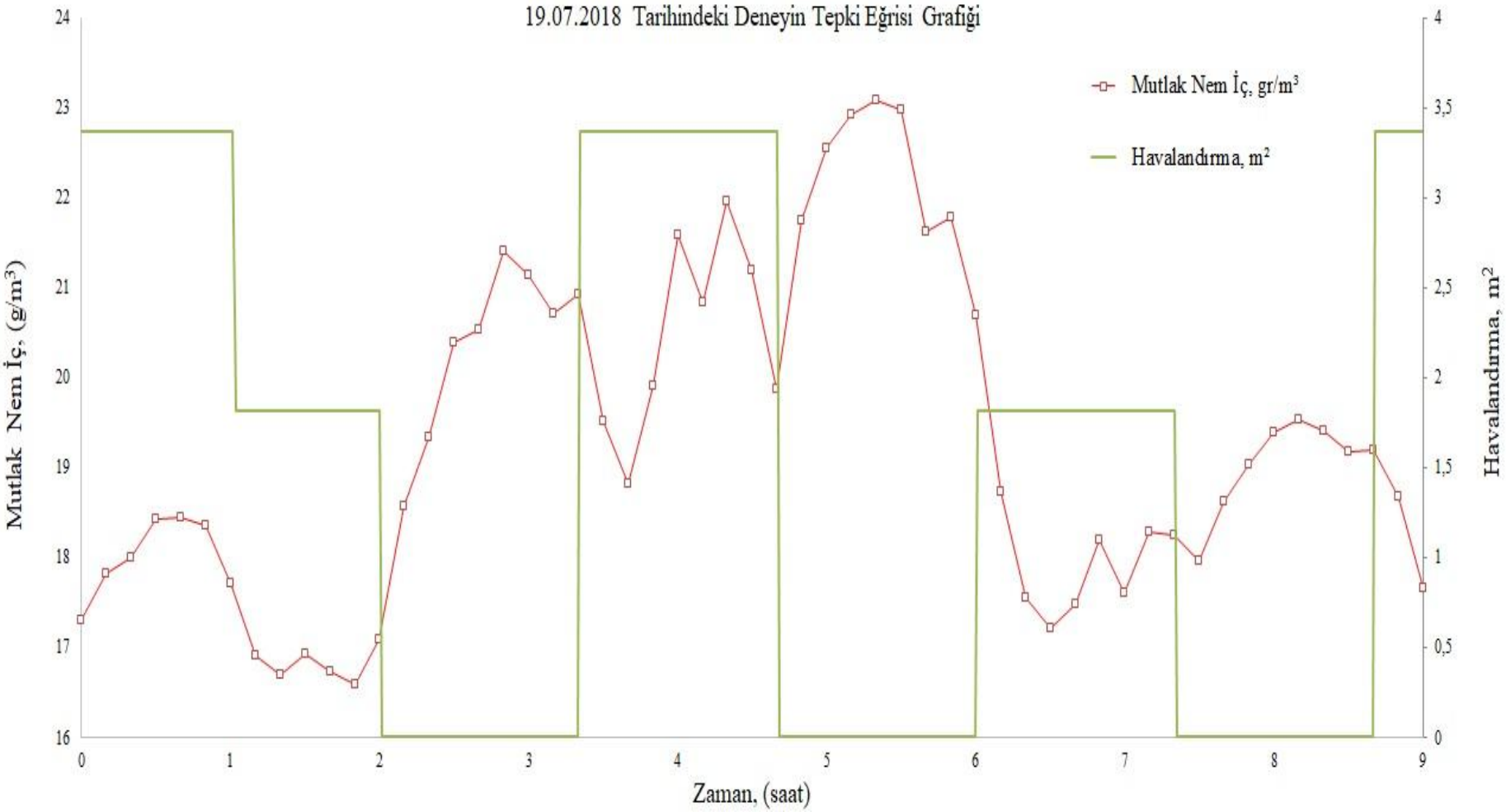
Şekil 4.b.12. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (08.07.2018)



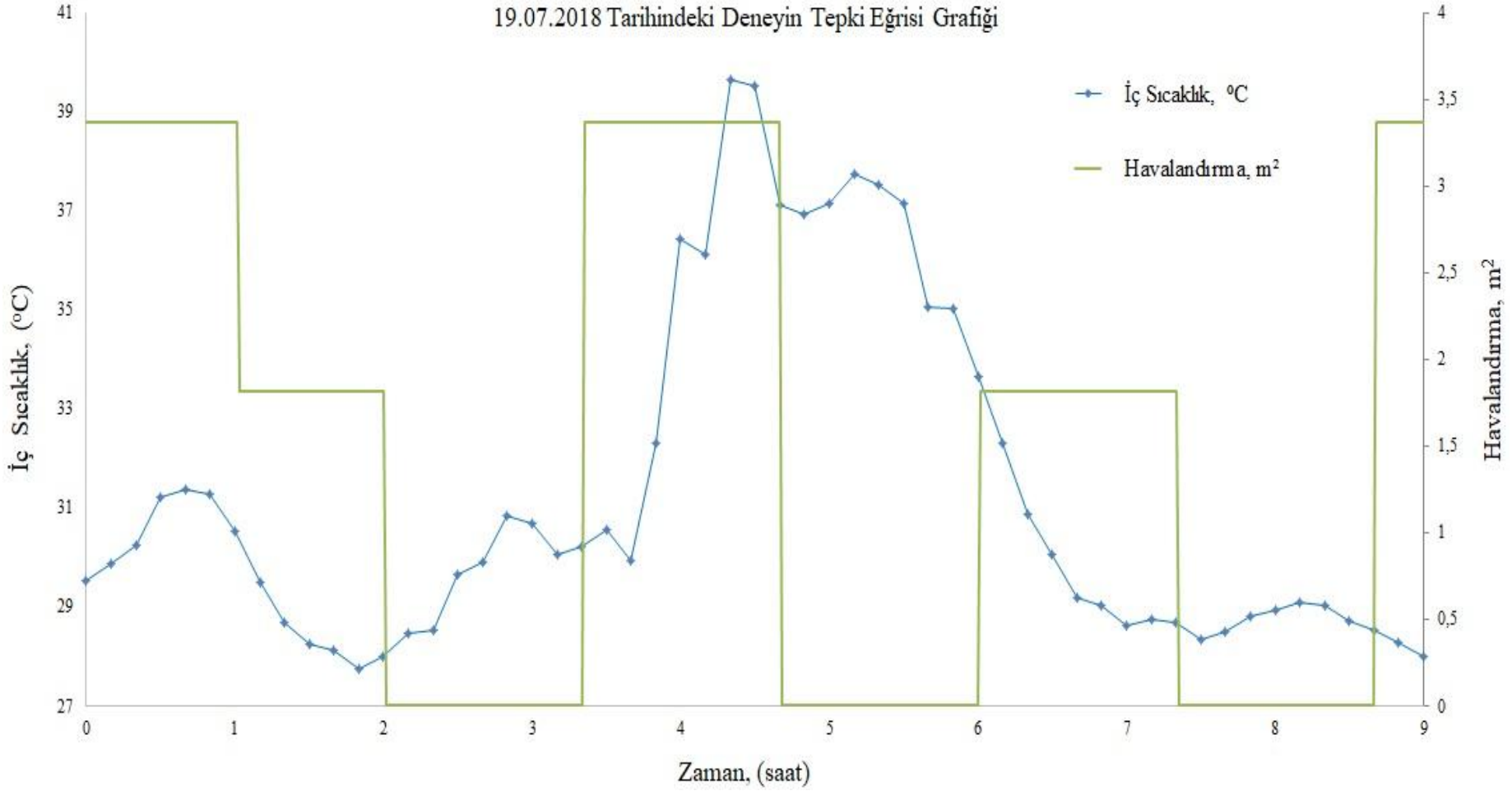
Şekil 4.b.13. İç Mutlak Nem & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (15.07.2018)



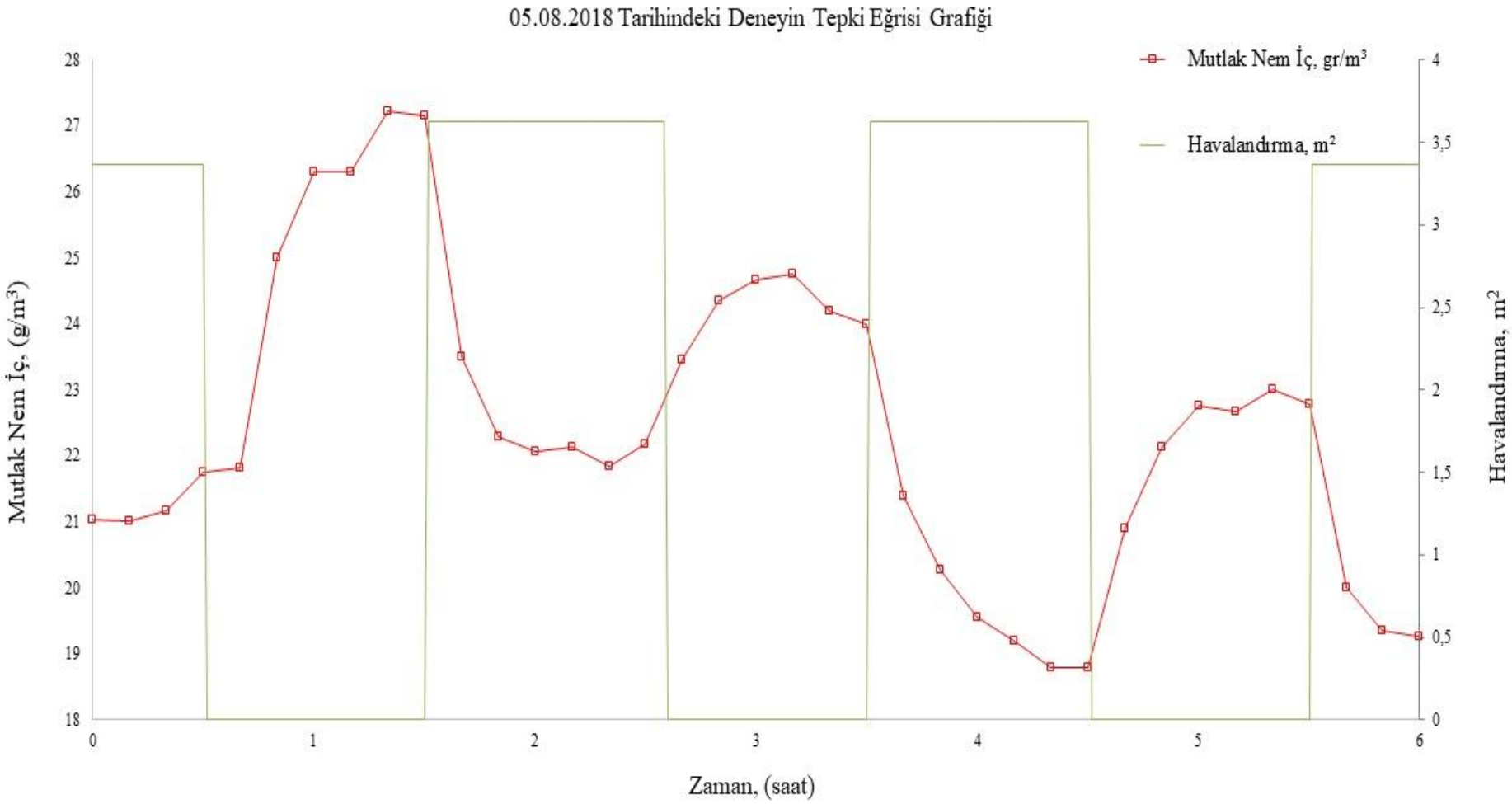
Şekil 4.b.14. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (15.07.2018)



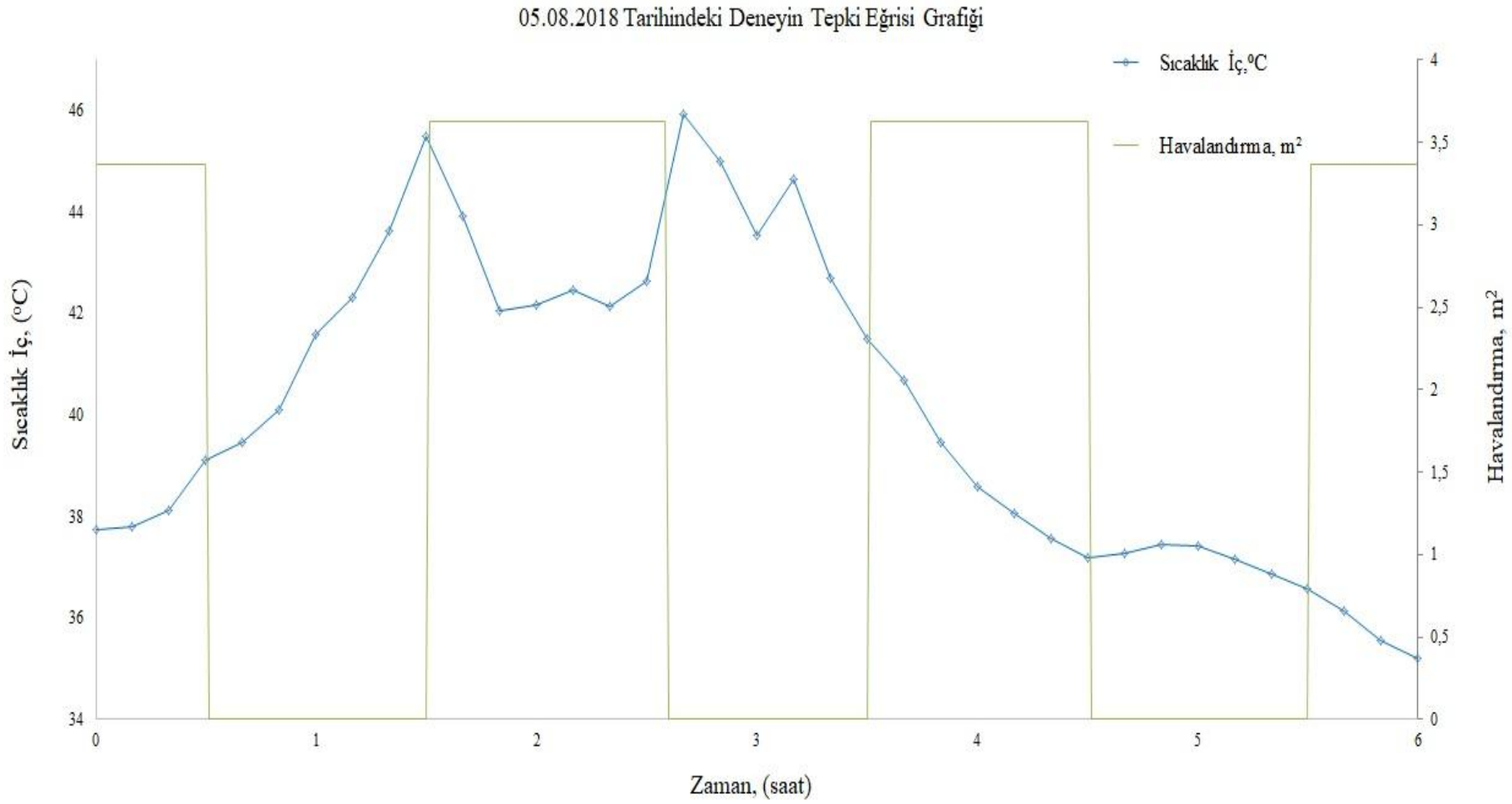
Şekil 4.b.15. Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (19.07.2018)



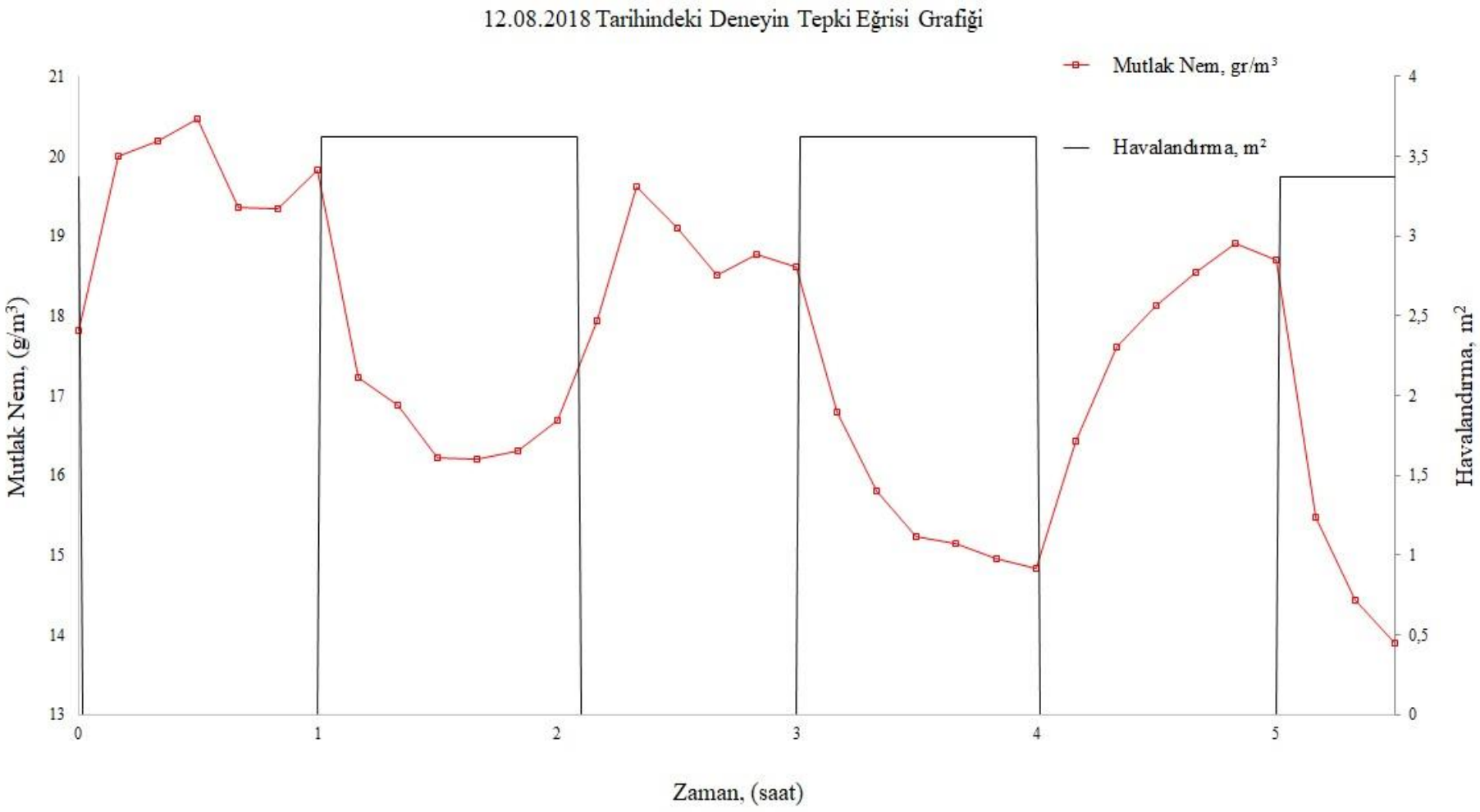
Şekil 4.b.16. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (19.07.2018)



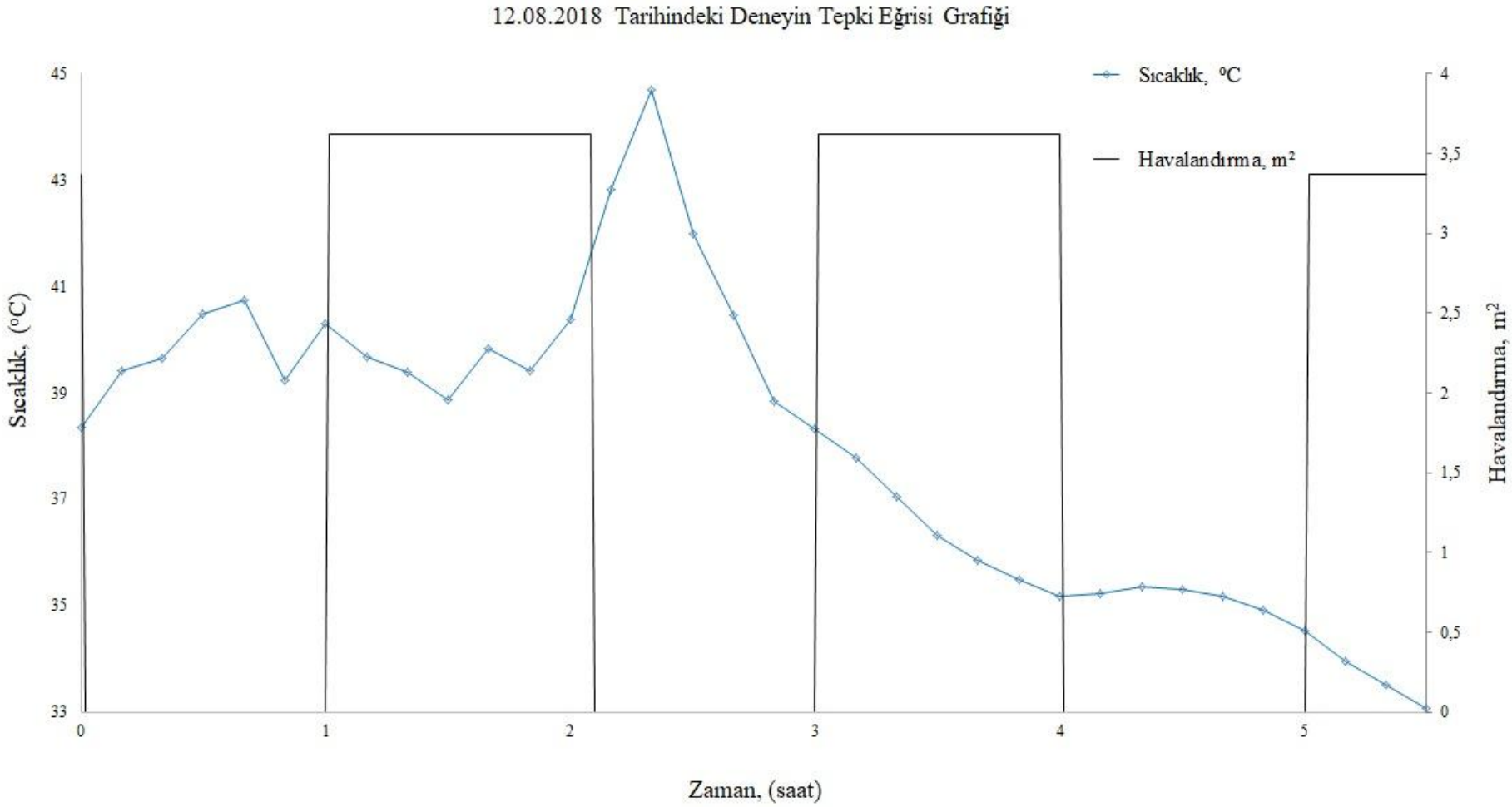
Şekil 4.b.17. Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3- m^2-h) grafiği (05.08.2018)



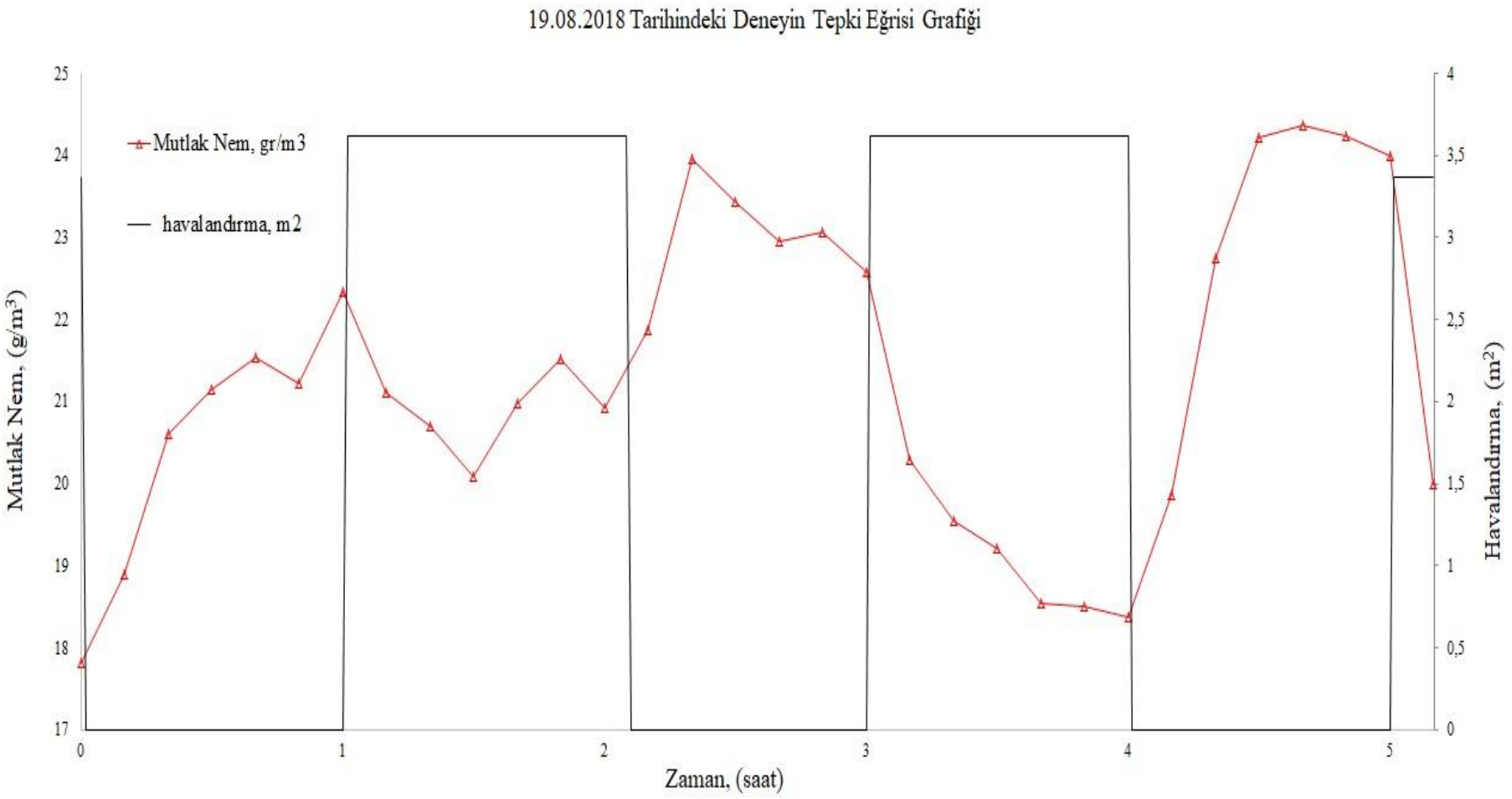
Şekil 4.b.18. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C- m^2-h) grafiği (05.08.2018)



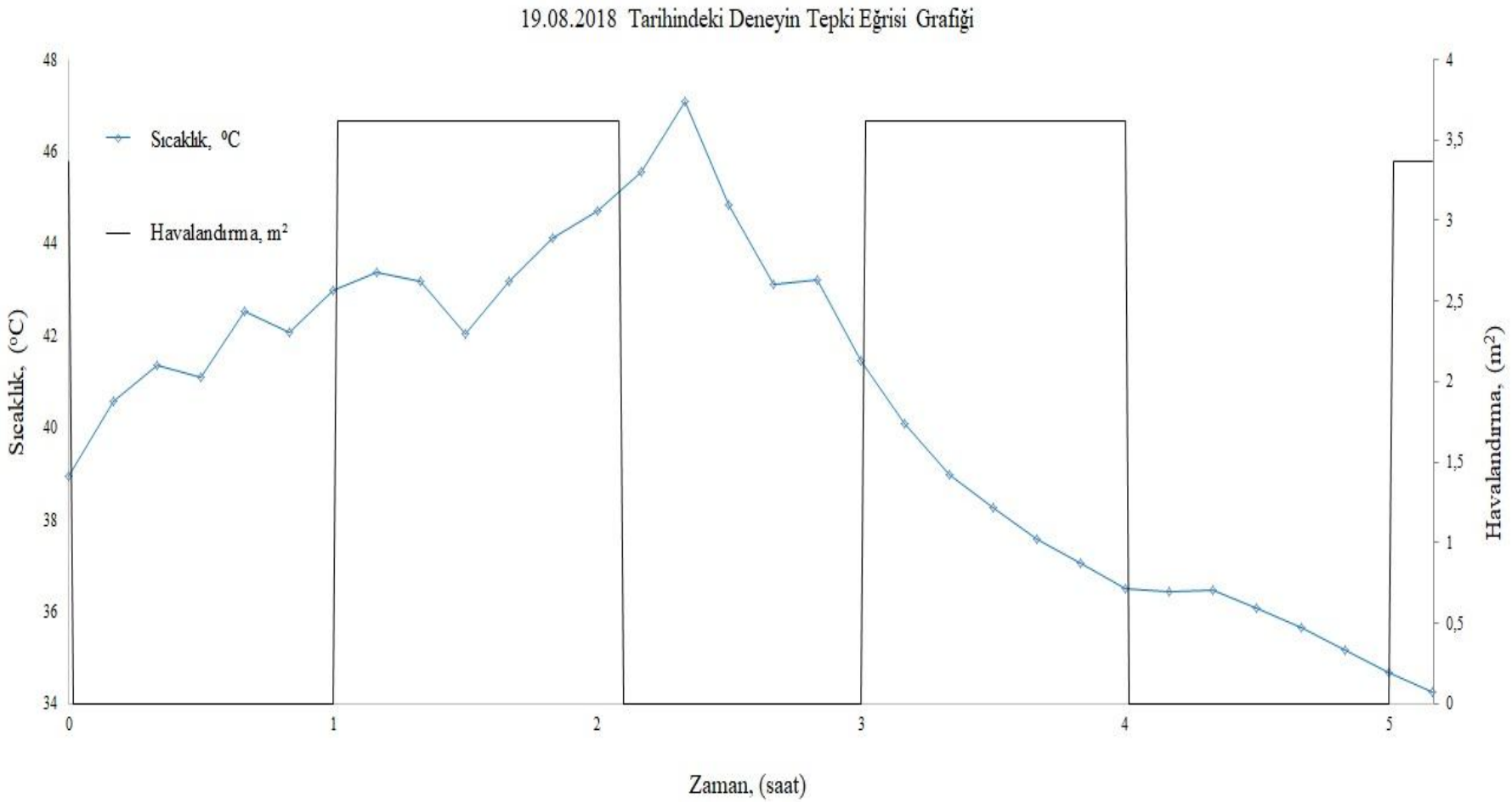
Şekil 4.b.19. Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3 -m^2-h) grafiği (12.08.2018)



Şekil 4.b.20. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C-m^2-h) grafiği (12.08.2018)



Şekil 4.b.21. Mutlak Nem İç & Havalandırma – Zaman (g/m^3-m^2-h) grafiği (19.08.2018)



Şekil 4.b.22. İç Sıcaklık & Havalandırma – Zaman (^{0} C-m^2-h) grafiği (19.08.2018)

4.3 19 Mart 2018 ile 18 Ağustos 2019 Tarihleri Arasında Yapılan Deney Akışı

Özetle, 19 Mart 2018 ile 18 Ağustos 2019 tarihleri arasında yapılan deney akışı şu şekilde olmuştur.

- İstanbul'un Fatih ilçesinde taban alanı 115,80 m^2 olan, içinde tropikal bitkiler ve sıcak su bitki havuzu bulunan, Venlo tip cam yağmur ormanı serası seçilmiştir.

- Yağmur ormanı serasının içine ve dışına 19 Mart 2018 tarihi itibarı ile sensor ve sensör modülleri yerleştirilmiş ve ölçüm verileri her on dakikada bir 7/24 sanal sunucuda biriktirilmeye başlanmıştır.

- Yağmur ormanı serasının üstüne yerleştirilen dış ortam (botanik dış - M2) sıcaklık, nem ve ışık şiddeti ölçüm modülünün okuduğu değerlerin seradan etkilendiği anlaşılmış, seradan etkilenmeyeceği ideal bir noktaya taşınmıştır. Botanik serasındaki dış sensör modülü daha uygun bir noktaya aktarıldı. Botanik dış (M2) modülü aynı zamanda gölge koşullarındaki ölçümü yapması için yağmur ormanı serasının yaklaşık 5,5 m ilerisinde bulunan bir Avokado ağacının dalına asılmıştır.

- Yağmur ormanı serasının geçiş bölümlerine diğer seraların yağmur ormanı serasının üzerindeki etkisini gözlemlemek için yağmur ormanı serasının geçiş kısımlarına iki sensör modülü daha eklenmiştir.

- Yağmur ormanı serasında kalorifer etkisinin ortadan kalkmasından sonraki denge durumunu anlamak için kaloriferlerin kapatılmasından sonra veriler belli bir süre hiçbir deney yapılmadan toplanmış ve incelenmiştir.

- Haziran ayında hiçbir deney yapılmamış, Temmuz ayından itibaren yağmur ormanı serasında tepki eğrisi deneyleri yapılmıştır.

- Yağmur ormanı serasından elde edilen verilerin şahite karşı normalize edilememesi nedeniyle şahitli deneyler yapılması ihtiyacının anlaşılmasından sonra Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde, 16,02 m^2 olan tabanı izole edilmiş plastik örtülü (PE) yarım silindirik çatılı iki özdeş yüksek tünel tipi faaliyete alınmıştır.

- Yüksek tünellerin içine ve dışına ışık, nem ve sıcaklık modüllerin yerleştirilmiş ve her dakikada bir 7/24 veriler toplanarak sanal sunucuda biriktirilmiştir.

- Yüksek tünellerden alınan ölçüm verilerine bakılarak ölü zamanların çok düşük olduğu (Güneş açtığında ya da bulut geldiğinde anında sıcaklık değerlerinin değişmesi gibi) ve örnekleme sıklığının yetersiz kaldığı anlaşılmış bunun üzerine örnekleme sıklığı her on saniyede bir yapılmaya başlanmıştır.

- Yüksek tünel II'de ışık şiddetinin, nem ve sıcaklık etkisini ölçmek için şahitli olarak gölgelendirme deneyleri yapılmış ve gölgelendirme tepki eğrileri elde edilmiştir.

- Yüksek tünel II'de mutlak nemin sıcaklık üzerindeki etkisini görmek için şahitli olarak kapı havalandırma deneyleri yapılmış havalandırma tepki eğrileri elde edilmiştir.

- Yüksek tünel II'de havuzlu deneyler yapabilmek için yüksek tünel II'ye havuz su sıcaklığını ölçen bir sıcaklık sensörü ve sensör modülü eklenmiştir.

- Yüksek tünel II'de yüzey alanı miktarının etkisini ölçmek için, taban alanı 6,0288 m^2 (% 37,63), su derinliği 14 cm olan su dolu havuzlar nem kaynağı olarak yüksek tünel II'ye yerleştirilmiş ve şahitli olarak etkisi incelenmiştir.

- Yüksek tünel II'de havuz yüzey alanı miktarının etkisini ölçmek için toplam taban alanı 7,7489 m^2 (% 48,37), su derinliği 14 cm olan su dolu havuzlar nem kaynağı olarak yüksek tünel II'ye yerleştirilmiş ve etkisi şahitli olarak incelenmiştir.

- Yüksek tünel II'de su yüzey alanının etkisini karşılaştırmak için, toplam taban alanı 7,7489 m^2 (% 48,37), su derinliği 14 cm olan su dolu havuzlar üzerinde şahitli olarak tepki eğrisi testleri yapılmıştır.

- Yüksek tünel II'de su kütlesinin etkisini karşılaştırmak için, toplam taban alanı 7,7489 m^2 (% 48,37), su derinliği 28 cm olan su dolu havuzların nem kaynağı olarak şahitli yüksek tünel II'ye yerleştirilmiş ve etkisi incelenmiştir.

- Yüksek tünel II'de toplam taban alanı 7,7489 m^2 (% 48,37), su derinliği 28 cm olan su dolu havuzlar üzerinde şahitli olarak tepki eğrisi testleri yapılmış ve bu veriler kazanç oranının hesaplanmasında kullanılmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada sıcaklık ile mutlak nem arasındaki kontrol edilebilirlik ilişkisi incelenmiştir. Sıcaklık ve mutlak nem aynı yönde artıp azaldıkları için birini azaltırken diğerini arttırmak matematiksel olarak oldukça karmaşık bir durum ortaya çıkarmaktadır. Gelişmiş model bazlı kontrol yöntemlerinin bu maksatla kullanılabilmesi için bu karmaşıklığın kontrol edilebilirlik açısından tanımlanması gerekmekteydi. Bu çalışma bu ihtiyacı karşılamak için yapılmıştır.

Çorlu lokasyonunda elde edilen veriler ve sonuçları:

Çorlu lokasyonundaki şahitli yüksek tünellerde yapılan şahitli testlerin grafikleri yukarıdadır. Elde edilen sonuçlardan;

$$\begin{vmatrix} \text{Mutlak Nem} \\ \text{Sıcaklık} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \text{Havalandırma} \\ \text{Işık} \end{vmatrix}$$

$K_{11} = - 0.1286$

$K_{12} = 2.5890 \times 10^{-6}$

$K_{21} = - 0.0109$

$K_{22} = 3.0896 \times 10^{-7}$

ve Lambda değeri 3,45 olarak bulunmuştur. Bu değer çok güçlü bir iç etkileşime işaret etmektedir.

Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi sera sistemi verileri ve sonuçları:

Çok karmaşık bir yapıya sahip olan ve içerdiği yüksek nem, içindeki havuzlar ve karmaşık tropikal bitki içeriği nedeniyle İstanbul Üniversitesi'ne bağlı Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi sera sisteminin dâhilinde yer alan yağmur ormanı serası bu çalışma için özellikle seçilmiş ve İstanbul Üniversitesi'nden temin edilen özel izin ile kullanılmıştır. Sera sisteminin içine ve dışına gelişmiş sensörler yerleştirilmiş ve ölçülen sıcaklık, nem ve ışık şiddeti verileri cep telefonu hatları üzerinden sanal bir sunucuya aktarılarak biriktirilmiştir. Veri toplama süreci 2018 yılı Mart ayından başlamak üzere bir yıldan fazla sürmüştür.

Toplanan verinin ilgili kısmı diğer araştırmacıların da kullanımına sunulabilmesi açısından bu çalışmanın ekinde rapor edilmiştir fakat bu çalışma kapsamında toplanmış olan verinin tamamı matematiksel modelleme ve analiz için kullanılmamıştır, kalorifer ısıtması yapılmayan Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları verileri kullanılmıştır.

Süreç tepki eğrisi yöntemi kullanılarak, kontrol edilen çıktılar olan sıcaklık ve mutlak nem ile manipule edilen girdiler olan ışık ve havalandırma arasındaki kazanç bağlantıları gözlenmiş fakat üzerinde çalışılan karmaşık sera sisteminin bir özdeşi mevcut olmadığı için normalize edilmiş bir kazanç matrisi elde edilmemiştir.

Sistemin çok yüksek iç etkileşimli karmaşık bir sistem olduğu görülmüştür. Gece saatlerinde sera sıcaklığının kontrolünün ışık şiddetinin ayarlanması yoluyla mümkün olamayacağı için, sera içi ile dışı arasındaki sıcaklık farkının gece saatlerinde de kontrol edilmesinin ancak havalandırmanın ayarlanması ve serada hapsedilmiş olan enerjinin korunması ile kısmen mümkün olabileceği görülmektedir fakat tek bir değişkenin ayarlanması ile hem sıcaklığın hem de nemin aynı anda kontrol edilebilmesi matematiksel olarak mümkün olmadığı için ışık şiddetinin sıfıra ulaştığı andan itibaren başka bir kontrol girdisine (örneğin ısıtmaya ihtiyaç) duyulması kaçınılmaz olmaktadır. Belli bir ışık şiddeti eşiği aşıldıktan sonra, ışık şiddeti artsa da sera içindeki sıcaklık değeri ile dışındaki sıcaklık değeri farkının sabit kaldığı gözlenmiştir. Aynı şekilde sera içindeki ve dışındaki entalpi değerleri arasındaki fark da sabit kalmaktadır. Sera içi sıcaklık değeri ile sera dışı sıcaklık değeri farkının en az olduğu sabah saatlerinden itibaren, bu farkın en yüksek olduğu öğle saatlerine ulaşılması süresince sera sisteminin entalpisinde sürekli bir artış gözlenmiştir fakat ışık şiddetinin azalmaya başlamasından itibaren bu artış azalışa dönüşmekte ve gece ile birlikte minimuma inmektedir. Sabah saatlerindeki fark sıfıra kadar ulaşmaktadır.

Yukarıdaki sonuçlar bize, karmaşık bir sera sisteminde sıcaklık ve mutlak nem ile ışık şiddeti ve havalandırma arasında çok güçlü bir iç etkileşimin olduğunu ve ancak aynı anda manipüle edilmeleri şartıyla sıcaklığın ışık şiddeti ve mutlak nemin de havalandırma ile kontrol edilebileceğini göstermektedir. Bu tür bir sistemin etkili kontrolü için çok değişkenli ve gelişmiş bir "model bazlı kontrol" algoritması tasarlanması ve kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada, iki özdeş yüksek tünel ile bir tropikal sera sistemi üzerinde süreç tepki eğrisi yöntemi uygulanmış ve kontrol edilen çıktılar olan sıcaklık ve mutlak nem ile manipule edilen girdiler olan ışık ve havalandırma oranı arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Çorlu'daki yüksek tünellerden elde edilen kazanç matrisi üzerinde Bristol's bağıl kazanç oranı analizi uygulanmış ve Lambda değerleri 3,45 bulunmuştur. Bu sonuca göre, incelenen sistemler çok yüksek iç etkileşimli karmaşık sistemlerdir fakat aynı anda manipüle edilmeleri şartıyla sıcaklığın ışık şiddeti ile mutlak nemin de havalandırma oranının manipulasyonu ile kontrol edilebilmeleri mümkündür. Işık şiddetinin minimuma ulaştığı gece saatlerinde bu şekilde bir kontrol edilebilirlik durumu matematiksel olarak ortadan kalkmaktadır.

Özetle, bu çalışmada sıcaklık ile mutlak nem arasındaki ilişki, şahitli testler ve karmaşık bir sera sistemi kullanılarak kontrol edilebilirlik açısından detaylı olarak incelenmiş, matematiksel olarak tanımlanmış, ve ileriki akademik çalışmalarda, özellikle de model bazlı gelişmiş kontrol algoritmalarının seraların kontrolü maksadıyla kullanılabilmesi için kullanılabilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu alanda, gelecekte, bu çalışmanın sonuçlarından da faydalanılarak gelişmiş model bazlı kontrol uygulamaları yapılabilir. Daha etkili ve başarılı sera kontrolü yapılmasını mümkün kılacak önemli bazı matematiksel tanımlamaları ortaya koymuş olmasından dolayı bu çalışmanın tarıma yapacağı katkı önemli olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Adams AW (1973). A Textbook of Physical Chemistry. Academic Press, 1079 p. New York, USA.

Akgül HN (2006). Bulanık Mantık Yardımıyla Doğal Havalandırma Yapılan Bir Serada, Sıcaklık Ve Bağıl Nem Kontrolünün Modellenmesi. Y. Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.

Akkuş B (2013). Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi Gezi Rehberi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, http://cdn.istanbul.edu.tr/statics/fen.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2013/07/botany2013.pdf (28.03.2019).

Anonim (2011). Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi Tarihçe ve Bitki Varlığı. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi,138, İstanbul.

Anonim (2018). İstanbul iklimine dair bilgiler. https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul. (18.04.2018)

Anonim (2019). İstanbul'a ait genel iklim verileri. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=ISTANBUL- (03.04.2019).

Anonim (2019). İstanbul hava alanında hava durumu arşivi. https://rp5.ru/%C4%B0stanbul_hava_alan%C4%B1nda_hava_durumu_ar%C5%9Fivi (04.04.2019).

Anonim (2019). Çorlu ilçesine ait genel iklim verileri. https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/tekirdag/corlu-7427/ (20.07.2019).

Anonim (2019). Çorlu iklimine dair bilgiler. https://tr.wikipedia.org/wiki/%25C3%2587orlu+&cd=5&hl=tr&ct=clnk&gl=tr (20.07.2019)

Anonim (2019). Sera nem, sıcaklık, ışık şiddeti data verileri takip programı sitesi. https://sera.uysan.com/login.php. (18.08.2019).

Anonim (2019). Çorlu hava alanında hava durumu arşivi. https://rp5.ru/Tekirda%C4%9F_hava_alan%C4%B1nda_hava_durumu_ar%C5%9Fivi_(METAR) (19.08.2019)

Atasoy ZD (2019). Türkiye'de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu. Tarım Ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlü, Akıllı Tarım Platformu.

Atia DM, El-madanay HT (2017). Analysis And Design Of Greenhouse Temperature Control Using Adaptive Neuro-Fuzzy İnference System. Journal of Electrical Systems and Information Technology, 4: 34-48.

Bodolan C, Costiuc L, Brătucu G (2015). A Theorethical Mathematical Model For Energy Balance In Greenhouses. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Romania, Series II, Vol.8 (57) No.2:71-76.

Bohren CF, Albrecht BA (1998). Atmospheric Thermodynamics. Oxford University Press, 416 p, New York, USA.

Bougrine H (2017). The Improvement Of Microclimate In Agricultural Greenhouses Using Diverse Solar Heating Systems. School Of Science And Engineering. Al Akhawayn University, Morocco.

Boyacı S, Akyüz A, Üstün S, Baytorun AN, Güğercin Ö (2017). Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 4(1): 89-95.

British Columbia Ministry of Agriculture (2015). Understanding Humidity Control in Greenhouses. Greenhouse factsheet. British Columbia, Canada. 8 p.

Buck AL (1981). New Equations for Computing Vapor Pressure and Enhancement Factor. The National Center for Atmosferic Research. American Meteorological Society. Vol. 20: 1527- 1532.

Chauhan PS, Kumar A, Gupta B (2016). A review on thermal models for greenhouse dryers. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews 75 (2017) 548–558.

Çalışkan İ (2005). Sürekli Karıştırmalı Polimerizasyon Reaktörüne Çok Girdili / Çok Çıktılı Modele Dayalı Kontrol Algoritmasının Uygulanması. Y. Lisans Tezi, Ankara Ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Druma AM (1998). Dynamic Climate Model Of A Greenhouse. Geothermal Training Programme. The United Nations University, Reykjavfk, Iceland.

Effat MB, Shafey HM, Nassib AM (2015). Solar Greenhouses Can Be Promising Candidate For CO2 Capture And Utilization: Mathematical Modeling. Int J Energy Environ Eng, 6:295-308.

Farris WG (1992). Ordinary Differential Equations.

Ferentinos KP, Arvanitis KG, Tantau, HJ, Sigrimis N (2006). Section 5.8 Special Aspects of IT for Greenhouse Cultivation. Chapter 5 Precision Agriculture in, CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology, 294-312.

Ghosal MK, Tiwari GN (2004). Mathematical Modeling For Greenhouse Heating By Using Thermal Curtain And Geothermal Energy. Solar Energy, 76:603-613.

Ghoulem M, Moueddeb EK, Nehdi E, Boukhanouf R, Calautit JK (2019). Greenhouse Design And Cooling Technologies For Sustainable Food Cultivaiton İn Hot Climates: Reviewof Current Practice And Future Status. Journal of Biosystems Engineering 183 (2019) 121-150.

González AP, Mendoza OB, León JR (2017). Modeling Of A Greenhouse Prototype Using PSO And Differential Evolution Algorithms Based On A Real-Time Labviewtm Application. Applied Soft Computing 62 (2018) 86–100.

Hocagil MM, Öztürk HH (2005). Seralarda Sıcaklık ve Bağıl Nem Kontrolü Üzerine Bir Araştırma. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 1(3): 255-261.

Kochhar A, Kumar N (2019). Wireless Sensör Networks For Greenhouses: An End-To-End Review. Journal of Computers and Electronics in Agriculture 163 (2019) 104877.

Küçüker O (2017). İstanbul Üniversitesi Biyolojik Bellek Koleksiyonları. Nobel Tıp Kitabevi. ISBN:978-605-335-355-3. 247s.İstanbul, Türkiye.

Kürklü A, Çağlayan N (2005). Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 18(1): 25-34.

Lawrence MG (2005). The Relationship Between Relative Humidity And Dew Point Temperature İn Moist Air: A Simple Conversion And Applications. Bulletin of the Am Meteorol. Soc. 2005; 86(2), 225-233.

Mao C, HongBo Y, Meng Z, Man C (2016). The Research of Control Method of Greenhouse Based on Global Variable Prediction Model. Chemical Engineering Transactions, Vol. 51: 277-282.

Matei M, Csatlos C (2014). Simulation Study Of The Humidity And Temperature Influence On Acrylamide Forming. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II, Vol. 7 (56) No.2 :71-76.

Mohammadi B, Ranjbar SF, Ajabshirchi Y (2018). Application Of Dynamic Model To Predict Some Inside Environment Variables In A Semi-Solar Greenhouse. Informatıon Processıng In Agrıculture 5 (2018) 279–288.

Monteith JL, Unsworth MH (2008). Principles of Environmental Physics. Third Ed. AP, 418p, Newyork, USA.

Moura S (2016). Chapter 1: Modeling And Systems Analysis. CE 295- Energy Systems and Control. University of California, Berkeley, p.20.

Nachidi M, Benzaouia A, Tadeo F (2006) Temperature And Humidity Control İn Greenhouses Using The Takagi-Sugeno Fuzzy Model. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Control Applications Munich, Germany, 2150-2154.

Polderman JW, Willems JC (1998) Introduction to the Mathematical Theory of Systems and Control. Business Media, 458, New York, USD.

Rodríguez F, Berenguel M, Guzman JL, Ramírez-Arias A (2015). The Greenhouse Dynamical System. Modeling and Control of Greenhouse Crop Growth, https://www.springer.com ISBN: 978-3-319-11133-9 Chapter 2. 9-97.

Öztürk HH (2008). Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık, ISBN 978-975-8377-64-0, İstanbul, Türkiye. 305s.

Sabatino F (2015). Quadrotor Control: Modeling, Nonlinear Control Design, And Simulation. MSci.Thesis, KTH Electrical Engineering, Stockholm, Sweden.

Shen Y, Wei R, Xu L (2018). Energy Consumption Prediction of a Greenhouse and Optimization of Daily Average Temperature. www.mdpi.com/journal/energies, Energies 2018, 11, 65; doi:10.3390/en11010065, 1-17.

Tetens O (1930). Über Einige Meteorologische Begriffe. Z. Geophys 6: 207-309.

Thomas Y (2017). Sustainable Greenhouse Design And Modeling. MSci.Thesis. Architectural Engineering and Environment Natural Resources University of Wyoming. Wyoming, USD.

Yüksel AN (2004). Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, ISBN 975-8377-09- 4, İstanbul,Türkiye. 287s.

Wagner W, Prub A (2002). The IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use. Journal of Physical and Chemical. 31 (2), 387-535.

Xiusheng Y (1988). Greenhouse Microclimate: Transport Processes, Plant Responses And Dynamic Modeling. Ph.D. Thesis, The Ohio State University, USD.

EKLER

Sayfa

EK 1- Yağmur ormanı serasında bulunan bazı tropik bitkilerin listesi…… 128

EK 2- Yağmur ormanı serasında deney yapılan 08.07.2018-19.08.2018 tarihleri arasındaki data verileri……. 130

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında İstanbul'da doğdu. 1997 yılında İstanbul Fatih Kâtip Çelebi İlköğretim Okulundan, 2001 yılında İstanbul Eminönü Cibali Lisesi Fen Bilimleri bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi bölümünü bitirdi. 2010 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Tarım Alet ve Makineleri Bölümünü birincilikle bitirdi. 2010 yılında girdiği dikey geçiş sınavında başarılı oldu ve Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde eğitimine devam ederek 2013 yılında bölümünü bölüm ikinciliği ile Onur Belgesi alarak bitirdi. 2012- 2014 yılları arasında Tübitak Projesi Lisans Öğrencisi olarak çalıştı. 2013 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı Tarımsal Yapılar Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

Resmi olarak iş hayatına 2003 yılında kurumsal bir firmada başlamış, 2008 yılına kadar devam etmiştir. Mesleki iş hayatına 2013 yılından itibaren başlamış, özel firmalarda sulama, drenaj ve biyolojik gölet sistemleri projelerinin tasarım ve uygulamalarını yürüterek Ziraat Mühendisi olarak çalışmıştır. Bazı sosyal sorumluluk projelerinde gönüllü olarak yer almakta, çeşitli sanatsal, kültürel faaliyetlerin yanında doğa sporları ile de aktif olarak ilgilenmektedir.

EK 1

Çizelge 7.1. Yağmur ormanı serasında bulunan bazı tropik bitkilerin listesi

NO	BİTKİ ADI	FAMİLYA	AÇIKLAMA
1	*Abutilon avicenna 'Brateht'*	Acanthaceae	Ayıpençesigiller
2	*Acacia curgearin*	Fabaceae	
3	*Acokanthera spectabilis*	Apocynaceae	
4	*Agavaceae earlyline 'Indivisa'*	Asparagaceae	
5	*Aglaonema commutatum*	Araceae	Çin herdem yeşili
6	*Allamanda cathartica*	Apocynaceae	Altın trompet
7	*Alpinia zerumbet*	Zingiberaceae	Zencefilgiller
8	*Aphelandra tetragona*	Acanthaceae	
9	*Asparagus falcatus* (Liliaceae)	Asparagaceae	Kuşkonmazgiller
10	*Athyrium filix*	Athyriaceae	Dişi eğrelti
11	*Calathea rufibarba*	Marantaceae	
12	*Calathea zebrina*	Marantaceae	Zebra çiçeği
13	*Canna gueralis*	Cannaceae	Kana çiçeği
14	*Coffea arabica L.*	Rubiaceae	Arap kahve ağacı
15	*Dracaena deremensis'Compacta' L.*	Asparagaceae	Kardeş kanı bitkisi
16	*Dizygotheca elegantissima*	Araliaceae	Sahte Aralya
17	*Dracaena draco (* Liliaceae)	Asparagaceae	Ejder kanı ağacı
18	*Dracaena marginata*	Asparagaceae	
19	*Duranta repens*	Verbenaceae	Mine çiçeğigiller
20	*Eichhornia crassipes*	Pontederiaceae	Su sümbülü
21	*Euphorbia leuconeura*	Euphorbiaceae	Sütleğengiller
22	*Ficus benjamina L. 'Star Light'*	Moraceae	Benjamin
23	*Ficus lyrata*	Moraceae	Kauçuk ağacı
24	*Ficus microarpa*	Moraceae	Çin banyanı
25	*Ficus nitida thunberg*	Moraceae	Sokak Benjamini
26	*Ficus lyrata*	Moraceae	Pandura Kauçuğu
27	*Grevillea robusta*	Proteaceae	Fırça ağacı
28	*Guzmania lindenil*	Bromeliaceae	Ananasgiller
29	*Guzmania minor*	Bromeliaceae	Kırmızı yıldız
30	*Haematoxylum campechianum*	Fabaceae	Bakkam ağacı
31	*Hamelia patens Jacq.*	Rubiaceae	Firebush
32	*Heliconia aurantiaca*	Heliconiaceae	Sahte cennet kuşu
33	*Heliconia bihai*	Heliconiaceae	Yabani muz
34	*Hedychium coccineum*	Zingiberaceae	Zencefil zambağı
35	*Hibiscus hamabo*	Malvaceae	
36	*Hibiscus rosa sinensis 'Regia'*	Malvaceae	Çin gülü
37	*Hibiscus tibereus*	Malvaceae	Ebegümeci
38	*Hypoestes phyllostachya*	Acanthaceae	Hostes çiçeği

EK 1

Çizelge 7.1. Yağmur Ormanı Serası'nda bulunan bazı tropik bitkiler (devamı)

NO	BİTKİ ADI	FAMİLYA	AÇIKLAMA
39	*Licuala grandis*	Arecaceae	Yelpaze palmiyesi
40	*Musa enseta Bruce*	Musaceae	Muzgiller
41	*Monstra delicosa*	Araceae	Deve tabanı
42	*Nymphaea alba L.*	Nymphaeaceae	Beyaz nilüfer
43	*Nymphaea rubra*	Nymphaeaceae	Kırmızı nilüfer
44	*Philodendron tripartita*	Arecaceae	Palmiyegiller
45	*Pistia stratiotes*	Araceae	Su marulu
46	*Piper crotaum*	Piperaceae	Karabibergiller
47	*Polygonaceae homo*	Selaginellaceae	Selaginler
48	*Polypodium vulgare L.*	Polypodaceae	
49	*Ravenala madagascariensis*	Strelitziaceae	Seyyah palmiyesi
50	*Selaginella dentrcudasta*	Selaginellaceae	Selaginler
51	*Stromanthe sanguinea*	Marantaceae	
52	*Solanum S. glaucophyllum*	Solanaceae	Patlıcangiller
53	*Syngonium podophyllum*	Araceae	Ok başı sarmaşığı
54	*Zamioculcas zamiifolia*	Araceae	Zambia bitkisi

EK 2

Çizelge 7.2. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 1- 08.07.2018 tarihli ölçüm verileri

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 1							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 14:40			Bitiş: 17:40		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 - DIŞ SENSÖR			M1 - İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
70	08.07.2018 14:30:09	30,64	53,19	209	46,24	27,57	2652
71	08.07.2018 14:40:09	30,17	54,21	203	43,06	29,76	1995
72	08.07.2018 14:50:09	30,48	53,94	209	44,14	33,49	1832
73	08.07.2018 15:00:09	30,36	53,59	202	43,44	36,10	1500
74	08.07.2018 15:10:09	30,07	54,09	82	42,00	37,93	676
75	08.07.2018 15:20:09	29,81	54,11	188	40,96	39,45	1236
76	08.07.2018 15:30:09	30,00	53,87	189	40,81	39,97	1092
77	08.07.2018 15:40:09	29,91	54,00	181	40,50	40,27	978
78	08.07.2018 15:50:09	29,96	53,86	183	39,97	37,83	917
79	08.07.2018 16:00:09	29,66	54,76	189	38,69	37,18	891
80	08.07.2018 16:10:09	29,83	53,83	199	38,21	37,78	1010
81	08.07.2018 16:20:09	28,82	56,98	185	36,85	38,95	1246
82	08.07.2018 16:30:09	28,80	58,21	160	36,21	41,02	785
83	08.07.2018 16:40:09	29,13	58,03	154	36,10	41,33	733
84	08.07.2018 16:50:09	29,34	57,25	140	36,46	44,13	630
85	08.07.2018 17:00:09	29,26	56,98	164	36,80	46,33	605
86	08.07.2018 17:10:09	29,16	55,82	140	37,14	46,60	621
87	08.07.2018 17:20:09	28,99	55,89	122	37,11	47,05	496
88	08.07.2018 17:30:09	28,67	55,68	111	36,83	47,81	595
89	08.07.2018 17:40:09	28,43	56,18	103	36,45	48,46	410
90	08.07.2018 17:50:09	28,38	56,90	16	36,15	41,85	177

EK 2

Çizelge 7.2. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 1- 08.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 1							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 14:40			Bitiş: 17:40		
	Deney süresi: 60 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
70	08.07.2018 14:30:09	39,22	37,07	374	39,61	33,06	862
71	08.07.2018 14:40:09	39,08	35,95	380	39,09	32,43	890
72	08.07.2018 14:50:09	39,06	38,77	420	40,63	32,55	964
73	08.07.2018 15:00:09	39,20	40,77	422	42,40	30,68	948
74	08.07.2018 15:10:09	38,98	41,45	240	43,00	29,54	420
75	08.07.2018 15:20:09	38,79	41,91	416	43,39	28,64	945
76	08.07.2018 15:30:09	38,91	42,02	412	43,83	27,65	975
77	08.07.2018 15:40:09	38,89	41,80	359	44,46	27,01	955
78	08.07.2018 15:50:09	38,88	40,14	319	45,06	26,37	978
79	08.07.2018 16:00:09	38,41	38,21	281	45,25	25,86	1006
80	08.07.2018 16:10:09	38,09	38,61	278	45,65	25,33	1067
81	08.07.2018 16:20:09	37,21	39,15	240	44,72	25,3	1048
82	08.07.2018 16:30:09	36,63	41,59	201	44,36	26,37	1006
83	08.07.2018 16:40:09	36,62	42,35	186	44,72	26,29	992
84	08.07.2018 16:50:09	36,72	43,02	158	45,22	25,91	924
85	08.07.2018 17:00:09	36,77	44,86	137	45,58	25,58	973
86	08.07.2018 17:10:09	36,88	45,59	121	45,87	24,76	948
87	08.07.2018 17:20:09	36,86	45,8	109	46,07	24,08	933
88	08.07.2018 17:30:09	36,77	46,00	100	45,83	23,65	912
89	08.07.2018 17:40:09	36,58	46,23	91	45,85	23,54	887
90	08.07.2018 17:50:09	36,48	38,83	36	43,13	24,07	366

EK 2

Çizelge 7.3. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 2- 15.07.2018 tarihli ölçüm verileri

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 2							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 10:52			Bitiş: 17:40		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
47	15.07.2018 10:40:06	29,49	59,02	92	33,68	54,79	590
48	15.07.2018 10:50:05	29,54	58,06	98	34,07	53,71	642
49	15.07.2018 11:00:06	29,87	56,62	99	34,52	52,99	694
50	15.07.2018 11:10:06	29,95	56,33	101	34,77	52,22	765
51	15.07.2018 11:20:06	29,95	57,01	101	34,96	53,15	826
52	15.07.2018 11:30:06	30,12	55,94	106	35,30	51,90	911
53	15.07.2018 11:40:05	29,97	56,21	112	35,48	51,71	1013
54	15.07.2018 11:50:06	29,93	55,55	114	35,35	48,63	1121
55	15.07.2018 12:00:06	29,94	57,49	119	35,34	48,13	1267
56	15.07.2018 12:10:06	30,16	57,38	122	35,69	47,99	1485
57	15.07.2018 12:20:06	30,31	57,48	128	36,19	46,97	1799
58	15.07.2018 12:30:06	30,16	56,66	135	36,58	45,57	2414
59	15.07.2018 12:40:06	30,47	56,44	141	37,04	44,47	5159
60	15.07.2018 12:50:05	30,46	56,34	151	37,97	47,58	4399
61	15.07.2018 13:00:05	30,70	53,96	151	39,65	46,07	10265
62	15.07.2018 13:10:05	30,85	54,80	160	42,28	41,68	23047
63	15.07.2018 13:20:06	31,07	54,21	168	43,26	40,33	6378
64	15.07.2018 13:30:05	31,06	53,27	182	41,74	41,4	20656
65	15.07.2018 13:40:05	30,92	51,76	184	45,29	36,71	38594
66	15.07.2018 13:50:06	31,31	50,22	186	47,70	29,53	41385
67	15.07.2018 14:00:06	31,19	49,90	189	46,95	27,22	7071
68	15.07.2018 14:10:06	31,14	48,72	195	44,87	30,7	28436
69	15.07.2018 14:20:06	31,12	49,26	183	47,87	26,37	15824
70	15.07.2018 14:30:05	31,06	47,21	201	46,87	25,85	4021
71	15.07.2018 14:40:05	31,12	48,58	191	43,93	28,60	2426
72	15.07.2018 14:50:05	31,19	48,25	195	43,04	34,68	1982
73	15.07.2018 15:00:06	30,87	46,82	196	42,73	34,90	1610
74	15.07.2018 15:10:06	30,86	47,12	188	41,45	34,22	1348
75	15.07.2018 15:20:06	31,07	46,73	187	40,53	37,58	1196
76	15.07.2018 15:30:06	31,04	45,87	187	40,13	37,92	1076
77	15.07.2018 15:40:06	31,08	46,77	173	39,91	38,74	966
78	15.07.2018 15:50:06	30,93	46,41	173	39,27	34,30	902
79	15.07.2018 16:00:06	30,93	46,10	170	38,63	33,96	872
80	15.07.2018 16:10:06	30,68	48,39	170	38,17	35,29	780
81	15.07.2018 16:20:06	30,69	47,49	162	37,77	35,60	748
82	15.07.2018 16:30:06	30,37	48,42	151	37,34	36,96	694
83	15.07.2018 16:40:06	30,24	49,43	146	36,83	37,84	638

EK 2

Çizelge 7.3. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 2- 15.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 2							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 10:52			Bitiş: 17:40		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
84	15.07.2018 16:50:05	30,17	48,88	138	36,96	42,31	593
85	15.07.2018 17:00:06	30,18	48,46	128	37,13	43,44	562
86	15.07.2018 17:10:06	30,05	47,27	122	37,06	43,47	571
87	15.07.2018 17:20:06	29,94	48,43	114	36,80	43,14	483
88	15.07.2018 17:30:06	29,68	47,23	102	36,61	45,43	527
89	15.07.2018 17:40:06	29,56	46,52	91	36,26	46,27	403
90	15.07.2018 17:50:06	29,48	47,28	86	35,95	38,79	368
KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 2							
		M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
47	15.07.2018 10:40:06	33,34	53,02	191	34,22	48,78	249
48	15.07.2018 10:50:05	33,61	52,06	210	34,82	47,48	282
49	15.07.2018 11:00:06	33,97	52,33	227	35,48	45,91	320
50	15.07.2018 11:10:06	34,24	50,41	259	36,16	44,46	354
51	15.07.2018 11:20:06	34,47	51,32	300	36,78	42,92	400
52	15.07.2018 11:30:06	34,83	49,52	366	37,62	41,75	447
53	15.07.2018 11:40:05	34,94	48,72	504	38,24	40,27	478
54	15.07.2018 11:50:06	34,60	45,37	487	38,77	39,31	523
55	15.07.2018 12:00:06	34,40	45,14	484	39,36	38,39	545
56	15.07.2018 12:10:06	34,57	45,14	537	39,98	37,78	572
57	15.07.2018 12:20:06	34,62	45,37	474	40,54	36,70	557
58	15.07.2018 12:30:06	34,55	44,97	486	40,88	35,43	612
59	15.07.2018 12:40:06	34,52	45,07	495	41,13	34,80	632
60	15.07.2018 12:50:05	35,13	47,86	536	41,42	34,56	637
61	15.07.2018 13:00:05	35,88	46,49	564	41,69	33,03	665
62	15.07.2018 13:10:05	36,24	45,15	505	41,95	32,19	694
63	15.07.2018 13:20:06	36,49	45,85	461	42,36	31,88	703
64	15.07.2018 13:30:05	36,61	45,82	424	42,29	30,94	739
65	15.07.2018 13:40:05	36,64	43,05	410	42,47	30,43	752
66	15.07.2018 13:50:06	36,70	36,87	426	41,81	29,88	772
67	15.07.2018 14:00:06	36,44	38,38	444	41,30	29,45	783
68	15.07.2018 14:10:06	37,35	37,99	473	40,77	30,34	808
69	15.07.2018 14:20:06	37,27	38,22	511	40,92	29,08	820
70	15.07.2018 14:30:05	37,37	34,43	535	40,88	29,20	837

EK 2

Çizelge 7.3. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 2- 15.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 2							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 10:52			Bitiş: 17:40		
	Deney süresi: 60 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
71	15.07.2018 14:40:05	37,25	37,02	566	41,11	28,92	852
72	15.07.2018 14:50:05	37,70	39,18	614	42,32	28,41	884
73	15.07.2018 15:00:06	37,86	38,34	657	43,20	26,68	901
74	15.07.2018 15:10:06	37,81	36,98	698	43,56	25,41	905
75	15.07.2018 15:20:06	37,93	38,28	729	44,13	25,45	927
76	15.07.2018 15:30:06	38,20	38,13	748	44,84	24,24	938
77	15.07.2018 15:40:06	38,35	39,70	739	45,22	24,31	946
78	15.07.2018 15:50:06	37,82	33,54	727	45,58	23,45	961
79	15.07.2018 16:00:06	37,42	35,58	676	45,89	23,05	964
80	15.07.2018 16:10:06	37,46	36,80	592	45,95	22,87	975
81	15.07.2018 16:20:06	37,30	35,5	546	46,33	22,61	967
82	15.07.2018 16:30:06	37,45	37,95	496	46,22	22,35	964
83	15.07.2018 16:40:06	37,54	37,96	460	46,22	22,35	964
84	15.07.2018 16:50:05	37,64	39,48	439	46,50	22,02	962
85	15.07.2018 17:00:06	37,66	40,64	364	46,88	21,80	949
86	15.07.2018 17:10:06	37,41	39,16	313	47,05	21,35	939
87	15.07.2018 17:20:06	37,05	41,87	282	47,10	21,08	936
88	15.07.2018 17:30:06	36,89	42,20	252	46,67	20,65	925
89	15.07.2018 17:40:06	36,59	42,53	231	46,68	20,00	909
90	15.07.2018 17:50:06	36,48	34,91	208	44,18	19,96	866

EK 2

Çizelge 7.4. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 3- 19.07.2018 tarihli ölçüm verileri

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 3							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 11:01			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
48	19.07.2018 10:50:02	27,21	58,41	49	31,29	56,44	470
49	19.07.2018 11:00:02	26,39	57,94	33	30,53	56,76	240
50	19.07.2018 11:10:02	25,96	59,38	46	29,50	57,31	562
51	19.07.2018 11:20:02	25,99	60,70	42	28,69	59,11	362
52	19.07.2018 11:30:02	25,99	60,43	48	28,24	61,43	729
53	19.07.2018 11:40:02	26,22	61,46	52	28,11	61,13	424
54	19.07.2018 11:50:02	26,02	61,76	46	27,76	61,81	974
55	19.07.2018 12:00:02	26,19	61,37	39	27,99	62,87	525
56	19.07.2018 12:10:02	26,40	60,46	38	28,46	66,60	429
57	19.07.2018 12:20:02	26,24	60,22	81	28,52	69,07	1189
58	19.07.2018 12:30:02	26,87	58,96	56	29,65	68,50	822
59	19.07.2018 12:40:02	26,84	59,45	117	29,90	68,09	3141
60	19.07.2018 12:50:02	27,30	58,51	160	30,85	67,45	3463
61	19.07.2018 13:00:02	27,26	58,19	68	30,69	67,18	757
62	19.07.2018 13:10:02	27,37	56,46	59	30,06	68,04	772
63	19.07.2018 13:20:02	27,46	56,58	157	30,22	68,18	4600
64	19.07.2018 13:30:02	27,61	56,73	58	30,55	62,47	819
65	19.07.2018 13:40:02	27,16	58,68	51	29,93	62,26	536
66	19.07.2018 13:50:02	27,42	58,32	208	32,31	58,01	38372
67	19.07.2018 14:00:02	28,19	57,79	198	36,44	50,66	7190
68	19.07.2018 14:10:02	28,56	56,63	223	36,10	49,78	16674
69	19.07.2018 14:20:02	28,99	55,57	76	39,64	43,82	1657
70	19.07.2018 14:30:02	28,85	55,01	91	39,53	42,52	1542
71	19.07.2018 14:40:02	28,47	54,97	236	37,11	45,06	2638
72	19.07.2018 14:50:02	28,89	54,50	198	36,93	49,78	2394
73	19.07.2018 15:00:02	29,02	54,30	198	37,16	51,03	1887
74	19.07.2018 15:10:02	29,01	55,57	225	37,75	50,32	1664
75	19.07.2018 15:20:02	29,45	54,57	199	37,52	51,29	1738
76	19.07.2018 15:30:02	29,27	53,89	52	37,14	52,03	693
77	19.07.2018 15:40:02	28,15	55,45	165	35,04	54,57	1459
78	19.07.2018 15:50:02	28,62	54,44	51	35,01	55,04	711
79	19.07.2018 16:00:02	27,84	55,94	43	33,66	56,15	862
80	19.07.2018 16:10:02	27,46	56,53	22	32,32	54,55	337
81	19.07.2018 16:20:02	27,10	58,23	18	30,87	55,25	219
82	19.07.2018 16:30:02	26,69	59,81	16	30,06	56,56	229
83	19.07.2018 16:40:02	25,75	63,54	38	29,18	60,25	480
84	19.07.2018 16:50:02	25,88	64,80	42	29,02	63,29	568

EK 2

Çizelge 7.4. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 3- 19.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 3							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 11:01			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
85	19.07.2018 17:00:02	25,95	63,47	28	28,62	62,60	395
86	19.07.2018 17:10:02	26,11	63,90	51	28,74	64,57	444
87	19.07.2018 17:20:02	26,12	62,54	11	28,70	64,60	127
88	19.07.2018 17:30:02	26,15	61,62	25	28,34	64,82	404
89	19.07.2018 17:40:02	26,51	60,79	37	28,50	66,61	271
90	19.07.2018 17:50:02	26,78	60,33	29	28,80	67,01	370
91	19.07.2018 18:00:02	26,78	59,90	34	28,94	67,70	475
92	19.07.2018 18:10:02	27,11	58,37	29	29,08	67,73	402
93	19.07.2018 18:20:02	27,10	58,79	18	29,04	67,41	189
94	19.07.2018 18:30:02	26,87	58,83	17	28,72	67,79	144
95	19.07.2018 18:40:02	26,93	58,68	16	28,52	68,56	133
96	19.07.2018 18:50:02	26,73	61,07	11	28,28	67,63	116
97	19.07.2018 19:00:02	26,35	62,98	9	28,01	64,90	99
KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 3							
		M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
48	19.07.2018 10:50:02	31,78	57,68	174	32,34	49,50	186
49	19.07.2018 11:00:02	31,41	57,94	101	32,14	49,03	148
50	19.07.2018 11:10:02	30,71	54,76	127	31,69	48,18	199
51	19.07.2018 11:20:02	28,53	70,49	117	31,59	47,84	171
52	19.07.2018 11:30:02	27,31	73,11	233	31,41	47,62	231
53	19.07.2018 11:40:02	27,54	75,36	139	31,5	47,90	191
54	19.07.2018 11:50:02	27,60	72,60	214	31,3	48,22	219
55	19.07.2018 12:00:02	27,98	70,11	145	31,23	47,70	204
56	19.07.2018 12:10:02	28,48	66,52	184	31,33	47,31	178
57	19.07.2018 12:20:02	28,69	67,35	474	31,12	47,25	388
58	19.07.2018 12:30:02	29,39	69,52	217	31,75	46,63	248
59	19.07.2018 12:40:02	29,72	68,39	544	31,94	45,85	620
60	19.07.2018 12:50:02	30,23	67,61	599	32,61	45,49	627
61	19.07.2018 13:00:02	30,42	67,22	362	32,86	44,96	296
62	19.07.2018 13:10:02	30,20	63,03	325	32,74	43,56	288
63	19.07.2018 13:20:02	30,21	60,17	584	32,91	43,02	640
64	19.07.2018 13:30:02	30,56	61,31	302	32,87	44,16	280
65	19.07.2018 13:40:02	30,37	61,62	214	32,30	45,40	269

EK 2

Çizelge 7.4. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 3- 19.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 3							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 11:01			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
66	19.07.2018 13:50:02	30,61	60,33	574	32,45	46,10	875
67	19.07.2018 14:00:02	31,61	60,58	675	33,32	45,56	902
68	19.07.2018 14:10:02	32,63	58,55	744	34,33	44,33	958
69	19.07.2018 14:20:02	33,35	57,15	368	35,28	42,69	416
70	19.07.2018 14:30:02	33,99	53,46	406	35,97	41,12	439
71	19.07.2018 14:40:02	33,91	52,80	708	35,81	40,25	951
72	19.07.2018 14:50:02	34,29	53,73	833	36,72	38,47	968
73	19.07.2018 15:00:02	34,53	55,19	716	37,86	37,15	926
74	19.07.2018 15:10:02	35,05	54,41	847	38,60	35,77	988
75	19.07.2018 15:20:02	35,60	54,49	887	39,88	35,13	1012
76	19.07.2018 15:30:02	35,88	53,38	239	40,37	33,42	305
77	19.07.2018 15:40:02	34,88	53,63	655	39,25	33,46	829
78	19.07.2018 15:50:02	34,85	53,99	196	39,17	33,08	308
79	19.07.2018 16:00:02	33,96	54,60	217	38,06	33,81	247
80	19.07.2018 16:10:02	33,01	53,22	95	36,98	34,74	136
81	19.07.2018 16:20:02	32,11	51,06	68	35,82	36,24	102
82	19.07.2018 16:30:02	31,38	54,24	98	34,61	37,79	129
83	19.07.2018 16:40:02	30,63	59,71	185	33,43	40,96	223
84	19.07.2018 16:50:02	30,41	62,40	265	33,08	43,37	230
85	19.07.2018 17:00:02	30,01	62,51	169	32,77	44,82	226
86	19.07.2018 17:10:02	30,21	62,19	262	32,93	45,56	399
87	19.07.2018 17:20:02	30,12	63,04	66	32,94	45,67	91
88	19.07.2018 17:30:02	29,85	61,52	168	32,53	45,22	192
89	19.07.2018 17:40:02	29,85	62,39	138	32,39	44,71	268
90	19.07.2018 17:50:02	30,16	62,15	180	32,67	44,48	194
91	19.07.2018 18:00:02	30,20	63,06	206	32,47	44,11	212
92	19.07.2018 18:10:02	30,23	63,68	170	32,28	43,56	173
93	19.07.2018 18:20:02	30,20	63,88	77	32,10	43,93	109
94	19.07.2018 18:30:02	30,02	63,56	79	31,72	43,97	115
95	19.07.2018 18:40:02	29,93	63,45	72	31,34	44,26	107
96	19.07.2018 18:50:02	29,76	61,71	52	30,96	45,87	79
97	19.07.2018 19:00:02	29,54	59,15	40	30,47	47,60	70

EK 2

Çizelge 7.5. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 4- 22.07.2018 tarihli ölçüm verileri

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 4							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 15:10			Bitiş: 20:31		
	Deney süresi: 80 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
73	22.07.2018 15:00:05	28,58	64,72	149	37,63	51,78	1646
74	22.07.2018 15:10:05	28,88	62,61	151	38,19	50,05	1386
75	22.07.2018 15:20:05	28,99	62,36	153	37,51	48,50	1197
76	22.07.2018 15:30:05	29,19	61,20	156	36,81	48,00	1077
77	22.07.2018 15:40:05	29,47	59,63	161	36,68	47,87	986
78	22.07.2018 15:50:05	29,8	58,67	157	36,40	47,54	903
79	22.07.2018 16:00:05	29,98	58,24	160	36,30	47,76	846
80	22.07.2018 16:10:05	30,21	58,50	159	36,21	47,63	782
81	22.07.2018 16:20:05	30,37	56,63	158	36,14	48,15	738
82	22.07.2018 16:30:05	30,54	54,39	167	35,90	46,46	708
83	22.07.2018 16:40:05	30,81	53,49	141	35,82	46,34	657
84	22.07.2018 16:50:05	30,84	53,78	150	35,78	46,69	600
85	22.07.2018 17:00:05	30,57	52,97	127	35,55	46,76	561
86	22.07.2018 17:10:05	30,52	53,45	117	35,29	47,34	531
87	22.07.2018 17:20:05	30,12	53,82	100	34,91	47,31	505
88	22.07.2018 17:30:05	30,31	53,99	93	34,69	47,77	449
89	22.07.2018 17:40:05	30,31	55,57	76	34,66	49,07	409
90	22.07.2018 17:50:05	30,05	56,11	72	34,67	50,83	375
91	22.07.2018 18:00:05	29,54	57,79	63	34,55	52,26	342
92	22.07.2018 18:10:05	29,6	58,54	55	34,54	54,28	310
93	22.07.2018 18:20:05	29,57	60,71	49	34,42	56,24	282
94	22.07.2018 18:30:05	29,33	59,91	44	34,19	57,53	257
95	22.07.2018 18:40:05	29,24	60,37	38	33,95	59,05	232
96	22.07.2018 18:50:05	29,15	60,19	32	33,67	60,43	208
97	22.07.2018 19:00:05	28,99	61,65	29	33,35	61,65	187
98	22.07.2018 19:10:05	28,98	61,48	23	33,03	62,13	155
99	22.07.2018 19:20:05	28,8	60,33	20	32,57	62,13	128
100	22.07.2018 19:30:05	28,63	60,39	14	31,96	61,65	99
101	22.07.2018 19:40:05	28,1	65,09	9	31,29	61,56	69
102	22.07.2018 19:50:05	27,65	68,17	6	30,72	63,22	51
103	22.07.2018 20:00:05	27,24	69,82	3	30,13	64,83	31
104	22.07.2018 20:10:05	26,93	71,49	2	29,63	66,22	18
105	22.07.2018 20:20:05	26,8	71,54	1	29,23	67,51	9
106	22.07.2018 20:30:05	27,02	71,85	1	28,83	68,15	5
107	22.07.2018 20:40:05	26,97	73,24	1	28,49	68,76	1
108	22.07.2018 20:50:05	26,87	74,40	0	28,21	69,78	1

EK 2

Çizelge 7.5. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 4- 22.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 4							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 15:10			Bitiş: 20:31		
	Deney süresi: 80 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
73	22.07.2018 15:00:05	34,12	59,85	632	35,65	50,86	877
74	22.07.2018 15:10:05	35,15	54,55	674	37,06	47,92	886
75	22.07.2018 15:20:05	35,56	53,74	703	39,03	45,17	894
76	22.07.2018 15:30:05	35,67	52,41	722	41,05	41,47	912
77	22.07.2018 15:40:05	35,93	50,80	722	42,65	38,27	931
78	22.07.2018 15:50:05	36,23	49,44	706	43,88	35,37	936
79	22.07.2018 16:00:05	36,52	49,10	660	44,89	33,07	941
80	22.07.2018 16:10:05	36,70	48,51	579	45,72	31,33	926
81	22.07.2018 16:20:05	36,99	48,16	568	46,51	30,13	934
82	22.07.2018 16:30:05	36,95	45,18	524	47,16	29,10	939
83	22.07.2018 16:40:05	37,25	46,43	467	47,66	27,93	910
84	22.07.2018 16:50:05	37,38	46,04	444	47,86	26,96	893
85	22.07.2018 17:00:05	37,32	45,85	391	48,21	26,23	884
86	22.07.2018 17:10:05	37,26	46,18	346	48,50	25,38	866
87	22.07.2018 17:20:05	36,90	45,66	320	48,52	24,75	861
88	22.07.2018 17:30:05	36,83	46,59	300	48,41	24,73	819
89	22.07.2018 17:40:05	36,95	46,35	276	48,39	24,80	788
90	22.07.2018 17:50:05	36,90	45,05	255	48,31	24,86	751
91	22.07.2018 18:00:05	36,77	45,78	235	48,08	24,81	732
92	22.07.2018 18:10:05	36,54	47,71	210	47,63	25,48	708
93	22.07.2018 18:20:05	36,41	48,66	189	47,22	26,06	664
94	22.07.2018 18:30:05	36,19	49,75	173	46,73	26,64	619
95	22.07.2018 18:40:05	35,94	51,01	156	46,35	26,57	570
96	22.07.2018 18:50:05	35,64	51,58	141	45,80	26,93	511
97	22.07.2018 19:00:05	35,34	53,47	121	45,18	27,63	456
98	22.07.2018 19:10:05	35,01	54,74	106	44,45	28,44	383
99	22.07.2018 19:20:05	34,67	55,60	84	43,67	28,98	294
100	22.07.2018 19:30:05	34,09	54,42	67	42,45	30,08	217
101	22.07.2018 19:40:05	33,59	54,76	42	40,89	32,19	121
102	22.07.2018 19:50:05	32,97	56,71	29	39,42	35,03	72
103	22.07.2018 20:00:05	32,39	57,93	16	37,87	37,83	31
104	22.07.2018 20:10:05	31,87	59,30	9	36,38	40,47	13
105	22.07.2018 20:20:05	31,43	61,04	5	35,13	43,01	8
106	22.07.2018 20:30:05	31,01	61,75	2	34,03	44,79	4
107	22.07.2018 20:40:05	30,66	62,90	0	33,08	47,13	1
108	22.07.2018 20:50:05	30,27	65,51	0	32,26	49,45	1

EK 2

Çizelge 7.6. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 5- 26.07.2018 tarihli ölçüm verileri

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 5							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:40			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
59	26.07.2018 12:40:06	32,93	66,26	547	33,00	81,14	6066
60	26.07.2018 12:50:06	33,48	70,22	721	34,47	75,55	3881
61	26.07.2018 13:00:06	34,18	69,70	1441	34,93	74,46	4863
62	26.07.2018 13:10:06	35,01	68,11	995	36,36	71,63	8605
63	26.07.2018 13:20:06	35,16	68,00	479	37,78	69,70	20018
64	26.07.2018 13:30:06	35,25	68,26	427	39,02	65,28	4328
65	26.07.2018 13:40:06	35,45	67,87	388	38,40	65,55	4497
66	26.07.2018 13:50:06	35,64	67,57	384	40,52	61,90	5826
67	26.07.2018 14:00:06	35,85	66,90	411	40,31	61,23	20608
68	26.07.2018 14:10:06	36,09	66,52	392	40,61	58,75	4223
69	26.07.2018 14:20:06	36,06	64,08	521	39,56	59,41	4308
70	26.07.2018 14:30:06	35,94	62,36	594	39,03	57,89	12597
71	26.07.2018 14:40:06	35,69	62,03	568	38,32	57,05	2760
72	26.07.2018 14:50:06	34,94	62,13	289	35,95	60,81	1697
73	26.07.2018 15:00:06	33,99	62,81	536	34,69	62,53	1503
74	26.07.2018 15:10:06	34,46	63,13	660	35,55	61,10	1812
75	26.07.2018 15:20:06	35,03	62,80	727	35,69	61,75	1387
76	26.07.2018 15:30:06	35,07	61,14	595	34,76	63,41	1263
77	26.07.2018 15:40:06	35,59	61,01	269	35,19	64,11	709
78	26.07.2018 15:50:06	35,42	61,32	455	34,32	65,82	747
79	26.07.2018 16:00:06	35,07	61,88	535	33,83	66,76	850
80	26.07.2018 16:10:06	35,56	60,57	483	34,33	66,90	785
81	26.07.2018 16:20:06	36,13	59,89	473	34,57	66,56	719
82	26.07.2018 16:30:06	36,40	52,46	459	34,60	66,48	812
83	26.07.2018 16:40:06	36,29	55,57	393	34,46	67,24	637
84	26.07.2018 16:50:06	36,32	51,68	375	34,38	66,58	576
85	26.07.2018 17:00:06	36,29	55,83	337	34,34	67,56	526
86	26.07.2018 17:10:06	36,13	57,82	294	34,22	67,99	492
87	26.07.2018 17:20:06	36,03	58,28	275	34,01	68,67	445
88	26.07.2018 17:30:06	35,68	59,31	241	33,75	69,38	384
89	26.07.2018 17:40:06	35,36	59,69	236	33,42	70,02	379
90	26.07.2018 17:50:06	35,24	59,99	219	33,18	70,98	351
91	26.07.2018 18:00:06	34,97	61,10	198	32,98	71,51	322
92	26.07.2018 18:10:06	34,82	61,81	179	32,79	71,90	292
93	26.07.2018 18:20:06	34,76	59,96	166	32,07	69,24	262
94	26.07.2018 18:30:06	34,20	59,40	151	31,48	69,88	236
95	26.07.2018 18:40:06	33,81	59,67	133	31,07	70,27	209

EK 2

Çizelge 7.6. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 5- 26.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 5							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:40			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
59	26.07.2018 12:40:06	32,93	66,26	547	33,56	65,06	611
60	26.07.2018 12:50:06	33,48	70,22	721	34,57	61,92	623
61	26.07.2018 13:00:06	34,18	69,70	1441	36,22	60,12	672
62	26.07.2018 13:10:06	35,01	68,11	995	37,67	57,97	689
63	26.07.2018 13:20:06	35,16	68,00	479	38,97	55,63	722
64	26.07.2018 13:30:06	35,25	68,26	427	40,00	53,20	731
65	26.07.2018 13:40:06	35,45	67,87	388	40,80	51,00	747
66	26.07.2018 13:50:06	35,64	67,57	384	41,72	48,93	787
67	26.07.2018 14:00:06	35,85	66,90	411	42,59	46,89	826
68	26.07.2018 14:10:06	36,09	66,52	392	43,35	45,00	796
69	26.07.2018 14:20:06	36,06	64,08	521	43,81	43,20	866
70	26.07.2018 14:30:06	35,94	62,36	594	43,68	41,91	916
71	26.07.2018 14:40:06	35,69	62,03	568	43,55	41,04	893
72	26.07.2018 14:50:06	34,94	62,13	289	42,91	40,47	366
73	26.07.2018 15:00:06	33,99	62,81	536	41,41	40,91	866
74	26.07.2018 15:10:06	34,46	63,13	660	41,93	40,77	974
75	26.07.2018 15:20:06	35,03	62,80	727	42,82	40,22	971
76	26.07.2018 15:30:06	35,07	61,14	595	42,67	39,72	960
77	26.07.2018 15:40:06	35,59	61,01	269	43,53	38,48	307
78	26.07.2018 15:50:06	35,42	61,32	455	42,81	37,76	751
79	26.07.2018 16:00:06	35,07	61,88	535	42,70	37,51	949
80	26.07.2018 16:10:06	35,56	60,57	483	43,47	36,74	936
81	26.07.2018 16:20:06	36,13	59,89	473	43,91	35,74	927
82	26.07.2018 16:30:06	36,4	52,46	459	44,53	34,70	943
83	26.07.2018 16:40:06	36,29	55,57	393	44,80	33,89	908
84	26.07.2018 16:50:06	36,32	51,68	375	45,02	33,03	906
85	26.07.2018 17:00:06	36,29	55,83	337	45,04	32,30	849
86	26.07.2018 17:10:06	36,13	57,82	294	44,91	31,93	813
87	26.07.2018 17:20:06	36,03	58,28	275	44,45	31,69	810
88	26.07.2018 17:30:06	35,68	59,31	241	44,26	31,78	687
89	26.07.2018 17:40:06	35,36	59,69	236	43,95	31,94	757
90	26.07.2018 17:50:06	35,24	59,99	219	43,78	32,40	765
91	26.07.2018 18:00:06	34,97	61,10	198	43,66	32,44	756
92	26.07.2018 18:10:06	34,82	61,81	179	43,51	32,34	714
93	26.07.2018 18:20:06	34,76	59,96	166	43,25	32,51	699
94	26.07.2018 18:30:06	34,20	59,40	151	43,09	32,23	656
95	26.07.2018 18:40:06	33,81	59,67	133	42,91	32,17	593

EK 2

Çizelge 7.7. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 6- 29.07.2018 tarihli ölçüm verileri

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 6							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 14:40			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
204	29.07.2018 14:40	29,31	65,12	139	36,38	53,75	2780
205	29.07.2018 14:50	30,03	62,91	150	37,79	52,26	2091
206	29.07.2018 15:00	30,41	61,43	149	39,38	50,51	1682
207	29.07.2018 15:10	30,60	62,03	156	39,72	48,08	1394
208	29.07.2018 15:20	30,79	60,81	155	38,82	49,72	1188
209	29.07.2018 15:30	31,00	60,94	159	38,37	51,47	1085
210	29.07.2018 15:40	30,95	60,44	162	38,38	50,77	1018
211	29.07.2018 15:50	31,09	59,74	157	38,32	50,25	884
212	29.07.2018 16:00	30,95	60,59	149	37,85	50,85	804
213	29.07.2018 16:10	30,63	60,54	150	37,45	52,49	748
214	29.07.2018 16:20	30,75	60,70	147	37,15	51,32	692
215	29.07.2018 16:30	30,77	61,20	137	37,26	50,20	624
216	29.07.2018 16:40	30,51	61,09	136	36,92	51,80	620
217	29.07.2018 16:50	30,37	62,28	121	36,84	51,13	599
218	29.07.2018 17:00	30,33	62,10	110	36,70	51,72	550
219	29.07.2018 17:10	30,18	62,11	98	36,48	50,92	495
220	29.07.2018 17:20	29,95	62,34	86	36,25	51,47	463
221	29.07.2018 17:30	29,72	62,71	78	35,73	54,38	412
222	29.07.2018 17:40	29,35	63,54	12	35,22	54,97	151
223	29.07.2018 17:50	28,94	64,55	62	34,68	58,35	343
224	29.07.2018 18:00	28,85	64,64	58	34,36	57,2	310
225	29.07.2018 18:10	28,73	65,48	51	34,00	56,27	288
226	29.07.2018 18:20	28,42	66,55	49	33,57	59,25	269
227	29.07.2018 18:30	28,23	66,84	12	33,31	59,23	126
228	29.07.2018 18:40	27,84	68,76	39	32,90	62,10	270
229	29.07.2018 18:50	27,85	68,97	34	32,70	59,22	290

EK 2

Çizelge 7.7. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 6- 29.07.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

KAPI HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 6							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 14:40			Bitiş: 18:41		
	Deney süresi: 80 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
204	29.07.2018 14:40	33,63	57,78	411	35,21	49,68	809
205	29.07.2018 14:50	34,73	56,50	453	37,15	46,51	888
206	29.07.2018 15:00	35,68	55,50	481	39,06	43,56	902
207	29.07.2018 15:10	36,42	52,59	512	40,68	41,01	923
208	29.07.2018 15:20	37,04	51,67	535	41,86	38,61	925
209	29.07.2018 15:30	37,50	52,49	561	42,81	36,84	959
210	29.07.2018 15:40	37,91	50,97	562	43,98	35,42	965
211	29.07.2018 15:50	38,22	49,66	547	44,55	33,84	955
212	29.07.2018 16:00	38,3	48,26	510	44,85	32,70	944
213	29.07.2018 16:10	38,18	47,13	474	43,91	33,15	944
214	29.07.2018 16:20	38,17	49,40	463	43,61	32,80	945
215	29.07.2018 16:30	38,51	49,45	433	43,34	33,06	926
216	29.07.2018 16:40	38,53	49,15	398	43,36	33,20	951
217	29.07.2018 16:50	38,43	49,53	377	43,18	33,11	932
218	29.07.2018 17:00	38,41	49,48	370	43,27	33,20	939
219	29.07.2018 17:10	38,24	48,89	307	43,18	32,89	912
220	29.07.2018 17:20	38,09	46,28	288	42,89	33,24	894
221	29.07.2018 17:30	37,63	46,98	264	43,42	33,19	875
222	29.07.2018 17:40	37,22	46,68	77	43,94	32,16	175
223	29.07.2018 17:50	36,85	49,79	217	43,93	32,00	813
224	29.07.2018 18:00	36,61	46,63	196	44,14	31,42	800
225	29.07.2018 18:10	36,22	47,68	187	44,13	31,53	770
226	29.07.2018 18:20	35,87	49,18	173	43,55	31,94	728
227	29.07.2018 18:30	35,64	49,99	70	43,34	32,23	215
228	29.07.2018 18:40	35,29	52,26	156	42,63	32,94	633
229	29.07.2018 18:50	34,98	49,39	148	41,70	34,19	567

EK 2

Çizelge 7.8. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 7- 05.08.2018 tarihli ölçüm verileri

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 7							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	05.08.2018 12:30	31,60	60,52	142	39,10	44,61	2298
203	05.08.2018 12:40	31,34	60,97	158	39,47	43,89	2783
204	05.08.2018 12:50	31,60	60,12	127	40,09	48,76	2761
205	05.08.2018 13:00	31,56	59,91	161	41,59	47,62	3238
206	05.08.2018 13:10	31,67	59,53	174	42,32	45,92	4714
207	05.08.2018 13:20	31,59	59,73	162	43,64	44,57	25143
208	05.08.2018 13:30	31,65	60,28	162	45,48	40,67	3328
209	05.08.2018 13:40	31,58	59,89	166	43,91	37,96	2850
210	05.08.2018 13:50	31,64	59,51	162	42,04	39,46	2988
211	05.08.2018 14:00	31,54	59,18	166	42,16	38,84	2733
212	05.08.2018 14:10	31,64	58,27	174	42,47	38,35	14513
213	05.08.2018 14:20	31,58	58,70	178	42,14	38,48	4983
214	05.08.2018 14:30	31,53	58,44	171	42,65	38,09	4931
215	05.08.2018 14:40	31,34	58,59	171	45,92	34,37	5231
216	05.08.2018 14:50	31,31	58,45	161	45,00	37,30	2093
217	05.08.2018 15:00	31,24	57,87	163	43,55	40,57	1594
218	05.08.2018 15:10	31,21	58,38	165	44,66	38,58	1281
219	05.08.2018 15:20	31,02	58,39	154	42,69	41,50	1097
220	05.08.2018 15:30	31,00	58,02	157	41,50	43,64	983
221	05.08.2018 15:40	30,79	56,81	147	40,69	40,52	876
222	05.08.2018 15:50	30,76	56,72	156	39,47	40,79	800
223	05.08.2018 16:00	30,77	56,60	149	38,59	41,15	731
224	05.08.2018 16:10	30,68	55,83	140	38,05	41,49	676
225	05.08.2018 16:20	30,55	55,66	137	37,56	41,65	630
226	05.08.2018 16:30	30,81	56,49	120	37,2	42,42	563
227	05.08.2018 16:40	30,79	56,81	116	37,28	47,00	542
228	05.08.2018 16:50	30,57	57,82	111	37,46	49,30	507
229	05.08.2018 17:00	30,31	56,95	105	37,43	50,80	481
230	05.08.2018 17:10	30,09	56,68	93	37,17	51,25	443
231	05.08.2018 17:20	29,93	58,49	84	36,88	52,79	408
232	05.08.2018 17:30	29,80	59,20	76	36,57	53,12	374
233	05.08.2018 17:40	29,60	60,74	66	36,14	47,71	348

EK 2

Çizelge 7.8. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 7- 05.08.2018 tarihli ölçüm verileri (devam)

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 7							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	05.08.2018 12:30	38,97	44,05	531	37,95	41,47	604
203	05.08.2018 12:40	38,94	44,21	643	38,02	41,50	662
204	05.08.2018 12:50	39,21	46,44	767	39,34	40,74	487
205	05.08.2018 13:00	39,77	46,64	822	39,85	39,22	671
206	05.08.2018 13:10	40,28	44,92	1704	40,80	37,93	705
207	05.08.2018 13:20	40,04	45,73	546	41,25	36,82	708
208	05.08.2018 13:30	39,82	45,86	583	41,85	36,29	725
209	05.08.2018 13:40	39,4	43,98	386	42,35	35,36	759
210	05.08.2018 13:50	39,21	44,24	372	42,77	34,57	772
211	05.08.2018 14:00	39,03	44,16	384	43,12	33,82	821
212	05.08.2018 14:10	39,00	44,31	394	43,82	33,01	840
213	05.08.2018 14:20	39,09	43,69	432	44,26	31,88	887
214	05.08.2018 14:30	39,13	43,58	437	44,43	31,34	863
215	05.08.2018 14:40	39,09	43,69	464	43,78	31,14	891
216	05.08.2018 14:50	39,45	45,37	492	44,25	30,85	901
217	05.08.2018 15:00	39,84	45,37	552	44,44	30,37	930
218	05.08.2018 15:10	40,02	44,87	567	44,43	30,26	953
219	05.08.2018 15:20	40,14	44,50	603	44,28	29,88	931
220	05.08.2018 15:30	40,17	44,53	629	44,61	29,95	949
221	05.08.2018 15:40	39,83	41,05	625	44,24	29,05	933
222	05.08.2018 15:50	39,52	40,12	617	44,56	28,29	936
223	05.08.2018 16:00	39,32	40,34	618	44,60	28,05	929
224	05.08.2018 16:10	39,18	40,07	583	44,88	27,53	927
225	05.08.2018 16:20	38,95	39,55	515	44,62	27,15	921
226	05.08.2018 16:30	38,95	40,16	470	45,34	27,05	873
227	05.08.2018 16:40	39,21	41,80	431	45,83	27,16	893
228	05.08.2018 16:50	39,37	44,03	413	45,98	26,72	890
229	05.08.2018 17:00	39,29	43,85	420	45,72	26,37	884
230	05.08.2018 17:10	39,04	44,41	344	45,33	26,25	866
231	05.08.2018 17:20	38,78	45,18	302	45,03	26,7	845
232	05.08.2018 17:30	38,53	45,02	278	44,42	27,21	824
233	05.08.2018 17:40	38,03	41,41	261	41,98	29,27	792

EK 2

Çizelge 7.9. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 8- 12.08.2018 tarihli ölçüm verileri

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 8							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	12.08.2018 12:30	30,41	50,93	154	38,36	37,93	4315
203	12.08.2018 12:40	30,33	50,55	168	39,41	40,38	2268
204	12.08.2018 12:50	30,32	50,23	31	39,64	40,27	495
205	12.08.2018 13:00	29,68	49,85	161	40,48	39,15	3545
206	12.08.2018 13:10	29,72	50,45	26	40,75	36,55	624
207	12.08.2018 13:20	29,28	50,43	166	39,24	39,36	3408
208	12.08.2018 13:30	28,86	49,87	166	40,31	38,25	10212
209	12.08.2018 13:40	28,68	51,10	170	39,68	34,29	2882
210	12.08.2018 13:50	29,48	50,29	170	39,40	34,09	2594
211	12.08.2018 14:00	29,24	49,90	134	38,88	33,62	2623
212	12.08.2018 14:10	28,88	48,52	31	39,82	32,04	3134
213	12.08.2018 14:20	29,03	48,21	164	39,42	32,89	2730
214	12.08.2018 14:30	29,20	47,93	164	40,37	32,09	2959
215	12.08.2018 14:40	29,21	48,06	159	42,82	30,57	7521
216	12.08.2018 14:50	29,29	48,71	157	44,70	30,50	2599
217	12.08.2018 15:00	29,15	48,65	159	41,98	33,91	1666
218	12.08.2018 15:10	28,86	49,04	163	40,46	35,43	2250
219	12.08.2018 15:20	28,32	49,35	151	38,85	38,97	1071
220	12.08.2018 15:30	28,94	48,81	151	38,33	39,67	945
221	12.08.2018 15:40	29,31	47,88	152	37,78	36,80	865
222	12.08.2018 15:50	29,46	47,58	147	37,04	35,98	777
223	12.08.2018 16:00	29,27	46,88	149	36,32	35,99	710
224	12.08.2018 16:10	29,06	47,96	140	35,86	36,64	661
225	12.08.2018 16:20	28,86	47,96	133	35,50	36,87	624
226	12.08.2018 16:30	28,72	48,32	128	35,19	37,16	565
227	12.08.2018 16:40	28,55	48,69	121	35,22	41,06	536
228	12.08.2018 16:50	28,42	48,93	110	35,35	43,75	531
229	12.08.2018 17:00	28,30	49,03	101	35,30	45,16	465
230	12.08.2018 17:10	28,21	49,30	92	35,18	46,46	416
231	12.08.2018 17:20	27,97	49,12	81	34,92	48,03	376
232	12.08.2018 17:30	27,70	49,36	73	34,54	48,44	347
233	12.08.2018 17:40	27,38	50,06	64	33,95	41,34	324

EK 2

Çizelge 7.9. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 8- 12.08.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 8							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	12.08.2018 12:30	38,21	36,68	555	37,76	33,25	605
203	12.08.2018 12:40	38,39	38,18	791	38,69	33,15	673
204	12.08.2018 12:50	38,43	38,74	135	40,33	31,66	177
205	12.08.2018 13:00	38,05	38,79	682	40,72	29,82	640
206	12.08.2018 13:10	37,80	38,70	227	41,07	29,30	167
207	12.08.2018 13:20	37,32	39,12	952	41,07	29,20	711
208	12.08.2018 13:30	36,92	40,10	430	40,91	28,57	736
209	12.08.2018 13:40	36,38	38,68	396	40,69	28,37	768
210	12.08.2018 13:50	36,49	38,38	440	41,25	28,22	816
211	12.08.2018 14:00	36,48	38,08	320	41,29	27,83	548
212	12.08.2018 14:10	36,31	37,18	140	41,59	26,34	282
213	12.08.2018 14:20	36,17	36,51	370	42,08	25,91	855
214	12.08.2018 14:30	36,40	37,82	390	42,62	25,71	874
215	12.08.2018 14:40	36,57	36,87	416	42,89	25,09	877
216	12.08.2018 14:50	37,11	38,78	470	43,10	24,93	893
217	12.08.2018 15:00	37,50	39,22	498	42,88	24,93	893
218	12.08.2018 15:10	37,40	38,61	622	42,89	24,83	968
219	12.08.2018 15:20	37,02	39,39	540	42,05	24,90	941
220	12.08.2018 15:30	37,28	39,38	578	42,80	24,81	950
221	12.08.2018 15:40	37,45	37,26	591	43,21	24,10	968
222	12.08.2018 15:50	37,41	36,20	579	43,63	23,67	959
223	12.08.2018 16:00	37,31	35,60	582	43,35	23,23	964
224	12.08.2018 16:10	37,34	35,49	596	43,58	22,83	967
225	12.08.2018 16:20	37,33	34,65	550	44,05	22,54	964
226	12.08.2018 16:30	37,16	34,65	481	44,08	22,09	959
227	12.08.2018 16:40	37,30	36,19	451	44,29	21,95	947
228	12.08.2018 16:50	37,34	38,34	408	43,93	21,92	939
229	12.08.2018 17:00	37,27	39,44	372	44,05	21,75	918
230	12.08.2018 17:10	37,18	40,00	347	44,31	21,75	889
231	12.08.2018 17:20	37,04	40,48	302	44,22	21,50	862
232	12.08.2018 17:30	36,80	40,76	269	43,91	21,44	847
233	12.08.2018 17:40	36,02	34,08	247	41,15	22,19	813

EK 2

Çizelge 7.10. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 9- 19.08.2018 tarihli ölçüm verileri

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 9							
	Ölçüm aralığı: 10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M2 – DIŞ SENSÖR			M1 – İÇ SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	19.08.2018 12:30	33,72	45,58	134	38,94	36,84	1675
203	19.08.2018 12:40	33,78	46,14	137	40,56	36,00	1970
204	19.08.2018 12:50	33,66	45,99	145	41,37	37,71	2325
205	19.08.2018 13:00	33,66	46,97	145	41,10	39,23	3860
206	19.08.2018 13:10	33,71	46,16	148	42,53	37,23	2836
207	19.08.2018 13:20	33,63	49,25	147	42,07	37,51	2749
208	19.08.2018 13:30	33,42	50,51	147	42,99	37,76	12531
209	19.08.2018 13:40	33,25	49,86	144	43,39	34,97	2663
210	19.08.2018 13:50	33,12	50,13	144	43,17	34,68	2290
211	19.08.2018 14:00	33,13	50,10	135	42,03	35,58	2318
212	19.08.2018 14:10	33,06	51,37	134	43,17	35,13	10870
213	19.08.2018 14:20	32,71	52,21	130	44,14	34,39	8399
214	19.08.2018 14:30	32,47	51,66	134	44,70	32,52	2572
215	19.08.2018 14:40	32,29	52,84	138	45,55	32,65	5592
216	19.08.2018 14:50	32,29	52,30	148	47,08	33,24	3971
217	19.08.2018 15:00	32,12	52,89	158	44,83	36,22	1505
218	19.08.2018 15:10	32,10	52,61	152	43,11	38,57	1411
219	19.08.2018 15:20	31,84	52,56	150	43,20	38,58	1052
220	19.08.2018 15:30	31,87	52,33	151	41,45	41,17	909
221	19.08.2018 15:40	31,82	53,41	148	40,08	39,6	834
222	19.08.2018 15:50	31,78	53,50	138	38,97	40,35	755
223	19.08.2018 16:00	31,72	53,19	132	38,25	41,10	690
224	19.08.2018 16:10	31,46	51,77	125	37,59	41,03	634
225	19.08.2018 16:20	31,48	53,46	122	37,06	42,09	590
226	19.08.2018 16:30	31,26	54,09	117	36,51	42,97	549
227	19.08.2018 16:40	31,24	54,03	108	36,45	46,59	506
228	19.08.2018 16:50	31,27	54,23	101	36,48	53,31	470
229	19.08.2018 17:00	30,85	54,66	92	36,07	57,94	434
230	19.08.2018 17:10	30,55	55,44	83	35,64	59,60	404
231	19.08.2018 17:20	30,23	56,05	70	35,16	60,78	376
232	19.08.2018 17:30	29,91	57,40	62	34,67	61,75	346
233	19.08.2018 17:40	29,73	57,82	55	34,25	52,61	316

EK 2

Çizelge 7.10. Yağmur Ormanı Serası'nda Deney 9- 19.08.2018 tarihli ölçüm verileri (devamı)

PENCERE HAVALANDIRMA ETKİSİ DENEYİ 9							
	Ölçüm aralığı:10 dak.	Başlangıç: 12:30			Bitiş: 17:31		
	Deney süresi: 60 dak.	M4 – YAN SERA SENSÖR			M3 – KORİDOR SENSÖR		
Ölç. No	Tarih – Yerel saat	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)	Sıcaklık (^{0} C)	Bağ. nem (%)	Işık şid. (Lux)
202	19.08.2018 12:30	39,58	34,14	362	38,79	31,98	491
203	19.08.2018 12:40	40,01	34,97	351	39,07	32,92	516
204	19.08.2018 12:50	39,93	36,93	371	39,62	33,04	544
205	19.08.2018 13:00	39,71	38,14	360	41,12	32,19	572
206	19.08.2018 13:10	39,61	38,70	311	41,54	30,85	596
207	19.08.2018 13:20	39,58	38,70	270	42,04	31,11	628
208	19.08.2018 13:30	39,55	39,94	239	42,55	31,72	665
209	19.08.2018 13:40	39,53	38,99	205	42,87	31,51	708
210	19.08.2018 13:50	39,38	39,38	237	43,38	31,05	739
211	19.08.2018 14:00	39,25	39,12	169	44,08	30,61	759
212	19.08.2018 14:10	39,25	39,76	158	44,60	30,08	789
213	19.08.2018 14:20	39,20	40,15	148	44,99	29,69	811
214	19.08.2018 14:30	39,27	39,93	157	45,20	29,08	833
215	19.08.2018 14:40	39,10	40,24	161	45,21	28,79	850
216	19.08.2018 14:50	39,24	41,89	170	44,97	28,73	866
217	19.08.2018 15:00	39,36	42,28	179	45,02	28,66	878
218	19.08.2018 15:10	39,36	42,49	185	45,05	28,79	897
219	19.08.2018 15:20	39,30	42,24	195	44,48	29,05	911
220	19.08.2018 15:30	39,28	42,15	199	44,59	29,48	913
221	19.08.2018 15:40	39,19	40,25	198	44,70	28,83	926
222	19.08.2018 15:50	38,82	40,38	194	44,38	29,09	923
223	19.08.2018 16:00	38,47	40,43	178	44,23	29,10	910
224	19.08.2018 16:10	38,09	39,41	161	43,88	28,67	905
225	19.08.2018 16:20	37,80	40,53	145	44,16	28,74	906
226	19.08.2018 16:30	37,52	41,50	129	43,64	29,02	901
227	19.08.2018 16:40	37,5	42,76	117	44,13	28,89	882
228	19.08.2018 16:50	37,51	45,06	111	44,56	28,28	867
229	19.08.2018 17:00	37,13	50,64	97	43,98	28,43	843
230	19.08.2018 17:10	36,63	52,64	89	43,39	28,73	824
231	19.08.2018 17:20	36,15	53,64	76	42,85	29,20	799
232	19.08.2018 17:30	35,73	55,31	70	42,55	29,98	776
233	19.08.2018 17:40	35,45	45,27	63	39,68	31,65	729