

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL HAVALANDIRMALI SERALARDA ÖLÇÜLEN VE HESAPLAMALI
AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE SİMÜLE EDİLEN SERA İÇİ İKLİM
ETMENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet TEZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

2011

**DOĞAL HAVALANDIRMALI SERALARDA ÖLÇÜLEN VE HESAPLAMALI
AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE SİMÜLE EDİLEN SERA İÇİ İKLİM
ETMENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet TEZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**Bu tez 2011.02.0121.004 proje numarası ile Akdeniz Üniversitesi Bilimsel
Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir**

2011

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL HAVALANDIRMALI SERALARDA ÖLÇÜLEN VE HESAPLAMALI
AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE SİMÜLE EDİLEN SERA İÇİ İKLİM
ETMENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet TEZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (...) not takdir edilerek
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ (Danışman) :

Doç. Dr. Ahmet KURUNÇ (Üye) :

Doç. Dr. Atılgan ATILGAN (Üye) :

ÖZET

DOĞAL HAVALANDIRMALI SERALARDA ÖLÇÜLEN VE HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE SİMÜLE EDİLEN SERA İÇİ İKLİM ETMENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet TEZCAN

**Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ
Aralık 2011, 103 Sayfa**

Bu çalışmada, farklı yönlendirilmiş tekil seraların farklı pencere açıklığı koşullarında ölçülen sera içi iklim etmenlerinin simülasyon yolu ile belirlenen değerler ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bunun için Antalya ili Aksu ilçesi Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (BATEM) bulunan seralar materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma alanında bulunan farklı ölçülerdeki beşik çatılı tekil cam seraların her biri için gözlem ve ölçümler yapılarak her seranın boyutları ve yapısal özellikleri belirlenmiştir.

Materyal olarak seçilen seralara farklı konumlarda yerleştirilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler ile her sera için 08:⁰⁰-18:⁰⁰ ölçüm aralığında 2 saatte bir ölçüm değerleri kaydedilmiştir. Ölçümler 45° ve 90° pencere açıklığı durumunda, bitkili ve bitkisiz ortam koşullarında, Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yöneylerinde olmak üzere 6 farklı durum için yapılmıştır. Daha sonra materyal olarak kullanılan seralar birebir özelliklerde bilgisayar ortamında Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile çalışan SolidWorks paket programı ile çizilmiştir. Dış ortam koşullarında ölçülüp kaydedilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı sınır değerleri ile bazı yapısal ve fiziksel özellikler programda tanımlanarak sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri simüle edilmiştir.

Sonuç olarak, sera içerisindeki sıcaklık dağılımının dış ortama bağlı olarak attığı gözlenmiştir. Bu artış seranın yöneyi, pencerelerin açıklık derecesi ve yetiştiricilik ortamına göre değişmektedir. Sera içerisindeki sıcaklık dağılımı, rüzgarın girdiği pencere kenarlarında dış ortam ile hemen hemen aynı seviyede iken, orta kısımlarda biraz daha artmış ve mahya seviyesinde maksimum değere ulaşmıştır. Ölçülen sıcaklık değerleri ile simüle edilen sıcaklık değerleri arasında %93 oranında iyi bir uyum bulunmuştur.

Nem dağılımı ise, dış ortama bağlı olarak düşmüştür. Bu düşüş seranın yöneyi, pencerelerin açıklık derecesi ve yetiştiricilik ortamına göre değişmektedir. Sera içerisindeki nem dağılımı, rüzgarın girdiği pencere kenarlarında dış ortam ile hemen hemen aynı seviyede iken, orta kısımlarda biraz daha düşmüş ve mahya seviyesinde

minimum değere ulaşmıştır. Ölçülen nem değerleri ile simüle edilen nem değerleri arasında %90 oranında iyi bir uyum bulunmuştur.

Sera içerisindeki rüzgar hızı dağılımı, dış ortam koşulları ile uyum göstermiştir. Seranın yöneyi, pencerelerin açıklık derecesi ve yetiştiricilik ortamına bağlı olarak, sera içerisindeki rüzgar hızı dağılımının da farklı olduğu gözlenmiştir. Ölçülen rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen rüzgar hızı değerleri arasında %80 oranında iyi bir uyum bulunmuştur.

Genel olarak, çalışmanın sonucunda seralarda ölçülen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri ortalaması ile birebir özelliklerde bilgisayar ortamında simüle edilen değerlerin ortalaması arasında %88 uyum sağlandığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Sera, simülasyon, HAD, havalandırma, iklim etmenleri

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ (Danışman)

Doç. Dr. Ahmet KURUNÇ

Doç. Dr. Atılğan ATILGAN

ABSTRACT

COMPARATION of INNER CLIMATIC FACTORS MEASURED and SIMULATED by means of COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS in NATURALLY VENTILATED GREENHOUSES

Ahmet TEZCAN

M. Sc. Thesis in Farm Structures and Irrigation
Advisor: Asst. Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ
December 2011, 103 pages

In this study, the comparison of measured inner climatic factors with simulated values of single greenhouses having different direction and window openness conditions was aimed. Therefore greenhouses located in Western Mediterranean Agricultural Research Institute in Antalya were used as material. For each of the different sizes gable roofed single glasshouse in the study area, observations and measurements were made and structural features and dimensions of each greenhouse were determined.

Measurement values were recorded every 2 hours between of 08:⁰⁰-18:⁰⁰ for each greenhouses by means of temperature, humidity and velocity dataloggers located in different places in greenhouses. Measurements were made under 6 different window openness condition ranging from 45° to 90° in greenhouses with and without plants and directed in North-South and East-West. Afterwards, greenhouses used as material were drawn in one to one properties using SolidWorks package software which is working by means of Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Using temperature, humidity and wind speed limits values measured and recorded in the ambient conditions and some structural and physical properties of greenhouses, climatic conditions inside greenhouses were simulated.

As a result, the temperature distribution inside the greenhouse increase depending on the external environment was observed. This increase varies according to greenhouse direction, window openness degree and cultivation environment. Temperature distribution inside greenhouse is almost the same level with the external environment at the edges of window; this value increased a little more in greenhouse center and reached its maximum value at the ridge of a roof level. A good agreement as high as 93% between measured and simulated temperature values were found.

Humidity distribution reduced depending on the external environment. This decrease varies according to greenhouse direction, window openness degree and cultivation environment. Humidity distribution inside greenhouse is almost same level with the external environment at the edges of window; this value reduced a little more

in greenhouse center and reached its minimum value at the ridge of a roof level. A good agreement as high as 90% between measured and simulated humidity values were found.

Velocity distribution inside the greenhouse agreed well with external environment. It was observed that the velocity distribution inside greenhouse is different depending on greenhouse direction, window openness degree and cultivation environment. A good agreement as high as 80% between measured and simulated velocity values were found.

In general, an average agreement about 88% between measured and simulated values of temperature, humidity and wind speed inside greenhouses were determined as a result of study.

KEYWORDS: Greenhouses, simulation, CFD, ventilation, climatic factors

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ (Advisor)

Assoc. Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Assoc. Prof. Dr. Atılgan ATILGAN

ÖNSÖZ

Ülkemizde büyük bir potansiyele sahip örtü altı yetiştiriciliğinde özellikle yaz aylarında havalandırma büyük bir önem arz etmektedir. Tarımsal üretimde karı etkileyen en önemli faktörlerden biri de ilk yatırım ve işletme masraflarının az olmasıdır. Bu nedenle seralarda doğal havalandırma ilk yatırım masraflarının düşük, işletme masraflarının ise yok denecek kadar az olması nedeniyle son derece önemlidir. Ancak, doğal havalandırmada önemli olan pencere açıklık alanlarının miktarı, pencerelerin konumları ve açıklık dereceleridir. Farklı bitki türleri ve farklı yetiştirme periyotları için bu üç özellik dikkate alınmalıdır. Özellikle havanın sera içerisine giriş şekli ve akış dağılımı doğrudan pencere açıklık dereceleri ile ilişkilidir. Dolayısı ile farklı pencere açıklıklarında sera içerisine giren hava sera içi iklimini farklı etkileyecektir.

Bu nedenle, sera içi iklimlendirme etmenleri belirlenirken, sadece pencerelerin konumları değil, pencere açıklıkları da dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, beşik çatılı tekil cam seralarda iki farklı pencere açıklığı durumunda sera içi iklim etmenlerinin farklı konumlarda nasıl şekillendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans çalışmam süresince her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ'a, çalışmam süresince yardımlarını gördüğüm Sayın Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ'a, çalışma alanında desteklerini gördüğüm Sayın Dr. Köksal AYDINŞAKİR'e, Sayın Zir. Yük. Müh. Akın TEPE'ye, Sayın Dr. Asu OĞUZ'a, arazi çalışmalarında yardımları ile çalışmanın yapılmasına katkı sağlayan Sayın Hüseyin NAMAL'a, Sayın Mahir TURGUT'a, Sayın Muzaffer ALİCAN'a ve Sayın Şeyma YILAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam süresince her türlü maddi-manevi desteğini ve yardımını esirgemeyerek yanımda olan ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük katkıları olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği	3
1.2. Dünyada Seracılık	5
1.2.1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler	5
1.2.2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler	5
1.2.3. İki iklimin egemen olduğu ülkeler	6
1.3. Ülkemizde Seracılık	6
1.4. Seraların Sınıflandırılması.....	7
1.4.1. Büyüklüklerine göre seralar	7
1.4.2. Kuruluş şekillerine göre seralar	8
1.4.3. Yetiştirilen bitki çeşidine göre seralar.....	8
1.4.4. Çatı şekillerine göre seralar.....	9
1.4.5. Kullanım amacına göre seralar	9
1.4.6. Örtü malzemesine göre seralar.....	10
1.4.7. İskelet malzemesine göre seralar	11
1.4.8. Taşınabilirlik durumuna göre seralar	11
1.5. Seraların Boyutlandırılması.....	12

1.5.1.	Sera alanının belirlenmesi	12
1.5.2.	Sera yönünün belirlenmesi	12
1.5.3.	Sera boyutlarının belirlenmesi	13
1.5.4.	Seralarda havalandırma pencerelerinin boyutlarının belirlenmesi.....	13
1.5.5.	Seralarda yan duvar yüksekliğinin belirlenmesi	13
1.5.6.	Sera çatı genişliğinin ve çatı açısının belirlenmesi	14
1.5.7.	Sera konstrüksiyonu profillerinin seçimi	14
1.5.8.	Temel tipleri ve boyutları.....	15
1.6.	Seralarda Havalandırma Sistemleri	15
1.6.1.	Doğal havalandırma	16
1.6.2.	Zorunlu (Mekanik) havalandırma	18
2.	KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	19
3.	MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
3.1.	Materyal.....	29
3.2.	Yöntem	31
4.	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	36
4.1.	Sıcaklık Değerleri.....	36
4.1.1.	1 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	36
4.1.2.	2 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	39
4.1.3.	3 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	42
4.1.4.	4 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	45
4.1.5.	5 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	48
4.1.6.	6 nolu seraya ait sıcaklık değerleri.....	51
4.2.	Nem Değerleri	55
4.2.1.	1 nolu seraya ait nem değerleri	55
4.2.2.	2 nolu seraya ait nem değerleri	58

4.2.3.	3 nolu seraya ait nem değerleri	61
4.2.4.	4 nolu seraya ait nem değerleri	64
4.2.5.	5 nolu seraya ait nem değerleri	67
4.2.6.	6 nolu seraya ait nem değerleri	70
4.3.	Rüzgar Hızı Değerleri	73
4.3.1.	1 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	73
4.3.2.	2 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	75
4.3.3.	3 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	77
4.3.4.	4 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	79
4.3.5.	5 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	81
4.3.6.	6 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri	83
5.	SONUÇ	87
5.1.	1 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	87
5.2.	2 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	88
5.3.	3 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	90
5.4.	4 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	91
5.5.	5 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	93
5.6.	6 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar	94
6.	KAYNAKLAR	98

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- A_p : Havalandırma pencerelerinin toplam kesit alanı, m^2
BATEM: Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
CAD : Computer Aided Design
CFD : Computational Fluid Dynamics
 CO_2 : Karbondioksit
CRM : Kalan katsayı kütlesi
D-B : Doğu-Batı
E : Tarımsal yapılar için önerilen 0.35 değerinde bir katsayı
FEM : Finite Element Method
FVM : Finite Volume Method
h : Hava giriş ve çıkış açıklıkları arasındaki kot farkı, m
H : Yükseklik, m
HAD : Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
K-G : Kuzey-Güney
L : Uzunluk, m
ME : Maksimum hata
n : Örneklerin sayısı
O : Ölçüm sonucu elde edilen değerlerin ortalaması,
 O_i : Ölçüm sonucu elde edilen değerler,
PE : Polietilen
PIV : Particle Image Velocimetry
 P_i : Simülasyon sonucu elde edilen değerler,
PVC : Polivinilklorit
Q : Gerçekleştirilebilen havalandırma miktarı, m^3/s
 t_d : Dış ortam sıcaklığı, $^{\circ}C$
 t_i : Sera içi sıcaklığı, $^{\circ}C$
V : Havalandırma açıklıklarından geçen havanın hızı, m/s
W : Genişlik, m

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Büyük seralar	7
Şekil 1.2. Orta büyüklükteki seralar	7
Şekil 1.3. Küçük seralar	7
Şekil 1.4. Tekil seralar	8
Şekil 1.5. Bölmeli blok seralar	8
Şekil 1.6. Bölmesiz blok seralar	8
Şekil 1.7. Bağlantılı blok seralar	8
Şekil 1.8. Süs bitkisi seraları	8
Şekil 1.9. Meyve seraları	8
Şekil 1.10. Sebze seraları	9
Şekil 1.11. Beşik çatılı sera	9
Şekil 1.12. Yay çatılı sera	9
Şekil 1.13. Gotik çatılı sera	9
Şekil 1.14. Venlo (M) çatılı sera	9
Şekil 1.15. Fide üretim seraları	10
Şekil 1.16. Üretim seraları	10
Şekil 1.17. Araştırma seraları	10
Şekil 1.18. Hobi seraları	10
Şekil 1.19. Cam örtülü sera	10
Şekil 1.20. Plastik örtülü sera	10
Şekil 1.21. Polikarbon örtülü sera	10
Şekil 1.22. GRP örtülü sera	10
Şekil 1.23. Ahşap konstrüksiyonlu seralar	11

Şekil 1.24 Çelik konstrüksiyonlu seralar	11
Şekil 1.25. Alüminyum konstrüksiyonlu seralar	11
Şekil 1.26. Sabit seralar	12
Şekil 1.27. Hareketli seralar	12
Şekil 1.28. Portatif seralar	12
Şekil 1.29. Doğal havalandırmada önerilen pencere boyutları	17
Şekil 3.1. 1 ve 2 nolu seraya ait resimler	29
Şekil 3.2. 3, 4, 5 ve 6 nolu seralara ait resimler	29
Şekil 3.3. Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler	30
Şekil 3.4. Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin seralara yerleştirilmesi	31
Şekil 3.5. 1 ve 2 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=90^\circ$)	32
Şekil 3.6. 3 ve 4 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=90^\circ$)	32
Şekil 3.7. 5 ve 6 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=45^\circ$)	32
Şekil 3.8. Sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerlerine ait simülasyon görüntüleri	33
Şekil 3.9. Seraya ait özelliklerin programa tanımlanması	34
Şekil 3.10. Sera içerisindeki sıcaklık, nem ve hava akım desenlerinin dağılımı	34
Şekil 3.11. Mesh'in tanımlanması	35
Şekil 4.1. 1 ve 2 nolu seraya ait yapısal özellikler	36
Şekil 4.2. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	37
Şekil 4.3. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri	37
Şekil 4.4. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	40
Şekil 4.5. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri	40
Şekil 4.6. 3, 4, 5 ve 6 nolu seralara ait yapısal özellikler	42
Şekil 4.7. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	43

Şekil 4.8. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri	43
Şekil 4.9. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	46
Şekil 4.10. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ..	46
Şekil 4.11. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	49
Şekil 4.12. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ..	49
Şekil 4.13. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri	52
Şekil 4.14. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri ..	52
Şekil 4.15. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	56
Şekil 4.16. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	56
Şekil 4.17. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	59
Şekil 4.18. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	59
Şekil 4.19. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	62
Şekil 4.20. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	62
Şekil 4.21. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	65
Şekil 4.22. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	65
Şekil 4.23. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	68
Şekil 4.24. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	68
Şekil 4.25. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri	71
Şekil 4.26. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri.....	71
Şekil 4.27. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	74
Şekil 4.28. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri	74
Şekil 4.29. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	76
Şekil 4.30. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri	76
Şekil 4.31. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	78

Şekil 4.32. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	78
Şekil 4.33. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	80
Şekil 4.34. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	80
Şekil 4.35. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	82
Şekil 4.36. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	82
Şekil 4.37. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri.....	84
Şekil 4.38. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye’de seraların dağılımı.....	6
Çizelge 3.1. Materyal olarak kullanılan seraların özellikleri	29
Çizelge 4.1. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri	38
Çizelge 4.2. 1 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	39
Çizelge 4.3. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri.....	41
Çizelge 4.4. 2 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	42
Çizelge 4.5. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri.....	44
Çizelge 4.6. 3 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	45
Çizelge 4.7. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri.....	47
Çizelge 4.8. 4 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	48
Çizelge 4.9. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri.....	50
Çizelge 4.10. 5 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	51
Çizelge 4.11. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri.....	53
Çizelge 4.12. 6 nolu sera sensörler bazında için ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	54
Çizelge 4.13. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri....	57
Çizelge 4.14. 1 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	58
Çizelge 4.15. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri	60
Çizelge 4.16. 2 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	61
Çizelge 4.17. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri	63

Çizelge 4.18. 3 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	64
Çizelge 4.19. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri	66
Çizelge 4.20. 4 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	67
Çizelge 4.21. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri	69
Çizelge 4.22. 5 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	70
Çizelge 4.23. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri	72
Çizelge 4.24. 6 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri.....	73
Çizelge 4.25. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri	75
Çizelge 4.26. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	77
Çizelge 4.27. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	79
Çizelge 4.28. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	81
Çizelge 4.29. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	83
Çizelge 4.30. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri.....	85

1. GİRİŞ

Ülkemizde kırsal kesimde nüfusun tutulmasının en önemli sorunlarından biri toprak sermaye büyüklüğüdür. Artan nüfus, gittikçe parçalanarak her geçen gün küçük alanlardan daha fazla yararlanmayı gerektirmektedir (Yüksel 2004).

Birim alandan yüksek verim alınmasını sağlayarak küçük alanların marjinal olarak değerlendirilmesine olanak veren örtüaltı yetiştiriciliği, aynı zamanda yıl içerisinde düzenli bir işgücü kullanımı sağlaması nedeniyle de ülkemizdeki en önemli tarımsal faaliyetlerden birisi haline gelmiştir (Sevgican vd 2000).

Ülkemizde tarım alanlarının azalması buna karşılık nüfusun hızla artması ve birim alandan alınan ürün miktarının yeterli olmaması nedeni ile verimi artırıcı birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler yeni teknoloji ve tarım tekniklerinin kullanılmasının yanı sıra, sebze ve meyve üretiminin geliştirilmesi, özellikle de seracılığın yaygınlaştırılmasıdır (Güllüler 2007).

Örtüaltı tarımı; sera ve alçak plastik tüneller altındaki üretimi kapsamaktadır. Alçak plastik tüneller; bitki sıraları üzerine yaklaşık 60 cm yarıçaplı ve yarım daire kesitli yerleştirilmiş iskeletlerin üzerinin yumuşak plastik örtülerle örtülmesi sonucu elde edilen yapılardır (Sevgican 1999). Seralar ise; iklim koşullarının açıkta bitki yetiştirmeye elverişli olmadığı dönemlerde, kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesini olanaklı kılan, bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini sağlayabilen, içinde hareket edilebilir yapılardır (Baytorun 1995, Eltez ve Günay 1998).

Diğer bir deyişle sera; iklimle ilgili çevre koşullarına tamamen veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, bağıl nem, ışınım, karbondioksit ve hava hareketini kontrol altında tutarak bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için en uygun koşulları sağlamak, çeşitli kültür bitkileriyle ve bunların tohum, fide, fidanlarını üretmek amacıyla cam, plastik vb., ışık geçirgen bir örtü malzemesiyle kaplanarak değişik şekilde yapılan yapılara denir (TS EN 13031-1 2003, Öztürk ve Başçetinçelik 2002, İşcan vd 2004).

Yapım tekniği yönünden ise seralar şu şekilde tanımlanır. Belirli aralıklarla yerleştirilen ve dış kuvvetlerin etkisiyle biçimini değiştirmeyen rijit bir yapı iskeleti

üzerine saydam bir örtü malzemesi kaplanarak yapılan tarımsal yapılara *Sera* denir (Filiz 2001).

Sera, şu anda ülkemizde işsizliği azaltan, daha fazla ürün alınmasını sağlayan, nüfusu kırsal kesimde tutarak çarpık şehirleşmeyi önleyen önlemlerin ilki olarak görülmektedir. Ayrıca taze sebze ve çiçek, tarlada ve bahçede yılın her mevsiminde yetiştirilemez. İnsan sağlığı yönünden sebzelerin her mevsimde taze olarak yenilmesi gerekmektedir. Seralar bunu sağlamanın en önemli yollarından birisidir (Yüksel 2004).

Seralarda bitkilerin ekonomik olarak yetiştirilmesi ve en iyi şekilde gelişmesi için uygun ısı, nem, hava ve ışık gibi etmenler, en az yatırım ve işgücü ile sağlanabilmelidir (Yüksel 2004).

Daha önce yapılan çalışmalarda tanımlanan bazı tekniklerle sera içerisindeki bütün akım dağılımları belirlenebilmiştir. Fakat bu teknikler, elverişsiz akımlardan kaynaklanan problemlerin tespitine yöneliktirler ve problem çözücü teknik değildirler. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) modellemesi, hem problem tespiti yapmakta hem de problemi çözmek için uygulanabilir yöntemler hakkında bize fikir vermektedir (Demiröz 2006).

Birçok mühendislik uygulama alanında karşılaşılan akışlar, karmaşık geometriler etrafında olup, üç-boyutlu, zamana bağlı olarak değişen, kopmalı ve türbülanslı akışlardır. Bu tür üç-boyutlu karmaşık akış problemlerinin çözümünde paralel bilgisayar öbeklerinin daha yaygın kullanımı, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin ve yüksek başarılı hesaplamaların çözümü ve simülasyonları ile günümüzde mümkün olmaya başlamıştır. Böylece HAD simülasyonları artık bütün bilim ve mühendislik alanlarında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak hala bu yöntemler ile tasarım aşamasında istenilen hızda çözümlerin elde edilememesi bu simülasyonların tasarım aşamasında sadece sınırlı sayıda akış koşulları için yapılmasına ve daha çok akademik amaçlı sayısal deneyler olarak kullanılmasına neden olmaktadır (Sezer-Uzol 2009).

1.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), İngilizcesi “Computational Fluid Dynamics (CFD)”, Akışkanlar Mekaniği konusunun bir alt dalı olarak günümüzde değerlendirilmektedir. HAD metodu, akışkandan kaynaklı problemlerin nümerik algoritmalar ile çözüm yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle 1990’lardan sonra HAD metodu kullanımının giderek arttığı gözlenmektedir. Bunun ana sebepleri, bilgisayarların günden güne kapasitelerinin artması, deney ve test düzeneklerinin yüksek maliyeti ve deney ve test ile ürün tasarımının sürecinin uzun süreler tutmasıdır (Wislicenus 1964, Ferziger ve Peric 2002).

Genel olarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, her türlü akışkan ve akışın değişik koşullardaki analizini yapmaya yarayan bir yöntemdir. Bu yöntemde temel olarak üç ana denklem (süreklilik, momentum ve enerji denklemleri) esas alınır ve bu denklemler sayısal çözümlerle akış içindeki basınç, hız ve sıcaklık dağılımları ve bu parametrelere bağlı olarak birçok veriye ulaşılır (Wislicenus 1964, Ferziger ve Peric 2002).

HAD metodu, bilindiği üzere genel olarak Navier-Stokes denklemlerinin çözülmesi ile çalışmaktadır. Navier-Stokes denklemleri özellikle viskoz etkileri modellediğinden bu denklemler çoğunlukla ticari yazılımların ana denklemleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Versteeg ve Malalasekera 2005).

HAD metodunda öncelikle akışkan hacmi ve katı hacim birbirinden ayrılarak daha küçük elemanlara bölünmektedir. Bu elemanların oluşturduğu hacime grid adı verilmekte olup, çözümün doğruluğunu etkileyen en önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Genellikle iki yöntem ile bu grid oluşturulabilir. Öncelikle günümüzdeki çoğu ticari yazılımın kullandığı Sonlu Hacim Yöntemi (SHY) ve genellikle daha özel çözümler için kullanılan Sonlu Eleman Yöntemidir (SEY) (Karamanoğlu vd 2006).

Sonlu Hacimler Yönteminde, grid elemanları birbirinden ayrık kontrol hacimlerdir. Bu hacimlerde ve hacmin yüzeyleri üstünde Navier-Stokes denklemleri çözülür. Bu yöntemde çözümün yakınsaması ve ıraksaması elemanların düzgünlüğüne göre değişmektedir (LeVeque 2002).

Sonlu Elemanlar Yönteminde, Navier-Stokes denklemleri Sonlu Elemanlar Yöntemine göre modifiye edilmiştir. Sonlu Hacimler Yöntemine göre daha kararlı bir çözüm sunabilmesine rağmen grid elemanlarının çok düzgün bir şekilde oluşturulması gerekmekte ve Sonlu Hacimler Yöntemine göre daha fazla zaman ve bellek kullanmaktadır (Pelosi 2007).

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyonlarında bir bütün olarak ele alınması gereken adımlar şunlardır: ön-işleme, hesaplama ve ard-işleme. Ön-işleme adımında, probleme uygun geometrinin tanımlanması ve katı modelleme yazılımları ile oluşturulması, geometriye uygun hesaplama alanının belirlenmesi, yapısal veya yapısal olmayan çözüm ağının çözüm ağı üretme yazılımlarıyla oluşturulması ve son olarak bu çözüm ağının akış çözücüye uygun formatta hazırlanması işlemleri vardır. Hesaplama adımında, uygun sayısal yöntemler, uygun algoritmalar ve uygun sınır koşullarının seçilmesi ile hesaplama alanı ve çözüm ağı üzerinde akış çözücüler kullanılarak hesaplamalar yapılır. Ard-işleme adımında ise hesaplama adımında elde edilen sayısal çözümün yani verilerin analiz edilmesi, ard-işleme yazılımları ile uygun şekilde çizgi grafikler, eş değer eğrileri, üç boyutlu görüntü ve animasyonlar ile görüntülenmesi ve yorumlanması işlemleri yapılır. Ayrıca, paralel hesaplama yaparken problemlerin ve dolayısıyla verilerin büyüklüğü arttıkça hesaplamalı yönlendirme ve gerçek zamanlı görüntülemenin de önemi artmaktadır. Paralel öbek bilgisayarlarında paralel bir program çalışırken programa müdahale edebilmek, değişkenleri veya yöntemleri değiştirebilmek yani hesaplamalı yönlendirme yapabilmek ve gerçek zamanlı olarak çözümü bilimsel olarak görüntüleyebilmek, hatta yapay gerçeklik sistemlerinin kullanımı mümkün olabilmekte ve bütün bunlar kullanıcılara kolay analiz imkanı sağladığı için oldukça önemli hale gelmektedir (Long vd 2004, Modi vd 2005, Sezer-Uzol 2006).

Bu çalışmada, farklı yöney, pencere açıklık derecesi ve yetiştirme ortamına sahip doğal havalandırılan beşik çatılı tekil cam seralarda ölçülen sera içi iklim etmenlerine ait değerlerle bilgisayar ortamında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi kullanılarak simülasyon ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

1.2. Dünyada Seracılık

İtalya'da Romalılar devrinde güneye bakan kuytu yamaçlarda açılan çukurların üzerinin şeffaf malzemeyle kapatılarak sebze yetiştirilmesinden başlayan örtü altında bitki yetiştiriciliği, daha sonra Avrupa'da evlerin güneye bakan yönlerinin camla örtülmesiyle gelişmeyi sürdürmüştür. 16. ve 17. yüzyıllarda yapılan bu yapılar seracılığın ilk başlangıcı sayılabilir. 18. yüzyılda bu yapılarda ışık miktarının az olduğu belirlenerek, yapı içine giren ışık miktarını arttırmak amacıyla pencere alanı fazlalaştırılmış ve çatıdan başka yan duvarlarında cam yapılması sağlanmıştır. Daha sonra ABD ve Avrupa'da sera yapımı, endüstri ile birlikte birinci dünya savaşından sonra hızlı bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Günümüzde uluslararası seracılığa bakacak olursak, seraların dünya üzerinde geniş bir yayılma alanı olduğu görülmektedir (Yüksel 2004).

Bu nedenle, sera yetiştiriciliği yapılan ülkeleri farklı enlem dereceleri ve farklı sera teknolojileri göz önüne alınarak şöyle sınıflandırmamız mümkündür.

1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler,
2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler,
3. İki iklimin egemen olduğu ülkeler.

1.2.1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler

Bu kuşakta yer alan başlıca Avrupa ülkeleri Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Romanya, Bulgaristan ve Rusya'dır. Hollanda bu ülkeler içinde 10.000 ha cam sera alanı ve üretim tekniği yönünden en başta gelen ülkedir (Yüksel 2004).

1.2.2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler

Bu kuşakta yer alan ülkelerin elverişli ekolojik koşulları, seracılığın karlı olarak yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ortalama sıcaklıkların özellikle kış aylarında yüksek olması, seralarda en büyük girdi olan ısıtma masraflarını azaltması nedeniyle, bu ülkelerde sera alanları hızla artmaktadır. Bu iklim kuşağında Akdeniz'e kıyısı bulunan ülkeler bulunmaktadır. İspanya, Türkiye, İtalya, Yunanistan, İsrail gibi ülkeler bu kuşakta yer almaktadır ve bunlar içinde ülkemizin sera kurmaya uygun çok büyük bir potansiyeli vardır (Yüksel 2004).

1.2.3. İki iklimin egemen olduğu ülkeler

Bu ülkelerde ortak olan özellik cam ve plastik seraların bir arada oluşudur. Akdeniz ülkelerindeki seralarda bu özellikte olmasına karşılık, bu ülkelerin dışında ABD ve Japonya'da plastik seralarda da yüksek teknoloji uygulanmaktadır (Yüksel 2004).

1.3. Ülkemizde Seracılık

Ülkemizde sera yetiştiriciliği başlangıcı 50-55 yıl kadar öncesine dayanır. Sera işletmelerinin kurulması iklim yönünden en uygun olan Antalya ve İçel illerinde başlamıştır. Sera işletmeciliğini kısıtlayıcı en büyük etmen, sera içinde bitki gelişmesi için en uygun sıcaklığı sağlamada kullanılan yakıt ve ısıtma sistemi kurulum giderleridir. Bu nedenle ülkemizde sera işletmeciliği kurulabilecek bölgeler Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz Bölgeleri ile uygun mikro klimaya sahip olan bölgelerdir (Yüksel 2004).

Ülkemiz seracılığı Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde dağılma ve gelişme göstermektedir. Bu dağılım içerisinde yer yer yoğun üretim alanları doğmuştur. En kuzeyde Yalova çevresindeki mikro klimada görülen seracılık, batıda İzmir ve Muğla çevresinde, güneyde Antalya ve Mersin dolaylarında yoğunlaşmakta ve Hatay ilinin Samandağ ilçesine kadar varmaktadır (Yüksel 2004).

TÜİK 2010 verilerine göre, Türkiye'de sera alanlarının yaklaşık %60.2'si Antalya'da, %24.4'ü İçel'de, %8.7'si Muğla'da, %2.6'sı İzmir'de ve %0.1'i İstanbul'da bulunmaktadır. Bu dağılım da göstermektedir ki, Türkiye'de seracılık kış aylarının en sıcak geçtiği Akdeniz yöresinde toplanmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye'de seraların dağılımı (TÜİK 2010)

İller	Alan (da)	%	Cam(da)	PE(da)
Antalya	187.310	60.2	67.012	120.298
İçel	76.030	24.4	6.416	69.614
Muğla	27.086	8.7	6.682	20.404
İzmir	8.073	2.6	196	7.877
İstanbul	264	0.1	0	264
Diğerleri	12.528	4.0	466	12.062
Toplam	311.291	100.0	80.772	230.519

1.4. Seraların Sınıflandırılması

Seralar büyüklüklerine, kuruluş şekillerine, yetiştirilen bitki türüne, çatı şekillerine, kullanım amacına, örtü ve iskelette kullanılan malzemelerin çeşitlerine ve seraların taşınabilirlik durumlarına göre sınıflandırılır (Yüksel 2004).

1.4.1. Büyüklüklerine göre seralar

Seralar büyüklüklerine göre büyük, orta ve küçük seralar olarak ayrılırlar. Büyük seraların taban alanları 1000 m^2 'den daha fazladır ve boyları 50-100 m arasındadır. Bu seralar genellikle yetiştiricilikte kullanılmaktadırlar. Orta büyüklükteki seralar ise, büyüklükleri $100-1000 \text{ m}^2$, boyları 25-50 m, genişlikleri ise 3-20 m arasında değişen, yetiştiricilikte ve fide üretiminde kullanılan seralardır. Küçük seralar ise 100 m^2 'den daha küçük taban alana sahiptirler. Özellikle ev bahçelerinde çiçek üretmek için kullanılan bu seraların genişlikleri 1-6 m, uzunlukları ise 2-20 m arasında değişir (Filiz 2001, Yüksel 2004).



Şekil 1.1. Büyük seralar (Anonim 2011a)



Şekil 1.2. Orta büyüklükteki seralar (Anonim 2011b)



Şekil 1.3. Küçük seralar (Anonim 2011a)

1.4.2. Kuruluş şekillerine göre seralar

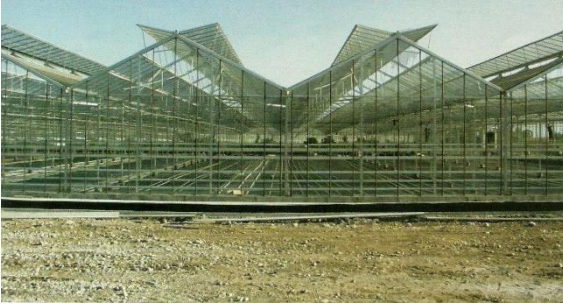
- Tekil seralar
- Bölmeli blok seralar
- Bölmesiz blok seralar
- Bağlantılı blok seralar (Filiz 2001, Yüksel 2004).



Şekil 1.4. Tekil seralar (Anonim 2011b)



Şekil 1.5. Bölmeli blok seralar (Anonim 2011a)



Şekil 1.6. Bölmesiz blok seralar (Titiz 2004)



Şekil 1.7. Bağlantılı blok seralar (Anonim 2011a)

1.4.3. Yetiştirilen bitki çeşidine göre seralar

- a) Süs bitkisi seraları
- b) Meyve seraları
- c) Sebze seraları (Filiz 2001, Yüksel 2004).



Şekil 1.8. Süs bitkisi seraları (Titiz 2004)



Şekil 1.9. Meyve seraları (Anonim 2011a)



Şekil 1.10. Sebze seraları (Titiz 2004)

1.4.4. Çatı şekillerine göre seralar

- Beşik çatılı seralar
- Yay çatılı seralar
- Gotik çatılı seralar
- Venlo (M) tipi çatılı seralar (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004).



Şekil 1.11. Beşik çatılı sera (Anonim 2011a)



Şekil 1.12. Yay çatılı sera (Anonim 2011a)



Şekil 1.13. Gotik çatılı sera (Titiz 2004)



Şekil 1.14. Venlo (M) çatılı sera (Titiz 2004)

1.4.5. Kullanım amacına göre seralar

- Tohum ve fide üretim seraları
- Üretim ve yetiştirme seraları
- Araştırma seraları
- Hobi seralar (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004).



Şekil 1.15. Fide üretim seraları (Anonim 2011b)



Şekil 1.16. Üretim seraları (Titiz 2004)



Şekil 1.17. Araştırma seraları (Anonim 2011b)



Şekil 1.18. Hobi seraları (Anonim 2011a)

1.4.6. Örtü malzemesine göre seralar

Seralar kullanılan örtü malzemelerine göre 2 grup altında toplanabilir (Tiwari 2003).

- Cam seralar
- Plastik seralar (PE, PVC, PC, GRP)



Şekil 1.19. Cam örtülü sera (Anonim 2011a)



Şekil 1.20. Plastik örtülü sera (Anonim 2011a)



Şekil 1.21. Polikarbon örtülü sera (Anonim 2011a)

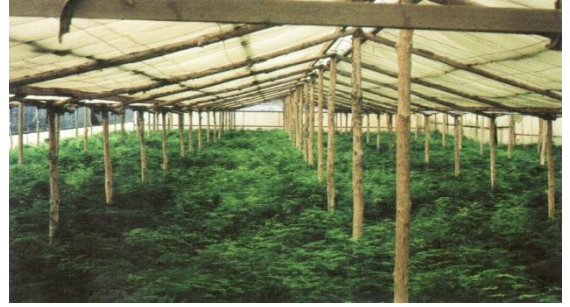


Şekil 1.22. GRP örtülü sera (Anonim 2011b)

1.4.7. İskelet malzemesine göre seralar

Seralar iskelet malzemesine göre,

- Ahşap konstrüksiyonlu seralar,
- Çelik konstrüksiyonlu seralar,
- Alüminyum konstrüksiyonlu seralar, olmak üzere 3'e ayrılır (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004).



Şekil 1.23. Ahşap konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004)



Şekil 1.24 Çelik konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004)



Şekil 1.25. Alüminyum konstrüksiyonlu seralar (Anonim 2011a)

1.4.8. Taşınabilirlik durumuna göre seralar

Hareketlilik yönünden seraları sabit, hareketli ve portatif olarak sınıflara ayırmak mümkündür (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004).

- Sabit seralar, bir temel üzerine oturtulmuştur ve seraların büyük kısmı bu sınıfa girer.
- Hareketli seralar, belirli bir temel ve raylar üzerinde yer değiştirebilen seralardır.
- Portatif seralar, sökülüp tekrar takılabilen seralardır.



Şekil 1.26. Sabit seralar (Anonim 2011b)



Şekil 1.27. Hareketli seralar (Anonim 2011c)



Şekil 1.28. Portatif seralar (Anonim 2011d)



1.5. Seraların Boyutlandırılması

1.5.1. Sera alanının belirlenmesi

Ekonomik anlamda üretim yapılan bir serada taban alanının en az 500 m² olması gereklidir. Ülkemizde mevcut seralar üzerinde yapılan araştırmalarda ortalama sera büyüklüğü 780 m² olarak bulunmuştur. Bu değer cam örtülü seralarda 700 m² plastik örtülü seralarda 800 m²dir (Filiz 2001, Yüksel 2004).

Ülkemiz seralarının işletme yapısı aile işletmeleri şeklinde ve ortalama büyüklükleri 400-1500 m² arasında değişen küçük işletmeler şeklindedir (Yüksel 2004).

Ticari anlamda yatırım maliyetleri göz önüne alındığında, modern cam ve plastik sera işletmelerinde minimum büyüklük 10.000 m², optimum işletme büyüklüğü ise 25.000 -100.000 m² olmalıdır (Titiz 2004).

1.5.2. Sera yönünün belirlenmesi

Seralarda yönlendirmenin genellikle Doğu-Batı yönünde olması turfanda yetiştiriciliği için en iyi çözümdür. Bu durumda tekil seralar kış aylarında daha fazla ısınmakta, yaz aylarında ise daha az oranda ısı almaktadır. Bununla birlikte Akdeniz

iklim kuşağı üzerinde bulunan ülkelerde gölgeleme açısından blok seraların sera yönünün Kuzey-Güney doğrultusunda olması önerilmektedir. (Filiz 2001, Yüksel 2004, Hakgören ve Kürklü 2007).

1.5.3. Sera boyutlarının belirlenmesi

Sera genişliğinin, 6, 9, 12, 15, 18, 21 m gibi 3 m'nin katları olacak şekilde yapılması sera iç planlamasının kolay yapılabilmesi nedeniyle gelenekselleştirilmiştir. Sera uzunluğu ise 30-60 m arasında (ortalama olarak 50 m) olması gerekir. Buna göre sera taban boyutlarının 9-12 m ile 50-60 m arasında olması uygun olacaktır. Ayrıca 6, 9, 12, 15 ve 18 m'lik tekil seraların bir araya getirilmesi ile oluşan blok seralarda 100-200 m'yi geçmeyecek genişlikler ideal kabul edilir. Blok sera boyu ise tekil seralarda olduğu gibi 50 m dolaylarındadır (Öneş 1986, Yüksel 2004).

1.5.4. Seralarda havalandırma pencerelerinin boyutlarının belirlenmesi

Pencereler, yan ve çatı yüzeylerinde bulunan, tek tek veya bant şeklinde, basit veya otomatik sistemlerle çalışan, kolaylıkla açılıp kapanan, rüzgar ve diğer yükler karşısında açılmaları etkilenmeyen, açıldıklarında havalanmayı engellemeyen, sera içinde 1-4 m/s hız yaratacak şekilde, çatıda olanları yatayla 15° veya daha fazla, yan yüzeylerde düşeyle en az 60°-70° açı yapacak şekilde açılan, kapatıldığında havanın girip çıkmasını önleyen, sera içine yağış sularının girmesini engelleyen, açılıp kapatma elemanları paslanmayan malzemelerden yapılmış doğal havalandırma elemanlarıdır (TS EN 13031-1 2003).

1.5.5. Seralarda yan duvar yüksekliğinin belirlenmesi

Sera hacmini belirleyen yükseklikle ilgili boyut; yan duvar yüksekliği ve çatı yüksekliği olmak üzere iki kısımda tasarlanır. Sera yan duvar yüksekliği, sera tabanı ile sera çatısının alt elemanı arasında kalan boyuttur. Sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı seralarda, yan duvar yüksekliğinin 2 m'den az olmaması gerekir. Seralarda etkili bir mekanizasyon yapılabilmesi için yan duvar yüksekliği 3 m-5 m arasında olmalıdır (Yüksel 2004, Hakgören ve Kürklü 2007).

1.5.6. Sera çatı genişliğinin ve çatı açısının belirlenmesi

Seracılık işletmelerinde uygulanabilecek optimum çatı genişliğinin cam örtülü seralarda 9-12 m, plastik örtülü seralarda ise 6-9 m arasında olması önerilmektedir. (Yüksel 2004).

Çatı genişliği en az 8 m olmalıdır. Özellikle 1.60 m'nin katları olan çatı genişlikleri mekanizasyon ve optimum sera içi alan kullanım açısından önemlidir (Titiz 2004).

Sera çatı eğim açısının ülkemiz seraları için 26° - 32° arasında olması, güneş ışınlarından maksimum oranda faydalanmayı sağlayarak bitkilerin erkenciliğini, kalitesini ve verimini arttırmaktadır (Hakgören ve Kürklü 2007). Yüksel (2004), ülkemiz seralarında çatı eğim açısının ortalama bir değerle 26° - 27° kadar olması gerektiğini bu eğimde güneş ışığı kaybının %14 dolayında olduğunu bildirmiştir.

1.5.7. Sera konstrüksiyonu profillerinin seçimi

Sera konstrüksiyon profilleri, sera yapı elemanlarına etki eden ölü ve canlı yükler hesaplanarak ve eğilme, sarkı ve flambaj yönünden statik analizleri yapılarak seçilmelidir. Sera yapımında iskelet malzemesi olarak kolon ve çatı makasını oluşturan elemanların seçiminde standart çelik profiller (çelik ve galvanizli çelik boru) kullanılmalıdır (Germinig 1985, Jensen ve Malter 1994, von Elsner vd 2000, Critten ve Bailey 2002). Beşik çatılı cam seralarda, kolon ve aşıklarda I_{80} yada I_{100} çelik profili, aşıklarda 50x50x2mm kutu profil, merteklerde T_{60} profili, diğer elemanlarda $L_{40,40,4}$ profili, plastik kaplı yay çatılı ve gotik çatılı seralarda ise kolonlarda 80x80x3mm çelik kutu profil, yada 3'' çelik profil boru, çatı makaslarında 60mm' çelik profil boru, aşıklarda 40x40x2mm kutu profil yada 2'' çelik profil boru ve diğer elemanlarda ise 32mm çelik profil boru yada 1' profil boru kullanılabilir (Alkan 1977, Öneş 1986, Filiz 2001, Yüksel 2004, Emekli ve Büyüктаş 2007, Hakgören ve Kürklü 2007).

Kolonlar, beşik çatılı cam seralarda 30 m aralıklarla, plastik kaplı yay çatı ve gotik çatılı seralarda ise rüzgar etkisini azaltmak için 20 m aralıklarla planlanabilir. Mertekler, gölgeleme etkisini azaltmak amacıyla beşik çatılı cam seralar ile yay çatı ve gotik çatılı plastik kaplı seralarda 10 m aralıklarla çatı makası şeklinde planlanabilir.

Kapı ve havalandırma pencerelerinde L_{30,30,3} profil çelik malzeme kullanılabilir (Günay 1980, Öneş 1986, Filiz 2001, Yüksel 2004, Emekli ve Büyüктаş 2007, Haggören ve Kürklü 2007).

1.5.8. Temel tipleri ve boyutları

Seralarda genellikle çakma, prizmatik, silindirik ve sömel tipi temeller kullanılır. Çakma temeller küçük tip plastik seralarda çerçeveleri bağlamak amacıyla zemine yaklaşık 0.75 m derinliğinde çakılarak oluşturulur. Ancak bu temel şekli rüzgarın kaldırma kuvvetine karşı dayanıklı değildir. Prizmatik temeller ise plastik seralarda don derinliği altında kolonları zemine bağlamak amacıyla yamuk kesitli minimum 0.60 m derinliğinde betondan yapılırlar. Taşıma gücü yüksek sağlam zeminlerde açıklığı fazla olmayan cam seralarda da bu tip temeller uygulanabilir. Silindirik temellerde çap en az 0.40 m olacak şekilde 300 dozlu betondan yapılabilir. Sömel tipi temeller ise yüklerin oluşturduğu gerilmenin zemin emniyet gerilmesini aşması durumunda temel taban alanını genişletmek ve dolayısıyla zeminin birim alanının taşıyacağı yükü azaltmak için yapılan beton temellerdir (Cartoğlu 1991, Yüksel 2004, Haggören ve Kürklü 2007). Yağışlı bölgelerde yüzey akış sularının sera içerisine girmesini engellemek için 30 cm genişlikte ve 20 cm yükseklikte 300 dozlu beton ile su basmanı yapılabilir. Serada tarım için doğal zemin kullanılıyorsa su basman duvarlarını fazla yükseltmenin içerde gölgeleme yapacağı için doğru olmayacağını ve serada su basman duvarlarının 0.15-0.30 yükseklikte, 0.2-0.3 m genişliğinde olmalıdır (Alkan 1977, Öneş 1986, Yüksel 2004, Haggören ve Kürklü 2007).

1.6. Seralarda Havalandırma Sistemleri

Bailey'e (1996) göre, bitkilerin gelişimini iyi bir şekilde sağlamak için seraları kış boyunca ısıtmak gerektiği gibi, yaz mevsimi boyunca da havalandırmak gerekir.

Seralarda havalandırmanın amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Sera içindeki ortam sıcaklığının aşırı yükselmesini önlemek,
2. Sera ortamındaki bağıl nem oranını bitki gelişimi için uygun bir düzeyde tutmak,
3. Bitkilerden transpirasyon sonucunda açığa çıkan su buharını ortamdan uzaklaştırmak,

4. Bitkiler tarafından fotosentez işleminde kullanılan CO₂ gereksinimini karşılamak,
5. Sera içerisinde tekdüze bir hava akımı sağlamak,
6. Sera ortam havasındaki gaz yoğunluğu kabul edilebilir bir düzeyde tutmaktır.

Sera içinde iyi bir havalandırma sağlanabilmesi için gerekli parametrelerden biri saatteki hava değişim sayısıdır. Hava değişim sayısı plastik örtülü bir serada 50-60, cam seralarda 40-50 civarında olmalıdır. İdeal koşullarda bu değer 15-30 arasında kalır (Kürklü ve Çağlayan 2005).

Doğal havalandırmanın uygulandığı seralarda yeterli hava değişim oranına ulaşılabilmesi rüzgar hızı, havalandırma pencerelerinin yeri ve açıklık miktarı gibi faktörlere bağlıdır. Burada bahsedilen hava değişim oranı sera içi hava hacminin 1 dakikada değiştirilmesidir. Bu saatte 60 kez sera hacminin değiştirilmesi demektir. Bu havalandırma oranı ile sıcak bölgelerde sera içi sıcaklığı 6°C düşürülebilir. Soğuk bölgelerde hava değişim oranı saatte 20 sera hacmi kadar alınabilir (Hakgören ve Kürklü 2007).

1.6.1. Doğal havalandırma

Herhangi bir hareket verici sisteme gereksinme kalmadan, doğal koşullarla sera içi havasının, sera dışı havası ile kendiliğinden yer değiştirmesine “doğal havalandırma” denir (Yüksel 2004).

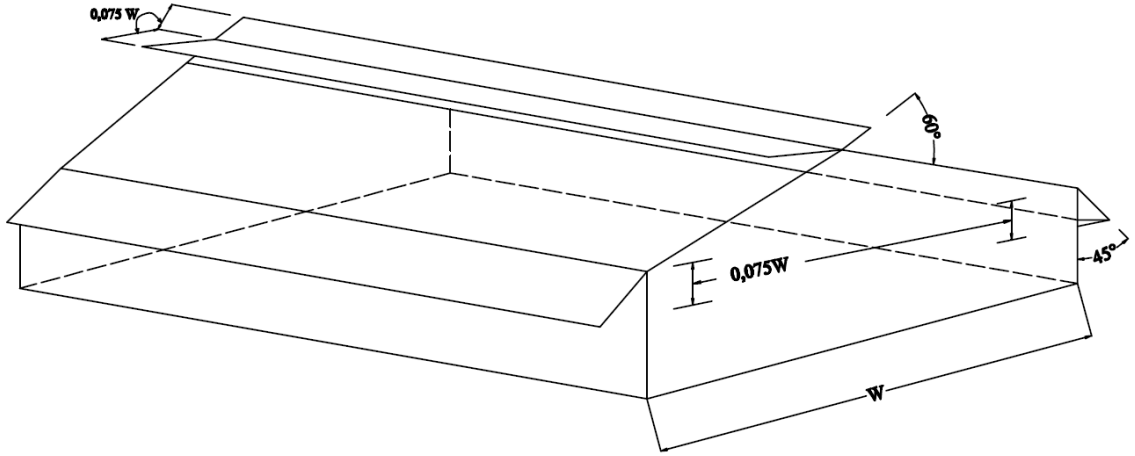
Doğal havalandırmanın oluşabilmesi;

- a) Rüzgarın ortalama hızına,
- b) Etkili rüzgar yönüne,
- c) Günlük ve mevsimlik rüzgar hızı ve yönündeki değişimlere,
- d) Rüzgar yönünde ağaç, bina, tepe vb. engellerin bulunmasına bağlıdır (Hakgören ve Kürklü 2007).

Optimum bir havalandırma sağlayabilmek için yan duvarlar ve çatı mahyasının her iki tarafına da havalandırma pencereleri oluşturulmalıdır. Pencerelerin toplam alanı sera taban alanının minimum %15'i olacak şekilde olmalıdır ancak, bu değer optimum bir havalandırma için %30 olarak önerilmektedir. Zabeltitz (1992), yaptığı çalışmada Akdeniz iklim kuşağındaki seralarda, havalandırma açıklığı alanının sera taban alanına

oranının % 18-25 arasında olması gerektiğini, Nicalaus (1990), bu oranının % 25 olması gerektiğini, Havgören ve Kürklü (2007), toplam pencere alanının sera taban alanına oranının % 30 olması gerektiğini, Özmerzi ve Kürklü (1989), eğer sadece çatı havalandırması yapılıyor ise bu durumda toplam pencere alanı sera taban alanının % 33'ü kadar olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Yan duvarlara yerleştirilen pencere alanı kadar çatıda da olması arzu edilir. Çatı havalandırma pencerelerinin tam açık olması durumunda pencereler çatı yan yüzeyi ile 60°'lik, yan duvarlarda ise dik yan duvarlarla 45°'lik bir açı yapmalıdır. Pencere genişlikleri ise sera genişliği (W)'nin 0.075 kadarı olmalıdır (Şekil 1.29) (Havgören ve Kürklü 2007).



Şekil 1.29. Doğal havalandırmada önerilen pencere boyutları (Havgören ve Kürklü 2007)

Havalandırma sırasında sera içerisine giren hava hızının bitkilere zarar vermeyecek bir hızda olması gerekmektedir. Doğal havalandırmada hava hareketinin hızı teorik olarak aşağıdaki eşitlikle bulunur (Havgören ve Kürklü 2007).

$$V = 1.83 \sqrt{\frac{h (t_i - t_d)}{273 + t_d}}$$

Eşitlikte;

V=Havanın pencereden çıkış hızı, m/s

h= Hava giriş ve çıkış açıklıkları arasındaki kot farkı, m

t_i= Sera içi sıcaklığı, °C

t_d= Dış ortam sıcaklığı, °C

Doğal havalandırmada havalandırma miktarı, pencerelerin açıklık alanı büyüklüğü (A_p) ile hava çıkış hızına (V) bağlıdır. Bu değerler süreklilik eşitliğinde yerine konursa (Hakgören ve Kürklü 2007),

$$Q = A_p * V * E$$

Eşitlikte,

Q = Gerçekleştirilebilen havalandırma miktarı, m^3/s

A_p = Havalandırma pencerelerinin toplam kesit alanı, m^2

V = Havalandırma açıklıklarından geçen havanın hızı, m/s

E = Tarımsal yapılar için önerilen 0.35 değerinde bir katsayı

1.6.2. Zorunlu (Mekanik) havalandırma

Seralarda doğal havalandırmanın yeterince etkili olmadığı durumlarda veya doğal havalandırma sisteminin yetiştiricilik açısından istenmediği durumlarda yapılan havalandırma şekline “zorunlu havalandırma” denir. Bu tip havalandırmada fanlar kullanılır. Zorunlu havalandırma ile sera iç ortam sıcaklığı en fazla dış ortam sıcaklığına eşit hale getirilebilir. Bu tip havalandırmanın en önemli avantajı, özellikle durgun havalarda sera içerisinde oluşabilecek nemin hızlı bir şekilde dışarıya atılmasıdır (Hakgören ve Kürklü 2007).

Doğal havalandırmada hava değişimini sıcaklık farkı ve rüzgarın sağlamasına karşılık, zorunlu havalandırmada sera havasının değiştirilmesi üfleç (vantilatör) ve emmeçler (aspiratörler) yardımıyla olur (Yüksel 2004).

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Serada yetiştirilen bitkilerden ekonomik bir şekilde bol miktarda ürün elde etmek için bitkilerin büyümeleri ve gelişmelerini sağlayabilecek biçimde çevre koşullarının ve yetiştirme ortamının düzenlenmesi gerekir. Sera içi çevre koşullarını ışık, sıcaklık, nem, hava hareketi ve havanın CO₂ içeriği gibi faktörler, yetiştirme ortamını ise toprak, su ve besin maddeleri oluşturmaktadır (Cartoğlu 1991).

Serada, sıcaklığın kontrol edilmesi ve yapılan ısıtma ve havalandırma işlemleri, büyük miktarda enerji gerektirmesi nedeniyle üzerinde en fazla çalışılan konu olmuştur. Günümüzde enerji, kullanımındaki artışa paralel olarak miktarı aynı oranda artırılamadığı için fiyatı giderek artan bir metadır (Çolak 2002b).

Havalandırma, sera iç ortamındaki hava sıcaklığı ve bağıl nem değerini azaltmak ve ortam havasındaki CO₂ düzeyini uygun bir değerde tutabilmek amacıyla, temiz hava sağlamak için, sera içerisindeki havanın dış ortamdaki havayla yer değiştirmesi işlemidir. Doğal havalandırma işlemi, serada uygulanmasında herhangi bir enerji ihtiyacı gerektirmediği için seraların havalandırılmasında kullanılan en ucuz yöntemdir (Öztürk 2008).

Termodinamik yasalarına göre, herhangi bir hava kütesinin sıcaklığı artarsa yoğunluğu azalmaktadır. Bu yoğunluk azalması nedeniyle sıcak hava kütesi, çevresindeki hava ile yoğunluk bakımından eşitleninceye kadar yükselmekte, yükselen havanın yerini ise, sıcaklığı daha düşük olan hava kütesi almaktadır (Esmay ve Dixon 1986).

Sıcaklığı yükselen havanın yoğunluğunun azalması nedeniyle, seralarda çatı boşluklarındaki havanın sıcaklığı, toprak yüzeyine yakın yerlerdeki havanın sıcaklığından daha yüksek olmaktadır. Bu sıcaklık değişimi arttıkça, örtü iç yüzeyi ile dış yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı artışı nedeniyle seradan ısı kayıpları da artmaktadır (Papadakis vd 1992, Boulard vd 1996).

Sera kapalı bir ortam olduğundan sera toprağı ve bitkiden ortama sürekli nem verildiği için, sera havasının bağıl nemi dış ortamdaki neme göre daha yüksektir. Havanın nem

oranı arttıkça yoğunluğu azalmakta, bu da düşey yönde ısı değişimini artırmaktadır (Boulard ve Baille 1993).

Normal bitki gelişimi için en uygun bağıl nem düzeyi genellikle %25-80 arasında değişir (Aldrich ve Bartok 1989). Hava neminin %90-100 olduğu durumlarda bitkiler transpirasyon yapamazlar. (Akıllı 1987).

Sera içi sıcaklığını; dış sıcaklık, dış hava nemi, kısa ve uzun dalga boylu güneş radyasyonu ve rüzgar etkilemektedir. Seralarda kış aylarında sıcaklığı istenilen seviyeye çıkarmak için ısıtma sistemleri; yaz aylarında da istenilen seviyeye düşürmek için havalandırma ve soğutma sistemleri düşünülmelidir (Sallanbaş ve Özmerzi 1989).

Çolak (2002a), 9 Ocak-5 Mart 2001 tarihleri arasında, Fethiye'de Kuzey-Güney yönünde kurulmuş, havalandırma açıklıkları yan duvarlarda ve mahyanın her iki tarafında sürekli pencere şeklinde konumlandırılmış 1608 m² alana sahip bir serada; sera içi sıcaklık, çiğlenme sıcaklığı ve oransal nem deseni üzerine bir araştırma yapmıştır. Sera dış ve iç sıcaklıkları ile oransal nem ve çiğlenme sıcaklıklarını sensörler ile 30 dakikada bir ölçmüş ve kaydetmiştir. Araştırmada, değerlerin ortalamalarını alarak gece ve gündüz oluşan ortalama sıcaklık, çiğlenme sıcaklığı ve oransal nem değerleri bulmuştur. Bu değerleri, ölçekli sera kesit planı üzerine, ölçüldükleri konumlara uygun olarak yerleştirmiş ve bu değerlerden yararlanarak, sera içi sıcaklık, oransal nem ve çiğlenme sıcaklık dağılım desenlerini hazırlamıştır. Araştırmacı, günlük ve gecelik ortalama sera içi sıcaklık değerlerinin, toprak seviyesinden itibaren çatıya doğru yükseldiğini, bu sıcaklık değişiminin, gündüze göre daha düşük olduğunu, çiğlenme sıcaklığı değerlerinin, bitki yoğunluğunun en fazla olduğu blok merkezlerinde en yüksek değerlere ulaştığını belirtmiştir. Bu sonuçlara göre, seralarda mutlaka ısıtma yapılmasını ve düşük maliyetle ısıtma yapmak için ise, ısı dağıtım sisteminin toprak yüzeyine yakın yerleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Teitel ve Tanny (1999), doğal havalandırma koşullarında çatı pencerelerinin açıklık durumuna göre sera içi sıcaklık ve nem durumunu incelemek için teorik ve deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, çatı pencereleri açıklığının zamanla, sıcaklık ve nem oranını kararlı koşullarda düşürdüğünü bulmuşlardır. Pencere açıklık oranı, rüzgar hızı ve solar radyasyon gibi fiziksel parametrelerin havalandırma sürecine

etkisini de araştıran araştırmacılar havalandırma etkinliğinin pencere açıklık oranı ve rüzgar hızının artmasıyla arttığını, solar radyasyon yoğunluğu ile azaldığını saptamışlardır.

Coelho vd (2006), taban alanı 132 m² olan bir serada doğal havalandırma açıklıklarının farklı olması durumunda sıcaklık ve bağıl nem değerlerini karşılaştırmışlardır. Havalandırma açıklıkları, çatı ve yan kenarlarda ($A_1=21.3 \text{ m}^2$) ve sadece çatıda ($A_2=12.3 \text{ m}^2$; $A_3=7.9 \text{ m}^2$ ve $A_4=4.4 \text{ m}^2$) tasarımılanmış dört farklı durumu incelemişlerdir. Serada rüzgar ve sıcaklık farkı etkisiyle gerçekleşen toplam havalandırma oranını hesaplamışlardır. Serada iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının 3.3°C (A_1) ve 10.6°C (A_4) arasında değiştiğini, buhar basıncı farkının ise, 0.111 kPa (A_2) ve 0.011 kPa (A_3) arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Baytorun (1988), seralarda havalandırma etkenliğinin iklim etmenlerine bağlı olarak, havalandırmanın kapak konumlarına (çatı, yan duvar) ve kapak açıklığına göre değişim gösterdiğini belirlemiştir. Çalışmada havalandırma kapaklarının büyüklüklerini ve konumlarını belirlemek için dış sıcaklık, iç sıcaklık, yöredeki güneşlenme şiddeti ve rüzgar hızı kriter olarak ele alınmıştır. Araştırmacı, rüzgar hızının fazla olduğu yörelerde havalandırma kapaklarının yan duvarlara monte edilmesi veya çatının havalandırması gerekli ise emme yüzeyindeki kapakların hafif açılması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca serada 5°C'lik iç ve dış sıcaklık farkı istenildiğinde en az 95 m³'lük hava değişim katsayına ihtiyaç bulunduğunu, rüzgar hızının 3 m/s olarak alındığı durumlarda ise %15'lik havalandırma oranına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Sase vd (2004), seralarda doğal havalandırmada koşullarında seradaki çatı havalandırma penceresi yüksekliğinin artması ile seradaki sıcaklık artışının oransal olarak azaldığını saptamışlardır. Ayrıca, sera çatı havalandırma penceresi alanının sera toplam taban alanına olan oranının artması ile serada sıcaklık artışı arasındaki ilişkinin üstsel azalış eğrisi ile ifade edilebildiğini belirtmişlerdir. Serada oluşacak olan aşırı sıcaklıkların önlenmesinde sadece doğal havalandırmanın kullanılmasına alternatif olarak, doğal havalandırmanın sisleme sistemleri ile birlikte kombine olarak kullanılmasını önermişlerdir.

Vassiliou (2000), çok bölmeli yay çatılı plastik seralarda doğal havalandırma oranı ile rüzgar hızı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Doğal havalandırmanın düzenli olarak sağlanabilmesi için, havalandırma açıklıklarının rüzgar yönüne paralel olarak yerleştirilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Kacira vd (1998), çok bölmeli bir serada çatı ve kenar havalandırma açıklığı alanları ve rüzgar hızının farklı olması durumunda, doğal havalandırma oranlarını belirleyebilmek için, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği modelini kullanmışlardır. Çalışmalarında rüzgar yönündeki kenar açıklıkları ile rüzgar altındaki çatı açıklıklarının birlikte kullanılması durumunda, en yüksek ve kabul edilebilir havalandırma oranlarına ulaşıldığını belirtmişlerdir. Kenar açıklığının kullanılmaması ve çatıdaki açıklıklarının tamamen açık olması durumunda, havalandırma oranı 0.17-0.7 aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Kacira vd (1999), Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği tekniği kullanılarak 2 boyutlu bilgisayar simülasyonları yardımı ile 2 ve 4 bölmeli, doğal havalandırma ve Akdeniz Bölgesi ülkelerinde yaygın olarak kullanılan Sawtooth (testere diş) tipi seralarda farklı sera yan duvar ve çatı havalandırma pencereleri konfigürasyonlarının ve harici sera hava hızlarının sera hava değişim oranlarına, hava akış desenine ve toplam sera havalandırma sisteminin başarısına olan etkilerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında incelenen sera tipi için 6 farklı havalandırma penceresi konfigürasyonu senaryosu 3 farklı harici sera hava hızı (0.5, 1.0 ve 2.0 m/s) koşullarında doğal havalandırma ile elde edilen sera hava değişim oranlarının, mekanik havalandırma seralarda standart olarak kabul edilen dakikada 1.0 hava değişim oranı değerinin üzerinde olabileceği belirlemişlerdir. Bu sera dizaynı için, maksimum ve kabul edilebilir hava değişim oranlarının, rüzgarın estiği yöndeki yan duvarda ve çatıda bulunan havalandırma pencerelerinin birlikte kullanılması durumunda elde edilebileceği saptamışlardır. Bu sera tipi için, 2 bölmeli serada hava değişim oranları dakikada 0.17-4.05 ve 4 bölmeli serada ise 0.15-2.0 hava değişim oranında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, harici sera hava hızları ile hava değişim oranları arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu ifade etmişlerdir.

Kacira vd (2004a), havalandırma açıklığı tasarımı, rüzgar hızı ve bitki varlığının seradaki havalandırma oranı ve hava akımına olan etkilerini araştırmışlardır. Doğal

havalandırma etkinliği için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği modelini kullandıkları çalışmalarında sera ortamında ve bitki örtüsü bölgesindeki havalandırma oranının rüzgar hızı ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Rüzgar hızının 1.5 m/s olması durumunda, özgül havalandırma oranı $6.03 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dak}$ olarak belirlemişlerdir.

Kacira vd (2004b), sera harici hava hızlarının, sera yan duvar havalandırma penceresinin ve sera bölmesi sayılarının (6, 12, 18 ve 24 bölmeli) gotik tipli doğal havalandırmalı bir serada hava değişim oranlarına ve hava akış desenine olan etkisini Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği tekniğini kullanılarak üç boyutlu sayısal simülasyonlar yardımı ile belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda sera hava değişim oranlarının sera harici hava hızları ile doğrusal orantılı olduğu saptamışlardır. Bu sera tasarımında kullanılan ve %9.6'lık havalandırma penceresi alanının toplam sera taban alanına oranının doğal havalandırmalı seralar için önerilen ve %15-25 oranına göre çok az olduğu ve serada hava değişim oranının olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Sera hava değişim oranı, sera bölme sayısı arttıkça azalmış ve aralarındaki ilişki üstsel azalış eğrisi ile tanımlanmıştır.

Ould Khaoua vd (2006), bölümlere ayrılmış bir cam serada rüzgar hızı etkisinin ve çatı açıklıklarının sıcaklık desenleri ve hava akımları üzerine olan etkisini iki boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yoluyla sayısal olarak analiz etmişlerdir. Çalışma bitki büyümesini kontrol eden fizyolojik mekanizmaların olduğu 1m bitki seviyesindeki sıcaklık ve hız profilleri dikkate alınarak tamamlanmıştır. Sonuçlar şiddetli rüzgar hızlarıyla kombine edilen açıklık biçimlerinin mikro klima parametreleri ve havalandırma için etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, iç bölüm farklı parçalar arasındaki hava sirkülasyonunu engellediğini ve her bölüm için önemli ölçüde farklı iç iklime sebep olduğunu belirtmişlerdir. Böylece, 1 m/s dış rüzgar hızı ve 30°C hava sıcaklığı için hesaplanan havalandırma oranlarının rüzgar yönündeki bölmelerde sırasıyla, saat başına 9'dan 26.5'a hava değişimleri, rüzgara ters yöndeki kısımlarda ise saat başına 3'den 12,5'a hava değişimidir. Aynı şekilde, aynı şartlar altında, simülasyon, sıcaklık farklılıklarının 2°C'den 6°C'ye değiştiğini gösterirken, bitki örtülü düzeydeki hava hızının pencere düzenlemeleri ve bölme konumlarına göre 0.1'den 0.5 m/s'e kadar değiştiğini göstermiştir.

Mistriotis vd (1997), düşük rüzgar hızı ve rüzgar hızı olmayan koşullarda sera içerisindeki doğal havalandırma sürecinin sistematik bir analizini Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin kullanılması ile gerçekleştirmişlerdir. Bu yaklaşımın kesinliği ilk kez literatürden elde edilen deneysel veriler ile sayısal sonuçların karşılaştırılması yoluyla başarılı bir şekilde kontrol edilmiştir. Akdeniz tipi tipik bir seranın havalandırma etkinliğinin sayısal tahminleri çeşitli vantilatör konfigürasyonları için elde edilmiştir. Sonuç olarak yan duvar vantilatörlerinin önemi (kaldırma kuvveti etkisi) teyit edilmiştir ve HAD'nin havalandırma etkinliği konusunda geliştirilmiş tasarımları geliştirmek için güçlü bir araç olduğu saptanmıştır.

Pontikakos vd (2006), yaptıkları çalışmada, çift açıklıklı ticari bir seradaki doğal havalandırma etkinliği tahmini için sera simülasyonlarında istatistiksel analizler yapmışlardır. Çalışmalarında sayısal bir simülasyon yaklaşımı 3 boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği teorisi kullanılarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşımla, sera içerisindeki 3 boyutlu sıcaklık ve hava hızı desenleri belirli sınır şartları kullanılarak oluşturulmuştur. HAD simülasyonu tek çatı açıklıklı, iki sürekli yan açıklıklı, düşük yoğunluklu polietilen örtü malzemeli ve 980 m²'lik taban alanına sahip çift açıklıklı boş bir serada uygulanmıştır. Simülasyonlar her bir hava hızı için üç farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve her bir sıfır olmayan hava hızı için üç farklı yönde farklı hava hızları ile (0, 1.0, 2.0 ve 5.0 m/s) güneşli bir yaz gününde uygulanmıştır. İstatistiksel sonuçlar dış sınır sıcaklığı, rüzgar yönü ve hava hızı sera giriş sıcaklığının dağılımında son derecede önemli birer parametre olduğunu göstermiştir. Sonuçta, geliştirilen istatistiksel modelin çok düşük hesaplama zamanı ve taleplere sahip olduğunu ve orijinal HAD simülasyon modeli ile karşılaştırıldığında sera çevresinin hava hızı ve sıcaklık dağılımının gerçek zamanlı tahmini için kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Bournet ve Boulard (2010), yaptıkları çalışmalarında, temel olarak sera içerisindeki hava hareketlerini düzenleyen ana faktörleri analiz etmişlerdir. Laboratuvar ölçekli modeller ve tarla deneylerinin karakteristiklerini uygulanan teknolojiler üzerine özel bir odaklanma ile gözden geçirmişlerdir. Rüzgar hızı ve yönüne ek olarak böcek geçirmeyen tüller ya da gölgeleme işlemleri gibi havalandırmayı etkileyen diğer parametreleri de aynı zamanda ele almışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre doğal havalandırılan bir sera içerisindeki hız desenleri ya da sıcaklık ve nem dağılımları gibi

havalandırma oranları temel olarak yapının geometrisinden ve havalandırma konfigürasyonlarından etkilendiğini ifade etmişlerdir. Dış iklim şartları gibi diğer faktörlerde (rüzgar hızı ve yönü, boyutu, yoğunluğu, bitki aktivitesi, böcek geçirmeyen perdeler ya da gölgeleme gibi) elemanların varlığı da içsel iklim şartlarını etkilediğini belirtmişlerdir. Laboratuvar ve arazi deneylerinin ikisi de sera içindeki iklim karakteristiğinin anlaşılmasında bir ön adım teşkil etmiştir. PIV ya da sonik rüzgar hızı ölçer gibi son teknikler hava akışı desenlerinin haritalarını yapmayı mümkün kılmıştır.

Campan ve Bot (2003), Parral tipi seranın havalandırmasını üç boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği kullanılarak çalışmışlardır. Hesaplamalar izleyici gaz ölçümlerinden gelen deneysel sonuçlar ile doğrulanmıştır. Çalışmalarında çatı açıklığı toplanan pencere konfigürasyonu ve kapaklı pencere konfigürasyonu olmak üzere iki tip olarak kabul edilmiştir. Hesaplamaların %85 oranında deneysel veriler ile benzeşme gösterdiği rüzgar hızı kaldırma kuvveti etkisi olmaksızın her iki konfigürasyon içinde havalandırma oranı ile doğrusal bir şekilde ilişkili olduğu bildirilmiştir. HAD hesaplamaları her iki konfigürasyon içinde havalandırma oranının deneysel veriler ile görülen rüzgar yönüne geniş ölçüde bağlı olduğunu göstermiştir. Havalandırma oranı kapaklı pencere konfigürasyonu için saatlik 0.8 den neredeyse 4 m/s rüzgar hızına kadar yenilenerek değişmiştir.

Sase vd (2002), açık çatılı seralarda doğal havalandırmada havalandırma performansını tahmin etmek için bir bilgisayar simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Model içsel net radyasyon, rüzgar hızı, yükseklik ve çatı açıklıklarının alanını içeren yapısal ve havasal şartlara dayalı havalandırma oranının ve sera içi ve dışı arasındaki sıcaklık farklarının tahminine dayanmaktadır. Havalandırma oranı, rüzgar kuvveti ve termal kaldırma kuvvetinden yararlanarak hesaplanmıştır. Duyulur ısı dengesi eş zamanlı sıcaklık farklarını ve havalandırma oranını hesaplamak için kurulmuştur. Dört açıklıklı bir sera, oluklarındaki çatı bölmeleri mafsalları ve sırt açıklıkları ile veri toplamada kullanılmak için Rutgers Üniversitesi kampüsünde inşa edilmiştir. Seranın yakınlarındaki iklim şartlarının ölçümleri yapılmış, gözlenen dış ve sera içi şartları kullanılarak model parametreleri istatistiksel olarak kalibre edilmiştir. Modelin doğruluğu ve modeldeki değişiklikler gözlenen ve tahmin edilen sera sıcaklıklarının karşılaştırılmasıyla tartışılmıştır. İçsel sıcaklık artışının güneş radyasyonuna ve rüzgar

hızına olduğu kadar çatı konfigürasyonlarına da bağlı olduğu görülmüştür. Simülasyon modelinin sonuçlarının açık çatılı seralar için yeni çevre kontrol stratejileri sağlamak için kullanılabileceği belirlenmiştir.

Teitel vd (2008), yaptıkları çalışmada doğal havalandırmalı çok açıklıklı bir serada hava sıcaklığı dağılımını ve hava akım desenlerinin etkisini incelenmişlerdir. Deneyle, tam ölçekli bir serada, tam ölçekli Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyonları ve küçük ölçekli bir modelde rüzgar tüneli testleri olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sera içindeki ve çatı açıklıklarındaki rüzgar yönünün akış desenleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, rüzgar yönü bitki sıcaklık dağılımlarını, havayı ve havalandırma oranını önemli ölçüde etkilemektedir. Açıklıklar boyunca akış desenlerine göre deneyler, sayısal simülasyonlar ve rüzgar tünel testleri arasında uygun bir nitel anlaşma elde edilmiştir. Sayısal olarak, tahmin edilen sayısal havalandırma oranlarının literatürde verilen bir model tarafından elde edilen havalandırma oranı tahminleri ile iyi bir uyum içerisinde olduğu belirtilmiştir. Ancak, sera açıklıklarındaki tahmin edilen sayısal hava hızlarının ölçüm değerlerinden farklı olduğu belirtilmiştir.

Kacira vd (2004b), yaptıkları çalışmada, gotik tipli çok açıklıklı doğal havalandırmalı bir seradaki açıklık sayılarının, kenar havalandırmalarının ve rüzgar hızının etkisini Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yaklaşımını kullanılarak sayısal simülasyonlarla belirlemişlerdir. Sonuçlar maksimum sera havalandırma oranının her iki kenar havalandırması ve çatı havalandırması ile birlikte kullanıldığı zaman sağlandığını göstermiştir. Hesaplamalardaki kaldırma kuvveti etkisinin varlığı olmaksızın havalandırma oranının incelenen bütün durumlarda dış rüzgar hızı ile doğrusal bir artış içinde olduğu bulunmuştur. Sera taban alanı için havalandırma alanının %9.6 oranındaki açıklık oranının önerilen oran olan %15-25 ile kıyaslandığında küçük olduğu bulunmuştur.

Molina-Aiz vd (2004), yaptıkları çalışmada, doğal havalandırılan Almeria tipi bir serada rüzgar hızının etkisini sonlu elamanlar yöntemine dayalı ANSYS/FLOTRAN programını kullanılarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yoluyla analiz etmişlerdir. Deneyle çatı ve kenar havalandırması bulunan Almeria tipi bir serada gerçekleştirilmiştir. Almeria tipi seralarda havalandırma etkinliği için çatı

havalandırmasının önemi gözlenmiştir. Hava hızının düşey profilleri sıcak ampül anemometresi ile ölçülmüş ve bir duman izleme tekniği yoluyla da görüntülenmiştir. Böcek geçirmeyen perdeler ve bitkiler boyunca hava akımı bir gözenekli ortam yaklaşımı yoluyla tanımlanmıştır. Hava sıcaklık dağılımı çatı havalandırmasına doğru yükselen sıcak havanın hareketlerine bağlı olarak seranın yan duvarlarından merkezine doğru bir eğim ve bitki seviyesindeki güneş enerjisinin absorbe olması ile yerin yüzeyi boyunca hava hareketlerine bağlı olarak düşey bir eğim gösterir. Sera içindeki maksimum hava hızına seranın merkezinde gözlenen en düşük değerle yan havalandırma yakınlarında ulaşılmıştır. Seranın içi ve dışı arasındaki rüzgar yönündeki açıklıklarda görülen hız azalması her durumda %75-85 civarında olmuştur. Rüzgara ters yöndeki alandaki hava hızı "baca etkisinin" bir sonucu olarak 0.3 m/s civarında sabit kalmıştır. Sonuç olarak model deneysel verilerle sayısal sonuçların karşılaştırılması ile doğrulanmıştır. HAD modelleri tarafından tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasındaki farklar hava hızları için 0.0 dan 0.36 m/s kadar, hava sıcaklıklarında ise 0.1'den 2.1°C kadar olduğu belirtilmiştir.

Lee ve Short (2000), farklı tip seralardaki doğal havalandırma uygulamalarını Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında rüzgar hızı ve yönü, havalandırma açıklıklarının boyutları ve tezgahlar üzerinde bitki varlığının doğal havalandırma etkinliğine ve sera ortamında hava dağılımına olan etkilerini araştırmışlardır. Değişik rüzgar hızlarında serada dakikada 0.75 olan hava değişimi oranına ulaşıldığı tahmin etmişlerdir.

Haxaire vd (2000), sürekli çatı açıklığı bulunan çok bölmeli bir serada rüzgar etkisiyle oluşan hava akımları ile sıcaklık ve nem dağılımını incelemişlerdir. Zorlamalı konveksiyon akımları, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi ile sayısal olarak simüle edilmiştir. Simülasyon ile belirlenen hava hızı ve sıcaklık dağılım değerlerinin deneysel olarak belirlenen sonuçlar ile iyi uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

Reichrath ve Davies (2002), yaptıkları çalışmada, 52 açıklıklı Venlo tipi bir cam serada yürütülen deneysel çalışmaları HAD paket programı olan Fluent kullanılarak sera çatısının dış kenarlarındaki basınç dağılımının tahminini doğrulamayı amaçlamışlardır. Sunulan HAD tahminlerinin sonuçlarının deneysel veriler ile iyi bir uyum içerisinde

olduklarını ve gelecekteki cam sera simülasyonları için güven verdiklerini ifade etmişlerdir.

Montero ve Anton (2000), Malezya bölgesindeki tünel tipi plastik seralarda sıcaklık etkisiyle oluşan doğal havalandırma etkinliğini laboratuvar şartlarında 1/10 oranında küçültülmüş modellerde çalışmışlardır. Yan kenar havalandırma açıklığının taban alanına göre %16 olması gerektiğini, çatı havalandırma açıklığının ise %10 oranında olması gerektiğini belirlemişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma, Antalya ili Aksu ilçesi Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (BATEM) bulunan seralarda 11 Temmuz-24 Ağustos 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlçe 37° 47' enlem ve 31° 4' boylam derecelerinde yer almaktadır. Çalışmada materyal olarak kullanılan seralara ait özellikler aşağıda Çizelge 3.1'de seralara ait resimler ise Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Materyal olarak kullanılan seraların özellikleri

Sera Adı	Sera tipi	Örtü tipi	Boyutları (m)			Pencere Açıklığı	Yetiştiricilik Şekli	Sera Yönü
			W	L	h			
1 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	9.60	40.0	2.20	90°	Bitkili	D-B
2 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	9.60	40.0	2.20	90°	Bitkisiz	D-B
3 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	12.0	45.0	1.90	90°	Bitkili	K-G
4 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	12.0	45.0	1.90	90°	Bitkisiz	K-G
5 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	12.0	45.0	1.90	45°	Bitkili	K-G
6 Nolu Sera	Beşik Çatılı	Cam	12.0	45.0	1.90	45°	Bitkisiz	K-G



Şekil 3.1. 1 ve 2 nolu seraya ait resimler



Şekil 3.2. 3, 4, 5 ve 6 nolu seralara ait resimler

Çalışmada materyal olarak seçilen ve Çizelge 3.1’de verilen her bir serada ölçümler ve gözlemler yapılarak seralara ait yapısal özellikler belirlenmiştir. Daha sonra seraların içerisinde uygun en kesitte 7 farklı noktaya ve sera dışında da bir noktaya olmak üzere toplam 8 noktaya sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler yerleştirilerek sera içerisinde ve dışarısındaki iklimsel değerler ölçülmüştür. İklimsel değerlerden sıcaklık ve nem ölçümlerinde -20 ile +55°C sıcaklık ve %0-100 nem ölçüm aralığına sahip TESTO marka 175-H1 model Sıcaklık ve Nem Ölçer Datalogger’lar kullanılmıştır. Rüzgar hızı ölçümlerinde ise 0-60 m/s rüzgar hızı ölçüm aralığına sahip Kestrel 1000 model Rüzgar Hızı Ölçer’ler kullanılmıştır (Şekil 3.3).



TESTO 175 H1 Ekranlı
Sıcaklık ve Nem Kayıt Cihazı,
Datalogger

- Ölçüm aralığı:
 - -20 ile +55 °C sıcaklık
 - %0-100 RH nem ölçüm aralığında
- Hassasiyet:
 - ±0.5 °C
 - ±%3 RH



KESTREL 1000 Anemometre
(Sadece Rüzgar Hızı Ölçer)

- Ölçüm aralığı:
 - 0.4-60.0 m/s
 - 1.0-218 km/h aralığında
- Ebatları:
 - 122x42x18 mm
 - Ağırlık: 65 gr

Şekil 3.3. Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler

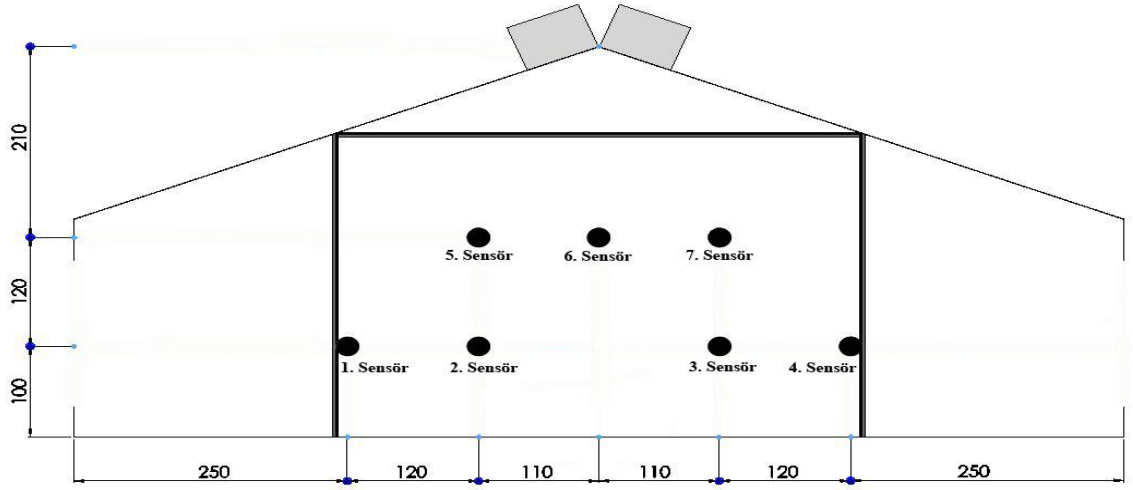
Materyal olarak kullanılan seralar ile aynı boyutlarda seraların bilgisayar ortamında oluşturulmasında ve daha önce ölçülen sınır koşullarının girilerek farklı pencere açıklıkları durumunda sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı simülasyonlarının belirlenmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi ile çalışan üç boyutlu katı modelleme yapabilen bir çizim ve analiz programı olan SolidWorks paket programı kullanılmıştır. SolidWorks aynı zamanda AutoCAD dosyaları ile uyumlu 3D CAD yazılımı olup akış çözücü (flow solver) özelliği ile gerçek değerlere çok yakın bir şekilde analiz yapabilen bir simülasyon programıdır.

3.2. Yöntem

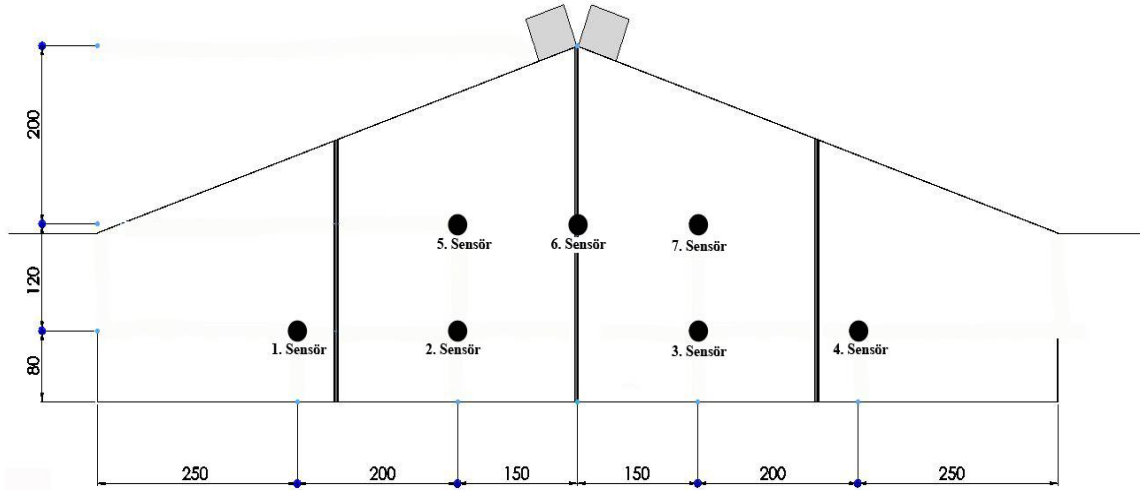
Materyal olarak kullanılan ve Çizelge 3.1’de verilen farklı ölçülerdeki beşik çatılı tekil cam seraların her biri için gözlem ve ölçümler yapılarak her seranın boyutları ve yapısal özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra materyal olarak seçilen seraların içerisinde farklı konumlarda 7 ayrı nokta ile sera dışında bir noktaya olmak üzere toplam 8 noktaya yerleştirilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler (Şekil 3.4) ile doğal havalandırma koşullarında 45° ve 90° pencere açıklıklarında sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri belirlenmiştir. Kullanılan sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin sera içerisinde yerleştirilme konumları 1 ve 2 nolu seralar için Şekil 3.5’de, 3 ve 4 nolu seralar için Şekil 3.6’da, 5 ve 6 nolu seralar için ise Şekil 3.7’de verilmiştir.



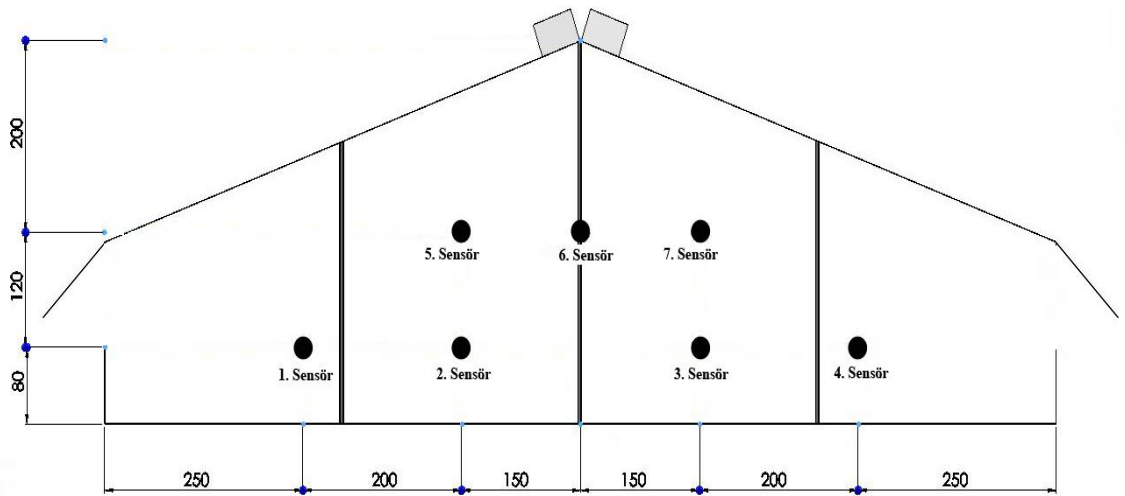
Şekil 3.4. Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin seralara yerleştirilmesi



Şekil 3.5. 1 ve 2 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=90^\circ$)

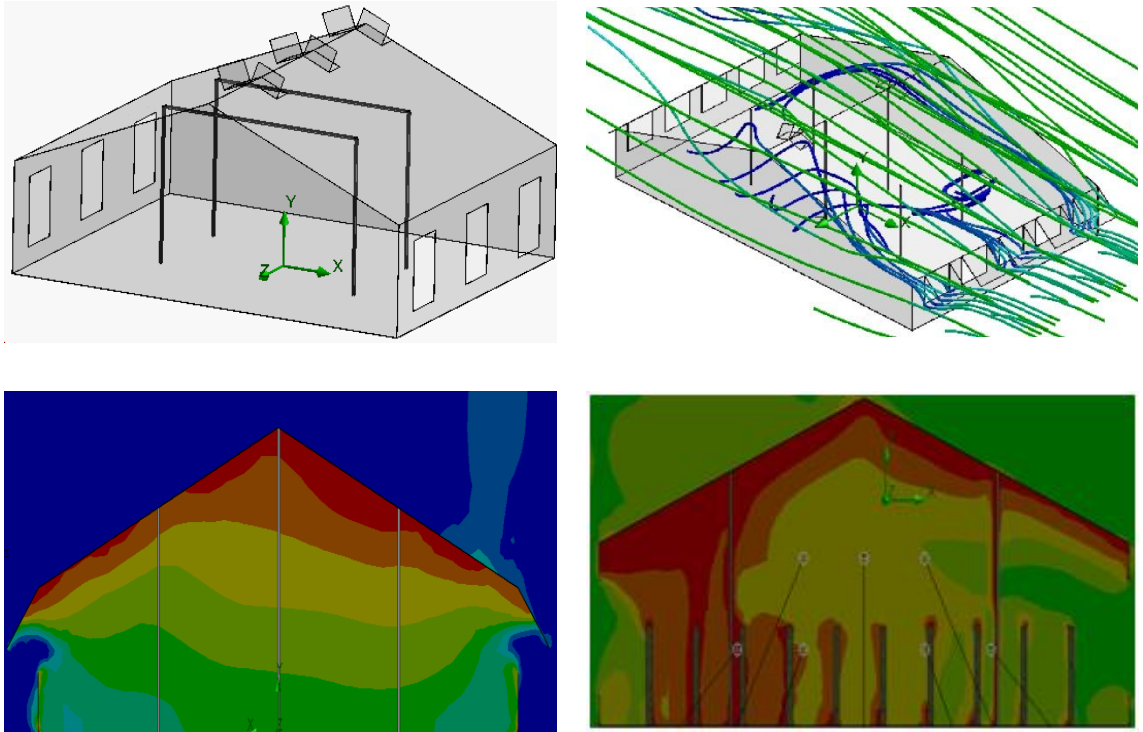


Şekil 3.6. 3 ve 4 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=90^\circ$)



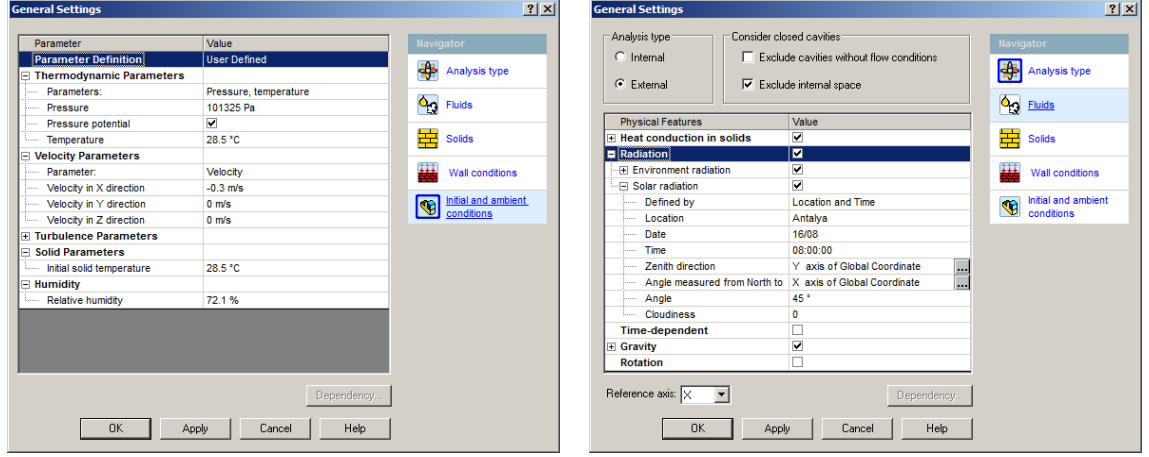
Şekil 3.7. 5 ve 6 nolu seralar için sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerlerin konumları ($\alpha=45^\circ$)

Yukarıdaki konumlarda yerleştirilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı ölçerler ile her sera için 08:⁰⁰-18:⁰⁰ ölçüm aralığında 2 saatte bir ölçüm değerleri kaydedilmiştir. Ölçümler 45° ve 90° pencere açıklığı durumunda, bitkili ve bitkisiz ortam koşullarında, Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yöneylerinde olmak üzere 6 farklı koşul için yapılmıştır. Daha sonra materyal olarak kullanılan seralar birebir özelliklerde bilgisayar ortamında SolidWorks paket programı ile çizilmiştir. Dış ortam koşullarında ölçülüp kaydedilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı sınır değerleri ile bazı yapısal ve fiziksel özellikler programa tanımlanarak sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri simüle edilmiştir (Şekil 3.8).

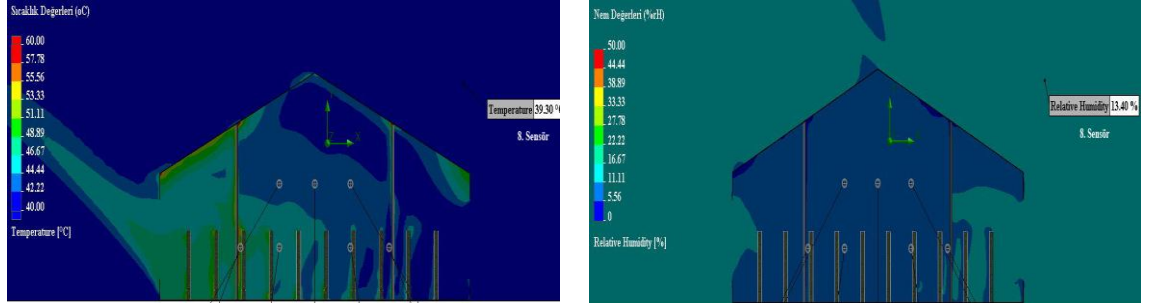


Şekil 3.8. Sera içerisindeki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerlerine ait simülasyon görüntüleri

Program aracılığı ile örtü materyalinin yoğunluğu, ısı iletkenliği, dış ortam havasının sıcaklığı, yoğunluğu, oransal nem değeri, hava akış debisi gibi parametreler girilerek sera içerisindeki sıcaklık dağılım ve hava akım desenlerinin nasıl şekillendiği belirlenmiştir. Böylece her bir seraya ait elde edilen sıcaklık, nem dağılımı ve hava akım desenlerinin farklı yetiştirme ortamı, yöney, pencere açıklığı ve pencere konumuna bağlı olarak nasıl değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Seraya ait özelliklerin programa tanımlanması



Şekil 3.10. Sera içerisindeki sıcaklık, nem ve hava akım desenlerinin dağılımı

Sera içerisinde 7 farklı noktaya yerleştirilen sensörlerden elde edilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri ile simülasyon sonucunda aynı noktalarda elde edilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri kıyaslanarak uyum düzeyleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile belirlenmiştir.

Maksimum hata,

$$ME = \text{Max}|P_i - O_i|, \quad i = 1, \dots, n$$

P_i = Simülasyon sonucu elde edilen değerler,

O_i = Ölçüm sonucu elde edilen değerler,

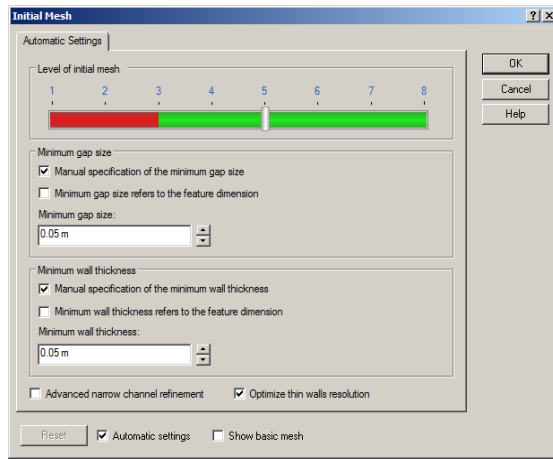
n= Örneklerin sayısı

Kalan katsayı kütlesi,

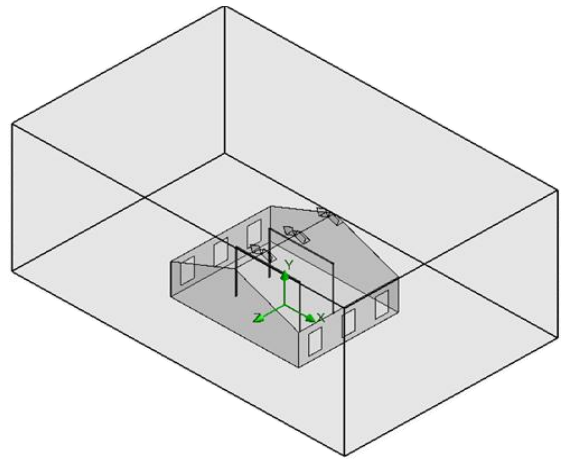
$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} * 100$$

Eşitlik sonucunda elde edilen değer 100 olması ölçüm değerleri ile simülasyon değerleri arasında fark olmadığını gösterirken, 100'den 0'a doğru uzaklaşması iki değer arasındaki uyum düzeyini azaltmaktadır.

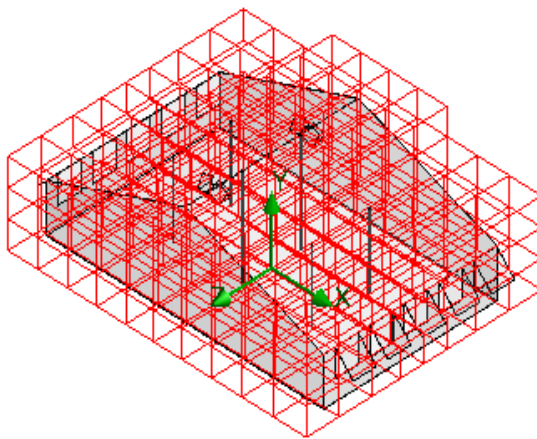
Program aracılığı ile simülasyonlar yapılırken doğruluk derecelerinin belirlenmesinde en önemli kriterlerden biri de programa tanımlanan mesh (grid) sayısıdır. Mesh sayısı analizlerin hassasiyet derecesini belirleyen önemli bir etmendir. Mesh sayısının fazla tanımlanması doğruluk hassasiyetini arttırırken, hesaplama zamanını ve CPU kullanımını ciddi derecede arttırmaktadır. Mesh sayısının az olması ise doğruluk hassasiyetini azaltırken hesaplama zamanını arttırmakta ve CPU kullanımını azaltmaktadır. Burada önemli olan nokta CPU kapasitesine göre en uygun mesh aralığını tanımlamaktır. Çalışmada yapılan analizlerde mesh tanımlama ekranı ve tanımlanan mesh aralıkları Şekil 11’de gösterilmiştir.



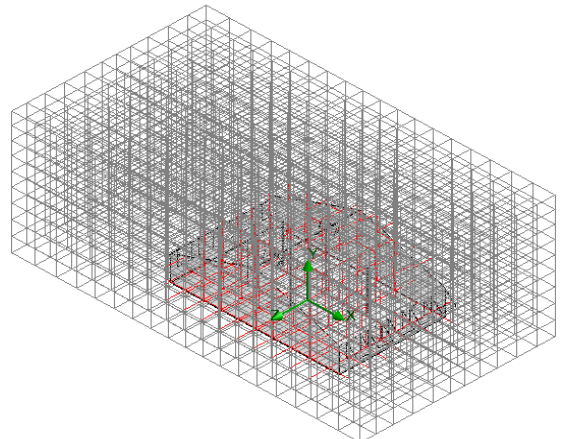
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.11. Mesh'in tanımlanması

(a) Mesh tanımlama ekranı

(b) Hesaplama alanı

(c) Seraya mesh tanımlama

(d) Hesaplama alanına mesh tanımlama

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Antalya ili Aksu ilçesi Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (BATEM) bulunan ve materyal olarak seçilmiş seralarda ölçülen sera içi iklim etmenlerine ait değerler ile simülasyon yoluyla belirlenen değerlerin karşılaştırılması amacı ile yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir.

4.1. Sıcaklık Değerleri

4.1.1. 1 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

1 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 22.5 m'de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.2 m, bitki enleri 0.4 m ve bitki sıra araları ise 1.2 m'dir. 1 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1'de her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Yapısal Özellikler:

Sera Tipi: Beşik Çatı

Örtü Malzemesi: Cam

Boyutlar: 9.6x40x2.2 m

Çatı Makas Aralıkları: 2.5 m

Kolonlar: 15x15 cm kutu profil

Aşıklar: I₈₀ profil

Mertekler: T₄₀ profil

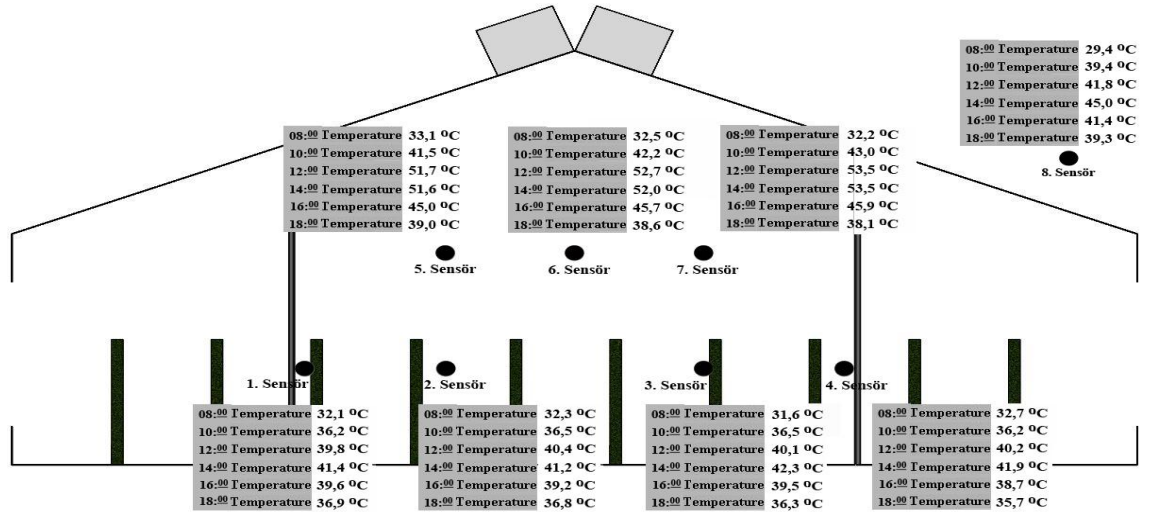
Kapı Boyutları: 2.0x2.2 m

Pencere (Duvar): 1.0x1.5 m

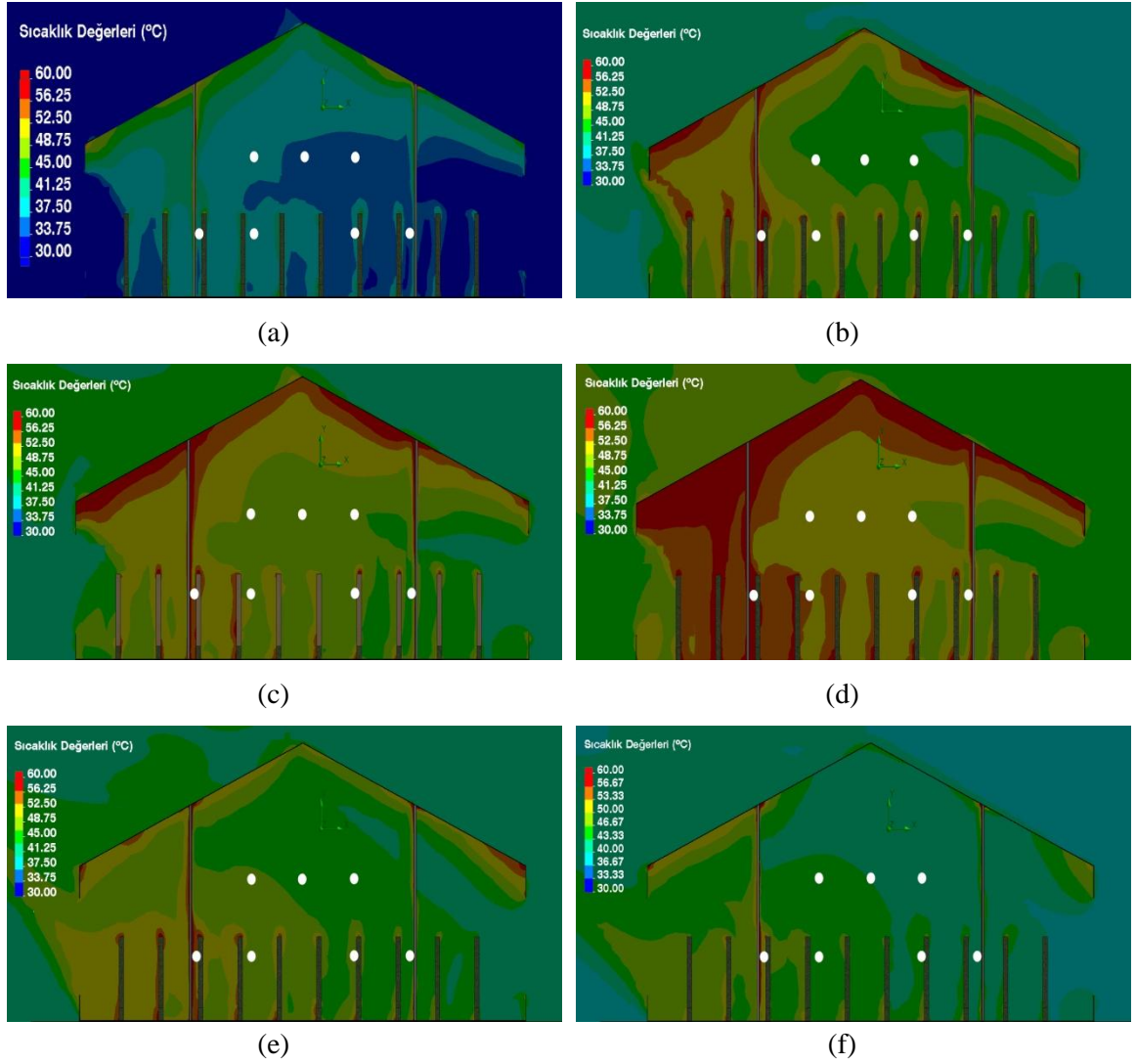
Pencere (Çatı): 0.5x0.7 m

Not: Pencere 1 dolu 1 boş
şeklindedir.

Şekil 4.1. 1 ve 2 nolu seraya ait yapısal özellikler



Şekil 4.2. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (24.08.2011)



Şekil 4.3. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

1 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktadaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	37.8	38.3	36.8	33.6	37.3	35.9	35.2
10: ⁰⁰	43.2	42.5	43.7	43.2	46.5	46.1	45.9
12: ⁰⁰	45.1	44.1	45.1	43.7	49.5	49.6	49.5
14: ⁰⁰	48.7	47.7	49.1	47.6	52.2	51.1	50.1
16: ⁰⁰	47.0	45.5	45.5	43.9	52.1	50.6	51.2
18: ⁰⁰	42.0	43.3	42.9	41.3	43.9	44.1	43.5

Şekil 4.3’de gösterilen 1 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir. 1 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 12:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 40.2°C ve 53.5°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 43.7°C ve 49.5°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.2’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.3.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 6.0°C (38.3°C-32.3°C) ile 2 nolu sensörde, en düşük sıcaklık farkı ise 0.9°C (33.6°C-32.7°C) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi %84 $\left(\frac{38.3-32.3}{38.3} * 100\right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %97’dir $\left(\frac{33.6-32.7}{33.6} * 100\right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. 1 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

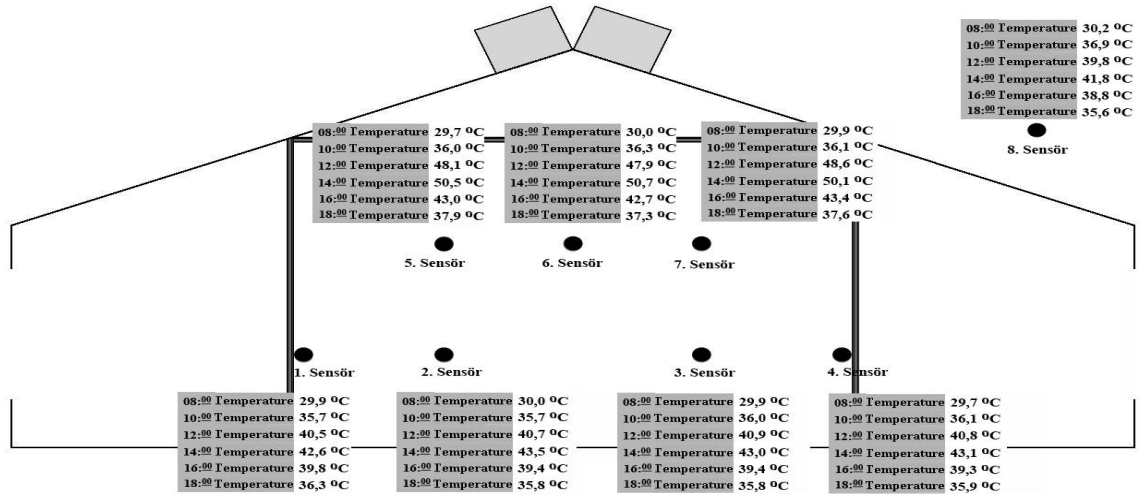
Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	En yüksek sıcaklık farkı (°C)	Sensör no	En düşük sıcaklık farkı (°C)		
08: ⁰⁰	7. sensör	6.0	4. sensör	0.9	84.0	97.3
10: ⁰⁰	3. sensör	7.2	7. sensör	2.9	83.6	93.8
12: ⁰⁰	1. sensör	5.3	5. sensör	2.2	88.2	95.7
14: ⁰⁰	1. sensör	7.3	5. sensör	0.6	85.0	98.9
16: ⁰⁰	1. sensör	7.4	6. sensör	4.9	84.3	90.3
18: ⁰⁰	3. sensör	6.6	5. sensör	4.9	84.6	88.8

Çizelge 4.2 incelendiğinde 1 nolu serada tüm saatler için ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 7.4°C (1 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 0.6°C (5 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

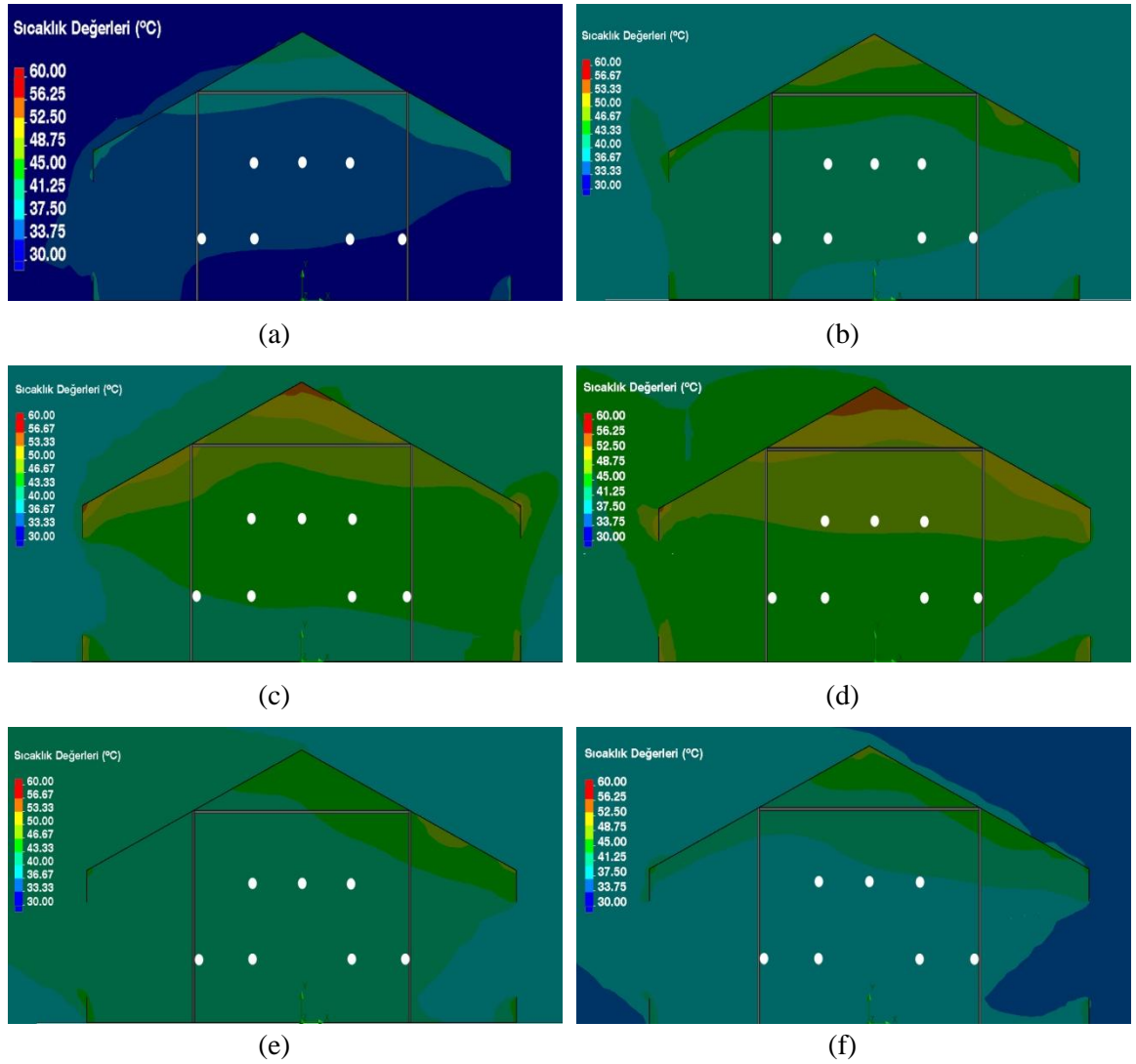
4.1.2. 2 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

2 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 22.5 m'de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. 2 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 2 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1'de her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.4'de verilmiştir.

2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (23.08.2011)



Şekil 4.5. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

2 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalarındaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	33.4	33.4	33.4	32.9	34.6	34.8	34.8
10: ⁰⁰	40.4	40.3	40.4	40.0	41.9	41.9	42.0
12: ⁰⁰	43.5	43.5	43.5	43.2	45.2	45.2	45.1
14: ⁰⁰	45.4	45.3	45.3	44.5	49.1	49.6	49.9
16: ⁰⁰	41.6	41.5	41.4	40.8	45.7	46.0	46.0
18: ⁰⁰	38.5	38.4	38.2	37.6	39.1	39.6	39.8

Şekil 4.5.’de gösterilen 2 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru karşı pencereye yakın kısımlarda daha yüksek seviyeye çıkmakta ve mahyaya yakın kısımlarda ise en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. 2 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 10:⁰⁰’da, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 36.1°C ve 36.1°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 40.0°C ve 42.0°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.4’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.5.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 4.9°C (34.6°C-29.7°C) ile 5 ve (34.8°C-29.9°C) ile 7 nolu sensörlerde, en düşük sıcaklık farkı ise 3.2°C (32.9°C-29.7°C) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%86 \left(\frac{34.6-29.7}{34.6} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%90$ ’dır $\left(\frac{32.9-29.7}{32.9} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. 2 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (°C)	Sensör no	Farkı (°C)		
08: ⁰⁰	5-7. sensör	4.9	4. sensör	3.2	85.9	90.4
10: ⁰⁰	5. sensör	5.9	4. sensör	3.9	86.0	90.3
12: ⁰⁰	7. sensör	3.5	4. sensör	2.4	92.8	94.5
14: ⁰⁰	1. sensör	2.8	7. sensör	0.2	94.0	99.6
16: ⁰⁰	6. sensör	3.3	4. sensör	1.5	93.0	96.3
18: ⁰⁰	2. sensör	2.6	5. sensör	1.2	93.1	97.0

Çizelge 4.4 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 5.9°C (5 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 0.2°C (7 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

4.1.3. 3 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

3 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 15. m'de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m'dir. 3 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6'da her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

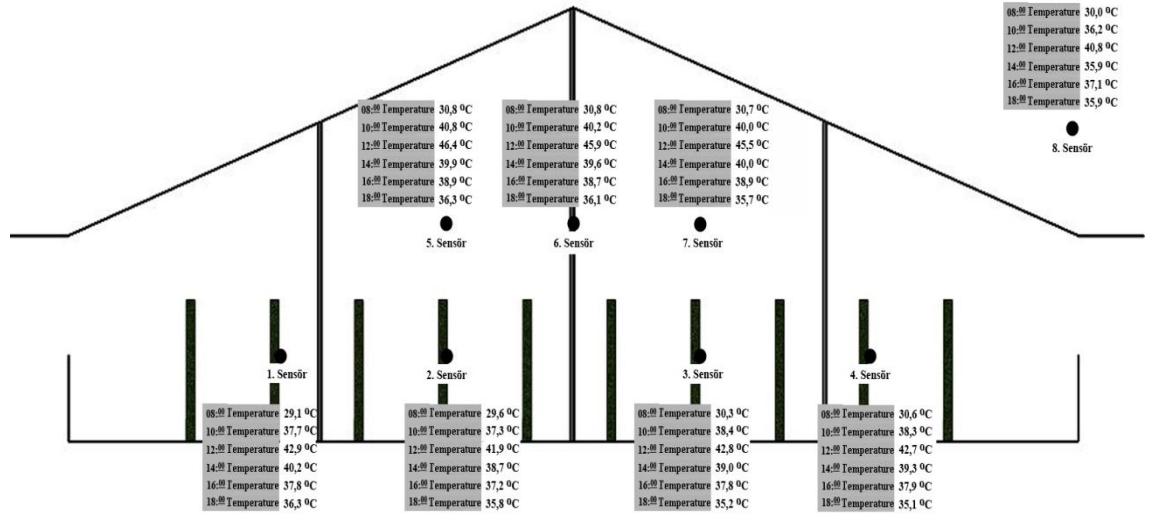
3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



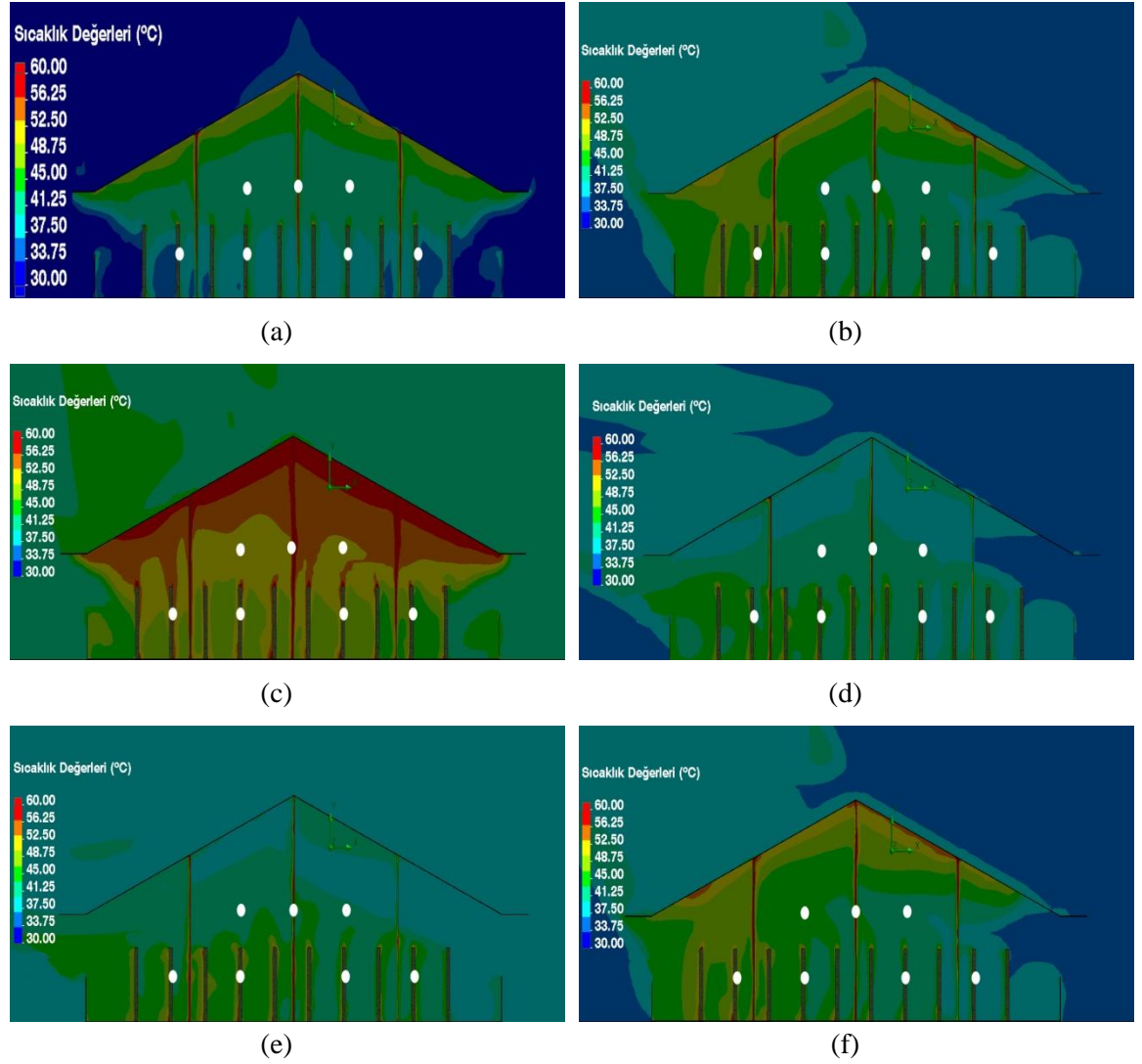
Yapısal Özellikler:

Sera Tipi: Beşik Çatı
Örtü Malzemesi: Cam
Boyutlar: 12x45x1.9 m
Çatı Makas Aralıkları: 2.5 m
Kolonlar: L_{50,50,5} profil
Aşıklar: L_{50,50,5} profil
Mertekler: T₄₀ profil
Kapı Boyutları: 2.5x1.9 m
Pencere (Duvar): 1.0x1.1 m
Pencere (Çatı): 0.5x0.5 m
Not: Pencere 1 dolu 1 boş şeklindedir.

Şekil 4.6. 3, 4, 5 ve 6 nolu seralara ait yapısal özellikler



Şekil 4.7. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (18.08.2011)



Şekil 4.8. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00

(b) 10:00

(c) 12:00

(d) 14:00

(e) 16:00

(f) 18:00

3 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	40.2	40.3	40.8	40.1	40.6	40.7	41.0
10: ⁰⁰	40.5	43.2	42.0	40.0	43.2	46.7	46.7
12: ⁰⁰	46.6	46.8	46.2	44.8	52.4	54.1	53.2
14: ⁰⁰	42.6	45.4	40.8	41.8	40.9	43.5	40.4
16: ⁰⁰	41.8	42.1	42.8	41.0	46.6	45.8	46.1
18: ⁰⁰	41.9	43.5	41.2	38.8	43.7	45.0	40.8

Şekil 4.8.’de gösterilen 3 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru karşı pencereye yakın kısımlarda daha yüksek seviyeye çıkmakta ve mahyaya yakın kısımlarda ise en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. 3 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 12:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 42.7°C ve 45.5°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 44.8°C ve 53.2°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.7’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.8.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 11.1°C (40.2°C-29.1°C) ile 1 nolu sensörde, en düşük sıcaklık farkı ise 9.5°C (40.1°C-30.6°C) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi %73 $\left(\frac{40.2-29.1}{40.2} * 100\right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %76’dır $\left(\frac{40.1-30.6}{40.1} * 100\right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. 3 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

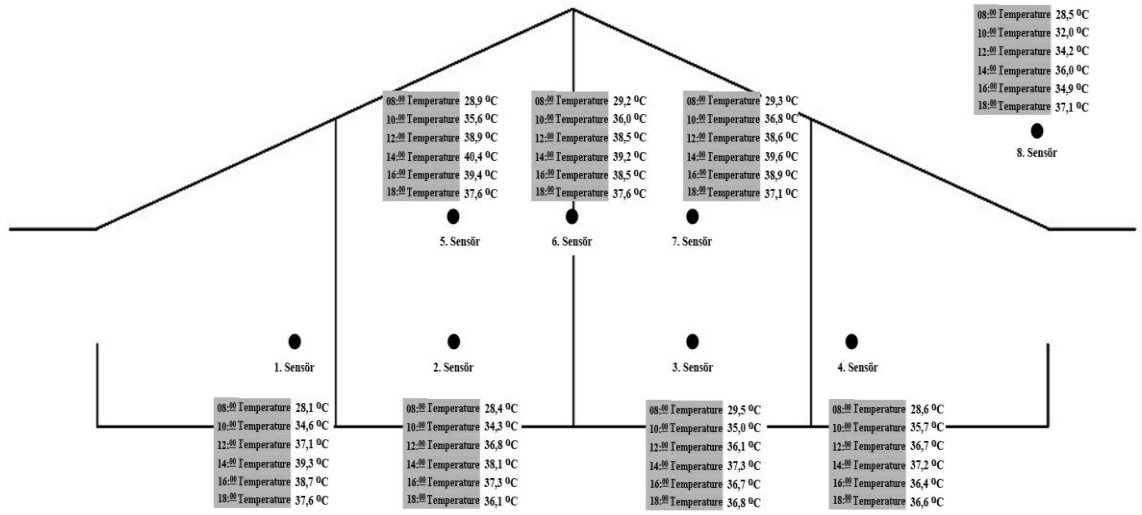
Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	En yüksek sıcaklık farkı (°C)	Sensör no	En düşük sıcaklık farkı (°C)		
08: ⁰⁰	1. sensör	11.1	4. sensör	9.5	72.5	76.4
10: ⁰⁰	7. sensör	6.7	4. sensör	1.6	85.6	95.9
12: ⁰⁰	6. sensör	8.2	4. sensör	2.1	84.8	95.2
14: ⁰⁰	2. sensör	6.7	7. sensör	0.4	85.3	99.0
16: ⁰⁰	5. sensör	7.7	4. sensör	3.1	83.4	92.5
18: ⁰⁰	6. sensör	8.9	4. sensör	3.7	80.3	90.4

Çizelge 4.6 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 11.1°C (1 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 0.4°C (7 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

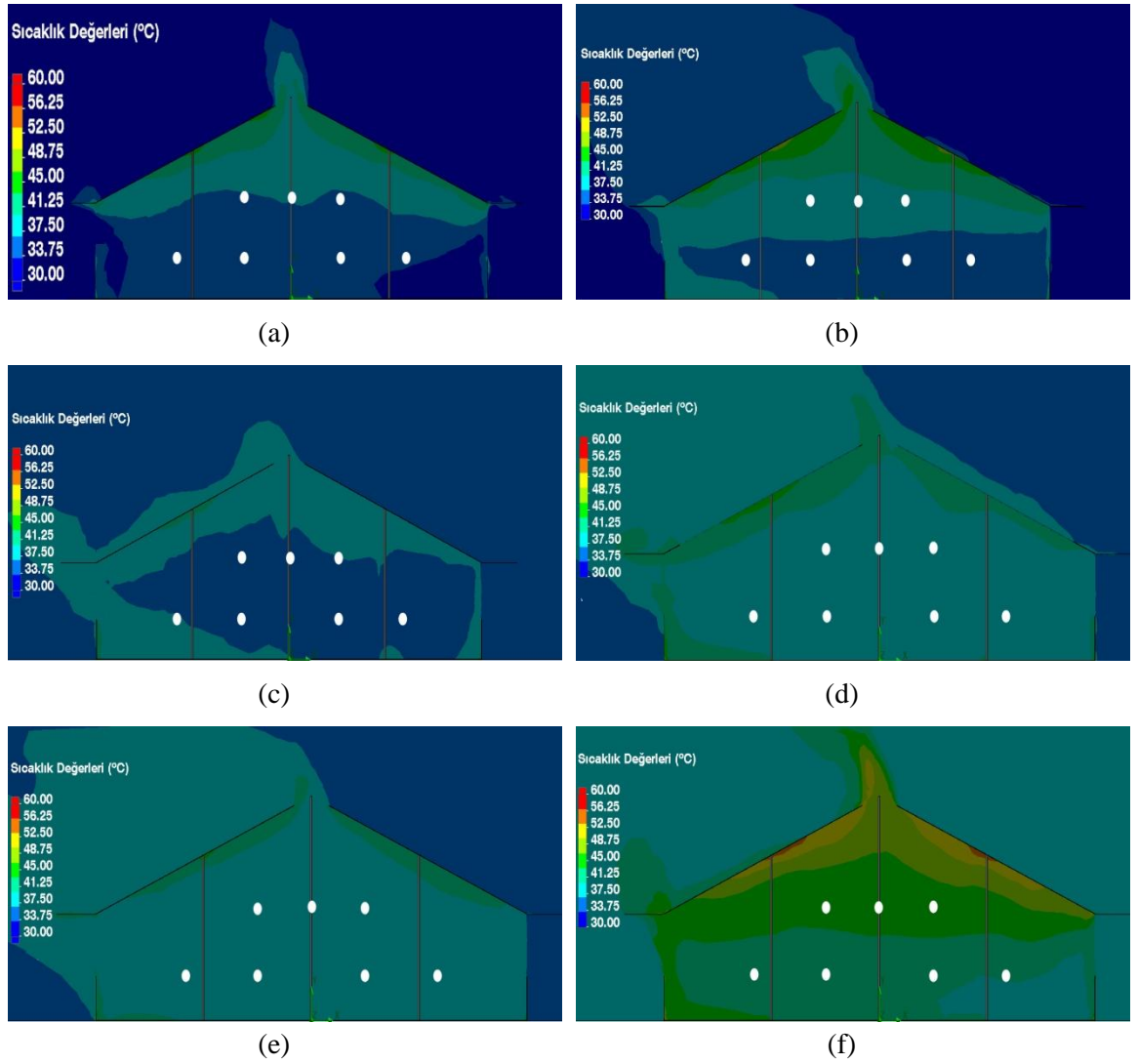
4.1.4. 4 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

4 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. 4 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 4 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.9’da verilmiştir.

4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (17.08.2011)



Şekil 4.10. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

4 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	35.2	35.1	34.6	34.7	36.2	36.8	36.6
10: ⁰⁰	36.4	35.9	35.3	34.9	38.9	38.6	39.1
12: ⁰⁰	36.0	35.9	35.6	35.3	36.0	36.0	36.3
14: ⁰⁰	38.1	37.8	37.4	37.2	38.3	38.2	38.6
16: ⁰⁰	36.8	36.4	36.2	36.0	37.2	37.2	37.5
18: ⁰⁰	42.4	41.7	41.0	40.7	44.0	44.1	45.0

Şekil 4.10.’da gösterilen 4 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir. 4 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 18:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 36.6°C ve 37.1°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 40.7°C ve 45.0°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.9’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.10.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 7.6°C (36.8°C-29.2°C) ile 6 nolu sensörde, en düşük sıcaklık farkı ise 5.1°C (34.6°C-29.5°C) ile 3 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi %79 $\left(\frac{36.8-29.2}{36.8} * 100\right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %85’dir $\left(\frac{34.6-29.5}{34.6} * 100\right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 4 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

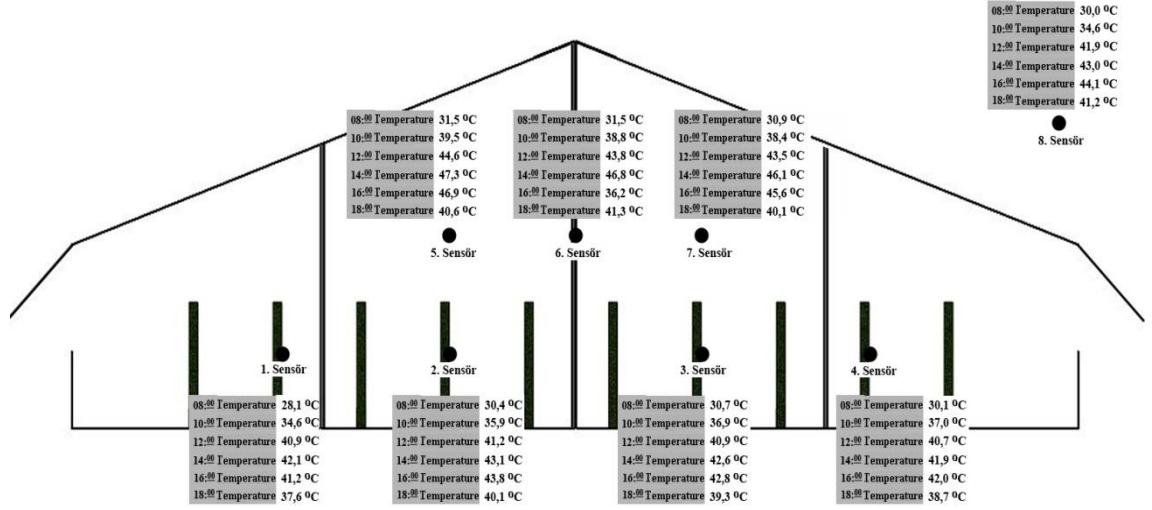
Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (°C)	Sensör no	Farkı (°C)		
08: ⁰⁰	6. sensör	7.6	3. sensör	5.1	79.3	85.3
10: ⁰⁰	5. sensör	2.8	3. sensör	0.3	92.8	99.3
12: ⁰⁰	5. sensör	3.0	3. sensör	0.5	92.4	98.6
14: ⁰⁰	5. sensör	2.2	4. sensör	0.0	94.7	100.0
16: ⁰⁰	5. sensör	2.1	4. sensör	0.4	94.5	99.0
18: ⁰⁰	7. sensör	7.9	4. sensör	4.1	82.5	89.9

Çizelge 4.8 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 7.9°C (7 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 0.0°C (4 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

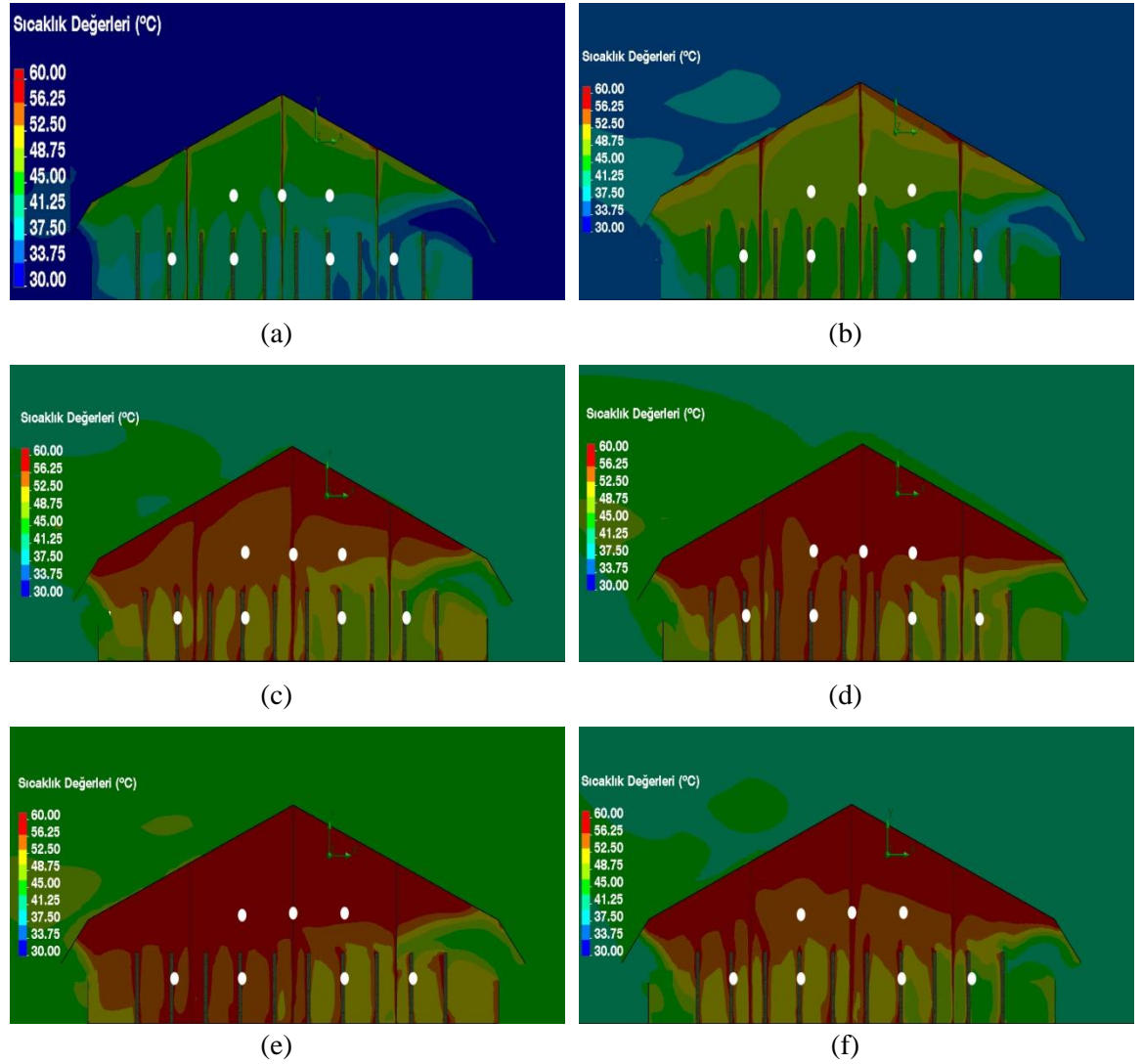
4.1.5. 5 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

5 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m’dir. 5 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.11’de verilmiştir.

5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (19.08.2011)



Şekil 4.12. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

5 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	39.0	39.8	38.3	38.9	43.8	43.3	43.3
10: ⁰⁰	42.2	41.9	41.8	42.5	47.5	49.9	47.8
12: ⁰⁰	47.2	47.3	48.6	46.9	54.8	54.4	54.9
14: ⁰⁰	50.3	50.2	50.5	50.0	56.6	57.5	56.9
16: ⁰⁰	50.0	50.2	50.7	51.5	51.9	51.1	50.9
18: ⁰⁰	46.0	44.1	46.3	44.4	45.6	48.2	44.8

Şekil 4.12.’de gösterilen 5 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru karşı pencereye yakın kısımlarda daha yüksek seviyeye çıkmakta ve mahyaya yakın kısımlarda ise en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. 5 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 14:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 41.9°C ve 46.1°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 50.0°C ve 56.9°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.11’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.12.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 12.4°C (43.3°C-30.9°C) ile 7 nolu sensörde, en düşük sıcaklık farkı ise 7.6°C (38.3°C-30.7°C) ile 3 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi %71 $\left(\frac{43.3-30.9}{43.3} * 100\right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %80’dir $\left(\frac{38.3-30.7}{38.3} * 100\right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. 5 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

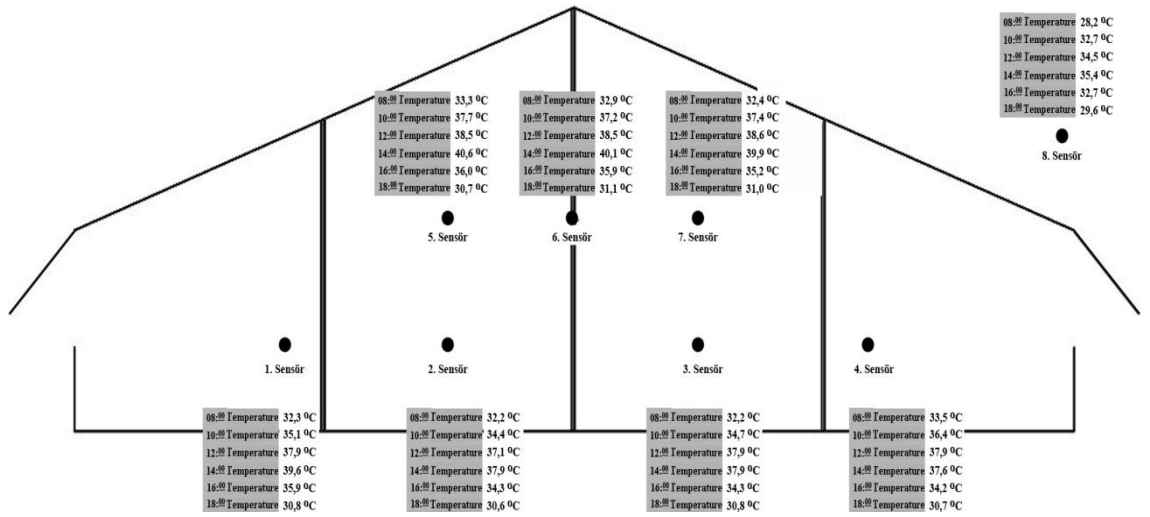
Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (°C)	Sensör no	Farkı (°C)		
08: ⁰⁰	7. sensör	12.4	3. sensör	7.6	71.4	80.2
10: ⁰⁰	6. sensör	11.1	3. sensör	4.9	77.8	88.2
12: ⁰⁰	7. sensör	11.4	2. sensör	6.1	79.2	87.1
14: ⁰⁰	7. sensör	10.8	2. sensör	7.1	81.1	85.9
16: ⁰⁰	6. sensör	14.9	5. sensör	5.3	70.8	90.3
18: ⁰⁰	1. sensör	8.4	4. sensör	4.0	81.8	90.9

Çizelge 4.10 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 14.9°C (6 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 4.0°C (4 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

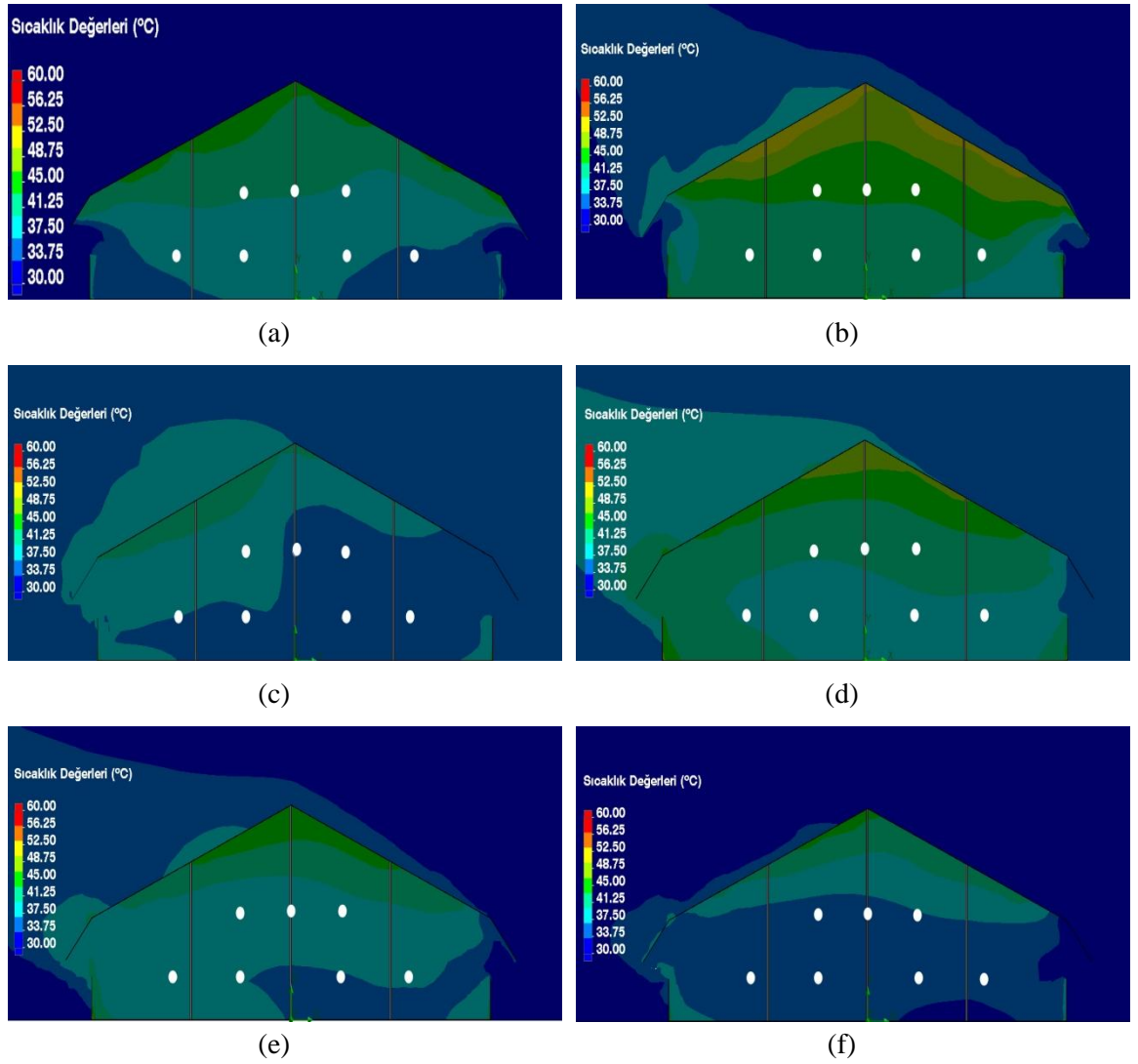
4.1.6. 6 nolu seraya ait sıcaklık değerleri

6 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada sıcaklık ölçerler sera başlangıcından 15. m'de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 6 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6'da her bir sensör için ölçülen sıcaklık değerleri ise Şekil 4.13'de verilmiştir

6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik sıcaklık değerleri (15.08.2011)



Şekil 4.14. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

6 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik sıcaklık değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık değerleri (°C)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	37.9	37.8	37.3	36.3	40.4	40.2	39.7
10: ⁰⁰	41.7	41.5	41.1	42.1	43.8	44.0	44.2
12: ⁰⁰	36.6	36.4	35.6	35.9	38.2	36.0	35.9
14: ⁰⁰	39.9	39.4	39.4	39.5	40.3	40.5	41.3
16: ⁰⁰	37.1	36.7	36.6	36.9	38.0	38.1	38.8
18: ⁰⁰	34.4	34.0	33.9	33.8	35.6	35.8	36.4

Şekil 4.13.’de gösterilen 6 nolu sera ile ilgili sıcaklık dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde sıcaklık dış ortamdan 4-5°C daha yüksek iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda bu değer daha da artmakta ve mahyaya yakın kısımlarda ise maksimum seviyeye ulaşmaktadır. 6 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen sıcaklık dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 10:⁰⁰,da, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 36.4°C ve 37.4°C iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 42.1°C ve 44.2°C’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.13’deki ölçülen sıcaklık değerleri ile Şekil 4.14.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek sıcaklık farkı 7.3°C (40.2°C-32.9°C) ile 6 nolu sensörde ve (39.7°C-32.4°C) ile 7 nolu sensörde, en düşük sıcaklık farkı ise 2.8°C (36.3°C-33.5°C) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%82 \left(\frac{40.2-32.9}{40.2} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%92$ ’dir $\left(\frac{36.3-33.5}{36.3} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek sıcaklık farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. 6 nolu sera sensörler bazında için ölçülen ve simüle edilen sıcaklık değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

Saatler	Sensör no ve en yüksek sıcaklık farkı (°C)		Sensör no ve en düşük sıcaklık farkı (°C)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (°C)	Sensör no	Farkı (°C)		
08: ⁰⁰	6. sensör	7.3	4. sensör	2.8	81.8	92.4
10: ⁰⁰	2. sensör	7.1	4. sensör	5.7	82.9	86.4
12: ⁰⁰	7. sensör	2.7	5. sensör	0.3	92.4	99.1
14: ⁰⁰	2. sensör	1.5	1. sensör	0.3	96.3	99.3
16: ⁰⁰	7. sensör	3.6	1. sensör	1.2	90.7	96.7
18: ⁰⁰	7. sensör	5.4	4. sensör	3.1	85.1	90.8

Çizelge 4.12 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 7.3°C (6 nolu sensör) iken en düşük sıcaklık farkının ise 0.3°C (1 ve 5 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

Ould Khaoua vd (2006), yaptıkları benzer bir çalışmada bölümlere ayrılmış bir cam serada rüzgar hızı etkisinin ve çatı açıklıklarının sıcaklık desenleri ve hava akımları üzerine olan etkisini iki boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yoluyla sayısal olarak analiz etmişlerdir. Sonuçlar iç bölümdeki bitkilerin farklı parçalar arasındaki hava sirkülasyonunu engellediğini ve her bölüm için önemli ölçüde farklı iç iklim sebepleri olduğunu göstermiştir. Çalışmalarında aynı zamanda hesaplanan değerler ile simülasyon değerlerinin iyi bir uyum gösterdiğini ve iklim heterojenliği gibi diğer değişkenlerin en iyi havalandırma şeklini tanımlamak için araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Pontikakos vd (2006), tarafından yapılan çalışmada, çift açıklıklı ticari bir seradaki doğal havalandırma etkinliği tahmini için sera simülasyonlarında istatistiksel analizler yapılmış ve sayısal bir simülasyon yaklaşımı olan 3 boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği teorisi kullanılarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşımla, sera içerisindeki 3 boyutlu sıcaklık ve hava hızı desenleri belirli sınır şartları kullanılarak oluşturulmuştur. Elde ettikleri istatistiksel sonuçlara göre, sera giriş sıcaklığının dağılımında dış sınır sıcaklığı, iç sıcaklıklar ve rüzgar yönü ile hava hızının son

derecede önemli birer parametre olduğunu belirtmişlerdir. Ölçülen değerler, HAD simülasyon modeli ile karşılaştırıldığında sera çevresinin hava hızı ve sıcaklık dağılımının gerçek zamanlı tahmini için kullanılabilir.

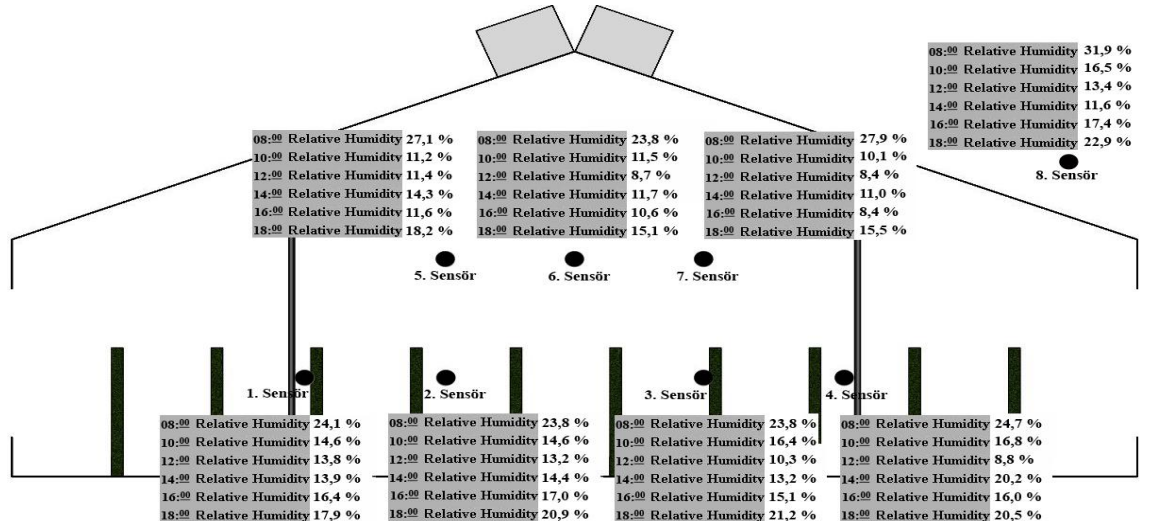
Bu çalışmadan elde edilen bulgular incelendiğinde, tüm seralar için ölçülen değerler ile simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık dağılım desenleri yüksek oranda bir uyum göstermektedir. Bulunan sonuçlar daha önceki yapılan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Bu nedenle 3 boyutlu HAD simülasyon modeli sera içi iklim etmenlerinin belirlenmesinde ve yeni tasarımlar üretilmesinde yüksek doğruluk oranına sahip bir araç olarak kullanılabilir.

4.2. Nem Değerleri

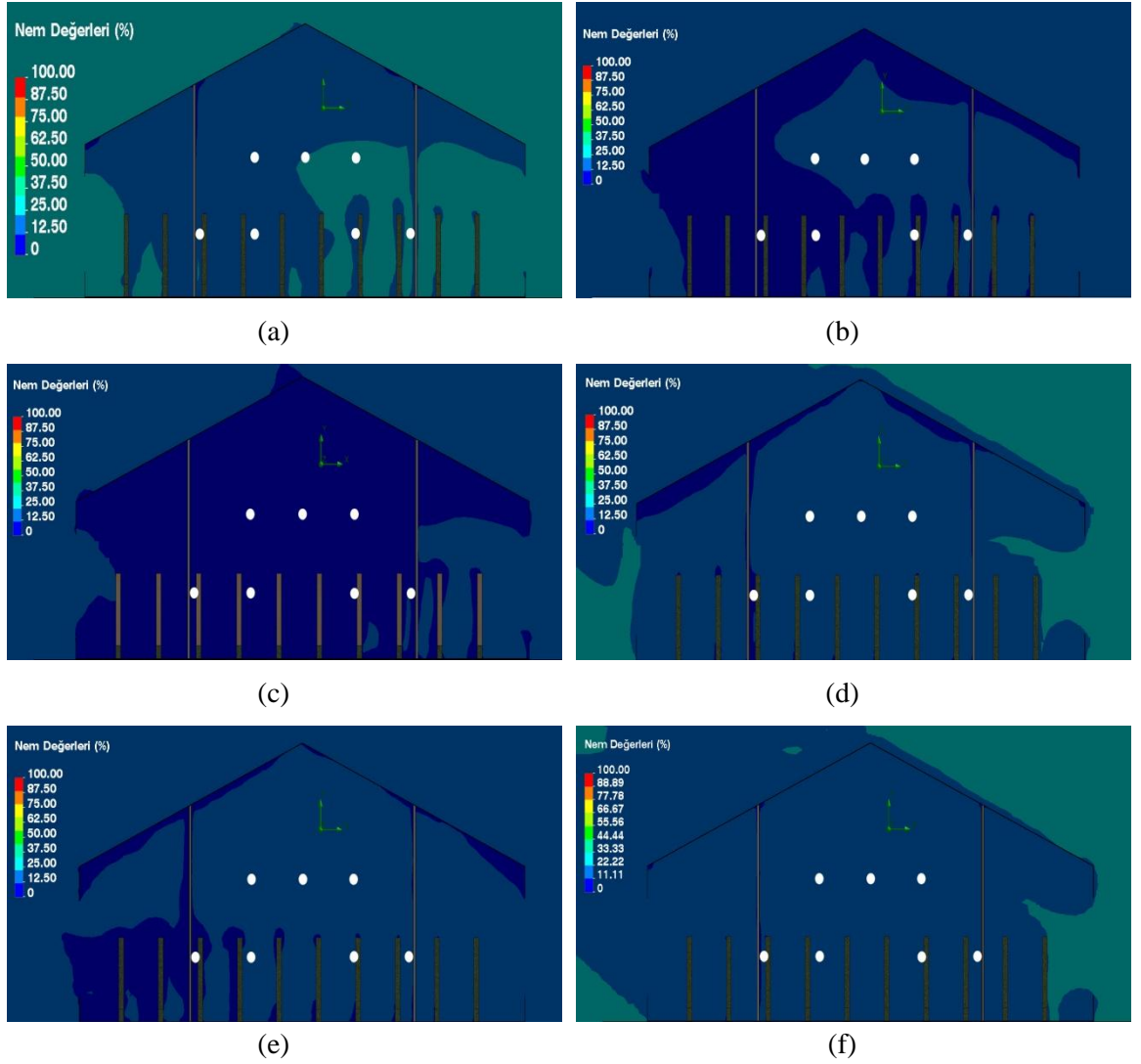
4.2.1. 1 nolu seraya ait nem değerleri

1 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 22,5. m’de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.20 m, bitki enleri 0.40 m ve bitki sıra araları ise 1.20 m’dir. 1 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1’de her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.15’de verilmiştir.

1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



Şekil 4.15. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (24.08.2011)



Şekil 4.16. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

1 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	20.0	19.4	21.1	25.2	20.5	22.1	23.0
10: ⁰⁰	10.2	9.2	10.8	13.5	11.4	11.6	11.8
12: ⁰⁰	9.6	9.0	9.1	10.9	7.2	7.6	7.8
14: ⁰⁰	10.5	15.2	15.6	18.5	16.0	11.7	12.0
16: ⁰⁰	12.0	11.8	12.6	15.3	16.6	14.1	14.1
18: ⁰⁰	13.1	17.0	17.6	20.6	18.0	18.6	18.9

Şekil 4.16.’da gösterilen 1 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha düşük olduğu belirlenmiştir. 1 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 10:⁰⁰’da, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %16.8 ve %10.1 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %13.5 ve %11.8’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.15’deki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.16.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %6.6 (%27.1-%20.5) ile 5 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %0.5 (%25.2-%24.7) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%76 \left(\frac{27.1-20.5}{27.1} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%98$ ’dir $\left(\frac{25.2-24.7}{25.2} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. 1 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

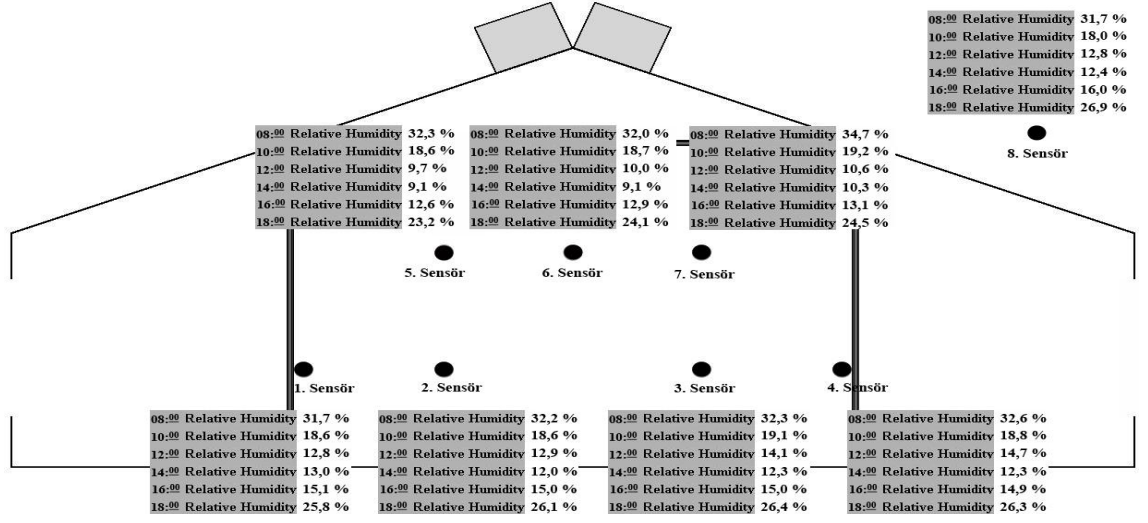
Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (%)	Sensör no	Farkı (%)		
08: ⁰⁰	5. sensör	6.6	4. sensör	0.5	75.5	98.2
10: ⁰⁰	3. sensör	5.6	6. sensör	0.1	65.6	98.8
12: ⁰⁰	1. sensör	4.2	7. sensör	0.6	69.3	93.3
14: ⁰⁰	1. sensör	3.4	6. sensör	0.0	75.3	100.0
16: ⁰⁰	7. sensör	5.7	4. sensör	0.8	60.0	95.3
18: ⁰⁰	1. sensör	4.8	4. sensör	0.1	73.1	99.8

Çizelge 4.14 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %6.6 (5 nolu sensör) iken en düşük nem derecesi farkının ise %0.0 (6 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

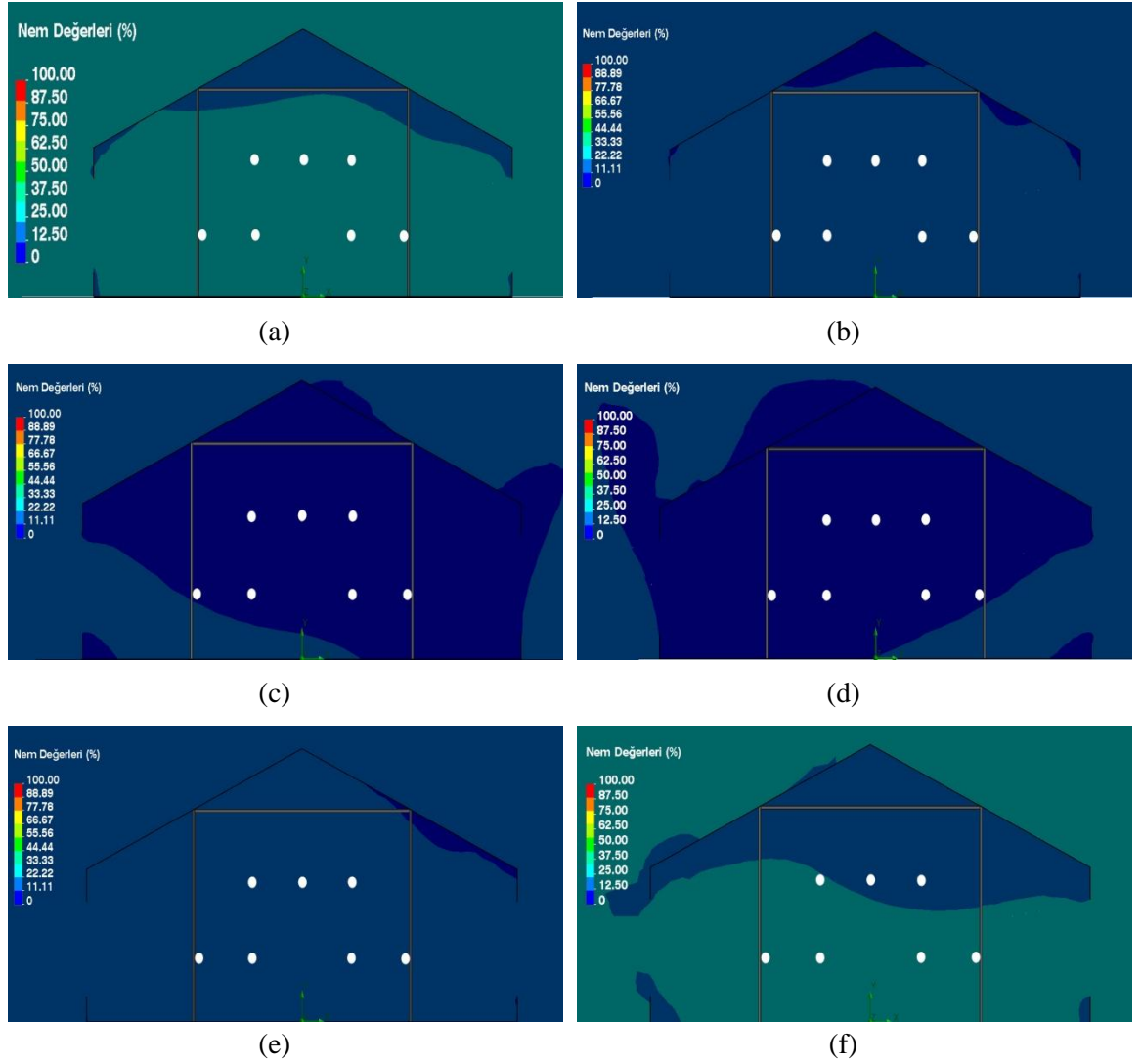
4.2.2. 2 nolu seraya ait nem değerleri

2 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 22.5. m’de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. 2 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 2 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1’de her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.17’de verilmiştir.

2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (23.08.2011)



Şekil 4.18. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

2 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	26.4	26.4	26.5	27.3	24.7	24.6	24.4
10: ⁰⁰	14.9	15.0	14.9	15.3	13.8	13.8	13.7
12: ⁰⁰	10.5	10.5	10.5	10.7	9.7	9.7	9.7
14: ⁰⁰	10.3	10.3	10.4	10.6	9.5	9.5	9.6
16: ⁰⁰	13.8	13.8	14.0	14.4	13.7	13.6	13.4
18: ⁰⁰	23.0	23.0	23.3	24.1	22.2	21.7	21.4

Şekil 4.18.’de gösterilen 2 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha düşük olduğu belirlenmiştir. 2 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 14:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %12.3 ve %10.3 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %10.6 ve %9.5’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.17’deki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.18.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %10.3 (%34.7-%24.4) ile 7 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %5.3 (%31.7-%26.4) ile 1 nolu sensörde ve (%32.6-%27.3) ile 4 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%70 \left(\frac{34.7-24.4}{34.7} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %83’dür $\left(\frac{31.7-26.4}{31.7} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. 2 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

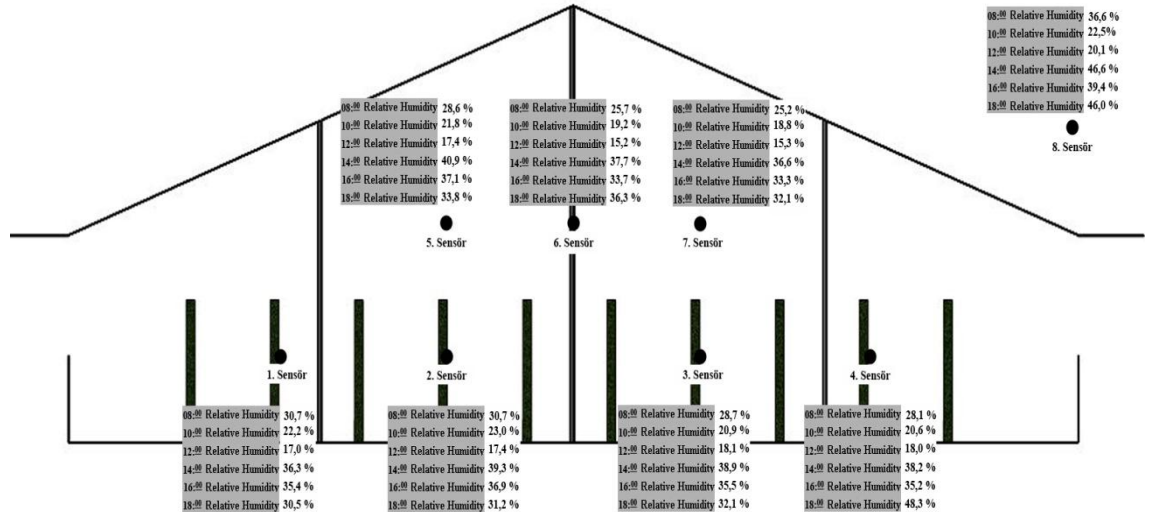
Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)		
08: ⁰⁰	7. sensör	10.3	1-4. sensör	5.3	70.4	83.3
10: ⁰⁰	7. sensör	5.5	4. sensör	3.5	71.5	81.3
12: ⁰⁰	4. sensör	4.0	5. sensör	0.1	73.0	99.6
14: ⁰⁰	1. sensör	2.7	6. sensör	0.4	79.2	96.1
16: ⁰⁰	1. sensör	1.3	7. sensör	0.3	91.5	97.5
18: ⁰⁰	7. sensör	3.1	5. sensör	1.0	87.2	95.8

Çizelge 4.16 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %10.3 (7 nolu sensör) iken en düşük nem derecesi farkının ise %0.1 (5 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

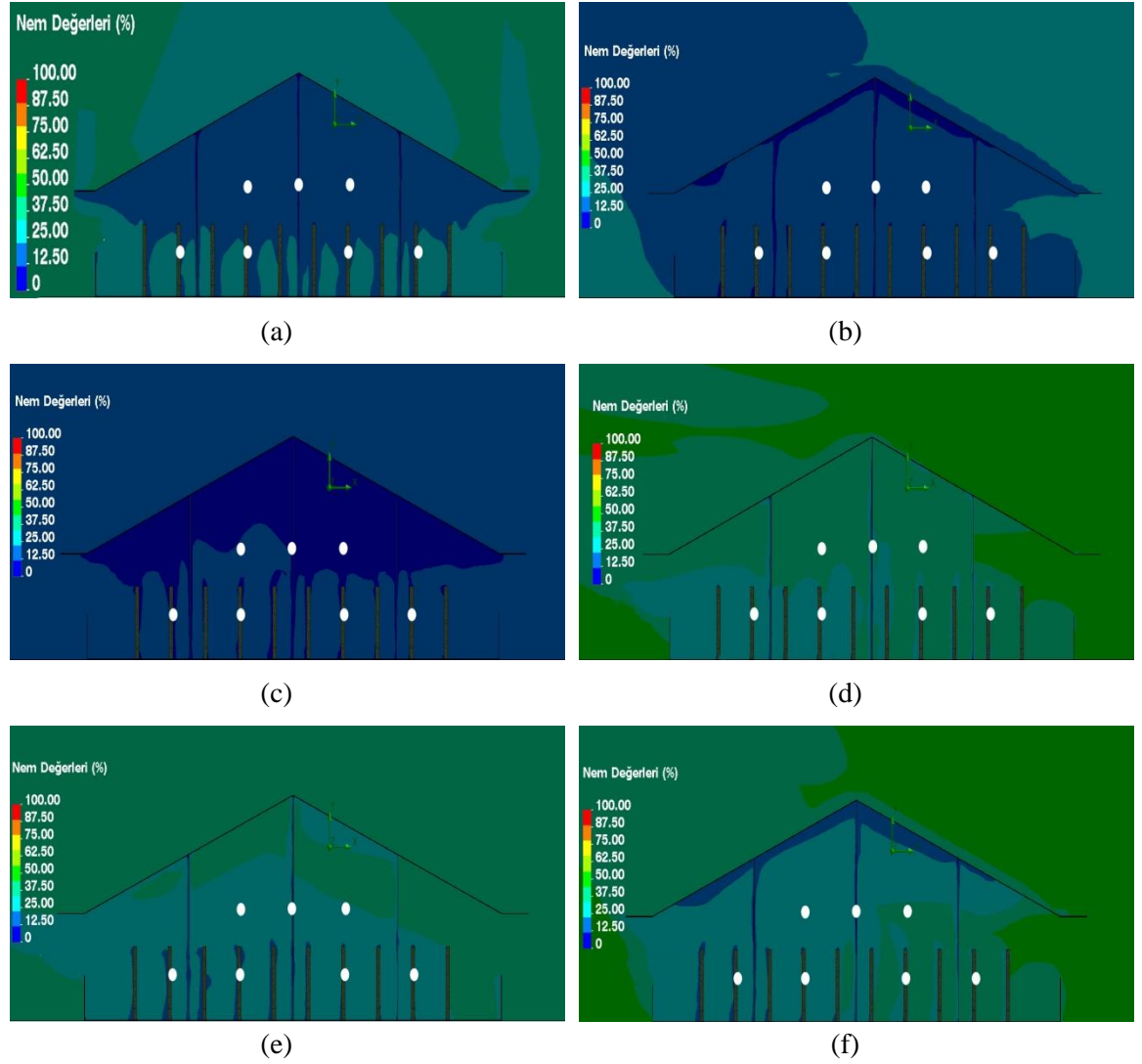
4.2.3. 3 nolu seraya ait nem değerleri

3 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 15. m'de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m'dir. 3 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6'da her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.19'da verilmiştir.

3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (18.08.2011)



Şekil 4.20. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

3 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	20.7	17.9	16.2	18.6	18.2	18.8	18.8
10: ⁰⁰	12.9	15.5	16.6	18.5	15.5	13.0	17.8
12: ⁰⁰	10.4	11.6	12.9	12.4	11.1	10.3	10.7
14: ⁰⁰	32.5	33.2	35.9	34.1	35.6	31.1	36.6
16: ⁰⁰	30.6	30.5	29.2	31.6	30.2	29.8	32.1
18: ⁰⁰	21.9	30.6	34.8	39.3	30.3	28.4	35.3

Şekil 4.20.’de gösterilen 3 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha düşük olduğu belirlenmiştir. 3 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 12:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %18.0 ve %15.3 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %12.4 ve %10.7’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.19’daki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.20.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %12.9 (%30.7-%17.9) ile 2 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %6.5 (%25.2-%18.8) ile 7 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%58 \left(\frac{30.7-17.9}{30.7} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%74$ ’dür $\left(\frac{25.2-18.8}{25.2} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. 3 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

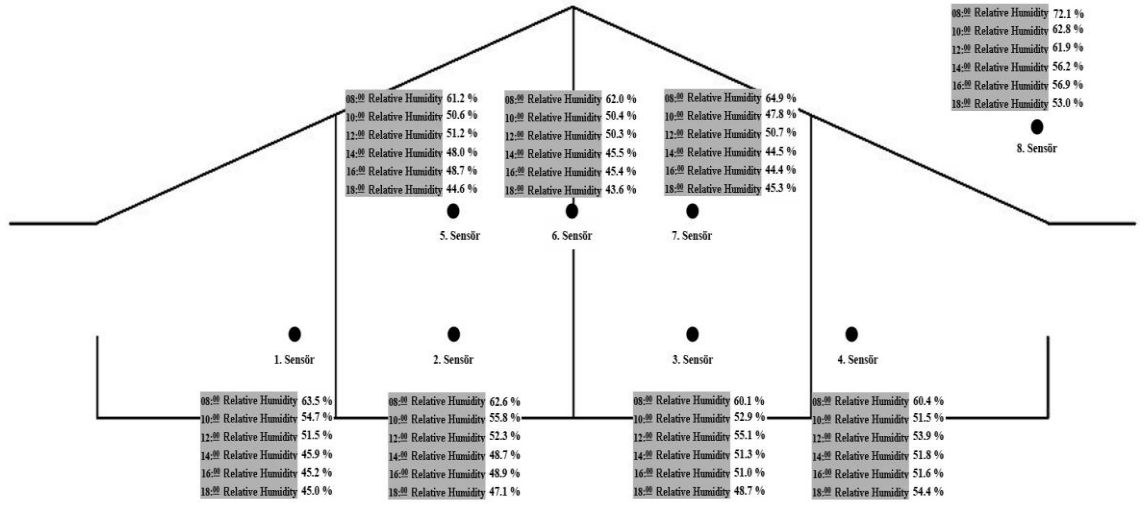
Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Farkı (%)	Sensör no	Farkı (%)		
08: ⁰⁰	2. sensör	12.9	7. sensör	6.5	58.1	74.4
10: ⁰⁰	1. sensör	9.3	7. sensör	1.0	58.1	94.7
12: ⁰⁰	1. sensör	6.6	7. sensör	4.6	61.4	70.1
14: ⁰⁰	6. sensör	6.6	7. sensör	0.0	82.6	100
16: ⁰⁰	5. sensör	6.9	7. sensör	1.2	81.4	96.4
18: ⁰⁰	4. sensör	9.0	2. sensör	0.6	81.3	98.2

Çizelge 4.18 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %12.9 (2 nolu sensör) iken nem derecesi farkının olmadığı ve %100 bir uyum gösterdiği görülmektedir.

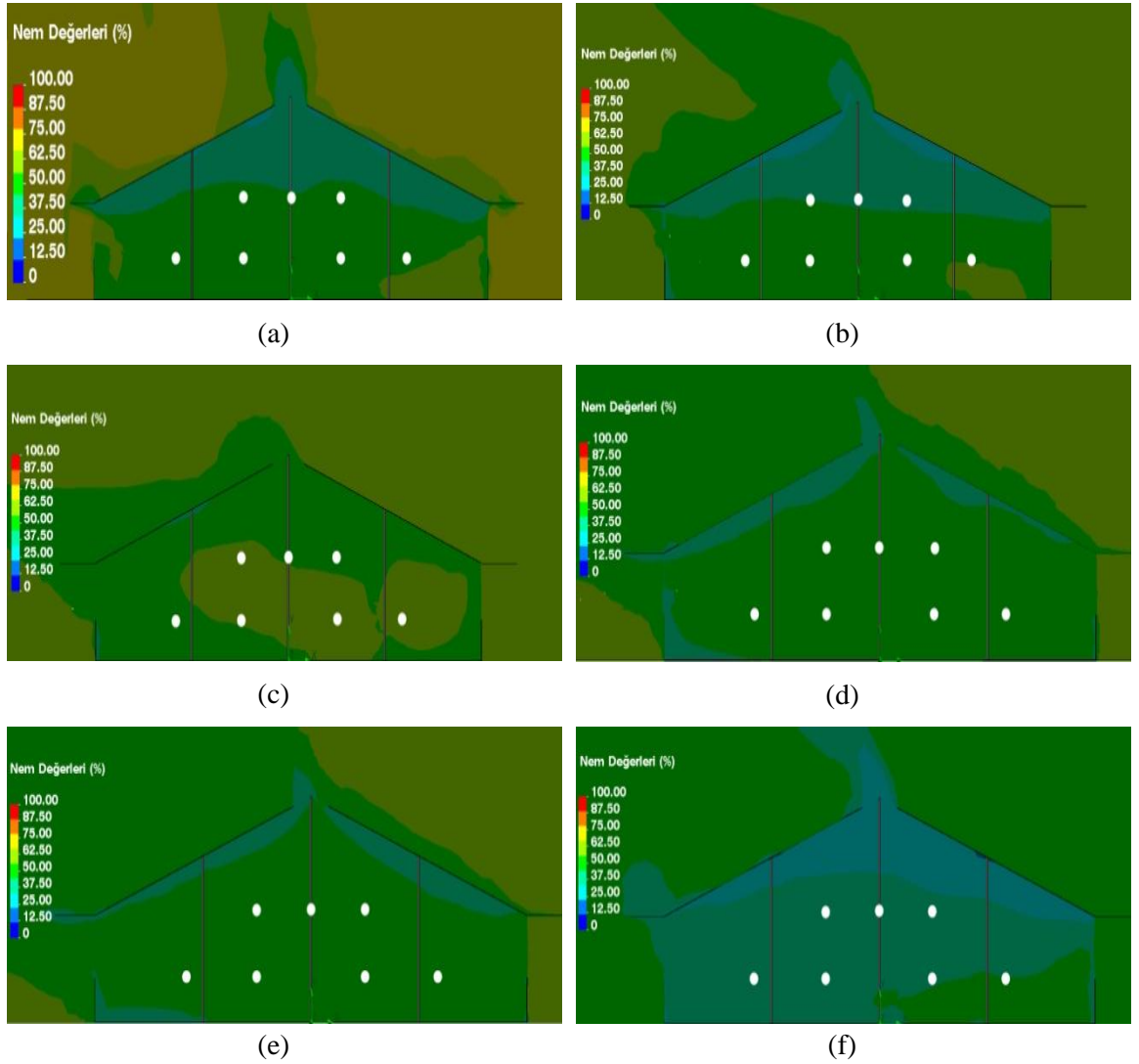
4.2.4. 4 nolu seraya ait nem değerleri

4 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesatine yerleştirilmiştir. 4 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 4 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.21’de verilmiştir.

4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (17.08.2011)



Şekil 4.22. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00

(b) 10:00

(c) 12:00

(d) 14:00

(e) 16:00

(f) 18:00

4 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	49.2	49.6	51.0	50.8	42.1	45.1	45.8
10: ⁰⁰	49.1	50.7	52.4	53.5	44.2	43.7	42.5
12: ⁰⁰	56.1	56.5	57.3	58.2	56.2	56.2	56.2
14: ⁰⁰	50.1	51.1	52.0	52.6	49.7	49.7	49.8
16: ⁰⁰	51.3	52.3	52.9	53.4	50.0	50.1	49.4
18: ⁰⁰	39.9	41.4	43.2	43.8	36.7	36.6	34.9

Şekil 4.22.’de gösterilen 4 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda daha düşük seviyelerde seyretmekte ve mahyaya yakın kısımlarda ise en düşük seviyeye ulaşmaktadır. 4 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 18:⁰⁰’de, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %54.4 ve %45.3 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %43.8 ve %34.9’dür. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.21’deki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.22.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %19.1 (%64.9-%45.8) ile 7 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %9.1 (%60.1-%51.0) ile 3 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%71 \left(\frac{64.9-45.8}{64.9} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%85$ ’dir $\left(\frac{60.1-51.0}{60.1} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.20’da verilmiştir.

Çizelge 4.20. 4 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

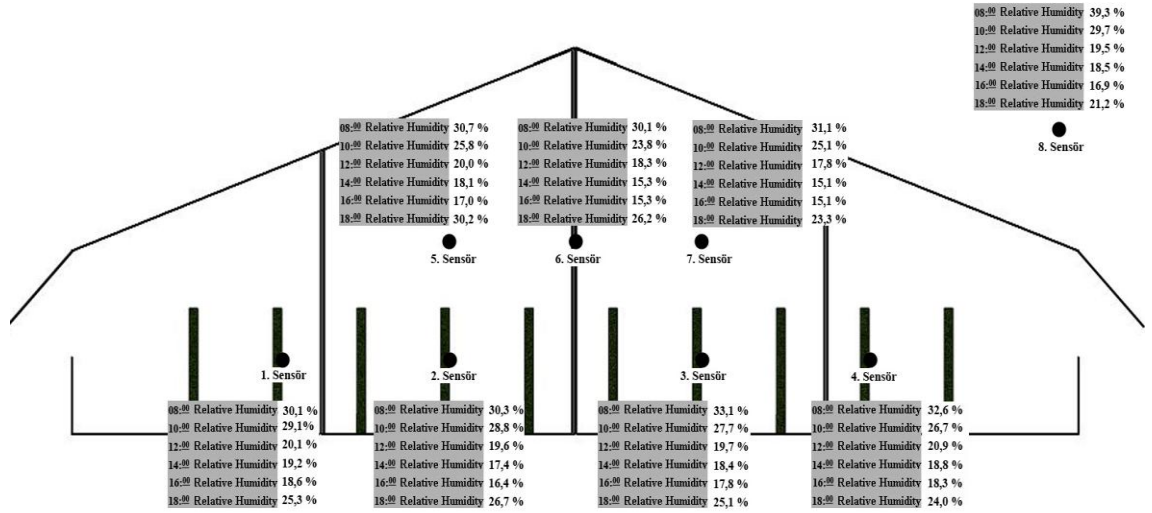
Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)		
08: ⁰⁰	7. sensör	19.1	3. sensör	9.1	70.6	84.9
10: ⁰⁰	6. sensör	6.7	3. sensör	0.5	86.7	99.0
12: ⁰⁰	6. sensör	5.9	3. sensör	2.2	89.5	96.2
14: ⁰⁰	7. sensör	4.3	3. sensör	0.7	91.2	98.7
16: ⁰⁰	1. sensör	6.1	5. sensör	1.3	88.1	96.7
18: ⁰⁰	4. sensör	10.6	1. sensör	5.1	80.5	88.7

Çizelge 4.20 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %19.1 (7 nolu sensör) iken en düşük nem derecesi farkının ise %0.5 (3 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

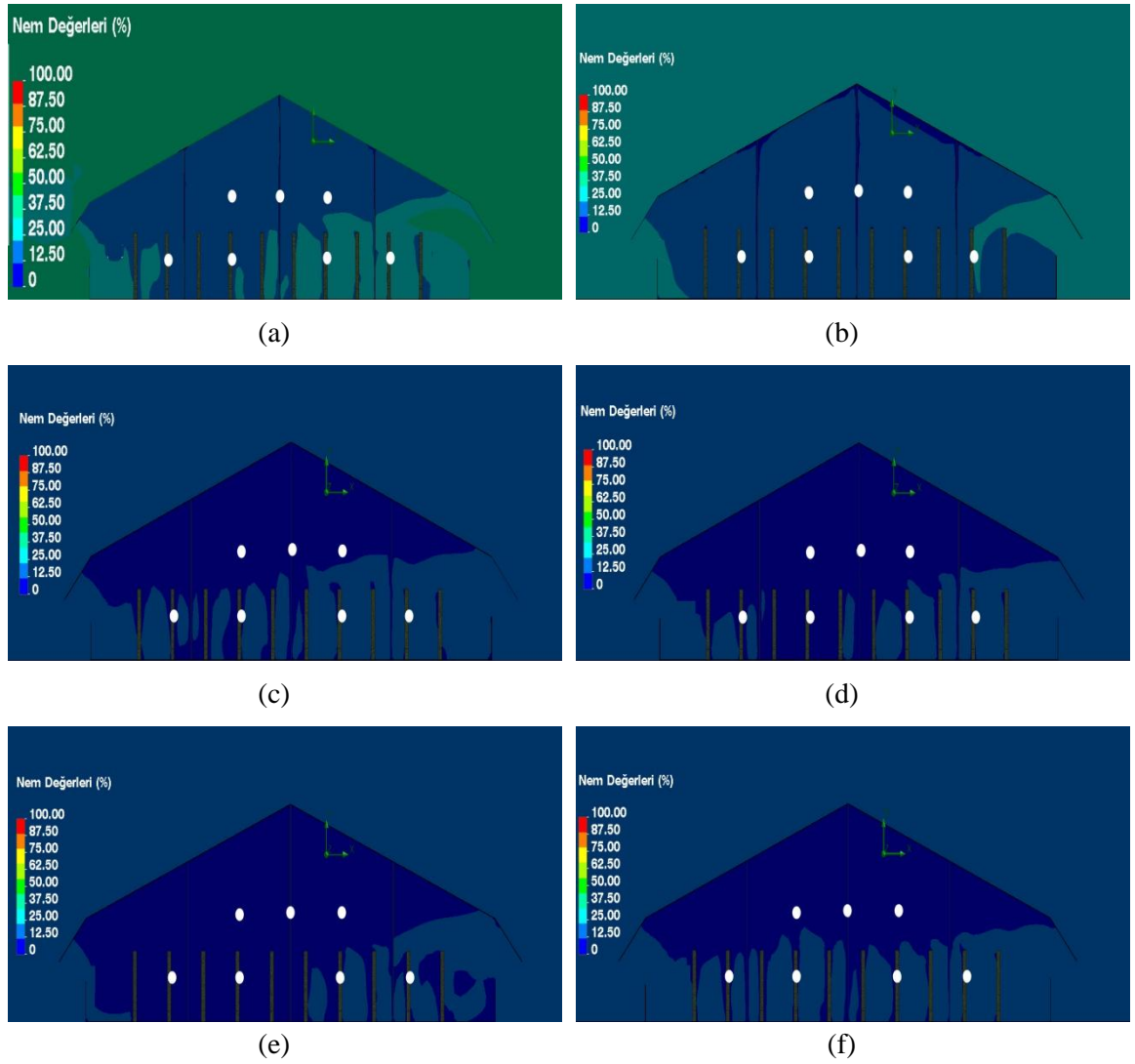
4.2.5. 5 nolu seraya ait nem değerleri

5 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 15. m'de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m'dir. 5 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6'da her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.23'de verilmiştir.

5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.24'de gösterilmiştir.



Şekil 4.23. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (19.08.2011)



Şekil 4.24. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

5 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	20.6	20.6	21.1	21.0	21.5	21.6	20.4
10: ⁰⁰	22.7	22.2	20.1	20.1	18.9	17.2	19.1
12: ⁰⁰	13.5	12.7	13.7	14.5	13.7	14.8	12.2
14: ⁰⁰	12.7	11.0	12.2	12.0	12.7	9.0	9.3
16: ⁰⁰	12.1	10.2	11.3	11.8	11.3	8.5	9.5
18: ⁰⁰	18.5	19.4	18.8	18.3	21.6	20.5	17.0

Şekil 4.24.’de gösterilen 5 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda daha düşük seviyelerde seyretmekte ve mahyaya yakın kısımlarda ise en düşük seviyeye ulaşmaktadır. 5 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 10:⁰⁰,da, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %26.7 ve %25.1 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %20.1 ve %19.1’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.23’deki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.24.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %12.1 (%33.1-%21.1) ile 3 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %8.5 (%30.1-%21.6) ile 6 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%64 \left(\frac{33.1-21.1}{33.1} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi $\%72$ ’dir $\left(\frac{30.1-21.6}{30.1} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. 5 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

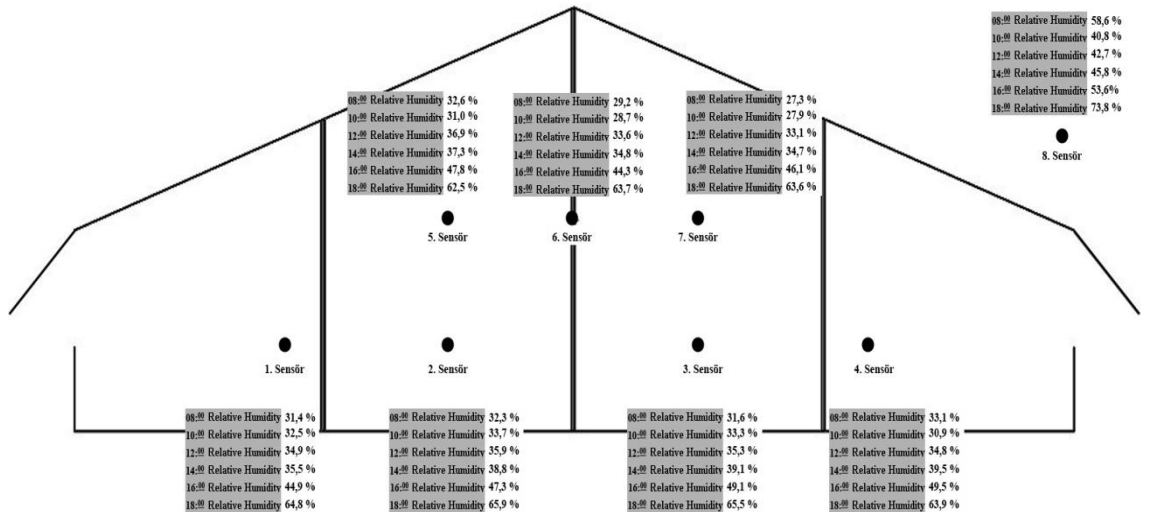
Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)		
08: ⁰⁰	3. sensör	12.1	6. sensör	8.5	63.6	71.8
10: ⁰⁰	3. sensör	7.6	7. sensör	6.0	72.7	76.2
12: ⁰⁰	2. sensör	6.9	6. sensör	3.5	64.8	80.9
14: ⁰⁰	4. sensör	6.8	5. sensör	5.4	63.7	70.2
16: ⁰⁰	6. sensör	6.9	7. sensör	5.6	55.2	63.1
18: ⁰⁰	5. sensör	8.6	6. sensör	5.7	71.5	78.3

Çizelge 4.22 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %12.1 (3 nolu sensör) iken en düşük nem derecesi farkının ise %3.5 (6 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

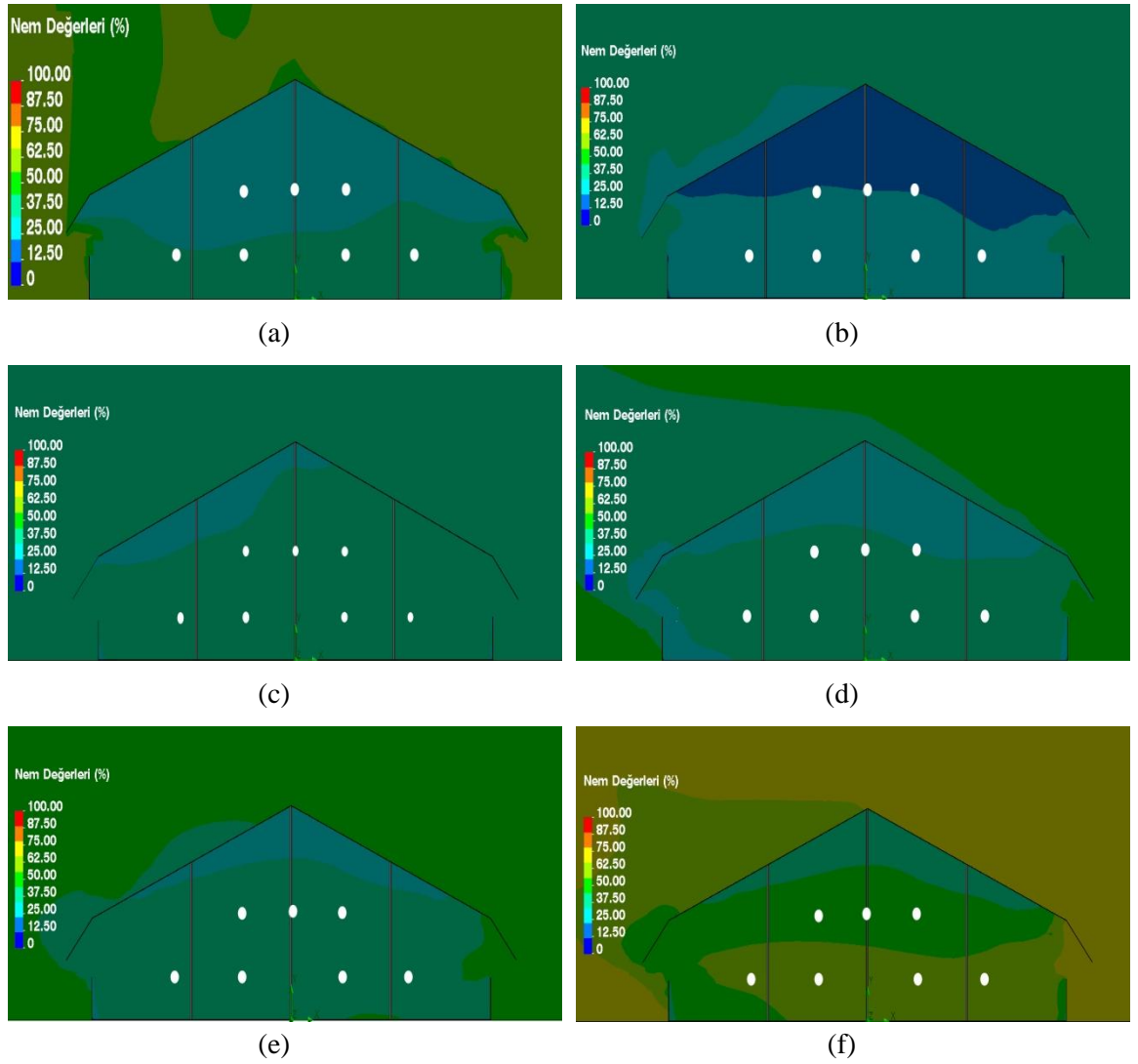
4.2.6. 6 nolu seraya ait nem değerleri

6 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada nem ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 6 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen nem değerleri ise Şekil 4.25’de verilmiştir.

6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.25. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik nem değerleri (15.08.2011)



Şekil 4.26. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

(a) 08:00

(b) 10:00

(c) 12:00

(d) 14:00

(e) 16:00

(f) 18:00

6 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik nem değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen nem değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	34.0	34.1	35.1	37.2	29.7	30.0	30.9
10: ⁰⁰	25.0	25.2	25.8	24.5	22.4	22.1	22.0
12: ⁰⁰	38.0	38.4	40.3	39.5	34.9	33.0	34.2
14: ⁰⁰	35.9	36.9	36.9	36.6	35.2	34.8	33.3
16: ⁰⁰	41.9	42.9	43.3	42.6	40.1	39.8	38.3
18: ⁰⁰	56.3	57.6	57.9	58.2	52.7	52.2	50.3

Şekil 4.26.’da gösterilen 6 nolu sera ile ilgili nem dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde nem miktarı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda daha düşük seviyede ve mahyaya yakın kısımlarda en düşük seviyede seyretmektedir. 6 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen nem dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Örneğin saat 16:⁰⁰’da, rüzgarın girdiği pencereye yakın olan 4. ve 7. sensörlerde ölçülen nem değerleri sırasıyla %49.5 ve %46.1 iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla %42.6 ve %38.3’dür. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

08:⁰⁰ için Şekil 4.25’deki ölçülen nem değerleri ile Şekil 4.26.(a)’da gösterilen simülasyon değerleri incelendiğinde sensörler bazında en yüksek nem derecesi farkı %4.1 (%37.2-%33.1) ile 4 nolu sensörde, en düşük nem derecesi farkı ise %0.8 (%30.0-%29.2) ile 6 nolu sensörde okunmuştur. Buna göre 08:⁰⁰ için en düşük doğruluk derecesi $\%89 \left(\frac{37.2-33.1}{37.2} * 100 \right)$ iken en yüksek doğruluk derecesi %97’dir $\left(\frac{30.0-29.2}{30.0} * 100 \right)$.

Diğer saatler için sensörler bazında en düşük ve en yüksek nem derecesi farkları ile doğruluk dereceleri Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. 6 nolu sera için sensörler bazında ölçülen ve simüle edilen nem değerleri arasındaki doğruluk dereceleri

Saatler	Sensör no ve en yüksek nem derecesi farkı (%)		Sensör no ve en düşük nem derecesi farkı (%)		En düşük doğruluk derecesi (%)	En yüksek doğruluk derecesi (%)
	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)	Sensör no	Nem derecesi farkı (%)		
08: ⁰⁰	4. sensör	4.1	6. sensör	0.8	89.1	97.3
10: ⁰⁰	5. sensör	8.6	7. sensör	5.9	72.3	78.8
12: ⁰⁰	3. sensör	5.0	6. sensör	0.6	87.7	98.3
14: ⁰⁰	4. sensör	3.0	6. sensör	0.0	92.7	100.0
16: ⁰⁰	7. sensör	7.8	1. sensör	3.0	83.1	93.4
18: ⁰⁰	7. sensör	13.3	4. sensör	5.7	79.1	91.0

Çizelge 4.24 incelendiğinde ölçülen değerler ile simüle edilen değerler arasındaki en yüksek nem derecesi farkı %13.3 (7 nolu sensör) iken en düşük nem derecesi farkının ise %0.0 (6 nolu sensör) olduğu görülmektedir.

Haxaire vd (2000), yaptıkları bir çalışmada, sürekli çatı açıklığı bulunan çok bölmeli bir serada rüzgar etkisiyle oluşan hava akımları ile sıcaklık ve nem dağılımını incelemişlerdir. Zorlamalı konveksiyon akımları, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi ile sayısal olarak simüle edilmiş, elde ettikleri simülasyon ile nem değerlerinin, deneysel olarak belirlenen sonuçlar ile iyi uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

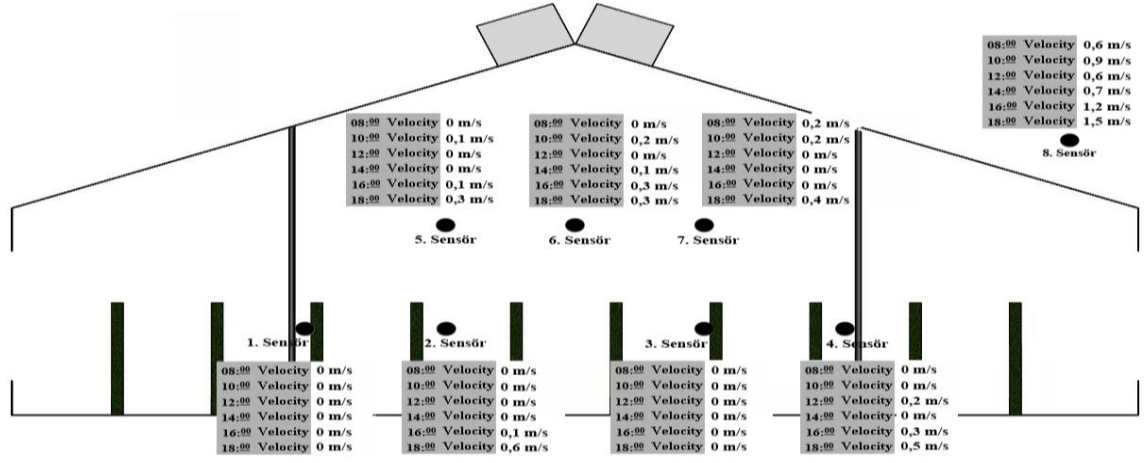
Bu çalışmadan elde edilen bulgulara bakıldığında, tüm seralar için ölçülen değerler ile simülasyon sonucu elde edilen nem dağılım desenleri iyi bir uyum göstermektedir. Bulunan sonuçlar daha önceki yapılan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Bu nedenle 3 boyutlu HAD simülasyon modeli sera içi iklim etmenlerinin belirlenmesinde ve yeni tasarımlar üretilmesinde yüksek doğruluk oranına sahip bir araç olarak kullanılabilir.

4.3. Rüzgar Hızı Değerleri

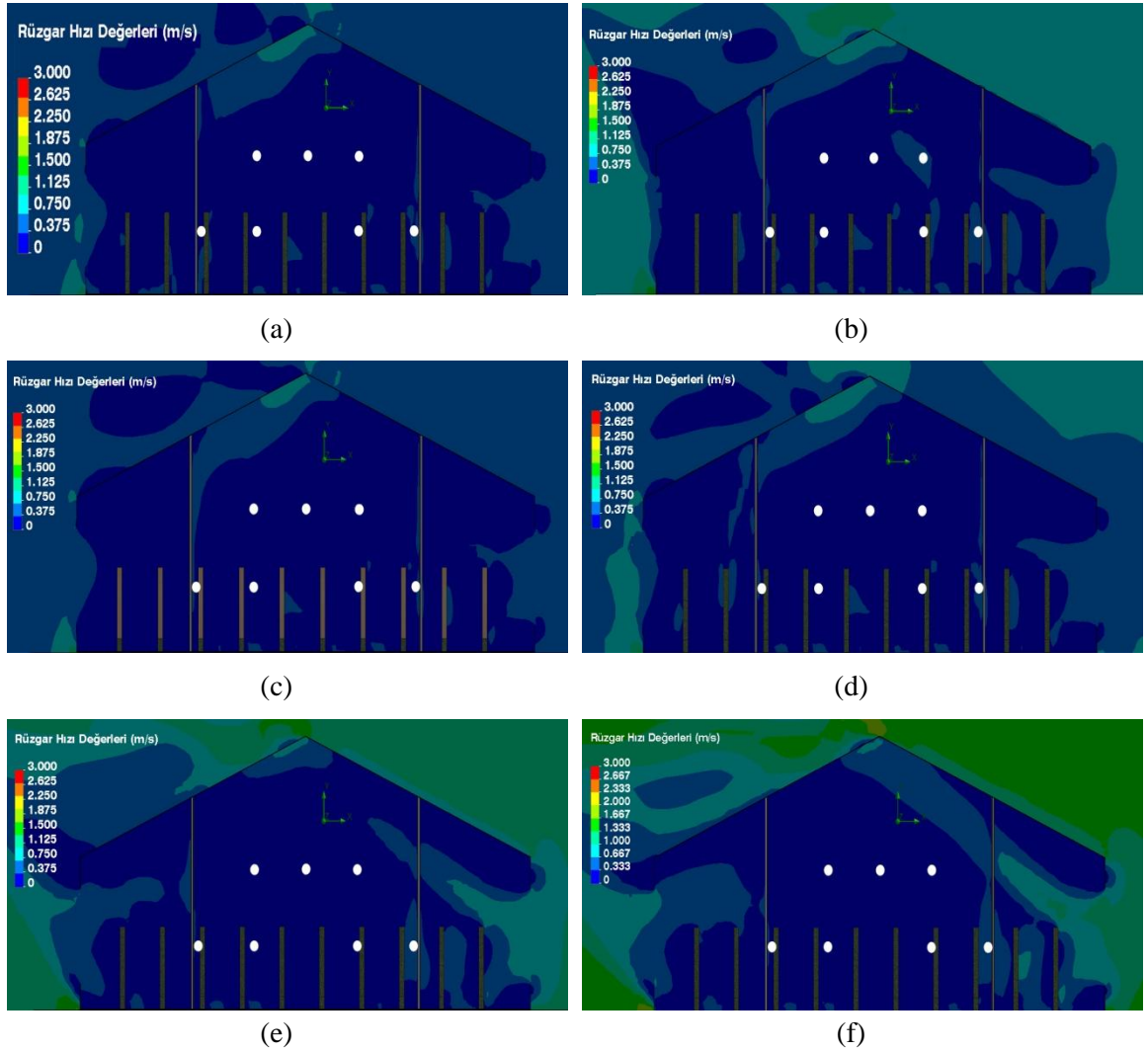
4.3.1. 1 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

1 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 22.5. m'de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.2 m, bitki enleri 0.4 m ve bitki sıra araları ise 1.2 m'dir. 1 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1'de her bir sensör için ölçülen

rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.27’de verilmiştir.1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. 1 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (24.08.2011)



Şekil 4.28. 1 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

1 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.25’de verilmiştir.

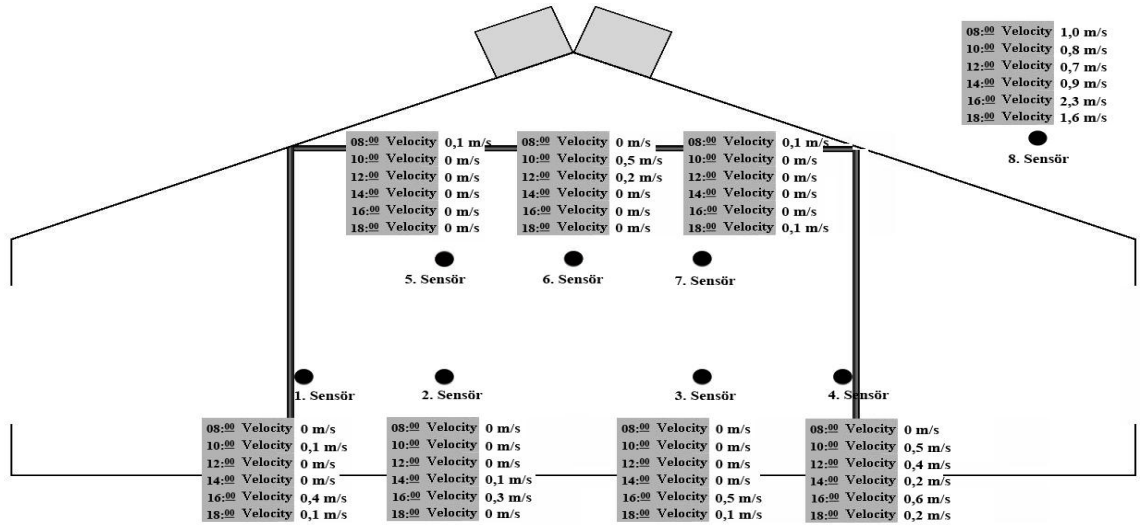
Çizelge 4.25. 1 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.05	0.06	0.09	0.10	0.08	0.12	0.17
10: ⁰⁰	0.08	0.12	0.12	0.13	0.18	0.20	0.20
12: ⁰⁰	0.12	0.14	0.16	0.21	0.11	0.13	0.11
14: ⁰⁰	0.20	0.16	0.10	0.19	0.15	0.19	0.11
16: ⁰⁰	0.14	0.21	0.11	0.28	0.18	0.12	0.15
18: ⁰⁰	0.04	0.12	0.11	0.27	0.19	0.12	0.15

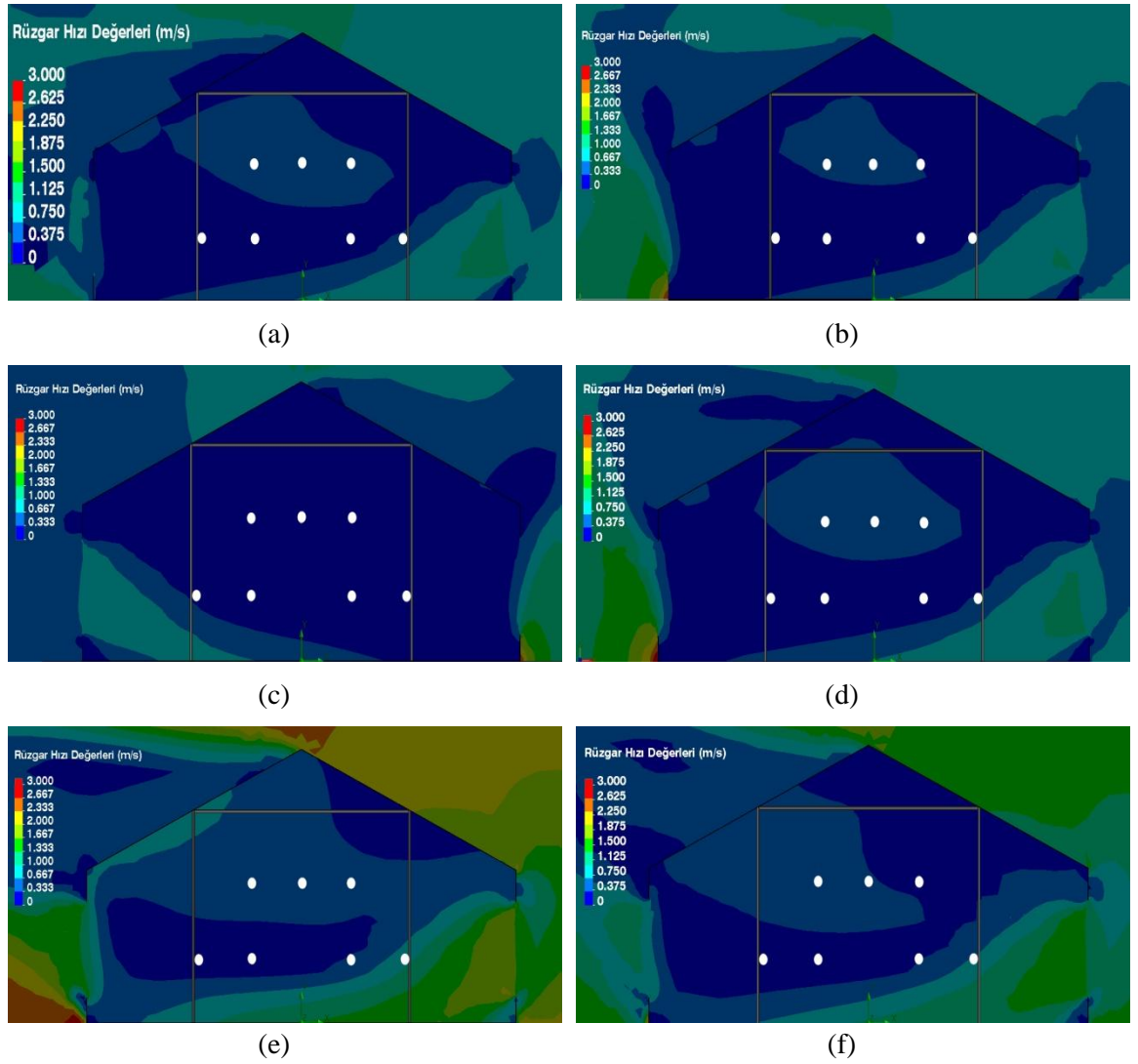
Şekil 4.28.’de gösterilen 1 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının düzensiz olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu şekildeki dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkili ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Bitki yetiştiriciliği sera içerisine giren ve içeride dolaşan havanın homojen dolaşımını engellemektedir. Bunun bir diğer önemli etmeni ise 1 nolu seranın Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olmasıdır. Örneğin saat 18:⁰⁰’de, 4., 3. ve 2. sensörlerde ölçülen rüzgar hızı değerleri sırasıyla 0.5 m/s, 0 m/s ve 0.6 m/s iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 0.27 m/s, 0.11 m/s ve 0.12 m/s’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

4.3.2. 2 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

2 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 22.5. m’de bulunan çatı makası en kesitine yerleştirilmiştir. 2 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 2 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.1’de her bir sensör için ölçülen rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.29’da verilmiştir. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. 2 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (23.08.2011)



Şekil 4.30. 2 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

2 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir.

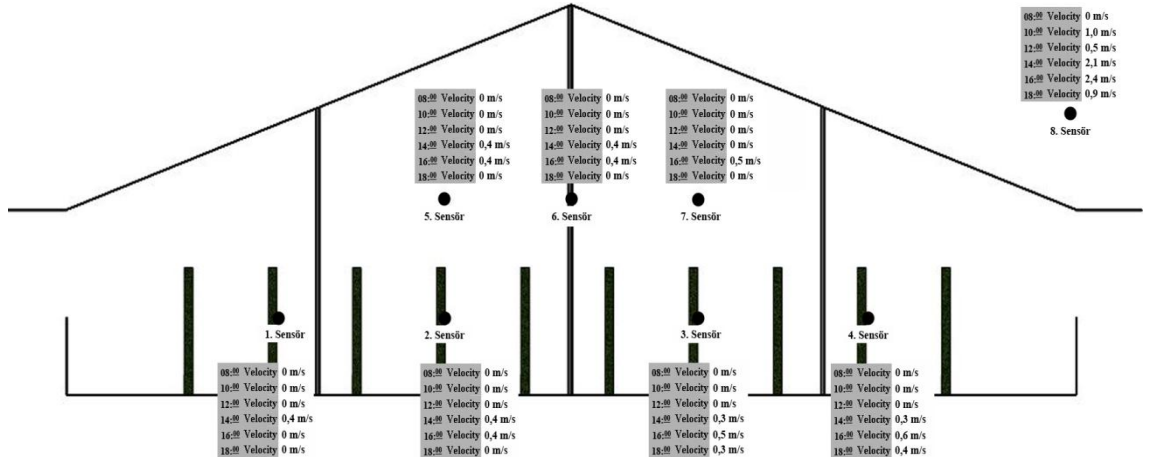
Çizelge 4.26. 2 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.07	0.10	0.13	0.12	0.16	0.13	0.14
10: ⁰⁰	0.09	0.09	0.07	0.35	0.07	0.35	0.12
12: ⁰⁰	0.10	0.14	0.12	0.29	0.10	0.12	0.06
14: ⁰⁰	0.07	0.10	0.09	0.16	0.10	0.10	0.11
16: ⁰⁰	0.15	0.18	0.28	0.34	0.13	0.15	0.13
18: ⁰⁰	0.12	0.10	0.11	0.16	0.10	0.07	0.14

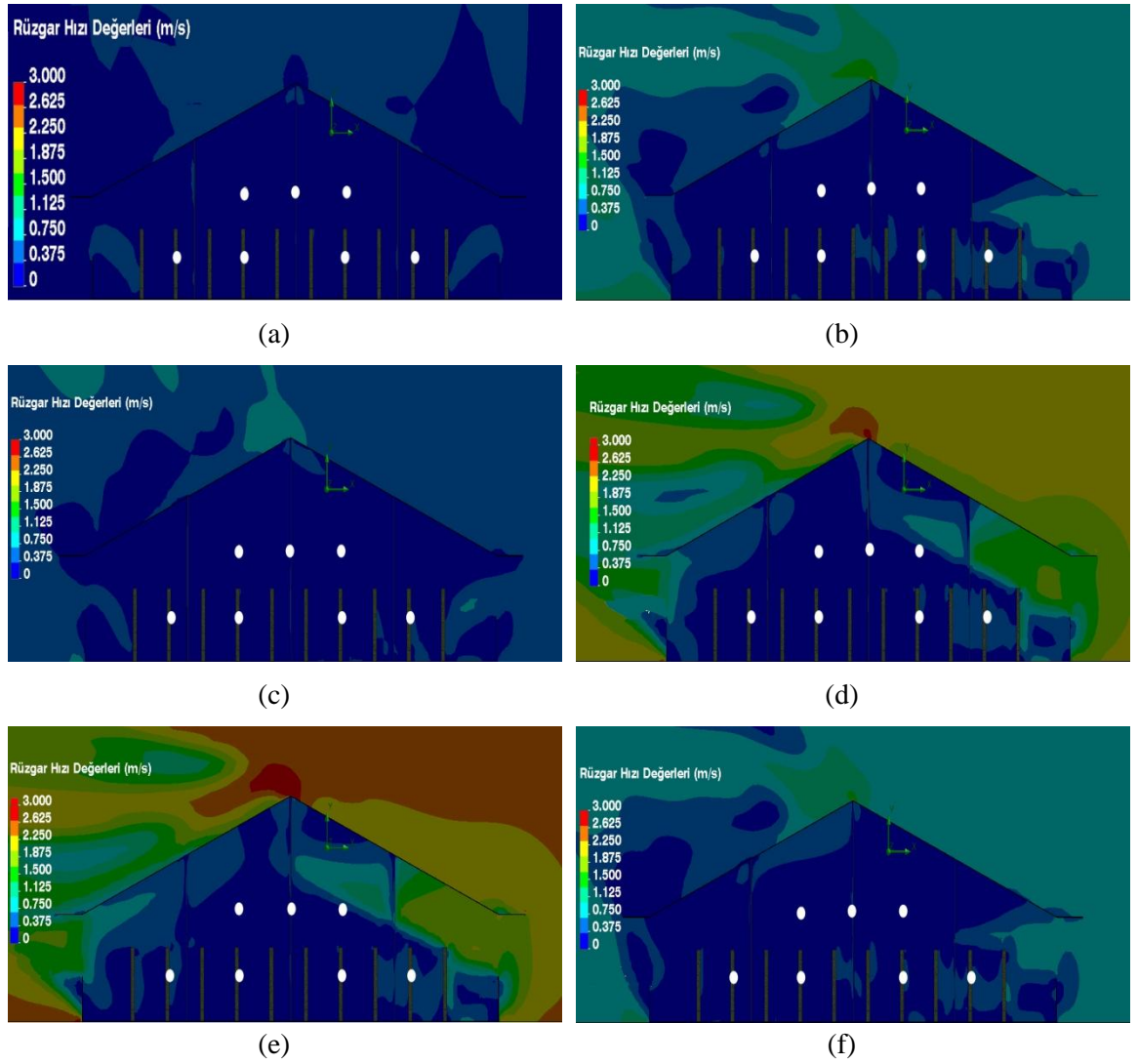
Şekil 4.30.’da gösterilen 2 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının bitkili ortama göre daha düzenli olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu şekildeki dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkisiz ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Bunun bir diğer önemli etmeni ise 1 nolu seranın Doğu-Batı yönünde yöneylenmiş olmasıdır. Dağılım desenlerinden de görüldüğü gibi rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde rüzgar hızı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, karşı pencereye yakın kısımlarda daha düşük seviyelerde seyretmekte ve mahyaya yakın kısımlarda ise en düşük seviyeye ulaşmaktadır. 2 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen rüzgar hızı dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

4.3.3. 3 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

3 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m’dir. 3 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.31’de verilmiştir. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.31. 3 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (18.08.2011)



Şekil 4.32. 3 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:00

(b) 10:00

(c) 12:00

(d) 14:00

(e) 16:00

(f) 18:00

3 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir.

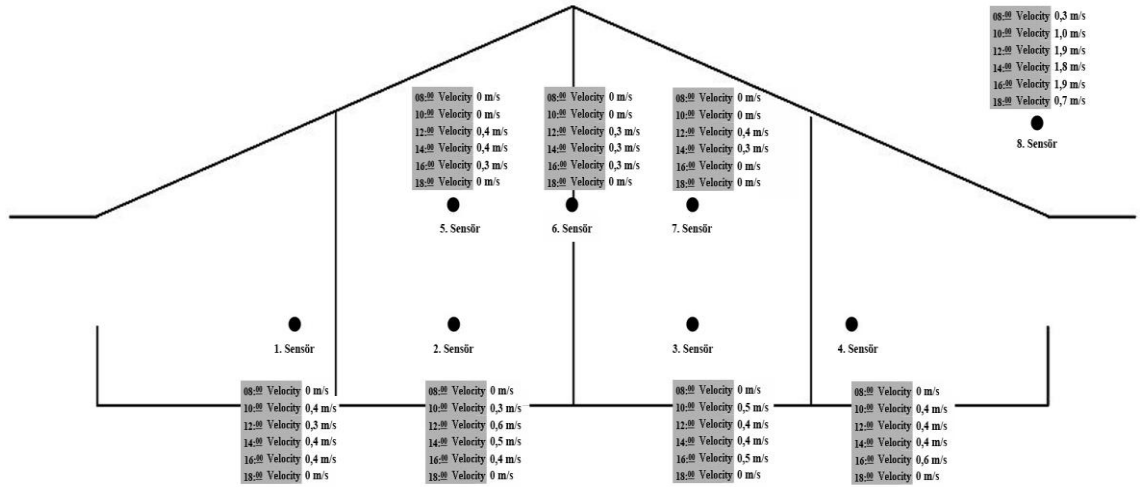
Çizelge 4.27. 3 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.06	0.14	0.08	0.17	0.12	0.11	0.06
10: ⁰⁰	0.10	0.07	0.07	0.12	0.10	0.11	0.13
12: ⁰⁰	0.11	0.11	0.12	0.18	0.11	0.09	0.11
14: ⁰⁰	0.21	0.25	0.30	0.33	0.34	0.33	0.35
16: ⁰⁰	0.12	0.30	0.29	0.34	0.21	0.26	0.25
18: ⁰⁰	0.11	0.14	0.23	0.38	0.11	0.11	0.15

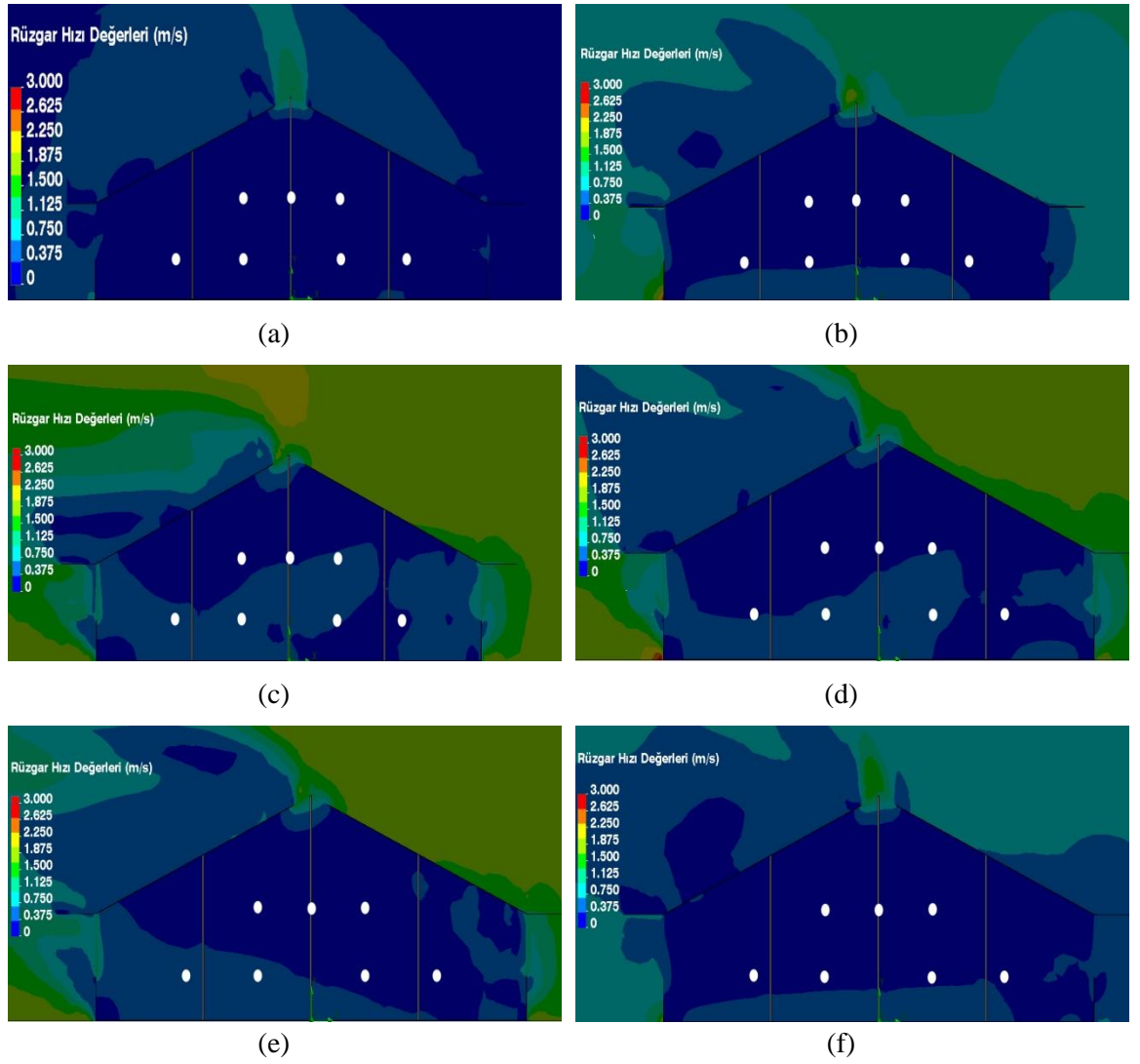
Şekil 4.32’de gösterilen 3 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının düzensiz olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu şekildeki dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkili ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Bitki yetiştiriciliği sera içerisine giren ve içeride dolaşan havanın homojen dolaşımını engellemektedir. Bunun bir diğer önemli etmeni ise 3 nolu seranın Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olması ve pencere açıklığının 90° olmasıdır. Örneğin saat 16:⁰⁰’da, 4., 3. ve 2. sensörlerde ölçülen rüzgar hızı değerleri sırasıyla 0.60 m/s, 0,50 m/s ve 0.40 m/s iken aynı sensörlerin bulunduğu noktalara ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı dağılım desenlerindeki değerler sırasıyla 0.34 m/s, 0.29 m/s ve 0.30 m/s’dir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

4.3.4. 4 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

4 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. 4 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 4 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.33’de verilmiştir. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.34’de gösterilmiştir.



Şekil 4.33. 4 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (17.08.2011)



Şekil 4.34. 4 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

4 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalarındaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

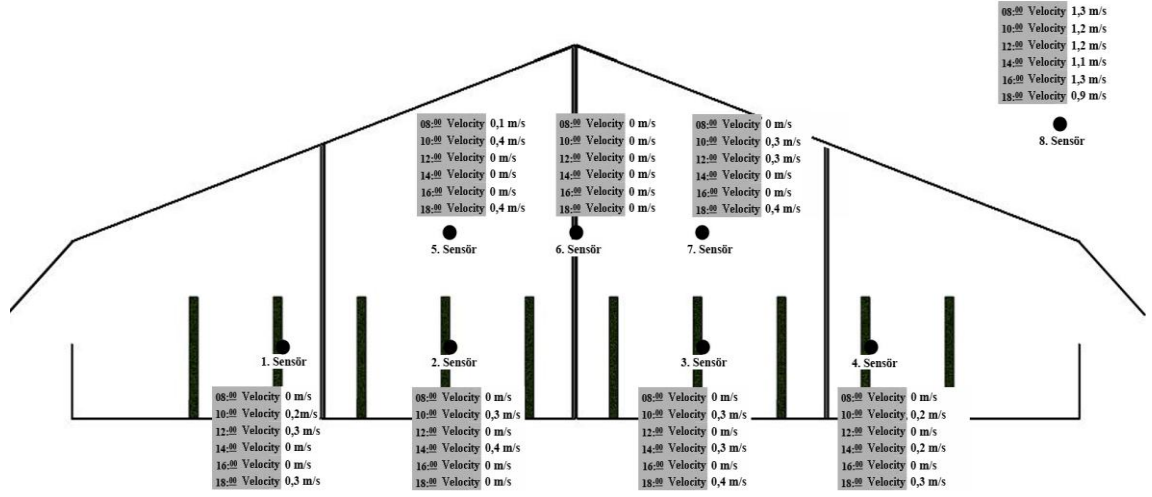
Çizelge 4.28. 4 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.05	0.04	0.11	0.14	0.11	0.11	0.07
10: ⁰⁰	0.18	0.47	0.29	0.35	0.17	0.12	0.10
12: ⁰⁰	0.29	0.45	0.35	0.37	0.41	0.32	0.47
14: ⁰⁰	0.34	0.42	0.54	0.69	0.29	0.34	0.32
16: ⁰⁰	0.34	0.41	0.49	0.73	0.28	0.22	0.16
18: ⁰⁰	0.12	0.08	0.07	0.11	0.19	0.05	0.14

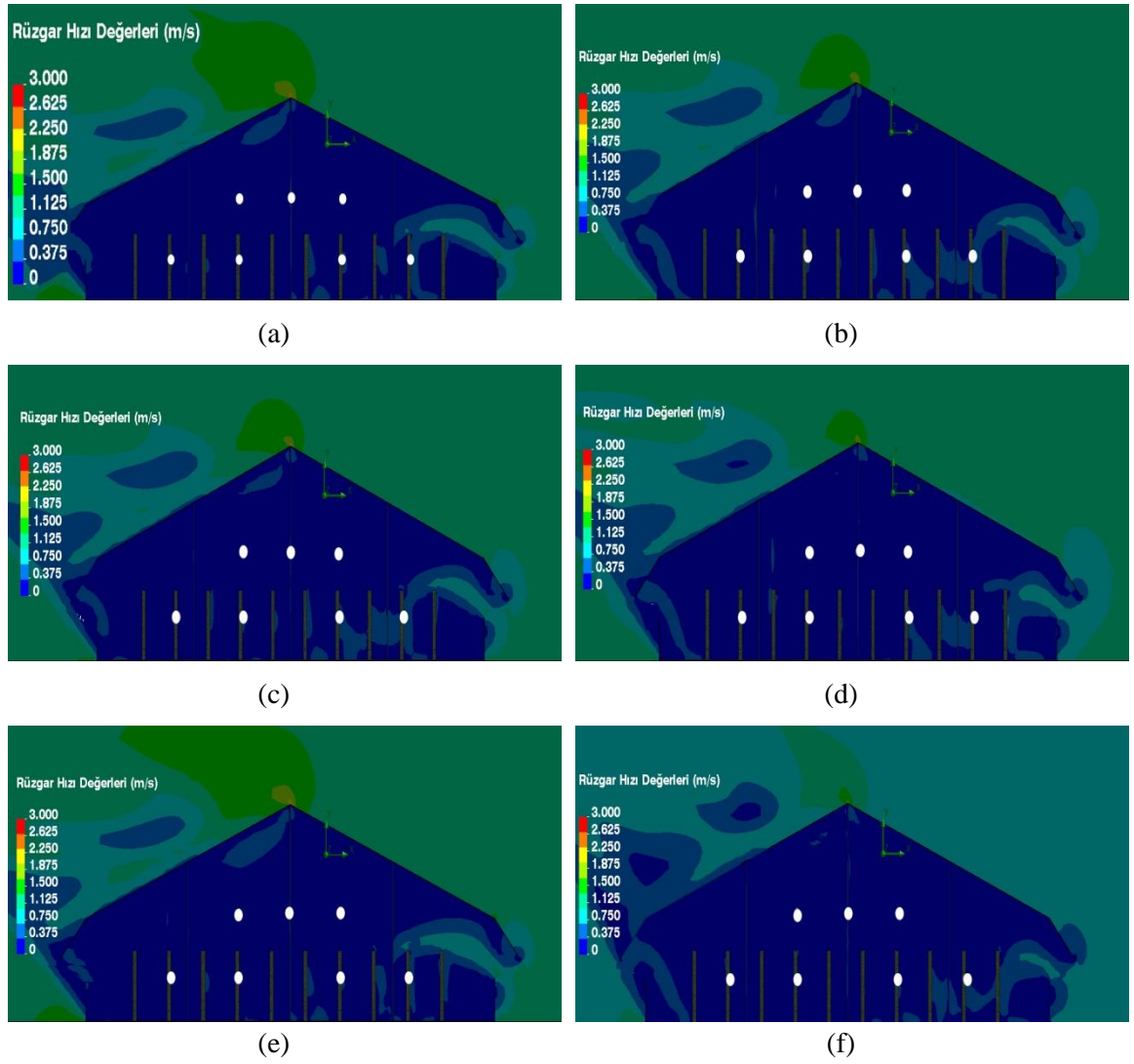
Şekil 4.34.’de gösterilen 4 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının bitkili ortama göre daha düzenli olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu şekildeki dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkisiz ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Bunun bir diğer önemli etmeni ise 4 nolu seranın Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olması ve pencere açıklığının 90° olmasıdır. Dağılım desenlerinden de görüldüğü gibi rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde rüzgar hızı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, orta kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha düşük seviyelerde seyretmekte, diğer pencereye yakın kısımlarda tekrar bir artışa geçmektedir. 4 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen rüzgar hızı dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

4.3.5. 5 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

5 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m’dir. 5 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.35’de verilmiştir. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.36’da gösterilmiştir.



Şekil 4.35. 5 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (19.08.2011)



Şekil 4.36. 5 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:⁰⁰ (b) 10:⁰⁰ (c) 12:⁰⁰ (d) 14:⁰⁰ (e) 16:⁰⁰ (f) 18:⁰⁰

5 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. 5 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

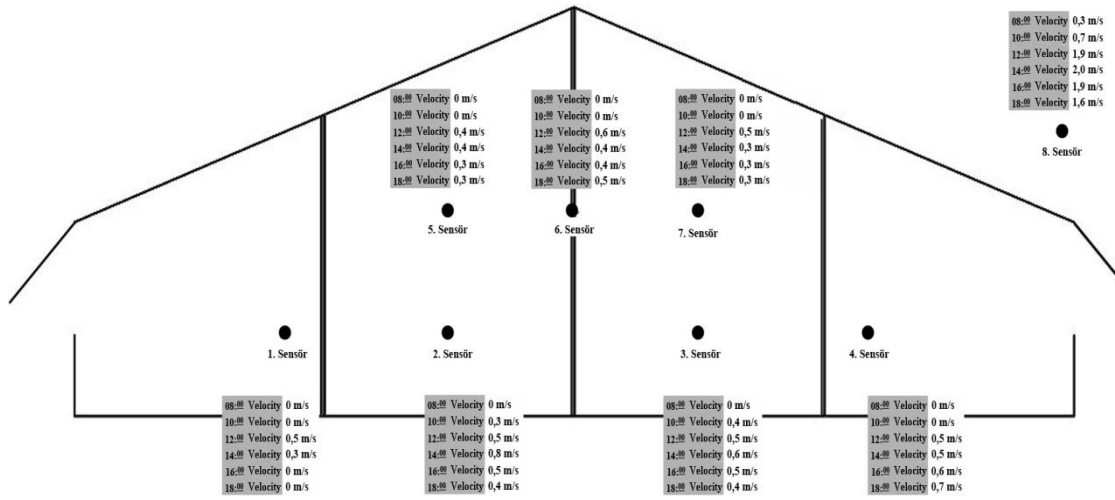
Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.10	0.12	0.14	0.12	0.10	0.07	0.10
10: ⁰⁰	0.07	0.09	0.13	0.20	0.11	0.11	0.12
12: ⁰⁰	0.11	0.08	0.11	0.15	0.06	0.09	0.10
14: ⁰⁰	0.08	0.08	0.08	0.14	0.07	0.09	0.11
16: ⁰⁰	0.07	0.11	0.12	0.16	0.10	0.05	0.08
18: ⁰⁰	0.07	0.12	0.13	0.14	0.09	0.08	0.10

Şekil 4.36.’da gösterilen 5 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile iyi bir uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının yetersiz olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkili ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Bitki yetiştiriciliği sera içerisine giren ve içeride dolaşan havanın homojen dolaşımını engellemektedir. Bunun bir diğer önemli etmeni ise 5 nolu seranın pencere açıklığının 45° olmasıdır. Görüldüğü gibi 45° pencere açıklığına sahip seralarda rüzgar hızı rüzgarın girdiği pencere kenarlarında dış ortam ile hemen hemen aynı iken, iç kısımlarda yetersiz kalmaktadır. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

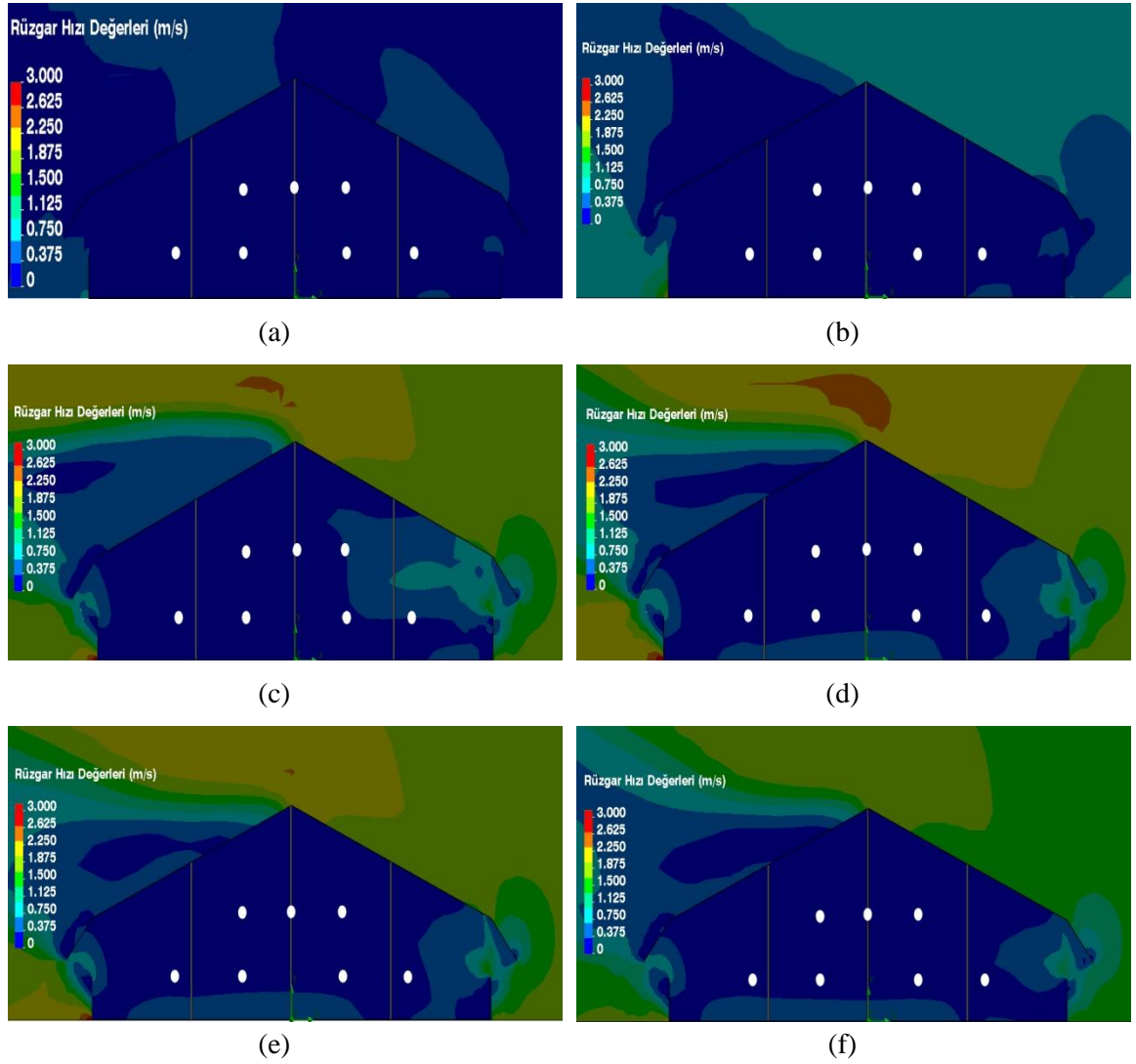
4.3.6. 6 nolu seraya ait rüzgar hızı değerleri

6 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Serada rüzgar hızı ölçerler sera başlangıcından 15. m’de bulunan pencere en kesitine yerleştirilmiştir. Sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir. 6 nolu sera ile ilgili yapısal özellikler Şekil 4.6’da her bir sensör için ölçülen rüzgar hızı değerleri ise Şekil 4.37’de verilmiştir.

6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ve dağılım desenleri Şekil 4.38’de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. 6 nolu seraya ait ölçülen saatlik rüzgar hızı değerleri (15.08.2011)



Şekil 4.38. 6 nolu seraya ait saatlik simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

(a) 08:00 (b) 10:00 (c) 12:00 (d) 14:00 (e) 16:00 (f) 18:00

6 nolu seraya ait sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. 6 nolu seraya ait simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri

Ölçüm Saatleri	Sensörlerin bulunduğu noktalardaki simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı değerleri (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
08: ⁰⁰	0.06	0.05	0.10	0.10	0.07	0.05	0.08
10: ⁰⁰	0.10	0.28	0.20	0.07	0.13	0.16	0.15
12: ⁰⁰	0.38	0.41	0.47	0.33	0.40	0.30	0.32
14: ⁰⁰	0.50	0.54	0.43	0.24	0.30	0.34	0.29
16: ⁰⁰	0.21	0.43	0.45	0.40	0.23	0.35	0.26
18: ⁰⁰	0.12	0.35	0.39	0.50	0.24	0.38	0.21

Şekil 4.38.'de gösterilen 6 nolu sera ile ilgili rüzgar hızı dağılım desenleri incelendiğinde ölçülen değerler ile iyi bir uyum gösterdiği görülmektedir. Renk skalalarına bakıldığında, rüzgarın sera içerisinde dolaşımının bitkili ortama göre daha düzenli, ancak yetersiz olduğu görülmektedir. Rüzgar hızının bu şekildeki düzenli dolaşımı, sera içerisinde yapılan ölçümlerin ve simülasyonların bitkisiz ortamda gerçekleştirilmiş olması sonucudur. Ancak yetersiz olmasının nedeni ise pencere açıklık derecesinin 45° olmasıdır. Dağılım desenlerinden de görüldüğü gibi rüzgarın sera içerisine girdiği yerlerde rüzgar hızı dış ortam ile hemen hemen aynı düzeyde iken, sera içerisine doğru, orta kısımlarda ve mahyaya yakın kısımlarda daha düşük seviyelerde seyretmekte, diğer pencereye yakın kısımlarda tekrar bir artışa geçmektedir. 6 nolu seranın ölçüm yapılan tüm saatler için sensörlerden elde edilen değerler ile simülasyon sonucunda elde edilen rüzgar hızı dağılım desenlerinin renk skalaları genel bir uyum içerisindedir. Bu durum simülasyon desenlerindeki renk skalaları ile rahatlıkla görülebilmektedir.

Mistriotis vd (1996), Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemini kullanarak seralardaki havalandırma sürecinin sistematik olarak analizlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, HAD simülasyonlarında iki boyutlu k-ε türbülans modeli uygulandığı durumlarda deneysel ölçümlerle sayısal veriler arasında iyi bir uyum bulmuşlar ve HAD'nin havalandırma etkinliği konusunda tasarımlar geliştirmek için güçlü bir araç olduğunu ispatlamışlardır.

Campan ve Bot (2003), üç boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği kullanılarak bir İspanyol Parral tipi seranın havalandırması ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, hesaplamaların %85 oranında deneysel veriler ile benzeşme gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular incelendiğinde, tüm seralar için ölçülen değerler ile simülasyon sonucu elde edilen rüzgar hızı dağılım desenleri iyi bir uyum göstermektedir. Bulunan sonuçlar daha önceki yapılan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Bu nedenle 3 boyutlu HAD simülasyon modeli sera içi iklim etmenlerinin belirlenmesinde ve yeni tasarımlar üretilmesinde yüksek doğruluk oranına sahip bir araç olarak kullanılabilir.

5. SONUÇ

Çalışmada ölçümler sonucunda elde edilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri ile simülasyon sonucu elde edilen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri kıyaslandığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

5.1. 1 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

1 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.2 m, bitki enleri 0.4 m ve bitki sıra araları ise 1.2 m'dir.

Sıcaklık durumuna bakılacak olursa, 1 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 39.4°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 40.4°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 44.7°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 1 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%90 \left(\frac{44.7-40.4}{44.7} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 1 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %19.0 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %15.9 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %14.6 olduğu bulunmuştur. Buna göre 1 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%92 \left(\frac{15.9-14.6}{15.9} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumuna bakıldığında ise, 1 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 0.92 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.09 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.14 m/s olduğu

bulunmuştur. Buna göre 1 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%64 \left(\frac{0.14-0.09}{0.14} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

5.2. 2 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

2 nolu sera Doğu-Batı yönünde yöneylemiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. 2 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir.

Sıcaklık durumu değerlendirildiğinde, 2 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 37.2°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 38.9°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 41.4°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 2 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%94 \left(\frac{41.4-38.9}{41.4} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 2 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %19.6 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %19.0 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %16.2 olduğu bulunmuştur. Buna göre 2 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%85 \left(\frac{19.0-16.2}{19.0} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumuna bakıldığında ise, 2 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 1.20 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.11 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.14 m/s olduğu bulunmuştur. Buna göre 2 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile

simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%79 \left(\frac{0.14-0.11}{0.14} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Aynı yöneylemiş (Doğu-Batı) ve aynı pencere açıklık derecesine sahip (90°) olan 1 ve 2 nolu seralar bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre kendi aralarında sıcaklık, nem ve rüzgar hızı durumuna göre değerlendirildiğinde;

1 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%90$ iken 2 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer $\%94$ 'dür. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen sıcaklık değerleri ortalaması alındığında 1 nolu serada (bitkili ortam) 40.4°C iken, 2 nolu serada (bitkisiz ortam) 38.9°C bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 1.5°C fark olduğu belirlenmiştir. Bitkili ortamda sıcaklık 1.5°C daha fazla bulunmuştur.

1 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%92$ iken 2 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer $\%85$ 'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen nem değerleri ortalaması alındığında 1 nolu serada (bitkili ortam) $\%15.9$ iken, 2 nolu serada (bitkisiz ortam) $\%19.0$ bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında $\%3.1$ fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda nem $\%3.1$ daha fazla bulunmuştur.

1 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%64$ iken 2 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer $\%79$ 'dur. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen rüzgar hızı değerleri ortalaması alındığında 1 nolu serada (bitkili ortam) 0.09 m/s iken, 2 nolu serada (bitkisiz ortam) 0.11 m/s bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 0.01 m/s fark olduğu belirlenmiştir. Bitkili ortamda rüzgar hızı 0.01 m/s daha fazla bulunmuştur. Rüzgar hızı açısından bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre önemli bir fark bulunmamıştır.

5.3. 3 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

3 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m'dir.

Sıcaklık durumu değerlendirildiğinde, 3 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 36.0°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 37.8°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 43.5°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 3 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%87 \left(\frac{43.5-37.8}{43.5} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 3 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %35.2 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %29.1 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %23.6 olduğu bulunmuştur. Buna göre 3 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%81 \left(\frac{29.1-23.6}{29.1} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumuna bakıldığında ise, 3 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 1.15 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.14 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.18 m/s olduğu bulunmuştur. Buna göre 3 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%78 \left(\frac{0.18-0.14}{0.18} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

5.4. 4 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

4 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 90° olarak ayarlanmıştır. 4 nolu serada sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir.

Sıcaklık durumuna bakıldığında, 4 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 33.8°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 35.9°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 37.6°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 4 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%96 \left(\frac{37.6-35.9}{37.6} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 4 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %60.5 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %51.5 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %48.9 olduğu bulunmuştur. Buna göre 4 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%95 \left(\frac{51.5-48.9}{51.5} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumu değerlendirildiğinde ise, 4 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 1.27 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.23 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.27 m/s olduğu bulunmuştur. Buna göre 4 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyuşum düzeyi $\%85 \left(\frac{0.27-0.23}{0.27} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Aynı yöneylemiş (Kuzey-Güney) ve aynı pencere açıklık derecesine sahip (90°) olan 3 ve 4 nolu seralar bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre kendi aralarında sıcaklık, nem ve rüzgar hızı durumuna göre değerlendirildiğinde;

3 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi %87 iken 4 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %96'dır. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen sıcaklık değerleri ortalaması alındığında 3 nolu serada (bitkili ortam) 37.8°C iken, 4 nolu serada (bitkisiz ortam) 35.9°C bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 1.9°C fark olduğu belirlenmiştir. Bitkili ortamda sıcaklık 1.9°C daha fazla bulunmuştur.

3 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi %81 iken 4 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %95'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen nem değerleri ortalaması alındığında 3 nolu serada (bitkili ortam) %29.1 iken, 4 nolu serada (bitkisiz ortam) %51.5 bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında %22.4 fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda nem %22.4 daha fazla bulunmuştur.

3 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi %78 iken 4 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %85'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen rüzgar hızı değerleri ortalaması alındığında 3 nolu serada (bitkili ortam) 0.14 m/s iken, 4 nolu serada (bitkisiz ortam) 0.23 m/s bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 0.09 m/s fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda rüzgar hızı 0.09 m/s daha fazla bulunmuştur. Rüzgar hızı açısından bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre önemli bir fark bulunmamıştır.

5.5. 5 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

5 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Sera içerisinde bitki yetiştirilmekte olup bitki boyları 1.7 m, bitki enleri 0.8 m ve bitki sıra araları ise 1.5 m'dir.

Sıcaklık durumu değerlendirildiğinde, 5 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 39.1°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 39.4°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 47.7°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 5 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%83 \left(\frac{47.7-39.4}{47.7} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 5 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %24.2 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %22.9 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %15.9 olduğu bulunmuştur. Buna göre 5 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%70 \left(\frac{22.9-15.9}{22.9} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumuna bakıldığında ise, 5 nolu serada tüm saatler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 1.17 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.12 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.10 m/s olduğu bulunmuştur. Buna göre 5 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%83 \left(\frac{0.12-0.10}{0.12} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

5.6. 6 Nolu Sera ile İlgili Sonuçlar

6 nolu sera Kuzey-Güney yönünde yöneylenmiş olup çalışmada pencere açıklık dereceleri 45° olarak ayarlanmıştır. Sera içerisinde yetiştiricilik yapılmamaktadır. Tüm ölçümler bitkisiz ortamda kaydedilmiştir.

Sıcaklık durumu değerlendirildiğinde, 6 nolu serada tüm sensörler için sera dışında ölçülen ortalama sıcaklık değeri 32.2°C iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerlerin ortalamasının 35.3°C olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik sıcaklık değerleri ortalamasının 38.3°C olduğu bulunmuştur. Buna göre 6 nolu sera için ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%92 \left(\frac{38.3-35.3}{38.3} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Nem durumu incelendiğinde, 6 nolu serada tüm sensörler için sera dışında ölçülen ortalama nem değeri %52.6 iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerlerin ortalamasının %40.9 olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik nem değerleri ortalamasının %37.6 olduğu bulunmuştur. Buna göre 6 nolu sera için ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%92 \left(\frac{40.9-37.6}{40.9} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Rüzgar hızı durumuna bakıldığında ise, 6 nolu serada tüm sensörler için sera dışında ölçülen ortalama rüzgar hızı değeri 1.40 m/s iken sera içerisinde 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerlerin ortalamasının 0.31 m/s olduğu ölçülmüştür. Anılan serada simülasyon sonucu 7 farklı konumda bulunan sensörden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ortalamasının 0.27 m/s olduğu bulunmuştur. Buna göre 6 nolu sera için ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi $\%87 \left(\frac{0.31-0.27}{0.31} * 100 \right)$ oranında yakınlık göstermektedir.

Aynı yöneylemiş (Kuzey-Güney) ve aynı pencere açıklık derecesine sahip (45°) olan 5 ve 6 nolu seralar bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre kendi aralarında sıcaklık, nem ve rüzgar hızı durumuna göre değerlendirildiğinde;

5 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama sıcaklık değerleri ile simüle edilen ortalama sıcaklık değerleri arasındaki uyum düzeyi %83 iken 6 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %92'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen sıcaklık değerleri ortalaması alındığında 5 nolu serada (bitkili ortam) 39.4°C iken, 6 nolu serada (bitkisiz ortam) 35.3°C bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 4.1°C fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda sıcaklık 4.1°C daha fazla bulunmuştur.

5 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama nem değerleri ile simüle edilen ortalama nem değerleri arasındaki uyum düzeyi %70 iken 6 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %92'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen nem değerleri ortalaması alındığında 5 nolu serada (bitkili ortam) %22.9 iken, 6 nolu serada (bitkisiz ortam) %40.9 bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında %18 fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda nem %18 daha fazla bulunmuştur.

5 nolu serada (bitkili ortam), ölçülen ortalama rüzgar hızı değerleri ile simüle edilen ortalama rüzgar hızı değerleri arasındaki uyum düzeyi %83 iken 6 nolu serada (bitkisiz ortam), bu değer %87'dir. Ancak sera içerisinde 7 farklı konumda ölçülen rüzgar hızı değerleri ortalaması alındığında 5 nolu serada (bitkili ortam) 0.12 m/s iken, 6 nolu serada (bitkisiz ortam) 0.31 m/s bulunmuştur. Buna göre, yapısal ve fiziksel özellik bakımından aynı ancak bitkili ve bitkisiz ortam olma koşuluna göre farklı olan iki sera arasında 0.19 m/s fark olduğu belirlenmiştir. Bitkisiz ortamda rüzgar hızı 0.19 m/s daha fazla bulunmuştur. Rüzgar hızı açısından bitkili ve bitkisiz olma durumuna göre önemli bir fark bulunmuştur.

3 nolu sera (pencere açıklığı 90°, Kuzey-Güney yöneyli ve bitkili) ile 5 nolu sera (pencere açıklığı 45°, Kuzey-Güney yöneyli ve bitkili) pencere açıklık derecelerine göre sıcaklık yönünden kıyaslandığında, 5 nolu serada havalandırmanın yetersiz olması

nedeni ile sera içerisindeki sıcaklığın daha fazla ve özellikle çatı mahyası kısmında yoğunlaştığı gözlenmiştir. 3 nolu seranın ise daha iyi bir havalandırma koşuluna sahip olduğu dağılım desenlerinden görülmektedir. Bu nedenle 5 nolu sera için çatı havalandırmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Anılan seralar nem dağılımı yönünden kıyaslandığında, havalandırmanın daha az olduğu 5 nolu serada (45° pencere açıklığına sahip) sera içerisindeki nem düzeyinin düşük olduğu buna karşın havalandırmanın daha iyi olduğu 3 nolu serada (90° pencere açıklığına sahip) sera içerisindeki nem düzeyinin de yüksek olduğu görülmüştür. Buna göre sera içerisindeki nem düzeyinin havalandırma miktarına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Yine bu iki seraya ait rüzgar hızı değerleri kıyaslandığında, her iki pencere açıklığında da dışarıdaki hava hızına bağlı olarak sera içerisindeki rüzgar hızının da benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

4 nolu sera (pencere açıklığı 90°, Kuzey-Güney yöneyli ve bitkisiz) ile 6 nolu sera (pencere açıklığı 45°, Kuzey-Güney yöneyli ve bitkisiz) pencere açıklık derecelerine göre sıcaklık yönünden kıyaslandığında, her iki sera içinde sera içi sıcaklık değerlerinin dış sıcaklık değerlerine yakın olduğu ancak 6 nolu serada bu değerlerin biraz daha fazla olduğu gözlenmiştir.

4 ve 6 nolu seralar nem dağılımı yönünden kıyaslandığında, havalandırmanın daha az olduğu 6 nolu serada (45° pencere açıklığına sahip) sera içerisindeki nem düzeyinin düşük olduğu buna karşın havalandırmanın daha iyi olduğu 4 nolu serada (90° pencere açıklığına sahip) sera içerisindeki nem düzeyinin de yüksek olduğu görülmüştür. Buna göre sera içerisindeki nem düzeyinin havalandırma miktarına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Yine bu iki seraya ait rüzgar hızı değerleri kıyaslandığında, her iki pencere açıklığında da dışarıdaki hava hızına bağlı olarak sera içerisindeki rüzgar hızının da benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

Çalışmada bitkili ortamda ölçülen sıcaklık değerlerinin yüksek, nem değerlerinin ise düşük olmasının nedeninin, ölçümlerin farklı günlerde yapılmasından ve dolayısı ile yetiştirme koşullarından çok dış ortam koşullarına bağlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkili ortamın olduğu sera içi sıcaklık ve nem değerleri ile bitkisiz ortamın bulunduğu sera içi sıcaklık ve nem değerleri farklı günlerde ölçüldüğü için, çalışmada bu iki durum birbirleri ile kıyaslanmamıştır.

Her ne kadar ölçülen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri ile simülasyon sonucu elde edilen değerler arasındaki uyum düzeyleri genel olarak %90'ın üzerinde olmasına rağmen, aslında daha donanımlı alt yapıya (CPU) sahip durumlarda analizler yapılmış olsaydı bu değerler %100'e yaklaşacaktı ve dolayısı ile gerçek değerlere ulaşılabilinecekti.

6. KAYNAKLAR

- AKILLI M. 1987. Seralarda Bitki-Çevre İlişkileri. Sera Yetiştiriciliğinde Çevre Koşullarının Düzenlenmesi Kurs Notu, s.1-5, 2-5 Mart, Antalya.
- ALDRICH R.A. and BARTOK J.W. 1989. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension. New York, pp203.
- ALKAN Z. 1977. Sera Planlama ve İnşa Tekniği. Ege Üniv. Müh. Bil. Fak. Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, 205s.
- ANONİM 2011a. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama Alanı. 2011. Antalya.
- ANONİM 2011b. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Uygulama Alanı. 2011. Antalya
- ANONİM 2011c. <http://www.oakcroft.org.uk/pictures/oakcroft1.jpg>. 2011.
- ANONİM 2011d. <http://www.extremepumpkinstore.com/ecom-catshow/greenhouses.html>
- BAILEY B.J. 1996. Principles of Environmental Control. Bedford-U.K.
- BAYTORUN A.N. 1988. Doğal Olarak Havalandırılan Seralarda Havalandırma Açıklıklarının Belirlenmesi. 3. Ulusal Kültürteknik Kongresi. 20-23 Eylül, İzmir.
- BAYTORUN A.N. 1995. Seralar. Ç.Ü. Ziraat Fak. Yayın No:110, Adana.
- BOULARD T. and BAILLE A. 1993. A Simple Greenhouse Climate Control Model Incorporating Effects of Ventilation and Evaporative Cooling. Agricultural and Forest Meteorology 65, p.145-157.
- BOULARD T., MENESES J.F., MERMIER M. and PAPADAKIS G. 1996. The Mechanisms Involved in the Natural Ventilation of Greenhouses. Agricultural and Forest Meteorology 79, p. 61-77.
- BOURNET P.E. and BOULARD T. 2010. Effect of ventilator configuration on the distributed climate of greenhouses A review of experimental and CFD studies. Computers and Electronics in Agriculture Volume 74, Issue 2, Pages 195-217, 2010.
- CAMPEN J.B. and BOT G.P.A. 2003. Determination of Greenhouse-specific Aspects of Ventilation using Three-dimensional Computational Fluid Dynamics. Biosystems Engineering (2003) 84 (1), 69–77 doi: 10.1016 / S1537-5110 (02) 00221-0.

- CARTOĞLU E. 1991. Seralarda Isıtma ve Soğutma Denetimi. Bahçe ve Sera Uluslararası Meyvecilik, Sebzeçilik ve Çiçekçilik Dergisi, Sayı 2:5 1 -53.
- COELHO M., BAPTISTA F., FITAS da CRUZ V. and GARCIA J.L. 2006. Comparison of Four Natural Ventilation Systems in a Mediterranean Greenhouse. ISHS Acta Horticulture 719: International Symposium on Greenhouse Cooling.
- CRITTEN D.L. and BAILEY B.J. 2002. A Review of Greenhouse Engineering Developments During The 1990s. Agricultural and Forest Meteorology, 112 (2002), 1-22.
- ÇOLAK A. 2002a. Isıtılmayan Bir Cam Serada Sera İçi Sıcaklık, Çiğlenme Sıcaklığı Ve Bağıl Nem Deseni Üzerine Bir Araştırma Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergi, 2002, 39 (3):105-112.
- ÇOLAK A. 2002b. Sera İçi Kliması ve Otomasyon. Muğla Üniversitesi Yayın No. 31, Ortaca Meslek Yüksekokulu Yayın No. 01, Muğla, 154ss.
- DEMİRÖZ K. 2006. HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) Bilgisayar Modellemesi Kullanılarak Anoksik Tank Hidroliğinin İncelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Adana, 2006.
- ELTEZ R.Z. ve GÜNAY A. 1998. Bakırçay'da Seracılık. Bergama Ticaret Odası Yayınları. İmaj Reklam, Bergama.
- EMEKLİ N.Y. ve BÜYÜKTAŞ K. 2007. Sera Örtü Malzemelerinin Mekanik Özellikleri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. Derim, Vol.23(2):24-35s, Antalya.
- ESMAY M.L. and DIXON J.E. 1986. Environmental Control for Agricultural Buildings. The Avi pub. Comp., Inc, 250 Post Road East, P.O. Box 831, Westport, Connecticut.
- FERZIGER J.H. and PERIC M. 2002. Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 3rd Edition. ISBN 3-540-42074-6. pp 423, 2002.
- FİLİZ M. 2001. Sera İnşası ve Kliması. Üniversite Kitapları, Akademi Kitabevi, İzmir, 266s.
- GERMING G.H. 1985. Greenhouse Design and Cladding Materials. Acta Horticulture, Vol.170, pp253-257.
- GÜLLÜLER F. 2007. Adana İli Ve İlçelerindeki Seraların Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi ve T.S.E Standartlarına Uygunluğunun Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- GÜNAY A. 1980. Tanımı, İnşası ve Kliması İle Serler. Çağ Matbaası, Cilt I, Ankara, 389ss.

- HAKGÖREN F. ve KÜRKLÜ A. 2007. Sera Planlaması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, yayın no:6, Antalya.
- HAXAIRE R., BOULARD T. and MERMIER M. 2000. Greenhouse Natural Ventilation by Wind Forces. *Acta Horticulture*, 534: 31-40, Haifa.
- İŞCAN S., AYYILDIZ Z., ÇINAR M., ERARSLAN H., KARATAŞ T. ve TEPELİ E. 2004. Örtü Altı Yetiştiriciliği. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Adana Ziraat Üretim İşletmesi Personel Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 10
- JENSEN M.H. and MALTER A.J. 1994. Protected Agriculture a Global Review. World Bank Technical Paper Number 253 Washington, pp76.
- KACIRA M., SHORT T.H. and STOWELL R.R. 1998. A CFD Evaluation of Naturally Ventilated Multi-Span Sawtooth Greenhouses. *Transactions of the ASAE*. Vol. 41(3):833-836.
- KACIRA M., SHORT T.H. and STOWELL R.R. 1999. Modeling Naturally Ventilated Greenhouse Designs for Mediterranean Climates. *Acta Horticulturae*, 491, 113-118.
- KACIRA M., SASE S. and OKUSHIMA L. 2004a. Optimization of Vent Configuration by Evaluating Greenhouse and Plant Canopy Ventilation Rates Under Wind-Induced Ventilation. *Transactions of the ASAE*. Vol. 47(6): 2059-2067.
- KACIRA M., SASE S. and OKUSHIMA L. 2004b. Effects of Side Vents and Span Numbers on Wind-Induced Natural Ventilation of a Gothic Multi-Span Greenhouse. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 38(4): 227-233.
- KARAMANOĞLU Y., MOBEDİ M. ve ERTÖZ A.Ö. 2006. Pompa Tasarımının Geliştirilmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Kullanılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. Sayı: 91, s. 46-55, 2006.
- KÜRKLÜ A. ve ÇAĞLAYAN N. 2005. Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. *Akd. Univ. Zir. Fak. Dergisi*, 18(1):25.
- LEE I.B. and SHORT T.H. 2000. Two-Dimensional Numerical Simulation of Natural Ventilation in a Multi-Span Greenhouse. *Transactions of the ASAE*. Vol. 43(3): 745-753.
- LEVEQUE R. 2002. *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems*, Cambridge University Press, 2002.
- LONG L.N., PLASSMANN P.E., SEZER-UZOL N. and JINDAL S. 2004. Real-Time Visualization and Steering of Large-Scale Parallel Simulations, 11th International Symposium on Flow Visualization, University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, USA, August 9-12, 2004.

- MISTRITOTIS A., BOT G.P.A., PICUNO P. and SCARASCIA-MUGNOZZA G. 1996. Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology* 85 (1997) 217-228.
- MISTRITOTIS A., ARCIDIACONO C., PICUNO P., BOT G.P.A. and SCARASCIA-MUGNOZZA G. 1997. Computational analysis of ventilation in greenhouses at zero- and low-wind-speeds. *Agricultural and Forest Meteorology* 88 (1997) 121-135.
- MODI A., SEZER-UZOL N., LONG L.N. and PLASSMANN P.E. 2005. Scalable Computational Steering for Visualization/Control of Large-Scale Fluid Dynamics Simulations. *Journal of Aircraft*, 42(4):963–975 2005.
- MOLINA-AIZ F.D., VALERA D.L. and ALVAREZ A.J. 2004. Measurement and Simulation of Climate Inside Almeria-type Greenhouses using Computational Fluid Dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology* 125 (2004) 33–51.
- MONTERO J.I. and ANTON A. 2000. Buoyancy Driven Ventilation in Tropical Greenhouses. *Acta Horticulture*, 534 : 41-48, Haifa.
- NICOLAUS A. 1990. Ventilation Metodology in Greenhouses. *Acta-Horticulture* vol 263, pp 299-306.
- OULD KHAOUA S.A., BOURNET P.E., MIGEON C., BOULARD T. and CHASSERIAUX G. 2006. Analysis of Greenhouse Ventilation Efficiency based on Computational Fluid Dynamics. *Biosystems Engineering*. Volume 95, Issue 1, September 2006, Pages 83-98.
- ÖNEŞ A. 1986. Sera Yapım Tekniği. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları. No:970, Ankara, 123ss.
- ÖZMERZİ A. ve KÜRKLÜ A. 1989. Seralarda Havalandırma Yöntemleri ve Zorunlu Havalandırma Sistemlerinin Hesaplanması. *Akd. Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2) ss.101-120.
- ÖZTÜRK H.H. ve BAŞÇETİNÇELİK A. 2002. Seralarda Havalandırma. *Türkiye Ziraat Odaları Birliği*, Yayın No: 2002
- ÖZTÜRK H.H. 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık.
- PAPADAKIS G., FRANGOUDAKIS A. and KYRITSIS S. 1992. Mixed, Forced and Free Convection Heat Transfer at the Greenhouse Cover, *J. of Agric. Engng. Res.*, v.51, p.191-205.
- PELOSI G. 2007. The Finite-Element Method, Part I, Univ. of Florence, Vol. 49(2): 1045-9243, 2007.

- PONTIKAKOS C., FERENTINOS K.P., TSILIGIRIDIS T.A. and SIDERIDIS A.B. 2006. Natural ventilation efficiency in a twin-span greenhouse using 3D computational fluid dynamics, In: Proceedings of the 3rd International Conference on Information Systems in Sustainable Agriculture, Agro-environment and Food Technology, (HAICTA 2006), Sept. 2006, Volos, Greece, EU.
- REICHRATH S. and DAVIES T.W. 2002. Computational Fluid Dynamics Simulations and Validation of the Pressure Distribution on the Roof of a Commercial Multi-Span Venlo-Type Glasshouse. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 90 (2002) 139–149.
- SALLANBAŞ H. ve ÖZMERZİ A. 1989. Seralarda Fiziksel Çevre Düzenlenmesinde Bilgisayarlar. *Akd. Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 2(1) 8 1-89.
- SASE S., REISS E., BOTH A.J. and ROBERTS W.J. 2002. Developing a Natural Ventilation Model for Open-Roof Greenhouses. Paper Number 024010, ASAE Annual Meeting.
- SASE S., KACIRA M., OKUSHIMA L., ISHII M., MORIYAMA H. and KOWATA H. 2004. Cooling Greenhouses under Natural Ventilation. *International Workshop on Agricultural Structures and Environmental Control*, Korea.
- SEVGİCAN A. 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği. Cilt I. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:528. ISBN 975-483-384-2, İzmir.
- SEVGİCAN A., TÜZEL Y., GÜL A. ve ELTEZ R. Z. 2000. Türkiye'de Örtüaltı Yetiştiriciliği. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. Cilt II. s:679-707.
- SEZER-UZOL N. 2006. Unsteady Flow Simulations around Complex Geometries using Stationary or Rotating Unstructured Grids, PhD Thesis, Dept. of Aerospace Eng., Pennsylvania State University, December 2006.
- SEZER-UZOL N. 2009. "Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Üç-Boyutlu Karmaşık Akış Problemlerinin Yüksek Başarımlı Hesaplamaları," BAŞARIM'09, 1. Ulusal Yüksek Başarım ve Grid Konferansı, ODTÜ-KKM, Ankara, 15-18 Nisan 2009.
- TEITEL M. and TANNY J. 1999. Natural Ventilation of Greenhouses: Experiments and Model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96 (1999):59-70.
- TEITEL M., ZISKIND G., LIRAN O., DUBOVSKY V. and LETAN R. 2008. Effect of Wind Direction on Greenhouse Ventilation Rate, Airflow Patterns and Temperature Distributions. *Biosystems Engineering*, 101(3): 351-369.
- TIWARI G.N. 2003. *Greenhouse Technology for Controlled Environment*. Alpha Science International Ltd. Pangbourne, England, 2003.

- TİTİZ K.S. 2004. Modern Seracılık-Yatırımcıya Yol Haritası. ASİAD. Antalya Sanayici ve İş Adamları Derneği, Antalya.
- TS EN 13031-1 2003. Seralar- Tasarım ve Yapım- Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları ICS 65.040.030 Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA.
- TÜİK 2001. "2001 Genel Tarım Sayımı, Köy Genel Bilgileri" Yayın No: 2898, ISBN 975-19-3557-1, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- VASSILIOU N.N. 2000, Determination of Natural Ventilation Rate in a Double Span Arch Type Greenhouse. Acta Horticulture, Haifa, 534:171-180.
- VERSTEEG H. K. and MALALASEKERA W. 2005. An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite Volume Method. Prentice Hall, 1995. "Fluent 6.2 User's Guide", Fluent Inc, Jan 2005.
- VON ELSNER B., BRIASSOULIS D., WAAIJENBERG D., MISTRITIS A., ZABELTITZ V.C., GRATRAUD J., RUSSO G. and SUAY-CORTES R. 2000. Review of Structural and Functional Characteristics in European Union Countries. Part I: Design Requirements. J. of Agric. Eng. Res., 75(1):1-16.
- WISLICENUS, G. F., "Fluid Mechanics of Turbomachinery", Dover Publications Inc, 1964
- YÜKSEL A.N. 2004. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, ISBN 975-8377-09-4, İstanbul, 287s.
- ZABELTITZ C.V. 1992. Technologies for Climate Control in Greenhouses. Expert Consultation Workshop on Greenhouses in the Antalya Region, ppi 0-22, 13-17 January, Antalya.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet TEZCAN, 1986 yılında Antalya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2004 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde öğrenimine başladı. 2009 yılında SDÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2010 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı.

Halen Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.