



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

**DUVAR TİPİ KLİMA KULLANILAN BİR BİLGİSAYAR ODASI
İÇERİSİNDE OPTİMUM HAVA AKIŞININ SAĞLANARAK ISIL
KONFOR KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**ALPARSLAN ŞANLI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Tolga DEMİRCAN**

KIRIKKALE-2024

Alparslan ŞANLI tarafından hazırlanan “DUVAR TİPİ KLİMA KULLANILAN BİR BİLGİSAYAR ODASI İÇERİSİNDE OPTİMUM HAVA AKIŞININ SAĞLANARAK ISIL KONFOR KOŞULLARININ BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Tolga DEMİRCAN

Makine Mühendisliği Termodinamik A.B.D,
Kırıkkale Üniversitesi

İmza:

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Tamer ÇALIŞIR

Makine Mühendisliği Termodinamik A.B.D,
Gazi Üniversitesi

İmza:

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hüsamettin TAN

Makine Mühendisliği Enerji A.B.D,
Kırıkkale Üniversitesi

İmza:

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 05/03/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

ALPARSLAN ŞANLI

05/03/2024

ÖZET

DUVAR TİPİ KLİMA KULLANILAN BİR BİLGİSAYAR ODASI İÇERİSİNDE OPTİMUM HAVA AKIŞININ SAĞLANARAK ISIL KONFOR KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tolga DEMİRCAN

Mart 2024, 213 sayfa

Bu çalışmada üç boyutlu bir oda geometrisinde klima ile soğutma durumunda ısı konfor Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği metodu ile incelenmiştir. Oda geometrisi olarak Kırıkkale Üniversite Makine Mühendisliği bilgisayar odası birebir modellenerek kullanılmıştır. Oda içerisinde oturur pozisyonunda kırk bir insan figürü, bilgisayar monitörü, bilgisayar kasası yerleştirilmiş bunlardan ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Sayısal Çalışmada kullanılan yöntemin doğruluğunu test etmek amacıyla literatürde yer alan deneysel ve sayısal çalışmalar için doğrulama çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Standard $k-\epsilon$ türbülans ve standard duvar yaklaşımı deneysel verileri nedeniyle seçilmiştir. Oda içerisinde akış üç boyutlu, kararlı, türbülanslı ve sıkıştırılmaz olup korunum denklemleri ANSYS Fluent 21.0 yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Mevcut klima üfleme ağız modeline alternatif olarak sunulan iki farklı modelin ısı konfor üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan yirmi analiz için sıcaklık, hız, PMV, PPD ve PD dağılımları elde edilmiştir. Model 3 üfleme ağız tasarımı ve 75° yatay üfleme açısı ile oda ortalama sıcaklığı $0,3^\circ\text{C}$ düşürülmüş ve sıcaklığın oda içerisine homojen dağılımı sağlanarak daha iyi ısı konfor durumu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Duvar tipi klima, HAD, Isıl konfor, PMV, PPD, PD

ABSTRACT

DETERMINING THERMAL COMFORT CONDITIONS BY PROVIDING OPTIMUM AIR FLOW IN A COMPUTER ROOM USING WALL-MOUNTED AIR CONDITIONERS

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering, Master's Thesis

Supervisor: Doc. Dr. Tolga DEMİRCAN

March 2024, 213 pages

In this study, thermal comfort was investigated by Computational Fluid Dynamics method. in a three-dimensional room geometry Kırıkkale University Mechanical Engineering computer room was used as the room geometry by modeling it exactly. A forty one human figure in sitting position, monitors and computer cases were modeled in the room and it was assumed that there was heat transfer from them. In order to test the accuracy of the method used in the numerical study, verification studies were carried out for experimental and numerical studies in the literature. As a result of the studies, the standard k- ϵ -turbulence and standard wall approach were chosen due to their experimental data. The flow inside the room is three-dimensional, steady, turbulent,incompressible and the conservation equations are solved using ANSYS Fluent 21.0 software. The effects on thermal comfort of two different air conditioning blower nozzle model presented as alternatives to the existing model are investigated. Temperature, velocity, PMV, PPD and PD distributions were obtained for twenty analyses. With the Model 3 nozzle design and 75° horizontal blowing angle, the room average temperature was reduced by 0.3°C and a better thermal comfort condition was achieved by providing homogeneous distribution of temperature inside the room.

Keywords: Split air conditioner, CFD, Thermal comfort, PMV, PPD, PD

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Tolga DEMİRCAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Değerli tecrübe ve bilgilerini biz araştırmacılara aktararak her daim destek olan başta Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Yahya DOĞU olmak üzere tüm Makine Mühendisliği Bölüm Hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın her anında karşılaştığım problemlerde yardımını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüsametdin TAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, her daim yanımda olan sevgili aileme, eşim Merve Şanlı ve oğlum Alptuğ Şanlı' ya en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Duvar Tipi Klima Bileşenleri ve Çalışma Prensipleri	3
1.1.1. Genel Çalışma İlkeleri	3
1.1.2. Isıl Konfor	6
1.1.3. Oda içi hava besleme şekli	9
1.1.4. Menfezlerin Konumu	9
1.1.5. Coanda Etkisi	11
1.1.6. Kaldırma Etkileri	12
1.2. Yöntem	13
1.3. Literatür Araştırması	14
1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı	22
2. PROBLEMİN TANITIMI VE SAYISAL MODELLEME.....	23
2.1 Modellerin Tanıtımı	23
2.2. Korunum Denklemleri ve Türbülans Modeli	27
2.3. Sınır Şartları	31
2.3.1. Klima Giriş Sınır Şartları	31
2.3.2. Klima Çıkış Sınır Şartları	32
2.3.3. Oda Duvar Sınır Şartları	33
2.3.4. Bilgisayar Sistemi (Monitör ve Bilgisayar Kasası) Sınır Şartları	33
2.3.6. Diğer Bileşenler için Sınır Şartları	33

2.4. Sayısal Çözüm	34
2.4.1. Ağ Yapısının Oluşturulması	35
2.4.2. Ağ Yapısının Çözümünden Bağımsızlığı	36
2.4.3. Doğrulama Simülasyonları	37
3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	47
3.1 Çalışmada Kullanılan Fiziksel Büyüklükler ve Geometrik Ölçüler.....	47
3.2. Hava Akışı, Sıcaklık ve Isıl Konfor Parametrelerinin Analizi	49
3.2.1. Mevcut Klima Ağzı Modeli (Model-1) Kullanılarak Boş Oda ile Nesne ve İnsan Figürü Dahil Halinin Analizi	50
3.2.2. Farklı Klima Konumlarının Karşılaştırılması	64
3.2.3. Dört Farklı Klima Dikey Üfleme Açılarının İncelenmesi	79
3.2.4. Üç Farklı Klima Üfleme Ağzı Modelinin İncelenmesi	101
3.2.5. Altı Farklı Yatay Üfleme Açısının İncelenmesi	117
3.2.6. Model-3 Klima Üfleme Ağzına Sahip Dört Farklı Üfleme Kesit Alan Oranın İncelenmesi	153
3.2.7. Model-3 Klima Üfleme Ağzına Sahip Dört Farklı Üfleme Hızı Oranın İncelenmesi	177
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	201
KAYNAKLAR	204
EKLER.....	211
EK-1	211
ÖZGEÇMİŞ.....	213

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Konfor şartları	6
1.2. Mekân içi hava hızlarının bireyler üzerindeki etkiler	11
2.1. k - ε türbülans modelinde yer alan sabitler ve değerleri	29
2.2. Model 1 için hız bileşenleri	32
2.3. Model 2 için hız bileşenleri	32
2.4. Model 3 için hız bileşenleri	32
2.5. Bilgisayar bileşenleri sınır şartları	33
2.6. İnsan figürü sınır şartları	33
2.7. Çalışma kapsamında kullanılan malzemeler ve termofiziksel özellikleri	34
2.8. Dört farklı ağ yapısına ait dokuz düzlem üzerindeki ortalama sıcaklık değerleri ve işlem süreleri	37
3.1. Bu çalışma kapsamında yapılan analiz matrisi	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. SAC şeması [9]	4
1.2. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma için T-s diyagramı döngüsü [10]	4
1.3. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma için P-h diyagramı döngüsü [10]	5
1.4. ASHRAE ısı duyarlılık ölçeği [14,15]	7
1.5. PMV/PPD değerlerinin dağılımı [17]	8
1.6. Ortama hava giriş-çıkışı, Aynı konumdan besleme ve emiş olayı [19]	9
1.7. Menfezin uygun yerleşimi [20]	10
1.8. Soğuk hava üflenene odada coanda etkisi [20]	12
1.9. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümü aşamaları (Introduction to Ansys Fluent, 15.0 Realese) [22]	13
2.1. a) Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bilgisayar Odası, b) Bilgisayar odasının üç boyutlu tasarımı	24
2.2. Odanın üstten görünüşü ve dış oda ölçüleri (mm)	24
2.3. Odanın üstten görünüşü ve odadaki nesnelerin ölçüleri (mm)	25
2.4. Odanın karşıdan görünüşü ve odadaki nesnelerin ölçüleri (mm).....	25
2.5. Bu çalışmada kullanılan klimanın ölçüleri (mm).....	25
2.6. Bu çalışmada kullanılan insan figürünün ölçüleri (mm).....	26
2.7. Modellerin şematik gösterimi a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3.....	26
2.8. Yakın duvar katmanları (Turbulence Modeling using ANSYS Fluent, 15.0 Realease) [54]	30
2.9. Standart duvar fonksiyonu [56].....	31
2.10. Odanın ortasından kesit alındığı yerdeki ağ yapısı	35
2.11. Klima üfleme ve emme noktalarındaki ağ yapısı.....	36
2.12. Odanın genel ağ yapısı	36

2.13. Dört farklı ağ yapısına ait dokuz düzlem üzerindeki ortalama sıcaklık değerleri	37
2.14. Annex20 odası üzerinde oda ölçüleri ve sınır şartları	38
2.15. $x=3$ m hız profili Nielsen [66] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	38
2.16. $x=6$ m hız profili Nielsen [66] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	39
2.17. Odası üzerinde oda ölçüleri (cm)	40
2.18. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için belirlenen altı çizgi.....	40
2.19. K1 ve K2 doğrusu hız profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	41
2.20. K3 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	41
2.21. K4 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	42
2.22. K5 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	42
2.23. Oda ve klima geometrisi.....	44
2.24. Bonafacic ve ark [32] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması.....	44
2.25. Oda ve klima yerleşimi geometrisi a) Klimalar merkezi yerleşim b) Klimalar diyagonal yerleşim	45
2.26. Mogra ve ark [47] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması	46
3.1. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Odası.....	47
3.2. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $x=3.5$ m düzlemi b) $x=7$ m düzlemi c) $x=10.5$ m düzlemi.....	51
3.3. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $y=0.7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $y=1.7$ m düzlemi.....	52
3.4. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $z=1.5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4.5$ m düzlemi	53
3.5. Durum-I hız vektörü dağılımı a) $x=7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $z=3$ m düzlemi.....	54
3.6. Durum-I ısı konfor parametreleri $y=1.2$ m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD ..	55

3.7. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	57
3.8. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	58
3.9. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	59
3.10. Durum-II hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	60
3.11. Durum-II ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD61	
3.12. Boş oda ile nesne ve insan figürü dahil oda modelleri için $y=1.2\text{m}$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV	62
3.13. Boş oda ile nesne ve insan figürü dahil oda modelleri için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	63
3.14. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	66
3.15. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	67
3.16. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	68
3.17. Durum-III hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	69
3.18. Durum-III ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	70
3.19. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	72
3.20. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	73
3.21. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	74
3.22. Durum-IV hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	75
3.23. Durum-IV ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	76
3.24. Farklı klima konumları için $y=1.2\text{m}$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV	77

3.25. Farklı klima konumları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	78
3.26. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	80
3.27. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	81
3.28. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	82
3.29. Durum-V hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	83
3.30. Durum-V ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	84
3.31. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	87
3.32. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	88
3.33. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	89
3.34. Durum-VI hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	90
3.35. Durum-VI ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	91
3.36. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	93
3.37. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	94
3.38. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	95
3.39. Durum-VII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	96
3.40. Durum-VII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	97
3.41. Dört farklı dikey üfleme açıları için $y=1.2\text{m}$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV.....	98
3.42. Dört farklı dikey üfleme açıları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	100

3.43. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	103
3.44. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	104
3.45. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	105
3.46. Durum-VIII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	106
3.47. Durum-VIII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	107
3.48. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	110
3.49. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	111
3.50. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	112
3.51. Durum-IX hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	113
3.52. Durum-IX ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	114
3.53. Üç farklı klima modeli için $y=1.2\text{m}$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV	115
3.54. Üç farklı klima modeli için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	116
3.55. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	119
3.56. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	120
3.57. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	121
3.58. Durum-X hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	122
3.59. Durum-X ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	123

3.60. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	126
3.61. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	127
3.62. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	128
3.63. Durum-XI hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	129
3.64. Durum-XI ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	130
3.65. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	133
3.66. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	134
3.67. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	135
3.68. Durum-XII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	136
3.69. Durum-XII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	137
3.70. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	139
3.71. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	140
3.72. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlemi.....	141
3.73. Durum-XIII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	142
3.74. Durum-XIII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	143
3.75. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	145
3.76. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	146

3.77. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $z=1.5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4.5$ m düzlemi.....	147
3.78. Durum-XIV hız vektörü dağılımı a) $x=7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $z=3$ m düzlemi.....	148
3.79. Durum-XIV ısı konfor parametreleri $y=1.2$ m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	149
3.80. Yatay altı farklı üfleme açısı için $y=1.2$ m'de a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV değeri.....	150
3.81. Yatay altı farklı üfleme açısı için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	152
3.82. Durum-IX modelin şematik gösterimi	153
3.83. Durum-XV modelin şematik gösterimi.....	154
3.84. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $x=3.5$ m düzlemi b) $x=7$ m düzlemi c) $x=10.5$ m düzlemi.....	156
3.85. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $y=0.7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $y=1.7$ m düzlemi.....	157
3.86. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $z=1.5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4.5$ m düzlemi.....	158
3.87. Durum-XV hız vektörü dağılımı a) $x=7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $z=3$ m düzlemi.....	159
3.88. Durum-XV ısı konfor parametreleri $y=1.2$ m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	160
3.89. Durum-XVI modelin şematik gösterimi	161
3.90. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $x=3.5$ m düzlemi b) $x=7$ m düzlemi c) $x=10.5$ m düzlemi.....	163
3.91. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $y=0.7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $y=1.7$ m düzlemi.....	164
3.92. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $z=1.5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4.5$ m düzlemi.....	165
3.93. Durum-XVI hız vektörü dağılımı a) $x=7$ m düzlemi b) $y=1.2$ m düzlemi c) $z=3$ m düzlemi.....	166
3.94. Durum-XVI ısı konfor parametreleri $y=1.2$ m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	167
3.95. Durum-XVII modelin şematik gösterimi	168

3.96. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	170
3.97. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	171
3.98. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlem.....	172
3.99. Durum-XVII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlem.....	173
3.100. Durum-XVII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	174
3.101. $y=1.2\text{m}$ 'de dört farklı üfleme kesit alan oranı için a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV değeri	175
3.102. Dört farklı üfleme kesit alan oranı için Ortalama Sıcaklık, PD ve PMV değerleri	176
3.103. Durum-XVIII modelin şematik gösterimi.....	178
3.104. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi	180
3.105. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi	181
3.106. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlem.....	182
3.107. Durum-XVIII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	183
3.108. Durum-XVIII ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	184
3.109. Durum-XIX modelin şematik gösterimi.....	185
3.110. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	187
3.111. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	188
3.112. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlem.....	189
3.113. Durum-XIX hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	190

3.114. Durum-XIX ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	191
3.115. Durum-XX modelin şematik gösterimi.....	192
3.116. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $x=3.5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10.5\text{m}$ düzlemi.....	194
3.117. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $y=0.7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $y=1.7\text{m}$ düzlemi.....	195
3.118. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $z=1.5\text{ m}$ düzlemi b) $z=3\text{m}$ düzlemi c) $z=4.5\text{m}$ düzlem.....	196
3.119. Durum-XX hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1.2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi.....	197
3.120. Durum-XX ısı konfor parametreleri $y=1.2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD	198
3.121. $y=1.2\text{m}$ 'de farklı klima üfleme hızı oranları için a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV değeri.....	199
3.122. Farklı klima üfleme hızları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri	200

SİMGELER DİZİNİ

Ar	Arşimet sayısı
$C_{1\varepsilon}$	$k - \varepsilon$ türbülans modelinde türbülans modeli sabiti
$C_{2\varepsilon}$	$k - \varepsilon$ türbülans modelinde türbülans modeli sabiti
$C_{3\varepsilon}$	$k - \varepsilon$ türbülans modelinde türbülans modeli sabiti
D_h	Hidrolik yarıçap (m)
E	Empirik sabiti
f_{cl}	Giysi faktörü
g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
G_K	Sürtünme kuvvetlerinden dolayı meydana gelen kinetik enerji üretim hızı
G_B	Kaldırma kuvvetlerinden dolayı türbülans kinetik enerji üretim hızı
H	Test odası yüksekliği (m)
h_c	Taşımla ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
L	Test odası uzunluğu (m)
l_{cl}	Giysi yalıtımı (clo)
M	Toplam metabolik ısı üretimi (W/m^2)
P	Basınç (N/m^2 , Pa)
P_a	Ortam havasının su buharı basıncı (N/m^2 , Pa)
Q_H	Soğutucu akışkandan çevreye olan ısı geçişi (kW)
Q_L	Soğutulan ortamdan birim zamanda çekilen ısı (kW)
Re	Reynolds sayısı
S_u	x- Doğrultusu Kaynak terimi
S_w	y- Doğrultusu Kaynak terimi
S_z	z- Doğrultusu Kaynak terimi

T	Sıcaklık (K)
t	Zaman (s)
T_a	Ortam sıcaklığı (°C)
t_{cl}	Giysi yüzey sıcaklığı (°C)
T_r	Odanın sıcaklığı (°C)
T_f	Akışkan elemanın sıcaklığı (°C)
u	x yönündeki hız bileşeni (m/s)
u_0	Giriş hızı (m/s)
U_p	Akışkanın duvara bitişik hücre merkezindeki ortalama hızı (m/s)
U_T	Akışkanın duvara bitişik hücre merkezinde ortalama hızı (m/s)
U^*	Boyutsuz hız
v	y yönündeki hız bileşeni (m/s)
V_g	Klima üfleme ağzı giriş hızı (m/s)
V_{gorta}	Klima üfleme ağzı orta nokta giriş hızı (m/s)
$V_{gsağ}$	Klima üfleme ağzı sağ giriş hızı (m/s)
V_{gsol}	Klima üfleme ağzı sol giriş hızı (m/s)
V_t	Hava molekülünün kaldırma kuvveti etkisiyle oluşan hızı (m/s)
V_0	Besleme havasının giriş hızı (m/s)
w	z yönündeki hız bileşeni (m/s)
W	Deri ıslaklığı (°C)
W	Test Odası Genişliği (m)
W_g	Kompresörü çalıştırmak için gerekli güç (kW)
c_p	Havanın özgül ısısı (J/kgK)
c_μ	Model sabiti
ε	Türbülanslı akışın kinetik enerji yutulması (m^2/s^3)

k	Türbülanslı akışın kinetik enerjisi (m^2/s^2)
k_p	Duvara bitişik hücre merkezindeki türbülans kinetik enerjisi (m^2/s^2)
κ	Von karman sabiti
ρ	Yoğunluk (kg/m^3)
τ_w	Duvar üzerindeki kayma gerilmesi (Pa)
y_p	Duvara bitişik hücre merkezinin duvara olan uzaklığı
y^*	Duvardan olan boyutsuz uzaklık
y^+	Boyutsuz bir sınır tabaka ağ yapısı yoğunluğu
μ	Havanın dinamik viskozitesi (kg/ms)
μ_{ef}	Efektif vizkozite (kg/ms)
μ_f	Laminer vizkozite (kg/ms)
μ_t	Türbülanslı akışın viskozitesi (kg/ms)
σ_t	Türbülanslı prandtl sayısı
Γ_{ef}	Etkili ısı iletim katsayısı
Γ_t	Isı iletim katsayısı
ΔT	Akışkan elemanı sıcaklığı ile odanın sıcaklığı arasındaki fark ($^{\circ}C$)

KISALTMALAR DİZİNİ

CFD	Computational Fluid Dynamics
COP	Coefficient of performance
HAD	Hesaplamaalı akışkanlar dinamiği
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
IEA	International energy agency
k- ϵ	Standard k- ϵ Model
k- ω	k- ω Turbulence Model
LAF	Laminer flow
LDA	Laser doppler anemometre
PD	Percent dissatisfaction
PIV	Particle image velocimetry
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
RNG	Re-Normalized Group Turbulence Model
SAC	Split Air Conditioner

1. GİRİŞ

Zaman içerisinde teknolojik gelişmeler ile birlikte yaşam standardı arttığı için insanlar, çalışırken veya dinlenirken artık çok daha konforlu bir ortam aramaktadır [1]. Bu aşamada da devreye klimalar girmiştir. Duvar tipi (split) klimaların 1930'ların başından itibaren ABD'de kullanılmaya başlanmış olması ile özellikle son dönemlerde konforu sağlamada popüler ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulur bir hale gelmiştir. Bir ofis ortamında ya da ev ortamında soğutmada ya da ısıtmada bir ihtiyaç haline dönüşmüştür. İnsanlar da işlerindeki performanslarını daha üst seviyelere çıkarabilmek ve görevlerini daha iyi yerine getirebilmek için rahat bir çalışma ortamı aramaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için de temel faktörler; standart olarak kabul edilen değer aralıklarında ortalama sıcaklık, bağıl nem, havanın uygun kabul edilen hız değeri ve radyan sıcaklık değeridir [2].

Oda içerisinde kişilerin kullanım alanlarında havanın hızı düşük olmalı ve meydana gelen akış türü ise laminar akış veya zayıf türbülanslı akış olmaktadır.

Türbülanslı akış ısı transferi açısından laminar akışa göre daha avantajlıdır. Fakat ilaveten basınç düşümlerinin arttığı da bir akış türüdür. Akışta meydana gelen dönme ve girdaplardaki artış nedeni ile incelenmesi zordur. Günümüz teknolojisi ve şartları ile çözüm yöntemlerinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş olmasına karşın hala en gelişmiş modeller de bile belirli oranlarda hatalar meydana gelmektedir. Bu hataların meydana gelmesindeki ana sebep ise akış sırasında meydana gelen girdap ve dönmelerin büyüklüğünün sayısal olarak ifade edilmesinin güç olmasıdır.

Tasarımlardaki ana zorluk, ısı konforu ile iç ortamdaki hava kalitesinin önemini ön plana çıkarıldığında, bir kapalı ortam ve kişi için kabul edilebilir kapalı alan koşullarının sağlanmasıdır. Böyle bir tasarım yaklaşımı, birey bazında, konfor odaklı tasarım gerektirmektedir.

Kapalı ortamlarda insana odaklanmak için hava akışı ile ilgili daha detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Havanın hızı, temiz havanın giriş miktarı ve temiz havanın yoğunluğunu etkileyen diğer gazlarla ilgili bilgiler, kapalı ortam hava kalitesini ve ısı

konfor koşullarını değerlendirmek için yeterli olmamaktadır. Ayrıca oda içerisinde yer alan pencereler, havanın giriş-çıkış yaptığı yerlerin konumu, odanın geometrisi, oda içi dekorasyon ve mobilyaların yerleşimi de göz önüne alınmalıdır. Kapalı ortamdaki hava akışının önemi hakkındaki bu bilgiye dayanarak, tasarımı yaparken akış özelliklerini belirlemek ve tahmin etmek için güvenilir araçlara ihtiyaç vardır. Bu araçlar içinde ise yaygın olarak kullanılan Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği metodudur (HAD) [3].

Hesaplmalı Akış Dinamiği (CFD-Computational Fluids Dynamics) bu aşamada herhangi bir deneysel yöntemle ihtiyaç duymadan gerekli sonuçları elde etmemizde 1900'lerden günümüze büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu program eskiden teorik metotlar ve deneysel yöntemlerle uygulanması imkânsız olan klima sistemlerini daha kısa sürelerde çözme becerisine sahiptir [4]. Bunu yapma mantığı akış ile ilgili denklemleri sayısal algoritmalara dökmesidir. Bu sayede deneylerle elde edilmesi zaman alan ve yüksek maliyeti nedeniyle zor olan bütün alanlardaki hava akışı, sıcaklık, basınç, hız, nem ve CO₂ verilerini küçük hata oranlarıyla hesaplayabilmektedir.

Bu kapsamda çalışmam ile yapılanlar 4 maddede özetlenebilir.

- Klimanın mevcut üfleme ağız yapısına iki farklı model sunarak klimanın debisinin değiştirilmeden daha etkin soğutma ve daha iyi ısıl konfor şartları elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar sıcaklık, hava akışı ve ısıl konfor parametrelerine bağlı olarak değerlendirilmiştir.
- Oda içerisindeki nesnelerin ve insan figürünün hava akışını nasıl etkilediğini sadece oda ve odanın mevcut hali analiz sonuçları ile ortaya konmuştur.
- Klimanın konumu üç farklı şekilde analiz edilmiştir. Bu sayede klimanın konumu ısıl konfor açısından değerlendirilerek yerine karar verilmiştir.
- Tripathi ve Moulic, yapmış oldukları çalışma ile ısıtma, soğutma ve havalandırma sektöründe, kuru termometre sıcaklığının 20-27°C, bağıl nemin %30-%60, hava hızının 0,1-0.25 m/s aralığında olması gerektiği sonucuna varmışlardır. Bu değerlendirme parametrelerine göre üç farklı üfleme ağız geometrisi ile analizler yapılmış ve bu analizlerden yirmi durumun sonuçları detaylı olarak incelenmiştir. Bu kapsamda klima üfleme ağız geometrisi üzerinde iyileştirme yapılarak mevcut durumdan daha etkin soğutma performansı ve ısıl konfor şartları elde edilmiştir [2]

1.1. Duvar Tipi Klima Bileşenleri ve Çalışma Prensipleri

1.1.1. Genel Çalışma İlkeleri

Isı pompası, ısıyı daha düşük sıcaklıktaki bir konumdan ("kaynak") daha yüksek sıcaklıktaki başka bir konuma ("soğutucu") taşıyan makinelerdir [5]. Bu nedenle, ısı pompası, amaç soğuk ortamı ısıtmaksa (kışın bir evin içini ısıtmak) bir "ısıtıcı", veya sıcak ortamı soğutmaksa (buzdolabının çalışması) bir "soğutucu" olarak tanımlanabilir [6]. Her iki durumda da çalışma ilkeleri aynı olup, ısıyı soğuk bir yerden sıcak bir yere taşır.

Duvar tipi klimaları da bir ısı pompasıdır ve soğutma çevrimi teorisini kullanarak çalışırlar. Yazın ısı daha soğuk olandan daha sıcak ortama pompalanır, böylece iç ünitadaki ısı eşanjörleri buharlaştırıcı, dış ünitadaki ısı eşanjörleri ise yoğuşturucu olarak çalışır. Kışın çapraz valf pozisyon değiştirmesiyle sistem ters çalışır. Bu sayede iç ünitadaki ısı eşanjörleri yoğuşturucu olarak çalışırken dış ünitadaki ısı eşanjörleri ise buharlaştırıcı olarak çalışır.

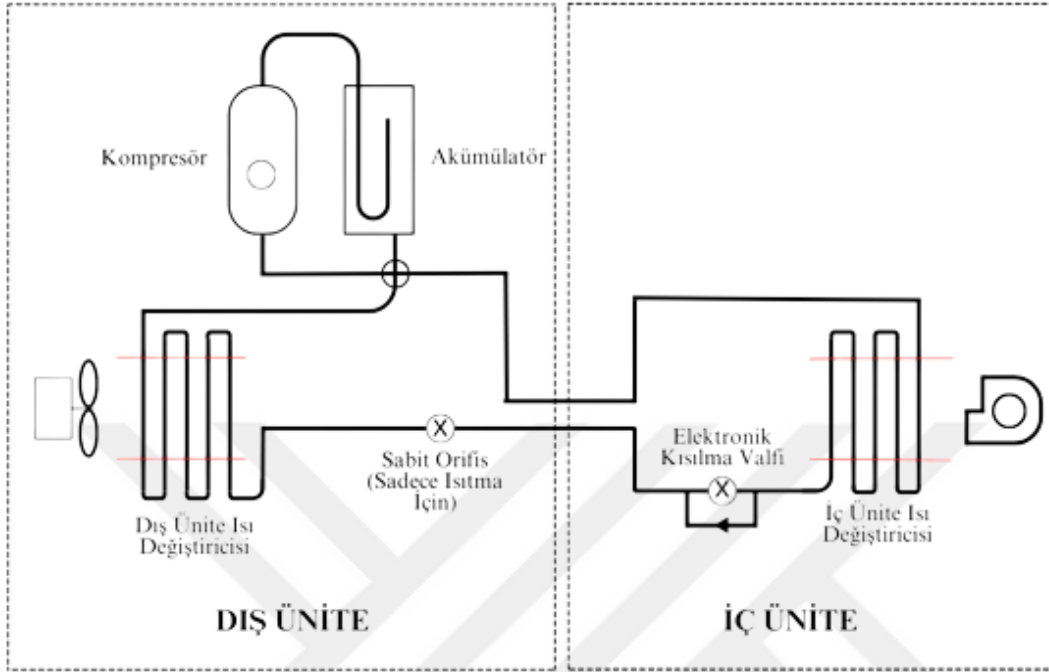
Isıyı daha soğuk bir yerden daha sıcak bir yere aktarmak, difüzyon kuralına “ısı her zaman daha sıcak bir kaynaktan daha soğuk olana doğru hareket eder” aykırı gibi görünmesine rağmen, ancak soğutma çevriminde ısı, duyulur ısı difüzyonu ile taşınmaz. Soğutma çevriminde gizli ısı, soğutucu akışkanların kütle transferi ile taşınır.

Soğutucu akışkanlar, soğutma, klima ve ısı pompalama sistemlerinde çalışan akışkanlardır. Klimalı bir alan gibi bir alandan ısıyı absorbe ederler ve genellikle buharlaşma ve yoğuşma yoluyla dışarıdaki bir alana aktarırlar. Bu faz değişiklikleri hem soğurma hem de mekanik buhar sıkıştırma sistemlerinde meydana gelirken, hava gibi bir sıvı kullanılan bir gaz döngüsünde çalışan sistemlerde gerçekleşmez. Soğutma ekipmanının tasarımı büyük ölçüde seçilen soğutucu akışkanın özelliklerine bağlıdır [7].

Soğutma çevrimi dört ana bileşenden oluşur. Bunlar kompresör, yoğuşturucu, genişleme valfi ve buharlaştırıcıdır. Soğutucu kompresöre buhar olarak girer ve yoğuşma basıncına kadar sıkıştırılır. Kompresörü göreceli olarak yüksek bir sıcaklıkta terk eder ve çevredeki ortama ısı vererek yoğuşturucunun bobinlerinden geçerek soğur ve yoğuşur. Ardından, kısma etkisi nedeniyle basıncının ve sıcaklığının büyük ölçüde düştüğü bir kılcal boruya girer. Düşük sıcaklıktaki soğutucu daha sonra buharlaştırıcıya girer ve burada soğutulan alandan ısı çekerek buharlaşır. Soğutucu

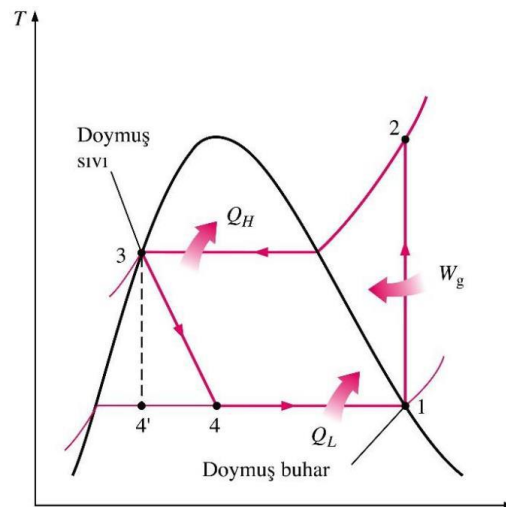
akışkanın yoğuşturucudan çıkıp tekrar kompresöre girmesiyle çevrim tamamlanır [8].

Bu sistem Şekil 1.1'de şematik olarak gösterilmiştir.



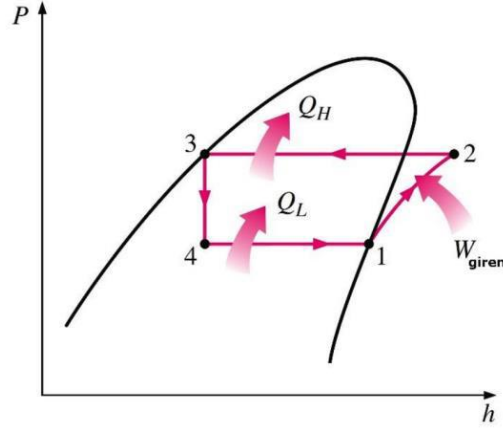
Şekil 1.1. SAC şeması [9]

Şekil 1.2, ideal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi için T-s diyagramını göstermektedir. Bu döngüde ortaya çıkan dört termodinamik süreç vardır: Nokta 1-2 arasında Bir kompresörde izantropik sıkıştırma, 2-3 kondenserde sabit basınçlı ısı çıkışı, 3-4 Genleşme cihazında kısıma, 4-1 Sabit basınçlı ısı emilimi bir yoğuşturucu



Şekil 1.2. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma için T-s diyagramı döngüsü [10]

P-h (basınç-entalpi) diyagramı soğutma çevriminde kullanılan önemli bir diyagramdır. Şekil 1.3'ü incelediğimizde 1-2 arasında sıkıştırma işlemi ile basınç-entalpi artışı, 2-3 arası sabit basınçta ortama ısı salınmasını ve bu sayede entalpinin düşmesini, 3-4 arasında entalpinin sabit kalırken basınç düşümünü ve 4-1 arasında sabit basınç altında ortamdaki ısı çekerek entalpinin artmasını göstermektedir.



Şekil 1.3. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma için P-h diyagramı döngüsü [10]

1.1.2. Isıl Konfor

Bireyin yüksek performansta ve sağlıklı bir şekilde çalışacağı ortamın ısı parametrelerinin ayarlanmasına ısı konforu denir. ASHRAE standartlarında birey için uygun olan minimum ısı konfor şartlarını belirlenmiştir. Isı konforu etkileyen ana parametreleri iki başlıkta toplayabiliriz. Bunlardan ilki kişisel parametreler ikincisi ise bireyin bulunduğu ortamdaki çevresel parametrelerdir.

Çizelge 1.1. Konfor Şartları

Kaynak	Sıcaklık			Hız (m/s)	Nem Oranı (%)	Kişi Başına Debi (m ³ /dk)
	Yaz (°C)	Kış (°C)	Yaz-Kış (°C)			
[11]	25.5-27.0 ±1	20.0-22.0 ±1	----	0.127- 0.178	Yaz=50 Kış>25	0.14-1.4
[12]	23.0-25.0 ±2	----	21 ±1	----	----	----
[13]	23.0-26.0	20.0-23.5	22.5-26.0	<0.35	50	0.56

Temel amaç ortam içi faktörler olarak tabir ettiğimiz mekânda havayı istenilen sıcaklıkta, hızda ve nem oranında tutmaktır. Isıtma, havalandırma ve soğutma endüstrisinde kuru termometre sıcaklığı 20-27°C aralığında bağıl nem %30-%60 aralığında ve havanın oda içerisinde hızı 0,1-0,25 m/s olarak belirtilmiştir [2].

Oda içerisinde bulunan bireylerin bulunduğu ortamda uygun konfor durumunda olamamalarının temel nedenleri oda içi havanın hızı ve oda içi sıcaklık dağılımıdır. Çünkü insanlar dış ortamla ısı alışverişlerinin sağlayan bir hava çeperine sahiptirler. Bu çeper ancak ve ancak insanların bulundukları ortamdaki hava durgun ise işleve sahip olmaktadır. Havanın hızının artması (0,25 m/s'yi geçmesi durumunda) nedeniyle bu çeper işlevini yitirir ve insan vücudu ortam sıcaklığı koşullarına karşı savunmasız hale gelir. Bu nedenle oda içerisindeki oda içi sıcaklık dağılımı önemlidir ve ISO 7730 standardına göre oturarak gerçekleştirilen eylemlerde 3°C'lik fark kabul edilebilir seviye olarak belirlenmiştir.

Kişisel ve çevresel parametrelerin haricinde ısı konfora diğer parametreler de etki edebilir. Bu parametreler içinde mevsim durumu ve iç mekânın bütünlüğü sayılabilir. Rohles ve Nevins [14] ve Rohles [15] tarafından gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde insanlar üzerindeki konfor seviyesi, sıcaklık, nem, havanın hızı, sıcaklık maruz kalma süresi ve cinsiyet arasındaki ilişkileri ortaya konmuştur. Bu çalışmaların sonucunda Şekil 1.4’de ASHRAE ısı duyarlılık ölçeği tanımlanmıştır:

+3	Çok Sıcak
+2	Sıcak
+1	Ilık
0	Nötr
-1	Serin
-2	Soğuk
-3	Çok Soğuk

Şekil 1.4. ASHRAE ısı duyarlılık ölçeği [14,15]

PMV (Tahmin Edilen Ortalama Oy), insan vücudunun ısı dengesini temel alarak, belirli boyutlara sahip bir ortamda bulunan çok sayıda insanın ısı duyarlılık ölçeğinde yer alan 7 derecelendirmeli tabloya göre oyların ortalama değerini gösteren bir konfor endeksidir.

Ayrıca PMV değerini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz [16].

$$PMV = [0.303e^{-0.036M} + 0.028]\{(M - W) - 3.96E^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - T_a) - 3.05[5.73 - 0.007(M - W) - p_a] - 0.42[(M - W) - 58.15] - 0.0173M(5.87 - p_a) - 0.0014M(34 - T_a)\} \quad (1.1)$$

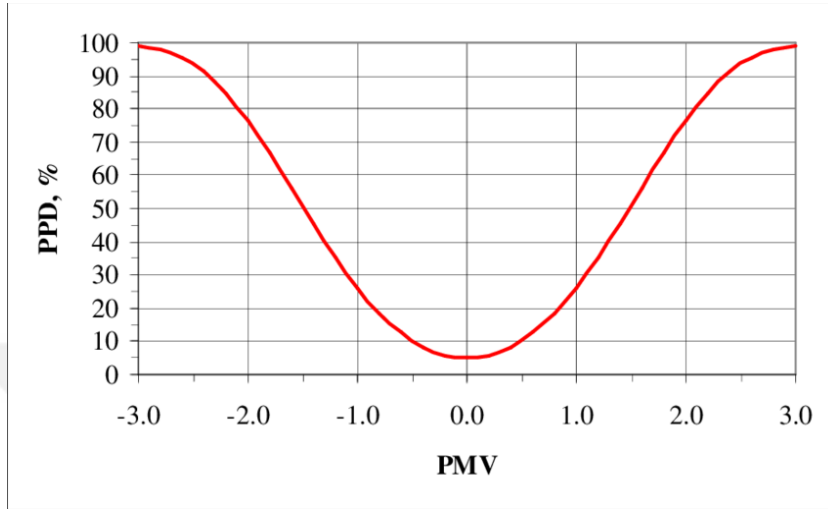
$$f(x) = \begin{cases} 1.0 + 0.2l_{cl} & l_{cl} \leq 0.078 m^2 \cdot \frac{K}{W} \\ 1.05 + 0.1l_{cl} & l_{cl} > 0.078 m^2 \cdot \frac{K}{W} \end{cases} \quad (1.2)$$

PPD (Tahmin Edilen Yüzde Memnuniyetsizlik) [16], 7 derecelendirmeli ısı duyarlılık ölçeğine göre sıcak, çok sıcak, soğuk veya çok soğuk değerlerine oy veren insanların

yüzdesini nicel olarak tahmin eden bir konfor endeksidir. Bu PPD endeksini ise aşağıdaki gibi ifade edebiliriz:

$$PPD = 100 - 95e^{[-(0.3353PMW^4+0.2170PMW^2)]} \quad (1.3)$$

PPD ve PMV değerlerinin dağılımı aşağıda Şekil 1.5’de verilmiştir.



Şekil 1.5. PMV/PPD değerlerinin dağılımı [17]

Ayrıca hava akımı (cereyan), havanın hareketi sebebiyle soğutma anında insan vücudunun belirli bir kısmında meydana gelen istenmeyen ve konfor açısından memnuniyetsizlik oluşturan bir durumdur. Bu hava akımı da PD (Yüzde Memnuniyetsizlik) veya cereyan oranı olarak tanımlanabilmektedir ve Fanger [18] tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$PD = (34 - T_a)(V - 0.05)^{0.62}(0.37VT_u + 3.14) \quad (1.4)$$

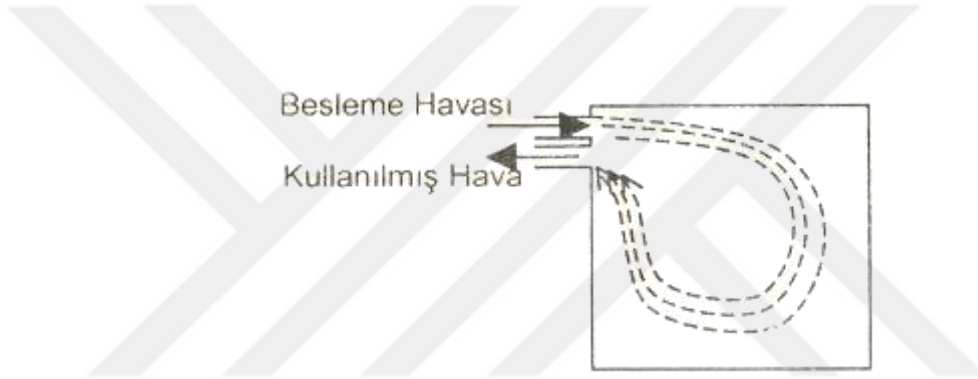
Burada hesaplama yapılırken havanın hızının 0.05 m/s altına düştüğü yerlerde hız 0.05 m/s'ye eşitlenerek denklem çözülmemektedir. PD endeksinin %100 değerinin üzerinde çıktığı durumlarda ise %100'e sabitlenir. Hesaplamalar neticesinde ASHARE standardına göre de PD değeri %15 ve altı için konforlu kabul edilmiştir.

ANSYS Fluent PMV, PPD ve PD değerlerini hesaplama kabiliyetine sahip olmadığı için C programı dilinde kullanıcı tanımlı fonksiyonlar (User Defined Functions-UDF) kullanılarak hesaplama kabiliyeti kazandırılmaktadır. Bu sayede programa belirli ölçülerde müdahale edilerek bu hesaplamaları yapması sağlanmakta ve çalışma için

detaylı sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışma kapsamında her model için bu değerler de hesaplanarak detayları verilmiştir.

1.1.3. Oda içi hava besleme şekli

Bir havalandırma tesisinde ideal bir havalandırma şartının sağlanabilmesi için kullanılmış hava sıcaklığı prensibine bağlı olarak tesis içerisine giren hava ortamın havasından daha soğuk olması gerekmektedir. Sistemin tasarlanması aşamasında menfez ve oda içerisine havanın hızı ortamda bulunan bireyleri rahatsız etmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu yürüttüğümüz çalışmada da Şekil 1.6'da görüldüğü üzere aşağı çöken hava tekrardan ısınmış hava olarak emme menfezi tarafından çekilerek dışarı atılır.



Şekil 1.6. Ortama hava giriş-çıkışı, Aynı konumdan besleme ve emiş olayı [19]

1.1.4. Menfezlerin Konumu

Giriş ve çıkış menfezlerinin oda içerisindeki konumları ısı konforu açısından büyük öneme sahiptir. Menfezleri yerleştirme konusunda sınırsız sayıda konfigürasyon söz konusu değildir. Bu aşamada iklimlendirme tesisatı türü önemlidir. Giriş menfezi, bir duvarın alt veya üst kısmında, pencerenin üst kısmında veya tavanda yer alabilir. Duvarın üst kısmında giriş menfezinin yer alması, yaz aylarında soğutma yapılması durumunda iklimlendirme çalışmaları için daha uygun sonuçlar verir. Bunun temel sebebi, oda içerisindeki mevcut havadan daha soğuk hava verilmesidir. Daha yoğun olan soğuk hava odanın tabanına doğru hareket eder ve oda havası ile karışmaya eğilim gösterir.

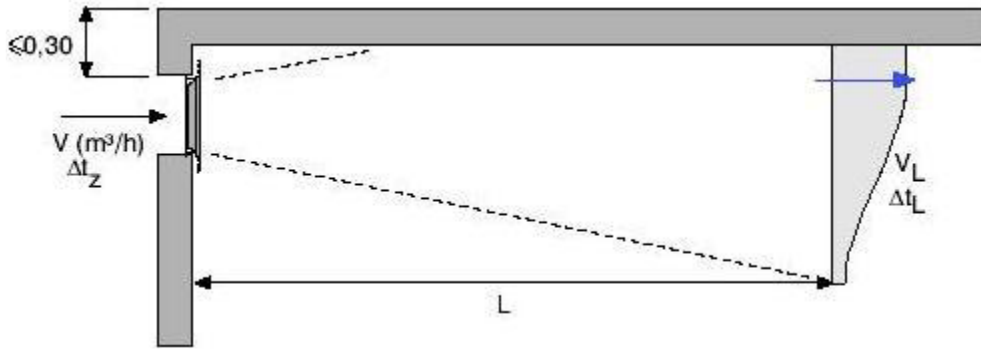
Kış aylarında ise, ısıtma yapıldığı için sıcak hava, tavana doğru hareketlenme gösterir ve tavana yakın bölgelerde tabakalar halinde yayılım sağlar. Bu sebeple oda

içerisindeki hava ile giriş menfezinden odaya verilen sıcak havanın bir karışım oluşturabilmesi için ya giriş menfezi ya da çıkış menfezi duvarın alt bölgelerinde konumlandırılması gerekir.

Bu çalışmada duvarın üst kısmında konumlandırılması düşünülen klimanın (veya klimaların) giriş menfezinin konumunun seçimi için bazı koşullara uyulması gerekmektedir. Bunlar;

1) Giriş menfezinin uygun bir çalışmaya imkân sağlaması için, giriş menfezinin üst sınır kısmı, tavan seviyesinden en az 30 cm aşağıda konumlandırılmalıdır. Tavanda bulunan kirişler, aydınlatma ürünleri ve bunlar gibi hava akışına engel olacak nesneler bulunması halinde, menfez bu engellerden kurtarılacak şekilde aşağı indirilmelidir (Şekil 1.7).

2) Menfezin konumuna kesin olarak karar vermeden önce oda boyutları dikkate alınmalı ve menfezin konumu ile oda boyutları detaylı olarak incelenmelidir. Giriş menfezinden hava odanın uzun kenarı doğrultusu boyunca üflenmeli ve bu sayede temas yüzeyi süpürülerek, karşıt yüzeyler üzerinde hava şoku oluşumunun önüne geçilmesi gerekmektedir.



Şekil 1.7. Menfezin uygun yerleşimi [20]

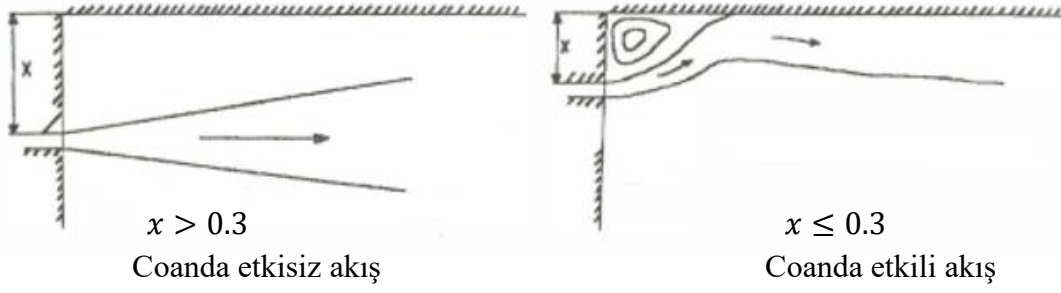
İklimlendirme sistemlerinde ısı konforunun sağlanabilmesi için, odanın kullanılma amacı ve insanların hareketlilik durumu önemli olup, bu iki parametreye bağlı olarak oda içerisindeki ortalama hava hızının 0,1 ile 0,3 m/s aralığında olması tercih edilir [21].

Çizelge 1.2. Mekân içi hava hızlarının bireyler üzerindeki etkiler [21]

Mekân Havası Hızı (m/s)	Bireyler Tarafından Gösterilen Tepki	Uygulanma Alanı
0 ile 0,1	Tepki genellikle olumsuz niteliktedir. Havanın durgun olduğu ve boğulma hissinin duyulduğu söylenir.	Bu aralıktaki hız değerleri ender hallerde kullanılır.
0,1 ile 0,2	Tepki olumlu niteliktedir.	Bu hız sınırları konfor ikliması amaçlı iklimlendirme tesislerinde kullanılır.
0,2 ile 0,3	Tepki oturan insanlar için olumsuz ayakta duran veya yavaş hareket eden insanlar için uygundur	Söz konusu hız değerleri mağazalar, bankalar ve kamu yapısı gibi tesislerde konfor ikliması alanında kullanılır.
>0,3	Tepki uygunsuz niteliktedir. Hava akımlarından dolayı rahatsızlık hissi duyulur.	Bu sınırdan büyük olan hız değerleri endüstriyel iklimlendirme tesislerinde uygulanır.

1.1.5. Coanda Etkisi

Hava akımı bir duvar ya da tavanın yakınına geldiği zaman duvara veya tavana doğru yönelim sergiler. Bu sergilemiş olduğu davranış coanda etkisi olarak tanımlanmaktadır. Coanda etkisi, hızla ilerleyen hava akımının doğru bir yol izlemek yerine, etrafındaki bir yüzeye yapışarak, yüzeyin eğimlerini takip ederek ilerlemesi olayıdır. Coanda etkisi, odadaki hava akım basıncının duvar yüzeyi, tavan veya zemin çevresindeki hava akım basıncına göre daha yüksek olmasından dolayı meydana gelmektedir. Bunun sonucunda hava akımı bu yüzeylere karşı bir basınç oluşturur ve ikinci bir hava akımı duvar gibi davranır. Bu durumda iki hava akımı birbirini çeker. Bu çekim etkisine bağlı olarak hava akımı yüzeye doğru bir yönelim gerçekleştirir. Mümkün olan en büyük coanda etkisini yaratabilmek için, hava giriş menfezden tavan boyunca, mümkün olan en büyük hızda üflenmelidir. Coanda etkisi, hızın 0,35 m/s değerinin altına inmesi halinde tamamen kaybolurken, tavan ile menfez arası 0,3 m'den küçük eşitse coanda meydana gelir (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Soğuk hava üflenene odada coanda etkisi [20]

1.1.6. Kaldırma Etkileri

Kaldırma kuvvetinin etkisiyle, oda içerisindeki mevcut havadan daha soğuk olan bir hava aşağı doğru iner. Oda içerisindeki havadan, daha sıcak olan bir hava ise yukarı doğru yükselir.

Kaldırma etkileri giriş ve çıkış havaları arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşmaktadır. Belirli bir yükseklikte bulunan hava molekülünün kaldırma kuvveti etkisiyle oluşan hızı aşağıdaki gibi ifade edilebilir [20].

$$V_t^2 = gh \left(\frac{\Delta T}{T_r} \right) \quad (1.5)$$

Burada ΔT , akışkan elemanı sıcaklığı (T_f) ile odanın sıcaklığı (T_r) arasındaki fark, g yer çekimi ivmesi ve h yükseklik olup h yüksekliğindeki denge akışkan elemanı hızı ile besleme havasının giriş hızı (V_0) eşit olmalıdır. Denge durumunda,

$$V_t = V_0 \quad (1.6)$$

Denklem 2.2'den

$$V_0^2 = gh \left(\frac{\Delta T}{T_r} \right) \quad (1.7)$$

Arşimet sayısı ise Ar aşağıdaki gibi tanımlanır [20]:

$$Ar = \frac{gh}{V_0^2} \left(\frac{\Delta T}{T_r} \right) \quad (1.8)$$

Ayrıca yukarıda yer alan ifadede Arşimet sayısındaki h (oda yüksekliği) yerine hidrolik yarıçap (D_h) da kullanılabilir.

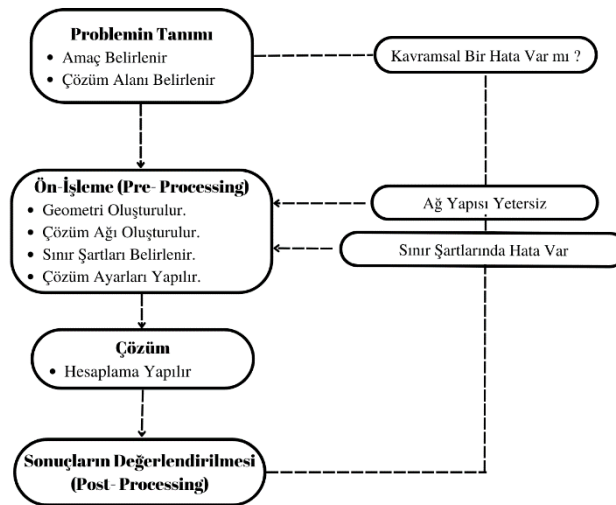
$$D_h = \frac{4Wh}{2(W+h)} \quad (1.9)$$

Buradaki W ve h ifadeleri sırasıyla odanın genişliğini ve yüksekliğini belirtmektedir.

1.2. Yöntem

Akış ve ısı transferinin olduğu sistemlerin analizleri deneysel veya hesaplamalı çalışmalar olarak gerçekleştirilmektedir. Hesaplamalı çalışmalar ise kendi içinde ikiye ayrılmakta ve bunlar analitik ve sayısal yöntemlerdir. Bu çalışma kapsamında HAD metodu kullanılarak sayısal yöntem üzerinden incelemeler yapılmıştır. HAD metoduna bağlı olarak momentum, ısı ve kütle transferinin çözülmesi gerekmektedir (Şekil 1.9). Bu nedenle ANSYS Fluent 21.0 paket programı kullanılarak çözümler gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca ısıl konfor parametrelerinin değerlendirilmelerini yapabilmek için UDF yardımı ile C programlama dilinde kodlanmış olan PMV (Ortalama Tahmini Oy), PPD (Ortamdan Memnun Olmayanların Yüzdesi) ve PD (Yüzde Memnuniyetsizlik) değerleri programa entegre edilmiş ve sonuçlar alınmıştır.



Şekil 1.9. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümü aşamaları (Introduction to Ansys Fluent, 15.0 Realese) [22]

1.3. Literatür Araştırması

Klimaların ısı konfor ve sağlık üzerindeki etkileri hakkındaki çalışmalar çok eski zamanlara dayanmaktadır. Fakat duvar tipi klimalar ile ilgili çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bu başlık altında genel olarak klimalar ve ilaveten duvar tipi klimalar ile ilgili bu zamana kadar yürütülmüş olan çalışmalardan kısaca bahsedilmiştir.

Harrington, “Klima nedir? Dahası konfor ve sağlık için klima ne anlam ifade etmektedir? Neden klima dönüşüm konusunda kısa sürede ön plana çıktı?” sorularına cevap arayarak klimanın konfor ve sağlık ile ilişkisini değerlendirmiştir [1]. Ramos ve ark. Brezilya’da yaptıkları bir anket çalışması ile insanların klima kullanımına karşı yaklaşımlarını açıklamayı amaçladılar. Anket sonucunda katılımcıların %89’unun iklime ve gelir durumuna bağlı olarak serinlemek için klima yerine doğal yolları tercih ettiğini, yüksek sıcaklık ikliminde yaşayan yüksek gelirli ailelerinin %93,2’sinde ise evlerinde en az bir klima olduğu ve klimayı uzun süreli açık tuttuklarını belirlemişlerdir [23].

Klimalar ile yapılan çalışmalar eskiye dayanmasına rağmen oda içerisinde konumlandırılan duvar tipi klima üzerinde yürütülen çalışmalar az sayılabilecek orandadır [4,24,25]. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde sadece soğutma sistemine odaklanmanın yeterli olmadığı, çalışmada odanın tamamını kapsayacak şekilde hava akışının tamamının analiz edilmesi gerektiği görülmektedir [24]. Dolayısıyla oda içerisinde yer alan her bir nesnenin hava akışını etkileyeceği dikkate alınması gereken önemli bir durumdur.

Won ve ark. klima sistemleri veya ısı pompası sistemlerinde, sistem tarafından aktarılan gerçek ısı miktarının hesaplanmasının zorluğu nedeniyle bu sistemlerin çalışma performanslarının bilinmediğinden bahsetmişlerdir. Yaptıkları çalışma kapsamında iç ünitelere yerleştirdikleri sensörler ile ölçtükleri hava hacmi ve entalpi değerleri sayesinde sistem tarafından aktarılan ısı transferini hesaplamak için alternatif bir yol sunmuşlardır. Tokyo’da bir ulusal üniversite kampüsünde gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarında hem yaz hem de kış aylarında kısmi yük faktörlerinden dolayı beklenmedik şekilde sistem kapasitesinin %20-30 altında COP (Isıtma Etkinlik Katsayısı) değerlerine ulaştığı belirlenmiştir [25].

Pitarma ve ark. klimalı odalarda izotermal olmayan türbülanslı akışların modellenmesi için biri sayısal diğeri deneysel olmak üzere iki farklı çalışma yapmışlardır. Sayısal

model, üç boyutlu zamana bağlı kütle, momentum ve enerjinin korunumu yasalarına bağlı olarak çözülmüştür. Sayısal modelde türbülans değeri olarak $k-\epsilon$ modeli belirlenmiştir. Deneysel doğrulama ise gerçek oda ile uyum sağlaması açısından gerçek odaya uygun olarak tasarlanmış bir laboratuvar modelinde elde edilen ölçümlerle, sayısal tahminlerin karşılaştırılmasını yapmışlardır [26].

Ufat, ameliyathanede hem çalışan ekibin ısı konforunu sağlamak hem de ortamın hijyenini sağlamak için deneysel ve sayısal çalışmalar yürütmüştür. Yapılan bu çalışma kapsamında türbülanslı (difüzörle hava dağıtım ünitesi) ve laminar hava akışlı (LAF) iki ameliyathanede farklı üfleme sıcaklığına ve hızına bağlı olarak deneyler yapmış ve deney aşamasında bağıl nem, ortam sıcaklığını ve ameliyat masası üzerindeki partikül sayılarını ölçmüştür. Ayrıca bu ameliyathaneler ANSYS-Fluent programında modellenerek elde edilen sonuçlar deneysel çalışma ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak LAF (Laminar Flow) sisteminin mutlaka belirtilen şartlarda çalıştırılması gerektiğini aksi takdirde enfeksiyon riskini azaltmadığını ifade etmiştir. Yine ameliyathanelerde mutlaka nem kontrolünün yapılması gerektiğinin önemi vurgulamıştır. Deneysel çalışma ve sayısal çalışmanın sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğunu, ameliyathaneden ölçüm almadan da ısı konfor ve partikül sayıları konularında genel bir fikir elde edilebileceğini ve hava giriş sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farkın havanın aşağıya doğru iniş hızını nasıl etkilediğini de bu yapılan analizlere ortaya konmuştur [27].

Tripathi ve Moulic, çalışmalarında bir odadaki hava sirkülasyonu ve sıcaklık dağılımını, hava giriş ve çıkış yerlerinin belirli bir konumda ve karşıt duvarlarda olması durumlarını incelemiştir. Çalışmalarını iki boyutlu/üç boyutlu geometri, laminar/türbülanslı akış ve sabit sıkıştırılmaz akış için gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak oda içerisinde iki sirkülasyon bölgesi meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Yoğunluğun artması ile sıcaklık dağılımının daha düzenli olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca yapmış oldukları çalışma ile ısıtma, soğutma ve havalandırma sektöründe, kuru termometre sıcaklığının 20-27°C, bağıl nemin %30-%60, hava hızının 0,1-0,25 m/s aralığında olması gerektiği sonucuna varmışlardır [2].

Rong ve ark. Annex20 odasını baz alarak ANSYS-CFD paket yazılımını kullanarak $k - \epsilon$, $k - w$, BSL ve SST türbülans modellerini incelemişler ve sonuçlarını deneysel verilerle kıyaslamışlardır. Odanın farklı noktalarında farklı türbülans modellerinin

birbirlerine üstünlük sağladığını ifade etmişler ve bu nedenle belirli bir türbülans modelini önerememişlerdir [28].

Pulat, klima ile havalandırılan bir odada hava dağılımını sayısal olarak incelemiştir. Bu amaçla ısı konfor çalışmaları için tasarlanmış odayı iki boyutlu olarak modellemiştir. Akışın türbülanslı, sıkıştırılmaz ve sürekli olduğunu kabul etmiştir. Çalışmasında standard k- ϵ türbülans modeli kullanmıştır. Klimanın üç farklı hız değeri için model üzerindeki hız ve kinetik enerji grafiklerini elde ederek incelemiş ve uyguladığı sınır şartları altında ana akış karakteristiklerini elde etmeyi başarmış olmasına rağmen daha güvenilir sonuçlar için üç boyutlu çalışmalara ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir. [29].

Chen ve Xu, HAD problemleri için önemli bir sorun teşkil eden hesaplama maliyeti üzerine çalışmalarını gerçekleştirmişler ve standart k- ϵ türbülans modeline alternatif olarak sıfır denklemi (zero equation) türbülans modelini ortaya koymuşlardır. Standart k- ϵ türbülans modeli ısıtma, soğutma ve havalandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen yüksek kapasiteli bilgisayarlara, çok daha fazla bilgiye ve işlem süresine ihtiyaç duymaktadır. Ortaya koydukları sıfır denklemi türbülans modeli ile, türbülans viskozitesinin, boyutsuz uzunluğun ve lokal ortalama hızın fonksiyonu olduğunu varsayımlardır. Bu türbülans modelini kapalı alanlarda doğal, zorlanmış ve birleşik taşınım akışlarında havalandırma performansını incelemek için kullanılmıştır. Elde ettikleri analiz sonuçlarını standart k- ϵ modeli ve deneysel verilerle elde ettikleri sonuçları karşılaştırmış ve elde edilen sonuçların büyük oranda uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca geliştirdikleri bu model ile başarılı sonuçlar elde ederken aynı zamanda da çözülen denklem sayısının daha az olması sayesinde daha az bilgisayar belleğine ihtiyaç duymuş ve buna bağlı olarak da standart k- ϵ modeline göre çözümleme hızının on kat arttığını ifade etmişlerdir [30].

Yongson ve ark., sayısal analiz yönteminden faydalanarak klimanın üç farklı konumu için çeşitli düzlemler üzerinde sıcaklık ve hız dağılımını test ederek oda içindeki bulunan kişiler için maksimum konforu sağlamak amacıyla çalışmalar yürütmüşlerdir. Çalışmalarının sonucunda analiz ettikleri üç farklı klima konumundan, 2 numaralı klima konumunun (odanın uzun duvarında klimanın duvarın ortasında yer aldığı konum) konfor şartları için daha uygun olduğunu belirlemişlerdir [31].

Bonefacie ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında klimayı ısıtma ve soğutma için kullanmışlardır. Bir diğer parametre olarak da iki farklı oda yüksekliği belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, oda yüksekliği ile oda içerisindeki sabit ısı konfor arasında belirgin bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır [32].

Başkaya ve Eken, yaptıkları iki boyutlu çalışmalarında bir ofis odasının konfor şartlarına getirilmesini incelemişlerdir. Ofis odası içerisinde bulunan mobilyaların, havanın giriş/çıkış konumlarının, havanın odaya giriş hızının, kış/yaz şartlarının etkilerini incelemişlerdir. Neticede odada bulunan mobilyaların oda içerisindeki havanın hareketini önemli ölçüde değiştirdiğini ve bu değişimin bireyin ısı konfor şartlarını etkilediğini ortaya koymuşlardır [33].

Yapıcı E. ve ark., $50 m^2$ alana sahip bir iş merkezindeki ofiste belirledikleri şartlar dahilinde ısı konfor şartlarını incelemişlerdir. Çalışmalarını ANSYS-Fluent paket programında gerçekleştirmişler. Yaz ve kış olmak üzere iki durum üzerinde analizler yapmışlardır. Yaz ayı için gerekli soğutma şartlarının gerçekleştiğini ve oda içi sıcaklığını $23^{\circ}C$ olarak elde etmiştir. Kış ayı durumu için ise ofis ortamındaki çalışan sayısının fazla olması ortamdaki bilgisayarların yüksek olması sebebiyle ısı konfor şartlarının tam olarak sağlanamadığını ve sıcaklığının ısı konfor şartlarından $2^{\circ}C$ fazla $26^{\circ}C$ analiz etmiştir [34].

Yavuz ve ark. bir kabin tipi ofis odasının kış iklimlendirmesinde hız ve sıcaklık dağılımlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında ANSYS-Fluent paket programından yararlanarak üfleme ve egzoz menfezlerinin yerleşim yerleri için dört farklı geometri oluşturmuşlardır. Sınır şartları için üç farklı üfleme hızı belirlemişler ve bunlara bağlı olarak her model için hız ve sıcaklık dağılımlarını incelemişlerdir. Çalışmalarının sonunda üfleminin tavandan yapıldığı ve havanın yan duvarlardaki egzoz menfezlerden tahliye olduğu geometri uygun görülmüşlerdir [35].

Popovici, yaz ve kış aylarında farklı durumlarda HVAC sisteminin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla bir amfityatroyu 2 boyutlu olarak tasarlamıştır. Yaz ve kış zamanı olarak iki durum belirlemiş ve Fluent'te analizleri gerçekleştirerek havanın hızını ve sıcaklığını incelemiştir. Her iki durumda da amfityatroda HVAC sisteminin yeterli olduğunu, yaz ayında daha çok hava akışına ihtiyaç olduğu için ortalama hızın daha yüksek olduğunu ve bunun ortamdaki insanın konforunu olumsuz etkilemediğini belirtmiştir [36].

Shih ve ark., hareket halindeki kişi ve otomatik sürgülü bir kapının açılıp kapanması anındaki hareketlerin oda içerisindeki hava dağılımına etkilerini incelemek için HAD yöntemini kullanmışlardır. Bu kapsamda ANSYS Fluent yazılımından faydanmışlardır. Analizlerinde türbülans modeli olarak standard k-ε türbülans modeli ve standard duvar fonksiyonunu tercih ederken, yürüyen kişinin ve sürgülü kapının hareketlerinin simülasyonu için ise dinamik ağ yapısını kullanmışlardır. Oda içerisindeki hız, basınç ve hava dağılımı kişinin hareketinden etkilenirken, kişinin mevcut konumunda hareketsiz durmasıyla birlikte tekrar mevcut dağılımına büyük oranda gelmektedir. Sürgülü kapının açılıp kapanma hareketinin hız ve basınç dağılımlarını önemli oranda etkilerken aynı zamanda izole edilmiş oda ile dış oda arasında bir hava akışı oluşturmuştur. Bu hava akışı da ani basınç değişikliklerine sebep olmuştur [37].

Lee ve ark. yapmış oldukları çalışmada bir duvar tipi (split) klimanın iç ünitesindeki hava çıkış bölgesinde yer alan kanatların, kanat açısının etkisini doğru şekilde değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarının ilk adımında kanat açısına bağlı olarak hava dağılımını, türbülans karakteristiğini ve hava akış oranını hesaplamışlardır. Çalışmanın devamında ise klimanın ve hava değişiminin etkinliğini değerlendirmek için CFD modelde kanat açısı ve klima konumunu değiştirerek izotermal koşullar altında hesaplamalar yapmışlardır. Sonuç olarak yüksek hızlı hava akış modunda, kanat orta pozisyonda iken hava akış oranının %19-%20,9 oranında arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca klimanın duvarın orta bölümüne yerleşimi sağlandığında performansın arttığını belirlemişlerdir [38].

Yüce, iki boyutlu Annex20 odası ve iki ve üç boyutlu Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarındaki ısı konfor odası üzerinde çalışmalarını yürütmüştür. Birinci geometride yerden ısıtma yapıldığını ve ikinci sistemde duvar tipi klima ile ısıtma yapıldığı varsayılmıştır. Birinci geometri boş halde ve iki boyutlu, ikinci geometri ise masalı ve insanlı olarak hem iki boyutlu hem de üç boyutlu modellemiştir. İlk geometri için beş farklı türbülans modeli ve dört farklı duvar yaklaşımını ANSYS-Fluent yazılımı kullanarak sonuçlar elde etmiş ve bu sonuçları deneysel sonuçlarla kıyaslamıştır. Sonuç olarak deneysel sonuçlarla en uyumlu sonucu Standard k-ε Standard Duvar Fonksiyonu ile elde etmiştir. İki boyutlu masalı ve insanlı modelde, insan ve masadan dolayı oda içinde çok sayıda girdap oluştuğunu, giriş hızı ve sıcaklığı arttığında oda içerisinde daha homojen bir dağılım gerçekleşmesine rağmen yüzde

memnuniyetsizliği de arttırmıştır. Üç boyutlu masalı ve insanlı model de benzer bulguları elde etmiş, oda içerisindeki mobilyaların yüzde memnuniyetsizliği önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir [39].

Wahba N ve ark. enerji tüketimini azaltmak amacıyla soğuk hava sistemlerinin termal konfor hassasiyetini değerlendiren bir metot geliştirmişlerdir. PMV (Tahmin edilen ortalama oy) CFD değeri sonuçlarını incelediklerinde soğuk havalandırma sistemlerinin tek kişilik bir ofis alanı içerisinde termal konforsuzluğa neden olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca havalandırma sistemlerinin verimliliğini doğru değerlendirebilmek için PMV değerinin güvenilir bir araç olduğunu belirtmişlerdir [40].

Yıldırım A., belirli boyutlardaki bir ofis odası için farklı menfez ve difüzör tipleri kullanarak deneysel ve sayısal analizler yapmıştır. Elde ettiği sonuçları PMV ve PPD değerleri üzerinden incelemiştir. Analizlerini yaparken türbülans modeli olarak RNG $k - \epsilon$ modelini kullanmıştır. Yaptığı sayısal analiz sonuçlarını değerlendirdiğinde termal konfor şartlarını en iyi sağlayan menfez tipinin kare menfez olduğunu belirtmiş ve PIV (Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçümü) tekniğini kullanarak da yapmış olduğu sayısal analiz sonuçlarını deneysel çalışma ile de doğrulamıştır [41].

Yüce, iki ve üç boyutlu oda geometrisinde alttan ısıtma, radyatör ile ısıtma ve klima ile ısıtma durumlarında gerçekteşen ısıl konforu sayısal olarak incelemiştir. Çalışmasında oda içerisinde oturma pozisyonunda bulunan bir insan modellemiş ve standard $k-\epsilon$ türbülans modelini kullanarak analiz yapmıştır. Oda içi akış parametrelerini zamana bağlı, sıkıştırılabilir (ideal gaz), birleşik ve türbülanslı olarak belirlemiştir. İnsan modelinin yüzeyini on altı farklı bölgeye ayırarak, vücut yüzey sıcaklığını Gagge ısıl duyarlılık modelini baz alarak geliştirdiği kod ile her bir zaman adımı için dinamik olarak hesaplamıştır. Sonuç olarak, her ısıtma sistemi için sıcaklık, hız, PMV (Tahmin edilen ortalama oy (Predicted Mean Vote)), PPD (Tahmin edilen yüzde memnuniyetsizlik (Predicted Percentage of Dissatisfied)) ve PD (Yüzde memnuniyetsizlik (Percent Dissatisfaction)) dağılımlarını elde etmiştir [42].

Gürbüz ve ark. Sürücü dahil 49 yolcu bulunan bir otobüs içerisindeki sıcaklığın 310 K değerinden 293 K değerine ulaşması için gereken süreyi hesaplamayı amaçlamışlar ve bu kapsamda ANSYS programından faydalanmışlardır. Analizler yapılırken termal mankenlerden faydalanılmış ve otobüs içerisindeki koşullar gerçekte koşullara

uyarlanması amaçlanmıştır. Analizlerde, ANSYS yazılımında gerçek durum senaryosuyla ile 5 dakika aralığında elde edilen sonuca göre otobüs içindeki sıcaklığın homojen dağılımlı olarak istenilen değere 15 dakikada ulaşıldığını ifade etmişlerdir. [43].

Karyono Tri Harso ve ark. Tavana konumlandırılmış klima bulunan bir odada duran bir kişi için ısı konfor durumunu incelemişler ve klimadan gelen havanın hızı arttıkça ısı konfor için ihtiyaç duyulan ısı yükünde arttığını ifade etmişlerdir [44].

Aryal ve ark. klimalı bir kütüphane ortamında kütüphane içerisine yerleştirilecek bölmelerin ortamdaki termal konfor ve enerji tüketimlerine olan etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları analizler sonucunda bölme yapıldıktan sonra bazı alanlardaki insanların daha sıcak ve bazı bölümlerdeki insanların ise rahatsız edici bir soğuğa maruz kaldıklarını görmüşlerdir. Buna bağlı olarak da enerji tüketiminin %24 oranında arttığını belirtmişlerdir. Klima sistemi değiştirilmeden termal konfor ve enerji tüketimi analizi yapılmadan ortamın bölmelere ayrılmaması gerektiğini ifade etmişlerdir [45].

Özer ve ark, duvar tipi klimalardaki çapraz akış fanının akış üzerindeki etkilerini sarmal eğilim, dil açısı, girdap duvar kalınlığı ve girdap duvar uzaklığı parametrelerini değiştirerek incelemişlerdir. Çalışmalarının neticesinde ise sarmal eğilimin %32,03 ve girdap duvarının %11,63 oranında akış üzerinde etkisi olduğu ifade etmişlerdir [46].

Mogra ve ark. Bir sınıf ortamı temel alınarak iki farklı klima konumu üzerinde karşılaştırma yapmışlardır. Mevcut iki klima sınıfın tam ortasında ve tavanda yer alırken, buna alternatif olarak klimalar çapraz bir şekilde yerleştirildiğini kabul ederek iki durum için analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda klimaların çapraz yerleştirildiği durumunda daha iyi bir hava akış dağılımı elde etmişlerdir [47].

Teodosiu ve ark., oda havalandırmasında kullanılan HAD metodunun, deneysel çalışmalarla olan tutarlılığını incelemişlerdir. Çalışmalarında türbülans modeli olarak Realizable k- ϵ ve duvar yaklaşımı olarak güçlendirilmiş duvar yaklaşımını tercih etmişlerdir. Buna ilave olarak çalışmayı üç boyutlu ve sıkıştırılamaz akış kabul ederek çözümlenmişlerdir. Yalıtılmış bir oda içerisindeki havanın hız değerlerini, HAD metodu ile elde ettikleri verilerle kıyaslamışlardır. Çalışmalarının neticesinde HAD metodu ile elde ettikleri sonuçların deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir [48].

Sempey ve ark., depolama alanları, hastaneler veya bu gibi hassas alanlardaki istenilen sıcaklık ve nem dağılımını elde etmek amacıyla sayısal olarak bir çalışma yürütmüşler ve bu çalışma neticesinde gerçek zamanlı kontrol uygulamalarında kullanılabilecek indirgenmiş model (reduced model) geliştirmişlerdir [49].

Karavaşahin, yüksek lisans tez çalışması kapsamında mobilya, bilgisayar sistemi ve bir insanın bulunduğu deneysel bir ofis odasını modelleyerek hava akışını sayısal olarak incelemiştir. Deneysel çalışma kapsamında belirlenen proses, hız, üfleme sıcaklığı ve difüzörün konumu sınır şartlarını sayısal akışkanlar dinamiği yazılımına tanımlayarak deneysel çalışmayı sayısal bir problem haline getirmiş ve çözümlemeler yapmıştır. Elde ettiği sonuçları ise deneysel sonuçlarla kıyaslamış ve sayısal çalışmanın deneysel çalışma ile uygunluğunu ortaya koymuştur. İncelediği analizler arasından ise yaz ayı şartları için 2m/s üfleme hızı ve 20°C üfleme sıcaklığı en iyi konfor şartlarını sağlarken, kış ayı için ise 1m/s üfleme hızı ve 30°C üfleme sıcaklığı en iyi konfor şartlarını sağlamıştır [50].

Mendez ve ark., bir hastanede yeni tasarlanan iki yataklı odanın mimari yapısının değiştirilmeden havalandırma sisteminin iyileştirmesi üzerine bir çalışma yürütmüşleridir. Çalışma neticesinde odanın mimari yapısındaki küçük değişikliklerin hava akışını önemli derecede etkilediğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca uygulaması basit gibi görünen iki tane hava giriş menfezinin yerleştirilmesinin oldukça pahalı olduğunu belirtmişlerdir. Oda içerisindeki mobilyaların ve kapatılan alanların oda içi hava akışını etkilediği için standart bir durum oluşturmanın zor olduğunu ve her durumun ayrı ayrı incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir [51].

1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı

Literatür incelemesinden de görüldüğü üzere, literatürde belirli bir hacime sahip kapalı alanların ısıl konfor şartlarına uygun hale getirilmesi üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanı ofis, sınıf, ameliyathane, hastane odası vb. alanlar olup bu alanlarda farklı üfleme hızı, sıcaklığı, klima konumları, türbülans modelleri kullanılarak deneysel, sayısal ve analitik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizler neticesinde ise hız, sıcaklık, termal konfor parametreleri, nem, CO_2 dağılımları ve miktarları elde edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Ancak literatür incelendiğinde duvar tipi klima üfleme ağız modeli ile ilgili çalışmalar az sayıda bulunmaktadır.

Bu çalışma ile literatürden farklı olarak bir bilgisayar odası ele alınmış ve oda içerisindeki duvar tipi klimanın toplam debisini değiştirmeden mevcut klima üfleme ağız modeline alternatif iki farklı klima üfleme ağız modelleriyle soğuk havayı oda geneline daha etkin yaymaya çalışılmış, iyi bir soğutma ve ısıl konfor parametreleri elde edilmesi amaçlanmıştır.

- Bu kapsamda toplam debiyi değiştirmeden klima üfleme ağız birbirinden bağımsız iki ve üç bölüme ayrılmış ve bu sayede mevcut klima çalışma prensibinden farklı olarak hava oda içerisinde aynı anda iki ve üç farklı yöne doğru iletilmiştir.
- Bağımsız üç bölüme ayrılan model için farklı debiler elde edebilmek amacıyla bölümler arasında dört farklı kesit oranı belirlenmiş ve kesit oranlarına bağlı olarak dört farklı model oluşturulmuştur.
- Bir önceki maddeden farklı olarak Model-3'ün kesit oranları sabit tutularak üç farklı hız oranları belirlenmiş ve üç bölümden farklı hızlarla havanın üflenmesi sağlanarak oda içerisinde ısıl konfor şartları iyileştirmeye çalışılmıştır.

2. PROBLEMİN TANITIMI VE SAYISAL MODELLEME

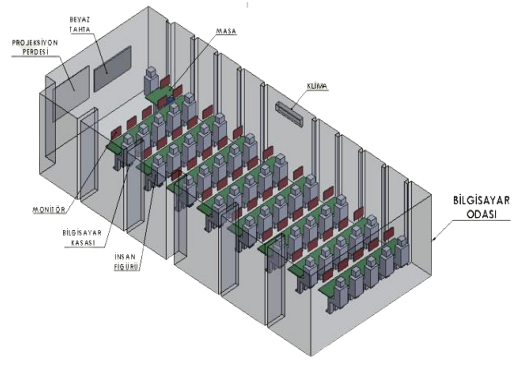
Bu çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Odası bire bir modellenerek oda içerisindeki tek duvar tipi klima ile yaz mevsimi durumunda soğutma işlemi yapılmış ve oda içerisinde optimum termal konfor şartları sağlanmaya çalışılmıştır. Odanın mevcut ölçüleri bakımından büyük oluşu ve tek bir duvar tipi klima ile oda içerisinde konfor şartlarının sağlanmasının zor oluşu dikkate alınarak bu sisteme alternatif olarak klima üfleme ağzı birbirinden bağımsız olarak iki ve üç bölüme ayrılmış, bu sayede farklı yönlerde üfleme imkânı sağlanarak soğuk havanın oda içerisinde daha iyi yayılması sağlanmış ve buna bağlı olarak da daha iyi termal konfor şartlarının sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında incelemeler yapılırken odada 41 insanın olduğu ve 41 bilgisayar sisteminin çalıştığı (monitör ve bilgisayar kasası) varsayılmış ve bu kaynaklardan oda içerisine ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Bu kaynaklar dışında kalan duvarlarda, kapılarda ve pencerelerde oluşabilecek ısı transferinin bu kaynaklara kıyasla çok daha düşük olduğu için bu yüzeylerdeki ısı transferleri ihmal edilerek adyabatik kabul edilmiştir. Ayrıca bilgisayar odası gündüz vaktinde kullanılması sebebiyle lambalar kapalı olduğu kabul edilmiş ve herhangi bir ısı transferi olmadığı varsayılmıştır.

2.1 Modellerin Tanıtımı

Bu çalışmada ısı konfor değişimlerini daha iyi inceleyebilmek için üç farklı klima ağzı modeli oluşturulmuştur. Bu modelle için farklı kesit oranı belirlenmiş ve bu sayede her model için farklı debiler elde edilerek bunun hava akışı ve ısı konfor üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen oda ve oda geometrisi Şekil 2.1’de bilgisayar odasının görseli ve üç boyutlu tasarımı, Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te bilgisayar odasının ve nesnelerin ölçüleri, çalışmada kullanılan klima geometrisi Şekil 2.5’te, insan figürü Şekil 2.6’da ve üç farklı model geometrisi de Şekil 2.7’de verilmiştir.



a)

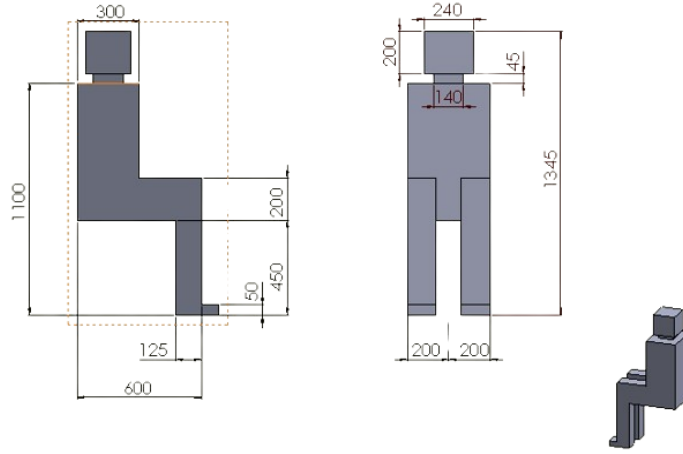


b)

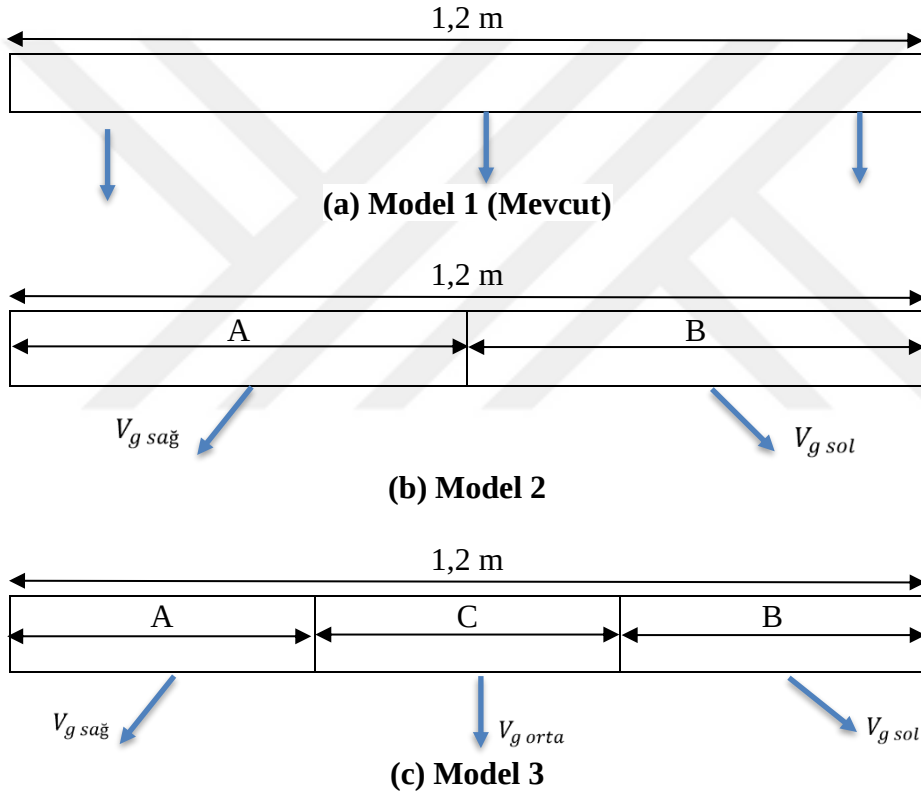
Şekil 2.1. a) Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bilgisayar Odası, b) Bilgisayar odasının üç boyutlu tasarımı



Şekil 2.2. Odanın üstten görünüşü ve dış oda ölçüleri (mm)



Şekil 2.6. Bu çalışmada kullanılan insan figürünün ölçüleri (mm)



Şekil 2.7. Modellerin şematik gösterimi a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3

Modelleri incelediğimizde klima üfleme ağız yapısı için mevcut yapısı (Model 1) ve buna alternatif oluşturabilecek geometriler (Model 2-3) belirlenmiştir. Klima üfleme ağzının uzunluğu 1,2 m olup bu ağız yapısı bölümlere ayrılarak farklı değerlerde A, B ve C uzunlukları oluşturulmuştur. Bu sayede hava tek bir yöne yönlendirilmek yerine odanın üç farklı konumuna yönlendirilmesi sağlanacak ve mevcut tüketilen enerji ile daha iyi bir ısıl konfor şartları oluşturulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada matematiksel formülasyonların çözümü için bazı ön kabuller yapılmıştır:

- Akış zamandan bağımsız (kararlı akış),
- Sıkıştırılamaz akış,
- Üç boyutlu akış,
- Türbülanslı akış,
- Yer çekimi etkisi dâhil edilmiş ve $g = 9,81 \text{ m/s}$ kabul edilmiştir.

2.2. Korunum Denklemleri ve Türbülans Modeli

Bu çalışmada akış türbülanslı, üç boyutlu, sürekli rejimde ve sıkıştırılamaz akış olduğu kabul edilerek çalışmalar yürütülmüştür. Bu şartlarda kütle, momentum, türbülans kinetik enerjisi ve türbülans kinetik enerjisinin yayılım oranı denklemleri kullanılmıştır. Costa ve ark. [52] tarafından sürekli koşullarda kütle, momentum, türbülans kinetik enerjisi ve türbülans kinetik enerjisinin yayılım miktarı denklemler üç boyutlu olarak belirtilmiştir.

Kütle korunumu denklemi;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V}) = 0 \quad (\rho = \text{sabit}) \quad (2.1)$$

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \vec{V} = 0 \quad \left(\frac{D\rho}{Dt} = \text{maddesel türev}\right) \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0 \quad (\text{sıkıştırılamaz akışlarda}) \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial(u)}{\partial x} + \frac{\partial(v)}{\partial y} + \frac{\partial(w)}{\partial z} = 0 \quad (3 \text{ boyutlu akışlar için}) \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu denklemlerde u; x yönündeki hızı, v; y yönündeki hızı, w; z yönündeki hızı temsil etmektedir.

Momentum denklemleri (Zamandan bağımsız ve üç boyutlu akış için türbülanslı)

x yönünde momentum denklemi;

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + S_u \quad (2.5)$$

y yönünde momentum denklemi;

$$\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wv)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + S_v \quad (2.6)$$

z yönünde momentum denklemi;

$$\frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + S_w \quad (2.7)$$

Zamana bağlı ve üç boyutlu akış için türbülanslı momentum denklemleri;

$$S_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial x} \right) - \frac{\partial P}{\partial x} \quad (2.8)$$

$$S_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \frac{\partial P}{\partial y} - g\rho \quad (2.9)$$

$$S_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \frac{\partial P}{\partial z} \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilmektedir. S_u , S_v ve S_w kaynak terimleri, g yerçekimi ivmesi, ρ havanın yoğunluğu ve μ_{ef} efektif vizkozitedir. (Burada μ_{ef} , laminar viskozite ile türbülans vizkozitenin toplamına eşittir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.)

$$\mu_{ef} = \mu_f + \mu_t \quad (2.11)$$

Enerji denklemi

$$\frac{\partial(\rho uT)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vT)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wT)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma_{ef} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma_{ef} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma_{ef} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (2.12)$$

T ; sıcaklık, Γ_{ef} ; ise etkili ısı iletim katsayısıdır. Etkili iletim katsayısı da laminar ve türbülanslı ısı iletim katsayılarının toplamına eşittir.

$$\Gamma_{ef} = \frac{k}{c_p} + \frac{\mu_t}{\sigma_t} \quad (2.13)$$

Bu çalışmada Standart k- ε türbülans modeli, Standart Wall Function duvar fonksiyonu kullanılmıştır. Bu türbülans modelinde yer alan türbülans kinetik enerjisi denklemi ise aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho uk) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vk) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho wk) = \quad (2.14)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + G_K + G_B - \rho\varepsilon$$

k ; türbülans kinetik enerjisi, G_K ; sürtünme kuvvetlerinden dolayı meydana gelen kinetik enerjisi üretim hızı ve G_B ; kaldırma kuvvetlerinden dolayı türbülans kinetik enerjisi üretim hızı olup sırasıyla G_K ve G_B aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$G_K = \mu_t \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} \quad (2.15)$$

$$G_B = -g \frac{\mu_t}{\sigma_t} \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad (2.16)$$

Burada μ_t , türbülans viskozitesi ve σ_t , türbülanslı Prandtl sayısını ($\sigma_t = 1$) göstermektedir. Standart k- ε türbülans modelinde yer alan türbülans kinetik enerjisi yayılım hızını ifade eden ε , denklemini de aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{\partial}{\partial y} (\rho v \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho w \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \quad (2.17)$$

$$\frac{\varepsilon}{k} [C_{1\varepsilon} G_K + C_{3\varepsilon} G_B - \rho C_{2\varepsilon} \varepsilon]$$

Burada yer alan σ_ε , $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$ ve $C_{3\varepsilon}$ türbülans modeli sabitleridir.

Türbülans viskozitesi;

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.18)$$

ve

Türbülans ısı iletim (difüzyon) katsayısı;

$$\Gamma_t = \frac{\mu_t}{\sigma_t} \quad (2.19)$$

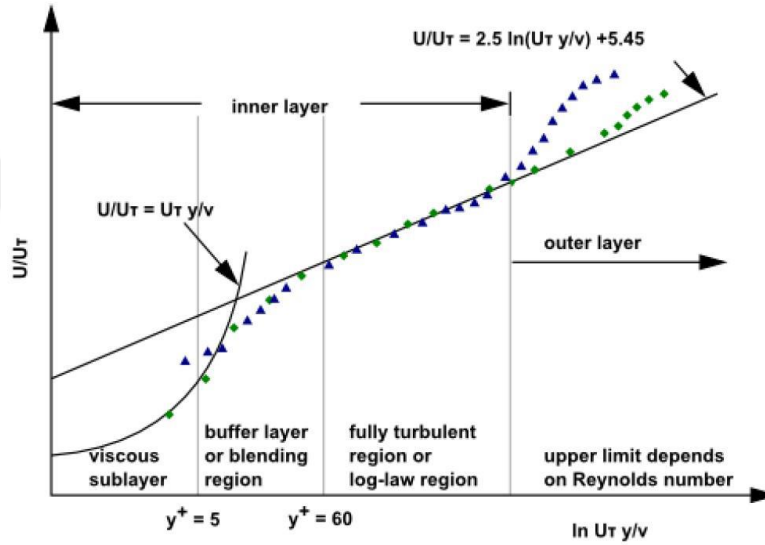
şeklinde ifade edilirler.

Çizelge 2.1. k- ε türbülans modelinde yer alan sabitler ve değerleri [53]

σ_k	σ_ε	σ_t	σ_s	C_μ	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	$C_{3\varepsilon}$
1,00	1,34	1,00	0,7	0,09	1,44	1,92	1,00

Duvar yaklaşımları da problemin çözümüne önemli bir parametre olup türbülanslı akışı etkilemektedir. Kaymama koşulu sebebiyle duvar cidarına yakın konumlarda duvardan etkilenen ortalama hız alanı karakteristiği değişmektedir. Duvar cidarına yakın noktalarda teğetsel hız bileşeni dalgalanmaları ve kinematik blokaj

dalgalanmaları azalmaktadır. Sınır tabakadan uzaklaştıkça türbülans kinetik enerji arttığı için buna bağlı olarak da türbülans artmaya başlar. Yakın duvar bölgesi sayısal çalışmalara bağlı olarak üç farklı bölgeye ayrılmaktadır. Burada en alt katman viskoz alt tabakadır. Viskoz alt tabakada akış daima laminar olup moleküler viskozite, momentum, ısı ve kütle transferinde önemli bir rol oynar. Arda bir geçiş katmanı bulunmaktadır. Bu katmana ise hem viskoz alt tabaka hemde türbülans etkilidir. Dış katman da tam türbülanslı katman olarak ifade edilmekte olup Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



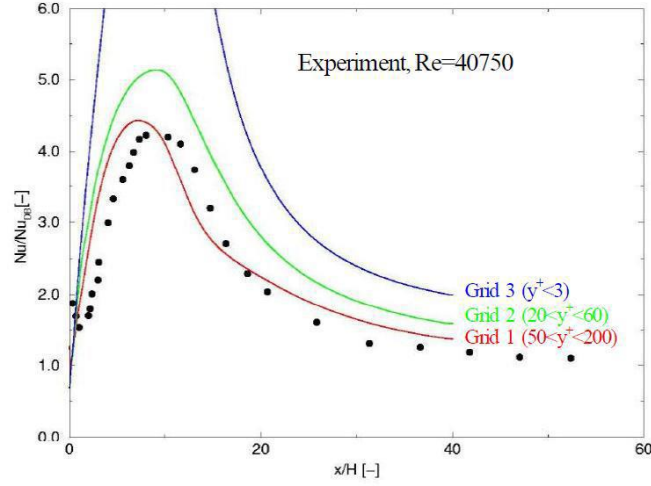
Şekil 2.8. Yakın duvar katmanları (Turbulence Modeling using ANSYS Fluent, 15.0 Release) [54]

Fluent yazılımında kullanılan Standard Wall Function duvar yaklaşımı ise Launder ve ark. tarafından [55] 1974 yılında geliştirilmiş ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$U^* = \frac{1}{\kappa} \ln(E_{y^*}) \quad (2.20)$$

$$U^* \equiv \frac{U_P C_\mu^{1/4} k_P^{1/2}}{\tau_W / \rho} \quad (2.21)$$

$$y^* \equiv \frac{\rho C_\mu^{1/4} k_P^{1/2} y_P}{\mu} \quad (2.22)$$



Şekil 2.9. Standart duvar fonksiyonu [56]

Burada U^* boyutsuz hız, y^* duvardan olan boyutsuz uzaklık, U_p akışkanın duvara bitişik hücre merkezindeki ortalama hızı, k_p duvara bitişik hücre merkezindeki türbülans kinetik enerjisini, y_p duvara bitişik hücre merkezinin duvara olan uzaklığını, κ von Karman sabitini ($\kappa = 0,4187$) ve E empirik sabitini ($E = 9,793$) ifade eder. y^* değeri Re sayısı ile orantılı olup alt sınır değeri 15'dir. Bu değer altında ise duvar fonksiyonunun doğruluğunda hatalar ortaya çıkmakta, üst değer de Re sayısının büyüklüğüne bağlı olarak değişir. y^* değerinin yakalanabilmesi ve duvar fonksiyonunun buna bağlı olarak doğru çalışabilmesi açısından cidara yakınında uygun sıklıkta bir ağ yapısı oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca düşük Re sayısı çalışılan alanın geneline yayılmış ise analiz sonucu doğruluğunu kaybetmeye başlar. Bu nedenle Bu duvar yaklaşımının ilk düğüm noktasının Şekil 2.9'da gösterildiği gibi $30 < y^* < 300$ aralığında olması önerilir [56].

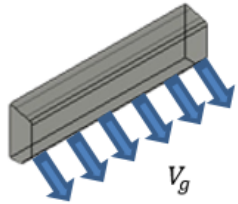
2.3. Sınır Şartları

Bilgisayar odasının tasarımından ve uygun ağ yapısı oluşturulduktan sonra akış alanı içerisinde diferansiyel denklemlerinin çözülebilmesi için sınır şartlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu alanda hız, sıcaklık, basınç ve ısı akısı için çalışma kapsamında belirlenen temel bilgilere yer verilmiştir.

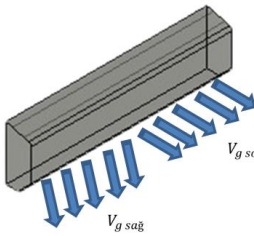
2.3.1. Klima Giriş Sınır Şartları

Soğuk hava klimadan sabit $V_g = 6 \text{ m/s}$ hızında ve $T = 18^\circ\text{C}$ sıcaklığında çıkmakta ve odaya yayılmaktadır. Havanın hız bileşenleri ise her model için aşağıda verilmiştir.

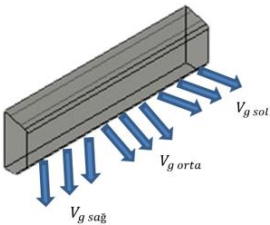
Çizelge 2.2. Model-1 için hız bileşenleri

V_g		
<i>X Bileşeni</i>	0	
<i>Y Bileşeni</i>	-1	
<i>Z Bileşeni</i>	5	

Çizelge 2.3. Model-2 için hız bileşenleri

$V_{g \text{ sağ}}$		$V_{g \text{ sol}}$		
<i>X Bileşeni</i>	-5	<i>X Bileşeni</i>	5	
<i>Y Bileşeni</i>	-1	<i>Y Bileşeni</i>	-1	
<i>Z Bileşeni</i>	5	<i>Z Bileşeni</i>	5	

Çizelge 2.4. Model-3 için hız bileşenleri

$V_{g \text{ sağ}}$		$V_{g \text{ orta}}$		$V_{g \text{ sol}}$		
<i>X Bileşeni</i>	-5	<i>X Bileşeni</i>	0	<i>X Bileşeni</i>	5	
<i>Y Bileşeni</i>	-1	<i>Y Bileşeni</i>	-1	<i>Y Bileşeni</i>	-1	
<i>Z Bileşeni</i>	5	<i>Z Bileşeni</i>	5	<i>Z Bileşeni</i>	5	

2.3.2. Klima Çıkış Sınır Şartları

Oda içerisindeki hava dışarı atıldığı varsayılmış ve “pressure outlet” olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle klima çıkış basıncının atmosfer basıncına eşit ($P_c = P_{atm}$) olarak alınmıştır.

2.3.3. Oda Duvar Sınır Şartları

Oda duvarlarına kaymasızlık sınır şartı kabul edilmiş ve bu yüzeylerde hız bileşenleri ($u=0$, $v=0$, $w=0$) sıfır olarak kabul edilmiştir. Bu yüzeylerde herhangi bir ısı transferi olmadığı varsayılmış ve sıcaklık sabit 27,6 °C [57] kabul edilmiştir.

2.3.4. Bilgisayar Sistemi (Monitör ve Bilgisayar Kasası) Sınır Şartları

Bilgisayar bileşenlerinin tükettiği elektriğe eşit miktarda ısı ürettiği varsayılmıştır [58]. Aşağıda bilgisayar odasında kullanılan monitör ve bilgisayar kasası için elektrik tüketim miktarları verilmiş ve bu değerlerden ısı akıları elde edilmiştir. Ayrıca bilgisayar çalışma sıcaklığı aralığı olarak kabul edilen 35 – 60 °C aralığında ilk başlangıç sıcaklığı olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 2.5. Bilgisayar bileşenleri sınır şartları

Bileşen	Enerji Tüketimi (W)	Isı Akısı (W/m ²)	Sıcaklık (°C)
1- Monitör	14,1	46,9	35
2- Bilgisayar Kasası	65	85,5	45

2.3.5. İnsan Figürü Sınır Şartları

Bu çalışmada bilgisayar odası tam kapasitede 41 insan figürü [39] kullanılmış ve kullanılan insan figürlerinin teknik bilgileri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.6. İnsan figürü sınır şartları

Bileşen	Isı Akısı (W/m ²)	Sıcaklık (°C)
1- İnsan Figürü	55 [59]	32 [60]

2.3.6. Diğer Bileşenler için Sınır Şartları

Çalışma kapsamında klima yüzeylerinin giriş ve çıkışı dışında kalan diğer yüzeyleri, projeksiyon perdesi, beyaz tahta ve masaların yüzeylerinde kaymazlık sınır şartı olduğu ve buna bağlı olarak bu yüzeylerdeki tüm hız bileşen değerlerinin ($u=0$, $v=0$, $w=0$) sıfır olduğu kabul edilmiş ve yine bu yüzeylerde herhangi bir ısı transferi olmadığı varsayılarak adyabatik ($\partial T/\partial n = 0$) kabul edilmiştir.

2.4. Sayısal Çözüm

Bu çalışma kapsamında problemin çözümü için Ansys-Fluent Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı kullanılmıştır. Sayısal çözümleme yapılırken türbülans, momentum, süreklilik ve enerji denklemleri çözülmüştür. Akış türbülanslı, üç boyutlu, sürekli rejimde ve sıkıştırılamaz olduğu kabul edilmiştir. Bilgisayar odası içi klimalı akışta türbülanslı akış kabul edildiği için yapılan doğrulama çalışması sonucu ile en uyumlu model olan “Standart k- ϵ ” modeli “Standard Wall Functions” duvar yaklaşımı araştırma için seçilmiştir. Yer çekimi kuvveti hesaplamalara dâhil edilmiştir ve $g = 9,81 \text{ m/s}$ alınmıştır. Çözüm metodu olarak Simple belirlenmiştir. Ayrıklaştırma yöntemi olarak enerji, momentum denklemleri için “Second Order Upwind”, türbülans denklemleri için “First Order Upwind” ve basınç denklemi için “Standart” yöntemi uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında analizler için kullanılan malzemelerin termofiziksel özellikleri aşağıda verilmiş olup bunlar dışındaki malzemeler default olarak alüminyum tanımlanmıştır.

Çizelge 2.7. Çalışma kapsamında kullanılan malzemeler ve termofiziksel özellikleri

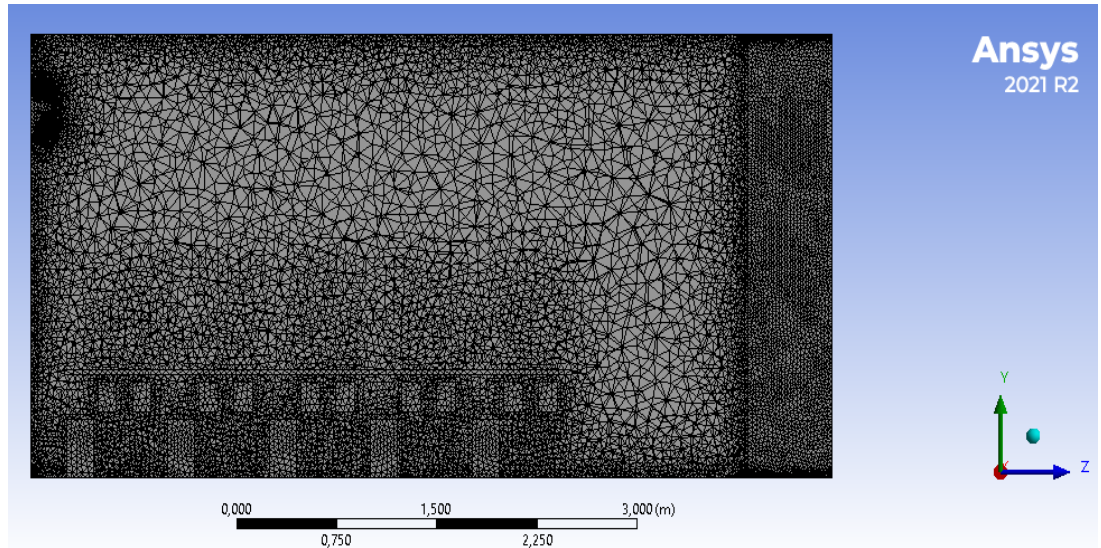
Malzeme	Yoğunluk (J/kgK)	Özgül Isı (kg/m^3)	İletkenlik (W/mK)
Alçı [61]	2320	1138	0,5
PC [62]	1170	1465	0,167
İnsan	3500 [63]	985	0,26 [42]
Masa [61]	700	2310	0,173

Odanın bütün duvarları “alçı”, monitör ve bilgisayar kasası “pc”, insan figürleri “insan” ve bilgisayar masaları ise “masa” olarak tanımlanmıştır.

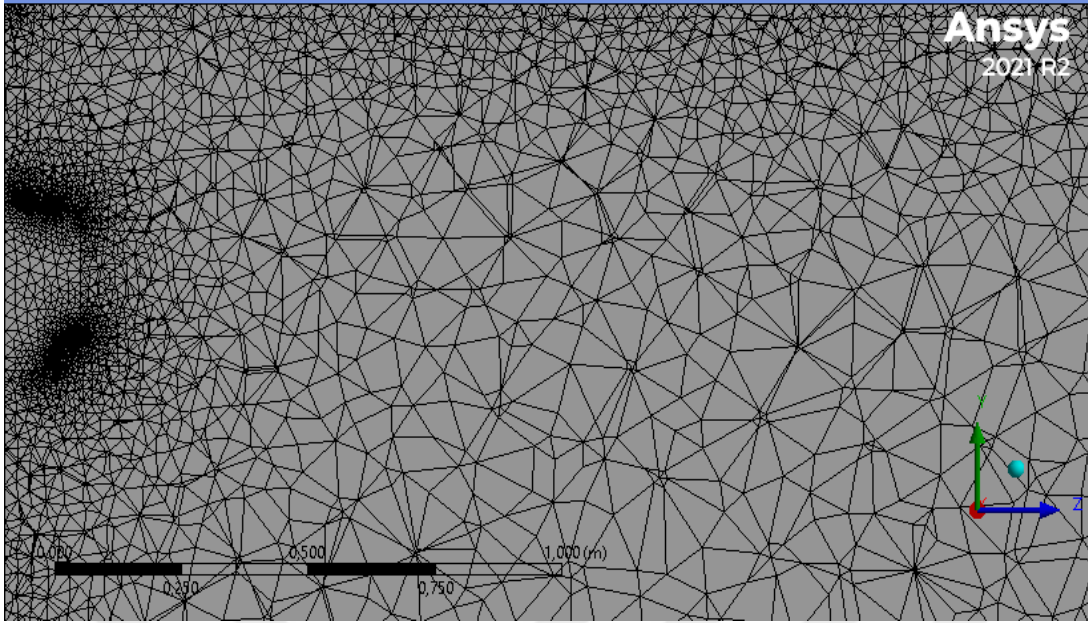
2.4.1. Ağ Yapısının Oluşturulması

Problemin temel denklemlerinin sayısal olarak çözümlenebilmesi için çalışma alanın üç boyutlu tasarımının yapılmasının ardından bu elde edilen alan kontrol hacimlerine bölünerek bir ağ yapısı oluşturulmalıdır. Oluşturulan ağ yapısının sıklığının artması çözüm hassasiyetini genellikle doğrusal oranda artırır fakat gereğinden fazla sık ağ yapısı hem analiz süresini uzatacaktır hem de hesaplama esnasındaki yuvarlama hatalarını arttıracaktır. Bu koşullar doğrultusunda optimum bir ağ yapısı oluşturulmalıdır. Bu kapsamda duvarlarda, havanın giriş ve çıkış yüzeylerinde, insan, bilgisayar kasası ve monitöründe daha yoğun diğer alanlarda ise daha seyrek bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Ağ yapısının oluşturulmasında geometrinin karmaşıklığından dolayı tetrahedral hücreler kullanılmıştır ve çalışmada kullanılan bu ağ yapısı Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de gösterilmiştir. Bu çalışmada sayısal çözümlerin yakınsama kriteri olarak diferansiyel denklemler baz alınmıştır. Momentum ve enerji denklemleri için 10^{-6} , süreklilik ve türbülans denklemleri için 10^{-3} alınmıştır. Bu kriterler kapsamında çözümün yakınsadığı kabul edilmiştir.

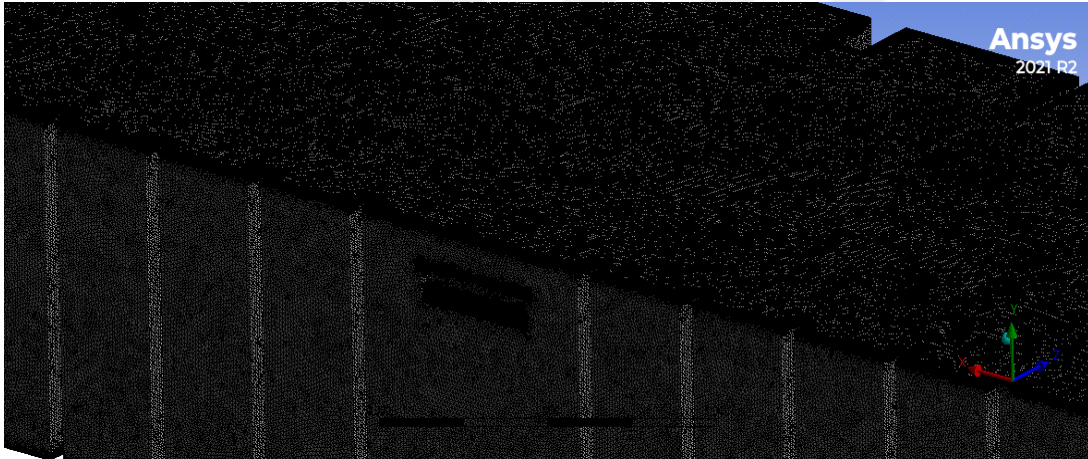
Ayrıca Voigt [64] tarafından belirtildiği gibi, oda içerisindeki hava hareketlerinin karmaşık yapısı nedeniyle hem duvar ağ yapısını tatmin edici çözünürlükte hem de $30 < y^+ < 100$ değer aralığında bir ağ tasarlamak çok zordur. Bu çalışma kapsamından ortalama $y^+ = 7,85$ olarak elde edilmiş olup başka sayısal çalışmalarla kıyaslandığında uygun kabul edilebilir düzeydedir [65].



Şekil 2.10. Odanın ortasından kesit alındığı yerdeki ağ yapısı



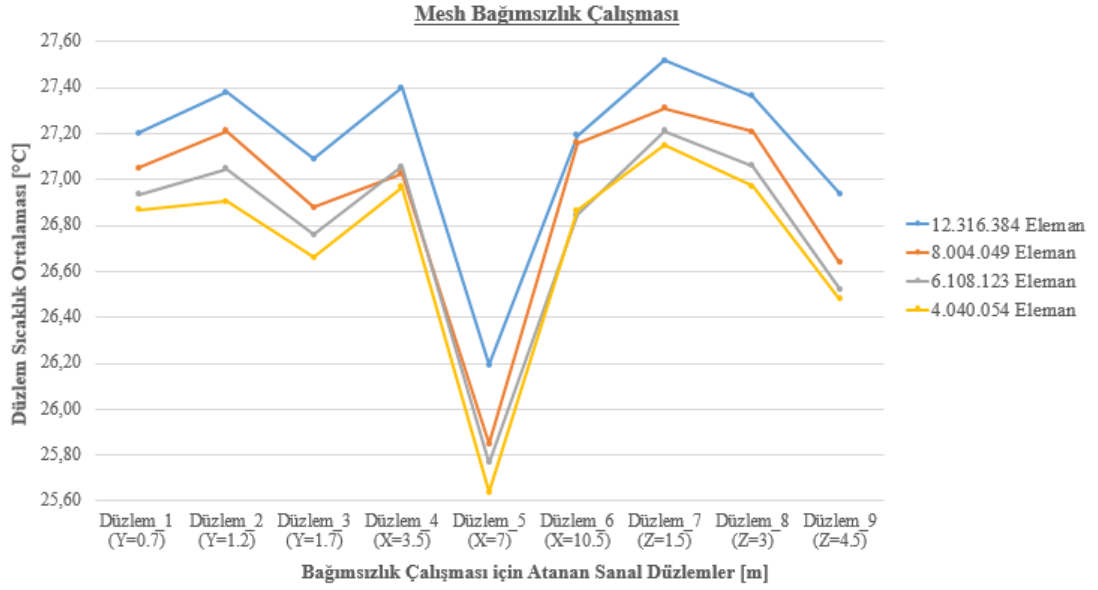
Şekil 2.11. Klima üfleme ve emme noktalarındaki ağ yapısı



Şekil 2.12. Odanın genel ağ yapısı

2.4.2. Ağ Yapısının Çözümünden Bağımsızlığı

Bu çalışmada ağ yapısının çözümden bağımsızlığı için tek üfleme ağzı modeli için dört farklı eleman sayılarında ağ yapıları oluşturulmuş ve çözüme en uygun ağ yapısına karar vermek için analizler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması için x, y ve z eksenlerinde toplam 9 sanal düzlem atanmış ve bu düzlemler üzerindeki ortalama sıcaklık değerleri grafik halinde Şekil 2.13 ve Çizelge 2.8’de sunulmuştur.



Şekil 2.13. Dört farklı ağ yapısına ait dokuz düzlem üzerindeki ortalama sıcaklık değerleri

Çizelge 2.8. Dört farklı ağ yapısına ait dokuz düzlem üzerindeki ortalama sıcaklık değerleri ve işlem süreleri

	Düzlem_1 (Y=0.7)	Düzlem_2 (Y=1.2)	Düzlem_3 (Y=1.7)	Düzlem_4 (X=3.5)	Düzlem_5 (X=7)	Düzlem_6 (X=10.5)	Düzlem_7 (Z=1.5)	Düzlem_8 (Z=3)	Düzlem_9 (Z=4.5)	Ortalama Sıcaklık	İşlem Süresi
12.316.384 Eleman	27,20	27,38	27,09	27,40	26,19	27,19	27,52	27,36	26,94	27,14	12 saat
8.004.049 Eleman	27,05	27,21	26,88	27,03	25,85	27,16	27,31	27,21	26,64	26,93	8 saat
6.108.123 Eleman	26,93	27,05	26,76	27,06	25,77	26,85	27,21	27,06	26,52	26,80	5 saat
4.040.054 Eleman	26,87	26,90	26,66	26,97	25,64	26,86	27,15	26,97	26,48	26,72	3,5 saat

Şekil 2.13 ve Çizelge 2.8, incelediğimizde eleman sayısının artması sıcaklığı çok az miktarda değiştirmekte ve işlem süresinde ciddi artışa neden olmaktadır. Bu kapsamda optimum değerlerde hesaplamaların yürütülebilmesi açısından 6.108.123 eleman sayısının yeterli olduğuna karar verilmiş ve bu ağ yapısı ile çalışmalar yürütülmüştür.

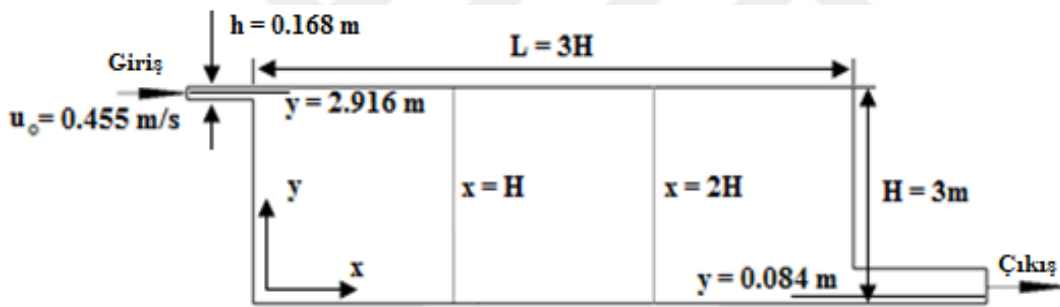
2.4.3. Doğrulama Simülasyonları

Daha önce literatürde bu çalışmaya benzer çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen çalışmalar, kullanılan sayısal yöntemin doğrulanmasında referans kaynak olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, bu çalışmadaki verilerin doğruluğunun ispatı için literatürdeki dört çalışma [66, 33, 34, 47] dikkate alınmış ve bu referans kaynakların geometrileri ve sınır şartları ANSYS Fluent paket yazılımında simüle edilmiştir. Bu simülasyon sonucunda elde edilen sayısal veriler referans kaynakların sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

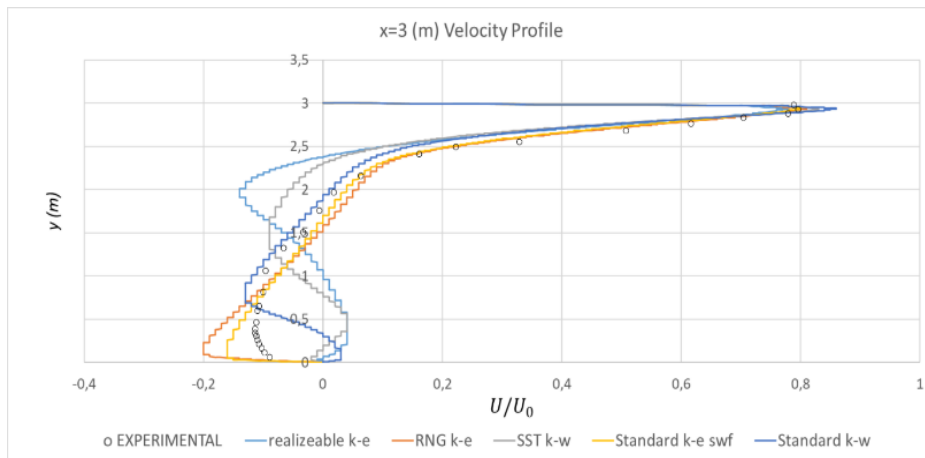
2.4.4.1. Birinci Çalışma: Specification of a Two-Dimensional Test Case

Sayısal analizlere başlamadan önce Nielsen vd. [66], IEA (International Energy Agency) Annex20 odası için hız ve sıcaklık dağılımlarını deneysel olarak incelemiştir. Bu deneysel çalışmanın Laser Doppler Anemometre (LDA) ölçümlerinden elde edilen sonuçları referans alınarak bu çalışmada kullanılan sayısal yöntemin ve elde edilen verilerin doğrulanmasında referans olarak kullanılmıştır. Doğrulama çalışması kapsamında Standart $k - \varepsilon$ std. wf, Realizable $k - \varepsilon$ ewt, RNG $k - \varepsilon$ ewt, Standart $k - w$ ve SST $k - w$ türbülans modelleri ve duvar yaklaşımları ele alınmıştır.

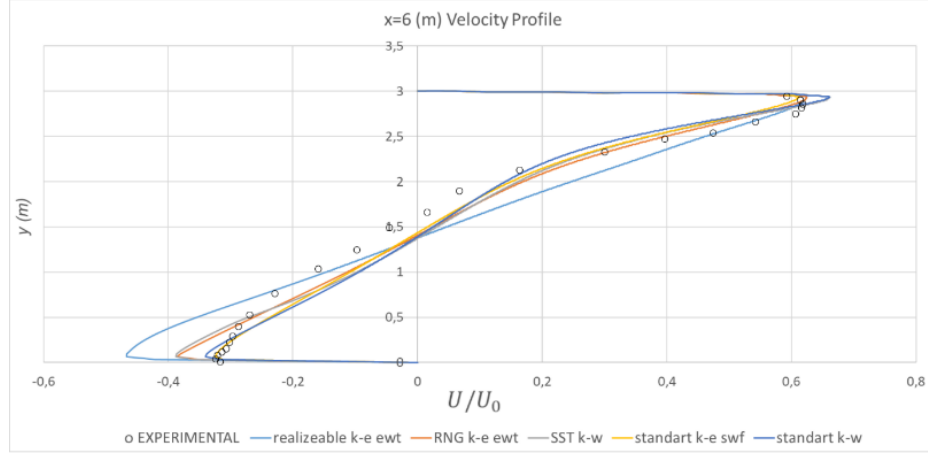
Sürekli rejimde yapılan analizde tüm duvarlar adyabatik olarak kabul edilmiştir. Sisteme hava sol üst köşedeki üfleme kanalından 0,455 m/s hızında girmekte ve sağ alt köşede yer alan emme menfezinden odayı terk etmektedir. Üfleme menfezinin yüksekliğine (H) göre tanımlanan Reynolds sayısının değeri 5000'dir. Geometrinin ölçüleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 2.14. Annex20 odası üzerinde oda ölçüleri ve sınır şartları



Şekil 2.15. $x=3$ m hız profili Nielsen [66] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması



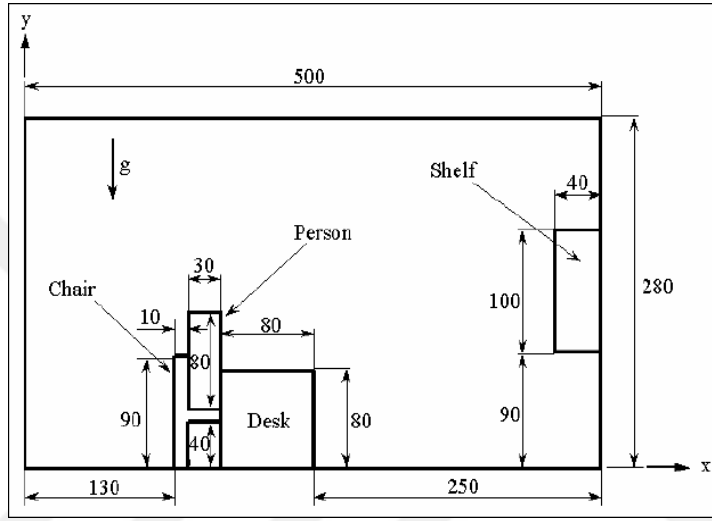
Şekil 2.16. $x=6$ m hız profili Nielsen [66] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması

Doğrulama çalışması kapsamında hız ve basınç için denklemler 5 türbülans modeli için ANSYS Fluent yazılımında SIMPLE algoritması kullanılarak çözdürülmüştür. $x=3$ m ve $x=6$ m'deki hız profilleri Şekil 2.15 ve 2.16'da deneysel sonuçlarla birlikte sunulmuştur. $x=3$ m'de $y=1$ m'den odanın tavanında doğru en uyumlu sonuçlar sırasıyla Standart k- ω , Standart k- ϵ ve RNG k- ϵ iken $y=1$ m'den oda tabanına doğru hız profilleri incelendiğinde en uyumlu sonuçlar sırasıyla Standart k- ϵ ve RNG k- ϵ türbülans modelleri olduğu görülürken diğer modeller deneysel sonuçlara zıt bir eğilim sergilemiştir. $x=6$ m'de ise tüm türbülans modelleri deneysel sonuçlarla uygun bir profil eğilimi yakalamıştır. Burada ise en uyumlu modellerin sırasıyla Standart k- ϵ ve Standart k- ω modelleri olduğu görülmektedir. İki hız profilini ortak olarak ele aldığımızda deneysel sonuçlarla en uyumlu türbülans modeli olan Standart k- ϵ modeli bu çalışma kapsamında yapılacak olan nümerik analizlerde kullanılacaktır.

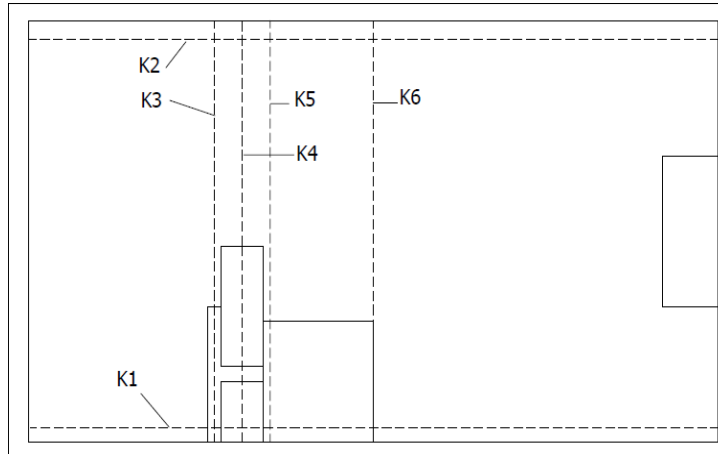
2.4.4.2. İkinci Karşılaştırma: Bir Ofis Odası İçindeki Hava Akışının Değişik Havalandırma Şartları Altında Sayısal Olarak İncelenmesi

Bu doğrulama çalışmasında Başkaya ve ark. yapmış oldukları sayısal analiz sonuçları incelenmiştir [33]. Başkaya ve ark. içerisinde bir insanın ve ofis mobilyalarının bulunduğu bir ofis odasındaki havanın akış karakterini farklı sınır şartları altında incelemişlerdir. İki farklı mevsim durumunda beş farklı giriş ve çıkış menfezleri için iki farklı hız (0,75, 0,50), iki farklı üfleme sıcaklığı (18, 27) ve iki farklı duvar sıcaklığı (10, 30) belirlemiştir. Bu oda koşulları altında altı durum incelenmiştir. Diğer oda

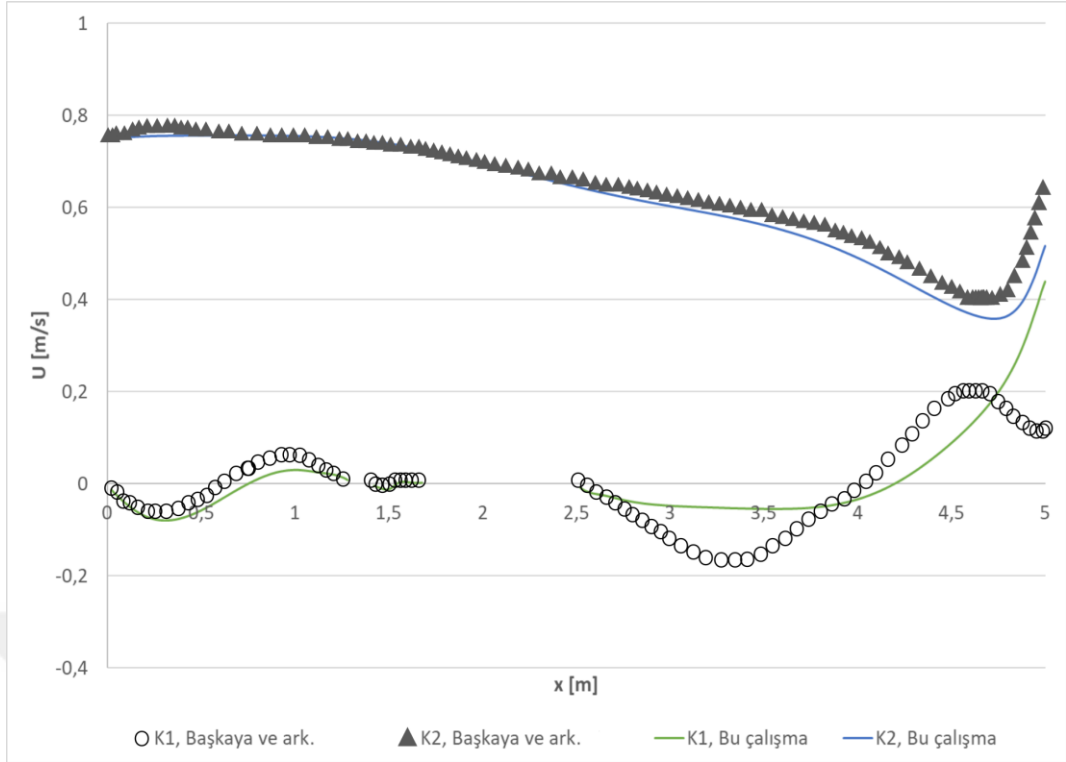
içerisinde bulunan ofis malzemeleri ve insan adyabatik olarak kabul edilmiş ve insan vücudunun dış yüzeyi için sıcaklık sabit 25,4°C kabul edilmiştir. Ayrıca pencere kapı gibi diğer şartlar dikkate alınmamıştır. Oda geometrisinin ölçüleri Şekil 2.17’de, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için 5 farklı çizgi atanmış ve bu çizgilerin konumları da Şekil 2.18’de verilmiştir. Doğrulama çalışması yaptığımız durum için hava odaya sol üst yan duvardan girmekte ve sağ üst ve sağ alt yan duvardan odayı terk etmektedir.



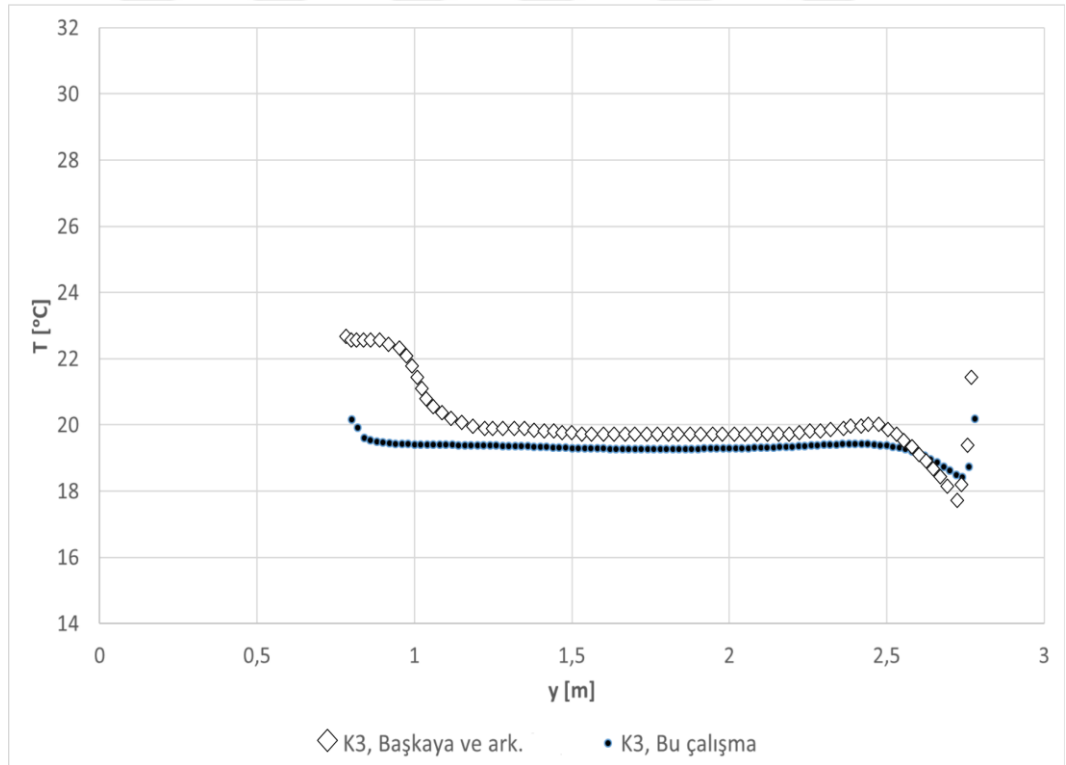
Şekil 2.17. Odası üzerinde oda ölçüleri (cm)



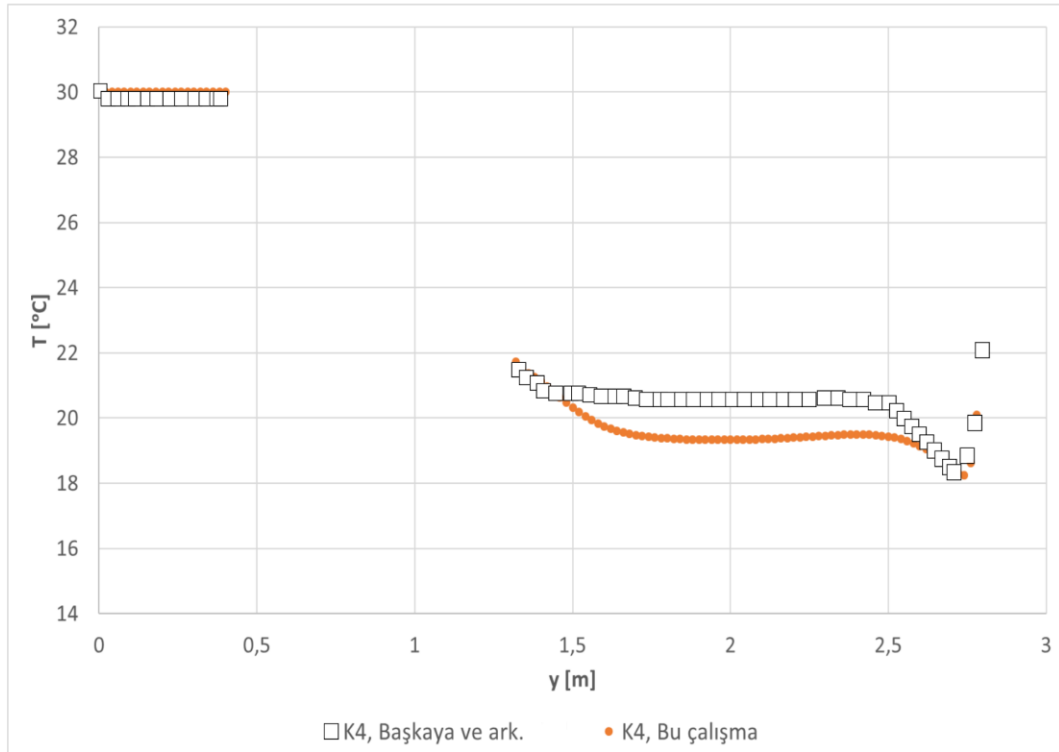
Şekil 2.18. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için belirlenen altı çizgi



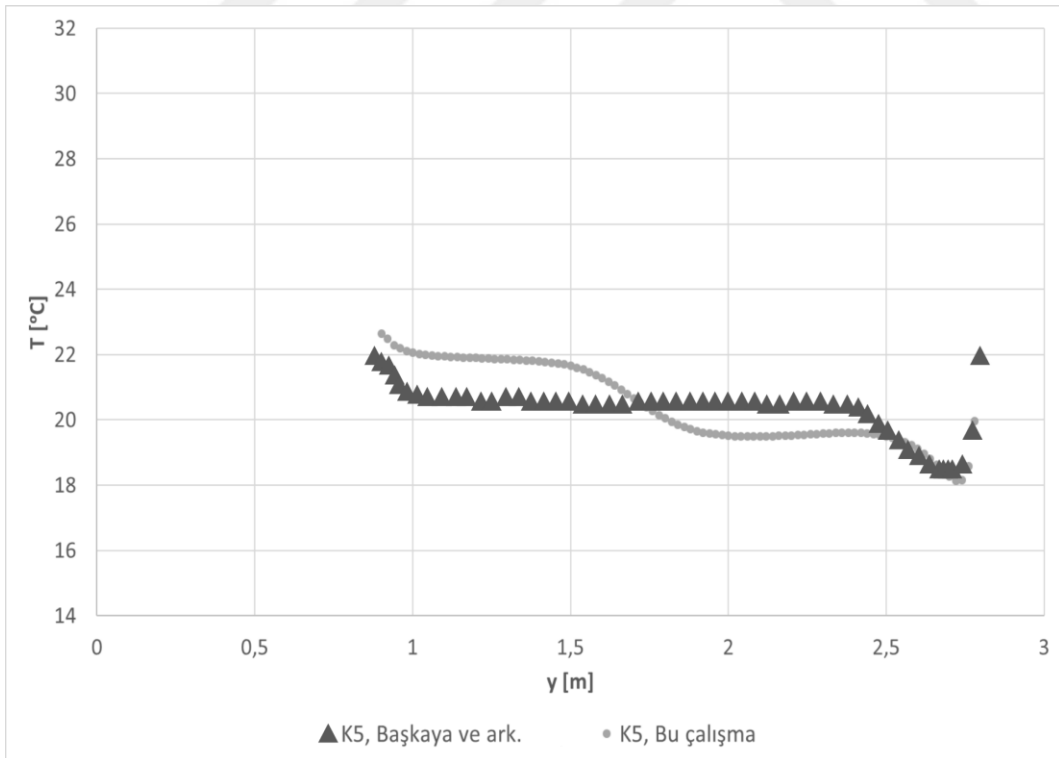
Şekil 2.19. K1 ve K2 doğrusu hız profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 2.20. K3 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 2.21. K4 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 2.22. K5 doğrusu sıcaklık profili Başkaya ve ark. [33] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması

Doğrulama Çalışması kapsamında hız ve sıcaklık profillerini elde etmek için ANSYS Fluent paket programında çözümleme yapılmıştır. Sayısal çalışmanın sonuçları elde edilen çalışma sonuçları 5 doğru (K1, K2, K3, K4 ve K5) kullanılarak karşılaştırılmıştır.

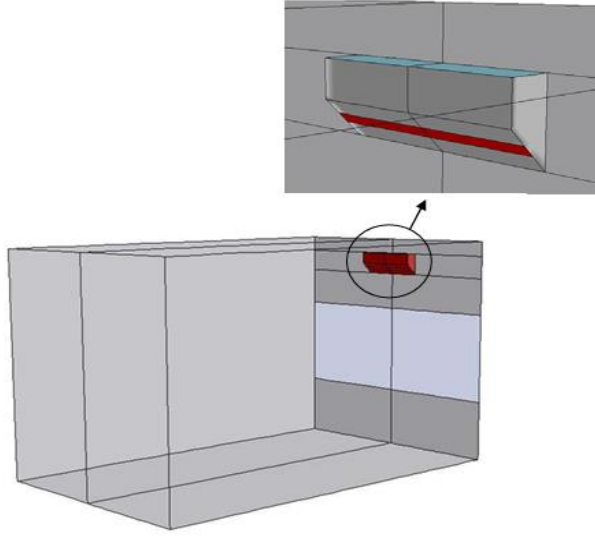
Şekil 2.19’da K1 ve K2 doğrusu için hız dağılımları incelenmiştir. Burada K1 doğrusu için $x=4.5m$ ’ye kadar büyük oranda uyum gösterirken $x=4.5m$ ’den sonra sonuçta bir sapma meydana gelmiştir. K2 doğrusu için ise elde edilen hız profili için büyük bir oranda sayısal çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir.

K3, K4 ve K5 doğruları sıcaklık profillerinin karşılaştırılması için kullanılmıştır. K3 doğrusu için Şekil 2.20 incelendiğinde 0,8m ile 1m arasında sıcaklık profilinin bir miktar farklılık gösterdiği ve bu aralıkta sıcaklık farkının ortalama $2^{\circ}C$ olduğu görülmektedir. 1m’den sonraki kısım için sıcaklık profilinin paralellik gösterdiği ve uyum içinde olduğu görülmektedir. K4 doğrusu için Şekil 2.21 incelendiğinde 0,4m’ye kadar sıcaklığın birebir uyumlu olduğu görülürken, 0,4m ile 1,35m arasında çalışmaya bağlı olarak herhangi bir sıcaklık profili elde edilmemiştir. 1,35m ile 2,5m arasında sıcaklık profili Başkaya ve arkadaşlarının çalışması ile paralellik göstermiştir ve yaklaşık $0,5^{\circ}C$ daha düşük bir sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. 2,5 ile 2,8m arasında sıcaklık profilinin birebir örtüştüğü ve sonuçların çok uyumlu olduğu görülmüştür. K5 doğrusu için Şekil 2.22 incelendiğinde 0,8m ile 1,7m arasında sıcaklık profili Başkaya ve arkadaşlarının çalışması ile paralellik göstermiştir ve yaklaşık $1^{\circ}C$ daha yüksek bir sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. 1,7m ile 2,5m arasında ise bir önceki duruma paralel bir sonuç elde edilmiştir fakat bu aralıkta Başkaya ve arkadaşlarının çalışmasından yaklaşık $0,5^{\circ}C$ daha düşük bir sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. 2,5 ile 2,8m arasında sıcaklık profilinin birebir örtüştüğü ve sonuçların çok uyumlu olduğu görülmüştür.

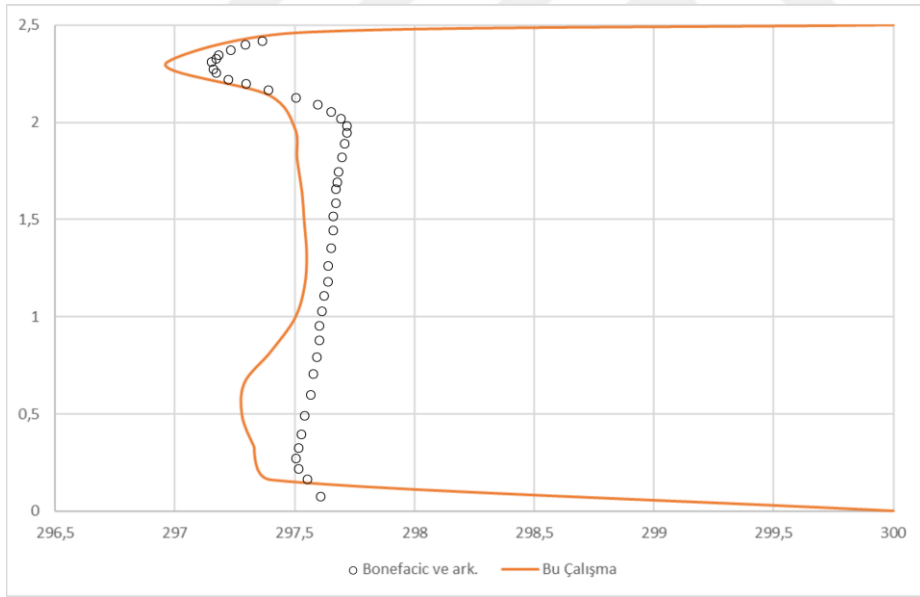
2.4.4.3. Üçüncü Karşılaştırma: Numerical Modelling Of Temperature And Air Flow Distribution In Enclosed Room

Bu çalışmada Bonefacic ve ark. üç boyutlu iki oda tasarlamışlar ve odaların tavan yükseklikleri farklı iki değer (2,5m, 3m) olarak belirlemişlerdir [32]. Bu şekilde oda yüksekliğinin termal konfora olan etkilerini incelemişlerdir. Yaz ve kış kliması olmak üzere iki durum belirlemişlerdir. Yaz durumunda klima üfleme hızı 2 m/s, üfleme sıcaklığı 293 K ve üfleme açısını 0 olarak, kış durumunda ise klima üfleme hızı 2 m/s, üfleme sıcaklığı 300 K ve üfleme açısını 45 belirlemişlerdir. Sonuçları incelemek için

de odanın tam ortasındaki dikey sıcaklık dağılımına bakmışlardır. Oda geometrisi ve klima tasarımı Şekil 2.23'te verilmiştir.



Şekil 2.23. Oda ve klima geometrisi



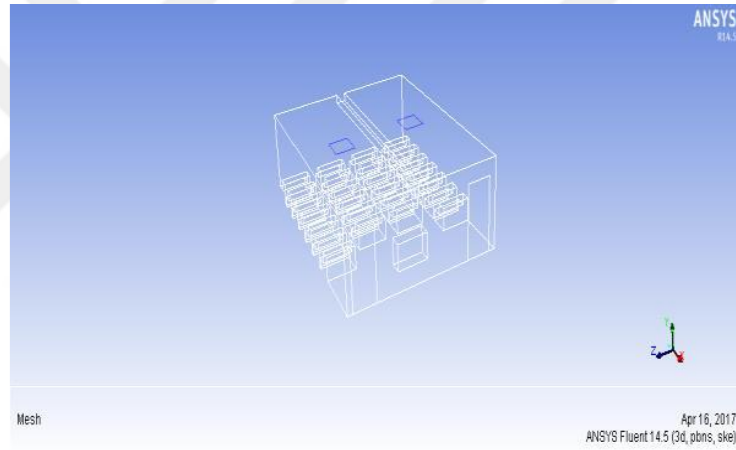
Şekil 2.24. Bonefacic ve ark [32] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması

Bonefacic ve ark. oda yüksekliği 2,5m iken analizleri yapmış ve dikey yönde odanın ortasından geçen doğru üzerindeki sıcaklık dağılımlarını vermiştir. Sayısal verilerin hesaplanmasında realizable k- ϵ model türbülans modeli kullanılmıştır. Şekil 2.24 sıcaklık dağılım grafiği incelendiğinde Bonefacic ve arkadaşlarının sonuçlarıyla belirli oranda uyumlu olduğu görülmüştür.

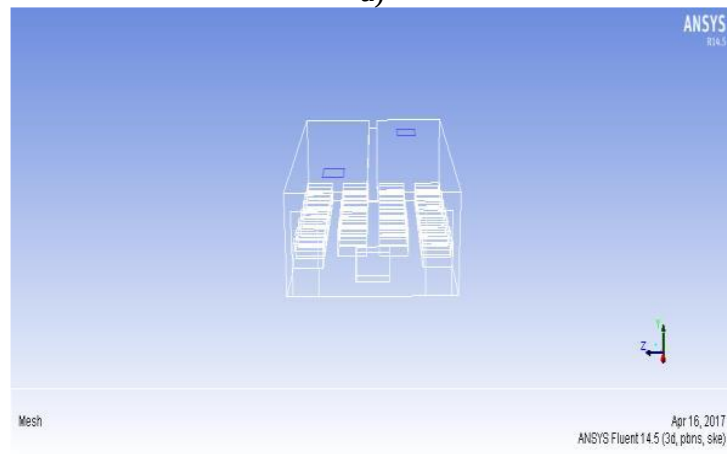
Hesaplama işlemlerinde klima soğuk hava üfleme ağızı “velocity inlet”, klima sıcak hava girişi “velocity outlet” ve bu iki sınır şartı dışında kalan alanlara (klimanın diğer yüzeyleri dâhil) “wall” sınır şartı girilmiştir. Çözümler zamandan bağımsızdır.

2.4.4.4. Dördüncü Karşılaştırma: Computational Fluid Dynamics Analysis of a Class Room for Effective Utilization of Position of Air Conditioning System

Bu çalışmada Mogra ve ark. [47], bir sınıfın tavandan iklimlendirme sistemi üzerinde bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonu gerçekleştirilmişler. Bunun için merkezi konum ve diyagonal konum olmak üzere iki farklı klima konumu belirlemişler ve Şekil 2.25’te verilmiştir. Merkezi olarak yerleştirilen ve diyagonal olarak önerilen iki model için analizler yürütmüşler ve hız grafiklerinin sonuçları karşılaştırmışlardır.



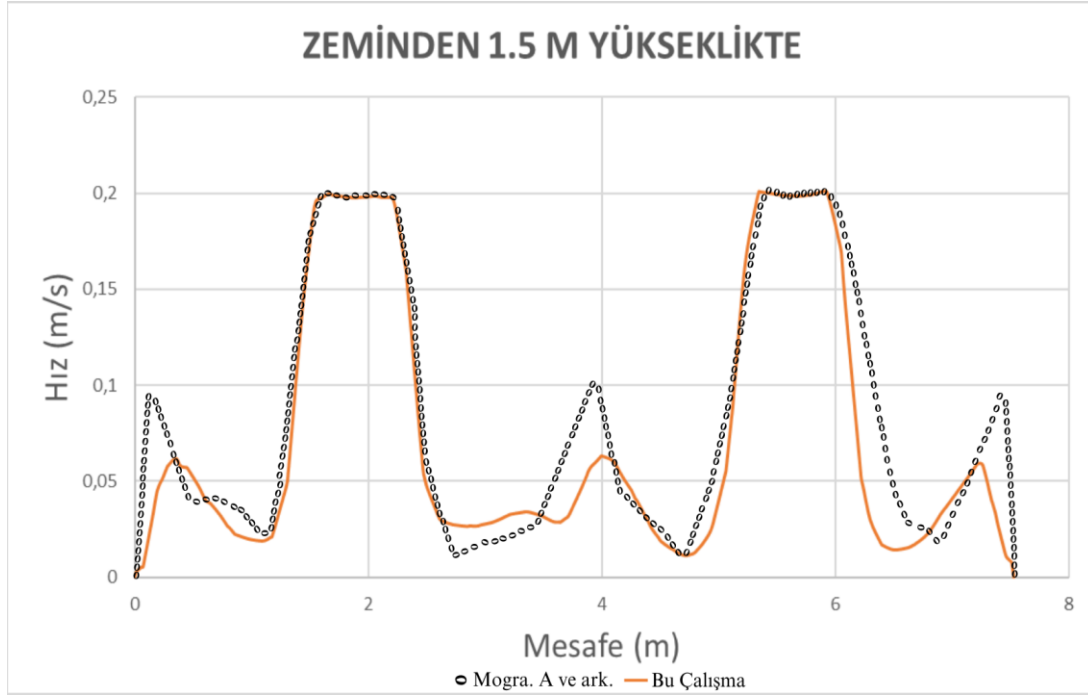
a)



b)

Şekil 2.25. Oda ve klima yerleşimi geometrisi a) Klimalar merkezi yerleşim b) Klimalar diyagonal yerleşim

Klimalar 0.2 m/s hız ile $V_x = V_i$, $V_y = 0$, $V_z = 0$ yönünde üflemeaktadır. Çıkıştaki basınç atmosferik basınca eşit olup ($P = P_{atm}$) yan duvarlar izotermal kabul edilmiş ($T = T_w$) ve tavan ve zeminde sabit ısı akısı verilmiştir ($\partial T / \partial y = 0$).



Şekil 2.26. Mogra ve ark [47] ve bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 2.26 Klimaların merkezde olduğu durum için hız dağılım grafiği incelendiğinde Mogra ve ark. sonuçları ve yaptığımız doğrulama çalışmasının sonuçlarının büyük oranda uyumlu olduğu görülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada sabit bir bilgisayar oda geometrisi içerisinde tek duvar tipi klima ile soğutma işlemi yapılmıştır. Sabit klima üfleme hızı ve sıcaklığında üç farklı klima üfleme ağız geometrisi ve üç farklı oda yerleşim düzeni kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Klima ağız geometrisinde yapılan iyileştirmeler, mevcut durum ile karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiklere dökülmüştür. Ayrıca Model 2, Model 3, Model 4 ve Model 5’de görüleceği üzere klima üfleme yüzeylerinin kesit oranları değiştirilerek farklı debiler elde edilerek ısı konfor üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarını inceleyebilmek için dokuz farklı sanal düzlem oluşturulmuştur. Bunlar $x=3.5m$, $7m$ ve $10.5m$, $y=0.7m$, $1.2m$ ve $1.7m$ ve $z=1.5m$, $3m$ ve $4m$ ’dir. Ayrıca PMV, PPD ve PD ısı konfor sonuçlarını inceleyebilmek için oda içerisindeki insan figürleri oturur pozisyonda kabul edilmiş ve bu nedenle baş mesafesine denk gelen $y=1.2m$ sanal düzlemi kullanılmıştır.

3.1 Çalışmada Kullanılan Fiziksel Büyüklükler ve Geometrik Ölçüler

Çalışma geometrisi için Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Odası ($14m \times 3m \times 6m$) (Şekil 3.1) referans alınarak bire bir oda modellemesi yapılmıştır.



Şekil 3.1. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Odası

Bütün analizlerde hava sıcaklığı sabit 27,6 °C, klima üfleme hızı 6 m/s ve üfleme sıcaklığı 18 °C olarak kabul edilmiştir. Klima çıkış alanında basınç atmosfer basıncına eşit ($P_c = P_{atm} = 1 atm$) kabul edilmiştir. Bilgisayar monitörü için ısı akısı 46,9 W/m² ve sıcaklık 35 °C ve bilgisayar kasası için 85,5 W/m² ve sıcaklık 45 °C kabul edilmiştir. Çalışma boyunca kullanılan insan figürü için de ısı akısı 55 W/m² ve sıcaklık 32 °C olarak alınmıştır. Duvarlar, kapılar, pencereler ve masalar kaymazlık sınır şartı kabul edilmiş ve bu yüzeylerde hız bileşenleri ($u=0, v=0, w=0$) sıfır olarak kabul edilmiştir.

Çalışma kapsamında detaylı incelemesi yapılan 20 adet durumun analiz matrisi aşağıdaki Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.



Çizelge 3.1. Bu çalışma kapsamında yapılan analiz matrisi

Durum No	Klima Model No	Klima Konumu	Bilgisayar Odası Yerleşimi	Üfleme Hız Oranı	Üfleme Kesit Alan Oranı	Hız Bileşenleri			Üfleme Açısı (YZ Düzlemi)	Üfleme Açısı (XZ Düzlemi)	Üfleme Hız
						Sağ	Orta	Sol			
I	Model-1	Orta Duvar	Sadece Oda	-	-	x=0 y=-1 z=5			75°	-	V=6 m/s
II	Model-1	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=-1 z=5			75°	-	V=6 m/s
III	Model-1	Sol Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=-1 z=5			75°	-	V=6 m/s
IV	Model-1	Sağ Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=-1 z=5			75°	-	V=6 m/s
V	Model-1	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=0 z=1			90°	-	V=6 m/s
VI	Model-1	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=-1 z=2			60°	-	V=6 m/s
VII	Model-1	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=0 y=-1 z=1			45°	-	V=6 m/s
VIII	Model-2	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-5 y=-1 z=5	-	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-5 y=-1 z=5		x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5		x=5 y=-1 z=5			
IX	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	$V_A/V_C = 1$ $V_B/V_C = 1$	$A_A/A_C = 1$ $A_B/A_C = 1$	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
X	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-11 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=11 y=-1 z=5	75°	82,5°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-11 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=11 y=-1 z=5			
						x=-11 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=11 y=-1 z=5			
XI	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-3 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=3 y=-1 z=5	75°	67,5°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-3 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=3 y=-1 z=5			
						x=-3 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=3 y=-1 z=5			
XII	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-2 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=2 y=-1 z=5	75°	60°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-2 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=2 y=-1 z=5			
						x=-2 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=2 y=-1 z=5			
XIII	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-1.4 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1.4 y=-1 z=5	75°	52,5°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-1.4 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1.4 y=-1 z=5			
						x=-1.4 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1.4 y=-1 z=5			
XIV	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	-	x=-1 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1 y=-1 z=5	75°	45°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-1 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1 y=-1 z=5			
						x=-1 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=1 y=-1 z=5			
XV	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	$A_A/A_C = 1,5$ $A_B/A_C = 1,5$	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
XVI	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	$A_A/A_C = 2$ $A_B/A_C = 2$	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
XVII	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	-	$A_A/A_C = 2,5$ $A_B/A_C = 2,5$	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6 m/s Vo=6 m/s Vsağ=6 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
XVIII	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	$V_A/V_C = 1,5$ $V_B/V_C = 1,5$	-	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=6,75 m/s Vo=4,5 m/s Vsağ=6,75 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
XIX	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	$V_A/V_C = 2$ $V_B/V_C = 2$	-	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=7,2 m/s Vo=3,6 m/s Vsağ=7,2 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
XX	Model-3	Orta Duvar	Nesneler ve insan figürü dâhil	$V_A/V_C = 2,5$ $V_B/V_C = 2,5$	-	x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5	75°	75°	Vsol=7,5 m/s Vo=3 m/s Vsağ=7,5 m/s
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			
						x=-5 y=-1 z=5	x=0 y=-1 z=5	x=5 y=-1 z=5			

3.2. Hava Akışı, Sıcaklık ve Isıl Konfor Parametrelerinin Analizi

Bu bölümde farklı klima konumları, klima üfleme ağız geometrileri ve debiler için oda içerisindeki akış yapısı, sıcaklıkları, PMV, PPD ve PD değerleri incelenmiş ve değişken parametrelerin ısı transferi üzerindeki etkileri yorumlanmaya çalışılmıştır.

3.2.1. Mevcut Klima Ağız Modeli (Model-1) Kullanılarak Boş Oda ile Nesne ve İnsan Figürü Dâhil Halinin Analizi

Durum I ve II numaralı çalışmalarda Model-1 klima ağız geometrisi (mevcut) kullanılarak odanın boş hali ile nesne ve insan figürünün dâhil olduğu halinin analizleri gerçekleştirilmiştir.

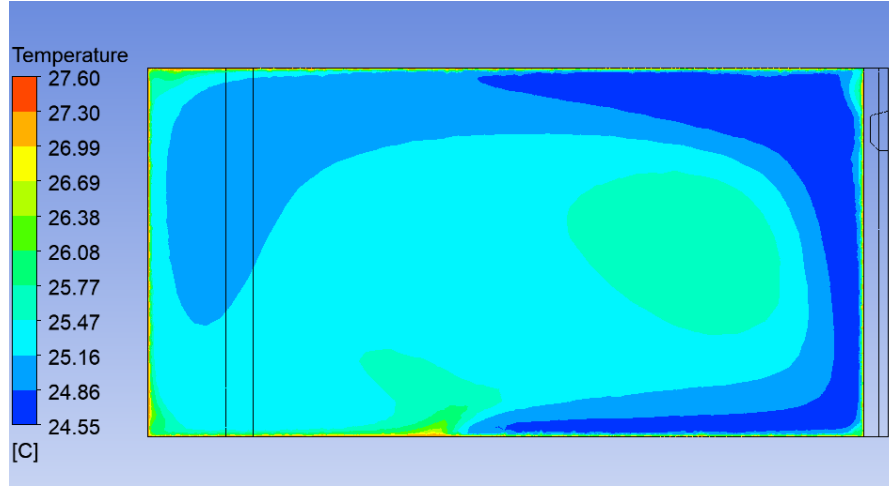
3.2.1.1. Mevcut Klima Ağız Modeli (Model-1) Kullanılarak Boş Oda'nın Analizi (Durum-I)

Bir numaralı çalışmada Model-1 klima ağız geometrisi (mevcut) kullanılmış ve odanın mevcut durumunun boş hali için analiz gerçekleştirilmiştir.

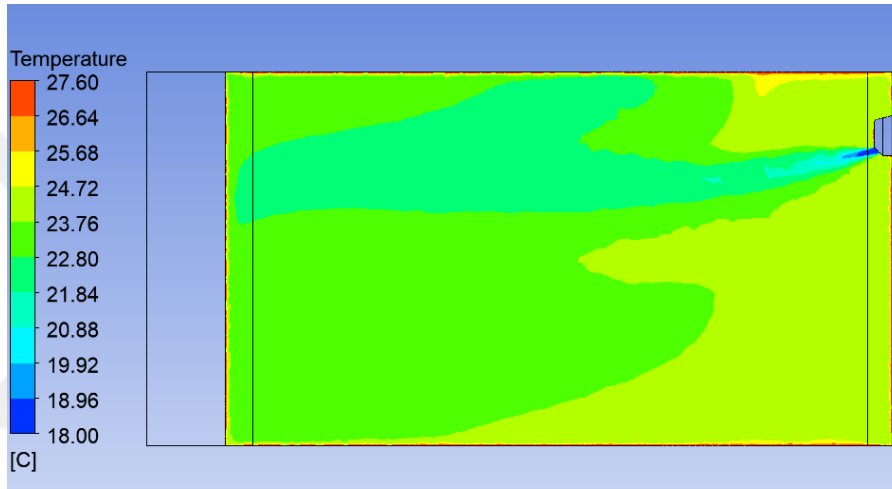
Analizler sonucunda bilgisayar odasındaki ortalama sıcaklık $24,89^{\circ}\text{C}$ olup bu değer $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzleminde $24,93^{\circ}\text{C}$ olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de x, y ve z düzlemlerindeki sıcaklık dağılımları incelendiğinde klimanın mevcut durumu, boş bir bilgisayar odasının sadece orta kısmına etki ettiği ve buna bağlı olarak odadaki soğutma işleminin bu bölgede yoğun olduğu görülmüştür. Bu şekilde oda üç sıcaklık katmanına ayrılmıştır. Bu katmanlar arasında 3°C 'nin üstünde sıcaklık farkı oluşmuş ve bundan dolayı oda içerisinde cereyan etkisinin meydana gelebileceği ön görülmüştür.

Şekil 3.5 grafiği incelediğinde, hız vektörlerinin tavana paralel olarak hareket ettiği ve karşı duvara çarparak duvar yüzeyinden oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Karşı duvardaki kolonlar, derinliğinin fazla olması sebebiyle oda içerisindeki havanın yayılımını etkileyerek yönlendirici görevi görmüştür. Oda genelinde havanın ortalama hızı $0,5\text{ m/s}$, $y=1,2\text{m}$ düzleminde ise $0,2\text{ m/s}$ olarak tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değeri aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor üst sınır değeri olan $0,25\text{ m/s}$ 'ye yakın olduğu görülmüştür.

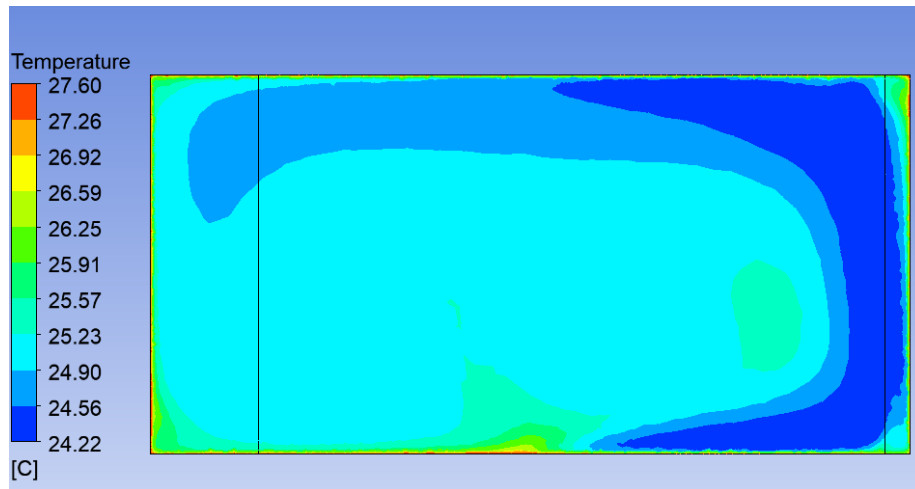
Şekil 3.6 ısı konfor parametreleri incelediğinde, $y=1,2\text{m}$ düzleminde ortalama PMV değeri $0,41$ olup ASHRAE ısı duyarlılık ölçeğine göre nötr ve ılık değerleri aralığındadır. PMV değeri odanın orta bölümünde $-0,64$ ile $-0,17$ değer aralığında iken odanın kenar duvarlarına doğru ilerledikçe $1,72$ 'ye (ılık-sıcak) kadar yükseldiği görülmektedir. Ayrıca PPD değerine bakıldığında hava akış hızının yüksek olduğu yerlerde yüzde memnuniyetsizliğin arttığı ve bu bölgenin PMV değerine göre ısı konfor açısından daha uygun alanlara denk geldiği görülmektedir.



a)

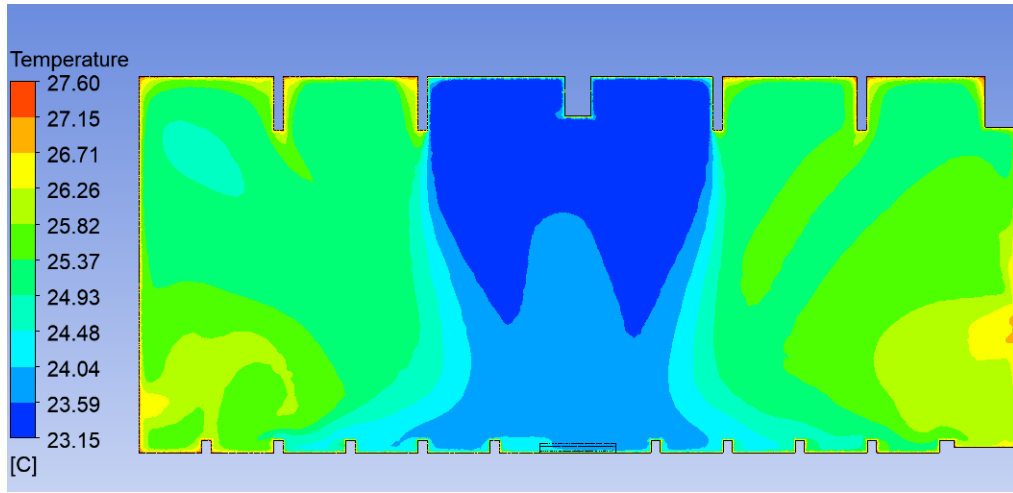


b)

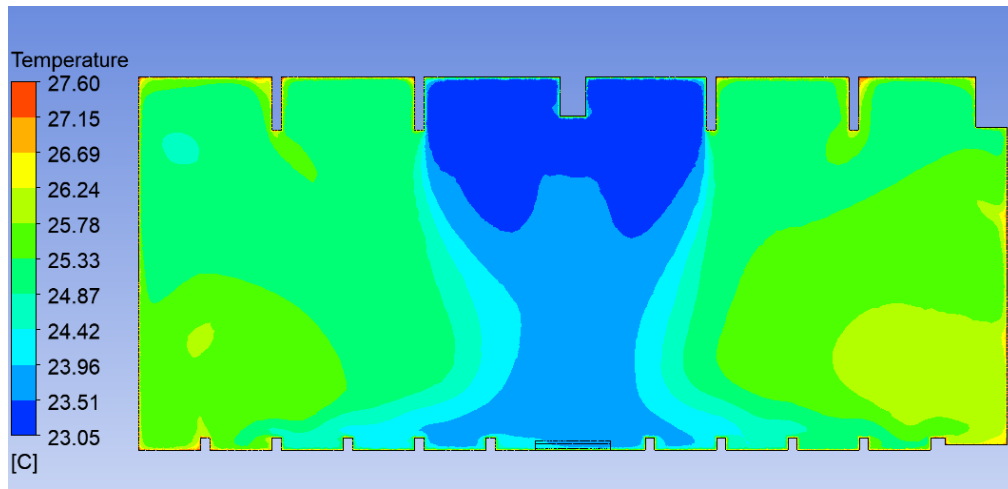


c)

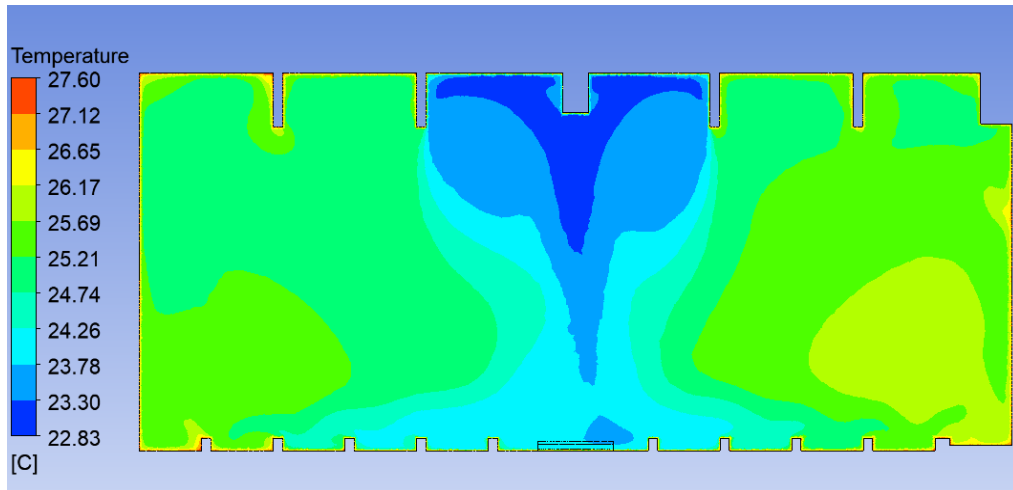
Şekil 3.2. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

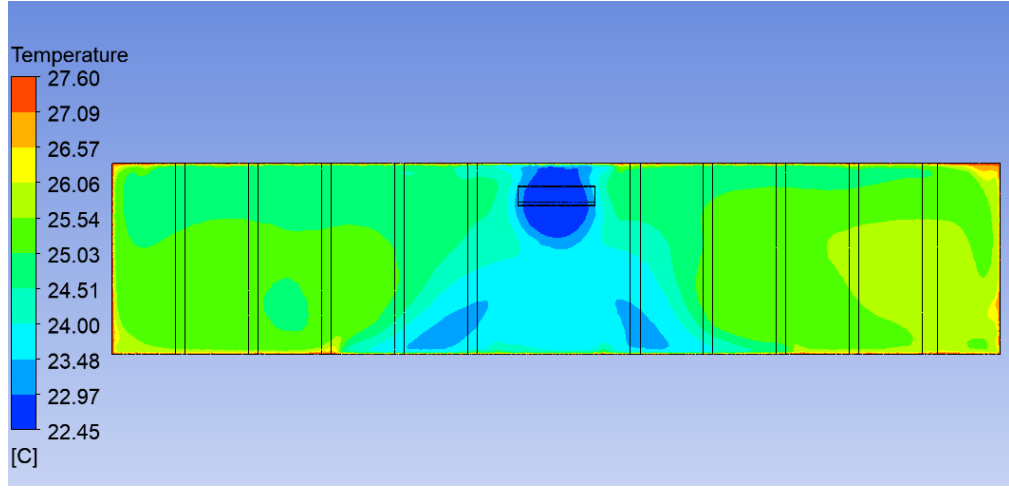


b)

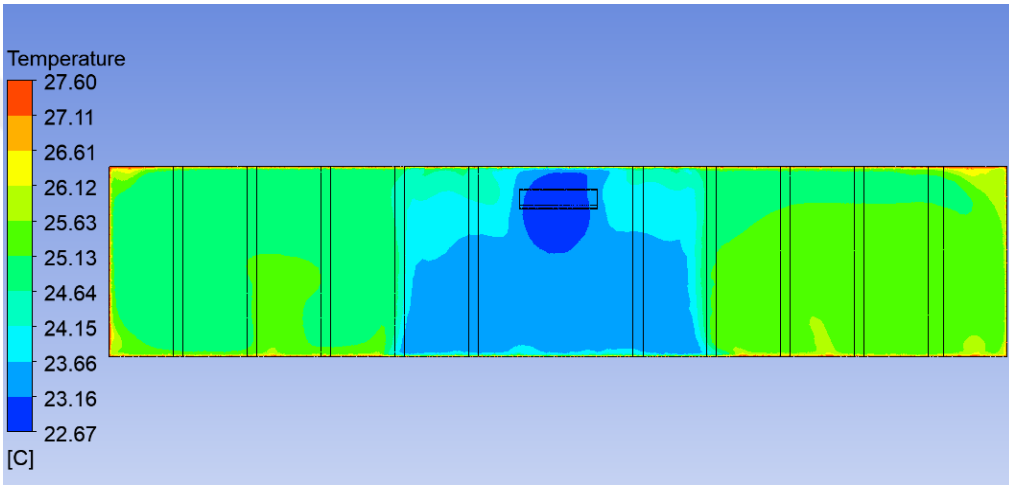


c)

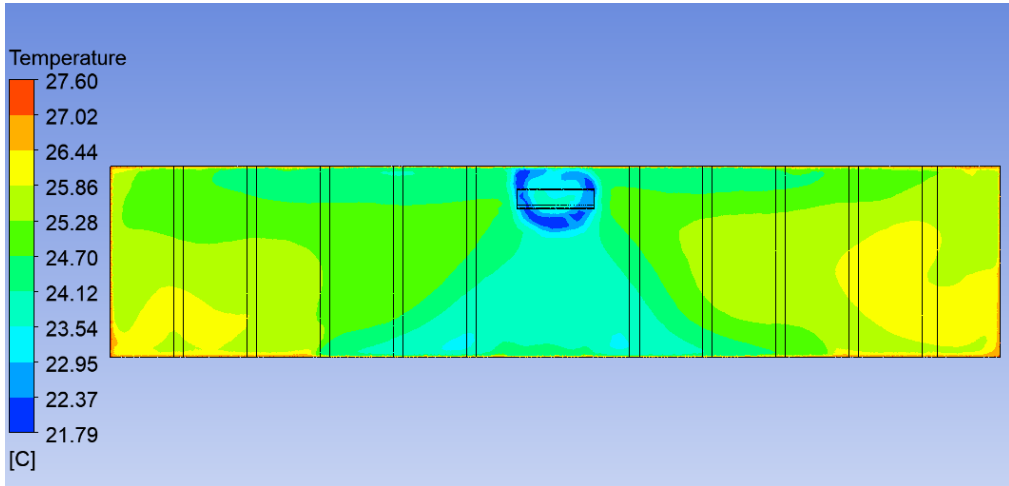
Şekil 3.3. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

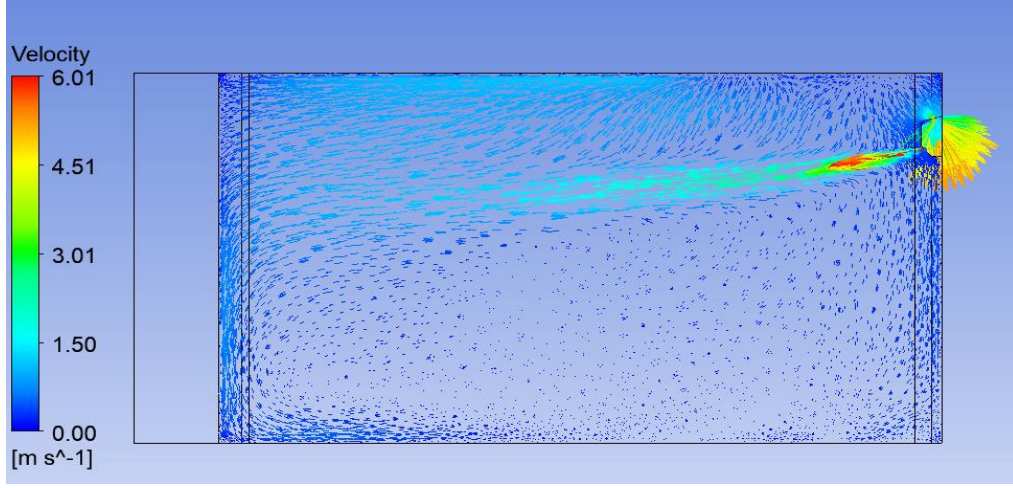


b)

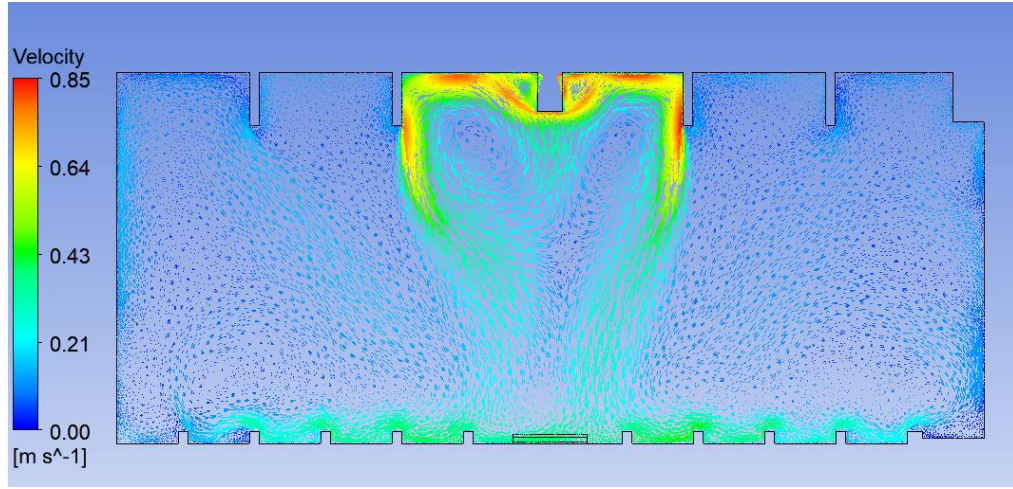


c)

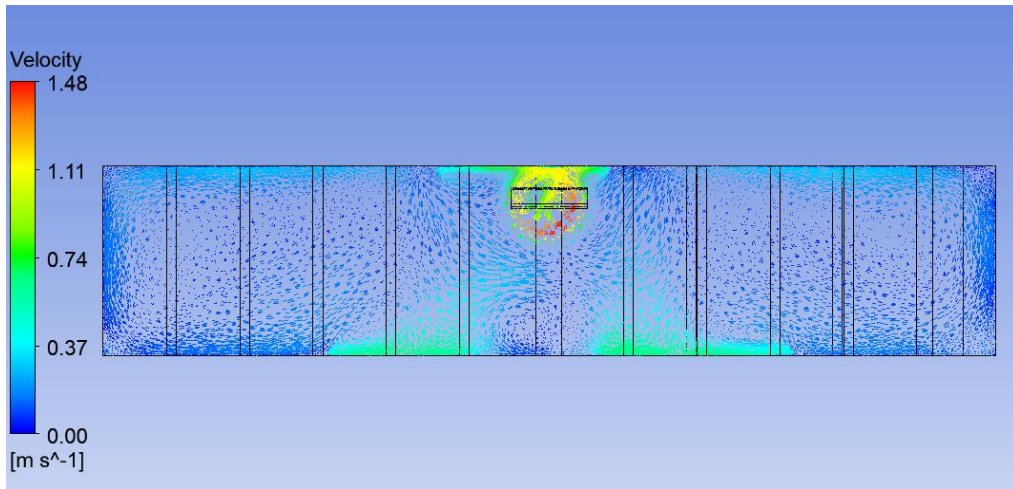
Şekil 3.4. Durum-I sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

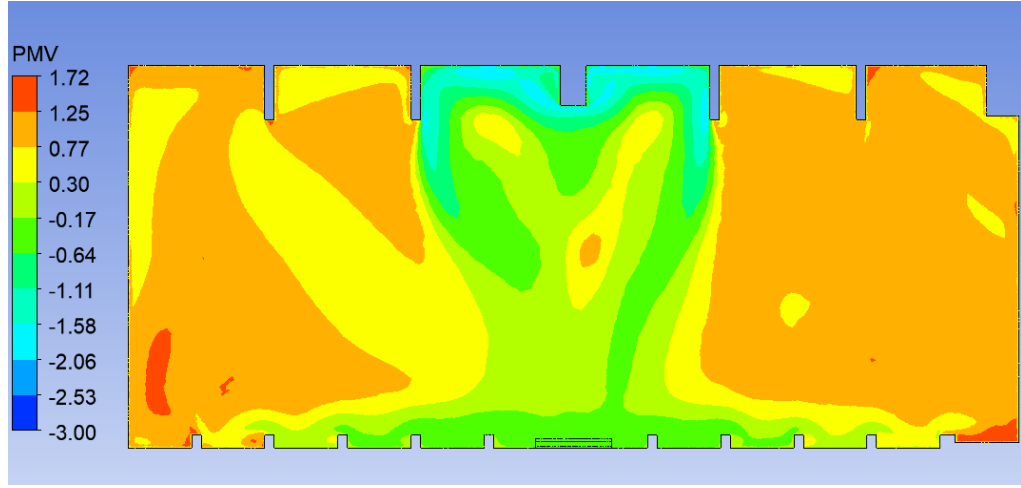


b)

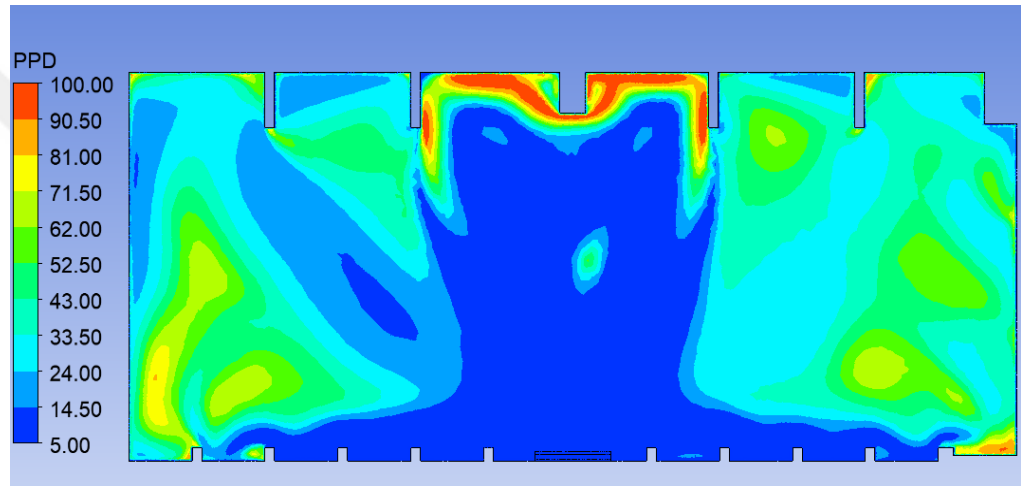


c)

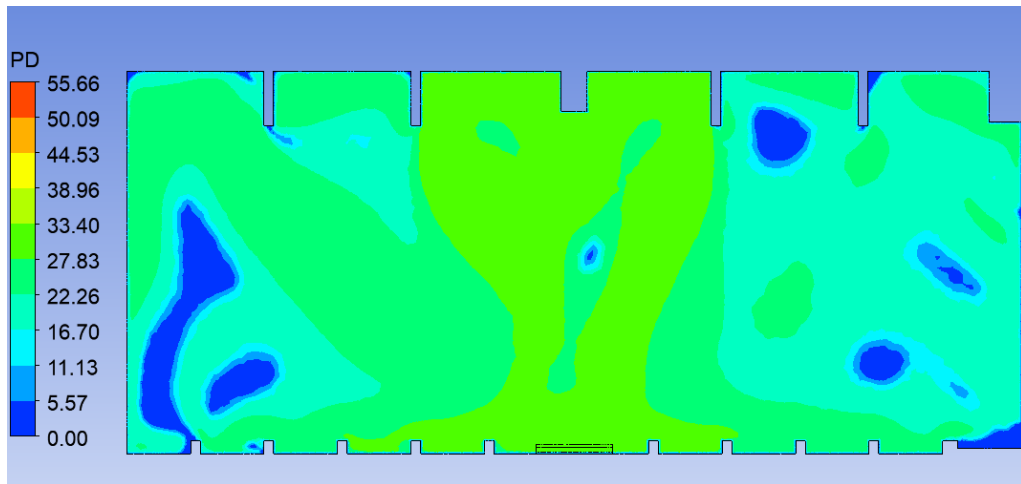
Şekil 3.5. Durum-I hız vektörü dağılımı a) x=7m düzlemi b) y=1,2m düzlemi c) z=3m düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.6. Durum-I ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

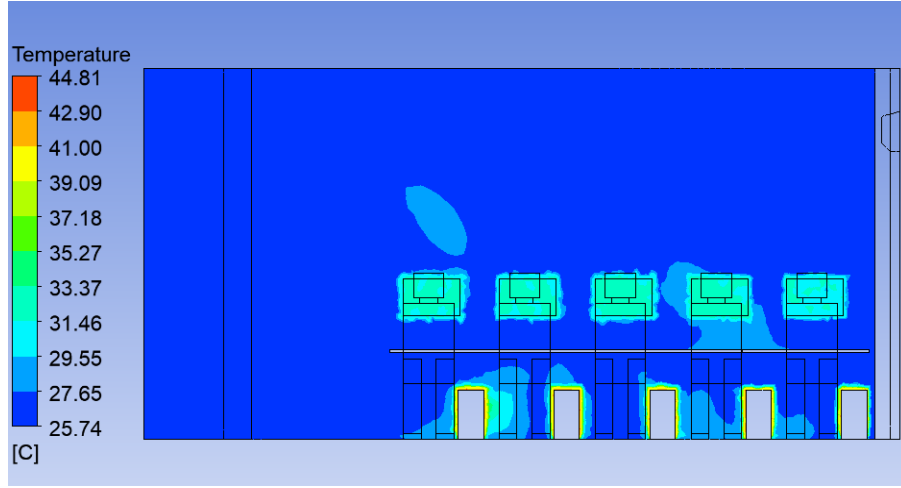
3.2.1.2. Mevcut Klima Ağız Modeli (Model-1) Kullanılarak Nesne ve İnsan Figürü Dâhil Analizi (Durum-II)

Bu bölümde mevcut oda düzeni (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisi ile birlikte incelenmiştir. Bu analiz kapsamında nesnelerin ve insan figürünün oda içerisindeki hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkilerine değinilmiştir.

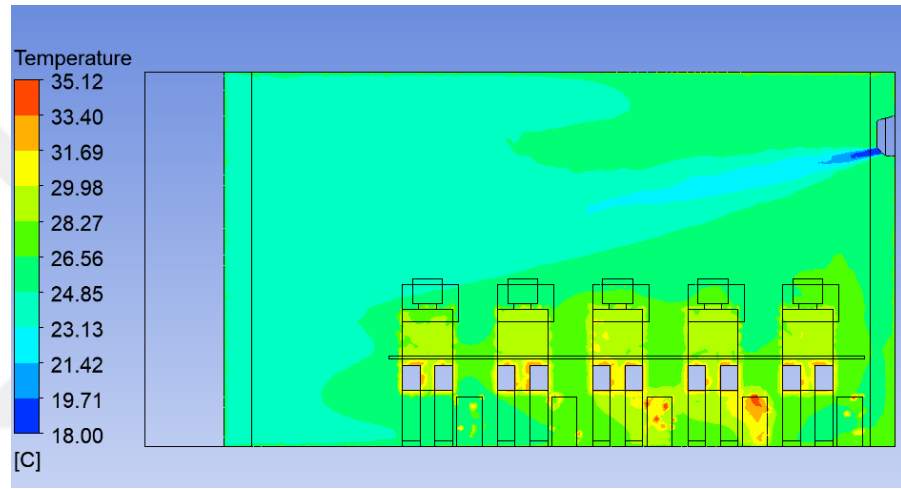
Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, oda genelindeki ortalama sıcaklık değeri $26,67^{\circ}\text{C}$ ve $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık değeri $27,04^{\circ}\text{C}$ olarak elde edilmiştir. Klima çalışır durumda iken bilgisayar bileşenlerinin ve insan figürünün ortamda bulunması ortam sıcaklığını yaklaşık $1,8^{\circ}\text{C}$ arttırdığı tespit edilmiştir.

Şekil 3.10 hız vektörleri grafiği incelendiğinde, kolonlara ilave olarak oda içerisindeki nesneler ve insan figürleri hava akışını önemli derecede etkilemiş ve soğuk havanın genel olarak odanın orta kesimde kalmasına neden olmuştur. Odanın sağ ve sol duvarına doğru ilerlediğinde, sıcaklığın arttığı gözlenmiştir. Sol duvara yakın bölümde, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü sayısının sağ duvara yakın olan bölüme göre daha fazla olması nedeniyle sıcaklık bu alanda daha yüksek tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri $0,37\text{ m/s}$, $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama hız değeri $0,13\text{ m/s}$ olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

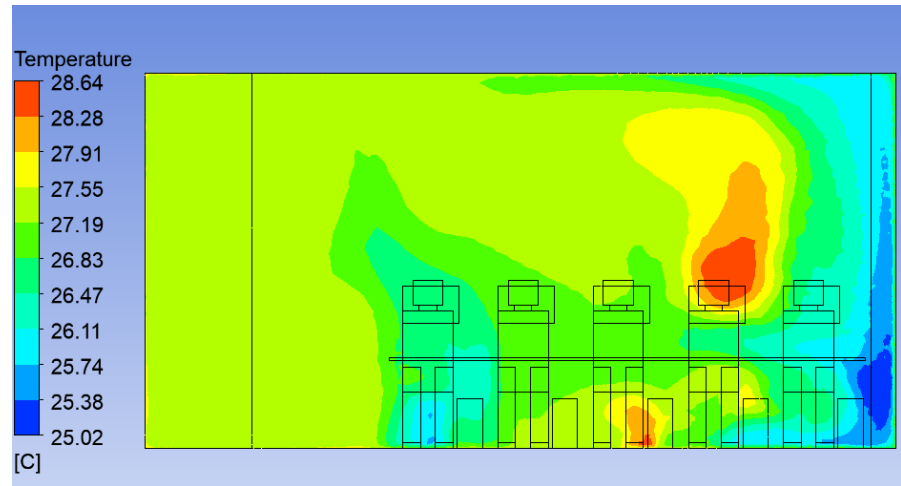
Şekil 3.11 ısı konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve $y=1.2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla $0,74$ (nötr-ılık) ve $1,1$ (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Odanın orta bölümünde bu değer 0 (nötr) bandında gezerken sol ve sağ kenara doğru ilerledikçe $2,18$ (sıcak-çok sıcak) değerine çıktığı görülmüştür. Bu alanlarda konforsuzluk oranının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca hava sirkülasyonun orta bölümde daha yoğun olması nedeniyle ısı transferi bu bölümde daha fazla olup buna bağlı olarak da yüzde memnuniyetsizlik oranı odanın sağ ve sol bölümlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında ortalama yüzde memnuniyetsizlik oda genelinde 13.46 ve $y=1.2\text{m}$ düzleminde ise 11.23 olmuştur.



a)

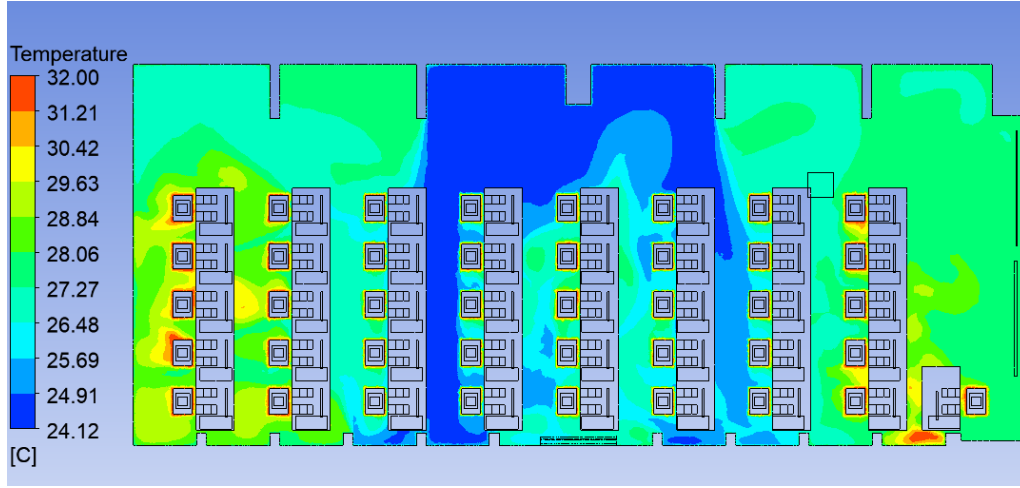


b)

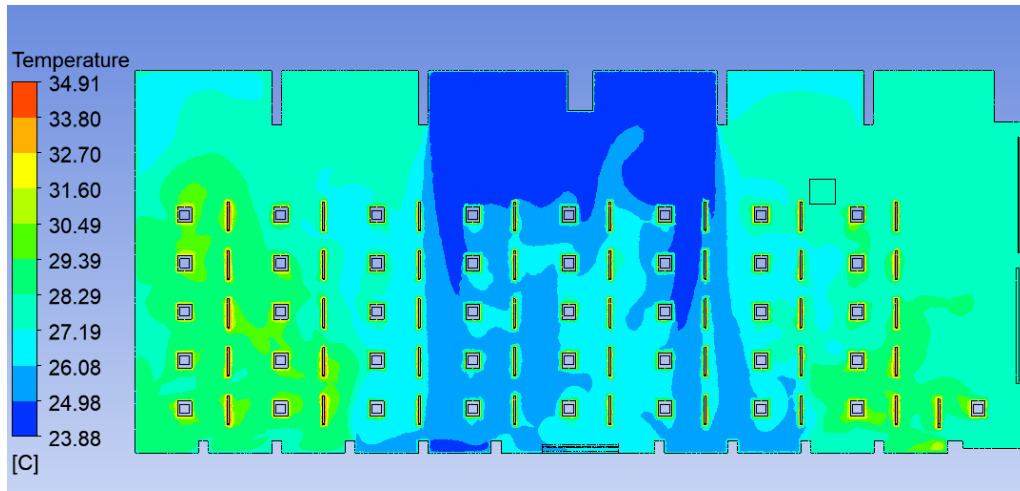


c)

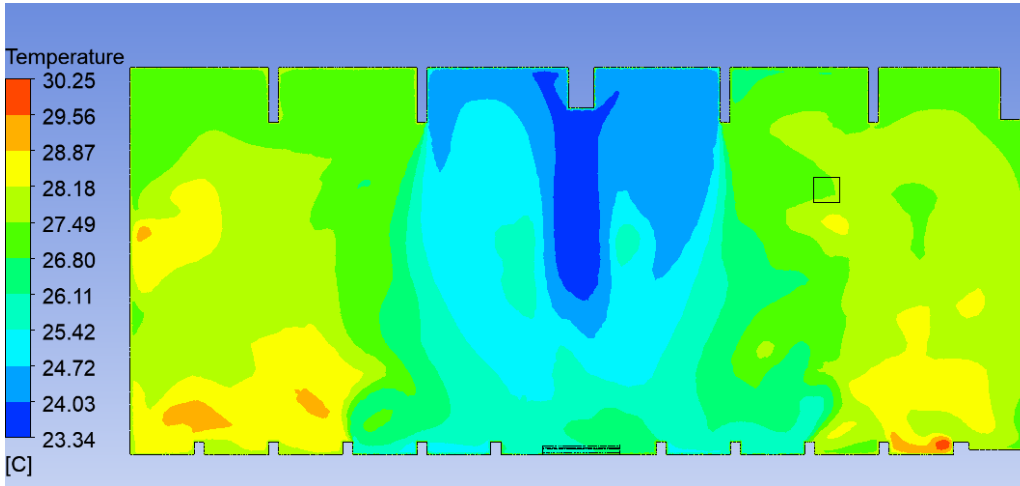
Şekil 3.7. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

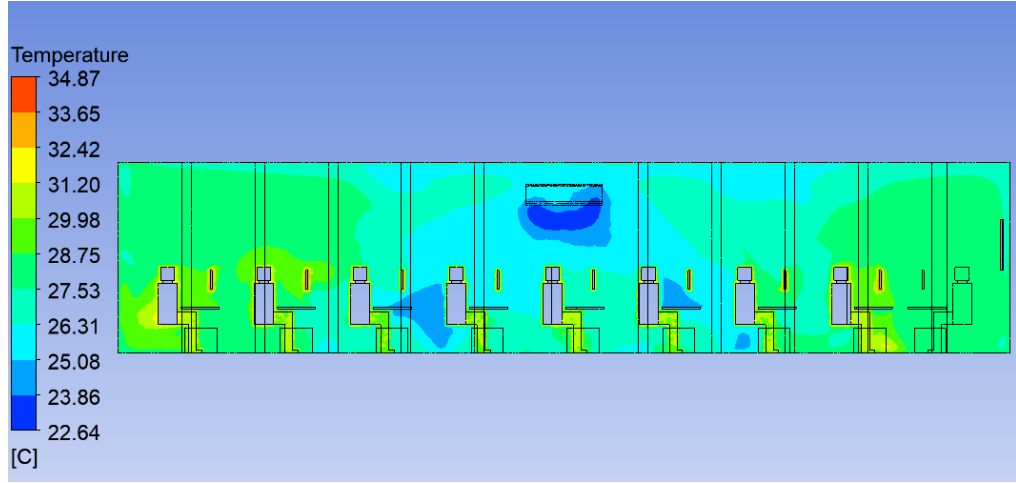


b)

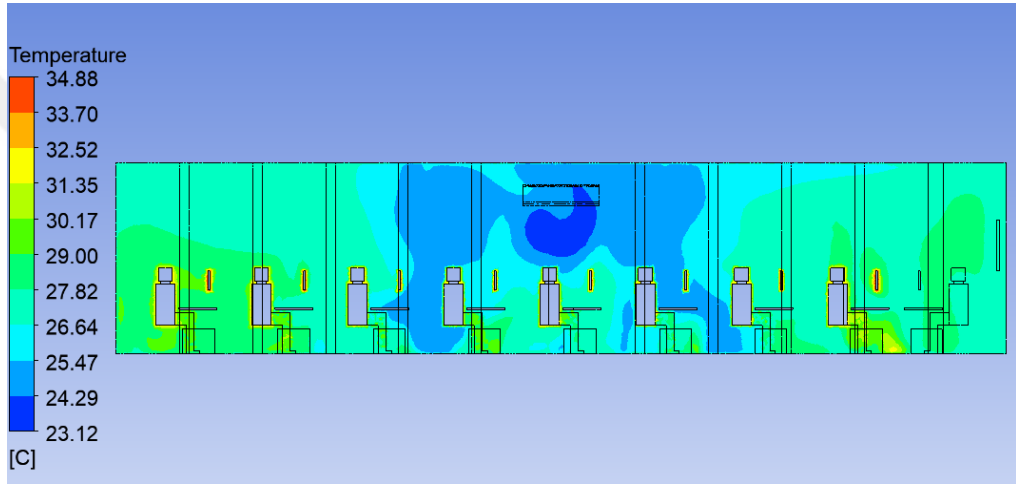


c)

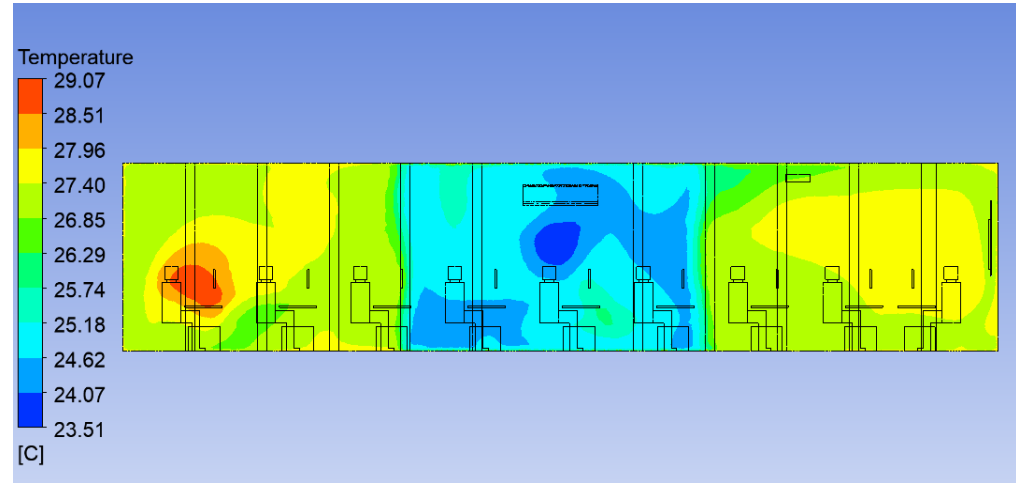
Şekil 3.8. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

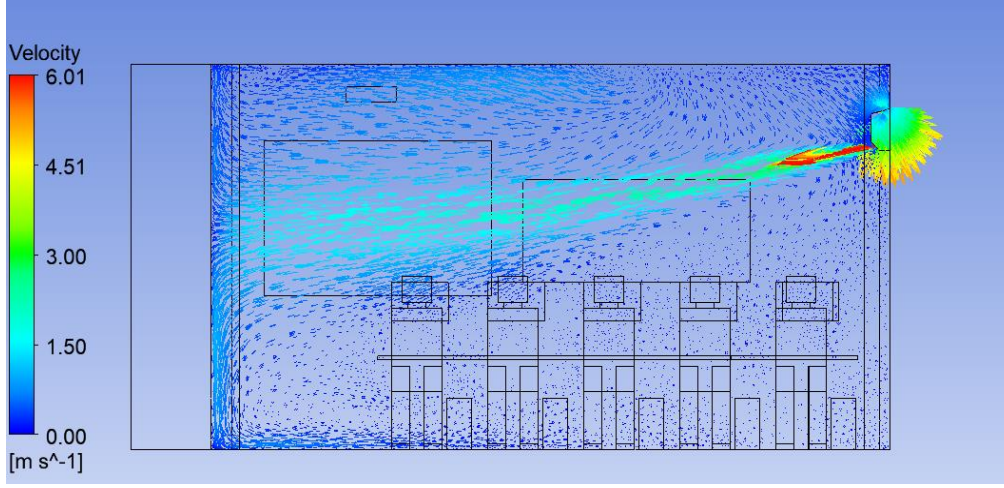


b)

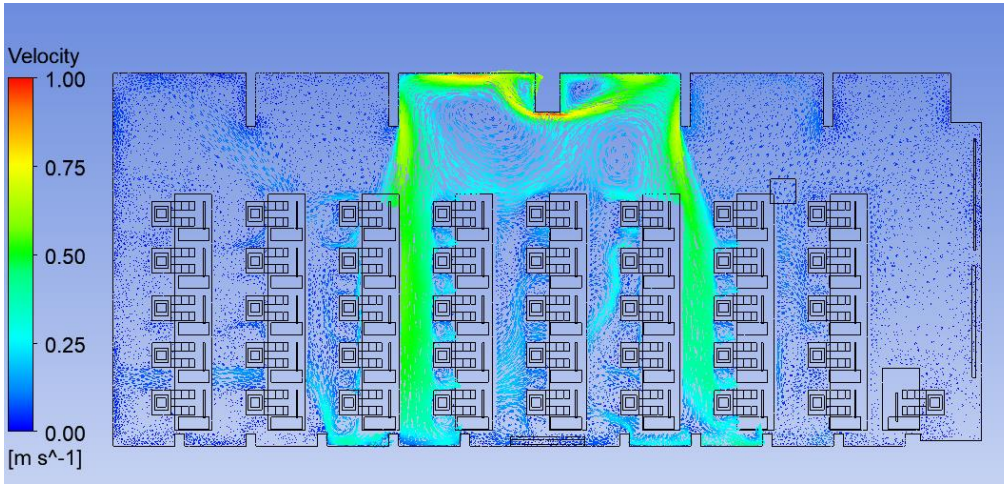


c)

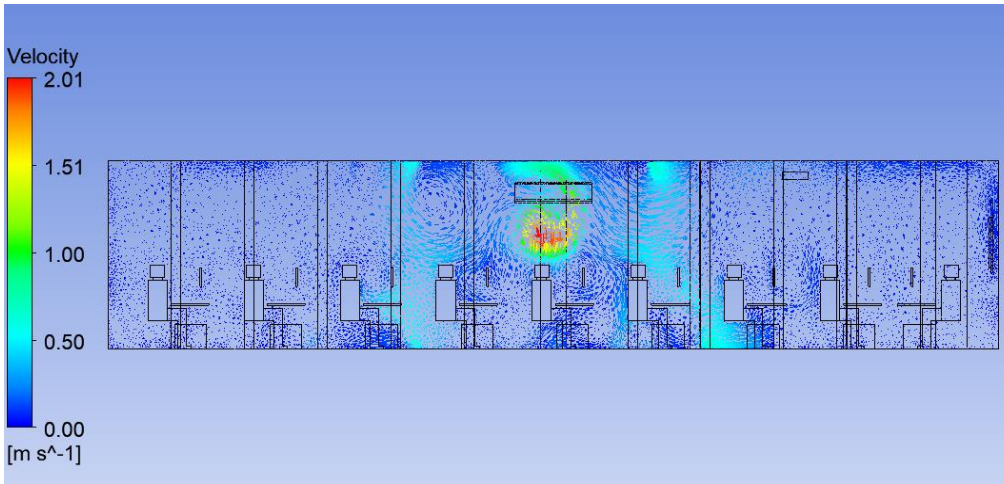
Şekil 3.9. Durum-II sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

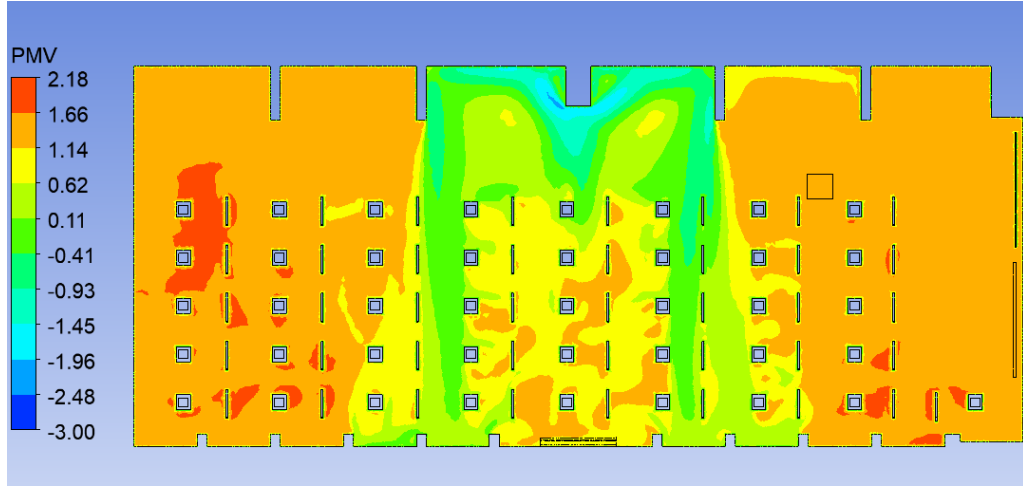


b)

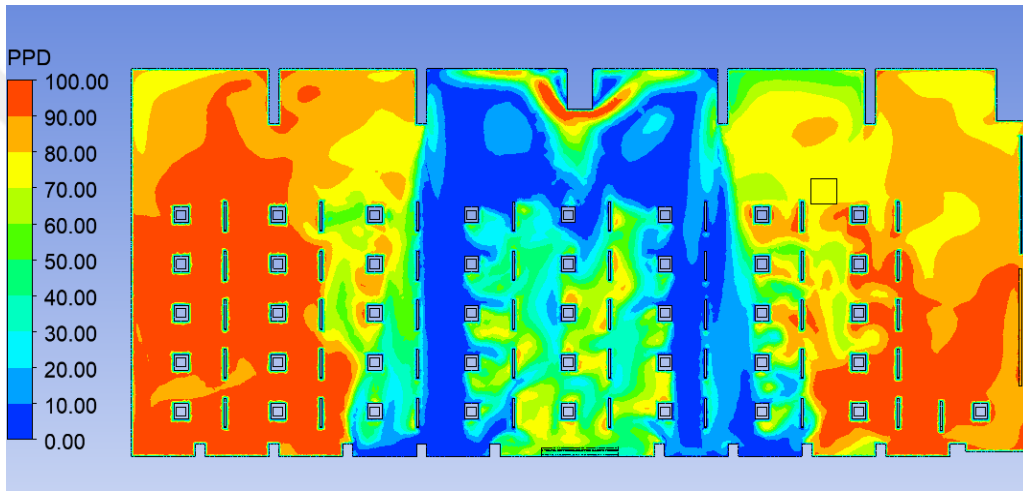


c)

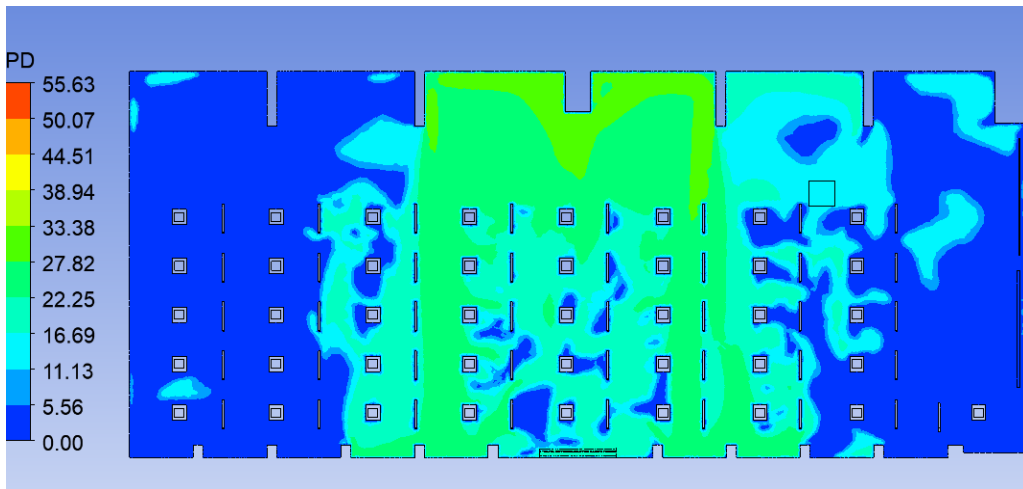
Şekil 3.10. Durum-II hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



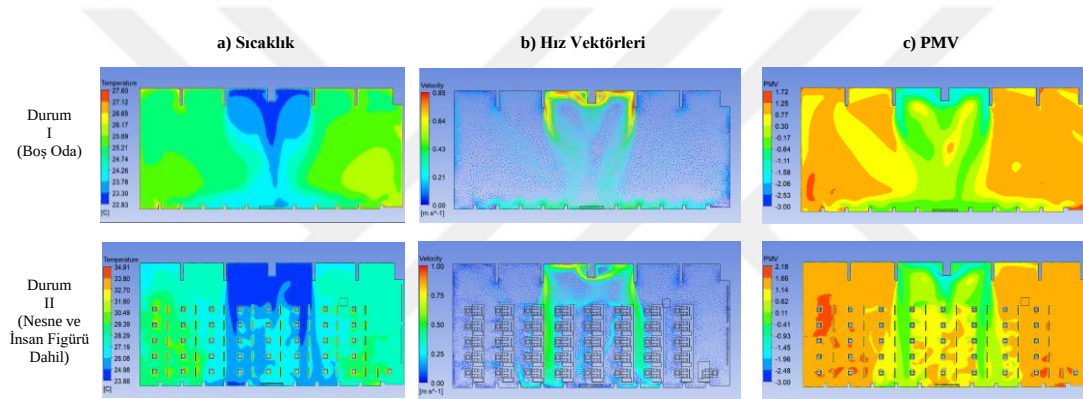
c)

Şekil 3.11. Durum-II ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.1.3. Mevcut Klima Ağız Modeli (Model-1) Kullanılarak Boş Oda ile Nesne ve İnsan Figürü Dâhil Halinin Karşılaştırılması

Bu bölümde boş oda düzeni ile nesneler ve insan figürünün dâhil edildiği oda düzeni birlikte incelenmiştir. Nesnelere ve insan figürüne bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısı konfor parametreleri incelenmiştir.

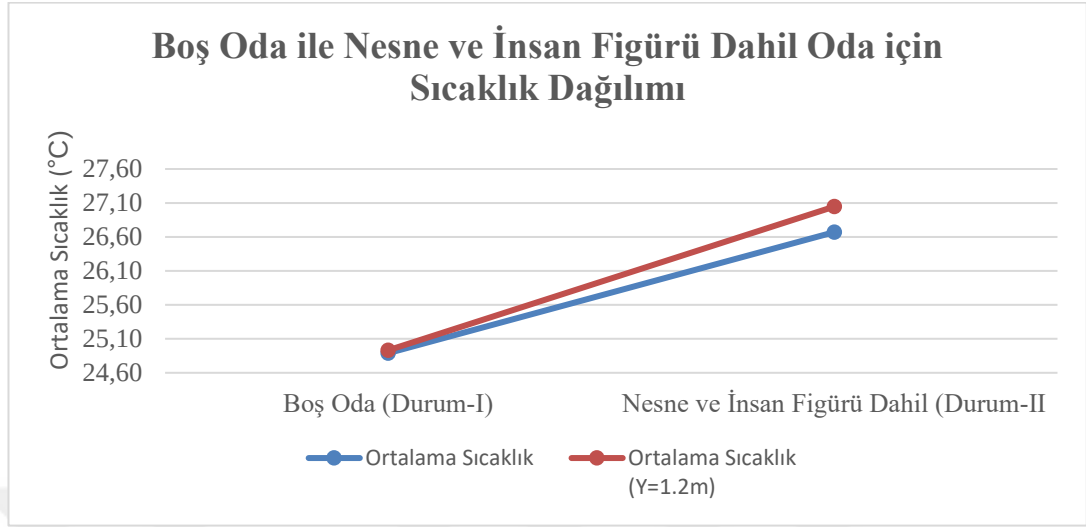
Her iki durum için Model-1 klima ağız geometrisi (mevcut) analizlerde kullanılmış olup, nesne ve insan figürünün dâhil olduğu çalışma için bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te verilmiştir.



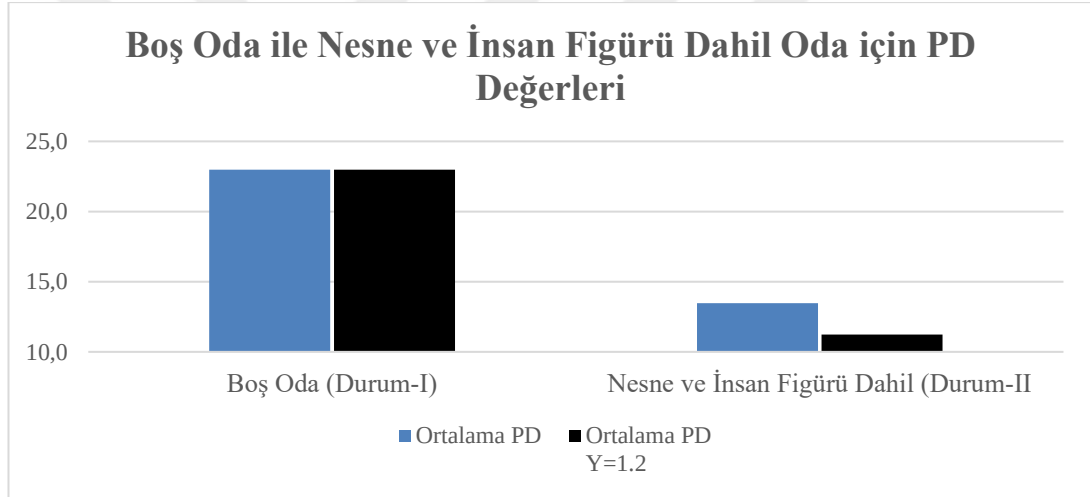
Şekil 3.12. Boş oda ile nesne ve insan figürü dâhil oda modelleri için $y=1,2m$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV

Şekil 3.12 sıcaklık dağılımı grafiğini incelediğinde mevcut klima ile soğuk havanın odanın orta bölümünde yoğun olduğu görmüştür. Sağ ve sol duvara doğru ilerledikçe oda içerisindeki sıcaklığın arttığı tespit edilmiştir. Bilgisayar ve insan figürlerinin varlığı ve yaydığı ısı oda içerisindeki ortalama sıcaklığı yaklaşık $2^{\circ}C$ arttırmıştır. Oda içerisindeki nesne ve insan figürlerinin havanın akışına önemli derecede etki ettiği ve oda içi akışı yönlendirdiği görülmüştür. Şekil 3.13 yüzde memnuniyetsizlik (PD) değeri odanın boş hali için 20 değerinin üzerine çıkarken, nesne ve insan figürünün olduğu durumda ise 12 olarak elde edilmiştir. Nesne ve insan figürlerinin oda içerisindeki soğuk havanın odaya yayılımını engellemesi sebebiyle sağ ve sol duvara doğru olan bölgelerde hava akış hızı çok düşük kalmıştır. Bu nedenle bu bölgelerde, ısı transferi miktarı düşmüş ve PD değeri daha düşük elde edilmiştir. PMV değeri ise hava akışının sınırlı olması sebebiyle nesne ve insan figürünün dâhil olduğu durum

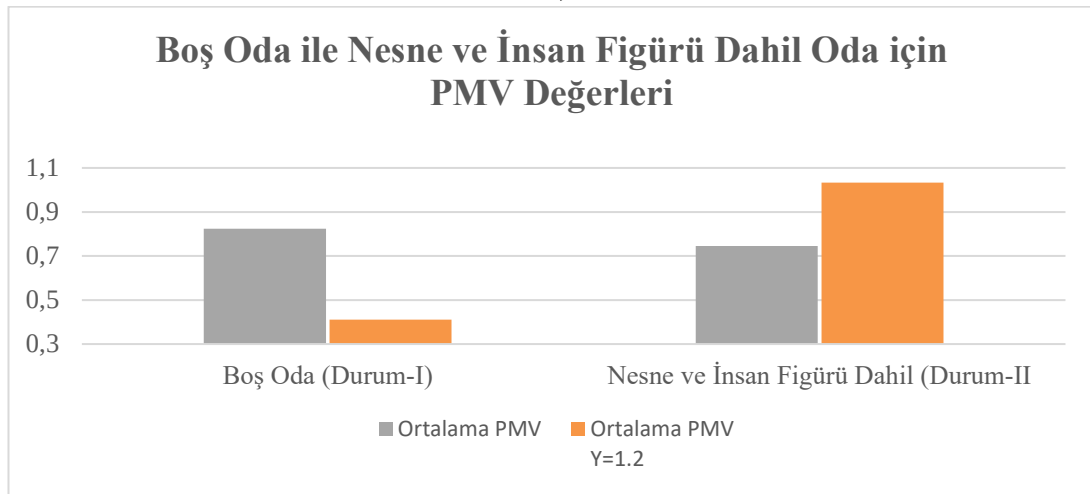
için daha yüksek çıkmıştır. Buna bağlı olarak da memnuniyetsizliğin arttığı tespit edilmiştir.



a)



b)



c)

Şekil 3.13. Boş oda ile nesne ve insan figürü dâhil oda modelleri için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

3.2.2. Farklı Klima Konumlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) üç farklı klima konumu birlikte incelenmiştir. Klima konumuna bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri değerlendirilmiştir.

3.2.2.1. Klima Uzun Duvarın Orta Noktasında (Durum-II)

Durum-II, “5.2.1.2. Mevcut Klima Ağzı Modeli (Model-1) Kullanılarak Nesne ve İnsan Figürü Dâhil” analizi başlığı altında analiz sonuçları detaylı olarak verilmiş olup, “5.2.2.4. Üç Farklı Klima Konumunun Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı klima konumları ile karşılaştırılması yapılmıştır.



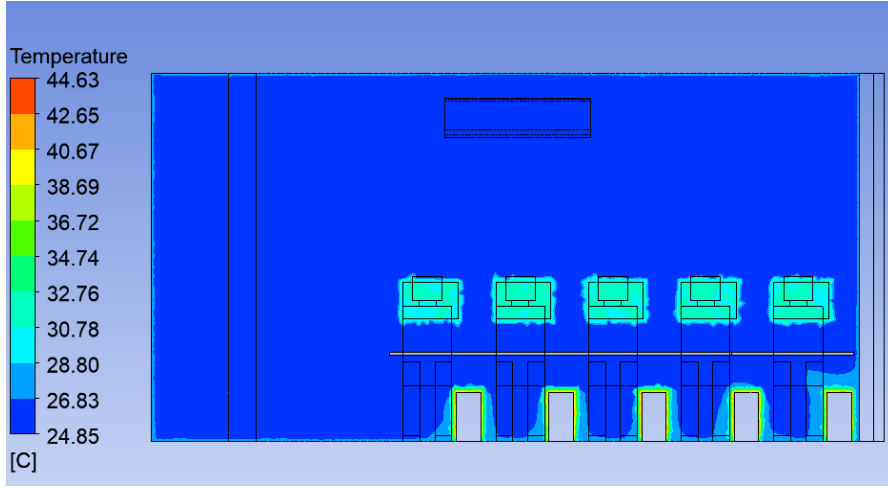
3.2.2.2. Klima Sol Duvarın Orta Noktasında (Durum-III)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model 1 klima ağız geometrisi kullanılmıştır. Bu analiz kapsamında klima sol duvara konumlandırılmıştır. Böylece klimanın oda içerisindeki konumunun, hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

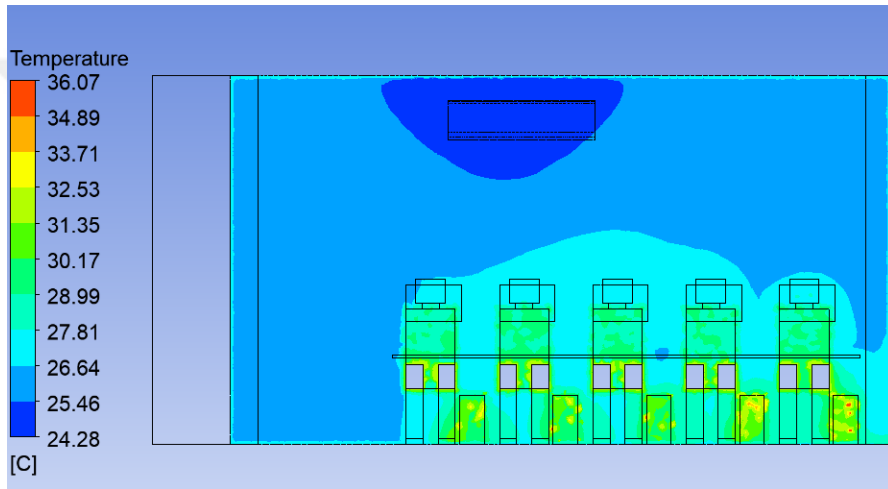
Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, odanın sağ bölümünde sıcaklığın odanın sol bölümüne göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Oda sol bölümünde bilgisayar bileşenleri ve insan figürü sayısının daha fazla olması, bu sıcaklık farkının oluşmasına neden olmuştur. Bu analiz sonucunda oda genelindeki ortalama sıcaklık değeri $26,51^{\circ}\text{C}$ ve $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık değeri $26,76^{\circ}\text{C}$ olarak elde edilmiştir.

Şekil 3.17 hız vektörü dağılımı incelendiğinde, hava oda içerisindeki akışını tavana paralel olarak sürdürmüştür. Yaklaşık odanın orta noktasından itibaren hızının düşmesi ve sıcaklığının artmasına bağlı olarak tavana doğru yönelmiştir. Bu noktadan itibaren tavan yüzeyinden hareketini sürdürerek odaya yayılmıştır. Oda genelinde ortalama havanın hızı $0,42\text{ m/s}$, $y=1,2\text{m}$ düzleminde ise $0,16\text{ m/s}$ olarak tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

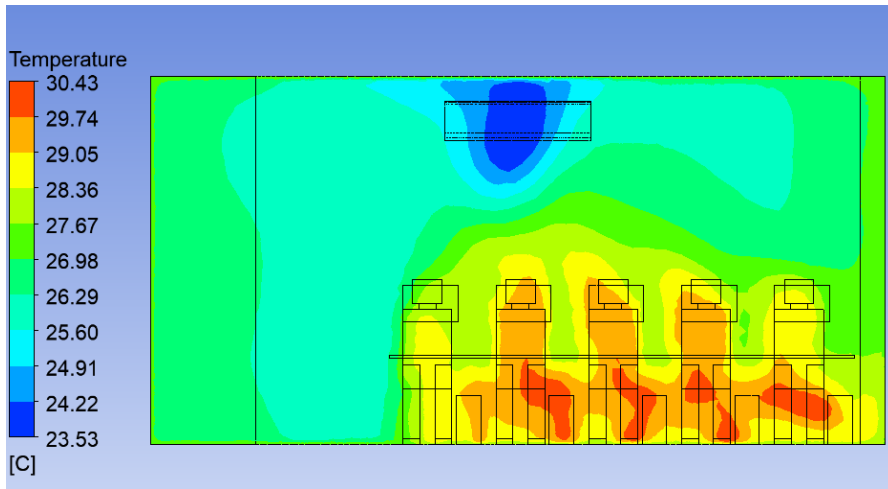
Şekil 3.18 ısı konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla $0,61$ (nötr-ılık) ve $1,02$ (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Ayrıca PMV değeri, odanın klimaya yakın bölümünde $1,12-1,64$ (ılık-sıcak) ve sağ kenara yakın bölgelerde ise $0,61$ (nötr-ılık) olarak tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak klimanın olduğu duvardan sağ duvara doğru ilerledikçe konforsuzluğun azaldığı görülmüştür. İnsan figürünün yer aldığı alanda ise ortalama bu değerin $1'$ in üstünde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama yüzde memnuniyetsizlik değeri ise oda genelinde $17,41$ ve $y=1,2\text{m}$ düzleminde $14,34$ olarak elde edilmiştir. Ortamdan memnun olmayanların yüzdesinin klimaya yaklaştıkça 100 değerine kadar çıktığı tespit edilmiştir.



a)

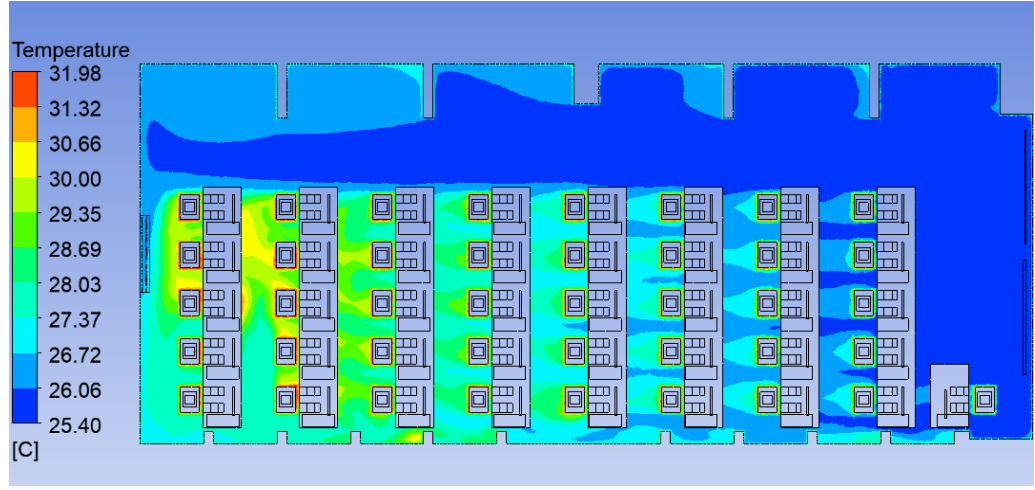


b)

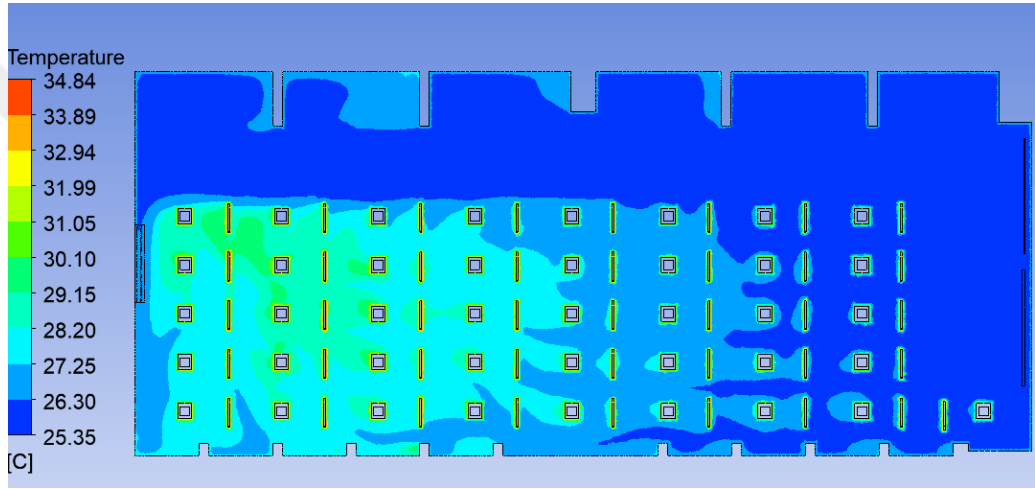


c)

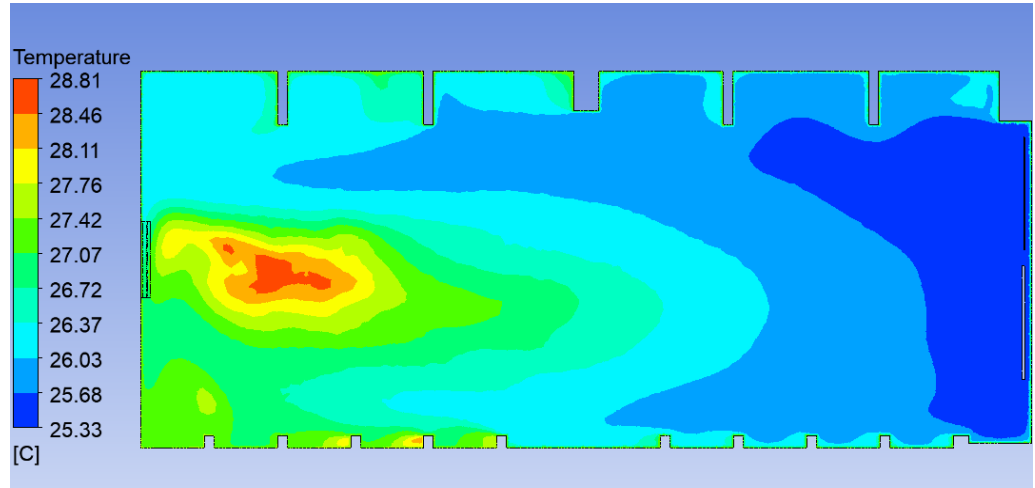
Şekil 3.14. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

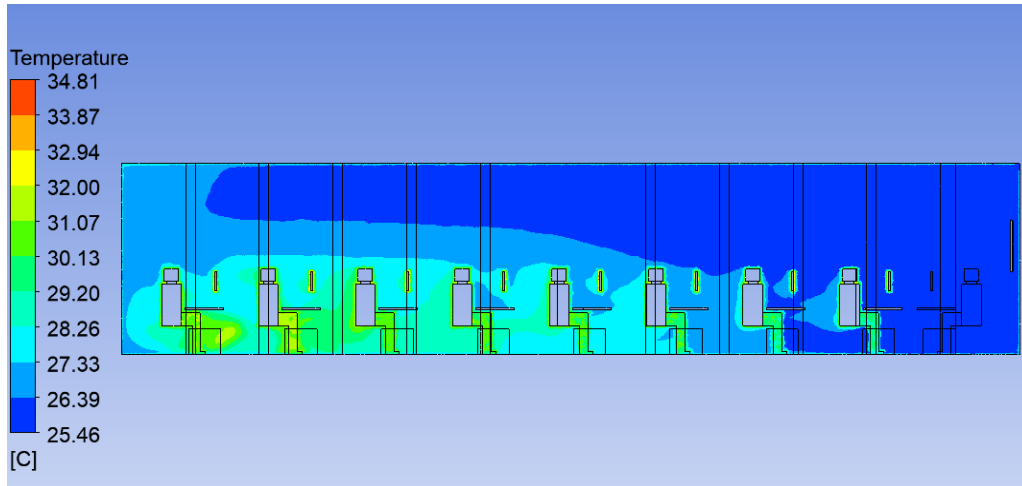


b)

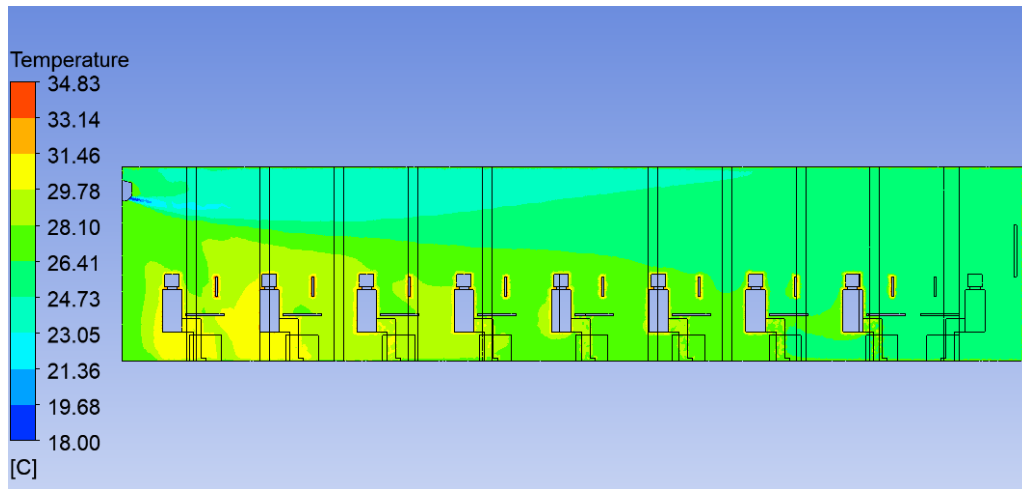


c)

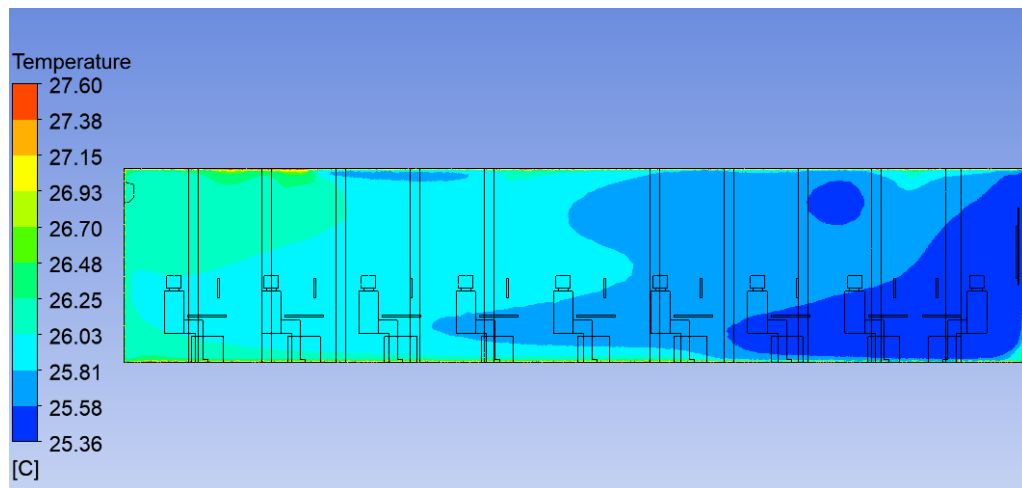
Şekil 3.15. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

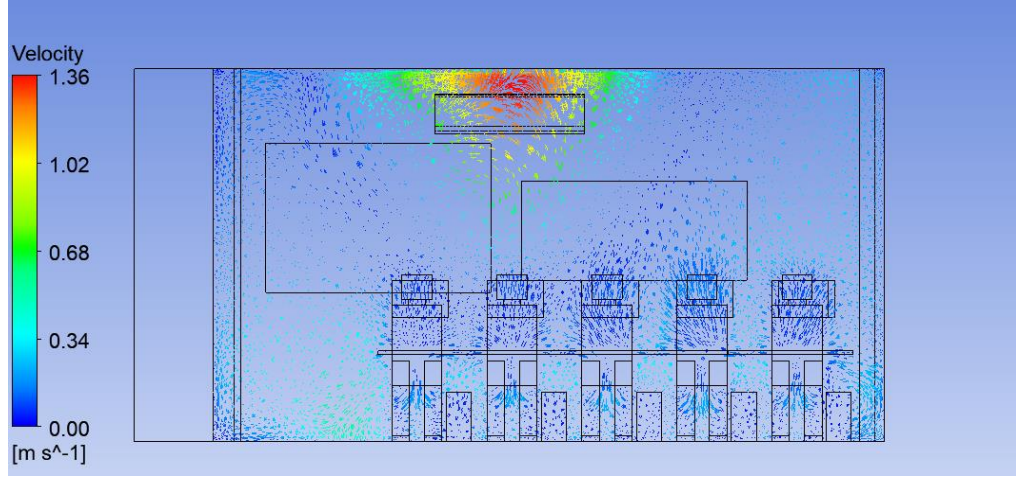


b)

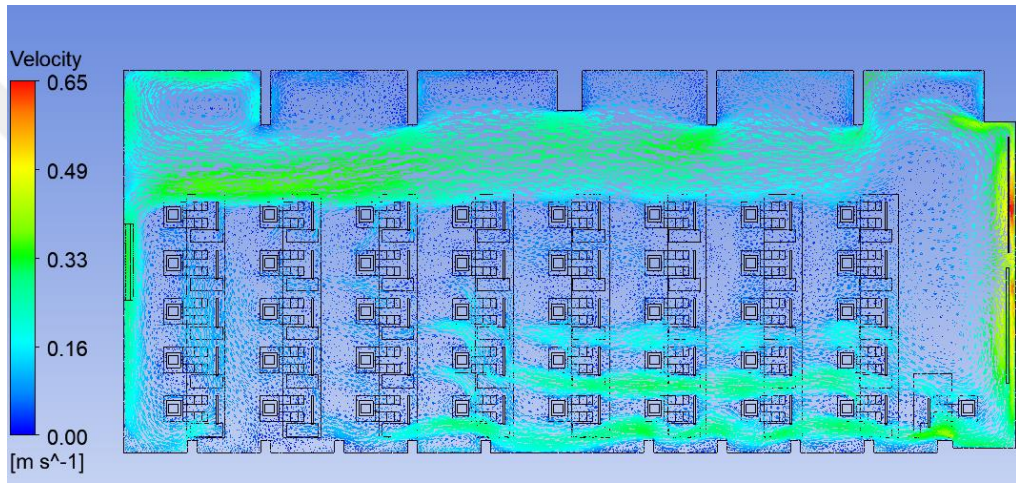


c)

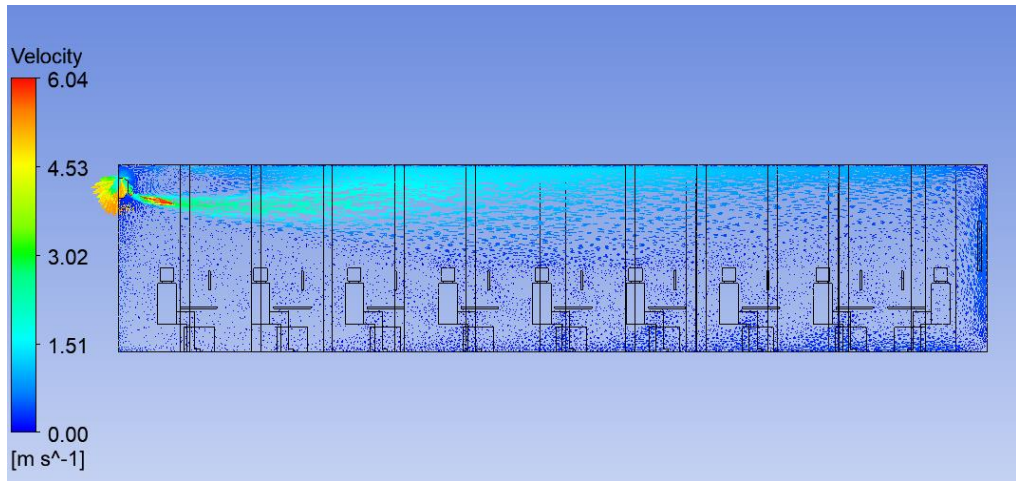
Şekil 3.16. Durum-III sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

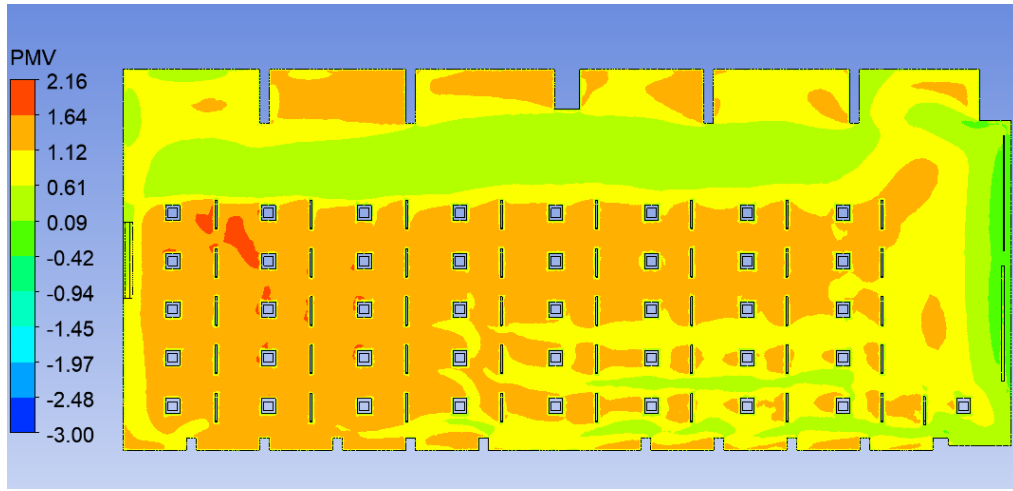


b)

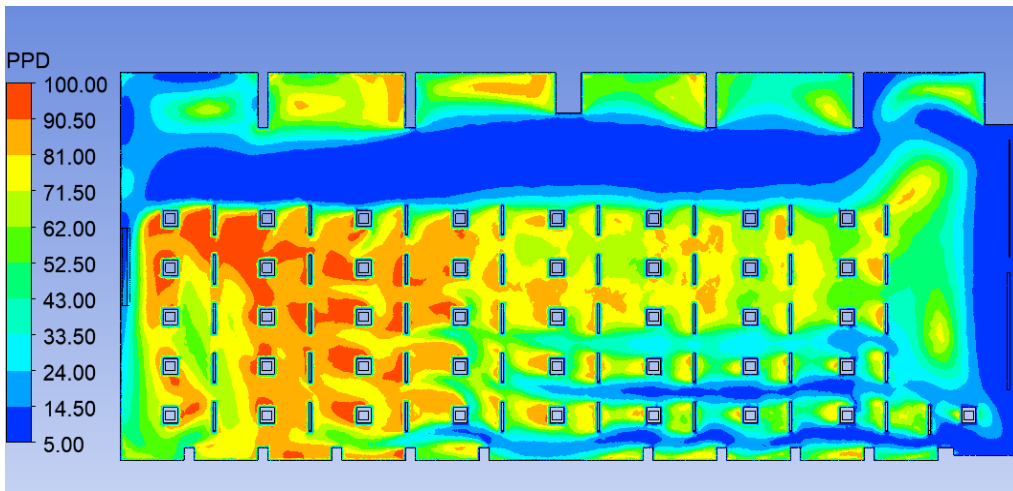


c)

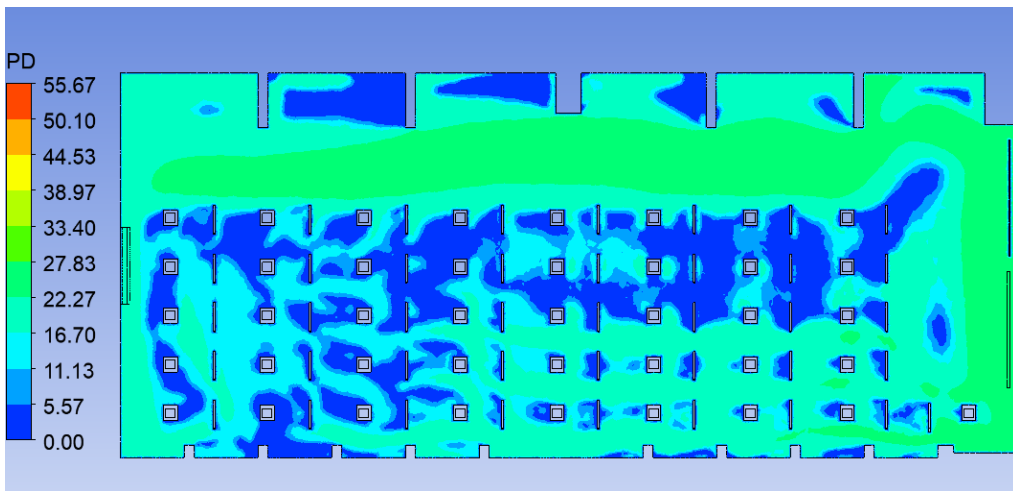
Şekil 3.17. Durum-III hız vektörü dağılımı a) x=7m düzlemi b) y=1,2m düzlemi c) z=3m düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.18. Durum-III ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

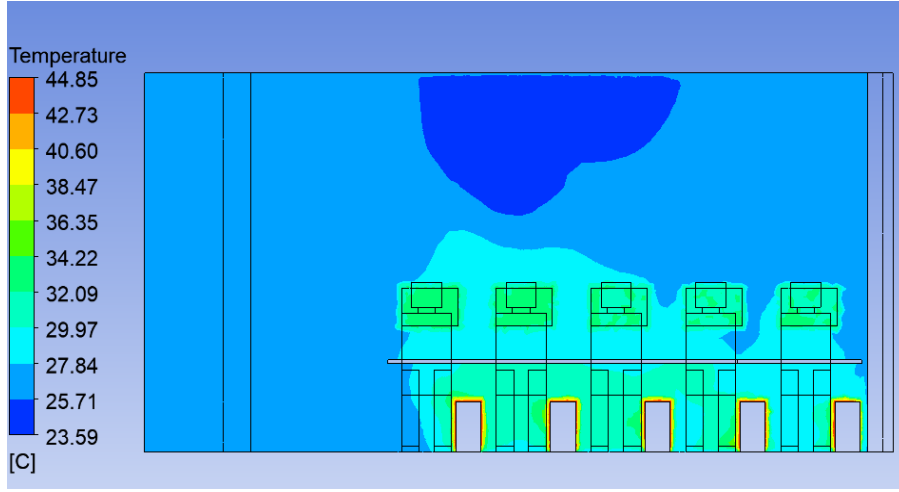
3.2.2.3. Klima Sağ Duvarın Orta Noktasında (Durum-IV)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisi kullanılmıştır. Bu analiz kapsamında klima sağ duvara konumlandırılmıştır. Böylece klimanın oda içerisindeki konumunun, hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

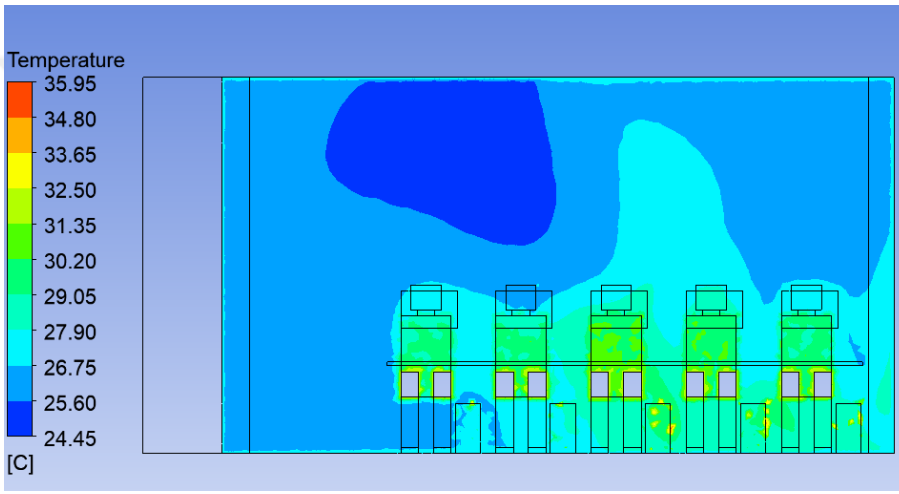
Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, sonuçlar klimanın sol konumdaki durumu ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Sıcaklığın tabandan tavana doğru çıktıkça arttığı tespit edilmiştir. Klimaya yakın konumlarda (sağ duvar) sıcaklığın daha yüksek olduğu ve sol duvara doğru ilerledikçe sıcaklığın düştüğünü görmüştür. Bu analiz sonucunda oda genelindeki ortalama sıcaklık değeri 26,57°C ve y=1,2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık değeri 26,78°C olarak elde edilmiştir.

Şekil 3.22 hava akışı grafiği incelendiğinde, ortalama hız değerinin tavandan tabana doğru azaldığı tespit edilmiştir. Hava akışının tavana paralel olarak ilerlediği ve sol duvara çarpıp zemine doğru yayıldığı görülmüştür. Bu durum da bu bölgelerdeki ısı transferi miktarını arttırmış ve daha iyi soğutma sağlamıştır. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,42 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri ise 0,15 m/s olarak tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

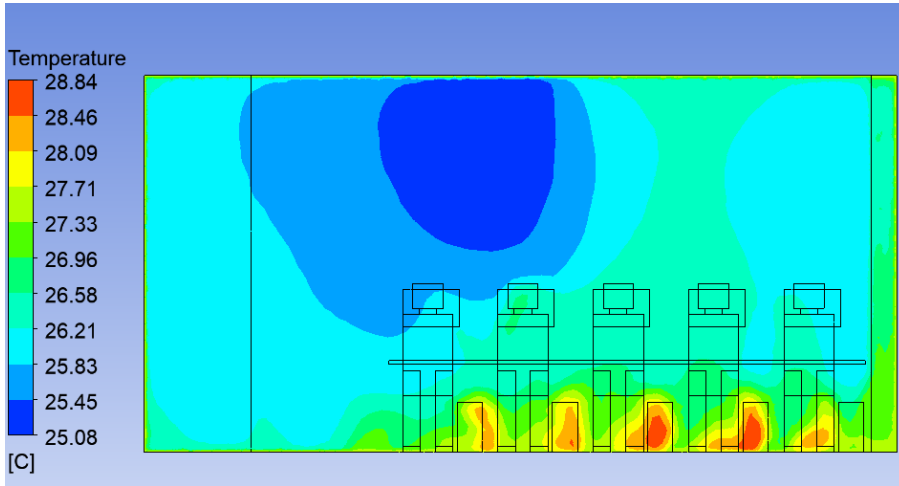
Şekil 3.23 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve y=1,2m düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,67 (nötr-ılık) ve 0,96 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Sağ duvardan sol duvara doğru ilerledikçe, bu değerin 1,67'den 0,63'e kadar düştüğü görülmüştür. PPD dağılımına bakıldığında PMV değerleri ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sol duvara yakın bölgelerde memnuniyetin yüksek olduğu ve sağ duvara doğru ilerledikçe memnuniyetsizliğin arttığını görülmüştür PD değeri ise oda genelinde ortalama 17,66 ve y=1,2m (baş hizasında) düzleminde ortalama 16,88 olarak elde edilmiştir. En yüksek PD değeri ise sol duvara yakın bölümde elde edilmiştir. Bunun sebebi ise bu bölgelerde havanın hızının yüksek olmasıdır. Bu durumda bu bölgelerdeki cereyan etkisinin artacağı ön görülmüştür.



a)

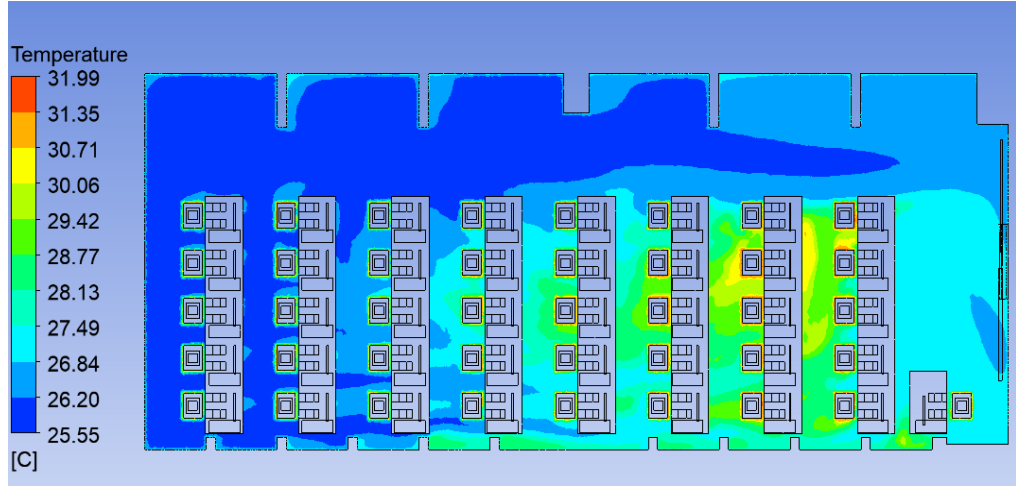


b)

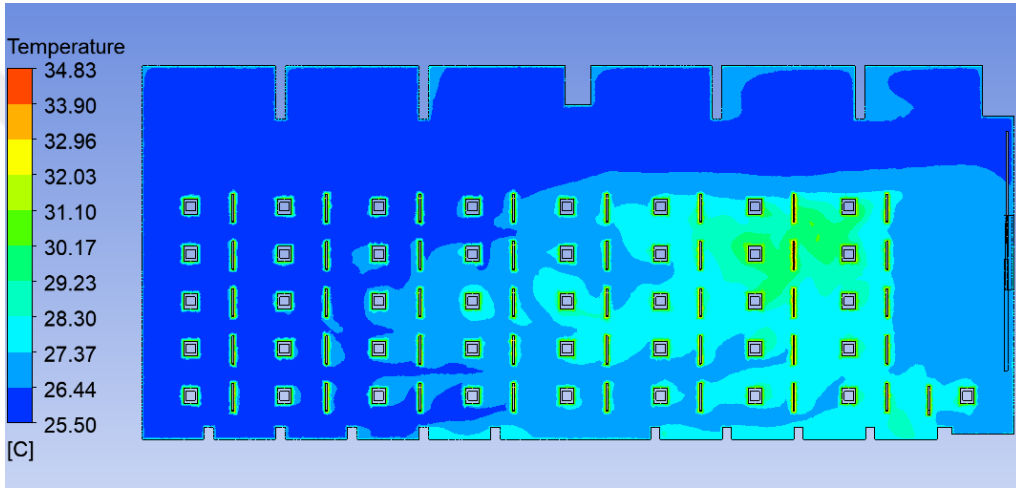


c)

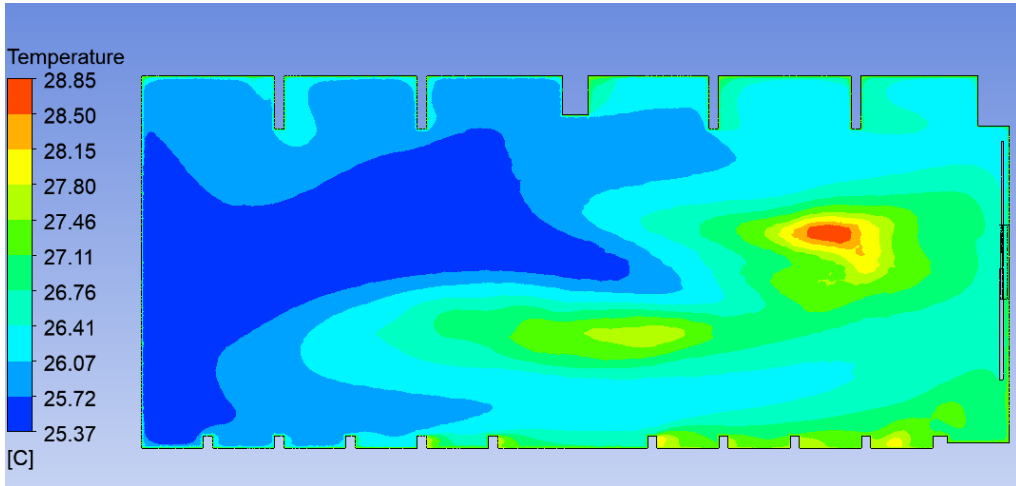
Şekil 3.19. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

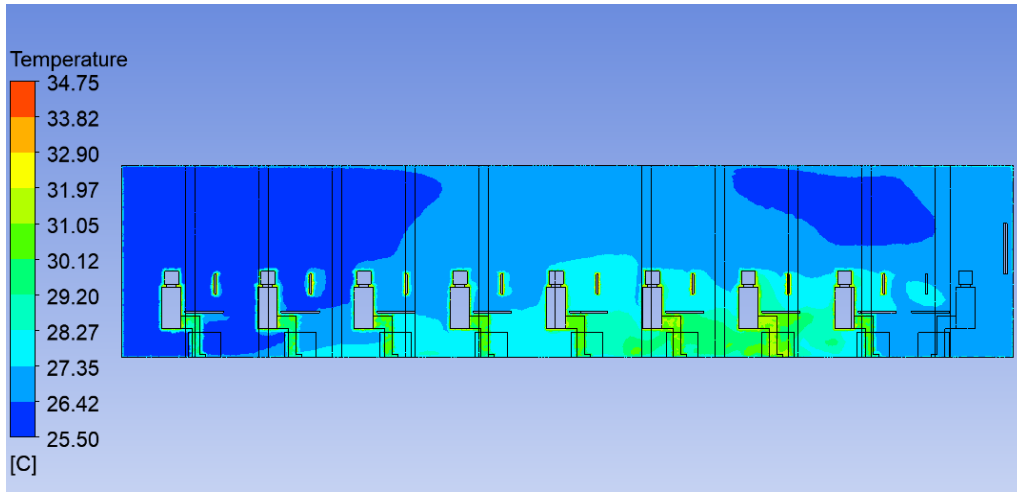


b)

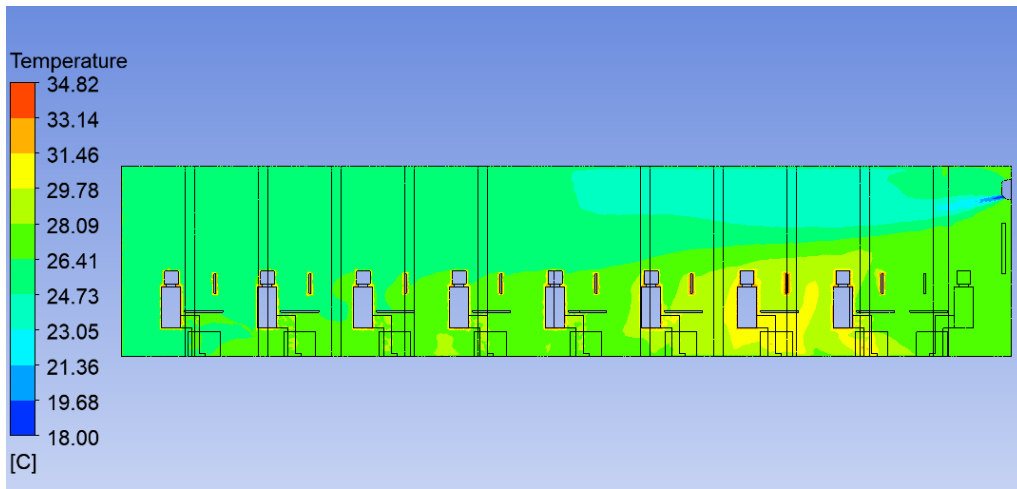


c)

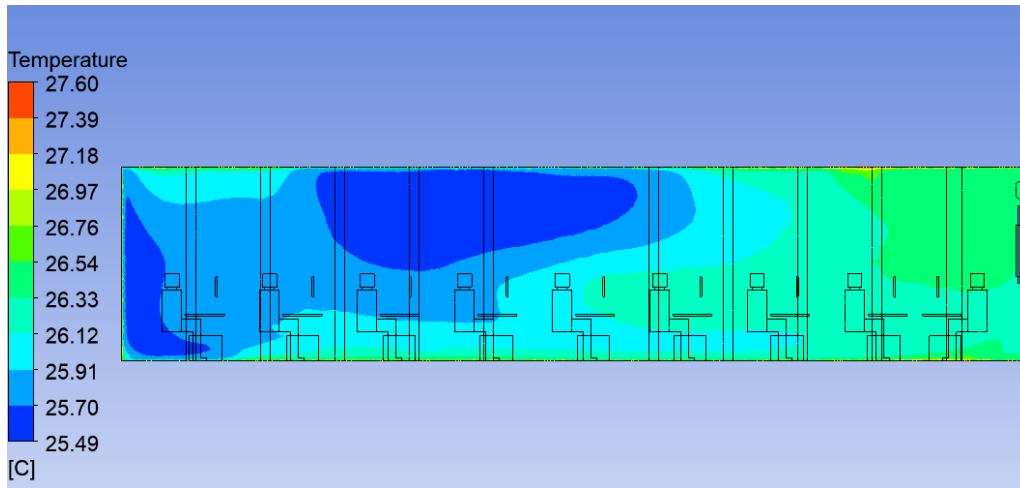
Şekil 3.20. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

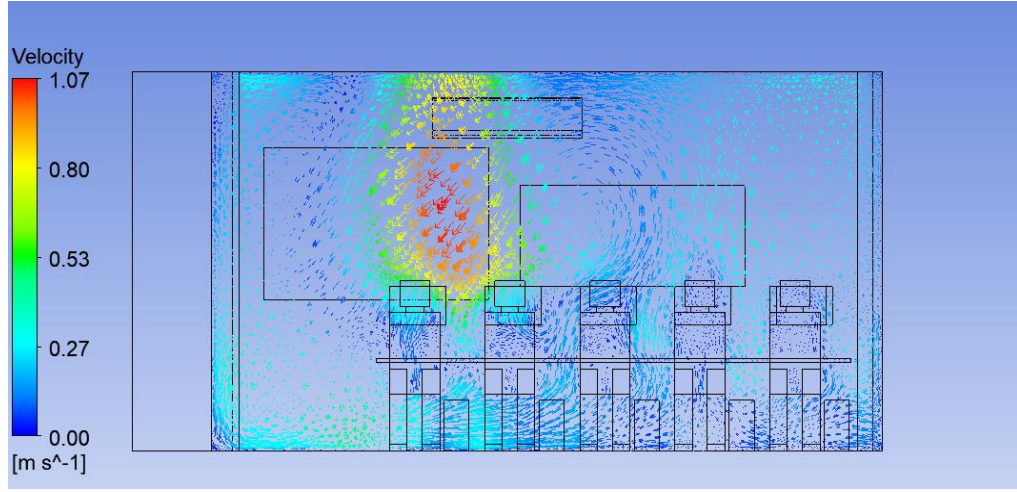


b)

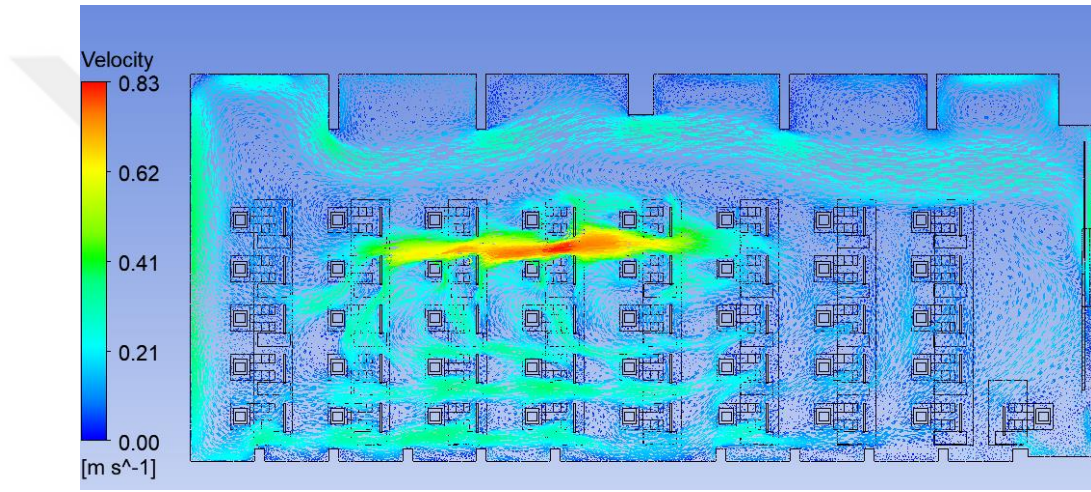


c)

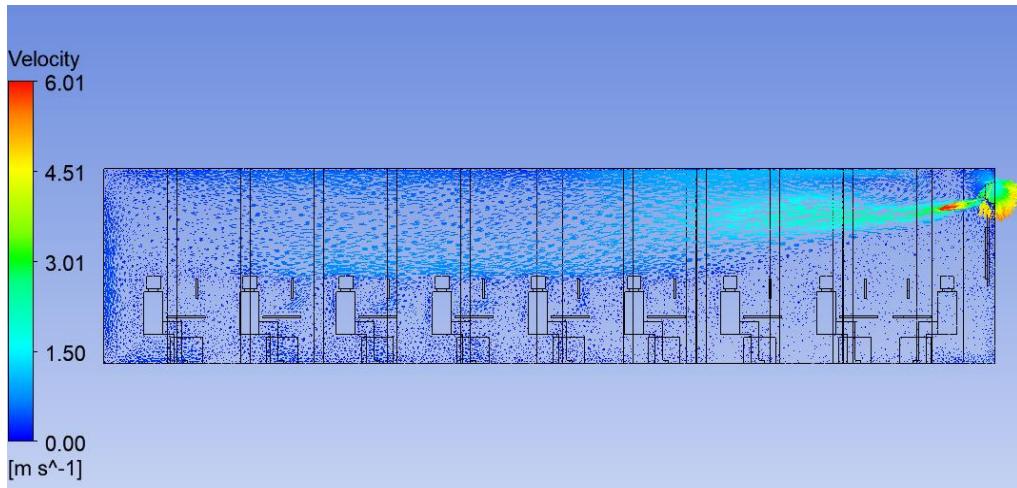
Şekil 3.21. Durum-IV sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

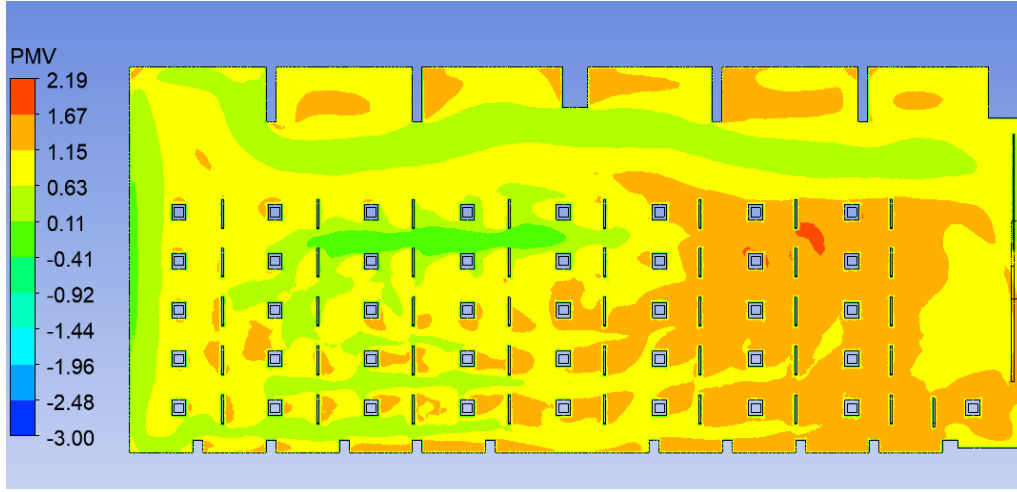


b)

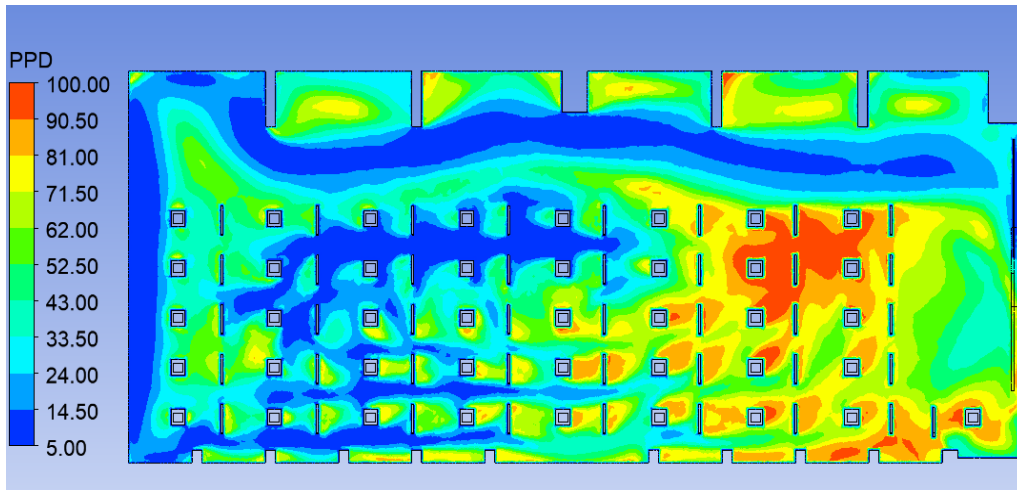


c)

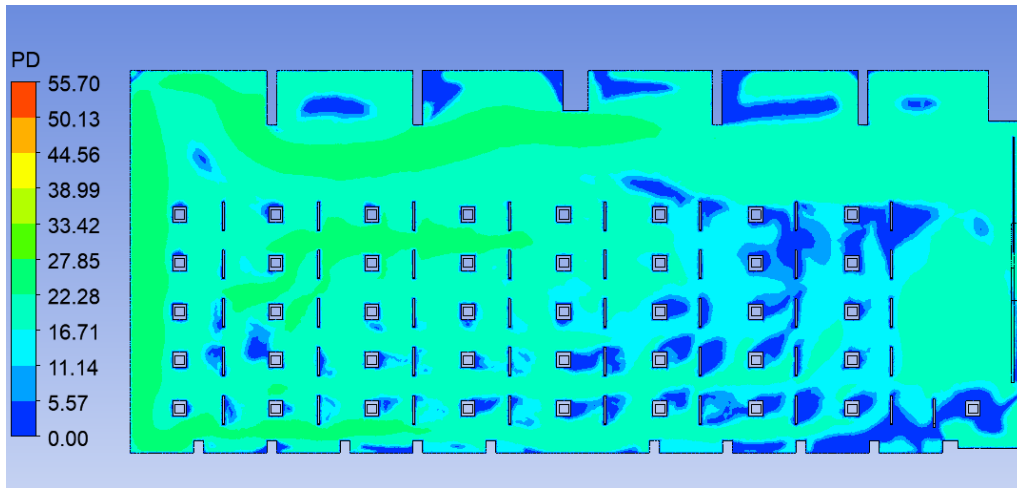
Şekil 3.22. Durum-IV hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



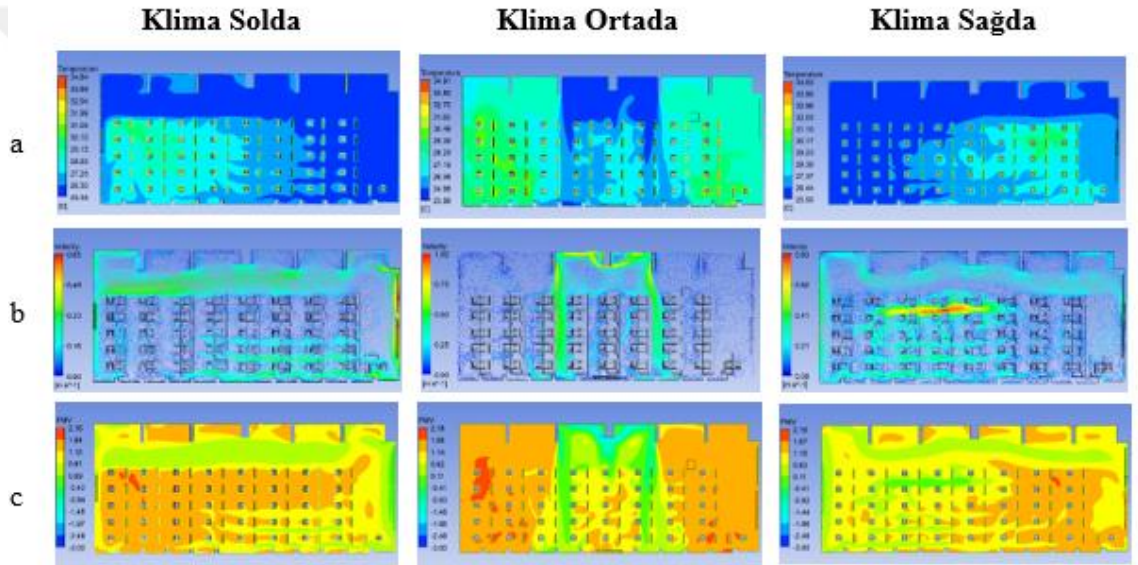
c)

Şekil 3.23. Durum-IV ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.2.4. Üç Farklı Klima Konumunun Karşılaştırılması

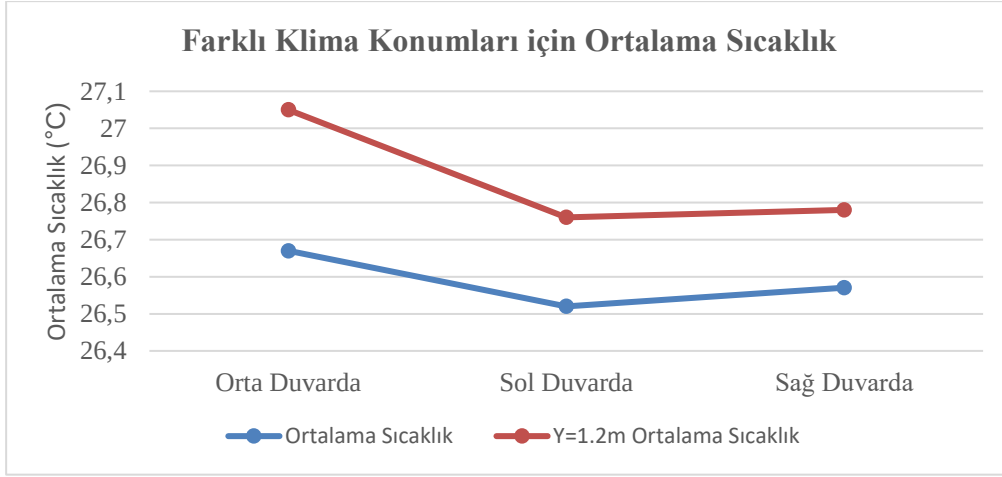
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) üç farklı klima konumu birlikte incelenmiştir. Klima konumuna bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri incelenmiştir.

Her üç durum için Model-1 klima ağız geometrisi (mevcut) analizlerde kullanılmış olup, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler sırasıyla Şekil 3.24'de $y=1,2m$ düzlemi için sıcaklık dağılımı, hız vektörleri ve PMV dağılımı karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

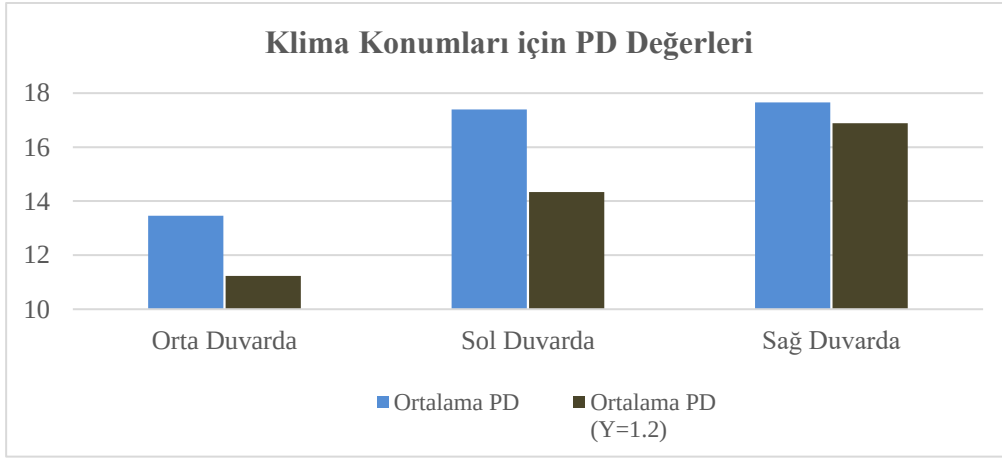


Şekil 3.24. Farklı klima konumları için $y=1,2m$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV

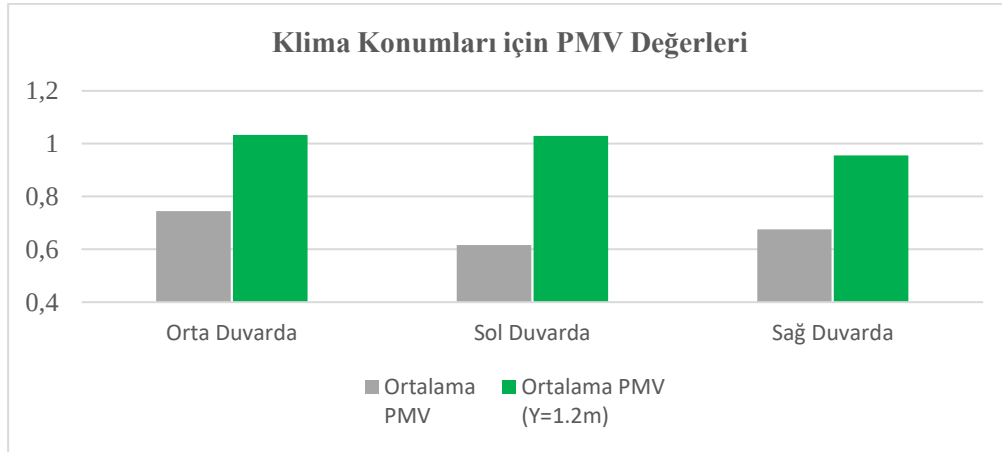
Klimanın oda içerisindeki konumu, klimanın performansını ve enerji tüketimini en çok etkileyen unsurlardan birisidir. Klimanın sol ve sağ duvarda konumlandırılması ile daha düşük oda sıcaklıkları elde edilmesine karşın, soğuk hava kütlelerinin odanın geneline yayılmadığı görülmüştür. Bu durum da oda içerisinde belirgin sıcaklık katmanları oluşturmuştur. Bu nedenle Şekil 3.25 incelendiğinde yüzde memnuniyetsizlik (PD) değeri klimanın sol ve sağda olması durumunda daha yüksek çıkmış ve oda içerisindeki ısıl konfor açısından memnuniyetsizliği arttırmıştır.



a)



b)



c)

Şekil 3.25. Farklı klima konumları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

3.2.3. Dört Farklı Klima Dikey Üfleme Açılarının İncelenmesi

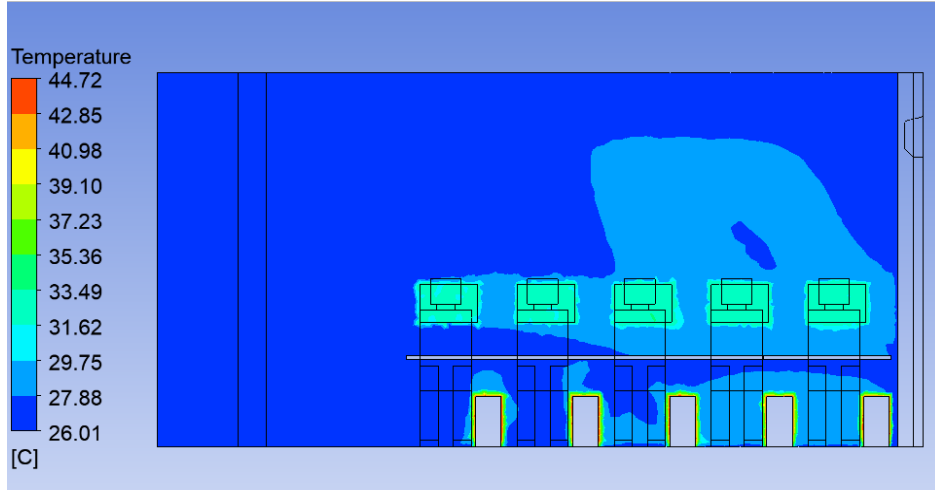
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) dört farklı (90° , 75° , 60° ve 45°) dikey üfleme açısı incelenmiştir. Bu dikey üfleme açısına bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısı konfor parametreleri incelenmiştir.

3.2.3.1. 90° Dikey Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-V)

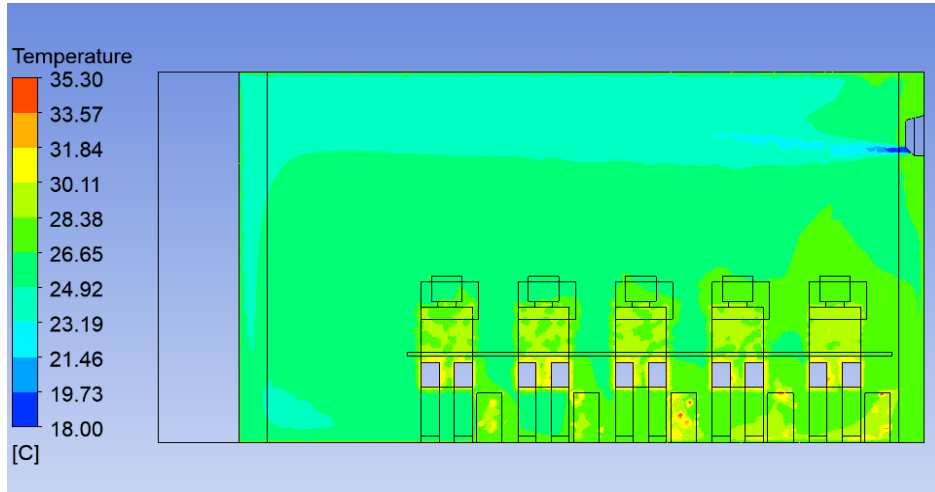
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisi ile birlikte incelenmiştir. Bu analiz kapsamında 90° dikey üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, soğuk hava akışının odanın tavanına doğru yöneldiği ve oda içerisine fazla etki etmediği görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık $27,02^\circ\text{C}$ ve $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık $27,53^\circ\text{C}$ olmuştur. Oda içerisindeki sıcaklığın yüksek kaldığı gözlemlenmiştir. Akış odanın orta noktasına tesir ettiği için odanın sağ ve sol kenarları daha sıcak kalmış olup bu bölgeler arasında yaklaşık $3,7^\circ\text{C}$ sıcaklık farklı oluşmuştur. Şekil 3.29 hız vektörleri incelendiğinde kolonlara ilave olarak oda içerisindeki nesneler ve insan figürleri hava akışını önemli derecede etkilemiş ve soğuk havanın genel olarak odanın orta kesimde kalmasına neden olmuştur. Sağ ve sol duvara doğru ilerlediğinde ortalama sıcaklığın arttığı görülmüştür. Sol ve sağ duvara yakın bu alanlardaki sıcaklığın artmasının sebebi ise bilgisayar bileşenleri ve insan figürü sayısının bu alanlarda daha fazla olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri $0,38\text{ m/s}$, $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama hız değeri $0,10\text{ m/s}$ olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

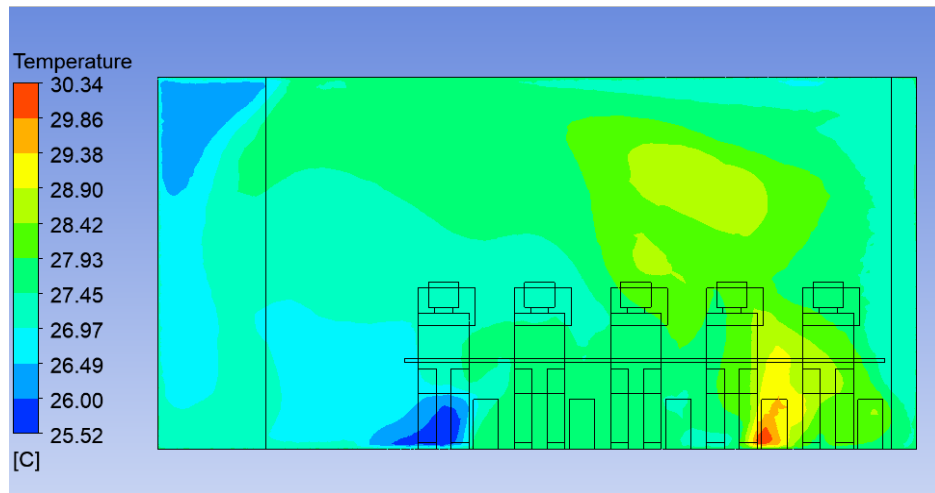
Şekil 3.30 ısı konfor parametreleri incelendiğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla $0,81$ (nötr-ılık) ve $1,2$ (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Odanın orta bölümünden sol ve sağ kenara doğru ilerledikçe PMV değerinin $2,18$ (sıcak-çok sıcak) değerine kadar çıktığı gözlemlenmiştir. PD (yüzde memnuniyetsizlik) değeri ise oda genelinde $12,68$ ve $y=1,2\text{m}$ düzleminde $9,13$ olmuştur.



a)

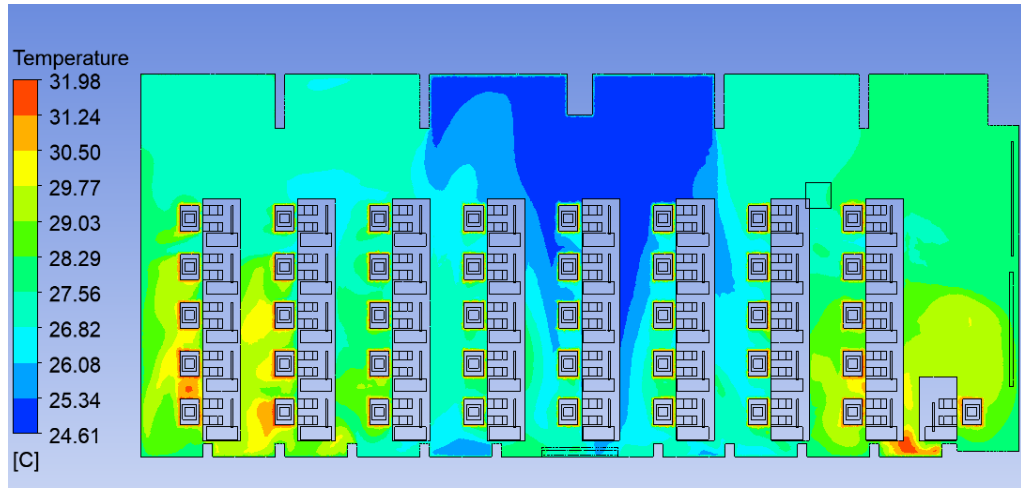


b)

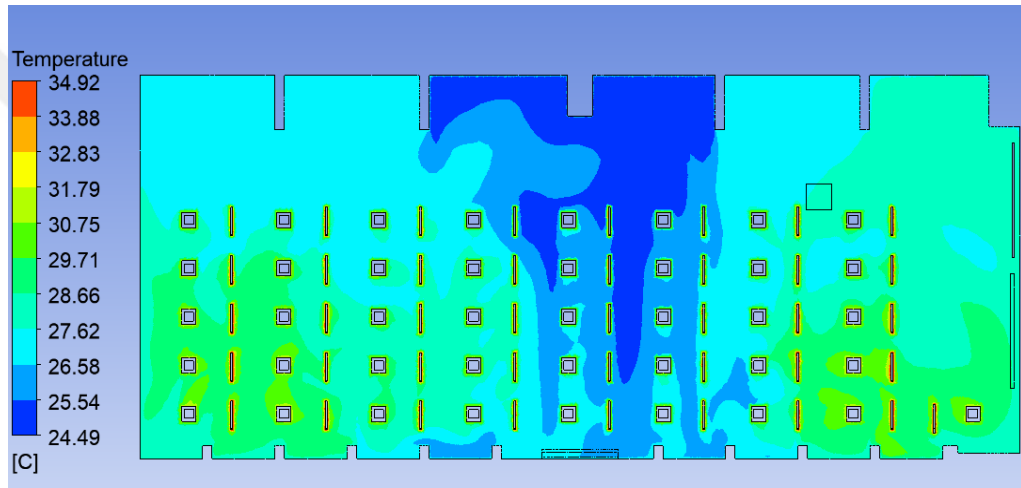


c)

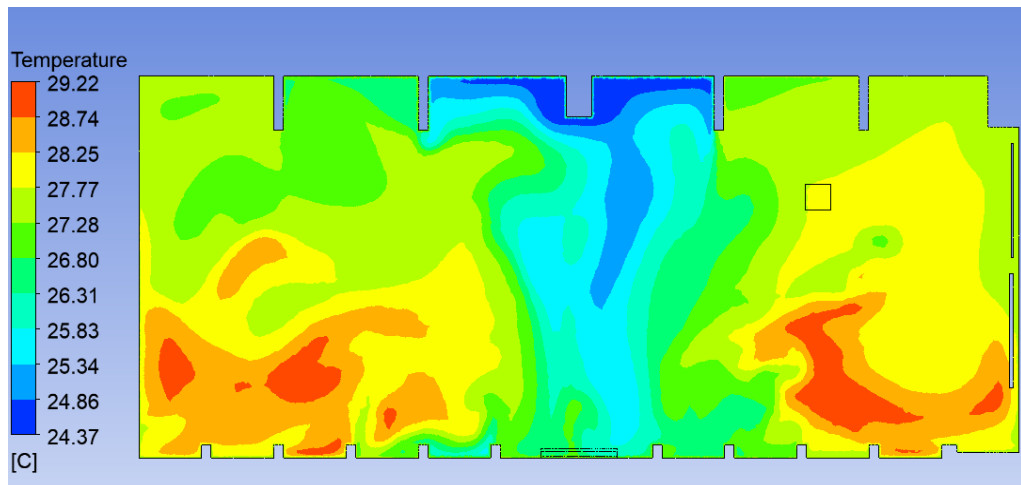
Şekil 3.26. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

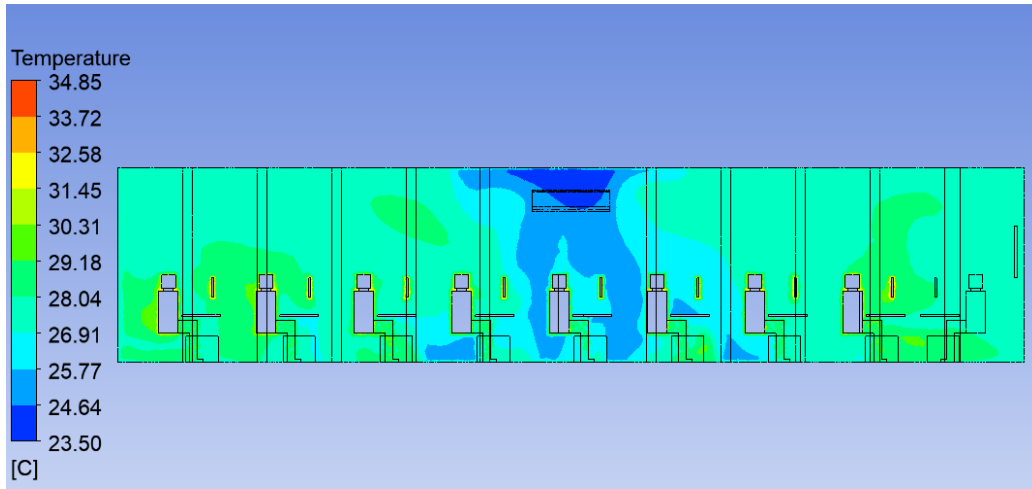


b)

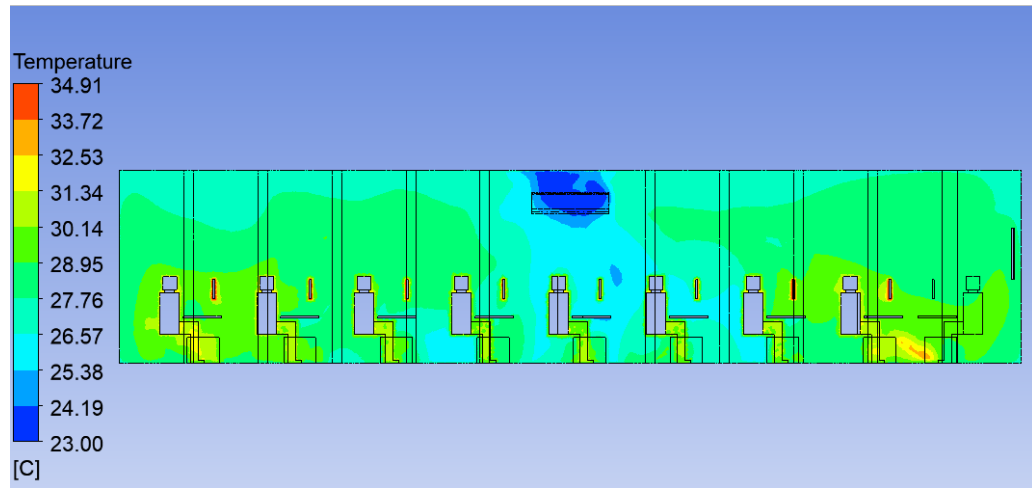


c)

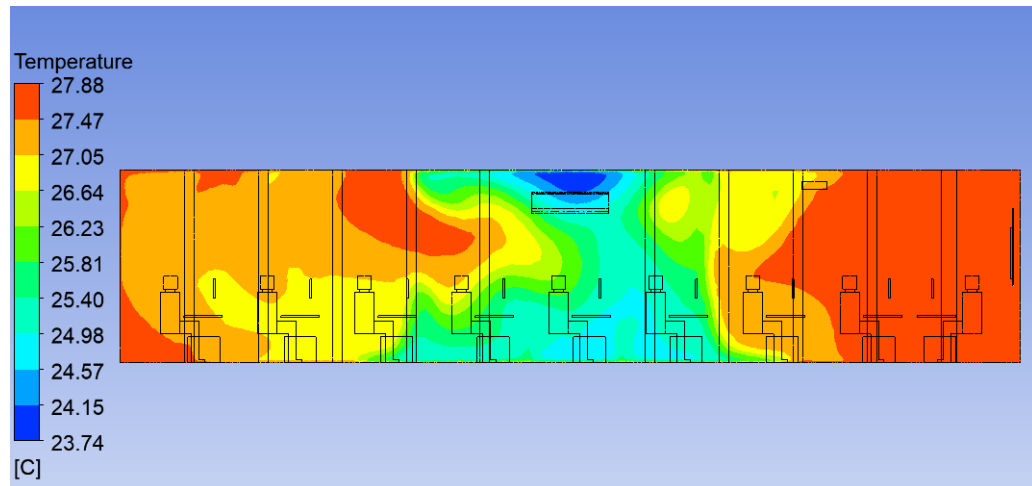
Şekil 3.27. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

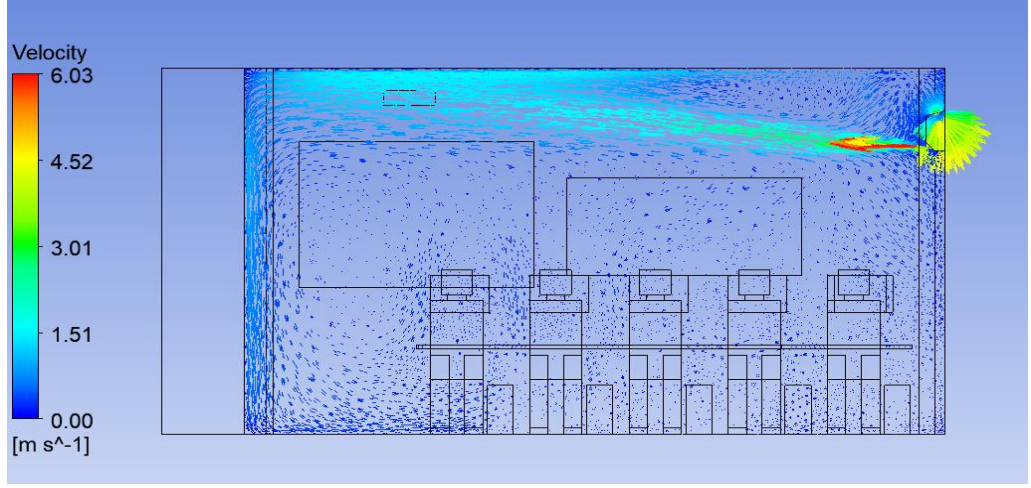


b)

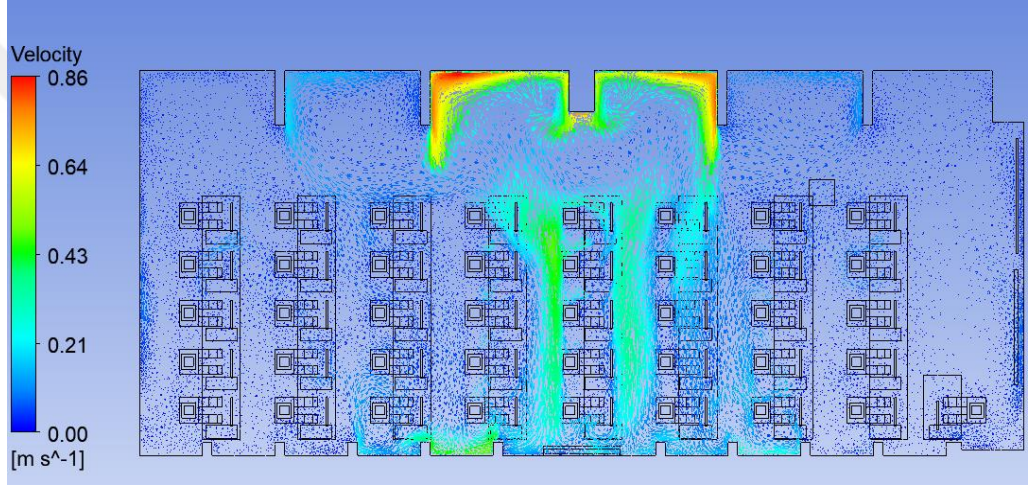


c)

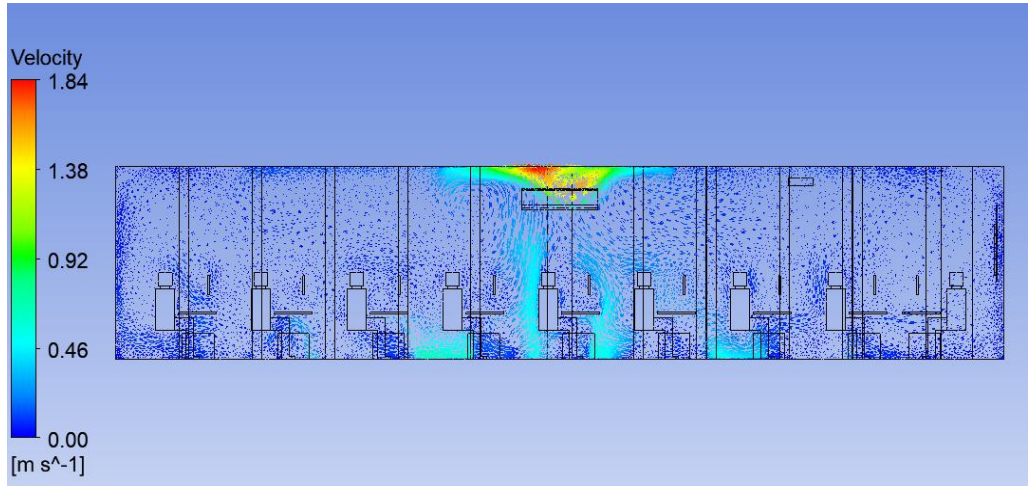
Şekil 3.28. Durum-V sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

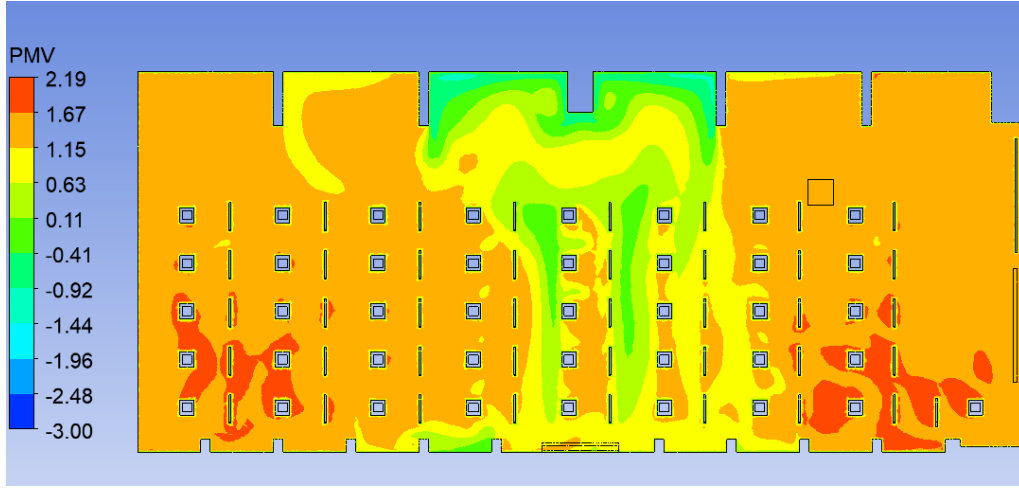


b)

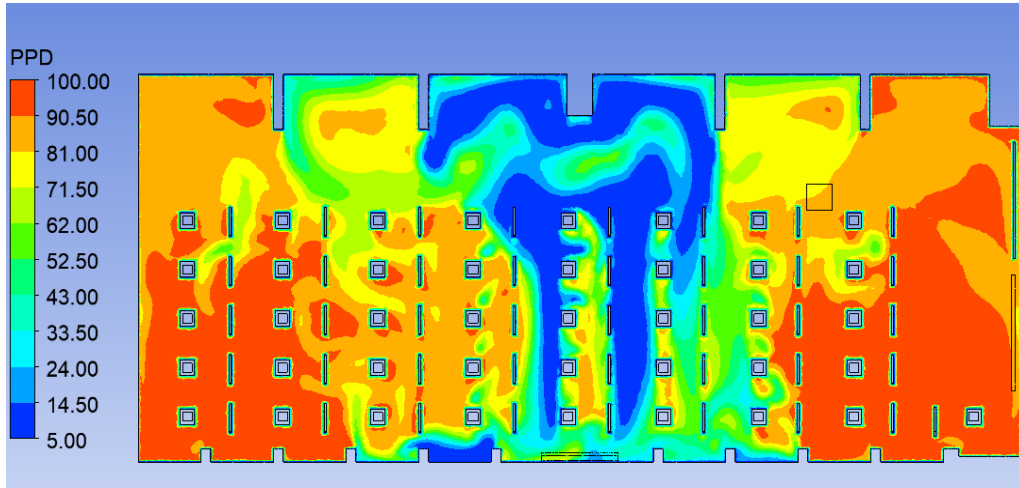


c)

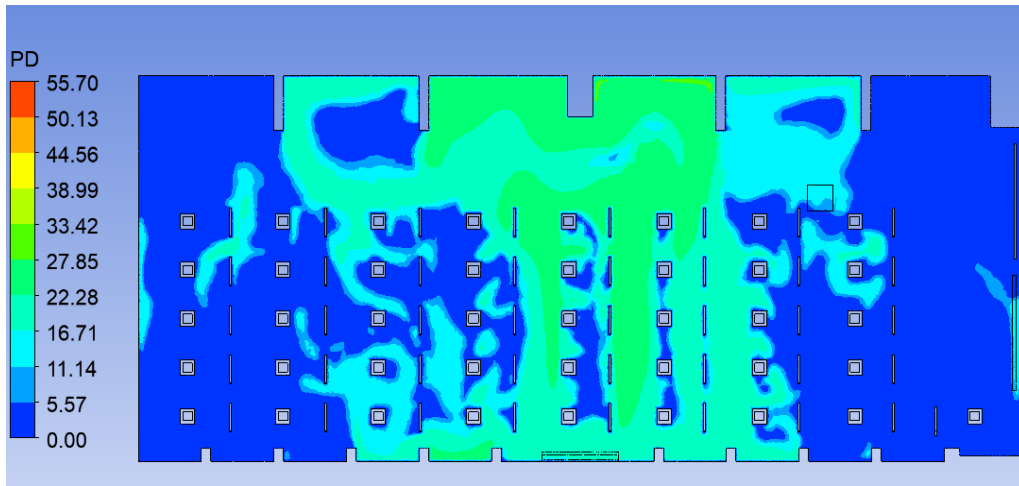
Şekil 3.29. Durum-V hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.30. Durum-V ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.3.2. 75° Dikey Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum- II)

Durum-II analizi, “3.2.1.2. Mevcut Klima Ağzı Modeli (Model-1) Kullanılarak Nesne ve İnsan Figürü Dâhil” başlığı altında detaylı olarak verilmiş olup, “3.2.3.5. Dört Farklı Dikey Üfleme Açısının Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı dikey üfleme açıları ile karşılaştırılması yapılmıştır.



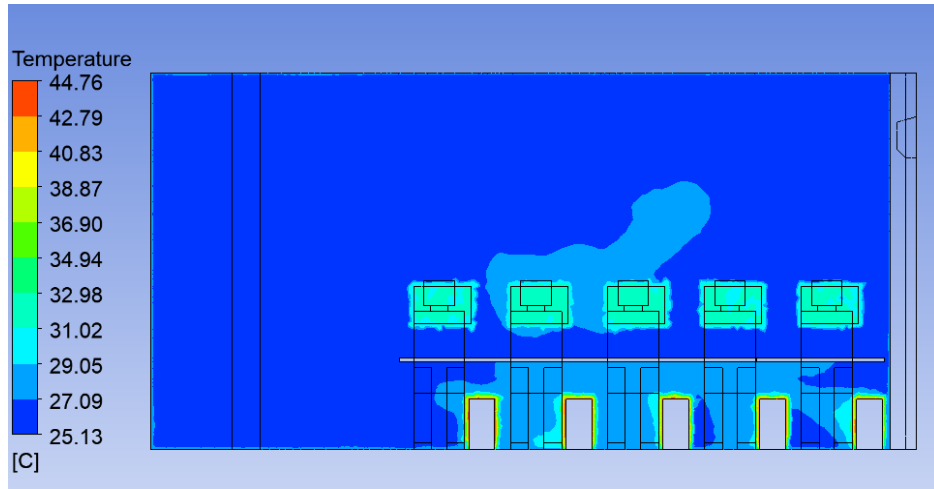
3.2.3.3. 60° Dikey Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-VI)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisi ile birlikte incelenmiştir. Bu analiz kapsamında 60° dikey üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

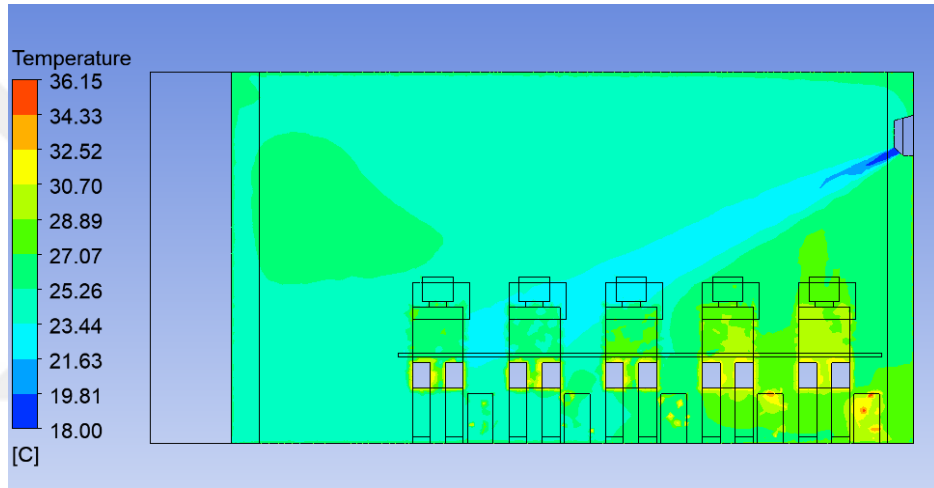
Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, soğuk hava akışının odanın tabanına doğru yöneldiğini ve oda içerisine fazla etki etmediği görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık 26,56°C ve y=1,2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık 26,97°C olmuştur. Oda içerisindeki sıcaklığın yüksek kaldığı gözlemlenmiştir. Klima üfleme açısının düşük olması nedeniyle soğuk hava, odanın orta bölümünde insanların olduğu bölgeye direkt etki ettiği görülmüştür. Akış odanın orta noktasına tesir ettiği için odanın sağ ve sol kenarları orta noktaya göre daha sıcak kalmıştır ve bu bölgeler arasında yüksek sıcaklık farkı oluşmuştur.

Şekil 3.34 hız vektörleri grafiği incelendiğinde, kolonlara ilave olarak oda içerisindeki nesne ve insan figürleri hava akışını önemli derecede etkilemiş ve soğuk havanın genel olarak odanın orta kesimde kalmasına neden olmuştur. Sağ ve sol duvara doğru ilerlediğinde ortalama sıcaklığın arttığı görülmüştür. Sol ve sağ duvara yakın bu alanlardaki sıcaklığın artmasının sebebi ise bilgisayar bileşenleri ve insan figürü sayısının bu alanlarda daha fazla olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,40 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,14 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

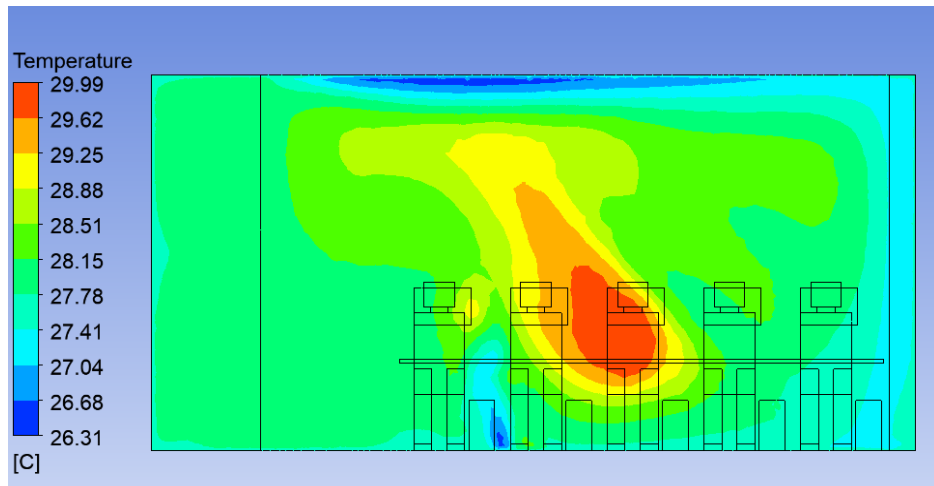
Şekil 3.35 ısı konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve y=1,2m düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,69 (nötr-ılık) ve 1,02 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Oda orta bölümünde klimanın direkt etki ettiği alanda PMV değeri -3'e (çok soğuk) kadar düşerken sol ve sağ kenara doğru ilerledikçe bu değer 2,34'e (sıcak-çok sıcak) kadar çıktığı görülmüştür. Hava sirkülasyonunun orta bölümde daha yoğun olması nedeniyle ısı transferi miktarı bu bölümde daha fazla olmuştur. Buna bağlı olarak yüzde memnuniyetsizlik değeri odanın sağ ve sol bölümlerine göre daha yüksek çıkmıştır. PD (yüzde memnuniyetsizlik) oda genelinde 15,56 ve y=1,2m düzleminde 13,23 olarak elde edilmiştir.



a)

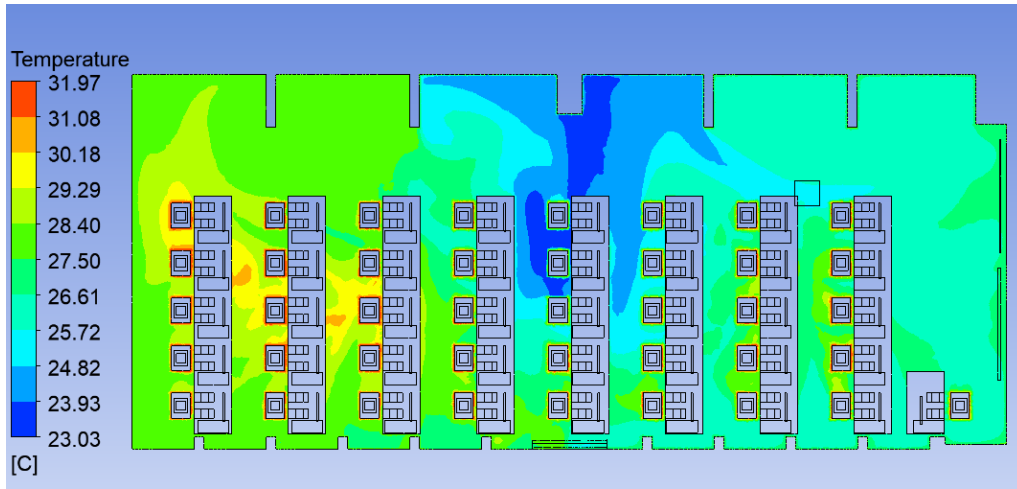


b)

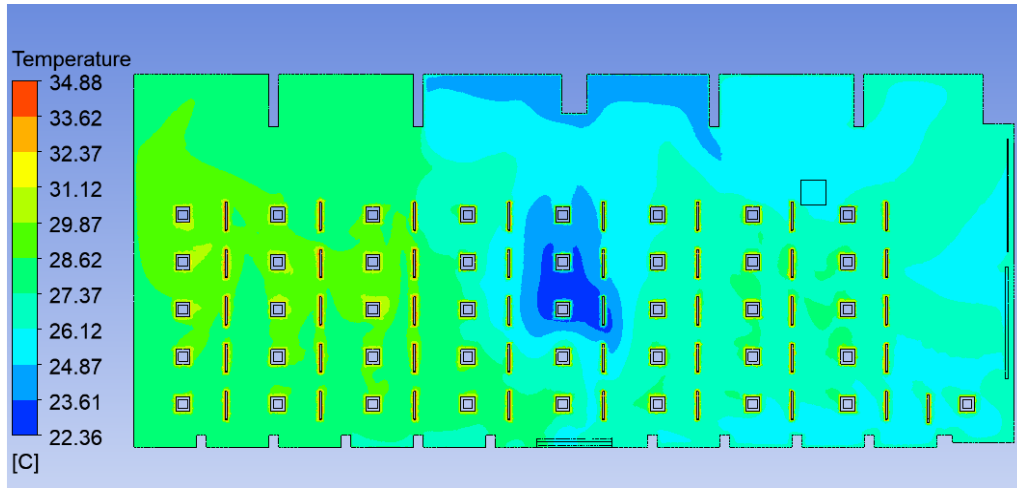


c)

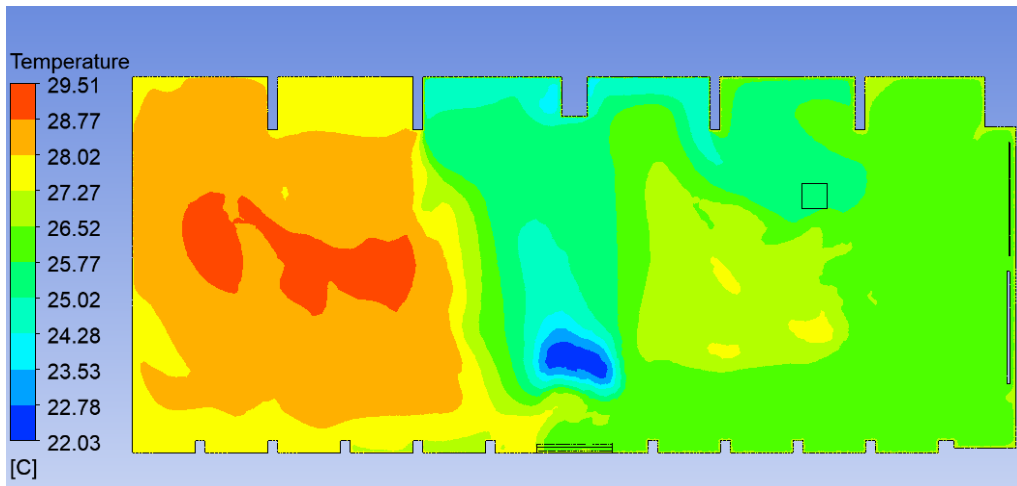
Şekil 3.31. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

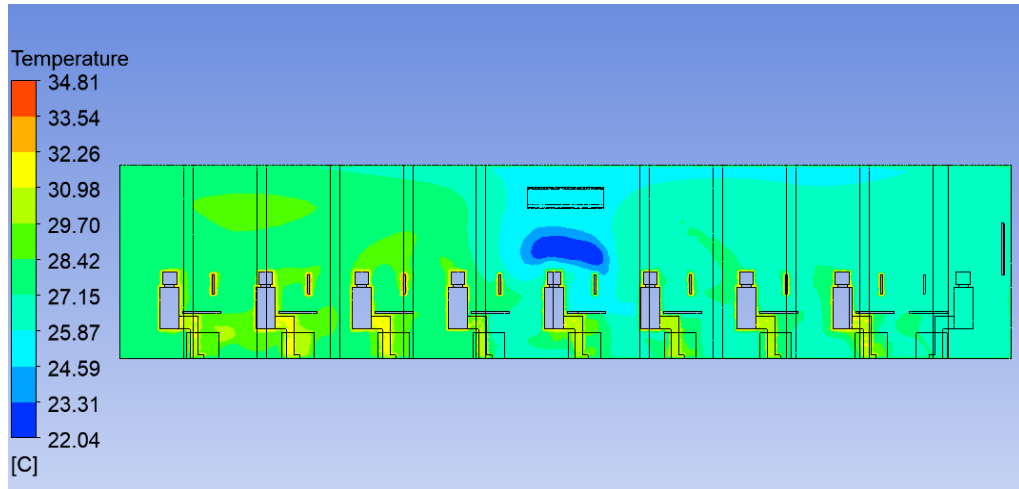


b)

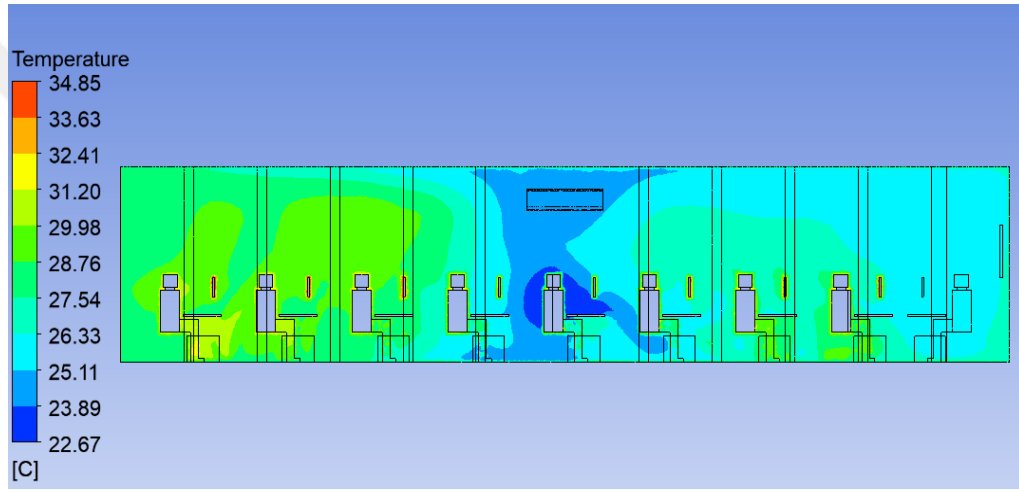


c)

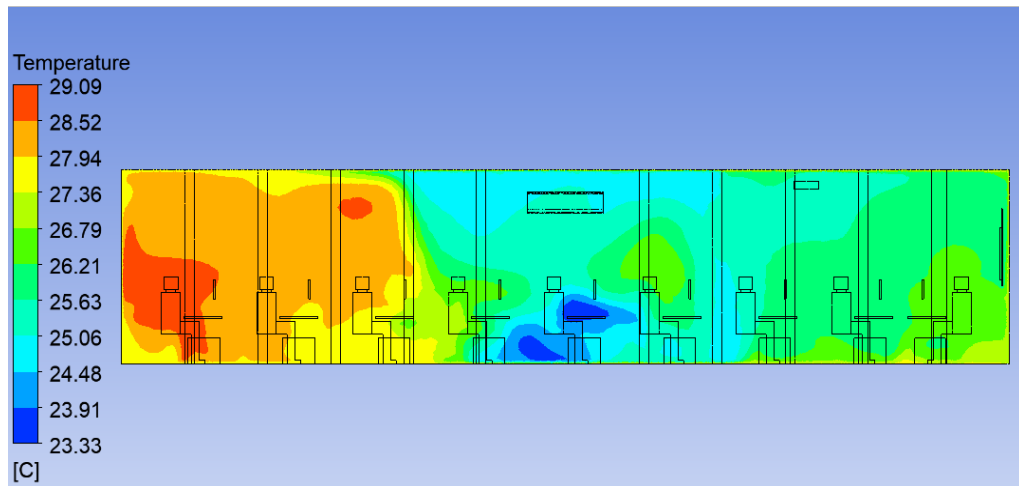
Şekil 3.32. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

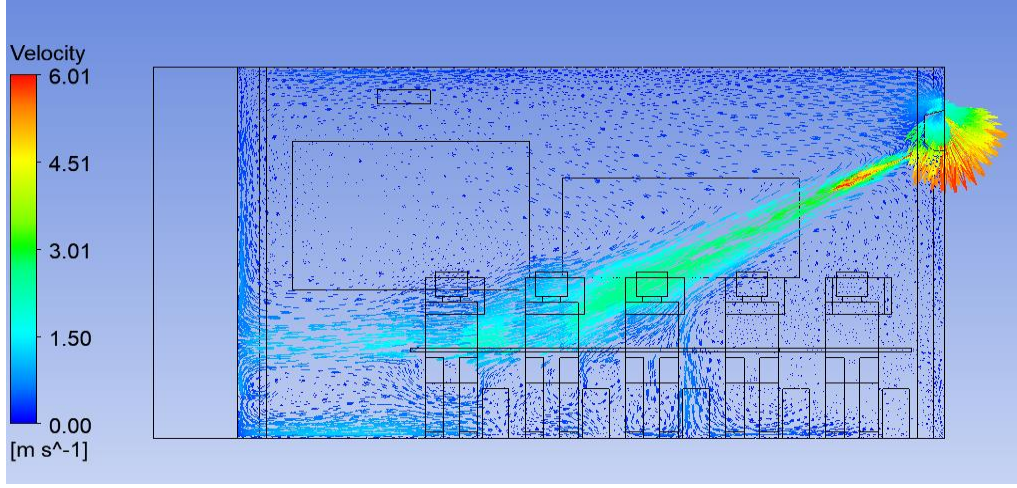


b)

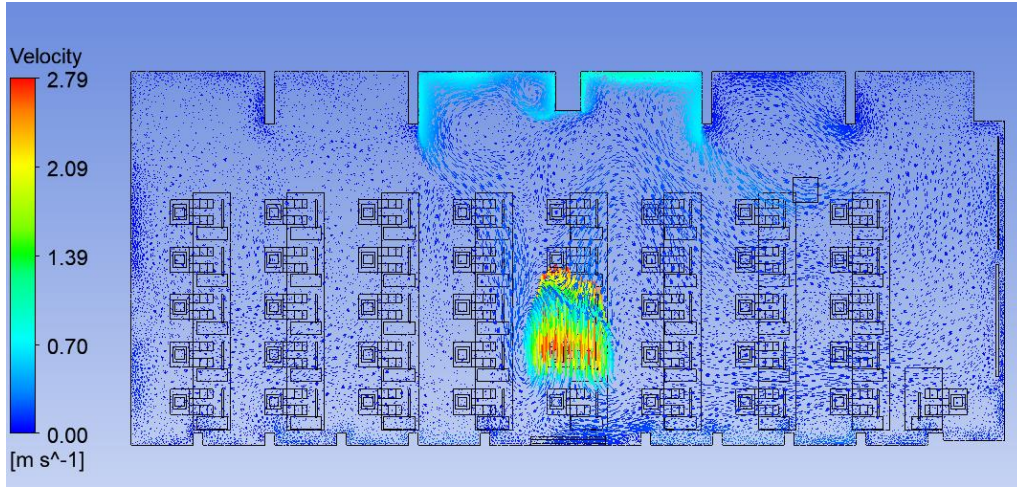


c)

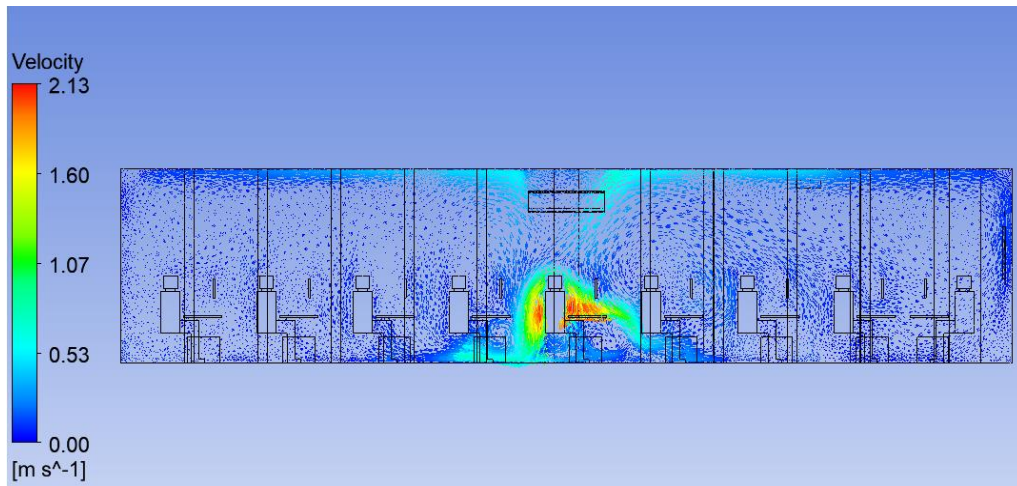
Şekil 3.33. Durum-VI sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

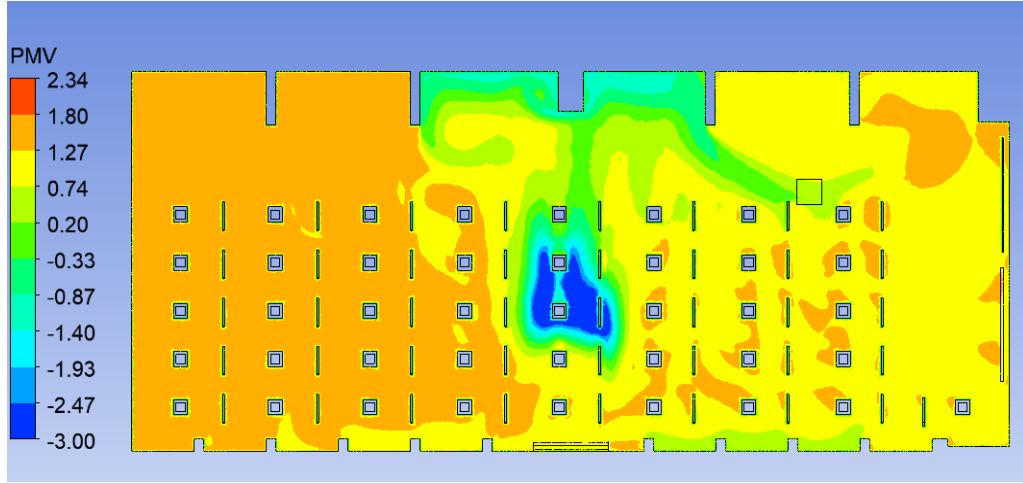


b)

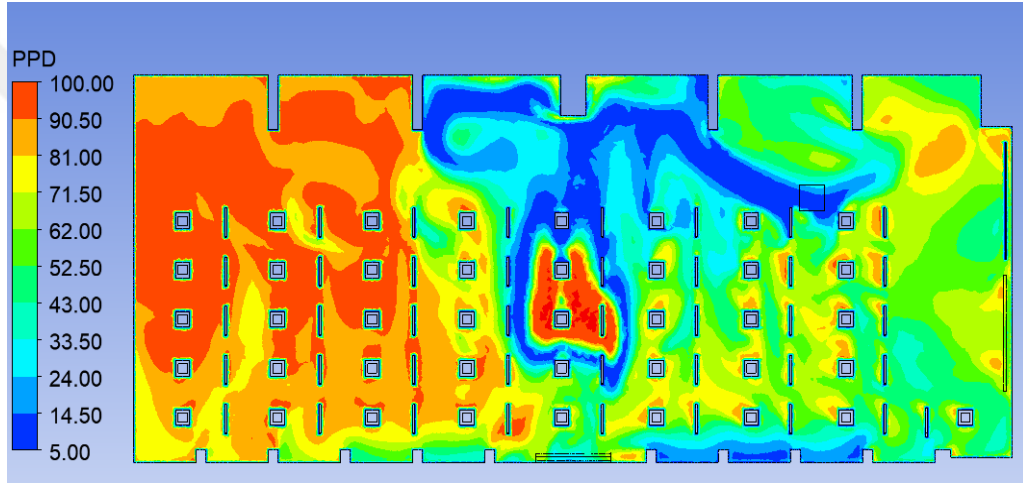


c)

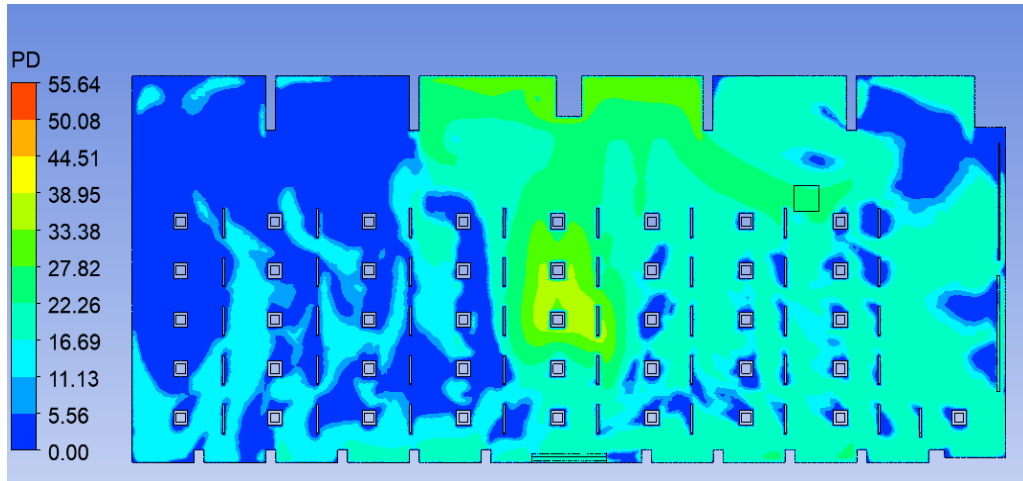
Şekil 3.34. Durum-VI hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.35. Durum-VI ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

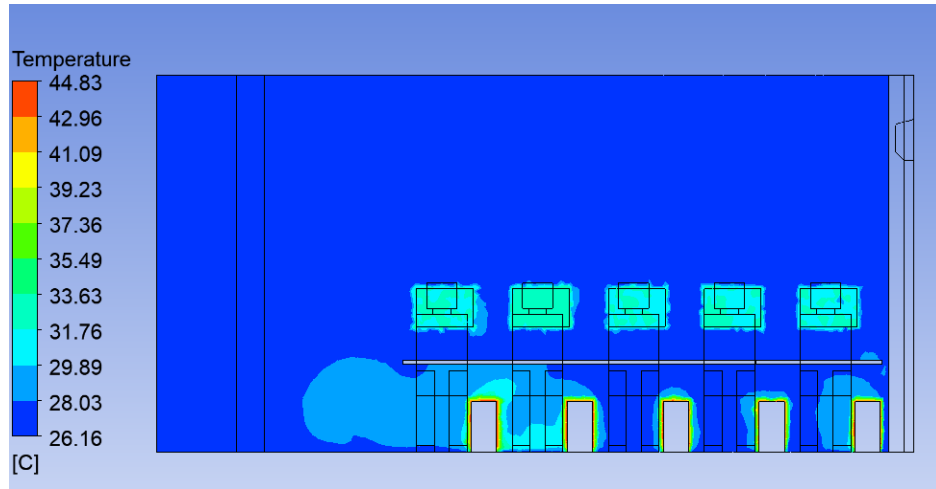
3.2.3.4. 45° Dikey Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-VII)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisi ile birlikte incelenmiştir. Bu analiz kapsamında 45° dikey üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışı ve ısı konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

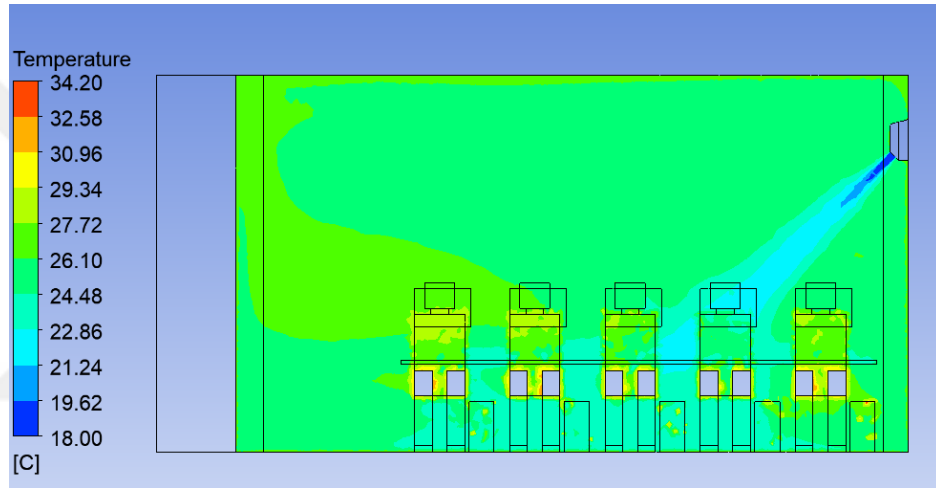
Şekil 3.36, Şekil 3.37 ve Şekil 3.38 sıcaklık dağılımları incelendiğinde, soğuk havanın akışının odanın tabanına doğru yöneldiği ve oda içerisine fazla etki etmediği görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık 26,94°C ve y=1,2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık 27,2°C olmuştur. Oda içerisindeki sıcaklığın yüksek kaldığı gözlemlenmiştir. Klima üfleme açısının düşük olması nedeniyle soğuk hava, odanın orta bölümünde insanların olduğu bölgeye direkt etki ettiği görülmüştür. Akış odanın orta noktasına tesir ettiği için odanın sağ ve sol kenarları, orta noktaya göre daha sıcak kalmıştır ve bu bölgeler arasında yüksek sıcaklık farkı oluşmuştur.

Şekil 3.39 hız vektörleri incelendiğinde, kolonlara ilave olarak oda içerisindeki nesne ve insan figürleri hava akışını önemli derecede etkilemiş ve soğuk havanın genel olarak odanın orta kesimde kalmasına neden olmuştur. Sağ ve sol duvara doğru ilerlediğinde ortalama sıcaklığın arttığı görülmüştür. Sol ve sağ duvara yakın bu alanlardaki sıcaklığın artmasının sebebi ise bilgisayar bileşenleri ve insan figürü sayısının bu alanlarda daha fazla olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,38 m/s, y=1.2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,10 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

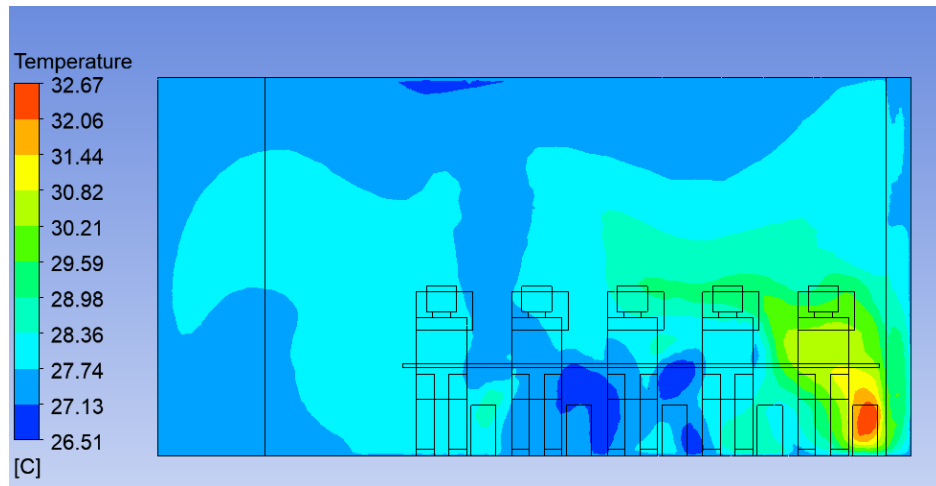
Şekil 3.40 ısı konfor parametreleri incelendiğinde, oda genelindeki ve y=1,2m düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,84 (nötr-ılık) ve 1,2 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Oda orta bölümünde klimanın direkt tesir ettiği alanda PMV değeri -3'e (çok soğuk) kadar düşerken, sol ve sağ kenara doğru ilerledikçe PMV değeri 2,34'e (sıcak-çok sıcak) kadar çıktığı görülmüştür. ve konforsuzluk bu alanlarda artmaktadır. Hava sirkülasyonun orta bölümde daha yoğun olması nedeniyle ısı transferi miktarı bu bölümde daha fazla olmuştur. Buna bağlı olarak yüzde memnuniyetsizlik değeri odanın sağ ve sol bölümlerine göre daha yüksek çıkmıştır. PD (yüzde memnuniyetsizlik) oda genelinde 11,46 ve y=1.2m düzleminde 8,53 olarak elde edilmiştir.



a)

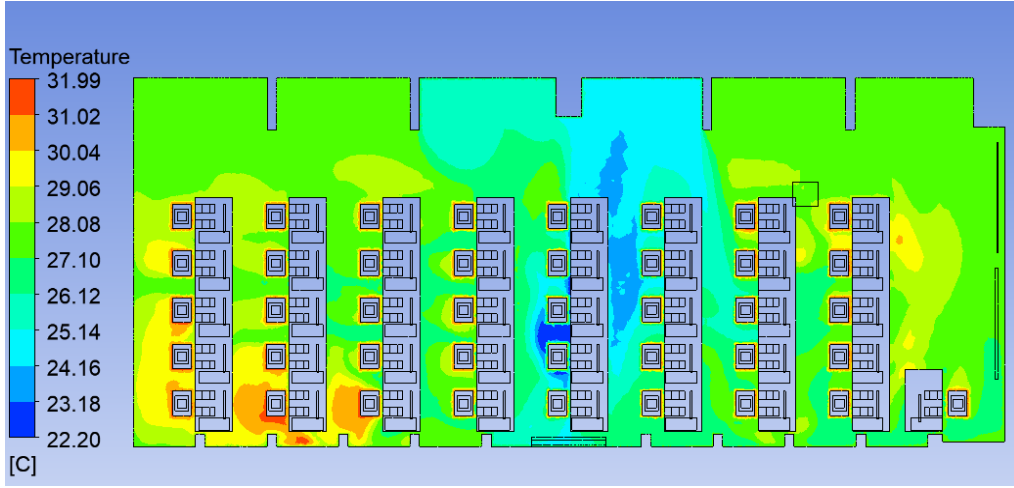


b)

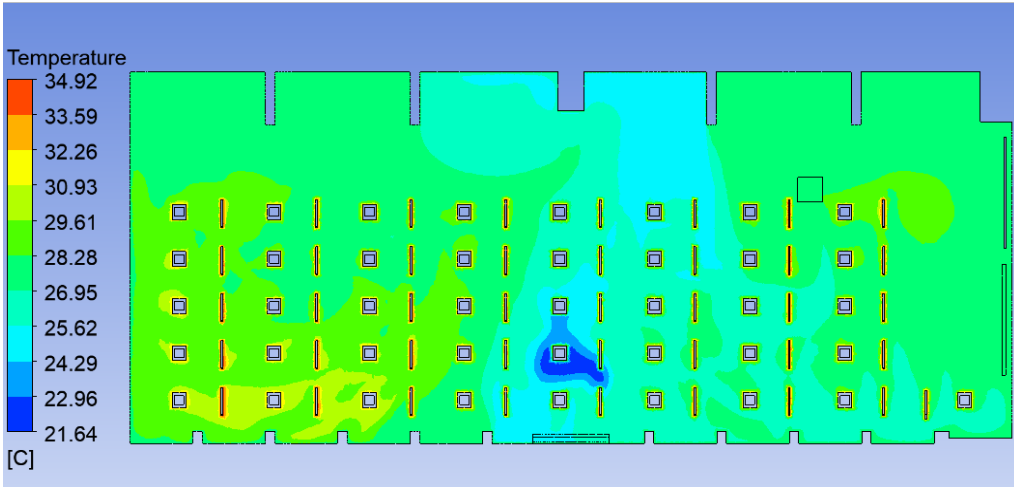


c)

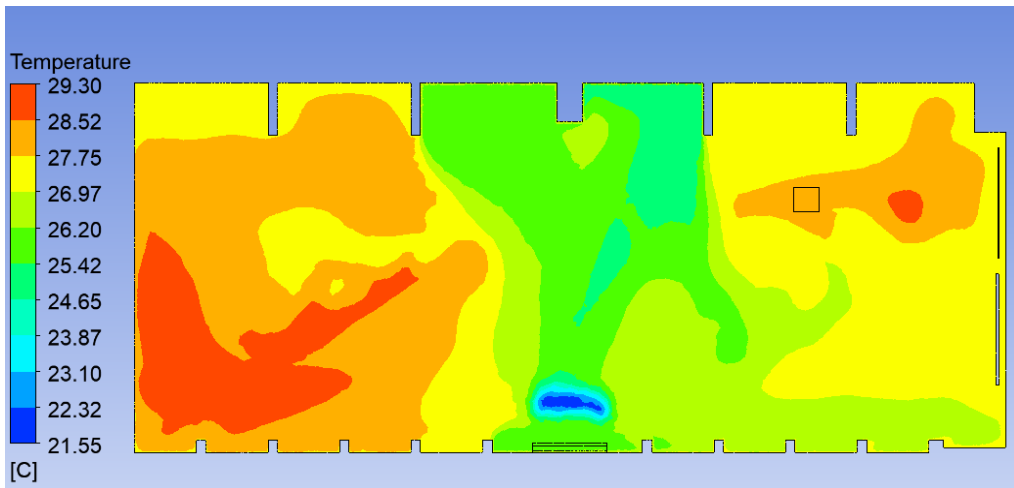
Şekil 3.36. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

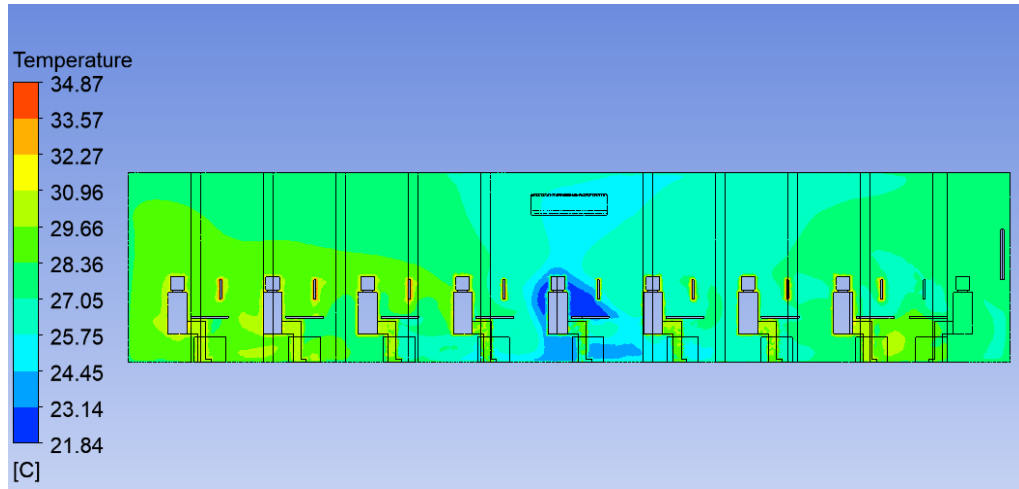


b)

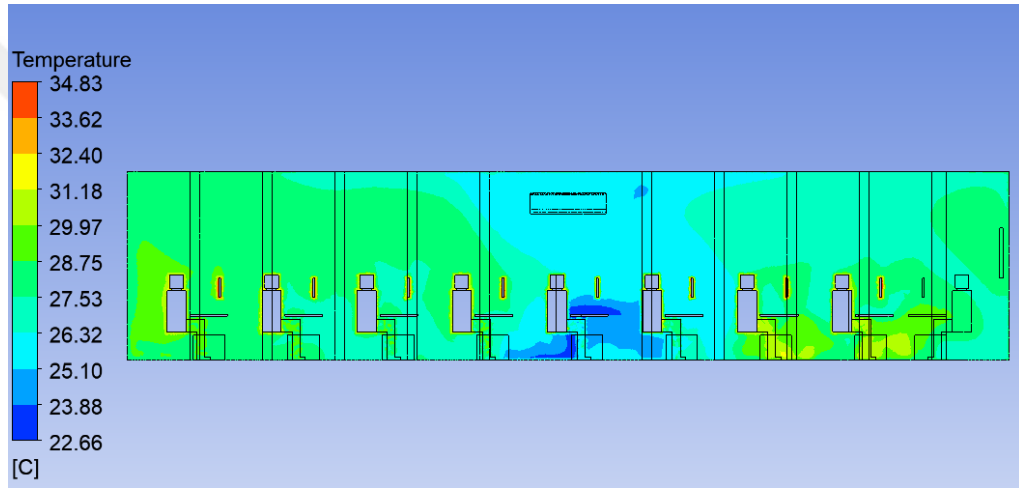


c)

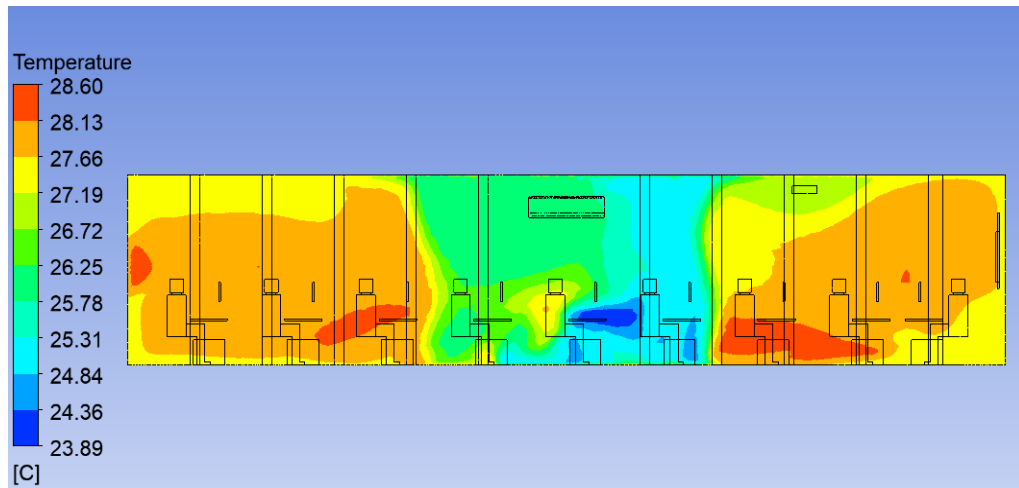
Şekil 3.37. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

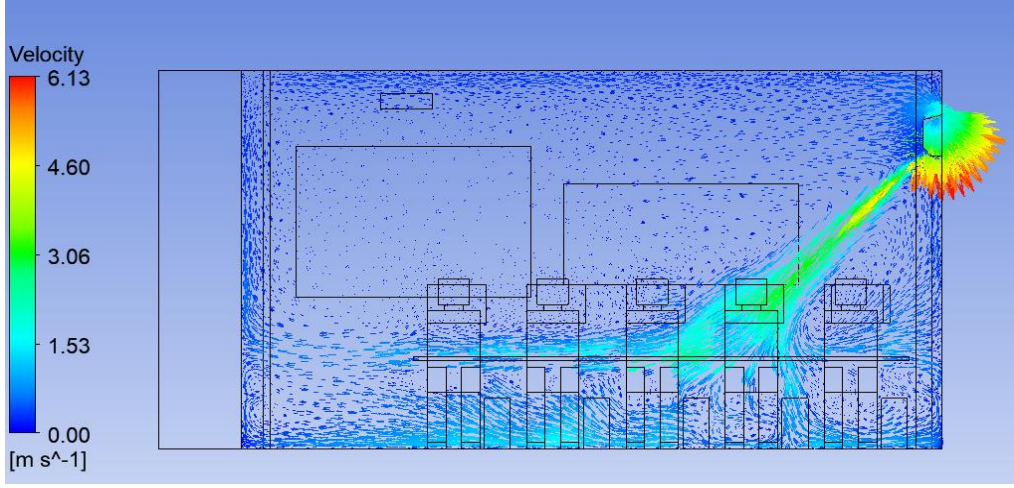


b)

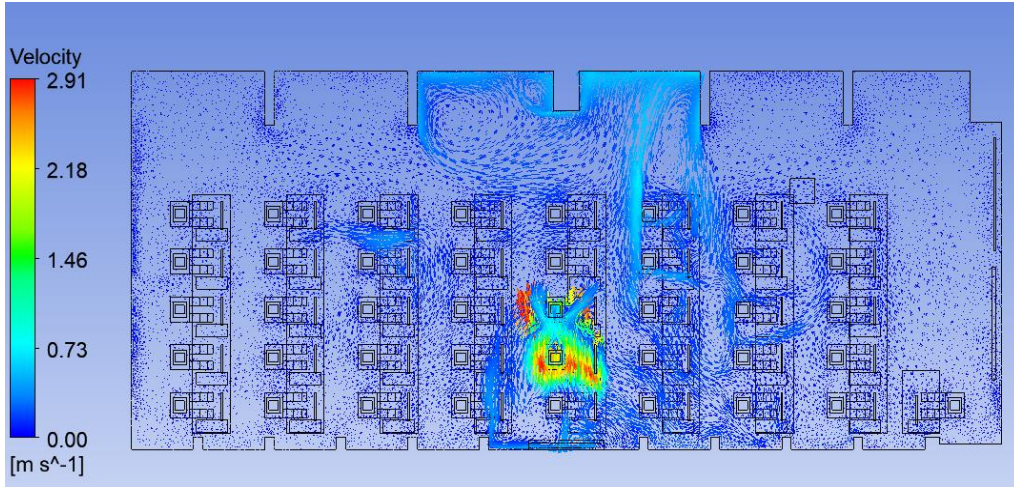


c)

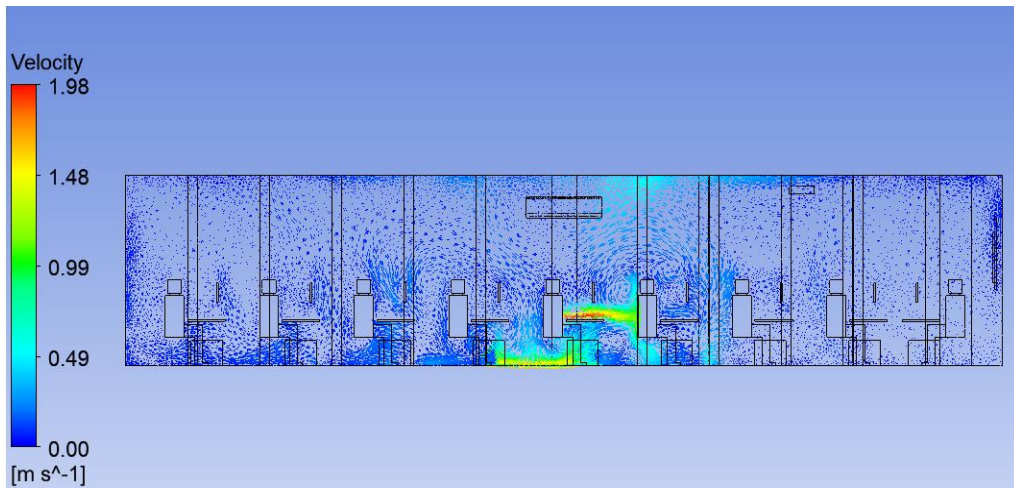
Şekil 3.38. Durum-VII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

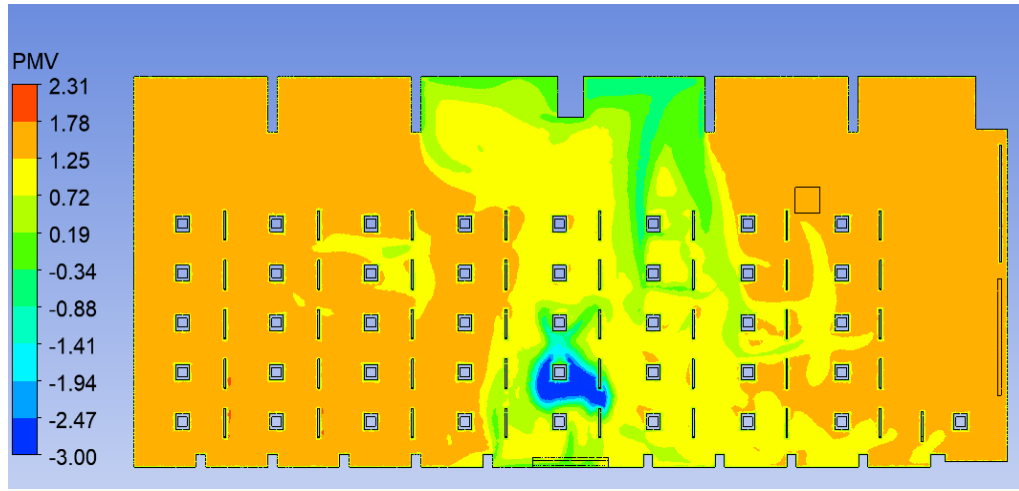


b)

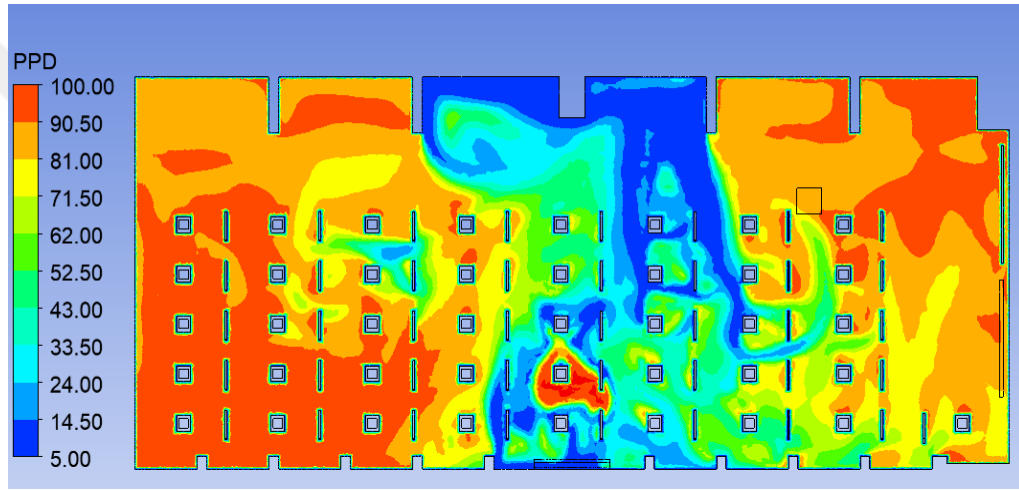


c)

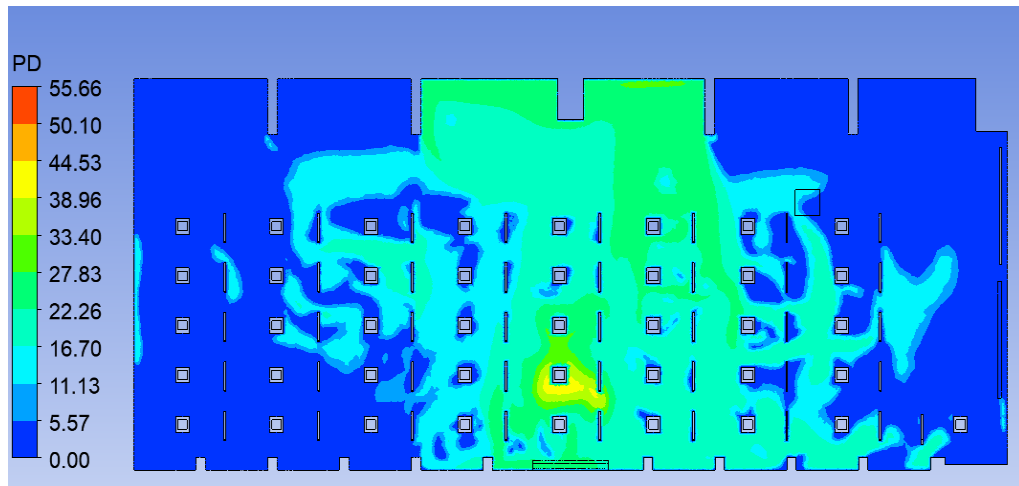
Şekil 3.39. Durum-VII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



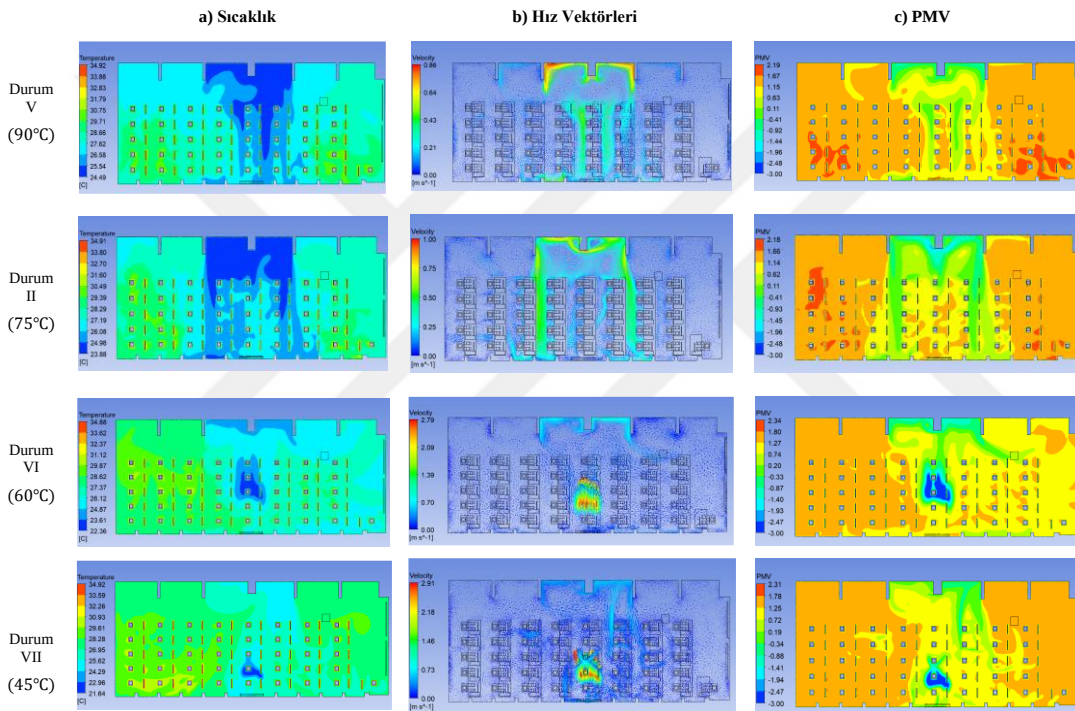
c)

Şekil 3.40. Durum-VII ısı konfor parametreleri $y=1,2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.3.5. Dört Farklı Dikey Üfleme Açısının Karşılaştırılması

Bu bölümde nesneler ve insan figürünün dâhil edildiği oda düzeni ile birlikte dört farklı dikey üfleme açısı (90° , 75° , 60° ve 45°) incelenmiştir. Dikey üfleme açısına bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri değerlendirilmiştir.

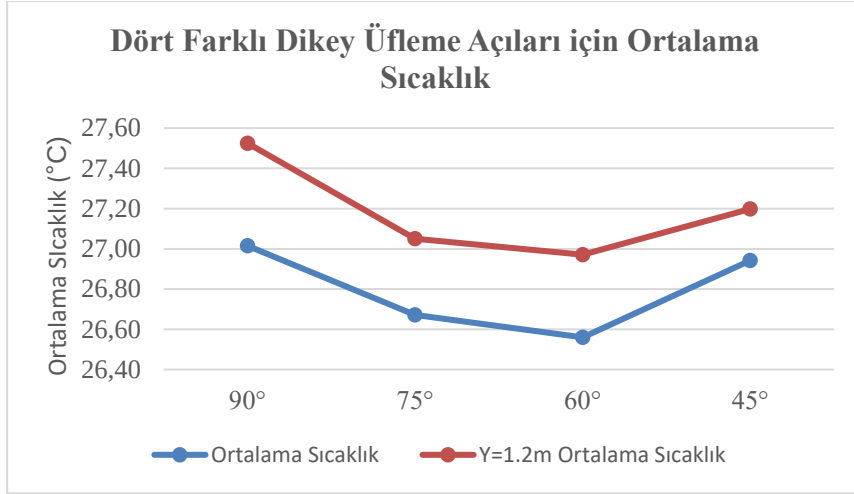
Dört durum için Model-1 klima ağız geometrisi (mevcut) analizlerde kullanılmış olup, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler Şekil 3.41 ve Şekil 3.42’de verilmiştir.



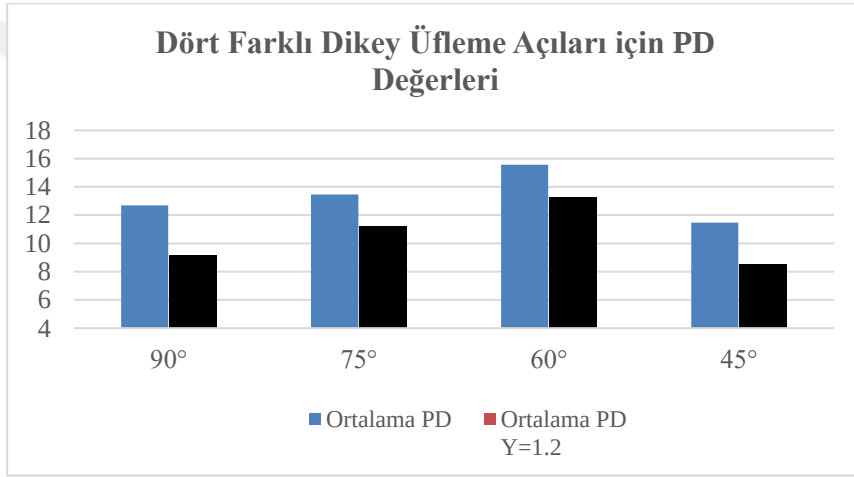
Şekil 3.41. Dört farklı dikey üfleme açıları için $y=1,2m$ düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV

Şekil 3.41 sıcaklık dağılımı grafiğini incelediğinde 90° ve 75° diğer iki açıya göre odanın orta bölümünde daha iyi soğutma performansı göstermiştir. 60° ve 45° için soğuk hava, insan figürlerinin bulunduğu alana direkt etki ederken kısıtlı bir alanda soğutma performansı sağlamıştır. Buna bağlı olarak oda içerisindeki soğuk hava akışının 90° ve 75° 'ye göre daha yetersiz kaldığı görülmüştür. En düşük ortalama sıcaklık değerleri ise 60° ve 75° durumlarında elde edilmiştir. PMV grafiği incelendiğinde 60° ve 45° durumlarında soğuk havanın direk etki ettiği bölgede -3 (çok soğuk) değeri elde edilirken, odanın sağ ve sol duvarlarına doğru bu değer 2,3'e

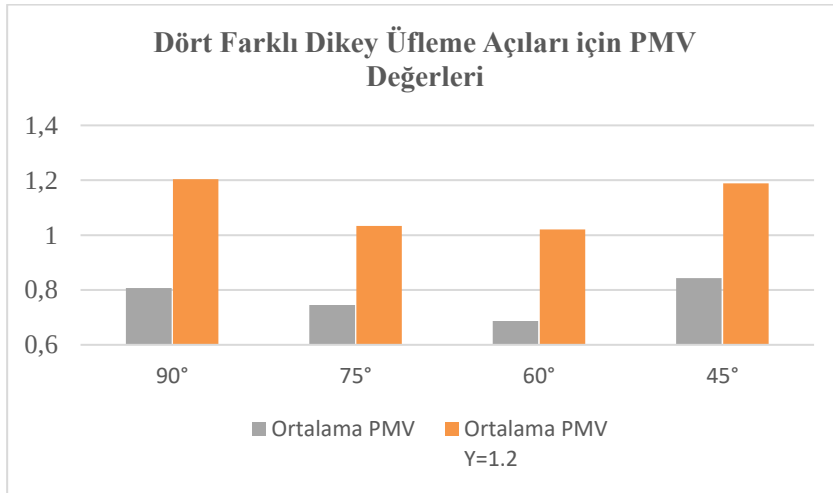
(sıcak-çok sıcak) kadar çıktığı görülmüştür. Şekil 3.42 yüzde memnuniyetsizlik (PD) değeri en düşük 45° durumunda elde edilmiştir. Bu durum oda içi ortalama hava akış hızının en düşük olmasına bağlı olarak meydana gelen ısı transferinin düşük olmasından kaynaklandığı görülmüştür. En yüksek PD değerleri ise 60° ve 75° durumlarında meydana gelmiştir. Bu iki durumda da ortalama oda içi hava akış hızı diğer iki duruma göre daha yüksek olduğu için daha yüksek PD değerleri elde edilmiştir. En iyi PMV değeri ise yine 60° ve 75° durumlarında elde edilmiştir. 90° durumunda havanın belirli bir noktadan sonra tavana yönelmesi sebebiyle üflenen soğuk hava tam anlamıyla odaya tesir edememiş ve yetersiz kalmıştır. Bu da oda içinde daha düşük ortalama hıza ve buna bağlı olarak da daha yüksek PMV değerine neden olmuştur. Bütün bu parametreler değerlendirildiğinde 75° dikey üfleme açısının daha uygulanabilir olduğu görülmüştür.



a)



b)



c)

Şekil 3.42. Dört farklı dikey üfleme açıları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

3.2.4. Üç Farklı Klima Üfleme Ağzı Modelinin İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) üç farklı (Model-1, Model-2 ve Model-3) klima üfleme ağzı modeli için analizler yapılmıştır. Bu klima üfleme ağzı modellerine bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri incelenmiştir.

3.2.4.1. Model-1 (Mevcut Klima Üfleme Ağzı Modeli) Klima Üfleme Ağzının İncelenmesi (Durum-II)

Durum-II, “3.2.1.2. Mevcut Klima Ağzı Modeli (Model-1) Kullanılarak Nesne ve İnsan Figürü Dâhil” analizi başlığı altında analiz sonuçları detaylı olarak verilmiş olup, “3.2.4.4. Üç Farklı Klima Üfleme Ağzı Modelinin Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı üfleme ağzı modelleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.



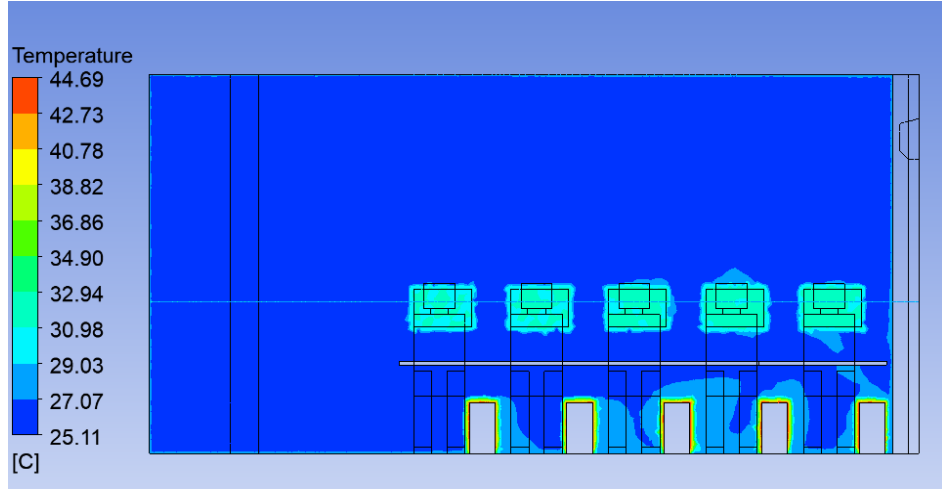
3.2.4.2. Model-2 Klima Üfleme Ağzının İncelenmesi (Durum-VIII)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-2 ağız geometrisi sunulmuştur. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin, hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

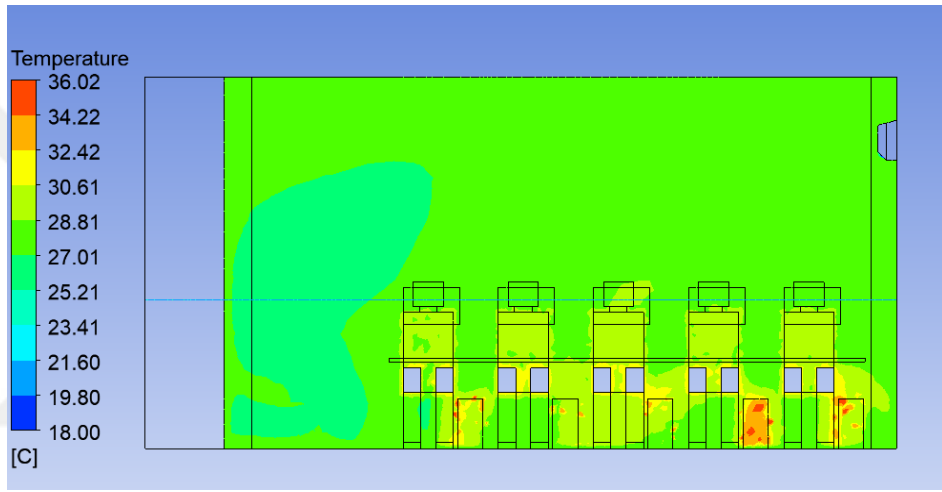
Şekil 3.43, Şekil 3.44 ve Şekil 3.45 sıcaklık dağılımı incelendiğinde, klimanın üfleme ağız yapısı itibarıyla akışın tamamının odanın sağ ve sol köşelerine doğru yöneldiği ve bu bölgelerde ortalama sıcaklığın odanın orta noktasına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sol bölümdeki ısı kaynaklarının sayıca fazla olması bu bölgedeki ısı transferini arttırdığı tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık değeri, odanın orta bölümünde elde edilmiştir. En düşük sıcaklık değeri ise sağ duvara yakın bölümde elde edilmiştir. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık $26,83^{\circ}\text{C}$ ve $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık $27,06^{\circ}\text{C}$ olmuştur.

Şekil 3.46 hız vektörü incelendiğinde, hava akışının oda köşelerine doğru yönelmesi ile bu bölgelerde daha yüksek hız değeri elde edilmiştir. Hava, bu bölümlerden duvara paralel olarak oda içerisine yayılmış ve soğutma işlemi gerçekleşmiştir. Odanın orta bölümünde ise ortalama hızın daha düşük olduğu görülmüştür. Oda genelinde ortalama hava hızı $0,36\text{ m/s}$, $y=1,2\text{m}$ düzleminde $0,11\text{ m/s}$ olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

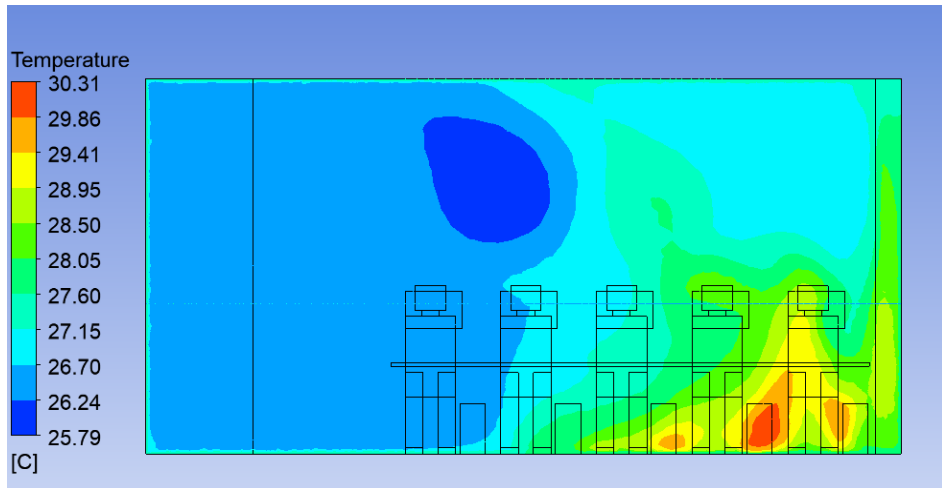
Şekil 3.47 ısıl konfor parametreleri incelendiğinde, havanın hızının yüksek olduğu bölümlerde (sağ ve sol köşelerde) ısı transferi daha yüksek olup, PMV değeri de buna bağlı olarak daha düşük çıkmıştır. Ayrıca bu bölümlerde cereyan riski artması nedeniyle PD değeri bu alanlarda daha yüksek çıkmıştır. Odadaki ortalama PD değeri $15,74$ ve $y=1,2\text{m}$ düzleminde PD değeri $13,41$ olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla $0,84$ (nötr-ılık) ve $1,12$ (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. PPD değeri, hava akışının az olduğu bölge olan odanın orta noktasında %100'e kadar ulaşırken odanın köşelerine doğru ilerledikçe bu değerin düştüğü gözlemlenmiştir.



a)

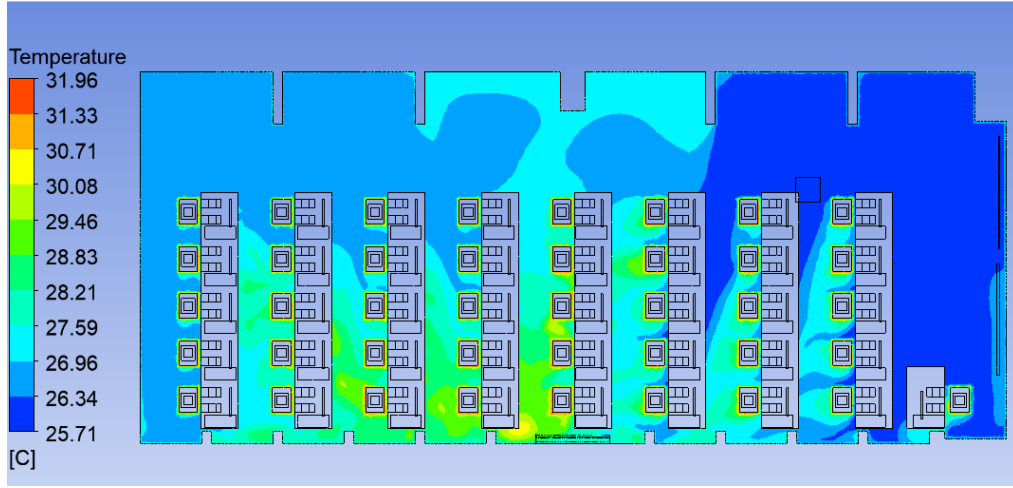


b)

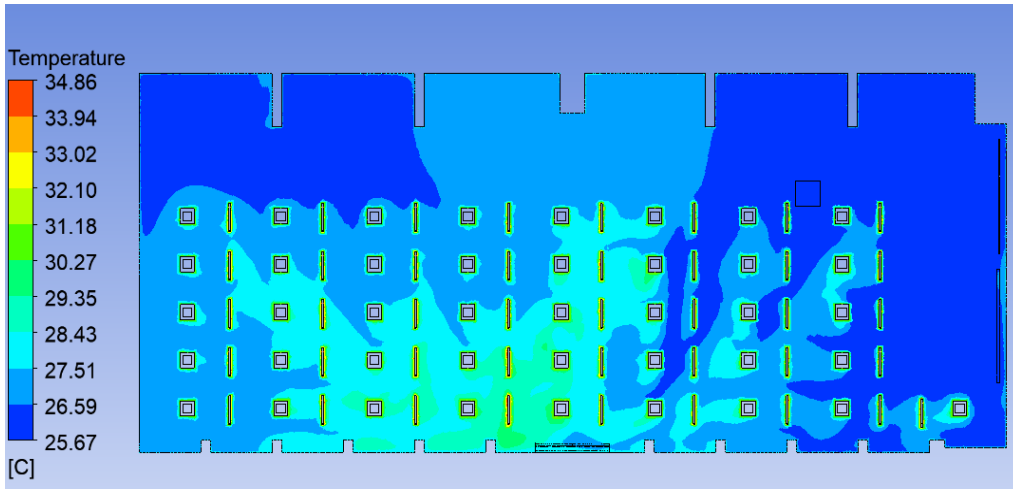


c)

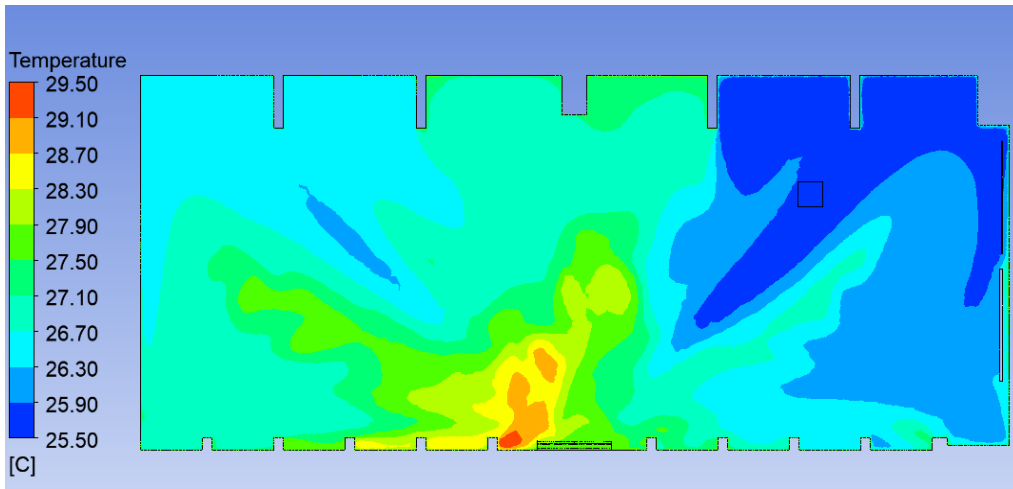
Şekil 3.43. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

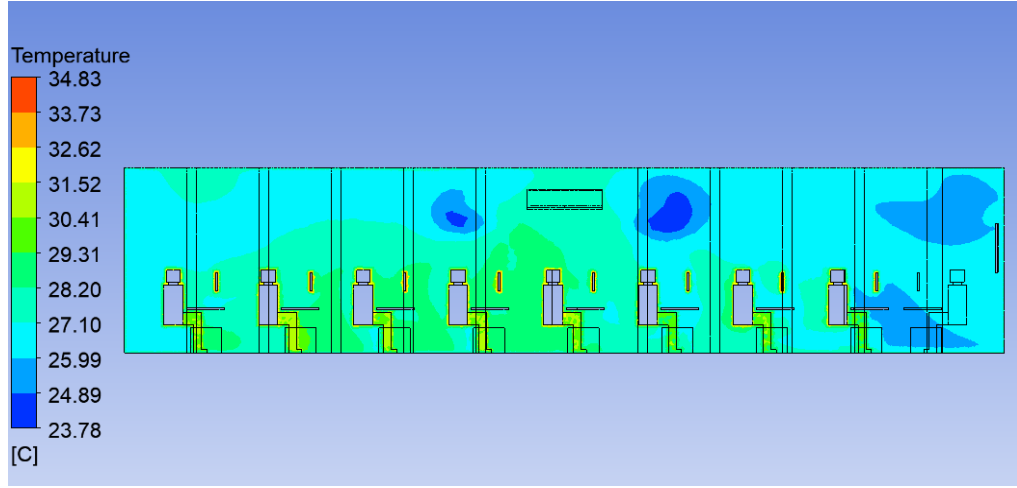


b)

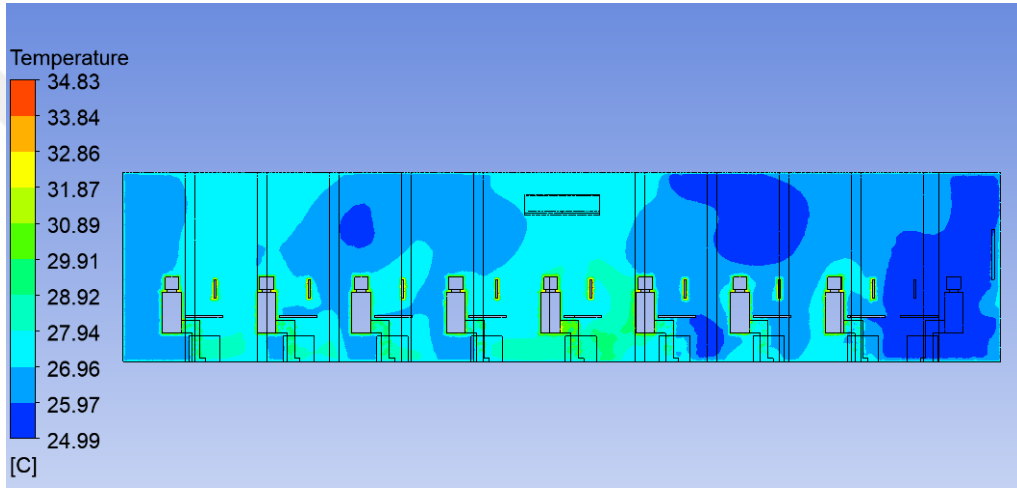


c)

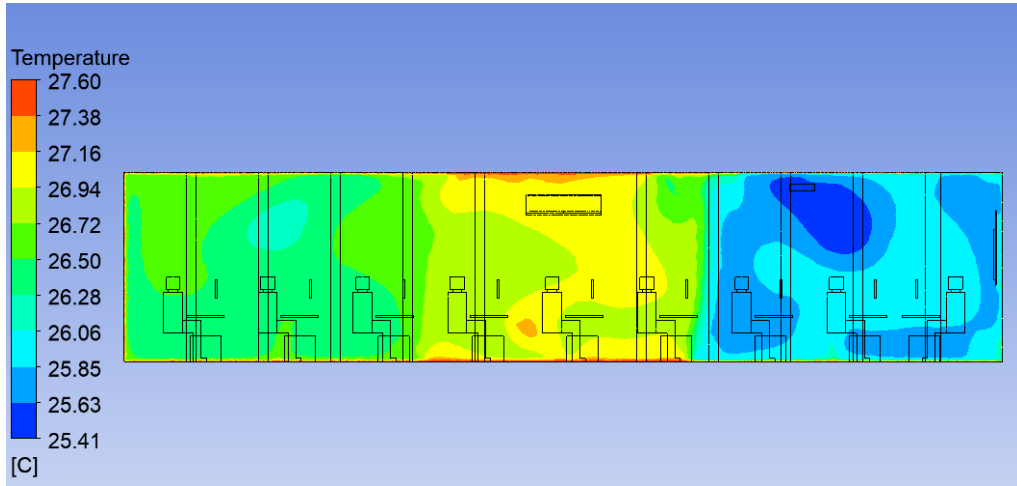
Şekil 3.44. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

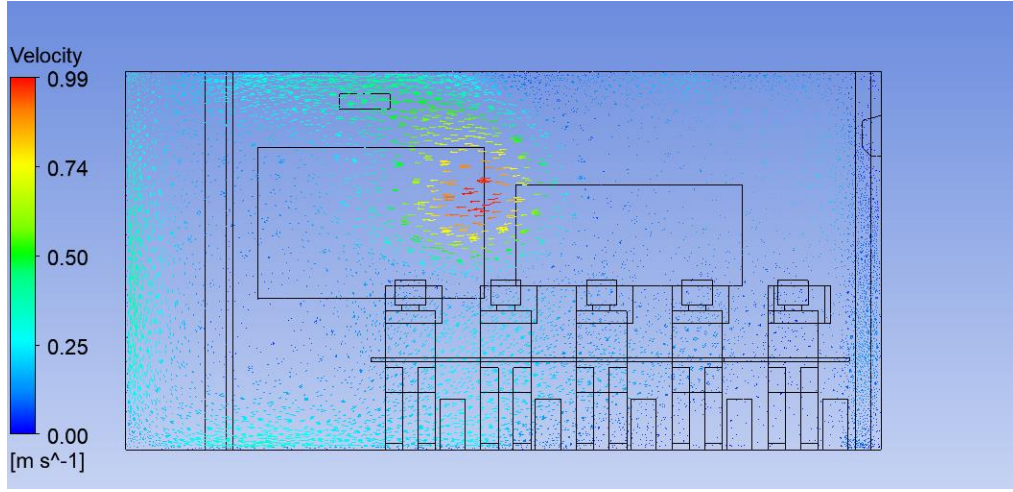


b)

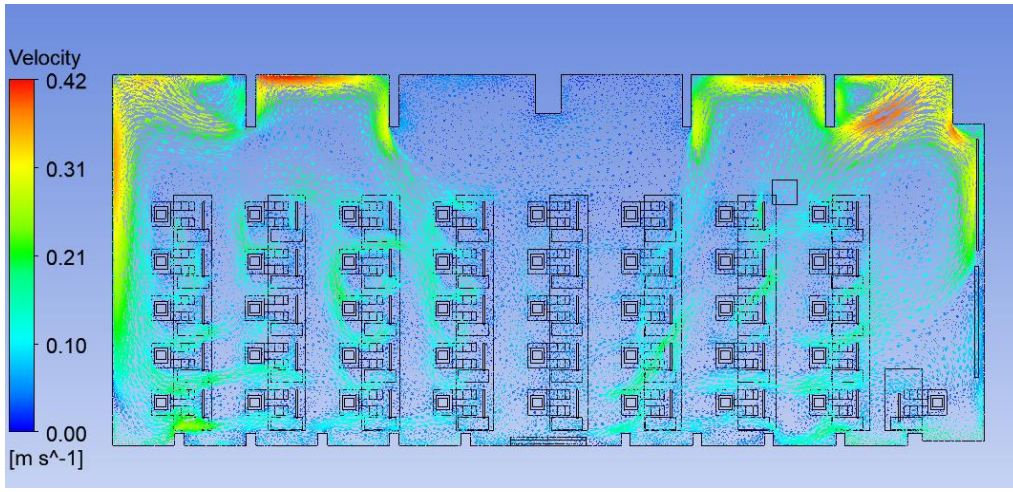


c)

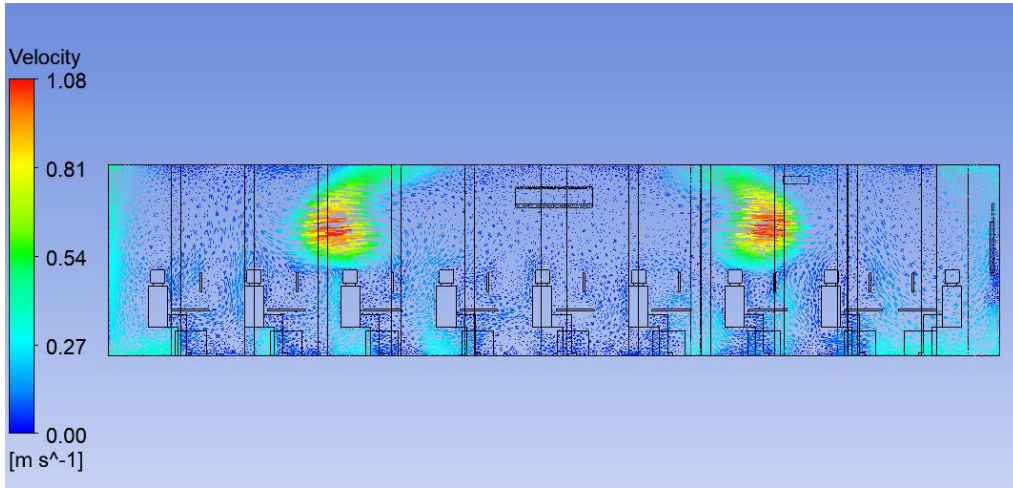
Şekil 3.45. Durum-VIII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

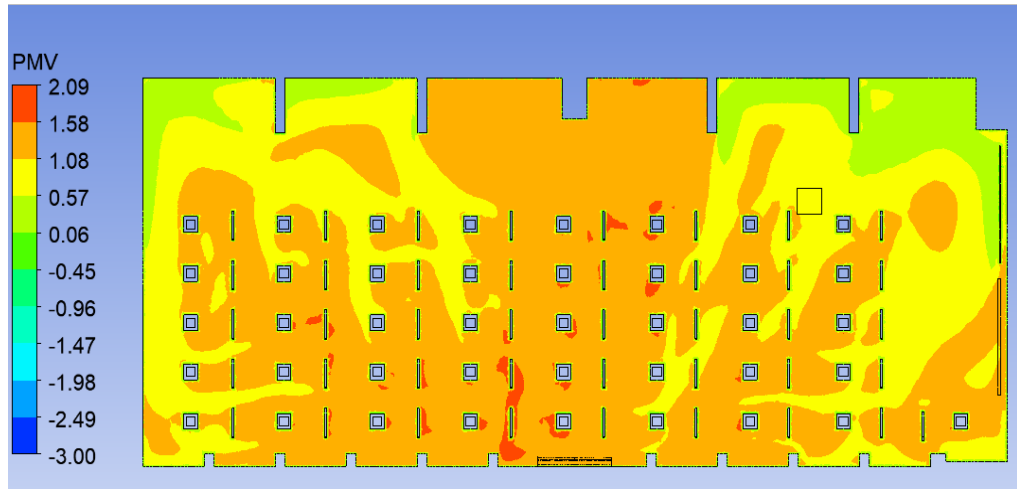


b)

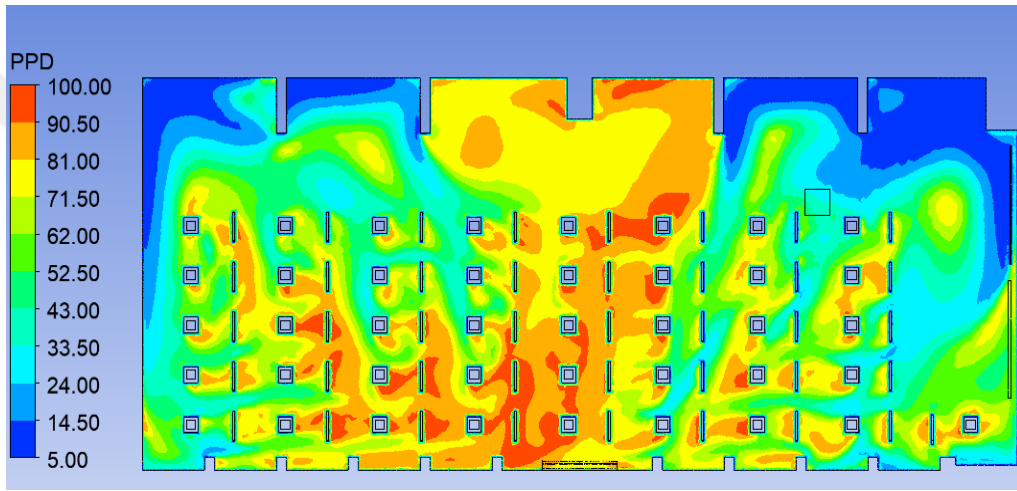


c)

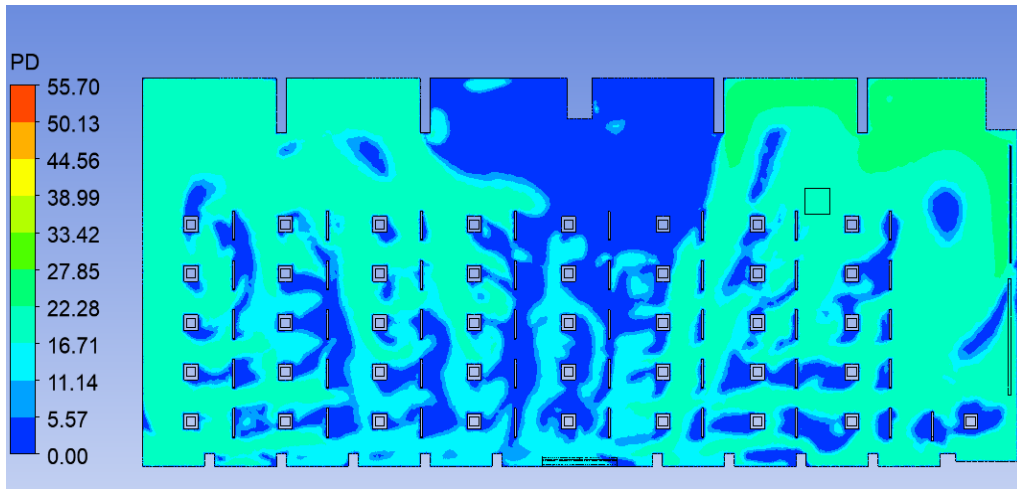
Şekil 3.46. Durum-VIII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.47. Durum-VIII ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.4.3. Model-3 Klima Üfleme Ağzının İncelenmesi (Durum-IX)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuştur. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin, hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

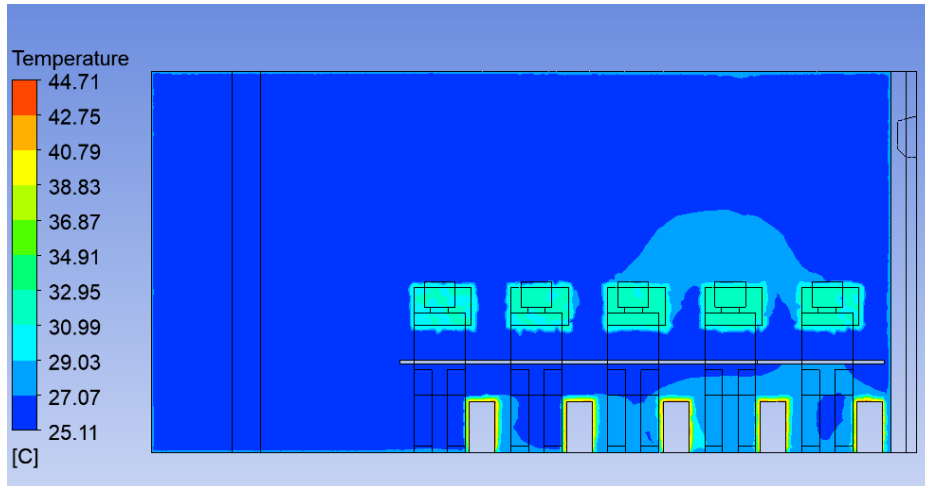
Şekil 3.49.b sıcaklık dağılımı incelendiğinde klima üfleme ağız yapısı itibariyle soğuk hava odanın geneline daha iyi yayıldığı görülmüştür. Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50 sıcaklık dağılımı x, y ve z düzlemleri için incelendiğinde sıcaklık, zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık $26,38^{\circ}\text{C}$ ve $y=1,2\text{m}$ (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık $26,51^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Havanın odanın geneline daha homojen yayılması sayesinde sıcaklık geçişlerinin daha yumuşak olduğu ve bunun da cereyan etkisini düşürdüğü ön görülmüştür.

Şekil 3.51 hız vektörü grafiği incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvar genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak havanın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava sıcak bölgelerin etrafında geldiğinde ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yönelmiştir. Bu alternatif model ile oda genelinde daha fazla hava hareketi sağlanmıştır. Hava hareketine bağlı olarak ısı transferi miktarı artmış ve oda genelinde daha düşük ortalama sıcaklık değeri elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri $0,41\text{ m/s}$, $y=1.2\text{m}$ düzlemindeki ortalama hız $0,12\text{ m/s}$ olduğu görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından ($0,1-0,25\text{m/s}$) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

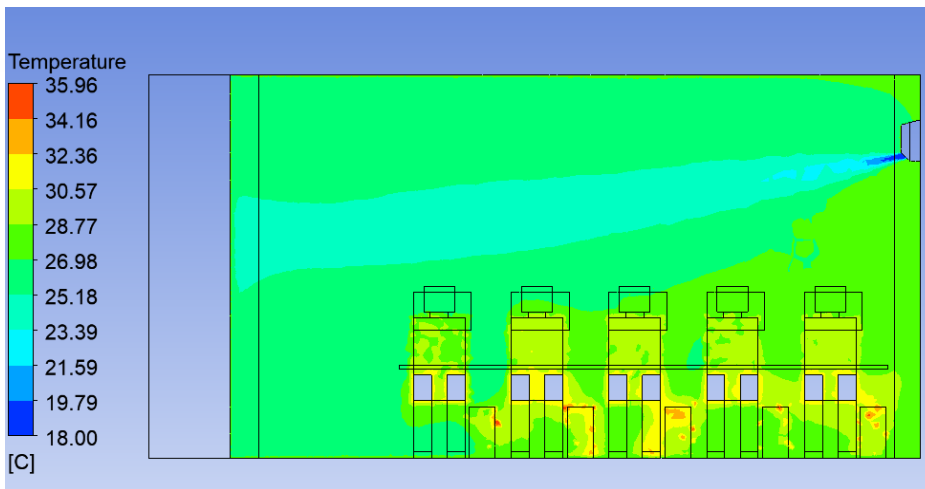
Şekil 3.52 ısıl konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla $0,69$ (nötr-ılık) ve $0,98$ (nötr-ılık) olarak elde edilmiştir. Bu değerler nötr-ılık aralığında olup kabul edilebilir aralıktadır. Bu değer hava akışının yüksek olduğu yerlerde daha da düşmüştür ve daha iyi konfor şartları elde edilmiştir. Oda geneline havanın daha iyi yayılmasıyla, o genelinde homojen dağılımlı bir PMV değeri elde edilmiştir.

PD değeri incelendiğinde, oda genelinde 17,9 iken $y=1,2\text{m}$ düzleminde 16,29 değerine kadar düşmüştür. Ayrıca insan figürlerinin yer aldığı bölümlerde 0-5,57 değer aralığına kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. PPD değeri ise PMV değeri ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

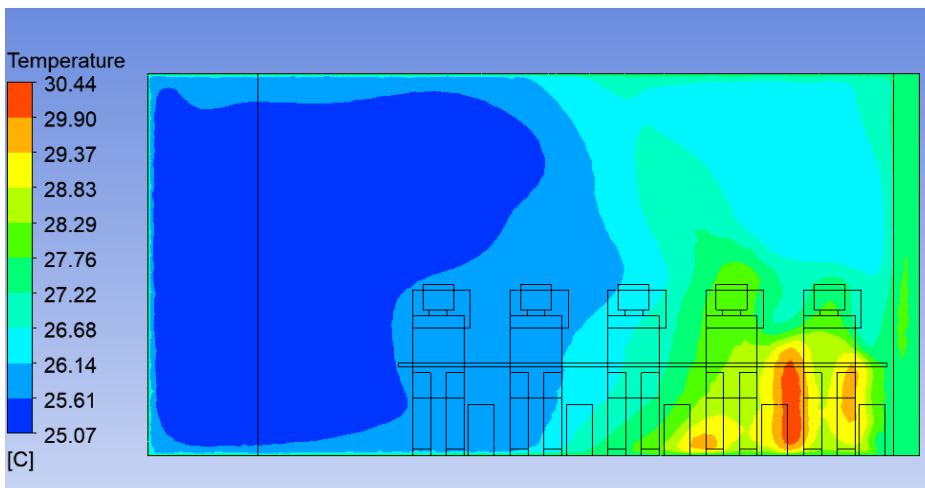




a)

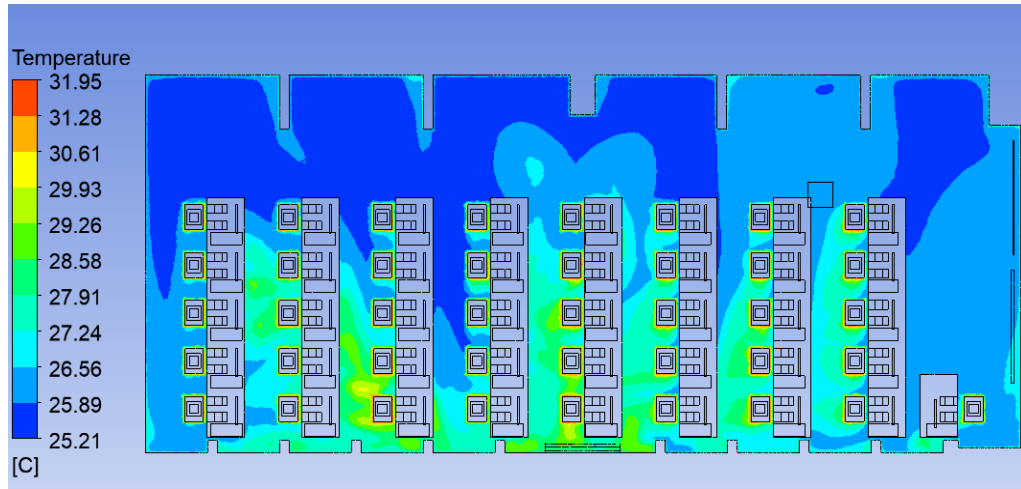


b)

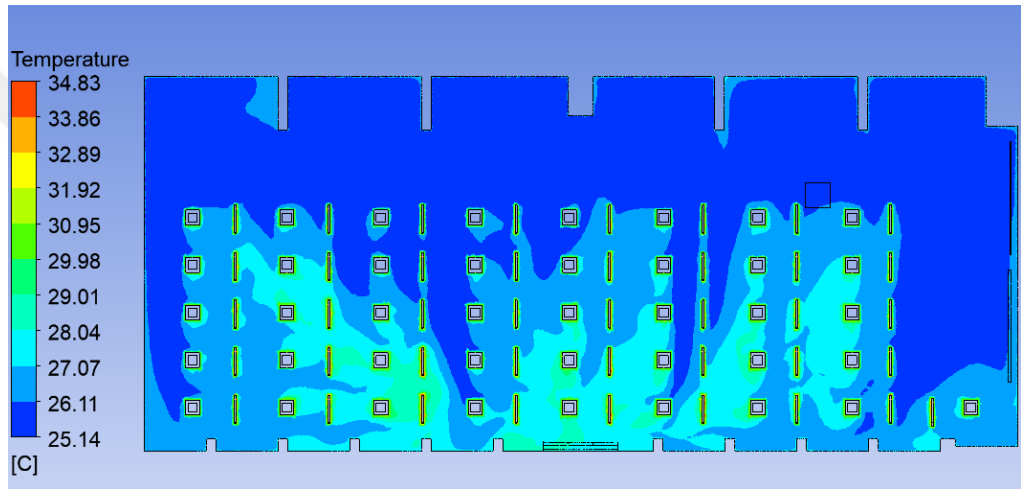


c)

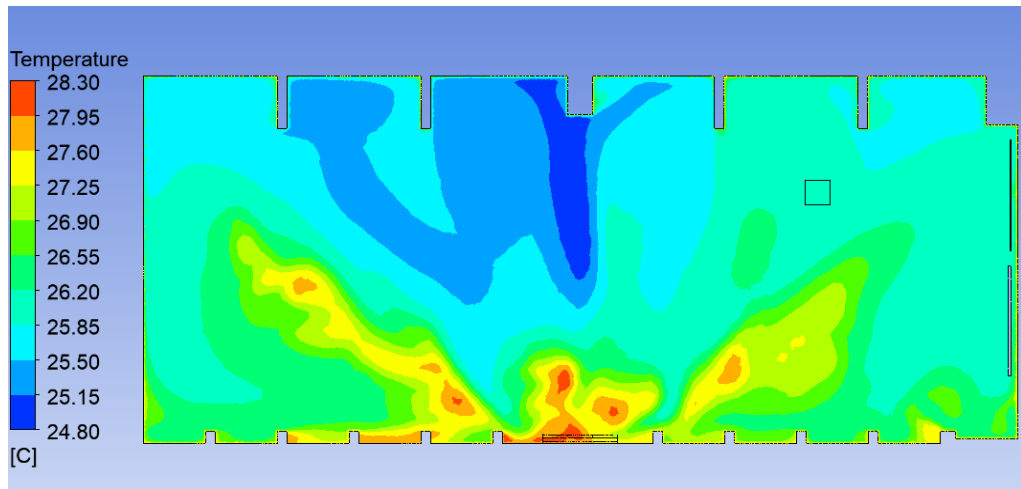
Şekil 3.48. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

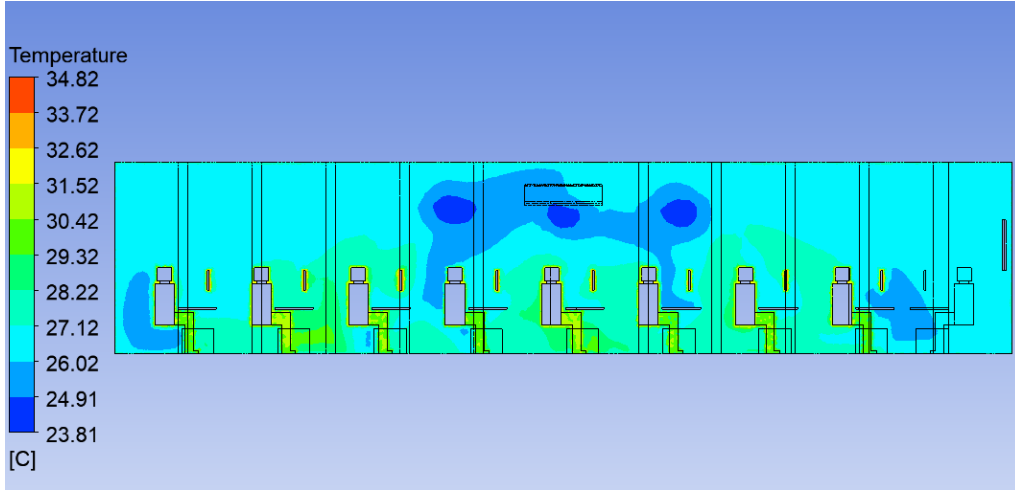


b)

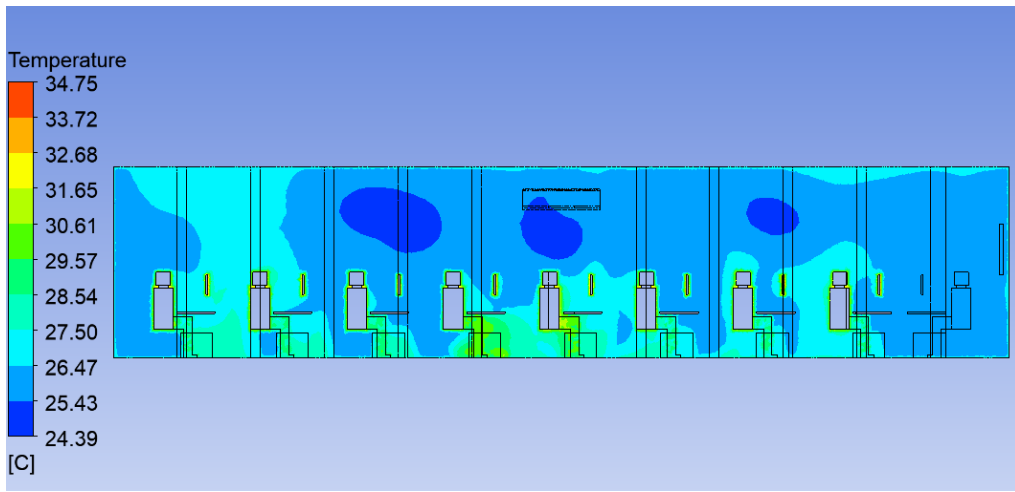


c)

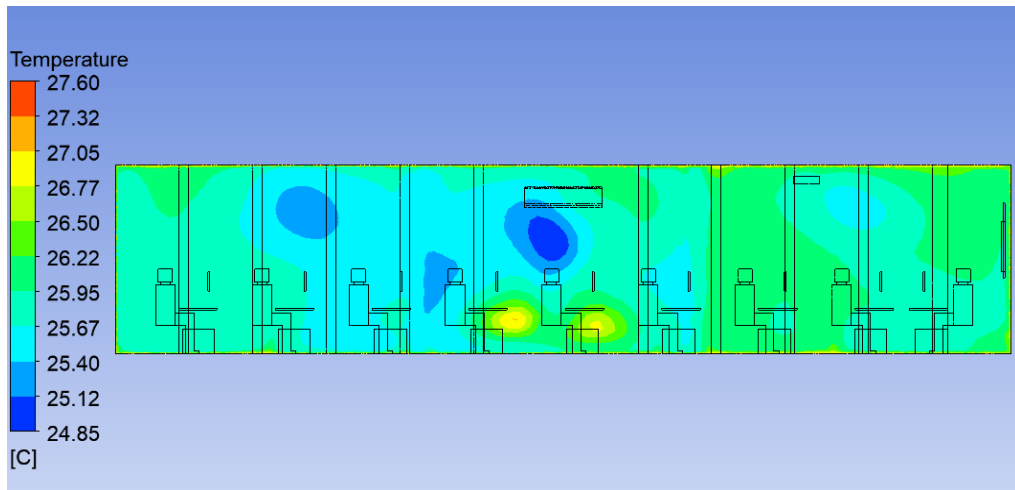
Şekil 3.49. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

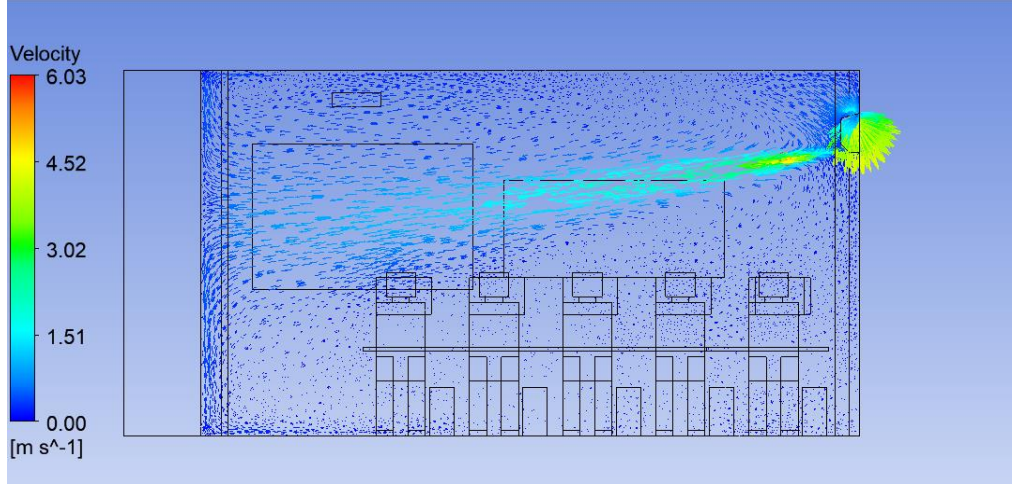


b)

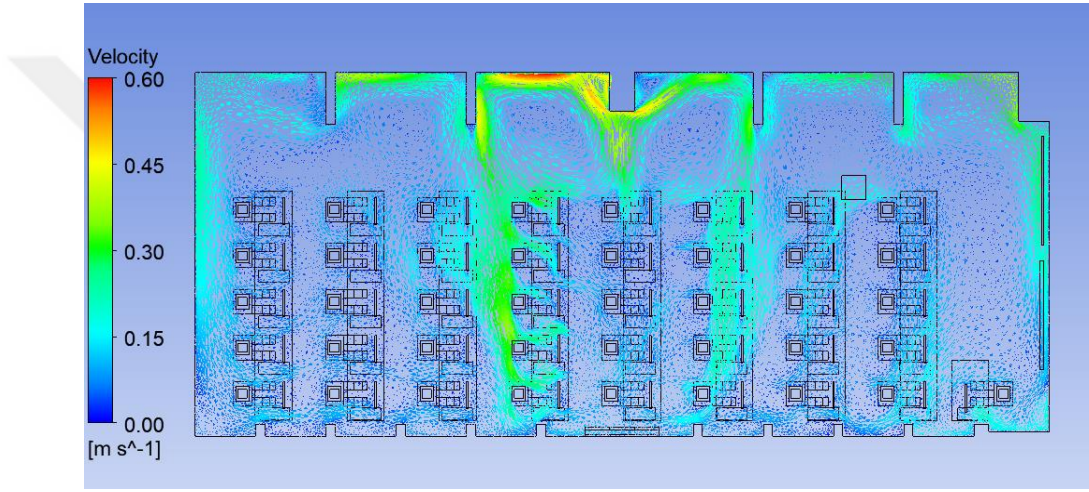


c)

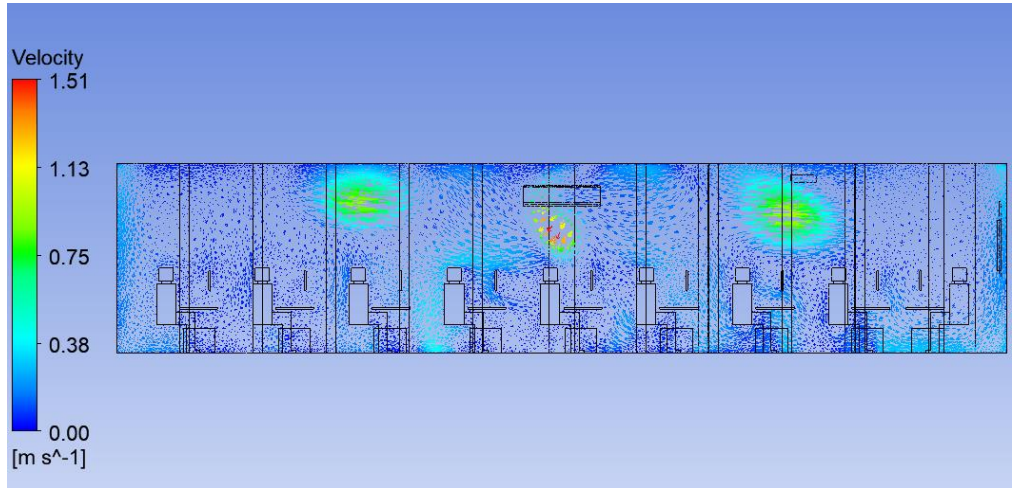
Şekil 3.50. Durum-IX sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

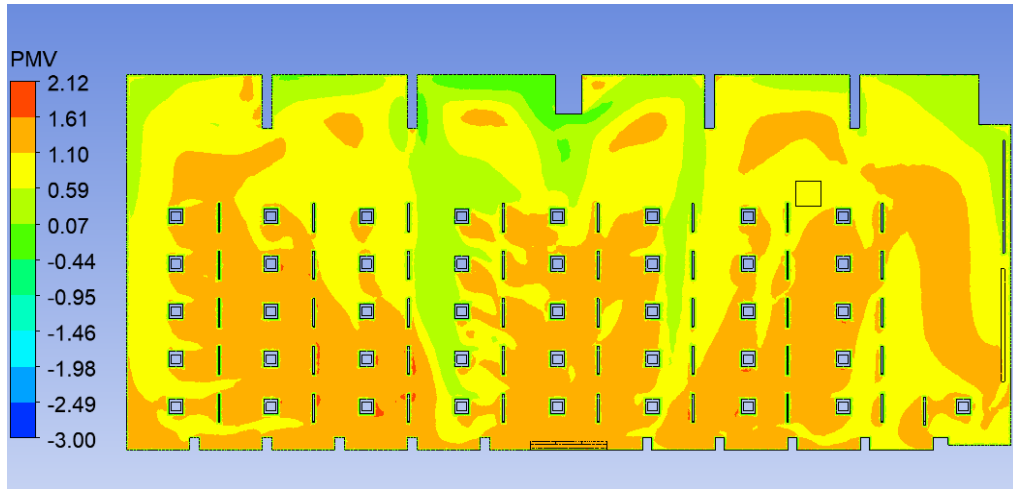


b)

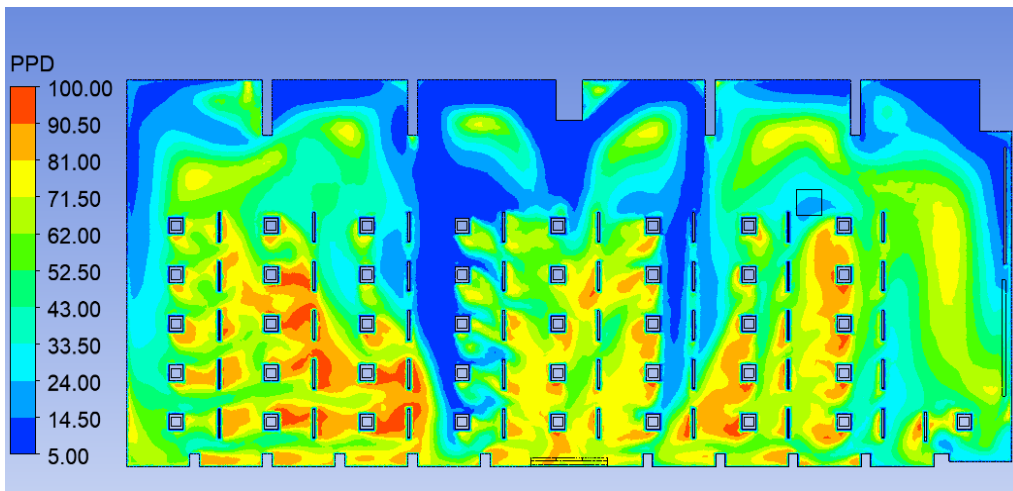


c)

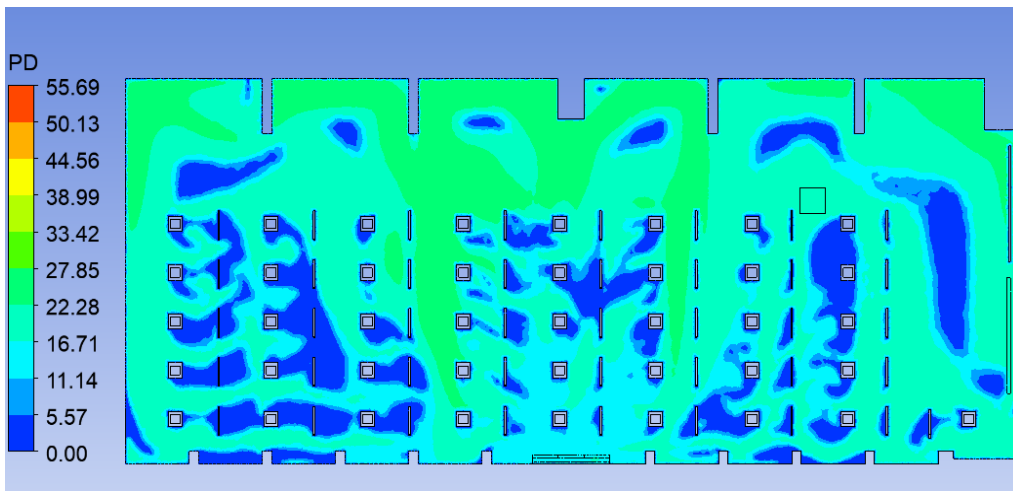
Şekil 3.51. Durum-IX hız vektörü dağılımı a) x=7m düzlemi b) y=1,2m düzlemi c) z=3m düzlemi



a)



b)



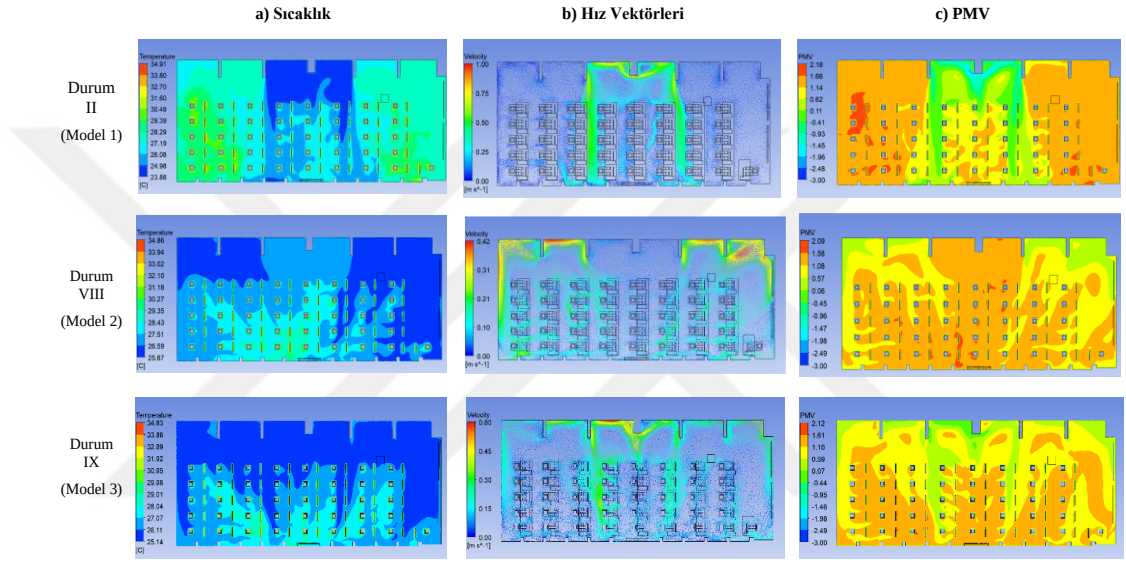
c)

Şekil 3.52. Durum-IX ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.4.4. Üç Farklı Klima Üfleme Ağzı Modelinin Karşılaştırılması

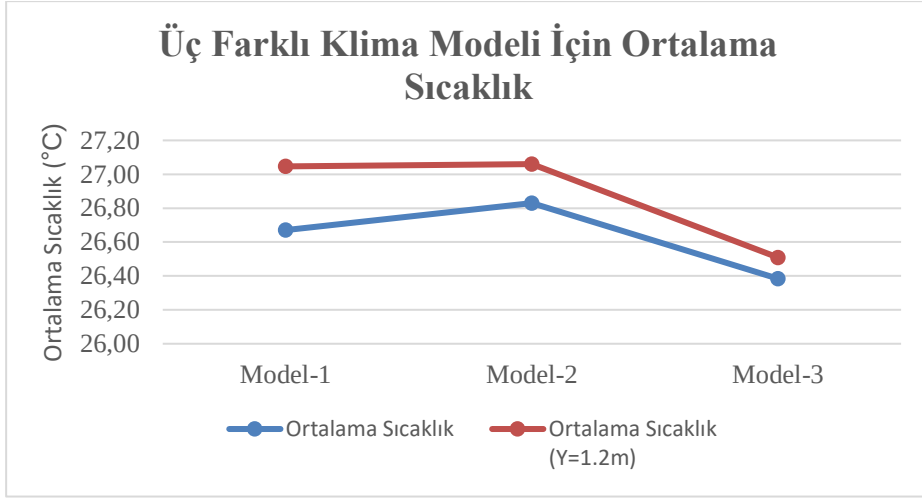
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) üç farklı (Model-1, Model-2 ve Model-3) klima üfleme ağzı modeli incelenmiştir. Klima üfleme ağzı modeline bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısı konfor parametreleri karşılaştırılmıştır.

Üç durum için, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiştir. Bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler Şekil 3.53 ve Şekil 3.54’de sunulmuştur.

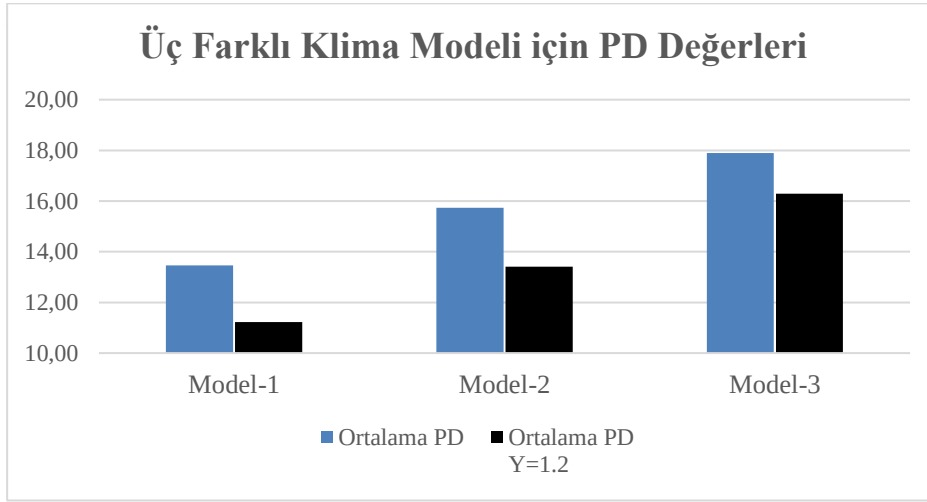


Şekil 3.53. Üç farklı klima modeli için y=1,2m düzlemde a) Sıcaklık dağılımı b) Hız vektörü c) PMV

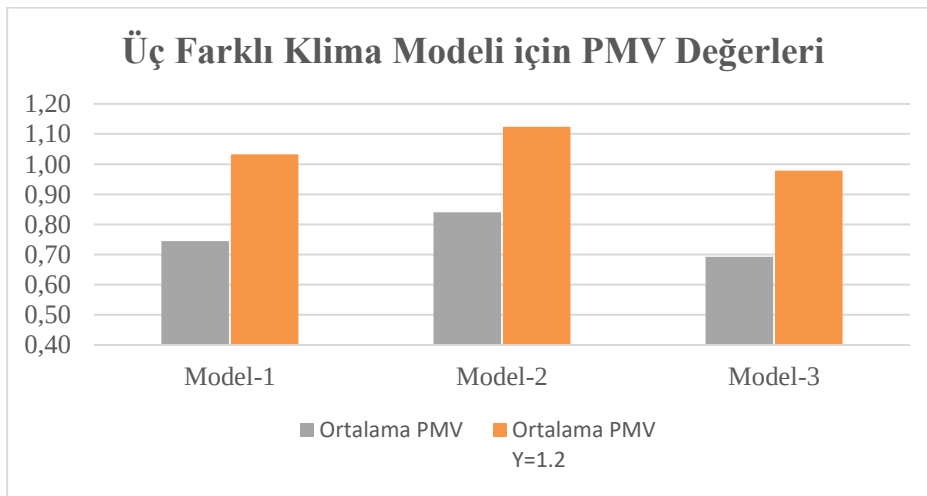
Şekil 3.53 sıcaklık dağılımı grafiğini incelediğinde, Durum-IX diğer iki duruma göre daha iyi soğutma performansı göstermiştir. Durum-II için soğuk hava, odanın orta bölümünde yoğun olduğu görülmüştür, Durum-VII için ise soğuk hava, odanın sağ ve sol kenarlarında yoğun olduğu tespit edilmiştir. En düşük ortalama sıcaklık değerleri ise Durum-IX ile elde edilmiştir. PMV grafiği incelendiğinde, sıcaklık dağılımına paralel bir sonuç elde edilirken yine burada da Durum-IX’un diğer iki duruma göre daha sonuç verdiği görülmüştür. Hava akışının Durum-II için odanın orta bölümünde, Durum-VIII için odanın sağ ve sol kenarlarında, Durum-IX için odanın geneline daha iyi yayıldığı görülmüştür. Şekil 3.54 incelendiğinde yüzde memnuniyetsizlik (PD) değeri, ısı transferi miktarının diğer iki duruma göre daha fazla olması nedeniyle en yüksek Durum-IX’da elde edilmiştir. Karşılaştırma sonucunda, Durum-IX ile oda genelinde daha yüksek memnuniyet oranı sağlanmıştır.



a)



b)



c)

Şekil 3.54. Üç farklı klima modeli için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

3.2.5. Altı Farklı Yatay Üfleme Açısının İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yatay üfleme açısı olarak 82,5°, 75°, 67,5°, 60°, 52,5° ve 45° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısı konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

3.2.5.1. Model-3 Klima Ağız Yatay 82,5° Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-X)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yatay açısı çalışma 7'ye göre daha büyük tutulmuş ve 82,5° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısı konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

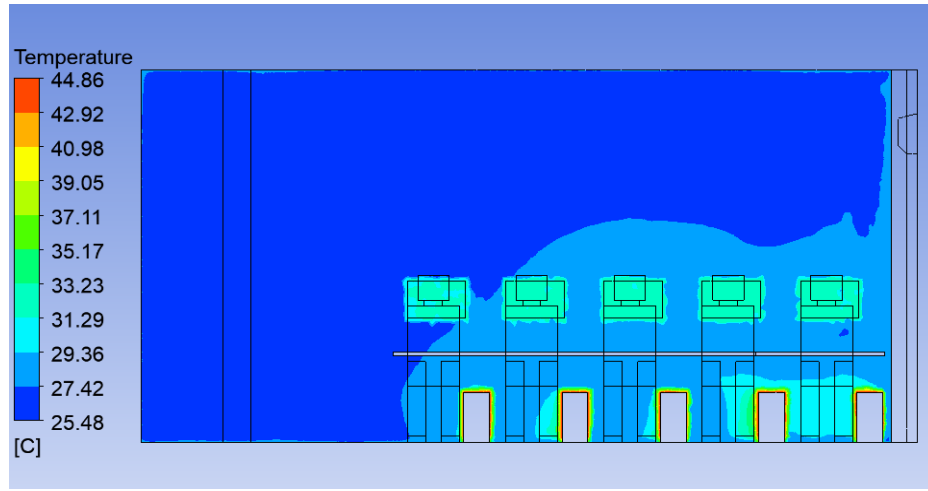
Klima üfleme ağız yapısı itibarıyla soğuk hava, odanın köşelerine ulaşma konusunda daha iyi sonuç verirken, ortalama noktalara ulaşma konusunda yetersiz kaldığı görülmüştür. Şekil 3.55, Şekil 3.56 ve Şekil 3.57 sıcaklık dağılımı incelendiğinde, sıcaklığın odanın sağ ve sol duvarlarından odanın orta noktasına doğru ilerledikçe sıcaklığın arttığı görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık 26,92°C ve y=1,2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık 27,19°C olmuştur. Hava akışının odanın orta bölgelerinde düşük olması nedeniyle bu bölgelerde daha yüksek sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Şekil 3.58 hız dağılımında klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak havanın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava, sıcak bölge sınırına geldiğinde ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yönelmiştir. Ayrıca hava, odanın köşe noktalarına daha geniş açı ile gönderildiğinden bu noktalarda hava akış hızı daha yüksek tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,35 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,13 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

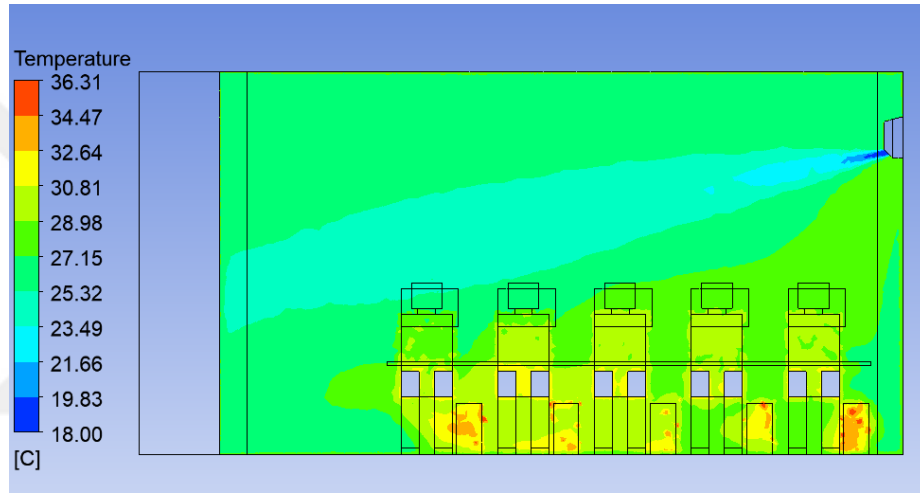
Şekil 3.59 ısı konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,88 (nötr-ılık) ve 1,11 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Bu değerler sırasıyla nötr-ılık ve ılık-sıcak aralığında olup, oda genelindeki değer daha kabul edilebilir aralıktadır. PMV grafiğine bakıldığında, sağ duvara yakın alanlarda iyi konfor şartları elde edilmişken, insan figürlerinin yoğun olarak yer aldığı bölgelerde bu iyi şartlar sağlanamamıştır. Bu durum da insan figürlerinin yer aldığı bölgelerde memnuniyetsizliğin arttığını göstermiştir.

PD (yüzde memnuniyetsizlik) değeri, oda genelinde 15,36 ve $y=1,2\text{m}$ düzleminde 16,29 olarak elde edilmiştir.

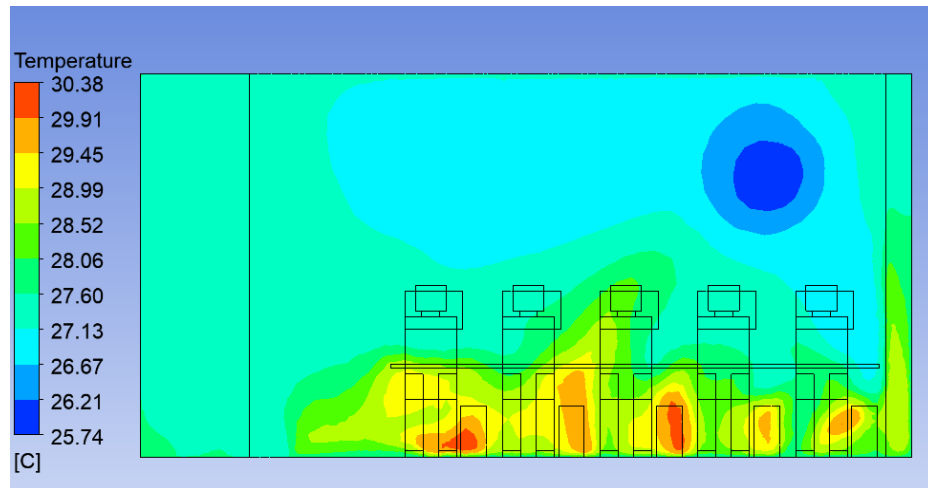




a)

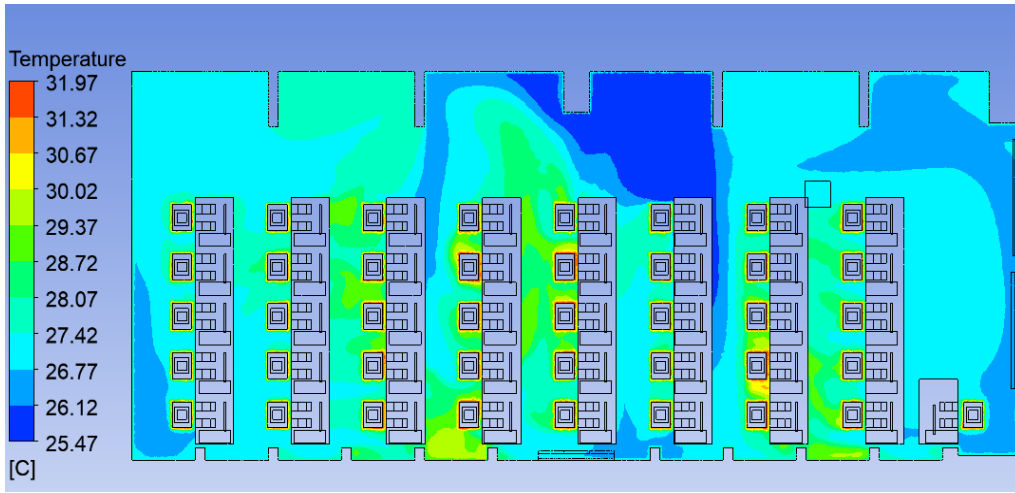


b)

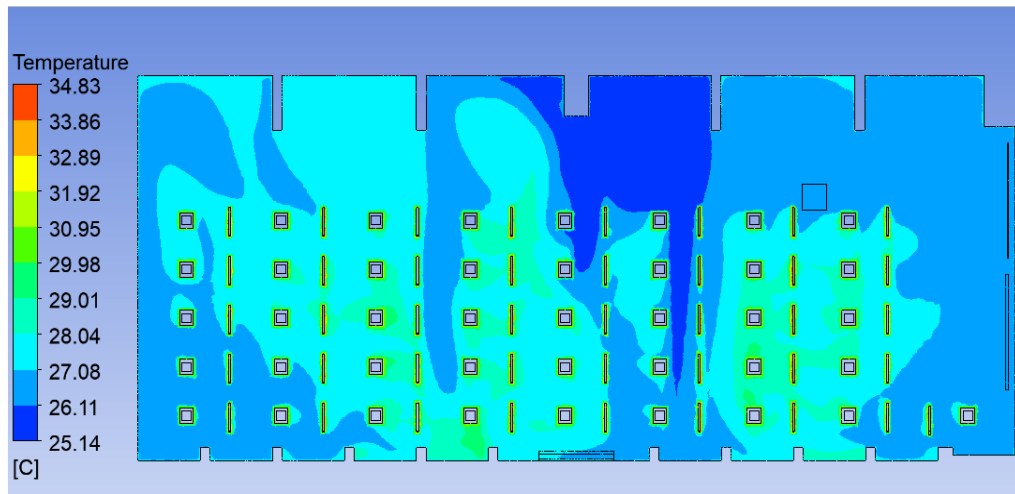


c)

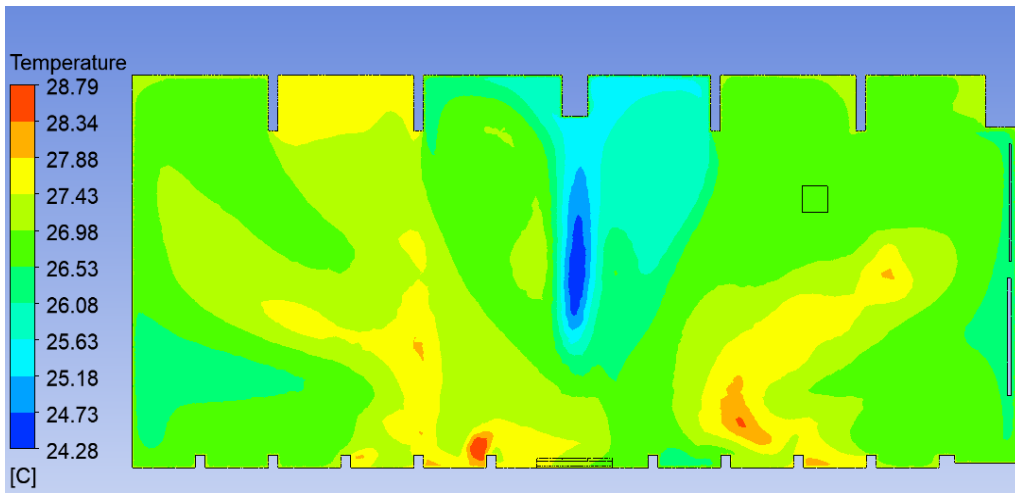
Şekil 3.55. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

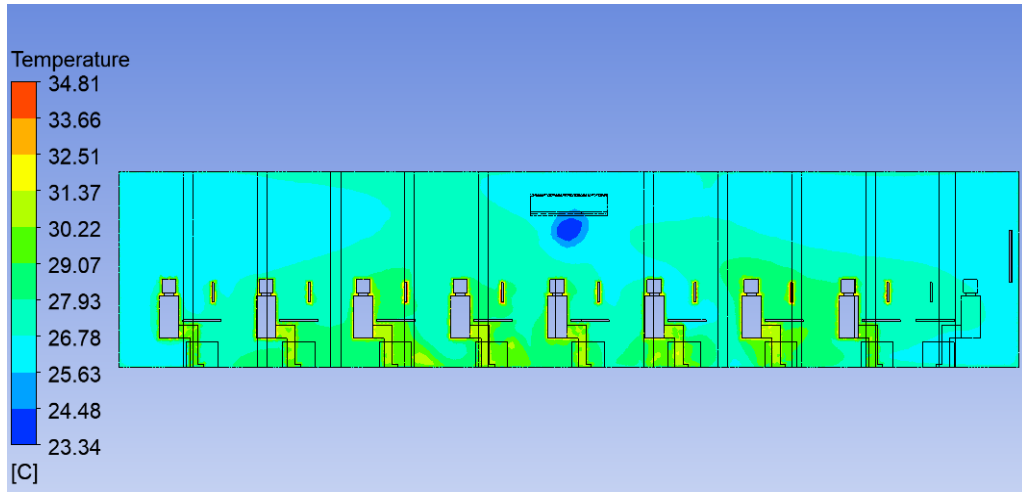


b)

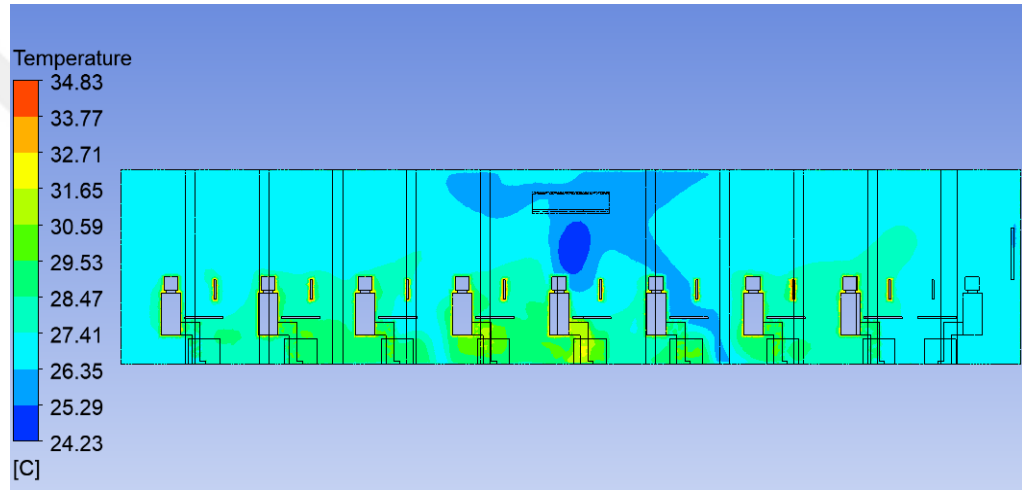


c)

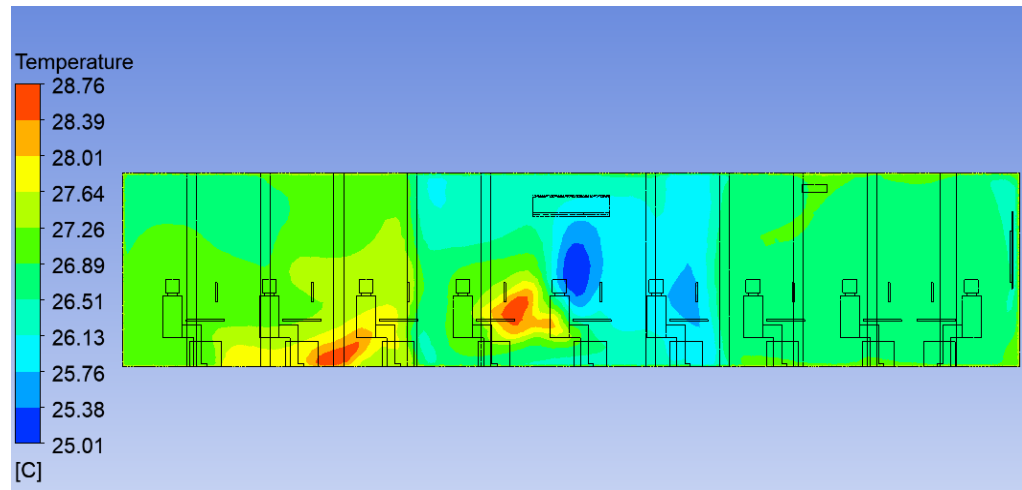
Şekil 3.56. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

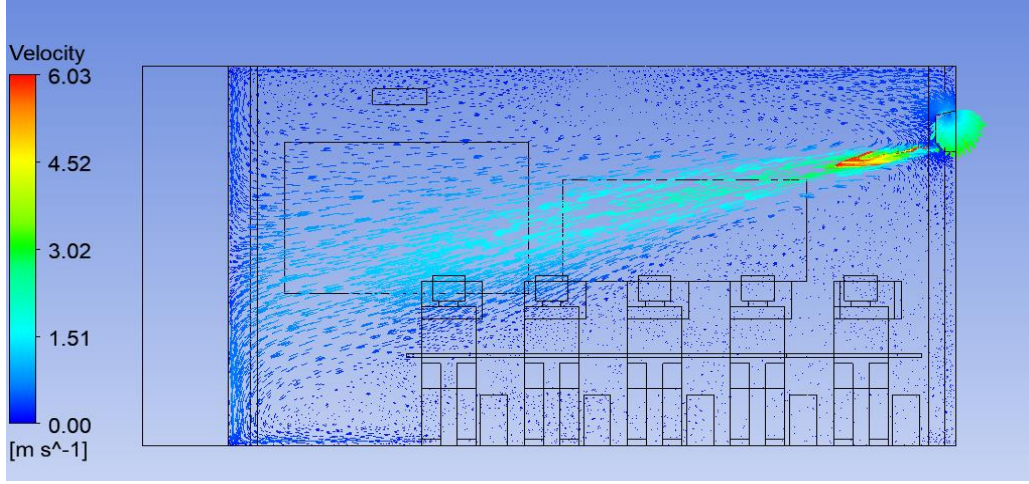


b)

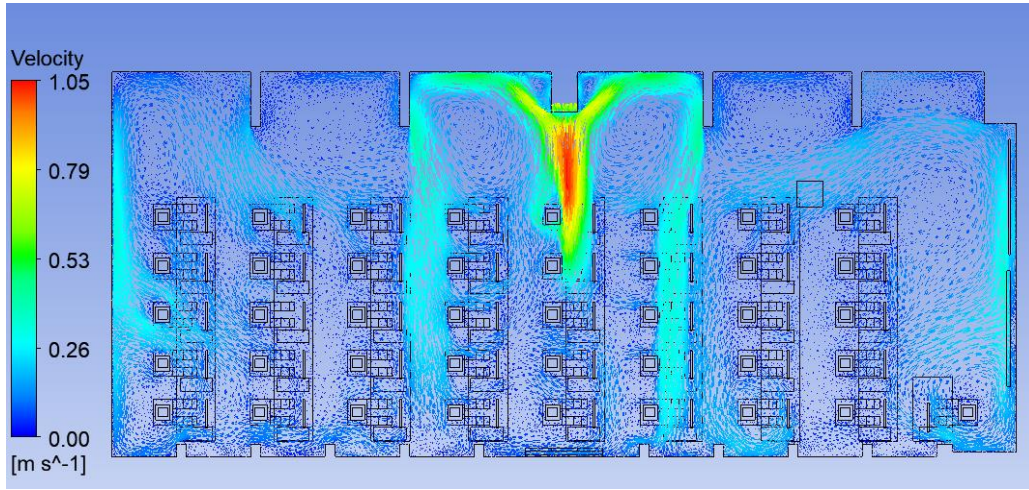


c)

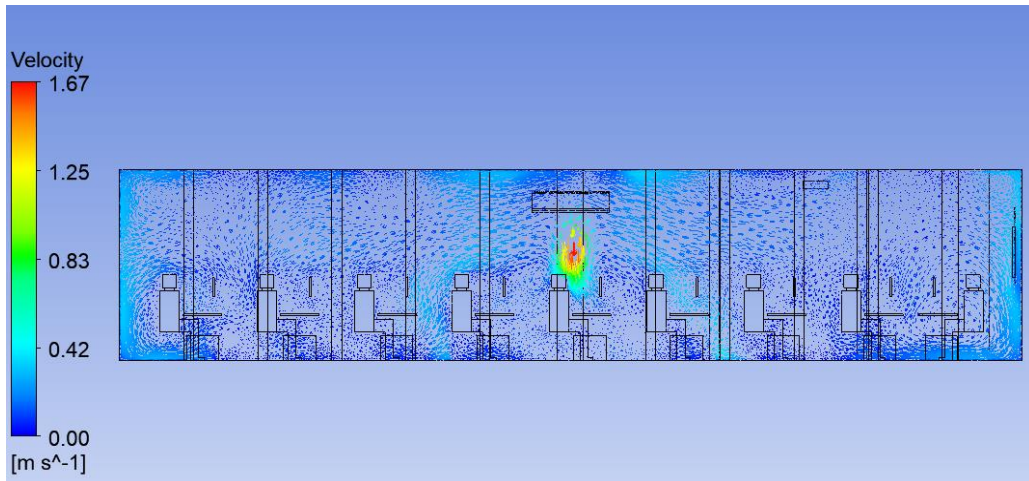
Şekil 3.57. Durum-X sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

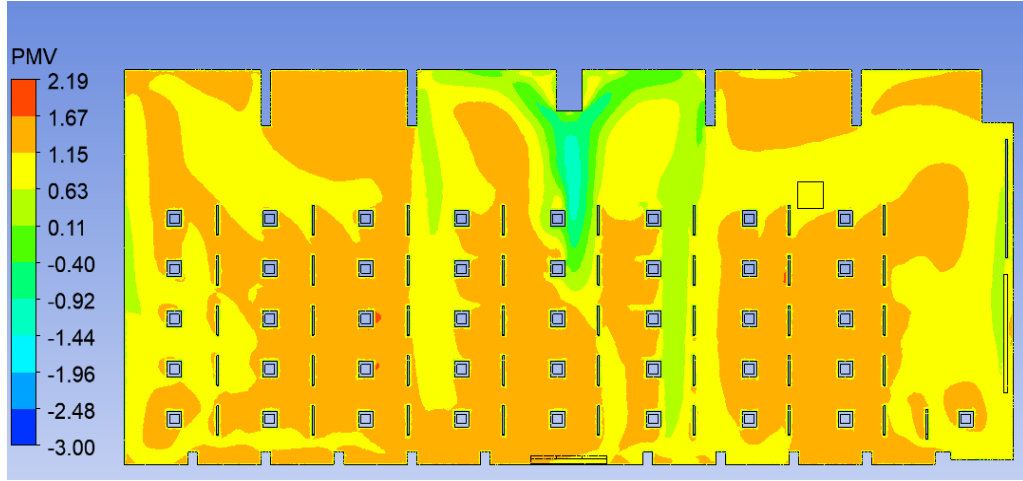


b)

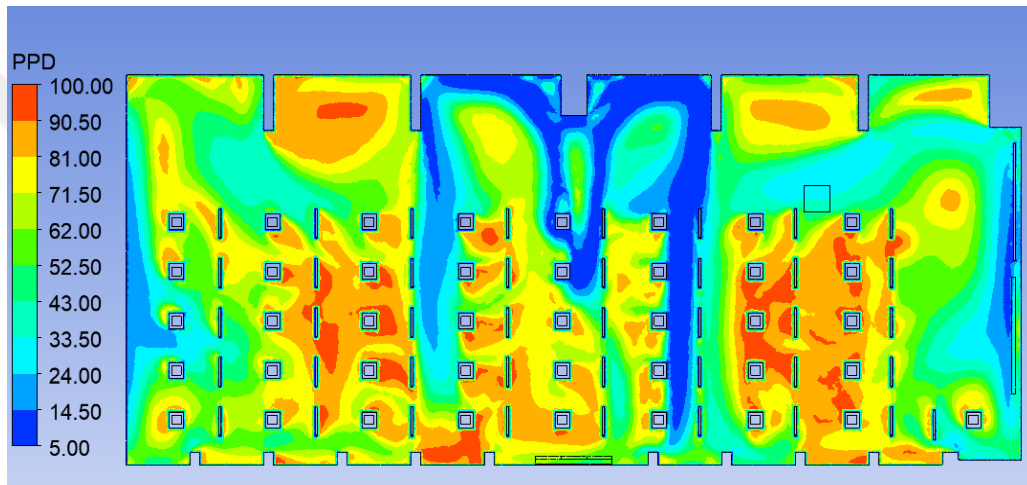


c)

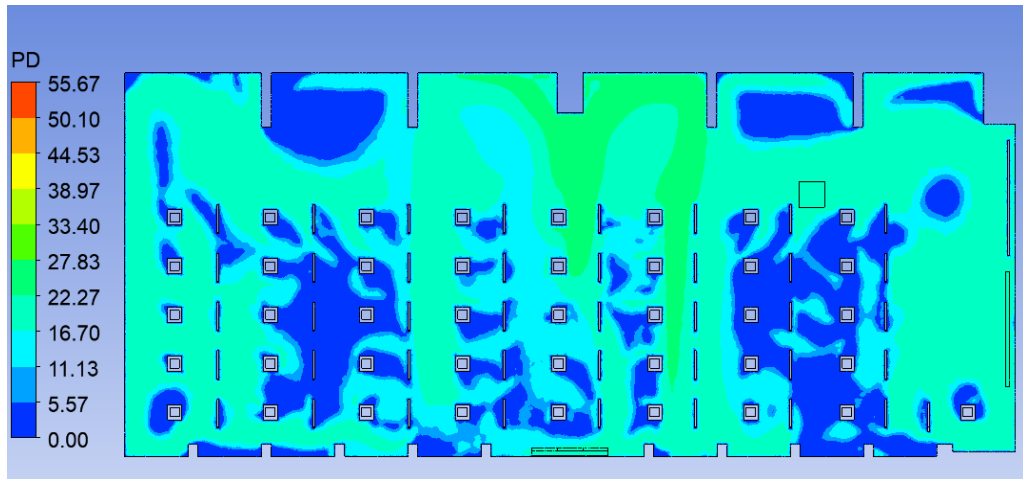
Şekil 3.58. Durum-X hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.59. Durum-X ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.5.2. Model-3 Klima Ağız Yatay 75° Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-IX)

Durum-IX, “3.2.4.3. Model-3 Klima Üfleme Ağızının İncelenmesi (Durum-IX)” analizi başlığı altında analiz sonuçları detaylı olarak verilmiş olup, “3.2.5.7. Yatay Altı Farklı Üfleme Açısının Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı yatay üfleme açıları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

3.2.5.3. Model-3 Klima Ağız Yatay 67,5° Üfleme Açısı ile Hava Akışının ve Isıl Parametrelerin İncelenmesi (Durum-XI)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yatay açısı çalışma 7’ye göre daha düşük tutulmuş ve 67,5° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısıl konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

Klima üfleme ağız yapısı itibariyle soğuk hava odanın büyük bir bölümüne daha iyi yayıldığı fakat köşelere ulaşma konusunda yetersiz kaldığı görülmüştür. Şekil 3.60, Şekil 3.61 ve Şekil 3.62 sıcaklık dağılımı incelendiğinde, sıcaklık zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Hava akışının, odanın köşelerinde düşük olması nedeniyle bu bölgelerde sıcaklığın yüksek kaldığı görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık 26,43°C ve y=1,2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık 26,49°C olmuştur.

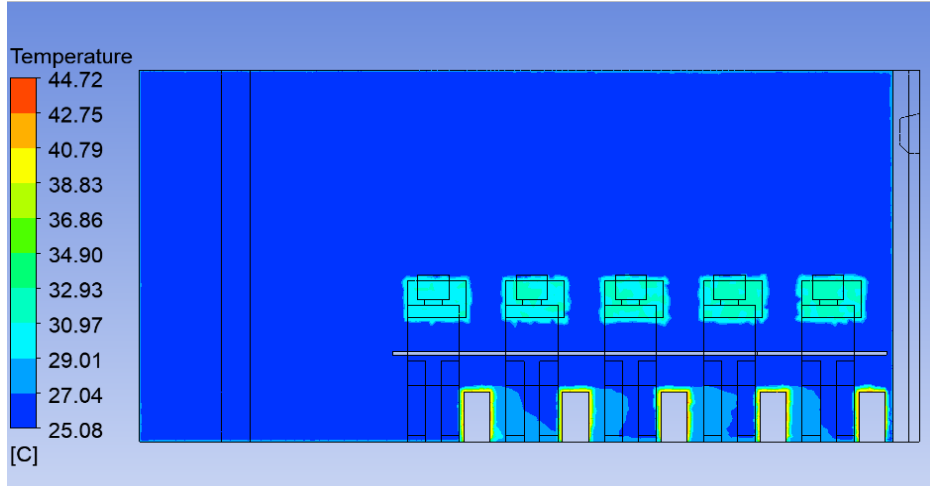
Şekil 3.63 hız dağılımında klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak havanın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava, sıcak bölge sınırına geldiğinde ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yönelmiştir. Bu alternatif yatay üfleme açısı, oda genelinde daha fazla hava hareketi sağlamıştır, Buna bağlı olarak da oda içerisindeki ısı transferi miktarı artmış ve daha yüksek sıcaklık düşümü sağlanmıştır. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,42 m/s, y=1.2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,13 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.64 ısıl konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve y=1,2m düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,69 (nötr-ılık) ve 0,96 (ılık-sıcak) olarak

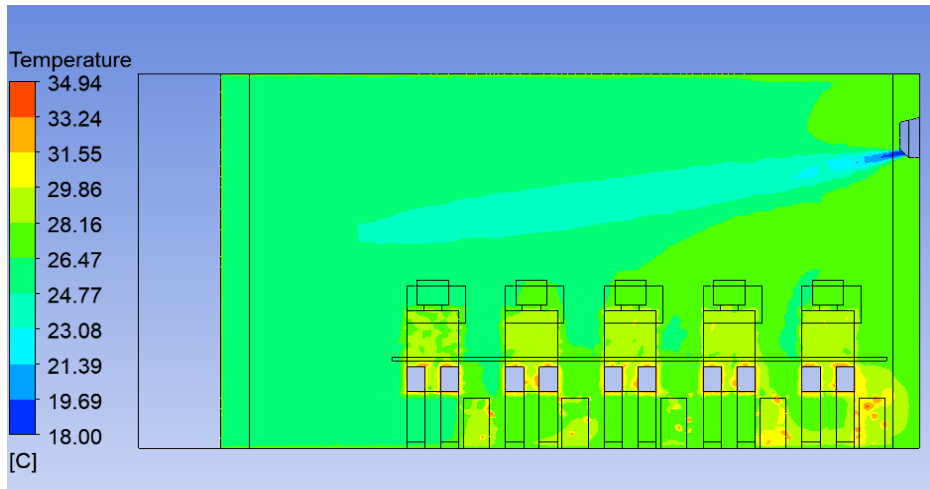
elde edilmiştir. Bu değer hava akışının yüksek olduğu yerlerde daha çok düştüğü görülmüştür. Odanın büyük bir bölümüne hava, mevcut duruma göre daha iyi yayılmış ve daha homojen bir PMV değeri elde edilmiştir.

PD değeri incelendiğinde, oda genelinde 16,92 ve $y=1,2m$ düzleminde 15,7 elde edilmiştir. Sağ duvara yakın bölümdeki insan figürlerinin yer aldığı alanlarda ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. Hava akışının az olduğu ve odanın sol tarafının bir bölümünde ısı transferinin daha fazla olduğu görülmüştür ve bu değer bu noktalarda daha yüksek çıkmıştır.

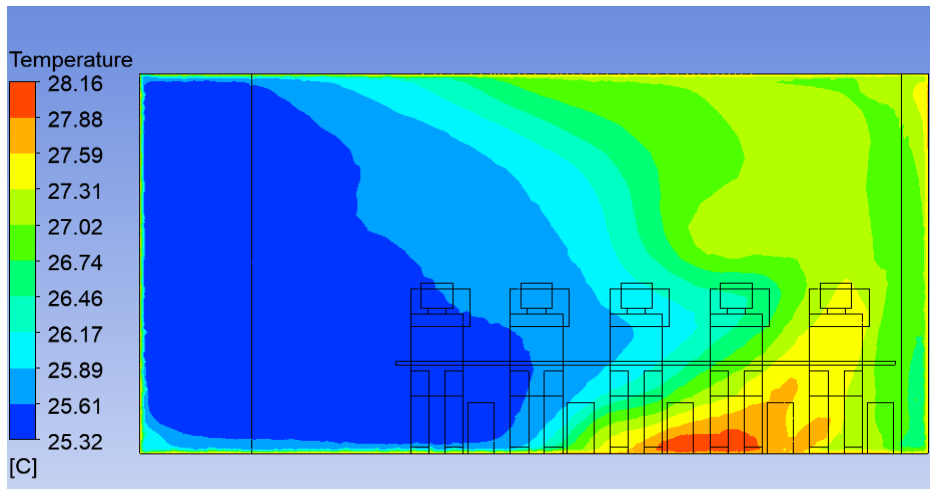




a)

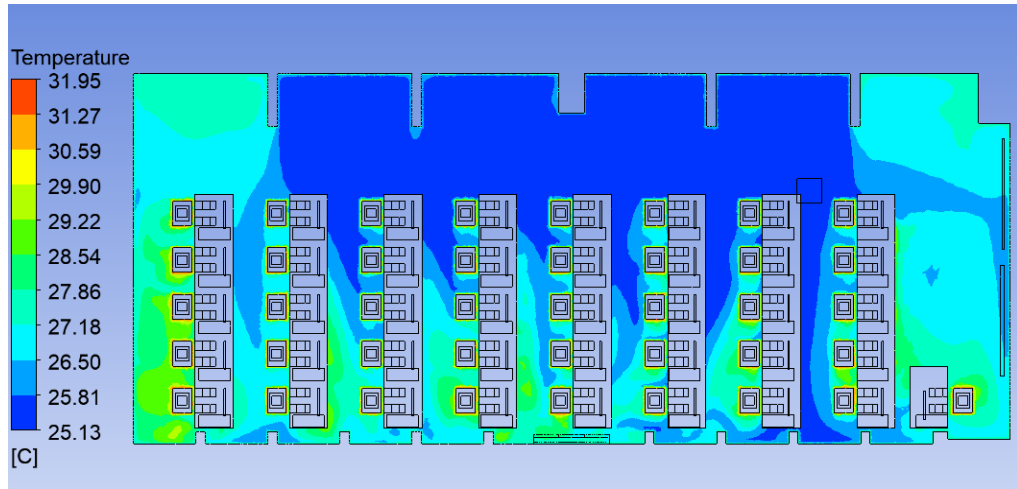


b)

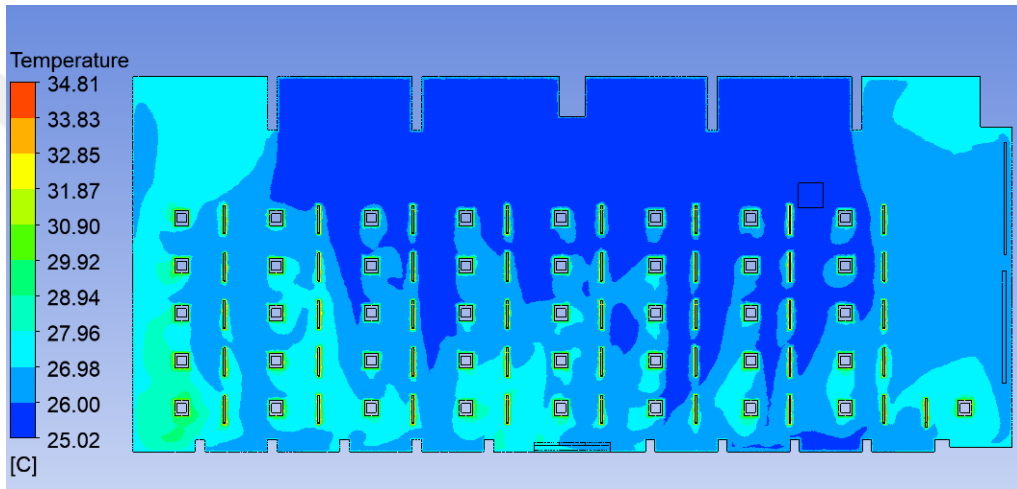


c)

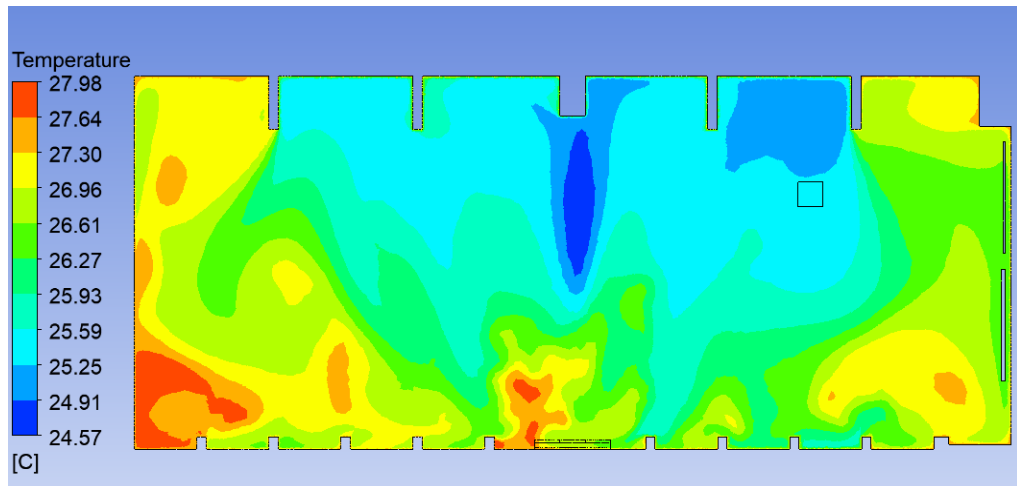
Şekil 3.60. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

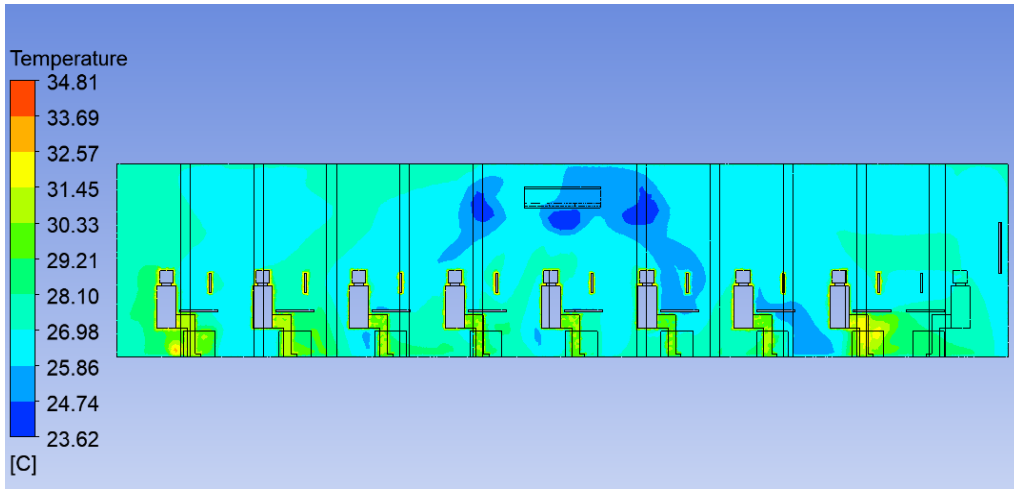


b)

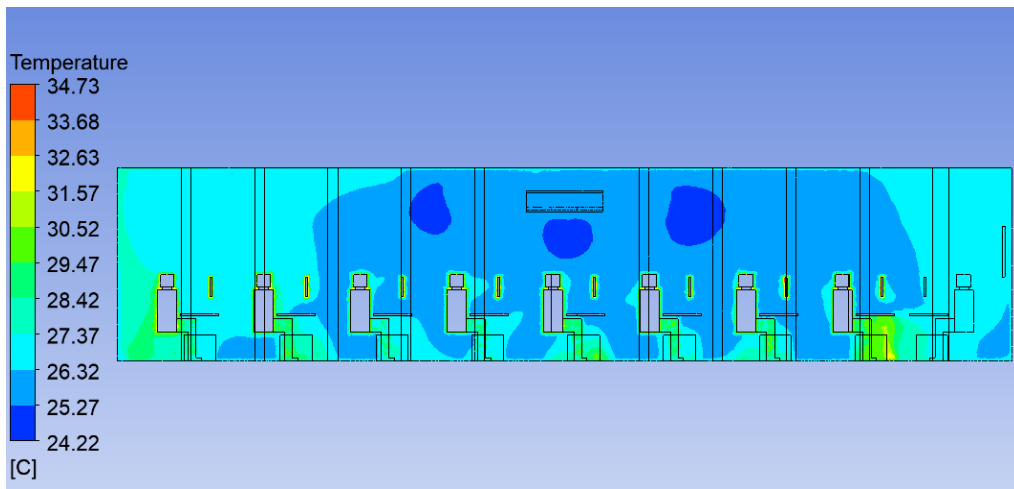


c)

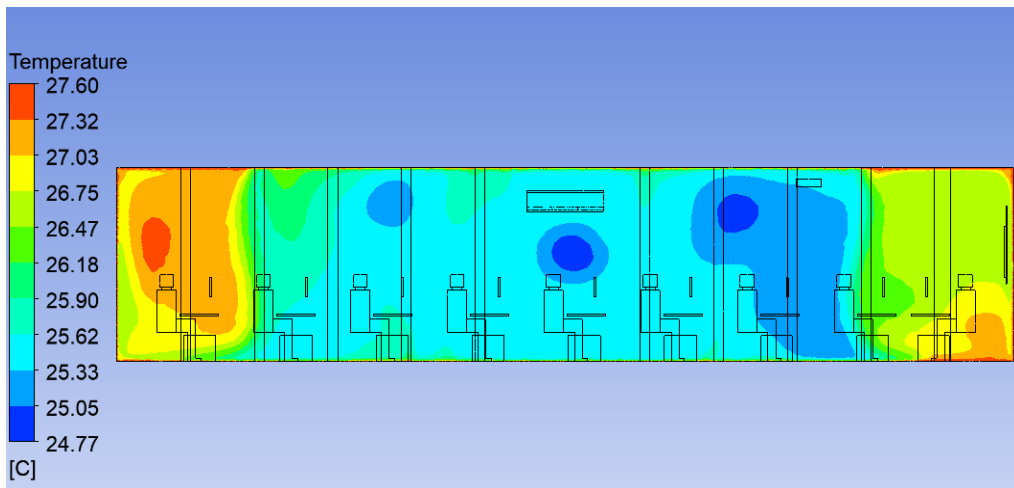
Şekil 3.61. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

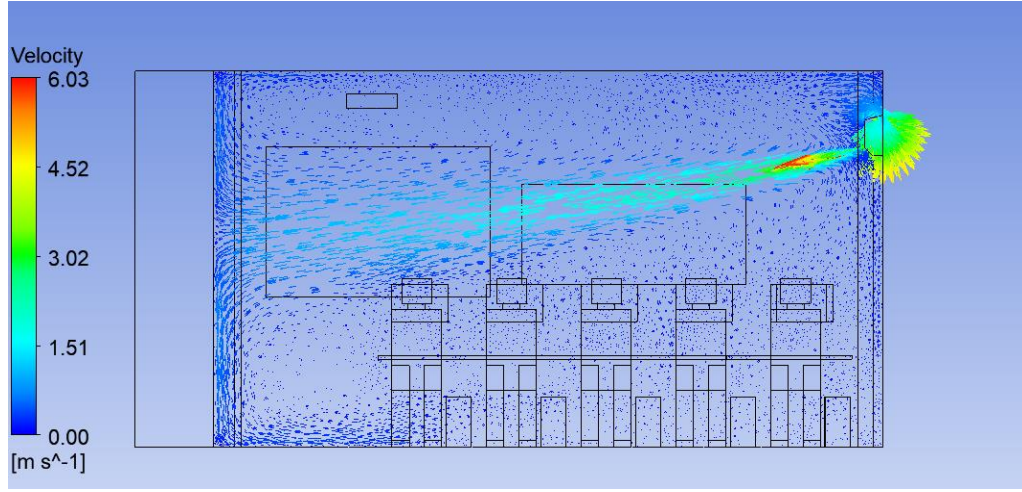


b)

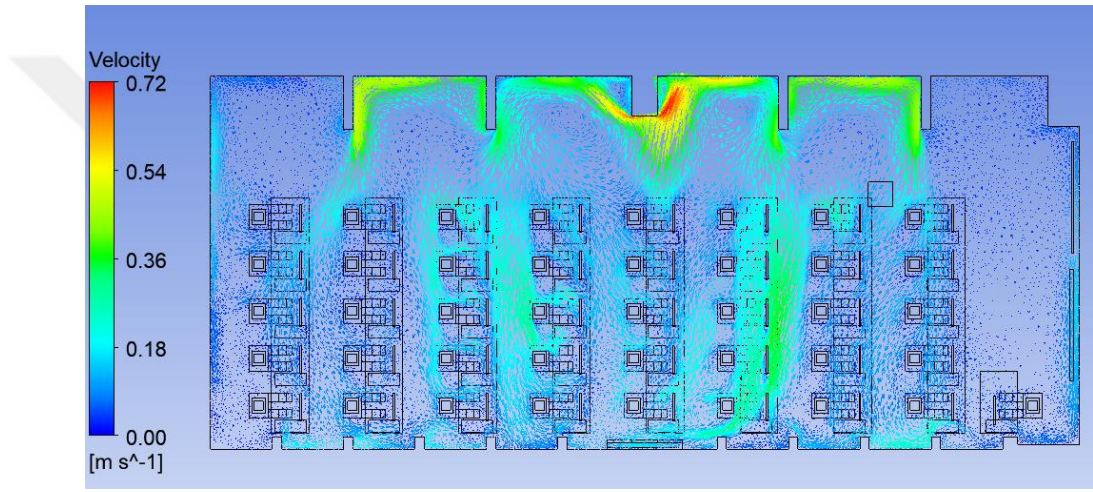


c)

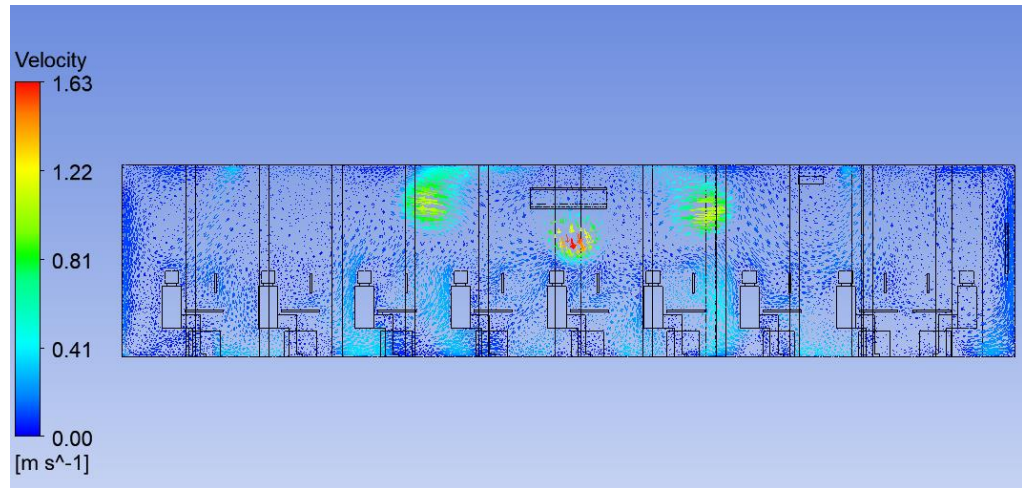
Şekil 3.62. Durum-XI sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

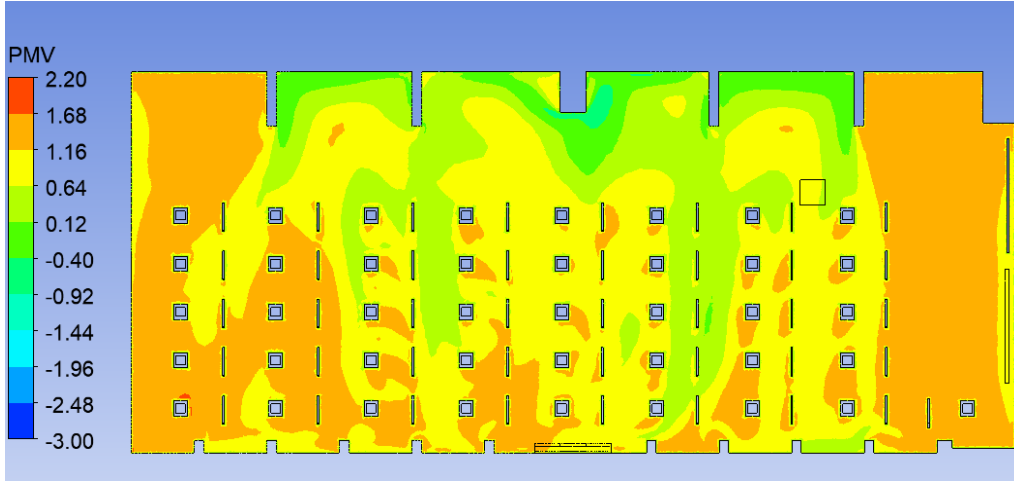


b)

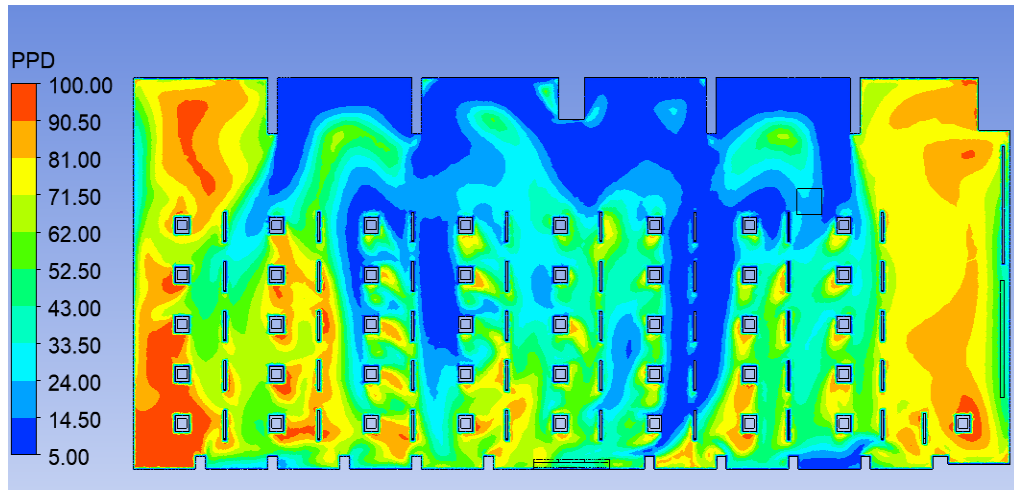


c)

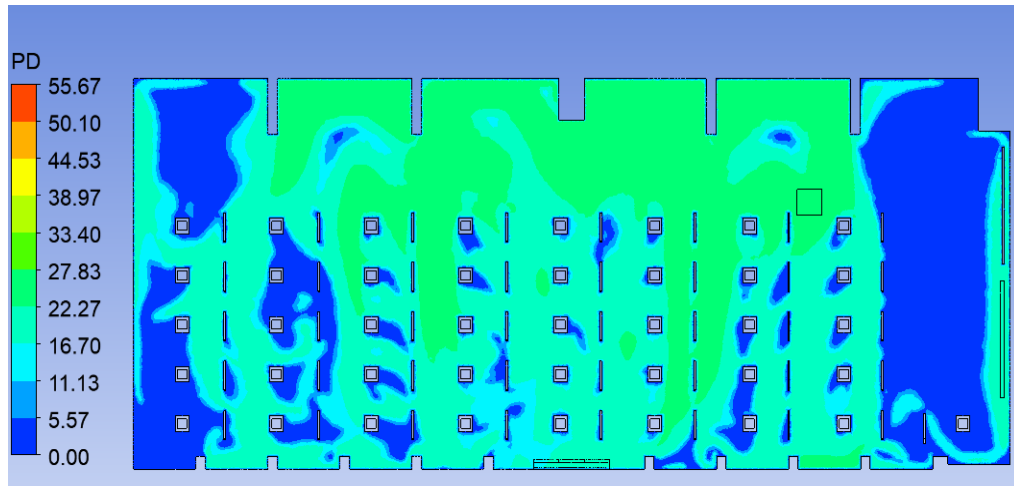
Şekil 3.63. Durum-XI hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.64. Durum-XI ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.5.4. Model-3 Klima Ağız Yatay 60° Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-XII)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yatay açısı çalışma 7'ye göre daha düşük tutulmuş ve 60° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısı konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

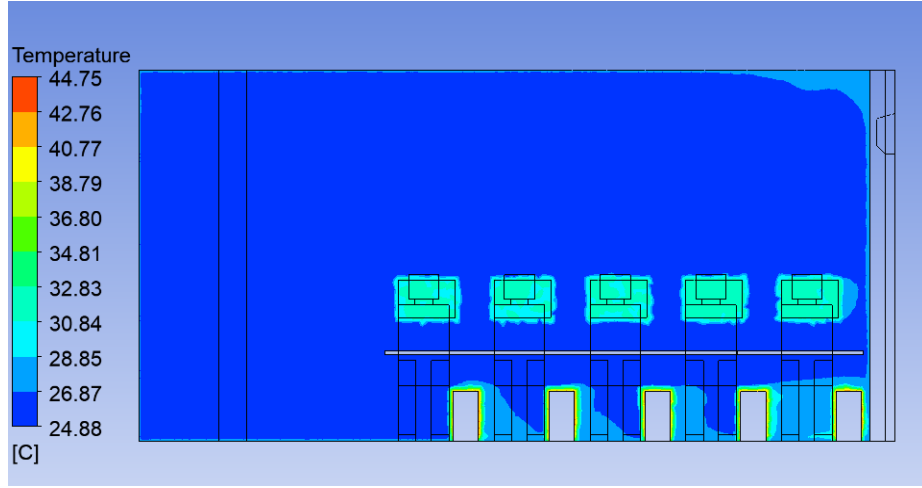
Klima üfleme ağız yapısı itibariyle soğuk hava odanın büyük bir bölümüne daha iyi yayıldığı fakat köşelere ulaşma konusunda yetersiz kaldığı görülmüştür. Şekil 3.65, Şekil 3.66 ve Şekil 3.67 sıcaklık dağılımı incelendiğinde sıcaklığın zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Hava akışının, odanın köşelerinde düşük olması nedeniyle bu bölgelerde sıcaklığın yüksek kaldığı görülmüştür. Oda içerisindeki ortalama sıcaklık 26,27°C ve y=1.2m (baş hizasında) düzlemindeki ortalama sıcaklık 26,37°C olmuştur.

Şekil 3.68 hız dağılımında klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak havanın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava sıcak bölgelerin sınırına geldiğinde ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yönelmiştir. Bu alternatif yatay üfleme açısı, oda genelinde daha fazla hava hareketi sağlamıştır, Buna bağlı olarak da oda içerisindeki ısı transferi miktarı artmış ve daha yüksek sıcaklık düşümü sağlanmıştır. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,40 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,12 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

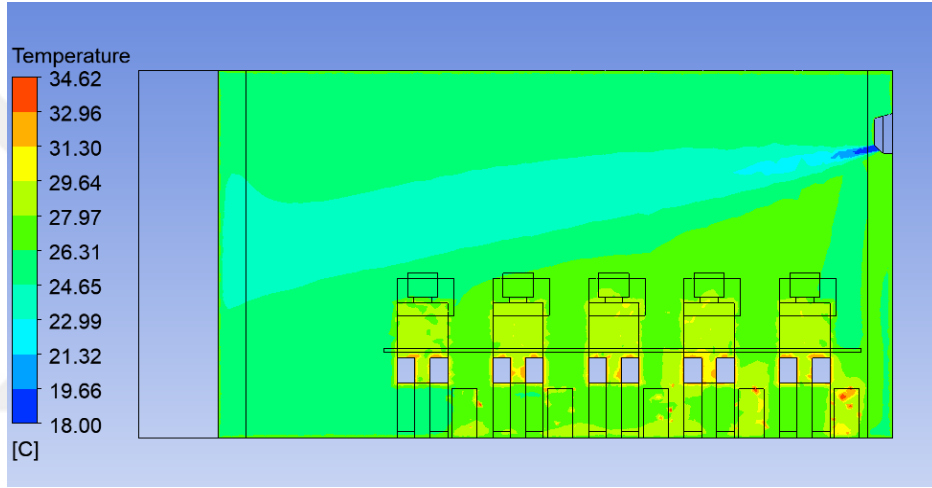
Şekil 3.69 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve y=1,2m düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,72 (nötr-ılık) ve 0,98 (nötr-ılık) olarak elde edilmiştir. Bu değer hava akışının yüksek olduğu yerlerde daha da düştüğü görülmüştür. Oda'nın büyük bir bölümüne hava, mevcut duruma göre daha iyi yayılmış ve daha homojen bir PMV değeri elde edilmiştir.

PD değeri oda genelinde 15,86 ve $y=1,2\text{m}$ düzleminde 14,58 olarak elde edilmiştir. Bu değer özellikle sağ duvara yakın bölümdeki insan figürlerinin yer aldığı alanlarda ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Hava akışının az olduğu ve odanın sol tarafının bir bölümünde ısı transferinin daha fazla olduğu görülmüştür ve bu değer bu noktalarda daha yüksek çıkmıştır.

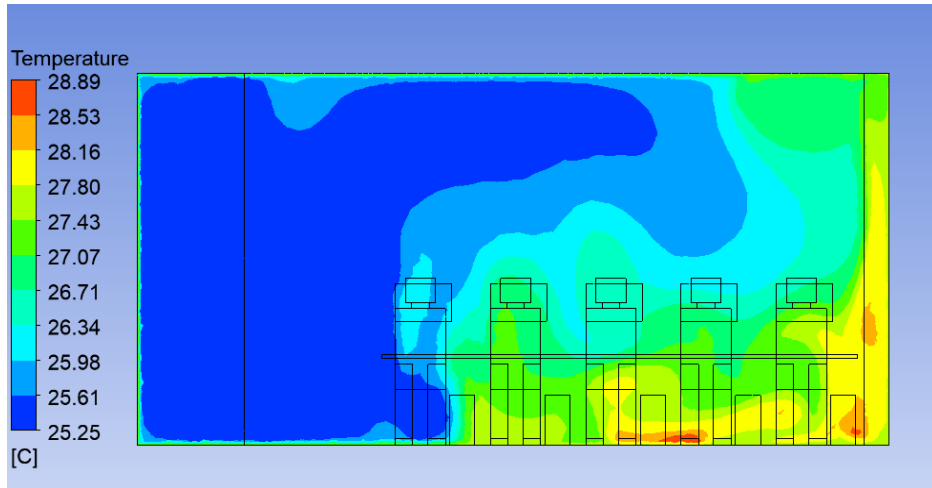




a)

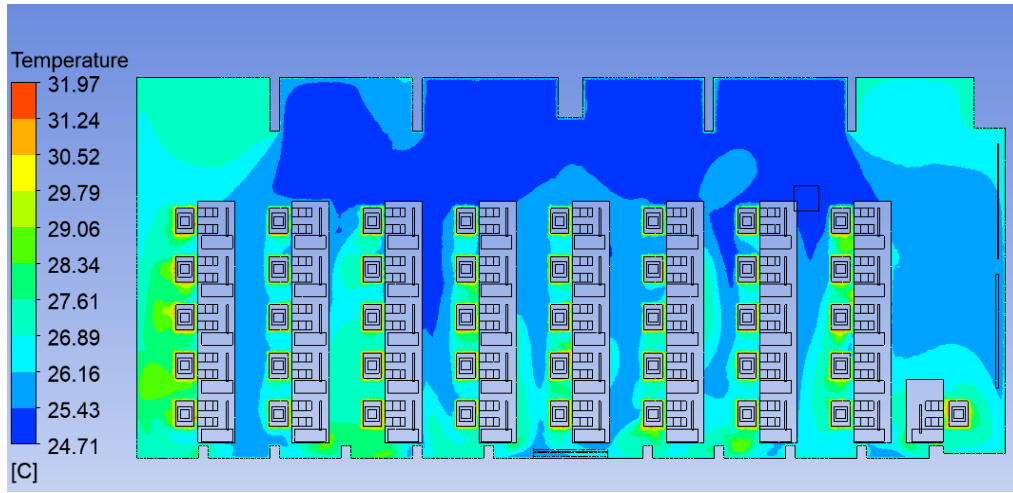


b)

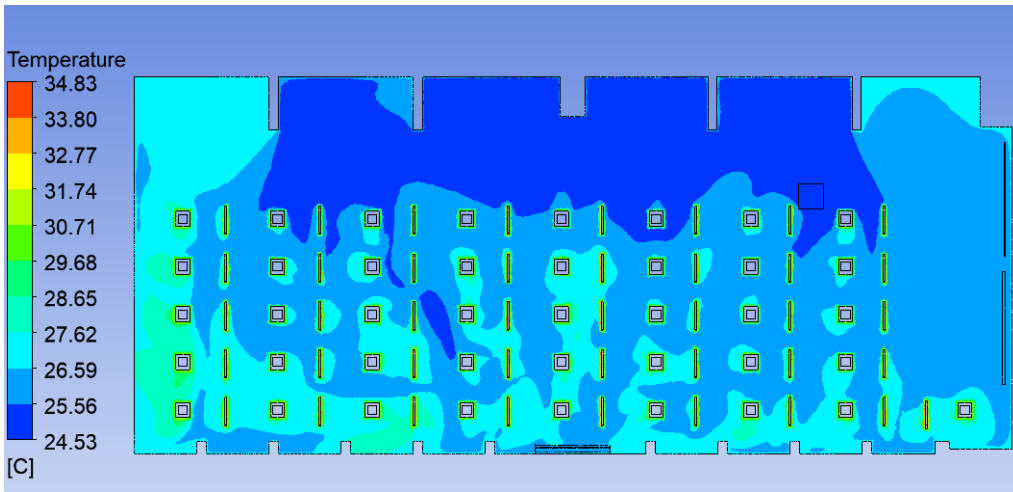


c)

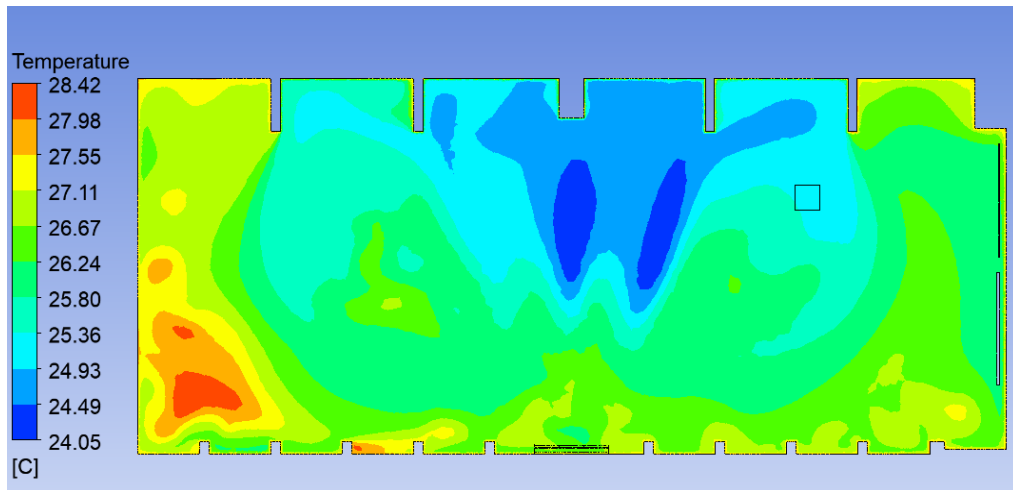
Şekil 3.65. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

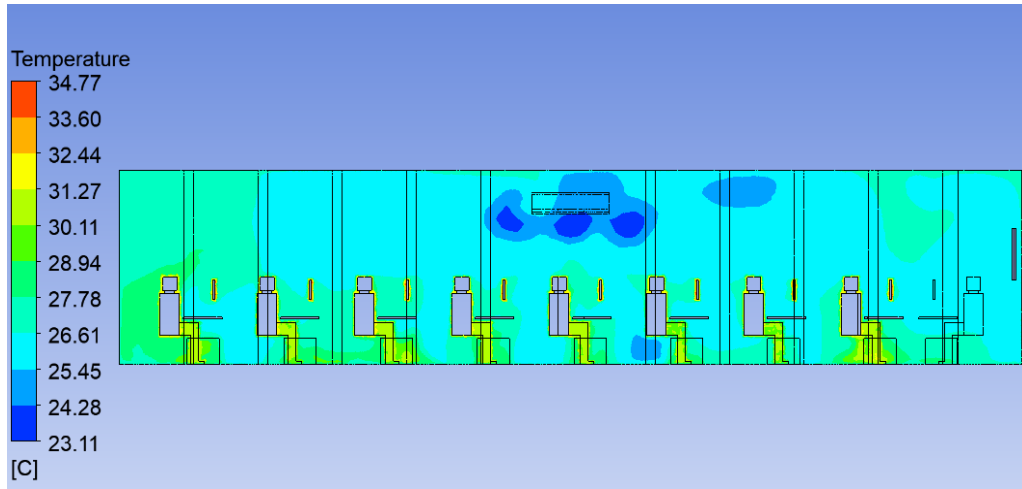


b)

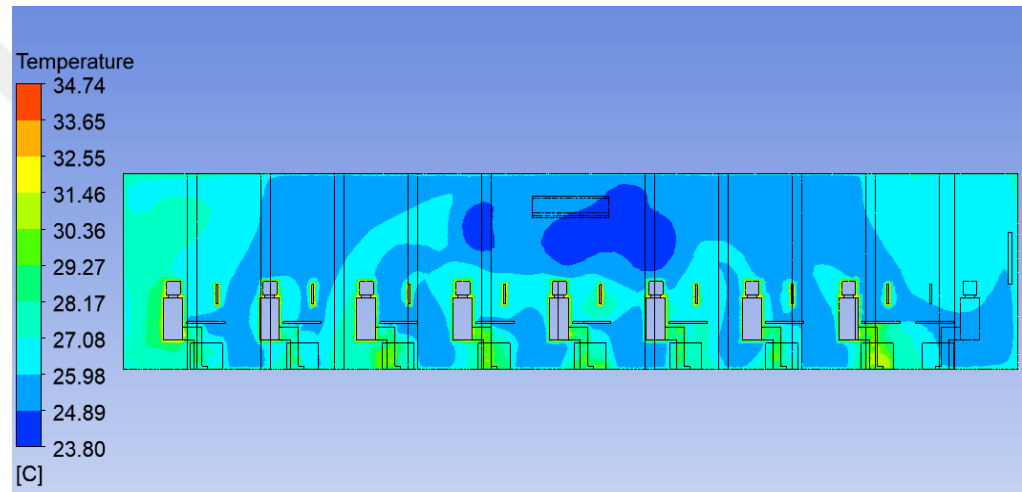


c)

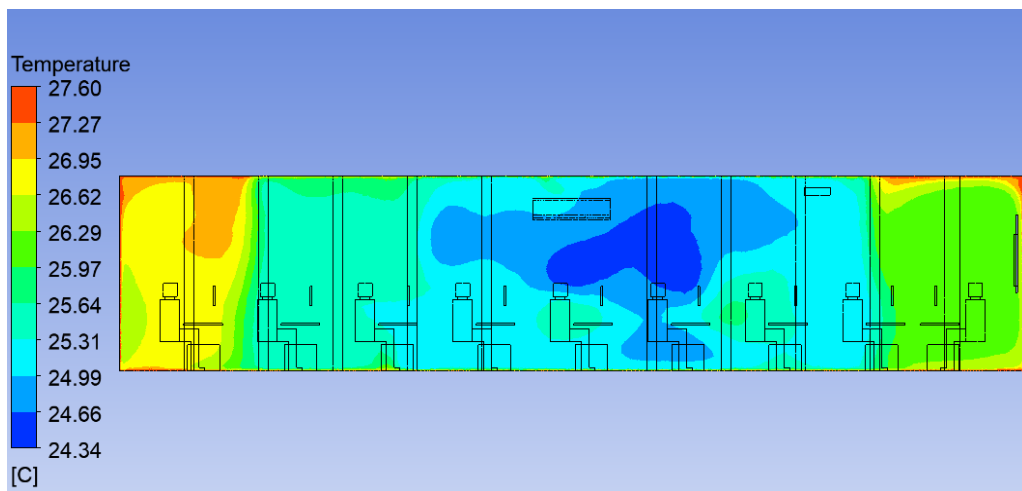
Şekil 3.66. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

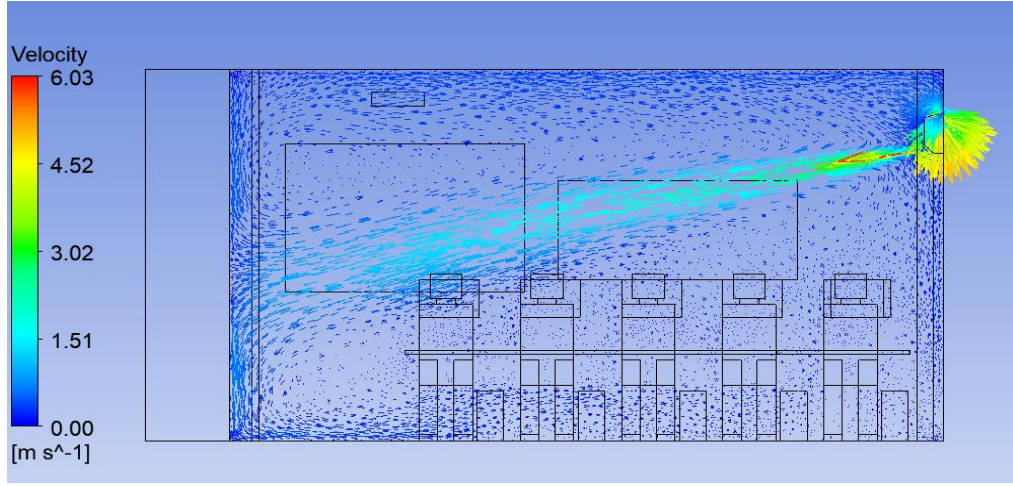


b)

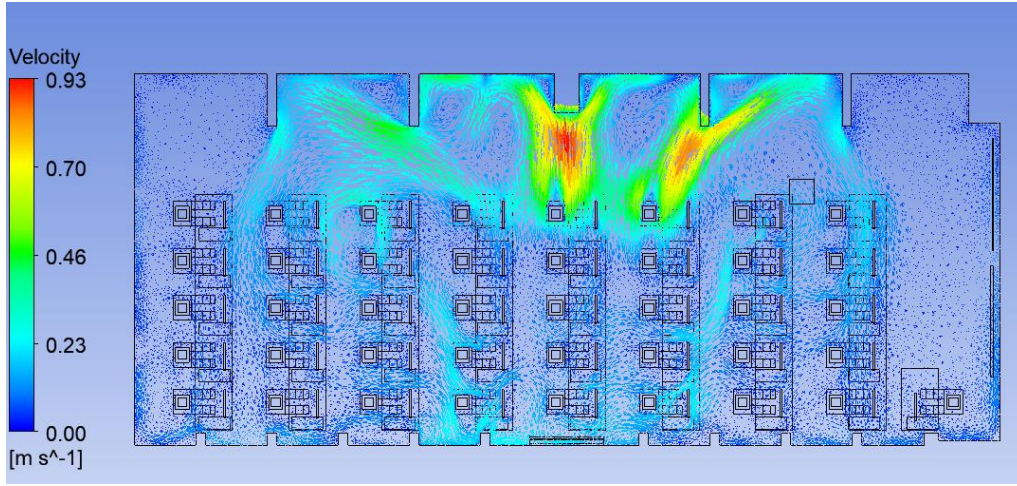


c)

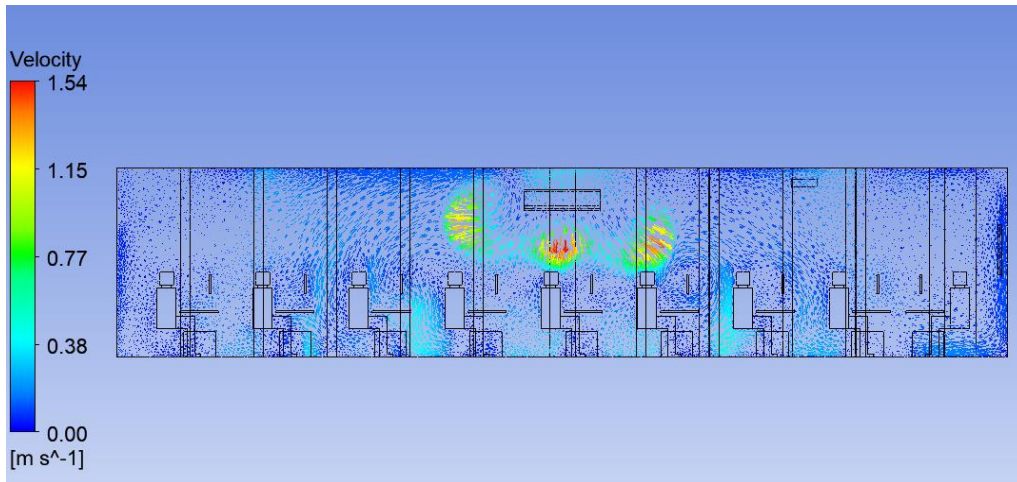
Şekil 3.67. Durum-XII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

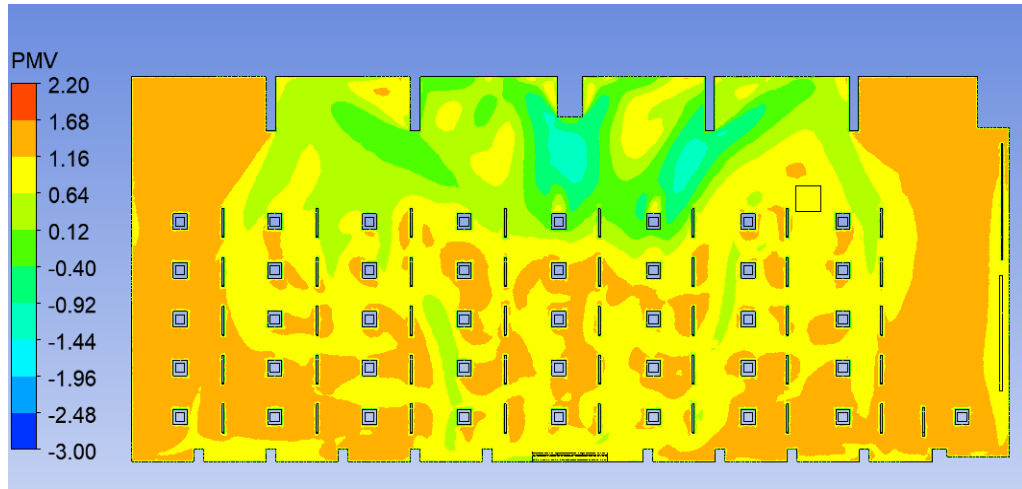


b)

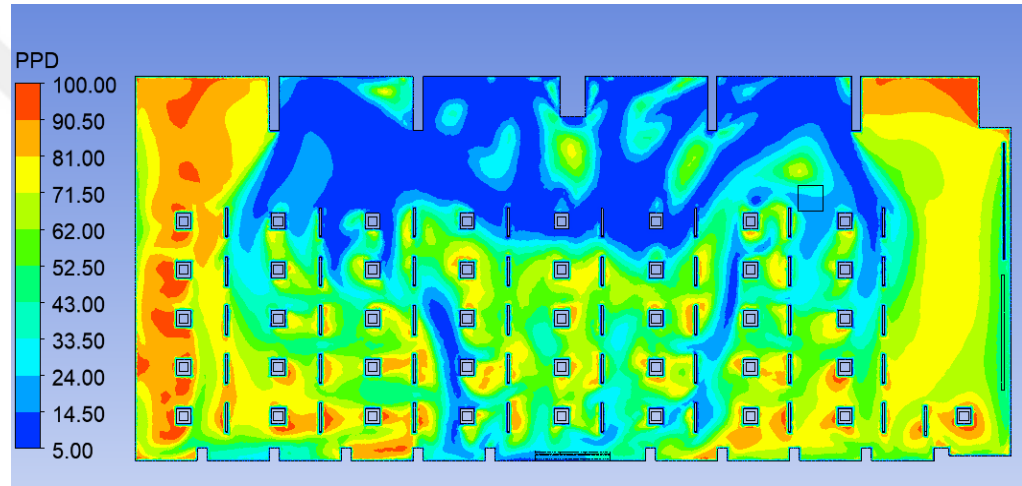


c)

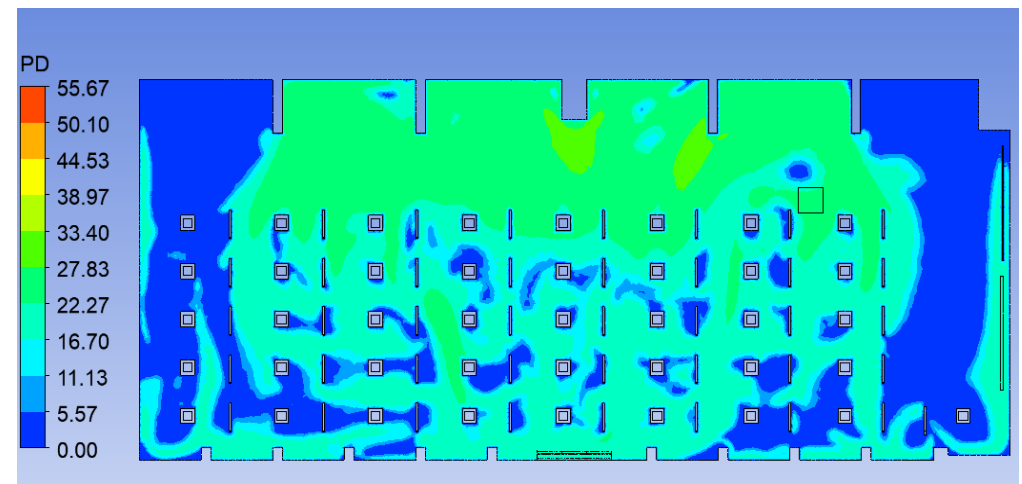
Şekil 3.68. Durum-XII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.69. Durum-XII ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

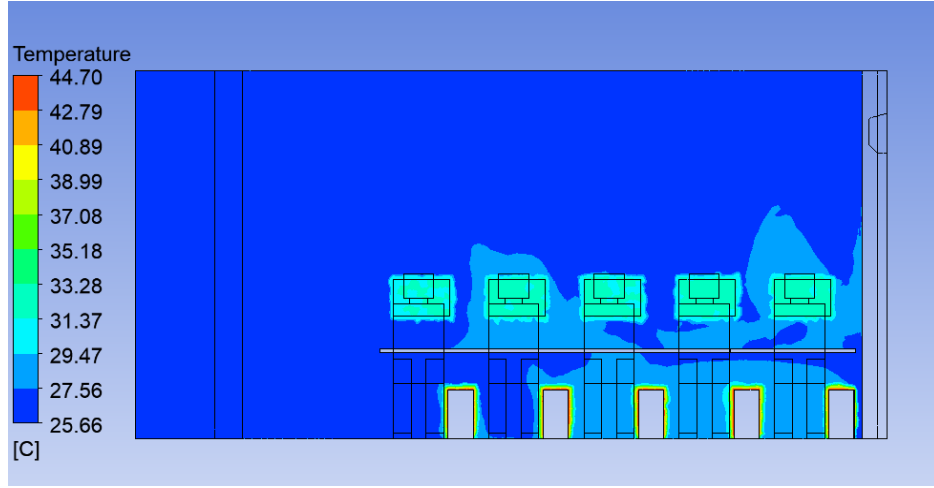
3.2.5.5. Model-3 Klima Ağız Yatay 52,5° Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-XIII)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yatay açısı çalışma 7 ye göre daha düşük tutulmuş ve 52,5° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısı konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

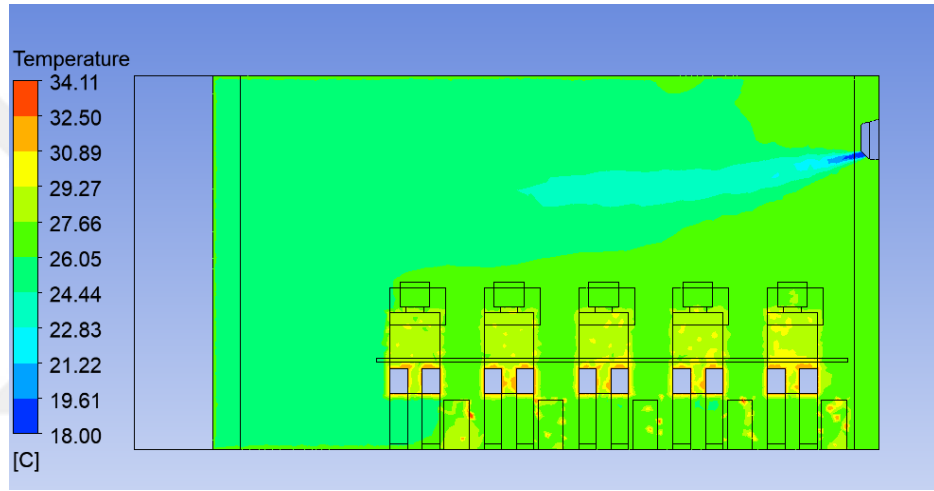
Analizler sonucunda bilgisayar odasındaki ortalama sıcaklık 26,52°C olup bu değer $y=1,2m$ (baş hizasında) düzleminde 26,82°C olarak elde edilmiştir. Şekil 3.70, Şekil 3.71 ve Şekil 3.72 sıcaklık dağılımı incelendiğinde klimanın mevcut durumunun odanın orta kısmına tesir ettiği görülmüştür. Soğutma işlemi de bu bölgede daha yoğun gerçekleşmiştir. Bu şekilde oda üç sıcaklık katmanına ayrılmış ve bu katmanlar arasında 3°C'nin üstünde sıcaklık farkı oluşmuştur. Bundan dolayı cereyan etkisinin meydana gelebileceği ön görülmüştür.

Şekil 3.73 hız vektörleri incelendiğinde havanın tavana paralel olarak hareket ettiği ve karşı duvara çarparak, duvar yüzeyinden oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,46 m/s, $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama hız değeri 0,13 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değeri aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değeri aralığında olduğu görülmüştür.

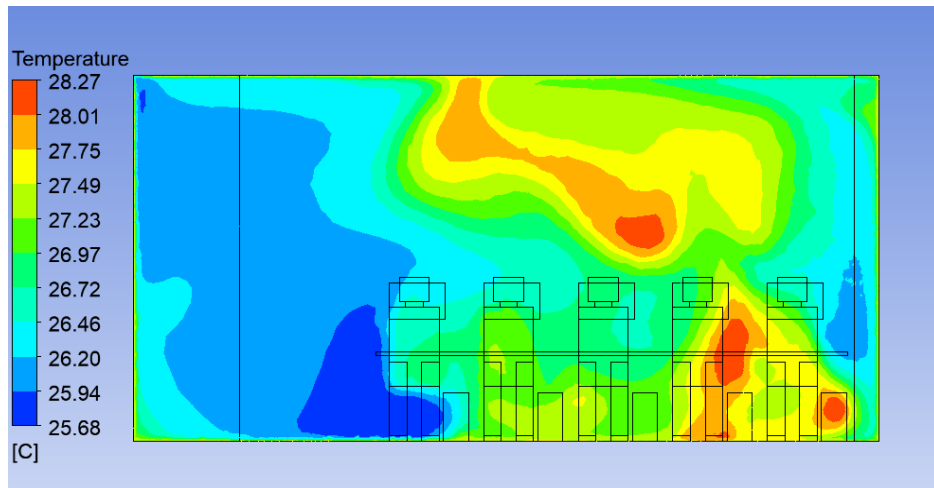
Şekil 3.74 ısı konfor parametreleri incelediğinde, $y=1,2m$ düzleminde ortalama PMV değeri 0,64 olarak elde edilmiştir. ASHRAE ısı duyarlılık ölçeğine göre nötr ve ılık değerleri aralığında olduğu görülmüştür. PMV değeri, odanın orta bölümünde -0,42 ile 1,65 değer aralığında iken odanın sağ ve sol duvarlarına doğru gittikçe bu değer 2,16'ya (sıcak-çok sıcak) kadar yükseldiği görülmüştür. PMV değerine bakılarak bu bölgede yer alan insan figürleri için ortam sıcaklığının arttığı gözlemlenmiştir. PPD değeri incelendiğinde, hava akış hızının yüksek olduğu yerlerde yüzdece memnuniyetsizliğin arttığı ve bu bölgenin PMV değerine göre ısı konfor açısından daha uygun alanlara denk geldiği görülmüştür. Hava akış hızının düşük olduğu bölgelerde tahmin edilen memnuniyetsizlik yüzdesi odanın sağ ve sol bölümlerinde %100 değerine ulaşmıştır. PD değeri ise hava akışının yetersiz olduğu kenar noktalarda düşerken, hava akışının fazla olduğu noktalarda yükselmiştir.



a)

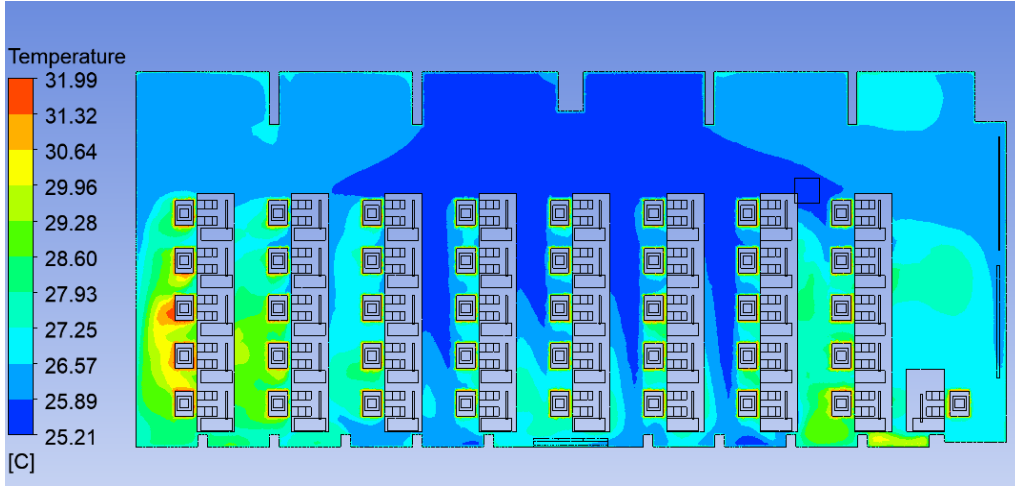


b)

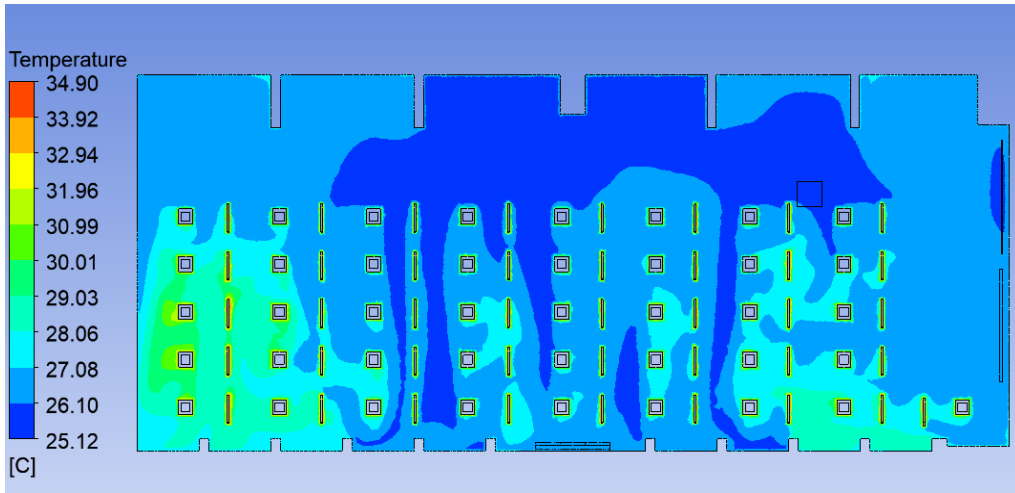


c)

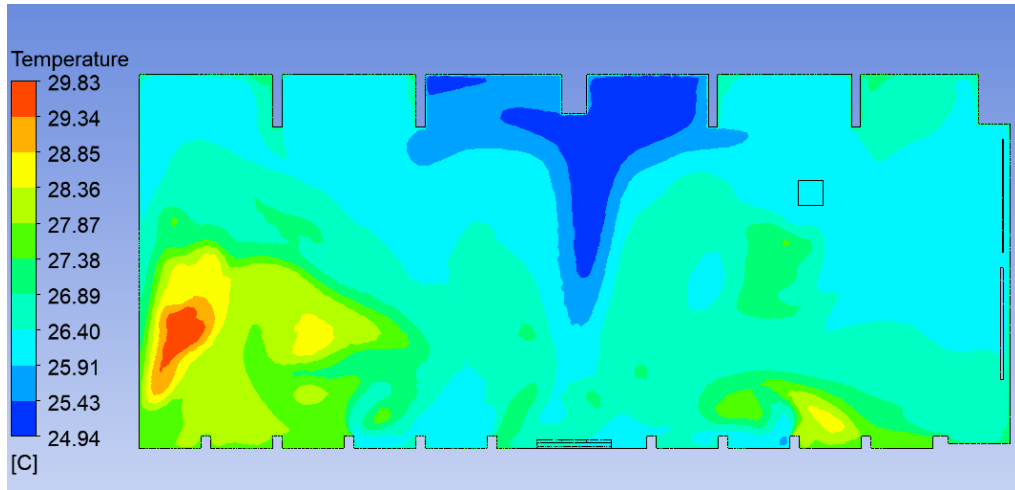
Şekil 3.70. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

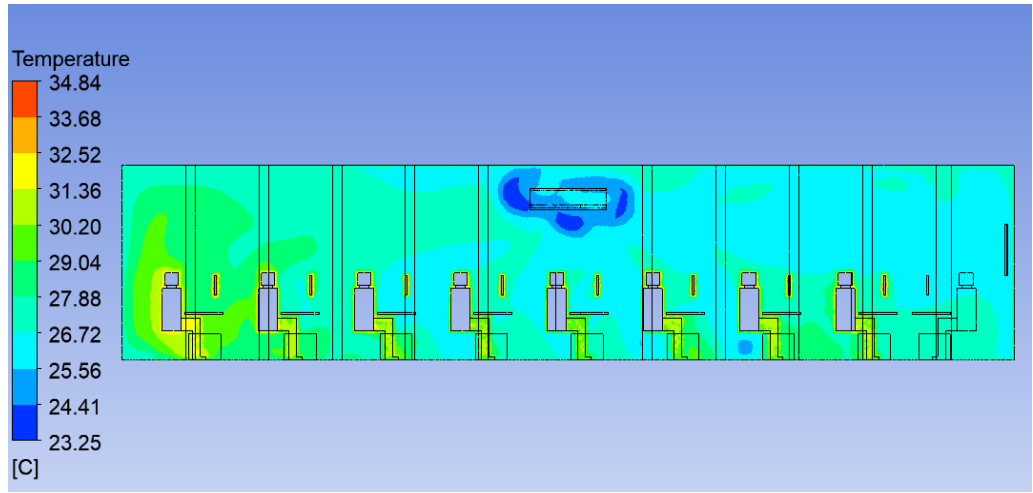


b)

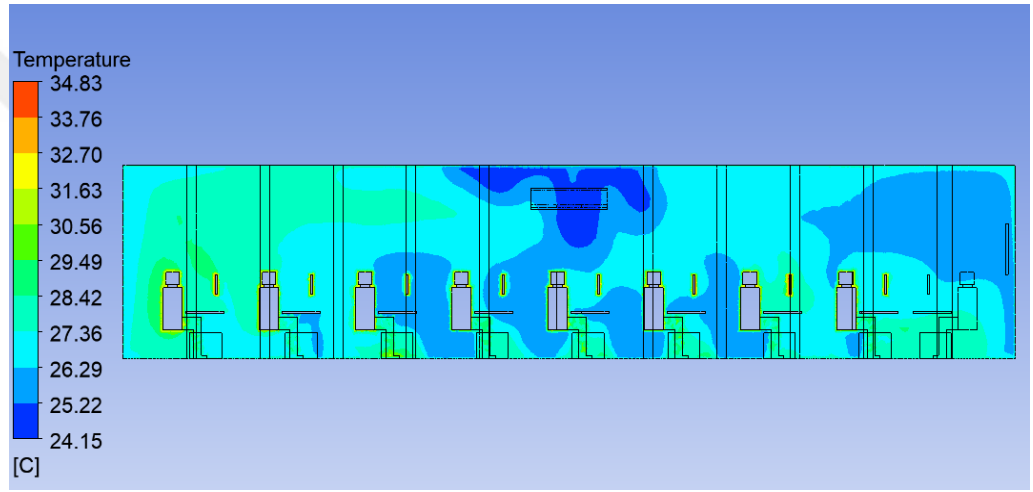


c)

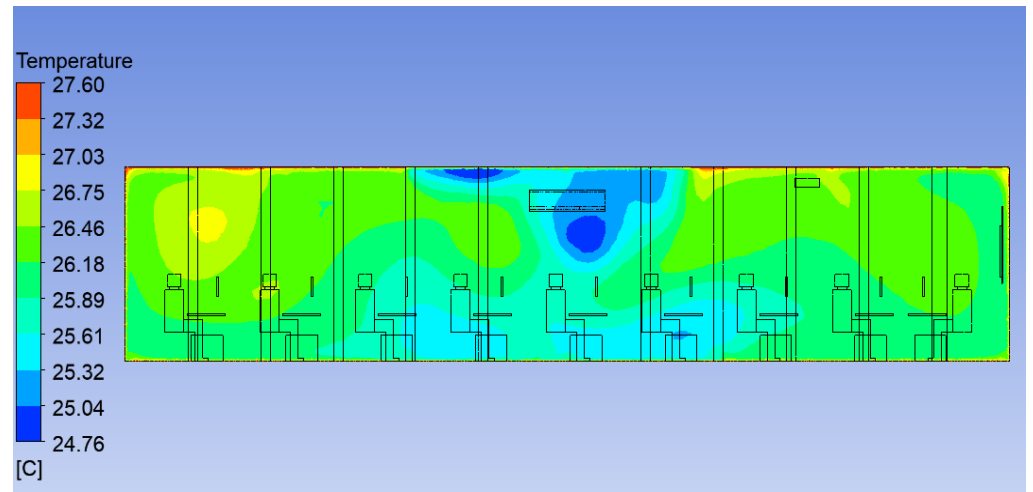
Şekil 3.71. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

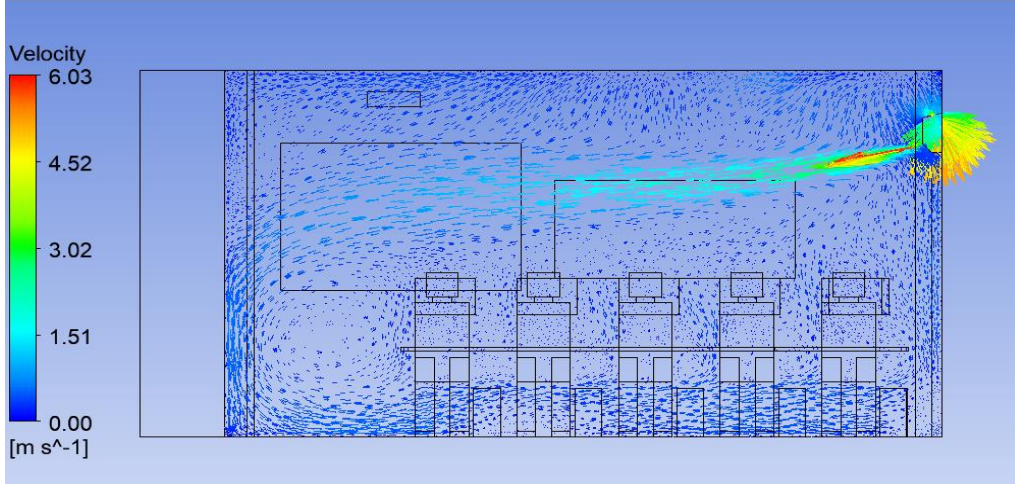


b)

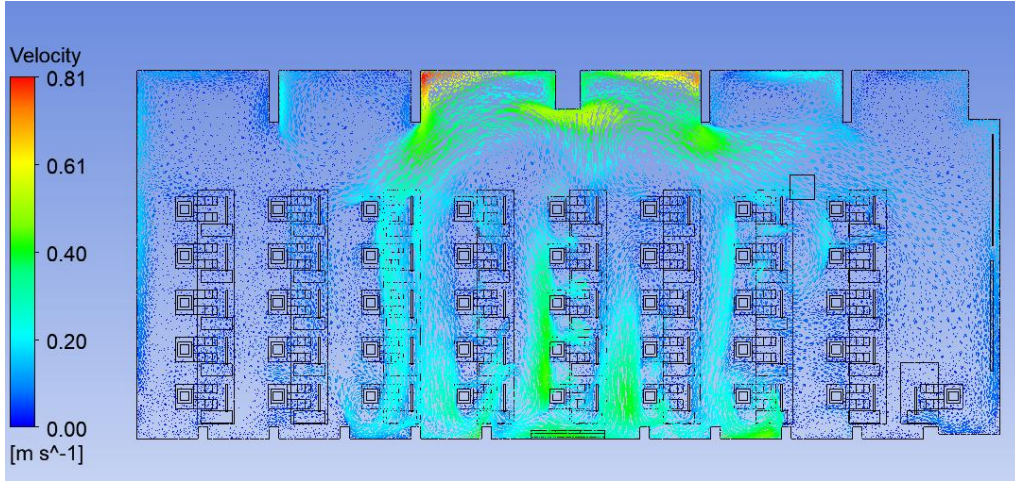


c)

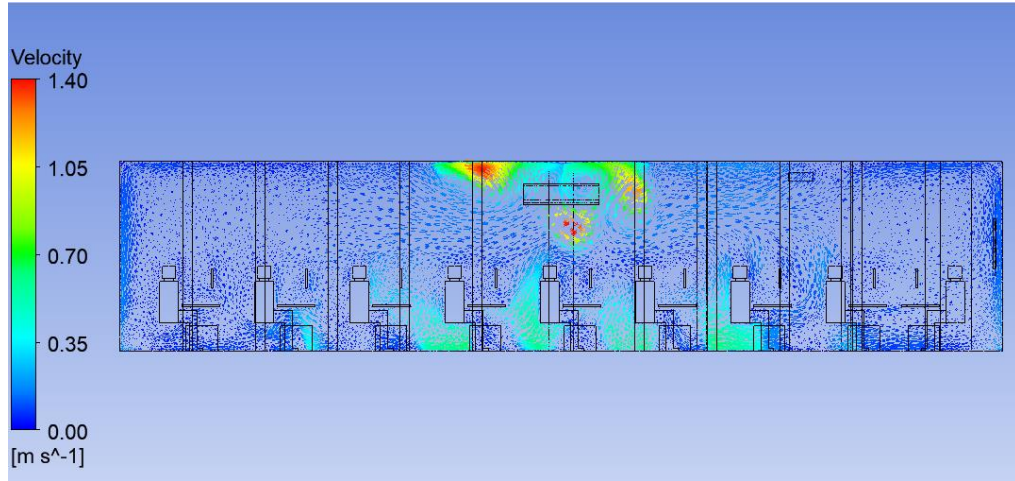
Şekil 3.72. Durum-XIII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

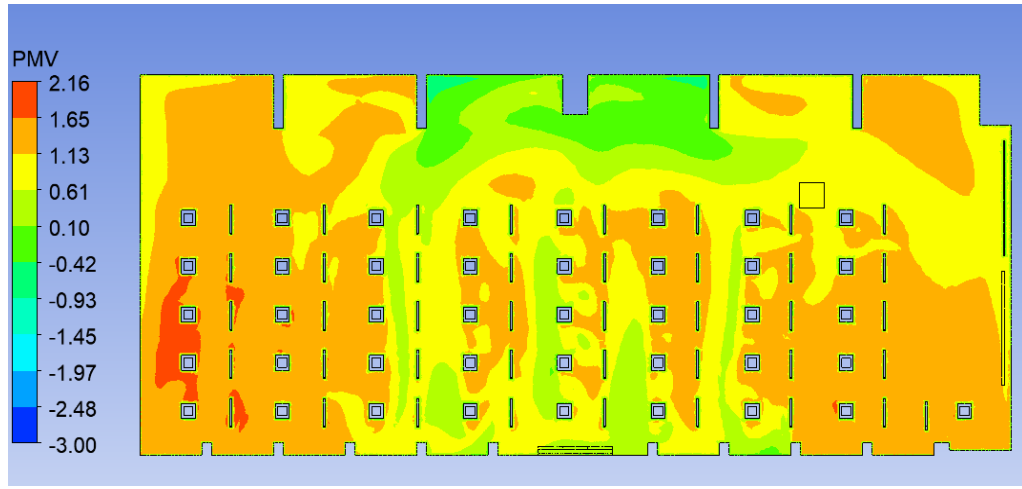


b)

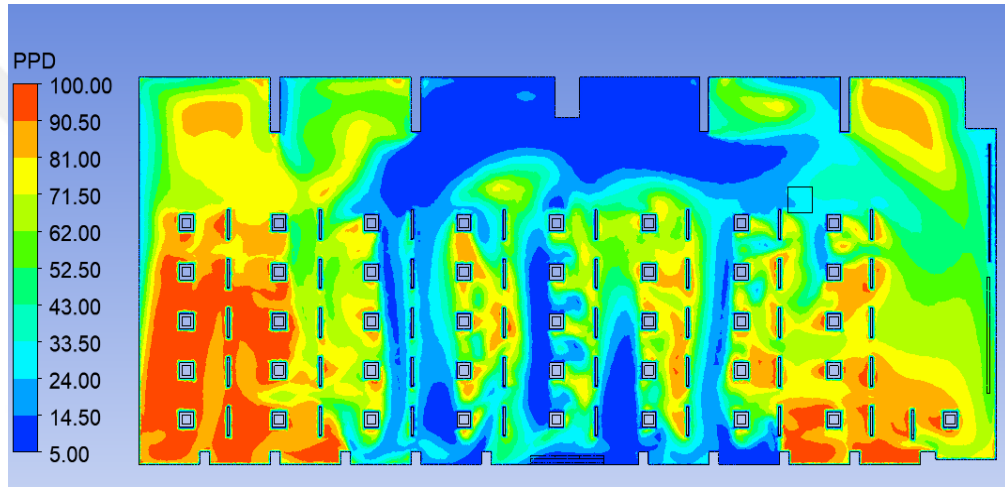


c)

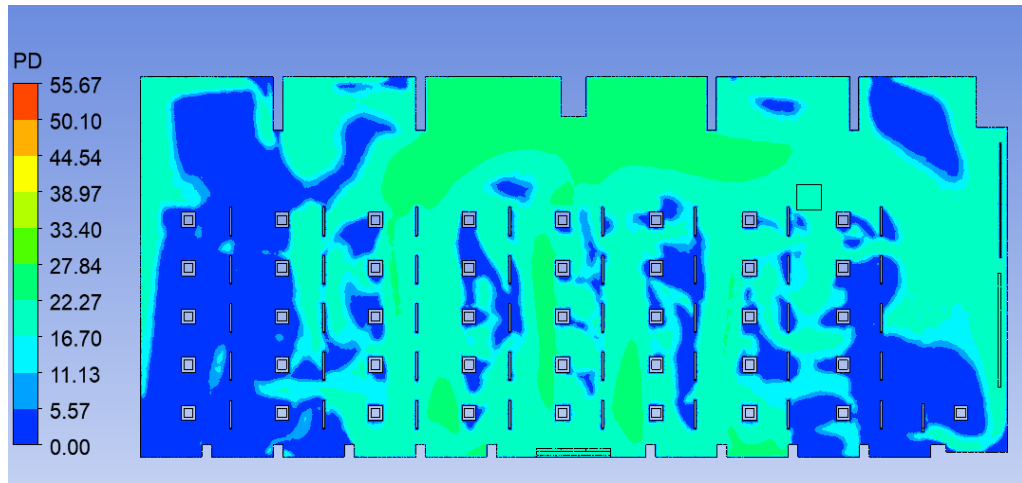
Şekil 3.73. Durum-XIII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



c)

Şekil 3.74. Durum-XIII ısı konfor parametreleri $y=1,2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

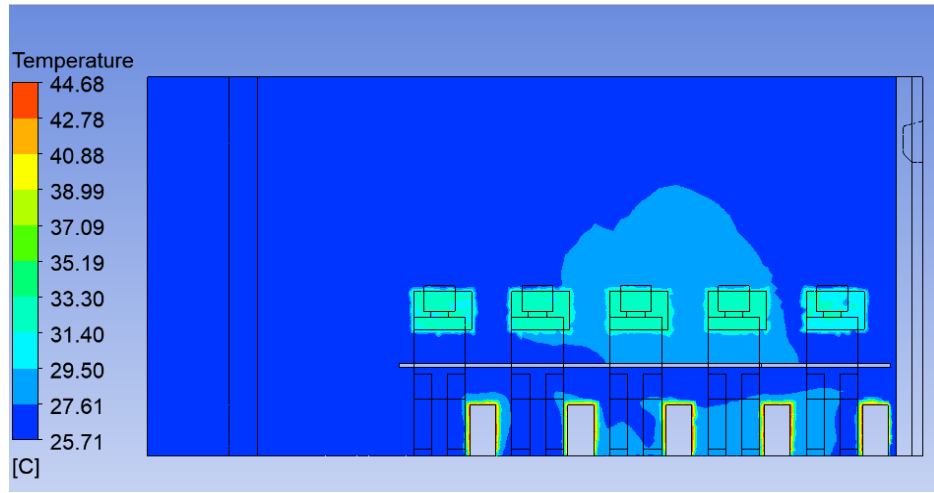
3.2.5.6. Model-3 Klima Ağız Yatay 45° Üfleme Açısının İncelenmesi (Durum-XIV)

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve yata açısı çalışma 7 ye göre daha düşük tutulmuş ve 45° kabul edilmiştir. Bu analiz kapsamında klimanın yataydaki üfleme açısının, oda içerisindeki hava akışına, havanın odaya dağılımına, sıcaklık değişimlerine ve ısı konfor parametrelerine etkileri incelenmiştir.

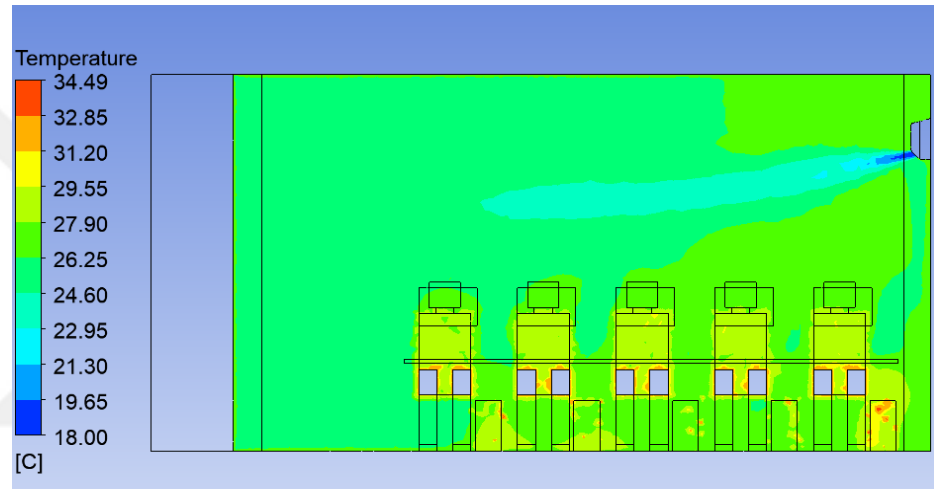
Analizler sonucunda bilgisayar odasındaki ortalama sıcaklık 26,7°C olup bu değer $y=1,2m$ (baş hizasında) düzleminde 27,1°C olarak elde edilmiştir. Şekil 3.75, Şekil 3.76 ve Şekil 3.77 sıcaklık dağılımı incelendiğinde klimanın mevcut durumunun orta kısmına tesir ettiği görülmüştür. Soğutma işlemi de bu bölgede yoğunlaşmıştır. Bu şekilde oda üç sıcaklık katmanına ayrılmış ve bu katmanlar arasında 3°C'nin üstünde sıcaklık farkı oluşmuştur. Bundan dolayı cereyan etkisinin meydana gelebileceği ön görülmüştür.

Şekil 3.78 hız vektörleri incelendiğinde havanın tavana paralel olarak hareket ettiği ve karşı duvara çarparak, duvar yüzeyinden oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,46 m/s, $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama hız değeri 0,14 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısı konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

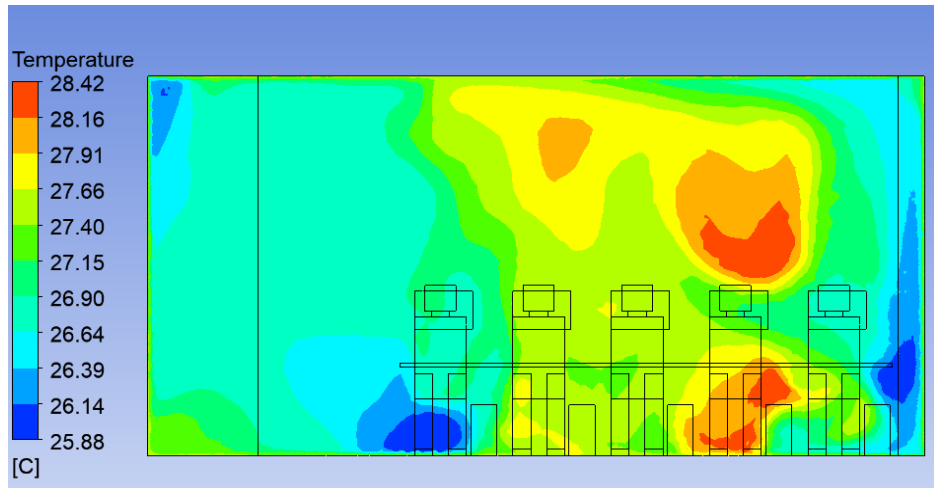
Şekil 3.79 ısı konfor parametreleri incelendiğinde $y=1,2m$ düzleminde ortalama PMV değeri 0,67 olarak elde edilmiştir. ASHRAE ısı duyarlılık ölçeğine göre nötr ve ılık değerleri aralığında olduğu görülmüştür. PMV değeri, odanın orta bölümünde -0,43 ile 0,09 değer aralığında iken odanın sağ ve sol duvarlarına doğru gittikçe bu değer 2,15'e (sıcak-çok sıcak) kadar yükseldiği görülmüştür. PMV değerine bakılarak bu bölgede yer alan insan figürleri için ortam sıcaklığının arttığı gözlemlenmiştir. PPD (tahmin edilen memnuniyetsizlik yüzdesi) değeri incelendiğinde, hava akış hızının yüksek olduğu yerlerde yüzdece memnuniyetsizliğin arttığı ve bu bölgenin PMV değerine göre ısı konfor açısından daha uygun alanlara denk geldiği görülmüştür. Hava akış hızının düşük olduğu bölgeler olan odanın sağ ve sol bölümlerinde PPD değeri %100 değerine ulaşmıştır.



a)

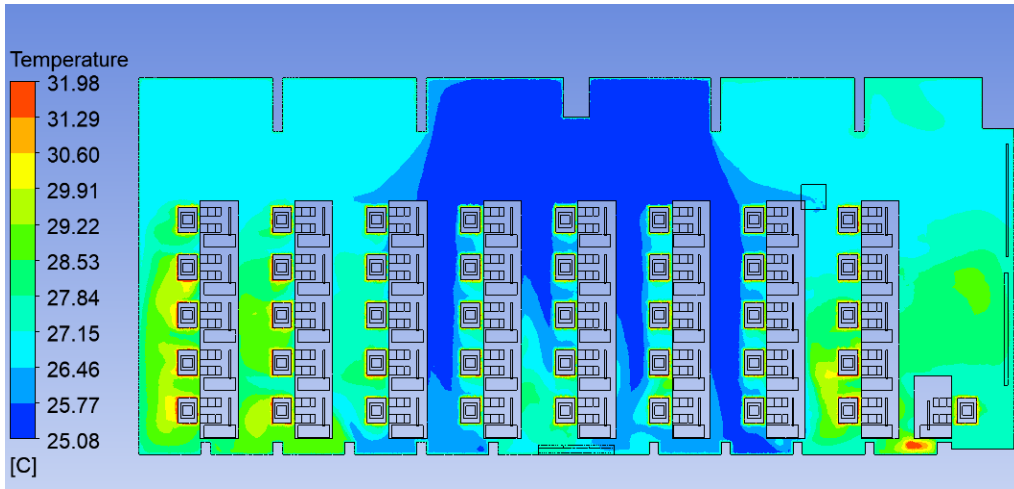


b)

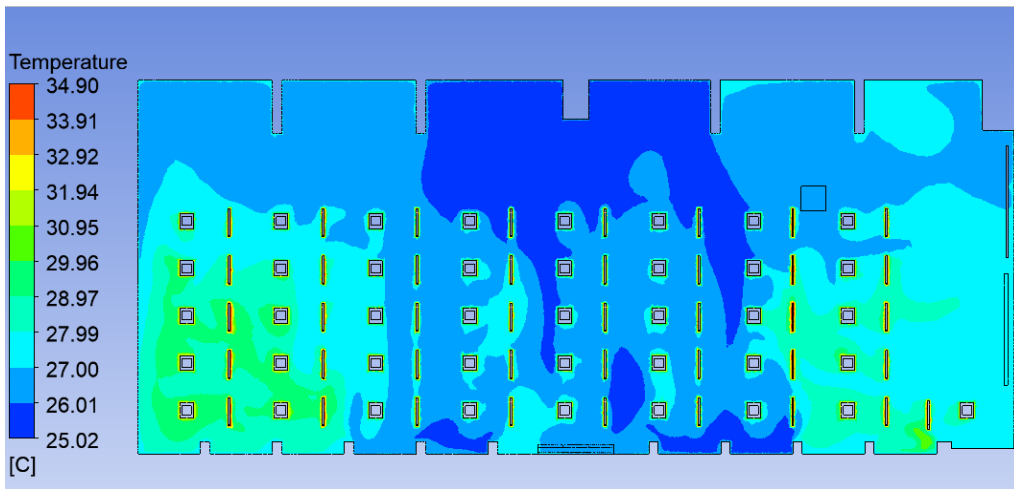


c)

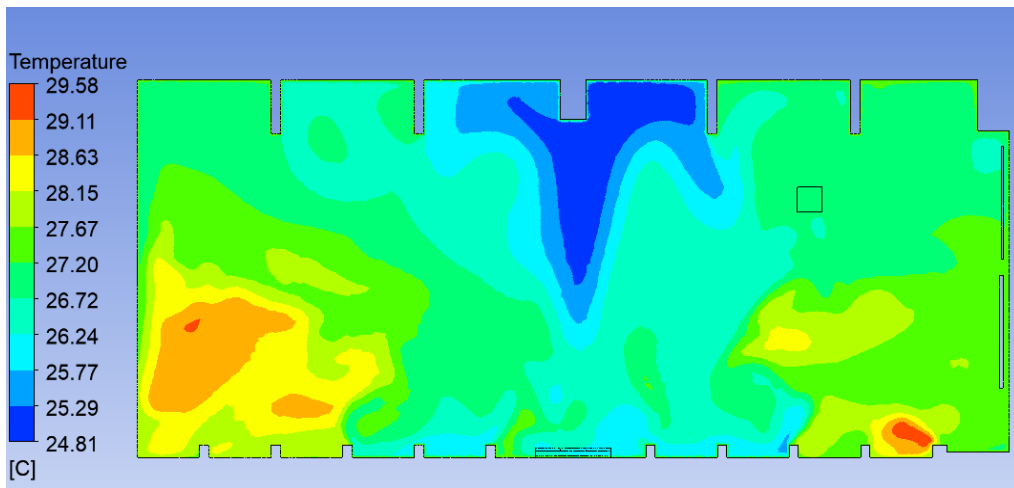
Şekil 3.75. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

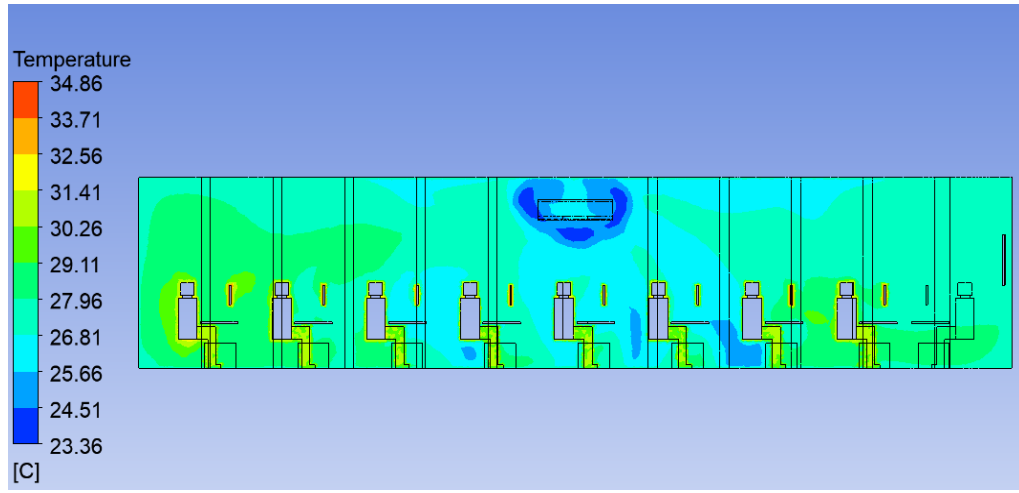


b)

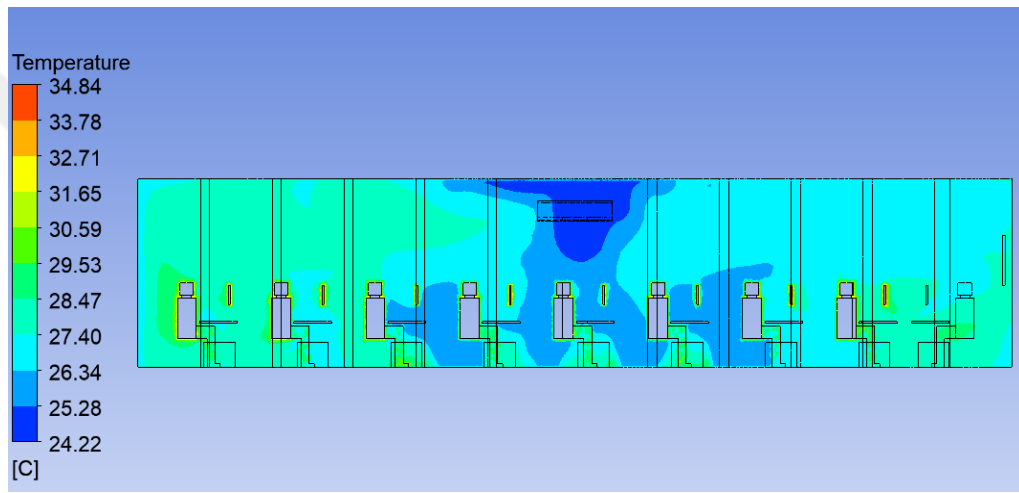


c)

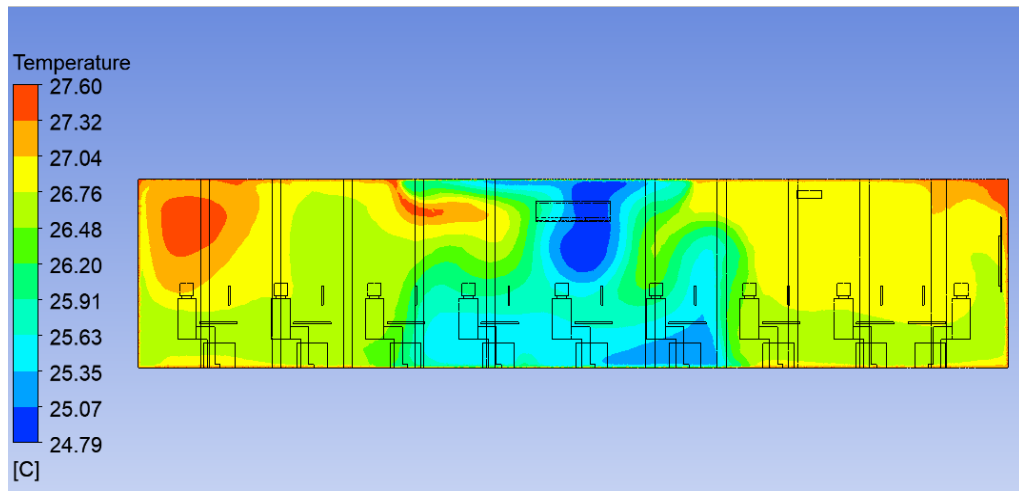
Şekil 3.76. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

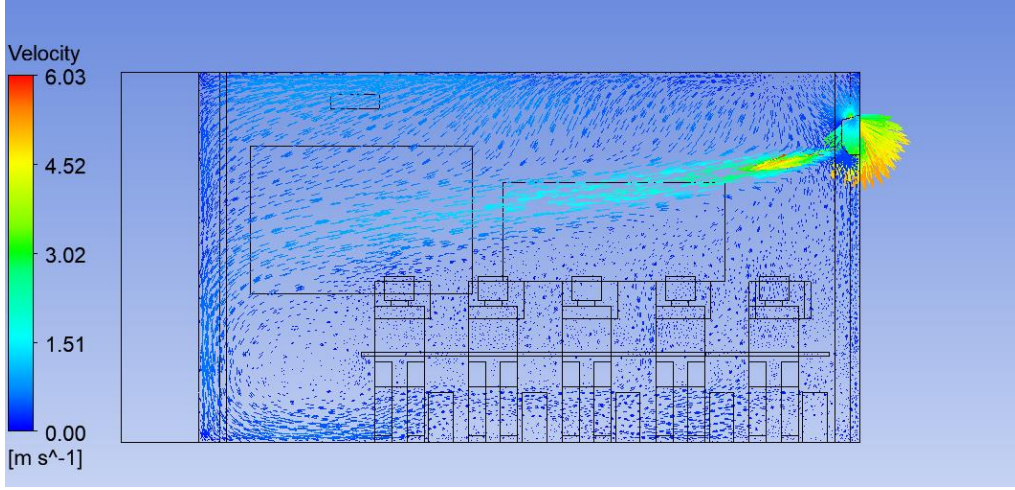


b)

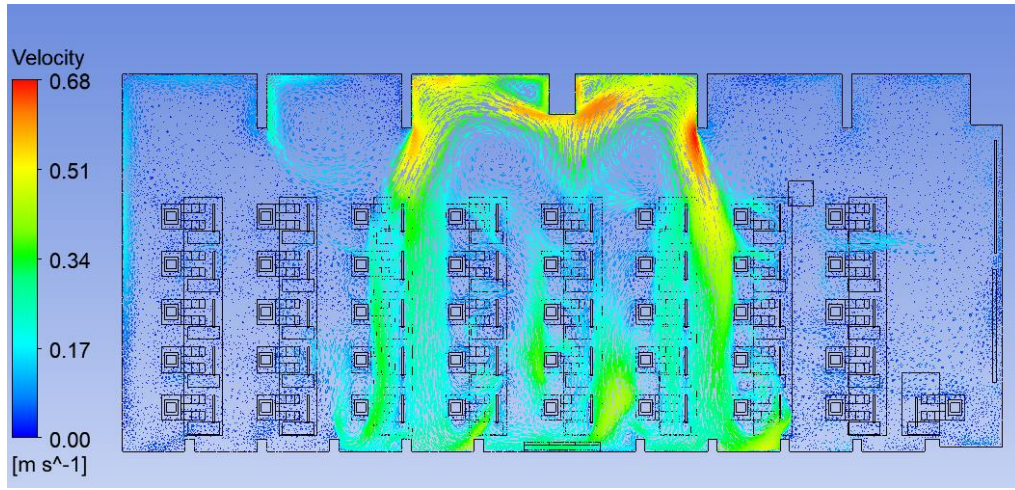


c)

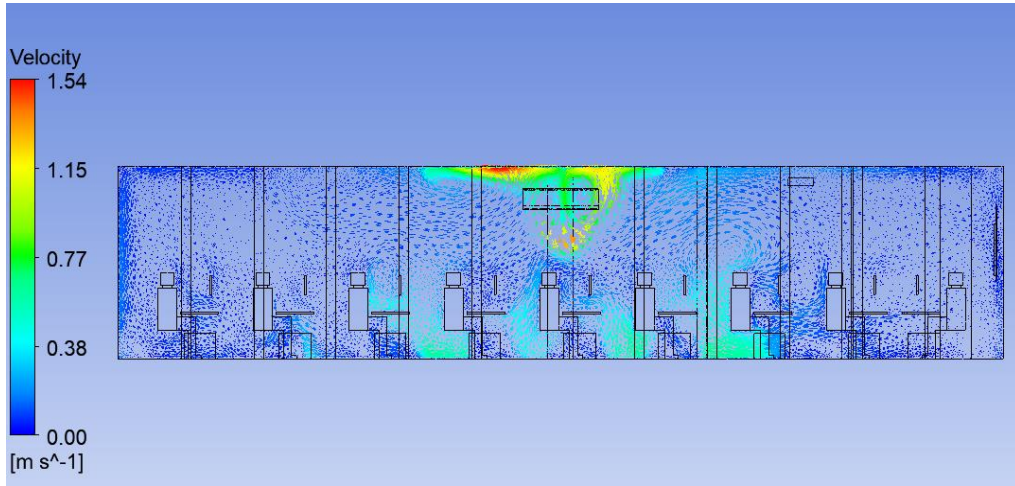
Şekil 3.77. Durum-XIV sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

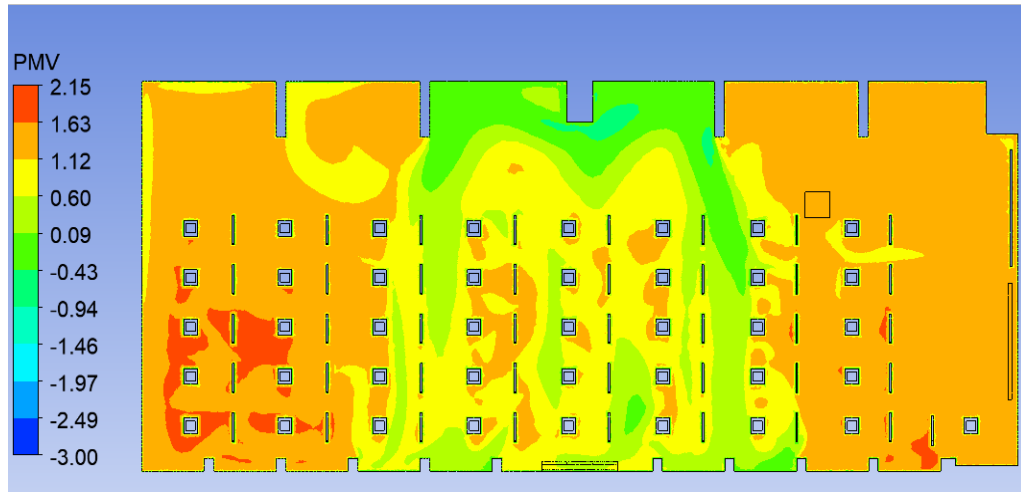


b)

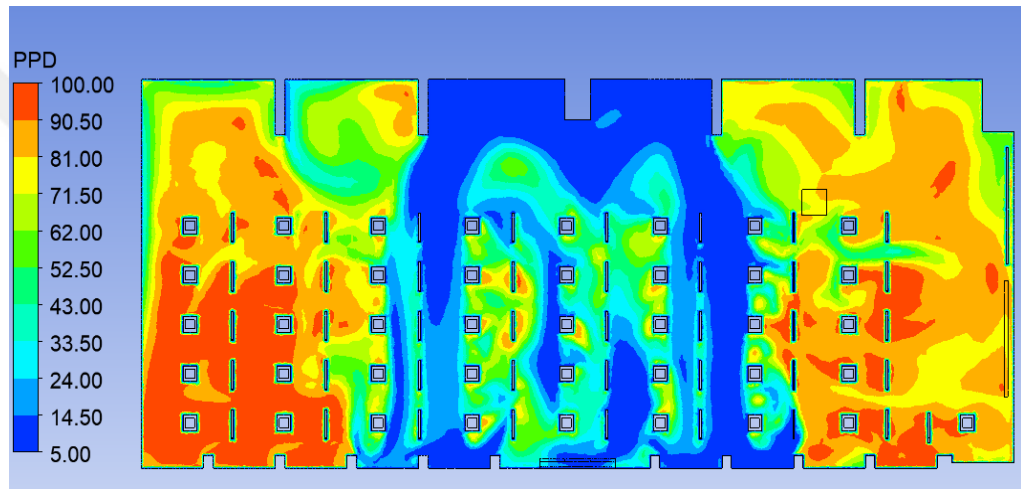


c)

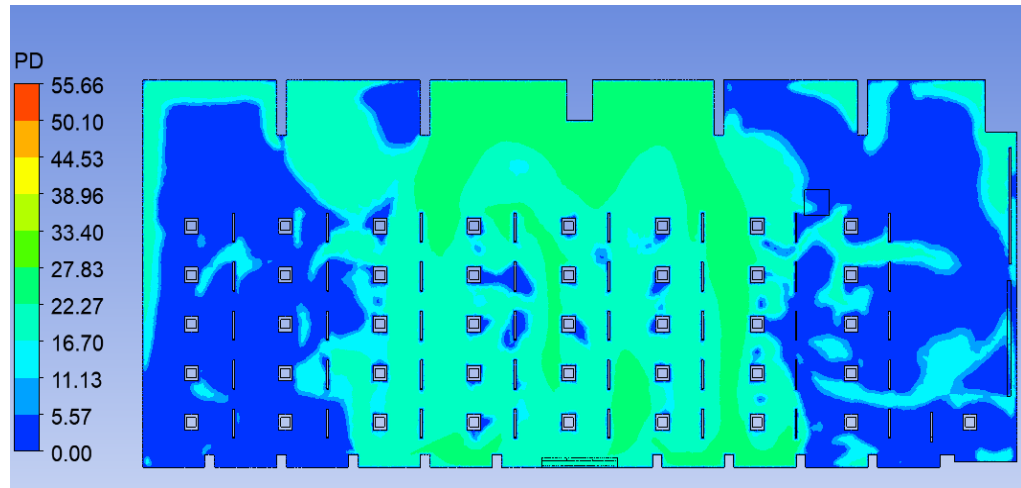
Şekil 3.78. Durum-XIV hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)



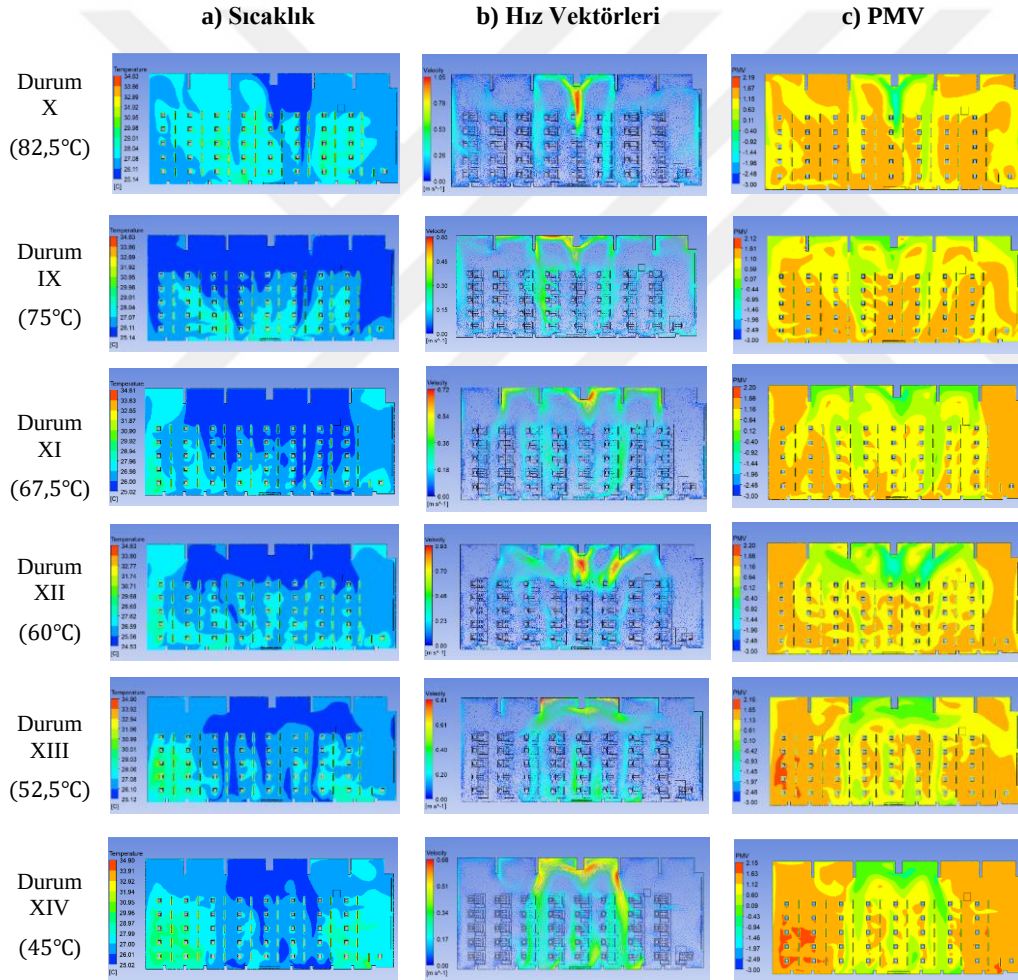
c)

Şekil 3.79. Durum-XIV ısı konfor parametreleri $y=1,2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.5.7. Yatay Altı Farklı Üfleme Açısının Karşılaştırılması

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-3 klima üfleme ağız modeli için yatayda 82.5°, 75°, 67.5°, 60°, 52.5° ve 45° açıları birlikte incelenmiştir. Klima yatay üfleme açısına bağlı olarak, oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri incelenmiştir.

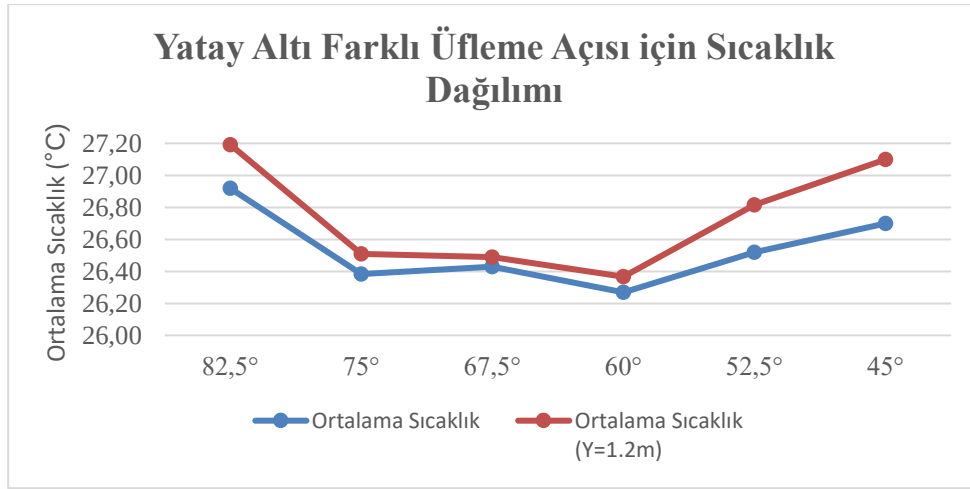
Her altı açı için, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiş ve bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler sırasıyla Şekil 3.80 y=1,2m düzleminde sıcaklık dağılımı, hız vektörleri ve PMV dağılımı verilmiştir.



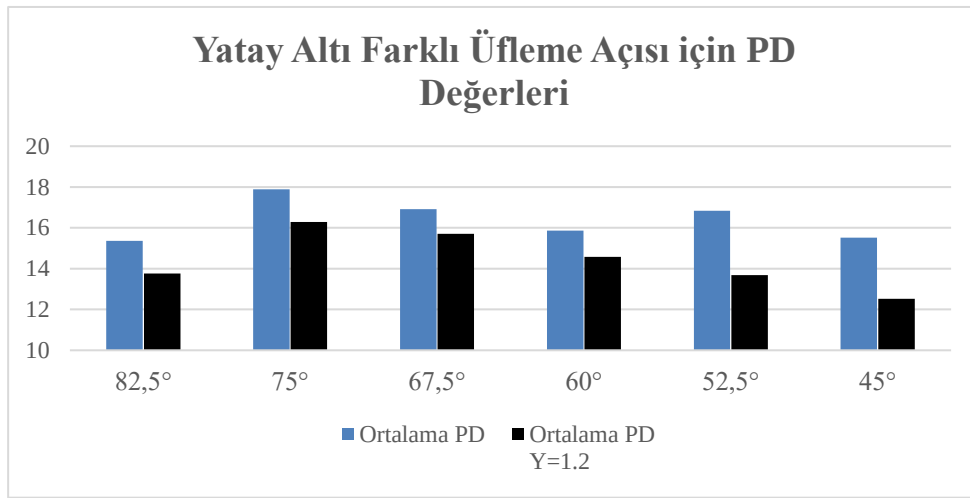
Şekil 3.80. Yatay altı farklı üfleme açısı için y=1,2m'de a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV dağılımı

Şekil 3.81 incelendiğinde yatayda üfleme açısının artması soğuk havanın odaya daha iyi yayılmasını sağlamış ve buna bağlı olarak oda içerisindeki ısı transferi miktarını arttırarak daha düşük oda sıcaklığı elde edilmiştir. 75° ve 67.5° üfleme açılarının sonuçları incelendiğinde birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sadece 67.5° üfleme açısı odanın geometrik yapısından dolayı odanın kolonları tarafından sınırlandırılmıştır. Bunun sonucunda soğuk hava yayılımı 75° üfleme açısına göre daha sınırlı kaldığı görülmüştür.

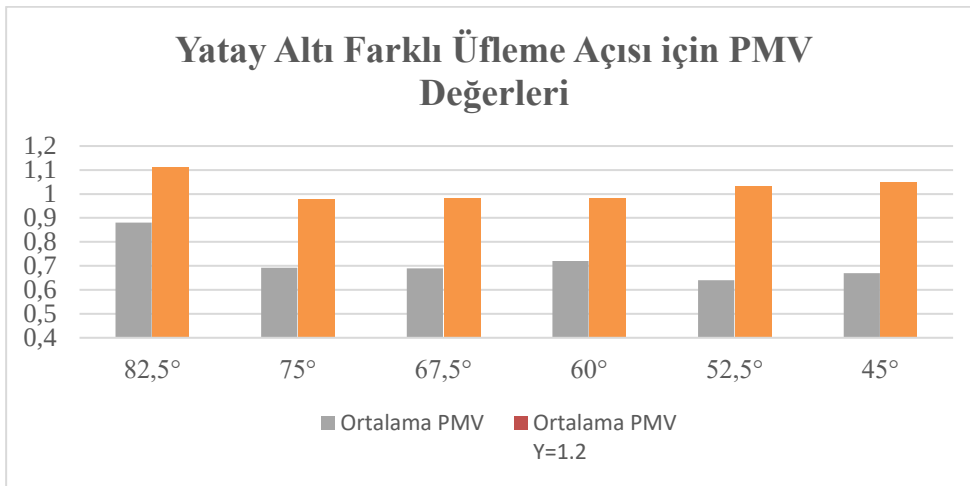




a)



b)



c)

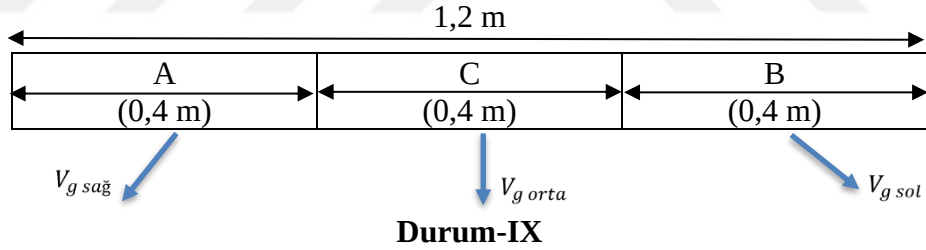
Şekil 3. 81. Yatay altı farklı üfleme açısı için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

3.2.6. Model-3 Klima Üfleme Ağzına Sahip Dört Farklı Üfleme Kesit Alan Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) dört farklı klima üfleme kesit alan oranı incelenmiştir. Üç üfleme kesiti için farklı debiler elde edebilmek amacıyla üfleme bölümlerinin kesit oranları değiştirilmiştir. Bu sayede odanın köşe noktalarına daha fazla soğuk havanın ulaşması sağlanarak bu bölgelerde daha etkin soğutma yapılması amaçlanmıştır. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir

3.2.6.1. Durum-IX Kesit Oranın İncelenmesi

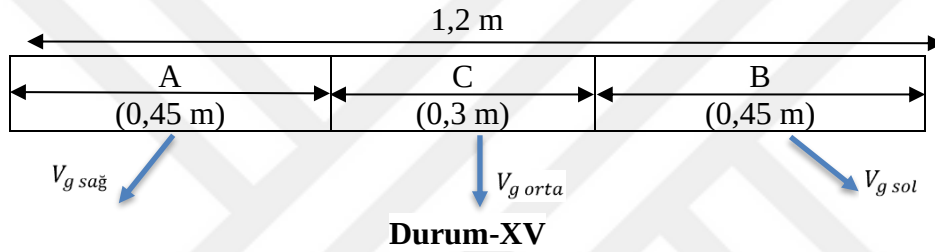
Durum-IX, “3.2.4.3. Model-3 Klima Üfleme Ağzının İncelenmesi (Durum-IX)” analizi başlığı altında analiz sonuçları detaylı olarak verilmiş olup, “3.2.6.5. Dört Farklı Üfleme Kesit Alan Oranına Sahip Klima Durumlarının Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı üfleme kesit alan oranları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Modelin kesit oranları sırasıyla $A_A/A_C = 1$ ve $A_B/A_C = 1$ belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da $A_A = A_C = A_B = 0.4m$ olup modelin şematik gösterimi Şekil 3.82’de verilmiştir.



Şekil 3.82. Durum-IX modelin şematik gösterimi

3.2.6.2. Durum-XV Kesit Alan Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-3 klima ağız geometrisine kullanılmıştır. Modelin kesit oranları sırasıyla $A_A/A_C = 1,5$ ve $A_B/A_C = 1,5$ belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da $A_A = A_B = 0,45m$ ve $A_C = 0,3m$ olup modelin şematik gösterimi Şekil 3.83’de verilmiştir. Durum IX’dan farklı olarak ise üç üfleme kesiti için farklı debiler elde edebilmek amacıyla üfleme bölümlerinin kesitleri değiştirilmiştir. Bu sayede odanın köşe noktalarına daha fazla soğuk havanın ulaşması sağlanarak bu bölgelerde daha etkin soğutma yapılması amaçlanmıştır. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



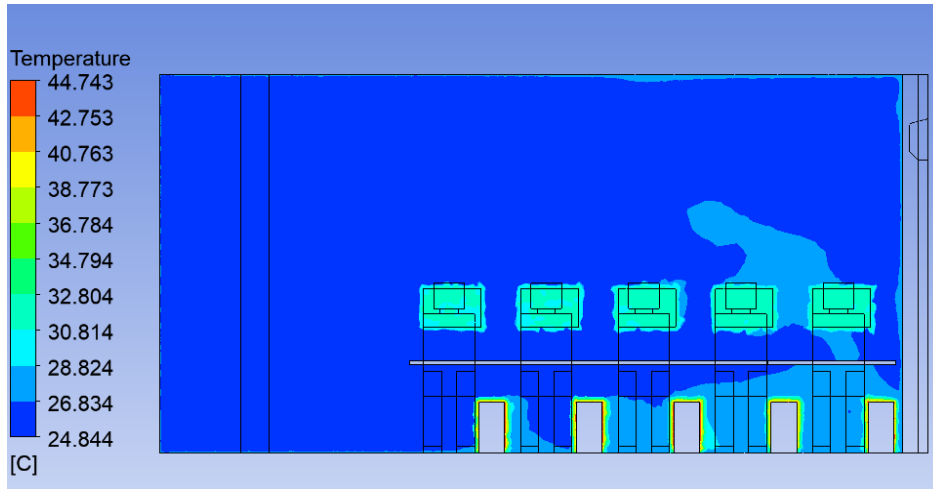
Şekil 3.83. Durum-XV modelin şematik gösterimi

Şekil 3.84, Şekil 3.85 ve Şekil 3.86 sıcaklık dağılımı incelendiğinde klima üfleme ağız yapısındaki farklılık itibarıyla odanın orta noktasına etki eden soğuk hava kütlelerinin azaldığını ve köşe noktalara kütlece daha çok soğuk havanın tesir ettiği görülmüştür. Bunun neticesinde odanın klimanın konumlandırıldığı duvarın karşısındaki duvar, sol duvar ve sağ duvar boyunca soğuk alanlar elde edilmiştir. Oda ortalama sıcaklık değeri ise 26,56°C olup bu değer $y=1,2m$ (baş hizasında) düzleminde ortalama 26,85°C olarak elde edilmiştir.

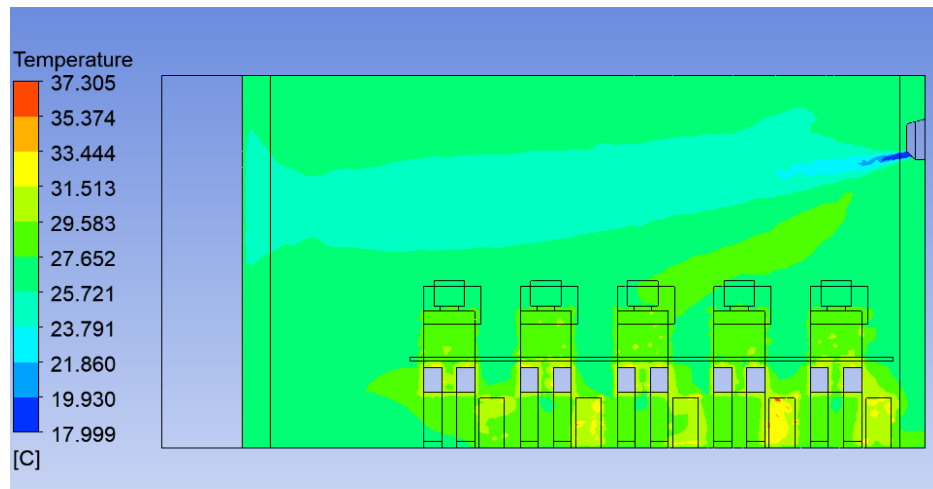
Şekil 3.87 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava, sıcak bölgelerin sınırına geldiğinde (odanın sol tarafı sıcaklığın daha fazla olduğu yer) ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,42 m/s, $y=1.2m$ düzlemindeki ortalama hız değeri 0,12 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.88 ısı konfor parametreleri incelendiğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,71 (nötr-ılık) ve 1,04 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Bu değer hava akışının yüksek olduğu yerlerde daha da düştüğü görülmüştür. Ayrıca insan figürlerinin yer aldığı alanda bu değer 1.1-1.6 değerleri aralığında olduğu görülmüştür. Mevcut duruma göre havanın homojen dağılımı sayesinde daha iyi bir PMV değeri elde edilmiştir.

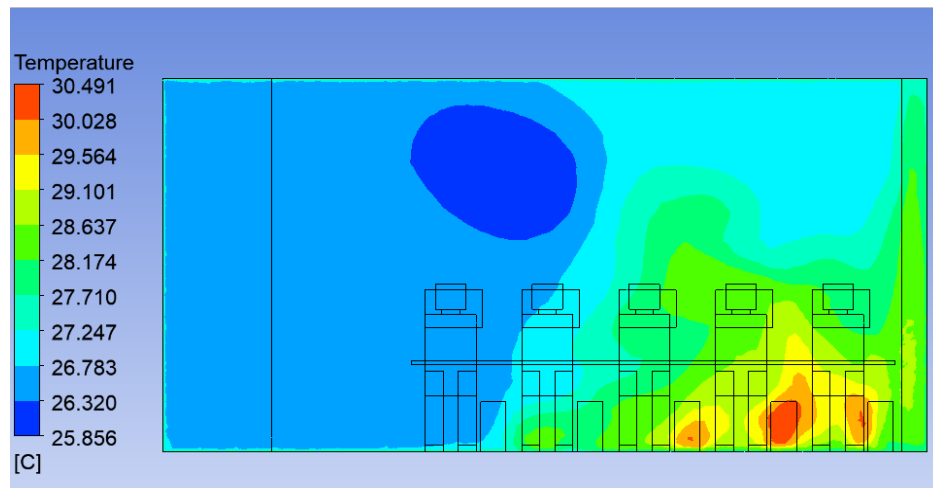
PD değeri incelendiğinde, oda genelinde 18,3, $y=1,2\text{m}$ düzleminde 15,24 elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. Hava akışının az olduğu ve odanın orta-sol tarafında bir bölümünde PPD değerinin %100'e kadar çıktığı ve tahmini yüzde memnuniyetsizliğin arttığı gözlemlenmiştir.



a)

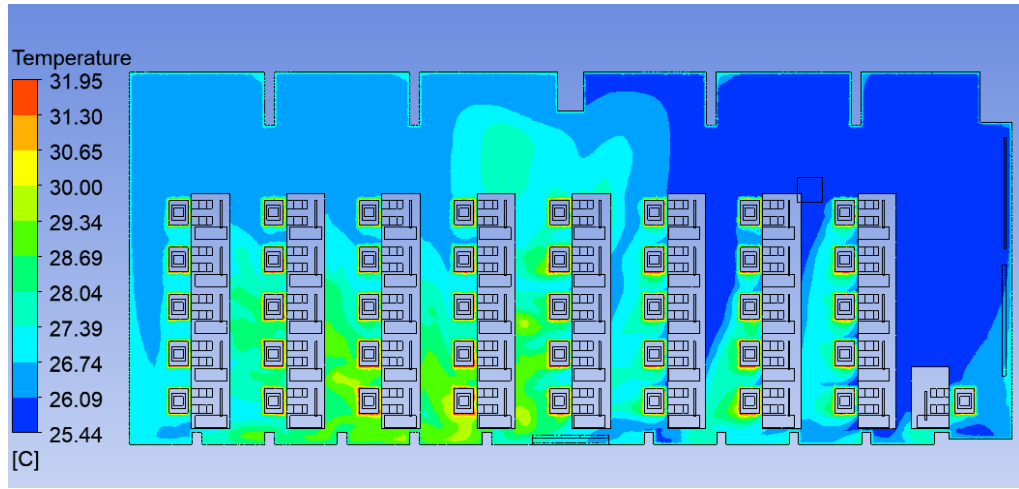


b)

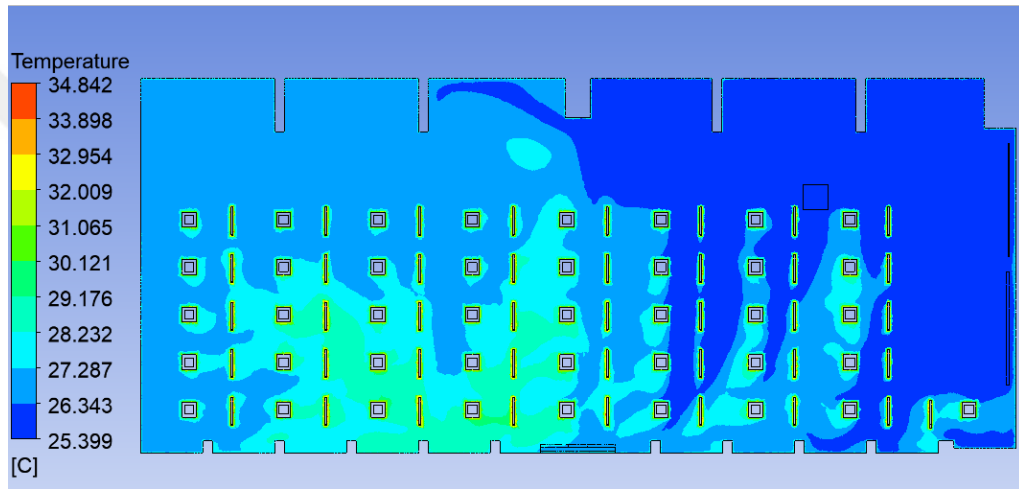


c)

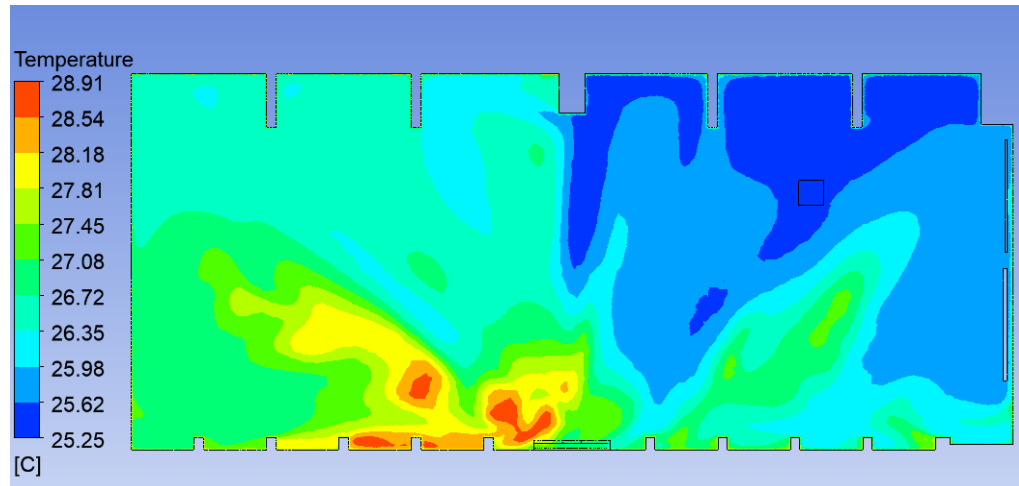
Şekil 3.84. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

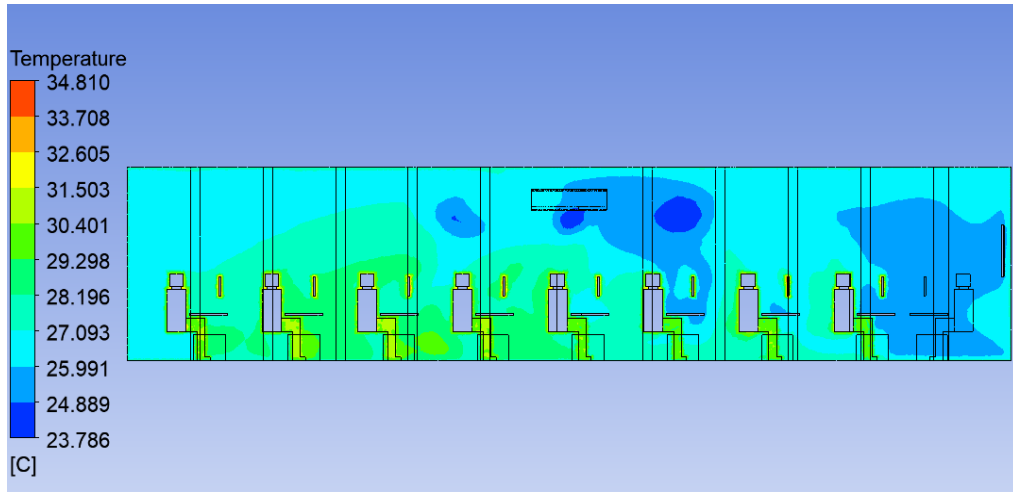


b)

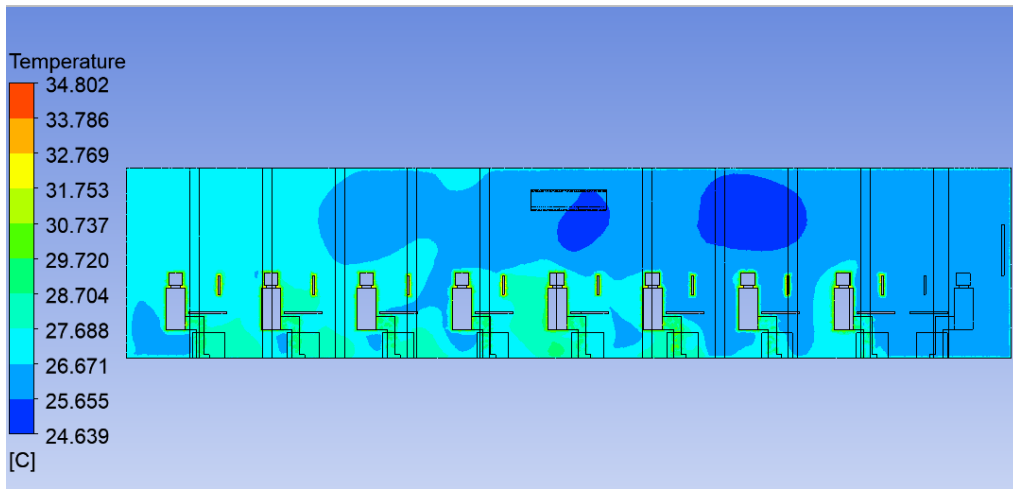


c)

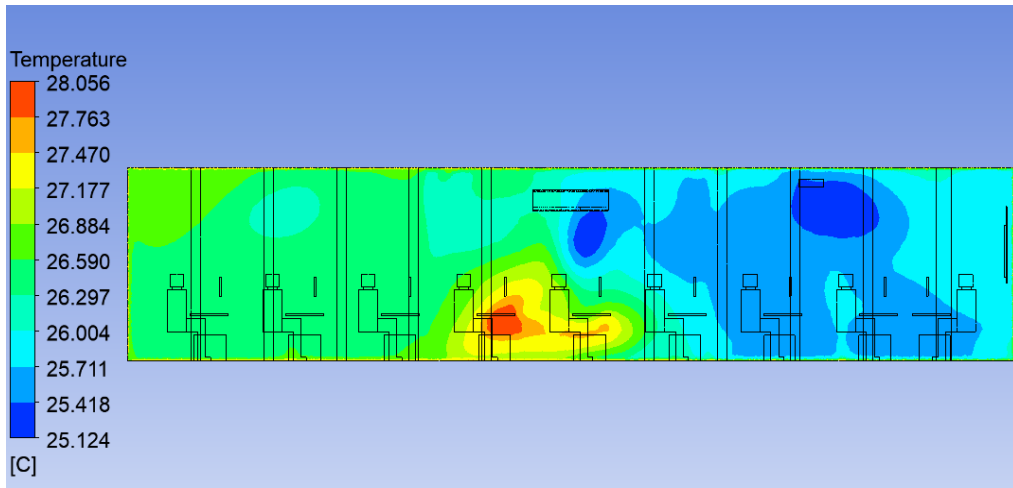
Şekil 3.85. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

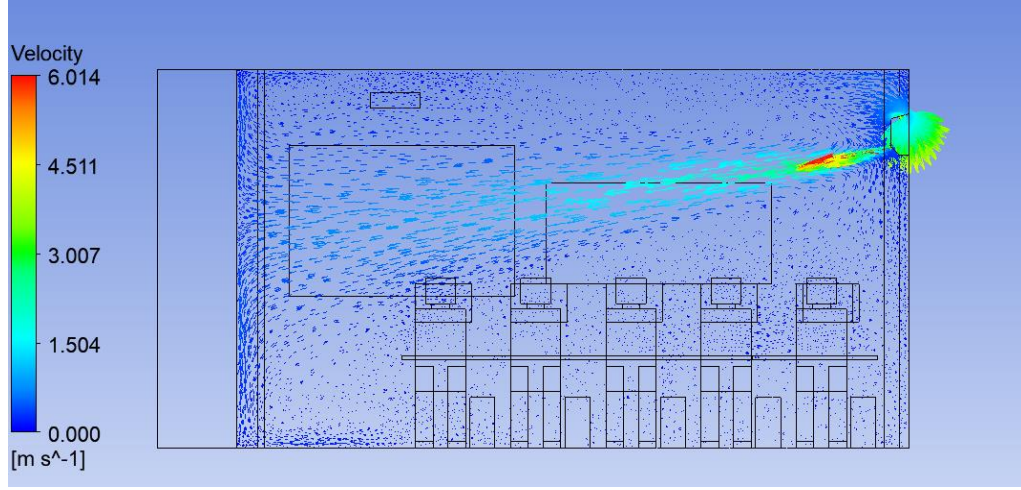


b)

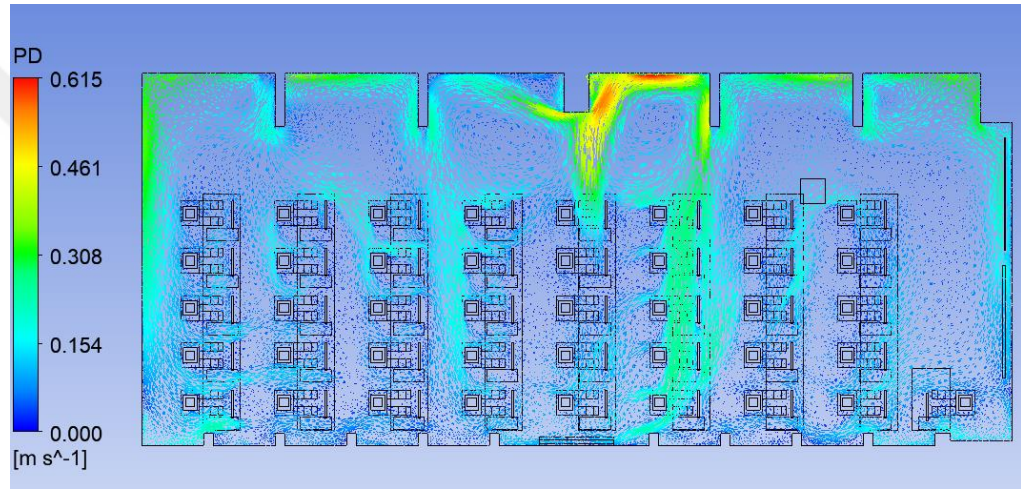


c)

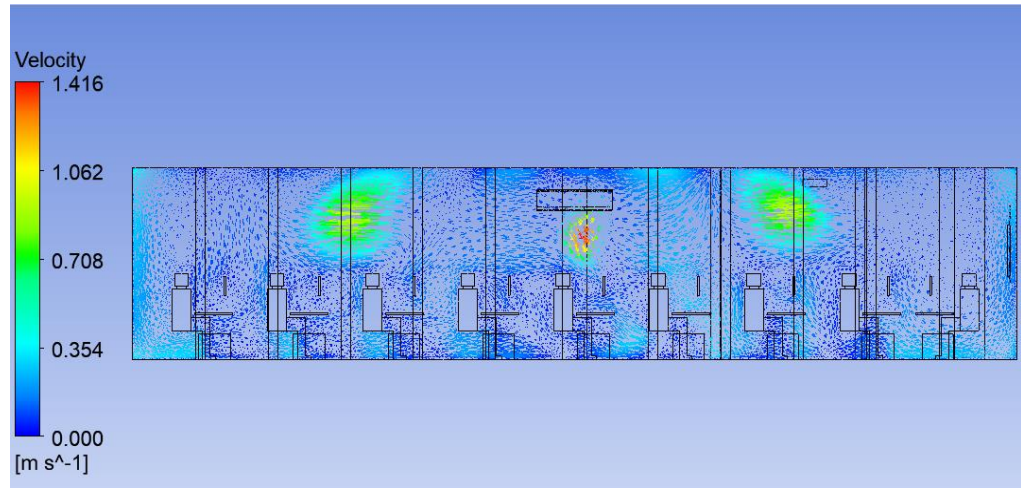
Şekil 3.86. Durum-XV sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

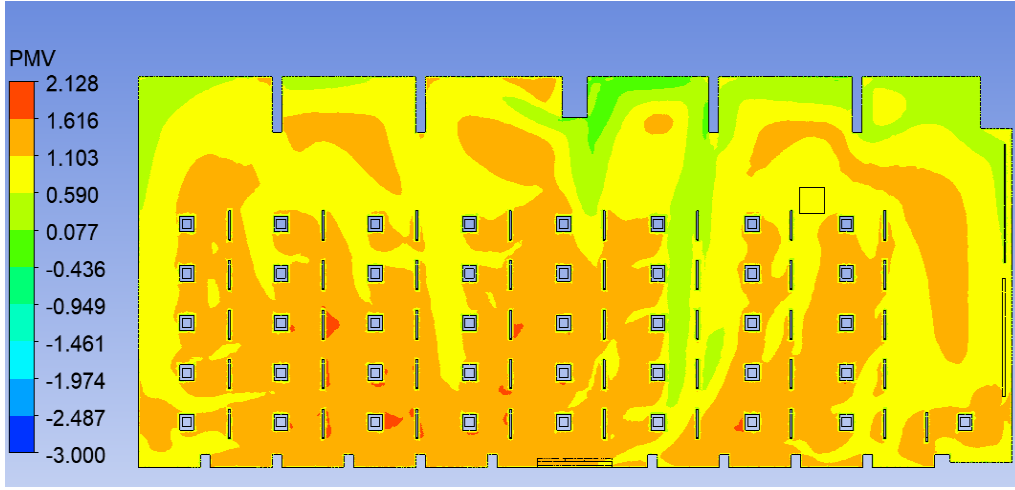


b)

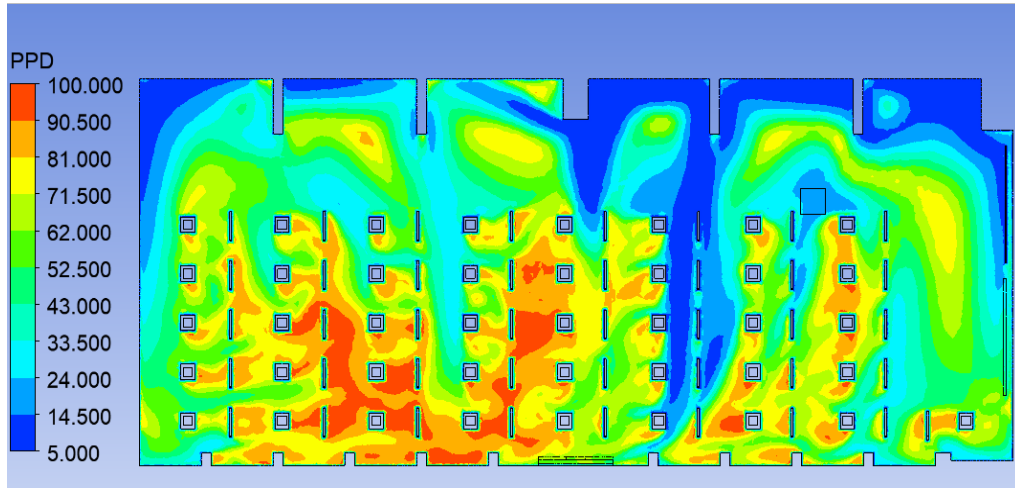


c)

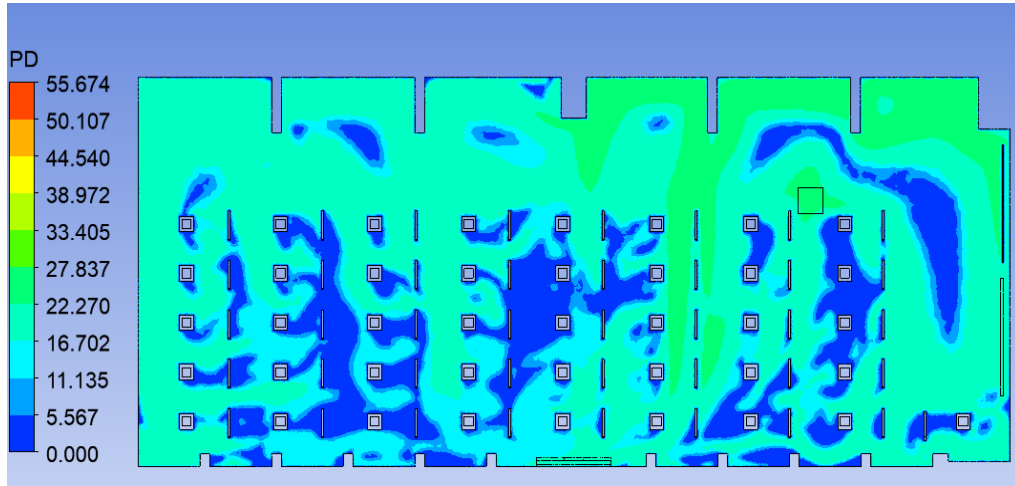
Şekil 3.87. Durum-XV hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)

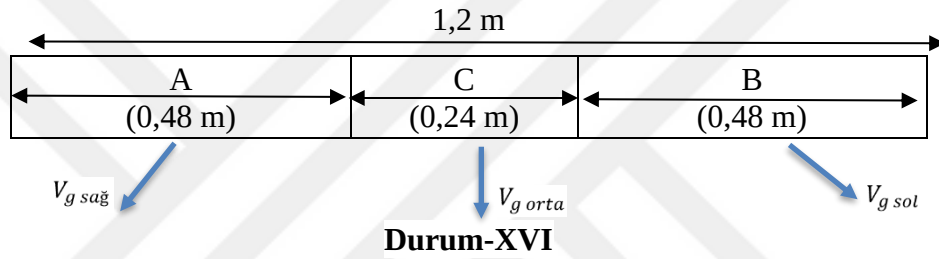


c)

Şekil 3.88. Durum-XV ısı konfor parametreleri $y=1,2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.6.3. Durum-XVI Kesit Alan Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-3 klima ağız geometrisine kullanılmıştır. Modelin kesit oranları sırasıyla $A_A/A_C = 2$ ve $A_B/A_C = 2$ belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da $A_A = A_B = 0,48m$ ve $A_C = 0,24m$ olup modelin şematik gösterimi Şekil 3.89’de verilmiştir. Durum IX’dan farklı olarak ise üç üfleme kesiti için farklı debiler elde edebilmek amacıyla üfleme bölümlerinin kesitleri değiştirilmiştir. Bu sayede odanın köşe noktalarına daha fazla soğuk havanın ulaşması sağlanarak bu bölgelerde daha etkin soğutma yapılması amaçlanmıştır. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



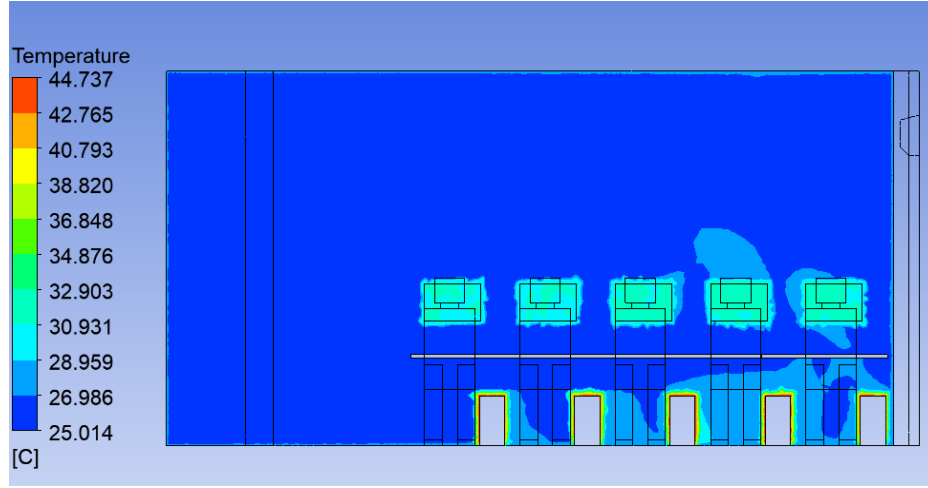
Şekil 3.89. Durum-XVI modelin şematik gösterimi

Şekil 3.90, Şekil 3.91 ve Şekil 3.92 sıcaklık dağılımı incelendiğinde klima üfleme ağız yapısındaki farklılık itibarıyla odanın orta noktasına etki eden soğuk hava kütesinin azaldığı ve köşe noktalara kütlece daha çok soğuk havanın tesir ettiği görülmüştür. Bunun neticesinde odanın klimanın konumlandırıldığı duvarın karşısındaki duvar, sol duvar ve sağ duvar boyunca soğuk alanlar elde edilmiştir. Oda'nın ortalama sıcaklık değeri ise 26,55°C olup bu değer $y=1.2m$ (baş hizasında) düzleminde ortalama 26,79°C olarak elde edilmiştir.

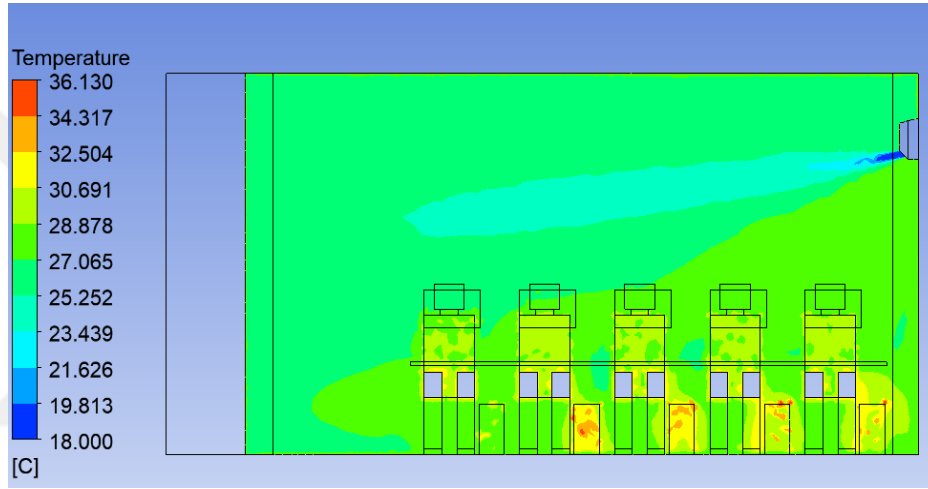
Şekil 3.93 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava, sıcak bölgelerin sınırına geldiğinde (odanın sol tarafı sıcaklığın daha fazla olduğu yer) ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Bu nedenle odanın sol bölümü sağ bölümüne göre daha sıcak kaldığı tespit edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,41 m/s, $y=1.2m$ düzlemindeki ortalama hız değeri 0,12 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.94 ısı konfor parametreleri incelediğinde, oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,73 (nötr-ılık) ve 1,03 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Ayrıca insan figürlerinin yer aldığı alanda bu değer 1.1-1.6 değerleri aralığında olduğu görülmüştür. Mevcut duruma göre havanın homojen dağılımı sayesinde daha iyi bir PMV değeri elde edilmiştir.

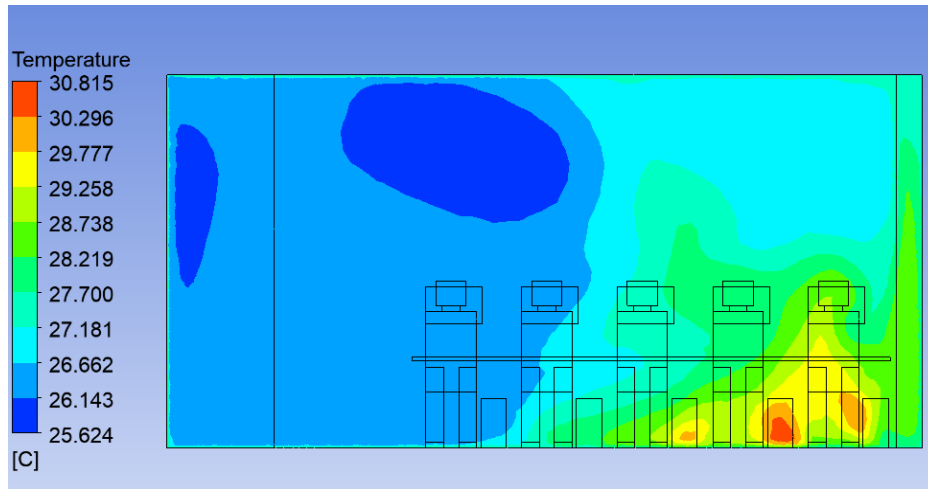
PD değeri incelendiğinde, oda genelinde 17,97, $y=1,2\text{m}$ düzleminde 15,73 olarak elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,56 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. Hava akışının az olduğu ve odanın orta-sol tarafında bir bölümünde PPD değerinin %100'e kadar çıktığı ve tahmini yüzde memnuniyetsizliğin arttığı gözlemlenmiştir.



a)

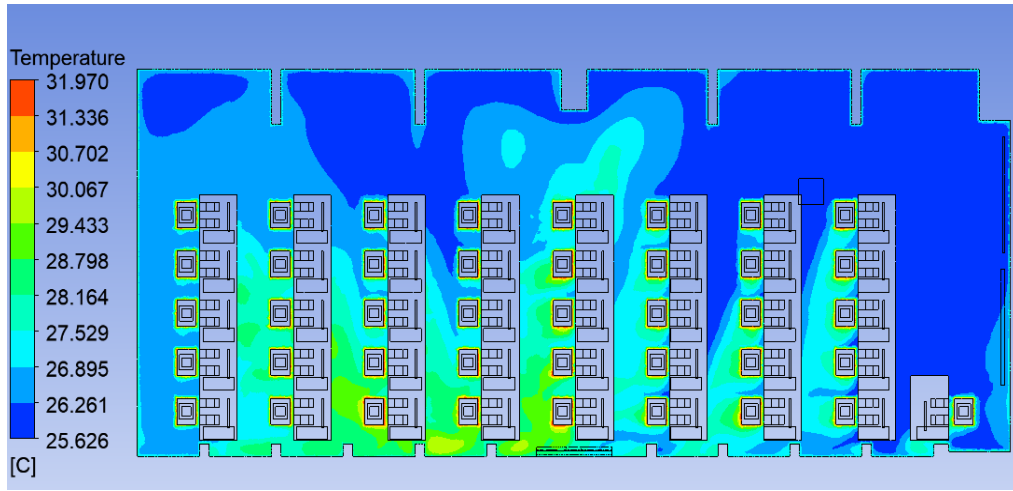


b)

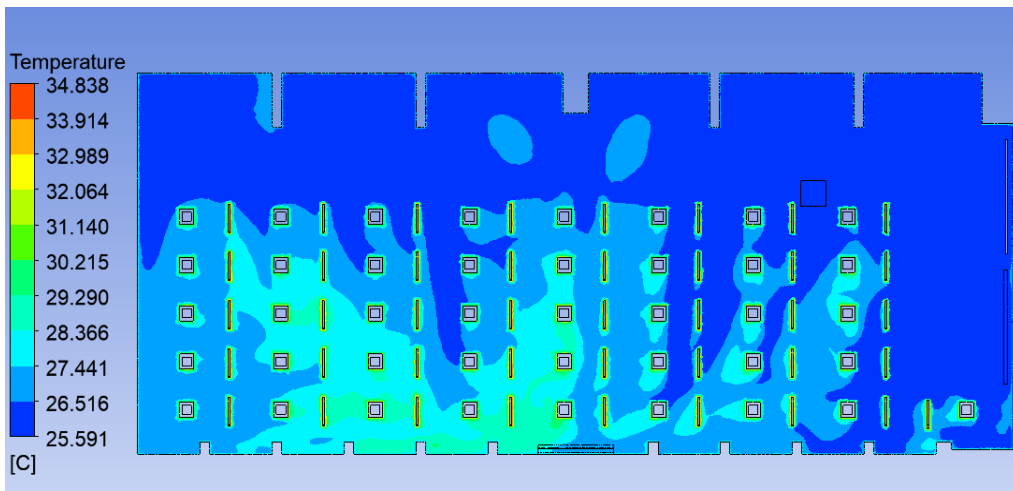


c)

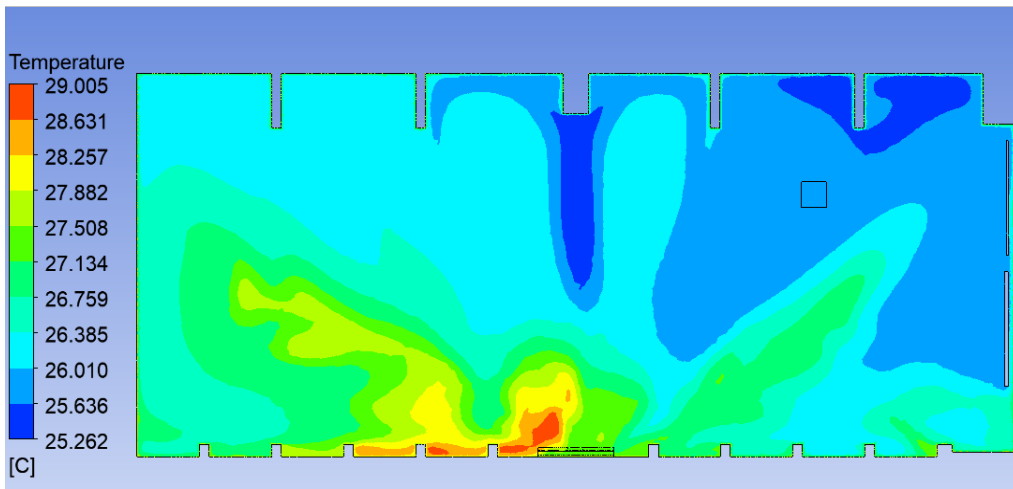
Şekil 3.90. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

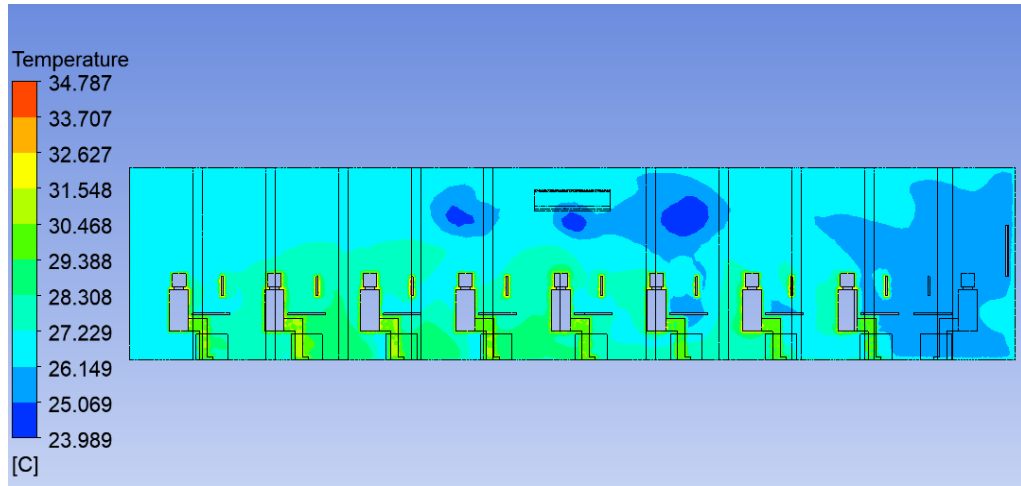


b)

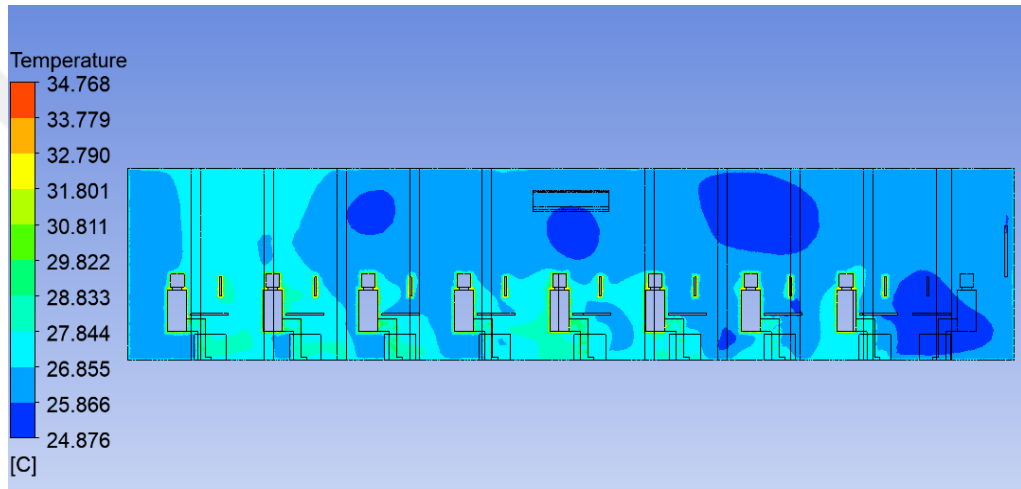


c)

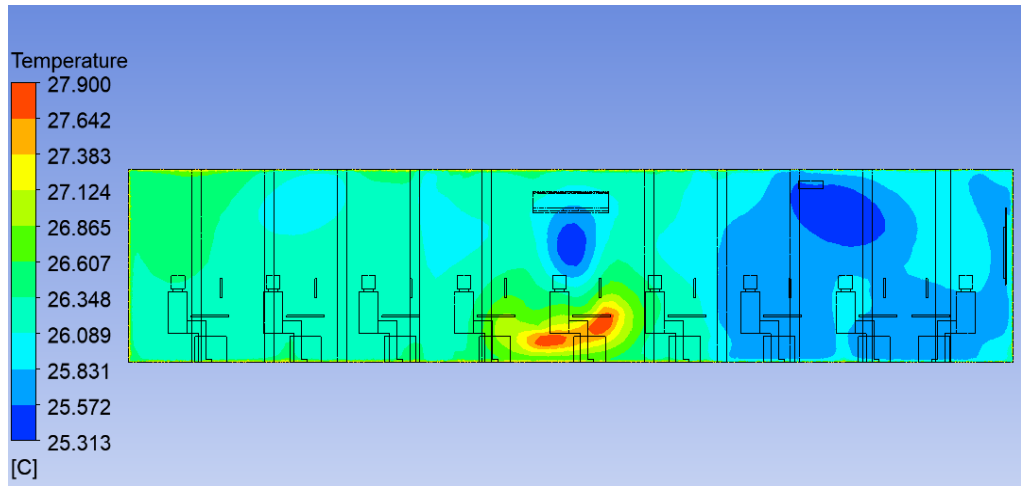
Şekil 3.91. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

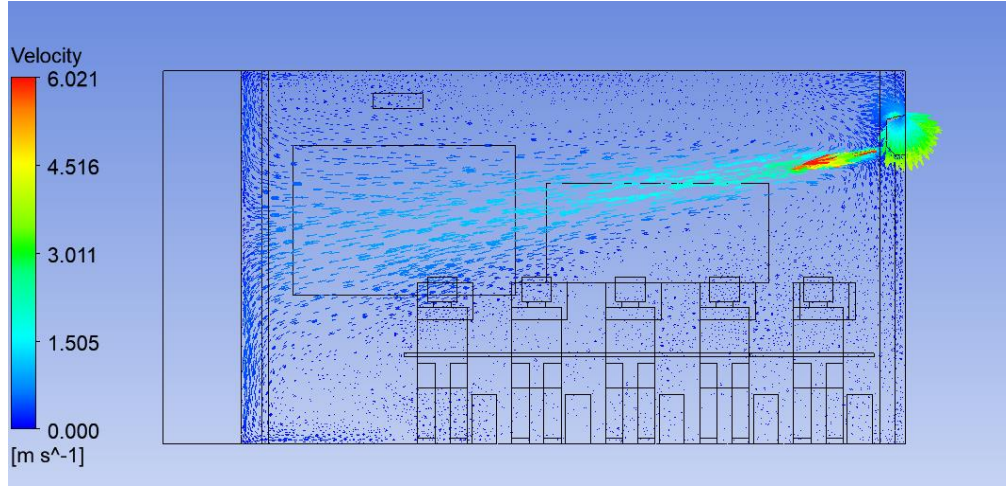


b)

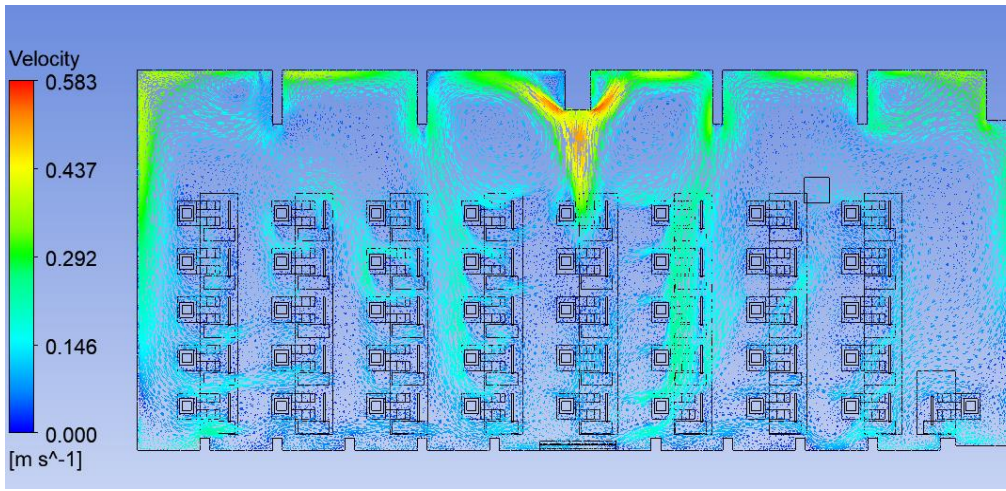


c)

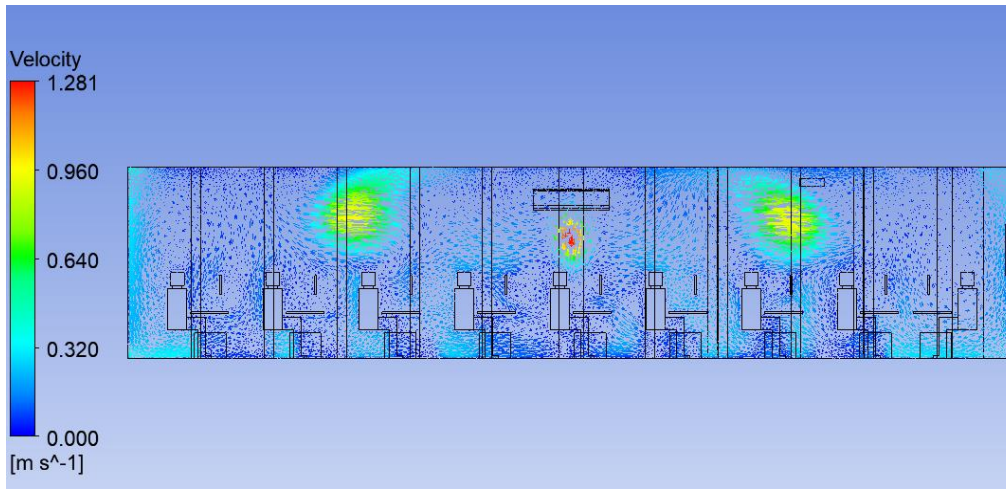
Şekil 3.92. Durum-XVI sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlemi



a)

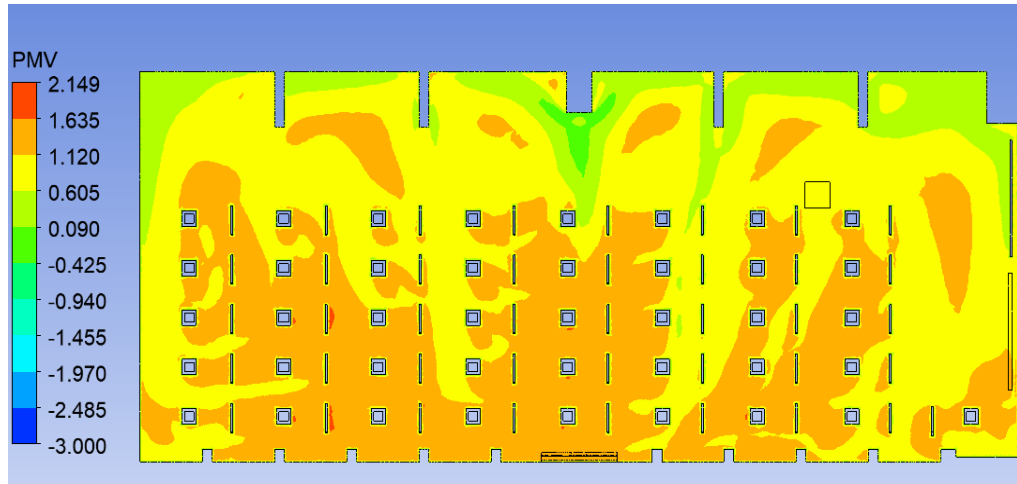


b)

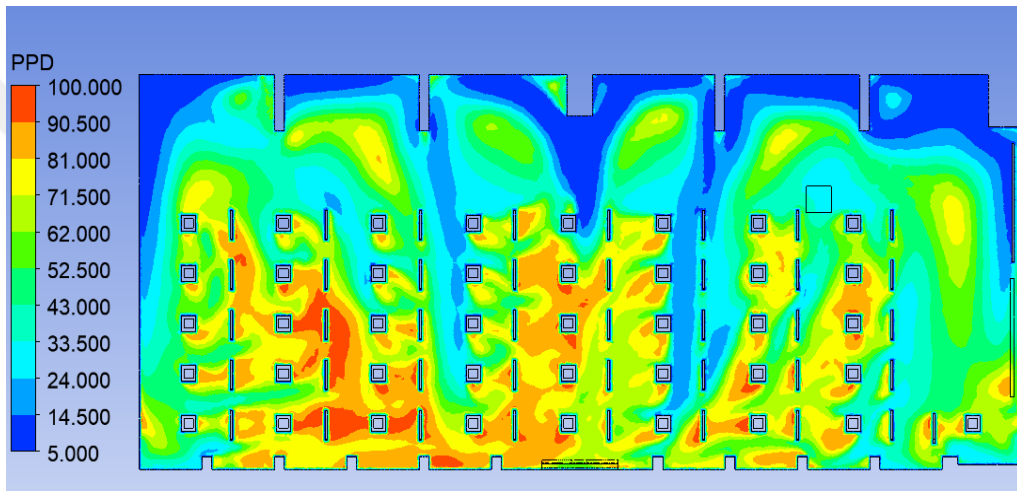


c)

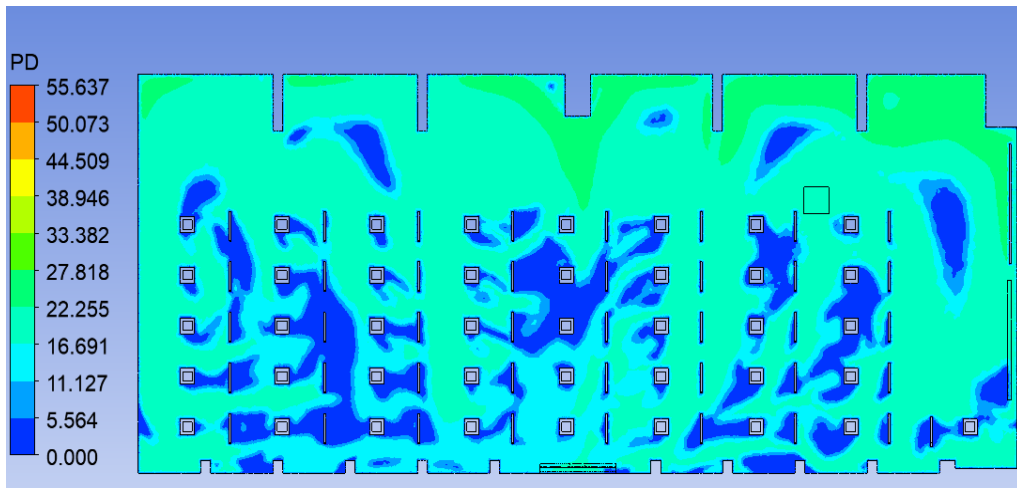
Şekil 3.93. Durum-XVI hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)

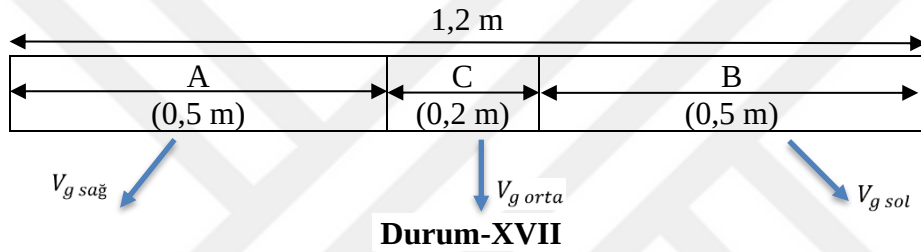


c)

Şekil 3.94. Durum-XVI ısııl konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.6.4. Durum-XVII Kesit Alan Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-3 klima ağız geometrisine kullanılmıştır. Modelin kesit oranları sırasıyla $A_A/A_C = 2,5$ ve $A_B/A_C = 2,5$ belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da $A_A = A_B = 0,5m$ ve $A_C = 0,2m$ olup modelin şematik gösterimi Şekil 3.95’de verilmiştir. Durum IX’dan farklı olarak ise üç üfleme kesiti için farklı debiler elde edebilmek amacıyla üfleme bölümlerinin kesitleri değiştirilmiştir. Bu sayede odanın köşe noktalarına daha fazla soğuk havanın ulaşması sağlanarak bu bölgelerde daha etkin soğutma yapılması amaçlanmıştır. Bu analiz kapsamında klimanın üfleme ağız geometrisinin oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Şekil 3.95. Durum-XVII modelin şematik gösterimi

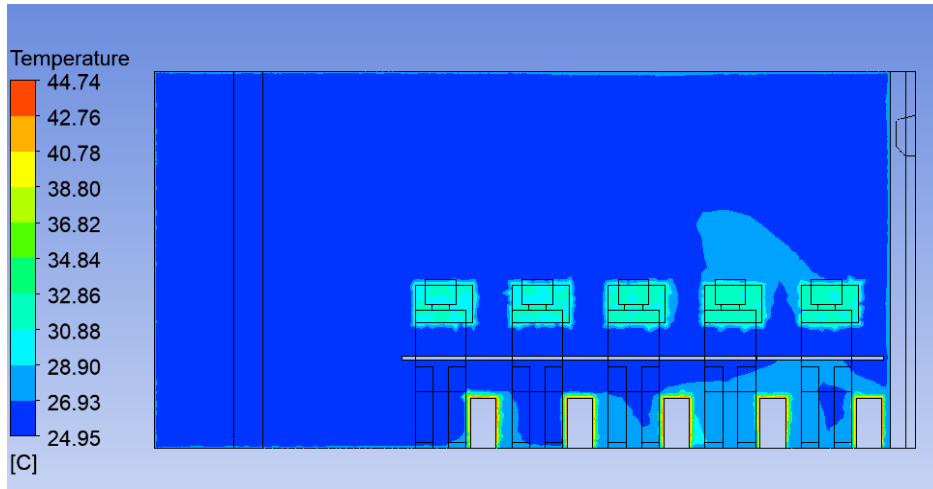
Şekil 3.96, Şekil 3.97 ve Şekil 3.98 sıcaklık dağılımı incelendiğinde klima üfleme ağız yapısındaki farklılık itibariyle odanın orta noktasına etki eden soğuk hava kütesinin çok büyük oranda azaldığı ve köşe noktalara kütlece daha çok soğuk havanın tesir ettiği görülmüştür. Bunun neticesinde odanın klimanın konumlandırıldığı duvarın karşısındaki duvar, sol duvar ve sağ duvar boyunca soğuk alanlar elde edilmiştir. Fakat odanın orta bölümü bu noktalara göre daha sıcak kaldığı tespit edilmiş ve ısıl konfor açısından dezavantaj oluşturduğu görülmüştür. Oda genelindeki ortalama sıcaklık değeri ise $26,5^{\circ}\text{C}$ olup bu değer $y=1,2m$ (baş hizasında) düzleminde ortalama $26,92^{\circ}\text{C}$ olarak elde edilmiştir.

Şekil 3.99 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Hava sıcak bölgelerin sınırına geldiğinde (odanın sol tarafı sıcaklığın daha fazla olduğu yer) ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri $0,52 \text{ m/s}$, $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama hız değeri $0,12 \text{ m/s}$ olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki

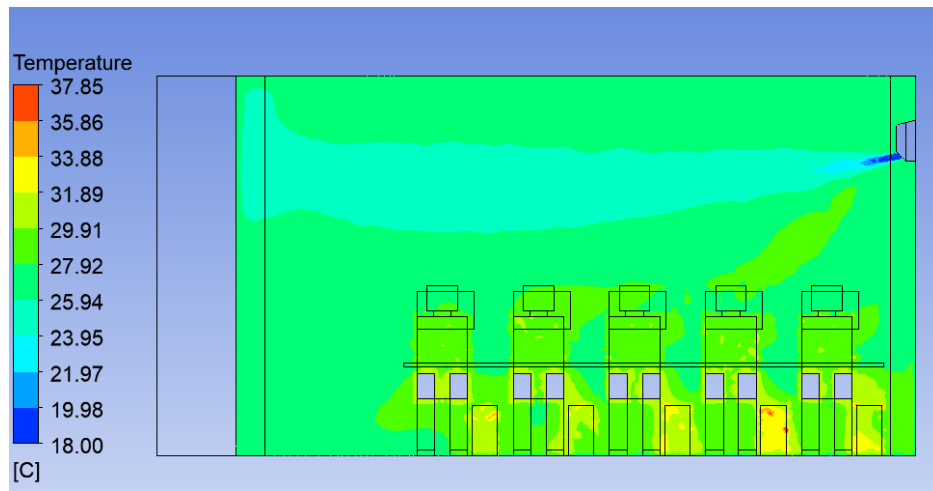
ortalama hız değeri, ısı konfor değeri aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değeri aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.100 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,66 (nötr-ılık) ve 1,04 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Ayrıca insan figürlerinin yer aldığı alanda bu değeri 1.1-1.68 değerleri aralığında olduğu görülmüştür. Mevcut duruma göre havanın homojen dağılımı sayesinde daha iyi bir PMV değeri elde edilirken odanın sol duvarından sağ duvarına doğru ilerlediğimizde bu değeri 0.64 değerine indiği ve odanın diğer bölümlerine göre daha iyi bir PMV sonucu elde edildiği görülmüştür.

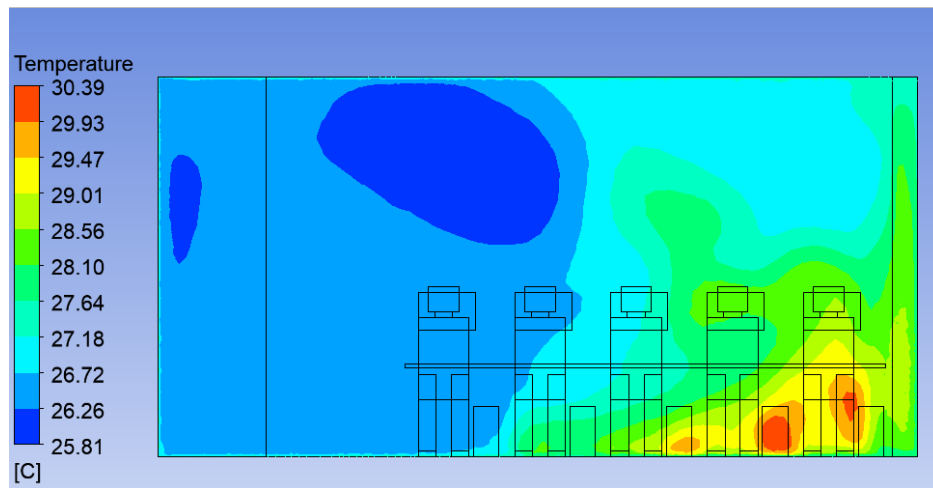
PD değeri incelendiğinde oda genelinde 18,53, $y=1,2m$ düzleminde 15,24 elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. Hava akışının az olduğu ve odanın orta-sol tarafında bir bölümünde PPD değerinin %100'e kadar çıktığı ve tahmini yüzde memnuniyetsizliğin arttığı gözlemlenmiştir.



a)

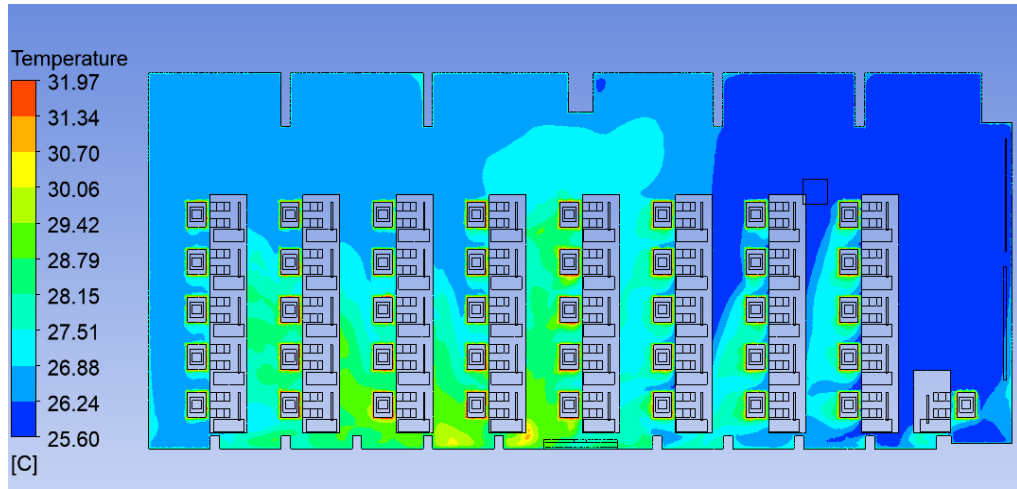


b)

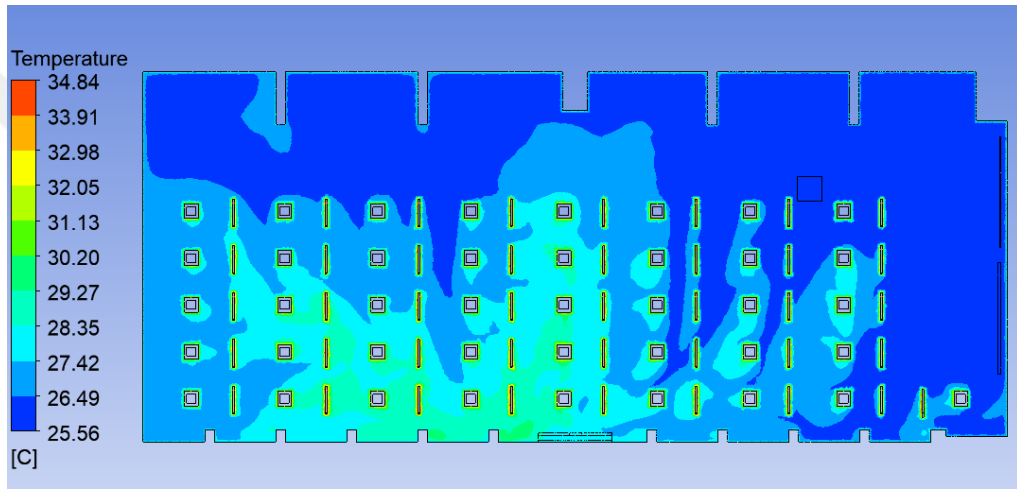


c)

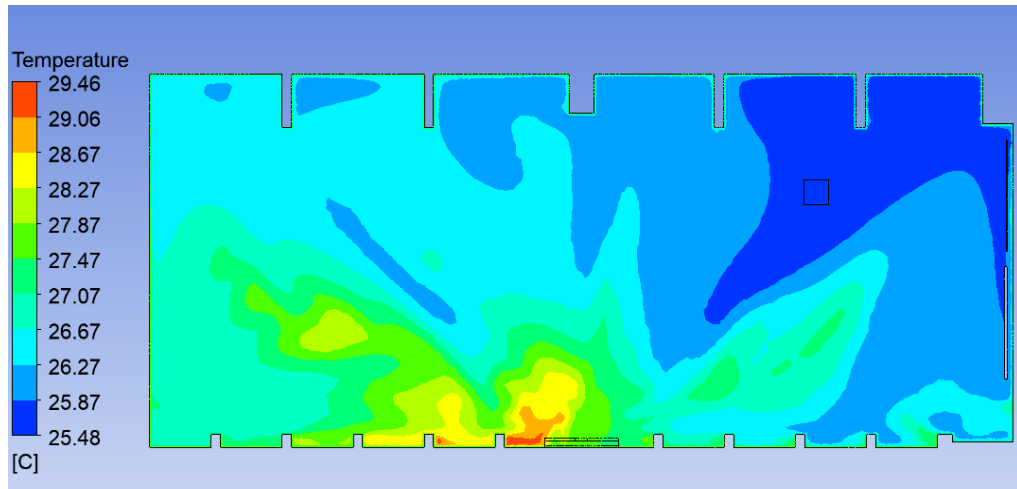
Şekil 3.96. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

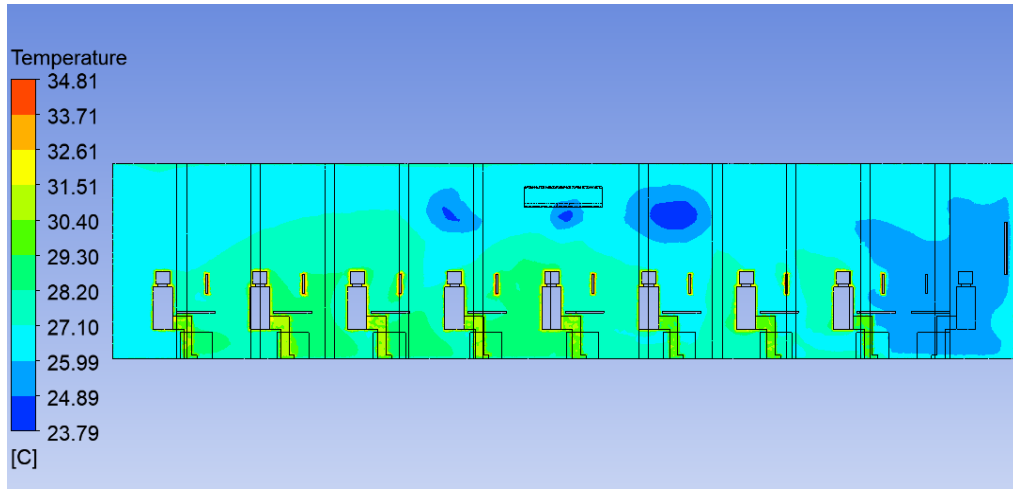


b)

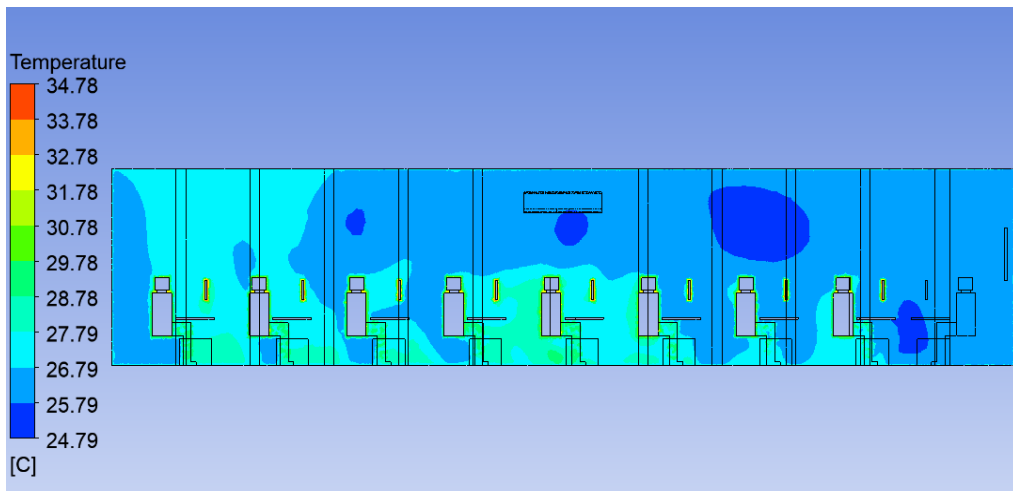


c)

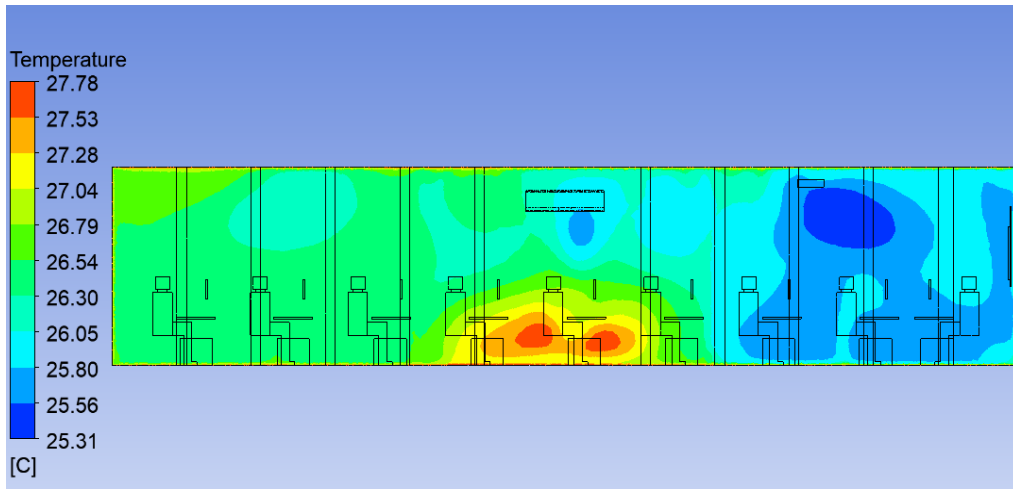
Şekil 3.97. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

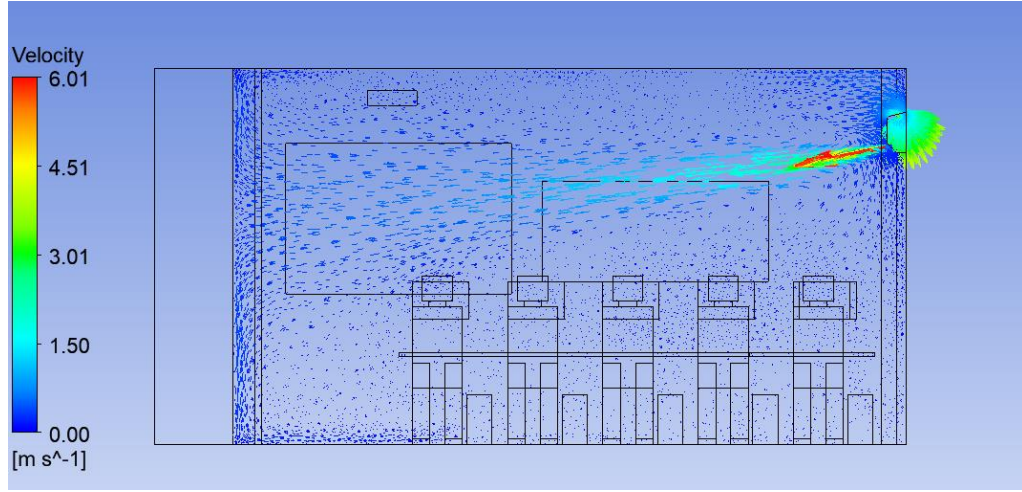


b)

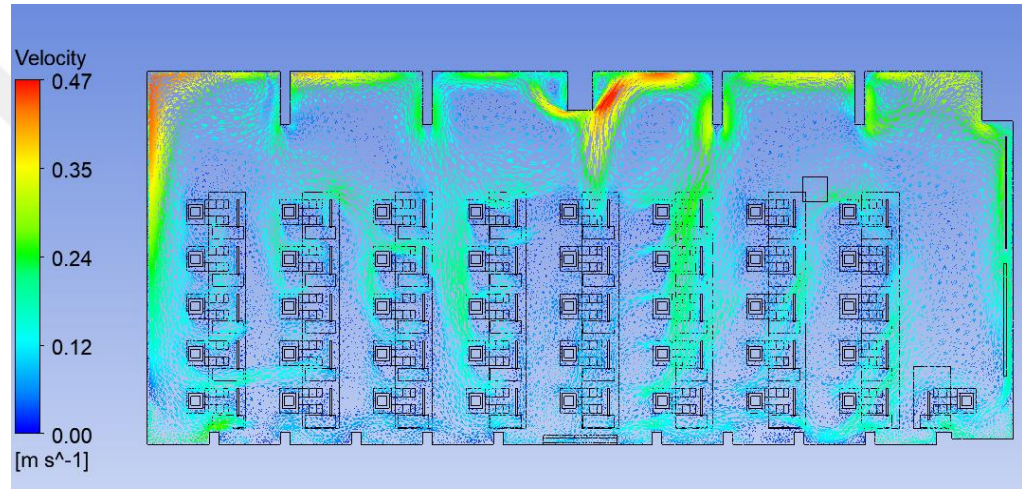


c)

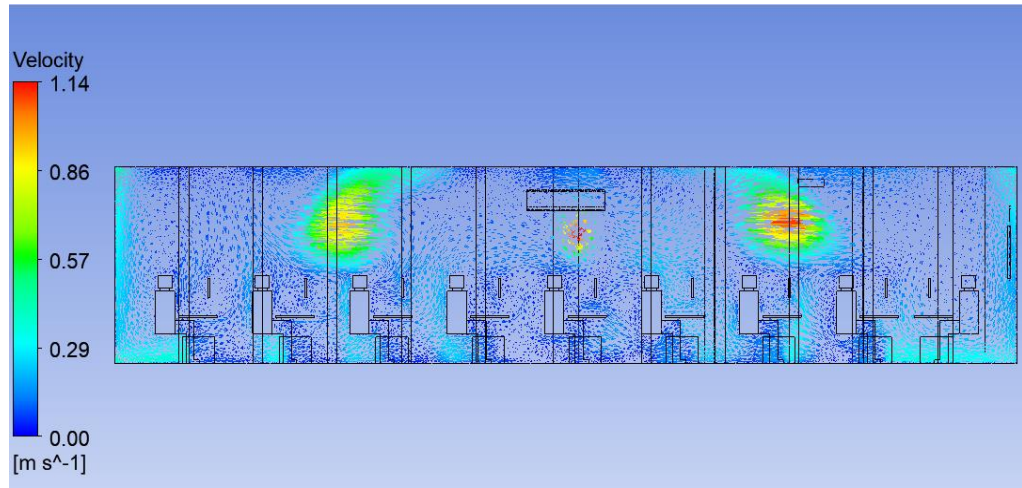
Şekil 3.98. Durum-XVII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlem



a)

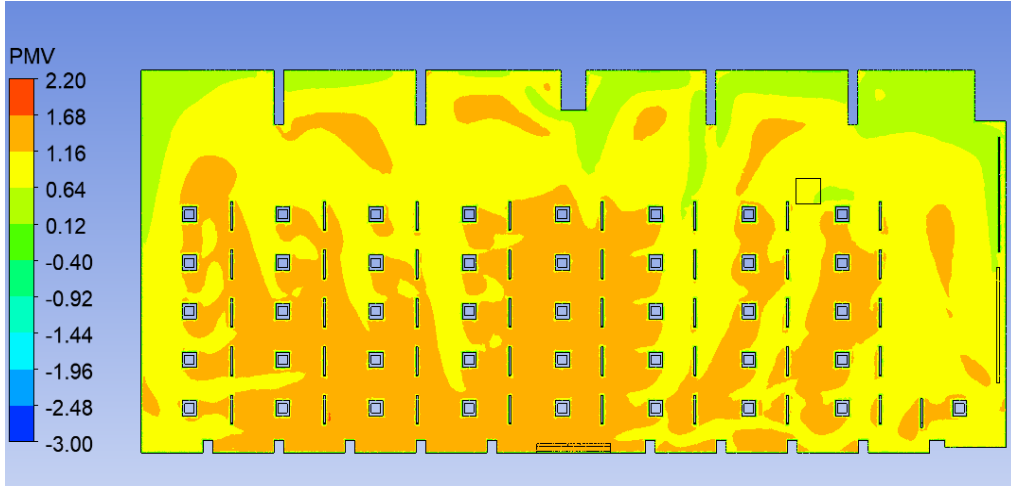


b)

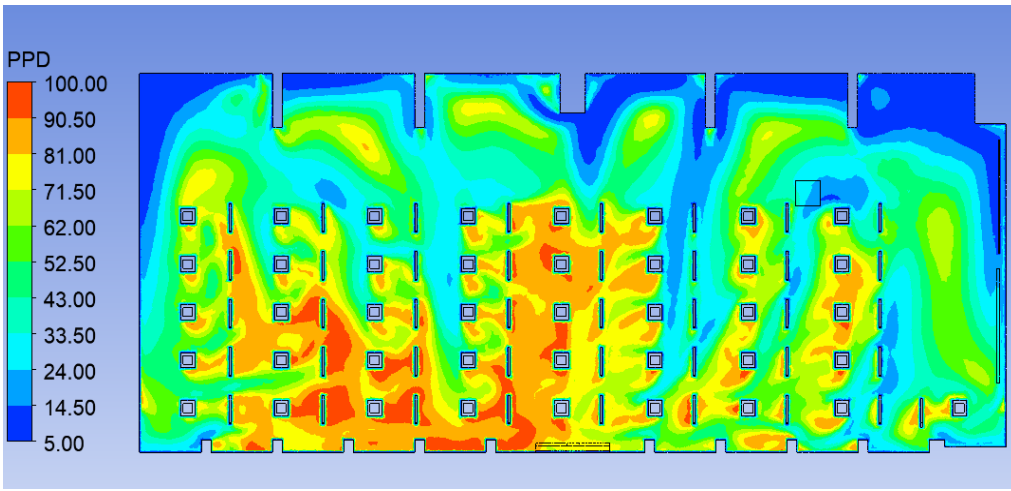


c)

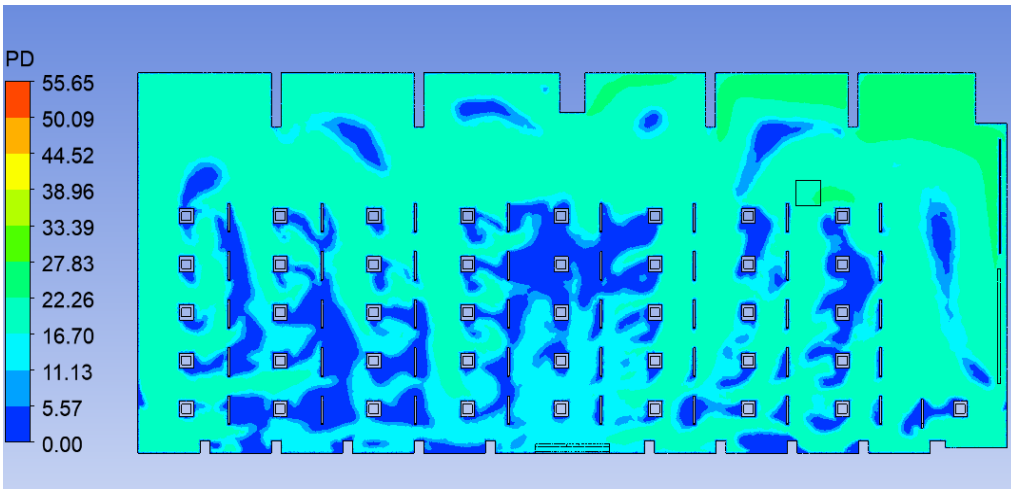
Şekil 3.99. Durum-XVII hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlem



a)



b)

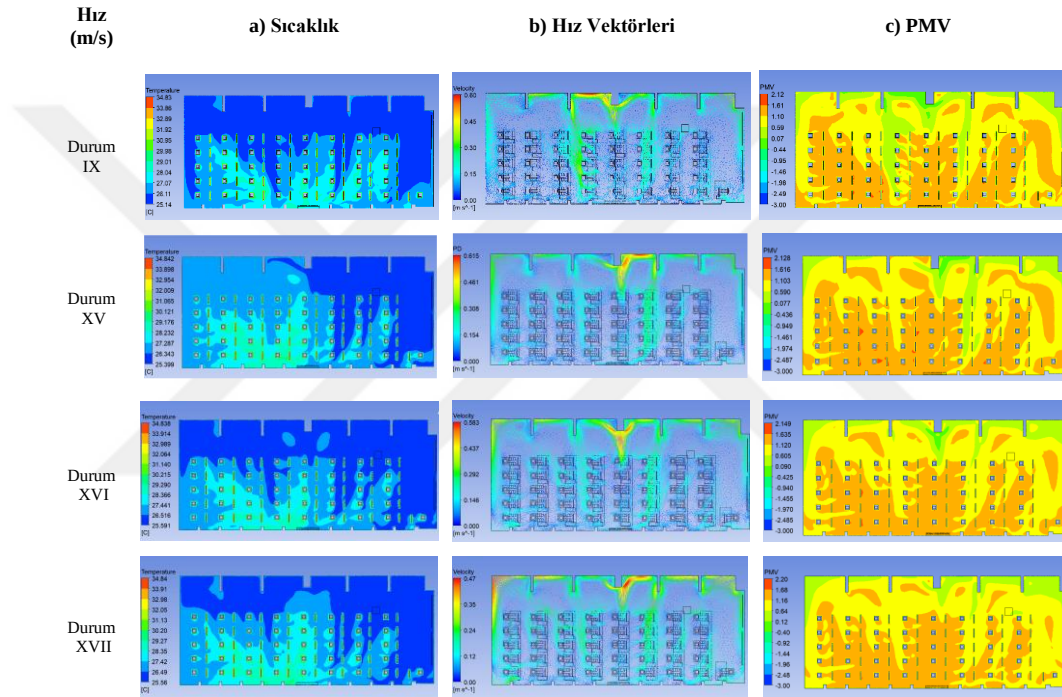


c)

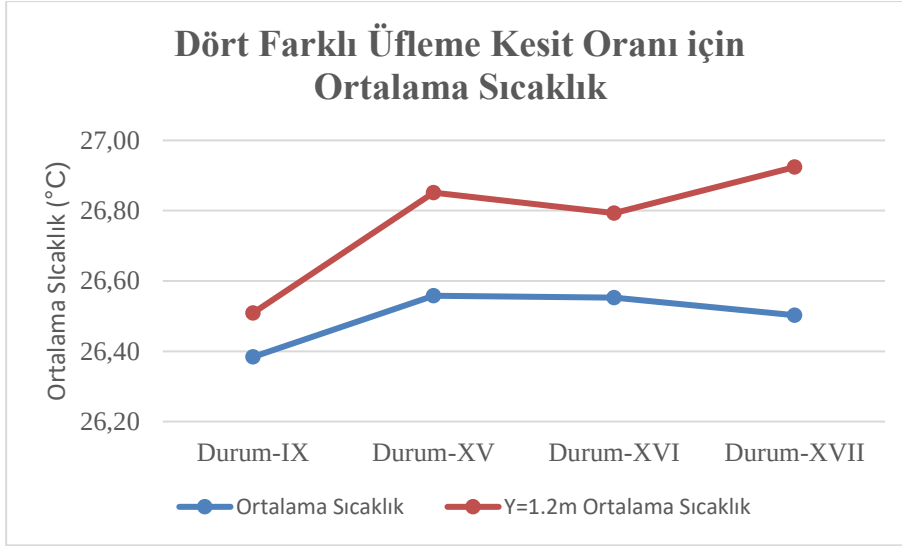
Şekil 3.100. Durum-XVII ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.6.5. Dört Farklı Üfleme Kesit Alan Oranına Sahip Klima Durumlarının Karşılaştırılması

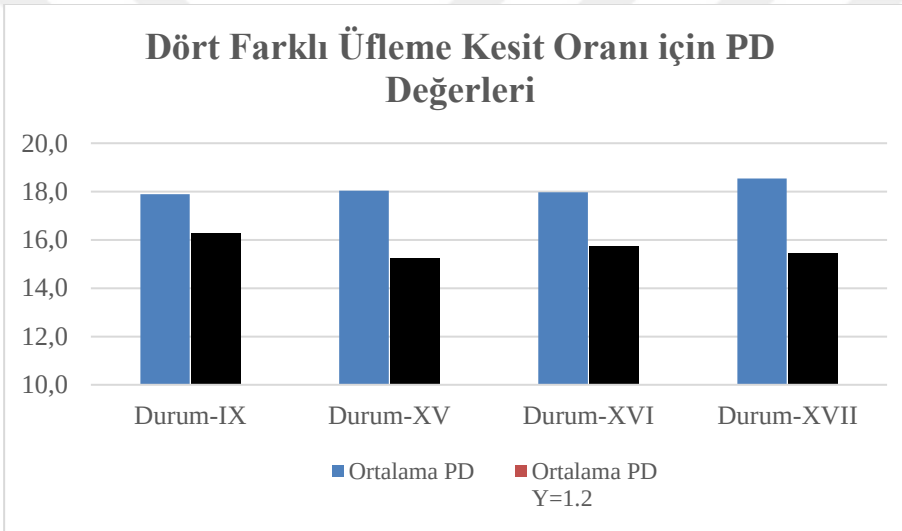
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) dört farklı klima üfleme ağzı modeli birlikte incelenmiştir. Klima üfleme ağzı yapısına bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısı konfor parametreleri incelenmiştir. Her dört durum için, bilgisayar bileşenleri ve insan figürü yüzeylerinden ısı transferi olduğu kabul edilmiş ve bu parametreler altında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler sırasıyla Şekil 3.101 y=1.2m düzleminde sıcaklık dağılımı, hız vektörleri ve PMV dağılımı verilmiştir.



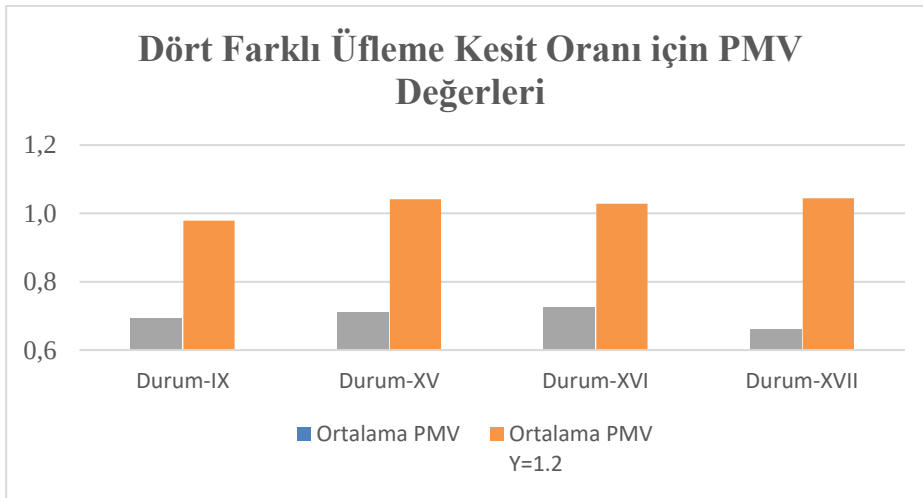
Şekil 3.101. y=1,2m'de dört farklı üfleme kesit alan oranı için a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV değeri



a)



b)



c)

Şekil 3.102. Dört farklı üfleme kesit alan oranı için Ortalama Sıcaklık, PD ve PMV değerleri

Yapılan bu alternatif üfleme ağız modellerinin temeli klima iç ünitesi içerisinde yer alan ve yekpare olarak bulunan hava yönlendirme kanatçıklarının birbirinden bağımsız olması sağlanarak soğuk havayı oda geneline yayarak daha etkin bir soğutma ve daha iyi ısı konfor parametreleri elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda hava kanatçıkları iki ve üç bölüme ayrılarak ve üç bölüme ayrıldıktan sonra da farklı debiler elde edebilmek için bu üç bağımsız ağız yapısının kesit oranları değiştirilerek farklı dört model oluşturulmuştur.

Mevcut (Model-1) durum ve alternatif olarak sunulan Model-3 için farklı üfleme kesit oranlarını incelediğinde Şekil 3.102 $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki sıcaklık dağılımında en iyi sonuçların sırasıyla Durum-IX ve Durum-XI’de elde edildiği görülmüştür. En iyi soğutma performansı ise Durum-IX ile elde edilmiş ve mevcut durumdan yaklaşık $0,3^{\circ}\text{C}$ daha düşük oda sıcaklığı elde edilmiştir.

Şekil 3.102 PMV değeri için en iyi sonuç Model-3’te elde edilmiştir. Isı transferi miktarının daha fazla olması nedeniyle Model-3 için PD değerinin mevcut duruma göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.

3.2.7. Model-3 Klima Üfleme Ağızına Sahip Dört Farklı Üfleme Hızı Oranın İncelenmesi

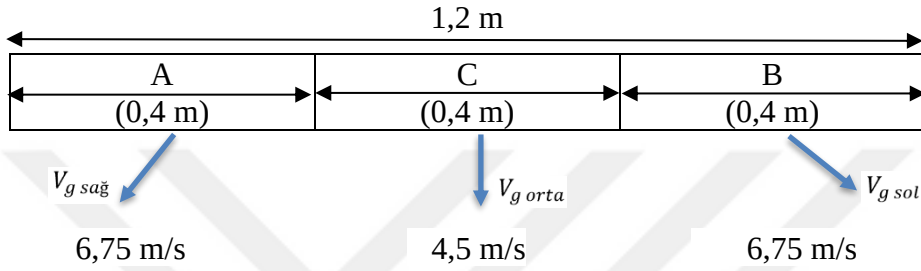
Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Model-3 ağız geometrisi sunulmuş ve üç üfleme bölümü için dört farklı üfleme hız oranları analiz edilmiştir.

3.2.7.1. Durum-IX Üfleme Hız Oranın İncelenmesi

Durum-IX, “3.2.4.3. Model-3 Klima Üfleme Ağızının İncelenmesi (Durum-IX)” analizi başlığı altında analiz sonuçları detaylı olarak verilmiş olup, “3.2.7.5. Farklı Klima Üfleme Hızı Oranlarına Sahip Durumların Karşılaştırılması” başlığı altında da farklı üfleme hız oranları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

3.2.7.2. Durum-XVIII Üfleme Hız Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model 1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Şekil 3.103 sunulmuş ve üç üfleme bölümü için aynı anda farklı hız değerleri kabul edilmiştir. A ve B bölümünden hava 6,75m/s hızda ve 75° açı ile C bölümünden ise 4,5m/s hızda ve 75° üfleme açısı ile çıkmıştır. Bu analiz kapsamında farklı üfleme hızlarının oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Durum-XVIII

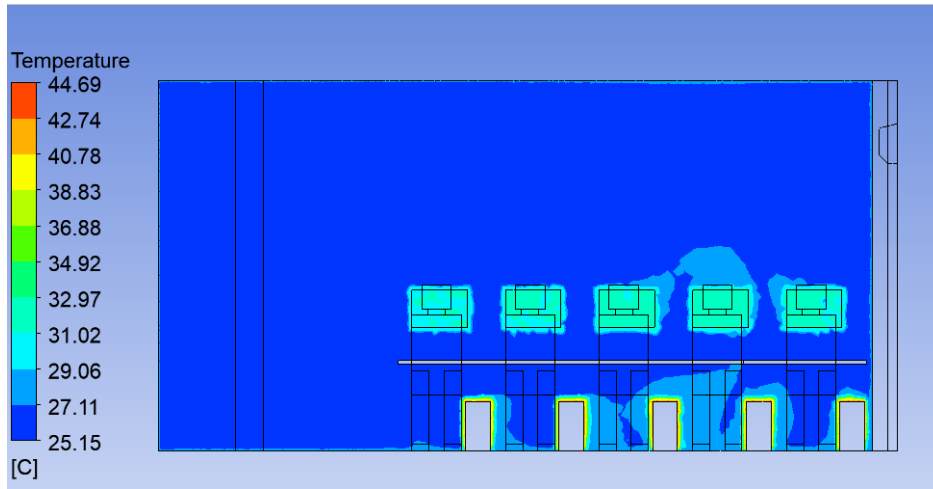
Şekil 3.103. Durum-XVIII modelin şematik gösterimi

Şekil 3.104, Şekil 3.105 ve Şekil 3.106 sıcaklık dağılımı incelendiğinde, sıcaklığın zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Havanın odanın geneline daha homojen yayılması sayesinde sıcaklık geçişlerinin daha yumuşak olduğu ve bunun da cereyan etkisini düşürdüğü ön görülmüştür. Odanın ortalama sıcaklık değeri ise 26,56°C olup bu değer y=1,2m (baş hizasında) düzleminde ortalama 26,74°C olarak elde edilmiştir.

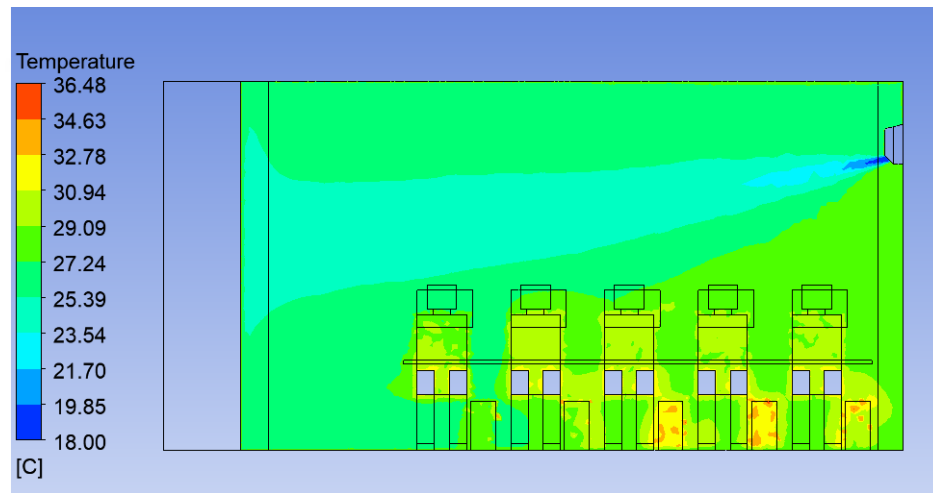
Şekil 3.107 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Ayrıca odanın kenar bölgelerine doğru hava akışının arttığı tespit edilmiştir. Hava, sıcak bölgelerin sınırına geldiğinde ise yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Bunun neticesinde odanın sağında ve solunda sıcaklık farkını oluşturduğu görülmüştür. Bu alternatif model ile oda genelinde daha fazla hava hareketi sağlanmış bu da ısı transferini arttırarak sıcaklığın mevcut duruma göre daha çok düşmesini sağlamıştır. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,41 m/s, y=1.2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,13 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değeri

aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısı konfor değeri aralığında olduğu görülmüştür.

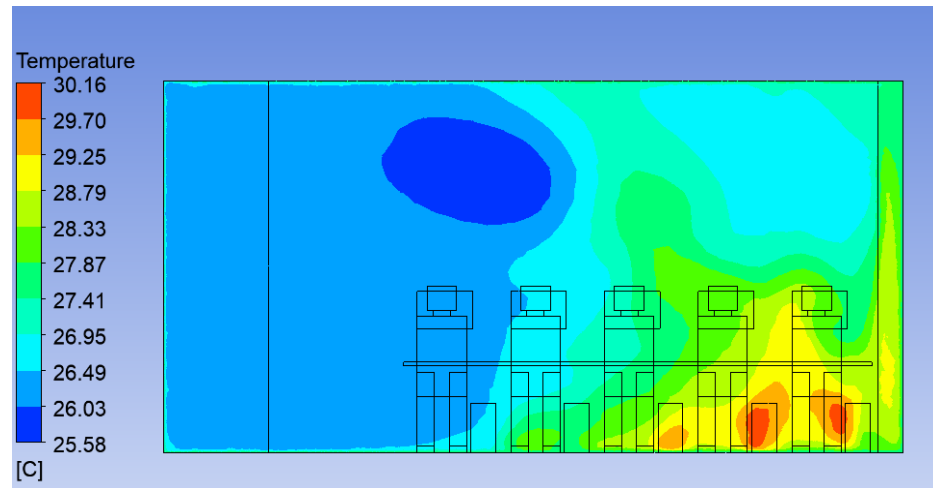
Şekil 3.108 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,72 (nötr-ılık) ve 1,00 (ılık) olarak elde edilmiştir. Oda geneline havanın daha iyi yayılmasıyla oda genelinde homojen dağılımlı bir PMV değeri elde edilmiştir. PD değerine incelendiğinde, oda genelinde 18,04, $y=1,2m$ düzleminde 15,99 elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. Hava akışının az olduğu ve odanın sol tarafının bir bölümünde ısı transferinin daha fazla olduğu görülmüştür ve bu değer bu noktalarda daha yüksek çıkmıştır.



a)

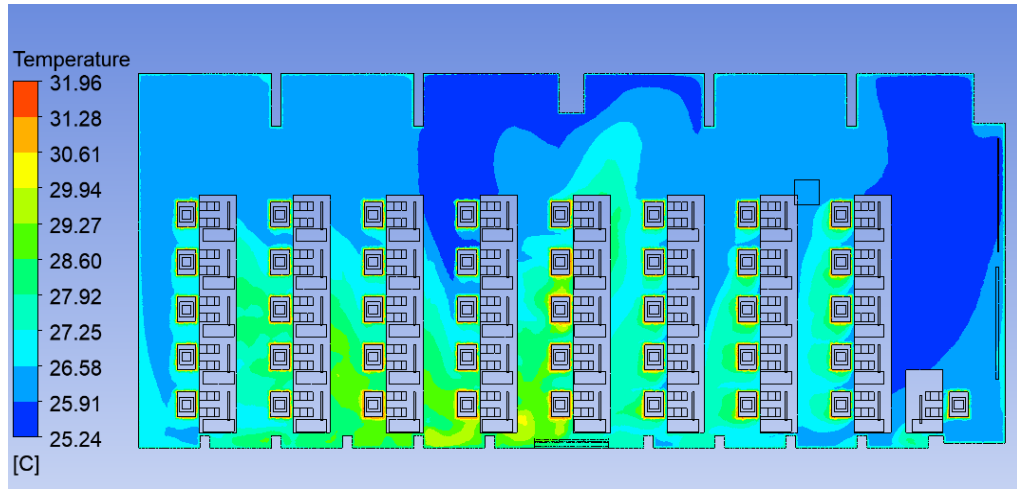


b)

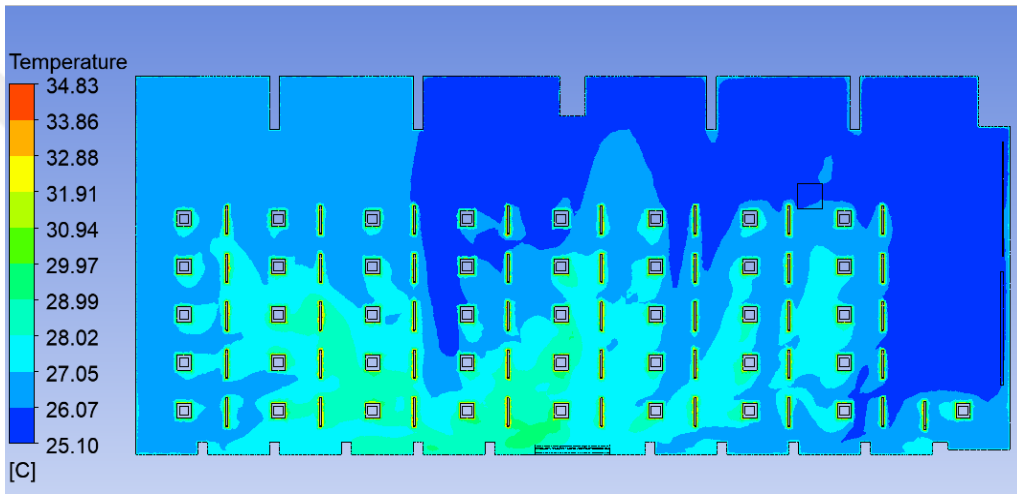


c)

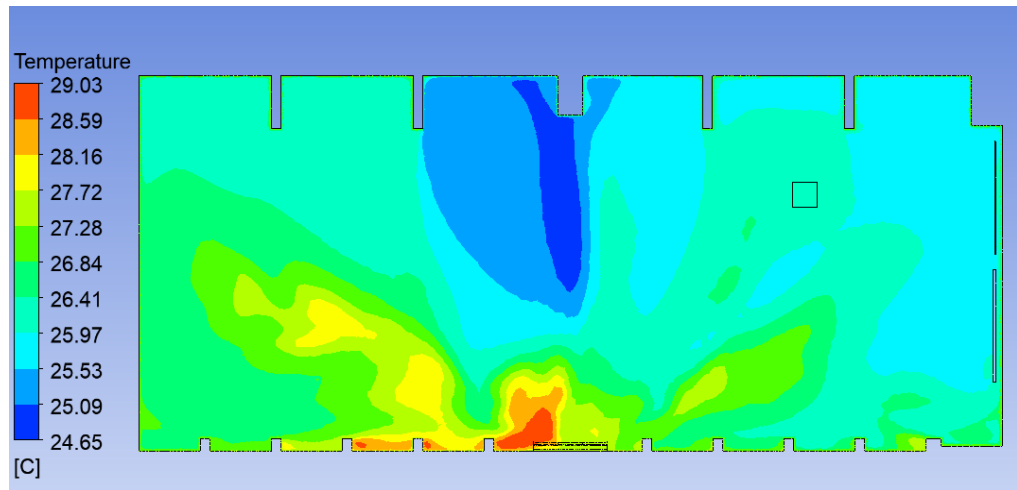
Şekil 3.104. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

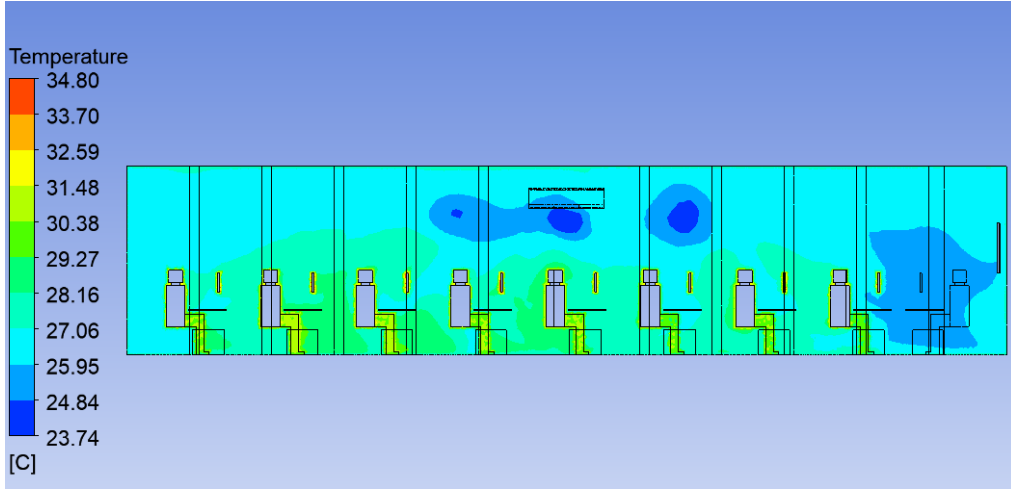


b)

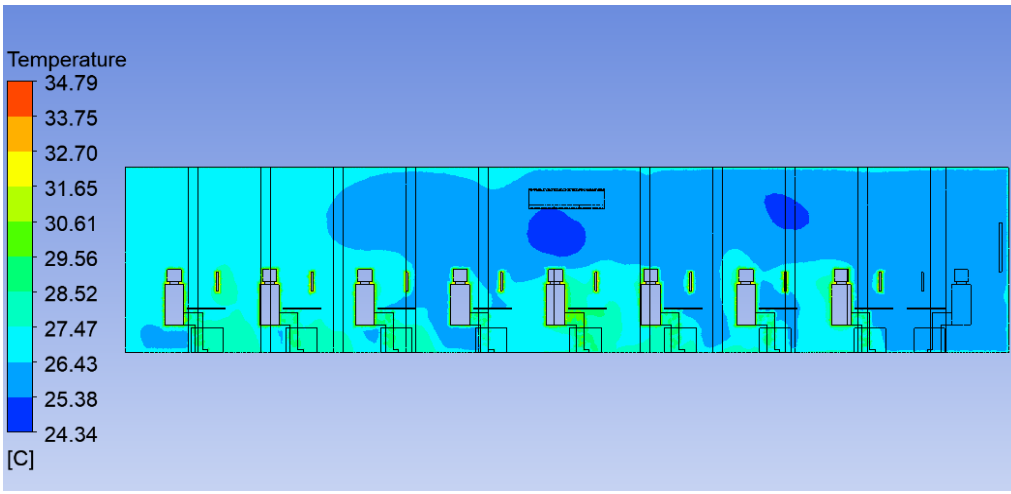


c)

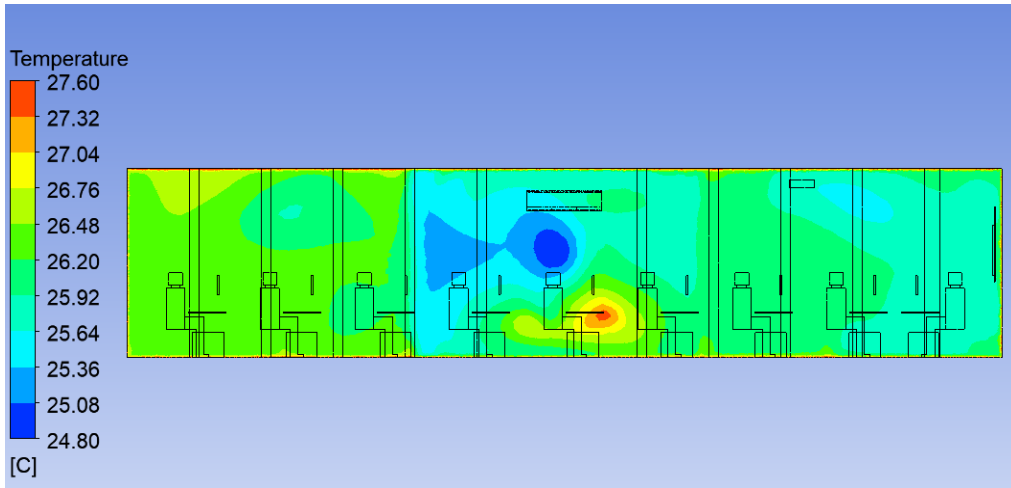
Şekil 3.105. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

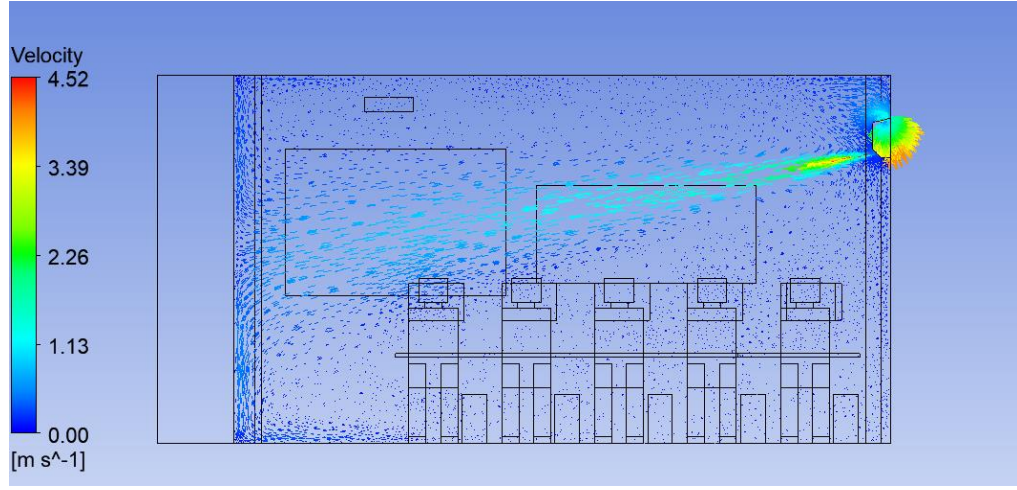


b)

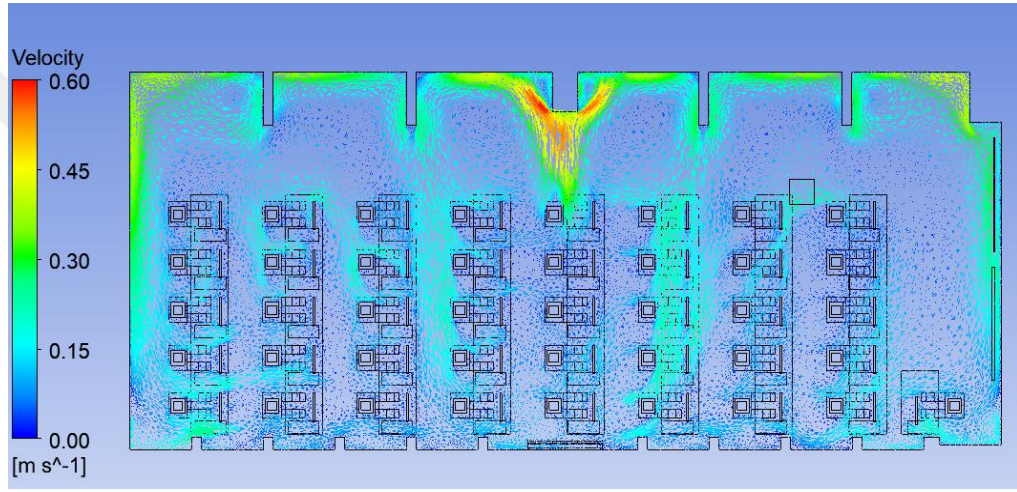


c)

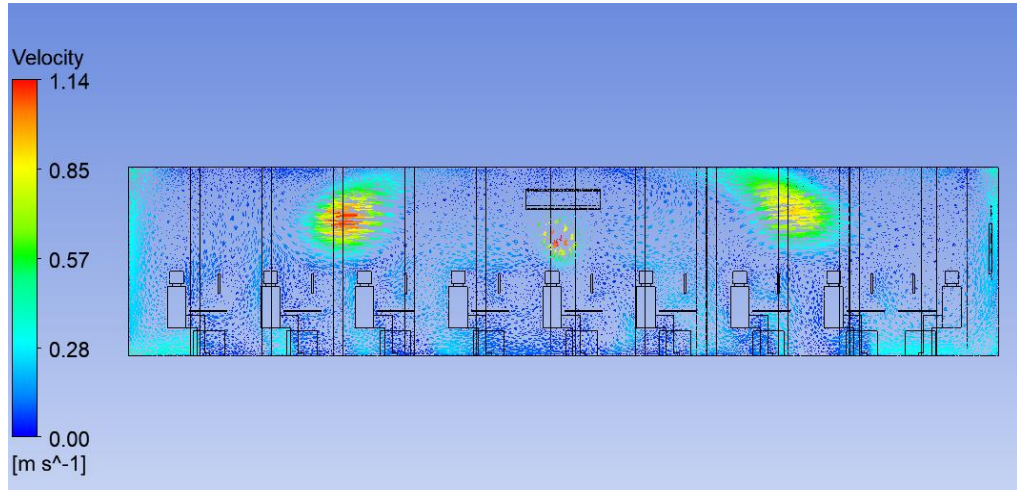
Şekil 3.106. Durum-XVIII sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlem



a)

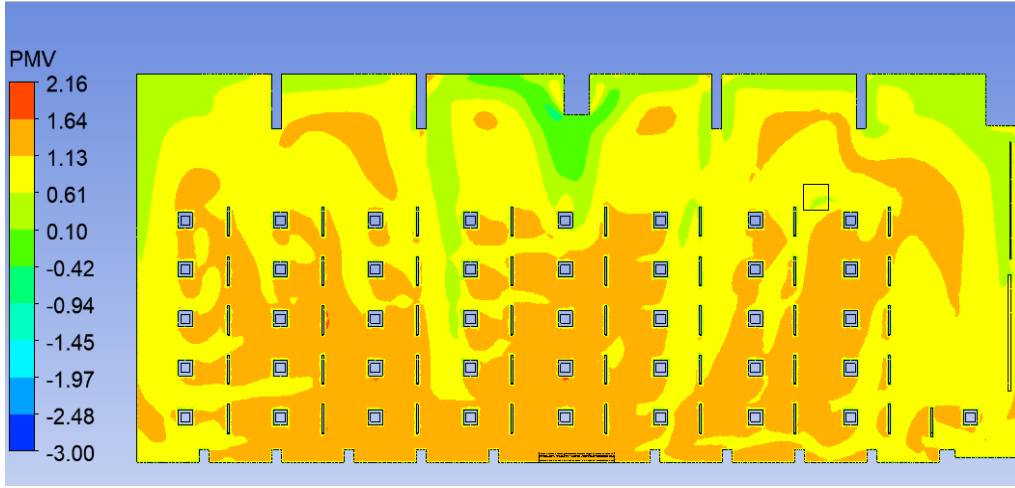


b)

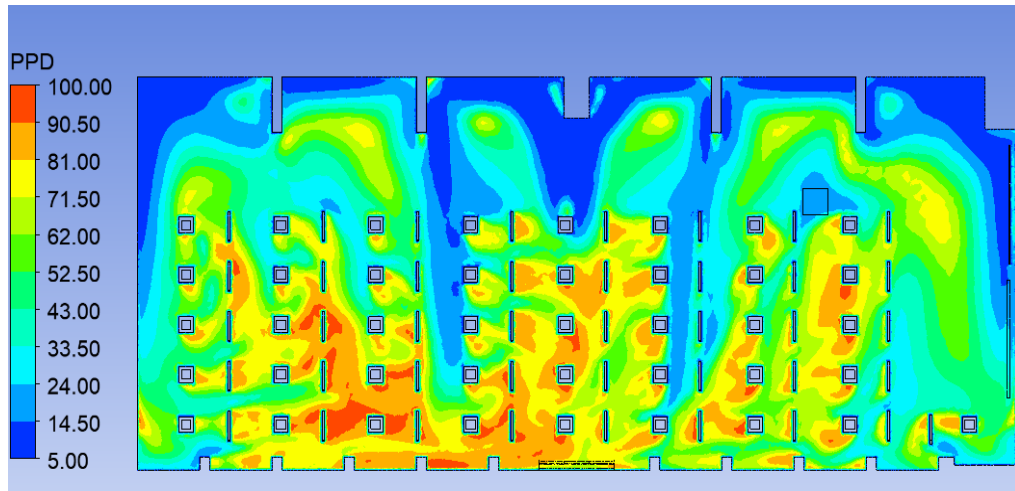


c)

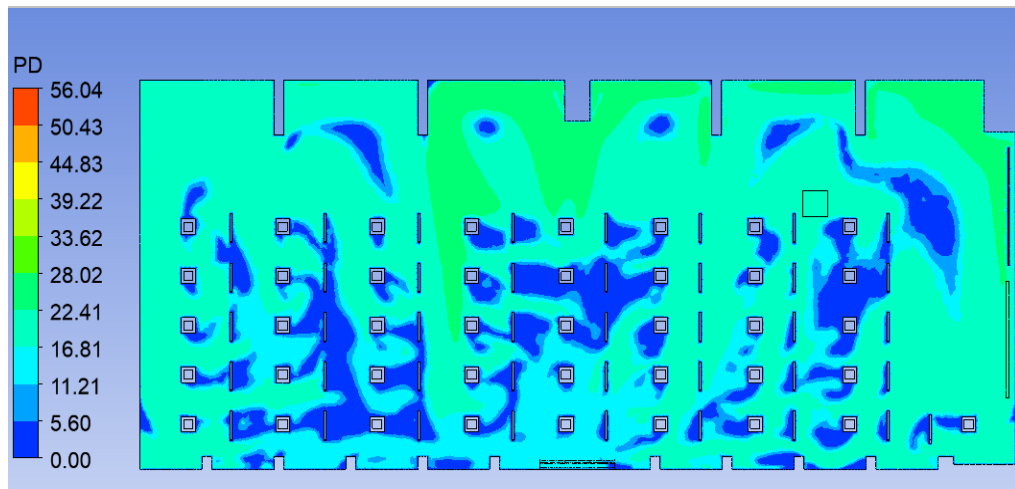
Şekil 3.107. Durum-XVIII hız vektörü dağılımı a) x=7m düzlemi b) y=1,2m düzlemi c) z=3m düzlemi



a)



b)

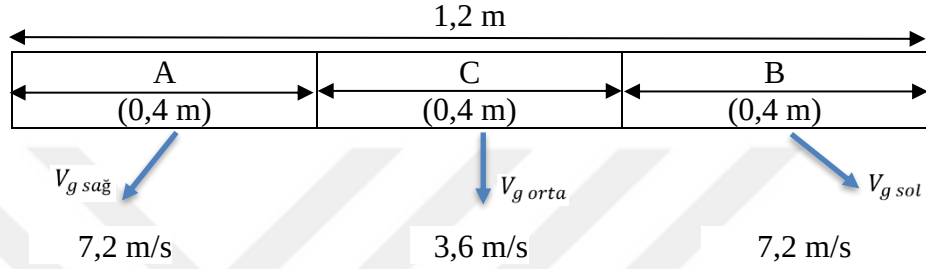


c)

Şekil 3.108. Durum-XVIII ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.7.3. Durum-XIX Üfleme Hız Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Şekil 3.109 sunulmuş ve üç üfleme bölümü için aynı anda farklı hız değerleri kabul edilmiştir. A ve B bölümünden hava 7,2m/s hızda ve 75° açı ile C bölümünden ise 3,6 m/s hızda ve 75° üfleme açısı ile çıkmıştır. Bu analiz kapsamında farklı üfleme hızlarının oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Durum-XIX

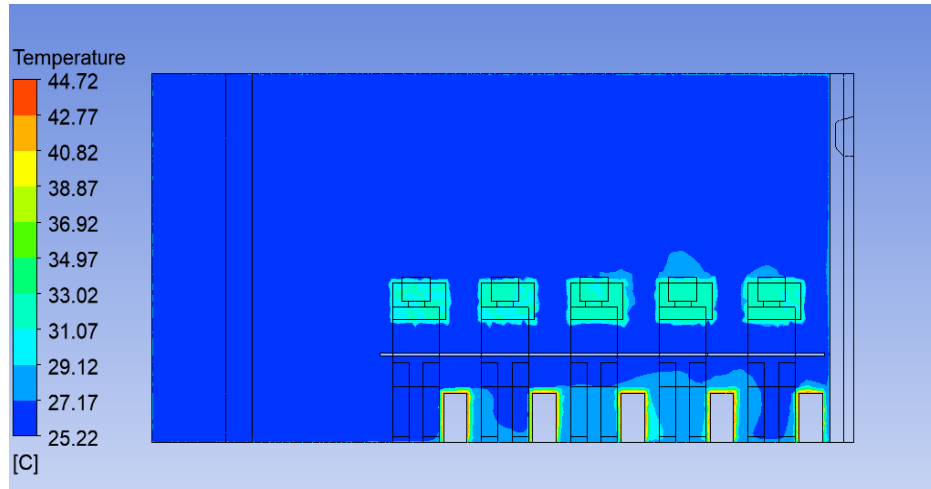
Şekil 3.109. Durum-XIX modelin şematik gösterimi

Şekil 3.110, Şekil 3.111 ve Şekil 3.112 sıcaklık dağılımı incelendiğinde, sıcaklığın zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Klimaya yakın bölgenin sol tarafında ise hava akışının yetersiz olması nedeniyle sıcak havanın bu bölgede daha yoğun olduğu görülmüştür. Odanın ortalama sıcaklık değeri ise 26,70°C olup bu değer y=1,2m (baş hizasında) düzleminde ortalama 26,98°C olarak elde edilmiştir.

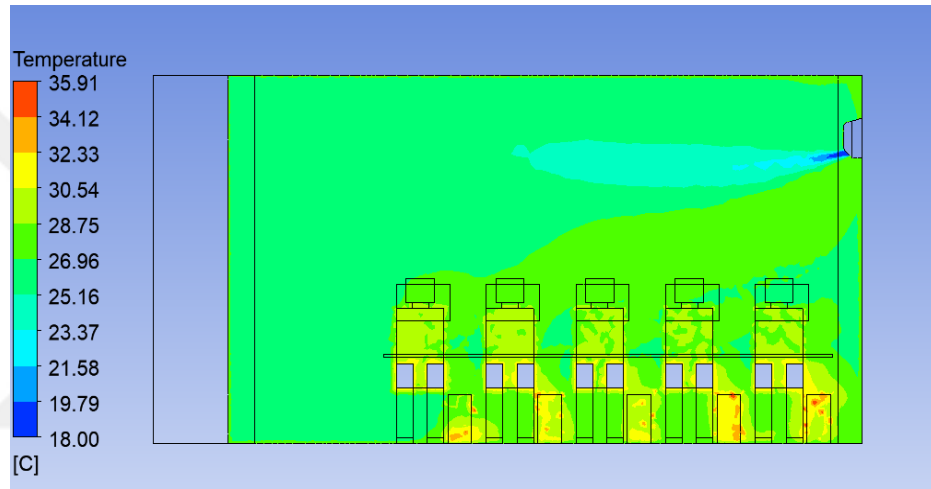
Şekil 3.113 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvarın genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Havanın, özellikle odanın sol bölümündeki sıcak bölge sınırına geldiğinde yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Bu da odanın sağında ve solunda sıcaklık farkını oluşturmuştur. Ayrıca odanın orta noktasına iletilen soğuk hava miktarının azalmasının etkisi ile bu bölümde sıcaklığın arttığı görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,42 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,13 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.114 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve $y=1,2\text{m}$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,74 (nötr-ılık) ve 1,07 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Odanın köşelerine daha iyi hava iletimi sağlanmış ve oda genelinde daha homojen dağılımlı bir PMV değeri elde edilmiştir. PD değeri incelendiğinde, oda genelinde 17,8, $y=1,2\text{m}$ düzleminde 15,17 elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. PPD değerlerinin hava akışının yoğun olduğu yerlerde %5'e kadar düşerken odanın sol bölümünde bu değer %100'e çıktığı görülmüştür.

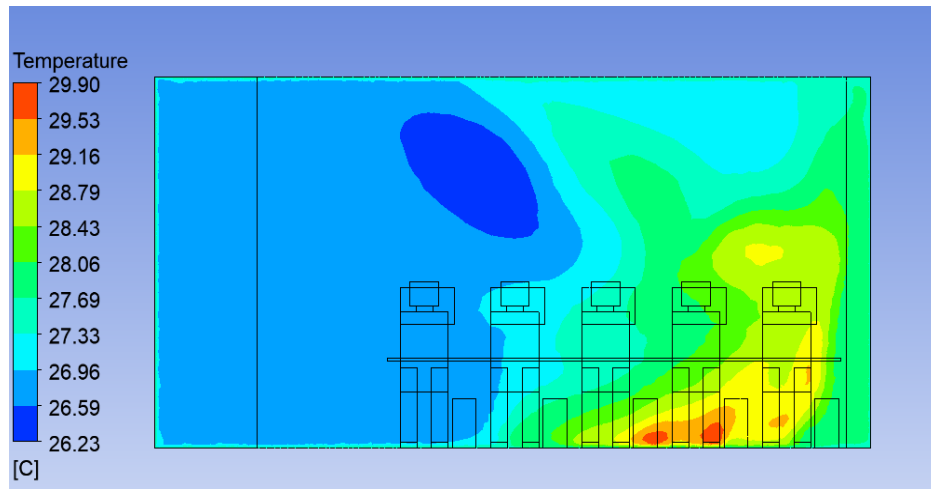




a)

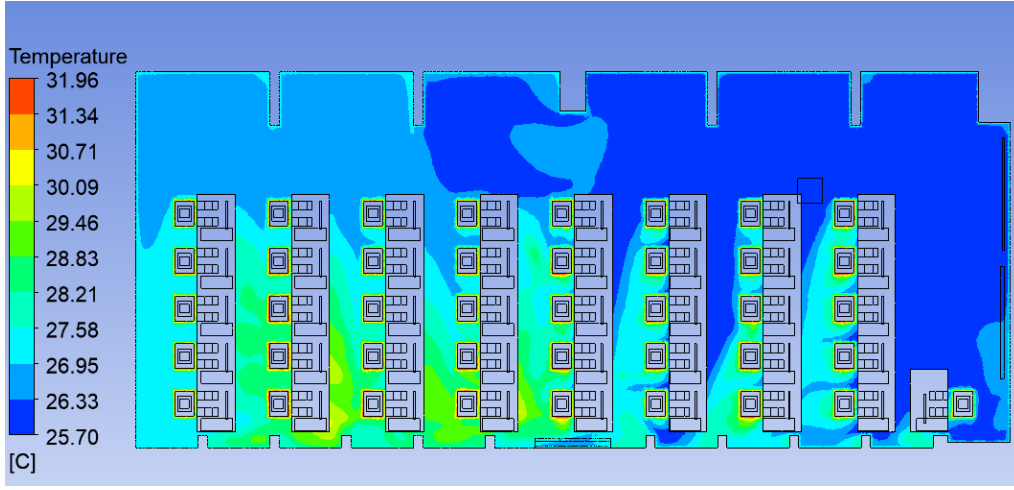


b)

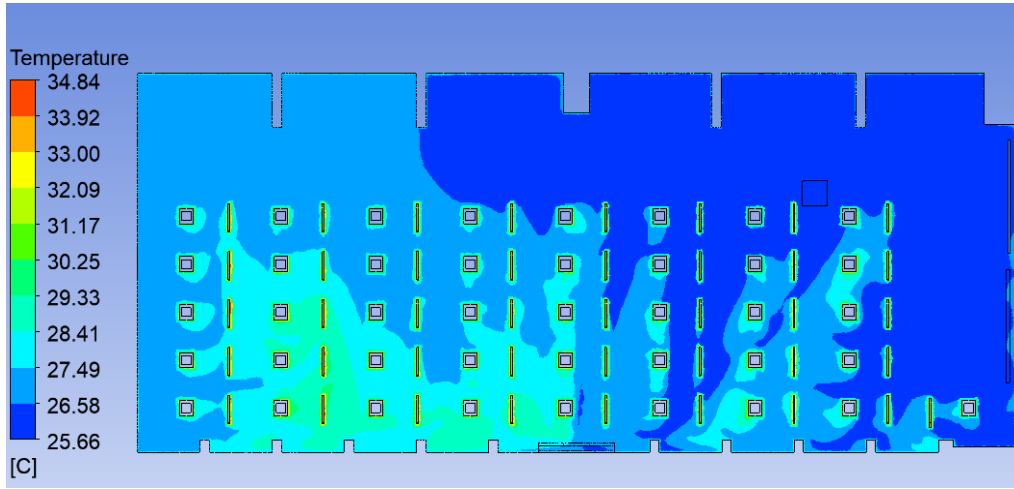


c)

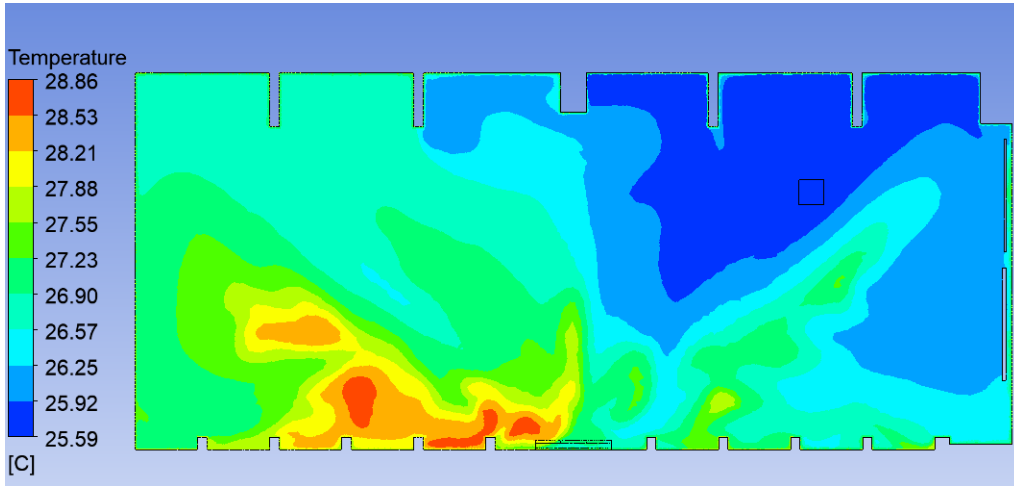
Şekil 3.110. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

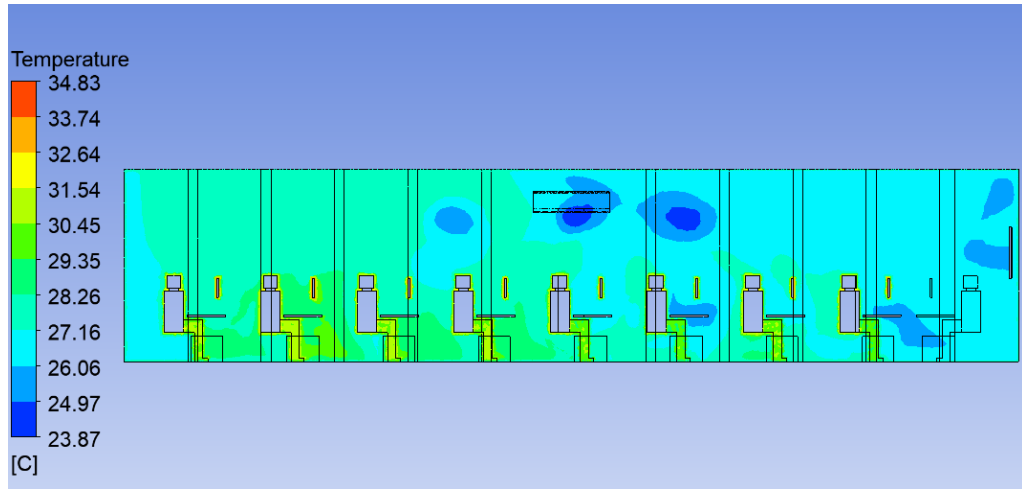


b)

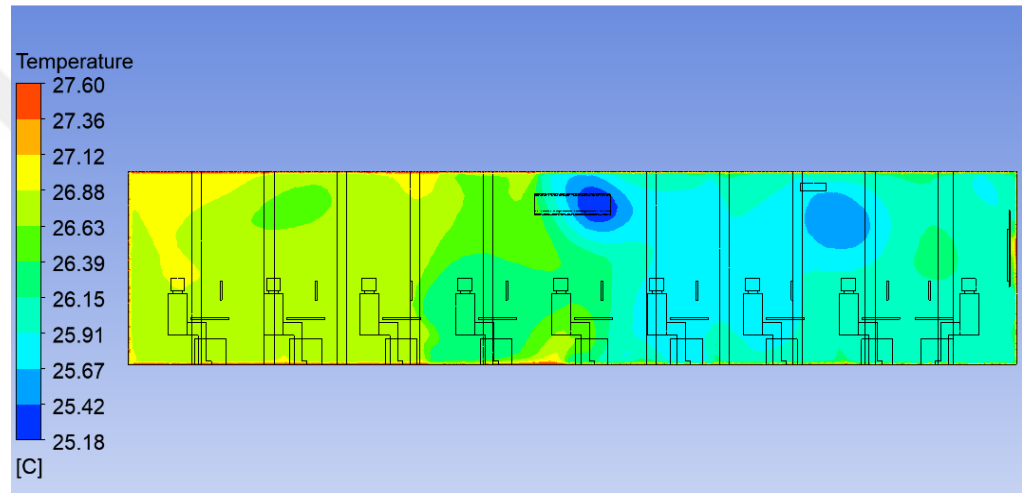


c)

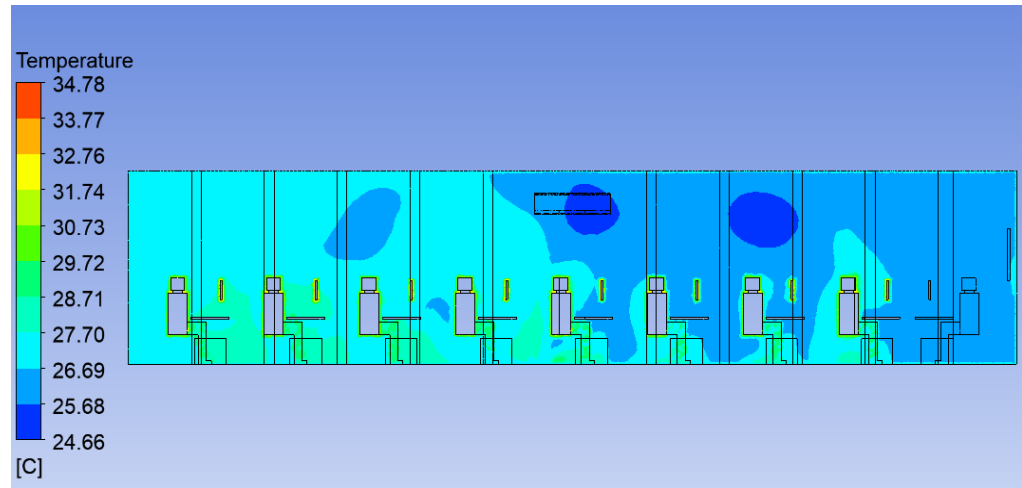
Şekil 3.111. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

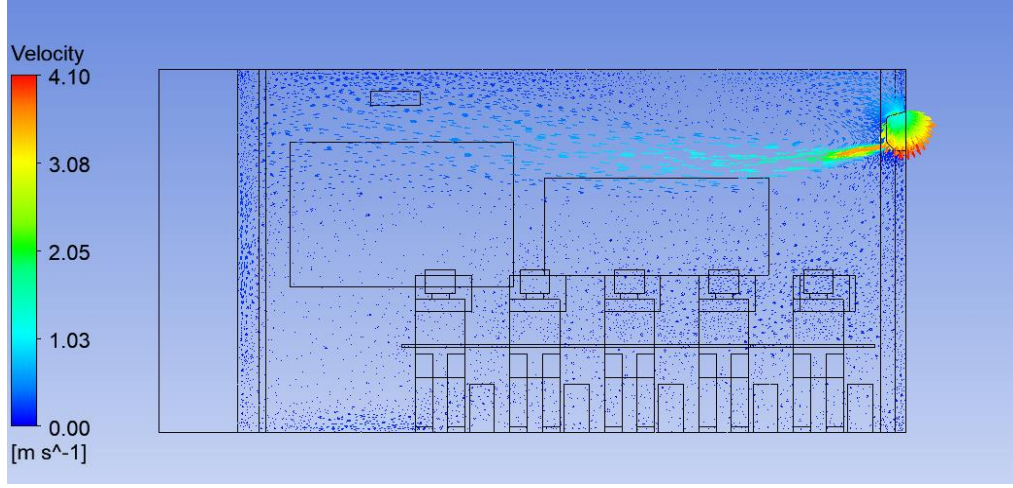


b)

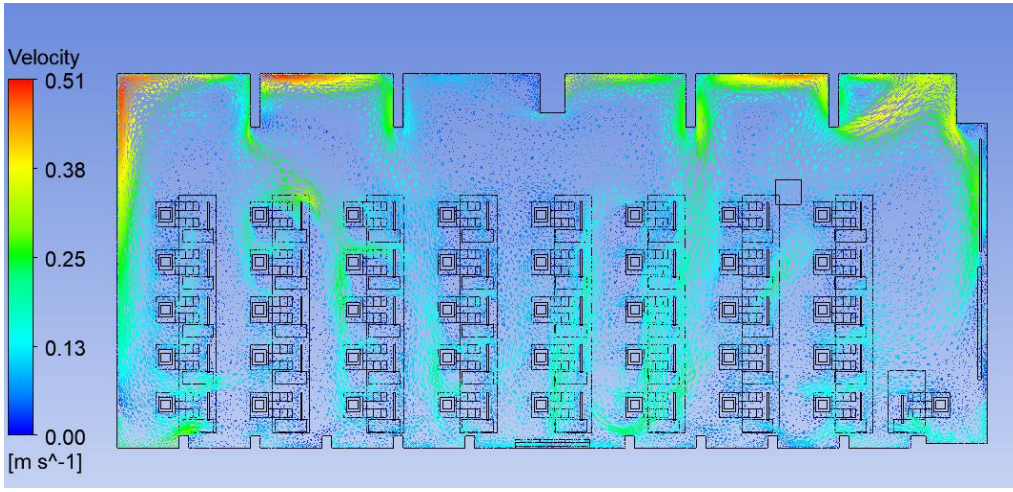


c)

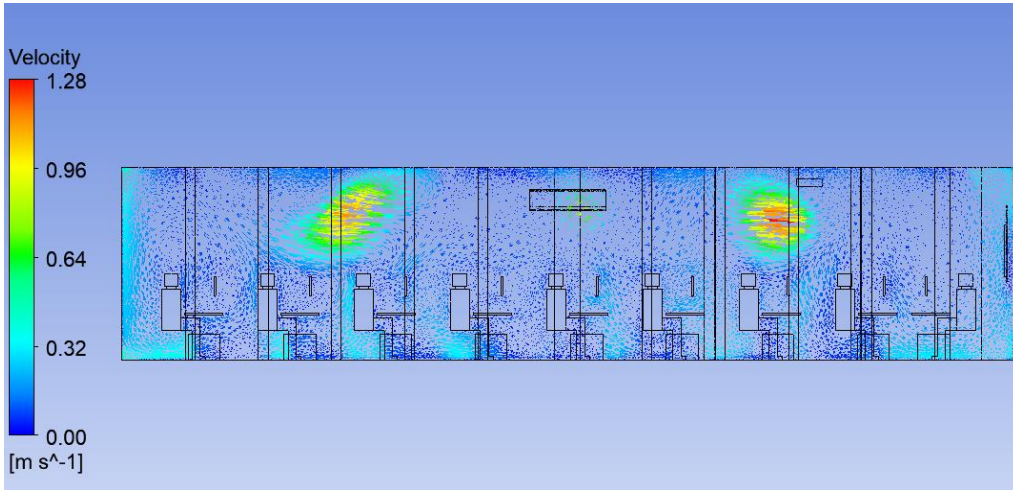
Şekil 3.112. Durum-XIX sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlem



a)

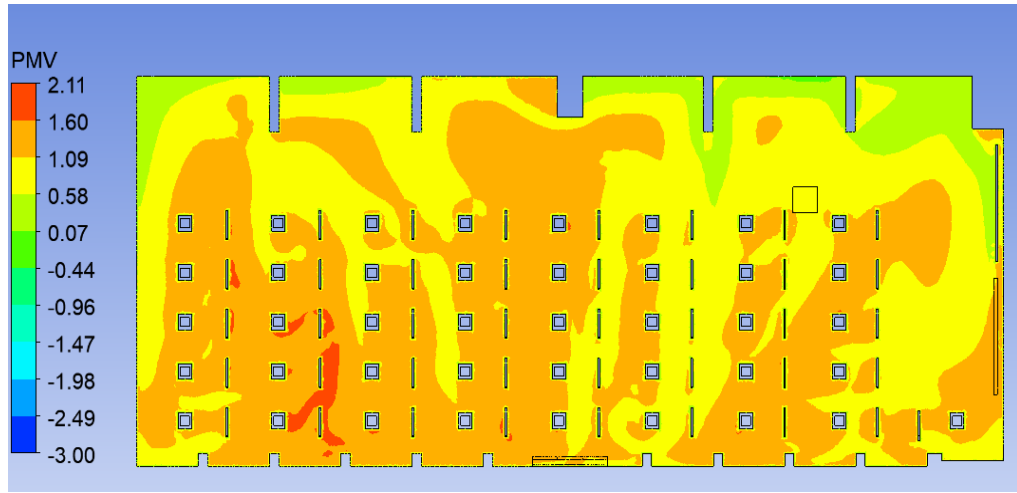


b)

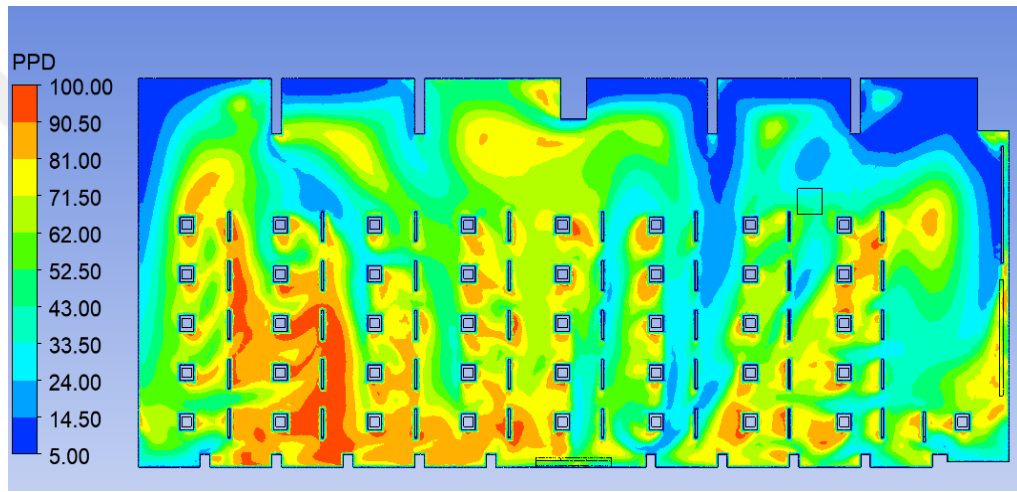


c)

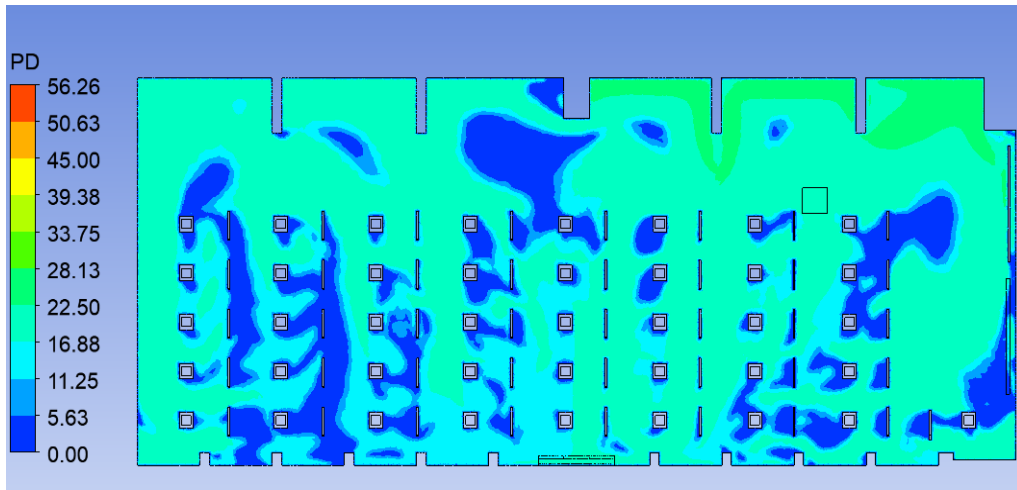
Şekil 3.113. Durum-XIX hız vektörü dağılımı a) x=7m düzlemi b) y=1,2m düzlemi c) z=3m düzlemi



a)



b)

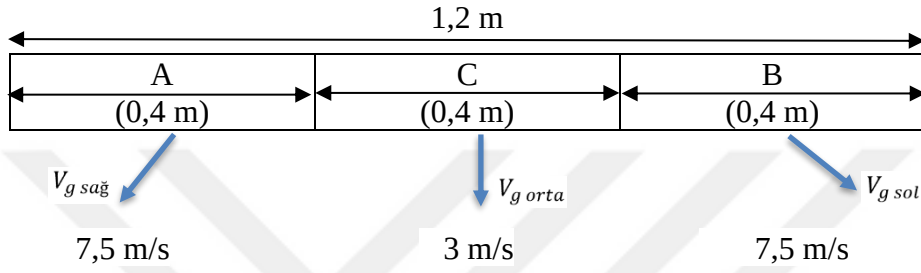


c)

Şekil 3.114. Durum-XIX ısı konfor parametreleri y=1,2m düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

3.2.7.4. Durum-XX Üfleme Hız Oranın İncelenmesi

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-1 klima ağız geometrisine alternatif olarak Şekil 3.115 sunulmuş ve üç üfleme bölümü için aynı anda farklı hız değerleri kabul edilmiştir. A ve B bölümünden hava 7,5m/s hızda ve 75° açı ile C bölümünden ise 3m/s hızda ve 75° üfleme açısı ile çıkmıştır. Bu analiz kapsamında farklı üfleme hızlarının oda içerisinde hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Durum-XX

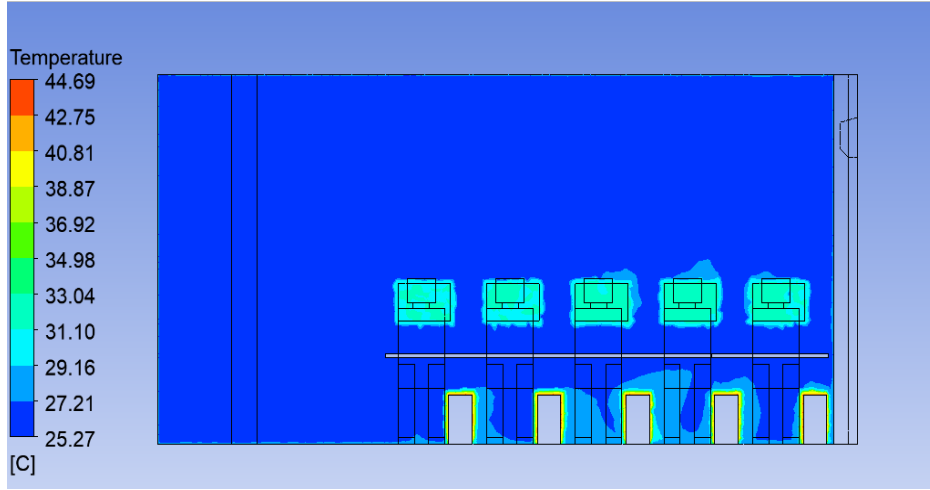
Şekil 3.115. Durum-XX modelin şematik gösterimi

Şekil 3.116, Şekil 3.117 ve Şekil 3.118 sıcaklık dağılımı incelendiğinde sıcaklığın zeminden tavana doğru ve klimanın karşı duvarından klimanın bulunduğu duvara doğru arttığı görülmüştür. Klimaya yakın bölgenin sol tarafında ise hava akışının yetersiz olması nedeniyle sıcak havanın bu bölgede daha yoğun olduğu görülmüştür. Odanın ortalama sıcaklık değeri 26,72°C olup bu değer y=1,2m (baş hizasında) düzleminde ortalama 27,01°C olarak elde edilmiştir.

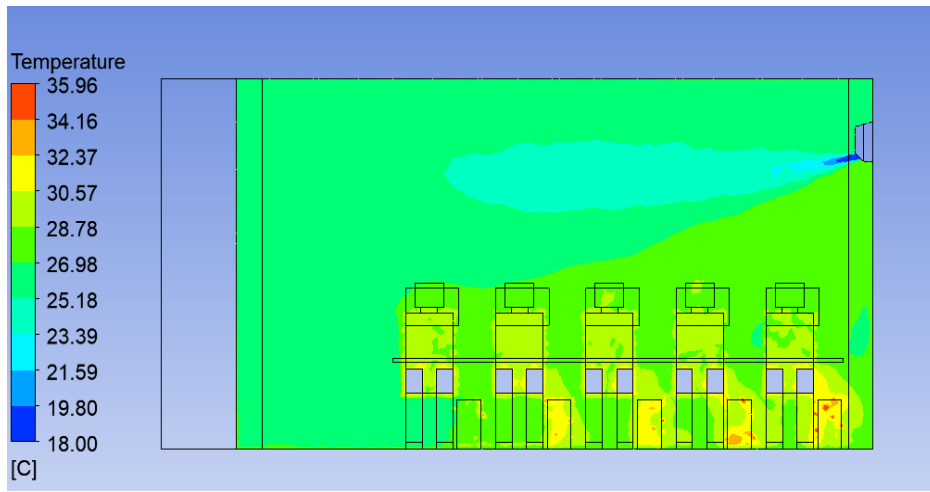
Şekil 3.119 hız vektörü incelendiğinde, klimanın bulunduğu duvarın karşısındaki duvar genelinde hız değerinin yüksek olduğu ve duvar yüzeyine paralel olarak akışın oda içerisine yayıldığı görülmüştür. Ayrıca odanın kenar bölgelerine doğru hava akışının arttığı tespit edilmiştir. Havanın, özellikle odanın sol bölümündeki sıcak bölge sınırına geldiğinde yoğunluğu ve hızı düşerek tavana doğru yöneldiği görülmüştür. Bu da odanın sağında ve solunda sıcaklık farkını oluşturmuştur. Odanın orta noktasına iletilen hava miktarının azalması ile bu bölümde sıcaklığın arttığı görülmüştür. Oda genelindeki ortalama hız değeri 0,42 m/s, y=1,2m düzlemindeki ortalama hız değeri 0,12 m/s olarak elde edilmiştir. Oda genelindeki ortalama hız değeri, ısıl konfor değer aralığından (0,1-0,25m/s) fazla, baş mesafesindeki ortalama hız değeri ise ısıl konfor değer aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.120 ısı konfor parametreleri incelediğinde oda genelindeki ve $y=1,2m$ düzlemindeki ortalama PMV değeri sırasıyla 0,75 (nötr-ılık) ve 1,08 (ılık-sıcak) olarak elde edilmiştir. Odanın köşelerine daha iyi soğuk hava iletimi sağlanmış ve oda genelinde daha homojen dağılımlı bir PMV değeri elde edildiği görülmüştür. PD değerine incelendiğinde, oda genelinde 17,8, $y=1,2m$ düzleminde 15,17 elde edilmiştir. İnsan figürlerinin yer aldığı bölümlerde ise 0-5,57 değerine kadar düşmüş ve bu bölümlerde memnuniyet sağlanmıştır. Ayrıca PPD değeri PMV değerine uyumlu sonuçlar vermiştir. PPD değeri hava akışının yoğun olduğu yerlerde %5'e kadar düşerken odanın sol bölümünde bu değer %100'e çıktığı görülmüştür.

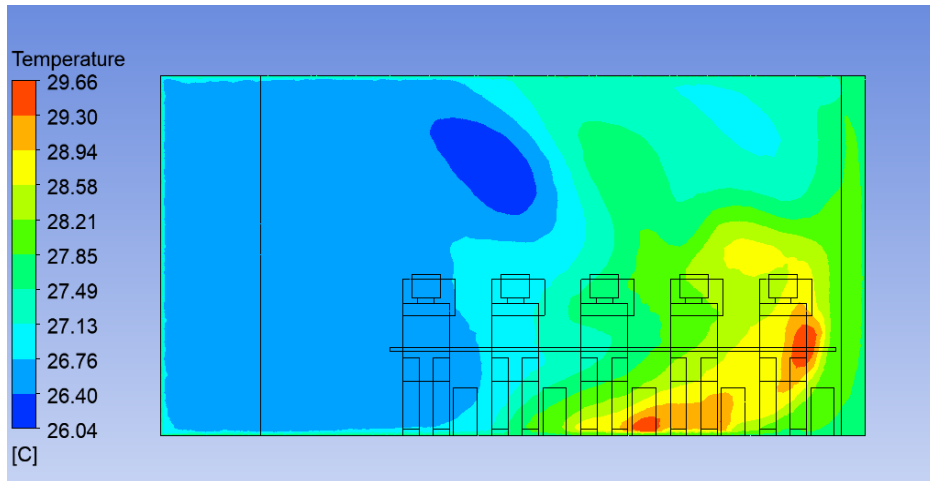




a)

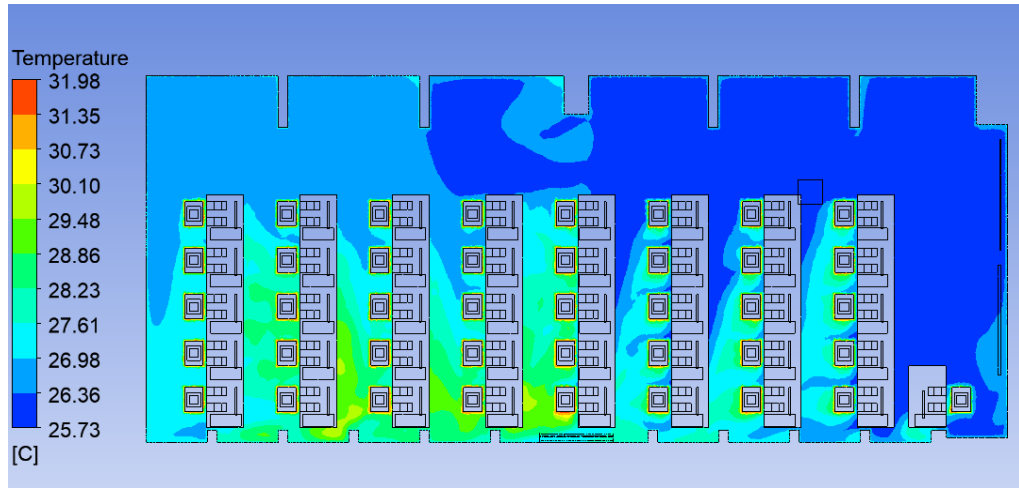


b)

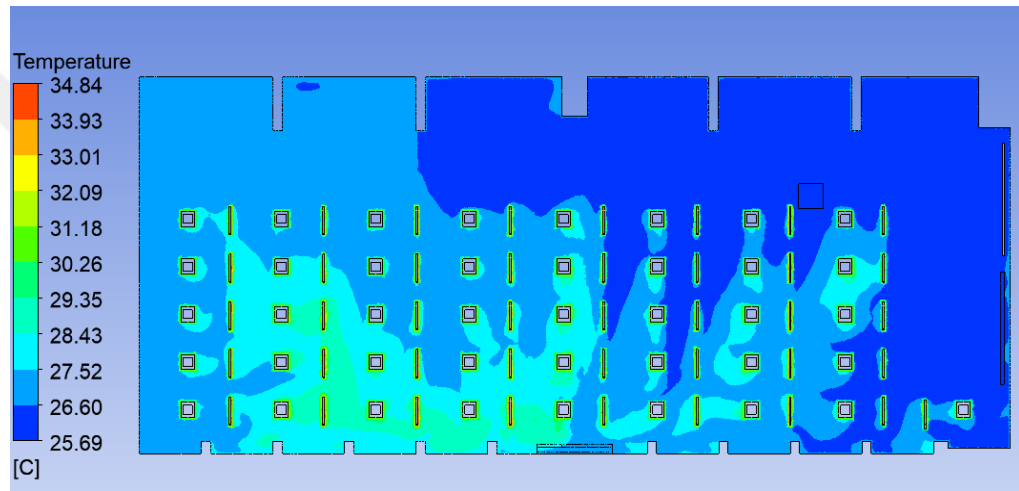


c)

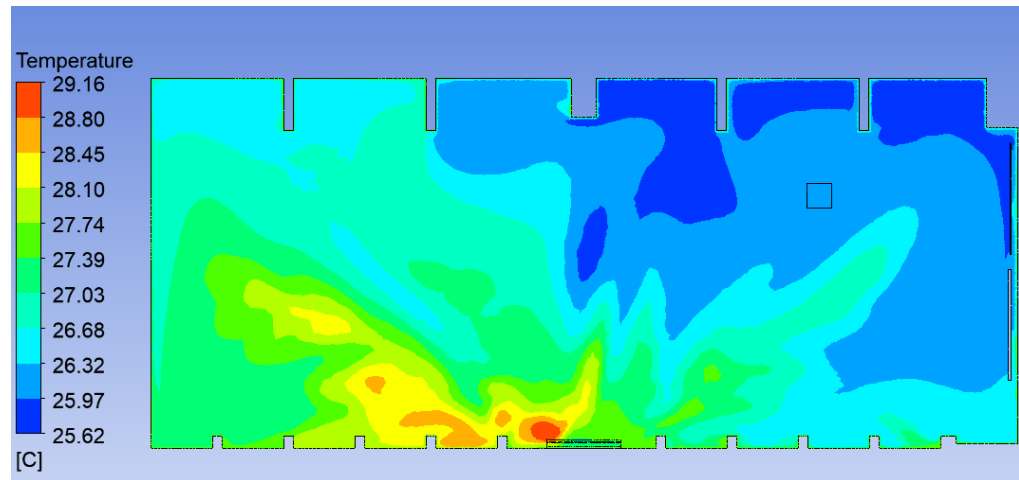
Şekil 3.116. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $x=3,5\text{m}$ düzlemi b) $x=7\text{m}$ düzlemi c) $x=10,5\text{m}$ düzlemi



a)

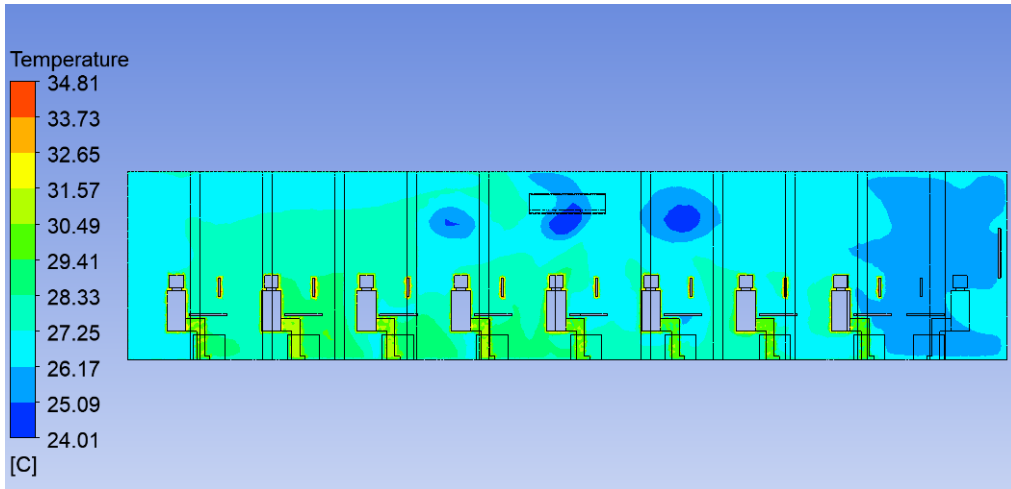


b)

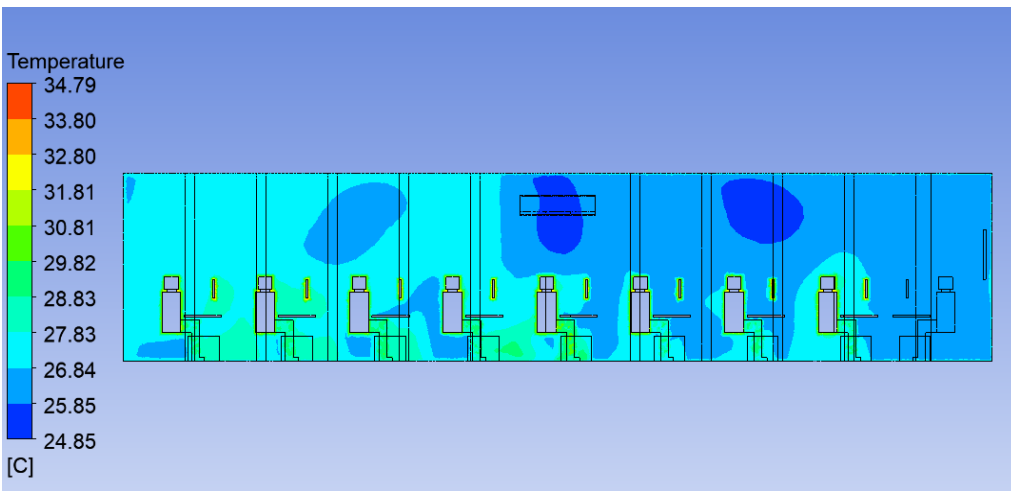


c)

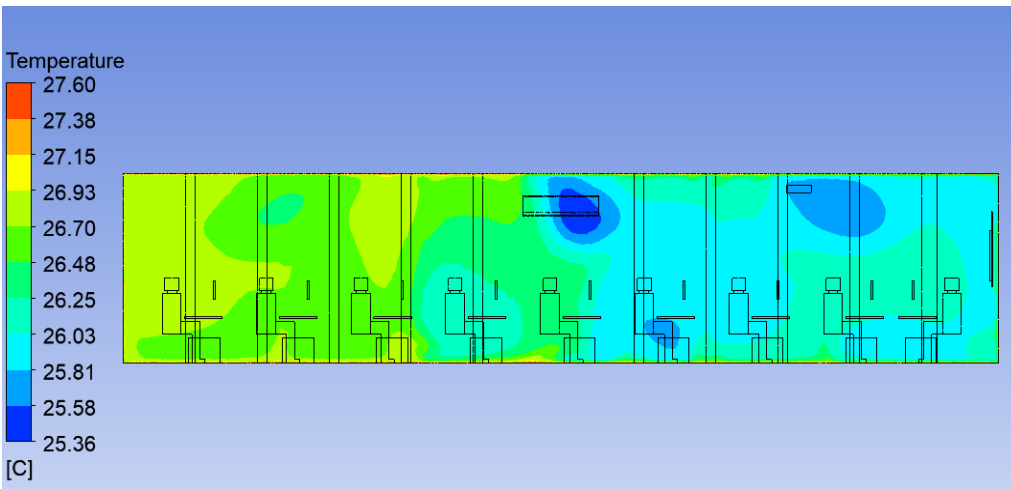
Şekil 3.117. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $y=0,7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $y=1,7\text{m}$ düzlemi



a)

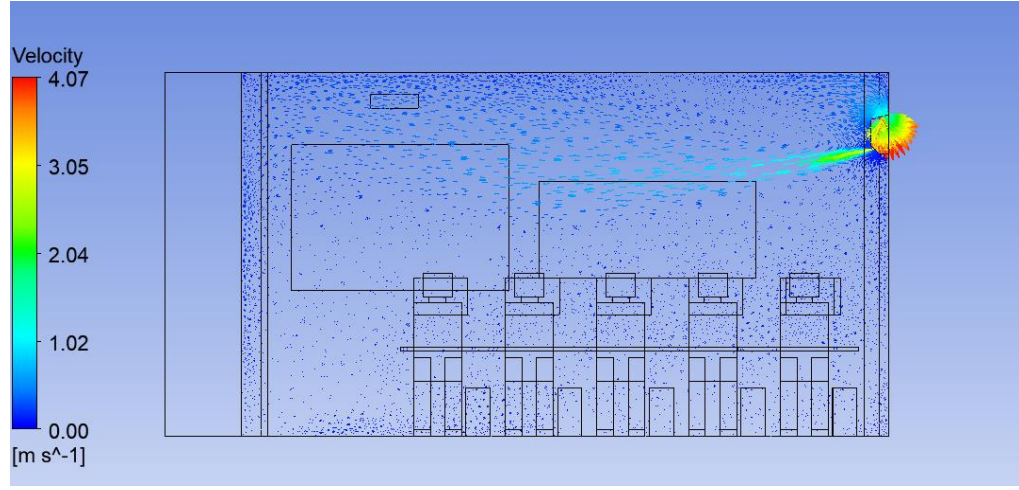


b)

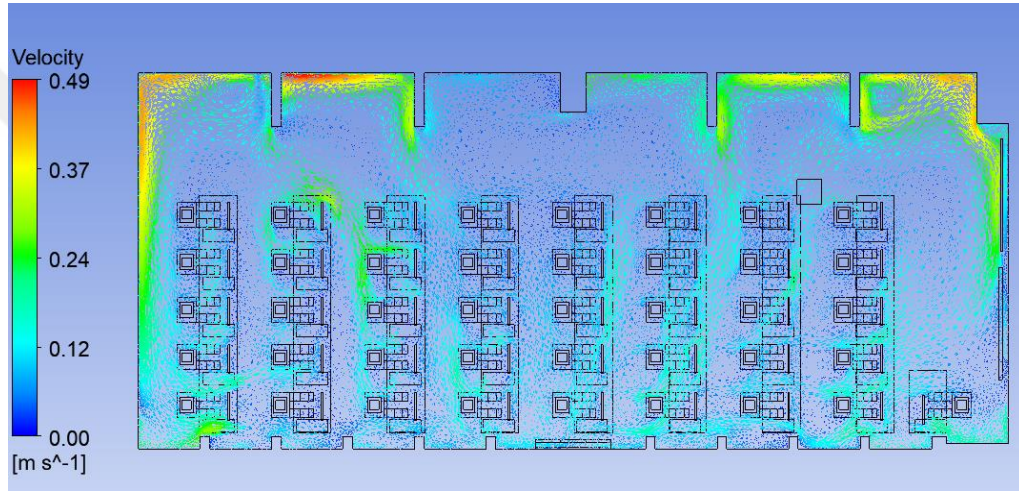


c)

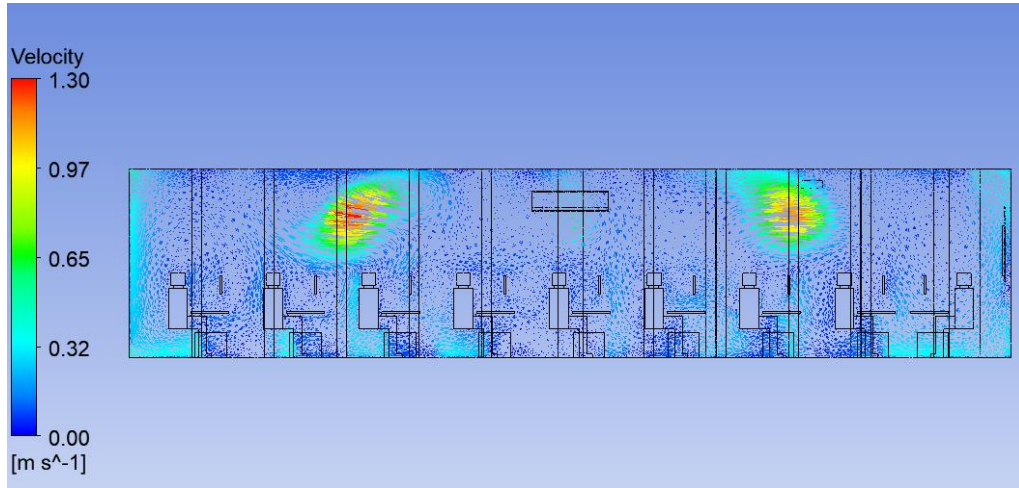
Şekil 3.118. Durum-XX sıcaklık dağılımı a) $z=1,5$ m düzlemi b) $z=3$ m düzlemi c) $z=4,5$ m düzlem



a)

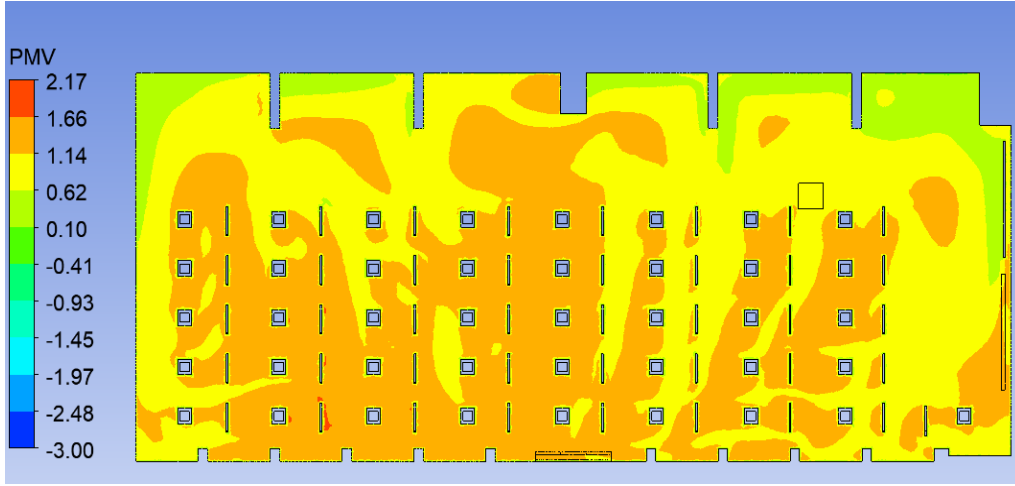


b)

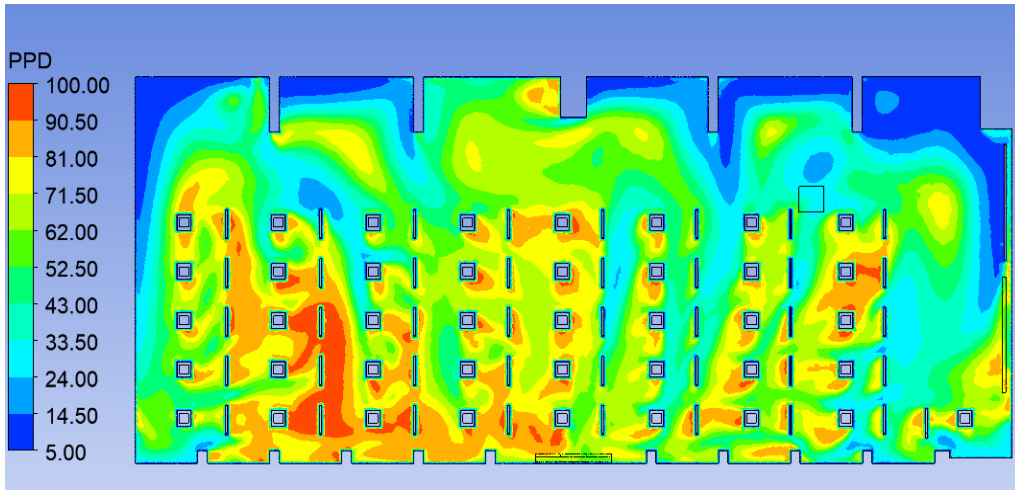


c)

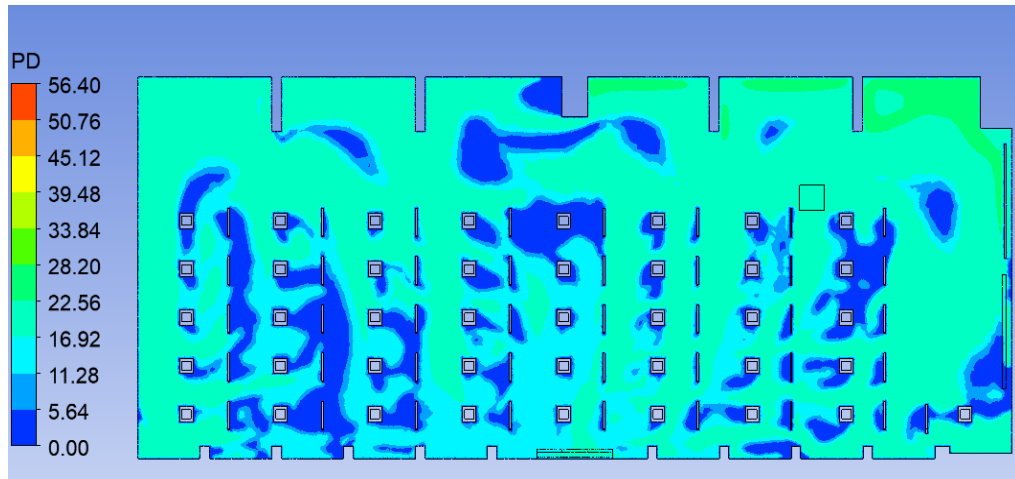
Şekil 3.119. Durum-XX hız vektörü dağılımı a) $x=7\text{m}$ düzlemi b) $y=1,2\text{m}$ düzlemi c) $z=3\text{m}$ düzlemi



a)



b)

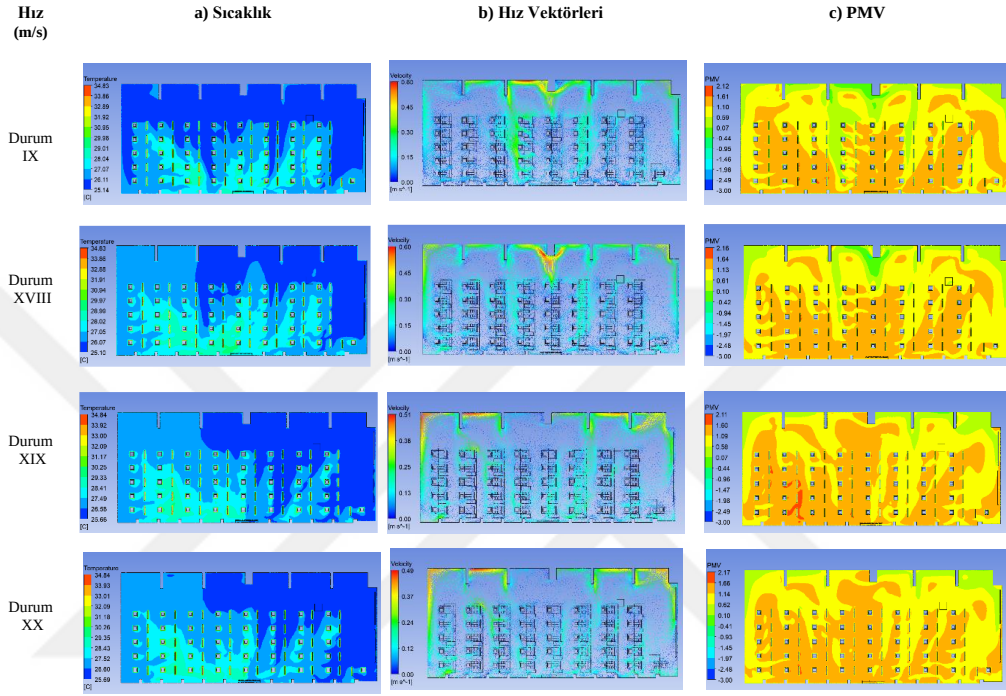


c)

Şekil 3.120. Durum-XX ısı konfor parametreleri $y=1,2\text{m}$ düzlemi a) PMV b) PPD ve c) PD

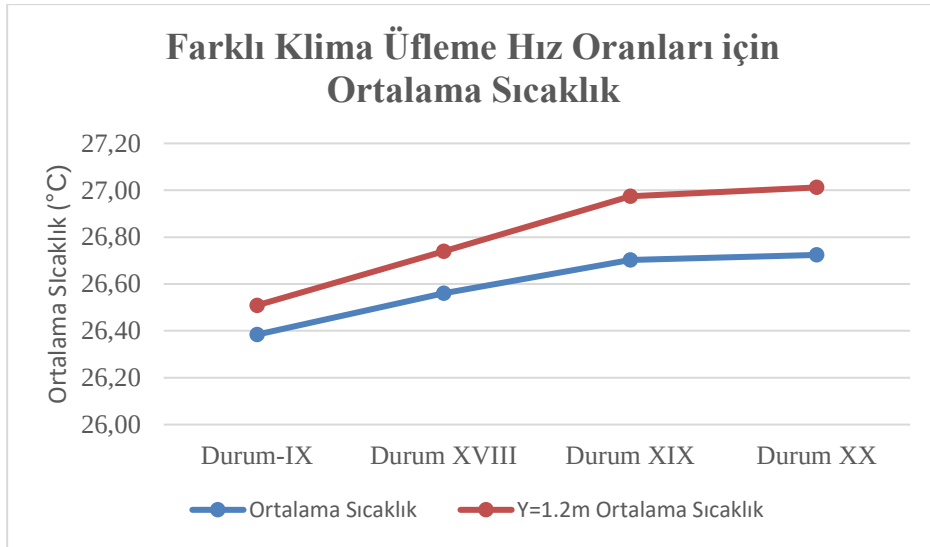
3.2.7.5. Farklı Klima Üfleme Hızı Oranlarına Sahip Durumların Karşılaştırılması

Bu bölümde mevcut oda düzeni içerisinde (nesneler ve insan figürü dâhil) Model-3 klima üfleme ağız modeli için dört farklı klima üfleme hız oranı incelenmiştir. Klima üfleme hızına bağlı olarak oda içerisindeki hava akışı, havanın odaya dağılımı, sıcaklık değişimleri ve ısıl konfor parametreleri incelenmiştir.

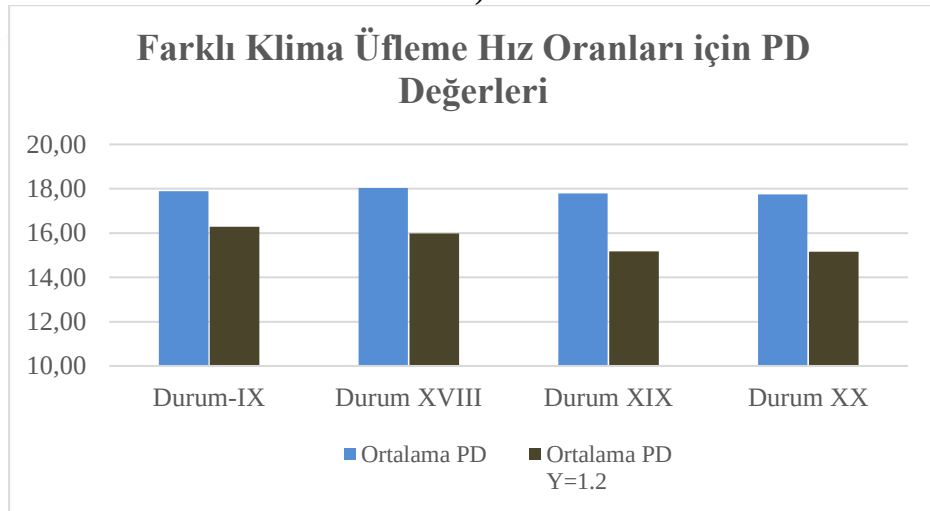


Şekil 3.121. y=1,2m'de farklı klima üfleme hızı oranları için a) sıcaklık, b) hız vektörleri ve c) PMV değeri

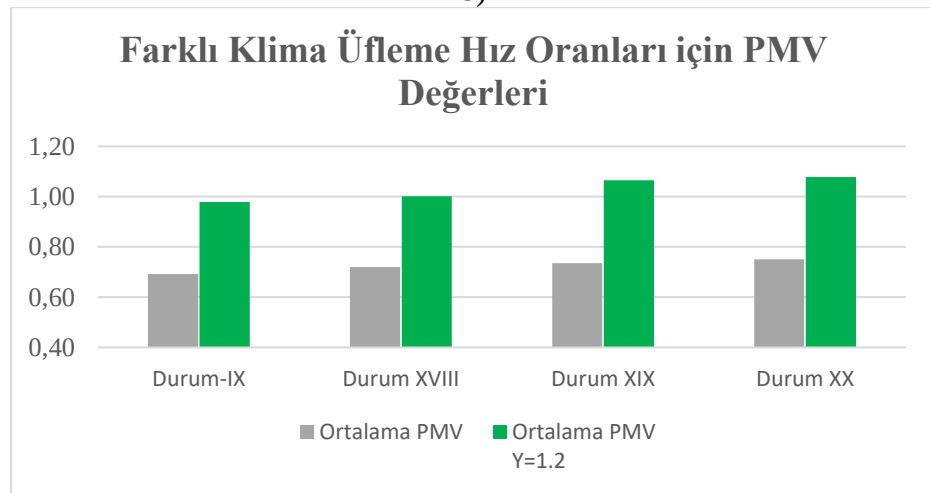
Şekil 3.121 sıcaklık dağılımını incelediğinde üflenene soğuk havanın en etkili olduğu durum A,B,C=6m/s durumu olup Şekil 3.122 ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında ise buna paralel olarak da oda içi en düşük ortalama sıcaklık 26.38°C bu çalışmada gerçekleşmiştir. Şekil 3.121 hız vektörleri dağılımı incelendiğinde, havanın sırasıyla sağ ve sol duvarlara doğru yöneldiği ve bu bölgelerde hız değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sağ ve sol duvarlara soğuk havanın daha çok iletilmesine rağmen orta bölümde yeterli soğutma yapılamamıştır. PMV değeri incelendiğinde ise en uygun durumun 0,69 ile A,B,C=6m/s çalışması olduğu görülmüştür. Havanın sağ ve sol duvarlara doğru yüksek miktarda yönlendirilmesi bu bölgelerde iyi soğutma performansı sergilerken, odanın orta bölümünde yeterli soğutma işlemi yapılamamış, bu da PMV değerinin ve ortalama sıcaklık değerinin yükselmesine neden olmuştur. Şekil 3.122 PD değerleri grafiği incelendiğinde ise dört durum için değerlerin birbirine yakın çıktığı görülmüştür.



a)



b)



c)

Şekil 3.122. Farklı klima üfleme hızları için a) Ortalama Sıcaklık, b) PD ve c) PMV değerleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kapalı alanlardaki çalışmalarda hava akışlarının incelenmesi insan sağlığı, çalışma performansı ve enerji verimliliği açısından önemli olup ısı konfor üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Isıl konfor üzerine elde edilen yeni metot ve yöntemler ile yapılan araştırmalar artmakta ve bu araştırmalar esnasında HAD metodu kullanılmaktadır. Her aşamada yapılan çalışmalar detaylandırılmakta ve hem deneysel hem de sayısal metotlarla desteklenmektedir. HAD metodu sayesinde farklı yaklaşım yöntemleri ile deneysel çalışmalara paralel doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilmekte ve maliyet açısından önemli tasarruflar elde edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında literatürden farklı olarak, büyük bir bilgisayar odası içerisinde tek bir duvar tipi klima yardımı ile etkin bir soğutma işlemi gerçekleştirmek hedeflenmiş ve klima üfleme ağzı modelinde yapılacak iyileştirmeler ile tek bir duvar tipi klima ile soğutmanın mümkün olup olmadığı incelenmiştir. Soğutma işlemi yaparken ısı konfor parametreleri de göz önünde bulundurulmuş ve çalışmalar bu kapsamda yürütülmüştür. Çalışma analizleri ANSYS Fluent paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Fluent programına ilave olarak ısı konfor parametreleri olan PMV, PPD ve PD değerleri C kodunda yazılarak UDF yardımı ile programa entegre edilmiş ve bu sayede çalışmalar sonucunda elde edilen çıktılar çeşitlendirilerek daha detaylı veriler elde edilmiştir.

Daha etkin bir soğutma işlemi gerçekleştirmek ve daha iyi ısı konfor ortamı elde edebilmek için mevcut klima üfleme ağzı modeline alternatif olarak iki farklı model tasarlanmış ve hem ayrı ayrı hem de karşılaştırmalı olarak sonuçlar detaylı olarak sunulmuştur.

Ayrıca çalışmadaki türbülans modeline karar verebilmek adına deneysel çalışma doğrulaması yapılmış ve bunun neticesinde Standart $k-\epsilon$ türbülans modeli Standart duvar yaklaşımında karar kılınmıştır.

Tüm soğutma analizlerinde üç boyutlu çalışmalar büyük önem arz etmekte ve doğruluk yüzdesi açısından iki boyutlu çalışmalara göre ön plana çıkmaktadır. İki

boyutlu çalışmalar zaman açısından üç boyutlu çalışmalara göre ekonomik olmasına karşın çözümleme doğruluğu açısından üç boyutlu çalışmalar özellikle simetrik olmayan alanlar için daha güvenilirlerdir. İncelenen oda geometrisi gerçek bir bilgisayar odasından modellenmesi göstermektedir ki gerçek hayatta çalışma alanları simetrik değildir ve bu durum analiz sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir.

Yapılan analizler temelde yedi alt başlığa ayrılabilir. Bunlar ısı üreten kaynakların çalışma kapsamına dâhil edilmesi, üç farklı klima konumu, dört farklı dikey üfleme açısı, üç farklı klima üfleme ağız modeli, altı farklı yatay üfleme açısı, dört farklı üfleme ağız kesit oranı ve dört farklı klima üfleme ağız hız oranıdır.

Büyük boyutlara sahip odalarda klimanın kısa duvarlara konumlandırması oda içerisine üflenen soğuk havanın hızının yetersiz kalması nedeniyle oda içerisinde belirgin sıcaklık farklılıkları oluşmakta, bu da cereyan etkisinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum ısı konfor şartlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Odanın bir bölümü ASHRAE ısı duyarlılık ölçeğine göre sıcak hissederken bir bölümü serin hissetmektedir. Bu nedenle klimanın uzun duvar üzerinde konumlandırması ve dizaynı üzerinden iyileştirme çalışmaları daha etkin sonuçlar vermiştir.

Bu çalışma özelinde klimanın boş odada soğutma işlemi yapmasıyla ısı üreten nesnelerin (bilgisayar bileşenler, insan figürü vb.) oda içerisine konumlandırılarak soğutma işlemi yapması arasında yaklaşık 2°C sıcaklık farkı oluşmuştur. Buna ilave olarak üflenen soğuk hava, ısı üretiminin olduğu yerlerde ısı transferinin yüksek olması nedeniyle ısınarak akış yönünü değiştirdiği gözlemlenmiştir.

Dikey üfleme açısının değişimleri odada insanların yer almasından dolayı büyük önem arz etmektedir. Soğuk havanın mümkün olduğu ölçüde odadaki insanlara direkt olarak gelmeden odanın geneline yayılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 75° üfleme açısı (IX numaralı çalışma) en iyi ısı konforu sağlamıştır.

Yatayda üfleme açısının değişimleri oda büyüklüğünden dolayı büyük önem arz etmektedir. Soğuk havanın mümkün olduğu ölçüde odanın geneline yayılmasıyla oda içerisindeki ısı transferini artırılmış ve ortalama oda sıcaklığı için daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu kapsamda Model-3 için yatay 75° üfleme açısı (IX numaralı çalışma) en iyi ısı konforu sağlamıştır.

Mevcut klima üfleme ağız modeline alternatif olarak Model-3 üfleme ağız yapısı en iyi sonucu vermiştir. Model-3 sayesinde soğuk havanın odanın geneline daha homojen

yayıldığı görülmüştür. Bu sayede havanın ulaştığı noktalarda ısı transferi artmış ve üflenen soğuk havadan daha verimli bir şekilde faydalanılmıştır. Bu iyileştirme sayesinde mevcut modele göre odanın ortalama sıcaklığı yaklaşık 0,3°C daha düşürülmüş ve ortalama oda sıcaklığı 26,4°C olarak elde edilmiştir. Bu değer yaz ayı için kabul edilebilir aralıkta olduğu görülmüştür [2]. PMV, PPD ve PD dağılımlarında ise insan figürünün bulunduğu alanlar içerisinde en konforlu senaryo Durum IX'da gerçekleşmiştir.

Gelecekte bu konu ile ilgilenecek olan araştırmacılar, önerilen bu yeni üfleme ağız modeli için debiyi değiştirmeden klimanın üfleme hızını nasıl arttırabileceği üzerinde araştırma yapabilirler. Bu çalışma kapsamında model tasarımı basit tutulmuş olup klima kanatçıklarının bir yüzey üzerinden hava yönlendirdiği varsayılmıştır. Buna ilave olarak modeldeki kanatçıklar birebir modellenerek bu çalışmadan farkları incelenebilir ve bu kanatçıklarının tasarımı üzerinde iyileştirme yapabilirler. Bu çalışma kapsamında altı farklı yatay üfleme açısı değeri kullanılmış olup havanın oda içerisinde yayılımını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Farklı açi değerleri üzerinde analizler gerçekleştirilerek optimum bir açi değeri belirlenebilir. Ayrıca klima ağızı için farklı geometrik şablonlar üzerinde çalışmalar sürdürülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Harrington, E., Air conditioning for comfort and health, past-present-future, Journal of the Franklin Institute, 215, 6, 655-696, 1933.
- [2] Tripathi, B., Moulic, S. G., Investigation of the airflow patterns inside a room through the low Re k- ϵ Model, Heat and Technology, 25, 1, 25-31, 2007.
- [3] Nielsen, Peter V. 2015. Fifty years of CFD for room air distribution. Building and Environment, 91:, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.035>
- [4] Yüce, B., E. ve Pulat, E., Bir ofis odasındaki termal akışın kış şartlarında sayısal olarak incelenmesi, 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, 19-22 Nisan 2017.
- [5] ASHRAE Inc., The Systems and Equipment volume of the ASHRAE Handbook, Atlanta:GA, 2004.
- [6] Çengel, Y. A., Boles M. A., Thermodynamics an engineering approach (1st ed.). New York: McGraw-Hill, 1989.
- [7] ASHRAE. (2005). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) handbook fundamentals.
- [8] Çengel, Y. A., Boles M. A., Thermodynamics an engineering approach (5th ed). New York: McGraw-Hill, 2006.
- [9] L. Burns, M. Austin, C. Chen, TEST REPORT # 22 System Drop-In Testing of R-410A Replacements in Split System Heat Pump, Technical Report 23, Air- Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program, Low- GWP AREP), Indianapolis, 2013. IN 46260-0070

- [10] Çengel, Y. A., Boles M. A., Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla (A. Pınarbaşı, Çev.). İzmir: Güven Bilimsel, 2008.
- [11] Pita, E.G., Air Conditioning Principles and Systems, Prentice Hall Career & Technology, Second Edition, 1989.
- [12] CIBSE, Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings, CIBSE Applications Manual AM10, London, 1997.
- [13] ASHRAE, Fizyolojik İlkeler ve Isıl Konfor, Tesisat Mühendisleri Derneği, Bölüm 8, 1997.
- [14] Rohles, F., Nevins R.G., Nature of thermal comfort for sedentary man. ASHRAE Transactions, 1971.
- [15] Rohles, F. H., Revised Modal Comfort Envelope. Description, Validation, And Application of a New Tool For Studying Thermal Comfort. ASHRAE Transactions, 1973.
- [16] ISO 2005. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Management, 3:, 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2004.11.005>
- [17] ASHRAE 2009. ASHRAE Handbook-Fundamentals. ASHRAE Handbook-Fundamentals, 21.1-21.67.
- [18] FANGER P. O., Thermal Comfort, Analysis and Application in Environment Engineering. Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.
- [19] Sivrioğlu, M ve T. Pırasacı, Isıl Çevre Mühendisliği Esasları ve Uygulamaları. Alp Yayınevi, No: 22, Ankara. s. 50-51, 2005.
- [20] Sungurlu, C., Havalandırma sistemlerinde kullanılan difüzörlerin düşey kanat açısının ortamdaki hava dağılımı üzerindeki etkisinin sayısal olarak incelenmesi, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2012.

- [21] Karaoğlu, E., Mekân İçi Hava Hareketlerinin Sonlu Farklar Yöntemi ile Modellenmesi, Mühendis ve Makine, cilt. 48, sayı. 564, 2007.
- [22] Introduction to Ansys Fluent, 15.0 Realese
- [23] G. Ramos, R. Lamberts, K. C. F. J. Abrahão, F. B. Bandeira, C. F. B. Teixeira, M. B. De Lima, E. E. Broday, A. P. A. S. Castro, L. De Q. Leal, R. De Vecchi, L. De M. De Zorzi, K. A. Dornelles, S. Duarte, R. G. Faisca, M. Fontenelle, T. Freitas, C. G. Atem, G. Grigoletti, L. Maciel, C. M. De Moraes, C. M. Mueller, T. Sartori, B. Silva, C. Silva, M. V. Da Silva, A. L. Silveira, R. V. G. Souza And A. A. Xavier Adaptive behaviour and air conditioning use in Brazilian residential buildings, Building Research & Information(2021), 49:5, 496-511, DOI:10.1080/09613218.2020.1804314.
- [24] Haines R.W. Control system for heating, ventilating and air conditioning. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold; 1977.
- [25] A. Won, T. Ichikawa, S. Yoshida And S. Sadohara, Study on Running Performance of a Split-type Air Conditioning System Installed in the National University Campus in Japan, Journal of Asian Architecture and Building Engineering (2009), 8:2, 579-583, DOI:10.3130/jaabe.8.579
- [26] Pitarma., R. A., Ramos, J. E., Carvalho, M. G., Computational and experimental reducedscale modelling of air-conditioned rooms, Building Simulation 2003: Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, 1041-1045, August 11-14, 2003.
- [27] Ufat H., Ameliyathane Odasinin Isil Konfor Ve Hijyenik Şartlarinin Deneysel Ve Nümerik Incelenmesi, Fen Bilimleri Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi 2017.
- [28] Rong, L., Nielsen P.V., Simulation with different turbulence models in an annex20 room benchmark test using Ansys CFX 11.0, Technical Report, Aalborg University, 2008.

- [29] Pulat, E., Oda Klima Cihazı İle Havalandırılan Bir Odada Hava Dağılımının Sayısal Olarak Araştırılması, İKLİM 2011 Ulusal İklimlendirme Kongresi, Antalya, Türkiye, ss.389-400, 18 - 20 Kasım 2011.
- [30] Chen, Q., Xu, W. A zero-equation turbulence model for indoor airflow simulation. *Energy and Buildings*, 28(2):, 137–144, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00020-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00020-6)
- [31] Yongson, O., Badruddin, I.A., Zainal, Z., Narayana, P.A., Airflow analysis in an air conditioning room. *Build. Environ.* 42 (3), 1531–1537, 2007.
- [32] Bonefacic, I., Frankovic, B., Vilicic, I., Glazar, V., Numerical modeling of temperature and air flow distribution in enclosed room, *Proceedings of the Heat-SET 2007 Conference: Heat transfer in components and systems for sustainable energy technologies*, Vol. II / Thonon, Bernard (ed). - Grenoble : Editions-GRETh , 1055-1062, 2007. (ISBN: 2-9502555-3-1).
- [33] Başkaya, Ş., Eken, E., Numerical investigation of air flow inside an office room under various ventilation conditions, *Pamukkale Üniv. Müh. Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12, 1, 87-95, 2006.
- [34] Yapıcı E., Gençer T., Ay U., Ofis içi ısı konfor şartlarının hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile incelenmesi, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, ss.1117-1126, 17-20 Nisan 2019.
- [35] Yavuz. M. Y., Yıldız C., Çakmak G., Kabin tipi bir ofisin kış iklimlendirmesinde hız ve sıcaklık dağılımının sayısal incelenmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (3), 958-972, 2021
- [36] Popovici C. G., HVAC system functionality simulation using ANSYS-Fluent, *Sustainable Solutions for Energy and Environment*, EENVIRO 2016, 360-365, 26-28 October 2016.
- [37] Shih, Y. C. ve ark. 2007. Dynamic airflow simulation within an isolation room. *Building and Environment*, 42(9):, 3194–3209. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.08.008>

- [38] S. Lee, J. Lee, S. Kato, Influence of vane angle on the effectiveness of air of wall-mounted split-type air conditioners in residential buildings, *Science and Technology for the Built Environment*, 23:5, 761-775, 2017. DOI: 10.1080/23744731.2016.1260410
- [39] B. E. Yüce, Oda Havalandırılmasında Hava Akışı, Sıcaklık Dağılımı, Isı Transferi Ve Isıl Konforun Sayısal Simülasyonları, *Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi, 2015.
- [40] Wahba N., Rismanchi B., Pu Y., Aye L., Thermal Comfort Simulation for Cold Air Distribution Systems by a User Defined Predictive Mean Vote Index, *Energy Proceedings*, Vol. 23, 2021
- [41] Yıldırım A., İklimlendirilmesi yapılan bir mahalin hız ve sıcaklık dağılımının sayısal ve deneysel olarak incelenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2019.
- [42] Yüce, B. E., Ofis ortamında türbülanslı akış modellerinin karşılaştırılması ve çeşitli ısıtma sistemlerinin ısıl konfor indisleri ve gagge modeli kullanılarak sayısal simülasyonu, *Fen Bilimleri Doktora Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi, 2019.
- [43] Gürbüz H., Akçay İ.H., Asghar H., Ali Q.A., Analysis of Bus Air Conditioning System by Finite Elements Method (ANSYS). *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 5(3):115-124, 2016.
- [44] Karyono T. H., Predicting Comfort Temperature in Indonesia, An Initial Step to Reduce Cooling Energy Consumption. *Buildings*, 5:802-813, 2015.
- [45] Aryal, P., & Leephakpreeda, T., CFD Analysis on thermal comfort and energy consumption effected by partitions in air-conditioned building. *Energy Procedia*, 79, 183-188, 2015.
- [46] Özer, Ö., Kumlutas, D., Experimental investigation on cross flow fan's casing parameters inside of a split air conditioner indoor unit by Stereo Particle Image Velocimetry. *Applied Thermal Engineering*. 124, 1233-1246, 2017.

- [47] Mogra A., Pandey P. K., Gupta K. K., Computational Fluid Dynamics Analysis of a Class Room for Effective Utilization of Position of Air Conditioning System. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 810, 2020. 012029 doi:10.1088/1757-899X/810/1/012029
- [48] Teodosiu, R., David, D., Teodosiu, C., Rusaouën, G., Ilie, V., Nguyen, C., Experimental and Numerical Investigation of Mechanically Ventilated Rooms. Energy Procedia, , 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1094>
- [49] Sempey A., Inard C., Ghiaus C., Allery C., Fast simulation of Temperature Distribution in Air Conditioned Rooms by Using Proper Orthogonal Decomposition. Building and Environment, 44(2): 280-289, 2009.
- [50] Karaşahin, F., Mobilyalı bir ofis odası içindeki iklimlendirmenin sayısal olarak incelenmesi, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2011.
- [51] C. Mendez, J. F. San Jose, J. M. Villafruela, F. Castro, “Optimization of a hospital room by means of CFD for more efficient ventilation,” Energy Build., vol. 40, no. 5, pp. 849-854, 2008.
- [52] Costa, J.J., Oliveira, L.A. ve Blay, D., Test of Several Versions for the k- ϵ Type Turbulence Modelling of Internal Mixed Convection Flows, International Journal of Heat and Mass Transfer, 42 (1999) 4391-4409.
- [53] Çalışkan S., Altunok T., Başkaya Ş., Güngüneş H. M., Hava Perdeli Bir Ticari Soğutma Kabininin Sayısal Analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 26, No 2, 415-425, 2011.
- [54] Turbulence Modeling using ANSYS Fluent, 15.0 Realease
- [55] Launder, B. E., Spalding, D. B., The numerical computation of turbulent flows. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 1974. [https://doi.org/10.1016/0045-7825\(74\)90029-2](https://doi.org/10.1016/0045-7825(74)90029-2)

- [56] Vieser, W., Esch, T., Menter, F. R., Heat transfer predictions using advanced two-equation turbulence models, AEA Technology, 2004.
- [57] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KIRIKKALE>
- [58] <https://smallbusiness.chron.com/average-heat-output-computer-69494.html>
- [59] Kumar, R., Aggarwal, R.K., Sharma, J.D., Pathania, S., Predicting Energy Requirement for Cooling the Building Using Artificial Neural Network, Journal of Technology Innovations in Renewable Energy, 1, 113-121, 2012.
- [60] K. Öngel, H. Mergen, “Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Vücudundaki etkilerine Yönelik Literatür Taraması”, S.D.Ü. Tıp Fak. Derg. 16(1), 21-25, 2009.
- [61] Canbolat, A.S., Kaynaklı, Ö., Türkan, B., Yamankaradeniz, N., Klima Cihazı Üfleme Çıkış Açısının Isıl Konfor Üzerindeki Etkisinin Nümerik Olarak İncelenmesi, 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1203-1213, 19-22 Nisan 2017.
- [62] Liu, W., Lian, Z. And Yao, Y., Optimization on indoor air diffusion of floor-standing type room air-conditioners, Energy and Buildings, 40, 59–70, 2008.
- [63] Engineering ToolBox. İnsan Vücudunun Öz Isısı, 27 Aralık 2020.
- [64] Voigt, L.K., Comparison of turbulence models for numerical calculation of air flow in an annex 20 room, Technical University of Denmark, DTU ET-AFM 2000-01, Lyngby, 2000.
- [65] Yüce, B.E., Pulat, E., Numerical Simulation of Thermal Flow and Comfort in an Office Room, 12th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 03 November 2016.
- [66] Nielsen, P.V. Flow in air conditioned rooms, Technical University of Denmark, 1974.

EKLER

EK-1

Örnek PMV Değerinin Hesaplanması

PMV değeri hesaplanırken belirli ön değerler verilerek denklem çözdürülmekte olup bu değerler aşağıda verilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak PMV değeri hesaplanmıştır.

$$M = 85 \text{ W/m}^2 \quad W = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad f_{cl} = 1,052 \quad h_c = 8,56 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$t_{cl} = 30,33 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_r = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_a = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad E = 9,793$$

$$p_a = 4 \text{ N/m}^2$$

$$PMV = [0,303e^{-0,036M} + 0,028]\{(M - W) - 3,96E^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - T_a) - 3,05[5,73 - 0,007(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - 0,0014M(34 - T_a)\}$$

$$PMV = [0,303e^{-0,036*85} + 0,028]\{(85 - 0) - 3,96E^{-8}1,052[(30,33 + 273)^4 - (25 + 273)^4] - 1,052 * 8,56(30,33 - 27,6) - 3,05[5,73 - 0,007(85 - 0) - 4] - 0,42[(85 - 0) - 58,15] - 0,0173 * 85(5,87 - 4) - 0,0014 * 85(34 - 27,6)\}$$

$$PMV = 0,79$$

Örnek PPD Değerinin Hesaplanması

PPD değeri, PMV değerine bağlı olarak ifade edilmektedir. Her hesaplama adımındaki PMV değeri hesaplandıktan sonra PPD değeri elde edilir.

$$PPD = 100 - 95e^{[-(0,3353PMV^4 + 0,2170PMV^2)]}$$

$$PPD = 100 - 95e^{[-(0,3353(0,79)^4 + 0,2170(0,79)^2)]}$$

$$PPD = 27,48$$

Örnek PD Değerinin Hesaplanması

PD değeri hesaplanırken ilk çözümlemede ortalama hız ve türbülans yoğunluğu değerleri verilerek denklem çözdürülmekte olup bu değerler aşağıda verilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak PD değeri hesaplanmıştır.

$$V = V_o = 0,5 \text{ m/s} \quad T_u = 5 \quad T_a = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$PD = (34 - T_a)(V - 0,05)^{0,62}(0,37VT_u + 3,14)$$

$$PD = (34 - 27,6)(0,5 - 0,05)^{0,62}(0,37 * 0,5 * 5 + 3,14)$$

$$PD = 15,85$$

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alparslan ŞANLI

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği, 2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar :

- Kırıkkale İl Göç İdaresi Müdürlüğü (2018-2019)
- MKE Ağır Silah Fabrikası (2019-2021)
- Kırıkkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (2021-Halen)

Yayınları (SCI) :

Yayınları (Diğer) :

- Şanlı, A., Tan, H. and Demircan, T. (2023) ‘Investigation of thermal comfort conditions depending on the location of the Wall-mounted air conditioner in the room’, International Scientific Research Congress XIV, p. 140-150, 2023. (Tam Metin Bildiri)

Araştırma Alanları :

- Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri
- Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
- Isı Transferi