

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT CİDARLI CEPHELERDE FARKLI HAVALANDIRMA
KOŞULLARINDA DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yashar TAHERİ BAVIOLYAEI

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

ARALIK 2016

**ÇİFT CİDARLI CEPHELERDE FARKLI HAVALANDIRMA
KOŞULLARINDA DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yashar TAHERİ BAVILI OLYAEI
(502091550)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Nuri SERTESER

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **502091550** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Yashar TAHERİ BAVILIOLYAEI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÇİFT CİDARLI CEPHELERDE FARKLI HAVALANDIRMA KOŞULLARINDA DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLE İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Nuri SERTESER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül Koçlar Oral**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa Özgünler
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **25 Kasım 2016**
Savunma Tarihi : **23 Aralık 2016**





Annem ve Babama,



ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan ve bana ikinci bir şans tanıyan değerli danışman hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Nuri Serteser'e, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

Aralık 2016

Yashar TAHERI BAVIOLYAEI
(Makine Mühendisi)



ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Tezin Kapsamı ve Sınırları	2
1.3 Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	2
2. KAPALI MEKÂNLARDA DUMAN HAREKETLERİ	7
2.1 Kapalı Mekânlarda Oluşan Yangınlar	9
2.2 Yangının Evreleri	10
2.2.1 Tam gelişmiş yangın modeli	11
2.3 Yangın Tipleri	11
2.3.1 Düzenli yangınlar	11
2.3.2 Düzensiz yangınlar	12
2.4 Yangının Büyüklüğü	12
2.5 Duman Hareketinde Etkili Olan Kuvvetler	13
2.6 Tavanda Oluşan Hava Akımları (Ceiling Jets)	14
2.7 Baca Etkisi (Stack Effect)	16
2.8 Açığa Çıkan Duman Miktarı	17
2.9 Duman Tabakasının Kalınlığı	19
2.10 Duman Kontrol Metotları	21
2.11 Doğal Havalandırma	25
2.12 Rüzgârın Etkisi	25
3. ÇİFT CİDARLI CEPHELER (DOUBLE-SKIN FAÇADES)	27
3.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri	29
3.1.1 Kutu tipi çift cidarlı cepheler:	29
3.1.2 Koridor tipi çift cidarlı cepheler:	30
3.1.3 Çok katlı çift cidarlı cepheler:	30
3.1.4 Şaft-kutu tipi çift cidarlı cepheler:	31
3.2 Avantaj ve Dezavantajları	33
3.3 Dünyada ve İstanbul’da Çift Cidarlı Cepheye Sahip Bina Örnekleri	34
3.4 Çift Cidarlı Cephelerde Duman Kontrolü	42
3.5 Çift Cidarlı Cephelerde Duman Yayılımı	43
3.6 Çift Cidar Genişliğinin Etkisi	44

3.7 Havalandırma Koşullarının Etkisi	44
3.8 Isı Salınımının Etkisi	46
3.9 İç Kabuktaki Cephe Çıkmaların Etkisi.....	47
3.10 Cam Tipi.....	47
4. YANGIN MODELİ VE DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLERİ İNCELENMESİ	49
4.1 Sayısal Modelin Tanımlanması	49
4.2 Modellemede Kullanılan Program	50
4.3 Kabuller ve Sınır Koşulları.....	51
4.4 Yangın Senaryoları.....	51
4.5 Sayısal Modele Ait Sonuçlar	53
4.5.1 Duman hareketi açısından sonuçlar.....	53
4.5.2 Sıcaklık değerleri açısından	77
5. DEĞERLENDİRME VE BULGULAR	101
5.1 Grup-1 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	104
5.2 Grup-1 Hız Açısından Değerlendirme.....	107
5.3 Grup-2 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	110
5.4 Grup-2 Hız Açısından Değerlendirme.....	113
5.5 Grup-3 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	116
5.6 Grup-3 Hız Açısından Değerlendirme.....	119
5.7 Grup-4 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	122
5.8 Grup-4 Hız Açısından Değerlendirme.....	125
5.9 Grup-5 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	128
5.10 Grup-5 Hız Açısından Değerlendirme.....	131
5.11 Grup-6 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	134
5.12 Grup-6 Hız Açısından Değerlendirme.....	137
5.13 Grup-7 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	140
5.14 Grup-7 Hız Açısından Değerlendirme.....	143
5.15 Grup-8 Sıcaklık Açısından Değerlendirme	146
5.16 Grup-8 Hız Açısından Değerlendirme.....	149
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	153
KAYNAKLAR.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	158

KISALTMALAR

MW	: Megawatt
NFPA	: National Fire Protection Association
TS	: Türk Standardı
TÜYAK	: Türkiye Yangından Korunma ve İtfaiye Eğitim Vakfı
bk.	: bakınız
BBRI	: Belgian Building Research Institute
m/s	: Metre/Saniye
Sn.	: Saniye
m	: Metre
cm	: Santimetre
HRR	: Heat Realse Rate
CFD	: Computational Fluid Dynamics
FDS	: Fire Dynamics Simulator
DMI	: Devlet Meteoreloji İşleri Genel Müdürlüğü
mm	: Milimetre
m²	: Metrekare



SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat
Q	: Isı miktarı
t	: efektif tutuşmadan itibaren geçen süre
t_g	: yangın büyüme zamanı
ΔP	: basınç farkı
t	: Zaman
ρ	: Yoğunluk
g	: Yerçekimi İvmesi
z	: Yükseklik
T	: Sıcaklık Değişkenleri
n	: Nötr Düzlem
i ve d	: İç ortam ve dış ortam



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Yangın senaryoları	52
Çizelge 5.1 : Yangın senaryo grupları.....	102





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :	Yangın evreleri.....	10
Şekil 2.2 :	Tavan jeti oluşumu.....	15
Şekil 2.3 :	Duvar jeti oluşumu.....	15
Şekil 2.4 :	Basınçtan kaynaklanan hava akışı (A) nötral basınç düzleminin konumu (B).....	16
Şekil 2.5 :	Axisimetrik duman sütunu	18
Şekil 2.6 :	Balkon duman sütunu.....	18
Şekil 2.7 :	Pencere duman sütunu.....	19
Şekil 2.8 :	Duman tabakası kalınlığı.....	20
Şekil 2.9 :	Bina yüzeylerinde rüzgarın oluşturduğu basınç dağılımı.....	26
Şekil 3.1 :	Çift cidarlı cephe sistemi kesiti	27
Şekil 3.2 :	Kutu tipi çift cidarlı cephe.....	29
Şekil 3.3 :	Koridor tipi çift cidarlı cepheler.....	30
Şekil 3.4 :	Çok katlı çift cidarlı cephe	31
Şekil 3.5 :	Şaft-kutu tipi çift cidarlı cephe.....	31
Şekil 3.6 :	Commerzbank binası iç görünüm ve cephe detayı.....	35
Şekil 3.7 :	Dış görünüm ve cephe detayı Debis binası.....	35
Şekil 3.8 :	Dış görünüm Watling House, (İngiltere).....	36
Şekil 3.9 :	Dış görünüm ve cephe görünüm Helicon binası.....	37
Şekil 3.10 :	Dış görünüm ve cephe planlaması Moravian kütüphanesi.....	37
Şekil 3.11 :	Dış görünüm ve cephe detayı Portcullis house, (İngiltere).	38
Şekil 3.12 :	Dış görünüm ve cephe detayı Stadtor binası, (Almanya).....	38
Şekil 3.13 :	Dış görünüm ve cephe detayı Swiss Re kulesi, (İngiltere)	39
Şekil 3.14 :	Dış görünüm ve cephe detayı Postane külesi.	40
Şekil 3.15 :	Dış görünüm ve cephe detayı Bath üniversitesi kütüphanesi.....	40
Şekil 3.16 :	Dış görünüm ve iç görünüm (Sapphire, İstanbul).....	41
Şekil 3.17 :	İç görünüm ve dış görünüm (Küçükçekmece belediye binası, İstanbul).	41
Şekil 3.18 :	Jaluzi sistemi ile duman kontrolü.....	42
Şekil 3.19 :	Çift cidar cephelerde duman hareketi.....	44
Şekil 3.20 :	Menfezlerin durumuna göre havalandırma modları.....	46
Şekil 4.1 :	Sayısal modelin ağ yapı (mesh) görüntüsü	50
Şekil 4.2 :	Rüzgar geliş açısı.....	51
Şekil 4.3 :	1.Senaryoda duman hareketi	53
Şekil 4.4 :	2.Senaryoda duman hareketi	54
Şekil 4.5 :	3.Senaryoda duman hareketi	55
Şekil 4.6 :	4.Senaryoda duman hareketi	56
Şekil 4.7 :	5.Senaryoda duman hareketi	57
Şekil 4.8 :	6.Senaryoda duman hareketi	58

Şekil 4.9 :	7.Senaryoda duman hareketi	59
Şekil 4.10 :	8.Senaryoda duman hareketi	60
Şekil 4.11 :	9.Senaryoda duman hareketi	61
Şekil 4.12 :	10.Senaryoda duman hareketi	62
Şekil 4.13 :	11.Senaryoda duman hareketi	63
Şekil 4.14 :	12. Senaryoda duman hareketi	64
Şekil 4.15 :	13.Senaryo duman hareketi	65
Şekil 4.16 :	14. Senaryoda duman hareketi	66
Şekil 4.17 :	15. Senaryoda duman hareketi	67
Şekil 4.18 :	16. Senaryo duman hareketi	68
Şekil 4.19 :	17. Senaryoda duman hareketi	69
Şekil 4.20 :	18. Senaryoda duman hareketi	70
Şekil 4.21 :	19. Senaryoda duman hareketi	71
Şekil 4.22 :	20. Senaryoda duman hareketi	72
Şekil 4.23 :	21. Senaryoda duman hareketi	73
Şekil 4.24 :	22. Senaryoda duman hareketi	74
Şekil 4.25 :	23. Senaryoda duman hareketi	75
Şekil 4.26 :	24. Senaryoda duman hareketi	76
Şekil 4.27 :	1. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	77
Şekil 4.28 :	2. Senaryo sıcaklık değerleri	78
Şekil 4.29 :	3. Senaryo sıcaklık değerleri	79
Şekil 4.30 :	4. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	80
Şekil 4.31 :	5. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	81
Şekil 4.32 :	6. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	82
Şekil 4.33 :	7. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	83
Şekil 4.34 :	8. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	84
Şekil 4.35 :	9. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	85
Şekil 4.36 :	10. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	86
Şekil 4.37 :	11. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	87
Şekil 4.38 :	12. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	88
Şekil 4.39 :	13. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	89
Şekil 4.40 :	14. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	90
Şekil 4.41 :	15. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	91
Şekil 4.42 :	16. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	92
Şekil 4.43 :	17. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	93
Şekil 4.44 :	18. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	94
Şekil 4.45 :	19. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	95
Şekil 4.46 :	20. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	96
Şekil 4.47 :	21. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	97
Şekil 4.48 :	22. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	98
Şekil 4.49 :	23. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	99
Şekil 4.50 :	24. Senaryoda sıcaklık değerleri.....	100
Şekil 5.1 :	Termokupların cidar yüzeyinde yerleşimi.....	103
Şekil 5.2 :	Grup-1 sıcaklık değerleri.....	106
Şekil 5.3 :	Grup-1 hız değerleri	109
Şekil 5.4 :	Grup-2 sıcaklık değerleri.....	112
Şekil 5.5 :	Grup-2 hız değerleri.	115
Şekil 5.6 :	Grup-3 sıcaklık değerleri.....	118
Şekil 5.7 :	Grup-3 hız değerleri	121
Şekil 5.8 :	Grup-4 sıcaklık değerleri.....	124

Şekil 5.9 : Grup-4 hız değerleri	127
Şekil 5.10 : Grup-5 sıcaklık değerleri.....	130
Şekil 5.11 : Grup-5 hız değerleri	133
Şekil 5.12 : Grup-6 sıcaklık değerleri.....	136
Şekil 5.13 : Grup-6 hız değerleri	139
Şekil 5.14 : Grup-7 sıcaklık değerleri.....	142
Şekil 5.15 : Grup-7 hız değerleri	145
Şekil 5.16 : Grup-8 sıcaklık değerleri.....	148
Şekil 5.17 : Grup-8 hız değerleri	151

Şekil 6.1 : Cidar genişliğine göre hız vektörleri.....	154
Şekil 6.2 : Dumanın (60cm) genişliği olan çift cidarda hareketi.....	154
Şekil 6.3 : Dumanın (120 cm) genişliği olan çift cidarda hareketi.....	155
Şekil 6.4 : Dumanın (180cm) genişliği olan çift cidarada hareketi	155
Şekil 6.5 : Rüzgar yönüne göre hız vektörleri.....	156





ÇİFT CİDARLI CEPHELERDE FARKLI HAVALANDIRMA KOŞULLARINDA DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLE İNCELENMESİ

ÖZET

Çift cidarlı cephe sistemlerinin kullanımı sağladığı çeşitli avantajlar nedeniyle mimari cephe tasarımlarında giderek yaygınlaşmaktadır. Çift cidar arasında bırakılan boşluk sayesinde doğal havalandırmaya imkan vermesi en önemli avantajları arasında sayılabilir. Ancak aynı boşluk ortamı, baca etkisi yardımıyla cepheyle bağlantılı bir mekanda çıkan bir yangının oluşturduğu dumanın diğer katları etkilemesini kolaylaştırmaktadır. Dumanın katlar arasında yayılmasıyla ilgili en önemli kriterler çift cidarın genişliği, havalandırma koşulları ve bina cephesine etki eden rüzgarın yönü ve miktarıdır.

Bu çalışmada çift cidar cephe sistemlerinde yangının oluşturduğu dumanın cephe içindeki boşlukta yayılma koşulları, farklı genişlik ve havalandırma koşullarına ve cepheye etki eden farklı yönlerdeki rüzgara bağlı olarak incelenmiştir. Yangın modeli için zemin+6 katta bir ofis binası planlanmış olup yangının ikinci katta odanın ortasında çıktığı varsayılmıştır. Cidar genişlikleri, havalandırma boşlukları ve cepheye etki eden rüzgar yönü değiştirilerek toplam 24 senaryo oluşturulup ve bu senaryoları 8 grupta halinde her grupta içinde iç cidar ve dış cidar yüzeyinde sıcaklık ve hız değerleri incelenmiş ve dumanın üst katlara geçişi ve çift cidar arasında hareketi incelenmiştir. İnceleme, sayısal ortamda CFD tabanlı PYROSIM programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Programla ilgili görsel veriler SMOKEVIEW programından elde edilmiştir.

Yapılan çalışmanın sonuçları, Farklı derinlik ve havalandırma açıklıklarına sahip çift cidarlı cephelerde yangın nedeniyle oluşan dumanın hareketi miktar ve hız açısından incelendiğinde, çift cidarın derinliğinin dumanın tahliyesinde çok etkili bir unsur olduğu ancak bunun da cidarın havalandırma koşullarına ve rüzgar yönüne bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Yine havalandırma koşulları cidar boşluğunu dolduran dumanın soğutulup sıcaklığının düşürülmesi ya da tersine yükselmesinde etkili olmaktadır. Bu nedenle derinliği yüksek olan cephelerde istenilen sonuçların alınmasının daha güç olduğu; buna karşın derinliği görece daha dar olan cephelerde tahliye hızı yüksek olmasına karşın duman ve sıcak gazların yangının bulunduğu katın üstündeki katları, seçilen cam türüne de bağlı olarak, daha hızlı etkileyebildiği söylenebilir. Üretilmesi olası duman miktarına ve havalandırma koşullarına ve cepheye etki eden rüzgar yönüne bağlı olarak çift cidar cephe derinlikleri belirlenmelidir.



QUANTITATIVE STUDY OF SMOKE MOVEMENT IN DOUBLE-SKIN FAÇADE WITH DIFFERENT VENTILATION

SUMMARY

Energy consumption have reached to top in recent years in regard to technological and structuring improvements. This situation has created worries about depletion of energy resources and has led to the search for renewable energy. A huge portion of energy consumption consisted of lighting, heating and cooling energy use. Thus, architectural designs which decreases those energy usage have become the most preferred ones. One of the prominent of energy examples of energy efficient building are also double-skinned façade systems. It is seen that double-skinned façade systems are efficient for reducing operational costs whereas have disadvantages in case of fire compared to single skinn façade. A gap between two skinns are designed for providing a natural ventilation by chimney effect in these sytems. However, it also provides a suitable environment for the spread of smoke and flames in the case of fire. Different strategies in double-skinned façade system designs are developed and lots of studies on fire safety are conducted to prevent this situation. Smoke, a more dangerous life-critical factor than flames in case of fire, behaves like a natural air movement. Thus, ventilation conditions are determinant for smoke movements during fire. As a result, analysis of smoke movements in different ventilation conditions is important for creation of the safest designs.

Experimental methods for simulation of fire scenarios provide vauable results. On the other hand they are lack of efficiency in time and costs and of generalizability. Since they can be tested in short time and give generalizable and highly predictable results, numerical methods are more preferred for these systems. In the current study, smoke movements are analyzed with numerical methods in double-skinned facades.

Studies on double-skinned facades focus on energy efficiency, lighting, shadowing, glass choice, ventilation and skinn width. On the other hand, studies on fire safety concentrate on effects of chimney effect on smoke movements in the gab between two skinns. Pressure difference in the ventilation gap may cause smoke to move upwards and to transport to other floors. Fire can rapidly spread from bottom elevation to upper elevation independently of smoke movements due to high pressure. This situation should be analysed apart from smoke movements.

Floors in high buildings are usually designed as wide and open plan. This type of plan poses a risk for spreading of flames and smoke during fire. In low-rise buildings, spaces are typically divided into more sections. Heat, flame and smoke permeability of walls, installations and rebates located between sections should be checked and preventions against passing of smoke should be taken. Fans that are made for ventilation support and other systems that serve various purposes (sprinkling, wlaking areas for maintenance, panels, etc.) on the facade should be fire-resistant.

Possible scenarios after the case of fire in double-skinned facades:

After starting in closed spaces, smoke and fire tend to spread toward outside of the building, also depending on ventilation conditions. Glass on the internal skin brakes earlier because of its proximity to fire and the effect of thermal radiation. Thereby, smoke and flames pass through glass to buffer zone between two skins. Then, smoke move upwards and toward outer skin due to chimney effect. After that, outer skin may be broken under the effect of flames and smoke. By this way, flames and smoke are thrown out with carrying lower life-threatening risk by preventing them to spread other floors. In the other scenario, however, flames and smoke lick the outer facade and move upwards with the chimney effect. In this scenario, flames and smoke brake glasses on the inner skin and spread to spaces in upper floors during its upward movement. There are several factors which effect these scenarios. These are can be listed as width of gap between two skins, ventilation conditions (wind), heat emisson, type of glass, and protrusions on the inner skin.

Usage of double skin façades sytems in artchitectural façade designs is gradulally becoming more common because of its numerous advantages. Natural ventilation that is created by the gap between two façades is the most important advantage of this systems. However, this gap also causes spreading of smoke by chimney effect to other floors that is connected with the skin. The most important criterieas for spreading of smoke are width of double skin, ventilation conditions and direction and the amount of wind that affects building façade.

In this study, the spreading conditions of smoke in the gap between two façades is analyzed according to different width and ventilation conditions and to wind that affects the façade from different directions. A six-storey office building with +5 floor is diesigned as numerical model. Every floor of building is 4 meters, and the place where the fire is and every place in vertical axis of it have 2,5 m x 3m windows in their outer façades (interior of double skin). Windows of this floor and of all other floors except the top floor is thought to be closed. In the top floor, however, only one window module is thought to be opened. Wall thicknes is designed as 20 cm, parapet is designed as 80 cm, and joist is designed as 70 cm in the model. The size of the every places in the same axis that are consecutively located is 36 m². The fire is thought to be occurred in the middle of the place at the first floor that is analyzed. The size of the fire is chosen as 5 MW. Depth of the double skin façade is estimated as 60 cm, 120 cm and 180 cm. Tempered glass is used on the transparent surface of interior façade of double skin façade. The results of studies on these kind of glasses show that they cracked and broken in 600 °C heat. Based on those results, breaking of glasses when this temperature is reached indoor and between double skins is used as design data in numerical analysis. On the other hand, the glass on the outside façade of the double skin façade has lower risk of breaking, and further breaking of it creates advantage for smoke removal. Thus, breaking of that glass is not included to the model. Different ventilation options are created by openings at the top and bottom of outer skin of double skin façade. Openings are planned as 20 cm x40 cm though the façade. Wind that comes from three different directions to outer façade of double skin façade with 2.19 m/Sec (mean air speed for Istanbul according to datas of DMI Göztepe Station ffor years) is entered to program as data to analyze effects of wind movement. Incidence angle of wind estimated as 0°, 45° and 90°. Total 24 scenarios are formed by using width of façade, ventilation gaps and three different incident angles of wind. Then, these scenarios are divided into 8 groups. After that, these groups are compared

according to temperature of both inner and outer façades and speed values by using graphics. Also, how smoke affects upper floors and its behavior are analyzed. Analyses are made by using CFD based PYROSIM program. Visual data are obtained from SMOKEVIEW program. Speed and temperature graphics for each group is analyzed. Results show that scenarios with narrower façade width have higher values of speed and temperature on double skin façades and in gap between double skin. Therefore, it is concluded that double skin depth has an important effect on smoke evacuation. However, this effect also changes according to ventilation conditions and direction of wind. They also affect cooling or increasing the temperature of smoke which fills the gap between double skin. Thus, it can be said that expected results are hard to be obtained in deeper façades. Also, it can be concluded that even though smoke evacuation is faster in less deep façades respectively, smoke and hot gases affect upper floors faster based on glass. Double skin façade depth should be determined according to possible quantity of smoke, ventilation conditions and direction of wind that affects the façade.





1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan yapılaşmanın etkisiyle son yıllarda enerji tüketimi dünya genelinde doruk noktalara ulaşmıştır. Bu durum, enerji kaynaklarının tükenmesine dair endişeler doğurmuş ve yenilenebilir enerji arayışını ortaya çıkarmıştır. Enerji tüketiminin büyük bir kısmı aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerjisi giderlerinden kaynaklandığı için bu maliyetleri düşüren mimari tasarımlar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Enerji etkin yapıların öne çıkan örneklerinden biri de çift cidarlı cephe sistemleridir. Çift cidarlı yapıların işletim maliyetini önemli ölçüde düşürdüğü kanıtlanmış olsa da yangın durumunda tek cidarlı cephelere kıyasla dezavantajlı olduğu görülmüştür [1]. Bu sistemlerde, cephedeki iki cidar arasında bulunan boşluk, baca etkisinden yararlanarak binanın doğal havalandırmasını sağlama amacıyla tasarlanmış olmasına rağmen yangın durumunda duman ve alevlerin yayılması için elverişli bir ortam sunmaktadır. Bu durumu önlemek için çift cidarlı cephe sistemleri tasarımında farklı çözümler geliştirilmekte ve yangın güvenliği konusunda pek çok araştırma yürütülmektedir. Yangın durumunda alevlerden daha büyük hayati tehlike oluşturan duman, doğal hava hareketine benzer şekilde hareket etmektedir. Bu nedenle havalandırma koşulları, yangın sırasında duman hareketlerini belirleyici nitelikte olmaktadır. Sonuç olarak farklı havalandırma koşullarında duman hareketlerinin incelenmesi, yangın durumları için en güvenli tasarımları ortaya çıkarabilmek adına büyük önem taşımaktadır.

Yangın senaryolarının canlandırıldığı deneysel yöntemler bu alanda değerli sonuçlar sağlamasına rağmen zaman, maliyet ve genellenebilirlik açısından dezavantajlıdır. Bu noktada sayısal yöntemler, pek çok olasılığın kısa sürede test edilebilmesi, genellenebilir ve tahmin gücü yüksek sonuçlar vermesi nedeniyle avantajlı bir araştırma yöntemi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çift cidarlı cephelerdeki duman hareketleri sayısal yöntem ile incelenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada çift cidarlı bir ofis binasında farklı havalandırma koşullarında yangın nedeniyle oluşarak çift cidar içersine geçen dumanın hareketinin hız ve sıcaklık dağılımları açısından oluşturacağı etkileri, cidar genişliği, havalandırma açıklıklarının boyutları ve rüzgar parametrelerine göre incelemektir.

1.2 Tezin Kapsamı ve Sınırları

İncelemde kullanılan model binanın yüksek bina kategorisinde yer alması için bina yüksekliği 24 m olarak tasarlanmıştır. Her kat yüksekliği 4 m olarak düşünülmüştür. Modelde, ofis tipi bir binanın 1. katında başlayan yangının oluşturduğu dumanın çift cidar arasında yayılması incelenmiştir. Çift cidarın dış cidarında camın kırılması sonucu dumanın dışarı atılması durumu çalışma kapsamında yer almamaktadır. Çift cidar iç cephesinde ise Türkiye Şişe Cam Sanayi A.Ş tarafından üretilen ve 600 °C' sıcaklığa dayanıklı olduğu belirtilen temperli camlar benzetimde yer almıştır. Cephe genişliğinin duman yayılımındaki etkilerini incelemek üzere farklı genişliğe sahip cephe senaryoları oluşturulmuştur. Havalandırma koşulları açısından çift cidara alttan hava girişi ve üstten hava çıkışı olması ve bu genişliklerin değişken olması durumları dikkate alınmıştır. Ayrıca rüzgarın etkisinin incelenmesi için DMİ İstanbul Göztepe istasyonuna ait uzun yıllar rüzgar hızlarının ortalaması rüzgarın model binaya farklı geliş açılarıyla etki ettiği durumlar ele alınmıştır.

1.3 Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Çift cidar sistemlerinde çıkan yangının ve dumanın yayılması ve bunun sonuçları ile ilgili daha önceden yapılmış deneysel ve sayısal çalışmalar bulunmaktadır.

2006 senesinde Wenting Ding (araştırmacı yardımcısı) ve Yuji Hasemi (Professor) tarafından Waseda Üniversitesi Mimarlık Bölümü' nde yapılan bir çalışmada çift cidar binalarda baca etkisi (stack effect) sayesinde dumanın çift cidar arasında yükselerek ve katlarda yer alan pencereler vasıtasıyla diğer katlara geçişi incelenmiştir. Pencere ölçüleri değiştirilerek farklı yangın senaryolarında oluşan duman miktarı bir CFD programında hesaplanarak sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca deneysel bir model üzerinde de duman kontrolünün pencerelerin ölçüsü ile bağlantısı incelenmiş, sonuçlar CFD programında alınanlarla kıyaslanmıştır. Çalışmada daha çok pencerelerin biçimi

üzerine bir inceleme yapılmış ve duman hareketini etkileyebilecek cidar genişliği, baca yüksekliği ve rüzgar gibi diğer faktörler üzerinde fazlaca durulmamıştır [2].

Diğer bir çalışma 2010 senesinde Cheuk lun Chow tarafından Cambridge Üniversitesi Mimarlık Fakültesi' nde yapılmıştır. Bu çalışmada FDS programı kullanılarak çift cidar cepheye bitişik yangın çıkan bir odadan dumanın çift cidara geçişi incelenmiştir. Çift cidar yüksekliği 15 m ve cidar genişliği 0.5 m, 1 m, 1.5 m ve 2 m olarak değiştirilerek 4 farklı senaryo üretilmiştir. Isı salım oranı (heat release rate HRR) 1 MW ve 5 MW alınarak iki benzetim (simülasyon) yapılmıştır.

Alınan sonuçlar geniş olan cidarın yangının yayılmasında daha etkin ve üst katlardaki pencerelerin kırılmasında da çok önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Bu sonuçtan da anlaşıldığı gibi cidar genişliği ve bina yüksekliği çift cidarda yangının ve dumanın yayılımı konusunda çok önemli parametrelerdir ve bu hususa dikkat edilmelidir. Cidar genişliğinin 2 m' den fazla olması durumunda duman ve sıcak gazların diğer katlara geçişi ve üst katlardaki pencerelerin kırılması çok daha erken gerçekleşmiş olacaktır. Çift cidar genişliğinin 1 m'nin altında olması durumunda yine istenmeyen sonuçlar elde edilmektedir [3].

W.K. Chow ve W.Y. Hung 2005 senesinde Hong Kong Politeknik Üniversitesi' nde yaptıkları çalışmalarda çift cidarlı bir binada duman kontrolü yapmak için bir model geliştirmişlerdir.

Modelde çift cidar genişliği 0.5 m, 1 m, 1.5 m ve 2 m olarak ve yüksekliği 4 m olarak seçilmiş ve her iki cephede cam kullanılmıştır. Yangın kompartmanı 2 m x 1.5 m x 2 m ve çift cidara açılan pencere ölçüsü ise 1.5 m x 0.8 m olarak tasarlanmıştır.

Farklı cidar genişlikleri seçilerek meydana gelen kompartman yangınlarında her iki cephedeki camların sıcaklık ve ilk kırılma zamanları kaydedilmiştir. 1 m' lik çift cidar ölçüsü kritik genişlik olarak seçilmiştir. Ayrıca sıcaklık farkının büyük camlarda fazla olmasından dolayı daha erken kırılma meydana gelmesi nedeniyle küçük cam kullanımının binalarda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ancak bu deneylerde cidar yüksekliğinin çok fazla olmadan dolayı tam olarak baca etkisi (stack effect) meydana gelmemiştir [4].

Zhaopeng Ni, Shichang Lu ve Lei Peng 2012 senesinde yaptıkları çalışmada çift cidar sistemlerinde çıkan yangın sonucunda camların kırılma sıcaklığı değerlerini incelemişlerdir. İlk olarak bir odanın bir cephesinde yer alan küçük bir pencerede deneysel bir çalışma yapmışlardır. Pencerede 6 mm kalınlığında temperli cam kullanılmıştır. Sonuçlardan elde ettikleri verilere göre camın dış kısmındaki sıcaklık kırılma anında yaklaşık 600-800 °C olmuştur.

Büyük ölçekte yapılan deneylerde bir çift cidar modeli oluşturarak iç camın kalınlığını 6 mm, dış camın kalınlığını 12 mm ve arasında jel katmanı olacak şekilde tasarlamışlardır. Üç farklı HRR seçerek yangın senaryoları oluşturulmuş ve deneyler yapılmıştır. Görece HRR minimum olan deneyde yangın kompartımanının üst katındaki çift cidarın dışındaki camın iç yüzeyi ve iç cidardaki camın dış yüzey sıcaklıkları 300 °C'den daha az olması nedeniyle kırılma noktasına ulaşmamıştır. Ama HRR maksimum ve 2 MW seçildiğinde iç cephedeki cam kırılmış ve daha sonra jel tutuşarak yangının cidar boşluğuna geçmesine neden olmuş; dış cephedeki camın da kırılmasıyla yangın bina cephesinden dışarı doğru yönlenmiştir. Bu durum çift cidar arasındaki sıcaklığın yükselmesine sebep olmuştur.

Her iki deneyden de anlaşıldığı gibi deneylerde kullanılan 6 mm' lik temperli cam 600-800 °C sıcaklığında kırılmıştır. Çift cidar sisteminde iç cam kırıldıktan sonra çift cidar arasına giren duman miktarının HRR ile ilişkili olduğu görülmüştür [5].

Ülkemizde uygulanmakta olan Binaların Yangın Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY), 2007'nin 09.07.2015 tarihli 29411 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" de yer alan 27. maddenin 3. fıkrasında bina cepheleri ile ilgili yapılan düzenleme şu şekilde yer almaktadır:

MADDE 27-

(3) Giydirme cephe sistemleri;

a) Cephe elemanları ile alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara atlamasını engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak süre kadar yalıtılır.

b) Derzleri açık veya havalandırmalı giydirme cephe sistemli binalarda kullanılan cephe ve yalıtım malzemeleri en az zor yanıcı olmalıdır."

Bu madde dışında BYKHY'de çift cidarlı binalarda oluşabilecek yangınlara karşı herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır.





2. KAPALI MEKÂNLARDA DUMAN HAREKETLERİ

Yangın güvenliği alanında duman hareketlerinin değerlendirilmesi en temel ve en önemli risk analiz yöntemlerinden birisidir [51] . NFPA 101 Life Safety Code, 2015 yangın güvenliğini, “yapı kullanıcılarının can güvenliği düzeyini arttırmak ve yangının zararlı etkilerinin yayılmasını kontrol etmek için tasarlanan ve düzenlenen görevler bütünü” olarak tanımlamaktadır [35]. Bu bağlamda yangın sırasında oluşabilecek tehlikeleri öngörmek ve ona uygun tasarımlar yapmak hayati önem arz etmektedir. Duman hareketlerinin hesaplanması ise bu alanda başta gelen çalışmalardandır. Yangın durumunda insan hayatı açısından en büyük riski oluşturduğundan duman hareketlerinin hesaplanması konusunda pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar literatüre katkı sağlayarak yeni yöntemler geliştirilmesi için imkan sunmaktadır.

Duman, bir maddenin yanması sırasında havada uçabilen katı, sıvı ve gaz taneciklerin alev bölgesinden etrafa yayılması ve hava ile birleşmesi sonucunda oluşan karışımdır. İnsan sağlığı üzerinde hayati derecede olumsuz etkileri olduğundan ve yangının yayılmasında büyük rol oynadığından duman hareketlerinin incelenmesi yangın güvenliği alanında çok önemli bir yere sahiptir.

Yanma sonucu ortaya çıkan sıcak gazlar ve duman oda içerisinde tavana kadar yükselerek orada bir tabaka oluşturur. Bu tabaka giderek kalınlaşır ve tüm odayı kaplar. Bu durum çok kısa bir süre içerisinde gerçekleşir ve yangın devam ettiği sürece bu tabakanın yoğunluğu artmaya devam eder. Doğal duman tahliyesi durumunda duman, içinde bulunan sıcak gazların etkisiyle yükselerek yangının başlangıcından itibaren dışarı atılır. Özellikle geniş planlı odalarda duman hareketleri ve yayılması, oda içerisindeki hava akımlarına bağlı olarak gerçekleşir. Bu akımlar üzerinde rüzgar basıncının da etkisi vardır. Bu nedenle dumanı dışarı atabilecek açıklıklar, yangının yayılması riskine karşı rüzgarın etkisinden korunmalıdır. Yapının bulunduğu bölgedeki genel rüzgar yönüne göre konumlandırılan menfezler, bu anlamda avantajlı olmaktadır. Odanın içerisinde artan sıcaklıkla birlikte duman da doğal olarak dışarı daha hızlı bir şekilde tahliye edilir [28]. İçeridekilerin güvenliği açısından bu durum bir anlamda olumlu iken yangının yayılmasını kolaylaştırması açısından olumsuzdur.

çok katlı yapılarda insanların yangın durumunda kolay tahliye edilebilmesi için tasarlanan yollar, dumanın hızlı ve kolay bir şekilde dağılımına da yol açmaktadır. Bu nedenle tahliye ve can güvenliği için yapılan bölgelerin tam tersine kapana kısılmaya ve hayati riske sebebiyet verme ihtimali de vardır. Bunun yanı sıra tahliye yolları üzerinde kesinlikle yanıcı madde yer almaması gerekirken alışveriş merkezlerinde bu alanların yanıcı ve parlayıcı maddelerle dolu satış ve sergi mekanlarına dönüştürülmesi, riskin katlanarak artmasına yol açmaktadır. Binaların Yangından Korunmasına İlişkin Yönetmelik'te atriumlarda doğal ve mekanik duman kontrolünün yapılması gerektiği yer almaktadır. Tahliye bölgelerine geçiş de buralardan sağlandığı için yangın durumunda insanların toplu halde bu bölgelere yönelmesi yığılmaya sebep olabilir. Özellikle dolaşım alanları ve atrium mekanları, tahliye yollarına ek olarak tasarlandığından yangın ve dumanın etkilerinden korunması gereken birincil alanlardır [27]. İnsanların toplu halde bulundukları tüm alanlarda yangın esnasında mekanın en kısa sürede boşaltılmasına veya mekan değişimine olanak sağlayacak bir tasarım seçilmelidir.

Kapalı mekanlarda çıkan yangınlar genellikle model üzerinde yapılan deneylerle test edilmektedir. Deneysel yöntem için tasarlanan yangınlarda, tasarım sistemini belirlemek için çok sayıda senaryo oluşturulmalı ve gerçeği en iyi yansıtan durumlar belirlenip en iyi sonuca ulaşana kadar deneyler yapılmalıdır [32]. Yangının başlama şekli ve ortamda ne tür malzemeler bulunduğu genellikle farklı yangın senaryolarında benzerlik gösterdiğinden bu değişkenler, deneyleri büyük ölçüde etkilememektedir. Farklı yangın senaryolarındaki bu benzerlik, yapılan kapalı alan modellemelerinin farklı durumlara genellenebilmesine olanak vermektedir. Malzemelerin türü, yangının şiddeti açısından önemli bir rol oynasa da kapalı mekanlarda farklı malzemelerin bir arada olması bu durumu ortalama değerler üzerinden test edilebilir hale getirmektedir. Eğer ortamda patlama ve genel kavuşmaya sebep olacak aşırı ve ani ısı salınımı yapan maddeler yoksa, durum genel senaryoya uygunluğunu korur. Bu tür malzemelerin bulunması ise mekanın bütünlüğünü bozacak patlama ve çöküntülere sebep olabilir ve yangının seyrini tamamen değiştirebilir [38]. Kapalı alanlarda yangın ortamlarının benzerlik göstermesi matematiksel modellemelerde de kolaylık sağlamaktadır. Örneğin bir dairede, konferans salonunda ya da depoda meydana gelen tutuşma sonucu çıkan yangın büyük oranda benzer bir gelişim göstermektedir. Bu senaryolardaki en önemli değişkenler yangının nedenindeki, şiddetindeki ve süresindeki farklılıklardır.

İlk tutuşmanın ardından alevler kendi kendini besleyerek parlayabilir ve dakikalar içerisinde büyüyebilir. Tutuşma sonrasındaki ısı artışı nedeniyle ayrı bir tutuşturucu alev etkisine gerek olmaksızın yeni genel kavuşmalar ortaya çıkabilir. Ani genel kavuşmaların görüldüğü seviyeye kadar sıcaklığın artması durumuna “ani genel kavuşma sıcaklığı” denilmektedir [44].

2.1 Kapalı Mekânlarda Oluşan Yangınlar

Şehirleşmenin giderek artması, binaların daha çok katlı ve birbirine daha yakın hale gelmeleri, nüfusun çoğalması ve insanların zamanının çoğunu kapalı mekânlarda geçirmesi yangın durumlarında ortaya çıkabilecek risklerin de artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle yangın güvenliği alanında yapılan çalışmalar giderek daha da önem kazanmaktadır [18]. Can ve mal güvenliğini en çok tehdit eden kapalı mekan yangınları, açık alandakilerden farklı özelliklere sahip olduğundan ayrı bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Kapalı mekanlarda oluşan yangınlar büyüdükçe ortamdaki basınç giderek artar. Genellikle bu durumun sonucunda camlar kırılır ve içeri temiz hava girişi başlar. Oksijen miktarının artması yangını besler ve daha da çok büyümesine sebep olur. Bu nedenle kapalı alanlarda otomatik ya da elle kontrol edilen yollarla dumanın en kısa sürede dışa tahliyesinin sağlanması gerekmektedir. Kapalı mekanlarda yangın sırasında biriken dumanı ve zehirli gazları dışarı boşaltmak insan hayatını güvence altına alma ve yayılmayı önleme açısından çok önemlidir. Aynı zamanda ortamdaki sıcaklığın azaltılması ve görüşün açılması ekiplerin içeri yakından müdahale edebilmelerine olanak sağlar [37].

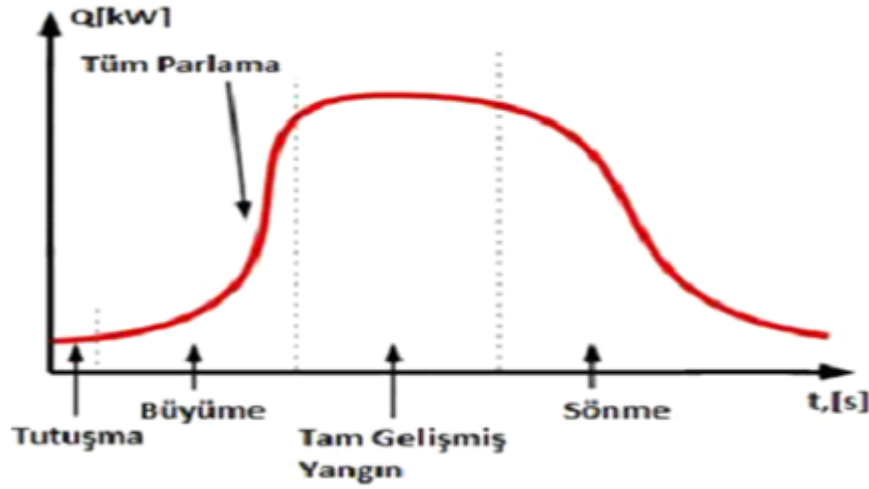
Ayrıca kapalı mekanda kısıp kalan gazlar sıcaklığı yükseldikçe parlama ile ani bir şekilde tüm iç mekanı kaplayan bir yangına sebebiyet verme riskine sahiptir.

Kapalı bir mekanda bir tutuşma olduğunda alevler kendiliğinden sönebilir ya da büyüyerek bir tehdit unsuru haline gelebilir. Yangının kendi kendine sönmesi pek çok farklı sebebe bağlı olabilir. Kapalı mekanlarda bu durum, genellikle yanma olayının gerçekleşmesi için gereken 3 ana unsurdan (ısı, yakıt ve oksijen) birinin yetersiz olmasından kaynaklanır. Yangın, kendiliğinden sönmemesi durumunda mekandaki tüm oksijen ve yakıt tükenene kadar devam eder. Yanan yakıtın hemen üstünde yukarı doğru yükselen alevler, sıcak gaz ve duman kütlesi görülür. Yükselen bu duman ve

gazlar hava ile karışır ve oksijen ile tutuşmuş olan yakıttan çıkan buhar yanıcı olduğu için karışım yanmaya devam eder. Yandıkça etrafa ısı yayar. Açığa çıkan ısı ortamdaki gazlar tarafından emilir. Bu yolla gazların ve içinde uçuşan küçük katı parçacıkların ısısı gittikçe daha da yükselir. Yanan gazlar ısınıp yükselerek dışarı atıldıkça aşağıdan taze hava girişi de devam eder. Duman sütununa temiz hava girişi olduğu sürece de yangın gerekli oksijeni alarak kendisini besler ve büyüme için uygun ortamı bulmuş olur [38].

2.2 Yangının Evreleri

Yangın evreleri Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi 4 aşamadan oluşmaktadır: tutuşma, büyüme, tam gelişmiş yangın ve sönme. Tüm parlama (flashover), bir yangın evresi olmayıp büyüme ve tam gelişmiş yangın evreleri arasında hızlı bir geçiştir. Ortam sıcaklığının artması engellenemediği takdirde, ani bir sıcaklık ve basınç artışı olarak meydana gelmektedir.



Şekil 2.1 : Yangın evreleri [13].

2.2.1 Tam gelişmiş yangın modeli

Tam gelişmiş yangın modelinde ısı gücünün, tutuşmadan itibaren maksimum yangın büyüklüğü değerinde ve sabit olduğu kabul edilmektedir. Bu kabul;

Tutuşma ve büyüme süresinin çok kısa olduğu sıvı yangınlarında, sprinkler sisteminin faaliyete geçmesinden sonra açığa çıkan ısıнын sabit kaldığı durumda, yangıcılardan birinin sönüp diğerinin yanmaya başladığı ve böylece yangın büyüklüğünün sabit kaldığı kabul edilen yangınlarda geçerli olabilmektedir.

Bu çalışmada çift cidarlı bina modelinde meydana gelen yangın senaryolarında tam gelişmiş yangın modeli kullanılmıştır [13].

2.3 Yangın Tipleri

Bir yangın tarafından üretilen duman miktarının ve açığa çıkan ısı miktarının hesaplanması birim alan veya yangın mahallinin tamamının alan ve çevresel olarak büyüklüğünün ve ısı akısının bilinmesini gerektirir. Bunun yanı sıra yangınları zamana bağlı olarak büyüme (düzensiz yangın) ve açığa çıkan ısı miktarının sabit olduğu (düzenli yangın) durum olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

2.3.1 Düzenli yangınlar

Düzenli yangınlar, açığa çıkan ısı miktarının sabit olduğu yangınlardır. Düzenli yangınlarda yangın, belirli bir değere kadar hızlı bir şekilde büyür daha sonraki büyüme ise yangını kontrol eden faktörlere ve diğer yanıcı maddelere olan mesafeye bağlı olarak değişir. Atriumlarda, alışveriş merkezlerinde ve diğer geniş mahallerdeki yangınlar genellikle oksijen kontrollü değildirler. Büyük mahallerde havanın bol olması sebebiyle, yangın boyutu sınırlandırılmaz. Bununla birlikte, bu gibi yangınların boyutu yanıcı maddelerin miktarı ile sınırlıdır. Büyük mahallerdeki yangınlar genellikle çok sayıda yanıcı madde içermektedir. Bu yangınlarda açığa çıkan ısı miktarı yaklaşık olarak her bir yanıcı maddenin açığa çıkardıkları ısı miktarlarının toplamıdır [31].

2.3.2 Düzensiz yangınlar

Lorem Düzensiz yangınlar, açığa çıkan ısı miktarının zamana bağlı olarak değişim gösterdiği yangınlardır. Düzensiz yangınlar için açığa çıkan ısı miktarının, zamanın karesinin fonksiyonu olduğu düşünülür ve aşağıda yer alan (2.1) denklemdeki gibi ifade edilir.

$$2 ()_t.1055Q = -t_g \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; Q yangın sonucu açığa çıkan ısı miktarı (kW), t efektif tutuşmadan itibaren geçen süre (Sn.), t_g yangın büyüme zamanı (Sn.) dir. Diğer bir deyişle efektif tutuşma zamanı, yangının 1055 kW değerini geçtiği ana kadar olan zaman aralığıdır.

Hızlı gelişen yangın, efektif tutuşma zamanından 1055 kW ısı miktarına 150 Sn.' den az bir sürede ulaşan yangındır. Orta hızda gelişen yangınlar, efektif tutuşma zamanından 1055 kW ısı miktarına 150 Sn. ile 600 Sn. arasında ulaşan yangınlardır. Aynı ısı miktarına 600 Sn. veya daha fazla sürede ulaşan yangınlar ise yavaş gelişen yangınlardır.

2.4 Yangının Büyüklüğü

Yangın sırasında açığa çıkan ısı miktarı, zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yanıcıların cinsine ve ısıya bağlı olarak yangının büyüklüğü etkilenmektedir. Örneğin, ahşap mobilyalar 1-4 MW arasında ısı gücünün açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Yangının büyüklüğü, eşyaların yapıldığı materyallerin cinsi kadar birbirlerine olan uzaklıklarından ve mekan içerisindeki konumlarından da etkilenmektedir. Eşyaların birbirlerine daha yakın şekilde yerleştirilmesi yangının yayılmasını ve daha hızlı büyümesini kolaylaştırıcı bir etkidir. Atrium tarzı açık alanlara sahip olan mekanlarda ısıdan etkilenerek alev alacak ve ısı salınımına katkıda bulunacak materyallerin az olması, yangının büyüme riskini azaltmaktadır.

Yanma şiddeti ile doğru orantılı olarak, yangının gücü de artar. En başta gerçekleşen alevlenmenin ardından başlayan yanma olayı temelde yakıtın havadan aldığı oksijenle bir dizi reaksiyona girerek ısı ve ışık vermesi ile olur. Yanmaya başlayan yakıt ile oksijen arasındaki bu reaksiyonların hızı arttıkça yangının gücü ve dolayısıyla büyüklüğü de artar. Bunu belirleyen en önemli etken de yakıtın türü ve miktarıdır.

Yangının başlangıcından itibaren art arda gerçekleşen olaylar sonucunda ortamın havası ile üstte bulunan duman ve gaz tabakası arasında bir sınır bölge oluşur. Bu sınır bölge, üst tabakanın kalınlaşması ile aşağı yönde hareket etmeye başlar. Bu noktadan sonra mekanın kapalı ya da açık mekan olması durumu yangının seyri açısından önem taşır. Havalandırma, pencere ya da kapı gibi açıklıklar olmaması durumunda (birleşim yerlerindeki sızıntılar dışında) dış ve iç mekan arasında hava değişimi söz konusu değildir. Böyle bir senaryoda havanın ya da dumanın hareketi ancak doğrama birleşim yerlerindeki sınırlı açıklıklardan olabilir. Yangın sırasında camlardan herhangi birinin patlaması dışarı duman tahliyesi ve içeri hava girişini sağlayarak yangının dinamiğini tamamen değiştirir. Bu gibi durumlar, kapalı alanlardaki yangın senaryolarını modelleyen çalışmalarda mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır [31].

2.5 Duman Hareketinde Etkili Olan Kuvvetler

Duman hareketlerinde etkili olan başlıca kuvvetler, sıcak gazların kaldırma kuvveti, yanma sonucu gazların genişlemesi, baca etkisi ve rüzgar basıncıdır [13]. Yüksek ve alçak binalarda bu kuvvetler farklılık gösterebilmektedir. Az katlı binalarda konvektif hareket, sıcaklık seviyesi, yangın basıncı ve benzeri etkenler duman hareketlerine başlıca etki eden kuvvetler arasındadır. Yüksek binalarda bu etkenlerin yanı sıra bir de iç ve dış mekan arasındaki sıcaklık ve basınç farklılığından kaynaklanan doğal hava hareketlerinin de eklenmesi, duman hareketlerini daha anlaşılabilir hale getirir. Ayrıca duman tahliyesi ve havalandırma için yapılan tasarım uygulamaları da yangın sırasında oluşan duman hareketlerini etkilemektedir [30].

Duman hareketlerinin hesaplanmasında, duman akışı ve ısı-kütle geçişi problemi ele alınmaktadır. Duman akışına yön veren en önemli etken basınç farklılıklarıdır. Özellikle yüksek binalarda, iç ve dış mekan arasındaki sıcaklık farkı katlar boyunca değişiklik gösteren bir basınç farklılığına neden olmaktadır. Çok küçük basınç farklılıkları dahi duman hareketlerini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Bu sebeple, farklı mekan tiplerinde incelenen duman hareketleri problemlerinde en önemli faktör, doğal havalandırmadaki basınç değeri olarak değerlendirilmektedir. Dış mekan ve iç mekan arasındaki sıcaklık farkı azaldıkça basınç farkının da kritik bir değerden küçük olma ihtimali yükselir ve bu gibi durumlarda geri akış gözlemlenebilir. Yani iç mekanın yeterince ısınmaması, çekişin yetersiz olmasına, dolayısıyla dumanın mekanın içine doğru geri akmasına sebep olabilir.

Duman hareketlerinin incelenmesinde kullanılan sayısal yöntemler “bölge” ve “alan” modelleri olarak ikiye ayrılır. Bölge modellerinde, genel olarak mekanın hacmi alt ve üst tabaka şeklinde ikiye ayrılır. Alev ve buradan emilimle üst tabakaya karışan taze hava alt bölgeyi oluşturmaktadır. Üst bölge ise sıcak gazlardan oluşan duman tabakasını içermektedir. Bölgeler birbirinden belirgin şekilde ayrılırlar ve kendi içerisinde düzgün bir dağılım gösteren özgün özellikler gösterirler. Alt bölgeden üst bölgeye doğru kütle geçişi, alev bölgesinin olduğu yerden gerçekleşmektedir. Bölge modellerinde alt bölgeden taze hava girişi üst bölgeden ise dışarıya duman çıkışı ile hidrostatik basınç profili oluşturulmaktadır. Bu tip sayısal modellerde sıcaklık gradyanı, katmanlaşma, tavanda meydana gelen yatay duman akışı gibi faktörler göz ardı edildiği için modelin varsayımları hesaplamalarda büyük hata oranlarına neden olabilmektedir.

Duman hareketlerinin sayısal olarak incelenmesinde kullanılan bir diğer yöntem olan alan modelleri ise bölge modellerindeki sınırlılıkların giderilmesini sağlamaktadır ve model deneylerini tamamlayıcı niteliktedir. Bu model, bölge modellerine kıyasla daha fazla bilgisayar kapasitesi ve teknik ekipman gerektirmektedir. Alan modellerinde mekan hacmi çok sayıda hücreye bölünerek bu hücreler arası kütle ve ısı geçişi denklemlerle hesaplanmaktadır. Bu yöntemde değerlendirilen hücre sayılarının artması pratikliği düşürse de daha az hata oranı sağlar. Aynı zamanda küçük ölçekte gerçekleşen karmaşık hava hareketlerinin de çözülmesine olanak sağlar.

2.6 Tavanda Oluşan Hava Akımları (Ceiling Jets)

Lorem Yangını başlatan genellikle bir cismin ya da diğer bir deyişle yakıtın tutuşmasıdır. Tutuşma sonucu maddeden ısı ve ışık yayılması sonucu alevler çıkmaya başlar. Yanma bölgesinin üstünde yükselen duman sütunu ile yukarı doğru çıkan duman, sıcak gazlar ve alev ortamdaki hava ile karışır ve tavana ulaştığı noktada her yöne doğru dağılmaya başlar. Dumanın tavanın hemen altında, yüzeye paralel bir biçimde ışınlar halinde dağılması “tavan jeti” olarak adlandırılır (Şekil 2.2) [38].

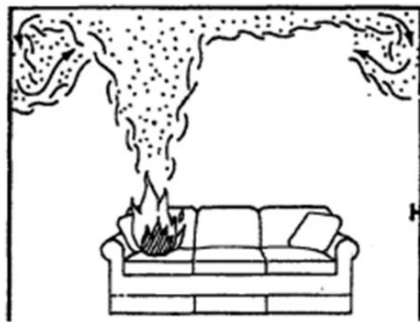
Yükselip tavan engeliyle karşılaştıktan sonra yatay düzlemde tavana yayılan duman, altında kalan ortam havası ile beslenerek gittikçe kalınlaşır. Yanma olayı devam ettiği sürece, yanma bölgesinden aldığı enerjiyi kondüksiyon yolu ile göreceli olarak daha soğuk olan tavan yüzeyine iletir. diğer yüzeyde ise konveksiyon yolu ile aldığı enerjiyi

sürekli olarak ortam havasına taşır. Bu döngü nedeniyle ortamdaki havanın sıcaklığı hızla artmaya başlar ve yangın devam ettiği sürece bu artış da devam eder.



Şekil 2.2 : Tavan jeti oluşumu [38].

Tavan jetinde duman, tavan yüzeyinin tam altından her yöne dağılarak yanal yüzeyde yayılmaya devam eder ve belirli bir noktada mekan duvarları ile birleşen köşelere ulaşır. Bu noktadan sonra aşağı doğru yön değiştirerek bir duvar jeti oluşturur. Duvar jeti aşamasına gelene kadar duman, başlangıç noktasına kıyasla ısı kaybeder. Yine de duvar üzerinden aşağı doğru hareket ettiği noktada içine girdiği ortam havasından daha sıcaktır ve yoğunluğu daha azdır. Duvar jetindeki aşağı doğru gerçekleşen hareket havanın kaldırma kuvveti tarafından engellenir. Aşağı doğru belirli bir seviyeye kadar ilerleyen duman hareketi, belli bir noktadan sonra durur. Tavan jetine benzer şekilde bir ısı geçişi, bu durumda duvar ve duman arasında gerçekleşir. Bu ısı geçişi dumanın duvar yüzeyinden ayrılarak, kaldırma kuvvetinin etkisi ile tekrar tavana doğru dönmesi durumuna kadar devam eder [38].

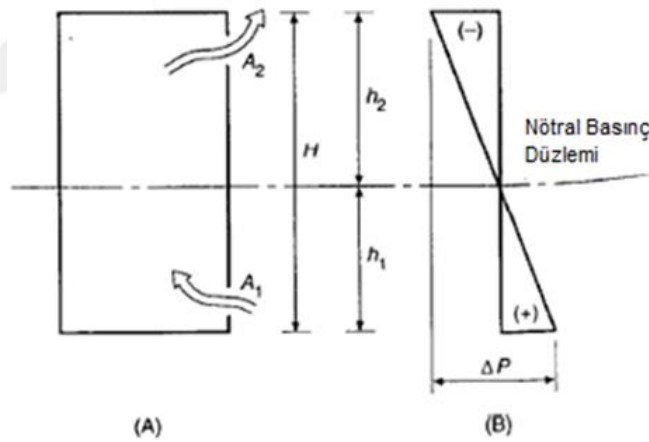


Şekil 2.3 : Duvar jeti oluşumu [13].

2.7 Baca Etkisi (Stack Effect)

Lorem Baca etkisi, bina içindeki doğal hava hareketinin ana nedeni olarak gösterilmektedir. Bina içerisindeki doğal hava hareketleri, normal koşullar altında da baca etkisinden kaynaklanmaktadır. Yangın sırasında duman hareketleri doğal hava hareketleri ile benzerlik gösterdiğinden baca etkisi alev, duman ve zehirli gazların yayılmasına da sebep olmaktadır. Baca etkisinin şiddeti yapının yüksekliğine, cephenin hava geçirgenliğine, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıklarına ve tabanda oluşan hava sızıntısı miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [13].

Bina içi ve dışı arasında oluşan basınç farkı, hacmin alt kısımlarında bina içine, üst kısımlarında ise bina dışına doğru bir hava akışına sebep olmaktadır. İç ve dış ortam basınçlarının eşit olduğu bir yükseklikte hava akışı gerçekleşmemektedir ve bu noktada alınan yatay kesit "Nötral Basınç Düzlemi" olarak adlandırılmakta ve Şekil 2.4' deki gibi konumlanmaktadır. Baca etkisi olarak bilinen bu olay, yangın sırasında, sıcak gazların kaldırma kuvveti için de geçerli olup her iki durumda, iç ve dış ortam arasındaki basınç farkı aynı bağıntıyla ifade edilmektedir.



Şekil 2.4 : Basınçtan Kaynaklanan hava akışı (A) nötral basınç düzleminin konumu (B)[13].

Ancak duman hareketi problemlerinde sıcak gazların kaldırma kuvvetinin yarattığı basınç farkı, baca etkisinin yarattığı basınç farkından çok daha büyük olduğundan, duman kontrol sistemi tasarımında öncelikle göz önüne alınır. Denklem 2.2 yangın sırasında sıcak gazların kaldırma kuvveti nedeniyle oluşan basınç farkını hesaplamada kullanılmaktadır.

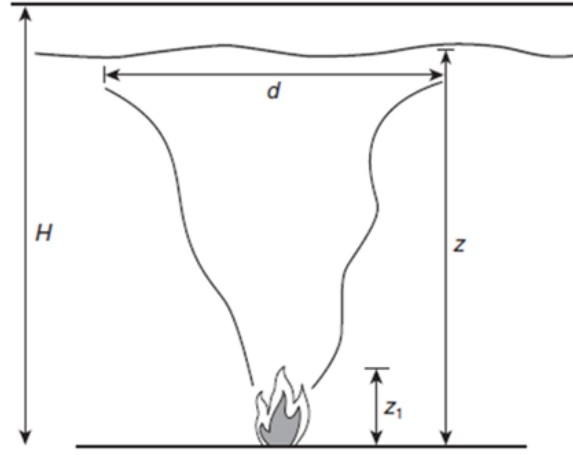
$$\Delta P = \rho_i g (z - z_n) \frac{T_i - T_d}{T_d} \quad (2.2)$$

ΔP , ρ , g , z ve T ise sırasıyla; basınç farkı, yoğunluk, yerçekimi ivmesi, yükseklik ve sıcaklık değişkenlerine karşılık gelmektedir. n , i ve d indisleri ise sırasıyla nötr düzlem, iç ortam ve dış ortamı belirtmektedir. Herhangi bir yükseklikte iç ve dış ortam arasındaki basınç farkını bulmak için nötral düzlemin konumunun bilinmesi gerekmektedir. Ancak Şekil 2.4'de verilen ΔP değerinin bulunması için bu bilgiye gerek kalmamaktadır [13].

2.8 Açığa Çıkan Duman Miktarı

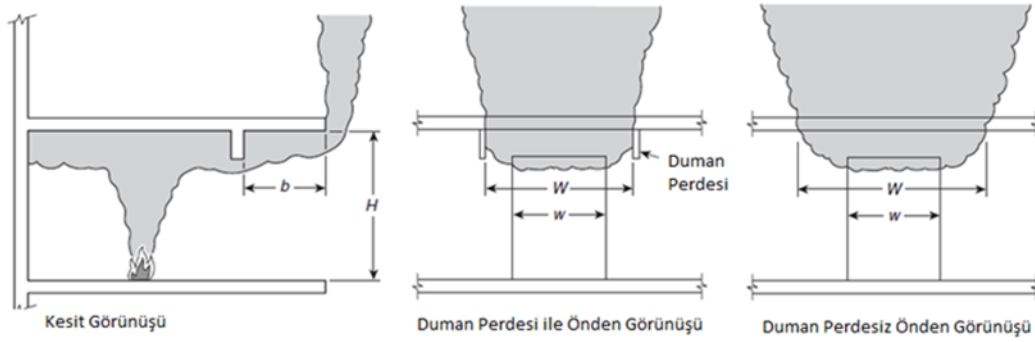
Lozem Yangında açığa çıkan duman miktarı, yanıcı maddelerin miktarına ve özelliklerine bağlıdır [27]. Dumanın hacmi, aynı zamanda yapının havalandırma koşullarından etkilenir. Yapı içerisinde dumanın yayılması baca etkisi gibi bir çekiş gücü, rüzgarın durumu, yapının geometrik biçimi, iç duvarlar, döşemeler vb. dumanın önüne çıkabilecek engellerin dağılımı ve türü, pencere ve kapıların büyüklüğü, sayısı, açık veya kapalı olması ve sızdırmazlık durumu gibi pek çok farklı etkene bağlı olarak değişiklik gösterir. Aynı zamanda yapıda bulunan klima ve benzeri mekanik havalandırma sistemleri de dumanın yayılması için bir ortam oluşturabilir [37]. Bu tür sistemlerin dağıtım kanallarının yangın durumları için kontrol altına alınmaması, yangın sırasında özellikle sirkülasyon alanlarının bulunduğu yerlerde dumanın hızla yayılmasına yol açabilir [26].

Yanma sonucu ortaya çıkan ve yukarı doğru kolon şeklinde yükselen duman sütunu “plum” olarak adlandırılır. Duman sütunları üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan ilki “aksisimetrik duman sütunu”dur. Bu tipteki bir duman sütunu, duvar ya da hava akımı gibi hiç bir engelle karşılaşmadan yükselir. Duman yükseldiği sürece ortamdaki hava her yükseklik seviyesinde pluma karışabilmektedir.



Şekil 2.5 : Aksisimetrik duman sütunu [13].

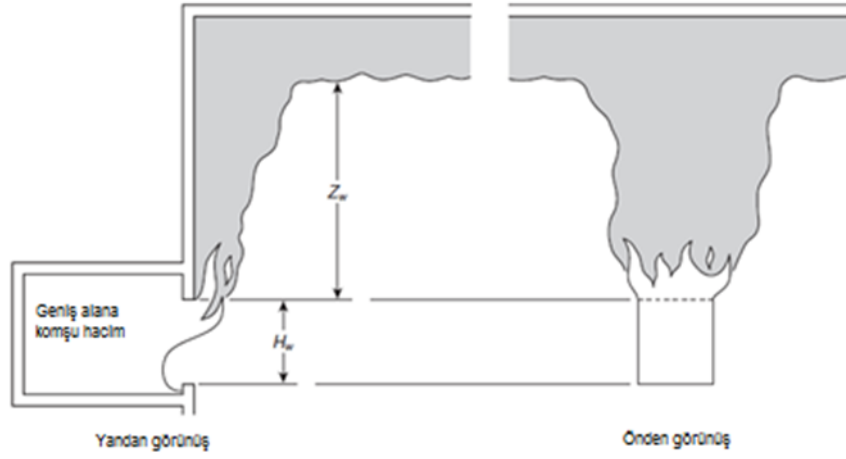
Balkon duman sütunu ise bir kompartımanda başlayıp antreyi geçtikten sonra tavandan dışarı doğru yükselen duman akışına verilen isimdir. Apartman daresi ya da atriuma sahip yapılardaki ofis ve mağazalarda çıkan yangınlarda yükselen gazlar bu şekilde düşey olarak hareket edip diğer katlara yükselebilir. Daha sonra ise atriuma açılan boşlukta



Şekil 2.6 : Balkon duman sütunu [13].

dağılır ve dışarı doğru hareket eder. Bu tip sütunlarda dumanın öncelikle tavanda yatay hareket edip balkon kısmını aştıktan sonra düşey olarak yükselmesi durumuna “rotasyon” denilmektedir.

Pencere tipi duman sütunları, pencere veya kapı gibi geçişlerle komşu kompartımandaki dumanın iç mekana aktarılması sonucu gerçekleşir. Genellikle genel kavuşma olayının gerçekleşmesinin ardından dumanın komşu mekânlara aktarılması durumunda görülür [35].



Şekil 2.7 : Pencere duman sütunu [13].

Yangın sırasında açığa çıkan duman miktarının hesaplanmasında model deneylerinden faydalanılmaktadır. Sayısal hesaplamalarda plum tipine bağlı olarak farklı denklemler kullanılmaktadır. Bu hesaplamalarda plum yüksekliğinde “kütlesel akış miktarı”, “sınırlayıcı yükseklik”, “yangın tabanından duman tabakası ara yüzeyine kadar olan uzaklık” ve “yangın gücü” gibi değişkenler kullanılmaktadır [13].

Yangının en olumsuz yönlerinden biri olarak kabul edilen duman, iç mekanın hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etki, zamanında söndürülen yangınların ardından bile ortamın havasında kalıcı bir iz bırakmaktadır [29]. Açığa çıkan duman miktarı ve yayılma oranı ile doğru orantılı olarak etki altında kalan iç mekan ve eşya oranı da o derecede fazla olacak ve yangın sonrası hasarların giderilmesi de o ölçüde zaman alıcı ve maliyetli olacaktır.

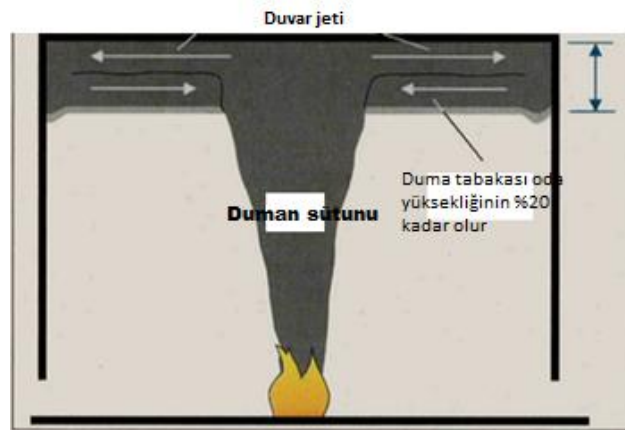
2.9 Duman Tabakasının Kalınlığı

yangın esnasında dumanın kalınlığı tam olarak ölçülememektedir. Zemine paralel, cepheden ve yandan alınan çeşitli kesitlerde dumanın kütlesel oranı sayısal değerler olarak alınıp duman kalınlığı belirli ölçüde tespit edilebilmektedir [13]. Yanma olayı devam ettiği sürece soğuk hava ve dumanın kısa bir mesafede karıştıkları gözlemlenebilmektedir. Ortam havası ve dumanın birbiriyle sürekli etkileşim halinde olması bu karışım noktasını tam olarak tespit etmeyi zorlaştırmaktadır. Modelleme çalışmalarında kapalı alanı, duman tabakası ve ortam havası olarak iki katmana bölen yöntemler karışma sürecini göz ardı ettikleri için durumu tam olarak yansıtamamaktadırlar. Aynı zamanda iki katmanlı modellemeler üst ve alt katman arasındaki sıcaktan soğuğa doğru gradyan ısı geçişini benzetme konusunda da eksik

kalmaktadır. Bu nedenle iki katmanlı modeller duman hareketlerinin tahmini konusunda hatalı sonuçlar verebilmektedir [18].

Yangının söndürülmesi sırasında, yangına müdahalenin kolaylaştırılması için temiz alt tabaka kalınlığı değerlendirilmektedir. Bu bölgenin insan boyunu aşacak şekilde kaçışa yeterli yükseklik’ de olması durumunun söndürme ekiplerinin müdahalesi açısından en uygun koşulları oluşturduğu tespit edilmiştir. Burada bahsi geçen ideal duman kalınlığı tespiti zamana bağlı olmayan, insan hayatını tehdit etmeyen durumlarda geçerlidir ve diğer faktörler çalışma içerisinde göz ardı edilmiştir.

Eğer duman tabakasının sıcaklığı yeterince yüksek olmaz ve yukarıdaki açıklıkların altında kalan hava tabakası ile aralarında bir basınç farkı oluşmazsa duman dışarı atılamaz. Duman tabakasının belirli bir ölçüde soğuması havada asılı kalma özelliğini yitirmesine neden olur. Böyle bir durumda duman aşağı doğru çökmeye başlar. Duman tabakasının aşağı çökmesine ve bu yolla yayılmasına engel olmak için yapılarda duman haznesi oluşturulmaktadır. Bu duman kontrol hazneleri, dumanı biriktirmek ve tahliye etmek için kullanılır. Böylece çatı menfezleri daha etkin şekilde kullanılabilir hale gelmektedir. Bu haznelerin yüksek duman sıcaklıklarına dayanabilmeleri gerekmektedir. Bunun için özellikle bu bölgelerin yapımında ısıya dayanıklı yanmaz malzemeler kullanılmalıdır. Binanın tasarımına uygun şekilde bu hazneler; yangına dayanıklı duman perdeleri, duman kepenkleri veya ısıya dayanıklı boşluklu tavanlar şeklinde tasarlanabilir. Yanmaya ve ısıya dayanıklı olmalarının yanı sıra, bu malzemelerin duman geçirmez olmaları da önem taşır [27].



Şekil 2.8 : Duman tabakası kalınlığı [13].

2.10 Duman Kontrol Metotları

Yangın, nerede ve ne zaman başlayacağı belli olmayan büyük bir risktir. Bu riskin her zaman göz önünde bulundurulması gerekse de son zamanlarda yapılaşmanın, teknoloji ürünlerinin ve kullanıcıların artması bu önlemlerin gerekliliğini daha ciddi boyutlara taşımaktadır. Çünkü gün geçtikçe olası yangınlar daha fazla can ve mal kaybı riski teşkil etmektedir. Yangın riskini tamamıyla ortadan kaldırmak mümkün olmasa da ortaya çıkmasına engel olabilecek ya da yangın durumunda gelişmesini ve yayılmasını önleyecek önlemler alınabilmektedir [26].

Yangında oluşan duman hayati risk taşımaktadır ve istatistiksel çalışmalar ölümlerin %90'dan fazlasının dumandan kaynaklandığını göstermektedir. Dumanın yayılmasını önleme ve iç mekanın dumandan tamamen arındırılması, can ve malların korunabilmesi açısından yangın güvenliği konularının başında gelmektedir [28]. Duman tabakası, yapının hava koşullarına bağlı olarak oluşur ve yaklaşık bir dakika içerisinde önemli boyutlara ulaşır. Dakikalar içerisinde yapının yarısını kaplayabilir. Bu seviyeye ulaşmış duman tabakası, yangından kaçışı çok güç hale getirir ve söndürme ekiplerinin işini zorlaştırır [26]. Dumanın kontrol edilmesi yangın durumlarında insan hayatının güvenceye alınması, tahliye işlemlerinin kolaylaştırılması, söndürme çalışmalarında görüşün artması ve yayılmayı önleme gibi sebeplerle yapılarda öncül tasarım şartlarından biri haline gelmiştir.

Duman sebebiyle oluşan riskleri engellemek adına alınabilecek en etkili kontrol yöntemi, yangının çıktığı bölge ile ortak alana açılan bölge arasındaki sınırın duman sızdırmaz ve yangına dayanıklı bir şekilde yapılmasıdır. Fakat bu çözüm yöntemi aynı zamanda mimari sınırlamalar getirdiğinden tercih edilmemektedir. Bir diğer çözüm ise komşu mekanlar arası hiç bir sınır olmaması durumunda, komşu hacim içerisinde duman atımı yapılmasıdır. Bu yöntem ise zor ve oldukça maliyetlidir. Yine de büyük hacimler için tercih edilebilir bir sistem olup çeşitli örnekleri mevcuttur. Başka bir metot ise basınçlandırma yöntemidir. Bu sayede komşu hacimlerden dumanın girişi

önlenebilir. Fakat katların atriuma açıldığı yapılarda, ortak alan çok geniş ise bu yöntem işe yaramamaktadır [27].

Duman akışı problemlerinin çözümünde model deneyleri, prototipler, kapalı formdaki matematiksel denklemler, teorik ve ampirik hesaplara dayanan yangın modelleri kullanılmaktadır [35]. Tüm yöntemlerdeki hesaplama, alev bölgesindeki emilime ve hava yatılımına dayanmaktadır. Havanın rahat yükselemeyip engellerle karşılaştığı alan tiplerinde model deneylerinden yararlanılmaktadır fakat bu yöntem maliyetli, zaman alıcı ve genellenemeyen bir yöntemdir. Matematiksel denklemler ise mühendislik hesaplamalarına olanak veren pratik bir yöntemdir [13].

Özellikle atriuma sahip yapıların duman kontrolünde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de dumanın dışarı atılmasıdır (Duman atımı) [32]. Yüksekliği 17 m ve daha altında olan, 17000 m³'ten küçük yapılarda içerideki duman, atrium bölgesi tepesinden duman atımı yöntemi ile dışarı tahliye edilebilmektedir. 17 m üzerindeki yüksekliklerde emiş ve üfleme sistemleri mekanik seçilmelidir. Bu sistemde genellikle çok büyük atım değerlerine ulaşan devasa boyutlardaki fanlar kullanılmaktadır. Bu fanlar çok fazla maliyet yükü getirmesinin yanında, kullanıldıklarında oluşturdukları titreşimlerle binayı tahrip etme olasılığı da taşımaktadırlar [27].

Duman tabakasının aşağı doğru çökmemesi için ortam sıcaklığı 18°C'den fazla olmalıdır. Bu koşul sağlandığında ısınan havanın yukarı doğru hareket etmesi sebebiyle duman da yükselerek dışarıya aktarılabilir. Öte yandan, 200°C'den fazla sıcaklığa sahip duman tabakası ise insanlar, eşyalar ve bina üzerinde kalıcı hasarlara sebebiyet verebilir. Dumanın doğru şekilde dışarı tahliye edilmesi, genel kavuşma (flashover) oluşumunun da önüne geçmektedir [13].

Yağmurlama sistemi, yangın sırasında yüksek sıcaklıklara ulaşılmasını ve dolayısıyla genel kavuşmayı önleyebilecek bir yöntem olarak görülmektedir. Bazı yönetmelikler, duman tahliye sistemi bulunan yapılarda yağmurlama sisteminin de yapılmasını şart koşmaktadır. Yangın sırasında otomatik olarak devreye giren yağmur başlıkları yanıcı gazların oranının azalmasını ve ortamın serinletilmesini sağlamaktadır. Araştırmalar yağmurlama başlıklarının devreye girmediği yangın senaryolarında yangının yüksek boyutlara ulaşma olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Böyle

durumlarda sıcaklık çok yükseldiğinde fanlar gibi duman ve alevleri kontrol edecek diğer elemanlar da sıcaklığa dayanamaz ve deforme olabilir [27].

Yağmurlama sistemi duman kontrolünde önemli rol oynamasına rağmen olumsuz etkileri de olabilmektedir. Duman kontrol yöntemlerinde suyun, iç mekanın hava kalitesine etkisi dikkate alınmalıdır. Yangın esnasında su damlacıkları hidroklorik asit ve benzeri emilmiş asitlerin iletimine yardımcı olabilir. Bu durumda su, dumanın solunması halinde ortaya çıkabilecek rahatsızlıkları artırır [53].

Duman kontrol elemanları, duman algılayıcıları tarafından harekete geçirilir. Dumanı algılayan sensörlerden gelen sinyaller havalandırma sistemi, yağmurlama başlıkları ve benzeri elemanları devreye sokarak yangına erken müdahaleyi mümkün hale getirirler. Dumanın alevlerden erken yayılıp, yakın olan diğer mekanlardaki duman kontrol sistemlerini harekete geçirmesi ihtimaline karşın, sistemin duman kontrol bölgesi dahilindeki sensörler aracılığıyla aktive edilmesi gerekmektedir [27]. Alevler kontrol altına alınıp duman üretimi azaltılsa dahi duman kontrol sistemi mutlaka devreye girmelidir. Bu sistemler devreye girene kadar tüm mekanın kısa sürede dumanla kaplandığı durumlar çok fazla gözlemlenmiştir ve bu durumun önüne geçilmesi hayati önem arz etmektedir [28]. Yangın süresince temiz hava ve egzoz kanalları açık kalmalıdır. Ancak her katta egzoz kanalı ve yangın damperi bulunan binalarda, yangının kaynağı olan bölge dışındaki yerlerde yangın damperlerinin kapalı tutulması gerekmektedir. Bu sayede yangının yayılmasının önüne geçilebilir. Elektrik kesintisi ve sistem arızası durumunda duman tahliye sistemleri açık şekilde bırakılmalı ve pozitif rüzgar basıncından etkilenmeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Aksi takdirde duman ters yönde hareket edip binanın içine dolacaktır ve bu durum, riski çok daha büyük seviyelere taşır. Benzer sebeplerle içeri temiz hava alışı yapan fanların bulunduğu bölgelere de ayrıca duman sensörleri yerleştirmekte fayda vardır. Bu sensörlerde duman algılanması durumunda ilgili fanın otomatik olarak iptali sağlanmalıdır [27].

Duman kontrolü yöntemleri iki temel başlık altında toplanabilir. Bunlar, duman engelleri ve havalandırmadır. Duman engelleri genel olarak duman perdeleri şeklinde de adlandırılmaktadır. Duman perdeleri herhangi bir yapıda yangın esnasında ortaya çıkan dumanın başka bölümlere yayılmasını önlemek için yapılan engellerdir. Bu

engeller bir duvardan diğer duvara, tabandan tavana veya bir engelden başka bir diğer engele kadar sürekli olmalıdır. Engelde dumanın geçebileceği kesinti veya boşluklara yer verilmemelidir. Bu alanlar arasında geçişi sağlamak için kullanılan yangın kapıları tehlike anında kendini otomatik olarak kapatmalıdır ve duman sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Engellerin dış duvarlarla ya da diğer engellerle birleştiği noktalarda açıklık varsa, yine bu açıklıklar duman sızdırmaz ve yangına dayanıklı malzemelerle kapatılmalıdır (TS 10545, 1992).

İç mekanları birbirine bağlayan koridorlar, bina içerisinde yayılan alev ve dumanların izlediği yollardan biri olarak yangın güvenliği konusunda incelenmesi gereken özel alanlardandır. Koridorların yapısı gereği dumanın ilerlediği bir ortam olduğundan buralarda duman atımı yöntemi önem kazanmaktadır. Dumanın dışarı çekilmesi üzerinde etkili olan farklı kuvvetler gözlemlenmiştir. Rüzgarın yönü ve hızı, pencere boyutları, mevsim, koridorun uzunluğu ve genişliği bu etkenlerden bazılarıdır. Bu alanda yapılan bir çalışmada sonuçlar göstermiştir ki, kış döneminde doğal duman çekişi yaz dönemlerine kıyasla daha etkindir. Rüzgar hızının yüksek olduğu durumlarda, havayı yukardan alan pencereler dumanın dışarıya atılması konusunda kötü performans gösterirken havayı alttan alan pencereler daha iyi performans göstermektedir. Pencere boyutları değerlendirildiğinde ise genişliğin etki etmediği fakat pencere yüksekliğinin anlamlı şekilde duman çekişini artırdığı görülmüştür [42].

Temel duman kontrol yöntemlerinden bir diğeri olan havalandırma, duman çekiş bacaları, bölmeleri ve alev yönlendirme bacalarını içeren sistemlerle sağlanır. Bu sistemlerin görevi, bir yapı içerisinde duman yayılmadan dışarı tahliyesini sağlamaktır. Yapı içerisinde yer alan yangın bölmelerinde, yangın merdivenlerinde ve kaçış yolları üzerinde mutlaka duman bacaları bulunması gerekir. Bacaların çıkış ağzı en az 1 m² olmalıdır. Bu bacalar, doğal çekiş ile çalışmalıdır. Çeşitli sebepler buna imkan vermiyorsa yangına dirençli mekanik sistemlerle bacaların çekiş gücü

sağlanmalıdır. Özellikle yangın merdivenlerindeki havalandırma, merdivenin binanın dışı ile ilişkili olarak yapılması ile de sağlanabilir [49].

2.11 Doğal Havalandırma

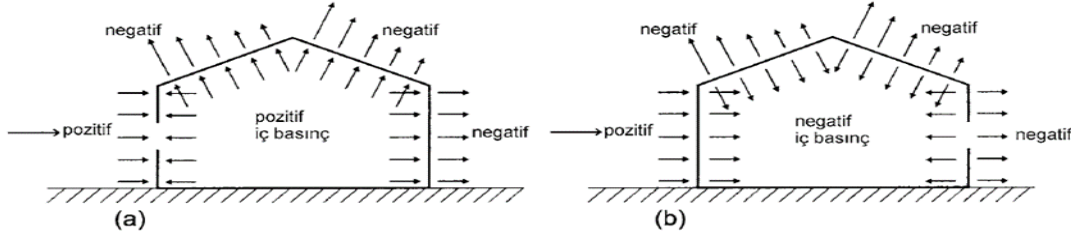
Doğal havalandırma, rüzgâr ve basınç farklılıkları sonucunda meydana gelir. Genel olarak havalandırma, binalarda iç ortam ikliminin en uygun koşullarda olabilmesi için gereklidir. Bu bağlamda iç ortamın konforu, ısısı ve iç mekandaki havanın kalitesi havalandırma performansı ile birebir ilişkilidir. Doğal havalandırmadan yararlanılan bina cephelerinde dış mekandan alınan hava, rüzgar basıncı ya da baca etkisi yoluyla dışarıya tahliye edilir. Doğru şekilde tasarlanmayan cepheler, yüzeyde basınç farklılıklarına neden olur. Dolayısıyla bu durum iç ve dış mekan arasında farklı hava hareketlerine yol açar. Baca etkisinin kullanımında ise dışarıdan alınan hava termal konfora zarar vermeden hava boşluğunda yükselerek kat boylarındaki ya da cephenin en sonundaki menfezlerden dışarı atılır. Böylelikle yapılar doğal yolla havalandırılmış olur [8].

Çift cidarlı cephelerde doğal havalandırma, cephe boşluğundaki havanın pasif yöntemlerle sirküle edilmesi sonucunda sağlanır. Bu sistemlerde iki kabuk arasındaki hava, dış atmosferden kısmen yalıtılmıştır ve binaya yeni bir dış ortam sağlar. Alt kottan alınan taze hava güneş ışıkları ile ısınarak yükselir ve üst kottaki açıklıktan dışarı atılır. Bu durumda alt kot bölgesi negatif basınca sahiptir ve emme etkisi yapar; üst kot ise pozitif hava basıncına sahiptir ve ısınan havanın birikip dışarı atılmasını sağlar. Bu hava akışı “doğal bir çekiş bacası” etkisi oluşturur. İç ve dış ortamlar arasındaki hava değişimi cephe boşluğundaki rüzgar kuvvetine bağlı olarak gerçekleşmektedir [36].

2.12 Rüzgârın Etkisi

Cephe Duman hareketlerine etki eden başlıca faktörlerden birisi de rüzgardır. Şekil 2.9’ da görüldüğü gibi Yapının yüksekliğine bağlı olarak rüzgarın etkisi farklılıklar göstermektedir. Aynı zamanda rüzgarın geliş yönüne göre cephelerdeki basınçlarda da farklılıklar görülmektedir.

Rüzgara karşı olan cephede içe doğru bir basınç oluşmaktadır. Bu cephenin tam karşısında kalan duvarda ise dışarı doğru bir basınç söz konusudur. Yan cephelerde dışarı yönde bir basınç ve emiş etkisi görülür. Çatı kısmının rüzgarın geldiği yönde olan kenarından dışı doğru bir basınç oluşur.



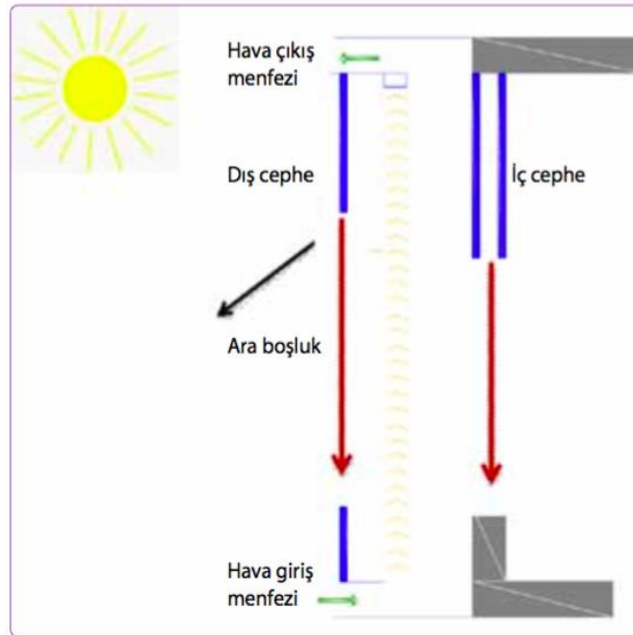
Şekil 2.9 : Bina yüzeylerinde rüzgarın oluşturduğu basınç dağılımı [13].

Basınçların oluşmasındaki temel sebep havanın bina çevresinde ve üzerinde hareket etmesidir. Bu noktada rüzgar yönü basıncın yönünü tayin ederken binanın yüksekliği de gelen rüzgarın nasıl bir etki oluşturacağını belirler. Dolayısıyla binanın yüksekliği, yanalardan ve yukarıdan geçen hava miktarını ve hava akımının karşılaştığı direnci belirlemektedir [13].

Binaların yönü, rüzgarı alma durumunu etkilemektedir. Bu da binanın doğal havalandırması üzerinde etki oluşturur [52]. Özellikle çok katlı binalarda, yüksekliğin artmasına bağlı olarak artan rüzgar etkisi, iç ve dış mekan arasındaki hava sirkülasyonunu, sıcaklık ve basınç farkını etkilemektedir. Bu durum da yangın sırasında alev, duman ve sıcak gaz kütlelerinin yüksek bir hızda yayılmasına sebebiyet vermektedir. Rüzgârın etkisiyle bina boyunca yayılan yangın bileşenleri daha fazla ve kalıcı zararlara yol açabilmektedir [24].

3. ÇİFT CİDARLI CEPHELER (DOUBLE-SKIN FAÇADES)

Bina cepheleri iç ve dış mekan arasındaki ışık, hava ve ısı alışverişini düzenleme işlevine sahiptir. Bu nedenle konforlu mekanların tasarlanmasında cephe özellikleri büyük önem taşımaktadır. Isı kaybını veya bina içerisinde kullanılan malzemelerden, güneş ışığından ve insan kaynaklı sebeplerden ortaya çıkan aşırı ısınmaları önlemek, karmaşık ve maliyetli işlemler gerektirmektedir. Gelişmiş cephe teknolojileri sayesinde bu maliyetler etkin şekilde azaltılabilmektedir. Çift cidarlı cephe sistemleri, iç ve dış kabuk arasındaki boşluğun kontrollü şekilde havalandırılması ile geleneksel cephe yöntemlerinden ayrılır [40]. Literatürde “çift cam cepheler”, “enerji etkin cepheler”, “aktif cepheler”, “havalandırılmalı cepheler” veya “havalandırılmış çift cidarlı cepheler” gibi terimlerle de ifade edilen bu sistemler, hava sirkülasyonu ve güneş kontrol elemanları gibi hareket edebilen parçaları nedeniyle dinamiktir [34]. Güneş kontrol elemanlarının konumları değiştirilerek binayı soğutma veya ısıtma amacıyla güneş ışığından yararlanılabilir. Bu şekilde mevsimlere göre cephe performansı da değişiklik göstermektedir [40].



Şekil 3.1 : Çift cidarlı cephe sistemi kesiti [40].

Yaz mevsimlerinde güneşten gelen ışınların binanın dış yüzeyi tarafından emilmesi sonucunda iki yüzey arasındaki hava ısınır ve havalandırma yoluyla ısınan bu hava iç mekana ulaşmadan uzaklaştırılabilir. Kışın ise havalandırma menfezleri kapatılarak ısınan hava cepheler arasında hapsedilir. Menfezler yoluyla sıcak hava yüzeyden iç mekana aktararak ısınmaya katkı sağlar. Cepheler arasındaki hava boşluğu soğutma gereken dönemlerde istenmeyen ısı fazlalığını, ısıtma gereken dönemlerde ise istenmeyen ısı kayıplarını önemli ölçüde önlemektedir. Bu bölge termal bir tampon işlevine sahiptir ve doğal, mekanik ya da her iki yöntemle birden havalandırılabilir. Bu yolla ısı alış-verişinin kontrolü sağlanır ve cephenin yüzey sıcaklıkları arasındaki fark azaltılarak enerji tüketimi yüksek oranlarda azaltılabilir [22]. Bir binanın cephe yapısının maliyeti, toplam maliyetin %15'i ile %40'ı arasında farklılık göstermektedir; fakat işletme maliyetlerine bakıldığında cephenin etkisi %40'ların üzerine çıkabilmektedir. Bir ülke genelindeki enerji kaynaklarının yarısına yakın bir oranda enerjinin bu tip binalar tarafından kullanıldığı göz önünde bulundurulursa bu etki çok geniş ölçeklere ulaşmaktadır [52]. Doğru bir tasarım ile çift cidarlı cephelerin yaz mevsimindeki fazladan ısı alınımını %40 oranında azalttığı, kış mevsimlerinde ise %80 oranında ısı kazanımı sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak kış mevsimlerinde çift cidarlı cepheler, yaz mevsimine kıyasla 2 kata kadar daha iyi performans göstermektedir [22].

Çift cidarlı cephe sistemlerinin tümünde rastlanan temel bileşenler dış kabuk, iç kabuk, ara boşluk ve güneş kontrol elemanlarıdır [41]. Bu elemanların seçimi ve konumlandırılma şekilleri farklı tasarımlar ortaya çıkarak cephelerin farklı şekillerde işlev gösterebilmelerini sağlar. Bu tasarımlar, yapının bulunduğu yere göre ya da yıl içerisindeki zamana göre değişiklik gösterebilir. Çift cidarlı cephe sistemleri, değişen iklim koşullarında iç mekan ve dış mekan arasındaki dengeyi koruyarak enerji tasarrufuna büyük katkı sağlamaktadır. İşlevselliği nedeniyle bu sistemler tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Enerji tüketiminin giderek artmasına karşılık mimaride enerji tasarrufuna imkan veren sürdürülebilir yapılar önem kazanmaktadır. Bu anlamda, çift cidarlı cepheye sahip binalar çevre dostu ve yenilikçi mimari çözümleri iyi bir şekilde temsil etmektedir [34].

3.1 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri

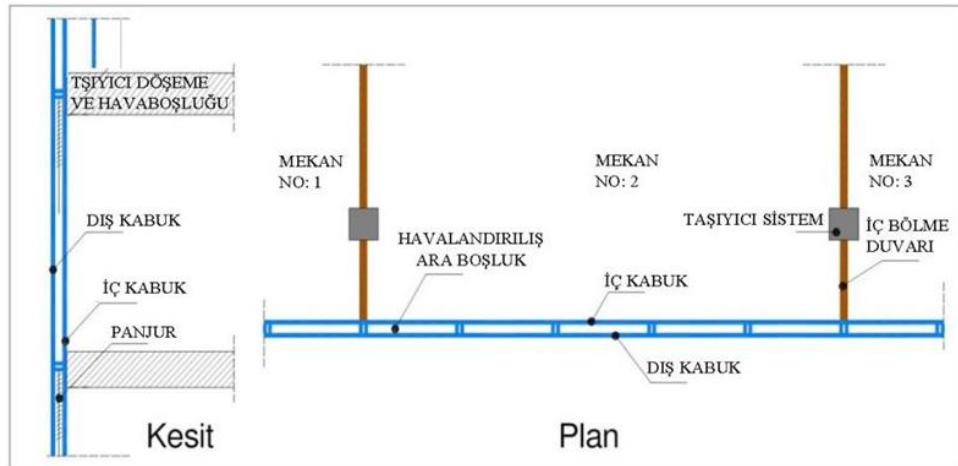
Farklı sınıflandırma kriterleri ile çift cidarlı cephe sistemleri literatürde değişik gruplara ayrılmıştır.

Kabuklar arasındaki hava akımına göre çift cidarlı cepheler “tampon bölgesi”, “hava tahliyeli”, “hava beslemeli”, “dahili (iç ortam yönünde)” ve “harici (dış ortam yönünde)” şeklinde sınıflara ayrılmaktadır. Cephe boşluğundaki havalandırma biçimine göre doğal, mekanik ve karma olarak kategorize edilmektedir. Son olarak, çift cidar arasındaki boşluğun (tampon bölge) bölümlendirilme şekline göre kutu tipi, koridor tipi, çok katlı ve şaft-kutu tipi çift cidarlı cepheler şeklinde sınıflandırılmaktadır [8].

Buna göre iki yüzey arasındaki boşluğun bölümlenme şekline göre çift cidarlı cephe sistemleri dört grupta sınıflandırılmaktadır.

3.1.1 Kutu tipi çift cidarlı cepheler:

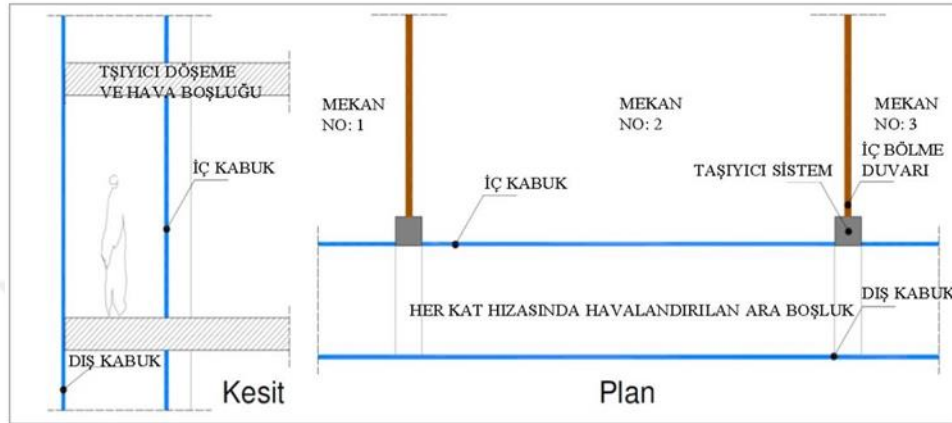
içte çift dışta tek cam olmak üzere kutu şeklinde bir panel sistemidir. Bu sistemdeki boşluk yatay ve dikey olarak bölmelere ayrılır. Her bir bölmenin üst ve alt kısımlarında konumlanan giriş ve çıkış menfezleri (ventleri) güneş ışığı ile ısınan havaya baca etkisi yaparak içeride doğal bir havalandırma sağlar. Şekil 3.2’de bu sisteme ait bir plan ve kesit görülmektedir.



Şekil 3.2 : Kutu tipi çift cidarlı cephe [40].

3.1.2 Koridor tipi çift cidarlı cepheler:

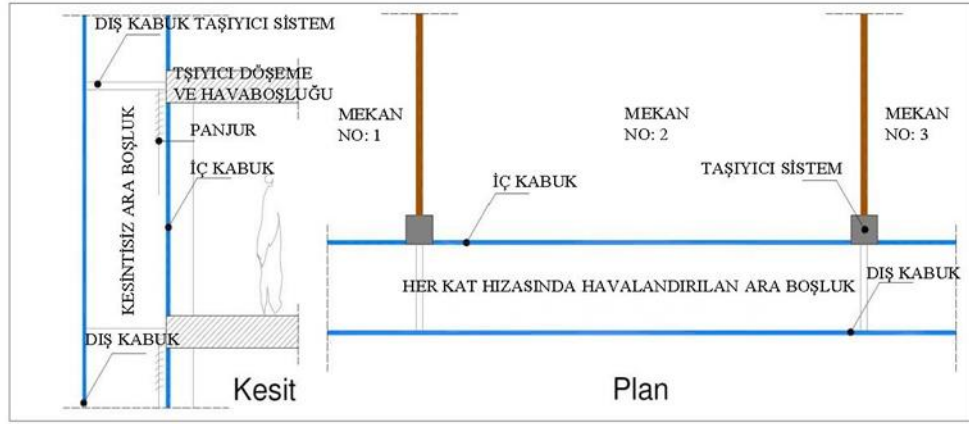
her kata temiz havayı alıp kirli havayı dışarı veren kanallar yerleştirilir. Kat boşlukları birbirinden bağımsızdır ve üst üste gelecek şekilde düzenlenirler. Şekil 3.3’de bu sisteme ait bir plan ve kesit görülmektedir.



Şekil 3.3 : Koridor tipi çift cidarlı cepheler [40].

3.1.3 Çok katlı çift cidarlı cepheler:

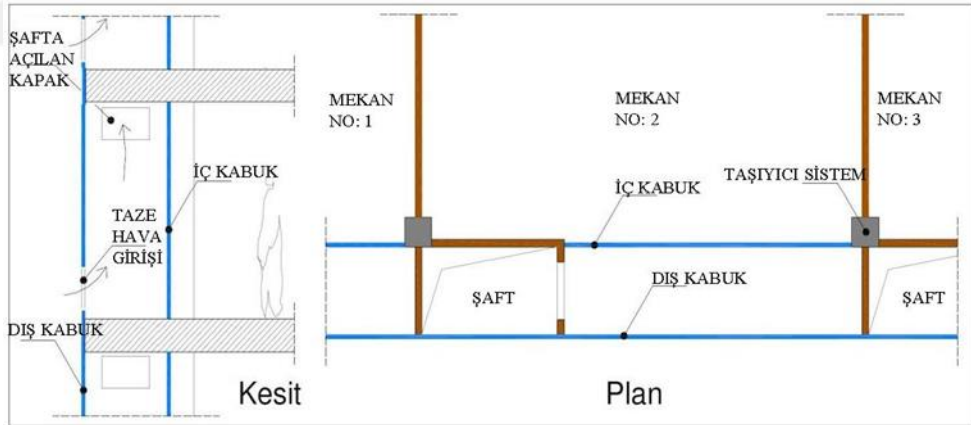
Hava boşluğu tüm katlar boyunca devam eder, yatay veya dikey olarak bölümlendirilmez. Bu sistemlerde hava boşluğunun alt kısmındaki havalandırma açıklıklarından emilen soğuk hava güneş ışığı ile ısınır ve çıkış menfezleri ile dışarı tahliye edilir. Yine baca etkisiyle sağlanan havalandırma, bu sistemde tüm katlar boyunca gerçekleşir [40]. Özellikle bu sistemlerde katların önünde kalan alanlar çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Yeşillendirme ve bahçe olarak kullanılan pek çok örnek mevcuttur. Bu şekilde değerlendirilen cephe boşluklarında çift cidarlı sistemler, bina cephesi boyunca devam eden bir kış bahçesi olarak da düşünülebilir [11]. Şekil 3.4’de bu sisteme ait bir plan ve kesit yer almaktadır.



Şekil 3.4 : Çok katlı çift cidarlı cephe [40].

3.1.4 Şaft-kutu tipi çift cidarlı cepheler:

Katlardaki koridor tipi hava boşlukları bina yüksekliğinde bir hava boşluğuna açılır. Taze hava yatay boşlukların alt bölümündeki menfezlerden içeri alındıktan sonra ısınarak merkezi şafta tahliye edilir ve bu sayede dışarıda bir hava akımı olmasa dahi, cephe içerisinde doğal bir havalandırma sağlanır [40]. Şekil 3.5’de bu sisteme ait bir plan ve kesit görülmektedir.



Şekil 3.5 : Şaft-kutu tipi çift cidarlı cephe [40].

Genel olarak çift cidarlı cepheleri oluşturan bileşenlerin başında saydam ve opak bileşenler, taşıyıcı elemanlar, tespit bileşenleri, cephedeki havalandırma boşluğu, güneş kontrol elemanları ve menfezler gibi denetim elemanlarıdır. Bu bileşenlerden oluşan iklime duyarlı ve adaptif cephe kurguları çift cidarlı cephe sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çerçevede, doğal havalandırmaya yönelik tasarımlar ön plana çıkmaktadır.

Çift cidarlı cephelerin tarihçesine bakıldığında dünyanın farklı yerlerinden örnekler ve farklı tasarımlar görülmektedir. Jean-Baptiste Jobard, 1849 yılında çift cidarlı cepheleri “mekanik olarak havalandırılan çoklu çeper cepheler” olarak tanımlamıştır. Bu tanımla birlikte çift cidarlı cephe tasarımlarında dış ve iç mekan arasındaki ısı alışverişinin nasıl olması gerektiğini de açıklamıştır. Bu cephe tiplerinin ilk örneği Almanya’daki Steiff Fabrikası’nda görülmektedir. 1903 yılında inşa edilen bu üç katlı yapıda çift cidar kullanılması temel amacı soğuk iklim şartlarında dayanıklılık gösterecek ve güneş ışığından en yüksek seviyede fayda sağlayabilecek bir cephe yapmak olmuştur. 1920’lerin sonunda, çift cidarlı cephelerin işlevinin yanısıra görselliği de önem kazanmaya başlamıştır. Rusya’daki Centrosoyus isimli yapıda da çift cidarlı cephe sistemi kullanılmıştır. Bu binanın yapımını takiben Paris’te Immeuble Clarte binaları aynı cephe sistemiyle yapılmıştır [45]. 80’li yılların başına kadar sistemde çok az değişiklik gözlemlenmiştir. Endüstri devrimi ve nüfustaki aşırı artış dünya çapında büyük bir enerji tüketimine ve petrol krizine sebep olmuştur. Bu durum, binalarda enerji tasarrufuna gidilmesinin yolunu açmıştır. Isıtma ve havalandırmada pasif çözümler sunması nedeniyle çift cidarlı sistemler yeniden önem kazanmıştır. 90’larda ise artan çevre problemlerine en etkili tasarım çözümlerinden biri olarak görülmüş ve bulunduğu yerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde çeşitlenerek kullanım sıklığı giderek artmıştır [39].

Tasarım aşamasında planlanan çift cidarlı cephelerin yanı sıra onarım ve yenileme çalışmalarında da cephenin dış yüzeyine ek bir kabuk eklenmesi mümkündür. Bu uygulama, çift cidarlı cephelerdeki işletim maliyetlerinin etkin şekilde düştüğünün fark edilmesi ile beraber son zamanlarda sıklaşmıştır. Özellikle rüzgarlı ve gürültülü yerleşim yerlerinde tercih edilmektedir. Bu tür yenileme çalışmaları, yapının tamamen dış kısmında yapıldığı için içerideki işleyişi bozmamaktadır. Cepheye yeni bir kabuğun eklenmesi fazladan yük getireceği için binanın taşıyıcı kapasitesinin ve dayanıklılığının uygulama öncesinde mutlaka incelenmesi gerekmektedir.

Çift kabuk uygulamasına sonradan geçilen binalarda yanlış hesaplamalar sonucu aşırı ısınma ve yoğunlaşma problemleri görülebilir. Özellikle cephe boyunca bölümlendirilmeyen ikinci kabuklar yangın durumlarında duman ve alevlerin yayılma riskini de artırmaktadır. Baca etkisi nedeniyle yangının yayılma riskini artırsa da, yenileme çalışmalarında eklenen ikinci kabuk, zehirli malzemelerin cepheden uzaklaştırılmasını sağlayarak yangın güvenliğini artırma işlevine de sahiptir [9].

3.2 Avantaj ve Dezavantajları

Lorem Bina cephesi genel anlamda dış ve iç ortamı birbirinden ayıran yapı elemanlarının bütünüdür. Yapının içindeki ve çevresindeki fiziksel çevrenin denetimi, korunumu ve kontrolü için binanın ihtiyaçlarına uygun bir cephenin yapımı ve devamlılığı önem taşımaktadır. Bu bağlamda iç ve dış ortamlar arasında dengeleyici bir role sahip olan cephenin tasarım kararlarından önce avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmek gereklidir [33]. Çift cidarlı cephe sistemleri enerji tasarrufu, ses yalıtımı, kirlenmeyi önleme, gece güvenliği, kullanıcı kontrolü ve konfor sağlama gibi pek çok avantaja sahiptir. Bunların yanı sıra maliyet tasarrufu, gün boyu doğal aydınlatma imkanı, yüksek saydamlık ve geniş çevre manzarası gibi pek çok yönden avantaj sağlar. Sağlamlık açısından ise, normal şartlar altında ısı ve basınca maruz kalan binanın iç kabuğuna ek bir cam kabuk koruması ile diğer cephe sistemlerine göre üstünlük gösterir [40]. Bu cephe sistemine sahip binalarda, yapı içerisindeki iklim koşulları çalışanlar tarafından kontrol edilebildiği için “hasta bina sendromu” nun ortadan kaldırılması sağlanmış olur [8]. Öte yandan, çift cidarlı cephelerde ikinci bir kabuğun gün ışığının etkisini azalttığına dair bulgular da vardır [21]. Ayrıca cephe boşluğuna yerleştirilen güneş kırıcı elemanlar da içeri alınan ışık miktarını azaltmaktadır. Bu durum tek cidardan oluşan cam cephelere kıyasla, çift cidarlı cepheleri aydınlatma açısından dezavantajlı hale getirmektedir.

Çift cidarlı cepheler üzerine son yıllarda yapılmış çalışmalar incelendiğinde araştırmacılar avantaj ve dezavantajlar konusunda bazı ortak görüşlere sahiptir. Bu cephe sistemlerinin doğal havalandırmaya olanak sağlamasının önemli bir avantaj olduğu konusunda araştırmacılar hemfikirlerdir [22]. Uygulandıkları yapıya havalandırma kolaylığı sağlaması nedeniyle bu cephe sistemleri, binanın dış yüzeyini adeta nefes alıp veren bir deri haline getirmektedir[19]. Tüm çift cidarlı cepheler doğal havalandırma sağlamasına karşın doğru tasarlanmayan hava akış sistemleri, cephe boşluğunda aşırı ısınmaya da yol açabilmektedir. Bu sebeple araştırmacıların dezavantaj olarak dile getirdikleri etkiler arasında, cephe boşluğundaki aşırı ısınma probleminin iç mekanın ısı konforunu olumsuz yönde etkilemesi ön plana çıkmaktadır. Vurgulanan diğer avantajlar; yüksek şeffaflık oranı nedeniyle çevre ile etkileşimi artırması, ısı ve ses yalıtımının desteklenmesi, güneş kontrol elemanlarının ve iç cephenin dış etkenlerden korunması şeklinde sıralanmıştır. Hemfikir olunan diğer dezavantajlar ise; yüksek yatırım maliyetleri, bakım ve onarım için gereken ek

maliyetler, yangın güvenliği problemleri, ve akustik problemler olarak ifade edilmiştir [22].

Çift cidarlı cephe sistemlerin avantaj ve dezavantajları, bölme biçimlerine göre farklılık göstermektedir. Kutu ve koridor tipi çift cidarlı cephe sistemlerinde bölmeler iç ve dış ses izolasyonu sağlar, cephe üzerindeki pencereler sayesinde iç mekanlar havalandırılabilir ve yangın durumunda alev ve duman tüm cephe boşluğuna yayılmaz. Fakat çok katlı çift cidarlı cephelerde, alt katlardan tahliye edilen kirli havanın üst katlardan içeri girmesi ihtimaline karşılık iç mekanlar pencereler yoluyla havalandırılmaz. Bu sistemlerde cephe boşluğu bölünmediği için iç mekan kaynaklı sesler ve yangın durumunda duman ve alev tüm katlar boyunca cephe boşluğunda yayılarak diğer mekanlara geçebilir [40].

Yangın güvenliği konusu kendi içerisinde değerlendirildiğinde risk oranları cephe tiplerine göre farklılık göstermektedir. Kutu tipi çift cidarlı cephelerde katlar ve katlardaki farklı mekanlar birbirinden bağımsız olduğu için yangın durumunda düşük risk faktörü taşımaktadır. Şaft-kutu tipi çift cidarlı cephe sisteminde, boşlukların ortak bir alana açılması, alev ve dumanların yayılması riskini ortaya çıkarsa da diğer sistemlere kıyasla düşük risk faktörü taşımaktadır. Koridor tipi cephelerde her bir kattaki iç mekanların birbirine bağlı olması riski artırmaktadır ve diğer cephe sistemlerine kıyasla orta risk faktörü taşımaktadır. En yüksek risk ise çok katlı çift cidarlı cephelerde görülmektedir. Cephe boşluğu tüm bina yüzeyi boyunca yükseldiğinden alev ve dumanların tüm katlara yayılma riski vardır [22].

3.3 Dünyada ve İstanbul'da Çift Cidarlı Cepheye Sahip Bina Örnekleri

Çift cidarlı cephe ile tasarlanan bina örnekleri incelendiğinde çok farklı kombinasyonlar bulunmaktadır. Kullanılan cam türleri, cam yüzeyler arasındaki boşluğun geometrik biçimlenme düzeni, güneş kontrol elemanlarının veya menfezlerin boyu, türü ve konumu gibi pek çok konudaki farklı seçimler, farklı tasarımlar ortaya çıkarmıştır. Çift cidarlı cephe sistemlerdeki uygulama çeşitliliğini bu sistemle tasarlanan bina örneklerinde görmek mümkündür.

Dünyanın ilk ekolojik binası olarak bilinen Almanya'daki Commerzbank Binası Şekil 3.6' da görülen çift cidarlı cephe sistemine sahiptir. 53 katlı bu binada, ofis şartları göz önünde bulundurularak ekolojik çözümler üretilmiştir. Bu sayede bina klasik ofis binalarının yarısı kadar enerji tüketmektedir. Bina cephesi 3 katmanlı bir dış kabuk, sürekli boşluk ve her katta boşluğa açılabilir pencerelerden oluşmaktadır. Dış kabuk 8 mm kesitli temperli camdan yapılmıştır. En alt ve en üst kısımlarda sürekli açık menfezler bulunmaktadır ve boşluğa güneş kırıcı elemanlar yerleştirilmiştir [34].



Şekil 3.6 : Commerzbank binası iç görünüm ve cephe detayı [22].

Almanya'daki bir diğer önemli örnek ise Şekil 3.7' de görülen Berlin Debis Binası'dır. Bu yapıda otomatik kontrol sistemi ile hareket edebilen güneş kırıcı elemanlar, aynı zamanda iç cephe üzerindeki rüzgar yükünü azaltmaktadır. Camlar kontrol edilebilir olduğundan iç kabuktaki pencereler havalandırma için kullanılabilir. Güneş kontrol elemanları aynı zamanda güneşin ışıınım yoluyla içeri girişini engelleyerek kamaşma problemini ortadan kaldırmaktadır ve doğal aydınlatma yolu ile binanın enerji tasarrufuna önemli bir katkıda bulunmaktadır [52].



Şekil 3.7 : Dış görünüm ve cephe detayı Debis binası [22].

Şekil 3.8’ de görülen Londra’da bulunan 7 katlı Watling House), kutu tipi çift cidarlı cepheye örnek olarak gösterilebilir. Pencere modüllerinin her birinde boşluk bırakılarak, menfezler yoluyla doğal havalandırma sağlanmıştır [22]. Bu cephe sistemi ile binanın enerji tüketimi %40 oranında azalmıştır. Bunun yanı sıra bakım ve temizlik giderlerinin de önemli oranda düşürüldüğü tespit edilmiştir [7].



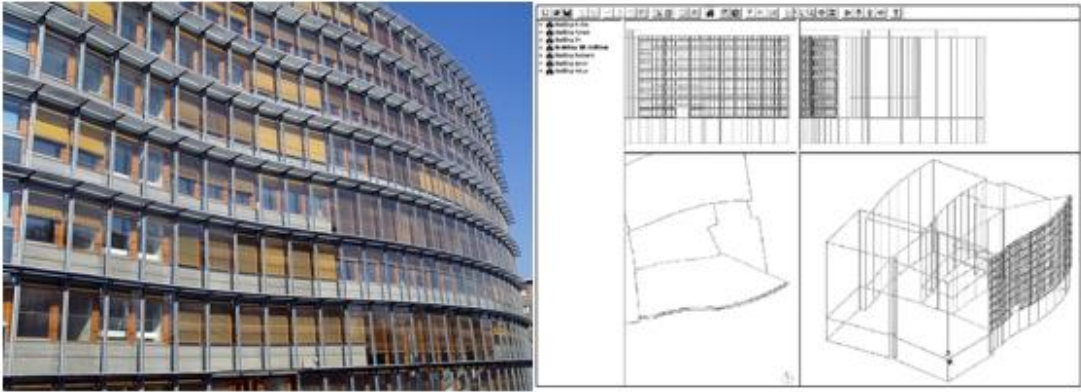
Şekil 3.8 : Dış görünüm Watling house, (İngiltere) [23].

Helicon Binası, Londra’da bir diğer önemli örnek olarak verilebilir. Bu yapıda koridor tipi çift cidarlı cephe kullanılmıştır. İç yüzeyi cam olan binaya, ikinci kattan itibaren ikinci bir cam kabuk giydirilmiştir ve cephe boşluğu katlar arasındaki bölmeler ile birbirinden ayrılmıştır. Gün ışığından en yüksek düzeyde yararlanabilmek için üç katmanlı cam giydirmeye tekniği uygulanmıştır. Cephe arasında bulunan boşlukların alt ve üst kısımlarında bulunan menfezler açılır kapanır şekilde tasarlanmıştır. Yazın açık olan bu menfezler doğal havalandırma ile soğutma sağlarken kışın kapatılarak termal bir tampon bölgesi oluşturması sağlanmıştır [25].



Şekil 3.9 : Dış görünüm ve cephe görünüm Helicon binası [23].

Çek Cumhuriyeti’ndeki 8 katlı Moravian Kütüphanesi de, çift cidarlı cephe sistemine sahip yapılara verilecek önemli örneklerden biridir. Cephedeki yüzeyler arası boşluk 55 cm genişliğindedir. Sıcak dönemlerde, bina cephesindeki pencereler doğal bir havalandırma sağlarken soğuk dönemlerde yüzeyler arasında kalan havanın güneş ışığı ile ısınması, enerji tasarrufu sağlamaktadır [34].



Şekil 3.10 : Dış görünüm ve cephe planlaması Moravian kütüphanesi (Çek) [22].

Londra'daki Portcullis House, kutu tipi çift cidarlı cephe sistemine verilebilecek belirgin örneklerden birisidir. Cephe, çatı bölgesinde daralarak bacaların bulunduğu üst kısma yükselmektedir. Burada kullanılan bacalar geleneksel kullanımından farklı olarak yapının doğal havalandırması için kullanılmaktadır. Binaya tarihi bir görünüş vermesinin yanı sıra, havayı binanın içerisinden çekerek dışarı tahliye etmektedir. Buna göre tasarlanan pencereler de kutu şeklinde birbirinden ayrılmaktadır. İkinci cidar her bir pencere dışına konularak alt ve üst kısmında bulunan menfezlerle havalandırma sağlanmaktadır.



Şekil 3.11 : Dış görünüm ve cephe detayı Portcullis house, (İngiltere) [22].

Düsseldorf'da bulunan Stadttor binası koridor tipi çift cidarlı cepheye sahip 16 katlı bir yapıdır. Dış cephe yüzeyi 12 mm kalınlığındaki sabit camdan, iç cephe yüzeyi ise low-e tipi çift camdan yapılmıştır. 56 m yüksekliğinde olan bu binanın merkezinde bir atrium yer almaktadır. Katlar boyunca 90 ve 140 cm derinliğinde, 20 m uzunluğunda koridorlar bulunmaktadır [22]. Bu koridor şeklindeki hava boşlukları yoluyla cephenin doğal havalandırması sağlanmaktadır.



Şekil 3.12 : Dış görünüm ve cephe detayı Stadttor binası, (Almanya) [22].

Çift cidarlı cephe sistemlerinin kullanımının en sık olduğu yerlerden biri olan Londra’da öne çıkan örneklerden bir diğeri ise Swiss Re Kulesi’dir. Çift cidarlı cephesi sayesinde binanın enerji tüketimi %40 oranında azalmaktadır. Kulenin yukarı doğru daralan silindirik aerodinamik yapısı cephe boyunca havanın itilmesine yardımcı olmaktadır. Cephe boyunca döşenmiş olan baklava dilimi şeklindeki açılır kapanır pencereler hem havalandırma hem de estetik bir görünüm sağlamaktadır. İki cephe arasında bulunan boşluklar binanın ciğeri gibi bir işlev görmektedir ve temiz havanın bina yüzeyi boyunca yayılmasını sağlarlar [43].



Şekil 3.13 : Dış görünüm ve cephe detayı Swiss Re kulesi, (İngiltere) [22].

Çift cidarlı cepheye sahip binalara bir diğer örnek ise Almanya’daki Postane Kulesi’dir. Otomatik kontrollü cephenin dış yüzeyi tamamen cam olup iç yüzeyi dış etkenlerden korurken aydınlatma ve doğal havalandırma sağlamaktadır. Dokuz katta bir yerleştirilen gökyüzü bahçeleri cepheyi bölümlendirmenin yanı sıra katlar arası iletişim sağlamak ve sosyalleşme için mekan sunmaktadır. Bu binada yapılan çift cidarlı cephenin maliyeti, geleneksel cephelerinkine eşit olmasına rağmen bina içerisindeki iletişim maliyetlerini %60’a kadar düşürmüştür [34].



Şekil 3.14 : Dış görünüm ve cephe detayı Postane külesi [23].

Bath Üniversitesi kütüphanesinde de çift cidarlı cephe uygulaması görülmektedir. Üniversite'nin kütüphane ve öğrenme merkezi amaçlı kullanılan bu binasının 1. ve 2. katlarında çift kabuk kullanılmıştır. İki cam yüzey arasındaki boşluk kat düzeylerinde birbirinden ayrılmaktadır ve havalandırma kat düzeyinde gerçekleşmektedir. Büyük ve şeffaf cephe çevre ile etkileşimi artırırken aynı zamanda gün ışığından üst düzeyde yararlanılmasına olanak vermektedir [50].



Şekil 3.15 : Dış görünüm ve cephe detayı Bath üniversitesi kütüphanesi [23].

Türkiye'deki ilk çift cidarlı cephe örneklerinden biri olan İstanbul Sapphire binası konut, alışveriş ve eğlence merkezi olarak kullanılmaktadır. Zemin altındaki 10 kat ile birlikte 61 katlıdır. Cephe, birbirinden bağımsız iki cidardan oluşmaktadır. Yapı yukarı doğru incelerek yükselmektedir ve 4. kattan itibaren dış kabuk aşağı doğru genişleyerek giriş bölümünün tavanına uzanmaktadır. İki cidar arasındaki hava

boşluğuna alüminyum güneş kırıcı elemanlar yerleştirilmiştir. Her 3 katta bir dış cephede bulunan menfezler sayesinde doğal bir havalandırma sağlanmaktadır [34].



Şekil 3.16 : Dış görünüm ve iç görünüm (Sapphire, İstanbul) [23].

Türkiye’den bir diğer örnek ise Küçükçekmece Belediye Binası’dır. Yapının dış cephesi tamamen camdan yapılmıştır ve bu da doğal aydınlatmadan büyük ölçüde faydalanma imkanı sağlamaktadır. Birleşmiş 3 daire formuna sahip bu binanın kavisli cam cephesi sayesinde neredeyse tüm katlar güneş ışığından doğrudan faydalanmaktadır. Yapımında geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, uygun bitki seçimleri, yeşil çatı ve pasif iklimlendirme gibi uygulamaları sayesinde bu yapı BREEAM yeşil bina sertifikası almıştır. Her iki katta bir yatay bölmeler yer almaktadır ve doğal havalandırma bu katlar arasındaki menfezler ile yapılmaktadır [34].



Şekil 3.17 : İç görünüm ve dış görünüm (Küçükçekmece belediye binası, İstanbul) [23].

3.4 Çift Cidarlı Cephelerde Duman Kontrolü

Tek cidarlı cepheler, en yaygın görülen cephe örnekleridir ve gelişen cam teknolojileri sayesinde kullanımı da artmaya devam etmektedir. Doğru şekilde ve dikkatle tasarlanmış tek katmanlı cepheye sahip bir binanın çift katmanlı cepheye kıyasla yangın güvenliğinin çok daha fazla olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Katlar ve cephe yüzeyi arasında, duvar birleşim noktalarındaki olası açıklıklar kontrol edilip önlem alınması durumunda duman ve alevlerin yayılması konusunda tek cidarlı binalar oldukça dirençlilik göstermektedir [24]. Buna karşın çift cidarlı cephelerde tampon bölgedeki baca etkisi dumanın hızla yayılmasına sebebiyet verip yangın güvenliğini düşürmektedir.

Çift cidarlı cephe sistemlerinde, dış kaynaklı yangınların içeri yayılması tampon bölge sayesinde büyük ölçüde engellenebilir. Aynı zamanda katların bölümlendirilme şekline bağlı olarak olası yangınların diğer katlara yayılması da engellenebilir [45]. Dumanın ve alevlerin cephe boşluğu aracılığıyla diğer katlara yayılmasını engellemek için kat seviyelerinde önlemler alınabilir. Örneğin, yangın sırasında yatay pozisyona geçebilen jalousilerden oluşan bir dış cephe, yangının tüm binaya yayılmasını önlemede etkin olabilir. Belçika Bina Araştırmaları Enstitüsü, bu şekilde bina boyunca uzanıp yangın durumunda yatay konuma getirilebilen jalousi eki yaparak yeni bir cephe sistemi geliştirmiştir [10]. Yatay izolasyonun yanı sıra düşey izolasyonun sağlanması da önemlidir. Kat boyunca sürekli devam eden bir tampon bölge yerine bir kaç mekanda bir bölme sağlayacak bir sistem yangın sırasında duman ve alevin kat seviyesinde yayılmasını da önleyebilir [41].



Şekil 3.18 : Jalousi sistemi ile duman kontrolü [40].

3.5 Çift Cidarlı Cephelerde Duman Yayılımı

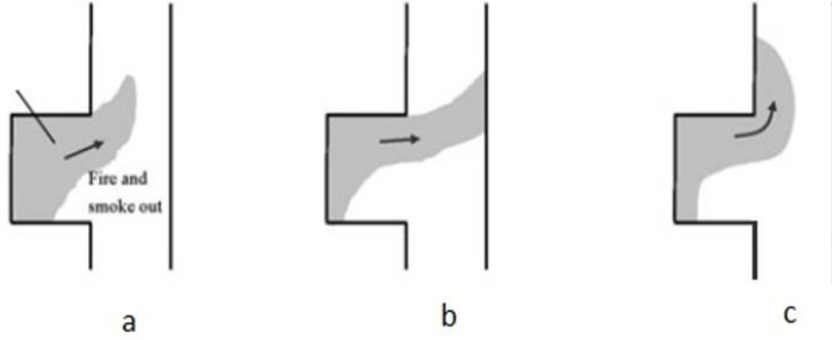
Çift cidarlı cephelerde yapılan araştırmalar daha çok enerji verimliliği, aydınlatma, gölgeleme, cam seçimi, havalandırma, cidar genişliği gibi alanlara odaklanmaktadır. Yangın güvenliği alanında yapılan çalışmalar ise cephe boşluğundaki baca etkisinin duman hareketleri üzerindeki etkisine yoğunlaşmaktadır. Havalandırma boşluğu boyunca oluşan basınç farklılığı dumanın yukarı yönde hareket etmesine ve diğer katlara taşınmasına sebebiyet verebilir. Duman hareketlerinden bağımsız olarak yangın alt kotlardan yüksek basınç sebebiyle üst kotlara çok hızlı bir şekilde yayılabilir. Bu durum duman hareketlerinden ayrı olarak incelenmelidir.

Yüksek binalarda katlar genellikle geniş ve açık planlı tasarlanır. Bu plan tipi yangın sırasında alev ve dumanların yayılması açısından risk oluşturur. Alçak binalarda ise tipik olarak mekanlar daha çok bölümlere ayrılır. Bu bölmelerin her biri arasında bulunan duvar, tesisat ve kanalın ısı, alev ve duman geçirgenlikleri kontrol edilmeli ve dumanı geçirmesine engel olacak önlemler alınmalıdır. Yapılara havalandırma desteği sağlaması amacıyla yapılan fanlar, cephe üzerindeki çeşitli amaçlara hizmet eden sistemler (yağmurlama, bakım için yürüme alanları, paneller vb.) mutlaka yangına karşı dayanıklı olmalıdır [24].

Çift Cidar sistemlerinde oluşan bir yangından sonra olası senaryolar şu şekilde gerçekleşir:

Kapalı mekanda başlayan yangından sonra, havalandırma koşullarına da bağlı olarak duman ve yangın cephe boşlukları üzerinden bina dışına doğru yayılma eğilimindedir. İç kabuktaki cam, mekan tarafında olması ve yangın noktasına daha yakın olması nedeniyle termal ışıınım etkisiyle daha erken kırılır ve böylece alev ve duman pencere yoluyla cidar arasındaki tampon bölgeye Şekil 3.19.a' da görüldüğü gibi geçer. Daha sonra baca etkisi ile duman yukarı doğru ve dış kabuğa doğru yükselmeye başlar. Dış cidardaki cam daha sonra Şekil 3.19.b'de görüldüğü gibi, alev ve dumanın etkisi altında kalarak kırılabilir ve böylelikle duman ve alev dışarı atılmış olur ve bu durum dumanın diğer katlara geçmesi ve ölümcül olması açısından daha az risk taşımaktadır. Şekil 3.19.c'deki senaryoda ise duman ve alev iç cepheyi yalayarak baca etkisi ile yukarı doğru yükselir. Burada görüldüğü gibi duman ve alev iç cephe boyunca pencere camlarını kırıp üst katlardaki mekanlara geçer ve bu da duman ve alev yayılmasına neden olur. Bu senaryoları etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur [3]. Bu faktörler çift

cidar genişliği, havalandırma koşulları (rüzgar), ısı salınımı, cam tipi, ve iç cephe üzerindeki çıkıntılar olarak sıralanabilir.



Şekil 3.19 : Çift cidar cephelerde duman hareketi [3].

3.6 Çift Cidar Genişliğinin Etkisi

Çift cidarlı cephelerde tampon bölge olarak da adlandırılan cephe boşluğu, atmosfer ile bina arasında yeni bir iklim alanı oluşturan yalıtım bölgesi gibidir [36]. Bu bölgenin genişliği özellikle yangın sırasında duman hareketlerini kritik seviyede etkilemektedir. Çift cidarlı cephelerde tampon bölgenin, yani cephe boşluğunun genişliği belirli bir düzeyin üzerine çıktığında iç ortamın havalandırılmasında rüzgarın etkisi düşer, doğal havalandırmanın etkinliği ve iç ortamdaki sıcaklık değerleri azalır [48].

Çift cidarlı cephe sistemlerinde, cidar genişliği estetik faktörler, temizlik ve bakım ihtiyacı, havalandırma şekli, güneş kontrol elemanları türü gibi pek çok etkene bağlı olarak belirlenmektedir. Genellikle cidarlar arasındaki boşluk 20 cm ile 200 cm arasında değişiklik göstermektedir. Cidar boşluğundaki hava akışı cephenin boyutu ve şekli ile doğrudan ilişkilidir. Deneysel incelemeler yangın durumlarında da tampon bölge genişliğinin, cephenin bölümlere ayrılması kadar önemli olduğunu göstermektedir [22].

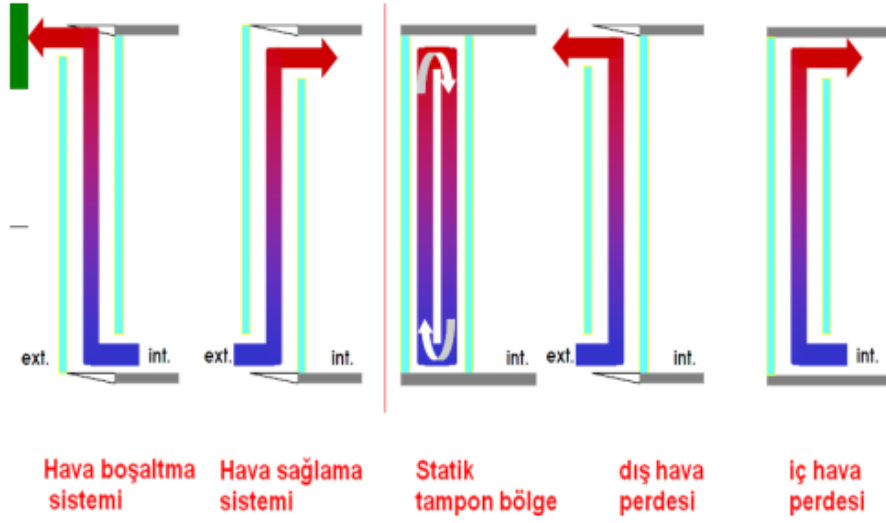
3.7 Havalandırma Koşullarının Etkisi

Cepheye yerleştirilen hava giriş ve çıkış boşlukları yüzeydeki basınç dalgalanmalarını dengeler. Bu menfezler genel olarak 10 m/s hava akımı hızına kadar doğal havalandırma sağlar [22]. Menfezlerin boyutları ile hava akımının hızı doğru orantılı

olarak artmaktadır fakat menfez genişliğini çok artırmak üst katlarda oluşan basınç farklılıkları nedeniyle elverişli değildir [15].

Çift cidarlı cephelerde havalandırma, ısınan havanın yükselmesi prensibine dayanmaktadır. Bu sistemlerde 3 temel havalandırma yöntemi görülmektedir. Bunlar; doğal havalandırma, mekanik havalandırma ve karma havalandırma şeklinde sıralanabilir. Doğal havalandırmalı cephelerde taze hava girişi, dış ortamdan sağlanır. Isınan havanın yükselmesi ile baca etkisi oluşur ve kirli hava dışarı atılır. Mekanik havalandırmalı cephelerde ise havalandırma için kullanılan hava dış ortam yerine iç mekandan alınır. Dış kabukta bulunan ısı cam, içeriyi dış etkenlerden korur ve güneş ışığını geçirerek hava boşluğundaki ortamın ısıtılmasını sağlar. İç ortamda mevcut olan hava mekanik olarak cephe boşluğuna emilir ve orada ısınarak iç ortama geri aktarılır [36]. Karma tip havalandırmalı cepheler, hem doğal hem de yapay havalandırmaya imkan sağlar [14].

Havalandırma yöntemlerinin yanı sıra mevsime ya da dış ortam koşullarına göre birbirine dönüştürülebilen farklı havalandırma modları bulunmaktadır. Havalandırma biçimi temelde boşluk içindeki hava sirkülasyonunun başladığı nokta ve akış yönüne bağlıdır. Bu doğrultuda 5 farklı türde havalandırma modu bulunmaktadır [8]. Bu farklı modlar “statik tampon bölge”, “hava boşaltma sistemi”, “hava sağlama sistemi”, “dış hava perdesi” ve “iç hava perdesi” dir. Hava sağlama sistemi modunda dış kabukta alt kotta, iç kabukta ise üst kotta menfez bulunur. Bu modda dış ve iç ortam arasında doğrudan hava alış verişi olur. Doğal havalandırma ile ısınan havanın içeri alınması mümkündür [41]. Fakat bu sistemlerde dış kaynaklı yangınlarda duman ve alevlerin içeri ulaşma olasılığı vardır. Statik tampon bölge modunda ise iç ve dış mekan arasında herhangi bir hava akışı söz konusu değildir. Menfezler bulunmadığından dış mekandan alınan hava iç mekanın havalandırmasında kullanılmaz [20]. Dış mekanla tampon bölge arasında açıklık bulunmasa da bu tip sistemlerde yangın esnasında iç kabuğun patlaması durumunda alev ve dumanın yayılma riski vardır. Dış hava perdesi modunda, sadece dış kabuğun alt ve üst kısımlarında menfez bulunur ve cephe boşluğundaki hava dış ortamdaki hava ile sürekli değişim halindedir. İç hava perdesi ise bu sistemin tam tersi olup dış ortam ile bağlantısı yoktur [41].



Şekil 3.20 : Menfezlerin durumuna göre havalandırma modları [40].

3.8 Isı Salınımının Etkisi

Duman kontrol sistemlerinin tasarımında ya da yangın modellenen deneysel çalışmalarda yanıcı maddelerin ısı salınım oranları göz önünde bulundurululan başlıca faktörler arasındadır. Isı salınım hızını ölçmek için genellikle yanıcı nesnelerin tükettiği oksijen miktarının kalorimetre ile ölçülmesi yöntemi kullanılmaktadır [31]. Fakat propan kullanarak kompartıman içerisinde sıcaklık-zaman eğrisinin yeniden üretilmesi ile yapılan ölçümlemenin ısı salınım hızını tahmin etmede iyi bir araç olabileceği çalışmalarla gösterilmiş ve yeni bir yöntem olarak literatürde yerini almıştır [51].

Isı salınım hızı, yangının gidişatını etkileyen birincil faktörlerdendir. Özellikle büyüme evresinde ısı salınım hızının etkisi, yangının gelişimini belirler. Bu evrede, ısı salınım hızı ise temelde mekandaki yakıtların oluşturduğu kompozisyona bağlıdır. Salınımı etkileyen bir diğer faktör ise yangının nereye yöneldiğidir. Örneğin duvara ya da tavana yakın yerlerde alev alan nesnelere ışımsal bir geri dönüş olur ve bu da maddenin ısı salınım hızını etkiler [31].

3.9 İç Kabuktaki Cephe Çıkmalarının Etkisi

Çift cidarlı cephelerde, yangın sırasında iç kabuktaki cephenin çıkması alev ve dumanların yapı boyunca yayılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çift kabuk içerisindeki çıktılar sayesinde yangın sonucu oluşan alevler çift cidar arasında geçtikten sonra bu çıktılara çarparak yukarı değil de dış cepheye doğru yönelmiş olurlar ve böylelikle üst katlara duman ve alev geçişi daha az olmaktadır [53].

3.10 Cam Tipi

Çift cidar cephelerinde kullanılam cam tipleri genelde temperli cam olup ve çalışmalara bakıldığında 600°C e kadar dayanıklı olduklarını görmekteyiz. Camlar daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı olursa kırılmaz ve yangın o bölüme giremez ve böylelikle mekan yangından korunmuş olur. Ayrıca cam türleri değişken olmakla beraber 280°C ile 600°C kadar değişmektedir.[54]

Çift cidarlı cephelerin temel prensibi, yüzeyler arasındaki ısı geçişine dayanmaktadır. Isı kaynağı olarak güneşten yararlanıldığı için cam seçimi oldukça önemlidir. Türkiye’de renklendirilmiş, berrak, yansıtıcı, güneş kontrollü, temperlenmiş, low-E ve fotovoltaiik camlar üretilmekte ve çift cidarlı cephe sistemlerinde kullanılmaktadır [22].



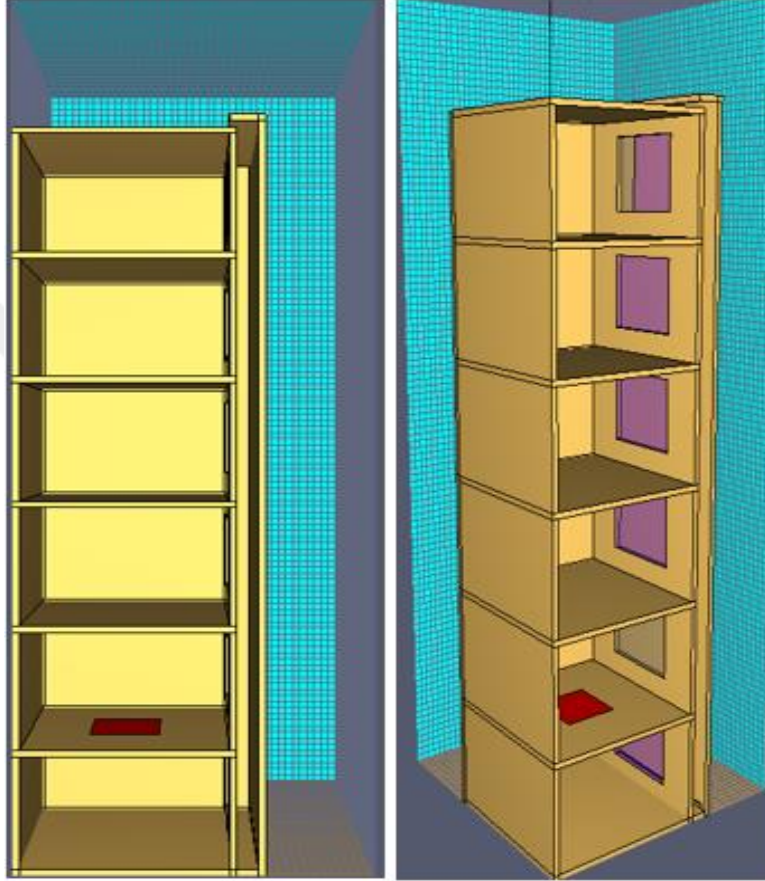
4. YANGIN MODELİ VE DUMAN HAREKETİNİN SAYISAL YÖNTEMLE İNCELENMESİ

Bu bölümde çift cidar arasındaki duman hareketinin oluşturduğu hız ve sıcaklık değerlerinin incelenmesi için benzetim (simülasyon) yapılacak bina modeli tanımlanmaktadır. Modelin PyroSim yangın benzetim programında oluşturularak çalıştırılmasından sonra elde edilen sonuçlar ve bunların Smokeview arayüz programındaki çıktıları grafikler halinde sunulmaktadır.

4.1 Sayısal Modelin Tanımlanması

Sayısal model olarak zemin+5, toplam 6 katlı ofis işlevi olan bir bina tasarlanmıştır. Binada her katın yüksekliği 4 m olup yangının bulunduğu mekan ve bununla aynı düşey aksta yer alan bütün mekanların dış cephesinde (çift cidarın iç tarafında) 2,5 m x 3 m ölçülerinde pencereler bulunmaktadır. Bu mekanın ve üstünde yer alan tüm katların pencereleri, en üst kat hariç olmak üzere, kapalı olarak düşünülmüştür. En üst katta ise pencere modüllerinden sadece birinin açık olduğu kabul edilmiştir. Buradaki amaç, yangının ve dumanın en üst kata dek nasıl ulaştığı ve bu kattaki mekanı/meکانları ne derecede etkilediğini görmektir. Modelde duvar kalınlıkları 20 cm, parapet 80 cm ve giriş 70 cm olarak tasarlanmıştır. Üst üste yer alan aynı akstaki tüm mekanların plandaki büyüklüğü 36 m²'dir. Yangının 1. katta incelenen mekanın tam ortasında meydana geldiği düşünülmüştür. Yangının büyüklüğü 5 MW olarak seçilmiştir. İncelenen modelin sayısal ortamdaki görünüşü Şekil 4.1'de yer almaktadır. Çift cidarlı cephenin derinliği 60 cm, 120 cm ve 180 cm olarak alınmıştır. Çift cidar cephenin iç kısmındaki cephe bölümünde yer alan saydam yüzeylerde temperli cam kullanılmıştır. Bu tip camlarla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında 600 °C' lik ortam sıcaklığında dayanımını yitirerek çatlayıp kırıldığı görülmüştür [7]. Yapılan sayısal analizde de kapalı mekanda ve çift cidar arasında bu sıcaklık değerlerine ulaşıldığında camların kırılması tasarım verisi olarak programa girilmiştir. Çift cidarın dışındaki cephede yer alan camın kırılma riski daha düşüktür ve kırılması halinde dumanın

tahliyesine yardımcı olması nedeniyle avantajlı bir durum oluşturmaktadır. Bu nedenle benzetimde çift cidarın dışındaki camın kırılma durumu dikkate alınmamıştır. Çift cidarlı cephede dış cidarın altında ve üstünde açıklıklar bırakılarak farklı havalandırma olanakları oluşturulmuştur. Açıklıklar, cephe genişliği boyunca ve yükseklikleri ise 20 cm ve 40 cm olarak planlanmıştır.



Şekil 4.1 : Sayısal modelin ağ yapı (mesh) görüntüsü.

4.2 Modellemede Kullanılan Program

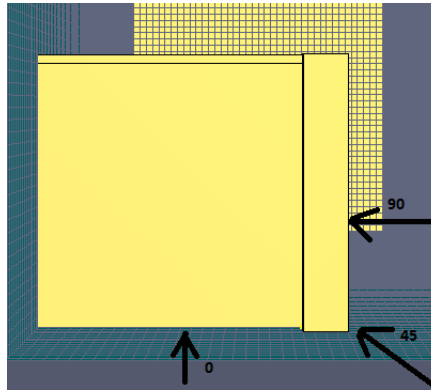
Bu çalışmada sayısal benzetim yazılımı olarak Thunderhead Engineering tarafından hazırlanan Pyrosim kullanılmıştır. Bu yazılım FDS (Fluid Dynamics Simulator)'in kullanıcı arayüzü olarak işlev görmektedir.

Planlanan yangın senaryoları tasarlanan model bir binada sayısal olarak incelenmiştir. Kullanılan sayısal yöntem prensibi, alan modellerinde (zone models) olduğu gibi,

hakim olan diferansiyel denklemlerin sonlu elemanlar yöntemiyle çözülmesi esasına dayanmaktadır.

4.3 Kabuller ve Sınır Koşulları

Modellenen binanın ofis işlevinde olduğu düşünülmüştür. Rüzgar hareketinin etkilerinin incelenmesi için modelde çift cidar dış cephesine 3 farklı yönden gelen 2.19 m/Sn. (DMİ Göztepe İstasyonu rüzgar verilerine göre İstanbul için uzun yıllar hava hızlarının ortalaması) değerindeki rüzgar, benzetim programına veri olarak girilmiştir. Rüzgarın 0°, 45° ve 90° geliş açısıyla cepheye etki etmesi tasarlanmıştır. Benzetim süresi 180 Sn. ile sınırlıdır. Rüzgarın çift cidar arasına geçebildiği açıklıkların cidarın en alt ve en üst bölümlerinde olduğu ve 20 ile 40 cm'lik farklı yükseklik kombinasyonlarında olduğu planlanmıştır. Çift cidarda kullanılan iç ve dış cidar camlarının temperli olduğu kabul edilmiştir. Camların kırılma sıcaklığı 600 °C olarak alınmış, yangın anında bu sıcaklığa ulaşan iç cidar üzerindeki camların kırılacağı düşünülmüştür. Çift cidarın dış kabuğundaki camların kırılmadan kalması kararlaştırılmıştır. Tasarım yangınının büyüklüğü ofis tipi binalarda yapılan araştırmalara dayanılarak 5MW ve HRRPUA ise 1200 kW olarak alınmıştır [56]. Yangının model binanın 1. katında odanın ortasından başlayarak yayıldığı ve tam gelişmiş yangın özelliğinde olduğu planlanmıştır.



Şekil 4.2 : Rüzgar geliş açısı

4.4 Yangın Senaryoları

Bu çalışmada çift cidar genişliği, alt ve üst menfez açıklıkları ile rüzgarsız ve rüzgarın geliş açılarının farklı boyutsal kombinasyonları kullanılarak 24 farklı yangın senaryosu oluşturulmuştur. Tablo 1'de planlanan senaryolar görülmektedir.

Çizelge 4.1 : Yangın senaryoları.

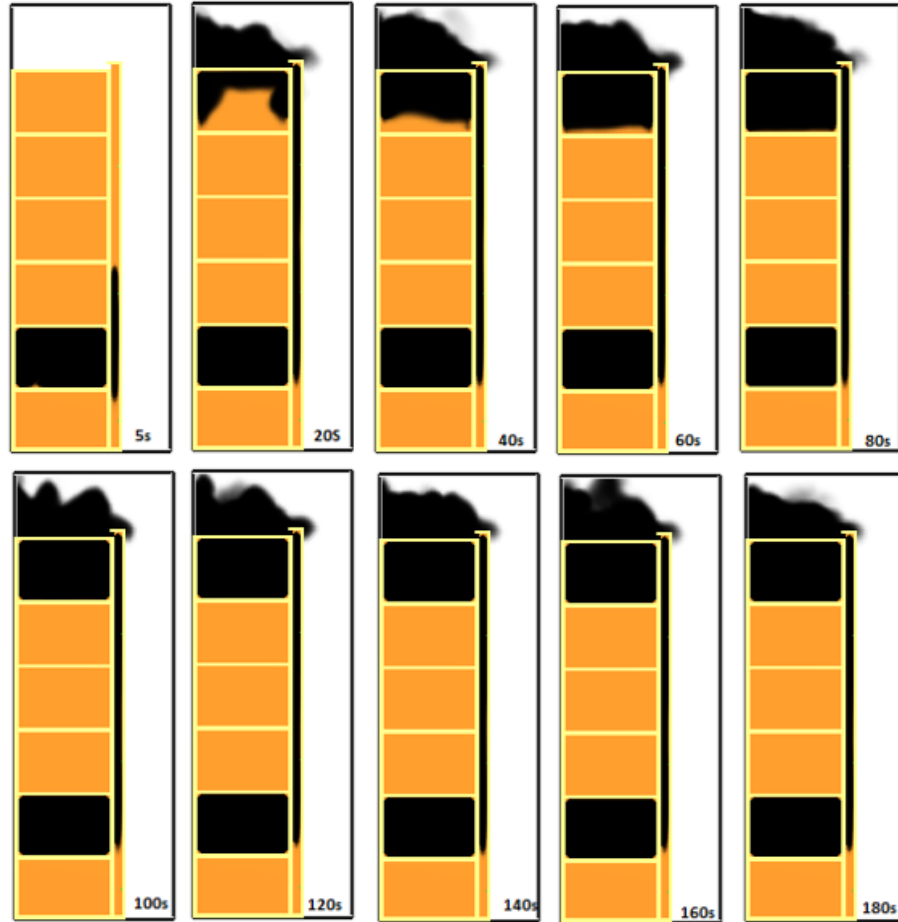
Senaryolar	Rüzgarın Geliş Açısı(°)	Çift Cidar Genişliği(cm)	Menfez yükseklilięi(cm)
1	0	60	20
2	0	120	20
3	0	180	20
4	0	60	40
5	0	120	40
6	0	180	40
7	45	60	20
8	45	120	20
9	45	180	20
10	45	60	40
11	45	120	40
12	45	180	40
13	90	60	20
14	90	120	20
15	90	180	20
16	90	60	40
17	90	120	40
18	90	180	40
19	Yok	60	20
20	Yok	120	20
21	Yok	180	20
22	Yok	60	40
23	Yok	120	40
24	Yok	180	40

4.5 Sayısal Modele Ait Sonuçlar

4.5.1 Duman hareketi açısından sonuçlar

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
1	0	60	20

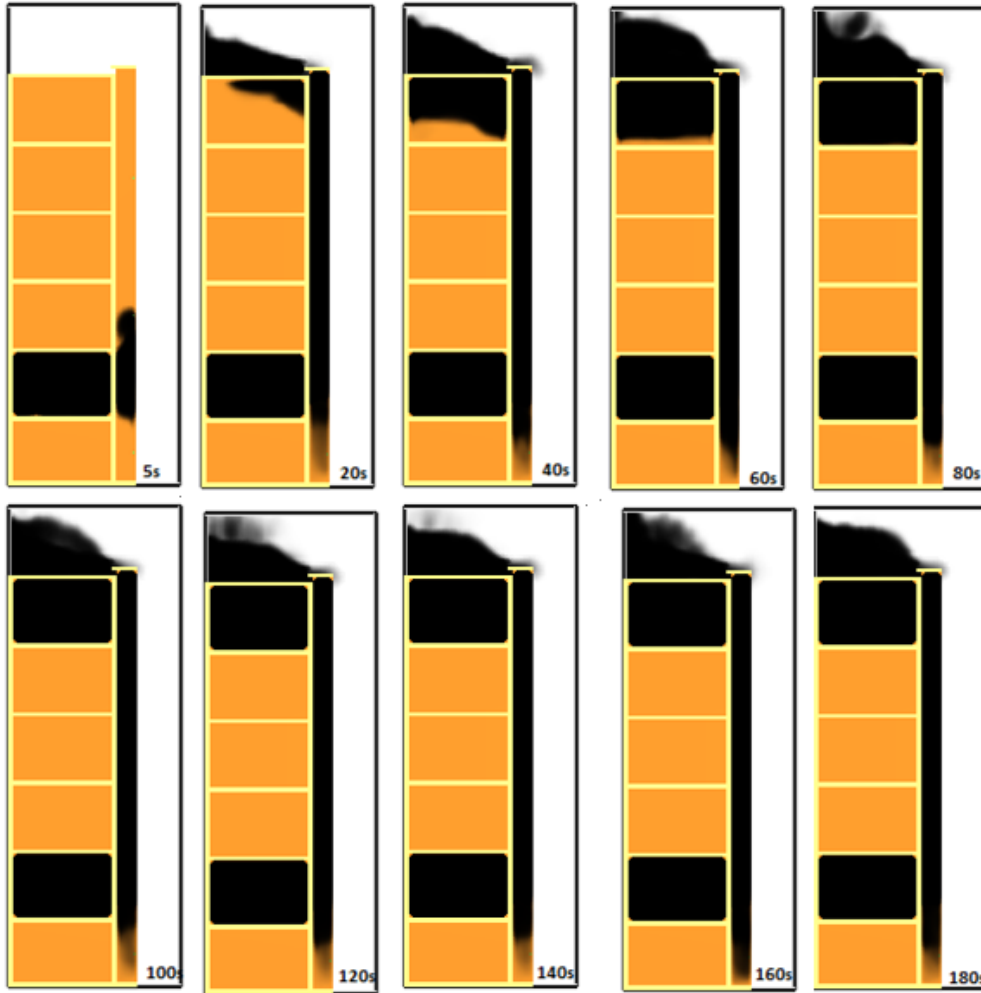
1. senaryoda duman benzetimin ilk aşamalarında çift cidar arasına girmiş, dış kabuğa çarparak bir bölümü cidar boşluğunda aşağı diğer önemli bir bölümü ise yukarı doğru yükselmiştir. Sonra tamamen cidar içinde yükselerek 9 Sn.' de en üst kattaki açık olan pencere bölümünden mekana girmeye başlamıştır. 15 Sn. de ise mekanın tavan boyunca ilerlemiş ve karşıdaki duvara çarpıp duvar jeti oluşturarak döşemeye doğru yönelmiştir. 80 Sn. geldiğinde mekanın tamamı dumanla dolmuştur. 0 °'lik geliş açısında sahip rüzgarın çift cidar boşluğunda önemli bir etki oluşturmadığı görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : 1.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
2	0	120	20

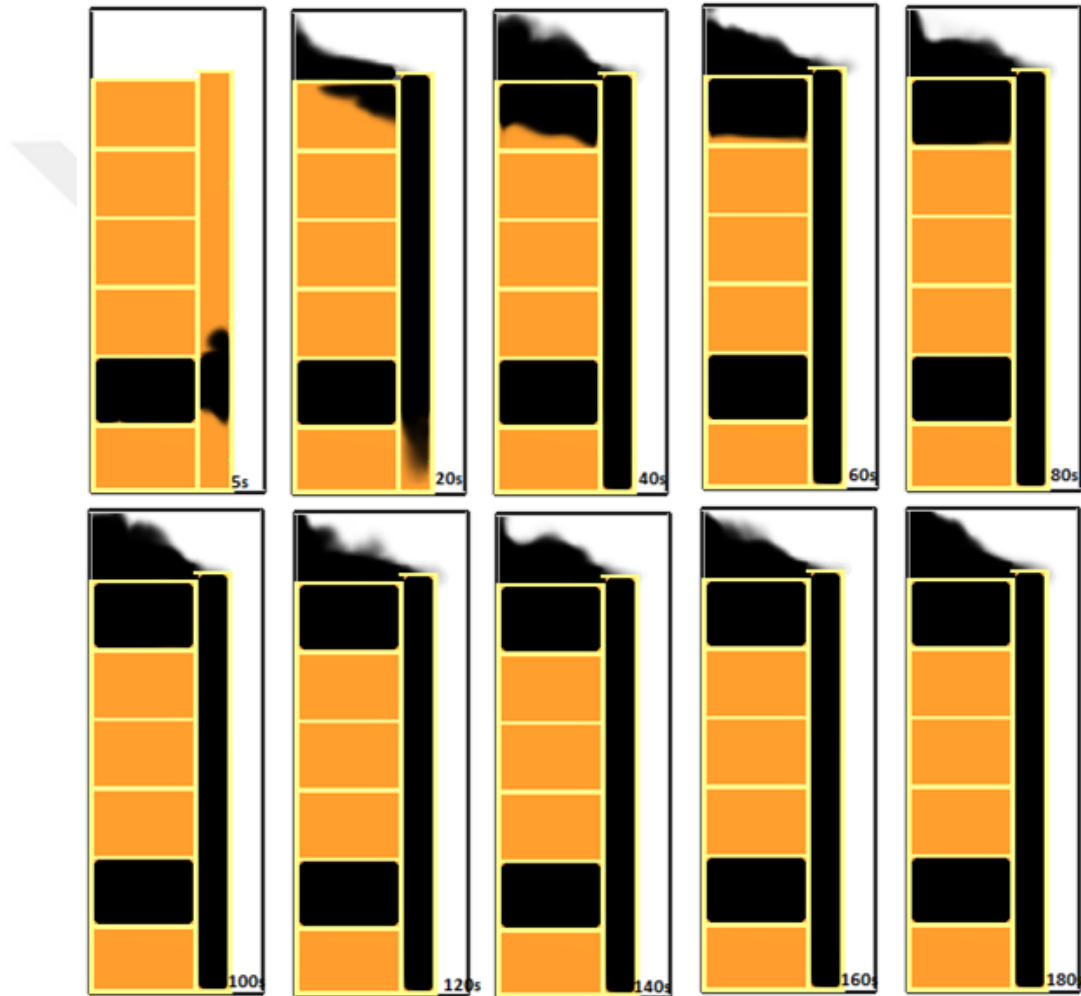
2. senaryoda duman camı kırarak çift cidar arasına geçmiş ve 12 Sn. geldiğinde ise en üst kattaki açık olan pencere bölümünden girerek mekanı doldurmaya başlamıştır. Bu süre zarfında dumanın dış kabuğa çarpan bir bölümü aşağı doğru yönelmiş ve benzetim boyunca da çift cidarın alt kotlarında yoğunluk oluşturmuştur. Yaklaşık 60 Sn. de mekan tamamen dumanla kaplanmıştır. Rüzgarın çift cidar arasında önemli bir çekiş etkisi yaratmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : 2.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
3	0	180	20

3. senaryoda duman çift cidar içinde dış kabuğa çarparak kısmen aşağı inmiş, büyük bölümü ise yukarı yükselmiştir. 14 Sn. de en üst katta açık olan pencere bölümünden mekana girmeye başlamıştır. 40 Sn. de duman üst katın büyük bölümünü, 60 Sn. de ise tamamını doldurmuştur. Dumanın çift cidar arasında aşağı inen bölümü 40 Sn. den benzetimin sonuna dek yoğunluk oluşturmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : 3.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
4	0	60	40

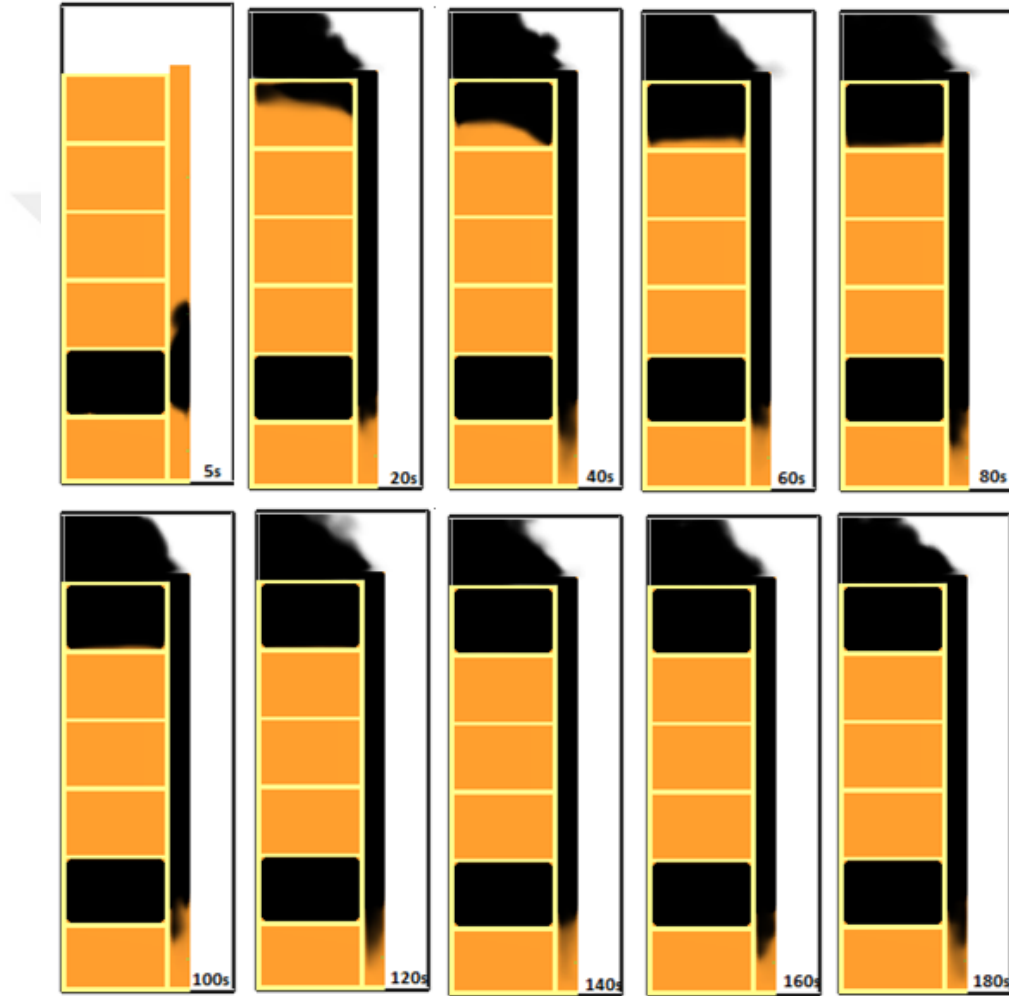
4. senaryoda duman çift cidar arasına geçerek yükselmiş ve 8 Sn. de en üst kattaki açık pencereden mekana girmeye başlamıştır. 35 Sn. de mekan içinde önemli miktarda duman bulunmaktadır. 65 Sn. de ise mekan tamamen dumanla dolmuştur. Burada 1. senaryoya göre çift cidarın alt ve üstündeki menfez açıklıklarının büyümesi sonucunda havalandırma koşulları 1. senaryoya göre daha iyi oluşmuş ve çift cidar arasında aşağı doğru duman hareketi oluşmamıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : 4.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
5	0	120	40

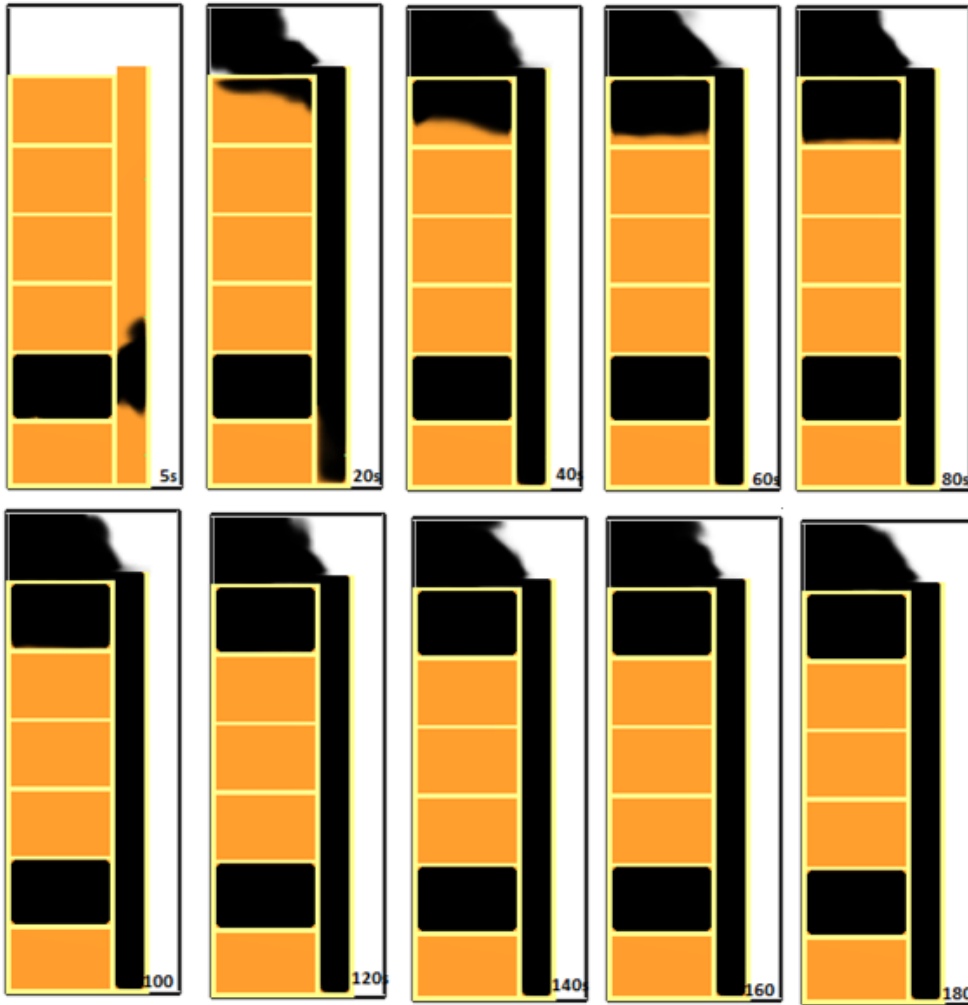
5. senaryoda duman 11 Sn. de en üst kattaki açık olan pencereye ulaşmış, mekana girerek yaklaşık 85 Sn. de tamamen duman ile dolmuştur. Çift cidar arasında 20 Sn. den itibaren alt kotlarda hissedilen duman, havalandırmanın 2. senaryoya nazaran daha iyi olması nedeniyle aşırı yoğunluk oluşturmamıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : 5.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
6	0	180	40

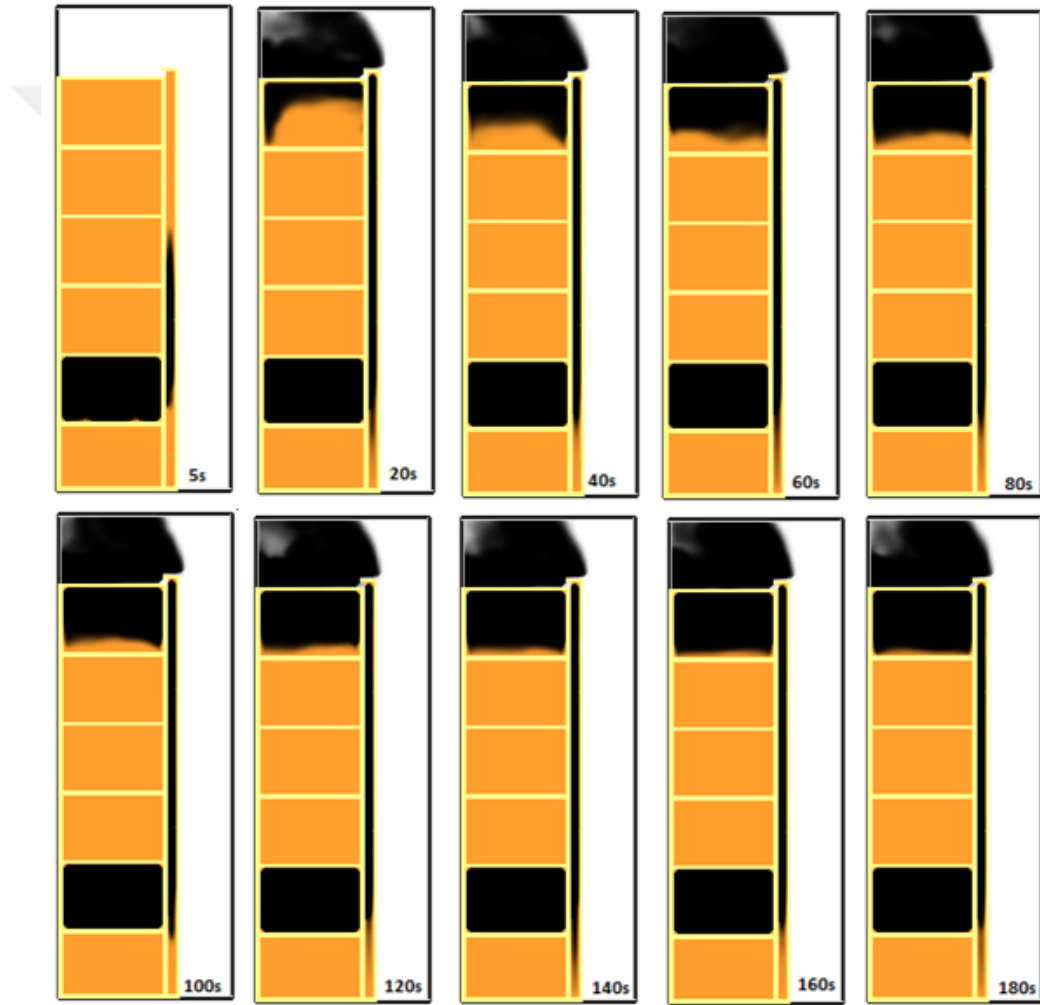
6. senaryoda duman 13 Sn. den sonra en üstteki açık olan pencere bölümünden mekana girerek ortamı doldurmaya başlamıştır. 87 Sn. de ise mekanın tamamen dumanla dolduğu gözükmemektedir. 3. senaryo ile kıyaslandığında çift cidar arasında alt kotlara doğru oluşan duman yoğunluğu ve duman üretim miktarının daha fazla olduğu söylenebilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 : 6.Senaryoda duman hareketi

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
7	45	60	20

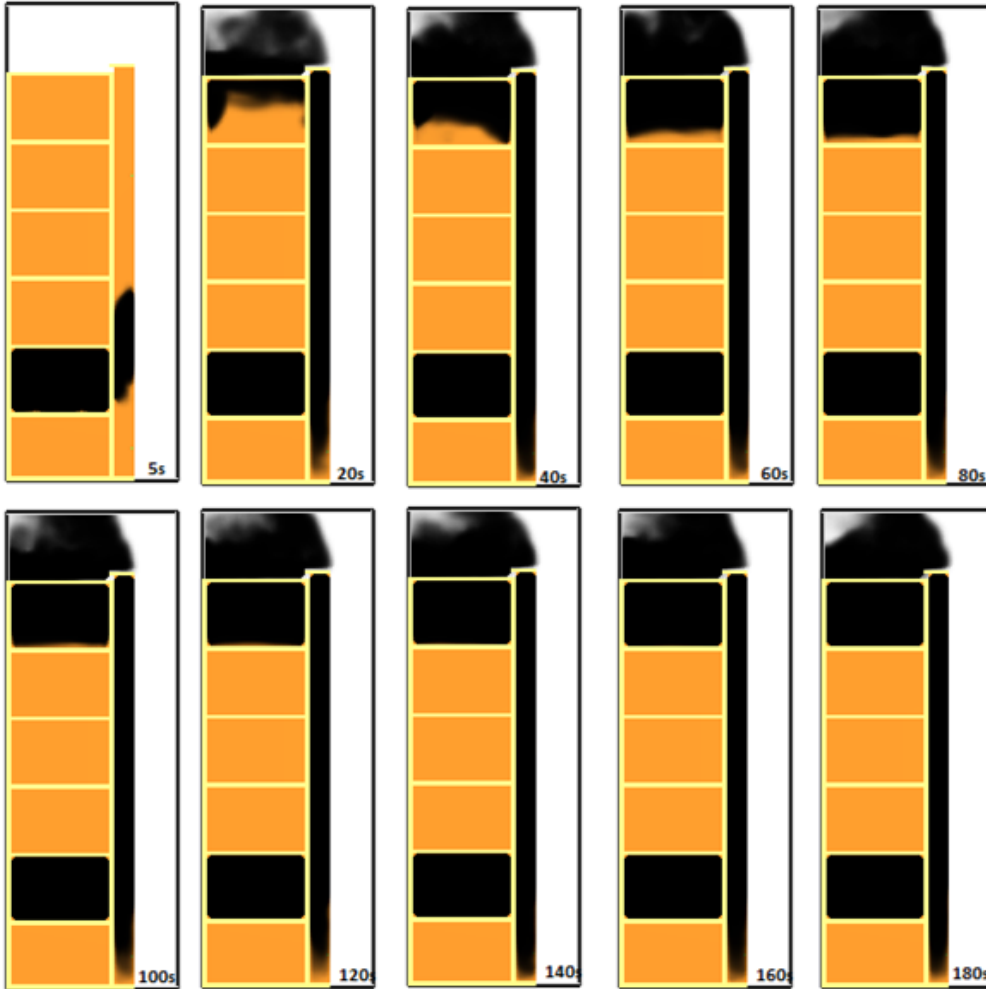
7. senaryoda duman hızla çift cidar arasına geçerek yükselmeye başlamış, 6 Sn. civarında üst kattaki açık pencere bölümüne erişmiştir. 50 Sn. civarında odanın büyük bölümünü kaplamış, 160 Sn.' ye doğru oda tamamen duman ile dolmuştur. Rüzgarın 45° açıyla cepheyi etkilemesi nedeniyle çift cidar boşluğunda oluşan hava hareketi dumanın üst kotlara ve tahliye menfezinden çıkışını hızlandırmıştır. Bu nedenle bina üzerinde oluşan duman miktarı artış göstermiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : 7.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
8	45	120	20

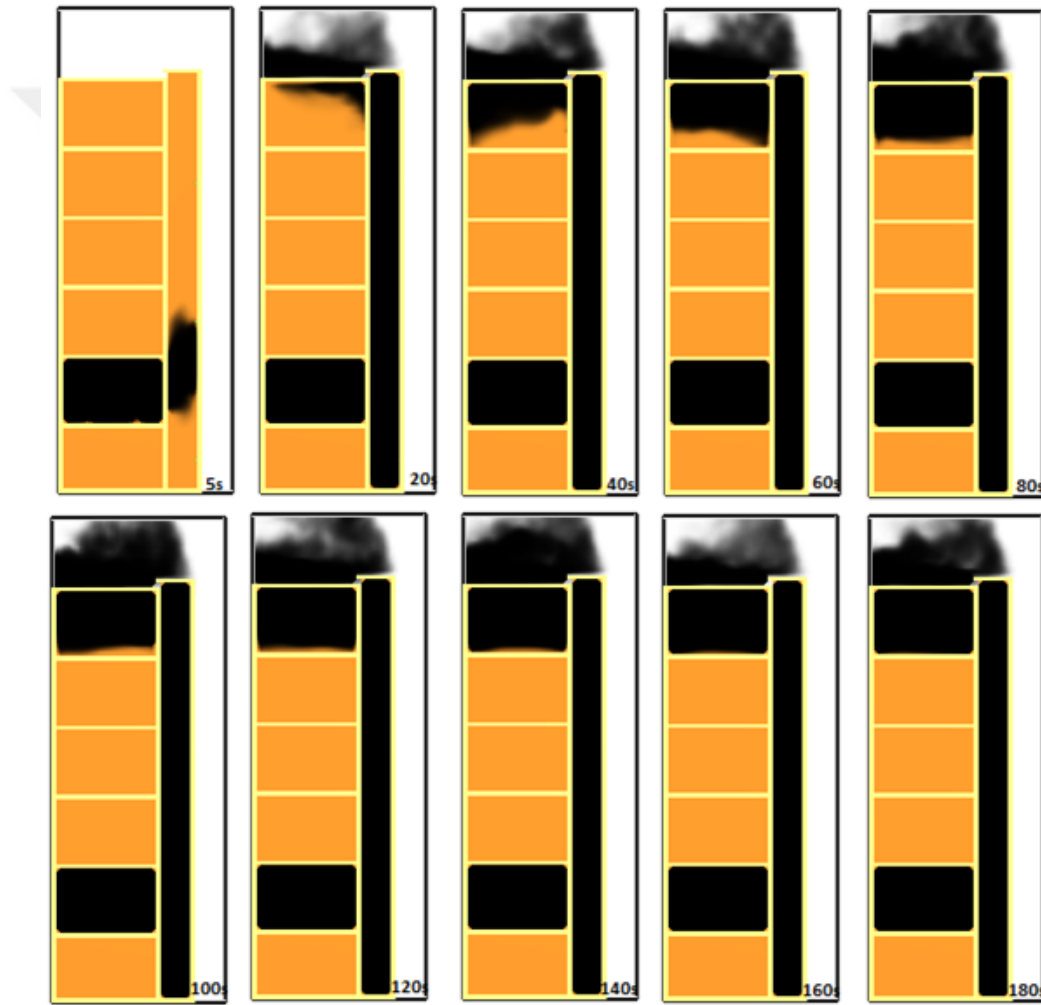
8. senaryoda duman çift cidar arasında baca etkisi ile yükselerek 11 Sn. de en üst katta pencere seviyesine ulaşmıştır. 45°'lik açıyla cepheyi etkileyen rüzgara rağmen çift cidar içinde alt kotlara doğru duman yayılımı gözlenmiştir. 111 Sn. de odanın tamamı dumanla dolmuştur. Bina üstünde tahliye edilen duman miktarında artış saptanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : 8.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
9	45	180	20

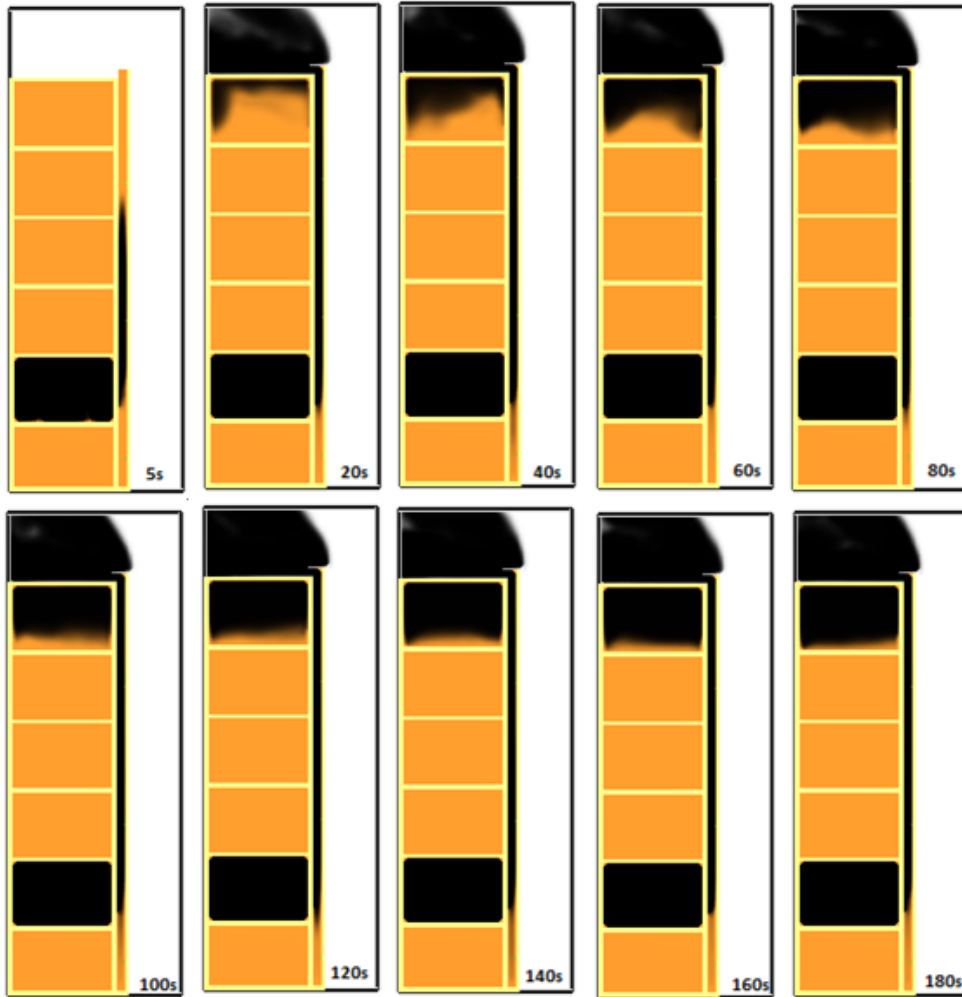
9. senaryoda duman 13 Sn. içinde üst kattaki açık olan pencere bölümünden mekana girmiştir. Yaklaşık 140 Sn. sonunda oda tamamen duman etkisinde kalmıştır. Tahliye menfezinden önemli miktarda duman çıkışı gözlenmiştir. Benzetim ilk aşamalarından itibaren duman çift cidar boşluğunda alt kotlara doğru inerek yoğunlaşmış, kısa sürede tüm cidar boşluğunu kaplamıştır. Cidar boşluğundaki havalandırmanın yetersiz kaldığı söylenebilir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 : 9.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
10	45	60	40

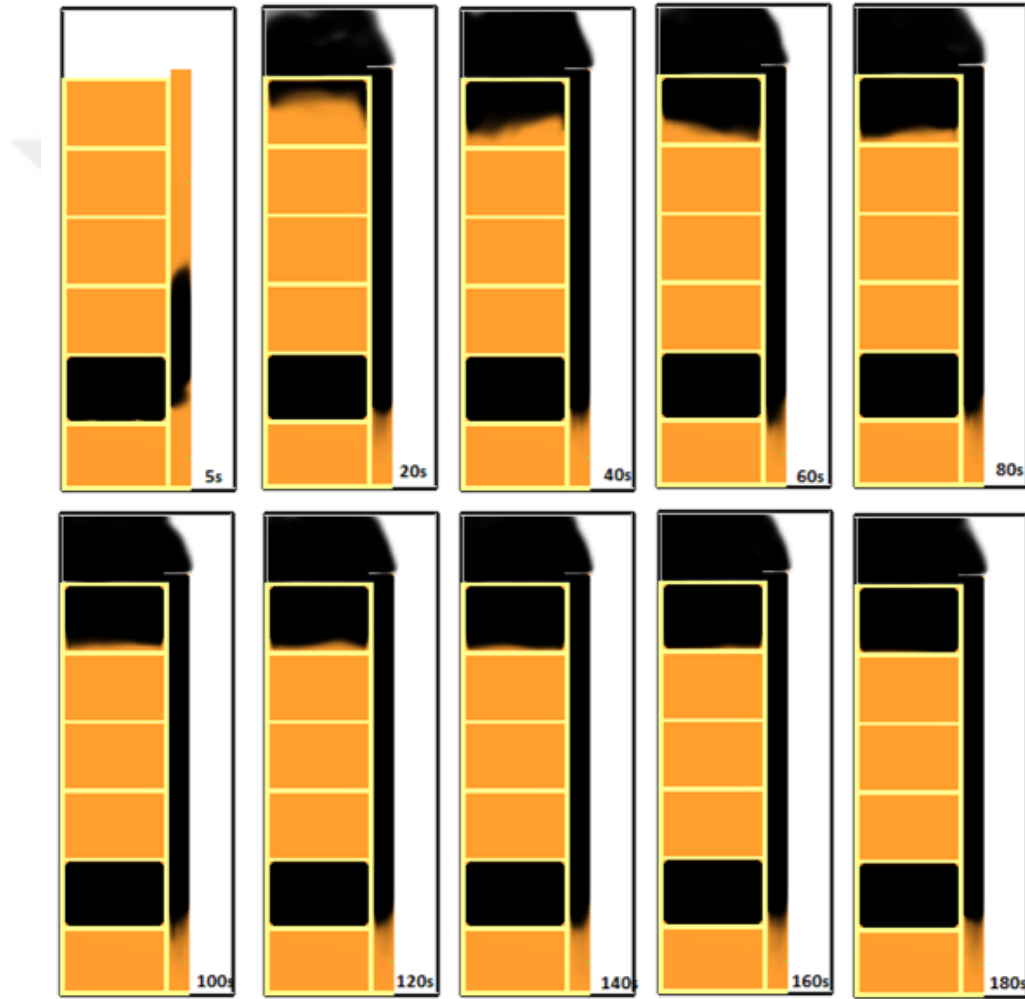
10. senaryoda duman çift cidar arasında yükselerek baca etkisiyle 6 Sn. de en üst kattaki açık olan pencereden mekana girmeye başlamıştır. 100 Sn. de odanın önemli bir bölümü dumanla dolmuş, 180 Sn. civarında tamamı dumanla kaplanmıştır. Binanın üst bölümünde menfezden çıkan duman miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Çift cidar boşluğunda alt kotlara doğru önemli bir yayılma gerçekleşmemiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 : 10.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
11	45	120	40

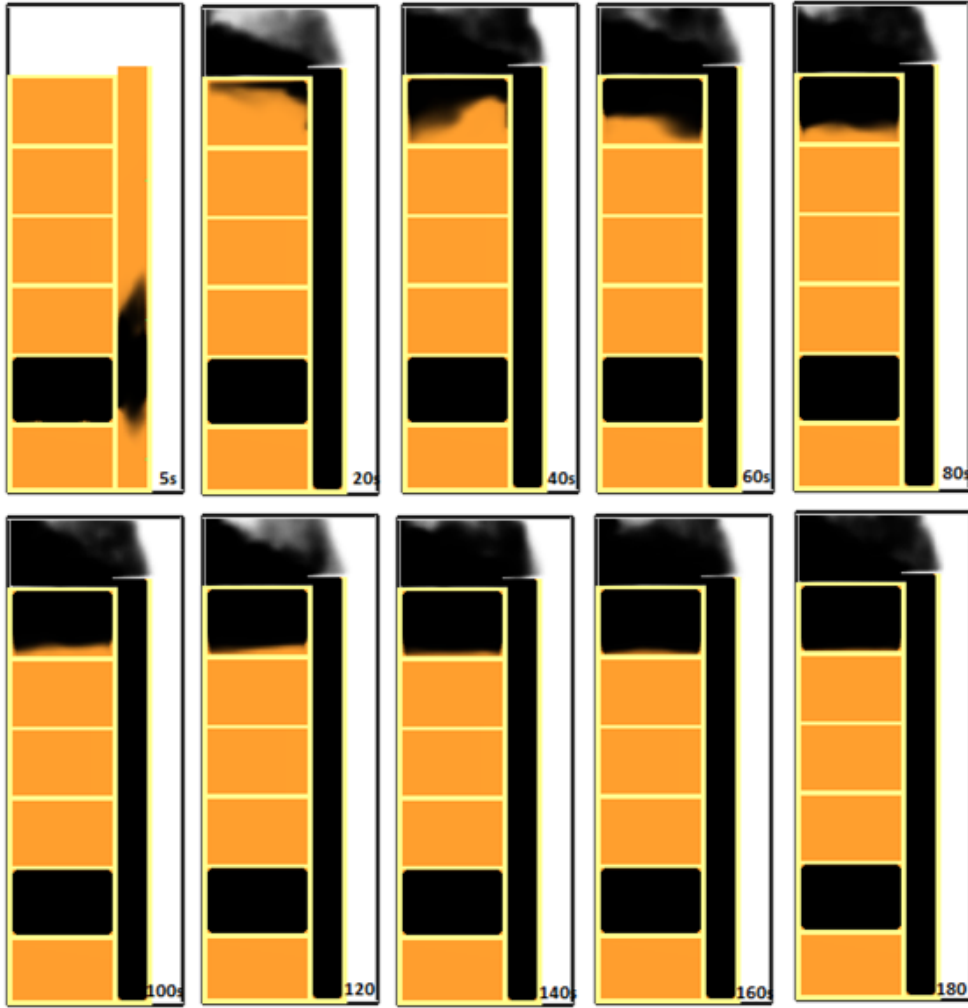
11. senaryoda duman 8 Sn. civarında en üst kattaki açık pencereye ulaşmıştır. 100 Sn. de odanın büyük bölümü dumanla kaplanmış, 140 Sn. sonunda oda tamamen dumanla dolmuştur. Çift cidar arası 20. Sn. den itibaren pencere seviyesinin üstünde dumanla dolmuş ancak odanın bulunduğu kotun altında önemli bir yoğunluk oluşmamıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : 11.Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
12	45	180	40

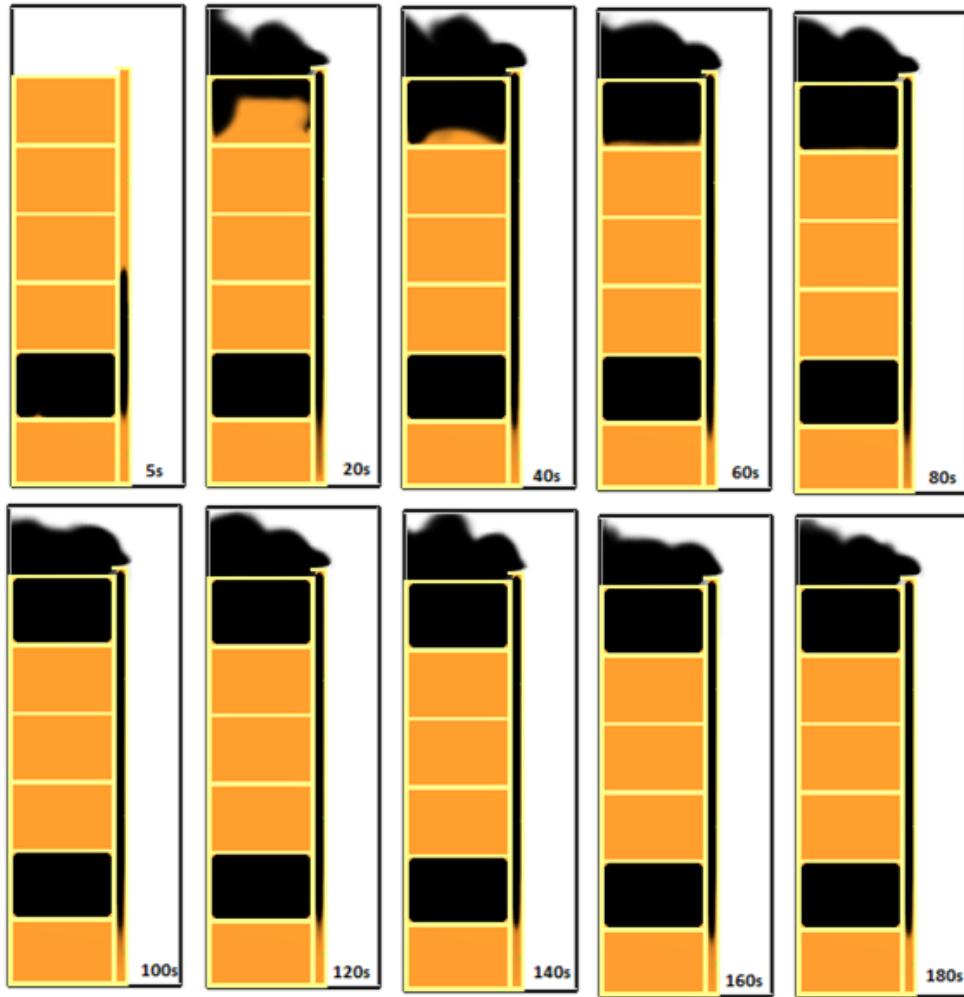
12. senaryoda duman 10 Sn. en üst kattaki açık olan pencere bölümünden oda içerisine girmiştir. Duman yoğunluğu artarak 160 Sn. sonunda tamamen odayı doldurmuştur. Rüzgar etkisine rağmen 20 Sn. den itibaren tüm çift cidar boşluğu dumanla kaplanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 : 12. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
13	90	60	20

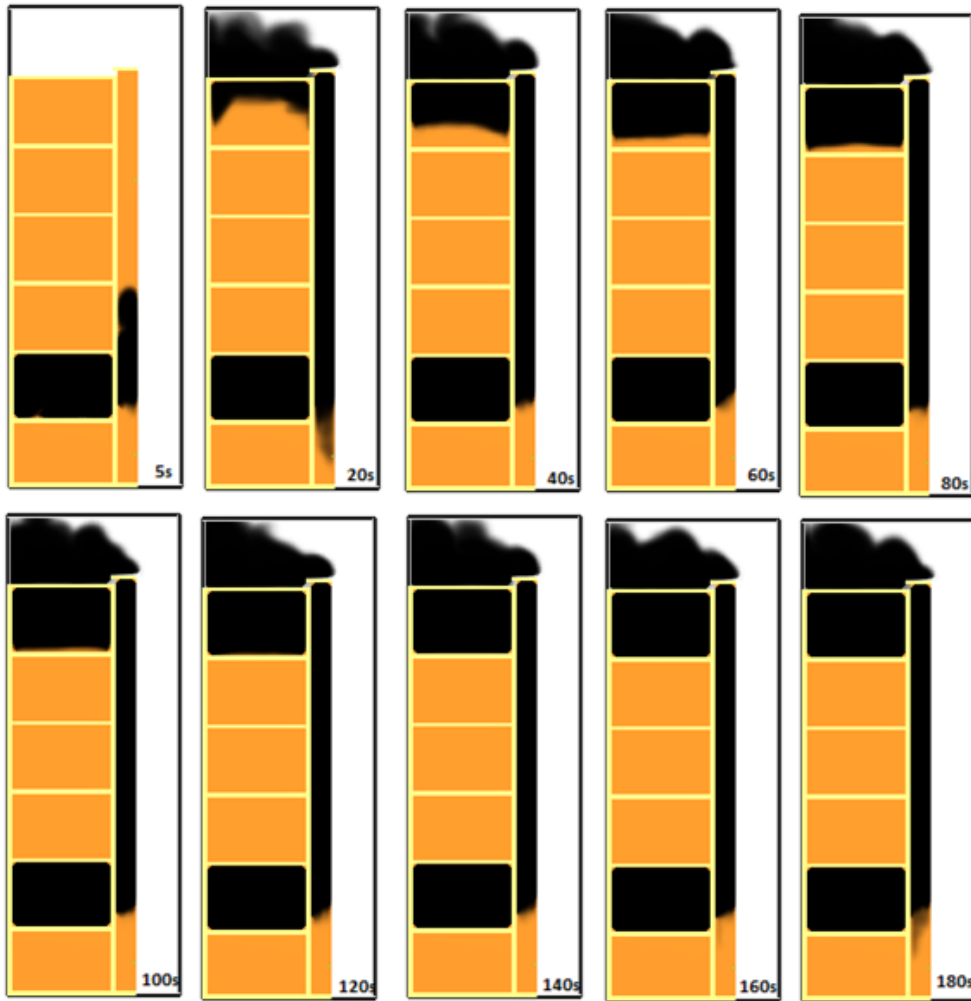
13. senaryoda duman çift cidar arasına geçerek hızla üst katlara ulaşmış ve 60 Sn. sonunda en üst kattaki mekanı doldurmuştur. Bu süre zarfında çift cidar arasında üst kotlara doğru yayılırken yangının başladığı kotun altına inmediği görülmüştür (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : 13.Senaryo duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
14	90	120	20

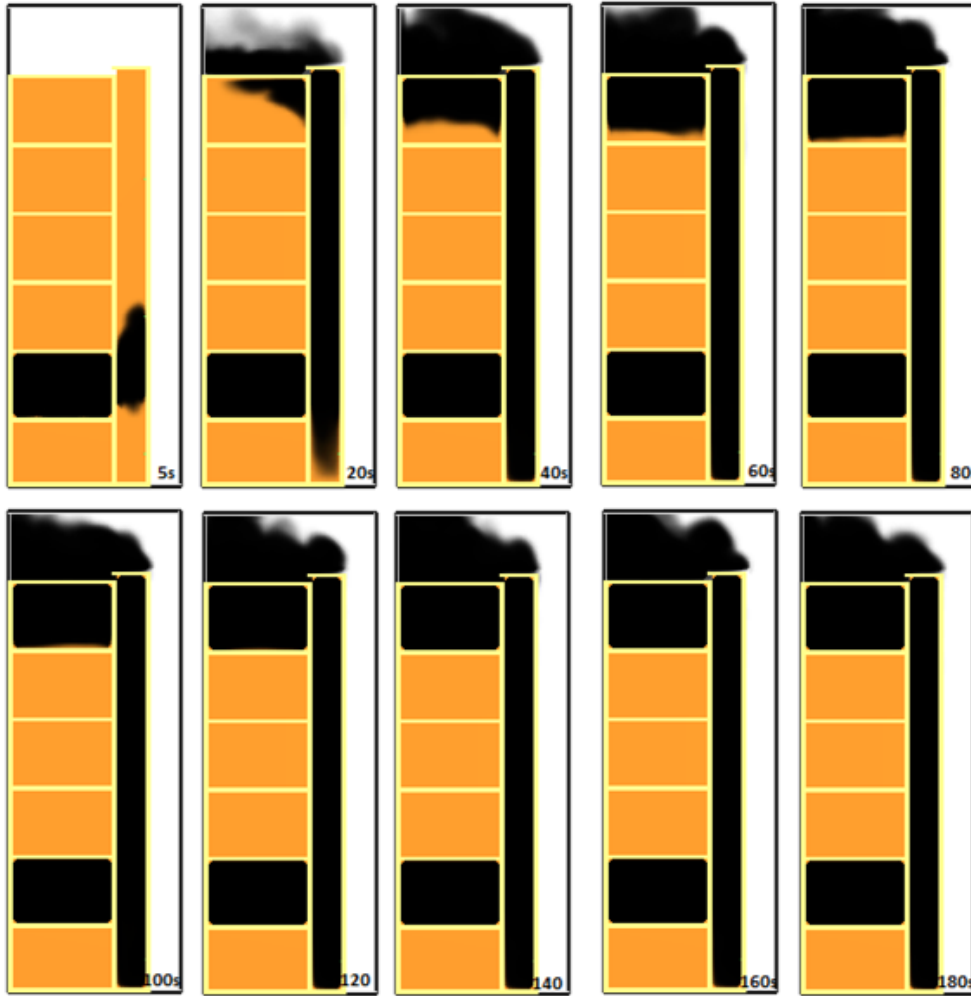
14. senaryoda duman çift cidar içerisinde yükselerek 12 Sn. de en üst kattaki açık olan pencereden odaya girmeye başlamıştır. Yaklaşık 100 Sn. de odanın tamamı dumanla kaplanmıştır. Çift cidara arasında ise 20 Sn. civarında yangının bulunduğu kotun altına doğru inen duman, ilerleyen zaman içinde bu bölümde yoğunluk oluşturmamış, cidar arasında yükselmeye devam etmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : 14. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
15	90	180	20

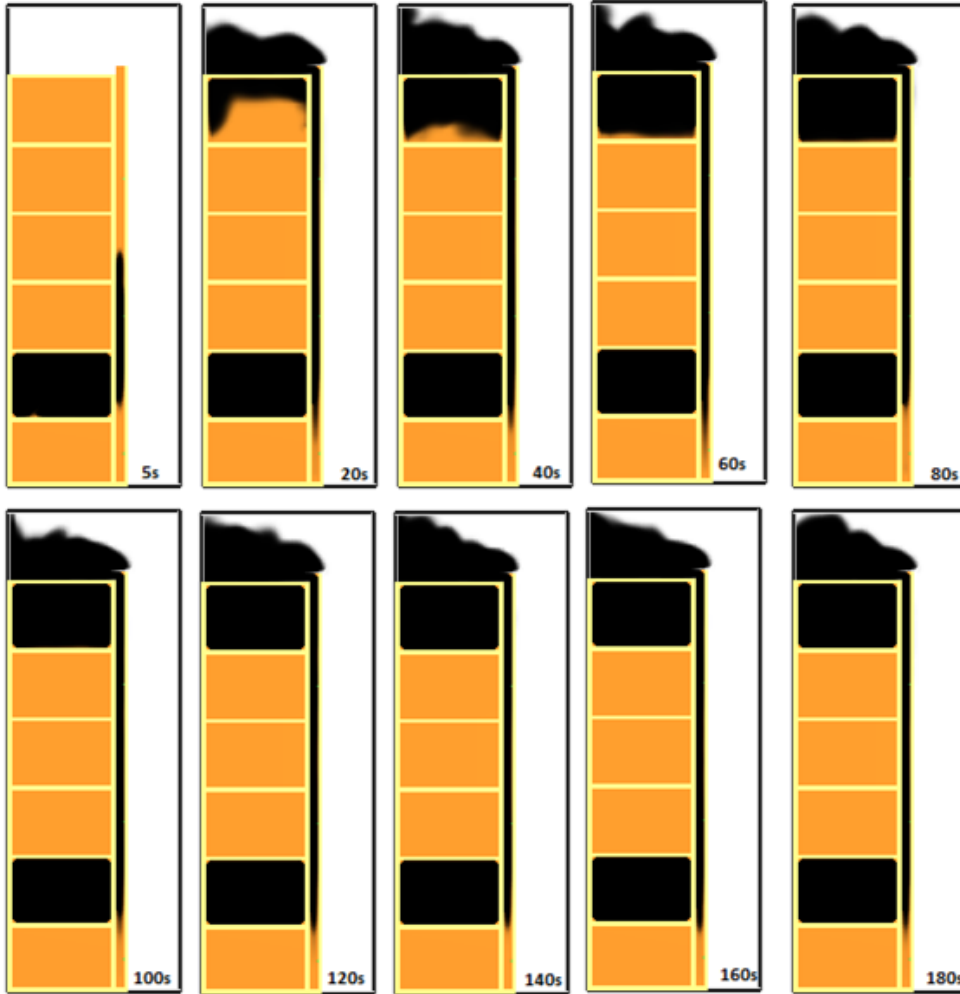
15. senaryoda duman kısa sürede yangının bulunduğu mekandan çift cidar arasına geçmiştir. 20. Sn. civarında yangının bulunduğu döşeme kotunun altına doğru yoğunluk oluşturmaya başlamış ve 40 Sn. ye dek tüm çift cidar boşluğunu doldurmuştur. 90 Sn. sonunda ise en üstteki oda tamamen dumanla kaplanmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 : 15. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
16	90	60	40

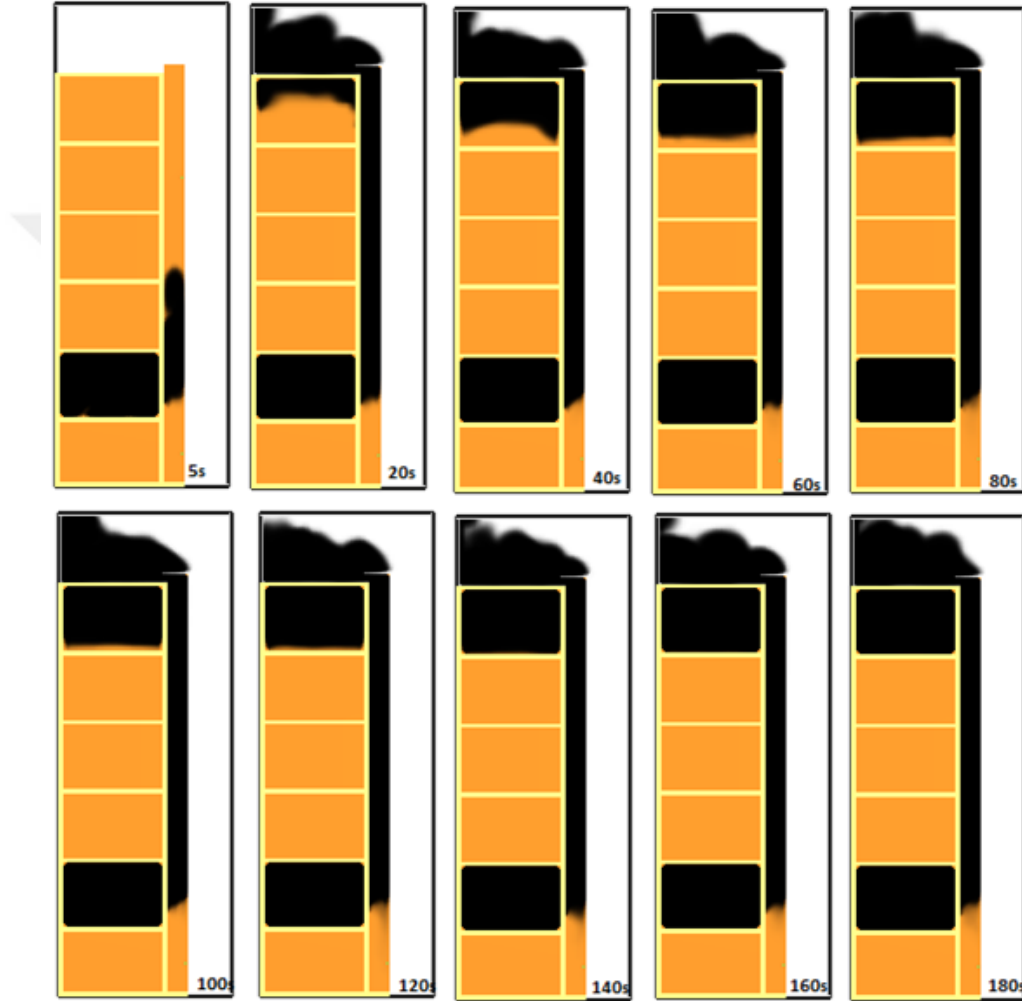
16. senaryoda duman 7 Sn. de en üst kattaki oda içine açık olan pencereden girmiş ve 70 Sn. de ise tamamen odayı doldurmuştur. Çift cidar boşluğunda yayılırken yangının çıktığı kotun altını etkilemediği görülmüştür (Şekil4.18).



Şekil 4.18 : 16.Senaryo duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
17	90	120	40

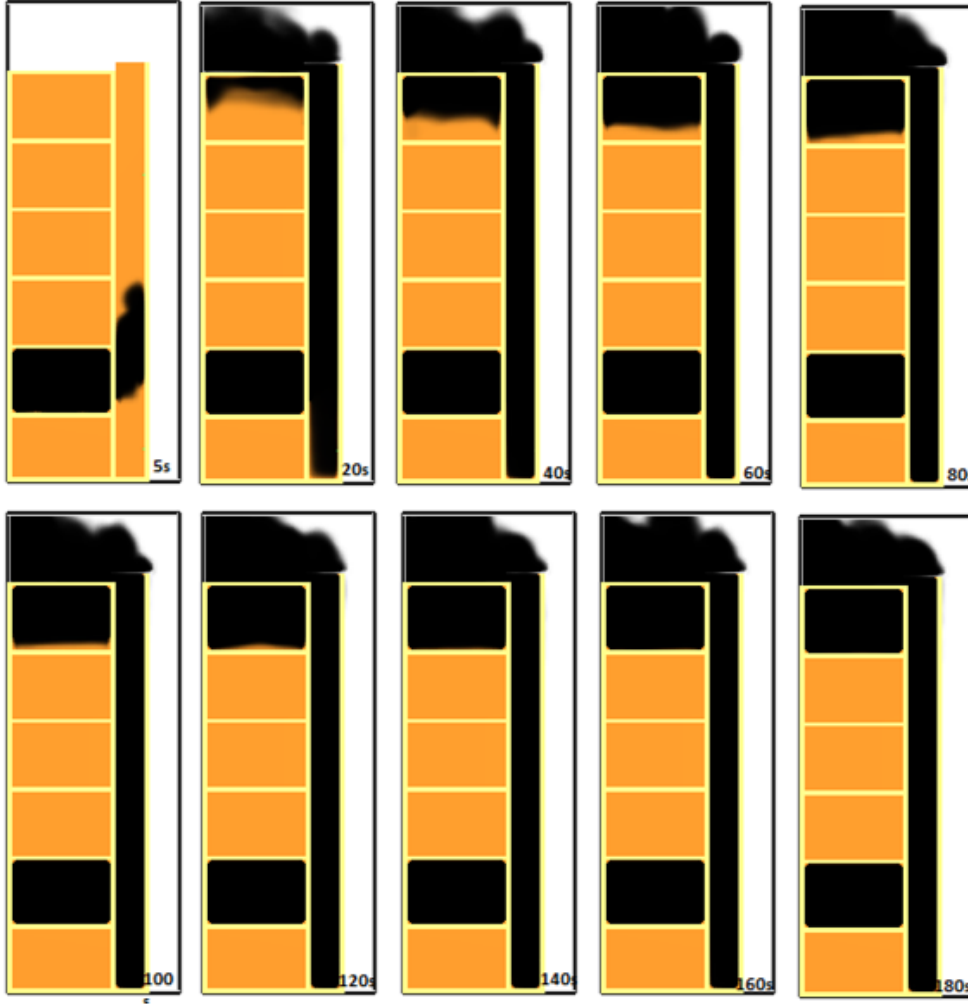
17. senaryoda duman 10 Sn. içinde en üst kattaki açık olan pencere bölümünden odaya girmeye başlamıştır. 120 Sn. de oda tamamen dumanla dolmuştur. Çift cidar arasında ise yangının bulunduğu kotun altını etkilemeden cidar boyunca üst kotlara doğru yayılmıştır (Şekil4.19).



Şekil 4.19 : 17. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
18	90	180	40

18. senaryoda duman çift cidar arasına geçerek 11 Sn. de en üst kattaki pencere seviyesine ulaşarak mekana girmiştir. 120 Sn. de ise oda tamamen dumanla dolmuştur. 20 Sn. den itibaren çift cidar arasına geçen duman yangının bulunduğu kotun altına inerek çift cidar arasını tamamen kaplamıştır (Şekil 4.20).

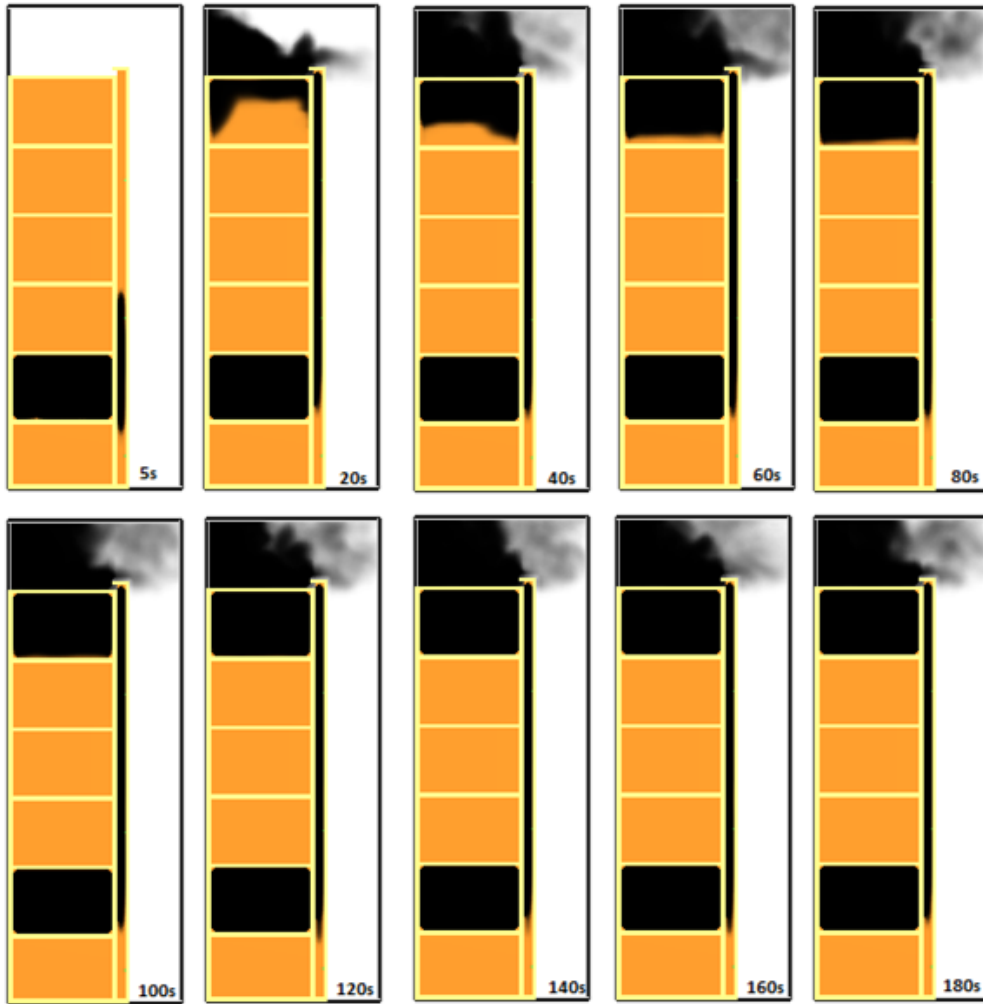


Şekil 4.20 : 18. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
19	Yok	60	20

19-24 arası senaryolarda rüzgar bulunmamaktadır. Bu nedenle diğer senaryolarla referans olarak karşılaştırma amacıyla benzetim yapılmıştır.

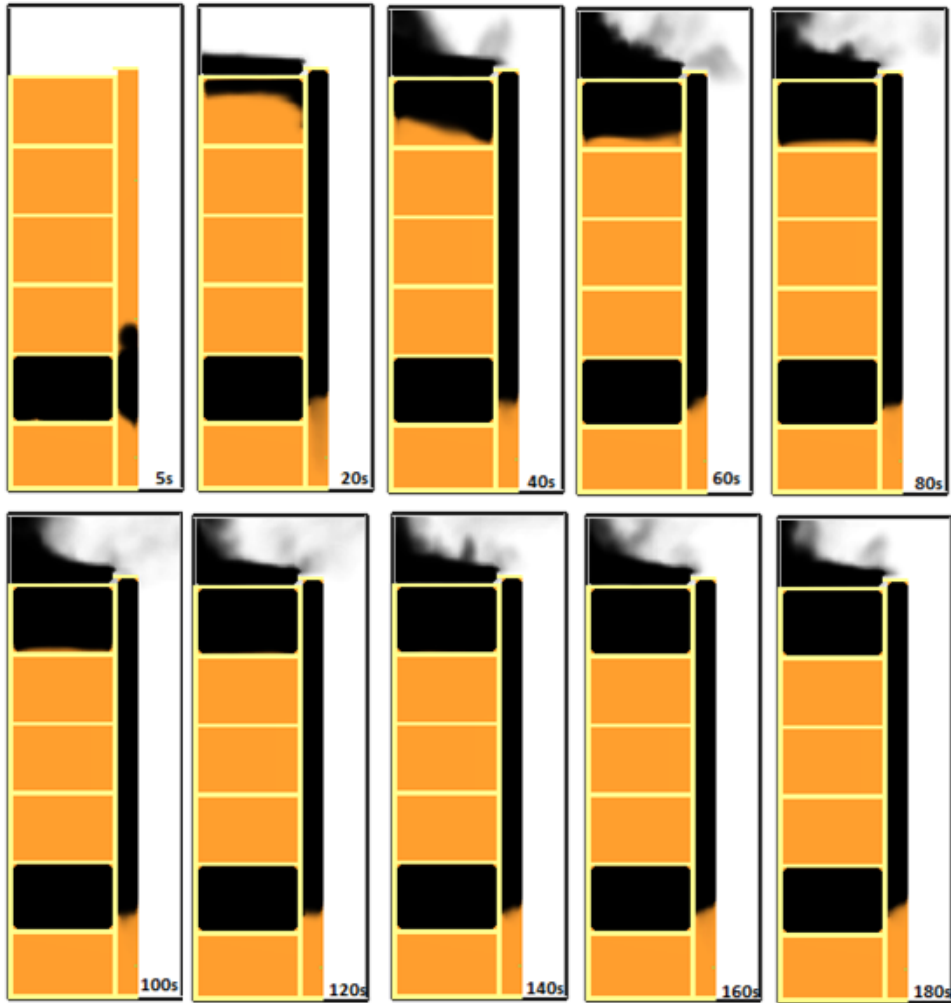
19. senaryoda duman en üst kattaki açık olan pencereden 8 Sn. de oda içerisine girmektedir. 90 Sn. de ise oda tamamen dumanla dolmuş durumdadır. Rüzgarın yönlendirici etkisinin olmayışı nedeniyle çatı seviyesinde daha büyük miktarda duman gözükmektedir. Çift cidar arasında ise duman yukarı doğru yükselmeye devam etmiş ve yangının çıktığı kotun altına inmemiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : 19. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
20	Yok	120	20

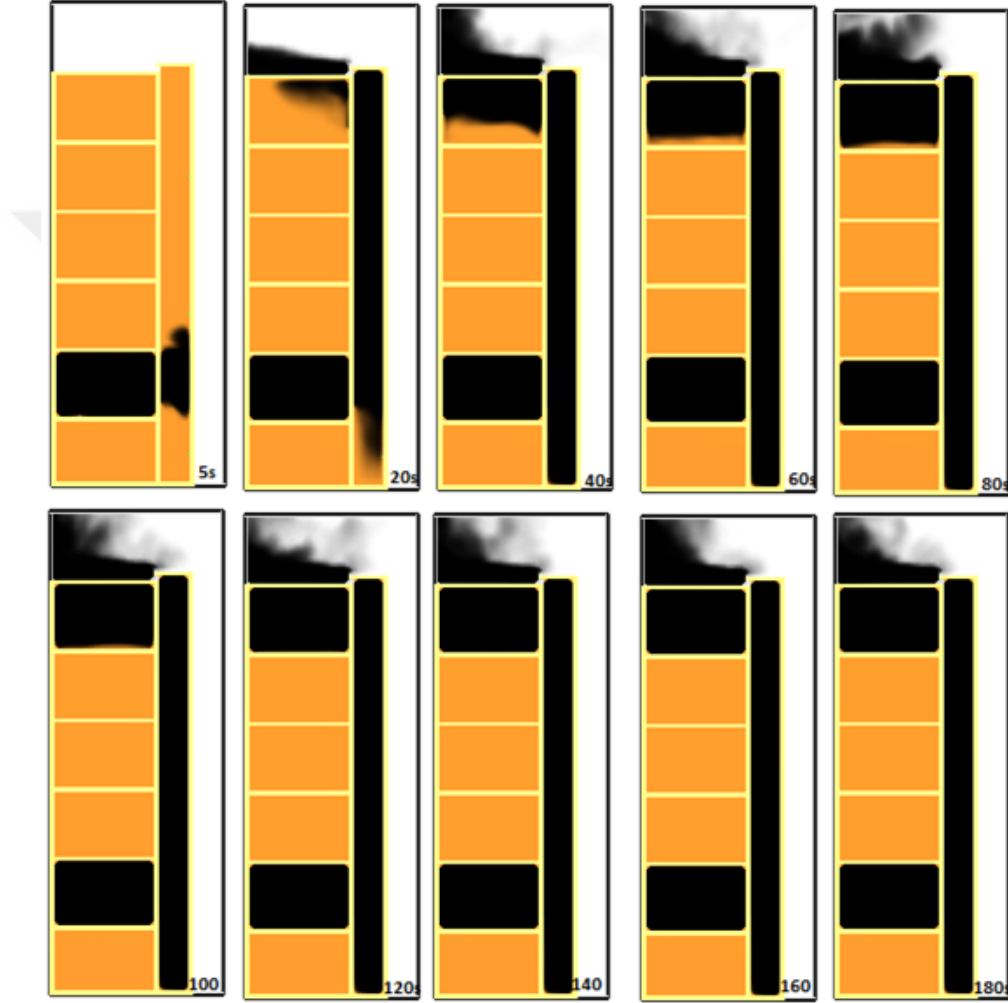
20. senaryoda duman çift cidar arasında dış kabuğa çarparak baca etkisi ile yükselmiş ve 12 Sn. de en üst kattaki açık olan pencere bölümünden mekana girmiştir. 40 Sn. de odanın yarısı ve 100 Sn. de ise odanın tamamı dumanla dolmuştur. Çift cidar arasında yangının bulunduğu kotun alt kotlarına doğru dumanın inmediği görülmüştür (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : 20. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
21	Yok	180	20

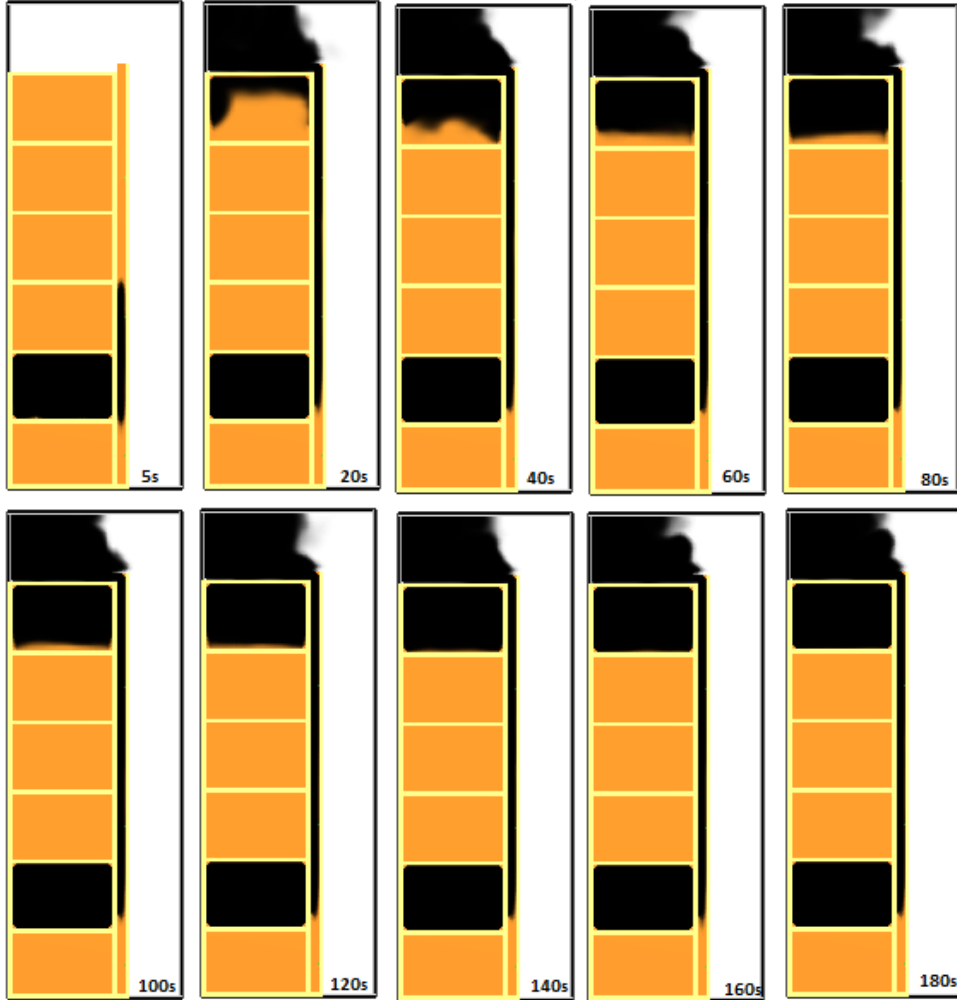
21. senaryoda duman çift cidar arasından 15. Sn. civarında açık olan en üst kattaki pencere bölümünden oda içerisine geçerek mekanı doldurmaya başlamıştır. 105 Sn. de ise odanın tamamı dumanla dolmuş görünmektedir. Ancak 20. Sn. civarında çift cidar arasında yangının bulunduğu kotun altına inerek tüm cidarı doldurmuştur (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 : 21. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
22	Yok	60	40

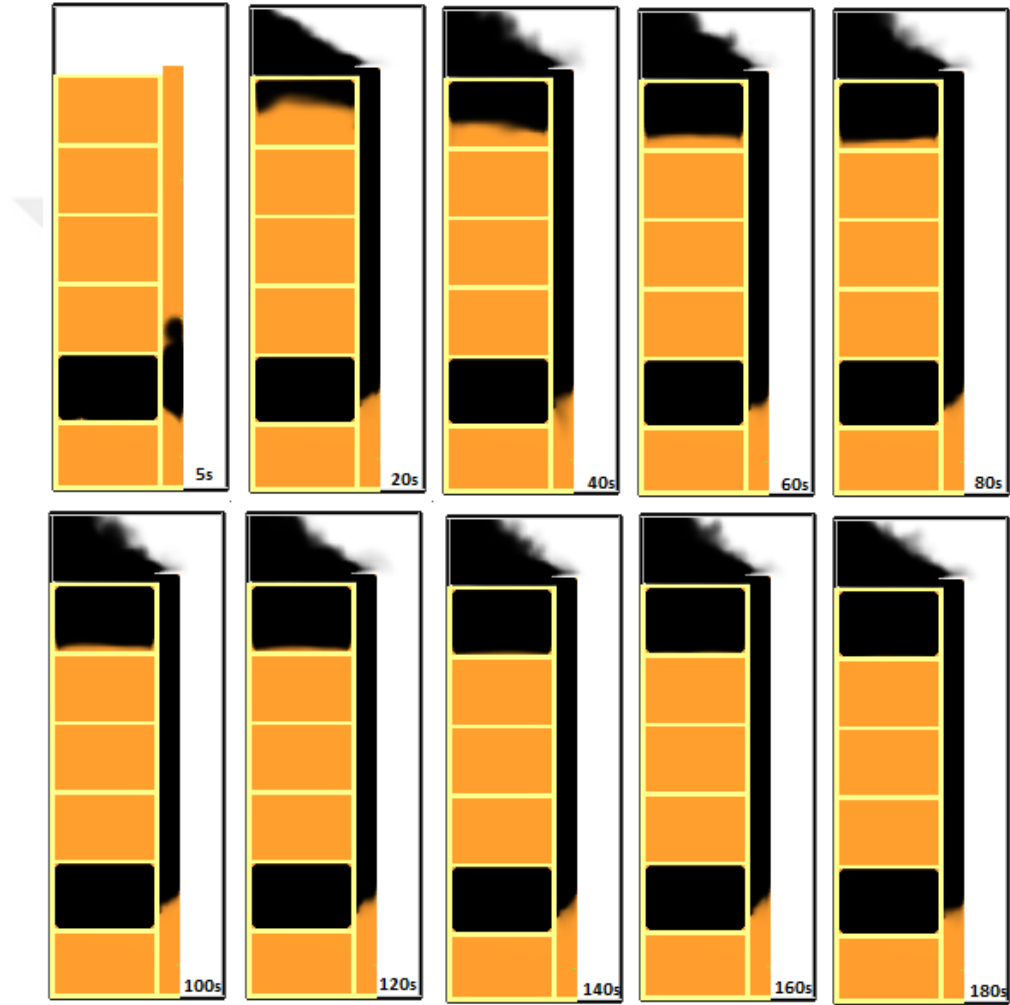
22. senaryoda duman çift cidar arasında yükselerek 8 Sn. de en üst kattaki açık olan pencereden mekana dolmaya başlamıştır. 120 Sn. de ise hemen hemen odanın tamamı dumanla dolmuştur. Çift cidar arasında yükselen dumanın alt kotları etkilemediği görülmüştür (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 : 22. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
23	Yok	120	40

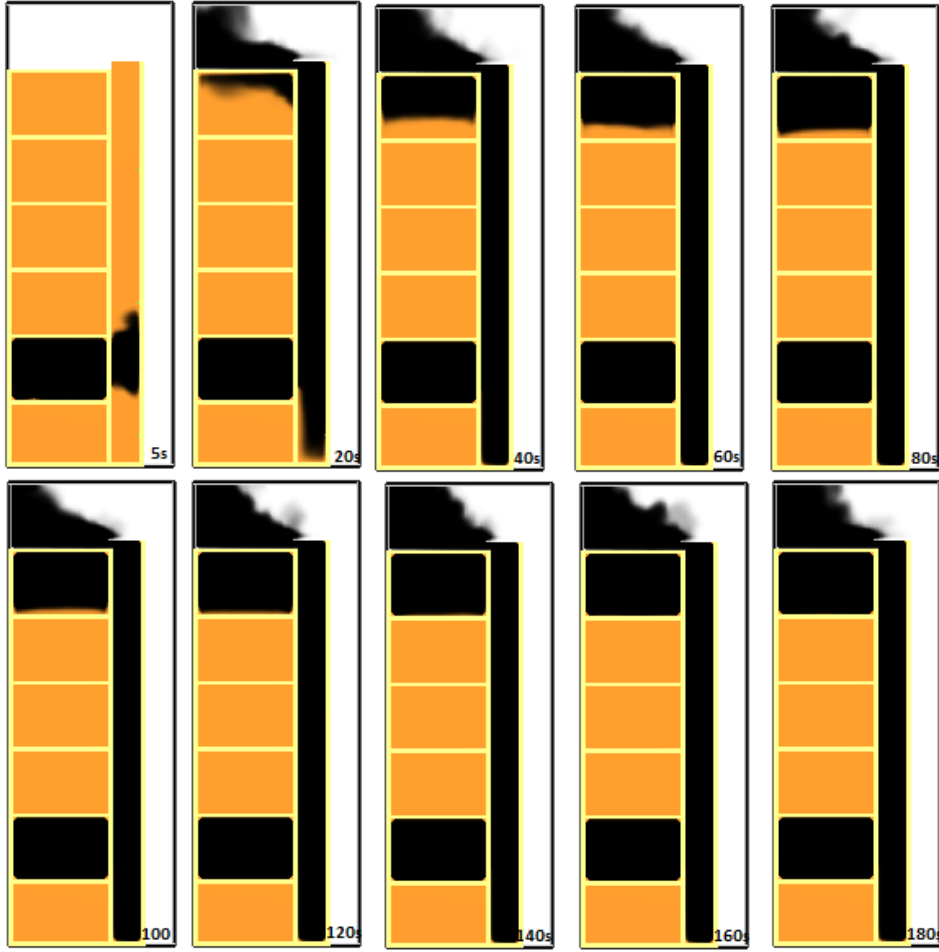
23. senaryoda duman çift cidar arasında yükselerek 10 Sn. de üst kattaki açık olan pencereden oda içersine girmiştir. 140 Sn. de ise oda tamamen dumanla dolmuştur. Çift cidar arasında yükselen duman alt kotlara doğru yönelmemiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 : 23. Senaryoda duman hareketi.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
24	Yok	180	40

24. senaryoda duman 12 Sn. de üst kattaki açık olan pencere seviyesine ulaşarak mekana dolmaya başlamıştır. 110 Sn. de ise hemen hemen oda tamamen dumanla dolmuştur. 20. Sn. civarında yangının bulunduğu kotun alt kotlarına inerek çift cidarı tümüyle kaplamıştır (Şekil 4.26).

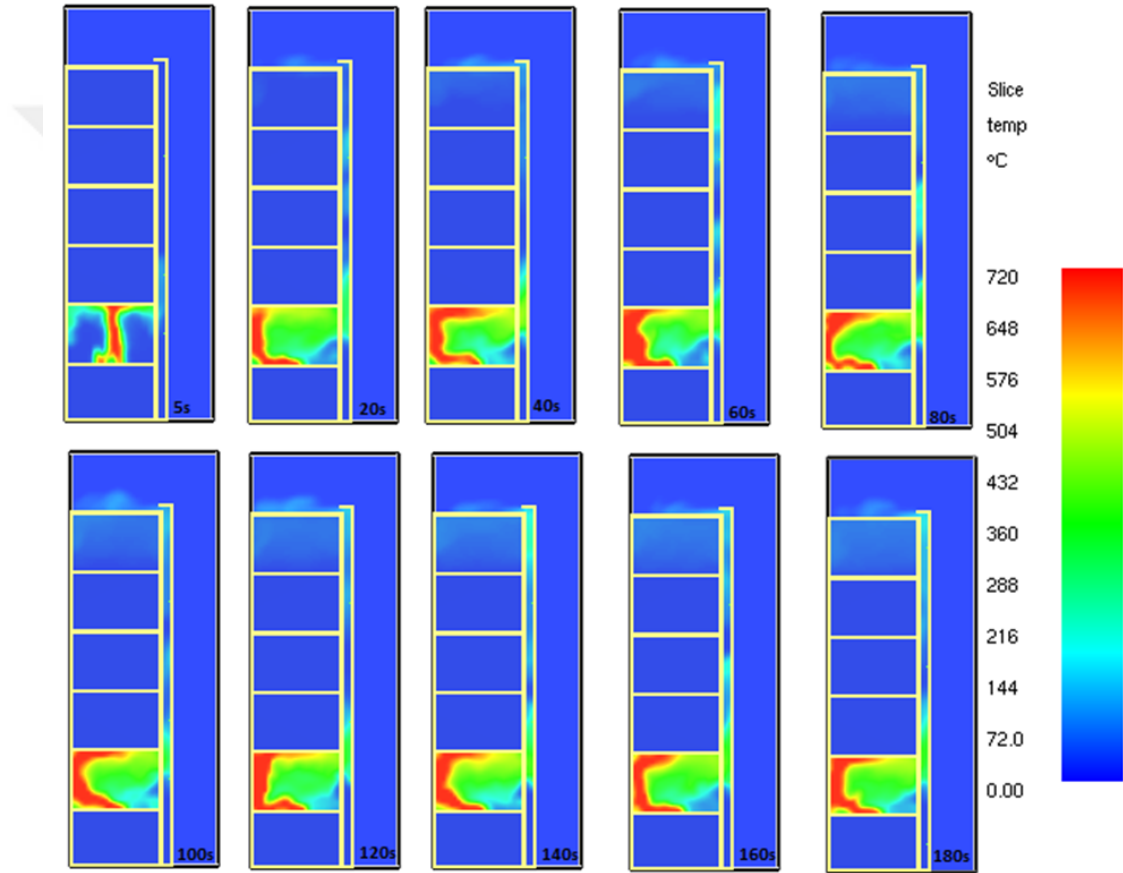


Şekil 4.26 : 24. Senaryoda duman hareketi.

4.5.2 Sıcaklık değerleri açısından

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
1	0	60	20

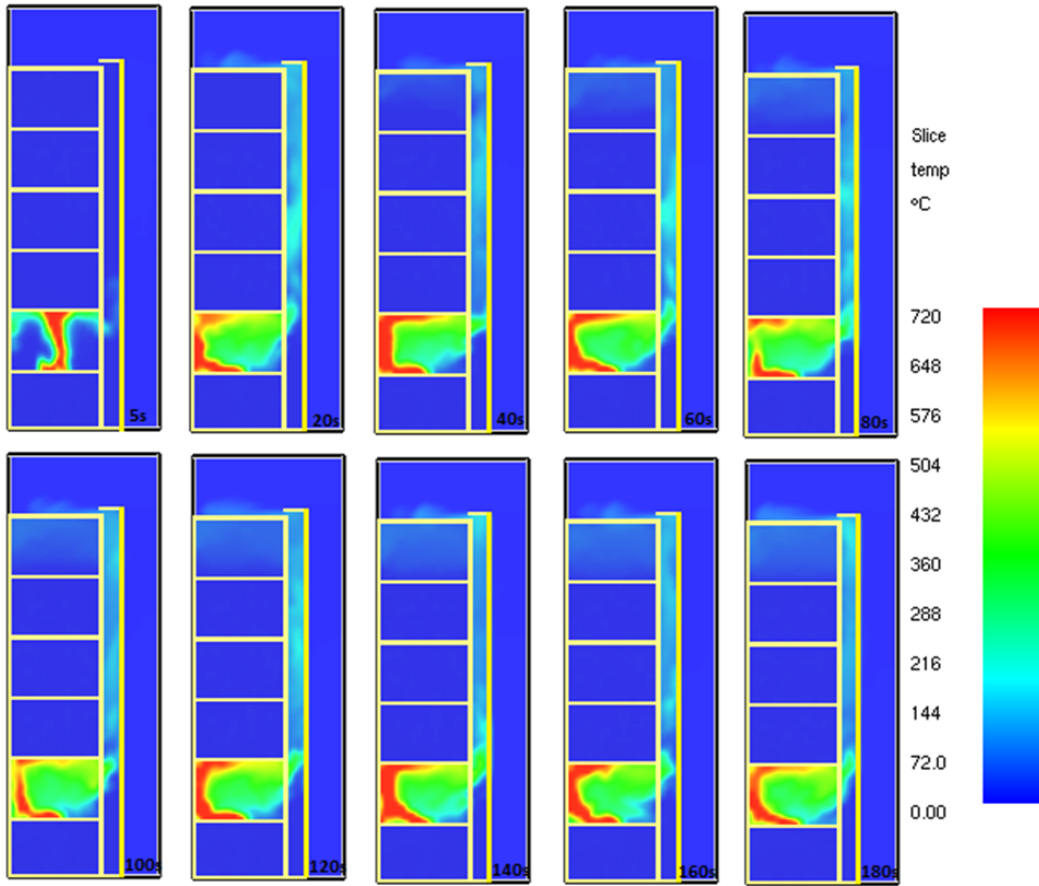
1. senaryoda yangının bulunduğu katın pencere üst kotu ve üstteki katın pencere seviyesinde sıcaklık değeri yaklaşık 400 °C civarındadır. Üst kat seviyelerinde sıcaklık değerleri düşmekle birlikte üst kat ve çift cidar çıkış ağzında maksimum 280 °C civarına ulaşmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27 : 1. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
2	0	120	20

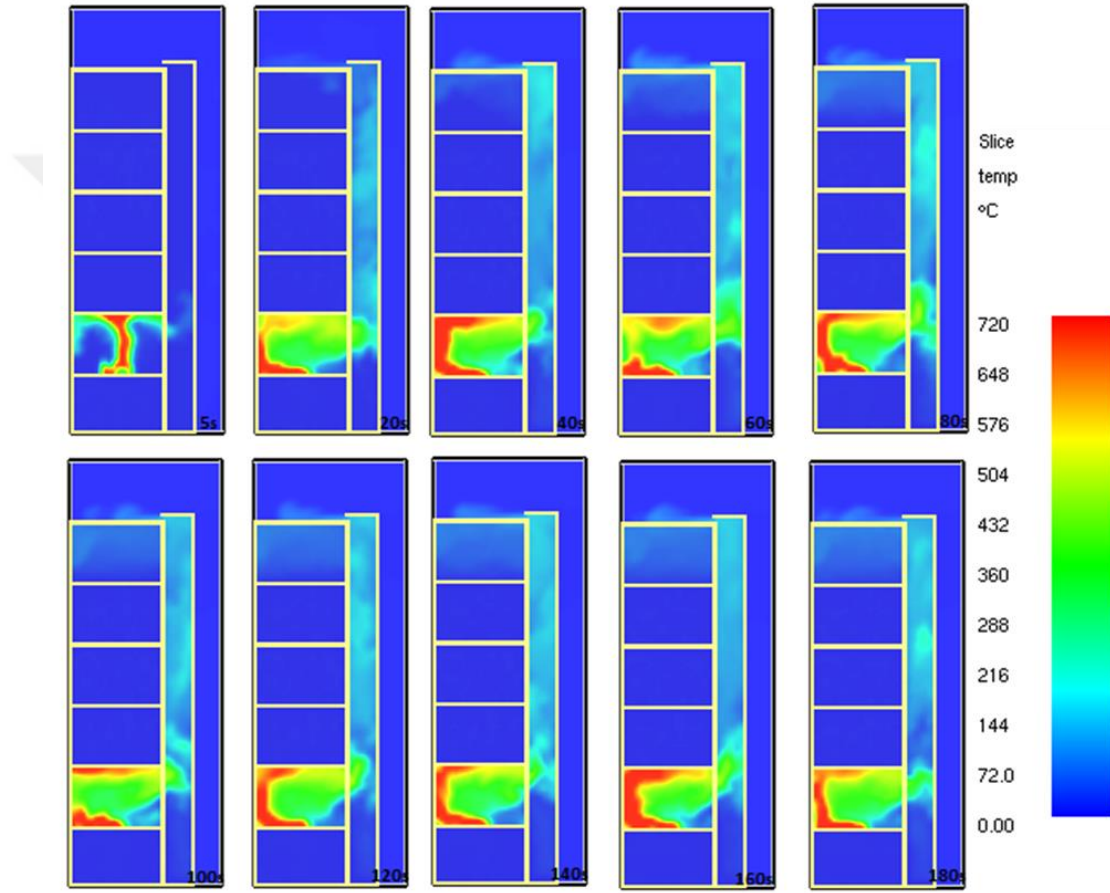
2. senaryoda çift cidar içerisindeki yangının oluştuğu katın üzerindeki yüzeylerde sıcaklık değerleri 270 °C ile 370 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık değerlerinin dış cidarın iç yüzünde, yangının başladığı katın üst katında, iç kabuğa göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin dumanın dış cepheye yönelmesi olduğu düşünülebilir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 : 2. Senaryo sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
3	0	180	20

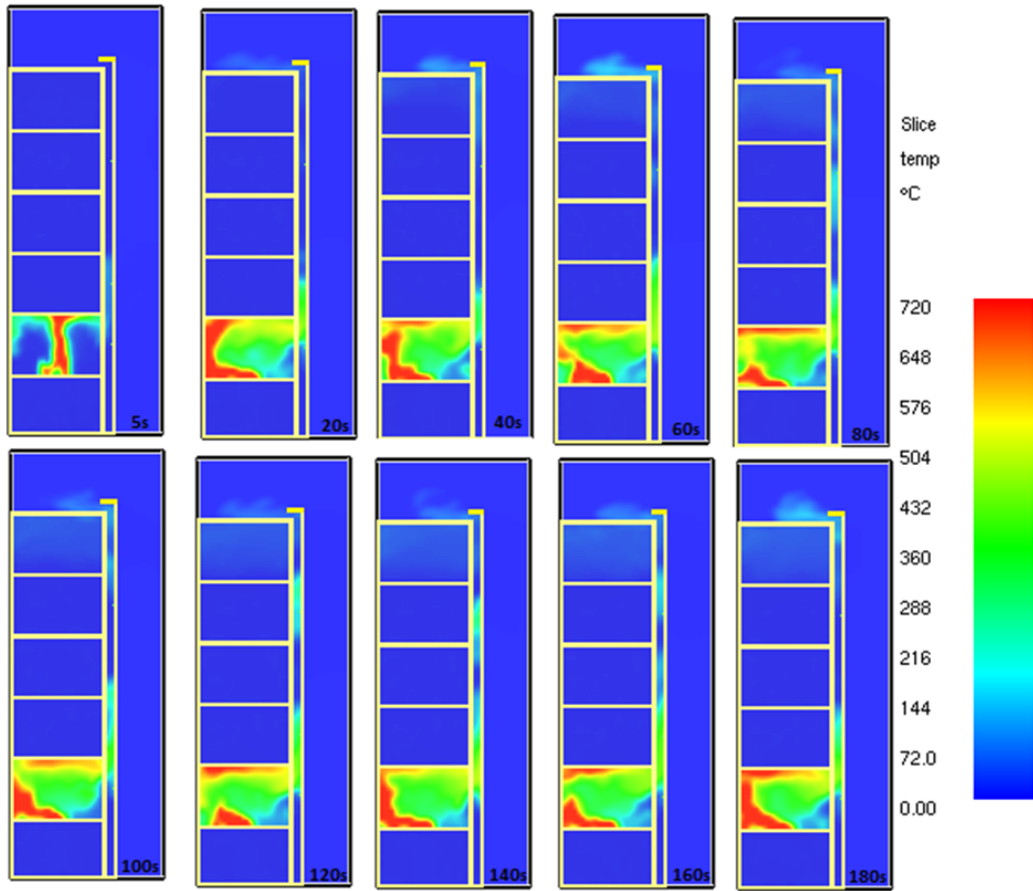
3. senaryoda yangının bulunduğu katın üstündeki kat pencere seviyesinde 400 °C civarında sıcaklık değerlerine erişilmiştir. Çift cidarın içinde üst kotlara doğru maksimum 270 °C' yi bulan sıcaklıklar gözlenmiştir. Alevlerin büyük bölümünün çift cidara geçtiğinde önce dış cidarın iç yüzeyine, sonra iç cidarın dış yüzeyine doğru yönlendiği görülmüştür (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 : 3.Senaryo sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
4	0	60	40

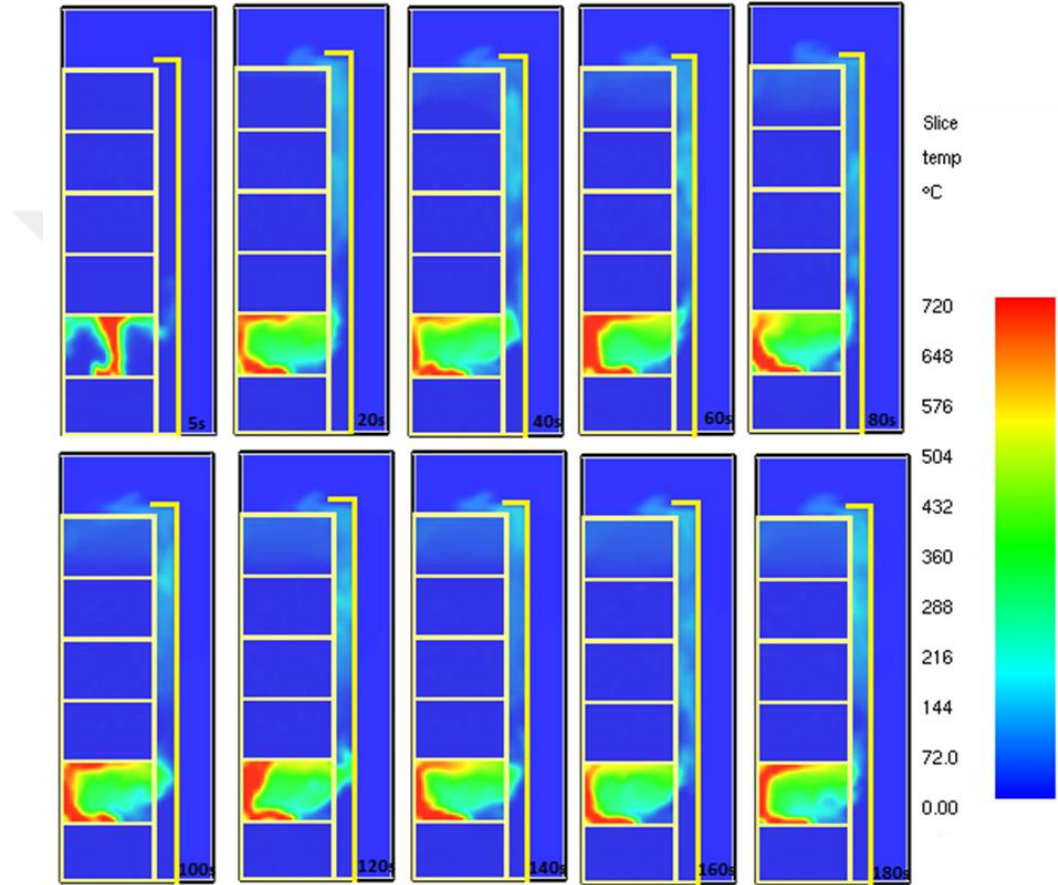
4. senaryoda çift cidar içerisinde yangının bulunduğu katın üzerindeki cidar yüzeylerinde sıcaklık değerleri 300 °C ile 475 °C arasında değişmektedir. Çift cidar içinde yangının bulunduğu mekanın üst katında, kat yüksekliği boyunca iç cidarın dış yüzünde bahsedilen en yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Ancak cidar boşluğunda homojen bir sıcaklık dağılımı gözlenememiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 : 4. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
5	0	120	40

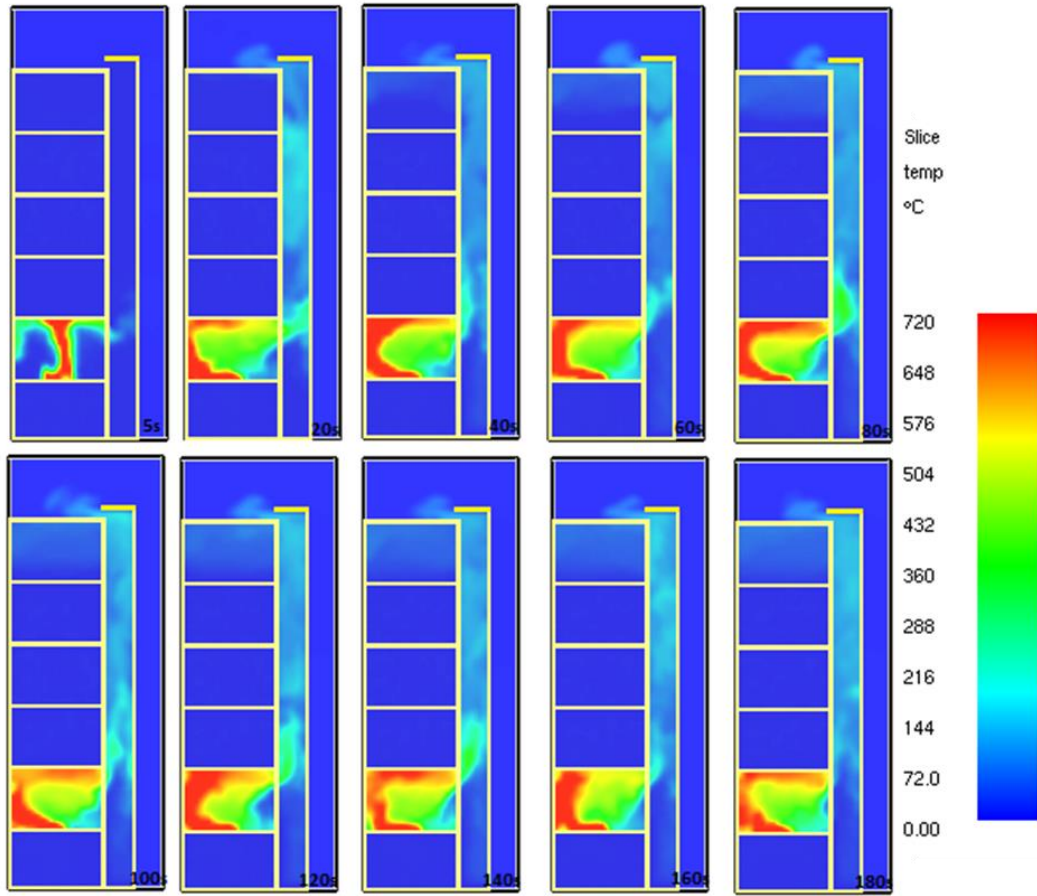
5. senaryoda çift cidar içerisinde cidar yüzeylerinde maksimum 480 °C civarında sıcaklığa ulaşılmıştır. Yangının meydana getirdiği alevler iç cidar dış yüzeyini daha fazla etkilemesine rağmen yangının bulunduğu katın üst katında pencere seviyesini bile kolay kolay etkilemeyecek düzeydedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 : 5. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
6	0	180	40

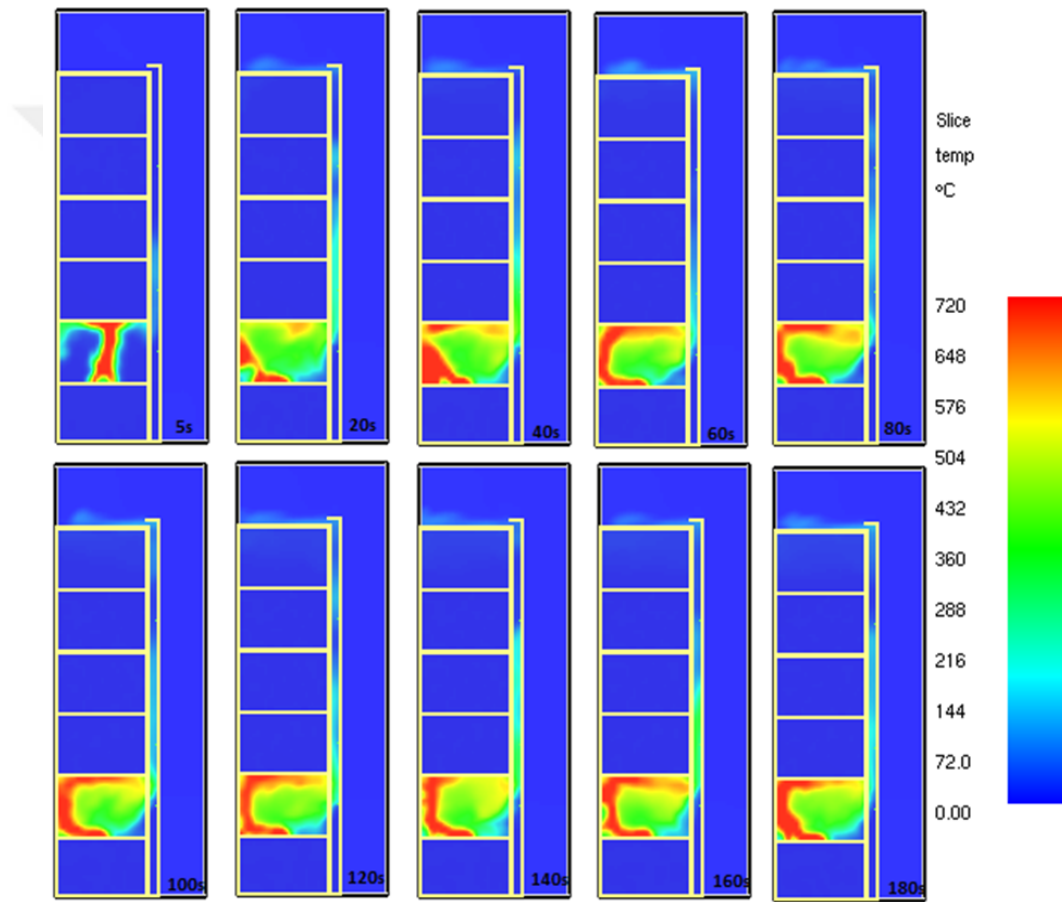
6. senaryoda sıcaklık değerleri dış cidarın iç yüzeyinde daha fazla etkili olmaktadır. 20 Sn. de sıcaklık değerleri dış cidarın iç yüzünde 260 °C civarına ulaşmıştır. 40 Sn. de ise sıcaklık iç kabuğun dış yüzeyinde 200 °C lere ulaşmış gözükmemektedir. Çift cidar içerisindeki sıcaklık ortalaması 200 °C ile 400 °C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 : 6. Senaryoda sıcaklık değerleri

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
7	45	60	20

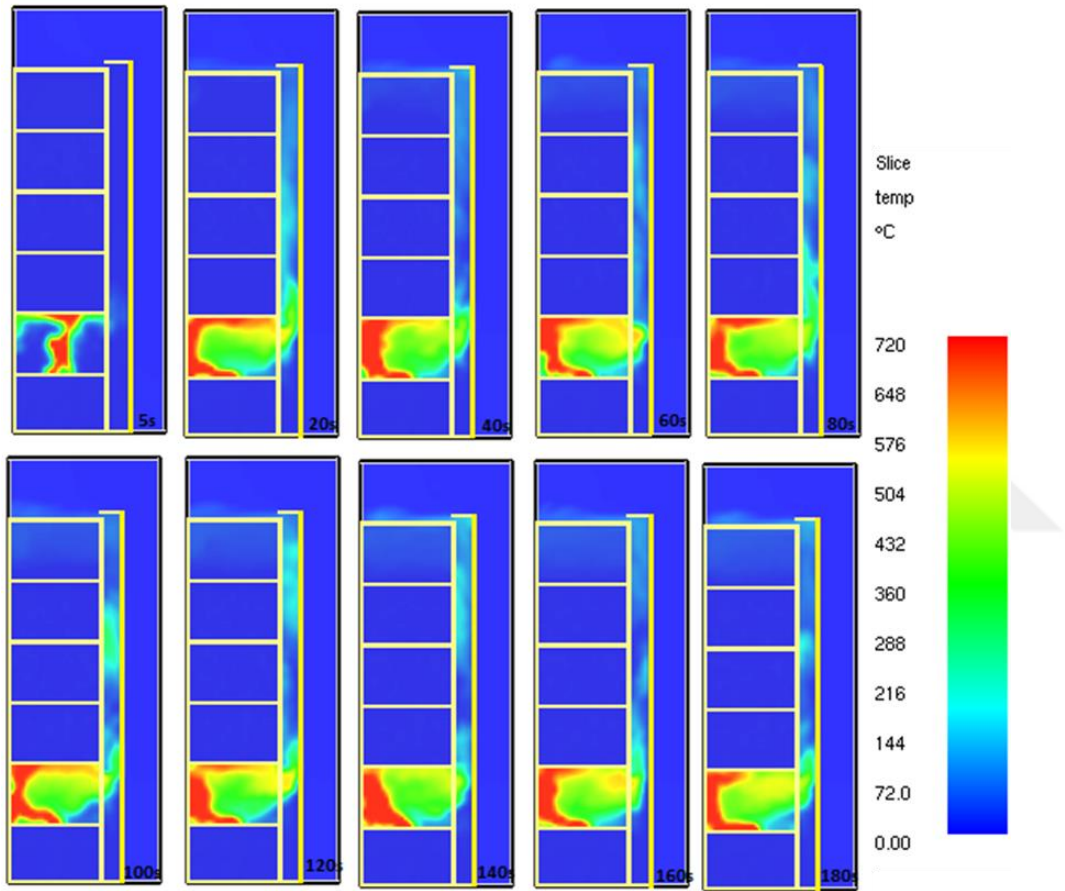
7. senaryoda maksimum sıcaklık değerleri çift cidar içerisinde 280 °C ile 480 °C arasında oluşmuştur. Yangının meydana geldiği katın üstündeki 2. ve 3. katlarda iç ve dış cidarın boşluğa bakan yüzeylerindeki sıcaklık değerleri hemen hemen aynı olmasına rağmen en son katlarda ise sıcaklık değeri düşüş göstermiştir. Çift cidar genişliğinin sınırlı olması sonucu sıcaklık iç cidarda daha yüksek gözükmemektedir; fakat 600°C geçemediği için camların hiç biri kırılmamıştır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 : 7. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
8	45	120	20

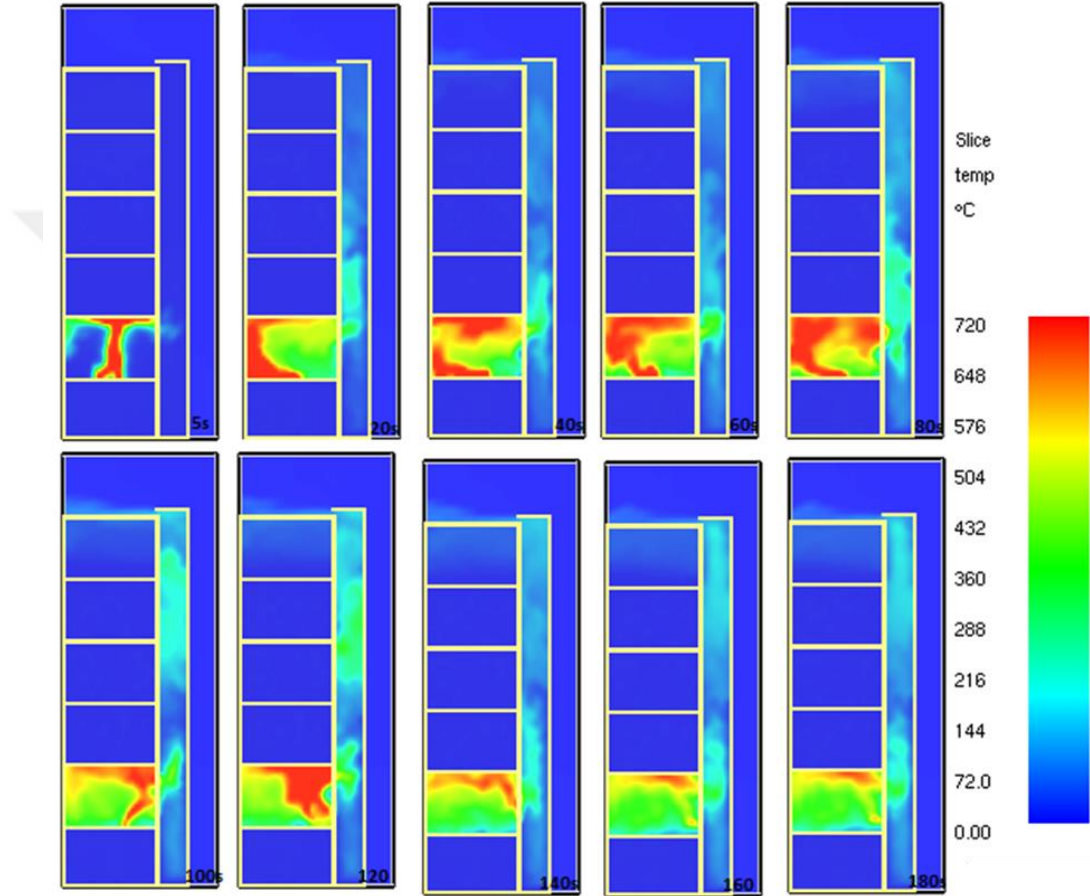
8. senaryoda maksimum sıcaklık değerleri çift cidar içerisinde 200 °C ile 400 °C arasında gerçekleşmiştir. Sıcaklık yangının çıktığı katın üstünde dış cidarın iç yüzünde, iç cidar dış tarafına göre daha fazla oluşmaktadır. Alevlerin 80. Sn. civarında yangının bulunduğu katın üstündeki katı da aşarak daha yukarılara doğru yükseldiği görülmüştür (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 : 8. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
9	45	180	20

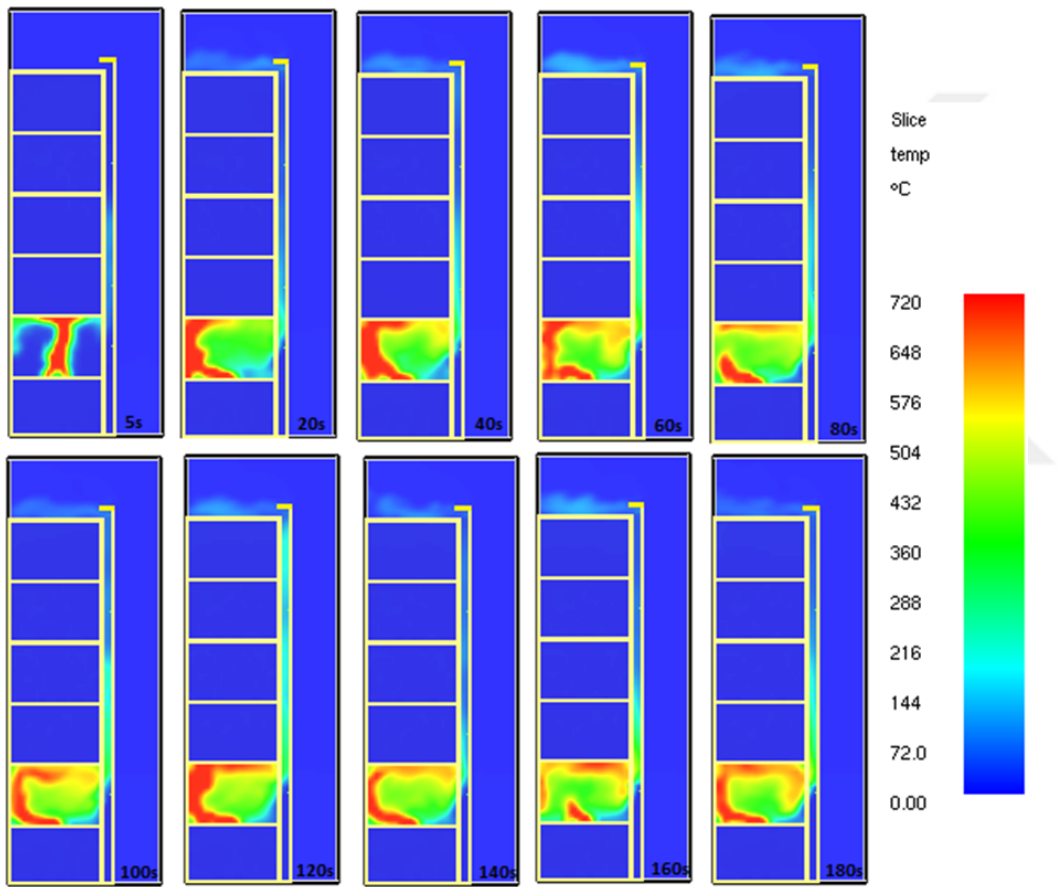
9. senaryoda cidar genişliğinin artması ve boşluk içinde oluşan hava akımları nedeniyle çift cidar içerisinde sıcaklıklar daha düşük gerçekleşmiştir. Yüzey sıcaklıkları yangın katının üstündeki katta iç cidarın dış yüzünde 200 °C ve aynı yükseklikte dış cidarın iç yüzünde ise 300 °C civarındadır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35 : 9. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
10	45	60	40

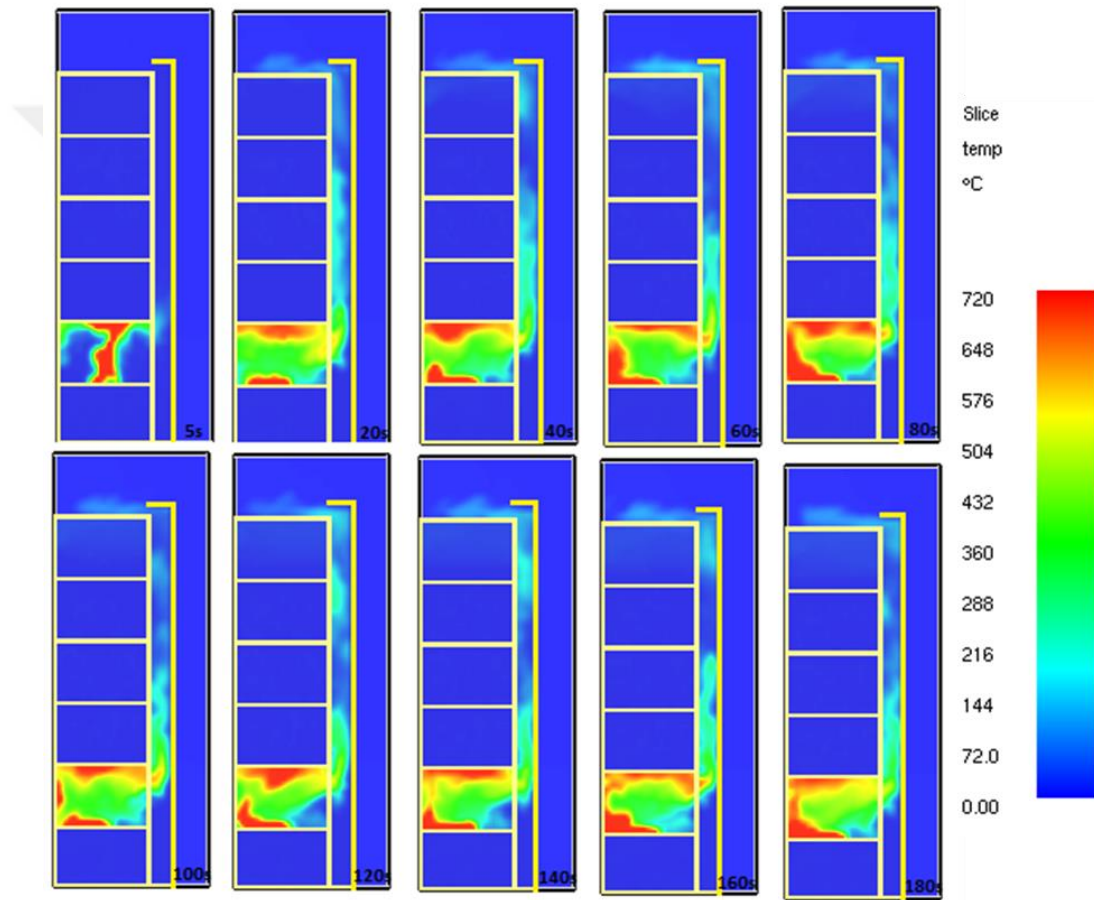
10. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 2. ve 3. katta iç ve dış cidarın boşluğa bakan yüzeylerinde 400 °C' a kadar ulaşmıştır. Ancak üst katlarda daha düşük değerlere sahiptir. Çift cidarın genişliğinin görece dar olması, havalandırmanın iyi yapılamaması ve sonuçta sıcaklığın artışına neden olmaktadır. Fakat yine üst katlardaki camların kırılmaması cidar içerisindeki sıcaklığın 600 °C geçmediğini göstermektedir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 : 10. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
11	45	120	40

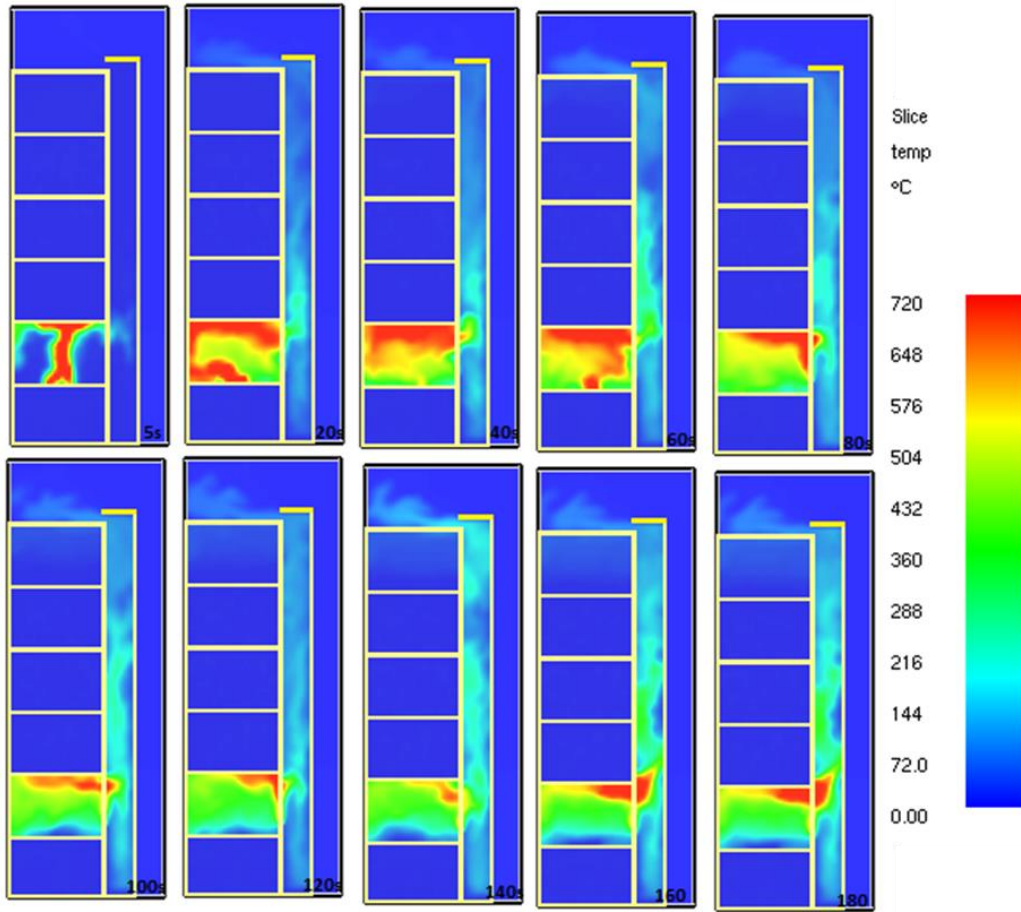
11. senaryoda yangının başladığı mekandan pencere yoluyla çift cidar boşluğuna yayılan alevlerin etkisiyle maksimum sıcaklık değeri 570 °C'ye ulaşmıştır. Maksimum sıcaklığa oda ve cidar içinde yangının çıktığı katta 21. Sn. de ulaşılmıştır. Cidar içerisindeki sıcaklık ortalama 130 °C ile 480 °C arasında gözükmetedir. Yangının çıktığı katın üzerindeki kattaki iç cidar dış yüzünde sıcaklık değeri dış kabuk iç yüzüne göre daha düşük değerlerdedir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37 : 11. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
12	45	180	40

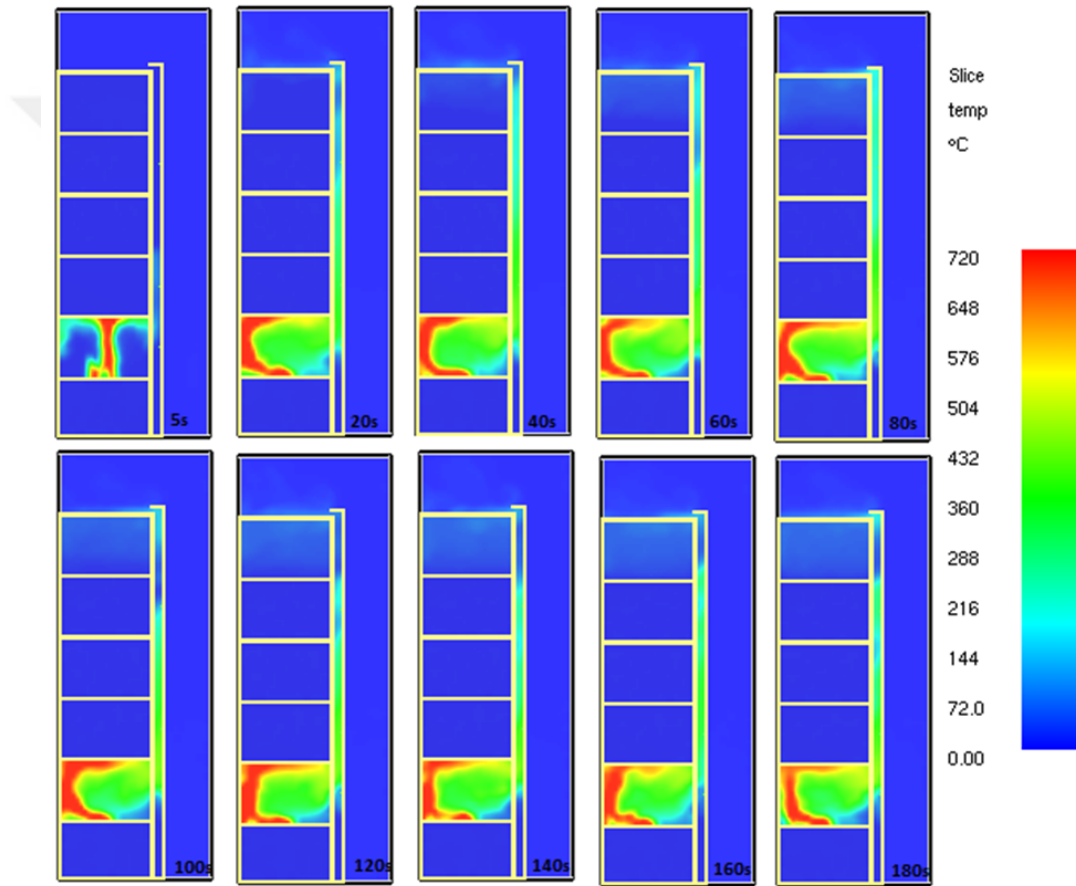
12. senaryoda alevlerin pencere boşluğundan çift cidar boşluğuna yayılması sonucunda yangının bulunduğu katın üstündeki kat parapet seviyesinde yüksek sıcaklık değerleri oluşmuştur. Ortalama sıcaklık değerleri cidar boşluğuna bakan yüzeylerde 120 °C ile 300 °C arasında değişmektedir. Yangının bulunduğu kotun altına inen duman bu bölümde de sıcaklığın artmasına neden olmuştur (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 : 12. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
13	90	60	20

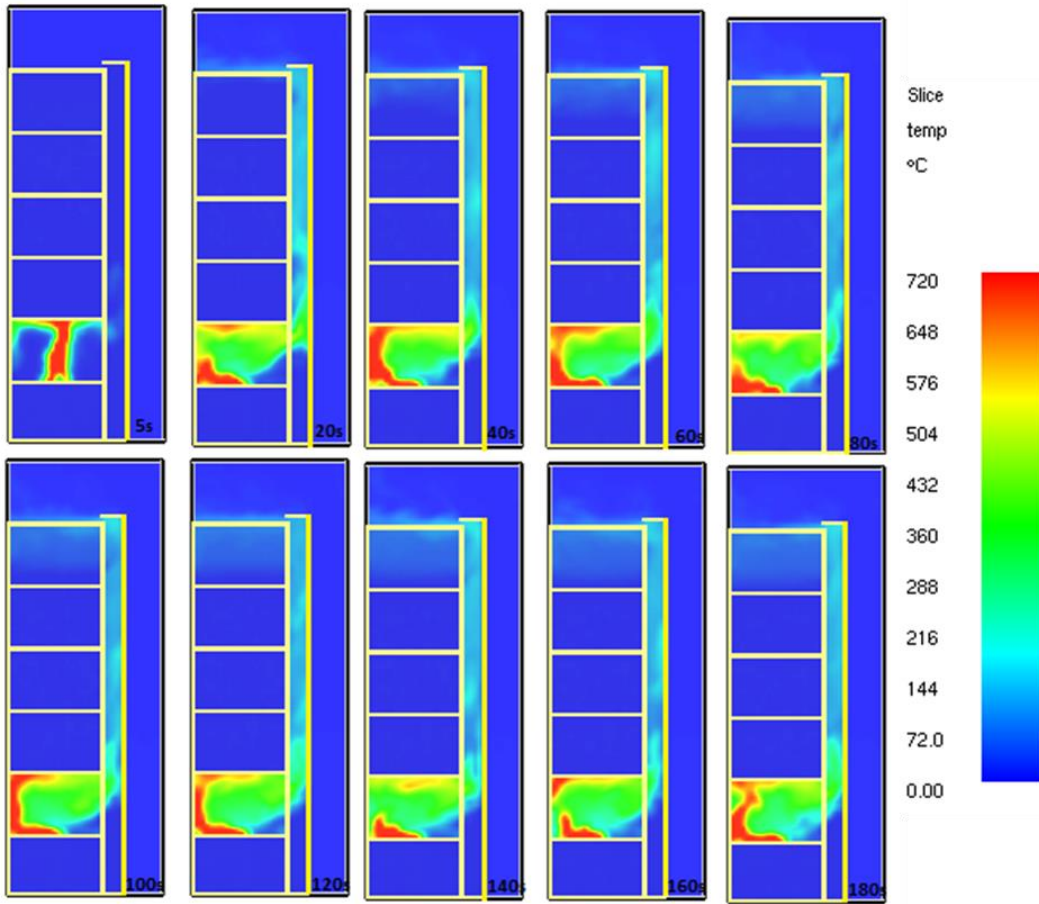
13. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 230 °C ile 500 °C arasında oluşmuştur. Yangının olduğu katın üstündeki 3. ve 4. katta iç cidar ve dış cidarın boşluğa bakan yüzeyleri üzerindeki sıcaklık değerleri 500 °C'ye yaklaşmıştır. Çift cidar genişliğinin görece dar olması ve havalandırma menfezlerinin boyutlarının da küçük olması sıcaklık artışına ve havalandırmanın yetersiz kalmasına neden olmaktadır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 : 13. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
14	90	120	20

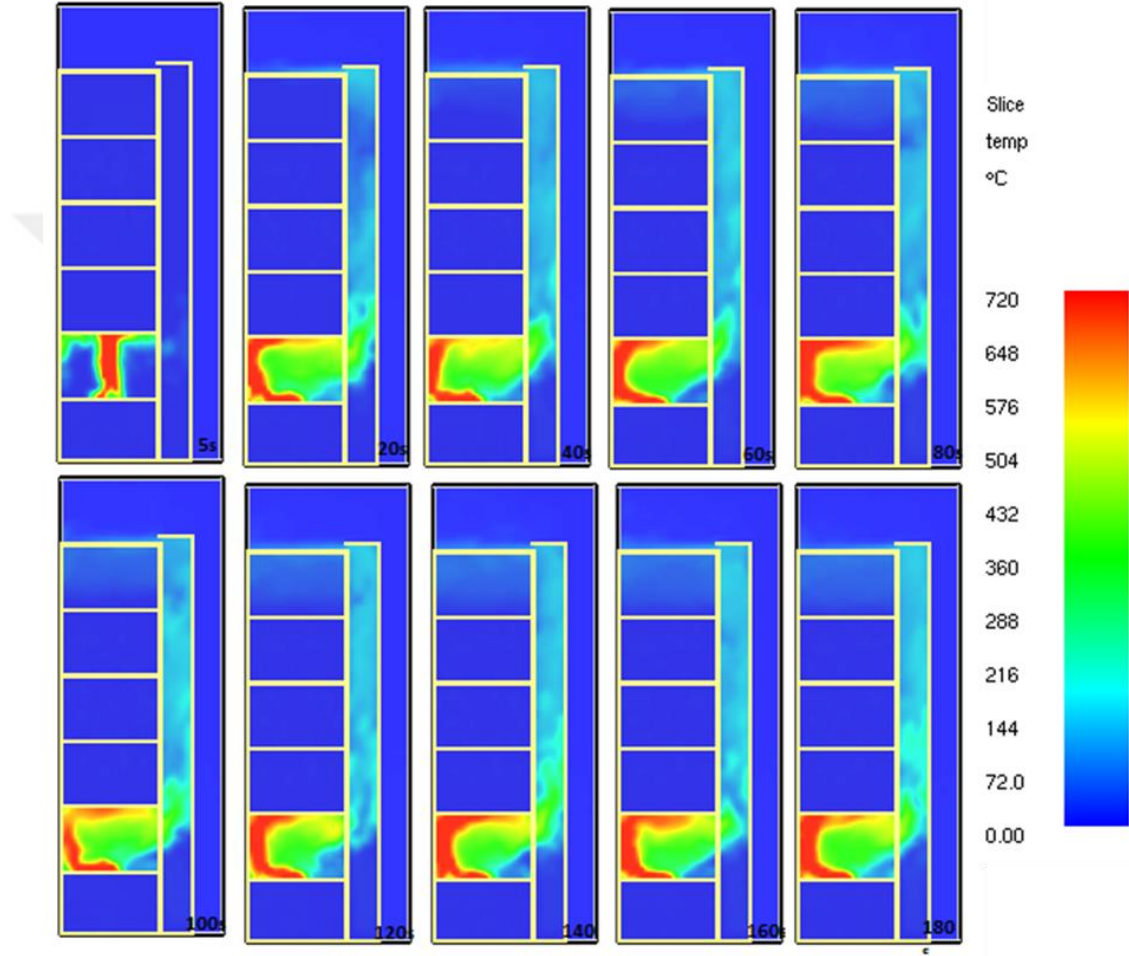
14. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 200 °C ile 350 °C arasında değişmektedir. 300 °C değerine dış cidarın iç yüzeyinde yangının bulunduğu katın üzerindeki katta ulaşmıştır. Cidarın görece geniş olması sonucunda dış cidarın iç yüzündeki sıcaklık değerleri daha yüksek olmaktadır. Rüzgarın cepheye dik gelişi nedeniyle çift cidar boşluğunda daha homojen sıcaklık seviyeleri oluşmuştur (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 : 14. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
15	90	180	20

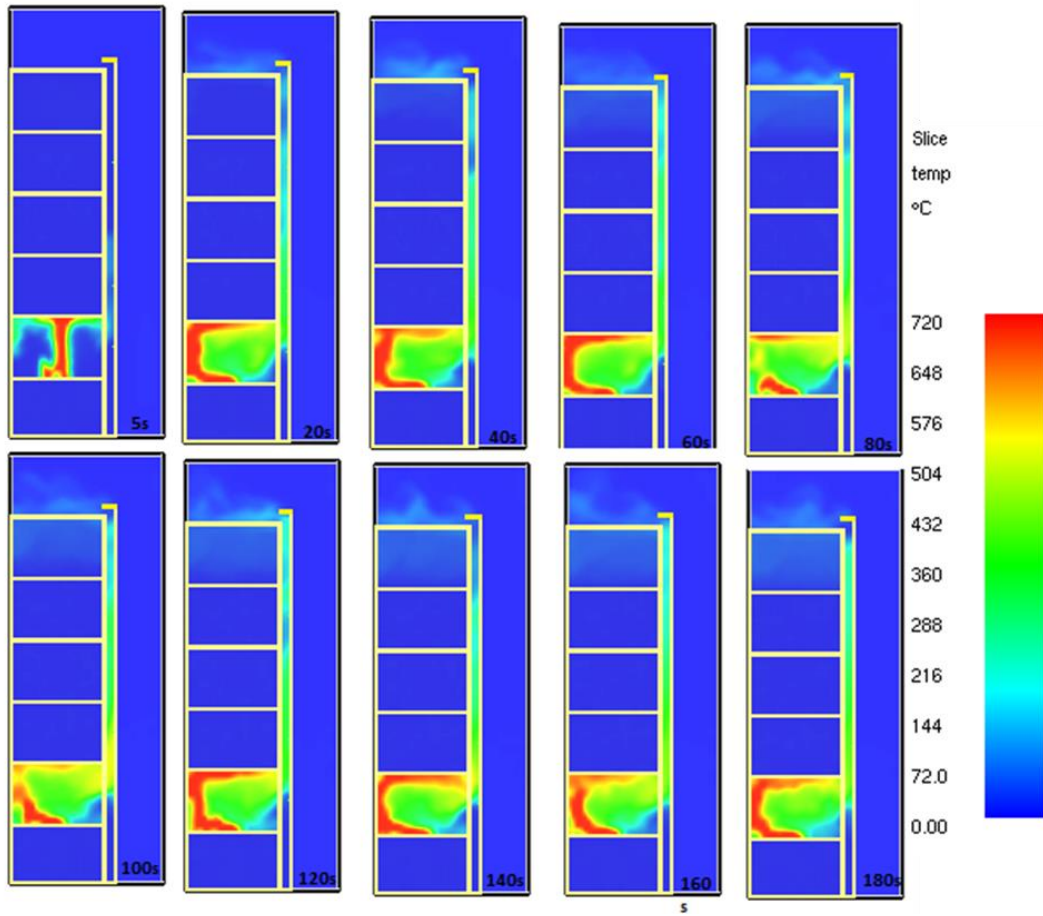
15. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 200 °C ile 400 °C arasında değişmektedir. 20 Sn. de iç cidarın dış yüzünde sıcaklık değerleri dış cidara göre daha fazla gözükmemektedir. Ancak dumanın daha sonra dış cidara doğru yönelmesiyle sıcaklık değerleri dış cidar iç yüzünde de önemli artış göstermiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 : 15. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
16	90	60	40

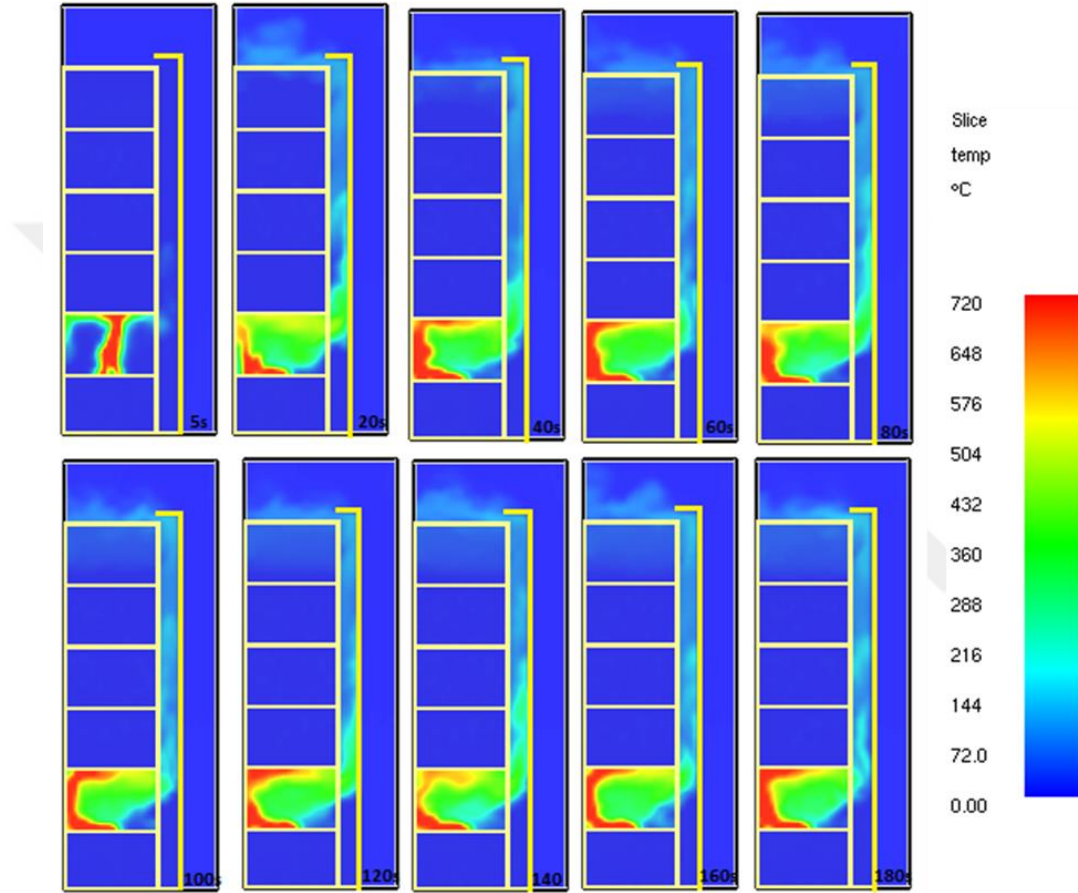
16. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 280 °C ile 500 °C arasında gözlenmiştir. Sıcak dumanın cidar boşluğu içinde yükselmesi sayesinde 180. Sn.' ye dek cidar boşluğuna bakan tüm katların cepheleri yüksek sıcaklık etkisine maruz kalmıştır. Ancak en üst katta mekan içine giren dumanın sıcaklığı oldukça düşük seviyelerdedir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 : 16. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
17	90	120	40

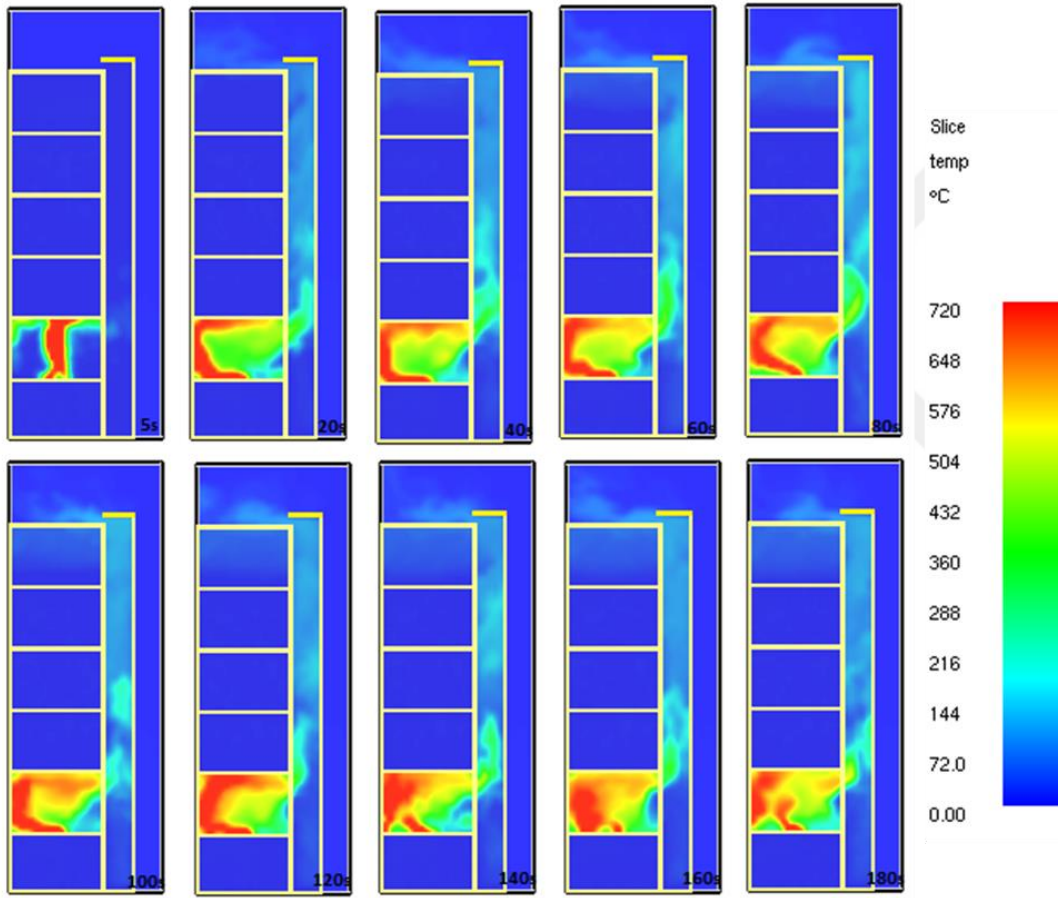
17. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 120 °C ile 400 °C arasında gözükmetedir. Sıcaklık değeri yangının çıktığı kat üzerindeki kat seviyesinde dış cidarın iç yüzünde 340 °C civarındadır. Sıcak duman dış kabuk iç yüzüne yakın yükseldiği için bu yüzeylerde daha yüksek değerler oluşmuştur (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 : 17. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
18	90	180	40

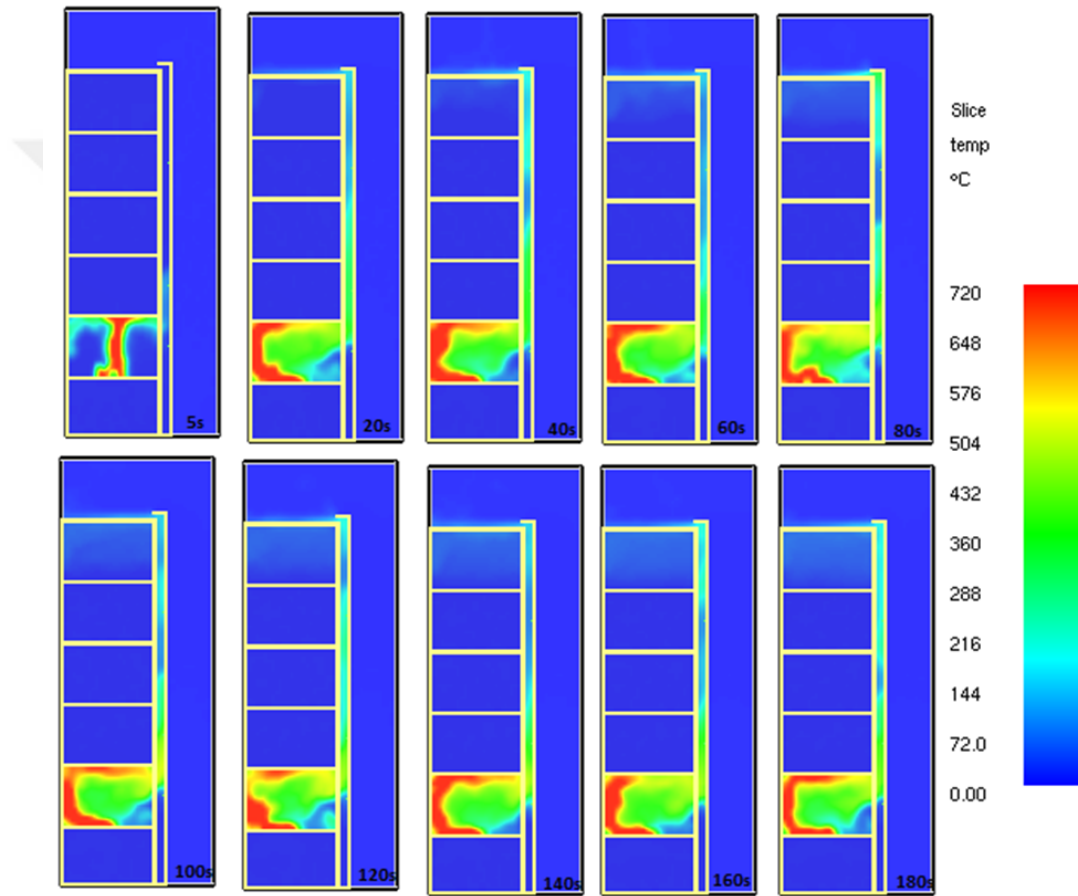
18. senaryoda çift cidar arasındaki sıcaklık değerleri 120 °C ile 440 °C arasında oluşmuştur. Yangının çıktığı kattın üzerindeki katta iç cidar dış yüzeyinde maksimum sıcaklık değerine ulaşılmaktadır. Bu senaryoda cidar genişliği görece yüksek olduğu için ilk başta sıcaklık değerleri dış cidar iç yüzünde daha sonra ise iç cidar dış yüzünde artış göstermiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 : 18. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
19	Yok	60	20

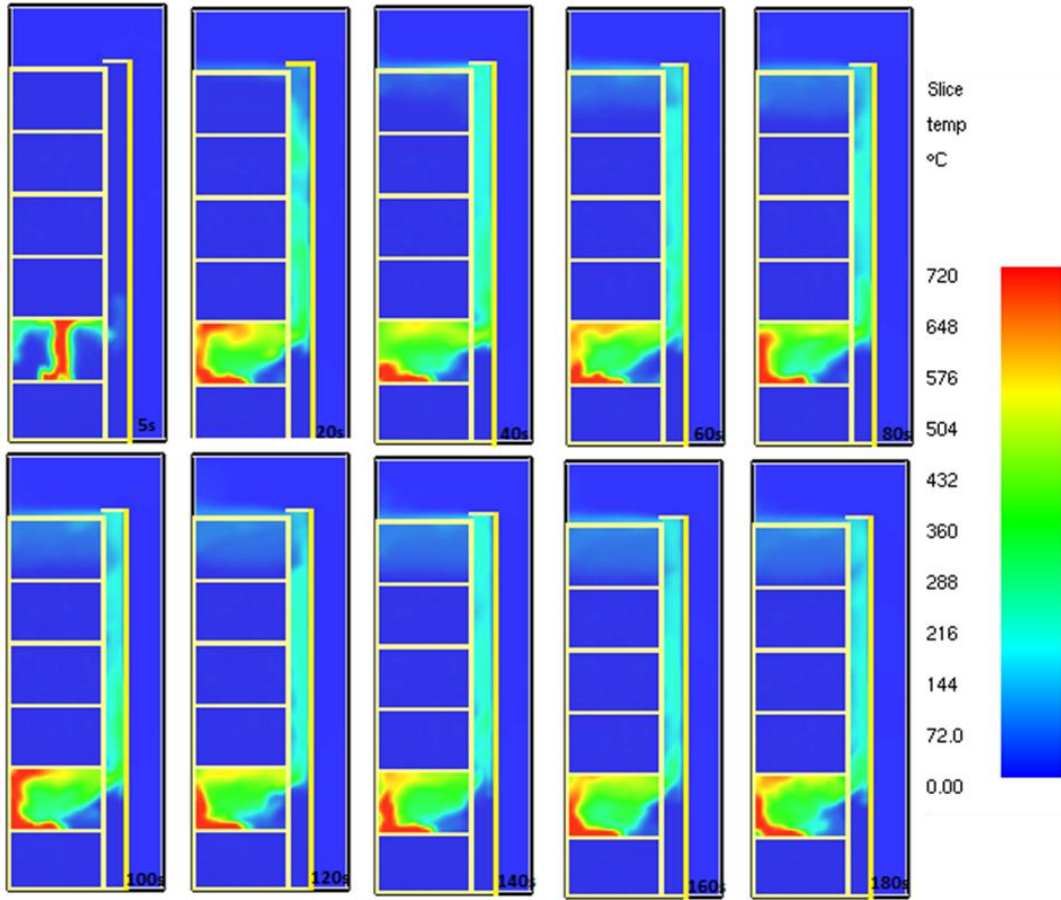
19. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 200 °C ile 400 °C arasında gerçekleşmiştir. Yangının başladığı katın üst katında, iç ve dış cidarın boşluğa bakan yüzeylerinde sıcaklıklar 350 °C civarında seyretmiştir. Çift cidar arasında sıcak dumanın yükselmesi nedeniyle en üstteki havalandırma menfezine dek yüksek sıcaklık değerleri oluşturmuştur (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 : 19. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
20	Yok	120	20

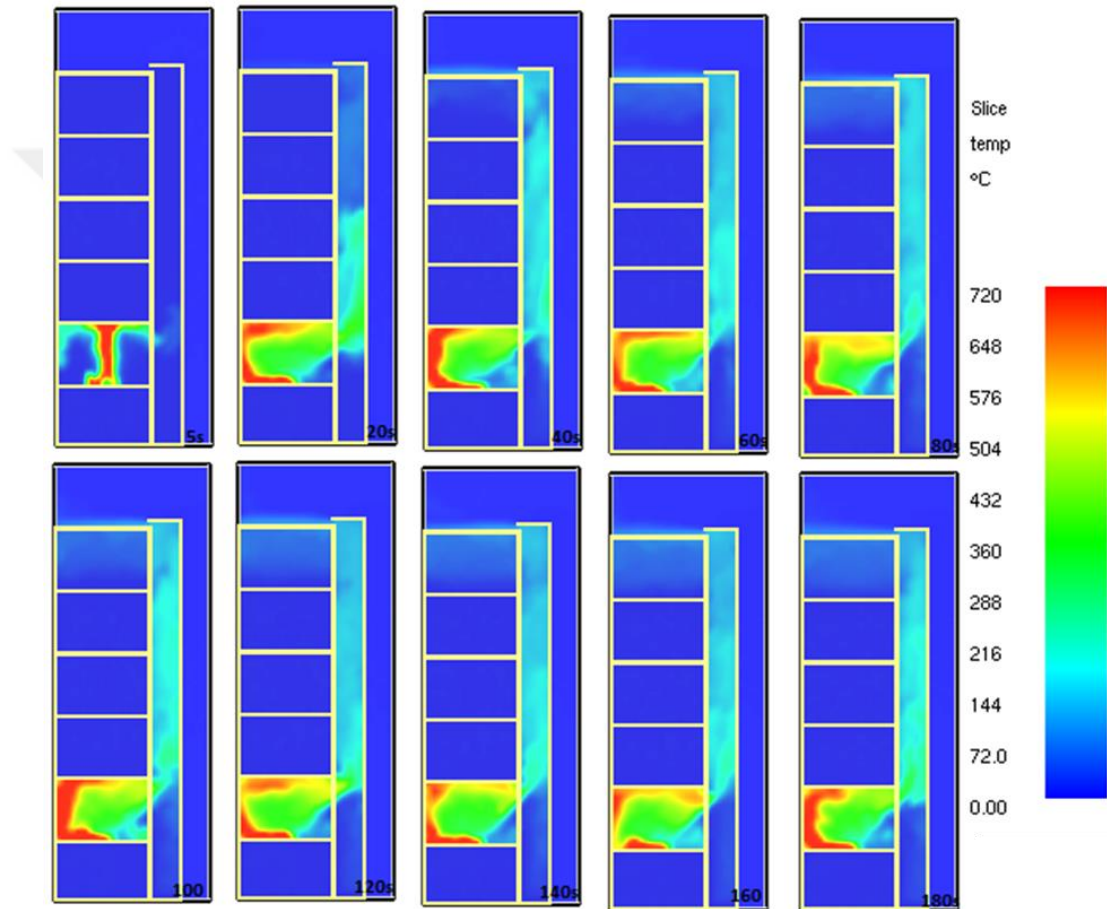
20. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 180 °C ile 380 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık dış cidar iç yüzeylerinde, iç kabuk dış yüzeyine göre daha yüksek değerler oluşturmuştur. Sıcak dumanın dış cidarla daha fazla temas ederek yükselmesinden kaynaklandığı düşünülebilir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46 : 20. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
21	Yok	180	20

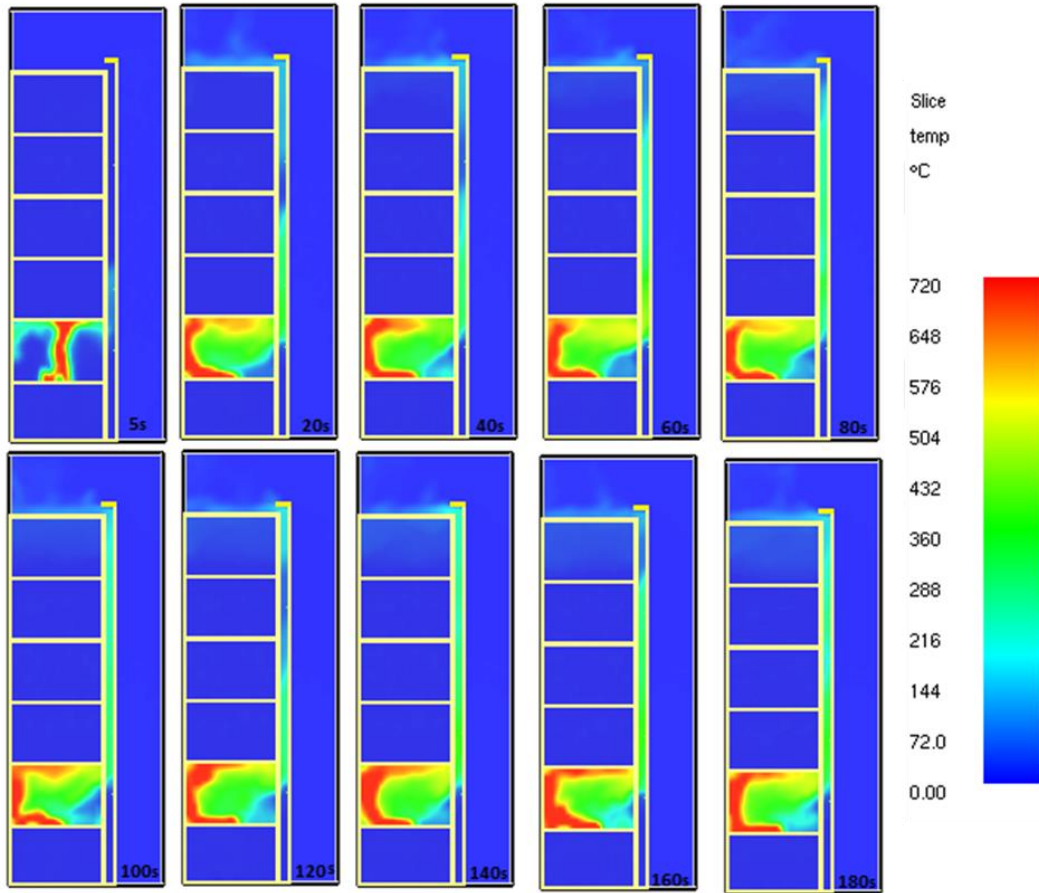
21. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 180 °C ile 300 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık yangının meydana geldiği katta dış cidarın iç yüzeyinde 300 °C civarında görülmektedir. Genel olarak sıcak dumanın dış kabukla daha fazla temas ederek yükselmesi nedeniyle sıcaklık değerleri dış kabuğun iç kısmında daha yüksek olmuştur (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 : 21. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
22	Yok	60	40

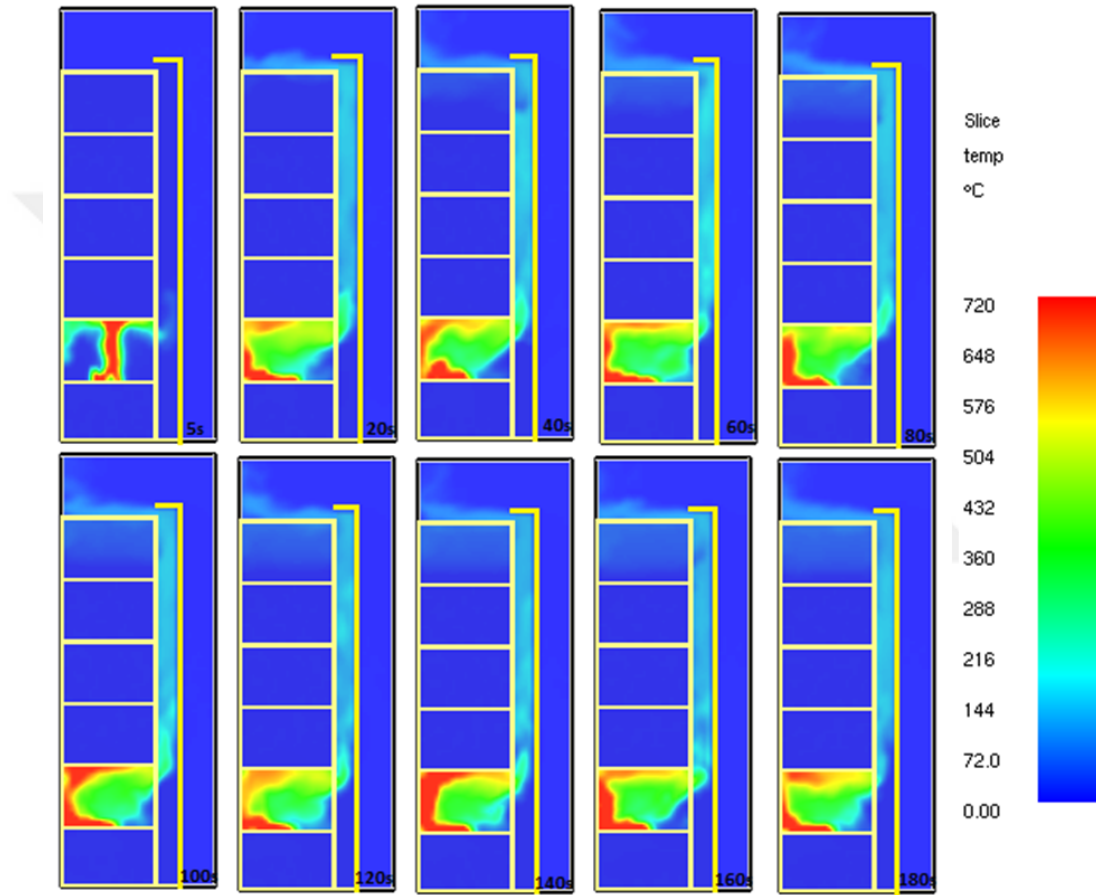
22. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 280 °C ile 470 °C arasında gerçekleşmektedir. Cidar içerisindeki sıcaklık değerlerinin yüksek olması, çift cidar genişliğinin görece az olması ve havalandırmanın iyi yapılamaması ile açıklanabilir. Sıcaklık değerleri çift cidar boşluğu boyunca yangının bulunduğu katın üstündeki katların cephelerinde etkili olmuştur (Şekil 4.48).



Şekil 4.48 : 22. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
23	Yok	120	40

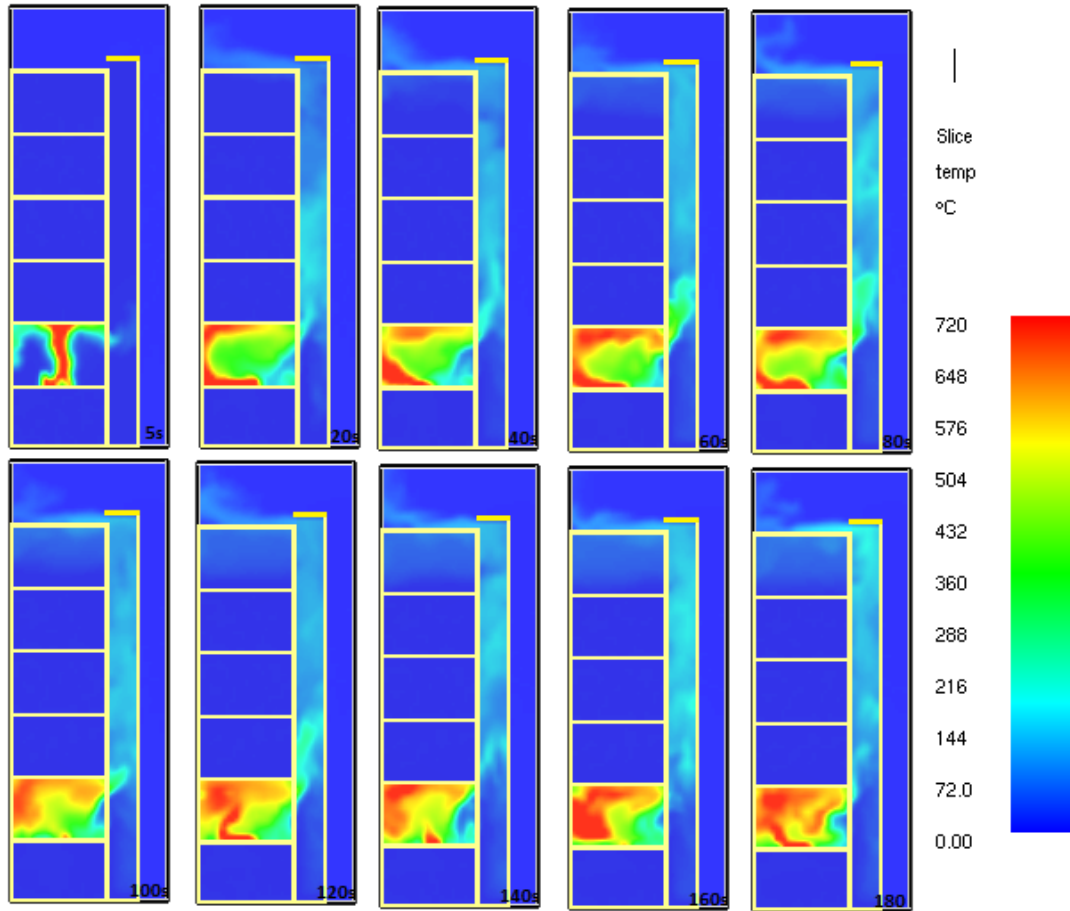
23. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 150 °C ile 380 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık dış cidarın iç yüzeyinde, iç kabuğun dış yüzeyine nazaran daha yüksektir. Cidar boşluğu boyunca yangının başladığı katın üstündeki kat seviyesinden itibaren tüm yüzeyler sıcaklıktan etkilenmiştir (Şekil 4.49).



Şekil 4.49 : 23. Senaryoda sıcaklık değerleri.

Senaryo	Rüzgarın Geliş Açısı (°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
24	Yok	180	40

24. senaryoda çift cidar içerisindeki sıcaklık 150 °C ile 320 °C arasında olduğu gözlenmiştir. Cidar genişliğine bağlı olarak sıcak dumanın dış cidarla temas ederek yükselmesi sonucunda dış cidarın iç yüzeyindeki sıcaklıklar daha yüksek elde edilmiştir. Ancak genişliğin artmasına paralel olarak cidar boşluğunda yüksek sıcaklıklar oluşmamıştır (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 : 24. Senaryoda sıcaklık değerleri.

5. DEĞERLENDİRME VE BULGULAR

Karşılaştırma yapmak için 8 senaryo grubu oluşturulmuştur.

1. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 0° , alt ve üst menfez genişliği 20 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 1., 2. ve 3. senaryolar;
2. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 0° , alt ve üst menfez genişliği 40 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 4., 5. ve 6. senaryolar;
3. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 45° , alt ve üst menfez genişliği 20 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 7., 8. ve 9. senaryolar;
4. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 45° , alt ve üst menfez genişliği 40 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 10., 11. ve 12. senaryolar;
5. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 90° , alt ve üst menfez genişliği 20 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 13., 14. ve 15. senaryolar;
6. grupta rüzgarın binaya geliş açısı 90° , alt ve üst menfez genişliği 40 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 16., 17. ve 18. senaryolar;
7. grupta rüzgar olmayan, alt ve üst menfez genişliği 20 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 19., 20. ve 21. senaryolar;
8. grupta rüzgar olmayan, alt ve üst menfez genişliği 40 cm, çift cidar derinliği 60, 120 ve 180 cm olan 22., 23. ve 24. senaryolar Karşılaştırılmıştır (Tablo 5.1).

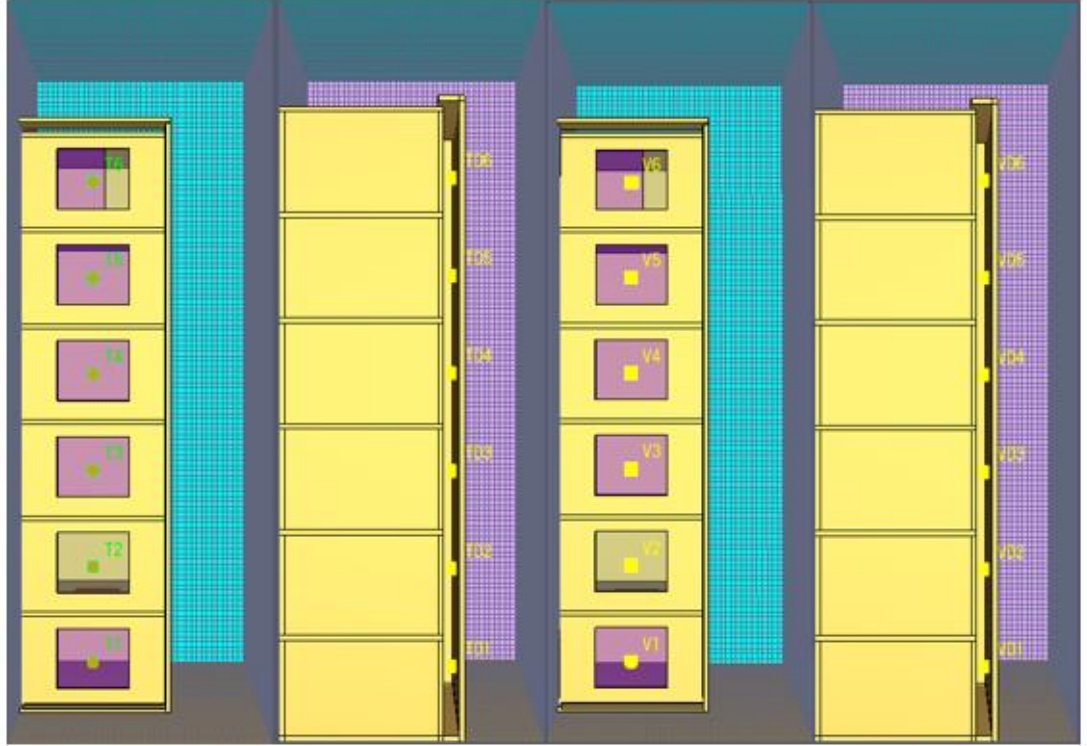
Çizelge 5.1 : Yangın senaryo grupları.

Grup	Senaryolar	Rüzgarın Geliş Açısı(°)	Çift Cidar Genişliği (cm)	Menfez yüksekliği (cm)
Grup1	1	0	60	20
	2	0	120	20
	3	0	180	20
Grup2	4	0	60	40
	5	0	120	40
	6	0	180	40
Grup3	7	45	60	20
	8	45	120	20
	9	45	180	20
Grup4	10	45	60	40
	11	45	120	40
	12	45	180	40
Grup5	13	90	60	20
	14	90	120	20
	15	90	180	20
Grup6	16	90	60	40
	17	90	120	40
	18	90	180	40
Grup7	19	Yok	60	20
	20	Yok	120	20
	21	Yok	180	20
Grup8	22	Yok	60	40
	23	Yok	120	40
	24	Yok	180	40

Sıcaklık ve hız değerlerini ölçmek için iç kabuk cidar dış yüzeyinde(çift cidar içinde kalan yüzeyinde ve dış kabuk iç yüzeyinde (cidar içinde kalan yüzeyinde) 6 tane sıcaklık ve hız değerlerini ölçen termokupl model de yerleştirilmiştir.

İç cidar yüzeyinde olan sıcaklık ölçen termokuplar T1, T2, T3, T4, T5, T6, olarak ve yükseklikleri zemin katından 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m olarak her katta tam pencerenin ortasında gelecek şekilde ve hız ölçen termokuplar ise V1, V2, V3, V4, V5, V6 olarak yine aynı yükseklikte yerleştirilmiştirlerdir.

Dış cidar yüzeyinde olan sıcaklık ölçen termokuplar ise TD1, TD2, TD3, TD4, TD5, TD6 olarak ve yükseklikleri zemin katından 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m olarak her katta ve hız ölçen termokuplar ise VD1, VD2, VD3, VD4, VD5, VD6 olarak yine aynı şekilde yerleştirilmiştirler (Şekil5.1).



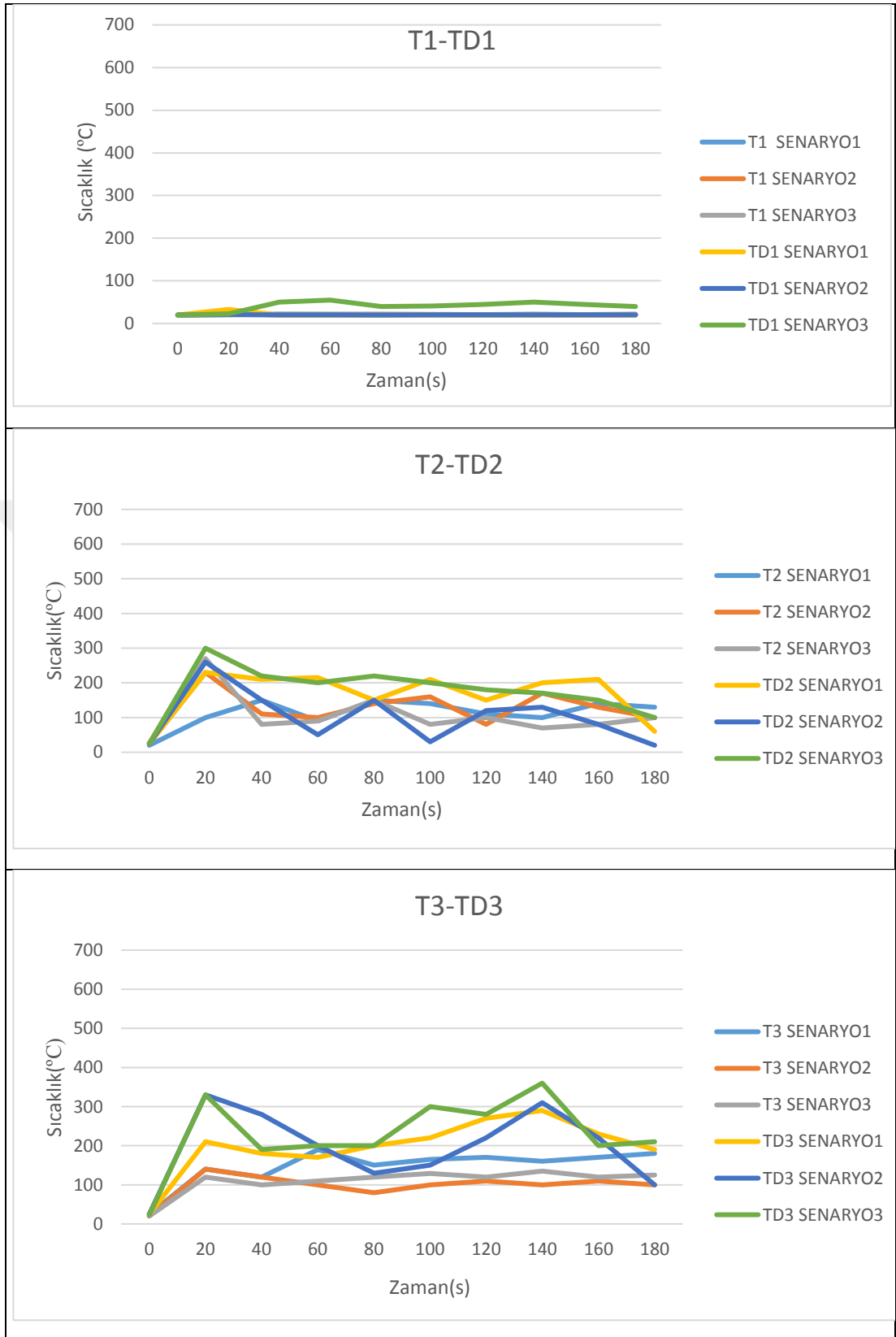
Şekil 5.1 : Termokupların cidar yüzeyinde yerleşimi

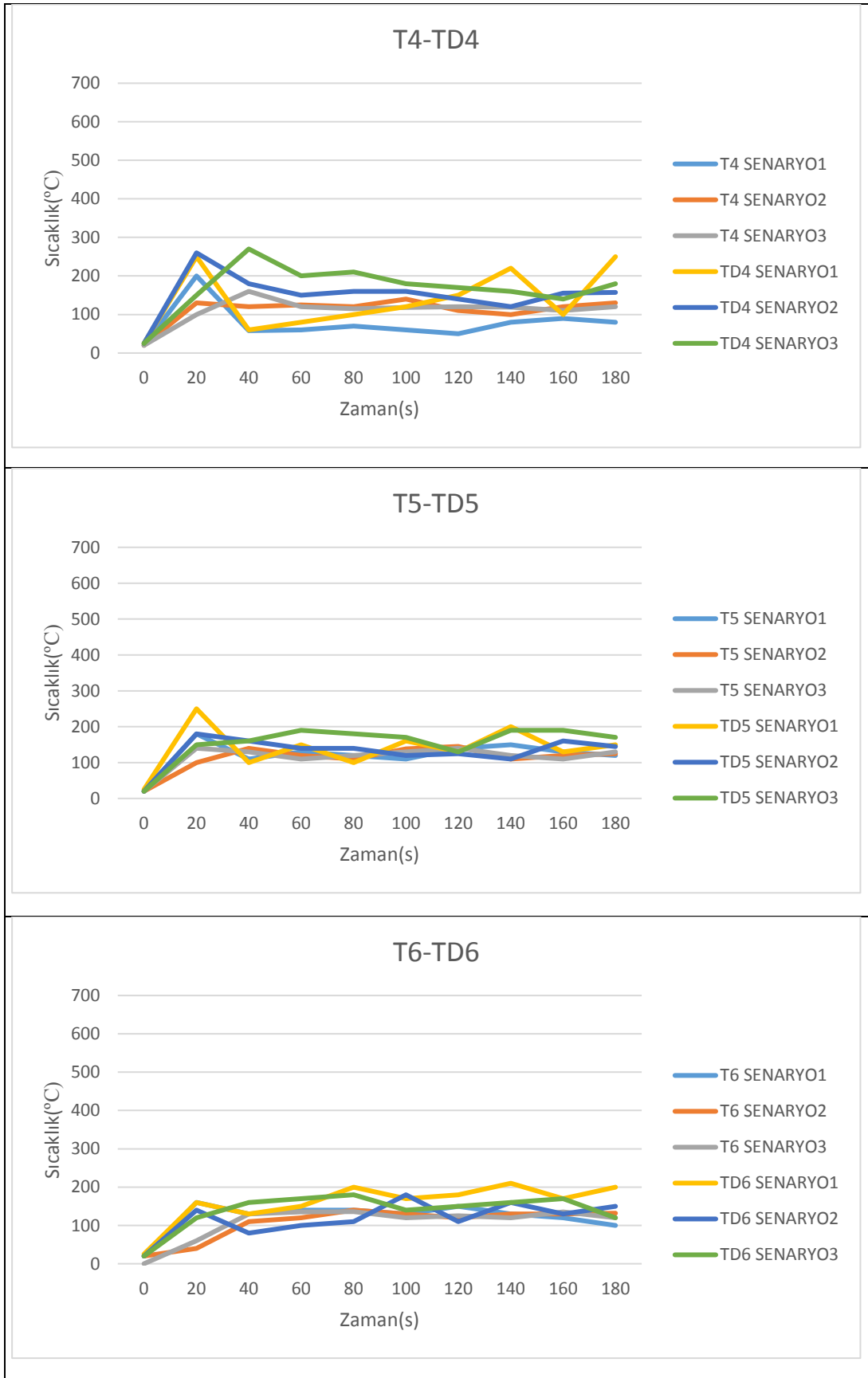
5.1 Grup-1 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Birinci grupta Senaryo 1' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T4'de ilk 20 Sn. içinde ve T3'de 40-180 Sn. aralığında Senaryo 2 ve Senaryo 3' e göre daha yüksek değerler ortaya çıkmıştır. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olması sonucu alevlerin iç cidara doğru yönelmesi ve iç cidarı yalayarak yukarı çıkması ile açıklanabilir. Buna karşın Senaryo 2 ve Senaryo 3'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır (Şekil 5.2).

Birinci grupta bu kez Senaryo 3' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde TD2' de ilk 80 Sn. içinde sıcaklık değerleri Senaryo 1 ve Senaryo 2' e göre daha yüksek olmuştur. Bu durumun cidar derinliği görece daha geniş olan kesite alevlerin ilk olarak dış cidarın iç tarafına daha çok temas ederek yükselmesi ve havalandırma koşullarının yetersizliğinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 5.2).

Buna karşın TD6' de 80-180 Sn. aralığında Senaryo 1' deki sıcaklık değerleri, Senaryo 2 ve Senaryo 3' e göre daha yüksek olmuştur. Bu durum ise cidar genişliğinin görece daha dar olması sonucu alevlerin alt katlarda dış cidara çarptıktan sonra üst katlarda daha çok iç cidarla temas ederek yükselmesiyle açıklanabilir (Şekil 5.2).





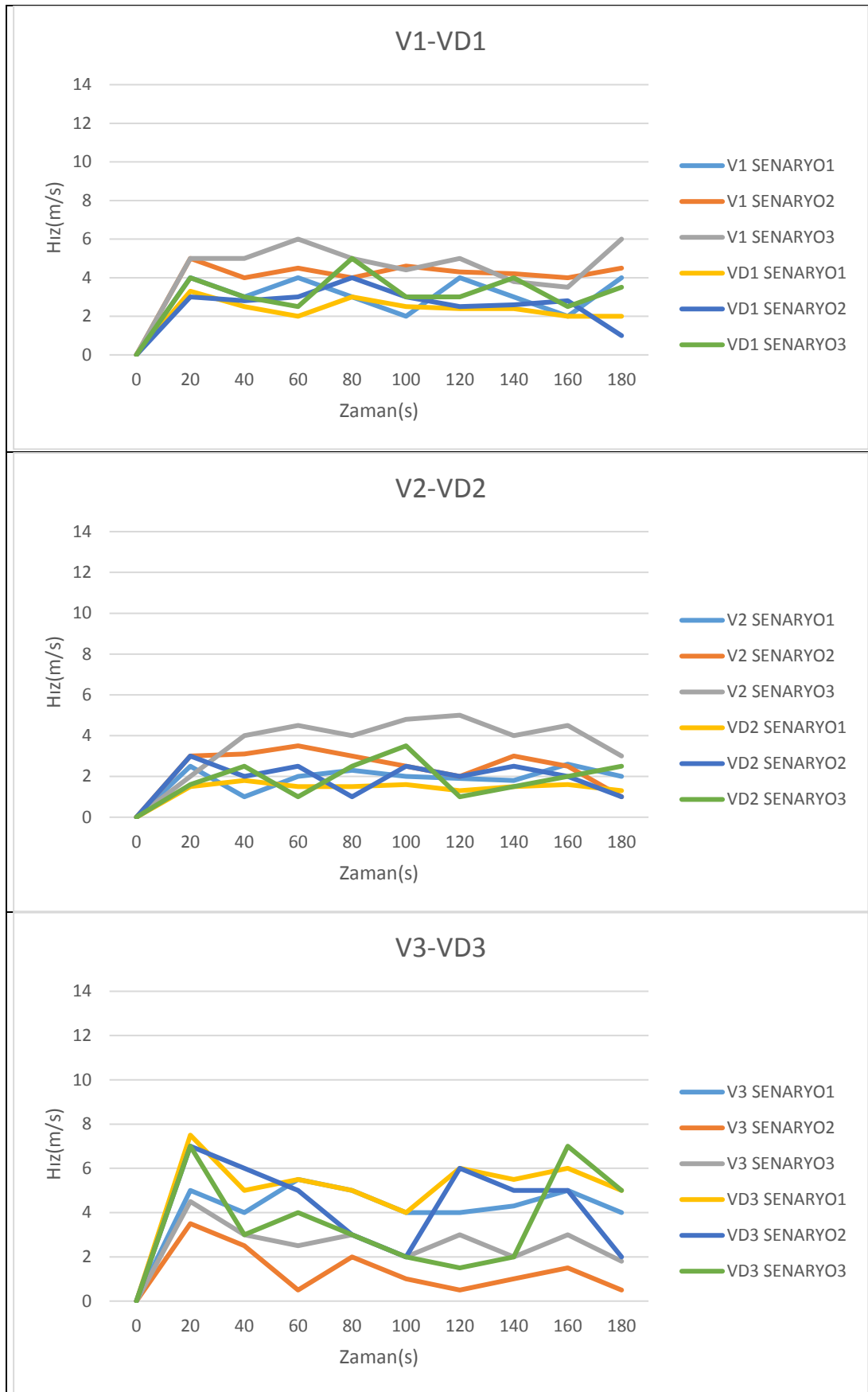
Şekil 5.2 : Grup-1 sıcaklık değerleri.

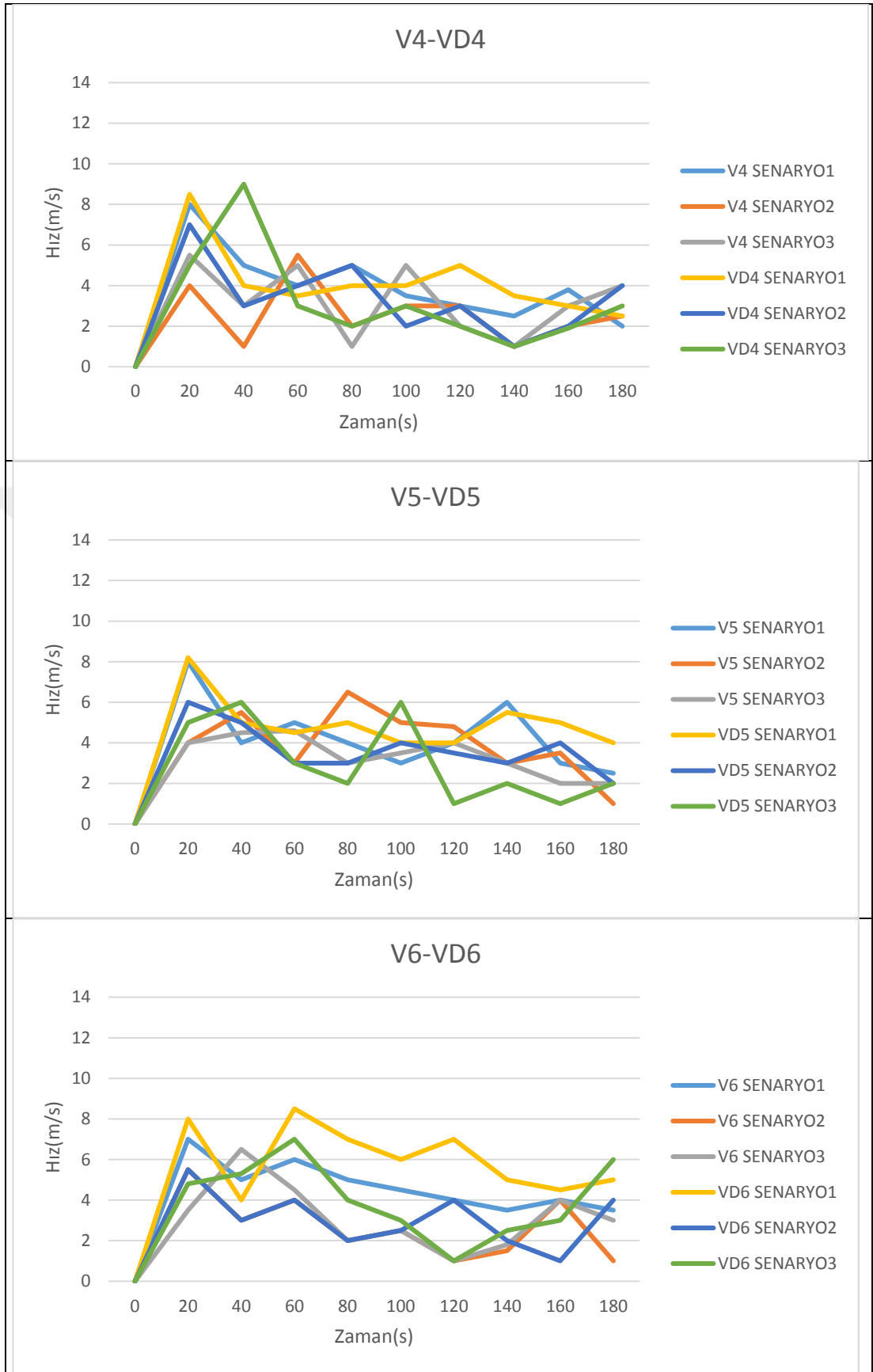
5.2 Grup-1 Hız Açısından Değerlendirme

Birinci grupta Senaryo 1' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3'de ilk 60 Sn. içinde, V4'de 60-180 Sn. ve V6' DE 120-180 Sn. aralığında, Senaryo 2 ve Senaryo 3' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durumun cidar genişliğinin görece dar olması nedeniyle çekişin fazla olmasından dolayı meydana geldiği anlaşılmaktadır. Buna karşın Senaryo 2 ve Senaryo 3'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen hız değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmamıştır (Şekil 5.3).

Birinci grupta Senaryo 1' deki dış cidar iç yüzeyinde hız değerleri incelendiğinde VD5'de ilk 40 Sn. içinde ve VD6'de 40-180 Sn. aralığında Senaryo 2 ve Senaryo3' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur (Şekil 5.3).

Buna karşın Senaryo 3' de VD3 değeri V3' e göre daha yüksek ancak Senaryo 2' de VD2 değeri V2' e göre daha düşük değere ulaşmıştır. Bu durum cidar genişliğinin artması sonucunda dumanın dış cidara daha yakın seyretmesiyle açıklanabilir (Şekil 5.3).





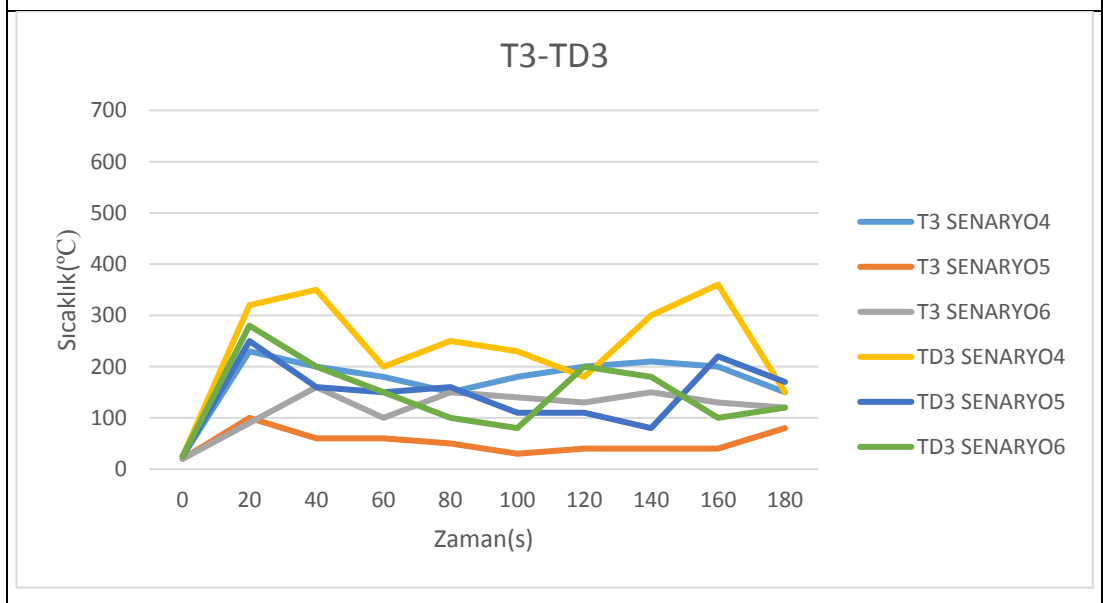
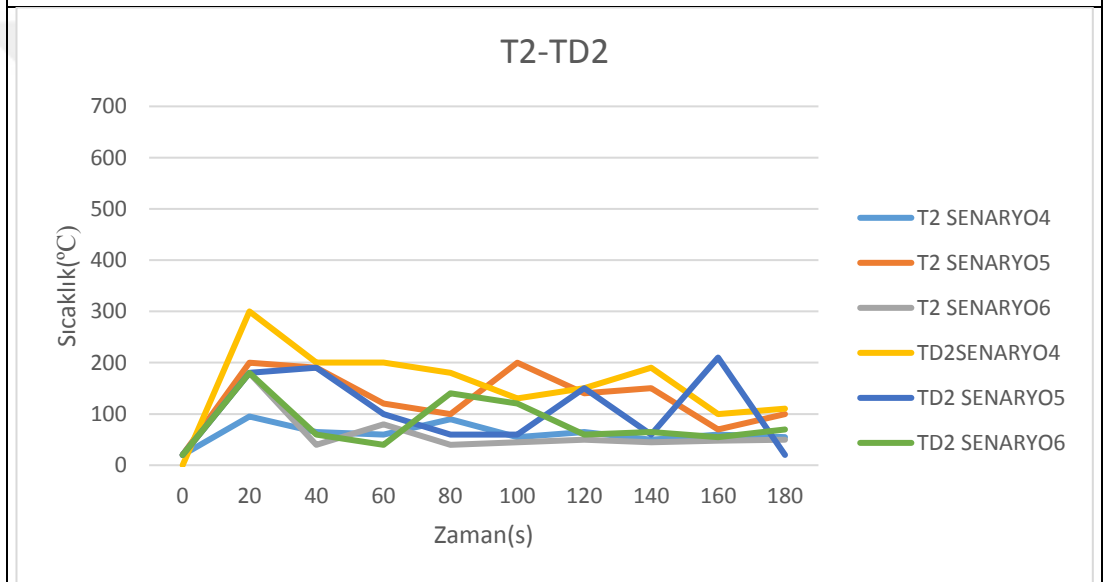
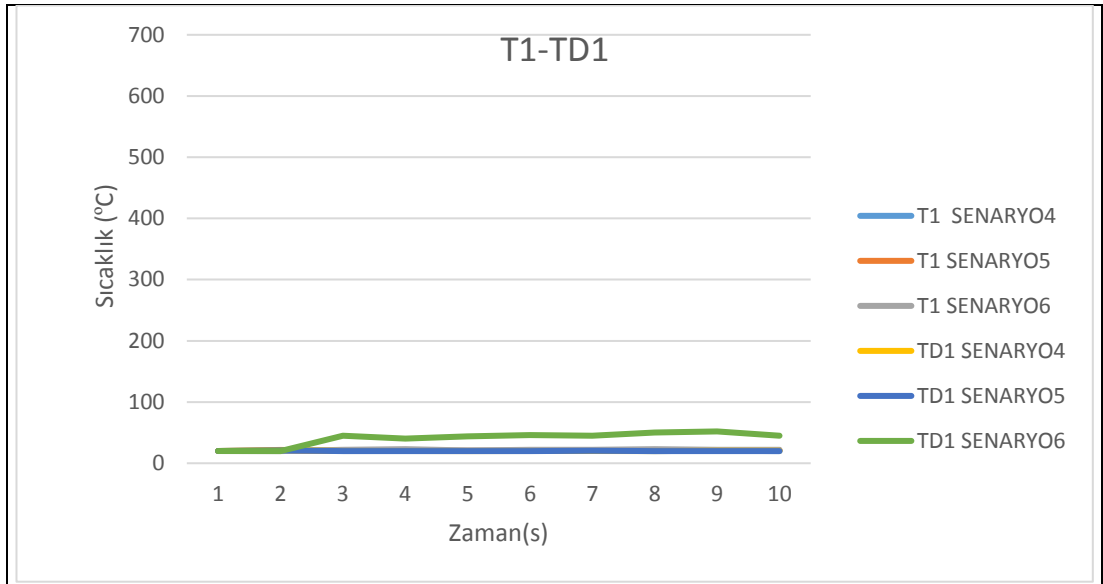
Şekil 5.3 : Grup-1 hız değerleri.

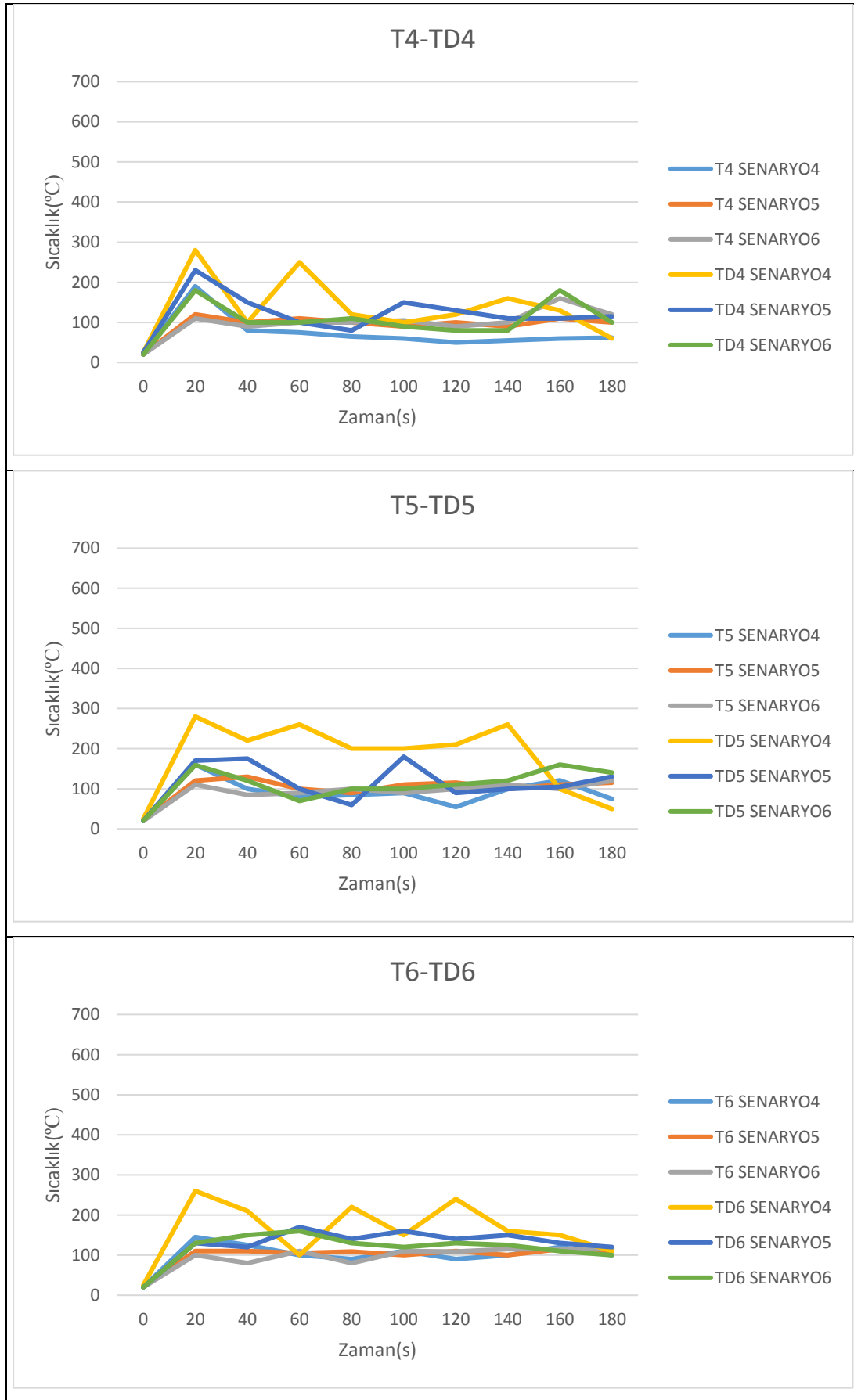
5.3 Grup-2 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

İkinci grupta Senaryo 4' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T3'de 0-180 Sn. aralığında Senaryo 5 ve Senaryo 6' ya göre daha yüksek değerler oluşmuştur.

Buna karşın T2'de 0-180 Sn. aralığında Senaryo 6' daki iç cidar yüzeyinde oluşan sıcaklık değeri Senaryo 5' e göre daha düşük olmaktadır. Bu durum havalandırma menfezlerinin boyutlarının büyümesi ve cidar genişliğinin artması sonucu havalandırmanın daha iyi yapılmasından kaynaklanmaktadır.

İkinci grupta Senaryo 4' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde TD5'de 0-100 Sn. içinde ve TD6'de 100-180 Sn. aralığında, Senaryo 5 ve Senaryo 6' ya göre daha yüksek değerler oluşmaktadır. Bunun cidar derinliği görece daha az olan kesitte sıcak dumanın dış cidarın iç tarafına daha çok temas ederek yükselmesinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 5.4)





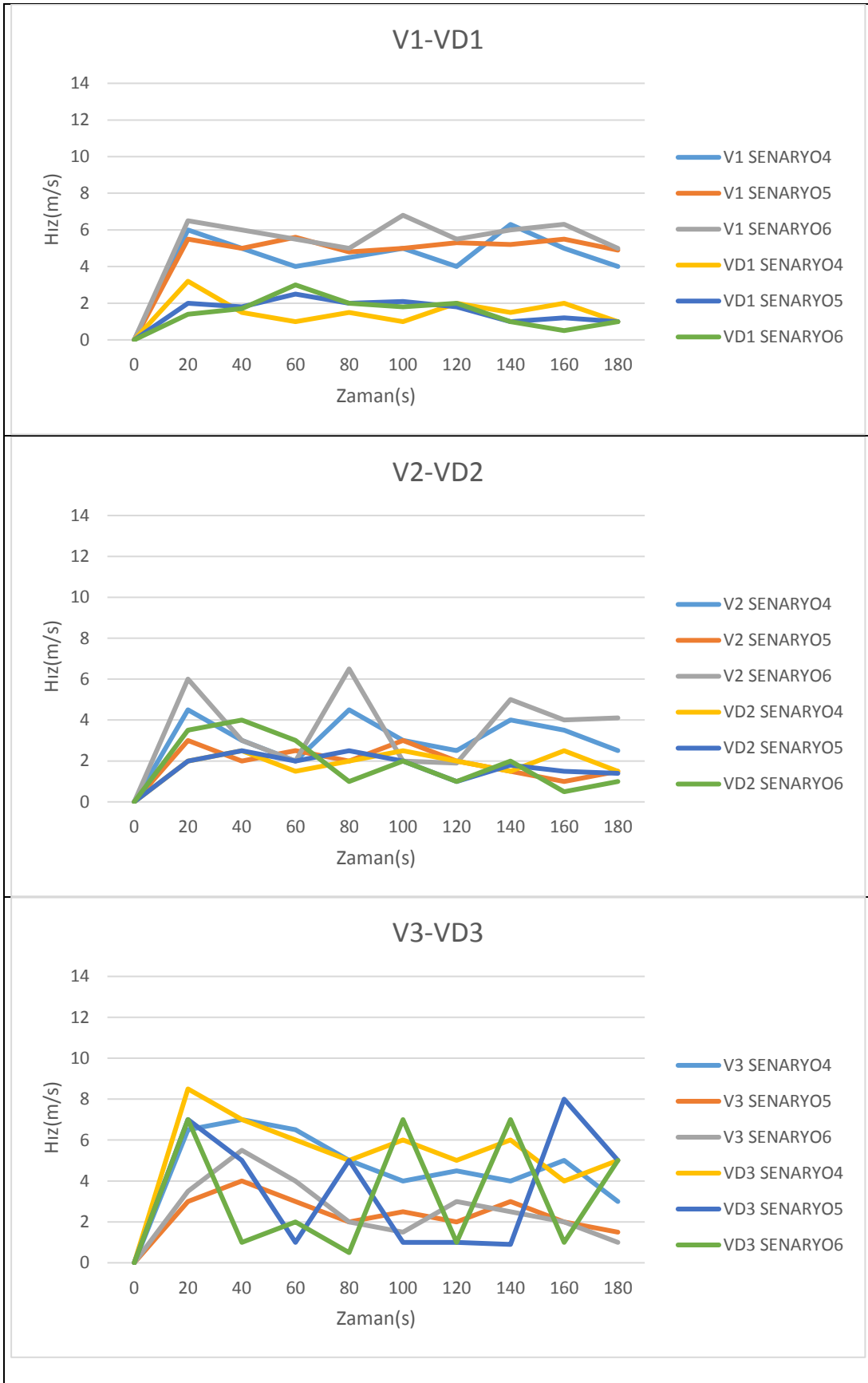
Şekil 5.4 : Grup-2 sıcaklık değerleri.

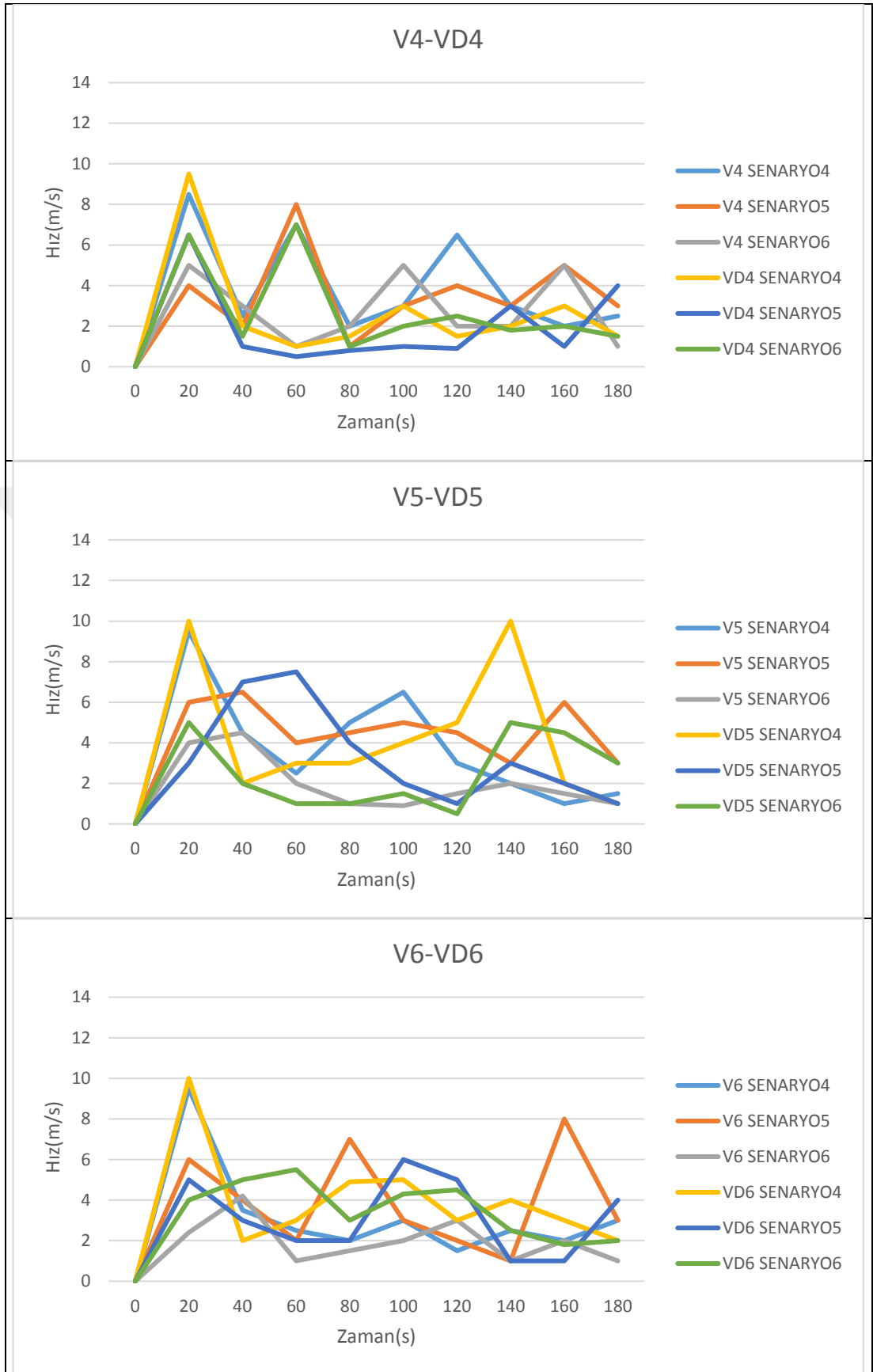
5.4 Grup-2 Hız Açısından Değerlendirme

İkinci grupta Senaryo 4' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3'de ilk 160 Sn. içinde ve V4'de 160-180 Sn. aralığında Senaryo 5 ve Senaryo 6' ya göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olması ile açıklanabilir (Şekil 5.5).

Bu grupta Senaryo 4' deki dış cidar iç yüzeylerinde VD3' de ilk 0-80 Sn. içinde ve VD5' de 80-160 Sn. aralığındaki hız değerleri incelendiğinde, Senaryo 5 ve Senaryo 6' ya göre daha yüksek değerler oluşmaktadır. Bunun nedeni ise cidar genişliğinin görece dar olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 5.5).

Bu gruptaki hız değerleri V3-VD3 ve V2-VD2 grafiklerinden de anlaşıldığı gibi birinci guruba göre daha büyük değerlere ulaşmıştır. Bu durum havalandırma menfezlerinin boyutlarının büyümesi ve havalandırmanın daha iyi yapılması sonucunda oluşmuştur (Şekil 5.5).





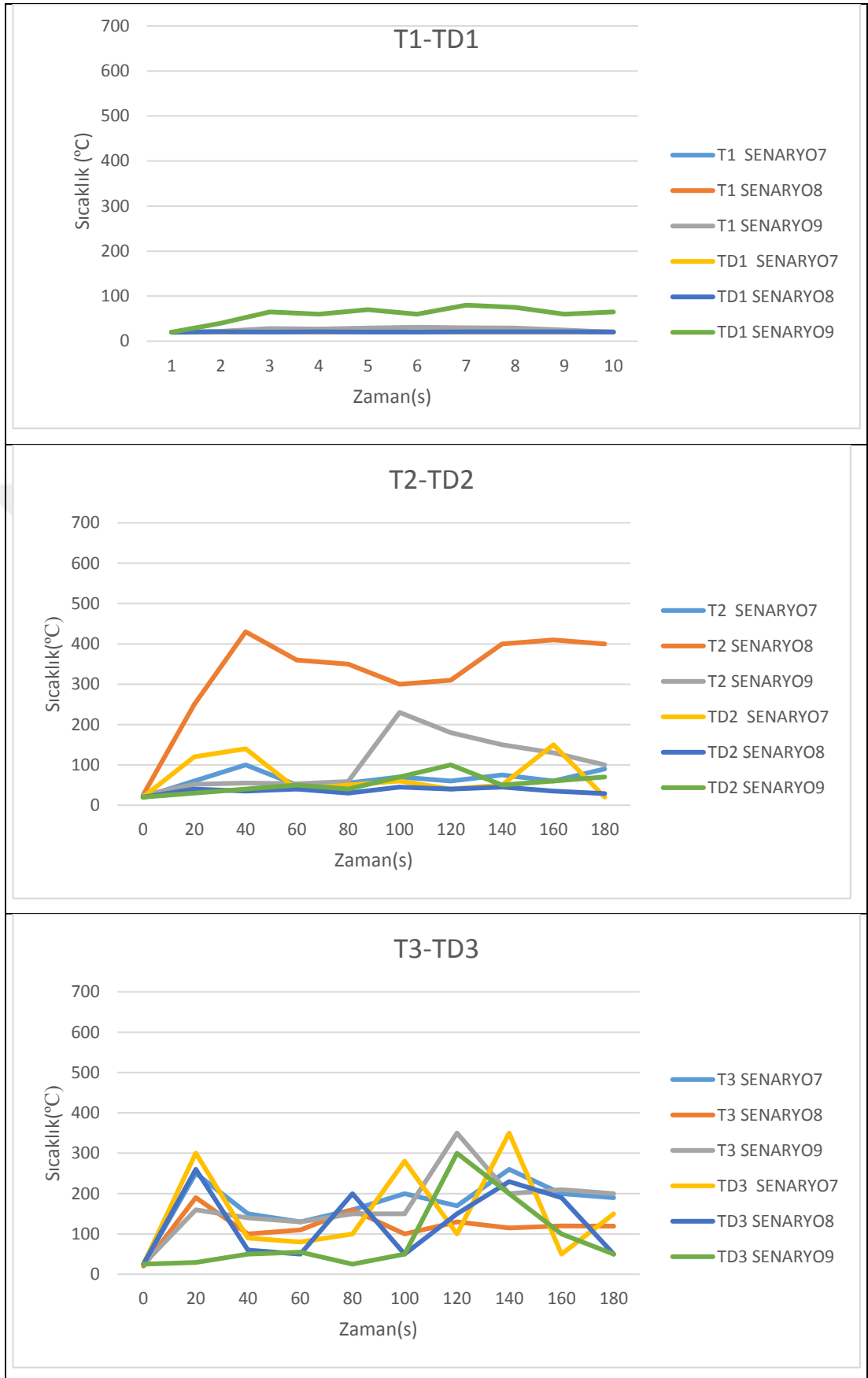
Şekil 5.5 : Grup-2 hız değerleri.

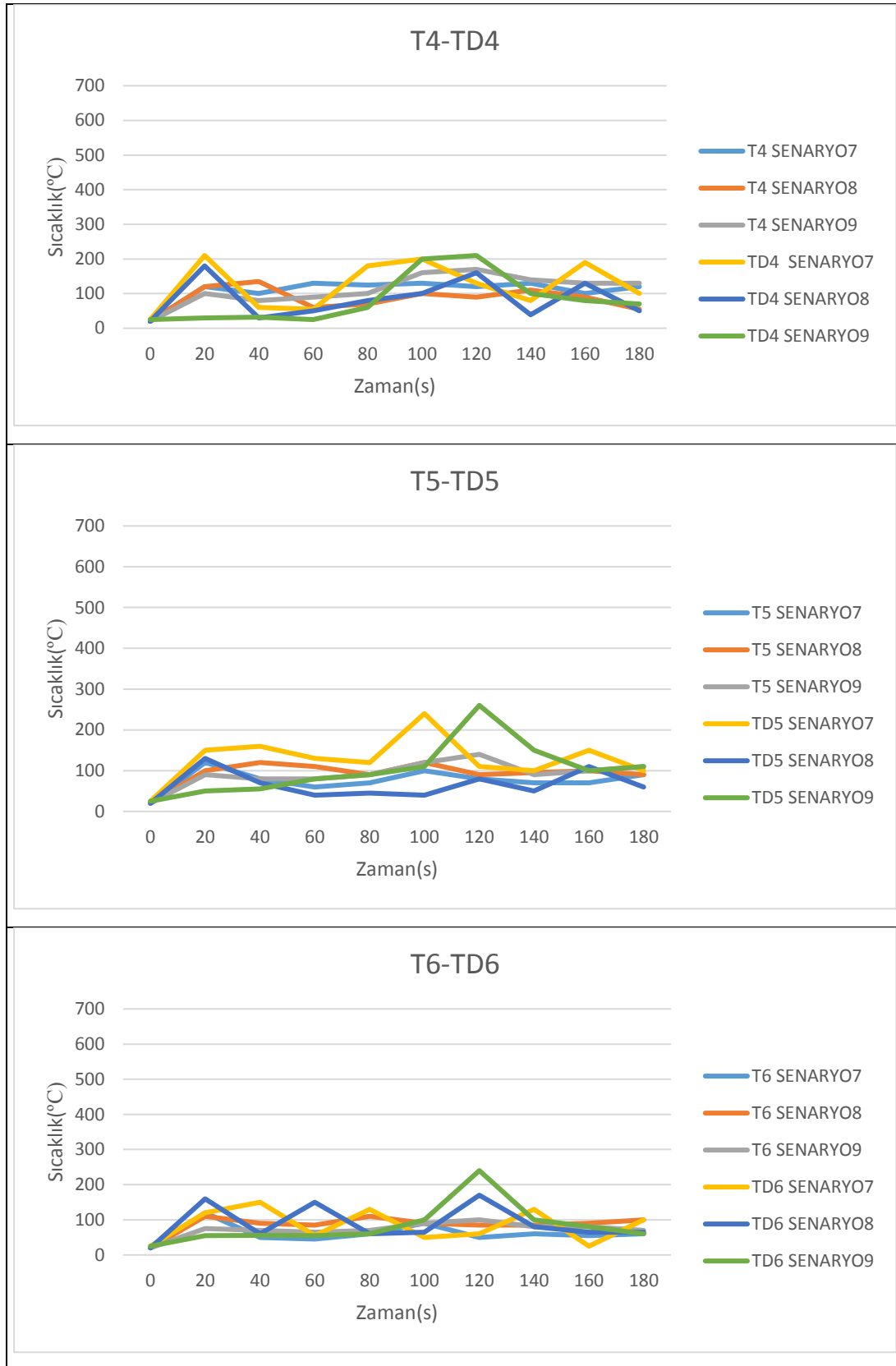
5.5 Grup-3 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Üçüncü grupta Senaryo 8' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T2'de 180 Sn. içinde Senaryo 7 ve Senaryo 9' a göre daha yüksek değerler ortaya çıkmıştır. Bu durum cidar genişliğinin büyük olması ve 45° açıyla cepheye etki eden rüzgarın varlığıyla açıklanabilir. Buna karşın Senaryo 7 ve Senaryo 9'da cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır (Şekil 5.6).

Üçüncü grupta bu kez Senaryo 7' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde TD5' de ilk 100 Sn. içinde Senaryo 8 ve Senaryo 9' a göre daha yüksek değerlerle ulaşmıştır. Bunu cidar derinliğinin görece daha dar olması ve havalandırma koşullarının yetersiz olması ile açıklamak mümkündür (Şekil 5.6).

Bu grupta T2-TD2 ve T3-TD3 grafikleri dışında senaryolar arasındaki sıcaklık değerler diğer grafiklerde incelendiğinde çok önemli farklar ortaya çıkmamıştır (Şekil 5.6).





Şekil 5.6 : Grup-3 sıcaklık değerleri.

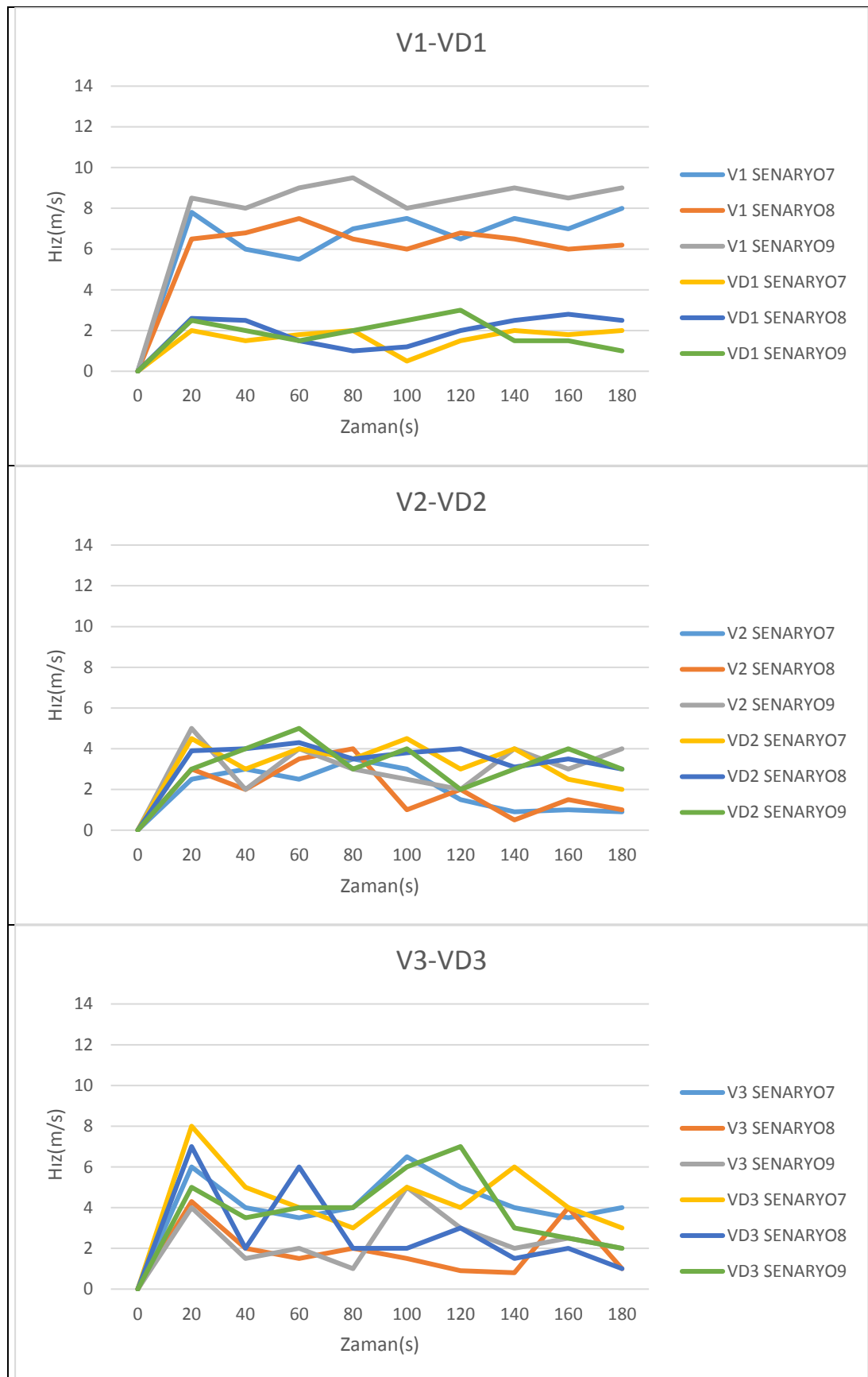
5.6 Grup-3 Hız Açısından Değerlendirme

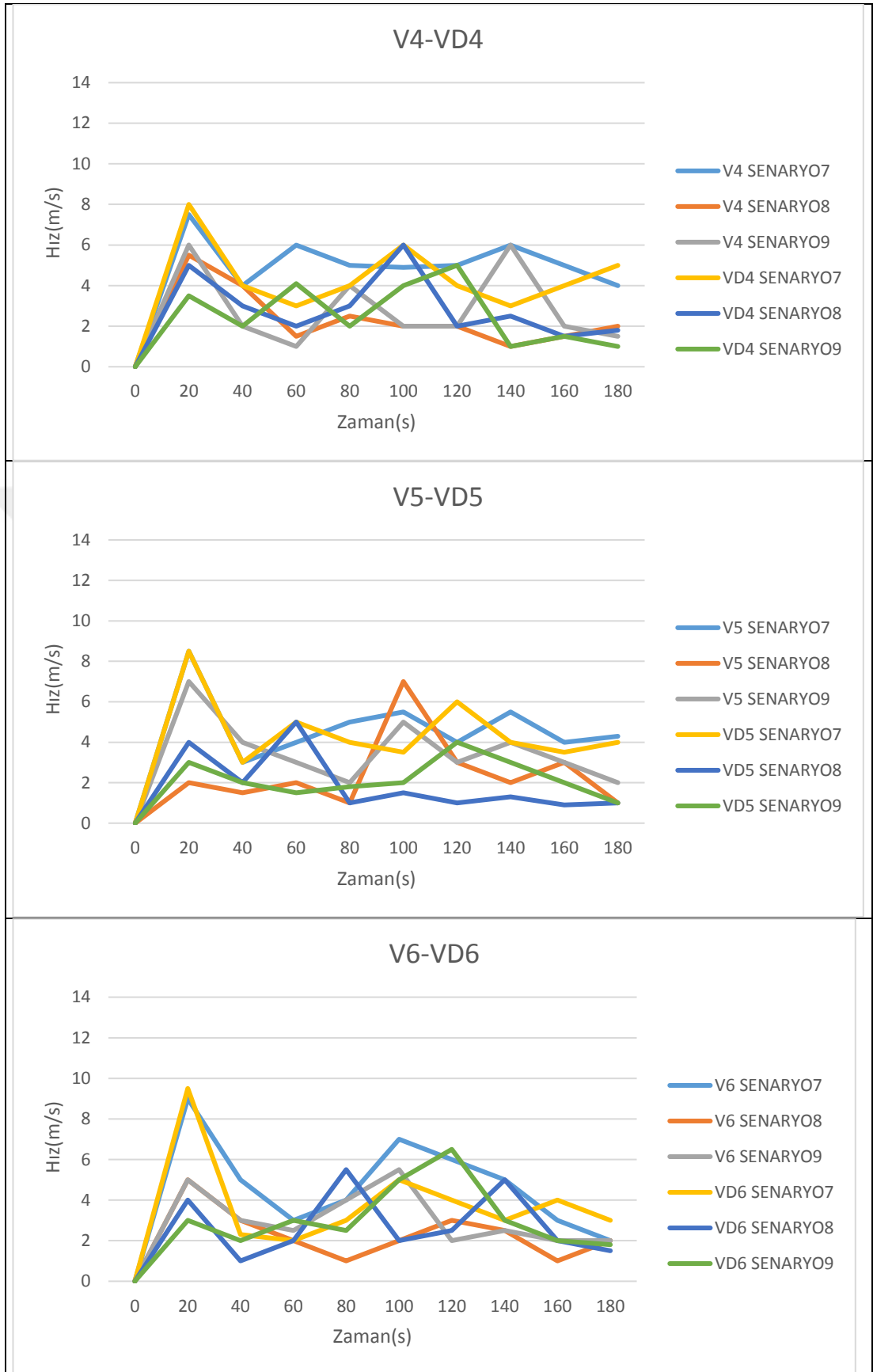
Bu grupta Senaryo 7’de iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3’de 0-180 Sn. aralığında Senaryo 8 ve Senaryo 9’ a göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Buna karşın Senaryo 9’ da cidar genişliğinin artması sonucunda hız değerleri Senaryo 8’ e göre daha yüksektir. Bu durumun ise cepheye 45° açıyla etki eden rüzgardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üçüncü grupta Senaryo 7’ de dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri VD4’de ilk 40 Sn. içinde ve VD5’de 40-180 Sn. aralığında Senaryo 8 ve Senaryo 9’ a göre daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni ise cidar genişliğinin görece daha dar olması ile açıklamak mümkün.

Bu grupta oluşan hız değerlerinin birinci gruptaki değerlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun cepheye 45° açıyla etkiyen rüzgardan kaynaklandığı, çift cidar arasına girerek buradaki hava akımını artırdığı ve dolayısıyla hava hızlarının artmasına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir.





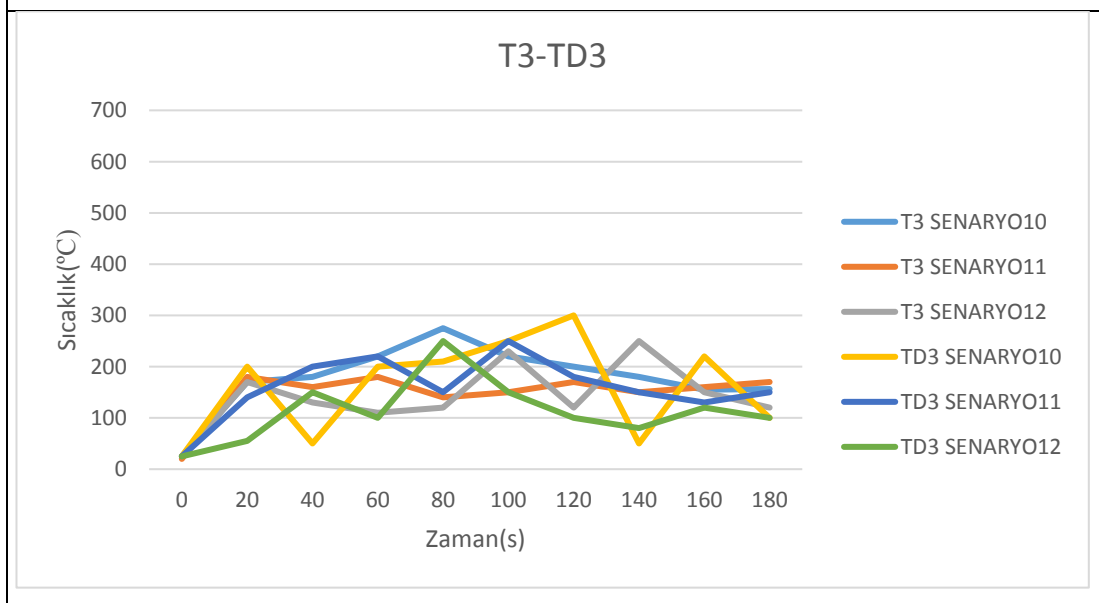
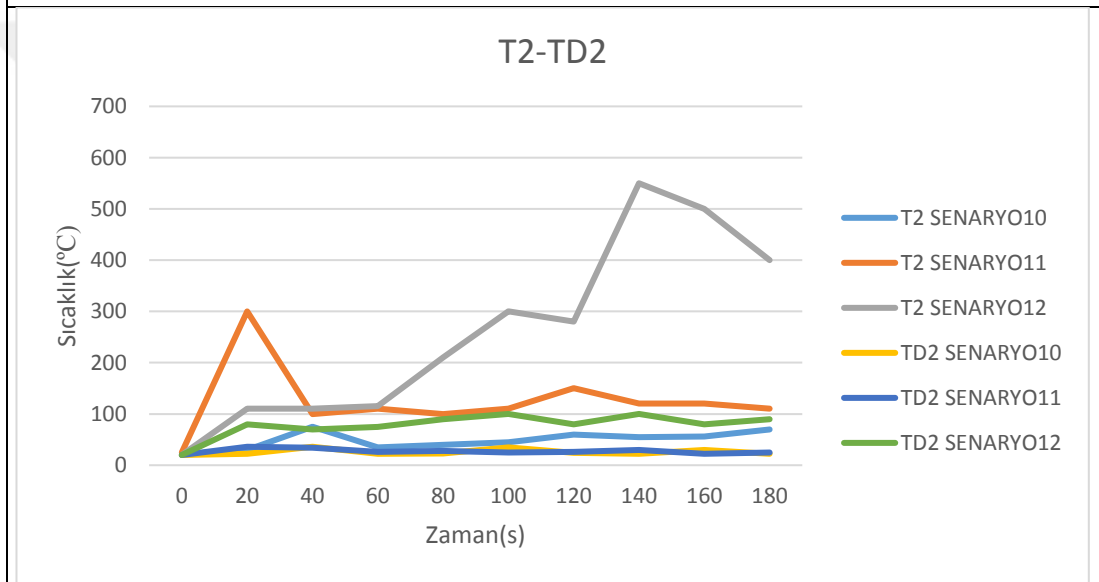
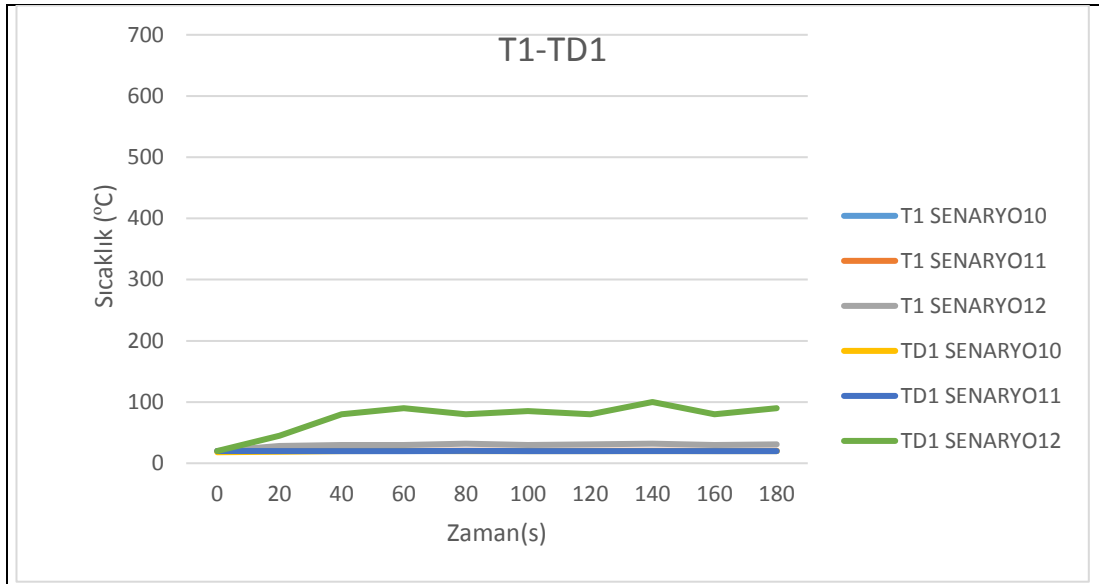
Şekil 5.7 : Grup-3 hız değerleri.

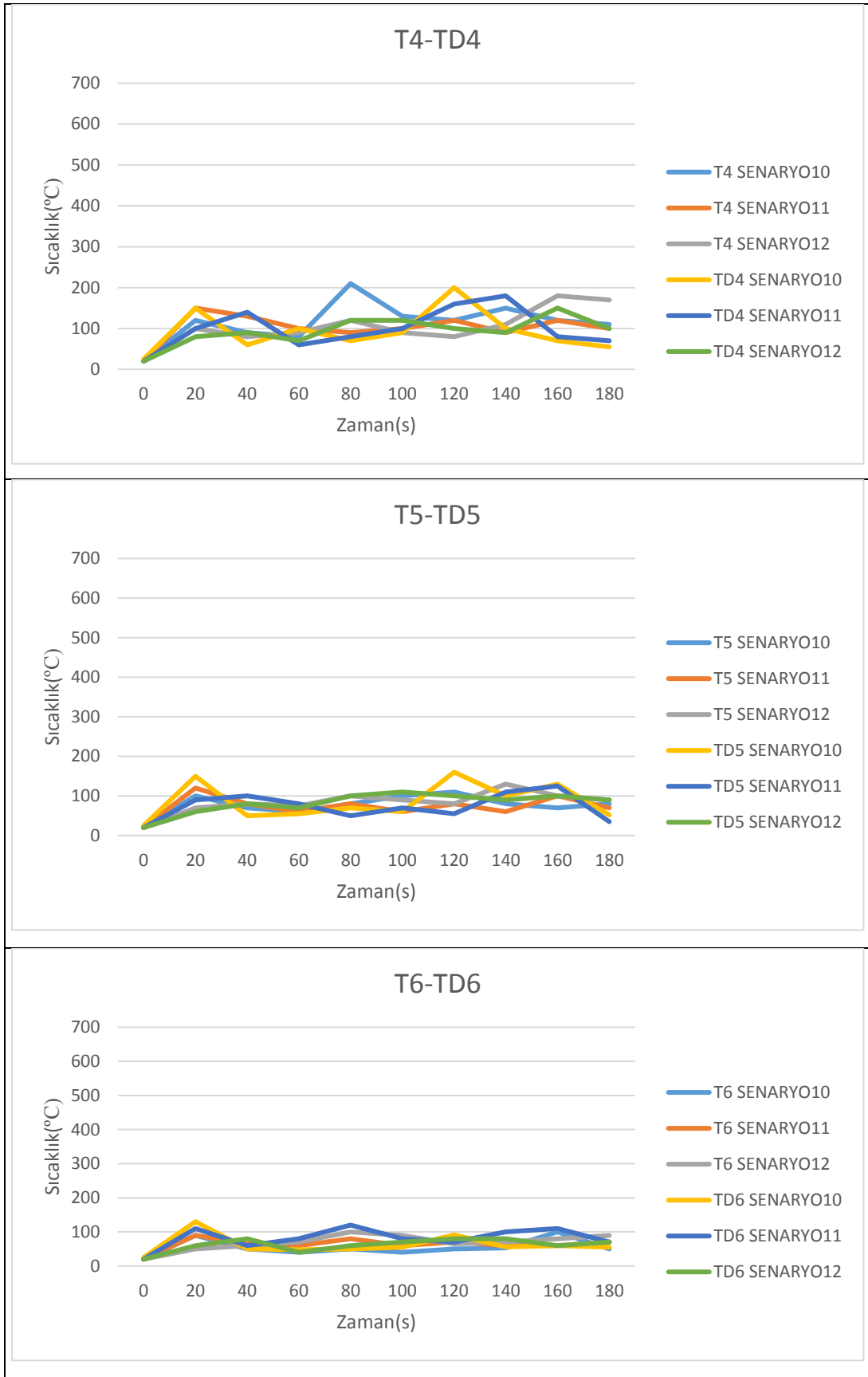
5.7 Grup 4 – Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Bu grupta Senaryo 11' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T2'de ilk 40 Sn. içinde Senaryo 10 ve Senaryo 12' ye göre daha yüksek değerler oluşmuştur. 40-180 Sn. aralığında ise yine aynı termokuplda Senaryo 12' de Senaryo 10 ve Senaryo 11' e göre daha yüksek sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bu durumun cepheye 45° açıyla etki eden rüzgardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil5.8).

Dördüncü grupta Senaryo 12' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde TD2' de, Senaryo 10 ve Senaryo 11' e göre daha yüksek değerler ortaya çıkmaktadır. Bu durum cidar derinliğinin görece daha büyük olması ve sıcak dumanın dış cidarın iç tarafına çarptıktan sonra yükselmesi ile açıklanabilir (Şekil5.8)

Bu grupta dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri, iç cidar dış yüzünde oluşan değerlere göre daha düşüktür. Bunun nedenini ise cepheye 45° açıyla etki eden rüzgarın cidar boşluğunda oluşturduğu hava akımlarının etkisi ile açıklamak mümkündür. Alevlerin iç cidara doğru yönlendirilmesi ile sıcaklık değeri iç cidar yüzeyinde daha fazla olabilmektedir.





Şekil 5.8 : Grup-4 sıcaklık değerleri.

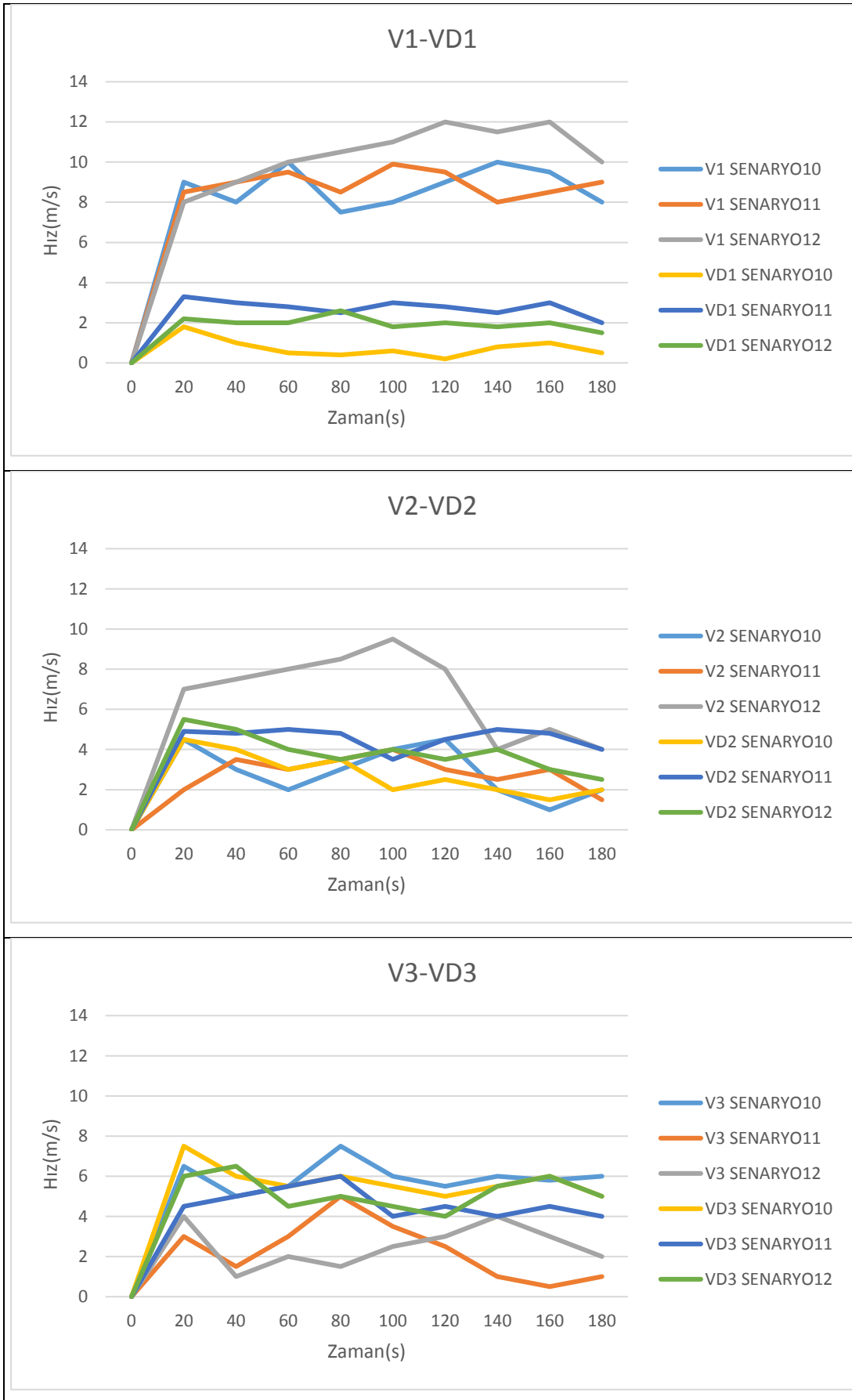
5.8 Grup-4 Hız Açısından Değerlendirme

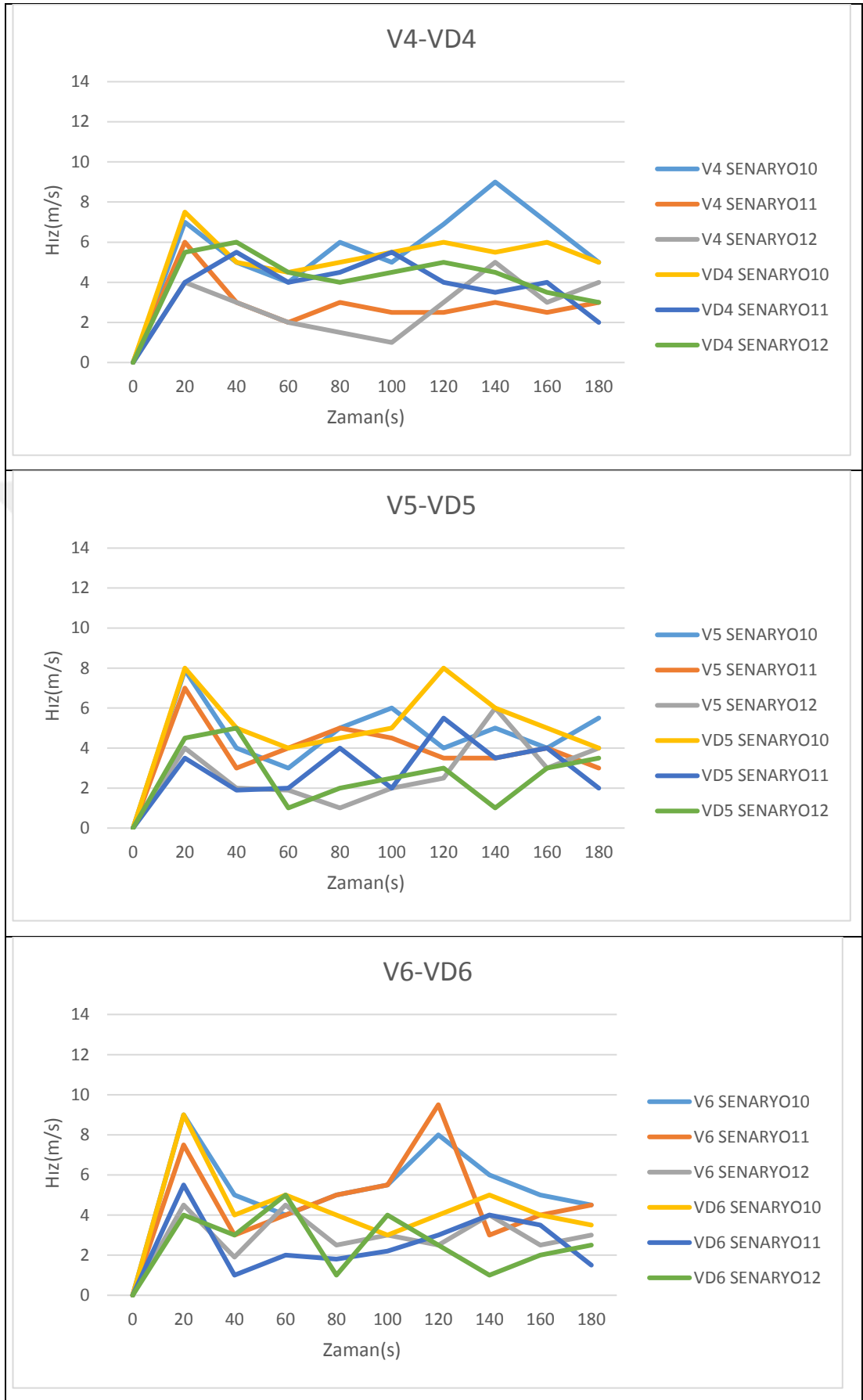
Bu grupta Senaryo 10' daki iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3'de ilk 40 Sn. içinde ve V4'de 40-160 Sn aralığında Senaryo 11 ve Senaryo 12' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin dar olması ve çift cidar boşluğundaki çekişin yüksek olması ile açıklanabilir (Şekil 5.9).

Bu grupta yine Senaryo 10' daki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde VD6'de ilk 40 Sn. içinde ve VD5'de 40-180 Sn aralığında Senaryo 11 ve Senaryo 12' e göre daha yüksek değerler oluşturmıştır. Bu durum cidar genişliğinin daha dar olması ve çekişin fazla olması ile açıklanabilir (Şekil 5.9).

Buna karşın Senaryo 11 ve Senaryo 12 arasındaki dış cidar iç yüzeyinde hız değerleri incelendiğinde farklı noktalarda farklı değerler gözlenmiş ama çok önemli farklılıklar oluşmamıştır (Şekil 5.9).

Bu grupta oluşan hız değerlerinin ikinci gruptaki değerlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun cepheye 45° açıyla etkiliyen rüzgardan kaynaklandığı soylenebilir.





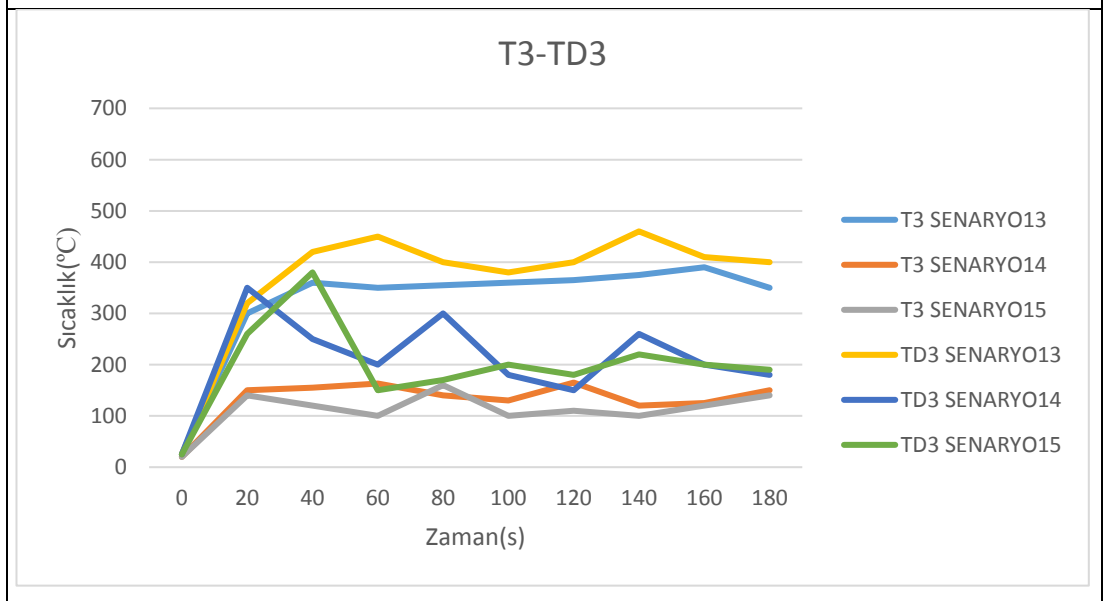
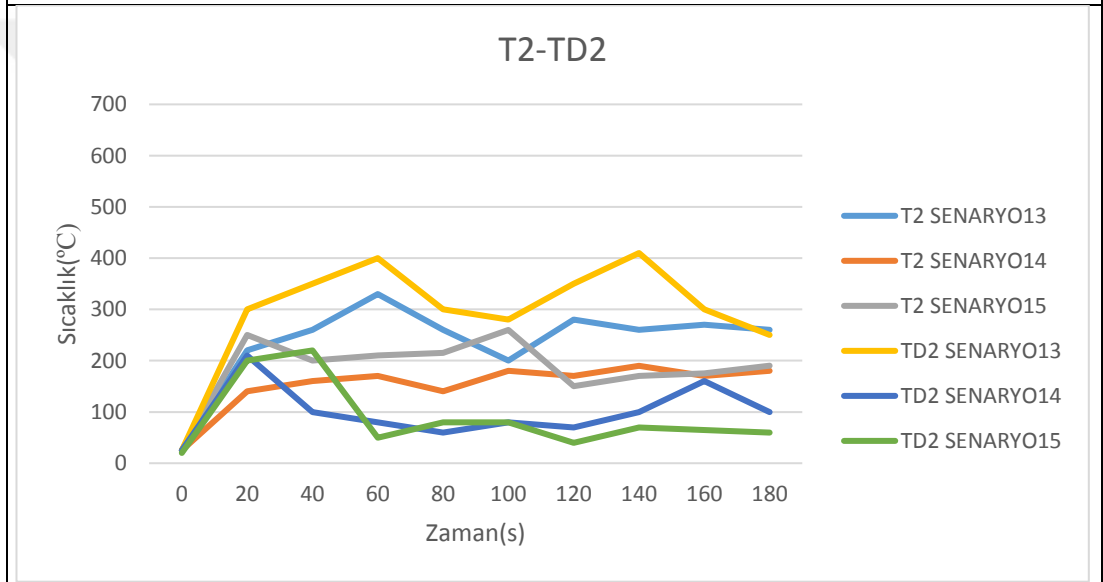
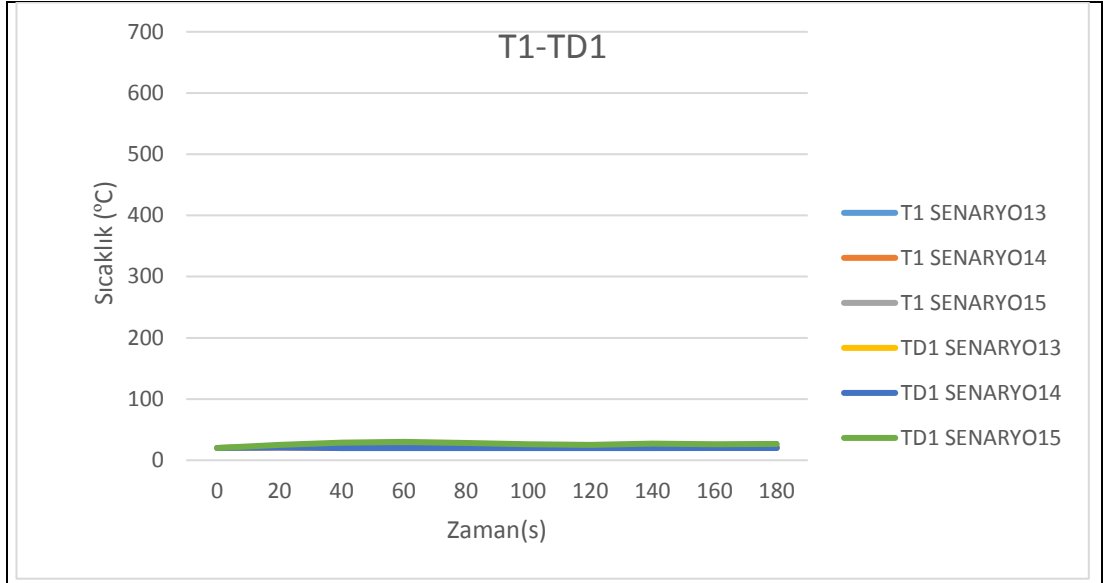
Şekil 5.9 : Grup-4 hız değerleri.

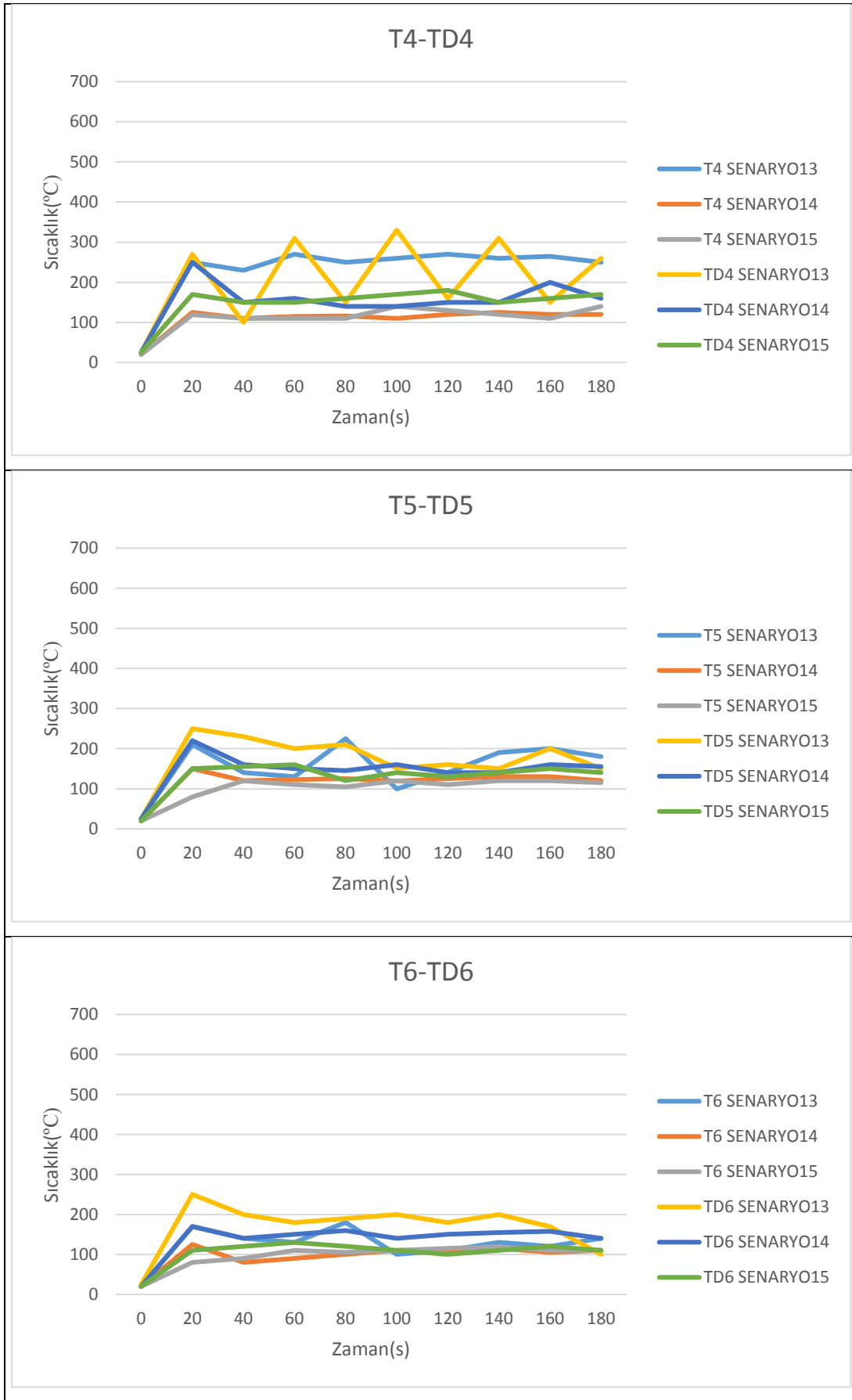
5.9 Grup-5 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Beşinci grupta Senaryo 13' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T3'de ilk 40 Sn. içinde ve T4'de 40-180 Sn. aralığında Senaryo 14 ve Senaryo 15' e göre daha yüksek değerler görülmüştür. Buna karşın Senaryo 14 ve Senaryo 15'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır (Şekil 5.10).

Bu grupta bu kez Senaryo 13' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde Senaryo 14 ve Senaryo 15' e göre TD2' ve TD3' de daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum cidar genişliği ile açıklamak mümkün olabilir (Şekil 5.10).

Buna karşın Senaryo 15' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde cidar genişliğinin artmasına rağmen Senaryo 14' e göre sıcaklık değerleri bazı bölgelerde daha yüksektir. Bu durum havalandırma boyutlarının küçük olması ve dolayısıyla yetersiz havalandırma yapıldığı için gerçekleşmiş olabilir (Şekil 5.10).





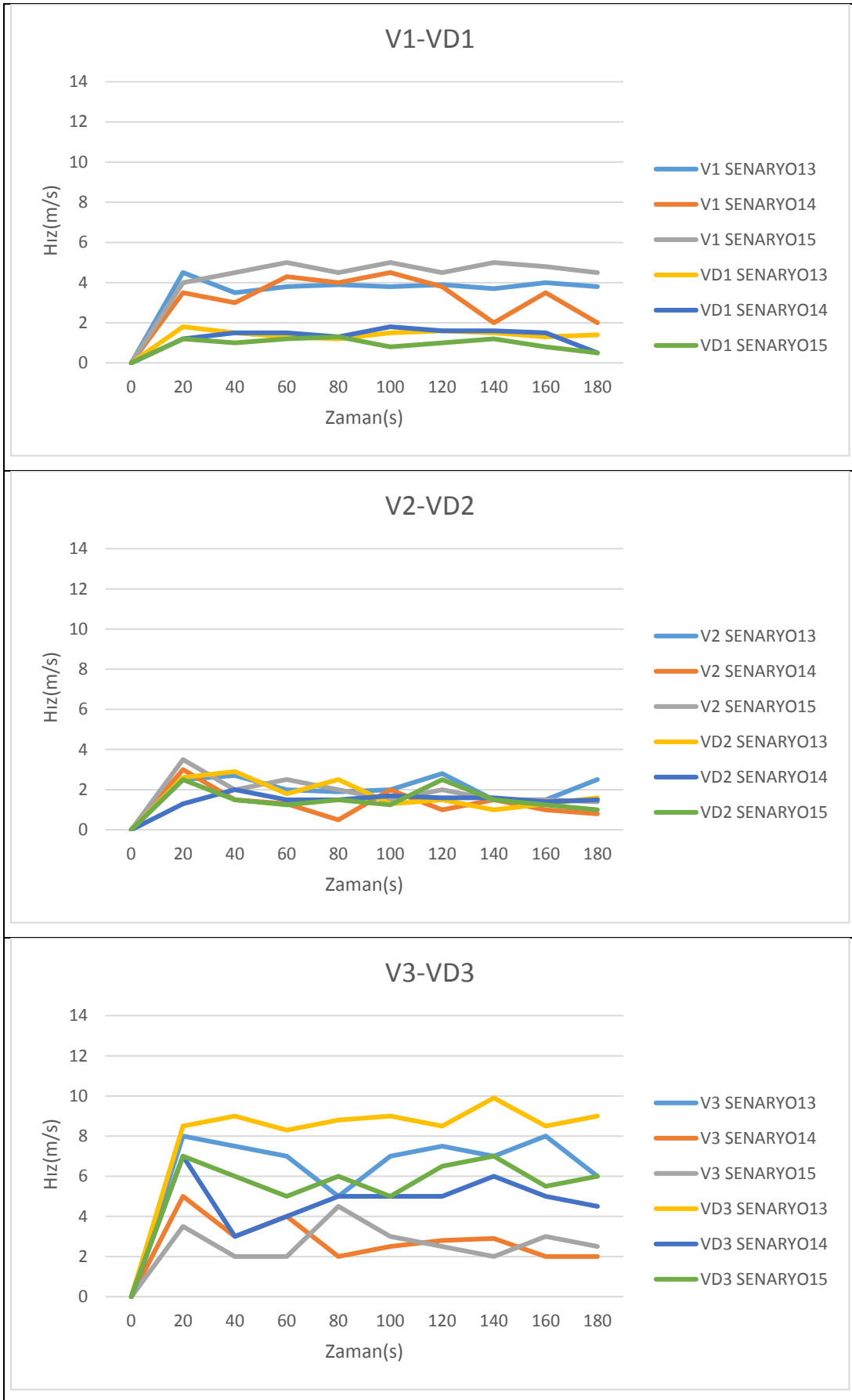
Şekil 5.10 : Grup-5 sıcaklık değerleri.

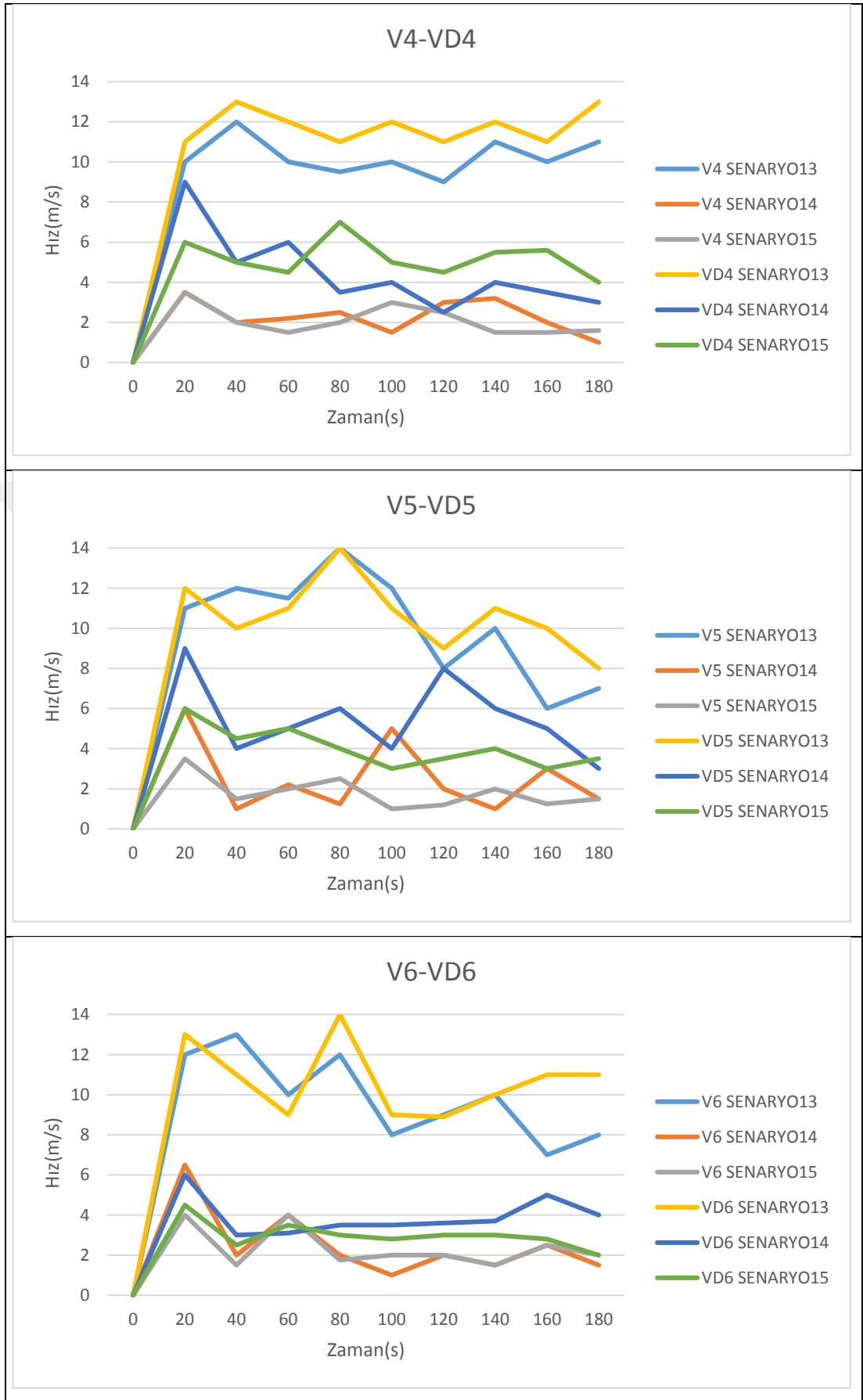
5.10 Grup-5 Hız Açısından Değerlendirme

Beşinci grupta iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3’de ilk 60 Sn. içinde ve V4’de 60-180 Sn aralığında Senaryo 13’ deki hız değerleri, Senaryo 14 ve Senaryo 15’ e göre daha yüksektir. Bu durum cidar genişliğinin görece dar ve çekişin fazla olması ile açıklanabilir. Buna karşın Senaryo 14 ve Senaryo 15’deki hız değerleri arasında çok önemli farklılıklar oluşmamıştır(Şekil 5.11).

Beşinci grupta Senaryo 13’ deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde VD4’de ilk 60 Sn. içinde ve VD5’de 60-180 Sn. aralığında Senaryo 14 ve Senaryo 15’ e göre daha yüksek değerler ortaya çıkmıştır(Şekil 5.11).

Buna karşın Senaryo 15’ deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri VD6’da 0-180 Sn. aralığında Senaryo 14’ e göre daha düşük değerler oluşturmuştur. Bu durum havalandırma menfezlerinin boyutlarının küçük olması, cidar içinde hava akımının az olması ve sonuç olarak hava hızlarının düşüşüne neden olduğu söylenebilir (Şekil 5.11).





Şekil 5.11 : Grup-5 hız değerleri.

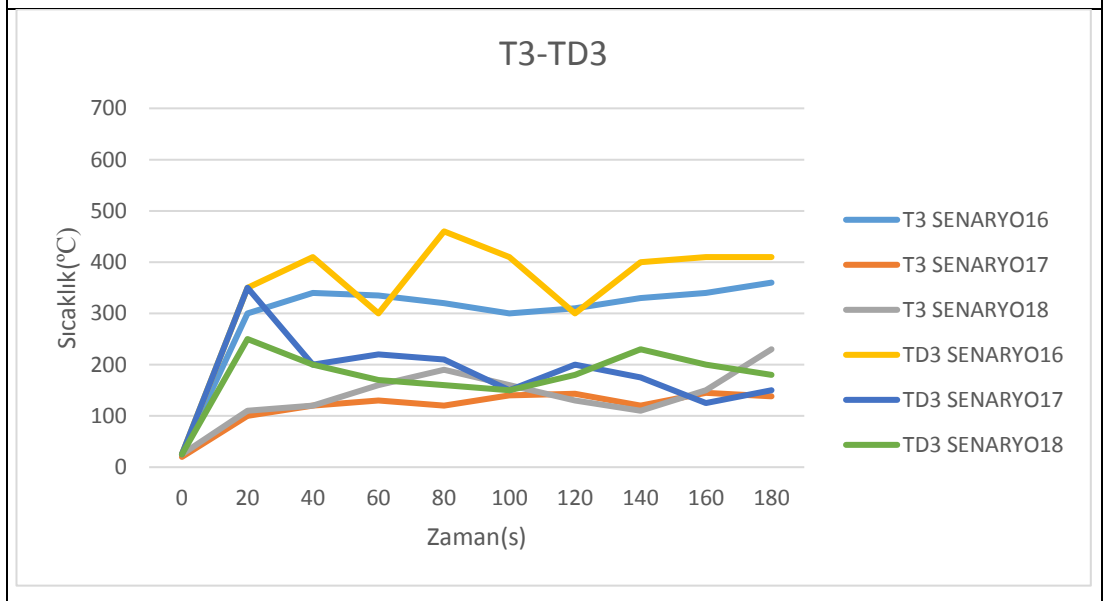
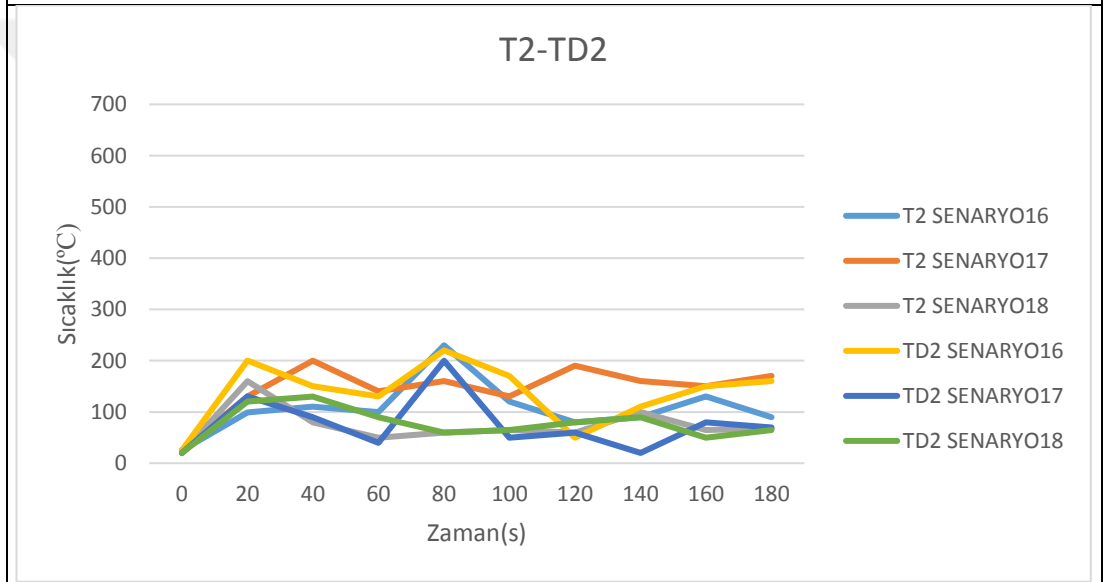
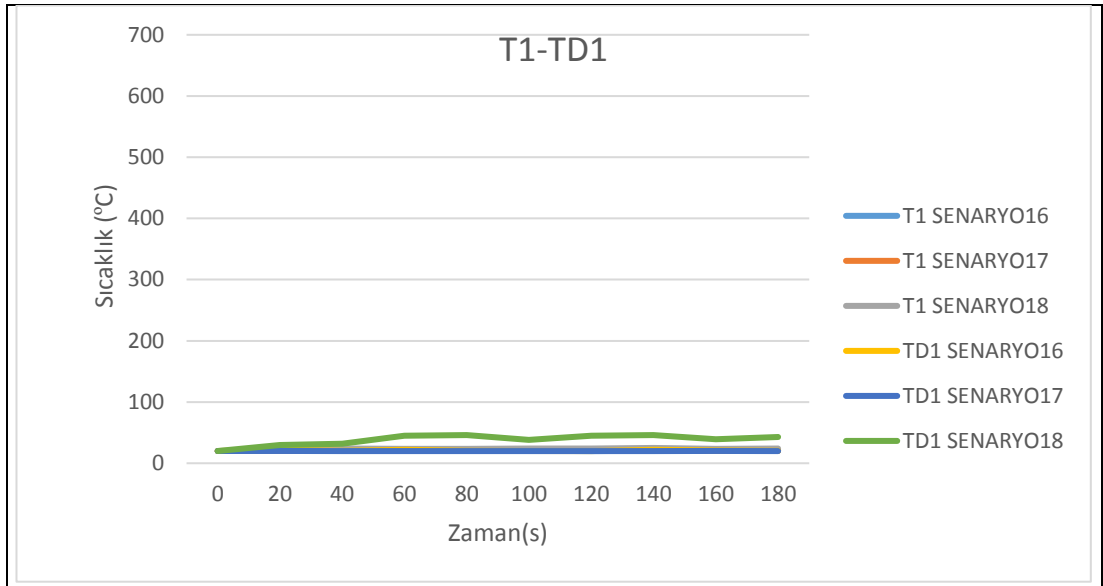
5.11 Grup-6 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

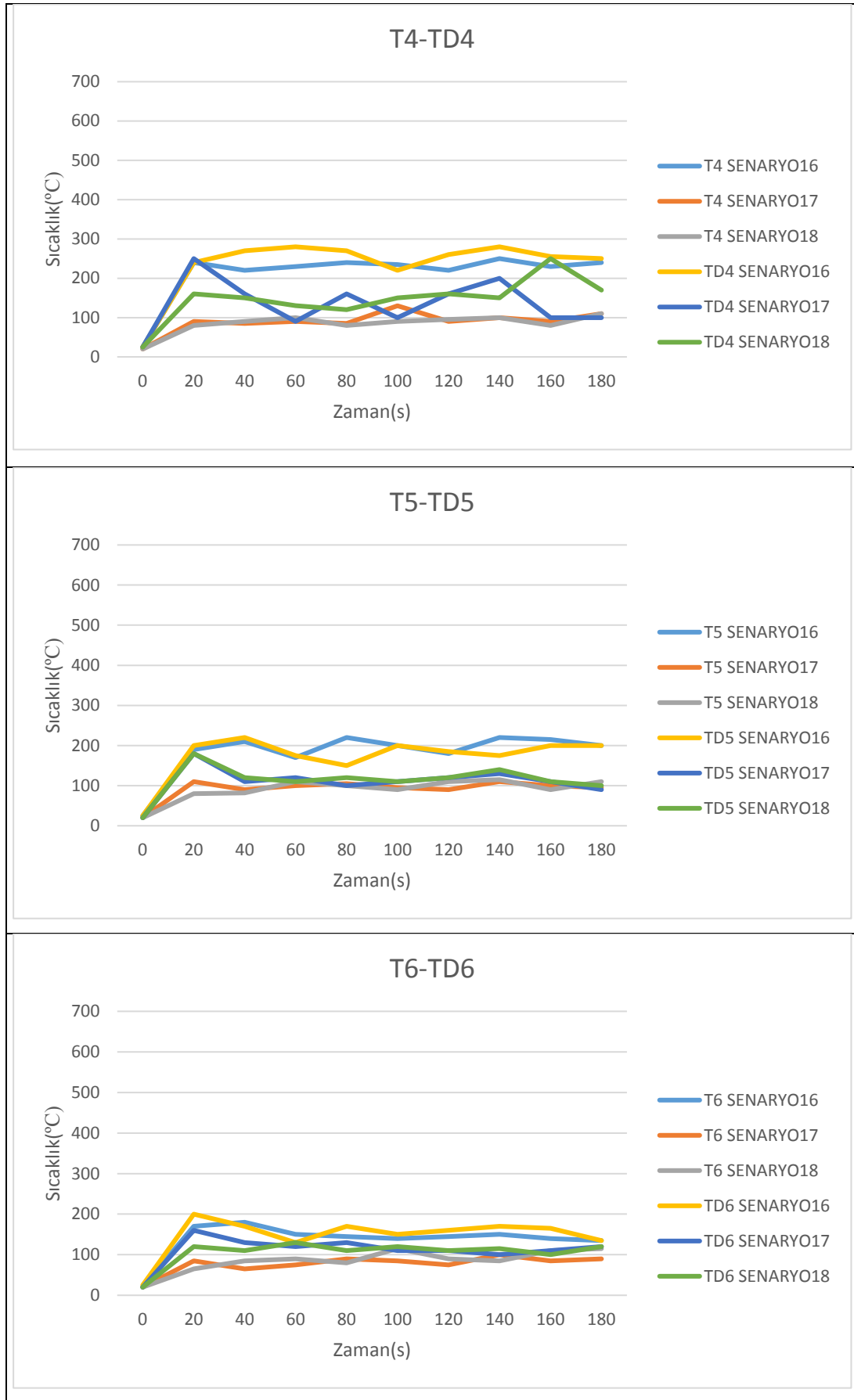
Altıncı grupta Senaryo 16' daki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T4'de ilk 60 Sn. içinde ve T5'de 60-180 Sn. aralığında Senaryo 17 ve Senaryo 18' e göre daha yüksek değerler bulunmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olmasıyla açıklanabilir (Şekil 5.12).

Buna karşın Senaryo 17 ve Senaryo 18'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmamıştır. T2' de 80 Sn.' den sonra Senaryo 18' de sıcaklık değeri daha düşük olmuştur. Bunun nedeninin ise cidar genişliğinin artması ve havalandırma menfezlerinin boyutlarının yükselmesi sonucu daha iyi havalandırma sağlanmasıyla ilgili olduğu düşünülebilir (Şekil 5.12).

Bu grupta Senaryo 16' daki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri TD5' de 0-80 Sn. içinde ve TD6' da 80-180 Sn. aralığında incelendiğinde daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olmasıyla açıklanabilir (Şekil 5.12).

Ancak Senaryo 18' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri TD3' de 0-100 Sn. içinde Senaryo 17' ye göre daha düşüktür. Bu durum havalandırma menfezlerinin boyutlarının büyümesi ile açıklanabilir (Şekil 5.12).





Şekil 5.12 : Grup-6 sıcaklık değerleri.

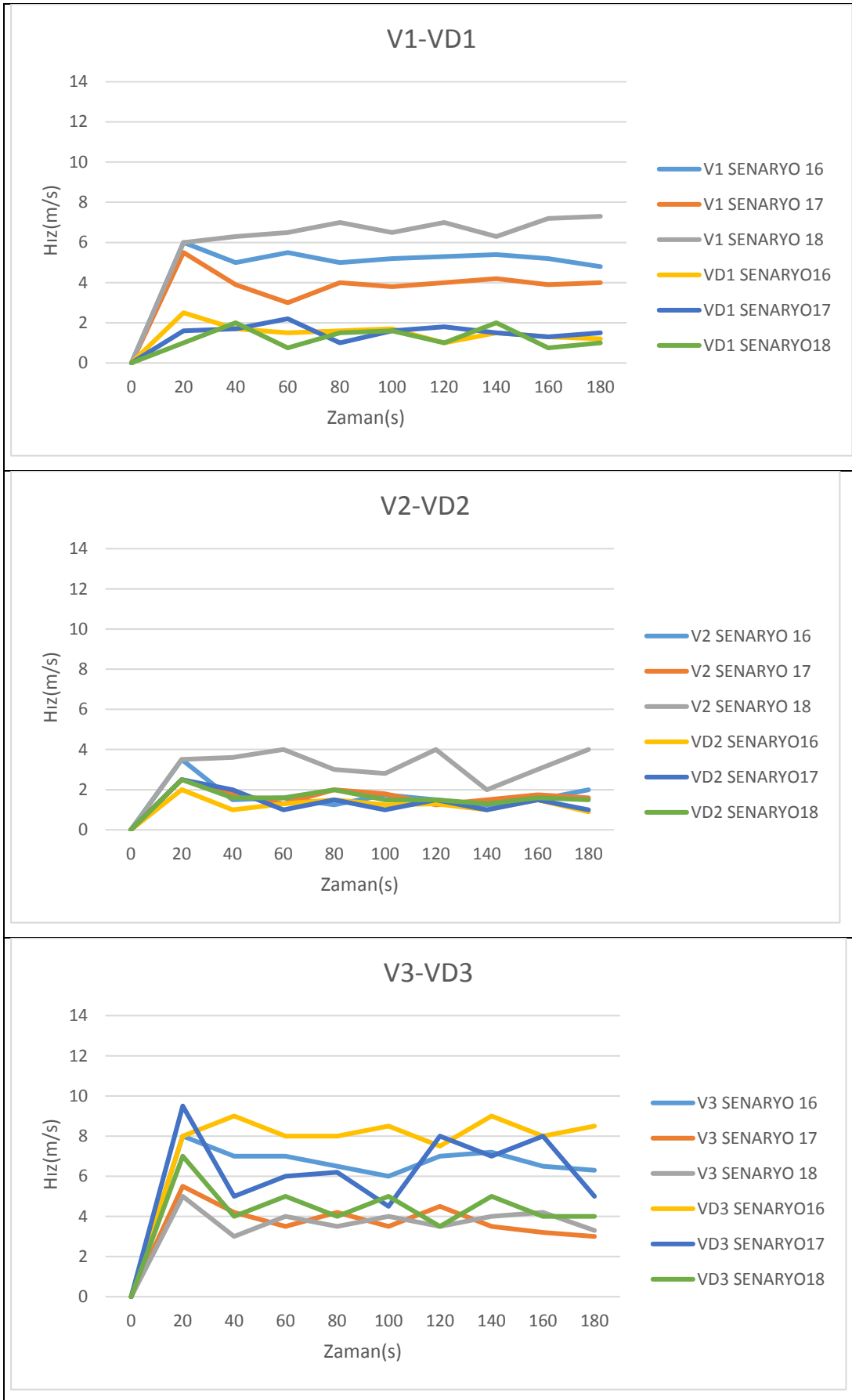
5.12 Grup-6 Hız Açısından Değerlendirme

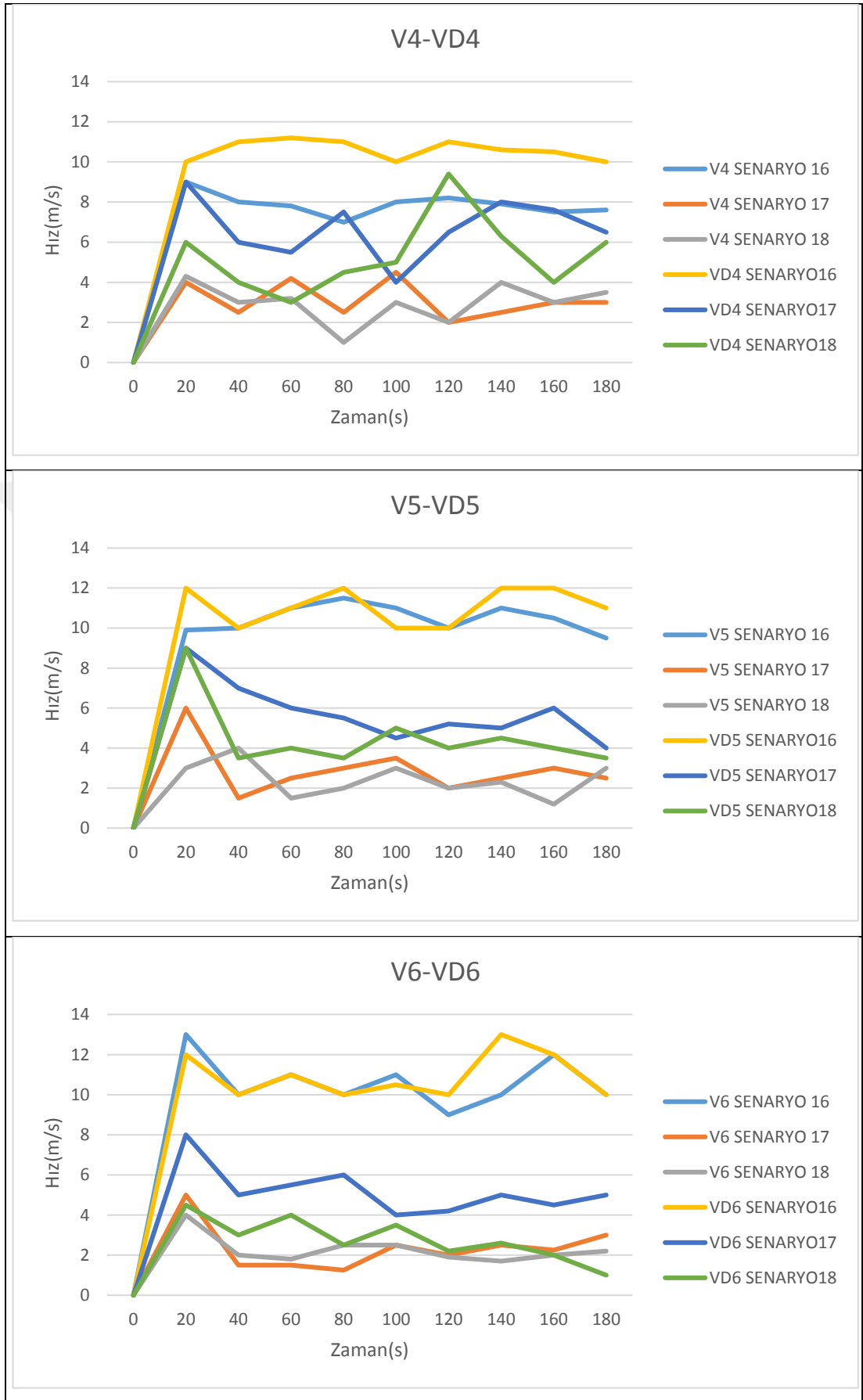
Altıncı grupta Senaryo 16' daki iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V4'de ilk 60 Sn. içinde ve V5'de 60-120 Sn.'de, V6' da 120-180 Sn. aralığında Senaryo 17 ve Senaryo 18' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olmasıyla açıklanabilir (Şekil 5.13).

Buna karşın Senaryo 18' deki V2' de 0-180 Sn. aralığında oluşan hız değerleri Senaryo 17' ye göre daha yüksektir. Bunun nedeni ise havalandırma menfezlerinin boyutlarının yükselmesinin oluşturduğu etkilerdir (Şekil 5.13).

Altıncı grupta Senaryo 16' daki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde VD5'de ilk 60 Sn. içinde ve VD6'de 60-180 Sn. aralığında Senaryo 17 ve Senaryo 18' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 5.13).

Senaryo 17 ve Senaryo 18' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri karşılaştırıldığında V2 ve VD2'de birbirine oldukça yakın ancak V4 ve VD4' de ise birbirinden ayrılan değerler tespit edilmiştir (Şekil 5.13).





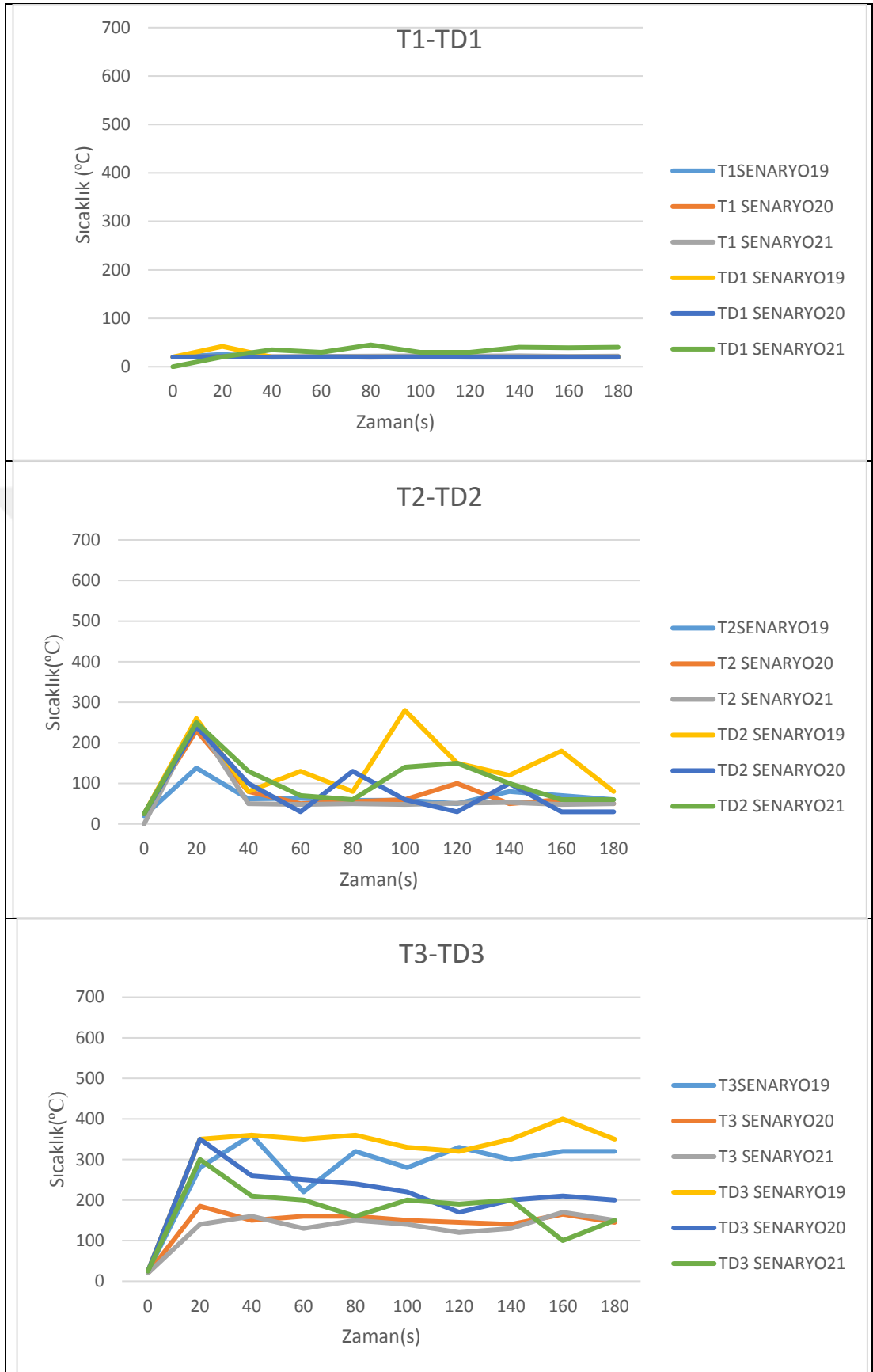
Şekil 5.13 : Grup-6 hız değerleri.

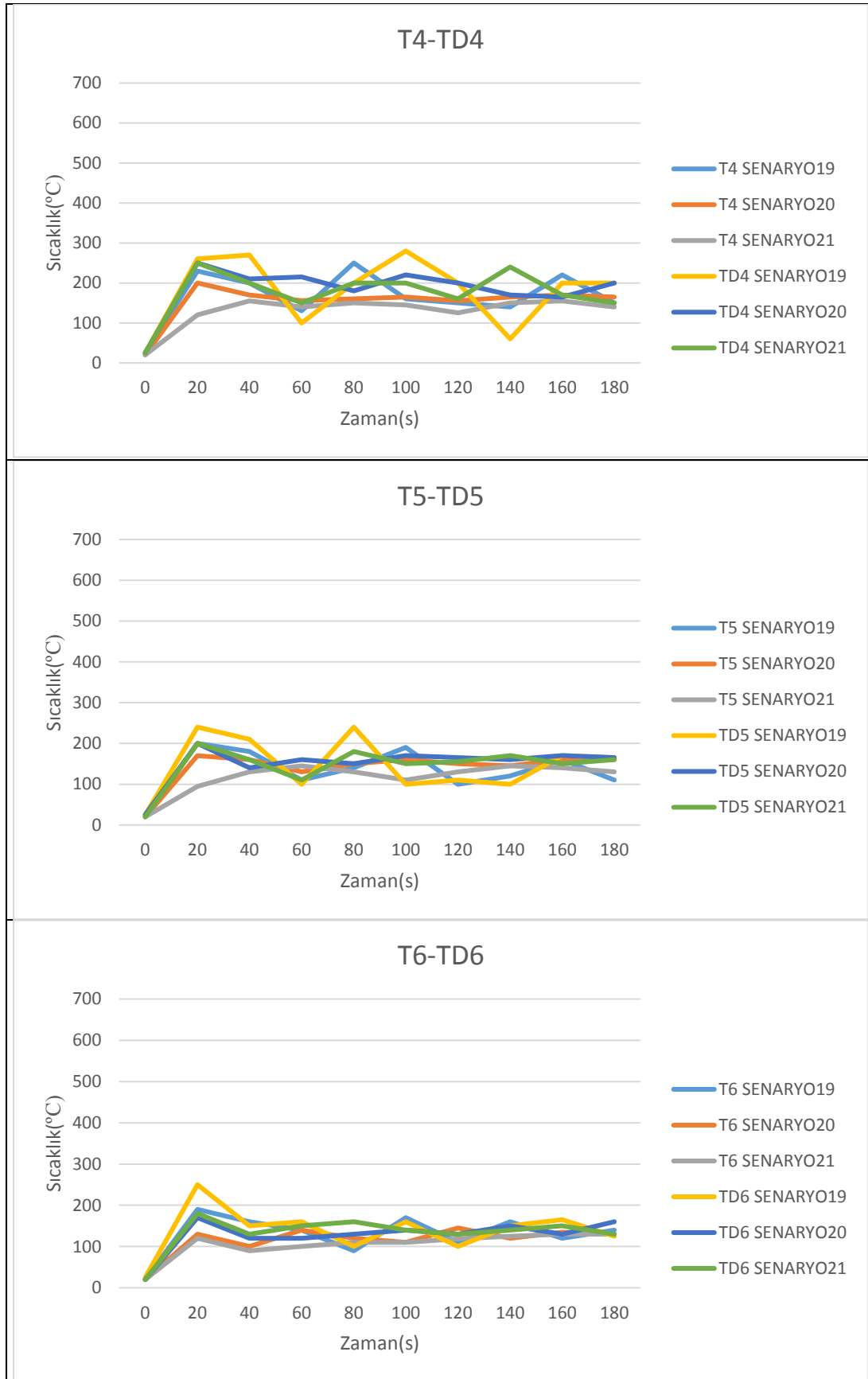
5.13 Grup-7 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Yedinci grupta Senaryo 19' daki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T3'de 180 Sn. içinde ve T4'de 60-100 Sn. aralığında Senaryo 20 ve Senaryo 21' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durumun cidar genişliğinin görece dar olmasının etkilerine bağlanabilir (Şekil 5.14).

Oysa Senaryo 20 ve Senaryo 21'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır.

Bu grupta Senaryo 19' daki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri TD3' de 0-180 Sn. aralığında incelendiğinde, Senaryo 20' ve Senaryo 21' e göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Fakat Senaryo 20 ve Senaryo 21'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmamıştır (Şekil 5.14).



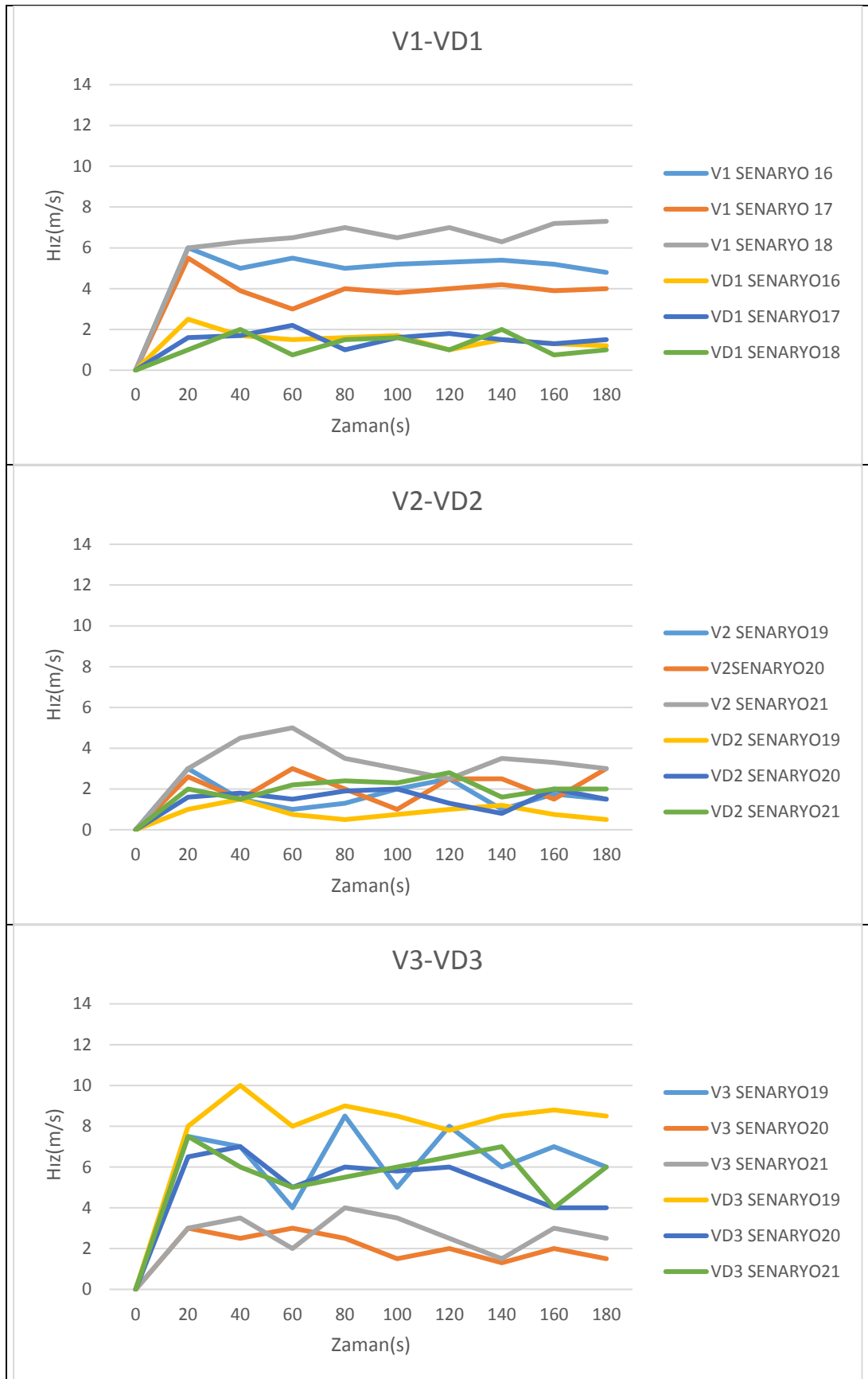


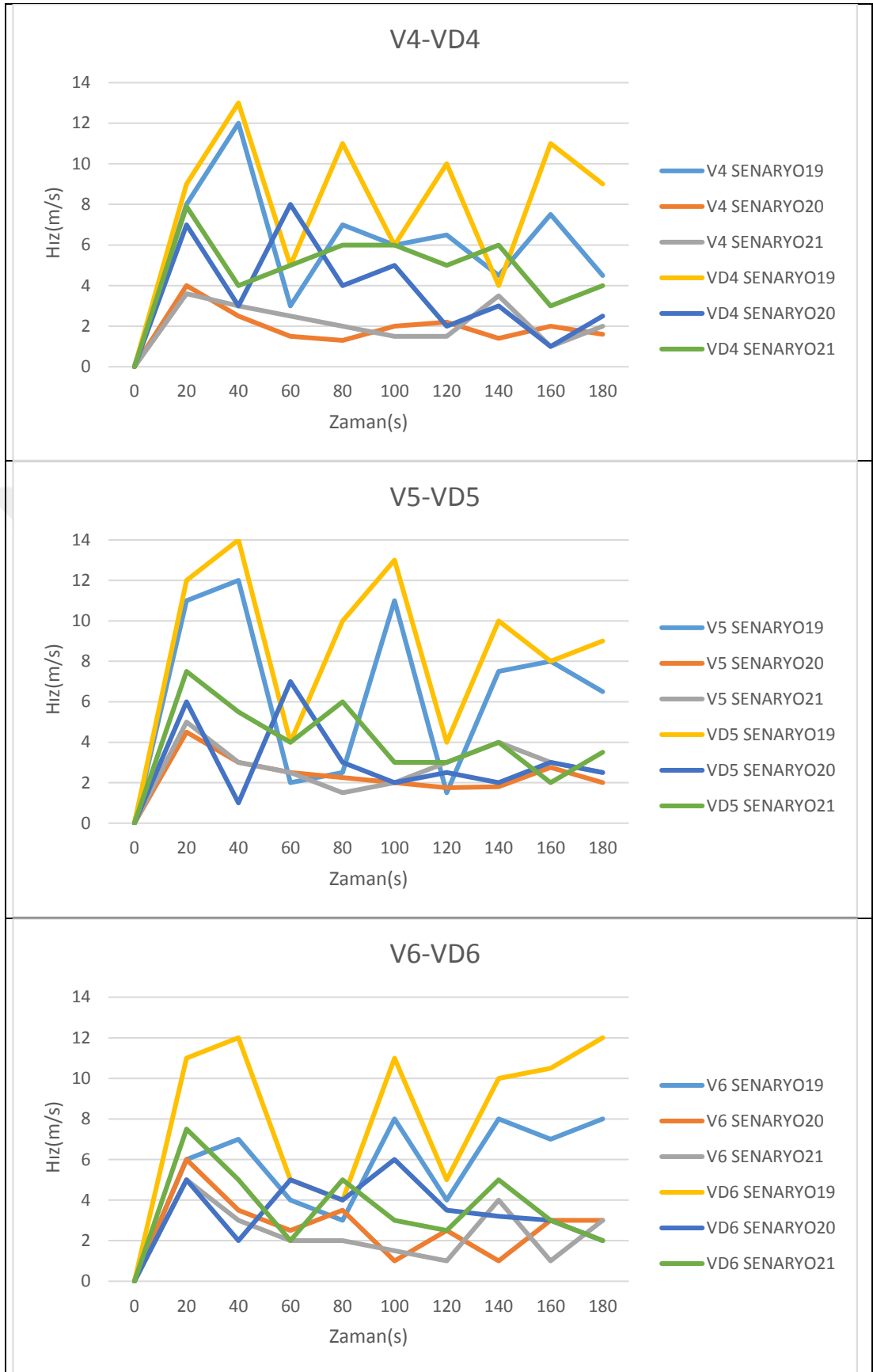
Şekil 5.14 : Grup-7 sıcaklık değerleri.

5.14 Grup-7 Hız Açısından Değerlendirme

Yedinci grupta Senaryo 19' daki iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V3'de ilk 60 Sn. içinde ve V4'de 60-120 Sn.'de, V5' de 120-180 Sn. aralığında Senaryo 20 ve Senaryo 21' e göre daha yüksek değerler bulunmuştur. Bu durum cidar genişliğinin oluşturduğu etkilerden kaynaklanmaktadır. Senaryo 21' deki V2' de 0-180 Sn. aralığında oluşan hız değerleri Senaryo 20' e göre daha yüksektir. Fakat diğer termokupllarda iki senaryo arasında elde edilen değerler açısından çok önemli farklıklar oluşmamıştır (Şekil 5.15).

Bu grupta Senaryo 19' daki dış cidar iç yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde VD5'de ilk 60 Sn. içinde ve VD6'da 60-180 Sn. aralığında, Senaryo 20 ve Senaryo 21' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece dar olmasıyla açıklanabilir (Şekil 5.15).





Şekil 5.15 : Grup-7 hız değerleri.

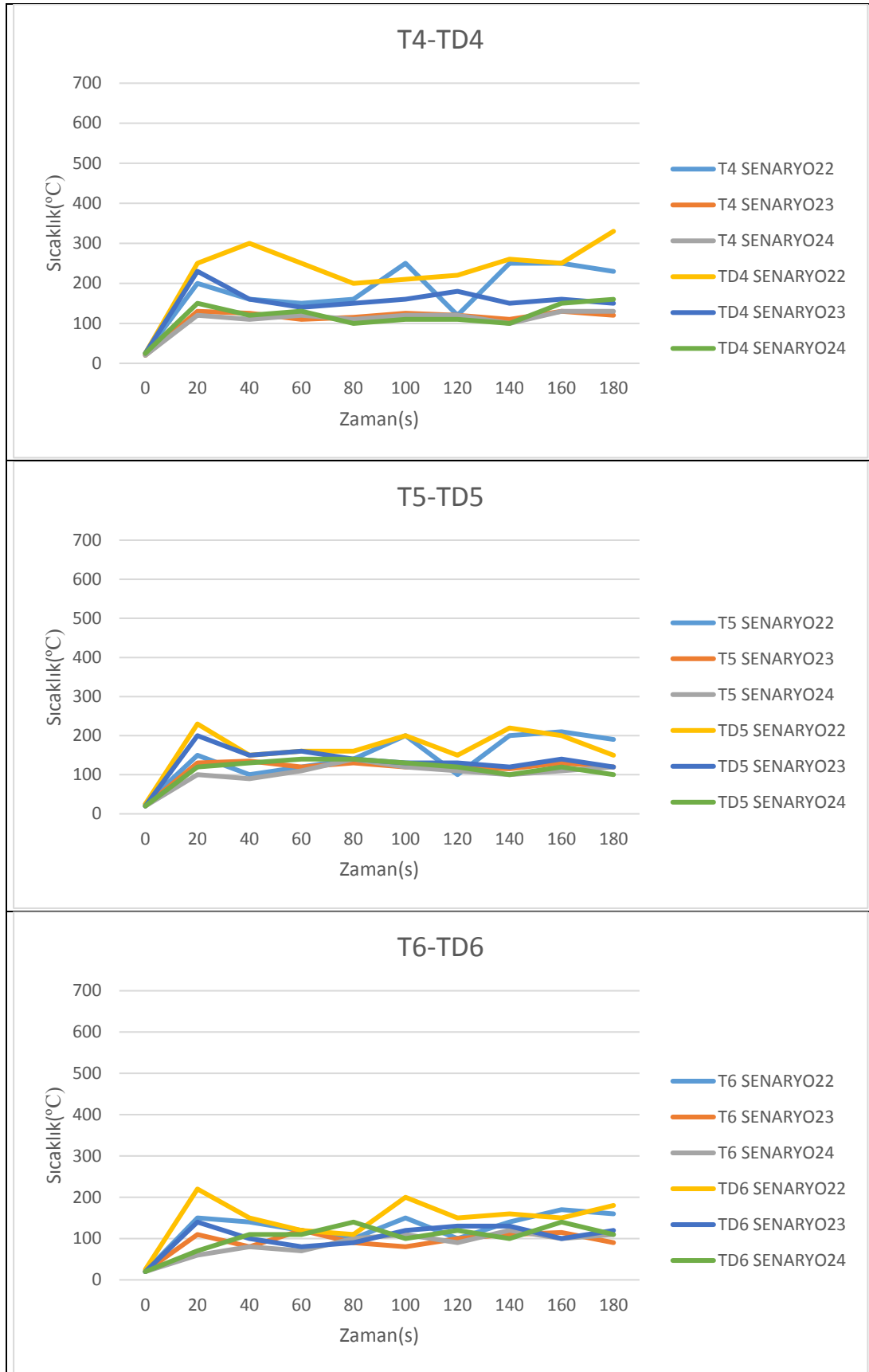
5.15 Grup-8 Sıcaklık Açısından Değerlendirme

Sekizinci grupta Senaryo 22' deki iç cidar dış yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri incelendiğinde T3'de 180 Sn. içinde Senaryo 23 ve Senaryo 24' e göre daha yüksek değerler oluşmuştur. Bu durum cidar genişliğinin görece daha dar olması ve alevlerin iç cidara daha çok temas ederek yükselmesiyle açıklanabilir. Buna karşın Senaryo 23 ve Senaryo 24'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli farklılık oluşmamıştır (Şekil 5.16).

Bu grupta Senaryo 22' deki dış cidar iç yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri TD3' de ilk 40 Sn. içinde ve TD4' de 40-180 Sn. aralığında incelendiğinde Senaryo 23' ve Senaryo 24' e göre daha yüksektir. Bu durum cidar genişliğinin görece daha dar olması ve havalandırma açıklıklarının boyutlarının artmasına rağmen havalandırmanın yetersizliğinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 5.16).

Oysa Searyo 23 ve Senaryo 24'de cidar genişliğinin artmasına karşın ölçülen sıcaklık değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmamıştır (Şekil 5.16).





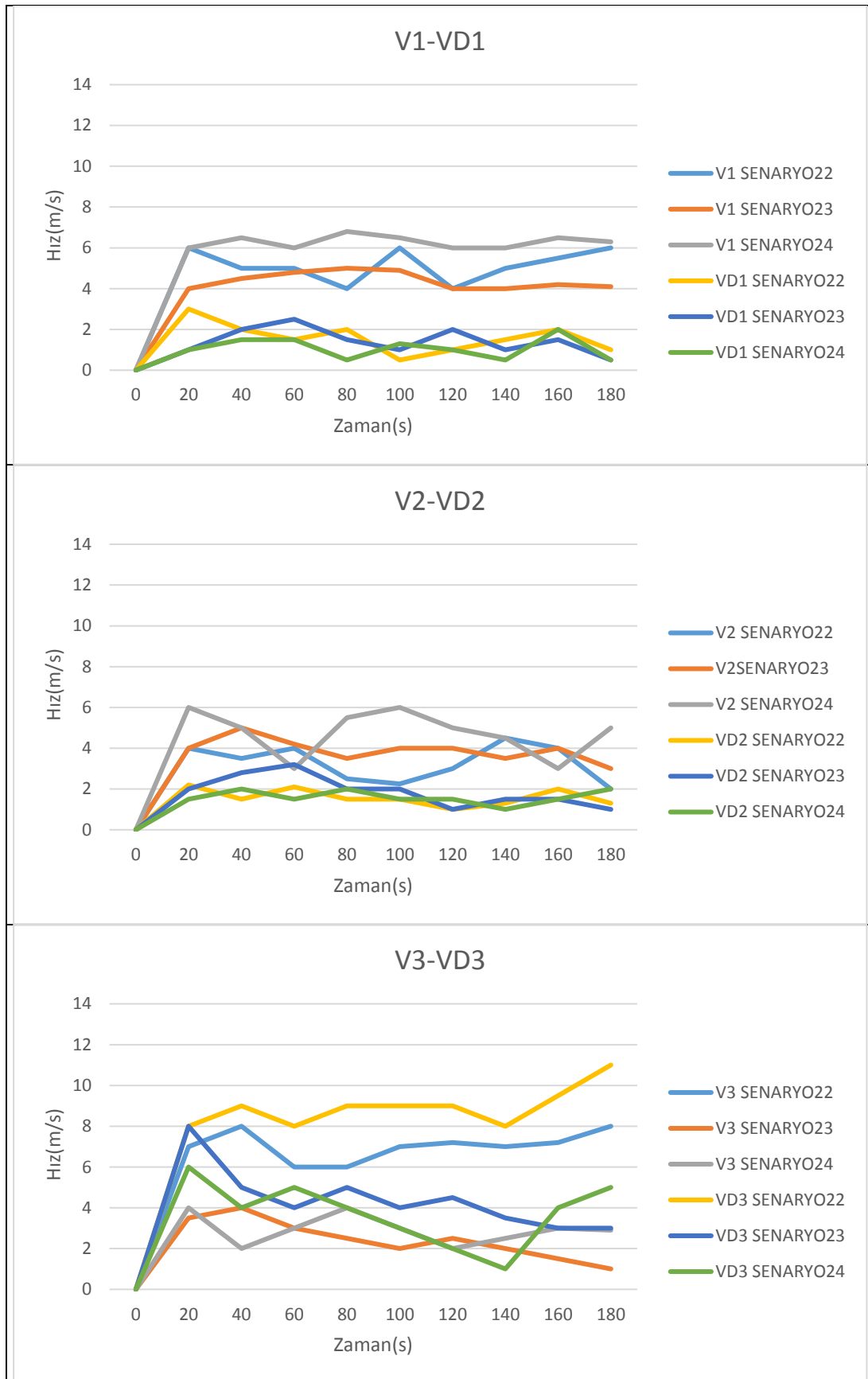
Şekil 5.16 : Grup-8 sıcaklık değerleri.

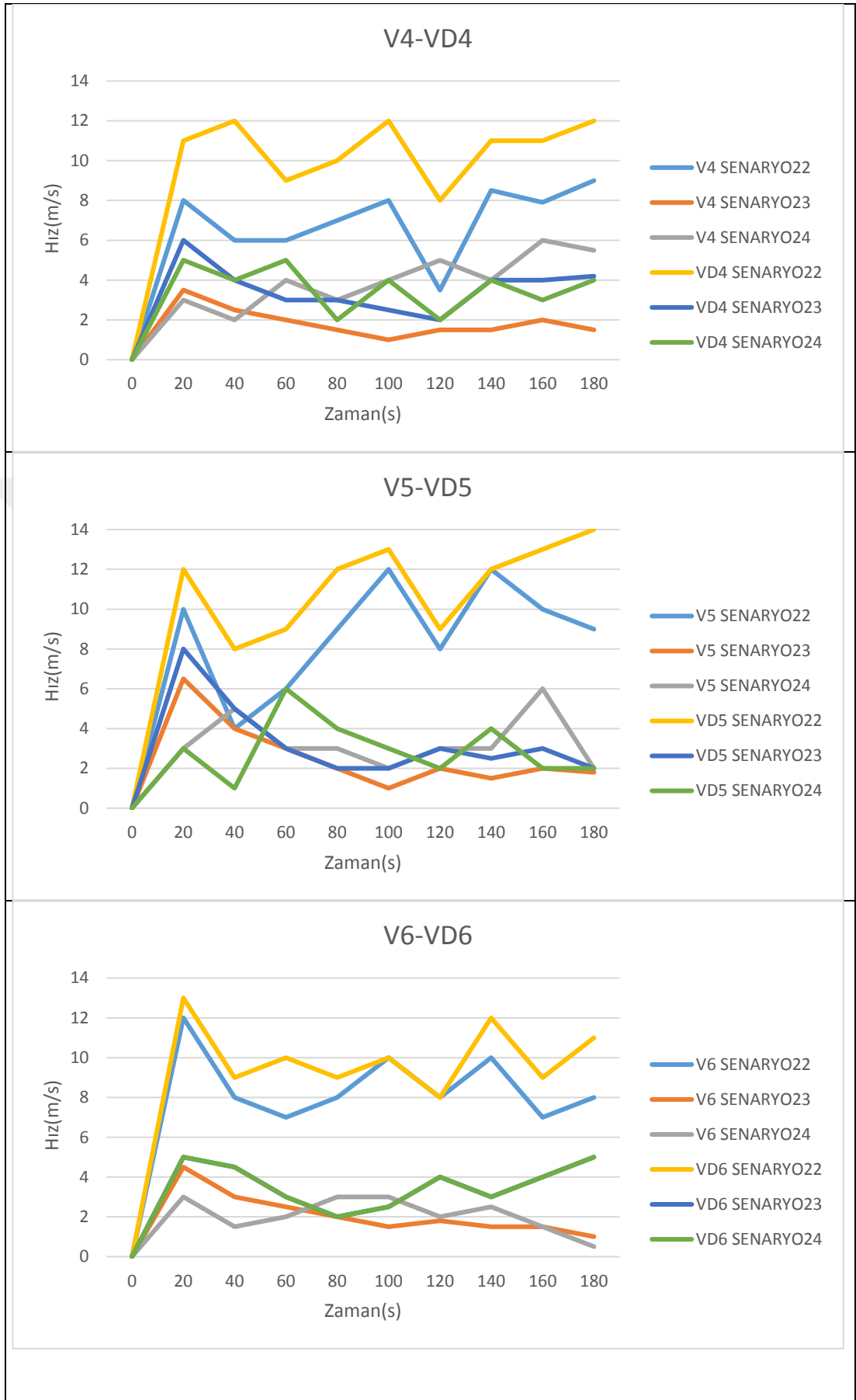
5.16 Grup-8 Hız Açısından Değerlendirme

Bu grupta iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri incelendiğinde V1’de ilk 60 Sn. içinde ve V2’de 60-140 Sn. aralığında Senaryo 24’ deki hız değerleri, Senaryo 22 ve Senaryo 23’ e göre daha yüksektir. Bu durum havalandırma menfezlerinin boyutlarının yükselmesi ile açıklanabilir. Ancak V3’ ve V4’ de ise iç cidar dış yüzeyinde oluşan hız değerleri Senaryo 22’ de, Senaryo 23 ve Senaryo 24 e göre daha yüksek değerlerden oluşmuştur. Bunun nedeni ise çift cidarın görece daha dar olması ve baca etkisinin daha güçlü olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu grupta Senaryo 22’ deki dış cidar iç yüzeyindeki hız değerleri incelendiğinde VD4’de ilk 40 Sn. içinde ve VD5’de 40-180 Sn aralığında, Senaryo 23 ve Senaryo 24’ e göre daha yüksek değerler bulunmuştur.

Fakat Senaryo 23 ve Senaryo 24’ de hız değerleri arasında havalandırma koşullarının değişmesine rağmen çok önemli farklılıklar meydana gelmemiş ve birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir (Şekil 5.17).





Şekil 5.17 : Grup-8 hız değerleri.



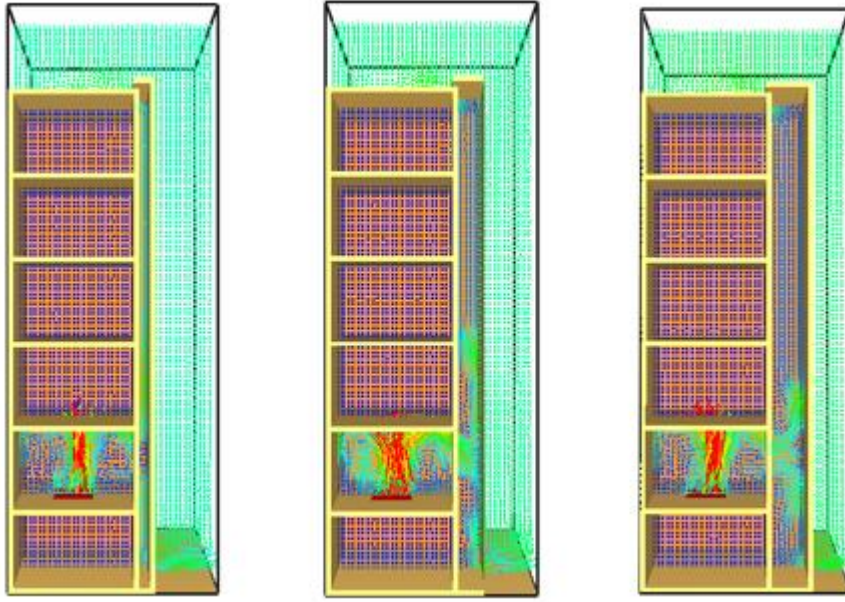
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın sonuçları farklı genişlik, farklı yönlerden cepheye etki eden rüzgar ve farklı havalandırma açıklıklarına sahip çift cidarlı cephelerde yangın nedeniyle oluşan dumanın hareketi miktar ve hız açısından incelendiğinde, çift cidarın genişliğinin dumanın tahliyesinde çok etkili bir unsur olduğunu göstermektedir.

Doğal havalandırmanın etkin olduğu binalarda oluşan bir yangında, doğal havalandırma etkisiyle hava sirkülasyon yolları ve açıklıklar dumanın diğer mekanlara ve katlara geçişini sağlar. Bu durum bu tür binalarda ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

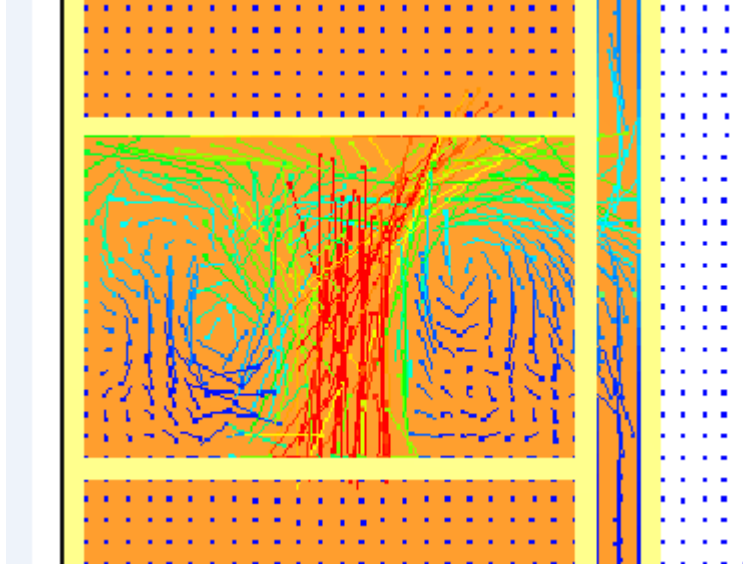
Çift cidar cephe sistemlerinin tasarım ve uygulama ile ilgili düzenlemeler yapı yönetmeliklerinde yeterince kapsamlı değildir ve herhangi bir yangın durumunda çift cidar cepheye sızan dumanın nasıl bir davranış izlediği ve duman hareketini etkileyen faktörler tam olarak bilinmemektedir.

İncelenen senaryolar içinde görece derinliği daha dar çift cidar boşluklarındaki hız değerleri daha yüksek olmakla birlikte, daha fazla duman cidar içinde baca etkisiyle yükselerek dışarı atılmış ve üst katları daha erken etkisi altına almıştır. Ancak bunun da cidarın havalandırma koşullarına ve rüzgar yönüne bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Görece daha dar cidar genişliğine sahip senaryolarda çift cidar boşluğundaki çekiş gücü, cidar genişliği görece fazla olan diğer senaryolara göre yüksek olması nedeniyle daha çok duman hareketi oluşmuş ve üstteki menfezden bina dışına atılmıştır (Şekil 6.1).



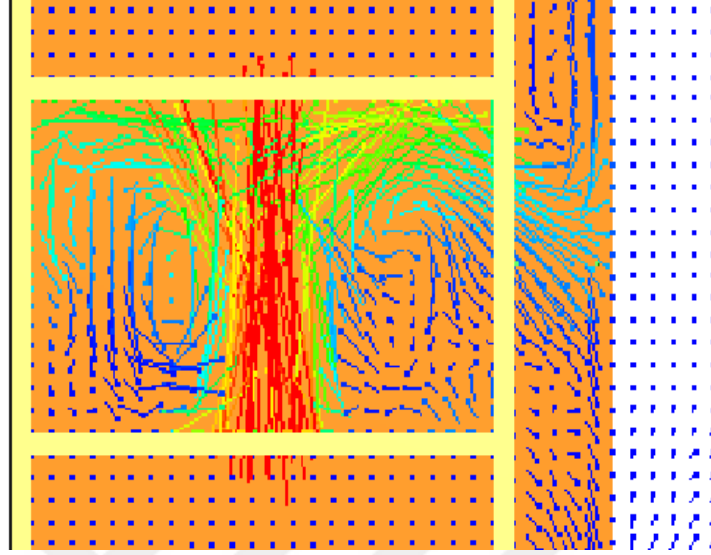
Şekil 6.1 : Cidar genişliğine göre hız vektörleri.

Cidar genişliği az olan (60 cm) senaryolarda duman pencereden çıktıktan sonra hem dış cidara ve hem iç cidara çarparak yükselmeye devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 6.2).



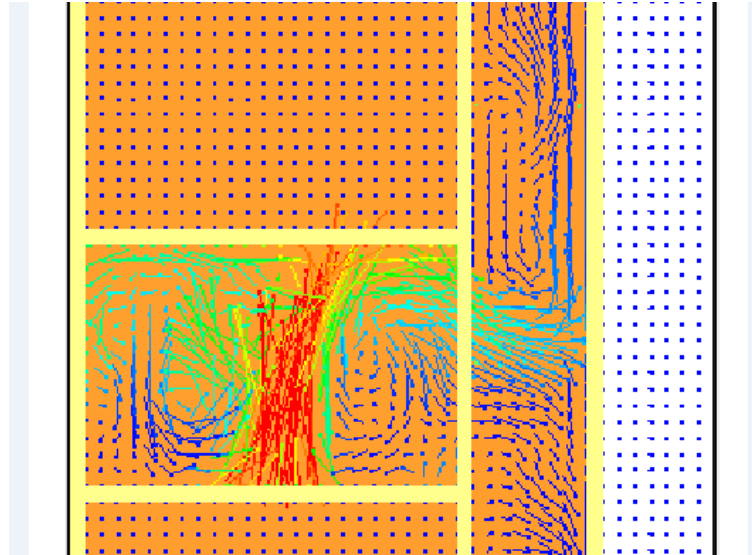
Şekil 6.2 : Dumanın (60cm) genişliği olan çift cidarda hareketi.

Cidar genişliği orta olan (120 cm) senaryolarda duman pencereden çıktıktan sonra ilk olarak önce dış cidara çarpmış, ardından tekrar iç cidara dönerek iç cidar boyunca yükselmeye devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 : Dumanın (120 cm) genişliği olan çift cidarda hareketi.

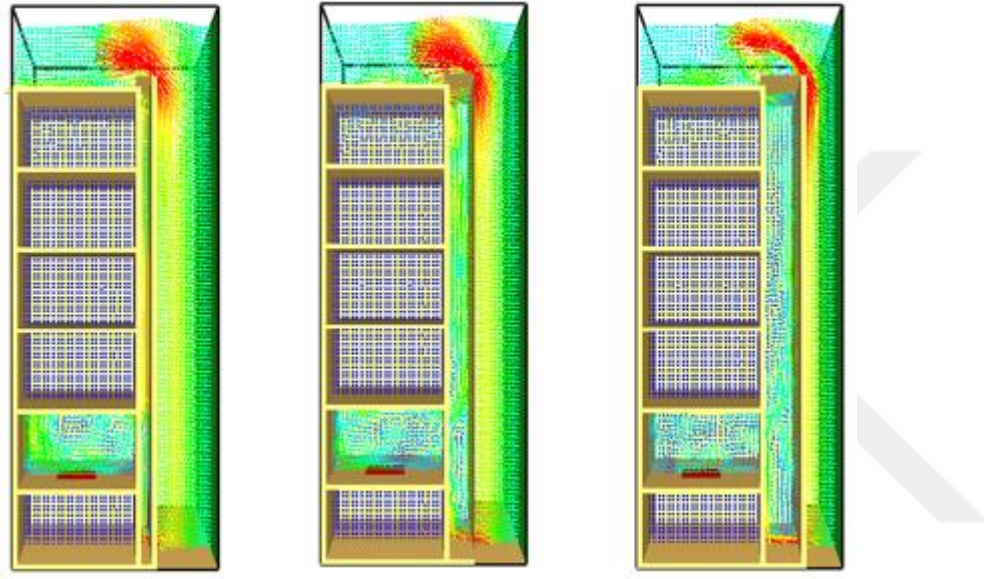
Cidar genişliği fazla olan (180 cm) senaryolarda duman pencereden çıktıktan sonra ilk olarak önce dış cidara çarpmış, ardından tekrar iç cidara dönerek iç cidar boyunca yükselmeye devam ettiği gözlenmiştir ayrıca bu cidar genişliğine sahip senaryolarda dumanın aşağı doğru çöktüğü gözlenmiştir ve buda aşağıdaki katlar için önemli bir sorun olmaktadır. (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : Dumanın (180cm) genişliği olan çift cidarada hareketi.

Rüzgarın çift cidar arasında duman hareketi üzerinde oluşturduğu etkiler karşılaştırıldığında 0° 'lik ve 90° 'lik geliş açısıyla cepheye etki eden rüzgarların sonuçları arasında önemli farklılıklar oluşmamış ancak 45° 'lik açıyla etki eden rüzgarın daha önemli hava hareketleri meydana getirdiği gözlenmiştir.

Cepheye 45° açıyla etki eden rüzgarın cidar boşluğunda oluşturduğu hava akımlarının yanında meydana gelen alev ve sıcak dumanı iç cidara doğru yönlendirerek iç cidar dış yüzeyinde sıcaklık artışına neden olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.5 : Rüzgar yönüne göre hız vektörleri.

Havalandırma menfezlerinin boyutları cidar boşluğunu dolduran sıcak dumanın soğutulup sıcaklığının düşürülmesinde etkili olmaktadır. Bu nedenle genişliği yüksek olan çift cidarlı cephelerde dumanın cidar içinden uzaklaştırılmasının daha güç olduğu; buna karşın derinliği görece daha dar olan cephelerde, tahliye hızı yüksek olmasına karşın, duman ve sıcak gazların yangının bulunduğu katın üstündeki katları seçilen cam türüne de bağlı olarak, daha hızlı etkileyebildiği söylenebilir.

Havalandırma menfezlerinin etkilerinin cidar derinliği ile ilişkili olduğu ve boyutlarına göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Aynı cidar genişliğine sahip sistemlerde havalandırma menfezlerinin boyutlarının artması sıcaklık düşmesine neden olurken daha geniş çift cidar sistemlerinde menfezlerin boyutunun küçük olması sıcaklık artışına neden olmuştur.

Üretilmesi olası duman miktarına, havalandırma koşullarına ve cepheye etki eden rüzgar yönüne bağlı olarak çift cidar cephe genişliklerinin optimum şekilde belirlenebilmesi için deneysel veya sayısal yöntemlerle incelemeler yapılmalıdır.

Öneri olarak, çift cidar sistemlerinde olası yangın durumunda cidarın en yüksek bölümünde havalandırma menfeziyle bağlantılı fan takılması ve yangın durumunda oluşabilecek dumanın cidar içinde çökmesi ve artması durumunu algılayan sensörler yerleştirilerek fanın aktive olması ile dumanın dışarı atılması sağlanabilir.

Diğer bir öneri ise cidar içinde düşey kanalar bırakılarak dumanın bu kanallar içine alınıp cidarın en üst noktasında menfezden dışarı atılarak mekanın içerisine geçişine izin vermemektir. Kanal içindeki duman hareketi yine bir fan yardımıyla hızlandırılabilir.

Mimaride kullanımı giderek yaygın hale gelen çift cidar cephelerin yangına karşı korunmasıyla ilgili yerel yangın yönetmeliğinde düzenlemelerin yer alması, tasarım ve uygulamanın bu düzenlemelere göre yapılması gereklidir.

Çift cidar arasına eklenebilecek cat-walk, güneş kırıcı vb. ekipmanın duman yayılımı üzerindeki etkileri ayrıca araştırılmalıdır.



KAYNAKLAR

- [1] **Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 91, 7-15.
- [2] **Wenting Ding. ve Yuji Hasemi.** (2006) Smoke Control Through a Double-Skin Façade Used for Natural Ventilation, China
- [3] **Cheuk Lun Chow.** (2010) Numerical Studies on Smoke Spread in Cavity of a Double-Skin Façade, University of Cambridge, China
- [4] **W.K. Chow. ve W.Y.** (2005) Hung. Experimental study on smoke movement leading to glass damages in Double-Skinned Façade, China
- [5] **Lei Peng. ve Zhaopeng Ni. ve Xin Huang.** Experimental and study of fire spread upon double-skin glass facades
- [6] **Alpert, R.L.** (1975). Turbulent Ceiling-Jet Induced by Large-Scale Fires, *Combustion Science and Technology*, 11, 197-213.
- [7] **ARUP ASSOCIATES.** <<http://www.arupassociates.com/en/projects/watling-house-development/>>, alındığı tarih: 05.12.2015.
- [8] **Ayçam, İ.** (2011). Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. 10. *Ulusal Tesisat Kongresi*, 13-16 Nisan, İzmir, Türkiye.
- [9] **Başarır, B. ve Diri, B.Ş.** (2014). Bina Cephelerinin Yenilenmesinde Kullanılan Cepheler. *Çatı ve Cephe*, 51.
- [10] **BBRI (Belgian Building Research Institute).** (2004). Ventilated double facades – Classification and illustration of facade concepts, Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services. Adres: <<http://www.bbri.be/activefacades/new/download/Ventilated%20Double%20Facades%20-%20Classification%20&%20illustrations.dvf2%20-%20final.pdf>>

- [11]Boake, T. M., Harrison, K., Collins D., Balbaa T., Chatham A., Lee, R., Bohren A. (t.y.). What Are Double Skin Façades And How Do They Work? University of Waterloo. *The Tectonics of the Double Skin: Green Building or Just more Hi-Tech Hi-Jinx?* Adres: <[http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/tectonic .pdf](http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/tectonic.pdf)>
- [12]Cooper, L. Y. (1988). Compartement Fire-Generated Environment and Smoke Filling. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, NFPA Publications, Quincy, USA.
- [13]Çebi, F. (2013). *Atrium İçeren Çok Katlı Binalarda Duman Dağılımının Sayısal İncelenmesi* (yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Türkiye.
- [14]Daniels, K. (1997). The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas, Birkhäuser Verlag, Basel, İsviçre.
- [15]Ding, W., Hasemi, Y. ve Yamada, T. (2005). Natural Ventilation Performance of a Double-Skin Facade with a Solar Chimney. *Energy and Buildings* 37(4), 411-418.
- [16]Egan, M.D. (1978). Concept In Building Fire Safety, Collage of Architecture Clemson University, JohnWiley-Sons, Newyork.
- [17]Esmer, Ö. (1981). Yanma ve Yangın Dinamiği: Bir Modelleme Denemesi, *Birinci Ulusal Yangın Kurultayı Bildirileri*, O.D.T.Ü. Matbaası, Ankara.
- [18]Guo, S., Yang, R. ve Zhang, H. (2009). The Zone-Particle Model for Building Fire Simulation. *Chinese Science Bulletin*, 55(26), 3060-3065.
- [19]Güral, H. (t.y). Ticari Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Çözümler ve Alternatif Enerji Kaynaklarının Mimaride Kullanımı. *İzoder Dergi*, 65. Adres: <www.izoder.org.tr/izolasyon/PDF/1186988924.pdf>
- [20]Haase, M. ve Amato, A. (2006). Ventilated Facade Design in Hot and Humid Climate, The Hong Kong University, Hong Kong.

- [21]Hoseggen, R., Wachenfeldt, B.J. ve Hanssen, S.O. (2008). Building Simulation as an Assisting Tool in Decision Making, Case Study: With or without a Double-Skin Facade?. *Energy and Buildings*, 40(5), 821–837.
- [22]İnan, T. ve Başaran, T. (2013). Çift Cidarlı Cephelerdeki Etkin Mimari Tasarım Kararları. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 427-436.
- [23]İnan, T. ve Başaran, T. (2014). Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma. *Megaron*, 9(2), 132-142.
- [24]Kanan, N.Ö. (2014). Enerji Verimli Yapı Kabuğunun Yangın Anındaki Davranışı: Cephe Yangınları. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 3-4 Nisan, İstanbul, Türkiye.
- [25]John Robertson Architects. (t.y.). <http://www.jra.co.uk/index.html> alındığı tarih: 05.01.2016.
- [26]Kars, F. (1999). Yapılarda Yangın Riski ni Sınırlamaya Yönelik Önlemler ve Duman Kontrolünün Sağlanması. 9. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*. Adres: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/6c96cc25ad7b299_ek.pdf
- [27]Kılıç, A. (2009). Alışveriş Merkezleri Duman Kontrol Sistemleri . *TTMD*, Kasım-Aralık, 26-32.
- [28]Kılıç, A. (2012). Duman Kontrol Gerekliliği. Adres: <http://www.yangin.org/dosyalar/duman_kontrol_gerekliligi.pdf>
- [29]Kılıç, A. (2015). Hastanelerde Yangın Önlemlerinin İç Hava Kalitesine Etkisi ve Yangınlarda İç Hava Kalitesinin Korunması. 12. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 8-11 Nisan, İzmir, Türkiye.
- [30]Klote, J.H. ve Nelson, H.E. (1997). Smoke Movement in Buildings, *Fire Protection Handbook*, NFPA FPH1897, Quincy, MA.
- [31]Klote, J.H. (2014). Design Fires for Smoke Control Systems, *ASHRAE Annual Conference*.

- [32]**Klote, J.H.** (2012). Basics of Atrium Smoke Control. *ASHRAE Journal*, June 2012, 36-46.
- [33]**Knaack, U., Klein T., Bilow, M. ve Auer T.** (2007). *Façades: Principles of Construction*, Birkhauser Publishers, Berlin.
- [34]**Kutluay, P., İnan T., Ersoy, U. ve Başaran, T.** (2015). Türkiye’den ve Dünyadan Örnekler Işığında Çift Cidarlı Cephenin Gelişimi. *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 8-11 Nisan, İzmir, Türkiye.
- [35]**NFPA-92B.** (1999). Guide for smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Areas, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- [35]**NFPA.** (2015). Edition with Redline: An International Codes and Standarts Organization, Quincy, Massachusetts.
- [36]**Örkmez, A.S.** (2012). *Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Türkiye.
- [37]**Özel, F.** (1981). Yangından Korunma ve Bina Tasarımı Üzerine Etkileri, *Birinci Ulusal Yangın Kurultayı Bildirileri*, O.D.T.Ü. Matbaası, Ankara.
- [38]**Özgünler, M.** (1994). *Pasif Yangın Güvenlik Önlemlerinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri ve İlgili Mevzuatın İrdelenmesi* (yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [39]**Poirazis, H.** (2004). Double Skin Façades for Office Buildings - Literature Review, Report EBD-R--04/3. Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design, İsveç. Adres: 86
http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok-EBD-R3-G5_alt_2_Harris.pdf
- [40]**Sahraei, S.** (2013). *Az Katlı Ofis Binaları için Modüler Çift Kabuk Cephe Sistemi Geliştirilmesi* (yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [41]**Schiefer, C., Waldner, R., Prius S., Farou I., Duarte R., Blomqvist C., Kiossefidi, N., Geysels D. ve Moujalled B.** (2007). Best Practice for Double Skin Façades. *Yayınlanabilir rapor*, EIE/04/135/S07.

- [42]Shi, W. ve Gao, F. (2013). Numerical Simulation and Analysis of Natural Smoke Exhaust for Straight Corridor in a High-Rise Hotel, *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning*, 263, 401-409.
- [43]Swiss Re (2016). <http://www.swissre.com/> alındığı tarih: 05.01.2016.
- [44]Stollard, P. ve Abrahams, J. (1991). *Fire From First Principles*, Chapman Hall, London.
- [45]Streicher, W. (2007). Double Skin Façades in European Buildings, *Advances In Building Energy Research*, 1, 1–28.
- [46]Tamura, G. (1994). *Smoke Movement & Control in High- rise Buildings*, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts
- [47]Tascon, M.H. (2008). *Experimental and Computational Evaluation of Thermal Performance and Overheating Double Skin Facades* (doktora tezi) The University of Nottingham, UK.
- [48]Torres, M., Alavedra, P., Gruzman A., Cuerva, E., Clemente R. ve Escalona, V. (2007). Double Skin Façades – Cavity and Exterior Openings Dimensions For Saving Energy On Mediterranean Climate, *Proceedings: Building Simulation*. Adres: http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p407_final.pdf
- [49]TÜYAK (Türkiye Yangından Korunma ve İtfaiye Eğitim Vakfı). (1994). *Yangından Korunma Yönetmelikleri*, Sayı 2.
- [50]University of Bath. (2016). <http://www.bath.ac.uk/library/> alındığı tarih: 05.01.2016.
- [51]Wang, Y. , Zalok, E. ve Hadjisophcleous, G. (2009). An Experimental Study of Smoke Movement in Multi-Storey Buildings. *Fire Technology*, 47, 1141-1169.

[52] **Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7-15.

[53] **Yost, J.** (2008). Fire Damaged Indoor Air Quality, *Ezine Articles*, 12, Aralık.
Adres: <<http://ezinearticles.com/?Fire-Damaged-Indoor-Air-Quality&id=1784497>> alındığı tarih: 18.03.2016.

[53] **Nadia C.L Chow.**(2014) Apron design for protecting double-skin façade fires,
Department of civil and Architectural engineering, China

[54] **Dr. Vytenis Babrauskas.** Glass breakage in fires(2010) Fire Science and
Technology Inc,

[55] **Dr. Vytenis Babrauskas.** Glass breakage in fires(2010) Fire Science and
Technology Inc,

[56] **Hung Wing Yan.** Fire Safety Concern for new architectural features.
August(2014)

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad Yashar TAHERI BAVIOLYAEI
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.01.1984 İran-Tebriz
E-posta : Yashar3892@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2007, İran İslami Azad Üniversitesi, Makine Mühendisliği,