



**ÇİFT KATMANLI CEPHELERİN YANGIN  
GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELEMESİ**

**EYLEM EZGİ AŞLAR**

**Eylül 2021**

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİFT KATMANLI CEPHELERİN YANGIN  
GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

EYLEM EZGİ AŞLAR

Eylül 2021

## ÖZET

### ÇİFT KATMANLI CEPHELERİN YANGINGÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELEMESİ

AŞLAR, Eylem Ezgi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Eylül 2021, 134 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Çift Katmanlı Cephelerde Yangın, Yangın Yayılımı, Yangın Güvenliği, Yangın Simülasyonu, Pyrosim,

Yapılı çevrede insan sağlığı, konforu ve güvenliği öncelikli öneme sahiptir. Güvenlik önlemleri içerisinde en önemli risklerin başında yangın riski gelmektedir. Bu nedenle yangın riski, yayılımı ve güvenliği konusu yapı tasarım aşamasından itibaren dikkat edilmesi gereken başlıca konular arasında yer alan kriterlerden biri olarak kabul edilir.

Bu çalışma kapsamında 3 boyutlu olarak tasarlanan aynı kat yüksekliğine, farklı plan ve cephe türüne sahip yapı modellerinin yangın simülasyon programında analiz edilmiştir. Elde edilen veriler üzerinden cephe ve plan tiplerine göre yangın anında ortaya çıkan duman ve alev yayılım sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

Elde edilen veriler sonucunda bu konu üzerinde ülkemizde daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiği, yapının karar aşamasından uygulama aşamasına kadar simülasyonların dikkate alınarak projelendirme yapılması gerektiği ve yönetmeliklerin gerek tasarım gerek uygulama aşamasında iyi bir kılavuz olması adına geliştirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

## ABSTRACT

### FIRE SAFETY EXAMINATION OF DOUBLE SKIN FACADES

AŞLAR, Eylem Ezgi

M.S.c., Department of Architecture

Supervisor: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

September 2021, 134 pages

**Keywords:** Fire on double skin facades, Fire spread, Fire Security, Fire Simulation, Pyrosim,

Human health, comfort and safety are of primary importance in the built environment. Fire risk is one of the most important one among security measures. For this reason, the issue of fire risk, spread and safety are considered as one of the criteria that should be considered from the building design stage.

Within the scope of this study, building models with the same floor height, different plan and facade types designed in 3D were analyzed in the fire simulation program. The results of the smoke and flame spread during the fire are presented in tables according to the facade and plan types based on the data obtained.

As a result of the data obtained, it is evaluated that more detailed studies should be carried out in our country on this subject, that the project should be designed by considering the simulations from the decision stage to the implementation stage, and that the regulations should be developed in order to be a good guide in both the design and implementation stages.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin süresince çalışmalarımnda desteğini bana gösteren danışmanım Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL'e Tez içeriğimin gelişimi sürecinde fikirlerine danıştığım Dr. Evser CİVELEK'e, yüksek lisans eğitime başlamam için destekleyen Yüksek Mimar Sevilay ZAMUR KOÇAK'a, şu anda bulunduğum yere gelmem için maddi ve manevi desteğini gösteren babam Şahabettin AŞLAR'a, annem Ayőe AŞLAR'a ve aileme tüm kalbimle teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Eylem Ezgi AŞLAR



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	viii
<b>TABLolar</b> .....	x
<b>ŞEKİLLER</b> .....	xii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	xv
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	1
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b> .....	4
<b>2.LİTERATÜR TARAMASI VE İLGİLİ KAVRAMLAR</b> .....	4
<b>2.1. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	4
<b>2.2 YANGIN İLE İLGİLİ KAVRAMLAR</b> .....	6
2.2.1 Tanımlar, Kavramlar, Büyüklükler.....	6
2.2.2 Yangın Yayılım Yolları .....	8
2.2.3 Yangın Tipi (dahili, harici) .....	9
2.2.4 Yangın Ürünleri (ısı, duman, gaz, alev).....	10
2.2.5 Yangın Güvenlik Önlemleri (aktif güvenlik önlemleri, pasif güvenlik önlemleri).....	10
<b>2.3 AKILLI CEPHE İLE İLGİLİ KAVRAMLAR</b> .....	10
2.3.1 Tek Katmanlı Cephe .....	11
2.3.1.1 Basit Cepheler .....	12
2.3.1.2 Giydirme Cepheler .....	12
2.3.2 Çift Katmanlı Cephe .....	13
2.3.3 Kombine Cephe .....	22
2.3.4 Cephe Örnekleri.....	23
<b>2.4 CEPHE TÜRLERİ VE YANGIN ÖRNEKLERİ</b> .....	23
2.4.1 Tek Katmanlı Cephe ve Yangın.....	23
2.4.2 Çift Katmanlı Cephe ve Yangın.....	25

2.4.3 Cephe Yangın Örnekleri .....	26
<b>2.5 TASARIM SÜRECİNDE YANGIN YÖNETMELİĞİ VE CEPHELER</b> .....	<b>28</b>
2.5.1 Yangın Yönetmeliği Değerlendirme.....	31
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b> .....	<b>33</b>
<b>3. METERYAL VE METOD</b> .....	<b>33</b>
3.1 Modelin Tanımlanması .....	35
3.2 Bilgisayar Ortamında Modelin Oluşturulması.....	49
3.2.1 A Tipi Senaryoların Bilgisayar Modellemesi .....	50
3.2.2 B Tipi Senaryoların Bilgisayar Modellemesi .....	52
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM</b> .....	<b>55</b>
<b>4. BULGULAR VE HİPOTEZİN SINANMASI</b> .....	<b>55</b>
<b>BEŞİNİ BÖLÜM</b> .....	<b>90</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>90</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>95</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>101</b>
Ek-1.....	101
Ek-2.....	107
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>117</b>



## TABLolar

Tablo 2.1: Akıllı cephelerin sınıflandırılması [20] .....	11
Tablo 2.2: Çift katmanlı cephe türleri [28] .....	14
Tablo 2.3: Cephe örnekleri.....	23
Tablo 3. 1: Çalışma için oluşturulan yapı tipleri ve özellikleri.....	36
Tablo 5.1: Oluşturulan senaryolardan elde edilen sayısal bulguların karşılaştırmalı tablosu .....	85
Tablo 5.2: Belirlenen ortak saniyelerde elde edilen HRR ve sıcaklık değerleri .....	86
Tablo 5.3: A4, A4', B4 ve B4' senaryoları karşılaştırma tablosu.....	86
Tablo 5 4: Belirlenen ortak saniyelerde duman yayılım hareketi .....	88
Tablo ek 1.1: Metrocity konut, ofis ve AVM kompleksi.....	101
Tablo ek 1.2: BMW genel merkez binası.....	101
Tablo ek 1. 3: İstinye park alışveriş merkezi .....	102
Tablo ek 1.4: Raif dinçök kültür merkezi .....	102
Tablo ek 1.5: Fiat lingotto fabrika binası.....	102
Tablo ek 1.6: Hongkong & shanghai bankası .....	103
Tablo ek 1.7: İstanbul avrupa yakası adalet sarayı .....	103
Tablo ek 1.8: Lloyds binası.....	103
Tablo ek 1.9: MATPUM binası .....	104
Tablo ek 1.10: Commerzbank binası .....	104
Tablo ek 1.11: Arag binası.....	104
Tablo ek 1.12: BRE yapı araştırma merkezi .....	105
Tablo ek 1.13: Maslak acıbadem hastanesi.....	105
Tablo ek 1.14: Agbar Tower .....	105
Tablo ek 1.15: Ataköy a plus alışveriş merkezi .....	106
Tablo ek 1.16: Reichstag Almanya parlamento binası.....	106
Tablo ek 1.17: Doğan medya merkezi .....	106

## RESİMLER

Resim 2.1: Perde panelli cephe [22] .....	22
Resim 2.2: Alternatif cephe [22].....	23
Resim 2.20:Apartment Building. Yanıcı cephe kaplamasının çöp varilinden alevi alması sonucu cephe yangını oluşmuştur [35] .....	25
Resim ek 1.1: Metrocity konut, ofis ve AVM kompleksi [43] _____	101
Resim ek 1.2: BMW genel merkez binası [44]	101
Resim ek 1.3: İstinye park alışveriş merkezi [45]	102
Resim ek 1.4: Raif dinçök kültür merkezi [46]	102
Resim ek 1.5: Fiat lingotto fabrika binası [47]	102
Resim ek 1.6: Hongkong & shangai bankası [48]	103
Resim ek 1.7: İstanbul avrupa yakası adalet sarayı [49]	103
Resim ek 1.8: Lloyds binası [50]	103
Resim ek 1.9: MATPUM binası [51]	104
Resim ek 1.10: Commerzbank binası [52]	104
Resim ek 1.11: Arag binası [53]	104
Resim ek 1.12: BRE yapı araştırma merkezi [54]	105
Resim ek 1:13: Maslak acıbadem hastanesi [55]	105
Resim ek 1.14: Agbar tower [56]	105
Resim ek 1.15: Ataköy a plus alışveriş merkezi [57]	106
Resim ek 1.16: Reichstag Almanya parlamento binası [58]	106
Resim ek 1.17: Doğan medya merkezi [59]	106

## ŞEKİLLER

Şekil 1 1: Tez akış şeması .....	3
Şekil 2. 1 Yangın üçgeni [13].....	7
Şekil 2.2 Yangın gelişim eğrisi [15] .....	8
Şekil 2.3: Cephelerde yangın yayılım biçimleri [17] .....	9
Şekil 2.4: Tek tabakalı cephe tipleri [20] .....	12
Şekil 2.5: Cephe bölümlene türüne göre çift katmanlı cephe [29] .....	14
Şekil 2.6: Kutu tipi cephe şematik gösterimi .....	15
Şekil 2.7: Kutu tipi cephe [32] .....	15
Şekil 2.8: Şaft tipi cephe şematik gösterimi .....	17
Şekil 2.9: Şaft tipi cephe [32].....	17
Şekil 2.10: Koridor tipi cephe şematik gösterimi .....	19
Şekil 2.11: Şaft tipi cephe [32].....	19
Şekil 2.12: Cephe boyunca tipi cephe şematik gösterimi .....	21
Şekil 2.13:Cephe boyunca tipi cephe [32] .....	21
Şekil 2.14: Tek katmanlı cephe alev yayılımı [33] .....	24
Şekil 2.15: Çift katmanlı cephe alev yayılımı [34] .....	25
Şekil 2.16: Cephede spandrel yüksekliği [16]. .....	29
Şekil 2.17: Pencere ve benzeri boşluklarının yan kenarlar mesafeleri.....	29
Şekil 2.18: Döşeme ve cephe birleşim noktası [17].....	30
Şekil 3 1: Modelleme akış şeması.....	35
Şekil 3. 2: A1 ve B1 yapı dış görünüşü.....	36
Şekil 3. 3: A2 ve B2 yapı dış görünüşü.....	37
Şekil 3. 4: A3 ve B3 yapı dış görünüşü.....	37
Şekil 3. 5: A4 ve B4 yapı dış görünüşü.....	38
Şekil 3. 6: Açık planda şaft tipi cepheye sahip yapı .....	39
Şekil 3. 7: Bölme duvarlı planda şaft tipi cepheye sahip yapı .....	39
Şekil 3. 8: Açık planda şaft tipi cepheye sahip yapıda temsili thermocouple gösterimi .....	40

Şekil 3. 9: Bölme duvarlı planda şaft tipi cepheye sahip yapıda temsili thermocouple gösterimi.....	41
Şekil 3. 10: A1 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	42
Şekil 3. 11: A2 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	43
Şekil 3. 12: A3 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	44
Şekil 3. 13: A4 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	45
Şekil 3. 14: B1 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	46
Şekil 3. 15: B2 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	47
Şekil 3. 16: B3 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	48
Şekil 3. 17: B4 modeli plan, kesit ve görünüşü .....	49
Şekil 3. 18: A1 Modeli .....	50
Şekil 3. 19: A2 Modeli .....	51
Şekil 3. 20: A3 Modeli .....	51
Şekil 3. 21: A4 Modeli .....	52
Şekil 3. 22: B1 Modeli .....	52
Şekil 3. 23: B2 Modeli .....	53
Şekil 3. 24: B3 Modeli .....	53
Şekil 3. 25: B4 Modeli .....	54
Şekil 5.1: A1 senaryosu duman yayılımı.....	56
Şekil 5.2: A1 senaryosu sıcaklık yayılımı.....	57
Şekil 5.3: A1 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	58
Şekil 5.4: A2 senaryosu duman yayılımı .....	59
Şekil 5.5: A2 senaryosu sıcaklık yayılımı.....	60
Şekil 5.6: A2 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	61
Şekil 5.7: A3 senaryosu duman yayılımı .....	62
Şekil 5.8: A3 senaryosu sıcaklık yayılımı.....	63
Şekil 5.9: A3 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	64
Şekil 5.10: A4 senaryosu duman yayılımı .....	65
Şekil 5.11: A4 senaryosu sıcaklık yayılımı.....	66
Şekil 5.12: A4 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	67

Şekil 5.13: A4' senaryosu duman yayılımı.....	68
Şekil 5.14: A4' senaryosu sıcaklık yayılımı .....	69
Şekil 5.15: A4' simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği .....	70
Şekil 5.16: B1 senaryosu duman yayılımı .....	71
Şekil 5.17: B1 senaryosu sıcaklık yayılımı .....	72
Şekil 5.18: B1 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	73
Şekil 5.19: B2 senaryosu duman yayılımı .....	74
Şekil 5.20: B2 senaryosu sıcaklık yayılımı .....	75
Şekil 5.21: B2 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	76
Şekil 5.22: B3 senaryosu duman yayılımı .....	77
Şekil 5.23: B3 senaryosu sıcaklık yayılımı .....	78
Şekil 5.24: B3 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	79
Şekil 5.25: B4 senaryosu duman yayılımı .....	80
Şekil 5.26: B4 senaryosu sıcaklık yayılımı .....	80
Şekil 5.27: B4 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği.....	81
Şekil 5.28: B4' senaryosu duman yayılımı.....	82
Şekil 5.29: B4' senaryosu sıcaklık yayılımı .....	83
Şekil 5.30: B4' simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği .....	84

## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

**NFPA:** National Fire Protection Association

**CFD:** Computational Fluid Dynamics

**HRR:** Heat Release Rate

**ISO:** International Organization for Standardization

**W:** Watt





## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. GİRİŞ

Yapılı çevrede insan sağlığı, konforu ve güvenliği öncelikli öneme sahiptir. Özellikle güvenlik önlemleri içerisinde, tasarımın ilk aşamalarından itibaren ele alınması gereken en önemli risk yangın riskidir. Yangınlar ortaya çıkardığı maddi ve manevi zararlar bakımından büyük risk teşkil etmektedir. Bu nedenle yangının oluşmasına ve oluşan yangının yayılmasına neden olacak her türlü riskin minimuma indirilmesi ve oluşabilecek yangın anında güvenliğin sağlanabilmesi için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Oluşan yangının yayılmasında kullanılan yapı malzemelerinin ve elemanlarının rolünün büyük olduğu unutulmamalıdır.

İç ve dış ortam arasında ayırıcı eleman görevi üstlenen cepheler, alevlerin ve dumanın yayılımı bakımından yangın anında kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle cephelerde meydana gelen veya cepheye sirayet etmiş yangınların ve yangın riskinin göz ardı edilmeden üzerinde durulması gereken bir konu olduğu bilinmelidir. Yangın durumuna karşı alınan önlemler yerleşim ölçeğinden yapı bileşeni ölçeğine kadar, projelerin tasarım aşamasında, malzeme seçiminde ve uygulama detaylarında en önemli parametre olarak görülmelidir. Yangın anında ortaya çıkan alev ve dumanın maddi ve manevi kayıplara neden olmaması açısından yangının çabuk müdahale ile kontrol altına alınması gerektiği unutulmamalıdır. Binadan tahliyenin kontrollü bir biçimde sağlanmasının, olayın gerekli yerlere haber verilmesinin, dumanın ve alevin kontrol altına alınmasının başarılı bir biçimde gerçekleşmesi gerekmektedir.

Son yıllarda gelişen teknoloji ve enerji verimli bina anlayışının da etkisi ile her geçen gün yapılı çevrede daha çok görülen çift katmanlı cepheye sahip yapıların, yangın anında ortaya çıkardığı alev ve duman yayılımı incelenmesi gereken bir konu haline gelmiştir. Bugüne dek pek çok araştırmacı yaptığı çalışmalarda bu konunun önemini vurgulamış ve bu konu üzerinde çalışmalar yürütmüştür.

Bu çalışma ile sayıları her geçen gün artan çift katmanlı cepheye sahip yapıların yangın anında ortaya çıkardığı alev ve duman yayılımı analiz edilmek istenmiştir. Bu



konu üzerinde durulmasının nedeni kılavuz olarak kullanılan yönetmeliğin tasarımcılara yol gösterme konusunda eksik kaldığının düşünülmesidir. Bu nedenle tasarımcıya kılavuzluk edecek kaynak eksikliğinin giderilmesi konusunda kaynak ihtiyacı doğmuştur.

Gelişen teknolojiyle birlikte binaların yapım aşamasından önce afetlere karşı önlemler alınabilmesi adına dünya çapında tasarım aşamasından itibaren simülasyon programlarından ve model prototiplerinden yararlanılmaktadır. Simülasyonlar sonucunda afetler anında binanın göstereceği performansın görülmesinin yanı sıra, yapının kritik noktaları ve dikkat edilmesi gereken yerleri de belirlenebilmektedir. Bu simülasyonlar ve prototipler sayesinde afetler yaşanmadan önce birtakım önlemler alınabilmekte ve felaketlerin önüne geçilmektedir.

Bu çalışmada aynı kat yüksekliğine sahip açık planlı ve bölme duvarlı plana sahip iki yapının cephesinde çift katmanlı cephelerin hava koridorunun bölünme şekline göre sınıflandırıldığı; kutu, şaft, koridor ve cephe boyunca bırakılan boşluk tiplerinin bir yangın anında ortaya çıkan alev ve dumanın yayılımında ne gibi etkileri olduğunun belirlenmesi için 8 yangın senaryosu kurgulanmıştır. Simülasyonlar sonucunda elde edilen sonuçların grafik ve tablolar ile açıklanarak tasarımcı ve araştırmacılara yardımcı olabilecek bir kaynak edinilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının bölüm içeriği aşağıda sunulmaktadır;

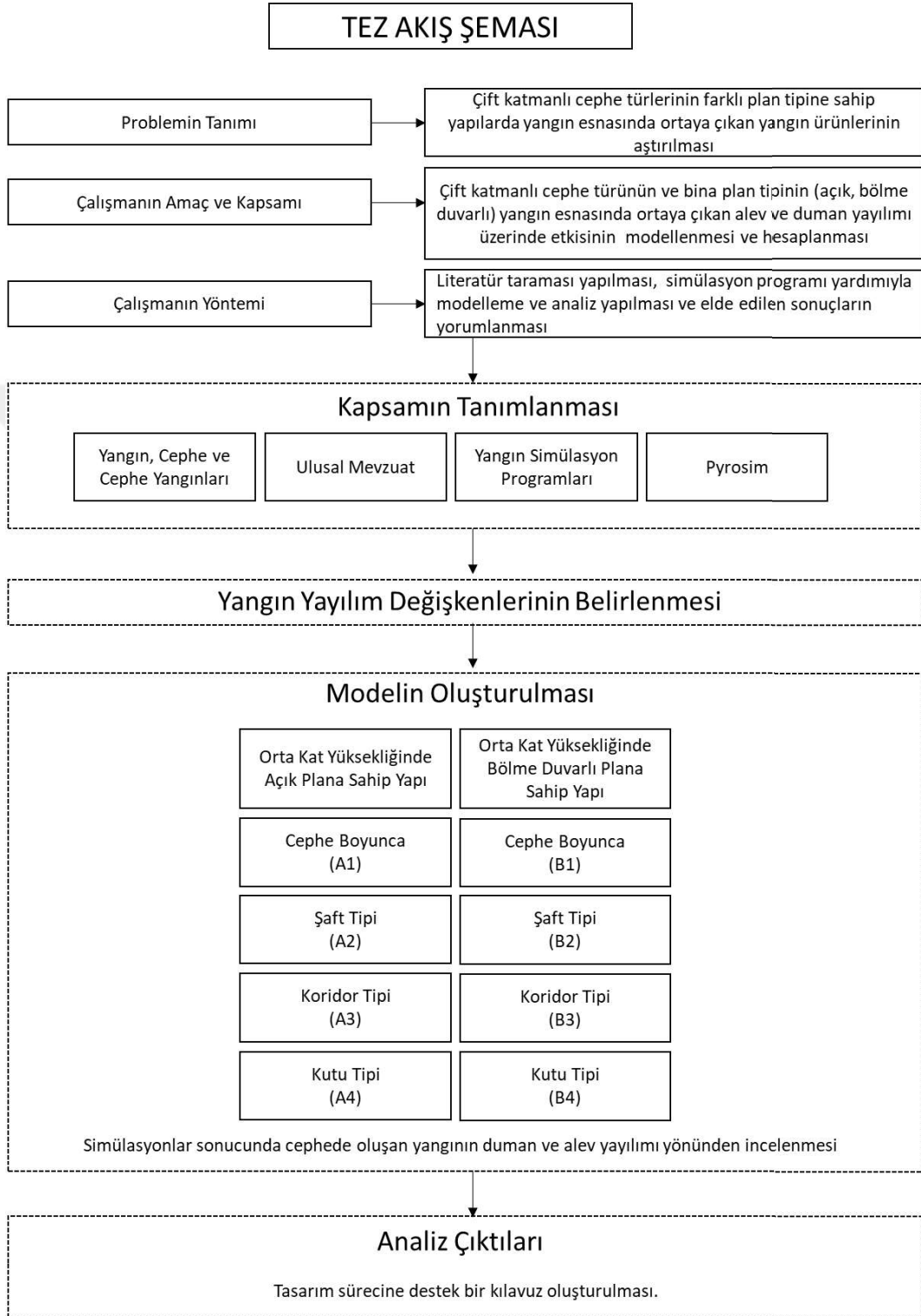
Birinci bölümde, yapılarda ortaya çıkan yangınlarda cephelerin önemi incelenmiş ve yangın güvenlik önlemlerinin öneminden bahsedilmiştir. Yapı cephesinin, tasarım sürecinin en başından yapının sonlanma aşamasına kadar yangın güvenlik önemi göz ardı edilmeksizin tamamlanması gerektiği belirtilmiştir. Araştırmanın amacı, önemi ve sınırlılıklar belirtilmiştir.

İkinci bölümde, literatür taraması yapılmış ve bu konu kapsamında daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Konunun açıklayıcı olabilmesi için yangın kavramı, cephe türleri ve cephelerde meydana gelen yangın örnekleri ile birlikte ülkemizde yürürlükte olan yangın yönetmeliği bazı kavramlar üzerinden ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, yangın senaryosu için kullanılacak olan modellerin tanımlaması yapılmış olup, bilgisayarda oluşturulan modeller ve model tipleri belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, yangın senaryoları sonucu elde edilen veriler incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Beşinci bölümde, elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş, tasarımcı, uygulayıcı ve araştırmacılara kılavuzluk edecek bilgiler özetlenmiştir. Ayrıca gelecek araştırmalara yön verecek önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 1 1: Tez akış şeması

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2.LİTERATÜR TARAMASI VE İLGİLİ KAVRAMLAR

Literatüre bakıldığında çift katmanlı cephelere sahip yapılarda ortaya çıkabilecek yangınlar üzerine çok sayıda araştırma yapılmış olduğu görülmektedir. Bu araştırmalar içerisinde konu ile ilgili öne çıkan çalışmalar literatür özeti olarak sunulmaktadır. Bu konu ile ilgili literatür taramaları haricinde, yangın simülasyonu ve kısmi gerçekçi model oluşturup bu model üzerinde ortaya çıkan yangın konusunda inceleme yapan araştırmacıların çalışmalarına da yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde cephe sistemleri, yangın ile ilgili temel kavramlar ve ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikte bu kavramların nasıl ele alındığı da aktarılmaktadır.

#### 2.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını yüksek yapılar üzerinde inceleyen. Arpacıoğlu [1], yaptığı çalışmada İstanbul'da bulunan yüksek yapılarda yangın etkisini, yangın güvenliği gelişimini açıklamış ve yapıların durumunu değerlendirmiştir. Bu çalışmayı yaparken National Fire Protection Association (NFPA) tarafından yayınlanan yangın istatistiklerini ve yüksek yapılarda meydana gelen yangın örneklerini İstanbul'da bulunan örnekler üzerinden değerlendirmiştir.

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını oluşturduğu prototip üzerinden inceleyen Ding, W. ve diğerleri [2], çift cidara sahip yapılarda yangın esnasında iki kabuk arasında bulunan boşluğa çıkan dumanın incelmesini binanın prototipinden yararlanarak yapmıştır. Dumanın yayılmasını engellemek için odadaki duman basıncı ve boşluktaki duman basıncı arasındaki ilişkiyi incelemiş ve uygun şartlar sağlanırsa duman yayılımının engellenebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Cephe türleri ve bunların sınıflandırılması üzerine çalışan Ayçam [3], ofis yapılarında kullanılan cephe katmanlarını; tek katmanlı, çift katmanlı, akıllı ve enerji

üreten cepheler olarak sınıflandırmıştır. Bu cepheleri avantajları ve dezavantajlarıyla birlikte incelemiştir.

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını hem prototip hem de yangın simülasyon programı ile inceleyen Chowl [4], çift katmanlı cephelerde iki kabuk arasındaki mesafenin değişmesi ile yangın sırasında ortaya çıkan alev yayılımı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu ilişkiyi incelemek için 15 m yüksekliğinde bir model yapılmış ve testlerin doğruluğu aynı zamanda çift katmanlı cephe analiz programı ile de onaylanmıştır.

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını yangın simülasyon programı kullanarak yapan Babilolyaei [5], çift kabuğa sahip yapılarda yangın sonucunda ortaya çıkan dumanın iki kabuk arasındaki yayılımını genişlik, havalandırma koşulu, rüzgâr gibi etkenler üzerinden incelemiştir. İnceleme için CFD tabanlı Pyrosim programını kullanmıştır.

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını, yangın simülasyon programı kullanarak özelleştirilmiş cephe türünde inceleyen Wang ve diğerleri [6], çift katmanlı cepheye sahip bir yapı modelinde şaft ve kutu tiplerinin birleşiminden oluşan bir cephe modellemiş ve yangın sonucu ortaya çıkan dumanın yayılımını incelemiştir. Şafta yayılan dumanın en çok hangi katta bulunan daireye zarar verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Cephe yangını konusunu ulusal ve uluslararası mevzuatlar üzerinden yaptığı çalışmalar ile ortaya koyan Yaman [7], cephede oluşabilecek yangına karşı ulusal ve uluslararası yangın mevzuatlarını; cephede kullanılan malzeme, yatay yangın bariyeri, cephe açıklığı, binaların arasında bulunan mesafe, dış duvarların dayanım süresi ve otomatik söndürme sistemleri üzerinden incelemiştir. Ulusal yangın mevzuatı diğer ülkelerin yangın güvenlik önlemleriyle birlikte karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Çift katmanlı cephe üzerinde meydana gelen yangını yangın simülasyon programı kullanarak inceleyen Karakoyun [8], farklı özelliklere sahip güneş kontrol sistemlerinde, farklı boyutlardaki açıklıklar kullanıldığında yangın anında oluşan alev ve duman hareketlerini incelenmiştir. İnceleme için CFD tabanlı Pyrosim programını kullanmıştır.

Giraldo, P. ve diğerleri [9], yaptığı çalışmada cephenin havalandırma şekline göre bölümlenmesinden meydana gelen havalandırma boşluğu ve yangının yayılımı üzerine inceleme yapmışlardır. Bu çalışmayı yaparken yangın yayılımının önlemesi

için İspanyol bina yönetmeliğini gözden geçirilmişler ve çalışma esnasında matematiksel entegrasyon modellerini sayısal olarak çözmek için Fire Dynamics Simulator (FDS) yazılımı kullanılmıştır.

Yakovchuk, R. Ve diğerleri [10] ısı yalıtım sisteminin yapıcı çözümüne ve ısı yalıtım malzemesinin türüne bağlı olarak dış duvar konstrüksiyonlarının yangın tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı zaman ne gibi sonuçlar ile karşılaşılabilirdiğine dair çalışmalar yürütmüştür. Bu çalışmayı yürütürken yangının bilgisayar simülasyonu için “Yangın Dinamiği Simülatörü” (FDS) yazılımı kullanılmış ve aynı zamanda 1/1 ölçekli bir model üzerinde yangın testi yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

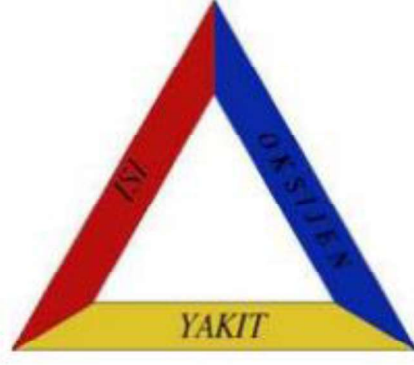
Dréan, V. Ve diğerleri [11] dış cephede kullanılan farklı alüminyum kompozit malzemeler üzerinden yangın yayılım konusunu incelemiştir. Bu çalışma yürütülürken hem simülasyon programından yararlanılmış hem gerçekçi bir model oluşturulmuştur. Kaplama ve yalıtkanın katkıları sayısal olarak incelenmiş ve her bir bileşenin ve tüm sistemin yangın davranışı, deneylerle karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

## **2.2 YANGIN İLE İLGİLİ KAVRAMLAR**

Tasarlanarak oluşturulacak olan yangının analizinin yapılabilmesi için ilk olarak yangın kavramının bilinmesi gerekmektedir. Yangın, performansa dayalı yangın güvenliğinin temel aşamalarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **2.2.1 Tanımlar, Kavramlar, Büyüklükler**

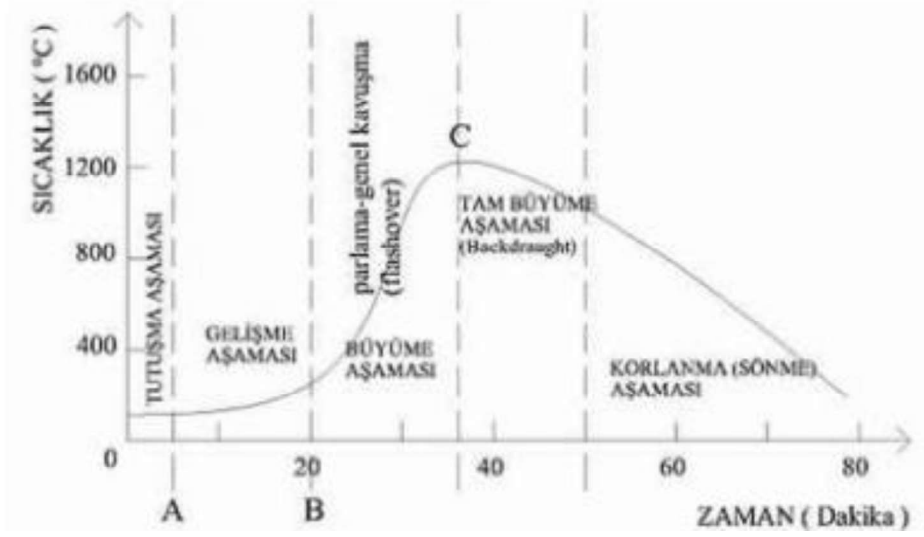
Bir yangının olabilmesi için ilk olarak yanma olayının gerçekleşmesi gerekmektedir. Yangın, yanma olayının kontrol edilememesi sonucunda ortaya çıkan durumdur. Yanma durumunun ortaya çıkması için yanıcı madde, ısı ve oksijen faktörlerinin belirli oranlarda bir araya gelmesi gerekmektedir [12].



Şekil 2. 1 Yangın üçgeni [13]

Tasarım yangının analizinin en önemli parçalarından biri oluşturulacak olan senaryodur. Bu senaryonun analitik olarak açıklanmasını sağlayan veri açığa çıkan ısı oranı olarak adlandırdığımız Heat Release Rate (HRR değeri) dir. Dolayısıyla tasarım yangın senaryosunun analizi için açığa çıkan ısı oranının (HRR değeri) anlaşılması gerekmektedir. HRR değeri, Watt (W) ile ölçülür. Yangın büyüklüğüne göre HRR, Kilowatt (1.000 Watt'a eşit) veya Megawatt (1.000.000 Watt'a eşit) olarak da ölçülmektedir [14].

Bir yangının tutuşma aşamasından korlanma (sönme) aşamasına kadar olan süreç ISO 834'te yangın gelişim eğrisi olarak açıklanmaktadır. Yangın eğrisinde tutuşma aşamasından flashover aşamasına kadar olan bölüm yangının gelişime aşamasıdır. Bir oda içerisinde pencere ve/veya kapı açıklığı varsa sıcaklık kademeli bir şekilde artar ve yangın büyüme (flashover) aşamasına kadar ilerler. Flashover aşamasında, yangında açığa çıkan ısı oranı (HRR) önemli miktarda artar ve yangının söndürülmesi zorlaşabilir. Bu nedenle flashover aşaması öncesi önlem alınması çok önemlidir. Flashover aşamasından sonra karşımıza çıkan aşama büyüme aşaması olarak tanımlanmaktadır. Açığa çıkan ısı oranının (HRR) düşmesi yangının son aşaması olan sönme aşaması olarak ifade edilir [14].



Şekil 2.2 Yangın gelişim eğrisi [15]

### 2.2.2 Yangın Yayılım Yolları

Yapılarda yangının ortaya çıkması ve yayılmasında cepheler önemli bir yapı elemanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Cepheler, iç ortam ile dış ortam arasında bir filtre görevi görmesi nedeniyle hem iç ortam hem de dış ortam için yüksek yangın riski içeren eleman olarak karşımıza çıkmaktadır [16].

Yangın binalarda çok farklı şekilde yayılmaktadır. En sık görülen yangın yayılımı cepheler aracılığı yayılan yangınlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2.3'te cephelerde görülebilecek yangın yayılım biçimleri görülmektedir. Bunlara bakıldığında [17]:

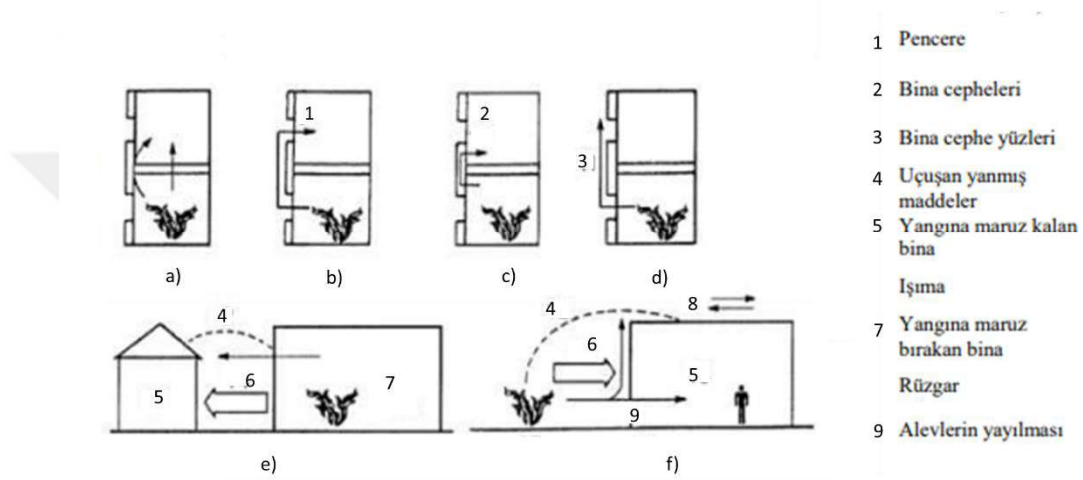
Şekil 2.3.a'da yangının, yapısal bütünlüğünün ve/veya ısı yalıtım elemanlarının hasara uğraması nedeniyle döşeme ve duvar elemanlarının arasında yangından önce veya yangın anında yapı elemanların hareketlerinin uyumsuzluğundan ortaya çıkabilecek boşluklardan geçerek yayıldığı görülmektedir.

Şekil 2.3.b'de alt kotlardaki pencerelerden ve/veya açıklıklardan çıkan alevlerin (ve sıcak gazların) daha üst kotlarda yer alan malzemelerin tutuşmasına neden olma durumu karşımıza çıkmaktadır, bu durum, cephede bulunan yanıcı malzemelerin katkısı olmadan da gerçekleşebilmektedir.

Şekil 2.3.c'de Yangının, yapı cephesinin arkasından veya içinden üst katlara doğru yayıldığı görülmektedir.

Şekil 2.3.d’de Cephede bulunan yanıcı malzemelerin, alevlerin yapı yüzeyinde düşey olarak yayılmasına neden olma durumu ortaya çıkmaktadır. Bu senaryoda, alevlerin alt katta bulunan bir odanın pencere ve/veya diğer açıklığından ortaya çıkıp yayıldığı varsayılmaktadır.

Şekil 2.3e’de komşu bir binada ortaya çıkan yangının yayılımı görülürken Şekil 2.3.f’de binanın dışındaki harici bir maddenin yanması sonucu ışıma yolu ile ısı transferi yapması, doğrudan alevlerin teması veya uçan yanmış maddeler nedeniyle yayılması durumunun ortaya çıktığı görülmektedir.



Şekil 2.3: Cephelerde yangın yayılım biçimleri [17]

### 2.2.3 Yangın Tipi (dahili, harici)

Cephelerde ortaya çıkan yangınları kapalı hacim yangını olarak da nitelendirilebildiğimiz ‘‘dahili’’ yangın, komşu bina yangını ve çevresinde meydana gelen yangın olarak da belirtilebildiğimiz ‘‘harici’’ yangın olarak ikiye ayırabiliriz [17].

Dahili yangın; yapının kapalı bir hacminde ortaya çıkan ve bulunduğu boşluktan geçerek cepheye ulaşan yangınlardır. Dahili yangınlar cephe yangınları içerisinde en riskli olanı yangın biçimi olarak bilinmektedir [16]. Dahili yangınlarda, pencerelerin ve yapının boyutu, pencere ve yapının biçimleri ve duvar ve tavan kaplama malzemelerin ısı özellikleri önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır [17].

Harici yangın; cepheye başka bir ortamdan sirayet eden yangınlardır. Bu yangınlar, cepheden bağımsız olan bir kaynaktan üretilen ısının binanın cephesine ulaşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu tip yangınların oluşumunda; ışıma, rüzgâr,



bina bitişindeki kent donatıları (telefon direkleri, çöp konteynırları vb.) gibi unsurlar önemli rol oynamaktadır [16].

#### **2.2.4 Yangın Ürünleri (ısı, duman, gaz, alev)**

Yanma sırasında ve sonrasında ortaya çıkan yangın ürünleri [18]:

1-Isı

2-Alev

3-Duman

4-Zehirli Gaz

#### **2.2.5 Yangın Güvenlik Önlemleri (aktif güvenlik önlemleri, pasif güvenlik önlemleri)**

Binalarda karşımıza çıkan yangın güvenlik önlemleri; aktif yangın güvenlik önlemleri ve pasif yangın güvenlik önlemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Pasif yangın güvenlik önlemleri; tasarımların ilk aşaması olan mimari proje aşamasından itibaren düşünülerek tasarlanan, bina inşaatında da uygulanan ve kalıcı olarak işlevini yapabilir durumda olan önlemlere verilen addır. Bu önlemlerle birlikte yapılarda; zararlı gaz ve dumanın yapıdan tahliye edilmesi, yangın kaçış güzergahlarının ve toplanma noktalarının belirlenmesi, yangına dayanıklı veya yanmayan yapı malzemelerinin kullanılması gibi amaçların gerçekleştirilmesi hedeflenir [19].

Aktif yangın güvenlik önlemleri; yangının meydana geldiği andan itibaren, durumun algılanmasını, yangının gelişimine engel olunmasını, yangın anında bina içerisinde bulunan insanların güvenli bir biçimde tahliye edilmesini ve yangının söndürülmesini içeren süreç boyunca alınacak önlemlerin tümünü kapsamaktadır [12].

### **2.3 AKILLI CEPHE İLE İLGİLİ KAVRAMLAR**

Enerji verimliliği düşüncesinin gelişimiyle birlikte yapılarda enerji tasarrufu ve konfor sağlayan sistemlerin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç da artmıştır. Buna bağlı olarak yapıların doğal ve yapay çevreleriyle olan ilişkisini düzenleme görevi üstlenen cephelerin yapılar üzerindeki enerji verimliliği açısından etkisini inceleyen, araştıran ve geliştiren birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir [20].

Yapılan çalışmalar sonucunda cepheler ile ilgili pek çok farklı sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında Erturan, B.'nin yaptığı sınıflandırma ele alınmıştır. Erturan akıllı cephe sistemlerini, tek tabakalı (katmanlı), çift tabakalı (katmanlı) ve kombine cepheler olmak üzere üçe ayırmıştır [20].

Tablo 2.1: Akıllı cephelerin sınıflandırılması [20]

TEK TABAKALI CEPHELER	Basit Cepheler			
	Giydirme Cepheler	Dıştan Gölgelemeli		
		İçten Gölgelemeli		
			Cam Tabakalarıyla Entegre Gölgelemeli	
ÇİFT TABAKALI CEPHELER	Çift Doğramalı Cepheler			
	İçten Uygulamalı Cepheler			
	Çift Kabuk Cepheler	Hava Koridorunun Havalandırılma Şekline Göre	Doğal Havalandırmalı	
			Mekanik Havalandırmalı	
			Hybrid (Karma) Havalandırmalı	
	Çift Kabuk Cepheler	Hava Koridorunun Bölünme Şekline Göre	Kutu Tipi	
			Şaft Tipi	
			Koridor Tipi	
	Çift Kabuk Cepheler	Hava Akımının Geçişine Göre	Cephe Boyunca	
			Harici Hava Perdeli	
Dahili Hava Perdeli				
Hava Beslemel, Hava Tahliyeli Tampon Bölgesi				
KOMBİNE CEPHELER	Perde Panelli Cepheler			
	Alternatif Cepheler			

### 2.3.1 Tek Katmanlı Cephe

Tek katmanlı cepheler, kendi yükünü taşımakla yükümlü olan ve her katta taşıyıcı sistemle bütünleşen dış bölümde yer alan duvarlar olarak tanımlanmaktadır. Bu tip cepheler, binanın kendi taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak yapının yüzeyine entegre edilen, binanın dış ortamla ilişkisini iki ortam arasında ayırıcı görev üstlenerek sağlayan, taşıyıcı görevi olmayan bir cephe sistemleridir [21].

Tek katmanlı cepheler, genellikle şeffaf ve opak elemanların aynı düzlemde bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. En basit tek katmanlı cepheler pencerelerden ve masif duvardan meydana gelmektedir. Bu sistemlere işlevsel yapı elemanları da ilave edilebilmektedir [20].

### 2.3.1.1 Basit Cepheler

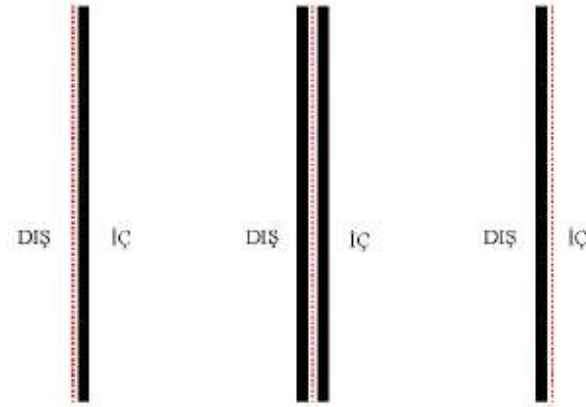
Basit cepheler yapı kabuklarının en doğal halidir. Bu cepheler doğal ışık alımını ve doğal havalandırmayı sağlayan açıklıkları içinde barındıran ve yük taşıyıcı özelliği olan duvarlardan meydana gelmektedir. Basit cepheler, temiz hava alımını doğal yollar haricinde mekanik imkanlarla da ortama alabilen harici elemanları bulundurabilmektedir. Basit cephelerin yapımı ekonomiktir, aynı zamanda bu cephelerin bakım ve temizlik maliyeti de düşüktür [22].

### 2.3.1.2 Giydirme Cepheler

Giydirme cepheler, şeffaf ve opak yüzeyleri olan prefabrike cephe elemanları ile yapılmaktadır. Giydirmeye cephelere doğal aydınlatma imkânı ve doğal havalandırma imkanının yanı sıra enerji üretimini de sağlayabilecek elemanlar ilave edilebilmektedir [22].

Tek tabakalı(katmanlı) giydirmeye cepheler:

- Dıştan gölgelemeli cepheler,
- İçten gölgelemeli cepheler,
- Cam tabakaları ile entegre gölgelemeli cepheler olmak üzere üçe ayrılır [23].



Şekil 2.4: Tek tabakalı cephe tipleri [20]

### 2.3.2 Çift Katmanlı Cephe

Oeterle [24], çift cidarlı cephelerin dış cephe, ara boşluk ve iç cepheden meydana gelen çok katmanlı bir prensibe dayandığını belirtmektedir. Dış cephenin, hava şartlarına karşı koruma ve gürültüye karşı akustik yalıtımı sağladığını söylemektedir. Ayrıca dış cephelerde odaların havalandırılmasına izin veren açıklıkları da içerdiğini belirtmiştir.

Sini [25], çift katmanlı cephenin, genişliği 20 cm ile birkaç metre arasında değişen hava koridoru ile ayrılmış bir çift cam kaplama biçimi olduğunu söylemektedir. Cam kaplamaların tüm yapıya veya yapının bir kısmına gelebildiğini ve genellikle yalıtkan olan ana cam katmanı duvarın bir parçası olarak işlev görürken, ek katmanın tek cam olarak ana camın önüne veya arkasına yerleştirildiğini belirtmektedir. Bu iki katman arasında bulunan hava boşluğunun aşırı sıcaklıklara ve sese karşı yalıtım bakımından avantaj sağlamadığını söylemektedir.

Poirazis [26], Çift katmanlı cephenin ara boşlukta hava akışı olacak şekilde yerleştirilmiş iki cam yüzeyden oluşan bir sistem olduğunu, arada bulunan boşluğun havalandırmasının doğal, fan destekli veya mekanik olabileceğini söylemektedir. Boşluk içindeki havalandırmanın türünün yanı sıra, havanın çıkış yerinin ve varış yerinin çoğunlukla iklim koşullarına bağlı olarak değişebildiğini belirtmiştir.

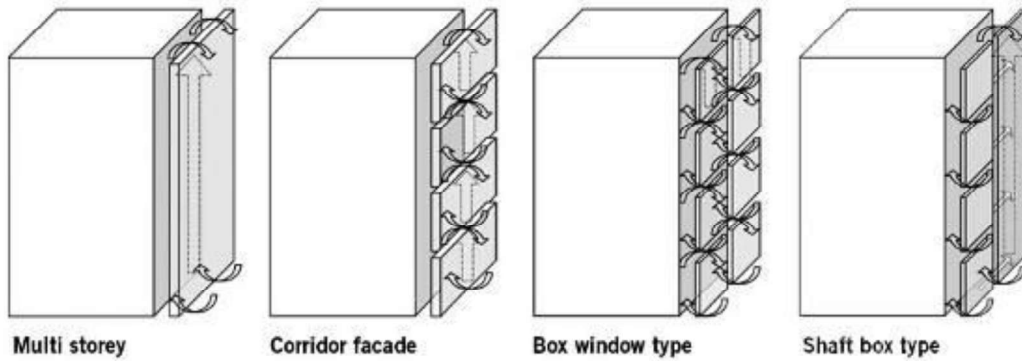
Çift katmanlı cepheler farklı özelliklerine göre 3'e ayrılabilir. Bu özellikler:

- Hava koridorunun havalandırılma şekline göre,
- Hava koridorunun bölünme şekline göre,
- Hava akımının geçişine göre [27].

Tablo 2.2: Çift katmanlı cephe türleri [28]

Çift Kabuk Cephe	Hava Koridorunun Havalandırılma Şekline Göre	Doğal Havalandırılmalı
		Mekanik Havalandırılmalı
		Hybrid (Karma) Havalandırılmalı
	Hava Koridorunun Bölünme Şekline Göre	Kutu Tipi
		Şaft Tipi
		Koridor Tipi
		Cephe Boyunca
	Hava Akımının Geçişine Göre	Harici Hava Perdeli
		Dahili Hava Perdeli
		Hava Beslemel,
		Hava Tahliyeli
		Tampon Bölgesi

Ara boşluğun bölünmesi, iki camlı cephe arasında yer alan boşluğun fiziksel olarak istenilen havalandırma fonksiyonuna göre nasıl bölümlendirildiğine dair bilgi verir. Pratikte uygulanan bölme çözümleri: Kutu tipi cepheler, şaft tipi cepheler, Koridor tipi cepheler ve çok katlı (cephe boyunca) cephelerdir [29].



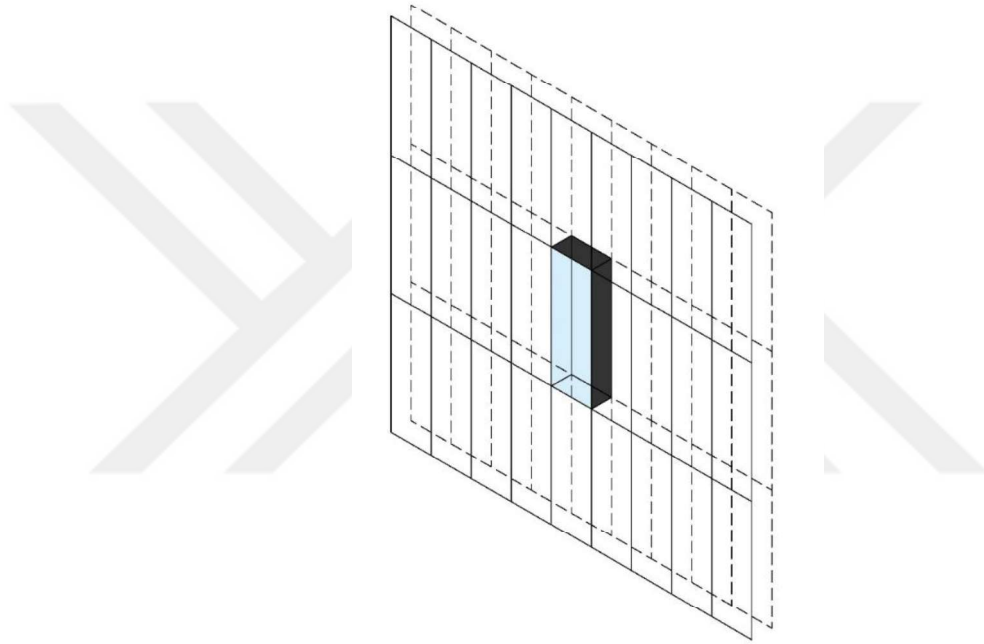
Şekil 2.5: Cephe bölümlendirme türüne göre çift katmanlı cephe [29]

### Kutu Tipi

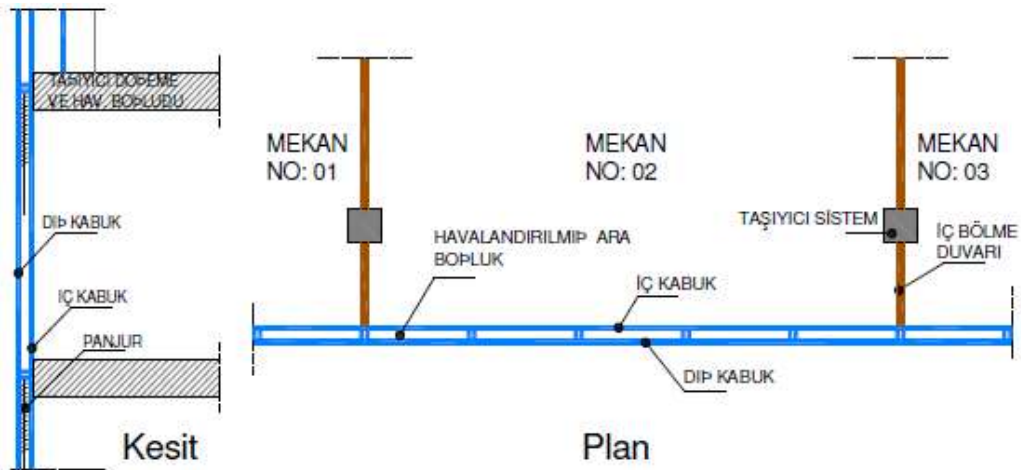
En eski çift katmanlı cephe tipi olarak karşımıza çıkan bu cephe tipi; genellikle iç bölümde çift, dış bölümde tek katmanlı cam kullanılarak oluşturulan kutu biçiminde bir araya getirilen paneller sistemidir. Diğer kutu pencere bölümlerinin de birbirine bitişik olarak düzenlendiği bu kutular, devamlı biçimdeki dikey ve yatay bölmeler sayesinde bitişik odalardan gelen sesleri ve koku aktarımını önlemektedir [30]. Kutu

pencereler üretim alanında prefabrike halde üretilir. İç ve dış katman arasında bulunan boşluğun derinliği istenilen işleve göre 10 cm ile 50 cm arasında değişir [31].

Bu sistemin avantajlarından biri her bir kutu bölümünün altında ve üstünde konumlandırılabilen giriş ve çıkış menfezlerinin havalandırmaya olanak sağlamasıdır [5]. Aynı zamanda bu sistem güneş enerjisinin kazanımından da yararlanır ve tek cidarlı bir cepheye göre ısıtma enerjisi performansı daha yüksektir. Kutu tipi cephe sistemi kısıtlı görüş alanına sahip olması, artan inşaat maliyetlerine neden olması ve boşluğun aşırı ısınması gibi dezavantajlara da sahiptir [31].



Şekil 2.6: Kutu tipi cephe şematik gösterimi



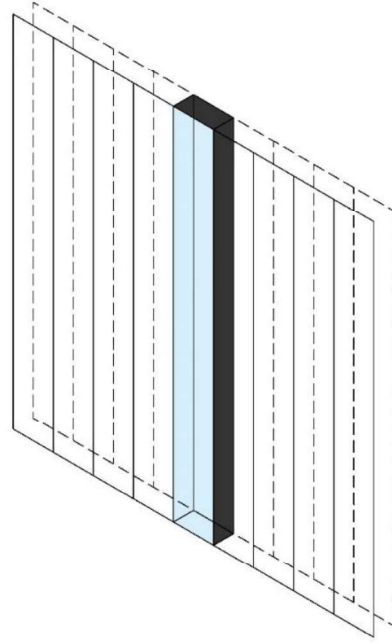
Şekil 2.7: Kutu tipi cephe [32]

Kutu tipi pencere uygulamaları, konutlardan yönetim binalarına kadar her ölçekte görülebilmektedir. Kutu birimleri, bina kaplamasında tek bir birim olarak veya bina duvar cephesinde bir araya getirilerek meydana gelir. Bu sistemler daha çok yüksek rüzgâr hızlarının ve gürültü kirliliğinin mevcut olduğu kentsel ortamlarda tercih edilebilmektedir. Kutu pencereler, cephe yenileme projeleri için de uygun olabilmektedir [31].

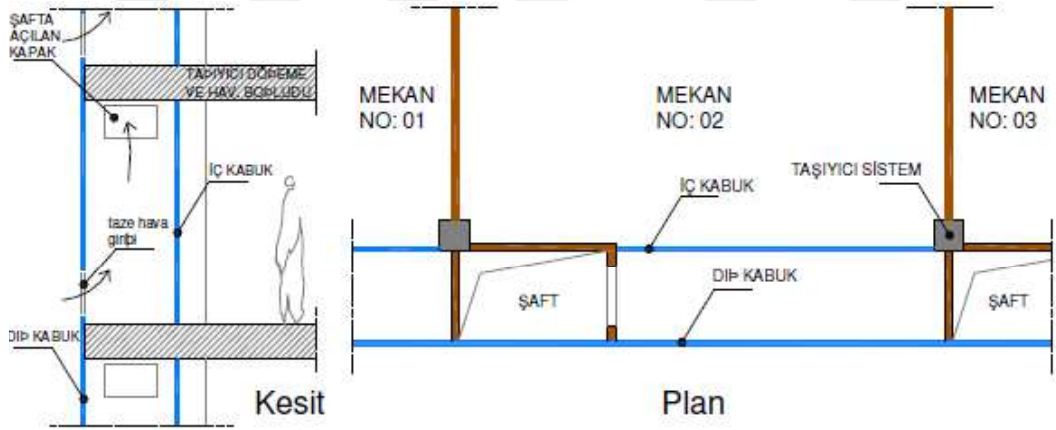
### **Şaft Tipi**

Şaft tipi cephelerin amacı, katlarda bulunan hava boşluklarının bina yüksekliğinde bir hava boşluğuna açılmasını sağlayarak bu boşluğun daimî olarak havalandırmasını sağlamak ve bunu sağlarken de baca etkisini arttırarak bu etkiden faydalanmaktır. Zemin seviyesinden giren doğal hava menfezler yardımıyla iç ortama alındıktan sonra ısınan hava merkezi şafta çekilir ve bu şafttan dışarı atılır. Bu sistem ile cephenin içerisinde doğal bir havalandırma imkânı da sağlanmış olur [5]. Şaft tipi cephelerde iki katman arasında kalan boşluk 0,3 m ile 1,2 m arasında değişebilir [31].

Bu sistemin başlıca avantajları arasında ısı konforu ve akustik yalıtım bulunmaktadır. Bu sistemin dezavantajları olarak karmaşık yapı, yangın ve duman gereksinimleri içerdiği söylenebilir. Kesintisiz büyük şaftların, kışın ısınmanın sağlanması konusunda dezavantaj sağlarken yazın soğutma talebini karşılayan iklimsel bir tampon bölge oluşturduğu söylenebilir. Boşluktan elde edilen güneş enerjisi kazanımının binanın diğer alanlarına yaymak mümkündür. Ayrıca oluşturulan iki cephe arasında oluşturulan tampon bölgede genellikle hava doğal veya mekanik yollarla çekilmektedir. Yaz aylarında ekstraksiyon oranını hızlandırarak hava akışını arttırmak aşırı ısınmayı önleyebilmektedir, Ekstraksiyon oranının değiştirilmesi giriş ve çıkış açıklıklarının değiştirilmesiyle elde edilmektedir [31]. Şaft tipi cephelerin uygulamasına karar verilirken çevre faktörlerinin, bölgeye hâkim olan rüzgâr tipinin neler olduğu dikkate alınarak şaft tipi cephenin o bölge için uygun olup olmadığına karar verilmesi gerekmektedir, bu durumun kontrolü esnasında her yapı için hesaplamalar yapılmalıdır. Fazla kat yüksekliğine sahip yapılarda şaft boşluğunun içindeki hava akımının kontrolünün güçlük yaratma ihtimalinden dolayı bu tip yapılarda şaft tipi cephenin uygulanması uygun değildir [30].



Şekil 2.8: Şaft tipi cephe şematik gösterimi



Şekil 2.9: Şaft tipi cephe [32]

Şaft tipi cephe uygulamaları, alçak binalarda, yönetim binalarında ve yüksek binalarda herhangi bir ölçekte uygulanabilmektedir. Bu sistemler çoğunlukla yüksek gürültü kirliliğinin olduğu kentsel ortamlarda görülmektedir [31].



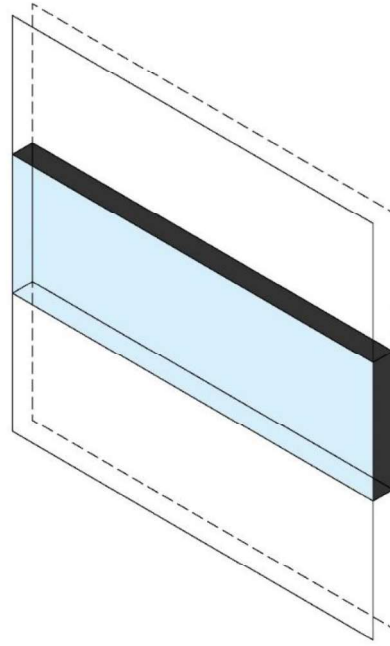
## **Koridor Tipi**

Koridor tipi cepheler; çift katmanlı cephe türlerinin en çok tercih edilen türlerindedir. Bu cephe tipinde her kata temiz havayı içeri alan ve kirlenmiş havayı dışarı veren kanallar yerleştirilir [32]. Bu sayede her katta havalandırma sistemi katın sınırları içinde gerçekleştirilmektedir.

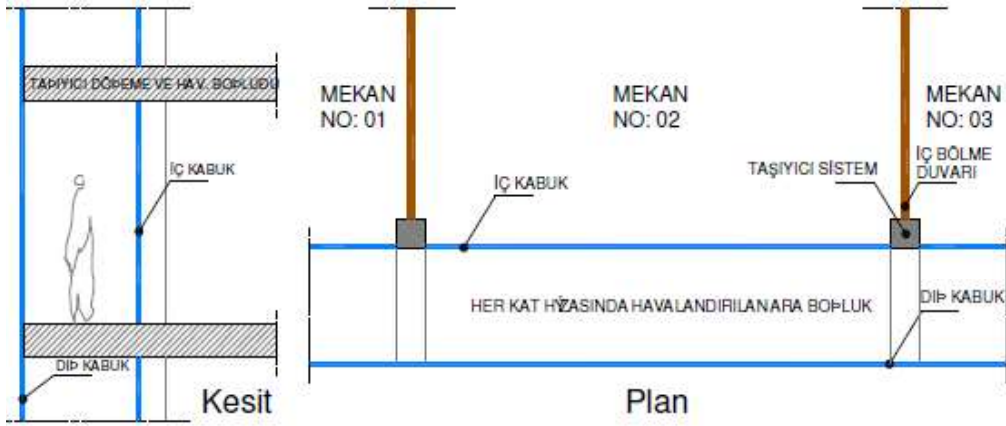
Boşluğa alınan havanın hareketi katın yüksekliği kadar olduğundan havanın boşluğun içinde kalma süresi de azdır, bu nedenle içeri alınan havanın sıcaklığı ile boşluktan çıktığı andaki sıcaklığı arasında fazla ısı farkı oluşmamaktadır. Bunun sonucunda boşlukta ısınan havanın boşluktan çıkış noktasında bile doğal havalandırmanın gerçekleşmesini olumsuz şekilde etkilemediği, bu sayede etkin bir doğal havalandırma elde edildiği görülmektedir [30]. Koridor tipi cephede bulunan boşluğun derinliği 0,3 m ile 1,2 m arasında değişir, çoğunlukla içten açılan veya sürgülü kapılar ile boşluğa erişim sağlanır [31].

Bu cephe tipinde koridorun yatay biçimde olması birden fazla odayı kapsadığı için sesin ve kokuların bitişik alanlara iletilmesine izin verir. Bu cephe tipi yangın ve duman yayılımını azaltmak için yangın güvenliğini artırma gereksinimleri içermektedir [31].

Güneş kontrol elemanları, cephe kabuklarının arasında kalan boşluklara konumlandırılmıştır. Bu sayede güneş kontrol elemanları dış ortamda bulunan iklim faktörüne karşı korunur ve bu elemanların ömürleri uzatılmış olur ayrıca bu durum elemanların bakımında da kolaylık sunar [30]. Koridor tipi cephe kullanıcılar için kolay temizlik imkânının yanı sıra boşluk basıncını da kontrol etme imkânı sağlamaktadır [31].



Şekil 2.10: Koridor tipi cephe şematik gösterimi



Şekil 2.11: Şaft tipi cephe [32]

Koridor tipi cephe uygulamaları daha çok yüksek katlı ve idari binalarda görülmektedir. Bu sistemler daha çok yüksek rüzgâr hızlarının ve gürültü kirliliğinin olduğu kentsel ortamlarda karşımıza çıkmaktadır [31].

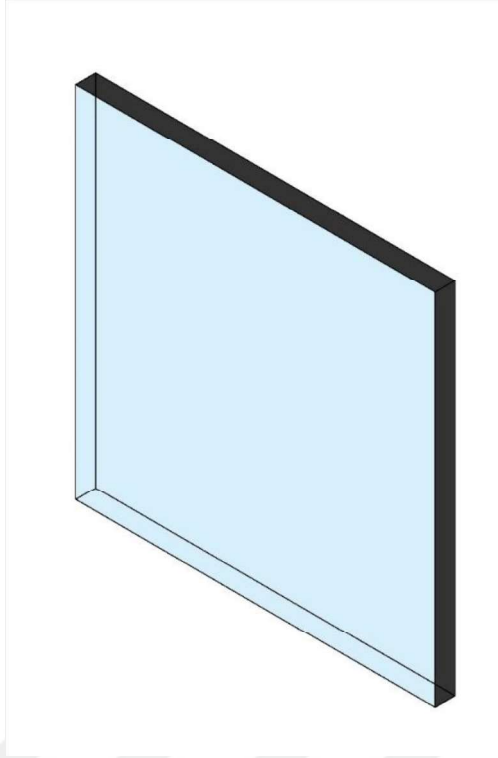
## Cephe Boyunca

Bu cephe tipinde; cephe katmanları arasında kalan boşluk, bina yüksekliği boyunca kesintiye uğramadan devam etmektedir [30]. Bu alan, birden fazla odayı veya tüm bir bina cephesini kapsar biçimde karşımıza çıkabilmektedir. Çok katlı bu dış cephe görünümü, yeni yapı veya mevcut bir yapının önüne de inşa edilebilir. Bu cephe tipinde katmanlar arasında bulunan boşluk aralığı 0,6 m ile 2,0 m arasında değişebilir [31]. Bu cephe tipinde bazı durumlarda kat hizasında temizlik ve bakımın yapılabilmesi amacıyla yürüme yolları yapılabilmektedir ancak bu yürüme yollarının hava akımına engel olmayacak biçimde tasarlanmasına dikkat etmek gerekmektedir. Dış kabuk içeride bulunan taşıyıcı strüktüre genellikle çelik taşıyıcılar yardımı ile taşınmaktadır [32].

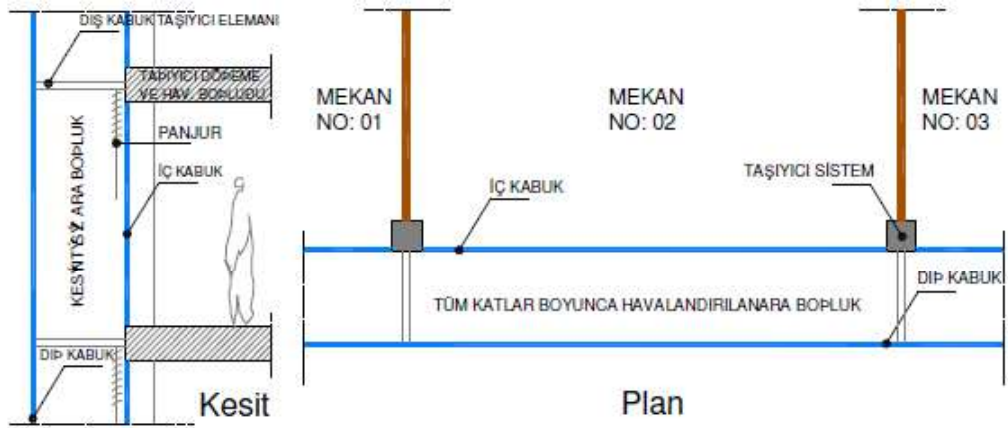
Binada bulunan menfezler yapının en alt ve en üst seviyesinde yer almaktadır. Alt seviyede bulunan menfezlerden içeri giren temiz hava, cephenin kabuklarının arasında bulunan boşluklarda ısınarak yükselir. Alt seviyedeki menfezlerden içeri giren yeni soğuk hava da cephe kabukları arasında bulunan sıcak havanın yükselmesine katkı sağlar. Böylelikle ısınan hava yükselerek, binanın üst seviyesinde yer alan menfezlerden dışarı doğru atılır [30].

Bu sistemin başlıca avantajları arasında cephede oluşan tutarlı ve kesintisiz bir görünümün sağlanması haricinde bu cephelerin dış mekândaki gürültüye karşı çok iyi bir akustik yalıtım performansı göstermesi de örnek olarak gösterilebilir [32]. Bu cephe tipi iç cephede bulunan yapı ve cephe bileşenlerini yağmur, rüzgâr gibi hava koşullarına karşı da korumaya yardımcı olmaktadır. İki kabuğun arasına yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının da iklimsel olaylara karşı korunması sağlanmış olur [30].

Bu sistemin dezavantajları arasında sesin ve kokunun boşluk içinde yanal ve dikey olarak iletilmesi yer almaktadır [31]. Bunun haricinde bu cephelerde, iki kabuk arasında ısınan ve yükselen havanın çok katlı yapılarda yüksek sıcaklık değerlerine neden olması büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır, yaz aylarında üst katların bu durumdan etkilememesi için ek önlemler alınması gerekmektedir. Bu sistemin bir diğer dezavantajı ise katlar arasındaki yangın ve duman izolasyonunun da sağlanamamasıdır [30].



Şekil 2.12: Cephe boyunca tipi cephe şematik gösterimi



Şekil 2.13:Cephe boyunca tipi cephe [32]

Cephe buyunca tipine sahip cephenin tipik uygulamaları, konutlardan yönetim binalarına kadar her ölçekte yapıda görülebilmektedir. Bu sistemler, daha çok yüksek rüzgâr hızlarının ve gürültü kirliliğinin olduğu kentsel ortamlarda karşımıza çıkar. Yaygın uygulamaları arasında binaların yenilemesi ve tarihi binaların korunması çalışmaları yer alır. Bu sistemlerin kullanıldığı yapıların çoğunda mekanik olarak havalandırılan bir sistem ön görülmektedir [31].

### 2.3.3 Kombine Cephe

Kombine cepheler tek katmanlı ve çift katmanlı cephe prensiplerinin tek bir cephede bir araya getirilmiş halidir. Kombine cephe sistemleri çift katmanlı cephelerde sesin yalıtması, rüzgârdan korunmanın sağlanması, solar perdeleme yapılması ve hava giriş konforunun sağlanması gibi avantajları sağlamaktadır. Tek katmanlı cephede bulunan açıklıklar, kullanıcıların dış ortamla doğrudan görsel bir ilişki kurmasına olanak sağlar. Bu cephelerde cephe açıklıklarının farklılaşmasına ve solar kontrolün kullanıcıların ihtiyaçlarına göre ayarlanabiliyor olmasına imkân tanınır [20].

### Perde Panelli Cepheler

Perde panelli cepheler, giydirme cepheler ve/veya basit cepheli yapılarda pencerelerin önüne kısa bir mesafe sonrasında sabit ilave panellerin eklediği cephelerdir [20].



Resim 2.1: Perde panelli cephe [22]

### Alternatif Cepheler

Alternatif cepheler, tek ve çift katmanlı cephelerin tüm avantajlarının bir araya getirildiği kombinasyondur. Her odada her türden an az bir eleman yer almaktadır [20].



Resim 2.2: Alternatif cephe [22]

### 2.3.4 Cephe Örnekleri

Yurt içi ve yurt dışında tek katmanlı, çift katmanlı ve kombine cephe türlerinin uygulandığı yapılara örnekler Tablo 2.3'te yer almaktadır. Bu tabloda yer alan yapıların detaylı görselleri Ek-1'de yer almaktadır.

Tablo 2.3: Cephe örnekleri

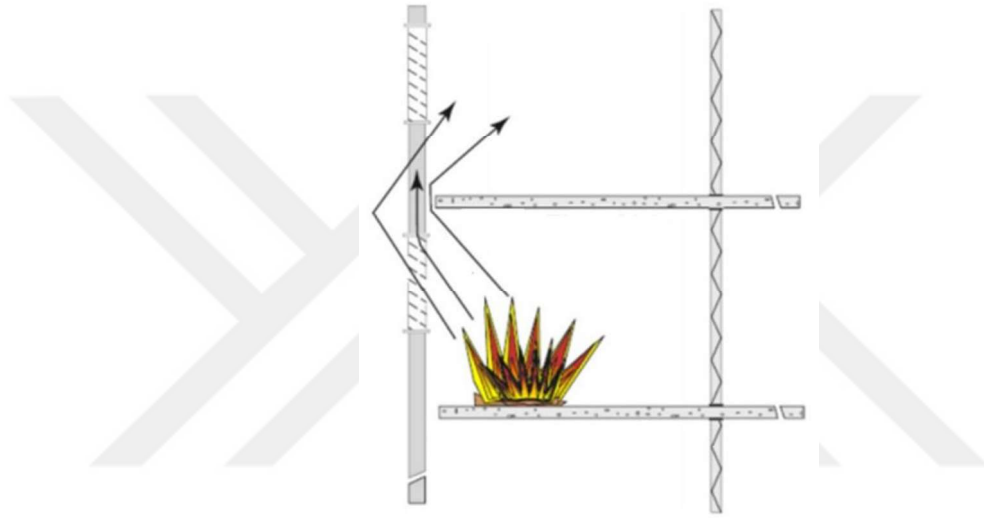
Yapının İsmi	Yapının Bulunduğu Yer			Tek Katmanlı		Çift Katmanlı				Kombine Cephe	
	Yurt içi	Yurt dışı	Yer	Basit	Giydirme	Kutu	Koridor	Şaft	Cephe Boyunca	Perde Panelli	Alternatif
Metrocity Konut Ofis ve Alışveriş Kompleksi	x		İstanbul	x							
BMW Genel Merkez Binası		x	Almanya	x							
İstinye Park Alışveriş Merkezi	x		İstanbul		x						
Raif Dinçkök Kültür Merkezi	x		Yalova		x						
Fiat Lingotto Fabrika Binası		x	İtalya		x						
Hong Kong & Shanghai Bankası		x	Çin		x						
İstanbul Avrupa Yakası Adalet Sarayı	x		İstanbul			x					
Lloyds Binası		x	İngiltere			x					
MATPUM Binası	x		Ankara				x				
Commerzbank Binası		x	Almanya				x				
Arag 2000 Binası		x	Almanya					x			
BRE Yapı Araştırma Merkezi		x	İngiltere					x			
Maslak Acıbadem Hastanesi	x		İstanbul						x		
Agbar Tower		x	İspanya						x		
Ataköy A Plus AVM	x		İstanbul							x	
Reichstag Almanya Parlamento Binası		x	Almanya							x	
Doğan Medya Merkezi	x		Ankara								x

## 2.4 CEPHE TÜRLERİ VE YANGIN ÖRNEKLERİ

### 2.4.1 Tek Katmanlı Cephe ve Yangın

Tek katmanlı cepheler, iç ve dış ortamın birbirinden tek bir katman yardımı ile ayrıldığı cepheler olmakla birlikte yaygın olarak da kullanılan bir cephe yapım türüdür. Tek katmanlı cepheler; yığma veya ahşap yapılarda taşıyıcı olarak görev almaktadır, iskelet taşıyıcılı yapılarda ise cephe taşıyıcı olarak görevi üstlenmemektedir. Bu nedenle taşıyıcı özelliğe sahip tek katmanlı cepheye sahip yapılarda ortaya çıkabilecek yangının alevlerinin cepheye sıçramıyor olması önemli bir kriterdir. İskelet taşıyıcılı

yapılarda, yangının cephede yayılımı konusunda cephenin yanıcılık özelliği olup olmaması ve cephede bulunan boşluk oranları önemli bir rol oynamaktadır. Yangının cephe üzerinde yayılması ve çevrede bulunan yapılara sıçraması açısından tüm cepheler risk teşkil etmektedir ancak tek katmanlı cephelerde tüm fiziksel çevre kontrolü tek bir katman ile çözümlendiğinden yangın açısından daha da dikkatli olunması ve bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Tek katmanlı cephelerde cephe kaplama malzemeleri yangın açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle dış kaplama malzemelerinin ve bu malzemelerin arkasında yer alan yalıtım tabakasında kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfları önemli bir rol oynamaktadır [7].



Şekil 2.14: Tek katmanlı cephe alev yayılımı [33]

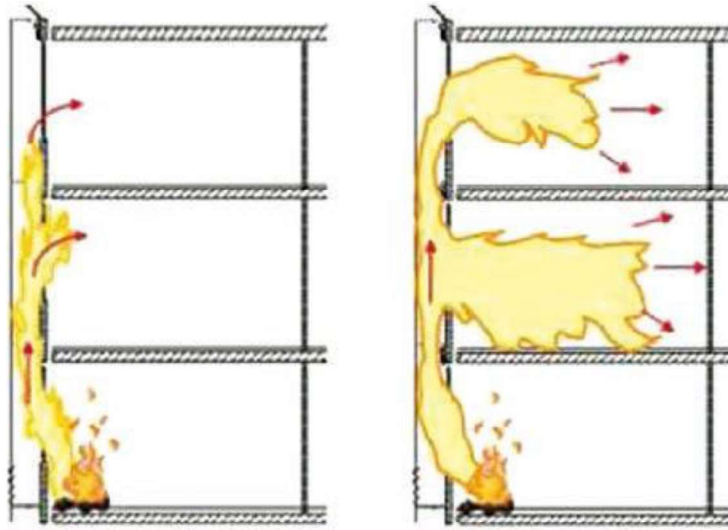
Detaylandırmaları doğru yapılan tek katmanlı cephelerde, duman yayılımının, alev yayılımının ve baca etkisinin daha az görülmesinin yanı sıra tek katmanlı cepheye sahip yapılarda katların arasında, katlar ile duvarın birleştiği noktalarda, cephe yüzeyindeki açıklıklarda ve iki malzemenin bitim noktalarının birleştirildiği noktalarda gerekli önlemler alınırsa yangına karşı direnç gösterebildiği deneysel çalışmalarda görülmüştür [34].



Resim 2.3:Apartment Building. Yanıcı cephe kaplamasının çöp varilinden alevi alması sonucu cephe yangını oluşmuştur [35].

#### 2.4.2 Çift Katmanlı Cephe ve Yangın

Çift katmanlı cepheye sahip yapılarda genel olarak, iç mekânda ortaya çıkan yangın sonucu iç katmanda bulunan cam radyasyonunun etkisi ile kırılır, camın kırılması sonucunda alevler ve duman, yangının ortaya çıktığı kattan çıkarak katmanlar arasında bulunan boşluğa geçer. Boşluğa geçen alevler ve duman baca etkisiyle birlikte boşlukta hızla yükselir ve diğer katlarda yer alan açık pencerelerden ve radyasyonunun etkisiyle kırılan camlardan iç mekânlara doğru sızar [7].




Şekil 2.15: Çift katmanlı cephe alev yayılımı [34]



Çift katmanlı cephe örnekleri genellikle yüksek katlı yapılarda karşımıza çıkmaktadır, bu tip yapılarda malzeme seçimi esnasında yanmaz malzemelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Cephe bitiş malzemesinin özellikleri haricinde yalıtım malzemelerinin de yangına karşı tepki sınıfına da dikkat etmek gerekmektedir. Derzlerden ve cephe açıklıklarından içeri giren alevler yanıcı bir malzeme ile karşılaşırorsa sorun daha da büyük bir problem haline gelmektedir [7].

### 2.4.3 Cephe Yangın Örnekleri

Tablo 2.4: Shijiazhuang bina yangını

RESİMLER	Yapı Adı	Apartman
	Yapı Yeri	Shijiazhuang, Çin
	Yangın Yılı	2021

Resim 2.3: Shijiazhuang bina yangını [36]

Tablo 2.5: Ulsan bina yangını

RESİMLER	Yapı Adı	Apartman
	Yapı Yeri	Ulsan, Güney Kore
	Yangın Yılı	2020

Resim 2.4: Ulsan bina yangını [37]

Tablo 2.6: Madrid bina yangını

RESİMLER	Yapı Adı	Madrid Kule Bloğu
	Yapı Yeri	Madrid, İspanya
	Yangın Yılı	2020

Resim 2.5: Madrid bina yangını [38]

Tablo 2.7: Ankara bina yangını

RESİMLER	Yapı Adı	İş Merkezi
	Yapı Yeri	Ankara, Türkiye
	Yangın Yılı	2020

Resim 2.6: Ankara bina yangını [39]

Tablo 2.8: Sharjah bina yangını

RESİMLER	Yapı Adı	Abcco Kulesi
	Yapı Yeri	Sharjah, Birleşik Arap Emirlikleri
	Yangın Yılı	2020

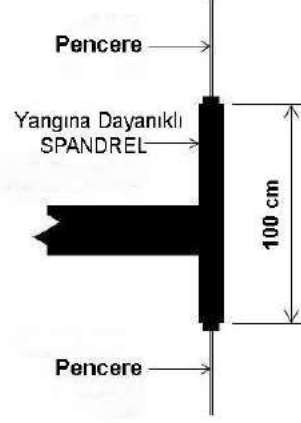
Resim 2.7: Sharjah bina yangını [40]

## 2.5 TASARIM SÜRECİNDE YANGIN YÖNETMELİĞİ VE CEPHELER

1509 yılında İstanbul'da ortaya çıkan ve küçük kıyamet diye adlandırılan büyük bir deprem olmuş ve bu deprem sonrasında taş evlerin yerini ahşap evler almaya başlamıştır. Ancak dar sokakların her iki tarafına da inşa edilen bu evler yangın gibi bir tehdidi de beraberinde getirmiş ve çok geçmeden İstanbul yangınları başlamıştır. Bu yangınlar sonrasında dönemin padişahı olan 3. Murad 1579 yılında bir ferman yayınlamıştır. Yayımlanan fermanda her ev için zeminden çatı yüksekliğine kadar uzanan merdiven ve büyük boyda su fiçisi bulundurmaya mecbur kılınmıştır. Yangın çıktığı anda tüm aile üyelerinin yeniçeriler ve halk yetişene kadar yangına müdahale etmeleri gerektiği söylenmiştir [41]. Yayımlanan bu fermanda da anlaşılacağı gibi ilk yapılan bu çalışmaların yangının çıkmasını engellemek değil, sadece çıkan yangının kontrol altına alınması konusunda olduğu görülmektedir. Yani yapılan ilk çalışmalar eksik ve yetersiz olarak değerlendirilebilir ve beklenen anlamdaki ilk çalışmaların olması için 2002 yılını beklemek zorunda kalındığı söylenebilir.

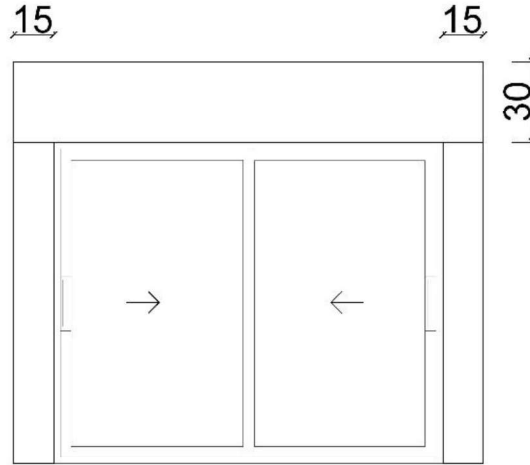
Yapıların cephelerinde yangın güvenliğinin sağlanmasıyla; can ve mal güvenliğinin sağlanması, tarihi ve çevresel değerlerin korunması ve yapı işletme sürekliliğinin sağlanması amaçlanmaktadır [7]. Bu kapsamda yapı cephelerinde alınması gereken önlemler bilinmeli ve tasarım aşamasından uygulama aşamasına kadar mimari projelerde bu konuya özen gösterilmesi gerekmektedir. Bu düşünce göz önünde bulundurularak ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik yapı tasarımı, yapı detayı ve yapıda kullanılan malzemeler bazında neler içeriyor bunun incelemesi yapılmış ve şekillerle birlikte daha açıklayıcı bir hale gelmesi sağlanmıştır.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 27. Maddesinde *“Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elamanıyla dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1.5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur.”* ibaresi yer almaktadır [42].



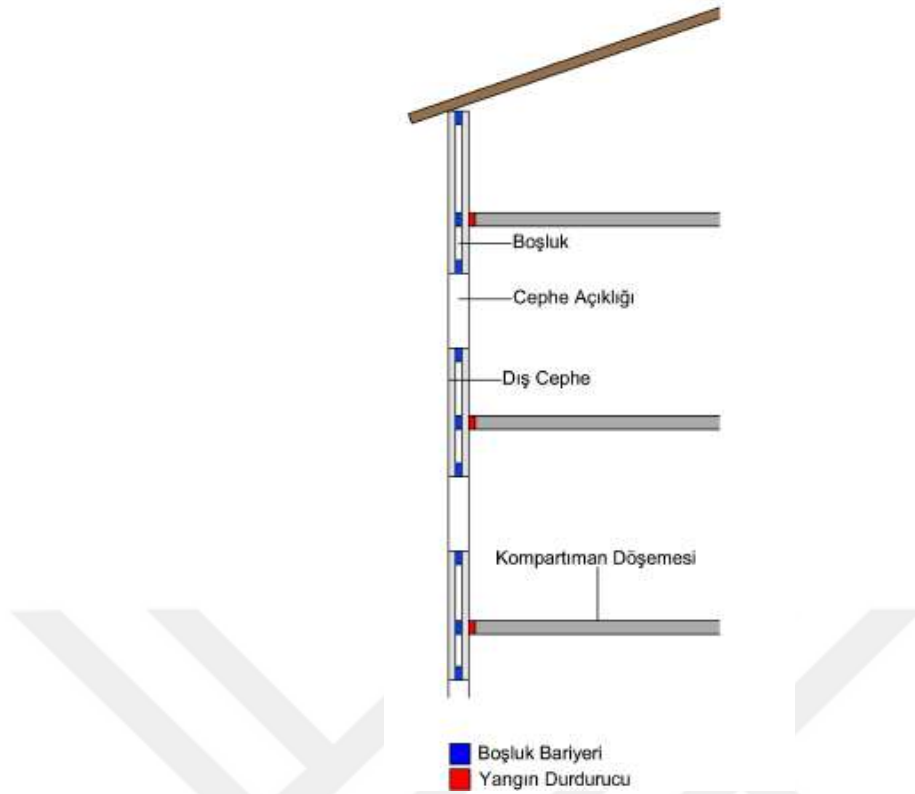
Şekil 2.16: Cephede spandrel yüksekliği [16].

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 27. Maddesinde “ bina yüksekliği 6.50 m’den fazla olan binalarda pencere ve benzeri boşluklarının yan kenarları en az 15 cm ve üst kenarı en az 30 cm eninde hiç yanmaz malzeme ile yangın bariyerleri oluşturulmalıdır.” denmektedir [42].



Şekil 2.17: Pencere ve benzeri boşluklarının yan kenarlar mesafeleri

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 27. Maddesinde cephe ve döşemelerin birleşim noktalarının, alevlerin diğer katlara geçmesini önleyecek biçimde döşemenin yangına karşı dayanımını sağlayabileceği süre miktarında yalıtılması gerektiğini belirtmektedir [42].



Şekil 2.18: Döşeme ve cephe birleşim noktası [17]

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte yapı malzemeleri ve döşeme malzemelerinin yanıcılık sınıfları ile ilgili genel tablolar yönetmeliğin EK-2/Ç bölümünde yer almaktadır.

Tablo 2.9: Yapı Malzemelerinin: TS EN 13501-1 ve TS EN 13501-5'e Göre Yanıcılık Sınıfları [56].

Döşemeler Dışındaki Yapı Malzemeleri İçin Yanıcılık Sınıfları	
Malzemenin Yanıcılık Özelliği	TS EN 13501-1 <sup>(4)</sup>
Hiç Yanmaz	A1
Zor Yanıcı	A2 - s1, d0 B, C - s1, d0
Zor Alevlenici	A2 - s2, d0 A2, B, C - s3, d0 A2, B, C - s1, d1 A2, B, C - s1, d2
(en az)	A2, B, C - s3, d2
Normal Alevlenici0	D - s1, d0 D - s2, d0 D - s3, d0 E
(en az)	D - s1, d2 D - s2, d2 D - s3, d2
Kolay Alevlenici	E - d2
	F
Döşeme Malzemeleri İçin Yanıcılık Sınıfları	
Malzemenin Yanıcılık Özelliği	TS EN 13501-1'e göre <sup>(4)</sup>
Hiç Yanmaz	A1 <sub>FL</sub>
Zor Yanıcı	A2 <sub>FL</sub> - s1
Zor Alevlenici	B <sub>FL</sub> - s1
(en az)	C <sub>FL</sub> - s1
Normal Alevlenici	A2 <sub>FL</sub> - s2 B <sub>FL</sub> - s2 C <sub>FL</sub> - s2 D <sub>FL</sub> - s1 D <sub>FL</sub> - s2
(en az)	E <sub>FL</sub>
Kolay Alevlenici	F <sub>FL</sub>

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 26. Maddesinde döşemeler ile ilgili olarak;

- Döşeme kaplamalarının en az normal alevlenici özellikte, yüksek binalarda bu malzemelerin en az zor alevlenici özellikte olması gerektiği,
- Döşemelerin üzerinde kolaylıkla alevlenebilen malzeme kullanılarak ısı yalıtımının yapılması durumunda, üzerinin en az 2 cm kalınlığında şap ile örtülmesi gerektiği,
- Ayrık nizamda olan yapılarda (müstakil konutlar hariç) tavanın kaplamaları ile asma tavanlarının malzemelerinin en az zor alevlenici özellikte olması gerektiği ibareleri yer almaktadır [42].

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 27. Maddesinde cepheler ile ilgili olarak;

- Dış cephelerin, yapı yüksekliği 28.50 m'den fazla olan yapılarda zor yanıcı özellikteki malzemelerden, diğer yapılarda ise en az zor alevlenici malzeme özelliğinde olması gerektiği,
- Geleneksel sisteme sahip yapılarda dış cephesi zor alevlenici malzeme özelliğinde veya sisteminden oluşan, yüksekliği 28.50 m'den az olan yapılarda ise zemin kotu üzerinden itibaren 1.5 m mesafenin hiç yanmaz malzeme ile kaplanması gerektiği,
- Giydirme cephe sistemine sahip yapılarda derzleri açık olan veya havalandırılmalı olarak tercih edilen giydirme cepheye sahip yapılarda kullanılan cephe ve yalıtım malzemelerinin en az zor yanıcı özellikte olması gerektiği söylenmektedir [42].

### **2.5.1 Yangın Yönetmeliği Değerlendirme**

Yapılarda ortaya çıkan yangınlar incelendiği zaman cephe yangınlarının büyük bir tehlike taşıdığı görülmektedir. Yapının kabuğu olarak işlev gören cepheler yangın sonucu ortaya çıkan alev ve dumanın yayılması sürecinde aktif bir rol oynamaktadır. Yapıyı iç ortam ve dış ortam olarak ikiye ayırma görevi üstlenen yapı kabuğunda kullanılan cephe elemanları, yangın sonucunda ortaya çıkan alev ve dumanın bina cephesi boyunca ilerlemesinde büyük role sahiptir. Yapıda ortaya çıkan yangına bina dışından yapılan müdahalelerin de yapı kabuğu olan cephelerden yapıldığı düşünülürse, bu alanların yangın güvenlik önlemleri açısından büyük önem arz ettiği görülmektedir.

Her gün gelişmekte olan teknoloji ile bina yapım teknikleri ve kullanılan malzemeler günden güne değişmekte ve gelişmektedir. Gelişmesi devam eden yeni yapı malzemelerinden beklenen en önemli kriterlerden biri de yapı malzemelerinin yangın güvenlik önlemleri kapsamında üretilmiş olmasıdır. Yeni gelişen yapıım teknikleri ve yapı malzemelerinin yangın anında gösterdikleri davranışların bilinmesi yapının yangın dinamiğinin anlaşılması bakımından oldukça önemlidir.

Bina yapıım aşamasında tercih edilen malzemelerin mümkün olduğunca yanıcılık özelliği bulunmayan ürünlerden tercih edilmesine özen gösterilmelidir. Yanıcılık özelliği olan ürünler tercih edilecek ise bu malzemelerin yangın anında ortama zehirli gaz ve duman salınımı yapmamasına ve damlama özelliği içermemesine dikkat edilmelidir. Yapının cephesinde inşaat tekniği ve kullanılan malzemeler bakımından yangın esnasında ortaya çıkacak alev, duman ve gazların yayılımını engelleyecek biçimde teknikler ve ürünler kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Cepheleerde yangın güvenlik önlemlerinin alınabilmesine ilişkin ülkemizde 2002 yılından bu yana geçerli olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik cephe elemanları ve cephe tasarım kriterleri bakımından incelenmiştir. Yangın yönetmeliği dikkatli olarak incelendiği zaman yönetmeliğin içerik ve içerdii hükümler bakımından yüzeysel olduğu, yönetmelik içerisinde daha da açıklayıcı olması adına şematik gösterimlere yer verilmediği gözlemlenmiştir. Gelişen teknoloji ile çeşitlilik bakımından artış gösteren cephe türlerinin de detaylı olarak incelenmediği açıkça görülmüştür.

Daha güvenli yapılar yapılabilmesi adına yönetmelikte yapıım teknikleri ve malzeme bakımından daha çok detaya yer verilmesi ve bunların açıklayıcı olması için şematik gösterimlere de yer verilmesi gerektiği görülmüştür.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. METERYAL VE METOD

20.yy başlarından günümüze kadar yapılmış ve yapımına devam edilen çift katmanlı yapı kabuğuna sahip yapılar, teknolojik gelişmeler, yeni inşaat teknikleri, yeni malzemeler de kullanılarak her geçen gün daha çok karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında orta yükseklikte çift katmanlı cepheye sahip açık planlı ve kapalı planlı yapılar üzerinde çalışılmıştır. Bu yapıların cephenin hava koridorunun bölünme şekline göre; kutu, shaft, koridor ve cephe boyunca olmak üzere olan ele alınarak bu yapılarda yangın anında ortaya çıkan duman ve alev yayılımları simülasyon programı üzerinden incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Günümüzde alan ve bina performansının sınanması için simülasyon programlarının kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında simülasyonların yapım aşamasında ülkemizde kullanımı çok yaygın olmayan ancak yeni yeni tercih edilmeye başlanan Pyrosim programı tercih edilmiştir. Pyrosim programı, Fire Dynamics Simulator (FDS) için kullanılabilen uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu program genellikle yangın anında ortaya çıkan dumanın hareketlerini, sıcaklığını ve toksin konsantrasyonlarını doğru bir şekilde tahmin eden yangın simülasyonları oluşturmak için tercih edilmektedir.

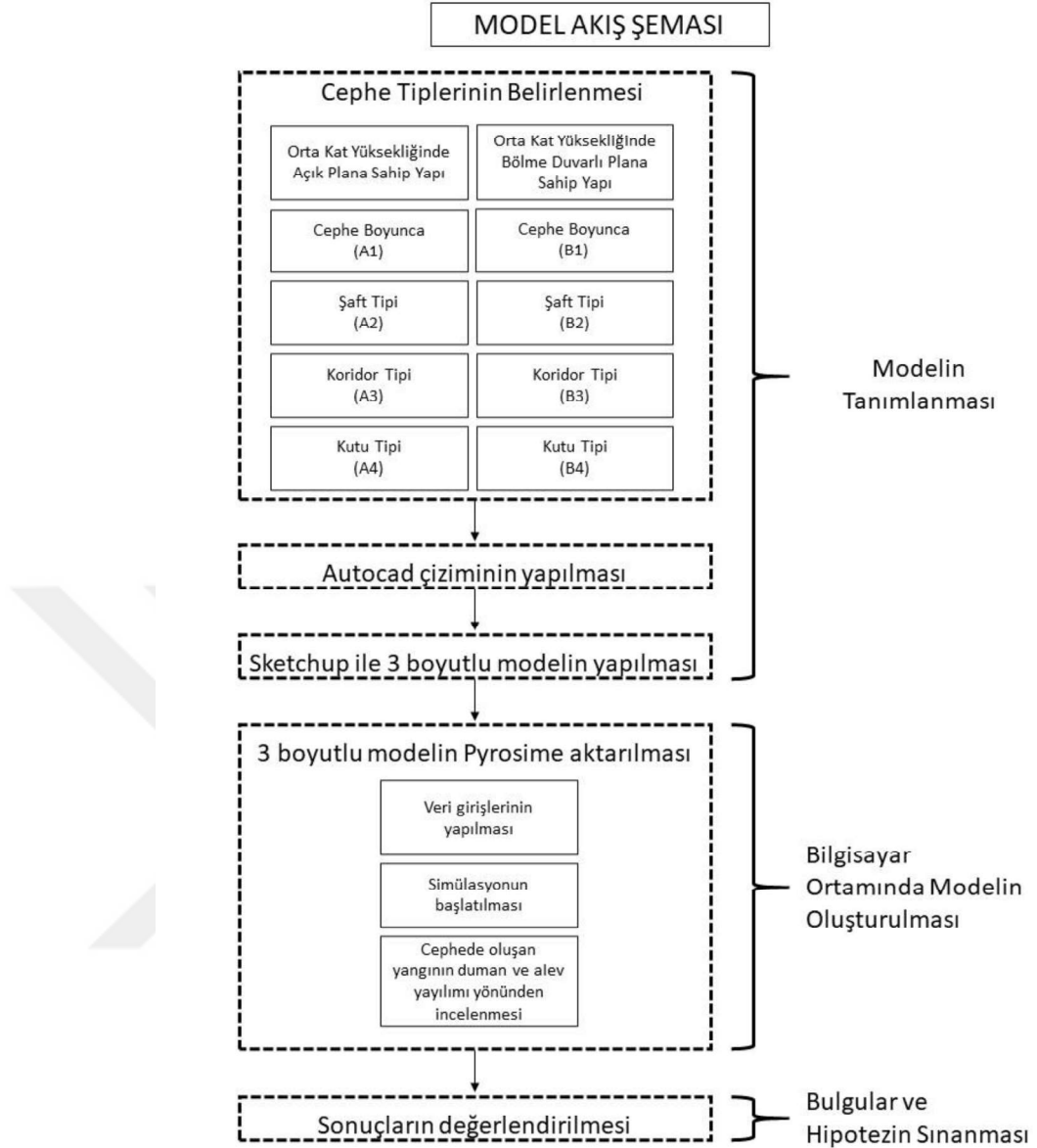
Bu kurgu yapılırken ilk olarak tasarlanan yapı planları CAD programı ile çizilmiştir. Bu kapsamda temelde farklı iki plan tipine sahip açık planlı ve bölme duvarlı plana sahip yapılar kullanılmıştır. Her bir plan tipindeki yapılar üzerinden 4 farklı cephe türüne göre çizimler yapılmıştır. Bu cepheler üzerinde farklı cephe tiplerinin gösterdiği alev ve dumanın hareketini incelemek için toplamda 8 farklı tasarım oluşturulmuştur. Bu cephe tiplerinin seçilmesinin nedeni 20.yy başından bu güne kadar uygulaması artarak devam etmekte olan çift katmanlı cepheye sahip yapıların sayısıdır.



Planları ortaya çıkan yapıların modelleri 3 boyutlu model yapmamızı sağlayan program yardımıyla modellenmiştir. Oluşturulan modeller ayrı ayrı olarak Pyrosim yangın analiz programının açabileceği uzantılarda kaydedilmiştir.

Pyrosim programı üzerinde 3 boyutlu haliyle açılan modeller yangın anında oluşan alev ve dumanın açık bir pencereden dışarı çıkarak binanın tüm cephesi boyunca üst katlara doğru yayılma (leap frog effect) etkisine ait mesafenin azaltılması, sıcaklığın ve dumanın azaltılması olmak üzere performans kriterleri belirlenmiştir. Çalışma ile bir odadaki masa üzerinde başlayan ve bir tutuşmayla gerçekleşecek tasarım yangınının, pencerenin açıklığından dışarı doğru çıkması ve cephe yüzeyi boyunca yayılmasına üzerine senaryolar kurgulanmıştır. Tasarlanan yangına yönelik sayısal verilerin neler olduğu ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.





Şekil 3 1: Modelleme akış şeması

### 3.1 Modelin Tanımlanması

Yangın tasarım senaryosu için yapının plan tipi ve çift katmanlı cephe türleri dikkate alınarak 8 ayrı tip model tasarımı öngörülmüş ve belirlenen cephelere ait tasarım özellikleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1: Çalışma için oluşturulan yapı tipleri ve özellikleri

Cephe Özellikleri				
Model	Yapı yüksekliği	Plan Tipi	Cephe Tipi	Cepheler arası mesafe
A1	18m	Açık plan	Cephe boyunca	120 cm
A2	18m	Açık plan	Şaft tipi	120 cm
A3	18m	Açık plan	Koridor tipi	120 cm
A4	18m	Açık plan	Kutu tipi	120 cm
B1	18m	Bölme duvarlı plan	Cephe boyunca	120 cm
B2	18m	Bölme duvarlı plan	Şaft tipi	120 cm
B3	18m	Bölme duvarlı plan	Koridor tipi	120 cm
B4	18m	Bölme duvarlı plan	Kutu tipi	120 cm

A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3 ve B4 modellerinin bina bütünü olarak modellenmiş hallerine ait ön görüşler Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 2: A1 ve B1 yapı dış görünüşü



Şekil 3. 3: A2 ve B2 yapı dış görünüşü

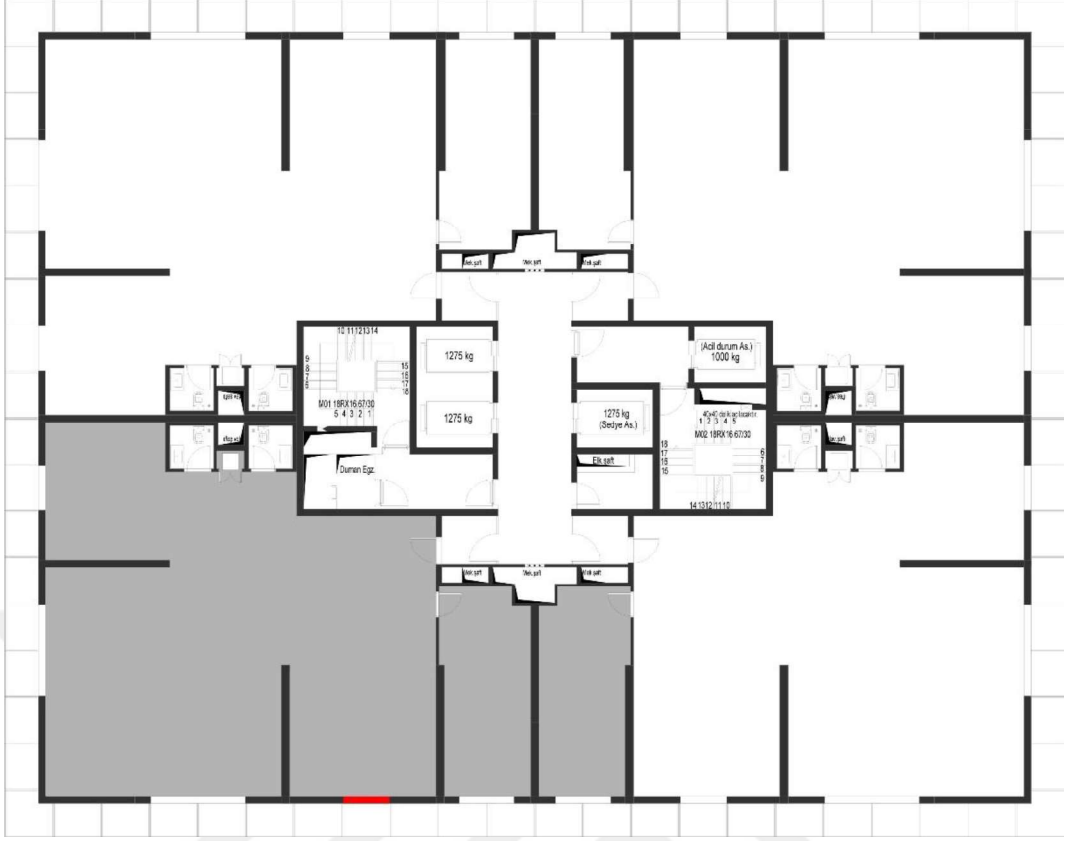


Şekil 3. 4: A3 ve B3 yapı dış görünüşü



Şekil 3. 5: A4 ve B4 yapı dış görünüşü

Yapının 1. katında yer alan dairenin içerisinde bir yangın oluşması ve bu yangının Şekil 3.6 ve 3.7 de kırmızı ile işaretli olarak gösterilen ve tasarım yangında açık olarak kurgulanan pencereden çıkması planlanmıştır. Yangın senaryoları bu senaryoya göre oluşturulmuştur. Yangın senaryosu için modellenen bina bölümü gri ile gösterilmiştir. Yangın tasarım senaryosu için tasarlanan açık planlı ve bölme duvarlı yapı tiplerine ait planlar Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de yer almaktadır.



Şekil 3. 6: Açık planda şaft tipi cepheye sahip yapı



Şekil 3. 7: Bölme duvarlı planda şaft tipi cepheye sahip yapı

Tasarlanan yangın senaryosunda pencereye yakın bir masa üzerinde unutulmuş yanıcı maddenin alevlenmesiyle birlikte alevlerin pencereden dışarı doğru yayılması planlanmıştır. Çift katmanlı cephe tipleri ile ilgili oluşturulan senaryolarda sıcaklık ve HRR değişim verilerinin ölçümünün yapılabilmesi için sanal ortamda tanımlanan ölçüm cihazı (thermocouple) ikinci kat döşemesinin hemen üzerine yerleştirilmiştir. Senaryodaki belirli bir düzlem üzerindeki sıcaklığın etkisini gözlemlemek için x yönünde kromatik düzlem (slice) kullanılmıştır. Şekil 3.8’de açık plan, Şekil 3.9’da bölme duvarlı plan tipi üzerinden temsili olarak cihaz (thermocouple) yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3. 8: Açık planda şaft tipi cepheye sahip yapıda temsili thermocouple gösterimi



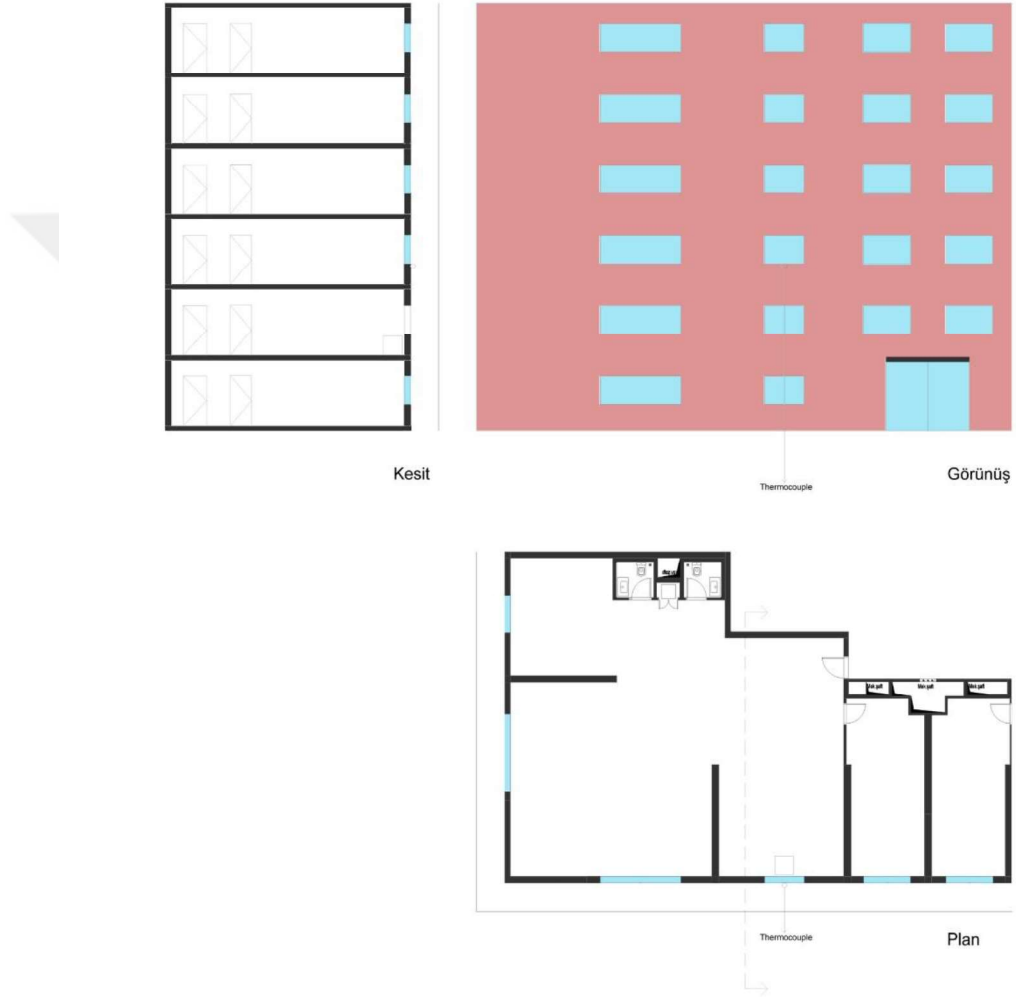
Şekil 3. 9: Bölme duvarlı planda shaft tipi cepheye sahip yapıda temsili thermocouple gösterimi

Açık plana ve bölme duvarlı plana sahip yapılarda kullanılan farklı cephe tiplerini yangın güvenliği bakımında analiz edebilmek için oluşturulan tasarım yangın senaryosu analizi yalınlaştırarak biçimde kurgulanmıştır. Her bir örnek için; kat yüksekliği 3,00 metre olarak belirlenmiştir. Yapı zemin kat üzeri 5 kat olmak üzere toplam 6 katlı olacak şekilde çizilmiştir. Tasarım yangın senaryosu sonucunda alevlerin odadan çıkacağı 1,68 m. x 1,20 m. ölçülerinde olmak üzere toplam 2.01 metrekarelik yüzey alanına sahip pencere boşlukları oluşturulmuştur

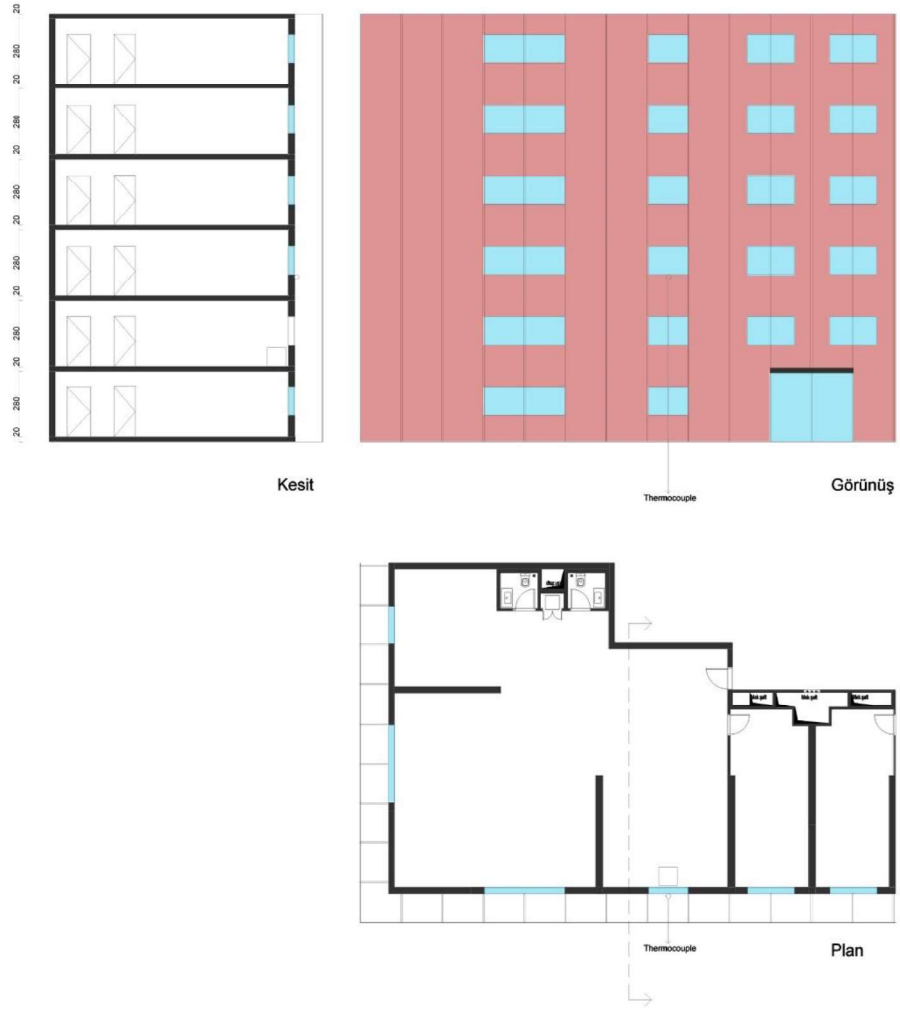
A Tipi Yapı Senaryosu: A tipi senaryoda 4 adet alt model oluşturulmuştur. Bu modellerin her biri açık plana sahip olacak biçimde tasarlanmıştır. Tüm modellerde 1. katta yangının çıkacağı pencere hariç tüm pencereler kapalı olarak modellenmiştir. A1



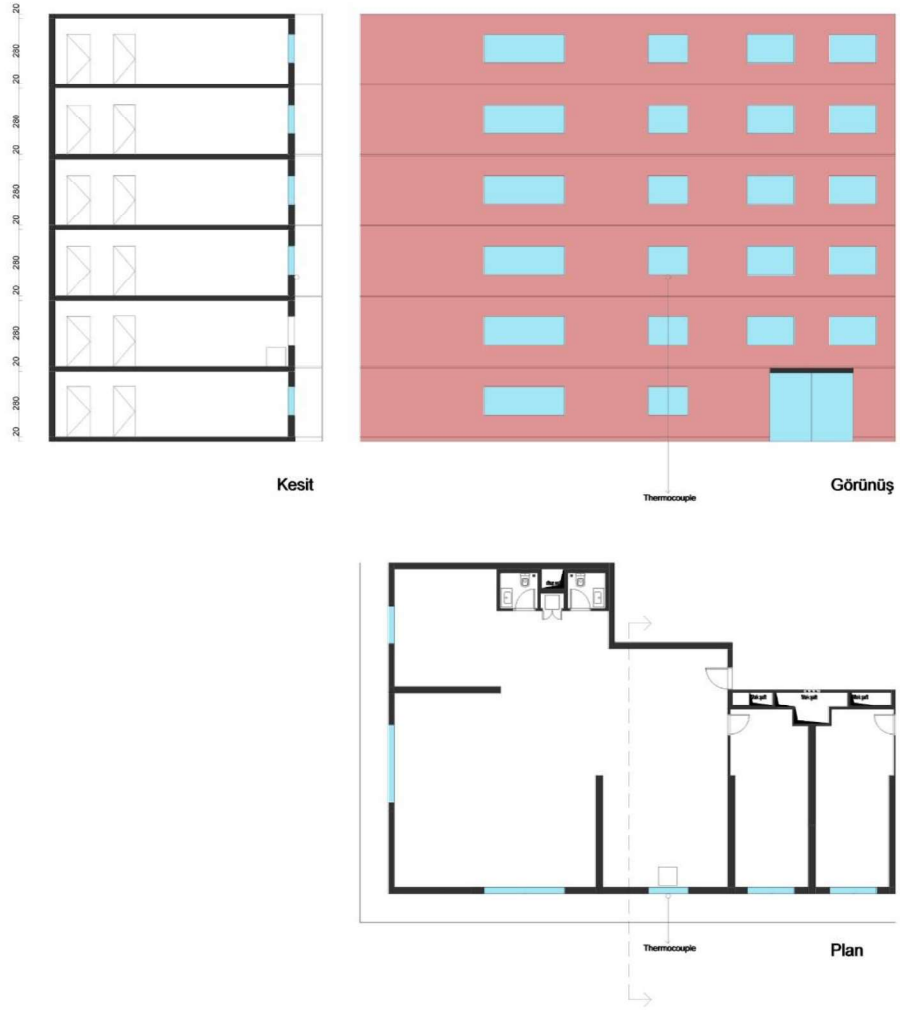
modelinde çift kabuklu cephenin cephe boyunca tipi, A2 modelinde şaft tipi, A3 modelinde koridor tipi ve A4 modelinde kutu tipi kullanılmıştır. A tipi yapı senaryolarına ait çizimler Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



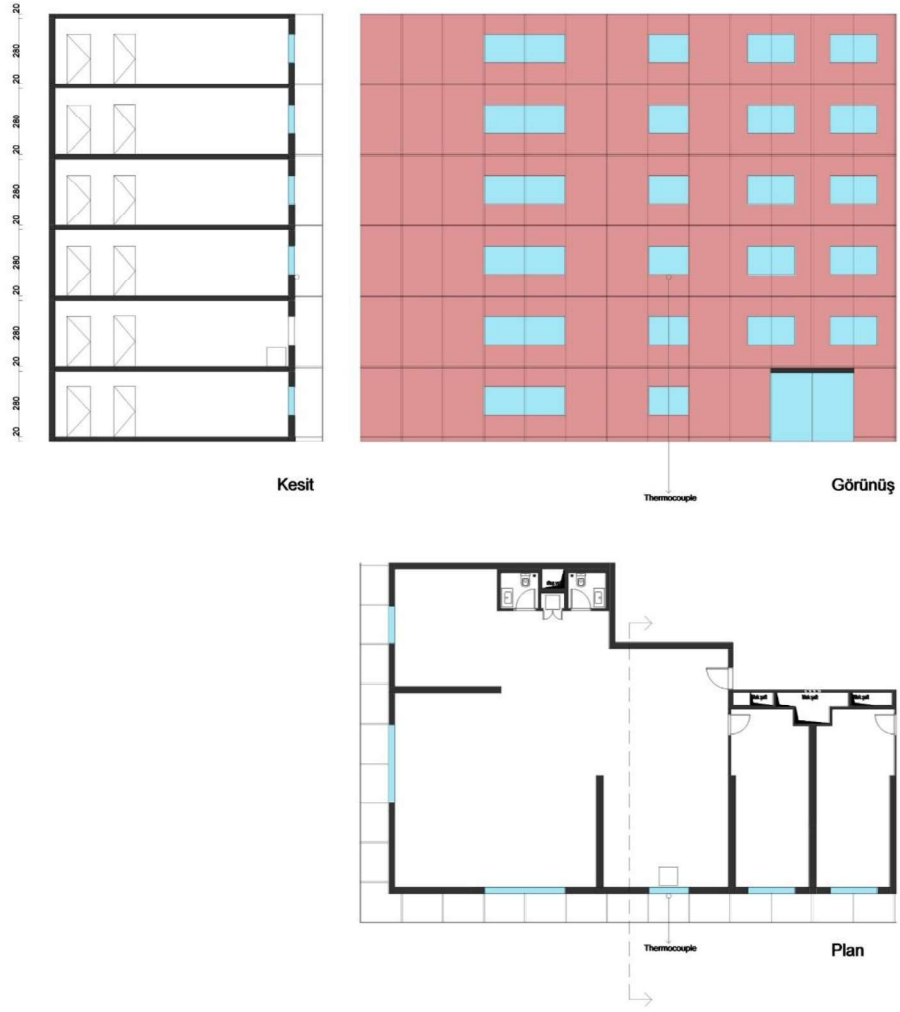
Şekil 3. 10: A1 modeli plan, kesit ve görünüşü



Şekil 3. 11: A2 modeli plan, kesit ve görünüşü



Şekil 3. 12: A3 modeli plan, kesit ve görünüşü



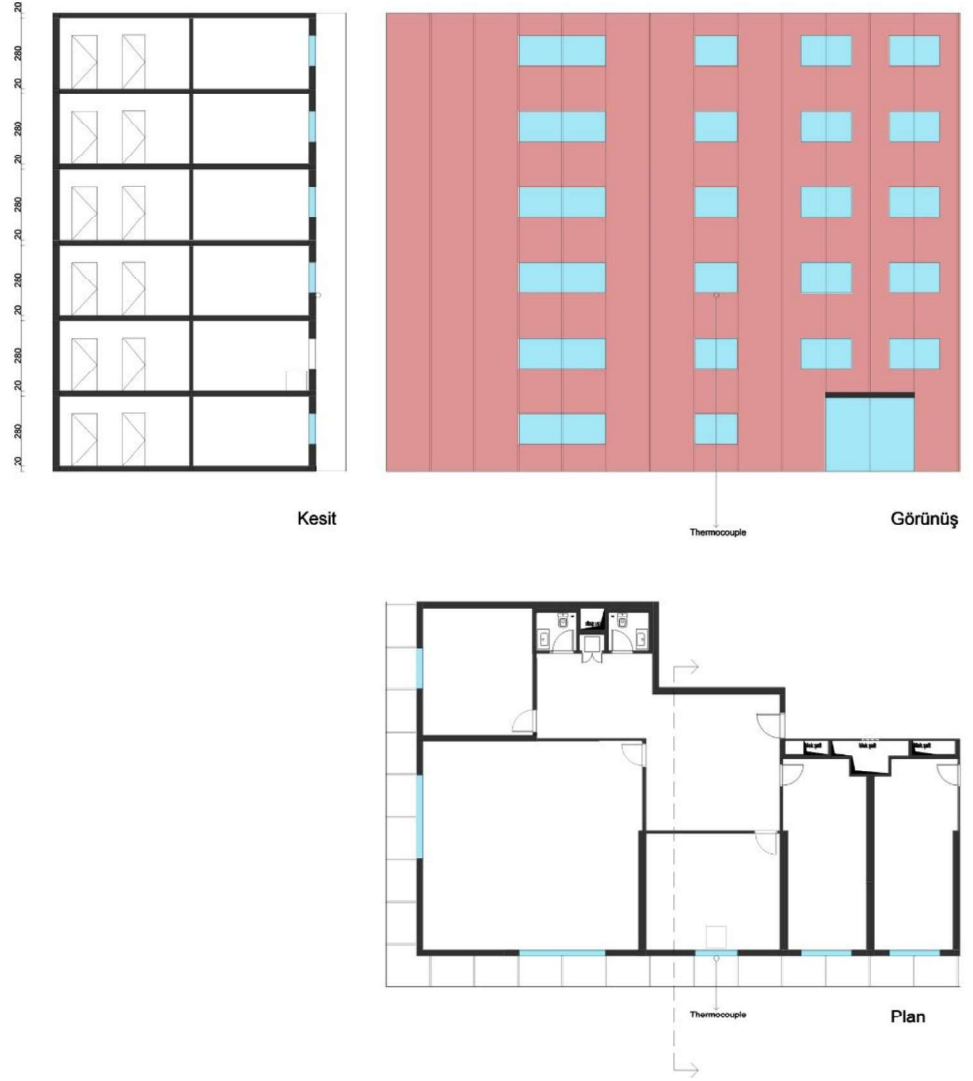
Şekil 3. 13: A4 modeli plan, kesit ve görünüşü

B Tipi Yapı Senaryosu; B tipi senaryoda 4 adet alt model oluşturulmuştur. Bu modellerin her biri bölme duvarlı plana sahip olacak biçimde tasarlanmıştır. Tüm modellerde 1. katta yangının çıkacağı pencere hariç tüm pencereler kapalı olarak modellenmiştir. B1 modelinde çift kabuklu cephenin cephe boyunca tipi, B2 modelinde şaft tipi, B3 modelinde koridor tipi ve B4 modelinde kutu tipi kullanılmıştır.

B tipi yapı senaryolarına ait çizimler Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 14: B1 modeli plan, kesit ve görünüşü



Şekil 3. 15: B2 modeli plan, kesit ve görünüşü



Şekil 3. 16: B3 modeli plan, kesit ve görünüşü



Şekil 3. 17: B4 modeli plan, kesit ve görünüşü

### 3.2 Bilgisayar Ortamında Modelin Oluşturulması

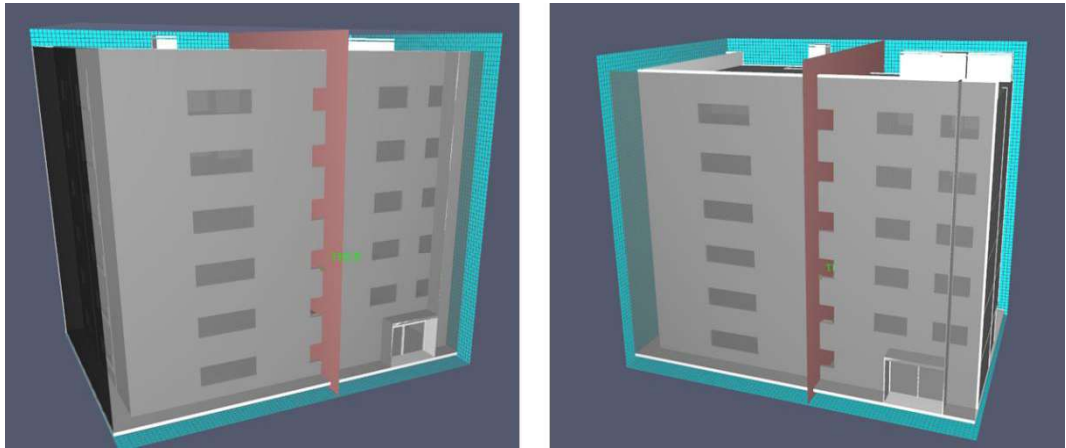
Yangın sonucu ortaya çıkan alev ve dumanın açık planlı ve bölme duvarlı plan tipine sahip yapıda kullanılan çift kabuk türüne bağlı olarak gösterdiği yayılımlar incelenmiştir.



Pyrosim programı üzerinden bilgisayar ortamında oluşturulan alan 22,77 m x 15,29 m x 18 m. olarak atanmıştır. Her bir hücrenin programa girdisi 0,25 m. x 0,25 m. x 0,25 m. ebatlarında olacak şekilde yapılmıştır. Simülasyonun genel parametreleri Tablo 4.1’de tanımlanmıştır. Yangın senaryosu zemin kat üzerine 5 kat olmak üzere toplam 6 katlı bina olarak modellenmiştir. Modellenen binanın her katında yer alan 4 daireden sadece 1’i baz alınarak simülasyon yapılmıştır. Her bir kat 3 m. yüksekliğindedir ve her kat 20 cm.’lik tutuşmaz malzeme özelliğindeki döşemeler ile birbirinden ayrılmıştır. Senaryolarda yangın yükü yoğunluğu 500 MJ/m2 olarak atanmıştır. İlk tutuşma oda içerisindeki masanın yanmaya başlamasıyla gerçekleşmiştir ve açığa çıkan ısı oranı (HRR) 1000 kW olarak atanmıştır.

### 3.2.1 A Tipi Senaryoların Bilgisayar Modellemesi

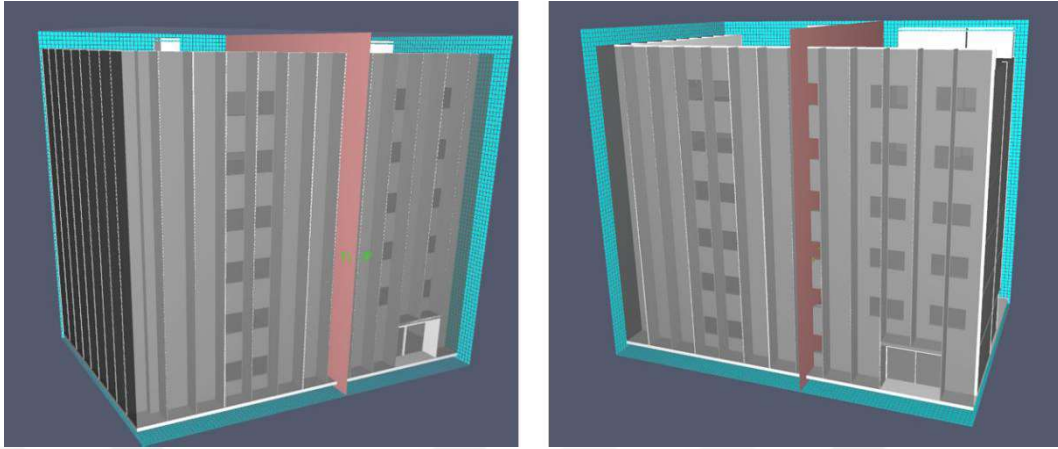
A1 Senaryosu: 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için A1 senaryosu Şekil 3.18’ de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden cephe boyunca tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına da ölçüm amaçlı 1 adet ısı çift (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 18: A1 Modeli

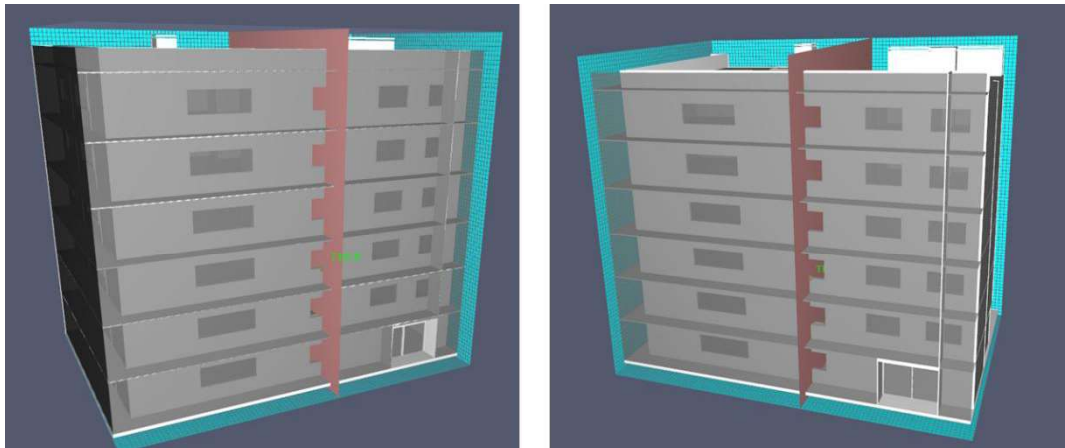
A2 Senaryosu: 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için A2 senaryosu Şekil 3.19’ da görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden şaft tipinde

nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına da ölçüm amaçlı 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 19: A2 Modeli

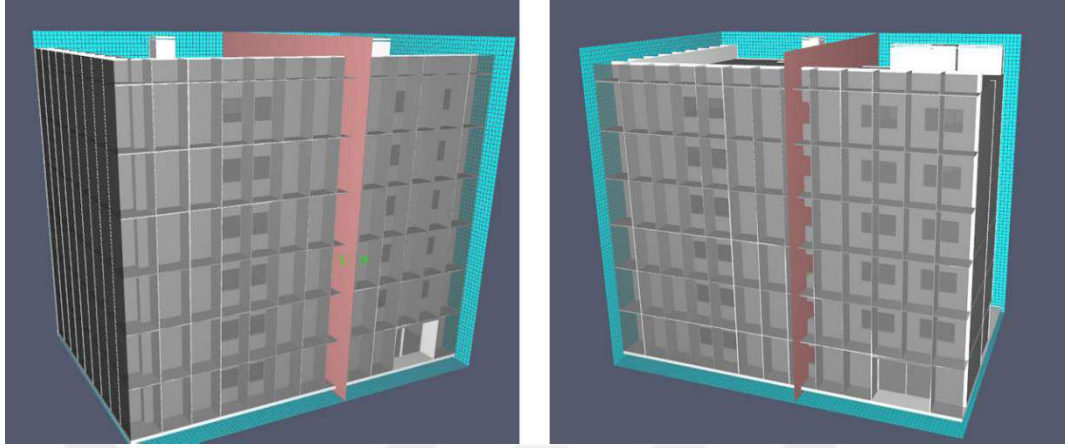
A3 Senaryosu; 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için A3 senaryosu Şekil 3.20' de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden koridor tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 20: A3 Modeli

A4 Senaryosu; 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için A4 senaryosu Şekil 3.21' de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın

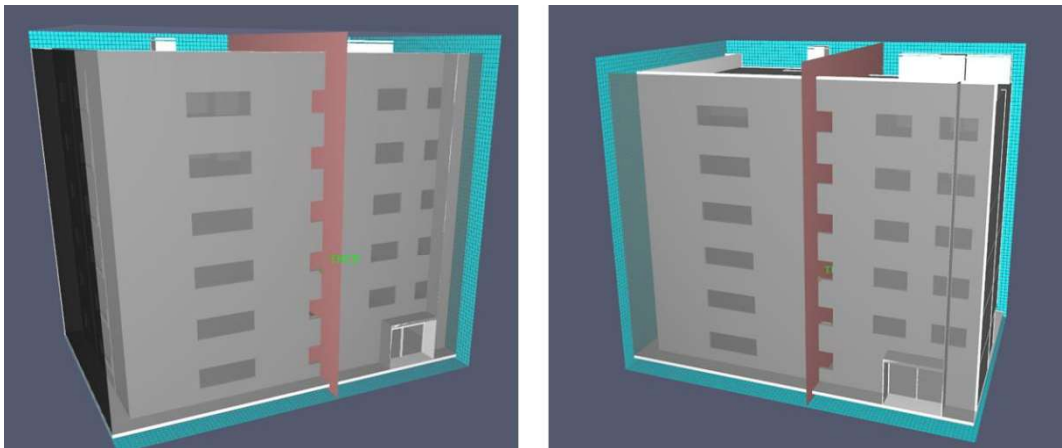
hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden kutu tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına 1 adet ısı çift (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 21: A4 Modeli

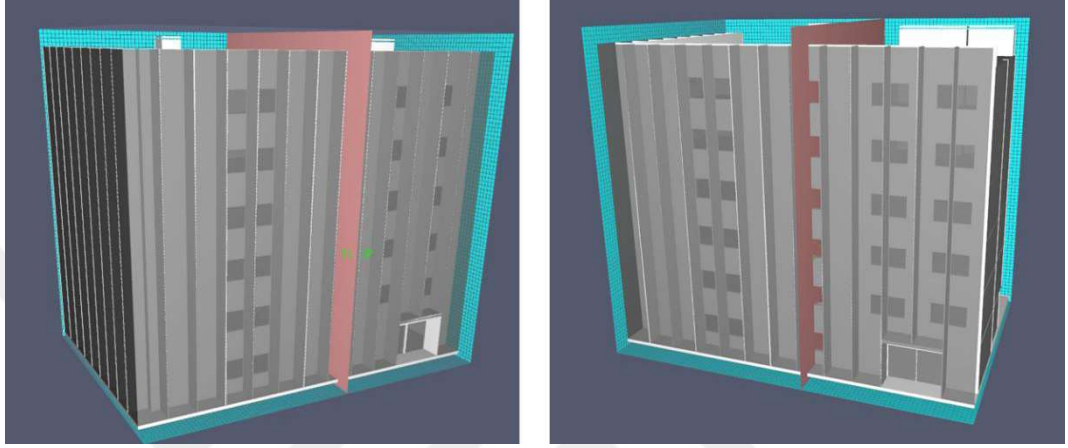
### 3.2.2 B Tipi Senaryoların Bilgisayar Modellemesi

B1 Senaryosu; 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için B1 senaryosu Şekil 3.22’ de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden cephe boyunca tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına da ölçüm amaçlı 1 adet ısı çift (thermocouple) yerleştirilmiştir.



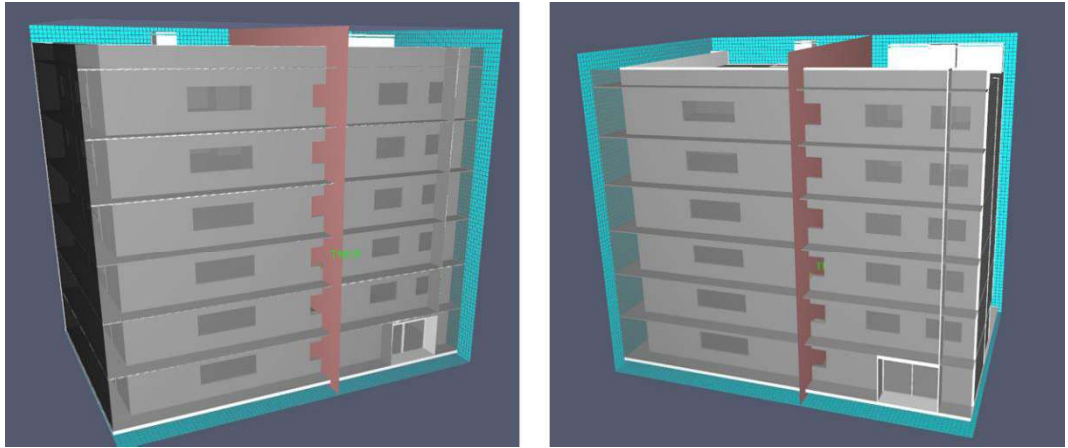
Şekil 3. 22: B1 Modeli

**B2 Senaryosu:** 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için B2 senaryosu Şekil 3.23’ de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden şaft tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına da ölçüm amaçlı 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



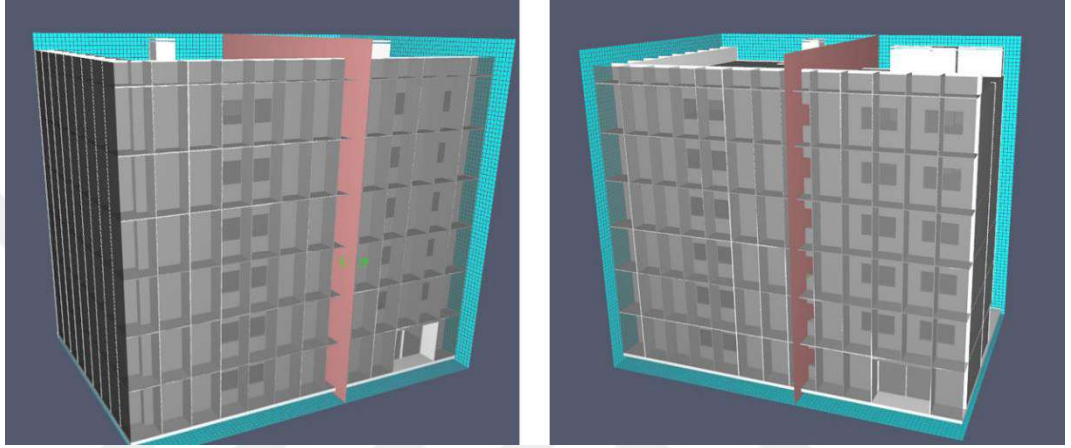
Şekil 3. 23: B2 Modeli

**B3 Senaryosu:** 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için B3 senaryosu Şekil 3.24’ de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden koridor tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 24: B3 Modeli

B4 Senaryosu; 100 saniyelik simülasyon hesaplaması için B4 senaryosu Şekil 3.25’ de görülen şekilde modellenmiştir, bu modelde 497.904 adet hücre kullanılmıştır. Yangın sonucu ortaya çıkan alevden kaynaklı sıcaklığın ve dumanın hareketinin açık plana sahip bir yapının çift katmanlı cephe türlerinden kutu tipinde nasıl bir hareket izlediğini ölçmek üzere x yönünde dilim (slice) ve 2. kat penceresinin altına 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



Şekil 3. 25: B4 Modeli

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. BULGULAR VE HİPOTEZİN SINANMASI

Açık planlı ve bölme duvarlı plan tipine sahip çift katmanlı cephenin hava koridorunun bölünme şekline göre sınıflandırıldığı; kutu, şaft, cephe boyunca ve koridor tipinin kullanılması ile tasarlanan yapılarda, yangın anında ortaya çıkan alev ve duman yayılımı pyrosim programı üzerinden hazırlanan 100 saniyelik 8 senaryo üzerinden incelenmiştir. Simülasyonlar sonucunda ortaya çıkan HRR ve sıcaklık değerleri her 100 saniyelik simülasyon için 1001 adet veri olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu verilerden A1 senaryosunun sonuçları EK-2’de tablo halinde sunulmuştur.

Pyrosim programında yapılan simülasyonlar sonucunda duman ve sıcaklık değerlerinin zamana göre grafiksel değişimi “analysis” başlığının altında bulunan “plot time history result” bölümünden görülmüştür.

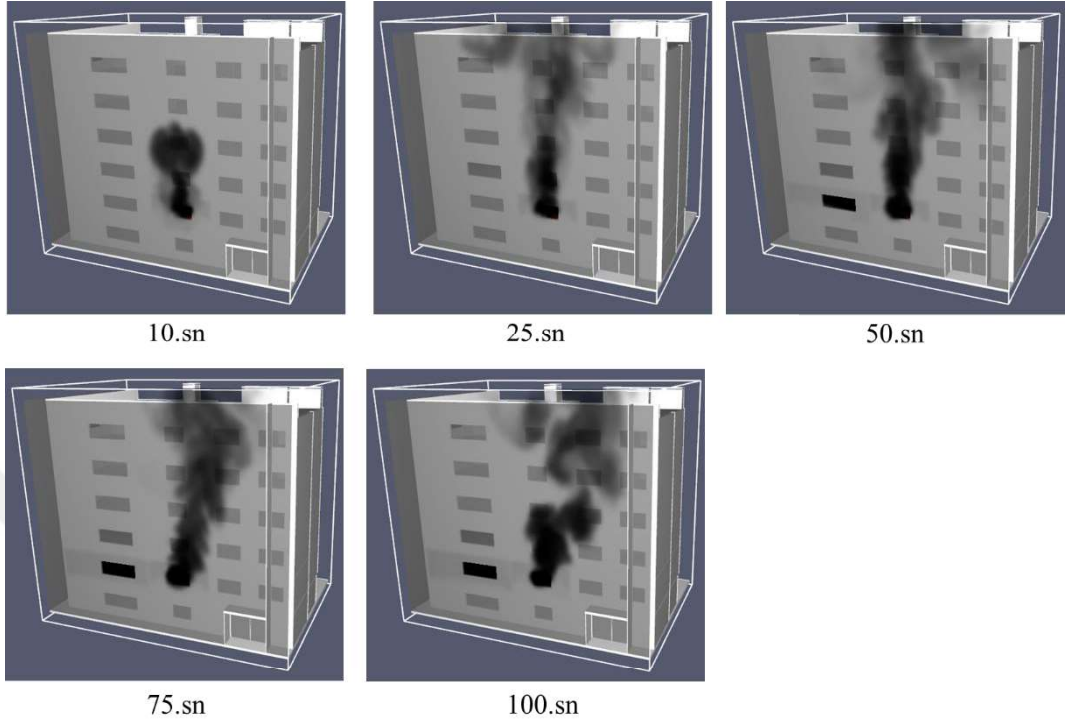
Pyrosim programında yapılan simülasyonlar sonucunda duman ve sıcaklık değerlerinin zamana göre görsel değişim sonuçları da elde edilmiştir. Duman yayılımı smv uzantılı dosyanın içerisinde yer alan “3d smoke” bölümünden, sıcaklık değişimi ise “2d slice” bölümünden görülmüştür.

Açık plan ve bölme duvarlı plan tipine sahip yapılar kullanılarak elde edilen sonuçlar; ilk olarak aynı tipte yapıların duman, sıcaklık ve HRR değeri bakımından kendi içerisinde, daha sonra tüm cephe tipleri ve plan tipleri bir araya getirilerek hem plan tipi hem de cephe tipinin gösterdiği farklılıklar baz alınarak incelenmiştir. Bu bağlamda yapılan değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

#### A1 Senaryosu;

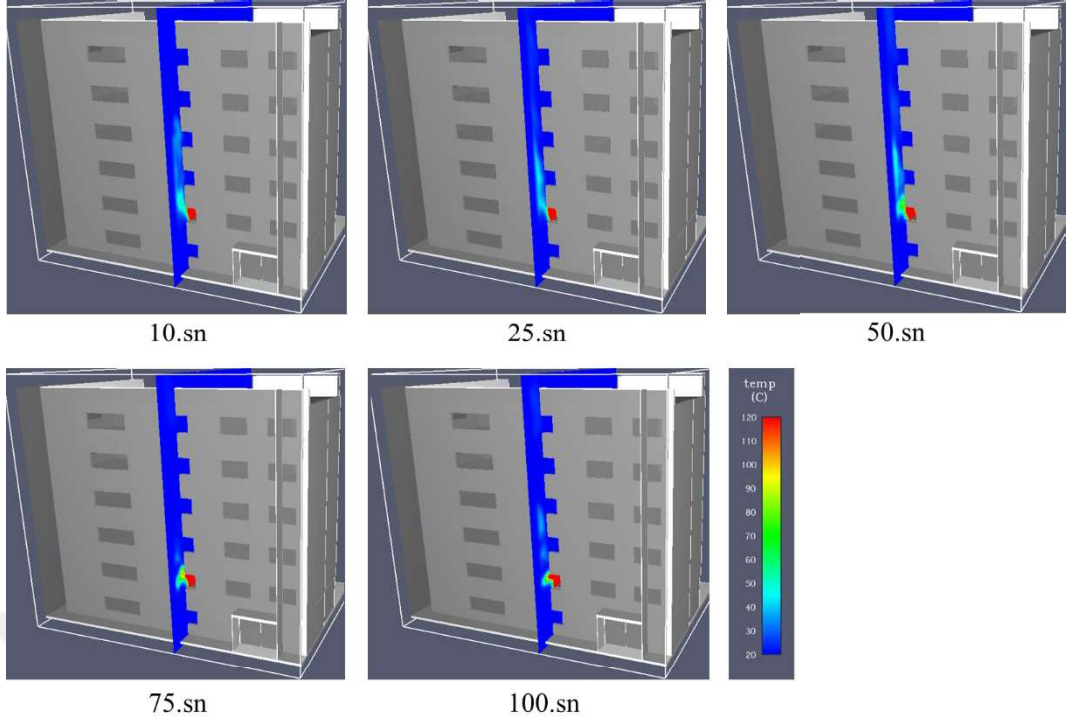
A1 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.1’de görülmektedir. 10. saniyede duman cephe yüzeyinde ikinci kat seviyesine ulaşmış olarak görülmektedir. 25. saniyede dumanlar ikinci kat penceresinde de yoğun bir biçimde görülmektedir. Duman bu saniyede aynı hizadaki diğer pencerelerde de

kendini göstermiştir. 50. saniye sonrasında yangının ortaya çıktığı dairede bulunan diğer odalarda ve cephe üzerinde yayılımına devam ettiği gözlemlenmiştir.



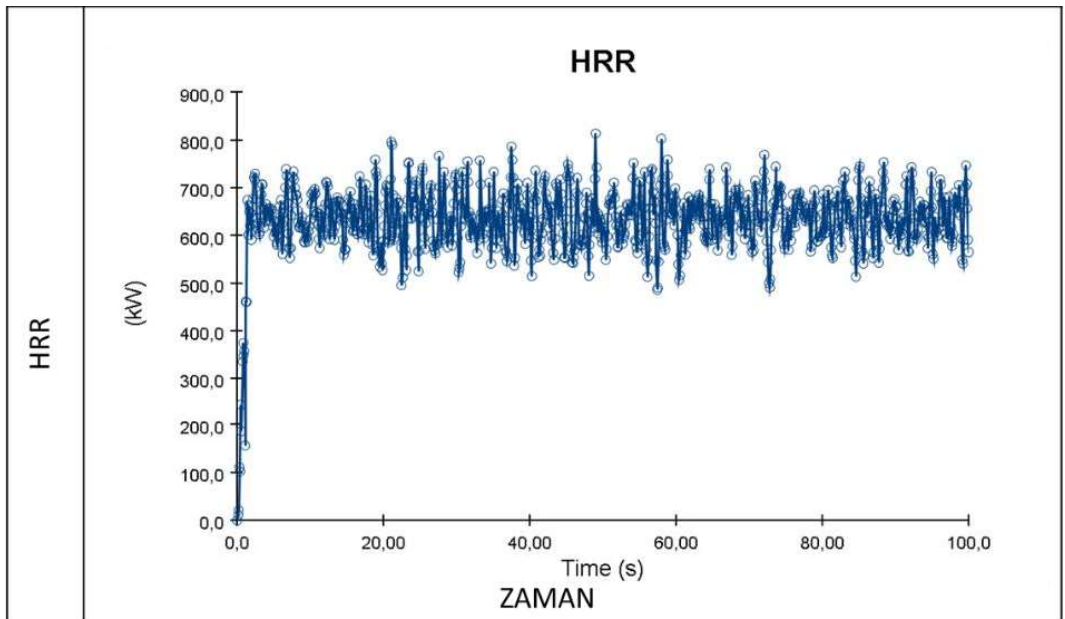
Şekil 5.1: A1 senaryosu duman yayılımı

A1 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.2’de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiştir.

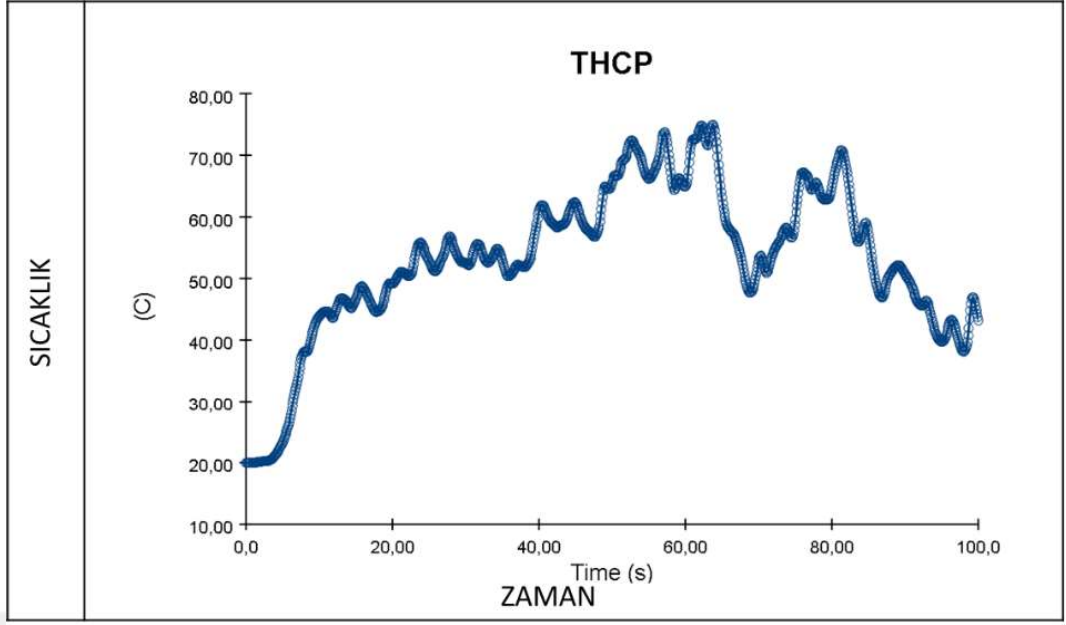


Şekil 5.2: A1 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısılı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 75°C olarak yaklaşık 63. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A1 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 820 kW olarak yaklaşık 55.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



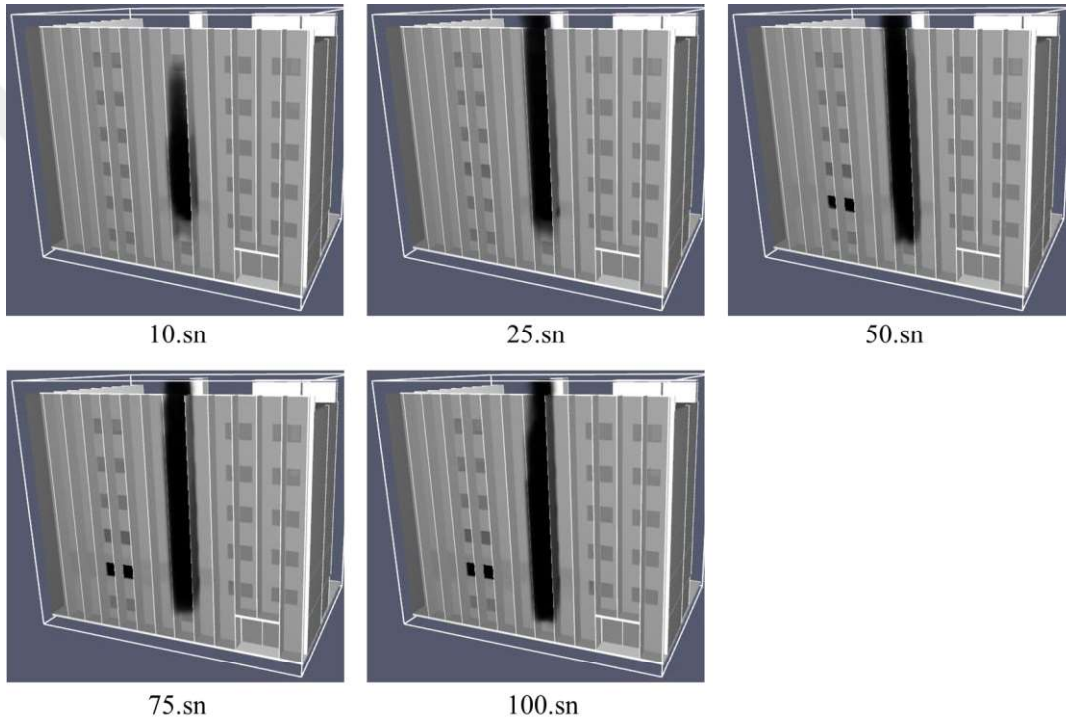




Şekil 5.3: A1 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

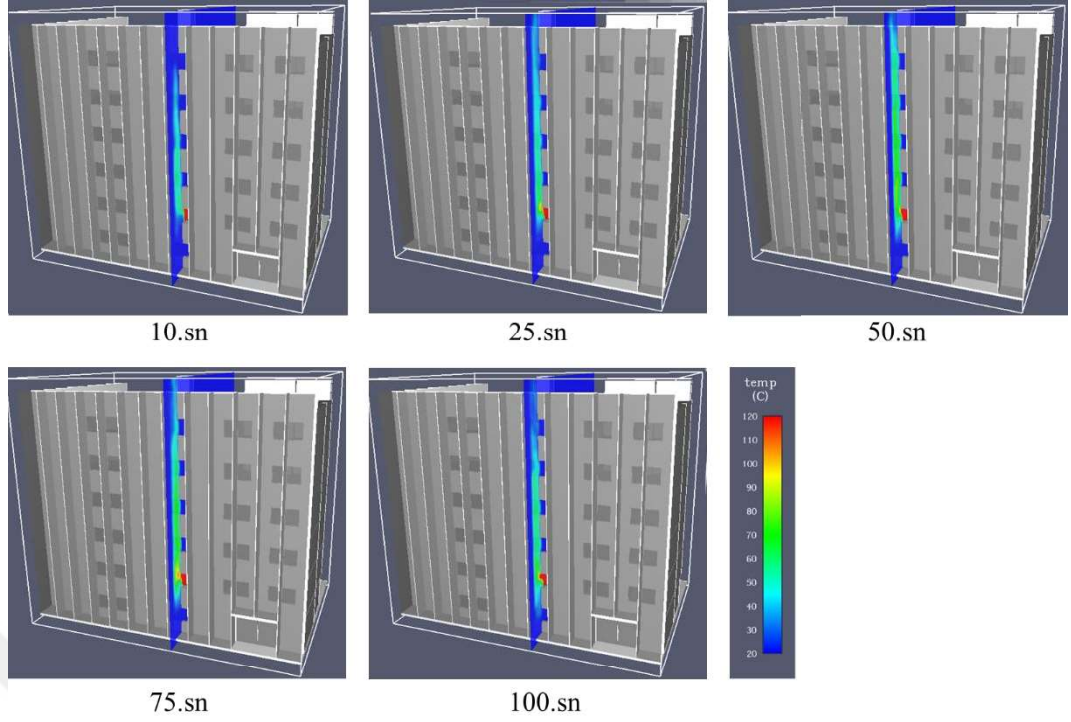
## A2 Senaryosu:

A2 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.4'te görülmektedir. 10. saniyede dumanın cephe yüzeyinde 1.kat seviyesinden 4. kat seviyesine kadar gelmiş olduğu görülmektedir. 25. saniyede dumanların 1.kat seviyesinden 5.kat seviyesine kadar ilerlediği görülmüştür. 50. saniye sonrasında dumanın yangının çıktığı dairede bulunan diğer odalara da yayıldığı ve cephede zemin kat da dahil olmak üzere yayılımına devam ettiği gözlemlenmiştir.



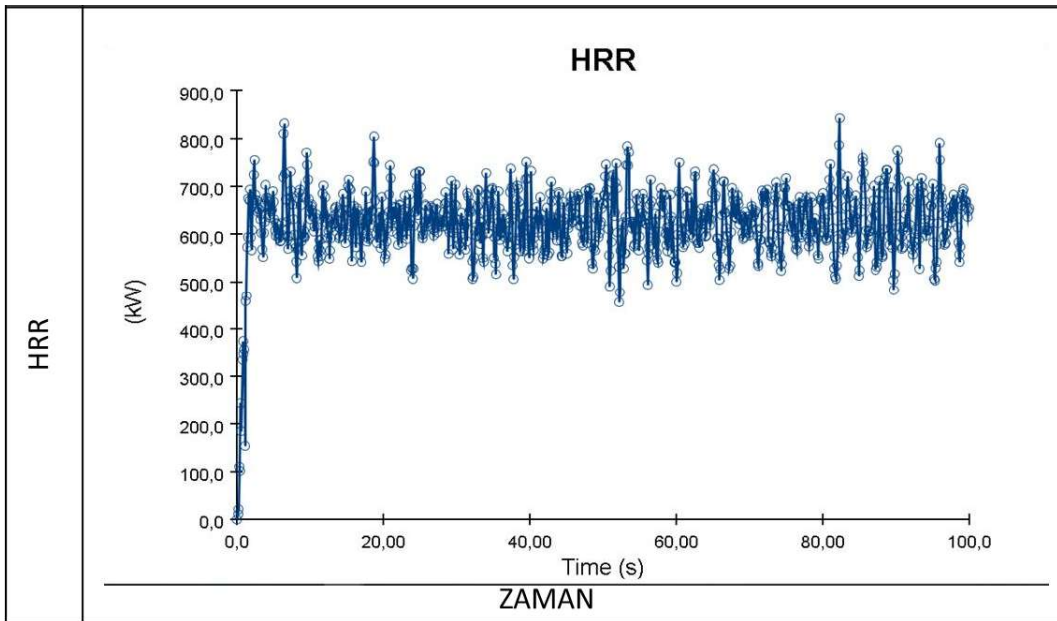
Şekil 5.4: A2 senaryosu duman yayılımı

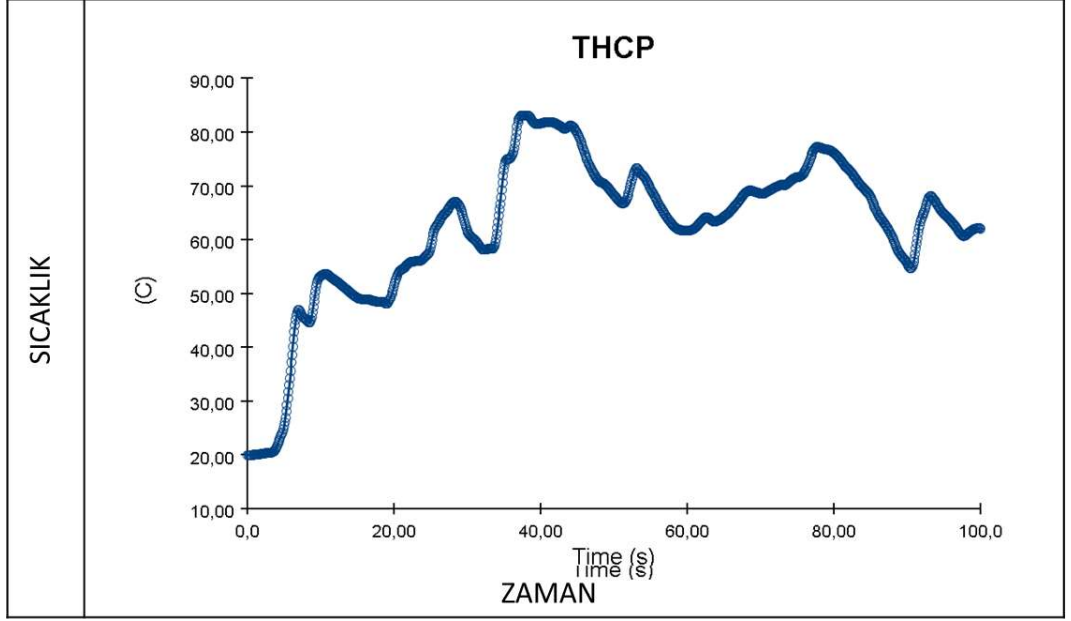
A2 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.5'te görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. Saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiş ve 5. Kat seviyesine kadar ilerlemiştir. 75. saniye sonrasında alevlerin zemin kat yönüne doğru da etkisini gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.5: A2 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısıl çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 85°C olarak yaklaşık 40. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A2 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 840 kW olarak yaklaşık 82.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

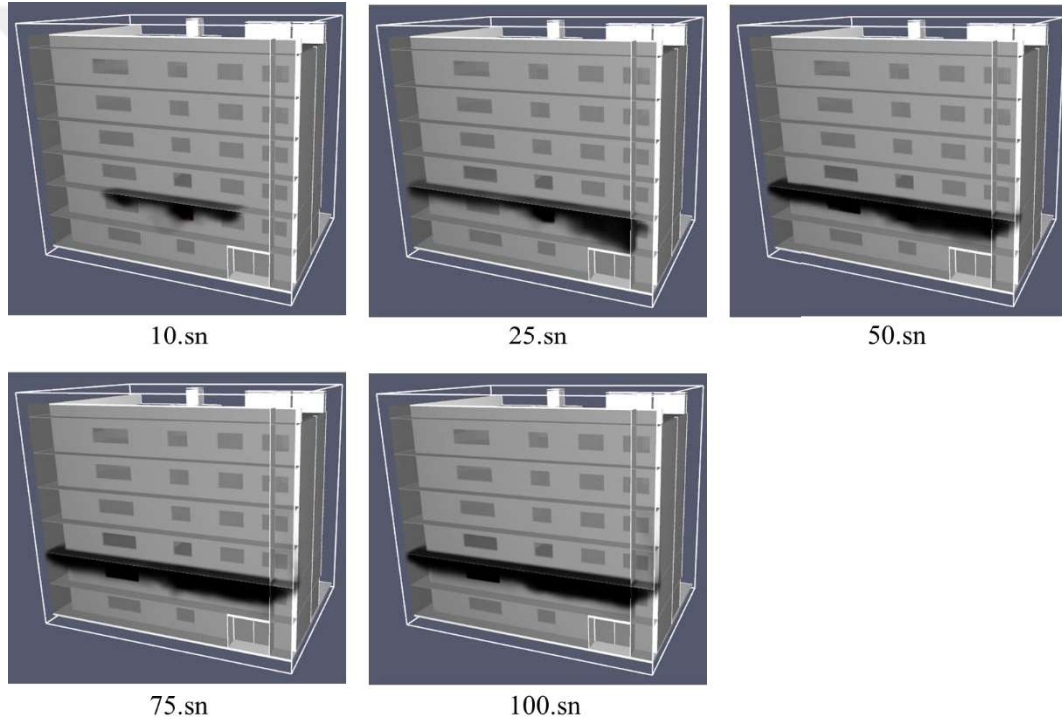




Şekil 5.6: A2 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

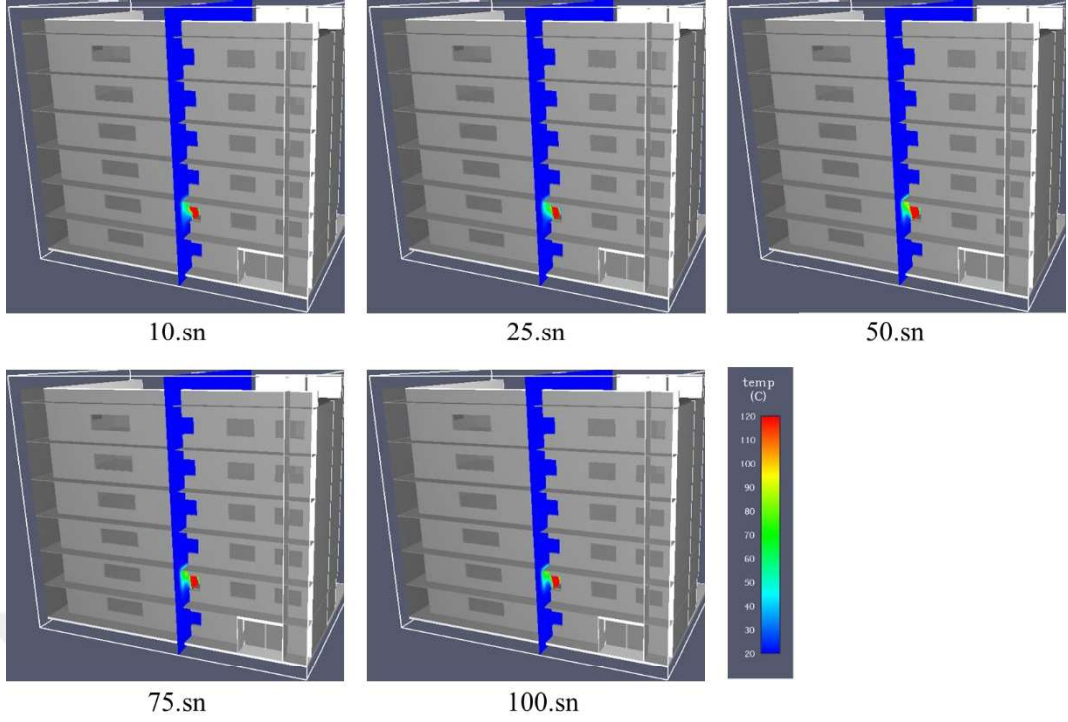
### A3 Senaryosu:

A3 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.7'de görülmektedir. 10. saniyede dumanın cephe tipinden kaynaklı olarak yatay ilerlediği ve cephe yüzeyinde 1.kat seviyesinde yangının ortaya çıktığı odanın iki yanında bulunan odalara geldiği görülmüştür. 25. saniyede dumanların bulunduğu kat boyunca ilerlediği görülmüştür ayrıca bu saniyede dumanın sadece cephede değil yangının çıktığı dairede bulunan diğer odalara da yayıldığı gözlemlenmiştir. Simülasyonun devamında dumanların kat boyunca ilerlediği görülmüştür.



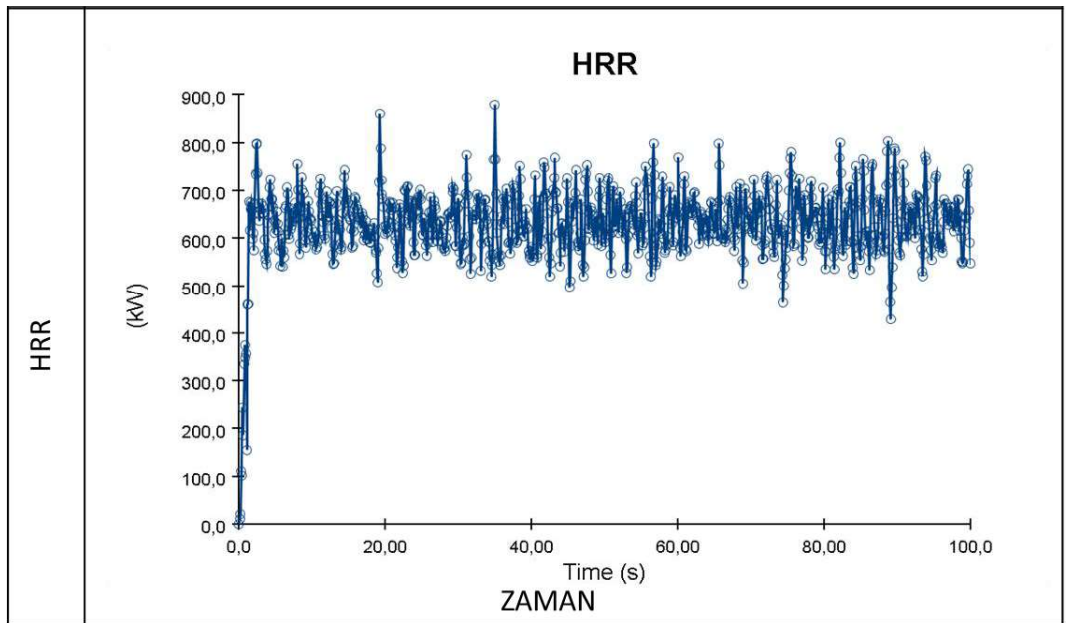
Şekil 5.7: A3 senaryosu duman yayılımı

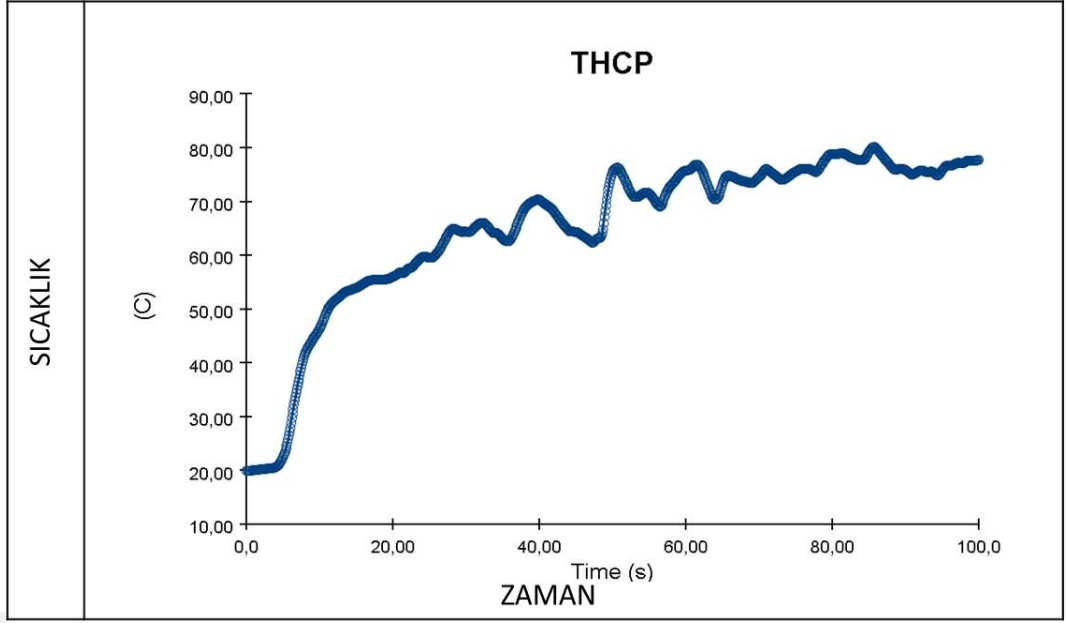
A3 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.8'de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiştir ve alevlerin yangının ortaya çıktığı kat üzerinde etkisini gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.8: A3 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri  $80^{\circ}\text{C}$  olarak yaklaşık 90. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A3 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 880 kW olarak yaklaşık 35.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

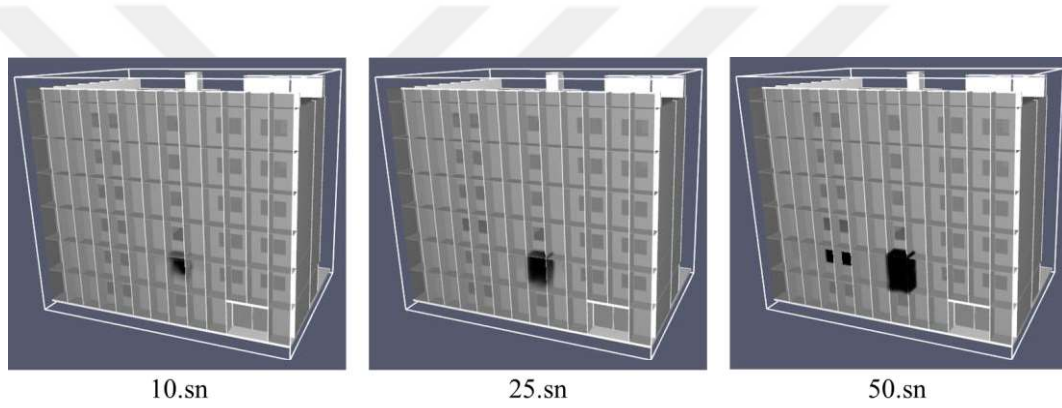




Şekil 5.9: A3 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

#### A4 Senaryosu:

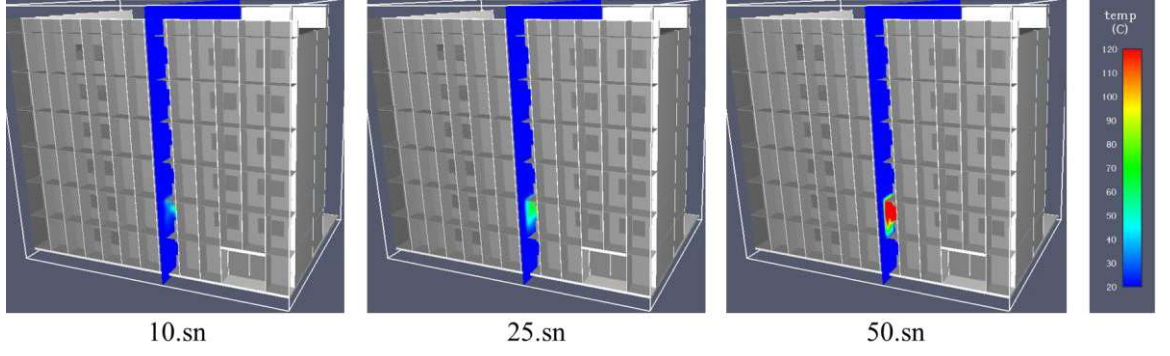
A4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25. ve 50. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.10'da görülmektedir. Kutu tipi cephe olması ve cephenin havalandırmasının olmamasından dolayı simülasyon süresi hedeflenen süre boyunca devam edememiştir. 10. saniyede dumanın yangının ortaya çıktığı odadan cepheye doğru ilerlemiş olduğu görülmüştür. 25. saniyede dumanların iki cephe arasında kalan kutu içerisine yayıldığı ve geçirimsiz ara bölmelerden dolayı yan mekânlara ilerleyemediği görülmüştür. 50. Saniyede yangının ortaya çıktığı dairenin diğer odalarında ve yangının ortaya çıktığı odanın cepheleri arasında bulunan boşluğu tamamen duman ile dolduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.10: A4 senaryosu duman yayılımı

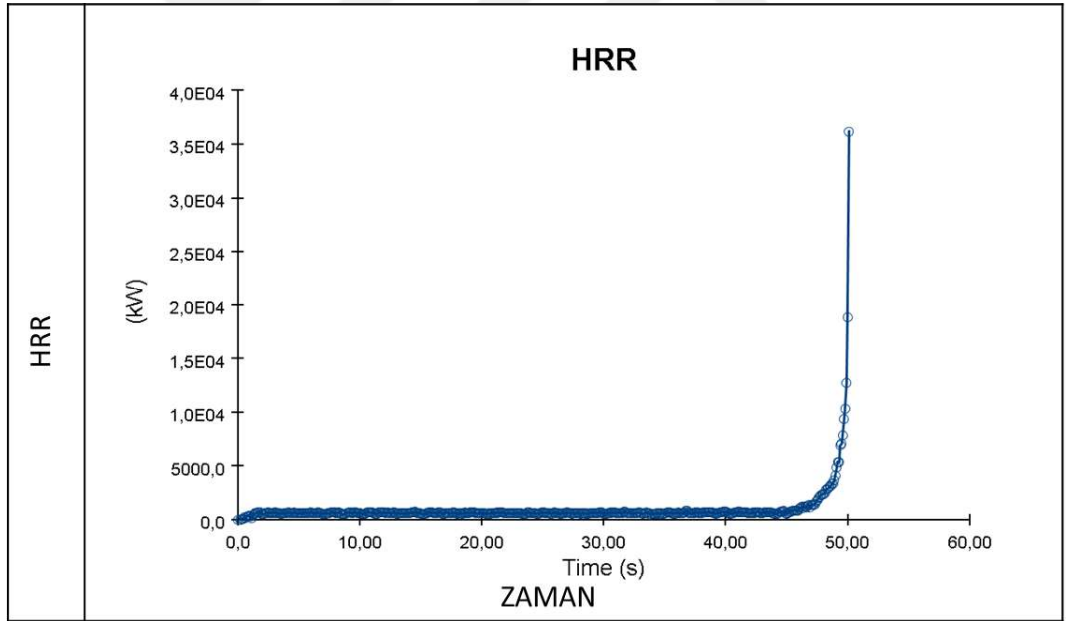
A4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25. ve 50. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.11'de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiştir ve alevler yangının ortaya çıktığı odada bulunan cephe boşluğunda yayılmıştır.

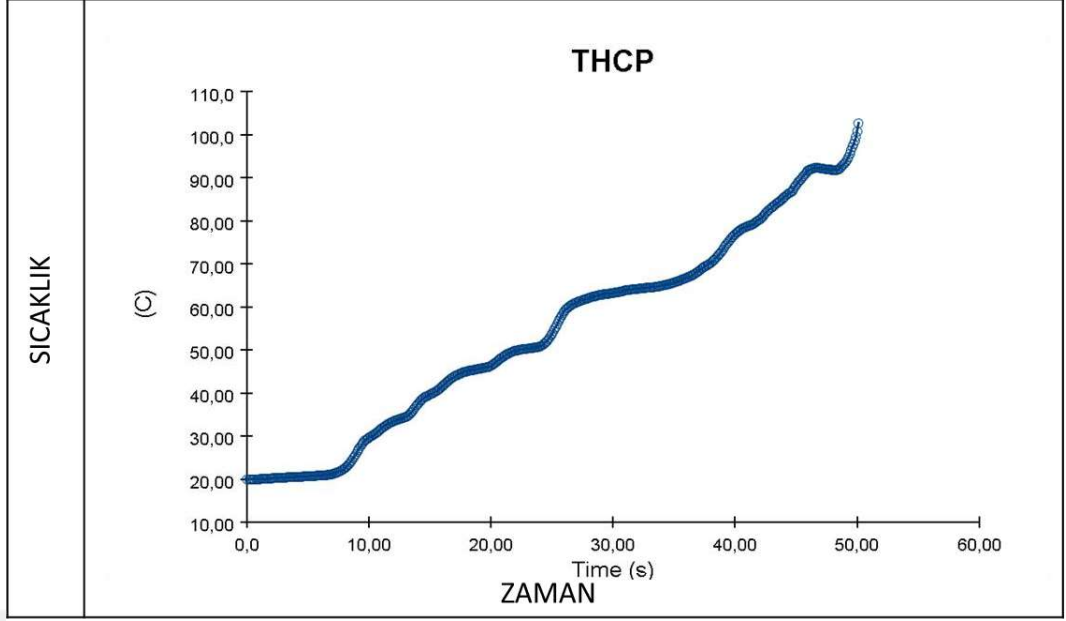




Şekil 5.11: A4 senaryosu sıcaklık yayılımı

50 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 102°C olarak yaklaşık 50. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 50 saniyelik simülasyon süresince A4 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 36000 kW olarak yaklaşık 49.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.12’de gösterilmiştir.





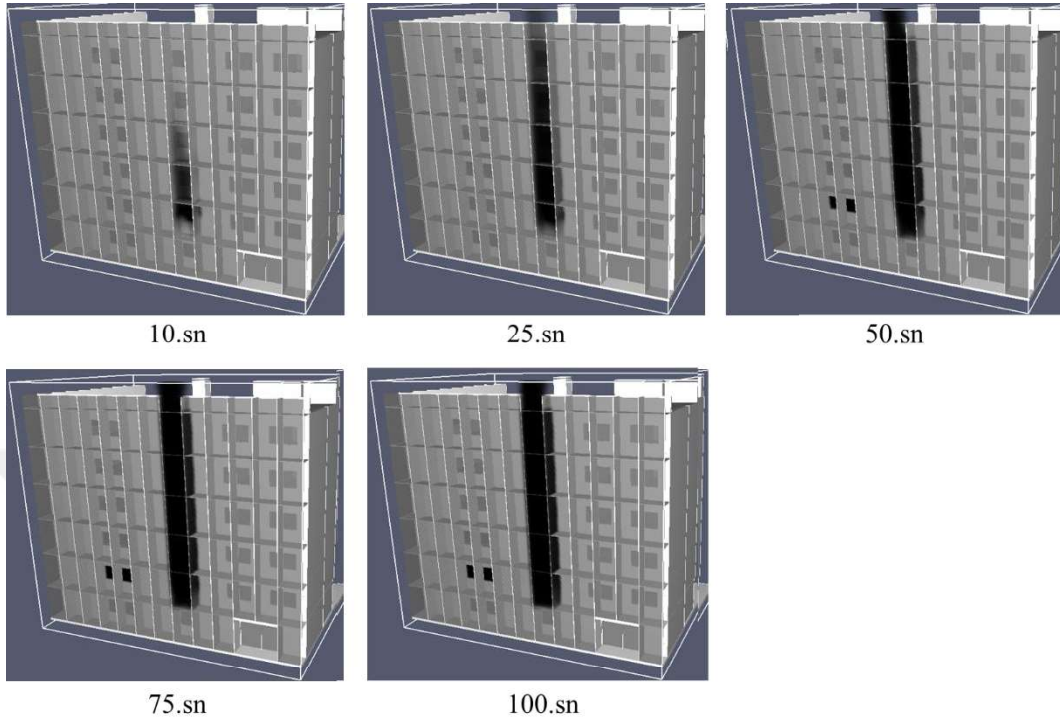
Şekil 5.12: A4 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

#### A4' Senaryosu;

A4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını, yangın anında ortaya çıkan duman ve alevin cepheler arası kutuda sıkışması nedeniyle hedeflenen 100 saniyelik simülasyon sürecini tamamlayamamıştır ve simülasyon 50. saniyede son bulmuştur. Elde edilen simülasyonlarda hareket alanı kısıtlanan alev ve duman yayılımı HRR değerinin normal değerlerin üstünde çıkmasına neden olmuştur. Oluşan bu durum bina statiği ve yangın anında içeride bulunabilecek canlıların sağlığı konusunda risk oluşturmuştur. Bu nedenle alev ve dumanın kontrolünün sağlanabilmesi açısından A4' senaryo tasarlanmıştır. A4' senaryoda tasarım yangının ortaya çıktığı odanın penceresinin hizasında bulunan tüm pencerelerin bulunduğu alanda 20\*20 cm ölçülerinde 3 adet menfez görevi görececek açıklıklar yapılmıştır.

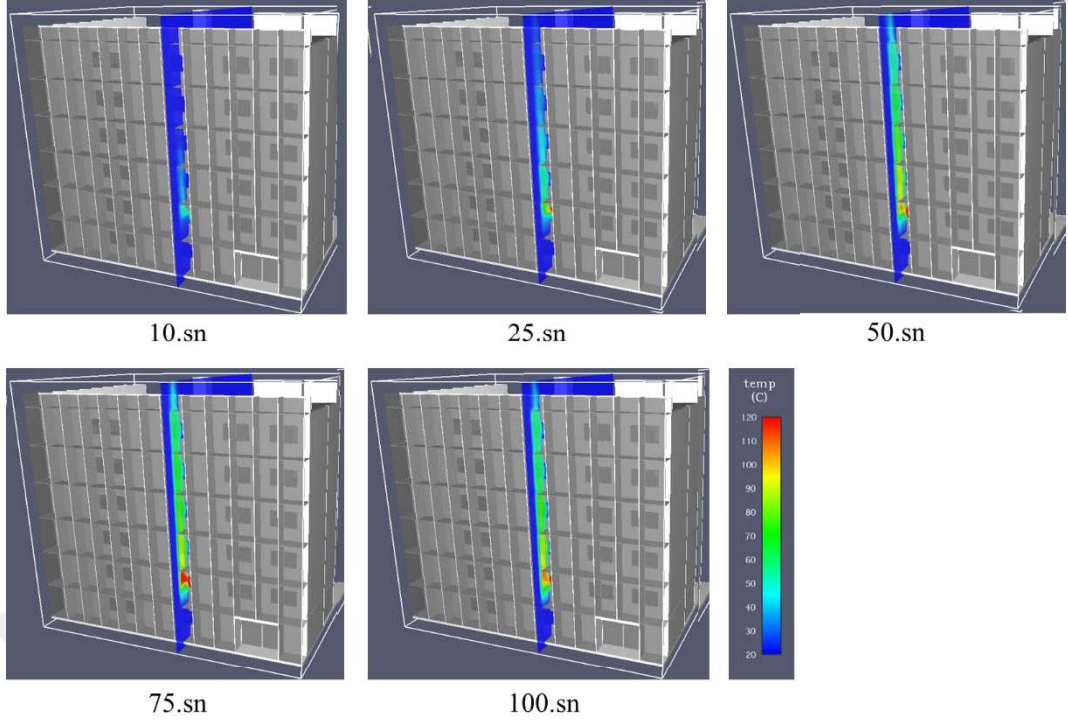
A4' senaryosunda oluşturulan tasarım yangınının simülasyonu sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.13' de görülmektedir. 10. saniyede dumanın cephe yüzeyinde 1.kat seviyesinden çıkıp 2. kat seviyesine kadar gelmiş olduğu görülmektedir. 25. saniyede dumanların 1.kat seviyesinden 4.kat seviyesine kadar ilerlediği belirlenmiştir. 50. saniye sonrasında dumanın yangının çıktığı dairede bulunan diğer odalara da yayıldığı

ve cephe üzerinde de zemin kat da dahil olmak üzere yayılımına devam ettiği gözlemlenmiştir.



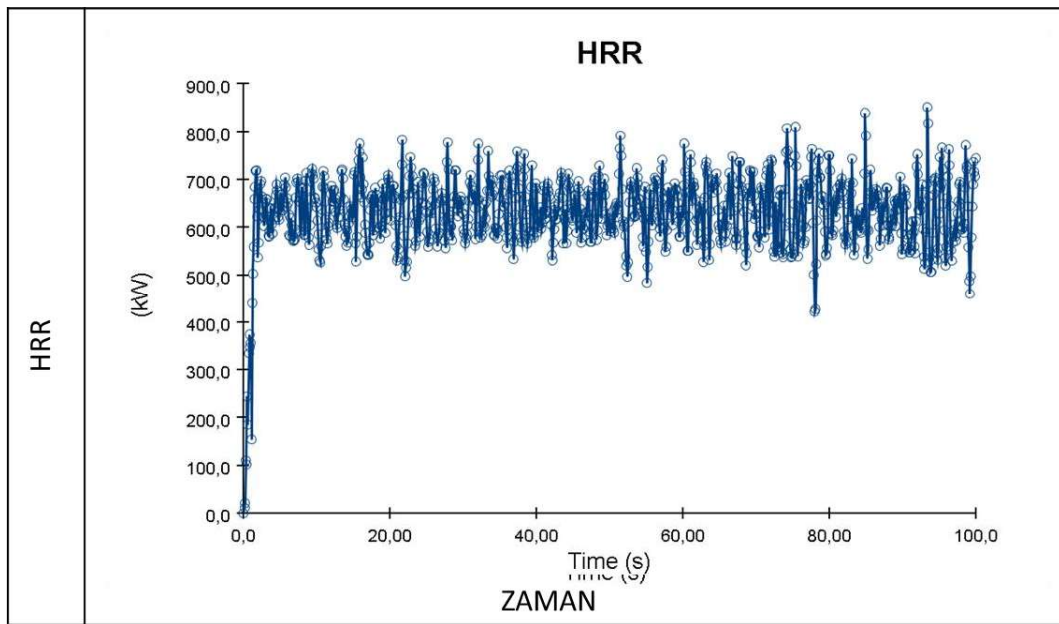
Şekil 5.13: A4' senaryosu duman yayılımı

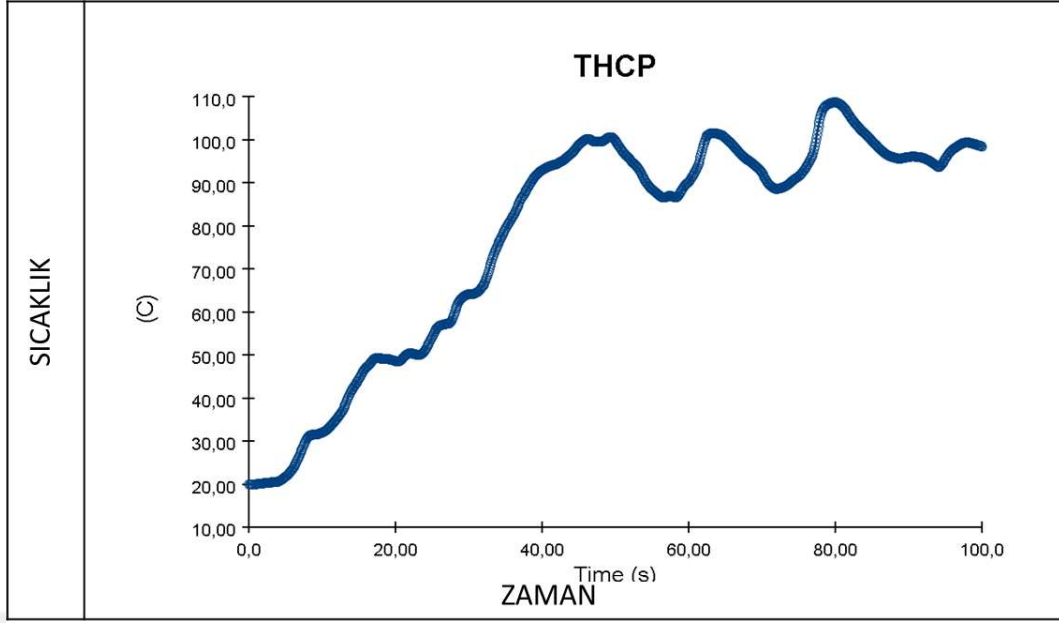
A4' senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.14' de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiş 2. kat seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 5 14: A4' senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri  $108^{\circ}\text{C}$  olarak yaklaşık 80. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A4' senaryosundaki en yüksek HRR değeri 851 kW olarak yaklaşık 93. saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.15' de gösterilmiştir.

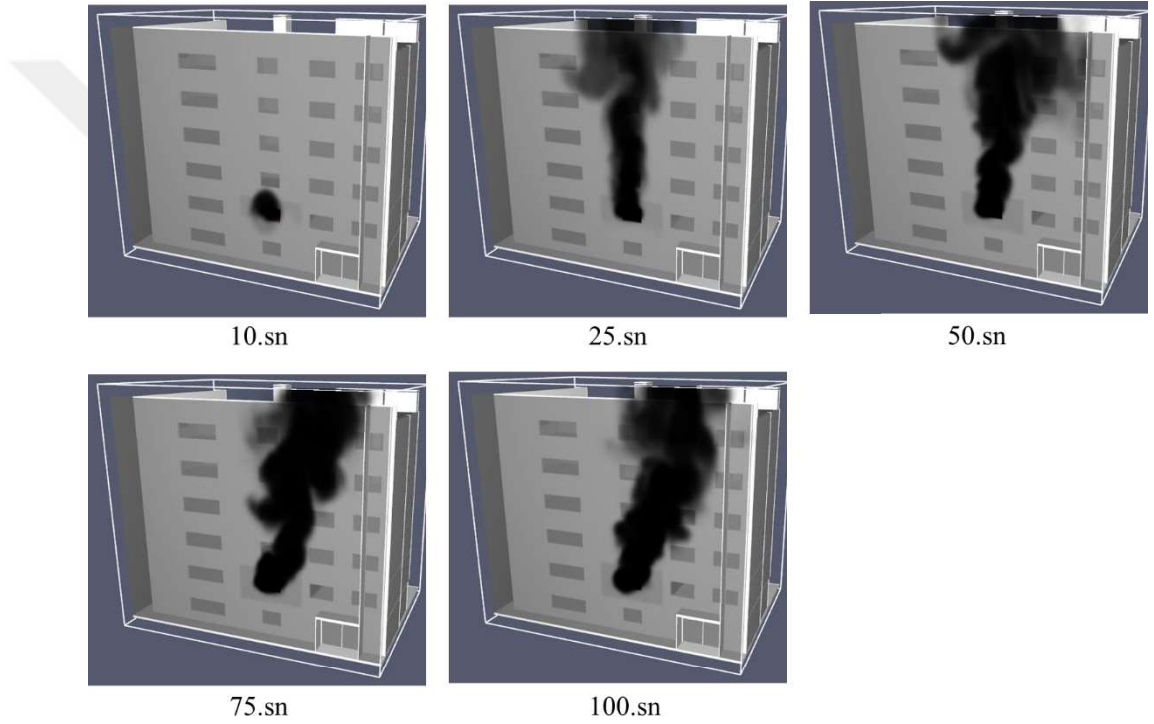




Şekil 5.15: A4' simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

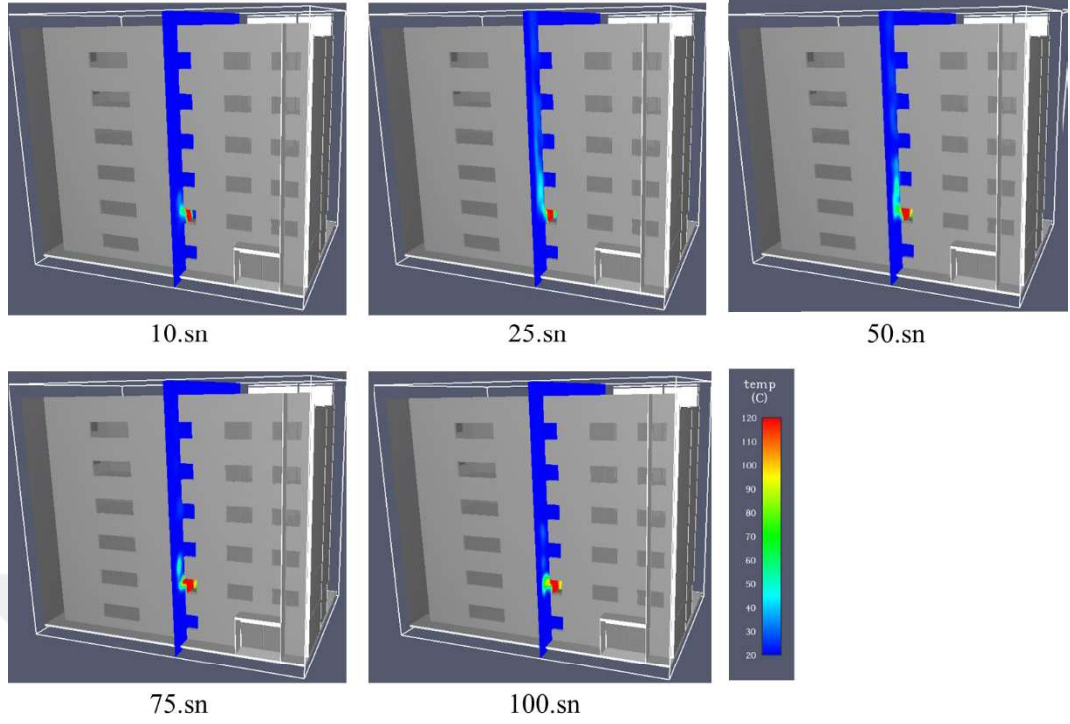
### B1 Senaryosu:

B1 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.16’ da görülmektedir. 10. saniyede duman cephe yüzeyine çıkmış ve ikinci katın penceresinin alt seviyesine ulaşmış olarak görülmektedir. 25. saniyede dumanlar ikinci kat penceresinde de yoğun bir biçimde görülmesinin yanı sıra aynı hizadaki diğer pencerelerde de kendini göstermektedir. 50. saniye sonrasında yangının ortaya çıktığı pencere hizası haricinde diğer katların pencerelerine doğru da gittiği görülmüştür.



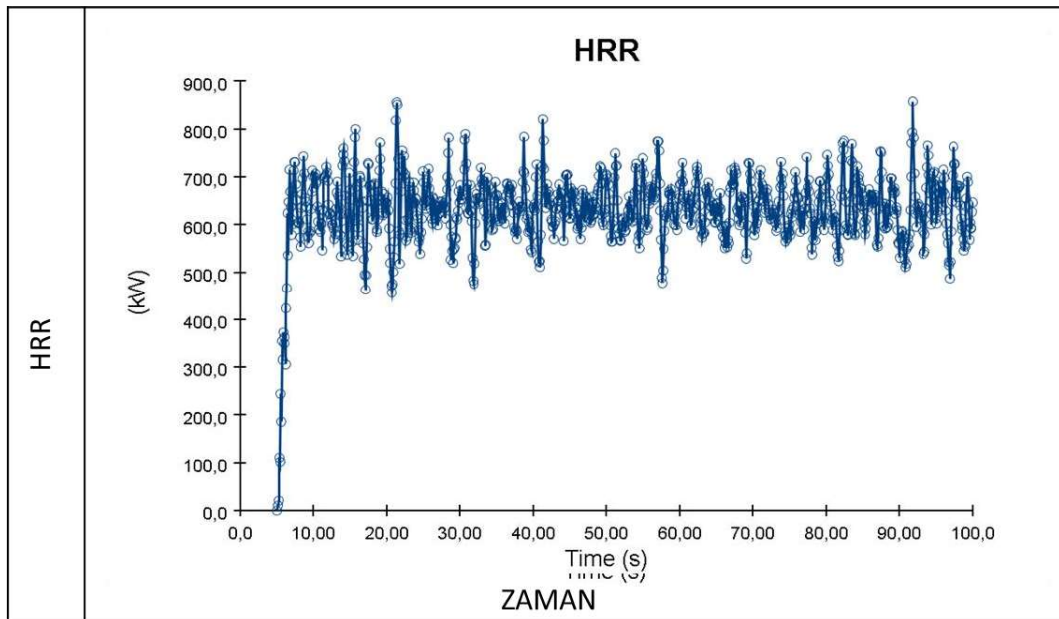
Şekil 5.16: B1 senaryosu duman yayılımı

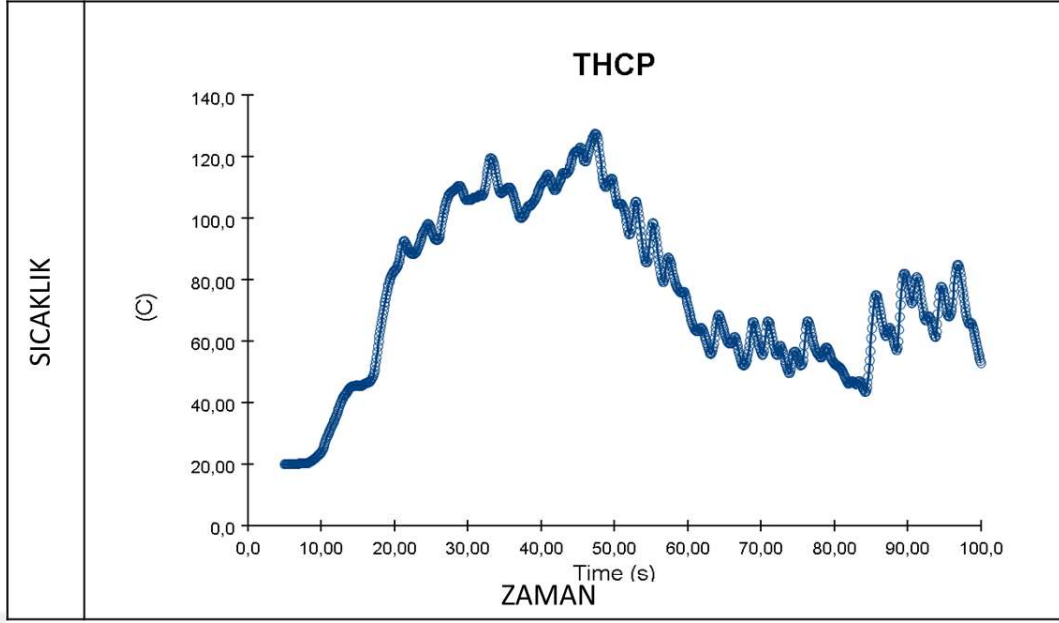
B1 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.17’ de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. Saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiştir.



Şekil 5.17: B1 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısıl çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 127°C olarak yaklaşık 47. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon boyunca B1 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 957 kW olarak yaklaşık 91. saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.18’ de gösterilmiştir.



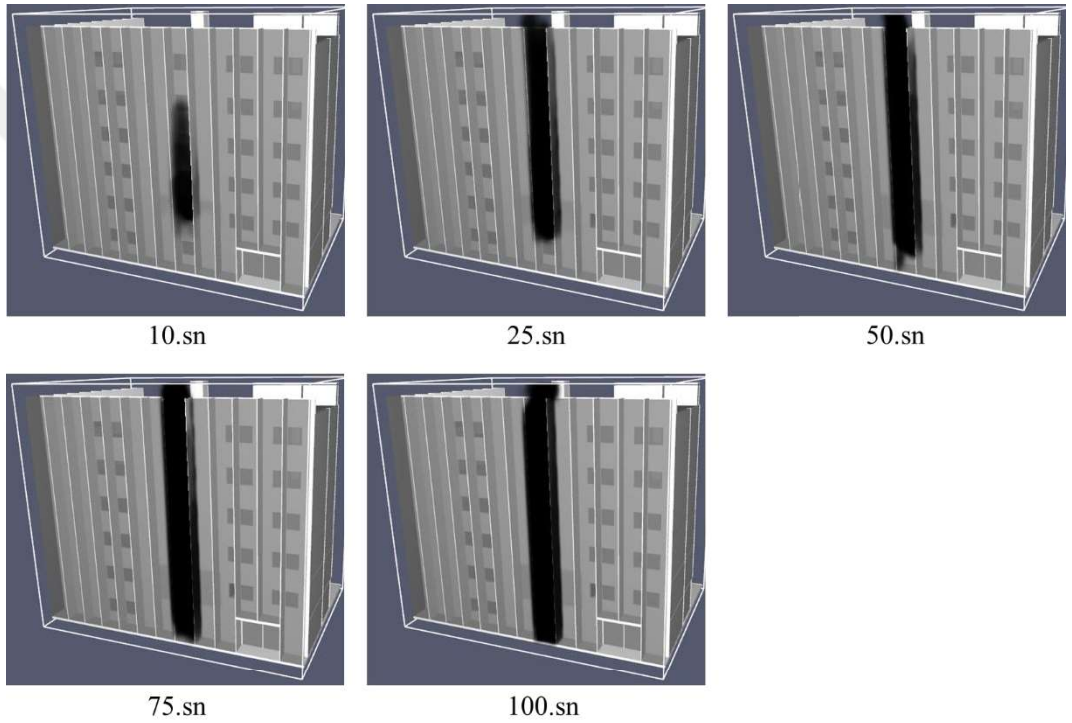


Şekil 5.18: B1 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği



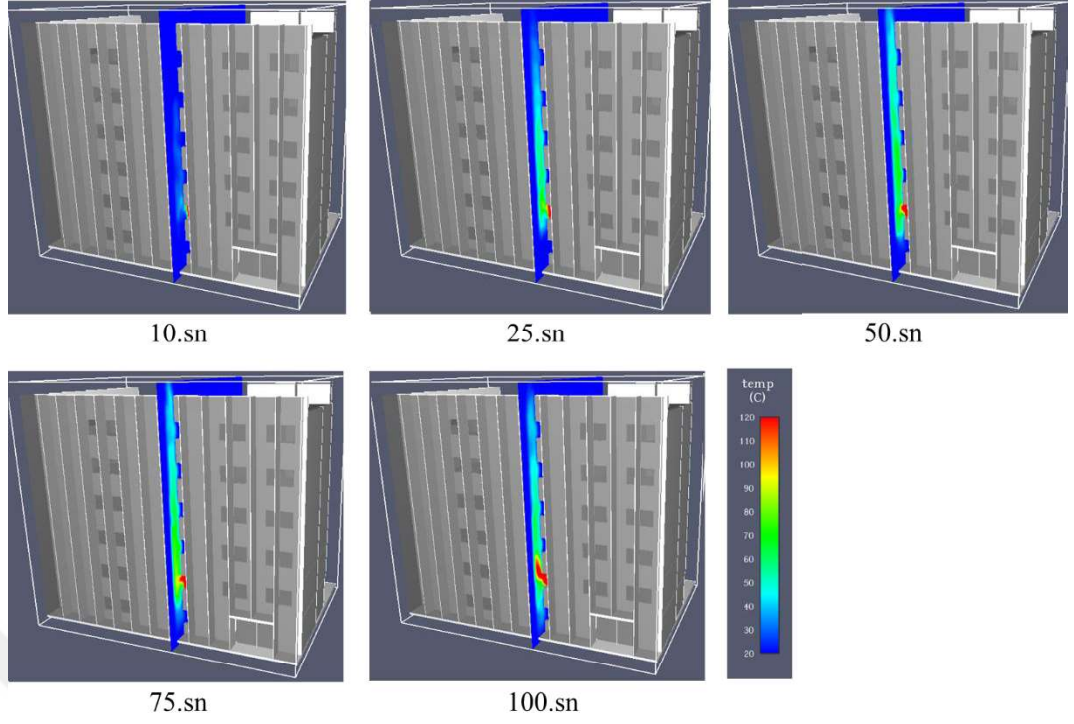
## B2 Senaryosu:

B2 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.19'da görülmektedir. 10. saniyede duman hareketinin cephe yüzeyinin 1.kat seviyesinden 4. kat seviyesine kadar gelmiş olduğu görülmektedir. 25. saniyede dumanların 1.kat seviyesinden 5.kat seviyesine kadar ilerlediği belirlenmiştir. 50. saniye sonrasında dumanın, yangının cepheye çıktığı camının hizasındaki diğer katlara kadar yayıldığı gözlemlenmiştir.



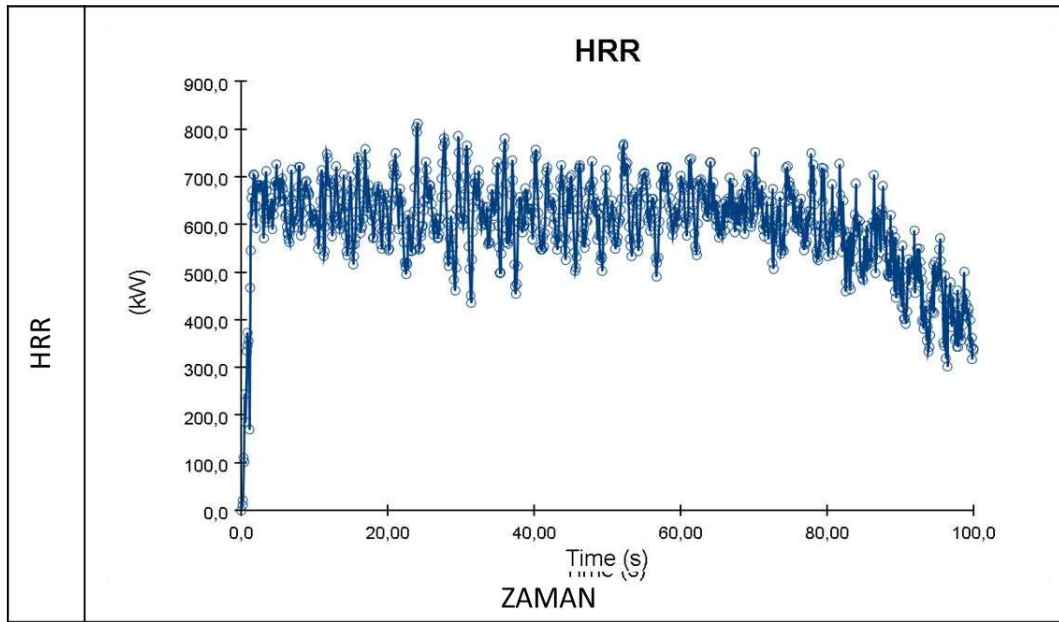
Şekil 5.19: B2 senaryosu duman yayılımı

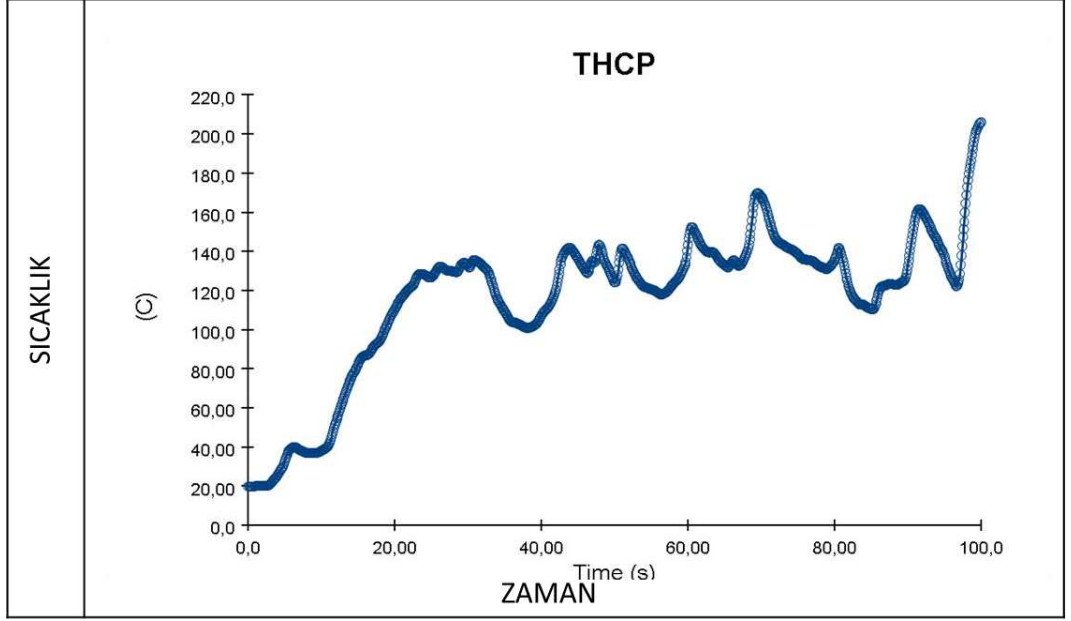
B2 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.20'de görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. Saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiş ve 5. Kat seviyesine kadar ilerlemiştir. 75. Saniye sonrasında alevlerin zemin kat yönüne doğru da etkisini gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.20: B2 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısıl çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 200°C olarak yaklaşık 100. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B2 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 810 kW olarak yaklaşık 24. saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.21' de gösterilmiştir.

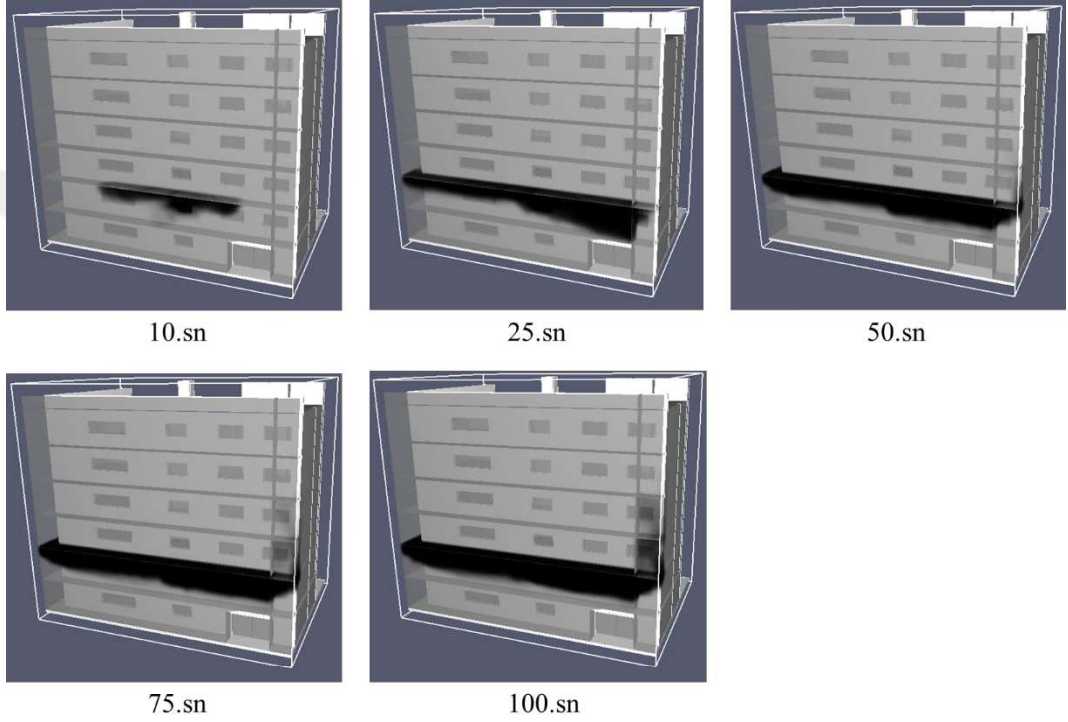




Şekil 5.21: B2 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

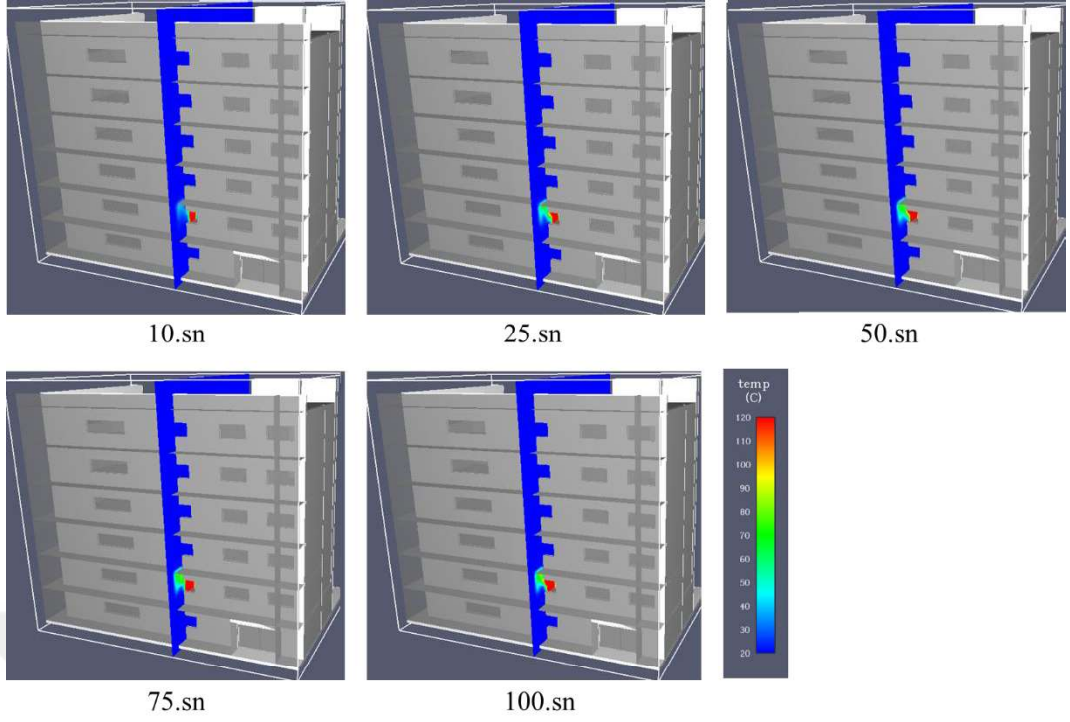
### B3 Senaryosu:

B3 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.22’ de görülmektedir. 10. saniyede dumanın cephe tipinden kaynaklı olarak yatay ilerlediği ve 1.kat seviyesinde komşu odalara da geldiği görülmüştür. 25. saniyede dumanların bulunduğu kat boyunca ilerlediği belirlenmiştir.



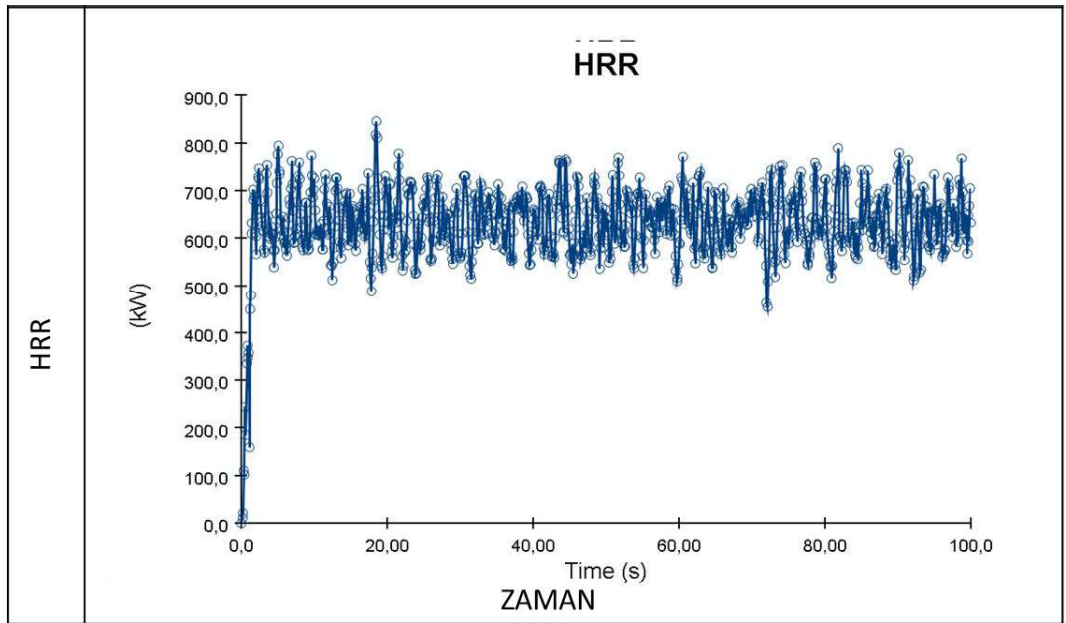
Şekil 5.22: B3 senaryosu duman yayılımı

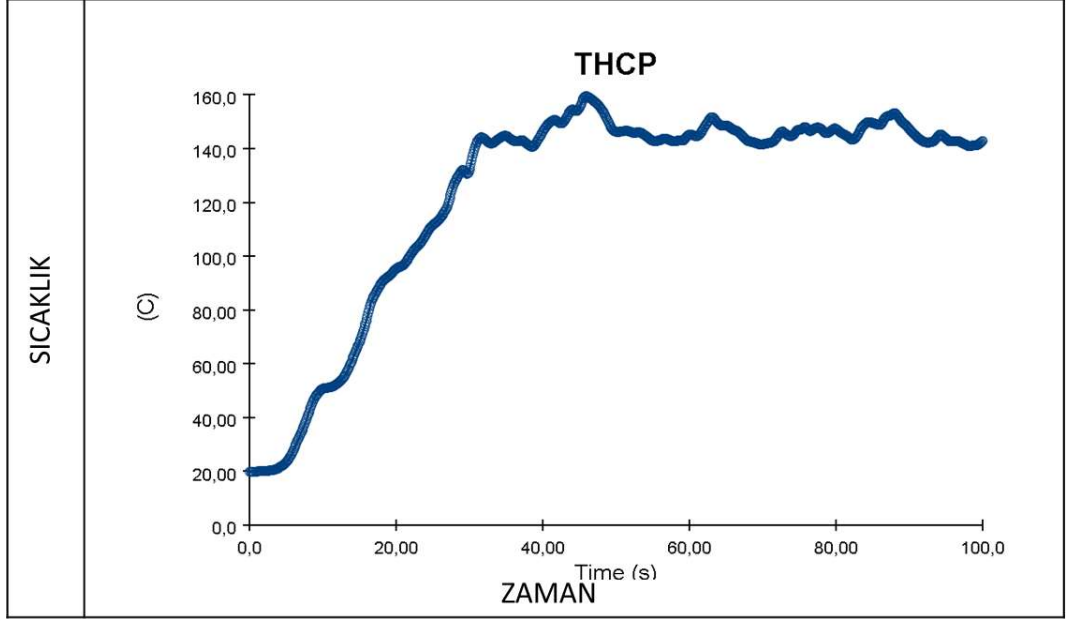
B3 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.23’ te görülmektedir. 10. saniyede alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçerek yangının ortaya çıktığı kat üzerinde etkisini gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.23: B3 senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 160°C olarak yaklaşık 45. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A3 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 845 kW olarak yaklaşık 18.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.24' te gösterilmiştir.

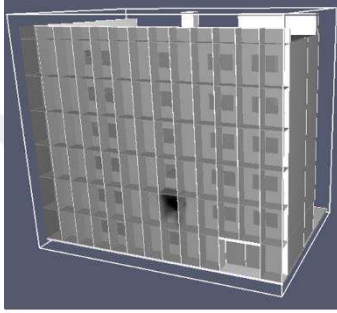




Şekil 5.24: B3 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

#### B4 Senaryosu:

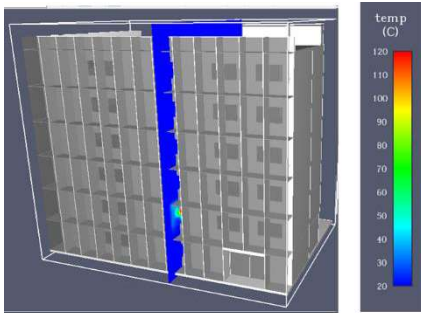
B4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman yayılımının 10. saniyesine ait görünüş Şekil 5.25’ te görülmektedir. Cephe tipinin kutu tipi olması ve cephenin havalandırılmaması nedeniyle simülasyon hedeflenen süre kadar devam edememiştir. 10. saniyede dumanın yangının ortaya çıktığı odadan cepheye doğru ilerlediği görülmüştür. 16. saniyede yangının meydana geldiği oda ve cephe boşluğunu tamamen duman ile dolduğu gözlemlenmiştir.



10.sn

Şekil 5.25: B4 senaryosu duman yayılımı

B4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10. saniyesine ait görünüş Şekil 5.26’ da görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir.

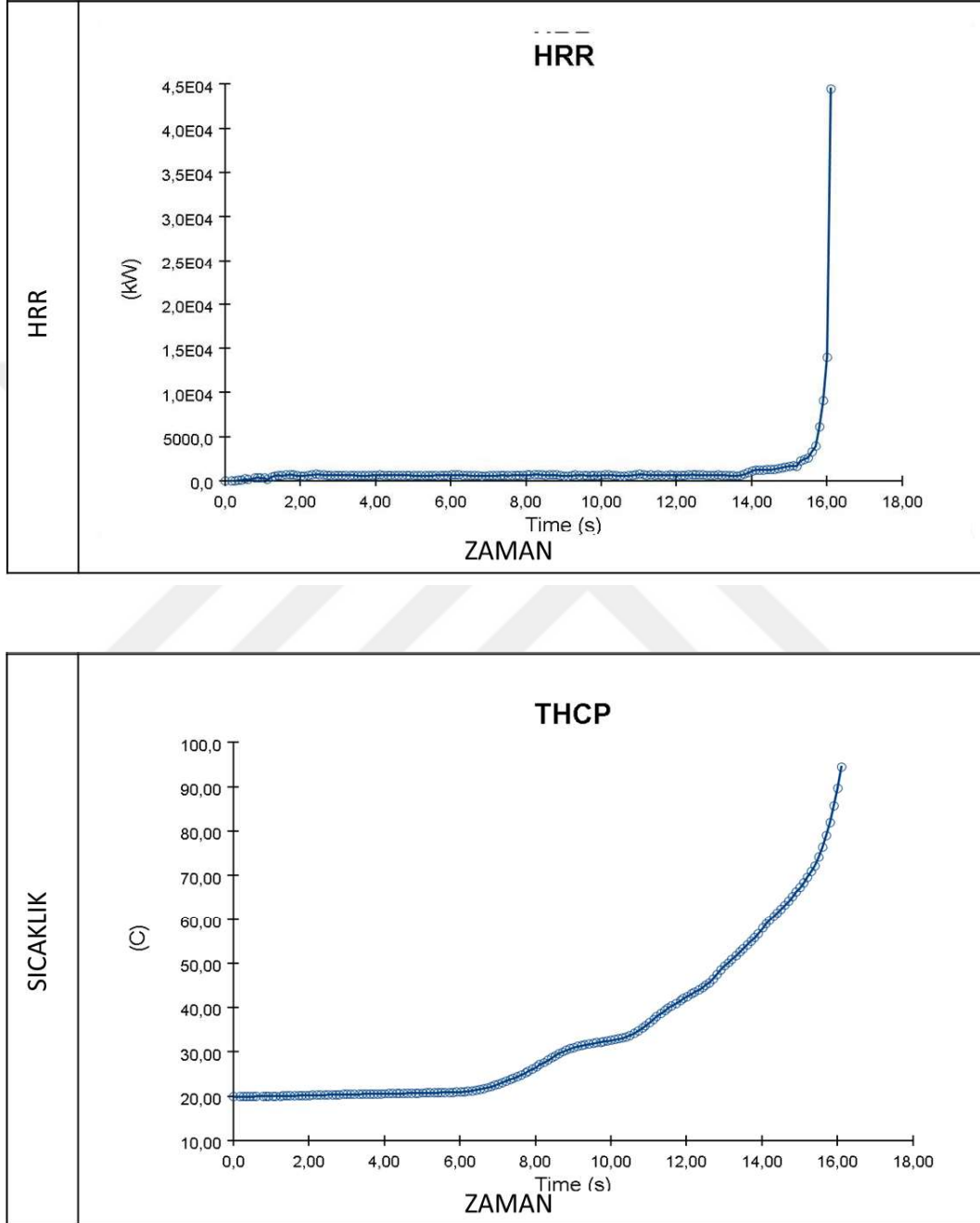


10.sn

Şekil 5.26: B4 senaryosu sıcaklık yayılımı

16 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 95°C olarak yaklaşık 16. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 16 saniyelik

simülasyon süresince B4 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 44000 kW olarak yaklaşık 16.saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.27' de gösterilmiştir.



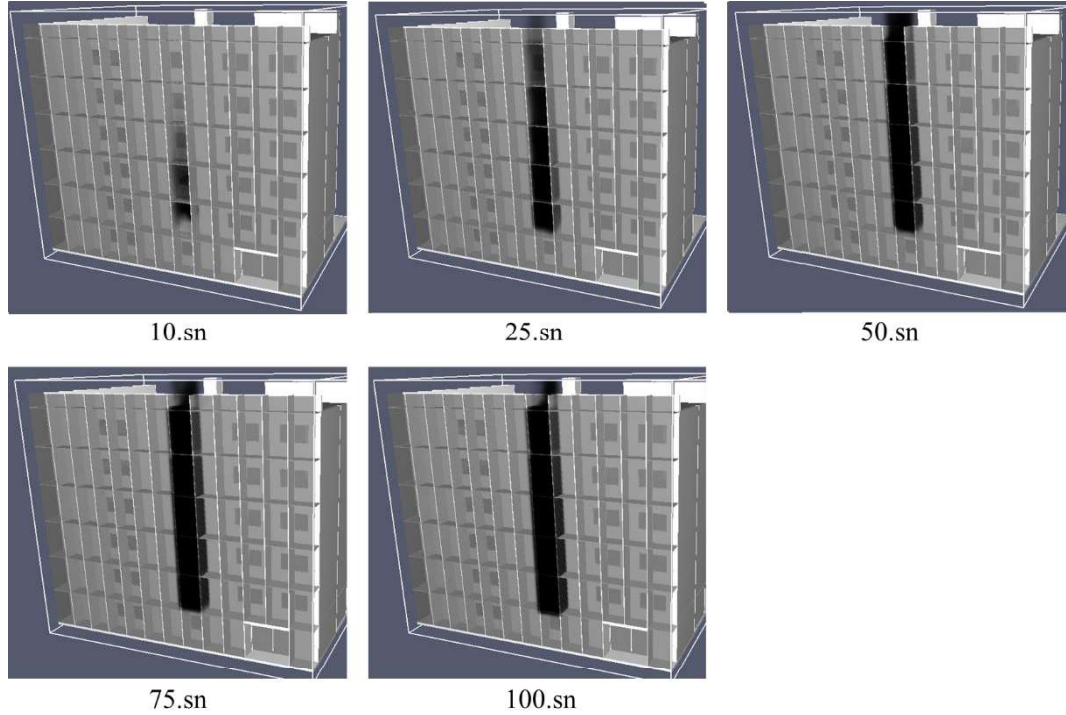
Şekil 5.27: B4 simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği



#### B4' Senaryosu:

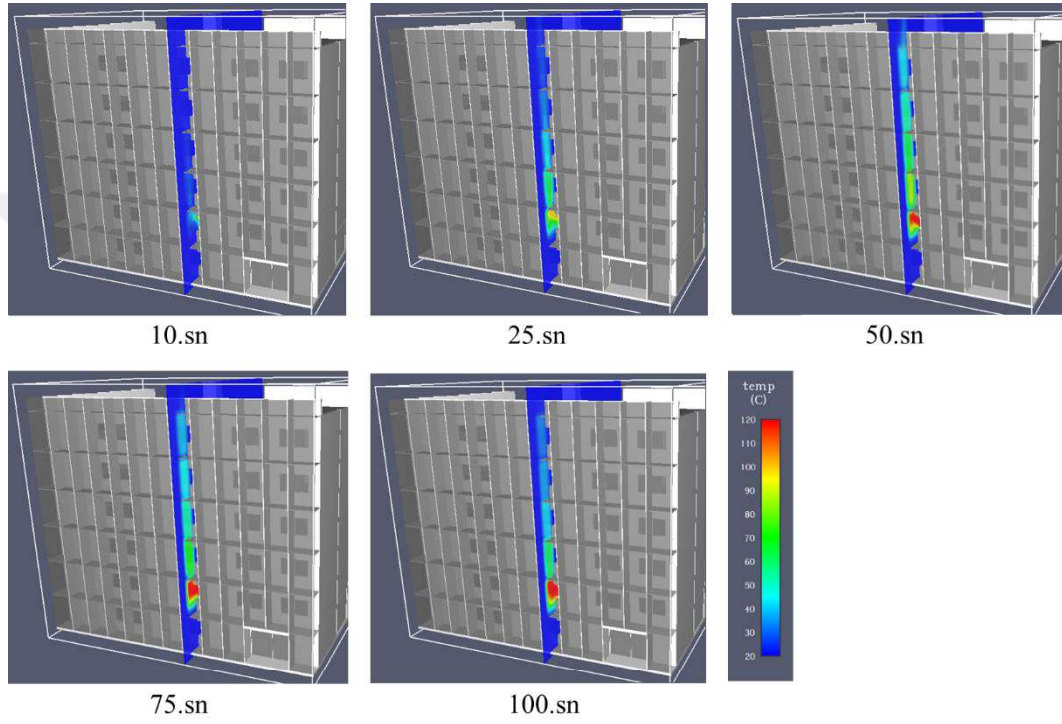
B4 senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan duman ve alev yayılımı, cephede havalandırma unsuru göz ardı edilerek yapılan tasarım nedeniyle simülasyon süresi hedeflendiği gibi 100 saniyeye ulaşamamıştır ve simülasyon 16. saniyede son bulmuştur. Simülasyonda yangın sonucu oluşan duman ve alev yayılım alanının kısıtlı olması nedeniyle ölçülen HRR değeri normal değerlerin üzerinde çıkmıştır. HRR değerinin bu kadar yüksek çıkması durumu bina statığı ve yangın anında içeride bulunan canlı sağlığı konusunda risk oluşturmuştur. Bu nedenle alev ve dumanın kontrolünün sağlanabilmesi açısından B4' senaryo oluşturulmuştur. B4' senaryoda tasarım yangının ortaya çıktığı odanın penceresi ve bu pencerenin hizasında bulunan tüm pencerelerin bulunduğu iki cephe arası boşlukta 20\*20 cm ölçülerine sahip 3 adet menfez görevi görececek bölüm yapılmıştır.

B4' senaryosunda oluşturulan tasarım yangın sonucu ortaya çıkan duman yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görünüşler Şekil 5.28'de görülmektedir. 10. saniyede dumanın cephe yüzeyinde 1. kat seviyesinden çıkıp 2. kat seviyesine kadar gelmiş olduğu görülmektedir. 25. saniyede dumanların 1. kat seviyesinden 4. kat seviyesine kadar yükseldiği ilerlediği gözlemlenmiştir.



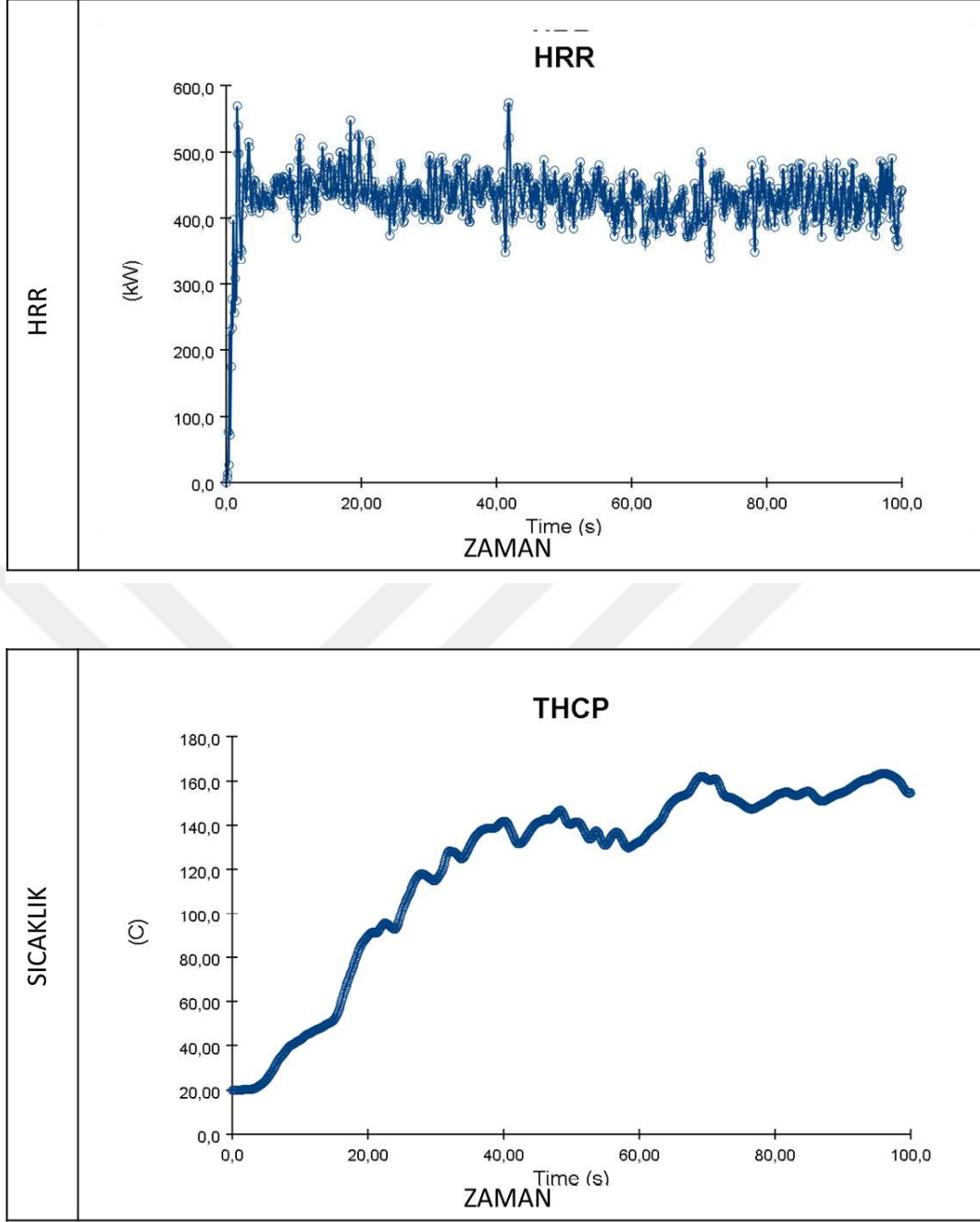
Şekil 5 28: B4' senaryosu duman yayılımı

B4' senaryosunda oluşturulan tasarım yangını sonucunda ortaya çıkan alev ve sıcaklık yayılımının 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesine ait görüntüleri Şekil 5.29' da görülmektedir. 10. saniyede yangın sonucu ortaya çıkan alevin oda içerisinde olduğu görülmektedir. 25. saniyeden itibaren alevlerin yavaş yavaş cephe yüzeyine doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir. 50. Saniye ve sonrasında alevler odadan cepheye doğru geçmiş ve 2. kat seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 5.29: B4' senaryosu sıcaklık yayılımı

100 saniyelik simülasyon sonucunda ısı çiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 162°C olarak yaklaşık 69. saniyede görülmüştür. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B4' senaryosundaki en yüksek HRR değeri 569 kW olarak yaklaşık 1,6. saniyede ölçülmüştür. Simülasyona ait HRR ve sıcaklık değerleri Şekil 5.30' da gösterilmiştir.



Şekil 5.30: B4' simülasyonu HRR-zaman ve sıcaklık-zaman grafiği

Yapılan simülasyonlardan elde edilen HRR ve sıcaklık değerlerinin maksimum değerleri ve bu değerlerin görüldüğü saniyeler Tablo 5.1'de yer almaktadır. A senaryoları kendi içinde incelendiğinde maksimum HRR değerinin A4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü tespit edilmiştir. 36000 olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun kilitlenip hata verdiği 49. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık değerinin de A4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü belirlenmiştir. 102°C olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik

simülasyonun kilitlenip hata verdiği 50. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. B senaryoları kendi içinde incelendiğinde maksimum HRR değerinin B4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü tespit edilmiştir. 44000 olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun kilitlenip hata verdiği 16. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık değerinin ise B2 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü belirlenmiştir. 200°C olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun 100. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. Tüm senaryolar bir araya getirildiğinde en yüksek HRR değerinin 44000 kW ile B4 en yüksek sıcaklık değerinin ise 200°C ile B2 senaryosuna ait olduğu saptanmıştır.

Tablo 5.1: Oluşturulan senaryolardan elde edilen sayısal bulguların karşılaştırmalı tablosu

Cephe Özellikleri						
Model	Plan Tipi	Cephe Tipi	HRR Değeri		Sıcaklık Değeri	
			Maksimum değer	sn	Maksimum değer	sn
A1	Açık plan	Cephe boyunca	820	55	75	63
A2	Açık plan	Şaft tipi	840	82	85	40
A3	Açık plan	Koridor tipi	880	35	80	90
A4	Açık plan	Kutu tipi	36000	49	102	50
B1	Bölme duvarlı plan	Cephe boyunca	957	91	127	47
B2	Bölme duvarlı plan	Şaft tipi	810	24	200	100
B3	Bölme duvarlı plan	Koridor tipi	845	18	160	45
B4	Bölme duvarlı plan	Kutu tipi	44000	16	95	16

100 saniyelik simülasyonun 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyesinde ölçülen HRR ve sıcaklık değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir. Tabloda saniyelere göre en yüksek değerler kırmızı, en düşük değerler ise sarı ile gösterilmiştir. Kritik değer belirlenmesi için maksimum değerler baz alınmıştır, en yüksek HRR değerinin B4 olarak adlandırdığımız simülasyonda ortaya çıktığı görülmüştür. Bu değer simülasyonun 16. saniyesinde ölçülmüştür. Simülasyonda baz alınan saniyeler arasında olmamasına karşın ortaya çıkan bu değer oldukça ciddi bir boyutta olmasından ötürü bu değere ayrı olarak yer verilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Tablo 5.2: Belirlenen ortak saniyelerde elde edilen HRR ve sıcaklık değerleri

Model	HRR değerleri					Sıcaklık değerleri				
	10. sn	25. sn	50. sn	75. sn	100. sn	10. sn	25. sn	50. sn	75. sn	100. sn
A1	632	635	617	609	565	43.9	52.9	65.7	59.6	43.3
A2	632	731	664	718	654	53.2	58.5	68.3	71.6	62
A3	619	644	599	603	547	46.4	59.5	75.4	75.5	77.7
A4	656	693	18838			29.7	53.9	100.8		
B1	677	688	705	586	646	24.1	95.8	108.4	54.5	52.9
B2	610	649	643	681	337	38.1	126.7	124	138.7	206.2
B3	725	665	641	589	632	50.7	111.6	146.3	147	142.9
B4	651	44496 (16.sn)				32.6				

Yukarıda bulunan Tablo 5.2 ‘de yer alan verilere bakarak en yüksek HRR değerlerinin kutu tipinde çift katmanlı cepheye sahip yapılarda görüldüğü açıkça ortaya çıkmıştır. Bu yapılar cephe olarak aynı tipte olmasına karşın plan tipi olarak farklılık göstermiştir. Plan tiplerine göre bakıldığı zaman açık plan tipine sahip olan A4 senaryosundaki yapının maksimum HRR değerine 50. Saniyede ulaşmasına karşı, B4 senaryosundaki yapının maksimum HRR değerine 16. saniyede ulaşmış olması oldukça kritik bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

Simülasyonların yapım aşamasında havalandırma durumu göz ardı edildiği için A4 ve B4 simülasyonlarında açığa çıkan duman iki cephe arasında bulunan alanda hapsolüp bulunduğu hacmi doldurmuş ve daha sonrasında hareket edemez hale gelmiştir, bu nedenle senaryolar simülasyon süresini tamamlayamayarak kendini sonlandırmıştır. Havalandırma göz ardı edilmeden bir tasarım yapılsaydı bu değerler nasıl olurdu konusu değerlendirilmek istendiğinden A4’ ve B4’ senaryoları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.3’te yer almaktadır. Havalandırma durumu dahil edilen simülasyonlardan elde edilen değerlere bakıldığında değerlerin normal değerlerde olduğu ve simülasyonun 100 sonunu görebildiği belirlenmiştir.

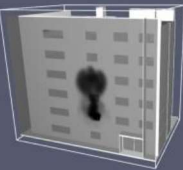
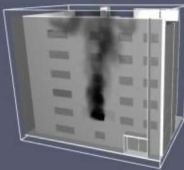


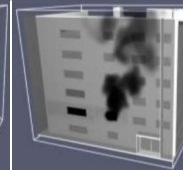
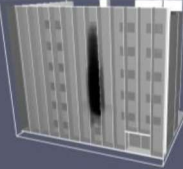
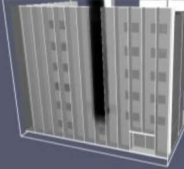
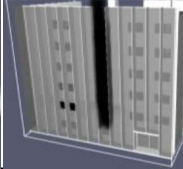
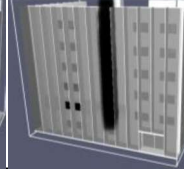
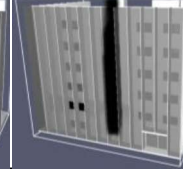
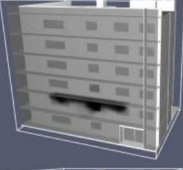
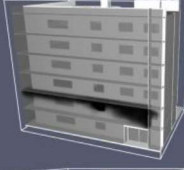
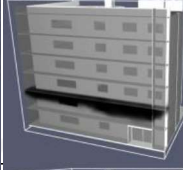
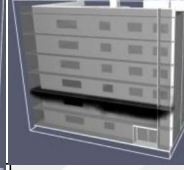
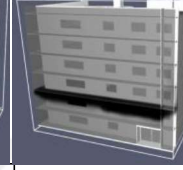
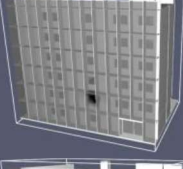
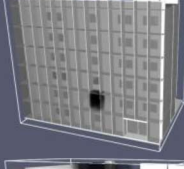
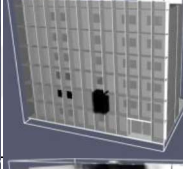


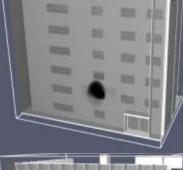


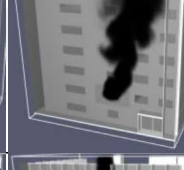


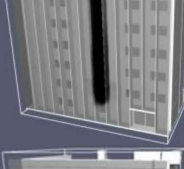
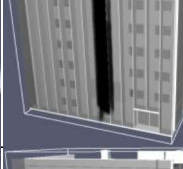
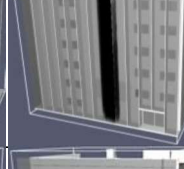
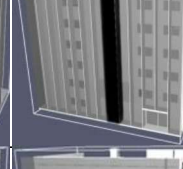
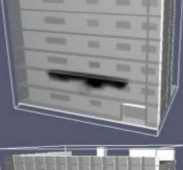

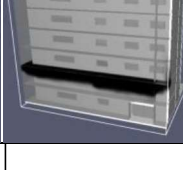
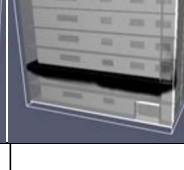
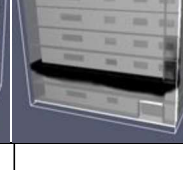
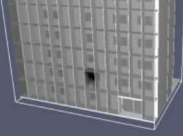




Tablo 5.3: A4, A4', B4 ve B4' senaryoları karşılaştırma tablosu

Cephe Özellikleri						
Model	Plan Tipi	Cephe Tipi	HRR Değeri		Sıcaklık Değeri	
			Maksimum değer	sn	Maksimum değer	sn
A4	Açık plan	Kutu tipi	36000	49	102	50
A4'	Açık plan	Kutu tipi	851	93	108	80
B4	Bölme duvarlı plan	Kutu tipi	44000	16	95	16
B4'	Bölme duvarlı plan	Kutu tipi	574	41	163	96

Tablo 5.2 'de B tipi senaryoya sahip yapılardan elde edilen HRR değerlerinin A tipi senaryolardan elde edilen verilere kıyasla (A2 ve B2 senaryoları hariç) daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bölme duvarlı plan tipine sahip yapılarda duman ve alevlerin hareket edememesi enerjinin de sıkışmasına neden olmuştur. Simülasyonlara bakıldığı zaman canlıların içinde bulunduğu alanı tahliye edebilmesi ve canlıların soluduğu havadaki zehirli gazlara maruz kalması açısından bölme duvarlı plana sahip B tipi senaryoların kritik olabileceği gözlemlenmiştir. Bu faktörler baz alındığında açık plan tipine sahip yapılarda duman ve zehirli gazın tüm odaya yayılıyor olması yangın anında içeride bulunan canlıların bulunduğu alanı tahliye edebilmesi konusunda zaman tanıyabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5.2'de sıcaklık değerlerine bakıldığı zaman sıcaklık değerinin 10. saniyede A2 senaryosunda yüksek olduğu görülmüştür, bu andan sonra 25., 50., 75. ve 100. saniyede sıcaklık değerinin B tipi senaryolarda yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 5 4: Belirlenen ortak saniyelerde duman yayılım hareketi

Model	Duman yayılımı				
	10. sn	25. sn	50. sn	75. sn	100. sn
A1					
A2					
A3					
A4					
B1					
B2					
B3					
B4					

Tablo 5.4'te duman yayılımının cephe üzerindeki etkileri görülmektedir. Duman yayılımını yangın anında içeride bulunan canlıların tahliyesinin sağlanması ile cephede gösterdiği hareket açısından incelemenin doğru olacağı düşünülmüştür. A tipi senaryolar cephede duman yayılımı bakımından incelendiği zaman A1 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın diğer tiplere göre daha çok olduğu görülürken, A4 tipi

senaryoda dumanın etki ettiği alanın daha küçük bir alan olduğu görülmüştür. Duman yayılımı içeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi bazında incelendiği zaman A modellerinin açık plana sahip olması dumanın tek bir odada yoğun etki göstermesinden çok odaya daha az yayıldığını göstermiştir. İçeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi konusunda en avantajlı cephenin A1 olduğu, dezavantajlı cephenin ise A4 olduğu sonucu çıkarılmıştır. B tipi senaryolar cephede duman yayılımı bakımından incelendiği zaman B1 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın diğer tiplere göre daha çok olduğu görülürken, B4 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın daha küçük bir alan olduğu görülmüştür. Duman yayılımı içeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi bazında incelendiği zaman B modellerinin bölme duvarlı plana sahip olması dumanın tek bir odada yoğun etki gösterdiği belirlenmiştir. İçeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi konusunda en avantajlı cephenin B1 olduğu, dezavantajlı cephenin ise B4 olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Tüm senaryolar bir arada dumanın cephede yayılması konusunda incelendiğinde en riskli senaryonun B1 senaryosu olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni bölme duvarlı plan tipinden dolayı oda hacmini dolduran dumanın açık pencereden cepheye doğru hareket etmesidir. Senaryolar canlıların tahliyesi bakımından incelendiğinde ise en riskli senaryo B4 senaryosu olarak karşımıza çıkmaktadır. Açığa çıkan dumanın bulunduğu hacmi doldurması ve artık hareket edemez hale gelmesi nedeniyle yangın anında içeride bulunan bir canlı varsa zehirli gaza yüksek oranda maruz kalacaktır, bu nedenle canlı sağlığı açısından en riskli cephe tipinin bu olduğu kanaatine varılmıştır.



## BEŞİNİ BÖLÜM

### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

20 yüzyıl başlarından beri uygulanmakta olan çift katmanlı yapı kabuğuna sahip yapılar, teknolojik gelişmelerin artması, yeni inşaat yapım tekniklerinin geliştirilmesi ve yeni malzemelerin keşfedilip uygulanmaya başlaması ile her geçen gün daha çok karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında orta yükseklikte çift katmanlı cepheye sahip açık planlı ve kapalı planlı yapılar üzerinde çalışılmıştır. Bu yapıların cephenin hava koridorunun bölünme şekline göre; kutu, şaft, koridor ve cephe boyunca olmak üzere olan ele alınarak bu yapılarda yangın anında ortaya çıkan duman ve alev yayılımları simülasyon programı üzerinden incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Oluşturulan 8 farklı modelin simülasyonun 10., 25., 50., 75. ve 100. saniyelerine ait sıcaklık değerleri, HRR değerleri ve duman yayılımları önceki bölümlerde grafikler halinde sunulmuştur.

A senaryoları kendi içinde incelendiğinde maksimum HRR değerinin A4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü tespit edilmiştir. 36000 olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun kilitlenip hata verdiği 49. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık değerinin de A4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü belirlenmiştir. 102°C olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun kilitlenip hata verdiği 50. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. B senaryoları kendi içinde incelendiğinde maksimum HRR değerinin B4 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü tespit edilmiştir. 44000 olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun kilitlenip hata verdiği 16. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık değerinin ise B2 senaryosu olarak adlandırılan modelde görüldüğü belirlenmiştir. 200°C olarak ölçülen bu değer 100 saniyelik simülasyonun 100. saniyesine ait olduğu belirlenmiştir. Tüm senaryolar bir araya

getirildiğinde en yüksek HRR değerinin 44000 kW ile B4 en yüksek sıcaklık değerinin ise 200°C ile B2 senaryosuna ait olduğu saptanmıştır.

Verilere bakarak en yüksek HRR değerlerinin kutu tipinde çift katmanlı cepheye sahip yapılarda görüldüğü açıkça ortaya çıkmıştır. Bu yapılar cephe olarak aynı tipte olmasına karşın plan tipi olarak farklılık göstermiştir. Plan tiplerine göre bakıldığı zaman açık plan tipine sahip olan A4 senaryosundaki yapının maksimum HRR değerine 50. Saniyede ulaşmasına karşı, B4 senaryosundaki yapının maksimum HRR değerine 16. saniyede ulaşmış olması oldukça kritik bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

Simülasyonların yapım aşamasında havalandırma durumu göz ardı edildiği için A4 ve B4 simülasyonlarında açığa çıkan duman iki cephe arasında bulunan alanda hapsolüp bulunduğu hacmi doldurmuş ve daha sonrasında hareket edemez hale gelmiştir, bu nedenle senaryolar simülasyon süresini tamamlayamayarak kendini sonlandırmıştır. Havalandırma göz ardı edilmeden bir tasarım yapılsaydı bu değerler nasıl olurdu konusu değerlendirilmek istendiğinden A4' ve B4' senaryoları oluşturulmuştur.

B tipi senaryoya sahip yapılardan elde edilen HRR değerlerinin A tipi senaryolardan elde edilen verilere kıyasla (A2 ve B2 senaryoları hariç) daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bölme duvarlı plan tipine sahip yapılarda duman ve alevlerin hareket edememesi enerjinin de sıkışmasına neden olmuştur. Simülasyonlara bakıldığı zaman canlıların içinde bulunduğu alanı tahliye edebilmesi ve canlıların soluduğu havadaki zehirli gazlara maruz kalması açısından bölme duvarlı plana sahip B tipi senaryoların kritik olabileceği gözlemlenmiştir. Bu faktörler baz alındığında açık plan tipine sahip yapılarda duman ve zehirli gazın tüm odaya yayılıyor olması yangın anında içeride bulunan canlıların bulunduğu alanı tahliye edebilmesi konusunda zaman tanıyabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Sıcaklık değerlerine bakıldığı zaman sıcaklık değerinin 10. saniyede A2 senaryosunda yüksek olduğu görülmüştür, bu andan sonra 25., 50., 75. ve 100. saniyede sıcaklık değerinin B tipi senaryolarda yüksek olduğu görülmüştür.

A tipi senaryolar cephede duman yayılımı bakımından incelendiği zaman A1 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın diğer tiplere göre daha çok olduğu görülürken, A4 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın daha küçük bir alan olduğu görülmüştür. Duman yayılımı içeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi bazında incelendiği zaman A modellerinin açık plana sahip olması dumanın tek bir odada yoğun etki göstermesinden önce birçok odaya daha az yayıldığını göstermiştir.

İçeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi konusunda en avantajlı cephenin A1 olduğu, dezavantajlı cephenin ise A4 olduğu sonucu çıkartılmıştır. B tipi senaryolar cephede duman yayılımı bakımından incelendiği zaman B1 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın diğer tiplere göre daha çok olduğu görülürken, B4 tipi senaryoda dumanın etki ettiği alanın daha küçük bir alan olduğu görülmüştür. Duman yayılımı içeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi bazında incelendiği zaman B modellerinin bölme duvarlı plana sahip olması dumanın tek bir odada yoğun etki gösterdiği belirlenmiştir. İçeride bulunan canlılar ve bunların tahliye edilmesi konusunda en avantajlı cephenin B1 olduğu, dezavantajlı cephenin ise B4 olduğu sonucu çıkartılmıştır.

Tüm senaryolar bir arada dumanın cephede yayılması konusunda incelendiğinde en riskli senaryonun B1 senaryosu olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni bölme duvarlı plan tipinden dolayı oda hacmini dolduran dumanın açık pencereden cepheye doğru hareket etmesidir. Senaryolar canlıların tahliyesi bakımından incelendiğinde ise en riskli senaryo B4 senaryosu olarak karşımıza çıkmaktadır. Açığa çıkan dumanın bulunduğu hacmi doldurması ve artık hareket edemez hale gelmesi nedeniyle yangın anında içeride bulunan bir canlı varsa zehirli gaza yüksek oranda maruz kalacaktır, bu nedenle canlı sağlığı açısından en riskli cephe tipinin bu olduğu kanaatine varılmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucunda hala kullanımda olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin tasarım, malzeme seçimi ve uygulama aşamasında tasarımcılara kılavuz bir kaynak olma konusunda eksikliklerinin olduğu görülmüştür. Yönetmeliğin daha çok yararlanılan bir kaynak olabilmesi için yönetmelikte düzenlemelerin yapılması, yönetmeliğin gelişmeleri takip ederek geliştirilmesi gerektiği, yönetmelikte standart tanımlamalara daha detaylı ve açıklayıcı bir biçimde yer verilmesi gerektiği ve verilen bilgilerin kullanıcıya yönelik daha anlaşılır olması gerektiği düşünülmektedir.

Yangın anında bina bütünlüğünü bozulmaması ve bina içerisinde bulunan canlıların güvenli bir şekilde tahliyesinin sağlanabilmesi için tasarımcıların bina tasarlama sürecinde yapının biçimi, malzeme seçimi ve birleşim detayları gibi noktaları göz önünde bulundurması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Sadece tasarım aşamasında değil binanın yapım aşamasında da inşaat teknikleri ve malzeme birleşim detayları deneyimli bir ekibin kontrolünde uygulanmalıdır sonucuna varılmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte binaların yapım aşamasından önce afetlere karşı önlemler

alınabilmesi adına dünya çapında tasarım aşamasından itibaren simülasyon programlarından ve model prototiplerinden yararlanılmaktadır. Simülasyonlar sonucunda afetler anında binanın göstereceği performansın görülmesinin yanı sıra, yapının kritik noktaları ve dikkat edilmesi gereken yerleri de belirlenebilmektedir. Bu simülasyonlar ve prototipler sayesinde afetler yaşanmadan önce birtakım önlemler alınabilmekte ve felaketlerin önüne geçilmektedir.

Bu çalışma kapsamında modeller oluşturulurken kullanılan malzemelerin özellikleri, birleşim detayları, rüzgâr hızı ve yönü gibi çevresel faktörler göz ardı edilmiştir. İleride yapılacak olan çalışmalarda malzeme özelliklerinin detaylı olarak simülasyon programına işlenmesi elde edilecek verilerin daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır. Orta kat yüksekliğine sahip yapılar baz alınarak yapılan bu çalışma düşük katlı ve yüksek katlı yapılar üzerinde incelemenin dahil edilmesiyle birlikte yangın anında ortaya çıkan alev, duman, sıcaklık ve gazlar üzerinde yüksekliğin etkisi ortaya çıkarılabilir. Havalandırma faktörünün göz ardı edilmediği çift katmanlı cephelerin simülasyonları ile yapılacak çalışmalar ile araştırma daha kapsamlı hale getirilebilir.



## KAYNAKLAR

1. Arpacıoğlu, Ü. (2004). *Cephe yangınları ve cephe kaplamalarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi*. 1. Ulusal atı ve Cephe Kaplamalarında ağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul.
2. Ding, W., Hasemi, Y., Yamada, T. (2005). *Smoke control using a double-skin facade*. Fire Safety Science-Proceedings of the Eighth International Symposium, Japan.
3. Ayçam, İ. (2011). *Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi*, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
4. Chow, C. L. (2013). *A Qualitative Investigation On Double-Skin Façade Fires*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
5. Babilolyaei, Y. *ift Cidarlı Cepheelerde Farklı Havalandırma Koşullarında Duman Hareketlerinin Sayısal Yöntemle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
6. Wang, R., He, S., Yue, H. (2017). *Numerical Study of Smoke Spread upon Shaft-box Type Double Skin Facade*. 8th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering, China
7. Yaman, M. *Cephe Yangın Güvenlik Önlemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
8. Karakoyun, . E. *Kapalı Hacim Yangınlarında Güneş Kırıcı Elemanların Düşey Yangın Yayılımına Etkisinin Sayısal Modelleme Yöntemi İle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
9. Giraldo, M., Lacasta, A., Avellaneda, J., ve Burgos, C. *Computer Simulation Study On Fire Behaviour In The Ventilated Cavity Of Ventilated Façade Systems*. MATEC Web of Conferences 9, 2013.

10. Yakovchuk, R., Kuzyk, A., Skorobagatko, T., Yemelyanenko, S., Borys, O., Dobrostan, O. *Computer Simulation Of Fire Test Parameters Façade Heat Insulating System For Fire Spread In Fire Dynamics Simulator (FDS)*. Series of Geology And Technical Sciences. Sayı: 4 s. 35-44.
11. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fam.2759> (E.T:09.09.2021)
12. İplikçi, E. *Binalarda Yangın Güvenlik Önlemlerinin Analizi ve Yangın Güvenlikli Bina Tasarımına İlişkin Performans Kriterlerinin Ortaya Konması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
13. İnternet Erişimi: [http://www.pmdyangin.com.tr/assets/pdf\\_dokumanlar/1.pdf](http://www.pmdyangin.com.tr/assets/pdf_dokumanlar/1.pdf) (E.T:17.03.2021)
14. Civelek, E. *Cephe Geometrisinin Yangın Güvenliği Üzerindeki Etkisinin Performansa Dayalı Analiz Yöntemleri İle Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
15. Yazıcı, C., Koşatepe, A. (2019). *Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Elemanlarının Yangın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi*. 4. Uluslararası Temel ve Uygulamalı Bilimlerdeki Gelişmeler Konferansı, Ağrı
16. Kılıç, A. (2012). *Cephe Kaplamaları ve Cephe Yangın Güvenliği*. Yangın Ve Güvenlik. Sayı: 152, s. 8-10.
17. Altındaş, S. (2014). *Cephelerde Yangın Oluşumu ve Yayılımı*. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İstanbul.
18. Yorulmaz, G. *Yangından Korunma ve Binalarda Yangın Güvenlik Önlemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
19. Başdemir, H., Demirel, F. (2010). *Binalarda Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri Bağlamında Bir Literatür Araştırması*. Politeknik Dergisi. Sayı: 2, s. 101-109.
20. Erturan, B. *Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
21. Kanan Özeler, N., Beyhan, F. (2013). *Enerji Etkin Binalarda Çift Katmanlı Cephe Sistemlerinin Yangın Güvenliği*. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

22. Hausladen G., Saldanha M., Liedl P., 2006. *Climate Skin*, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin
23. Begeç, H., Savaşır, K., 2004. *Akıllı Giydirme Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi*, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, İstanbul, 5-16 Nisan.
24. Oesterle, E., Lieb, R.D., Lutz, M. and Heusler, W. (2001). *Double-Skin Façades, Integrated Planning*. Prestel Verlag, Munich.
25. Uuttu S (2001). *Study of current structure of double-skin façade*. Master thesis dissertation. Department of civil and environmental engineering, Helsinki university of technology.
26. Poirazis, H. (2004). *Double Skin Façades for office buildings. Literature Review*. Division of Energy and Building Design, Lund University, Lund.
27. Waldner, R., Flamant, G., Kluttig, H., Farou, I., Duarte, R. and Duarte, C. (2007). *Best practice for double skin facades*. WP5 Best Practise Guidelines. Intelligent Energy, University of Lund.
28. Motevalian, E. (2014). *Double skin facades performance: Effects on daylight and visual comfort in office spaces*. Master Thesis, University of Southern California, Faculty of the USC School of Architecture, Los Angeles, 43-45.
29. ElGhazi, Y. S. *Building Skins In The Age Of Information Technology*, Master Thesis, Cario University, 2009.
30. Alakavuk, E., *Sıcak İklim Bölgelerinde Çift Kabuk Cam Cephe Sistemlerinin Tasarımı İçin Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*, Doktora Tezi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
31. Vaglio, J. *Aerophysics of Double Skin Facades Simulation Based Determination of Pressure Coefficients for Multi Story Double Skin Facades*, Doktora Tezi, Southern California University, 2015.
32. ÜNAL, M. *Çift Kabuk Cephelerin Sistemik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.



33. Lamberto, M., Cancelliere, P. (2013). *The Italian National Guidelines for the fire safety of facades*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
34. Kanan, N.Ö. (2014). *Enerji verimli yapı kabuğunun yangın anındaki davranışı: Cephe yangınları*. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
35. İnternet Erişimi: <https://santiyede.com/tasyunu-nedir-kullanım-alanları-mantolama/>(E.T:16.12.19)
36. <https://www.youtube.com/watch?v=kud49aEwr-U>, (E.T:1.04.2021)
37. <https://www.youtube.com/watch?v=ijq637ykE14>, (E.T:1.04.2021)
38. <https://www.youtube.com/watch?v=fV61r23yOKQ>, (E.T:1.04.2021)
39. <https://www.ntv.com.tr/turkiye/ankarada-is-merkezinde-yanigin,XIIdxF3L490i0dw3ospQ6Zw>, (E.T:1.04.2021)
40. <https://www.yenisafak.com/dunya/baede-gokdelende-buyuk-yanigin-3538203>, (E.T:1.04.2021)
41. <http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/ferman.html> (E.T: 18.12.19)
42. *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*. (2015). Bakanlar Kurulu, Ankara.
43. İnternet Erişimi: [http://www.yapi.com.tr/Haberler/metrocitykonut-ve-alisveris-merkezi\\_61103.html](http://www.yapi.com.tr/Haberler/metrocitykonut-ve-alisveris-merkezi_61103.html), (E.T:1.04.2021)
44. İnternet Erişimi: <http://turgutmotors.blogspot.com/2016/05/bmw-merkez-binas-nn-tasarm-hikayesi.html?view=sidebar>, (E.T:1.04.2021)
45. İnternet Erişimi: <https://www.avmgezgini.com/upload/images/avm-fotograflari/istinye-park-kapak.jpg>, (E.T:1.04.2021)
46. İnternet Erişimi: <https://www.vitracagdasmimarlikdizisi.com/projeler/Raif-Dinckok-Kultur-Merkezi.aspx>, (E.T:1.04.2021)
47. İnternet Erişimi: <https://www.yollardan.com/lingotto-eski-fiat-otomobil-fabrikasi/>, (E.T:1.04.2021)
48. İnternet Erişimi: <https://divisare.com/projects/311759-foster-partners-hong-kong-and-shanghai-bank-headquarters-hong-kong>, (E.T:1.04.2021)

49. İnternet Erişimi: [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul\\_Adalet\\_Saray%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul_Adalet_Saray%C4%B1), (E.T:1.04.2021)
50. İnternet Erişimi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Lloyd%27sLifts.JPG>, (E.T:1.04.2021)
51. İnternet Erişimi: [https://archnet.org/sites/6602/media\\_contents/70999](https://archnet.org/sites/6602/media_contents/70999), (E.T:1.04.2021)
52. İnternet Erişimi: <https://www.structuresinsider.com/post/commerzbank-tower-frankfurt>, (E.T:1.04.2021)
53. İnternet Erişimi: <https://en.wikipedia.org/wiki/Arag-Tower>, (E.T:1.04.2021)
54. İnternet Erişimi: <https://fcbstudios.com/work/view/new-environmental-office-bre>, (E.T:1.04.2021)
55. İnternet Erişimi: <https://www.trhastane.com/ozel-acibadem-maslak-hastanesi-11078.html>, (E.T:1.04.2021)
56. İnternet Erişimi: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Torre\\_Agbar\\_-\\_Barcelona,\\_Spain\\_-\\_Jan\\_2007.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Torre_Agbar_-_Barcelona,_Spain_-_Jan_2007.jpg), (E.T:1.04.2021)
57. İnternet Erişimi: <http://www.kelesogluholding.com/projeler/atakoy-a-plus-avm/> (E.T:1.04.2021)
58. İnternet Erişimi: <https://blog.quintinlake.com/2013/07/25/evolution-of-the-reichstag-building-in-photos/>, (E.T:20.05.2019)
59. İnternet Erişimi: <https://www.archdaily.com/49066/dogan-media-center-tabanlioglu>, (E.T:1.04.2021)



## EKLER


### Ek-1

Tablo ek 1.1: Metrocity konut, ofis ve AVM kompleksi

RESİMLER	Yapı Adı	Metrocity Konut, Ofis ve Alışveriş Kompleksi
	Yapı Yeri	İstanbul
	Cephe Tipi	Tek katmanlı basit cephe

Resim ek 1.1: Metrocity konut, ofis ve AVM kompleksi [43]

Tablo ek 1.2: BMW genel merkez binası

RESİMLER	Yapı Adı	BMW Genel Merkez Binası
	Yapı Yeri	Almanya
	Cephe Tipi	Tek katmanlı basit cephe

Resim ek 1.2: BMW genel merkez binası [44]

Tablo ek 1. 3: İstinye park alışveriş merkezi

RESİMLER	Yapı Adı	İstinye Park Alışveriş Merkezi
	Yapı Yeri	İstanbul
	Cephe Tipi	Tek katmanlı giydirme cephe


Resim ek 1.3: İstinye park alışveriş merkezi [45]

Tablo ek 1.4: Raif dinçök kültür merkezi

RESİMLER	Yapı Adı	Raif Dinçök Kültür Merkezi
	Yapı Yeri	Yalova
	Cephe Tipi	Tek katmanlı giydirme cephe


Resim ek 1.4: Raif dinçök kültür merkezi [46]

Tablo ek 1.5: Fiat lingotto fabrika binası

RESİMLER	Yapı Adı	Fiat Lingotti Fabrika Binası
	Yapı Yeri	İtalya
	Cephe Tipi	Tek katmanlı giydirme cephe

Resim ek 1.5: Fiat lingotto fabrika binası [47]

Tablo ek 1.6: Hongkong & shangai bankası

RESİMLER	Yapı Adı	Hongkong & Shanghai Bankası
	Yapı Yeri	Çin
	Cephe Tipi	Tek katmanlı giydirme cephe


Resim ek 1.6: Hongkong & shangai bankası [48]

Tablo ek 1.7: İstanbul avrupa yakası adalet sarayı

RESİMLER	Yapı Adı	İstanbul Avrupa Yakası Adalet Sarayı
	Yapı Yeri	İstanbul
	Cephe Tipi	Çift katmanlı kutu tipi cephe

Resim ek 1.7: İstanbul avrupa yakası adalet sarayı [49]

Tablo ek 1.8: Lloyds binası

RESİMLER	Yapı Adı	Lloyds Binası
	Yapı Yeri	İngiltere
	Cephe Tipi	Çift katmanlı kutu tipi cephe

Resim ek 1.8: Lloyds binası [50]

Tablo ek 1.9: MATPUM binası

RESİMLER	Yapı Adı	MATPUM Binası
	Yapı Yeri	Ankara
	Cephe Tipi	Çift katmanlı koridor tipi cephe

Resim ek 1.9: MATPUM binası [51]

Tablo ek 1.10: Commerzbank binası

RESİMLER	Yapı Adı	Commerzbank Binası
	Yapı Yeri	Almanya
	Cephe Tipi	Çift katmanlı koridor tipi cephe


Resim ek 1.10: Commerzbank binası [52]

Tablo ek 1.11: Arag binası

RESİMLER	Yapı Adı	Arag 2000 Binası
	Yapı Yeri	Almanya
	Cephe Tipi	Çift katmanlı şaft tipi cephe


Resim ek 1.11: Arag binası [53]

Tablo ek 1.12: BRE yapı araştırma merkezi

RESİMLER	Yapı Adı	BRE Yapı Araştırma Merkezi
	Yapı Yeri	İngiltere
	Cephe Tipi	Çift katmanlı şaft tipi cephe

Resim ek 1.12: BRE yapı araştırma merkezi [54]

Tablo ek 1.13: Maslak acıbadem hastanesi

RESİMLER	Yapı Adı	MaslakAcıbadem Hastanesi
	Yapı Yeri	İstanbul
	Cephe Tipi	Çift katmanlı cephe boyunca tipi cephe

Resim ek 1:13: Maslak acıbadem hastanesi [55]

Tablo ek 1.14: Agbar Tower

RESİMLER	Yapı Adı	Agbar Tower
	Yapı Yeri	İspanya
	Cephe Tipi	Çift katmanlı cephe boyunca tipi cephe

Resim ek 1.14: Agbar tower [56]




Tablo ek 1.15: Ataköy a plus alışveriş merkezi

RESİMLER	Yapı Adı	Ataköy A Plus AVM
	Yapı Yeri	İstanbul
	Cephe Tipi	Perde panelli kombine cephe


Resim ek 1.15: Ataköy a plus alışveriş merkezi [57]

Tablo ek 1.16: Reichstag Almanya parlamento binası

RESİMLER	Yapı Adı	Reichstag Almanya Parlamento Binası
	Yapı Yeri	Almanya
	Cephe Tipi	Perde panelli kombine cephe

Resim ek 1.16: Reichstag Almanya parlamento binası [58]

Tablo ek 1.17: Doğan medya merkezi

RESİMLER	Yapı Adı	Doğan Medya Merkezi
	Yapı Yeri	Ankara
	Cephe Tipi	Alternatif kombine cephe

Resim ek 1.17: Doğan medya merkezi [59]

Ek-2

		C				C		kW	
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time
1	0.000000E+00	1.999999E+01	0.000000E+00	51	5.0007713E+00	2.3359849E+01	5.9879519E+02		
2	1.7460757E-01	2.0000043E+01	1.1383470E+01	52	5.1167616E+00	2.3627438E+01	6.3176414E+02		
3	2.6191136E-01	2.0000087E+01	2.1223702E+01	53	5.2327519E+00	2.3987073E+01	6.0596276E+02		
4	3.4921515E-01	2.0000348E+01	1.1060402E+02	54	5.3100787E+00	2.4322091E+01	6.1139816E+02		
5	4.3651893E-01	2.0000608E+01	1.0207326E+02	55	5.4260690E+00	2.4685295E+01	5.8503912E+02		
6	5.2382272E-01	2.0000866E+01	2.4509434E+02	56	5.5033959E+00	2.5055520E+01	5.7957820E+02		
7	6.1112651E-01	2.0010684E+01	1.8631045E+02	57	5.6193862E+00	2.5415265E+01	6.0182891E+02		
8	7.8573408E-01	2.0025276E+01	3.3602775E+02	58	5.7236979E+00	2.5799580E+01	6.3000322E+02		
9	8.7303787E-01	2.0040358E+01	3.7483586E+02	59	5.8280096E+00	2.6184823E+01	6.6111813E+02		
10	9.3240356E-01	2.0047283E+01	3.4830518E+02	60	5.9323213E+00	2.6675969E+01	6.3980737E+02		
11	1.0570715E+00	2.0058390E+01	3.5751132E+02	61	6.0229391E+00	2.7235520E+01	6.7416954E+02		
12	1.1289040E+00	2.0071059E+01	1.5583334E+02	62	6.1135570E+00	2.7842941E+01	6.2486961E+02		
13	1.2007365E+00	2.0079815E+01	4.6191022E+02	63	6.2041749E+00	2.8491959E+01	5.6120097E+02		
14	1.3357668E+00	2.0093268E+01	4.6041143E+02	64	6.3249987E+00	2.9258254E+01	5.8856734E+02		
15	1.4002567E+00	2.0109869E+01	6.7432143E+02	65	6.4156165E+00	2.9997370E+01	6.4710071E+00		
16	1.5186211E+00	2.0127442E+01	6.0157712E+02	66	6.5062344E+00	3.0589753E+01	6.4836068E+02		
17	1.6200367E+00	2.0149618E+01	6.6310229E+02	67	6.6300788E+00	3.1241592E+01	7.0098008E+02		
18	1.7249847E+00	2.0170533E+01	6.5012276E+02	68	6.7297585E+00	3.1870247E+01	7.3947839E+02		
19	1.8017141E+00	2.0188633E+01	6.2154975E+02	69	6.8294381E+00	3.2376008E+01	7.2451907E+02		
20	1.9080113E+00	2.0205609E+01	6.4650194E+02	70	6.9291178E+00	3.2858471E+01	6.6870727E+02		
21	2.0099101E+00	2.0222894E+01	5.9122255E+02	71	7.0287974E+00	3.3397727E+01	6.0477002E+02		
22	2.1000010E+00	2.0235683E+01	6.2261199E+02	72	7.1284771E+00	3.4044634E+01	5.7269669E+02		
23	2.2201222E+00	2.0249584E+01	6.7782345E+02	73	7.2281567E+00	3.4791048E+01	5.5310965E+02		
24	2.3102132E+00	2.0263023E+01	7.2233240E+02	74	7.3278364E+00	3.5595673E+01	5.7353337E+02		
25	2.4063101E+00	2.0275582E+01	7.1663472E+02	75	7.4275160E+00	3.6353865E+01	6.4217897E+02		
26	2.5054101E+00	2.0289602E+01	7.3028881E+00	76	7.5271957E+01	3.6997639E+01	6.8287788E+02		
27	2.6045101E+00	2.0304286E+01	6.7649308E+02	77	7.6002941E+00	3.7451987E+01	7.2355574E+02		
28	2.7207037E+00	2.0320170E+01	6.3678619E+02	78	7.7099417E+00	3.7780031E+01	7.3423582E+02		
29	2.8078490E+00	2.0335480E+01	6.2611836E+02	79	7.8195893E+00	3.8017090E+01	7.1773143E+02		
30	2.9008039E+00	2.0349455E+01	6.1446449E+02	80	7.9255807E+00	3.8131913E+01	6.9986359E+02		
31	3.0286169E+00	2.0367298E+01	6.0204482E+02	81	8.0242596E+00	3.8175219E+01	6.8572115E+02		
32	3.1244766E+00	2.0390790E+01	6.0719143E+02	82	8.1229384E+00	3.8180192E+01	6.8577110E+02		
33	3.2203363E+00	2.0421284E+01	6.3750716E+02	83	8.2216173E+00	3.8174830E+01	6.7512132E+02		
34	3.3161961E+00	2.0465059E+01	6.8666367E+02	84	8.3202962E+00	3.8197625E+01	6.5274894E+02		
35	3.4120558E+00	2.0525009E+01	7.0787873E+02	85	8.4189750E+00	3.8301464E+01	6.2778561E+02		
36	3.5079156E+00	2.0603143E+01	7.0668268E+02	86	8.5242325E+00	3.8538355E+01	6.1642528E+02		
37	3.6037753E+00	2.0700112E+01	6.6077779E+02	87	8.6327792E+00	3.8920297E+01	6.1867835E+02		
38	3.7315883E+00	2.0836636E+01	6.1695671E+02	88	8.7051437E+00	3.9337473E+01	6.2327312E+02		
39	3.8274480E+00	2.0989091E+01	6.4176541E+02	89	8.8136905E+00	3.9809047E+01	6.3019744E+02		
40	3.9233078E+00	2.1119736E+01	6.2944715E+02	90	8.9222372E+00	4.0378134E+01	6.3885124E+02		
41	4.0191675E+00	2.1250632E+01	6.6549342E+02	91	9.0307840E+00	4.0907451E+01	6.1499408E+02		
42	4.1150273E+00	2.1405668E+01	6.4663692E+02	92	9.1031484E+00	4.1315968E+01	6.1977658E+02		
43	4.2108870E+00	2.1579414E+01	6.5539886E+02	93	9.2116952E+00	4.1703949E+01	5.8779492E+02		
44	4.3067468E+00	2.1764494E+01	6.5151000E+02	94	9.3202419E+00	4.2148039E+01	5.8517120E+02		
45	4.4026065E+00	2.1956947E+01	6.4024180E+02	95	9.4287887E+00	4.2560153E+01	5.9447576E+02		
46	4.5016616E+00	2.2162304E+01	6.5801868E+02	96	9.5011532E+00	4.2870015E+01	6.0474964E+02		
47	4.6141370E+00	2.2399801E+01	6.5186144E+02	97	9.6096999E+00	4.3139106E+01	5.9639978E+02		
48	4.7301273E+00	2.2661163E+01	6.2988319E+02	98	9.7182467E+00	4.3415358E+01	5.8803959E+02		
49	4.8074541E+00	2.2885245E+01	6.5420691E+02	99	9.8267934E+00	4.3639174E+01	6.0948193E+02		
50	4.9234444E+00	2.3115904E+01	6.1879295E+02	100	9.9220501E+00	4.3806327E+01	6.2037356E+02		

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
101	1.0017307E+01	4.3947551E+01	6.3296758E+02	151	1.5015445E+01	4.6726450E+01	6.4494883E+02
102	1.0115739E+01	4.4085412E+01	6.6611752E+02	152	1.5125496E+01	4.7021620E+01	6.5616501E+02
103	1.0220521E+01	4.4222843E+01	6.8693423E+02	153	1.5235547E+01	4.7385216E+01	6.7707082E+02
104	1.0320708E+01	4.4348272E+01	6.6926938E+02	154	1.5308915E+01	4.7725020E+01	6.4506861E+02
105	1.0411705E+01	4.4451968E+01	6.9201220E+02	155	1.5418965E+01	4.8073393E+01	6.7211418E+02
106	1.0502702E+01	4.4539121E+01	6.8275116E+02	156	1.5529016E+01	4.8435976E+01	6.9253710E+02
107	1.0627064E+01	4.4625605E+01	6.9732213E+02	157	1.5602384E+01	4.8657895E+01	6.5646467E+02
108	1.0727161E+01	4.4699862E+01	6.8837029E+02	158	1.5712435E+01	4.8779211E+01	6.2511187E+02
109	1.0827257E+01	4.4747863E+01	6.4169261E+02	159	1.5813277E+01	4.8808621E+01	6.0906484E+02
110	1.0927354E+01	4.4773451E+01	6.4659814E+02	160	1.5931359E+01	4.8735063E+01	6.1125960E+02
111	1.1000758E+01	4.4774160E+01	6.4868227E+02	161	1.6010081E+01	4.8610986E+01	6.6626376E+02
112	1.1110864E+01	4.4748683E+01	6.2250897E+02	162	1.6123917E+01	4.8448013E+01	6.2735129E+02
113	1.1220970E+01	4.4681544E+01	5.9272899E+02	163	1.6229260E+01	4.8225107E+01	6.5621064E+02
114	1.1331076E+01	4.4565625E+01	5.7371478E+02	164	1.6330985E+01	4.7988126E+01	6.1032131E+02
115	1.1404480E+01	4.4426987E+01	6.1692722E+02	165	1.6425472E+01	4.7754848E+01	6.0340467E+02
116	1.1526024E+01	4.4239977E+01	6.4001891E+02	166	1.6526259E+01	4.7513856E+01	6.2824968E+02
117	1.1614521E+01	4.4002305E+01	6.5465047E+02	167	1.6633142E+01	4.7253629E+01	6.2695561E+02
118	1.1727851E+01	4.3790209E+01	6.3970418E+02	168	1.6701397E+01	4.7029544E+01	6.4773041E+02
119	1.1821347E+01	4.3670036E+01	6.0861164E+02	169	1.6803780E+01	4.6799370E+01	7.2441895E+02
120	1.1914844E+01	4.3721010E+01	6.0254892E+02	170	1.6906163E+01	4.6513192E+01	7.0834530E+02
121	1.2011457E+01	4.3925833E+01	6.3790102E+02	171	1.7003861E+01	4.6227376E+01	6.6852630E+02
122	1.2114303E+01	4.4246844E+01	6.6575134E+02	172	1.7121628E+01	4.5927395E+01	6.0523980E+02
123	1.2217150E+01	4.4606319E+01	7.1246782E+02	173	1.7215843E+01	4.5637237E+01	6.0204634E+02
124	1.2319996E+01	4.4981571E+01	7.1066809E+02	174	1.7319478E+01	4.5370206E+01	6.1384609E+02
125	1.2422842E+01	4.5382607E+01	7.0349118E+02	175	1.7426352E+01	4.5101034E+01	6.5305315E+02
126	1.2525689E+01	4.5789254E+01	6.6785957E+02	176	1.7533226E+01	4.4873748E+01	6.6125745E+02
127	1.2628535E+01	4.6157572E+01	6.1379556E+02	177	1.7604476E+01	4.4740962E+01	7.0688659E+02
128	1.2731381E+01	4.6461667E+01	5.9206622E+02	178	1.7711350E+01	4.4665497E+01	6.8910194E+02
129	1.2834228E+01	4.6678885E+01	6.2012384E+02	179	1.7818224E+01	4.4634631E+01	6.4582283E+02
130	1.2902792E+01	4.6784141E+01	6.6843591E+02	180	1.7932223E+01	4.4667588E+01	5.8585359E+02
131	1.3005638E+01	4.6830504E+01	6.6047662E+02	181	1.8018435E+01	4.4733645E+01	6.2530386E+02
132	1.3101436E+01	4.6842918E+01	6.3899435E+02	182	1.8104646E+01	4.4794608E+01	6.0671332E+02
133	1.3227542E+01	4.6815125E+01	6.0885740E+02	183	1.8217535E+01	4.4866848E+01	6.2424088E+02
134	1.3329042E+01	4.6761034E+01	5.9103645E+02	184	1.8316307E+01	4.4967867E+01	6.8398983E+02
135	1.3430542E+01	4.6701152E+01	6.1959570E+02	185	1.8415080E+01	4.5125857E+01	6.3317545E+02
136	1.3532042E+01	4.6618239E+01	6.3705758E+02	186	1.8513852E+01	4.5358883E+01	5.8100078E+02
137	1.3633542E+01	4.6493128E+01	6.7160645E+02	187	1.8612624E+01	4.5649381E+01	5.5825763E+02
138	1.3701208E+01	4.6357554E+01	6.8048101E+02	188	1.8714689E+01	4.6010659E+01	6.0592147E+02
139	1.3802708E+01	4.6198503E+01	6.7283581E+02	189	1.8834204E+01	4.6516122E+01	6.7116300E+02
140	1.3904208E+01	4.5987948E+01	6.5568471E+02	190	1.8904316E+01	4.6991417E+01	7.5887618E+02
141	1.4005708E+01	4.5765437E+01	6.7140095E+02	191	1.9007477E+01	4.7455523E+01	7.3356626E+02
142	1.4107208E+01	4.5551757E+01	6.4737786E+02	192	1.9110638E+01	4.7980993E+01	7.2379813E+02
143	1.4208708E+01	4.5376475E+01	6.3405167E+02	193	1.9213800E+01	4.8429484E+01	6.4571897E+02
144	1.4329977E+01	4.5281199E+01	6.4652066E+02	194	1.9316961E+01	4.8780830E+01	5.7518969E+02
145	1.4420928E+01	4.5313491E+01	6.3703873E+02	195	1.9420122E+01	4.9036803E+01	5.6585311E+02
146	1.4511879E+01	4.5446643E+01	5.9070029E+02	196	1.9537381E+01	4.9209144E+01	5.3472886E+02
147	1.4611925E+01	4.5674737E+01	5.5999146E+02	197	1.9620598E+01	4.9289534E+01	5.6615971E+02
148	1.4711972E+01	4.5952910E+01	5.7151325E+02	198	1.9703815E+01	4.9318066E+01	5.8692811E+02
149	1.4812018E+01	4.6225469E+01	5.7022521E+02	199	1.9828639E+01	4.9324401E+01	5.4112739E+02
150	1.4912064E+01	4.6475838E+01	6.2607919E+02	200	1.9916017E+01	4.9317488E+01	5.2796792E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
201	2.0007555E+01	4.9311275E+01	5.8855192E+02	251	2.5023124E+01	5.2902462E+01	6.3573378E+02
202	2.0144863E+01	4.9333617E+01	6.2056769E+02	252	2.5135226E+01	5.2611075E+01	6.6285659E+02
203	2.0236401E+01	4.9430100E+01	6.6279755E+02	253	2.5206305E+01	5.2356897E+01	6.6022822E+02
204	2.0321264E+01	4.9568774E+01	6.9195228E+02	254	2.5312924E+01	5.2104308E+01	7.3508886E+02
205	2.0438545E+01	4.9775302E+01	7.0496534E+02	255	2.5414811E+01	5.1822399E+01	7.4248416E+02
206	2.0516733E+01	5.0007344E+01	7.0000618E+02	256	2.5507235E+01	5.1593132E+01	6.7133141E+02
207	2.0621768E+01	5.0232597E+01	6.4848869E+02	257	2.5630466E+01	5.1399444E+01	5.9661082E+02
208	2.0713964E+01	5.0466355E+01	5.8494767E+02	258	2.5722889E+01	5.1282036E+01	5.7193509E+02
209	2.0803021E+01	5.0665801E+01	5.9030687E+02	259	2.5821474E+01	5.1245815E+01	6.2588396E+02
210	2.0913396E+01	5.0860674E+01	5.9950482E+02	260	2.5923140E+01	5.1272657E+01	6.5509965E+02
211	2.1010526E+01	5.1031708E+01	7.1818656E+02	261	2.6024806E+01	5.1371377E+01	6.4620107E+02
212	2.1110691E+01	5.1134408E+01	7.9625866E+02	262	2.6129860E+01	5.1565224E+01	6.4984042E+02
213	2.1226372E+01	5.1181718E+01	7.8978099E+02	263	2.6204415E+01	5.1803357E+01	6.4367375E+02
214	2.1318917E+01	5.1175279E+01	6.8574915E+02	264	2.6316247E+01	5.2092157E+01	6.8196259E+02
215	2.1414354E+01	5.1131259E+01	6.2694221E+02	265	2.6428079E+01	5.2451260E+01	6.9884523E+02
216	2.1509791E+01	5.1062084E+01	5.9086635E+02	266	2.6502634E+01	5.2740779E+01	7.0532552E+02
217	2.1605228E+01	5.0978255E+01	5.9605843E+02	267	2.6603077E+01	5.2982701E+01	6.7045937E+02
218	2.1700665E+01	5.0887062E+01	6.2269983E+02	268	2.6710001E+01	5.3242990E+01	6.4838069E+02
219	2.1831096E+01	5.0777017E+01	6.7751135E+02	269	2.6816924E+01	5.3485411E+01	5.8970085E+02
220	2.1911931E+01	5.0672804E+01	6.5160865E+02	270	2.6923848E+01	5.3730712E+01	5.7682223E+02
221	2.2034143E+01	5.0575496E+01	6.6714378E+02	271	2.7030771E+01	5.4059160E+01	5.6905996E+02
222	2.2104881E+01	5.0488206E+01	6.6972997E+02	272	2.7105617E+01	5.4421092E+01	5.6284117E+02
223	2.2204513E+01	5.0441461E+01	6.2633104E+02	273	2.7231074E+01	5.4888213E+01	5.8565648E+02
224	2.2310786E+01	5.0452109E+01	6.3069234E+02	274	2.7317326E+01	5.5406238E+01	5.8285122E+02
225	2.2431341E+01	5.0548884E+01	5.7362279E+02	275	2.7403577E+01	5.5833795E+01	5.8126592E+02
226	2.2511710E+01	5.0681865E+01	4.9628191E+02	276	2.7532954E+01	5.6294921E+01	6.3337847E+02
227	2.2632264E+01	5.0902703E+01	5.1250991E+02	277	2.7610691E+01	5.6635945E+01	7.6689934E+02
228	2.2716652E+01	5.1281382E+01	6.0009854E+02	278	2.7721446E+01	5.6840058E+01	7.0201570E+02
229	2.2805058E+01	5.1767765E+01	6.4994443E+02	279	2.7827092E+01	5.6931899E+01	6.4301953E+02
230	2.2922676E+01	5.2465103E+01	5.9810700E+02	280	2.7928453E+01	5.6852563E+01	6.0142563E+02
231	2.3032020E+01	5.3276337E+01	5.7159813E+02	281	2.8029814E+01	5.6620905E+01	5.9198557E+02
232	2.3128892E+01	5.3921488E+01	5.2723657E+02	282	2.8134554E+01	5.6263428E+01	6.1993096E+02
233	2.3225763E+01	5.4451022E+01	5.5822444E+02	283	2.8208885E+01	5.5902613E+01	7.0187960E+02
234	2.3322635E+01	5.4889346E+01	6.7448949E+02	284	2.8320382E+01	5.5523553E+01	7.3329370E+02
235	2.3419506E+01	5.5226644E+01	7.5191020E+02	285	2.8431879E+01	5.5090694E+01	7.0970296E+02
236	2.3507833E+01	5.5471984E+01	7.5299229E+02	286	2.8506210E+01	5.4761548E+01	6.3279563E+02
237	2.3619907E+01	5.5681814E+01	7.1442619E+02	287	2.8617708E+01	5.4464969E+01	6.1718751E+02
238	2.3709566E+01	5.5833484E+01	6.3722257E+02	288	2.8729205E+01	5.4136710E+01	5.9675719E+02
239	2.3802027E+01	5.5896603E+01	6.3440354E+02	289	2.8803536E+01	5.3877071E+01	5.7578730E+02
240	2.3925308E+01	5.5867939E+01	6.5541012E+02	290	2.8915033E+01	5.3631288E+01	5.9538463E+02
241	2.4017768E+01	5.5730150E+01	6.7866736E+02	291	2.9033963E+01	5.3355667E+01	5.9956125E+02
242	2.4110229E+01	5.5517910E+01	6.8087310E+02	292	2.9110984E+01	5.3165766E+01	6.3081632E+02
243	2.4202690E+01	5.5238205E+01	6.8143341E+02	293	2.9219398E+01	5.3023878E+01	6.4002883E+02
244	2.4304397E+01	5.4889895E+01	6.6954839E+02	294	2.9327813E+01	5.2886316E+01	6.3259360E+02
245	2.4406103E+01	5.4508648E+01	7.0580017E+02	295	2.9407318E+01	5.2791685E+01	5.7942211E+02
246	2.4507810E+01	5.4150173E+01	7.1353998E+02	296	2.9522552E+01	5.2731363E+01	6.2955039E+02
247	2.4609517E+01	5.3843808E+01	6.4930437E+02	297	2.9629744E+01	5.2697635E+01	6.6726658E+02
248	2.4711224E+01	5.3587967E+01	5.6662740E+02	298	2.9726000E+01	5.2682874E+01	7.0474890E+02
249	2.4812930E+01	5.3365478E+01	5.2533899E+02	299	2.9828673E+01	5.2661371E+01	7.2259545E+02
250	2.4914637E+01	5.3148705E+01	5.6784036E+02	300	2.9934555E+01	5.2619727E+01	7.2844152E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
301	3.0005143E+01	5.2565208E+01	6.9696978E+02	351	3.5001615E+01	5.3078465E+01	6.6731284E+02
302	3.0111024E+01	5.2491390E+01	6.6432438E+02	352	3.5128101E+01	5.2621142E+01	7.3379014E+02
303	3.0216906E+01	5.2386069E+01	5.9542105E+02	353	3.5200049E+01	5.2156740E+01	6.4424028E+02
304	3.0322788E+01	5.2283989E+01	5.2342287E+02	354	3.5307972E+01	5.1752904E+01	6.1031373E+02
305	3.0428670E+01	5.2231909E+01	5.3182761E+02	355	3.5423090E+01	5.1283299E+01	5.7404054E+02
306	3.0534552E+01	5.2290185E+01	5.4319678E+02	356	3.5510148E+01	5.0922082E+01	5.9261417E+02
307	3.0612198E+01	5.2454923E+01	6.1896789E+02	357	3.5640735E+01	5.0647721E+01	6.2329694E+02
308	3.0728668E+01	5.2746337E+01	7.0783444E+02	358	3.5727792E+01	5.0484262E+01	6.5058606E+02
309	3.0806315E+01	5.3124655E+01	7.3318783E+02	359	3.5814850E+01	5.0441935E+01	6.2981980E+02
310	3.0922785E+01	5.3556828E+01	6.7002127E+02	360	3.5901908E+01	5.0455094E+01	6.0626618E+02
311	3.1000431E+01	5.4002181E+01	6.6478124E+02	361	3.6032495E+01	5.0519104E+01	6.0737127E+02
312	3.1111851E+01	5.4421017E+01	6.3628194E+02	362	3.6119553E+01	5.0608186E+01	5.8830307E+02
313	3.1213171E+01	5.4848312E+01	6.3343759E+02	363	3.6206611E+01	5.0695613E+01	6.4478979E+02
314	3.1324623E+01	5.5212713E+01	6.4478447E+02	364	3.6337197E+01	5.0839044E+01	6.7521475E+02
315	3.1436075E+01	5.5491197E+01	7.3554035E+02	365	3.6416652E+01	5.1019801E+01	6.8873869E+02
316	3.1510376E+01	5.5648389E+01	7.5569056E+02	366	3.6524431E+01	5.1222100E+01	6.4042818E+02
317	3.1602950E+01	5.5717288E+01	7.1181487E+02	367	3.6603468E+01	5.1458026E+01	5.9467908E+02
318	3.1726383E+01	5.5708331E+01	6.4910741E+02	368	3.6722025E+01	5.1712291E+01	5.6883023E+02
319	3.1828524E+01	5.5594896E+01	6.0088796E+02	369	3.6801062E+01	5.1953179E+01	5.6444642E+02
320	3.1903201E+01	5.5432875E+01	5.9579906E+02	370	3.6919619E+01	5.2146939E+01	5.4669920E+02
321	3.2002386E+01	5.5222539E+01	6.2524285E+02	371	3.7038175E+01	5.2290930E+01	5.5597039E+02
322	3.2101571E+01	5.4914821E+01	6.4013293E+02	372	3.7117213E+01	5.2327719E+01	6.3110853E+02
323	3.2200756E+01	5.4552331E+01	6.3525538E+02	373	3.7200202E+01	5.2306307E+01	6.8270262E+02
324	3.2306553E+01	5.4146840E+01	6.1222281E+02	374	3.7330614E+01	5.2239369E+01	6.6643390E+02
325	3.2430567E+01	5.3709640E+01	6.1269745E+02	375	3.7405562E+01	5.2174207E+01	7.2189775E+02
326	3.2518578E+01	5.3376608E+01	6.1692860E+02	376	3.7517984E+01	5.2123446E+01	7.8660799E+02
327	3.2606588E+01	5.3162332E+01	6.0851727E+02	377	3.7634153E+01	5.2076829E+01	7.5808934E+02
328	3.2734196E+01	5.2965409E+01	6.1189125E+02	378	3.7712243E+01	5.2037738E+01	7.2152691E+02
329	3.2809515E+01	5.2806988E+01	5.6394476E+02	379	3.7812463E+01	5.1999608E+01	6.1529946E+02
330	3.2917551E+01	5.2715037E+01	6.1051762E+02	380	3.7907491E+01	5.1961581E+01	5.3714504E+02
331	3.3032790E+01	5.2667419E+01	5.9137282E+02	381	3.8008854E+01	5.1934966E+01	5.5321423E+02
332	3.3119939E+01	5.2697172E+01	6.3349796E+02	382	3.8113384E+01	5.1936928E+01	6.3603918E+02
333	3.3211603E+01	5.2767461E+01	7.5724025E+02	383	3.8236034E+01	5.2016079E+01	6.9232255E+02
334	3.3308379E+01	5.2889993E+01	7.0815262E+02	384	3.8320355E+01	5.2165283E+01	6.9493609E+02
335	3.3411400E+01	5.3053968E+01	6.4730337E+02	385	3.8429298E+01	5.2355635E+01	7.0854895E+02
336	3.3514420E+01	5.3243757E+01	6.2326140E+00	386	3.8529472E+01	5.2590413E+01	6.7903393E+02
337	3.3620874E+01	5.3463408E+01	6.0343648E+02	387	3.8629646E+01	5.2827162E+01	6.6226078E+02
338	3.3734196E+01	5.3724118E+01	5.9335859E+02	388	3.8729820E+01	5.3075146E+01	6.4872998E+02
339	3.3809745E+01	5.3960136E+01	6.3588236E+02	389	3.8829994E+01	5.3388508E+01	6.2553025E+02
340	3.3923067E+01	5.4207739E+01	6.5002446E+02	390	3.8930167E+01	5.3851392E+01	6.3600987E+02
341	3.4036389E+01	5.4503915E+01	6.4767512E+02	391	3.9030341E+01	5.4477625E+01	6.5629249E+02
342	3.4111938E+01	5.4720056E+01	6.2024920E+02	392	3.9130515E+01	5.5191493E+01	6.3306371E+02
343	3.4225260E+01	5.4862625E+01	6.5022088E+02	393	3.9234028E+01	5.5946482E+01	6.0868887E+02
344	3.4300808E+01	5.4915285E+01	6.4670971E+02	394	3.9307488E+01	5.6583479E+01	6.0519734E+02
345	3.4421685E+01	5.4861369E+01	6.5530040E+02	395	3.9436779E+01	5.7240258E+01	5.8258791E+02
346	3.4521068E+01	5.4709154E+01	7.1152941E+02	396	3.9525667E+01	5.7882289E+01	6.2650215E+02
347	3.4620450E+01	5.4485281E+01	6.2687526E+02	397	3.9614554E+01	5.8411819E+01	6.8466979E+02
348	3.4737059E+01	5.4162930E+01	5.4102454E+02	398	3.9703442E+01	5.8997040E+01	7.1049364E+02
349	3.4825244E+01	5.3802572E+01	5.7463717E+02	399	3.9836773E+01	5.9796591E+01	6.3913138E+02
350	3.4913430E+01	5.3457338E+01	6.0287892E+02	400	3.9925661E+01	6.0566942E+01	6.0146405E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
401	4.0014548E+01	6.1087873E+01	6.1906367E+02	451	4.5017529E+01	6.2345666E+01	6.3476395E+02
402	4.0126212E+01	6.1505042E+01	6.3950756E+02	452	4.5105212E+01	6.2168853E+01	7.2372554E+02
403	4.0203851E+01	6.1772079E+01	5.4727227E+02	453	4.5230424E+01	6.1861409E+01	7.4912947E+02
404	4.0333989E+01	6.1925096E+01	5.1486029E+02	454	4.5305484E+01	6.1509401E+01	7.3945401E+02
405	4.0423459E+01	6.1987507E+01	5.9427455E+02	455	4.5429334E+01	6.1101350E+01	7.2492571E+02
406	4.0512929E+01	6.1971026E+01	6.6549892E+02	456	4.5532215E+01	6.0650760E+01	7.1430816E+02
407	4.0630544E+01	6.1871486E+01	6.9224221E+02	457	4.5630871E+01	6.0251670E+01	6.6786257E+02
408	4.0708955E+01	6.1700068E+01	6.7691352E+02	458	4.5703219E+01	5.9925533E+01	5.7315362E+02
409	4.0815756E+01	6.1477852E+01	7.3610864E+02	459	4.5811741E+01	5.9616589E+01	5.4411790E+02
410	4.0909732E+01	6.1194258E+01	6.7375859E+02	460	4.5931116E+01	5.9263724E+01	5.4230949E+02
411	4.1023100E+01	6.0853080E+01	6.2014318E+02	461	4.6010699E+01	5.8995233E+01	5.5397089E+02
412	4.1136468E+01	6.0480422E+01	5.9976151E+02	462	4.6130073E+01	5.8755387E+01	5.6939490E+02
413	4.1212046E+01	6.0180164E+01	5.5406198E+02	463	4.6209656E+01	5.8538501E+01	5.9782243E+02
414	4.1325414E+01	5.9906072E+01	5.7013920E+02	464	4.6329030E+01	5.8347220E+01	6.3473718E+02
415	4.1400992E+01	5.9666913E+01	5.5791360E+02	465	4.6408613E+01	5.8179151E+01	6.8947526E+02
416	4.1514359E+01	5.9478246E+01	5.9073426E+02	466	4.6527987E+01	5.8039223E+01	7.2025122E+02
417	4.1627727E+01	5.9309965E+01	6.2822314E+02	467	4.6607570E+01	5.7925221E+01	6.8359688E+02
418	4.1707084E+01	5.9199864E+01	6.0485378E+02	468	4.6726944E+01	5.7835572E+01	5.8201292E+02
419	4.1822588E+01	5.9102292E+01	6.3600119E+02	469	4.6806527E+01	5.7751516E+01	5.9303821E+02
420	4.1933490E+01	5.8988384E+01	7.0943419E+02	470	4.6933860E+01	5.7654022E+01	5.7906585E+02
421	4.2011122E+01	5.8885542E+01	7.1648020E+02	471	4.7021401E+01	5.7535501E+01	5.8935923E+02
422	4.2122187E+01	5.8768175E+01	7.2418315E+02	472	4.7135842E+01	5.7406376E+01	5.7902262E+02
423	4.2227788E+01	5.8622049E+01	6.8861355E+02	473	4.7212137E+01	5.7265386E+01	5.9124409E+02
424	4.2333389E+01	5.8489493E+01	6.5886497E+02	474	4.7326578E+01	5.7116964E+01	6.0269636E+02
425	4.2403790E+01	5.8403831E+01	6.7689574E+02	475	4.7402873E+01	5.6970263E+01	5.9142345E+02
426	4.2509391E+01	5.8362588E+01	6.4491426E+02	476	4.7517314E+01	5.6854613E+01	6.3930160E+02
427	4.2625552E+01	5.8387329E+01	6.4134843E+02	477	4.7635571E+01	5.6824685E+01	6.3453407E+02
428	4.2702993E+01	5.8459550E+01	6.1581573E+02	478	4.7719495E+01	5.6932860E+01	6.6726828E+02
429	4.2819154E+01	5.8546338E+01	6.6121033E+02	479	4.7803419E+01	5.7101360E+01	6.9096578E+02
430	4.2937194E+01	5.8635220E+01	6.5765569E+02	480	4.7922995E+01	5.7358225E+01	6.4616755E+02
431	4.3012642E+01	5.8684984E+01	6.0001572E+02	481	4.8041005E+01	5.7710093E+01	5.5761328E+02
432	4.3125813E+01	5.8721889E+01	5.8884173E+02	482	4.8127284E+01	5.8094604E+01	5.1587572E+02
433	4.3201261E+01	5.8763629E+01	5.6343739E+02	483	4.8213563E+01	5.8525221E+01	5.8113418E+02
434	4.3314432E+01	5.8820519E+01	5.4897980E+02	484	4.8342982E+01	5.9305277E+01	6.0762739E+02
435	4.3427604E+01	5.8912756E+01	5.9355474E+02	485	4.8417959E+01	6.0259230E+01	6.3099621E+02
436	4.3503051E+01	5.9015302E+01	6.6360125E+02	486	4.8530425E+01	6.1310441E+01	6.7744511E+02
437	4.3616223E+01	5.9157615E+01	7.0899355E+02	487	4.8605402E+01	6.2357290E+01	6.7619805E+02
438	4.3729394E+01	5.9399272E+01	7.0294986E+02	488	4.8717868E+01	6.3331674E+01	6.1652353E+02
439	4.3800056E+01	5.9658668E+01	6.6712989E+02	489	4.8830334E+01	6.4298328E+01	6.5724822E+02
440	4.3931810E+01	6.0012694E+01	6.3198063E+02	490	4.8905312E+01	6.4833544E+01	7.1925349E+02
441	4.4030626E+01	6.0467670E+01	6.5301280E+02	491	4.9017778E+01	6.5043785E+01	8.1386313E+02
442	4.4132735E+01	6.0866922E+01	6.6505688E+02	492	4.9120358E+01	6.5037235E+01	7.4278124E+02
443	4.4205200E+01	6.1189401E+01	7.1703966E+02	493	4.9205926E+01	6.4937544E+01	6.3096077E+02
444	4.4313897E+01	6.1484021E+01	6.8693996E+02	494	4.9327377E+01	6.4799502E+01	6.0453766E+02
445	4.4422594E+01	6.1793899E+01	6.5050398E+02	495	4.9421502E+01	6.4668655E+01	6.4490634E+02
446	4.4531291E+01	6.2053367E+01	6.2376720E+02	496	4.9525039E+01	6.4593682E+01	6.3994029E+02
447	4.4611002E+01	6.2239134E+01	6.0441443E+02	497	4.9602191E+01	6.4584870E+01	6.2246153E+02
448	4.4730569E+01	6.2380491E+01	5.5417754E+02	498	4.9723429E+01	6.4700002E+01	6.3328740E+02
449	4.4810280E+01	6.2466345E+01	5.5352372E+02	499	4.9804255E+01	6.4962166E+01	5.9495270E+02
450	4.4929847E+01	6.2457005E+01	5.8926288E+02	500	4.9925494E+01	6.5348592E+01	5.8465420E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
501	5.0006320E+01	6.5797860E+01	6.1764038E+02	551	5.5025636E+01	6.6276509E+01	7.1284020E+02
502	5.0127558E+01	6.6236862E+01	6.0974608E+02	552	5.5103994E+01	6.6279930E+01	7.1222418E+02
503	5.0208384E+01	6.6582088E+01	6.1402116E+02	553	5.5221533E+01	6.6347948E+01	6.4531732E+02
504	5.0321317E+01	6.6772561E+01	6.0783970E+02	554	5.5339071E+01	6.6517447E+01	6.1709971E+02
505	5.0430097E+01	6.6853082E+01	5.4874602E+02	555	5.5417429E+01	6.6722579E+01	5.8028295E+02
506	5.0506243E+01	6.6849950E+01	5.7163014E+02	556	5.5534967E+01	6.6967096E+01	6.0743496E+02
507	5.0625901E+01	6.6809714E+01	5.9839140E+02	557	5.5613326E+01	6.7220169E+01	6.5845566E+02
508	5.0709661E+01	6.6773631E+01	6.3724550E+02	558	5.5730864E+01	6.7479455E+01	7.3328966E+02
509	5.0841285E+01	6.6838342E+01	6.6596435E+02	559	5.5809223E+01	6.7747476E+01	6.2420624E+02
510	5.0929034E+01	6.7110855E+01	6.7522965E+02	560	5.5938515E+01	6.8046241E+01	5.7011710E+02
511	5.1016784E+01	6.7491992E+01	6.6506149E+02	561	5.6024710E+01	6.8353920E+01	5.4545565E+02
512	5.1132096E+01	6.7997529E+01	6.6912676E+02	562	5.6110904E+01	6.8604933E+01	5.1295132E+02
513	5.1208970E+01	6.8483995E+01	6.7034323E+02	563	5.6240196E+01	6.8958345E+01	5.4962957E+02
514	5.1324283E+01	6.8896474E+01	6.8476655E+02	564	5.6326391E+01	6.9383291E+01	5.9831242E+02
515	5.1401157E+01	6.9184947E+01	6.8945475E+02	565	5.6412585E+01	6.9816304E+01	6.5754707E+02
516	5.1516469E+01	6.9331894E+01	7.1146446E+02	566	5.6541877E+01	7.0481227E+01	7.1697647E+02
517	5.1631782E+01	6.9419350E+01	6.7939618E+02	567	5.6628072E+01	7.1241583E+01	7.3483560E+02
518	5.1700427E+01	6.9485812E+01	6.4012915E+02	568	5.6714267E+01	7.1896255E+01	7.3914127E+02
519	5.1803395E+01	6.9614898E+01	6.2096721E+02	569	5.6833859E+01	7.2640961E+01	6.9183890E+02
520	5.1906364E+01	6.9868103E+01	5.9805344E+02	570	5.6910354E+01	7.3228341E+01	6.4365345E+02
521	5.2009332E+01	7.0295111E+01	5.7674706E+02	571	5.7025096E+01	7.3606503E+01	6.7139969E+02
522	5.2112300E+01	7.0819866E+01	5.7604955E+02	572	5.7101591E+01	7.3802600E+01	6.8622050E+02
523	5.2215268E+01	7.1341647E+01	6.1785034E+02	573	5.7207624E+01	7.3758837E+01	6.2510425E+02
524	5.2328534E+01	7.1829690E+01	6.2798318E+02	574	5.7316081E+01	7.3438244E+01	5.4809554E+02
525	5.2404044E+01	7.2178688E+01	6.5195180E+02	575	5.7435384E+01	7.2830693E+01	4.8608401E+02
526	5.2517309E+01	7.2420255E+01	6.3286156E+02	576	5.7517404E+01	7.2131176E+01	4.9086439E+02
527	5.2630574E+01	7.2551413E+01	6.1205944E+02	577	5.7644536E+01	7.1263375E+01	5.4574977E+02
528	5.2706084E+01	7.2529659E+01	5.8251653E+02	578	5.7739269E+01	7.0202202E+01	6.1067108E+02
529	5.2819349E+01	7.2407169E+01	5.9412289E+02	579	5.7833256E+01	6.9229569E+01	6.5479910E+02
530	5.2932614E+01	7.2170003E+01	6.0165083E+02	580	5.7921985E+01	6.8263822E+01	7.0641201E+02
531	5.3008124E+01	7.1919192E+01	6.0538845E+02	581	5.8020878E+01	6.7322568E+01	8.0333345E+02
532	5.3121389E+01	7.1659077E+01	6.2376880E+02	582	5.8124071E+01	6.6301018E+01	7.1872199E+02
533	5.3234654E+01	7.1390157E+01	6.4975569E+02	583	5.8200566E+01	6.5492986E+01	6.3930207E+02
534	5.3310164E+01	7.1203728E+01	6.6588945E+02	584	5.8309218E+01	6.4894796E+01	5.8212074E+02
535	5.3423429E+01	7.1021134E+01	6.6333590E+02	585	5.8417871E+01	6.4494858E+01	5.7646171E+02
536	5.3536695E+01	7.0774949E+01	6.4558866E+02	586	5.8526523E+01	6.4449256E+01	5.7030607E+02
537	5.3612205E+01	7.0542608E+01	6.4193026E+02	587	5.8606201E+01	6.4679004E+01	6.3334571E+02
538	5.3725470E+01	7.0287847E+01	6.5334142E+02	588	5.8722943E+01	6.5082294E+01	6.6097382E+02
539	5.3800980E+01	7.0008926E+01	6.5970396E+02	589	5.8834134E+01	6.5586759E+01	7.5885067E+02
540	5.3914245E+01	6.9679155E+01	6.4161304E+02	590	5.8932096E+01	6.5991058E+01	7.2567017E+02
541	5.4027510E+01	6.9224363E+01	6.6098164E+02	591	5.9001618E+01	6.6234230E+01	6.8532070E+02
542	5.4103020E+01	6.8814543E+01	7.2082338E+02	592	5.9105900E+01	6.6364611E+01	6.8174818E+02
543	5.4216285E+01	6.8392155E+01	7.5228758E+02	593	5.9210183E+01	6.6363298E+01	6.5127197E+02
544	5.4329550E+01	6.7897638E+01	6.7218896E+02	594	5.9314466E+01	6.6220385E+01	6.4661095E+02
545	5.4429450E+01	6.7484389E+01	5.8991925E+02	595	5.9418748E+01	6.5987291E+01	6.4419884E+02
546	5.4529349E+01	6.7137930E+01	5.8727709E+02	596	5.9529983E+01	6.5686886E+01	6.7633887E+02
547	5.4635909E+01	6.6840676E+01	5.7453413E+02	597	5.9606457E+01	6.5417943E+01	6.4503522E+02
548	5.4720524E+01	6.6620028E+01	5.6325907E+02	598	5.9721168E+01	6.5194828E+01	6.2114642E+02
549	5.4809168E+01	6.6468437E+01	6.3295207E+02	599	5.9805289E+01	6.5045188E+01	6.8316065E+02
550	5.4942134E+01	6.6337890E+01	6.7674085E+02	600	5.9917240E+01	6.4997764E+01	6.9957297E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
601	6.0032557E+01	6.5030763E+01	6.7290024E+09	651	6.5004722E+01	6.3229451E+01	5.9022790E+09
602	6.0109436E+01	6.5165929E+01	6.5319571E+09	652	6.5123398E+01	6.2274832E+01	6.4067842E+09
603	6.0224753E+01	6.5610345E+01	6.0154406E+09	653	6.5212405E+01	6.1398177E+01	6.6619101E+09
604	6.0301632E+01	6.6410986E+01	5.3988592E+09	654	6.5310313E+01	6.0680955E+01	6.4381138E+09
605	6.0416950E+01	6.7502220E+01	5.0698720E+09	655	6.5411484E+01	6.0020673E+01	6.2649095E+09
606	6.0532267E+01	6.8932711E+01	5.1686558E+09	656	6.5519182E+01	5.9444453E+01	6.0067846E+09
607	6.0616834E+01	7.0141825E+01	5.5816997E+09	657	6.5626881E+01	5.8992573E+01	5.9201685E+09
608	6.0709857E+01	7.1075245E+01	5.9154212E+09	658	6.5734579E+01	5.8666343E+01	5.6839553E+09
609	6.0802879E+01	7.1816720E+01	6.0282591E+09	659	6.5806378E+01	5.8457964E+01	5.9953506E+09
610	6.0942414E+01	7.2379888E+01	6.4665635E+09	660	6.5914076E+01	5.8276253E+01	6.3289341E+09
611	6.1018578E+01	7.2625112E+01	6.6847045E+09	661	6.6021775E+01	5.8081265E+01	6.5066442E+09
612	6.1132823E+01	7.2690146E+01	6.3678155E+09	662	6.6129473E+01	5.7914529E+01	6.3883804E+09
613	6.1208987E+01	7.2687643E+01	6.0976774E+09	663	6.6201272E+01	5.7790760E+01	6.1775539E+09
614	6.1327041E+01	7.2672545E+01	5.5994206E+09	664	6.6308970E+01	5.7680359E+01	6.3072678E+09
615	6.1410821E+01	7.2705362E+01	5.8222165E+09	665	6.6416669E+01	5.7571710E+01	6.3354337E+09
616	6.1517243E+01	7.2827507E+01	6.3207281E+09	666	6.6535137E+01	5.7451094E+01	6.3411962E+09
617	6.1623664E+01	7.3094488E+01	6.6224899E+09	667	6.6614116E+01	5.7295037E+01	6.4219619E+09
618	6.1730085E+01	7.3478803E+01	6.8121618E+09	668	6.6732584E+01	5.7041484E+01	6.5399569E+09
619	6.1801033E+01	7.3838967E+01	6.1895776E+09	669	6.6819461E+01	5.6693096E+01	7.4309784E+09
620	6.1907454E+01	7.4194340E+01	6.1431152E+09	670	6.6927387E+01	5.6353759E+01	7.1654497E+09
621	6.2013875E+01	7.4575526E+01	6.7232536E+09	671	6.7002936E+01	5.6017255E+01	6.2581245E+09
622	6.2120297E+01	7.4831433E+01	6.3303640E+09	672	6.7121655E+01	5.5660958E+01	6.2100965E+09
623	6.2237360E+01	7.4905280E+01	6.4028151E+09	673	6.7228254E+01	5.5258366E+01	5.9883054E+09
624	6.2315402E+01	7.4790853E+01	6.7476281E+09	674	6.7334853E+01	5.4860400E+01	6.4029346E+09
625	6.2432466E+01	7.4506612E+01	6.6685492E+09	675	6.7405919E+01	5.4509178E+01	6.8381259E+09
626	6.2510508E+01	7.4103064E+01	6.5627713E+09	676	6.7512519E+01	5.4116536E+01	6.2983307E+09
627	6.2627572E+01	7.3588572E+01	6.5176796E+09	677	6.7619118E+01	5.3574614E+01	5.5942874E+09
628	6.2713418E+01	7.2986704E+01	6.4454553E+09	678	6.7722031E+01	5.2971987E+01	5.7790980E+09
629	6.2831104E+01	7.2402944E+01	6.4879544E+09	679	6.7817570E+01	5.2358558E+01	6.1938482E+09
630	6.2905866E+01	7.1905346E+01	6.7312433E+09	680	6.7922663E+01	5.1694248E+01	6.6075244E+09
631	6.3018010E+01	7.1644211E+01	6.7902795E+09	681	6.8027755E+01	5.1004747E+01	6.5988524E+09
632	6.3130153E+01	7.1828533E+01	6.8470703E+09	682	6.8132848E+01	5.0329579E+01	6.9543534E+09
633	6.3204916E+01	7.2370734E+01	6.6432048E+09	683	6.8202910E+01	4.9790219E+01	6.8973769E+09
634	6.3305723E+01	7.3027661E+01	6.3297278E+09	684	6.8308003E+01	4.9289267E+01	6.8109586E+09
635	6.3406530E+01	7.3783431E+01	6.3815150E+09	685	6.8413096E+01	4.8755034E+01	6.6554336E+09
636	6.3507337E+01	7.4435595E+01	6.6103923E+09	686	6.8510584E+01	4.8335786E+01	6.8471348E+09
637	6.3611504E+01	7.4878377E+01	6.7232980E+09	687	6.8604268E+01	4.8036260E+01	6.9697141E+09
638	6.3722392E+01	7.5064997E+01	6.4010913E+09	688	6.8729181E+01	4.7825961E+01	6.6629212E+09
639	6.3833280E+01	7.4965978E+01	6.2246445E+09	689	6.8822866E+01	4.7749760E+01	6.7146812E+09
640	6.3907205E+01	7.4647787E+01	5.9573037E+09	690	6.8916550E+01	4.7786191E+01	6.0937606E+09
641	6.4018093E+01	7.4095842E+01	6.0485482E+09	691	6.9016481E+01	4.7899749E+01	6.2633000E+09
642	6.4128981E+01	7.3178070E+01	5.8843676E+09	692	6.9119534E+01	4.8092678E+01	6.6733019E+09
643	6.4202906E+01	7.2251877E+01	5.9724784E+09	693	6.9232892E+01	4.8408431E+01	6.4243542E+09
644	6.4324883E+01	7.1112845E+01	5.8704768E+09	694	6.9308465E+01	4.8775695E+01	6.4245578E+09
645	6.4406201E+01	6.9880931E+01	6.2253123E+09	695	6.9421823E+01	4.9235219E+01	5.9270487E+09
646	6.4540375E+01	6.8531366E+01	7.1761084E+09	696	6.9535181E+01	4.9885081E+01	6.0748891E+09
647	6.4606509E+01	6.7392583E+01	7.3943796E+09	697	6.9610754E+01	5.0492890E+01	6.2325503E+09
648	6.4720827E+01	6.6312827E+01	6.5605811E+09	698	6.9724112E+01	5.1136859E+01	6.2994664E+09
649	6.4826708E+01	6.5099504E+01	6.6671439E+09	699	6.9837470E+01	5.1907262E+01	6.8589705E+09
650	6.4915715E+01	6.4107324E+01	6.3986051E+09	700	6.9913043E+01	5.2514400E+01	6.6687461E+09



		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
701	7.0026401E+01	5.3043585E+01	6.5695845E+09	751	7.5011025E+01	5.9659115E+01	6.0920146E+09
702	7.0101973E+01	5.3445866E+01	6.3957400E+09	752	7.5138173E+01	6.0814600E+01	6.2145625E+09
703	7.0205417E+01	5.3672682E+01	6.0406888E+09	753	7.5222938E+01	6.1998176E+01	6.4505442E+09
704	7.0303903E+01	5.3761779E+01	5.8001879E+09	754	7.5300623E+01	6.2864725E+01	6.4985201E+09
705	7.0419460E+01	5.3615091E+01	5.6534241E+09	755	7.5413591E+01	6.3825217E+01	5.7000867E+09
706	7.0538628E+01	5.3230576E+01	5.8331130E+09	756	7.5524843E+01	6.4854058E+01	6.0277267E+09
707	7.0618073E+01	5.2786568E+01	5.6876728E+09	757	7.5625603E+01	6.5698785E+01	6.3364491E+09
708	7.0701491E+01	5.2357689E+01	6.3315341E+09	758	7.5726363E+01	6.5698785E+01	5.8970174E+09
709	7.0828134E+01	5.1791604E+01	7.1543958E+09	759	7.5827124E+01	6.6908270E+01	6.3417491E+09
710	7.0906640E+01	5.1312774E+01	7.0333647E+09	760	7.5901014E+01	6.7215467E+01	6.4576762E+09
711	7.1024400E+01	5.1053821E+01	6.9814662E+09	761	7.6003415E+01	6.7341435E+01	6.8648104E+09
712	7.1131226E+01	5.1031559E+01	6.4153087E+09	762	7.6101599E+01	6.7337448E+01	6.5585558E+09
713	7.1232584E+01	5.1211187E+01	6.5689552E+09	763	7.6203055E+01	6.7234172E+01	6.2670868E+09
714	7.1310629E+01	5.1486704E+01	6.2814336E+09	764	7.6311056E+01	6.7102993E+01	6.1799638E+09
715	7.1433273E+01	5.1904095E+01	6.2948846E+09	765	7.6411041E+01	6.7012052E+01	6.3991857E+09
716	7.1515035E+01	5.2399374E+01	6.3461664E+09	766	7.6507018E+01	6.6934997E+01	6.4669244E+09
717	7.1637678E+01	5.2901758E+01	6.0826072E+09	767	7.6602995E+01	6.6808856E+01	6.7809410E+09
718	7.1719440E+01	5.3359880E+01	6.4242928E+09	768	7.6730965E+01	6.6491993E+01	6.8262186E+09
719	7.1832022E+01	5.3720216E+01	6.8139928E+09	769	7.6826942E+01	6.6012091E+01	6.8639475E+09
720	7.1903722E+01	5.4009298E+01	6.9465449E+09	770	7.6922919E+01	6.5554713E+01	6.9041181E+09
721	7.2011273E+01	5.4254931E+01	7.3413495E+09	771	7.7018896E+01	6.5109214E+01	6.6446313E+09
722	7.2118824E+01	5.4534868E+01	7.6957613E+09	772	7.7124471E+01	6.4729191E+01	6.5421869E+09
723	7.2226375E+01	5.4813696E+01	7.1398171E+09	773	7.7230045E+01	6.4510194E+01	6.6253656E+09
724	7.2325659E+01	5.5076364E+01	6.3994955E+09	774	7.7300428E+01	6.4466614E+01	6.7086069E+09
725	7.2420810E+01	5.5313806E+01	5.8859588E+09	775	7.7406003E+01	6.4561779E+01	6.4326109E+09
726	7.2515961E+01	5.5522648E+01	5.6309076E+09	776	7.7511578E+01	6.4829183E+01	6.4461622E+09
727	7.2620627E+01	5.5710852E+01	5.4510699E+09	777	7.7617153E+01	6.5181848E+01	6.3891951E+09
728	7.2725293E+01	5.5886605E+01	5.0005643E+09	778	7.7727272E+01	6.5478291E+01	6.2969205E+09
729	7.2829959E+01	5.6071684E+01	4.9087023E+09	779	7.7828302E+01	6.5620320E+01	6.3533473E+09
730	7.2903225E+01	5.6260149E+01	5.0868277E+09	780	7.7902204E+01	6.5591503E+01	6.4677995E+09
731	7.3018358E+01	5.6509517E+01	5.6927135E+09	781	7.8018337E+01	6.5409083E+01	6.5566993E+09
732	7.3133491E+01	5.6859392E+01	6.3678868E+09	782	7.8130534E+01	6.5034208E+01	6.5802594E+09
733	7.3210246E+01	5.7172051E+01	6.4663951E+09	783	7.8200085E+01	6.4648765E+01	6.6277527E+09
734	7.3325379E+01	5.7484744E+01	6.6819814E+09	784	7.8311366E+01	6.4222381E+01	6.3416898E+09
735	7.3402134E+01	5.7776246E+01	6.1617508E+09	785	7.8426126E+01	6.3752846E+01	5.6662632E+09
736	7.3520249E+01	5.8019970E+01	6.7143135E+09	786	7.8532123E+01	6.3430207E+01	5.7714547E+09
737	7.3632817E+01	5.8213170E+01	7.4465358E+09	787	7.8633740E+01	6.3219581E+01	6.3284089E+09
738	7.3707862E+01	5.8291020E+01	6.8961904E+09	788	7.8701484E+01	6.3084029E+01	6.4750103E+09
739	7.3803390E+01	5.8293922E+01	6.5337950E+09	789	7.8803100E+01	6.2974058E+01	6.6362551E+09
740	7.3933945E+01	5.8191548E+01	6.6962991E+09	790	7.8914878E+01	6.2884476E+01	6.9526000E+09
741	7.4003999E+01	5.7993498E+01	7.0237543E+09	791	7.9021505E+01	6.2869041E+01	6.7222105E+09
742	7.4109080E+01	5.7730032E+01	7.0446047E+09	792	7.9117831E+01	6.2891493E+01	6.3841199E+09
743	7.4214161E+01	5.7345211E+01	6.9201996E+09	793	7.9214156E+01	6.2913590E+01	6.0295752E+09
744	7.4319242E+01	5.6969762E+01	7.0085454E+09	794	7.9320114E+01	6.2919135E+01	5.8754754E+09
745	7.4424323E+01	5.6729892E+01	6.8398415E+09	795	7.9426073E+01	6.2922234E+01	5.8976012E+09
746	7.4529404E+01	5.6709041E+01	6.5338004E+09	796	7.9532031E+01	6.2963733E+01	5.9797475E+09
747	7.4606463E+01	5.6861690E+01	6.2640484E+09	797	7.9602669E+01	6.3063137E+01	5.9820812E+09
748	7.4722052E+01	5.7209562E+01	5.8201176E+09	798	7.9708627E+01	6.3254255E+01	6.0854840E+09
749	7.4841494E+01	5.7930970E+01	5.7200027E+09	799	7.9814585E+01	6.3629724E+01	5.9760729E+09
750	7.4926259E+01	5.8807266E+01	5.9815607E+09	800	7.9920543E+01	6.4178858E+01	5.9850232E+09

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
801	8.0037097E+01	6.4903264E+01	6.4511083E+02	851	8.5026932E+01	5.7142258E+01	7.3904345E+02
802	8.0114800E+01	6.5578389E+01	6.8689933E+02	852	8.5100487E+01	5.6353756E+01	7.4543260E+02
803	8.0231354E+01	6.6252573E+01	6.7312664E+02	853	8.5210819E+01	5.5536596E+01	6.7819126E+02
804	8.0316826E+01	6.6925599E+01	6.2277195E+02	854	8.5321152E+01	5.4563549E+01	6.2776993E+02
805	8.0402299E+01	6.7430603E+01	6.0451782E+02	855	8.5431484E+01	5.3625410E+01	6.0514921E+02
806	8.0520985E+01	6.7954347E+01	6.0652837E+02	856	8.5505039E+01	5.2876691E+01	5.6738844E+02
807	8.0634909E+01	6.8467526E+01	6.1925138E+02	857	8.5615371E+01	5.2161612E+01	5.4133506E+02
808	8.0710859E+01	6.8839801E+01	6.6427515E+02	858	8.5725704E+01	5.1347471E+01	5.5832009E+02
809	8.0824783E+01	6.9205290E+01	6.9540547E+02	859	8.5836036E+01	5.0591506E+01	6.4571123E+02
810	8.0900732E+01	6.9623185E+01	6.6666713E+02	860	8.5909591E+01	5.0007805E+01	6.7320167E+02
811	8.1014656E+01	7.0087204E+01	6.5362581E+02	861	8.6030956E+01	4.9429622E+01	6.5704226E+02
812	8.1128581E+01	7.0576182E+01	6.1207557E+02	862	8.6100277E+01	4.8935955E+01	6.6916159E+02
813	8.1204530E+01	7.0842257E+01	5.7478812E+02	863	8.6211189E+01	4.8501502E+01	6.3846765E+02
814	8.1318454E+01	7.0922401E+01	5.5837432E+02	864	8.6325567E+01	4.8033819E+01	6.7104245E+02
815	8.1436176E+01	7.0787231E+01	5.5355020E+02	865	8.6431567E+01	4.7660653E+01	7.1407631E+02
816	8.1519720E+01	7.0511325E+01	6.0188302E+02	866	8.6506229E+01	4.7406436E+01	6.9635603E+02
817	8.1603265E+01	7.0201681E+01	6.1349822E+02	867	8.6608043E+01	4.7224689E+01	6.6672873E+02
818	8.1728581E+01	6.9735796E+01	6.6256348E+02	868	8.6704767E+01	4.7080858E+01	6.1930473E+02
819	8.1812126E+01	6.9199541E+01	6.6993052E+02	869	8.6801491E+01	4.7011681E+01	6.0419456E+02
820	8.1937442E+01	6.8571305E+01	6.7225529E+02	870	8.6930456E+01	4.7063615E+01	5.5242988E+02
821	8.2020986E+01	6.7850516E+01	6.9388335E+02	871	8.7001387E+01	4.7249793E+01	5.6413373E+02
822	8.2104531E+01	6.7203443E+01	6.6271799E+02	872	8.7107783E+01	4.7544413E+01	6.1706761E+02
823	8.2229847E+01	6.6312364E+01	6.4349204E+02	873	8.7224819E+01	4.8066452E+01	6.8705057E+02
824	8.2313392E+01	6.5348465E+01	6.1000198E+02	874	8.7302843E+01	4.8589137E+01	6.7581270E+02
825	8.2422827E+01	6.4436010E+01	6.2911734E+02	875	8.7419879E+01	4.9114299E+01	6.6948326E+02
826	8.2512569E+01	6.3481453E+01	5.9198850E+02	876	8.7530594E+01	4.9660608E+01	6.2917424E+02
827	8.2602312E+01	6.2588934E+01	5.7563635E+02	877	8.7628671E+01	5.0053734E+01	5.8399983E+02
828	8.2721968E+01	6.1561424E+01	6.6284524E+02	878	8.7726747E+01	5.0331265E+01	5.4318450E+02
829	8.2823975E+01	6.0494376E+01	7.1463039E+02	879	8.7824823E+01	5.0538979E+01	5.7251869E+02
830	8.2928391E+01	5.9578204E+01	6.8705756E+02	880	8.7922899E+01	5.0717596E+01	6.3528363E+02
831	8.3024461E+01	5.8772328E+01	7.1917923E+02	881	8.8030783E+01	5.0905286E+01	6.7144128E+02
832	8.3126935E+01	5.8022445E+01	7.3368737E+02	882	8.8109897E+01	5.1076459E+01	6.6000905E+02
833	8.3232612E+01	5.7322816E+01	6.5962042E+02	883	8.8228569E+01	5.1264516E+01	6.9797591E+02
834	8.3303063E+01	5.6819968E+01	6.2451201E+02	884	8.8307684E+01	5.1467410E+01	7.3227813E+02
835	8.3408740E+01	5.6429080E+01	6.5291233E+02	885	8.8421877E+01	5.1652291E+01	7.5383544E+02
836	8.3514416E+01	5.6429080E+01	6.7390820E+02	886	8.8527111E+01	5.1801191E+01	7.1540701E+02
837	8.3620093E+01	5.6005970E+01	6.7386982E+02	887	8.8632345E+01	5.1898825E+01	6.5509748E+02
838	8.3725770E+01	5.6066404E+01	6.6800596E+02	888	8.8702501E+01	5.1972773E+01	6.2860027E+02
839	8.3831447E+01	5.6263405E+01	6.3610361E+02	889	8.8810784E+01	5.2056540E+01	6.2277511E+02
840	8.3908943E+01	5.6501524E+01	6.2018308E+02	890	8.8914643E+01	5.2161372E+01	6.3791186E+02
841	8.4025187E+01	5.6790378E+01	6.3105712E+02	891	8.9021964E+01	5.2239863E+01	6.4058189E+02
842	8.4106558E+01	5.7137070E+01	6.4266874E+02	892	8.9136209E+01	5.2266187E+01	6.1807217E+02
843	8.4229892E+01	5.7574291E+01	6.2293782E+02	893	8.9212372E+01	5.2238772E+01	6.2946771E+02
844	8.4301413E+01	5.8047963E+01	6.0319241E+02	894	8.9326616E+01	5.2143776E+01	5.9308423E+02
845	8.4401715E+01	5.8496548E+01	5.9312255E+02	895	8.9402779E+01	5.1995332E+01	6.1122364E+02
846	8.4502017E+01	5.8932754E+01	5.4749299E+02	896	8.9517024E+01	5.1814552E+01	6.1101882E+02
847	8.4602320E+01	5.9134618E+01	5.1350714E+02	897	8.9631269E+01	5.1581100E+01	6.3739274E+02
848	8.4702622E+01	5.9037179E+01	5.7333928E+02	898	8.9707432E+01	5.1383692E+01	6.7219004E+02
849	8.4806267E+01	5.8656888E+01	6.5068964E+02	899	8.9821676E+01	5.1188221E+01	6.5210549E+02
850	8.4916600E+01	5.7997390E+01	7.1649808E+02	900	8.9928293E+01	5.0964456E+01	6.7638710E+02

		C	kW			C	kW
s.no	Time	THCP	HRR	s.no	Time	THCP	HRR
901	9.0031095E+01	5.0750726E+01	6.6108402E+02	951	9.5026667E+01	3.9808785E+01	6.5895663E+02
902	9.0133898E+01	5.0544255E+01	6.5993588E+02	952	9.5128278E+01	3.9820193E+01	5.6144171E+02
903	9.0202433E+01	5.0378370E+01	6.3507458E+02	953	9.5229890E+01	3.9887092E+01	5.5183082E+02
904	9.0305235E+01	5.0219671E+01	5.8878798E+02	954	9.5331501E+01	4.0021887E+01	6.1515090E+02
905	9.0408038E+01	5.0035020E+01	5.6959827E+02	955	9.5409742E+01	4.0211704E+01	6.3941756E+02
906	9.0510840E+01	4.9846747E+01	6.0937108E+02	956	9.5532692E+01	4.0504819E+01	6.1444020E+02
907	9.0613642E+01	4.9642034E+01	6.2957275E+02	957	9.5605065E+01	4.0846251E+01	6.0820644E+02
908	9.0716445E+01	4.9408958E+01	5.9979083E+02	958	9.5713623E+01	4.1232171E+01	5.9897340E+02
909	9.0819247E+01	4.9135935E+01	6.0853306E+02	959	9.5825801E+01	4.1767600E+01	6.1426646E+02
910	9.0932330E+01	4.8797188E+01	6.2317532E+02	960	9.5905410E+01	4.2251076E+01	6.2857701E+02
911	9.1007718E+01	4.8477144E+01	6.0321858E+02	961	9.6024825E+01	4.2699261E+01	6.8068609E+02
912	9.1120801E+01	4.8139346E+01	6.3795759E+02	962	9.6104435E+01	4.3055610E+01	7.1775698E+02
913	9.1233884E+01	4.7725213E+01	6.1923255E+02	963	9.6223849E+01	4.3271807E+01	7.0729481E+02
914	9.1309272E+01	4.7384395E+01	6.6281966E+02	964	9.6331422E+01	4.3367489E+01	6.6902147E+02
915	9.1422355E+01	4.7063353E+01	7.0682697E+02	965	9.6433075E+01	4.3319972E+01	6.3157199E+02
916	9.1529758E+01	4.6727775E+01	7.2459815E+02	966	9.6500844E+01	4.3192242E+01	6.1974109E+02
917	9.1625803E+01	4.6464280E+01	6.3100272E+02	967	9.6612662E+01	4.2955742E+01	6.2778584E+02
918	9.1721848E+01	4.6249869E+01	5.6881297E+02	968	9.6724479E+01	4.2576031E+01	6.8027109E+02
919	9.1824296E+01	4.6069387E+01	5.6591805E+02	969	9.6840025E+01	4.2576031E+01	6.6351974E+02
920	9.1901772E+01	4.6069387E+01	5.8603842E+02	970	9.6922025E+01	4.1679967E+01	6.0606883E+02
921	9.2021860E+01	4.5835106E+01	6.3457503E+02	971	9.7004024E+01	4.1309724E+01	5.9415226E+02
922	9.2107084E+01	4.5742756E+01	7.1069887E+02	972	9.7135224E+01	4.0818940E+01	5.9490943E+02
923	9.2226078E+01	4.5667629E+01	7.4415505E+02	973	9.7218569E+01	4.0341924E+01	6.5768236E+02
924	9.2302459E+01	4.5628212E+01	7.3133304E+02	974	9.7328554E+01	3.9934880E+01	6.8191483E+02
925	9.2417032E+01	4.5672631E+01	6.9231765E+02	975	9.7435738E+01	3.9496111E+01	6.5219769E+02
926	9.2531605E+01	4.5843369E+01	6.4377936E+02	976	9.7516796E+01	3.9142244E+01	6.0143990E+02
927	9.2607987E+01	4.6055286E+01	5.9369266E+02	977	9.7638383E+01	3.8815594E+01	6.1730701E+02
928	9.2709283E+01	4.6252469E+01	6.0163008E+02	978	9.7719442E+01	3.8542438E+01	5.7860341E+02
929	9.2810579E+01	4.6421073E+01	6.0350221E+02	979	9.7800500E+01	3.8381429E+01	5.8675764E+02
930	9.2922005E+01	4.6457771E+01	5.9251367E+02	980	9.7903532E+01	3.8269580E+01	6.0274338E+02
931	9.3033431E+01	4.6302467E+01	6.1265680E+02	981	9.8006564E+01	3.8241529E+01	6.5709263E+02
932	9.3131582E+01	4.6010429E+01	6.4296483E+02	982	9.8109595E+01	3.8331322E+01	6.9019812E+02
933	9.3229733E+01	4.5632280E+01	6.3865229E+02	983	9.8212627E+01	3.8518953E+01	6.6853571E+02
934	9.3327884E+01	4.5188992E+01	6.7097301E+02	984	9.8325962E+01	3.8808747E+01	6.7412559E+02
935	9.3435850E+01	4.4669196E+01	6.5315218E+02	985	9.8401519E+01	3.9186170E+01	6.6904180E+02
936	9.3500186E+01	4.4231048E+01	6.5392256E+02	986	9.8514854E+01	3.9782830E+01	6.4980547E+02
937	9.3632073E+01	4.3710363E+01	6.3206537E+02	987	9.8628189E+01	4.0842982E+01	6.7298769E+02
938	9.3702842E+01	4.3176928E+01	6.5804168E+02	988	9.8703746E+01	4.2042307E+01	7.0629813E+02
939	9.3808996E+01	4.2742091E+01	6.6519844E+02	989	9.8828414E+01	4.3538084E+01	6.6625525E+02
940	9.3915150E+01	4.2260316E+01	6.6360113E+02	990	9.8901877E+01	4.4910701E+01	6.4182279E+02
941	9.4016710E+01	4.1835641E+01	6.2907759E+02	991	9.9012071E+01	4.5967378E+01	5.9400121E+02
942	9.4112163E+01	4.1471258E+01	6.2939628E+02	992	9.9122265E+01	4.6746680E+01	5.4899260E+02
943	9.4213775E+01	4.1133503E+01	6.2503685E+02	993	9.9232459E+01	4.7031251E+01	5.4169899E+02
944	9.4315386E+01	4.0823399E+01	6.0139066E+02	994	9.9305922E+01	4.7004616E+01	5.9002088E+02
945	9.4416998E+01	4.0553816E+01	5.7317051E+02	995	9.9416116E+01	4.6760828E+01	6.7266188E+02
946	9.4518609E+01	4.0327493E+01	5.9547591E+02	996	9.9537329E+01	4.6204022E+01	7.0175943E+02
947	9.4620221E+01	4.0144306E+01	6.3584403E+02	997	9.9618138E+01	4.5593531E+01	7.4746202E+02
948	9.4721832E+01	4.0005340E+01	6.5435328E+02	998	9.9739351E+01	4.4948465E+01	7.0843676E+02
949	9.4823444E+01	3.9905603E+01	6.9342799E+02	999	9.9808115E+01	4.4374224E+01	6.5712209E+02
950	9.4925055E+01	3.9839965E+01	7.3306560E+02	1000	9.9911259E+01	4.3862108E+01	5.9113267E+02
				1001	1.0000000E+02	4.3326433E+01	5.6535401E+02