



**COVID-19'UN GETİRDİĞİ MEKANSAL GEREKLİLİKLER
KAPSAMINDA DOĞAL HAVALANDIRMA İHTİYACINA
KİNETİK MİMARİ ÇÖZÜMLER:
ANKARA CER MODERN ÖRNEĞİ**

Beril Deniz SARIOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2024

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Beril Deniz SARIOĞLU

31/01/2024

COVID-19'UN GETİRDİĞİ MEKANSAL GEREKLİLİKLER KAPSAMINDA DOĞAL HAVALANDIRMA İHTİYACINA KİNETİK MİMARİ ÇÖZÜMLER:

ANKARA CER MODERN ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Beril Deniz SARIOĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2024

ÖZET

Günümüzde, tüm dünyayı kapsayan bir salgına karşı mücadele verilmiştir ve her alanda bir çok değişim yaşanmıştır. Salgınlara karşı alınabilecek yapı bazındaki önlemleri anlamak adına Covid-19'un bulaşma dinamikleri incelendiğinde; hava yolu ve doğrudan/dolaylı temas ile bulaştığı bilinmektedir. İç mekan hava kaynaklı enfeksiyon maruziyetini azaltmanın en etkili yolu 'doğal havalandırma' olarak tanımlanmaktadır. Binanın içi ve dışı arasındaki hava akışının sağlandığı doğal havalandırma sistemlerinde çevre şartlarına göre şekillenen esnek tasarım anlayışı gerekmektedir. Bu durum, değişen çevre koşullarına ve kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilen sistemler olan kinetik mimariyi düşündürmüştür. Bununla birlikte, binalarda yapılacak doğal havalandırma sistemleri bir çok farklı parametre içermektedir. Yapıdaki bu değişkenlerin tamamını birlikte düşünüp değerlendirebilmek için simülasyon araçları kullanımı gerekliliği söz konusudur. Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve iç mekan kirlenme simülasyonları için izlenecek yöntemlerin adımları anlatılmıştır. Alan çalışması için Ankara'daki sanat mekanlarından endüstriyel arkeoloji mirası Cer Modern yapısı üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada Contam programı kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte görselleştirmeler için Rhinoceros programı kullanılmıştır. İç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik doğal havalandırma tasarımında kinetik sistemler kullanılmasını amaçlayan bu çalışmada, doğal hava akışı sağlanması ile kirlilik seviyesinin azaltıldığı görülmüştür. Farklı tarihlerde farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesi sonucunda; belirlenen günün iklim verilerinin ve açıklık miktarının ortamdaki kirlilik konsantrasyonunu düşürmede doğrudan etkisi olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda iç mekan hava kalitesi açısından en iyi sonuç 19 Aralık tarihinde 3 adet çatı penceresi açık olan durumda elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; doğal hava akışı sağlamanın iç mekandaki kirlilik seviyesini düşürmesinin yanı sıra bu hava akışının ne yönde sağlandığının önemi ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : 80115

Anahtar Kelimeler : Kinetik mimarlık, kinetik sistemler, COVID-19 önlemleri, doğal havalandırma, simülasyon yöntemleri, iç mekan konforu

Sayfa Adedi : 123

Danışman : Doç. Dr. Asena SOYLUK

KINETIC ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR THE NEED FOR NATURAL
VENTILATION WITHIN THE SCOPE OF THE SPATIAL REQUIREMENTS
BROUGHT BY COVID-19: ANKARA CER MODERN EXAMPLE

(M.Sc. Thesis)

Beril Deniz SARIOĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2024

ABSTRACT

Today, there has been a struggle against an epidemic covering the whole world and many changes have been experienced in every field. In order to understand the structural measures that can be taken against epidemics, when the transmission dynamics of Covid-19 are examined; It is known to be transmitted by airway and direct/indirect contact. The most effective way to reduce indoor airborne infection exposure is defined as 'natural ventilation'. In natural ventilation systems where the airflow between the inside and outside of the building, a flexible design approach shaped according to environmental conditions is required. Kinetic architectures are systems that can respond to changing environmental conditions and user needs. However, natural ventilation systems to be built in buildings include many different parameters. Using simulation tools to consider and evaluate all of these variables together is necessary. In this direction, the steps of the methods to be followed for computational fluid dynamics and indoor pollution simulations are explained within the scope of the thesis study. The industrial archaeological heritage Cer Modern building, one of the art spaces in Ankara, was studied for the field study. In the study, simulations were carried out using Contam program. In addition, Rhinoceros software was used for visualisations. In this study, which aims to use kinetic systems in natural ventilation design to prevent the spread of infection indoors, it was observed that the level of pollution was reduced by providing natural air flow. As a result of examining the effect of natural air flow provided with different amounts of openings on different dates on the pollution level in the environment; It was observed that the climatic data of the determined day and the amount of opening had a direct effect on reducing the pollution concentration in the environment. In the studies carried out, the best result in terms of indoor air quality was obtained on 19 December with 3 skylights open. In line with these results; the importance of providing natural air flow in addition to reducing the pollution level in the indoor space, as well as the importance of the direction in which this air flow is provided has been revealed.

Science Code : 80115

Key Words : Kinetic architecture, kinetic systems, COVID-19 measures, natural ventilation, simulation methods, indoor comfort

Page Number : 123

Supervisor : Assoc. Prof. Asena SOYLUK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans hayatına başladığım günden itibaren bana inanan, bilgisi ve yönlendirmeleriyle her zaman ufkumu açan, tez sürecim boyunca hoşgörüsü ve desteği ile bana bu çalışmayı bitirebilmemdeki en büyük cesareti veren kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Asena SOYLUK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her koşulda tüm destekleriyle yanımda olan, en büyük şansım olarak nitelendirdiğim ailem; canım annem ve babam Gülnur ve Mustafa Can KONU'ya, biricik kız kardeşim Demet Gülce KONU'ya, her ihtiyacımda sonsuz sabrıyla ve sevgisiyle yanımda olarak moral ve destek veren sevgili eşim, hayat arkadaşım Mehmet Tunahan SARIOĞLU'na ve varlığıyla en büyük gücüm olan canım oğlum Mustafa Atlas SARIOĞLU'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KURAMSAL ÇERÇEVE	9
2.1. Pandemi ile Yaşamak: Covid-19.....	9
2.1.1. Covid-19 ve bulaşma dinamikleri	10
2.1.2. Geçmişteki salgınlar, etkileri ve mimarlık ile ilişkileri.....	11
2.1.3. Pandemiden öğrenilen dersler	13
2.1.4. İç mekanda doğal havalandırma.....	16
2.1.5. Doğal havalandırma için simülasyon tekniği	20
2.2. Kinetik Mimarlık.....	25
2.2.1. Kinetik mimarlık ve kısa tarihi	25
2.2.2. Kinetik sistemlerin amaçları ve çalışma prensipleri	28
2.2.3. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması	29
2.2.4. Kinetik mimarlık örnekleri ve analizleri	35
3. MATERYAL VE METOT	57
4. ALAN ÇALIŞMASI.....	67
4.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgiler ve Metrikler	67

Sayfa

4.2. Yapı İncelemesi ve Alınan Kararlar.....	72
4.3. Kinetik Sistem Önerisi	75
4.4. Doğal Havalandırma ile İç Mekan Kirlilik Analizi Simülasyonlarına Yönelik Modelleme	78
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	91
5.1. Doğal Hava Akışı Olmayan Mevcut Durum ile Doğal Hava Akışı Sağlanan Durumların Kirlilik Seviyelerinin Karşılaştırılması	91
5.2. Farklı Açıklık Miktarları ile Sağlanan Doğal Hava Akışı Sonucu Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması.....	96
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR	113

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez kurgu şeması	4
Şekil 1.2. Alan çalışması senaryoları ve kabuller	5
Şekil 1.3. Tez Akış Şeması	8
Şekil 2.1. Le Corbusier, Five Points Of Architecure (URL-1)	12
Şekil 2.2. Sosyal Mesafe Tasarımları (Emmanuel vd., 2020)	14
Şekil 2.3. Geleneksel Dubai rüzgar yakalayıcısı; görünüş, plan ve kesit(Kubba, 2012)	17
Şekil 2.4. Farklı açıklık konumları için havalandırma şemaları (Guedes, 2013).....	17
Şekil 2.5. Yığın etkili havalandırma (Guedes, 2013).....	18
Şekil 2.6. Bina açıklık konumları (Guedes, 2013).....	18
Şekil 2.7. Havalandırmada çatı açıklığı yönü etkisi (Guedes, 2013).....	18
Şekil 2.8. Havalandırmada giriş çıkış konfigürasyonu seçenekleri (Ren vd., 2021).....	19
Şekil 2.9. Kent fiziğindeki altı mekansal ölçeğin şematik gösterimi, tipik maksimum yatay uzunluk ölçekleri ve ilgili model kategorileri. (NWP: Numerical Weather Prediction (Sayısal Hava Tahmini); MMM: Mesoscale Meteorological Model (Orta Ölçekli Meteorolojik Model); CFD: Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) ; BES: Building Energy Simulation (Bina Enerji Simülasyonu); BC-HAM: Building Component-Heat, Air, Moisture Transfer (Bina Bileşenleri-Isı, Hava, Nem Transferi); MSM/HTM: Material Science Model/Human Thermophysiology Model (Malzeme Bilimi Modeli/İnsan Termofizyolojisi Modeli) (Blocken, 2015).....	21
Şekil 2.10. CONTAM programı (URL-46)	22
Şekil 2.11. Grasshopper Araçları (URL-47)	24
Şekil 2.12. Yer altı şehirlerinde bulunan katları birbirinden ayıran gözetleme delikli sürgü taşları (URL-2)	25
Şekil 2.13 Pnömatik açılabilen tapınak kapı sistemi (Topdemir, 2011)	26
Şekil 2.14. Colesseum Roma hareketli membran çatı sistemi (Antoszkiewicz ve Gupta, 2018).....	26
Şekil 2.15. a) III.Enternasyonel Anıtı modeli (Vladimir Tatlin), b) Anıtın basit bir versiyonu (Kutlu ve Ergün, 2022).....	26

Şekil	Sayfa
Şekil 2.16. Archigram / Plug-in City (Tak-çıkır Şehir) (Selwyn, 2008).....	27
Şekil 2.17. Hareket tipleri (İlerisoy ve Başeğmez, 2018).....	29
Şekil 2.18. Büyük araçlar ile yapıların taşınması (İnan, 2014).....	30
Şekil 2.19. Lilypad (URL-3).....	30
Şekil 2.20. 1967 Expo Alman Pavyonu / Frei Otto&Rolf Gutbord (URL-4).....	31
Şekil 2.21. Loft Cube (İnan, 2014)	31
Şekil 2.22. The E-Hive (Siegal, 2002).....	32
Şekil 2.23. Chuck Hobarman'ın strüktür örnekleri (URL-5).....	33
Şekil 2.24. Pfalzckeller Acil Servis Merkezi çatı sistemi-S.Calatrava (Tzonis, 2004)	33
Şekil 2.25. Pinero'nun hareketli tiyatro tasarımı (Gantes, 2001).....	34
Şekil 2.26. Dinamik Kule-David Fisher (Loonen, 2010).....	34
Şekil 2.27. Sliding House-DRMM (URL-7).....	35
Şekil 2.28. a) Villa Girasole (URL-8). b) Villa Girasole tekerlek sistemi (Mulder, 2020).....	36
Şekil 2.29. Civic Arena (URL-9).....	37
Şekil 2.30. Ernsting Warehouse (URL-11).....	37
Şekil 2.31. Ernsting Warehouse kapı sistemi (Tzonis, 2004)	37
Şekil 2.32. Arab World Institute Building (URL-12)	38
Şekil 2.33. SkyDome (URL-13)	39
Şekil 2.34. Kuwait Pavilion (Zenter ve Yildirim, 2020).....	40
Şekil 2.35. Gucklhupf (URL-17)	40
Şekil 2.36. Pfalzckeller Acil Servis Merkezi (URL-18).....	41
Şekil 2.37. Pfalzckeller Acil Servis Merkezi çatı sistemi (Tzonis, 2004)	41
Şekil 2.38. Quadracci Pavilion (URL-20).....	42
Şekil 2.39. Suite Vollard Binası (URL-21).....	43

Şekil	Sayfa
Şekil 2.40. Water Villa (URL-22).....	43
Şekil 2.41. Tourne Sol (Berdan, 2010)	44
Şekil 2.42. Leaf Chapel (URL-23).....	44
Şekil 2.43. Magnolia Stadium (URL-24).....	45
Şekil 2.44. Kiefer Technic Showroom (URL-25).....	46
Şekil 2.45. Kiefer Technic Showroom cephe sistemi (Somboonwit vd., 2017).....	46
Şekil 2.46. Sliding House (URL-26).....	47
Şekil 2.47. Sliding House (URL-27).....	47
Şekil 2.48. Matharoo Associates House (URL-28)	48
Şekil 2.49. Al Bahar Towers (URL-29).....	49
Şekil 2.50. Sharifi-Ha House kinetik birimler (URL-30)	50
Şekil 2.51. SDU Campus Kolding (URL-31)	51
Şekil 2.52. La Seine Musicale (URL-33).....	51
Şekil 2.53. Quadrant House (URL-35)	52
Şekil 2.54. The Shed (URL-36)	53
Şekil 2.55. Dynamic Tower (Sarıcıoğlu, 2017)	53
Şekil 3.1. Cer Atölyeleri (Fotoğraf Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraf Cemal Emden'e aittir) (URL-40)	60
Şekil 3.2. Cer Modern vaziyet planı (URL-39)	61
Şekil 3.3. Cer Modern restorasyon çalışmaları (Fotoğraf Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraf Cemal Emden'e aittir) (URL-40)	61
Şekil 3.4. Cer Modern Sanatlar Merkezi (Fotoğraflar Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır fotoğraflar Cemal Emden'e aittir) (URL-40).....	63
Şekil 3.5. Cer Modern kat planları (URL-39).....	63
Şekil 3.6. Cer Modern Sanatlar Merkezi iç mekan ve çatı feneri (Fotoğraflar yazara aittir)	64

Şekil	Sayfa
Şekil 3.7. Cer Modern yeni ek bina (Fotoğraflar Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraflar Cemal Emden’e aittir) (URL-40)	64
Şekil 3.8. Alan çalışması metot şeması.....	65
Şekil 4.1. Çalışma mekanının görselleştirmesi	68
Şekil 4.2. hava hareketlerinin temsili gösterimi.....	68
Şekil 4.3. Hava verileri dosyası dönüşümü (URL-42).....	69
Şekil 4.4. Ankara Altındağ konumuna ait WTH formatlı hava durumu dosyası.....	69
Şekil 4.5. Alan çalışması metrikleri	70
Şekil 4.6. Solunum yolu virüsü yayılımı ve yüz maskelerinin etkinliği arasındaki ilişki (Leung vd., 2020).....	71
Şekil 4.7. Cer Modern Galeri 4 iç mekan görünüşleri	72
Şekil 4.8. Cer Modern Galeri 4 iç mekan görünüşleri	73
Şekil 4.9. Cer Modern Galeri 4 dış görünüş	73
Şekil 4.10. Yapının genel modeli, alan çalışması yapılan kısmı ve hava akış yollarının görselleştirilmesi.....	74
Şekil 4.11. Önerilen kinetik sistem çatı penceresi çizimleri	75
Şekil 4.12. Bilgisayar kontrollü kinetik sistemin çalışma şekli	76
Şekil 4.13. Önerilen kinetik sistemin detayları (A: URL-45, B: URL-43, C: URL-44)	77
Şekil 4.14. CONTAM proje çizim aşamaları: bölgelerin oluşturulması.....	79
Şekil 4.15. Cer Modern yapısı çalışma alanı ölçüleri	79
Şekil 4.16. CONTAM proje çizim aşamaları: kotların oluşturulması	80
Şekil 4.17. CONTAM proje çizim aşamaları: duvar penceresi açılması	81
Şekil 4.18. CONTAM proje çizim aşamaları: çatı pencereleri açılması.....	82
Şekil 4.19. CONTAM proje çizim aşamaları: hava akış yollarına rüzgar basıncı özellikleri tanımlama	83
Şekil 4.20. CONTAM proje çizim aşamaları: hava akış yollarına rüzgar basıncı özellikleri tanımlama	83

Şekil	Sayfa
Şekil 4.21. CONTAM proje çizim aşamaları: hava durumu dosyasının içe aktarılması	84
Şekil 4.22. CONTAM proje çizim aşamaları: kirletici madde türü tanımlanması	85
Şekil 4.23. CONTAM proje çizim aşamaları: kirletici kaynağı ayarları	86
Şekil 4.24. CONTAM proje çizim aşamaları: simülasyon parametrelerini ayarlama	87
Şekil 4.25. CONTAM proje çizim aşamaları: simülasyonları çalıştırma	89
Şekil 5.1. Alan çalışmasında kabul edilen sabit veriler ve belirlenen değişkenler	91
Şekil 5.2. Doğal hava akışı olmayan mevcut durumun 19 Aralık tarihinde kirlilik konsantrasyonu.....	92
Şekil 5.3. Doğal hava akışı olmayan mevcut durumun 16 Mayıs tarihinde kirlilik konsantrasyonu.....	92
Şekil 5.4. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken hava akış oluşumları	93
Şekil 5.5. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	94
Şekil 5.6. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken hava akış oluşumları	95
Şekil 5.7. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	95
Şekil 5.8. 19 Aralık tarihinde üç açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	97
Şekil 5.9. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	97
Şekil 5.10. 19 Aralık tarihinde iki açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	98
Şekil 5.11. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	99
Şekil 5.12. 16 Mayıs tarihinde üç açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	100
Şekil 5.13. 16 Mayıs tarihinde iki açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu	101
Şekil 6.1. Doğal hava akışı olmayan durum ve olan durumların (19 Aralık-16 Mayıs) kirlilik seviyeleri	106

Şekil	Sayfa
Şekil 6.2. Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışı sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması.....	107
Şekil 6.3. Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışı sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması.....	107
Şekil 6.4. CFD0 programı kullanım önerisi	111
Şekil 6.5. Grasshopper programında kodlama örneği.....	111



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Covid-19 Bulaşma Dinamikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)	11
Çizelge 2.2. Bulaşıcı hastalıklar ile kentsel yenilenme şekilleri (Megahed ve Ghoneim, 2020)	11
Çizelge 2.3. Le Corbusier, Five Points Of Architecture (URL-1)	12
Çizelge 2.4. Pandemide alınan farklı ölçeklerdeki önlemler (Fezi, 2020)	13
Çizelge 2.5. Bir odadaki farklı havalandırma oranları ve süreler için damlacık çekirdek konsantrasyonunun bozunması (Qian vd., 2010)	15
Çizelge 2.6. Önümüzdeki yol (Alraouf, 2021)	15
Çizelge 2.7. Havalandırma türleri ve özellikleri (Guedes, 2013)	18
Çizelge 2.8. CONTAM programının yetenekleri	22
Çizelge 2.9. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması (Korkmaz, 2009)	29
Çizelge 2.10. Kinetik Mimarlık Örneklerinin Detaylı Analizi	55
Çizelge 4.1. CONTAM iç bölge hava akışı ve kirlilik simülasyonları yönteminin ana hatları	78
Çizelge 4.2. CONTAM projesindeki hava akış yollarının koordinatları	82
Çizelge 5.1. 19 Aralık tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri	93
Çizelge 5.2. 16 Mayıs tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri	94
Çizelge 5.3. Mevcut durum ve seçilen iki tarihin tam açıklıklı konsantrasyon seviyeleri	96
Çizelge 5.4. 19 Aralık tarihindeki farklı açıklık miktarlarına göre ortamdaki konsantrasyon seviyeleri	99
Çizelge 5.5. 16 Mayıs tarihindeki farklı açıklık miktarlarına göre ortamdaki konsantrasyon seviyeleri	101
Çizelge 6.1. Farklı tarihlerdeki farklı açıklık miktarlarının ortamdaki konsantrasyon seviyesine etkileri	108

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

s	Saniye
gr	Gram
kg	Kilogram
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
cm³	Santimetreküp
km	Kilometre
°	Derece
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
SO₂	Kükürtdioksit

Kısaltmalar

Açıklamalar

2D	İki Boyutlu
3D	Üç Boyutlu
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
BC-HAM	Building Component-Heat, Air, Moisture Transfer
BES	Building Energy Simulation
CCL	Contaminant Concentration Level
CFD	Computational Fluid Dynamics
COVID-19	Corona Virus Disease 2019

Kısaltmalar**Açıklamalar****EPW**

EnergyPlus Weather

HAD

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

HVAC

Heating, Ventilation, and Air Conditioning

IAQ

Indoor Air Quality

ICCROMInternational Centre for the Study of the Preservation
and Restoration of Cultural Property**MMM**

Mesoscale Meteorological Model

MSM/HTM

Material Science M./Human Thermophysiology Model

NIST

National Institute of Standards and Technology

NWP

Numerical Weather Prediction

VP

Virus Particles

WTH

CONTAM Weather File

1. GİRİŞ

Yaşamakta olduğumuz dönemde, tüm dünyayı kapsayan bir salgına karşı mücadele verilmektedir. İçinde bulunduğumuz pandemi ortamı insan sağlığı başta olmak üzere; ekonomi, iş hayatı, eğitim, sosyal hayat gibi tüm alanları derinden etkilemekte ve değiştirmektedir. İnsanların yaşam biçimleriyle sıkı sıkıya ilişkili olan mimarlık ve yapıları çevrenin de bu değişimden etkilenmesi kaçınılmazdır.

Pandemi ile beraber hayatımıza giren sosyal mesafe, izolasyon, maske, hijyen gibi kavramlar sözkonusudur. Bununla birlikte günlük yaşamın büyük çoğunluğunu geçirdiğimiz kapalı alanların doğal havalandırma konusunda yeniden düşünülmesi zorunlu hale gelmiştir. Geçmişten bugüne yaşanan benzer salgın durumları incelendiğinde, bu tarz kriz ortamlarının her dönemde mimari tasarım anlayışına etkiler yaptığı görülmüştür (Alraouf, 2021). Yakın geçmişte yaşanan çeşitli salgınlarda, mimari perspektifte enfeksiyonların yayılımını engellemek veya yavaşlatabilmek adına alınabilecek önlemler üzerine çalışılmış ve hayata geçirilmiştir. Bunların sonucunda; mekanların salgını engellemeye yönelik uygun tasarım stratejileri ile tasarlandığında, bulaşıcı hastalıkların yayılımının önlenmesine büyük katkıları olduğu görülmüştür (Emmanuel vd., 2020).

İçinde bulunduğumuz salgına neden olan virüs evrim geçirerek var olmaya devam etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü genel direktörü mikrobiyolog Tedros Adhanom, Omicron varyantının da son olmayacağını ve virüsün evrim geçirmeye devam edeceğini bildirmiştir. Sürecin belirsizliği ve devam edeceği öngörüsü, yaşadığımız çevrede önlemler alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Herkesin sorumluluklarını ve önceliklerini gözden geçirdiği salgın döneminde, mimarlık pratiği aktif bir rol oynamaktadır (Fezi, 2020). Bu nedenle çalışmada Covid-19'un getirdiği sağlık gereksinimleri ile şekillenecek olan mekansal düzenlemeler araştırılmıştır. Yeni tasarlanacak olan yapılar ile ilgili yeni kriterler/yönetmelikler sözkonusu olacaktır fakat daha önemlisi şuan hali hazırda var olan ve her gün kullanılan yapılara yapılabilecek düzenlemelerdir (Spennemann, 2021).

Salgına karşı alınabilecek yapı bazındaki önlemleri anlamak adına, hastalığın özellikleri ve bulaşma biçimlerinin incelenmesi gerekmektedir. Covid-19'un bulaşma dinamikleri incelendiğinde; hava yolu ve doğrudan/dolaylı temas ile bulaştığı bilinmektedir. Hava yolu ve

damlacık iletimi ile bulaşma Covid-19'un yayılmasının birincil yoludur. Bu nedenle iç mekanlardaki hava değişiminin virüs yayılımını azaltabilecek en önemli kriter olduğu görülmüştür. Literatürde, iç mekan hava kaynaklı enfeksiyon maruziyetini azaltmanın en etkili yolu 'doğal havalandırma' olarak tanımlanmıştır (Qian vd., 2010).

Yapılarda kullanılan doğal havalandırma sistemleri incelendiğinde ise, doğal havalandırma sistemlerinin dış iklim şartları ile bire bir ilişkili olduğu görülmüştür (Megahed ve Ghoneim, 2021). Binanın içi ve dışı arasındaki hava akışınının, basınç ve sıcaklık farkları ile sağlandığı doğal havalandırma sistemlerinde çevre şartlarına göre şekillenen esnek tasarım anlayışı gerekmektedir. Bu durum, değişen çevre koşullarına ve kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilen sistemler olan kinetik mimariyi düşündürmüştür. Geçmişten bu yana, yapılardaki çeşitli sorunların çözümü için kinetik mimari sistemler üretilmiştir. Zuk ve Clark kinetik mimariyi 'Bir mimari, üzerine etki eden baskı ve değişikliklere; bu etkenlerin yorumlanması ve değişimlerin uygulanabilmesi için imkan sağlayan teknoloji ile uyum sağlayabilir' şeklinde tanımlamışlardır (Elmokadem vd., 2018).

Bununla birlikte, binalarda enfeksiyon yayılımını önlemek ve iç mekan hava kalitesini iyileştirmek için yapılacak doğal havalandırma sistemleri bir çok farklı parametre içermektedir. Yapıdaki açıklık konfigürasyonu, açıklık oranı, yerel iklim verileri her yapı için farklıdır ve bu değişkenlerin tamamını birlikte düşünüp değerlendirebilmek için simülasyon araçları kullanımı gerekmektedir.

Pandemiden öğrenilen dersler neticesinde, mevcut binaların yeniden değerlendirilmesi gerektiği görülmüştür. Açıklık konfigürasyonu, açıklık oranları ve çevre verileri ile hava akım davranışı analiz edilebilmekte ve optimum iç mekan havalandırması sağlanabilmektedir. Günümüzdeki salgında ve gelecekte olabilecek salgınlarda kritik öneme sahip olan etkin havalandırma için mimarların simülasyon tabanlı programlar ile tasarım yapması ve mühendislik kontrollerinden faydalanması gerekmektedir (Blocken vd., 2020).

Doğal havalandırma ile kapalı alanlarda enfeksiyon riskini önleme çalışmalarında, bina ve çevre ile ilgili parametreler kritik önem taşımaktadır. Bina bazında pencere konfigürasyonu ve açıklık oranı; çevre açısından ise yapının bulunduğu konumdaki sıcaklık ve rüzgar hareketleri iç mekandaki hava akışını ve doğal havalandırma etkinliğini belirlemektedir. Bu veriler her yapı için değişkendir ve durum değerlendirmeleri yapabilmek için simülasyon

programları kullanımı gerekmektedir. Simülasyon programları kullanılarak, senaryolar üretilmekte ve yapı içindeki havanın enfeksiyon riskine karşı değerlendirilmesi yapılmaktadır. Aynı zamanda açıklık konfigürasyonu ve oranı düzenlenebilmekte ve hava akım davranışı optimize edilebilmektedir (Abbas ve Dino, 2021).

CONTAM; bina havalandırması ve iç mekan hava kalitesi analizi için geliştirilmiş çok bölgeli bir hava akışı ve kirletici taşıma programıdır. Kirletici simülasyonları ile havadaki partiküller hesaplanmaktadır (Wang vd., 2010).

Pandemide enfeksiyon yayılım probleminin yanında insani boyutuna bakıldığında sosyal hayat oldukça etkilenmiştir. İnsanların kalabalık ortamlara girmeye çekinmesi ile sosyalleşme etkinlikleri sekteye uğramıştır. Bu doğrultuda çalışmada bir sanat yapısının ele alınmasına karar verilmiştir. Ankara'daki sanat mekanlarından, kentlinin belleğinde yer etmiş olan ve yakın geçmişte dönüştürülüp yeniden işlevlendirilerek bir sanat yapısı haline getirilen endüstriyel arkeoloji mirası Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışılmıştır.

Şekil 1.1'de görüldüğü üzere; çalışmada yapılmak istenen doğal havalandırma sisteminin, dış iklim şartları ile sıkı sıkıya ilişkili olduğu ve bunların kontrollü kullanımını gerektiren esnek bir sistem olduğu görülmüştür. Bu nedenle esneklik ve uyum gösterebilen sistemler olan kinetik sistemler ile tasarlanabileceği düşünülmüştür. Aynı zamanda simülasyon yöntemlerinin çeşitli analizlere imkan vermesi nedeniyle simülasyon yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada CONTAM program ile kirletici madde simülasyonları gerçekleştirilecektir.

Bununla birlikte, CONTAM programı 2D çizim alanına sahip olduğundan, çalışmanın 3D görselleştirmeleri için Rhinoceros programı kullanılacaktır. CONTAM programı kirletici konsantrasyonu hesaplamaya yönelik tasarlanmıştır ve enerji hesapları yapamamaktadır. Bu nedenle kullanıcılar tarafından her bölge için tek tip bir hava sıcaklığı belirlenmektedir. Kaldırma kuvveti odaklı doğal havalandırma için sıcaklık; akış hızının belirlenmesinde çok önemli bir faktördür. Binadaki doğal havalandırma, sıcaklık farkları ve rüzgar tarafından oluşturulan akıştır (Wang vd., 2010).

için hesaplar yapılmıştır. Daha sonra önerilen kinetik sistem ile açılır hale gelen çatı pencereleri ve pano odası penceresi ile bir doğal hava akışı oluşturularak hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra çatı pencerelerinin açılma sayısı değiştirilerek açıklık oranı üzerinden analizler yapılmıştır. Şekil 1.2’de görüldüğü üzere, oluşturulan senaryolar ve kabuller üzerinden iç mekandaki toplam kirlilik konsantrasyonları elde edilmiştir.

SENARYOLAR						BULGULAR
AÇIKLIK ORANI ANALİZLERİ				İKLİM VERİLERİ ANALİZLERİ		
ÇATI	DUVAR	PENCERE SAYISI	MEVCUT DURUM	19 ARALIK	16 MAYIS	
0	0		SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	COVID-19 TOPLAM KİRLİLİK KONSANTRASYONLARI
			KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	
			TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	
1	1		SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	
			KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	
			TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	
2	1		SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	
			KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	
			TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	
3	1		SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	SAAT: 19:00-20:00	
			KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	KULLANICI: 200 Kişi	
			TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	TÜR: COVID-19	

Şekil 1.2. Alan çalışması senaryoları ve kabuller

Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı, salgın döneminde virüs yayılımını azaltmaya yönelik bina bazında alınabilecek önlemleri düşünmeye teşvik etmek ve mevcut yapılarda yapılabilecek doğal havalandırma düzenlemesine yönelik bir yöntem sunmaktır. Bu doğrultuda,

- Covid-19'un bulaşma dinamiklerinin incelenmesi, yayılımın azalmasına yönelik alınabilecek önlemlerin araştırılması,
- Doğal havalandırma yöntemlerinin özelliklerinin araştırılması,
- Kinetik sistem örnekleri ve çalışma prensiplerinin incelenmesi,
- İç mekan havalandırması için simülasyon tekniklerinin ve araçlarının araştırılması yapılmıştır.

Araştırma sorusu ve hipotezi

Araştırmada 'Virüs yayılımını azaltmak bağlamında, kinetik sistemler ile bir doğal havalandırma önerisi sunulabilir mi? ve bu sistemin etkinliği simülasyon araçları ile değerlendirilebilir mi?' sorusunun cevabı aranmıştır. Bununla birlikte 'Kinetik sistemler ile yapıda bir doğal havalandırma sağlanabilir ve bu sistemin virüs yayılımını azaltma performansı simülasyon araçları ile geliştirilebilir' hipotezi sorgulanmıştır.

Araştırmanın önemi

Bu araştırma, tasarımcıları salgın ortamında yeterli doğal havalandırma sağlamak için mevcut binaların yeniden düşünülmesine teşvik etmekte ve bir öneri sunmaktadır. Bununla birlikte, iç mekan havalandırmasının optimizasyonu için çok sayıda parametreyi bir arada düşünüp değerlendirme olanağı tanıyan simülasyon araçlarını kullanmaya yönlendirmektedir.

Araştırmanın kapsamı

Çalışmada, Covid-19 salgınına karşı iç mekanda doğal havalandırma sağlayabilmek adına kinetik sistemler ile nasıl çözümler bulunabileceği sorgulanmaktadır. Yapılan araştırma 'Covid-19'un sosyal hayata ve mimariye etkileri', 'doğal havalandırma teknikleri', 'kinetik mimari sistemler' ve 'simülasyon araçları' konuları çerçevesinde sınırlandırılmıştır.

Pandemiden en çok etkilenen durumlardan birisi de insan psikolojisidir ve insanların sosyalleşme ihtiyacını en çok karşılayan yerler kamusal kapalı alanlardır (Alraouf, 2021). Salgın sürecinde sinema, tiyatro salonları faaliyetini durdurmuş; sergiler, konserler, etkinlikler iptal edilmiştir. Salgının yayılımını azaltmaya yönelik çözümler aranan bu çalışmada, bir sanat yapısının ele alınmasına karar verilmiştir. Ankara'daki sanat mekanlarından, kentlinin belleğinde yer etmiş olan ve yakın geçmişte dönüştürülüp yeniden işlevlendirilerek bir sanat yapısı haline getirilen endüstriyel arkeoloji mirası Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışılmıştır.

Araştırmanın yöntemi

Çalışmada tanımlayıcı yöntem ve alan çalışması/örnek çalışma yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 1.3'de görüldüğü üzere;

Birinci bölümde araştırmanın amacı, hipotezi, sınırlılıkları ve yöntemi açıklanmıştır.

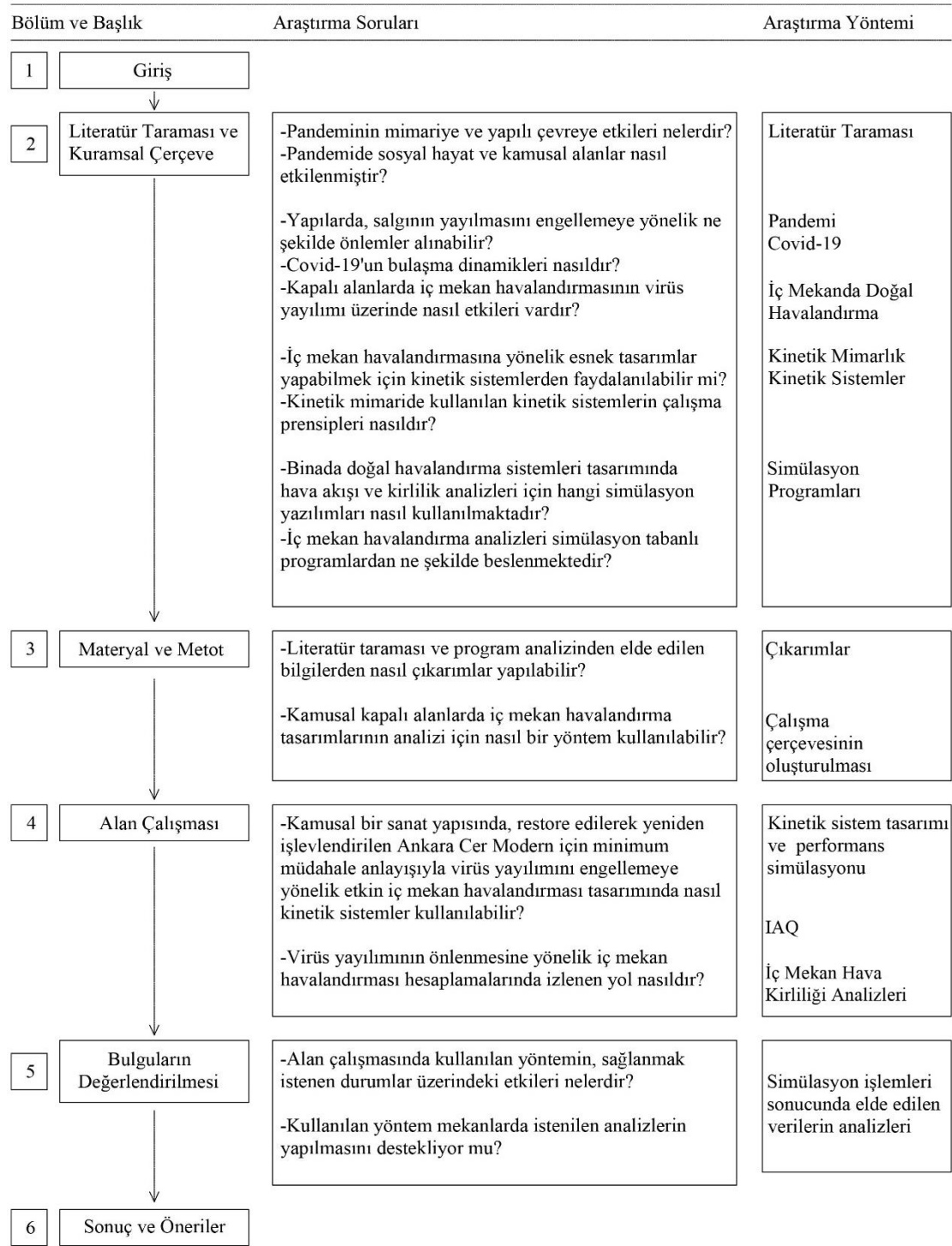
İkinci bölümde, 'Covid-19'un sosyal hayata ve mimariye etkileri', 'doğal havalandırma teknikleri', 'kinetik mimari sistemler' ve 'simülasyon araçları' konuları kapsamında literatür taraması yapılmış ve tezin kuramsal çerçevesi oluşturulmuştur.

Üçüncü bölümde materyal ve metot açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde yapılan alan çalışması anlatılmıştır. Alan çalışması için; Ankara Cer Modern yapısında doğal havalandırma sağlamak adına kinetik sistemlerden bu yapıya en uygun olabilecek tasarımlar düşünülmüştür. Yapının bir endüstriyel arkeoloji mirası olduğu göz önünde bulundurularak, yapının kendine özgü nitelikleri ve mimarisine sadık kalacak şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Sonrasında, seçilen simülasyon yöntemi yapıya uygulanarak veriler elde edilmiştir.

Beşinci bölümde alan çalışması sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde, değerlendirme sonuçları ve ilerde yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.



Şekil 1.3. Tez Akış Şeması

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, tüm dünyanın güncel problemi olan Covid-19 salgınının mimariye etkilerine ve yapıları çevrenin nasıl düzenlenebileceğine dair genel bir bakış sunulmaktadır.

İki ana başlık altında incelenen literatür taramasına; salgının hayata/mimariye etkileri ve alınabilecek önlemlerin araştırılması ile başlanmış, iç mekan doğal havalandırma tasarım ve tekniklerinin araştırılmasıyla devam edilmiş ve kinetik mimari sistemler incelenmesi ile sonuçlandırılmıştır.

2.1. Pandemi ile Yaşamak: Covid-19

Yaşamakta olduğumuz dönemde, tüm dünyayı kapsayan bir salgına karşı mücadele verilmektedir. İçinde bulunduğumuz pandemi ortamı insan sağlığı başta olmak üzere; ekonomi, iş hayatı, eğitim, sosyal hayat gibi tüm alanları derinden etkilemekte ve değiştirmektedir.

Covid-19'un ortaya çıkması ile birlikte, tüm dünyada bu hastalığın yayılmasını önlemeye yönelik girişimlerde bulunulmuştur. İzolasyon, sosyal mesafe ve kişisel hijyen bu girişimlerin ortak noktasıdır. Hastalığın ilk belirdiği dönemde kapanmalar ve sert kısıtlamalar yaşanmıştır. Daha sonra izolasyon koşulları hafiflemiş ve insanlar mesafe ve maske gibi önlemler ile çalışma hayatlarına ve günlük aktivitelerine devam etmişlerdir. Ancak hastalığın varlığı ve yayılımının ciddiyeti hala geçerliliğini korumaktadır. Yeni yaşam şeklinin getirdiği zorunluluklar hayatımızın çoğunu geçirdiğimiz yapıları çevrede de düzenlemeler yapılması gerektiğini göstermektedir. Kapalı ortamlardaki havanın virüs yayılımını hızlandırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte Covid-19'un son salgın olmayacağı, başka türevleri ile önümüzdeki yıllarda devam edeceği ifade edilmektedir. Bu nedenle pandemi sonrası dünyada, yapı stoğunun nitelikleri tartışılmaya başlanmıştır. Yapıların sağlık açısından işlevsellikleri üzerine yeniden düşünme gerekliliği ortaya çıkmıştır (Spennemann, 2021).

Geçmişten bugüne yaşanan benzer salgın durumları incelendiğinde, bu tarz kriz ortamlarının her dönemde mimari tasarım anlayışına etkiler yaptığı görülmüştür (Alraouf, 2021). Yakın geçmişte yaşanan çeşitli salgınlarda, mimari perspektifte enfeksiyonların yayılımını

engellemek veya yavaşlatabilmek adına alınabilecek önlemler üzerine çalışılmış, hayata geçirilmiş ve büyük başarılar sağlanmıştır. Bir hastalığı engellemek için nasıl önlemler alınabileceğini bulabilmek adına, öncelikle bu hastalığa neden olan virüsün iyi tanınması ve bulaşma biçimlerinin incelenmesi gerekmektedir (Emmanuel vd., 2020). Bu nedenle bir sonraki kısımda Covid-19 ve bulaşma dinamikleri incelenmiştir.

Çizelge 2.1. Covid-19 Bulaşma Dinamikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Havadan veya Damlacık İletimi ile	Temas veya Yüzey İletimi ile
-Virüs partikülleri ve damlacıklar olarak ikiye ayrılır; (Emmanuel vd., 2020) -Yetersiz havalandırılan kapalı ortamlarda virüs partikülleri havada uzun süre kaldığından, hava akımları ile geniş çapta yayılır ve bulaşır. -Damlacıklar ise nispeten daha büyük solunum parçacıklarıdır ve havada asılı kalamazlar, bunlar küçük mesafelerde hareket edebilirler. Konuşma, hapşırma, öksürme gibi insan-insana yakın temaslarda bulaşırlar.	-Doğrudan ve dolaylı temas olarak ikiye ayrılır; (Emmanuel vd., 2020) -Doğrudan temasta enfekte kişi ile fiziksel temas edilmesi şeklinde insandan insana bulaşır. -Dolaylı temasta virüs barındıran bir nesneye temas söz konusudur. Bazı organizmalar kısa süreliğine nesneler üzerinde yaşayabilmektedir. Örneğin koronavirüs plastik üzerinde 72 saat, bakır bir yüzeyde 4 saat barınabilmektedir. Trabzan, kapı kolu, lamba gibi nesnelere enfekte bir kişiden kısa süre sonra sonra dokunulması ve eller yıkanmadan ağız, burun ve göze temas ettirilmesi sonucu bulaşmaktadır.

2.1.1. Covid-19 ve bulaşma dinamikleri

2019 yılı sonunda Çin’de aniden ortaya çıkan pnömoni salgınına yeni tip bir coronavirüs neden olduğu bildirilmiştir. Yayılımı oldukça hızlı olan virüs kısa sürede pandemiye dönüşerek halk sağlığında krize sebebiyet vermiştir. İnsanlarda solunum sistemi enfeksiyonlarına neden olan bu virüs pek çok hayvanda konaklayabilmektedir. Bu hayvanları ara konak olarak kullanan virüs bir süre sonra insanlara adaptasyon sağlamıştır ve böylece insanlarda ilk vakalar görülmeye başlanmıştır. Devamında insandan insana bulaşma şeklinde ilerleyen yayılımda, insanlar arasındaki yakın temas yoluyla tüm dünyaya yayılan bir pandemiye dönüşmüştür. Bu virüs hastalığı taşıyan bir insandan konuşma, öksürme, hapşırma ile ortaya saçılan parçacıkların solunması veya bu parçacıklar bulunan yüzeylere temas edilmesi ile bulaşmaktadır (Aydın ve Timurkan, 2020). Covid-19’un bulaşma dinamikleri incelendiğinde; hava yolu ve doğrudan/dolaylı temas ile bulaştığı görülmüştür. Çizelge 2.1’de

görüldüğü üzere, hava yolu ve damlacık iletimi ile bulaşma Covid-19'un yayılmasının birincil yoludur (Qian vd., 2010).

2.1.2. Geçmişteki salgınlar, etkileri ve mimarlık ile ilişkileri

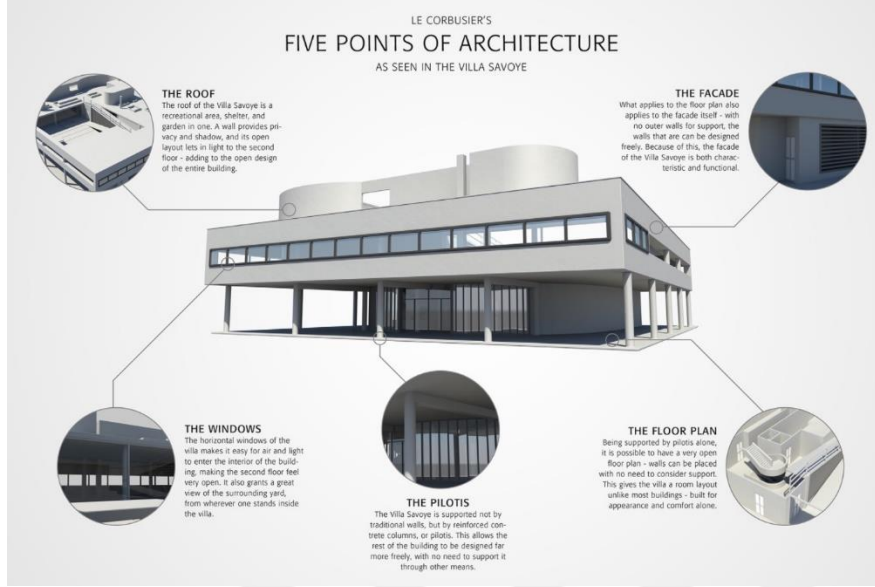
Tarihte, bugün yaşamakta olduğumuz pandemiye benzer pek çok durum yaşanmıştır. Geçmişte de insanların salgın hastalıkların ve pandemilerin zorluklarıyla karşı karşıya kaldığı ve hayatta kalmak için dirençlerini, iradelerini, kapasitelerini ve kaynaklarını kullanarak sayısız araştırma yaptıkları görülmektedir. 1720'de Büyük Veba, 1820'de Kolera, 1918'de İspanyol Gribi, 1985'de HIV ve 2003'de SARS gibi salgınlarda insanoğlu zorlu dönemler geçirmiştir. Bu küresel salgın dönemleri incelendiğinde, her sağlık krizi zamanlarında kentsel yaşamın ve mimarinin de etkilendiği görülmektedir. Enfeksiyona müdahale etme ve önleme çabaları, yeni sosyal yaşam ve etkileşim biçimlerini doğurmuştur. Her yeni hastalığın getirdiği yeni bilimsel korunma anlayışları ile binaların ve kamusal alanların yeniden tasarımı ile yeni kentsel ve yapısal tasarım politikaları söz konusu olmuştur (Alraouf, 2021).

Son iki asırda yaşanan pandemilere bakıldığında, hastalıkların iç mekandan şehir planlamasına kadar tüm yapıyı çevreyi şekillendirdiği görülmüştür. 20.yüzyılda bulaşıcı hastalıklar kentsel yenilenmenin itici güçlerinden biri olmuştur. Geçmişteki tarihi olaylar incelendiğinde mimari ve şehir planlaması hakkında pek çok gelişmeye teşvik ettiği anlaşılmaktadır (Megahed ve Ghoneim, 2020). Çizelge 2.2'de verildiği üzere, bu düzenlemeleri genel hatlarıyla üç başlık altında toparlayabilmekteyiz;

Çizelge 2.2. Bulaşıcı hastalıklar ile kentsel yenilenme şekilleri (Megahed ve Ghoneim, 2020)

Kentsel Dönüşüm	Sıhhi Reform	Bina Reformu
Yaşanan veba salgınından sonra aşırı kalabalık ve sıkışık şehirler düzenlendi, marjlar genişletildi, geniş kamusal alanlar oluşturuldu.	Kolera ve tifo ile su ve kanalizasyon sistemleri geliştirildi. Yeraltı boru sistemleri kurabilmek için sokaklar daha düz ve geniş hale getirildi.	Tüberküloz ile birlikte ışığın, havanın ve doğanın iyileştirici etkileri mimariyi şekillendirdi. Büyük pencereler, balkonlar, çatı bahçeleri, mikrop barındırmayan düz yüzeyler ve hijyen ile bütünleşen beyaz boya gibi anlayışlar görüldü.

Salgın dönemlerinde yaşanan hijyenist yaklaşımlar modern mimariyi yoğun bir şekilde etkilemiştir. Şekil 2.1’de gösterilen Le Corbuiser’in ‘Five Points of a New Architecture’ kitabı büyük ölçüde tüberküloz karşıtı hijyenist teorilerden ilham almıştır (Fezi, 2020). Bu kitapta altı çizilen beş nokta Çizelge 2.3’de ifade edilmiştir.



Şekil 2.1. Le Corbusier, Five Points Of Architecure (URL-1)

Çizelge 2.3. Le Corbusier, Five Points Of Architecure (URL-1)

Pilotiler	Pencereler	Serbest Plan	Serbest Cephe	Çatı Bahçesi
Evi pilotiler ile yerden yükselterek onu karanlık ve nemli bir bina olmaktan kurtarmak.	Gün ışığı ve temiz havayı maksimum oranda içeri alabilen geniş yatay bant pencereler ile iç mekanda sağlıklı bir ortam oluştururken ruhsal ve görsel konfor sağlamak.	Yapıyı taşıyıcı duvarların etkisinden arındırmak ve iç mekanda insanların sıkışık alanlarda yaşamasını önlemek. İç mekanda işlevselliğe göre şekillenme sağlamak.	Serbest plan ve işlevselliğe göre şekillenme anlayışının cepheye de yansımaları ile karakteristik ve işlevsel dış cephe.	Güneşten ve temiz havadan faydalanabilme konforu sağlamak.

İçinde bulunduğumuz Covid-19 salgınına baktığımızda, birincil yayılımı hava yolu ile olan bu virüsün bulaşmasında havalandırmanın olmadığı kapalı alanlar ana risk olarak belirtilmiştir. İnsanların enfekte olduğu esas yerlerin binaların içi ve ulaşım sistemleri olduğu

görülmektedir. Bu nedenle enfeksiyon riskini azaltmak için mimarlık ve mühendislik alanlarındaki çok yönlü bilgi ve teknolojiler kullanılarak önlemler geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Takewaki, 2020).

Mimarlık her dönemde toplumun içinde bulunduğu durumu; sağlık, ekonomi, sanat, eğitim, teknolojik ilerleme gibi tüm sosyal hayat koşullarını ve zamanın dinamiklerini yansıtmaktadır. Daha önce yaşanan salgınlarda olduğu gibi bugün de yine mimari tasarımlar ile önlemler alınarak pandemiyle yaşamak öğrenilecek ve çözümler bulunacaktır (Abidi ve Irshad, 2020).

2.1.3. Pandemiden öğrenilen dersler

Pandemi ile beraber hayatımıza sosyal mesafe, izolasyon, maske, hijyen gibi kavramlar girmiştir. Enfeksiyon yayılımını engellemek için farklı ölçeklerde önlemler alınmaya çalışılmaktadır.

Mevcut pandemide önerilen önlemler Çizelge 2.4’de gösterildiği üzere üç ölçekte incelenmiştir (Fezi, 2020);

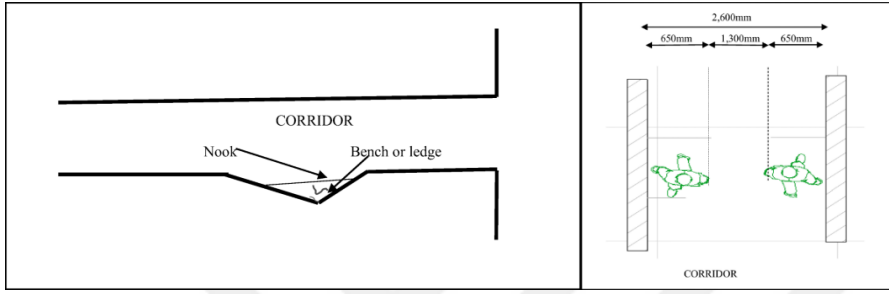
Çizelge 2.4. Pandemide alınan farklı ölçeklerdeki önlemler (Fezi, 2020)

Nesne Ölçeği	İnsan Ölçeği	Yapı Ölçeği
<u>Hijyen</u> Virüsün yüzeyden insana bulaşmasını önlemek için alınan önlemler; Ortak alanların düzenli temizlenmesi, UV ışık ile sterilizasyon, yapılarda kullanılacak malzemelerin seçimi.	<u>Maske, Sosyal Mesafe</u> Virüsün insansan insana bulaşmasını engellemek için alınan önlemler; Maske zorunluluğu, kamusal mekanlarda sosyal mesafe uyarı işaretlemeleri, ofislerde ve restoranlarda pleksiglas izolasyon bölmeleri.	<u>Havalandırma</u> Virüsün iç mekan hava yolu ile bulaşmasını engellemek için alınan önlemler; Doğal havalandırmaya yönelim gerekliliği, klima kullanımının düzenlenmesi.

Nesne ölçeğinden bakıldığında, Covid-19 virüsünün farklı malzeme yüzeylerinde farklı davrandığını ve farklı yaşam sürelerine sahip olduğu görülmüştür. En uzun süre canlı kaldığı malzeme plastiktir ve 3 gün canlı kalabilmektedir. En kısası ise 4 saat ile bakır malzemedir. Merdiven korkulukları, lavabolar, kapı kolları, lambalar gibi sık dokunulan yüzeyler için bakır infüzyonlu kaplama malzemeleri seçilebilir. Yoğun kullanıma sahip kamusal alanların giriş kapıları ve perdeleri teması en aza indirecek şekilde otomatik açılma kapanma sensörleri ile tasarlanmalıdır. Aynı zamanda patojenlerin üremesine ortam oluşturmamak adına yüzeylerde

mümkün olduğunca çıkıntılar oluşturmayan tasarımlar yapılmalı, pürüzsüz sıva ve özel boya kullanımı düşünülmelidir (Emmanuel vd., 2020).

İnsan ölçeğinden bakıldığında, bekleme alanları, koridorlar, giriş lobileri gibi kısımlarda sosyal mesafe gereğince yeterli boşluk bırakılan tasarımlar gerektirmektedir. Şekil 2.2’de gösterildiği üzere koridor ve bekleme alanlarında çıkıntılı yerler düzenlenmemelidir (Emmanuel vd., 2020).



Şekil 2.2. Sosyal Mesafe Tasarımları (Emmanuel vd., 2020)

Yapı ölçeğinden bakıldığında ise birincil yayılma şekli hava yolu ile bulaşma olan Covid-19 pandemisinden öğrenilen en önemli ders, iç mekan hava kalitesini iyileştirmek olmuştur. Yapılan son çalışmalara göre, özellikle kalabalık ve yetersiz havalandırılan ortamlarda virüslerin iç mekan hava yoluyla bulaşması artmaktadır. İnsanların zamanının yaklaşık %90’ını iç mekanlarda geçirdiği düşünüldüğünde, daha iyi hava kalitesi daha az enfeksiyon riski anlamına gelmektedir (Megahed ve Ghoneim, 2021).

Literatürde, iç mekan hava kaynaklı enfeksiyon maruziyetini azaltmanın en etkili yolu ‘doğal havalandırma’ olarak tanımlanmıştır (Qian vd., 2010). Virüsün iç mekan hava yolu kaynaklı yayılımının engellenmesinde yapılarda doğal havalandırmayı geliştirici tasarımlar yapılması gerekliliği söz konusudur. Son çalışmalar, uygun bir havalandırma stratejisinin kamusal alanlarda hava yoluyla bulaşan çapraz enfeksiyon riskini etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermiştir (Emmanuel vd., 2020).

Qian ve ark., (2010), ‘Natural Ventilation For Reducing Airborne Infection In Hospitals’ adlı makalede enfeksiyon kontrolü için doğal havalandırma kullanma potansiyeli üzerine çalışılmıştır. Kurulan sistemlerle doğal havalandırma ile ortamdaki saatte hava değişim oranı (ACH) ve virüs yayılımı arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, virüsün

damlacık çekirdek konsantrasyonunun bozunması ile ortamdaki havalandırma arasında ilişki ortaya konmuştur. Çalışmaya göre, Çizelge 2.5'te gösterildiği üzere havalandırma oranı arttıkça ortamdaki damlacık konsantrasyonu bozunması da artmaktadır (Qian vd., 2010).

Çizelge 2.5. Bir odadaki farklı havalandırma oranları ve süreler için damlacık çekirdek konsantrasyonunun bozunması(Qian vd., 2010)

ZAMAN (dk)	HAVALANDIRMA ORANI (%)			
	6 ACH	12 ACH	18 ACH	24 ACH
0	100	100	100	100
5	60.7	36.8	22.37	13.5
10	36.8	13.5	5.0	1.8
15	22.3	5.0	1.1	0.3
20	13.5	1.8	0.3	0.03
25	8.2	0.7	0.06	0
30	5.0	0.3	0.01	0
40	1.8	0.03	0	0
50	0.7	0	0	0
60	0.3	0	0	0

Görüldüğü üzere, kapalı yapılı çevrede salınan patojenleri azaltmada mimari ve mühendisliğin disiplinler arası çalışmaları ile üretilecek çözümler enfeksiyonu önlemede önemli bir rol oynamaktadır. Mimarlar iç mekan hava optimizasyonu için açıklık tasarımı ve mekansal kurguyu doğru organize etmelidir. Bu nedenle yeni yapılacak binaların tasarımında iç mekan hava kalitesini değerlendirmek gerekmele birlikte mevcut binalar için düzenlemeler yapılması şarttır. (Megahed ve Ghoneim, 2021).

Mimari ve kentsel planlamanın doğası; ileriye bakmaktan, önlemler oluşturmaktan ve alternatifler sunmaktan sorumludur. Covid-19 pandemisi, çağdaş zamandaki yapılı çevrenin nasıl şekillendiğini değerlendirmek için bir fırsat olarak algılanmalıdır. Yapılı çevreye bakıldığında; artan enerji tüketimi, hızlı kentleşme, kirlilik, karbon emisyonları gibi pek çok olumsuz durum görülmektedir. Pandemide kapanmaların yaşandığı ve bazı sektörlerde üretimin durduğu dönemlerde Çin'de karbon emisyonu ve kirliliğin azaldığı gökyüzünün temizlendiği ortaya çıkmıştır. Çizelge 2.6'da açıklandığı üzere, bu beklenmedik durum için alınan önlemler gösteriyor ki, insan ve çevre odaklı tasarım değerlerini yeniden harekete geçirmek gerekmektedir (Alraouf, 2021).

Çizelge 2.6. Önümüzdeki yol (Alraouf, 2021)



Biyoterörizm artık iç mekanda halk sağlığı için büyük tehdit oluşturmaktadır ve iç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik stratejilerin oluşturulması zorunlu ve acil hale gelmiştir (Emmanuel vd., 2020).

2.1.4. İç mekanda doğal havalandırma

Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 14 Nisan 2020’de yayınladığı raporda, bulaşıcı aerosollerin klimalar ve bina içi hava akışları ile bina içinde yayılabileceğini ifade etmiştir ve binalarda doğal havalandırmayı önermiştir. Ancak ASHRAE, doğal havalandırma için binalarda rastgele pencerelerin açılmasının ötesine geçerek havalandırma stratejileri tasarlanması gerektiğini belirtmiştir. Bulaşıcı aerosollerden kaynaklanan riskleri azaltmak, doğru havalandırma tasarımları ile mümkün olmaktadır (Fezi, 2020).

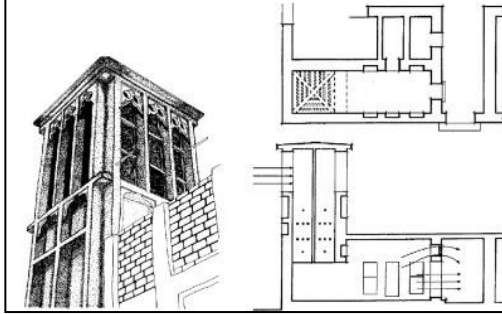
Doğal havalandırma ile kapalı alanlarda enfeksiyon riskini önleme çalışmalarında, bina ve çevre ile ilgili parametreler kritik önem taşımaktadır. Bina bazında pencere konfigürasyonu ve açıklık oranı; çevre açısından ise yapının bulunduğu konumdaki sıcaklık ve rüzgar hareketleri iç mekandaki hava akışını ve doğal havalandırma etkinliğini belirlemektedir. Bu veriler her yapıda farklıdır ve durum değerlendirmeleri yapabilmek için simülasyon programları kullanımı gerekmektedir (Abbas ve Dino, 2021).

Yaşanan ve gelecekte yaşanabilecek sağlık salgınlarında yapı çevrenin önemi görülmektedir. Mimarların optimum hava akışı analizine yönelmesi ve açıklık kurgusu tasarımlarında en iyi bina çözümlemesi anlayışını benimsemeleri gerekmektedir. Havalandırma kontrollü tasarım için simülasyon araçlarına ve tekniklerine odaklanmak gerekmektedir (Blocken vd., 2020).

Doğal havalandırmayı geliştirmek için yöntemler ve tasarımlar

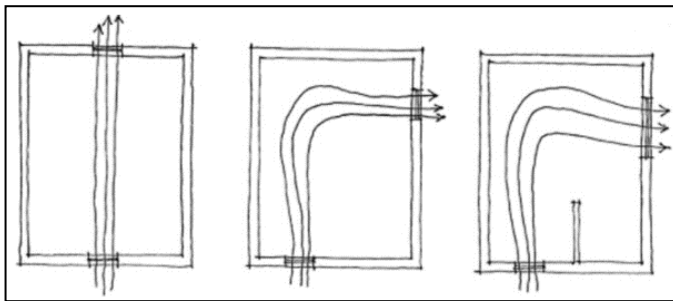
Eski zamanlarda mekanik havalandırma sistemleri olmadığından, tüm tarihi binalar doğal yollar ile havalandırılmaktaydı ve çeşitli doğal havalandırma yöntemleri geliştirilmişti. Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir tanesi, tarihi Arap mimarisinde ortak bir özelliktir ve ‘malkaf’ olarak bilinmektedir. Rüzgar şaftları ya da rüzgar kuleleri olarak adlandırılmaktadırlar. Şekil 2.3’de gösterildiği üzere, gelen rüzgarı binaya yönlendiren kumaş yelkenli rüzgar kuleleri ile mekanların gündüz havalandırmaları sağlanmaktaydı. Geceleri ise

süreç tersine çevrilerek rüzgar kulesi odanın havasını tahliye etmek için bir baca görevi görmektedir (Walker, 2010).



Şekil 2.3. Geleneksel Dubai rüzgar yakalayıcısı; görünüş, plan ve kesit (Kubba, 2012)

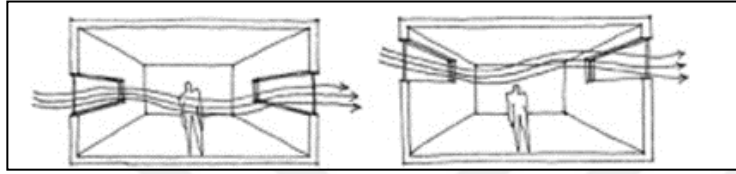
Doğal havalandırma, binanın içi ve dışı arasındaki hava akışıdır. İki doğal kuvvetten faydalanılarak doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bunlar rüzgarın oluşturduğu basınç farklılıkları ve sıcaklık farklarıdır. Bu nedenle mevcut iklim ve bina çevresindeki rüzgar koşulları ve hız/yön modeli binada oluşturulacak açıklıkların tasarımı için gerekli verilerdir. Açıklıkların dağılımı, boyutu ve şekli verimli havalandırma sağlamak için bir diğer temel unsurlardır. Açıklıklar, binadaki hava akışının dağılımını iyileştirmek için, farklı basınçlara sahip olmalarını sağlayacak şekilde, rüzgar modellerine göre farklı cephelerde dağıtılmalıdır. Şekil 2.4 ve Çizelge 2.7’de gösterildiği üzere, giriş ve çıkış açıklıkları (pencereler, kapılar, diğer açıklıklar) kullanılan alandan havanın aktığı etkili bir havalandırma sistemi oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir (Guedes, 2013).



Şekil 2.4. Farklı açıklık konumları için havalandırma şemaları (Guedes, 2013)

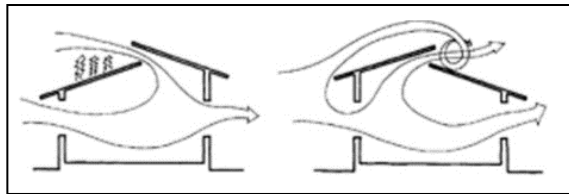
Çizelge 2.7. Havalandırma türleri ve özellikleri (Guedes, 2013)

Tek Taraflı Havalandırma	Çapraz Havalandırma	Rüzgar Kuleleri
Tek taraflı havalandırma, çapraz havalandırmaya göre daha sık bir nüfuza sahiptir. Havanın odaya girmesi ve birkaç saniye sonra rüzgarın dalgalı statik basıncıyla dışarı çıkması ile oluşur.	Çapraz havalandırma, özellikle büyük binalar için doğal havalandırmanın en güçlü mekanizmasıdır. Derin olmayan kat planları çapraz havalandırmayı daha fazla destekler.	Rüzgar kuleleri bina seviyesinde çapraz havalandırma için rüzgar mevcut olmadığında hava hareketi oluşturmak için faydalı olabilmektedir.

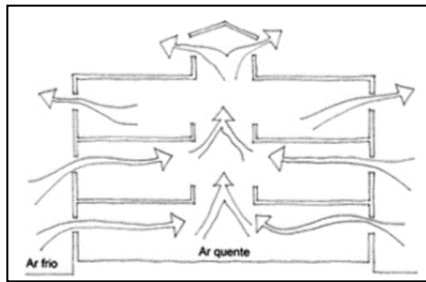


Şekil 2.5. Bina açıklık konumları (Guedes, 2013)

Şekil 2.5’de gösterildiği üzere, yüksek konumdaki açıklıklar bina kütesinde hava değişimine daha fazla katkı sağlamaktadır. İç mekanda ısınan havanın yükselmesi ve tavana yakın yerlerde toplanması nedeniyle ikinci şemadaki durum bina havalandırması için daha idealdir (Guedes, 2013).



Şekil 2.6. Yığın etkili havalandırma (Guedes, 2013)

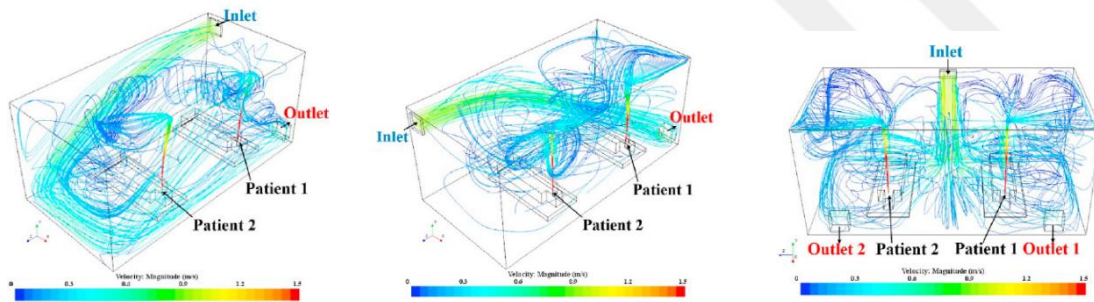


Şekil 2.7. Havalandırmada çatı açıklığı yönü etkisi (Guedes, 2013)

Şekil 2.6’da gösterildiği üzere, çapraz havalandırmanın zor olduğu derin planlı ve yüksek katlı binalarda yığın etkili havalandırma kullanımı uygun olmaktadır. Aynı zamanda çevredeki rüzgar hızı düşükse ve rüzgarın öngörülemeyen bir modeli varsa da yığın etkili havalandırma kullanılabilir (Guedes, 2013).

Şekil 2.7’de gösterildiği üzere, çatıda tasarlanacak açıklığın yönüne mevcut rüzgar verileri ile karar vermek gerekmektedir. İlk şemada çatı penceresinin yerleşim yönünden dolayı, hava binanın çatısından girmektedir. İkinci şemada, içerideki hava çatı penceresinden dışarı atılabilmektedir (Guedes, 2013).

Doğal havalandırma önceden çoğunlukla konut sakinlerinin fiziksel konfor veya enerji tasarrufu sağlama amaçlı stratejilerdendi. Pandemi ile birlikte, mekandaki hava sirkülasyonunun virüs yayılımını önleyebildiği görüldü ve hava sağlığı kaltesinin önemi hakkında farkındalık oluştu. Böylece doğal havalandırmanın amaçlarına bir yenisi ve en önemlisi olan virüs yayılımını önleme eklenmiş oldu (Hendrawati, 2021).



Şekil 2.8. Havalandırmada giriş çıkış konfigürasyonu seçenekleri (Ren vd., 2021)

Doğal havalandırma tasarımlarına pandemi boyutundan baktığımızda, virüs damlacıklarının ve aerosollerin havada belirli süre hayatta kalabilmesi ve hava akımı ile belirli mesafeler hareket edebilmesi tasarım stratejileri için yol gösterici olmaktadır. Ren ve ark., (2021) ‘Numerical Study of Three Ventilation Strategies in a prefabricated COVID-19 inpatient ward’ adlı makalede havalandırma stratejilerinde hava giriş çıkış konfigürasyonuna yönelik bir çalışma yapmışlardır. İç mekandaki patojenlerin hava yoluyla bulaşma dinamiklerinin incelendiği çalışmada simülasyon yöntemi kullanılmıştır ve üç farklı senaryo simüle edilmiştir. Bu çalışmaya göre virüs partikülleri havada uzun süre yol alamamakta ve bir süre sonra düşüşe geçmektedir. Şekil 2.8’de gösterildiği üzere; çalışmada tasarlanan üç alternatif

arasında, U tipi olarak adlandırılan, duvarın üst ve alt köşegenlerinde bulunan aynı duvardaki giriş-çıkışın (1 numaralı) kirletici uzaklaştırma için en iyi performans gösteren seçenek olduğu sonucuna varmışlardır. (Ren vd., 2021).

Yukarıdaki araştırma mekanik havalandırma tekniği ile yapılmış olsa da, havalandırmada giriş çıkış konumları ilişkisinin anlaşılması açısından önemlidir.

Doğal havalandırma uygun iklim ve bina koşullarında tek başına havalandırma sağlayabileceği gibi, çoğu iklimde bu mümkün olmamaktadır. Doğal havalandırma potansiyelinin azaldığı zamanlarda mekanik havalandırma sistemleri ile doğal havalandırma birlikte kullanılabilir. Karma mod olarak adlandırılan bu sistemde, HVAC sistemlerinin gerektiği oranda kullanımı söz konusudur (Guedes, 2013)

Olumsuz iklim koşullarında doğal havalandırma amaçlı boşlukların sürekli olarak açık tutulamayacağı bir gerçektir. Bu nedenle tasarlanacak doğal havalandırma stratejileri için esnek bir tasarım yapılması gerekmektedir. Değişikliklere uyum sağlayabilecek tasarımlar ile doğal havalandırma sistemlerinin kontrolü yapılabilir. Enfeksiyon yayılımını azaltmaya yönelik doğal havalandırmada, hava hareketini arttırmak amacı ile tasarlanan açıklıkları belirli sıklıkta kullanmak temel amaçtır (Emmanuel vd., 2020).

Bu araştırmaların sonucunda, yapılacak olan tez çalışmasında amaçlanan iç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik doğal havalandırma tasarımında; istendiği zaman istenilen oranda açılma kapanma sağlayarak esnek kullanıma izin veren kinetik sistemler kullanılabilir. Aynı zamanda araştırmaların gösterdiği üzere, simülasyon yöntemleri ile yapılan ölçümlerin tasarım optimizasyonu sağladığının görülmesi nedeniyle bir sonraki bölümlerde doğal havalandırma için simülasyon tekniği ve kinetik sistemler araştırılmıştır.

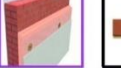
2.1.5. Doğal havalandırma için simülasyon tekniği

Gerçek nesneler üzerinde doğrudan ölçümler yapmanın zorluğu mevcuttur. Değişken iklim koşullarını kontrol edememek, yalnızca var olan durumlar üzerinden araştırma yapabilmek tasarım aşamasında mümkün olmamaları önemli dezavantajlarıdır (Blocken, 2015). Bununla birlikte bilgisayar yazılımları yardımıyla nesneleri ve ortamları modelleyerek simülasyon

yöntemleri ile araştırma yapmak mümkündür. Bu yöntemde modelin manipüle edilmiş faktörleri arasındaki etkileşimi incelemek için gerçek dünya bağlamından bir kopya model kullanılmaktadır. Bina modeli, konumu ve hava durumu verileri simüle edilerek etkileşimler incelenebilmektedir (Hendrawati, 2021).

Bilgisayar simülasyonları ile hava akışının anlaşılması üzerine ayrıntılı ve doğruluk payı yüksek hesaplamalar yapılmaktadır. Bu teknikler ile mevcutta var olan bir yapı analiz edilebildiği gibi, uzay ortamındaki sanal bir yapı dahi analiz edilebilmektedir. Doğal havalandırma analizi için kullanılan bir çok yazılım vardır, binalardaki doğal havalandırmayı modellemede ve analiz etmede kullanılmaktadır (Walker, 2010).

Bilgisayar tabanlı simülasyonlar tasarımcıların yeteneklerini arttırmakta ve potansiyel risklerinin ayrıntılı araştırmasını kolaylaştırmaktadır (Megahed ve Ghoneim, 2021). Farklı mekansal ölçekler için farklı simülasyon modelleri söz konusu olmaktadır. Yapılı çevrede, binaların potansiyel rüzgar yüklerini simüle etmek, kentsel rüzgar akışını, rüzgar konforunu ve iç/dış havalandırma performansını ve cephe sistemlerini değerlendirmek için CFD (Computational Fluid Dynamics) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bina ölçeğinde uygulanan modellerde CFD ve BES (Building Energy Simulation) birlikte kullanılmakta ve birbirini tamamlamaktadır. İkisinin kombinasyonu ile binaların doğal havalandırma simülasyonları yapılmaktadır. (Blocken, 2015).

Spatial scale	Global	Mesoscale	Microscale	Building	Component	Material/Human
Distance	< 6500 km 	< 200 km 	< 2 km 	< 100 m 	< 10 m 	< 1 m 
Model cat.	NWP	NWP / MMM	CFD	CFD / BES	BC-HAM	MSM / HTM

Şekil 2.9. Kent fiziğindeki altı mekansal ölçeğin şematik gösterimi, tipik maksimum yatay uzunluk ölçekleri ve ilgili model kategorileri. (NWP: Numerical Weather Prediction (Sayısal Hava Tahmini); MMM: Mesoscale Meteorological Model (Orta Ölçekli Meteorolojik Model); CFD: Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) ; BES: Building Energy Simulation (Bina Enerji Simülasyonu); BC-HAM: Building Component-Heat, Air, Moisture Transfer (Bina Bileşenleri-Isı, Hava, Nem Transferi); MSM/HTM: Material Science Model/Human Thermophysiology Model (Malzeme Bilimi Modeli/İnsan Termofizyolojisi Modeli) (Blocken, 2015)

CONTAM programının özellikleri ve yetenekleri

CONTAM; bina havalandırması ve iç mekan hava kalitesi analizi için geliştirilmiş çok bölgeli bir hava akışı ve kirletici taşıma programıdır. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde (NIST) bina havalandırma tasarımı ve iç mekan hava kalitesi analizleri (IAQ) için açık kaynaklı bir araç geliştirmeyi amaçlayan bir çalışma ile üretilmiştir. Şekil 2.10'da gösterildiği üzere CONTAM bir kirletici analiz aracıdır, iç mekan hava akışı ve kirletici konsantrasyonlarını hesaplamaktadır.



Şekil 2.10. CONTAM programı (URL-46)

CONTAM programı kullanıcı dostu arayüzü ve kapsamlı çözümleme stilleri nedeniyle kullanımda çok yaygındır. Programın kullanımına yönelik bilgiler www.nist.gov sitesinde bulunabilmektedir. Aynı zamanda Dols ve Polidoro, (2015) 'CONTAM User Guide and Program Documentation' adlı çalışmada program ile ilgili detaylı bilgiler mevcuttur.

Çizelge 2.8. CONTAM programının yetenekleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Hava Akışları	Kirletici Konsantrasyonları	Kişisel Maruz Kalma
Odadan odaya hava akışları, binanın dışına etki eden rüzgar basınçları, iç ve dış hava sıcaklığı farkının neden olduğu hava kuvveti etkileri ve mekanik araçlarla tahrik edilen bina sistemlerindeki sızma hesapları.	Hava akışları ile taşınan havadaki kirletici maddelerin konsantrasyonu, yapı malzemeleri ve çeşitli kaynak mekanizmaları tarafından üretilen kirliliklerin hesapları.	Nihai risk değerlendirmesi için bina sakinlerinin havadaki kirletici maddelere maruz kalma tahminleri.

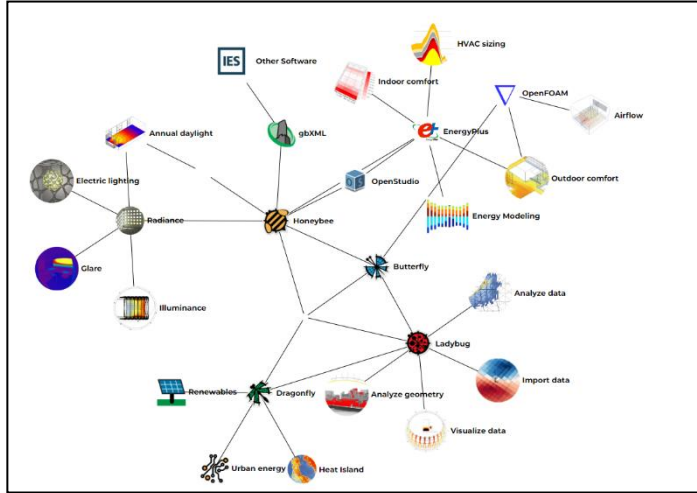
2D çizim alanına sahip olan program kirletici konsantrasyonu hesaplamaya yönelik tasarlanmıştır ve enerji hesapları yapamamaktadır. Bu nedenle kullanıcılar tarafından her bölge için tek tip bir hava sıcaklığı belirlenmektedir. Kaldırma kuvveti odaklı doğal havalandırma için sıcaklık; akış hızının belirlenmesinde çok önemli bir faktördür. Binadaki

doğal havalandırma, sıcaklık farkları ve rüzgar tarafından oluşturulan akıştır (Wang vd., 2010).

CONTAM; her bir bölgeyi bina hava akış ağı içinde birbirine bağlı bir düğüm olarak temsil etmektedir. Program, hava akış simülasyonu için tasarlanmıştır ve her bir bölge için sadece hava kütlesi ve kirletici denklemlerini çözmektedir (Wang ve Chen, 2007).

CONTAM; bina havalandırması ve iç mekan hava kalitesi analizi için tasarlanmış bir programdır. Çizelge 2.8’de görüldüğü üzere; binanın dışındaki hava akışlarının etkilerini ve bina içindeki havalandırma oranlarının yeterliliğini değerlendirmek; kirletici konsantrasyonlarının tahmini ve iç hava kalitesi performansını belirlemek için kullanılmaktadır. Mevcut binaların iç hava kalitesi performansı değerlendirildiği gibi binaların inşa edilmeden önce iç hava kalitesi performansını belirlemek için de kullanılabilmektedir. Program; havalandırma sistemleri ve yapı malzemesi seçimleri gibi alanlarda da yol gösterici olmakta ve tasarım kararlarını etkileyebilmektedir (URL-42).

CONTAM kirletici simülasyonları ile havadaki partiküller hesaplanmaktadır. Daha detaylı ve ayrıntılı hava akış dağılımı simülasyonları için birleştirilmiş çok bölgeli-CFD modeli kullanılabilmektedir. CFD hesaplamaları için bir çok farklı program bulunmaktadır. CONTAM programının üreticisi Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü NIST (National Institute of Standards and Technology), CONTAM programını CFD0 isimli program ile uyumlu olacak şekilde geliştirmiştir. CFD0’ın CONTAM’e dahil edilmesi ile iki önemli kazanım sağlanmıştır. Bunlar; rüzgar basıncı ve dış ortam kirletici konsantrasyonlarının etkilerini CONTAM’in iç ortam simülasyonlarıyla ilişkilendirmek ve detaylı CFD bilgilerini CONTAM iç hava akış ve kirletici taşıma ağına yerleştirebilmektir. CFD0, akış alanını ayırık hücrelere bölmekte ve çözümler hesaplamaktadır. Bu sayede yapıda dış veya iç mekanda oluşan hava akışının bölgelere göre daha detaylı dağılımı elde edilebilmektedir. Fakat CFD hesaplamaları daha uzun süreler gerektirmektedir. Aynı zamanda CFD0’ın mevcut sürümü ile yalnızca küp şeklindeki binalar simüle edilebilmektedir ve yalnızca bina yüzeylerindeki açıklıklar için hesaplama yapılabilmektedir (Wang ve Chen, 2008).



Şekil 2.11. Grasshopper Araçları (URL-47)

CFD simülasyonları için Rhino Grasshopper programı da kullanılabilir. Şekil 2.11’de görüldüğü üzere; 3D parametrik tasarım ortamı olan Rhino programı, Grasshopper yazılımı ve eklentileri ile CFD simülasyonları yapılabilir (Chronis vd., 2017).

Rhino programı, Grasshopper yazılımı ve eklentileri kullanılarak yapılan CFD simülasyonları termal konfor ve havalandırma etkinliğini modelleme amaçlıdır. Bu programın kirletici simülasyonları yapan bir eklentisi mevcut değildir. Mevcut kirletici simülasyonları henüz 3D parametrik tasarım ortamı ile birleştirilememiştir. Yalnızca veriler birbirine entegre edilebilmektedir. Rhino Grasshopper ile CFD veya enerji hesapları yapılarak bir takım sayısal veriler elde edilebilmekte ve bunları CONTAM kirlilik hesaplarında kullanılabilir. Bunun için bina geometrisinin ayrıca CONTAM 2D ortamında yeniden modellenmesi gerekmektedir. İç mekan hava kirliliği odaklı iç mekan CFD hesapları için ise yine CONTAM ve CFD0 kullanılması gerekmektedir.

Bu araştırmalar doğrultusunda; yapılacak olan çalışmada iç mekan kirletici konsantrasyonu hesaplama amacı olduğundan, simülasyon çalışmalarında yalnızca CONTAM programının kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. CONTAM programı 2D çalışma ortamına sahip olduğu için çalışmanın görselleştirilmesinde 3D çizime olanak sağlayan Rhinoceros programının kullanılmasına karar verilmiştir.

2.2. Kinetik Mimarlık

Günümüzde sürekli olarak gelişim ve değişim içinde olan teknoloji, hayatımızın her alanını etkilemektedir. Yaşam tarzımızı, gereksinimlerimizi ve beklentilerimizi etkileyen bu gelişmeler; tüm bunlarla sıkı ilişkili olan mimarlık ürünlerini de etkilemekte ve değiştirmektedir. Bu etkileşim ile birlikte, kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına veya değişen çevresel koşullara cevap verebilecek mimari ürünlerin tasarlanması söz konusu olmaktadır. Bir fonksiyonu sağlamak amacıyla tasarlanmış statik (durağan) mimarlık yerine, farklı ihtiyaçları da karşılayabilecek esnek tasarıma sahip olabilen kinetik (hareketli) mimarlık araştırmaları yapılmaktadır.

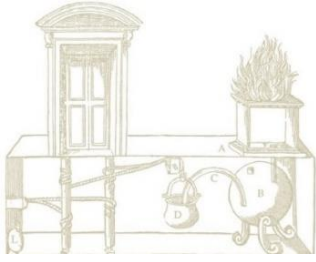
Esnek tasarıma sahip olması istenen kinetik mimarlık ürünleri, hareketli yapı veya yapı bileşenleri ve çeşitli mekanizmalar içerebilmektedir. Bu özelliği ile kinetik sistemler disiplinlerarası bir alan olmaktadır. Mimarlık ve mühendislik disiplinlerinin yanı sıra robotik teknolojiler de içeren kinetik tasarım anlayışı; yeni yapı malzemeleri ve gelişen inşaat teknikleri ile beslenmektedir. Karmaşık detayların üretilmesine olanak sağlayan teknolojik gelişmeler ile birlikte, kinetik mimarinin uygulama alanı genişlemektedir.

2.2.1. Kinetik mimarlık ve kısa tarihi

En eski barınaklarda dahi var olan bir olgu olan mimaride hareket kavramı yeni bir kavram değildir. Şekil 2.12’de görüldüğü üzere, ilk barınaklardan biri olan mağaralarda insanların mağara girişini kontrol etmek amaçlı kullandığı hareketli taşlar, hareketli yapı elemanlarının ilk örneklerindendir (Kocalar, 2018).



Şekil 2.12. Yer altı şehirlerinde bulunan katları birbirinden ayıran gözetleme delikli sürgü taşları (URL-2)



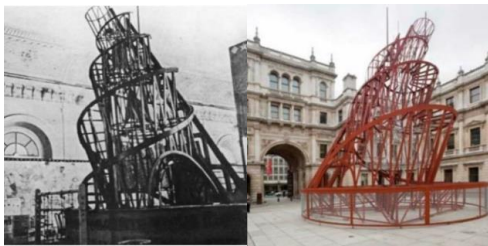
Şekil 2.13 Pnömatik açılabilen tapınak kapı sistemi (Topdemir, 2011)

Geçmişte yapılan kinetik yapı bileşenlerinden bir tanesi de Şekil 2.13’de görülen, İskenderiye’deki klasik dönem tapınaklarında bulunan kapıları açmak için kullanılan sistemdir(Maden, 2019).



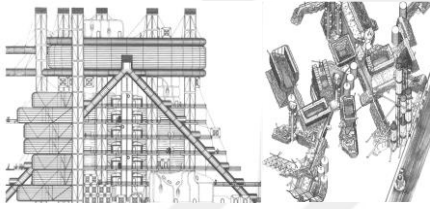
Şekil 2.14. Colesseum Roma hareketli membran çatı sistemi (Antoszkiewicz ve Gupta, 2018)

Harekete yapı veya yapı elemanı bazında baktığımızda verilebilecek ilk örnek Roma’da bulunan Colosseum yapısının çatı elemanıdır. İnşasına M.Ö. 70 yıllarında başlanan yapının çatısında, seyircileri yağmur ve güneşten koruma amaçlayan ‘velarium’ adı verilen bir sistem kullanılmıştır. Şekil 2.14’de görüldüğü üzere; halatlar, direkler ve örtüler ile uygulanan sistem 80 bölümlü ışınsal bir mekanizmaya sahiptir ve geri çekilebilir geniş bir çadır sistemi ile seyircileri korumaktadır (Kavraz, 2018).



Şekil 2.15. a) III.Enternasyonal Anıtı modeli (Vladimir Tatlin), b) Anıtın basit bir versiyonu (Kutlu ve Ergün, 2022)

III. Enternasyonal Anıtı diğer adıyla Tatlin Kulesi, kinetik sistem düşüncesi içeren bir diğer önemli örnektir. Yüksekliği 395,5 m olan Tatlin kulesi cam ve çelik kontrüksiyonlu bir döner kule olarak tasarlanmıştır. Sarmal demir bir kafesten oluşan bu çarpıcı anıt tasarımında; her biri kendi eksenlerinde farklı hızlar ile döndürülebilen bir cam silindir, cam koni ve cam küp bulunmaktadır. Bu prizmatik hacimler spiral çelik yapı içerisinde düşey aks doğrultusunda dönebilmektedir. Kendilerine ait belirli hareket hızları vardır. Küp hacmi konferans salonlarını içermektedir ve bir tam turunu bir yılda tamamlar. Yönetim ofisleri piramit içindedir ve bir dönüşü bir ayda gerçekleşir. 24 saatte dönüşünü tamamlayan üst silindir, bilgi merkezidir ve halka açıktır. Şekil 2.15 a'da görüldüğü üzere; Tatlin'in tasarımı 6,7 m yüksekliğinde bir model olarak sergide yer almıştır ancak inşa edilmemiştir (Kavukçu, 2016). Şekil 2.15 b'de görüldüğü üzere; sonraki yıllarda kulenin basitleştirilerek inşa edilmiş halleri mevcuttur (Kutlu ve Ergün, 2022).



Şekil 2.16. Archigram / Plug-in City (Tak-çıkır Şehir) (Selwyn, 2008)

20.yüzyıla gelindiğinde ise dünya savaşları nedeniyle bir çok kentin yerle bir olduğu görülmüştür. Bu dönemlerde mimarlar kentlerin tekrardan oluşturulması için çalışmalar yapmıştır ve bu çalışmalarda en önemli unsurlar makineler ve teknolojidir. Yarattıkları ütopya ile yeni dünyayı şekillendirmeyi istemişlerdir ve bu ütopyalarda teknolojinin etkisi baskın olarak görülmektedir. Bu dönemde Şekil 2.16'da görüldüğü üzere Archigram grubunun çalışmaları dikkat çekmektedir. Eski dünyanın statik ve tek düze anlayışının yerini esneklik, değişim, hareket ve çeşitlilik aldığı görülmektedir. Bu ütopya savaşların neden olduğu yıkımların ve kötü düşüncelerin yerine, yenilikçi ve iyimser yeni bir dünya yaratma fikrini barındırmaktadırlar (Selwyn, 2008).

Bu örneklerde de görüldüğü üzere geçmişten bu yana çeşitli sorunların çözümü için üretilen kinetik mimari sistemleri bulunmaktadır. Bunların bazıları hayata geçmiş bazıları fikir olarak kalmıştır.

Fakat "kinetik mimari" kavram olarak ilk kez William Zuk ve Roger H. Clark tarafından 1970 yılında "Kinetik Mimari" adlı kitapta tanıtılmıştır. Zuk ve Clark kinetik mimariyi ilk kez şöyle tanımladılar: "Bir mimari, üzerine etki eden baskı ve değişikliklere; bu etkenlerin yorumlanması ve değişimlerin uygulanabilmesi için imkan sağlayan teknoloji ile uyum sağlayabilir" (Elmokadem vd., 2018).

Kinetik mimarlık örneklerinin yaygınlaşması ile teknolojik gelişmeler paralellik göstermektedir. Bu sebeple 20.yy sonları ve 21.yy kinetik mimarlığın esas başlangıç noktası olarak görülmektedir. Çünkü bu yüzyıllarda pek çok kinetik yapı tasarlanmış ve hayata geçmiştir.

2.2.2. Kinetik sistemlerin amaçları ve çalışma prensipleri

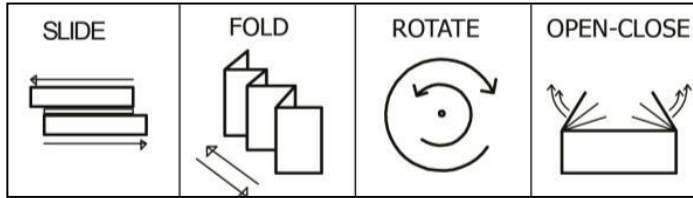
Gelişmekte olan teknolojinin ve disiplinlerarası çalışmaların yardımıyla hareketli sistemler oluşturma amaçları 4 başlık altında toplanabilmektedir. Bunlar; fonksiyonel esneklik sağlama, enerji tasarrufu/üretimi, görsel dönüşüm ve estetik olarak adlandırılmıştır (Megahed, 2017).

Amacı esnek tasarımlar yapmak olan kinetik mimari, bunu yapının tümüyle veya yapının elemanları ile sağlamaya çalışmaktadır. Bu açıdan kinetik mimarlığı taşınabilir ve biçim değiştirebilen mimari olmak üzere 2 grupta incelenebilir+ (Korkmaz, 2001).

-Taşınabilir (Mobil) Mimari: Yapıyı oluşturan elemanların/bileşenlerin tümünün ya da bir kısmının sökülüp taşınarak, farklı yerlerde tekrar tekrar birleştirilebilmesi ile yeni mekansal gereksinimlere cevap verebilmek için yeniden kurgulanmaları.

-Biçim Değiştirebilen Mimari: Yapı elemanlarının tamamının ya da bir kısmının bulunduğu mevcut yerinde belirli bir düzeyde ve sistemde hareket etmesi ile (şekil-boyut değiştirme, büzülme, açılma vb.) farklı mekanlar kurgulanması.

Biçim değiştiren mimaride kullanılan sistemler hareket tipine göre genel olarak Şekil 2.17'de görüldüğü üzere; kayma, katlanma, dönme ve açılma kapanma olarak sınıflandırılmıştır (İlerisoy ve Başgömez, 2018).



Şekil 2.17. Hareket tipleri (İlerisoy ve Başeğmez, 2018)

Kayar sistemlerde sistemin bir bölümü hedeflenen işlevi sağlamak için, içinde bulunan mekanizması ile kayma hareketi gerçekleştirir. Katlanma hareketinde ise yapı deforme olmadan bütün formu değişir. Basit tanımıyla kâğıt katlama sanatı olan origami katlanma hareketinin temelini oluşturur (Lang, 2004). Döner sistemlerde farklı boyutlardaki sabit elemanlar ve bunlara bağlı olan hareketli elemanların hareketi ile sistemin dönmesidir. Dönme hareketi genel olarak bir aks üzerinde ya da çevresinde olmaktadır. Dönme hareketini yapının kendisi yapabildiği gibi bünyesinde bulunan parçalar da gerçekleştirebilir. Açılır kapanır sistemlerde ise sistemi oluşturan küçük elemanların hareketli bağlantılar aracılığıyla birleşmesi sonucu hacimlerinin büyüüp küçülmesi sözkonusudur. Bu hareketli elemanlar kendi yüklerini taşıyabilecek şekilde sabit konuma gelirler.

2.2.3. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması

Değişen koşullara ve taleplere cevap verebilmek adına tasarlanan kinetik tasarım örnekleri gün geçtikçe artmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, yeni yapı malzemeleri ve sistemlerinin etkisi kinetik tasarım sayısını arttıran birer olgudur. Bu hareketli yapı örneklerinde bir çok farklı hareket türü bulunmaktadır.

Kinetik tasarımlarda kullanılan hareketli sistemler temel olarak iki dala ayrılmaktadır. Bunlar Çizelge 2.9'da görüldüğü üzere; yeri değişebilen sistemler ve şekli değişebilen sistemlerdir (Korkmaz, 2009).

Çizelge 2.9. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması (Korkmaz, 2009)

Yeri Değişebilen Kinetik Sistemler	Şekil Değiştirebilen Kinetik Sistemler
Komple Taşınabilir Sistemler	Rijit Elemanlı Yapılar
Yeniden Yerleştirilebilir Sistemler	Yumuşak Formlu Yapılar
Sökülüp Takılabilir(Prefabrik) Sistemler	Mekatronik Sistemler

Yeri değişebilen ve şekil değişebilen sistemler de kendi ilerinde bu şekilde alt kollara ayrılmaktadır.

Yeri değişebilen sistemler

Yeri değişebilen sistemlerde yapılar, belirli bir yer için tasarlanmamış olan yapılardır. Kullanıldıktan sonra işlevini tamamlayan bu yapılar, başka bir yerde ve zamanda kullanılmak için taşınır.

a. Komple taşınabilir sistemler

Komple taşınabilen yapıların yapı bütünlüğü bozulmaksızın bir bölgeden başka bir bölgeye taşınırlar. Bu sistemlerin en eski örnekleri göçebe adırlarıdır. şekil 2.18’de görüldüğü üzere günümüzde ise yapıların taşınmasında büyük araçlar kullanılmaktadır.



şekil 2.18. Büyük araçlar ile yapıların taşınması (İnan, 2014)



şekil 2.19. Lilypad (URL-3)

Bir araç veya bir yardım ile taşınan yapıların yanında, kendi kendini farklı bölgeye taşıyabilen sistemler de bulunmaktadır. şekil 2.19’da görüldüğü üzere Lilypad projesi bu tarz yapılar için örnektir. Küresel ısınma nedeniyle buzulların eriyeceği ve Hollanda’nın gelecekte su altında kalması beklentisi üzerine geliştirilen bir projedir. Yüzen nilüfer çiçeği anlamına gelen Lilypad, insanların su üstünde yaşayabilmesine ve gerektiği zaman evre koşullarının daha elverişli olduğu başka bölgelere gidebilmelerine imkan sağlamaktadır. Ties Rijken’in

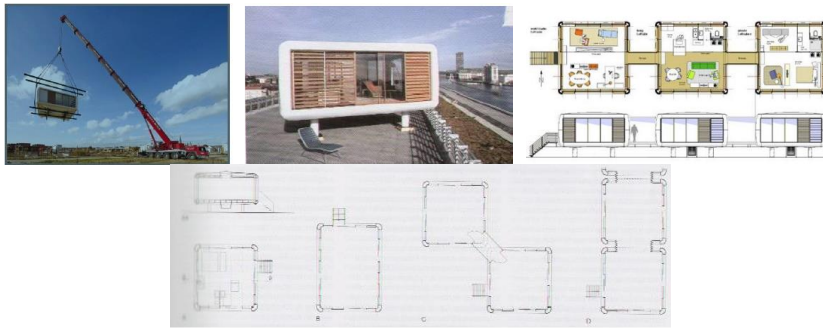
tasarladığı bu kompleks yapı içinde günümüzde ihtiyaç duyduğumuz tüm hizmet birimlerini içeren ve kendi enerjisini üreten bir tasarımdır (URL-7).

b. Yeniden yerleştirilebilir sistemler

Yeniden yerleştirilebilir sistemlerde yapı parçalardan meydana gelir ve bu elemanların birleştirilmesi ile oluşturulur. Bu tip yapılar kullanıldıktan sonra parçalarına ayrılıp başka bir bölgeye taşınabileceği gibi, katlanma şeklinde de götürülebilmektedir. Germe sistemler ve modüler sistemler olarak iki dala ayrılırlar. Germe sistemler; geniş açıklıkları örtmede kullanılan ekonomik ve hafif sistemlerdir. İstenilen şekil verilebilen bu sistemler, katlanarak taşınabilmektedir. Frei Otto 1960'lı yıllarda bu sistemler üzerine araştırmalar yapmış ve ilk mimari örneklerini ortaya koymuştur. Yapı Şekil 2.20'de görüldüğü üzere; germe sistemler, bir taşıyıcı strüktür, kablo ağları ve kaplayıcı tekstil ürününden oluşmaktadır (Ekmekçi, 2005).



Şekil 2.20. 1967 Expo Alman Pavyonu / Frei Otto&Rolf Gutbord (URL-4)



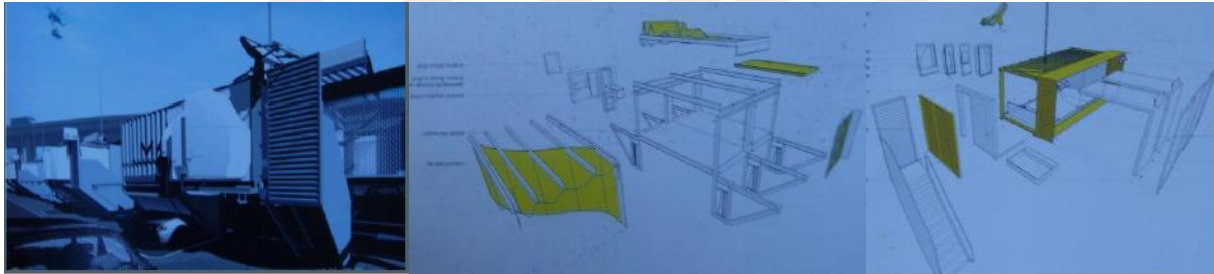
Şekil 2.21. Loft Cube (İnan, 2014)

Modüler sistemler; birbiri ile uyumlu parçaların eklenmesi ve çıkarılması ile oluşturulan yapılar sistemidir. Gerekliliklere göre bu parçaların birbirine eklenmesi ile yapı büyütülebilir veya birbirinden çıkarılması ile küçültülebilir. Kinetik mimarlık anlayışının esneklik

özelliğine çok uygun olan bu sistemler ile yaşanabilecek değişikliklere alternatifler sunan tasarımlar yapılabilmektedir. Şekil 2.21’de görüldüğü üzere; 2001 yılında Wemer Aisslinger’in tasarladığı Loft Cube projesi bu sistemlere örnektir (Ekmekçi, 2005).

c. Sökülüp takılabilir (prefabrik) sistemler

Bu sistemlerde, birbiri ile uyumlu parçalar bir araya getirilir ve yapı oluşturulur. Prefabrike olarak adlandırılan bu sistemlerde, kolay ve hızlı üretimin yanı sıra düşük maliyet ve kalite yüksekliği söz konusudur. Yapıları oluşturan parçalar ön üretime sahiptir. Bu sayede birleşim hataları en düşük seviyededir. Farklı boyuttaki alanlara göre farklı büyüklükte üretilen bu sistemlere ekleme çıkarma yapılabilmektedir ve bu özellikleri ile esnek yapılardır. Sökülüp takılabilir sistemlere örnek olarak, Doug Jackson’ın tasarladığı The E-Hive projesi verilebilmektedir. Şekil 2.22’de görüldüğü üzere, prefabrik anlayış ile üretilen bu projede hareketli paneller bulunmaktadır ve mekan içleri bu paneller ile gereksinimler doğrultusunda düzenlenebilmektedir (Siegal, 2002).



Şekil 2.22. The E-Hive (Siegal, 2002).

Şekil değiştirebilen sistemler

Yeri değişebilen yapılarda bir konum değişimi söz konusu iken şekil değiştirebilen sistemlerde konum değişikliği olmadan, yapının dış veya iç formunda değişimler meydana gelir. Bu sistemlerde hareket iki türlü sağlanır; birincisi yapının malzemesinin esnek olması durumunda bu malzemenin şekil değiştirebilme özelliği ile, ikincisi, rijit elemanlı sistemlerde bu elemanların farklı şekillerde hareket edebilmesi sayesinde sağlanır.

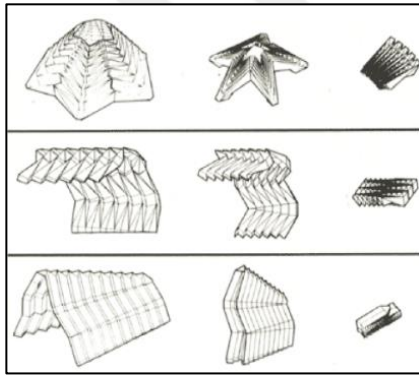
a. Rijit elemanlı yapılar

Rijit elemanlı kinetik sistemlerde 4 temel hareket çeşidi vardır; Açılma-kapanma, kayma, katlanma ve dönme hareketleri. Kinetik yapılar bu hareket çeşitlerinden bir tanesine sahip

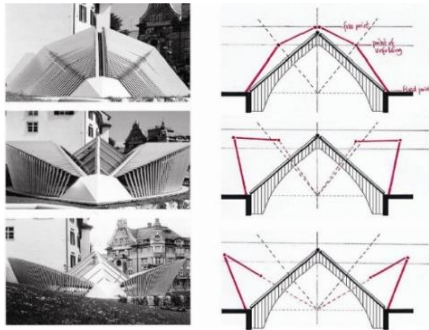
olabildiği gibi, bazen birden fazlasına aynı anda sahip olabilir. Bu durumda onlara karma sistemler denilmektedir. Rijit elemanlı kinetik sistemler; açılır-katlanır sistemler, genişler-daralır sistemler, döner sistemler ve kayar sistemler olarak 4 temel hareket biçimine sahiptir (İnan, 2014).

a.1. Açılır-katlanır sistemler:

Yapıyı oluşturan hareketli elemanları, deforme olmadan konum veya doğrultu değiştirerek katlanma hareketi yapmaktadırlar. Bu sistemlerde formu belirleyen etken bu hareketli strüktür elemanlarıdır. Şekil 2.23’de görüldüğü üzere, Chuck Hoberman bu strüktürleri kullanan ilk tasarımcılardandır (URL-5).



Şekil 2.23. Chuck Hobarman’ın strüktür örnekleri (URL-5)

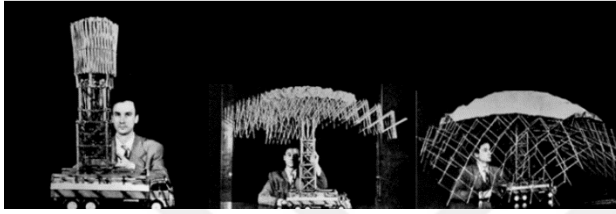


Şekil 2.24. Pfalzweiler Acil Servis Merkezi çatı sistemi-S.Calatrava (Tzonis, 2004)

Şekil 2.24’de görüldüğü üzere; açılır katlanır sistemlerde mimari eserler veren bir diğer tasarımcı Santiago Calatrava’dır. Calatrava’nın projelerindeki hareketli elemanlar genellikle doğal formlardan oluşan ve doğadaki hareketlerden ilham alınarak mekanizma haline getirilmiş sistemlerdir.

a.2. Genişler-daralır sistemler

Bu sistemlerde yapıyı oluşturan elemanlar bağlantı noktaları ile birbirine bağlıdır ve bu noktalardaki hareket ile hacim genişlemesi-daralması sağlamaktadırlar. Üretimi kolay olan, taşınabilme ve kurulup-sökülebilme özelliğine sahip sistemlerdir. Genişleyip daralan bu sistemler açık durumda iken yapıyı oluşturan elemanlar kendi yüklerini taşıyabilmektedir. Şekil 2.25'te görüldüğü üzere Emilio Perez Pinero bu sistemler ile alakalı araştırmalar yapan ilk kişidir (Ekmekçi, 2005).



Şekil 2.25. Pinero'nun hareketli tiyatro tasarımı (Gantes, 2001)

a.3. Döner sistemler

Yapı elemanları belirlenen bir merkez çevresinde hareket mekanizmayla birbirine bağlanan bir sistemden oluşmaktadır. Dönme hareketi iki çeşittir, birincisi merkez etrafında dönme, ikincisi ötlenerek dönme şeklindedir (Hertel, 1966). Şekil 2.26'da görüldüğü üzere; dönme hareketi ile tasarlanan yapılara örnek David Fisher'ın Dinamik Kule tasarımıdır. Projedeki her kat bağımsız olarak dönebilmektedir.



Şekil 2.26. Dinamik Kule-David Fisher (Loonen, 2010).

a.4. Kayar sistemler

Kayar sistemler özel mekanizma gerektiren sistemlerdir. Kayma hareketini sağlayan tekerleğimsi bir araca ve bu aracın içine yerleşeceği bir ray sistemine ihtiyaç vardır.

Mimaride kullanılan kayar sistemler; pencere-kapı açılımları, bölücü duvar hareketleri, açılıp kapanabilen çatı tasarımlarında kullanılabilir.

Bu sistemlere verilebilecek en güzel örnek Sliding House tasarımıdır. Şekil 2.27’de görüldüğü üzere DRMM mimarlığın tasarladığı çiftlik evi yapısı olan bu yapıda; raylar üzerinde hareket eden kabuk farklı konumlarda farklı işlevleri gerçekleştirmektedir (URL-7).



Şekil 2.27. Sliding House-DRMM (URL-7)

b. Yumuşak formlu yapılar

Yumuşak formlu yapılarda hareket, genişleme daralma şeklinde gerçekleşir. Bu sistemlerde kullanılan malzemeler elastik özellikli malzemelerdir. Deformasyona uğrayabilen malzemeler ile oluşturulan sistemlerde, yapının tamamı ya da bir kısmı şekil değiştirerek hareket sağlanır.

c. Mekatronik sistemler

Bu sistemlerde bir çok farklı disiplin bir arada çalışmaktadır. İçerisinde mekanik, elektronik ve yazılım sistemleri barındıran bu tasarımlar; sensörler ile çevreyi algılar, yazılımlar ile bu verileri yorumlar ve buna uygun tepki vererek gerekli hareketi ortaya çıkartır (Bernardi vd., 2002).

2.2.4. Kinetik mimarlık örnekleri ve analizleri

Çalışmanın bu kısmında kinetik mimari örnekleri incelenmiş ve bu örneklerdeki kinetik yapı elemanlarının hangi sistemlerle ne düzeyde hareket ettiği irdelenmiştir. Bu analizlerin sonucunda bölüm sonunda verilen tablo oluşturulmuştur.

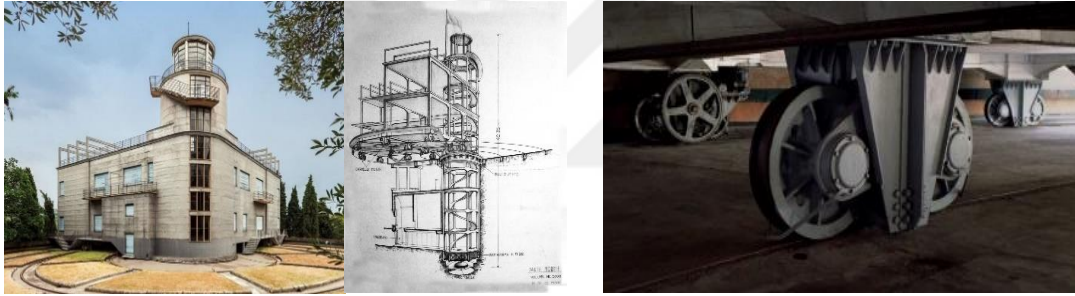
Villa Girasole, 1930

Konum : İtalya

Mimar: Angelo Invernizzi

Yapı Tipi: Konut

Gün boyunca güneşin hareketini takiben aşamalı olarak dönen bir evdir. Bina Şekil 2.28.a’da görüldüğü üzere iki bölümden oluşmaktadır: yaklaşık 42 metrelik dairesel bir taban ve üst kısımlarında “L” şeklinde 2 döner bir blok. Bu iki bölüm, merkezde bir döner eleman ile birleştirilir. Yaklaşık 42 metre yüksekliğe sahip olan kule, bir deniz feneri gibi görünmektedir. Şekil 2.86.b’de görüldüğü üzere; Invernizzi bu kütleyi hareket ettirmek için 3 dairesel ray üzerinde çalışan 20 tekerlekli bir sistem tasarlamıştır. Tekerlek sistemlerinden 2 tanesi motorludur ve evi harekete geçirir. Yapı 9 saat 20 dakika içinde tam bir dönüş yapabilmektedir (Mulder, 2020).



Şekil 2.28. a) Villa Girasole (URL-8). b) Villa Girasole tekerlek sistemi (Mulder, 2020)

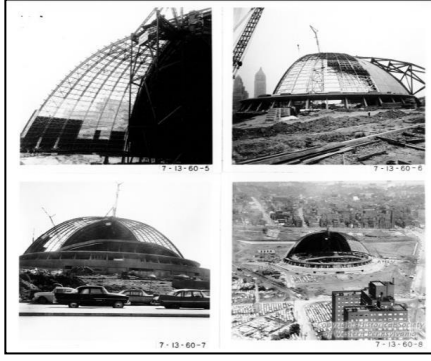
Civic Arena, 1961-2012

Konum: ABD

Mimar: Mitchell Ritchey Arch

Yapı Tipi: Spor Kompleksi

Şekil 2.29’da görüldüğü üzere yapı; 415 fit çapında, o dönemdeki dünyanın en büyüğü olan paslanmaz çelik kubbeye sahiptir Hidrolik krikolar ile geri çekilebilen parçalardan oluşan bir çatı sistemi mevcuttur. Toplam 8 parça olan bölümlerin her biri 220 ton ağırlığındadır ve altısı da iki dakikadan biraz fazla bir sürede açılabilir (URL-9).



Şekil 2.29. Civic Arena (URL-9)

Ernsting Warehouse, 1985

Konum : Almanya

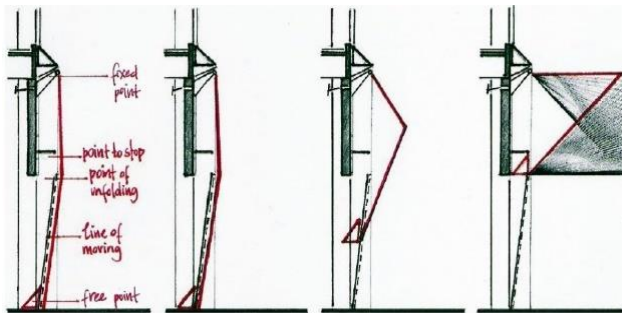
Mimar: Santiago Calatrava

Yapı Tipi: Depo

Şekil 2.30’da görüldüğü üzere, yapı bir tekstil şirketi için tasarlanmıştır. Calatrava, doku ve ışığın farklı etkilerini üretmek için alüminyum malzeme kullanmıştır.



Şekil 2.30. Ernsting Warehouse (URL-11)



Şekil 2.31. Ernsting Warehouse kapı sistemi (Tzonis, 2004)

Şekil 2.31’de görüldüğü üzere; yüklemeler bölmlerinin kapıları için, dikey çıtalar kavisli bir çizgi boyunca menteşelenmiş ve alt noktalarında Şekil 2.31’de görüldüğü üzere; yüklemeler bölmlerinin kapıları için, dikey çıtalar kavisli bir çizgi boyunca menteşelenmiş ve alt noktalarında kaldırılabilen veya indirilebilen yatay bir çerçeveye bağlanmıştır. Bu kinetik sistemli kapılar Calatrava'nın heykelsi, dinamik ve yenilikçi fikirlerinin ilk uygulamasıdır. İnsan gözünün şekline dayanan bir forma sahiptir (Asefi, 2012).

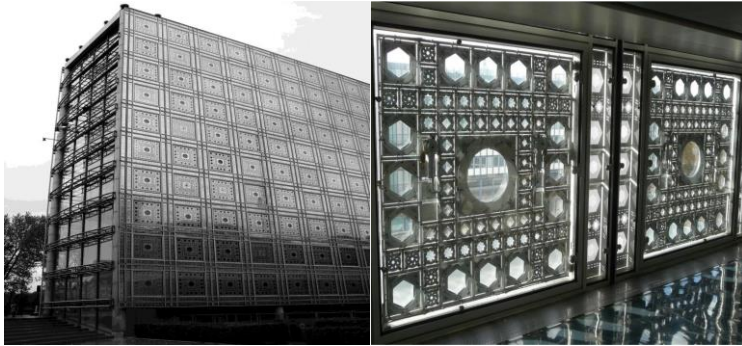
Arab World Institute Building, 1987

Konum: Paris

Mimar: Jean Nouvel

Yapı Tipi: Enstitü Binası

Restoran , müze, kütüphane, ofisler ve oditoryum gibi bir çok farklı işlevi barındıran yapının cephesi gelişmiş duyarlı sistemlerden oluşmaktadır. Şekil 2.32’de görüldüğü üzere Nouvel Orta Doğu’da yüzyıllarca kullanılan, güneşten koruma ve gizlilik sağlama amaçlı geleneksel örgü işinden ilham alarak bu cepheyi tasarlamıştır. Sistem, binaya girmesine izin verilen ışık miktarını düzenleyen yüzlerce ışığa duyarlı diyafram içermektedir. Merceğin çeşitli aşamalarında değişen geometrik bir desen oluşmakta ve hem ışık hem de boşluk olarak sergilenmektedir. Bu sistem dikkat çekici bir estetik yaratırken, çevresel kontroller açısından da işlevseldir. Açıklık boyutlarını kapatarak veya azaltarak binaya giren güneş miktarı kolayca azaltılmaktadır (URL-12).



Şekil 2.32. Arab World Institute Building (URL-12)

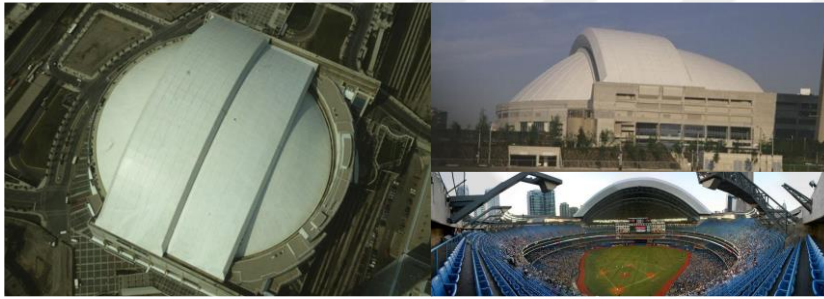
SkyDome (1989)

Konum: Kanada

Mimar: Rod Robbie

Yapı Tipi: Stadyum

Şekil 2.33'te görüldüğü üzere yapı; iyi havalarda tamamen açık hava stadyumu ve değişken havalarda ısıtılmalı veya klimalı bir kapalı tesis olarak hizmet veren tamamen geri çekilebilir sert çelik çatılı dünyanın ilk büyük çok amaçlı stadyumudur. Çok amaçlı bir spor ve eğlence kompleksi olarak tasarlanan 54.000 koltuk kapasitesine sahiptir. Geri çekilebilir tavan da , iki hareket moduna sahip üç hareketli tavan panelinden oluşan bir sistem kullanılmıştır. Çatı, 65 km/s hıza kadar 20 dakika içinde açılmaktadır (Allen, 1991).



Şekil 2.33. SkyDome (URL-13)

Kuwait Pavilion, 1992

Konum : İspanya

Mimar: Santiago Calatrava

Yapı Tipi: Sergi

Şekil 2.34'te görüldüğü üzere, yapıda sergi salonu mermer bir kubbenin altında gömülü şekildedir. Bir palmye yaprağına benzeyen ve açılan esnek ahşap kolları olan bir heykel olarak tasarlanan pavyon, Kuveyt halkının tarihini ve yaşamını ifade etmektedir. Kapatıldığında Kuveyt halkının korunmasını temsil eden yapı; yarı açık olarak, halkı çöl fırtınalarından koruyan bir çadır şeklini taklit etmektedir. Her biri 25 metre uzunluğunda olan 17 adet kaburga ana eklemlili yapıyı oluşturmaktadır. Her kaburga, dikey olarak farklı pozisyonlarda programlanarak açılabilir ve kapanabilmektedir. Bu kaburgalar,

kapandığında iç içe geçmelerini sağlayan bir elektrikli sistem ile bilgisayar kontrollüdür (Afzali vd., 2016).



Şekil 2.34. Kuwait Pavilion (Zenter ve Yildirim, 2020)

Gucklhupf, 1993

Konum: Avusturya

Mimar: Hans Peter Wörndl

Yapı Tipi: Konut/Sergi

Şekil 2.35’de görüldüğü üzere GucklHupf, Mondsee’nin yaz festivali için tasarlanmış çok amaçlı deneysel bir yapıdır. 1993 teması “The Stranger ” idi, Wörndl’in bu tasarımdaki amacı tanıdık ve bilinmeyen, durağanlık ve hareket gibi karşıt kutuplar arasında gerginlik yaratmaktır. Wörndl, kullanıcıların görüşlerine ve ışık gereksinimlerine göre değişime izin veren bir alan tasarlamıştır. Değişken yüksekliklerde konumlandırılmış otomatik cihazlar ve geri çekme panel sistemleri, dübeller, kanatlar ve paslanmaz çelik kablolar aracılığıyla yapı cephesinde açılır kapanır sistemler oluşturulmuştur (URL-16).



Şekil 2.35. Gucklhupf (URL-17)

Pfalzkeller Acil Servis Merkezi, 1998

Konum : İsviçre

Mimar: Santiago Calatrava

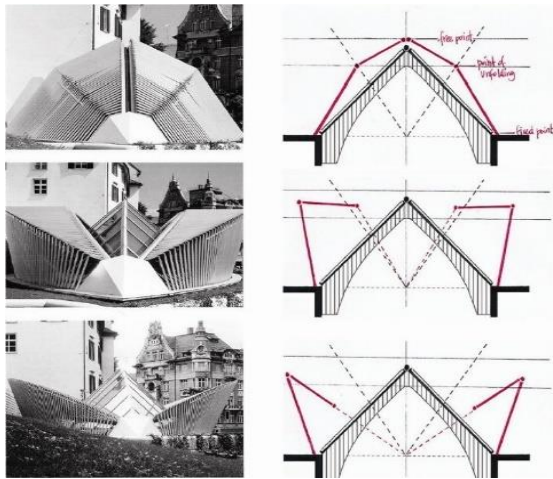
Yapı Tipi: Sağlık Yapısı

Şekil 2.36'da görüldüğü üzere yapı; çıkıntılı, eliptik, eğimli cam çatısı ile birlikte kaide, yapının içinde bulunduğu tarihi zemine karşı bir heykel olarak tasarlanmıştır. Bulunduğu bağlamın özelliklerine saygı göstermek ve aynı zamanda güvenlik nedeniyle bina toprağın altındadır. Simetrik bir sistem ile çatının her iki tarafındaki mafsallı çıtaların konumu ayarlanmaktadır, böylece gün ışığı ve sıcaklık kontrol edilmektedir.



Şekil 2.36. Pfalzkeller Acil Servis Merkezi (URL-18)

Şekil 2.37'de görüldüğü üzere bu sistem, çıtalara dayalı bir mekanik çatı sisteminin ilk kullanımıdır (Tzonis, 2004).



Şekil 2.37. Pfalzkeller Acil Servis Merkezi çatı sistemi (Tzonis, 2004)

Quadracci Pavilion, 2001

Konum: ABD

Mimar: Santiago Calatrava

Yapı Tipi: Müze

Şekil 2.38’de görüldüğü üzere Quadracci Pavilion, Milwaukee Sanat Müzesi’nin ikonik heykelsi bir ekidir. Santiago Calatrava'ya göre Quadracci Pavilion'unun tasarımı; yelkenli tekneler, hava durumu, hareket ve değişim duygusu içeren gölün kültürüne cevap vermektedir (URL-19). Yapı büyük bir kuşun kanatları gibi açılıp kapanan panjurlu bir kinetik sisteme sahiptir. Açık olduğunda şekil yeni sergilerin açılışını müjdelemek için gölün arka planına yerleştirilmiş bir işaret haline gelir ve semboliktir. Aynı zamanda ışık seviyesi kontrolü için fonksiyoneldir. Bu kinetik sistem müzeyi şehir için unutulmaz bir ikon haline getirmiştir (URL-20).



Şekil 2.38. Quadracci Pavilion (URL-20)

Suite Vollard Building, 2001

Konum : Brezilya

Mimar: Bruno de Franco

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.39’da görüldüğü üzere; 15 katlı bir konut yapısı olan binanın 11 katı 360 derece dönme mekanizmasına sahiptir. Çekirdek ve ıslak hacimler sabit olup yalnızca yaşam alanları dönmektedir. Bu dönme mekanizması ise sadece 45cm yer kaplamaktadır. Katlar arası sürtünme ve yalıtım gibi pek çok faktör için 10 yıl dayanım testi yapılmıştır. Dönme mekanizmasının dönme hareketi için harcadığı enerji oldukça azdır (Kasaboğlu, 2016).



Şekil 2.39. Suite Vollard Binası (URL-21)

Water Villa, 2002

Konum: Hollanda

Mimar: Herman Hertzberger

Yapı Tipi: Konut



Şekil 2.40. Water Villa (URL-22)

Şekil 2.40’da görüldüğü üzere; su üzerinde yaşamanın en mantıklı olduğu yerlerin başında gelen Hollanda’da bulunan yapı, yüzdürme sistemi ile su üstünde bulunan 3 katlı bir konut yapısıdır. Ev etrafında dönebilen bir mekanizmaya sahiptir. Güneşe göre yönelim ile enerji tasarrufu ve manzara değiştirme esnekliği sunmaktadır (URL-22).

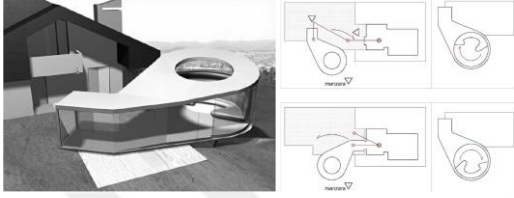
Tourne Sol, 2004

Konum: Almanya

Mimar: Gerhard Kalhöfer StefanKorschildgen

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.41’de görüldüğü üzere; yapının tasarımı esnasında kullanıcıların yerleşim ve pozisyon konusunda farklı isteklerinin olması nedeniyle hareketli tasarım fikri ortaya çıkmıştır. Projede bir oda birimi dönme hareketi ile kış bahçesinden müstakil bir yapıya dönüşebilmektedir. Mevcut konut yapısına ek olarak tasarlanan bu yapıda bulunan dönebilen 2 mekanizma sayesinde yapının manzaraya ve ışığa göre konumlanması değişebilmektedir. Aynı zamanda yapının ana bina ile olan ilişkisi ve birleşimi de değiştirilebilmektedir (Berdan, 2010).



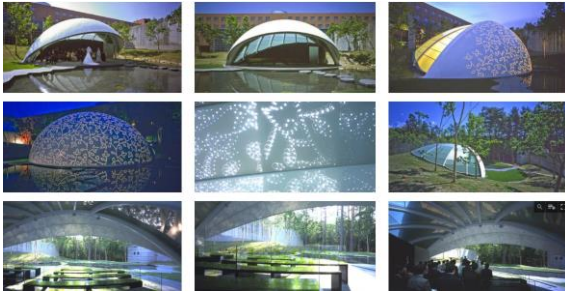
Şekil 2.41. Tourne Sol (Berdan, 2010)

Leaf Chapel, 2004

Konum: Japonya

Mimar: Klein Dytham

Yapı Tipi: Kilise



Şekil 2.42. Leaf Chapel (URL-23)

Şekil 2.42’de görüldüğü üzere şapel; Güney Japon Alpleri, Yatsugatake zirveleri ve Mt.Fuji’nin etkileyici manzaralarına sahip ferahlatıcı yeşil bir ortam içinde yer almaktadır. Görünüşte yere konumlandırılmış biri cam biri çelik olan 2 yapraktan oluşmaktadır. Narin dantel desen motifli cam yaprak yavaş yavaş incelen bir yaprağın damarlarını anımsatmaktadır. 4700 delikli beyaz çelik yapraktan içeri sızan ışıklar gün boyunca değişmekte ve içeride sayısız farklı dantel deseni oluşturmaktadır. Törenin sonunda damat gelinin duvağını kaldırdığında, çelik yaprak da sihirli bir şekilde açılmakta ve böylece gölet ve ötesindeki büyüleyici doğa ortaya çıkmaktadır. 11 ton ağırlığında olmasına rağmen silindirik

mekanizması sayesinde bir kumaş tabakası gibi 38 saniyede sessiz bir şekilde açılmaktadır (URL-23).

Magnolia Stadium, 2007

Konum: Çin

Mimar: Mitsuru Senda

Yapı Tipi: Spor Kompleksi

Şangay’da 2007 yılında gerçekleştirilen Masters tenis kupası karşılaşmaları için tasarlanan yapı, Şangay’ın tipik bitkisi Manolya’dan ilham alınarak tasarlanmıştır. Şekil 2.43’de görüldüğü üzere yapı manolya yapraklarını andıran hareketli çatısı ile dikkat çekmektedir. 8 parçadan oluşan çatı kayar sistem mekanizmaları ile 8 dakikalık bir sürede açılıp kapanabilmektedir (URL-24).



Şekil 2.43. Magnolia Stadium (URL-24)

Keifer Technic Showroom, 2007

Konum : Avusturya

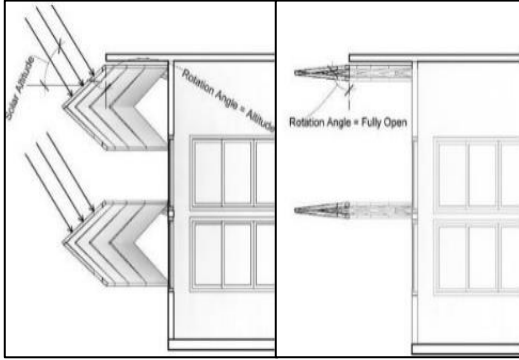
Mimar: Ernst Giselbrecht

Yapı Tipi: Ofis

Şekil 2.44’de görüldüğü üzere ofis binası ve sergi alanı olarak tasarlanan yapı; dış mekan koşullarında değişen, iç iklimi optimize eden ve kullanıcıların kontrolleriyle kendi alanlarını kişiselleştirmelerine olanak tanıyan dinamik bir cepheye sahiptir. 112 adet hareketli panel elektrikli panjur sistemi ile çalışmaktadır. Şekil 2.45’de görüldüğü üzere gün içinde bir çok farklı konuma gelebilen bu hareketli beyaz alüminyum katlanır paneller ile yapı cephesi dinamik bir heykele dönüşmektedir (İbrahim ve Alibaba, 2019).



Şekil 2.44. Kiefer Technic Showroom (URL-25)



Şekil 2.45. Kiefer Technic Showroom cephe sistemi (Somboonwit vd., 2017)

Sliding House, 2009

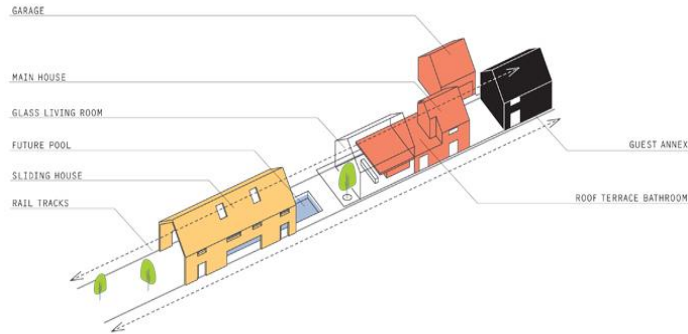
Konum : ABD

Mimar: DRMM

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.46’da görüldüğü üzere kırsal bir alanda emekli bir aile için tasarlanan yapı bir eksen üzerine oturtulmuş; ev, garaj ve ek bina olmak üzere üç programa bölünmüştür. Garaj, üçü arasında bir avlu oluşturmak için eksenden çekilmiştir. Birimler farklı malzeme ve renkler ile tanımlanmıştır; kırmızı kauçuk membran ve cam, kırmızı ve siyah lekeli karaçam. Şekil 2.47’de görüldüğü üzere; ayrılan formlar, eksen üzerindeki raylı sistemde hareket eden ahşap malzemeli 20 tonluk mobil bir çatı ile bütünleşebilmekte ve farklı kombinasyonlar

ortaya çıkmaktadır. Hareket, duvar kalınlığına entegre tekerlekler ve gizli elektrik motorları tarafından sağlanmaktadır (URL-26).



Şekil 2.46. Sliding House (URL-26)



Şekil 2.47. Sliding House (URL-27)

Matharoo Associates House, 2012

Konum : Hindistan

Mimar: Matharoo Associates

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.48’de görüldüğü üzere, Hint kültürüne göre tasarlanan yapıda; bir aile 2 oğulları ve bu oğulların kendi aileleri olmak üzere 3 aile beraber yaşayacak şekilde düşünülmüştür. Kanatlara ayrılan bir plan tipi söz konusudur. Evdeki bireyler için ortak ve özel alanlar yaratılmaya çalışılmıştır. Bölgenin iklimsel koşulları nedeniyle yapının cephesinde bir

koruma tabakası oluşturulmak istenmiştir. Bu nedenle tüm cephe boyunca hareketli büyük taş duvarlar yerleştirilmiştir. Heybetli ağır taş duvarlar, merkezlerinin etrafında dönebilen sistemlerden oluşmaktadır. Oluşturulan bu tampon ile dışarıdaki 45 derece ısıdan korunulmakta ve klima ihtiyacı ortadan kaldırılmaktadır (URL-28)



Şekil 2.48. Matharoo Associates House (URL-28)

Al Bahar Towers, 2012

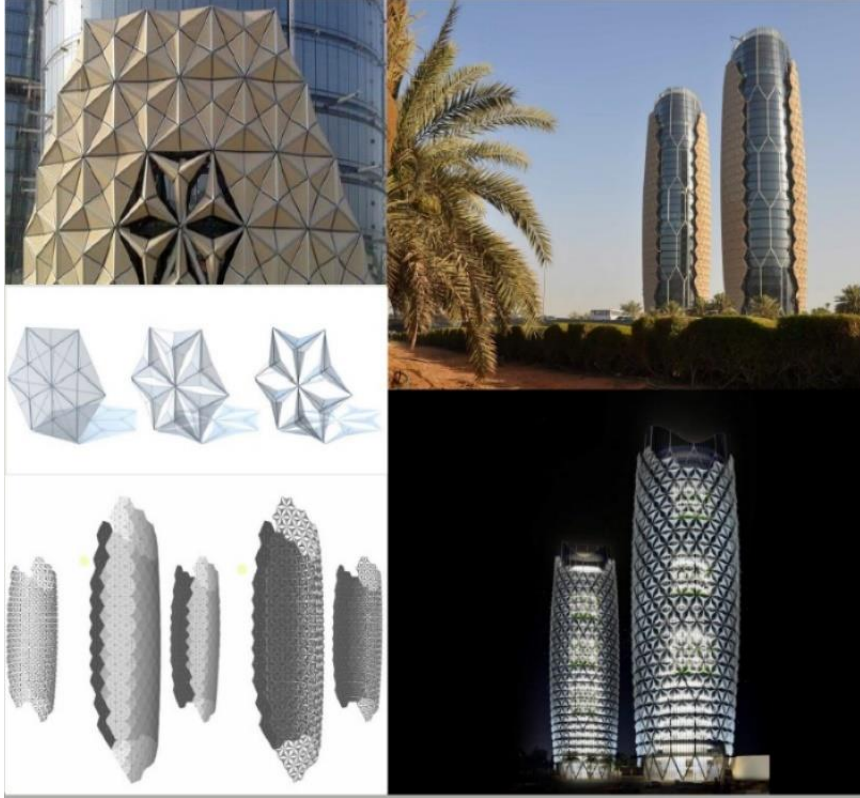
Konum: Birleşik Arap Emirliği /Abu Dabi

Mimar: AHR

Yapı Tipi: Ofis

Şekil 2.49’da görüldüğü üzere, yazları çok yüksek sıcaklara ulaşan Abu Dabi’de bulunan bina için kinetik dış cephe gölgeleme elemanları tasarlanmıştır. Cephe sistemi geleneksel İslam motiflerinden olan ‘mashrabiya’ motifinden ilham alınarak, bu motifin geliştirilmesi ve kinetik sistem haline getirilmesi ile oluşturulmuştur. Kullanılan üçgen elemanlar programlanmış şekilde gün içinde belirli zamanlarda açılıp kapanmaktadır. Böylece gün ışığı

etkin kullanılmakta, yapay aydınlatma ihtiyacı azalmakta ve ısı kontrolü sağlanmaktadır (URL-29)



Şekil 2.49. Al Bahar Towers (URL-29)

Sharifi-Ha House, 2013

Konum : İran

Mimar: Next Office–Alireza Taghaboni

Yapı Tipi: Konut

Tasarım konseptinin merkezinde esneklik ve değişim olan yapıda; iç mekan-dış mekan etkileşimleri, içe dönüklük veya dışa dönüklük durumları değişken olabilmektedir. Bu değişimlere dönen kutu şeklindeki tasarım imkan vermektedir. Değişen mevsim şartlarına ve kat planlarının işlevsel senaryolarına göre kullanıcı düzenlemeler yapabilmektedir. Soğuk kış şartlarında içe dönük kullanılan birimler, sıcak yaz aylarında dışa dönük kullanılarak geniş teraslara olanak sağlamaktadır. Şekil 2.50’de görüldüğü üzere yapı; 2 adet bodrum kat, zemin kat ve 4 normal kat bulunmaktadır. Bodrum katlarda havuz, spor, eğlenme ve dinlenme

alanları mevcuttur. Zemin kat otopark olarak planlanmıştır. Yaşam alanları birinci ve ikinci katta konumlanmıştır, yatak odaları ise en üst katlardadır (Çınar ve Yazıcı, 2022).



Şekil 2.50. Sharifi-Ha House kinetik birimler (URL-30)

SDU Campus Kolding, 2014

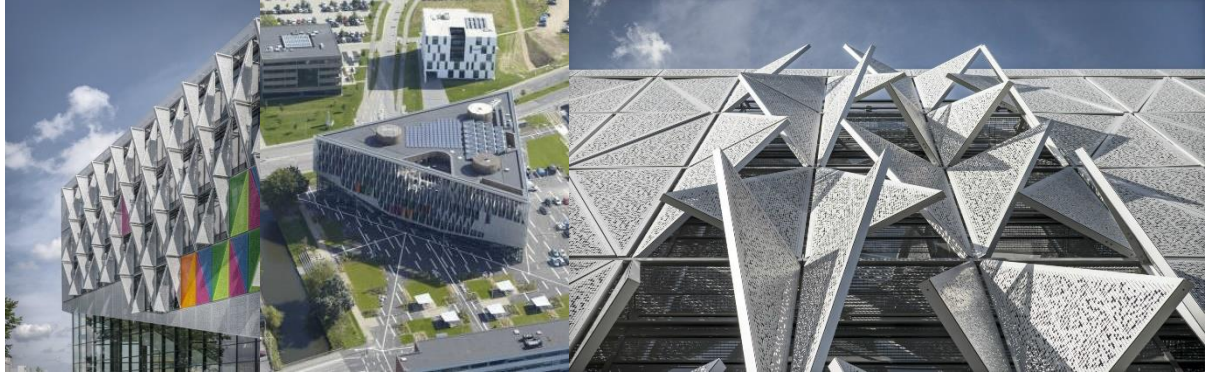
Konum : Danimarka

Mimar: Henning Larsen Mimarlık

Yapı Tipi: Eğitim Yapısı

Şekil 2.51’de görüldüğü üzere üçgen şeklinde tasarlanmış olan eğitim yapısında cephe binanın entegra bir parçasıdır. Gün ışığı kontrolü eğitim yapıları için önemli bir olgudur, bu nedenle yapı dinamik güneş kırma sistemleri ile donatılmıştır. Cephe boyunca optimum gün ışığı ve konforlu eğitim mekanları için oluşturulan güneş kırma sistemi üçgen delikli çelik kepenklerden oluşmaktadır. Kepenkler kapatıldığında cephe boyunca düz uzanmakta, yarı açık veya tamamen açıkken ise cepheden dışarı çıkmakta ve binaya etkileyici bir görünüm kazandırmaktadırlar. Güneş kırma sistemi, sürekli olarak ışık ve ısı seviyelerini ölçen

sensörler ile donatılmıştır. Kepenkler motorlar vasıtasıyla mekanik olarak düzenlenmektedir (URL-31).



Şekil 2.51. SDU Campus Kolding (URL-31)

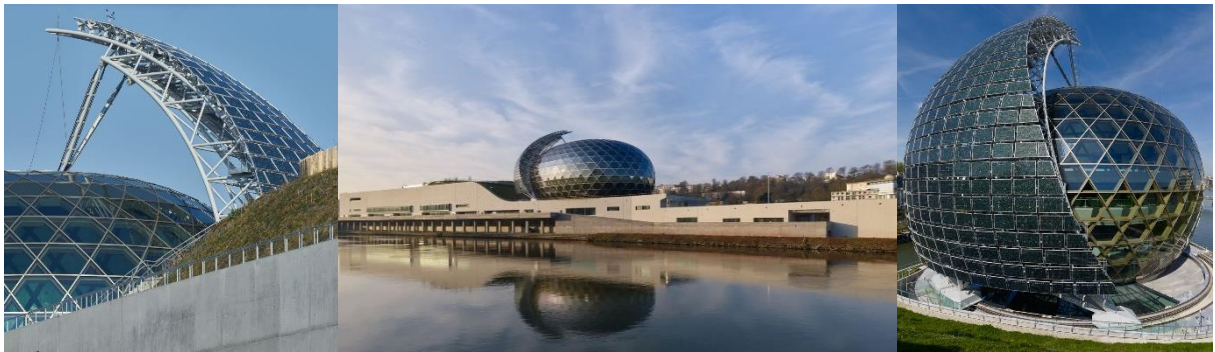
La Seine Musicale, 2017

Konum : Fransa

Mimar: Shigeru Ban

Yapı Tipi: Müzik ve Performans Sanatları Merkezi

Şekil 2.52’de görüldüğü üzere yapı; Seine nehri üzerindeki Sele Seguin adasında bulunan bir müzik ve sahne sanatları merkezidir. Klasik müzik için yükseltilmiş yumurta şekilli oditoryum, daha büyük bir modüler konser salonu, prova odaları ve geniş bir çatı bahçesi bulunmaktadır. Yapının gündüz enerji ihtiyaçlarının çoğu, oditoryumu kapsayan yelken şeklindeki geniş bir mobil güneş paneli tarafından sağlanmaktadır. Zeminde bulunan raylı sistem ile güneşin konumuna göre hareket eden fotovoltaik güneş panellerinden oluşan sistem aynı zamanda yapıya gelen güneş ışınlarının kontrolünü sağlamaktadır (URL-32).



Şekil 2.52. La Seine Musicale (URL-33)

Quadrant House, 2018

Konum : Polonya

Mimar: KWK Promes

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.53’de görüldüğü üzere yapı; Varşova banliyösünde yer alan konut projesi için kullanıcılar yalın bir tasarım ve güneş alan aydınlık bir ev isteği üzerine L biçiminde birbirine dik olarak yerleştirilen iki kütle arasında hareket eden bir birim tasarlanmıştır. Raylar üzerinde hareket eden birimin hareketi ve hızı güneşe göre uyarlanmıştır. Güneşe göre otomatik hareket edebilen gelişmiş sensör sistemlerine sahiptir. Hareketi esnasında bir engelle karşılaşırca duran sistem güvenlik açısından otomatik kontrollüdür. Aynı zamanda sistemin manuel kontrolü de mümkündür. İstendiği zaman konumu değiştirilebilmektedir. Hem iklimlendirme hem de fonksiyon değişimlerine olanak sağlamaktadır (URL-34).



Şekil 2.53. Quadrant House (URL-35)

The Shed, 2019

Konum : ABD

Mimar: Diller Scofidio+Renfro

Yapı Tipi: Kültür Yapısı

Şekil 2.54’de görüldüğü üzere esneklik ve çok amaçlılık göz önünde bulundurularak tasarlanan ve New York’ta bulunan yapı toplam 8 kattan oluşmaktadır. Galeri alanları, çok amaçlı salon, prova alanları, sanatçı çalışma alanları ve etkinlik alanlarına sahiptir. Tasarımın

en dikkat çekici özelliği yapının üzerini kaplayan kabuğun zeminde bulunan raylar üzerinde hareket edebilmesidir. Kabuğun binanın yanındaki meydana doğru hareket edebilmesi ile geniş çaplı performansların gerçekleşebileceği büyük bir yarı kapalı alan oluşmaktadır. Kabuğun raylı kinetik sisteminde New York High Line’ından ilham alınmıştır. 37 metre yüksekliğinde kabuk, çelik sistemden oluşmakta ve saydam teflon bazlı bir polimer ile kaplıdır. Hareket etmediği durumlarda yapı için yalıtım görevi görmekte ve enerji kazancı sağlamaktadır (URL-36).



Şekil 2.54. The Shed (URL-36)

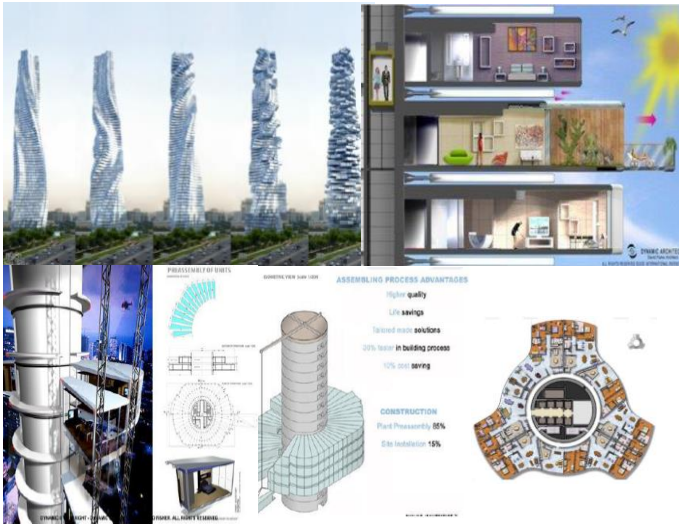
Dynamic Tower, 2020-

Konum : Birleşik Arap Emirlikleri/Dubai

Mimar: David Fisher

Yapı Tipi: Konut

Şekil 2.55’de görüldüğü üzere her katı bağımsız olarak dönebilecek şekilde tasarlanan kule 80 katlıdır ve 420 metre yüksekliğindedir. Her kat için 40 adet fabrikada üretilmiş modüle sahip



Şekil 2.55. Dynamic Tower (Sarıcıoğlu, 2017)

dünyanın ilk prefabrik gökdeleni olarak tasarlanmıştır. Yapının %90'ı fabrikada üretilmektedir. Yalnızca çekirdeğin inşaat alanında üretilmesi gerekmektedir (Casciati vd., 2011).

Çizelge 2.10'da görülen detaylı analizler, incelenen bu örnekler doğrultusunda oluşturulmuştur.

İncelenen örneklerin detaylı analizleri yapıldığında, kinetik sistemlerin kamusal mekanlarda kullanımının daha yaygın olduğu görülmüştür. Bu sistemlerdeki hareketin amacına bakıldığında ise iklime uyum sağlama ön plana çıkmaktadır. Hareketin boyutunun cephe ve çatı elemanları düzeyinde yoğunlaştığı söylenebilmektedir. Hareket türlerinden en fazla kullanıma sahip olan ise açılır kapanır sistemlerdir.

Kinetik sistem kullanımında iklime uyum amacı ön plandadır. Bu amaçla yapılarda doğal havalandırma sağlanmaktadır. Fakat buradaki doğal havalandırma termal konfor ve gün ışığı kontrolü amaçlıdır. Yapılan araştırmalar ve içinde bulunduğumuz durum neticesinde günümüzde doğal havalandırma ile iç mekan hava kirliliği azaltmanın önemi söz konusudur. Bu çalışmada kinetik mimarinin kullanım amaçlarına 'doğal havalandırma ile iç mekan hava kirliliği kontrolü' eklenebilir mi sorusu sorulmaktadır.

Bu analizler doğrultusunda, çalışmada seçilen kamusal yapıda sağlanmak istenen iç mekan hava kirliliği azaltma amaçlı doğal havalandırma için kinetik sistem düşüncesinin uygunluğu görülmüştür. Dış iklim şartları ile sıkı sıkıya ilişkili olan ve bunların kontrollü kullanımıyla sağlanabilen doğal havalandırma esneklik ve uyum gösterebilen sistemler ile etkin bir şekilde tasarlanabilecektir.

Çizelge 2.10. Kinetik Mimarlık Örneklerinin Detaylı Analizi (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

			Yapı Tipi			Hareketin Amacı			Hareketin Boyutu				Hareketin Türü				
				Özel Mekan	Kamusal Mekan	İklim Uyum	Fonksiyon Değişimi	Manzaraya Yönelim	Görsellik	Cephe Elemanı	Çatı Elemanı	Yapı Birimi	Yapının Tamamı	Açılma-Kapanma	Dönme	Katlanma	Kayma
Yapının İsmi		Tarihi															
1	Villa Girasole	1930	Konut	●		●		●				●		●			
2	Civic Arena	1961	Spor Komp.		●	●				●			●				
3	Ernsting Warehouse	1985	Depo	●			●			●			●				
4	Arab Inst. Building	1987	Eğit./Sanat		●	●				●			●				
5	SkyDome	1989	Spor Komp.		●	●					●		●				
6	Kuwait Pavilion	1992	Sanat		●	●			●		●		●				
7	Gucklhupf	1993	Sanat		●	●	●			●				●			
8	Pfalzkeller A. S. Merk.	1998	Sağlık		●	●			●	●	●					●	
9	Quadracci Pavilion	2001	Sanat		●	●			●	●			●				
10	Suite Vollard Building	2001	Konut	●		●		●				●			●		
11	Water Villa	2002	Konut	●		●		●					●		●		
12	Tourne Sol	2004	Konut	●		●		●				●			●		
13	Leaf Chapel	2004	Klise		●		●	●			●			●			
14	Magnolia Stadium	2007	Spor		●	●					●						●
15	Keifer Technic Showr.	2007	Ofis		●	●			●	●						●	
16	Sliding House	2009	Konut	●		●	●						●				●
17	Matharoo House	2012	Konut	●		●				●					●		●
18	Al Bahar Towers	2012	Ofis		●	●			●	●						●	
19	Sharifi-Ha House	2013	Konut	●		●						●			●		
20	SDU Campus	2014	Eğitim		●	●				●				●			
21	La Seine Musicale	2017	Sanat		●	●				●							●
22	Quadrant House	2018	Konut	●		●	●						●				●
23	The Shed	2019	Sanat		●	●	●			●							●
24	Dynamic Tower	2020	Konut	●		●		●	●			●			●		



3. MATERYAL VE METOT

Önceki bölümde yapılan literatür taramasında elde edilen veriler değerlendirilerek, bu değerlendirmeler doğrultusunda alan çalışmasının kuramsal çerçevesi oluşturulmuştur. Bu bölümde, yapılacak olan çalışmasının materyal ve metodu anlatılacaktır.

Günümüzde tüm dünyayı kapsayan bir salgına karşı mücadele verilmektedir. İçinde bulunduğumuz pandemi insan sağlığı başta olmak üzere; ekonomi, iş hayatı, eğitim, sosyal hayat gibi tüm alanları derinden etkilemekte ve değiştirmektedir. Covid-19'un ortaya çıkması ile birlikte, tüm dünyada bu hastalığın yayılmasını önlemeye yönelik girişimlerde bulunulmuştur. Ancak hastalığın varlığı ve yayılımının ciddiyeti hala geçerliliğini korumaktadır ve kapalı ortamlardaki havanın virüs yayılımını hızlandığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte Covid-19'un son salgın olmayacağı, başka türevleri ile önümüzdeki yıllarda devam edeceği ifade edilmektedir. Bu nedenle pandemi sonrası dünyada, yapı stoğunun nitelikleri tartışılmaya başlanmıştır.

Yeni yaşam şeklinin getirdiği zorunluluklar ve değişimler, hayatımızın çoğunu geçirdiğimiz yapılı çevrede de düzenlemeler yapılması gerektiğini göstermektedir. Tarihte yaşanan benzer salgın durumları incelendiğinde, bu tarz sağlık krizlerinin her dönemde mimarlık ve şehircilik alanlarına etkil yaptığı görülmüştür. Mimari perspektifte enfeksiyonların yayılımını engellemek veya yavaşlatabilmek adına alınabilecek önlemler üzerine çalışılmış, hayata geçirilmiş ve büyük başarılar sağlanmıştır.

Bir hastalığı engellemek için nasıl önlemler alınabileceğini bulabilmek adına, öncelikle bu hastalığa neden olan virüsün iyi tanınması ve bulaşma biçimlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Covid-19'un bulaşma dinamikleri incelendiğinde; hava yolu ve doğrudan/dolaylı temas ile bulaştığı görülmüştür. Covid-19'un yayılmasının birincil yolu, hava yoluyla ve damlacık iletimi ile bulaşma şeklindedir. Bu virüs, hastalığı taşıyan bir insandan konuşma, öksürme, hapşırma ile ortaya saçılan parçacıkların solunması veya bu parçacıklar bulunan yüzeylere temas edilmesi ile bulaşmaktadır. Yetersiz havalandırılan kapalı ortamlarda virüs partikülleri havada uzun süre kaldığından, hava akımları ile geniş çapta yayılır ve bulaşır. Bu nedenle iç mekanlardaki hava değişiminin virüs yayılımını azaltabilecek en önemli kriter olduğu

görülmüştür. Literatürde, iç mekan hava kaynaklı enfeksiyon maruziyetini azaltmanın en etkili yolu ‘doğal havalandırma’ olarak tanımlanmıştır. Yapılan son çalışmalar incelendiğinde, uygun bir iç mekan havalandırma stratejisinin kamusal alanlarda hava yoluyla bulaşan çapraz enfeksiyon riskini etkili bir şekilde azaltabildiği görülmüştür. İç mekanda havalandırma oranını arttıkça ortamdaki virüs damlacık konsantrasyonunun arttığını ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır.

Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 14 Nisan 2020’de yayınladığı raporda, bulaşıcı aerosollerin klimalar ve bina içi hava akışları ile bina içinde yayılabileceğini ifade etmiştir ve binalarda doğal havalandırmayı önermiştir. ASHRAE doğal havalandırma için binalarda havalandırma stratejileri tasarlanması gerektiğini belirtmiştir.

Bulaşıcı aerosollerden kaynaklanan riskleri azaltmanın doğru havalandırma tasarımları ile mümkün olduğu anlaşılmaktadır. Bu da mimarlık ve mühendislik disiplinlerinin birlikte çalışması ile üretilecek çözümler ile mümkündür. Yeni yapılacak binaların tasarımında iç mekan hava kalitesini değerlendirmek gerekmele birlikte mevcut binalarda da düzenlemeler yapılması şarttır. Bu nedenle, öncelikle doğal havalandırma teknikleri araştırılmıştır ve mekanik havalandırmanın olmadığı dönemlerdeki eski yöntemler incelenmiştir. Doğal havalandırmanın önceden çoğunlukla konut sakinlerinin fiziksel konfor veya enerji tasarrufu sağlama amaçlı olduğu görülmüştür. Pandemi ile birlikte, mekandaki hava sirkülasyonunun virüs yayılımını önleyebildiği görülmüştür ve hava sağlığı kaltesinin önemi hakkında farkındalık oluşmuştur. Böylece doğal havalandırmanın amaçlarına bir yenisi ve en önemlisi olan virüs yayılımını önleme eklenmiştir.

Doğal havalandırma tasarımları incelendiğinde, bu sistemlerin uygun iklim ve bina koşullarında tek başına havalandırma sağlayabileceği gibi, çoğu iklimde bu mümkün olmadığı görülmüştür. Doğal havalandırma potansiyelinin azaldığı zamanlarda mekanik havalandırma sistemleri ile doğal havalandırma birlikte kullanılabilir. Karma mod olarak adlandırılan bu sistemde, HVAC sistemlerinin gerektiği oranda kullanımı söz konusudur.

Olumsuz iklim koşullarında doğal havalandırma amaçlı tasarlanan boşlukların sürekli olarak açık tutulamayacağı bir gerçektir. Enfeksiyon yayılımını azaltmaya yönelik doğal havalandırmada, hava hareketini arttırmak amacı ile tasarlanan açıklıkları belirli sıklıkta

kullanmak temel amaçtır. Değişikliklere uyum sağlayabilecek tasarımlar ile doğal havalandırma sistemlerinin kontrolü yapılabilmektedir. Bu nedenle tasarlanacak doğal havalandırma stratejileri için esnek bir tasarım yapılması gerekmektedir.

Çalışmada yapılmak istenen doğal havalandırma sisteminin, dış iklim şartları ile sıkı sıkıya ilişkili olduğu ve bunların kontrollü kullanımını gerektiren esnek bir sistem olduğu görülmüştür. Bu nedenle esneklik ve uyum gösterebilen sistemler olan kinetik sistemler ile tasarlanabileceği düşünülmüştür. Buradan yola çıkılarak araştırmanın devamında kinetik mimarlık ve kinetik sistemler irdelenmiştir. Kinetik mimarlık örnekleri incelenerek kullanılan sistemler analiz edilmiştir.

Doğal havalandırma ile kapalı alanlarda enfeksiyon riskini önleme çalışmalar incelendiğinde, bina ve çevre ile ilgili parametrelerin kritik önem taşıdığı görülmüştür. Bina bazında pencere konfigürasyonu ve açıklık oranı; çevre açısından ise yapının bulunduğu konumdaki sıcaklık ve rüzgar hareketleri iç mekandaki hava akışını ve doğal havalandırma etkinliğini belirlemektedir. Bu veriler her yapı için farklıdır ve durum değerlendirmeleri yapabilmek için gerçek nesneler üzerinde doğrudan ölçümler yapmanın zorlukları mevcuttur. Bu nedenle simülasyon programları kullanımı söz konusudur. Bilgisayar yazılımları yardımıyla nesneleri ve ortamları modelleyerek simülasyon yöntemleri ile araştırma yapmak mümkündür. Bina modeli, konumu ve hava durumu verileri simüle edilerek etkileşimler incelenebilmektedir.

CONTAM; bina havalandırması ve iç mekan hava kalitesi analizi için geliştirilmiş çok bölgeli bir hava akışı ve kirletici taşıma programıdır. Bina havalandırma tasarımı ve iç hava kalitesi (IAQ) analizleri için CONTAM kirlenme simülasyonları gerçekleştirilmektedir.

Elde edilen verilerin sonucunda, yapılacak olan tez çalışmasında amaçlanan iç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik doğal havalandırma tasarımında kinetik sistemler kullanılmasının uygunluğu görülmüştür. Aynı zamanda simülasyon yöntemlerinin çeşitli analizlere imkan vermesi nedeniyle simülasyon yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada CONTAM program ile kirletici madde simülasyonları gerçekleştirilecektir. Bununla birlikte, CONTAM programı 2D çizim alanına sahip olduğundan, çalışmanın 3D görselleştirmeleri için Rhinoceros programı kullanılacaktır.

Covid-19'un getirdiği mekansal gerekliliklerden en önemlisi olan doğal havalandırma üzerine çalışılan bu çalışmada, pandemide insan psikolojisi ve kamusal mekanların önemi üzerinde durulmuştur. Bu nedenle insanların sosyalleşme ihtiyaçlarını karşıladıkları bir kamusal mekan tercih edilmiştir. Kentlinin belleğinde yer etmiş, dönüştürülmüş bir sanat mekanı olan Ankara Cer Modern yapısı ele alınmıştır.

3.1. Ankara Cer Modern Yapısının İncelenmesi

Günümüzde, işlevini yitirmiş olan sanayi yapılarının korunup dönüştürülerek yeniden işlevlendirilmesi yaygınlaşmıştır. Geniş alanlara sahip, yüksek tavanlı endüstri mirası yapılar bir çok farklı kullanıma uyarlanabilen cazip mekanlardır. Özellikle çok boyutlu ve büyük ölçekli eserlerin sergilenmesi için geniş alan ve tavanlara ihtiyaç duyulan çağdaş sanat mekanları için çok uygundur (Atagök, 2000).

Cer Modern Ankara'da Altındağ bölgesinde Sıhhiye semtinde bulunan tescilli bir endüstri mirası yapısıdır ve günümüzde sanat merkezi olarak kullanılmaktadır. Tren bakım hangarları olan Cer Atölyeleri sanat merkezine dönüştürülerek yeniden işlevlendirilmiştir.

Cer Atölyelerinin tarihçesine baktığımızda, 1926-27 yıllarında inşa edildiği düşünülmektedir. Ankara'daki kısıtlı endüstri mirası örneklerinden biri olan Cer Atölyeleri, Cumhuriyet Tarihi açısından büyük öneme sahiptir. Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yıllarında demiryollarının millileştirilmesi ile bakım hangarı olarak yapılmıştır (Sezer, 2013).

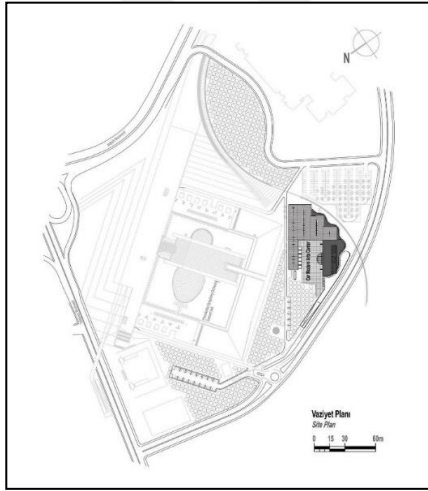


Şekil 3.1. Cer Atölyeleri (Fotoğraf Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraf Cemal Emden'e aittir) (URL-40)

Şekil 3.1'de görüldüğü üzere; üç farklı dönemde eklemeler yapılarak inşa edilen yapıda, I. dönem olarak adlandırılan yapılar D, E ve F hangarlarıdır. II. Dönem olarak adlandırılan

dönemde D, E, F hangarlarına C hangarı eklenmiştir. III. Dönemde ise C ve F hangarlarına birer küçük kitle inşa edilmiştir. A ve G adlı bu eklemeler ihtiyaca yönelik yapılmıştır. İlerleyen yıllarda demiryolu güzergahındaki değişimler meydana gelmesi ile birlikte G kitlesi büyük oranda yıkılmıştır (Uygur Mimarlık Rölöve ve Restitüsyon Raporları) (Seren, 2017).

Mimari nitelikleri, konumu ve kentsel dönüşümü tetikleyebilecek özelliklere sahip olması sebebiyle 1995 yılında tescillenmiştir. 2010 yılında Uygur Mimarlık Ofisi'nin hazırladığı restorasyon projeleri ile modern sanat işlevi yüklenen bir yapıya dönüştürülerek yeniden kullanıma açılmıştır. Şekil 3.2'de görüldüğü üzere yapı, çevresinde benzer işleve sahip yapılar bulunan yapı geniş bir alana yayılmış şekildedir. Etrafında Ankara Opera ve Balesi ve Cumhurbaşkanlığı Senfoni Orkestrası Binası yer almaktadır.



Şekil 3.2. Cer Modern vaziyet planı (URL-39)



Şekil 3.3. Cer Modern restorasyon çalışmaları (Fotoğraf Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraf Cemal Emden'e aittir) (URL-40)

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere, Cer Atölyeleri'nin Uygur Mimarlık rölöve ve restitüsyon raporlarında yer alan onarım kararlarına bakıldığında; özgün yapı olarak adlandırılan I. Dönem yapıları (D, E, F)ve II. Dönemde inşa edilen C kitlesi olduğu haliyle korunmuş, III. Dönemde eklenen küçük kitleler (A ve G) kaldırılmıştır. Ön cephedeki avlu ve yapılardaki mevcut kapı pencere boşlukları korunmuştur.

Şekil 3.4'te görüldüğü üzere, yüklenen yeni işlevin mekansal gereksinimlerini karşılayabilmek için yeni bir mekan tasarlanması kararı alınmıştır (Seren, 2017). Cer Atölyeleri'nden Cer Modern Sanat Merkezi'ne doğru yol alırken; yeni tasarlanan yapının, yeni yapı teknolojilerini ve çağdaş düşünceyi temsil etmesi istenmiştir. Eski ile yeni birlikteliğinde her dönemin kendi değerini ifade etmesi amaçlanmıştır. Bunu yaparken de uyum ve süreklilik sağlanarak zıtlıklardan tek bir bütün oluşumu önemsenmiştir. Eski yapıların özü korunarak güncel gereklere uygun şekilde onarılıp yeniden işlevlendirilmiştir. Eklenen yeni yapı şeffaf bir kitle olarak tasarlanmış ve eski yapılar ile sıkı sıkıya bağlanması hedeflenmiştir. Şeffaf yüzeyler günümüz mimarisini ve eski yapıları yansıtmakta, eskiye saygı anlayışı vurgulanmaktadır (URL-40).

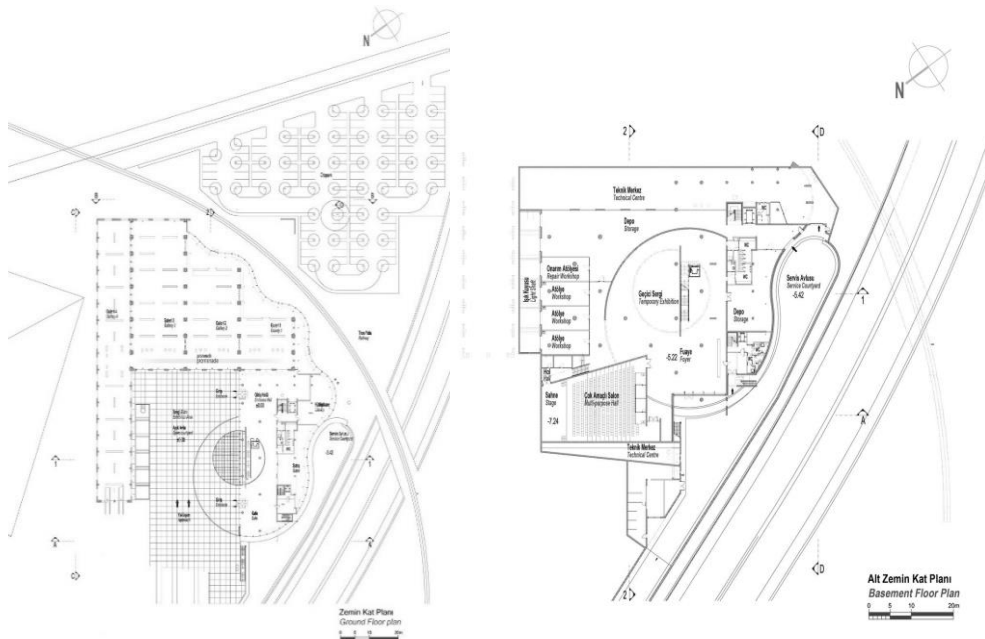
Cer Atölyeleri'nin Cer Modern'e dönüşmesi sürecinde Venedik Tüzüğü'nün temel amacı olan yapının özgün niteliklerini koruyarak geleceğe aktarma kriterine uyulduğu görülmektedir. Eski yapıların özü korunarak gerekli iyileştirmelerin yapılması söz konusudur. Eklenen yeni yapı şeffaf bir kitle olarak tasarlanmıştır ve tarihi yapıları yansıtmaktadır. Ölçek olarak da eski yapı ile uyumludur. Yeni yapı şeffaf kıvrımlı bir hat ile eski yapıyı sarmakta, onunla bütünleşmekte ve aynı zamanda demiryolu görseli sunarak yapının tarihine vurgu yapmaktadır. Yapının özgün halinde var olan çatı fenerleri korunmuş ve bu şekilde restore edilmiştir. Çatı fenerleri yeni işlev için gerekli olan doğal ışık alımını desteklemektedir. Elektrik ve havalandırma tesisatı gizlenmeden açık bırakılması yapının eski karakteri ile örtüşmektedir. Yapının plan düzeni ve mekan algıları değiştirilmeden, basit onarım şeklinde ihtiyaç duyulan kısımlarda özgün biçim ve malzemeler ile yenilenmesi söz konusudur. Yeni eklenen yapıda benimsenen sadelik ile eski yapıyla uyumlanma ve bütünleşme durumu da olumlu bir yaklaşımdır. Yeniden işlevlendirme yapılan yapıda, yapının mevcut yapısal elemanları değiştirilmeden özgün kimliğe uygun olarak onarılmıştır. Yeni işlevin getirdiği mekansal zorunluluklar için özgün yapının içinde kalıcı düzenlemeler yapılmamıştır. Tüm

bunlar değerlendirildiğinde, Cer Modern'in ICOMOS Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'ndeki kriterleri sağladığı söylenebilmektedir (ICOMOS, 2013).



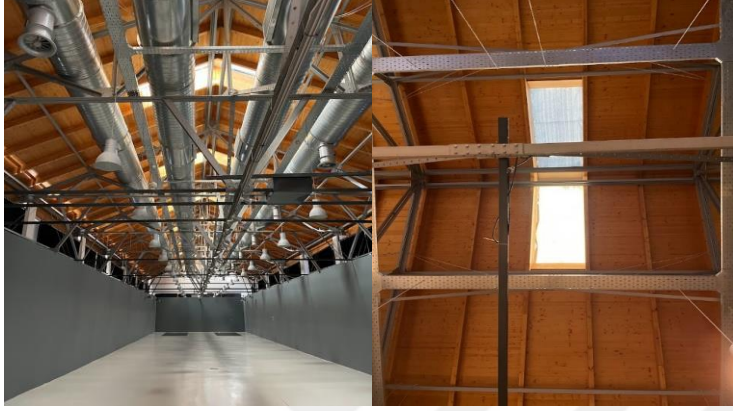
Şekil 3.4. Cer Modern Sanatlar Merkezi (Fotoğraflar Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır fotoğraflar Cemal Emden'e aittir) (URL-40)

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere Cer Modern iç mekan mimarisine baktığımızda; korunan yapıların mekansal özellikleri yeni tanımlanan işlev ile uyumlu olduğundan, bu alanlar aynı şekilde tutularak iyileştirilmiştir. C, D, E, F isimli hangarlar Galeri 1, 2, 3 ve 4 olarak

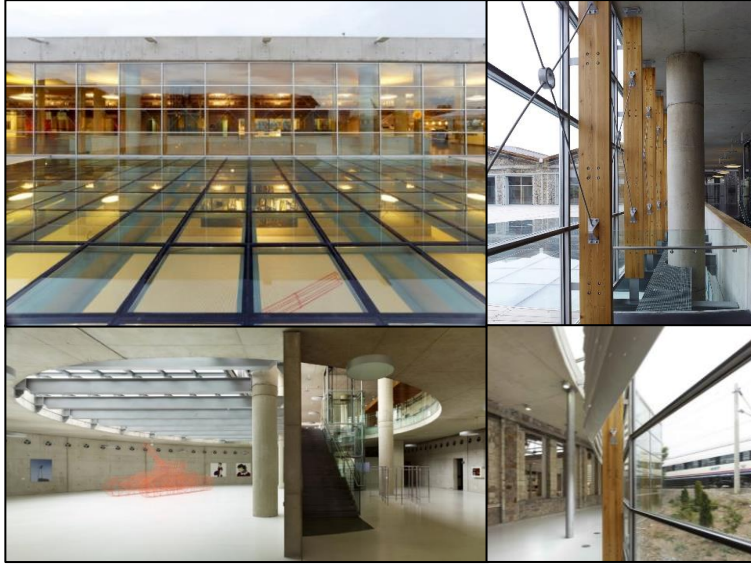


Şekil 3.5. Cer Modern kat planları (URL-39)

dönüşmüştür. Serbest bölüntüsüz plana sahip olan eski yapılar, çağdaş müzelerin dinamik ve değişime uyan mekan anlayışı ile örtüşmektedir. Bu nedenle galeri mekanlarında kalıcı bölüntüler yapmaktan kaçınılmıştır. Bölünmüş mekanlar gerektiren birimler ve teknik bölümler yeni yapıda çözülmüştür. Dört kattan oluşan yeni yapıda kafeterya, kütüphane, konferans salonu, fuaye, geçici sergi alanı, idari birimler ve teknik hacimler bulunmaktadır. (URL-40)



Şekil 3.6. Cer Modern Sanatlar Merkezi iç mekan ve çatı feneri (Fotoğraflar yazara aittir)



Şekil 3.7. Cer Modern yeni ek bina (Fotoğraflar Uygur Mimarlık sitesinden alınmıştır, fotoğraflar Cemal Emden'e aittir) (URL-40)

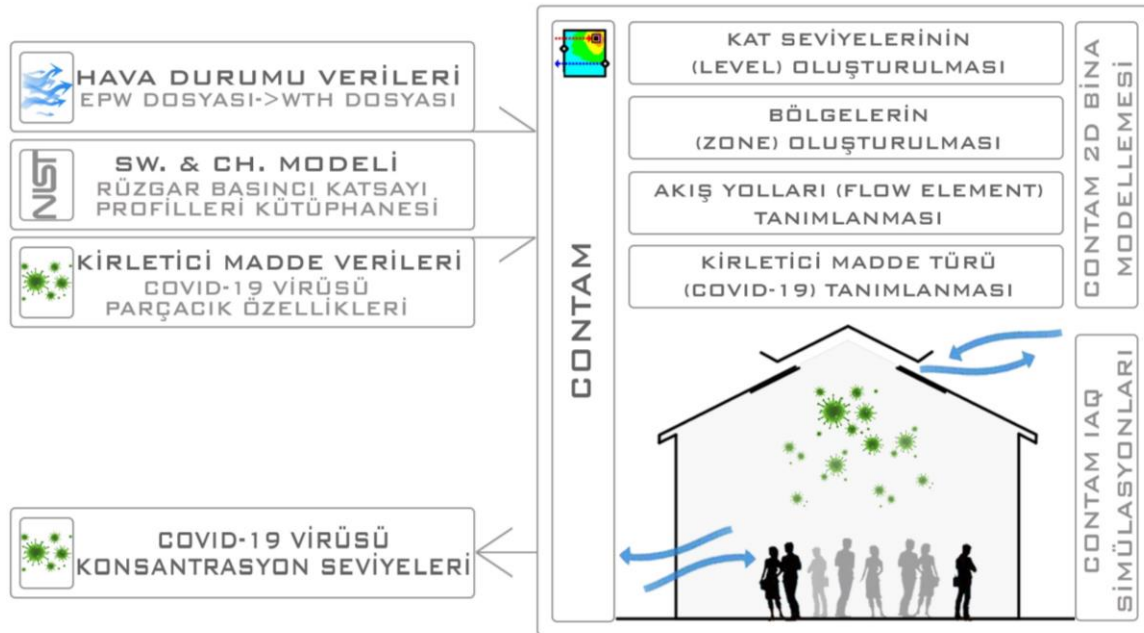
Şekil 3.6'da görüldüğü üzere, yeni yapının tasarım mantığında olduğu gibi iç mekan malzemelerinde de sade ve tarihi yapı ile uyumlu tasarım anlayışı benimsenmiştir. Taşıyıcılar

için brüt beton, gerekli yerlerde ahşap malzeme ve zemin kaplaması için süreklilik algısı sağlayan epoksi malzeme kullanılmıştır.

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere, restore edilmiş yapıda orijinal duvar yüksekliği korunarak mevcut taşıyıcılar betonarme mantolama yöntemiyle güçlendirilmiş, kaplama yapılmadan brüt beton halinde bırakılmıştır. Çatı makas ve elemanlarının korozyona uğramış olmaları sebebiyle; tamamının sökülmesi ve orijinal haline uygun şekilde yeniden yapılması söz konusudur., Çatı orijinal oranları doğrultusunda yenilenmiştir ve çatı fenerleri muhafaza edilmiştir (Torunbalcı ve Günay, 2022).

3.2. Kullanılacak Yöntem

İç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik doğal havalandırma tasarımında kinetik sistemler kullanılmasını amaçlayan bu çalışmada Şekil 3.8’de şemalaştırılan metot kullanılacaktır. Çalışmada CONTAM programı ile kirletici madde simülasyonları gerçekleştirilecektir. Görselleştirme çalışmaları için Rhinoceros programı kullanılarak yapı 3D olarak modelleneyecektir.



Şekil 3.8. Alan çalışması metot şeması

İlk olarak çalışma alanı CONTAM 2D çizim alanında çizilecektir. Katlar (level), bölgeler (zone) ve açıklıklar/akış yolları (flow element) tanımlanacaktır. Akış yolları için rüzgar basınç

özelliklerini tanımlamak gerekmektedir. Bunun için CONTAM’de Swami ve Chandra tarafından önerilen denklemler ile yapılan ‘Swami ve Chandra’ modeli ile hesaplanan değerler bir kütüphane olarak programın içinde sunulmuştur. Bu yöntem CONTAM’de yüzey ortalama rüzgar basınç profili yöntemi olarak ifade edilmiştir. Bunun için NIST çok bölgeli modelleme web sitesinden indirilen rüzgar basıncı katsayısı profillerini kullanmak gerekmektedir. Simülasyonlar için gerekli olan bir diğer girdi hava durumu dosyasıdır. CONTAM programı WTH uzantılı dosyaları kullanabilmektedir. EnergyPlus ile elde edilen EPW dosyaları NIST çok bölgeli modelleme web sitesinden web tabanlı bir program ile CONTAM WTH dosyasına dönüştürülebilmektedir.

İç mekan hava kirliliği simülasyonları için kirletici madde türünün tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında ele alınan sorun Covid-19 olduğundan, kirlilik hesaplarında Covid-19 virüsüne ait parçacık özellikleri kullanılacaktır. CONTAM simülasyonları ile ortamdaki kirlilik konsantrasyonu seviyeleri (CCL) elde edilecektir.

Simülasyonlar sonucunda elde edilecek olan kirlilik konsantrasyonları $\#/m^3$ cinsinde olacaktır.

4. ALAN ÇALIŞMASI

Tezin alan çalışması bölümünde, Altındağ konumunda bulunan Ankara Cer Modern kültür yapısında kinetik sistemler ile doğal havalandırma sağlayarak iç mekan hava kalitesinde iyileştirme yapılabileceğini göstermek için izlenen yol tariflenecektir. İlk olarak çalışma alanı hakkında bilgiler ve metrikler verilecek, daha sonra çalışma alanı hakkında alınan kararlar ve önerilen kinetik sistem sunulacaktır. Son olarak doğal havalandırma ve iç mekan hava kirliliği analizi simülasyonlarına yönelik izlenen yöntem anlatılacaktır.

4.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgiler ve Metrikler

Cer Modern; dört adet hangar yapısı ve bir adet yeni ek binadan oluşmaktadır. C, D, E ve F isimli hangarlar restorasyon sonrası Galeri 1(F), Galeri 2(E), Galeri 3(D) ve Galeri 4(C) olarak adlandırılmıştır. Galeri 1(F), Galeri 2(E) ve Galeri 3(D) mekanları ayrı değil iç içe geçmiş durumdadırlar. Bu nedenle çalışma alanı olarak, bütüncül bir alana sahip olması açısından C hangarı yeni ismiyle Galeri 4 kısmı seçilmiştir. Galeri 4 çoğunlukla iki kısma ayrılmış olarak kullanılır durumdadır. Şekil 4.1’de gösterildiği üzere, çalışmada Galeri 4’ün ön avluya bakan kısmı ele alınacaktır.

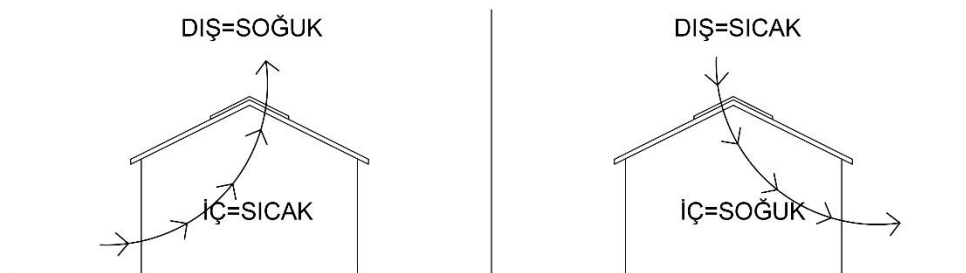
Galeri 4’te yapılan etkinlikler hakkında Cer Modern yetkililerinden bilgi alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda; yapının kullanımının en yoğun olduğu saatlerin iş çıkışı saatlerine denk gelen 19:00-20:00 saatleri olduğu öğrenilmiştir. Bu saatlerde kullanıcı sayısının aynı anda 200 kişiye kadar çıkması söz konusudur. Çalışmada; belirlenecek olan tarih ve saat aralıkları içinde sergi mekanında bulunan 200 ziyaretçinin maskesiz olduğu ve COVID-19 virüsü ürettiği varsayılmıştır. ICCROM’un belirlediği ideal değerler doğrultusunda iç mekan sıcaklığı 20°C olarak kabul edilmiştir (Teutonico, 1988). (ICCROM: Uluslararası Kültür Varlıklarının Korunması ve Restorasyonu Araştırma Merkezi) Aynı zamanda Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği’nin ‘İnsan Doluluğu İçin Termal Çevre Kuralları’ ASHRAE 55’e göre 19°C ile 26°C arasındaki sıcaklıklar, doğal havalandırma sırasında bina sakinlerinin termal konforunu sağlamak için en güvenli sınırlardır (ASHRAE, 2010). (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy) İç mekanda bir klima sisteminin de aktif olarak çalıştığı ve ortamın sıcaklığını 20°C’de sabit tuttuğu kabul

edilmiştir. Yapılacak olan havalandırma ve kirlilik simülasyonlarında, bu klima sistemi ile ilgili veriler hesaplamalara dahil edilmeyecektir.



Şekil 4.1. Çalışma mekanının görselleştirilmesi (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

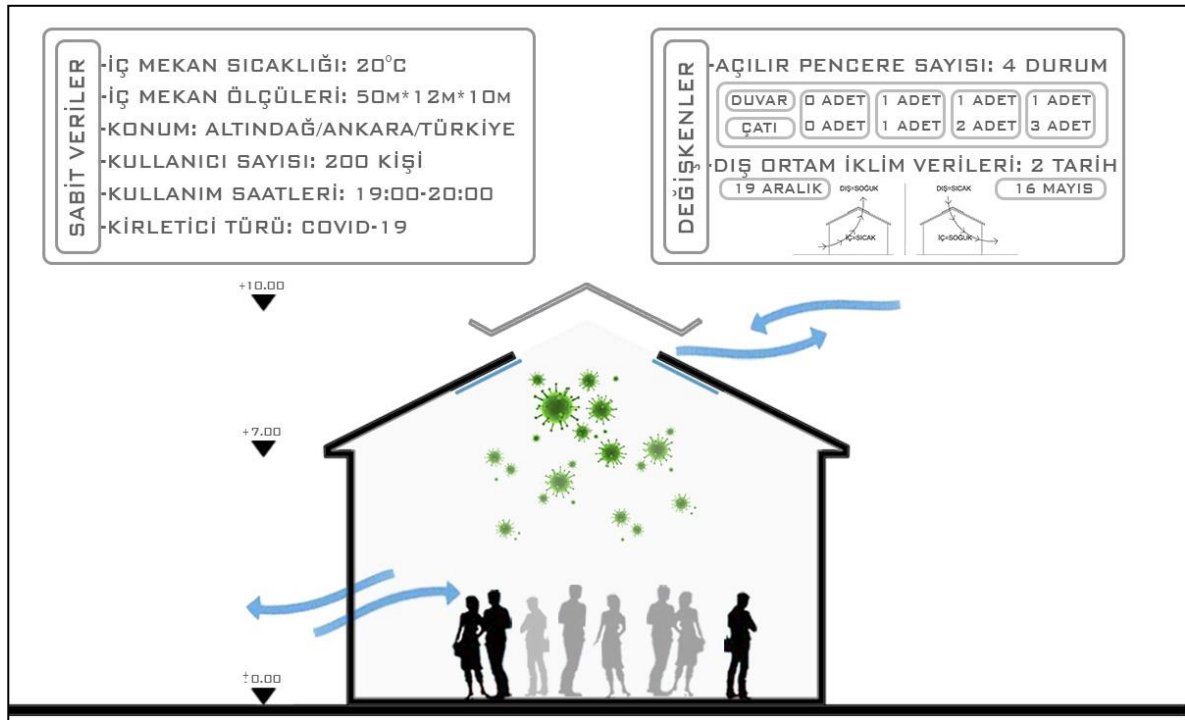
Şekil 4.2’de gösterildiği üzere, çalışma kapsamında farklı hava hareketlerinin ortamdaki kirlilik üzerine etkisi karşılaştırılmak istenmektedir. İç mekan sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki ilişki hava hareketini değiştirmektedir. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından fazla ise iç hava yükselmektedir. Bu durumda dışarıdaki hava alt kotlardan yapı içine girmekte ve üst kotlardaki açıklıklardan çıkmaktadır. Bu duruma ‘baca etkisi’



Şekil 4.2. hava hareketlerinin temsili gösterimi (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

yıllık verileri içermektedir. 12 ayın her günü ve her günün tüm saatleri için 365 günlük saat, sıcaklık, rüzgar hızı ve rüzgar yönü bilgileri mevcuttur.

Proje alanının yıllık sıcaklık rüzgar verileri dosyası incelenerek; Şekil 4.2’de açıklanan iki duruma birer örnek teşkil edecek nitelikte sıcaklık değerleri olan iki tarih, 19 Aralık ve 16 Mayıs seçilmiştir. Şekil 4.5’de görüldüğü üzere, alan çalışmasında kullanılacak olan veriler ve değişkenler belirtilmiştir. Bu veriler doğrultusunda dört farklı pencere açılma durumunun analizi yapılacaktır.



Şekil 4.5. Alan çalışması metrikleri (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

Bu çalışmada kapsamında iç ortam hava kirliliği hesaplarında yalnızca COVID-19 virüs partikül kirliliği ele alınmıştır; CO₂, SO₂ vb. kirlilikler göz önünde bulundurulmamıştır. Kirlilik hesaplarında COVID-19 virüsüne ait parçacık özellikleri kullanılacaktır.

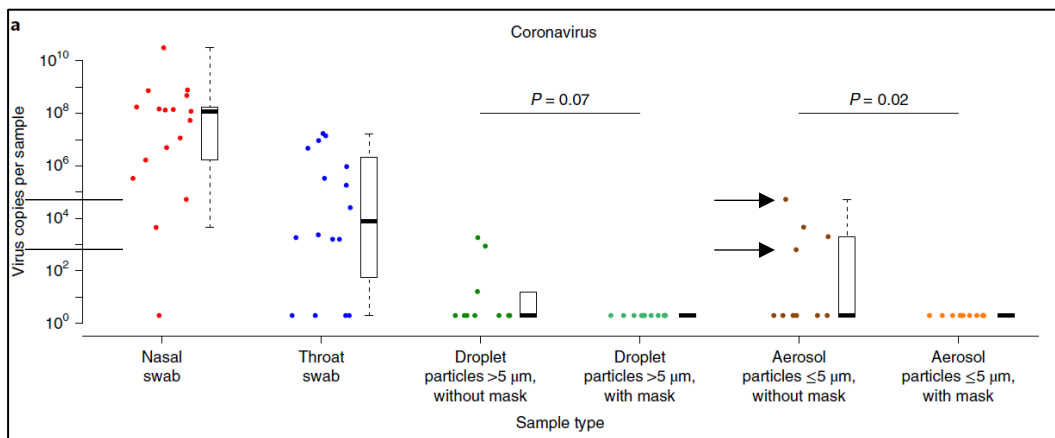
COVID-19’un yapısı ile ilgili yapılan bir çalışmada bu virüsün molekül ağırlığı 33,79 kg/mol olarak hesaplanmıştır (Jin vd., 2020). Başka bir çalışmada koronavirüsün çap aralığının 60 ile 140 nanometre olduğu bilgisi verilmiştir (Zhu vd., 2020). Çalışmada bu iki değer ortası olan 100 nanometre kullanılacaktır. COVID-19 virüsünün etkin parçacık yoğunluğu ise 1.0 g/cm³ olarak belirtilmiştir (Dols vd., 2020).

CONTAM programı kirlilik hesapları yaparken ‘Sabit Katsayılı Kirletici Modeli’ (Constant Coefficient Model) kullanır. Eşitlik 4.1’e göre, bu modelde hesaplanan alan içinde bir veya birden fazla kirletici kaynağı oluşturulur ve her bir kirletici kaynağı için bir kirlilik üretim hızı tanımlanmaktadır. Bir α kirleticisi için;

$$S_{\alpha}(t) = G_{\alpha} - R_{\alpha}C_{\alpha}(t) \quad (4.1)$$

S_{α} : kaynak gücü (source strength), G_{α} : üretim oranı [kg/s] (generation rate), R_{α} : uzaklaştırma oranı [kg/s] (removal rate) ve C_{α} : kirletici konsantrasyonudur. Kaynak gücü, kirletici kaynağının yapısı ile ilgilidir. Bu çalışmada yukarıda verilen COVID-19 virüsüne ait molekül yapısı verileri kullanılacaktır.

COVID-19 üretim oranı için; solunum yolu virüsü yayılımı ve yüz maskelerinin etkinliği arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada elde edilen veriler göz önünde bulundurulacaktır. Çalışmada 10 katılımcı vardır ve 30 dakika süre için nefes örnekleri analiz edilmiştir. Toplanan numuneler sonucunda katılımcılardan alınan aerosol örneklerinin %40’ında koronavirüs tespit edilmiştir (Leung vd., 2020). 10 katılımcıdan 4’ünde görülen aerosol partikül miktarları Şekil 4.6’da gösterilmiştir. 30 dakika için en yüksek değer $10^{4,8}$ ve en düşük değer $10^{2,9}$ olarak hesaplanabilmektedir. Alan çalışmasında yapılacak olan kirlilik hesaplamalarında G_{α} : üretim oranı (generation rate) bu iki değerlerin ortalaması olan 31.150 aerosol partikül değeri kabul edilmiştir. (saatte 31150.7031 virüs partikülü)



Şekil 4.6. Solunum yolu virüsü yayılımı ve yüz maskelerinin etkinliği arasındaki ilişki (Leung vd., 2020)

Kirleticinin uzaklaştırma oranı [1/s]; hava yoğunluğu [$\text{kg}_{\text{air}}/\text{m}^3$] ve kaynağın yerleştirileceği bölgenin hacmi [m^3] ile çarpılarak belirlenmektedir (Dols ve Polidoro, 2015).

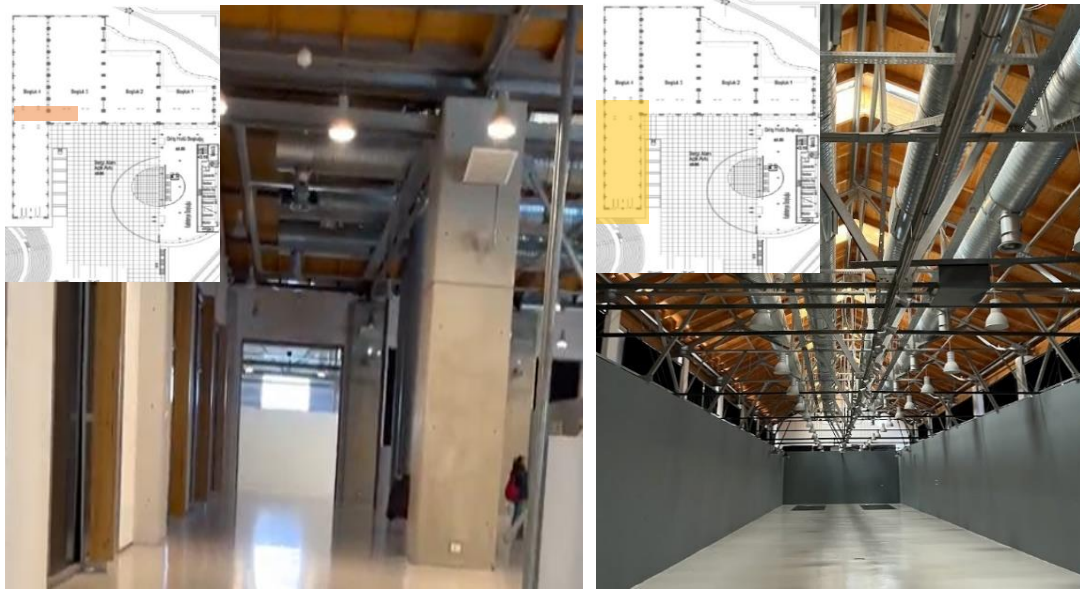
Kirlilik simülasyonları ile mekandaki virüs partiküllerinin (VP) sayısı hesaplanmaktadır. Kirletici konsantrasyon seviyesi (CCL) ilk olarak kütle fraksiyonu olarak hesaplanmakta, daha sonra Eşitlik 4.2’de (Dols ve Polidoro, 2015) verilen formül ile birim hacim başına düşen partikül sayısına ($\#/m^3$) dönüştürülmektedir.

$$\#/m^3 = \frac{kg/kg}{\frac{P_{eff}}{P_{air}} \cdot \frac{1 \cdot \pi \cdot D_{mean}^3}{6}} \quad (4.2)$$

Burada P_{eff} etkin partikül yoğunluğunu, P_{air} hava yoğunluğunu ve D_{mean} ortalama partikül çapını ifade etmektedir. Partikül verileri ilgili kirletici türüne göre belirlenmektedir. Hava yoğunluğu ise 20°C’de metre küp başına 1,204 kg olan içerik tarafından kullanılan standart hava yoğunluğuna dayanmaktadır.

4.2. Yapı İncelemesi ve Alınan Kararlar

C hangarına yani Galeri 4’e büyük yapının içinden, Şekil 4.7’de turuncu renk ile taralı olarak gösterilen şekilde geçilmektedir. Galeri 4’ün girişinin tam karşısı paneller ile pano odası olarak bölünmüştür. Galeri 4, bu pano odası olarak kullanılan alan aracılığı ile temsili olarak iki kısma ayrılmış şekildedir ancak büyük sergi alanı gerektiğinde bütüncül kullanılmaktadır. Ele alınan yapıda Şekil 4.7’de gösterilen sarı renk ile taralı bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Sergi alanında panellerin arkasında görünmekte olan siyah perdeler camları



Şekil 4.7. Cer Modern Galeri 4 iç mekan görünüşleri (Fotoğraflar yazar tarafından çekilmiştir)

kapatmaktadır. Sergi alanında duvarda bulunan 2.5m*4m boyutlarındaki pencereler sabittir ve açılmamaktadır. Yapının çatısında (C hangarı/Galeri 4 kısmında) 1m*4m boyutlarında 17 adet çatı penceresi vardır ve hiçbiri açılmamaktadır. Çalışmada ele alınan kısımda ise 9 adet çatı penceresi bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Cer Modern Galerî 4 dış görünüş (Fotoğraflar yazar tarafından çekilmiştir)



Şekil 4.9. Cer Modern Galerî 4 iç mekan görünüşleri (Fotoğraflar yazar tarafından çekilmiştir)

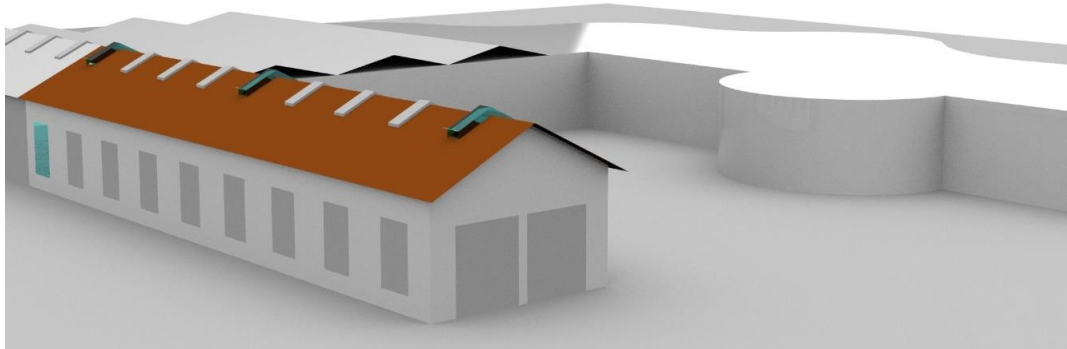
Seçilen bölgede yapılan etkinlikler hakkında yetkililerden bilgi alınmıştır. Metal çatı sistemine teller ile bağlanarak asılan paneller ile resim sergileri yapıldığı öğrenilmiştir. Yapılan sergi türleri farklılık göstermektedir ve hareketli paneller sergiye göre düzenlenmektedir. Tescilli bir yapı olduğu için eserleri asma görevi gören paneller duvarlara sabitlenememektedir. Yukarıdaki metal çatı sistemi elemanlarına tel ile geçici olarak tutturulmaktadır. Bu tarz kapalı

alan sergilerinin kış döneminde daha fazla kullanıcı tarafından ziyaret edildiği verisine ulaşılmıştır.

Yapının teknik incelemesi yapıldığında; yapının bir endüstriyel arkeoloji mirası olduğu göz önünde bulundurularak, yapının kendine özgü nitelikleri ve mimarisine sadık kalacak şekilde düzenlemeler düşünülmüştür. Şekil 4.9'da görüldüğü üzere, sabit olan ve açılmayan çatı pencerelerinden seçilen 3 tanesinin açılabilen sistemlere dönüştürülerek doğal havalandırma sağlanabileceği planlanmıştır.

Doğal havalandırma için bir hava akışı gerekmektedir ve çatı pencereleri yeterli olmayacaktır. Şekil 4.8'de görüldüğü üzere, pano odası olarak bölümlenen kısımda bulunan pencere açılır hale getirilerek yapıya boşluk açma müdahalesi olmadan hava akışı oluşturulacaktır.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere, yapıda oluşturulmak istenen doğal havalandırma için çatı pencerelerinden; başta, ortada ve sonda olmak üzere 3 tanesi seçilmiştir. Bu pencerelerin açılma kapanma mekanizmaları kinetik sistemler kullanılarak tasarlanacaktır.



Şekil 4.10. Yapının genel modeli, alan çalışması yapılan kısmı ve hava akış yollarının görselleştirilmesi (Yazar tarafından Rhino programı ile modellenmiştir.)

Hava akışı sağlanan binalarda hava, ısı taşıyıcı olarak kullanılmaktadır ve böylece sıcaklığın artırılmasında ve azaltılmasında aktif bir rol oynamaktadır. İç mekan sıcaklık kontrolünde hava akımlarından yararlanırken aynı zamanda bu akışın kontrol altında tutulması gerekmektedir (Arıkan ve Eskici, 2019).

Binalarda doğal hava akışı sağlanırken, bir açıklık tasarlanması söz konusudur. Bu açıklıklar iç mekana doğal hava akışı sağlarken beraberinde gün ışığı da getirmektedir. Açıklık tasarımı yapılırken gün ışığının mekanda oluşturacağı etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır.

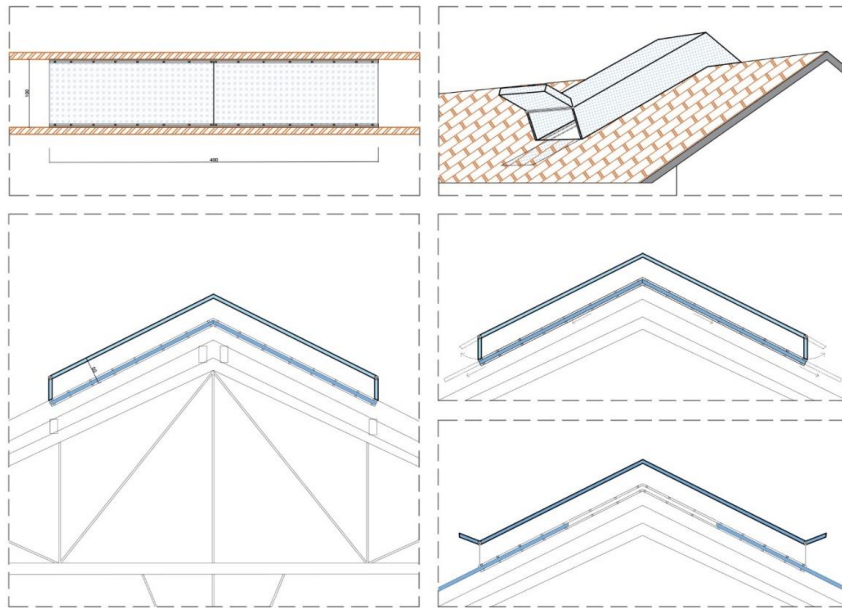
Özellikle sanat eserlerinin sergilendiği yapılarda gün ışığı ve aydınlatma tasarımı çok önemlidir. Bilimsel ve tarihsel sanat eserlerinin sergilendiği alanlarda bu eserlerin korunması da söz konusudur. Eserlerin korunumu noktasında, yapay aydınlatmaların gün ışığına göre daha az zarar verdiği bilinmektedir (Yöndem ve Akyol, 2017).

Bu bilgiler doğrultusunda, tasarlanacak olan kinetik sistemin çift kabuk mantığında olmasına karar verilmiştir. Böylelikle hem doğal hava hem de gün ışığı kontrolü sağlanabilecektir.

4.3. Kinetik Sistem Önerisi

Yapıda sergi işlevi gören mekanın duvar pencerelerinden içeriye doğal ışık girmesi istenmemektedir. Hangar tipolojisindeki yapıda tek havalandırma şansı çatıda bulunan ve mevcut durumda açılmayan ışıklıklardır. Bu ışıklık pencerelerinin insan erişimi ile açılma kapanma kontrolü söz konusu değildir. Bu durumda, bilgisayar kontrollü bir kinetik sistem tasarımı uygun görülmüştür. Bölüm 4.2’de açıklandığı üzere, kinetik sistemler kullanılarak doğal havalandırma yapılması amacıyla tasarlanacak olan çatı penceresi elemanı için çift kabuk mantığında bir kinetik sistem düşünülmüştür.

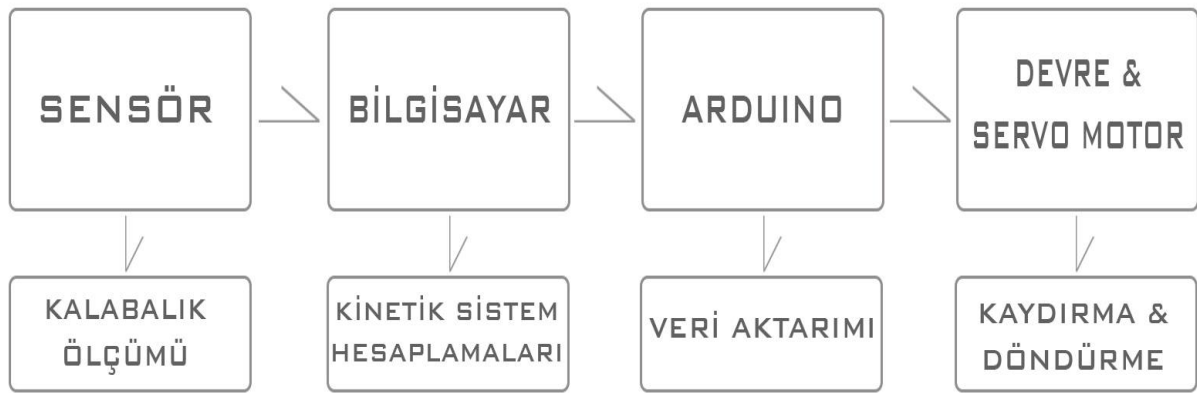
Şekil 4.11’de görüldüğü üzere, mevcut camların üzerine onları kapsayacak şekilde bir cam katman tasarlanacaktır. Bu katman altta bulunan ve kayarak açılacak olan camlar için



Şekil 4.11. Önerilen kinetik sistem çatı penceresi çizimleri (Yazar tarafından Autocad ile çizilmiştir)

koruyucu bir kabuk görevi görecektir. Gün ışığının ve yağmurun direk içeri girmesini engelleyecek, havanın dolaylı yoldan içeri girmesini sağlayacaktır. Koruyucu cam katmanın uç kısımlarında açılıp kapanabilen elemanlardan oluşacaktır. Altta bulunan camlar ise çatı eğimi yönünde kayarak açılan raylı bir sisteme dönüştürülecek ve koruyucu katmanda bulunan kapakların açılması ile doğal hava içeri girecektir.

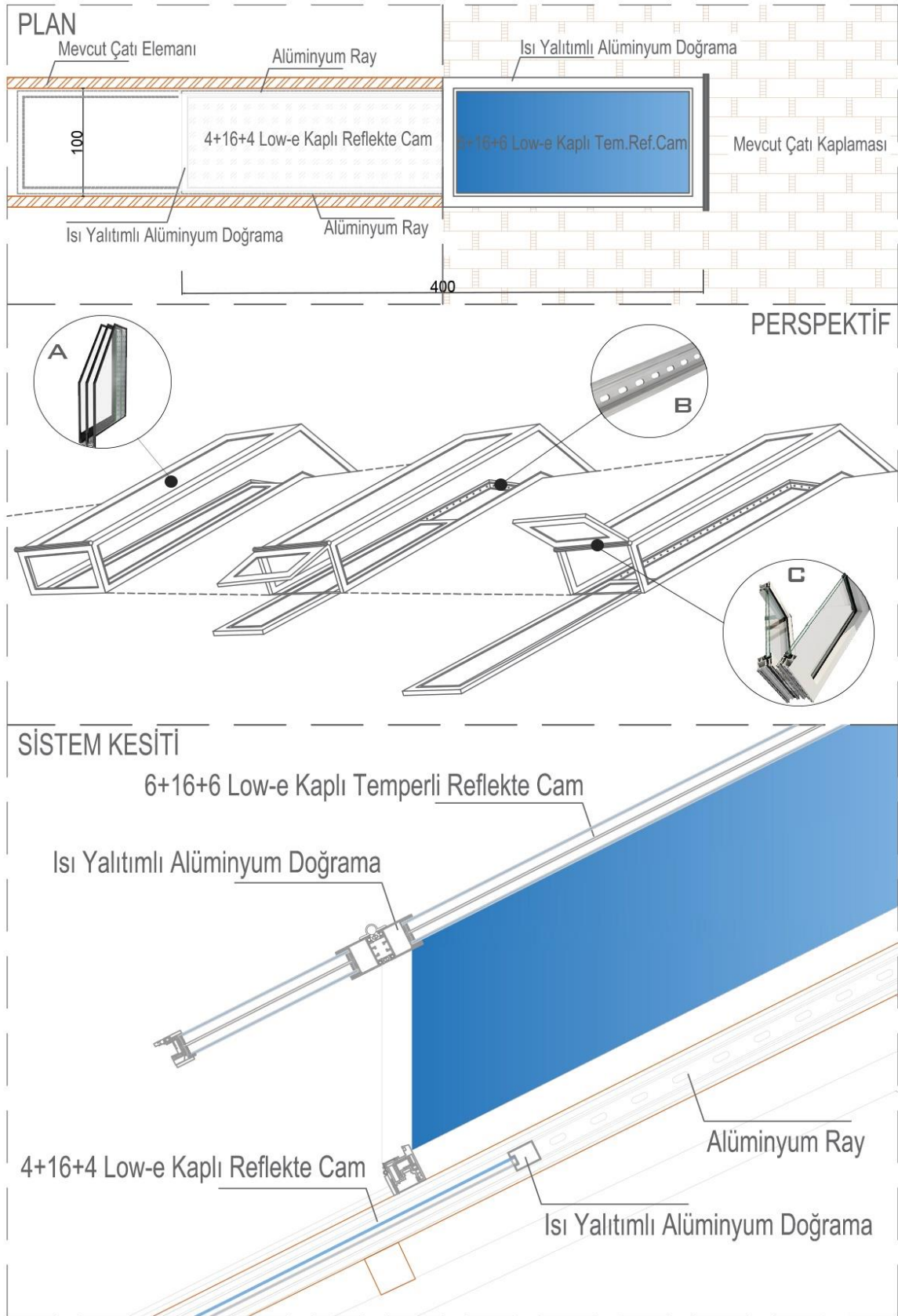
Şekil 4.12’de görüldüğü üzere; sistem bilgisayar kontrollü açılma kapanma mekanizmasına sahip olacaktır ve bina yöneticileri tarafından kontrol edilecektir. Sergi alanı içinde bulunan sensörler aracılığı ile mekandaki insan yoğunluğu tespit edilecektir. Bu verilerin bilgisayara iletilmesi ile veri aktarımı sağlanacak ve bu doğrultuda motorlar devreye girecektir. Motorların çalışması ile kinetik sistemdeki kaydırma ve döndürme hareketleri gerçekleşecektir.



Şekil 4.12. Bilgisayar kontrollü kinetik sistemin çalışma şekli (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

Doğal havalandırma hesaplarında gerekli açıklık alanı miktarı için alt katmanda bulunan kayar cam sistemin oluşturduğu açılma alanı kullanılacaktır (1m*4m).

Önerilen kinetik sistemin detay çizimleri ve malzemeleri Şekil 4.13’te verilmiştir.

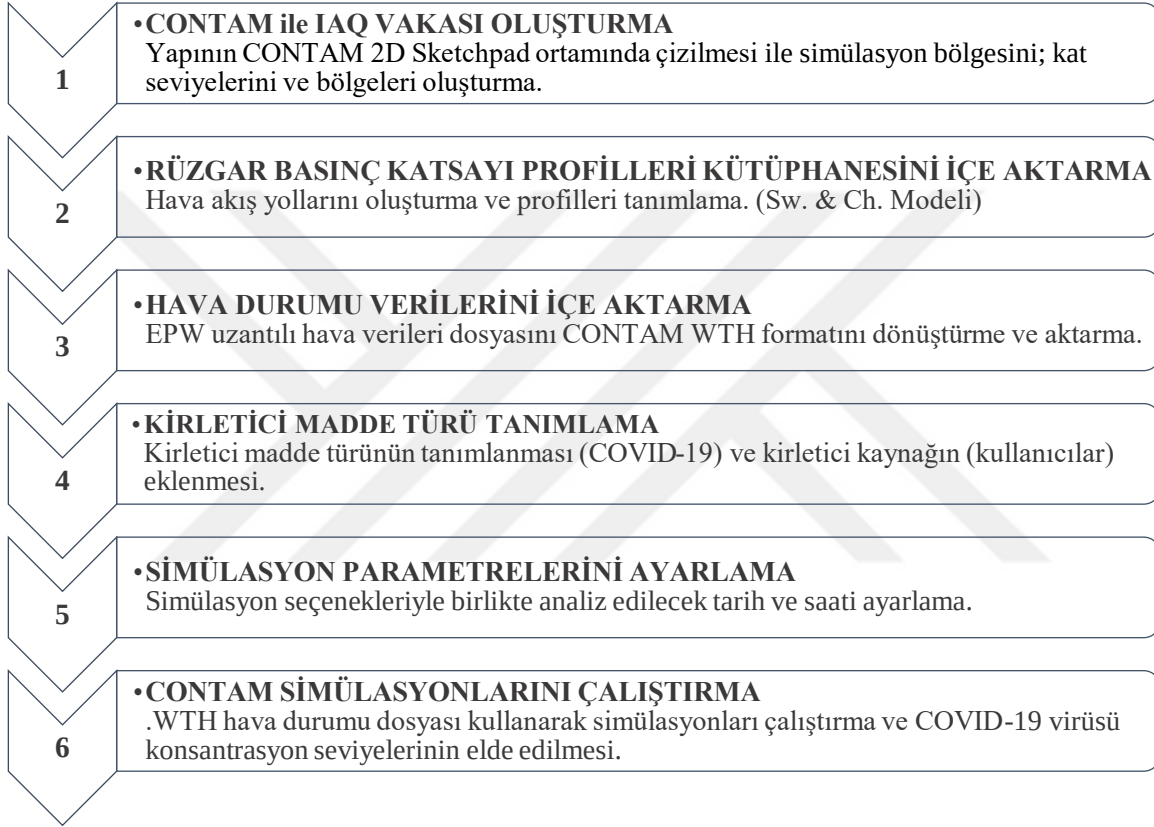


Şekil 4.13. Önerilen kinetik sistemin detayları (Yazar tarafından Autocad ile çizilmiştir)
(A: URL-45, B: URL-43, C: URL-44)

4.4. Doğal Havalandırma ile İç Mekan Kirlilik Analizi Simülasyonlarına Yönelik Modelleme

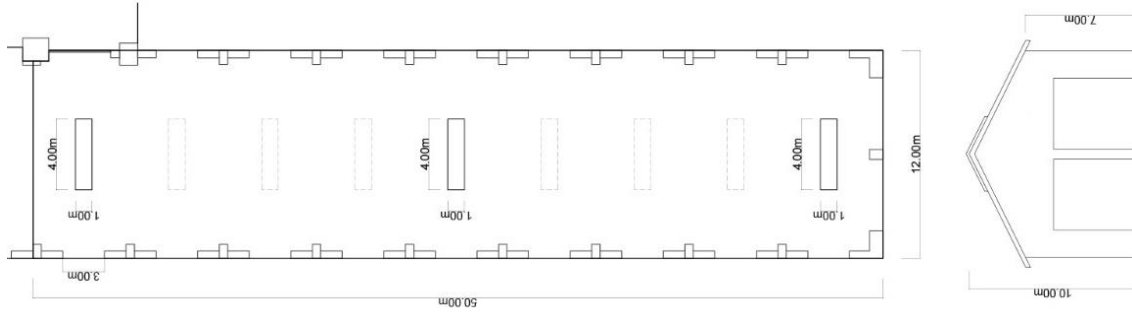
Çalışmanın bu kısmında Çizelge 4.1’de gösterildiği üzere; CONTAM programı ile iç mekan hava kirliliği analizi simülasyonlarına yönelik olarak izlenen yol aktarılacaktır.

Çizelge 4.1. CONTAM iç bölge hava akışı ve kirlilik simülasyonları yönteminin ana hatları (Yazar tarafından hazırlanmıştır)



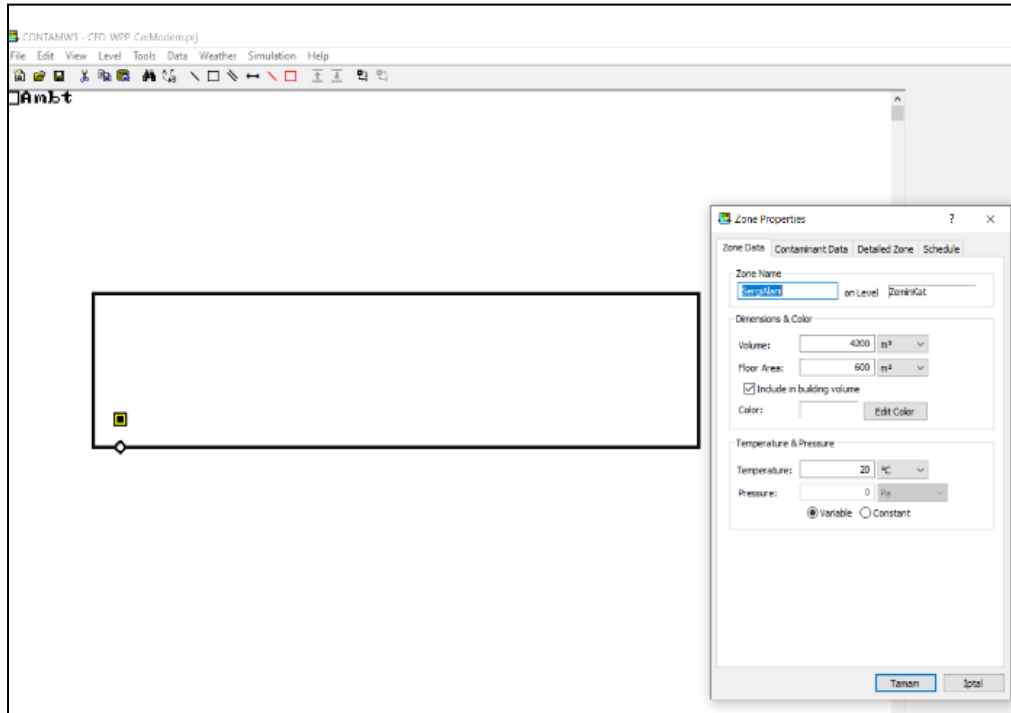
1. Adım: Yapının CONTAM 2D Sketchpad ortamında çizilmesi

Şekil 4.14’de görüldüğü üzere, çalışmada Cer Modern yapısının ele alınan kısmı 50m*12m*10m(h) boyutlarındadır.



Şekil 4.15. Cer Modern yapısı çalışma alanı ölçüleri (Yazar tarafından Autocad ile çizilmiştir)

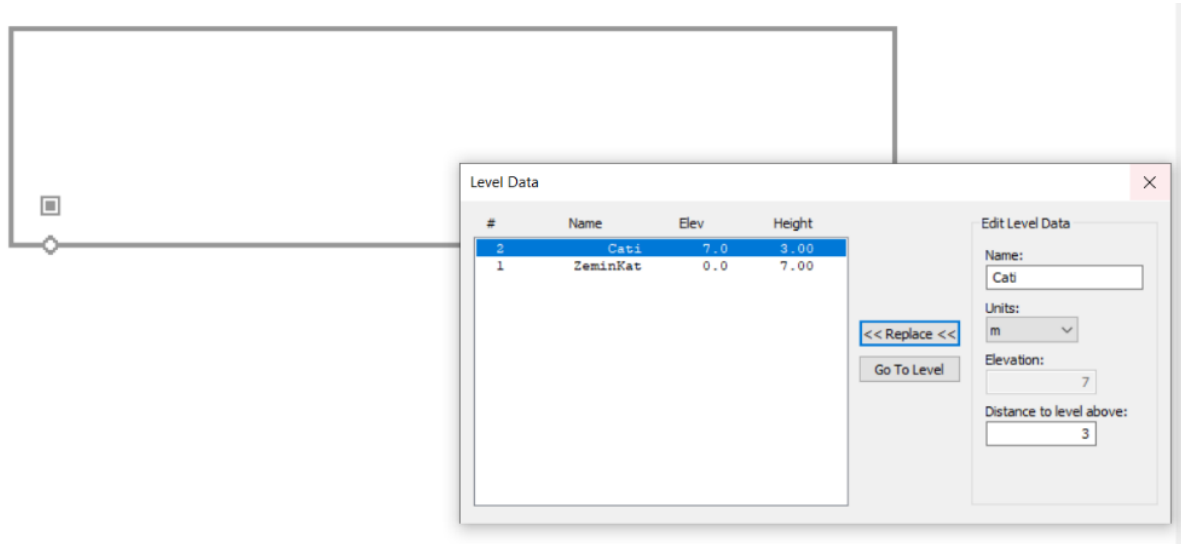
CONTAM programında proje oluşturulurken ilk olarak view-project options-units of flows sekmesinden kg/s seçilerek hava akış hesaplamalarında kullanılacak birim belirlenmektedir. Daha sonra projenin kuzey yönü belirtilmelidir. Weather- edit weather data- wind sekmesi çizim alanında göreceli kuzey yönünü ayarlamak için kullanılmaktadır. Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra proje kotlarını oluşturmak gerekmektedir. Level-edit level data sekmesinden 'ZeminKat' adında ve 7 m yüksekliğinde bir seviye oluşturulmuştur. Daha sonra 'box' çizim elemanı ile bir dikdörtgen çizilerek bu oluşturulan seviyeye yapının çizimi yapılmıştır. Box çizim aracı ile zemin katta oluşturulan alanın içinde bir noktaya 'sağ tuş-zone' yapıldığında alan içinde bir kırmızı kare oluşmaktadır. Şekil 4.15'de görüldüğü üzere, bu kırmızı kareye çift tıklanarak 'zone properties' açılmaktadır. Burada bulunan 'zone name' kısmına alanın



Şekil 4.14. CONTAM proje çizim aşamaları: bölgelerin oluşturulması

ismi yazılmalıdır. ‘SerfiAlani’ ismi verilen bölge 50m*12m*7m(h) boyutlarındadır. Floor area kısmına 600 m² yazıldığında (50*12=600 m²), program kendisi level data oluşturulurken girilmiş olan yükseklik 7 m ile bu alanı çarpar ve otomatik olarak volume kısmına yazar (4200 m³). Temperature değeri, kabul edilen iç mekan sıcaklığı olan 20°C olarak girilmiştir.

Cer Modern binası hangar tipolojisinde olduğundan, sergi alanı ve çatı alanını ayıran bir tavan döşemesi bulunmamaktadır. CONTAM programında, tanımlanan bölgelerdeki zeminler ve

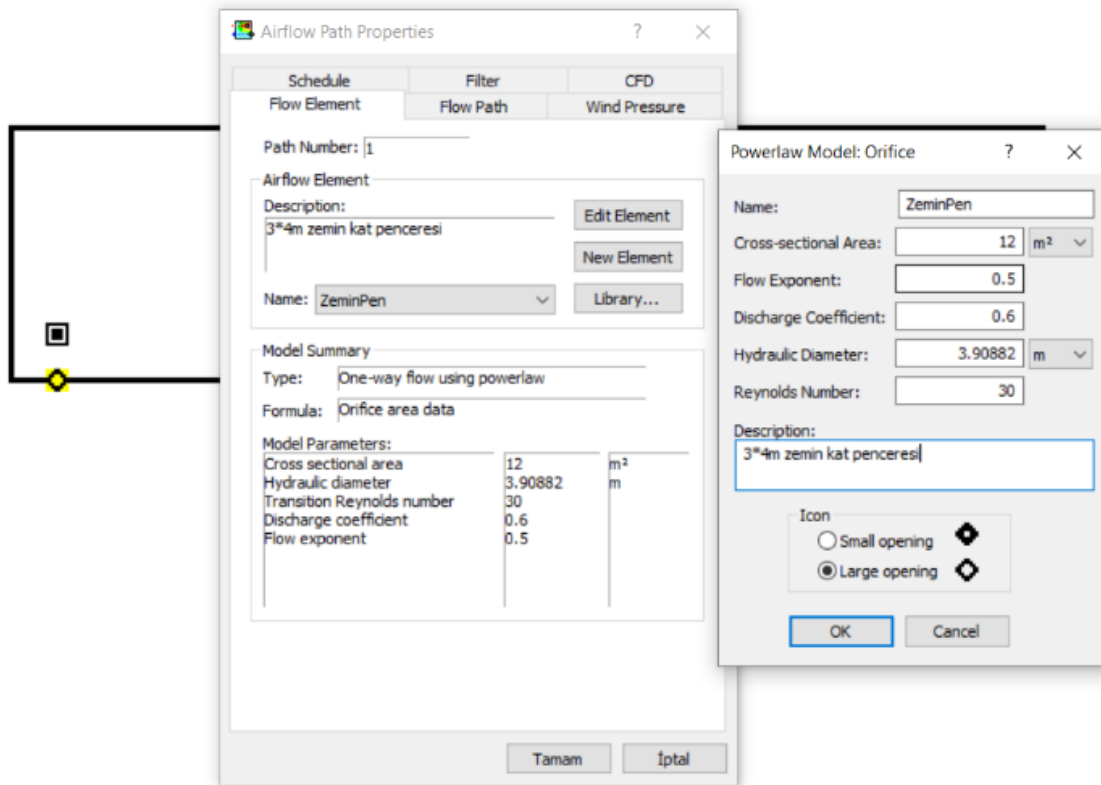


Şekil 4.16. CONTAM proje çizim aşamaları: kotların oluşturulması

tavanlar dolaylı olarak dahil edilmektedir. SketchPad üzerinde bir bölge çizildiğinde, CONTAM otomatik olarak bölgenin zeminini dahil etmektedir. Aşağıdaki kata geçişleri olan bir çatı oluşturmak için en üst katın üzerinde boş bir seviye gerekmektedir. Bu nedenle Şekil 4.16’da görüldüğü üzere boş bir Cati seviyesi oluşturulacaktır. Yapının 3m olan çatı yüksekliği bu boş seviyenin yüksekliği olacaktır. Level-insert blank level-above current level ‘Cati’ adına level oluşturmak için boş seviye ekle-mevcut katın üstüne yönergeleri takip edilmiştir. Level-edit level data seçilerek, isim ve kat yüksekliği gibi bu kata ait bilgiler girilmiştir. Bu kata herhangi bir çizim yapılmamış boş bırakılmıştır, görünen duvarlar zemin kata ait olan duvarlardır. Level-reveal level blow seçilerek alt kattaki çizimin silik şekilde görünmesi sağlanmıştır.

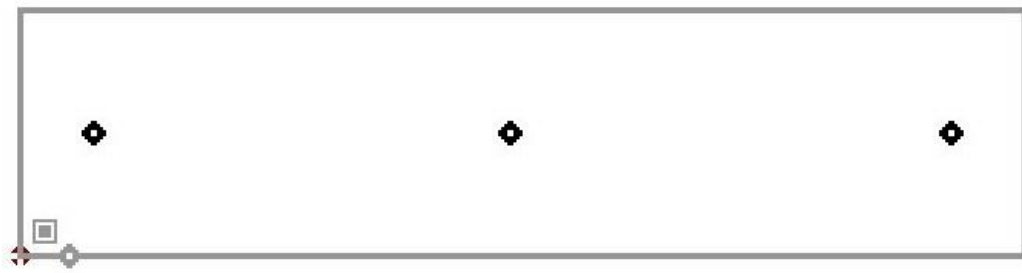
2. Adım: Hava akış yollarının oluşturulması

Bina bölgeleri tanımlandıktan sonra, aralarındaki hava akış yolları oluşturulmaktadır. Şekil 4.17’de görüldüğü üzere, akış yolunu yerleştirmek için pencere açmak istenen duvara ve bu duvarda açıklık olacak noktaya sol tuş ile tıklanmalı ve sonrasında sağ tuş-flow path seçilmelidir. Bu şekilde, vurgulanan yere bir akış yolu çizilmiş olmaktadır. Hava akış yolu bordo renkli 45 derece çevrilmiş kare şeklindeki bir simge ile gösterilmektedir. Oluşturulan hava akış yolunun özellik kutusunu açmak için bu simgeye çift tıklamak gerekmektedir. Daha sonra sırayla Flow Element-New Element-Orifice Area Data seçimleri yapılarak pasif bir havalandırma boşluğu oluşturulmaktadır. Orifice area data seçiminden sonra, oluşturulacak boşluğun parametrelerini girmek için ‘Powerlaw Model: Orifice Area’ adında bir pencere açılmaktadır. ZeminKat’da bulunan SergiAlani için, yapının sol alt bölgesinde 3m*4m boyutlarında bir pencere bulunmaktadır. ‘ZeminPen’ adı verilen bu pencerenin bilgileri açılan kutucuğa yazılmaktadır. Daha sonra ‘flow path’ sekmesindeki ‘location’ bölümüne pencerenin duvar üzerindeki konumunu belirten X, Y koordinatları girilmektedir.



Şekil 4.17. CONTAM proje çizim aşamaları: duvar penceresi açılması

Daha sonra, Şekil 4.18’de görüldüğü üzere çatı katı için 3 adet mahya havalandırması açılacaktır. Projenin ele alınan bölümünde 9 adet çatı penceresi mevcuttur. 1m*4m ölçülerindeki bu pencerelerden; başta, ortada ve sonda olmak üzere 3 tanesi havalandırma niteliğine sahip olarak kabul edilmiştir. ‘Cati’ seviyesinde ‘CatiPen1’, ‘CatiPen2’ ‘CatiPen3’ olmak üzere 3 adet orifice elemanı oluşturulmuştur. Kesit alanı bilgisi boyutlarına göre girilmiş, diğer veriler önerilen değerlerde bırakılmıştır. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere; Flow Path kısmında relative elevation değeri, yapının yüksekliği olan 10m girilmiştir. Bu sayede; oluşturulan pencerenin, çatının en tepe noktasında olduğu tanımlanmıştır.

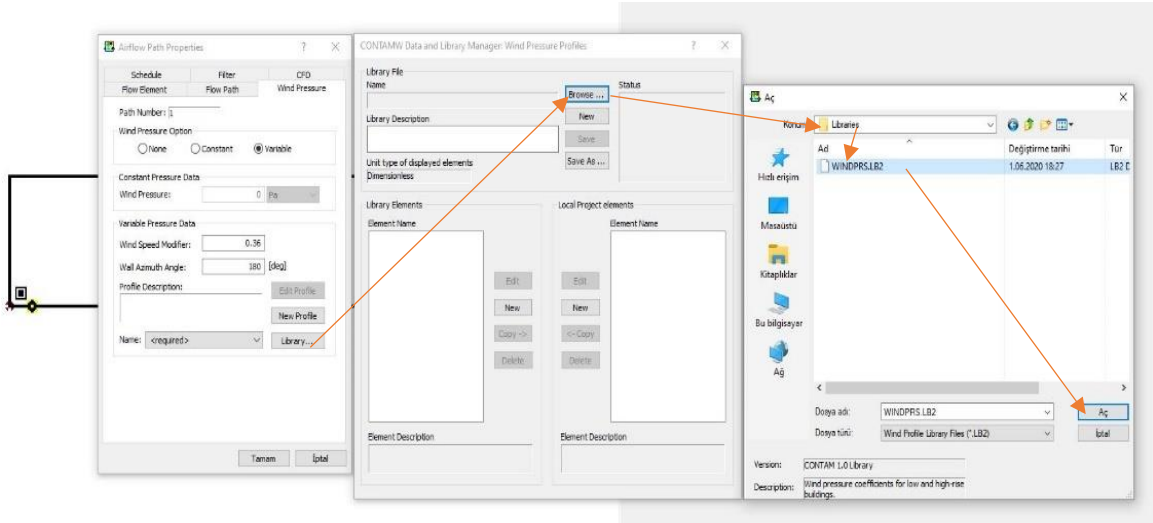


Şekil 4.18. CONTAM proje çizim aşamaları: çatı pencereleri açılması

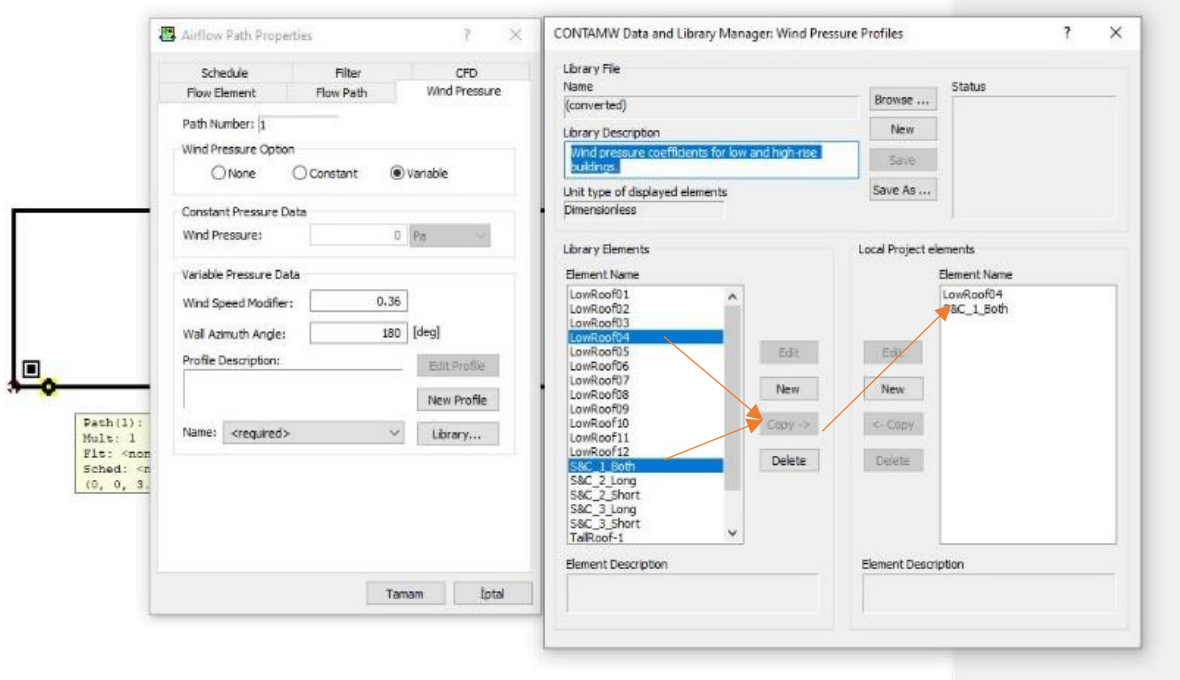
Çizelge 4.2. CONTAM projesindeki hava akış yollarının koordinatları

Hava Akış Yolu	X	Y	Z
ZeminPen	4.5m	0m	3m
CatiPen1	3.5m	6m	10m
CatiPen2	25m	6m	10m
CatiPen3	46.5m	6m	10m

Daha sonra bu akış yolları için rüzgar basıncı özelliklerini tanımlamak gerekmektedir. Bu nedenle Şekil 4.19’da görüldüğü üzere Wind Pressure sekmesine geçilmiştir. Her duvarın azimut açısına göre rüzgar yönünün zamanla değişebilmesi için rüzgar seçeneklerinden variable/değişken seçilmiştir. Değişken rüzgar basıncı seçeneği için bir rüzgar basıncı katsayısı profiline ihtiyaç vardır. Bunun için NIST çok bölgeli modelleme web sitesinden indirilen rüzgar basıncı katsayısı profillerini kullanmak gerekmektedir. Şekil 4.19’da görüldüğü üzere, Library sekmesinden bunlara ulaşılmaktadır.



Şekil 4.19. CONTAM proje çizim aşamaları: hava akış yollarına rüzgar basıncı özellikleri tanımlama

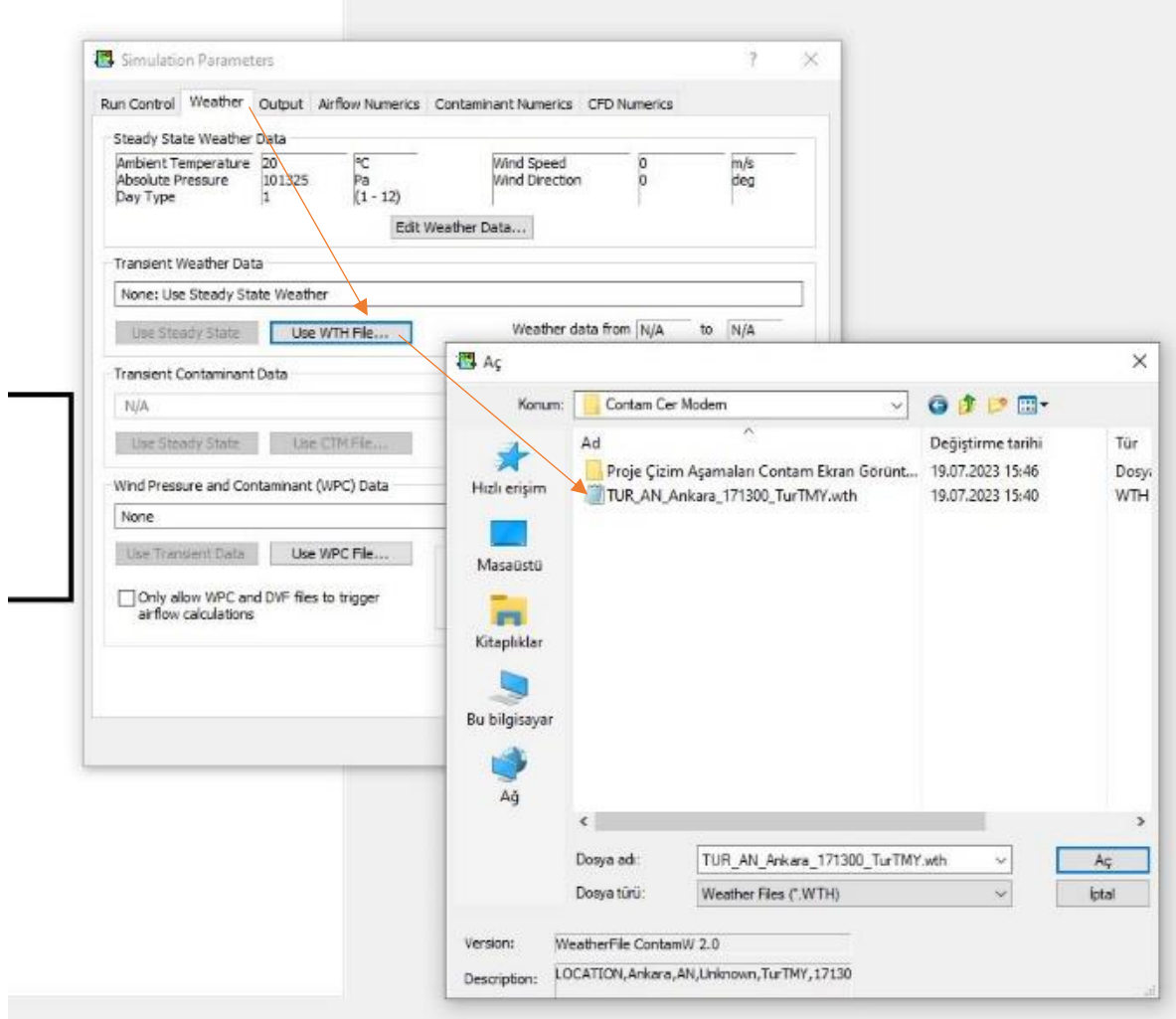


Şekil 4.20. CONTAM proje çizim aşamaları: hava akış yollarına rüzgar basıncı özellikleri tanımlama

Böylece kütüphanede bulunan profiller elde edilmiştir. Şekil 4.20’de görüldüğü üzere, birisi duvarlarda birisi çatıda kullanılmak üzere iki profil tipi seçilmiş ve proje dosyasına kopyalanmıştır.

3. Adım: Hava durumu dosyasının içe aktarılması

Bölüm 4.1’de detaylı anlatıldığı üzere, CONTAM programı WTH uzantılı dosyaları kullanabilmektedir. EnergyPlus ile elde edilen EPW dosyaları web tabanlı bir program ile CONTAM WTH dosyasına dönüştürülebilmektedir. Bu şekilde elde edilen hava durumu dosyası; Şekil 4.21’de görüldüğü üzere simulation -set simulation parameters- weather- use WTH file seçeneği ile içe aktarılmıştır.

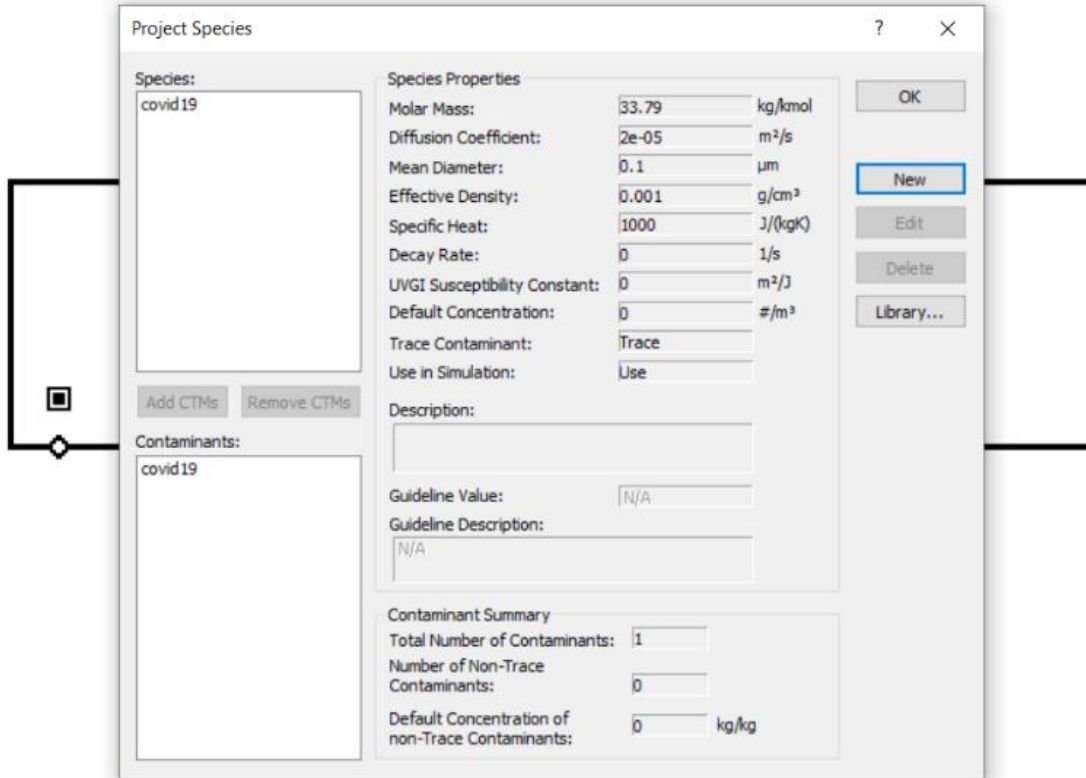


Şekil 4.21. CONTAM proje çizim aşamaları: hava durumu dosyasının içe aktarılması

4. Adım: Kirletici madde türünün tanımlanması

Kotlar, bölgeler, hava akış yolları ve hava durumu dosyası tanımlandıktan sonra; kirlilik hesapları için ilk olarak kirletici madde türünün tanımlanması gerekmektedir. Bunun için Şekil 4.22’de görüldüğü üzere; data-contaminents-new sekmesinden açılan ‘species properties’ penceresine; bu çalışma kapsamında kirletici olarak ele alınan sorun COVID-19 olduğundan,

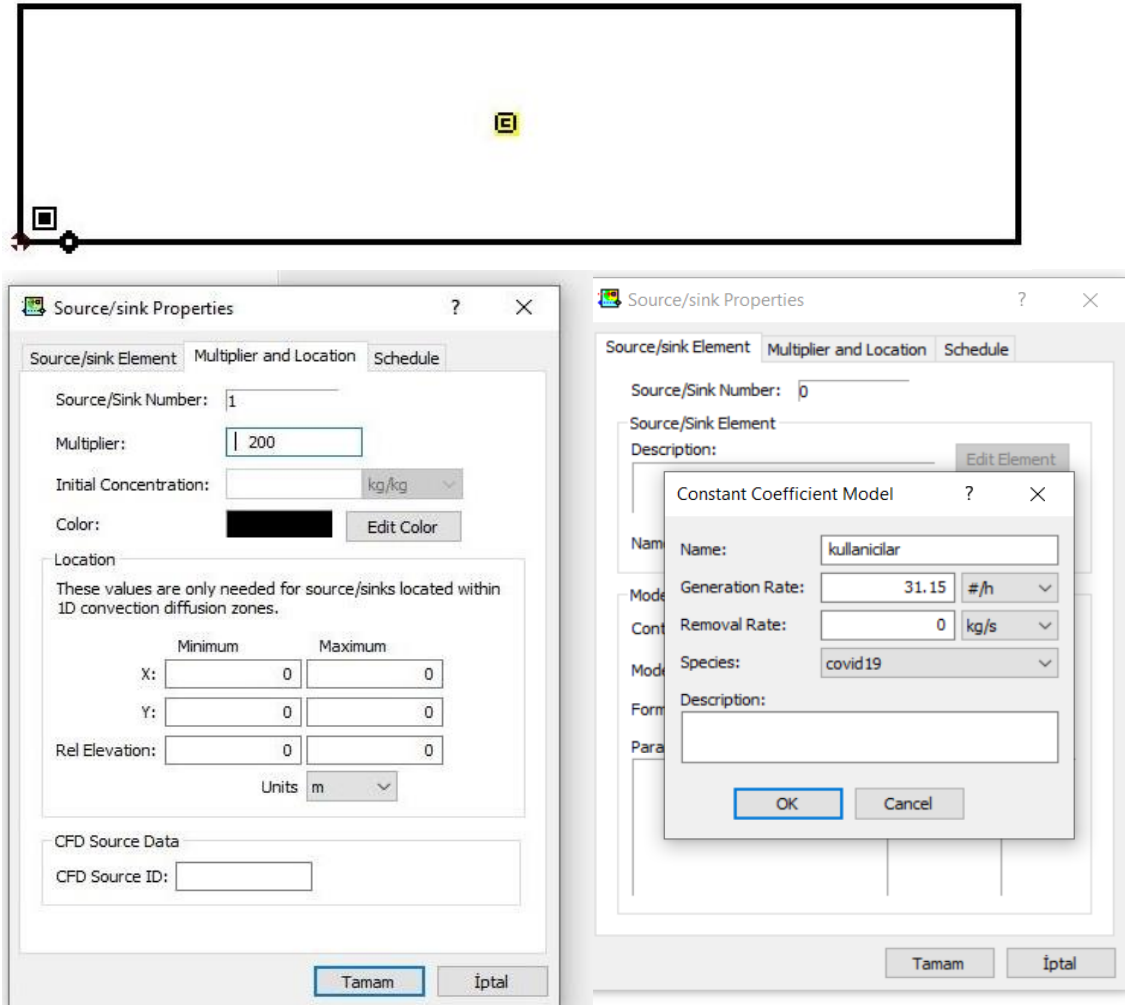
bu virüse ait parçacık özellikleri bilgileri yazılacaktır. Kirlilik konsantrasyonu ölçüm birimi için $\#/m^3$ seçilmiştir.



Şekil 4.22. CONTAM proje çizim aşamaları: kirletici madde türü tanımlanması

Kirletici türü tanımlandıktan sonra, kirleticinin kaynakları eklenebilmektedir. Bunun için Şekil 4.23’de görüldüğü üzere; kirletici yerleştirilmek istenen bölgeye gelinerek, sağ tık-source/sink seçilmektedir. Böylece kırmızı yuvarlak içinde bir c harfi belirecektir. Bu simgeye çift tıklayarak özellikleri açılacak ve sırası ile new element-constant coefficient seçimleri yapılmaktadır. Açılan constant coefficient model/sabit katsayı modeli penceresine COVID-19 kirletici türünün, bir insan tarafından üretim oranı olan generation rate bilgisi 31.150 $\#/h$ olarak yazılmıştır.

Daha sonra, oluşturulan kaynağa bir multiplier değeri verilerek ortamdaki toplam kişi sayısı tek bir kaynak üzerinden, kaynak defalarca kopyalanmadan ifade edilmiş olmaktadır. Görüşmelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle Şekil 4.23’de görüldüğü üzere multiplier değeri 200 olarak girilmiştir.

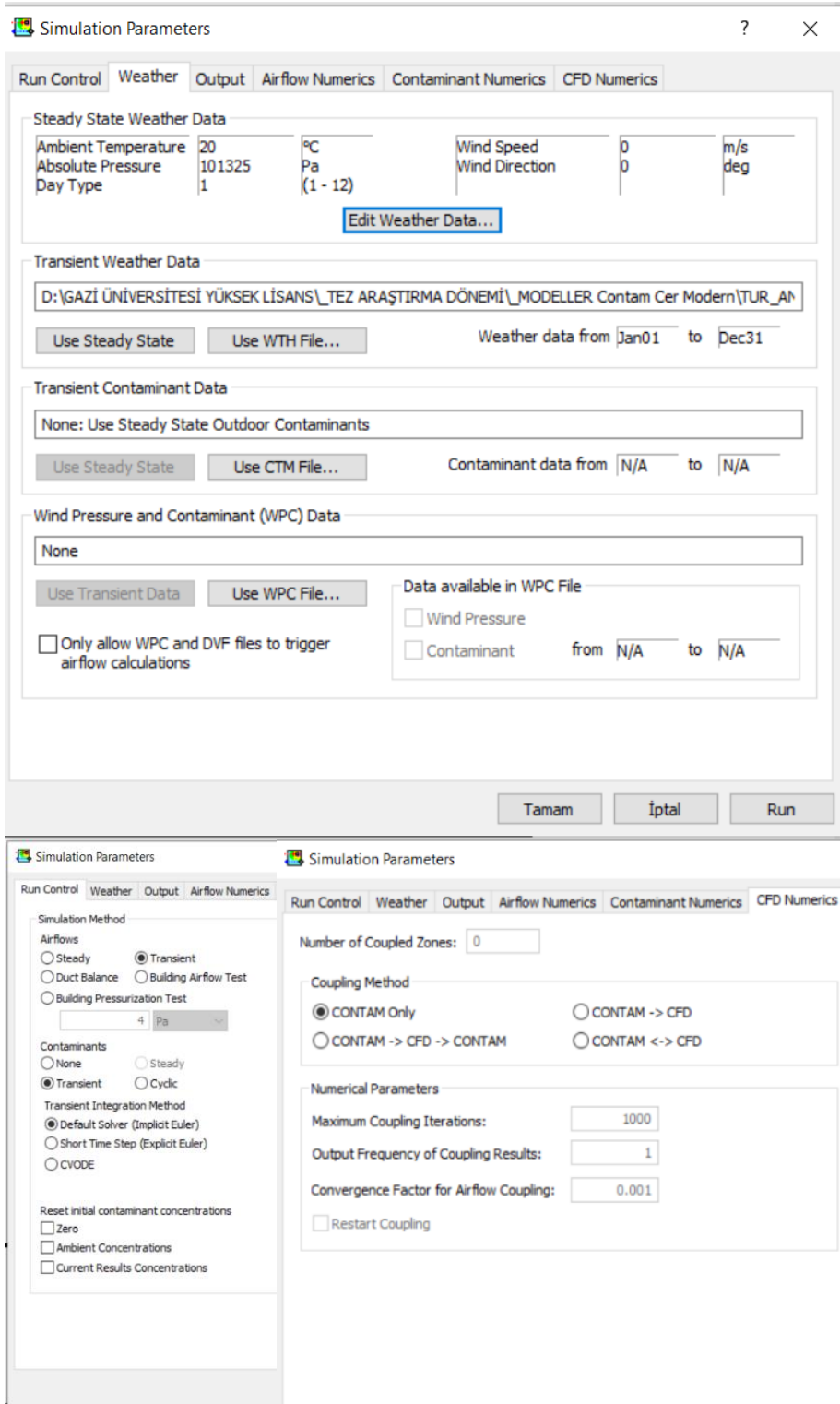


Şekil 4.23. CONTAM proje çizim aşamaları: kirletici kaynağı ayarları

5. Adım: Simülasyon parametrelerini ayarlama

Kirletici madde simülasyonunu gerçekleştirmek için simülasyon parametreleri ayarlanmalıdır. Şekil 4.24’de görüldüğü üzere; önceki kısımda ayarlanan kirlilik verilerinin aktif olması için Simulation-Set Simulation Parameters-Run control; Contaminants=Transient seçilmelidir. Simulation-Set Simulation Parameters-Weather kısmında da görüleceği üzere iç mekan sıcaklığı en baştan beri 20°C olarak kabul edilmiştir. Transient weather data kısmında ise yine

önceki kısımlarda eklenen ve projenin bulunduğu konumun 1 yıllık sıcaklık rüzgar verilerini barındıran dosya görünmektedir. Son olarak CFD Numeric kısmından CONTAM Only seçeneği seçilmiştir.

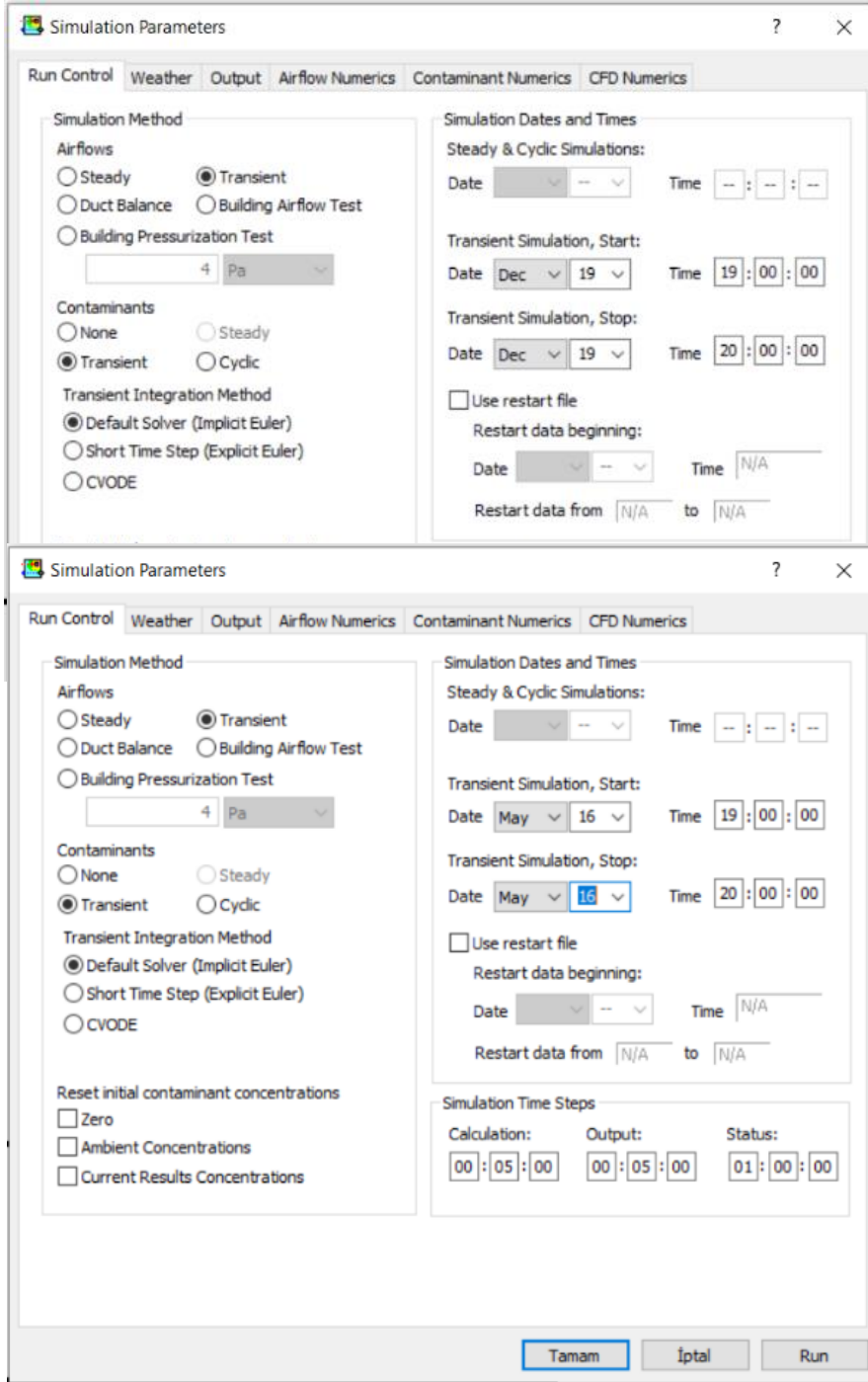


Şekil 4.24. CONTAM proje çizim aşamaları: simülasyon parametrelerini ayarlama

6. Adım: CONTAM simülasyonlarını çalıştırma

Çalışma kapsamında farklı hava hareketlerinin ortamdaki kirlilik üzerine etkisi karşılaştırılmak istenmektedir. İç mekan sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki ilişki hava hareketini değiştirmektedir. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından fazla ise iç hava yükselmektedir. Bu durumda dışarıdaki hava alt kottan yapı içine girmekte ve üst kottaki açıklıklardan çıkmaktadır. Bu duruma ‘baca etkisi’ denilmektedir ve bu etki ‘ısınan hava yükselir’ ilkesine dayanmaktadır. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından düşük ise akım ters yönde oluşmaktadır.

Şekil 4.25’de görüldüğü üzere; proje alanının yıllık sıcaklık rüzgar verileri dosyası incelenerek anlatılan iki duruma birer örnek teşkil edecek nitelikte sıcaklık değerleri olan iki tarih seçilmiştir. Önceikle mevcut durum analizi için simülasyon yapılacak; daha sonra seçilen 19 Aralık ve 16 Mayıs tarihleri için yapılacak olan simülasyonlar ile tüm sonuçlar karşılaştırılacaktır.

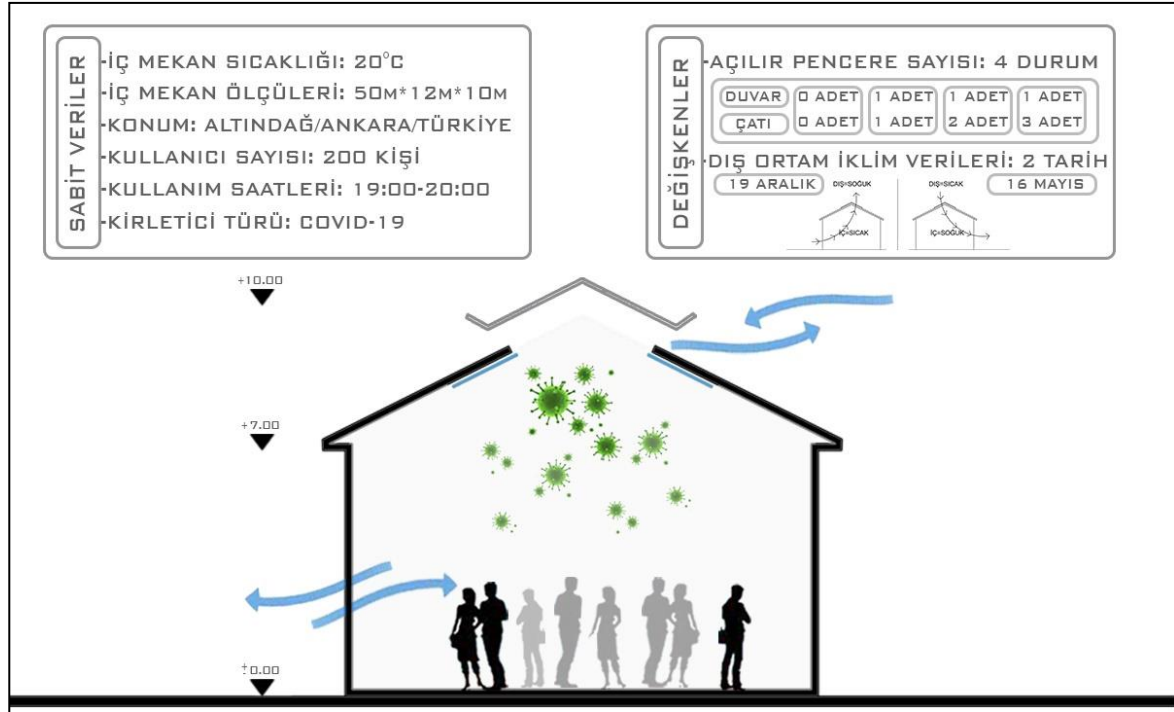


Şekil 4.25. CONTAM proje çizim aşamaları: simülasyonları çalıştırma



5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

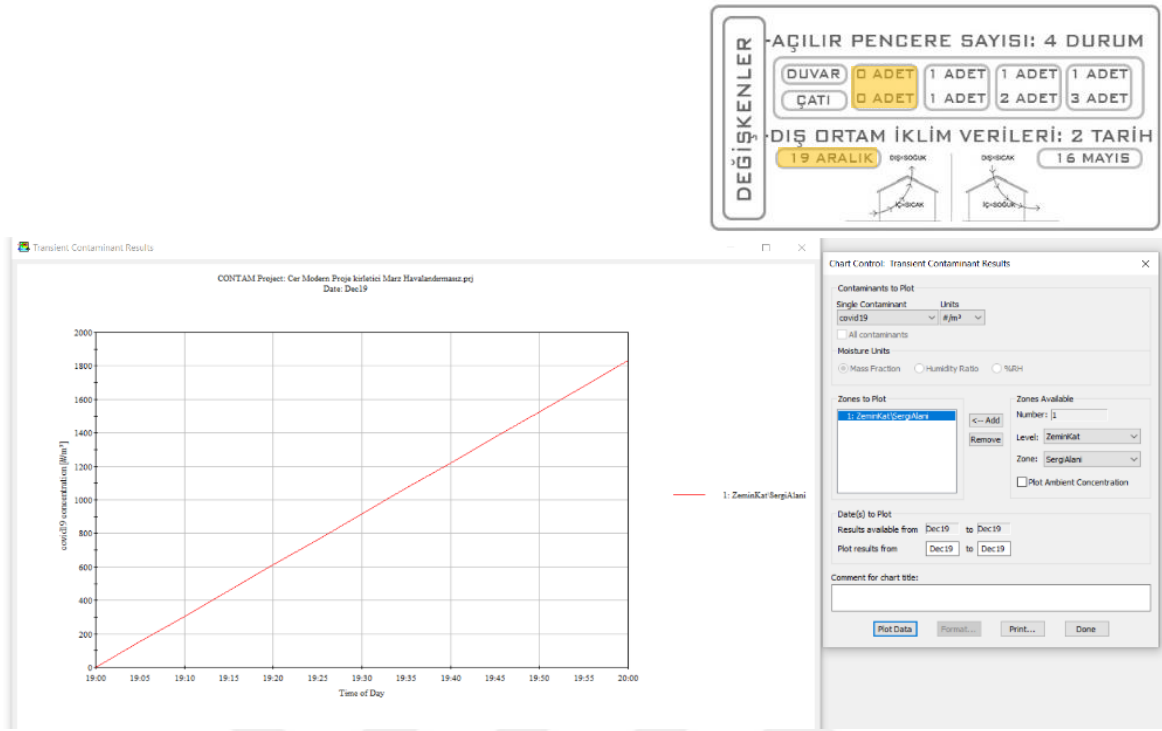
Çalışmanın bu kısmında, CONTAM ile hazırlanan iç bölge hava akışı ve kirlilik simülasyonlarının sonuçları irdelenmiştir. Şekil 5.1’de görüldüğü üzere; mevcut durum ve seçilen iki tarih üzerinden farklı açıklık miktarları ile oluşturulan hava akışları sonucunda elde edilen iç mekan kirlilik seviyeleri karşılaştırılmıştır.



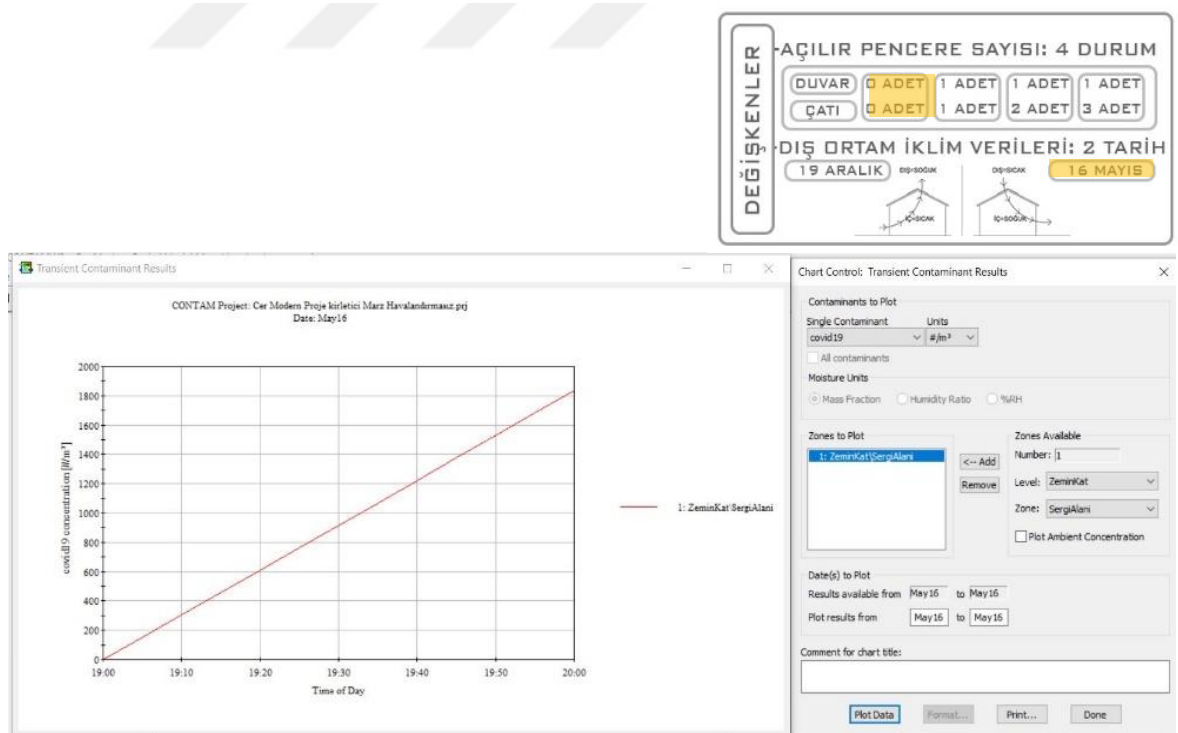
Şekil 5.1. Alan çalışmasında kabul edilen sabit veriler ve belirlenen değişkenler

5.1. Doğal Hava Akışı Olmayan Mevcut Durum ile Doğal Hava Akışı Sağlanan Durumların Kirlilik Seviyelerinin Karşılaştırılması

İlk olarak dışarıdan doğal hava akışı gelmediği yani tasarlanan dört açıklığın ve diğer tüm açıklıkların pasif olduğu mevcut durumun kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Kabul edilen veriler doğrultusunda, iç mekan sıcaklığı sabit olarak 20°C'ye ayarlanmıştır. Sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu, maskesiz oldukları ve hepsinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılan durum için kirlilik konsantrasyonu 1850 #/m³ seviyesindedir. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de görüldüğü üzere, bu sonuç her iki tarih için de geçerlidir. Dışarıdan hava akışı gelmediği ve ortam sıcaklığı kabul edilen değerde sabit tutulduğu için, iki farklı tarihe göre yapılan simülasyonlarda aynı miktarda kirlilik konsantrasyonu elde edilmiştir.



Şekil 5.3. Doğal hava akışı olmayan mevcut durumun 19 Aralık tarihinde kirlilik konsantrasyonu



Şekil 5.2. Doğal hava akışı olmayan mevcut durumun 16 Mayıs tarihinde kirlilik konsantrasyonu

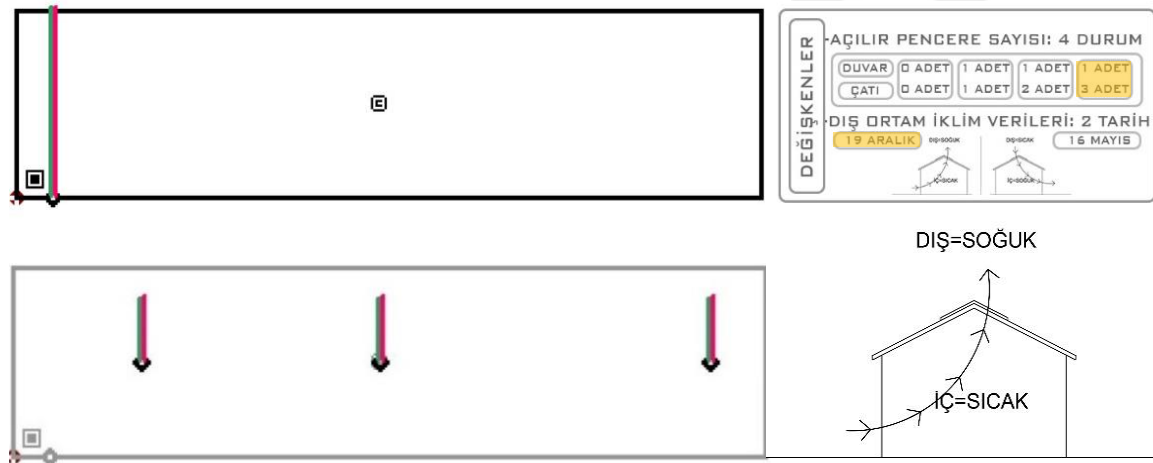
Daha sonra, dışarıdan doğal hava akışı sağlanması ve dört açıklığın da aktif olduğu durumun 19

Aralık tarihindeki kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Kabul edilen veriler doğrultusunda, iç mekan sıcaklığı sabit olarak 20°C'ye (293.16K) ayarlanmıştır. Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere 19 Aralık tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri hava durumu dosyasından elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. 19 Aralık tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri (Yazar tarafından hava durumu verileri ile oluşturulmuştur)

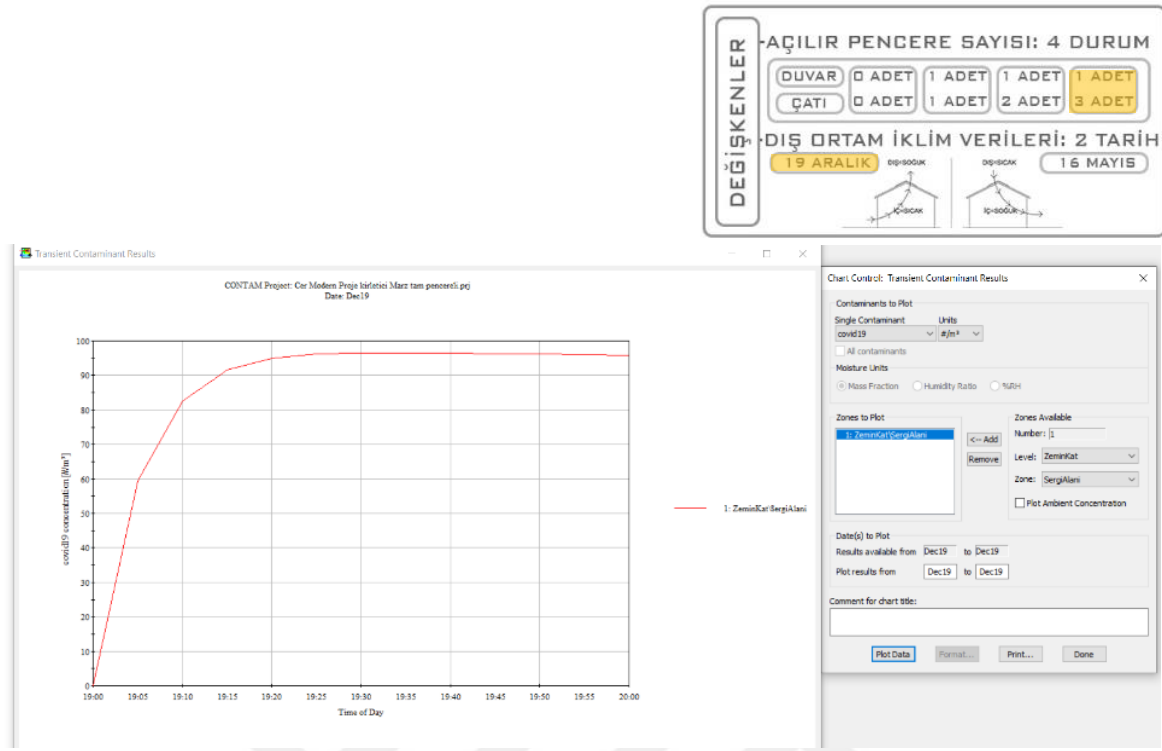
Tarih	Saat	Sıcaklık (K)	Rüzgar hızı(m/s)	Rüzgar Açısı(°)
19 Aralık	19:00	275.15	2.8	45
19 Aralık	20:00	274.25	2.7	45

Seçilen tarih ve saat aralığındaki iklim verileri ile yapılan simülasyonda sergi alanındaki hava akış oluşumları Şekil 5.4'de gösterilmiştir. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından fazla olduğu bu durumda iç hava yükselmektedir. Böylece dışarıdaki hava alt kotlardan yapı içine girmekte ve üst kotlardaki açıklıklardan çıkmaktadır. Bu duruma 'baca etkisi' denilmektedir ve bu etki 'ısınan hava yükselir' ilkesine dayanmaktadır.



Şekil 5.4. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken hava akış oluşumları

Şekil 5.5'de görüldüğü üzere, sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu, maskesiz oldukları ve hepsinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılan durum için kirlilik konsantrasyonu 95 #/m³ seviyesindedir.



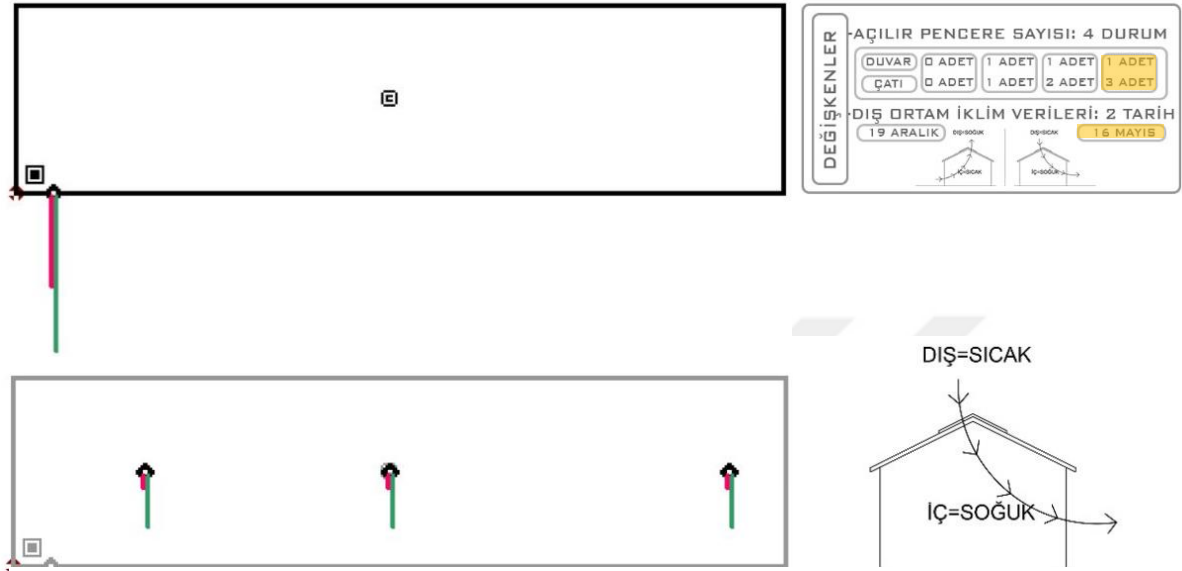
Şekil 5.5. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

Çizelge 5.2. 16 Mayıs tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri (Yazar tarafından hava durumu verileri ile oluşturulmuştur)

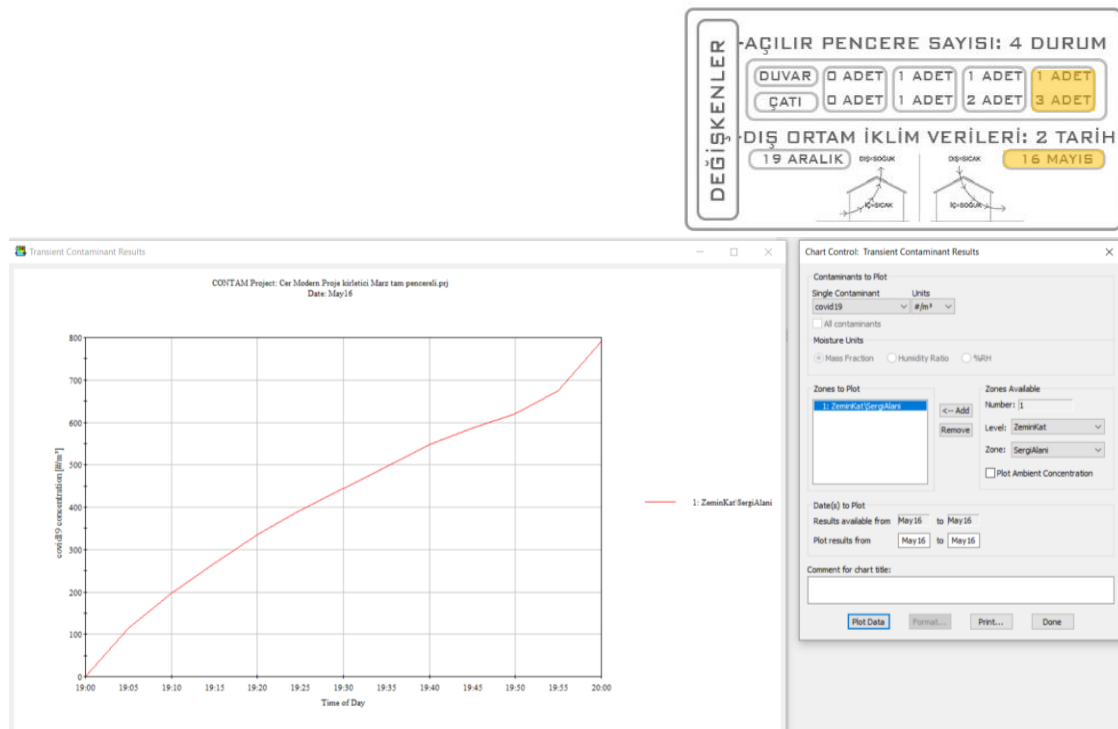
Tarih	Saat	Sıcaklık (K)	Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Açısı(°)
16 Mayıs	19:00	295.15	2.4	270
16 Mayıs	20:00	293.45	1.6	90

Son olarak, dışarıdan doğal hava akışı sağlandığı ve dört açıklığın da aktif olduğu durumun 16 Mayıs tarihindeki kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Kabul edilen veriler doğrultusunda iç mekan sıcaklığı sabit olarak 20°C'ye (293.16K) ayarlanmıştır. Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere 16 Mayıs tarihinde 19:00-20:00 saatleri arasındaki sıcaklık ve rüzgar verileri hava durumu dosyasından elde edilmiştir.

Seçilen tarih ve saat aralığındaki iklim verileri ile yapılan simülasyonda sergi alanındaki hava akış oluşumları Şekil 5.6'da gösterilmiştir. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından düşük olduğunda akım, önceki duruma göre ters yönde oluşmaktadır ve üst kotlardaki açıklıklardan içeri girerek alt kotlardaki açıklıktan dışarı çıkmaktadır.



Şekil 5.6. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken hava akış oluşumları

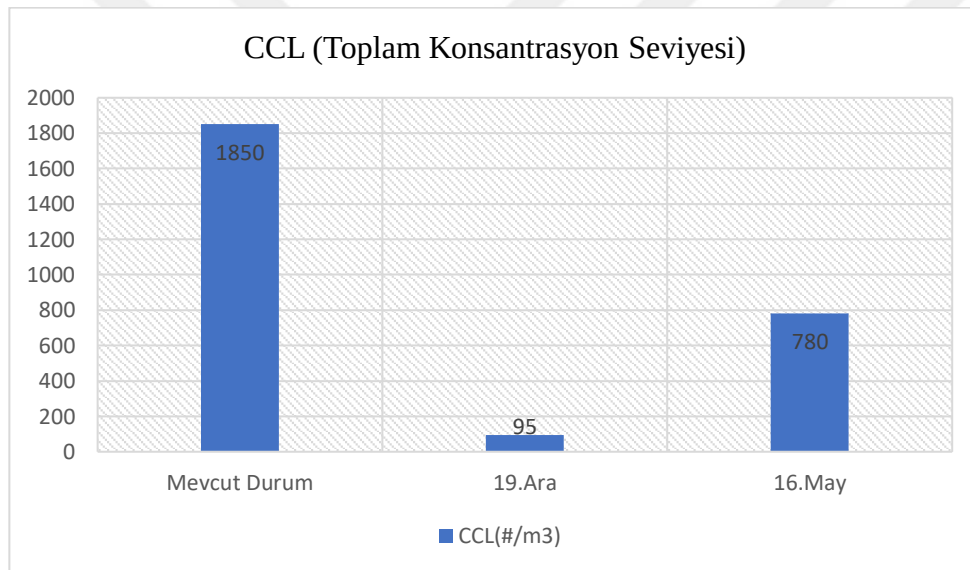


Şekil 5.7. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

Şekil 5.7’de görüldüğü üzere, sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu, maskesiz oldukları ve hepsinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılan durum için kirlilik konsantrasyonu $780 \text{ \#/m}^3$ seviyesindedir.

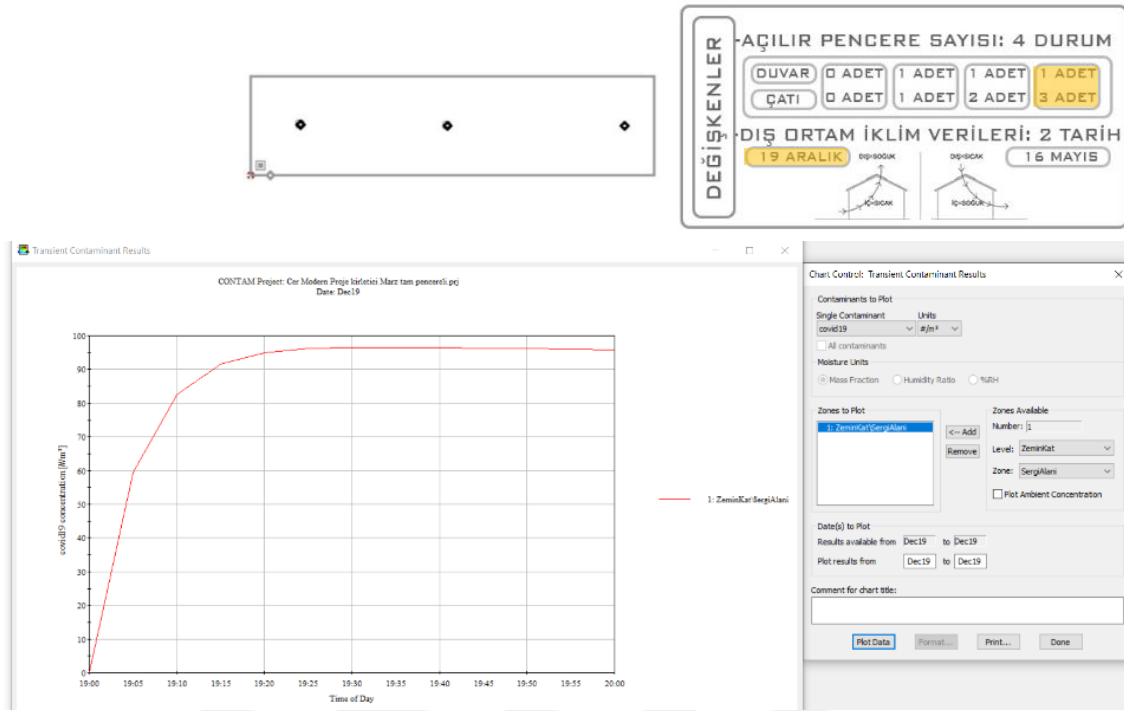
Çizelge 5.3’te görüldüğü üzere, doğal havalandırma yapılmayan mevcut durumdaki, doğal havalandırma sağlanan 19 Aralık tarihindeki ve doğal havalandırma sağlanan 16 Mayıs tarihindeki kirlilik seviyeleri karşılaştırıldığında; en yüksek kirlilik seviyesi doğal havalandırma olmayan mevcut durumda görülmüştür. En düşük kirlilik seviyesi ise 19 Aralık tarihinde elde edilmiştir.

Çizelge 5.3. Mevcut durum ve seçilen iki tarihin tam açıklıklı konsantrasyon seviyeleri

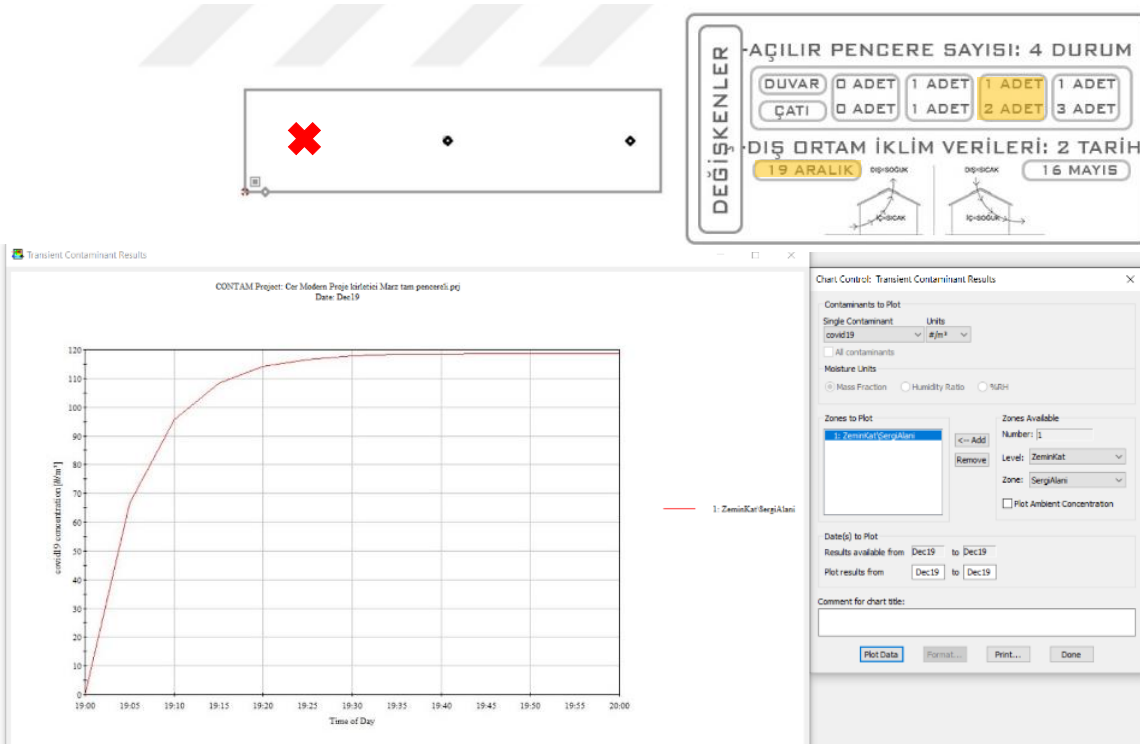


5.2. Farklı Açıklık Miktarları ile Sağlanan Doğal Hava Akışı Sonucu Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması

Bu kısımda farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenecektir. Önceki kısımda gösterildiği üzere; 19 Aralık tarihinde üç adet çatı penceresi ve bir adet duvar penceresi açık olan durumda elde edilen ve $95 \text{ \#/m}^3$ olan kirlilik seviyesi grafiği Şekil 5.8’de tekrar verilmiştir.



Şekil 5.8. 19 Aralık tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

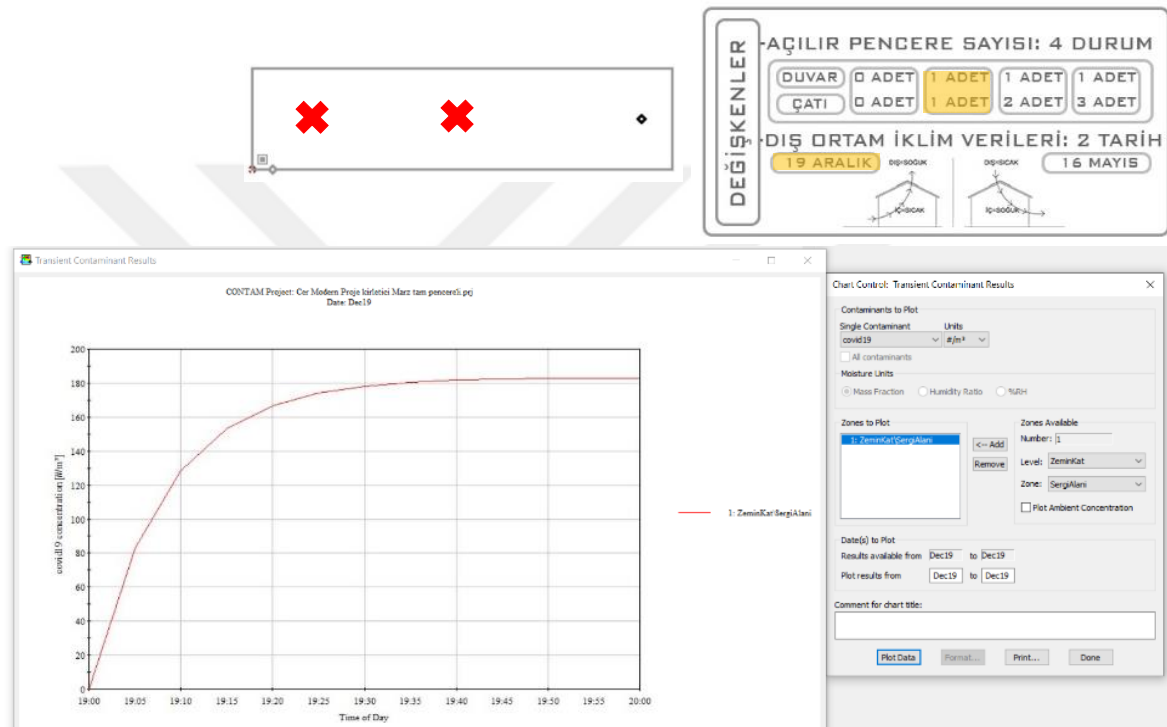


Şekil 5.9. 19 Aralık tarihinde üç açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

Diğer tüm koşullar aynı tutularak yalnızca çatıdaki pencere sayısı üçten ikiye düşürüldüğünde

19 Aralık tarihi için Şekil 5.9’da gösterilen grafik elde edilmiştir. Çatıda açılan pencere sayısı bir adet azaltıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonu 95 #/m^3 ’den 118 #/m^3 seviyesine çıkmıştır.

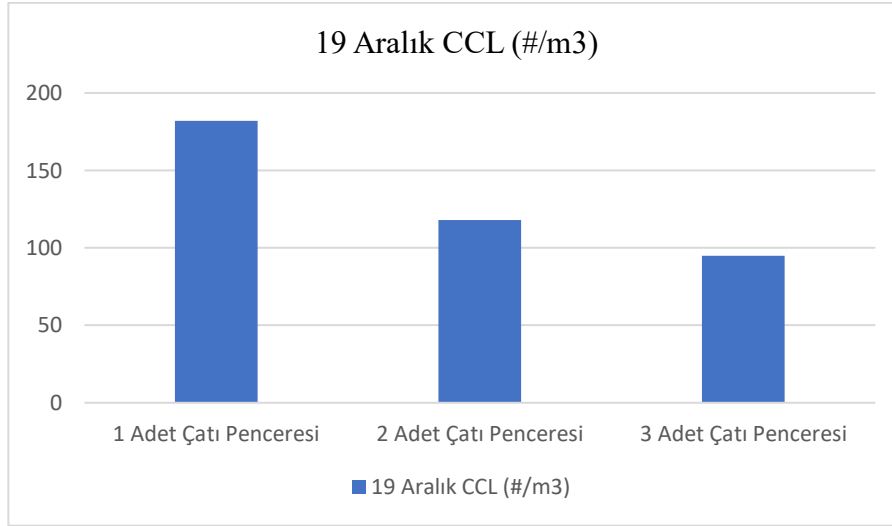
Daha sonra Şekil 5.10’da görüldüğü üzere; çatıda açılan pencere sayısı bir adet daha azaltılarak bire düşürülmüştür ve bir adet çatı penceresi bir adet duvar penceresi açık olan durumda, ortamdaki virüs konsantrasyonu 182 #/m^3 seviyesine çıkmıştır.



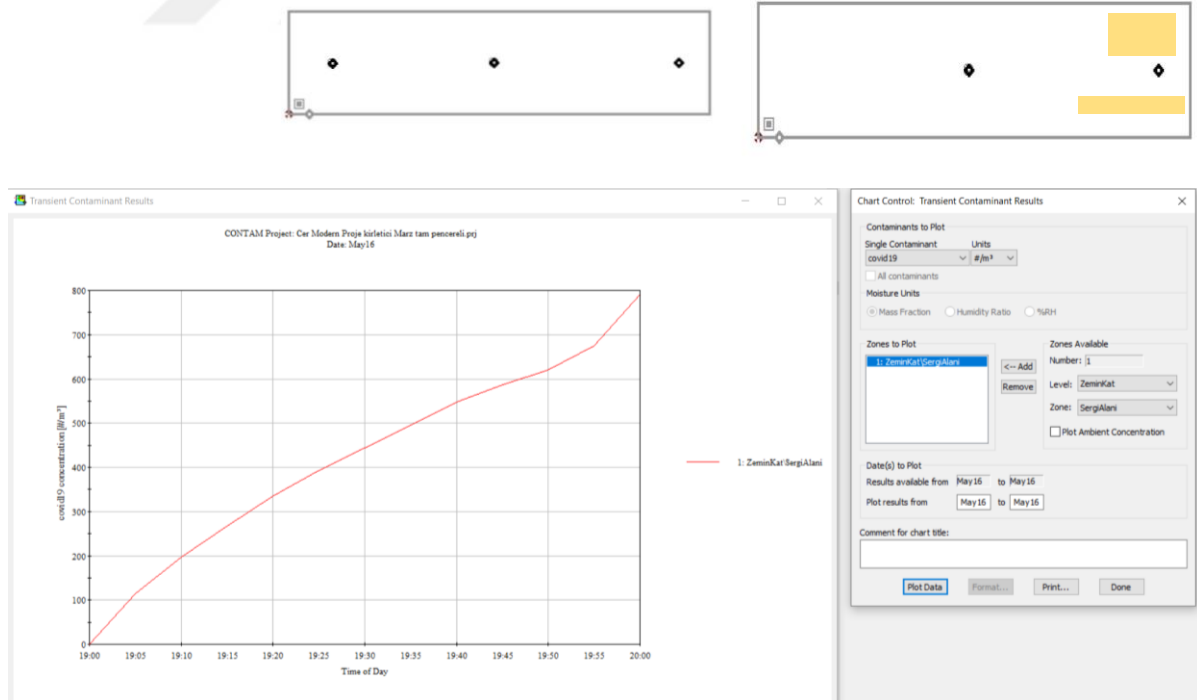
Şekil 5.10. 19 Aralık tarihinde iki açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesinde 19 Aralık tarihi için elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. 19 Aralık tarihindeki farklı açıklık miktarlarına göre ortamdaki konsantrasyon seviyeleri

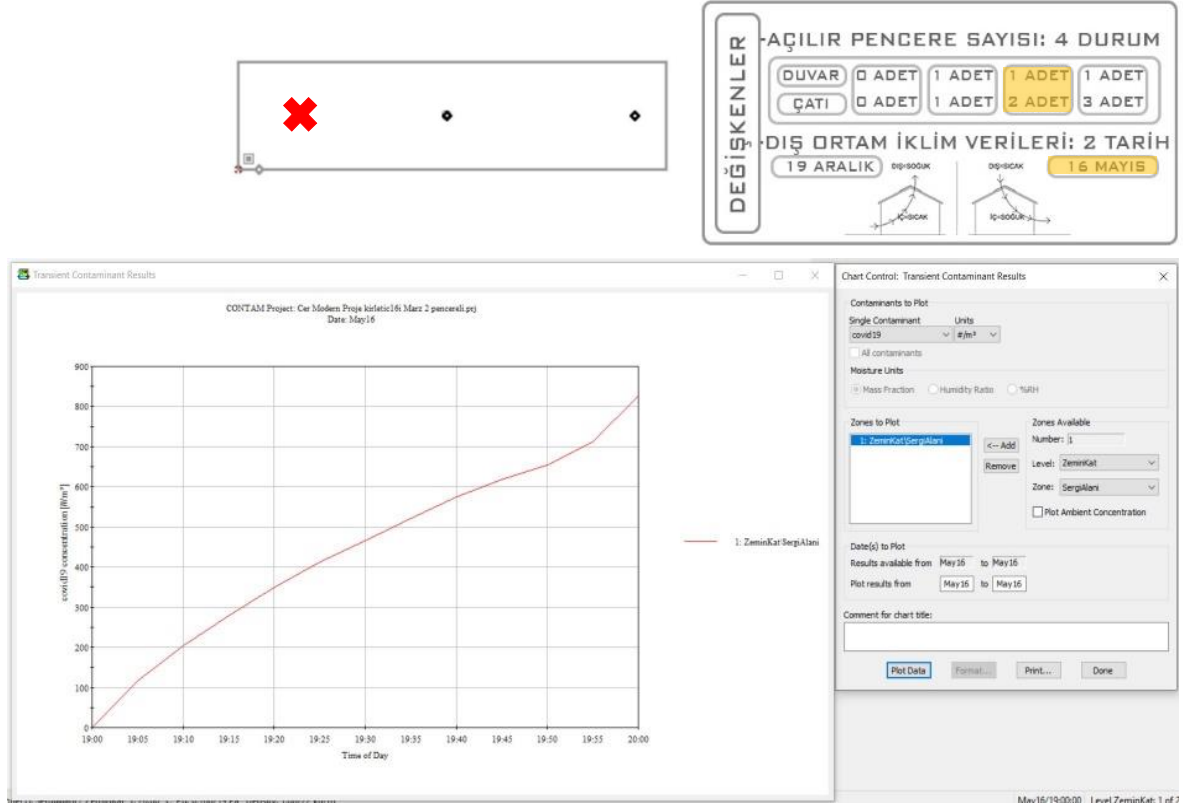


Önceki kısımda gösterildiği üzere; 16 Mayıs tarihinde üç adet çatı penceresi ve bir adet duvar penceresi açık olan durumda elde edilen ve $780 \text{ \#/m}^3$ olan kirlilik seviyesi grafiği Şekil 5.11’de tekrar verilmiştir.



Şekil 5.11. 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

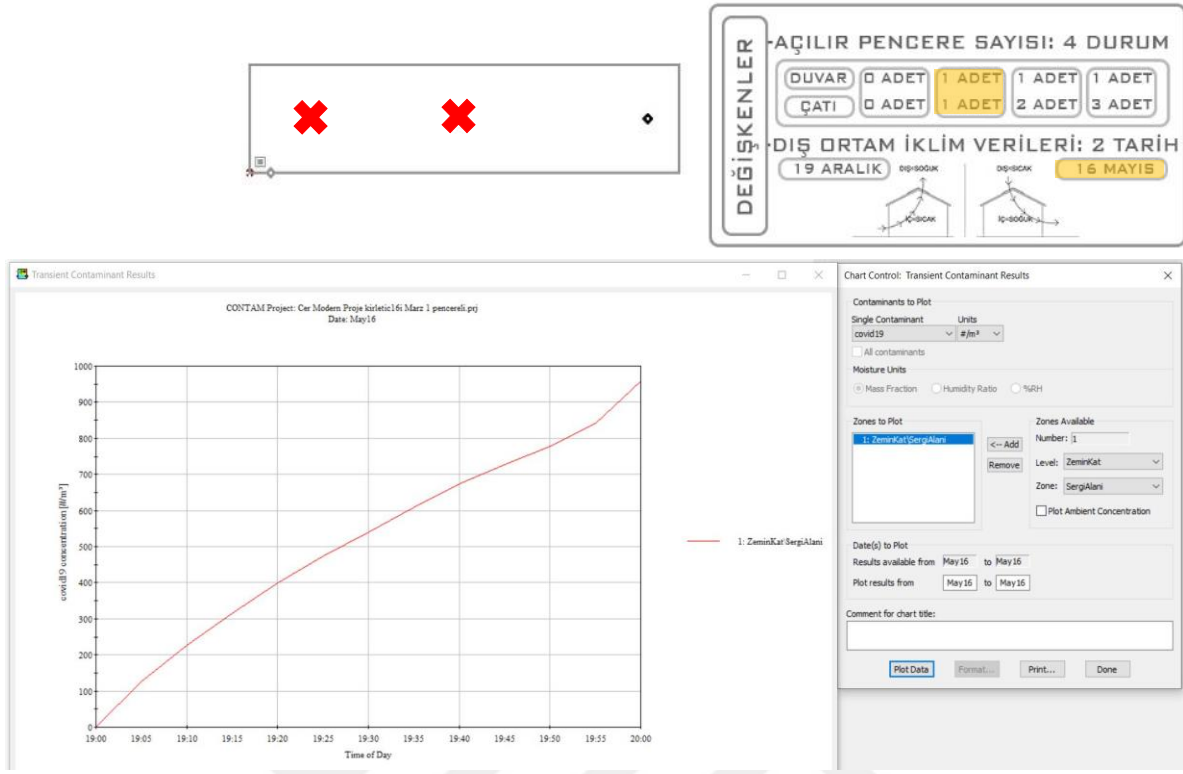
Diğer tüm koşullar aynı tutularak yalnızca çatıdaki pencere sayısı üçten ikiye düşürüldüğünde 16 Mayıs tarihi için Şekil 5.12’de gösterilen grafik elde edilmiştir. Çatıda açılan pencere sayısı bir adet azaltıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonu 780 #/m^3 ’den 825 #/m^3 seviyesine çıkmıştır.



Şekil 5.12. 16 Mayıs tarihinde üç açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

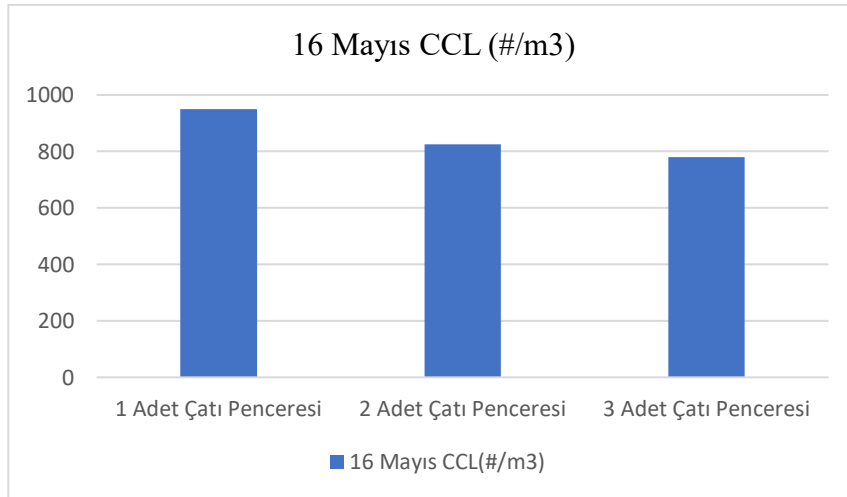
Daha sonra Şekil 5.13’de görüldüğü üzere; çatıda açılan pencere sayısı bir adet daha azaltılarak bire düşürülmüştür ve bir adet çatı penceresi bir adet duvar penceresi açık olan durumda, ortamdaki virüs konsantrasyonu 950 #/m^3 seviyesine çıkmıştır.

Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesinde 16 Mayıs tarihi için elde edilen sonuçlar Çizelge 5.5’te gösterilmiştir.



Şekil 5.13. 16 Mayıs tarihinde iki açıklık aktif durumda iken oluşan doğal hava akışı ile elde edilen kirlilik konsantrasyonu

Çizelge 5.5. 16 Mayıs tarihindeki farklı açıklık miktarlarına göre ortamdaki konsantrasyon seviyeleri



Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesi sonucunda, doğal hava akışı sağlanan açıklık miktarının ortamdaki kirlilik konsantrasyonunu düşürmede doğrudan etkisi olduğu görülmüştür. Açıklık sayısı azaldıkça ortamdaki kirlilik seviyesi artışa geçmektedir.

Aynı zamanda iki farklı tarihteki kirlilik konsantrasyon seviyelerindeki değişim eğrilerinin farkı görölmektedir. 19 Aralık tarihinde pencere sayısı arttırıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonundaki düşüş dramatiktir. 16 Mayıs tarihinde pencere sayısı arttırıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonundaki düşüş ise daha dengelidir. Doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesinde, söz konusu tarihteki hava durumu verilerinin ve bunların etkisi ile ortamda oluşan hava akışının farkları ve önemi görölmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, tüm dünyayı kapsayan bir salgına karşı mücadele verilmektedir. İçinde bulunduğumuz ortam insan sağlığı başta olmak üzere; ekonomi, iş hayatı, eğitim, sosyal hayat gibi tüm alanları derinden etkilemekte ve değiştirmektedir. İnsanların yaşam biçimleriyle sıkı sıkıya ilişkili olan mimarlık ve yapıları çevrenin de bu değişimden etkilenmesi kaçınılmazdır.

İçinde bulunduğumuz salgına neden olan virüs evrim geçirerek var olmaya devam etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü genel direktörü mikrobiyolog Tedros Adhanom, Omicron varyantının da son olmayacağını ve virüsün evrim geçirmeye devam edeceğini bildirmiştir. Sürecin belirsizliği ve devam edeceği öngörüsü, yaşadığımız çevrede önlemler alınmasını zorunlu hale getirmiştir.

Salgınlara karşı alınabilecek yapı bazındaki önlemleri anlamak adına, hastalığın özellikleri ve bulaşma biçimlerinin incelenmesi gerekmektedir. COVID-19'un bulaşma dinamikleri incelendiğinde; hava yolu ve doğrudan/dolaylı temas ile bulaştığı görülmüştür. Hava yolu ve damlacık iletimi ile bulaşma COVID-19'un yayılmasının birincil yoludur. Bu nedenle iç mekanlardaki hava değişiminin virüs yayılımını azaltabilecek en önemli kriter olduğu görülmüştür. İç mekan hava kaynaklı enfeksiyon maruziyetini azaltmanın en etkili yolu 'doğal havalandırma' olarak tanımlanmaktadır.

Bununla birlikte, binalarda enfeksiyon yayılımını önlemek ve iç mekan hava kalitesini iyileştirmek için yapılacak doğal havalandırma sistemleri bir çok farklı parametre içermektedir. Yapıdaki açıklık konfigürasyonu, açıklık oranı, yerel iklim verileri her yapının kendine özgüdür ve bu değişkenlerin tamamını birlikte düşünüp değerlendirebilmek için simülasyon araçları kullanımı gerekliliği söz konusudur.

Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında iç mekan hava kirliliğine doğal hava akışının etkileri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar doğrultusunda; iç mekan kirlenme simülasyonları için izlenecek yöntemlerin adımları anlatılmıştır. Böylece araştırmacı ve tasarımcılar, salgın döneminde virüs yayılımını azaltmaya yönelik bina bazında alınabilecek önlemleri düşünmeye teşvik edilerek mevcut yapılarda yapılabilecek doğal havalandırma düzenlemesine yönelik bir yöntem sunulması sağlanmaktadır.

Pandemiden en çok etkilenen durumlardan birisi de insan psikolojisidir ve insanların sosyalleşme ihtiyacını en çok karşılayan yerler kamusal kapalı alanlardır. Salgın sürecinde sinema, tiyatro salonları faaliyetini durdurmuş; sergiler, konserler, etkinlikler iptal edilmiştir. Salgının yayılımını azaltmaya yönelik çözümler aranan bu çalışmada, bir sanat yapısının ele alınmasına karar verilmiştir. Ankara'daki sanat mekanlarından, kentlinin belleğinde yer etmiş olan ve yakın geçmişte dönüştürülüp yeniden işlevlendirilerek bir sanat yapısı haline getirilen endüstriyel arkeoloji mirası Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışılmıştır.

Cer Modern; dört adet hangar yapısı ve bir adet yeni ek binadan oluşmaktadır. C, D, E ve F isimli hangarlar restorasyon sonrası Galerî 1(F), Galerî 2(E), Galerî 3(D) ve Galerî 4(C) olarak adlandırılmıştır. Galerî 1(F), Galerî 2(E) ve Galerî 3(D) mekanları ayrıık değil iç içe geçmiş durumdadırlar. Bu nedenle çalışma alanı olarak, bütüncül bir alana sahip olması açısından C hangarı yeni ismiyle Galerî 4 kısmı seçilmiştir. Galerî 4 çoğunlukla iki kısma ayrılmış olarak kullanılır durumdadır. Çalışmada Galerî 4'ün ön avluya bakan kısmı ele alınmıştır.

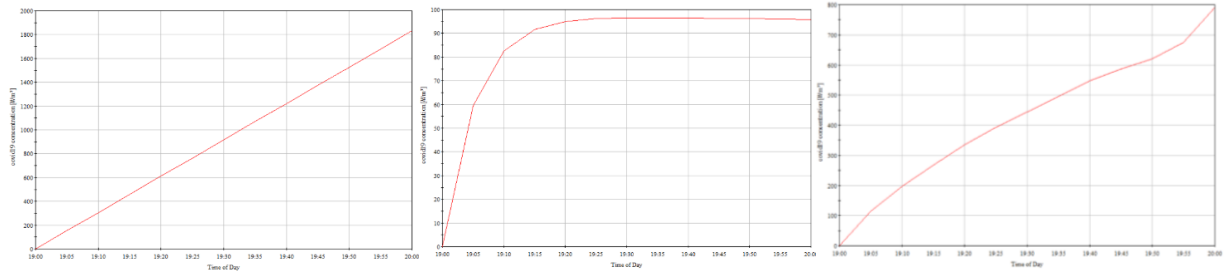
Yapının teknik incelemesi yapıldığında; yapının bir endüstriyel arkeoloji mirası olduğu göz önünde bulundurularak, yapının kendine özgü nitelikleri ve mimarisine sadık kalacak şekilde düzenlemeler düşünülmüştür. Sabit olan ve açılmayan çatı pencerelerinden seçilen 3 tanesinin açılabilen sistemlere dönüştürülerek doğal havalandırma sağlanabileceği planlanmıştır. Doğal havalandırma için bir hava akışı gerekmektedir ve çatı pencereleri yeterli olmayacaktır. Pano odası olarak bölümlenen kısımda bulunan pencere açılır hale getirilerek yapıya boşluk açma müdahalesi olmadan hava akışı oluşturulmuştur. Yapıda oluşturulmak istenen doğal havalandırma için çatı pencerelerinden; başta, ortada ve sonda olmak üzere 3 tanesi seçilmiştir. Bu pencerelerin açılma kapanma mekanizmaları kinetik sistemler kullanılarak tasarlanmıştır. Yapıda sergi işlevi gören mekanın duvar pencerelerinden içeriye doğal ışık girmesi istenmemektedir. Hangar tipolojisindeki yapıda tek havalandırma şansı çatıda bulunan ve mevcut durumda açılmayan ışıklıklardır. Bu ışıklık pencerelerinin insan erişimi ile açılma kapanması kontrolü söz konusu değildir. Bu durumda, bilgisayar kontrollü bir kinetik sistem tasarımı uygun görülmüştür. Tasarlanacak olan kinetik sistemin çift kabuk mantığında olmasına karar verilmiştir. Böylelikle hem doğal hava hem de gün ışığı kontrolü sağlanabilecektir.

Galeri 4'te yapılan etkinlikler hakkında Cer Modern yetkililerinden bilgi alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda; yapının kullanımının en yoğun olduğu saatlerin iş çıkışı saatlerine denk gelen 19:00-20:00 saatleri olduğu öğrenilmiştir. Bu saatlerde kullanıcı sayısının aynı anda 200 kişiye kadar çıkması söz konusudur. Çalışmada; belirlenen tarih ve saat aralıkları içinde sergi mekanında bulunan 200 ziyaretçinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılmıştır. ICCROM'un belirlediği ideal değerler doğrultusunda iç mekan sıcaklığı 20°C olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada kapsamında iç ortam hava kirliliği hesaplarında yalnızca COVID-19 virüs partikül kirliliği ele alınmıştır; CO₂, SO₂ vb. kirlilikler göz önünde bulundurulmamıştır. Kirlilik hesaplarında COVID-19 virüsüne ait parçacık özellikleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında farklı hava hareketlerinin ortamdaki kirlilik üzerine etkisi karşılaştırılmak istenmiştir. İç mekan sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki ilişki hava hareketini değiştirmektedir. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından fazla ise iç hava yükselmektedir. Bu durumda dışarıdaki hava alt kotlardan yapı içine girmekte ve üst kotlardaki açıklıklardan çıkmaktadır. Bu duruma 'baca etkisi' denilmektedir ve bu etki 'ısıyan hava yükselir' ilkesine dayanmaktadır. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından düşük ise akım ters yönde oluşmaktadır. Proje alanının yıllık sıcaklık rüzgar verileri dosyası incelenerek; açıklanan iki duruma birer örnek teşkil edecek nitelikte sıcaklık değerleri olan iki tarih, 19 Aralık ve 16 Mayıs seçilmiştir.

Çalışmada CONTAM programı kullanılarak kirlilik simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte; proje alanı ve detay çizimleri için Autocad, 3D görselleştirme çalışmaları için Rhinoceros programı kullanılarak yapı modellenmiştir.

İç mekanda enfeksiyon yayılımını engellemeye yönelik doğal havalandırma tasarımında kinetik sistemler kullanılmasını amaçlayan bu çalışmada, ilk olarak doğal havalandırma olmayan mevcut durum ile doğal hava akışı sağlanan durumların kirlilik seviyelerinin karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.1'de görüldüğü üzere, varsayılan durum için kirlilik konsantrasyonu 1850 #/m³ seviyesindedir. Dışarıdan hava akışı gelmediği ve ortam sıcaklığı kabul edilen değerde sabit tutulduğu için, seçilen iki farklı tarihe göre yapılan simülasyonlarda aynı miktarda kirlilik konsantrasyonu elde edilmiştir. Daha sonra, dışarıdan doğal hava akışı sağlandığı ve dört



Şekil 6.1. Doğal hava akışı olmayan durum ve olan durumların (19 Aralık-16 Mayıs) kirlilik seviyeleri

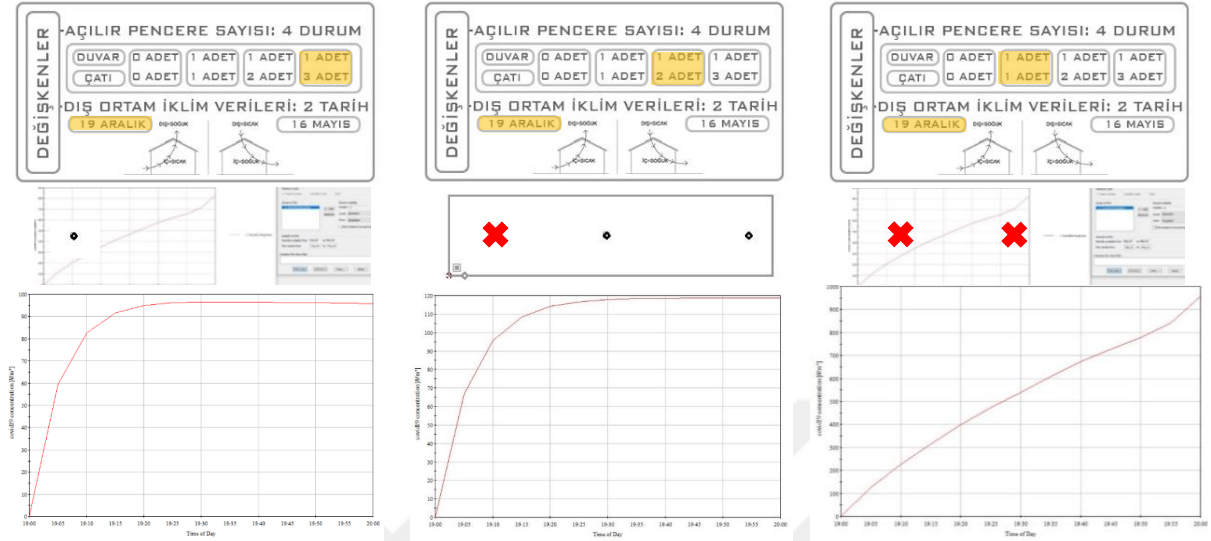
açıklığın da aktif olduğu durumun 19 Aralık tarihindeki kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Bu durum için kirlilik konsantrasyonu 95 #/m^3 seviyesinde olduğu görülmüştür. Seçilen diğer tarih olan 16 Mayıs tarihinde dört açıklık aktif iken elde edilen kirlilik konsantrasyonu 780 #/m^3 seviyesinde çıkmıştır.

Burada görüldüğü üzere, bir ortamda doğal hava akışı sağlamanın yanı sıra bu hava akışının ne yönde sağlandığının önemi vurgulanmaktadır. İç mekanın hava sıcaklığı dış ortamın sıcaklığından fazla olduğu 19 Aralık durumunda iç hava yükselmektedir. Böylece dışarıdaki hava alt kotlardan yapı içine girmekte ve üst kotlardaki açıklıklardan çıkmaktadır. ‘Isınan hava yükselir’ ilkesine dayanan ve ‘baca etkisi’ denilen bu durumda en düşük kirlilik konsantrasyonu elde edilmiştir.

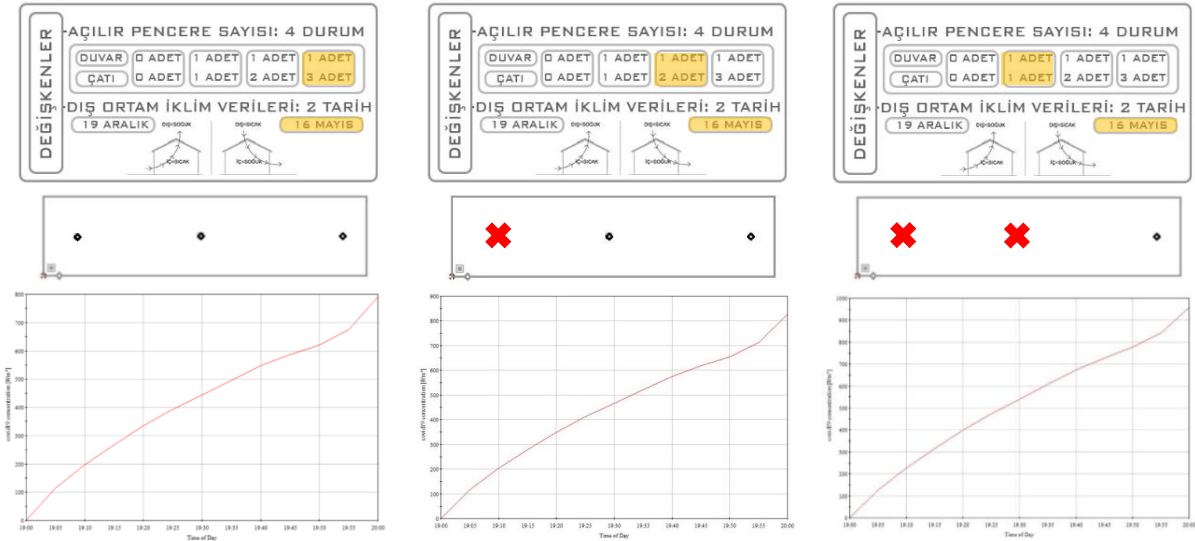
Daha sonra, pencere açıklık miktarının toplam kirlilik seviyesine olan etkisi incelenmiştir. Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesinde diğer tüm girdiler aynı tutularak, çatıdaki pencere sayıları azaltılmıştır.

Şekil 6.2’de görüldüğü üzere; kabul edilen veriler doğrultusunda, 19 Aralık tarihi için iç mekan sıcaklığı sabit olarak 20°C ’ye ayarlanmıştır. Sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu ve hepsinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılan durum için; ilk olarak dışarıdan doğal hava akışı sağlaması tasarlanan dört açıklığın da aktif olduğu mevcut durumun kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Elde edilen kirlilik konsantrasyonu 95 #/m^3 seviyesinde çıkmıştır. Daha sonra aynı tarih ve koşullar için tüm veriler aynı tutularak yalnızca çatıda açılan pencere sayısı bir adet azaltılmıştır ve kirlilik konsantrasyonunun 118 #/m^3 seviyesine çıktığı görülmüştür.

Son olarak yine aynı tarih ve koşullar için tüm veriler aynı tutularak çatıda açılan pencere sayısı iki adet azaltıldığında kirlilik konsantrasyonu $182 \text{ \#/m}^3$ seviyesine yükselmiştir.



Şekil 6.2. Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışı sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması

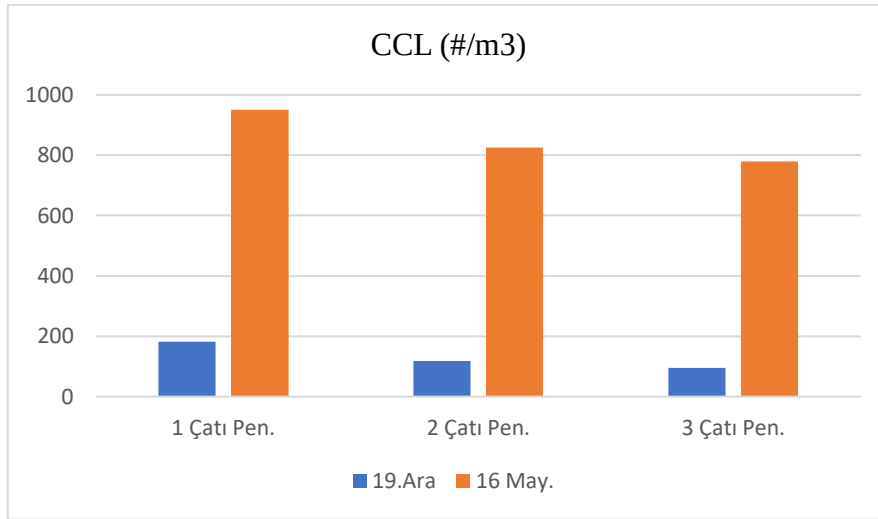


Şekil 6.3. Farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışı sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması

Şekil 6.3’de görüldüğü üzere; kabul edilen veriler doğrultusunda, 16 Mayıs tarihi için iç mekan sıcaklığı sabit olarak 20°C ’ye ayarlanmıştır. Sergi alanında 200 ziyaretçi olduğu ve hepsinin COVID-19 virüsü ürettiği varsayılan durum için; ilk olarak dışarıdan doğal hava akışı

sağlaması tasarlanan dört açıklığın da aktif olduğu mevcut durumun kirlilik hesaplaması yapılmıştır. Elde edilen kirlilik konsantrasyonu $780 \text{ \#/m}^3$ seviyesinde çıkmıştır. Daha sonra aynı tarih ve koşullar için tüm veriler aynı tutularak yalnızca çatıda açılan pencere sayısı bir adet azaltılmıştır ve kirlilik konsantrasyonunun $825 \text{ \#/m}^3$ seviyesine çıktığı görülmüştür. Son olarak yine aynı tarih ve koşullar için tüm veriler aynı tutularak çatıda açılan pencere sayısı iki adet azaltıldığında kirlilik konsantrasyonu $950 \text{ \#/m}^3$ seviyesine yükselmiştir.

Çizelge 6.1. Farklı tarihlerdeki farklı açıklık miktarlarının ortamdaki konsantrasyon seviyesine etkileri



Çizelge 6.1’de görüldüğü üzere, farklı açıklık miktarları ile sağlanan doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesi sonucunda, doğal hava akışı sağlanan açıklık miktarının ortamdaki kirlilik konsantrasyonunu düşürmede doğrudan etkisi olduğu görülmüştür. Açıklık sayısı azaldıkça ortamdaki kirlilik seviyesi artışa geçmektedir. Aynı zamanda iki farklı tarihteki kirlilik konsantrasyon seviyelerindeki değişim eğrilerinin farkı görülmektedir. 19 Aralık tarihinde pencere sayısı arttırıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonundaki düşüş dramatiktir. 16 Mayıs tarihinde pencere sayısı arttırıldığında ortamdaki virüs konsantrasyonundaki düşüş ise daha dengelidir. Doğal hava akışının ortamdaki kirlilik seviyesine etkisinin incelenmesinde, söz konusu tarihteki hava durumu verilerinin ve bunların etkisi ile ortamda oluşan hava akışının farkları ve önemi görülmektedir.

Çalışmada iç mekan hava kalitesinin önemi üzerinde durulmuştur. Bir salgın hastalığın ele alındığı çalışmada, doğal havalandırmanın etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda kinetik sistemler incelenerek, bu sistemlerin yapılarda doğal havalandırma sağlamak amacıyla kullanımının ne kadar uygun olduğu göz önüne serilmiştir. Bu çalışma ile, hem mevcut binalar

hem de yeni tasarlanacak olan binalar için iç mekan hava kalitesi sağlamaya yönelik hava akışı ve kirlilik analizleri yapılabileceği ifade edilmiş ve yöntemi gösterilmiştir. Kullanılan programlar ve yöntemin aşamaları adım adım anlatılmıştır. Kabul edilen koşullar çerçevesinde yapılan bu çalışmalar sonucunda; ele alınan yapıda kinetik sistemler ile doğal hava akışı sağlanarak iç mekanda oluşabilecek kirlilik seviyesinin %95 oranına kadar azaltılabileceği görülmüştür.

6.1. Sonuçların Doğal Havalandırma ve Kullanılan Simülasyon Yöntemi Açısından Değerlendirilmesi

-Doğal havalandırma ile iç mekan virüs yayılımını azaltmaya yönelik yapılan bu çalışmada Covid-19 virüsü ele alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda Covid-19 virüsüne ait parçacık özellikleri bilgileri ve üretim oranı kullanılmıştır. Salgın durumunun devam ettiği, Covid-19 virüsünün sürekli olarak evrim geçirdiği ve farklı varyantlarının ortaya çıktığı bir gerçektir. Bu çalışma farklı araştırmalara dönüştürülmeye açık bir çalışmadır. Başka bir virüse ait parçacık özellikleri bilgileri ve üretim oranı kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilecektir.

-Çalışmada sergi alanında bulunduğu kabul edilen 200 kişinin tamamının maskesiz olduğu varsayılmıştır. Maske kullanımı söz konusu olduğunda ortamdaki virüsün üretim oranı değişecektir, bu da elde edilen toplam kirlilik konsantrasyonunu doğrudan etkileyecektir. Maske kullanımının etkileri üzerine yapılabilecek bir çalışmada bu veri göz önünde bulundurulabilir.

-Çalışma alanı şehir merkezinde ve yoğun kullanımlı bir bölgede bulunmaktadır. Çalışmada sağlanan doğal hava akışı hesaplamalarında dış ortamdan gelen havanın niteliği göz önünde bulundurulmamıştır. Gelecek araştırmalarda, bu tür doğal havalandırma hesaplarında dış ortam hava koşullarını da ele alan bir çalışma yapılabilir. Doğal havalandırma ile iç ortama sağlanan havanın kalitesini arttırmak açısından hesaplamalara filtreleme sistemlerini dahil etmek düşünülebilir.

-Çalışmada binada bir klima sisteminin de aktif olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Fakat mekanik havalandırma ile ilgili sayısal veriler hesaplamalara dahil edilmemiştir. Kullanılan simülasyon programı mekanik havalandırma hesapları ile ilgili destek sağlamaktadır. Gelecek

çalışmalar için hem doğal havalandırma hem de mekanik havalandırma verilerinin birlikte çalışılması söz konusu olabilir.

-Çalışmada, yapının bir sanat yapısı olduğu ve içinde bulunan eserlerin değişken sıcaklıklardan olumsuz etkileneceği gerçeği nedeniyle iç mekan sıcaklığı için sabit bir sıcaklık değeri kabul edilmiştir. Bununla birlikte, kullanılan simülasyon programı enerji hesapları yapamamaktadır. Farklı simülasyon programlarından enerji simülasyonları ile iç mekan sıcaklığı hesaplamaları için destek alınabilir. Oradan elde edilen sıcaklık verileri CONTAM programında kullanılabilir.

6.2. Sonuçların Cer Modern Yapısı ve Kinetik Sistem Önerisi Açısından Değerlendirilmesi

-Çalışmada Ankara'daki sanat mekanlarından, kentlinin belleğinde yer etmiş olan ve yakın geçmişte dönüştürülüp yeniden işlevlendirilerek bir sanat yapısı haline getirilen endüstriyel arkeoloji mirası Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışılmıştır. Tescilli bir yapı üzerinde çalışmış olmanın getirdiği olumlu olumsuz özellikler bulunmaktadır.

-Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışmanın olumlu yanları: Yapının tek katlı ve hangar tipolojisinde olması, tarihi çatı fenerlerinin bulunması ve çatı ile sergi alanının bütüncül olması arada kat döşemesinin olmaması. Böylece doğal havalandırma sağlamak adına mevcut çatı pencerelerinden yararlanılabilmektedir.

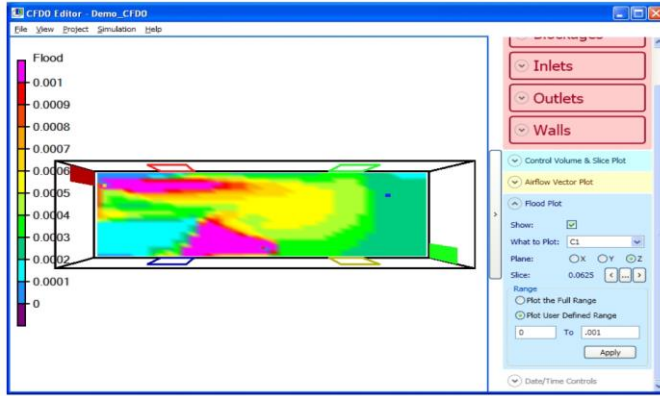
- Ankara Cer Modern yapısı üzerinde çalışmanın olumsuz yanları: Tescilli bir yapı olması, bu durumun yapının kendine özgü nitelikleri ve mimarisine sadık kalacak şekilde düzenlemeler yapılmasını gerektirmesi. Bu nedenle yalnızca mevcut çatı pencereleri ve sergi alanlarına dahil olmayan pano odasında bulunan pencere ile bir doğal havalandırma düşünülmüştür.

-Yapının tescilli bir yapı olması nedeniyle minimum müdahale doğrultusunda pencere ölçülerine sadık kalınması gerekliliği kinetik sistem önerisinde tasarımı sınırlandırmıştır. Mevcut açıklık ölçüleri ve konumları değiştirilmeden bir öneri sunulmuştur. Tescilli olmayan ya da yeni tasarlanan bir yapı üzerinde çalışma yapılacağında çok çeşitli havalandırma stratejileri düşünülebilir.

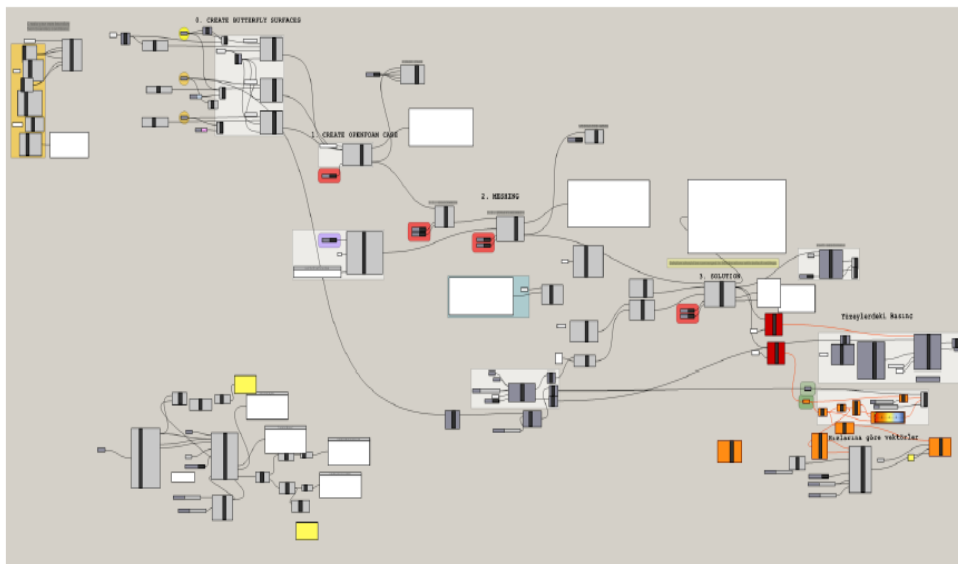
-Önerilen kinetik sistem için sensörler ile otomatik çalışma kurgusu önerilmiştir. Bu çalışmada kullanılan sensörlerin kullanıcı yoğunluğu algıladığı kabul edilmiştir. Farklı çalışmalar için, havadaki virüs yoğunluğunu algılayan sensörler kullanılması söz konusu olabilir. Bununla birlikte, kinetik sistem için sensörler ile otomatik çalışma değil bina yöneticileri tarafından uzaktan manuel kontrol sistemi de önerilebilir.

6.3. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler:

Bu çalışmada CONTAM program kullanılarak mekan içindeki toplam kirlilik seviyesi üzerinden analizler yapılmıştır. CONTAM programı ile birlikte CFD0 kullanılarak kirliliğin mekan içindeki dağılımını gösteren çalışmalar yapılabilir.



Şekil 6.4. CFD0 programı kullanım önerisi



Şekil 6.5. Grasshopper programında kodlama örneği

CONTAM program kirlilik analizleri yapabilmektedir fakat enerji hesapları yapamamaktadır. Aynı zamanda 2D çalışma ortamına sahiptir. 3D çalışma alanına sahip olan, esnek tasarımlara imkan veren ve enerji, rüzgar hesapları gibi çok çeşitli analizlerin bir arada yapılabilirdiği Rhino Grasshopper programında ise kirlilik analizi için açık erişimli bir eklenti bulunmamaktadır. Kirlilik simülasyonları 3D ortamlarla birleştirilememiştir. Kirlilik analizleri için Grasshopper gi bi 3D çalışma ortamına sahip programlar için açık erişimli bir eklenti/kod yazılabilir.



KAYNAKLAR

- Abbas, G. M., and Dino, I. G. (2021). The impact of natural ventilation on airborne biocontaminants: a study on COVID-19 dispersion in an open office. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(4), 1609-1641.
- Abidi, A. M. Z., and Irshad, Q. (2020). Impact Of Covid-19 On Architecture Profession. *An International Bi-Lingual Research Journal*(10), 214-223.
- Afzali, N., Hamzehloo, S., Moradi, L., Jamshidi, M., Nasri, M., Nourani, M., Nikpour, S., Koosheshgaran, A. A., Fatourech, S. A., and Gery, S. N. (2016). *Kinetic, an Innovative Approach in Contemporary Architecture*. 5th International conference on Modern Research in Civil Engineering, Architectural & Urban Development, Singapore, 182-195.
- Allen, C. (1991). The Toronto SkyDome, Canada. *Structural Engineering International*, 1(4), 6-8.
- Alraouf, A. A. (2021). The new normal or the forgotten normal: contesting COVID-19 impact on contemporary architecture and urbanism. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*(15), 167-188.
- Arıkan, T., ve Eşkici, B. (2019). Müze İç Mekân Koşullarının Tespiti ve Ahşap Eserler Üzerindeki Bozulmalara Etkisi: Ayasofya Hünkâr Mahfili Ahşap Şebekeleri Örneği. *Sanat ve Tasarım Dergisi*(24), 69-93.
- Asefi, M. (2012). Transformation and movement in architecture: the marriage among art, engineering and technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 51, 1005-1010.
- ASHRAE. (2010). Standard 55-2010, Thermal environmental conditions for human occupancy. *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*.
- Atagök, T. (2000). Sanayi Mekanlarından Sanat Mekanlarına. *Mimarlık Dergisi*(292), 9-14.
- Aydın, H., ve Timurkan, M. Ö. (2020). SARS CoV-2 bulaşma ve replikasyon dinamiği. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 36(5), 17-22.
- Berdan, C. (2010). *Mimaride Hareketliliğin Farklı Süreçlerdeki Mekansal Etkileri Üzerine Bir Değerlendirme*. Yüksel Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bernardi, M., Bley, H., and Schmitt, B. (2002). *New approaches for developing mechatronical products in multidisciplinary teamwor*. The 35th CIRP-International Seminar on Manufacturing Systems, Seoul, Korea, 13-15.

- Blocken, B. (2015). Computational Fluid Dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations. *Building and Environment*, 91, 219-245.
- Blocken, B., Van Druenen, T., Van Hooff, T., Verstappen, P., Marchal, T., and Marr, L. C. (2020). Can indoor sports centers be allowed to re-open during the COVID-19 pandemic based on a certificate of equivalence? *Building and Environment*, 180, 107022.
- Casciati, F., Faravelli, L., and Fisher, D. (2011). *Some technical challenges in the design of rotating towers*. Proc. First Middle East Conference on Smart Monitoring Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, Dubai, UAE, 3-6,
- Chronis, A., Dubor, A., Cabay, E., and Roudsari, M. S. (2017). Integration of CFD in computational design. *Proceedings of eCAADe 2017*, 1(1), 601-610.
- Çınar, M. Ç., ve Yazıcı, Y. E. (2022). Kinetik Mimarlık Uygulamalarının Konut Mekanları Üzerinden Okunması. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 6(1), 27-44.
- Dols, W. S., and Polidoro, B. (2015). CONTAM user guide and program documentation: version 3.2.
- Dols, W. S., Polidoro, B., Poppendieck, D., and Emmerich, S. J. (2020). *A tool to model the Fate and Transport of Indoor Microbiological Aerosols (FaTIMA)*. Washington : ABD Ticaret Bakanlığı, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü.
- Ekmekçi, Ç. (2005). *Mimari yapılarda hareket çeşitlerinin incelenmesi ve hareketin mimari tasarımda kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elmokadem, A., Ekram, M., Waseef, A., and Nashaat, B. (2018). Kinetic architecture: Concepts, History and applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(4), 750-758.
- Emmanuel, U., Osondu, E. D., and Kalu, K. C. (2020). Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: towards curbing the spread of Covid-19. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(1), 1699-1707.
- Fezi, B. A. (2020). Health engaged architecture in the context of COVID-19. *Journal of Green Building*, 15(2), 185-212.
- Gantes, C. J. (2001). *Deployable structures: analysis and design*. Southampton: Wit Press, 384
- Guedes, M. C. (2013). Sustainable Architecture in Africa, *Sustainability, Energy and Architecture*, 16(5), 421-503.

- Hendrawati, D. (2021). Natural Ventilation Performance for Schools During a Pandemic and the Post-Pandemic COVID 19. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 5(2), 55-62.
- Hertel, H. (1966). *Structure, form, movement*. Washington: Reinhold Publishing Co, 251.
- Ibrahim, J. A., and Alibaba, H. Z. (2019). Kinetic Facade as a Tool for Energy Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 7(4), 1-7.
- İlerisoy, Z. Y., ve Başeğmez, M. P. (2018). Conceptual Research of Movement in Kinetic Architecture. *Gazi University Journal of Science*, 31(2), 342-352.
- İnan, N. (2014). *Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanımı*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İnternet: Le Corbusier, Five Points Of Architecture, URL-1: <https://www.behance.net/gallery/32737353/Five-Points-of-Architecture>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Yer altı şehirlerinde bulunan katları birbirinden ayıran gözetleme delikli sürgü taşları, URL-2: <https://www.kaymakli.bel.tr/kentrehberidetay/1614276178529#gallery-1>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Lilypad projesi, URL-3: <https://inhabitat.com/lilypad-floating-cities-in-the-age-of-global-warming/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: 1967 Expo Alman Pavyonu / Frei Otto&Rolf Gutbord, URL-4: <https://www.archdaily.com/887462/tensile-structures-how-do-they-work-and-what-are-the-different-types>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Chuck Hobarman'ın strüktür örnekleri, URL-5: <http://hoberman.com/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Dinamik Kule-David Fisher, URL-6: <https://www.dynamic-architecture.net/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Sliding House, URL-7: <https://inhabitat.com/residence-sliding-house-drmr/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Villa Girasole, URL-8: <https://hiddenarchitecture.net/villa-girasole/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Civic Arena, URL-9: <https://historicpittsburgh.org/islandora/object/pitt:MSP285.B001.F17.I04>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: S. Calatrava Ernsting Warehouse, URL-10: <https://calatrava.com/projects/ernstings-warehouse-coesfeld.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

- İnternet: Ernsting Warehouse, URL-11:
<https://archinect.com/features/article/150061865/from%20the%20ground%20up%20santiago%20calatrava>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Arab World Institute Building, URL-12: <https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: SkyDome, URL-13: <https://structurae.net/en/structures/skydome>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Kuwait Pavilion, URL-14: <https://www.alamy.com/expo-1992-seville-spain-kuwait-pavilion-architect-santiago-calatrava-image200580.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Kuwait Pavilion, URL-15: <https://calatrava.com/projects/kuwait-pavilion-sevilla.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Gucklhupf, URL-16: <http://architectuul.com/architecture/gucklhupf>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Gucklhupf, URL-17:
http://architectuul.com/architecture/view_image/gucklhupf/4216, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Pfalzweiler Acil Servis Merkezi, URL-18:
<https://calatrava.com/projects/emergency-services-centre-sankt-gallen.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Quadracci Pavilion, URL-19: <https://mam.org/info/details/quadracci.php>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Quadracci Pavilion, URL-20: <https://calatrava.com/projects/milwaukee-art-museum.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Suite Vollard Binası, URL-21: <http://techworthinfo.blogspot.com/2013/07/suite-vollard-spinning-building.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Water Villa, URL-22: <https://www.ahh.nl/index.php/en/projects2/14-woningbouw/68-watervilla-middelburg>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Leaf Chapel, URL-23: <https://architizer.com/projects/leaf-chapel/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Magnolia Stadium, URL-24: http://www.mimarizm.com/makale/magnolia-stadium-sangay-cin-mitsuru-senda_113432, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Keifer Technic Showroom, URL-25: <https://www.archdaily.com/89270/keifer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-partner>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Sliding House, URL-26: <http://drmm.co.uk/projects/view.php?p=sliding-house>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Sliding House, URL-27: <https://inhabitat.com/residence-sliding-house-drmm/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Matharoo Associates House, URL-28: https://www.archdaily.com/791361/moving-landscapes-matharoo-associates/57870053e58ece8acc0001ce-moving-landscapes-matharoo-associates-plan-elevation?next_project=no, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Al Bahar Towers, URL-29: <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Sharifi-Ha House, URL-30: <https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: SDU Campus Kolding, URL-31: <https://www.arch2o.com/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: La Seine Musicale, URL-32: https://en.wikipedia.org/wiki/La_Seine_Musicale, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: La Seine Musicale, URL-33: <https://www.archdaily.com/874535/la-seine-musicale-shigeru-ban-architects/59521ecbb22e3898a7000c83-la-seine-musicale-shigeru-ban-architects-image>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Quadrant House, URL-34: <https://www.archdaily.com/917957/quadrant-house-kwk-promes>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Quadrant House, URL-35: https://images.adsttc.com/media/images/5cec/bc45/284d/d1e7/0300/0041/slideshow/03_first_floor_plan.jpg?1559018556, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: The Shed, URL-36: <https://www.arkitektuel.com/the-shed/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: New San Diego Children's Museum ve doğal havalandırma sistemi. URL-37: https://www.solaripedia.com/13/354/4640/san_diego_childrens_museum_evening.html, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: San Fransisco Federal Binası, URL-38: <https://www.arup.com/projects/san-francisco-federal-building>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

İnternet: Cer Modern vaziyet planı ve kat planları, URL-39: <https://www.archnet.org/sites/7130>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023

- İnternet: Uygur Mimarlık, URL-40: <https://www.uygurarchitects.com/site/en/projects/cermodern.html>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Manitoba Hydro Place, URL-41: <https://www.archdaily.com/44596/manitoba-hydro-kpmb-architects>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: CONTAM programının özellikleri, URL-42: <https://www.nist.gov/services-resources/software/contam>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Alüminyum Montaj Rayları, URL-43: <https://onka.com.tr/mg-tip-delikli-aluminyum-din-montaj-raylari-30cm>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Mentşeli Sistemler, URL-44: <https://amanosystem.com/products/hinged-systems/fat-70/>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: PVC Pencerelede Camın Önemi ve Cam Çeşitleri, URL-45: <https://www.firatpen.com.tr/pvc-pencerelerde-camin-onemi-ve-cam-cesitleri>, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: CONTAM Programı, URL-46: www.aired.kr, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- İnternet: Grasshopper Araçları, URL-47: www.ladybug.tools, Son Erişim Tarihi: 11.12.2023
- Jin, Z., Du, X., Xu, Y., Deng, Y., Liu, M., Zhao, Y., Zhang, B., Li, X., Zhang, L., and Peng, C. (2020). Structure of Mpro from SARS-CoV-2 and discovery of its inhibitors. *Nature*, 582(7811), 289-293.
- Kasaboğlu, E. (2016). *Kinetik Mimarlık Kavramlarının Örneklerle İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Kavraz, M. (2018). Colosseum. *International Journal of Social And Humanities Sciences*, 2(1), 11-22.
- Kavukçu, E. (2016). Ütopya ve Sanat. *Sanat Dergisi*(27), 29-37.
- Kocalar, A. C. (2018). Arkeolojik Yeraltı Yerleşmeleri ve Koruma Sorunları: Nevşehir Yeraltı Şehirleri (Derinkuyu, Kaymaklı). *Journal of Awareness*, 3(3), 25-46.
- Korkmaz, K. (2001). Kinetik bir mimarlığa doğru. *Ege Mimarlık*,(37), 8-11.
- Korkmaz, K. (2009). Kinetik Mimarlık Üzerine. *Arredamento Mimarlık*,(3), 64-69.
- Kutlu, İ., ve Ergün, R. (2022). Sanatsal Düşüncelerin Yapı Tasarımlarına Yansımasının Karşılaştırmalı Analizi:Tatlin Kulesi ve Einstein Kulesi. *Sosyal Bilimsel Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 170-186.

- Lang, R. J. (2004). Origami: Complexity in creases (again). *Engineering and Science*, 67(1), 5-19.
- Leung, N. H., Chu, D. K., Shiu, E. Y., Chan, K.-H., McDevitt, J. J., Hau, B. J., Yen, H.-L., Li, Y., Ip, D. K., and Peiris, J. (2020). Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nature medicine*, 26(5), 676-680.
- Loonen, R. (2010). *Overview of 100 climate adaptive building shells*. Yüksek Lisans Tezi, Eindhoven Teknoloji Üniversitesi, Eindhoven.
- Maden, F. (2019). The architecture of movement: transformable structures and spaces. *Proceedings of 6th International Congress on Livable Environments & Architecture*, Trabzon, Türkiye 551-567,
- Megahed, N. A. (2017). Understanding kinetic architecture: typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(2), 130-146.
- Megahed, N. A., and Ghoneim, E. M. (2020). Antivirus-built environment: Lessons learned from Covid-19 pandemic. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102350.
- Megahed, N. A., and Ghoneim, E. M. (2021). Indoor Air Quality: Rethinking rules of building design strategies in post-pandemic architecture. *Environmental Research*, 193, 110471.
- Mulder, H. (2020). Villa Girasole-A Filter for Movement in Building Cognition. *Proceedings of the 25th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*, 2, 143-152.
- Qian, H., Li, Y., Seto, W., Ching, P., Ching, W., and Sun, H. (2010). Natural ventilation for reducing airborne infection in hospitals. *Building and Environment*, 45(3), 559-565.
- Ren, J., Wang, Y., Liu, Q., and Liu, Y. (2021). Numerical Study of Three Ventilation Strategies in a prefabricated COVID-19 inpatient ward. *Building and Environment*, 188, 107467.
- Sarıcıoğlu, P. (2017). *'Konut Tipolojisiinde Kabuk Dışı Kinetik Bina Elemanlarının Kullanımının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 122-169.
- Selwyn, N. (2008). *A Circus of Ideas: Revisiting Archigram's Visions for Education and Architecture in the Information Age*. Londra: London Knowledge Lab, 28.
- Seren, R. (2017). *Tarihi Endüstri Yapılarının Sanat Mekanlarına Dönüşümü ve Mekansal Müdahaleler: Ankara Cer Modern Örneği*. Yüksek Lisans Tezi Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara.

- Sezer, S. (2013). *Endüstri yapılarının yeniden işlevlendirilme sürecinde aydınlatma tasarımı: Ankara Cer Modern örneği*. Yüksek Lisans Tezi,, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Siegal, J. (2002). *Mobile: the art of portable architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 14-16.
- Somboonwit, N., Boontore, A., and Rugwongwan, Y. (2017). *Obstacles To The Automation Of Building Performance Simulation: Adaptive Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Design (619)*. 5th AMER International Conference on Quality of Life, Bangkok, Thailand, 343-354.
- Spennemann, D. (2021). Residential Architecture in a post-pandemic world: implications of COVID-19 for new construction and for adapting heritage buildings. *Journal of Green Building*, 16, 199–215.
- Takewaki, I. (2020). New Architectural Viewpoint for Enhancing Society's Resilience for Multiple Risks Including Emerging COVID-19 [Perspective]. *Frontiers in Built Environment*, 6(143).
- Teutonico, J. M. (1988). *A laboratory manual for architectural conservators* (Vol. 168). Roma: ICCROM Rome, 168.
- Torunbalcı, N., and Günay, H. (2022). Adaptive Reuse of Ankara CerModern Art Gallery Evaluation of Structural System. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 10(4), 335-345.
- Tzonis, A. (2004). *Santiago Calatrava the complete works*. New York: Rizzoli international publications, 67-164.
- Walker, A. (2010). Natural ventilation. *WBDG Whole Building Design Guide*. 15(1), 25-44.
- Wang, L., and Chen, Q. (2007). Validation of a coupled multizone-CFD program for building airflow and contaminant transport simulations. *Science and Technology for the Built Environment*, 13(2), 267.
- Wang, L., and Chen, Q. (2008). Applications of a coupled multizone-CFD model to calculate airflow and contaminant dispersion in built environments for emergency management. *Hvac&R Research*, 14(6), 925-939.
- Wang, L. L., Dols, W. S., and Chen, Q. (2010). Using CFD capabilities of CONTAM 3.0 for simulating airflow and contaminant transport in and around buildings. *Hvac&R Research*, 16(6), 749-763.
- Yöndem, İ. A., and Akyol, A. A. (2017). Müzelerde Aydınlatma Kriterlerinin Sergideki Malzemelerin Korunmasına Etkisi: Çengel Han Rahmi Koç Müzesi [Araştırma]. *The Journal of Social Sciences*, 12(12), 526-542.

- Zenter, Ö., and Yildirim, T. (2020). Proposal Of Bio-Inspired Kinetic Mechanisms Utilization For Providing Functional Flexibility In Architectural Design. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 8(3), 643-656.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., and Lu, R. (2020). A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England journal of medicine*, 382(8), 727-733.





Gazili olmak ayrıcalıktır