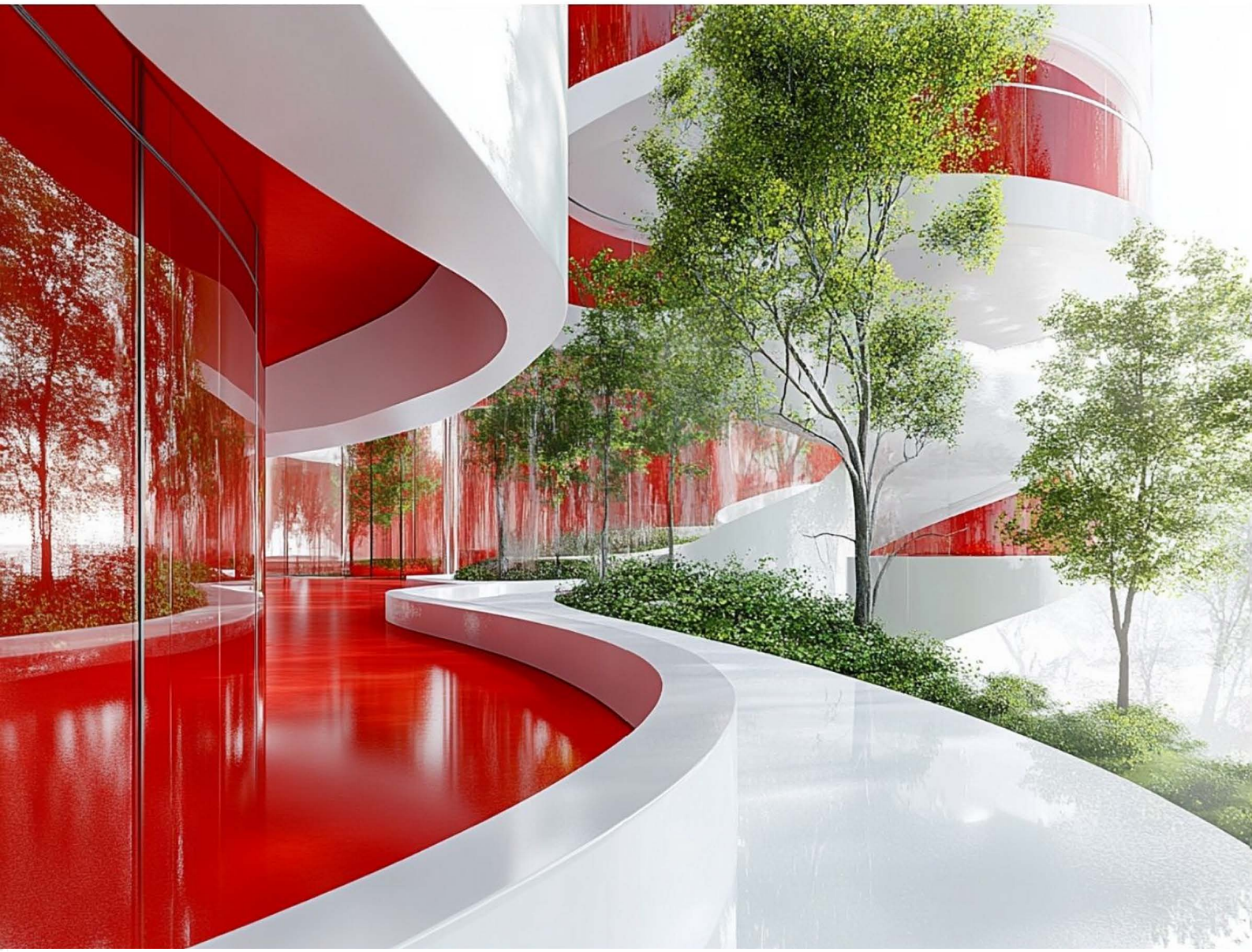
Journal of International Architectural Sciences



JIArcS

e-ISSN: 3062-1399 2024, Volume 1: Issue 1

Journal of International Architectural Sciences (JIArcS)

Year: 2024, Volume: 1, Issue: 1
e-ISSN: 3062-1399

CONTACT INFORMATION

WEB:
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: *architecturalsciences@gmail.com*
@architectural.sciences

Publisher: Blacksea Natura and Environment Association
(Karadeniz Doğa ve Çevre Derneği)
https://www.kadoced.com/associations/kadoced/

Cover Design: Neriman Gül Çelebi

Publish Date: December 29, 2024
Isparta- Türkiye

Important Not: Authors are responsible for the copyright of figures, pictures, and images in the articles, the content of the articles, the accuracy of the references and citations, and the suggested ideas and others.
(Önemli Not: Makalelerdeki şekil, resim ve görsellerin telif hakları, yazıların içeriği, kaynakça ve alıntıların doğruluğu ve önerilen fikirler vb makalenin tümünden sadece makale yazarları sorumludur.)

JIArcS is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
*(**JIArcS**, Creative Commons Atıf-Aynı Paylaşım 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır)*

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

DERGİ HAKKINDA	ABOUT THE JOURNAL
• 2024 yılında yayın hayatına başlayan ***"Journal of International Architectural Sciences*** **(JIArcS)"** online ve açık erişimli olarak yayımlanan uluslararası, bilimsel, hakemli ve E-dergidir.	• ***"Journal of International Architectural Sciences*** **(JIArcS)"**, which started its publication life in 2024, is an international, scientific, and peer-reviewed e-journal published online and with open access.
• Yazım dili İngilizce ve Türkçe'dir.	• Literary language is English and Turkish
• Yılda iki sayı olarak yayımlanmaktadır.	• It is published twice a year.
• Dergiye gönderilen makalelerden herhangi bir değerlendirme ve başvuru ücreti alınmamaktadır	• No evaluation and application fee is charged from the articles sent to the journal.
• Dergide çift taraflı kör hakemlik sürecini (en az 2 hakem) kullanılmaktadır.	• A double-blind peer-review process (at least 2 referees) is used in the journal.
• Dergide yayınlanan bütün eserlerin "YÖK Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" hükümlerine ve ilgili mevzuata ve Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından yayınlanan etik ilkelere uyulmaktadır. Dergide yayımlanacak makalelerde 2020 yılında başlayan yayınlar için ETİK KURUL İZNİ zorunludur.	• All works published in the journal comply with the provisions of the "YÖK Scientific Research and Publication Ethics Directive" and the relevant legislation and ethical principles published by the Publication Ethics Committee (COPE). ETHICS COMMITTEE PERMISSION is required for articles to be published in the journal starting in 2020.
• Orijinal araştırma makalelerine (özellikle İngilizce dilinde tam metin makalelere) öncelik verilmektedir.	• Original research English papers (especially full-text articles in English) are given priority.
• "Her bir makaleye DOI numarası atanmaktadır.	• Each article is assigned a DOI number.
• TURNITIN programı (https://www.turnitin.com/tr) kullanılarak maksimum %20 "Benzerlik Oranı" gerekmektedir.	• A maximum of 20% "Similarity Rate" is required using the TURNITIN program (https://www.turnitin.com/tr).
(JIArcS), Creative Commons Atıf-Aynı Paylaşım 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.	**(JIArcS)** is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Indexed in:

OpenAIRE

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

EDITORIAL BOARD

	Editoring in Cheif	Address
1	**Prof. Dr. Atila GÜL**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye
2	**Prof. Dr. Ümit ARPACIOĞLU**	Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Architecture, İstanbul-Türkiye
	Editorial Assistants	**Address**
1	**Lec. Neriman Gül ÇELEBİ**	Mimar Sinan Fine Arts University, Graduate School, Department of Architecture, İstanbul, Türkiye
	Section Editors	**Address**
1	**Prof. Dr. Asena SOYLUK**	Gazi University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Ankara-Türkiye
2	**Prof. Dr. Ayfer Aybike KARADAĞ -**	Düzce University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Düzce- Türkiye
3	**Prof. Dr. Ertan DÜZGÜNEŞ**	Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon -Türkiye
4	**Prof. Dr. S. Gül GÜNEŞ**	Selçuk Üniversity, Faculty of Tourism/ Department of Recreation Management, Konya- Türkiye
5	**Prof. Dr. Kağan GÜNÇE**	Eastern Mediterranean University, Faculty of Architecture, Gazimağusa, TRNC
6	**Murat AKTEN**	Süleyman Demirel Üniversity, Faculty of Architecture, The Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye
7	**Prof. Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL**	Akdeniz University, Faculty of Engineer, Department of Civil Engineering, Antalya- Türkiye
8	**Prof. Dr. Öner DEMİREL**	Kırıkkale University, Faculty of Fine Arts, Department of Landscape Architecture, Kırıkkale-Türkiye
9	**Prof. Dr. Ömer ATABEYOĞLU**	Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Ordu-Türkiye
10	**Prof. Dr. Sedef DOGANER**	Wentworth Institute of Technology, School of Architecture & Design, United State
11	**Prof. Dr. Şebnem ERTAŞ BEŞİR**	Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture, Antalya -Türkiye
12	**Prof. Dr. Tendü Hilal GÖKTUĞ**	Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture/ Department of Landscape Planning, Aydın-TURKEY

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

13	**Assoc. Prof. Dr. Elif SÖNMEZ**	Altınbaş University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Interior Architecture and Environmental Design, İstanbul- Türkiye
14	**Assoc. Prof. Dr. Emine Seda ARSLAN**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta- Türkiye
15	**Assoc. Prof. Dr. Hayriye Hale KOZLU**	Erciyes University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Kayseri- Türkiye
16	**Assoc. Prof. Dr. Sultan Sevinç KURT KONAKOĞLU**	Amasya University, Faculty of Architecture, Department of Urban Design and Landscape Architecture, Amasya-Türkiye.
17	**Assoc. Prof. Dr. Şirin Gülcen EREN**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, Isparta- Türkiye
18	**Assoc. Prof. Dr. Vibhavari JANHI**	Kansas State University, College of Architecture, Planning, and Design, Department of Interior Architecture & Product Design, USA
19	**Assoc. Prof. Dr. Meryem Bihter BİNGÜL BULUT**	Kırıkkale University, Faculty of Fine Arts, Department of Landscape Architecture, Kırıkkale- Türkiye
20	**Assist. Prof. Dr Ahmet FİDAN**	Ordu University, Department of Marine Transportation Management Engineering, Ordu-Türkiye
21	**Assist. Prof. Dr. Mert ÇAKIR**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye
22	**Assist. Prof. Floriana ZUCARO**	University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Naples- Italy
23	**Assist. Prof. Pelin KARAÇAR**	Istanbul Medipol University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Department of Architecture, İstanbul-Türkiye.
24	**Dr. Gerardo CARPENTERİ**	University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Naples, Italy

	Publishing and Layout Editors	Address
1	**Assoc. Prof. Dr. Ahmet Erkan METİN**	Uşak University, Banaz Vocational School, Forestry and Forest Products Program, Uşak-Türkiye
2	**Assoc. Prof. Dr. Berk TÜRKER**	Uşak University, Faculty of Architecture and Design, Department of City and Regional Planning, Uşak-Türkiye
3	**Assist. Prof. Dr.Gizem DİNÇ**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye
4	**Dr. Pelin FIRAT ÖRS**	Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture and Design, Department of Architecture, Çanakkale- Türkiye
5	**Dr. Sibel AKTEN**	Isparta University of Applied Sciences, Department of Park and Horticulture, Isparta-Türkiye
6	**Dr. Çağla AYDEMİR**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta- Türkiye

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

7	**Halime GÖZLÜKAYA**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, Isparta- Türkiye
8	**İskender Emre GÜL**	Akdeniz University, Science Institute, Department of Civil Engineering, Antalya-Türkiye
9	**Tuba Gizem AYDOĞAN**	Kırıkkale University, Faculty of Fine Arts, Department of Landscape Architecture, Kırıkkale- Türkiye
10	**Hatice Eda GÜL**	İzmir Institute of Technology, Design Studies Master's Program, İzmir-Türkiye.

	Statistics Editor	Address
1	**Prof. Dr. Ümit ARPACIOĞLU**	Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Architecture, İstanbul-Türkiye

	Spelling and Language Editor	Address
1	**Assoc. Prof. Dr. Ahmet Erkan METİN**	Uşak University, Banaz Vocational School, Forestry and Forest Products Program, Uşak-Türkiye
2	**Assoc. Prof. Dr. Elif TOKDEMİR DEMİREL**	Kırıkkale University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Translation and Interpretation, Türkiye
3	**Assoc. Prof. Dr. Şirin Gülcen EREN**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, Isparta- Türkiye
4	**Assist. Prof. Dr.Gizem DİNÇ**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye

	Secretary	Address
1	**Seniye Ela GÜL**	Democracy University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, İzmir- Türkiye
2	**Hüseyin Batuhan DÜNDAR**	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta- Türkiye

	Indexing Editor	Address
	Dr. Orhan ALAV	- Süleyman Demirel University, Isparta- Türkiye

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

SCIENCE AND ADVISORY BOARD The scientific advisory board was listed in alphabetical order.		
1	**Andjela JAKSİC STOJANOVİC**	Univerzitet Mediteran Podgorica, Montenegro
2	**Afer ELIFOV**	Bakü Engineering University, Faculty of Architecture, Bakü-Azerbaijan
3	**Bader ALATAWNEH**	Department of Architecture, Palestine Polytechnic University, Palestine
4	**Barbara ŻARSKA**	Warsaw University, Poland
5	**Brain KANE**	University of Massachusetts, Department of Environmental Conservation, Amherst, MA 01003, USA
6	**Carmela GARGIULO**	University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Naples, Italy
7	**Cengiz YÜCEDAĞ**	Mehmet Akif University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Landscape Architecture, Burdur- Türkiye
8	**Claudia JUROWSKI**	Northern Arizona University, USA
9	**Erdinç ÇAKMAK**	Breda University of Applied Sciences, International Tourism Management Studies, Netherlands.
10	**Federica GAGLIONE**	The University of Sannio, Department of Engineering, Benevento, Italy
11	**Gülçöhre MEMMEDOVA**	Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku-Azerbaıjan
12	**Gül GÜNEŞ**	Selçuk Üniversity, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Konya- Türkiye.
13	**Isidora KARAN**	The University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Republic of Srpska, Bosnia, and Herzegovina
14	**Mehmet TUNCER**	Çankaya University, Department of City and Regional Planning, Çankaya- Turkey
15	**Mete Ünal GİRGEN**	Final International University, School of Tourism & Culinary Arts, TRNC
16	**Ahmet BENLİAY**	Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Antalya -Türkiye
17	**Murat ZENGİN**	Pamukkale University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Denizli-Turkey
18	**Mohammad Jafar CHAMANKAR**	The Department of History of Urmia University, İran
19	**Mohammad WAHEEB**	The Hashemite University, Faculty of Tourism and Heritage (QRFTH), Department of Cultural Resource Management (CRM), Queen Rani
20	**Mohammad Arif KAMAL**	Aligarh Muslim University, Architecture Section India
21	**Nafiya GÜDEN**	School of Tourism and Culinary Arts, Final International University, Girne -TRNC
22	**Naif HADDAD**	Department of Conservation Science, Queen Rania Faculty of Tourism and Heritage, Hashemite University, Jordan
23	**Nermeen Adnan DALGAMONİ**	Jordan University of Science and Technology, Department of City Planning and Design, Irbid, Jordan

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)

e-ISSN: 3062-1399

Journal homepage:

https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

24	**Oleksandr ZINENKO**	V. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 61022, Ukraine
25	**Piyush SHARMA**	Amity University, Hindistan/ Prof. Dr., Amity University, Hindistan
26	**Rosa Anna LA ROCCA**	The University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Napoli, Italy
27	**Sadia FAROOQ**	University of Home Economics, Lahore, PAKISTAN
28	**Seden TURAMBERK ÖZERDEN**	Final International University, Girne -TRNC
29	**Seema Mehra PARIHAR**	University of Delhi, Department of Geography, Kirori Mal College, , India
30	**Sevgi YILMAZ**	Atatürk University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Erzurum-Turkey
31	**Silvia ROSSETTI**	The University of Parma, Department of Engineering and Architecture, Parma Italy
32	**Swetha MADHUSUDANAN**	MGR University, School of Architecture, Chennai, INDIA
33	**Taner ÖZDİL**	The University of Texas, College of Architecture, Planning and Landscape Architecture, Arlington-USA
34	**Yasin XƏLİLOV**	Baku Engineering University, Baku- Azerbaijan
35	**Zeidan KAFAFI**	Emeritus of Archaeology of Yarmouk University, Jordan

Journal of International Architectural Sciences

JIArcS, 2024, 1 (1)
e-ISSN: 3062-1399
Journal homepage:
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences

CONTENTS

Research Articles	Page
1. Burned Forest Area Detection in the Manavgat Forest Fire Using NBR and dNBR Indices *(Manavgat Orman Yangınında NBR ve dNBR İndeksleri Kullanılarak Yanmış Orman Alanlarının Tespiti)* **Ersin AKSOY & Serdar SELİM**	**01-11**
2 Building Production with 3D Printers; Steel Reinforced Concrete Wall Building Examples and Proposal Development *(3 Boyutlu Yazıcılarla Yapı Üretimi; Betonarme Duvarlı ve Betonarme Taşıyıcılı Bina Örnekleri ve Öneri Geliştirilmesi)* **Berrin ŞAHİN DİRİ & Sultan YILDIZ**	**12-36**
	-

Review Articles	Page
3 Occupant Comfort in Hospitals *(Hastanelerde Kullanıcı Konforu)* **Sümeyra AKGÜN & Özlem AYDIN**	**37-51**
4 Kinetic Facade Systems and Kinetic Facade Examples from Around the World *(Kinetik Cephe Sistemleri ve Dünyadan Kinetik Cephe Örnekleri)* **Merve SAVRUNLU**	**52-69**
5 Living Museum: Hammamizade Dede Efendi House *Yaşayan Müze: Hammamizade Dede Efendi Evi* **Sibel HATTAP**	**70-77**

Journal of International Architectural Sciences
JIArcS, 2024, 1 (1): 01-11
e-ISSN: 3062-1399
Research Article
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: *architecturalsciences@gmail.com*

Burned Forest Area Detection in the Manavgat Forest Fire Using NBR and dNBR Indices

Ersin AKSOY [1], Serdar SELİM [2*]

ORCID 1: 0000-0002-3428-5740
ORCID 2: 0000-0002-5631-6253
[1] Republic of Türkiye Ministry of Environment and Urbanization, 07058, Antalya, Türkiye.
[2] Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Space Science and Technologies, 07058, Antalya, Türkiye.
** e-mail: serdarselim@akdeniz.edu.tr*

Abstract

Rapid identification of damaged areas following forest fires is a crucial initial response phase after such events. Under current conditions, these assessments are conducted using remote sensing techniques, allowing for quick and cost-effective data acquisition. This study analyzes the significant fire that began on July 28, 2021, and ravaged a large area within the boundaries of Manavgat District in Antalya Province for approximately 28 days, using remote sensing techniques. Pre-fire and post-fire satellite data for the study area were analyzed using the Normalized Burn Ratio (NBR) index and differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) index. Additionally, the results were compared with data obtained from official institutions regarding the burned area. The analysis revealed that the burned areas were estimated at 61,502.76 hectares using NBR-dNBR. The destroyed area announced by official institutions is 59,985 hectares. The NBR-dNBR index, which is frequently preferred in burned forest area detection, coincides with the official results by approximately 97.5%.

Keywords: *Burned area detection, Remote sensing, NBR index, dNBR index, Manavgat forest fire, Landsat 8.*

Manavgat Orman Yangınında NBR ve dNBR İndeksleri Kullanılarak Yanmış Orman Alanlarının Tespiti

Öz

Orman yangınları sonrası hasarlı alanların hızlıca tespit edilmesi, yangın sonrası ilk ve en önemli müdahale aşamasıdır. Günümüz koşullarında bu işlemler uzaktan algılama araçlarıyla hem kısa sürede hem de maliyeti düşük olarak elde edilmektedir. Bu çalışmada Antalya İli, Manavgat İlçesi sınırları içerisinde 28 Temmuz 2021 yılında başlayan ve yaklaşık 28 gün süren oldukça büyük bir alanı tahrip eden yangın, uzaktan algılama teknikleri ile analiz edilmiştir. Çalışma alanına ait yangın öncesi ve yangın sonrası uydu verilerine, Normalize Edilmiş Yanma Oranı (NBR) indeksi ve Fark Normalize Edilmiş Yanma Oranı (dNBR) indeksi uygulanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, resmî kurumlar tarafından yanan bölgeye ait veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, yanarak tahrip olmuş olan alanlar NBR-dNBR ile 61.502,76 ha bulunmuştur. Resmi kurumlar tarafından açıklanan tahrip edilen alan ise 59.985 hektardır. Bu çalışma özelinde, yanmış orman alanı tespitinde sıklıkla tercih edilen NBR indeksi sonuçlarının, resmi sonuçlarla ile %97,5 oranında örtüştüğü ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Yanmış alan tespiti, Uzaktan algılama, NBR indeksi, dNBR indeksi, Manavgat orman yangını, Landsat 8.*

Citation: Aksoy, E. & Selim, S. (2024). Burned forest area detection in the Manavgat forest fire using NBR and dNBR Indices. *Journal of International Architectural Sciences***.** 1 (1): 01-11.

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563064

Received: *December 01, 2024 –* ***Accepted:*** *December 27, 2024*

1. Introduction

Forests that persist on earth are among the most critical components of ecosystems (Landuyt et al., 2019). Forests can be defined as ecosystems that host interactions among plant, animal, and organism habitats, play significant roles in mitigating the effects of climate change, and are key elements of ecological cycles (Mackey, Kormos, Keith, Moomaw, Houghton, Mittermeier & Hugh 2020; Gezer & Gül, 2009). In addition to the impacts of global climate change, fires caused by anthropogenic factors devastate forest ecosystems and disrupt the ecological cycles of forests, inflicting substantial damage on wildlife (Badia, Sauri, Cerdan & Llurdés, 2002; Tuğuler & Çakır, 2021;) as well as on air, soil, and water (Sannigrahi, 2020). According to recent statistics from the "Global Forest Resources Assessment 2020" report prepared by the Food and Agriculture Organization (FAO) under the United Nations, an analysis covering local, national, and global levels across 236 countries and regions indicates that 178 million hectares of forest area have been lost since 1990 (FAO, 2020). When considered on a global scale, forest fires have adverse effects not only on climate change but also on soil fertility and structure (Vieira, Barnes & Mitchell, 2011) Ashes from accumulated plant material on the soil after a fire damage soil permeability and prevent rainwater from infiltrating (Pereira, Pereira, Francos, Brevik, Ubeda & Bogunovic, 2018). This leads to erosion. Similarly, the increase in ground temperature during a fire causes the death of organic matter in the soil (Sobrino, Llorens, Fernández, Fernández-Alonso, & Vega 2019). The extreme temperature rise during a fire results in the burning of the above-ground portions of plants, causing the soil to be exposed to sunlight to a greater extent (Bowd, Banks, Strong & Lindenmayer, 2019). Consequently, forest fires significantly damage the soil, disrupting ecological cycles (Neary, Klopatek, Debano & Folliott, 1999). Forest fires also have significant direct and indirect effects on water quality. The quality and quantity of water are primarily dependent on the diversity and amount of vegetation cover. The loss of vegetation cover leads to a decrease in soil moisture, infiltration rates, and rainwater permeability, exacerbating soil erosion and increasing flood risks (Venkatesh, Preethi & Ramesh, 2020). Additionally, air quality deteriorates as a result of forest fires (Jaffe, O'Neill, Larkin, Holder, Peterson, Halofsky & Rappold, 2020). Therefore, forest fires not only impair habitat health but also have significant negative impacts on air, water, and soil quality (Mallongi, Indra, Arief, & Satrianegara, 2020)

Türkiye is relatively rich in forest cover, exhibiting significant bioclimatic and geomorphological diversity, and supporting a wide variety of vegetation types and landscape connectivity (Parolly, 2004; Selim & Demir, 2018; Noroozi, Zare, Sherafati, Mahmoodi, Moser, Asgarpour & Schneeweiss, 2019). It is located at the intersection of three biogeographic regions: the Mediterranean, Euro-Siberian, and Iran-Turan regions (Davis, 1971; Kirca, Kreutz & Çolak, 2020). In Turkey, forested areas are estimated to cover approximately 22.3 million hectares, constituting 28.6% of the country's total area (OGM, 2015). It is estimated that over 12,000 vascular plant species inhabit these forests, with approximately 32% classified as endemic (Özhatay & Kültür, 2006; Özhatay, Kültür & Aslan, 2009; Özhatay, Kültür & Gürdal, 2011). This makes Türkiye's forests valuable and significant in terms of biodiversity. However, similar to many European countries, particularly in the Mediterranean region, these forests are constantly threatened due to the high risk of fire spread (Paveglio, Carroll & Jakes, 2010).

The ecosystem of the Mediterranean region in southern Türkiye is one that has adapted to years of exposure to forest fires. In recent years, the incidence of forest fires in the region has significantly increased. It has been observed that the burned areas due to forest fires in the Mediterranean region can reach up to 600,000 hectares annually (Rulli & Rosso, 2007). Statistical studies concerning forest areas indicate that Türkiye has approximately 22.3 million hectares of forest, with 35% classified as first-degree fire-sensitive areas, 23% as second-degree, 22% as third-degree, 15% as fourth-degree, and 5% as fifth-degree fire-sensitive regions (Küçük & Ünal, 2005). Approximately 57% of Türkiye's forests are located in regions with the highest fire risk, particularly within the Mediterranean and Aegean basins. Between 1937 and 2016, a total of 1,661,506 hectares of forest were reported to have been damaged due to forest fires in Türkiye (Sabuncu & Özener, 2019).

Critical intervention time and post-forest fire rehabilitation efforts form the foundation of forest fire management (Sakellariou, Samara, Tampekis, Sfougaris & Christopoulou, 2020). This study focuses on

rapid detection and prioritization for post-forest fire rehabilitation. Recently, various reasons such as the high costs associated with post-fire land survey, difficulties in accessing burned areas, and the inability to accurately determine lost forest cover with high precision have led to the adoption of remote sensing technologies instead of traditional land surveys (Di Biase & Lanave, 2018; Gao, Skutsch, Paneque-Gálvez & Ghilardi, 2020). Alongside advancements in sensor technologies, the use of different band combinations in satellite imagery allows for the identification of burned forest areas with high accuracy, low cost, and in a short timeframe (Youn & Jeong, 2019; Bar, Parida & Pandey, 2020). Various indices are utilized for the detection of burned areas and fire, including the Normalized Burned Ratio (NBR), the Normalized Difference SWIR (NDSWIR), the Burning Area Index (BAI), the Mid-Infrared Bi-Spectral Index (MIRBI), the Normalized Burned Ratio SWIR (NBRSWIR), the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Fire Detection Index (FDI), the Forest Fire Detection Index (FFDI), the Normalized Multi-Band Drought Index (NMDI), the Normalized Difference Water Index (NDWI), and the Composite Burn Index (CBI) etc. (Wang, Qu & Hao, 2008; Cruz, Eckert, Meneses & Martínez, 2016; Jang, Kang, Im, Lee, Yoon & Kim, 2019; Liu, Zheng, Dalponte & Tong, 2020; De Luca, Silva, & Modica, 2021; Lee, Park, Kim, Liu,Reba, Oh & Han, 2022; Kurbanov, Vorobev, Lezhnin, Sha, Wang, Li & Wang, 2022; Aydın-Kandemir & Demir, 2023). Among these indices, NBR is a commonly used index designed to highlight burned areas in large fire regions (UN, 2024)

In this context, Landsat satellite imagery is frequently utilized for detecting burned areas (Pacheco, Junior, Ruiz-Armenteros & Henriques, 2021). One of the freely accessible satellites, Landsat is effective for larger areas due to its resolution; however, newer generation sensors that operate with different satellites provide clearer spatial details (Zhang, Long, He Wei, Tang, Wang & Zhang, 2020). Nevertheless, the presence of near-infrared and shortwave infrared bands, their radiometric correction, and their long-standing use in research have made Landsat satellite imagery a preferred choice for analyzing post-fire land cover changes (Liu et al., 2020).

The aim of this study is to determine the extent of areas damaged by the forest fire that occurred in Antalya Province, one of Turkey's most significant tourism destinations, in 2021, which lasted approximately one month, and to evaluate its accuracy by comparing it with data reported by official institutions. In this context, the Normalized Burn Ratio (NBR) and differences Normalized Burn Ratio (dNBR) indices were employed. The data obtained and the maps generated provide information on the precise size of the area affected by the fire and offer prioritization for rehabilitation efforts to both central and local authorities.

2. Material and Method

2.1. Study area

The research was carried out in Manavgat, the second-largest district of Turkey's Antalya province, which is located between 31° 01' 30.19" and 31° 45' 51.28" E longitude and 36° 39' 45.19" – 37° 26' 15.26" N latitude (Fig.1). The Manavgat district has a land area of 2349.47 km² and is characterized by a variety of geological features. The elevation profile of the research region ranges from 0 to 2499.27 meters above sea level. According to 2021 data, the population of Manavgat is 245,740 (Dogan et al., 2024). Manavgat district has a total of 49,064 hectares of forest, 38,469.1 hectares of which are normally closed and 10,594.4 hectares of which are interspersed (OGM, 2024a).

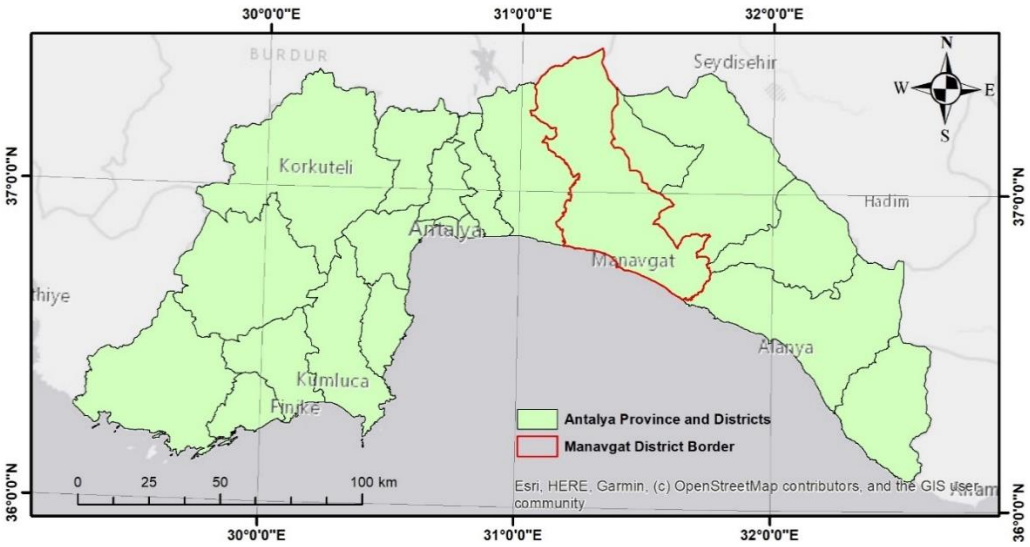


Figure 1. Location of the study area

The area extending from the coastline to the Taurus Mountains is mostly agricultural, and tourist facilities are concentrated in the coastal areas. As you rise above sea level, maquis and forest areas begin. The dominant vegetation types in the forests are *Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Picea sp., Cedrus sp.,* and *Cupressus sp.* Manavgat's climate is Mediterranean. Summers are hot and dry, winters are mild and rainy (Akıncı & Akıncı, 2023). Within the boundaries of the Manavgat Forest Management Directorate, 141 fires occurred in the last three years. An analysis of the causes of these fires reveals that 0.52% were due to lightning, 6.74% to negligence and carelessness, 40.12% to intentional actions, 13.82% to energy transmission lines, and 38.80% were caused by unknown factors (OGM, 2024b).

2.2. Data sets

Landsat 8 satellite images with a resolution of 30 meters were used to examine the forest fire that started on July 28, 2021 in Manavgat District and was extinguished on August 20, 2021. Satellite images were obtained free of charge from the United States Geological Survey (USGS) web page (https://earthexplorer.usgs.gov/). Landsat satellite data is one of the important datasets for detecting the effects of forest fires. Landsat 8, which has eleven (11) spectral bands, features an 8th band with a resolution of 15 meters, and the 10th and 11th thermal bands with a resolution of 100 meters, while the remaining bands have a resolution of 30 meters. Due to these characteristics, Landsat 8 data is frequently utilized in the literature for the detection of forest fires. Additionally, the 20-day temporal resolution before and after the fire provides a significant time frame for detecting burned areas before they regenerate. For fire detection and intensity assessment, Landsat 8 satellite images from July 15, 2021, to September 17, 2021, were used. Furthermore, Table 1 provides the bands, wavelength, and resolution characteristics of the satellite images used.

Table 1. Specifications of spectral bands of Landsat 8 OLI (Landsat, 2024)

	Landsat 8 Bands	Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1	Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2	Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3	Green	0.53 – 0.59	30
Band 4	Red	0.64 – 0.67	30
Band 5	Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6	SWIR 1	1.57 – 1.65	30

Band 7	SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8	Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9	Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10	Thermal Infrared 1 (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11	Thermal Infrared 2 (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Due to its high accuracy and ease of use, the spectral index-based approach for burned area recognition has gained popularity. Spectral features are more intuitive and effective in distinguishing various land-cover objects. In order to identify burned regions, the most commonly used short wave infrared (SWIR) bands are 1.57–1.65 µm and 2.11–2.29 µm, while the near-infrared (NIR) band (0.85–0.88 µm) is also available on the most recent Landsat-8 OLI sensor.

2.3. Methods

The methodology of the study consists of four stages: obtaining satellite data for free, applying preprocessing to this data, implementing indices for the detection of burned areas, and comparing the obtained results with those produced by official institutions (Fig. 2).

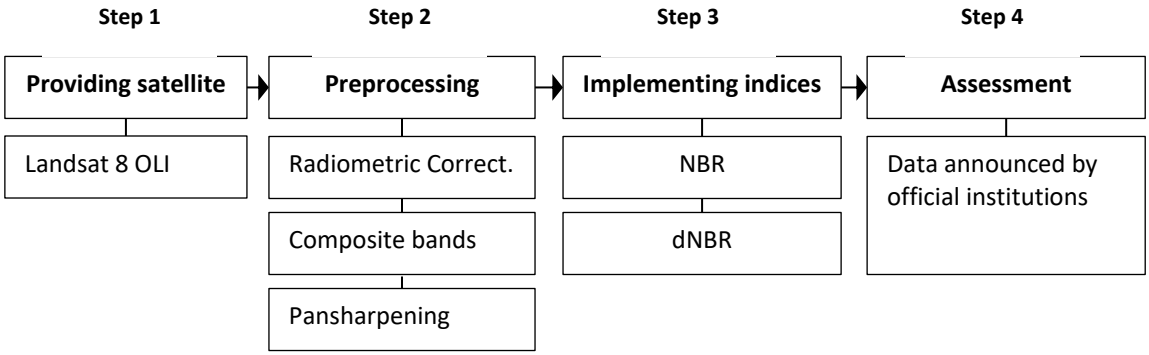


Figure 2. Method flow chart

Radiometric correction of the satellite images was conducted using QGIS, an open-access software. In ArcGIS Pro, the bands of the satellite images were merged, and pansharpening was performed using the 8th band with a resolution of 15 meters. Subsequently, algorithms for the NBR and d(NBR) indices were employed to identify the burned areas.

The NBR index used to determine burned areas is calculated with the equation (1) and takes values between -1 and +1. The formula below illustrates how NBR employs the ratio between NIR and SWIR bands to take advantage of the magnitude of spectral difference. Healthy vegetation is indicated by a high NBR value, whereas recently burned areas and bare land are indicated by a low value. Values near "0" are typically assigned to non-burned areas (Arisanty, Adyatma, Muhaimin & Nursaputra, 2019).

$$NBR = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR) \quad (1)$$

The difference in NBR indices applied to pre-fire and post-fire imagery is used to calculate dNBR. Additionally, dNBR is utilized to predict burn severity. A higher dNBR value indicates more severe damage, while areas with negative dNBR values may reflect post-fire regrowth (Miller & Thode, 2007; Keeley, 2009). The equation used to calculate dNBR is shown below in equation (2)

$$d(NBR) = (\text{Prefire } NBR - \text{Postfire } NBR) \quad (2)$$

dNBR values can differ from case to case, so in order to get the best results, interpretation in particular cases should also be done by field evaluation, if at all possible (Keeley, 2009). But as you can see in Table 2 below, the United States Geological Survey (USGS) suggested a classification table to assess

the burn severity. In this study, low severity, moderate-low severity and moderate-high severity were focused on for the detection of burned forest areas.

Table 2. Burn severity level calculated by dNBR and recommended by USGS (UN, 2024)

Severity Level	dNBR Range (scaled by 10^3)	dNBR Range (not scaled)
Enhanced Regrowth, high (post-fire)	-500 to -251	-0.500 to -0.251
Enhanced Regrowth, low (post-fire)	-250 to -101	-0.250 to -0.101
Unburned	-100 to +99	-0.100 to +0.99
Low Severity	+100 to +269	+0.100 to +0.269
Moderate-low Severity	+270 to +439	+0.270 to +0.439
Miderate-high Severity	+440 to +659	+0.440 to +0.659
High Severity	+660 to +1300	+0.660 to +1.300

In the final stage of the methodology, the burned areas identified using dNBR were compared in size with the damaged areas determined by the damage assessment studies conducted by the Forest Regional Directorate and the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change in the post-fire region. The official data announced in this context is 59,985 ha (OGM, 2024c).

3. Findings and Discussion

This study focused on the identification and mapping of burned areas resulting from the forest fire that occurred on July 28, 2021, in the Manavgat district of Antalya Province. Landsat 8 satellite imagery was utilized, and NBR and dNBR indices were applied. Additionally, the study aimed to determine the extent and severity of the burned areas using the most commonly employed indices quickly and practically, and to compare the obtained results with official data. The results indicate that the area affected by the fire, as assessed through the NBR and dNBR indices, is approximately 61,502.76 hectares (Fig. 3).

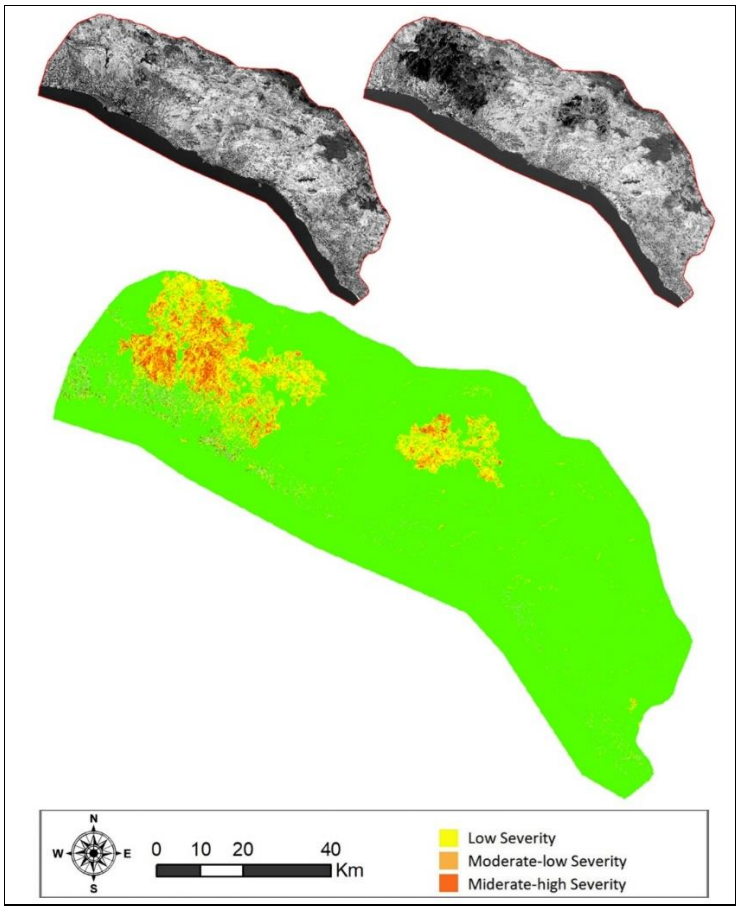


Figure 3. pre-fire NBR (top-left), after-fire NBR (top-right), and dNBR results (below)

According to the results obtained, the northwestern part of the study area experienced significant forest damage due to the fire, with a notably high level of severity in this region. It is believed that factors such as land slope, forest density, and wind speed influenced the extent and intensity of the fire. Conversely, the fire-affected area partially located in the northwest developed over a smaller area and exhibited lower severity. According to the Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Antalya Regional Directorate of Forestry (OGM, 2024c), approximately 59,985 hectares were reported as damaged by the fire. In this study, the area affected by the fire is estimated to be 61,502.76 hectares, which overlaps with the official data by approximately 97.5%.

Numerous academic studies have been conducted regarding the 2021 Manavgat forest fire, employing various methods to identify the burned areas. Akıncı & Akıncı (2023) reported that, according to WWF data, approximately 60,154.13 hectares were affected by the fire. Although the method used by WWF to detect the burned areas was not specified in their study, the results align with those of our study by approximately 97.8%. Atalay, Dervisoglu & Sunar (2024) indicated that using the Fire Weather Index (FWI), an extensive burn area of about 60,000 hectares was identified in the same region. The results of this study also overlap with our findings by 99.9%. Soydan (2022) reported that the NDVI-NDVI change detection analysis indicated damage to 56,865 hectares in the same fire, demonstrating a 92.4% match between the NDVI-NDVI change detection analysis used in that study and the NBR-dNBR analysis employed in our work. Tuygun et al. (2023) stated that the European Forest Fire Information System (EFFIS) indicated that 52,856 hectares were burned in the Manavgat fire. Additionally, Bilgili et al. (2021) reported that 55,000 hectares were affected by the fire. The results of these two studies overlap with our findings by approximately 86% and 89%, respectively

The results of this study indicate that, following the 2021 Manavgat fire—one of the largest fires in Turkey that significantly damaged forest cover—the findings are consistent with the meticulously conducted assessments of burned areas by official institutions. The overlap rate is 97.5%, demonstrating that the NBR-dNBR indices perform well in this specific area.

Healthy vegetation exhibits high reflectance in the NIR band and low reflectance in the SWIR band, while the opposite is true for areas that have been damaged by fire. Recently burned areas show low reflectance in the NIR band and high reflectance in the SWIR band, meaning that the spectral responses between healthy vegetation and burned areas peak in the NIR and SWIR regions (UN, 2024). Due to these characteristics, the NBR index provides highly accurate data for detecting burned areas. The high degree of overlap between the results of this study and those of other studies employing different methods further demonstrates that the NBR index, derived from freely accessible Landsat 8 imagery, can produce data with high accuracy.

4. Conclusion and Suggestions

Remote sensing technologies encompass various research topics across different disciplines, particularly due to significant advancements in satellite technology in recent years. These remote sensing technologies provide substantial contributions to rehabilitation efforts following forest fires in terms of cost, time, and labor. This study demonstrates that both satellite imagery and field surveys allowed for the rapid and practical identification of burned areas, as detected by relevant official institutions, using NBR and dNBR indices during the 2021 Manavgat forest fire, without the need for land survey. The indices employed in this study, derived from Landsat 8 satellite data, produced effective results in identifying burned forest areas following a fire of this scale. Burn severity data and maps can assist in the development of emergency rehabilitation and restoration plans post-fire. These tools can be used not only to assess forest fire severity but also to estimate other burned land use/land cover (LULC).

The fire that occurred in Manavgat in 2021 was a large-scale incident. Consequently, the identification of burned areas was achieved using the NBR-dNBR indices derived from Landsat 8 imagery. However, it is recommended that higher-resolution satellite data be utilized for the precise detection of smaller-scale fires. This approach would enable more accurate assessments of LULC changes in burned areas and enhance the accuracy of fire severity detection in these regions.

Acknowledgments and Information Note

The article complies with national and international research and publication ethics. Ethics committee approval was not required for the study.

Author Contribution and Conflict of Interest Disclosure Information

All authors contributed equally to the article. There is no conflict of interest.

References

Akıncı, H. A. & Akıncı, H. (2023). Machine learning based forest fire susceptibility assessment of Manavgat district (Antalya), Turkey. *Earth Science Informatics*, *16*(1), 397-414.

Arisanty, D., Adyatma, S., Muhaimin, M., & Nursaputra, A. (2019). Landsat 8 OLI TIRS Imagery Ability for Monitoring Post Forest Fire Changes. *Pertanika Journal of Science & Technology*, *27*(3).

Atalay, H., Dervisoglu, A., & Sunar, F. (2024). Fire Weather Index and Forest Fire Danger Mapping: Insights from a Case Study in Antalya-Manavgat Forest, Turkiye. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *48*, 53-59.

Aydin-Kandemir, F. & Demir, N. (2023). 2021 Turkey mega forest Fires: Biodiversity measurements of the IUCN Red List wildlife mammals in Sentinel-2 based burned areas. *Advances in Space Research*, *71*(7), 3060-3075.

Badia, A., Sauri, D., Cerdan, R. & Llurdés, J. C. (2002). Causality and management of forest fires in Mediterranean environments: an example from Catalonia. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards,* 4(1), 23-32.

Bar, S., Parida, B. R. & Pandey, A. C. (2020). Landsat-8 and Sentinel-2 based Forest fire burn area mapping using machine learning algorithms on GEE cloud platform over Uttarakhand, Western Himalaya. *Remote Sensing Applications: Society and Environment,* 18, 100324.

Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B. & Coşkuner, K. A. (2021). Büyük Orman Yangınları: Sebepleri, Organizasyonu ve İdaresi. *Chapter In: Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri (Ed. Taşkın Kavzoğlu). TÜBA, Ankara Basım Yayın Hizmetleri, Ankara*, 1-23.

Bowd, E. J., Banks, S. C., Strong, C. L. & Lindenmayer, D. B. (2019). Long-term impacts of wildfire and logging on forest soils. *Nature Geoscience,* 12(2), 113-118.

Cruz, H., Eckert, M., Meneses, J. & Martínez, J. F. (2016). Efficient forest fire detection index for application in unmanned aerial systems (UASs). *Sensors*, *16*(6), 893.

Davis, P. H. (1971). "Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism," in Plant Life of South-West Asia, eds. P. H. Davis, P. C. Harper and I. C. *Hedge (Edinburgh: The Botanical Soiciety of Edinburgh)*, 15–27

De Luca, G., Silva, J. M., & Modica, G. (2021). A workflow based on Sentinel-1 SAR data and open-source algorithms for unsupervised burned area detection in Mediterranean ecosystems. *GIScience & Remote Sensing*, *58*(4), 516-541.

Di Biase, V., & Laneve, G. (2018). Geostationary sensor based forest fire detection and monitoring: An improved version of the SFIDE algorithm. Remote Sensing, 10(5), 741.

Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M. & Kocan, N. (2024). Comprehensive risk assessment for identifying suitable residential zones in Manavgat, Mediterranean Region. *Evaluation and Program Planning*, *106*, 102465.

FAO. (2020). The Food and Agriculture Organization, Access address (09.09.2024) https://www.fao.org/interactive/forest-resources-assessment/2020/en/

Gao, Y., Skutsch, M., Paneque-Gálvez, J. & Ghilardi, A. (2020). Remote sensing of forest degradation: a review. Environmental Research Letters, 15(10), 103001.

Gezer, A. & Gül, A. (Eds.) (2009). Kent Ormancılığı (Kavramsal-Teknik ve Kültürel Boyutu). SDU Orman Fakültesi, Kitap Yayın No: 86, s: 01-246. Isparta. 2009. (ISBN : 978-9944-452-30-4) SDU Basım evi- Isparta.

Jaffe, D. A., O'Neill, S. M., Larkin, N. K., Holder, A. L., Peterson, D. L., Halofsky, J. E. & Rappold, A. G. (2020). Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *70*(6), 583-615.

Jang, E., Kang, Y., Im, J., Lee, D. W., Yoon, J. & Kim, S. K. (2019). Detection and monitoring of forest fires using Himawari-8 geostationary satellite data in South Korea. *Remote Sensing*, 11(3), 271.

Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire,* 18(1), 116–126

Kirca, S., Kreutz, K. C. & Çolak, A. H. (2020). A biogeographical and ecological classification of orchids in Turkey. *Phytocoenologia,* 50(1), 65-77.

Kurbanov, E., Vorobev, O., Lezhnin, S., Sha, J., Wang, J., Li, X., ... & Wang, Y. (2022). Remote sensing of forest burnt area, burn severity, and post-fire recovery: A review. *Remote Sensing*, *14*(19), 4714.

Küçük Ö., Ünal S. (2005). Yangın Hassasiyet Derecesinin Belirlenmesi: Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Örneği, Kafkas Üniversitesi, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1-2): 28-34.

Landsat (2024). Landsat science official web site, Access address (09.09.2024) https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/

Landuyt, D., De Lombaerde, E., Perring, M. P., Hertzog, L. R., Ampoorter, E., Maes, S. L., ... & Verheyen, K. (2019). The functional role of temperate forest understorey vegetation in a changing world. *Global Change Biology*, 25(11), 3625-3641.

Lee, C., Park, S., Kim, T., Liu, S., Md Reba, M. N., Oh, J. & Han, Y. (2022). Machine learning-based forest burned area detection with various input variables: A case study of South Korea. *Applied Sciences*, *12*(19), 10077.

Liu, S., Zheng, Y., Dalponte, M. & Tong, X. (2020). A novel fire index-based burned area change detection approach using Landsat-8 OLI data. *European journal of remote sensing*, *53*(1), 104-112.

Mackey, B., Kormos, C. F., Keith, H., Moomaw, W. R., Houghton, R. A., Mittermeier, R. A., ... & Hugh, S. (2020). Understanding the importance of primary tropical forest protection as a mitigation strategy. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(5), 763-787.

Mallongi, A., Indra, R., Arief, M. K. M., & Satrianegara, M. F. (2020). Environmental pollution and health problems due to forest fires with CO2 parameters. *Medico Legal Update,* 20(3), 888-892.

Miller, J. D., Thode, A. E. (2007). Quantifying Burn Severity in A Heterogeneous Landscape with A Relative Version of The Delta Normalized Burn Ratio (dNBR), *Remote Sensing of Environment,* 109, 66–80.

Neary, D. G., Klopatek, C. C., Debano, L. F. & Folliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis, *Forest Ecology and Management,* 122(1-2): 51-71.

Noroozi, J., Zare, G., Sherafati, M., Mahmoodi, M., Moser, D., Asgarpour, Z., & Schneeweiss, G. M. (2019). Patterns of endemism in Turkey, the meeting point of three global biodiversity hotspots, based on three diverse families of vascular plants. *Frontiers in Ecology and Evolution,* 7, 159.

OGM (2024a). Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Antalya Regional Directorate of Forestry, Access address (13.10.2024) https://www.ogm.gov.tr/antalyaobm/ormanlarimiz/orman-varligi

OGM (2024b). Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Antalya Regional Directorate of Forestry, *Fire management plan* 2019-2023, Access address (13.10.2024)

https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/YanginYonetimPlanlari/AntalyaOBM-Manavgat%20Y ang%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1.pdf

OGM (2024c). Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Antalya Regional Directorate of Forestry, Access address (15.10.2024) https://www.ogm.gov.tr/antalyaobm/haberler/155

OGM, (2015). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye Orman Varlığı, 2015. 36p.

Özhatay, N. & Kültür, Ş. (2006). Check-list of additional taxa to the Supplement Flora of Turkey III, *Turkish Journal of Botany*, 30(2006), 281-316.

Özhatay, N., Kültür, Ş. & Aslan, S. (2009). Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey IV, *Turkish Journal of Botany,* 33(2009), 191-226.

Özhatay, F.N., Kültür, Ş. & Gürdal, M. B. (2011). Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey V, *Turkish Journal of Botany,* 35(2011), 589-624.

Pacheco, A. D. P., Junior, J. A. D. S., Ruiz-Armenteros, A. M. & Henriques, R. F. F. (2021). Assessment of k-Nearest Neighbor and Random Forest classifiers for mapping forest fire areas in central Portugal using Landsat-8, Sentinel-2, and Terra Imagery. *Remote Sensing,* 13(7), 1345.

Parolly, G. (2004). The high mountain vegetation of Turkey - a state of the art report, including a first annotated conspectus of the major syntaxa. *Turk. J. Botany* 28, 39–63

Paveglio, T. B., Carroll, M. S. & Jakes, P. J. (2010). Alternatives to evacuation during wildland fire: Exploring adaptive capacity in one Idaho community. *Environmental Hazards,* 9(4), 379-394.

Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Ubeda, X. & Bogunovic, I. (2018). Post-fire soil management. *Current Opinion in Environmental Science & Health,* 5, 26-32.

Rulli, M. C. & Rosso, R. (2007). Hydrologic response of upland catchments to wildfires. *Advances in Water Resources*, *30*(10), 2072-2086.

Sabuncu, A. & Özener, H. (2019). Uzaktan algılama teknikleri ile yanmış alanların tespiti: İzmir Seferihisar orman yangını örneği. *Doğ Afet Çev Derg*, 2019; 5(2): 317-326

Sakellariou, S., Samara, F., Tampekis, S., Sfougaris, A. & Christopoulou, O. (2020). Development of a Spatial Decision Support System (SDSS) for the active forest-urban fires management through location planning of mobile fire units. *Environmental Hazards,* 19(2), 131-151.

Sannigrahi, S., Zhang, Q., Pilla, F., Basu, B. & Basu, A. S. (2020). Effects of West Coast forest fire emissions on atmospheric environment: A coupled satellite and ground-based assessment. arXiv preprint arXiv:2010.12977.

Selim, S. & Demir, N. (2018). Analysis of landscape patterns and connectivity between tree clusters derived from lidar data. *Fresenius Environ. Bull.*, *27*, 3512–3520.

Sobrino, J. A., Llorens, R., Fernández, C., Fernández-Alonso, J. M. & Vega, J. A. (2019). Relationship between soil burn severity in forest fires measured in situ and through spectral indices of remote detection. *Forests,* 10(5), 457.

Soydan, O. (2022). Detection of Burnt Areas by Remote Sensing Techniques: Antalya Manavgat Forest Fire. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *10*, 3029-3035.

Tuğluer, M. & Çakır, M. (2021). *Ecological Importance of Urban Trees and Their Role in Sustainable Cities.* Şebnem Ertaş Beşir, M. Bihter Bingül Bulut and İrem Bekar (Ed.). Architectural Sciences and Sustainability. 2021, Volume:2, 81-96. ISBN: 978-625-8061-43-7. Iksad Publications.

Tuygun, G. T., İşsever, G. & Elbir, T. (2023). Türkiye'de 2021 Yılında Yaşanan Büyük Orman Yangınlarında Yanan Orman Alanlarının ve Yangın Kaynaklı Atmosferik Aerosollerin Uydular ile İzlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, *25*(74), 351-369.

UN (2024). United Nations, Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal, Access address (13.10.2024) https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio

Venkatesh, K., Preethi, K., & Ramesh, H. (2020). Evaluating the effects of forest fire on water balance using fire susceptibility maps. *Ecological Indicators*, 110, 105856.

Vieira, N. K., Barnes, T. R., & Mitchell, K. A. (2011). Effects of wildfire and postfire floods on stonefly detritivores of the Pajarito Plateau, New Mexico. *Western North American Naturalist*, *71*(2), 257-270.

Wang, L., Qu, J. J., & Hao, X. (2008). Forest fire detection using the normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements. *Agricultural and forest meteorology*, *148*(11), 1767-1776.

Youn, H., & Jeong, J. (2019). Detection of forest fire and NBR mis-classified pixel using multi-temporal Sentinel-2A images. *Korean Journal of Remote Sensing,* 35(6_2), 1107-1115.

Zhang, Z., Long, T., He, G., Wei, M., Tang, C., Wang, W., ... & Zhang, X. (2020). Study on Global Burned Forest Areas Based on Landsat Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 86(8), 503-508.

Journal of International Architectural Sciences
JIASR, 2024, 1 (1): 12-36
e-ISSN: 3062-1399
Research Article
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: architecturalsciences@gmail.com

3 Boyutlu Yazıcılarla Yapı Üretimi; Betonarme Duvarlı ve Betonarme Taşıyıcılı Bina Örnekleri ve Öneri Geliştirilmesi

Berrin ŞAHİN DİRİ *, Sultan YILDIZ

ORCID 1: 0009-0009-6436-2549
ORCID 2: 0009-0000-1714-7939
[1] *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, FBE, 34421, İstanbul, Türkiye.*
[2] *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, FBE, 34421, İstanbul, Türkiye.*
** e-mail: berrinsahindiri@outlook.com*

Öz

Teknolojik gelişmelerle birlikte 3 boyutlu yazıcıların gelişimi ve kullanımı her alanda artmıştır. İlk olarak obje basımı ile başlayan teknolojik gelişmeler tıp, eğitim ve mühendislik alanlarında da gerçekleşmeye başlamıştır. Önceleri küçük objelerin basılmasıyla başlayan süreç insan kemikleri yerine kullanılacak elemanların üretimine kadar uzanmıştır. İnşaat sektöründe de çok yaygın olmasa da 3 boyutlu yazıcılar kullanılmaya başlanmış ve köprü, konut, belediye binası gibi tek ve çok katlı binalar çeşitli yazma teknikleriyle basılmıştır. Bu yazma teknikleri halen gelişmekte olsa da henüz donatılı betonarme yapıların beton ve çeliği aynı anda basacağı 3 boyutlu yazıcılar gelişmiş değildir. Bu makalede inşaat sektöründeki gelişmesi hızla devam eden 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile betonarme binaların basım teknikleri irdelenmiş ve betonarme binaların taşıyıcı sisteminde yer alan donatı ve betonun beraber basılma imkanları araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: *3 Boyutlu baskı teknolojileri, 3 boyutlu yazıcılarla bina yapım yöntemleri, Betonarme yapılar.*

Building Production with 3D Printers; Steel Reinforced Concrete Wall Building Examples and Proposal Development

Abstract

With technological developments, the development and use of 3D printers has increased in every field. Technological developments that first started with object printing have also started to take place in the fields of medicine, education and engineering. The process that started with the printing of small objects has extended to the production of elements to be used instead of human bones. Although not very common in the construction sector, 3D printers have started to be used and single and multi-storey buildings such as bridges, residences and municipal buildings have been printed with various printing techniques. Although these printing techniques are still developing, 3D printers that will print concrete and steel of reinforced concrete structures at the same time have not yet been developed. In this article, the printing techniques of reinforced concrete buildings with 3D printer technology, which is rapidly developing in the construction sector, have been examined and the possibilities of printing the reinforcement and concrete in the carrier system of reinforced concrete buildings together have been investigated.

Keywords: *3D printing technologies, Building construction methods with 3D printers, Reinforced concrete structures.*

Citation: Şahin Diri, B. & Yıldız, S. (2024). 3 boyutlu yazıcılarla yapı üretimi; betonarme duvarlı bina örnekleri ve öneri geliştirilmesi. *Journal of International Architectural Sciences*. 1 (1): 12-36.

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563671

Received: *December 01, 2024* – ***Accepted:*** *December 28, 2024*

1. Giriş

Günümüzdeki teknolojik ilerleme ve gelişmelerle birlikle 3 boyutlu yazıcılar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerde başlayan 3 boyutlu yazıcı serüveni hala devam etmektedir. Bu sistemde önce basılmak istenen objenin elektronik ortamda modeli oluşturulmaktadır. Yazıcılara paralel olarak bu bilgisayar programları da gelişmiş çok yönlü eğrilikli yüzey basımı, ince detaylı ve renkli objeler basılmaya başlanmıştır. Oluşturulan dijital model 3 boyutlu yazıcıya aktarılmakta ve yazıcı objenin basımında kullanılacak olan hammaddeyi ince katmanlar halinde basarak objeyi oluşturmaktadır. Öncelikle günlük hayatta kullanılan küçük objelerin üretimi için kullanılan Gelişen teknolojilerle birlikte 3 boyutlu yazıcılar mimari ve mühendislik projelerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanda 3 boyutlu yazıcıların kullanımının avantajları, yapı inşa aşamasında ortaya çıkabilecek sorunların önceden tespit edilebilmesi ve gerekli tasarım değişikliklerinin inşaat başlamadan kolayca yapılabilmesidir.

1.1. Üç Boyutlu Yazıcılarla Baskı

Uzun yıllardır elektronik ortamda modellenen nesneler üç boyutlu yazıcılar kullanılarak üretilebilmektedir. İlk 3 boyutlu yazıcı 1938 yılında icat edilmiştir ve pahalı, karmaşık bir sisteme sahiptir. Gelişen teknolojiyle birlikte 3 boyutlu yazıcılar tıp, otomotiv, havacılık vb. farklı endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. 3 Boyutlu yazıcı ile üretilen ilk mimari yapı 2014 yılında inşa edilmiştir (Felek, 2019). Bu teknik ile obje üretimi tarihsel süreç içerisinde yeni yöntemler ve teknikler geliştirilerek farklı alanlarda kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yakın tarihimizde 3 boyutlu yazıcılardaki ilerlemeler (Çizelge (Çelik ve Çetinkaya, 2016) ve (Akbaba ve Akbulut, 2021) kaynakları kullanılarak yeniden oluşturulmuştur).

1984	Charles Hull tarafından SLA teknolojisi kullanan ilk 3 boyutlu yazıcı üretildi.
1986	İlk 3 boyutlu yazıcı şirketi olan 3D Systems kuruldu ve ilk ticari 3 boyutlu yazıcı geliştirildi. Charles Hull Stereolithografi yönteminin kullanım hakkını aldı.
1988	3D Systems tarafından ilk 3 boyutlu yazıcı modeli olan SLA 250 tanıtıldı. Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri keşfedildi.
1989	Scott ve Lisa Crump Stratasys adlı 3 boyutlu yazıcı firması kuruldu.
1991	Helisys firması tarafından ilk 3 boyutlu imalat sistemi satıldı.
1992	Stratasys firmasi ilk FMD cihazını sattı.
1993	Mürekkep püskürtmeli bir cihaz üretme amacı ile Solidscape adlı firma kuruldu. 2 boyutlu yazıcılardaki mürekkep püskürtme yöntemini kullanan 3 boyutlu obje üretme kullanım hakkı Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından alındı. SLS ve FDM teknolojileri ile ilk renkli baskılar bu yazıcılardan elde edildi.
1995	3 boyutlu yazıcı satışına başlandı.
1996	Z Corporation yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üretebilen ilk yazıcıyı tasarladı. Z Corporation 'Genisys' modelini piyasaya sürdü. 3D Systems 'Actau2100' modelini piyasaya sürdü. 3 boyutlu yazıcı kelimesi ilk defa kullanılmaya başlandı.
2007	3 boyutlu yazıcılar 3D Systems firması tarafından ilk defa 10.000$'ın altında pazara sunuldu.
2008	Kendi parçalarının %50'sini üretebilen ilk 3 boyutlu yazıcı versiyonu "Reprap" tamamlandı.
2009	Makertbot ve 3D Systems'in geliştirdiği modeller ile ev tipi 3 boyutlu yazıcı sayısı arttı.
2011	Dünyada ilk defa 3 boyutlu yazıcı kullanılarak üretilen uçak Southampton Üniversitesi tarafından tasarlandı.
2012	Daha az komplikasyonlu kişiselleştirilmiş eklem protezi 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile geliştirildi.
2014	Uzayda ilk 3 boyutlu yazıcı kullanıldı. Deneme amaçlı küçük parçalar ve el eşyaları basıldı.
2015	NASA uzayda 3 boyutlu yazıcı kullanarak üretim yapmaya başladı.
2016	Adidas 3 boyutlu yazıcı ile ayakkabı tabanı üretileceğini açıkladı. New Balance, tabanını 3 boyutlu yazıcı ile ürettiği ayakkabıları piyasaya sürdü.

1.2. Prototip Obje Basımı

Üç boyutlu yazıcılar ile obje basımında beş farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar SLA (Stereolithography- Reçine Kürleme Teknolojisi), DLP (Digital Light Processing- Dijital Işık İşleme), SLS (Selective Laser Sıntering- Seçici Lazer Sinterleme), FDM (Fused Deposition Modeling- Eriyik Malzeme Şekillendirme), LOM (Laminated Object Manufacturing- Lamine Nesne Üretimi) tekniklerdir.

1.2.1. SLA-Stereolitografi-Reçine kürleme teknolojisi

1983 yılında Charles W. Hull tarafından UV ışını ile masa kaplamalarının serleştirilmesi fikrinden yola çıkılarak ilk 3 boyutlu yazıcı Streolitografi teknolojisi geliştirilmiştir. SLA teknolojisi ile hassas ve karmaşık geometriye sahip nesneler üretilebilmektedir. Bu teknoloji tıp, otomotiv, uçak endüstrisi, sanat ve tasarım alanları gibi çeşitli meslek kollarında obje üretiminde kullanılmaktadır. SLA yönteminde üç boyutlu yazıcı, baskı maddesi olan sıvı reçineyi ince katmanlar halinde basmaktadır. İnce katmanlar halinde üst üste basılan sıvı reçine katmanları UV ışını ile sertleştirilmektedir (Felek, 2019).

1.2.2. DLP-Dijital ışık işleme teknolojisi

DLP sıvı reçine ile baskı alma yöntemidir ve yüksek çözünürlüklü mikro boyutta obje basımı için kullanılmaktadır. DLP yönteminde saydam reçineye milyonlarca optik UV ışını gönderilerek tüm reçine katmanı bir kerede sertleştirilmekte ve SLA yöntemine göre daha hızlı obje basılmaktadır. Bu yöntemde geleneksel ışık kaynağı olan ark lambası, deforme olan ayna ve sıvı kristal ekran paneli kullanılmaktadır. (Mu ve diğerleri, 2017) DLP yöntemi ile insan kulağının formu gibi karmaşık yapıya sahip objeler yüksek çözünürlükte üretilebilmektedir (Tümer, 2020).

1.2.3. SLS-Seçici lazer sinterleme teknolojisi

SLS, 1980 yılında Dr. Carl Deckard, Austin ve Dr. Joe Beaman tarafından, DARPA şirketi sponsorluğunda geliştirilerek patenti alınan bir yöntemdir. Bu yöntemde baskı malzemesi olarak yüksek mukavemet ve esnekliğe sahip naylon polistiren malzeme kullanılmaktadır (Url-1, 2024). SLS yönteminde 3 boyutlu yazıcının lazer başlığı granül toz katman üzerinde hızla ışımalar yaparak hareket etmekte ve malzeme tozlarını eriterek (sinterleyerek) birbirine yapıştırmaktadır. Model basımı tamamlandığında fazla olan toz hammadde temizlenmekte ve artan hammadde geri dönüştürülebilmektedir (Wadea, 2018).

1.2.4. FDM-Eriyik malzeme şekillendirme teknolojisi

3 boyutlu yazıcı ile obje basımında FDM yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde sıcaklık kontrollü nozzle (baskı ucu) ile termoplastik hammadde katmanlar halinde basılmaktadır (Felek, 2019). FDM yönteminde baskı ucu dirençli ısıtıcılar kullanarak hammaddeyi en ideal erime noktasında tutmaktadır (Felek, 2019). Termostatik malzeme olarak günümüzde ABS ve PLA ruloları dışında çeşitli özellikler sunarak uygulama alanını arttıran ahşap (ahşap lifli PLA), metal (bronzlu PLA), kumtaşı (öğütülmüş tebeşirli PLA) görünümü veren malzeme yelpazesi de geliştirilmektedir (Dudek, 2013), (Nadarajah, 2018).

1.2.5. LOM-Lamine nesne üretimi teknolojisi

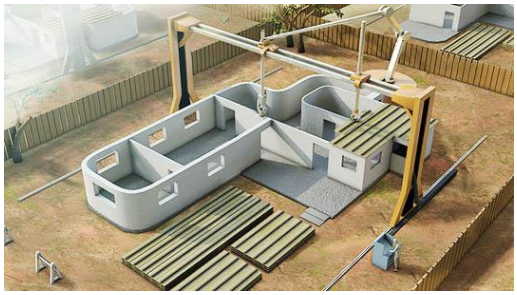
LOM yöntemi Helisys Inc. Şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem diğer 3 boyutlu yazıcılar ile obje basım sistemlerinden farklı olup sadece prototipleme için kullanılmaktadır. LOM yönteminde yapışkan bantlara çözücü (solvent) madde püskürtülmekte ve bantlar birbirlerine yapıştırılmaktadır. Sonrasında bantlar ısıtılmış silindir yardımıyla sıkıştırılmakta ve ısı ile birbirlerine daha iyi yapışmaları sağlanmaktadır (Felek, 2019).

1.3. Bina Yapımında Kullanılan Teknikler

Bu bölümde inşaat sektöründe yapı basımında kullanılan yazıcılar incelenmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile yapı üretiminde üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Her yöntemde kullanılan teknikler farklılık göstermektedir. Bunlar D-Shape, Contour Crafting (Kontür İşçiliği) ve Beton Baskı tekniklerdir.

Counter Crafting ve Beton Baskı tekniklerinde hammaddenin bir veya daha fazla baskı ucundan doğrudan dökülmesi söz konusudur. Kemer Marker, Contour Crafting ve Win Sun şirketleri bu yöntemi

kullanmaktadır. Bir başka yöntem ise granül (kum) katmanı üzerine bağlayıcı sıvı püskürtülerek malzemenin katılaştırıldığı yöntemdir (Felek, 2019). D-Shape tekniği bu yöntemi kullanmaktadır (Oberti ve Plantamura, 2015). Bu teknikte yazıcının baskı ucunu taşıyan kol ileri-geri, aşağı-yukarı, sağa-sola hareket etmekte ve baskı ucundan çıkan akışkan kıvamlı malzeme ile yapı basılmaktadır (Şekil 1) (Khoshnevis, 2004).



Şekil 1. Vinç kullanan 3 boyutlu yazıcı modeli (Petch, 2017)

1.3.1. D-Shape

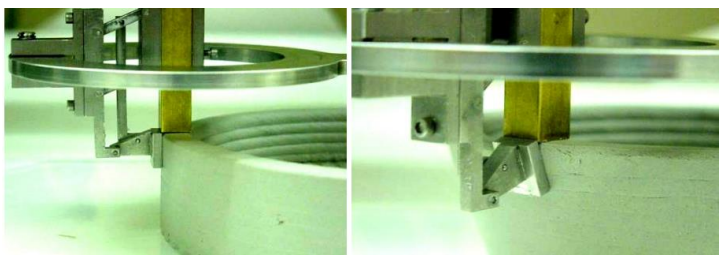
D-Shape 3 boyutlu yazıcı Enrico Dini tarafından icat edilmiştir. D-Shape yazıcısı toz halindeki dolamit kireçtaşını sağlam bir malzemeye çevirerek basım yapan ilk üç boyutlu yazıcıdır. D-Shape yazıcıyı oluşturan taşıyıcı sistem alüminyumdan olup taşıması kolay ve hafiftir (Şekil 2). D-Shape yazıcı baskı işlemini yatay taşıyıcıya elemana bağlı olan baskı ucu ile yapmaktadır ve yazıcı başlığında yaklaşık 300 adet baskı ucu bulunmaktadır. Yazıcı başlığı yatay taşıyıcı kiriş ile taşınmaktadır ve düşey taşıyıcı ayaklar aşağı yukarı yönde hareket edebilmektedir (Felek, 2019). D-Shape yazıcısı ile katmanlı olarak döşenen toz tabakası yapışkan bağlayıcı madde ile sertleştirilerek yapı inşa edelebilmektedir.



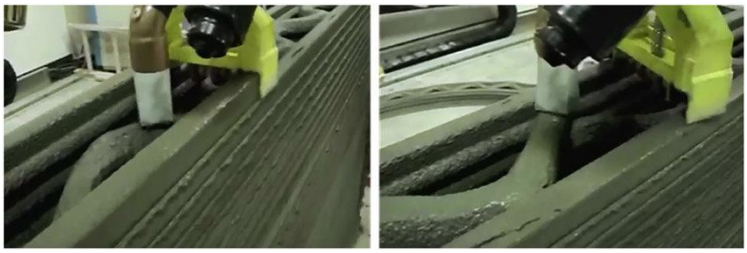
Şekil 2. D-shape yazıcı örneği (Tampı, 2015)

1.3.2. Contour Crafting tekniği (kontür işçiliği)

Contour Crafting tekniği Behrokh Khoshnevis tarafından Southern California Üniversitesi Bilgi Teknolojileri Enstitüsü'nde geliştirilmiştir (Felek, 2019). Bu teknikte 3 boyutlu yazıcının baskı ucunda bulunan malalar basımı yapılan beton katmanlarının yüzeylerini düzleştirmekte ve bu sayede pürüzsüz görünümlü duvarlar oluşturulmaktadır (Şekil 3-4) (Khoshnevis, 2004). Contour Crafting tekniğinde kullanılan malalar hiç sarsılmadan insan gücü ile oluşturulamayacak olan düzgün geometrik şekilleri oluşturabilmektedir (Smith, 2012). Bu teknik ile yapıyı oluşturan duvarlar boşluklu bir şekilde basılmakta ve bu boşluklardan sıhhi elektrik ve mekanik tesisat elemanları geçirilmektedir (Khoshnevis, 2003).



Şekil 3. Contour crafting yazıcı (Yazıcı kolu kullanılan yöntem) (Khoshnevis ve Bekey, 2002).



Şekil 4. Alüminyum çerçeve sistemli contour crafting yazıcı (Khoshnevis ve Bekey, 2002).

Contour Crafting tekniği ile 20 saniyede bir metre duvar, 1 saatte 1 oda, 1 günde 200m² tek katlı bir ev inşa edebilmektedir (Smith, 2012). Sadece kapı ve pencere montajları için insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Contour Crafting tekniğinin avantajları yapı inşa etme hızı, şantiyede yapım imkanı, düşük gelirli konut inşa edilebilmesi, deprem vb. doğal afetlerde hızlı konut üretim imkanı sunmasıdır (Tümer, 2020).

Khoshnevis doğal afetler sonrası hızlı bina inşası için kullanılabilecek bir yöntem olarak Şekil 5'i yeniden düzenlemiştir (Khoshnevis, 2004). Yapının duvarlarında çimento esaslı beton benzeri bir malzeme kullanılmakta ve baskı malzemesi katmanlar halinde dökülmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile yapı basımında kullanılan harç kıvamındaki çimento esaslı baskı malzemesine donatı olarak cam veya karbon fiber lifler eklenerek yapı basımı denemeleri de yapılmaktadır (Tay ve diğerleri, 2016).

Contour Crafting tekniğinde 3 boyutlu yazıcının çalışma prensibi şu şekildedir; baskı ucu kendisini taşıyan hareketli portalın aksi yönünde birbirine paralel iki ray üzerinde ileri-geri hareket ederek beton malzemeyi basmaktadır (Şekil 5). Basılan betonun üzerine gelecek diğer katmanların ağırlığını taşıyabilesi için sertleşmesi beklenmektedir (Smith, 2012).



Şekil 5. Contour crafting yazıcıları (Url-2, 2024).

1.3.3. Beton baskı tekniği

Beton baskı tekniğinin Contour Crafring yönteminden farkı baskı ucunda kullanılan kalıp malaların kullanılmamasıdır. Yapıdaki fonksiyonel boşluklar (pencere, kapı) yapının basım aşamasında oluşturulmaktadır (Lim ve diğerleri, 2011). İki teknik kıyaslandığında "Beton Baskı" tekniği ile inşa edilen yapıların yüzeylerinde yivler oluşmaktadır (Şekil 6). Bu teknikte pürüzsüz yüzeyler elde etmek için beton malzeme kurumadan beton yüzeylerin mala ile düzeltilmesi yada basım işlem tamamlandıktan sonra yüzeye taşlama işlemi uygulanması gerekmektedir (Lim, 2012).



Şekil 6. Beton baskı yönteminde kullanılan baskı ucu (Miau, 2021)

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada 3 boyutlu yazıcılarla obje ve çelik donatılı/taşıyıcılı bina üretim yöntemleri literatür araştırması yapılarak çeşitli kaynaklardan derlenmiş ve burada sınıflandırılarak detaylıca ele alınmıştır. Yapı üretiminde malzeme ve zaman tasarrufu sağlayan 3 boyutlu yazıcılarla beton ve çelik kullanılarak oluşturulan bina üretim yöntemlerine ait birer örnek irdelenmiş ve gelecekte bir sonraki adım olan beton ve çelik üretiminin aynı anda olabilme durumlarına ait değerlendirmeler yapılmıştır. 3 boyutlu yazıcılarla beton ve çeliğin beraber kullanıldığı binaların üretiminde çeliğin basılma aşamasının farklılığı nedeniyle aynı başlık ile hem beton harç hem çelik üretimi yapılamamakta, bu sebeple iki malzemeyi farklı şekillerde veya zamanlarda üretmek gerekmektedir. Bu çalışmanın değerlendirme kısmında 3 boyutlu yazıcıların inşa aşamasına getirdiği hızı etkileyen bu faktörü ortadan kaldırmaya yönelik öneriler sunulmaktadır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Lim'e (2012) göre inşat sektöründe yükleniciyi otomasyon sistemlerini kullanmaya yönlendiren çok sayıda sebep bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı şantiyede inşaa süresini ve üretim maliyetini azaltma, mimari tasarımlarda daha özgür tasarımlar oluşturabilme isteğidir. Vaha (2013)'de yaptığı çalışmada kalite, güvenlik, yaşam döngüsü maliyet tasarrufları ve işgücünün basitleştirilmesi gibi inşaat sektörüne eklenen farklı beklentilerin üç boyutlu yazıcıların kullanımını zorunlu hale getirdiğini ileri sürmüştür. Şantiyelerde otomatik tuğla döşeme, beton püskürtme ve prekast eleman dökme teknikleri gibi sayısız tekrarlanarak yapılan işlemler için otomasyon sistemine dayalı örnek makineler kullanılmaktadır (Lim, 2012), (Tümer, 2020).

3.1. Üç Boyutlu Yazıcılarla Beton Baskı Teknolojisi

Üç boyutlu yazıcılarda birçok malzemenin yanında beton esaslı malzemeler de yazma malzemesi olarak kullanılmaktadır. Beton baskı tekniği ile yazıcının baskı ucundan harç kıvamındaki çimento esaslı betonun kat kat dökümüyle (ekstrüzyonu) yapı üretilmektedir. Beton baskı yönteminde "Contour Crafring" yönteminde kullanılan baskı ucundaki malalar kullanılmamaktadır. Bu yöntemde kalıp kullanılmadan yapı inşası gerçekleştirilmekte ve yapıdaki fonksiyonel boşluklar (pencere, kapı..vb) yapının basım aşamasında oluşturulmaktadır (Lim ve diğerleri, 2011). Kalıp kullanılmayan bu yöntem ile inşa maliyeti ciddi oranda düşürülmektedir. "Counter Crafring" yönteminde kullanılan malalar olmadan 3 boyutlu baskı yapılabilmekte ve bu sayede daha yüksek esneklik seviyeleri elde etmek için baskıda daha küçük tortul çözünürlüğe sahip malzeme kullanımı gerekmektedir. Bu farklılık iç ve dışta geometrinin daha kontrollü oluşturulmasını sağlamıştır (Lim, 2012). Contour Crafting ile Beton Baskı yöntemleri kıyaslandığında Beton Baskı yöntemi ile inşa edilen yapıların yüzeylerinde yivler oluşmaktadır. Pürüzsüz yüzeyler üretilmek istendiğinde 3 boyutlu baskı ile dökülen beton malzeme kurumadan önce mala ile düzleştirilmeli yada beton kuruduktan sonra yüzey taşlanmalıdır (Lim, 2012).

Üç Boyutlu Baskı Yönteminin Yapı İnşası Açısından Avantajları-Dezavantajları

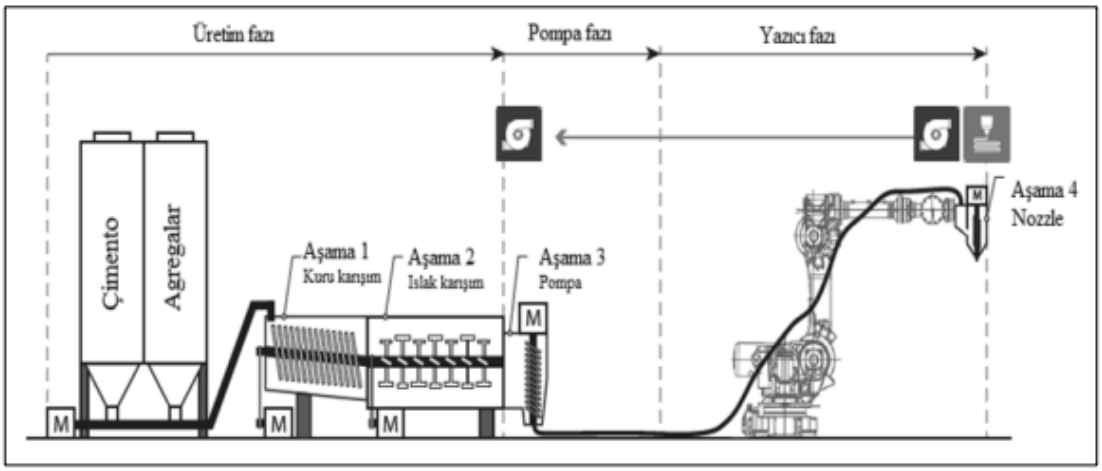
Çeşitli meslek dallarında obje basımında kullanılan üç boyutlu yazıcılar mimarlık alanında da kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar kullanılarak maket üretilmekte ve yapı inşa edilmektedir (Libson ve Kurman, 2013). Üç boyutlu yazıcı kullanılarak yapı inşasında elde edilen avantajlar ve dezavantajlar şöyle sıralanabilir (Tümer, 2020).

- Üç boyutlu yazıcı ile baskı yönteminde karmaşık geometriler üretmek için ek bir maliyete ihtiyaç duyulmamaktadır. Geleneksel inşa yöntemlerinde geometrik formun karmaşıklığı arttıkça buna paralel olarak üretim maliyeti de artmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ile karmaşık süslemeler ya da çift eğrili geometrilerin basımı dikdörtgen prizma yapısının basımıyla aynı miktarda zaman, maliyet ve işçilik gerektirmektedir (Tümer, 2020).
- Üç boyutlu yazıcılar ile anlık üretim ve teslim imkânı ile ihtiyaç duyulduğu anda üretim yapılabilmektedir. Bu sayede ön üretim gerekmemekte ve depolama ihtiyacı duyulmadan talebe göre ürün üretilebilmektedir.

- Geleneksel yapımda zanaatçının form üretim kapasitesi, sahip olduğu aletler ile orantılıdır. Örneğin ahşap torna sadece silindir objeleri, bir kalıp makinesi kalıbın şeklindeki objeleri üretebilirken üç boyutlu yazıcılar birden fazla aracın üretim kapasitesini birleştirmektedir.
- Geleneksel sistemde üretimde zanaatçının yeteneğini oluşturması için yıllarca çalışma gereksinimi duyarken, 3 boyutlu yazıcı ile yetenek ihtiyacı minimuma indirilmektedir.
- Üç boyutlu yazıcı ile yapı inşası yeni kullanılmaya başlayan bir yöntem olup günümüzde yapı inşasında yaygın olarak kullanılmamaktadır.

3.2. Üç Boyutlu Yazıcılarla Yapı Üretimi

3 boyutlu yazıcı ile yapı üretiminde önce bilgisayar ortamında 3 boyutlu model oluşturulmaktadır. Bilgisayardan gelen komutlara göre yazıcı içerisinde çimento su, ince agrega karışımı bulunan harcı kullanarak yapıyı basmaktadır (Uygunoğlu ve diğerleri, 2019). 3 boyutlu baskı yöntemi ile beton yapı inşasında yaygın olarak kullanılan yöntem FDM (Fused Deposition Modeling-Eriyik Malzeme Şekillendirme) yöntemidir. 3 boyutlu yazıcı çalışma prensibi şu şekildedir: Dijital ortamda CAD çizimi oluşturularak G kodu tanımlanmaktadır. Katmanlar G koduna göre tanımlanan yol boyunca hareket eden baskı ucundan dışarıya harcın itilerek ekstrüde edilmesi şeklinde oluşturulmaktadır (Şekil 7) (Kloft ve diğerleri, 2020).



Şekil 7. 3 boyutlu yazıcı ile yapı üretim aşamaları şematik gösterimi (Uygunoğlu ve diğerleri, 2019)

3 boyutlu yazıcı ile yapı baskı işlemi üç faz ve dört aşamadan oluşmaktadır. Ancak projeye göre baskı işlemi ve kullanılan yazıcı türleri farklılık gösterebilmektedir (Uygunoğlu ve diğerleri, 2019). Üretim fazında 3 boyutlu baskı işleminde kullanılan harcın ana malzemeleri ayrı besleme tanklarında bulunmaktadır. Üretim fazında ilk aşamada çimento ve agrega karıştırılarak kuru karışım elde edilmekte, ikinci aşamada ıslak karışım oluşturulmaktadır. Üçüncü aşama olan pompa fazında pompa devreye girmekte ve ıslak karışım borudan baskı ucuna aktarılmaktadır. Dördüncü aşama olan yazıcı fazında baskı ucundan harç sıkılması (extruding) işlemi gerçekleştirilmektedir. Basılan harcın katılaşması ile üretim tamamlanmaktadır.

3.3. Üç Boyutlu Yazıcı ile Çelik Donatılı/Taşıyıcılı Beton Yapı Üretimi

Üç boyutlu yazıcı ile beton malzemesi kullanılarak inşa edilen yapılarda daha iyi performans ve dayanıklılık için ek donatı takviyelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapılarda, donatılı betonarme yapı performansına ulaşmak için takviye donatıyla birlikte beton basabilen hibrit baskı sistemi kullanılmalıdır (Uygunoğlu ve diğerleri, 2019). Üç boyutlu yazıcı ile betonarme yapı inşa sistemi ve geleneksel betonarme yapı inşa sistemleri kıyaslandığında üç boyutlu yazıcı ile betonarme yapı inşasında kalıp kullanılmamaktadır (Kloft ve diğerleri, 2020). Gelenksel betonarme yapı inşa sistemlerinde kalıp kullanımı zorunludur ve donatı kalıp içerisine tam olarak yerleştirilmeli ve sabitlenmelidir. Üç boyutlu yazıcı ile betonarme yapı inşasında basılan beton katmanlarına donatılar eklenerek veya örülmüş donatı takviyesi etrafına beton basılarak yapı inşa edilebilmektedir. (Kloft ve diğerleri, 2020). Üç boyutlu yazıcılarla betonarme yapı inşasında donatının beton baskıya eklenmesi ile

ilgili hali hazırda üç yöntem kullanılmaktadır ve bu yöntemler de kendi içlerinde farklı uygulamalara sahiptirler (Çizelge 1, Çizelge 2, Çizelge 3).

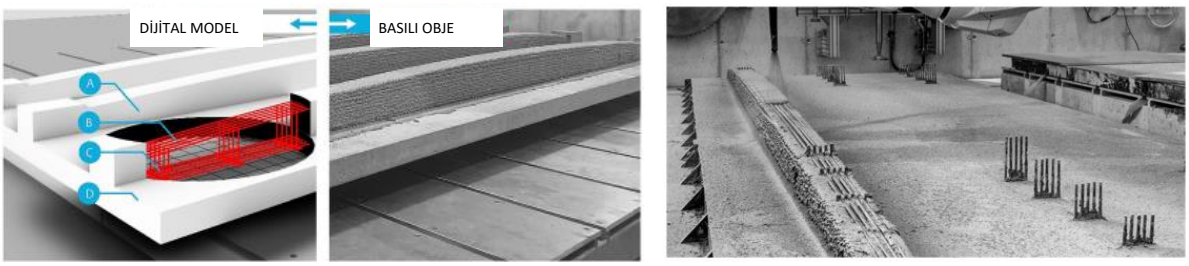
Yöntem 1'de ilk olarak üç boyutlu yazıcı ile beton katmanları basılmaktadır (Çizelge 1). Üst üste basılan beton katmanlarına donatılar beton basımı aşamasında beton sertleşmeden yerleştirilmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile basılan beton malzemesine donatı çubukları, donatı takviyeleri (filamentler, tekstil takviyeleri), lif veya küçük donatı çubukları yatay, dikey veya eğimli şekilde yerleştirilmektedir (Kloft ve diğerleri, 2020).

Yöntem 1 tekniği kullanılarak üretilen beton katmanlarının içine yatayda ve düşeyde donatılar yerleştirilerek nervürlü beton zemin plakası üretilmiştir. Üç boyutlu yazıcı ile basılan döşeme panelleri Holstebro evinde kullanılmıştır (Şekil 8). Institute of Structural Design tarafından yapılan çalışmada Şelik 8'de "D" ile gösterilen beton zemin plakası kalıp içerisine yerinde dökülerek oluşturulmuştur. Döşemedeki nervürler yatay ve düşey donatılar yerleştirilerek üç boyutlu yazıcı ile basılmıştır.

Nervürlü döşemenin üç boyutlu yazıcı kullanılarak inşasında beton harcını püskürterek basan üç boyutlu yazıcı başlığı kullanılmıştır. Üretilen nervürlü döşeme ölçüsü 50cm x 210cm x 10 cm'dir. Kalıba dökülerek üretilen beton zemin levhasına dik doğrultuda nervürlerin donatı çubukları monte edilmiştir. Nervürlerde kullanılan dik doğrultudaki donatı çubuklarının yüksekliği desteklerin geldiği noktalarda 10 cm olup orta kısımlarda 20 cm'ye çıkmaktadır. Düşey doğrultuda döşeme plağına yerleştirilen donatı çubukları (Şekil 8, "B") yatay doğrultuda donatı çubukları kullanılarak bağlanmaktadır ve yatay yönde yerleştirilen donatı çubukları çekme kuvvetlerine çalışmaktadır. Yatay donatılar yerleştirildikten sonra beton harç basılarak donatılar 4 kat (4 ila 6cm) beton ile kaplanmaktadır.

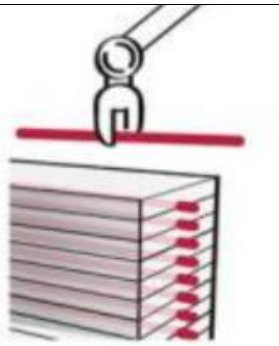
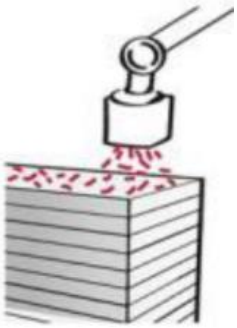
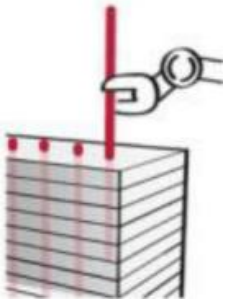
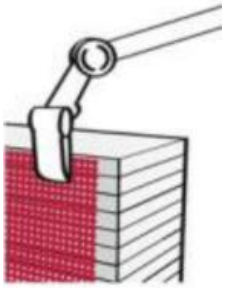
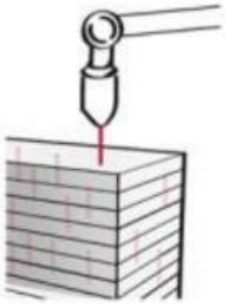
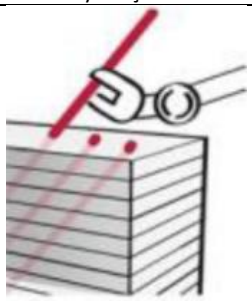
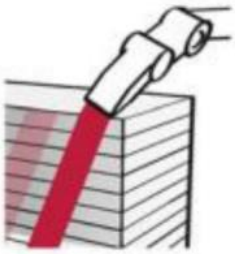
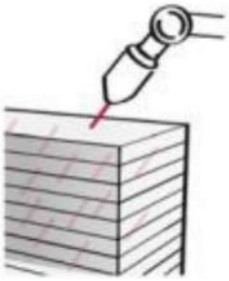
Yöntem 2'de üç boyutlu betonarme yapı inşasında kullanılabilecek 3 farklı sistem bulunmaktadır (Çizelge 2). Birinci sistem örülmüş donatı takviyelerinin kullanıldığı sistemdir. Önce üç boyutlu yazıcı ile üretilecek olan duvar, kolon gibi elemanlarda kullanılacak takviye donatısı yatay ve düşeyde donatı çubukları kullanılarak örülmektedir. Örülmüş donatı takviyesine üç boyutlu yazıcılar kullanılarak beton basılmaktadır. Beton püskürten baskı uçlu "SC3DP" adlı üç boyutlu yazıcı kullanılarak örülmüş donatı takviyesine beton püskürtülmekte ve donatı beton içerisine gömülmektedir. Oluşturulan betonarme kolon ve duvar yüzeyinin pürüzsüz olması isteniyorsa elemanın yüzeyi düzleştirilmektedir (Kloft ve diğerleri, 2020).

Institute of Structural Design "SC3DP" isimli yazıcı ile Şekil 9'da görülen kolonları üretmiştir. Bu örnekte EC2 (Eurocode 2-Avrupa beton yapı tasarım kodu) standartlarına göre üretilmiş geleneksel donatı kafesi kullanılmıştır. Kolon dökümü için önce dönen bir tabla üzerine donatı kafesi sabitlenmektedir. Üç boyutlu yazıcının beton püskürten baskı ucu eğimli durmaktadır ve yukarı yönde beton püskürterek hareket etmektedir. Üç boyutlu yazıcının baskı ucundan beton püskürtülürken donatı takviyesinin sabitlendiği tabla döndürülmektedir (Şekil 9). Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilen betonarme kolonun kesiti incelendiğinde donatı ve betonun iyi bir şekilde birleştiği ve yazıcı ile basılan betonun boşluksuz şekilde örülmüş donatı takviyesinin iç kısmını doldurduğu görülmektedir.

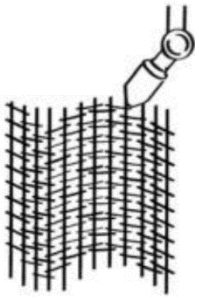


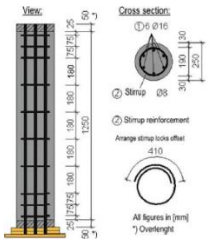
Şekil 8. Nervürlü döşemenin modeli, üretilmiş son hali ve üretim aşaması görülmektedir. A: Kiriş, B - C: Donatı, D: Döşeme Plağı. (Kloft ve diğerleri, 2020)

Çizelge 1. Birinci Yöntem; Üç Boyutlu Yazıcılarla Önce Beton Basılmakta, Donatı Betona Sonradan Entegre Edilmektedir. (Kloft ve diğerleri, 2020)

YÖNTEM 1: Betonun Donatıya Destek Olduğu Sistem			
	Beton katmanları içine donatının yerleştirilmesi	**Beton katmanlarına filament ve tekstil takviyelerinin yerleştirilmesi**	**Beton katmanlarına liflerin veya kısa donatı çubuklarının yerleştirilmesi**
Donatının Yatay Yönde Yerleştirilmesi	 3 Boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanlarının üzerine donatı çubuğu yatay düzlemde yerleştirilmektedir.	 Beton katmanlarının üzerine yatay düzlemde donatı olarak kullanılan filamentler veya tekstil malzemesi serilmektedir.	 3 Boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanının üzerine donatı lifleri dökülmektedir.
Donatının Düşey Yönde Yerleştirilmesi	 3 Boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanlarının içerisine donatı çubukları düşey düzlemde sokularak yerleştirilmektedir.	 Beton katmanlarının yüzeyi düşey düzlemde donatı olarak kullanılan filamentler veya tekstil malzemesi ile kaplanmaktadır	 3 Boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanlarının içerisine kısa donatı çubukları düşey yönde sokularak yerleştirilmektedir.
Donatının Eğimli Şekilde Yerleştirilmesi	 3 Boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanlarının içerisine donatı çubukları açılı olarak sokularak yerleştirilmektedir.	 Beton katmanlarının yüzeyi dikey düzlemde açılı bir şekilde donatı olarak kullanılan filamentler veya tekstil malzemesi ile kaplanmaktadır.	 Üç boyutlu yazıcı ile basılan beton katmanlarının içerisine kısa donatı çubukları açılı bir şekilde sokularak yerleştirilmektedir.

Çizelge 2. İkinci Yöntem; Önce Donatının Oluşturulduğu ve Betonun Donatıyı Kaplayacak Şekilde Basıldığı Sistemlerdir. (Kloft ve diğerleri, 2020)

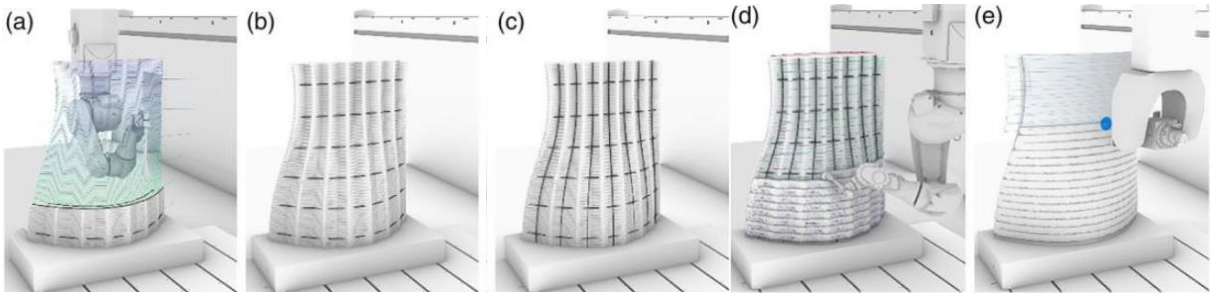
YÖNTEM 2: Donatının Betona Destek Olduğu Yöntem		
Örülmüş donatı takviyelerinin beton basılmadan yerlerine yerleştirildiği sistem.	Sarılmış filament veya donatı takviyelerinin kullanıldığı sistem.	Düşey yönlü donatılara yatay yönde kısa donatıların kaynaklanarak veya yapıştırılarak örgü kalıp sistemin oluşturulması. (Yatay takviye çubukları kullanılmaktadır)
		



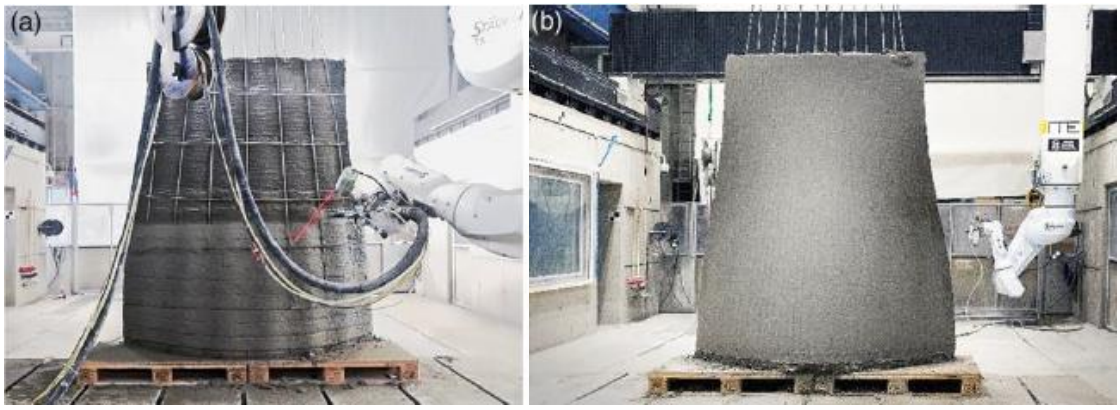
Şekil 9. Üç Boyutlu Yazıcı ile Betonarme Kolonun Üretim Aşaması, Kolonun Donatıları ve Plan Kesiti (Kloft ve diğerleri, 2020).

Yöntem 2'de 3. sistem sarılmış filament veya donatı takviyelerinin kullanıldığı sistemdir. Institute of Structural Design tarafından yapılan hafif eğrisel duvar uygulaması Şekil 10'da görülmektedir. Üç boyutlu yazıcı kullanılarak dökülen eğrisel formlu betonarme duvar elemanları beş aşamada inşa edilmektedir. Önce duvarın iç ve dış kısmı arasındaki dalga formlu kısmın içi üç boyutlu yazıcı kullanılarak basılmaktadır. Dalgalı formu olan bu iç kısımın üzerine beton basımı aşamasında yatay donatı çubukları belirli aralıklarla yerleştirilmektedir (Şekil 10.(a)). Şelik 10.(b)'de betonarme duvarın dalgalı iç kısmının basılmış hali görülektedir. Ardından Şekil 10.(c)'de görüldüğü gibi düşey yöndeki donatılar yatay yöndeki donatıların arasına geçirilerek yerleştirilmektedir. Şekil 10.(d)'de görüldüğü üzere üç boyutlu yazıcı kullanılarak 4cm kalınlığında beton dış katman basılarak donatılar beton ile kaplanmaktadır. En son aşamada ise eğrisel formlu duvar yüzeyi çelik disk ile düzleştirilmektedir.



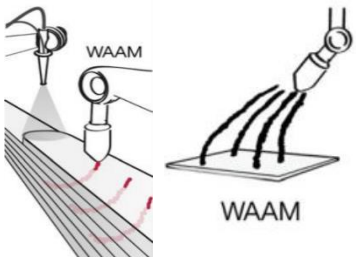
Şekil 10. Hafif egrisel duvarın model ve üretim aşamaları (Kloft ve diğerleri, 2020)

Şekil 11.(a)'da hafif eğrisel betonarme duvarın labaratuvardaki üretim aşaması görülmektedir. Şekil 11.(b)'de ise hafif eğrisel betonarme duvarın donatılı dalga formlu iç kısmının etrafına üç boyutlu yazıcı ile beton basım işlemi bittikten sonra çelik diskli beton düzleştiricisi ile yüzeyi düzleştirildikten sonraki hali görülmektedir.

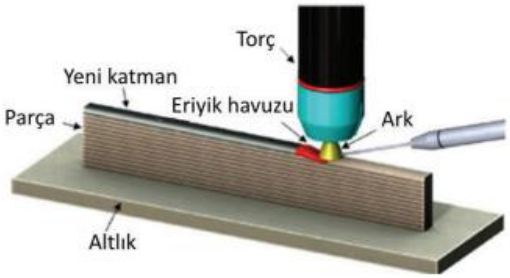


Şekil 11. (a). Hafif egrisel duvarın laboratuvarda üretim aşaması, **(b).** Aynı Duvarın Yüzeyinin Düzleştirilmiş Hali (Kloft ve diğerleri, 2020)

Çizelge 3. Üç boyutlu baskı ile betonarme yapı üretiminde betonun ve donatının eş zamanlı basıldığı sistem (Kloft ve diğerleri, 2020)

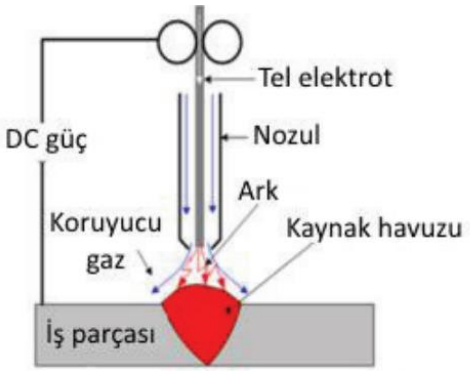
YÖNTEM 3: Kademeler Halinde Eş zamanlı Donatı ve Betonun Üretimi	
Beton baskı +WAAM(Tel Ark Eklemeli İmalat)	

Yöntem 3 ise, beton ve donatının eş zamanlı katmanlar halinde kat kat basıldığı yöntemdir. Bu yöntemde donatılar WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) sistemi kullanılarak beton harç ile birlikte basılmaktadır. İlk olarak WAAM sistemi ile donatı katmanı belirli sayıda üst üste katlar şeklinde basılmakta, ardından beton basan üç boyutlu yazıcı kullanılarak beton katmanı belirlenen kat kadar üst üste katmanlar şeklinde basılmaktadır. Bu işlem her katta tekrarlanarak üretim gerçekleştirilmektedir. WAAM sisteminde tel şeklindeki hammadde eritilmekte ve çalışma alanı boyunca biriktirilerek tabakalar oluşturulmaktadır (Şekil 12).



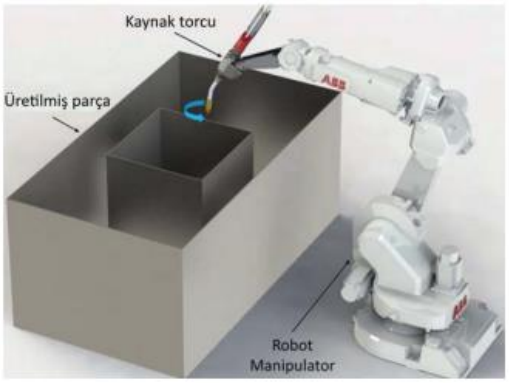
Şekil 12. Tel elektrot ışını eklemeli imalat gösterimi (Güler ve diğerleri, 2022)

Tel ark eklemeli imalatta ısı kaynağı olarak elektrikli ark kullanılarak tel formundaki hammadde eritilmektedir (Şekil 13) (Güler ve diğerleri, 2022). Eritilen hammadde üst üste katmanlar halinde biriktirmektedir. WAAM yönteminde titanyum, nikel, alüminyum alaşımlar ve çelik gibi malzemeler kullanılabilmektedir (Şekil 14). WAAM sistemi ısı kaynağına göre 4 gruba ayrılmaktadır. 1- Gaz metal ark kaynağı (GMAK-WAAM) tabanlı 2- Gaz tungsten ark kaynağı (GTAK-WAAM) tabanlı 3- Plazma ark kaynağı (PAK-WAAM) tabanlı 4- Robotik WAAM yöntemidir.



Şekil 13. Tel ark eklemeli imalat işlemi gmak-tabanlı (Ituarte ve diğerleri, 2018)

GMAK tabanlı WAAM yönteminin bir türü olan CMT (soğuk metal transferi) yönteminde daha düşük ısı malzemeye aktarılarak eritilmekte ve kaynak dolgusu yapılırken hiç sıçrama olmamaktadır. CMT-GMAK tabanlı WAAM yönteminde de alaşım ve çelik malzemeler kullanılmaktadır (Güler ve diğerleri, 2022). WAAM sistemleri hareket mekanizması için endüstriyel robot kullanmaktadır. Betonla beraber donatıların basıldığı sistemde lokal gaz korumalı mekanizmalar ve çalışma alanını arttırmak için doğrusal bir ray üzerinde konumlandırılmış robot kullanılmaktadır.



Şekil 14. Büyük boyutlu ince cidarlı metal parçanın robotik WAAM yöntemiyle üretimi (Ituarte ve diğerleri, 2018)

3.4. Az Katlı Betonarme Binaların Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretimi

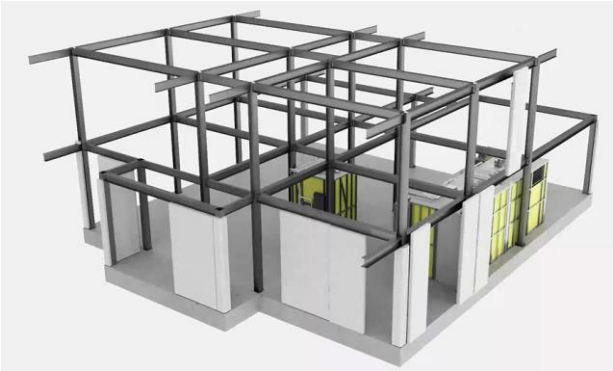
Yukarıdaki bölümde 3 boyutlu yazıcılarla betonarme eleman üretimleri ele alınmıştır. Bu bölümde ise betonarme bir yapının tamamının 3 boyutlu yazıcılarla üretim yöntemleri incelenecektir. Son on yılda üç boyutlu yazıcılar kullanılarak çelik ve beton malzemesi ile birçok yapı inşa edilmiştir.

3.4.1. Panel taşıyıcılı betonarme bina üretimi

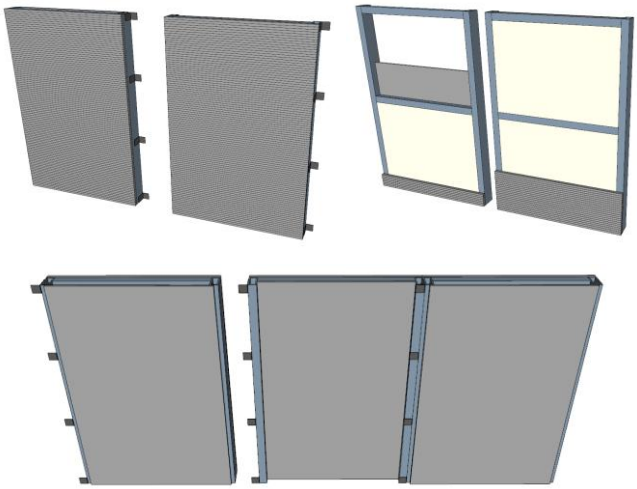
Bu yöntemde bina; etrafında beton kaplaması olan metal çerçeveli kat yüksekliğinde panellerin bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır (Şekil 15). Bu sisteme örnek olarak Mighty Buildings firması tarafından geliştirilen ve Kaliforniya'da yapılması planlanan sıfır enerjili 15 evden oluşan tatil köyü projesi evidir. Örnek ev olarak üretilen Mighty Cinco projesinde üç boyutlu yazıcı kullanılarak panellerin iç-dış yüzeyleri basılmıştır. Bu paneller temel üzerine kurulan çelik bir çerçeve üzerine monte edilmektedir (Şekil 16). Panellerin içinde yer alan çelik profiller destek elemanı olarak kullanılmaktadır. Düşey çelik profiller yatay yönde çelik profiller ile çerçeve oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmaktadır. Üç boyutlu yazıcı ile üretilen dış ve iç yalıtımlı hafif beton panel yüzeyleri çelik profil sistemine metal bağlantı elemanları kullanılarak monte edilmektedir. Kat yüksekliğinde üretilmiş olan cephe panellerinin birbirlerine ve çelik kolon kirişlere bağlantısının yapılabilmesi için düşey veya yatay yönde metal bağlantı profilleri yerleştirilmiştir (Şekil 17). Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilen duvar panellerinin beton yüzeyleri arasında ısı yalıtımı görevi görmesi için poliüretan malzeme kullanılmıştır. Poliüretan köpük iç ve dış yüzey paneli arasındaki boşluğu sıkılmakta ve boşluğu doldurmaktadır.



Şekil 15. Mighty Cinco'da kullanılan duvar paneli detayı, Evin ön görünüşü ve kat planı (Mighty Buildings Inc., 2023)



Şekil 16. Aynı firmanın iki katlı ev önerisine ait çelik çerçeve sistemi ve bunlara asılan duvar panelleri planı (Mighty Buildings Inc., 2023)



Şekil 17. Bilgisayar ortamında çizilen mighty house duvar panellerinin birleşim çalışması (Yazarlar).

3.4.2. 3 Boyutlu yazıcılarla oluşturulmuş ön-üretimli yapı elemanlarının şantiyede birleştirilmesi ile betonarme bina üretimi

Bu yöntemde; binayı oluşturan duvar, kiriş, döşeme gibi yapı elemanları fabrika ortamında 3 boyutlu yazıcılarla donatılı olarak üretilmekte, şantiyede bu elemanlar yerinde dökülen temel ve döşeme üzerine monte edilerek bina oluşturulmaktadır. Bu sisteme örnek olarak 120 saatte üretimi tamamlanan ve duvarları taşıyıcı özellikte olan tek katlı Milestone projesi incelenmiştir (Şekil 18). Temelden lento hizasına kadar olan yükseklikte (Şekil 19) fabrika ortamında üretilen bu duvar elemanları, 2 katman şeklinde iç kısmı boşluklu olarak üretilmişlerdir. Şantiyeye taşınan duvar panelleri vinç yardımı ile bir araya getirilerek montajları yapılmış ve yapı inşası tamamlanmıştır (Şekil 18). 3 boyutlu yazıcı ile basılan dış duvar panelleri yapıya etki eden yükleri taşıyan ana taşıyıcı elemanlardır, bu nedenle kalın kesitli olarak üretilmişler ve iç kısmı Şekil 19'da görüldüğü gibi iki bölmeli olarak tasarlanmıştır. Panellerin içindeki hava katmanı ısı yalıtımı özelliği sağlamaktadır. Bu panellerin basım işlemi esnasında iç kısımda kalan bölmenin içine metal tel donatılar konularak duvarın dayanıklılığı arttırılmıştır.



Şekil 18. Milestone projesi, Eindhoven, Hollanda; önden görünüş ve vinç yardımı ile panellerin yerlerine yerleştirilmesi (Souza, 2021).



Şekil 19. Köşe panelinin yerine taşınması, duvar panellerinin fabrikada 3 boyutlu yazıcı ile üretimi (Souza, 2021)

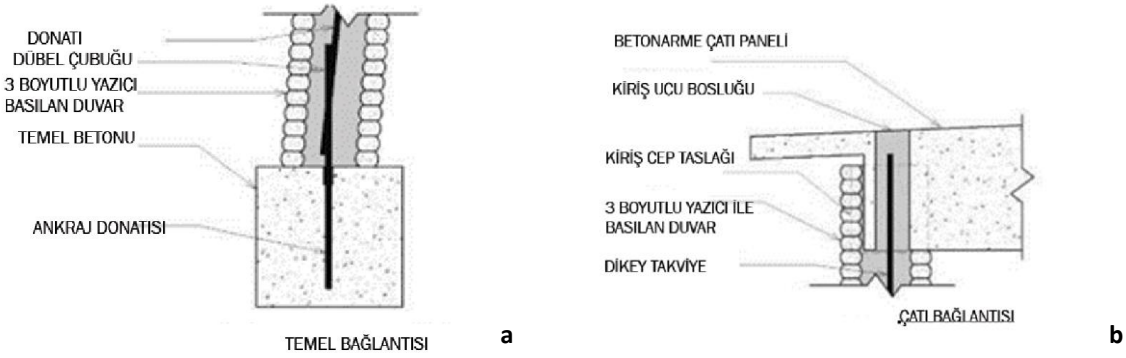
3.4.3. Donatıları önceden yerleştirilmiş binanın beton baskısının sonradan 3 boyutlu yazıcılar ile yapılması

3 boyutlu yazıcılar ile basılan betonarme binaların 3. Üretim tekniği ise şu şekildedir; iskelet sistemde tasarlanan binanın kolon donatıları basım işlemi başlanmadan yerine yerleştirilmekte ve beton dökümü daha sonra bu donatıların etrefını saracak şekilde gerçekleşmektedir.



Şekil 20. Dubai Belediye binası ve yapım aşaması (Block, 2019).

Dubai Belediye binası, Şekil 20'da yapım aşaması fotoğrafında görülen 3 boyutlu yazıcı ile kolon donatılarının yerleştirilmesinden sonra boşluklu bir duvar formu oluşturacak şekilde beton dökümünün yerinde yapılması ile gerçekleştirilmiştir. Eğrisel forma sahip duvarlar mekanların merkezlerine taşınarak yerleştirilen merkezde ve yatay yönde hareket eden yazıcı ile rahatlıkla dökülmüştür. Kolonlarda kullanılan donatılar yerinde dökme radye temele ankraj elemanları ile bağlanmaktadır. Resim 20'deki düşey kolon donatıları yatay yönde etriyeler ile birbirlerine bağlanmaktadır. Kolon kalıbın (dış kontur) ve yapının dış duvarları 3 boyutlu yazıcı ile basılmaktadır. Kalıp olarak kullanılacak kolon dış konturu sertleştikten sonra donatıların bulunduğu iç kısım beton dolgu ile doldurularak kolonlar oluşturulmaktadır (Bos, Menna, Pradena ve diğerleri, 2021)



Şekil 21. (a) Kolon-temel bağlantı kesiti, (b) Çatı-kolon bağlantı kesiti (Bos, Menna, Pradena ve diğerleri, 2021)

Şekil 21.(a) ve (b)'de Dubai Belediye Binası'nın 3 boyutlu yazıcı kullanılarak oluşturulan kolonlarının yerinde dökme betonarme temel ve çatı paneli ile bağlantı detayları görülmektedir. Betonarme temele ankraj çubukları ile donatılar bağlanmıştır. Kolon ve duvar iç kısım paneli dış kısıma göre daha alt bir kotta dökülmekte, böylece çatı paneli bu alt kotta yer alan beton eleman üzerine oturtulmaktadır. Dışta kalan kontür çatının alın kısmı ile kapatılmaktadır. Çatı plağı ile dış cephede saçak olarak kullanılan beton elemanın arasında donatı kullanılarak kolona bağlantı sağlanmış ve bu kısım beton ile doldurularak çatı inşası tamamlanmıştır (Ignjatović, Mitrovic, Dragaš, Carevic, 2022).



Şekil 22. Dubai Belediye binası inşa aşaması (Block, 2019).

Şekil 24'de yapının basım aşamasında kapı boşluklarının nasıl oluşturulduğu görülmektedir. Kapı boşluklarının oluşturulacağı kısımlarda yazıcı beton basmamaktadır. Boşluk oluşturulduktan sonra bu kısıma ahşap lento yerleştirilmekte ve daha sonra lentonun üzerine beton harç basılmaya devam edilmektedir. Lento altına destekler konulmakta ve bu destekler beton priz aldıktan sonra kaldırılmaktadır. Yapıdaki pencere boşlukları kapı boşluklarında olduğu gibi ahşap lento ve metal destek elemanları kullanılarak oluşturulmaktadır.

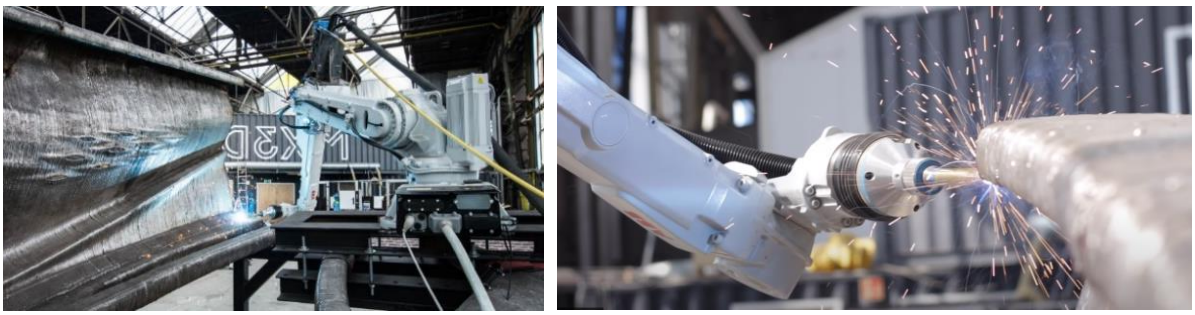
4. Değerlendirme

3 boyutlu yazıcılarla betonarme bina dökümü üstteki bölümde anlatıldığı üzere 3 farklı şekilde yapılabilmektedir. Bu yöntemler ile beton malzeme israfı azaltılmış, daha az sayıda ekip ve işçi ile daha kısa sürede yapım imkanı sağlanmış, daha esnek formlarda duvar ve bina üretimi imkanı oluşmuş ve beton elemanlara daha yüksek çekme ve eğilme mukavemeti kazandırılmıştır.

Bütün bunların yanısıra tüm yöntemlerde beton elemanın içine donatı yerleştirilme aşamaları yapım sürecini bir miktar etkilemektedir. Henüz hem beton malzemeyi hem donatıyı aynı anda basan bir yazıcı ile bina üretimi gerçekleşmemiştir. Ancak Amsterdam'ın Red Light bölgesinde 12.5m eninde, 63m uzunluğunda ve 45 ton ağırlığında 3 boyutlu yazıcı ile ilk çelik köprü basılmıştır (Şekil 23). Köprü inşasında kullanılan yazıcı Şekil 24'de yer almaktadır. Yazıcı, çelik metalini eriyik haline getirmekte ve dijital ortamda oluşturulmuş olan modele göre çelik malzemesini tabakalar halinde üst üste basarak köprüyü oluşturmaktadır. Yazıcının ucundan eriyik olarak çıkan çelik hızlıca sertleşmektedir. Red Light köprüsünün çelik taşıyıcısı ve üst kaplaması fabrika ortamında 3 boyutlu yazıcı ile oluşturulmuş ve daha sonra köprü kanal üzerine taşınarak yerine montajı yapılmıştır.



Şeki 23. 3 Boyutlu yazıcı ile üretilen red light köprüsü, Amsterdam (Hermes Ltd., 2018).

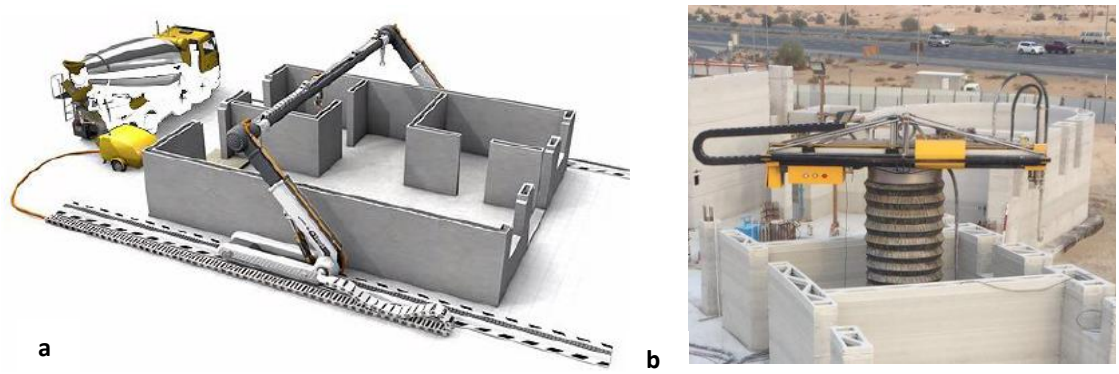


Şekil 24. Köprü basımında kullanılan yazıcı ve baskı ucu (Hermes Ltd., 2024).

Günümüz teknolojisi ile tek baskı ucu kullanılarak yapı basımı gerçekleşmektedir. Bu bölümde gelişen teknoloji ile beraber 3 boyutlu yazıcılar ile yapı inşasında çelik taşıyıcı elemanların ve beton malzemenin beraber basımının nasıl yapılabileceği ile ilgili iki farklı öneri sunulmaktadır.

4.1. İki Ayrı 3 Boyutlu Yazıcının Kullanılması

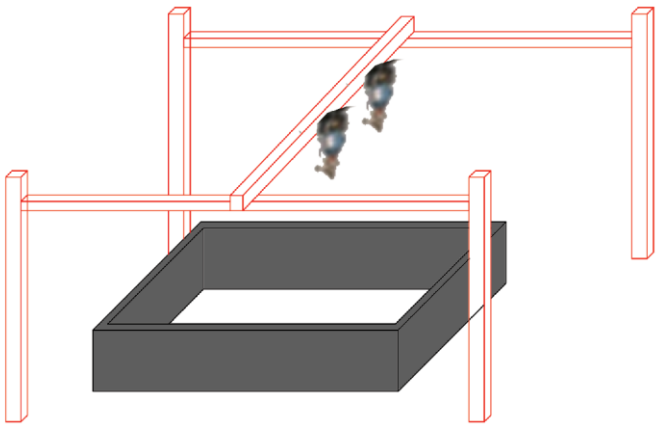
İlk yöntemde Şekil 25.(a)'da görülen 3 boyutlu yazıcı düzeneğinde çelik ve beton malzeme basan iki ayrı yazıcı ve baskı ucu kullanılarak döküm yapılabilmektedir.



Şekil 25.(a). Tek yönde hareket eden ve çift doğrultuda baskı yapan 3 boyutlu yazıcı , **(b).** Bina bölmeleri arasında taşınan ve kendi etrafında dönerek dairesel, dörtgen hareketlerle baskı yapan 3 boyutlu yazıcı (Block, 2019)



Şekil 26. Bina cephesi dışına yerleştirilmiş kendine ait taşıyıcısı olan ve düşey yönde yükselen 3 boyutlu yazıcı sistemi (Url-3., 2024).



Şekil 27. İki baskı uçlu yazıcı modeli (Yazarlar).

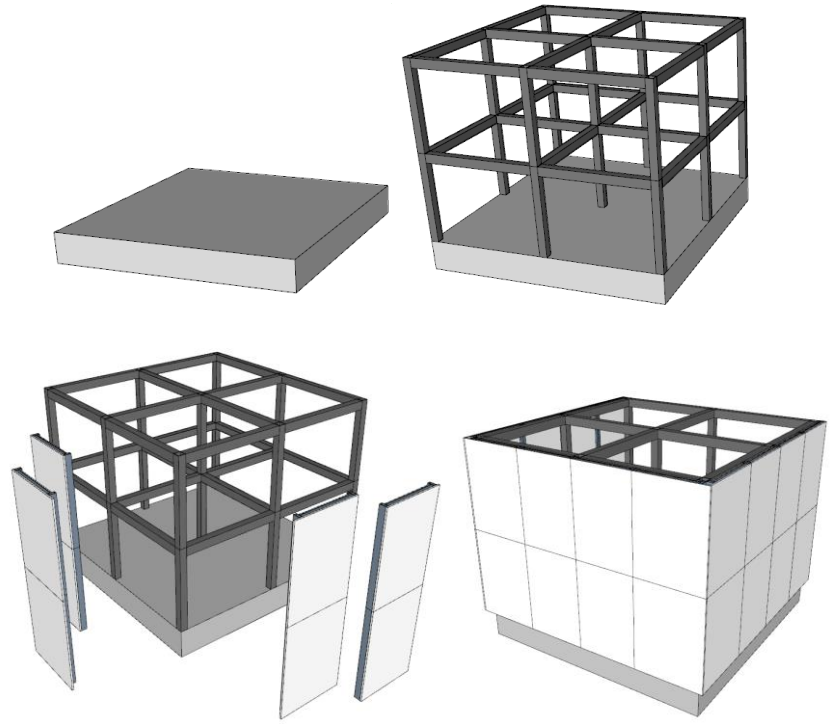
4.2. İki Ayrı Yazıcı Başlığının Kullanılması

Önerilen ikinci yöntemde ayarlı ayaklar üzerine yerleştirilen yazıcı başlığını taşıyan kol yatayda ileri geri hareket etmektedir (Şekil 26-27). Bu sistemde kol üzerinde tek yazıcı başlığı bulunmaktadır. Kol üzerinde beton ve çelik malzemeyi basan iki ayrı yazıcı başlığı kullanılarak yapı üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Önce çelik malzeme bulunan başlıktan belli bir yüksekliğe kadar çelik malzemesi eriyik formda basılır ve basıldıktan sonra hemen sertleşir. Ardından çelik malzeme etrafına beton basılarak yapı düşey yönde oluşturulur. Burada ikinci bir üretim alternatifi ise başlıkları taşıyan iki kolun ayaklar üzerine yerleştirilmesi ve önce çelik malzemenin ardından betonun basılarak yapının inşa edilmesidir.

Çeliği basan baskı ucunda çelik malzemeyi eritmek için kaynak makinelerinde kullanılan sisteme benzer bir yöntem kullanılmaktadır. Bu nedenle beton ve çelik malzemesi aynı uçtan basılamamaktadır. Teknolojik ilerleme ile 3 boyutlu yazıcılarda iki malzeme basımını gerçekleştirebilecek baskı ucu gelecekte yapılabilir ve aynı başlıkla çelik ve beton basımı gerçekleşebilir.

4.3. Çelik Çerçeve Sistemin ve Duvar Panellerinin Fabrikada Üretilip Şantiyede Birleştirilmesi

İnşaat alanında ilk olarak yapının betonarme radye temeli dökülmektedir. Bina çelik çerçeve sistem ve bunlara asılan panellerden oluşmaktadır.Fabrikada üretilen çerçeve sistem şantiyede temele ankre edilmektedir. Geçilen açıklığa bağlı olarak projeye göre çelik kirişlere ek tali kirişler de gerekli olabilmektedir. İç, dış duvar panelleri, döşeme ve çatı panelleri üç boyutlu yazıcı ile düşey ve yatay çelik profiller etrafına beton malzeme basılarak fabrikada üretilmekte ve sahada çelik kirişler üzerine elemanların kenarlarında bırakılan profiller yardımı ile oturtulup monte edilerek yapı prefabrike elemanlarla inşa edilebilmektedir (Şekil 28). 3 boyutlu yazıcılar ile basılan duvar panellerinde pencere/kapı boşlukları basım aşamasında oluşturularak paneller üretilebilmektedir. Oluşturulan paneller taşıyıcı çelik çerçeve sisteme metal bağlantılar ile monte edilerek bina kaba yapısı tamamlanmaktadır.



Şekil 28. Çelik taşıyıcılı beton panelli prefabrike bir yapının 3 boyutlu yazıcılarla üretilip şantiyede birleştirilmesi aşamasını anlatan çizimler (Yazarlar).

5. Sonuç ve Öneriler

Bu makalede 3 boyutlu baskı sistemi ile üretim yöntemleri, bina üretim yöntemleri ve çelik donatılı/taşıyıcılı yapı üretim yöntemleri incelenmiştir. Bu üretim yöntemleri ile yapılan 3 bina örneği

irdelenmiş ve örneklerde yapılamamış olan beton ve çeliğin aynı anda yazıcı ile basılabilme yöntemleri araştırılmıştır.

3 boyutlu baskı yöntemleri kullanılarak farklı geometrilere sahip yapılar geleneksel inşaat yöntemlerine göre daha kolay üretilebilmekte, deprem-su baskını gibi afet olayları sonrasında hızlı yapı üretimi sağlayarak barınacak konut inşası ihtiyacını çok hızlı, daha az maliyetle ve daha az insan gücü kullanarak gidermek mümkün olmaktadır. 3 boyutlu yazıcının hareket imkanı ve baskı ucu sayesinde mimari tasarımlarda daha özgür formlarda tasarımlar daha hızlı ve az maliyetle oluşturulabilmektedir. İklim koşullarından etkilenmeden yapı basıbilmektedir. 3 boyutlu baskı yöntemi ile inşa edilen farklı yapılar bulunmaktadır. Günümüze kadar genelde Avrupa ve Amerika'da 1 ve 2 katlı binalar inşa edilmiş, Türkiye'de tek katlı bir bina ve kentsel alanlarda kullanılan mobilyalar basılmış, Çin'de ise 5 katlı ve 2 katlı konutlar inşa edilmiştir.

Çalışmada incelenen 3 boyutlu bina yapım yöntemlerinden ilki olan olan panel duvar elemanlarının oluşturulan çelik taşıyıcı sisteme bağlantı elemanları ile montajının yapıldığı örnekte bağlantı noktalarının işçiliği çok önemlidir. Özellikle bu teknik birden fazla katlı yapılarda kullanılmak istenirse rüzgar kuvvetleri göz önünde bulundurulmalıdır.

İkinci yapım yöntemi ile yapılan konut binasının duvarları donatılı ve çift cidarlı olarak temel sömeli ile birlikte fabrika/atölye ortamında 3 boyutlu yazıcılar ile basılmış, boyanmış ve şantiyede vinçlerin yardımı ile yerlerine taşınıp birleştirilmişlerdir. Şantiyeye büyük boyutlu elemanların taşınması yapım sürecini biraz yavaşlatmış olsa da bitmiş yüzeyli ve yalıtımı, donatısı duvar içine fabrika ortamında yerleştirilen taşıyıcı duvarlar yerlerine yerleştirildikten sonar başka bir işleme ihtiyaç duymamışlardır.

Üçüncü bina yapım yönteminde ise 2 katlı amorf şekilli Dubai Belediye Binası'nın inşa yöntemi incelenmiştir. Bu sistemde yapıyı oluşturan beton duvarların basılabilmesi için çelik kolon donatıları beton basımından önce daha önce yerinde yapılmış olan temel döşemesi üzerine monte edilmektedir. Bu yazıcı basım gerçekleştirilecek alana vinç ile taşınarak konulmakta ve oda oda gezdirilerek yapıyı basmaktadır. Bu sistem yazıcıyı taşıyacak ekstra bir vinç kullanımını gerekli kılmaktadır.

Çalışmanın değerlendirme kısmında ise 3 boyutlu yazıcılar ile donatı ve betonun aynı anda şantiyede dökülme yöntemleri ve fabrika ortamında 3 boyutlu yazıcılar ile üretilen duvar paneli ve donatı strüktürünün şantiyede birleştirilmesi üzerine öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada Etik Kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır**.**

Kaynaklar

Akbaba, İ.A., Akbulut, E. (2021). 3 Boyutlu yazıcı ve kullanım alanları. ETÜ Sentez İksidari ve İdari Bilim Bilimler Dergisi, 3,19-46. dio: 10.47358/sentez.2020.13

Bos, F.P, Menna, C., Pradena, M., Kreiger, E., Leal da Silva W.R., Rehman A.U., Wegar, D., … Mechtcherine, V. (2021). The future is now: 3D printed house star to be inhabited in the Netherland. dio: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106746. Erişim Adresi (25.02.2023): https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884622000370

Block, I. (2019). World's largest 3D printed building completes in Dubai. Erişim Adresi (31.08.2024): https://www.dezeen.com/2019/12/22/apis-cor-worlds-largest-3d-printed-building-dubai/

Çelik, D. & Çetinkaya, K. (2016). Üç boyutlu yazıcı tasarımları, prototipleri ve ürün yazdırma karşılaştırmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(2). ISSN:2147-3455

Dudek, P. (2013). FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. Archives of Metallurgy and Materials.Vol.58, Issue 4.

Felek, S.Ö. (2019). Mimari yapılarda 3 boyutlu yazıcıların kullanımı. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry 3/3 (Aralık 2019), 289-296. Erişim Adresi (25.02.2023): https://dergipark.org.tr/tr/pub/ij3dptdi/issue/51591/630599

Güler, S., Serindağ, H.T. (2022). Tel Ark Eklemeli İmalat: Son Gelişmeler ve Değerlendirmeler. Mühendis ve Makina, cilt 63, sayı 706, s. 82-116.

Hermes Ltd. (2024). Erişim adresi (31.08.2024); https://insapedia.com/3d-yazici-ile-uretilen-celik kopru/,

Ignjatovic, I., Mitrovic, S.Z., Dragas, J. & Carevic, V. (2022). Structural applıcatıon of 3d concrete prıntıng technology. 16th International Congress Proceeding, 2022, 458-469 doi: https://grafar.grf.bg.ac.rs/handle/123456789/2723

Ituarte, I.F., Foong, S. & Soh, G.S. (2018). Maximizing robot manipulator's functional redundancy via sequential ınformed optimization doi: 0.1109/ICARM.8610834

Khoshnevis, B., & Bekey, G.A. (2002). Automated Construction Using Contour Crafting -- Applications on Earth and Beyond. dio: 10.22260/ISARC2002/0076

Khoshnevis, B. (2003), Toward Total Automation of On-Site Construction An Integrated Approach based on contour crafting. Los Angeles: University of Southern California.

Khoshnevis, B. (2004). Automated construction by contour crafting related robotics and information technologies. Automation in Construction, Vol.13, Issue 1, Sayfa 5-19.

Kloft, H., Empelmann, M., Hack, N., Herrmann, E. & Lowke, D. (2020). Reinforcement strategies for 3D concrete printing. Civ. Eng. Des. 2020; 2:131–9. Erişim Adresi (25.02.2023), https://doi.org/10.1002/cend.202000022.

Libson, H. & Kurman, M. (2013). "Fabricated the New World of 3D Printing". John Wiley & Sons, Hoboken. ISBN: 978-1-118-35063-8

Lim, S., Buswell, R., & Le, T. (2011). Development of a viable concrete printing process. International Association for Automation and Robotics in Construction. IAARCC; 2011 Proceedings of the 28th ISARC, Seoul, Korea.

Lim, S. (2012). Developments in construction-scale additive manufacturing processes. Automation in Construction, 21, 262–268.

Miao, S. (2021). Çin'in 3D baskı mimarisi ve gelecekteki gelişimi. Erişim Adresi (24,02,2021): https://www.archdaily.cn/cn/963754/zhong-guo-3dda-yin-jian-zhu-ji-wei-lai fa-zhan

Mighty Building, Inc. (2023). Build quality, sustainable homes faster. (01.08.2024): Mighty Buildings – Projects & Designs.

Mu, Q., Wang, L., Dunn, C., Kuang, X., Duan, F., Zhang, Z., Qi, H. & Wang, T. (2017). Digital light processing 3D printing of conductive complex structures. Additive Manufacturing. Vol 18, Sayfa 74-83, dio: http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2017.08.011

Nadarajah, N. (2018). Development of Concrete 3D Printing. Master Thesis, Aalto University School of Engineering Building Technology, Finland.

Oberti, I. & Plantamura, F. (2015). Is 3d Printed House Sustainable?. International Conference on Future Buildings and Districts, Lausanne, EPFL Solar Energy and Building Physics Laboratory, Pages 173-178.

Petch, M. (2017). "A new house in only 2 days" countour crafting begins manufacture of 3d printer for construction. Erişim Adresi (22.02.2023) https://3dprintingindustry.com/news/new-house-2-days-contour-crafting-begins-manufacture-3d-printer-construction-116124/

Smith, D. (2012). Printed buildings: an international race for the ultimate in automation. Construction Research and Innovation, 3(2), 26-31.

Souza, E. (2021). The future is now:3D printed house star to be inhabited in the Netherland. Erişim Adersi (25.02.2022): https://www.archdaily.com/961135/the-future-is now-3d-printed-houses-start-to-be-inhabited-in-the-netherlands

Tampı, T. (2015). D-Shape to 3D printer entire luxury estate in New York. Erişim Adresi (22.02.2023):https://3dprintingindustry.com/news/d-shape-to-3d-print-entire-luxury-estate in-new-york-50555/

Uygunoğlu, T., Özgüven, S.B., Topçu, İ.B. (2019). 3d Teknolojisi İle Yapı Malzemesi Üretimindeki Gelişmeler: Internatıonal Journal Of 3d Prıntıng Technologıes And Dıgıtal Industry, 3-3,Pages 279-288

Tay, Y. W. D., Panda, B., Paul, S., Tan, M.J., Qian, S., Leong, K. F. & Chua, C. (2016). Processing and Properties of Construction Materials for 3D Printing. Materials Science Forum 861, Sayfa 177-81.

Tümer , M. B. (2020). Üç boyutlu yazıcılar ve günümüz mimarisinde kullanımı (Yüksek lisans tez). Işık Üniversitesi, İç Mçmarlık. Erişim Adresi (23.12.2024): https://research.isikun.edu.tr/entities/publication/05fa830b-259a-4c03-a5ca-1e32a72d334c

Vaha, P. (2013). Extending automation of building construction — Survey on potential sensor technologies and robotic applications. Automation in Construction, 36, 168–178.

Wadea, A., Atef, M. G., Moath, A., Hisham A. & Abdulrahman A. (2018). An overview of selective laser sintering and melting research using bibliometric indicators. *Virtual and Physical Prototyping,* Vol. 13, Issue 4,Pages 282-291, 2018, DOI: 10.1080/17452759, Erişim tarihi 05.01.2023

Url-1: Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. Erişim Adresi: https://formlabs.com/asia/blog/what-is-selective-laser-sintering/. Erişim Tarihi: 10.01.2024

Url-2: 3D Baskı Ev İnşa Etmenin 5 Temel Yolu Nedir?. Blog Erişim Adresi: https://blog.3dortgen.com/etiket/3d-baski-ev/?print=print-search, Erişim Tarihi: 01.02.2024

Url-3: Belçika'da inşaat ustası olmadan 3D yazıcıyla iki katlı ev inşa edildi, Erişim Adresi: https://www.youtube.com/watch?v=dnoksCqJCA4, Erişim Tarihi: 03.05.2024

Building Production with 3D Printers; Examples of Buildings with Reinforced Concrete Wall and Structural System - Development of a Proposal

Summary

Technological advances have accelerated the development and use of three-dimensional printers. These printers transform digital models into physical objects using different printing techniques. Especially in fields such as architecture, engineering and industrial design, three-dimensional printers provide flexibility and ease of application in projects thanks to digital modelling methods.

The first three-dimensional printer, invented by Charles Hull in 1983, used SLA (Stereolithography) technology. These printers, which were expensive and complex at first, are now widely used in various sectors such as medicine, automotive and aerospace. In 2014, the first architectural structure was produced with a three-dimensional printer. The development of three-dimensional printers has been supported by various methods and technologies, which has expanded the usage areas of printers.

Five basic methods are used in object printing with three-dimensional printers: SLA, DLP (Digital Light Processing), SLS (Selective Laser Sintering), FDM (Fused Deposition Modelling) and LOM (Laminated Object Manufacturing). These methods enable the production of objects with different materials and techniques.

In this study, object and steel reinforced/carrier building production methods with 3D printers have been compiled from various sources by conducting a literature research and have been classified and discussed in detail here. An example of building production methods using concrete and steel with 3D printers, which saves material and time in building production, is examined and evaluations are made regarding the possibility of concrete and steel production at the same time, which is the next step in the future. In the production of buildings where concrete and steel are used together with 3D printers, both concrete mortar and steel cannot be produced with the same head due to the difference in the printing stage of steel, so it is necessary to produce the two materials in different ways or at different times. In the evaluation part of this study, suggestions are presented to eliminate this factor that affects the speed that 3D printers bring to the construction phase.

According to Lim (2012), there are many reasons that lead the contractor to use automation systems in the construction industry. Some of them are the desire to reduce construction time and production cost at the construction site and to create freer designs in architectural designs. Vaha (2013) argues that different expectations added to the construction industry such as quality, safety, life cycle cost savings and simplification of the workforce have made the use of 3D printers mandatory. In construction sites, sample machines based on automation systems are used for countless repetitive operations such as automatic brick laying, concrete spraying and precast element pouring techniques (Lim, 2012), (Tümer, 2020).

Concrete-based materials can also be used as printing material in three-dimensional printers. Concrete printing technique enables the production of structures by pouring cement-based concrete with mortar consistency in layers. This method enables building construction without the use of moulds, which significantly reduces construction costs.

The use of 3D printers in building construction offers several advantages over traditional methods. Complex geometric structures can be produced without additional costs. In addition, production can be made on demand without the need for pre-production, which eliminates the need for storage. Structures built with three-dimensional printers can offer rapid shelter solutions in earthquake and other disaster situations. However, there are also disadvantages such as the fact that this technology is not yet widespread and processes such as reinforcement placement slow down the construction process

In the above section, the production of reinforced concrete elements with 3D printers has been discussed. In this section, the production methods of an entire reinforced concrete structure with 3D

printers will be examined. In the last decade, many structures have been built with steel and concrete materials using 3D printers.

In this method, the building is formed by assembling floor-height panels with metal frames with concrete cladding around them (Figure 17). An example of this system is the holiday village project house consisting of 15 zero-energy houses developed by Mighty Buildings and planned to be built in California. In the Mighty Cinco project, which is produced as a sample house, the inner and outer surfaces of the panels were printed using a three-dimensional printer. These panels are mounted on a steel frame installed on the foundation (Figure 18). Steel profiles inside the panels are used as support elements. Vertical steel profiles are connected to each other to form a frame with steel profiles in horizontal direction. Exterior and interior insulated lightweight concrete panel surfaces produced with a three-dimensional printer are mounted to the steel profile system using metal fasteners. Metal connection profiles are placed vertically or horizontally in order to connect the facade panels produced at floor height to each other and to the steel column beams (Figure 19). Polyurethane material was used to act as thermal insulation between the concrete surfaces of the wall panels produced using a three-dimensional printer. Polyurethane foam squeezes the gap between the inner and outer surface panel and fills the gap.

In this method; the building elements such as walls, beams and slabs that make up the building are produced in the factory environment equipped with 3D printers, and the building is formed by mounting these elements on the foundation and slab poured on site at the construction site. As an example of this system, the single storey Milestone project, whose production was completed in 120 hours and whose walls are load-bearing, was analysed (Figure 20). These wall elements, which are produced in the factory environment at the height from the foundation to the lintel level (Figure 21), are produced in 2 layers with hollow interior. The wall panels transported to the construction site were assembled with the help of a crane and the construction of the building was completed (Figure 20). The exterior wall panels printed with 3D printer are the main carrier elements that carry the loads acting on the structure, so they were produced with thick cross-section and the interior was designed with two compartments as shown in Figure 21. The air layer inside the panels provides thermal insulation. During the printing process of these panels, the durability of the wall was increased by placing metal wire reinforcements inside the inner part.

The production technique of reinforced concrete buildings printed with 3D printers is as follows; the column reinforcements of the building designed in the skeleton system are placed in place before the printing process starts and the concrete pouring is then carried out to surround these reinforcements.

The Dubai Municipality building was realised by placing the column reinforcements with the 3D printer seen in the construction phase photograph in Figure 22, and then pouring the concrete on site to form a hollow wall form. The walls with curvilinear form were easily poured with the printer moving in the horizontal direction and in the centre, which was placed by moving to the centres of the spaces. The reinforcements used in the columns are connected to the cast-in-place raft foundation with anchorage elements. The vertical column reinforcements in Figure 22 are connected to each other with stirrups in horizontal direction. The column mould (outer contour) and the outer walls of the structure are printed with a 3D printer. After the outer contour of the column to be used as a mould hardens, the columns are formed by filling the inner part where the reinforcements are located with concrete filling.

The printer does not press concrete in the parts where the door gaps will be formed. After the gap is formed, a wooden lintel is placed in this part and then concrete mortar is continued to be printed on the lintel. Supports are placed under the lintel and these supports are removed after the concrete sets. Window openings in the building are formed by using wooden lintel and metal support elements as in the door openings.

Reinforced concrete building casting with 3D printers can be done in 3 different ways as described in the previous section. With these methods, concrete material wastage is reduced, construction is possible in a shorter time with fewer teams and workers, more flexible forms of walls and buildings can be produced, and higher tensile and flexural strength is provided to concrete elements.

In addition to all these, in all methods, the stages of placing reinforcement into the concrete element affect the construction process to some extent. Building production with a printer that prints both concrete material and reinforcement at the same time has not yet been realised. However, in the Red Light district of Amsterdam, the first steel bridge with a width of 12.5 m, a length of 63 m and a weight of 45 tonnes was printed with a 3D printer (Figure 25). The printer used in the construction of the bridge is shown in Figure 26. The printer melts the steel metal and forms the bridge by printing the steel material in layers according to the model created in the digital environment. The molten steel coming out of the end of the printer quickly hardens. The steel carrier and the top coating of the Red Light bridge were created with a 3D printer in the factory environment and then the bridge was transported on the channel and assembled in place.

With today's technology, structure printing is realised by using a single nozzle. In this section, two different suggestions are presented on how to print steel structural elements and concrete material together in building construction with 3D printers with the developing technology.

In the first method, in the 3D printer setup shown in Figure 25.(a), casting can be done using two separate printers and printing tips that print steel and concrete materials.

In the second proposed method, the arm carrying the print head placed on adjustable feet moves back and forth horizontally (Figure 26-27). In this system, there is only one print head on the arm. Structures can be produced by using two separate print heads that print concrete and steel materials on the arm. First, the steel material is printed in molten form to a certain height from the head with steel material and hardens immediately after printing. Then, the structure is formed in the vertical direction by printing concrete around the steel material. A second production alternative here is to place the two arms carrying the heads on the legs and build the structure by first pressing the steel material and then the concrete.

A method similar to the system used in welding machines is used to melt the steel material at the pressing end that presses the steel. For this reason, concrete and steel material cannot be printed from the same end. With technological progress, a printing tip that can print two materials on 3D printers can be made in the future and steel and concrete can be printed with the same head.

At the construction site, the reinforced concrete raft foundation of the building is poured first. The building consists of a steel frame system and panels suspended on them. The frame system produced in the factory is anchored to the foundation at the construction site. Depending on the span, additional secondary beams may be required in addition to steel beams according to the project. Interior and exterior wall panels, floor and roof panels are produced in the factory by printing concrete material around vertical and horizontal steel profiles with a 3D printer, and the building can be constructed with prefabricated elements by sitting and assembling on steel beams on site with the help of profiles left on the edges of the elements (Figure 28). In wall panels printed with 3D printers, window/door openings can be created at the printing stage and panels can be produced. The panels are mounted to the carrier steel frame system with metal connections and the rough structure of the building is completed.

In this article, production methods with 3D printing system, building production methods and steel reinforced/carrier structure production methods are examined. Three examples of buildings made with these production methods were examined and the methods of printing concrete and steel at the same time, which could not be done in the examples, were investigated.

By using 3D printing methods, structures with different geometries can be produced more easily than traditional construction methods, and it is possible to meet the need for housing construction by providing rapid building production after disaster events such as earthquakes and floods, very quickly, at less cost and using less manpower. Thanks to the 3D printer's mobility and printing tip, designs in more free forms in architectural designs can be created faster and at less cost. The building can be printed without being affected by climatic conditions. There are different structures built with 3D printing method. Until today, 1 and 2-storey buildings have been built in Europe and America, a single-

storey building and furniture used in urban areas have been printed in Turkey, and 5-storey and 2-storey houses have been built in China.

The workmanship of the connection points is very important in the first of the 3D building construction methods examined in the study, where panel wall elements are assembled with fasteners to the steel carrier system. Especially if this technique is to be used in multi-storey buildings, wind forces should be taken into consideration.

The walls of the residential building constructed with the second construction method were printed with 3D printers in the factory/workshop environment together with the reinforced and double-walled foundation slab, painted and transported to the construction site with the help of cranes and assembled. Although the transportation of large-sized elements to the construction site slowed down the construction process a little, the load-bearing walls with finished surfaces, insulation and reinforcement placed inside the wall in the factory environment did not need any further processing after they were placed in their places.

In the third building construction method, the construction method of the 2-storey amorphous shaped Dubai Municipality Building was examined. In this system, in order to print the concrete walls of the building, steel column reinforcements are mounted on the foundation slab, which was previously built on site before concrete printing. This printer is transported by crane to the area where the printing is to be carried out and is moved from room to room to print the structure. This system requires the use of an extra crane to carry the printer.

In the evaluation part of the study, it was tried to develop suggestions on the methods of pouring reinforcement and concrete at the construction site at the same time with 3D printers and the combination of wall panel and reinforcement structure produced with 3D printers in the factory environment.

Journal of International Architectural Sciences
JIArcS, 2024, 1 (1): 37-51
e-ISSN:3062-1399
Review Article
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: architecturalsciences@gmail.com

Hastanelerde Kullanıcı Konforu

Sümeyra AKGÜN [1]*, Özlem AYDIN [2]

ORCID 1: 0000-0002-0539-3603
ORCID 2: 0000-0002-3666-3557

[1] Arş. Gör., Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 34218 İstanbul, Türkiye.
[2] Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, 61080, Trabzon, Türkiye.
** e-mail: sumeyra.akgun@altinbas.edu.tr*

Öz

Kullanıcı konforu insanın güvenli, sağlıklı ve konforlu bir ortamda yaşamını sürdürebilmesi için gerekli ihtiyaçları karşılamayı amaçlar. Bu da sağlığı, verimliliği ve mutluluğu artırırken, stresin azalmasına yol açar. Kullanıcı konforunu etkileyen havalandırma, gün ışığı, manzara ve gürültü kontrolü gibi unsurlar, iç mekan kalitesini artırarak insan sağlığını destekler. Bu çalışmanın amacı, hastanelerde kullanıcı konforu açısından literatür taraması yaparak sağlık personeli, hastalar ve refakatçiler gibi farklı kullanıcı profillerine sahip hastanelerin konfor kriterlerini ve tasarım gereksinimlerini belirlemektir. Çalışmada, hastaneler özelinde kullanıcı konforu kriterleri tespit edilecek ve kullanıcı konforunu sağlamak için gerekli tasarım kriterleri ele alınacaktır. Bu sayede, hastanelerde yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve kullanıcı memnuniyetinin artırılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak, fiziksel çevre bileşenleri göz önünde bulundurularak yapıların doğru bir şekilde tasarlanması, hastane personelinin iş verimliliğini artırabilir, iş kazalarını azaltabilir ve hastaların uyku kalitesini iyileştirebilir. Ayrıca, hastanede kalış süresi, ölüm oranı ve ağrı kesici kullanımı gibi faktörleri de olumlu yönde etkileyebilir.

Anahtar kelimeler: *Hastaneler, Sürdürülebilir hastaneler, Kullanıcı konforu.*

Occupant Comfort in Hospitals

Abstract

Occupant comfort aims to meet the necessary needs for an individual to live in a safe, healthy, and comfortable environment. This, in turn, enhances health, productivity, and happiness while reducing stress. Factors affecting occupant comfort, such as ventilation, daylight, views, and noise control, improve indoor quality and support human health. The purpose of this study is to conduct a literature review on occupant comfort in hospitals, determining the comfort criteria and design requirements for hospitals with different occupant profiles, such as healthcare staff, patients, and companion. The study will identify occupant comfort criteria specific to hospitals and explore the design standards needed to ensure occupant comfort. The goal is to improve the quality of life in hospitals and increase occupant satisfaction. Ultimately, considering the physical environment components in the design can increase hospital staff productivity, reduce workplace accidents, and improve patient sleep quality. Additionally, it can positively influence factors such as hospital stay duration, mortality rate, and painkiller usage.

Keywords: *Hospitals, Sustainable hospitals, User comfort.*

Citation: Akgün, S. & Aydın, Ö. (2024). Occupant comfort in hospitals. *Journal of International Architectural Sciences*. 1 (1): 37-51.

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563503

Received: *December 01, 2024 –* ***Accepted:*** *December 28, 2024*

1. Giriş

İnsanoğlu geçmişten günümüze kendini rahat hissedebileceği kapalı ortamlar oluşturmaya çalışmıştır. Bu ortamların konforu insan sağlığı açısından çok önemlidir. Herhangi bir nedenle mekanlar, hastalığa veya kullanıcıların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden oluyorsa bu bir problem konusudur ve iç mekânda bazı tasarım veya teknik problemlere işaret edebilir. Bu problemler rahatsız edici ve sağlıksız iç mekân koşulları oluşturarak kişiler arasında hasta bina sendromu semptomlarının görülmesine neden olmaktadır. Hasta bina sendromu, belirli kapalı bir mekanla bağlantılı olarak kişinin göz, burun ve boğaz tahrişi, zihinsel yorgunluk, baş ağrısı, mide bulantısı, baş dönmesi ve cilt tahrişleri gibi semptomları göstermesini ifade eder. Semptomlar geçicidir, kişi binadan ayrıldıktan sonra dakikalar veya saatler içinde kaybolur. Bu tip semptomların oluşmasına zemin hazırlayan iç mekanlarda kullanıcı konforu kavramı ön plana çıkmaktadır. Kullanıcı konforu kavramı mimarlığın temel görevlerinden biri olarak insanın güvenli, sağlıklı, konforlu ve fiziksel ve psikolojik gereksinimlerin karşılandığı mekanlarda yaşamını sürdürebilmesi için gerekli ihtiyaçları karşılamaktır. Bu da insanın verimliliğini, sağlığını, mutluluğunu arttırmakta ve stresini azaltmaktadır. Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, ısıtma-havalandırma-soğutma manzara ve gürültü kontrolü bir mekânda kullanıcı konforu için önemli belirleyicilerdir. Kullanıcı konforu sağlayan faktörlerden biri olan ve birincil ışık kaynağı olarak kullanılan doğal aydınlatma sürdürülebilir mimarlıkta yapının enerji talebini de azaltmaktadır. Doğal aydınlatma, iç mekanların aydınlatma kalitesini yükselterek kullanıcıların psikolojik yapılarına olumlu etki etmekte ve üretkenliklerini artırmaktadır. Öte yandan, iç mekanlarda yapay aydınlatmaya hala ihtiyaç duyulduğu için enerji tasarruflu, yüksek kaliteli elektrikli aydınlatma sadece enerji tüketimini azaltmakla kalmaz, ruh halini olumlu etkiler ve görsel konforu da arttırır. Bu özellikler baş ağrısını, göz yorgunluğunu azalttığı ve strese karşı bir tampon görevi görmektedir. İç ortam kalitesini artıran diğer faktörlerden biri olan ısısal konfor kullanıcıların üretkenliği, sağlığı ve memnuniyeti üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu durumu etkileyen faktörler kişinin yaşı ve metabolizması, mekanda gerçekleştirilen fiziksel aktivite, kişinin zihinsel durumu, yerel iklim, coğrafyadır. İyi bir iç mekan iklimi, yalnızca kullanıcı konforu için değil, aynı zamanda bina enerji tüketimini de azaltacağı için önemlidir. Havalandırma ise iç mekân hava kaynaklı kirleticilerin hem seyreltilmesi hem de uzaklaştırılması için gereklidir. Birçok insan için iç mekân hava kirliliğine maruz kalmanın sağlık riskleri, dış ortam kirliliğine ilişkin risklerden daha büyük olabilir. Özellikle kötü iç hava kalitesi çocuklar, genç yetişkinler, yaşlılar veya kronik solunum hastalıkları olanlar gibi hassas gruplar için zararlı olabilir. Kapalı mekanlar kullanıcıyı yoğun seviyelerde bakteri ve kimyasallara maruz bırakabileceği için kapalı mekanlarda oksijene olan gereksinim yüksektir. Havalandırma, sadece iç mekana temiz bir hava akımı sunmaz aynı zamanda kullanıcılara soğutma görevi görerek termal konforu da sağlayabilir. Gürültü, kullanıcı konforunu büyük ölçüde etkileyen bir başka iç mekân faktörüdür. Gürültülü ortamlar stresli, sinir bozucu olmakta ve insanları işlerini en iyi şekilde yapmaktan alıkoymaktadır. Gürültülü ortamın olumsuz etkileri artan dikkat dağınıklığına, azaltılmış mahremiyete ve artan konsantrasyon güçlüklerine ve strese neden olmaktadır. Konfor kriterlerinden biri de kullanıcının doğa ile temasında pencere manzaraları, güneşte veya gölgede oturma, iç mekana bitkilerin yerleştirilmesi gibi tasarım girdileri aracılığıyla doğa ile temas kurabilen mekânlar oluşturmaktır. Bu tasarım anlayışında tasarlanan mekanlar, kullanıcıların ruh halini iyileştirmekte ve daha yüksek yaşam kalitesi sunmaktadır.

İlk sağlık yapıları hastalıkları önlemeye yardım ederek ve tıbbi uygulamalara destek olarak iyileşme sürecini hızlandıracak mekanlar olarak tasarlanmıştır. Günümüzde de bu yaklaşım devam ederek teknik buluşlar ve ekonomik değişimler ışığında gelişmiştir. Sağlık yapılarının mimari gelişimi ve kullanıcı odaklı tasarımın önemi üzerine yapılan bilimsel araştırma ve deneysel çalışmalar sonucunda kullanıcıların fiziksel, psikolojik ve sosyal açıdan iyi olma durumuna sağlayan hastanelerin tasarımına zemin hazırlamıştır. Bu hastaneler hastalıkların tedavi edildiği mekanlar olmasının ötesinde mimari planlaması ile kullanıcı gereksinimlerini karşılayan mekan alternatifleri sunan yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır (Birinci, 2020).

Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, 'sağlık', yalnızca kişilerin herhangi bir rahatsızlığının bulunmaması ya da hastalıklardan ve mikroplardan korunma hali değil; fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan kendini iyi hissetme ya da memnun olma hali olarak da ifade edilmektedir. Toplumun fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan sağlıklı olması ise fiziksel çevre bileşenlerinin 'iyi olma' halini destekleyecek planlanmayı

gerektirmektedir (Birinci, 2020). Fiziksel çevrenin insan üzerindeki etkisi birçok çalışmada gün ışığı, manzara, termal konfor, yapay aydınlatma, havalandırma gibi farklı konfor kriterleri başlığı altında deneysel yöntemlerle incelenmiştir. Fiziksel çevre ile kullanıcıları arasındaki sağlık ve konfor ilişkisini anlamak, hastane tasarımı için uygun tasarım kriterlerini tespit etmek için kullanıcıların özel tercihlerini ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Hastaneler farklı işlevleri barındıran karmaşık yapılar olduğundan fiziksel çevre ile kullanıcıların sağlık ve konforu arasındaki ilişki hastane bölümleri arasında farklılık gösterebilir. Bu farklılıklar farklı tasarım ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaktadır (Eijkelenboom, 2019).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın amacı, konfor kriterlerinin kullanıcı üzerindeki etkisini irdelemek ve bunun sonucunda hastanelerde olması gereken tasarım kriterlerini tespit etmektir. Çalışmada, hastanelerde kullanıcı konfor kriterleri kapsamında literatür çalışması yapılarak; hastaneler özelinde kullanıcı konfor kriterlerinin neler olduğu ve farklı kullanıcı profili üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu irdelenerek kullanıcı konforu kapsamında tasarım kriterleri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme ve analizlerde, tespit edilen tasarım kriterleri kapsamında pasif tasarım yoluyla elde edilen kullanıcı konfor kriterleri belirlenmiştir. Bu analizlerde, hastanelerde mekanı oluşturan doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, ısıtma-havalandırma-soğutma, gürültü kontrolü ve kullanıcının doğa ile teması gibi fiziksel çevre bileşenlerinin, hastaların iyileşmesi ve çalışanların verimli çalışması üzerine etkileri irdelenmiştir. Hastaneler kompleks yapılar olduğu için çalışmada genel kullanım alanları, hasta odaları ve koridor gibi ortak alanlar incelenmiştir. Sonuç olarak hastane mekânının ve çevresinin kullanıcıların konforu ve hastaların iyileşme süresi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu anlaşılmıştır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1.Bulgular

Hastanelerde fiziki çevre ile kullanıcı konfor ve sağlığı konularını ilgilendiren çalışmaların önemli belirleyicileri olan; doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, ısıtma-havalandırma-soğutma, gürültü kontrolü ve kullanıcının doğa ile teması başlıklarında değerlendirmeler yapılmıştır.

- **Doğal Aydınlatma**

Biyolojik saat olarak ifade edilen, vücut fonksiyonlarımızın düzenlenmesini sağlayan sirkadiyen sistem, gün ışığından faydalanmakta ve böylece uyku kalitesini arttırarak hastanın iyileşmesine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda depresyonu, yorgunluğu ve ölüm oranlarını azaltmakta, hastanede kalış sürelerini kısaltmaktadır. Gündüz gün ışığı alan odalardaki hastalar daha az ağrıya ve strese sahiptir (Uzunay, 2011). Hasta sonuçlarını etkilemenin yanı sıra sağlık personeli ve ofis çalışanlarına yapıcı faydalar sağlamaktadır. Son çalışmalar, ilaç hatalarının aydınlatma seviyeleriyle ilişkisini de ortaya koymuştur. Aydınlatma yoğunluğu 1.500 lükse yaklaştıkça, ilaç hatalarının görülme sıklığının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Yetersiz aydınlatma ve gün ışığının olmaması depresyon, artan ağrı tedavisi ihtiyacı, ilaç hataları ve sipariş giriş hatalarıyla bağlantılıdır (Diab vd., 2017).

Binaların yönlendirilmesi her hastane fonksiyonu için bir tasarım girdisi olarak analiz edilmelidir. Hastane fonksiyonları dikkate alınarak kuzey, güney, batı ve doğu yön seçenekleri ayrı ayrı ele alınmalıdır. Hastanelerin tasarımında hasta odaları önemli bir belirleyicidir ve bu odaların doğu-güneydoğu yönüne yönlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 1). Böylece hasta odalarının sabah güneşine yönelimi hastanın hastanede kalış süresini, ölüm oranını ve ağrı kesici alımını azaltmaktadır (Aydın ve Sungur, 2017; Eijkelenboom ve Bluyssen, 2019). Hasta yatak ünitelerinin kuzey cephesine yönlendirilmesi istenmemektedir; ancak çekici olmayan manzaralar, gürültü veya sınırlı alan gibi bazı zorluklar bina yönelim tercihini kuzey yönde olmasını zorunlu kılabilmektedir (Aydın ve Sungur, 2017).



Şekil 1. Massachusetts General Hastanesi'nde hasta odasında gün ışığı kullanımı (Danilov vd., 2020)

Hastanelerde ortak alanlar ile hasta odalarını aydınlatmak için tasarlanan avlular bina içindeki doğal ışığı en üst düzeye çıkarmaktadır. Avlu tasarımı hava sirkülasyonu oluşturarak enfeksiyonların kontrol edilmesini sağlayarak hastalar, ziyaretçiler ve çalışanlar için sağlıklı bir iç ortam yaratmaktadır. Bu durum sadece gün ışığını ve havalandırmaya değil sıcaklık ve nem gibi çevresel koşulların iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır. Binanın konumu da gün ışığından faydalanmada önemlidir. Bu kapsamda hastanelerde doğu-batı yönünde yerleşim gün ışığından etkin fayda sağlayabilmektedir. Optimum bina yönelimi ve kütlesi, doğal gün ışığını ve havalandırmayı en üst düzeye çıkarır ve güneş ısısı kazanımını azaltır (Furuto, 2012) (Şekil 2).



Şekil 2. Gün Işığına göre binanın yönelimi (Guenther ve Vittori, 2013)

Hasta bakım ünitelerinin yanı sıra halka açık alanlar ve personel odalarına kadar gün ışığı faktörü düşünülmelidir. Ancak gün ışığının içeriye girmesini sağlayan büyük pencerelerin bir dezavantajı vardır, ısı yüklerini artırabilirler. Bu durum büyük pencerelere kontrollü gölgeliklerin yerleştirilmesi ile çözülebilir. Gün ışığının kullanıcıya rahatsızlık vermeden iç mekanlara etkisini arttırmak için dış pencerelere yerleştirilen ışık rafları kullanılabilir. Raflar, tavandan içerideki ışığı odaya yansıtır (Danilov vd., 2020).

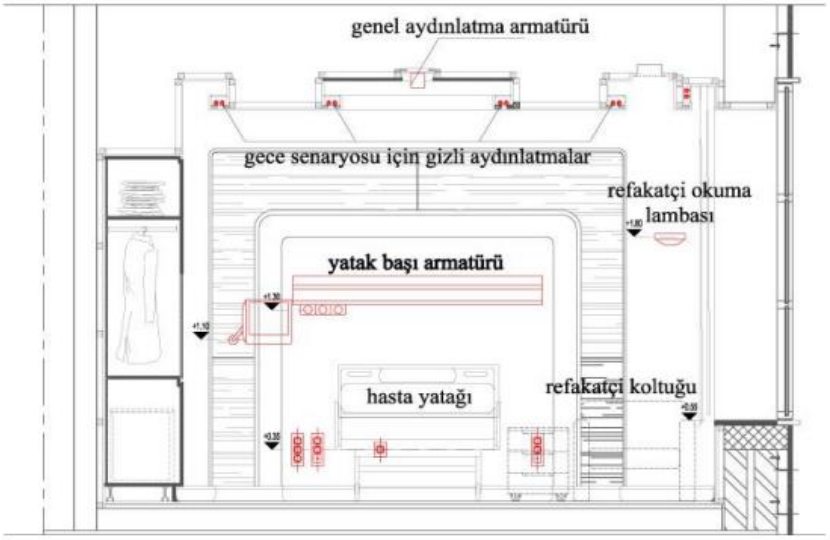
- **Yapay Aydınlatma**

Hastane koridorlarının aydınlatılmasında gece ve gündüz senaryoları düşünülmelidir. Gündüz ana aydınlatma görevi gören armatürler yanarken, geceleri ise sadece yol ve yönü bulacak yeterlilikte endirekt aydınlatmalar kullanılabilir (Şekil 3) (Berberoğlu, 2010).



Şekil 3. Gece-gündüz farklı aydınlatma senaryoları (Berberoğlu, 2010)

Koridorların yanı sıra hasta odalarında da farklı aydınlatma senaryoları düşünülerek tasarlanması, hastanın ya da refakatçinin istediği duruma göre odanın aydınlatabilmesine imkan verecektir. Bütün odayı aydınlatmada ve hastaya müdahalede en iyi ışığı sağlamak gibi günlük kullanımlar için hasta yatağının üzerinde bir armatür yerleştirilebilir. Gece kullanımında yine tavanda genellikle duvar ve tavan birleşimlerinde endirekt aydınlatmalar kullanabilir. Böylece gece hastanın gözünü yormayacak ve yumuşak bir aydınlık ortam oluşturulacaktır. Ayrıca hasta yatak başı aydınlatması ve refakatçiye ait olan okuma lambası olabilir. Çeşitli aydınlatma senaryoları ile hasta, günün anlık durumuna göre odayı aydınlatabilir ve böylece rahat bir ortam sunularak hasta kendini kısıtlı hissetmez. Hastane ortamında hastaların, personel ve ziyaretçilerin aydınlatmayı ayarlayabileceği kontrol panellerinin bulunması da kullanıcıların kontrol eksikliğinden kaynaklanan stresi azaltılabilir (Şekil 4) (Berberoğlu, 2010).



Şekil 4. Hasta odasındaki farklı aydınlatma senaryolarını gösteren kesit çizimi (Berberoğlu, 2010)

- **Isıtma-Havalandırma-Soğutma**

Tasarımcıların karşılaştığı en büyük zorluk, iç mekanlarda ne kadar ışığa ihtiyaç duyulsa da istenmeyen ısı kazanımını ve parlamayı en aza indirmek için güneş ışığı girişini de kontrol etmektir. Bu sebeple binanın yönlendirmesi, dikey veya yatay panjurlar, sürgülü panjurlar, ışık rafı ve düşük emisyonlu camlar dahil olmak üzere dış gölgeleme sistemlerine ihtiyaç duyulmakta ve doğu, güney, kuzey ve batı yönlerinde benzersiz bir cephe ve boşluk tasarımı gerekmektedir (Trashani, 2016).

Gölgeleme sistemlerinden olan panjurlar sabit ya da ayarlanabilir olabilir. Panjurların yönüne bağlı olarak panjurun üzerine düşen doğrudan güneş ışınımı engellenebilir ve/veya yansıtılabilir veya iç bölgeye yönlendirilebilir. Örneğin, Nickl&Partner tarafından tasarlanan Pediatri ve Kalp Merkezi hastanesinde ana konsept, binanın gün ışığına ve doğaya maksimum erişime sahip olmaktır. Fakat gün ışığının olumsuz girdilerinden olan ısı kazanımını kontrol etmek için manuel katlanabilir paneller kullanılarak cephede hoş ve eğlenceli tasarım yapılmıştır. Bu tasarım fikri ayrıca sokak gürültü kirliliğine karşı da bir bariyer görevi görmektedir. Aynı zamanda binada bulunan avlular ve çok katmanlı cephe panellerinin farklı konumu, kullanıcıların ve ziyaretçilerin gün boyunca tüm farklı iklim değişikliklerini deneyimlemelerine olanak tanımaktadır (Şekil 5) (Trashani, 2016).



Şekil 5. Pediatrik ve Kalp Merkezi çok katmanlı cephe panelleri (Trashani, 2016)

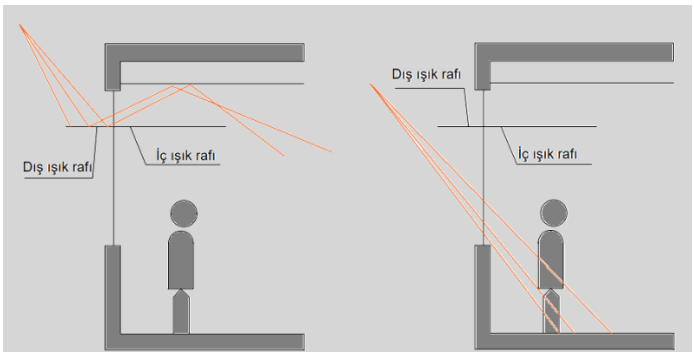
Isı kazanımını ve kamaşma kontrolünü kontrol etmek için kullanılan manuel panjurların yanı sıra kullanılan otomatik panjurlar akıllı tasarımın ve akıllı cepheye sahip binaların önemli bir ögesidir. Manuel ve otomatik panjurların yanı sıra prizmatik paneller de gün ışığı kontrolü sağlayarak gün ışığı kaynaklı ısı kazanımını azaltmaktadır. Cephelerde yapılan prizmatik camlamanın amacı gelen gün ışığının kırılma ve yansıma yoluyla değiştirilmesidir. Genel olarak prizmatik cam, uzun paralel prizmalar şeklinde bir tarafı düz ve diğer tarafı yontulmuş cam levhalardan oluşur. Prizmatik levha, enerjiyi emmek yerine yansıtarak ışığı ve ısıyı kontrol eder. Prizmatik sistemler, dağınık ışığı odanın yakınından odanın arkasına doğru yönlendirmek için kullanılabilir, aksi takdirde doğrudan ışık almaz (Şekil 6) (Trashani, 2016).

Örneğin, Avusturya'daki Causality hastanesinde Güneybatı cephede pencere açıklıkları tüm oda yüksekliğine ulaşarak kullanıcılar için görsel ve termal rahatsızlık yaratmaktadır. Gün ışığına aşırı maruz kalmanın neden olduğu birçok sorun nedeniyle, görevlendirilen mimar hareketli prizmatik panel kurulumuna karar vermiştir (Şekil 6). Hareketli panjurlar balkonların üst kısmına yerleştirilmiştir. Üst üste bindirilmiş paneller, tüm sırlı cepheyi yaz güneşinden korur. Kışın prizmatik lameller loş güneşin odaların derinliklerine girmesini sağlar. Ayrıca prizmatik plakalar, bulutlu günlerde gün ışığının hasta odalarına yansımasını yönlendirmek için yatay olarak dönebilme özelliğine sahiptir (Trashani, 2016).



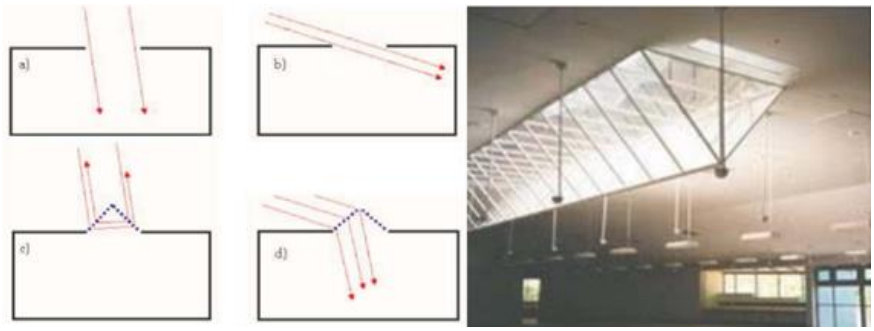
Şekil 6. Hareketli prizmatik bina cephesi ve prizmatik panel detayı (Causality Hastanesi) (Trashani, 2016)

Isı kazanımını azaltmak için bir diğer yöntem ışık rafıdır. Işık rafı, gün ışığının bir binaya derinlemesine nüfuz etmesine izin veren opak bir elemandır. Genellikle dikey bir açıklıkta göz seviyesinin üzerine yatay olarak yerleştirilir ve üst ve alt bölümlere ayrılır (Şekil 7). Işık rafının üst yüzeyine düşen güneş radyasyonu, iç tavana yönlendirilir. Böylece yazın gölge sağlamakta ve iç mekan ışık dağılımını homojen hale getirmektedir. Işık rafları farklı malzemelerden yapılmıştır. Üst yüzeyi ayna camı, alüminyum veya diğer bazı yüksek cilalı malzemeler gibi yansıtıcı bir kaplamaya sahiptir. Işık rafları, dış veya iç veya her ikisinin karışımı olabilir. Binaya giren ışık miktarını azaltmak için dış ışık rafı kullanılır. İç ışık rafı, yine de tavana girecek olan ışığı yansıtmaktadır ve sonra odaya yaymaktadır (Trashani, 2016).



Şekil 7. Işık Rafı (Trashani, 2016)

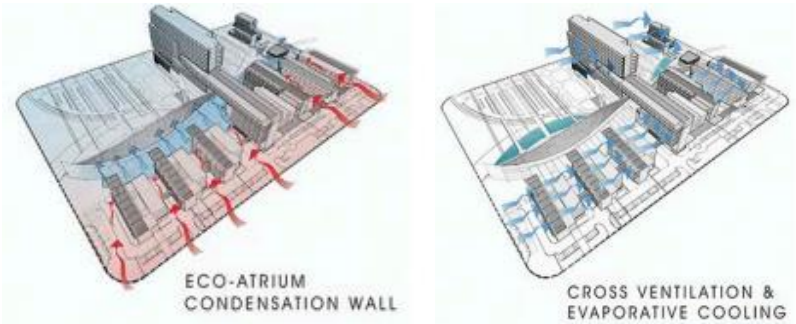
Gün ışığından doğan ısı kazanımını kontrol etmek için açılı cam pencereler kullanılmaktadır. Açılı olmayan çatı açıklıkları, yaz aylarında odaya çok fazla doğrudan güneş ışığı girmesine izin vererek, genellikle aşırı ısınmaya ve parlamaya neden olur. Kışın ise günün çoğunda güneş yüksekliği düşüktür ve açılı olmayan açıklıklar binalara çok az güneş ışığı almaktadır (Şekil 8a). Açısal cam, çatı pencerelerinin veya atriyumların performansını artırmak için tasarlanır. Açısal cam çatı penceresi, doğrudan güneş ışığına maruz kalmayı azaltan ve önemli ölçüde dağınık çatı ışığının iç mekana girmesine izin veren lazerle kesilmiş panellerden oluşur. Lazerle kesilmiş paneller, düşük yükseklikteki güneş ışığının binaya girmesine ve doğrudan ışığın saptırılmasına izin veren üçgen veya piramit şeklinde çatı pencereleri oluşturmak için kullanılır (Şekil 8b) (Trashani, 2016).



a b

Şekil 8.a. Normal çatı açıklıklarında doğrudan ışık ve açılı çatı penceresi, **b.** Açısal Işıklık (Trashani, 2016)

Gün ışığının kontrol edilmesiyle ısısal yükün azaltılmasında, binanın doğru yönlenmesinin yanı sıra kullanılan malzemeler de katkı sağlayabilir. Örneğin, First People's Hastane Kampüsü'nde bulunan tüm binalar doğu-batı yönünde yan yana dizilmiştir. Optimum bina yönelimi ve kütlesi, doğal gün ışığını ve havalandırmayı en üst düzeye çıkarmaktadır ve güneş ısısı kazanımını azaltmıştır (Furuto, 2012). Ayrıca kampüsün merkezi olan eko atriyum ziyaretçilerin bekleme alanı olarak işlev görmesinin yanı sıra, doğal olarak havalandırılan bir mekandır (Şekil 9). Aynı zamanda Eko-atriyumda bulunan terakota duvar yüzeyi hem güneşi kırmakta hem de termal kütle olarak işlev görerek, gündüz saatlerinde ısı kazanımını azaltarak ve geceleri emilen ısıyı serbest bırakarak, iklimsel tasarıma katkıda bulunmaktadır (Guenther ve Vittori, 2013).



Şekil 9. First People's Hastane Kampüsü (Guenther ve Vittori, 2013)

Hastanelerde galeri boşluğu açılarak katlar arasında hava sirkülasyonu sağlanabilir ve bununla beraber gün ışığı daha fazla içeri girebilir. Doğal havalandırma sistemleri koridorlar, avlular, rüzgar kuleleri, bacalar gibi temel mimari tasarım öğelerine göre sınıflandırılır. Bu yapı elemanları, temel doğal havalandırma stratejisinin yanı sıra hava akışı yollarını da tanımlamaktadır (Atkinson vd., 2009).

Beş temel doğal havalandırma sistemi vardır:

• Tek taraflı koridor

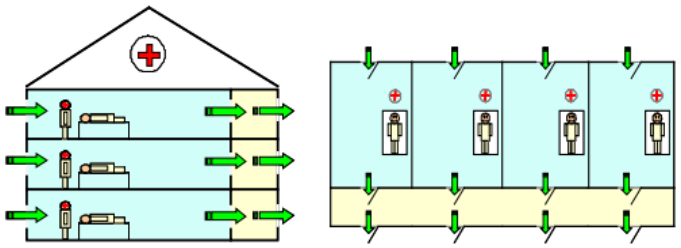
• Merkezi koridor

• Avlu

• Rüzgar kulesi

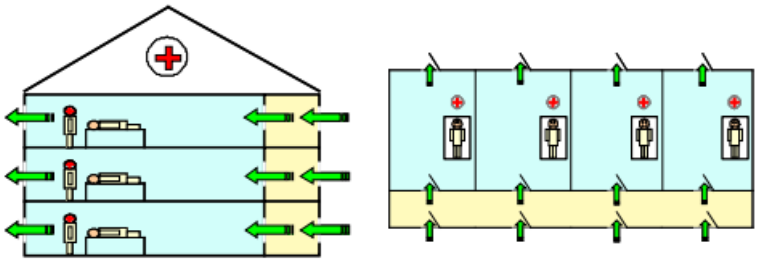
• Atriyum ve baca

Bu sistemleri yerel iklime ve belirli hastane ihtiyaçlarına uyacak şekilde birleştirmek mümkündür. Bunlardan tek taraflı koridor tipi doğal havalandırma sisteminde koridor, hasta odalarının bir tarafındadır. Hava akışı, rüzgarın geliş yönüne bağlı olarak, koğuştan koridora veya koridordan koğuşa doğru tek yönlü bir akıştır. Bu tek yönlü akış, çapraz enfeksiyonu önlemeye yardımcı olabilir. Pencerelerin tasarımı bu tip tasarım için çok önemlidir. Çapraz havalandırma yolunu oluşturmak için pencereleri hasta odası kapısı ile aynı hizaya getirmek daha iyi sonuç vermektedir (Şekil 10, 11). (Atkinson vd., 2009).



Kesit Kat planı

Şekil 10. Koğuşa rüzgar girerken tek taraflı koridor tipi hastanede rüzgarla çalışan doğal havalandırma (Atkinson, 2009).



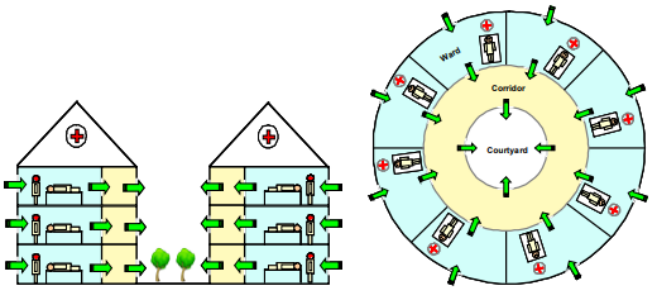
Kesit Kat planı

Şekil 11. Tek taraflı koridorda rüzgarla çalışan doğal havalandırma, koridora rüzgar giren hastane tipi (Atkinson, 2009)

Merkezi koridor tipi doğal havalandırma sistemi ise koridorun diğer tarafına başka bir dizi hasta odası eklenerek tek taraflı koridor tipinden türetilmiştir. Olası hava akışı yolu bir hasta odasından koridora ve ardından diğer taraftaki hasta odasına olacaktır (Atkinson vd., 2009).

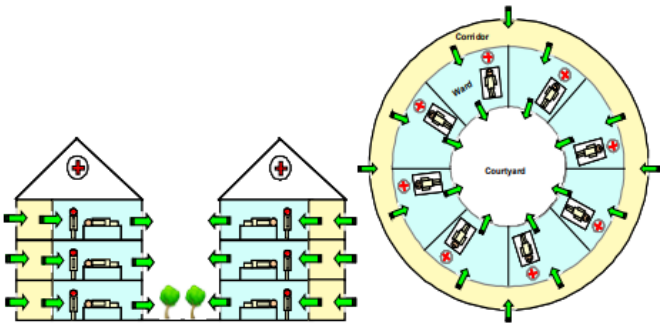
Doğal havalandırma sisteminde avlular, genel hava akışını yönlendirmeye ve böylece binaların etrafındaki mikro iklimi değiştirmeye yardımcı olabilecek alanlardır. Koğuşların ve koridorun avluya göre, konumuna göre, bu tip doğal havalandırma sistemi iç koridor ve dış koridor alt tiplerine ayrılabilir. Bu sistem, avlu yeterince geniş olduğu sürece diğerlerinden daha fazla havalandırma sağlayabilir. Dış koridor tipi, iç tipe göre bir avantaja sahiptir. Çünkü önce koridora temiz dış hava vererek bağlantılı

koridorlar yoluyla çapraz havalandırma enfeksiyonu önleyebilmektedir (Şekil 12, 13) (Atkinson vd., 2009).



Kesit Kat planı

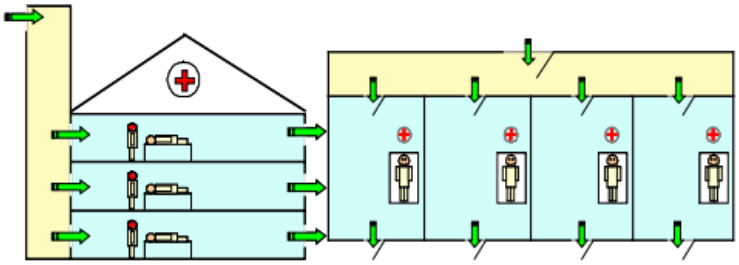
Şekil 12. Kombine rüzgar ve yüzdürme kaynaklı doğal havalandırma avlu tipi (iç koridor) hastane (Atkinson vd., 2009)



Kesit Kat planı

Şekil 13. Kombine rüzgar ve yüzdürme kaynaklı doğal havalandırma avlu tipi (dış koridor) hastane (Atkinson vd., 2009)

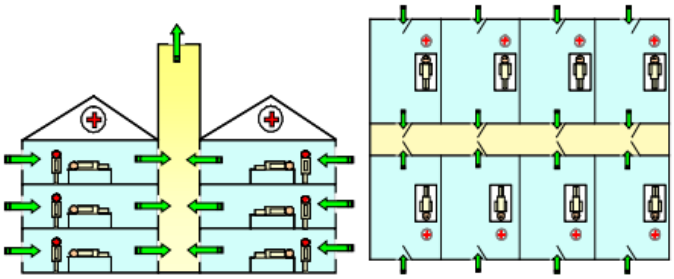
Rüzgar kulesi tipi, bir doğal havalandırma sistemi olarak rüzgarı çatı seviyesinde yakalayabilir ve binanın geri kalanına yönlendirebilir (Şekil 14). Binanın içini korumak için hava koşullarına dayanıklı panjurlar kurulur ve akışı azaltmak için hacim kontrol damperleri kullanılır. Kirli hava rüzgar altı tarafından çıkarılır (Atkinson vd., 2009).



Kesit Kat planı

Şekil 14. Rüzgar kulesi tipinde rüzgarla çalışan doğal havalandırmalı hastane (Atkinson vd., 2009)

Atriyum veya baca, doğal havalandırma potansiyelini artırmaya yardımcı olabilir. Bu tip doğal havalandırma sistemi, hasta odalarının ve atriyumun veya bacanın göreceli konumuna bağlı olarak bir yan atriyum veya merkezi bir atriyumun havalandırılmasında da etkili olur (Şekil 15). Dış hava, yığın etkisi ile pencerelerden koğuşlara emilir. Koğuştaki kirli hava seyreltildikten sonra, sıcak ve kirli hava atriyumda veya bacada birleşmekte ve üst açıklıklardan dış ortama çıkışı sağlanır. Bu tip tasarımın uygulanabilirliği, esas olarak baca yüksekliğine, iç-dış sıcaklık farkına ve bunun arka plandaki rüzgarla etkileşimine bağlıdır. Bu yaklaşım, hava akışlarını kontrol etmek ve doğal havalandırmanın bazı sınırlamalarının üstesinden gelmesi için motorlu damperler ve basınç sensörleri ile birleştirilebilir (Atkinson vd., 2009).



Kesit Kat planı

Şekil 15. Güneş bacası tipi doğal havalandırma (Atkinson vd., 2009)

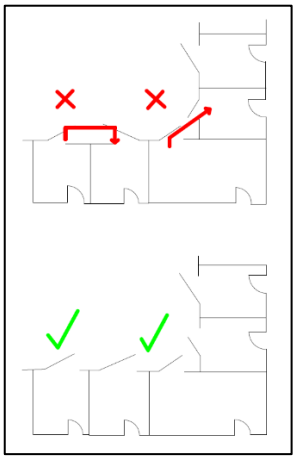
- **Gürültü Kontrolü:**

Hastane ortamı, son derece gürültü üreten ekipmanlar barındırdığı için gürültünün kontrol edilmesi gereken bir yerdir. Gürültünün kontrol edildiği ortamlar sağlık, güvenlik ve rahatlık üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Hastanelerde en eski geleneklerden biri olan sessizlik talep etme, bir hastalık döneminde gürültüye tolerans genellikle düşük olduğu için önemlidir. Stres kaynaklarından biri olan gürültüyü kontrol etmek sağlık uzmanları, hastalar, ziyaretçiler gibi tüm kullanıcılar için önemli bir kalite ve konfor stratejisi olmalıdır (Bitencourt, 2017).

Kentin gürültülü ortamından hastane yapısını, yerleşim alanını bariyer görevi gösteren peyzaj öğeleriyle ayırabiliriz. Peyzaj çözümleri; gürültünün önlenmesi, kontrolü ve azaltılması için önemli bir alternatif olabilir. Bu çözümler, hastane yapıldıktan sonra gürültülü hale gelen çevre ve kentleşmenin olduğu yerlerde uygulandığında, trafiğin sesini yumuşatmanın yanı sıra çevreyi iyileştiren ve ortamı daha insancıl hale getiren olumlu sonuçlar sunabilmektedir. Hastane binalarının çevresine ağaç dikmenin akustik konforun önemli bir destekleyicisi olduğu düşünülmektedir. İstenmeyen bir ses, peyzaj elemanları tarafından mükemmel bir şekilde daha hafif hale getirilebilir ve ağaçların getirdiği yoğunluk bir bariyer görevi görebilir (Bitencourt, 2017).

İç mekanda ses kontrolüyle ilgili hususlara değinilecek olduğunda ise bölücü ve taşıyıcı özellik gösteren duvarlar dış ortamdan gelebilecek sese ve gürültüye karşı ses yalıtımı açısından önemlidir. Mekanları ayıran bölme duvarlarının sese karşı izolasyonunu sağlamak için en az 23 cm duvar kalınlığı gerekmektedir. Normal hasta odaları ve servis mahalleri arasındaki bölmeler yarım tuğla kalınlığında olabilir. Ancak bu kadar ince duvardan ses geçme problemi oluşmaktadır. Ağır ve şikayetli hasta odaları ile gürültülü mekanların duvar kalınlıkları minimum 23 cm olmalı veya yalıtım malzemesi ile izole edilmelidir. Sese karşı yapılan yalıtım, camın kalınlığına veya özelliğine bağlıdır. Tavanlar üst kattan gelen ses, gürültü, titreşim gibi unsurlara dayanıklı planlanmalıdır (Uzunay, 2011). Döşeme kaplaması olarak gürültüyü azaltmak ve önlemek için koridorlarda döşeme kaplaması olarak topuk seslerine ve sesin dağılmasına izin vermeyen anti bakteriyel özelliğe sahip döşeme kaplaması kullanılmalıdır. Ayrıca yine gürültüyü önleme amacıyla bekleme alanında kitaplık bulunması sessiz olunması gerekliliğine atıfta bulunan bir tasarım yaklaşımı olarak düşünülebilir (Berberoğlu, 2010).

Ses kontrolü mekan organizasyonu sayesinde de sağlanabilir. Koridorlara oturma alanları ile birlikte yeşil alanlar yerleştirmek gürültü seviyesini azaltabilir. Bununla birlikte oturma alanları ayrı bir mekan olan bekleme odası olarak da planlanabilir. Planlamada bekleme alanlarını gürültü kontrolünün önemli olduğu alanlardan uzak tutabiliriz. Ayrıca hasta odalarının ya da muayene odalarının kapılarının yönünü koridora doğru açılarak koridordaki gürültünün içeriye geçmesi önlenebilir (Şekil 16) (Bitencourt, 2017).

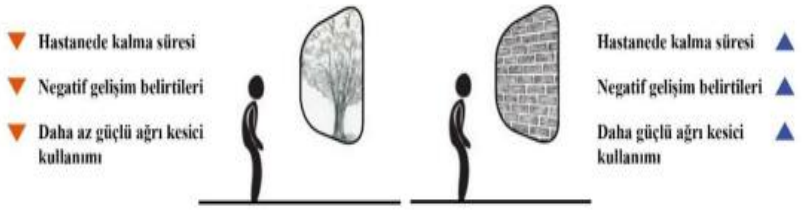


Şekil 16. Odaların koridora kapı açılış yönleri (Bitencourt, 2017)

İç mekanda kullanılan yeşil alanlar, ses kontrolü sağlamasının yanı sıra doğal ortamda olma hissi yaratarak hastanın rahatlamasına katkı sağlamaktadır. Doğal ortamla iç içe olan insanın hastalık gibi stresli bir faktörle başa çıkmasına yardımcı olmaya destek olduğu birçok araştırmaya konu olmuştur.

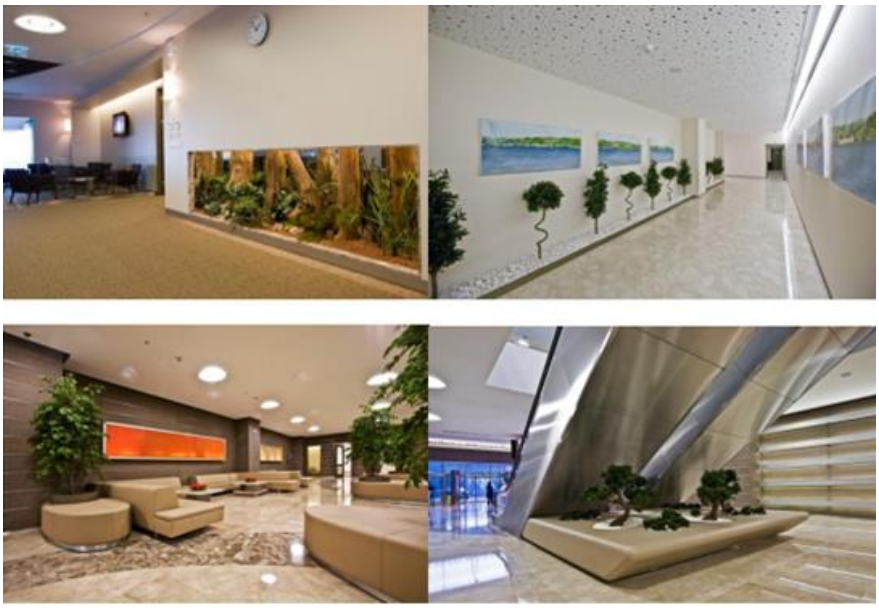
- **Kullanıcının doğa ile teması**

Hasta odalarının manzaraya yönlendirilerek konumlandırılması insan ile doğa ve gün ışığı arasında bağlantı kurması açısından önemlidir. Bu durumun önemi, 1984 yılında Ulrich tarafından küçük bir hasta grubu ile yapılan çalışmada doğa manzarasına bakan hastaların kahverengi duvara bakan hastalara göre daha kısa sürede tedaviye yanıt verdiği gözlenerek ortaya konmuştur (Şekil 17) (Birinci, 2020).



Şekil 17. Ulrich (1984)"in gözlem araştırmasının sonuçları (Birinci, 2020)

Doğanın şelaleler, akvaryumlar veya bitkiler şeklinde iç mekâna dahil edilmesi, doğa manzarası gibi doğayla çeşitli yollarla etkileşime geçilmesi, insanı psikolojik olarak rahatlatmaktadır (Şekil 18). Doğa ile etkileşim hastanın psikolojisini desteklediği için hastanın stresle başa çıktığı, iyileşme sürecinde olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalarda, doğayla temasın ve ayrıca doğal manzaraların hastane içi ve çevresinde kullanımının, stres, kolesterol, ağrı ve hastanede kalış süresini azalttığı, cerrahi müdahalelerde kan basıncını düşürerek rahatlama sağladığı belirlenmiştir (Birinci, 2020).



Şekil 18. Hastanenin çeşitli mekanlarında doğa ile etkileşim, Acıbadem Maslak Hastanesi (Berberoğlu, 2010)

Peyzaj düzenlemesi doğru yapılmış, çevre ve iç avlu kullanımı, iç mekânda doğa ile bağlantının sağlanmasına aracı olan uygulamalardandır. Avlu, havalandırma ve doğal aydınlatma gibi birçok amaca hizmet etmesinin yanı sıra kullanıcılara rekreatif alan oluşturma, sosyal iletişim imkânı veren destekleyici bir ara mekân görevi görmektedir. Ayrıca iyileştirici unsurları ile kullanıcılarda olumlu bir imge oluşturması ve yapı içinde gezinirken hastaların kendilerini yönlendirmesi için merkezi bir alan oluşturmaktadır (Şekil 19), (Birinci, 2020).



Şekil 19. REHAB Basel Omurilik ve Beyin Yaralanmaları Merkezi (zemini kaplama ya da su olan avlu tasarımı) (Guenther ve Vittori, 2013)

3.2. Tartışma

Yapılan çalışmalarda, iç mekanların tasarımının insan sağlığı, güvenliği, konforu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle mekânsal kalitenin önemli olduğu hastane ortamlarında tasarımsal hatalar kullanıcılarda strese, huzursuzluğa, iş verimliliğinde düşüşe, iş kazalarına, geçici semptomlara sahip olan hasta bina sendromuna neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda güvenli, sağlıklı, konforlu, fiziksel ve psikolojik gereksinimlerin karşılandığı hastane mekanlarının tasarımı önem kazanmış ve kullanıcı konforu kavramı gündeme gelmiştir. Bu kavramının önemli belirleyicileri doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, ısıtma-havalandırma-soğutma, gürültü kontrolü ve kullanıcının doğa ile temasıdır. Tüm bu belirleyicilerin başlıklar içerisinde incelenmesi sonucu hastanelerde mekânsal kaliteyi arttırmak için bazı tasarım kriterleri tespit edilmiştir:

- Gün ışığından maksimum derecede faydalanmak için binanın doğu-batı yönünde yerleşimi önemlidir. Bina yönelimi ve kütlesi, doğal gün ışığının yanı sıra havalandırmayı en üst düzeye çıkarmakta ve güneş ısısı kazanımını azaltmaktadır.

- Bina kütlesinde avluların açılması ile binanın doğal havalandırma ve aydınlatmasının sağlanması mümkün olmaktadır. İç avlu kullanımı da doğa ile iletişim kurmanın yanı sıra rekreatif alan oluşturma, sosyal iletişime imkân verme gibi birçok amaca hizmet ederek hastalara iyileştirici ortam sunmaktadır.

- Hastane yapıları kompleks yapılar olduğu için bina biçimlenişi dikkate alınarak mekanlar yerleştirilmelidir. Hastanın uyku kalitesini arttırdığı, hastanede kalış süresini, ölüm oranını ve ağrı kesici alımını azalttığı için özellikle hasta odalarının sabah güneşine yönelimine dikkat edilmelidir.

- Büyük pencereler gün ışığının içeriye daha fazla girmesini sağlarken ısı yüklerini arttırdığı için dezavantajlıdır. Bu durum büyük pencerelere kontrollü gölgeliklerin yerleştirilmesi ile çözülebilmektedir. Gün ışığının iç mekanlara etkisi arttırılırken, ısı kazanımı ve parlama gibi kullanıcıya rahatsızlık veren olumsuz faktörler minimum düzeye indirilmelidir. Bu olumsuz faktörler; dikey, yatay ve/veya sürgülü panjurlar, ışık rafı gibi gölgelik sistemleri, düşük emisyonlu camlar kullanılarak ve binanın doğru yönlenmesi sayesinde olabilir.

- Gün ışığından doğan ısı kazanımını kontrol etmek için açılı tavan cam pencereler kullanılmaktadır. Açılı olmayan çatı açıklıkları, yaz aylarında odaya çok fazla doğrudan güneş ışığı girmesine izin vererek, genellikle aşırı ısınmaya ve parlamaya neden olur. Kışın güneş ışığının geliş açısı düşük olduğu için açılı olmayan açıklıklardan bina iç mekanları çok az güneş ışığı almaktadır. Bu olumsuz durum için açısal cam, çatı pencerelerinin veya atriyumların performansını artırmak için tasarlanmıştır.

- Hastane koridorlarının aydınlatılmasında gece ve gündüz senaryoları düşünülmelidir. Gündüz ana aydınlatma görevi gören armatürler yanarken, geceleri ise sadece yol ve yönü bulacak yeterlilikte endirekt aydınlatmalar kullanılabilir. Böylece karanlık ortamdan birden aydınlık ortama geçişte kişide oluşan rahatsızlık önlenebilmektedir.

- Doğal havalandırma yerel iklime ve belirli hastane ihtiyaçlarına uyacak şekilde dikkatle tasarlanmalıdır. Koridorlar, avlular, rüzgar kuleleri, atriyum / bacalar olmak üzere hava akış yollarını tanımlayan doğal havalandırma çeşitleri sayesinde enfeksiyon kontrol edilmekle birlikte ısısal konfora da olanak sağlanmaktadır.

- Servis mahallerinde ve normal hasta odalarında duvarlarda yalıtım uygulanmamasına karşın ağır şikayeti olan hasta odalarında gürültü kontrolü için duvar konstrüksiyonunda yalıtım kalınlığı önemlidir. Döşemelerde de gürültüyü önleyecek antibakteriyel özellikte döşeme kaplaması kullanılmalıdır.

- Hasta odalarına ve muayene odalarına açılan koridorlara, oturma alanlarına yeşil alanlar yerleştirmek gürültü seviyesini azaltabilir. Planlama da bekleme alanlarını, gürültü kontrolünün önemli olduğu alanlardan uzak tutarak ayrı bir alan olarak planlamak gerekir.

- Hastane yapısını ve çevresini peyzaj öğeleriyle kentin gürültülü ortamından ayırabiliriz. Hastalar daha kısa sürede tedaviye yanıt verdiği için hastane ortamlarının insan ile doğa ve gün ışığı arasında bağlantı kurması açısından önemlidir. Hasta odalarının, varsa doğa manzarasına bakacak şekilde konumlanması yapılmalıdır.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmalarda, iç mekanların tasarımının insan sağlığı, güvenliği, konforu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle mekânsal kalitenin önemli olduğu hastane ortamlarında tasarımsal hatalar kullanıcılarda strese, huzursuzluğa, iş verimliliğinde düşüşe, iş kazalarına, geçici semptomlara sahip olan hasta bina sendromuna neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda güvenli, sağlıklı, konforlu, fiziksel ve psikolojik gereksinimlerin karşılandığı hastane mekanlarının tasarımı önem kazanmış ve kullanıcı konforu kavramı gündeme gelmiştir.

Sonuç olarak binanın yönelimi ve kütlesi, avlular, galeri boşlukları, atriyumlar gibi bazı mekânsal organizasyonların doğru tasarlanması doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, ısıtma-havalandırma-soğutma, gürültü kontrolü ve kullanıcının doğa ile teması gibi birden fazla kullanıcı konforu kriterlerini olumlu etkileyebilir. Hastanelerde bu tasarım girdilerinin dikkate alınması; personelin iş verimliliğini artırma, iş kazalarını azaltma veya hastanın uyku kalitesini arttırma, hastanede kalış süresini, ölüm oranını ve ağrı kesici alımını azaltma gibi birçok olumlu faktörde etkili olabilir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makale ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uygundur. Çalışma için Etik Kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Açıklama Bilgileri

1. Yazar % 50, 2. Yazar % 40 katkıda bulunmuştur. Çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Atkinson, C., Chartier, Y., Pessoa-Silva, C., L., Jensen, P., Li, Y. & Seto, H. (2009). Natural ventilation for infection control in health-care settings, WHO Publication/Guidelines. Erişim Adresi: https://www.who.int/publications/i/item/9789241547857

Aydın, D. & Sungur, M. (2018). Accessibility, Orientation and Scenery as Natural and Physical Environmental Factors in Hospital Design Case of Konya Hospitals. *Journal of Fine Arts*, 1(2), 24-37. Erişim Adresi (10.10.2024): https://sryahwapublications.com/article/abstract/2637-5885.0102004

Berberoğlu, Ç. (2010). *Algı, Sınır, Kişisel Alan Kavramları ve Hastane Tasarımı (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.* Erişim Adresi (11.09.2024): https://polen.itu.edu.tr/items/f27d2c23-4a9e-4e55-a4d6-ceb602b07f8c

Birinci, N. (2020). *21.YY Hasta Merkezli İyileştiren Hastane ve Sağlık Kampüsleri Tasarım İlkeleri, İzmir Demokrasi Üniversitesi, İzmir.* Erişim Adresi (20.12.2024): https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Bitencourt, F. (2017). Acoustic Comfort in Healthcare Architecture: music, landscape and cladding material as humanizing solutions.

Danilov, A., Benuzh, A., Yeye, O., Compaore, S. & Rud, N. (2020). Design of healthcare structures by green standards. In E3S Web of Conferences (Vol. 164, p. 05002). EDP Sciences.

Diab, S., Qadourah, B. A. & Hammad, R. (2017). Daylight quality in healthcare design, daylight measurements results and discussion, case study: Jordan University Hospital. *Journal of Energy and Power Engineering*, 11, 141-149. DOI: 10.17265/1934-8975/2017.03.001

Eijkelenboom, A. & Bluyssen, P. M. (2019). Comfort and health of patients and staff, related to the physical environment of different departments in hospitals: a literature review. *Intelligent Buildings International,* 1-19. https://doi.org/10.1080/17508975.2019.1613218

Furuto, A. (2012). First People's Hospital / HMC Architects. Erişim Adresi: (24.11.2024) : https://www.archdaily.com/197632/first-peoples-hospital-hmc-architects

Guenther, R. & Vittori, G. (2013). *Sustainable healthcare architecture.* John Wiley & Sons, 480s, Canada.

Trashani, B. (2016). *New Daylight Technologies For Sustainable Design Case Study - Mother Tereza Hospital in Tirina (Yüksek Lisans tezi). Epoka Üniversitesi, Arnavutluk.*

Uzunay, S. (2011). *Hastane Yapılarının Planlanması ve Hastanelerde Sirkülasyon (Yüksek Lisans Tezi). Haliç Üniversitesi, İstanbul.*

Occupant Comfort in Hospitals

Summary

Humanity has tried to create indoor environments where they can feel comfortable from the past to the present. Spaces designed without considering occupant comfort cause people to experience symptoms of sick building syndrome. Sick building syndrome refers to symptoms such as eye, nose and throat irritation, mental fatigue, headache, nausea, dizziness and skin irritation in connection with a specific indoor space. The symptoms are temporary and disappear within minutes or hours after the person leaves the building. The interior spaces that pave the way for the formation of such symptoms bring the concept of occupant comfort, which is concerned with human health, well-being and productivity, to the forefront. The concept of occupant comfort is one of the basic tasks of architecture to meet the needs of people to continue their lives in safe, healthy, comfortable spaces where physical and psychological needs are met. This will increase people's productivity, health and happiness and reduce stress.

The aim of the study is to examine the effect of comfort criteria on the occupant and, as a result, to determine the design criteria that should be in hospitals. Since hospitals are complex structures, occupant comfort criteria were examined within the scope of common area such as general, patient rooms and corridors. In the study, a literature study was conducted within the scope of occupant comfort criteria in hospitals; and the user comfort criteria specific to hospitals and how they affect different user profiles were examined, and design criteria were evaluated within the scope of occupant comfort. In the evaluations and analyses conducted, occupant comfort criteria obtained through passive design were determined within the scope of the determined design criteria. In these analyses, the effects of physical environment components such as natural lighting, artificial lighting, heating-ventilation-cooling, noise control and user contact with nature, which constitute the space in hospitals, on the recovery of patients and the efficient work of employees were examined. Ventilation, one of the factors providing user comfort, is important for both diluting and removing indoor airborne pollutants. For many people, the health risks of exposure to indoor air pollution may be greater than the risks related to outdoor pollution. Poor indoor air quality can be especially harmful for sensitive groups such as children, young adults, the elderly or those with chronic respiratory diseases. Since indoor spaces can expose the user to intense levels of bacteria and chemicals, the need for oxygen in indoor spaces is high. Ventilation not only provides a clean airflow to the interior, but can also provide thermal comfort to occupants. Another factor that increases indoor environmental quality is daylight, which is used as the primary light source, and increases the lighting quality of indoor spaces, positively affects the mood of occupants, increases visual comfort and productivity. These features reduce headaches, eye fatigue and act as a buffer against stress. In addition, being able to establish visual contact with nature through window views, sitting in the sun or shade improves the mood of occupants and increases the quality of life. Noise is another indoor factor that greatly affects occupant comfort. Noisy environments are stressful, annoying and prevent people from doing their best work. The negative effects of noisy environments cause increased distraction, reduced privacy, increased concentration difficulties and stress. Thermal comfort has a strong effect on occupants' productivity, health and satisfaction. As a result, the correct design of structures considering the physical environment components can increase the work efficiency of hospital staff, reduce occupational accidents and improve the sleep quality of patients. It can also positively affect factors such as hospital stay, mortality rate and painkiller use.

Journal of International Architectural Sciences
JIArcS, 2024, 1 (1): 52-69
e-ISSN: 3062-1399
Review Article
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: *architecturalsciences@gmail.com*

Kinetik Cephe Sistemleri ve Dünyadan Kinetik Cephe Örnekleri

Merve SAVRUNLU [1]*

ORCID 1: 0000-0003-4351-2973

[1] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yapı Fiziği ve Malzemesi, 34427, İstanbul, Türkiye.

** e-mail: mervesavrunlu@gmail.com*

Öz

Bina kabuğu, binayı olumsuz çevre koşullarına karşı korur ve çevreyle etkileşime girerek verimli bir binanın oluşturulmasında görev alır. Binaları rüzgâr, zaman, iklim gibi unsurlar etkiler. Bu unsurlar ise statik değil dinamiktir. Bu nedenden dolayı kinetik cephelerin, binaların dinamik olan çevre koşullarına ve değişen konfor koşullarına uyum sağlayabilmesinde oldukça önemli bir görev üstlendiği söylenebilir (Ahmad, Alibaba ve Ibrahim, 2019). Bunun yanı sıra günümüzde enerjinin tüketimi gittikçe artmaktadır. Binalarda enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Binaların değişen ortam koşullarına uyum sağlayarak daha az enerji tüketecek şekilde tasarlanması önemli bir hale gelir. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili çözümlerin oluşturulabilmesi için de kinetik sistemler kullanılabilmektedir. Kinetik cephelerin dinamik olması ve ortamın iklim koşullarına göre cephenin hareket edebilmesi yapının enerji performansını yükseltmede yardımcı olduğu söylenebilir. Bu çalışmada da kinetik cephe sistemleri üzerinde durulmuştur. Dünyadan kinetik cephe örnekleri enerji verimliliği bağlamında incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Kinetik cephe, Enerji verimliliği.*

Kinetic Facade Systems and Kinetic Facade Examples from Around the World

Abstract

The building envelope protects the building against adverse environmental conditions and interacts with the environment to create an efficient building. Buildings are affected by elements such as wind, time, and climate. These elements are not static but dynamic. For this reason, it can be said that kinetic facades play a very important role in the ability of buildings to adapt to dynamic environmental conditions and changing comfort conditions (Ahmad, Alibaba, & Ibrahim, 2019). In addition, energy consumption is increasing today. It has an important share in energy consumption in buildings. It becomes important to design buildings to adapt to changing environmental conditions and consume less energy. Kinetic systems can also be used to create solutions for energy efficiency in buildings. It can be said that the dynamic nature of kinetic facades and the ability of the facade to move according to the climatic conditions of the environment help to increase the energy performance of the building. This study also focuses on kinetic facade systems. Kinetic facade examples from around the world were examined in the context of energy efficiency.

Keywords: *Kinetic facade, Energy efficiency.*

Citation: Savrunlu, M. (2024). Kinetic facade systems and kinetic facade examples from around the world. *Journal of International Architectural Sciences*. 1 (1): 52-69.

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563562

Received: *December 02, 2024 –* ***Accepted:*** *December 28, 2024*

1. Giriş

Kinetik sistemler, iç mekandaki konfor koşullarının sağlanabilmesi için binaların cephesine uygulanabilir. Binaların cephesine uygulanan kinetik sistemler, cephelerin dış ortama göre tepki vermesini sağlayabilir. Bu sayede yapay enerjiye olan ihtiyacının azaltılması sağlanabilir (Bacha & Bourbia, 2016). Aynı zamanda, cephenin fiziksel görünümü binanın strüktürü bozulmadan değiştirilir (Ibrahim & Alibaba, 2019). Haidari (2015), makalesinde Arap Dünya Enstitüsünü ve One Ocean Pavyonu yapılarının kinetik cephelerini incelemiş ve yapıların cephelerini karşılaştırmıştır. Makalesinde yaptığı inceleme ve karşılaştırma sonucunda kinetik cephe tasarlarken dikkate alınması gereken üç tane sonuç belirlemiştir. Bunlardan birincisi kinetik elemanlar için gereken mekanizmanın olabildiğince basitleştirilmesi gerektiğidir. Mekanizmada hareketli ve farklı boyutlardaki parçaların çok sayıda olması sistemi kompleks hale getirir ve kinetik cephe sisteminin çalışabilmesini zorlaştırabilir. Makalede ikinci sonuç olarak tasarımcının niyeti olarak belirlemiştir. Tasarımcı kinetik cepheyi, kinetik etkileri düşünerek tasarlamalıdır. Üçüncü sonuç ise tasarımın sürecidir. Yinelemeli bir tasarım süreci olmalıdır. Teknoloji ve mimari bütünleşmelidir (Haidari, 2015). Fox, kinetik mimarlığı değişken hareketlilik kabiliyeti, konum veya geometriye sahip binalar ve bina bileşenleri olarak tanımlar (Fox, 2001). Fox'a göre "akıllı kinetik sistemler, değişen ihtiyaçları karşılamak için kendilerini fiziksel olarak yeniden yapılandırabilen bir çalışmadır." Bilgisayar sistemleri, fiziksel değişimin yapılabilmesi için kullanılabilir. Bu sayede sistem kendisini kullanım ihtiyaçlarına göre yenileyebilir (Fox, 2001).

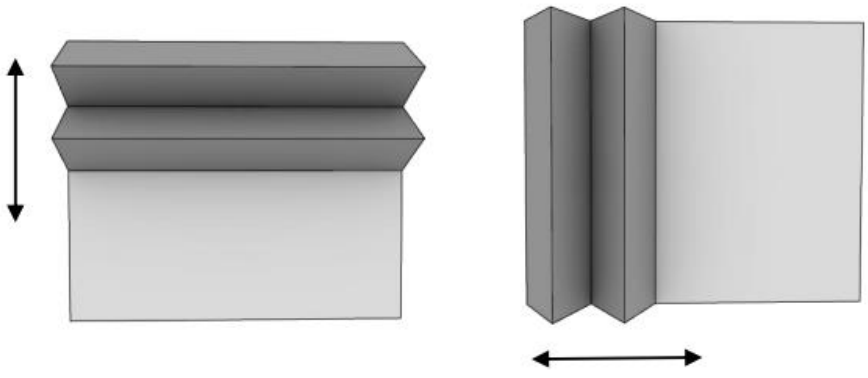
Kinetik cepheler, binanın çevresel değişikliklere uyum sağlayabilmesi ve bu değişikliğe uygun bir tepki verebilmesi konusunda rol oynar. İç mekandaki ve günışığı kalitesinin ve ısıl konforun arttırılmasını sağlar. Kinetik cephedeki hareket, cephenin fiziksel yapısını değiştirir (Sharaidin, 2014). Geometrik dönüşümlere göre cephede olabilecek temel hareketler rotasyon, ölçeklendirme ve taşımadır. Daha karmaşık hareketler elde edebilmek için farklı hareket türleri birleştirilebilir (Alkhayyat, 2013).

Yüksek teknoloji kullanılan kinetik cepheler Maia ve Meyboom'a (2015) göre dört ana temelden oluşur. Bunlar sensörler, mantıksal birim, aktüatörler ve iletişim sistemleridir. Çevresel değişkenleri sensörler tarafından anlaşılır. Verilerin işlenmesi ve bir yanıt oluşturulması mantıksal birim tarafından gerçekleştirilir. Çevre koşullarına aktüatörler tepki verir. İletişim sistemleri ise bilgilerin tüm bileşenlere aktarılmasını sağlar (Maia & Meyboom, 2015).

Çevresel ve bireysel taleplerde zamanla değişiklikler olabilir. Kinetik sistemler kullanmaktaki temel motivasyon çevresel ve bireysel değişikliklere uyum sağlayabilecek mekanlar oluşturmak olduğu söylenebilir (Fox & Kemp, 2009). Bugün binaların farklı görevleri sahip olan hareketli parçaları vardır. Mekanik cihazlar tarafından kontrol edilip binanın değişikliklere uyum sağlayabilmesinde rol oynar (Haidari, 2015).

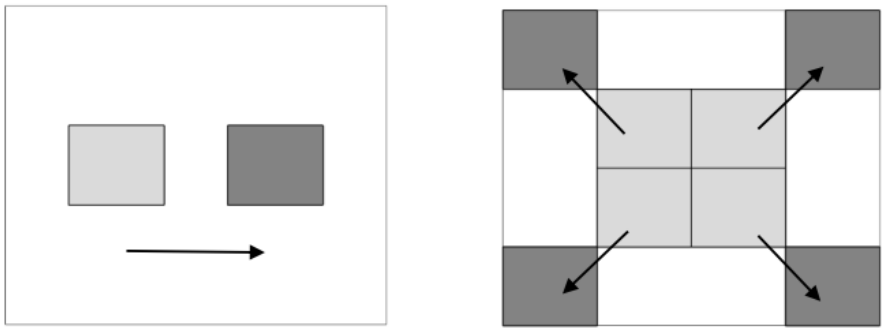
1.1. Kinetik Cephelerin Geometrik Dönüşümlerine Göre Sınıflandırılması

Cephe elemanlarının geometrik formlarının değiştirmesiyle çevresel koşullara uyum sağlayabilir. Geometrik dönüşümlerine göre kinetik cepheler katlama, kayma, rotasyon, ölçeklendirme ve formal değişiklik olarak sınıflandırılır. Katlama: Kinetik cephelerde birimler katlanarak hareket ettirilir. Bu sistemlerde dikey ve yatay olmak üzere temelde iki tür hareket yöntemi vardır (Şekil 1).



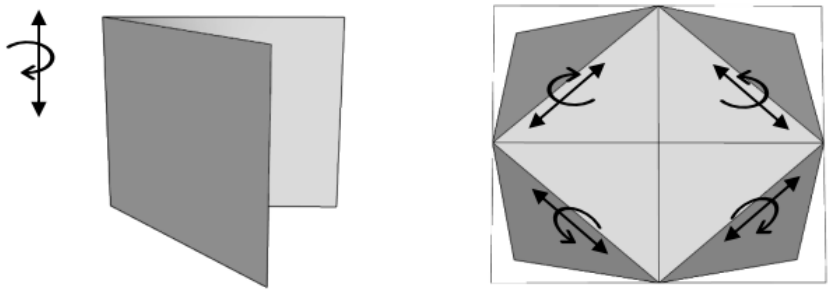
Şekil 1. Dikey Katlama Yatay Katlama

Kayma: Kinetik cephelerde kayma, tek eksenli veya çok eksenli olabilir. Tek eksenli kayma sadece bir yönde kayabilen, çok eksenli kayma ise birden fazla yönde kayabilen sistemlerdir (Şekil 2). Çok eksenli kayma çok daha fazla hareket olanaklarına sahiptir (Engin, 2022).



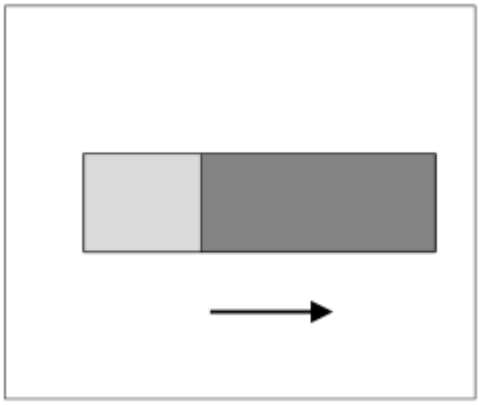
Şekil 2. Tek Eksenli Kayma Çok Eksenli Kayma

Rotasyon: Bir ya da birden çok eksen etrafında dönebilen sistem hareketidir (Şekil 3). Tek eksenli rotasyonda eksen, yatay veya dikey olabilir.



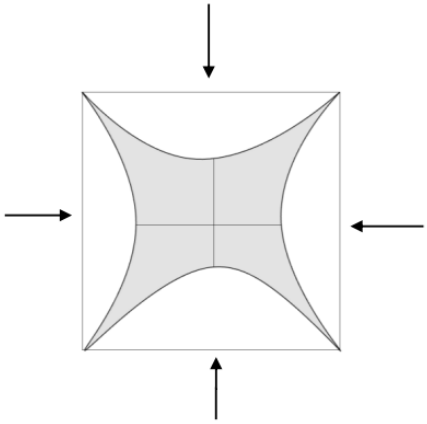
Şekil 3. Tek Eksenli Rotasyon Çok Eksenli Rotasyon

Ölçeklendirme: Kinetik cephelerde ölçeklendirmede nesneler daralır ya da genişler (Ibrahim & Alibaba, 2019) (Şekil 4).



Şekil 4. Ölçeklendirme

Formel Değişiklik: Formel değişiklikte malzemelerin ağırlık, elastikiyet gibi değişen özellikleri etkilidir (Ibrahim & Alibaba, 2019) (Şekil 5).



Şekil 5. Formel değişiklik

1.2. Çevresel Kontrole Göre Kinetik Cephelerin Sınıflandırılması

Çevresel kontrole göre kinetik cephelerin sınıflandırması günışığı, ısı kazanımı, havalandırma, nem ve gürültü kontrolü olarak 5 grupta incelenmiştir. (Nashaat & Waseef, 2017).

Günışığı kontrolü: Kinetik cepheler, iç mekânın aydınlık düzeyini kontrol edebilmede ve kamaşmayı engelleyebilmede rol oynar (Nashaat & Waseef, 2017).

Isı Kazanımı Kontrolü: İç mekânın ısı kazanımının kontrol edilebilmesi sağlar. Kinetik cepheler sayesinde kış mevsiminde güneş enerjisinden ısı kazanırken yaz mevsiminde ise ısı kazanımı engellenebilir (Nashaat & Waseef, 2017).

Havalandırma Kontrolü: Cephede hava boşluğu tasarlanarak hava akışı sağlanabilir. (Nashaat & Waseef, 2017).

Gürültü Kontrolü: Ses emici gölgeleme araçları gürültü kontrolünü sağlayabilmek için kullanılabilir (Nashaat & Waseef, 2017).

Nem Kontrolü: Pasif ya da aktif olarak iki türlü nem kontrolü yapılabilir. Pasif sistemde havadaki nem miktarına göre açılıp kapanabilen cephe malzemeleri kullanılırken aktif sistemde nem sensörleri kullanılır (Nashaat & Waseef, 2017).

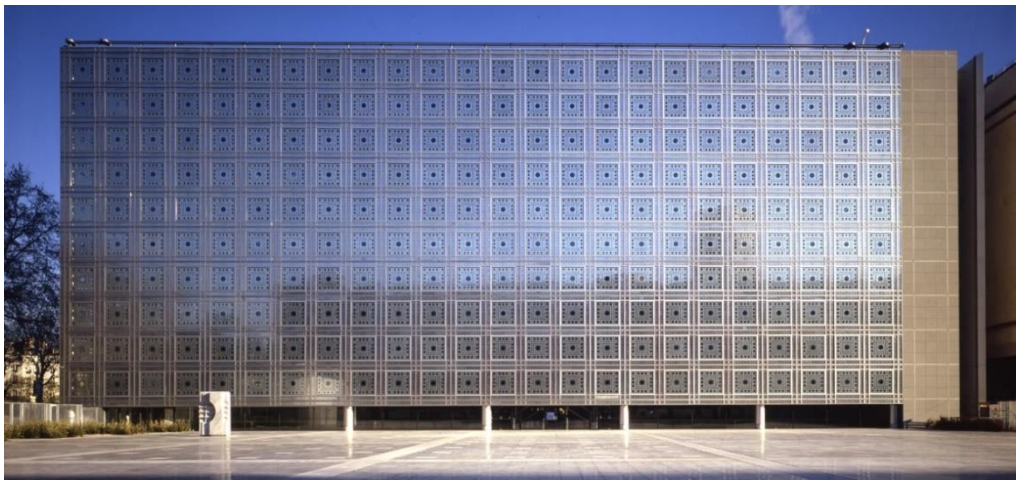
2. Dünyadaki Kinetik Cephe Örnekleri

Dünyanın farklı bölgelerinden kinetik cepheye sahip binalar seçilmiştir.

2.1. Arap Dünya Enstitüsü

Tasarımcı	Jean Nouvel
Mühendis	SETEC Bâtiment (Teknik mühendislik), Casso-Gaudin (Güvenlik teknik mühendisliği), EPSI (Diyafram teknik mühendisliği), Atelier MAURENDU (Multimedya kütüphanesi), Louis FRUIET (Mühendis danışmanı), Light Design (Müze aydınlatma çalışması), Arcora (Müze strüktürü)
Malzemeler	Alüminyum (Cephe modüllerindeki bileşenler)
Konum	Paris, Fransa
Yıl	1989
İşlev	Kültür Merkezi, Müze
Hareket Tipi	Kayma Hareketi

Mimar Jean Nouvel tarafından tasarlanan Arap Dünya Enstitüsü, dünyadaki kinetik cephe örneklerinden biridir (Şekil 6). Bu yapının güney cephesini, maşrabiye olarak adlandırılan Arap mimarisinde kullanılan geleneksel Arap kafes sisteminden esinlenerek tasarlamıştır (Kolarevic & Parlac, 2015). Maşrabiyelar mahremiyeti sağlamanın yanı sıra ışık, sıcaklık, nem ve hava akışını düzenlemek için de kullanılır (Taşkan & Ismaeel, 2022).



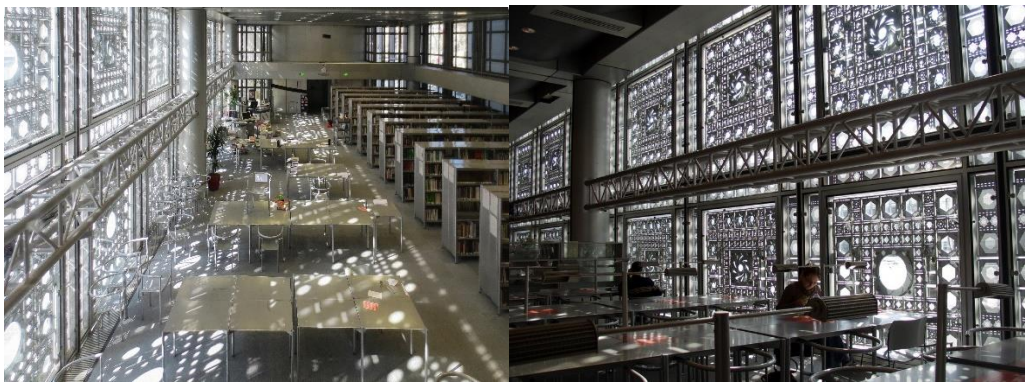
Şekil 6. Arap Dünya Enstitüsü cephesi (Archello, t.y.)

Yapının maşrabiyeden esinlenerek tasarlanan güney cephesi (Şekil 8), 35 metre yüksekliğinde ve 80 metre genişliğindedir. 240 kare modül ve 30.000 ışığa duyarlı diyafram kullanılmıştır. Her modülde 121 diyafram vardır. Diyaframlar taban plakası, halka şeklinde başka bir plaka ve bıçaklardan meydana gelir. Halkada bıçak sayısı kadar yuva vardır (Haidari, 2015). Sistem, fotovoltaik sensörler yardımıyla diyaframlar elektronik olarak kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmıştır (Engin, 2022). Ancak mekanik problemlerden dolayı güneşin konumuna göre enstitünün içine girecek ışığın düzeyini kontrol edememektedir (Kolarevic & Parlac, 2015).

Cephedeki diyaframlar, kameralardaki diyaframların çalışma mantığı örnek alınarak tasarlanmıştır (Şekil 7). Kamera diyaframının boyutunda değişiklikler yaparak diyaframdaki açıklıktan gelen ışık miktarı kontrol edilir. Cephedeki diyaframlarda da kamera diyaframının gelen ışık miktarı kontrol edebilme prensibi kullanılmak istenmiştir. Cephede kullanılan cam paneller arasına diyafram modülleri yerleştirilmiştir. Bu sayede modüllerin olumsuz hava koşullarına karşı korunması sağlanır. Fotovoltaik sensörler yardımıyla diyaframların ışığa tepki vermesi istenmiştir ancak diyaframların bir kısmı çalışmamıştır. Çalışan diyaframların kontrolünü sağlayabilmek için de merkezi bir bilgisayar kullanılır (Haidari, 2015).



Şekil 7. Arap Dünya Enstitüsü cephesindeki diyaframlar (Anonim, 2013; ArchDaily, 2011)



Şekil 8. Arap Dünya Enstitüsü iç kısmı (WikiArquitectura, 2014; Anonim, t.y.)

2.2. Kiefer Teknik Galerisi

Tasarımcı	Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH
Malzemeler	Alüminyum paneller
Konum	Gleichenberg, Avusturya
Yıl	2005-2007
İşlev	Ofis binası ve sergi alanı
Hareket Tipi	Katlama

Kiefer Teknik Galerisi , Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH tarafından 2007 yılında inşaatı tamamlanmıştır. Çevre koşullarına göre hareket edebilen bir cepheye sahiptir (Şekil 9). Katlanma hareketi yapabilen kinetik cephesi 112 birimden oluşur. Kinetik cephede dikdörtgen delikli katlanabilen alüminyum paneller kullanılmıştır. Cephedeki katlama hareketi sayesinde iç mekandaki görsel konforun sağlanabilmesi için gerekli olan günışığının ayarlanabilmesi kolaylaşır (Vergauwen & Temmerman, 2012; Radwan, 2013; Ibrahim & Alibaba, 2019). İç mekânın gereğinden fazla ısınmasını engelleyerek enerji tüketimini azaltmada rol oynar. Kinetik cephenin 56 tane motor tarafından kontrol edilebilmesinin yanı sıra insan komutlarıyla da çalışabilir. Cephedeki paneller güneşin bulunduğu konuma göre katlanıp açılarak iç mekandaki konforu sağlar (Ibrahim & Alibaba, 2019).



Şekil 9. Kiefer Teknik Galerisi (ArchDaily, 2010)

2.3. Media-TC

Tasarımcı	**Enric Ruiz Geli**
Mühendis	**Boma SL, Agusti Obiol (yapı mühendisi)**
Malzemeler	**Etilen tetrafloroetilen (ETFE)**
Konum	**Barselona, İspanya**
Yıl	**2009**
İşlev	**Ofis**
Hareket Tipi	**Formel değişiklik**

Media-TIC binası mimar Enric Ruiz Geli tarafından 2009 yılında tasarlanmıştır. Cephesinde pnömatik bir sistem kullanılmıştır. Bu sayede enerji tasarrufu sağlanabilmiştir (Şekil 10). Cephede hafif bir malzeme olan ETFE hava yastıkları kullanılmıştır. Hava yastıkları üç katmandan oluşur. Cephedeki hava yastıklarının hava basıncı, ortamdaki sıcaklığın değişmesiyle değişir. Ortamın sıcaklığının artması ile cephe şeffaftan opak hale geçiş yapar. Öğleden sonra hava yastıkları nitrojenle doldurulur ve yarı şeffaf

hale gelerek UV radyasyonun yaklaşık yüzde 80'ini engeller. Aynı zamanda gölgelendirerek daha konforlu bir ortam oluşturur. Bu sayede ısı kazanımı azalır. Yaklaşık 20% oranında enerjiden tasarruf edilir ve karbon emisyonunu 55% oranında azaltır (Kolarevic & Parlac, 2015; Maden, 2022).



Şekil 10. Media-TIC Binası (Enric Ruiz-Geli, t.y.)

2.4. Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi

Tasarımcı	Chaix & Morel et Associés, JSWD Architekten
Mühendis	IDN Ingenieurbüro
Malzemeler	Paslanmaz çelik (güneş kontrol aracı)
Konum	Essen, Almanya
Yıl	2010
İşlev	Genel Merkez
Hareket Tipi	Rotasyon

Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi Chaix & Morel ve JSWD Architekten tarafından 2010'da tasarlanmıştır (Şekil 11). Bu yapının cephesinde kullanılan 1280 güneş kontrol elemanı, güneşin konumuna göre grup halinde yatay ve dikey eksende dönebilir ya da bağımsız olarak hareket edebilir. Güneş kontrol elemanları, üçgen, dikdörtgen, yamuk gibi farklı geometrik birimlerden oluşur. Güneş ışınımından kaynaklanabilecek ısı kazanımını azaltır. Genel merkezin enerji yükünü %50 azaltır ve %27 daha az karbon salınımı yapar (Kolarevic & Parlac, 2015; Maden, 2022).



Şekil 11. Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi, Essen, Almanya (ArchDaily, 2013)

2.5. Al Bahar Kuleleri

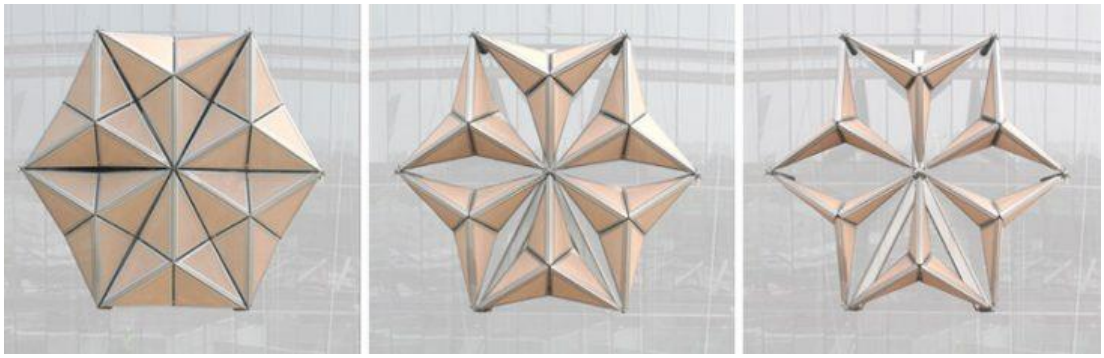
Tasarımcı	Aedas Architects
Mühendis	Arup
Malzemeler	Fiberglass
Konum	Abu Dhabi, Birleşik Arap Emirlikleri
Yıl	2012
İşlev	Ofis
Hareket Tipi	Katlama

Al Bahar Kuleleri Aedas Architects tarafından tasarlanmıştır. İnşa edilen 2 bina 145 m yüksekliğindedir (Şekil 12). Bu kulelerin kinetik cephesini tasarlarken maşrabiyeden esinlenmişlerdir (Kolarevic & Parlac, 2015).

Al Bahar Kulelerin kinetik cepheleri altıgen birimlerden oluşur. Birimlerde yaklaşık olarak bin üçgen kullanılmıştır. Kulenin cam cephesine tutturularak birimlerin taşınması sağlanır. Üçgenlerin açıklık oranı güneşin konumuna göre değişir. Cephenin hareketi, kulenin yönetim sistemi tarafından sağlanır (Şekil 13). Cephedeki kinetik elemanların kulelerin soğutma yükünü yüzde 25'e kadar indirmesi hedeflenmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek için parametrik tasarım metodu kullanılmış ve simülasyon programları yardımıyla kulelerin enerji performansı ölçülmüştür. Isı kazanımının azaltılmasından dolayı kulelerin soğutma yükü de azalmıştır (Kolarevic ve Parlac, 2015).



Şekil 12. Al Bahr Kulesi, Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri (ArchDaily, 2012a; archiSCENE, 2012; ProzoriVrata, t.y.)



Şekil 13. Altıgen birimin kapalı, yarı kapalı ve açık hali (Iaac, 2018)

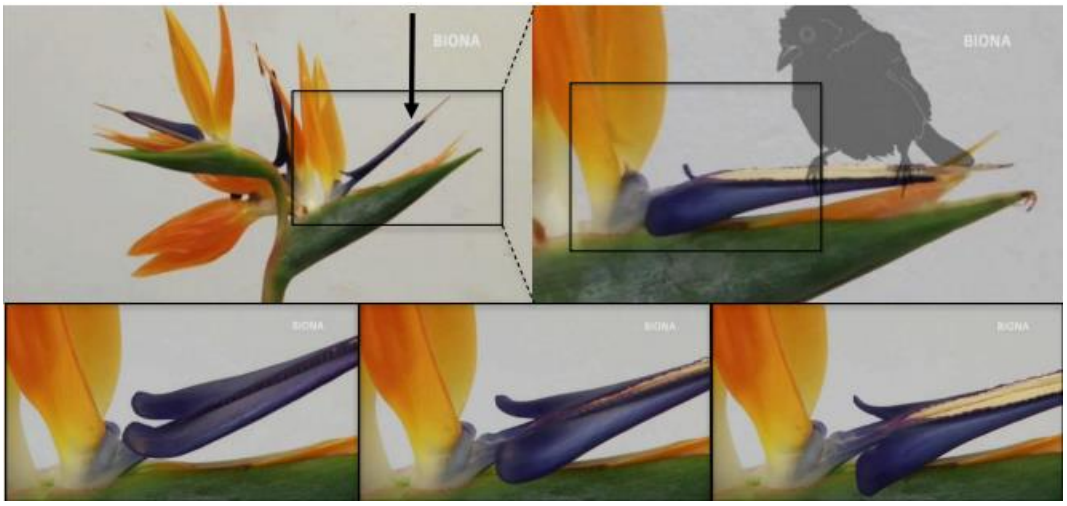
2.6. One Ocean Tematik Pavyonu

Tasarımcı	Soma ZT GmbH
Mühendis	Brandstatter ZT GmbH (Yapı Mühendisliği), Transsolar Energietechnik GmbH (İklim Mühendisliği), Knippers Helbig GmbH (Kinetik Cephe Mühendisliği)
Malzemeler	Cam elyaf takviyeli polimer
Konum	Yeosu-si, Güney Kore
Yıl	2012
İşlev	Sergi
Hareket Tipi	Formel değişiklik

One Ocean pavyonu, Soma tarafından tasarlanmıştır. Ortamdaki iklim koşuluna göre hareket edebilen bir cephesi olan bu yapı Güney Kore'deki Expo 2012 için inşa edilmiştir (Şekil 15). Soma, "Expo'nun yaşayan okyanus ve sahil (The Living Ocean and Coast) temasını sembolik olarak göstermek yerine performatif olarak örneklendirmek istedi" (Haidari, 2015).

Cennet kuşu çiçeğinden (strelitzia reginae) ilham alarak kinetik cephenin hareketi oluşturulmuştur. Cennet kuşu çiçeği kuşların konabileceği iki tane bitişik taçyaprağından oluşan bir platform meydana getirir. Kuş çiçeğin oluşturduğu platforma konduğu zaman aşağıya doğru eğilir ve taçyaprağının iki kanadı yana doğru yönelerek açılır. Noktasal yükün etkili olduğu bir bükülme hareketidir (Şekil 14). Bu durum, burkulma olarak adlandırılır. Kinetik cephedeki lamellerin açılmasında bitkideki açılma hareketi örnek alınmıştır (Haidari, 2015).

Kinetik cephenin yüksekliği 3 ile 13 metre arasında değişmekte olup uzunluğu ise 140 metredir. Cephede dikey olarak 108 lamel kullanılmıştır. Lameller, düşük bükülme direncine ve yüksek çekme direncine sahip olan cam elyaf takviyeli polimerden yapılmıştır (Kolarevic ve Parlac, 2015). Bu sayede elastik deformasyon meydana gelebilir. Lameller motorlar tarafından çalıştırılır ve asimetrik olarak bükülür böylece cephede açıklıklar oluşturulur. Yapının cephesindeki lameller dolayısıyla güneş ışığı iç mekâna kontrollü olarak alınabilir. Her bir lamel birbirlerinden bağımsız olarak çalıştırılabilir (Haidari, 2015).



Şekil 14. Cennet kuşu çiçeğinin çalışma mekanizması (Haidari, 2015)

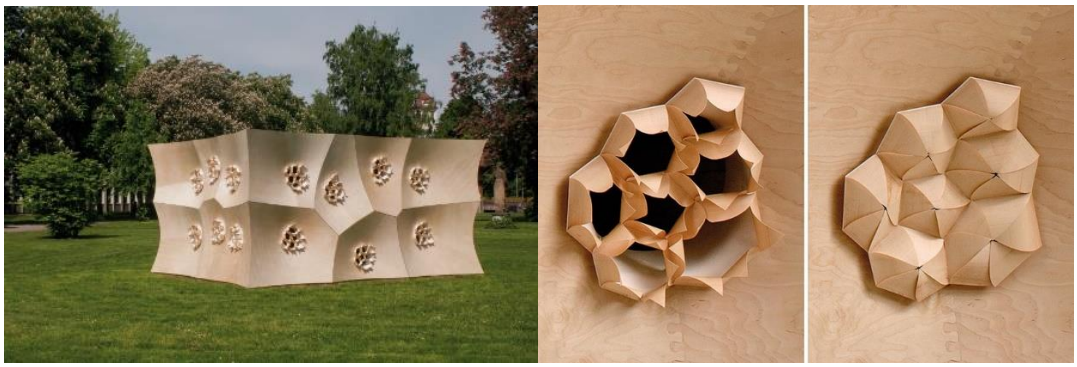


Şekil 15. One Ocean Pavyonu (ArchDaily, 2012b)

2.7. HygroSkin

Tasarımcı	Achim Menges Architect, Oliver David Krieg, Steffen Reichert
Malzemeler	Akçaağaç kompozit paneller
Konum	Orléans, Fransa
Yıl	2013
İşlev	Pavyonu
Hareket Tipi	Formel değişiklik

Achim Menges tarafından HygroSkin , pavyon olarak tasarlanmıştır (Şekil 16). 2013 yılındaki bu projede, iklime duyarlı mimaride yeni bir yaklaşım araştırmışlardır. Kullanılan akçaağaç kompozit paneller sayesinde çevrenin nem seviyesine göre modüllerin hareket edebilmesi sağlanır. Panellerdeki lifler, çevredeki nem değişikliğine tepki verebilmesini sağlar. Herhangi bir teknik ekipmana ya da bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan projenin kabuğundaki modüller iklim değişikliklerine tepki olarak açılıp kapanabilmektedir. Ortamdaki nem miktarına bağlı olarak modüller açılıp kapanabilmektedir. Düşük nemde modüller açılırken yüksek nemde modüller kapanır (Krieg et al., 2014; Fox, 2016; Menges, Reichert, 2015'ten alıntılayan Maden, 2022).

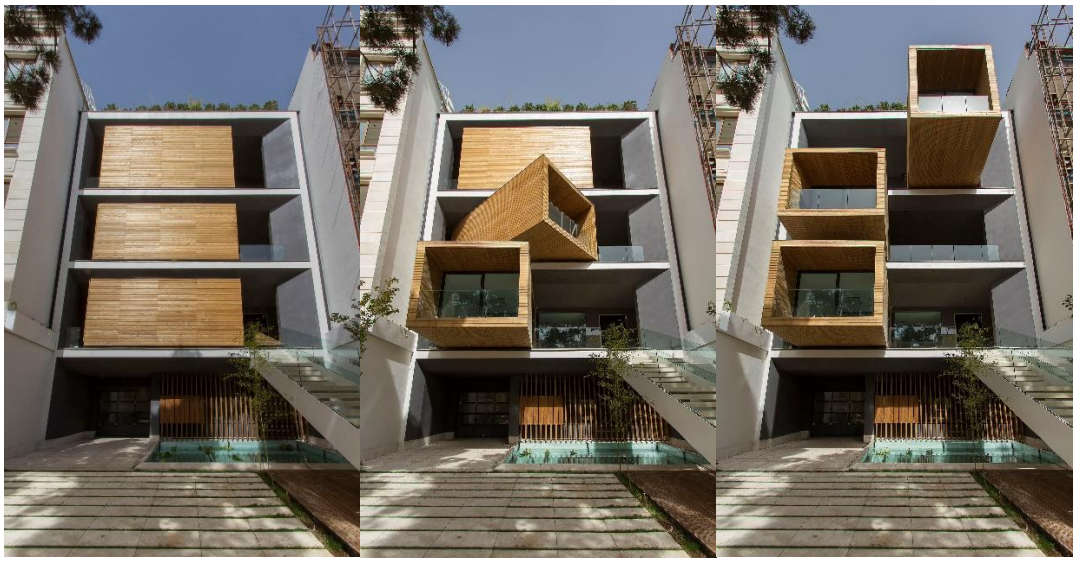


Şekil 16. HygroSkin, yüksek bağıl nemde açık ve düşük bağıl nemde kapalı modüller (achimmenges, 2013)

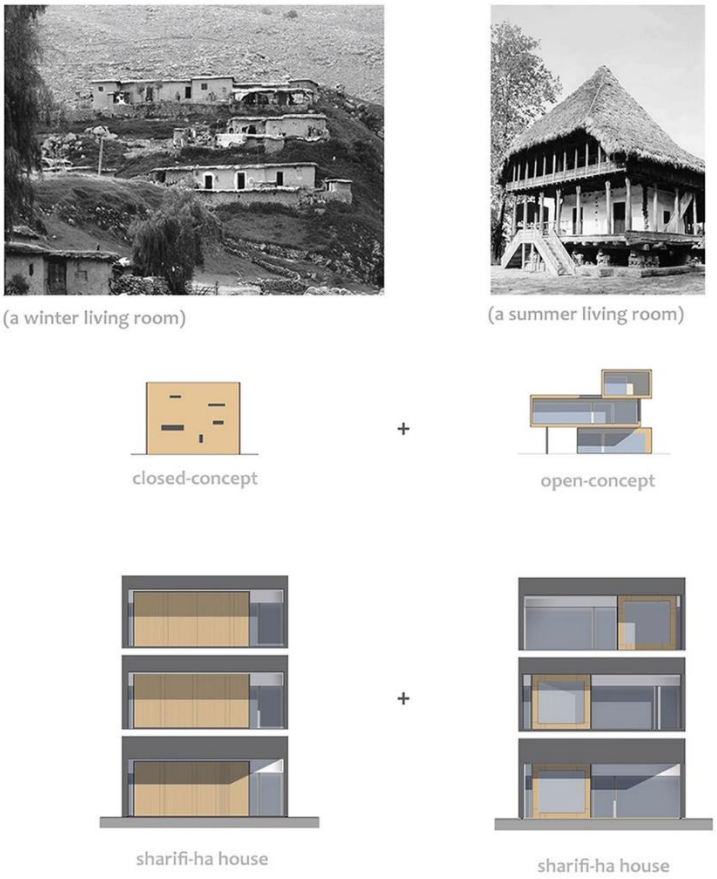
2.8. Sharifi-ha Evi

Tasarımcı	NextOffice – Alireza Taghaboni
Malzemeler	Ahşap
Konum	Tahran, İran
Yıl	2010-2013
İşlev	Konut
Hareket Tipi	Rotasyon

Sharifi-ha Evi, NextOffice tarafından tasarlanmıştır. Tahran'daki mevsimler arası sıcaklık farkının yüksek olmasından dolayı ev için dönebilen bölmeler tasarlamışlardır (Şekil 17). Bölmeler 90 derece dönme hareketi yapabilir. Bölmelerin dönebilmesi sayesinde kışın odalar içe doğru çevrilebilirken yazın odalar açığa çıkartılabilir. Bu açıdan hem yazlık hem de kışlık oturma odaları olan İran evlerine benzemektedir (Şekil 18). Bölmeler kapandığı zaman odaya açıldığı zaman terasa erişim sağlanabilmesi için bir yan kapı kullanılmıştır. Ayrıca teraslarda bölmelerin dönme açısına göre hareket edebilen katlanır korkuluklar kullanılmıştır (Ibrahim ve Alibaba, 2019).



Şekil 17. Sharifi-ha Evi Cephesi (ArchDaily, 2014a)



Şekil 18. Sharifi-ha Evi cephesi açık ve kapalı (ArchDaily, 2014b)

2.9. SDU Kolding Kampüs

Tasarımcı	Henning Larsen Architects
Mühendis	Orbicon
Malzemeler	1600 delikli Alüminyum panel
Konum	Kolding, Danimarka
Yıl	2014
İşlev	Eğitim
Hareket Tipi	Rotasyon

2014 yılında Güney Danimarka Üniversitesi'nin Kolding Kampüsü'nün, inşası tamamlanmıştır. Kampüs Kolding nehrine yakın bir bölgede bulunmaktadır. Bu kampüste, kültür, tasarım, iletişim ve dil kursları verilir.

Kampüs binasının kinetik cephesinde 1600 delikli alüminyum panel kullanılmıştır. Üçgen formunda paneller kullanmışlardır. Panellerin kullanılmadığı durumda cephe boyunca düz bir şekilde kapalı olarak durur. Kinetik panelleri açıldığı zaman ise kontrollü olarak cepheden dışarıya doğru taşar. Günışığı ve ısıya göre panellerin açılma açısı belirlenmiştir (Sood & Patil, 2022). İç mekânın çevre koşullarına adapte olabilmesi için paneller dikey eksende 90 dereceye kadar açılabilmektedir. Panellerin açılma hareketi merkezi bir sistem tarafından yapılmaktadır (Maden, 2022).

Ortamın ısı ve ışık düzeyleri sensörler tarafından algılanmaktadır. Buna göre panellerin açısı belirlenir (Fortmeyer & Linn, 2014). Bu sayede kullanıcılar için konforlu bir çalışma ortamı sağlanabilmektedir. Kampüsün enerji yükünü kinetik cepheler, yüzde 50 oranında azaltmaktadır. Yaklaşık olarak yüzde 27'ye kadar da karbon emisyonunu düşürür (Maden, 2022).



Şekil 19. SDU Kolding Kampüs kinetik cephesi (Sdu, 2024; ArchDaily, 2015)

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1. Çalışma kapsamında incelenen kinetik cepheler

Bina/Yıl	Mimar	Konum	İşlev	Hareket Tipi	Açıklamalar
 Arap Dünya Enstitüsü, 1987	Jean Nouvel	Paris, Fransa	Kültür Merkezi, Müze	Kayma	Cephede 240 modül ve 30.000 ışığa duyarlı diyafram vardır. Fotovoltaik sensörlerin yardımıyla diyaframların ışığa tepki vermesi istenmiştir. Ancak diyaframların bir bölümü çalışmamıştır.
 Kiefer Teknik Galerisi, 2007	Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH	Gleichenberg, Avusturya	Ofis binası ve sergi alanı	Katlama	Kinetik cephede 112 birim kullanılmıştır. Cephedeki paneller Güneşin konumuna göre katlanıp açılır. İç mekânın fazla ısınmasını engel olarak enerji tüketimini azaltır.
 Media-TIC, 2009	Enric Ruiz Geli	Barselona, İspanya	Ofis	Formel değişiklik	Öğleden sonra cephedeki hava yastıkları yarı şeffaf hale gelerek UV radyasyonun yaklaşık olarak yüzde 80'ini engeller. Yüzde 20 oranında enerji tasarrufu sağlanır. Karbon emisyonunu yaklaşık yüzde 55 oranında azalır.

 Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi, 2010	Chaix & Morel et Associés, JSWD Architekten	Essen, Almanya	Genel Merkez	Rotasyon	Binanın enerji yükünü yaklaşık yüzde 50 azaltır. Yüzde 27 daha az karbon salınımı yapar.
 Al Bahar Kuleleri, 2012	Aedas Architects	Abu Dhabi, Birleşik Arap Emirlikleri	Ofis	Katlama	Cephedeki kinetik elemanların kulelerin soğutma yükünü yüzde 25'e kadar indirmesi hedeflenmiştir.
 One Ocean Tematik Pavyonu, 2012	Soma ZT GmbH	Yeosu-si, Güney Kore	Sergi	Formel değişiklik	Cephede 108 dikey lamel kullanılmıştır. Yapının cephesindeki lamellerin bükülebilmesinden dolayı güneş ışığının iç mekâna kontrollü olarak girebilmesi sağlanır.
 HygroSkin, 2013	Achim Menges Architect, Oliver David Krieg, Stefen Reichert	Orléans, Fransa	Pavyon	Formel değişiklik	Ortamdaki neme göre cephe yüzeyindeki beşgen veya altıgen modüller açılıp kapanabilmektedir. Herhangi bir enerji tüketimi olmadan Açılıp kapanma hareketini yapabilmektedir.

 Sharifi-ha Evi, 2013	NextOffice – Alireza Taghaboni	Tahran, İran	Konut	Rotasyon	Bölmelerin dönebilmesi sayesinde kışın odalar içe doğru çevrilebilirken yazın odalar açığa çıkartılabilir. Bölmeler 90 derece dönme hareketi yapabilir.
 SDU Kolding Kampüs, 2014	Henning Larsen Architects	Kolding, Danimarka	Eğitim	Rotasyon	Kampüsün enerji yükünü kinetik cepheler, yüzde 50 oranında azaltmaktadır. Yaklaşık olarak yüzde 27'ye kadar da karbon emisyonunu düşürür.

Tablo 1'de incelenen kinetik cephe örnekleri 1987- 2017 yılları arasında tamamlanmıştır. Kinetik cephe Fransa, Güney Kore, Birleşik Arap Emirlikleri, İran gibi dünyanın farklı bölgelerinde kullanılmıştır. Ofis, müze, eğitim, konut gibi birbirinden farklı işlevlerde olan kinetik cepheler binaların enerji yükünü azaltır ve günışığının kontrol edilebilmesine olanak sağlar.

4. Sonuç ve Öneriler

Yaşadığımız çevre sürekli bir değişim halindedir. Günümüzde küresel ısınmadan dolayı enerjinin verimli kullanılması önemli bir hale gelmiştir. Binalar ise bu enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Dinamik olan kinetik cepheler çevresel değişikliklere uyum sağlayabilir. Bunun bir sonucu olarak günışığı kontrolünü sağlamada, soğutma ve ısıtma yükünü azaltmada, karbon emisyonunu düşürmede rol oynar.

İncelenen örneklerden yola çıkarak kinetik cepheler binanın enerji performansını yükseltmede olumlu katkı yaptığı söylenebilir. Kinetik cepheye sahip dünyadan 9 örnek incelenmiştir. İncelenen örneklerden sadece HygroSkin için enerji tüketimi olmadan cephe panelleri açılıp kapanabilmektedir. Diğer 8 örnekte panellerin açılıp kapanabilmesi için enerji gerekmektedir. Sistemin çalışması için her ne kadar belli bir enerji gerekse de 7 örnekte yapının enerji yükünü azaltmada olumlu katkı vermiştir. Sadece Arap Dünya Ensititüsü kinetik cephedeki mekanik problemlerden dolayı güneşin konumuna göre enstitünün içine girecek ışığın düzeyini kontrol edilememektedir. İncelenen örnekler doğrultusunda kinetik cepheler farklı hareket tipine sahip olsa da ve sistemin çalışması için de belli bir enerji gerekse de buna rağmen binanın enerji yükünü azalttığı söylenebilir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makale ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uygundur. Çalışma için Etik Kurul onayı gerekmemiştir.

Yazar Katkı ve Çıkar Çatışması Açıklama Bilgileri

Tek yazarlıdır. Çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

achimmenges. (2013). HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion. Erişim Adresi (28.12.2024): http://www.achimmenges.net/?p=5612

Alkhayyat, J. (2013). *Design Strategy for Adaptive Kinetic Patterns: Creating a Generative Design for Dynamic Solar Shading Systems. University of Salford, Manchester*

Anonim. (2013). Aula 7 – High Tech. Erişim Adresi (28.12.2024): https://arqteoria.wordpress.com/2013/05/22/aula-1-high-tech/

Anonim. (t.y.). Erişim Adresi (28.12.2024): https://aedesign.files.wordpress.com/2009/08/instint2.jpg

ArchDaily. (2010). Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselbrecht + Partner. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernstgiselbrecht-part

ArchDaily. (2011). AD Classics: Institut du Monde Arabe / Enrique Jan + Jean Nouvel + Architecture-Studio. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel

ArchDaily. (2012a). Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

ArchDaily. (2012b) Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/233487/somas-thematic-pavilion-opens-tomorrow?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2013). Q1, ThyssenKrupp Quarter Essen / JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associés. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswdarchitekten-chaix-morel-et-as

ArchDaily. (2014a). Sharifi-ha House / Next Office–Alireza Taghaboni. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2014b). Sharifi-ha House / Next Office–Alireza Taghaboni. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2015). SDU Campus Kolding / Henning Larsen. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects

Archello. (t.y.). Arab World Institute. Erişim Adresi (28.12.2024): https://archello.com/project/arab-world-institute

archiSCENE. (2012). Al Bahar Towers by Aedas. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archiscene.net/firms/aedas/al-bahar-towers/

Bacha, C. B. & Bourbia, F. (2016). Effect of kinetic facades on energy efficiency in office buildings - hot dry climates. *Advanced Building Skins,* (s. 458-468). Bern.

Engin, S. (2022). *Kinetik Cephelerde Sınıflandırma Önerisi ve Geleneksel Gölgeleme Elemanları Arasındaki Farkların Değerlendirmeleri. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.*

Fortmeyer, R. & Linn, C. (2014). *Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes*. Singapur: Images Publishing Group.

Fox, M. A. (2001). Sustainable Applications of Intelligent Kinetic Systems.

Fox, M. & Kemp, R. M. (2009). Interactive Architecture. New York: Princeton Architectural Press.

Fox, M. (2016). Interactive Architecture: Adaptive World, New York: Princeton Architectural Press.

Haidari, H. (2015). Decisive design aspects for designing a kinetic façade.

Enric Ruiz-Geli. (t. y.). Projects. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.ruiz-geli.com/projects/built/media-tic

Iaac. (2018). Al Bahar Towers. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.iaacblog.com/programs/doruk-yildirim/

Ibrahim, J. A. & Alibaba, H. Z. (2019). Kinetic Facade as a Tool for Energy Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Review*s, 7(4), 1-7.

Kolarevic, B. & Parlac, V. (2015). Adaptive, Responsive Building Skins. In B. Kolarevic, & V. Parlac, Building Dynamics: Exploring Arcitecture of Change. London: Routledge.

Krieg, O. D., Christian, Z., Correa Zuluaga, D. & Menges, A. (2014). *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion.* UCL Press.

Maden, F. (2022). Tesselasyon Tabanlı Kinetik Cephe Tasarımları. *Mimar*•ist(73), s. 104-111.

Maia, S. & Meyboom, A. (2015). Interrogating interactive and responsive architecture: the quest of a technological solution looking for an architectural problem. Brezilya: The Next City-New Technologies and the Future of the Built Environment: 16th International Conference.

Nashaat, B. & Waseef, A. (2017). Responsive Kinetic Facades: An Effective Solution for Enhancing Indoor Environmental Quality in Buildings. Architecture of the Future: Challenges and Visions. Saudi Arabia: The First Memaryat International Conference.

ProzoriVrata. (t.y.). Fasada: Vizuelni simbol energetske efikasnosti. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.prozorivrata.com/fasada-vizuelni-simbol-energetske-efikasnosti/

Radwan, A. H. (2013). Smart Facades: From adaptation with climate, changing esthetical values, till digital drawings on buldings envalope.

Savrunlu, M. (2024). *Performansa Dayalı Cephe Sistemleri ve Parametrik Tasarımın Günışığı Açısından İncelenmesi. Gelişim Üniversitesi Müh. Mim. Fak., Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans Programı, İstanbul.*

Sdu. (2024). Campus Kolding. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.sdu.dk/en/om_sdu/byerne/kolding/studieliv

Sharaidin, K. (2014). *Kinetic façades: Towards design for environmental performance. RMIT University, Avustralya*

Sood, R. & Patil, A. S. (2022). Analysis and Review of the Kinetic Façades in Kolding Campus, South Denmark University. H. M. Dubey, M. Pandit, L. Srivastava, & B. K. Panigrahi (Dü.), Artificial Intelligence and Sustainable Computing (s. 265-274). Springer, Singapore.

Taşkan, D. & Ismaeel, A. B. (2022). Mimari Bir Eleman: Maşrabiye. *Art-Sanat*, 475-496.

Vergauwen A. & Temmerman, N. D. (2012). Analysing the applicability of deployable scissor structures in responsive building skins. High Performance Structure and Materials, 493-504.

WikiArquitectura (2014). Erişim Adresi (28.12.2024): https://en.wikiarquitectura.com/instituto_del_mundo_arabe_-_wikiarquitectura_284329-2/

Kinetic Facade Systems and Kinetic Facade Examples from Around the World

Summary

The building envelope protects the building against adverse environmental conditions and interacts with the environment to create an efficient building. Buildings are affected by elements such as wind, time, and climate. These elements are not static but dynamic. For this reason, it can be said that kinetic facades play a very important role in the ability of buildings to adapt to dynamic environmental conditions and changing comfort conditions (Ahmad, Alibaba, & Ibrahim, 2019). Kinetic facades play a role in the ability of the building to adapt to environmental changes and to respond appropriately to these changes. In addition, energy consumption is increasing today. Due to global warming, efficient use of energy has become important. Buildings have an important share in this energy consumption. It becomes important to design buildings in a way that they consume less energy by adapting to changing environmental conditions. Kinetic systems can also be used to create solutions related to energy efficiency in buildings. It can be said that the dynamic nature of kinetic facades and the ability of the facade to move according to the climatic conditions of the environment help to increase the energy performance of the structure. This study focuses on kinetic facade systems. Dynamic kinetic facades can adapt to environmental changes. As a result, it plays a role in providing daylight control, reducing cooling and heating loads, and reducing carbon emissions. It increases the quality of daylight and thermal comfort in the interior space. The movement in the kinetic facade changes the physical structure of the facade. It can adapt to environmental conditions by changing the geometric forms of the facade elements. According to their geometric transformations, kinetic facades are classified as folding, sliding, rotation, scaling, and formal change. The classification of kinetic facades according to environmental control was examined in 5 groups as daylight, heat gain, ventilation, humidity and noise control. Kinetic facade examples from around the world have been examined in terms of energy efficiency. The examined kinetic facade examples were completed between 1987 and 2017. Kinetic facades have been used in different parts of the world such as France, South Korea, the United Arab Emirates, and Iran. Kinetic facades, which have different functions such as offices, museums, education, and housing, reduce the energy load of buildings and allow daylight to be controlled. Based on the examined examples, it can be said that kinetic facades make a positive contribution to increasing the energy performance of the building. 9 examples with kinetic facades from around the world have been examined. Of the examined examples, only HygroSkin can open and close the facade panels without energy consumption. In the other 8 examples, energy is required for the panels to open and close. Although a certain amount of energy is required for the system to operate, 7 examples have made a positive contribution to reducing the energy load of the building. Only the Arab World Institute cannot control the level of light entering the institute according to the position of the sun due to mechanical problems in the kinetic facade. In line with the examples examined, it can be said that although kinetic facades have different types of movement and require a certain amount of energy for the system to operate, they still reduce the energy load of the building.

Journal of International Architectural Sciences
JIArcS, 2024, 1 (1): 70-77
e-ISSN: 3062-1399
Review Article
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: *architecturalsciences@gmail.com*

Yaşayan Müze: Hammamizade Dede Efendi Evi

Sibel HATTAP [1]*

ORCID : 0000-0003-3616-4421

[1] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı, 34360, İstanbul, Türkiye.
** sibel.hattap@msgsu.edu.tr*

Öz

Hamamizade İsmail Dede Efendi Evi İstanbul Sultanahmet Cankurtaran Ahırkapı Sk.No:17 yer almaktadır. Günümüzde Türkiye Tarihi Evleri Koruma Derneğinin binası ve Hamamizade İsmail Dede Efendi Musiki Müzesi olarak hizmet vermektedir. Hem müze olarak hizmet verdiği, hem de derneğin kültür faaliyetlerine ev sahipliği yaptığı için, aktif kullanılan ve geçmişte başarılı bir restorasyon geçirmiş olması sebebi ile kültürel mirasın sürdürülebilirliğine iyi bir örnek olarak gösterilebilir.

Anahtar kelimeler: *Hammamizade Dede Efendi Evi, Kültürel miras, Sürdürülebilirlik.*

Living Museum: Hammamizade Dede Efendi House

Abstract

Hamamizade İsmail Dede Efendi House is located in Istanbul Sultanahmet Cankurtaran Ahırkapı Sk.No:17. Today, it serves as the building of the Turkish Historical Houses Protection Association and the Hamamizade İsmail Dede Efendi Music Museum. Since it serves both as a museum and hosts the association's cultural activities, it can be shown as a good example of the sustainability of cultural heritage due to its active use and successful restoration in the past.

Keywords: *Hammamizade Dede Efendi House, Cultural heritage, Sustainability.*

Citation: Hattap, S. (2024). Living museum: Hammamizade Dede Efendi House. *Journal of International Architectural Sciences*. 1 (1): 70-77.

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563402

Received: *December 05, 2024* – ***Accepted:*** *December 27, 2024*

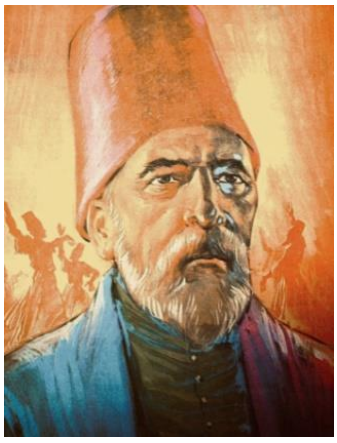
1. Giriş

Hammamizade İsmail Dede Efendi'nin yaşayan müze evi İstanbul Cankurtaran semtinde yer almaktadır. Hamamizade namıyla tanınan İsmail dede Efendi 1778-1846 yılları arasında yaşamıştır, onun için Itri ile Arel arasında yetişen Türk bestekârların en büyüğü yorumunu getiren araştırmalar vardır, babasının gelir elde etmek için hamam satın alması İsmail Dede Efendinin bu lakapla anılmasına sebep olmuştur. Dede ünvanını Yenikapı Mevlevi hanesinde onaydan az bir zamanda çilesini doldurarak kazanmıştır. Akbıyık'ta yer alan ve restore edilmeden önce harabeye dönüşmüş olan kendisine tahsis edilmiş bu yapıda 1818 yılından itibaren 28 yıl yaşamıştır. Aynı yapıda 1925' lerde mücahitler barınmıştır, daha sonra karakol olarak kullanılmış, 1978 Yılında Türkiye Tarihi Evleri Koruma Derneği yapı ile ilgilenmeye başlamış ve bir süreliğine yapı restore edilmek şartıyla adı geçen derneğe tahsis edilmiştir (Eruzun, 1993).

2. Hammamizade İsmail Dede Efendi

Hammamizade İsmail Dede Efendi Ocak 1778'de İstanbul'da doğmuştur, 29 Kasım 1846'de Mekke yakınlarında Minâ'da ölmüştür. Babası geçimini hamam işletmeciliğiyle sağladığı için, İsmail Efendi, Hammâmîzade adıyla tanınmıştır (Şekil 1).

İlköğrenimini okuduğu okulda, sesinin güzelliği ile dikkat çekmiş ve ilahicibaşı olmuştur. Anadolu Kesedarı Uncuzade Mehmed Efendi den müzik eğitimi almış, daha sonra Yenikapı Mevlevihanesi'nde zamanın değerli müzik ustası Şeyh Ali Nutkî Dede'nin derslerine devam etmiştir. Ney üflemeyi Abdülbâki Nâsır Dede'den öğrenmiştir. 1798'de Muhasebe Kalemi'ndeki görevinden ayrılarak tekkede çileye girmeye karar vermiştir. Çilesi sırasında bestelediği, "Zülfündedir benim baht-ı siyahım" dizesiyle başlayan buselik şarkı, İstanbul'un müzikle ilgili çevrelerinde bestecisinin adı üstünde büyük merak uyandırmıştır. Ünü kısa sürede bütün kente yayılan şarkı sarayda da okunmuştur. Kendisi de besteci olan III. Selim, şarkının çile doldurmakta olan genç bir Mevlevi dervişi tarafından bestelendiğini öğrenince, onu saraya çağırtarak yapıtı bir kez de kendisinden dinlemiş ve onu hemen saray hanendeleri arasına almak istemiştir. Padişahın sürekli ilgilenmesinin etkisiyle, üç yıllık çilesinin son yılı Nutkî Dede tarafından bağışlanmıştır. Dede Efendi Arabankürdî, Hicazbûselik, Sâbabuselik Nev'eser ve Sultâniyegâh makamlarını ilk defa bulmuş ve kullanmıştır. III. Selim gibi bestekâr ve şair olan II. Mahmut'un tahta çıkmasından sonra Dede Efendi saraya devam etmiştir. 1812'de yine musahib-i şehriyari payesini almıştır. Bir müddet sonra da sarayın yüksek görevlerinden olan "müezzinbaşılık" makamına getirilmiştir. 1818 yılında kendisine saraya yakın Akbıyık semtinde bir ev tahsis edilir ve vefatına kadar 28 yıl bu evde yaşamıştır, bu ev şu an Hammamizade İsmail Dede Efendi Musiki müzesi olan evdir (turkiyenintarihieserleri, t.y.).

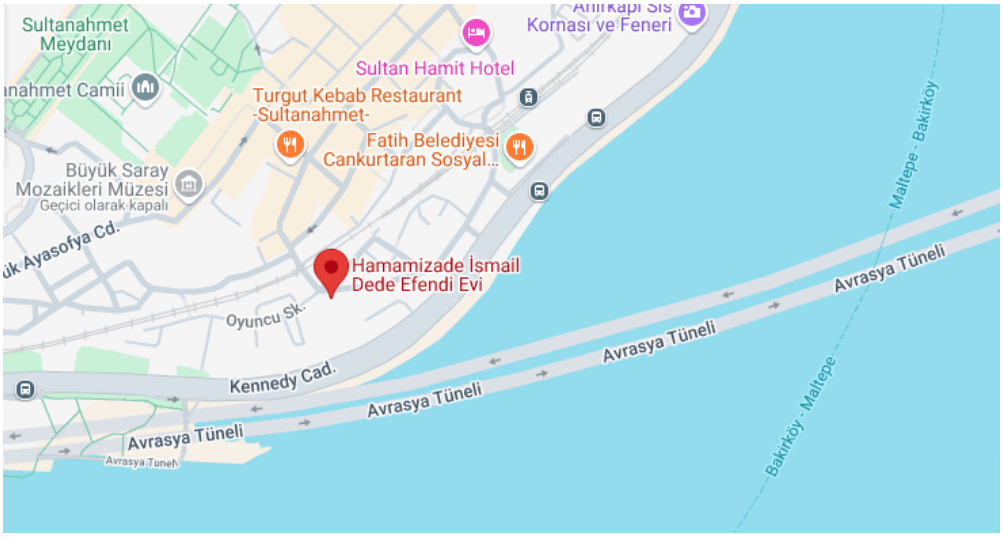


Şekil 1. Hammamizade İsmail Dede Efendi (9 Ocak 1778 – 29 Kasım 1846) (Türkev, t.y. a)

Dede Efendi der ki, "mûsikî ahlak-ı beşeri tasfiye eden ilm-i şeriftir" yani mûsikî insanların ahlakını olgunlaştıran bir mukaddes ilimdir. Çünkü mûsikînin terennüm ettiği konular insanları keyiflendirir, eğitir, düşündürür, geçmişi hatırlatır, geleceği inşa etmek noktasında motivasyon sağlar, vizyon kazandırır ve olgun bir insan yapar (Kızıltoprak,2023). Aslında Dede Efendi'nin bu sözleri bir kültür mirasını yaşatmak için de geçerlidir.

3. Hammamizade İsmail Dede Efendi Evi

18. yüzyıldan kalan bu evde restore edilmeden önce orijinal çok fazla özellik kalmamıştır, sıvalar kaldırılarak ahşap detaylar ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3). Rauf Yekta Bey tarafından haremlik ve selamlık bölümlerinden oluştuğu söyleniştir,ama haremlik bölümüne ait herhangi bir iz rastlanmamıştır.İkinci sınıf koruma grubuna dahil olduğu için iç mekan özellikleri değiştirilebilmesine rağmen Prof. Dr. Cengiz Eruzun tarafından çizilen restorasyon projelerinde çok fazla müdahale edilmemesine dikkat edilmiştir, sadece sofa özelliklerinin önüne eklenen bir oda ile yitirildiği görülerek, restorasyonda tümünün kaldırılmasına karar verilmiştir. İsmail Dede Efendi 1818-1846 yılları arasında bu evde yaşadığı için ayrı bir değere sahip olan bu kültür mirasının Türkiye Tarihi Evleri Koruma Derneği tarafından, 1984 yılında restorasyonuna başlanmış ve 16 Mayıs 1994 yılında tamamlanmıştır (Eruzun, 1993).



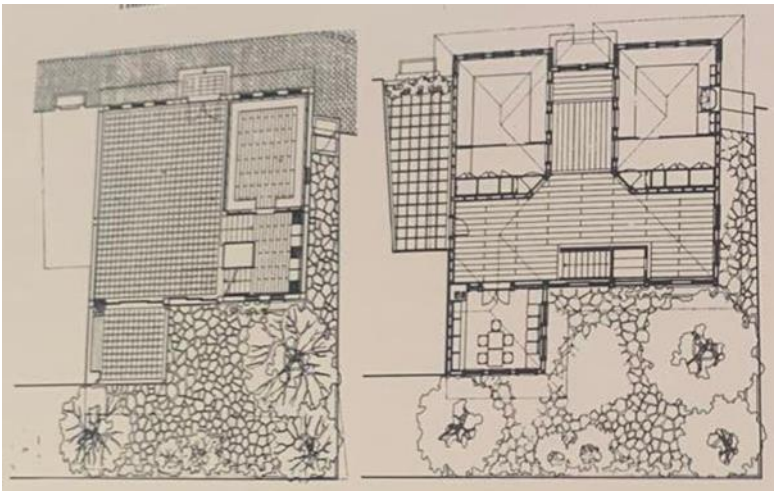
Şekil 2. Hammamizade İsmail Dede Efendi evi konumu (Türkev, t.y. b)

Yapının eski fotoğraflarına bakıldığında cephe özelliklerinin neredeyse tamamının bozulduğu dikkat çekmektedir, ayrıca surlara kadar devam ettiği söylenen bahçesinin yerini de çok yüksek duvarlı, üzeri açık bir iç avlu almıştır. Üst katta yer alan hayat diye tanımlanan açık sofa kapatılarak mekana katılmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Hammamizade İsmail Dede Efendi evi restorasyon öncesi (Sökmen, 2021)

Yapının giriş katında, 2 adet açık çok amaçlı salon mevcuttur, salonlardan biri biri üst ara katta galeri şeklinde yer almaktadır, bir idare odası, ve yüksek duvarlı üstü açık bir iç avlu da vardır, üs üst katta üç oda bir eyvan ve bir kapatılan hayat (açık sofa) bulunmaktadır. Girişten yarım kat inilen ara mekânda mutfak ve iki tuvalet yer almakta, buradan yine yarım kat inilen bodrumda ise tesisat ve depolama alanları yer almaktadır. Üst katta hem musiki aletlerinin yer aldığı müze, hem de geleneksel Türk Evinin yaşam orijinal biçimini yansıtan sedirlerin, içinde gusülhanesinin yer aldığı yüklüğün olduğu odalar bulunmaktadır.



Şekil 4. Hammamizade İsmail Dede Efendi evi kat planları (Eruzun, 1993)

Hammamizade İsmail Dede Efendi Evi'nin restore edildiği dönemde pek çok kültürel miras, çağdaş inşaat teknolojileri kullanılırken , restorasyon, restitüsyon projeleri Prof. Dr. Cengiz Eruzun tarafından çizilmiş ve Prof. Dr. Sedat Hakkı Eldem, Prof. Dr. Turgut Cansever ve Hüsrev Tayla'nın danışmanlığından yararlanılarak, günümüzde koruma kurullarında zorunlu hale getirilen yapının orijinal yapım tekniği (ahşap karkas) ile onarılmıştır (Şekil 5-6).



Şekil 5. Hammamizade İsmail Dede Efendi evi kat planları (Eruzun, 1993)



Şekil 6. Hammamizade İsmail Dede Efendi evi kat planları (Eruzun, 1993)



Şekil 7. Hammamizade İsmail Dede Efendi Evi restorasyon sonrası ve sokak dokusu (Hattap, 2023)



Şekil 8. Hammamizade İsmail Dede Efendi Evi restorasyon sonrası ve sokak dokusu (Hattap, 2023)



Şekil 9. Hammamizade İsmail Dede Efendi ara kat (Galerili) çok amaçlı salon (Hattap, 2023)



Şekil 10. Hammamizade İsmail Dede Efendi üst- müze katı (Hattap, 2023)



Şekil 11-12. Hammamizade İsmail Dede Efendi üst- müze katı (Hattap, 2023)





Şekil 13-14. Hammamizade İsmail Dede Efendi iç avlu görünümü ve Gusulhaneli Yüklük (Hattap, 2023)

4. Sonuç ve Öneriler

İstanbul Cankurtaran semtinde yer alan Hammamizade İsmail Dede Efendi'nin müze evi, en değerli bestekarlarımızdan birinin içinde yaşamasının ve musiki müzesi olmasının yanısıra, geleneksel Türk Evi örneğinin aslına sağlık kalınarak, restore edilmesi ve yine müze olarak topluma kazandırılması ile kültürel mirasın sürdürülebilirliği konusunda çok başarılı bir örnektir. Aynı zamanda Türkiye Tarihi Evleri Koruma Derneğinin düzenli olarak gerçekleştirdiği etkinlikler , gerek musiki, gerek genel kültür konularında toplum yararınadır ve çok ilgi görmektedir. Haftanın altı günü açık olan ve ücretsiz gezilebilen Hammamizade İsmail Dede Efendi bu özelliği ile yaşayan müze işlevini de yerine getirmektedir. Yapıda bir derneğin bulunması ve yapılan kültür etkinlikleri, restorasyon yapılıp, içinde insan barındırmayan veya müze olup, sadece ziyarete açılan, herhangi bir etkinliği olmayan diğer kültürel miraslara göre çok daha şanslıdır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, bir kültür mirası korunurken, çevresi ile beraber düşünülmesidir. Çevredeki kültürel mirasın çoğu korunurken, bir tane bile yanlış mimari yapı tüm uyumu bozmaktadır (Şekil 6). Mimari kültürü ve çok değerli bir bestekarı buluşturan, aynı zamanda Türk Evini koruyan bir derneğe ev sahipliği yapan Hammamizade İsmail Dede Efendi Müze Evi, geçmişi yaşatarak, geleceğin inşa edilebileceği ve kültürel mirasın sürdürülebilirliği huşunda çok başarılı örnek olarak işlevini yerine getirmektedir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada Etik Kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tek yazarlıdır. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır**.**

Kaynaklar

Eruzun, C. (1993). Musikiyi, Mimarlığı ya da Kültürü Korumak, Türk Evi ve Biz, Türkiye Tarihi Evleri Koruma Derneği Kültür Yayınları: 1, sayfa: 33-36.

Hamamizade İsmail Dede Efendi Evi – Cankurtaran- Erişim Adresi (27.12.204): http://akarpinar.blogspot.com/İstanbul,http://turkiyenintarihieserleri.com/?oku=2849

Hattap, S. (2023). Sibel Hattap Fotoğraf Arşivi.

Kızıltoprak, S. (2023). Hammamizade İsmail Dede Efendi. Erişim Adresi (27.12.2024): https://www.yenisafak.com/dusunce-gunlugu/istanbuldan-prizrene-uskupten-halepehammmzde-ismail-dede-efendi-3901572URL 3 https://www.turkev.org.tr/iletisim/

Sökmen, D. (2021). Bir Koruma Mücadelesi: Dede Efendi Evi, *Yerel Kimlik Dergisi,* 66, sayfa: 16-21

Turkiyenintarihieserleri (t.y. a). Erişim Adresi (27.12.2024): turkiyenintarihieserleri.com

Türkev (t.y. a). Erişim Adresi (27.12.2024): https://www.turkev.org.tr/Dede-Efendi/

Türkev (t.y. b). Erişim Adresi (27.12.2024): https://www.turkev.org.tr/iletisim/

Living Museum: Hammamizade Dede Efendi House

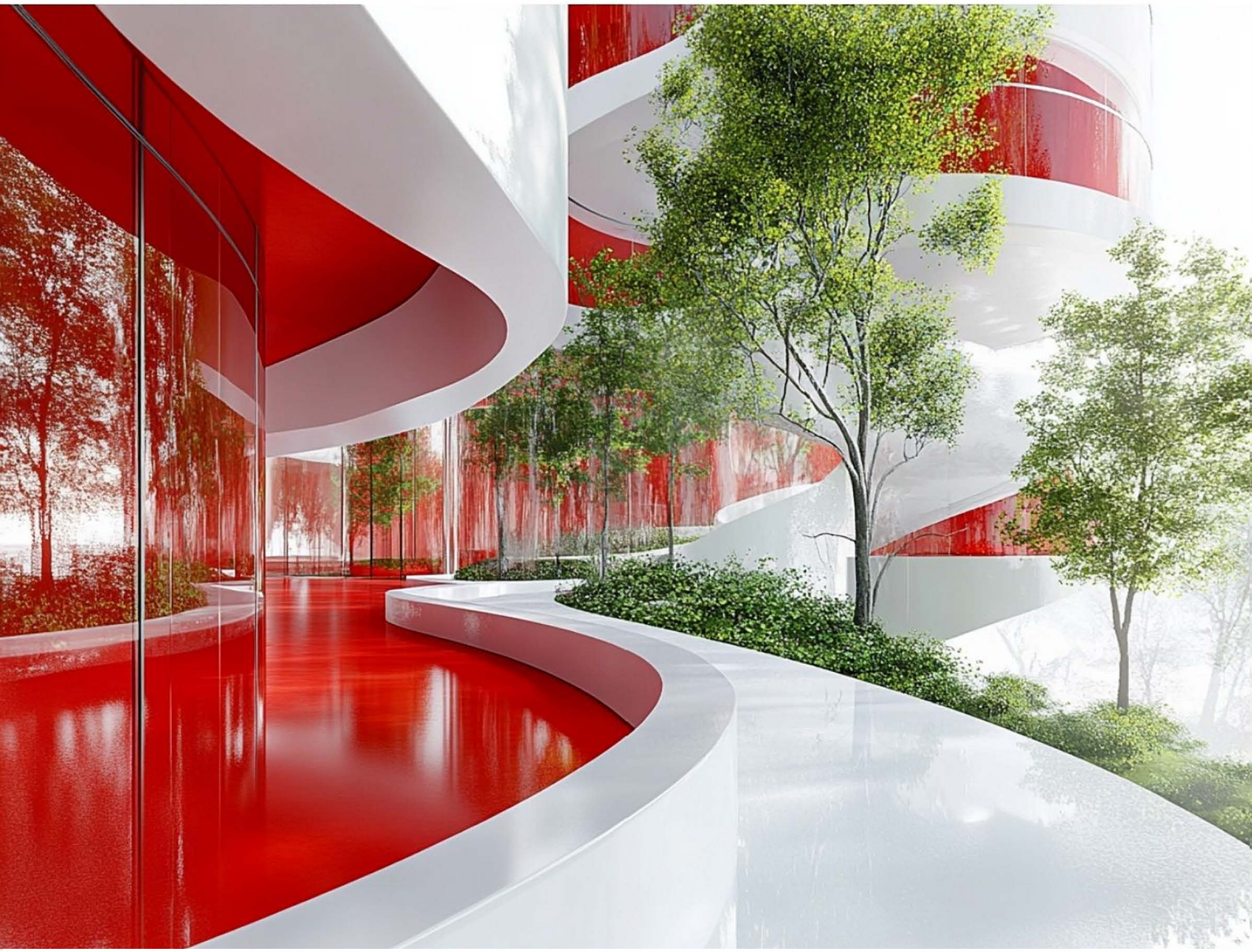
Summary

Hamamizade İsmail Dede Efendi House is located at Istanbul Sultanahmet Cankurtaran Ahırkapı Sk.No:17. Today, it serves as the building of the Association for the Protection of Historical Houses of Turkey and the Hamamizade İsmail Dede Efendi Music Museum. It is an active and successful restoration work in the past, as it serves both as a museum and hosts the cultural activities of the association

Hammamizade İsmail Dede Efendi was born in Istanbul in January 1778 and died on November 29, 1846 in Mina near Mecca. İsmail Efendi was known as Hammâmizade because his father made a living by operating a bathhouse.

In 1818, a house was allocated to him in the Akbıyık district close to the palace and he lived in this house for 28 years until his death. The house currently serves as the Hammamizade İsmail Dede Efendi Music Museum. Hammamizade İsmail Dede Efendi House Museum, located in the Cankurtaran district of Istanbul, is a very successful example of the sustainability of cultural heritage as it is an example of a traditional Turkish house restored to its original state and presented to the society as a museum, in addition to being a music museum where one of our country's most valuable composers lived.

Journal of International Architectural Sciences



JIArcS

e-ISSN: 3062-1399 2024, Volume 1: Issue 1