

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EVRENDEKİ İZLER:
UZAY MİMARİSİ TARİHİ VE EVRİMİNDEN PERSPEKTİFLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi ÇEBİ

**Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Tarihi Programı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özge Gündem

TEMMUZ 2024

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EVRENDEKİ İZLER:
UZAY TARİHİ VE EVRİMİNDEN MİMARİ PERSPEKTİFLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi ÇEBİ

**Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Tarihi Programı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özge Gündem

TEMMUZ 2024

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü tez yazım klavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili esere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- cret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu niversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Ezgi ebi





Aileme,



ÖNSÖZ

Hayatım boyunca düşüncelerimin ve merakımın merkezinde olan uzay, en büyük tutkularımdan birisi olmuştur. Kendimi bildim bileli düşünce ürettiğim ve üretilen düşünceleri ve araştırmaları takip ettiğim bu alanda benim de bilimsel bir çalışma yapma arzumu bu tezin en büyük tetikleyicisidir. Bu çalışma ile birlikte, insanlığın evreni ve kendini keşfetme serüvenine katkıda bulunmuş olmaktan çok mutlu olduğumu belirtmek isterim.

Araştırma sürecim boyunca yanımda olan insanları anmazsam çalışmamın anlamı eksik kalacaktır. Eğitim hayatım boyunca bana yol gösteren, yanımda olan tüm değerli hocalarıma, bu serüvene başlamama katkısı büyük olan, yüksek lisansa başvururken bana destek olan Doç.Dr. Ceylan İrem Gençer'e, yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren tüm MSGSU hocalarıma ve değerli katkılarından dolayı Prof.Dr. Ebru Özeke Tökmeci'ye ve hayran olduğum enerjisiyle tez çalışması boyunca yanımda olan, beni her zaman destekleyen tez danışmanım Doç.Dr. Özge Gündem'e içtenlikle teşekkür ederim.

Sadece tez çalışması boyunca değil, bütün eğitim ve öğretim hayatım boyunca her zaman desteğini hissettiğim, eğitimimi her zaman önceliklerinin önüne koyan, ilk öğretmenim annem Ulviye Çebi'ye, Uzay'a olan merakımı kendi merakıyla tetikleyen, Dünya'yı, gezegenleri, evreni öğrenmeye başladığı andan itibaren küçük Ezgi'nin sorduğu milyonlarca soruya sabırla yanıt veren, her koşulda yanımda olduğunu bildiğim babam Orhan Çebi'ye ve yürüdüğüm bu hem hayat hem eğitim yolunda bana yoldaş olan, meslektaşım, kardeşim Berna Çebi'ye her zaman yanımda oldukları için sonsuz teşekkürler.

Temmuz, 2024

Ezgi ÇEBİ



EVRENDEKİ İZLER: UZAY MİMARİSİ TARİHİ VE EVRİMİNDEN MİMARİ PERSPEKTİFLER

ÖZET

Uzay mimarisi kavramı, insanlığın evreni keşfetme sürecinin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır ve uzayda yaşama, çalışma ve uzayı keşfetme ihtiyacına yönelik bir tasarım disiplini betimlemektedir. Uzay mimarisi, uzay koşullarında sürdürülebilir insan varlığını desteklemek ve uzay keşif misyonlarını mümkün kılmak amacıyla gündem güne gelişmektedir. Bu alandaki çalışmalar, genellikle disiplinler arası bir yaklaşım benimsemekte ve uzay ortamında yaşam ve seyahat için uygun ve verimli yapılar geliştirmeyi hedeflemektedir.

İnsanlık tarihi boyunca çeşitli alanlarda karşımıza çıkan uzay kavramı, önceleri sadece edebiyat ve sinema ile var olurken 20. Yüzyılda uzay yarışı ile birlikte gündelik hayattaki her alanda kendini göstermeye başlamıştır. Bu dönemde mimarlık üzerinde de oldukça etkili olan uzay temasının izlerine Fütürizm, Archigram ve Googie gibi dönemin öne çıkan mimari fikir ve akımlarında rastlamak mümkündür. 1961 yılından itibaren, uzayda insanlı görevler gerçekleştirilebilmesi için uzay araçları ve uzay istasyonları tasarlanmış ve böylece uzay mimarisinin ilk somut örnekleri verilmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle ekstrem koşullarda mimarlık, robotik mimarlık, sürdürülebilirlik ve hareketlilik devreye girmiş ve uzay mimarisi; sınırlı kaynak kullanımı, enerji verimliliği, kendini dönüştürebilme, çevresel koşullardan bağımsızlık gibi etkenlere çözüm ararken bu yeni kaynakları kullanmaya başlamıştır. Uzay yarışı döneminden sonra durağanlaşan ve son yıllarda yeniden hız kazanan uzay araştırmaları, yeni potansiyel tasarımlar aramaktadır.

Bu çalışmada uzay mimarisi kavramının tarihsel perspektifi, onu besleyen ve ondan beslenen edebiyat ve sinema gibi sanat üretimleri, mimari fikir ve akımlar üzerinden ele alınmış olup, ilerleyen yıllarda gerçekleştirilmesi planlanan uzay mimarisi tasarım örnekleri incelenmiş, uzay mimarisi evriminin bu örnekler üzerindeki etkileri gösterilmiş ve insanlığın sürdürülebilir bir gelecek ve yeni yaşam alanları oluşturma hedefleri doğrultusunda, uzaydaki diğer gök cisimlerinde mimari üretimlerin önemi ortaya koyulmuştur.



TRACES IN THE UNIVERSE: A HISTORY AND EVOLUTION OF SPACE ARCHITECTURE FROM ARCHITECTURAL PERSPECTIVES

ABSTRACT

Space architecture has emerged as a product of humanity's quest to explore the universe, describing a design discipline dedicated to addressing the needs of living, working, and conducting explorations in space. Space architecture continuously evolves to support sustainable human presence in space and enable space exploration missions. This field typically adopts an interdisciplinary approach, aiming to develop structures that are both suitable and efficient for habitation and travel within the space environment.

Throughout human history, the concept of space has appeared across various domains, initially manifesting primarily in literature and cinema. However, with the advent of the space race in the 20th century, the influence of space began to permeate all aspects of daily life. During this period, the impact of the space theme on architecture became evident in notable architectural theories and movements such as futurism, Archigram, and Googie. Since 1961, with the advent of manned space missions, the design of spacecraft and space stations marked the first tangible examples of space architecture.

Technological advancements have introduced new areas such as extreme environment architecture, robotic architecture, sustainability, and mobility into the fold. Space architecture has increasingly relied on these advancements to address challenges such as resource limitations, energy efficiency, adaptability, and environmental independence. Although space research experienced a period of stagnation after the initial space race, recent years have seen a renewed interest, leading to the exploration of novel design possibilities.

This study delves into the historical perspective of space architecture, examining the artistic productions—such as literature and cinema—that have both influenced and been influenced by this field, as well as the architectural theories and movements that have shaped its development. Additionally, it analyzes upcoming space architecture design projects, highlighting the evolutionary milestones of space architecture as evidenced in these examples. The study further underscores the significance of architectural production on other celestial bodies, aligning with humanity's goals of fostering a sustainable future and establishing new living environments.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
1.GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.2. Çalışmanın Yöntemi.....	3
2. UZAY MİMARİSİ KAVRAMININ GELİŞİMİ	5
2.1. Uzay Yarışı Öncesi Dönem	7
2.1.1. Edebiyatta Uzay Mimarisi	8
2.1.2. Sinemada Uzay Mimarisi	12
2.1.3. Mimaride Gelecekçi Yaklaşımlar.....	14
2.2. Uzay Yarışı Döneminin Mimariye Yansımaları	19
2.2.1. Googie	20
2.2.2. Archigram.....	24
2.3. Uzay Yarışı Döneminde ve Sonrasında İnşa edilmiş Uzay Yapıları	32
2.3.1. Uzay Araçları	34
2.3.2. Uzay İstasyonları	41
3. UZAY MİMARİSİNİN GELİŞİMİNDE ROL OYNAYAN FAKTÖRLER.. 53	
3.1 Ekstrem Koşullarda Mimarlık	56
3.1.1. Düşük Sıcaklıkta İnşa Edilmiş Yapılar	58
3.1.2. Su Üzeri Yüzer Yapılar	63
3.2. Robotik Mimarlık	71
3.2.1. Prefabrikasyon.....	71
3.2.2. Üç Boyutlu Yazıcılar.....	73
3.3. Sürdürülebilir Mimarlık	81
3.4. Hareketli Mimarlık	86
4. GELECEKTE İNŞA EDİLMESİ PLANLANAN UZAY YAPILARI	92
4.1 Ay Ortamında Mimarlık	94
4.1.1. Şişirilebilir Ay Üssü	97
4.1.3. Ay Habitatı	102
4.2 Mars Ortamında Mimarlık	104
4.2.1. Mars Buz Evi	106
4.2.2. Mars X Evi 2. Versiyon	110
4.3 Venüs Ortamında Mimarlık.....	114
4.3.1. HAVOC	116
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	120
KAYNAKLAR	130



TABLO LİSTESİ

Tablo 4. 1.....	123
Tablo 4. 2.....	127





ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1. Ay'a Yolculuk Kitabından Çizim (Verne, 1865).....	10
Şekil 2. 2. Ay'daki İlk İnsanlar Kitabından Çizim (Wells, 1901).....	11
Şekil 2. 3. Ay'daki İlk İnsanlar Kitabından Çizim (Wells, 1901).....	11
Şekil 2. 4. Filmden bir sahne, 2001: Bir Uzay Macerası.....	13
Şekil 2. 5. Filmden bir sahne, 2001: Bir Uzay Macerası.....	14
Şekil 2. 6. Yeni Şehir, Sant'Elia,1914	16
Şekil 2. 7. Dymaxion Evi, Fuller,1933 (Gössel & Leuthauser, 2005).....	17
Şekil 2. 8. Dymaxion Evi montaj fotoğrafı (Gössel & Leuthauser, 2005)	18
Şekil 2. 9. Jetgiller, Irv Spector, 1962, (Url-1).....	20
Şekil 2. 10. Google'nin Kahve Dükkânı, Lautner, 1949, (Url-2)	21
Şekil 2. 11. Chemosphere, Lautner, 1949 (Scurlock 2010)	22
Şekil 2. 12. Chemosphere iç mekândan görünüm, Lautner, 1949 (Grigor,2009)	23
Şekil 2. 13. Uzay İğnes, Graham,1961 (Dllu, 2016)	24
Şekil 2. 14. Bir konutun anatomisi (Banham, 1965).....	26
Şekil 2. 15. Un-House (Banham, 1965)	27
Şekil 2. 16. Yaşam Kapsülü, David Green, 1965	29
Şekil 2. 17. Peter Cook, Anlık Şehir, 1970.	30
Şekil 2. 18. Bulut, Coop Himmelb(l)au, 1968 (Url-3).....	31
Şekil 2. 19. Rusya ve Amerika arasında yaşanan Uzay Yarışı zaman çizelgesi (Url-4)	32
Şekil 2. 20. Sputnik 1, 1957 (Url-5).....	35
Şekil 2. 21. Vostok-1 uzay aracının fırlatılması, 1961 (Url-6)	38
Şekil 2. 22. Vostok-1 mürettebat kabini içi, 1961 (Url-7).....	39
Şekil 2. 23. Apollo Ay İniş Modülü Ay'da Yürüyen Astronot, 1969 (NASA Apollo Arşivi).....	40
Şekil 2. 24. Salyut Uzay İstasyonu, 1971 (Url-8).....	43
Şekil 2. 25. Skylab Uzay İstasyonu uzaydan görünümü, 1973 (Url-9)	44
Şekil 2. 26. Skylab mürettebatı günlük hayatlarından kesitler, 1973 (NASA, Part I - The History of Skylab)	45
Şekil 2. 27. Mir Uzay İstasyonu Uzaydan Görünüşü, 1986 (Url-10)	46
Şekil 2. 28. Mir uzay istasyonu temel modülünde bir astronot (Url-11).....	47
Şekil 2. 29. Mir uzay istasyonunda egzersiz yapan bir astronot (Url-12).....	47
Şekil 2. 30. Uluslararası Uzay İstasyonu Uzaydan Görünümü (Url-13)	48
Şekil 2. 31. Uluslararası Uzay İstasyonu Mürettebat Yemek Alanı (Url-14)	49
Şekil 2. 32. Uluslararası Uzay İstasyonu Mürettebatın kişisel Yaşam Birimi (Url-15).....	49
Şekil 2. 33. Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kitap okuyan bir mürettebat (Url-16).....	50
Şekil 2. 34. Uluslararası Uzay İstasyonu Uyku Kabinlerinde Mürettebat (Url-17)	51
Şekil 3. 1. Halley VI Antarktik Araştırma Merkezi, Hugh Broughton Mimarlık,2013 (Url-18) 60	
Şekil 3. 2. Halley VI Antarktik Araştırma Merkezi Kesiti, Hugh Broughton Mimarlık,2013 (Bannova,2016).....	60
Şekil 3. 3. Svalbard Küresel Tohum Kasası, Peter W. Söderman, 2008 (Url-19)	61
Şekil 3. 4. Svalbard Ziyaretçi Merkezi, Snøhetta, 2019 (Url-20).....	62
Şekil 3. 5. Mars yüzeyinin altından bir kesitte parlak mavi buz tabakası (NASA Press Release, 2018)	64
Şekil 3. 6. Gezegenlerde su bulunma durumları (Bredehöft, 2016)	65
Şekil 3. 7. Malezya'daki Bajau Laut göçebelere (Url-21)	66

Şekil 3. 8. Deniz Şehri, Kiyonori Kikutake, 1958 (Url-22)	67
Şekil 3. 9. Oceanix Şehir Büyüme Planı (Url-23)	68
Şekil 3. 10. Oceanix, BIG, 2019 (Url-23).....	69
Şekil 3. 11. Yüzer Temel Sistemi (Floating Foundation System-FFS) (Url-24).....	70
Şekil 3. 12. Katara Yüzer Ada, HSB Marine, 2022 (Url-25).....	70
Şekil 3. 13. Dünyada üretilip tek parça halinde uzaya gönderilen Uluslararası Uzay istasyonu'nun bir parçası olan Destiny modülü (NASA, Reference Guide To The ISS, 2015). 73	
Şekil 3. 14. Ay'da üç boyutlu yazıcı animasyonu (NASA).....	74
Şekil 3. 15. Casa Ferreri, Enrica Dini (Loporcaro, 2019)	75
Şekil 3. 16. Üç boyutlu beton baskı ile basılan ofis binası, Dubai, 2016 (Ferro, 2016).....	76
Şekil 3. 17. Üç boyutlu yazıcı ile basılmış toprak ev, 2021 (Url-26).....	77
Şekil 3. 18. Girift Duvar (Url-27)	77
Şekil 3. 19. Deprem Kolonu (Url-28).....	78
Şekil 3. 20. Asırlık Zorluklar Yarışmacı takımları 3D baskı yöntemlerini denerken (Rubenstone, 2017).....	80
Şekil 3. 21. Sürdürülebilirlik kavramını uzay mimarisinde öne çıkaran noktalar.....	85
Şekil 3. 22. Apollo 17 göreviyle Ay'a giden ekipten, astronot Eugene A. Cernan araştırma gezisi yaparken (Url-29).....	88
Şekil 3. 23. Ay Çıkışı İstasyonu (FLO) , 1992 (Cohen, 2002).....	89
Şekil 3. 24. Tüm Arazilere Uygun Altıgen Bacaklı Ekstra Karasal Kaşif (ATHLETE) (Erdem, 2012)	90
Şekil 3. 25. Elektrikli Ay Aracı (LER) (Erdem, 2012).....	90
Şekil 4. 1. Şişirilebilir Ay Üssü, Roberts (Benaroya, 2017)	98
Şekil 4. 2. Şişirilebilir Ay Üssü Girişi (Benaroya, 2017)	99
Şekil 4. 3. Şişirilebilir Ay Üssü Kesiti (Roberts, 1992).....	100
Şekil 4. 4. Şişirilebilir Ay Habitatı Dış Katmanı (Roberts, 1992)	101
Şekil 4. 5. Ay Habitatı, 2013 (Url-30)	102
Şekil 4. 6. Ay Habitatı iç mekân kesiti, 2013 (Url-30)	103
Şekil 4. 7. Ay Habitatı tasarımı için 3D baskı denemesi, 2013 (Url-30)	104
Şekil 4. 8. Mars Buz Evi, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)	107
Şekil 4. 9. Mars Buz Evi kat planları, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)	108
Şekil 4. 10. Mars Buz Evi iç mekândan görünüm, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)	109
Şekil 4. 11. Mars Buz Evi kesiti, Clouds Mimarlık,2016 (Url-3)	109
Şekil 4. 12. Mars Buz Evi Gece Görünüşü, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)	110
Şekil 4. 13. Mars X Evi 2. Versiyon, Search+, 2018 (Url-32).....	111
Şekil 4. 14. Mars X Evi 2. Versiyon Planlar, 2018 (Url-32)	112
Şekil 4. 15. Mars X Evi 1. Versiyon mürettebat yatak odası, Search+, 2018 (Url-32)	113
Şekil 4. 16. Mars X Evi 1. Versiyon 5. Kat ortak alanı, Search+, 2018 (Url-32)	114
Şekil 4. 17. HAVOC, 2015 (Arney. 2015).....	117
Şekil 4. 18. HAVOC elemanları, 2015 (Arney. 2015).....	117
Şekil 4. 19. HAVOC Projesi Aşamaları, 2015 (Arney. 2015)	118





1.GİRİŞ

"Dünya insanlığın beşiğidir, ancak insan sonsuza kadar bir beşikte yaşayamaz."

Konstantin E. Tsiolkovsky

1.1.Çalışmanın Amacı

Uzay mimarisi, insanlığın evrendeki yeni sınırları keşfetme ve bu sınırları aşma arzusuyla doğan, hızla gelişen bir disiplin olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alan, mimarlık, mühendislik ve uzay bilimleri birleştirilerek, uzayın sert ve öngörülemez koşullarında insan yaşamını sürdürebilecek yapılar tasarlamayı ve inşa etmeyi hedeflemektedir. Uzay ortamı için tasarlanan yapılar dünyadaki mimarlık ortamından ve daha uzay mimarisi kavramı ortaya çıkmadan üretilen gelecekçi senaryolardan oldukça etkilenmiştir. Bu gelecekçi senaryolar çoğunlukla gelenekseli reddeden ve yeni yaşam biçimleri hayal eden fikirlerden oluşmaktadır. Dünyada alternatif yaşam alanları tasarımları geleceğin uzay mimarlığına referans verme potansiyeli taşımaktadır.

Uzay mimarisi, zaman içinde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte birçok farklı alanda ve düşüncede kendini göstermiş, bu alanlara katkıda bulunmuş ve onlardan ilham almıştır. Mimarlığı etkileyen teknolojik gelişmelerden faydalanmış ve aynı zamanda yeni teknolojik gelişmelerin de önünü açmıştır. Ekstrem koşullarda mimarlık, robotik mimarlık, sürdürülebilirlik ve hareketlilik gibi konulardan ve dünya üzerindeki örneklerden ilham alarak, uzay koşullarına uygun fikirler üretilmesi gerektiği için daha fazla çalışmayı teşvik etmiştir. Bu süreç, uzay mimarisinin sürekli olarak kendini yenilemesine ve bu konuların da gelişmesine katkı sağlamıştır. Dünya mimarlığı için hem itekleyici güç hem de farklı bir çıkış yolu olarak görülen uzay mimarisi, aynı zamanda alternatif gelecek yaşam senaryolarının da başrolünde bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, uzay mimarisi kavramının evrimini, onu besleyen ve ondan beslenen edebiyat ve sinema gibi sanat üretimleri; mimari fikir ve akımlar üzerinden tarihsel bir perspektifle ele alarak, uzay mimarisi evriminin, ilerleyen yıllarda

gerçekleştirilmesi planlanan uzay mimarlığı üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Çalışmada, teknolojik gelişmelerin mimariye yansımaları üzerinden uzay mimarisi kavramının gelişimi incelenmiş, yenilikçi yapı inşa tekniklerinin ve malzemelerin yakın dönem uzay mimarisi tasarımlarına etkilerini göstermek ve insanoğlunun yeni yaşam alanları oluşturma hedefleri doğrultusunda, uzaydaki diğer gök cisimlerinde mimari üretimin önemini ortaya koymak hedeflenmiştir.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında, 17. yüzyılda edebiyat sanatıyla uzay mimarisi kavramının hayatımıza girmesinden itibaren, gerçek uzay tasarımlarının yapılmaya başlandığı 21. yüzyıla kadar olan süreç ele alınmıştır. Bu süreç; uzay mimarisi kavramının gelişimi, uzay mimarisinde etkili olan faktörler ve gelecekte inşa edilmesi önerilen yapılar olarak 3 ana başlıkta incelenmiştir.

İkinci bölümde yer alan uzay mimarisinin gelişimi başlığı altında uzay yarışı öncesi ve sonrası dönem araştırılarak, kavramın oluşmasında etkili olan mimari fikir ve akımlar incelenmiştir. Uzay yarışı öncesinde edebiyatla kavramın öne çıkmasını sağlayan kişilerden ve eserlerden bahsedilmiş ve sinema tarihindeki uzay mimarisinin ilk örnekleri ve gelişimi ele alınmıştır.

Uzay yarışı döneminde, siyasal ortamın insan psikolojisi ve dolaylı yoldan mimarlık üzerinde nasıl etkileri olduğu araştırılmıştır. Bu bağlamda dönemin öne çıkan mimari akımlarından uzay mimarisi kavramı ile ilişkilendirilenler incelenmiş, aralarından seçilen tasarımlar ve inşa edilmiş yapılar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Uzay yarışı sonrası dönemde ise uzay ortamında inşa edilen ilk yapılar ele alınmış, insanlığın uzayda inşa etme serüvenine başlarken ne gibi mimari ve mühendislik sorunlarıyla karşı karşıya geldiği anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise doğrudan uzay mimarisi başlığı altında irdeleyemeyeceğimiz fakat dolaylı yoldan bu alanın gelişimine ve evrimine katkıda bulunmuş faktörler ele alınmıştır. Bunlardan ilki uzay ortamında mimarlık üretmeyi zor hale getiren uzay koşulları ile benzerlikler barındıran ekstrem koşullarda mimarlık örnekleridir. İkincisi inşa koşullarının fiziksel zorluğuna çözüm üretmeyi amaçlayan robotik mimarlık kavramıdır. Sürdürülebilirlik kavramı, uzay ortamındaki sınırlı kaynakların maksimum verimde kullanılmasının önemi göz önünde bulundurularak incelenmiş, son kavram olan hareketlilik ise uzay ortamında bilimsel araştırmalarda

sıklıkla yer değiştirilmesi planlanan gezegenler arası görevlere sunduğu alternatif çözümler kapsamında ele alınmıştır.

Gelecekte inşa edilmesi önerilen yapıların incelendiği bölümde, yakın gelecekteki uzay mimarisinin önemi vurgulanarak neden uzay mimarisine ihtiyaç duyulduğu örnek projeler üzerinden ele alınmıştır. Önde gelen uzay araştırma enstitülerinin açtığı yarışmalarda inşa edilmesi en olanaklı olarak görülen ve dereceye giren projeler Ay, Mars ve Venüs yapıları olarak gruplandırılmış, yapıların tasarlandığı koşullar ve tasarım kriterleri analiz edilmiştir.

Sonuç bölümünde çalışma boyunca ele alınan uzay mimarisinin evrimsel gelişim sürecinin, mimari akımlar ve bilimsel & teknolojik ilerlemeler doğrultusunda gelecekte inşa edilmesi planlanan uzay projeleri tasarımlarını nasıl etkilemiş olabileceği üzerine bir çözümlene yapılmıştır. Dünyanın geleceğinde uzay mimarisinin bulunduğu nokta sorgulanmış, olası dünya dışı yaşam kolonilerinin ihtimalleri üzerinde durulmuştur.

Çalışmada, öncekilerden farklı olarak uzay mimarisi kavramının gelişimi tarihsel bir perspektiften ele alınmış, gelişim basamakları adım adım takip edilmeye çalışılmıştır. Sadece yakın dönem uzay tasarımlarını ele alan veya belirli bir gezegen özelinde yapılan araştırmalardan farklı olarak uzay mimarisi kavramının kendisine odaklanılmış, farklı tarihler, farklı teknolojiler ve farklı gezegenler ele alınarak uzay mimarisinin dn, bugünü ve geleceği üzerine çıkarımlar yapılmıştır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada temel olarak, literatür taraması, tasarım analizi ve tarihsel incelemeleri içeren bir dizi yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerle, uzay mimarisi disiplinindeki gelişmeleri anlamak ve gelecekteki tasarım yaklaşımlarını öngörmek için bir temel oluşturmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda, uzay mimarisi kavramının ortaya çıkışından günümüze kadar olan süreç ile ilgili geniş ve detaylı bir literatür taraması yapılmış, bilimsel kuruluşların çalışmalarına yer verilmiştir. Uzay mimarisi kavramının tarihsel evrim süreci, bu evrimin kırılma noktalarını oluşturan gelişmeler, mimari akımlar, bilimsel gelişmeler ve modern kavramlar üzerinden örneklerle incelenmiştir.

Çalışma mimarlık tarihi okuması, bilimsel araştırmaların yapılması ve alternatif gelecek paradigmaları üzerinde durulması bakımından üç ana evreden oluşmaktadır. Birinci evrede farklı kaynaklardan yapılan literatür taraması ile zengin bir öncesi

evresi ortaya koyulmuş, sürecin gelişimine etkisi olan farklı mimarlar ve akımlar incelenmiştir. İkinci evrede bilimsel gerçeklikler göz önünde bulundurularak uzay mimarisi tasarım kriterlerine gerçekçi bir gözle yaklaşmış, önde gelen bilimsel kuruluşlar ve ürettikleri uzay mimarlığı örnekleri üzerinden bu bilimsel tasarım yaklaşımı anlatılmış ve uzay mimarisi tasarımlarını geliştiren önemli faktörlere değinilmiştir.

Uzay mimarisi kavramının alternatif gelecek tasarım paradigmasının ele alındığı üçüncü evrede ise NASA'nın desteklediği çalışmalardan örnekler seçilerek, bu çalışmalar üzerinden çağdaş uzay mimarisi fikri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda ilk iki evrede elde edilen veriler yardımıyla üçüncü evredeki örnekler birlikte harmanlanmış, karşılaştırmalı analiz yapılarak tablolama yöntemi izlenmiştir. Tablo 1'deki analizde uzay mimarisi tasarımında etkili olan faktörler, tasarım yaklaşımları, özellikleri ve ortaya çıkan tasarım kavramları başlıkları altında incelenmiş olup uzay mimarisi kavramının evrimini oluşturan tarihsel sürecin bu tasarımların ortaya çıkışında etkili olup olmadıkları değerlendirilmiştir.

2. UZAY MİMARİSİ KAVRAMININ GELİŞİMİ

Uzay, Türk Dil Kurumu'na göre 'var olan her şeyi içine almış olan sonsuz boşluk' olarak tanımlanmaktadır. Bu sonsuz boşluk dünyamızı, diğer gezegenleri, yıldızları, galaksileri ve evrenin tamamını içinde barındırır. İnsanlık tarihinin başından itibaren uzay gizemli ve bilinmeyen bir yer olarak merak konusu olmuştur. Önceleri mistik diyebileceğimiz duygularla yaklaştığımız uzay kavramı zaman içinde daha gerçekçi düşündüğümüz ve anlamak için daha bilimsel metotlara başvurduğumuz bir alan haline gelmiştir. Bugün hala bilinmezliğinin çoğunu korusa da sistematik bir şekilde yaptığımız araştırmalar sayesinde anlamaya her geçen gün daha da yaklaştığımız bir olgudur. Mekân kavramının karşımıza çıktığı her yerde kendini gösteren mimarlık da uzayın mistikliğinden arınıp mekânsallaştığı andan itibaren konuya dâhil olmuştur ve bu alanda yapılan çalışmalar, üretilen fikirler mimarlık tarihinde kendine önemli bir yer edinmiştir.

Uzay mimarisi kavramı, atmosfer dışındaki ortamlarda yaşama ve çalışma ihtiyacını karşılamak üzere tasarımın evrimiyle ortaya çıkmıştır denilebilir. Bu disiplin, insanlığın uzaydaki varlığını sürdürme çabasını yansıtan, fonksiyonel ve estetik tasarımların bir sentezi olarak süregelir. Uzay mimarisi kavramının gelişimi, evreni keşfetme arzusundan, uzay araştırmalarının ilk adımlarına ve günümüzdeki uzay projelerine kadar geniş bir yelpazede ele alınabilir.

Bilimsel gelişmeler uzayı daha erişilebilir kılmadan önce, insanlığın yazınsal ve işitsel üretimlerinde uzay mimarisi kavramının temelleri atılmıştır. Edebiyat ve sinemada karşımıza çıkan uzay öğeleri bunlardan bazılarıdır. Soğuk Savaş döneminde ise uzaya ilk kez uydu gönderilmesi ile uzayı keşif sürecinde bir yarış başlamıştır. Uzay yarışı olarak tarihe geçen bu dönem, insanların hayatlarını ve psikolojilerini derinden etkilemiş, günlük hayatta yansımalarının gözlemlendiği bir uzay kültürü oluşturmuştur.

Soğuk Savaş, II. Dünya Savaşı'nın ardından yaklaşık olarak 1947-1991 yılları arasında süren ve büyük ölçüde Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ile Sovyetler Birliği (S.S.C.B.) arasındaki siyasi, askeri ve ideolojik rekabeti ifade eden uluslararası bir dönemdir. Soğuk Savaş terimi, doğrudan sıcak çatışmaların olmadığı ancak yoğun siyasi ve askeri gerilimlerin yaşandığı bir dönemi anlatmak için kullanılır. Bu dönemde iki ülke arasındaki temel çatışmalar ideolojik ve askeri olarak sınıflandırılabilir. İdeolojik çatışma, kapitalizm ile komünizm arasındaki farklılıklardan doğmuştur.

Amerika Birleşik Devletleri demokrasi ve serbest piyasa ekonomisi savunurken; Sovyetler Birliği, tek parti yönetimi ve merkezi planlı ekonomi ile komünizmi benimsemiştir. İki ülke de kendi ideolojilerini dünyaya yayma isteği taşımıştır ve bu durum beraberinde askeri yarışını getirmiştir. Bu dönemde her iki süper güç, stratejik nükleer silahlar, balistik füzeler ve askeri ittifaklar gibi konularda üstünlük sağlamak için büyük bir silahlanma yarışına girmiştir. Bu durum dünya genelinde büyük askeri harcamalara ve askeri teknolojinin hızla gelişmesine yol açmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte askeri amaçlarla uzay çalışmaları yapılmak istenmiştir. Önceleri silahlanma için kullanılmak istenilen uzay araştırmaları zamanla iki ülke arasında üstünlük sağlama amacıyla uzay yarışına dönüşmüştür.

Uzay yarışı, Soğuk Savaş döneminde, özellikle 1950'lerden 1970'lere kadar süren, Amerika Birleşik Devletleri ile Sovyetler Birliği arasında uzay keşiflerinde üstünlük sağlama amacıyla yürütülen rekabeti ifade eder. Uzay yarışının ana hedefleri arasında teknolojik üstünlüğü göstermek, stratejik öneme sahip alanlarda liderlik sağlamak ve uluslararası prestiji artırmak yer alır. Bu dönemde, her iki süper güç de uzay araştırmalarında ilerlemek, uydu fırlatmaları yapmak, insanlı uzay uçuşları gerçekleştirmek ve Ay'a insan göndermek gibi hedeflere odaklanmıştır. Uzay yarışı, Amerika Birleşik Devletleri ile Sovyetler Birliği rekabetinin önemli bir parçası olmuştur ve uzay araştırmalarında üstünlük sağlama çabalarıyla karakterize edilmiştir.

Soğuk Savaş, 1989'da Berlin Duvarı'nın yıkılması ile zayıflamış, 1991'de Sovyetler Birliği'nin dağılması ile son bulmuştur. Fakat bu savaşın beraberinde getirdiği bilimsel gelişmeler uzun yıllar boyunca dünyayı etkilemiş ve insanlığın gelişimine katkıda bulunmuştur denilebilir. Uzay yarışı ise uzay teknolojilerinin gelişimine büyük katkıda bulunmuş, bugünün uzay araştırmaları ve keşifleri için temel oluşturmuştur.

Bu bağlamda uzay mimarisi gelişimi tarihsel olarak uzay yarışı dönemi etrafında ele alınabilir. Uzay yarışı öncesi dönem kavramsal bir gelişim söz konusuysen, S.S.C.B.'nin 1957 yılında uzaya ilk uydu Sputnik'i fırlatmasıyla Amerika Birleşik Devletleri ile arasında başlayan uzay yarışı ile dönemin mimari fikirlerinde 'uzay' etkisi görülmeye başlanmıştır. Uzay yarışı döneminin son 5 yılında ve 1975'te bitişinden itibaren günümüze kadar olan süreçte ise uzayda insanların barınabildiği yapılar inşa edilmiş, ilk uzay mimarisi örnekleri ortaya çıkmıştır.

Günümüzde ise, bilimsel araştırmalar dışında, sivillerinde de dâhil olabileceği uzay seyahatleri fikriyle ortaya çıkan yeni kuruluşlar sayesinde, yeniden ilgi çekmeye

başlayan bu konu hakkında insanlar farklı alanlarda üretim yapmaya başlamışlardır. Uzay yapıları ile ilgili ortaya çıkan mimari tasarımlar ve fikirler de bu üretim döngüsünün önemli parçalarından birini oluşturmaktadır.

Uzay mimarisi kavramının gelişimi, sadece uzaya olan keşif arzusunun bir yansıması olmanın ötesindedir denilebilir. Bu disiplin, insanlığın evrenle bütünleşme çabasını, teknolojik ilerlemeyi ve estetik anlayışın evrimini içinde barındırır. Uzay mimarisi, insanlığın gökyüzünden öteye gitme hayalini tasarım ve mühendislikle birleştiren bir öyküdür. Bu öykü, gelecekteki uzay mimarisi projelerinin şekillenmesinde ve insanlığın evrenle olan ilişkisinde önemli bir role sahip olmaya devam edecektir.

2.1. Uzay Yarışı Öncesi Dönem

Uzayın derinliklerine doğru bir keşif arzusu, insanlık tarihinde uzun bir geçmişe sahiptir. Antik çağlardan bu yana, gökyüzüne ve yıldızlara duyulan merak, insanlar arasında keşif ve macera tutkusunu ateşlemiştir. Bu ilgi, zamanla astronomi ve bilimsel araştırmalarla birleşerek, uzayın gizemlerini çözmeye yönelik ciddi çabaların başlangıcını oluşturmuştur. Ancak, uzayın derinliklerine dair bu keşif arzusu, özellikle 20. yüzyılın başlarında edebiyat ve sanat alanlarında da kendini göstermeye başlamış, önce soyut bir hayal ürünü olarak kalırken, daha sonra sinema ve teknolojinin ilerlemesiyle somut bir şekil almıştır. Bu süreçte, uzaya yönelik hayaller, bilim kurgu edebiyatının ve filmlerin katkılarıyla uzay mimarisi kavramını oluşturmaya başlamıştır denilebilir.

Bilim kurgu edebiyatı, uzay keşfi ve uzayda yaşam konularını işleyerek, insanlığın hayal gücünü ve merakını beslemiştir. Özellikle Jules Verne, H.G. Wells ve Arthur C. Clarke gibi yazarlar, uzaya seyahat ve uzayda yaşam kurma fikrini eserlerinde işleyerek, bu alandaki düşüncelerin gelişmesine önemli katkılarda bulunmuşlardır. Jules Verne'in insanların uzaya seyahat etmesi fikrini ortaya atmasından bu yana insanların uzayda inşa edilebilecek gerçek yapılarla ilgili fikirleri günden güne artmıştır. Bu tür edebi eserler, insanlığın uzaya olan ilgisini artırmış ve uzayda inşa edilebilecek yapılarla ilgili fikirlerin gelişmesine zemin hazırlamıştır.

Sinemanın da olaya dâhil olmasıyla, insanlar görsel olarak da bu alanda yaratıcılıklarını gösterme fırsatı bulmuşlardır. 20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, bilim kurgu filmleri uzay mimarisinin detaylı tasvirlerine yer vermeye başlamıştır. Stanley Kubrick'in "2001: Bir Uzay Macerası" (1968) filmi, bu alandaki en ikonik

örneklerden biridir. Filmde, uzayda inşa edilmiş devasa bir uzay istasyonu ve insan kolonilerinin tasvirleri, uzay mimarisinin nasıl olabileceğine dair kapsamlı ve detaylı bir vizyon sunmaktadır. Bu ve benzeri filmler, izleyicilere uzayda yaşamın ve mimarinin nasıl olabileceğine dair somut ve etkileyici görsel örnekler sunarak, bu alandaki hayal gücünü ve ilgiyi artırmıştır.

Uzay yarışından önceki dönemde kavramsal uzay mimarisi, insanlığın uzayın sınırlarını zorlama arzusunun ve bu keşifler için teknolojik altyapı oluşturma çabalarının bir yansımasıdır. Bu dönemde ortaya çıkan kavramlar ve tasarımlar, uzay yolculuğu ve keşiflerin başlangıcını simgelerken, aynı zamanda insanlığın uzayla ilgili hayallerini gerçeğe dönüştürme yolundaki ilk adımları temsil etmektedir.

Teknolojik gelişmelerle birlikte, uzay mimarisi de evrim geçirmiştir. Uzayda yaşam alanları oluşturmak için geliştirilen teknolojiler, mimarların ve mühendislerin uzayda inşa edilebilecek yapılar hakkında daha detaylı ve gerçekçi tasarımlar yapmasına olanak tanımıştır. Fakat bütün bu gerçekçi tasarımların fitili ateşleyen şeylerin hayal gücü olduğu unutulmamalıdır. Uzayın derinliklerine duyulan merak, insanlığın hayal gücü ve yaratıcılığı ile birleşerek, uzay mimarisinin doğuşuna ve gelişimine katkıda bulunmuştur. Hayal gücü ürünleri olan bilim kurgu edebiyatı ve sinema ile bu uzay mimarisinin kavramsal temelleri atılmıştır denilebilir.

2.1.1. Edebiyatta Uzay Mimarisi

Gelecek senaryoları, mimarlık ve edebiyatın ortak paydalarda bulunduğu bir alandır. Özellikle bilimkurgu edebiyatı ile geleceğe dair çokça spekülasyon ortaya atılmıştır. Bilimkurgu yazını teknolojinin de gelişmesiyle giderek daha farklı konuları ele almış ve bu temaları manipüle ederek, insanlığın ve dünyanın gelecekteki potansiyel evrimine dair çeşitli senaryolar ortaya çıkarmıştır. Mimarlığın da toplum içinde çoğu zaman aynı role büründüğünü göz önüne alırsak, mimarlık ve edebiyat, toplumun ve dünyanın nasıl değişebileceği konusunda önemli fikirler üreten kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Edebiyatta ve sinemada kendine yer bulan bilimkurgu kavramı, gelecek senaryoları üreten, teknolojiyi bu senaryolar için bir araç olarak kullanan, geleceğe adeta form veren bir olgudur. Günümüzde teknoloji ürünü olarak karşımıza çıkan robotlar, denizaltılar, uzay araçları gibi tasarımlar bilimden önce bilimkurgunun konusu olmuşlardır. İlk nükleer denizaltıya Jules Verne'nin romanındaki denizaltının adı olan

Nautilus isminin verilmesi şüphesiz tesadüf değildir. Bilimkurgunun insan yaşamı ve düşünceleri üzerindeki etkisini gösterir niteliktedir.

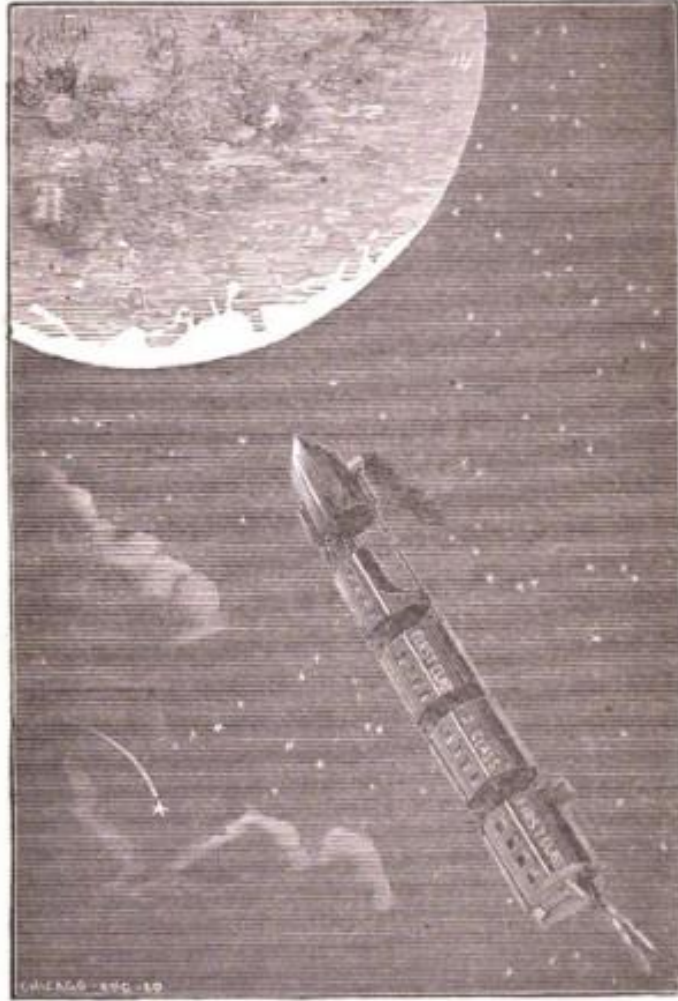
İlk defa Hugo Gernsback tarafından ortaya atılan Bilimkurgu terimi, 1929 Haziran'ında Bilim Harikası Hikâyeler (Science Wonder Stories) dergisinde ele alınmıştır. Derginin giriş yazısında kendine yer bulan terim, bir nevi yeni bir türün adı olarak var olmuştur (Baudou, 2005). Birçok farklı kişinin bilimkurgu tanımını inceleyen ve yazısında yer veren Jaques Baudou'ya göre ise bilimkurgu, sadece dünya özeline sıkıştırılmış, yaşadığımız dünyaya bağlı "gerçeklik" edebiyatına meydan okuyan, niteliği itibariyle, yazarlarının hayal gücünde var olan fantastik yaratıklar, medeniyetler ve keşiflerle dolu hayali edebiyatların bir ögesidir. Diğer bir deyişle, fiziksel gerçeklikten sıyrılarak, yazarlarına dünya dışı özgürlük sunan bir türdür. İmkânsızın sanatıdır (Baudou, 2005). Klein ise daha gerçekçi yaklaşmakta, bilimkurgunun bilimin sonuçlarını tartışmakta ve sosyolojik izdüşümlerini geliştirdiğini düşünmektedir. Bu bağlamda bilimkurguyu düşünsel deneyler olarak ele almıştır (Klein, 2001).

Bilimkurgu türü, ilk örneklerinden itibaren uzay temasıyla iç içe olmuştur. M.S. 150 yılında Yunanlı yazar Lukianos tarafından yazılmış Gerçek Tarih eseri bu duruma örnek gösterilebilir. Bilimkurgunun ilk eserlerinden olan bu yazıda, Cebelitarık Boğazı'ndan fırtınalı bir günde geçen bir geminin rüzgârda aya savrulmasıyla yaşadıkları anlatılır. Yalım'a göre bu hikâyeye Homeros ve Herodot ile dalga geçmek için yazmış olsa da (Yalım, 2002) uzayda var olma kavramının işlendiği ilk eserlerden biri olarak tarihte yerini almıştır.

Sonraki süreçte, bir diğer ay yolculuğu serüveni Francis Godwin'in 1638 yılında yazdığı Aydaki Adam (The Man In The Moon) 'dır. Cyrano de Bergerac'ın kaleme aldığı Diğer Dünya (L'autre Mond1657) ise yine aya ve güneşe yapılan yolculukları konu alır. Uzay dışında farklı fantastik gezileri de zaman içinde ele alan bilimkurgu edebiyatı, Jules Verne'in 1865 yılında kaleme aldığı Ay'a Yolculuk (From The Earth To The Moon) eseri ile büyük bir basamak atlar. Verne'in bu eseri modern bilimkurgunun temelini atmıştır denilebilir. Baudou'ya göre, Jules Verne ve Herbert George Wells bilimkurgu edebiyatının kurucularıdır.

Verne, Ay'a Yolculuk adlı romanında, insanların Ay'a bir uzay aracı kullanarak seyahat etmeye çalıştığı bir öyküyü anlatır. Bu eser, uzay keşfi ve uzaya yapılan yolculuk konularını içerir ve zamanının ötesinde bir vizyon sunar. Jules Verne ile

birlikte insanlar için Uzay, ulaşmayı hayal edebilecekleri bir yer olmaya başlamıştır. Kitapta, uzay yolculuğu sadece sözel olarak aktarılmaz, karakterlerin Ay'a gitmek için kullanacakları uzay aracının tasarımına ve fonksiyonuna dair detaylı tasvirler ve teknik bilgiler bulunur. Bu bağlamda eser uzay seyahati ile ilgili ilk görsel imgeleri insan zihnine sokmayı başarmıştır. Jules Verne'den sonra yazılan birçok eserde de bu durum devam etmiş, görsel anlatım giderek artarak detaylı hale gelmeye başlamıştır.



Şekil 2. 1. Ay'a Yolculuk Kitabından Çizim (Verne, 1865)

H.G. Wells'in 1901 yılında yayımlanan Ay'daki İlk İnsanlar (The First Men in the Moon) kitabı da Jules Verne'nin Aya Yolculuk kitabında olduğu gibi Ay'a bir uzay aracıyla seyahat eden karakterleri konu alır. Kitapta Jules Verne'den farklı olarak uzay sadece bir yolculuk ortamı olarak ele alınmaz, aynı zamanda Ay'da yaşayan bir uzaylı halkın yaşam ortamı olarak işlenir. Bu bağlamda uzayın yaşamsal bir mekân olarak ele alındığı ilk örnektir denilebilir.



Şekil 2. 2. Ay'daki İlk İnsanlar Kitabından Çizim (Wells, 1901)



Şekil 2. 3. Ay'daki İlk İnsanlar Kitabından Çizim (Wells, 1901)

Wells'in ardından uzay temalı edebi eser üreten birçok yazar olmuştur. Bunların öne çıkanlarından birisi Arthur C. Clarke'dır. Bilimkurgu alanında eserler üreten yazar, uzay temasına da hikâyelerinde sıklıkla yer vermiştir. Bu eserlerinden bir tanesi olan Gökyüzündeki Adalar (Islands in the Sky) adlı bilim kurgu romanı, genç bir karakterin uzaya gönderilmesini ve uzay istasyonlarında yaşama deneyimini konu alır. Kitap,

insanların uzayda yaşama deneyiminin ve mimari mekân algısı kavramının edebiyatta ilk kez belirgin bir şekilde işlendiği örneklerden biridir.

Bu tür eserler, yazarların ve okurların uzayda yaşam, uzay istasyonları ve atmosfer dışındaki diğer ortamlarla ilgili fikirleri keşfetmelerine ve bu konuda hayal kurmalarına olanak tanır. Uzay mimarisi kavramı, bilim kurgu edebiyatında ve takip eden süreçte edebiyattaki sözel olguların sinema ile görselleştirilmesiyle gelişmeye devam etmiştir.

2.1.2. Sinemada Uzay Mimarisi

Sinema, görsel ve işitsel unsurları bir araya getirerek hikâyeler anlatan, duyguları tetikleyen ve izleyicilere benzersiz bir deneyim sunan sanatsal bir ifade biçimidir. Jean Luc Godard'a göre; sinema, zamanı ve mekânı yeniden yaratma sanatıdır (Douglas,2005).

Sinema ve mimarlık ise, görsel estetik, mekân kullanımı ve atmosfer oluşturma gibi unsurlar açısından tarih boyunca önemli bir ilişki içinde olmuşlardır. Her iki alan da insan deneyimini etkileyerek duygu, düşünce ve algıları şekillendirme potansiyeline sahiptir. Tanyeli, sinema sanatının kurgusal bir düzlem üzerinde bir sanal mimarlık pratiği tanımladığını anlatır (Tanyeli, 2001). Bu bağlamda sinemanın, mimari bir gelecek kurgusu inşa ettiği ve mimaride hayal gücünü geliştirme adına etkili olduğu söylenebilir.

Sinema içinde bilim kurgu türü, kavramsal tasarım nesnesi alanında geniş bir spektrum sunmasıyla, sinemanın alt türleri arasında öne çıkan bir konumda bulunmaktadır. Bu tür, geleceğin dünyalarını ve mekânlarını yaratma yeteneği sayesinde dikkat çeker. Bilimkurgu, hayal gücünün imkânlarını kullanarak gelecek senaryoları yaratma ve izleyicilere kendi sınırlarının ötesinde bir düşünsel deneyim sunma potansiyeline sahiptir (Kellner, 2013).

Bilimkurgu, sinemanın izleyicilerini farklı dünyalara taşıyan görsel bir araç olma özelliğini kullanarak izleyenlere fiziksel olarak bulunmadıkları mekânları sınırlı da olsa deneyimleme imkânı sunar denilebilir. Bu bağlamda Uzay'ı kurgusal bir mekân olarak ele alan sinema, başlangıçta, insan zihninde bilinmeyen bir alanla ilgili sonsuz olasılıklar yaratma gücüne sahiptir denilebilir.

Uzay temalı sinema eserlerinin tarihi, sinema tarihi boyunca ilerleyen uzay keşifleri ve bilim kurgu türündeki gelişmelerle birlikte evrimleşmiştir. Bu filmler, sadece

bilimkurgu öğelerini değil, aynı zamanda uzayın mimari yaratıcılığını ve tasarımını da sergileyerek seyirciyi etkileyen görsel bir şölen sunmaktadır.

Georges Méliès'in yönettiği ve yapımcılığını üstlendiği 1902 yapımı Ay'a Yolculuk (Le Voyage dans la Lune) filmi sinema tarihindeki ilk bilim kurgu ve uzay temalı eserdir. Siyah-beyaz ve sessiz olan film roketle Ay'a yapılan hayali bir yolculuğu konu alır. Ardından Ay'daki Kadın (Frau im Mond, 1929), Ay'a Seyahat (Destination Moon, 1950) gibi sinema tarihi açısından önemli uzay temalı filmler çekilmiştir.

1968 yılında çekilen, Stanley Kubrick'in yönettiği 2001: Bir Uzay Macerası (2001: A Space Odyssey) filmi, uzay mimarisi konulu filmlerin dönüm noktasıdır denilebilir. Filmdeki mekânlar, minimalist ve fonksiyonel bir tasarıma sahiptir. Uzay gemisi Discovery One ve diğer uzay mekânları, karmaşık teknolojik detaylar ve temiz hatlarla tasarlanmıştır. Kubrick, uzayın soyut ve görsel çekiciliğini seyirciye sunarak, izleyicileri uzayın derinliklerinde bir keşfe çıkarır.



Şekil 2. 4. Filmden bir sahne, 2001: Bir Uzay Macerası

Bir uzay istasyonunun soğuk metalik yüzeyleri, fütüristik mekânların şeffaf cam duvarları, yıldız gemilerinin karmaşık iç mekânları; hepsi uzay mimarisinin sinematik dünyasını şekillendiren unsurlardır. Bu tasarımlar, izleyiciye uzayın derinliklerine doğru bir yolculuk vaat ederken, aynı zamanda bilim kurgu dünyasının estetik anlayışını ve uzay mimarisi kavramının insan zihnindeki imgelerini temsil eder.



Şekil 2. 5. Filmden bir sahne, 2001: Bir Uzay Macerası

Uzay mimarisi, sinemanın görsel dilinde geniş bir palet sunar. Bu tasarımlar, izleyicilere sadece farklı bir dünyayı değil, aynı zamanda insanlığın gelecekteki keşiflerini ve maceralarını hayal etme fırsatı da tanır. Uzay mimarisi, sinemanın evrensel dilini kullanarak izleyicileri görsel bir seyahate çıkarır ve bilim kurgu filmlerini sadece eğlenceli değil, aynı zamanda estetik olarak çarpıcı deneyimlere dönüştürür.

Zamanla, gelişen teknolojiyle birlikte, önceleri sadece bilim kurgu olmaktan öteye geçmeyen uzay mimarisi, hayal olmaktan çıkıp çok daha somut bir hal almıştır. 20. Yüzyılın ortalarında ise gelişen teknolojiyle ve uzay yarışı dönemine girilmesiyle bu alanda kısa sürede büyük adımlar atılmıştır.

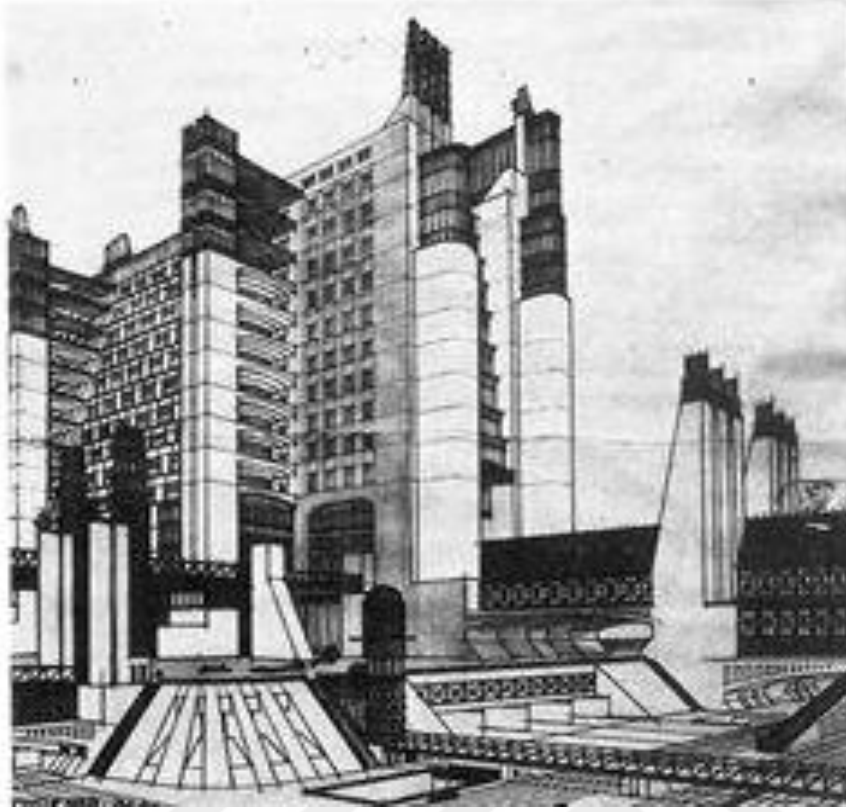
2.1.3. Mimaride Gelecekçi Yaklaşımlar

Mimaride gelecekçi yaklaşımlar, 20. yüzyılın ortalarından itibaren hız kazanan teknolojik ilerlemeler ve bilim kurgu estetiğinden ilham alan, yenilikçi ve radikal tasarım anlayışlarını ifade eder. Bu yaklaşımlar, bilim kurgu estetiğinden ilham alarak geleneksel mimari sınırlarını zorlayan, cesur ve fütüristik projelerle dikkat çekmektedir. Yeni malzemeler ve gelişmiş yapı teknikleri kullanarak, sadece işlevselliği değil, aynı zamanda estetik ve sanatsal değerleri de ön planda tutulmaktadır. Şehir planlamasında ve bina tasarımında yeni ufuklar açan bu anlayış, modernizmin izlerini taşıırken, teknolojinin sunduğu olanakları en üst düzeyde kullanarak, bireylerin yaşam alanlarını daha fonksiyonel ve estetik açıdan gelişmiş

hale getirir. Bu yaklaşımların öne çıkanlarından olan Fütürizm, çarpıcı gelecek tasvirleriyle mimarlık tarihinde önemli bir yer tutar.

Fütürizmin ortaya çıktığı dönemde, daha fütürizm kavramından bahsetmeden çok önce de modern endüstri ve makine çağı birçok sanatçının gündemine girmiştir denilebilir. Bununla birlikte eskiye yönelik bir nefret ve yıkım isteği de görülmeye başlanmış bu da aslında çoğunluğun gözündeki eskinin uyuşuk, hantal ve kısıtlayıcılığı temsil etmesinden kaynaklanmıştır. Çağın gerisinde kalan, bilim ve teknolojideki gelişmelere hakkını veremeyen sanat, o dönemde birçokları tarafından sert şekillerde eleştirilmiştir.

Bütün bu karmaşanın içinde fütürizm, 1914 yılında Marinetti'nin manifestosuyla, etkili ve keskin bir söylemle ortaya çıkar. Onun fütürist düşüncelerini mimari söyleme çeken ise Antonio Sant'Elia'nın çizimleridir. Sant'Elia'nın ideali; geçmişe dair zincirlerinden tamamıyla azat edilmiş, kendi içinde tutarlı ve yeterli bir makine şehir inşa etmektir (Sant'Elia, 1914). Ali Artun'a göre, fütürizm ve diğer birçok rasyonalist manifesto için ideal formların en kusursuz bileşimi makinelerdir. Makinenin tasarımı tamamıyla mantıklıdır, gerçektir, işlevseldir, süssüzdür yani saftır, dinamik, üreticidir (Artun, 2013). Fütürizmin tanrılaştırdığı makine burada şehrin kendisini oluşturur. Şehirler hantal katedral ve sarayları değil; tersane, tren istasyonu gibi hareketli ve dinamik yapıları barındırmalıdır. Beton ve cam gibi yeni yapı malzemelerinde oluşan binaları tasvir eden metin, asansör gibi makinelerin göz önünde bulunduğu, metal yolların olduğu makineleşmiş bir şehir kurgulamaktadır.



Şekil 2. 6. Yeni Şehir, Sant'Elia,1914

Fütürist şehri hareketli ve kargaşa içindeki bir tersaneye, fütürist evi ise devasa bir makineye benzeten Sant'Elia, geleceğin şehirlerinde; resimlerden ve heykellerden kurtarılmış, beton çelik ve camdan yapılmış, asansör gibi makinelerin merdiven boşluklarında saklanmak yerine göz önünde tutulduğu binalar; yer seviyesinde bir kapı paspası değil, büyük şehir trafiğini kucaklayan, yer altına doğru uzanan metal yollar ve caddeler hayal etmektedir (Sant'Elia, 1914). Fütürist Mimarlık Manifestosu'na bu açıdan bakıldığında, eskiyi yok edip hem de onun parçalarından yeni bir gelenek oluşturmak isteyen diğer modernist ve fütürist söylemlerden farklı olduğu görülmektedir. Savaşların ve yıkımların övüldüğü manifesto, her şeyi yıkma ve yeni dünyanın üretim alışkanlıklarıyla, eskisinden farklı ve modern bir yaşam inşa etme arzusundadır.

Fütürizm, eskiden tamamen kopma ve teknolojiyi kullanarak yepyeni bir gelecek inşa etme fikirleriyle bilimkurgu romanlarından fırlamış gibidir. Sant'Elia'nın çizimleri ise adeta bir ütopya tanımlamakta, bilimkurgu filmlerinin fantastik mekânlarına taban oluşturmaktadır. Sant'Elia'dan sonraki dönemlerde de fütürizmin bu 'moderni yeniden

inşa etmek' kavramı evrimleşmiş, birçok mimar tarafından temel söylemlerine bağlı kalınarak geliştirilmiştir.

Uzay'a gitme fikrinin yaygınlaşmaya başladığı dönemde ise, teknoloji ve gelecek kavramlarıyla zaten yakın ilişkide bulunan fütürizm, bu kavramlarla yine yakından ilişkili olan uzay kavramıyla da kesişmiştir. Bu dönemde tasarlanan fütürist yapılar, insanların uzay yapısı denilince aklına gelen imgelerle oldukça benzerlik gösteren yapılardır. Buckminster Fuller'in Dymaxion Evi gibi yenilikçi ve ilerici tasarımlar, hem dönemin mimari fikirleri üzerinde hem de geleceğe yönelik tasarımlar üzerinde etkili olmuşlardır.



Şekil 2. 7. Dymaxion Evi, Fuller,1933 (Gössel & Leuthauser, 2005)

Fuller'e göre, yapıların üretiminde geleneksel yöntemlerden ve ağır malzemelerden vazgeçilmeli, tıpkı arabaların ve uçakların imalatlarındaki gibi daha verimli olan modern teknolojiler, modern malzemeler ve kitlesel üretim yöntemleri kullanılmalıdır (Fuller, 1999). Bu anlamda Fuller'in Sant'Elia'nın makineleşme fikirleriyle de kesiştiği görülebilir. Fuller aynı zamanda, yapıların toplu üretime yönelik olması, basit yöntemlerle kurulup sökülebilecek minimum sayıda parçadan oluşması gerektiğini düşünmektedir. Hatta tasarladığı yapıların zeplin ile taşınabilecek kadar hafif olmasını

hedeflemiştir. Bu amaçla yapılarını en verimli olduğunu düşündüğü geometrik şekilde kurgulamış, modern malzemeleri strüktür inşasında tercih etmiştir.

Bütün bu tasarım kriterleri doğrultusunda ortaya çıkarılan Dymaxion Evi, paslanmaz çelikten yapılmış merkezi bir düşey taşıyıcıya kablolar ile bağlanan altıgen (daha sonraki Wichita Evi modelinde ise dairesel) planlı bir yapıdır (Halıcıoğlu, 2020). Bu strüktürün etrafında iç mekân ve cephe serbestçe tasarlanabilmektedir. Yapının cephesi uçak üretiminde kullanılan eğrisel duralumin (dayanıklı, hafif ve korozyon dayanımlı materyal) panellerden, iç mekân duvarları metalden, döşemesi ise pnömatik bir yüzeyden oluşmaktadır ve şeklinin getirdiği aerodinamiklik ısı yalıtımını artırmaktadır (Halıcıoğlu, 2020).



Şekil 2. 8. Dymaxion Evi montaj fotoğrafı (Gössel & Leuthauser, 2005)

Uzay ortamında mimarlık da yapısı gereği Fuller'in düşünceleriyle uyum içindedir. Fuller, doğal yollarla ısı dengesi sağlanan, ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretebilen, depreme ve fırtınalara dayanabilecek, düzenli olarak onarım gerektirmeyen, kalıcı materyallerden yapılmış bir konut tasarlama çalışmıştır (Aktaran, Altın 2013). Düşüncelerinin, uzayda yapılması planlanan konutlar için de tasarım kriteri niteliğinde olduğu söylenebilir. Bu bağlamda teknolojinin yeniliklerinden faydalanması ve onun sınırlarını zorlaması, daha uzak gelecekte uzayda inşa edilecek yapılar için öncü olmuş, bir fikir kıvılcımını yaratmıştır.

2.2. Uzay Yarışı Döneminin Mimariye Yansımaları

Uzayın derinliklerine olan merak, antik çağlardan itibaren ilk olarak gökyüzü gözlemciliği ve mitolojik anlatılarla birlikte başlamıştır denilebilir. Eski medeniyetler, gökyüzündeki hareketleri takip ederek takvimler oluşturmuş, mitolojilerinde yıldızları ve gezegenleri tanrı ve tanrıçalarla ilişkilendirmişlerdir. Mısır, Mezopotamya, Maya ve Yunan medeniyetleri, gökyüzünü inceleyerek kendi astronomi bilgilerini geliştirmişlerdir. Takip eden yıllarda edebiyat ve sinema gibi sanat üretimlerinde anlaşılma ve çözümlenmeye çalışılan uzay ortamı fikri vardır. Bu bağlamda üretilen eserlerin çoğunda uzay yolculukları ve diğer gezegenlerde yaşam tasvir edilmiştir. Bu tür eserler, insanın uzay macerasına dair hayal gücünü genişletmiş ve bilimsel ilerlemelere ilham vermiştir.

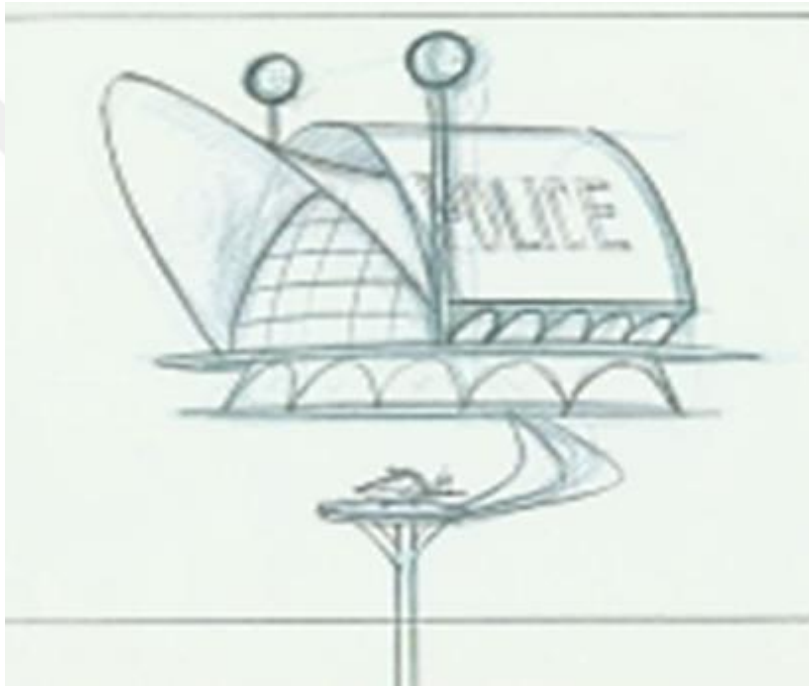
Uzay mimarisi kavramının daha somut bir şekilde gelişimi, 20. yüzyılın ortalarında uzay yarışının başlamasıyla hız kazanmıştır. S.S.C.B.'nin 1957 yılında uzaya ilk uydu Sputnik'i fırlatmasıyla ABD ile arasında başlayan uzay yarışı dönemi 1975 yılına kadar sürmüştür (Gonulal, 2019).

Hızlanan uzay yarışı ile ABD'nin Apollo programı, ilk insanlı ay inişini gerçekleştirerek uzay mimarisine dair heyecan verici bir dönemin kapılarını aralamıştır. Uzay istasyonları, keşif araçları ve insanlı uzay görevleri, uzay mimarisinin pratik uygulamalarını şekillendiren önemli kilometre taşları olmuştur. Bu süreçte, mimarlık dünyasından gelen profesyoneller, uzayın zorluklarına çözümler bulmada önemli bir rol oynayarak, uzay mimarisi kavramının evrimine katkıda bulunmuşlardır.

Bu dönemde uzay yarışı insanların çok fazla dikkatini çekmiş ve bu alanda elde edilen bilgiler ve kazanılan başarılar neredeyse herkes tarafından ilgiyle karşılanmıştır. Her gün uzay çalışmalarıyla ilgili gelişmeleri radyodan, televizyondan takip ettikleri bu ortamda uzay kavramı insanların hayatına iyice girmiş ve toplumları etkileyen her olay gibi mimariyi de etkilemiştir. Çeşitli mimari akımlarda kendini gösteren bu etkiler, dönemde oldukça farklı ve ilgi çekici bulunmuşlardır. Fütürizm, Googie ve Archigram bu akımların öne çıkanları olarak kabul edilebilir.

2.2.1. Googie

Uzay mimarisi denilince o dönemin en dikkat çekici akımı olarak karşımıza çıkan Googie, başlangıçta otoyol kenarlarında konumlanan tesisleri ve alışveriş merkezlerini daha dikkat çekici hale getirmek amacıyla üretilen bir "ticari mimarlık" fikridir. Belirgin açılı formlar, rengârenk tabelalar ve simgeler, levha camlar, kıvrımlı konsol çatılar ve pop kültürüne özgü imajlar, söz konusu dönemde yol boyunca sürücülerin dikkatlerini çekmek için tasarlanmıştır. Bowling salonları geleceği konu alan fantastik film stüdyolarını andırmakta, kahve dükkânları ise Jetgiller'in kentinden fırlamış gibi görünmektedir (Karabaş, 2009).



Şekil 2. 9. Jetgiller, Irv Spector, 1962 (Url-1)

Zamanla, ticari tasarımlarda popüler olmasının da etkisiyle Googie yaklaşımı, dünya literatüründe, sıklıkla eleştirilen ve “Aşağı Modernizm” (Low Modernism) olarak görülen bir tasarım anlayışına dönüşmüştür. “Aşağı Modernizmler” (Lower Modernisms) yazısında, eleştirel bir şekilde Googie’ye yer veren James Black, onu Aşağı Modernizm olarak tanımlar (Black 2011). Ancak Googie ismiyle anılan projeler detaylıca incelendiğinde, bu projelerdeki tasarım anlayışının, uygulanan modernist ilkelerin ve estetik yaklaşımların, çağın modern mimarlık anlayışına uygun olduğu anlaşılır (Barragan 2018).

Tarihsel süreç içinde, Googie yaklaşımının özellikle 1950’li yıllarda ve 1960’ların başında etkili olduğu görülmektedir. Alan Hess Googie’yi yakından inceleyen

yazarlardan biridir ve ona göre Googie, zenginler için tasarlanan konutlar için değil, insanların günlük yaşamında sıklıkla kullandığı yapılar içindir. Gündelik yaşamda her yerde karşımıza çıkan kahveler, benzin istasyonları gibi mekânlar bunlara örnek gösterilebilir (Barragan 2018). Bu mekanları daha dikkat çekici yapmak amacıyla ortaya çıkan bir "ticari mimarlık" fikri olan Googie, içinde bulunduğu fütürist ortama ve "Uzay Çağı'na kolaylıkla ayak uydurur ve aniden bir reklam aracı olmaktan çıkarak tasarım stili olarak kabul görmeye başlar (Jepsen 2000).

Teknolojiyi ve onun getirdiklerini tasarımlarında ön planda tutan bir mimar olan John Lauthner, 1949 yılında, Los Angeles'taki Sunset Bulvarı'nda yer alan Googie mimarlık tarzının ilk örneği olarak kabul edilen Googie'nin Kahve Dükkanı (Googie's Coffee Shop)'nı tasarlar. Lautner'in bu tarzı, özgün ve çağdaş tasarımlar içermesine rağmen, bazı eleştirmenler tarafından Modern Mimarlık prensiplerine uygun olmayan bir stil olarak görülür. Zamanla, benimsediği Googie yaklaşımı ile Modern Mimarlık'ın bir "karikatürü" oluşturmakla suçlanır (Karabaş 2009).



Şekil 2. 10. Googie'nin Kahve Dükkanı, Lautner, 1949 (Url-2)

Mimarlık eleştirmeni Douglas Haskell'e göre, stilin oldukça net bazı özellikleri vardır. Kıvrımlı çatılar, dev kubbeler, atom modeli gibi elemanlar bu özelliklerin en belirgin olanlarıdır (Haskell, 1952). Bu özellikler ile tasarımlarda dinamiklik ve uzay çağı estetiği oluşturma çabası söz konusudur. Atom modelleri, kıvrımlı elemanlar, yapıya

uçacakmış hissi verirken, insanları uzay temasının gerçek olabilirliğine ikna etmeye çalışır gibidir.

Googie yaklaşımının en göze çarpan noktası ise UFO (Tanımlanamayan Uçan Nesne) formuna yapılan vurgudur. UFO şeklindeki bu yapılar, dönemin bilimkurgu romanları ve filmlerinden fırlamış gibidir. Bunlardan en ünlülerinden birisi olan Lautner'in Chemosphere tasarımı 1960 yılında tamamlanmıştır. Studio City'nin yukarısındaki Santa Monica Dağları'nda zıplayan bir UFO'ya benzeyen ev, Los Angeles'ın simgesi haline gelmiş ve uluslararası alanda tanınan bir mimari hazine haline gelmiştir (McGarry, 1985).



şekil 2. 11. Chemosphere, Lautner, 1949 (Scurlock 2010)

Lautner bir röportajında, yapının UFO benzetmelerine rağmen aslında tasarımın buradan yola çıkmadığını belirtmiştir. Daha ziyade arsanın 45 derece eğimiyle baş etmenin bir yolu olarak tek bir sütun üzerinde yükseldiğini anlatan Lautner, kavisli formunun ise manzaraya her noktadan hkim olabilmek adına tasarlandığını söylemiştir (McGarry, 1985).



Şekil 2. 12. Chemosphere iç mekandan görünüm, Lautner, 1949 (Grigor,2009)

Tasarımın çıkış noktalarının mimarının bahsettiği gibi olduğu aşikârdır. Tüm bunlara rağmen McCoy'un da dediği gibi Lautner'ın mimarisinin geniş kapsamlı kültürel gelişmelerle uyumlu olduğunu unutmamak gerekir. Bu bağlamda mimarın dönemin en önemli sosyal ve kültürel gelişmelerini içeren uzay çağından etkilenmiş olabileceğini söylemek de mümkündür (Yoder, 2011).

Seattle'daki Uzay İğnesi (The Space Needle), dönemin uzay temalı ve UFO formlu yapılarının fazlaca öne çıkan örneklerinden biridir. ABD'nin Washington eyaletinde bir gözlem kulesi fonksiyonuyla tasarlanan bu yapı 1961 yılında tamamlanmıştır. Robert Spector'ın aktardığına göre, Uzay İğnesi, uzaya fırlatılan Sputnik'in de etkisiyle, teması Uzay Çağı olarak belirlenen 1962 Seattle Dünya Sergisi'nin üç boyutlu bir simgesi olarak yükselmiştir (Aktaran, Özemir 2015). Soğuk Savaş rekabetinde, uzay kültürünün merkezinde yer alan, geleceği sahiplenmek fikrini yansıtarak yükselen bu yapı, birçok sinema şeridinde de sahne almıştır (Özemir 2015).



Şekil 2. 13. Uzak İğnes, Graham,1961 (Dllu, 2016)

Benzer uzay çağı etkilerine sahip projeler arasında Matti Suuronen'in UFO'ya benzeyen ve uzak yerlere uçakla taşınabilen Futuro Evi (1968), Disneyland'ın geleceğin Monsanto Evi de yine öne çıkan yapılar arasındadır. Bu yapılar, hem dönemin popüler etkilerine ayak uydurmuş hem de mekân tanımlamaları ve Lautner'in Chemosphere'ine benzeyen zemin ve manzara ilişkileri ile geleceği ve modern bir tasarım anlayışı ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda Googie ile ilişkilendirilen yapıların çoğunda dünya ortamından uzaklaşma, yerle teması minimuma indirme isteği göze çarpmaktadır. Uzay teması etkilerinin sadece şekilsel olarak UFO benzerliğinden ibaret olmadığı buradan anlaşılabilir. Dünyayla kopuk bir ilişki kurmaya ve her an dünyadan başka bir yerde de bulunabilecekmiş hissi yaratmalarıyla da modern uzay çağı evlerinin dünyadaki yansımaları gibi görünmektedirler.

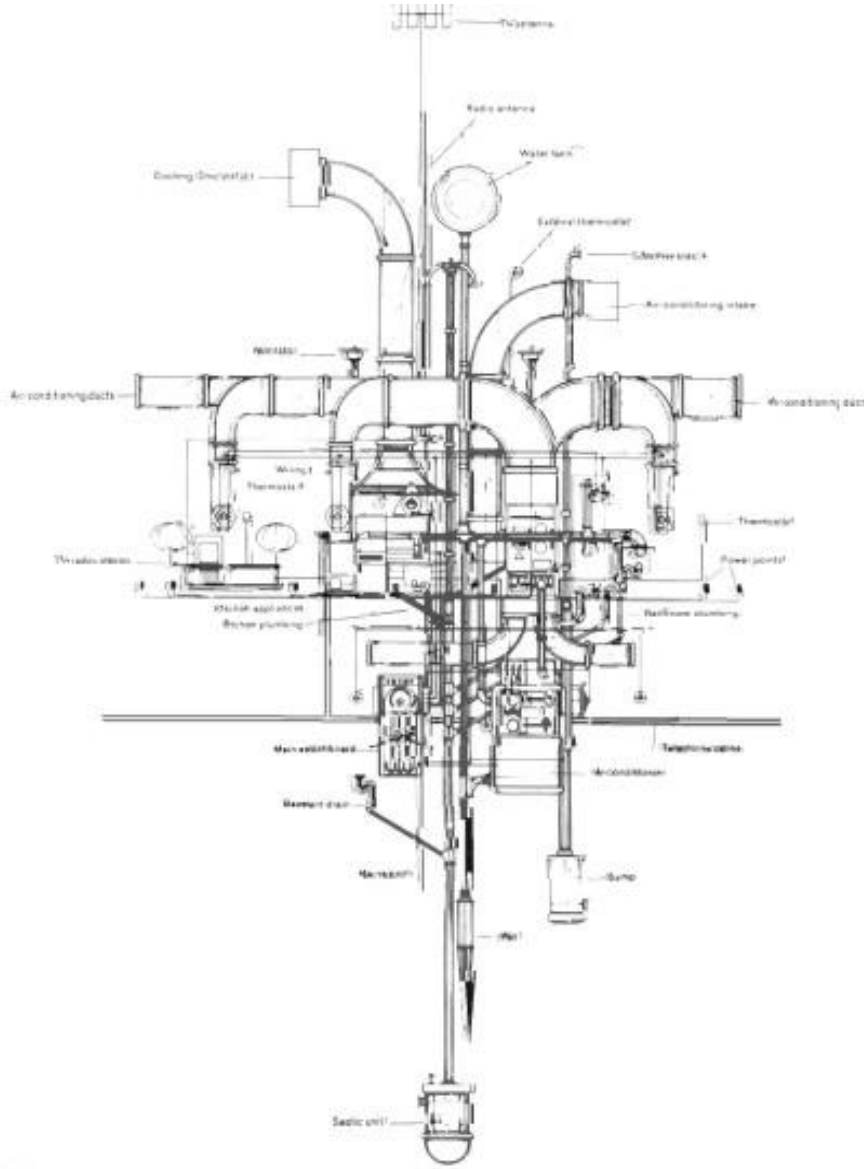
2.2.3. Archigram

1950'li yıllarda popüleritesi gittikçe artan alternatif gelecek kurguları, Fütürizm'in çarpıcı tasarımları ve Googie'nin cesur geometrik formları ile etkisini sürdürmeye devam eder. Teknolojinin de gündün güne gelişmesi ile özellikle genç mimarlar arasında farklı bir mimarlık arayışı oluşur. Archigram, tam da bu arayışın bir ürünü olarak, geleceğin mimarlık anlayışını radikal bir şekilde sorgulayan, mimarlık pratiğine dair geleneksel sınırları zorlayan cesur ve yenilikçi tasarımlarla ortaya çıkar.

Archigram Grubu temelde, 1960 yılında çıkmaya başlayan Archigram Dergisi çevresinde örgütlenen bir grup mimarın oluşturduğu bir topluluktur. Telgrafta olduğu gibi mesajın kısa ve öz olması, yerine çabuk ulaşması gerektiğini düşünen topluluk, yeni oluşumun adını: Archigram “archi(tecture)-(tele)gram” (mimari telgraf) koymuşlardır (Cook, 1999). Archigram grubu, teknolojinin getirdiği olanakları ve toplumsal değişimleri içeren vizyoner projeleri ile gündeme gelmişlerdir. Geleceği hayal gücüyle şekillendiren Archigram, mimarlıkta deneysel bir yaklaşım benimseyerek, dinamik, yenilikçi ve spekülatif projelerle mimarlık dünyasına yepyeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu bakış açılarıyla, farklı ve hızlı bir yaşam şekli arayışında oldukları söylenebilir. Archigram gerçeği çeşitli tasarı geometri teknikleriyle temsil etmek değil, mimari geleceğin simülasyonlarını yapmak amaçlanmıştır (Tanyeli, 2005).

Mimarlığın; esneklik, dönüşüm, hareketlilik gibi ihtiyaçlarını dikkate alan Archigram Tasarımcıları, Tak-Sök Kent (Plug in City), Yürüyen Kent (Walking City), Un House, Yaşama Kapsülü (Living Pod), gibi tasarımlar yapmışlardır. Umut Şumnu'ya göre, modern mimarlıkla ters düşen Archigram, organik ve daha akışkan bir mimarlık anlayışı için adeta bir çağrı yapar (Şumnu 2019).

Reyner Banham 1965 yılında kaleme aldığı Ev Olmayan Bir Ev (A Home is not a House) makalesinde, fütürizmin ısrarlı makineleşmesinden yavaşça uzaklaşarak, modern sadeliği ele alan bir makineleşme anlayışı ortaya koymaktadır. Archigram'ın temel anlayışlarından biri sayılabilecek harcanabilirlik ve kullan at estetiği kavramlarını ele alan Banham, modern evleri köleleştiren unsurlardan bahsetmiş ve daha özgür mekan arayışına girmiştir. ‘Evinizde borular, bacalar, kanallar, teller, ışıklar, girişler, çıkışlar, fırınlar, lavabolar, çöp öğütücüler, hi-fi yankılayıcılar, antenler, kanallar, dondurucular, ısıtıcılar gibi karmaşık bir yapı bulunduğu; donanım evden herhangi bir yardım almadan kendi kendine ayakta durabiliyor, neden onu taşıyacak bir ev olsun ki?’ diyen Banham, evin bu karmaşık iskeletinin bir haritasını çıkarmaya çalışmıştır (Banham, 1965).

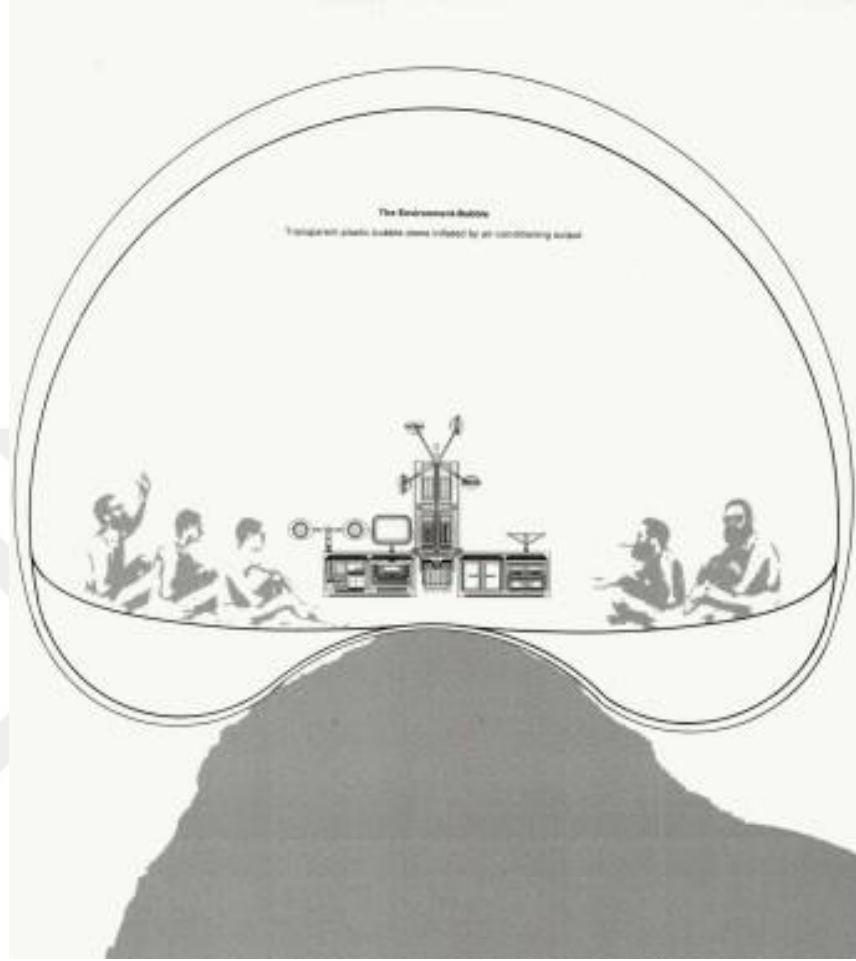


Şekil 2. 14. Bir konutun anatomisi (Banham, 1965)

“Bir konutun anatomisi” çizimi, gökyüzü (bir TV anteni ile) ile yeryüzü (bir septik ünite) arasında biriken devasa bir kablo ve tüp ağını, biriken “barok ev aletleri topluluğu”nu göstermektedir. Bir sonraki aşamada bu sistemi sadeleştirme ve modernleştirme çabasına giren Banham bir bakıma hippy yaşam tarzıyla süperteknolojiyi birleştirmiş, Taşınabilir Yaşam Standartı Paketi (Transportable Standard-of-Living Package) oluşturmuştur. Yaşam standartı paketi fikrini ortaya atan ilk isim Fuller’dir. Banham ise bu fikri bir nevi hippileştirmiş, taşınabilir evi ormanlara ve çoğunlukla kamp alanı gibi mekânlara koymayı düşünmüştür.

Zeminden ılık hava üfleyen, yumuşak bir ışık saçan, buz makinesinin bardaklara buz doldurduğu ve mutluluk verici müzikler çalan teknolojik bir yaşam paketi tanımlayan

Banham, şehrin modernliğinin bir kısmını ormanın içinde mümkün kılmayı hedeflemiştir (Banham, 1965). 900 cm yarıçapında bir küre içinde ormanın karın ve manzarasının keyfini çıkarma isteğindedir.



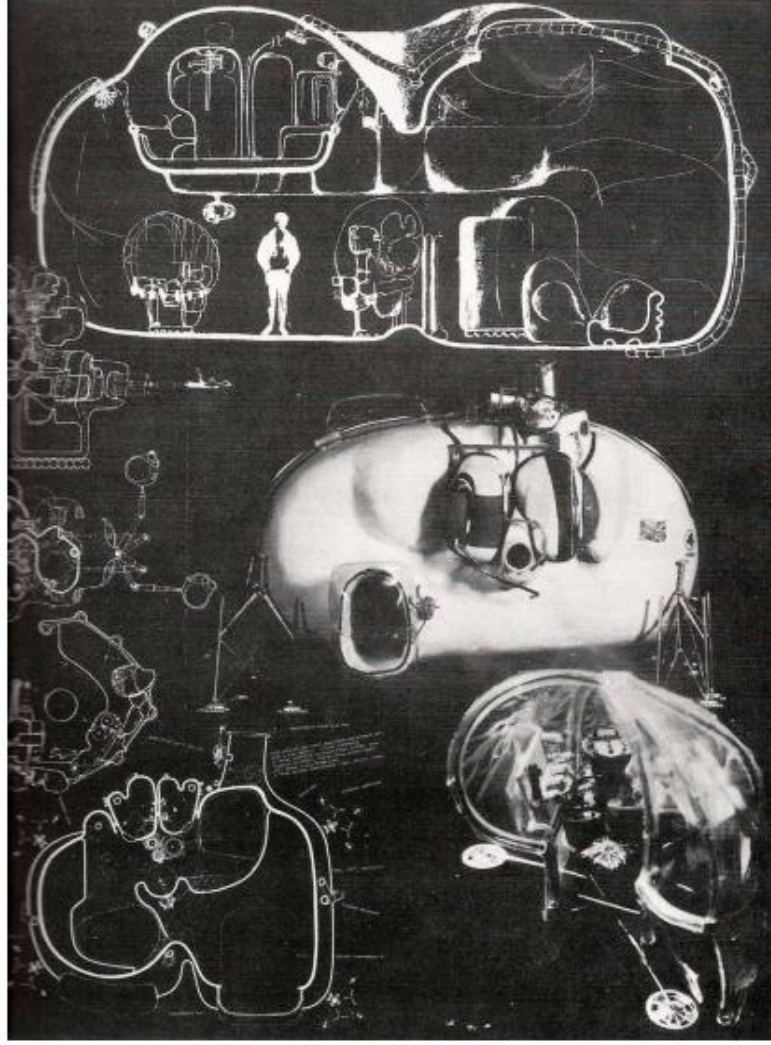
Şekil 2. 15. Un-House (Banham, 1965)

Banham'ın Un House'u, taşınabilir yaşam standartı paketinin merkezinde olduğu bir tasarımdır. Tasarım hem teknolojiyi kullanma hem de insan özüne, doğaya ve ilkelliğe dönme isteğiyle kendi içinde ilginç bir çelişki barındırmaktadır denilebilir. Modern toplumun kıyafetlerinin getirdiği kültürel yükten bile arınmak isteyen Banham, aynı zamanda teknolojinin getirdiği kolaylıklardan ve mutluluklardan kaçınmak istemez. Teknolojiyi tasarımının merkezine alır ve modern evlerin bağımlılığından kurtularak bu süper teknolojik iskeletle birlikte hareket etmeyi seçmektedir. İnsanı bağlamından kopararak özüne ve temel ihtiyaçlarına yönlendirmesi fakat teknolojiyi de bütün imkânlarıyla kullanma çabası ile uzak uzay yaşam birimlerinin tasarım mantığında bir yaklaşımı olmuştur denilebilir. Bu bağlamda Banham'ın bu tasarımı dönemin popüler

uzay dergilerinden birinde fütürist uzay yaşam kapsülü olarak yer alsaydı tasarım çevreleri tarafından yadırganmayacağı fikri yürütülebilir.

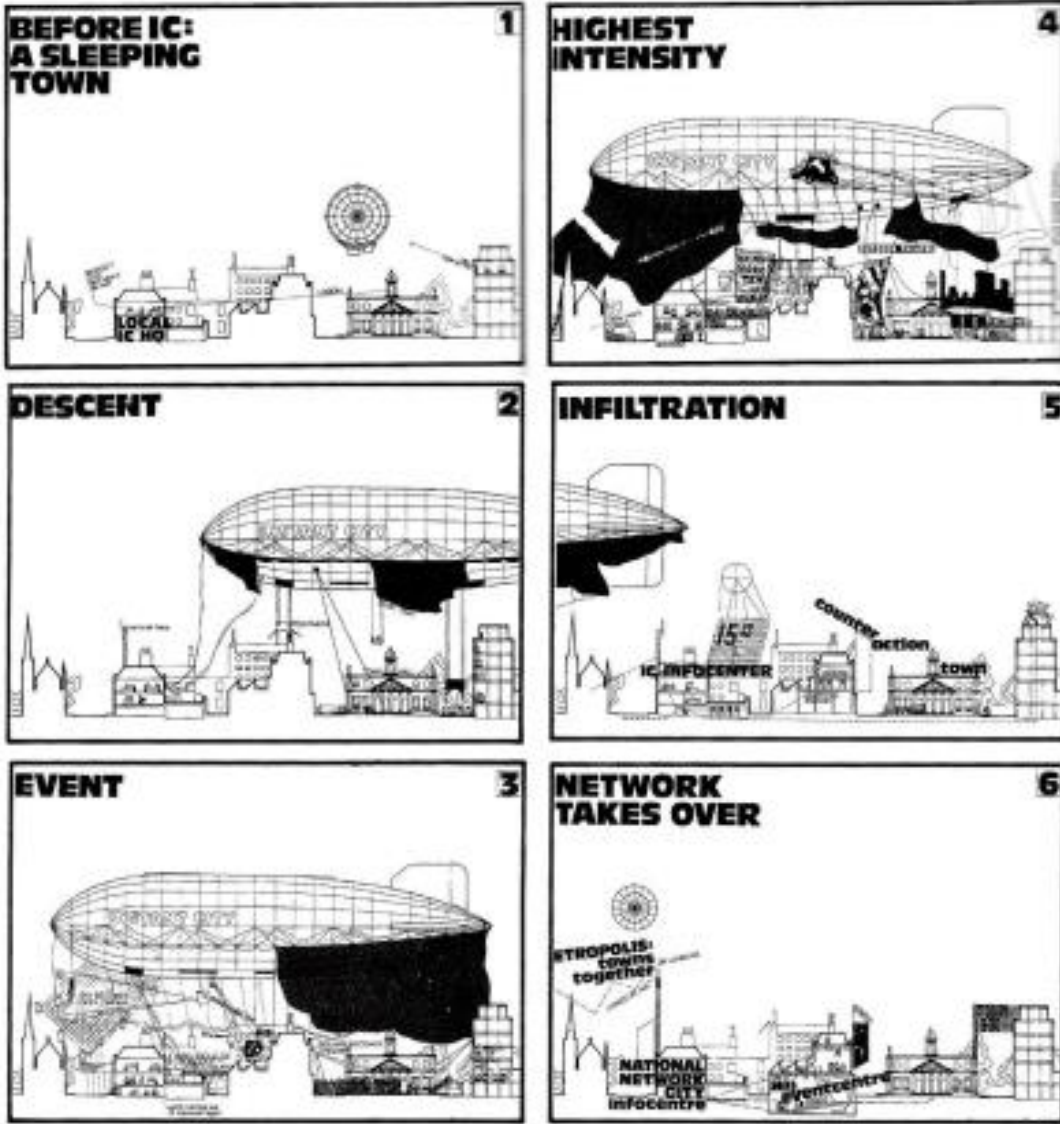
Arcgihram'ın bir diğer öne çıkan tasarımlarından biri olan Yaşam Kapsülü (Living-pod), karavanlardan ve prefabrik evlerden ilham almış bir ev projesidir. Tasarımın yaratıcısı David Greene, konutun ana ana strüktür ve ona eklenen makinelerle iki ana birimden oluştuğunu söylemektedir. Yaşam Kapsülü, iki katmanlı kompozit bir materyalden (GRP: glass-reinforced plastic) tasarlanmıştır. Arasında yalıtım malzemesi olan bu strüktür on iki adet destek düğüm noktası ve beş açıklık içermektedir. Ayrıca şişme zemin alanın %45'ini oluşturmaktadır. Diğer ana birimi oluşturan makineler ise; kendinden tesviyeli kompresyon, elektrostatik atık boşaltım sistemi, hava giriş ve otomatik gövde yıkama kapsülleri, kıyafetler için dönen silolar, tek kullanımlık tuvalet, dikey gövde vinci, iklimlendirme aygıtları, pişirme eklentisi olan yiyecek dağıtıcısı, bir çeşit bilgisayar ve şişme ekranlardır.

Birçok teknolojik cihaza sahip bu yapının içinde yaşayanlar için otomatik bir yaşam makinesi niteliğinde olacağı söylenebilir. Bu anlamda uzayda bir yaşam kapsülünü andıran tasarım, dönemin bilimkurgu eserlerindeki ortamlara gönderme yapar. Uzay kapsülü denilince de akıllara gelen sistemli ve otomatik çalışan bir yaşam alanı fikrinin adeta tasarlanmış hali gibidir.



Şekil 2. 16. Yaşam Kapsülü, David Green, 1965

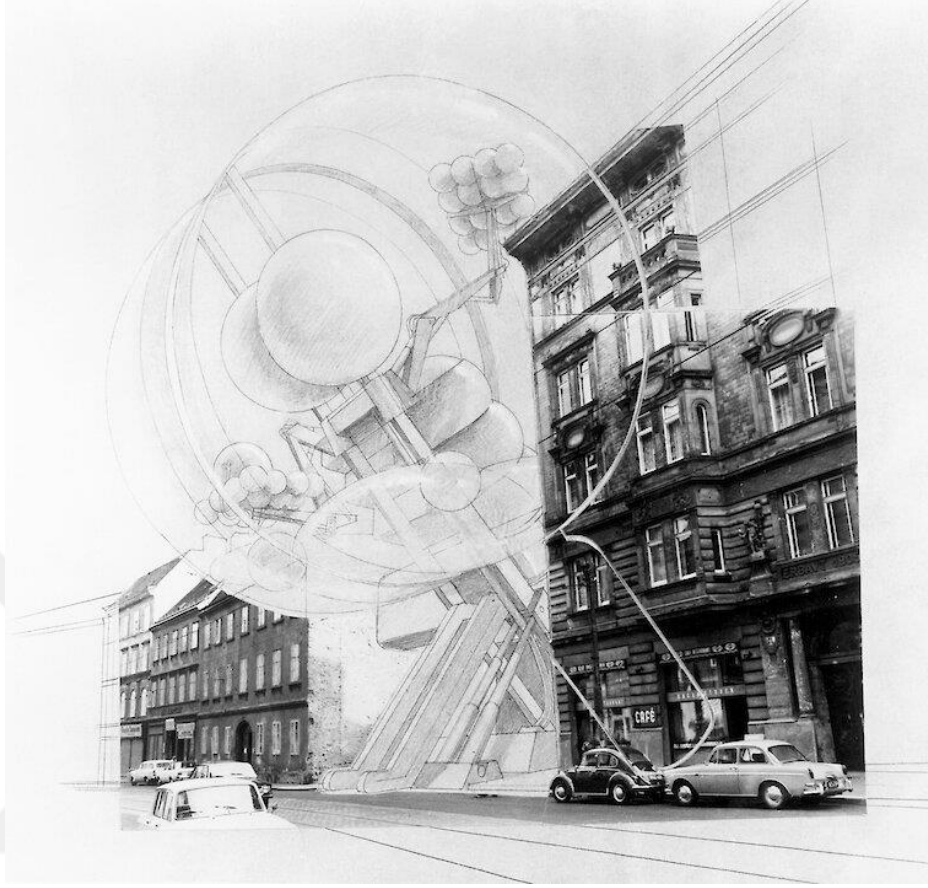
Archigram üyeleri mimaride hantallığın üzerinde çok fazla durmuşlardır. Daha hızlı ve etkili bir mimarlık oluşturma çabaları fütürizmin dinamiklik isteğini çağırıştırır. Pek çok medeni ülkede küçük şehirlerin ve kasabaların hala ağır hareket ettiğini dile getiren Archigram üyeleri; bunun orada yaşayanları etkilediğini ve metropollere (New York, Londra, Paris gibi) karşı ulaşamamışlıktan kaynaklanan bir tepki gösterdiklerinden bahsederler. Anlık Şehir (Instant City) projesi buna ‘seyahat eden metropol’ fikriyle yanıt vermektedir. Temelde Anlık Şehir, metropol özelliklerini içinde barındıran, zeplinlerle taşınan bir çeşit şehir paketleridir. Sürekli yer değiştirerek gittikleri merkezlere metropolün imkânlarını ve eğlencelerini taşırlar. Tasarımın yaratıcısı Peter Cook, Zeplinin Archigram için devasa bir cihaz olduğunu söylemekte, onu herhangi bir bölgeyle etkin bir şekilde birleşebilmek için kullandıklarını ifade etmektedir (Cook,1999).



Şekil 2. 17. Peter Cook, Anlık Şehir, 1970.

Archigram grubu hayalci tasarımları ve farklı düşünme tarzlarıyla dönemlerinde oldukça etkili olmuşlardır. Öyle ki Archigram grubu üyesi olmayan bazı mimarlar onların tasarım dilinde ürünler ortaya çıkarmışlardır. Archigram-ish olarak adlandırılan bu tasarımlardan biri Coop Himmelb(l)au's Mimarlık ofisinin Bulut (Cloud) adlı projesidir. Bulut konsepti, 1968 yılında Viyana Belediyesi'nden alınan bir araştırma komisyonunun parçası olarak geliştirilmiştir. "Geleceğin Konut Biçimleri" çalışması, değişebilir mobil alanlar sunarak mevcut yaşam deneyimlerini genişletme kavramlarıyla ilgilenmiştir. Bulut, en ince ayrıntısına kadar düşünülmüştür ve

Viyana'da monte edildikten sonra Kassel'deki Documenta 5'te sergilenmesi planlanmıştır.



Şekil 2. 18. Bulut, Coop Himmelb(l)au, 1968 (Url-3)

Teknik yapı, tüm ekipmanların paketlenildiği dev bir kutunun üzerine monte edildiği tekerlekli bir stanttan oluşur. Ambalaj, kurulumun kısa bir süre içinde otomatik olarak gerçekleşmesini mümkün kılacak şekilde tasarlanmıştır. İşlevsel konumda, nesne 15 metre yüksekliğinde ve 18 metre uzunluğundadır. Bu konumda kutu 30 derecelik bir açıyla durur ve içindeki platforma ulaşmak için kolayca yürünebilecek bir yol sağlar. Platform, yerden 7.5 metre yükseklikte, 20 ila 30 kişi için yer sağlayacak şekilde tasarlanmış ve 10 metre çapında şeffaf bir küre olan şişme (pnömatik) bir deri ile çevrilmiştir. Bulut projesinin amacı, içerdeki platformu yatmak ve dinlenmek için bir yer olarak kullanmaktır. Yapı sergilendiğinde ziyaret edenlerin kalp atışlarının seslerinin optik ve akustik sinyallere dönüştürülerek mekân ile insanlar arasında temas kurulması amaçlanmıştır.

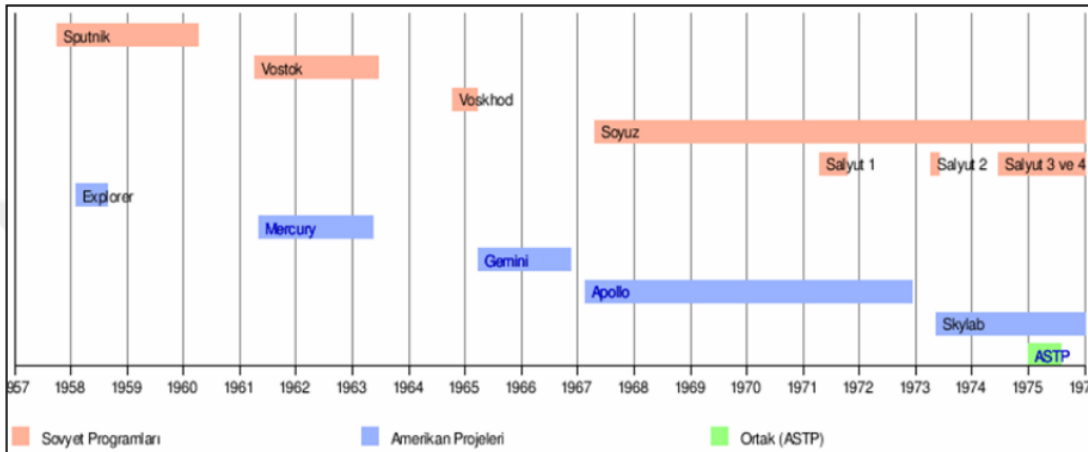
Bulut fikri, aynı zamanda tasarımcı firmanın Himmelb(l)au (gökyüzü mavisi) isminden türemiştir ve ofisin kendi özgür tarzını anlatmak üzere seçilmiştir. Tasarımcı

bu projeye yeni sosyal gelişmeler ve bunların mimaride nasıl ifade edilebileceği hakkında beyanlarda bulunmak istediklerini anlatmaktadır. Değişen dünyanın yeni sosyal düzenine uygun, değişebilir bir tasarım arayışındadır. Toplumda otorite karşıtı mimariler gerektiğini söyler. Bulut klasik ve otoriter mimariye karşı çıkararak mobil, değişebilir, yazılı olmayan bir yaşam fikri ortaya atar. Bu söylemlerinden tasarımın neden Archigram-ish olarak adlandırıldığını anlamak zor değildir.

Ortaya çıktığı dönemdeki fütürist düşüncelerin ve alternatif gelecek senaryolarının izinden giden Archigram, o dönemde sosyolojik siyasal olarak etkili olan Uzay yarışının da etkisinde kalmıştır denilebilir. Bu bağlamda Archigram tasarımlarında, bolca uzay çağı teknolojilerinin izleri bulunabilir. Yerçekimsiz ortam teknolojisinin, kapsüllerin, robotların, çeşitli yaşam ünitelerinin bulunduğu tasarımları bu etkilere örnek olarak gösterilebilir. Archigram mimarlarının tasarımlarını sergileme yöntemleri bile dönemin oldukça popüler uzay çağı çizgi romanlarını andırmaktadır. Archigram grubunun önde gelen isimlerinden olan Peter Cook'un, tasarladığımız yapılarla uzay çizgi romanlarında hayal edilen gelecek arasında bağlantı kurmak mümkün müdür? (Cook,1999) sorusu da bu durumu özetler niteliktedir.

2.3. Uzay Yarışı Döneminde ve Sonrasında İnşa edilmiş Uzay Yapıları

Soğuk Savaş döneminde, ABD ve Sovyetler Birliği arasındaki rekabet, uzay yarışını tetikleyerek, insanlığın gökyüzüne doğru olan ilgisini ve keşif arzusunu büyük ölçüde hızlandırmıştır. Bu dönemde inşa edilen ve uzaya gönderilen uzay yapıları, teknolojik ilerlemenin sembelleri olarak tarihe geçmiştir.



Şekil 2.19. Rusya ve Amerika arasında yaşanan Uzay Yarışı zaman çizelgesi (Url-4)

Uzay yarışı dönemi dünyayı çok fazla etkilemiş, insanların gündelik hayatlarında büyük değişimlere neden olmuştur. İnsan hayatıyla doğrudan ilgili olan mimarlık da dönemin insanlar üzerindeki etkisinden nasibini almıştır. Fakat bu dönem sadece dünya üzerindeki mimarlık üretimlerine yansıyan etkileriyle ele alınamaz. Nitekim teknolojinin gelişmesiyle uzay ortamına çıkabilen ilk araçlar inşa edilmiş, uzayda insanların kısa süreler de olsa yaşayabileceği ve araştırmalar yapabileceği uzay istasyonları inşa edilmiştir.

Uzay araçları, insanlı ve insansız araçlar olarak ele alınabilir. İnsansız uzay araçları genellikle yörüngeye ve daha ötesine gönderilen, dünya yaşamı için çeşitli bilgilerin toplanmasını ve dağıtılmasını sağlayan araçlardır. İnsanlı uzay araçları ise, yolcularını uzaya taşımak ve geri getirmek üzere tasarlanmış ürünlerdir. Araştırmacıların uzay ortamına çıkarak belirli süre içinde bilgi toplamaları ve yaşamsal fonksiyonlarını sabit tutmaları amaçlanarak yapılmıştır. Uzay araçları uzay görevlerinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Sovyetler Birliği'nin Rus Havacılık ve Uzay Ajansı Roskosmos'un 1961 yılında uzaya gönderdiği Vostok 1 aracı ilk insanlı uzay aracıdır. Ardından Amerika Birleşik Devletleri Devletleri'ne ait Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi NASA (National Aeronautics and Space Administration) Mercury ve Gemini uzay araçları ile dünyadan uzaya astronot göndermiştir. Her seferinde bir önceki tecrübelerden edinilen bilgilerle daha da ilerleyen uzay bilimleri Apollo araçlarıyla 17 adet uzay görevi gerçekleştirmiş ve bunlardan birinde ilk defa dünya dışı bir gök cismine, Ay'a iniş yapılmıştır.

İnsanlığın uzaya çıkması, Ay'da yürümesi gibi önemli adımlar bu araçlar sayesinde atılmıştır. Fakat zaman içinde insanlar için bu araçlar ve uzayda buldukları süre yeterli olmamaya başlamıştır. Bu nedenle daha uzun süreler uzay ortamında yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilecekleri ve aynı zamanda bilimsel araştırmalar yapabilecekleri mekânlar arayışına girmişlerdir.

Dünya yörüngesinde bulunan ve yerçekimsiz ortamda bilimsel çalışmalar yapmak için kullanılan uzay istasyonları, insanların uzayda uzun süreler araştırma yapabilme gereksiniminden doğmuştur ve uzayda inşa edilen ilk yapıları oluştururlar. Bu istasyonların ilki olan Salyut 1, SSCB tarafından 1971 yılında yörüngeye yollanmıştır. Ardından Skylab, Mir gibi uzay istasyonları inşa edilmiş, son olarak ise günümüzde hala aktif olarak çalışmakta olan Uluslararası Uzay İstasyonu yörüngeye gönderilmiştir ve günümüzde hala faaliyetlerine devam etmektedir (Babacan, 2019).

Yerçekimsiz ortamda inşa edilmesi sebebiyle, uzay tasarımlarında farklı tekniklerin kullanılması üzerine araştırmaların önünü açan uzay istasyonları uzay mimarlığı açısından oldukça önemli yapılardır.

Uzay yarışı, 1969'da Ay'a ulaşıldıktan sonra yavaşça popülerliğini yitirmiş ve 1970'lerin sonuna doğru tamamen sonlanmıştır denilebilir. Dünya bu dönemde nükleer enerji gibi daha farklı alanlardaki bilimsel gelişmelere odaklanmaya başlamış ve bu bilimsel gelişmelerin çevresel faktörlere etkileri büyük yankılar uyandırmıştır (Aktaran Behringer,2020). Uzay yarışı döneminden sonra uzay çalışmalarını bütçeleri azalmış ve bu alandaki ilerlemeler yavaşlamıştır. 2000'lerin başlarından itibaren hızlanan bir şekilde yeniden gündeme gelen uzay araştırmaları, marsa ilk uzay aracı yollanması ile hız kazanmıştır. Mars araştırmalarından sonra dünya dışı gezegenlere uzay araştırma merkezleri inşa etme arzusu artmıştır ve bu alanda çalışmalar günümüzde hala devam etmektedir.

2.3.1. Uzay Araçları

Uzay araçları, insanlığın uzayı keşfetme ve orada varlık gösterme arzusunun somut ürünleridir. Teknolojinin sınırlarını zorlayan mühendislik harikaları olarak çeşitli işlevlerde ve türlerde karşımıza çıkarlar. Bu araçlar uydular, uzay sondaları, insanlı uzay araçları kategorileri altında inceleyebilir. Her birinin kendine özgü işlevi ve tarihi vardır. Uzay araçlarının detaylı bir şekilde incelenmesi, insanlığın uzay macerasındaki kilometre taşlarını ve gelecekteki olasılıklarını daha iyi anlaşılmasını sağlar.

Uzay araçlarının ilk tasarlananları olan uydular, Dünya'nın yörüngesinde dönen ve geniş bir yelpazede işlevlere sahip olan uzay araçlarıdır. İlk yapay uydu olan Sputnik 1, Sovyetler Birliği tarafından 4 Ekim 1957'de fırlatılmıştır. Bu olay, aynı zamanda uzay çağının başlangıcı olarak kabul edilmektedir ve ardından gelen onlarca yıl boyunca binlerce uydu fırlatılmıştır.



Şekil 2. 6. Sputnik 1, 1957 (Url-5)

Sputnik 1, Kazakistan'daki Baykonur Kozmodromu'ndan fırlatılmıştır. Fırlatmada kullanılan roket, R-7 Semyorka adlı bir balistik füzeden dönüştürülmüştür. Bu durum aslında Soğuk savaşın uzay araştırmalarının en büyük tetikleyicisi olduğunu açıkça göstermektedir. Fırlatma roketinden ayrılan ve dünya yörüngesine yerleşen Sputnik 1 uydusu ise oldukça basit bir tasarıma sahiptir. Küresel şekli ve küçük boyutları ile yaklaşık 58 santimetre çapında ve 83.6 kilogramdır. Uydunun dış yüzeyi parlak metalden yapılmış olup, üzerine dört uzun anten monte edilmiştir. Bu antenler, radyo sinyallerini Dünya'ya iletmek için kullanılmıştır. Sputnik 1, basit olmasına rağmen, uzayda başarılı bir şekilde çalışarak ilk kez bir insan yapımı nesnenin Dünya yörüngesine yerleştirilebileceğini kanıtlamıştır.

Sputnik 1'den sonra farklı işlevlerde birçok uydu fırlatılmıştır. Bunlar arasında öne çıkanlar; haberleşme uyduları, hava durumu uyduları, navigasyon uyduları ve keşif uydularıdır. Haberleşme uyduları televizyon yayınları, telefon görüşmeleri ve internet hizmetleri gibi iletişim ihtiyaçlarını karşılarken hava durumu uyduları atmosferik verileri toplar ve hava durumu tahminlerinde kullanılır. NOAA uyduları ve Avrupa'nın Meteosat serisi, dünya genelinde hava durumu gözlemleri yapan uydulardır. Navigasyon uyduları GPS gibi sistemler için dünya çapında kesin konum bilgisi sağlamaktadır. Bu uydular sorunsuz hava taşımacılığı yapılabilmesinde büyük rol oynar ve yine insan hayatını kolaylaştıran birçok alanda kendine yer bulur. Keşif

uyduları ise askeri amaçlarla kullanılabilceği gibi, dñnyanın yñksek çñzñnñrlñklñ fotoğraflarını sağladıkları için birçok bilimsel araştırmada da kullanılmaktadır.

Bir diğer uzay aracı olan Uzay sondaları, gñneř sistemi ve ötesindeki gñk cisimlerini incelemek için gñnderilen insansız uzay araçlarıdır. Bu sondalar, gezegenler, uydular, asteroidler ve kuyruklu yıldızlar hakkında veri toplar, bñylece astronomlar ve bilim insanları evreni daha iyi anlayabilirler. Voyager Programı ile 1977'de fırlatılan Voyager 1 ve Voyager 2 sondaları, Jñpiter ve Satñrn gibi dış gezegenleri incelemek için gñnderilmiř, sonrasında gñneř sisteminin dışına çıkararak yıldızlararası uzaya girmiştir. Bu sondalar, şu anda insan yapımı en uzak nesnelere olup, gñneř sisteminin sınırları hakkında benzersiz bilgiler sağlamaktadırlar. 1997'de fırlatılan Cassini-Huygens uzay sondası ise, Satñrn ve onun bñyñk uydusu Titan'ı incelemek için tasarlanmıştır. Cassini uzay sondası, Satñrn'ñn halkaları ve atmosferi hakkında değerli veriler sağlarken, Huygens iniş aracı Titan'a inerek yñzeyden veri toplamıştır (ESA, 2017). Gñneř sisteminde yaşamın bulunabileceği en muhtemel yerlerden biri olarak kabul edilen Titan'dan uzay sondaları sayesinde önemli veriler elde edilmiştir.

Mars ve Venñs gezegenlerine de birçok defa insansız uzay aracı gñnderilmiř ve çeşitli keşifler yapılmıştır. Mars'ın keşfi, özellikle insansız iniş araçlarının kullanımıyla önemli ölçñde hızlanmıştır. NASA'nın Viking 1 ve Viking 2 gñrevleri 1970'lerde yaşam belirtisi arayan deneyler gerçekleştiren iniş araçları içeren ilk başarılı Mars gñrevleridir. Sonuçlar kesin olmasa da, bu gñrevler Mars ortamı hakkında değerli veriler sağlamıştır. 1997'de Mars'a inen NASA'nın Pathfinder gñrevi, Mars'ta başarılı bir şekilde keşif yapan ilk gezgin olan Sojourner'ı içerir. Bunu 2004'te Mars'a inen daha gelişmiş Spirit ve Opportunity gezginleri ve 2012'den beri Mars'ı keşfeden Curiosity takip etmiştir. Bu gezginler, antik su akışlarına ve organik molekñllerin varlığına dair kanıtlar da dāhil olmak ùzere önemli keşifler yapmışlardır.

Mars gezginlerinin son nesilleri, 2021'de Mars'a inen NASA'nın Perseverance'ı ve Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) yakın zamanda gñnderilmesi planlanan ExoMars gezgini, geçmiş yaşam belirtilerini aramak ve gelecekteki insan keşiflerine hazırlık yapmak için tasarlanmıştır. Perseverance, Mars yñzeyini analiz etmek için gelişmiş bilimsel enstrñmanlarla donatılmıştır ve Mars'ta hava keşfi yapabilen bir helikopter olan Ingenuity'yi içermektedir. NASA, 2030'larda insanları Mars'a gñndermeyi amaçlamakta olup, gñnderilen uzay araçlarının yaptıkları bu keşifler bu bağlamda oldukça önemlidir.

Venüs'e gönderilen ilk uzay araçları ise, 1960'larda başlayan Sovyetler Birliği'nin Venera programının bir parçasıdır. 1961'de fırlatılan Venera 1, Venüs'e gönderilen ilk uzay aracı olmuştur, ancak gezegene ulaşmadan önce iletişimi kesilmiştir. 1965'te fırlatılan Venera 3, başka bir gezegene çarpan ilk insan yapımı nesne olmuş, ancak o da veri iletimi yapmadan iletişimi kaybetmiştir. NASA'nın 1962'de fırlattığı Mariner 2, başka bir gezegene yapılan ilk başarılı görev olmuş, Venüs'ün yanından geçerek atmosferi ve yüzey sıcaklığı hakkında veri toplamayı başarmıştır. 1967'de fırlatılan Mariner 5 ise atmosferik verileri daha da detaylandırmıştır. NASA'nın başarılı görevlerinin ardından Sovyetler Birliği de, sonraki Venera görevleriyle önemli başarılar imza atmıştır. 1970'te fırlatılan Venera 7, Venüs'ün yüzeyinden başarıyla veri ileten ilk uzay aracı olmuş ve gezegenin aşırı koşullarına 23 dakika dayanabilmiştir. 1975'te fırlatılan Venera 9 ve Venera 10, Venüs'ün yüzeyinin ilk görüntülerini sağlayarak kalın bulutlarla örtülü kayalık bir manzara ortaya çıkarmıştır. NASA'nın 1989'da tamamladığı Magellan ile Venüs gezegeni hakkında o zamana kadar yapılan en geniş kapsamlı keşif yapılmıştır (Siddiqi, 2018). Magellan, radar kullanarak Venüs'ün yüzeyinin %98'ini haritalamış ve topografyası ve jeolojik tarihi hakkında ayrıntılı bilgiler ortaya koymuştur. Bu görev, Venüs'ün volkanik aktivitesi ve tektonik süreçleri hakkındaki araştırmaları önemli ölçüde ilerletmiştir.

Venüs gezegeni hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmeyi sağlamak adına gelecekte yapılması planlanan görevler de bulunmaktadır. Bunlar arasında öne çıkanlar NASA'nın VERITAS ve DAVINCI+ görevleridir. VERITAS, Venüs'ün yüzeyini yüksek çözünürlükte haritalayarak jeolojik aktivite belirtileri arayacak ve jeolojik tarihini gösterecek, DAVINCI+ ise Venüs'ün atmosferinin bileşimini inceleyerek ve Venüs'ün geçmişte okyanuslara sahip olup olmadığını belirleyecek şekilde planlanmıştır.

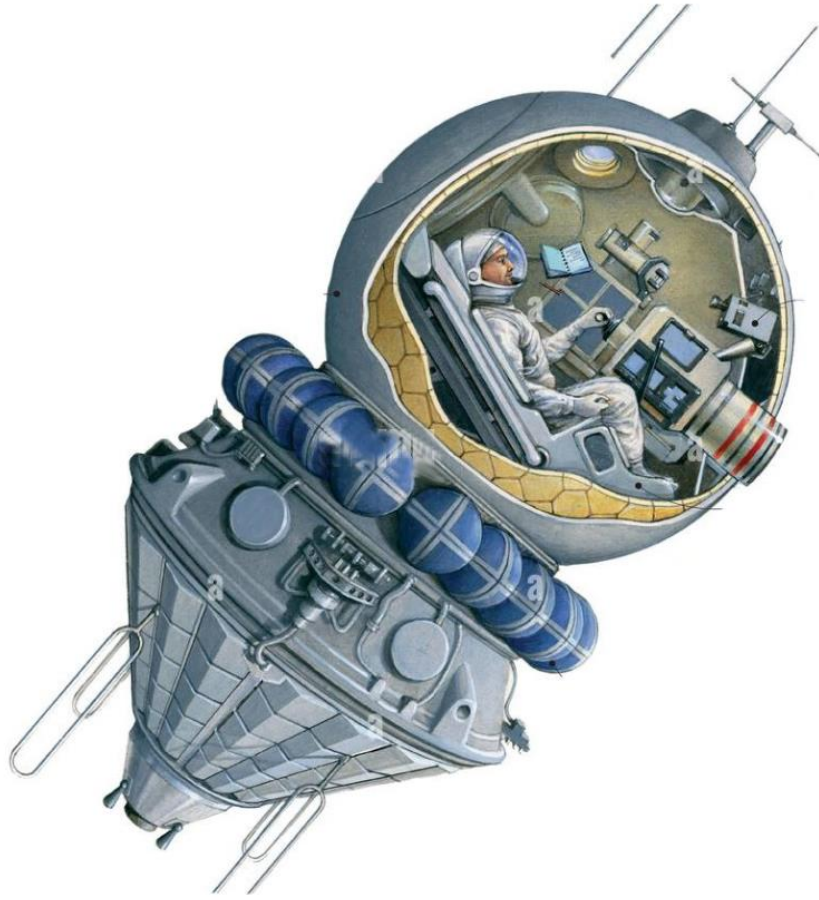
Uzay araçlarının içinde en önemli olanları ise şüphesiz insanlı uzay araçlarıdır. Astronotları uzaya taşıyan ve onların güvenli bir şekilde geri dönmelerini sağlayan bu araçlar, insanlığın uzaydaki varlığını mümkün kılarak yeni ufuklar açmıştır. Sovyetler Birliği'nin 1961 yılında uzaya gönderdiği Vostok 1 aracı ilk insanlı uzay aracıdır (Gagarin, 2001). Vostok 1, tek kişilik bir kapsül olarak tasarlanmıştır ve yaklaşık 2.3 ton ağırlığındadır. Uzay aracı, küresel bir iniş modülü ve bir hizmet modülünden oluşmaktadır. İniş modülü, kozmonot Yuri Gagarin'in oturduğu ve geri dönüş sırasında Dünya'ya indiği kısımdır. Hizmet modülü ise, güç kaynakları, iletişim ekipmanları ve

itici sistemleri barındırmaktadır. Aracı, güçlü bir fırlatma sistemi olan Vostok-K roketi ile fırlatılmıştır. Baykonur Kozmodromu'ndan fırlatılan roket Yuri Gagarin'i başarılı bir şekilde yörüngeye ulaştırmıştır ve yaklaşık 108 dakika yörüngede kalmasını sağlamıştır (Gagarin, 2001). Dünya etrafında tam bir tur atan ve uzaydan Dünya'yı gözlemleyen Gagarin, uçuşun sonunda Vostok 1'in iniş modülü atmosfere yeniden giriş yapmış, inişten kısa bir süre önce kapsülden fırlatılarak başarılı bir şekilde paraşütle Dünya'ya inmiştir. Dünya genelinde büyük etki yaratan Vostok 1 görevi ile Yuri Gagarin uzaya çıkan ilk insan olmuştur. Ayrıca bilimsel olarak insanın uzayda hayatta kalabileceğini ve çalışabileceğini kanıtlamıştır. Bu durum, gelecekteki uzay misyonları için kritik bir adım olmuş ve uzay araştırmalarının hızlanmasına öncülük etmiştir (Gagarin, 2001).



Şekil 2. 7. Vostok-1 uzay aracının fırlatılması, 1961 (Url-6)

Sovyetler Birliği'nin 1961 yılında uzaya gönderdiği Vostok 1 aracıyla bir rus kozmonotun uzaya çıkması ABD'yi uzay yarışında hızla harekete geçmeye teşvik etmiş ve NASA'nın insanlı uzay uçuşlarına yönelik çalışmalarını hızlandırmıştır. Nitekim kısa bir süre sonra ABD ilk insanlı uzay programı olan Mercury uzay aracıyla 1961 yılında uzay yörüngesine girmiş ve uzay yarışında önemli bir oyuncu olarak yerini almıştır. Mercury uzay aracından sonra ABD'nin tasarladığı Gemini uzay aracı ile birlikte, ilk kez iki astronot aynı anda uzayda bulunmuştur.

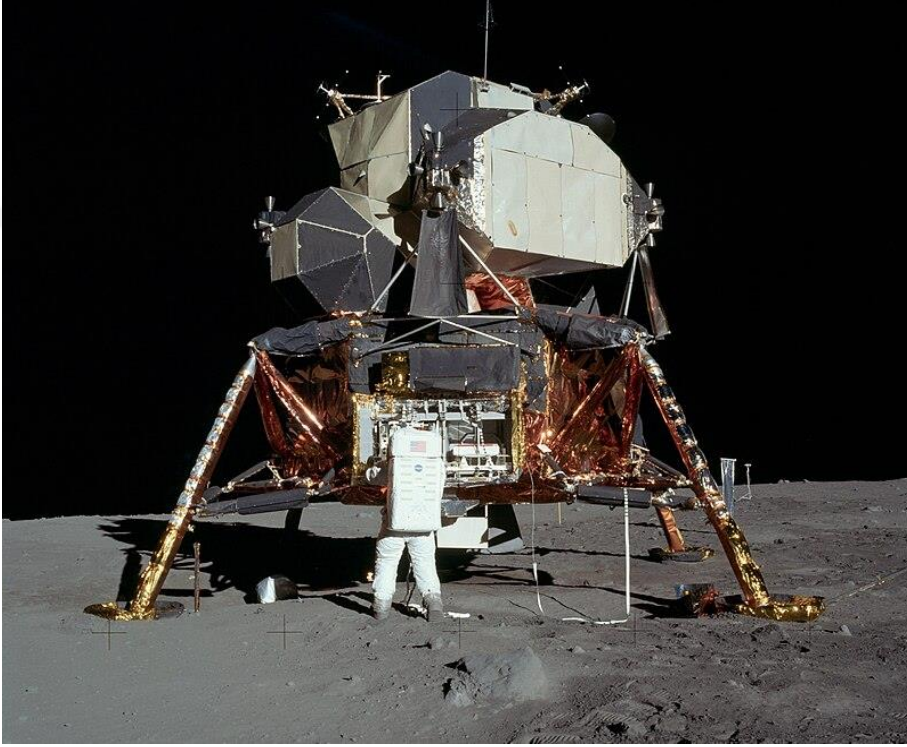


Şekil 2. 8. Vostok-1 mürettebat kabini içi, 1961 (Url-7)

İlerleyen süreçte ABD'nin Apollo programı, Ay'a insan gönderme hedefini gerçekleştirmek amacıyla başlatılmıştır. İlk Apollo görevleri insansız test uçuşları olarak gerçekleştirilmiş, 1968'de Apollo 7 ile insanlı test uçuşlarına başlanılmıştır. Bu görev, komuta ve hizmet modülünün yörüngede nasıl performans gösterdiğini test etmiştir. Apollo 8 ise, Ay'a ulaşan ve onun yörüngesinde dönen ilk insanlı görevdir. 1969'a gelindiğinde Apollo 11'in Ay'a inişiyile Neil Armstrong ve Buzz Aldrin Ay yüzeyinde yürümüşler böylece dünya dışı bir gök cisminde insanlık ilk kez bulunmuştur. Apollo programı, toplamda 17 görevle Ay'a insanlı ve insansız uçuşlar gerçekleştirmiştir (Scherer, 2016).

Apollo Programı insanlık için bilimsel ve teknolojik birçok kazanım sağlamıştır. Ay'dan getirilen yaklaşık 382 kilogramlık kaya ve toprak örneği ile, Ay'ın yapısı ve tarihi hakkında önemli bilgiler edinilmiş ayrıca Apollo görevleri sırasında kurulan bilimsel deneyler ile, Ay'da jeofizik, güneş fiziği ve biyolojik araştırmalar yapılmasına

olanak tanınmıştır. Teknolojik olarak ise, Apollo programı, bilgisayar teknolojisi, telekomünikasyon, malzeme bilimi ve insan faktörleri mühendisliğinde önemli ilerlemelere yol açmıştır. Program dünya genelinde büyük bir kültürel ve sosyal etki yaratmıştır. İnsanlığın Ay'a ulaşması, bilim ve teknolojinin gücünü gözler önüne sermiş ve birçok insana ilham kaynağı olmuştur. Apollo 11'in Ay'a inişi, dünya çapında yaklaşık 600 milyon kişi tarafından canlı izlenmiştir ki bu olay dönemin en büyük küresel olaylarından biri olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2. 9. Apollo Ay İniş Modülü Ay'da Yürüyen Astronot, 1969 (NASA Apollo Arşivi)

Uzay araçları, Uzay istasyonlarının inşa edildiği süreçte ve sonrasında da aktif bir şekilde rol almışlardır. 1981-2011 yılları arasında devam eden Space Shuttle programı tekrar kullanılabilir uzay araçlarıyla insanlı ve insansız çok sayıda görev tamamlamıştır. Uzay mekikleri, yörüngede bilimsel deneyler yapmak, uydu yerleştirmek gibi başarıları olan Space Shuttle, Uluslararası Uzay İstasyonu'nun inşasında da kritik rol oynamıştır. Uzay istasyonları inşasından sonra ise buraya mürettebat taşımak için kullanılan uzay araçlarının en uzun görev yapanları Soyuz uzay araçlarıdır. 1960'ların sonlarından bu yana güvenilir bir şekilde insanları uzaya taşıyan Soyuz, günümüzde de Uluslararası Uzay İstasyonu'na astronot taşımak için hala aktif olarak kullanılmaktadır. Yakın dönemde geliştirilen SpaceX'in Crew Dragon

kapsülü ve Boeing'in Starliner uzay aracı, Uluslararası Uzay İstasyonuna astronot taşıyan modern insanlı uzay araçlarıdır. Crew Dragon, 2020'de ilk operasyonel insanlı uçuşunu gerçekleştirerek yeni bir dönemin başlangıcını işaret etmiştir.

2.3.2. Uzay İstasyonları

Uzay istasyonları, insanlığın uzaya olan ilgisini ve teknolojik yeteneklerini yansıtan önemli yapılar olarak tarihsel bir evrim göstermiştir. Bu yapılar, bilimsel araştırmaların yapıldığı, deneylerin gerçekleştirildiği, uzayda yaşam koşulları üzerine çalışmaların yürütüldüğü uzay araştırma platformlarıdır. Uzay istasyonları, uluslararası işbirliği ve uzay bilimi geliştikçe, insanlığın evreni anlama çabalarına önemli katkılarda bulunmuştur.

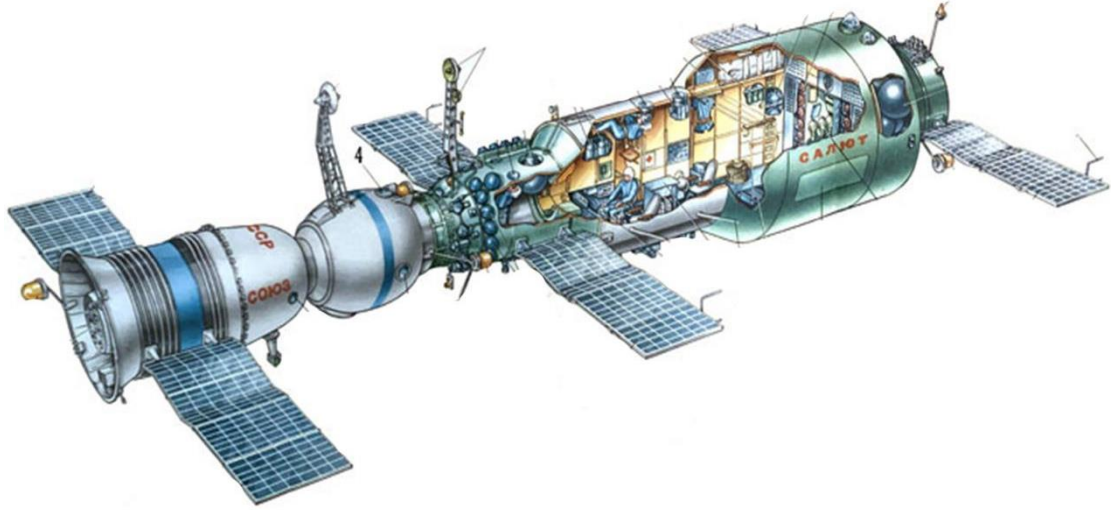
İstasyonlar dünya yörüngesine yerleştirilen ve insanların uzun süre içinde yaşayabilecekleri donanımlarda tasarlanmışlardır. Yörüngede buldukları süre boyunca dünyayı incelemek, gezegenlerin ve diğer gök cisimlerinin gözlemi yapmak, yerçekimsiz ortamda insan biyolojisini incelemek gibi çeşitli görevler için üs olarak kullanılan uzay istasyonları, dünyada yapılamayan birçok gözlemi yerçekimsiz ortamda yapılabilir kılmaktadır.

Tasarım kriterleri, uzay istasyonunun bulunduğu zor koşullar göz ününe alınarak oluşturulmuştur. Yüksek basınca ve ısı farklılıklarına dayanıklı materyallerle üretilen yapıların küçük olanları dünyada üretilip yörüngeye fırlatılırken daha büyük boyutlarda olanlar modüller halinde uzaya gönderilip yörüngede monte edilmek üzere tasarlanmışlardır. Bir uzay istasyonunun mühendisliği, tasarımı ve inşasının ilk detayları 1928'de Herman Noordung tarafından tanımlanmıştır. "Yaşayan tekerlek" olarak tanımladığı uzay istasyonu kendi etrafında dönen bir tekerlek formundan oluşur (Noordung, 1995). Noordung bu dönüş ile mürettebat iyeleri için yapay yerçekimi yaratmayı hedeflemiştir. Öncelikle dünya yüzeyine monte edilerek test edilecek yapının parçalar halinde yörüngeye fırlatıldıktan sonra monte edilmesini detaylı bir şekilde anlatmıştır. Noordung'un kuyuya attığı bu ilk taşın sonra uzay istasyonu fikri günden güne geliştirilmiş, gerçekçi tasarımlar üretilmeye başlanmıştır.

Temmuz 1969'daki başarılı Apollo 11 Ay inişine yanıt olarak Sovyet Hükümeti, dünyanın ilk sivil Dünya yörünge uzay istasyonunu geliştirmeye karar vermiştir. Bunun sonucunda, yörüngeye yerleştirilen ilk uzay istasyonu, SSCB tarafından 1971 yılında fırlatılan Salyut olmuştur. İstasyon, silindirik bir yapıya sahip olup, en geniş

kısmı 4,25 metre (13,9 feet) apında, 14.6 metre (48 fit) uzunluğundadır (Harland, 2019). Sovyet mühendisler istasyonu geniş bir bilimsel ekipmanla donatmıştır. Bunlar arasında insanın uzun süreli uzay uçuşuna adaptasyonunu incelemek için deneyler, güneş ve astronomik gözlemler için çeşitli teleskoplar ve Dünya'yı gözlemek için aletler bulunur. Uzun süreli ağırlıksızlığın etkilerini ortadan kaldırmak ve kas kütesini korumak için bir koşu bantları ve elastik bantlar içeren istasyon için ayrıca büyük kas grupları üzerinde sabit bir yük sağlayan dikilmiş elastik bantlara sahip Penguen kıyafeti adı ile verilen özel giysiler tasarlanmıştır. Veter adlı bir cihaz, mürettebat üyelerinin kardiyovasküler sistemlerini zorlamak için alt vücut negatif basıncını kullanmak için tasarlanmıştır. Büyük bir buzdolabı ve yiyecek ısıtıcısı ile mürettebatın zengin bir yiyecek menüsüne sahip olması sağlanmıştır (Uri, 2021).

6 Haziran'da Dobrovolski, Volkov ve Patsayev, Soyuz 11 uzay aracı ile Salyut'a başarılı bir şekilde yavaşmış ve oraya transfer olmuştur. Rekor kıran 24 günlük görev sırasında mürettebat astrofizik, biyoloji, Dünya gözlemleri ve teknoloji alanlarında bir dizi deney gerçekleştirmiş ve uzun süreli ağırlıksızlığın insan vücudu üzerindeki etkilerini incelemek için test denekleri olarak görev yapmıştır (Uri, 2021). Canlı türlerinin derin uzay koşullarında yaşama durumlarının da incelendiği programda, bu şartlarda mümkün olacak bir yaşam için ilk mekân analizleri yapılmıştır denilebilir. Görev, kozmonotların Dünya'ya dönüşleri sırasında uzay araçlarının aniden basınçsız kalması sonucu hayatlarını kaybetmesiyle trajik bir şekilde sona ermiştir. Üç kozmonot uzayda bu kadar uzun süreler yaşayabilen ilk insanlardır ve uzay ortamının insan yaşamı üzerine etkilerini gözlemleyerek sonraki uzay istasyonlarının geliştirilmesine büyük katkı sağlamışlardır. Salyut Uzay İstasyonu'nun görevi ise 175 günlük bir sürenin ardından sonlandırılmıştır (Harland, 2019).



Şekil 2. 10. Salyut Uzay İstasyonu, 1971 (Url-8)

Salyut 1'in ardından SSCB vakit kaybetmeden 1973 yılında Salyut 2'yi fırlatmış ve devam eden süreçte Salyut 3, Salyut 4, Salyut 5 uzay istasyonları yörüngeye yerleştirilmiştir. 1977 ve 1982 yıllarında fırlatılan Salyut 6 ve Salyut 7 ise daha gelişmiş sistemlerle donatılmıştır ve Rusların uzun süre görev yapan en önemli istasyonları Mir Uzay İstasyonu için bilimsel çalışmalara altyapı sağlamışlardır.

Salyut görevleri ile Uzay yarışında büyük bir ilerleme kaydeden SSCB'yi ABD, 1973 yılında uzaya gönderdiği Skylab Uzay İstasyonu ile takip etmiştir. Skylab, toplamda üç mürettebatlı görevle ziyaret edilmiştir. Skylab 2 görevi ilk mürettebatlı görevdir ve 25 Mayıs 1973'te fırlatılan bu görevde, astronotlar Pete Conrad, Joseph Kerwin ve Paul Weitz, istasyonun kalkış sırasında aldığı hasarı onararak 28 gün boyunca istasyonda kalmışlardır. Ardından birçok astronot Skylab 3'de 59 gün, Skylab 4'te 84 gün kalarak önemli bilimsel araştırmalar yapmışlardır. İstasyonda yapılan deneyler, biyoloji, tıp, astronomi, malzeme bilimi ve Dünya gözlemi gibi çeşitli alanlarda önemli bilgiler sağlamıştır. Özellikle güneş gözlemleri, güneşin yapısı ve davranışları hakkında değerli veriler sunarak güneş fiziği alanında önemli ilerlemelere yol açmıştır. Astronotlar, uzayda uzun süreli kalmanın insan vücudu üzerindeki etkilerini inceleyerek, kemik yoğunluğu kaybı, kas atrofisi ve radyasyon etkileri gibi konularda önemli bulgular elde etmişlerdir.



Şekil 2. 11. Skylab Uzay İstasyonu uzaydan görünümü, 1973 (Url-9)

Skylab Uzay İstasyonu, zamanının en büyük güneş gözlemevi, mikrogravite laboratuvarı, tıbbi araştırma merkezine sahiptir. Dünya gözlem tesisi ve en önemlisi sakinleri için uzakta bir ev olarak hizmet vermiştir. Program mekân tasarımında yeni teknolojileri kullanmış, uzay mimarisi alanında gelişmelere öncü olmuştur. Özel tuvaletler ve duşlar, uyku tulumları, egzersiz aletleri ve mutfak olanakları mikro yerçekiminde çalışacak şekilde düşünülmüştür. Bütün bu yeni teknolojiyle tasarlanmış yaşam ortamları ile uzay ortamında mimarlık kavramına yeni ve gerçekçi bir soluk getirmiştir.

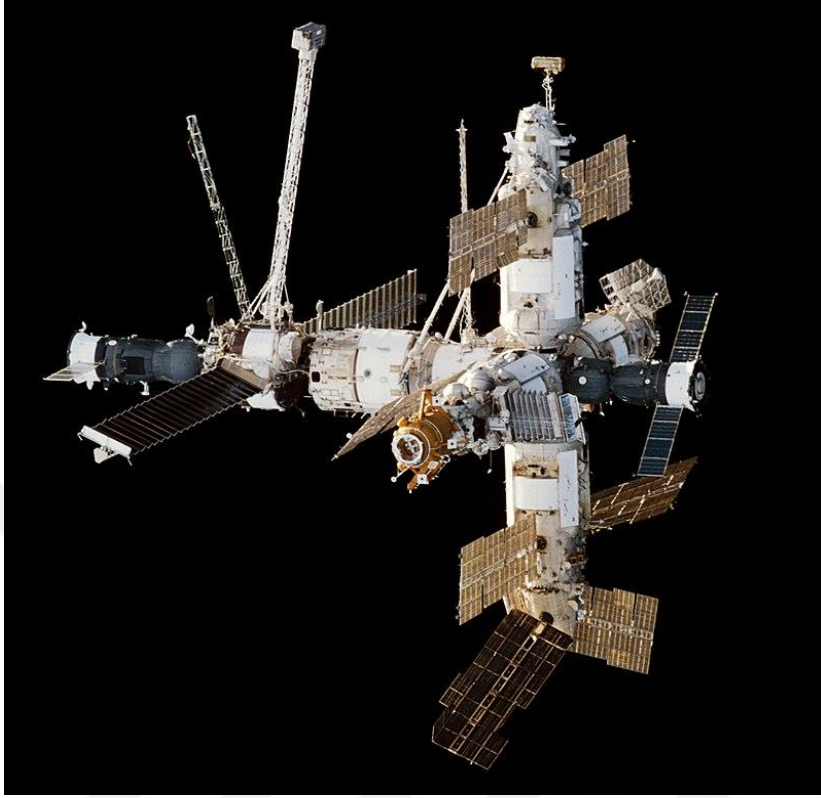


Şekil 2. 12. Skylab mürettebatı günlük hayatlarından kesitler, 1973 (NASA, Part I - The History of Skylab)

Skylab projesi, yüksek güneş aktivitesi yüzünden zarar vermesi nedeniyle 1979'da NASA tarafından sonlandırılmıştır. Görevinin bitişinin ardından dünya atmosferine tekrar giren Skylab, Batı Avustralya ve Hint Okyanusu'na doğru düşüp parçalara ayrılmıştır (NASA, 2003).

ABD'nin Skylab'ının başarısını ardından Ruslar Mir Uzay İstasyonu 1986 yılında yörüngeye fırlatmıştır. Büyük bir istasyon olması planlanan Mir, modüler sistemde tasarlanan ilk uzay yapısıdır. Öncelikli olarak ana bloğunun uzaya gönderildiği Mir'in yakın zamanda fırlatılacak başka modüllerle büyütülmesi planlanmıştır. İstasyon, modüller uzay ortamında birleştirilecek şekilde tasarlanmıştır. Mir temel bloğu veya çekirdek modülü olarak adlandırılan ilk modül, mürettebatın yaşam alanları, yaşam desteği, komuta, kontrol ve iletişim sistemleri sağlayacak şekilde planlanmıştır. Sovyetler, 15 yıllık ömrü boyunca, yeteneklerini ve yaşanabilir hacmini genişletmek için temel bloğa, ikisi kısmen ABD tarafından sağlanan bilim ekipmanı ile donatılmış beş araştırma modülü daha eklemiştir. Bunlardan ilki 1986'da temel bloğun yörüngeye yerleşmesinin ardından 1987 yılında fırlatılan Kvant-1 modülüdür ve astrofizik araştırmaları ve bilimsel deneyler için kullanılmıştır. 1989'da eklenen Kvant-2 modülü ise, biyomedikal araştırmalar, su ve oksijen üretimi ve mürettebatın dış uzay aktiviteleri için gerekli ekipmanları içerecek şekilde tasarlanmıştır. 1990 ve 1996 yılları arasında istasyona eklenen Kristall Modülü, Spektr ve Prioda modülleri ile malzeme bilimi ve biyoteknoloji alanında deneyler için laboratuvar sağlanmış, dünya gözlemi, atmosfer çalışmaları ve ekolojik araştırmalar yapılmıştır. Mir, uzaydaki varlığı boyunca, bugüne kadarki en uzun tek uzay uçuşu da dâhil olmak üzere 12

ülkeden 125 kozmonot ve astronota ev sahipliği yapmıştır. Mir'de öğrenilen dersler, Uluslararası Uzay İstasyonunun (ISS) hayata geçirilmesini kolaylaştırmıştır.



Şekil 2. 13. Mir Uzay İstasyonu Uzaydan Görünüşü, 1986 (Url-10)

Formu kanatları uzatılmış bir yusufçuğa benzetilen Mir, Uzun süreli görevler için masa, yemek hazırlama alanı, atık deposu, gözlem ekipmanları, egzersiz aletleri, video donanımı, yere menteşeli sandalye ve uyku tulumu, tuvalet ve lavabo ile kişisel hijyen alanı olan bireysel mürettebat mekanlarına sahiptir. Bu bağlamda mekân kavramı kendinden önceki uzay istasyonlarına göre daha dikkatli düşünülerek ve tasarlanarak ele alınmıştır denilebilir. Titizlikle tasarlanan mekânları sayesinde ilk kez Dünya dışı ortamda tohumdan buğday bitkisi yetiştirilebilmiştir. Beklenenden çok daha uzun süre görev yapan Mir Uzay İstasyonu 1997 yılında tedarik aracıyla çarpışması sonucu kullanılamaz hale gelmiş ve 2001 yılında dünya atmosferine yeniden girerek pasifik Okyanusu'na düşürülmüş, böylece görevi sona ermiştir (NASA, 2022).



Şekil 2. 14. Mir uzay istasyonu temel modülünde bir astronot (Url-11)



Şekil 2. 15. Mir uzay istasyonunda egzersiz yapan bir astronot (Url-12)

29 Ocak 1998'de Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Japonya, Kanada ve katılımcı Avrupa Uzay Ajansı ülkelerinden (Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Norveç, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık) temsilciler Washington DC'deki ABD Dışişleri Bakanlığı'nda bir araya gelmiş ve Uzay İstasyonu İşbirliği konusunda bir anlaşma imzalamıştır. Anlaşmanın ardından on ay sonra Ruslar, Uluslararası Uzay İstasyonu'nun yörüngedeki ilk modülü olan Zarya'yı, Kazakistan'daki Baykonur Uzay Üssü'nden fırlatmıştır. Modüler bir şekilde inşa edilen ve parçalarının uzayda birleştirilmesi tasarlanan Uzay İstasyonunun ilk Amerikan unsuru olan Unity Node 1 modülü, üç hafta sonra Uzay Mekiği Endeavour aracılığıyla gelmiş ve en büyük uluslararası uzay platformunun inşasına başlamıştır. Bunu Temmuz 2000'de Zvezda Servis Modülü izlemiş ve mürettebat üyeleri için yaşam alanları sağlamıştır (NASA,2021). Mürettebat için temel ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri modüllerden sonra, aynı Mir Uzay istasyonunda olduğu gibi araştırma modülleri istasyona eklenmeye başlamıştır. Bunlardan ilki olan Destiny ABD yapılmıştır ve laboratuvar görevi görmektedir. Avrupa Uzay Ajansı tarafından sağlanan Destiny modülü ve Japon Uzay Ajansı tarafından sağlanan Kibo modülü de yine bilimsel çalışmalar yürütmek için çeşitli ekipmanlarla donatılmış olarak fırlatılmışlar ve istasyona eklenmişlerdir.



Şekil 2. 16. Uluslararası Uzay İstasyonu Uzaydan Görünümü (Url-13)

Uluslararası Uzay İstasyonu inşa edilmiş en büyük uzay yapısıdır. 2,247 m²lik Güneş panelleri ile istasyonun bütün enerjisi üretilir. Yapının mürettebatın içinde yaşadığı

bölmeleri Zarya-FGB, Node 1-Unity, Zvezda-SM, Destiny, Columbus, Node 2-Harmony, Kibo, Node 3-Tranquility ve Cupola modülleridir (NASA, 2015). Temel yaşam alanları yemek depoları ve masası, egzersiz ekipmanları, bilimsel laboratuvarlar, uyku bölümleri, temizlik ve tuvalet gibi alanlar bu modüllerde bulunmaktadır.



Şekil 2. 17. Uluslararası Uzay İstasyonu Mürettebat Yemek Alanı (Url-14)



Şekil 2. 18. Uluslararası Uzay İstasyonu Mürettebatın kişisel Yaşam Birimi (Url-15)

Uluslararası Uzay İstasyonu inşa edilmiş en büyük uzay yapısıdır. 2,247 m²lik Güneş panelleri ile istasyonun bütün enerjisi üretilir. Yapının mürettebatın içinde yaşadığı bölümleri Zarya-FGB, Node 1-Unity, Zvezda-SM, Destiny, Columbus, Node 2-Harmony, Kibo, Node 3-Tranquility ve Cupola modülleridir (NASA, 2015). Temel yaşam alanları yemek depoları ve masası, egzersiz ekipmanları, bilimsel laboratuvarlar, uyku bölümleri, temizlik ve tuvalet gibi alanlar bu modüllerde bulunmaktadır.



Şekil 2. 19. Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kitap okuyan bir mürettebat (Url-16)

İstasyonun yaşam alanları içinde en önemli modüllerden biri Zvezda Servis Modülüdür. Zvezda'nın, modüler sisteminin bir parçası olarak kendinden sonra fırlatılacak modüller için de bağlantı noktaları vardır. İçerisinde, yaşam destek üniteleri, elektrik dağıtım paneli, veri işleme sistemi, uçuş kontrol sistemi barındırır. Zvezda modülü, öncelikli olarak mürettebatın uzayda uzun süreli yaşamasına olanak sağlamak için tasarlanmıştır. Bu bağlamda içinde, tuvalet, yemek alanı (yemek masası, buzdolabı, ısıtıcı) bulunur. Ayrıca yerçekimsiz ortamda mürettebatın kas kaybını önlemek için düzenli spor yaptıkları bir alan ve vücut kitle endeksi ölçümü yaptıkları bir cihaz da mevcuttur.

Zvezda modülünün uç kısımlarında uyku kabinleri mevcuttur. Kabinlerin kapıları tek yöne açılan kapılardır ve kabin içindeki kişi duvara sabitlenmiş uyku tulumlarında uyurlar. Yerçekimsiz ortamdan dolayı sürekli hareket halinde olan astronotlar, kendilerini sabitlemeden uydukları durumda duvarlara ve cihazlara çarpabilmektedir. Bu nedenle uyku kabini yetersiz olduğu durumlarda da kendilerini belli alanlara

sabitleyerek uyuyabilirler. Zvezda modülüne sonradan bağlanan Node 2 modülüne de uyku alanları eklenmiştir (ESA, 2011).



Şekil 2. 20. Uluslararası Uzay İstasyonu Uyku Kabinlerinde Mürettebat (Url-17)

Uluslararası Uzay İstasyonu yerçekimsiz ortamda mürettebatın daha rahat hareket edebilmesi adına silindirik formlarda tasarlanmıştır. Yerçekimsiz ortamda üst ve alt kavramları olmadığı için mürettebatın yön duygusu çok zayıflar. Bu nedenle yön bulma aracı olarak iç mekânda aydınlatmalar kullanılır. Ayrıca yönlendirme yazıları da aydınlatmalara göre düzenlenmiştir. Mürettebatın istasyon içinde hareket edebilmelerini sağlamak amacıyla istasyonun bütün yüzeylerinde tutacaklar bulunmaktadır. Mürettebat Tutacaklardan tutunarak kendilerini çekerek ya da iterek istasyon içinde hareket edebilirler (ESA, 2011).

İlk modülün fırlatıldığı 1998 den itibaren 20 den fazla modül fırlatılmış ve 2021 de son parçaların eklenmesiyle ISS bugünkü halini almıştır. Yıllar içinde gittikçe büyüyen ve farklı alanlara hizmet etmek üzere geliştirilen modüllerle tamamlanan sistem inşa edilen en büyük uzay yapısıdır. Uzay ortamında insanlar için elverişli yaşam koşulları ve mimarlık anlayışı üzerine çok fazla gözlem yapma olanağı yaratmıştır. İstasyon aynı zamanda uluslararası işbirliğinin en önemli sembollerinden biridir. ABD, Rusya, Avrupa, Japonya ve Kanada gibi ülkelerin yanı sıra, birçok başka ülkenin de bilim insanları ve mühendisleri projeye katkıda bulunmuştur. Bu işbirliği,

uzayda barışçıl amaçlarla birlikte çalışma ve ortak hedeflere ulaşma konusundaki kararlılığı göstermektedir.

Uzay yarışı dönemi, insanlığın uzaya olan ilgisini ve teknolojik yeteneklerini büyük ölçüde ilerletmiştir. Bu dönemde ve sonrasında inşa edilen ve uzaya gönderilen uzay yapıları, bilimsel keşiflerin yanı sıra, insanların sınırlarını aşma arzusunun bir ifadesi olarak tarihe geçmiştir. Uzay yarışı, insanlığın ortak keşif yolculuğunu simgelerken, bu yapılar günümüz uzay programlarının temelini oluşturan önemli kilometre taşlarıdır.



3. UZAY MİMARİSİNİN GELİŞİMİNDE ROL OYNAYAN FAKTÖRLER

Uzay, bilinmeyen sınırlarını içinde barındıran bir laboratuvar olma özelliği taşıırken, bu ortamın zorlayıcı koşulları, uzay mimarisini daha önce hiç düşünülmemiş bir yaratıcılıkla ele almaya zorlamıştır. Uzay mimarisi, sadece teknik ve mühendislik açısından değil, aynı zamanda estetik, ergonomik ve psikolojik boyutlarıyla da insan yaşamını sürdürülebilir kılmayı amaçlayan çok yönlü bir disiplindir.

Uzay mimarisinin temelini oluşturan en önemli faktörlerden biri, bilimsel ve teknik ilerlemelerdir. Özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren, uzay teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, uzay yapılarının inşa edilmesini mümkün kılmıştır. Roket teknolojisindeki ilerlemeler, uzaya büyük modüllerin ve yapıların taşınmasını sağlayarak, uzay istasyonlarının ve diğer büyük ölçekli uzay yapılarının inşasını mümkün kılmıştır. Malzeme bilimi alanındaki yenilikler, hafif, dayanıklı ve ısıya dirençli malzemelerin geliştirilmesiyle uzay yapılarının güvenliğini ve dayanıklılığını artırmıştır. İletişim teknolojilerindeki gelişmeler, Dünya ile uzay arasındaki sürekli bağlantıyı sağlayarak, uzay görevlerinin güvenli ve verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, güneş panelleri ve diğer yenilikçi enerji sistemleri, uzayda uzun süreli enerji tedarikini mümkün kılarak bağımsız yaşam alanlarının oluşturulmasını sağlamıştır.

Uzay mimarisinin başarılı olabilmesi adına insan yaşam döngüsünün devamlılığı gereklidir ve bunun için sürdürülebilir koşullar sağlanması kritik öneme sahiptir. Uzayda yaşayan ve çalışan insanların fiziksel ve psikolojik sağlığını korumak, tasarım sürecinin merkezinde yer alır. Yaşam destek sistemlerinin geliştirilmesi, astronotların uzun süreli görevlerde hayatta kalmasını sağlar. Bu sistemler, solunum, su, yiyecek ve atık yönetimi gibi temel ihtiyaçları karşılamaktadır. Uzay araçlarının ve modüllerinin iç mekânlarının, insanların hareket edebilmesi, rahat çalışabilmesi ve dinlenebilmesi için ergonomik olarak tasarlanması gereklidir. Bu tasarımlar, kas ve kemik sağlığını koruyacak egzersiz alanlarının yanı sıra, psikolojik iyilik hali için konforlu yaşam alanlarını da içerir. Ayrıca, uzayda maruz kalınan kozmik radyasyonun sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için koruyucu önlemler ve malzemeler geliştirilmiştir.

Uzay mimarisinin gelişimindeki bütün bu faktörlerin temeli, dünya ortamında şekillenmiştir. Dünya üzerindeki yapılar ve onları inşa ederken elde edilen veriler ve kazanılan deneyim, uzay gibi zorlu bir ortamda insanlığın inşa edebilme yetisine sahip

olmasını sağlamaktadır. Dünya üzerinde geliştirilen mimari teknikler, malzeme bilimi, mühendislik çözümleri ve sürdürülebilirlik stratejileri, uzay mimarisinin temel taşlarını oluşturur. Örneğin, yüksek binaların ve köprülerin inşası sırasında yapısal mühendislik ve malzeme bilimi alanında elde edilen bilgi ve deneyim, uzayda dayanıklı ve güvenilir yapılar tasarlamak için kullanılmıştır. Yüksek rüzgârlar, depremler ve aşırı hava koşulları gibi çevresel faktörler, dünya üzerindeki yapıların dayanıklılığını test ederken, aynı zamanda uzayda karşılaşılabilecek benzer zorluklara hazırlık sağlamıştır. Dünya üzerindeki yapıların inşası sırasında elde edilen veri ve deneyim, uzay mimarisinin temel taşlarından birini oluşturan malzeme bilimini de şekillendirmiştir. Uzayda kullanılan malzemelerin, aşırı sıcaklık farklarına, yüksek radyasyon seviyelerine ve mikro yerçekimine dayanıklı olması gerekmektedir. Bu nedenle, dünya üzerindeki malzeme bilimi araştırmaları, uzayda kullanılmak üzere özel olarak uyarlanmış malzemelerin geliştirilmesine ilham vermiştir.

Uzayın insan yaşamı için uygun koşullara sahip olmaması, insanları ekstrem uzay koşullarında tasarlama ve inşa etme serüvenine itmektir. Bu bağlamda dünya üzerinde ekstrem koşullarda mimarlık örnekleri uzay çalışmaları için örnek teşkil edebilir. Ekstrem koşullarda mimarlık, Antarktika'daki araştırma istasyonlarından, yüksek rakımlı yapılar ve deniz altı tesislerine kadar çeşitli zorlu çevrelerde test edilip uygulanmış bilgilerden beslenir. Bu deneyimler, uzayda karşılaşılan aşırı sıcaklık dalgalanmaları, yüksek radyasyon seviyeleri ve mikro yerçekimi gibi benzersiz zorluklara adapte edilebilir. Uzayın bu zorlayıcı ortamlarında, yapısal dayanıklılığı artırmak amacıyla malzeme bilimi ve mühendislik alanındaki yenilikler kritik önem taşımaktadır. Isıya dayanıklı, hafif ve güçlü malzemelerin geliştirilmesi, uzay yapılarının güvenliğini sağlamada büyük rol oynamaktadır. Aynı zamanda, bu malzemelerin uzun ömürlü ve bakım gerektirmeyen yapılar oluşturması da gereklidir.

Uzay ortamında inşa etmenin zorluğu ve insan gücü faktörü düşünüldüğünde dünya üzerinde geliştirilen robotik mimarlık çalışmaları uzay yapıları için önemli bir noktada durmaktadır. Robotik mimarlığın insan müdahalesi olmadan inşa edilebilecek yapıların tasarımını ve yapımını içermesi bu konuda önemli olmaktadır. Bu, özellikle tehlikeli veya erişilmesi zor alanlarda robotik sistemler ve 3D baskı teknolojilerinin kullanımını kapsar. Otonom robotlar ve yapay zekâ destekli sistemler, Ay veya Mars yüzeyinde inşa edilecek yapıların temel taşlarını oluşturur. Bu teknolojiler, malzeme kullanımını optimize ederek inşaat süreçlerini hızlandırır ve maliyetleri düşürür.

Ayrıca, robotik sistemlerin hata payı düşük ve verimliliği yüksek olduğundan, insan kaynaklı hataları en aza indirir. Robotik sistemler ayrıca hareket edebilen yapıların da kontrol mekanizmasında önemli bir rol oynar. Hareketlilik ise tartışılmaz bir şekilde uzay görevlerinin kalbinde yer alan bir kavramdır denilebilir. Hareketli yaşam modülleri ve gezici araçlar, keşif görevlerinde esneklik sağlar ve astronotların daha geniş alanları keşfetmelerine olanak tanır. Bu modüler sistemler, gerektiğinde başka yerlerde yeniden kullanılabilir veya başka görevlere adapte edilebilir şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca astronotların güvenli ve verimli bir şekilde yer değiştirmesi sağlanırken, modüler yapılar ve yeniden konumlandırılabilir sistemler gibi kavramlarla desteklenir. Modüler yapılar, farklı görevler ve koşullar için kolayca adapte edilebilir ve genişletilebilir. Bu modüller, Dünya'dan Mars'a veya Ay'a taşınabilir, orada monte edilebilir ve gerektiğinde yeniden yapılandırılabilir.

Uzayda enerji üretimi ve tüketimi, atık yönetimi, su geri dönüşümü ve biyo-rejeneratif yaşam destek sistemleri gibi alanlarda sürdürülebilirlik faktörü yenilikçi çözümler geliştirilmesine destek olmaktadır. Uzaydaki sınırlı kaynakları verimli kullanmayı hedefleyen bu yaklaşım, güneş panelleri, kapalı ekosistemler ve atık geri dönüşüm sistemlerini kapsar. Güneş enerjisinin verimli kullanımı, uzun süreli enerji ihtiyaçlarını karşılamak için hayati öneme sahiptir. Kapalı ekosistemler ve biyolojik geri dönüşüm sistemleri ise, astronotların ihtiyaç duyduğu su, hava ve gıdanın geri dönüştürülmesini ve yeniden kullanılmasını sağlar.

Sonuç olarak, uzay mimarisinin gelişimindeki tüm bu faktörlerin temeli, dünya üzerinde kazanılan bilgi ve deneyimlere dayanmaktadır. Dünya üzerindeki yapıların inşası sırasında elde edilen veriler ve kazanılan deneyimler, uzayda inşaat yapabilme yeteneğimizi doğrudan etkilemiştir. Dünya üzerindeki mimari ve mühendislik çözümleri, uzayda karşılaşılan benzersiz zorluklara adapte edilerek, insanlığın uzayda sürdürülebilir bir şekilde yaşamını ve çalışmasını mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, uzay mimarisinin gelecekteki gelişimi, dünya üzerindeki teknolojik ilerlemeler ve deneyimlerle sürekli olarak desteklenmeye devam edecektir. Ayrıca, özellikle uzay yarışı döneminde, hız kazanan uzay araştırmaları sırasında edinilen bilgilerin ve tecrübelerin de dünyadaki bilim ve teknoloji ortamını ve tabii ki mimarlığı etkilediği görülmektedir. Bu bağlamda faydalanımın tek taraflı olduğunu düşünmek yanlış olacaktır. Uzay araştırmaları sırasında geliştirilen birçok teknoloji günümüzde hala kullanılmaktadır.

3.1. Ekstrem Koşullarda Mimarlık

NASA Astrobiyoloji Enstitüsü ekstrem çevreyi şöyle tanımlanmıştır;

'Aşırı' göreceli bir kelimedir. Aşırı bir ortam, biz insanların şu kategorilerde rahatlıkla yaşayabileceği sınırların çok dışında kalan koşullarla karakterize edilebilir: pH (asitlik ölçüsü), basınç, sıcaklık, tuzluluk, radyasyon, kuruma (kuruluğun ölçüsü) ve oksijen seviyesi (NAI, 2001).

Uzay ortamı dünyadan oldukça farklı olup, en ekstrem koşulları barındırmaktadır (Yeğen, 2019). Bu nedenle uzayda inşa edilmesi planlanan yapılar için dünyadaki ekstrem koşullarda yapılan mimarlık örnekleri önemli birer öncü olmaktadır. Ekstrem koşullardaki mimarlık örnekleri sadece tasarım kriterleri açısından değil, inşa teknikleri açısından da uzay mimarlığı için önemlidirler. Aşırı soğuk ya da sıcak ortamlarda veya yer altı yapılarında normalde kullanılanlardan farklı inşa teknikleri kullanıldığından bu alanda yapılan çalışmalar ve uygulanan yeni teknikler uzay mimarisi açısından öncü niteliği taşımaktadır.

Aşırı soğuk bölgelerde inşa edilen yapılar, dayanıklılık ve enerji verimliliği gibi kritik faktörler göz önünde bulundurularak tasarlanır. Bu yapılarda, dış ortamın aşırı soğukluğuna karşı yalıtımın maksimum düzeyde sağlanması ve enerji kaybının en aza indirilmesi amacıyla özel malzemeler ve inşa teknikleri kullanılır. Bu tür teknikler, uzaydaki yapılar için de kritik öneme sahiptir, çünkü uzayda sıcaklık dalgalanmaları çok geniş aralıkta olabilir ve yapılar, dış ortamın aşırı koşullarına karşı dayanıklı olmalıdır. Benzer şekilde, aşırı sıcak bölgelerde inşa edilen yapılar da, yüksek sıcaklıkların ve yoğun güneş ışığının etkilerine karşı korunmak için özel tasarım ve inşa tekniklerine ihtiyaç duyar. Çöl bölgelerindeki yapılar, güneş ışığından korunmak için gölgeleme sistemleri, doğal havalandırma ve yansıtıcı yüzeyler gibi özelliklerle donatılmıştır. Bu tür teknikler, uzaydaki yapılarda da uygulanabilir, özellikle Ay veya Mars gibi gezegenlerin yüzeyinde inşa edilecek yapılar için önemlidir. Bu bağlamda ekstrem koşullarda kullanılan bu inşa teknikleri, uzay mimarisinin gelişiminde öncü niteliği taşır. Uzayda karşılaşılan zorluklar, Dünya'da benzer şekilde aşırı koşullarda geliştirilen tekniklerin adaptasyonunu ve yenilikçi uygulamaların hayata geçirilmesini gerektirmektedir.

Uzay mimarisindeki ekstrem koşullar, dünyadakilere ek olarak mikrogravite, yüksek radyasyon seviyeleri gibi eşsiz faktörleri de içermektedir ve uzay mimarisi bütün bu

koşulları göz önüne alarak yapı tasarımını kurgulamaktadır (Connors, 1999). Bu koşullar, dünya üzerinde alışık olduğumuz mimari anlayışından önemli ölçüde farklılık gösterir ve uzaydaki yapı tasarımını yönlendirir. Bu sayede, uzay istasyonları ve kolonileri, uzayın zorlu şartlarına karşı dirençli hale gelmektedir.

Mikrogravite, Dünya'daki yerçekiminin neredeyse sıfır olduğu bir ortamı tanımlar. Bu durum, geleneksel bina tasarımında genellikle hesaba katılmayan, ancak uzayda hayati önem taşıyan bir faktördür. Mikrogravitenin etkisi altında, uzay istasyonları ve kolonilerin içyapıları, insan hareketi ve kullanım kolaylığı açısından yeniden düzenlenir. Geleneksel düşey düzenlemeler ve zeminle etkileşim biçimleri, mikrogravite ortamında işlevsel olmayan kavramlar haline gelir. Bu nedenle, uzay mimarisinde, iç mekânların çok yönlü kullanımı, duvarlar ve tavanların da zemin gibi kullanılabilmesi gibi yeni tasarım prensipleri benimsenir. Bu bağlamda, mobilyalar, cihazlar ve diğer yaşam destek sistemleri, her yönden erişilebilir ve kullanılabilir olacak şekilde tasarlanır.

Radyasyon, uzayda ciddi bir tehlike oluşturan bir diğer önemli faktördür. Uzayda atmosferin bulunmaması, güneşten ve diğer gök cisimlerinden gelen zararlı ışınlarla daha doğrudan bir etkileşime yol açar. Bu durum, hem insan sağlığı hem de yapıların dayanıklılığı açısından büyük bir risktir. Uzay mimarisinde yapılan tasarımlar, bu radyasyonu minimize etmek veya engellemek adına özel kalkanlar ve malzemeler içerir. Örneğin, yüksek yoğunluklu malzemelerle yapılan kalkanlar, radyasyonun zararlı etkilerini azaltmak için kullanılır. Bu malzemeler arasında kurşun, su, polietilen ve diğer hidrojen içeriği yüksek malzemeler yer alır. Bu tür koruyucu önlemler, mürettebatın radyasyona maruz kalma riskini azaltarak sağlıklarını korur ve yapıların ömrünü uzatır. Gelecekte, Mars ve Ay gibi gök cisimlerinde kalıcı koloniler kurulması planlandığında, radyasyon koruması daha da önemli hale gelecektir. Mars yüzeyinde, atmosferin ince olması nedeniyle radyasyon seviyesi oldukça yüksektir. Bu nedenle, Mars kolonilerinin tasarımında, radyasyon koruması sağlamak amacıyla yer altı yapıları veya mars toprağı kullanılarak yapılacak kalkanlar gibi çözümler düşünülmektedir. Mars toprağının belirli kalınlıkta kullanılması, radyasyonu etkin bir şekilde engelleyebilir ve yer altı yapıları, doğal olarak radyasyondan korunmuş alanlar sağlayabilir.

Aşırı ısı değişimleri, uzaydaki objelerin sıklıkla maruz kaldığı bir durumdur. Güneşe dönük bir yüzey aniden karanlık bir alana geçebilir ve bu durumda sıcaklık hızla

değişebilir. Uzay mimarisinde, bu aşırı ısı değişimleri için yapı tasarımı, ısı yalıtımı ve termal dengeleme sistemleri üzerinde yoğunlaşır. Isı yalıtımı, yapıların içindeki sıcaklık dengesini korumak için kritik bir rol oynar. Bu sistemler, yapının güneşten gelen aşırı sıcaklığı absorbe etmesini veya dışarıdaki soğuk ortamdaki korunmasını sağlar. Termal dengeleme sistemleri, iç ortam sıcaklığının sürekli ve kontrol edilebilir bir seviyede kalmasını sağlamak için kullanılır ve genellikle pasif ısı yalıtım malzemeleri ve aktif ısı yönetim cihazlarının birleşiminden oluşur. Uzay mimarisi için termal dengeleme sistemlerinin geliştirilmesi, yapılar içindeki yaşam destek sistemlerinin etkinliğini korumak için de hayati önem taşır. Bu sistemler, uzay araçlarının ve istasyonlarının içindeki sıcaklığı sabit tutarak, elektronik cihazların ve diğer kritik ekipmanların doğru bir şekilde çalışmasını sağlar. Ayrıca, astronotların yaşam alanlarında konforlu bir sıcaklık sağlanarak, hem fiziksel hem de psikolojik sağlıklarının korunmasına yardımcı olunur. Bu tür sistemler, özellikle uzun süreli uzay görevlerinde ve kolonizasyon projelerinde vazgeçilmezdir.

Uzay mimarisindeki ekstrem koşullar, geleneksel tasarım prensiplerini yeniden şekillendirir ve uzayın zorlu şartlarına karşı dirençli, güvenli ve fonksiyonel yapıların inşasını amaçlar. Bu disiplin, insanlığın uzayda daha uzun vadeli varlığını mümkün kılmak için sürekli olarak evrimleşen bir alan olarak karşımıza çıkar. Uzay mimarisi, mikrogravite, radyasyon ve aşırı ısı değişimleri gibi zorluklarla başa çıkmak için yenilikçi çözümler geliştirir. Bu çözümler, sadece uzayda değil, aynı zamanda Dünya'da da inşaat ve tasarım alanlarında yeni yaklaşımların geliştirilmesine katkıda bulunur. Uzay mimarisi, gelecekteki uzay keşifleri ve kolonizasyon çabaları için kritik bir altyapı sunar ve bu alandaki ilerlemeler, hem uzayda hem de Dünya'da insanlığın yaşam kalitesini artırma potansiyeline sahiptir.

3.1.1. Düşük sıcaklıkta inşa edilmiş yapılar

Dünya üzerinde düşük sıcaklıklarda inşa edilen yapılar, genellikle soğuk iklim bölgelerindeki zorlu hava koşullarına dayanıklı olmak üzere tasarlanır. Bu tür yapılar, özellikle kutup bölgeleri veya yüksek dağlık alanlar gibi soğuk iklim koşullarına maruz kalan bölgelerde yaygın olarak bulunabilir. Bu yapılar, çeşitli endüstriyel, bilimsel veya konut amaçları için kullanılabilir.

Uzaydaki ani ve şiddetli hava değişim koşulları, dünya üzerindeki soğuk iklimlerle benzerlik gösterebilir. Uzayda, atmosfer olmadığı veya atmosferin çok ince olduğu için sıcaklık dalgalanmaları daha aşırı olabilir. Bu nedenle, uzay istasyonları veya uzay

araştırmaları için kullanılan diğer yapılar, düşük sıcaklıklara ve diğer zorlu çevresel koşullara dayanıklı olmak üzere özel olarak tasarlanır. Ayrıca düşük sıcaklıklarda inşa edilen yapılar çevrelerinden oldukça bağımsız ve çoğunlukla taşınabilir özelliklerle tasarlanmaları bakımından da uzay yapılarıyla benzerlik gösterirler (Bannova, 2016). Bu nedenle dünya üzerinde düşük sıcaklıklarda inşa edilen yapılar, uzayın zorlu çevresel koşullarına dayanacak tasarımlar için öncü olabilirler.

Düşük sıcaklıklarda inşa edilen yapılar genellikle yalıtım malzemeleri, enerji verimliliği teknolojileri ve dayanıklı yapı malzemeleri gibi özelliklere odaklanır. Bu tür yapılar, iç mekân sıcaklığını korumak, enerji maliyetlerini düşürmek ve sert kış koşullarında dayanıklılığı artırmak için tasarlanır. Ayrıca, taşınabilirlik ve montaj kolaylığı gibi özellikler, bu yapıları uzayda taşınabilir habitatlar veya geçici bilimsel istasyonlar gibi uygulamalar için uygun hale getirir (Bannova, 2016).

Geleneksel inşaat teknikleri, kutup bölgeleri gibi çok düşük sıcaklıktaki ortamlar için yeterli değildir dolayısıyla bu ekstrem ortamlarda daha farklı tasarım yaklaşımları benimsenmelidir. 1957-58 Birinci Uluslararası Jeofizik Yılı'ndan sonra Antarktika'da çok sayıda araştırma istasyonu inşa edilmiş ve yıllar boyunca Antarktika'da farklı tipteki yapılar test edilmiştir. Bütün bunların sonucunda yükseltilmiş yapı türlerinin, iç kutup koşullarında ve özellikle şiddetli kar sürüklemesi koşulları altında en güvenilir ve uzun süreli çalıştırılabilir tasarımlar olduğu kanıtlanmıştır (Brooks, 2000).

İlk yükseltilmiş yapı olan Avustralya Casey İstasyonu ve onu takip eden Alman Filchner İstasyonu, Kohnen İstasyonu, Amundsen-Scott Güney Kutbu İstasyonu ve nispeten yakın zamanda Britanya Halley VI Araştırma İstasyonu gibi istasyonlar, yükseltilmiş yapıların kullanılabilirliğini göstermektedir. Brooks'a göre, karda sürüklenme ne kadar iyi kontrol edilirse edilsin, bir noktada istasyonun yükseltilmesi gerekmektedir (Brooks, 2000).

Brooks, tüm yükseltilmiş yapıların eninde sonunda ya yükseklik sınırlarını aşacağını ya da yeni yükseklik kapasitelerine sahip destek yapılarının yeniden inşasına ihtiyaç duyacağını söylemektedir. Ana yapının altına, rüzgâr hızına ve yönüne göre ayarlanabilen bir apron yapısı ekleme önerisi ile Brooks, istasyon yapısının altında negatif sürüklenmeyi ve arkasında pozitif sürüklenmeyi en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Ona göre bu, istasyonun başlangıç konfigürasyonundaki ömrünü uzatacaktır.



Şekil 3. 1. Halley VI Antarktik Araştırma Merkezi, Hugh Broughton Mimarlık,2013 (Url-18)

Hugh Broughton'ın yeni Birleşik Krallık Antarktika istasyonu Halley VI'nın tasarımı, kayak destek istasyonu modülleri ile ayarlanabilir ayakların olduğu farklı bir yaklaşımı benimsemiştir (Howe 2009). Bölge için açılan bir yarışmanın kazananı olan tasarım, altındaki buz tabakası dengesiz hale geldiğinde yeniden konumlandırılabilir ve destek ayaklarına kayakların da dâhil edilmesi ile gerektiğinde tüm istasyonun yeri değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. İstasyon modüllerinin çok ağır olması ve sahada büyük ağır çekme makineleri gerektirmesi gibi sorunlardan dolayı bu tür tasarımların hâlâ önemli dezavantajları da bulunmaktadır.



Şekil 3. 2. Halley VI Antarktik Araştırma Merkezi Kesiti, Hugh Broughton Mimarlık,2013 (Bannova,2016)

Kutup bölgelerinin ekstrem koşullarından dolayı, donmuş toprak altında depolama ve koruma alanları da inşa edilmektedir. Bunlardan en önemli örnek 2008 yılında inşa edilen Svalbard küresel Tohum Deposu (Svalbard Global Seed Vault) dur. Bina Spitsbergen Adası'ndaki donuk halde bulunan bir kumtaşı dağının 130 m içine inşa edilmiştir. Dünya üzerindeki bitkilere dair bilgilerin olası afet senaryolarında

kaybolmaması adına gen ve tohum depolama merkezi olarak kullanılmaktadır. Çevresel koşulların zorluklarına maksimum dayanımda inşa edildiğinden önümüzdeki 200 yıl boyunca varlığını sürdüreceği düşünülmektedir (Daniel, 2006).



Şekil 3. 3. Svalbard Küresel Tohum Kasası, Peter W. Söderman, 2008 (Url-19)

2019 yılında ise yine aynı bölgede ziyaretçiler için bir gözlem merkezi yapılması planlanmıştır. Ziyaretçi merkezi, dünyanın en büyük güvenli tohum deposu olan Svalbard Küresel Tohum Deposu ve dünyanın dijital mirasını korumayı amaçlayan bir kasa olan Dünya Kutup Arşivi'ndeki içerikleri sergilemesi için tasarlanmıştır. Tasarımın giriş kısmı yerden yükseltilmiştir ve bu anlamda en yaygın kutup mimarisini takip etmektedir. Ana sergi salonunun olduğu çekirdek kısmı ise aşırı hava koşullarının aşındırmalarına direnecek şekilde dairesel formda ve yüzey girintileri ile tasarlanmıştır (Url 1). Ayrıca yapı güneş enerjisi kullanılacak şekilde tasarlanmıştır bu bağlamda çevreye ihtiyaç minimuma indirilmiştir denilebilir.



Şekil 3. 4. Svalbard Ziyaretçi Merkezi, Snøhetta, 2019 (Url-20)

Ekstrem koşullara sahip bölgelerdeki ekolojik, sosyal ve politik koşullar da tıpkı mimarlık gibi değişikliklere karşı oldukça hassastır. Buradaki istikrar, ister insan yaşamıyla ister doğal çevreyle ilgili olsun, kırılığandır ve her türlü yeni faaliyetin son derece dikkatli planlanmasını gerektirir (Walker ve ark. 1987). Bu bağlamda dünyadaki ve uzaydaki ekstrem ortamlar, tesisler ve operasyonlarla ilgili birçok benzer planlama zorluklarını paylaşır. Bu zorluklardan bazıları;

- “Dışarıdan” kopan mürettebat becerikli olmayı ve birbirlerine güvenmeyi öğrenmelidir,
- Mürettebat arkadaşlarının psikolojik ve fiziksel streslerle başa çıkmalarına yardımcı olmak için çalışmalıdırlar,
- Sınırlı konfor ve dinlenme olanaklarına uyum sağlamaları gerekmektedir,
- Yorucu iş yüklerine ve uyaran yoksunluklarına hazırlıklı olmalıdırlar,
- Ekipman arızalarıyla baş edebilecek eğitim ve donanıma sahip olmaları gerekmektedir,

şeklinde sıralanabilir.

Uzay istasyonları ve kutup istasyonlarındaki deneyimler, yaşanabilir çevre ve tasarım yaklaşımlarıyla ilgili çeşitli ortak insan faktörleri, psikolojik ve fiziksel sağlık

sorunlarını ortaya çıkarabilir (Leon, Sandal ve Larsen 2011). Bu bağlamda tasarımların sadece fiziksel çevre odaklı değil, insan odaklı olarak da ele alınması gerekmektedir. İçinde yaşayacak insanlara yukarıda bahsedilen maddeleri uygulayabileceği alanlar tasarlamak, kullanıcıların sosyal faaliyetlerinin önemini bilincinde olmak ve mekân tasarımında bu durumu gözetmek ekstrem kavramını kullandığımız bütün mimarlık alanları için oldukça önemlidir.

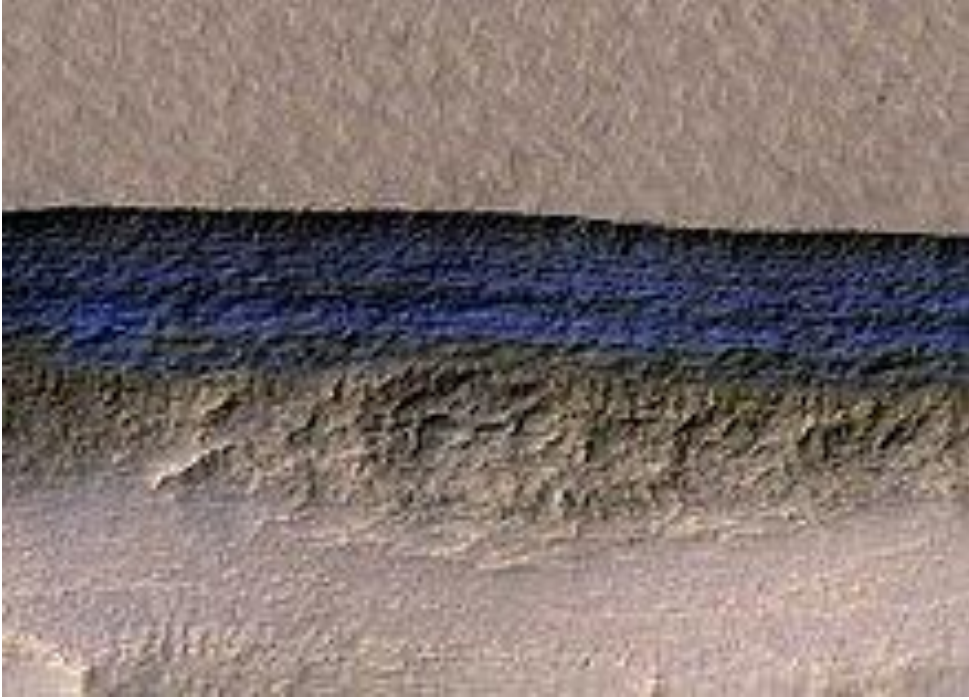
Ekstrem koşullarda yaşamın insan psikolojisine ve fiziksel sağlığına etkisini en aza indirmek adına NASA'nın uzay yapılarında kullandığı birtakım tasarım kriterleri bulunmaktadır. Uyku bölümleri ve hijyen bölümlerinin yapının karşıt taraflarında olması, bir sosyal/yemek alanı ve çalışma alanı planının merkezinde bulunması ve bu durumun hem gizlilik hem de gürültü azaltmayı sağlaması, uyku ve çalışma alanları aynı büyüklüğe sahipken, sosyal alanın en büyük alan olması bu kriterlerin başlıcalarıdır (Domingos, 2020). Koşulların benzerliği nedeniyle, günümüzde dünya üzerindeki ekstrem mimari örneklerinde de bu tasarım kriterlerine uyulan örnekler mevcuttur.

Çevresel zorluklar, planlama ve tasarımın tüm yönlerini etkileyen yapısal ve altyapısal zorluklar yaratır ve bu nedenle mimari programlama ve gereksinimlerde ele alınması gerekir. Dünya üzerinde aşırı soğuk kutup bölgelerinde inşa edilen yapılar ve uzay ortamında inşa edilen yapılar bu çevresel zorluklarla mücadele şekilleri ile çokça benzerlik göstermektedir. Bu bağlamda karşılıklı olarak birbirlerini besledikleri söylenebilir. Teknolojik ilerlemenin etkisiyle ekstrem koşullarda inşa teknikleri de gün geçtikçe gelişmekte, bu durum uzay çalışmaları ve yerleşimleri için referans olabilmektedir.

3.1.2. Su üzeri yapılar

İnsan ve su ilişkisi, tarih boyunca insanlığın varoluşu ve medeniyetlerin gelişimi için kritik bir rol oynamıştır. Su, yaşamın temel kaynağı olarak sadece içme ve temel ihtiyaçlar için değil, aynı zamanda tarım, sanayi, enerji üretimi ve ulaşım gibi çeşitli alanlarda da vazgeçilmez bir kaynaktır. İnsanlar, uygarlık kurdukları bölgeleri genellikle su kaynaklarına yakın yerleşim yerleri olarak seçmişlerdir. Nehir vadileri, göl kıyıları ve deniz kıyıları, medeniyetlerin yoğunlaştığı bölgeler olmuştur çünkü su, tarım arazilerini sulamak, enerji üretmek ve endüstriyel süreçlerde kullanmak gibi ekonomik faaliyetlerde kilit bir faktördür. Aynı zamanda su, birçok kültürde dini önem taşır. İnsanlar, suyu temizlenme, arınma ve yeniden doğma simgesi olarak görürler.

Su yalnızca dünya gezegeninde değil, güneş sisteminde ve uzayda insan yaşamı için uygunluğu araştırılan bölgelerde ilk aranan ögedir. Dünya dışında, Güneş Sistemi'ndeki bilinen sıvı su, Dünya'nın su hacminin (1,3 milyar kilometreküp) 25-50 katıdır (Hall, 2015). Marsta buz kütleleri halinde var olan su, Jüpiter'in uydusu Europa'da ve Saturn'ün uydusu Enceladus'ta sıvı halde bulunmaktadır. Bunların dışında yine güneş sistemimizde bulunan Ganymede, Ceres, Uranüs, Neptün ve Plüton'da su tespit edilmiştir (NASA, 2015).



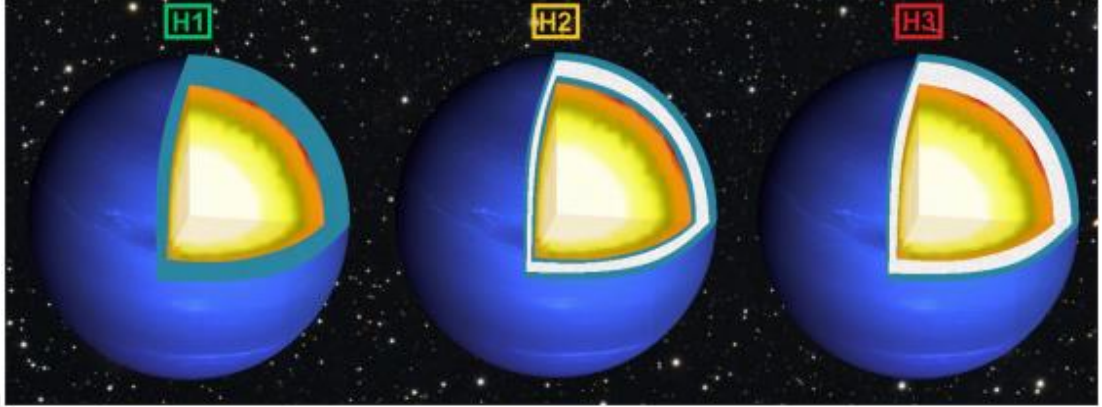
Şekil 3. 5. Mars yüzeyinin altından bir kesitte parlak mavi buz tabakası

(NASA Press Release, 2018)

Yakın zamanda ise gökbilimciler, tamamen suyla kaplı olan bir öte gezegen keşfetmişlerdir. TOI-1452 b, Ejderha (Draco) takımyıldızında ve Dünya'dan yaklaşık 100 ışık yılı uzaklıkta yer alan, gezegenimizden biraz daha geniş ve büyük bir öte gezegendir. *Astronomi Dergisi* (The Astronomical Journal)'nde yayımlanan bir makalede, Montreal Üniversitesi'nden araştırmacılar, gezegenin kütesinin büyük ölçüde, kayadan daha seyrek ama gazdan daha yoğun bir şeyden oluştuğunu gösterdiğini ve bunu küresel bir okyanusun olası işareti olduğunu açıklamışlardır.

Geleneksel görüşe göre, yaşamın mümkün olduğu bir gezegenin varlığı için sıvı su bulunması gereklidir. Bu nedenle, sıvı suyu destekleyebilecek ortamlar, güneş sistemi dışındaki yaşam arayışında öncü bir rol oynamaktadır (Lammer, 2009). Bu gezegenler,

büyük miktarlarda su içerebilir. Gezegenlerde su, 3 durumda bulunabilir. Bunlardan birincisi tamamen su kaplı olması, ikincisi buz kütleleri arasında bir su tabakası olması ve üçüncüsü ise buz tabakası altında bir su kütlesi bulunmasıdır (Bredehöft, 2016)



Şekil 3. 6. Gezegenlerde su bulunma durumları (Bredehöft, 2016)

Uzayda planlanan bir gelecekte, su ve suya sahip bu gezegenler önemli rol oynamaktadırlar. İnsanlık başka gezegenlerde yaşamak için suya ihtiyaç duymakta ve bu durum su gezegenlerinde yaşam için koloniler kurmayı doğurmaktadır. Böyle bir senaryoda su üzeri mimarisi uzayda yaşam için önemli bir konumdadır. Bu bağlamda insanlık, dünyada başlayan su üzeri mimarlık serüveninden öğrendikleriyle, ileri tarihte uzayda kuracağı bir su üssü kolonisi için ilk adımları atmaktadır. Su üzeri mimarisi aynı zamanda bulunduğu ekstrem koşullar nedeniyle yeni yapım ve inşaat teknikleri geliştirilmesini tetiklemekte bu durum da uzay mimarisi için faydalı olmaktadır.

Su üzeri mimari, eski zamanlardan günümüze insanların hayatlarında var olan bir olgudur. İnsanın su ile etkileşimini tasarım ve inşaat süreçlerine entegre eden özgün bir mimari yaklaşımı temsil eder. Bu mimari, göller, nehirler, denizler ve diğer su kütleleri üzerinde konumlanan yapıları kapsar. Su üzeri mimarinin birçok kültürde örnekleri bulunmaktadır. Geleneksel olarak balıkçı kulübelerinden ve yüzer evlerden, günümüzde lüks su üzeri konutlara kadar geniş bir yelpazede görülebilir. Su üzeri mimari, sadece estetik ve tasarım açısından değil, aynı zamanda çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından da önemli bir role sahiptir.

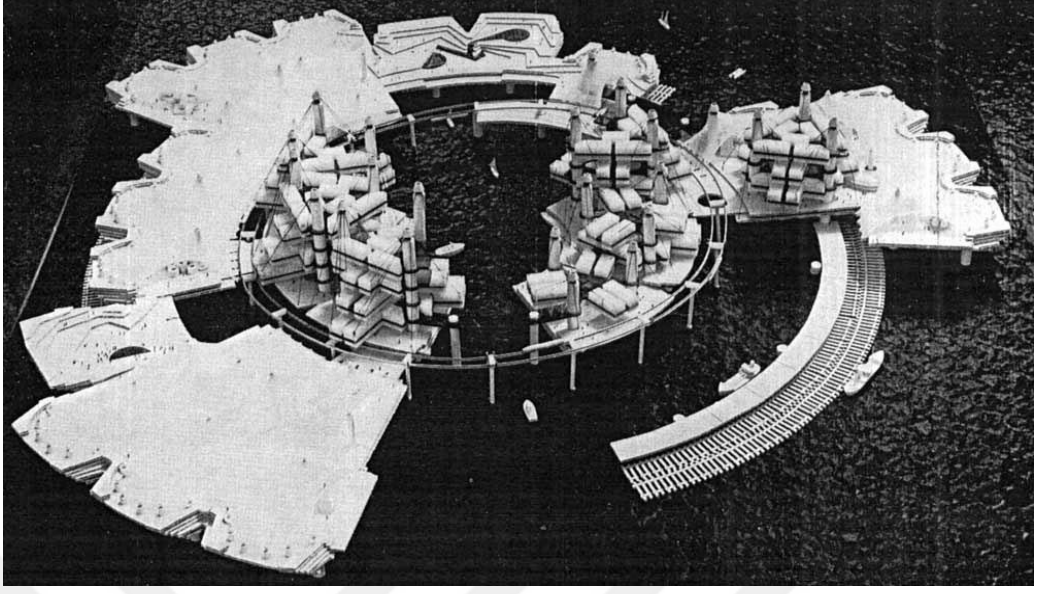
Su üzerinde yaşam denildiği zaman ilk akla gelen barınma ihtiyacından yola çıkan insanlar, geçmişten günümüze su üzerinde farklı şekillerde konutlar inşa etmişlerdir. Kökeni yüzlerce yıl eskiye dayanan yüzen evler, Güneydoğu Asya'da, Kamboçya,

Vietnam, Tayland, Endonezya ve Çin gibi ülkelerde tarih boyunca sıklıkla görülmüştür. Yoğun yağış alan bölgede sık sık su baskınlarına maruz kalan halk, su ile savaşmayı bırakıp ona ayak uydurma yolunu seçmişlerdir denilebilir. Bunlardan bazıları Kolombiya'daki Nueva Venecia halkı, Peru Titicaca Gölü'ndeki Uros köyü ve Malezya'daki Bajau Laut göçebelidir. Kamboçya'daki yüzen yaşam alanları normal ev gibi görünse de Çin'in yüzen köyleri çoğunlukla küçük teknelerden oluşmaktadır. Avrupa'da ise 7. Yüzyıldan itibaren ilk olarak Hollanda'da görülen yüzer yaşam örnekleri mevcuttur (Koekoek, 2010).



Şekil 3. 7. Malezya'daki Bajau Laut göçebeleri (Url-21)

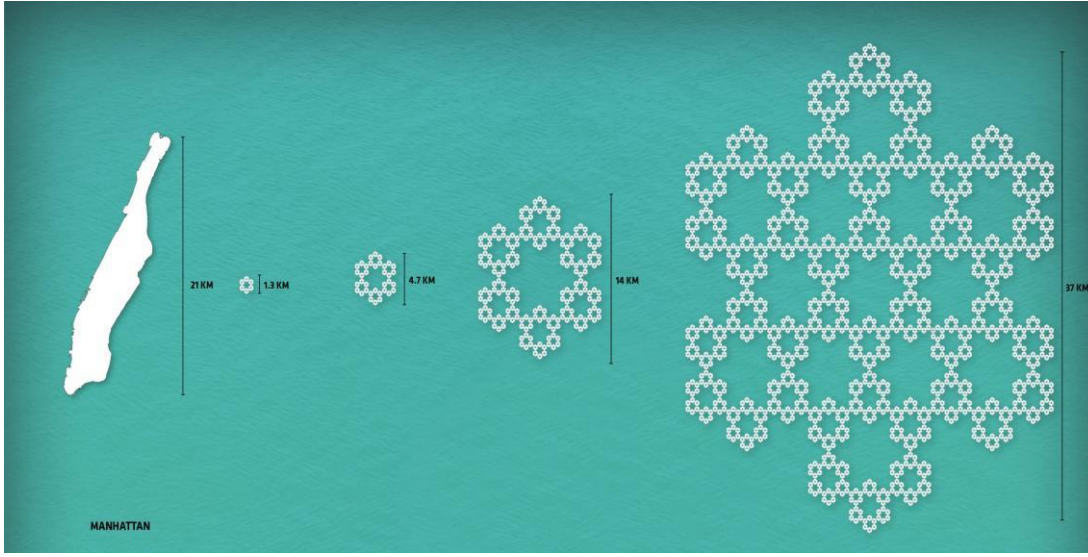
Yıllar boyunca su üzerinde yapılan tasarımlar çoğunlukla küçük ölçekli konutlar veya konut topluluklarıdır. 20. Yüzyıldan itibaren ise, gelişen teknolojiyle birlikte ütopya denilebilecek su üzeri yaşam fikirleri ortaya çıkmaya başlamıştır. 1958 yılında Kiyonori Kikutake tarafından tasarlanan Deniz Şehri (Marine City) projesi, su üzerinde büyük ölçekte şehirleşme tasarımlarının ilk önemli örneklerindedir. Tasarımda beton güverte dubalar üzerinde yüzdürülmektedir. Yapı çevresinden bağımsız, kendine yetebilen şekilde ve afetlere dayanıklı tasarlanmıştır (Türkkan, 2016).



Şekil 3. 8. Deniz Şehri, Kiyonori Kikutake, 1958 (Url-22)

1950 yılları sonrasında gelişen gemi yapımı teknolojisi Japon tasarımcıların ilgisini çekmiştir. Okyanus alanını kullanmak ve insan yaşamını okyanus alanına yaymak için mimari ve kentsel tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Yüzen şehir projesi 1971’de Okinawa Uluslararası Okyanus Sergisi, 1975’te Japonya’da yapılmıştır (Şimşek,2019).

Yakın tarihlerde ise su üzeri alternatif yaşam projeleri üretilmeye devam etmektedir. BIG mimarlık ofisi tarafından tasarlanan Oceanix projesi, bu yaşam alanı tasarımlarının önemli örneklerindedir. Deniz ekosistemi ile uyumlu olması planlanan bu yapıda, yeni sürdürülebilir teknolojilerle insanların barınma, enerji, su ve besin ihtiyaçlarının karşılanması amaçlanmıştır. Kent yaklaşık 75 hektar büyüklüğündedir ve 10.000 kişinin barınması için tasarlanmıştır. Yerleşim modüler bir yüzen metropol anlayışıyla ortaya çıkmaktadır (Oğuzhan, 2019).



Şekil 3. 9. Oceanix Şehir Büyüme Planı (Url-23)

Tasarımı oluşturan mahalle adındaki ana modül 2 hektar büyüklüğündedir ve yaklaşık 300 kişinin yaşayabileceği, kendini dönüştürebilen bir sisteme sahiptir. Mahalledeki bütün yapılar hem rüzgârdan etkilenmemek hem de daha fazla ağırlık yapmasını engellemek için en fazla yedi katlı olacak şekilde planlanmıştır. Her binada güneşten en çok verimi alabilecek şekilde çatı ve cephe tasarımları gerçekleştirilmiştir. Enerji tasarrufu ve sıfır atık, binaların tasarımını etkileyen en önemli faktörler olmuşlardır. 6 mahallenin bir liman etrafında toplanmasıyla, 12 hektar büyüklüğünde köy (village) adı verilen bölgeler oluşturulmaktadır. Görece daha büyük yerleşim alanları olan köylerde merkezdeki liman etrafında konumlanan sosyal ve kamusal alanlar mevcuttur. Yine 6 adet köy biriminin merkezi limanın etrafında bir araya gelmesiyle ise 10.000 kişinin yaşadığı 75 hektar büyüklüğünde bir kent oluşturulmaktadır. Yine kentin merkezinde de sakinlerinin kullanımı için spor, sağlık ve kültürel temalarda kamusal alanlar bulunmaktadır. Yapıyı oluşturan yüzen ana modüllerin kıyıda inşa edilip su üzerinde çekilerek yerleştirileceği bölgeye götürülmesi planlanmıştır (Oğuzhan, 2019).

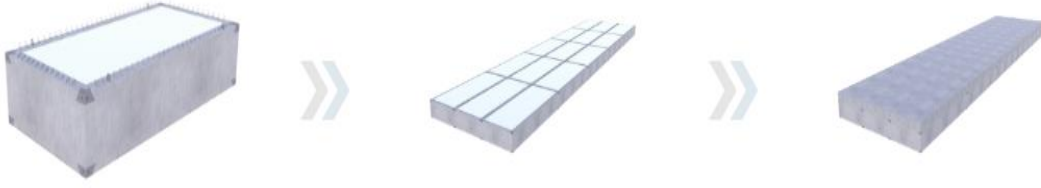


Şekil 3. 10. Oceanix, BIG, 2019 (Url-23)

Oceanix gibi büyük ölçekli projeler eskiden yapılması imkânsız olarak görülse de gelişen inşaat teknolojileriyle birlikte artık gerçekleştirilebilir olmuştur. Bu derece büyük yüzer yapıların hayata geçirilebilmesini sağlayan en önemli teknik, beton malzemenin yüzer yapılarda kullanılmaya başlanmasıdır. Su üzerinde yapılaşmanın en büyük sorunlarından birisi stabilite olarak görülebilir. Beton yüzer sistemler, plastik ve benzeri malzemelerden üretilen dubaların yüzdürücü olarak kullanıldığı yapılara göre çok daha stabil ve dayanıklı olduklarından su üzerinde inşaat olanaklarını arttırmaktadır.

2020 yılında HSB Marine firması tarafından uygulanmaya başlanan patentli bir sistem olan FFS (Yüzer Temel Sistemi) ise normal beton yüzer temel sistemlerine göre farklı bir teknikle üretilmektedir. Birleştirilen modül parçaların üzerinde bulunan tek parça ikinci katmanı dengeli ve sağlam bir zemin oluşturmaktadır.

Su yapılarının çoğunluğu karada üretilip denize bırakılmaktadır. FFS ise hibrit bir sisteme sahiptir. 1. Katmanı modüller olan sistem fabrikada üretilip sahada birleştirilirken, ikinci katman direkt deniz üzerinde üretilmektedir (HSB Marine, 2023). Ayrıca istenilen boyutlarda modüllerle çalışılabilir olması büyük boyutlarda üretime izin vermektedir. Modüllere inşaat tamamlandıktan sonra da istenilen bir zamanda ekleme yapılabilmesi büyüme potansiyeli olan alanlar yaratmaya olanak verir.



Şekil 3. 11. Yüzer Temel Sistemi (Floating Foundation System-FFS) (Url-24)

FFS sisteminin, su üzerinde oluşturabileceği alan kapasitesinin çok geniş olmasından dolayı mega yapılar oluşturmaya izin verecek yeterliliktedir. Dünyanın büyük yüzer platformu bu sistemle 2022 yılında Katar’da inşa edilmiştir (HSB Marine, 2023). Ayrıca üst yapıyla birlikte kurgulanması da söz konusudur. Bu durumda FFS üretilirken, üst yapının gerekliliklerine göre tasarlanır, bütün halinde bir sistem oluşturulur. Bu bağlamda daha stabil, dengeli ve verimli çalışan yapılar elde edilmiş olur.



Şekil 3. 12. Katara Yüzer Ada, HSB Marine, 2022 (Url-25)

Konutlardan başlayan ve kentlere uzanan su üzerinde bir gelecekte, teknoloji ve inşaat teknikleri belki de karadakilerden çok daha önemli olacak ve çok daha fazla konuşulacaktır. Zamanla uzaya da ulaşabilecek su üzeri yapılar, insanlığın geleceğinde önemli bir yerde durmaktadır denilebilir.

3.2. Robotik Mimarlık

Uzayda yapı inşasıyla ilgili en büyük zorluklardan biri, geleneksel inşaat malzemelerini ve ekipmanlarını uzaya taşımaktır. Bu süreç, büyük miktarda enerji ve kaynak kullanımını gerektirir ve taşıma maliyetleri çok yüksek olabilir. Ayrıca, uzay ortamında insan gücü kullanmak da tehlikeli olabilir ve uzay yolculukları uzun süreli olduğundan, insanların uzayda inşaat yapma süreçlerine katılımı sınırlıdır.

Bu engelleri aşmak için, uzayda yapı inşasında kullanılan yaklaşımlardan biri, prefabrikasyon mimarlık ve üç boyutlu mimarlık prensiplerini içeren robotik mimarlık kavramıdır. Prefabrikasyon, yapı elemanlarının dünya üzerinde önceden üretilip daha sonra uzaya gönderilmesi anlamına gelir. Bu, uzayda yapı inşasını hızlandırabilir ve malzeme taşıma sorunlarına çözüm olabilir. Üç boyutlu mimarlık ise katmanlar halinde inşa etme prensibine dayanır ve uzayda yapı malzemelerini daha verimli bir şekilde kullanma potansiyeli taşır.

Robotik mimarlık, uzayda yapı inşasında kullanılan robot sistemlerin tasarımını ve programlanmasını içerir. Bu robotlar, uzaya gönderilen malzemeleri bir araya getirme, yapı elemanlarını yerleştirme ve belirli bir tasarımı oluşturma yeteneklerine sahiptir. Bu sayede insan güvenliğini riske atmadan, etkili bir şekilde inşa süreçlerini yönetmek mümkün olabilir.

Uzayda yapı inşasındaki bu yeni yaklaşımlar, gelecekteki uzay keşif ve kolonizasyon misyonları için önemli bir temel oluşturabilir. Bu teknolojilerin geliştirilmesi, uzayda sürdürülebilir yaşam alanları kurma ve uzay kaynaklarını kullanma konusunda insanlığın önündeki engelleri aşma potansiyelini taşımaktadır.

3.2.1. Prefabrikasyon

Günümüzde, hızlı ve ekonomik bir şekilde inşa etme ihtiyacı, mimarlık ve inşaat sektörlerini geleneksel yöntemlere alternatif arayışlara yönlendirmiştir. Bu ihtiyaç, prefabrikasyon mimarlığın yükselişine neden olan temel faktörlerden biridir. Prefabrikasyon, yapı elemanlarının önceden fabrikalarda üretilip ardından inşaat sahasında birleştirildiği bir inşaat sürecidir. Bu yöntem, mimarlık dünyasında bir devrim yaratmış ve bir dizi avantaj sunarak modern inşaat projelerini şekillendirmiştir. Prefabrikasyon yönteminin faydaları,

Hızlı inşa süreci

Maliyet Tasarrufu

Tasarım Esnekliği

Sürdürülebilirlik

Kalite kontrolü

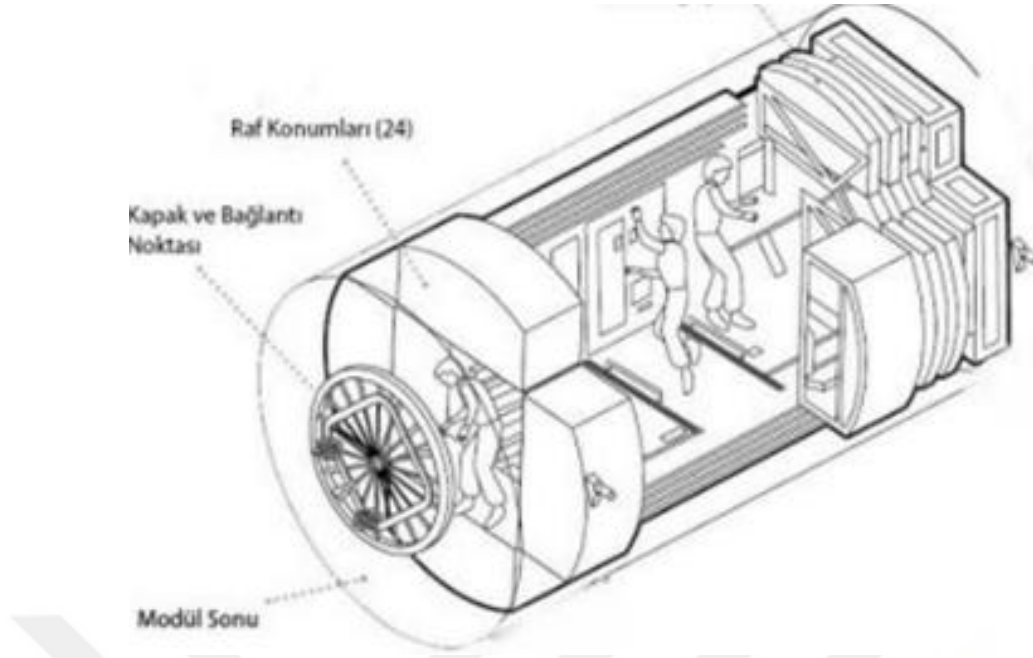
şeklinde sıralanabilir.

Prefabrikasyon, yapı elemanlarının fabrikada seri bir şekilde üretilmesini içerir. Bu, inşaat sahasına geldiğinde, yapı elemanlarının hızla bir araya getirilmesine olanak tanır. Geleneksel inşaat yöntemlerine göre çok daha hızlı bir inşaat süreci sunması ve üretim süreçlerini optimize etmesi maliyetleri düşürür. Ayrıca işgücüne olan bağımlılık minimuma indiğinden projelerin tamamlanma süresini önemli ölçüde azaltır.

Prefabrikasyon, mimarlara ve tasarımcılara büyük bir esneklik de sağlamaktadır. Farklı şekil, boyut ve malzemelerdeki prefabrik elemanlar, çeşitli tasarım seçeneklerine olanak tanır. Modern ve çağdaş mimarlık projelerinde bu esneklik, estetik ve fonksiyonu bir araya getirmek için geniş bir yaratıcılık alanı sunar.

Fabrikalarda kontrollü bir ortamda gerçekleşen üretim süreçleri, enerji ve kaynak kullanımını optimize etmesi açısından klasik inşa yöntemlerine göre çok daha sürdürülebilir bir yöntemdir. Prefabrike yapıların yarı kalıcı olma özelliği sayesinde bir dönem sonra sökülüp başka senaryolarda kullanılabilir olması ve dönüştürülebilir olması da onu sürdürülebilir yapan en önemli özelliklerindedir.

Prefabrikasyon, yapı elemanlarının fabrikalarda titiz bir kalite kontrolünden geçirilmesini sağlar. Bu, inşaat sahasında beklenmedik sorunların minimize edilmesine ve daha dayanıklı, güvenilir yapılar elde edilmesine katkıda bulunur. Uzay ortamı gibi hataya yer olmayan koşullarda bu özellik oldukça önemlidir.



Şekil 3. 13. Dünyada üretilip tek parça halinde uzaya gönderilen Uluslararası Uzay İstasyonu'nun bir parçası olan Destiny modülü, (NASA, Reference Guide To The ISS, 2015)

Uzay üstlerinin inşasında da kullanılan prefabrikasyon yöntemi, daha önce uzay çalışmalarında uygulanmış ve verimli sonuçlar alınmıştır. Dünyada parçaları üretilen ve yörüngeye taşınan parçaların orada kısa sürede birleştirilmesiyle yapılan Mir Uzay İstasyonu ve Uluslararası Uzay İstasyonu uzay mimarlığı alanında yapılan başarılı prefabrikasyon çalışmalarıdır (Babacan, 2019). Yine Ay ve Mars ortamları için tasarlanan yapılarda prefabrikasyon sıkça karşımıza çıkmaktadır. Özellikle Dünya'ya yakın olması sebebiyle Ay ortamında inşa edilmesi planlanan tasarımlarda prefabrikasyon önemli bir rol oynamaktadır.

3.2.2. Üç Boyutlu Yazıcılar

Dünya'da bile çok daha yakın zamanda uygulanmaya başlayan üç boyutlu yazıcılarla inşa yöntemi ise henüz uzay ortamında denenmemiştir. Fakat Ay veya Mars'a malzeme taşımak dünya yörüngesine malzeme taşımaktan çok daha zor olduğu için özellikle Mars yapıları için prefabrikasyondan çok üç boyutlu yazıcı üzerinde durulmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ile ortamın kendi toprak veya taş gibi malzemeleri kullanılarak bina inşası yapılması düşünülmektedir. Dünya'dan götürülen parçalardan yardım alınarak üzerine yazıcılarla katmanlar oluşturularak iki uygulamanın bir arada yapılması öngörülen tasarımlar da mevcuttur.



Şekil 3. 14. Ay’da üç boyutlu yazıcı animasyonu (NASA)

3D baskı, 3D hareket için bir portal üzerine asılan bir nozül veya çeşitli serbestlik eksenlerine sahip bir robotik kol aracılığıyla ardışık katmanlar halinde biriktirilen bir kompozitin hızlı sertleşmesine ve yapışmasına dayanmaktadır (Anziane,2019). Temelde 3D Baskı, ardışık malzeme katmanlarıyla 3 boyutlu modellerin oluşturulabildiği bir katmanlı üretim teknolojisidir denilebilir. Bu modeller, birçok farklı boyut ve amaç için 3 boyutlu yazıcılar aracılığıyla oluşturulabilmektedir. Yazıcılar, modeller oluşturmak için Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarından komutlar toplar veya bunları 3D tarayıcılar kullanarak çoğaltabilirler. 3D Yazıcılar sadece mimarlıkta değil tıp, mühendislik, inşaat, havacılık, uzay ve endüstriyel Tasarım gibi alanlarda kullanılmaktadır (Mathur, 2016).

Otomotiv, havacılık ve savunma sanayi gibi alanlarda 3D yazıcı teknolojisi bir süredir yaygındır. İnşaat sektöründe ise çok daha yakın zamanda kullanılmaya başlanılan 3D teknolojisinin bu alandaki ilk denemesi Joseph Pegna isimli bir öğrenci tarafından 1977 yılında yapılmıştır. Beton baskı sistemlerinden ilk kez bahsedilen bir makale yayınlayan Pegna, kum ve çimento ile oluşturulacak baskı malzemesinin tekniklerinden bahsetmiştir fakat gerçek hayata geçirememiştir (Felek, 2019). Ardından 1984 yılında Charles Hull, inşaat için 3 boyutlu küçük objeler üretmiştir. Fakat malzemelerin yüksek maliyetli olmasından dolayı yaygınlaşamamıştır.

Takip eden yıllarda 3B yazıcılarla kullanılan D-Shape teknolojisi ile inşaat alanında önemli gelişme kaydedilmiştir. D-Shape teknolojisi, kum ile birleştirilen bir inorganik bağlayıcı ile taş benzeri nesnelere oluşturmak için katmanlı baskı sürecini kullanır. Bu teknoloji ilk defa 2008 yılında bütün bir yapı basılmıştır. Casa Ferreri adındaki bu yapı Enrica Dini tarafından tek seferde basılmıştır. 2.4mx4m boyutlarındaki bu yapı banyo, mutfak ve yatak odasından oluşan bir konuttur ve 3 haftada tamamlanmıştır (Tereci, 2016).



Şekil 3. 15. Casa Ferreri, Enrica Dini (Loporcaro, 2019)

Gelişen baskı teknolojileriyle birlikte yakın zamanda sayıları giderek artan 3D baskı konutlara ofis yapıları da eklenmiştir. Bunların ilki 2016 yılında tamamlanan, Dubai’de konumlanan, Dubai Gelecek Vakfı’nın merkezi olarak tasarlanan yapıdır. Yapı günlük kullanılabilir şekilde basılmıştır ve elektrik, su ve havalandırma için gerekli bütün altyapıya sahiptir. Wingsun şirketi tarafından Çin’de basılan ve parçaların Dubai’ye gönderilerek yerinde monte edilmesiyle tamamlanan yapı bu yönüyle 3D teknolojisinin prefabrike yöntemiyle entegre çalıştırmıştır. Mimarlık firması Gensler tarafından tasarlanan binada, geleneksel inşaat yerine üç boyutlu baskının kullanılmasıyla işçilik maliyetinde %80, inşaat atıklarında yüzde%60’a varan tasarruf sağlanmıştır (Ferro, 2016). Aynı zamanda binanın kendisi de enerji tasarrufu sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Etkin güneş enerjisi kullanımıyla klima ve aydınlatma enerjisinin çoğu sağlanabilmektedir.



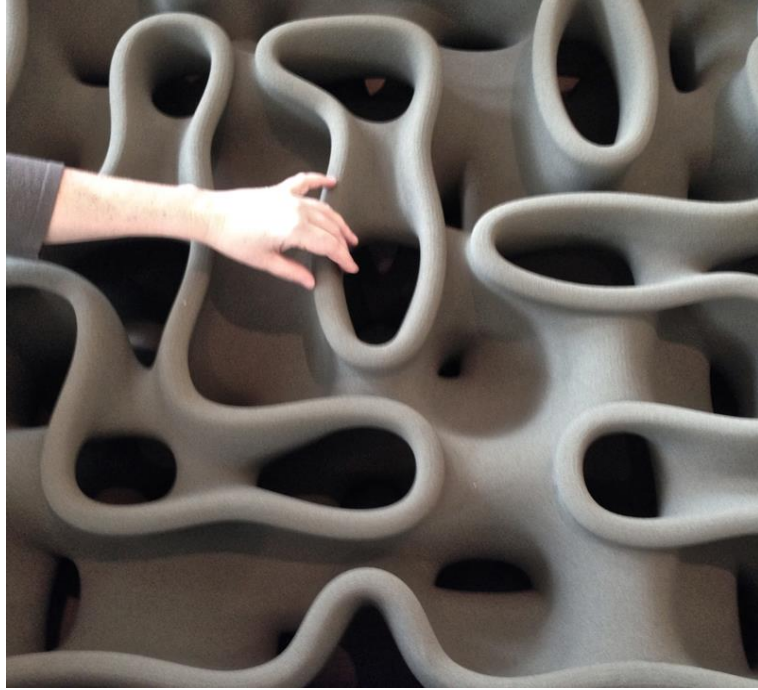
Şekil 3. 16. Üç boyutlu beton baskı ile basılan ofis binası, Dubai, 2016 (Ferro, 2016)

3D baskı teknolojinin inşaat alanında kullanımının artmasıyla, farklı yapım malzemeleri denenmeye başlanmıştır. Bunlardan biri 2021 yılında, kuzey İtalya'da, Massa Lombarda'da toprak malzeme kullanılarak basılan yapıdır. Tecla adı verilen bu projede yakınlardaki nehir yatağından çıkarılan kil, özel nozül uçlara sahip 3D baskı makinesiyle kıvrımlı katmanlar halinde basılmıştır (Url-2). Konut; mutfak, yaşam alanı ve yatak odasından oluşan 60 metrekarelik alana sahiptir. İçindeki mobilyaların bir kısmı da yine aynı şekilde topraktan basılmış ve yapıya eklenmiştir. Yapı tamamen topraktan yapılmış ilk 3D baskı yapıdır.



Şekil 3. 17. Üç boyutlu yazıcı ile basılmış toprak ev, 2021 (Url-26)

Bütün bir yapı oluşturmanın yanında, yapı elemanlarının bir kısmının 3D baskı yoluyla üretildiği entegre yöntemler de inşaat sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle bina kabuklarının farklı tasarımlarının yapılabilmesini sağlayan yöntem, yapıya fayda sağlayacak özelliklerin tasarımlarda kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemle üretilen Girift Duvar (Involute Wall), yüksek sıcaklıkları katmanları içinde hapsederek ısı yalıtımı sağlamaktadır.



Şekil 3. 18. Girift Duvar (Url-2)



Şekil 3. 19. Deprem Kolonu (Url-28)

Başka bir 3D baskı inovasyon ürünü olan Soğuk Tuğla (Cool Brick) ise su buharını tutan sünger yapıda seramik malzemesi ile buharlaşmalı soğutmaya yardımcı olabilmektedir. Ayrıca deprem gibi doğal afetlere dayanıklı, sallantıları absorbe edebilen, harçlı bir bağlantı içermeyen Deprem Kolonu (Quake Column) tasarımı da yine 3D baskı teknolojiye yapılmıştır. Birbirine geçen taş bloklardan oluşması sayesinde deprem anındaki salınımı azaltmaktadır (Tereci, 2016).

3D baskı teknolojisinin gelecekte uzay yapılarının inşasında kullanılması günümüzde sıklıkla bahsedilen bir konudur. Bunun başlıca sebeplerinden birisi dünyadan uzay ortamına yapım malzemelerinin taşınmasının zorluğudur. Sıradan bir tuğlayı Ay'a taşımak 2 milyon dolara kadar mal olabilir. Malzeme taşımanın maliyeti göz önüne alındığında, hem NASA hem de Avrupa Uzay Ajansı, yerinde kaynak kullanımı (ISRU) politikası ile bölgede bulunan malzemeleri en iyi şekilde kullanmayı hedefler.

Ay'da doğal inşa malzemesi seçimi ay yüzeyini kaplayan ince, toz şeklindeki ay regolitidir. Mars'ta ise demir bakımından zengin olan Mars regoliti tercih edilir.

Ay ve Mars üzerine inşa edilmesi planlanan yapıların 3D baskı yöntemiyle oluşturulmasını araştırmak üzere finanse edilen iki rekabetçi konsorsiyum bulunmaktadır. Bir tanesi Avrupa Uzay Ajansı tarafından finanse edilmekte ve Ay üzerinde yapılar basmak için D-Shape'i (büyük ölçekli stereolitografi kullanan büyük 3D yazıcı) kullanmanın potansiyelini kullanmayı amaçlamaktadır. Avrupa Uzay Ajansı konsorsiyumu, mühendis Enrico Dini (D-Shape'in mucidi), mimar Foster + Partners, uzay danışmanları Alta SpA ve Scuola Superiore' den oluşmaktadır.

Bir diğer konsorsiyumda ise NASA, Contour Crafting baskı teknolojisinin olanaklarını araştırmaktadır. Profesör Behrokh Khoshnevis tarafından icat edilen Contour Crafting, bilgisayar modellerinden doğrudan parça üreten dijital olarak kontrol edilen bir inşaat sürecidir. Katmanlı üretim teknolojisi kullanarak, betonu bilgisayar tarafından yönlendirilen bir nozül aracılığıyla ekstrüde eder. Teknik, nozülü takip eden ve ekstrüde edilen malzemenin yüzeyini düzleştiren bir mala kullanımını içerir (Leach, 2014). Kullanılan malzeme, ekstrüzyonun hemen ardından neredeyse hemen kendini destekleyebilecek yeterli dayanıklılığa sahip hızlı sertleşen bir çimentodur, ancak tam dayanıklılığını daha sonra kazanır. CC, bir çekim mantığına dayanan ve dikeyden hafifçe sapsmalı olan bir yapı mantığına öncelik verir. D-Shape ile karşılaştırıldığında, CC bu nedenle sıg kemer gibi formları basmak için çok uygun değildir. CC tekniği kullanılarak kemerler ancak yatay olarak bir düz yüzeye basılır ve ardından robotlar tarafından dikey konumlarına kaldırılır. Bu nedenle CC ayrıca ek gerilim takviyesi gerektirebilir. Bu takviye, robotlar tarafından agreganın içine yerleştirilecek metaller veya fiberlerden oluşabilir (Leach, 2014).

NASA ve Avrupa Uzay Ajansı önerileri arasındaki temel farklardan biri, Avrupa Uzay Ajansı'nın insanların ikamet etmesi için habitatlar oluşturmayı amaçlamasıdır. NASA'nın projesi ise sadece iniş pistleri, yollar, basınca dayanıklı sığınaklar ve patlama duvarları gibi altyapısal unsurlar içindir. Bu, NASA'nın mevcut politikasıyla uyumludur.

Ay'da az veya hiç su olmadığından, CC sistemi beton inşaatındaki geleneksel bağlayıcı olan su yerine kükürdü bağlayıcı madde olarak kullanır (Leach, 2014) . Kükürt Ay'da bulunsa da, maden çıkartılması gerekebilir. Ay'da madencilik yapma süreci bir dizi teknik nedenle zorlu bir süreçtir ve ayrıca Ay'ın yüzeyinin dünyadaki herhangi bir

noktadan görülebilir olması gerçeği vardır ve bu nedenle Ay'ın dünyadan görülmeyen tarafında madencilik yapılmadığı sürece yüzeyini çirkinleştirmemeye özen gösterilmelidir. Ayrıca, kükürde dayalı regolitin aşırı sıcaklıklara maruz kalmamasına dikkat edilmelidir, çünkü kükürt 120°C'de (248°F) erir (Leach, 2014). Bu bağlamda hala 3D teknolojisinin avantajlarının yanında çok sayıda dezavantajı da olduğu söylenebilir. D-Shape ve CC sistemlerinin ikisinin de uzay dışı bir bağlamda kullanılması için daha fazla geliştirilmeye ihtiyacı olduğu ortadadır.

Günümüzde, 3D baskı inşa teknolojisi geliştirilerek, uzay ortamında kullanılabilecek noktaya getirilmeye çalışılmaktadır. NASA'nın uzay araştırmalarının sorunlarını çözmek amacıyla Asırlık Zorluklar (Centennial Challenges) ismiyle açtığı yarışmanın aşamalarından birinde, mühendisler regolite benzer malzemeler kullanarak 3D baskı teknolojisini geliştirmeye çalışmaktadır. Araştırmalar Mars'ta bulunanlara jeolojik olarak benzeyen bazaltik kayaya dayalı bir katmanlı üretim süreci kullanarak sağlam yapısal elemanlar oluşturmaya odaklanmıştır (Rubenstone, 2017). Özellikle yapı malzemesinin akışkanlığında ve sertleşmesinde kullanılan maddelerle birlikte malzemenin üçte ikisinin regolit olması gerekliliği ve su gibi çıkarılması veya marsa gönderilmesi zor olan maddelerin kullanılmaması araştırmanın en zor kısımlarını oluşturmaktadır.



Şekil 3. 20. Asırlık Zorluklar Yarışmacı takımları 3D baskı yöntemlerini denerken, (Rubenstone, 2017)

NASA'nın Centennial Challenge program yöneticisi Monsi Roman, bütün zorlukların daha az su kullanmayı sağladığını ve her şeyi geri dönüştürmeyi düşünmeye zorladığını söylemektedir. Ona göre Mars'ta hayatta kalabilmek için evrendeki en iyi geri dönüşümcüsü olmak gerekmektedir (Rubenstone, 2017).

Uzayda 3D baskı, şimdilik yapı inşası teknolojisinde olmasa da, yedek parçalar açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Uzayda yedek parçaları talep üzerine basabilmek, bunları tedarik gemisiyle göndermekten daha mantıklıdır. Ancak, Uzay'da 3D baskının gerçek sorunu, yerçekiminin olmamasıdır. Çoğu yerel 3D baskı teknolojisinde, nesne basılırken yatağa bağlı olduğu için, alternatif bir teknik geliştirilmelidir. Bu zorlukları takip eden bir şirket, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kullanılmak üzere bir 3D yazıcı üreten Made In Space şirkettir. Plastik 3D baskı için başlangıç prototipi şu anda kullanılmakta olup, metal baskı için ikinci bir prototipin tasarlanması planlanmaktadır (Leach, 2014).

3.3. Sürdürülebilir Mimarlık

Sürdürülebilirlik, çevre, ekonomi ve toplum sağlığı gibi alanlarda dengeli bir gelişimi temsil eden önemli bir kavramdır. Sürdürülebilirlik, bugünün ihtiyaçlarını karşılamak için kaynakları kullanırken, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğini koruma felsefesine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, doğal kaynakların bilinçli ve etkin bir şekilde kullanılmasını, çevresel etkilerin en aza indirilmesini ve toplumun refahını artırmayı amaçlamaktadır.

Sürdürülebilirlik, 20. yüzyılın başlarından itibaren kullanılmaya başlanan, sürdürülebilir tarım ve ormancılık teorilerinde ortaya çıkan bir terimdir. Bu terim, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel koruma çıkarlarını uzlaştırmayı amaçlayan Brundtland Komisyonu'nun 1987 tarihli Bizim Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) raporuyla birlikte ilk defa genel kamuoyunun dikkatini çekmiştir. Komisyonun amacı, ekonomik kalkınma ve çevresel koruma çıkarlarını uzlaştırmaktır. İlk olarak biyolojik sistemlere odaklanmasına rağmen, sürdürülebilir teori zamanla birçok disipline uygulanmıştır (Cordero, 2001).

Mimarlıkta sürdürülebilirlik kavramı, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri dengeli bir şekilde ele alarak inşaat ve tasarım süreçlerini yönlendiren bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar. Bu yaklaşım, doğal kaynakları verimli bir şekilde kullanmayı, enerji tasarrufunu teşvik etmeyi, çevre dostu malzemeleri tercih etmeyi ve insanların yaşam

kalitesini artırmayı hedefler. Sürdürülebilir mimarlık, binaların tasarımından inşasına kadar olan süreçte çevresel etkileri minimize etmeye odaklanarak, yeşil alanları korumayı ve ekosistemleri desteklemeyi amaçlar. Ayrıca, toplumsal ve kültürel bağlamı da göz önünde bulundurarak, yapıların kullanıcılarıyla etkileşimini artırır ve toplumsal ihtiyaçlara duyarlı çözümler sunar.

Sürdürülebilir yapılar, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımını, doğal kaynaklar üzerindeki yükleri en aza indirecek şekilde tasarlanan yapıları ifade eder (Wilkinson, 2017). Bu bağlamda yapı inşası enerjinin çokça kullanıldığı insan faaliyetlerinden biridir. Yerleşim yerleri ve çevre üzerinde etkileri fazladır. İnşa sırasında ve sonrasında bina kullanılırken, enerji tüketimi ve atık malzeme üretimi devam eder (Wilkinson, 2017). Sürdürülebilir mimarlık, enerji verimli cihazlar, geri dönüştürülebilir malzemeler ve yeşil teknolojiler gibi geniş bir araç setini kullanarak bu enerji tüketimini ve ortaya çıkan atık oranını optimize etmeyi hedeflemektedir.

Sürdürülebilirlik sadece enerji verimliliğini değil, aynı zamanda tasarım için ekolojik bir yaklaşımı da ifade eder. Bir binaya giren tüm kaynaklar - malzemeler, yakıtlar ve kullanıcı ihtiyaçlarının anlayışı - sürdürülebilir bir bina oluşturmak için düşünülmelidir. Sürdürülebilir tasarım, her tasarım kararının birbirini nasıl etkilediğine dair bütünsel bir bakış açısıyla bakmayı içerir. Örneğin, doğal havalandırmayı ve güneş ışığı almayı kullanma kararı, belirtilen HVAC ünitesinin kapasitesini etkiler. Sırasıyla, bu kararların hepsinin yerel, küresel, doğal kaynak, iç mekân kalitesi ve maliyetle ilgili etkileri vardır (Cordero, 2001).

Mevcut kaynakları gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde kullanma prensibi sürdürülebilirlik için önemli bir konumdadır. Bu prensip vernaküler mimari ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Vernaküler mimarlık, en kısa tanımını ile mimarsız mimarlıktır. Genişletilmiş tanımını ise “yöresel iklim, yakın coğrafyadan edinilen kaynaklar ve geleneksel tekniklere bağlı kalarak ve yerel kültür ile ekonomiyi işleterek; mimar ya da yapı ustası gibi bir profesyonel çalıştırmadan ortaya konulan mimarlık eylemi” biçiminde yapılabilir (Karacalı,2020).

Vernaküler mimaride kullanılan yerel malzemeler, nakliye ihtiyacını minimize ederek enerji tasarrufu sağlar ve karbon ayak izini azaltır. Ayrıca, bu malzemeler doğal olarak buldukları çevreye uyumlu olduğundan, yapıların uzun ömürlü olmasını sağlar. Vernaküler yapılar, yerel iklim koşullarına göre tasarlandıkları için enerji verimliliği sağlar. Örneğin, doğal havalandırma ve pasif ısıtma-soğutma teknikleri kullanılarak

enerji tüketimi minimize edilir. Bu yapılar, yerel halkın kültürel ve toplumsal gereksinimlerine uygun olarak tasarlandığından, sosyal sürdürülebilirlik açısından da avantajlıdır. Toplumun ihtiyaçlarını ve yaşam biçimini dikkate alır. Vernaküler mimaride kullanılan teknikler ve malzemeler, çevreye minimal zarar vermek üzere geliştirilmiştir. Yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerle yapılan yapılar, atık miktarını azaltır.

Günümüzde, vernaküler mimarinin sürdürülebilirlik açısından sunduğu avantajlardan faydalanan modern tasarımlar artmaktadır. Pasif evler, enerji tüketimini minimize eden ve vernaküler mimariden ilham alan tasarım prensiplerini kullanır. Bu evler, doğal ışık ve havalandırmadan maksimum düzeyde faydalanarak enerji verimliliğini artırır. Yerel bitki örtüsünün kullanıldığı yeşil çatılar ve duvarlar, binanın ısı yalıtımını artırır ve doğal habitatları destekler. Modern mimarlar, vernaküler yapıların sürdürülebilirlik prensiplerini benimseyerek, yenilikçi ve çevre dostu malzemeler kullanmaktadır. Örneğin, geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılan tuğlalar veya biyolojik olarak çözünebilir yapı malzemeleri bu yaklaşımın örnekleridir.

Geleneksel mimari, yerel malzemeler ve iş gücü kullanılarak inşa edilmesi, yerel ihtiyaçlara uygun yaşam alanları sağlaması bakımından sürdürülebilirdir. Ancak endüstrileşme, hızlı nüfus artışı, köyden kente göç ve yaşam tarzlarının değişmesi gibi nedenlerle geleneksel yapı teknikleri terk edilmiş, yerini hızlı konut ihtiyacını karşılayacak inşa teknikleri almıştır (Altın, 2013). Bu yeni tekniklerin içinde sürdürülebilirlik ilkelerini endüstriyel kavramıyla birleştirme çabaları sonucu bazı tasarımlar ortaya çıkmıştır. Otonom binalar olarak adlandırılan bu tasarımlar, sürdürülebilir mimarlık ilkesini benimseyen ve çevresel etkileri en aza indiren yapılar olarak öne çıkmaktadır.

1900'lü yılların başlarında tasarlanan R. Buckminster Fuller'in Dymaxion Evi otonom binaların ilklerindedir ve günümüzde kullanılan "sürdürülebilir mimarlık" kavramının da ilk örneklerinden biridir. Dymaxion Evi, kaynak korunumu konusuna büyük önem vermiştir. Su filtre edilerek ve geri dönüştürülerek kullanılmış, çatıdaki yağmur suyu ileride kullanılmak üzere biriktirilmiştir. Katı atıklar geri dönüşüme gönderilmek üzere merkezi işleme birimlerine gönderilmek üzere paketlenmiştir. Güç ise güneş ve rüzgâr enerjisi kullanılarak sağlanmıştır (Sieden, 1989).

Günümüzde de, enerji ve su gibi çevresel kaynaklar açısından kendi kendine yetebilen, hatta atıklarıyla çevreye zarar vermeyen binalar, "otonom bina" olarak

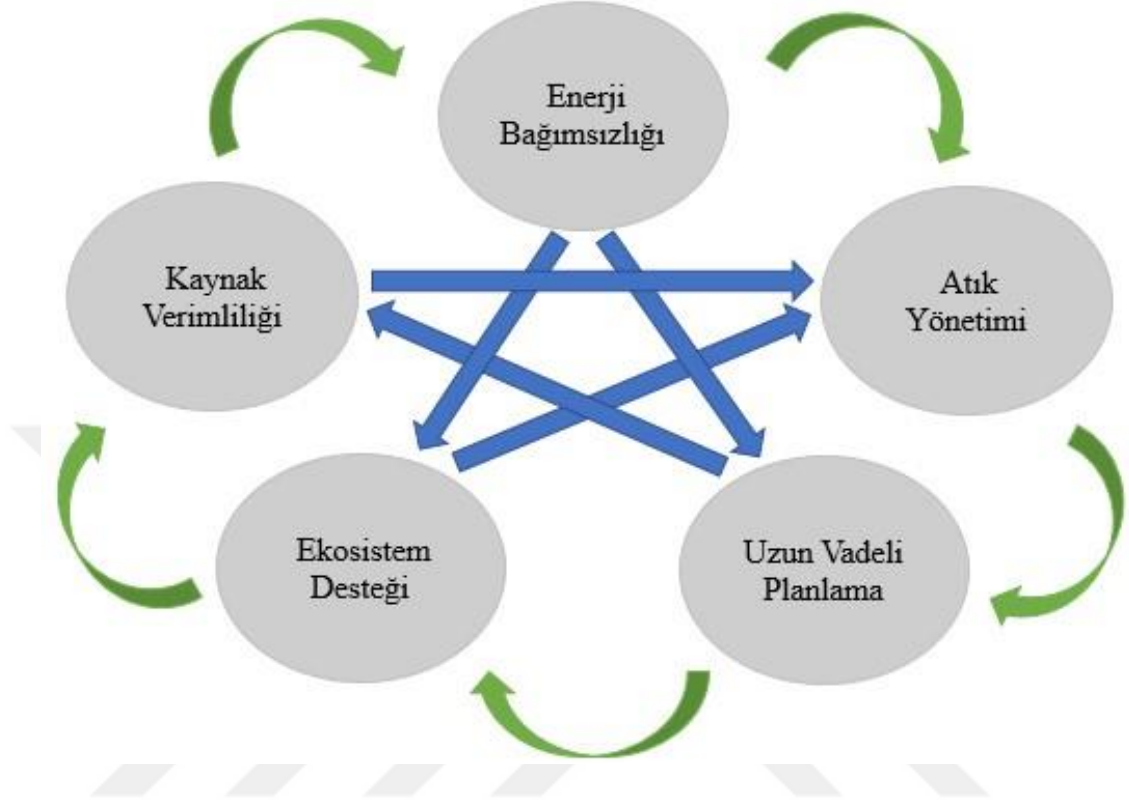
adlandırılmaktadır (Chen, Chu, Cheng, & Lin, 2009). Bu binalar, minimum enerjiye ihtiyaç duymakta ve bu enerjiyi yenilenebilir enerji kullanarak elde etmektedir. Bu binalar, enerji, su ve diğer kaynakları etkin bir şekilde kullanarak kendi kendilerine yetebilen, hatta atıklarıyla çevreye zarar vermeyen yapılar olarak tanımlanmaktadır. Otonom binaların temel önceliği, enerji ihtiyaçlarını minimize etmek ve bu enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklarla karşılamaktır (Altın, 2013). Su kullanımında da benzer bir yaklaşım izlenerek, gri su geri kazanım sistemleri aracılığıyla su tüketimi azaltılmakta ve kullanılan su arıtılarak tekrar kullanılmaktadır. Atık yönetimi konusunda ise atıklar ayrıştırılarak geri dönüşüme kazandırılmakta, bu sayede çevreye verilen zarar en aza indirilmektedir. Bu binalar, tasarım prensipleriyle, günümüzde giderek artan bir şekilde benimsenen sürdürülebilir mimarlık ilkelerini etkili bir şekilde uygulamayı amaçlamaktadır.

Dünyada inşa ettiğimiz yapılar için oldukça önemli olan sürdürülebilirlik kavramı, uzay mimarisinde hayati bir önem taşımaktadır. Uzayda, dünyanın bize sağladığı hiçbir kaynaktan faydalanamadığımızdan, kendi içinde sürdürülebilir bir döngüye sahip olan ve kullanıcıları için yaşamsal ihtiyaçları devamlı olarak sağlayabilecek yapılara ihtiyaç duyulmaktadır (Gonulal, 2019). Özellikle içinde seralar olması düşünülerek tasarlanan uzay yapıları, sürdürülebilir yapı kavramına farklı bir açıdan yaklaşmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir uzay yapıları dünyadakiler gibi sadece dış kaynakların döngüsünü sağlayan değil kullanıcıların su ve besin gibi ihtiyaçlarını da karşılayan temel bir yaşam alanı olma niteliğindedir.

Uzay mimarisinde en önemli noktalardan birisi malzemelerin sürdürülebilirliğidir. Uzay ortamına malzeme taşıma imkânları oldukça kısıtlı olduğundan, uzay araştırmalarında ve uzay ortamında mimari tasarımlarda vernaküler mimarlık öne çıkmaktadır. Yerel malzeme kullanımıyla öne çıkan vernaküler sistemler, dünyadaki sınırlı kaynakları uzaya taşımanın önüne geçmektedir. Ayrıca dünyadan yapı malzemesi gönderilmesi ekonomik ve sürdürülebilir bir seçenek olmadığından, vernaküler mimari uzay ortamında hem çok daha ekonomik hem de uzun vadeli uzay yerleşimleri için sürdürülebilir bir alternatif olarak oldukça önemlidir denilebilir.

Uzay mimarisi, insanların uzayda yaşamasını mümkün kılacak yapıları ve sistemleri tasarlamak, inşa etmek ve sürdürmekle ilgilenen bir alan olduğundan; sürdürülebilirlik, uzayda uzun vadeli insan varlığına imkân sağlamak, kaynakları etkili bir şekilde yönetmek ve çevresel etkileri en aza indirmek açısından kritik bir

faktördür. Sürdürülebilirlik kavramının uzay mimarisinde öne çıktığı bazı temel noktalar; kaynak verimliliği, enerji bağımsızlığı, atık yönetimi, ekosistem desteği ve uzun vadeli planlamadır.



Şekil 3.21. Sürdürülebilirlik kavramını uzay mimarisinde öne çıkaran noktalar

Uzay, Dünya'dakinden çok farklı bir çevre içerdiğinden uzay istasyonları veya gelecekteki uzay kolonilerinin, enerji, su, hava ve diğer kaynaklara etkili bir şekilde erişim sağlaması gerekmektedir. Bu erişim kaynakların sürdürülebilirlik prensipleri doğrultusunda yönetimiyle düzenli olabilir. Yine kaynakların kendini yenileyebilmesi ve devamlı var olabilmesi için enerji bağımsızlığı önemli bir kriter olmaktadır. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kullanımı bu nedenlerden dolayı oldukça önemlidir.

Uzayda bir koloni veya istasyon oluşturmak, bir ekosistem yaratmak anlamına gelir. Bu ekosistem, insanların yaşaması için gerekli olan hava, su ve gıdayı üretebilmelidir. Bu süreç, sürdürülebilir biyo-entegre sistemlerin tasarımını içerir. Ayrıca bu ekosistemin atıklarının etkili bir şekilde yönetilmesi de sınırlı kaynakların devamlılığı açısından oldukça önemlidir. Geri dönüşüm sistemleri, atıkların azaltılması ve tekrar kullanılabilir kaynakların maksimum düzeyde değerlendirilmesi, uzay ortamında yaratılacak ekosistemin devamlılığı için şart olmaktadır. Bütün sistemlerin bir arada

ve sorunsuz çalışmasını sağlamak sürdürülebilir ilkelerin uzun vadeli planlanmasıyla mümkün olabilir.

Bu bağlamda sürdürülebilirlik prensipleri, uzayda uzun vadeli varlık ve keşif amacıyla tasarlanan mimari ve teknolojik çözümlerde, kaynak kullanımının, enerji yönetiminin ve çevresel etkilerin optimal bir şekilde ele alınmasını sağlayarak uzay mimarisi için önemli bir rehber olmaktadır.

3.4. Hareketli Mimarlık

Hareketli mimarlık kavramı, geleneksel sabit yapıların ötesine geçerek dinamizmi ve adaptasyonu vurgulayan bir tasarım yaklaşımını temsil eder. Bu tür mimari, genellikle değişen çevresel koşullara uyum sağlamak, işlevselliği artırmak veya kullanıcı ihtiyaçlarına yanıt vermek amacıyla tasarlanan yapıları kapsar. Hareketli mimari, farklı mekânsal düzenlemeleri mümkün kılan, dönüştürülebilir veya taşınabilen yapıları içerebilir. Bu tür tasarımlar genellikle teknolojik yenilikler ve akıllı malzemelerin kullanımı ile bir araya gelir, böylece yapılar fiziksel olarak değiştirilebilir veya otomatik sistemlerle kontrol edilebilir hale gelir. Hareketli mimarlık, sürekli değişen ihtiyaçlara ve çevresel faktörlere uyum sağlayarak, mimariyi daha esnek, etkileşimli ve sürdürülebilir bir hale getirmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, statik olmayan, dinamik ve yaşayan mekânlar yaratma hedefiyle öne çıkar, aynı zamanda mimari tasarımın sınırlarını genişleterek yaratıcı ve inovatif çözümlere olanak tanır.

Mimaride hiçbir şey sonsuza kadar sabit kalmaz, tasarım, uygulandıktan sonra da değişebilme, hareket edebilme özelliği sayesinde durağan değildir (Zuk & Clark, 1970). Tarih boyunca da mimarlıkta bu durumu gözlemek mümkün olmuştur. İlk çağlarda göçebe yaşam tarzıyla var olan hareketli mimarlık kavramı, insan yaşamında her zaman kendine yer bulmuş, günümüzde ise teknolojiyle bir araya gelerek çok daha farklı tasarımlar ortaya çıkarmıştır. Özellikle yer değiştirebilen mobil yapılar, insanlar için alternatif yaşam şekilleri oluşturabilmektedir. Mobil kelime anlamı olarak; bir yerde kalmaktansa hareket etme, bu hareket etme kabiliyetini de hızlı ve kolayca yapabilmek anlamına gelmektedir (Oxford Learner's Dictionary, 2023).

Statik yapılara göre hareketli yapılar kullanıcıya daha esnek ve serbest mekânlar sunmaktadır (Kronenburg, 1995). Günümüzde teknik olanaklar sayesinde artık barınma alanlarının sabit olmasının bir zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu durumdan

dolayı mobil yapıların popülerliği artmış, daha nitelikli hareketli yapıların tasarlanmasını sağlamıştır (Gestalten, 2015).

19. yüzyıldaki endüstrileşmenin hayatımıza kazandırdığı teknik olanaklar ve fikirler çok etkin bir şekilde günümüz dünyasında insan yaşantısına ve mekânlara etki etmektedir (Tanyeli, 1997). Hareketli mimarlık kavramının ve mobil yapıların yaygınlaşmasında endüstri devrimiyle ortaya çıkan makineleşmenin etkisi büyüktür. Makineleşme çağında ortaya çıkan birçok mimari fikir ve akımda hareketlilik kavramının izleri sürülebilir. Bunların ilklerinden olan Fütürizm kavramı, manifestosunda hareketli ve dinamik şehirler olgusunu öne çıkarmıştır. Fütürizmi takip eden dönemde, Japonya’da Metabolistler, İngiltere’de Archigram ve İtalya’da Superstudio dönemin mimarlığında etkili olan hareketlilik temasını tasarımlarında görebileceğimiz önemli gruplardır. Bu grupların projelerinde hareketli şehir kurguları, mobil konut tasarımları sıklıkla görülmektedir.

Friedman’a göre mobil yapılar, zemine en az şekilde dokunmalı, kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda değişebilmeli ve taşınabilmelidir (Friedman, 1970). Bu kriterler makineleşme çağında ortaya çıkan fikirler ve grupların kurgusal mobil tasarımlarında görülebilmektedir. 20. Yüzyıldan itibaren bu grupların da etkisiyle ilginin giderek arttığı hareketlilik kavramı, insan hayatında otomobil gibi hareketli araçların daha önemli bir konuma gelmesiyle zirveye ulaşmıştır. Giderek popülerleşen mobil konutlar yeni göçebe yaşam olarak adlandırılmaktadır (Kronenburg, 2002).

Hareketli araç ve konut kavramlarının birleştirilmesiyle yeni tasarım yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki olan karavanların barınma ihtiyacını karşılayan bir mobil yapı olarak kullanılması ilk kez İngiliz Çingenerinin yaşadıkları konut sorununa bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır (Kronenburg, 2002). Takip eden süreçte tekerlekli konutlar ve yüzer evler insanların hayatlarına hareketli mimarlık ürünü olarak girmiştir.

Hareketli mimarlık kavramının gelişen teknolojiyle birlikte daha etkin kullanılabilir hale gelmesi Uzay mimarlığı açısından oldukça önemlidir. Uzay koşullarının değişkenliği ve uzay misyonlarının ihtiyaçları farklılık gösterebilir. Hareketli mimarlık, uzay araştırmalarındaki değişen koşullara uyum sağlamak ve farklı görevlere hizmet etmek açısından oldukça önemlidir. Modüler yapılar veya taşınabilir habitatlar, uzay görevlerinde esneklik ve adaptasyon sağlamaktadır.

Mobil yapıların uzay ortamında kullanılan ilk örneği Ay taşıtları (Lunar roving vehicle) dir. Ay taşıtı, Ay'ın düşük yer çekimi ortamında çalışmak üzere tasarlanmış ve Apollo astronotlarının faaliyetlerinin menzilini genişletmelerine olanak tanıyan Ay yüzeyini gezebilen bir elektrikli araçtır. Üç adet ay taşıtı, Apollo 15'te astronotlar David Scott ve Jim Irwin tarafından, Apollo 16'da John Young ve Charles Duke tarafından ve Apollo 17'de Gene Cernan ve Harrison Schmitt tarafından, her biri, her görevin üç günlük süreci boyunca günde bir olmak üzere üç kez kullanılmıştır (Url-3)

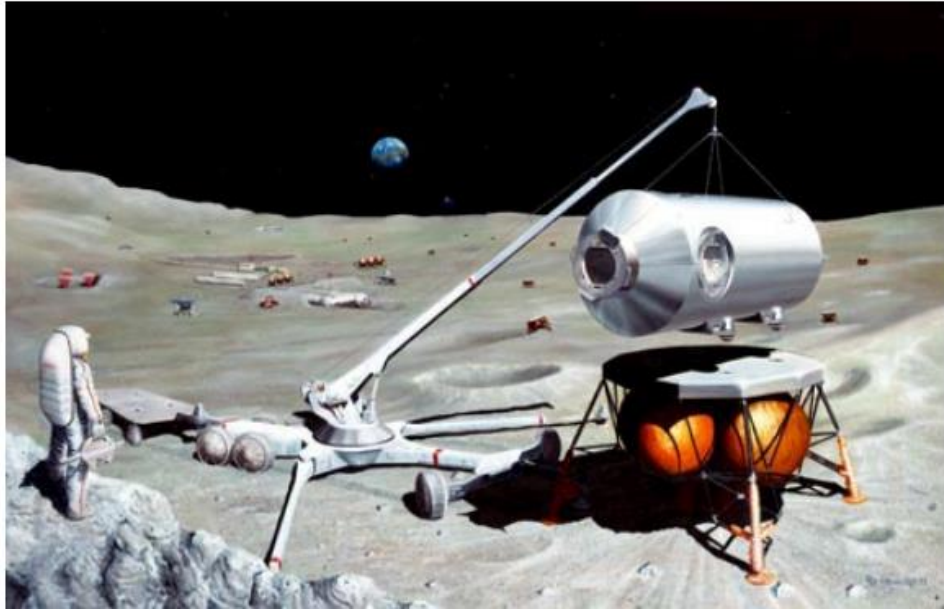


Şekil 3. 22. Apollo 17 göreviyle Ay'a giden ekipten, astronot Eugene A. Cernan araştırma gezisi yaparken (Url-29)

Ay Taşıtı 210 kg'lık kütleye sahiptir ve 490 kg daha taşıyabilecek biçimde tasarlanmıştır. Gövdesi 3,1 metre, dingil açıklığı ise 2,3 metredir. Gövdesi kaynaklanmış alüminyumdan oluşmaktadır. Bu sayede katlanarak ay modülüne koyulabilmiştir. Yan yana konumda bulunan ve katlanabilen 2 koltuğu vardır. Her koltuğun ayarlanabilir ayak koyma yeri ve emniyet kemeri bulunmaktadır. Ortası çukur çanak biçimindeki büyük bir anten taşıtın ön bölgesinde bulunmaktadır. Tamamen dolu halde Ay Taşıtı yerden 36 cm yukarıda kalmaktadır (Young, 2007).

Apollo görevlerinden sonra, hareketli uzay yapıları sadece ay taşıtları özelinde kalmamış, geçici ay üssü konseptlerinde ortaya çıkmıştır. Ay Kolonisi (Lunar Colony) isimli bu projede, birkaç aracın aynı anda ay yüzeyine inmesi ve yaşam istasyonları olarak hizmet vermesi tasarlanmıştır. Fakat projede birimler birbirinden ayrıdır bu nedenle birimler arası geçiş yapmak isteyen mürettebat uzay giysisi giymek zorundadır. Girişin uzun bir merdivenle sağlanması ve habitatların birbirine çok yakın olması gibi güvenlik sorunları nedeniyle de proje kısa sürede rafa kaldırılmıştır (Cohen, 2002).

Takip eden süreçte NASA ilk Ay Çıkışı İstasyonu (FLO) tasarım konseptini ortaya atmıştır. Bu tasarımda mürettebat, Artemis adlı çok amaçlı kargo aracından bir habitat modülünü indirmek için bir vinç kullanmakta ve ardından onu bir düz taşıyıcıya yerleştirmektedir (Cohen, 2002). Taşıyıcı, modülün Ay Üssünün bulunduğu bölgeye gönderilmesi için kullanılır. Modüllerin indirildikleri yerde kurulmasından ortaya çıkacak sorunlar bu tasarımda çözülsede, taşıma için gerekli vinç ve araçların temini gibi sorunlar tasarımı uygulanamaz hale getirmektedir.



Şekil 3. 23. Ay Çıkışı İstasyonu (FLO) , 1992 (Cohen, 2002)

2009 yılında uzay yapılarında hareketlilik konusu yeniden gündeme gelmiş ve ATHLETE adı verilen hareketli platform tasarımı ortaya çıkmıştır. Açılımı Tüm Arazilere Uygun Altıgen Bacaklı Ekstra Karasal Kâşif (All Terrain Hex Legged Extra Terrestrial Explorer) olan bu robotik araçlar, altı ayaklarıyla Ay yüzeyinde yürümeye programlıdır (Erdem, 2012). Mürettebatın yaşadığı ve araştırma çalışmalarını

yürüttüğü modülleri ay yüzeyinde farklı bölgelere taşımak ve mürettebatın Ay'ın çeşitli bölgelerinde farklı araştırmalar yapmalarına olanak sağlamak için tasarlanmıştır.



Şekil 3. 24. Tüm Arazilere Uygun Altıgen Bacaklı Ekstra Karasal Kaşif (ATHLETE), (Erdem, 2012)

Projeye dâhil olan bir diğer tasarım ise 12 metreküplük bir iç hacme sahip olan, daha kısıtlı hareket kabiliyeti olan Elektrikli Ay Araçları (LER) 'dir. Silindirik formdaki bu habitat modülleri keşif araştırmalarına acil durumlarda destek sağlaması planlanarak tasarlanmıştır. Basınçlı iç ortama sahip bu araçlar, genel habitat mantığında çalışmaktadır. Mürettebat içeri girerken ve dışarı çıkarken özel kapaklı bir bölmeden geçmekte ve uzay giysisini giyip çıkarabilmektedir (Erdem, 2012).



Şekil 3. 25. Elektrikli Ay Aracı (LER), Erdem, 2012

Hareketli mimarlık, uzay ortamının değişen koşullarında insanlık için oldukça önemli olmaktadır. Uzay görevlerinin ve ileri tarihli planlanan uzay yerleşmelerinin çoğunda ilk adımların hareketli mimarlık ürünleri ile atılması tasarlanmaktadır. Hareketli mimarlık bize uzun vadede yerleşik bir yapılaşma için yardımcı olmakta, kalıcı uzay yapılarının inşa edilebilirliğine büyük bir olanak sağlamaktadır.



4. GELECEKTE İNŞA EDİLMESİ PLANLANAN UZAY YAPILARI

Gelişen teknoloji, insanlığın uzaya olan ilgisini yeni boyutlara taşımış ve zamanla insanlar uzay mimarisini gelecek için kaçınılmaz olarak görmeye başlamışlardır. Bu durumun en büyük sebeplerinden birisi 20. Yüzyılın en çok konuşulan ve çözüm üretilmeye çalışılan konusu iklim krizidir. Atmosferdeki sera gazlarının artması, küresel ısınma, deniz seviyelerinin yükselmesi, ekstrem hava olayları ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi etkilerle kendini gösteren iklim krizi, insanlığın Dünya üzerinde yaşamın sürdürülebilirliği konusunda ciddi olarak düşünmesini sağlamıştır. Bütün bu zorluklarla karşı karşıya kalan insanlık, uzayın, Dünya'dan alternatif bir yaşam alanı sağlama potansiyeline sahip olduğunu görmeye başlamıştır. Çoğu kesime göre Uzay, iklim krizinin getirdiği tehditlere karşı bir çıkış yolu olarak değerlendirilmektedir.

Uzay mimarisinin, Dünya üzerindeki çevresel sorunlarla başa çıkmak için sunabileceği potansiyel, giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Dünyanın geleceğinin giderek daha olumsuz senaryolarla anılması, Dünya'nın yaşanabilir bir gezegen olma özelliğini tehlikeye atmaktadır. Bu bağlamda, uzayda yaşamın mümkün olabilmesinin insanlığın bu zorluklarla başa çıkmasına yardım edeceği düşünülmektedir. Uzay mimarisi, özellikle uzay istasyonları, Ay ve Mars kolonileri gibi yapılar aracılığıyla insanların uzayda kalıcı olarak yaşamasını mümkün kılabilir. Önceleri sadece kısa süreli bilimsel araştırma yapmak için uzaya çıkan insanoğlu gün geçtikçe uzayda uzun süreler yaşayabilmenin yollarını aramaya başlamıştır. Olası bir dünya sonu felaketinde ise insanlığın soyunun tükenmemesi adına uzay bir kaçış yolu olarak görülmektedir.

Uzay mimarisi uzayda yaşamı sağlamak adına geliştirilen bir disiplin olmasının yanında, aynı zamanda Dünya'daki çevresel baskıları hafifletmek için de potansiyel sunmaktadır. Uzayda geliştirilen sürdürülebilir yaşam sistemleri, Dünya'daki sürdürülebilirlik çalışmalarından ilham alabileceği gibi onlara ilham kaynağı da olabilir. Kapalı ekosistemler ve atık geri dönüşüm sistemleri gibi teknolojiler, Dünya'daki doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve atıkların azaltılmasını sağlayabilir. Örneğin, uzayda geliştirilen kapalı ekosistemler, su ve besin maddelerinin geri dönüştürülmesini ve tekrar kullanılmasını sağlayarak Dünya üzerindeki su ve gıda kaynaklarını koruyabilir. Ayrıca, uzay madenciliği gibi uzay kaynaklarının kullanımı, Dünya'nın yer altı kaynaklarına olan bağımlılığını azaltabilir. Uzayda bulunan mineraller ve diğer kaynaklar, Dünya'daki kritik minerallerin tükenmesini önleyebilir ve çevresel etkileri azaltabilir. Uzay madenciliği, Dünya üzerindeki çevresel baskıları

azaltmak için alternatif bir kaynak sağlayabilir ve uzaydaki kaynakların kullanımını teşvik edebilir.

21. yüzyılın başından itibaren yeniden hızlanmaya başlayan uzay çalışmaları, yakın zamanda ortaya çıkan birçok gelişmeyle birlikte yeniden gündeme gelmiştir. Özellikle 2013 yılında Ay'da yapılması planlanan araştırma üssü için NASA tarafından açılan yarışma, uzay tasarımlarına olan ilgiyi artırmış ve birçok kişi bu alanda çalışmalara başlamıştır. Bu yarışma, gelecekte uzayda yaşamı mümkün kılacak yenilikçi tasarım ve inşa yöntemlerinin geliştirilmesi için önemli bir adım olmuştur. Ay yüzeyinde kurulacak bir üs, yalnızca bilimsel araştırmalar için değil, aynı zamanda uzun vadeli insan yaşamı için gerekli olan altyapının geliştirilmesi açısından da kritik öneme sahiptir. Ay üssü projeleri, gelecekte uzay madenciliği ve enerji üretimi gibi faaliyetlerin de merkezinde yer alabilir. Ay'daki zengin hammadde kaynakları, Dünya'daki kaynak kıtlığına çözüm olabilir. Helium-3 gibi nadir izotoplar, nükleer füzyon enerjisi üretiminde kullanılacak potansiyele sahiptir ve bu da Ay'ı enerji üretimi açısından önemli bir hedef haline getirmektedir. Ayrıca, Ay yüzeyinde kurulacak güneş enerjisi santralleri, Dünya'ya temiz enerji sağlayabilir.

Mars'a uzay araçları ile robotların gönderilmesi ve insan yolculuğu için çalışmalara başlanmasıyla, NASA 2015'te Mars için de bir tasarım yarışması açmış ve yine oldukça ilgi görmüştür. Mars'ta kurulacak koloniler, aşırı soğuk, yüksek radyasyon ve ince atmosfer gibi zorlu koşullara dayanıklı olmalıdır. Bu bağlamda, yarışmalarda sunulan projeler, Mars yüzeyinde yaşamı sürdürebilecek kapalı ekosistemler, enerji üretim sistemleri ve yer altı barınakları gibi yenilikçi çözümler içermiştir. Bu projeler, Mars'ta uzun süreli insan varlığı için gerekli olan teknolojilerin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamıştır.

Dünya'ya en yakın gezegenlerden olan Venüs de uzay mimarlığı hakkında çalışmalar yapılan bir diğer alandır. Özellikle 2020 yılında Venüs'te tespit edilen fosfin molekülü, orada hücresel bazda yaşam olduğunun potansiyel bir kanıtı olarak gösterilmiştir. Bu keşif, Venüs'e olan ilgiyi artırmış ve araştırma amaçlı üsler kurulması yeniden gündeme gelmiştir. Venüs'teki aşırı sıcaklık, yüksek basınç ve sülfürik asit bulutları, burada yapılacak çalışmalar için ciddi zorluklar oluştursa da, bilim insanları ve mühendisler, bu zorlu koşullara dayanabilecek yapılar ve teknolojiler geliştirmek için çalışmalarını sürdürmektedir. Venüs'te kurulacak üsler, gezegenin zorlu çevre koşullarına dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Yüksek irtifada yer alacak hava balonu

üsleri, yüzeyin aşırı sıcaklık ve basıncından korunmak için bir çözüm olabilir. Bu üsler, Venüs'ün atmosferinde bilimsel araştırmalar yapacak ve gezegenin kimyasal bileşimini inceleyecek donanımlara sahip olacaktır.

Gelecekte inşa edilmesi planlanan uzay yapıları arasında Ay ve Mars üslerinin yanı sıra, yörüngede kurulacak uzay otelleri ve ticari uzay istasyonları da bulunmaktadır. Bu tür yapılar, uzay turizminin gelişmesi ve uzayda ticari faaliyetlerin artması için gerekli altyapıyı sağlayacaktır. Uzay otelleri, mikrogravite ortamında benzersiz bir konaklama deneyimi sunarken, ticari uzay istasyonları ise araştırma, üretim ve diğer ticari faaliyetler için platformlar sunacaktır. Bu tür projeler, uzayda sürdürülebilir ekonomi oluşturma yolunda önemli adımlar olarak görülmektedir.

Mars kolonileri ise, daha uzun vadeli hedefler arasında yer almaktadır. Mars'ta kurulacak kalıcı yerleşim birimleri, Dünya dışındaki ilk insan topluluklarının oluşumunu temsil edecektir. Bu koloniler, tarım, su üretimi, atık yönetimi ve enerji üretimi gibi sürdürülebilir yaşam sistemlerini içerecektir. Ayrıca, Mars'ın yer altı buz rezervleri, su kaynağı olarak kullanılabilir ve Mars toprağından oksijen ve yakıt üretimi için kullanılacak teknolojiler geliştirilmektedir.

Uzay mimarisi, insanlığın uzayda kalıcı bir varlık oluşturma hedefi doğrultusunda hızla gelişmektedir. Ay ve Mars üsleri, ticari uzay istasyonları ve Venüs'te araştırma üsleri gibi projeler, insanlığın uzaydaki varlığını sürdürmek ve genişletmek için kritik öneme sahiptir. Bu projeler, sadece bilimsel keşifler için değil, aynı zamanda Dünya'daki çevresel ve ekonomik sorunlara çözüm bulmak için de büyük bir potansiyele sahiptir. Gelecekte inşa edilecek uzay yapıları, insanlığın uzaydaki yeni yaşam alanlarını şekillendirecek ve evrenin derinliklerine doğru yolculuğu daha da ileriye taşıyacaktır.

4.1. Ay Ortamında Mimarlık

Ay yapıları, insanların Ay üzerinde uzun süreli varlık göstermelerini sağlamak üzere tasarlanan özel yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapılar, Ay'ın ekstrem çevresel koşullarına dayanıklı olmalı, astronotların yaşamını sürdürebileceği konforlu bir ortam sunmalı ve aynı zamanda bilimsel araştırmalar için uygun bir platform sağlamalıdır.

Ay yüzeyi, Dünya ile kıyaslandığında birçok açıdan farklıdır ve yapı inşa etmek için oldukça zorlu bir alandır. İnsanlık Ay'a ilk ulaştığından beri bu zorlu çevreyle

mücadele etmektedir ve her geçen gün hakkında daha fazlasını öğrenmektedir. Ay yüzeyi için tasarlanacak bir yapıda, tasarım kriterleri açısından değerlendirilecek en önemli çevresel etmenler; sıcaklık farkları, yerçekiminin dünyaya göre az olması, atmosferin olmaması, kozmik ışınım, ay tozu, meteoritlerdir (Seguin, 2005).

Ay, gündüzleri 123°C'ye (253°F), geceleri ise -233°C'ye (-387°F) kadar değişen aşırı sıcaklık aralığına maruz kalır. Ayrıca, koyu gündüz ve gölge arasında önemli bir sıcaklık farkı vardır (Benaroya ve diğer, 2002). Bu durum, sertleşme ve diğer inşaat süreçleri açısından sorunlara neden olabilir. Bir Ay gününün uzunluğu, yaklaşık olarak bir yer gününün 14 katı, güneş ışığının olmadığı uzun dönemleri içerir ki bu, güneş enerjisinin temel enerji kaynağı olacaksa uygun değildir (Leach, 2014).

Ay'da yerçekimi dünyadaki 1/6'sı kadardır. Bu durumda Ay'da inşa edilecek bir yapının taşınması gereken ölü yük ağırlığı çok daha az olacak, yapı elemanlarının kesit alanları ve ağırlıkları da buna paralel olarak küçülecektir. Bu durum inşaat sürecini kolaylaştıran bir etmendir. Öte yandan Ay'daki bu yerçekimi azlığı onun çeşitli gazları yüzeyine yakın tutamamasına sebep olduğu için Ay'da atmosfer bulunmamaktadır. Bu durum güneşten gelen kozmik ışınların doğrudan yüzeye ulaşmasına neden olmaktadır. Ay üzerinde yapılacak yapıların içinde yaşayacak insanları bu tür ışıklardan ve oluşturdukları radyasyon etkisinden koruyacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Ay'ın Dünya gibi bir atmosfere sahip olmaması, uzayda serbest hareket den meteoritlere karşı da onu savunmasız hale getirmektedir. Dünya atmosferi küçük boyutlardaki meteoritlerin çoğunu yüzeye ulaşmadan sürtünme etkisiyle yok etmektedir. Ay yüzeyinde bu olay söz konusu olamayacağından yapıların küçük miktarda çarpmalara dayanıklı olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Öte yandan Ay sismik olarak daha stabil olduğundan deprem yükleri göz ardı edilebilmektedir.

Ay yüzeyi, Ay tozu olarak da adlandırılan, taneli ve gevşek yapıda bir materyal olan regolit ile kaplıdır. Her yere yapışabilen toz parçacıkları oluşturan Regolit, aşındırıcı etkisinden dolayı Ay'da yapılacak her türlü yapı sistemi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Taylor, 1992). Toz sorunu denilen bu durumdan en az etkilenmek için her türlü makine, robot ve uzay giysileri gibi temel elemanlar tozdan etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır (Benaroya, ve diğer, 2002)

Regolit; Ay yüzeyine düşen meteorların oluşturduğu yapay bir katman olup, demir, karbon, alüminyum, titanyum, silikon, oksijen, hidrojen, helyum ve azot gibi elementlerden oluşmaktadır (Taylor, 1992). Regolitten oluşan ay yüzeyinin kalınlığı buzullarda 5 metre, dağlık bölgelerde ise 12 metreye çıkabilmektedir (Shkuratov ve Bondarenko, 2001). Regolit'in içinde yaklaşık %40 oranında bulunan oksijen, Ay Habitatları için doğal oksijen kaynağı olarak kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir (Haskin, 1992).

Ay yüzeyinde gündüzden geceye geçişte oluşan hızlı sıcaklık farkları yüzey yapıları için önemli termal genleşme ve termal döngü zorluklarına yol açmaktadır. Eğer bir yapı doğrudan bu aşırı sıcaklıklara maruz kalacaksa, elastisitesi yüksek malzemelerden yapılmış olmalıdır ve termal genleşme katsayıları farklı malzemeler dikkatlice kullanılmalıdır (Benaroya, 2017). Ay yüzeyini oluşturan regolit, düşük termal iletkenliğe sahiptir. Bu nedenle Ay yapım sistemleri tasarımlarında Regolit malzemesinin yapıların yüzeyinde kaplama malzemesi olarak kullanıldığı sıkça görülmektedir. 20 cm derinlik regolit katmanının altında sıcaklık değişimleri yaklaşık 10 °C'ye düşer ve 40 cm derinlikte, 1 °C'yi bulabilir ve nominal sıcaklık yaklaşık -20 °C'olmaktadır (Lindsey, 2003). Bu durumda regolit materyaliyle kaplanacak bir yapı Ay yüzeyinin aşırı sıcaklık değişimlerinden korunacaktır denilebilir.

Regolit, radyasyon önleyici olarak da önemli bir kalkan olarak yine karşımıza çıkmaktadır. Dünya'da yüzey radyasyon dozları, koruyucu atmosfer nedeniyle yılda 0.001-0.002 Sv arasında değişir. Ay yüzeyinde ise atmosfer olmadığından dolayı kozmik radyasyon, yılda yaklaşık 0.3 Sv dozajındadır. Ancak 1 m kalınlığında regolit derinliğinde, kozmik ışın parçacıklarından kaynaklanan yıllık radyasyon değeri, Dünya'nın yüzeyine benzer şekilde yaklaşık yılda 0.002 Sv değerine düşer (Benaroya, 2017). Bu durum Ay'da yapım malzemesi olarak regoliti öne çıkarmaktadır.

Ay ortamında inşa edilecek yapılar için öne çıkan yapım teknikleri; konvansiyonel, prefabrik ve Ay ortamının doğal kaynakları ile inşa sistemleridir (Cohen, 2002). Konvansiyonel sistem yapı malzemelerinin taşınması ve inşa için gerekli iş gücü açısından tasarımlarda en az tercih edilen sistemdir. İkinci sistem daha hızlı, pratik ve iş gücü azlığı açısından ilk sisteme göre daha iyi bir seçenektir fakat prefabrik ünitelerin dünya ortamından ay ortamına taşınmasının zorluğu nedeniyle dikkatlice değerlendirilmesi gerekir. Ay'ın doğal kaynaklarının kullanılması ise, ilk Ay Habitat

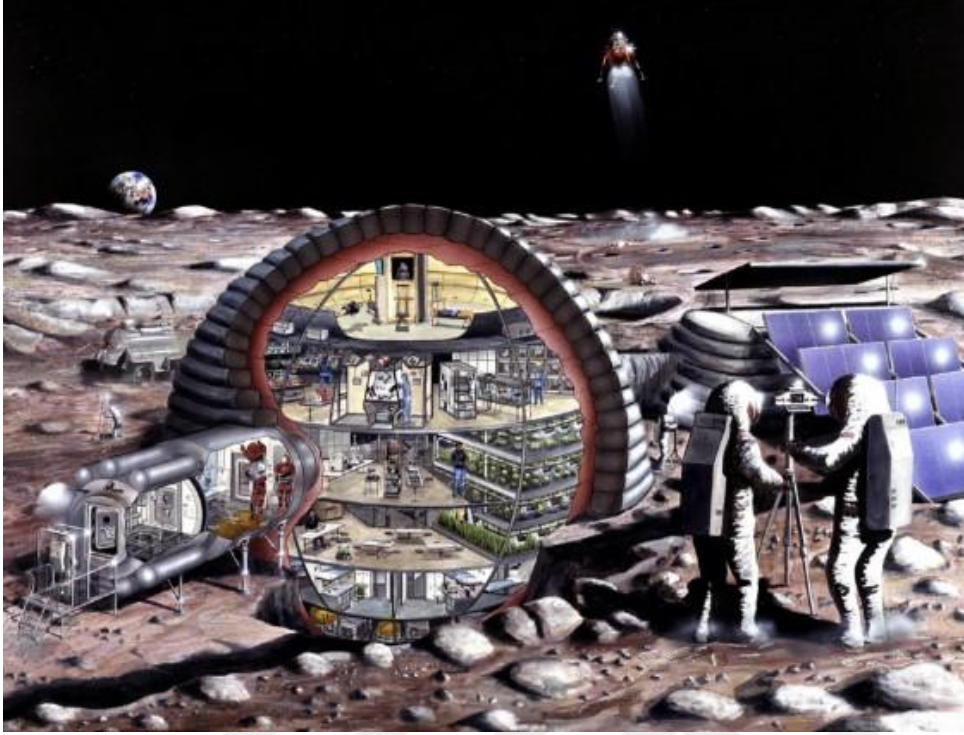
tasarımlarından beri en çok üzerinde durulan ve tasarımlarda yer verilen sistemdir denilebilir.

Yapım sistemi dışında, mimari formun detayları da Ay Habitatlari için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir. Yer çekimi azlığından ve iç basınç her noktaya aynı kuvvette etkiyeceğinden silindir ve küre gibi eğrisel formlar en çok tercih edilen mimari formlardır (Ruess, Schaenzlin ve Benaroya, 2006). NASA'nın ve birçok farklı tasarımcının Ay Habitatı tasarımlarında bu durumun göz önüne alındığı fark edilmektedir.

4.1.1. Şişirilebilir Ay Üssü

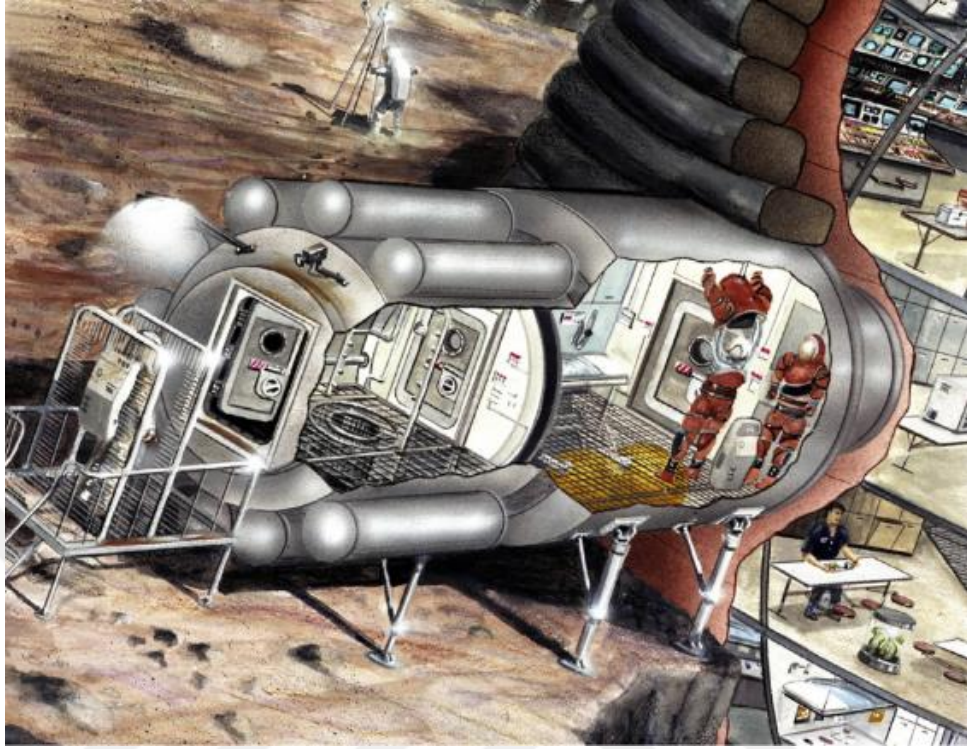
M. Roberts'ın 1992 yılında tasarladığı Şişirilebilir Ay Üssü (Inflatable Lunar Habitat) projesi, Ay yüzeyinde uzun süreli insan yaşamını desteklemek amacıyla geliştirilmiş şişirilebilir bir uzay yapısıdır. Şişirilebilir yapılar, genişleyen veya pnömatik yapılar olarak da bilinirler ve Ay'a yapım malzemesi taşıma maliyetini en aza indiren sistemlerden biridir. Şişirilebilir yapılar temelde taşınmak için sıkıca katlanabilen ve ardından teslimat sonrası tam boyutuna açılabilen esnek bir basınç kabıdır (Roberts, 1992). Bu durum küçük bir taşıma kapasitesiyle büyük bir yapı hacmi elde etmeyi sağlamaktadır. Şişirilebilir yapılar, neredeyse her şekilde tasarlanabilir, ancak küresel şekil, hacim açısından en verimli olanıdır. Ana yapısal kaygılar arasında zar gerilmeleri, sızıntı (zamanla kaçınılmaz olabilir) ve delinme direnci bulunur. Roberts, zar gerilmelerini azaltmak ve yerel eğrilik yarıçapını küçültmek için kablolar ve halkalar önermiştir. Şişirilebilir malzeme havaya karşı geçirimsiz olabilir, ancak kapaklara ve kapılara yapılan bağlantılar sızıntıya karşı hassastır. Şişirilebilir yapı, dağıldıktan sonra esnek kalacak şekilde tasarlandıysa, felaket bir çökme durumunda içyapıya ihtiyaç vardır. Roberts'ın Şişirilebilir Ay Üssü tasarımı, 1 metre çapında bir kürenin içine sığdırılarak Ay'a gönderilebilecek, şişirildiğinde, 16 m çapında ve 2145 m³ hacminde bir küre olacak şekilde planlanmıştır. Şişirilen bir dış katmandan ve onu destekleyecek, zemini, duvarlar ve ekipmanları taşıyacak bir yapısal kafesten oluşan tasarım, bu iç kafes sayesinde basınç kaybında dahi ayakta kalabilmektedir. Tasarımda iç basınç Dünya'daki standart deniz seviyesi atmosfer basıncı olan 101.4 kPa olarak kabul edilmiştir. Yapının iç hacmi, hâlihazırda inşa edilmiş ve kullanılmakta olan uzay istasyonunun toplam hacminin onu kullanan 8 mürettebata bölünerek bulunan birim hacmin, Üs için kullanılan 12 mürettebat sayısı ile çarpılması

sonucu bulunmuştur. Yapı dört kattan oluşmaktadır ve toplam zemin alanı 594 m² dir (Roberts, 1992).



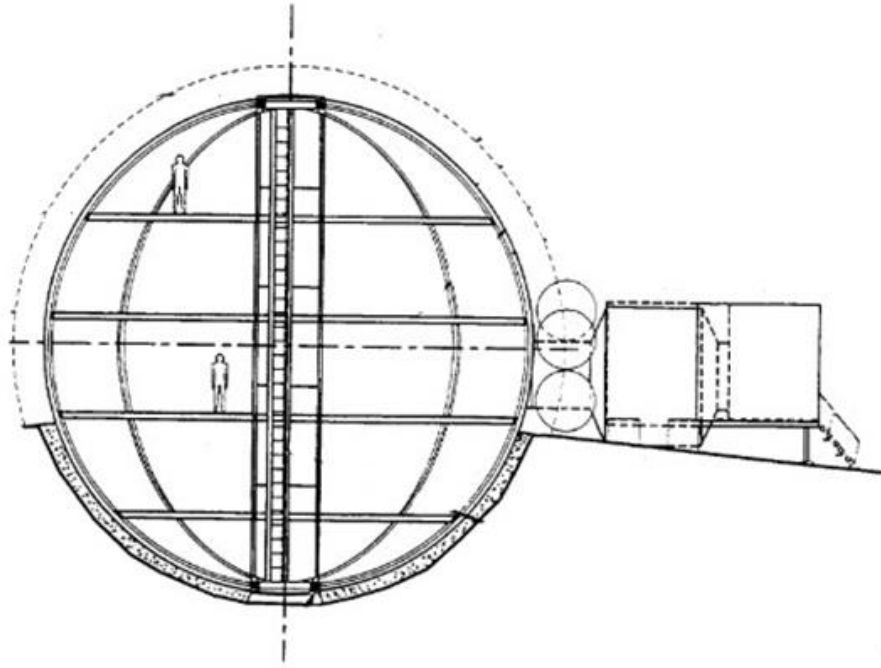
Şekil 4. 1. Şişirilebilir Ay Üssü, Roberts (Benaroya, 2017)

Ay üssüne tekrar girmeden önce mümkün olduğunca fazla tozun temizlenmesi gerekmektedir. Astronotlar, tozun büyük bir kısmını temizleyen kapılardan geçebilirler. Delikli bir metal veranda, tozun düşmesine olanak tanır. Toz kilidinin içine girdikten sonra astronotlar beyaz tulumlarını çıkaracaklardır. Bu dış giysi, uzay giysisinin hassas hareketli eklemlerini kumlu tozdan korumak ve ek bir toz kontrol katmanı sağlamak için kullanılacaktır. Bir hava duşu, güçlü hava jetleri ile kalan tozu temizleyebilir. Astronot, mümkün olduğunca fazla tozu temizledikten sonra hava kilidine girip giysisini çıkarabilir. Hava kilidi aynı anda dört astronotu barındırabilir. Giysiler kullanılmadığında orada saklanabilir (Benaroya,2017).



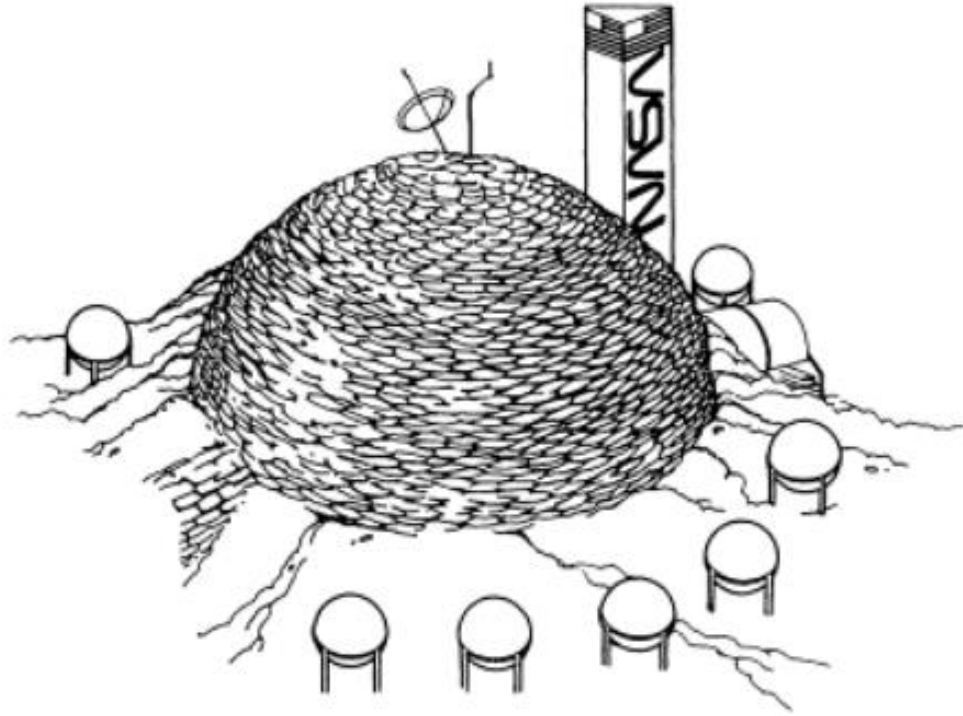
Şekil 4. 2. Şişirilebilir Ay Üssü Girişi (Benaroya, 2017)

Bu şişirilebilir konseptin iç çerçeveleme ve dış destek yapısı için yüksek mukavemetli yapısal alüminyum 2219 kullanılması planlanmıştır. Şişirilen mat, alüminyumun akma mukavemetine ve Ay toprağının nihai taşıma kapasitesine karşı 4 güvenlik faktörü ile tasarlanmıştır. Yapının katları arasında, personelin hareketi ve ekipmanların taşınması için 2 metre çapında açık bir şaft planlanmıştır. Yapının en alt katmanı kâse biçiminde kavisli şekilde düşünülmüş ve bakım alanı veya depo olarak kullanılması öngörülmüştür.



Şekil 4. 3. Şişirilebilir Ay Üssü Kesiti (Roberts, 1992)

Şişirilebilir dış katman geçirimsiz bir iç tabakaya ve termal bir dış kaplamaya sahip olacaktır. Yapı yerine kurulduktan sonra kum torbaları şeklinde 3 metre kalınlığında Ay regoliti ile kaplanacaktır. Bu kalınlık en büyük güneş patlamalarında bile iç mekânın güvenli olması için oldukça yeterlidir (Roberts, 1992) Fakat regolitin bu şekilde yerleştirilmesi ciddi bir iş gücü gerektirmektedir. Astronotların regoliti yerleştirene kadar şişirilebilir malzemenin radyasyona maruz kalacağı unutulmamalıdır.



Şekil 4. 4. Şişirilebilir Ay Üssü Dış Katmanı (Roberts, 1992)

Tasarımda şişirilebilir malzemenin radyasyon maruziyetine duyarlılığı oldukça önemli bir faktördür. Ayrıca yapı içindeki ve dışındaki aktiviteler nedeniyle yapı malzemesi ile koruma regolit arasında oluşan aşınma göz önünde bulundurulmalıdır. Taşıma ve dağıtım sırasında şişirilebilir malzemenin aşırı sıcaklık ve vakum koşullarına maruz kalması da tasarımın olumsuz sonuçlanabilecek özelliklerinden birisidir. Tüm bu sebepler nedeniyle bu yapıda ve şişirilebilir ay tasarımlarının çoğuna kendini onarma gibi bazı yetenekler eklenmesi gerekebilir. Bu yetenekler mürettebat güvenliğini artırabilir ve yapının bakım süresini azaltabilir. Düşünülen yeteneklerden bazıları arasında sıcaklığı kontrol etmek için emisyon imzalarını değiştirebilen kaplamalar ve dağıtımdan sonra habitatın düzgün şeklini korumak ve değiştirmek için piezoelektrik malzemeler, şekil hafızalı alaşımlar bulunmaktadır (Benaroya, 2017). Bu sayede Mikro meteoritler nedeniyle meydana gelen darbe hasarları, kendi kendini onarabilir. Ayrıca, yapı regolit ile kaplandıktan sonra hasarlı yerlere erişim neredeyse imkânsız hale gelebilir ve kendi kendini onarma, kazı dışında tek seçenek olabilir. Bu tür yeteneklerin Ay yapısal sistemleri için geliştirilmesinin makul olması beklenirken, tasarımcıların büyük özen göstermemesi durumunda bu tür yeteneklerin karmaşıklığının sistem güvenilirliğini azaltabileceği unutulmamalıdır.

4.1.3. Ay Habitatu

Avrupa Uzay Ajansı tarafından kurulan consorsiumun bir parçası olan Foster + Partners mimarlık ofisi tarafından 2013 yılında tasarlanan Ay Habitatu (Lunar Habitation) projesi Ay'da kalıcı bir yaşam alanı oluşturmak için dayanıklı, sürdürülebilir ve insan sağlığına uygun yapılar tasarlama amacındadır. Bu projede Foster + Partners, yerel kaynakların kullanımı ve ileri teknolojilerle desteklenen bir habitat tasarımı sunar ve gelişen 3D baskı teknolojilerinin olanaklarını kullanmayı amaçlar. Yapım malzemelerini Ay'a taşıma zorluklarına çözüm üretmeye çalışan bu çalışmada, Ay regolitinin yapı malzemesi olarak 3D yazıcılarla birlikte kullanılması planlanmıştır.



Şekil 4. 5. Ay Habitatu, 2013 (Url-30)

Ay Habitatu projesi 4 mürettebatı barındıracak şekilde tasarlanmıştır ve çoğu Ay tasarımında olduğu gibi yarı prefabriktir. Uzay roketi ile gönderilen bir tüp modülün bir ucundan şişme bir kubbenin uzanarak destek bir yapı oluşturmasıyla tasarımın inşa sürecine başlanır. Ardından bir robot tarafından kontrol edilen 3D yazıcı ile regolit tabakaları kubbenin üzerine katmanlar halinde yazılır. Bu sayede temel kubbenin üzerine regolitten oluşan asıl koruyucu kabuk inşa edilmiş olunur ve radyasyon ve mikro meteoritlere karşı koruma sağlanır. Ayrıca Ay'daki aşırı sıcaklık değişimlerine karşı iç mekânın sıcaklığını dengede tutmak için termal koruma elde edilir. Kabuk, 3D baskı malzemesi olarak kullandığı regoliti basarken, bağlayıcı miktarını minimumda

tutar ve dayanıklılık sağlamak için kapalı boş hacimler oluşturur (Foster+Partners, 2013).

Ay Habitati modüler tasarımı sayesinde, yapıların gerektiğinde genişletilmesine ve farklı ihtiyaçlara göre uyarlanmasına olanak tanır. İç mekân tasarımı, astronotların uzun süreli konaklamaları için ergonomik ve konforlu yaşam alanları sunar. Bilimsel araştırmalar ve günlük operasyonlar için özel çalışma alanları oluşturulmuş olup, sosyal etkileşimi teşvik etmek ve psikolojik sağlığı desteklemek amacıyla ortak yaşam alanları da düşünülmüştür.



Şekil 4. 6. Ay Habitati iç mekan kesiti, 2013 (Url-30)

Tasarım, kendinden önceki tasarımların öne çıkan özelliklerini kullanmış, 3D baskı teknolojisi kullanarak Ay'da inşa etmenin en büyük zorluklarından olan iş gücünü minimuma indirmeyi başarmıştır. Simüle edilmiş Ay Toprağı ile 3D baskı testleri yapılan tasarımın, hâlihazırda gerçekleşmesi en muhtemel tasarımlardan biri olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 7. Ay Habitatu tasarımı için 3D baskı denemesi, 2013 (Url-30)

Projenin önemi ve geleceği göz önüne alındığında, Foster + Partners'ın bu yenilikçi yaklaşımı, gelecekteki uzay keşifleri ve kolonizasyonu için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu proje, sadece Ay'da değil, Mars gibi diğer gezegenlerde de sürdürülebilir yaşam alanları oluşturma konusunda yol gösterici olabilir. Lojistik ve taşıma kolaylığı, yerel kaynak kullanımı ve teknolojik yenilikler, bu tasarımın öne çıkan özelliklerindedir. Robotlar ve 3D baskı teknolojisi sayesinde inşaat süreci hızlanmakta ve insan iş gücü ihtiyacı azalmakta, bu da projenin uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Foster + Partners'ın Ay yerleşimi projesi, uzay mimarisi ve mühendisliği alanında önemli bir katkı sunmakta ve gelecekte uzayda sürdürülebilir ve kalıcı yaşam alanlarının geliştirilmesine yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu tasarım, Ay'da yaşamı mümkün kılacak teknolojik ve yapısal yenilikleri bünyesinde barındıran, ileriye dönük ve umut verici bir projedir. Ay yüzeyinde yaşamın sürdürülebilirliği ve güvenliği için gerekli tüm unsurları dikkate alan bu tasarım, gelecekte insanlığın uzayda yeni bir yaşam kurma yolundaki en önemli mihenk taşlarından biri olarak kabul edilmektedir.

4.2. Mars Ortamında Mimarlık

İnsanlık Ay'a ulaştıktan sonra yönünü bir sonraki aşama olarak gördüğü Mars gezegenine çevirmiştir. Fakat Mars'a insan gönderme hedefi, uzun vadeli ve karmaşık bir planlamayı gerektirmektedir. Bu planın önemli bir parçası da insanların Mars'ta yaşaması için uygun yapıların tasarımıdır. Çünkü Mars gezegeni Ay'dan çok daha

uzak bir konumda olduğundan Ay görevleri gibi kısa süreli olması imkânsızdır. Mars'ta, Uzay istasyonları gibi astronotların uzun süreli kalacağı ve araştırma yapabilecekleri bir alana sahip olunması gerekmektedir. Bu bağlamda Mars habitatu inşası, insanlı mars görevleri için kaçınılmaz olmaktadır.

Mars'ta yaşamak ve çalışmak için sürdürülebilir bir insan varlığı oluşturulmalıdır. Yaşanabilirlik, sistem geliştirme ve kendi kendine yetme kavramları bu sürdürülebilir insan yaşamı için temel gerekliliklerdir (Drake, 2010). Yaşanabilirlik, yerel kaynakları kullanma ve onlardan mürettebatın ihtiyacını karşılayabilme üzerinde durur. Sistem geliştirme ise güvenilir ve sağlam uzay sistemleri kurma ve bu sistemlerin içerisinde insan yaşamına olanak tanımadır. Bu sistemleri kaynakları minimumda kullanarak uzun vadeli çalıştırma hedefi ise kendi kendine yetebilme kavramı çatısı altında planlanmaktadır.

Ay yüzeyi gibi Mars yüzeyi de yapı inşa etmek için ekstrem koşullarda bir bölgedir. Mars, Ay ile benzer koşullara sahip olsa da bazı yönlerden Dünya ile yakınlık göstermektedir. Mars gününün uzunluğunun neredeyse bir Dünya günü kadar olması bunlardan biridir. Ayrıca Mars Ay'ın aksine mevsimlere de sahiptir. Yerçekiminin Ay'dan fazla olduğu Mars'ta az yoğunlukta bir atmosfer bulunur. Fakat bu atmosfer şiddetli toz fırtınalarına ve saniyede 30 metreye ulaşan rüzgârlara sebep olmaktadır (Leach, 2014).

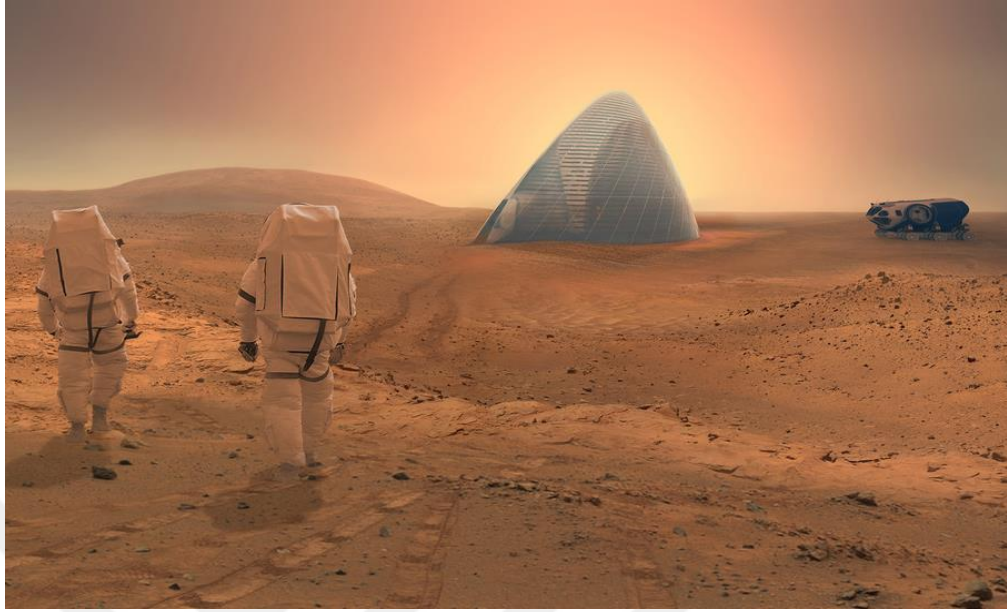
Mars'ta da en büyük problemlerden biri Ay'da olduğu gibi yüksek sıcaklık farklarıdır. 20°C ile -153°C (68°F ile -243°F) arasında değişen şiddetli bir soğuk iklime sahiptir (Mars Exploration Program, 2023). Bu durum insan yaşamı için oluşturulacak habitatlar için en önemli tasarım kriterlerinden biridir. Mars'ın düşük yoğunlukta atmosferinin az miktarda engelleyebildiği radyasyon ışınları da yine Ay yapılarında olduğu gibi Mars için de bir diğer önemli tasarım kriteridir.

Mars görevleri için Dünya ile bağlantı daha önce hiç olmadığı kadar uzun süre kaybolacak ve iletişimde yaklaşık 20 dakikalık bir gecikme olacaktır. Bu nedenle acil bir durumda geri dönüş çoğu zaman pratik olmayacaktır. Bugüne kadar tek bir konaklamanın en uzun süresi birkaç durumda yaklaşık bir yıl olmuştur. Mevcut ISS mürettebatı için yapılan görevler genellikle altı ay sürer. Yol haritaları, görev sürelerinde artış göstermektedir ve bu durum, yaşanabilirlik konusunda daha fazla soruşturmayı gerektirmektedir (Fenoglio, 2018).

NASA'nın Asırlık Sorunlar programının bir parçası olarak 2015'te düzenlediği 3D Yazıcıyla Basılmış Habitat Yarışması, aya, Mars'a veya ötesine yönelik 3D baskılı bir habitat inşa etmeyi amaçlamaktadır (NASA, 2019). Yarışma ile birlikte Mars'ta inşa edilecek olası yapılarla ilgili birçok tasarım fikri ortaya çıkmıştır. Mars'ın Ay'dan çok daha uzakta olması sebebiyle ulaşımın daha zor olması, hakkında bilinmeyenler çok fazla olduğu için araştırılmaya ihtiyaç duyulması gibi sebeplerden Mars'ta kalıcı yapılar inşa etmek uzay çalışmaları açısından önemli bir basamak haline gelmiştir. NASA'nın açtığı bu yarışma ile de çok sayıda tasarım bir araya toplanmış ve tartışılmıştır. Üç aşamalı bir değerlendirme sistemi ile 4 yıla yayılan bu yarışmada projelerin her açıdan ayrıntılı olarak incelenmiş ve oldukça gerçekçi ve inşası mümkün tasarımlar ortaya çıkarılmıştır.

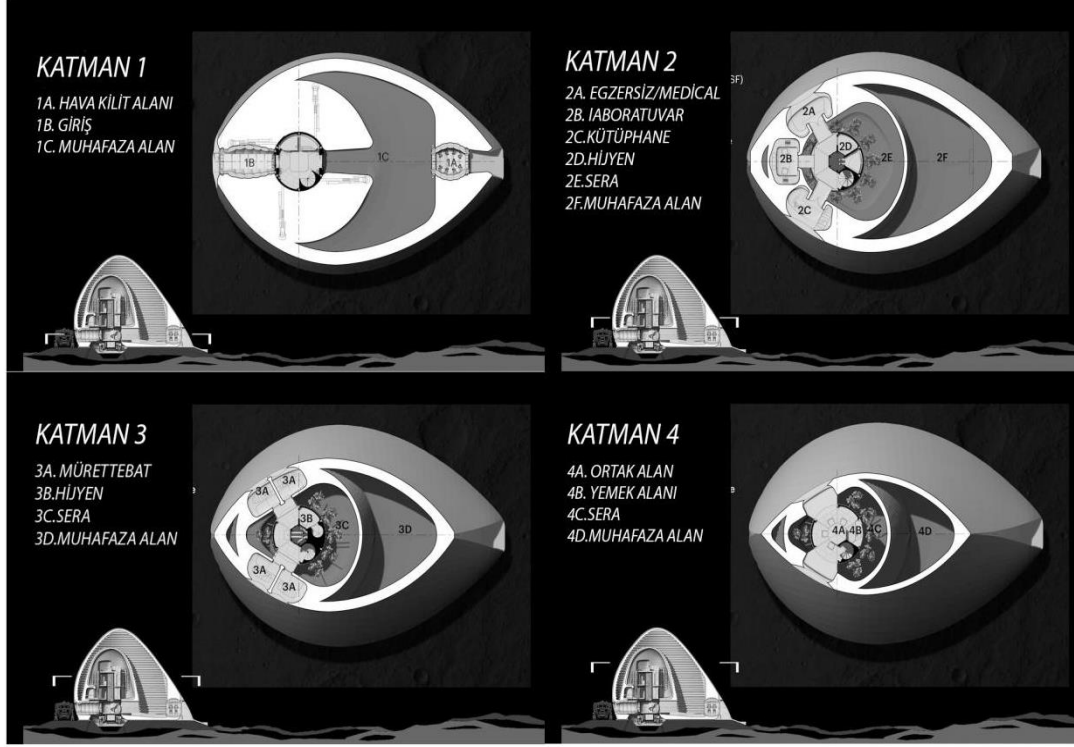
4.2.1. Mars Buz Evi

Clouds Mimarlık ofisinin tasarladığı Mars Buz Evi (Mars Ice House) projesi, yarışmanın 1. aşamasının finalistlerinden biridir. Tasarımda insan deneyimine odaklanılmış, temel insan ihtiyaçları, radyasyon koruması ve termal konfor temel tasarım kriterleri olarak belirlenmiştir. Ardından bu gereksinimlere ve malzemenin uygunluğuna dayanarak, yerel olarak da bulunabilecek H₂O (su) inşaat malzemesi olarak belirlenmiştir (Morris, 2016). Regolit kullanmanın risklerini ortadan kaldıran bu malzeme seçimi, radyasyon koruması açısından da oldukça yeterlidir. Bunun yanı sıra, yerel kaynaklardan elde edilebilecek olan suyun inşaat malzemesi olarak kullanılması, sürdürülebilirlik açısından da önemli bir adımdır. Ayrıca ekibin tasarımının merkezinde yer alan şeffaflık kavramı açısından en mantıklı malzemedir denilebilir.



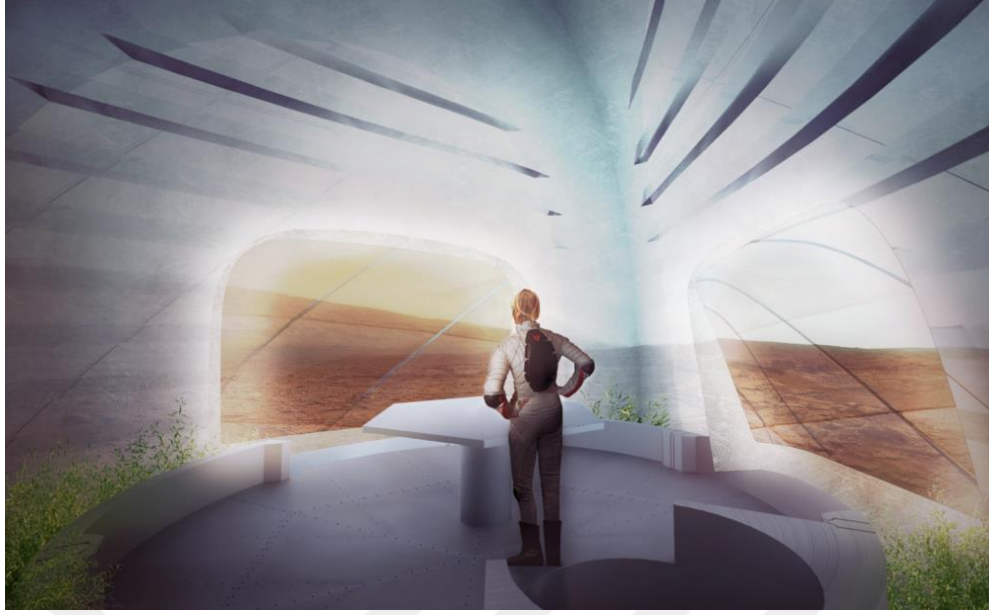
Şekil 4. 8. Mars Buz Evi, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)

Bu projenin öne çıkan özelliklerinden biri, sadece teknik ve yapısal unsurlara odaklanmak yerine insan deneyimine önem vermesidir. Tasarım sürecinde, insanların Mars'ta yaşamalarını sağlamak için gerekli olan temel ihtiyaçlar ve konfor unsurları dikkate alınmıştır. Şeffaflık kavramının tasarımın ana kriteri olmasının sebebi de insan psikolojisiyle ilgilidir. Ekip doğal ışığın yerine kullanılacak yapay ışığın astronotların zihinsel ve fiziksel sağlığını dengeleme yeteneğine sahip olmadığı savunmaktadır (Morris, 2016). Bu nedenle yapı, Mars'taki doğal ışık döngülerinden faydalanabilmek için dış kabuğu belli bir şeffaflık düzeyinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Şeffaflık kavramının tasarımın merkezinde yer alması aynı zamanda insanların Mars'ta yaşadıkları deneyimi zenginleştirmeyi amaçlar. Bu sayede, insanlar iç mekânlarda dahi dış dünyayı görebilir ve güneş ışığının tadını çıkarabilirler. Bu, insanların ruh sağlığı ve genel yaşam kalitesi üzerinde olumlu bir etki yaratabilir. Tasarımın bu özelliği, Mars'ta yaşamı sadece bir hayatta kalma mücadelesi olmaktan çıkararak, bir keşif ve yaşam deneyimine dönüştürebilir

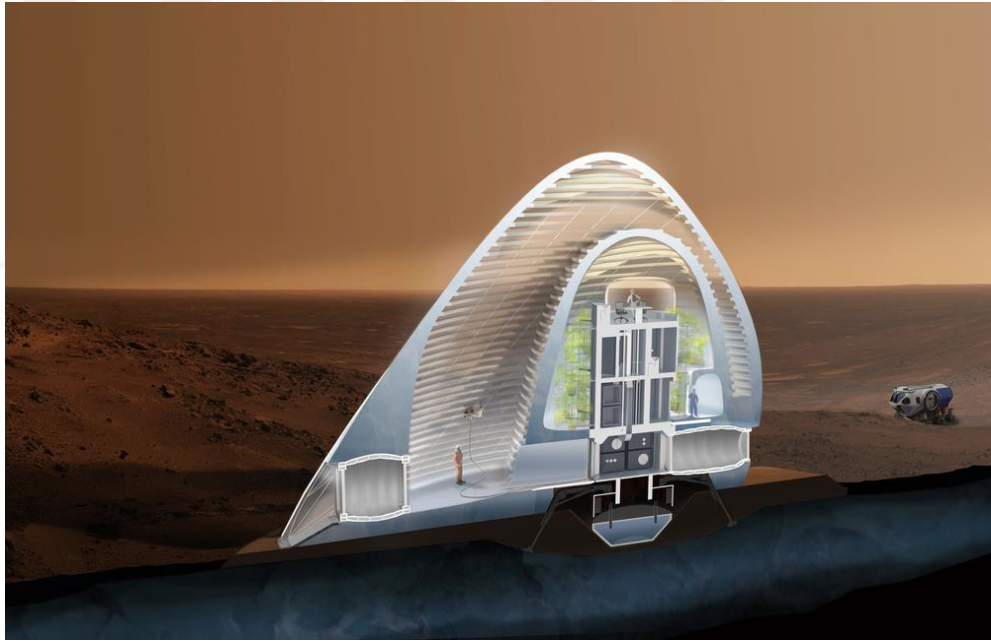


Şekil 4. 9. Mars Buz Evi kat planları, Clouds Mimarlık,2016 (Url-3)

Tasarımda, suyun Mars'ın alçak basınçlı atmosferine süblimleşmesini önlemek için dış tarafa basınç sınırı yerleştirilmiştir (Morris, 2016). Ayrıca bu basınçlı hacim içinde yer alan açık hava benzeri bir mekân düzenlemesi projenin öne çıkan özelliklerindedir. Habitatın çekirdeği ile dış ortam arasında bir 'bahçe' olarak düşünülen bu mekân tamamen iç veya dış olmayan tarafsız bir alandır denilebilir. Aradaki alan iç alandan termal olarak da ayrılmıştır, bu da dışarıda olma deneyimini desteklemektedir. Ayrıca bu alan sayesinde, astronotlar uzay giysisi giymeden dış ortamda bulunma deneyimi yaşayabileceklerdir.



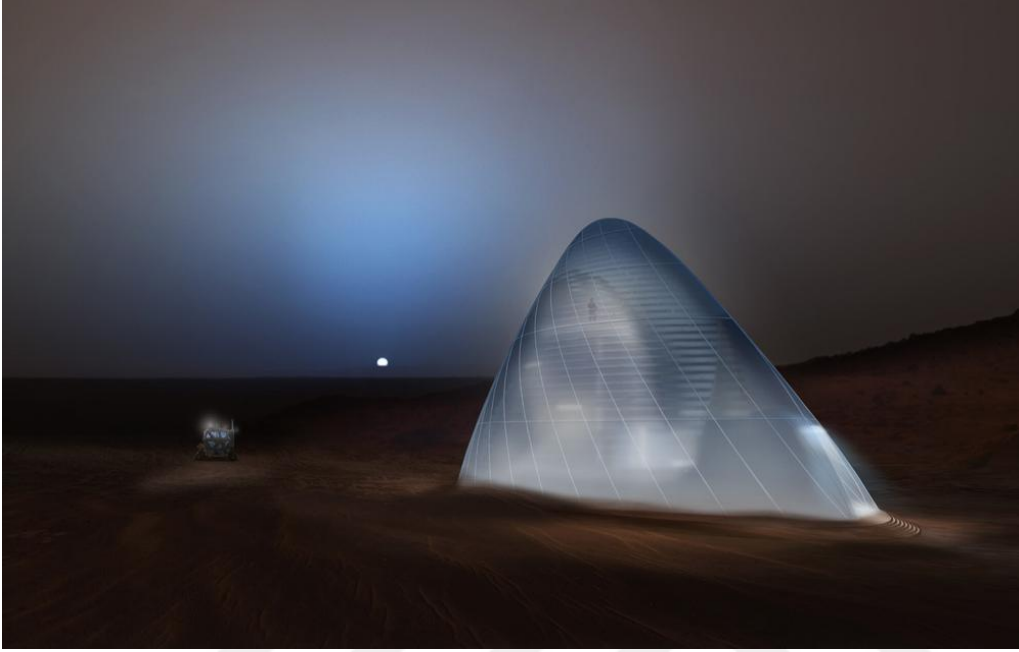
Şekil 4. 10. Mars Buz Evi iç mekandan görünüm, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)



Şekil 4. 11. Mars Buz Evi kesiti, Clouds Mimarlık,2016 (Url-3)

Projede, çekirdek etrafında dikey bir sera tasarlanmış ve seranın yiyecek ve oksijenin temel kaynağı olarak kullanılması planlanmıştır. Bu yeşil alanın sadece biyolojik ihtiyaçları karşılamakla kalmayıp aynı zamanda termal kontrolü sağlamak için de önemli bir rol oynaması öngörülmüştür. Sera, içerideki bitkilerin fotosentezi yoluyla oksijen üretmesi ve karbondioksit emmesiyle havayı temizlerken, aynı zamanda gıda üretimine de katkı sağlar. Tasarımın bir diğer özelliği ise, en içteki sera katmanından başlayarak dış kabuğa doğru sırayla 3D yazıcılar ile basılması planlanmış olmasıdır

(Morris, 2016). Bu yaklaşım, inşaat sürecini optimize ederek malzeme ve işçilik maliyetlerini azaltmayı ve inşaatın daha hızlı tamamlanmasını amaçlar. Ayrıca, 3D yazıcılar ile yapılan basma işlemi, karmaşık geometrilerin ve iç mekânların daha kolay oluşturulmasını mümkün kılarak tasarım özgürlüğünü arttırmaktadır.



Şekil 4. 12. Mars Buz Evi Gece Görünüşü, Clouds Mimarlık,2016 (Url-31)

İki ana kabuktan oluşan yapıda, kabuklar arasında kalan mekânlar ile şimdiye kadar süregelen monoton uzay yaşam koşulları bozulmak istenmiştir. Bu tasarım yaklaşımı, sıradanlıktan uzaklaşmayı ve yaşam alanlarını daha çekici hale getirmeyi amaçlar. Ayrıca, tasarımda şeffaflık kavramı, sadece güneş ışığını içeri almakla kalmaz, aynı zamanda habitatın içindeki ışığı dışarıya yansıtarak dış gözlemciler için Mars'ın yüzeyinde mimari bir anıt yaratmayı amaçlar (Morris, 2016). Bu yaklaşım, Mars'taki yaşamı sadece bir hayatta kalma mücadelesi olmaktan çıkararak, bir sanat ve keşif deneyimine dönüştürmeyi hedeflemektedir denilebilir.

4.2.2. Mars X Evi 2. Versiyon

Mars X Evi Versiyon 2 (Mars X House V.2) yarışmanın 3. Aşamasının finalistlerinden biridir ve Search+ ekibi tarafından tasarlanmıştır. Dört kişilik bir ekibin bir Dünya yılı boyunca Mars'ta yaşayacağı ve çalışacağı bir mars habitatu olan tasarım 4.5 metre çapında dairesel bir plana sahiptir. Suyun yapı malzemesi olarak kullanımının yarışma otoriteleri tarafından kısıtlanmasının ardından tasarımda yapı malzemesi olarak Mars regoliti kullanılmış ve 3D yazıcılar ile yapının tamamlanması planlanmıştır. Yapı

gerilme kuvveti oluşmayacak şekilde basınç farkına direnebilmek için hiperboloide silindir formunda tasarlanmıştır. Habitat içinde normal (Dünya bazlı) atmosfer basıncının hissedileceği şekilde düşünülmüştür. Fakat dünya basıncı 101.4 kPa değeriyle marstaki dış basıncın yaklaşık 3 katıdır. Bu nedenle yapıda içten dışarıya doğru büyük bir itme kuvveti oluşmaktadır. İç basıncın neden olduğu bu yukarı yönlü itme kuvvetine direnebilmek için yapının tepesine bir su deposu konumlandırılmıştır (Yashar, 2019).

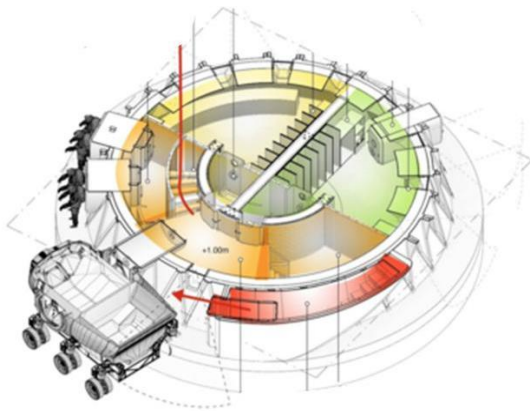


Şekil 4. 13. Mars X Evi 2. Versiyon, Search+, 2018 (Url-32)

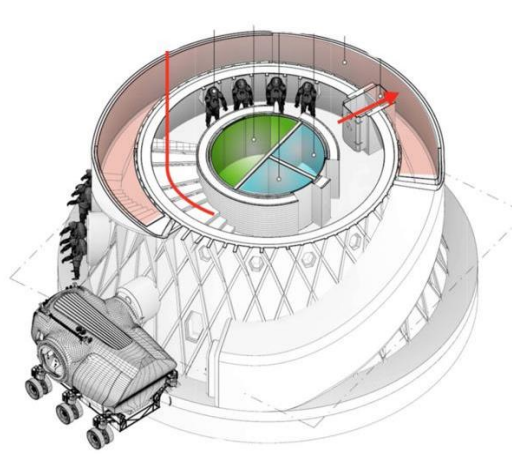
İnsan refahını önemseyen tasarım unsurları projede ön planda tutulmuştur. Bu bağlamda duvarlara pencereler yerleştirilmiş, pencerelerin derinlikleri radyasyondan korunmayı belirli bir seviyede tutacak şekilde düzenlenmiş, ışık giriş açısı düşük seviyelerde tutulmuştur. Mekânın içindeki fonksiyonların dağılımı da radyasyondan korunma düşünülerek, mekân içinde harcanacak zamana göre yapılmıştır (Yashar, 2019).

Zemin kat, iletişim ve operasyonlar için bir alan sunar ve habitatın ana enerji hatlarının yakınında bulunur. Gıda gibi kritik görev öğelerinin işlenmesi için saklama alanı, habitatın ana merdiveninin altında ve alt zemin içinde bulunur. Gelecekteki bir Mars misyonunda, astronotlar, yaşam tespiti, metroloji, karakterizasyon vb. için gezegen yüzeyinde kayaları ve toprakları aktif olarak analiz edeceklerdir. Yabancı dış gezegen materyalinin analizi oldukça tehlikelidir ve mürettebatın potansiyel olarak ölümcül patojenlerden korunması gerekmektedir. Bu nedenle, her iki laboratuvarın yaşam

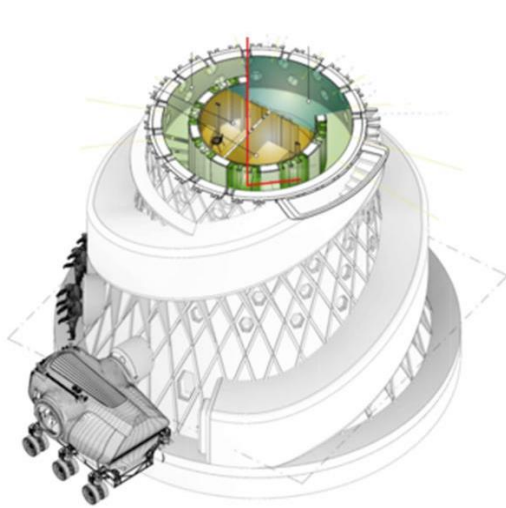
alanlarından hava kilitleriyle ayrılması ve bağımsız havalandırma sistemlerine sahip olması tasarımın kritik noktalarından biridir. Laboratuvar 2, habitat için bir mühendislik, onarım ve tıbbi tedavi merkezi olarak planlanmıştır. Laboratuvar, tıbbi teşhisler, ilaçlar ve tıbbi üretim için deneysel modüller içerir. Laboratuvar ayrıca 3D baskı parçaları, aletler, donanım onarımı ve diğer habitat mühendisliği öğelerinin bakımını yapmak için geniş, açık bir çalışma alanına sahiptir.



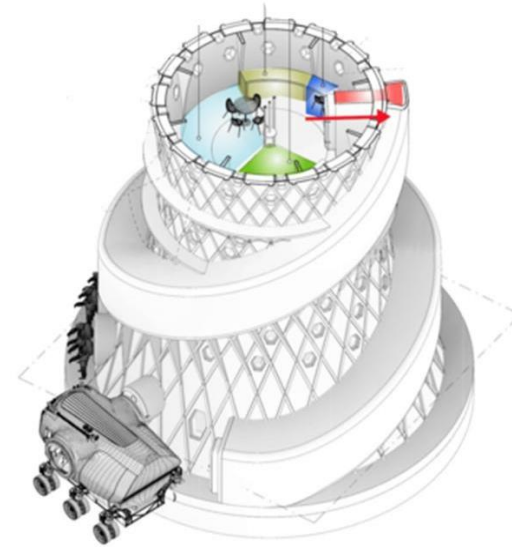
1. KATMAN- LABORATUVAR, DEPOLAMA, OPERASYON



2. KATMAN- HİJYEN, MEKANİK



3. VE 4. KATMAN- YATAK ODALARI, SERA



5. KATMAN- ORTAK ALAN

Şekil 4. 14. Mars X Evi 2. Versiyon Planlar, 2018 (Url-32)

2. kat mekanik sistemler ve tuvalet duş gibi hijyen birimlerine ayrılmıştır. 3. Ve 4. Katta ise yatak odaları bulunmaktadır. Odalar, NASA standartlarına göre minimum yaşam alanı boyutlarına göre tasarlanmıştır. Her katta bir yatak odalarının girişinde uyku öncesi ve sonrası aktiviteler için bir alan bulunur ve kullanıcılar Mars manzarasına bakarken bahçenin tadını çıkarabilirler. Mürettebatın çoğu zamanını yatak odası alanlarında geçirdiği için, bu odalar ikinci bir iç duvar içinde yer alır ve bu nedenle radyasyondan daha fazla korunur. Bu duvarlar ayrıca hava besleme ve dönüş sistemlerini barındırırlar. 5. Kat ortak alandır. Mutfak ve yemek hazırlama alanı ile toplanma merkezi bu kattadır. Küçük bir bahçe alanı, mutfak için otlar sağlar ve aşağıdaki bitkiler aracılığıyla sirküle edilen havayı biyo-remediasyon fırsatı sunar. Hava besleme plenumu, bitkilerin köklerinden geçer ve doğal biyoremediasyon fırsatları sağlar.



Şekil 4. 15. Mars X Evi 1. Versiyon mürettebat yatak odası, Search+, 2018 (Url-32)



Şekil 4. 16. Mars X Evi 1. Versiyon 5. Kat ortak alanı, Search+, 2018 (Url-32)

Yapı içerisine merkezi merdivenle ulaşılacak ve bu merdiven üzerinden ekim ve hasat işlemleri gerçekleştirilebilecek dikey hidroponik seralar yerleştirilmiştir (Yashar, 2019). Yatak odası pencereleri de seraya bakan yöne konumlandırılarak kullanıcılar için daha ferah ortamlar yaratılmak amaçlanmıştır. Merkezdeki aks üzerinde bulunan kapalı hacimler hücrelere bölünerek mekanik servisler bu hücrelerde çözülmüştür (Yashar, 2019). Ayrıca acil durumlarda kullanılacak hava kilitleri yapının belirli bölmelerine yerleştirilmiştir. Tasarımda aynı zamanda bir dış mekân merdiveni de bulunmaktadır. Bu merdiven aracılığıyla gerektiğinde katlardan dışarıya çıkılabilmekte ve dış mekândan katlar arası geçiş sağlanabilmektedir.

4.3. Venüs Ortamında Mimarlık

Venüs gezegeni, uzay araştırmaları tarafından Mars'a giden yolda bir basamak olarak görülmektedir. Yörünge mekaniği, benzer itme gereksinimleri ile daha kısa görev süreleri ile Mars için öncü bir araştırma bölgesi olabilir (Arney,2015). Venüs'e yapılacak bir gidiş-dönüş yolculuğu yaklaşık 440 gün sürebilirken, Mars görevleri için bu süre yaklaşık 500 gündür. Ayrıca doğal kaynaklarının bolluğu (güneş enerjisi, karbon, oksijen, azot) ile de uzay araştırmaları ve uzay mimarisi için önemli bir konuma gelmektedir.

Venüs, kalın atmosferinin güneş rüzgârıyla etkileşimi nedeniyle indüklenmiş bir manyetosfere sahiptir ve Güneş'e yakınlığı sebebiyle onun manyetik alanına daha fazla girmektedir. Bu durum radyasyon seviyesini azaltmaktadır. Yolculuk süresinin de

daha kısa olması göz önünde bulundurulunca, astronotların maruz kalacağı radyasyon oranı Mars görevinden daha az miktarlarda olacaktır (Landis, 2003).

Atmosferi çok yoğun olan Venüs'te sera etkisinden dolayı yüzey çok sıcaktır ve ezici bir basınç mevcuttur bu nedenle yüzeyde yapı inşa etmek pratik olarak mümkün değildir (Arney,2015). Venüs yüzeyinde sıcaklık yaklaşık 460°C'ye kadar çıkabilir ve basınç Dünya'dakinin yaklaşık 92 katıdır. Bu aşırı koşullar, geleneksel inşa teknikleriyle yapılacak herhangi bir yapının hızla tahrip olmasına neden olur. Ancak Venüs'ün yüzeyinden yaklaşık 50 km yukarısında, atmosferik koşullar daha yaşanabilir hale gelir. Bu irtifada, sıcaklık yaklaşık 27°C (81°F) ve basınç yaklaşık 0,5 bar (50 kPa) düzeyindedir. Bu değerler, Dünya'daki deniz seviyesine yakın koşullara oldukça yakındır ve insan yaşamı için kabul edilebilir sınırlar içindedir. Venüs atmosferinde bulunan karbondioksit (CO₂) miktarının çok yüksek olması, atmosferin yoğunluğunu artırır ve bu da solunabilir havanın (azot ve oksijen karışımı) bir balon gibi yüzmesini sağlar. Bu özelliğiyle, Venüs'ün atmosferi, yüzer habitatlar için uygun bir ortam oluşturur. Bu irtifada, yer çekimi kuvveti de Dünya'dakine çok yakındır, bu da insanların ve yapıların hareket ve işlevselliğini kolaylaştırır.

Venüs'ün atmosferinde sıcaklık ve basınç değerleri belirli yüksekliklerde uygun olsa da, sülfürik asit bulutlarının varlığı büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Sülfürik asit, aşındırıcı etkisiyle bilinir ve herhangi bir uzay aracının veya uzay yapısının bu etkiden korunması gerekmektedir. Bu nedenle, Venüs'te inşa edilecek yapılar ve kullanılacak uzay araçları için malzeme seçimi son derece kritiktir. Sülfürik asidin aşındırıcı etkisine direnebilecek dayanıklı malzemelerin geliştirilmesi ve kullanılması, tasarım sürecinin en önemli kriterlerinden biri olmaktadır. Ayrıca otonom operasyonların hatasız bir şekilde yönetilmesi Venüs projeleri için hayati önem taşımaktadır. Hava gemileri, Dünya ile Venüs arasındaki iletişim gecikmesi nedeniyle navigasyon, bakım ve bilimsel operasyonlar için gelişmiş sistemlere ihtiyaç duymaktadır.

2020 yılında araştırmacılar Venüs atmosferinde fosfin keşfetmişlerdir. Keşif uzay araştırmaları için oldukça önemlidir çünkü keşfedilen miktarda fosfin (milyarda 20 molekül), sadece canlılar tarafından üretilebilmektedir (Greaves, 2020). Fosfin (PH₃), -87.7 derecede kaynayan, -133 derecede donan renksiz ve zehirli bir gazdır. Fosfin, canlıların organik molekülleri oksijensiz ortamda parçalaması sırasında ortaya çıkar. Canlılar, genellikle tek hücreliler, fosfini üretebilmek için fosfatı hidrojenle birleştirirler ve fosfin oluştururlar. Araştırmacılar Venüs gezegeninde uzun zaman

önce su bulunduğunu ve Dünya benzeri yaşama uygun bir gezegen olduğunu düşünmektedir. Çoğuna göre Venüs gezegeninde şartlar gittikçe zorlaştıkça yaşam zor şartlara uyum sağlayabilmek için kendine uygun alanlara çekilmiş olabilir. Bu durumda muhtemelen daha önce bahsedilen Venüs atmosferinin uygun sıcaklık ve basınca sahip bölgesinde yaşam bulunmakta ve bu canlılar fosfor molekülü üretmektedir (Greaves, 2020). Bu durum Venüs gezegenine yönelik araştırmaları arttırmakta ve insan yaşamı için de olası araştırma üslerinin tasarlanmasının önünü açmaktadır.

Venüs, yakın gelecekte araştırma üslerinin kurulması ve uzun vadeli bilimsel çalışmalar için önemli bir hedef olarak görülmektedir. Venüs'ün atmosferindeki uygun koşullar, bilim insanlarının ve mühendislerin bu gezegende sürdürülebilir yaşam ve çalışma alanları geliştirmelerine olanak tanıyabilir. Özellikle, atmosferin üst katmanlarındaki uygun sıcaklık ve basınç değerleri, insan yaşamı ve teknolojik ekipmanların uzun süreli varlığı için umut verici görünmektedir. Venüs gezegeni, sadece uzay araştırmaları için değil, aynı zamanda gelecekteki uzay kolonizasyonu projeleri için de önemli bir adaydır. İklim krizine çözüm arayışları ve gezegenin sağladığı doğal kaynaklar, Venüs'ü uzay mimarisi ve teknolojisi açısından kritik bir araştırma alanı haline getirmektedir. Bu alanda yapılacak çalışmalar, Venüs'te ve belki de diğer gezegenlerde insanlığın sürdürülebilir varlığı için gerekli bilgi ve teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

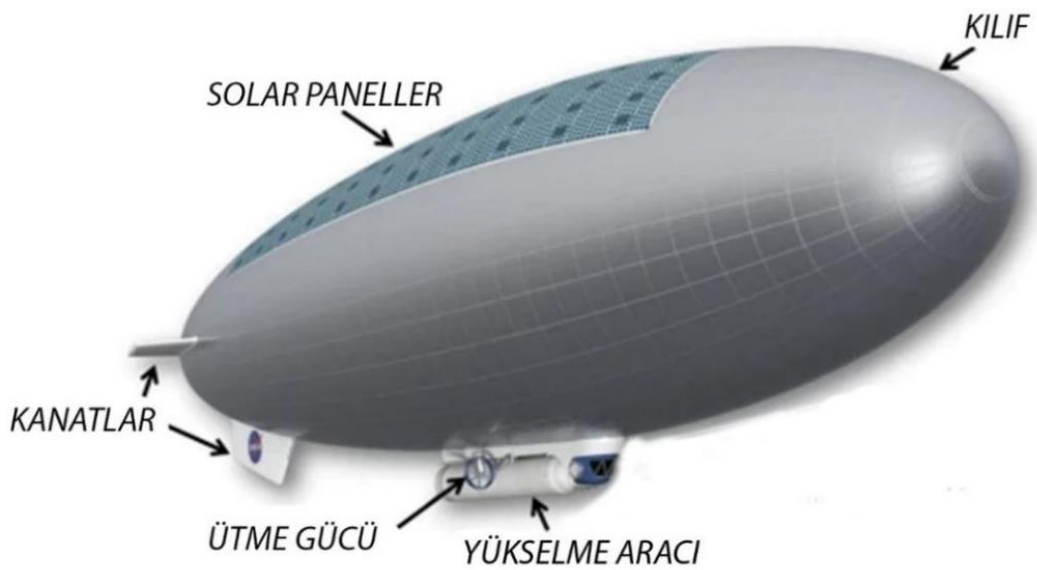
4.3.1. HAVOC

Venüs'ün çok yoğun olan atmosferi uzay mimarlığı açısından farklı bir kapı aralamaktadır. Yüzeyin yukarısında CO₂'nin gaz ya da sıvı olmayıp süperkritik akışkan denilen bir fazda olması sebebiyle bu faz üzerinde yüzebilen yapılar düşünülmüştür. NASA'nın 2015'te tasarladığı HAVOC, Yüksek İrtifa Venüs Operasyonel Konsepti (High Altitude Venus Operational Concept) projesi bu fikirden yola çıkmış, zeplin benzeri, hareketli, süperkritik akışkan maddenin üzerinde yüzen araştırma alanları planlamıştır (Arney, 2015).








Şekil 4. 17. HAVOC, 2015 (Arney. 2015)

HAVOC'un ana odak noktası, Venüs'ün üst atmosferinde yüzen hava gemileri geliştirmek ve kullanmaktır. Bu hava gemileri, bulutların üstündeki daha ılıman bölgelerde çalışacak ve sıcaklıkların 20 ila 30 santigrat derece arasında, basıncın ise Dünya'nın deniz seviyesindeki basınca benzer olduğu yerlerde bulunacaktır. Hava gemileri, Venüs'ün atmosferini, iklimini ve jeolojik özelliklerini incelemek için bilimsel ekipmanlarla donatılacaktır. Bu, gezegenin hava koşulları, atmosferik bileşimi ve geçmişte ya da şimdi yaşam olasılığı hakkında yeni veriler sağlayacaktır.



Şekil 4. 18. HAVOC elemanları, 2015 (Arney. 2015)

Bu proje kapsamında gerçekleştirilecek olası bir Venüs görevi, beş aşamadan oluşması planlanmıştır. İlk aşamada, 31 metre uzunluğunda ve 8 metre yüksekliğinde bir zeplin uzay aracı kullanılarak keşif yapılacaktır. Bu zeplin, robotik sistemlerle yönetilerek Venüs'ün atmosferi ve koşulları hakkında bilgi toplayacak ve mürettebatlı görev için gerekli teknolojilerin ve koşulların test edecektir. İkinci aşamada, astronotların bir uzay aracıyla Venüs yörüngesinde tur atacaklar ve bu tur sırasında astronotlar, gözlem ve araştırma yaparak Venüs'ün genel yapısı, iklimi ve diğer önemli özellikleri hakkında veri toplayacaklardır. Üçüncü aşamada, astronotların Venüs atmosferine girmesi ve 129 metre uzunluğunda, 34 metre yüksekliğinde bir zeplin uzay aracıyla 30 dünya günü boyunca Venüs'te kalması hedeflenmiştir. Bu süre boyunca, zeplin uzay aracı atmosferin derinliklerinde araştırmalar yapacak ve Venüs'ün çeşitli özelliklerini inceleyecektir. Bir sonraki aşamada, astronotların 1 yıl boyunca Venüs'te kalması planlanmıştır. Bu süre zarfında, astronotlar Venüs'ün atmosferi ve yüzeyi üzerinde daha kapsamlı araştırmalar yapacaklar ve uzun süreli bir Venüs misyonunun fiziksel ve psikolojik etkilerini değerlendireceklerdir. Beşinci ve son aşamada ise, bir kalıcı Venüs üssü tasarlanacaktır. Bu üssün, insanlığın Venüs'te uzun vadeli araştırmalar yapmasına ve uzayda kalıcı bir varlık olma hedefine doğru önemli bir adım olması düşünülmüştür. Ancak, bu aşama oldukça karmaşık ve uzun vadeli bir planlama ve teknik altyapı gerektirmektedir.

FAZ1: ROBOTİK KEŞİF	
FAZ 2: 30 GÜN MÜRETTEBATLA YÖRÜNGE KEŞFİ	
FAZ 3: 30 GÜN MÜRETTEBATLA ATMOSFER KEŞFİ	
FAZ 4: 1 YIL MÜRETTEBATLA ATMOSFER KEŞFİ	
FAZ 5: KALICI VENÜS ÜSSÜ	

Şekil 4. 19. HAVOC Projesi Aşamaları, 2015 (Arney. 2015)

2020 yılında Venüs'ün bulutları arasında yaşam belirtisinin kanıtı olabilecek fosfin molekülü bulunmasıyla gezegene yönelik araştırmalar artmıştır. Bu bağlamda Venüs gezegeninde detaylı inceleme yapabilecek mekânların tasarımları da yeniden önem kazanmaya başlamıştır denilebilir. HAVOC projesi, gezegen keşfi için ileriye dönük bir yaklaşımı temsil eder. Henüz kavramsal aşamada olan bu proje, NASA'nın Mars'ın ötesindeki çeşitli gök cisimlerini keşfetme konusundaki ilgisini vurgular. HAVOC'tan geliştirilecek teknolojik ilerlemeler ve bilimsel keşifler, Venüs'ün üst atmosferindeki eşsiz koşullardan yararlanarak uzayda insan varlığını uzun vadede sürdürülebilir kılmayı hedefler.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Evrenin sonsuzluğu karşısında insanlığın merakı, tarihsel süreç boyunca farklı medeniyetleri ve kültürleri bir araya getiren ve sınırları zorlayan bir güç olmuştur. Evrenin derinliklerine yönelik bu merak, sadece bilimsel bir keşif arzusundan çok daha fazlasını barındırır. Bu durumun bir sonucu olarak insanlık, uzaya yönelik bir keşif yolculuğuna çıkmış ve bu yolculuk, uzayın sınırlarını keşfetme arzusundan türetilmiş bir tasarım disiplini olan "Uzay Mimarisi" kavramını doğurmuştur. Uzay mimarisi, insanlığın uzaya olan yolculuğunu yönlendiren ve belirleyen bir evrimsel süreç içinde şekillenmiştir.

İnsan faaliyetlerinin uzayda genişlemesi, çağdaş bilim ve mühendislik disiplinlerini daha karmaşık ve zorlu bir arena haline getirmiştir. Bu bağlamda, uzayda sürdürülebilir insan varlığını desteklemek ve keşif misyonlarını mümkün kılmak amacıyla tasarlanan uzay mimarisi, günümüzün önemli ve heyecan verici bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Bu araştırma alanında, uzay ortamında yaşam, çalışma ve seyahat için uygun ve verimli yapılar geliştirmek amaçlanır ve disiplinler arası bir yaklaşım benimsenir. Uzayda uzun süreli varlık gereksinimleri, atmosfersiz ve yerçekimsiz ortam gibi birçok farklı zorluklara özel çözümler aranmaktadır.

Uzayda yaşam ve çalışma ortamlarının tasarımı, sadece bilimsel bir zorluk olmanın ötesinde, insanlığın uzaydaki varlığını sürdürebilmesi için kritik bir unsurdur. Uzayda sürdürülebilir bir varlık, gelecekteki uzay misyonlarına yönelik başarılı bir temel oluşturacak ve insanlığın evrenin sınırlarını keşfetme yolculuğuna güvenli bir şekilde devam etmesine olanak tanıyacaktır.

Uzayın keşfi ve insan faaliyetlerinin evrendeki genişlemesi, uzay mimarisini sadece teknik bir zorluk olmanın ötesine taşıyarak tarih boyunca evrim geçirmesine neden olmuştur. Uzayda yaşam, çalışma ve keşif ortamlarının tasarımı, insanlığın evrende daha uzun süre varlık göstermesi ve sınırları aşması amacıyla giderek artan bir önem kazanmıştır. Mimarlık, uzay mimarisinin evriminde belirleyici bir faktör olmuştur. Mimari düşünceler, estetik anlayışlar ve tasarım kriterleri, uzaydaki mimari çözümleri etkileyerek disiplini şekillendirmiştir. Geleneksel ve modern mimari paradigmlar uzay mimarisini, uzaydaki yaşamı ve çalışmayı şekillendiren büyük bir unsur olmuştur.

Uzay mimarisi ortaya çıktığı andan itibaren dönemlerin toplumsal, kültürel, ekonomik, politik ve teknolojik koşullarına bağlı olarak farklı tasarım kavramları ve anlayışları ile değişimlere uğramış, farklı anlamlar ve nitelikler kazanmıştır. Bu çalışmada uzay mimarisinin zaman içindeki gelişimi ortaya konmuştur. Uzay mimarisi tarih boyunca hem bilimsel ve teknolojik anlamda dünya ortamından ve mimarisinden beslenmiş, hem de fikir bazında bir etkileşim içinde bulunmuştur. Edebiyatla ve sonrasında sinemayla hayatımıza giren uzay mimarisi kavramı, önceleri kitap sayfalarında veya sinema ekranlarında kendine yer edinen ‘gerçekçi’ görülmeyen fikirler silsilesi olarak insanların zihinlerinde yer almıştır. Fakat çoğu bilimsel gelişmenin ayak izlerinin bilimkurguda görüldüğü gibi, uzay mimarisi de gelişmeye devam etmiş ve hayallerden çıkarak gerçek çalışmaların yapıldığı bilimsel bir alan haline gelmiştir.


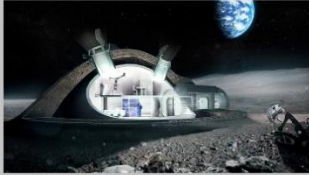
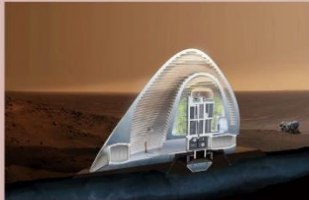
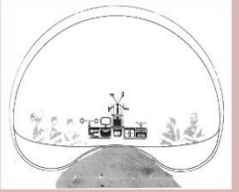

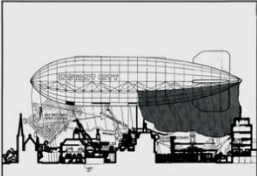
1957 yılında Sovyetler Birliği'nin Sputnik 1'i fırlatması ile insanlığın uzaya attığı ilk büyük adım gerçekleşmiş, uzun bir süre dünyayı etkisi altına alacak uzay yarışı dönemine girilmiştir. Bu dönemde her anlamda hayatımızın içinde olan uzay temasından mimari fikir ve akımlar da etkilenmiş, dönemin öne çıkan tasarımlarında uzay kavramı kendine yer bulmuştur. Özellikle Fütürizm, Archigram ve Googie uzay çağı esintilerinin en fazla hissedildiği mimari fikir ve akımların başında gelmektedirler. Eserlerinin bu akımlar altında değerlendirildiği önde gelen mimarlar, dönemlerine göre ilerici diyebileceğimiz bir yaklaşım belirlemiş ve teknolojiyi sonuna kadar kullanan çağdaş tasarımlar ortaya çıkarmışlardır.

Fütürizm, dönemin baş kaldırı niteliğindeki mimari akımlarının öncüsü konumundadır ve büyük bir fitili ateşlemiştir. Manifestosuyla standartları yıkan ve modern çağın insanına uygun tasarımların arayışına girmiştir. Teknolojik binalar ve makineleşen yapılarıyla bambaşka bir yaşam arayışındadır. Bu bağlamda teknolojiyi tasarımlarının çıkış noktasına alması ve onun sınırlarını zorlaması, daha uzak gelecekte uzayda inşa edilecek yapılar için öncü olmuş, bir fikir kıvılcımını yaratmıştır. Fütürizmin ardından uzay yarışı dönemine girilmesi ile dünya üzerinde uzay çağı etkileri görülmeye başlanmıştır. Bu etkilerin mimari fikirlere yansımalarını en çok görebileceğimiz örnekler Googie altında değerlendirilen örneklerdir. Lautner'in Chemosphere'i, Matti Suuronen'in Futuro Evi ve Space Needle gibi örnekler, UFO benzeri formları ile uzay çağının etkilerini taşımaktadır. Yaptıkları şekilsel çağrışımların yanında, çevresinden bağımsız, yükselen, modern birer tasarım olmaları ile modern uzay çağı evleri gibi görünmektedirler. Dönemin fütürist düşüncelerinin ve alternatif yaşam şekillerinin

arayışında olan Archigram grubu da uzay çağı ortamından çokça etkilenmiştir. Grubun tasarımlarında sıklıkla karşılaşılan kapsüller, robotik ev üniteleri, yerçekimsiz ortam teknolojileri gibi konular uzay teknolojilerinin izlerini bulundurur. Archigram mimarlarının tasarımlarını görsel olarak ifade etme yöntemleri ise dönemin oldukça popüler olan uzay çağı çizgi romanlarını andırmaktadır. Bu anlamda uzay yarışı ile başlayan ve insanların ürettiği her alanda kendine yer bulmayı başaran uzay kültürünün, etkili olduğu dönemde dünya üzerindeki mimarlık ve tasarım ürünlerinde kendine yer bulduğu ve uzay mimarisi kavramının gelişimine ön ayak olduğu anlaşılmaktadır.

21. Yüzyıldan itibaren teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile uzay araştırmalarında artık yakın gelecekte gerçekten inşa edilmesi planlanan uzay yapılarından bahsedilmeye başlanmış, bu yapılar için dünyada fiziksel deneyler bile yapılmıştır. Uzay mimarisi kavramının evrimleşme basamaklarını geriye doğru takip ettiğimizde, gerçekçi tasarımlarının ayak seslerini zamanında hayalci görünen tasarımlarda bulmak mümkündür. Tablodan da görülebileceği gibi gelecekte inşa edilmesi planlanan uzay tasarımları ile 20. Yy ortasında, uzay ortamında tasarım fikri henüz olgunlaşmamışken ortaya çıkan, dünya için gelecekçi ve çoğu zaman hayalci kabul edilen tasarımlar arasında biçimsel ve kavramsal benzerlikler bulunmaktadır.

Tablo 4. 1

		UZAY ORTAMI İÇİN TASARLANAN YAPILAR	TASARIMDA ORTAK NOKTALAR	DÜNYA ORTAMI İÇİN TASARLANAN YAPILAR	
AY YAPILARI	ŞİŞİRİLEBİLİR AY ÜSSÜ		<p>ŞİŞİRİLEREK İNŞA EDİLMELERİ PLANLANMIŞTIR.</p> <p>BALON FORMUNDALARDIR.</p> <p>GEREKTİĞİNDE BULUNDUĞU ORTAMDAN KOPARILARAK TAŞINABİLİRLER.</p> <p>HAREKETLİ İÇ MEKAN AYIRICI ELEMANLARI BULUNMAKTADIR.</p>		BU LUT
	AY HABİTATI		<p>ŞİŞİRİLEREK İNŞA EDİLMELERİ PLANLANMIŞTIR.</p> <p>BULUNDUĞU TOPOGRAFYAYA UYUMLANABİLİRLER.</p> <p>BİRBİRİNE EKLEMLENEBİLEN MODÜLLERİ BULUNMAKTADIR</p> <p>YAPILAR OTONOM SİSTEMLERLE YÖNETİLECEK ŞEKİLDE KURGULANMIŞTIR.</p>		YAŞAM KAPSÜLÜ
MARS YAPILARI	MARS BUZ EVİ		<p>CEPHELERİNDE ŞEFFAFLIK ÖN PLANA ÇIKMAKTADIR.</p> <p>YAPILARIN TEMEL BİRİMLERİ ORTA AKSTA ÇÖZÜMLENMİŞTİR.</p> <p>MERKEZLERİNDEN BULUNDUKLARI ORTAMA BAĞLANMALARI PLANLANMIŞTIR.</p> <p>MEKANLARIN İÇ VEYA DIŞTA DEĞİL ARADA BİR NOKTADA KONUMLANDIRILMASI FİKRİNDEN YOLA ÇIKILMIŞTIR</p>		UN-HOUSE
	MARS X EVİ 2. VERSİYON		<p>SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖN PLANA ÇIKMAKTADIR</p> <p>ISI KORUNUMU İÇİN SİLİNDİRİK FORM TERCİH EDİLMİŞTİR.</p> <p>YAPILARIN ORTASINDA MEKANİK BİR AKS ÇÖZÜMLENMİŞTİR.</p> <p>HAFİF KOLAY İNŞA EDİLEBİLİR DİŞ KATMANA SAHİPLERDİR.</p> <p>ÇEVRESİNDEN TAMAMEN BAĞIMSIZ OLMA ÖZELİĞİ İLE HER ORTAMDA İNŞA EDİLEBİLİRLER.</p>		DYNAMAXION EVİ
VENÜS YAPILARI	HAVOC		<p>UÇABİLEN BİR MEGASTRÜKTÜR OLARAK TASARLANMIŞLARDIR.</p> <p>SÜREKLİ OLARAK YER DEĞİŞTİREN YAŞAM ALANLARI FİKRİ TEMEL ALINMIŞTIR.</p> <p>EKLEMLENDİKLERİ ORTAMA YAŞAM VE HAREKETLİLİK GÖTÜRÜRLER.</p> <p>ZEPLİN FORMU KULLANILMIŞTIR.</p>		ANLIK SEHIR

Çalışmada incelenen Ay tasarımlarının öne çıkan özellikleri şişirilebilir yapıları ve taşınabilir bir sistem olarak çözümlenmeleridir. Bu başlıca özellikleri 20.yy ortası geleceği mimari kurgularda sıklıkla görmek mümkündür. Şişirilebilirliğinden doğan balon formlarının benzerliğiyle öne çıkan Roberts'in Şişirilebilir Ay Üssü projesi ve Coop Himmelb(l)au'nun Bulut projesi, form benzerliklerinin yanında bahsedilen taşınabilir özelliğe sahip olması ile de ortaktır. Ayrıca tasarımlar iç mekânlarının ihtiyaca göre şekillenebilmesi adına esnek iç elemanlara sahiptirler. Bu bağlamda kullanıcıların ekstrem ihtiyaçlarına cevap verebilmek için düşünülerek tasarlandıkları sonucuna ulaşılabilir. Ele alınan bir diğer Ay projesi olan Foster+Partners tasarımı Ay habitatu tasarımı da yine şişirilebilir ve gerektiğinde taşınabilir özelliktedir. Bunların yanında eklenilebilir modüler parçalarının olması ve robotik bir bina anlayışı ile David Green'in Yaşam kapsülü ile paraleldir. Teknolojik, neredeyse robotik bir bina fikrinin 21. Yüzyılda tasarlanan bir Ay Habitatu projesinin önemli bir tasarım kararı olduğu kadar, 20. Yy ortası, yine teknolojiyi tasarımın kalbine alan ve evin insan ihtiyaçlarına verdiği cevaplar üzerine geleceği çözümler sunmaya çalışan bir projede aynı öneme sahip olduğu ortadadır.

Mars projeleri, Ay tasarımlarına göre daha uzun süreler insan yaşamına izin verecek şekilde tasarlanmıştır. İnsanlık Ay'ı çoğu zaman bir basamak olarak görmekte ve yeni gezegenlere keşif ve yerleşme için araştırma alanında kullanmaktadır. Bu bağlamda Mars'a inşa edilecek yapılar daha kalıcı bir insan kolonizasyonu için düşünülmüştür. Nitekim Mars tasarımlarının çoğunda sürdürülebilir ve çevreye bağımlı olmadan uzun süreler içinde yaşanabilir binaların tasarımları öne çıkmaktadır. Bu bağlamda dünyada sürdürülebilir tasarım fikrine yeni bir bakış açısı getiren Fuller'in Dymaxion Evi izlerini Mars projelerinde görmek mümkündür. Özellikle yapı sistemlerinin hiyerarşi Mars X Evi 2. Versiyonu ile örtüşmektedir. Tasarımların ikisinin de çıkış noktaları mekanik sistemlerin merkezde bir aks üzerinde çözümlenmesi ve sıcaklık ve basınç optimizasyonu için silindirik forma sahip olmalarıdır. Mars Buz evi projesi ise çevreyle kurduğu benzersiz ilişki açısından Banham'ın Un-House tasarımı ile karşılaştırılabilir. İki projede de şeffaflık kavramı üzerinden iç-dış mekân ilişkisi sorgulanmış, kullanıcılara iç ve dış arakesitinde yeni bir mekân önerilmiştir. Yapının kalbini merkeze alan iki tasarımda da yine bu kalpten bulunduğu ortama dokunma söz konusudur. Bu durum tasarımların formlarından da okunabilmektedir.

Venüs projeleri ise Mars ve Ay projelerinden oldukça farklı bir noktada durmaktadır çünkü koşullar gereği bambaşka bir yaşam biçimi hayal etmeyi gerektirir. Venüs gezegeninde insan yaşamı için en uygun yer yüzeyi değil, yüzeyden 50 km yukarıda bulutların arasında bir

katmandır. Bu nedenle NASA, gezegen için uçan bir araştırma üssü planlamıştır. HAVOC projesi Venüs'ün bulutlarının üstünde süzülen Zeplin formunda bir araştırma üssüdür ve uçabilen bir megastrüktür olarak tasarlanmıştır. Tasarım benzersiz form benzerliğiyle Peter Cook'un Anlık Şehir'ini akıllara getirmektedir. Cook'un tasarımı da uçabilen devasa bir makine özelliğindedir ve gittiği yerlere yaşam, canlılık, hareketlilik götürmesi planlanmıştır ve HAVOC projesi de bulunduğu yerlere yaşam götürmektedir. Uçabilen, hareketli ve taşınabilir bir yaşam alanı fikri iki projenin tasarımının çıkış noktasıdır ve formlarına da yansımıştır.

Uzay ortamı için tasarlanan, gelecekte inşa edilmesi planlanan yapılar, dünyadaki mimarlık ortamının fikirsel evriminden çokça etkilenmiştir. Dünya mimarlık tarihinde, gelenekselleşmiş yaşam birimlerine başkaldıran, yeni yaşam stili arayışlarına giren ve bunu mekânlara yansıtmaya çalışan tasarımlarla uzay tasarımları arasında paralellikler vardır. Uzay'da kurgulanan mekânların bambaşka bir yaşam şekli için olması bu durumun sebebidir. Dünyada farklı bir yaşam ve mekân arayışı içine giren tasarımcılar fark etmeden uzay mekanları için fikir üretmişlerdir ve gelecek nesil tasarımcılar için ufuk açıcı olmuşlardır.

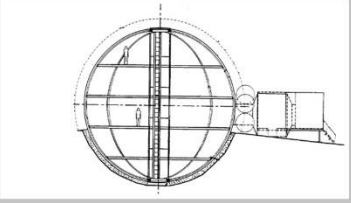

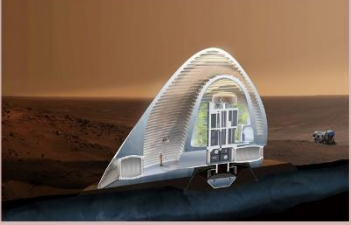


Uzay mimarisi, geçen zamanla ve gelişen teknolojiyle birlikte birçok farklı alanda ve fikirde karşımıza çıkmaya devam etmiş, hem onları beslemiş hem de onlardan beslenmiştir. Teknolojik gelişmelerin mimarideki etkilerinden çokça etkilenmiş, aynı zamanda yeni teknolojik gelişmeler için de itekleyici bir güç olmuştur. Ekstrem koşullarda mimarlık, robotik mimarlık, sürdürülebilirlik ve hareketlilik gibi konulardan ve dünyadaki örneklerinden beslenmiş, fakat bu örnekler uzay koşulları için yeterli olmadığından insanların bu alanda daha fazla çalışmasına öncülük etmiş, bu kavramları da beslemiştir.

Dünya üzerinde inşa edilen birçok mimari örneğin izlerini uzay yapılarında görmek mümkündür. Özellikle ekstrem ortamlarda inşa edilen yapılar hem tasarım kriterleri açısından hem de insan psikolojisine ve fizyolojisine etkisi bakımından uzay yapılarıyla paralellik gösterir. Uzay en ekstrem koşulları bünyesinde barındırdığından yapılacak tasarımlar bütün bu şartlara rağmen insan için yaşanabilir nitelikte olmalıdır. Dünya üzerinde kutup bölgeleri gibi ekstrem sıcaklıklarda yapılan binaların tasarım kriterleri inşa tekniklerinin çoğu planlanan uzay mimarlık örneklerinde görülmektedir. Tasarımcılar zor koşullarda ürettikçe, karşılaşılan zorluklara karşı daha hazırlıklı olmakta, deneyimleri sayesinde yeni ve yaratıcı çözümleri ortaya çıkarabilmektedir. Bu bağlamda Uzay ortamının ekstrem koşullarıyla başa çıkma yöntemlerimizin dünya ortamındaki ekstrem koşullarda mimarlık örneklerinden geliştiği ortadadır.

Dünyanın özellikle son dönemde içinde bulunduğu iklim sorunları nedeniyle önemi artan sürdürülebilirlik ve hareketlilik gibi kavramlar, dünya üzerinde insanlığın daha verimli yaşam alanları tasarlamasına odaklanmaktadır. Çevreyle minimum etkileşimde ve çoğu zaman modüler veya hareketli düşünülen sürdürülebilir birçok tasarım, uzay mimarlığı atında ele alınan çoğu başlık için de örnek teşkil etmektedir. Uzay ortamında mimari tasarım kriterlerinin en önemlileri çevreyle ilgili olanları olmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir ve çoğu zaman kendi iç ekosistemine sahip yapılar uzay tasarımları içinde öne çıkmaktadır. İnsanoğlu dünya şartlarında yaşayabilmek için evrimleştiğinden, uzayda uygun yaşam koşullarını kendisi yaratmak zorunda kalmakta, bu anlamda sürdürülebilirlik gibi kavramlar uzay tasarımlarında çok önemli bir konumda bulunmaktadır.

Gelişen teknolojiyle birlikte mimarlık alanına giren Prefabrik Mimarlık, robotik mimarlık ve 3D baskı yapım sistemleri de uzay mimarisinin geleceği açısından oldukça önemli bir noktada durmaktadır. 3D Baskı teknolojisinin mimarlıkla bu derece içli dışlı olduğu yakın zamanlardan itibaren, uzay görevlerinde inşa edilecek habitat tasarımlarının çoğu 3D Baskıyla yapılacak şekilde düşünülmüştür. NASA'nın bu konudaki araştırmaları desteklemek için birçok farklı girişimi bulunmaktadır. Düzenlenen çeşitli yarışmalar sayesinde 3D baskı teknolojisiyle Ay ve Mars yüzeyindeki materyaller kullanılarak Uzay Habitatlari inşa etme üzerine önemli araştırmalar yapılmış, ilerlemeler kaydedilmiştir. Vernaküler mimarinin 3D baskı teknolojisiyle birleştiği bu yöntem, uzay çalışmaları için önemli bir inşa yöntemidir. Tablodan da görülebileceği gibi, gelişen teknolojiyle yeni nesil inşa teknikleri ve malzeme seçimi uzay tasarımlarında da kendine yer bulmuştur.

Tablo 4. 2.

		UZAY ORTAMI İÇİN TASARLANAN YAPILAR	İNŞA TEKNİĞİ VE MALZEME SEÇİMİ
AY YAPILARI	ŞİŞİRİLEBİLİR AY ÜSSÜ		KONVANSİYONEL YÖNTEMLERLE İNŞA EDİLMESİ PLANLANMIŞTIR KİSMİ VERNAKÜLER BİR SİSTEMDİR. PNÖMATİKTİR.
	AY HABİTATI		PREFABRİK VE 3D BASKI YÖNTEMİ İLE İNŞA EDİLMESİ PLANLANMIŞTIR KİSMİ VERNAKÜLER BİR SİSTEMDİR. PNÖMATİKTİR.
MARS YAPILARI	MARS BUZ EVİ		3D BASKI YÖNTEMİ İLE İNŞA EDİLMESİ PLANLANMIŞTIR VERNAKÜLER OLARAK TASARLANMIŞTIR.
	MARS X EVİ 2. VERSİYON		3D BASKI YÖNTEMİ İLE İNŞA EDİLMESİ PLANLANMIŞTIR VERNAKÜLER OLARAK TASARLANMIŞTIR.
VENÜS YAPILARI	HAVOC		PREFABRİK OLARAK İNŞA EDİLMESİ PLANLANMIŞTIR MODÜLER BİR SİSTEMDİR.

İncelenen uzay mimarisi örneklerinin inşa sistemleri ve malzeme seçimlerinin yenilikçi ve sürdürülebilir olduğu ortadadır. Özellikle vernaküler mimarinin 3D baskı teknolojisiyle birlikte kullanıldığı Ay ve Mars habitatları tasarımları en gerçekçi ve hayata geçirilebilir tasarımlar olarak kabul edilmektedir. Dünyadan malzeme taşımının ekonomik ve fiziksel zorluğu göz önünde bulundurulsa, yerel malzemelerin kullanıldığı vernaküler sistemler, incelenen örneklerden de görülebileceği üzere uzay tasarımları için sıkça tercih edilen seçeneklerdir. Diğer bir önemli inşa tekniği olarak öne çıkan prefabrik sistemler, genellikle araştırma üsleri için düşünülmekte, modüler ve hareketli sistemler ise çoğunlukla astronotların çevresel gözlem yapmaları için düşünülmektedir. Dünyadaki teknolojik gelişmelerin direkt olarak yansıdığı uzay tasarımları, teknolojisi ve malzeme bilimini sonuna kadar kullanmakta, dünyadaki araştırmaların hızlanmasına da öncülük etmektedir.

Uzay alanında yapılan araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin giderek önem kazanmasının en büyük sebebi insanlığın artık uzay mimarisini gelecek için kaçınılmaz olarak görmesidir. Dünyanın gün geçtikçe yaşaması zor bir gezegene dönüşmesi bunun en büyük nedenidir. Dünya'nın sınırlı kaynakları, iklim değişikliği, çevresel tahribat ve nüfus artışı gibi faktörler, insanları alternatif yaşam alanları aramaya zorlamaktadır ve uzay bu noktada cazip bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Uzay mimarisine duyulan ihtiyaç, insanlığın sürdürülebilir geleceği ve yeni yaşam alanları oluşturma hedefleri doğrultusunda büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Uzayda diğer gök cisimlerinde kalıcı koloniler kurmak, insanlık için alternatif yaşam alanları yaratma fırsatı sunar.

Mars ve Ay, uzay kolonizasyonu açısından en çok üzerinde durulan hedeflerdir. Bu gök cisimlerinde kurulacak koloniler, sadece hayatta kalma değil, aynı zamanda insanlığın uzun vadeli varlığını sürdürebileceği yeni ekosistemler yaratma potansiyeline sahiptir. Mars'ın dünyaya benzerliği ve su buzullarının varlığı, Ay'ın Dünya'ya yakınlığı ve Venüs'ün atmosferinin olması gibi avantajlar, bu gök cisimlerini öncelikli hedefler haline getirmektedir. Ayrıca dünyada gerçekleşecek olası bir felaket sonucu insan neslinin tükenmesini önlemek yine bu cisimlerde kurulacak yaşam alanlarına bağlıdır. Fakat uzak gelecekte bu gök cisimleri insanlığın uzay macerası için sadece birer basamaktır ve daha yaşanabilir dünya benzeri gezegenlere yolculuk için hazırlık niteliği taşımaktadır.

Çalışmada ele alınan uzay tasarımları çağımız teknolojisiyle tasarlanmış yenilikçi konseptlerdir fakat hayata geçirilebilmeleri uzun yıllar gerektirecektir. Fakat bu ve benzeri tasarımların gerçekleştirilmesi uzay çalışmalarına çağ atlatacaktır. Her geçen güne yeni gelişmelerle uyanan insanoğlu, durmak bilmeyen bir evrimleşme sürecindedir. Bu süreçte her yeni adım, yeni

fikirleri beraberinde getirmekte, gelecek için alternatif senaryolar üretmektedir. Bu senaryoların belki de en çılgın ve ulaşılmaz görüneni uzayda yaşam fikridir. Günümüzde ulaşılan teknolojik ilerleme düzeyine rağmen hala çoğu insan için bu durum Jules Verne'in hikâyelerinden daha gerçekçi değildir. Fakat dünyanın her alanda gelişmeye devam edeceği, yeni fikirlere ve teknolojilere erişeceği unutulmamalıdır. İnsanın durmayan, geleceği düşlemekten vazgeçmeyen, gerekirse bambaşka yeni koşullarda yaşamını sürdürme kaygısı gereği, uzayın derinliklerinde kendine yeni haritalar çizmesi ve sürdürülebilir yaşam alanları yaratması çok da uzak görünmemektedir.



KAYNAKLAR

- Altın, M.** (2013) Bir Sürdürülebilir Mimarlık Örneği: Otonom Binalar - Dymaxion Evi. Ege Mimarlık. 2013
- Anziane, S. and Perrot, A.** (2019). 3D Printing in Concrete: General Considerations and Technologies In 3D Printing of Concrete: State of the Art and Challenges of the Digital Construction Revolution; ISTE Ltd. and John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 1–40.
- Arney, D. & Jones, C.** (2015). HAVOC: High Altitude Venus Operational Concept - An Exploration Strategy for Venus. AIAA Space and Astronautics Forum and Exposition. NASA Langley Research Center Hampton, VA, United States.
- Artun, A.** (2013). Sanat Manifestoları: Avangard Sanat ve Direniş. İletişim Yayınları.
- Aslanoğlu, İ.** (1988). Modernizmin Tanımı, Sınırları, Erken Yirminci Yüzyıl Mimarlığında Farklı Tavrılar. ODTÜ MFD 1988 (8:1) 59-66.
- Babacan, G.V.** (2019). Uluslararası Uzay İstasyonu'nun İç Mekân İncelemesi. (Yüksek Lisans Tezi). Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Banham, R.** (1965). A Home is not a House. Art in America, 2.
- Bannova, O.** (2016). Designing for Extremes: A methodological approach to planning in Arctic regions. (Doctoral Thesis). Department of Architecture Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- Barragan, B.** (2018). An introduction to Googie. SoCal's signature architectural style.
- Baudou, J.** (2005). Bilim-Kurgu. Çev. İpek Bülbüloğlu, Dost Kitabevi Yayınları, Ankara
- Behringer, V.** (2020). Back To The Atomic Age An Investigation Into The Relevance Of The 1950's Googie Style For Interior Architecture And Design Today.
- Benaroya, H.** (2017). Lunar Habitats: A Brief Overview of Issues and Concepts. Reach, 7–8, Pages 14-33, December 2017.
- Benaroya H.** and Bernold L. And Chua K.M. (2002). Engineering, Design and Construction of Lunar Bases. Journal of Aerospace Engineering, 15, s. 33-45, 22 Mart 2010, American Society of Civil Engineers.
- Black, J.** (2011). 005. Alan Hess, Champion of the Googie. Introducing: The Patron Saints of the Lower Modernisms.
- Bredenhöft, J.H. and Höning, D and Noacka, L.** (2016). Water-rich planets: How habitable is a water layer deeper than on Earth? Icarus 277: 215–236
- Brooks, W.D.** (2000). "Rebuilding the South Pole station: The rationale for above-surface facilities." Civil Engineering (ASCE) 12 (70): 38-41.
- Charles, D.** (2006). A 'Forever' Seed Bank Takes Root in the Arctic. Science. 312 (5781): 1730–1731.
- Chen, S.Y., Chu, C.Y., Cheng, M.J. & Lin, C.Y.** (2009). The Autonomous House: A Bio-Hydrogen Based Energy Self-Sufficient Approach. International Journal of Environmental Research and Public Health, 1515-1529

- Chokhachian, A.** (2014). Critical Attitude Toward the Footstep of Google Architecture on Parametric Architecture. North Cyprus Eastern Mediterranean University, Architecture Department.
- Cohen, M.M.** (2002). Selected Precepts in Lunar Architecture. AIAA 53rd International Astronautical Congress, 193, Texas, ABD.
- Cohen, M.M.** (2002). Selected Precepts in Lunar Architecture, 53rd International Astronautical Congress The World Space Congress – 2002 10-19 Oct 2002/Houston, Texas
- Cook, P.** (1999). Archigram. Princeton Architectural Press, New York.
- Cordero, E.** (2001). Sustainability in Architecture. Massachusetts Institute of Technology, Department of Architecture, 2001.
- Domingos, L., and Rato, V. and Laureano, R.** (2020). Designing and Building for Extreme Environments A multi-criteria Decision Model to Evaluate Architecture for Extreme Temperatures. ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR-IUL, Portugal Plea 2020 a Coruna, Planning Post Carbon Cities.
- Douglas M.** (2005). Jean-Luc Godard. Manchester University Press, 6
- Drake, B.G., Hoffman, S.J. and Beaty, D.W.** (2010). Human exploration of Mars. Design Reference Architecture 5.0," 2010 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 2010, pp. 1-24.
- Erdem, N.S.** (2012). Ay Yapılarının Yapım Sistemlerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi).Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- ESA.** (2011). Sleeping in Space. https://www.esa.int/kids/en/learn/Life_in_Space/Living_in_space/Sleeping_in_space. Erişim tarihi: 01.02. 2024.
- ESA.** (2011). Cassini Concludes Pioneering Mission at Saturn. https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cassini-Huygens/Cassini_concludes_pioneering_mission_at_Saturn. Erişim tarihi: 08.08. 2023.
- Felek, S.Ö.** (2019). Mimari Yapılarda 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 3:3 (2019) 289-296
- Fenoglio, F.** (2018). Human Spaceflight & Exploration from ISS to Deep Space. Politecnico di Milano within the course Space for Inspiration by Dominoni and Quaquaro.
- Ferro, S.** (2016) The World's First Fully 3D-Printed Office Building Is Opening in Dubai Mental Floss. Available at: <http://mentalfloss.com/article/80738/worldsfirst-fully-3d-printed-office-building-opening-dubai>. Erişim tarihi: 28.02. 2024
- Foster+Partners.** (2013). Lunar Habitation. <https://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>. Erişim tarihi: 26.01. 2024
- Friedman, Y.** (1970). Mobile Architecture. Casterman
- Fuller, B.** (1999). Your Private Sky: R. Buckminster Fuller: The Art of Design Science, Springer Science & Business Media

- Gagarin, Y.** (2001). Soviet Man in Space. University Press of the Pacific Honolulu, Hawaii.
- Gestalten.** (2015). The New Nomads: Temporary Spaces and a Life on the Move. Berlin: Die Gestalten Verlag
- Gonulal, D.H. ve Dokuz, M.A.** (2019) . Uzay Yapılarında Yenilenebilir Enerji. Uzay Yapılarında Yenilenebilir Enerji. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Antalya.
- Greaves, J.S.** (2020). Phosphine Gas In The Cloud Decks Of Venus. Nature Astronomy, sf: 1-10. doi: 10.1038/s41550-020-1174-4.
- Grigor, M.** (2009). Infinite Space: The Architecture of John Lautner Ojai, CA: The Googie Company in association with The John Lautner Foundation and the Hammer Museum, 2008, HD (aspect ratio 16:9), 90 min. ea., www.infinitespacethemovie.com JSAH / 68:2, JUNE 2009
- Halıcioğlu, F.H. ve Koralay, S.** (2020). Tasarım ve Yapımda Karmaşıklık Azaltmak: Basit, Bütünleşik ve Yenilikçi Yaklaşımlar. <https://yapidergisi.com/tasarim-ve-yapimda-karmasikligi-azaltmak-basit-butunlesik-ve-yenilikci-yaklasimlar>. Erişim tarihi: 10.02. 2024
- Hall.** (2015). Our Solar System Is Overflowing with Liquid Water [Graphic]. Scientific American. 314 (6): 14-15.
- Harland, D. M.** (2007), The Story of Space Station Mir. <https://www.nasa.gov/history/35-years-ago-launch-of-mir-space-stations-first-module/>Erişim Tarihi: Şubat, 2024
- Harland, D. M.** (2019), Space Station. <https://www.britannica.com/technology/salyut> Erişim Tarihi: Aralık 5, 2023
- Haskell, D.** (1952). Googie Architecture. House & Home Magazine.
- Haskin, L. A.** (1992). Water and Cheese From the Lunar Desert: Abundances and Accessibility of H, C, and N on the Moon, Department of Earth and Planetary Sciences and McDonnell Center for the Space Sciences, Washington University, ABD.
- Heiken G., Vaniman D. and French, B.M.** (1991). Lunar Sourcebook, A User's Guide To The Moon. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hess, A.** (2013). Everyday Modernisms: Diversity, Creativity and Ideas in L.A. architecture,1940-1990. Los Angeles: Los Angeles Conservancy. pp. 7-15.
- Howe, S and Sherwood B.** (2009). Out of this World: the New Field of Space Architecture. Reston: AIAA
- HSB Marine** (2023). Floating Foundation System. <https://www.hsbmarine.com/products/floating-foundation-system>. Erişim tarihi: 19.03. 2023.
- Jepsen C.** (2000), Introduction to Googie. California: A Genealogy of Los Angeles
- Karabaş, B.** (2009). Bir Zamanlar Googie. <https://v3.arkitera.com/h41740-bir-zamanlar-googie.html>. Erişim tarihi: 16.01. 2021.
- Karacalı, A.O.** (2020). A Detailed New Method for Vernacular Architecture Research Part I:Introduction and Inputs. Latif, G. K. (Ed) Academic Researches in

Architecture, Planning and Design Sciences, Platanus - Duvar Academic Publishing, 7-34.

- KELLNER, D.** (2013). Sinema Savaşları. 1. Baskı. İstanbul: Metis Yayıncılık.
- Klein, G.** (2001), From the Images of Science to Science Fiction, in Learning From Other Worlds / Estrangement, Cognition, and The Politics of Science Fiction and Utopia, pp. 119-126, Ed. Parrinder, P. Duke University Press, Durham
- Koekoek, M.** (2010). Connecting Modular Floating Structures. (Master Thesis).
- Kronenburg, R.** (1995). Houses in Motion: The Genesis, History and Development of the Portable Building. 1. Baskı, 119. Great Britain, Wiley Academy.
- Landis, G.A.** (2003). Colonization of Venus. Conference on Human Space Exploration, Space Technology & Applications International Forum. Vol. 654. Albuquerque New Mexico. pp. 1193–1198
- Leach, N.** (2014). 3D Printing in Space. Architectural Design 84(6). Harvard University.
- Lindsey, N.J.** (2003). Lunar Station Protection. In: Lunar Regolith Shielding, International lunar conference.
- Mars Exploration Program.** (2023). <https://mars.nasa.gov/>. Erişim tarihi: 03.01. 2024.
- Mathur, R.** (2016). 3D Printing in Architecture JISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 3 Issue 7, July 2016
- McGarry, T.W.** (1985). Earthbound UFO Up For Sale. Los Angeles Times, 25, Valley News, part II, p. 1,9. January 1985.
- Morris, M.** (2016). Mars Ice House: Using the Physics of Phase Change in 3D Printing a Habitat with H₂O. AIAA Space 2016. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, <https://doi.org/10.2514/6.2016-5528>.
- NAI.** (2001). <http://nai.nasa.gov/ask-an-astrobiologist/answered/2001>. Erişim tarihi: 17.10. 2022.
- NASA Press Release.** (2018). Steep Slopes on Mars Reveal Structure of Buried Ice
- NASA.** (2003). Part 1 - The History of Skylab. <https://www.nasa.gov/humans-in-space/part-i-the-history-of-skylab>. Erişim tarihi: 05.12. 2023.
- NASA.** (2003). Part 2 - The History of Skylab. <https://www.nasa.gov/humans-in-space/part-ii-the-history-of-skylab>. Erişim tarihi: 05.12. 2023.
- NASA.** (2015). NASA's Hubble Observations Suggest Underground Ocean on Jupiter's Largest Moon.
- NASA.** (2021). ISS'in Tarihsel Kökenleri. <https://www.nasa.gov/history/space-station-20th-historical-origins-of-iss>. Erişim tarihi: 12.12. 2023.
- NASA.** (2022). Mir Space Station. <https://history.nasa.gov/SP-4225/mir/mir.html>. Erişim tarihi: 21.03. 2023.
- NASA's Centennial Challenges.** (2019). 3D-Printed Habitat Challenge," NASA, accessed November 27.

https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab.
Erişim tarihi: 25.10. 2023.

- Noordung, H.** (1995). The problem of space travel: The rocket motor (Vol. 4026). National Aeronautics and Space Administration, NASA History Office.
- Oğuzhan, A.** (2019). Küresel İklim Değişiminde Gelecekçi İnsan Yerleşmeleri Kurgularının İrdelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Haziran, 2019.
- Oxford Learner's Dictionaries.** (2023). Retrieved November 20, from <http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/> Erişim tarihi: 15.11. 2023.
- Özemir, S.** (2015). 1962'den Günümüze Değın Görüntüleme Uygulamaları, Görsel Ekin ve Mimarlık. Megaron Dergisi 10(4), ss.536-564
- Özkuş, M.B.Y.** (2006). Archigram: Tekno-Topya. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Roberts, M.** (1992). Inflatable Habitation for Lunar the Base, Proceedings of Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, 204. Texas
- Rubenstein, J.** (2017). Printing Buildings. ENR FutureTech Special Report.
- Ruess, F., and Schanzlin, J. and Benaroya, H.** (2006). Structural Design of a Lunar Habitat. Journal of Aerospace Engineering, 19, 3, 133-157. Stuttgart, Almanya.
- Sant'Elia, A.** (1914). Fütürist Mimarlık Manifestosu. U. Conrads içinde, 20. Yüzyıl Mimarisinde Program Ve Manifestolar. Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı. 1991.
- Scherer, L.R.** (2016). The Apollo Missions. İçinde, Special Meeting on Direct Exploration of The Moon. Cambridge University Press. s125-145.
- Scurlock, H.J.** (2010). From Google to Great: Uncovering Truth and Beauty in John Lautner's Architecture. Master of Arts, University of Southern California. May 2010.
- Siddiqi, A.** (2018). Beyond Earth: A Chronicle of Deep Space Exploration, 1958-2016. NASA History Program Office.
- Seguin, M. A.** (2005). Engaging Space: Extraterrestrial Architecture and the Human Psyche. Acta Astronautica, 14th IAA Humans in Space Symposium, 56, 980-995. Kanada.
- Shkuratov, Y.G, and Bondarenko, N.V.** (2001). Regolith Layer Thickness Mapping of the Moon by Radar and Optical Data. Icarus, Elsevier Publications. Vol. 149, Issue 2, 329-338.
- Sieden, L. S.** (1989). Buckminster Fuller's Universe: An Appreciation. New York, USA: Plenum Press.
- Şimşek, B.** (2019). Yüzer Yapıların İncelenmesi ve Oluşturulmasına Etki Eden Faktörler. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul T.C. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Eylül, 2019
- Şumnu, U.** (2019). Sohbet Çukurları (Conversation Pits): 1960'larda Tasarım ve Bir Sosyal Devrim Aracı Olarak Mobilya, Sanat Yazıları. Ankara: Bilkent Üniversitesi.

- Tanyeli, U.** (1997). *Modernizmin Sınırları ve Mimarlık, Modernizmin Serüveni*. YapıKredi Yayınları, İstanbul.
- Tanyeli, U.** Ait Olduğu Çağ Bağlamında Archigram. Garanti Galerisi, 1.
- Tanyeli, U.** (2001). Sinema ve mimarlık: Temsiliyet nesnenin temsili sanalın sanallıkla ifadesi. *Arredamento Mimarlık*. (11), s. 66
- Taylor, L. A.** (1992). Resources for a Lunar Base: Rocks, Minerals, and Soil of the Moon, The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, Johnson Space Center, Vol. 2. 361-377.
- Terci, A.** (2016). 3 Boyutlu Baskı Yöntemiyle Bina Üretimi, *Mimarlar*. 1307-3095.
- The John Lautner Foundation.** (2010). *Biography of John Lautner*.
- Türkkan, V.D.** (2016). *Doğa ve Mimarlık Bağlamında Amfibik Evler*. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü. Ankara, 2016
- Uri, J.** (2021). 50 Years Ago: Launch of Salyut, the World's First Space Station. NASA Johnson Space Center.
- Wilkinson, P.** (2017). *Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Mimarlık Fikri*, Atmaca, V. (Çev.) Domingo, İstanbul.
- Yashar, M.** (2019). Mars X-House: Design Principles for an Autonomously 3D-Printed ISRU Surface Habitat. The 49th International Conference on Environmental Systems (Boston, Massachusetts, 2019).
- Yeğen, E.** (2019). *An Inquiry of Space Architecture: Design Considerations and Design Process*. (Master's thesis). Middle East Technical University, Master of Architecture in Architecture Department. Ankara.
- Young, A.** (2007). Lunar and planetary rovers: the wheels of Apollo and the quest for Mars; Springer, pp. 30–57.
- Zuk W, Clark RH.** (1970). *Kinetic architecture*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Yoder, J.** (2011). *Widescreen Architecture: The Immersive Visuality of John Lautner*. Doctor of Philosophy, University of California, Los Angeles.
- Url- 1** < irvspector.blogspot.com > : Erişim Tarihi: 15.09.2023.
- Url- 2** < <https://www.flickr.com/photos> > : Erişim Tarihi: 03.10.2023.
- Url- 3** < <https://coop-himmelblau.at/projects/the-cloud/> > : Erişim Tarihi: 21.01.2024.
- Url- 4** < https://tr.wikipedia.org/wiki/Uzay_Yar%C4%B1%C5%9F%C4%B1 > : Erişim Tarihi: 21.09.2023.
- Url- 5** < <https://www.aeroflap.com.br/en/58-years-of-the-first-artificial-satellite-Sputnik-1/> > : Erişim Tarihi: 17.08.2023
- Url- 6** < https://www.russianspaceweb.com/vostok1_launch.html > : Erişim Tarihi: 03.11.2023
- Url- 7** < <https://www.superstock.com/asset/infographic-russian-cosmonaut-yuri-gagarin-who-board-vostok-became-first/4409-28578627> > : Erişim Tarihi: 01.12.2023
- Url- 8** < <https://russianspaceweb.com/salyut1-design.html> > : Erişim Tarihi: 02.12.2023

- Url- 9** < [https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Skylab_\(SL-4\).jpg](https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Skylab_(SL-4).jpg)> : Erişim Tarihi: 15.01.2023
- Url- 10** < <https://archive.org/details/STS089-340-035>> : Erişim Tarihi: 10.03.2024
- Url- 11** < <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/interiorofmircoremodulejpg>> : Erişim Tarihi: 21.02.2024
- Url- 12** < https://en.wikipedia.org/wiki/Mir#/media/File:Lucid_on_Treadmill_in_Russian_Mir_Space_Station_-_GPN-2000-001034.jpg> : Erişim Tarihi: 05.02.2024
- Url- 13** < https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2011/02/International_Space_Station > : Erişim Tarihi: 07.12.2023.
- Url- 14** < https://www.researchgate.net/figure/Flight-engineers-cosmonaut-Sergei-Treschev-left-and-astronaut-Peggy-Whitson-around-the_fig2_245139910 > : Erişim Tarihi: 09.12.2023.
- Url- 15** < <https://www.nasa.gov/image-article/scott-kellys-living-quarters/> > : Erişim Tarihi: 18.01.2024.
- Url- 16** < <https://www.nasa.gov/stem-content/imagine-youre-an-astronaut/> > : Erişim Tarihi: 19.01.2024.
- Url- 17** < https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:ISS-26_Christmas_morning.jpg> : Erişim Tarihi: 30.03.2024.
- Url- 18** < <https://hbarchitects.co.uk/halley-vi-british-antarctic-research-station/> > : Erişim Tarihi: 10.08.2023
- Url- 19** < https://en.wikipedia.org/wiki/Svalbard_Global_Seed_Vault > : Erişim Tarihi: 10.08.2023
- Url- 20** < <https://old.snohetta.com/project/469-the-arc-a-visitor-center-for-arctic-preservation-storage-in-svalbard> > : Erişim Tarihi: 19.09.2023
- Url- 21** < <https://www.pulaumabul.com/bajau-laut-sea-gypsies/>> : Erişim Tarihi: 03.04.2024.
- Url- 22** < <https://archeyes.com/marine-city-megastructure-kiyonori-kikutake/>> : Erişim Tarihi: 02.10.2023.
- Url- 23** < <https://oceanix.com/media/>> : Erişim Tarihi: 25.11.2023
- Url- 24** < <https://www.hsbmarine.com/products/floating-foundation-system> > : Erişim Tarihi: 25.11.2023
- Url- 25** < <https://www.hsbmarine.com/projects/artificial-floating-island>> : Erişim Tarihi: 25.11.2023
- Url- 26** < <https://www.wired.co.uk/article/tecla-3d-printed-house> > : Erişim Tarihi: 15.06.2023.
- Url- 27** < <https://emergingobjects.com/project/involute-wall/>> : Erişim Tarihi: 11.03.2024
- Url- 28** <<https://www.archdaily.com/568838/architects-invent-earthquake-proof-3d-printed-column> > : Erişim Tarihi: 18.09.2023
- Url- 29** < https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_lrv.html > : Erişim Tarihi: 19.08.2023.

Url- 30 < <https://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation> > : Erişim Tarihi:
07.08.2022

Url- 31 < <https://www.marsicehouse.com/>> : Erişim Tarihi: 12.08.2023

Url- 32 < <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse> > : Erişim Tarihi: 15.08.2023

