

■ Endüstri 4.0'ın en temel özelliklerinden biri, her alanda "daha iyiyi üretme/inşaat etme isteği" olarak tanımlanabilir. Bu isteğin imalat ve fabrikasyon teknolojilerine yansması ise birlikte işlerlik, birimsellik, sayısal ikizlik), esneklik olarak özetlenebilecek kavramların teknolojiyi ve üretme eylemlerini dönüştürmesidir.(...) Bu teknolojiler; otonom robotlar, simülasyon teknolojileri, büyük veri ve analizi, artırılmış gerçeklik, eklemeli üretim, bulut teknolojisi, siber güvenlik, endüstrinin interneti ve yatay/dikey sistem entegrasyonu olarak sayılabilir.

6

■ Muhtemel Mars yüzey yapılarını -ve mimarisini- gezegen yüzeyindeki teknik kabiliyetlerle birlikte düşünmek ve dōnemsel olarak değerlendirmek uygun olacaktır. (...) Mars yüzeyinde gerekli altyapının (inşaat, haberleşme, ulaşım vd.) modüler bir yaklaşımla kurulması ve geliştirilmesi mümkün. Sahada sahip olduğumuz imkanlara paralel olarak kızıl gezegene özgü bir mimarinin yapı teknolojisi, mekansal nitelik ve örgütlenme ve hatta yerleşim örüntüsü açılarından ortaya çıkarılması bir hedef olarak belirlenebilir.

41

■ Mevcut ekonomik sistem sürdürülebilir değildir. Bu sistem, gezegenin ve insanlığın geleceğini tehdit eden iki önemli krize neden olmaktadır: ekonomik kriz ve ekolojik kriz. (...) İkili krizin çözümü, iki önemli geçiş sürecini gerektirmektedir. Bunlardan ilki, ekolojik sınırlara saygılı ve toplumun dezavantajlı kesimlerinin ihtiyaçlarına duyarlı bir ekonomik sisteme, daha somut bir ifadeyle yeşil ekonomiye geçiş sürecidir. İkinci geçiş süreci ise, yeşil ekonomiye geçişi sağlayacak ve kolaylaştıracak bir kentsel sisteme geçiştir. (...) Ancak bu süreçte, madalyonun diğer yüzünü gözden kaçırmamak gerekir.

51

# dosya 45

TMMOB MİMARLAR ODASI ANKARA ŞUBESİ

2020

## gelecek, teknoloji ve mimarlık

1 GİRİŞ  
GELECEK, TEKNOLOJİ VE MİMARLIK  
İPEK GÜRSEL DİNO, GÜNSU MERİN ABBAS  
(DOSYA EDİTÖRLERİ)

6 MİMARLIKTA FABRİKASYON TEKNOJİLERİ VE  
ENDÜSTRİ/MİMARLIK 4.0  
ARZU GÖNENÇ SORGUÇ  
MÜGE KRUŞA YEMİŞCİOĞLU

18 MİMARLIK VE ROBOTİK ÜRETİMİN  
GÜNÜMÜZÜ VE GELECEĞİ  
ELİF ERDİNE

29 SANAL MECRALARDA MİMARİ TASARIMIN  
DÜNÜ VE BUGÜNÜ  
LEMAN FİGEN GÜL

40 MARS'TA EV YAPMAK  
KÜRŞAD ÖZDEMİR

48 YEŞİL EKONOMİ VE AKILLI KENT TARTIŞMALARI  
EKSENİNDE YENİ KENTSEL GELECEK  
OSMAN BALABAN

56 ZAMAN KAPSÜLÜNDE  
KÜLTÜREL VE DOĞAL MİRAS  
GÜZDEN VARİNLİOĞLU

64 MİMARLIK EĞİTİMİNİN GELECEĞİNE DAİR  
NOTLAR  
BURCU ŞENYAPILI ÖZCAN

# MARS'TA EV YAPMAK

Kürşad Özdemir, Dr., Öğretim Üyesi

Dünya dışı yerleşimlerin ana hedefi -şimdilik- Mars. Hayatta temiz bir sayfa açma naifliğiyle birleşmiş keşfetme ve kazanma isteği hem toplumu hem de roket yapabilen her kurumu heyecanlandırıyor. İnsanlık bir kenara koyduğu kaşiflik şapkasını tekrar takmaya hazır. Resmi uzay ajanslarıyla birlikte SpaceX gibi özel girişimler de Mars'a gitme, hatta orada kalma planları yapmakta. Artık Macellan'ın trans-pasifik seyahatiyle aynı sürede Mars'a ulaşmak<sup>1</sup> (Chaplin 2013) mümkün. Bu gidişle kızıl gezegende kalıcı olmak için tasarım ve inşaat bilgimizi geliştirmemiz gerekecek. Bu yazı kızıl bozkırlarda yapılacak evlerin teknolojisini, karşılaştırmalı olarak değerlendirir, eldeki bilgiler ışığında yapısal bir mimari projeksiyon yapmayı dener.

## 1. arka plan

Çıplak gözle görünebilen 5 gezegenden biri olması ve kendine has kızıl parıltısı, hedef gezegenimiz ile bağ kurmayı kolaylaştırmakta. Galileo ile başlayan kayıtlı gözlemlerin ötesinde, uzay araçları ile yapılan araştırmalar sayesinde -bugüne kadar- karbondioksitli bir atmosfer, toprak üstünde ve altında buz, yaşam ihtimali taşıyan izler ve mavimsi gün batımı bilgilerine ulaştık. Merih gezegenini bizler için cazip bir destinasyon haline getiren fiziksel etkenler şunlar:

- Benzerlik: Gezegenimizi andırıyor, bağ kurabiliyoruz (Basacak bir yer kabuğu var, yerçekimi var, atmosferi -ince ve bol karbondioksitli olsa da- var, sıcaklık bizdekine benzer, gün 24 saat civarı vd.)
  - Yakınlık: 3 ayda ulaşmak mümkün
  - Misafirperverlik: Diğer komşumuz Venüs'ten (yüzey sıcaklığı ~500°C, ezici seviyede yüksek basınç, asit yağmurları...) çok daha misafirperver, hatta güneş sistemindeki tek dostumuz -yüksek radyasyon, düşük basınç ve karbondioksitli atmosfer sayılmazsa
  - Yerel kaynaklar: Toprağından yapı malzemesi elde etmek mümkün, ayrıca su da barındırıyor, panelleri besleyecek kadar gün ışığı var
- Cazibeyi oluşturan bilimsel, toplumsal, hatta varoluşsal nedenleri atlayarak ciddi planları olan aktörlerde durum şöyle:
- Devlet kurumları: NASA, ESA başta olmak üzere uzay araştırması kabiliyeti olan resmi ajanslar hem robotik hem de insanlı görevler üzerinde çalışıyorlar. Büyük ölçüde kamu kaynaklarını kullandıkları için siyasi konjonktüre bağlı olarak plan vadeleri değişiyor. Kısaca,

NASA: Resmi bir kurum olarak 1964 yılından bu yana Mars'a araçlar gönderiyor, bilgi topluyorlar. Yüzey yapıları için üç boyutlu baskı teknolojilerini geliştirmek amacıyla açtıkları yarışma<sup>2</sup> önemli sonuçlar verdi.

ESA: Avrupa Uzay Ajansı görünür bir Mars araştırma programına<sup>3</sup> sahip. Avrupalı diğer kurumlar ise yerleşimlerde kullanılacak teknolojileri (ör: yapay şartlarda bitki yetiştirme<sup>4</sup>) geliştirmekteler.

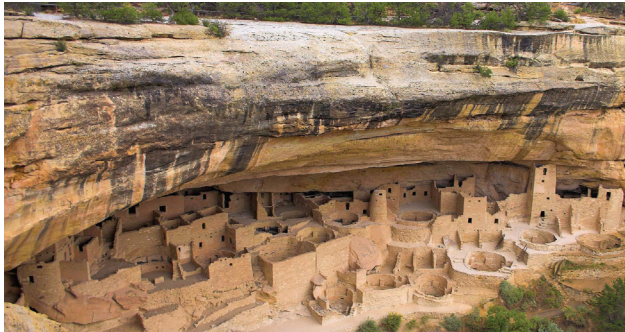
Çin Uzay Ajansı: 2020'de ilk araştırma robotunu Mars'a indirmeyi deneyecek olan ajans, Gobi çölünde kurulan özel bir merkezde yüzey görevleri ile ilgili araştırmalar yürütüyor.

- Özel Kurumlar: Uzay araştırmalarının yükünü kamudan özel sektöre kaydırma ve yeni ekonomik alanlar açma motivasyonu ile kurulan özel girişimlerden Mars ile ilgili en ciddi plana sahip olan SpaceX<sup>5</sup>. Starship projesinin ilk prototipini paslanmaz çelik gövdeye sahip bir taşıma roketi arzediyor. Ortaya konan tasarımın teknik gelişimi yanında belirgin derecede "styling" sürecinden<sup>6</sup> geçtiği söylenebilir.

## 2. yerler, yapılar, teknoloji

Kızıl gezegende ev yapmak isteyenleri en çok zorlayacak iki durum -dünyadan milyonlarca kilometre uzakta olmak ve havayı soluyamamak dışında- yüksek radyasyon ve düşük basınç. Bu şartlarla baş edebilmek için Mars'ta yerleşime en uygun yerler şu şekilde sıralanabilir:

1. Ekvator bölgeleri: Volkanik aktivite olan kısımlarda (ör: Arsia Mons yanardağı civarı) doğal mağara oluşumları tespit edildi<sup>7</sup> (Cushing 2012). Doğal topoğrafyayı lehimize kullanmak oldukça eski bir taktiğimiz (**Görsel 1**) Ekvator bölgelerinde ayrıca jeotermal enerjiye ulaşma ihtimali var. Gezegenin yüksek seviyelerdeki yüzey radyasyonundan<sup>8</sup> (Appelbaum ve ark. 1990) korunmak için kaya tabakalarının arkasına gizlenmek ve inşaatı mağaraların içinde yapmak iyi bir seçenek sayılabilir.



**Görsel 1:** Colorado Mağara Yerleşimi Britannica Ansiklopedisi, (ET: 05.08.2020). <https://www.britannica.com/technology/cliff-dwelling>

2. Lav tüpü mağaraları: Lav kütlelerinin akışı ile meydana gelen ve tüpler şeklinde uzanan mağaraların Mars yüzeyi altında bulunmaları olası, zira tavan kırığı gibi görünen yüzey deformasyonlarının yörünge araçlarından yerleri tespit edildi<sup>9</sup>. Bu tüplerin içine yerleşmek hem radyasyondan korunmak için uygun hem de iç yapıları sayesinde bağımsız ve iklimlendirilmiş kompartımanlar oluşturmak teorik olarak mümkün.

3. Hellas Planitia krateri: Bu yüzey depresyon alanı normal gezegen seviyesinin altında bir irtifada olduğu için Mars için yüksek, bizler için ise avantajlı düzeyde atmosferik basıncına sahip. Yüksek ortam basıncı inşa edilecek bir yapıdaki sızdırmazlık şartlarını daha kolay sağlamamıza yardımcı olabilir.

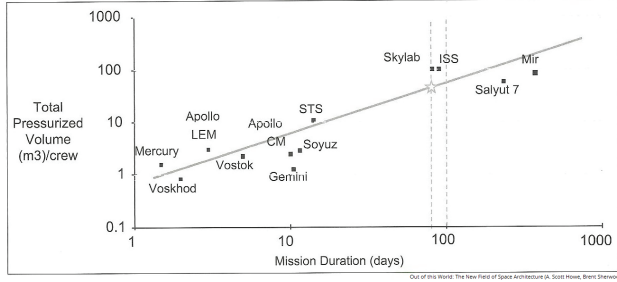
dönem	giriş dönemi		erken dönem	kalıcılık dönemi		
<b>faaliyet</b>	ilk iniş	yakın çevre araştırmaları	yüzey aracı yakın menzilde araştırma	uzun menzilli ve derin araştırma + inşaat		
<b>barınak türü</b>	iniş aracına bağlı yaşam modülü		müstakil yaşam modülü	yüzey aracı	kalıcı istasyon	
<b>yapı teknolojisi</b>	prefabrikte metal kutu		metal kutu + şişme ek	metal kutu + şişme ek	metal kutu	şişme 3b yaz.
<b>yer</b>	ilk iniş noktaları		ilk iniş noktaları + mağaralar	mobil	ilk iniş noktaları + mağaralar + tüneller	

**Tablo 1:** Barınma yapıları – şartlar matrisi (Kaynak: Yazar)

Muhtemel Mars yüzey yapılarını -ve mimarisini- gezegen yüzeyindeki teknik kabiliyetlerle birlikte düşünmek ve dönemsel olarak değerlendirmek uygun olacaktır. İlk insanlı görevlerle başlayacak barınma ihtiyacının görev süreleri uzadıkça ve görev yapıları çeşitlendikçe kendine özgü bir mimari gelişim arz edeceğini söyleyebiliriz. İnsanlı Mars görevlerinin erken döneminde ayak basma ve ön tanıma adımları geçilip daha ayrıntılı ve kapsamı geniş araştırma yapmak için görev sayılarını ve frekansı artırmak gerekecek. Akıllı bir planlama ile -yapay zekanın planlamaya katkıda bulunması muhtemel ve elzem<sup>10</sup>- Mars yüzeyinde gerekli altyapının (inşaat, haberleşme, ulaşım vd.) modüler bir yaklaşımla kurulması ve geliştirilmesi mümkün. Sahada sahip olduğumuz imkanlara paralel olarak kızıl gezegene özgü bir mimarinin yapı teknolojisi, mekansal nitelik ve örgütlenme

ve hatta yerleşim örüntüsü açılarından ortaya çıkarılması bir hedef olarak belirlenebilir.

Uzay yapıları tipolojisinde benzer bir gelişim uzay görevlerinin ilk 50 yılında, mürettebat üyesi başına düşen hacim üzerinden rahatlıkla okunabilir. **(Görsel 2).**

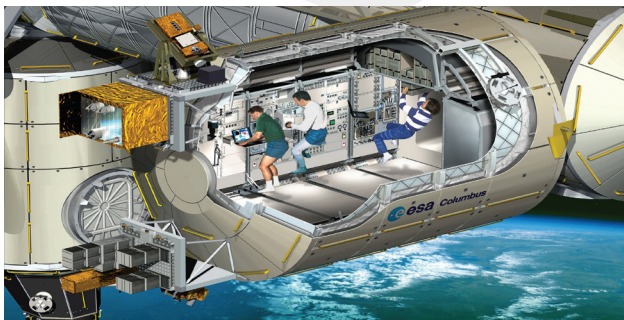


**Görsel 2:** Uzay araçlarında kişi başına düşen net hacim grafiği Scott-Howe, Brent Sherwood. Out of this World: The new field of space architecture. AAI Publications, 2009.

Uzay'a ilk çıkan kapsüllerin kokpitlerine sıkışmış mürettebat gittikçe büyüyen ve ferahlayan bir yaşama ve çalışma ortamında daha uzun kalabilme ve araştırma yapabilme şansına kavuşmuşlardır. Mars yüzey yapılarında ise barınak gelişimini hem nicelik hem de mimari nitelikler açısından beklemek ve planlamak önemli görünmektedir.

- Metal kutular (tin cans)

Bugünün projeksiyonuna göre Mars'a ayak basmamızı sağlayacak ilk görevlerde 50 küsur yıldır kullandığımız metal, rijit silindirleri kendimize ev belleyeceğiz. Formunu ve boyutlarını klasik roketlerin dikte ettiği metal silindirik yapılar konusunda belirli bir tasarım, imalat ve performans bilgisi biriktirmiş durumdayız. Özellikle Skylab - MIR - UUI dizisi ile silindirik ve modüler yapılaşma olgunluğa ulaştı. Bu yapıları hangi roketlerle hangi mesafelere ulaştıracağımızı ve nasıl eklemeyip nasıl işler hale getireceğimizi biliyoruz. Hatta mekânsal nitelikleri sınırlı olsa da modüllerin neresine kapı ve pencere açacağımızı, tuvaleti nereye yerleştireceğimizi, hatta nasıl tefriş edeceğimizi de biliyoruz. Mars'a yerleşimin ilk döneminde oldukça kullanışlı olabilecek bu modülleri Mars yüzeyine indirdikten hemen sonra kullanmak mümkün. Yapı kabuğu tıpkı bir soğan gibi farklı katmanlardan oluşmakta. **(Görsel 3)**



**Görsel 3:** UUI Columbus Modülü ve kabuk katmanlaşması ESA Columbus Laboratuvarı. Websitesi, (ET: 05.08.2020). [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Columbus/Columbus\\_laboratory](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Columbus/Columbus_laboratory)

Ana gövde formunu ve hava sızdırmazlık özelliğini bir tür alüminyum alaşımı olan çapraz örgü ile takviye edilmiş monokok bir kabuk sağlarken, ısı yalıtım battaniyesi ve mikro meteor koruma katmanları bu rijit modüllerin yapı kabuğunun oluşmasını sağlıyor **(Görsel 3)**. Metal modüllerde kullanılan kabuk katmanlaşmasının en önemli eksiği ise radyasyon koruması. Yüksek enerjili kozmik ışınlar kalkan olabilecek yoğunlukta malzemeleri henüz bu katmanlaşmaya teknik sınırlar içinde dahil edebilmiş değiliz. Yapay bir manyetik alan ve radyasyon geçirimsiz nano malzemeler üzerinde araştırma-geliştirme<sup>11</sup> (Durante 2014) yaparak metal kabukları Mars mimarisi için güvenilir bir alternatif haline getirebiliriz.

- Mobil kutular (pressurized rovers)

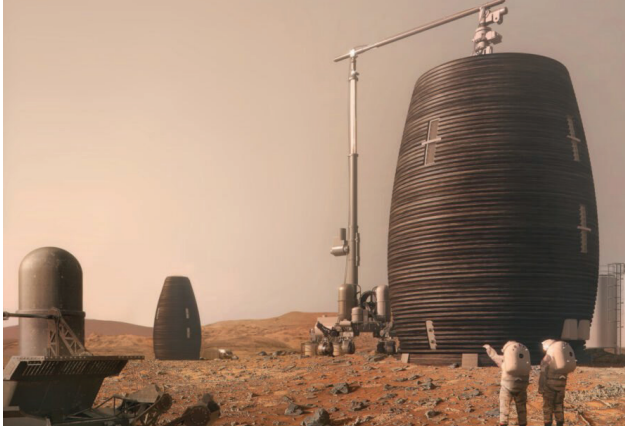
Metal silindirlerle benzer bir yapı kabuğuna sahip olan mobil istasyonlar genelde tekerlekli yüzey araçları şeklinde yapılaşmakta. Yeni dünya kaşiflerinin yanlarında götürdükleri atlar ve arabalar ile paralellik sunan bu araç-yapılar<sup>12</sup> (Özdemir 2009) genişletilmiş Mars görevleri döneminde karşımıza çıkacak. Mars yüzeyinde daha çok alana erişmek ve araştırma derinliğini artırmak için kullanılacaklar. Aynı zamanda araştırmacı mürettebata da uzun görevler için -aylar sürebilir) gezer bir "ev" teşkil edecekler. Mimari açıdan bu sistemin kayda değer tarafı, birbirlerine eklemelenme-ayrılma düzenleri ile ünitelerin birden çok mekan örüntüsü oluşturma kabiliyeti. Mekan örgütlemesinde esneklik, ekstrem şartlarda yaşayıp çalışanlar için önemli bir kalite arz edebilir **(Görsel 4)**.



**Görsel 4:** The Martian filmi için Mars Yüzey Aracı Tasarımı (Kaynak: 20th Century Fox) New York Times, (ET: 05.08.2020). <https://www.nytimes.com/2016/01/22/movies/below-the-line-designing-the-martian.html>

- Üç boyutlu basılmış yapılar:

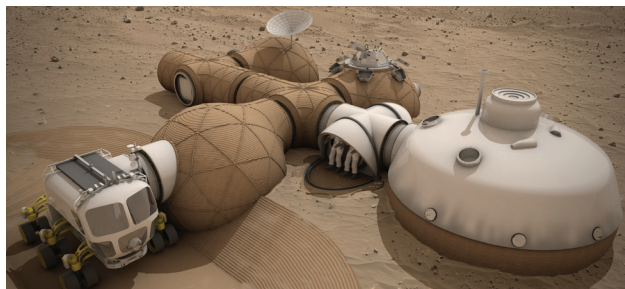
Gelecek projeksiyonlarımızın bir kısmını, geliştirmekte olduğumuz ve bizleri heyecanlandıran teknolojiler üzerinden yapıyoruz. Burada, mavi gezegende, günümüzde üç boyutlu yazıcılar ile gittikçe büyüyen ölçekte yapılan imalat, yapı üretimi<sup>13</sup> (Sakin ve ark. 2017) için de bir alternatifi müjdeliyor. Katmanlar halinde yapı "basma" teknolojisini Mars yapı üretimi ile birlikte düşünmenin son derece geçerli bir nedeni var: Yerel malzeme, yani Mars toprağı **(Görsel 5)**



**Görsel 5:** NASA yarışmasının galibi Marsha projesi AI Space Factory Web sitesi, (ET: 05.08.2020). <https://www.aisspacefactory.com/marsha>

Üç boyutlu baskı teknolojisinin Mars yapıları ile ciddi biçimde bağlanmasına NASA'nın açtığı proje yarışmasının<sup>14</sup> payı büyük. 2015'den bu yana farklı safhalar halinde devam eden yarışma prototip seviyesinde sonuçlar üretti. Katmanları oluşturacak hamurun temel bileşeninin kızıl gezegenin kabuğundan elde edilmesi düşünülüyor. Takımlardan bu hamurun agregası için gelen öneriler yüksek ısı ile hamurlaştırılmış toprak, bazalt kayaç tozu ve hatta Mars buzu yönünde. Kubbe, tonoz gibi basınca çalışan strüktürlerin üç boyutlu baskı yöntemiyle ve Mars toprağı agregası ile imalatı mümkün, ancak, oluşacak iç boşlukta yaşayabilmek için hava basıncı yükseltirse çekme yükleri nedeniyle katı kabuğun çatlayıp kırılacağı açık. Kabuklarda oluşacak çekme gerilimleriyle baş etmek için kayda değer bir çözüm, yarışmanın son etap birincisi AI Space Factory tasarım atölyesinden geldi:

Sera bitkilerinden elde edilecek doğal polimerlerin donatı olarak hamura katılması! Binlerce yıllık doğal donatılı kerpiç yapım bilgisiyne benzeşen öneri, yerel kaynakların faydalı hale getirilmesi yaklaşımına bir örnek. İlk aşamanın ödül alan takımlarından LavaHive'in Uluslararası Uzay İstasyonu (UÜ) ve başka uzay araçlarından 'çıkma' bileşenleri de bünyesinde barındırması ise karma sistem yaklaşımının yeniden kullanma - geri dönüştürme perspektifini sergiliyor. (Görsel 6)

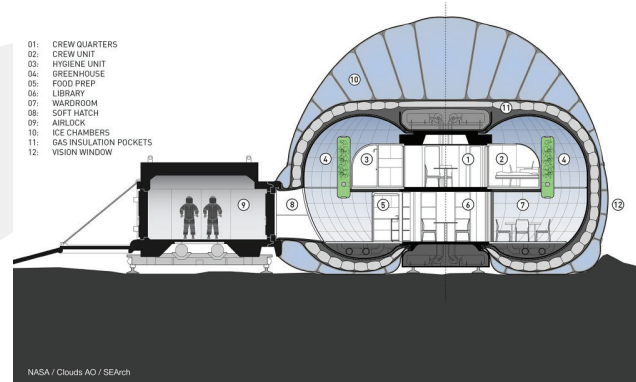


**Görsel 6:** Tekrar kullanılmış -recycled- üniteler de içeren Lava Hive projesi Archinect Websitesi, (ET: 05.08.2020). [https://www.architectmagazine.com/project-gallery/nasa-3d-printed-habitat-challenge-team-lavahive\\_o](https://www.architectmagazine.com/project-gallery/nasa-3d-printed-habitat-challenge-team-lavahive_o)

Üç boyutlu basılmış yapı kabuklarının arz ettiği en belirgin fayda, ihtiyaca uygun mekânsal boşlukların taşıma malzeme kullanmadan, hızlıca yerinde imal edilmesi. Kabukların içinin donatılması işlemi ise yalıtım katmanlarının eklenmesini de içermekte. Mars'ta üç boyutlu olarak basılan yapıların mekânsal örüntü ve tipolojik potansiyeli iyi bir mimari araştırma konusu.

- Şişme yapılar:

İç boşluğundaki ya da çift kabuk arasındaki hava basıncı ile ayakta duran şişme yapıların uzay yapılarında kullanılma fikri yeni değil<sup>15</sup> (Haeuplik ve ark. 2012) Yeryüzünden uzayın herhangi bir noktasına yük taşımak zahmetli, pahalı ve tehlikeli bir işlem. Söz konusu yük yapı malzemesi ise hafif strüktürlere yönelmemiz doğal. Şişme strüktürler hem hafif hem de yolculuk sırasında sıkıştırılmış halde depolanıyor. Sahada kolayca yerleştirilip kuruluyor. Pnömatik mekanlar oldukça ferah olabiliyor ancak her zaman verimden (kullanışlılık-iklimlendirme-aydınlatma vd.) söz etmek mümkün değil. Çıplak haliyle radyasyondan bir koruma sağlamıyor. Kısaca, şişme strüktürleri belirli bir yapısal kompozisyon içinde kullanmak gerekiyor. Örneğin metal modüllere entegre etmek ya da koruma sağlayacak kabuk, mağara ya da tünellerin içinde kullanmak (Görsel 7) akılcı bir alternatif olabilir.



**Görsel 7:** The mars icehome projesinde şişme strüktürün ara katman olarak kullanılması Clouds AO Web sitesi, (ET: 05.08.2020). <https://cloudsao.com/MARS-ICE-HOME>

Yapısal alternatifler, özetle, farklı avantajlar ve sınırlar içeriyor. Mars'ın ekstrem şartları altında karma bir sistem yaklaşımı -mimar Bjarke Ingels'in de vurguladığı gibi<sup>16</sup> - alternatifleri anlamlı bir bütün içinde toplayabilir. Özellikle yeraltı ve yer üstü yapılarını birleştirmek aniden artan radyasyon seviyeleri<sup>17</sup> (Jäkel 2004) ile baş etmek için iyi bir çözüm.

	metal kutu	3d	şişme	yeraltı
radyasyon koruması	0	0	0	0
termal yalıtım	0	0	0	0
basınç mukavemeti	0	0	0	0
gün ışığı	0	0	0	0
verimli mekan	0	0	0	0
ferah mekan	0	0	0	0

**Tablo 2:** Yapı teknolojisi alternatiflerinin birbirlerini tamamlayıcı karakterlerini tabloda görmek mümkün (Kaynak: Yazar)

### 3. vaziyet ve gelecek

Mars mimarlığı için güncel olarak elimizde şunlar var:

- fiziksel olarak avantajlı, yerleşime aday yerler > potansiyel yerleşim noktalarımız belli, kaybolmuş değiliz
- hazır (off-the-shelf) teknolojiler > tanıdık, ispatlanmış ve geliştirilmeye hazırlar,
- gelişmekte olan teknolojiler > yeni çözümler için gerekliler
- binlerce yıllık tasarım, inşaat ve işletme bilgisi > muhakkak faydalanmalıyız

Yapılan tasarım çalışmaları, henüz uygulamadan uzak olsalar da tek bir yapı sisteminin istisnasız uygulanmasını işaret etmiyor. Elde olan seçeneklerin şartlara uygun bir kompozisyonla karma halde kullanılması kritik bir tasarım tutumu olabilir. Örneğin şişme yapıları mağaraların korunaklı atmosferi içinde kurmak akılcı bir seçenek. Zira elimizdekileri zorlu şartlarda en verimli kompozisyonda kullanmamız gerekiyor. Bu paralelde insanın ekstrem ortamlarda elde ettiği yapı tasarımı bilgisinin derlenip toparlanması<sup>18</sup> ve yeniden yorumlanmaya açılması verimi artıracaktır.

Mars mimarlığı projeksiyonu gittikçe daha çok dijital üretim ve hatta planlama içerecek. Yapay zeka enstrümanlarının gelişmekte olması bu durumu destekliyor. Kızıl gezegen için kurduğumuz mimari hayallerimiz gelişen teknolojinin yanında daha katılımcı, daha açık ve adil, kültürel ve kimliksel çeşitliliğe saygılı, kısaca daha "iyi" olmaya aday.

## DİPNOTLAR

<sup>1</sup> Chaplin, Joyce E. Round About the Earth: Circum navigation from Magellan to Orbit. (New York: Simon&Schuster, 2013) 36.

<sup>2</sup> NASA, "3 Boyutlu Baskı Yarışma Sayfası." (ET: 05.08.2020) [https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical\\_challenges/3DPHab/index.html](https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical_challenges/3DPHab/index.html)

<sup>3</sup> ESA, "Aurora Mars Araştırma Programı." (ET: 05.08.2020) [http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b\\_messina.pdf](http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b_messina.pdf)

<sup>4</sup> EDEN ISS, "Araştırma Konsorsiyumu Web Sayfası." (ET: 05.08.2020) <https://eden-iss.net> , çevrimiçi 2019

<sup>5</sup> SpaceX, "Starship Projesi." (ET: 05.08.2020) <https://www.spacex.com/starship>

<sup>6</sup> Telegraph Gazetesi, "Dragon Uzay Kapsülü Tasarımı üzerine." (ET: 05.08.2020) <https://www.telegraph.co.uk/technology/2019/01/11/elon-musk-shows-spacexs-shiny-starship-test-flight-rocket/>

<sup>7</sup> Glen E Cushing, "Candidate Cave Entrances on Mars." Journal of Cave and Karst Studies, 74:1, (2012): 34. (ET: 05.08.2020)

<sup>8</sup> Josef Appelbaum, ve Dennis Jack Flood. "Solar Radiation on Mars." Solar Energy, 45:1, (1990): 360. (ET: 05.08.2020)

<sup>9</sup> Glen E Cushing vd., "Them is Observes Possible Cave Skylights on Mars." Geophysical Research Letters, 34:1 (2007), 18. (ET: 05.08.2020)

<sup>10</sup> NASA, "Yapay Zeka ve Uzay Araştırmaları." (ET: 05.08.2020) <https://mars.nasa.gov/news/2884/ai-will-prepare-robots-for-the-unknown/>

<sup>11</sup> Marco Durante. "Space radiation protection: Destination Mars." Life Sciences in Space Research. 1:1 (2014), 7. (ET: 05.08.2020)

<sup>12</sup> Kürşad, Özdemir. "Operational assessment of the pressurized planetary rover Rama," (2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies konferansında sunulan bildiri, İstanbul, Temmuz 11-13, 2009).

<sup>13</sup> Mehmet Sakin ve Yusuf Caner Kiroğlu. "3D Printing of Buildings: Construction of the Sus-

tainable Houses of the Future by BIM.", Energy Procedia, 134:1 (2017), 705. (ET: 05.08.2020)

<sup>14</sup> NASA, "3b baskı Yarışması üzerine." (ET: 05.08.2020) [https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical\\_challenges/3DPHab/index.html](https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical_challenges/3DPHab/index.html)

<sup>15</sup> Sandra Haeuplik-Meusburger ve Kürşad Özdemir, "Deployable Lunar Habitation Design." Moon: Prospective Energy and Material Resources, bs. haz. Viorel Badescu (Berlin: Springer, 2012.), 474.

<sup>16</sup> BjarkelIngels, "Mars Yapıları." (ET: 05.08.2020) [https://www.ted.com/talks/bjarke\\_ingels\\_an\\_architect\\_s\\_guide\\_to\\_living\\_on\\_mars](https://www.ted.com/talks/bjarke_ingels_an_architect_s_guide_to_living_on_mars)

<sup>17</sup> OliverJäkel. "Radiation hazard during a manned mission to Mars", Zeitschrift für Medizinische Physik, 14:4 (2004), 270 (ET: 05.08.2020)

<sup>18</sup> Özdemir, Kürşad. "A Methodical Approach to the Transfer and the Integration of Design Knowledge from Terrestrial Extreme Environment Structure Design to Inhabited Space Structure Design Concepts", (doktora tezi, Viyana Teknik Üniversitesi, 2009), 120.

## KAYNAKÇA

- Appelbaum, Josef ve Dennis Jack Flood. "Solar Radiation on Mars." *Solar Energy*, 45:1, (1990): 353-363 (ET: 05.08.2020).
- Chaplin, Joyce E. *Round About the Earth: Circumnavigation from Magellanto Orbit*. New York: Simon&Schuster, 2013.
- Cushing, Glen E. "Candidate Cave Entrances on Mars." *Journal of Cave and Karst Studies*, 74:1, (2012): 33-47 (ET: 05.08.2020).
- Cushing, Glen E, Timothy N. Titus, Jut Wynne, ve Philip R. Christensen "Themis Observes Possible Cave Skylights on Mars." *Geophysical Research Letters*, 34:1 (2007), 17-21 (ET: 05.08.2020).
- Durante, Marco. "Space radiation protection: Destination Mars." *Life Sciences in Space Research*. 1:1 (2014), 2-9 (ET: 05.08.2020)
- Haeuplik-Meusburger, Sandra ve Kürşad Özdemir, "Deployable Lunar Habitation Design." *Moon: Prospective Energy and Material-Resources*, bs. haz. Viorel Badescu. Berlin: Springer, 2012.
- OliverJäkel, Oliver. "Radiation hazard during a manned mission to Mars", *Zeitschrift für Medizinische Physik*, 14:4 (2004), 267-272 (ET: 05.08.2020).
- Özdemir, Kürşad. "A Methodical Approach to the Transfer and the Integration of Design Knowledge from Terrestrial Extreme Environment Structure Designs to Inhabited-Space Structure Design Concepts", *Doktora Tezi*, Viyana Teknik Üniversitesi, 2009.
- Özdemir, Kürşad. "Operational assessment of the pressurized planetary rover Rama," 2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies konferansında sunulan bildiri , İstanbul, Temmuz 11-13, 2009.
- Sakin, Mehmet ve Yusuf Caner Kiroğlu. "3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM.", *Energy Procedia*, 134:1 (2017), 702-711 (ET: 05.08.2020).

## WEB KAYNAKLARI

- NASA, "3 Boyutlu Baskı Yarışma Sayfası" (ET: 05.08.2020). [https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial\\_challenges/3DPHab/index.html](https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab/index.html)
- ESA, "Aurora Mars Araştırma Programı" (ET: 05.08.2020). [http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b\\_messina.pdf](http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b_messina.pdf)
- EDEN ISS, "Araştırma Konsorsiyumu Web Sayfası" (ET: 05.08.2020). <https://eden-iss.net>, çevrimiçi 2019
- SpaceX, "Starship Projesi" (ET: 05.08.2020). <https://www.spacex.com/starship>
- Telegraph Gazetesi, "Dragon Uzay Kapsülü Tasarımı üzerine" (ET: 05.08.2020). <https://www.telegraph.co.uk/technology/2019/01/11/elon-musk-shows-spacexs-shiny-starship-test-flight-rocket/>
- NASA, "Yapay Zeka ve Uzay Araştırmaları" (ET: 05.08.2020). <https://mars.nasa.gov/news/2884/ai-will-prepare-robots-for-the-unknown/>
- Bjarkelngels, "Mars Yapıları" (ET: 05.08.2020). [https://www.ted.com/talks/bjarke\\_ingels\\_an\\_architect\\_s\\_guide\\_to\\_living\\_on\\_mars](https://www.ted.com/talks/bjarke_ingels_an_architect_s_guide_to_living_on_mars)

## Kürşad Özdemir

Dr. Özdemir Mimar Sinan Üniversitesi (Lisans, 1998; Yüksek Lisans, 2001) ve Viyana Teknik Üniversitesi'nde (Doktora, 2009) mimarlık eğitimi aldı. Binalardan çok uçaklara, gemilere ve makinelere ilgi duydu. Doktora sürecinde uzay yapıları üzerinde çalıştı. Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Mars yapıları araştırma projesinde yer aldı. Şimdi öğretim üyesi ve yeni mimarlar yetiştiriyor.

## Mars'ta Ev Yapmak

Bu yazı Mars gezegeni yüzeyinde inşa edilecek yapıların teknolojisini karşılaştırmalı olarak değerlendirir, ekstrem çevrelere dair tasarım bilgimiz ışığında yapısal açıdan bir mimari projeksiyon yapmayı dener. Çalışma, yaklaşmakta olan Mars mimarlığını bugünün gözünden 3 kısımda ortaya koyar: Mars gezegeni şartlarının verildiği bir arka plan, yerleşim noktaları ile yapısal seçeneklerin birlikte düşünüldüğü analiz kısmı ve kısa bir sonuç değerlendirmesi. Uzay yapılarında kullanılagelmiş modüler metal kabuk sistemlerden gittikçe yaygınlaşan 3 boyutlu basma / dijital katmanlı üretim yöntemlerine uzanan bir bantta yapılan değerlendirme araştırmacılara, tasarımcılara (ve meraklılara) basit anlamda bir bilgi zemini sunar.

**Anahtar kelimeler:** Mars yapıları, uzay yapıları, ekstrem çevre, üç boyutlu baskı.

## Building Homes on Mars

It only takes 3 months to fly to the red planet! Just as it took Magellan to transit the big ocean. This article is an attempt to spot-light and scan the emerging alternatives for building shelters on Mars. The focus set on the building technologies, off-the-shelf and new-born options are studied comparatively, keeping the scope on a span of architectural consequences on the red planet. From good old tin cans to biopolymer reinforced 3d prints, structural possibilities are unveiled. Triggered by a NASA challenge, dating back to 2015, layer-by-layer digital fabrication processes for the red planet have the best seats in the review. The presented text is comprised of three sections of introduction, technology assessment and a concluding section on the present and the things to come.

**Keywords:** Habitation systems on Mars, space architecture, extreme environment structures, 3d printing technology.