

Büyük Mavinin Kızıl İkizi: Dünya ve Mars'ın Jeolojik Benzerlikleri

Herkes tarafından “kızıl gezegen” olarak bilinen Mars, astrolojide erkekliğin simgesi olarak tanımlanmıştır. Romalılar tarafından verilen “Mars” adı, savaş tanrısını simgelemektedir.

Çok eski çağlarda yıldız araştırmacılarının dikkatini çeken Mars, uzay araştırmalarının başlamasıyla birlikte günümüzde de oldukça farklı bir boyutta incelenmektedir. Yüzyıllar boyunca insanlar Mars'ın Dünya dışında yaşanılabilir tek gezegen olduğunu düşünmüşlerdir. Mars ile ilgili en baskın düşünce ise üzerinde yaşadığına inanılan uzaylılar ve onların bizlere göre gelişmişlikleri olmuştur hep. Öyle ki, 1938 yılında H.G. Wells'in “Dünyalar Savaşı” (War of the Worlds) adlı yapıtından esinlenilerek hazırlanan bir radyo programı bile, bazı dinleyicileri gerçekten gezegenlerarası bir savaşın başladığına inandırmaya yetmiştir ⁽¹⁾.

Hakkında birçok kitap yazılan ve birçok film çevrilen bu gizemli ve etkileyici gezegen, Dünyamız ile pek çok benzer özelliklere sahiptir. Bu konularla ilgilenen birçok kurumun ve araştırmacıların elde ettikleriyle hazırlanmış bu yazıda, Mars'ın Dünya ile olan jeolojik benzerliklerinden bahsedilecektir. Mars, boyut olarak Dünya'dan oldukça küçük olmasına rağmen, bugün yerkürede tanımlanan yapılarla ve morfolojiye sahip gözükmektedir.

Ayşenur Çorbacıoğlu

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Tektonik Araştırma Grubu
Ankara

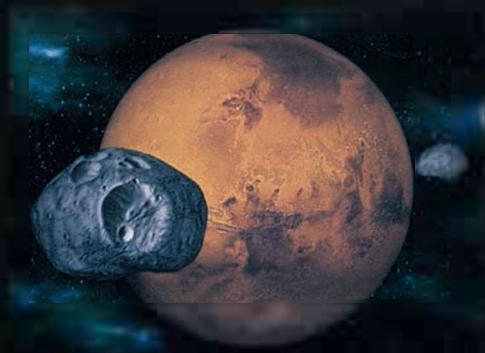
acorbaci@eng.ankara.edu.tr

Mars

Tarih öncesi çağlardan beri varlığı bilinen Mars gezegeni, Güneş sistemindeki dördüncü gezegendir (Şekil-1). Dünya'ya yakınlığı bakımından ikinci sırada yer alır. Kırmızı rengi, Mars'ın sistemdeki diğer objelerden kolayca ayırt edilmesini sağlar⁽²⁾.



Şekil-1. Mars gezegeni



Şekil-2. Mars uyduları Phobos ve Deimos

Dünya ve Mars'taki Benzer Yapılar

Mars ile ilgili yapılan araştırmalar, Mars'ta da Dünya'daki bazı jeolojik ve jeomorfolojik yapıların benzeri yapılar bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bazı buzullar, volkanlar, kraterler, kanyonlar, drenaj kanalları, kumullar, sedimanter oluşumlar ve bazı tektonik yapılar dünyadaki yapılarla önemli benzerlikler sunmaktadırlar. Elde edilen veriler bu yapıların iki gezegende de sadece morfolojik olarak benzer olduklarını göstermektedir⁽³⁾ (Şekil-3).

Mars Gezegeninin Genel Özellikleri

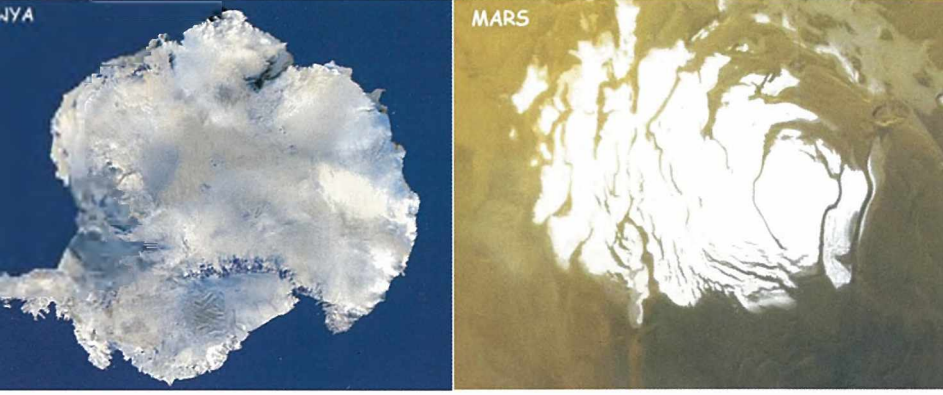
- Mars'ın ortalama çapı 6759 km, yani yaklaşık Dünya'nın yarısı kadar boyuttadır⁽²⁾.
- Mars'ın kütlesi $6,421 \times 10^{23}$ kg olarak hesaplanmıştır. Bu miktar Dünya'nın $1/9$ 'i kadardır⁽²⁾.
- Mars'ın yüzey sıcaklığı maksimum 20°C , minimum -140°C olarak hesaplanmıştır⁽²⁾.
- Mars, Dünya'ya göre Güneş'e daha uzak olduğundan, Güneş etrafındaki turunu daha uzun sürede tamamlar. Bu süre 687 gün, yani Dünya yılının iki katı kadardır⁽²⁾.
- Mars yılının uzun oluşu ve gezegenin yörüngesel dışmerkezliliği, gezegenin mevsimlerinin de uzun olmasına neden olmaktadır. Dünya gününe göre Mars'ta ilkbahar 199, yaz 183, sonbahar 147 ve kış 158 gündür⁽²⁾.
- Mars ile Dünya'nın Güneş etrafındaki dönme periyotları arasındaki ilişki, bu gezegenleri her 2 yılda bir ve 1. veya 3. üç aylık dönemlerde, yörüngelerinin aynı bölümlerinden geçtikleri yönündedir⁽⁴⁾.
- Mars'ın iki küçük uydusu vardır. Bu uydular Asaph HALL tarafından 1877 yılında, Washington'daki U.S. Naval Gözlemevi'nde bulunan 26-inç teleskopla keşfedildi ve "Phobos ve Deimos" (Korku ve Dehşet, Savaş Tanrısı'nın iki hizmetkari) olarak isimlendirildi (Şekil-2). Uydulardan büyük olan Phobos'un, 22-28 km arasında çapa sahip olduğu bilinmektedir. Mars çevresindeki bir turunu, Mars yüzeyinden 6000 km yükseklikte ve 7 saat 39 dakikada tamamlar. Deimos ise bu turu 20.000 km yüksekten ve 30 saat 18 dakikada gerçekleştirir. Deimos'un çapı da 8-12 km arasındadır⁽⁴⁾.
- Gezegen yüzeyinde robotlarla gerçekleştirilen araştırmalarda, Dünya'ya örnekler getirilmiştir. Mars'ın atmosferi hakkında bilgi edinilemek için, örnekler üzerinde bazı analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Mars atmosferinde major izotoplar ($^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$, $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$, $^{16}\text{O}/^{17}\text{O}$, $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$, $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$) ile neon, kripton, xenon gibi minor gazlar bulunduğu belirlenmiştir⁽⁵⁾.



Şekil-3. Dünya ve Mars

Buzullar

Geniş alanlara yayılan, yüksek dayanımlı buz kütleleri buzul olarak adlandırılır. Yerçekimi etkisi ve kendi ağırlığıyla hareket eden buzullar, karın sıkışması ve yeniden kristallenmesi sonucu oluşur. Alpler, Himalayalar, And Dağları ve Antarktika Dünya'daki buzulların yaygın olarak görüldüğü alanlardır. Antarktika kıtası (Şekil-4), Dünya'nın en büyük buzul örtüsü olup, buzulun kalınlığı 2,7 km'ye ulaşmaktadır⁽¹⁰⁾.



Şekil-4. Dünya ve Mars'taki buzullar^(12,13)

Mars ile ilgili çalışmalarda, Dünya'dakine benzer buzulların bulunduğu saptanmıştır. Mars'taki buzul alanları (Şekil-4), Dünya'daki buzul alanlarına göre daha geniş yayılımlara sahiptir. Bu durum Mars'ın soğuk bir gezegen olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak iki gezegen arasında, buzul oluşumlarının ayrıntılarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Mars'ta gözlenen buzullar oldukça ince, genellikle de donmuş CO₂'den meydana gelmektedir. Mars'ın her iki kutup bölgesinde de bulunan buzullar, mevsim kış olduğunda, kuzey yarımkürede 45° enlemine, güney yarımkürede ise 55° enlemine kadar uzanmaktadır⁽¹⁾.

Mars'taki buzullar, kalıcı ve mevsimsel olmak üzere iki şekildedir. Kalıcı buzullar kuzey kutup bölgesinde olup, 1000 km çapında ve hem donmuş CO₂, hem de H₂O buzu içermektedir. Bu bölgedeki donmuş CO₂, kış mevsimi bittiğinde ortadan kalkar. H₂O buzu ise bölgede dört mevsim daimi olarak bulunabilmektedir. Güney kutuptaki buzullar ise

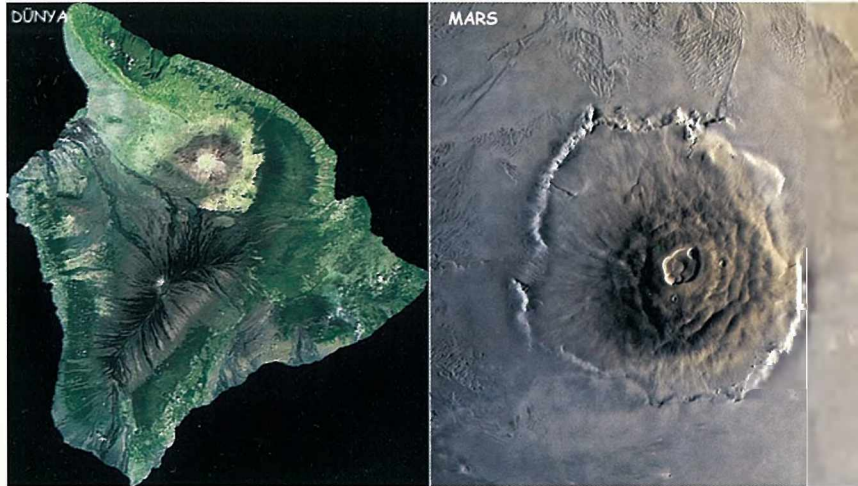
mevsimsel özellikte olup, kalınlığı 1 m kadardır. Bu kesimdeki buzullar tamamen donmuş CO₂'den oluşmuştur ve 350 km çapındadır⁽¹¹⁾.

Volkanlar

Mars yüzeyinde, Dünya'daki kalkan volkanlarla önemli ölçüde benzerlik sunan volkanlar belirgin olarak görülmektedir. Kalkan volkanlar, geniş yayımlı, düşük yamaç eğimli ve akışkan özellikli bazaltik magmanın patlaması sonucu taşarak birikmesiyle oluşan volkanlardır⁽¹⁰⁾. Yapının Dünya'daki en tipik örneğini Hawaii Adası oluşturur (Şekil-5). Bu oluşum Hawaii tipi volkanizma olarak da bilinmektedir. Adanın çevresi 6482 km ve en yüksek noktasının deniz tabanından yüksekliği 9,7 km'dir⁽¹⁴⁾.

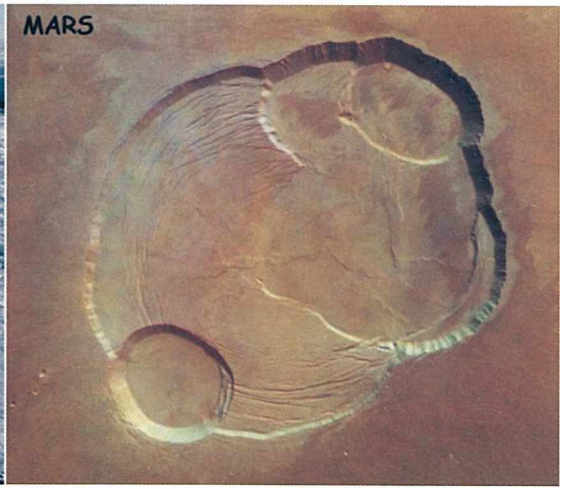
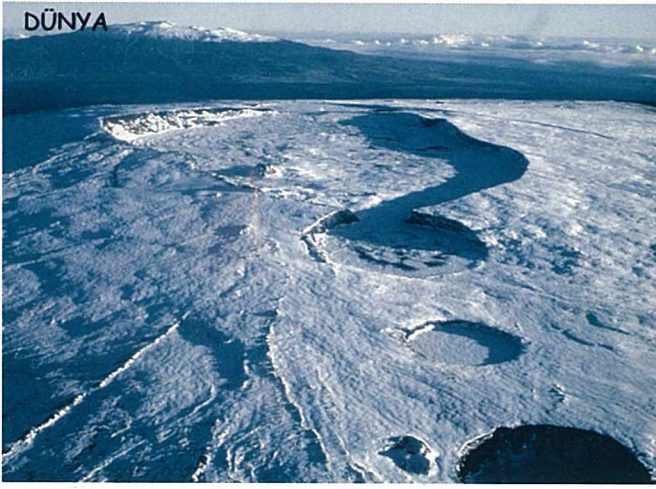
Hawaii Adası, Mars'taki Olympus Mons (Şekil-5) ile morfolojik olarak benzerlik

göstermektedir. Olympus Mons, 600 km'lik çapı ve yaklaşık 25 km'lik yüksekliğiyle, Güneş sistemindeki en yüksek ve en geniş volkandır⁽¹⁵⁾.



Şekil-5. Dünya ve Mars'taki volkanlar^(16,17)

Hawaii Adası'nı oluşturan volkanlardan Mauna Loa, zirve görünümü bakımından Olympus Mons ile benzer görünümde olmasına karşın boyutsal olarak oldukça farklıdır. Olympus Mons'un kalderası 80 km çapında iken, Mauna Loa'nın kalderası 5 km x 3,2 km ölçüsündedir⁽⁸⁾ (Şekil-6).



Şekil-6. Mauna Loa ve Olympus Mons volkanlarının kalderaları ^(18, 19)

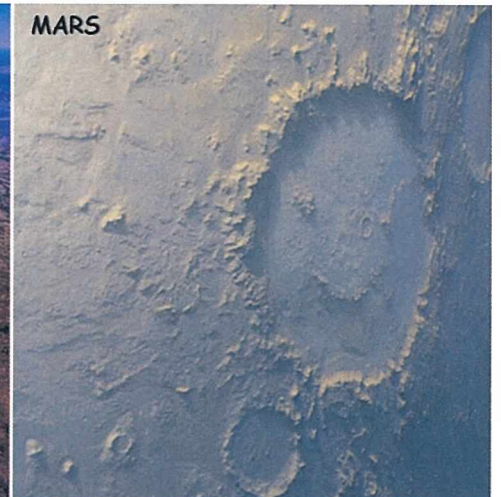
Kraterler

Krater oluşumu Mars yüzeyinin şekillenmesi bakımından oldukça önemlidir. Mars'taki bu yapılanma, Merkür ve Ay'da gözlemlendiği gibi, çoğunlukla çarpma kraterlerinden oluşmaktadır. Çarpma kraterleri, bir meteorit, asteroit veya kuyruklu yıldızın, bir gezegene veya uyduya çarpması sonucu oluşan, çanak şekilli jeolojik yapılardır. Morfolojik açıdan basit ve karmaşık kraterler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Basit kraterler 10-15 km'den küçük çaplı, oldukça düzgün ve yüksek kenarlıdır. Karmaşık kraterler ise 100 km'den daha büyük çapa sahiptirler ve merkez yükselteleri, teras yapılı kenar duvarları ile basit kraterlere göre daha karmaşık yapılar sunarlar.

Dünya'da 120 kadar kıtasal çarpma krateri belirlenmiştir. Özellikle Kuzey Amerika, Avrupa ve Avustralya'da bu yapının yaygın örnekleri bulun-

maktadır ^(20,21). Bunlardan Avustralya'daki Gosses Bluff krateri, 22 km çapında ve yaklaşık 142 milyon yıl yaşındadır (Şekil-7). Dünya, Ay'a göre daha şiddetli çarpmalara maruz kalmasına rağmen, erozyon, tektonizma ve volkanizmanın etkisiyle çoğu kraterin duvarları aşınmışlardır. Bu sebepten dolayı Gosses Bluff kraterinin 5 km'lik krater yükseltisi, aşınmadan dolayı görünmez durumdadır ⁽¹⁰⁾.

Mars yüzeyinde çok sayıda krater bulunmaktadır. Bu gezegen yüzeyinde aşınma daha az olduğundan Mars kraterleri, Dünya'daki kraterlere göre daha kolay gözlenebilmektedir. Mars'taki çarpma kraterlerinden Galle krateri, 215 km çapında olup, meteor çarpması sonucu oluşmuştur. Bu kraterin göze çarpan bir özelliği, gülen bir yüz görüntüsü vermesidir. Krater içerisindeki merkez yükselteleri, gözler, burun ve ağız gibi şekillenmiştir ⁽²²⁾ (Şekil-7).



Şekil-7. Dünya ve Mars'taki çarpma kraterleri ^(23, 14)

Kanyonlar

Kanyon, bir platonun akarsularla yavaş yavaş kazılarak uzun bir erozyon sürecinden geçmesiyle oluşan, geniş ve derin vadilerdir. Bu süreçte erozyona ve atmosferik koşullara dayanıklı kayalar, yüksek vadi duvarlarını oluştururlar. Bu kanyonlar, kuru iklimin hüküm sürdüğü alanlarda daha yaygındır.

Dünya'da bilinen en geniş ve derin kanyon, Güney Amerika'daki Grand Kanyon'dur (Şekil-8). Uzunluğu 440 km, genişliği 6-29 km ve derinliği 2682 m olan bu

büyük vadi, karanın yükselmesi sonucu, Colorado nehrinin yaklaşık 10 milyon yıl önce bulunduğu platoyu kazarak açmasıyla oluşmuştur⁽²⁵⁾.

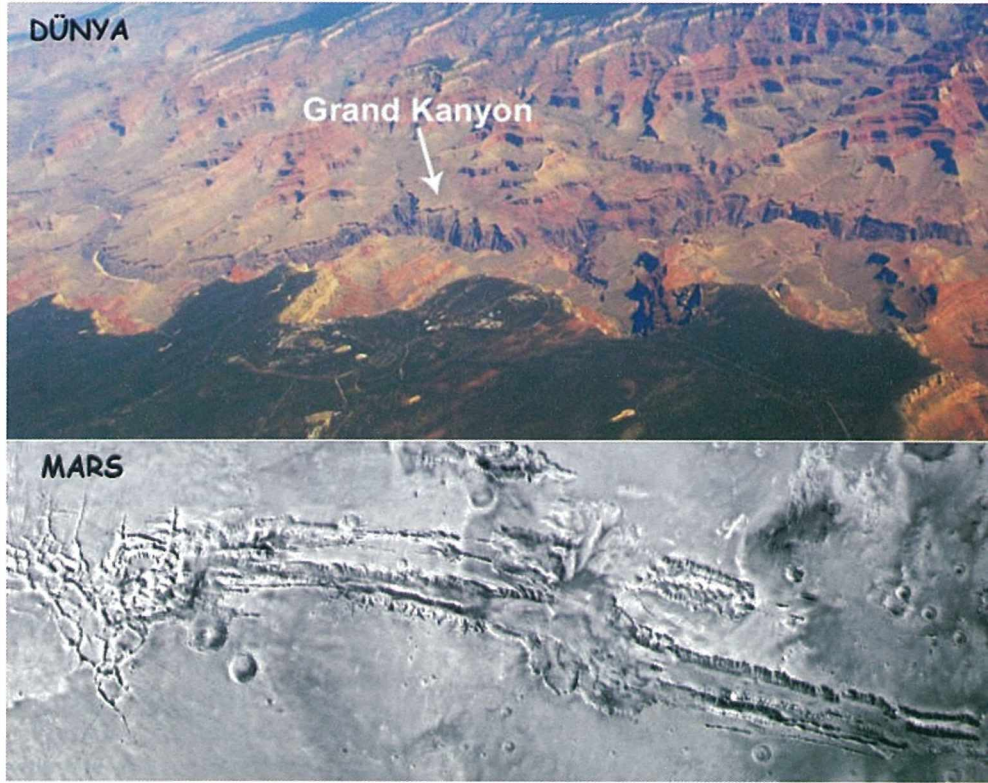
Grand Kanyon, Mars yüzeyinde bilinen büyük ölçekli yapılardan biri olan Valles Marines ile hem yapısal hem de morfolojik olarak oldukça benzerdir (Şekil-8). Valles Marines'in de Grand Kanyon gibi, üzerinde bulunduğu Tharsis platosunun yükselmesi ve etkilenen gerilmeyle yüzeyin kırılması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Dünya boyutsal olarak Mars'ın 2 misli olmasına rağmen, Valles Marines, Grand Kanyon'dan 4 kat daha derin, 20 kat daha geniş yayımlı ve 10 kat daha uzundur⁽²⁶⁾.

Drenaj kanalları

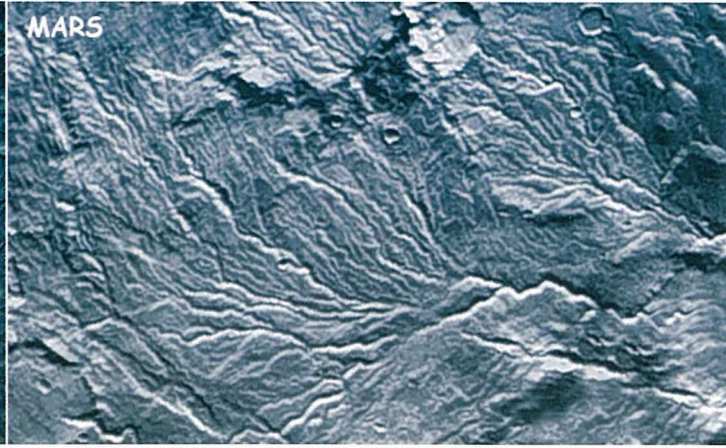
Yüksek dağların zirvelerindeki karların erimesi veya yağmur sularının etkisiyle oluşan akarsuların, yamaç aşağı yönde hareket ederek oluşturdukları morfolojik yapılar drenaj kanalları olarak bilinir. Bu kanalların uzunluğu ve yayılımı iklim şartlarına, akarsuyun kazdığı kayacın türüne ve bitki örtüsüne bağlıdır⁽²⁶⁾.

Arap Yarımadası'ndaki Yemen Cumhuriyeti'nde bulunan Rubh-al-Khali çölünün, güney kenarındaki akarsu kanalları, dünyadaki en iyi drenaj kanalı örneklerindedir (Şekil-9). Rubh-al-Khali çölü, Dünya'nın son buzul çağı sonrasında, fazla yağış alan, geniş bir otlaktır. Yemen'in kıyı dağlarında toplanan yağmur sularının okyanusa doğru akması, bölgedeki bu drenaj kanallarını meydana getirmiştir. Bugün ise bölgede hiç su bulunmamaktadır⁽²⁹⁾.

Birçok uydu fotoğrafında, Mars'a ait, dünyadaki kurumuş akarsu yataklarına benzer akma kanalları görülmektedir. Mars, Ay ve Merkür gibi kurak bir gezegen değildir. Mars'ın dağlık bölgelerindeki birçok kanal ve vadinin, Dünya'dakine benzer karakterde ve benzer drenaj sistemleriyle geliştiği öngörülmektedir. Mars'taki drenaj sistemlerinde ana kanal tek başına 50 km uzunluğu ve 1 km genişliği geçmezken, kanalın dallanmasıyla sistemin uzunluğu 1000 km'ye ulaşabilmektedir⁽²¹⁾ (Şekil-9).



Şekil-8. Dünya ve Mars'taki kanyonlar^(26,27)



Şekil-9. Dünya ve Mars'taki drenaj kanalları ^(30,31)

Kumullar

Çöller, yılda 25 cm'den az yağmur alan ve bu sebeple üzerinde çok az veya hiç bitki bulundurmayan bölgelerdir. Kuzey Afrika'daki Sahara, Çin'de Gobi, Güney Afrika'da Kalahari, Dünya'da bilinen en geniş çöllerdir. Bunlardan Sahara çölü (Şekil-10), Dünya'nın en geniş çölü olup, 9 milyon km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Dünya'nın %25'ini kaplayan çöller, kalın kumtaşlarından ve/veya geniş yayılımlı kumullardan meydana gelebilir.

Kumullar, rüzgar etkisiyle depolanmış küçük tepe veya sırtlardır. Bu kum tepeleri rüzgarın, kayalık çöllerdeki kumları kaldırıp taşınması ve daha sonra rüzgarın yavaşladığı yerlerde veya topoğrafik çöküntü alanlarında depolanmasıyla oluşurlar.

Depolanan kum birikintileri arttıkça 30 ile 100 m arasında değişen, hatta bazı bölgelerde 500 m'lere çıkan yüksekliklerde kumullar meydana gelir ⁽³²⁾.

Sahara çölünde çok sayıda kumul tepeleri bulunmaktadır. Bazen bir kumul tepesi (örn; Libyan Erg kumulu) tek başına Fransa'nın yüzölçümü kadar bir alanı kaplayabilmektedir ⁽³³⁾.

Dünya ile bu anlamda da benzerlikler gösteren Mars kumulları (Şekil-10), gezegenin jeomorfolojisinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Mars'taki kumullar, düşük atmosfer basıncı ve bunun etkisiyle de yüksek rüzgar hızına bağlı olarak, oldukça hızlı şekil almakta ve geniş yayılımlar sunmaktadır ⁽³⁴⁾.



Şekil-10. Dünya ve Mars'taki kumullar ^(35,36)

Sedimanter oluşumlar

Mars ile ilgili yapılan araştırmaların çoğu, genellikle Mars'ta suyun varlığıyla ilgilidir. Yapılan çalışmalarda, Mars yüzeyinde su bulunduğuna dair birçok yapısal ve morfolojik unsur keşfedilmiş, aynı zamanda suya doygun kayalarda gelişen bazı sedimanter oluşumlar da gözlenmiştir. NASA'nın yaptığı bir araştırmada Mars'tan alınan görüntülerde, 0,5 cm'den küçük çapa sahip yuvarlak hematit toplarına rastlanmış ve "blueberry" olarak adlandırılmıştır. Mars'taki bu sedimanter sistemin, Dünya'da tam bir benzeri yapı bulunmamakla birlikte, Utah'ta bulunan Navajo kumtaşları içerisindeki bol ve çeşitli demiroksit konkresyonları benzer örnek olarak gösterilebilir (Şekil-11). Navajo kumtaşı, Colorado platosundaki gözenekli ve geçirgen birimlerden biridir. Bu özelliği kumtaşının kayaç içerisindeki sıvı hareketleri için kanallar oluşturması ve konkresyon oluşumuna

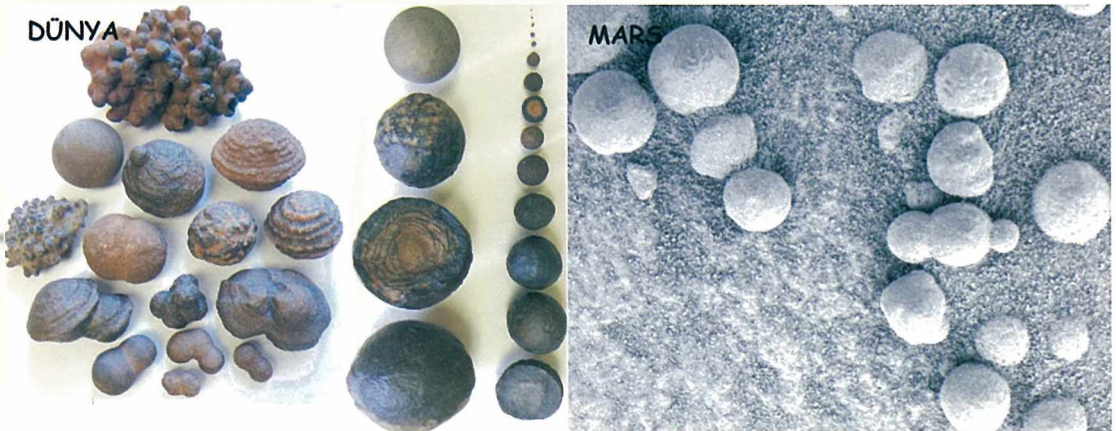
uygun koşullar sağlaması açısından önemlidir⁽³⁷⁾.

Konkresyonların kaynağı, kumtaşındaki demir taşıyan silikat minerallerinin içsel bozunmasıyla açığa çıkar. Buradaki demir hem kayaca kırmızı renk verir, hem de akışkanlarla taşınır ve gözeneklerde bir demir minerali çeşidi olan götit veya hematit olarak çökerek konkresyonları oluşturur. Bu yolla oluşan Utah konkresyonları mm'den onlarca cm'lere kadar değişen boylardadır. Bu konkresyonlar kilometrelerce alan içinde yayılım sunmaktadır.

Utah konkresyonları, Mars'taki konkresyonlar ile çok benzer karakteristik özelliklere sahiptir. Ancak Mars'taki sedimanter kayalardaki gözeneklilik ve geçirimsizlik özelliklerinin Dünya'dakilere göre farklı olması Mars konkresyonlarının 1 cm'den daha küçük boyutta ve daha sınırlı yayımlı olmasına neden olmaktadır⁽³⁷⁾ (Şekil-12).



Şekil-11. Dünya ve Mars'taki konkresyonlar^(38,39)



Şekil-12. Dünya ve Mars'taki konkresyonların karşılaştırılması⁽⁴⁰⁾

Tektonik yapılar

Dünya Mars'a göre çok fazla deformasyona uğramış bir gezegendir. Bu deformasyonun başlıca sebeplerinden birisi de tektonizmadır. Dünya yüzeyinde gelişen bazı tektonik olaylar Mars yüzeyinde de gelişmekte ve benzer yapıların oluşumuna neden olmaktadır.

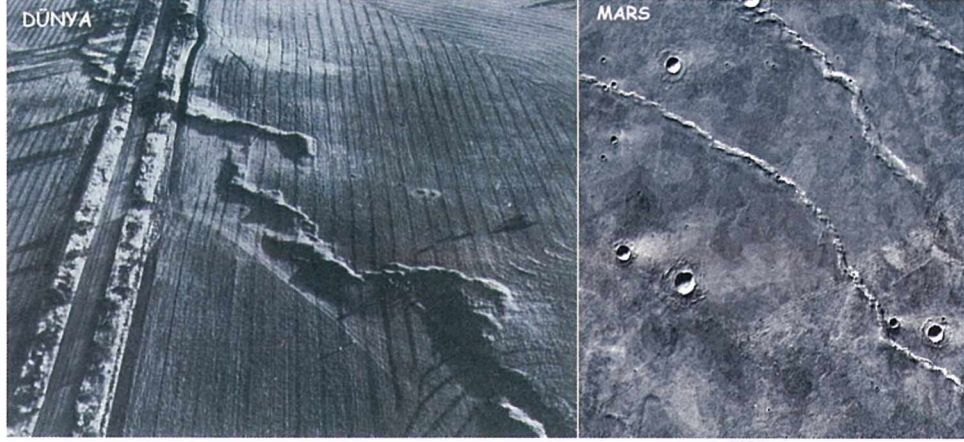
Mars'taki en yaygın tektonik yapı, burulmuş sırtlardır. Burulmuş sırtlar, sığ derinlikteki ters fayların kayaları kesmesi ve üstte kalan kayaların kıvrımlanarak fayı üzerlemesi sonucu oluşan topoğrafik yükseltilerdir.

Birçok araştırmacı bu bağlamda, Mars'taki burulmuş sırtlar ile Avustralya'daki Meckering fayının yüzeyde oluşturduğu antiklinal sırtlar arasındaki benzerliklere dikkat çekerler (Şekil-13). Meckering fayı bir ters fay olup ana kırığın uzunluğu 37 km'dir. Yüzeye yakın olan bu fayın oluşturduğu dik antiklinal sırtlar 1-2 m yüksekliğe sahiptir. Ana faydan sonra oluşan antitetik faylarla da, antiklinaller üzerinde gerilmeye bağlı açılma çatlakları gelişmiştir.

Yapının Mars'taki benzerleri ise, örgüler yapıp tekrar birleşmiş şekilde bükümlü veya doğrusal olarak bulunmaktadır. Bu yapıların uzunluğu 1000 km'leri bulmakta ve 25 km kadar genişlikte yayılım sunmaktadır. Her iki gezegendeki bu yapıların benzerlikleri, oluşum mekanizmalarının benzer olmasından kaynaklanmaktadır^(41,42) (Şekil-13).

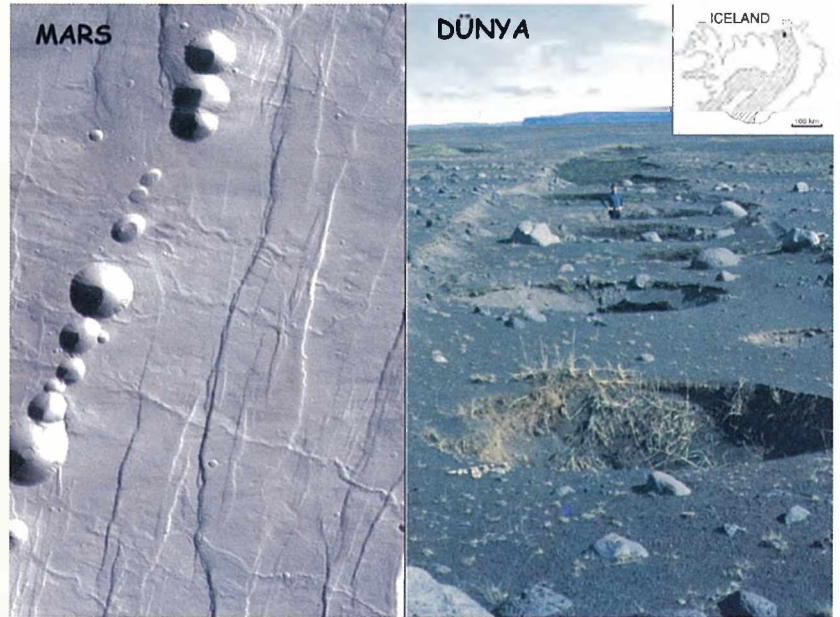
Mars'taki bir başka yaygın tektonik yapı ise çukur zincirleridir. Çukurlar, normal faylanma sonucu açılmayla yüzeyde oluşan çökme sonucu meydana

gelir. Yapının Dünya'daki benzeri Atlantik ortası sırtın yayılma merkezinin kuzeydoğusundaki İzlanda bölgesindedir (Şekil-14). Bölgedeki normal faylanmayla gelişen açılmalar, Aralık 1975'ten beri kaydedilmektedir⁽³⁹⁾.



Şekil-13. Dünya ve Mars'taki burulmuş sırtlar⁽⁴³⁾

Mars'ta ise bu tektonik yapı Alba Patera kalkan volkanında gözlenmiştir. Çevresi 2700 km olan volkanın doğusu, batısı ve kuzeybatısında gelişen normal faylanmayla oluşan horst ve grabenler ile çukur zincirleri gelişmiştir (Şekil-14). Mars'taki çukur zincirleri Dünya'dakilerden daha geniş ve daha iyi gözlenebilir durumdadır. Bunun sebebi, Dünya yüzeyindeki aktif erozyon ve depolanmanın fazla, Mars'taki düşük gravite ve açılmalı fay zonunun dikey yönde oldukça uzun olmasıdır⁽⁴⁴⁾.



Şekil-14. Dünya ve Mars'ta normal faylanmayla oluşmuş çukur zincirleri⁽⁴⁴⁾

Mars gezegeni, yapısal unsurları ve diğer ortamsal özellikleriyle, Dünya'ya düşünülenden daha fazla benzemektedir. Dünya ve Mars'ın jeolojik gelişimlerinin bu büyük ölçüdeki benzerlikleri, Mars yüzeyinde yapılmış bütün araştırmalar ve alınan örneklerle yapılan bilimsel analizlerle de kanıtlanmıştır.

Mars ve Dünya'daki daha birçok morfolojik yapının benzerlikleri konusunda araştırmalar hala hızla devam ettiği gibi bu gezegene olan merak da aynı ivmeyle artmaktadır. Araştırmacıların bu tür konulardaki ısrarları ve teknolojiyi yenileyerek araştırmalarını geliştirme çabaları, daha birçok yeni, ancak varolan gerçeğin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Veysel Işık ve İzzet Hoşgör'e teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- (1)Bakich, M.E.2000.The Cambridge Planetary Handbook.Cambridge University Press, the United Kingdom, 165-202.
- (2)Slipher, E.C.1962.The Photographic Story of Mars.Northland Press, Flagstaff-Arizona, the United States of America, 1-8.
- (3)<http://pds.jpl.nasa.gov/planets/images/full/mars/global.jpg>
- (4)Michaux, C.M.1967. Handbook of the Physical Properties of the Planet Mars. 139-146.
- (5)National Research Council of the National Academies.2003. New Frontiers in the Solar System. 67-92.
- (6)<http://www.phobiques.com/marsystem.jpg>
- (7)National Research Council of the National Academies.2003. New Frontiers in the Solar System. 67-92.
- (8)<http://earth.jsc.nasa.gov/newsletter/planetary/sld001.htm>
- (9)http://mars.jpl.nasa.gov/spotlight/images/marsClose02_br.jpg
- (10)Plummer, C.C.,McGeary, D., Carlson, D.H.1999.Physical Geology.WCB McGraw-Hill, the United States of America, 577.
- (11)<http://www.edb.utexas.edu/missiontomars/pdf/water1.pdf>
- (12)<http://worldwind.arc.nasa.gov/graphics/screenshots/06.jpg>
- (13)<http://cseligm.com/text/planets/mars/southcap.jpg>
- (14)http://www.issi.unibe.ch/PDF-Files/Spatium_5.pdf
- (15)<http://www.flag.wr.usgs.gov/USGSFlag/Outreach/MARS/4MarsVol/marsvolc.pdf>
- (16)<http://www-dial.jpl.nasa.gov/~steven/cir2nat/img/hawnat1.jpg>
- (17)<http://pds.jpl.nasa.gov/planets/images/full/mars/olympus.jpg>
- (18)http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0405/calderaOMons_marsexpress_ig.jpg
- (19)http://volcanoes.usgs.gov/Imgs/Jpg/MaunaLoa/30424303-061_large.JPG
- (20)<http://www.solarviews.com/eng/tercrate.htm>
- (21)<http://www.geology.uiuc.edu/~hsui/classes/geo116/lectures/mars.html>
- (22)http://science.nasa.gov/current/event/ast12mar99_1.htm
- (23)http://images01.ipnstock.com/dyn_images/600/60/7341200001.JPG
- (24)http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/3_11_99_happy/moc2_89_msss.jpg
- (25)<http://en.wikipedia.org/wiki/Canyon>
- (26)<http://www.personal.psu.edu/staff/j/p/jpp11/images/Vegas/grand%20canyon.JPG>
- (27)<http://pds.jpl.nasa.gov/planets/images/full/mars/marscany.jpg>
- (28)Montgomery, C.W.1995.Environmental Geology.Wm. C. Brown Communications, Inc., the United States of America, 496.
- (29)http://wapi.isu.edu/Geo_Pgt/Mod09_Mars/Earth-Mars_Drainage_channels.htm
- (30)http://wapi.isu.edu/Geo_Pgt/Mod09_Mars/images/YEMEN_DRAINAGE.gif
- (31)http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/marslife/slide_5.htm
- (32)Thompson, G.R., Turk, J.1998.Physical Geology.Saunders College Publishing, the United States of America, 371.
- (33)http://en.wikipedia.org/wiki/Sahara_Desert
- (34)<http://igs.indiana.edu/geology/extraTerrestrial/mars/index.cfm>
- (35)<http://www.calacademy.org/exhibits/africa/exhibit/sahara/more.htm>
- (36)http://marsrovers.jpl.nasa.gov/gallery/press/opportunity/20040806a/Sol187B_P2546_L456-B187R1.jpg
- (37)Chan, M.A.,Bowen, B.B., Parry, W.T., Örmö, J., and Komatsu, G.2005. Red rock and red planet diagenesis: Comparisons of Earth and Mars concretions. GSA Today, 15, 8, 4-10.
- (38)http://www.utah.edu/unews/news_images_2004/jun/SF1.jpg
- (39)<http://marsrovers.jpl.nasa.gov/gallery/all/1/p/123/1P139113510EFF2811P2535L6M1-BR.JPG>
- (40)<http://www.geolsoc.org.uk/photos/utahmarblescopy.jpg>
- (41)Placencia, J.B., Golombek, M.P.1986. Origin of planetary wrinkle ridges based on the study of terrestrial analogs. Geological Society of America Bulletin, 97, 1289-1299.
- (42)Watters, T.R.1992. System of tectonic features common to Earth, Mars, and Venus. Geology, 20, 609-612.
- (43)http://ida.wr.usgs.gov/fullres/context/m02031/m0203134_gr.jpg
- (44)Ferrill, D.A., Wyrick, D.Y., Morris, A.P., Sims, D.W., Franklin, N.M.2004. Dilational fault slip and pit chain formation on Mars. GSA Today, 14, 10, 4-12