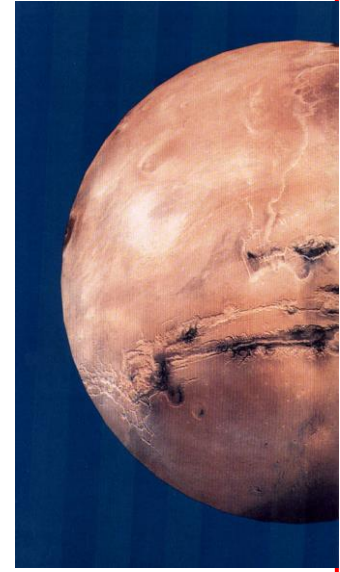


## BÖLÜM 6 Mars

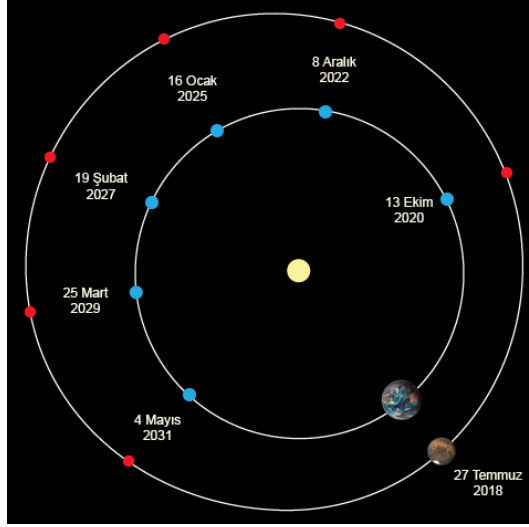
Güneş'e ortalama uzaklık	1.524 AB = 2.279x10 <sup>8</sup> km
Güneş'e en büyük uzaklık	1.666 AB = 2.492x10 <sup>8</sup> km
Güneş'e en küçük uzaklık	1.381 AB = 2.067x10 <sup>8</sup> km
Yörünge dışmerkezliği	0.093
Ortalama yörünge hızı	24.1 km/sn
Yörünge (yıldızıl) dönemi	686.98 gün = 1.88 yıl
Kavuşum (sinodik) dönemi	780 gün
Dönme dönemi	24 <sup>sa</sup> 37 <sup>dk</sup> 22 <sup>sn</sup>
Ekvatorun yörüngeye eğikliği	25.19°
Yörünge'nin ekliptiğe eğimi	1.85°
Ekvator çapı	6794 km = 0.533 R <sub>yer</sub>
Kütle	6.418x10 <sup>23</sup> kg = 0.107 M <sub>yer</sub>
Ortalama yoğunluk	3934 kg/m <sup>3</sup>
Kurtulma hızı	5.0 km/sn
Yansıtma gücü	0.15
Yüzey sıcaklığı	Max 20°C = 293°K Ort -53°C = 220°K Min -140°C = 133°K



### 6.1 Mars'ın Yörüngesi ve Hareketleri

Mars, Yer'in çapının yarısı boyutlarında, görelî olarak küçük bir karasal gezegendir. Ancak diğer karasal gezegenlere oranla Yer'den daha kolay gözlenebilmektedir. Merkür ve Venüs'ün yörünge boyutları, Yer yörüngesinden daha küçük olduğundan, uzanım açıları belli değerleri aşmamaktadır. Mars, Güneş'e Yer'den daha uzak olduğundan yörüngesi, Yer yörüngesinin dışında yer alır ve belirli zamanlarda, Merkür ve Venüs'ün hiç bir zaman bulunamayacağı karşı-konum (opposizyon) durumunda bulunabilmektedir. Karşı-konum zamanlarında, Yer'den bakıldığında karanlık gökyüzünde, ufuktan oldukça yüksek noktalarda izlenebilmektedir. Mars'ın ince ve neredeyse bulutsuz atmosferi, yüzey şekillerinin de Yer'den görülebilmesini sağlamaktadır. Uygun koşullar altında küçük bir teleskopla (20 cm çaplı), Mars yüzeyindeki bazı detayları görebilmek mümkün olmaktadır.

Mars, Yer'den en iyi karşı-konum zamanlarında izlenebilir. Bu konumlarda hem Yer'e daha yakındır hem de karanlık gökyüzünde oldukça büyük ufuk yüksekliklerinde görülebilir. Mars 780 günde bir karşı-konum durumuna gelir. Ancak bazı karşı-konum durumları diğerlerine oranla Mars'ın daha detaylı gözlenmesine izin verir. Bu özel zamanlar, Mars'ın eliptik



Şekil 6.1 Mars ve Yer'in yörüngeleri

yörüngesi üzerinde enberi noktası civarında bulunurken gerçekleşen karşı-konum durumlarıdır. “Tercihli karşı-konum” olarak adlandırılan bu durumlarda, Yer-Mars arası uzaklık 0.37 AB'ne (56 milyon km ye) kadar inmektedir ve Mars'ın Yer'den görülen açısal çapı 26 açı saniyesi ile en büyük değerini almaktadır. Tercihli karşı-konumlar arası süre kabaca 15 yıldır ve bu zamanlarda Mars, gökyüzünün en parlak yıldızı Sirius'dan 3.5 kez daha parlak görünmektedir.

Mars yüzeyinin ilk detaylı gözlemleri, 1659 yılında gerçekleşen karşı-konumda, Danimarkalı bilim adamı Huygens tarafından yapılmıştır. Huygens, yüzey üzerinde açık ve koyu renkte görülen belirgin yüzey şekillerini birkaç hafta boyunca gözlemiş ve gezegenin dönme döneminin yaklaşık olarak 24 saat olduğunu bulmuştur. 1666 da İtalyan astronom Cassini, Huygens'in gözlemlerini daha detaylı olarak tekrarlamış ve bir Mars gününün, bir Yer gününden 37.5 dakika daha uzun olduğunu (yani 24<sup>sa</sup> 37.5<sup>dk</sup>) bulmuştur. Cassini Mars'taki buzul kutup başlıklarını da ilk kez gözlemleyen kişi olma ünvanına sahiptir. Huygens ve Cassini'den yaklaşık 100 yıl sonra, Alman kökenli İngiliz astronom Herschel, Mars'ın dönme ekseninin yörüngesine dik olmadığını fark etmiş ve ekvatoru ile ekliptik düzlemi arasındaki açının 25.19° olduğunu bulmuştur. Bu bulgu Mars'ın da Yer'deki gibi mevsimlere sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Mars'ın yörünge dönemi, Yer'in yörünge döneminden yaklaşık olarak iki kat daha uzundur (1.88 yıl). Dolayısıyla Mars mevsimleri, Yer mevsimlerinden iki kat daha uzun

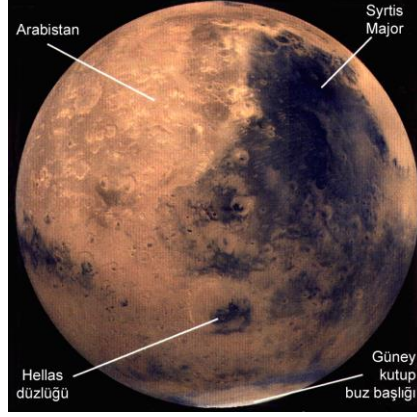
sürmektedir. Mars'ın yarımkürelerinden birinde ilkbahar ve onu takip eden yaz mevsimi boyunca kutup başlıklarının küçüldüğü ve koyu yeşil renkte görülen alanların belirginleştiği gözlenmiştir. Aynı yarımkürede sonbahar ve ardından kış geldiğinde ise kutup başlıklarının yüzeyde kapladığı alanların tekrar büyüdüğü ve koyu renkli bölgelerin daha soluk renkler aldığı görülmüştür. Mevsimlik izlenen bu değişimler, ilk zamanlarda Mars yüzeyinde bitki örtüsü varlığı olarak yorumlanmıştır.

1877 de gerçekleşen bir tercihi karşı-konumda, İtalyan astronom Schiaparelli, Mars yüzeyinde birbirini kesen kırka yakın kanal benzeri düz hatlar gözlediğini söylemiştir. Bu gözlem Mars yüzeyinde zeki canlıların bulunduğu ve yüzeyinde ileri düzeyde mühendislik yapıları inşa ettiklerine delil sayılmıştır. 19. yüzyılda devam eden gözlemler boyunca, Mars'ın kırmızı-kahverengi renklerde görülen ekvator bölgelerinin çöllerle kaplı olduğu ve Schiaparelli'nin kanallarının ise bu kurak bölgelere su taşıyan sulama ağına ait olduğu zannedilmiştir. Ancak 20. yüzyıl başlarında gelişen gözlem araçları teknolojisi ile, Mars yüzeyinde izlenen kanal benzeri yapıların, aslında birbiri ile bağlantısı bulunmayan karanlık lekeler olduğu ve bir göz yanılgısı sonucu kanala benzer hatlar şeklinde görüldüğü anlaşılmıştır. Bitki örtüsü gibi görülen alanların ise sadece daha koyu renkteki yüzey şekilleri olduğu tespit edilmiştir.

## 6.2 Mars'ın Yüzey Şekilleri, Manyetik Alanı ve İç Yapısı

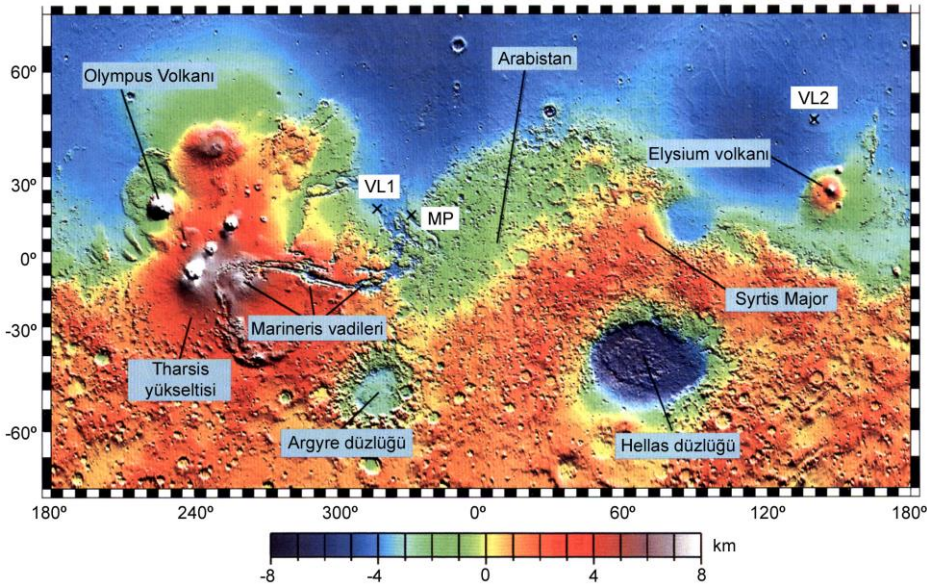
1964 ve 1969 yılları arasında Mars'a yakın geçiş yapan insansız “*Mariner 4, 6 ve 7*” uzay araçları ile ilk kez yüzeyin yakın plan görüntüleri elde edilmiştir. Bu görüntüler 18 ve 19. yüzyıllarda Yer'den elde edilen gözlemlerle yapılan spekülatif yorumların (bitki örtüsü, sulama kanalları, zeki canlılar vb.) tamamen yanlış olduklarını kesin olarak kanıtlamıştır. Mars'ı ziyaret eden ilk üç Mariner aracının belkide en önemli bulgusu, yüzeyin çok sayıda çarpma kraterleriyle kaplı olduğudur. Bu kraterlerin günümüze kadar şekillerini korumuş olması, Mars yüzeyinin en azından bir bölümünün son derece yaşlı olduğuna işaretidir. Mariner 4, 6 ve 7 ile toplam Mars yüzeyinin ancak %10 u gözlenebilmiştir. Daha uzun süreyle gözleyebilmek amacıyla 1971 de, Amerikan yapısı “*Mariner 9*” ve Rus yapısı “*Mars 2*” ve “*Mars 3*” araçları, Mars çevresinde yörüngeye oturtulmuştur. Bunları 1976 da “*Viking Orbiter 1 ve 2*”, 1989 da “*Phobos 2*” ve 1997 de

“Mars Global Surveyor” araçları izlemiştir. Şekil 6.2 de, Viking Orbiter 1 ve 2 araçları ile çekilen yüze yakın görüntünün birleştirilmesi ile elde edilen genel Mars görüntüsü görülmektedir. Bu araçların görüntülerinden, Mars’ın birbirinden farklı çok sayıda jeolojik yüzey şekline sahip olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 6.2 Mars’ın Viking araçları ile elde edilen genel görüntüsü

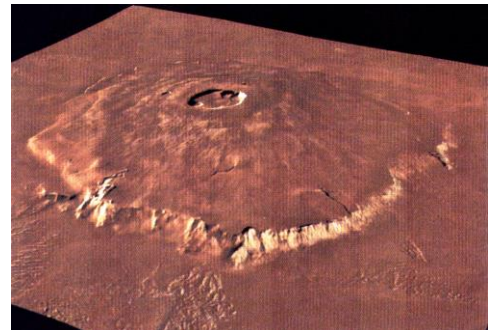
Şekil 6.3 te ise Mars Global Surveyor aracının lazer radar ölçümleri ile oluşturulan Mars’ın topografik yüzey haritası görülmektedir. Bu haritada en dikkat çekici özellik, kuzey ve güney yarımküreler arasındaki belirgin ortalama yükseklik farkıdır. Kuzey yarımküreye ait ortalama yükseklik, güney yarımküredekinden yaklaşık 5 km daha alçaktır. Üstelik kuzey yarımküredeki bu sığ alanlar üzerindeki çarpma krateri sayısı son derece düşüktür. Bu durum, kuzey yarımküre alanlarının daha yakın zamanda şekillendiğine ve dolayısıyla yüzey yaşının güney yarımküreye oranla daha genç olduğuna bir delil sayılmaktadır. Kuzey ve güney yarımkürelere izlenen bu belirgin yükseklik farkını oluşturan nedenler için bazı teoriler öne sürülmüştür. Bir teoriye göre



Şekil 6.3 Mars yüzeyinin topografik haritası (Mars Global Surveyor)

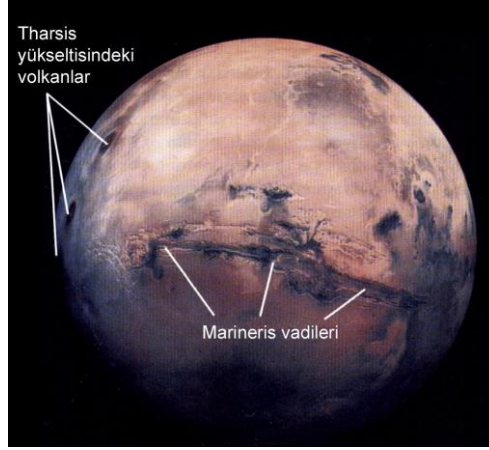
Mars'ın kuzey kutbuna, oluşumunun son aşamalarında büyük kütleli bir gezegenimsi veya asteroid çarpmıştır. Ay denizlerini oluşturan çarpışmalara benzer olarak, bu çarpışma ile kabuk katmanının büyük ölçüde uzaya dağıldığı ve eriyen yüzeyin bugünkü pürüzsüz yapısına kavuştuğu düşünülmektedir. Buna benzer olarak, ancak daha küçük boyutlu bir cismin çarpması ile güney yarımküredeki Hellas düzlüğü şekillenmiştir. Hellas düzlüğü 2300 km çapında ve 6 km derinliğinde düz tabanlı bir çukurdur. Bu teorinin açıklamakta zorlandığı en önemli sorun, kuzey sığlıkları ile güney yükseltilerini birbirinden ayıran sınırın düzgün bir hat izlememesidir. Bir başka teoriye göre, Mars'ın bir zamanlar levha tektoniği hareketlerine sahip olduğu dikkate alınmaktadır. Buna göre kuzey yarımküredeki sığ düzlükler, Yer okyanuslarının tabanlarındaki kıta ayrışmasına benzer süreçlerle oluşmuştur. Mars Yer'e oranla daha küçük boyutlu bir gezegen olduğundan daha çabuk soğumuş ve ayrışma sırasında oluşan bu yapılar hızla katılarak şekillerini uzunca bir süre korumuştur. Yer'de okyanus tabanlarındaki kabuk kalınlığı kıtalardakinden 30 km daha incedir. Buna göre Mars'ta da buna benzer bir farkın olması gerekmektedir. Bu durum, Mars Global Surveyor aracına etkiyen Mars çekim kuvvetinin, aracın yörünge hareketi boyunca nasıl değiştiği gözlenerek test edilmiştir. Kalın kabuk bölgesi üzerine yaklaşan aracın hızlanması ve buna karşılık kalın kabuk bölgesini geçerek ince kabuk bölgesine yaklaşan aracın yavaşlaması gerekmektedir. Bu şekilde yapılan ölçümler sonucunda, kuzey sığlıklarında kabuk kalınlığının 40 km, güney yükseltilerinde ise 70 km civarında olduğu bulunmuştur. Ancak kalın ve ince kabuk için bu yöntemle bulunan sınır, yüzey topografik haritasında izlenen sınırlarla çakışmamaktadır. Bu durum levha tektoniği teorisine ters düşmektedir. Bu nedenle sınır bölgelerinin son şekillerinin, volkanik yüzey etkinlikleri ile verildiği düşünülmektedir.

Mars'ın volkanik bir geçmişe sahip olduğu, ilk kez Mariner 9'un yüzeyde görüntülediği devasa boyutlu sönmüş volkanlardan anlaşılmıştır. Bunlardan en büyüğü şekil 6.4 te görülen “*Olympus Volkanı*”dır. Taban çapı 600 km, eteklerindeki uçurum yüksekliği 6 km, zirvesindeki volkanik



Şekil 6.4 Olympus volkanı (Viking Orbiter 1 ve 2)

krater çapı 70 km ve yüksekliği 24 km olan Olympus volkanı ve diğer volkanlar, Venüs'te de izlenen "sıcak nokta volkanizması" ile oluşmuşlardır. Şekil 6.5 te, "Tharsis yükseltisi"nde izlenen volkanlar da bu yolla oluşmuştur. Tharsis yükseltisi, bu volkanlardan çıkan lavların üst üste yığılması ile şekillenmiştir. Mars volkanlarının hiçbiri bugün etkin değildir. Mariner 9 uzay aracı Tharsis yükseltisinin doğusunda, ekvatora



Şekil 6.5 Tharsis yükseltisi volkanları ve Marineris vadileri (Viking Orbiter 1 ve 2)

paralel uzanan derin bir çatlakın da varlığını görüntülemiştir. Şekil 6.5 de açıkça izlenen bu yapı "Marineris vadileri" olarak adlandırılmıştır. Bu geniş çatlak, Tharsis yükseltisini oluşturan magma yükselmesinin, kabuk üzerinde oluşturduğu şiddetli gerilme ile meydana gelmiştir. Vadi uzunluğu 4000 km olup en derin yeri 8 km civarındadır. Bazı yerlerinde genişliği 600 km yi bulabilmektedir. Mars'ta izlenen bu yüzey şekilleri, mantodaki konveksiyon hareketlerinin kabuğa doğrudan etki etmesiyle oluşmuştur. Mars'ta levha tektoniği hareketleri izlenmemektedir. Bu durum Mars'ın Yer'e oranla daha erken soğumuş ve katılaşmış olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Mars'ın kabuk katmanı, Yer kabuğundan daha kalındır ve tek levha gibi davranmaktadır.

Mars Global Surveyor gözlemleri, gezegenin genel bir manyetik alana sahip olmadığını göstermiştir. Ancak yaşlı güney yarımküre yüzeyinde bazı bölgelerin yerel manyetizmalara sahip olduğu bulunmuştur. Gözlenen bu özellik, Mars'ın uzak geçmişinde bir zamanlar manyetik alana sahip olduğunun bir göstergesidir. Ancak etkin bir soğuma sürecinden geçen gezegenin iç sıvı katmanlarının katılaşmış ve manyetik alanını yitirmiş olduğu düşünülmektedir. Güney yarımkürede farklı mıknatıslanma yönleri gösteren yerel bölgelerin varlığı, gezegenin bir zamanlar sahip olduğu genel manyetik alanının, aynı Yer'de olduğu gibi yön değiştirme özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Mars Global Surveyor bundan yaklaşık 3.9 milyar yıl önce oluşan çarpma alanlarında kayda değer bir manyetik alan ölçmemiştir. Bu durumda gezegenin

genel manyetik alanı, en azından bu bölgelerin oluşumundan daha önce sönmüş olmalıdır.

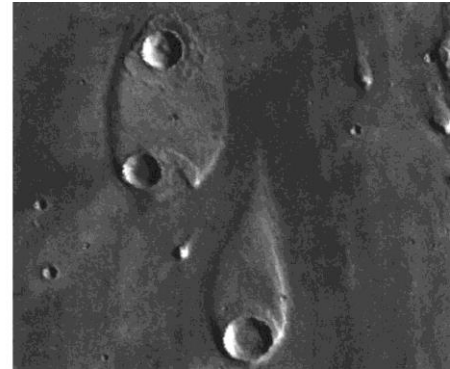
Mars'ın, Yer çekirdeğinin yarısı boyutlarında, kükürt bileşikleriyle zenginleşmiş demir bir çekirdeğe sahip olduğu düşünülmektedir. Çekirdekteki sıcaklığın kükürt bileşiklerini eritebilecek düzeyde olduğu sanılmaktadır. Ancak akışkan hale gelmiş kükürtlü bileşiklerin elektriksel özellikleri, demirinkinden çok farklıdır ve içinde ivmeli hareketler oluşsa bile, manyetik alanlar doğuracak elektrik akımları üretemez. Dolayısıyla günümüzde Mars'ta genel bir manyetik alan izlenmemektedir.

### 6.3 Mars Yüzeyinde Su Varlığına İlişkin Deliller

Mars'a yollanan çok sayıdaki insansız uzay aracı gözlemlerinden, Mars yüzeyinde, günümüzde sıvı su bulunmadığı kesinlik kazanmıştır. Ancak aynı görüntülerde, şekil 6.6 da örnekleri görülen çok sayıda kurumuş nehir yatakları ve tabanları düzleşmiş kraterlerin varlığı izlenmiştir. Bu türden yapılar daha çok yaşlı güney yarımküre yüzeyinde yer almaktadır ve gezegenin uzak geçmişinde yüzeyinde sıvı su bulunduğuna delil sayılmaktadır. Şekil 6.7 de izlenen yapılar, yüzeyde büyük ölçekli su baskınlarının da gerçekleştiğini göstermektedir ve bir zamanlar sıvı su varlığı fikrini destekler niteliktedir. Bu konuda bir başka açık delil, şekil 6.8 de izlenen ve akarsu erezyonu ile oluşan kanyon benzeri yapılarıdır.



Şekil 6.6 Mars yüzeyinde kurumuş nehir yatakları (Viking Orbiter)



Şekil 6.7 Mars yüzeyinde su baskınlarına ilişkin açık deliller (Viking Orbiter)

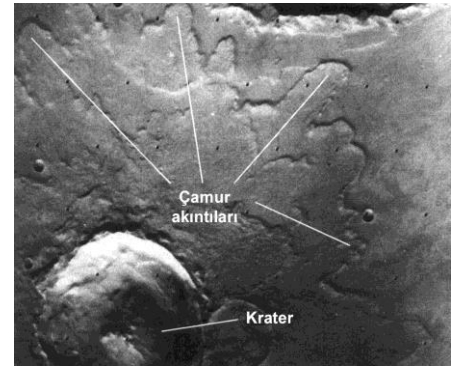




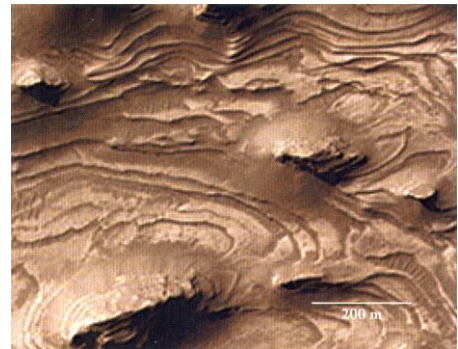
suya, ne kadarının ise CO<sub>2</sub> e ait olduğudur. Mariner 9 aracının 1972 yılındaki gözlemleri bu soruya kısmen cevap vermiş durumdadır. Kuzey yarımkürede, ilkbahar mevsimi boyunca gelen Güneş ışınlarının etkisi ile en üstte yer alan ince CO<sub>2</sub> buzu katmanı buharlaşmış ve kutup başlığının boyutları hızla küçülmüştür. Yaz geldiğinde bu buharlaşma hızı yavaşlamış ve alttan daha güç buharlaşan su buzu katmanı çıkmıştır. Yaz mevsiminde dahi erimeyen bu buz katmanına “*artık kutup başlığı*” denmektedir ve büyük oranda su buzundan oluştuğu düşünülmektedir. Artık kutup başlıklarındaki su buzu hacmini hesaplamak oldukça güçtür, çünkü buz katmanının kalınlığı hakkında bir bilgi yoktur. Dolayısıyla kutup başlıklarında hapsedilmiş olan su miktarı hakkında henüz kesin bir bilgimiz yoktur.

Mars’daki su kaynakları için bir başka delil şekil 6.10 da görülen yüzey yapılarından gelmektedir. Genç ve görel olarak büyük boyutlu Mars kraterleri çevresinde çamur akıntıları veya sıçraması şeklinde görülen yapılar mevcuttur. Çarpışma anında oluşan yüksek sıcaklıkların, yüzey altında yer alan donuk su katmanını erittiği ve bu şekilde kraterden dışa doğru bir çamur akışına neden olduğu düşünülmektedir. “*Permafrost*” olarak adlandırılan benzer yüzey altı buz katmanı, Yer’in yüksek kuzey enlemlerindeki tundraların altında da bulunmaktadır.

Mars’daki toplam su miktarı halen tam olarak bilinmemektedir. Ancak bir zamanlar mevcut olan su miktarının, göller ve hatta denizler oluşturabilecek kadar fazla olduğu, Mars yüzeyinde gözlenen kurumuş göl yataklarına benzer yapıların varlığından anlaşılmaktadır (şekil 6.11). Yükseklikleri,



Şekil 6.10 Büyük çarpma kraterleri çevresinde izlenen çamur sıçramaları

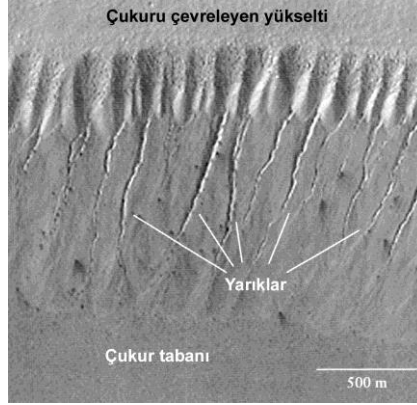


Şekil 6.11 Marineris vadilerinde gözlenen kurumuş göl yataklarına benzer yapılar

ortalama yüzey yüksekliğinin altında kalan bu yapıların tabanları, Yer'deki benzerleri gibi basamaklaşmış yapıda tortul katmanlardan oluşmuştur.

Mars yüzeyindeki çukurlukları ve kraterleri sınırlayan bölgelerde de, yakın geçmişte oluşan su akıntıları izlerine rastlanmaktadır. Şekil 6.12 de Mars Global Surveyor tarafından görüntülenen bir çukurun çevresindeki yamaçlarda oluşmuş, jeolojik

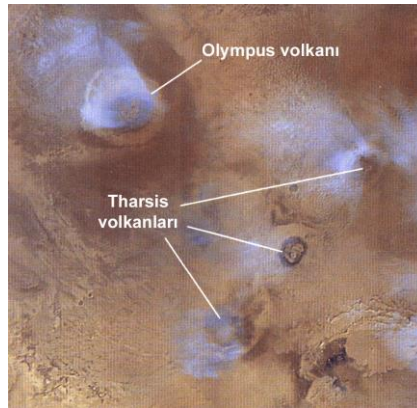
olarak oldukça genç yarıklar izlenmektedir. Bu yapılar yüzey altı sularının eriyerek çukur alanlara doğru hareket etmesi ile meydana gelmiştir ve Mars yüzeyinde sıkça görülen yüzey şekillerindedir. Göreli olarak çok genç olan yaşları, Mars yüzey altı sularının günümüzde dahi sıvı halde bulunabileceklerine bir delil sayılmaktadır. Mars'ın geçmişte daha kalın ve sıcak bir atmosfere sahip olduğunu ve yüzeyinde bol miktarda sıvı su bulundurduğunu gösteren bu delillerin ışığı altında, bugünkü kurak yapısına nasıl ulaştığını anlamak için, atmosferinin oluşumundan bu yana nasıl evrimleştiğini incelemek gerekir.



Şekil 6.12 Mars çukurlarını çevreleyen yamaçlarda izlenen yarıklar

## 6.4 Mars'ın Atmosferi

Mars atmosferindeki bulut oluşumlarının varlığı, ilk kez 19. yüzyılda Yer'deki teleskoplarla gözlenmiştir. Bu gözlemler, Mars'ın bir atmosfere sahip olduğunu gösteren ilk delillerdi. Ancak, atmosferin çok ince (düşük yoğunluklu) olması nedeniyle, Yer'den yapılan yansımış Güneş ışığı tayfi ölçümleriyle bileşimini anlamak mümkün olamamıştır. 1965 te Mariner 4 aracının yakın geçişi sırasında elde edilen verilerden

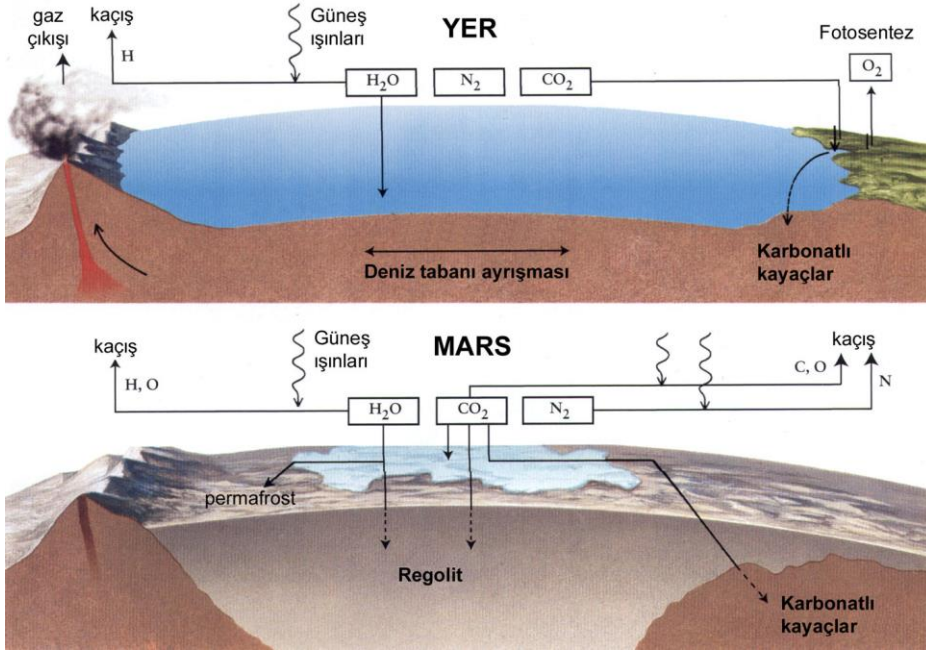


Şekil 6.13 Mars bulutları

atmosferin %95.3 CO<sub>2</sub>, %2.7 N<sub>2</sub> ve %2 oranında diğer gazlardan (Ar, O<sub>2</sub>, CO, su buharı) oluştuğu anlaşılmıştır. Şekil 6.13 de mavi-beyaz arası renklerde görülen az sayıdaki bulutlar ise ufak su ve karbondioksit buz kristallerinden oluşmaktadır.

Bir önceki bölümde Mars atmosferinin geçmişte daha kalın ve sıcak olması gerektiğini ve Yer'dekine benzer bir iklime sahip olması gerektiğini görmüştük. Dolayısıyla Mars atmosferinde de sera etkisinin bir zamanlar Yer'deki kadar etkin çalışmış olması gerekmektedir. Mars'ın günümüzdeki ince atmosferinde sera etkisi büyük ölçüde zayıflamıştır ve ortalama sıcaklığın sadece 5°C artmasına katkıda bulunabilmektedir. Bu durum, yüzey tarafından soğurularak kızılöte dalgaboylarında geri yayınlanan Güneş ışınımını hapsedecek yeterli miktarda sera gazının atmosferde bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Karasal gezegenlerin mevcut atmosferleri, uzun zamanlar boyunca volkanlarından çıkan gazlarla şekillenmiştir. Su buharı, karbondioksit ve azot bu volkanik etkinlikler süresince atmosfere en fazla oranda çıkarılan gazlardır. Bundan 4 milyar yıl önce Yer ve Mars atmosferlerini de oluşturan temel gazların bunlar olduğu düşünülmektedir. Yer atmosferinde zaman içerisinde oluşan sıcaklık ve basınç koşulları suyun büyük oranlarda okyanuslarda toplanmasına, karbondioksitin ise yağışlarla atmosferden ayrılarak bu okyanuslar içinde çözünmesine yol açmıştır (Şekil 6.14). Yer sularında çözünmüş CO<sub>2</sub> in büyük bir çoğunluğu ise zaman içerisinde kayalarda kimyasal olarak hapsedilerek karbonatlı kayaların oluşturulmasında kullanılmıştır. Yer atmosferindeki CO<sub>2</sub> miktarı, levha tektoniği ile yeniden işlenen karbonatlı kayalardaki CO<sub>2</sub> in, volkanik gaz çıkışları sırasında atmosfere geri döndürülmesiyle dengede tutulmaktadır. Mars'ta 4 milyar yıl önce gerçekleşen yağışlar, gezegenin atmosferindeki CO<sub>2</sub> in büyük oranda atmosferden ayrılarak yüzeyindeki karbonatlı kayalarda depolanmasına neden olmuştur. Bir süre etkin Mars volkanları ile atmosfere geri kazandırılan bu CO<sub>2</sub>, gezegenin hızlı bir soğuma sürecinden geçip katılaşması ve volkanik etkinliklerinin durması sonucu, tamamen karbonatlı kayalarda depolanmasına yol açmıştır. Atmosferik CO<sub>2</sub> miktarının azalması ile zayıflayan sera etkisi sonucu ortalama sıcaklıkta düşüş başlamıştır. Sıcaklığın düşmesi atmosferdeki su buharının daha yüksek oranlarda yoğunlaşarak yağışlar halinde yüzeye inmesine ve beraberinde daha fazla CO<sub>2</sub> in de atmosferden ayrılarak yüzeye ulaşmasına neden olmuştur. Yapılan



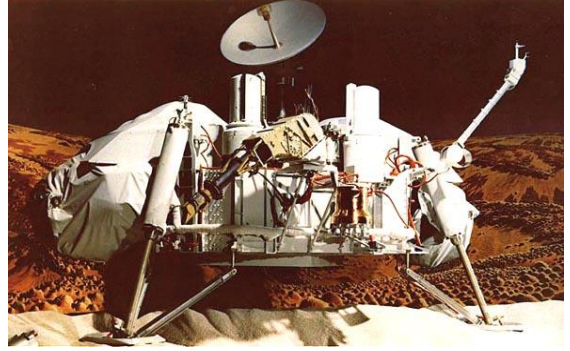
Şekil 6.14 Mars ve Yer atmosferlerinin karşılaştırılması

hesaplamalar, Mars'ın karbondioksitçe zengin ilkel atmosferinin ancak 10-100 milyon yıl boyunca Yer'deki basınç değerlerinde kalabildiğini, volkanik gaz çıkışlarının ise yalnızca yarım milyar yıl boyunca hissedilir bir sera etkisi yaratabildiğini göstermektedir. Su buharı ve karbondioksitin büyük oranda atmosferden ayrılması sonucu incelen Mars atmosferi Güneş'in moröte ısınımına daha geçirgen bir duruma gelmiştir. Güneş'ten gelen morötesi ısınım, atmosferdeki  $H_2O$ ,  $CO_2$  ve  $N_2$  moleküllerini parçalayarak, belirli oranlarda H, C, O ve N atomunun uzaya kaçmasına neden olmuştur. Bu sürecin halen devam ettiği, 1971 de yollanan Rus yapısı Mars 2 uzay aracının, atmosferden uzaya düzenli olarak H ve O çıkışı olduğunu gözlemesiyle anlaşılmıştır. Uzaya kaçamayan oksijen atomları ise yüzeydeki demirce zengin kayalarda oksitlenme yaratarak bugünkü Mars yüzeyinin kırmızımsı renge bürünmesine yol açmıştır.

Levha tektoniği hareketlerinin bulunmaması ve bunu takip eden üç etki altında (yağışlar, uzaya kaybedilen gazlar ve yüzey kayaları ile kimyasal tepkimelere giren gazlar) Mars atmosferi zaman içerisinde yoğunluğunu büyük ölçüde kaybetmiştir. Sonuç olarak Mars, günümüzde zayıf bir atmosfere ve donuk bir yüzeye sahiptir.

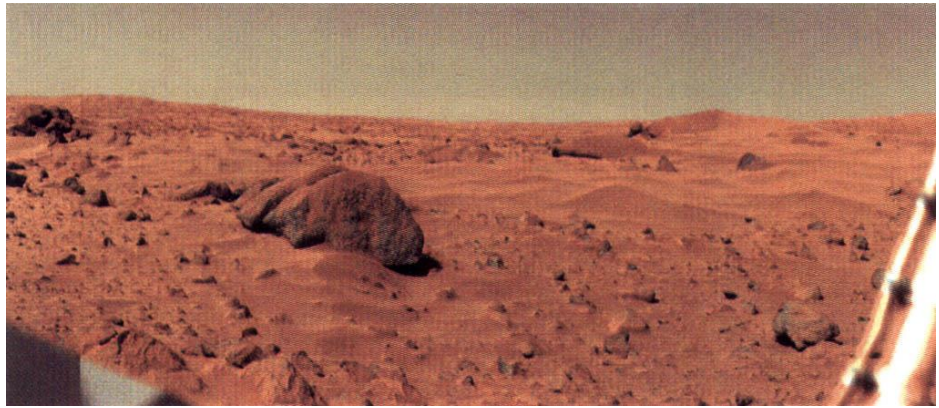
## 6.5 Mars Yüzeyine İnen Araçlar ve Bulguları

Mars çevresinde yörüngeye oturtulan uzay araçları, gezegen hakkındaki bilgilerimize önemli ölçüde katkılarda bulunmuştur. Ancak hiçbir şey, bir gezegenin yüzeyinden doğrudan yapılan ölçümlerin ve analizlerin yerini tutmamaktadır. Bu bilinçle, günümüze kadar Mars yüzeyine birkaç başarılı iniş



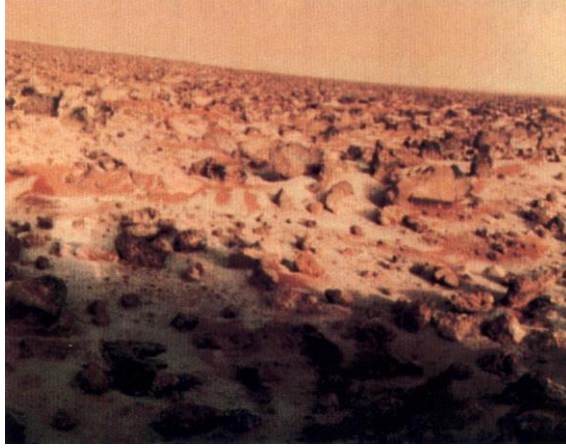
Şekil 6.15 Viking Lander 1 uzay aracı

gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ikisi şekil 6.15 de modeli görülen ikiz “*Viking Lander*” araçlarıdır. 1976 da Mars yüzeyine iniş yapan bu araçlar, Viking Orbiter araçları ile Mars’a taşınmışlardır ve küçük bir otomobil boyutlarındadır. “*Viking Lander 1*”, şekil 6.3 deki topografik haritada VL1 olarak kodlanan ve “*Chryse düzlüğü*” olarak adlandırılan, orta şiddete kraterleşmiş bir bölgeye, Temmuz 1976 da indirilmiştir ve Kasım 1982 tarihine kadar Yer’e veri göndermeye devam etmiştir. Şekil 6.16 da, Viking Lander 1 kamerasından, iniş bölgesindeki, dağınık kayalık ve tozlu Mars yüzeyine ait genel bir görünüm izlenmektedir. Kayalar, krater oluşturan çarpışmalardan arta kalan enkazlardır. Kayalar arasındaki boşlukları örten toz,  $1\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m) boyutlarındaki parçacıklardan oluşmuştur. Yer çöllerinde izlenen kum tepelerine benzer yapılar göstermektedirler ve yüzeye yakın hava hareketleri ile şekillenmişlerdir.



Şekil 6.16 Viking Lander 1 aracından Chryse düzlüğünün görüntüsü

“Viking Lander 2” ise, şekil 6.3 de VL2 olarak kodlanan, kuzey yarımküredeki “Utopia düzlüğü”ne, Ağustos 1976 da indirilmiştir. Viking Lander 2’nin Yer ile iletişimi 1980 Nisan’ma kadar sürmüştür. Şekil 6.17 de bir bölümü görülen iniş bölgesi, Chryse düzlüğüne göre çok daha az sayıda çarpma krateri içeren bir bölgedir. Buna rağmen yüzeyde

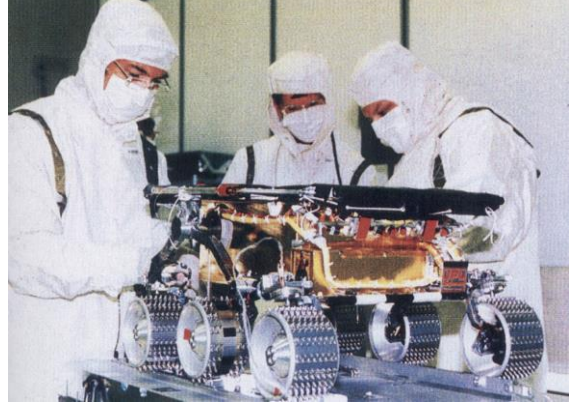


Şekil 6.17 Viking Lander 2 aracından Utopia düzlüğü

izlenen kayalar, 200 km doğusunda yer alan büyük boyutlu krateri oluşturan çarpmanın enkazıdır. Gökyüzünün kızıl rengi toz fırtınaları ile atmosfere yükseltelen toz parçacıklarından kaynaklanmaktadır. Her iki Viking Lander, mekanik örnek toplama kollarına ve örnekleri analiz etmek için küçük boyutlu kimya analiz laboratuvarlarına sahipti. Örnek toplama kollarında bulunan mıknatıslara çok sayıda parçacığın yapışması, yüzeyin demirce zengin bir örtü ile kaplı olduğunu göstermiştir. Toplanan örnekler üzerinde yapılan analizler sonucunda, yüzeyin demir, silisyum ve kükürtçe zengin maddelerden oluştuğu anlaşılmıştır. Demirce zengin bu maddeler, atmosferde serbest kalan oksijen atomlarıyla zayıf bağlar kurarak “peroksit” ve “superoksit” gibi kararsız yapılar oluşturmuşlardır. Kısaca “pas” olarak adlandırabileceğimiz bu yapılar gezegenin bugünkü izlenen kırmızımsı rengini vermektedir.

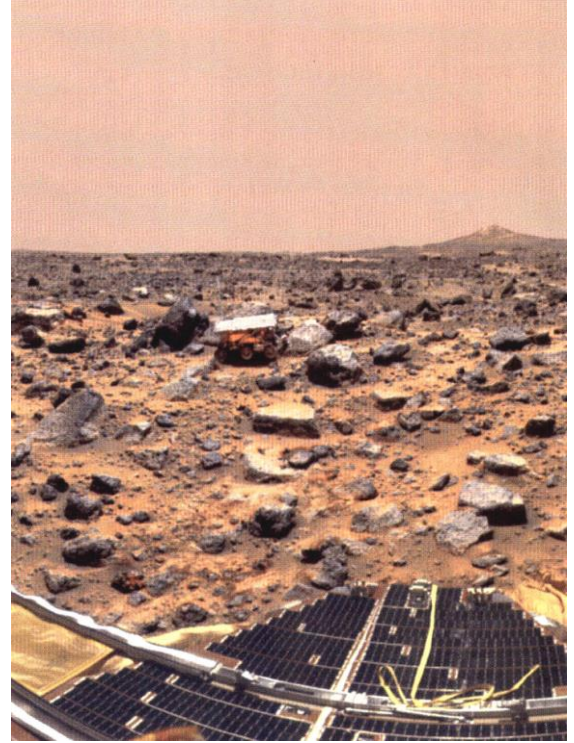
Viking Lander araçlarıyla, Mars’da yaşam olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu araştırmadan beklenen sonuç, bir zamanlar kısa da olsa Yer benzeri bir iklime sahip olan Mars’ta, mikro-organizma düzeyinde canlı yaşam izine rastlamaktır. Bu amaçla Viking Lander araçları, toplanan örneklerde, biyolojik öneme sahip kimyasal tepkimelerin ne düzeyde gerçekleştiğini kontrol etmiştir. Ancak beklenen tepkimelerin izine rastlanmamıştır. Büyük olasılıkla Mars’ta yaşam hiç oluşmamıştır veya uzak geçmişteki varlığı, yüzeydeki yoğun peroksit ve superoksit oluşumları ile yok edilmiştir. Viking Lander deneylerinin kısıtlı örneklerle yapıldığı göz önünde tutulursa bu konuda henüz kesin bir şey söylemek mümkün olamamaktadır.

Mars yüzeyine üçüncü başarılı iniş, 4 Haziran 1997'de yüzeye ulaşan “*Mars Pathfinder*” aracı ile yapılmıştır. Bu aracın Viking Lander araçlarından en önemli farkı, şekil 6.18 de görülen ve “*Sojourner*” adı verilen gezici bir araca sahip olmasıydı. Böylece iniş bölgesi ile kısıtlı örnek inceleme sorunu da aşılmış oluyordu. Yerden



Şekil 6.18 Mars Pathfinder gezici aracı Sojourner

yollanan komutlarla yönlendirilebilen bu araç, Mars Pathfinder’ın 3 ay süren görevi boyunca, iniş bölgesi komşuluğundaki değişik alanlarda çeşitli oluşumların analizlerini yapmıştır. Şekil 6.5 te MP olarak kodlanan iniş bölgesi özel olarak seçilmiştir. Bu bölge, bir zamanlar yerlerinden koparılıp yoğun sel suları ile sürüklenen farklı türden kayaların yığıldığı bir birikinti alanıdır. Dolayısıyla örnek çeşitliliği açısından Mars’ın yüzeyinde büyükçe bir alanı temsil ettiği düşünülmektedir ve “*Ares vadisi*” olarak adlandırılmaktadır. Şekil 6.19 da Mars Pathfinder’in iniş bölgesinden bir görünüm yer almaktadır. Sojourner aracının x-ışın tayf çakeriyle yapılan incelemeler sonucunda, çarpma sonrası başkalaşım geçirmiş karmaşık kayaların, su birikintilerinin tabanlarında oluşmuş tortul kayaların ve volkanik kökenli kayaların, bu

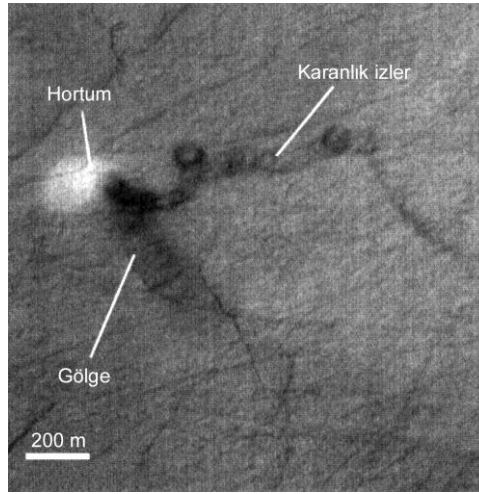


Şekil 6.19 Mars Pathfinder’den Ares vadisinin görünümü

bölgede beklenildiği gibi bir arada bulunduğu görülmüştür. Bu bölgedeki volkanik kayaların oranı daha yüksektir ve bazaltlara oranla daha fazla silisyum içerdikleri gözlenmiştir. “*Andezit*” olarak adlandırılan bu kayaç türü bazalttan daha düşük bir yoğunluğa sahiptir ve kabuk katmanının bir zamanlar ileri düzeyde ısıtılmış olduğunu göstermektedir. Aşırı ısı altında eriyen kabuk katmanındaki daha az yoğun silisyum yüzeyde toplanarak, bu kayaçlarda izlenen yüksek silisyum bolluğunu yaratmıştır. Mars Global Surveyor gözlemleri, andezitlerin yoğun olarak kuzey yarım küre düzlüklerinde yer aldığını göstermiştir. Bazalt türü oluşumlar ise daha çok güney yarım küredeki yükseltilerde bulunmaktadır.

## 6.6 Mevsimlerin Mars Atmosferine Etkileri

Viking Lander ve Mars Pathfinder araçları meteorolojik ölçümler yapabilen cihazlar da taşımaktaydı. Bu cihazların ölçümleri, hava sıcaklığındaki gece-gündüz farkının büyük olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, ince Mars atmosferinin çok düşük bir ısı kapasitesine sahip olmasıdır. Mars Pathfinder’ın iniş bölgesinde, gün doğumundan hemen önce  $-76^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülen sıcaklıklar, akşam üzeri  $-10^{\circ}\text{C}$  ye kadar yükselebilmektedir. Her akşam üzeri, yüzeyde ısınarak yükselen hava



Şekil 6.20 Mars'ta oluşan hortumlar

beraberinde yüzeydeki toz parçacıklarını da havalandırarak, hortum benzeri hava akımlarını doğurmaktadır. Şekil 6.20 de Mars Global Surveyor tarafından görüntülenen bir hortum olayı izlenmektedir. Yüzeyden 6 km yüksekliklere kadar ulaşabilen bu hortumlar yüzey tozlarının sürekli olarak yer değiştirmesini sağlamaktadır. Uzun süre görev yapan Viking Lander araçları ile mevsimsel değişimler de izlenmiştir. Her iki araç da kuzey yarım küreye ilkbahar mevsiminde inmişlerdir ve hava basıncını 0.008 atm olarak ölçmüşlerdir. Birkaç hafta sonra basıncın düzenli olarak azalmaya

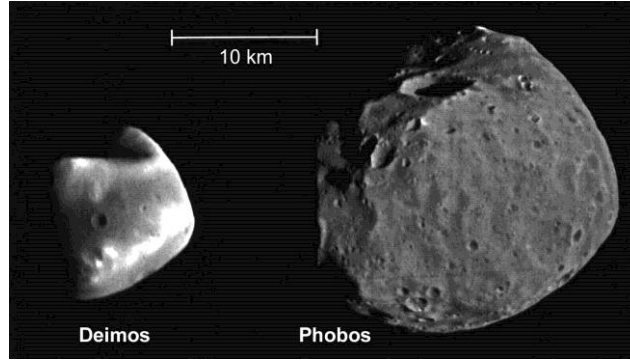


başladığını kaydetmişlerdir. Bu durum güney yarımküreye kış mevsiminin gelmesiyle, soğuyan havada bulunan CO<sub>2</sub> in büyük oranlarda atmosferden ayrılarak yüzeyi, buzlu bir tabaka ile kaplamasından kaynaklanmıştır. Bir kaç ay sonra güney yarımküreye ilkbaharın gelmesiyle, yüzeyi kaplayan CO<sub>2</sub> buzu buharlaşarak tekrar atmosfere karışmış ve Mars atmosferindeki genel basınç, bahar aylarındaki değerine geri dönmüştür. Güney yarım küreye yaz mevsimi geldiğinde atmosferik basınç tekrar düşmüştür, çünkü kuzey yarım küreye kış mevsiminin gelmesiyle atmosferik CO<sub>2</sub> yoğunlaşarak, bu sefer kuzey enlemlerindeki yüzey alanlarını kuru buz örtüsü ile kaplamıştır. Şekil 6.17 de, Viking Lander 2 tarafından, kuzey yarımkürede kış mevsimi sürerken elde edilen görüntüde, CO<sub>2</sub> buzundan oluşma yüzey örtüsü açıkça görülebilmektedir.

Mars'da izlenen mevsimsel değişimlere ilginç bir diğer örnek, kuzey ve güney kutup sıcaklıkları ile ilgilidir. Mars yörüngesi üzerinde enberi noktasında iken güney yarım küresinde mevsim yazdır. Buna karşılık, gezegen yörüngesinin enöte noktasına geldiğinde kuzey yarım kürede yaz mevsimi başlar. Bu durumda yaz mevsiminde, güney kutup sıcaklığının kuzey kutup sıcaklığından daha fazla olması beklenir. Ancak Viking Orbiter araçlarının ölçümleri, beklentilerin aksine, kuzey kutup yaz sıcaklıklarının -73°C değerine kadar çıkabildiğini, buna karşılık güney kutup yaz sıcaklıklarının -125°C değerini aşmadığını göstermiştir. Bu durum, değişik koşullar altında atmosferde toplanan toz miktarı ile ilgilidir. Güney yarım küreye, yaz mevsimi boyunca daha yoğun gelen Güneş ışınları, kutup başlığı çevresindeki toprağı daha fazla ısıtmaktadır, ancak kutup buzlarının sıcaklığı fazlaca değişmemektedir. Bu sıcaklık farkı, genelde hortum benzeri hava hareketlerine dönüşen güçlü rüzgarların doğmasına neden olmaktadır. Hortumlarla atmosfere çıkarılan toz, yüzeye ulaşan Güneş ışığına engeldir, böylece güney kutup yaz sıcaklıkları belirli bir değeri aşmamaktadır. Kuzey yarımkürede yaz mevsimi boyunca kutup bölgesine ulaşan Güneş ışınımı daha zayıftır, çünkü bu zamanlarda gezegen Güneş'e en uzak konumundadır. Kutup başlığı ile onu çevreleyen toprak arasındaki sıcaklık farkı, rüzgarlar oluşturabilecek değerlere ulaşmamaktadır. Sonuç olarak kuzey kutup, güney kutba oranla daha fazla Güneş ışığı alabilmekte ve kış mevsimi boyunca yüzeyini kaplayan CO<sub>2</sub> buzu katmanı tamamen buharlaşabilmektedir. Mevsimsel rüzgarların taşıdığı tozlar, yüzeyin bir yıl boyunca genel görünümüne de etki etmektedir ve yöresel renk değişikliklerine yol açmaktadır.

## 6.7 Mars'ın Uyduları

Mars'ın, kendisine çok yakın yörüngelerde etrafında dolanan iki uydusu bulunmaktadır. Boyutları son derece küçük olan bu uydular, ancak 1877 de gerçekleşen bir tercihli karşı-konum sırasında, Amerikalı astronom Hall tarafından



Şekil 6.21 Mars'ın uyduları Phobos ve Deimos (Viking Orbiter)

görülebilmıştır. Her iki uydunun da yörüngesi, Mars'ın ekvator düzlemine çok yakındır. Hall, mitolojideki savaş tanrısı Mars'ın arabasını çeken atların isimleri ile, küçük olanına (16x12x10 km) Deimos (Korku) , büyük olanına (28x23x20 km) ise Phobos (Dehşet) adını vermiştir. Yörüngesi daha küçük ve Mars'a daha yakın olan Phobos, gezegen etrafında 7<sup>sa</sup>39<sup>dk</sup> da bir dönmektedir. Mars'ın merkezine olan ortalama uzaklığı 9378 km dir. Deimos'un gezegene ortalama uzaklığı 23460 km dir ve gezegen etrafındaki yörünge dönemi 30.3 saattir. Mariner 9 ve Viking Orbiter araçları ile ilk yakın görüntüleri elde edilen bu uyduların en dikkat çekici özellikleri, küresel şekilden sapmış ve yüzeylerinin ileri düzeyde çarpma kraterleri ile kaplı olmasıdır. Viking Orbiter gözlemlerinden, her iki uydunun da gezegen ile eş-dönmeye sahip oldukları, yani hep aynı yüzlerini Mars'a gösterdikleri anlaşılmıştır. Gezegen ile uydular arasında oluşan tedirginlik kuvvetleri, Phobos'u Mars'a doğru yaklaştırırken, Deimos'u uzaklaştırmaktadır. Yapılan hesaplamalar, 40 milyon yıl sonra Phobos'un Mars yüzeyine düşeceğini göstermektedir.

Phobos ve Deimos'un kökeni tam olarak bilinmemektedir. Bir teoriye göre Mars, bu uyduları Asteroid kuşağından yakalayarak kendi çevresinde yörüngeye oturtmuştur. Phobos ve Deimos'un asteroidlere benzer şekilleri ve düşük albedoları (%10 lar civarında) bu teoriyi destekler niteliktedir. Ayrıca düşük ortalama yoğunlukları (Phobos 1900 kg/m<sup>3</sup>, Deimos 1760 kg/m<sup>3</sup>), karbonca zengin asteroidlerin ortalama yoğunluklarına çok yakındır. Diğer bir teori, Mars çevresinde gezegeni oluşturan parçalardan geriye kalan artıklarla oluştuğunu kabul etmektedir.