

# Venüs'ün Jeolojisi

George E. McGill

Çeviren : Remzi İnal, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi, Ankara

Hacimsal özellikleriyle Dünya'ya benzerliğine karşın, Venüs'teki yüzey ve kabuk koşulları, farklı ekzojenik ve tektonik süreçleri göstermektedir. Rüzgârla taşınma, bu gezegendeki temel jeomorfik araçtır. Ancak, çarpmanın dışındaki tüm dış süreçler, aşırı kuraklıkla sınırlanmaktadır. Yüksek kabuksal ve litosferik sıcaklıklar, bizi yüzen litosfer modellerine götürmektedir. Tamamen tekdüze bir topoğrafyanın varlığı ve tüm gezegeni kapsayan hendek, sırt ve dağ silsileleri sisteminin olmaması, Venüs tektoniğinin Dünya'dakinden farklı olduğunu işaret etmektedir. Bununla birlikte bazı topoğrafik şekiller, henüz başlangıç aşamasındaki uzaklaşan kenarları akla getirmektedir. Gravite verileri ve radyojenik argon miktarı; Venüs'ün tektonik olarak, olası Arkeen dünyasının bazı özelliklerine benzer şekilde, aktif bir gezegen olduğuna işaret etmektedir.

## Özellik

Kütle (kg)	_____
Ekvatorial yüzey gravitesi (m/s)	9.973
Ortalama yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	_____
Ekvatorial yüzey gravitesi (m/s)	_____
Eksen çevresinde dönme süresi (dünya günü)	_____
Güneş günü (dünya günü)	_____
Güneş etrafında bir tam dönüş süresi (dünya günü)	_____
Yüzey atmosfer basıncı (bar)	_____
Yüzey sıcaklığı (°C)	_____

Tablo 1 — Venüs ve Dünya'nın karşılaştırması

Venüs'ün düzeltilmemiş (uncorrected) ortalama yoğunluğu dünyanınkinden % 4.9 daha azdır (Tablo 1). Aradaki farkın bir kısmı Venüs kütesinin daha küçük olmasından dolayıdır. Eğer Venüs, dünyaninkine benzer bir yapı ve kayaç kompozisyonuna (bulk composition) sahip olmuş olsaydı, bu gezegen 5.34 gr/cm<sup>3</sup> lük yoğunluğa ya da gözlenenenden % 1.9 daha fazla bir değere sahip olmuş olurdu (BVSP, 1981, s. 682). Bu yoğunluk eksikliği için birçok model önerilmektedir. Fakat bunların çoğu, Venüs'ün manto bileşiminin Dünya'ninkine çok benzediğini göstermektedir. Olası farklılıkların en önemlisi Venüs mantosunda MgO/MgO + FeO oranının biraz daha yüksek olmasıdır. Sonuç olarak, Venüs'ün termal yapısı ve tektonik modeline ilişkin

## Genel Özellikler

Venüs, Güneş Sistemimizdeki tüm gezegen ve uydular içerisinde Dünya'ya en yakın çap ve büyüklük özellikleri nedeniyle jeologların büyük ilgisini çekmektedir (Tablo 1). Ancak bulutların bu gezegeni sürekli olarak kuşatması, Venüs yüzeyinin optik teleskoplar ve uzay araçlarında taşınan televizyon kameraları yardımıyla incelenmesini engellemektedir. Venüs yüzeyine ilişkin elde edilen tüm bilgiler tamamen üç kaynaktan elde edilmektedir: yeryüzünde kurulu Birleşik Devletler ve Sovyet radarları, Sovyet Venera uçurları ve Birleşik Devletler Pioneer Venüs uçuşu.

Elde edilen jeolojik anlamlı veriler; radar görüntülerini, kayaçların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, bazı Venera modüllerine yakın yüzey görüntülerini, atmosfer bileşim ve sıcaklığını, rüzgâr hızları ve gravite anomalilerini, yüzey kabarıklıklarını ve ortalama yüzey meyil açılarını kapsamaktadır.

Dünya	Venüs	Oran (Dünya=1)
5.976 x 10 <sup>24</sup>	4.871 x 10 <sup>24</sup>	0.815
6378	6052	0.949
5.52	5.24	0.949
9.78	8.87	0.907
0.9973	243.01 (geriye doğru)	
1	116.75	
365.256	224.701	
1	95	
22	465	

jeofiziksel açıklamalar genellikle Venüs mantosunun Dünya'ninkine yaklaşık benzer olduğu varsayımı ile başlar.

Buna karşın Venüs'ün yüzeysel ortamı Dünya'ninkinden çok farklıdır (Tablo 1). Yüksek atmosfer basıncı, yüksek yüzey sıcaklığı ve H<sub>2</sub>O eksikliği yüzeysel olayların dünyadakiyle aynı olmaması gerektiğini ya da en azından aynı süreçlerin etkin olmayacağını destekleyen verilerdir. İşte bu özdeş mantolar ve farklı yüzey koşulları birlikteliği, Dünya ile Venüs arasındaki jeolojik karşılaştırmalara özel bir ilgi duyulmasını sağlamaktadır.

Herbir kaya biriminin ayırtılması yapılamadığından, topoğrafyanın altında uzanan yapının anlaşılmasını sağlayacak yeterli veri bulunmamaktadır.

Episode dergisinin Aralık 1983 yılı 4 no.lu sayısının 10-17 nci sayfalarındaki «The Geology of Venüs» adlı makaleden kısaltılarak türkçeleştirilmiştir.



Venera	U (x 10 <sup>-4</sup> ağır. %)	Th (x 10 <sup>-4</sup> ağır. %)	K (ağır. %)	K/U (x 10 <sup>-4</sup> )
8	2.2 ± 0.7	6.5 ± 0.2	4.0 ± 1.2	+ 1.65 - 0.85 + 0.47
9	0.60 ± 0.16	3.65 ± 0.42	0.47 ± 0.08	0.78 - 0.27 + 1.65 - 0.46
10	0.46 ± 0.26	0.70 ± 0.34	0.30 ± 0.16	

Tablo 2 — Venera; Uranyum, Toryum ve Potasyum Ölçüm Miktarları

Buna karşın eldeki bilgilerden Venüs'ün tektonik tarihesine ve jeolojik süreçlerine ilişkin bazı genel sınırlamalar konulabilir.

#### Yüzeyle Bileşimi ve Fiziksel Süreçler

Sovyet Venera 8,9,10,13 ve 14 modülleri yüzeyle malzemelerinin bileşimine ilişkin oldukça değerli bilgiler sağlamışlardır. Venera 8,9 ve 10 araçları, gamma-ray spektrometresi yardımıyla K,U ve Th oranlarını (Tablo 2), X-ray spektrometreleri taşıyan Venera 13 ve 14 ise, küçük karotlardan Majör Element oranlarını (Tablo 3) saptamışlardır. Beş yerde saptanan bileşimler; ilksel, farklılaşmamış, kondritik malzemeninkinden farklıdır (Şekil 1). Eğer beklendiği gibi Venüs, Dünya'nınkine benzer bir manto bileşimine sahipse ve de normal diferansiyasyon süreçlerinin burada da kabuk oluşumu ile ilgisi varsa, bu durumda bunlar Dünya'daki magmatik kayalarla karşılaştırılabilirler.

Venera 9, 10 ve 14'ün topladığı örnekler Dünya'daki toleitik bazaltlara benzer görünmektedir (Surkov, 1977; Surkov v.d., 1983). Venera 8 hariç, alınan tüm örnekler (Şekil 1) buranın geniş bazaltik kalkan (veya plaka içi. Çev. notu) volkanlarını kapsayan bir bölge (Masursky v.d., 1980) ya da bazaltik volkanizmayla birlikte kıtasal riftleşme bölgesi olabileceği sonuçlarını vermektedir (McGill v.d., 1981). Sonuç olarak, toplanan Venera örnekleri, büyük bir olasılıkla tüm gezegeni temsil etmemektedir.

Venera 9, 10, 13 ve 14 modülleri, yakınlarındaki yüzeyle görüntülerini de yeryüzüne göndermişlerdir. Bu resimlerde koyu renkli, görünüşte ince taneli, regolitimsi bir malzeme göze çarpmaktadır (Şekil 2). Tabakalı gibi gözükten anakayanın bozuşma ve çatlakları, resimlerde oldukça belirgindir. Venera 10'un konduğu yerdeki ölçülmüş 2.8 lik kayaç yoğunluğu bunun magmatik olabileceğini akla getirmektedir. Venera 14 bölgesindeki kayaçların piroklastik kökenli olma olasılığı oldukça fazladır. İnce tabakalanmalı, düşük yoğunluklu (1.5 gr/cm<sup>3</sup>), kimyasal bileşeni magmatik kökenle uyumlu ve de % 50'lik görünür bir poroziteye sahip olmaları bu görüşü destekleyen verilerdir.

Krotikov (1962), dielektrik sabiti ile (Venüs ve Ay'da olduğu gibi) gözenekli, iletken olmayan, kuru

yoğunlukta malzemeler arasında deneysel bir ilişki saptadı. Orijinal kaya bileşimi bilindiğinde Rayleigh karışım (Mixing) formülünden, dielektrik sabiti kullanılarak gözeneklilik saptanabilmektedir. Öte yanda, radarlarla alınan sonuçlardan Venüs'ün çoğu yüzeyle malzemesinin hafifçe bozmuş, magmatik kayayla uyumlu bir yoğunluğa (Kuz'min ve Marov, 1974; Petengill v.d., 1982) sahip olduğunu göstermektedir.

Rayleigh karışım formülü; Venüs yüzeyi için ortalama dielektrik sabitli kayacın % 20 gözenekli bazalt veya % 5 gözenekli granit olabileceğini göstermektedir (McGill v.d., Hunten v. diğerlerinden, 1983). Ayrıca çok az bir toplam alan kalın, fazla gözenekli ve düşük yoğunluklu yüzeyle malzemesine karşılık gelen Fresnel yansıtmasına sahiptir. Sonuçta, tüm bu veriler bize Venüs'ün (Ay'da olduğu gibi) kalın, gözenekli bir regolitle örtülü olamayacağını göstermektedir.

Venüs'te sadece birkaç küçük alan Fresnel yansıtma katsayısıyla tanımlanmaktadır. Bu alanların çoğu topoğrafik olarak yüksektir ve bazıları genç volkanlar olduğu sanılan şekillerle çakışmaktadır. En olası açıklama, anakayanın bu bölgelerde önemli oranlarda sülfid gibi iletken küçük, mineral taneleri içermesidir (Petengill v.d., 1982).

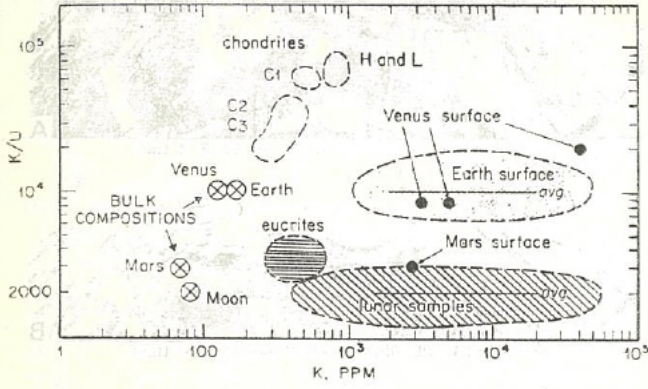
Oksit	Ağırlık Yüzdesi	
	Venera 13	Venera 14
SiO <sub>2</sub>	45 ± 3	49 ± 4
TiO <sub>2</sub>	1.6 ± 0.4	1.2 ± 0.4
Al	16 ± 3	18 ± 3
FeO	9 ± 2	9 ± 2
MgO	11 ± 6	8 ± 3
CaO	7.0 ± 1.0	10 ± 1.2
K <sub>2</sub> O	4.0 ± 0.6	0.2 ± 0.1
MnO	0.2 ± 0.1	0.16 ± 0.08

Tablo 3 — Venera 13 ve 14'ün X-Ray floresans Analizlerinin Ön Sonuçları (Surkov v.d., 1983).

#### Yüzeyle Olayları

Herhangi bir özgül yüzeyle sürecinin varlığını doğrudan destekleyecek ya da çürütecek, çok az kanıt mevcuttur. Anahtar ortam parametreler; toplam





Şekil 1 — Seçilmiş bazı gezegen ve meteoritler için K/U oranları ve potasyum miktarları. Taylor'dan (1982).

akışkan suyun olmaması, atmosfer bileşimi, yüksek atmosfer sıcaklığı ve basıncıdır (Tablo 1). Venüs topoğrafyasının toplam rölyefi 13 km'yi aştığından (Pettengill v.d., 1980) yüzey atmosfer sıcaklığı ve basıncı, gezegenin en yüksek ve en alçak noktaları arasında en az 100°C ve 60 bar değişecektir. Bu durum ayrışma süreçleri için önemli bir basınç ve sıcaklık aralığıdır.

Teorik düşünceler, magmatik kaya kimyasal ayrışmasının Venüs yüzeyinde de olabileceğini desteklemektedir (Mueller Saxena, 1977; Lewis, 1970; Barsukov v.d., 1980). Yükseklikle değişen basınç ve sıcaklık aralığı, görece daha düşük P ve T bölgelerinde atmosferdeki CO<sub>2</sub> in tüketimini ve ayrışan malzemenin (CO<sub>2</sub>'in diğer reaksiyonlarla atmosfere geri verildiği) alçak seviyelere taşınmasını içine alan jeokimyasal dönemlerin varolabileceğini akla getirmektedir (Lozette ve Lewis, 1982).

Atmosferin daha alt seviyelerinde, anahtar minör içerikleri ve önerilen çoğu reaksiyonun kinetiklerinin bilinmemesi kesin reaksiyonların tahmin edilmesini güçleştirmektedir (Von Zahn v.d., Hunten v. diğerlerinden, 1983). Bununla birlikte, en olası reaksiyonların, yüksek seviyelerde manyezit, enstatit, kuvars, tremolit, andaluzit, dolomit ve sülfid (veya sülfat) gibi mineralleri içeren bir regoliti oluşturması gerekir (McGill v.d., Hunten v. diğerlerinden, 1983). Daha alt seviyelerde, diğer ek reaksiyonlarla kalsit tremolit meydana gelmiş olabilir (Nozette ve Lewis, 1982). Şüphesiz mineraloji, hem reaksiyon kinetiği ve alt seviyelerdeki atmosferin kesin bileşimine hem de ayrışan kayacın tipine bağlı olacaktır. Venüs'te göktaşlarının açtığı kraterler hariç diğer tüm ekzojenik süreçlerin değişme değerlerinin ana faktörü, suyun olmamasıdır. Çünkü yeryüzündeki ayrışma, erozyon ve taşınma süreçlerinin büyük bir kısmının, yüzeydeki akışkan suya veya atmosferdeki su buharına gereksinimleri vardır.

Kimyasal ayrışmaya eşlik eden hacim değişimlerinden dolayı, Venüs'te mekanik ayrışma için düşünülebilecek tek olay; kayaların yüzeylerinde parçalanma (spalling) basınçlarının oluşumuna ilişkin olandır. Bu olayın etkinliğini kanıtlayacak herhangi bir veri mevcut değilse, böylesi yavaş bir sürecin

varlığı sezilmektedir. Gerçekte, yüzey değişim oranının ana denetleyicisi, mekanik ayrışmanın yavaş olması olabilir.

Venüs'te sadece iki taşınma süreci olanaklı görünmektedir: kütle akmaları ve rüzgar taşınması. Birincisinin sadece lokal önemi olabilir. Bu nedenle Venüs yüzeyinde önemli miktarda, uzun mesafelerde taşınmış malzeme olması, bunların rüzgâr yardımıyla taşınmış olmalarını gerektirir. Dönel anemometre taşıyan Venera 9 ve 10, Venüs yüzeyinden bir metre yükseklikte, 0.4-1.3 m/sn. aralığında rüzgâr hızları ölçmüşlerdir. Venera 13 ve 14'deki akustik alıcılar, yüzeye yakın 0.3-0.6 m/sn'lik rüzgâr hızlarını ölçmek için kullanılmıştır (Moroz v.d., Hunten v. diğerlerinden, 1983). Bu rüzgâr verileri birkaç cm/sn. lik yüzey sürtünme hızlarını gösterir. Bu değerler silt ve kum boyutlu tanelerin taşınması için fazlasıyla yeterlidir. Rüzgâr yardımıyla sıramalı taşınmadan (saltation) dolayı gerçekleşen kütle akmaları; yüzey sürtünme hızının küpü ve atmosfer yoğunluğu ve gravite ivmesi arasındaki oranla orantılıdır. Dünya'daki durumun aksine, Venüs'teki yüksek atmosfer yoğunluğu ve düşük yerçekimi, daha fazla kütle akmalarının olabileceğini gösterir. Ancak, düşük yüzey sürtünme hızları, gravite ve yoğunluk farklarını fazlasıyla etkisiz hale getirecektir.

Böylece, Venüs'te rüzgâr yardımıyla gerçekleşen toplam çökel deviniminin Dünya'dakinden daha fazla olması beklenemez. Sonuçta, bu gezegendeki ayrışma süreçleri, bol miktarda kum ve daha küçük boyutta taneler sağlamış olsa bile bu malzemeyi Dünya'daki suyla taşınma oranında hareket ettirebilecek herhangi bir güç görülmemektedir. Ve daha önce tartışıldığı gibi radar verileri de bu sonucu desteklemektedir.

#### Topoğrafya ve Tektonik

Dünyadaki yüksekliklerin bimodal dağılımının aksine, eVnüs topoğrafyası bütünüyle unimodaldır. Ekvatorial yarıçap 6051.6 ve kutupsal yarıçap ise 6051.4 Km. dir. Pioneer Venüs radar altimetresi ile ölçülen toplam rölyef Venüs yüzeyinin % 93'ünden fazlasında yaklaşık 13.5 Km. dir. (Pettengill v.d., 1980) Bu değer Dünyanınkine çok benzemektedir. Ancak, Venüs'te ekvatora ve kutuplara yakın yerlerdeki yüksek alanların yüzdesi Dünyadakinden çok daha fazladır.

Nitekim, Venüs'ün bilinen yüzeylerinin % 60'ı kutupsal yarıçapın 500 m. lik bir aralığı içerisinde uzanır. Ekvatorial yarıçaptan bir iki kilometre daha alçak sadece birkaç küçük alan vardır. Ve «kıtasal» boyutlarda sadece iki yüksek bölge vardır; Yaklaşık Avustralya büyüklüğündeki ISHTAR TERRA ve Afrika'ya yakın büyüklükteki APHRODITE TERRA (Şekil : 2) Bunlar, ekvatorial bölgelerinkinden yaklaşık olarak 10.5 Km. daha fazla bir yüksekliğe ulaşırlar.

Venüs'de topoğrafya ile gravite arasında yakın bir ilişki vardır; Pozitif anomaliler topoğrafik olarak yüksek alanlarla, negatif anomaliler ise alçak alanlarla çakışmaktadır (Sjogren v.d., 1980; Philips v.d., 1981). Dünya'da özdeş dalga boylu anomaliler topoğrafya ile karşılaştırılmaz. Genellikle üst mantoda-





Şekil 2 — Venera araçlarının konma lokasyonları. Topoğrafyanın merkator projeksiyonu; yoğun noktalı kısımlar ekvatorial yükseklikten  $< 1$  km alçak bölgeleri, az noktalı kısımlar ekvatorial yüksekliğin  $\pm 1$  km'lik sınırları içerisinde kalan bölgeleri, boş olan kısımlar ise ekvatorial yüksekliğin  $> 1$  km yukarıdaki bölgeleri göstermektedir.

ki yoğunluk düzensizlikleri ile bağlantılı olduğuna inanılır. Venüs'de geniş pozitif anomalilere karşılık gelen hesaplanmış derinlikler (Reasenberg v.d., 1982), bunların dinamik olarak korunmuş düzensizliklerle bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Venüs topoğrafyasında Dünya'dakilerle karşılaştırılabilir sirtlar, transform faylar, dağ silsileri ve hendekler sistemi görülememektedir. Ayrıca, yüksekliklerin unimodal tayf'ı (spectrum) Venüs topoğrafyasının Dünya'dakine benzer bir levha tektoniği sonucu oluşmadığını akla getirmektedir (Masursky v.d., 1980; Phillips, 1981; Kaula ve Phillips v.d. 1981; McGill v.d., 1980). Sonuçta, tüm bu gözlemlerin en doğru yorumu Venüs ve Dünya'nın tektonik modellerinin farklı olduğu şeklindedir.

Dünya'daki yüksekliklerin bimodal dağılımı şüphesiz levha tektoniği sürecine bağlıdır.

Venera 8'in K,U ve Th miktarları sialik kabuk olarak yorumlanabilmeye birlikte, veriler diğer değerlendirmelere açıktır (Surkoy v.d., 1983). Ayrıca, sial'in lokal olarak varlığı, onun global boyutta muhakkak var olacağı anlamına gelmez. Venüs'ün erken oluşum dönemlerinde atmosferdeki anormal ölçüde yüksek döteryum/hidrojen oranı bol miktarda suyu göstermektedir (Donahye v.d., 1982). Bu durum, mantıklı bir varsayım ile o dönemde sial'in farklılaşmasını akla getirmektedir. Ancak, sial'ik kabuğun varlığını kanıtlayacak kesin herhangi bir kimyasal veri yoktur.

Venüs'de okyanusların olmaması nedeniyle, deniz seviyesinin yerine, aşınma taban seviyesi, minimum yükseklik olacaktır. Bu gezegende esas yatay taşınma olayları rüzgarla olmaktadır. Bu nedenle aşınma taban seviyesinin önemi olmayabilir. Ayrıca, beklenen yatay taşınma uzaklıkları Dünya'dakinden daha kısadır. Eğer bol miktarda sial'a ilişkin elimizde daha kesin bir kanıt olsaydı, Venüs'ün unimodal yüksekliklerini levha tektoniğine karşı bir delil olarak yorumlamak mantıklı olacaktı. Ne yazık ki bu tür

6 veryuvarı ve insan



Şekil 3 — Venera 13 (A) ve Venera 14 (B) konma bölgelerinin panoramik görüntüsü. Kamera yerden 0.9 m yüksekliktedir. Soldaki kafes giriş (trellis girder) 60 cm uzunluğunda ve sağdaki renk test bantı 9 cm genişliğindedir.

bir kanıt şu anda mevcut değildir.

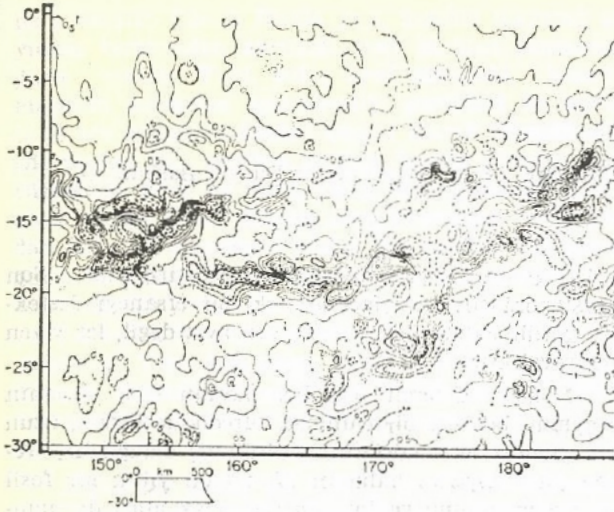
Dünyadakine benzer bir global topoğrafik sistemin olmaması Venüs'te levha tektoniğinin olmadığını düşündürmektedir. Ancak, yine de bu, levha tektoniğinin olmadığı yolunda kesin bir kanıt değildir. Sıcak litosferli, susuz bir gezegende levha tektoniği Dünya'dakine benzer topoğrafik bir sistem yaratılabilir mi? Bilmiyoruz. Ancak, olamayacağını ileri süren birçok tartışma vardır (Solomon ve Head, 1982). Gerçekten günümüz Venüs'ü modern Dünya'dan daha çok ARKEEN Dünya'sına benzetilebilir ve açığarttığı Arkeen Dünya'sının tektonik modelini henüz anlamış değiliz.

Bir gezegenin tektonik modeli litosferden geçen ısı transferi ile ilgili temel süreçlere bağlıdır. Venüs ve Dünya'nın her ikisi de yaklaşık benzer bileşim ve sıcaklıktaki mantolara sahip görünüyolar. Ayrıca, Venüs atmosferinde radyojenik  $^{40}\text{Ar}$  miktarı Dünya atmosferinden daha azdır. Gezegen ilk farklılaşmaya maruz kaldığında çok az miktarda  $^{40}\text{Ar}$  vardı. Gezegenin içlerinde  $^{40}\text{K}$ 'un azalmasına karşılık sürekli olarak  $^{40}\text{Ar}$  oluşmaktadır. Atmosfere ulaşan bu  $^{40}\text{Ar}$  oranının miktarı, bunu yüzeye veya yüzeye yakın yerlere taşıyan tektonik ve volkanik süreçlerin etkinliğine bağlıdır. Bileşimsel olarak Dünya ve Venüs'ün birbirine çok benzediğine inanıldığından, karşılaştırılabilir atmosferik  $^{40}\text{Ar}$  miktarları, karşılaştırılabilir tektonik ve volkanik aktiviteyi belirtir. Bu nedenle tektonik modellerdeki farklılıklar, öncelikle litosfer ve kabuktaki farklılardan dolayıdır.

Yeryüzünde litosferden geçen günümüz ısı akısının yaklaşık % 60'ı direkt olarak ıraksayan kenarlardaki levha oluşumuna bağlıdır. Diğer % 5 ise yakınsayan kenarlardaki süreçlerle ilgilidir (Sclater v.d., 1980). Eğer Venüs global boyutta bir levha tektoniği sistemine sahip değilse o zaman içsel ısısının daha yüksek bir yüzdesini ya nakletme yada volkanizma yoluyla litosferden geçirmelidir. Bu da bizi Venüs tektonik modelinin sıcak noktalarla kontrol edildiği önerisine ulaştırır (Phillips ve Malin, Hunten v. diğerlerinden, 1983).

Venüs topoğrafyası, tektonik modeline ilişkin bazı ilginç ip uçlarını vermektedir. Schaber, 6000, 14.900





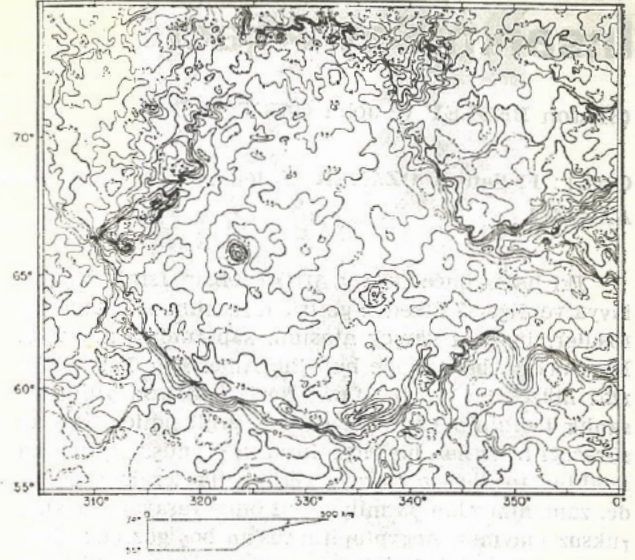
Şekil 4 — Daha yüksek kısımları birleştiren alçak, dar bir sırtla tanımlanan Aphrodite Terra'nın bir kısmının topoğrafik haritası. Kontur aralıkları 0.5 km'dir. Küçük oklar dik yüzeyleri göstermektedir. Referans yüksekliği (datum) ekvatorial yarıçaptır.

ve 21.000 Km uzunluğunda üç dar bölgeyi haritalamıştır. Bu bölgelerin içersinde Aphrodite Terra, Beta Regio ve Phoebe Regio gibi topoğrafik olarak daha yüksek kısımlar ve birkaç geniş sırt benzeri çukurlar yer almaktadır (Şekil: 1). Phoebe Regio'dan Beta Regio'ya 6000 Km. uzunluğundaki bölge, Doğu Afrika kıtasal domu ve sırt sistemiyle karşılaştırılmaktadır (McGill v.d., 1981).

Sistemin diğer kısımları, ana sırtlar ve aynı doğrultudaki dağ sistemleriyle, düzensiz yüksek alanlarla birarada yer alan birçok kapalı çöküntü bölgeleriyle çok daha karmaşıktır. (Şekil: 4). Yüksek topografyanın sırtlar veya düzensiz çöküntülerle birarada oluşu buraların ince litosfer bölgeleri olduğunu akla getirmektedir. Isı akısının daha yüksek olduğu, volkanizmanın arttığı ve şüphesiz bir miktar yanıl açılmaların olduğu bölgeler Dünya'daki sıcak noktalara veya kıtasal sırtlara karşılık gelebilir. Ayrıca bunların geniş ölçekte çizgisel zonlar boyunca yoğunlaşması, henüz başlangıç aşamasındaki iraksayan kenarları akla getirmektedir.

Buna karşın Ishtar Terra bir kıtanın birçok özelliğine sahiptir (Phillips ve Malin, Hunten ve diğerlerinden, 1983). Ishtar Terra'nın büyük bir kısmını (Şekil: 5) bitişik düzlüklerden 3-4 Km. daha yükseklikteki geniş Lakshmi Planum platosu oluşturur.

Ishtar Terra, Venüs tarihinin erken dönemlerinde aktif bir levha tektoniği rejiminin kalıntısı olarak düşünülebilir de (Phillips v.d., 1981). Ancak, Venüs'ün yüksek kabuk sıcaklığı ana topoğrafik şekillerin genç olduğunu göstermektedir. Isı akısı ve dolayısıyla kabuk sıcaklıklarının bir hayli değişken olduğu ve Ishtar Terra'nın düşük ısı akısı, yaşlı, kalın bir kabuk olduğu şeklindeki açıklama tek uyumlu çözüm gibi görülmektedir. (Phillips ve Malin, Hunten ve diğerlerinden, 1983). Bu çözüm, modern ısı akısından daha yüksek bir değer beklentisi ile Arkeen Dünya'sındaki kalın sialik kabuk için önerilmektedir.



Şekil 5 — Geniş bir platoyu gösteren batı Ishtar Terra'nın topoğrafik haritası (Lakshmi Planum). Kontur aralıkları Şekil 4'deki gibidir.

Bazı araştırmacılar, radar görüntülerindeki krater benzeri şekilleri kullanarak ve Ay ve Venüs için çizilen çarpma frekans planlarını karşılaştırarak Venüs'ün bir kısmına yaş verebilmeye çalışmışlardır. Bu şekillerin küçük olanlarından bazıları gök taşlarının açtığı çarpma kraterlerini andırıyorsa da (Goldstein ve Diğ., 1976; Campbell ve Burns, 1980), geliştirilmiş teknik cihazlarla elde edilen görüntüler, çapı yüzlerce kilometreye varan daha geniş şekillerin çarpmadan dolayı olamayacağını göstermektedir. Sonuçta bu şekilleri kullanarak Venüs yaş verme girişimleri sonuçsuz kalmaktadır.

Önemle belirtmek gerekir ki, yaklaşık dairesel olan bu şekillerin bazıları eğer erken bombardıman (>3.9 Ga önce) döneminden kalma havzalar ve geniş krater kalıntıları ise, o zaman Venüs'deki yüzey değişim oranının çok yavaş olması gerekir. Buna karşılık olarak, bu şekiller daha çok günümüz orijinali volkano-tektonik çöküntüleri de temsil edebilir. Planda çoğunun düzensiz şekilli olması bu hipotez daha olası kılmaktadır.

Özetlenecek olursa, buraya kadar ortaya konulan veriler, Venüs'ün tektonik olarak hemen hemen Dünya kadar aktif olduğunu göstermektedir. Ancak bu tektonik etkinlik günümüz dünyasının Levha tektoniği özelliklerinden farklı bir model içerisinde gelişmektedir. Çelişkili olarak kalan nokta ise, tektonik modelin iletim ile ve sıcak noktalarla rift kuşaklarındaki volkanizma ile belirlenen tek plakalı bir litosfer ile mi ilgili olduğu, yoksa birçok küçük plakaya bölünmüş bir litosferi belirten iraksayan plaka sınırlarının hızla açılması ile mi ilgili olduğudur. Bu sorun, Arkeen dünyasının tektoniğini çözmeye çalışan öğrencilerin karşılaştığı soruna çok benzemektedir.

**NOT :** Makalenin orijinalindeki «değinilen belgeler» listesi çok uzun olduğu için buraya alınmamıştır.