

Ay Yüzeyindeki Bazı Akıntı - Şekli Oluşuklar

H. Erhan SAKALIOĞLU Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi, Ankara.

ÖZ

Bu yazının hazırlanışında, öncelikle 17-18 Haziran 1971 tarihlerinde Amerika Birleşik Devletlerinde Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesinde yapılan «Sedimentasyon Simpozyumu»nda Lehigh Üniversitesinden Walter H. Graf ve New Jersey Belle'den David Warlick'in aynı başlıkla sunduğu bildirilen yararlanılmıştır. Söz konusu bildiri, simpozyuma katılan ve dışarıdan izleyenler için sınırlı sayıda hazırlanmış kopyalardan biridir. Bu bildiri dışında, konuya ilişkin diğer yayınlar da incelenerek, daha geniş bir görüş açısı altında, kapsamın genişletilmesine çalışılmıştır.

Burada, aydaki bazı akıntı-şekli oluşuklar ve özellikle de kıvrımlı dereler incelenmektedir. Önce, ay fotoğrafları programı gözden geçirilmiştir. Lunar Orbiter IV ve V'den alınan fotoğraflar, bu akıntı-şekli oluşukları değerlendirmede kullanılmıştır. Daha sonra, derelerin dağılımı, derelerin geometrisi (genişlik ve derinlik) ve menderes özellikleri (menderes uzunluğu ve genişliği) ele alınmıştır. Son olarak, kıvrımlı derelerin literatürde bulunabilecek çeşitli açıklamaları sunulmuştur. En ilginç sonuç, ay menderesleri ile yeryüzünde görülen mendereslerin karşılaştırılabileceğinin görülmesidir.

GİRİŞ

Astronomi ve aybilimine (selenography) göre ay, yerkürenin doğal uydusudur. Yerkürenin ve ayın evrimlerinin tarihi, birbirleriyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle, ay üzerine daha gelişmiş bilgiler edinebilmek için, yerküreyi daha iyi tanımanın önemi büyüktür. Bazı araştırmacılar, ayın güneş sisteminin çözümlenmesi noktası olabileceğini belirtmişlerdir.

Ayın 14.650.000 mil karelik alanı, alışılmamış bir dalgalı arazi görünümündedir (Şekil 1). Ayın görünen yüzünün % 65'i görünmeyen yüzünün hemen tümü, 9000 metre yüksekliğe erişen, oldukça şiddetli parlayan, ışılmalı, gümüşe benzeyen bölgeler şeklindeki dağlık arazilerdir. Geri kalan alanlar karanlık ve düzgün yüzeyler şeklinde görülür ve «okyanuslar» olarak adlandırılırlar (ilk astronomlar bunların deniz olduklarına inanırlardı). Aydaki kraterler, taraçalar, ışınal çizgiler, çatlaklar (düzgün çukurluklar-dereler) ve domlar gibi çeşitli yüzey şekilleri arasında, kıvrımlı dereler de bulunmaktadır. Bu garip dar kanallar (*), yani bu menderese benzer karasal ırmaklar, bu incelemede ele alınacaktır.

(*) Aydaki kanallar doğal olarak boştur; bugünkü bilgilerimize göre su veya başka bir akışkan içermezler.

(**) Burada yalnız A.B.D.'nin elindeki ay fotoğrafları tartışılacaktır; çünkü yalnızca bunlara dayanan çalışmalar incelenmiştir.

AY FOTOĞRAFLARI (**)

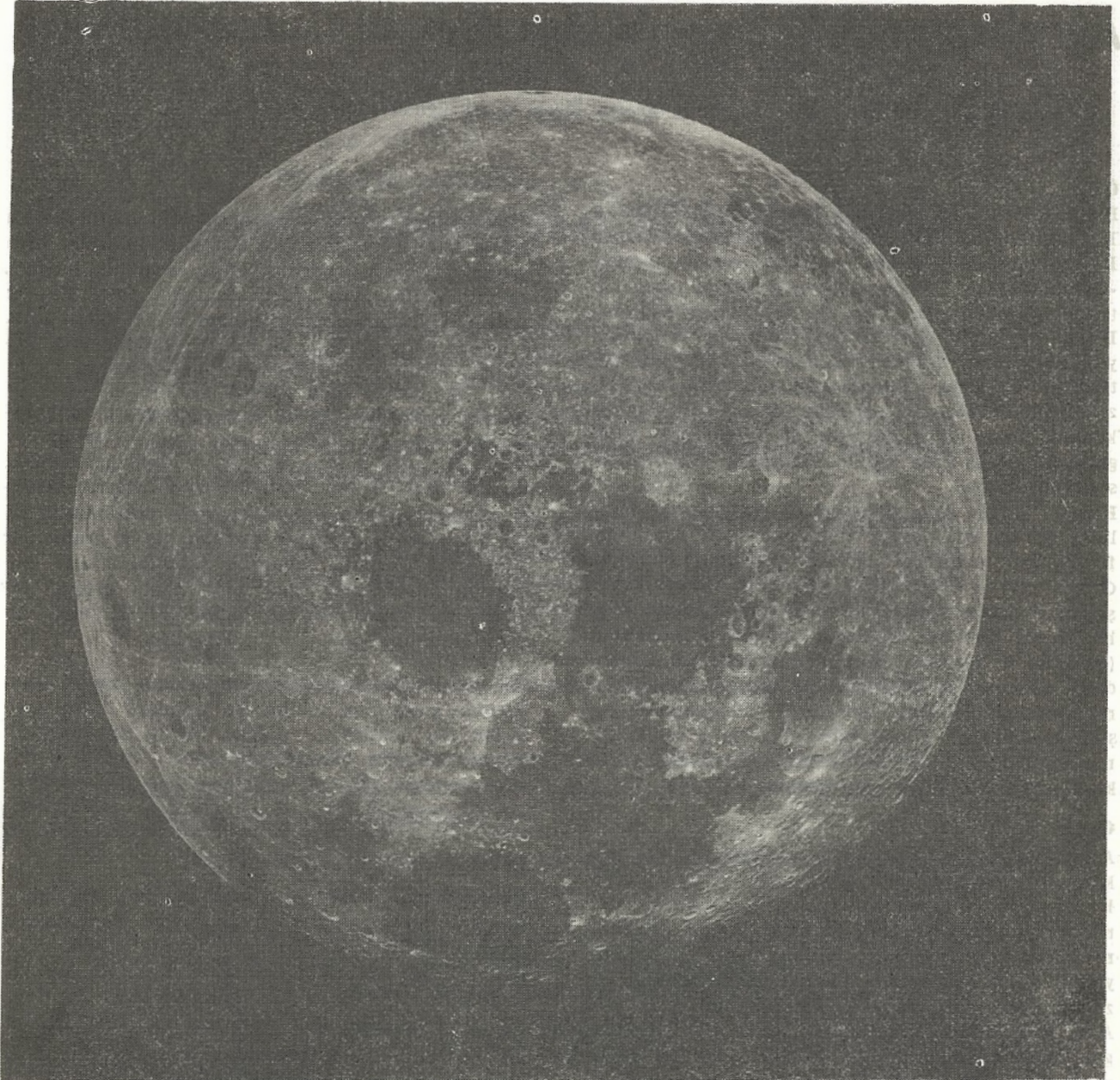
Önceleri, ay yüzeyinin teleskoplarla haritalanması yapılmıştı. Bu çalışmalarda 800 metreye kadar olan uzunluklar çözümlenebilmekteydi. Bununla birlikte, 1959 Ekiminde ayın öteki yüzünün fotoğraflarını alan, aya ilk inen uzay aracı olan Sovyet yapısı Luna 3 ile, daha iyi nitelikte ve giderek çözümlene olanağı artan fotoğraflar elde edilmeye başlanmıştır.

Ranger : Toplam olarak, 9 Ranger uçuşu yapılmıştır. Bunlardan 7 adedinde, uzay araçları kameraları bulunmaktaydı. Ranger VII (Temmuz 1964), Ranger VIII ve IX, 17.000'den fazla yüksek kalitede fotoğrafın bulunduğu ilk diziyi hazırlamışlardır. Bu fotoğraflarla 1 metre ve daha küçük uzunluklar için çözümlenmelerin yapılması sağlanabilmiştir. Ancak, insanlı bir uzay uçuşu için (Apollo projesi) yeterli bilgi edinebilmede bu kapsamın çok sınırlı olduğu düşünülmiştir.

Surveyor : Surveyor uzay uçuşlarının amacı, ayın önceden saptanmış noktalarına yumuşak inişler yapmaktır. Bu uçuşlarda, dakika dakika, ay yüzeyinin ayrıntıları diğer bilimsel gözlemlerle birlikte yeryüzüne iletilmiş, böylece 1 mm'ye kadar olan çözümlenmeler yapılabilmiştir. Bu uçuşlardan sonuncuları (III), toprak mekaniği yüzey örnekleyicisini de ek olarak taşıyordu.

Lunar Orbiter : Lunar Orbiter araçları, yörüngeye fotoğraf laboratuvarları yerleştirmek amacıyla yapılmıştı. Kamera sistemleri, fotoğrafları çekip filmleri develope ederek yeryüzüne iletmekteydi. Ay yüzeyinin 30 ile 6000 km üzerinden bu yolla son derecede iyi fotoğraflar elde edilmiştir. Beş Lunar Orbiter uçuşu olmuştur. Son iki uçuş, Lunar Orbiter IV ve V, 60 ile 170 metre arasındaki orta derecede çözümlenmelere uygun (medium resolutions-MR) fotoğraflarla ay yüzeyinin tamamını taramışlardır. Ek olarak seçilmiş sahalarda 1 ile 5 metre arasında yüksek çözümü veren (high resolutions-HR) fotoğraflar alınmıştır. Kuşkusuz, son iki Lunar Orbiter uçuşu, kıvrımlı dereler gibi ay yüzeyi oluşuklarının incelenmesi için en iyi topoğrafik verileri saptamışlardır.

Apollo : Buraya kadar tartışılan insansız programlar, yani Ranger, Surveyor ve Lunar Orbiter programları, esas olarak insanlı ay uçuşu programı olan Apollo projesi için gerekli bilgileri sağlamak amacıyla tasarlanmıştı. 20 Temmuz 1969 tarihinde, Apollo 11'in ay modülü «Kartalın mürettebatı, aya ilk ayak basan insanlar oldular. Apollo uçuşları daha çok fotoğraf ve ay toprağı üzerinde doğrudan doğruya çalışabilme olanağını sağlamıştır.



Şekil 1 — Ayın genel görünüşü, Apollo 11.

AYDAKİ AKINTI-ŞEKİLLİ OLUŞUKLAR

Sık sık «ay ırmakları» olarak da tanımlanan «**kıvrımlı dereler**», bu yazının ana konusudur. Şekil 2'de bunlardan iki örnek görülmektedir. **Kıvrımlı derelerin dağılımı**, Lunar Orbiter IV (HR) fotoğrafları üzerinde çalışan PEALE ve diğerleri (1) tarafından araştırılmıştır. Yalnızca çeşitli menderesleri olan ve belirli bir süreklilik ve tekdüzelik gösteren kanallar sınıflandırılmıştır. Ortaya çıkan dağılım, Şekil 3'te de görüldüğü gibi, büyüklüğü dikkate alınmadan her kıvrımlı dere bir nokta ile gösterilerek belirtilmiştir. PEALE ve diğerleri (1) dağılımın gelişigüzel olmayan bir şekilde, derelerin belirgin olarak denizel tipte malzemeye birlikte görülmesi ve dağlık bölgelerde görülmemesi şeklinde ortaya çıktığına dikkati

çekerler. Bundan başka, derelerin çoğunun dairesel «deniz basenlerinin» kenarlarında yer aldığı belirtilmiştir.

Kıvrımlı derelerin aşağıdaki geometrik özellikleri araştırılmış ve Şekil 4'te gösterilmiştir :

- 1) «Kanal» derinliği (D); uzaklık (L) ile değişir.
- 2) «Kanal» genişliği (B); uzaklık (L) ile değişir.
- 3) «Kanal» genişliği (B); ile menderes uzunluğu (M_L) ilişkisi.
- 4) «Kanal» genişliği (B); ile menderes genişliği (M_B) ilişkisi.
- 5) Toprak tane boyu dağılımı ve diğer toprak özellikleri.



Şekil 2 — Lunar Orbiter V'den kıvrımlı dereler - Hadley Deresi (MR 105) ve Marius Tepeleri (MR 212).

«Kanal» derinliği (D) ve «kanal» genişliği (B) ile uzaklık (L) ilişkileri araştırılmış Şekil 5'te gösterilmiştir. Araştırılmış olan derelerde —dereler, bugün için en belirgin «menderes» özelliği gösteren dereler gibi, belirli ölçüde bir gelişigüzelikle seçilmiştir— açıkça görülmektedir ki :

- 1) Bir uçlarında daha geniş ve daha derindirler,
- 2) Genellikle yüksek kısımlarda daha geniş ve daha derindirler,
- 3) Çoğu kez armut biçimli kraterciklerin içinde başlarlar.

Benzer gözlemler, PEALE ve diğerleri (1) ile SCHUBERT ve diğerleri (2) tarafından ortaya konmuştur. Bu sonuçlar, alçak kısımlarında daha geniş ve daha derin oldukları bilinen / yeryüzündeki ırmaklarla karşılaştırıldığında, ortaya ilginç bir durum çıkmaktadır. Bu GRAF tarafından (3) tartışılmıştır.

Menderes özellikleri iki unsurla belirlenmektedir. Şekil 6a'da menderes uzunluğu (M_1) ile «kanal» genişliği (B), ve Şekil 6b'de menderes genişliği (M_2) ile «kanal» genişliği (B) gösterilmiştir. Dağılımın açıkça görüldüğü ortadadır. Bununla birlikte, aydaki menderes özelliklerini daha iyi anlayabilmek için, bunları gömük menderesler, buz menderesleri, alüvyal ve alüvyal olmayan menderesler, menderes modelleri, yoğunluk akıntısı menderesleri ve «gulf stream» menderesleri gibi diğer menderes tipleri ile karşılaştırma yararlı görünmektedir. Bu karşılaştırma Şekil 7'de yapılmıştır; ayrıca ZELLER'in (4) be-

(*) Urey daha önce Pickering (1903) tarafından ortaya konulan ay ırmakları hipotezini hatırlatmaktadır.



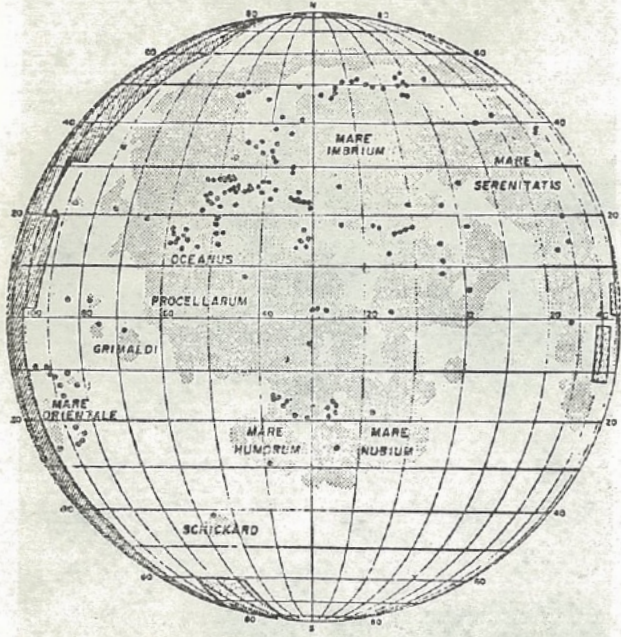
lirttiği resresyon eşitlikleri de gösterilmiştir. Aydaki kıvrımlı dereler, Şekil 6'daki verilerin sonuçlarına göre (8) ile gösterilmiştir. Ay mendereslerinin geometrisinin kolaylıkla çeşitli tipte yeryüzü menderesleriyle karşılaştırılabilmesi, oldukça ilginç görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 7'nin ışığı altında, PEALE ve diğerlerinin (1) «dereler ve yeryüzü ırmaklarının görünüşteki benzerlikleri, derelerin yüzey sularının erozyonu ile oluştuğunu düşündürür» şeklindeki açıklamaları reddedilmelidir.

Bugün için ay toprakları konusunda genelleştirilmiş bir bilgimiz yoktur. Surveyor ve özellikle Apollo araçlarının topladığı toprak materyali incelenmiştir. Apollo 11'in indiği yerdeki ay toprağı COSTES ve diğerleri (5) tarafından tartışılmıştır. Bu, esas olarak geniş ölçüde silt-ince kum tane boyundaki iri tanelerden oluşan hafifçe yapışık, granüler, ve sıkıştırılmayan bir malzemeden oluşmuştur. Ay yüzeyindeki erozyon olduğuna ilişkin belirtiler vardır; bu, çoğu kayaların yuvarlaklığından anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, köşeli kayaç parçacıkları da bulunmuştur. Ay yüzeyi, 5 ile 20 cm derinliğe kadar yumuşak olarak tanımlanmaktadır.

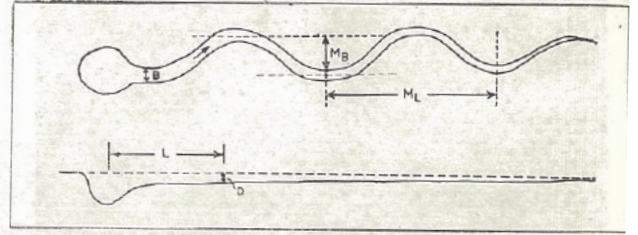
KIVRIMLI DERELERİN OLASILI AÇIKLAMALARI

Bu oluşuklarla ilgilenen birçok bilim adamları, aydaki kıvrımlı derelerin kökenini açıklamaya çalışmışlardır.

Sulu Akıntılar : Aydaki birçok yüzey şekillerini açıklamada suyun varlığının yardımcı olduğunu öne süren çeşitli araştırmalar vardır. 1956'ya kadar, UREY (6) ayda suyun bulunduğunu —yüzey ve derinlik suları olarak her tipte— ve ay yüzeyinin en

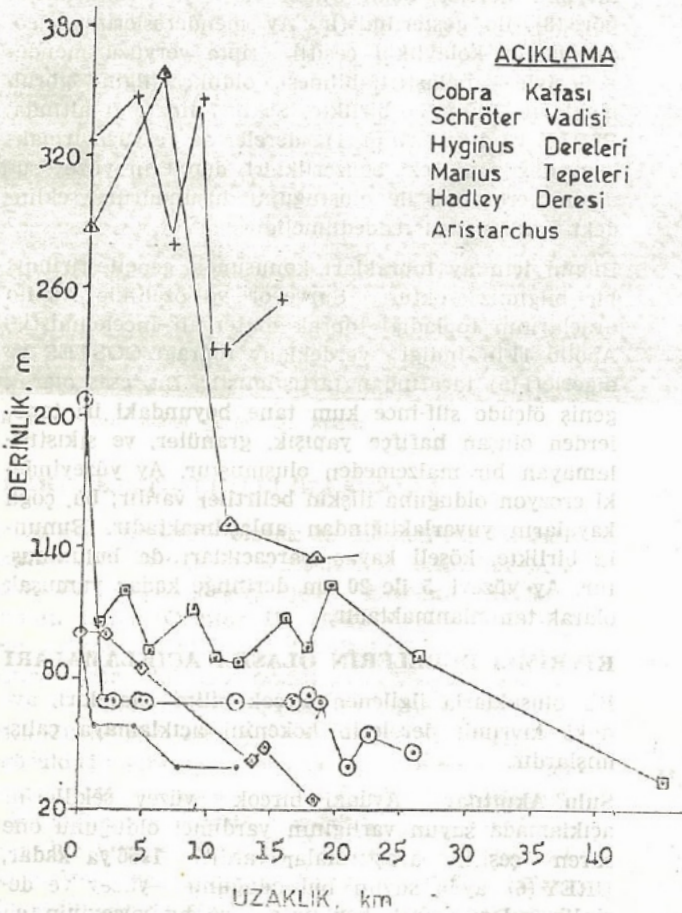


Şekil 3 — PEALE ve diğerlerine göre (1) kıvrımlı derelerin dağılımı - Harita ayın 30° batı boylamına göre merkezlenmiştir; çerçeve içine alınan taramalı alanlara ait fotoğraflar elde edilememiş olduğundan, bu bölgeler kapsam dışı bırakılmıştır.

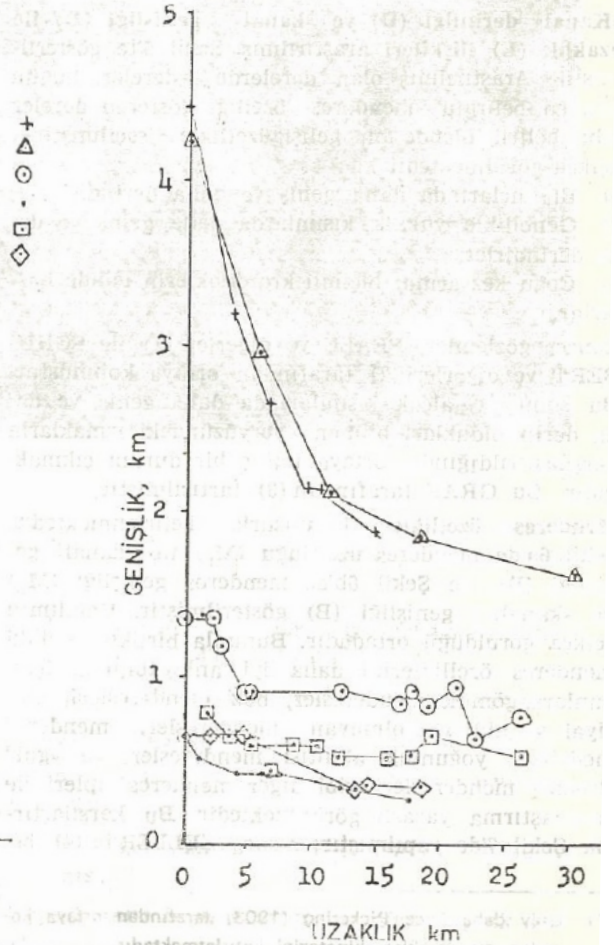


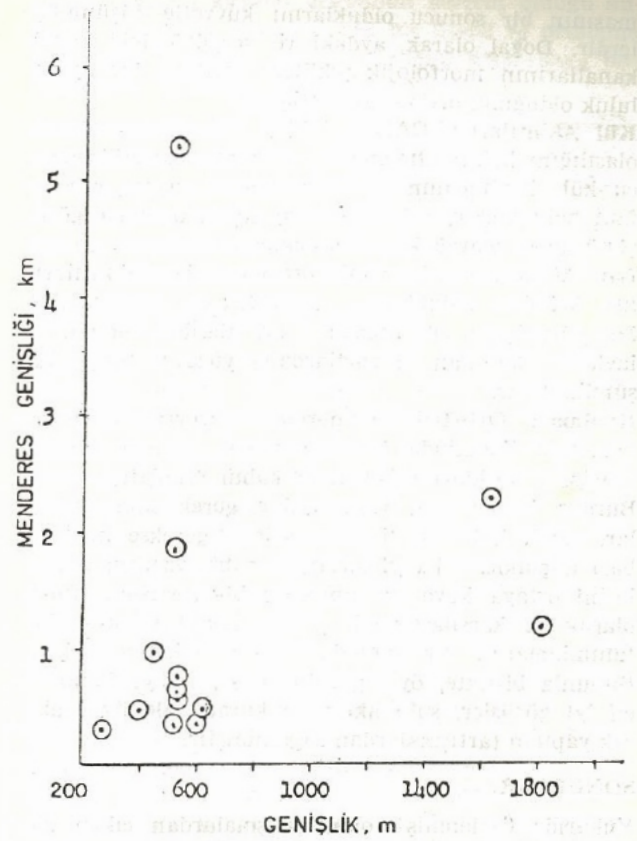
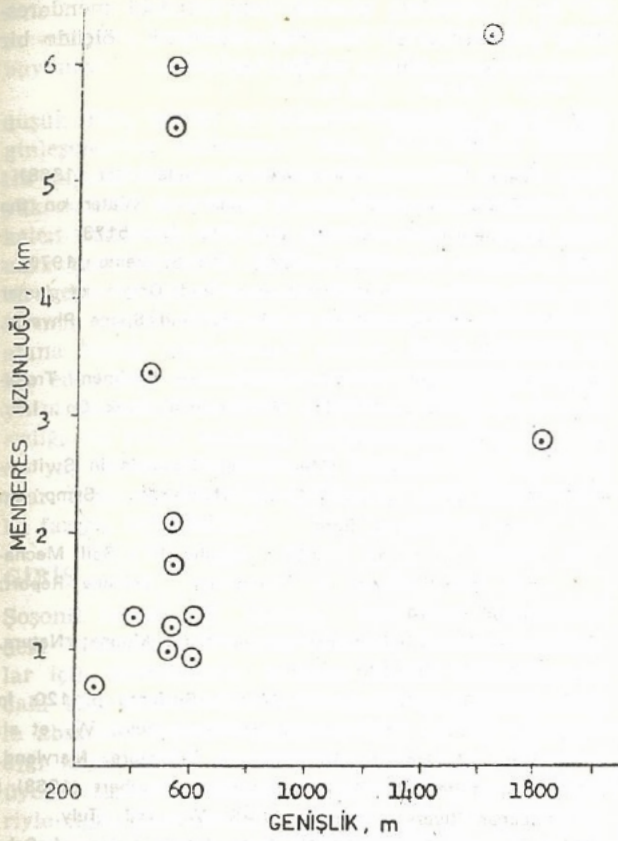
Şekil 4 — Ay derelerinin geometrik özelliklerinin şematik gösterilişi.

azından kısmen akan sular tarafından şekillendirildiğini ileri sürmüştür. Urey, okyanusların «kurumuş veya donmuş denizler» ve kıvrımlı derelerin de su akıntılarının (*) sonuçları olduğunu belirtir. Bundan başka, «bu vadilerin her iki ucunda da sediman birikmelerinin ve ırmak kollarının bulunmadığı gözlenmiştir. Bu, dere yamaçlarının çökme ile oluştuğunu düşündürür; bu da suyun ay yüzeyi altında akarak tüneller oluşturması ve bu tünellerin daha sonra çökmesi ile gerçekleşir. Bununla birlikte, Urey bir yüzey suyu aşındırma mekanizmasını da ileri sürer. Ay ile çarpışan bir kuyruklu yıldız suya geçici bir atmosfer kazandırmış, açığa çıkan su da kıvrımlı dereleri aşındırmıştır. Fakat Urey, su yerini



Şekil 5 — İncelenmiş dereler için «kanal» derinliği (D) ve «kanal» genişliği (B) ile uzaklık (L) ilişkisi.



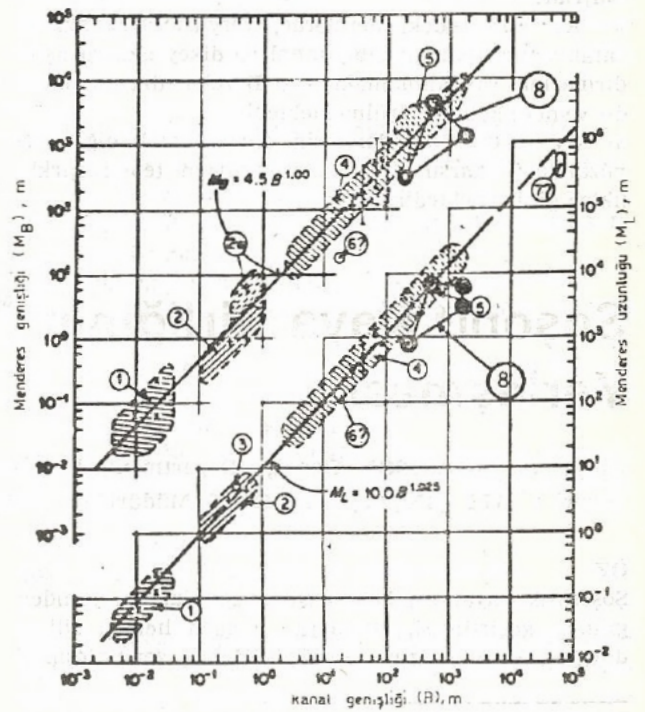


Şekil 6 — İncelenmiş kıvrımlı dereler için menderes uzunluğu (M_L) ve menderes genişliği (M_B) ile «kanal» genişliği (B) ilişkisi.

bir lav akıntısının da olabileceği olasılığını düşünmemektedir.

Bugün için ayda herhangi bir yüzey suyu belirtisi görülmemektedir. ama GOLD (7) gibi araştırmacılar ay yüzeyine suyun nasıl gelebileceği üzerine bir mekanizma düşünmüşlerdir. Buna göre, aşağı yukarı 100 metre derinlikte, plastik, buz özelliklerini taşıyan sürekli donmuş durumda bir katman bulunmaktadır. 1 kilometre kalınlığında olan bu katmanın altında, su (kapanımlar halinde) bulunmaktadır. Meteoritlerin çarpmasına, faylanmaya veya volkanik etkinliğe bağlı olarak sürekli donmuş katmanda bir kırılma, iç kısımlardan bir su-toprak karışımının derinlerden gaz çıkışı şeklinde dışarı çıkmasını sağlar. LINGENFELTER ve diğerleri (8) ayda boşluk koşulları altında yüzey suyunun olabileceğini göstermişlerdir, «çünkü, buzun gömülerek basınç altında kalması, sıvı fazın ortaya çıkması için gerekli olan basıncı sağlayabilir». Böylece, ay ırmaklarının buzla kaplı olduğu ve sıvının buz-su sınırında donmaya devam edeceği belirtilmektedir. Bu, bir ay ırmağı boyunca «kanal» derinliği ve «kanal» genişliğindeki azalmayı açıklamada yardımcı olabilir (Şekil 5'e bakınız). Ay fotoğraflarında bugün için gördüğümüz, buz (ve su) sonuçta buharlaşmış olduğundan, kuru ırmak yataklarıdır.

SCHUBERT ve diğerleri (2) ay ırmakları gibi belirli jeomorfolojik şekillerin yüzey sularının aşındır-



Şekil 7 — ZELLER'e göre mendereslerin geometrisinin görünür ilişkisi - Değinilen Belgeler bölümündeki Kaynak 3, s. 263'e bakınız.

masının bir sonucu olduklarını kuvvetle düşünmüşlerdir. Doğal olarak, aydaki ve yeryüzündeki ırmak kanallarının morfolojik şekilleri arasında bir uyumluluk olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kül Akıntıları : CAMERON (9) suların aşındırma olasılığını kabul etmemiş ve volkanik bir etki sonucu kül akıntılarının (nuées ardentes) ortaya çıkacağını belirtmiştir. O'KEEFE (10) kül akıntıları görüşünü genel olarak kabul etmektedir.

Lav Akıntıları : Kıvrımlı derelerin lav akıntılarının ürünleri olduklarını KUIPER ve diğerleri (11) öne sürmüştür. Okyanusların lav alanları olduğu ve lavların «bulunan magmalardan» yüzeye çıktığı düşünülmüştür.

Kırılma : QUAIDE (12) derelerin gevrek kabuğun kemerler biçiminde kıvrımlanması sonucu oluşan tansiyon kırıkları olduklarını kabul etmiştir.

Buraya kadar olan varsayımlar, gerek sulu akıntılar, gerek kül veya lav akıntıları, gerekse kırılma, bazı güçlüklerle karşılaşılır. Her bir yazarın görüşlerini ortaya koyarak yapılacak bir tartışma sınırlı olacak ve karşılaştırmalı (yerküre-ay) ve nitel bir tanımlamanın bir noktada dışına çıkamayacaktır. Bununla birlikte, öyle görülüyor ki, ortaya konulan en iyi görüşler, sulu akıntılar kuramı ile ilgili olarak yapılan tartışmalardan sağlanmıştır.

SONUÇLAR

Yukarıda derlenmiş olan çalışmalardan çıkan sonuçları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- 1) Aydaki kıvrımlı dereler, eğim aşağı inildikçe (kaynaktan uzaklaştıkça) sığlaşmakta ve daralmaktadırlar.
- 2) Ay yüzeyindeki derelerde, yeryüzündeki akarsu yataklarında olduğu gibi, yanal ve dikey akarsu aşındırmasına rastlanmamaktadır. Dereler dik yamaçlıdır ve dere kolları görülmemektedir.
- 3) Ay yüzeyindeki derelerin oluşum mekaniği, yeryüzündeki akarsu yataklarınıninkinden temel farklılıklar göstermektedir.

Şoşonit Kaya Birliğinin Özelliği ve Tektonik Yerleşmesi

Gregg W. MORRISON Geology Department. University of Western Ontario, Kanada.

Çeviri : ALİ DİNÇEL, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi, Ankara.

ÖZ

Şoşonitik kayaların belli başlı oluşumlarının yeniden gözden geçirilmesi, bunların hemen hemen silisçe doygun, K'ca zengin ve düşük demir zenginleşmesi

Oslo'da yayınlanan LITHOS dergisinin 1980 yılı 13 no.lu sayısının 97-108 sayfalarındaki «Characteristics and Tectonic Setting of the Shoshonite rock association» adlı makaleden kısaltılarak Türkçeleştirilmiştir.

4) Ay yüzeyindeki dereler, yeryüzündeki mendereslerin geometrisiyle karşılaştırılabilecek ölçüde bir menderes geometrisine sahiptirler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Peale, S., G. Schubert, and R. Lingenfelter (1968) : «Distribution of Sinuous Rilles and Water on the Moon»; Nature, Vol. 222, No. 5173.
- [2] Schubert, G., R. Lingenfelter, and S. Peale (1970) : «The Morphology, Distribution, and Origin of Lunar Sinuous Rilles»; Rev. Geophysics and Space Physics, Vol. 8, No. 1.
- [3] Graf, W. (1971) : «Hydraulics of Sediment Transport» (in Sec. 10.3.2); McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, New York.
- [4] Zeller, J. (1967) : «Meandering Channels in Switzerland»; Intern. Assoc. of Sci. Hydrology, Symp. on River Morphology, Bern.
- [5] Costes, N. et al. (1969) : «Apollo 11's Soil Mechanics Investigation», in Preliminary Science Report; NASA SP-214.
- [6] Urey, H. (1967) : «Water on the Moon»; Nature, Vol. 216, No. 5120.
- [7] Gold, T. (1965) : «The Moon's Surface» p. 120, in «The Nature of the Lunar Surface»; Hess, W. et al. (Ed.), J. Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland.
- [8] Lingenfelter, R., S. Peale, and G. Schubert (1968) : «Lunar Rivers»; Science, AAAS, Vol. 161, July.
- [9] Cameron, W.S. (1964) : «An Interpretation of Schröter's Valley...»; Amer. Geophysics Union, JGR, Vol. 69, No. 12, p. 2423.
- [10] O'Keefe, J. (1965) : «Lunar Ash Flow», in «The Nature of the Lunar Surface»; Hess, W. et al. (Ed.), J. Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland.
- [11] Kuiper, G.P., R. Strom, and R. LePoole (1966) : «Interpretation of Ranger Records»; in Ranger VIII and IX (p. 40, p. 199), JPL TN 32-800.
- [12] Quaide, W. (1965) : «Rilles, Ridges, and Domes», Icarus, Vol. 4, pp. 309-389.

bakımından kalkalkalen veya alkali bazalt birliklerinin bir kısmı olarak sınıflanmalarının çok şüpheli sayılmayacağını gösterir. Bu grup burada Şoşonit kaya birliği olarak anılacaktır. Şoşonit kaya birliğini oluşturan hipersten-olivin normativ bazaltları, düşük demir zenginleşmesi, yüksek $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, yüksek hafif iyon litofil elementleri içeriği, yüksek fakat değişebilir Al_2O_3 , yüksek $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ve düşük TiO_2 ile karakterizedir. Mineralojik özellikleri şunlardır :