

AY ÜZERİNDE CEVHER YATAKLARININ OLUŞUMLARI VE ÖNEMLERİ

Hermann BORCHERT

Clausthal Teknik Üniversitesi

ÖZET. — En önemli önkoşullardan kısaca söz ettikten sonra, ay üzerinde herhangi bir şekilde ekonomik önem elde edebilecek hiç bir yeraltı servetinin bulunamayacağı görüşünün bir temele dayatılmasına çalışılmıştır. Buna karşılık, jeolojik ve kozmolojik bilgilerimizin bugünden tespitine imkân olmayan nispetteki genişlemesi, bugün ve gelecekte bütün insanlık gayretlerinin başlıca ağırlık noktasını teşkil edecek kadar bilimsel bir ilgi ile karşılanmak gerekmektedir.

K. Krejci-Graf (1959), K. v. Bülow (1963 - 1967) gibi jeoloji sahası uzmanlarının oldukça esaslı etütlerinde, çoğunlukla pek ihtiyatlı ve çekingen bir dil kullanarak, ay üzerinde işe yarar mineral zenginliklerinin bulunabileceği ihtimalinden söz edilmektedir. Öte yandan, insanoğlunun bugün için en fazla önem verdiği ve istek duyduğu altın, uranyum, elmas ve başka yeraltı servetlerinin bulunabileceği yolunda, gazetecilik balonlarına da her gün rastlanmaktadır.

Genel cevher yatakları bilimi üzerindeki tecrübelere dayanarak bu problem çevresi hakkında, ne de olsa bir temele dayanan birkaç söz söylemek mümkündür. *Armstrong, Aldrin* ve *Collins* adlı üç Amerikan astronotunun Apollo 11 yolculuğundan getirdikleri numuneler, pek yakında ilk inanılır haberleri ortaya çıkaracağından, bilimsel açıdan söze başlamanın sırası geldiği kanısındayız.

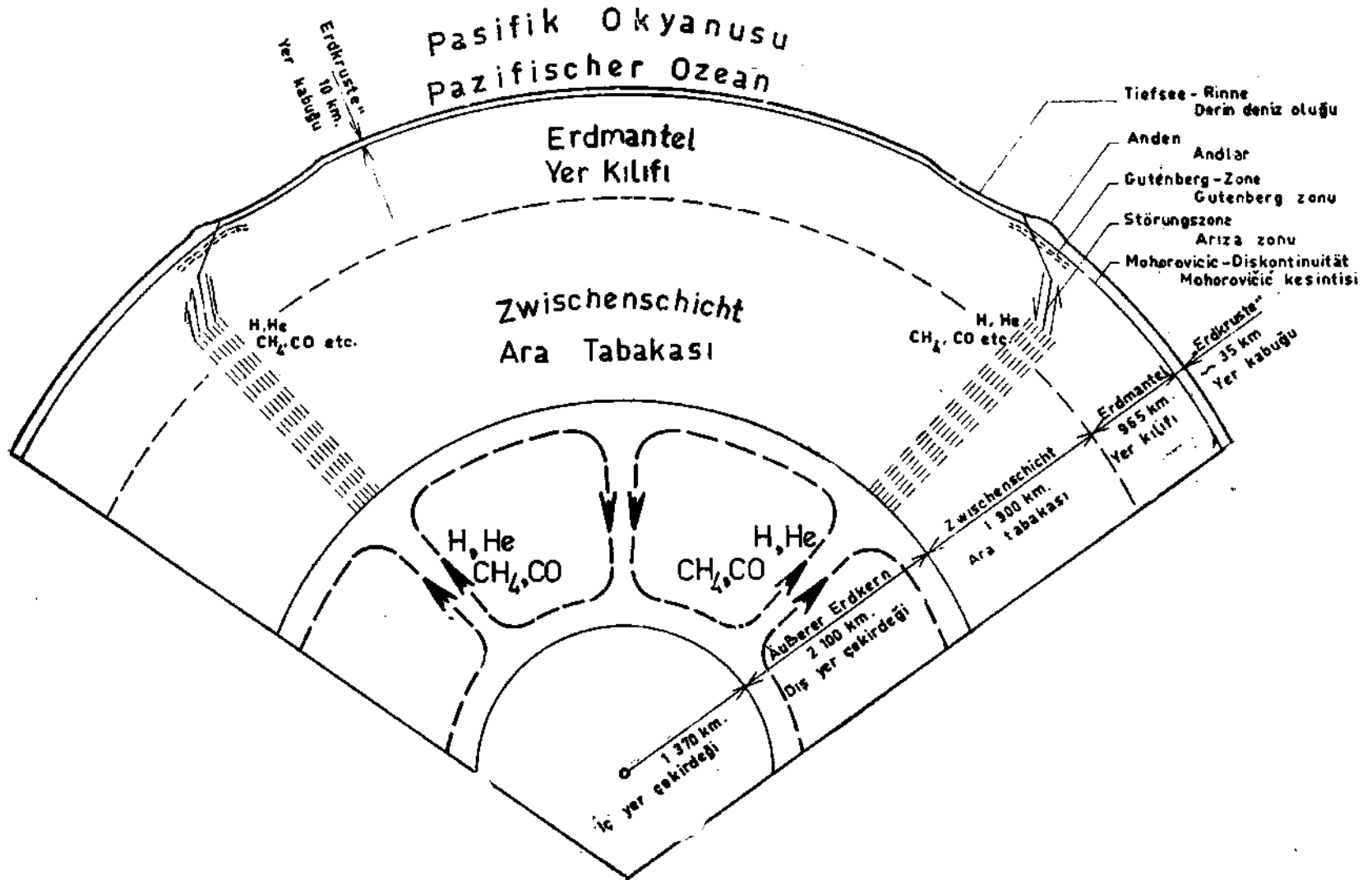
Son yıllarda kısmen artan bir ihtimalle ortaya atılmış olan genel önkoşullar hakkında önce kısaca birkaç söz söylemek yerinde olacaktır :

1. Güneş sistemi, yaklaşık olarak 5 milyar yıl önce oluşmuştur.
2. Dünya, ay ve güneş gereçleri, yaklaşık olarak ve element sıklığını birer milyon silizium kabul edersek, takriben eşdeğerli bir bileşim göstermektedirler.
3. Dünya ve ay gerecinin hidrojen ve helyum ana maddelerinin asıl güneş gerecinden boşluğa uçmasından sonraki kondansasyonu, geniş ölçüde eşitli olmak gerekir (A. Eucken, 1944).
4. Bu arada dünyamız (ve aynı zamanda Venüs ve Merkür gezegenleri) ve ay (Merih gezegeni de dahil olmak üzere) — ve onların çok daha düşük yoğunlukları — arasında çok önemli farklar bulunmaktadır (Tablo 1).

Table - 1

Gezegen	Yoğunluk	Dünya=1 olunca kıyaslama nispeti
Merkür	5.0	0.05
Venüs	5.1	0.81
Dünya	5.52	1
Ay	3.3	0.012
Merih	3.9	0.107

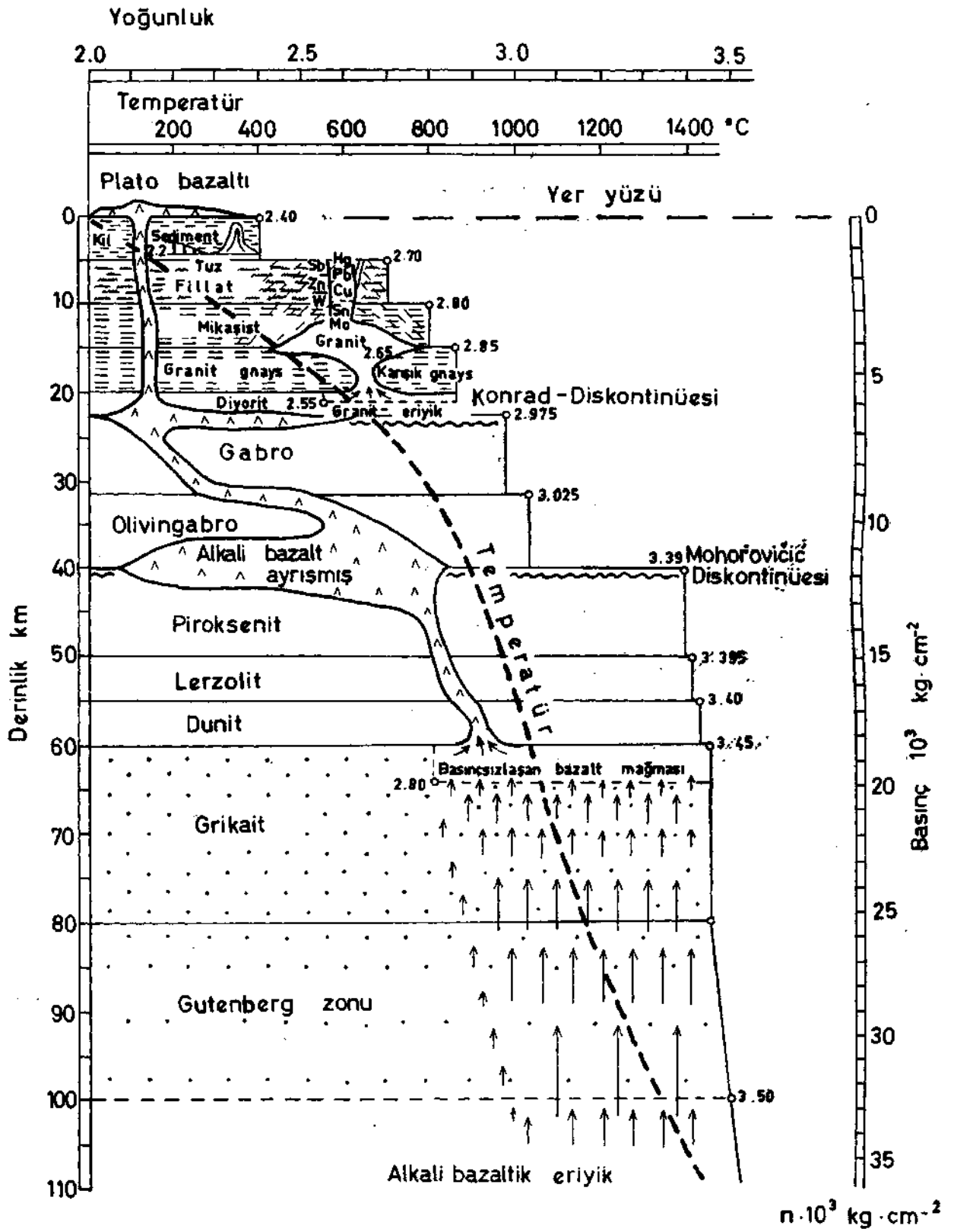
- Dünya, yarıçapı yaklaşık 3500 kilometre olan bir çekirdeğe sahip olup, bu çekirdeğin dış kısmı sismik, manyetik ve başka donelere göre sıvı halinde demirden meydana gelmiştir ve bu durum özellikle A. Eucken (1944) tarafından fiziksel-kimyasal delillerle inanılır bir temele dayatılmıştır. Bununla birlikte, bu dünya çekirdeği içinde hiç de önemsiz olmayan güneş gerecinin bulunmakta oluşu muhtemeldir (Şek. 1).
- Yalnız dünya kabuğu değil, dünya kılıfı ve ara tabakası için de, dünyanın iç tarafında 3000°C den fazla ısının hâkim bulunmakta olduğu muhtemel olmakla birlikte, kristalin ve esnemez bir durumun mevcut bulunduğunu kabul etmek gerekir. Bu makalenin yazarı, dünya kılıfı için (1950 de W. E. Tröger ile birlikte) esnemezlik durumunu başlıca petrolojik, jeotektonik ve volkanik-magmatik nedenlere dayanarak kabul etmiştir (H. Borchert, 1967). Son zamanlardan A. Neuhaus (1965) bu görüşü çok sayıda deney ve düşüncelerle desteklemiştir. Basınç arttıkça kristal kafesleri içindeki zerrelere giderek daha sıkı bir hal alması, iyon bağlantısı azaldıkça ve metal bağlantı türlerinin iştirak payı yükseldikçe, koordinasyon rakamında da sistematik bir artış meydana geldiği bir gerçektir.
- Dünya kılıfının bileşimi peridotitik olmayıp, başlıca $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ ten meydana gelmiş ve böylelikle kondritik meteoritler gibi — birçok meslektaşın bugün kabul etmek istedikleri biçimde — olmadığı ve dünyada en çok rastlanan püskürük kayacına, yani bazalta benzediği de bir gerçektir. Gerçekten de, peridotitlere karşı çok daha yüksek nispette Al_2O_3 , CaO , SiO_2 ve TiO_2 ihtiva eden akondritik meteoritlere olan ilişkiler daha esastır.
- Ayda atmosfer yoktur. Çekimi, dünya ölçülerine göre 0.012 olduğundan, bu nispet adı geçebilecek miktarlarda gaz (H , CH_4 , CO , CO_2 , N_2 , O_2 gibi) biriktirmeye yetmemiş olmalıdır (G. P. Kuiper, 1949). Böylece kozmik aşamada bazalt nev'inden eriyiklerin, fraksiyone kristalizasyonundan önemli miktarda serbest kalacak su gazının bağlanımı da mümkün olamamış ve bu arada hiç bir zaman A. Rittmann'ın (1948) dediği gibi bir «pnömatosfer» meydana gelememiştir. Bu durumu aşağıda ayrıca anlatacağız. Bu durum karşısında yine hiç bir zaman «anorganik» olarak ayın ilkel atom sferinde önemli nispette oksijen birikmemiştir (H_2O buharı üzerine ultraviyole güneş ışını etkisi sonucunda).
- Bazaltik magmadan fraksiyon suretiyle kristalize olan mineraller, dünya durumuna göre çok daha düşük OH ve H_2O tenöründe olacaklardır. Her şeyden önce ay çukurlarının (Mare) derinliklerinde okyanuslara benzeyen teşekküller kondanse olamamıştır.



Şek. 1

10. Şekil 2, dünya kabuğunun jeolojik oluşum süresince gelişen normal karasal profilini göstermektedir. «Oseanik yer kabuğu tipi» veya «eski karalar» denilen ve muhtemelen 100 kilometreden aşkın metamorfik karakterli kristalin şist ihtiva eden varyantlara burada değinilemeyecektir (H. Borchert & W. Böttcher, 1967; H. Borchert, 1951, 1968; A. G. F. Winkler, 1965). Şekil 2 deki 20-60 kilometrelik derinlik kısmı, takriben primer olarak gezegen ve ay gibi cisimlerin oluşumunu temin eden ve dış silikat eriyiği kılıflarının bazaltik bileşimli olmaları sonucunu veren kabuklu yapıya muadildir.
11. Jeoloji sahasındaki meslektaşların çoğu, ayın dış kılıflarının yaklaşık olarak bazaltik bileşim gösterdiğinde bugün için fikir birliğindedir. «Mare» denilen boşlukların çoğunlukla «Lunabas» adı verilen bazaltik eriyik gereciyle dolu olması büyük bir ihtimaldir. Gerçekten de morfolojik şekiller Hawaii tipinden olan kıta volkanlarının bazaltik lavlarına o kadar uygundurlar ki, ay yüzeyindeki en önemli büyük ve küçük formasyonların volkanik bir teşekkül olduklarına şüphe edilemez.
12. Aydaki büyük formasyonların, kraterlerin, halka dağların (meteorit saplanması nazariyesi) oluşumu bakımından uzun zaman birçok Amerikalı ve astronomların çoğunluğu tarafından tercihan kabul olunan «*impakt*» nazariyesi — diğer birçok petrolojik jeolojik delillerin yanısıra — ayın görünmeyen yüzünde hemen hemen hiç mevcut olmadıkları muhtemel bulunan büyük çukurların statistik olmayan bir dağılım gösterdikleri gerçeği karşısında çürümektedir.¹
13. Çukurları çevreleyen ve birçok dağları da meydana getirmiş olan çekimin, dünyaya göre çok düşük olduğu ayda, çok büyük kalınlıklara erişen «Halka dağlar» ın yapı gereci, çoğunlukla «Lunarit» adı verilen bol SiO₂ tenörlü kayaktan ibarettir. Lunaritin demir, titan ve nikel tenörü de az daha düşüktür. Bu gercin bol alkali ihtiva eden bazaltik magmanın eriyik kalıntıları olması ve bu arada çok değişik taneli gevşek volkanojen tüflerin de (toz büyüklüğünden iri bloklara kadar) önemli payı bulunması muhtemeldir.

¹ Dr. Ing. Horst Lohrmann ile yapılan tartışmalar sonucunda, *neden* sadece dünyadan görünen ay yüzünde büyük çukurların bulunduğu teorik olarak bir temele dayatılma denemesini ortaya çıkarmıştır. Şurasını muhtemel olarak kabul etmek gerekir ki, ilk kozmik kondansasyon işlemleri, *ağır materyeli tercihan ayın dünyaya dönük yüzüne yığılmıştır*. Bu suretle sonradan gelen kristalizasyon işlemleri de, başka türlü bir seyir almış ve böylece dünyaya dönük ay yüzündeki volkanizma da daha uzun sürmüş ve daha şiddetli olmuştur. Peyklerin yörüngelerindeki düzensizliklere dayanarak, tespit olunan *birkaç büyük çukur menzili içindeki gravite fazlalıkları*, dünya-ay sisteminin kozmik oluşum aşamasında meydana gelmiş olmalıdır. Böylece ay gercininin kondansasyon safhasında ortaya çıkan hafif eksantrik kitle dağılımı, daha ağır eriyik materyelinin ve aynı zamanda silikat kristallerinin dünyaya dönük ay yüzünde daha fazla birikmelerine sebep olmuştur. Dünyamıza mensup ayda ve daha başka gezegen peyklerindeki günlük seyirin *neden* aylık seyir süresiyle uygun düştüğü hususunda böylece akla yakın bir açıklama ortaya çıkmış olmaktadır. Gelgit sürtünmeleri sonucunda meydana gelen rotasyon ve seyir zamanı ve benzeri durumların açıklanmasında âdet edinilmiş olan izah tarzı, böylece meselenin köküne inememektedir. Kaldı ki, bu düşünceler ay yüzündeki irili ufaklı formasyonların «volkanik» oldukları yönündeki «impakt» nazariyesinden daha fazla muhtemel görünmektedir. Öte yandan jeoloji bilginleri tarafından bugünlük çok revaçta bulunan *planetesimal* nazariyesi, gezegen oluşumu bakımından (soğumuş meteorit nev'inden materyel ile radyoaktif, gravitasyon enerjisiyle erime derecesinde ısınmış materyelin bir araya gelmesi), meselâ Fischer Ansiklopedisinde «Astronomi» faslında, ciddiye alınması gereken üç nazariyenin yanısıra, ifadeye değer bile görülmemiş ve bugünkü bilgi durumumuza göre ihtimalin bir hayli dışında telâkki edilmekte bulunmuştur.



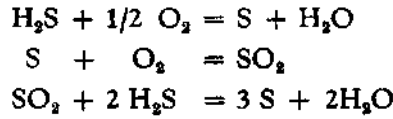
Esas itibarıyla Borchert ve Tröger'e göre (1950)

14. *Çukurların büyük formasyonları* — ekseriya basamaklı durumda çökmüş olmak üzere — *daha derindeki ergime yuvalarının boşalması sonucunda az çok konsantrik biçimde çökmüşlerdir.* Bunlara uygun volkanik çöküntü (kaldera) formasyonları, çoğunlukla nispeten daha küçük boyutlarda olmak üzere daha lokal, daha sığ magma hücrelerindeki yüksek yer kabuğu menzillerinde, dünya üzerindeki yer kabuğu volkan çevrelerinde de görülür. Ay yüzündeki küçük formasyonların büyük çoğunluğunun *volkanistik görüşlere uygun* oldukları ve *meteorit-impakt nazariyesine karşıt* buldukları önemlidir.
15. Aydaki küçük ve büyük formasyonların çoğunun, en azından birkaç yüz kilometre kalınlığındaki bazaltik bileşimli silikat eriyiklerinin primer soğuma ve katılaşması esnasında meydana gelmiş oldukları, çok sayıdaki bulgulara dayanarak muhtemel görülmektedir. Ay morfolojisinin temel hatları her halde üç milyar yıldan önce şekil bulmuştur. Ay yüzeyinin en önemli formasyonlarının 4.5 milyar yaşında olmaları bile muhtemeldir.
16. Ay gerecinin fraksiyon kristalizasyonunun, en üstteki 60 km kadar olan sahada dünyanın ilkel kabuğundakine benzer bir seyir takip etmiş olması ihtimali vardır ve bundan sonra da daha derinlerde ve basınç arttıkça dünya kılıfı ve ara tabakasındakine benzer olaylar geçmiş olabilir. Buna iştirak etmiş olan yüksek basınçlı kristal fraksiyonu hakkında A. F. Williams'ın (1930) çalışması, önemli dayanak noktaları vermektedir (Neuhaus, 1965; H. Borchert, 1962 ve 1967).
17. Dünya ile ay arasındaki en önemli fark, *ayın muhtemelen sıvı halinde kalmış demirden bir çekirdekten yoksun* bulunmasıdır — meteoritlerdeki metal aşamasında olduğu gibi —. Bu durum, dünya ile ayın çok değişik yoğunlukları karşısında da muhtemel görülmektedir (Tablo 1). Gezegen ve ay gibi uzay cisimlerinin oluşumlarında, milyarlarca yıl sürebilen büyük menzilli konveksiyon akımlarının da burada mevcut olup olmadıkları durumu kesin önem taşır. Bu akımlar mevcut değilse, silikatın katılaşması en iç çekirdeğe kadar erişebilir ve bu takdirde, böyle uzay cisimlerinde «*canlı tektonik*» yoktur, yani bunlar bir «*jeolojik tarih*» e sahip değildir. İlk katılaşmadan sonraki bir *tarihsizlik* — ve belki de yüzey gerecinin uzay ve özellikle güneş ışınları etkisine dayanarak meydana gelmiş pek düşük nispette çözülmemesi ve öte yandan sporadik meteor düşüşleri, çok yüksek ısı değişimleri gibi faktörler bir yana — genel cevher yatakları yönünden yürütülen düşüncelerle birlikte, ayyüzünde hemen hemen mineralik yeraltı servetlerinin bulunamayacağı ve kesinlikle uranyum, altın ve elmas ve bunlara benzer istek uyandırıcı hammaddelerin olamayacağı sonucunu doğurur.

Şimdi bu görüşü az daha yakından ele alarak delillendirmeye çalışalım :

- I. Öncelikle prensip olarak ancak bazaltik magmanın kristalizasyon fraksiyonu ile bağlantı kurulabilecek, işe yarar minerallerin bulunabileceği akla gelebilir. Bu arada özellikle deniz suyunun (Şek. 3) oluşumda baş rolü oynadığı yeraltı servetleri söz konusu olabilir; yani bazaltik magmaların ağır metal ihtiva eden kalıntı eriyiklerinin (Lahn-Dill tipi) çökelebilecekleri veyahut az çok bakırlı pirit (Huelva, Lökken, Outokumpu ve Japonya pirit yataklarının çoğunda olduğu gibi) kitleleri ve öte yandan alacalı metal tenörlü cevher sedimentlerinin (Rammelsberg, Meggen a. d. Lenne ve benzerleri) ve nihayet Arkaikten bu yana geniş bir yayılım gösteren «*jeosenkinal*» şist-hornştayn-spilit formasyonlarının çökelmiş olabilecekleri denizlerin mevcudiyeti gerekir.

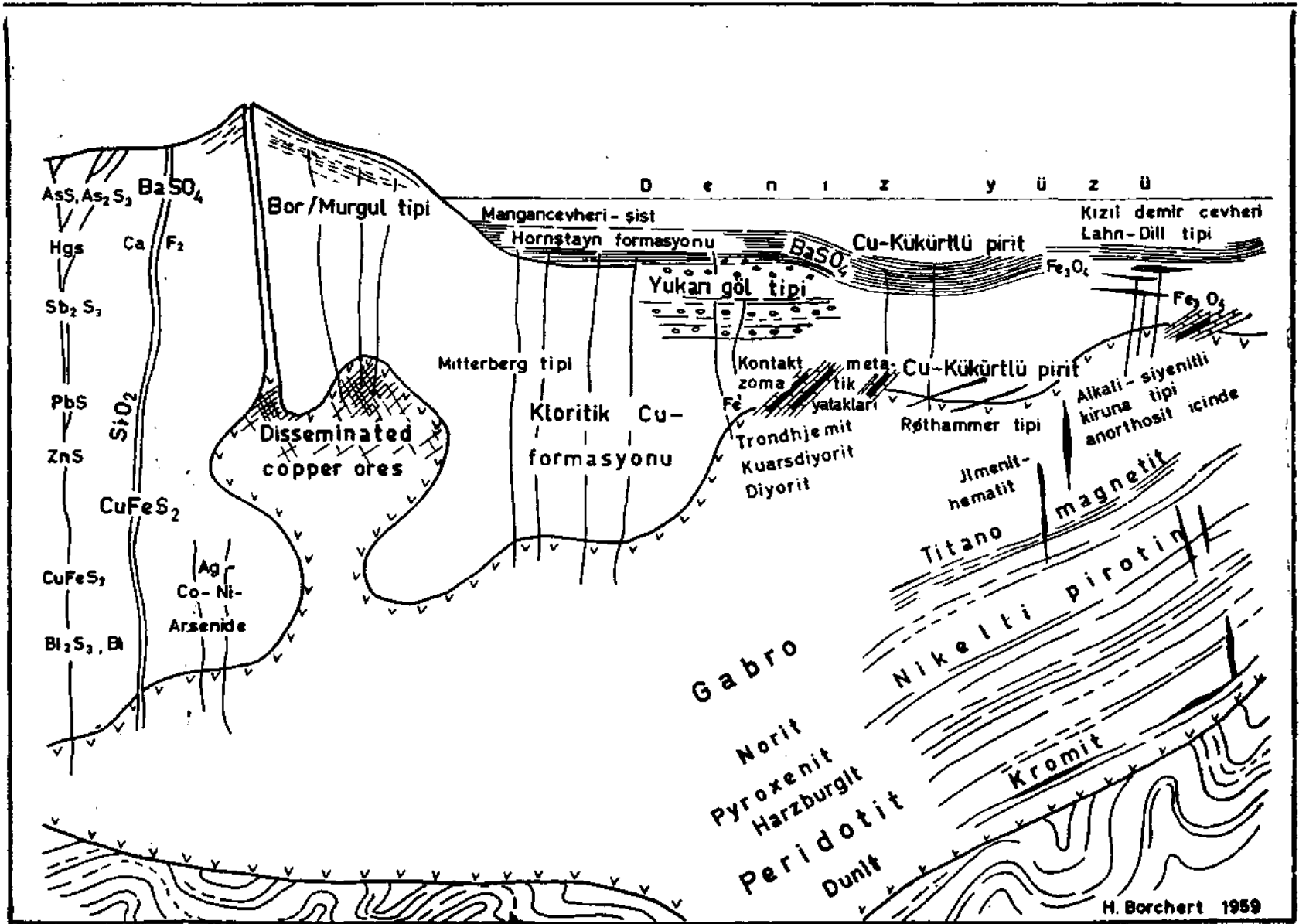
- II. Volkanik ekshalasyonlardan ileri gelen mineral oluşumları ise, prensip itibariyle, mümkündür. Bu mineraller, genellikle bakıldıkta, dünya üzerinde bile, mukayese bakımından az önem taşıdıklarından, Şek. 3 teki şemada gösterilmemişlerdir. Meselâ, orijinal olarak kabuk arası magma kitlelerinin eriyik kalıntılarındaki ilk katılaşmada ve kristalizasyon fraksiyonundaki oluşumda birikmiş olan demir kloritleri ile diğer bazı bağlantıların mevcut bulunmuş olması mümkündür. Özellikle, meselâ realgar (AsS) ve oripigment (As₂S₃) teşekkül etmiş olabilir ise de, buna mukabil çoğunlukla sözü edilen saf kükürt, hemen hemen teşekkül edecek ortamı bulamamıştır. Ayın ilkel ekshalasyonlarında H₂S orijinal olarak Önemli miktarlarda mevcut bulunmuş olmakla beraber, bundan aşağıdaki formüllere göre ancak ay atmosferinde kayda değer miktarda serbest oksijen bulunması halinde kükürt süblimatları beklenebilir ki, buna da pek ihtimal verilemez.



H₂S ve başka gazların çok daha fazla nispetlerde gezegenler arası uzayda mevcut buldukları ise, daha muhtemeldir.

Şu halde teknik - ekonomik yönden işe yarar mineral birikmelerinin ay yüzünde önemli miktarlarda mevcut bulunduğu beklenememekle birlikte, önümüzdeki yıllarda insan tarafından bulunması muhtemel *sporadik ve az miktarda ki* mineraller, bilimsel yönden *en büyük ilgiyi çekici olabilirler*.

- III. Mineralik ve özellikle cevher metali ihtivalı hammadde bakımından Şek. 3 te «enterkrüstal» oluşum olarak belirtilmiş olan her şeyin mevcudiyeti, prensip bakımından muhtemeldir. Bu durum, bazaltik magmaların erken kristalizasyon ürünleri halinde çözülmüş olan ve ultrabazik peridotit ve harzburgitlerle bağlantı halinde başlıca takriben % 40 nispetinde SiO₂ ihtivalı kayalar içinde FeO, Cr₂O₃ (derinliği birkaç yüz metreden 20-40 kilometreye kadar yüzey altı), başlıca magnetopirit (FeS) ve kalkopirit (CuFeS₂) ihtivalı nikelli sülfid birikmeleri de olabilir ki, bu arada platin mineralleri payı da (ton-cevher başına ancak 0.1-1 gr) imkânsız değildir. Bunlardan başka, piroksenit ve gabro kayalarıyla bağlantılı (takriben % 50 SiO₂ tenörlü) titano-manyetit çözümleri ve manyetit (Fe₃O₄) ile Ca-fosfat apatit maddesinin asitleşmeye başlamış bol SiO₂ ve alkali ihtivalı silikat kayalarında (Kiruna, Kuzey İsveç tipi) mevcut bulunması muhtemeldir. Bütün bu metal teşekkülleri likit magmatik «erken kristalizasyon» sınıfına mensuptur. Bazaltik magmanın bu *erken kristalizasyonu*, takriben 1200-900° C lik katılaşma süresine dahildir. Az önce adı geçen cevherlerin birikmeleri, ayı çevreleyen akümülyasyon zonlarında muhtemel görülebilir ise de, asıl bol miktarlar 10 ve daha fazla kilometre derinliklerde bulunabilir. Daha derinlerde bulunan silikat eriyikleri kalıntılarından, orijinal bazaltik magma yuvalarının çatı rejyonlarında (Şek. 3) Fe₃O₄, FeS₂ ve CuFeS₂ birikmeleri ve onlarla birlikte başka ağır metal bağlantılarının izleri ve Lake Superior tipine mensup zeolitik formasyonlu saf bakır mevcudiyeti tahmin olunabilir. H₂O, HCl, HF, H₂S, H₃BO₃, CO₂ gibi ağır metal ve uçucu komponentlerin primer olarak eriyik kalıntıları içinde birikmelerinden, soğumanın devamınca en önemli H₂O komponentlerinin kondansasyonunda, orijinal ay yüzeyine kadar söz konusu olan ısı ve basınç düşüşünde Şek. 3 te yersel süksesyon ha-



Şek. 3

linde aşağıdan yukarıya doğru gösterilmiş olan cevherlerin de ayrışmaları mümkündür. SiO_2 (serbest kuars olarak) CaF_2 ve BaSO_4 ile birlikte dünya alkali metallere karbonatları da önemli pay taşıyabilir. Metalik komponent olarak —diğer alacalı metallere geride kalan miktarlarının yanısıra— Cu cevherleri de hâkim bir rol oynayabilir.

Bununla birlikte, bütün bu potansiyel yararlı mineral birikmeleri, başlıca *yalnız enterkrüstal* ve ancak ay yüzeyinin bir hayli derin bölümlerinde bulunmaları gerekir. Büyük bir ihtimalle, bu mineraller gelecekte de *hiç bir zaman ekonomik bakımdan ilginç olamayacaktır, çünkü* ay üzerinde kurulacak bir madencilik, pek büyük güçlüklerle karşı karşıyadır ve ona göre de masraflı olacaktır. Her şeyden önce su ile çalkama imkânı bulunmayan lağım deliği açma çalışmaları ve madencilik aletlerinin aya taşınması haddinden fazla pahalıya mal olacaktır. Ay yüzeyindeki cevher mostraları, 510 milyon kilometre karelik dünya yüzeyine karşı daha nadirdir ve dünyada bakır ve bronz devrinde bile metal hammaddesi çıkarmak için insanoğlu ilk adımları atmıştır.

IV. Ayın, cevher yatakları bakımından, dünyamızdan çok daha başka durumlar göstermesinin nedeni, bir taraftan ayın başka türlü bir brüt bileşim göstermesinden (Tablo 1), öte yandan kozmik -jeolojik oluşumun bambaşka bir seyir takip etmiş olmasına bağlıdır. En önemli ayırıcı nitelikleri burada özet olarak açıklayalım :

- A. Rittmann'ın (1948) ortaya attığı dünya ilkel atmosferinde, yani bu araştırmacının «Pnömatosfer» dediği bölümde, okyanuslar, önceleri buharlaşmış şekilde mevcut bulunmuştur. Zemindeki katılaşmakta olan bazaltik silikat eriyiğine karşı hâkim durumda bulunmuş olan basınç, yaklaşık olarak 400 kp/cm^2 idi. Bu şartlar altında pek yavaş soğuyan pnömatosferdeki $600 - 400^\circ\text{C}$ ısılarda, ilkin pek önemli miktarlarda ağır metal bağlantıları ve alkali çözülmüştür, ve bu çözülme muhtemelen başlıca kloritli ve halojenidik şekillerde meydana gelmiştir. Bu cevher ve tuzlar daha sonra —yani soğumanın devamında— kondanse olmaya başlayan okyanuslara katılmışlardır. Burada ilk ve çok sayıda sedimentler meydana getirirken, yalnız asıl gazlar ilk atmosferde kalmışlardır. İlk denizlerin oluşumunda, bu dünya cevher teşekküllerinin ay üzerinde bir yol oynamış olmaları düşünülemez.
- B. Okyanuslar ve atmosfer maddeleri (H_2O bulutları, CO_2 , O_2 ve benzerleri) dünya üzerindeki kayalarda çok şiddetli alterasyon işlemleri ortaya çıkarmışlar ve bu durum zemin teşekküllerine —ve erozyon ile aşınmaya bağlı olarak kara parçalarının bölünmesine— ve böylece okyanus havzalarında Sediment birikmelerine yol açarak, yüzlerce metreden binlerce metre kalınlığında çökeltilerin ve hatta yer yer 30 kilometreden fazla kalın kitlelerin meydana gelmesine sebep olmuştur. Bazı cevher yatakları teşekkülünün de bağlı olabileceği bu gibi sedimentasyon işlemleri ayda hiç bir zaman olamamıştır.
- C. Daha önemlisi, ay üzerinde ilk devirlerden bu yana «tektonik» olayının mevcut bulunmamış olduğudur. Kalın kabuk teşekkülleri ve bunlara bağlı olarak orijinal derinlikte kıvrım ve faylanmalar, kilometrelerce kalınlıkta olmak üzere yüzeye kadar sürüklenememiştir. Bugüne kadar süregeldiği, sayısız yer sarsıntılarında da belli olan böyle bir tektoniğin bulunmayışının son nedeni de, *sıvı halinde ve hareketli bir demir çekirdeğin bulunmayışındır*. Şekil 1 de işaret olun-

duğu gibi, dünyanın dış çekirdeğinde meydana gelen geniş ölçüdeki akıntı safhaları, jeotektonik ve volkanizma dağ teşekkülü ile cevher yataklarının oluşumunun başlıca işlemlerinde asıl yürütücü gücü teşkil etmiştir. Bunun için de, ayın derinliğinde mevcut bulunmaları muhtemel olan yeraltı servetleri (Şek. 3) pratik olarak ay yüzeyinin hiç bir yerinde ele geçebilecek durumda değildir.

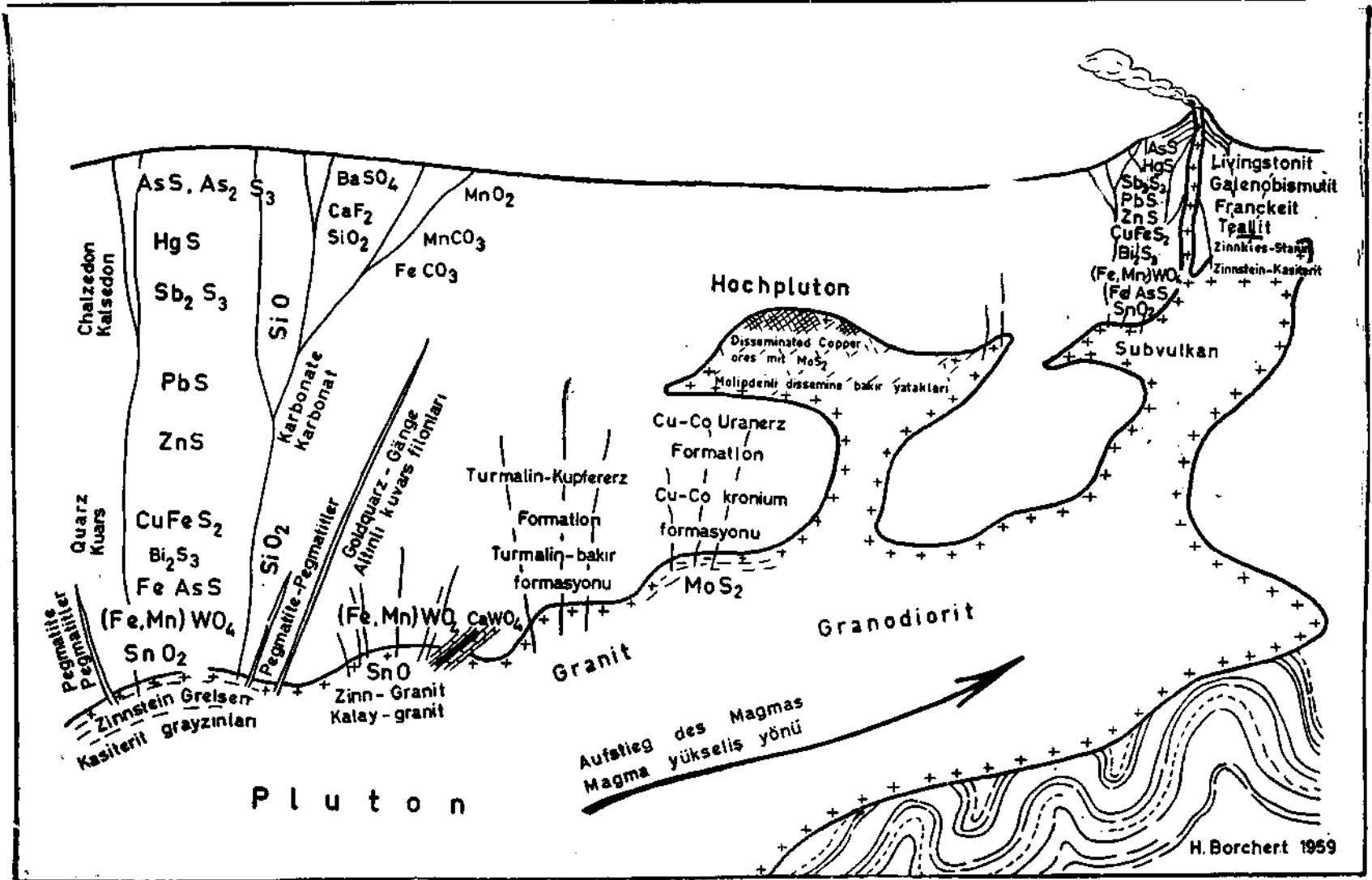
- D. Üç buçuk milyar yıldan fazla bir süreden bu yana devam eden jeotektonik, ilk devirlerden beri devamlı olarak üst kılıf rejyonundan bazaltik kitleleri dünyanın üst kabuk katlarına göndermiştir —*Gutenberg zonundaki* basıncın kalkmasıyla meydana gelen ikinci ergime işlemleri sonucunda —. Bu arada ve dünyanın oluşum tarihi süresince eriyik kalıntısı olarak *asitli granit nevinden kitleler* («sial») *giderek artan bir şiddet nispetinde dünya kabuğunun dış bölümlerinde birikmiştir* (G. Fischer, 1951, 1957 bu durumu özellikle delillendirmiştir). Sial birikmesinin artması, aynı zamanda, daha nadir elementlerin devamlı olarak meydana gelen kristalizasyon fraksiyonunda yukarıya sevk olunan silikat eriyiklerinin de birikmesi sonucunu doğurmuş demektir. Ancak bu suretle lityum, rubidyum, sezyum, berilyum, bor, molibden, kalay, volfram, niyobyum, tantal, bakır, bizmut, nikel, kobalt, zirkonyum, hafniyum, nadir yer metalleri, toryum, uranyum, gümüş, altın ve benzeri cevher nev'ileri önemli miktarlarda kişi uygarlığı için ele geçebilmiş ve özellikle grafit ve elmas oluşmuştur. 3.5 milyar yıldan fazla süregelmış sial taşınması ve dünya kabuğu gerecinin büyük ölçüdeki ikinci ergimesi (palinjenez), jeotektonik şartlardan ileri gelmiş olan jeosenklinal bölgelerindeki dünya yeraltı servetlerinin gelişme ve oluşmalarında birinci rolü oynamıştır. Tercihan üst kabuk gerecinin sialik-palinjenik ikinci ergime işlemlerinden meydana gelen cevher komponentlerinin en önemli, yani en hâkim miktarları Şekil 4 te işaret olunmuştur (daha fazla bilgi P. Routhier, 1963; A. Cissarz, 1965; H. Borchert, 1951, 1961, 1968 de vardır).

Şu halde mineralik yeraltı servetlerini ilgilendiren olumsuz teşhisin başlıca nedeni, bir volkanizma ve ona bağlı olarak en önemli cevher biriktirme işleminin devamını ve değerli mineral hammaddelerinin insanoğlunun el atabileceği yakınlığa getirme durumunun temininde baş rolü oynayan *canlı tektoniğin ayda bulunmayışıdır*. Ay üzerinde yeraltı servetlerinden, önemlice ve işe yarayanı hemen hemen hiç beklenemez.

Ay, büyük bir ihtimalle bu kaderini, yüzeyi aya benzer bir karakter gösteren Merih ile paylaşmaktadır (G. P. Kuiper, 1964). Pratik bakımdan mevcut bulunmayan ve potansiyel olarak işe yarar mineral birikmesine engel olmuş bulunan durumun son nedeni de, Merih'in de sıvı halinde bir demir çekirdeğe sahip bulunmayışıdır (Tablo 1 deki yoğunluklara bakınız); varsa bile, Merih üzerinde canlı tektonik bile, magmatik-volkanik fenomenlerle birlikte birkaç milyar yıldan bu yana sönmüş olması sonucunu çıkaracak kadar azdır.

Yukarıda, ay üzerinde önemli yeraltı servetlerine rastlanamayacağı nedenini eleştiren kısa birkaç delil gösterilmiştir. Bu tahminin doğruluğu, dünyamızın peyki üzerindeki onuncu ve yirminci inişte de işe yarar mineral birikmelerinin ve daha geniş anlamıyla «servet» diyebileceğimiz minerallerin bulunmaması karşısında ortaya çıkacaktır.

Buna rağmen, II nci bölümde, ay üzerinde yalnız başlıca bazaltik bileşimli ve biraz da SiO₂ ihtivalı ve bolca alkali gösteren diferansiyasyon ürünleriyle bir-



Şek. 4

likte *alelade silikat kayaçlarının da bulunabileceği* durumunun muhakkak olduğuna işaret edilmiştir. Bunların mineralleri, büyük çoğunlukla, OH ve H₂O komponentlerinin kısırlığıyla karakterize olmakta ve bu da kolay uçucu komponentlerin silikat eriyiklerinin ilk katlaşmalarında uzay boşluğuna kaçmış bulunmalarından ileri gelmektedir. Ay üzerinde su da, çok değerli ve büyük teknik çabalarla elde edilebilecek bir hammaddedir. Kutup rejyonlarının derinlerinde bile buz kalmış olması pek muhtemel değildir.

Buna rağmen, Apollo teşebbüsünün insanüstü gayretleri sonucunda bütün tabiat bilimi uzmanlarımızın bilgilerini ayın doğrudan doğruya etüdüyle genişleteceği muhakkaktır. Bu durum, öncelikle rastlanan kayaçların türleri bakımından önem taşır, birçoklarının muhtemelen uzman için öteden beri bilinen karakterde olan kayaçların mineral ihtivası da söz konusu olabileceği gibi, bu kayaçların yapısı ve tane durumları ne de olsa çok ilginçtir. Özellikle volkanik ekshalasyonlardan meydana gelmiş bulunan ve bazılarının gezegenler arası vakumla temas sonucunda teşekkül eden ve bol oksijenli bir atmosferin değişik etkisine dayanmayan, yani dünya üzerinde bazılarına hiç rastlanmayan minerallerin bulunması, muhakkak ki büyük merak uyandırıcı olacaktır. Birkaç milyar yıldan bu yana soğuyarak katılmış bulunan volkanik fenomenlerin gösterdikleri ve ilk defa az çok iyi durumda etüt edilebilmiş olan çok sayıdaki teferruat, bilimsel yönden büyük kazançlar sağlayacaktır. Öte yandan bu durum, ay kabuğunun çok yönlü jeolojik müşahedelerinde, ay kabuğunun manyetik ve diğer «ay fiziği» bakımlarından olan ve özellikle radyoaktif nitelikleri gibi önceki, ay sondalarına dayanan müşahedelerden doğan bilgilere de ışık tutacak ve sismik ve meteorit nitelikleriyle muhakkak ki, büyük merak uyandıracak durumda bulunan başka konuları da aydınlatacaktır. 20 temmuz 1969 günü O. A. saat 20.17.46 da uzay aracının «Kartal» kısmı *Neil Armstrong* ve *Edwin Aldrin* ile aya inmiş, *Michael Collins* Apollo 11 uzay gemisinde kalmış ve Kartal «Sessizlik Denizi» denilen sahaya iniş yaparak yeni bir evrenin kapılarını açmıştır.

Neşre verildiği tarih 28 temmuz, 1969

B İ B L İ Y O G R A F Y A

- BALDWIN, R. B. (1949) : The Face of the Moon. Chicago 1949.
- BORCHERT, H. (1951): Die Zonengliederung der Mineralparagenesen in der Erdkruste. *Geol. Rdsch.*, 39, 81 - 94.
- (1961) : Zusammenhänge zwischen Lagerstättenbildung, Magmatismus und Geotektonik. *Geol. Rdsch.*, 50, 131 - 165.
- (1962) : Chemismus und Petrologie der Erdschalen sowie die Entstehung und Ausgestaltung der wichtigsten Diskontinuitäten der Erdkruste. *N. Jb. f. Mineral., Mh.*, 7/8, 143-163.
- (1967): Vulkanismus und Oberer Erdmantel in ihrer Beziehung zum äusseren Erdkern und zur Geotektonik. *Bol. Geofisica Teorica ed Applicata*, 9, N. 35, 194-213.
- (1968) : Der Wert gesteins- und lagerstättengenetischer Forschung für die Geologie und Rohstoffnutzung. *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Mineral. Lagerstättenforsch.*, 13, 65-116.
- & BÖTTCHER, W. (1967): Zur Petrologie der Lithosphäre in ihrer Beziehung zu geophysikalischen Diskontinuitäten, auch der Gesamterde. *Gerlands Beitr. z. Geophysik*, 76, 4, 257 - 277.
- & TRÖGER, E. (1950) : Zur Gliederung der Erdkruste nach geophysikalischen und petrologischen Gesichtspunkten. *Gerlands Beitr. z. Geophys.*, 62, 101 - 126.

v. BÜLOW, K. (1963 - 1967): Beiträge zur Selenogeologie.

I und II,	<i>Geologie</i> , 12, H. 10,	1129 - 1137,	Berlin, 1963.
III,	13, H. 4,	449 - 455,	1964.
IV,	13, H. 6/7,	899 - 913,	1964.
V,	14, H. 3,	330 - 343,	1965.
VI,	15, H. 6,	726 - 631,	1966.
VII,	15, H. 7,	841 - 845,	1966.
VIII,	16, H. 8,	916 - 921,	1967.
IX,	16, H. 9,	1045 - 1052,	1967.

v. BÜLOW, K. (1967): Die heutige Erforschung des Mondes und ihre Ergebnisse. *Universitat*, 22, H. 8, 815-826.

CÍSSARZ, A. (1965): Einführung in die allgemeine und Systematische Lagerstättenlehre. 2. völlig umgearbeitete Auflage, Stuttgart.

EUCKEN, A. (1944 a): Physikalisch-chemische Betrachtungen über die früheste Entwicklungsgeschichte der Erde. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl. I*, 1-25.

———(1944 b): Über den Zustand des Erdinnern. *Naturtoiss.*, 32, 112-121.

FISCHER, G. (1951): Granit und Sial. *Geol. Rdsch.*, 39, 32 - 77.

———(1957): Die Unterkruste vom Standpunkt des Petrographen. *Geol. Rdsch.*, 46, 131 - 136.

KREJCI - GRAF, K. (1959): Der Bau der Mondoberfläche im Vergleich mit der Erde. *Astronautica Acta*, 5, 3-4, 163-223.

KUIPER, G. P. (1952): The Atmospheres of the Earth and the Planets. Chicago 1949. 2nd Edition, Chicago 1952.

———(1964): The moon and the planet Mars. *Advances in Earth Science, Internat. Conference, Massachusetts Inst. of Technol.*, Sept. 1964, 21-70.

MIYAMOTO, S. (1960): A geological interpretation of the lunar surface. *Contrib. Inst. Astrophys. and Kioasan Observatory*, no. 90, Kyoto 1960.

NEUHAUS, A. (1965): Die moderne Hochdruck - Hochtemperatur - Forschung und ihre geochemisch - petrologischen Aspekte. *Freiberger Forschungshefte*, C 210, 113-131.

RITTMANN, A. (1948): Zur geochemischen Entwicklung der prägeologischen Lithosphäre. *Scitoeiz. miner. petrogr. Mitt.*, 28, 36-48. (Niggli - Festschrift).

ROUTHIER, P. (1963): Les gisements metalliferes, geologie et principes de recherche. 2 Bde., 1282 S., Paris 1963.

SCHNEIDERHÖHN, H. & BORCHERT, H. (1956): Zonale Glieder der Erzlagerstätten. *N. Jb. Mineral., Mh.*, 136-161.

UREY, H. C. (1952): The Planets, their origin and development. Nevv Haven 1952.

WHIPPLE, F. L. (1947): Earth, Moon and Planets (*Harvard - Books*). Philadelphia - Toronto 1947.

WILLIAMS, A. F. (1930): The genesis of diamond. 2 Bde., 676 s., London 1930.

WINKLER, H. G. F. (1965): Die Genese der metamorphen Gesteine. 218 s., Berlin-Heidelberg - New York 1965.