

Égi kísérőnk geológusszemmel

Az évfordulón sok számvetés készül az Apollo-program világpéldát adó eredményeiről. Cikkünkben az égitest geológiai kutatásáról és a hozott kőzetminták anyagvizsgálatairól adunk tömör beszámolót. Ezt az is megkönnyíti, hogy 25 éve az Eötvös Loránd Tudományegyetemen található egy oktatási anyagminta gyűjtemény a NASA holdközeteiből.

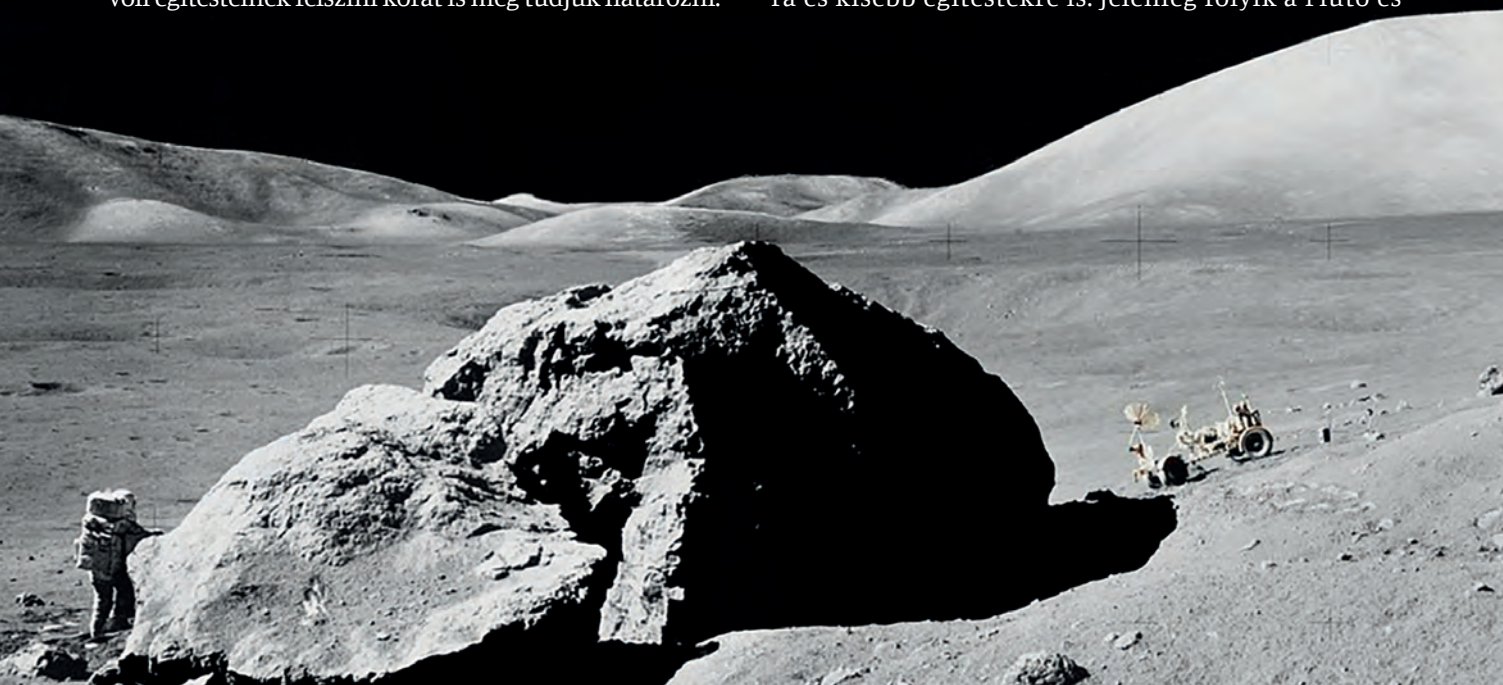
Az égitestek vizsgálatát számos nézőpontból fölvezethetjük. A legátfogóbb ismeretelrendezés a Holdról az, ha a szerkezeti hierarchia lépcsőfokain haladva tárjuk föl az égitest szerkezetét.

Első szerkezeti szintként az égitest felszínét kellett fölterképezni. A rétegtani (sztratigráfiai) térképezés már a 60-as évek elején elkezdődött és a leszállási helyek kiválasztását szolgálta. A Hold anyagainak fölterképezése során a földtan által már 300 éve bejárta utat használták. Ennek lényege, hogy első lépésként az égitest felszínén lévő olyan kőzettesteket azonosítottak, melyeket nagy holdi események hoztak létre. Egy évtized alatt az U. S. Geological Survey munkatársai megalkották a hold rétegtanát (Shoemaker és mtsa, 1962, Wilhelms, 1970a, 1970b, Wilhelms és mtsa, 1971). A kőzettestek tulajdonságait, az átfedési viszonyokat először fotometriai úton, távcsöves fényképfelvételekről, majd űrfelvételekről állapították meg. Nem volt azonban segítségükre fosszília (élőlények zárványa) az egymást át nem fedő rétegek relatív sorrendjének meghatározására (a földtani korrelációra). Felismerték azonban, hogy a kőzettesteken elhelyezkedő gyakori forma (a kráter) is lehet, zárványszerű. Ahogy fokozatosan települ rá a sok kráter, azok sokasága a kőzettest felszínén ugyanolyan „fosszília” szerepkörű, mint korábban a biológiai „hózzátartozók”, vagy — a XX. századtól — a bezárt radioaktív elemek is. Az így létrehozott kráterstatisztika segítségével ma már a Naprendszer távoli égitestjeinek felszíni korát is meg tudjuk határozni.

A rétegtani térképező munka egyik összefoglalása a holdi rétegtani oszlop, amit mi most egy lépcsőzetes „aszték piramis” formájában ábrázolhatunk. Ebben föl soroljuk a holdi rétegek egymásra települt emeleteit. (Ezek egyúttal a holdi kőzetképződés nagy korszakait is jelentik.) A Holdon a részben szabad szemmel is megfigyelhető sugársávós kráterek a legfiatalabbak (Kopernikuszi emelet), mert a sugársávok mindent elborítanak merőleges napállásnál megfigyelhető módon. Ezek alatt található a szintén fiatalos megjelenésű, de már sugársáv nélküli kráterek (Eratoszthenészi emelet). E két fiatalabb emelet rétegei csak kráternyi foltokban vannak jelen a Hold felszínén, bár kivételesen előfordulnak holdi bazaltsíkságok is az Eratoszthenészi felületeken.

E kráterfoltnyi rétegtani egységek alatt terülnek el a nagy kiterjedésű kőzettestek. Ezek a bazaltsíkságok, amelyek körkörös medencéket töltenek ki. Az egyik ilyen emelet az Imbriumi. Ez az Imbrium-medencéhez kapcsolódik, ahogyan az alatta fekvő még idősebb egység a Nektár-medencéhez kapcsolódó Nektári emelet. Legalul fekszik a krátermezőkkel borított felföldek pre-Nektári emelete. (2. ábra.)

Azóta a rétegtan alapelveit több más naprendszerbeli égitestre is alkalmazták, így a Marsra, a Merkúrra, a Jupiter Galilei-féle holdjaira, a Vénuszra és kisebb égitestekre is. Jelenleg folyik a Plútó és



Charon geológiai térképezése is. A XXI. század a Naprendszerléptékű rétegtan (sztratigráfia) kidolgozása, melyet az Apollókkal végzett holdraszállások geológiai térképező előkészítése indított el.

Holdkőzetek az ELTE-n

Öt év alatt hat sikeres leszállást hajtottak végre a NASA űrhajósai a Holdon. A gyűjtött kőzetminták tömege összesen csaknem 4 mázsa (pontos adat: 384 kilogramm). Ebből a hatalmas anyagkészletből a NASA 20 példányban elkészített egy 12 vékonycsiszolatból álló készletet a felsőoktatás számára (3. ábra). Ez a mintasorozat áttekintést ad a Hold főbb kőzettípusairól. Vizsgálatuk során képet alkothatunk a Holdon lejátszódott nagyobb kőzettani folyamatokról.

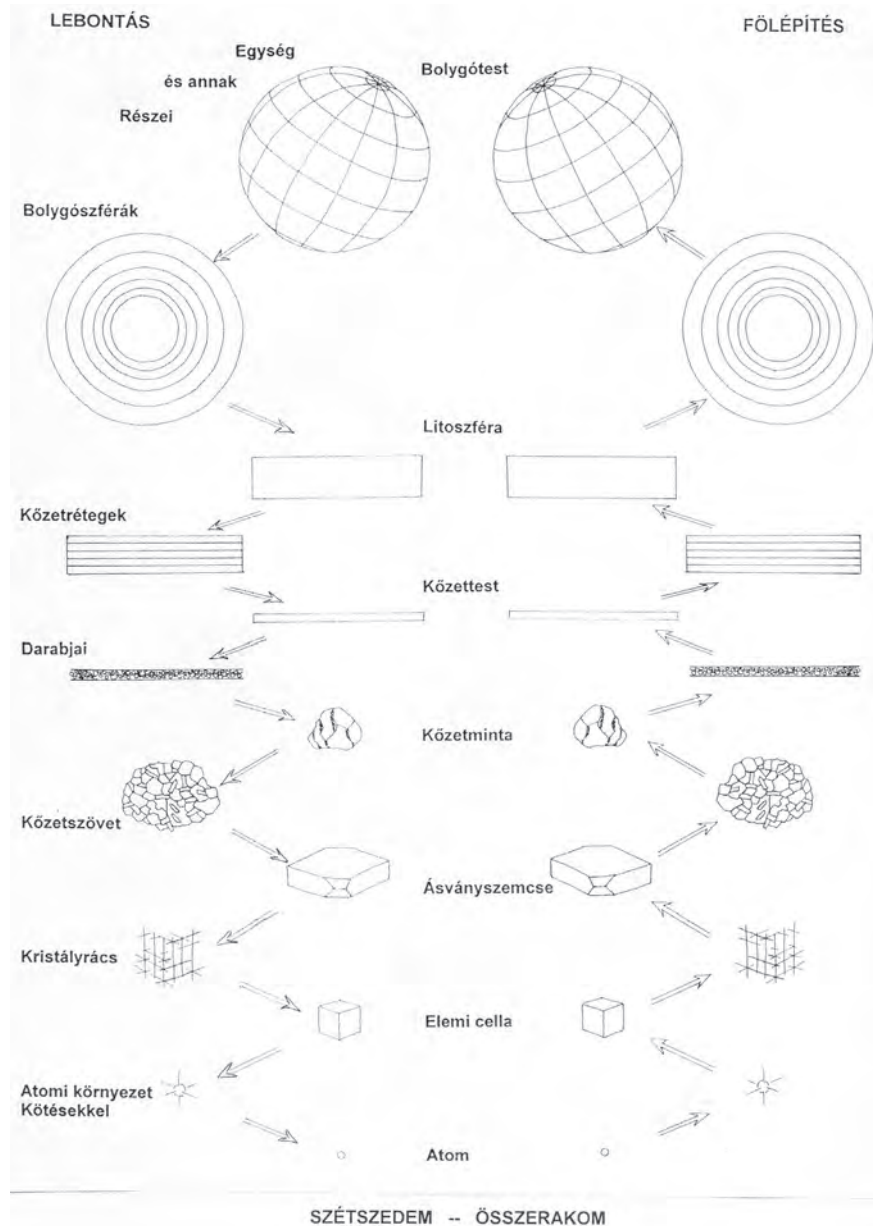
Vegyük sorra ezeket az eseményeket. A holdi kéreg kialakulása 4,4 milliárd éve (anortozit és norit minta), a bazaltos láva-elöntések kialakulása, a felszínre ömlött bazaltok rétegződése (3 bazaltos minta és a narancs színű talaj: egy szitált frakció), breccsák keletkezése (3 breccsa minta: fel-földi és láva borította területekről, valamint a Fra Mauro Formációról), s a holdi regolitminták (2 talajmintából szitált frakció és egy talajbreccsa).

Anortozit

Az égitest összeállása után a Hold külső kérgé megolvadt. Ezt az állapotot nevezik magmaóceánnak. Ebből kristályosodott ki az anortozitos kéreg, s ez alkotja a holdi felföldeket. (A teljes holdra kiterjedő holdi magmaóceánra egyes kőzetek és ásványok ritkaföldfém-gyakorisága alapján következtettek. Az anortozitos kéregnek nagy pozitív európium anomáliája, a holdi bazaltoknak nagy negatív európium anomáliája van.). Néhány anortozitmintának ősi, helyben törött, kumulátos szövete figyelhető meg.

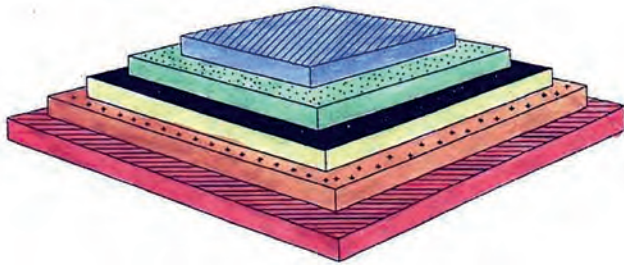
A Hold keletkezése utáni fél milliárd évben több nagy méretű égitest becsapódása érte az anortozitos kérget. Ezek a becsapódások feltördelték azt, körkörös medencéket hoztak létre, és hatalmas területekre terítették szét a kidobott törmelék-takarót. Az anortozitos kőzetek többségükben ezért breccsás szövetűek.

A Hold terra kőzeteit egy anortozit és egy norit minta képviseli. Az anortozit a holdi felföldek anyaga, szinte kizárólag csak földpátkristályokból áll. A



1. ábra. A hold mint égitest anyagszerkezeti hierarchiája. Felülről lefelé haladva, rendre a következő szétszedési egységek sorakoznak benne: a bolygótest övei, ezek közül a litoszféra, abban a kőzettestek (sztratigráfia emeletei), a kőzetminták egy-egy rétegből, a kőzetminták szövete, annak ásványai, azok kristályrácsa, elemi cellája, és annak belső szerkezete, a sor legvégén az egyes elemek izotópjai.

valamikori nagy méretű (centiméteres) szemcsék a sok ütközéstől, becsapódástól, rengéstől mára összetöredezték (60025). A vékonycsiszolaton megfigyelhetjük a blokkok elmozdulását, a szemcseperemek összetöredezését, az optikai tulajdonságok (pl. a kioltás) mozaicitását. Az anortozitok kialakulásának kora 4,4-4,2 milliárd év (4. ábra).



2. ábra. A holdi sztratigráfia idealizált rétegtani „aszték piramisa”: Felülről lefelé haladva, rendre a következő rétegtani egységek sorakoznak benne:

- A. Kopernikuszi emelet
(fiatal, sugársávokkal is rendelkező kráterek),
- B. Eratoszthenészi emelet
(fiatal, de sugársáv nélküli kráterek),
- C. Imbriumi emelet
(az Imbrium-medence kialakulásával kezdődő rétegek: kidobott takarók, holdi lávatavakat alkotó előntések),
- D. Nektári emelet (a Nektár-medence kialakulásától kezdve képződött medencék és síkságok),
- E. pre-Nektári emelet (minden Nektár-medence előtti kőzettest ebbe a rétegtani emeletbe tartozik).

A noritminták felerészét rombos piroxénből, felerészét plagioklász földpátból áll (78235). Durvaszemcsés kőzet, az ásványok nagysága az 5 mm-t is elérheti. Üveges erek is előfordulnak benne. A becsapódások ütközései nagyon megviselték ezt a kőzetet. A földpát nagy része maszkelynit üvegeként található benne. Ma azt feltételezik, hogy a noritok és más terra kőzetek is intrúzióként nyomultak be az anortozitos kéregbe.

Holdi bazaltok

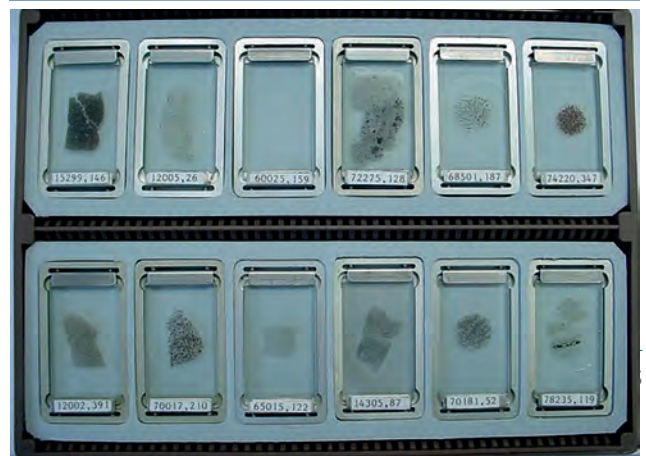
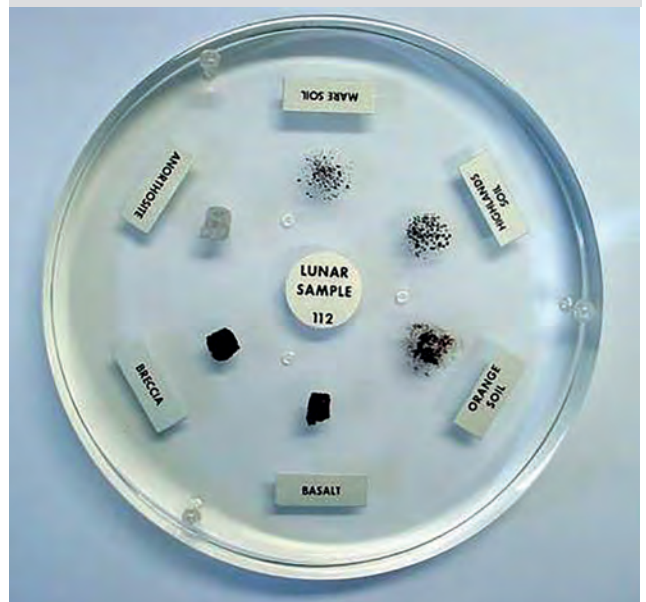
A holdi kéregbe történt nagy becsapódások körkörös medencéket alakítottak ki a Holdon. A Hold látható oldalán ezeket bazaltláva-folyások töltötték föl, melyeknek a higan folyó lávája hatalmas távolságokon, vékony rétegekben terült szét. Keletkezésük kora csaknem egy milliárd évet fog át az Imbriumi korban. Léteznek Eratoszthenészi korban keletkezett lávafolyások is.

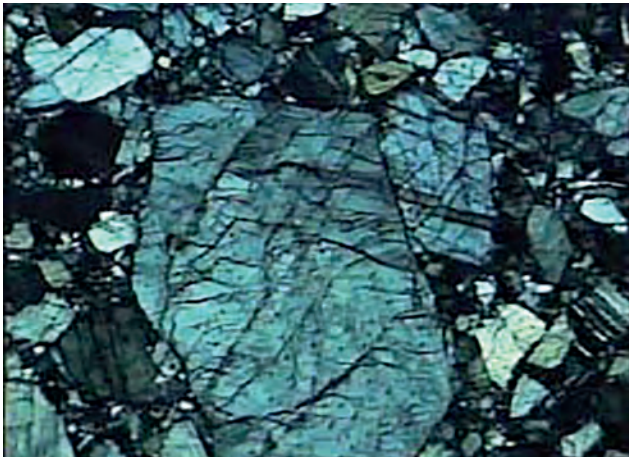
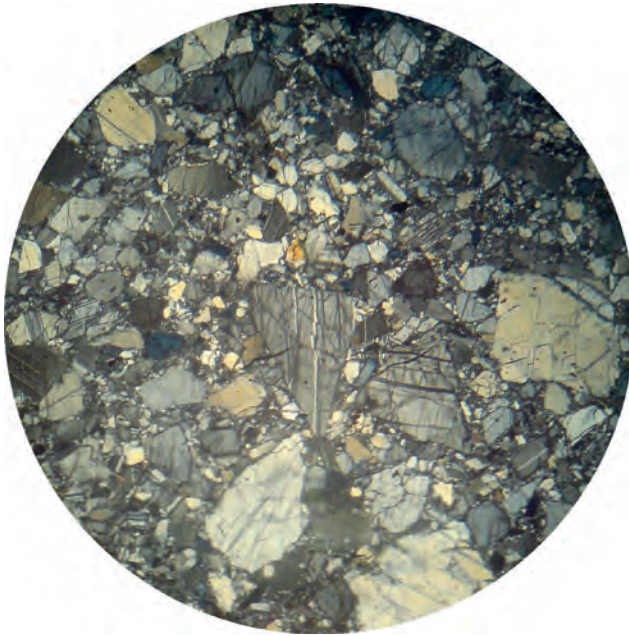
Mivel a holdi lávák vékony rétegekből származnak, ezért legcélszerűbb egy ilyen lávafolyás felszínétől lefelé haladva sorba rendezve bemutatni őket. A felszíntől lefelé haladva, a mélység növekedésével ugyanis egyre csökken a lehűlés sebessége, és ennek eredményeként más és más jellegű szöveteket találunk a sorozatban. A lehűlési sebesség csökkenése szerinti sorba rendezett szövetek az üveges elegyrészeket is tartalmazó szferulitos szövetből elindulva rendre a következő típusokat tartalmazzák: variolitos szövet, interszertális szövet, intergranuláris szövet, szubofitos szövet, ofitos szövet, poikilitos szövet. A holdi bazaltok között a legtöbb típusra van

példa, néha azonban csak úgy, hogy töredékként találjuk meg őket a breccsákban. Ilyen szövetsort földi ofiolitokban vagy párnalávákban is találtak kutatók (Józsa, 2000).

Három bazaltos vékonycsiszolat van a gyűjteményben, de összetételét tekintve ide tartozik a „narancsszínű talajminta” is, tehát a bazaltokat négy minta képviseli a NASA-készletben. Rendezzük el a holdközvet-készlet négy, bazaltos összetételű mintáját egy olyan tulajdonság alapján, ami jól megfigyelhető a szövetükön: az ásványszemcsék mérete alapján. Tudjuk, hogy a lehűlés körülményei erősen hatnak a szemcseméretre. A gyorsan lehűlő szilikátolvadékból apró kristályok válnak ki, míg a hosszú ideig (pl. nagy mélységben) kristályosodó kőzetek durva szemcsés szövetűek lesznek. Ha tehát az átlagos szemcseméret, illetve a szemcsék egymáshoz való viszonya alapján készítünk el egy sorozatot a holdi bazaltokból, akkor voltaképpen a lehűlési sebesség szerinti anyagterképét is fölvezeltük. A mi lehűlési anyagterképünkön (6. ábra) a függőleges tengelyen szerepel a lehűlési sebesség, a különféle

3. ábra. A NASA holdközvetkészlet két része: felül a holdi mintákat tartalmazó korong látható, 6 beöntött anyagmintával; alul a 12 vékonycsiszolatot tartalmazó készlet látható felülnézetben.





4. ábra. Anortozit minta a NASA-készletből: a 60025 sz. kőzetminta két részlete.

szövetek pedig egymás alá kerülnek: az apró szemcsés felszínközeli, s rendre az egyre durvább szemcséjű mélyégi szövetekkel zárul a sor.

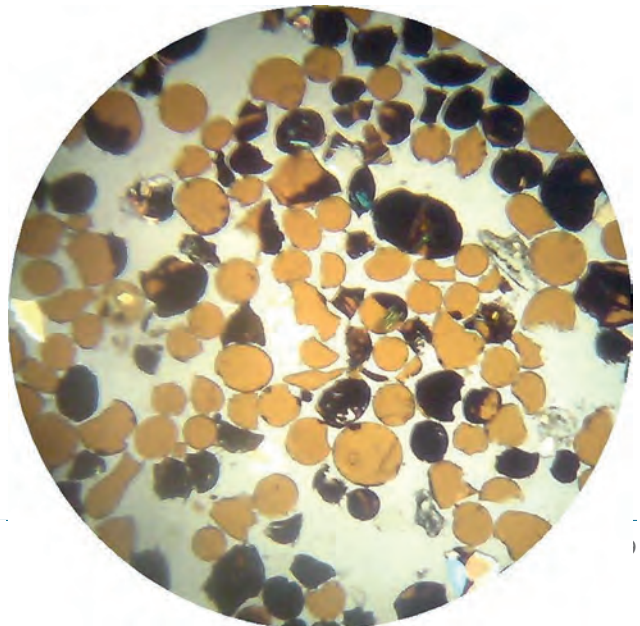
A leggyorsabban lehűlt anyagot a narancsszínű talajminta üvegcsappjei képviselik a sorozatban (74220).

Ezek a holdi ásványi anyagok egyúttal a legszínesebbek is. A narancsszínű talajminta egy 50-80 mikrométeres szemcsékből, gömböcskékből (szferulákból) álló szitált frakció. Feltehetően egy lávakitörés (lávaszökőkút) parányi olvadékcseppjeiből keletkezett. Üveges alapanyaguk mintegy szerkezeti ellentéte a kristályos szerkezetű kőzetmintáknak. A hirtelen megszilárdult cseppek átalakulás nélkül megőrizték a láva forrásvidékének, a holdi köpenynek az olvadék-összetételét. Pikrites összetételűek, ami azt jelenti, hogy a földi bazaltokénál kevesebb SiO_2 -t tartalmaznak.

A lehülési sebesség szerinti szövetsorban alájuk kerül az ugyancsak gyorsan lehűlt, de már a mélyből jövő lávában nagyobbra nőtt ásványszemcséket is tartalmazó szövet, melyben ásványnyalábok (plagioklász, földpát és piroxén) figyelhetők meg (12002). A piroxén-tűkristályok körbe veszik a korábban a mélyben már megnőtt, és a magma által fölhozott olivinkristályokat, s így alakítják ki a porfíros szövetet. A 12002 számú minta porfíros szövete úgy alakult ki, hogy a kristályosodás már a mélyben megkezdődött, s a kiömlő láva már tartalmazta az olvadékból elsőként kikristályosuló ásványokat, az olivineket. Ezeket aztán körbevették a szálas-tűs piroxének és a földpátok. Mivel egyetemi oktatási programunkban ipari anyaggyártási és szövetképzési folyamatokkal hasonlítottuk össze a holdkőzeteket, a 12002-es mintánál a Tapolcai Bazaltgyapotgyár gyártási folyamatát szoktuk párhuzamba állítani.

A szövetek sorában harmadik bazaltminta már nagyobb ásványokat is bőven tartalmaz (70017). (Ez a minta Ti-ban gazdag, ezért a hazai DNY-bükki, szarvasközi gabbrónkkal szoktuk összehasonlítani annak nagy titántartalma alapján.) A 70017 sz. bazaltban a piroxének saját színe a halvány rózsaszín barackvirághoz hasonló, de a fekete, átlátszatlan (opak) ilmenit kristályok, melyek fontos elegyrészei a 70017 számú bazaltnak, sötétre színezik a vékonycsiszolatot. A spinellszemcsék többnyire négyzetes vagy hatszöges metszetű, fekete (opak) ásványként figyelhetők meg, az ilmenitek gyakran vázkristályosak, beöblösödéseket mutatnak a vékonycsiszolatban. Igen ritkán megfigyelhetünk armalcolit ásványokat is, melyek hosszú-kás hordó alakúak. Az armalcolitot a Holdon fedezték föl és az elsőként leszállt űrhajósokról (*Armstrong, Aldrin, Collins*) nevezték el.

5. ábra. A holdi narancs talaj képe: szitált frakció gömböcskéi (74220 sz. minta).



A lehülési sorban negyedik egy poikilites szövetű minta (12005). Ebben – a lehülésnek immár egy késői szakaszában –, nagy szemcsékbe ágyazottan láthatók a korábban kivált kicsiny szemcsék. A korán kiváló kristályszemcséket még olvadék vette körül, ezért szép, saját alakkal kristályosodtak. A 12005 számú bazaltminta szövetében a nagy méretű földpátok és piroxének kristályosodtak utoljára, s ezért bezárják a szép, sajátalakú olivineket és néhány ilmenit és spinell szemcsét.

Breccsák

Még az anortozitoknál is tördeltebb ásványvilág szökik a szemünkbe a breccsákat megfigyelve a mikroszkópban (7. ábra). A becsapódások ütése összetett átalakító folyamatokat indít el a felszíni kőzeteken. Ipari folyamatok hasonlatával élve: mint a „malom” őrli, mint a „víhar” forgószele teríti, s mint a „kemence” forrósága összesüti a törmelékeket. A breccsák némelyike sokszor átesett ezen a tortúrán, ezért alakulhatott ki soknak a „breccsa-a-breccsában” szöve (14305, 72275).

Sok breccsában különböző eredetű kőzetszilánkok és töredékek keveredtek össze (polimikt breccsák), míg más breccsák egyetlen megelőző kőzet (protokőzet)

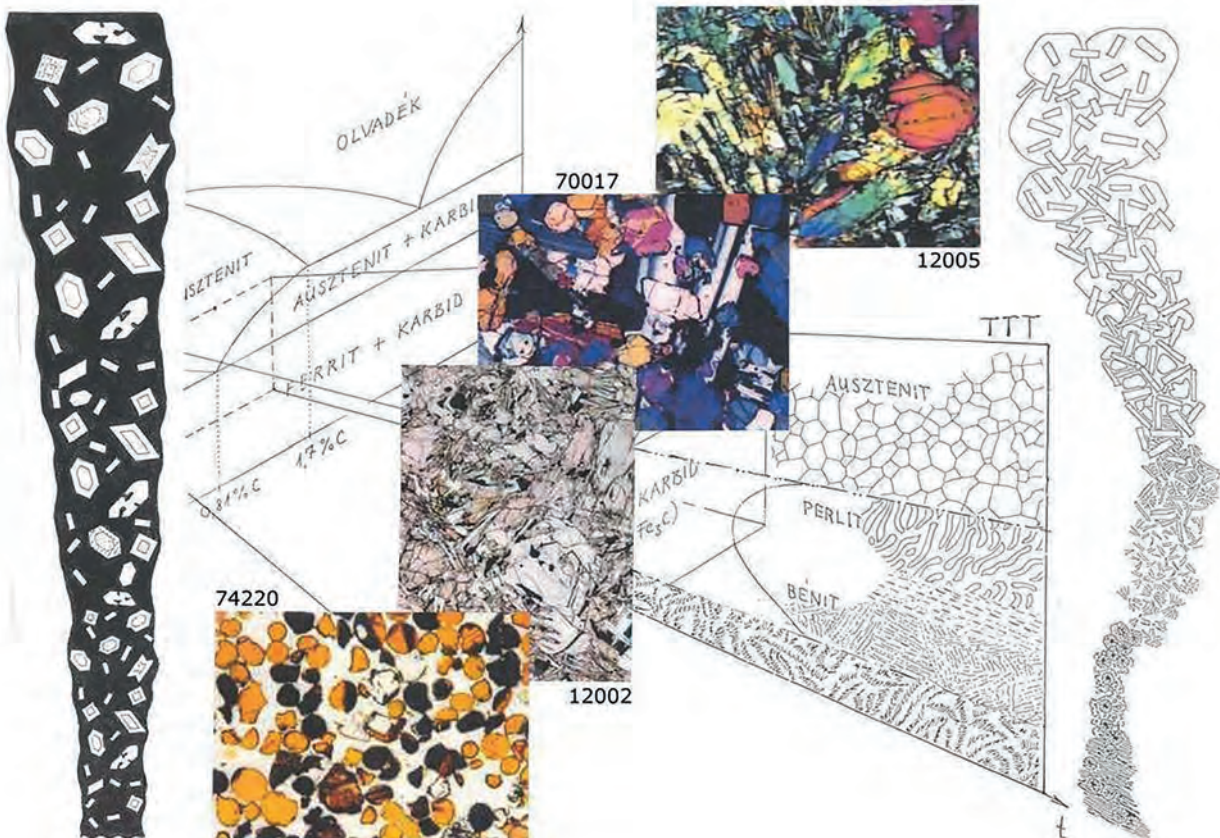
összetöredeléséből alakultak ki (monomikt breccsa). Sok breccsában a mátrix anyaga megolvadt és újrakristályosodott. A becsapódási kráter közepén találjuk azokat a kőzeteket, amelyek a megolvadt kőzetekből és a rájuk visszahullott törmelékekből alakultak ki. A 65015 számú felföldi breccsában a megolvadt mátrixból olyan nagy méretű piroxén ásványok kristályosodtak ki, amelyek az apró plagioklász földpát szemcséket poikilitesen magukba zárják. Más breccsákban nagy méretű kőzettöredékeket, kőzetszilánkokat találunk beágyazva. A breccsák jelentőségét az adja, hogy bennük több távoli területről származó idegen kőzetszilánk is megtalálható. Így a 6 expedíciós gyűjtőhely a breccsák révén sokkal nagyobb kiterjedésű gyűjtési területet reprezentál összekeveredett kőzetszilánkjával.

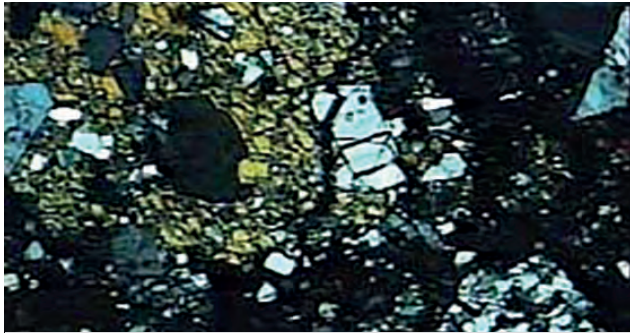
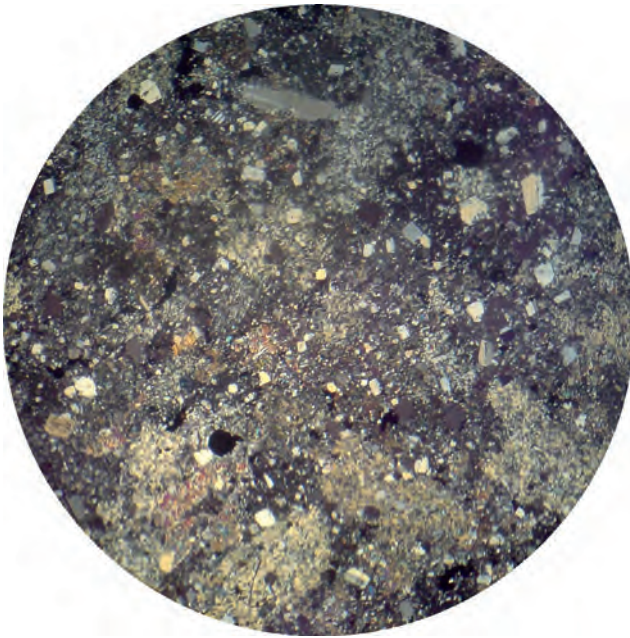
Mivel egyetemi oktatási programunkban ipari anyaggyártási és szövetképzési folyamatokkal hasonlítottuk össze a holdkőzeteket, a breccsákat a kerámiagyártás anyagaival állítjuk párhuzamba.

Porminták

A NASA-készletben a negyedik anyagminta típus a talajmintáké. A talajminták is a távoli vidékekről odaszállított változatos anyagvilágot, kőzet- és ásványtöredék darabokat hordozzák és így a felszíni keveredési folyamatokra is utalnak. Szitált frakciók 60-100 mikrométeres szemcsékkel. A 68501 sz. minta a felföldekről, a 70181 sz. minta pedig a mare vidékekről tartalmaz töredékeket, kőzetszilánkokat, ásvány-
szemcséket.

6. ábra. A NASA holdkőzetkészlet 4 bazaltmintájának szöve lehülési sebesség szerinti sorozatba rendezve és összevetve az acélok edzésére készített szövetdiagrammal, melyen a különböző szövetű acélok is lehülési sebességük szerint következnek. A szövet mintázata annál apróbb szemcsés, minél közelebb történt a lehülése a felszínhez, s ezért minél nagyobb volt a lehülés sebessége.





7. ábra. A NASA holdkőzetkészlet két breccsa mintája.

A 68501 sz. mintában főleg anortozitos szilánkok fordulnak elő néhány felföldi típusú bazalt szilánk is megtalálható közöttük. A 70181 sz. minta főleg a mare bazaltok ásványtöredékeit tartalmazza. Előfordul a szemcsék között néhány odakeveredett nancstalaj-gömböcske is.

Ugyancsak a talajminták sorába illik a 15299-es számú regolit breccsa. Ebben üveges alapszövetbe beágyazva található meg a kőzet- és ásványszilánkokat. Olyan kis méretű gömböcskék (szferulák) is megfigyelhetők bennük, amelyek becsapódások idején keletkeztek. Méretük 10-20 mikrométer, s így észrevehetően kisebbek, mint a lávaszőkökutak 60-100 mikrométeres szferulái.

Összegzés a kőzetekről

A Hold felszíni folyamatairól sok fontos ismeret gyűjtöttünk már az Apollo-11 anyagának megismerésével. Ezek közül kiemelkedő jelentőségű a holdi anortozitok kéregalkotó szerepe, a nagyon idős holdi kőzetvilág

kormegállapításai, a nagy mélységből származó lávaszőkökúti szferulák holdi köpeny eredete, a mare bazaltok sokfélesége és néhány mare bazalt nagy titántartalma.

Ma a holdi kőzeteket összetételük szerint a bázisos-ultrabázisos földi kőzetek közé interpolálhatjuk be. Nagyobb magnéziumtartalma alapján több holdi kőzet már a pikrites ultrabázisos tartományba esik (12002, 70017). Azonban a becsapódások által elvégzett anyagkeveredéseknél három fontos csoportot különítenek el a holdi talajok forrásvidékeire. Az egyik a felföldek anortozitja, a másik a viszonylag nagy vas-tartalmú mare bazaltok csoportja, s a harmadik a káliumban (K), Ritka FöldFémekben (RFF) és foszforban (P) való gazdagsága miatt KREEP-nek nevezett komponens. Ez utóbbi komponens a Mare Imbriumtól való távolodással csökken a talajösszetevők között. A három fő forrástípust a későbbi Clementine és Lunar Prospector műholdak sugárzásos összetétel analízatorai is jól el tudták különíteni. Így ma, a hat leszállás kicsiny felszíni mintavételezése ellenére a Hold egészére kiterjedő összetételi térképek állnak már rendelkezésünkre a holdfelszín anyagairól. (A Hold túlsó oldalán szintén van egy fontos KREEP-forrás, s ez a South Pole Aitken nevű nagy becsapódásos medence. Ide szállt le a Chang'e-4 kínai űrszonda.)

A Hold fejlődéstörténete

Azokkal a kőzetmintákkal, amelyeket a térképezésből már ismert geológiai környezetből gyűjtöttek, pontosítani lehetett a sztratigráfiában már megismert holdi fejlődéstörténetet is. A holdi terrák anortozitjai és a bennük mért ritka földfémek eloszlása különös és fontos eseménysort bizonyított. Egykor a Hold külső rétegei megolvadtak, s 4,4 milliárd évvel ezelőtt az egész égitestre kiterjedő magmaóceán borította a Holdat. (A földi külső rétegek kezdeti megolvadására a holdianortozitos kéreg keletkezésének fölismerése után gondoltak először.) A magmaóceán lehűlése során a plagioklász földpát ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) az olvadéköna tetején gyűlt össze, s létrehozta a világos színű felföldek anortozitját. A nagyobb sűrűségű ásványok az olvadéköna aljára süllyedtek. Ez az első holdi differenciálódási korszak mintegy fél milliárd évig tartott.

A vastagodó holdi kéregre következtek a nagy körkörös medencéket létrehozó becsapódások, melyek feltördelték a holdi kérget. A töréseken át bazaltos láva szivárgott a felszínre és egy - másfél milliárd éven át működő vulkáni tevékenységgel feltöltötte a Hold látható oldali medencéit. A bazaltok a hold köpenyéből származnak. Némelyik közülük titánban igen gazdag, mint például az Apollo-11 és -17 leszállási helyéről gyűjtöttek (Meyer, 1987).

PERIOD	Cratered lunar crust	Basin forming impact	Lava fill of the impact basin	Older crater without rays	Younger crater with rays
Stratigraphy	Pre-Nectarian	Nectarian	Imbrian	Eratosthenian	Copernican
Layer code					
Planetary surface, layer morphology on Lunar Orbiter images	Southwestern terrae Lunar Orbiter4 180M d.	Nectaris basin & ejecta Telescopic photograph	Rima Prinz region Lunar Orbiter4 151 H1	Eratosthenes crater Lunar Orbiter4 114 H2	Copernicus crater Lunar Orbiter4 121 H2
Hand specimen or NASA SET disc sample	Anorthosite 60025 Disc No. 112		Basalt 15555 Disc No. 112	Breccia 15059 Disc No. 112	Lunar soil 68501 NASA SET NO. 4, 68501
Example for such type rock texture in thin sections of the NASA SET	Anorthosite 60025 	Anorth. breccia 65015 	Basalt 12002 	Soil breccia 15299 	Lunar soil 68501

8. ábra. Holdi szerkezeti hierarchia és a korokra lebontott egységek táblázata. A felső sorban a rétegtani emeletek, alattuk az emeletek geológiai megjelenése Lunar Orbiter képeken, azok alatt a holdi korong makroszkópikus mintái, végül a vékonycsiszolatok adott egységhez tartozó mintája szerepel a táblázatban.

A bazaltos vulkanizmus csenedésével a nagy fel-színformáló események elültek a Holdon. Az egyre vastagodó holdi kéregre egyre kevesebb becsapódás történt. A folyamatos kráterbombázás a talajt ma is állandóan örli, keveri és süti össze breccsákká. A holdi „breccsa a breccsában” szövetű kőzetek, a talaj anyagából összesült breccsák, a becsapódáskor megolvadt anyagból keletkezett talajbreccsák mind ezt igazolják (Wilhelms, 1970b).

Ugyancsak fontos új ismeretek, ritka kőzettípusok származnak a holdi meteoritok ma már csaknem 200 példányt is elérő készletéből. Ezek között olyan csoportok is szerepelnek, melyek eltérőek a leszállási helyeken gyűjtöttektől. Ilyen például a legidősebb YAMM holdi bazaltok csoportja. Sok érdekes feladat vár a XXI.

századi űrverseny (USA-Kína) holdra lépő expedíciós űrhajó-saira. Ezek között mindenképpen fontos szerephez jut majd a Hold közeiteinek további gyűjtése. Valószínű azonban, hogy a tervezett Chang'e-5 holdraszállás már mintákat hoz a Holdról, s ezzel folytatja a három Luna-expedíció (16, 20, 24) megkezdett sorozatot a robottal gyűjtött kőzetmintákkal. Ennek ígéretes első fázisa volt a Chang'e-4 leszállása a Hold túlsó oldalán, a Kármán Tódor-ról elnevezett kráterben.

BÉRCZI SZANISZLÓ

Ezúton is köszönetet mondunk a NASA Johnson Space Center Koszmikus Anyagok Laboratóriumának a mintakészlet kölcsönzéséért.

IRODALOM

Bérczi Sz. (1978): *Planetológia*. Egyetemi jegyzet, J3-1154. Tankönyvkiadó, Budapest

Bérczi Sz. (1991): *Kristályoktól Bolygótestekig*. (210 old.) Akadémiai Kiadó, Budapest

El-Baz F., Kosofsky L. J. (1970): *The Moon as Viewed by Lunar orbiter*. NASA SP-200. Washington;

Józsa S. (2000): Thesis. Eötvös University, Dept. Petrology/Geochemistry, ELTE, Budapest;

Korotev R. (1999): *Lunar Terranes, the Composition of the Regolith*. 30. LPSC, Abstr. No. #1302. LPI, Houston

Meyer, C. (1987): *The Lunar Petrographic Thin Section Set*. NASA JSC Curatorial Branch Publ. No. 76. Houston, Texas; (*Holdkőzetek: Kőzettani vizsgálatok a holdi vékonycsiszolat készleten*. Ford.: Bérczi Sz. ELTE TTK, Kőzettan-Geokémia Tanszék és Csillagászati Tanszék, Budapest, 1994.)

Shoemaker E. M. Hackman R. J. (1962): *Stratigraphic basis for a Lunar time scale*. In: *The Moon*. Kopal, Z. Mihailov, Z. K. Eds. Academic Press, New York. 289-300.

Wilhelms D. E. (1970a): *Summary of Lunar Stratigraphy - Telescopic Observations*. U.S. Geol. Survey Prof. Papers No. 599-F, Washington;

Wilhelms D. E. (1970b): *The Geologic History of the Moon*. U.S. Geol. Survey Prof. Papers No. 1348, Washington;

Wilhelms D. E., McCauley J. F. (1971): *Geologic Map of the Near Side of the Moon*. USGS Maps No. I-703, Washington;